

# 「低損失オプティカル新機能部材 技術開発プロジェクト」

事業原簿

公開

|      |   |
|------|---|
| 担当部室 | 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構<br>電子・材料・ナノテクノロジー部 |
|------|---|

－目次－

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 概要 .....        | 0-1 |
| プロジェクト用語集 ..... | 0-5 |

I. 事業の位置付け・必要性について

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性 .....         | I-1 |
| 1.1 NEDOが関与することの意義 .....             | I-1 |
| 1.2 実施の効果（費用対効果） .....               | I-2 |
| 2. 事業の背景・目的・位置づけ .....               | I-3 |
| 2.1 事業の背景 .....                      | I-3 |
| 2.1.1 社会経済的背景 .....                  | I-3 |
| 2.1.2 研究開発上の背景 .....                 | I-3 |
| 2.2 事業の目的・意義 .....                   | I-3 |
| 2.3 事業の位置付け .....                    | I-4 |
| 2.3.1 関連する国内外の研究開発動向、その中での位置付け ..... | I-4 |
| 2.3.2 事業の新規性、先進性、汎用性 .....           | I-5 |

## II. 研究開発マネジメントについて

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| 1. 事業の目標                          | II-1  |
| 1.1 事業の全体の目標                      | II-1  |
| 1.2 全体目標に対する目標設定理由                | II-1  |
| 1.3 各テーマ別の設定目標とその理由               | II-1  |
| 1.3.1 基盤技術研究開発                    | II-1  |
| 1.3.1.1 ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術      | II-2  |
| 1.3.1.2 ナノ構造部材作製技術                | II-2  |
| 1.3.1.3 ナノ構造部材評価技術                | II-2  |
| 1.3.1.4 ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術       | II-3  |
| 1.3.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発          | II-3  |
| 1.3.2.1 ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術        | II-3  |
| 1.3.2.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術        | II-4  |
| 2. 事業の計画内容                        | II-8  |
| 2.1 研究開発の内容                       | II-8  |
| 2.1.1 事業全体計画                      | II-8  |
| 2.1.1.1 事業の全体構成と研究テーマ間の相互関係       | II-8  |
| 2.1.1.2 研究開発スケジュールと予算推移および研究者数の推移 | II-9  |
| 2.1.2 個別研究テーマの計画内容                | II-14 |
| 2.1.2.1 基盤技術研究開発                  | II-14 |
| 2.1.2.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発        | II-15 |
| 2.1.3 個別研究テーマ毎の内容の詳細              | II-16 |
| 2.1.3.1 基盤技術研究開発                  | II-16 |
| 2.1.3.1.1 ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術    | II-16 |
| 2.1.3.1.2 ナノ構造部材作製技術              | II-18 |
| 2.1.3.1.3 ナノ構造部材評価技術              | II-20 |
| 2.1.3.1.4 ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術     | II-23 |
| 2.1.3.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発        | II-25 |
| 2.1.3.2.1 ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術      | II-25 |
| 2.1.3.2.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術      | II-28 |
| 2.2 研究開発の実施体制                     | II-39 |
| 2.2.1 実施体制の概要                     | II-39 |
| 2.2.2 テーマ別参加企業の研究開発実績と研究員のプロフィール  | II-42 |
| 2.2.2.1 基盤技術研究開発グループ              | II-42 |

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| 2.2.2.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発グループ ..... | II-45 |
| 2.3 研究開発の運営管理 .....                  | II-47 |
| 2.3.1 運営管理体制概要 .....                 | II-47 |
| 2.3.2 プロジェクト終了後の運営管理体制概要 .....       | II-48 |
| 2.3.3 実施者側運営管理体制概要 .....             | II-48 |
| 2.3.3.1 研究進捗状況の把握と計画見直し等 .....       | II-49 |
| 2.3.4 実施者間の連携 .....                  | II-50 |
| 2.3.5 知財マネジメント .....                 | II-51 |
| 2.3.6 人材育成・周辺研究の実施 -NEDO 講座-         | II-51 |
| 3. 情勢変化への対応 .....                    | II-53 |
| 4. 中間評価結果への対応 .....                  | II-56 |
| 5. 評価に関する事項 .....                    | II-57 |

### Ⅲ. 研究開発成果について

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| 1. 事業全体の成果 .....                     | Ⅲ-1  |
| 2. 研究開発項目ごとの成果概要 (公開).....           | Ⅲ-6  |
| 2.1 基盤(基礎)東京大学.....                  | Ⅲ-6  |
| 2.1.1 ナノ構造部材シミュレーション技術 (基盤・基礎) ..... | Ⅲ-6  |
| 2.1.2 ナノ構造部材作製技術 (基盤・基礎).....        | Ⅲ-9  |
| 2.1.3 ナノ構造部材オプティカル新機能応用(基盤・基礎).....  | Ⅲ-10 |
| 2.2 基盤技術研究開発.....                    | Ⅲ-11 |
| 2.2.1 ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術.....      | Ⅲ-11 |
| 2.2.2 ナノ構造部材作製技術.....                | Ⅲ-13 |
| 2.2.3 ナノ構造部材評価技術.....                | Ⅲ-15 |
| 2.2.3.1 チップ増強プラズモン評価技術.....          | Ⅲ-15 |
| 2.2.3.2 高分解能光ナノプローブ.....             | Ⅲ-16 |
| 2.2.4 ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術.....       | Ⅲ-18 |
| 2.2.5 共同研究.....                      | Ⅲ-21 |
| 2.2.5.1 東京工業大学.....                  | Ⅲ-21 |
| 2.2.5.2 東京工業高等専門学校.....              | Ⅲ-21 |
| 2.3 ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発.....          | Ⅲ-22 |
| 2.3.1 ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術.....        | Ⅲ-22 |
| 2.3.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術.....        | Ⅲ-24 |
| 2.4 成果の普及 .....                      | Ⅲ-26 |
| 3. 研究開発項目ごとの成果詳細.....                | Ⅲ-32 |

#### IV. 実用化・事業化の見通しについて

|                              |      |
|------------------------------|------|
| 1. 実用化、事業化の見通し               | IV-1 |
| 1.1 基盤技術研究開発                 | IV-1 |
| 1.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発       | IV-1 |
| 2. 特許戦略                      | IV-3 |
| 2.1 事業全体の特許戦略                | IV-3 |
| 2.2 研究開発項目毎の特許戦略             | IV-3 |
| 2.2.1 基盤技術研究開発               | IV-3 |
| 2.2.1.1 ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術 | IV-3 |
| 2.2.1.2 ナノ構造部材作製技術           | IV-3 |
| 2.2.1.3 ナノ構造部材評価技術           | IV-4 |
| 2.2.1.3.1 プラズモン評価技術          | IV-4 |
| 2.2.1.3.2 高分解能光ナノプローブ        | IV-4 |
| 2.2.1.4 ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術  | IV-4 |
| 2.2.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発     | IV-4 |
| 2.2.2.1 ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術   | IV-4 |
| 2.2.2.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術   | IV-4 |

#### V. 添付資料

|                         |      |
|-------------------------|------|
| IT イノベーションプログラム基本計画     | V-1  |
| エネルギーイノベーションプログラム基本計画   | V-15 |
| ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画 | V-63 |
| プロジェクト基本計画              | V-81 |
| 事前評価書                   | V-89 |

概要

作成日 平成 23 年 8 月 1 日

|                    |  |          |        |       |       |       |
|--------------------|--|----------|--------|-------|-------|-------|
| 制度・施策（プログラム）名      | IT イノベーションプログラム・エネルギーイノベーションプログラム・ナノテク・部材イノベーションプログラム  |          |        |       |       |       |
| 事業（プロジェクト）名        | 低損失オプティカル新機能部材技術開発   | プロジェクト番号 | P06020 |       |       |       |
| 担当推進部/担当者          | 電子・材料・ナノテクノロジー部 / 木村 淳一、 田崎 英明   |          |        |       |       |       |
| 0. 事業の概要           | <p>本プロジェクトは、近接場光による相互作用を外界に取り出し利用するナノフォトニクス技術を開発し、これを産業技術へ繋げていくとともに、社会の共通基盤として情報の整備、提供を行うものである。</p> <p>世界初日本発の近接場光技術を用いた低損失オプティカル新機能部材の基盤技術、材料・加工技術、光学特性評価技術を開発することにより、新規偏光制御部材等の低損失オプティカル新機能部材だけではなく、近接場光を信号キャリアとする超小型光論理ゲート素子等を用いた大規模集積化光回路デバイスなど、将来幅広い産業分野で利用可能な共通基盤技術としての革新的光技術の形成が見込まれる。さらに、高機能・高効率な民生機器や情報通信機器の産業競争力強化と新規産業の創造にも資することができる。</p> <p>本プロジェクトは、近接場光技術を実用化するための一つのターゲットとして平成20年度までに透過率（光エネルギー効率）60%以上を可能とする低損失偏光制御部材の各種要素技術を開発すると共に、その中から要素技術を取捨選択融合して、最終年度（平成22年度）までに、赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率75%以上、消光比1:2000（33dB）が得られることを実証する。また、近接場光を信号キャリアとするナノ構造新機能部材への応用を検討し、平成20年度までに機能と構造を明確にし、平成22年度までにその機能確認を行う。</p>   |          |        |       |       |       |
| I. 事業の位置付け・必要性について | <p>近接場光学技術により、これまでの光技術の限界である回折限界を打破することが可能となり、これまでにない機能と性能を実現する光機能素子を作製することができる。これにより、例えば、ナノスケールによるフォトニクススイッチやフォトニック集積回路、ナノスケールの微細加工、計測・分析技術などが可能となり、将来幅広い産業分野で利用できる共通基盤技術としての革新的光技術の形成が見込まれるとともに、高機能・高効率民生機器・情報通信機器の産業競争力強化と新規産業創造に資することができる。近接場光ナノ加工技術に関する調査研究（2004年、財団法人光産業技術振興協会）によれば、2015年に期待される新規国内生産額は約7兆円（2020年で約26兆円）と試算されている。</p> <p>我が国の部材産業は、国際的に高い技術力と競争力を有し、高信頼かつ高性能な部材を情報通信機器や自動車等の部品・組立産業等に広範に提供することで、川下産業の高い競争力を維持してきた。特にオプティカル部材に関しては情報機器、家電分野の競争優位性確保に大きく貢献している。また、今後の我が国経済を牽引する原動力として、情報家電や情報通信産業の持続的発展が重要であり、その鍵となる高度部材技術力の強化が必要である。しかしながら、従来の光学素子は性能が材料の特性に依存しているため年々高まる装置側からの要求に応えることができなくなっており、低損失・高性能かつ安価な光学素子を実現するためのブレークスルーが不可欠である。</p> <p>本プロジェクトは、近接場光技術を実用化するための一つのターゲットとして偏光制御素子を開発するとともに、ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術について検討し機能を確認するものである。例えば、偏光制御素子部材として、2013～2017年の5年間の市場規模730億円、液晶プロジェクトを含めた波及効果として10兆円が予測される。また、偏光板の透過率が75%以上を実現することでプロジェクトの消費電力を約60%低減することができる。</p> |          |        |       |       |       |
| II. 研究開発マネジメントについて |  |          |        |       |       |       |
| 事業の目標              | 平成22年度までに、偏光制御部材については赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率75%以上、消光比1:2000（33dB）が得られることを実証する。また、ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術については、近接場光を信号キャリアとする、ナノ構造新機能部材への応用を検討し、その機能を確認する。   |          |        |       |       |       |
| 事業の計画内容            | 主な実施事項   | H18fy    | H19fy  | H20fy | H21fy | H22fy |
|                    | 基盤技術研究開発   | →        | →      | →     | →     | →     |
|                    | ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発   | →        | →      | →     | →     | →     |

| 開発予算<br>(会計・勘定別に事業費の実績額を記載)<br>(単位：百万円) | 会計・勘定  |  | H18fy | H19fy | H20fy | H21fy | H22fy | 総額     |
|---|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|   | 一般会計   |  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | (0)    |
|   | 特別会計<br>(電多・高度化・石油の別)  |  | 925   | 590   | 559   | 450   | 650   | (3174) |
|   | 総予算額   |  | 925   | 590   | 559   | 450   | 650   | (3174) |
| 開発体制                                    | 経産省担当原課  | 商務情報政策局 情報通信機器課                          |       |       |       |       |       |        |
|   | プロジェクトリーダー   | 東京大学 教授 大津 元一                            |       |       |       |       |       |        |
|   | 委託先  | 一般財団法人光産業技術振興協会<br>株式会社リコー<br>国立大学法人東京大学 |       |       |       |       |       |        |
| 情勢変化への対応                                | <p>(1) 平成18年9月<br/> プロジェクトやディスプレイを取り巻く技術動向の変化は早く、早期の確立が必要であり、採択審査委員会においても指摘がなされた。また、プロジェクト開始当初、シミュレーションによる偏光変換機能の発現可能性、及び近接場光を信号キャリアとする光論理ゲートの室温動作可能性が確認できたため、早期に機能確認のためのサンプル試作と評価を迅速に行う体制を整えることとした。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・10数<math>\mu</math>mサイズのサンプルを試作するためのFIB装置を導入</li> <li>・量子ドットを作製するための評価装置(高精度AFM、SEM、赤外分光装置、フェムト秒波長可変レーザー、ストリークカメラ)を導入</li> <li>・近接場プラズモン評価装置を導入</li> </ul> <p>(2) 平成19年11月<br/> 米・独におけるメタマテリアルの光波長領域における研究開発が進展し、本プロジェクトが目標とする成果物を実現するポテンシャルを整え始めていることが分かった。特にPurdue University (米) のVladimir M. Shalaevのグループが最も進んでおり、先行性を確保しつつH20年度末の中間目標をいち早く達成する体制を整えることとした。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実用レベル(数mm角)の素子サイズによる機能検証のための金属膜エッチング装置を導入</li> </ul> <p>(3) 平成21年1月<br/> これまでの研究開発の成果として、試作デバイスにおいて、従来の偏光透過率50%を超える新現象の確認した(60%、世界初)。また一方で、海外における機能積層化のトレンドがあり、これに対応し、海外に対して更なる優位化を実現するために、複数機能を積層化するための体制を整えることとした。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・複数機能を積層化する装置導入(無機材コータ装置およびCMP装置)。</li> </ul> <p>(4) 平成22年1月<br/> 平成21年12月に、エネルギー移動を利用した新機能デバイスにおいて、280Kでの世界最高のエネルギー移動を確認した。この結果、世界初の微細構造物デバイスとしての室温動作(300K)の可能性が高くなり、近接場光を用いた新たな光論理デバイス素子の室温動作を確認(世界初)し、実用化の検証を行うための体制を整えることとした。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・光論理ゲート作製装置、および、on/offスイッチ動作を確認する評価装置を導入</li> </ul> <p>(5) 平成22年3月<br/> 平成19年11月の加速により、世界最高性能(約80%の透過率かつ消光比1:2000以下)の1mm角の偏光デバイス作製技術の確立することができた。一方で、市場においては、小型プロジェクタやプロジェクタ搭載デジカメ等、低消費電力ニーズの高まりつつある。実プロセスに必要な技術の見通しを得て、より早期に実用化を図るために、実用サイズ(10mm角程度)の素子を作成、機能評価するための体制を整えることとした。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実用サイズ(10mm角程度)で素子を試作評価するため、描画装置を導入</li> </ul> <p>またこれまで財団法人光産業技術振興協会にて実施してきた研究開発のうち、偏光部材開発の一部が目覚しく躍進したこと、並びに大面積偏光部材の作製技術の確立に向けては、これまでの技術開発と連携する必要がある、同協会及び同協会に参画していた、リコー、同協会の共同実施先である東京大学とNEDOの委託先として、連名契約を結ぶ体制に変更した。</p> |  |       |       |       |       |       |        |

Ⅲ. 研究開発成果について

①東京大学共同研究(基盤・基礎)

金属ナノ構造体の 2 次元配列による偏光板を提案し、時間領域差分法(FDTD)によるシミュレーションによって効率 75%以上の性能を得た。高い透過率と消光比を有するワイヤグリッド(WG)構造の偏光板を提案した。これらの組み合わせにより、本プロジェクトの最終目標である効率 75%、消光比 2,000:1 が達成され、偏光制御板の設計が完了した。また、従来の偏光制御素子の原理限界を超えられた理由を明らかにした。この近接場光を用いた新しい原理によって設計された偏光制御素子により 35%の非対称な偏光変換がシミュレーション検証された。そして、近接場リソグラフィを用い広波長帯域型の偏光制御板を作製し、可視帯域において 60%の効率を確認した。同様に高効率型の偏光制御板を作製し、赤外帯域において効率 75%を確認した。  
量子ドットを用いた世界最小、最低消費電力のナノ寸法論理ゲートを設計した。この設計に基づき作製された素子(素子寸法:縦×横×高さ=100nm×100nm×75nm)を用いて、室温動作を検証し、動作原理が本研究で行った提案と一致することを確認した。

②基盤技術研究開発

1) ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術

モデルの対称性を利用して計算を簡略化できる厳密結合波解析(RCWA: Rigorous Coupled Wave Analysis)法について検討し、3次元金属ナノ構造の偏光特性を精度よくシミュレーションすることが可能となった。また、近接場光領域と伝搬光領域を統合したシミュレーション技術の開発を行い、FDTD法による計算結果から、フーリエ変換によるNear-FieldからFar-Fieldへの変換を行い、伝搬光領域における偏光状態を計算する手法を実現した。

2) ナノ構造部材作製技術

寸法 50nm、精度 10nm 以下の 3次元ナノ構造素子形成技術と消光比 1:10000 対応微小領域光学特性評価法を開発した。RGB 全波長で消光比偏光透過率 90%以上、1:400 以上の Al 製偏光選択素子や、無偏光入射に対する偏光透過率 64%の Au/SiO<sub>2</sub>/Au 3層 3次元ナノ構造回折光利用型「Hentenna」偏光変換素子を設計し、試作した。また、光論理ゲート・化合物半導体量子ドットの形成技術を開発した。InAs 量子ドット埋込み時の Cap 層形成条件最適化により大変強い PL 発光を室温で観測した。さらに、メサ構造単層量子ドットの顕微 PL 観察で、第一準位(基底)準位発光半値幅 11meV の室温での世界最小線幅を確認した。このように、偏光板等、オプティカル新機能部材の仕様に対応する数十 nm レベルのナノ構造部材作製技術を開発した。

3) ナノ構造部材評価技術

高空間分解能を持つプラズモンイメージング評価の三手法、チップ増強ラマン散乱法、チップ増強発光法、チップ増強レイリー散乱法を提案した。これらは、チップとプラズモンの相互作用で空間分解能を高くする手法である。金属ナノ構造を評価し、空間分解能はそれぞれ、約 80nm、100nm 以下、約 13nm であった。  
また、金属ナノ構造の光学・形状特性を評価するため、CNT (Carbon Nanotube) 内に金ナノ構造を充填して近接場光を励起し、プラズモン伝搬させる光ナノプローブを提案した。FDTD 計算により、SiO<sub>2</sub> 中の幅 20nm の金パターン試料上でプローブを走査し、波長 886nm において空間分解能 2nm 以下、信号コントラスト 0.98 を確認した。

|                        |  |   |
|------------------------|--|---|
| Ⅲ. 研究開発成果について<br>(つづき) | <p>4) ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術</p> <p>二層積層量子ドットの作製と低ダメージエッチングを用いた素子加工を開発し、近接場光による量子ドット間のエネルギー移動を用いた、全光ナノスイッチ (NOT ゲート) の室温動作 (300K) に世界で初めて成功し、NEDO からプレスリリースした。</p> <p>近接場光導波部材として、金属ナノ粒子を分散した材料を提案し、シミュレーションで導波を確認した。材料としてコアシェル構造金属ナノ粒子集合体と銀ナノ粒子を多孔質ガラス中に析出させる Sn Seed 膜を提案、作製し、材料として近接場導波可能なことを示した。また、200nm 幅の導波路を作製し、導波機能を実証した。</p> <p>伝播光近接場光変換については、スポットサイズ変換導波路と微小金属構造からなる高効率変換素子を試作し、目標の 300 ナノメートル以下のスポット径を実証した。またシミュレーションによる検討により、金属構造の先端径を調整することにより、量子ドットのサイズに合わせ 100~300 ナノメートルのスポット径が得られることを示した。</p> |   |
|                        | <p>③ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発</p> <p>1) ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術</p> <p>提案された種々の偏光制御構造に対して RCWA 法によるシミュレーションを行ない、各偏光のスペクトル特性が FDTD 法での結果とほぼ一致することを確認した。また砲台構造において凸部位置最適化設計を行ない、最適位置を見出した。</p> <p>また、近接場光の機能を動作原理とする低損失偏光制御部材を設計するため、動作原理を現象論的に捉えた解析手法、数値シミュレーションと実測光学特性の一致精度の向上技術、ナノ構造部材の自動最適化手法の開発を行った。これらの設計技術を活用することにより、プロジェクト数値目標を達成する偏光制御部材の材料、構成・構造、寸法を最適設計した。</p>  |   |
|                        | <p>2) ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術</p> <p>ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術において提示した設計構造を実現するため、金属材料の高精度微細加工技術および高アスペクト比構造作製技術を開発した。また、高透過率、高消光比を実現するための積層化技術を確立した。これらの開発技術を基盤とし、積層型偏光制御部材を試作し、プロジェクト数値目標 (透過率 75%以上、消光比 1 : 2000 (33dB) 以上) を達成し得る実測光学特性を得た。さらに、ウェハプロセスによる大面積ナノ構造部材作製技術の開発を手掛け、実用化レベルの 10mm 角以上の寸法の積層型偏光制御部材の試作に成功した。</p>   |   |
|                        | 投稿論文   | 「査読付き」6 件、「その他」46 件                                     |
| 特許                     | 「出願」59 件   |   |
| プレス発表等                 | 4 件  |   |
| Ⅳ. 実用化、事業化の見通しについて     | <p>低損失オプティカル新機能部材の一つとして、偏光制御素子部材は、2013~2017 年の 5 年間の市場規模 730 億円、本部材を用いた液晶プロジェクタを含めた波及効果として 10 兆円が予測されており、その投入費用に対して、非常に大きな効果が期待できる。</p>  |   |
| Ⅴ. 評価に関する事項            | 事前評価   | 平成 17 年度実施 担当部 電子・情報技術開発部                               |
|                        | 中間評価以降   | 平成 18 年度 中間評価実施 平成 23 年度 事後評価実施予定                       |
| Ⅵ. 基本計画に関する事項          | 作成時期   | 平成 18 年 3 月 作成  |
|                        | 変更履歴   | 平成 20 年 7 月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。 |

## 用語集

| 用語                                     | 解説   |
|--|--|
| AFM(原子間力顕微鏡)                           | 試料表面において鋭い針状のプローブを近接させ、プローブと表面原子間に生じる反発力または引力を一定に保ちながらプローブの動きを光でこを用いてモニタし、nm精度の表面凹凸を三次元画像表示する。また、表面に接触することでnm精度の機械的あるいは化学的ナリソグラフィが可能になる。   |
| AFM陽極酸化リソグラフィ                          | 大気中で導電性カンチレバープローブのAFMを用いて導電性基板に接触させ、プローブと基板間に電圧を印加することで接触部位の吸着水分子の介在による陽極酸化電気化学反応を誘起し、ナノ構造体を形成する。AFMの位置制御により基板上にナノ構造体を配列形成し任意図   |
| Alq3(Tris(8-hydroxyquinoline)aluminum) | EL(Electro-Luminescence)材料として、良く用いられている材料。発光効率も高く、ラマン散乱も取得できる。   |
| ANDゲート                                 | 論理積を行うゲート。2つの入力と共に1である場合に1出力し、それ以外は0を出力する。   |
| Arイオンミリング                              | Arイオン源に対向して基板を配置し一定の入射角度でArイオンビームあるいはArイオンシャワーを照射して基板原子をたたき出し(スパッタ)エッチングする。  |
| FDTD                                   | 有限差分時間領域法(Finite-difference time-domain method)。電磁場を記述するMaxwell方程式を、時間領域、空間領域に差分化して数値的に解くシミュレーション方法。光を含む電磁波の解析に広く用いられ、シミュレーションとして信頼度も高いが、時空間を電磁場(光)の波長より小さく区切る必要があり、膨大な計算容量を必要とする。ナノフォトニクス分野では標準的なシミュレーションツール。 |
| Fraunhofer回折                           | 光の回折現象のうち、光源または観測点が回折源からの距離が十分に長いとした近似で得られる回折パターン。   |
| GA                                     | 遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm)の略。設計などにおいて、解を遺伝子(DNA)に見立て、複数の解の候補間の配合や突然変異を取り入れて新しい解を作り、その解の持つ性能が向上する解のみを残すことにより解を求める手法。  |
| GaAs                                   | ガリウムと砒素からなり閃亜鉛鉱型の結晶構造をもつIII-V族半導体。結晶成長において量子井戸、超格子などのヘテロ構造を作成することにより様々な半導体素子の材料として用いられる。   |
| InAs                                   | インジウムと砒素からなるIII-V族化合物半導体。エネルギーギャップは0.43 eVであり、量子ドット構造は光通信波長帯近辺に発光を持つため半導体レーザーなどの材料として研究されている。  |
| ISMプラズマ方式                              | 磁場アシスト方式ISM(Inductive Super Magnetron)と呼ばれ、磁場補正をかけた誘導結合型プラズマ(ICP)エッチングのこと。   |
| Lorentz-Drudeモデル                       | 金属(特にAu)中の電子の運動を記述するモデルであり、Auなど、対象とする波長帯に電子遷移があり、自由電子で近似するDrudeモデルでは不十分である場合に利用される。  |
| Lorentzモデル                             | 光の電場に対する金属内自由電子の運動を記述するモデルの一つ。電子の電荷と光の電場の相互作用の他に、電子の速度に比例する抵抗力を仮定する。   |
| MBE                                    | MBE(Molecular Beam Epitaxy)、半導体の結晶成長に使われている手法の一つである。真空蒸着法に分類され、物理吸着を利用する。高真空のために、原料供給機構より放たれた分子が他の気体分子にぶつかることなく直進し、ビーム状の分子線となるのが名称の由来である。  |
| NOTゲート                                 | 論理積を行うゲート。1つの入力がある場合に0出力し、それ以外は1を出力する。   |
| PL                                     | 光ルミネセンス(Photoluminescence)半導体に禁制帯よりも高いエネルギーを持つ光を照射すると、電子・正孔対が形成される。このとき半導体結晶中に熱平衡状態よりも過剰の電子・正孔対が形成される。その後、平衡状態に戻ろうとするときに再結合過程において放出する光のことである。  |

## 用語集

| 用語                              | 解説  |
|---------------------------------|---|
| PML                             | (Perfect Matched Layer)<br>FDTD法における、計算領域の境界処理の一手法。   |
| PML吸収境界                         | FDTD解析領域の外側に仮想的な吸収壁を配置することにより、解析領域終端での光の反射を低減する。PML吸収境界は電磁波の入射角変化に対する吸収量変化が少ない特徴を持つ。  |
| PSドット                           | ポリスチレンのドット。例えば、ポリスチレン/ポリメチルメタクリレート (PMMA) のブロックコポリマーを使用しており、このポリマーの膜を形成し、ある温度以上にすると互いの成分が凝集し、結果的に相分離する。ポリスチレンの分子量がPMMAよりある比率で小さいときにポリスチレンがPMMAの相の中にドット状に形成される。  |
| Ra                              | JIS B O601-1994「表面粗さ一定義及び表示」で定義された算術平均粗さ。計測した一定長の粗さ曲線に対して、中心線を引き、その中心線と粗さ曲線とが囲む面積の和を一定長で除した値。   |
| RCWA法                           | 厳密結合波解析 (Rigorous Coupled Wave Analysis) 法。<br>FDTD法と同じくマクスウェルの電磁方程式を解いて電場および磁場を計算する手法であるが、計算対象の対称性を利用することにより計算を簡略化したもの。  |
| RIE                             | 反応性イオンエッチング (Reactive Ion Etching)。真空チャンバ内に導入した反応性ガスをプラズマ化し、発生したイオンに加速電圧を加えて被加工物の表面に衝突させることにより、イオン衝撃による物理的エッチングと化学反応による化学的エッチングの両面で被加工物を除去する微細加工法。プラズマの発生方法に、平行平板型、誘導結合(ICP)型、ECR(Electron Cyclotron Resonance)型の3種類ある。 |
| SEM                             | 走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope) の略称。高い空間分解能で観察できるが、電子線に対する物質表面の応答を観測するため表面形状等の観測に適している。   |
| SIM像                            | 走査イオン顕微鏡像 (Scanning Ion Microscopy)。集束イオンビームで試料を走査したとき放出される二次電子を信号として、可視化した像。   |
| Sn Seed法                        | SiO <sub>2</sub> 表面のSnイオンを還元材してAgナノ粒子を析出させる方法。  |
| SOG                             | Spin On Glassの略。アルキルアルコキシシランや有機シロキサン樹脂等を成膜し、焼結することによってSiO <sub>2</sub> 膜を形成する。  |
| SPM (Scanning Probe Microscope) | 近接場光学顕微鏡や原子間力顕微鏡等、チップやプローブをスキャンして形状や特性をイメージングする顕微鏡の総称。  |
| アスペクト比                          | 2次元形状をした物体の長辺と短辺の比。この値が大きいほど、縦方向に長い形状を示す。   |
| アルミナ陽極酸化膜                       | アルミニウムを陽極として通電して酸化させた膜。この時、ある特定の電解液中で酸化を行うと酸化皮膜の成長とともに膜の縦方向に直線的に多数の微細孔が形成する。  |
| エバネッセント光                        | 物体表面から離れるに従いその電磁界が減衰する光のこと。近接場光とも言う。  |
| 近接場光学顕微鏡                        | 近接場相互作用を利用した開口プローブあるいは非開口チップをスキャンすることにより、光の回折限界を超えた高空間分解能を持つ顕微鏡。略称でNSOM (Near-field Scanning Optical Microscopy) あるいはSNOM (Scanning Near-field Optical Microscope) と呼ばれる。   |
| クラスタPC                          | PC (Personal Computer) を複数台使用し、並列に演算処理をおこなう計算機システム。計算領域の拡大や計算時間の短縮が可能。  |
| クラスターコンピュータ                     | コンピュータにより膨大な計算を行う場合、数台のコンピュータに計算を割り振って行うことで高速な計算を可能としたシステムのこと。  |
| グラムトムソンプリズム                     | 結晶軸が異なる2つの方解石を接合して作製したプリズムで、消光比の高い直線偏光が得られる。  |
| コアシェル構造                         | 二層構造の粒子。本国プロでは金属コア、有機シェルでの近接場光導波部材の開発を目指す。  |
| シングルモードファイバ                     | 光の伝搬経路 (モード) が一つしかない光ファイバ。コア径や屈折率差を適切に設計することにより実現できる。光スポットはガウシアンに近い形  |

## 用語集

| 用語              | 解説  |
|-----------------|---|
| スパッタリング         | 材料物質(ターゲット)に加速されたイオンを照射し、ターゲット材料に衝突させ、その運動エネルギーにより、ターゲットの表面の原子または分子を空間内に放出させ、放出させた原子または分子を基板上に堆積させて薄膜を形成する。   |
| スポットサイズ変換導波路    | 導波中に光スポットのサイズを縮小、あるいは拡大することができる導波路。導波路のコアのサイズをテーパ状などに变化させて加工することにより実現する。  |
| チップ増強ラマン効果      | サブ $\mu\text{m}$ の金属チップをラマン散乱に近接させることにより、近接部分のラマン散乱強度が増大する現象。   |
| チャージアップ         | 表面抵抗が高い物質表面をイオンビーム等でスキャンする場合、表面に電荷が蓄積され帯電する現象。  |
| チューニングフォーク      | 水晶振動子。原子間力が働くと振動数が変化するため、チップと試料間の距離を一定に保つことができる。  |
| ネガ型電子線レジスト      | 電子線が照射された部分のレジスト分子が重合し、電子線照射部以外のところが現像液に浸漬することにより溶解するタイプのレジスト。  |
| ビーム伝搬法(BPM)     | BPM(Beam Propagation Method)。楕円型の波動方程式を、伝搬方向への二階微分が十分小さく伝搬方向が一方向だという仮定を置いて、放物型に変形して解く手法。FDTDよりも解析時間が短い精度は劣る。  |
| 表面プラズモン         | 光照射等により金属表面に発生する分極素励起。回折限界を超えた金属表面の光ととらえることもできる。  |
| プラズモン           | 金属内自由電子の集団運動。光を金属に入射した際に、光の持つ電場によってもたらされる。  |
| ブレード回折格子        | 断面が鋸歯状の回折格子。特定の波長および回折次数に対して高い回折効率を示す。  |
| プレーナ技術          | 平坦な基板の表面下にフォトリソグラフィやエッチングを用いて素子を形成する技術のこと。当初はトランジスタなどの電子素子の作製法であったが、光導波路などの光素子も同様に作製することが可能。  |
| ブロックコポリマー       | 2種類以上のポリマーの端同士が化学的に結合したポリマー。  |
| 偏光透過率           | 本研究課題で作製する偏光板の偏光取り出し効率の事。作製した偏光板に45度直線偏光を入射させた際に、0度方向あるいは90度方向の偏光の透過率とする。   |
| ポインティングベクトル     | 電場ベクトルと磁場ベクトルのベクトル積。電磁場が運ぶエネルギーの流れの大きさを表記するのに用いられる。   |
| ポジ型電子線レジスト      | 電子線が照射された部分のレジスト分子の結合が切れ、この電子線照射部分が現像液に浸漬することにより溶解するタイプのレジスト。   |
| めっき             | 基板を金属イオンの溶解した水溶液に浸漬し、その金属イオンを還元することで基板上に金属を低温プロセスで成膜する手法。導電性のある基板に対し、電流を通電し負極側に金属を成長・析出させる手法の電解めっき、導電性の無い基板上に還元剤を含む金属イオン溶液を用い、化学的に金属を成長・析出させる手法の無電解めっきの2種類に大別できる。 |
| モードフィールド径       | 光パワー強度分布において強度が最大値の $e$ の2乗分の1(ただし、 $e$ は自然対数の底とする)となる部分の直径をいう。   |
| モード変換損失         | スポットサイズ変換導波路において、変換部分で一部のエネルギーが外部に放射されて漏れてしまうことによって生じる損失。   |
| ラインエッジラフネス(LER) | LER(Line Edge Roughness)リソグラフィ等で作製したパターンエッジ部の不規則なみだれ。   |
| リガンド(配位子)       | コアに結合した有機側鎖のこと。コアシェル構造のシェルを形成する。  |
| リデポジション         | イオンビーム等で試料表面をエッチングするときに、スパッタされた物質が試料表面に再付着する現象。   |
| リフトオフ法          | レジストにパターンを形成後、薄膜を全体に堆積させ、その後、レジスト剥離液に浸してレジスト部分を薄膜ごと除去することにより、薄膜パターンを形成する方法。   |
| ワイヤグリッド偏光板      | 金属製ワイヤーを周期的に配置した偏光板。  |

## 用語集

| 用語              | 解説  |
|-----------------|---|
| 位相差             | 互いに直交する直線偏光成分で速度が異なる場合に生じる二つの振動成分の間の差。位相差が波長 $\lambda$ の $1/4$ (つまり位相差 $90^\circ$ )となるように調整して作られたのが $\lambda/4$ 板である。                                 |
| 陰極電流効率          | めっきにおける実際の析出量と理論析出量の比。  |
| 可視光             | 波長400nm~700nmの光の事で、通常の人々の視覚感度の高い波長領域の光。   |
| 局所領域モデル         | 空間を分割して解くシミュレーション手法は、光学素子全域を計算することは困難である。そのため、複雑なナノ構造を粗視化した局所領域モデルを立て、大面積や非周期構造光学素子の計算を理論的に取り扱うことにより光学素子設計を行う。  |
| 近接場光相互作用        | ナノ構造体表面近傍に発生する近接場光を介して、ナノ構造体間に発生する電磁的な相互作用。ナノ構造体間の距離の増加にともない急峻に減衰する、近接場光の特性を表現する。   |
| 屈折率             | 物質の光学的な「密度」をあらわし、光がある物質中を進行するときの「抵抗」の量をあらわす。光は真空中を $3 \times 10^8$ m/sの速度で進むが、異なる媒質を通過するとき媒質の「抵抗」で $c/n$ の速度に減少する。ここで「 $c$ 」が真空中の光の速度、「 $n$ 」が屈折率である。 |
| 結合損失            | 二つの導波路の界分布が異なることによって、結合部分で一部の光が外部に漏れてしまうことによって生じる損失。  |
| 結晶粒調整剤          | めっきにおいて、析出する金属結晶粒子の大きさを調整するためにめっき液中に添加する化合物のこと。基板の電流密度に分布があると、均一な膜が形成させないため、高い電流密度の部分にその化合物が吸着し、めっきの析出をある程度阻害することによって均一性を保つ役割等がある。                    |
| 顕微分光            | 微少範囲の分光測定を行える顕微鏡を用いた分光方法。   |
| 光学薄膜の特性行列       | 光学薄膜の反射率・透過率を計算する際に用いる行列。Maxwell方程式に基づく電場・磁場の薄膜界面での連続性と、薄膜内での位相や光の減衰を考慮して得られる。多層薄膜の場合、一つの薄膜に特性行列を設定し、薄膜層の順に特性行列の積を計算することで、多層薄膜の反射率・透過率が得られる。          |
| 最低励起子準位         | 量子化されることにより離散的な準位を持つ半導体量子構造内に生成された励起子が最低エネルギーをもつ励起状態。   |
| 最適化アルゴリズム       | 目標値(光学特性)を満たす構造を効率よく(自動的に)探索するための計算アルゴリズム。遺伝的アルゴリズム、焼き鈍し法、ランダムサーチなど、多様なアルゴリズムがある。   |
| 集束イオンビーム(FIB)   | FIB(Focused Ion Beam)。先端の鋭利な金属の先端と引き出し電極の間に電界をかけ、その先端に液体金属ガリウムを流して供給し、電界の力で放射させ、加速電源による電圧で加速したビームを細く絞ったもの。  |
| 消光比             | 偏光板によって取り出された偏光に対して直交する電場成分を持つ不必要な偏光が残っている割合。   |
| 消衰係数            | 物質による光の吸収を定義する量、吸収係数 $\alpha$ 、波長 $\lambda$ と消衰係数 $k$ の間には $k = \alpha \times \lambda / 4\pi$ という関係がある。   |
| 粗視化             | 所望する光学特性を得るためには光の波長以下の詳細なナノ構造を知る必要はない。複雑なナノ構造体をより簡単な形状や物性値で定義される仮想的な物体に記述しなおすことを粗視化といい、理論解析等を容易にする。   |
| 走査型プローブ顕微鏡(SPM) | SPM(Scanning Probe Microscope)。先端を尖らせた探針を用いて、物質の表面をなぞるように動かして表面状態を拡大観察する顕微鏡。  |
| 多変量データ分析        | 多変量に対する光学特性の依存性を評価するとともに、物理現象を解釈しやすい新たなパラメータを抽出する分析のためのデータ分析技術。ナノオプティカル部材は形状、サイズ、配列方法など多様な設計パラメータ(多変量)があり、各々のパラメータが密接に絡んで光学特性を発現している。                 |
| 置換めっき           | イオン化傾向の大きい金属表面をめっき液中に含まれるイオン化傾向が小さい金属で置換しめっきを行う方法。  |

## 用語集

| 用語                  | 解説   |
|---------------------|--|
| 電気双極子分極モデル          | ナノ構造体を局所点における電気双極子として記述し、実際の構造(形状・サイズなど)を空間情報を含まないパラメータ値として記述するモデル化のこと。粗視化の1方法。  |
| 電流密度                | 単位面積当たりの電流。電解めっきにおいては、析出する金属原子の析出速度に依存。  |
| 非断熱近接場光リソグラフィ       | 近接場光によってのみ起こる非断熱光化学反応を利用した光リソグラフィ。原板となるマスクのパターン寸法が光の波長より小さくなくても解像度が落ちないため微細パターン作製には適した方法である。   |
| 非断熱近接場光リソグラフィ 2重露光法 | 非断熱近接場光リソグラフィが近接場光によってのみ起こる事を利用した露光方法で2回以上露光することにより、単純なパターンのマスクから複雑なパターンを作製することができる。   |
| 不均一広がり              | 寸法や物質の状態などの物質を構成するパラメータが均一でないことに起因する発光や吸収スペクトルの広がりのこと。   |
| 分光スペクトル             | 光をプリズムあるいは回折格子などを用いて、その波長に応じて展開したもの。   |
| 分散関係                | 光やプラズモンの波数とエネルギーの関係。導波特性を示す。   |
| 偏光                  | 波の偏り、特定の方向への振動が伝播する波のこと。   |
| 偏光制御部材              | 本研究課題では偏光板を想定している。どのような光も光の進行方向に直交する2つの電磁場成分(縦・横、TM・TEあるいはX・Y偏光などと表記する)に分割できる。偏光板の機能は2つの偏光電磁場成分のどちらか一方を選択的に取り出す素子のこと、既存の光技術では原理的に50%しか一方の偏光成分を取り出すことができない。   |
| 偏光度                 | どのような光も光の進行方向に直交する2つの電磁場成分(縦・横、TM・TEあるいはX・Y偏光などと表記する)に分割できる。光がどの偏光にどれだけ偏っているかを示す指標。  |
| 量子ドット               | Quantum dot。半導体をナノメートルサイズに小さくし、内包する伝導電子を三次元的に閉じ込めた状態。結晶成長や微細加工により原子の持つド・ブロイ波長(数nm~20nm、nmは $1 \times 10^{-9} \text{m}$ )の粒状の構造を作ると、電子はその領域に閉じこめられ電子の状態密度は離散化される。閉じ込め方向を1次元にしたものを量子井戸構造、2次元のものを量子細線、そして3次元全ての方向から閉じ込めたものを、量子ドットと呼ぶ。 |
| 励起子                 | 半導体や絶縁体内に生成された伝導電子と正孔の対がクーロン相互作用により結合し、水素原子のように中性粒子を形成したもの。  |
|                     |  |

## I. 事業の位置付け・必要性について

### 1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性

#### 1.1 NEDOが関与することの意義

我が国の部材産業は、国際的に高い技術力と競争力を有し、高信頼かつ高性能な部材を情報通信機器や自動車等の部品・組立産業等に広範に提供することで、川下産業の高い競争力を維持してきた。特にオプティカル部材に関しては情報機器、家電分野の競争優位性確保に大きく貢献している。また、今後の我が国経済を牽引する原動力として、情報家電や情報通信産業の持続的発展が重要であり、その鍵となる高度部材技術力の強化が必要である。

平成17年度に作成された経済産業省の「部材分野の技術戦略マップ」には、情報家電光学部材・ディスプレイ（液晶プロジェクタを含む）部材における光学機能膜、透明多機能膜の重要性が指摘されている。また、「情報経済・産業ビジョン」（平成17年4月、産業構造審議会情報経済分科会）においては、情報家電が、川上・川中の素材部材産業を牽引するとともに、新たな財・サービスを創出することの重要性が提言された。しかしながら、従来の光学素子は性能が材料の特性に依存しているため年々高まる装置側からの要求に応えることができなくなっており、低損失・高性能かつ安価な光学素子を実現するためのブレークスルーが不可欠である。動作原理に近接場光を用いる低損失オプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、超高位ディスプレイなどの低消費電力化、高度化を可能とする低損失、高性能なキーデバイスとなる。

これらを実現するには、産学の科学的知見を結集して我が国が先進的に取り組んでいる近接場光の原理・効果によるナノフォトニクス技術を開発し、これを産業技術へ繋げていくと共に、社会の共通基盤として情報の整備、提供を通じて、行政、産業界、地域住民等の間で科学的知見に基づいた正確かつ適切な認識の醸成を図っていく必要がある。また、近接場光を用いる低損失オプティカル新機能部材は、光学部材の低消費電力化、高度化を可能とするものであるが、科学の原理にまで遡る必要があり、産・学・官との連携が不可欠である。このために本研究開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）プロジェクトとして産学官連携により実施する。

本事業は、経済産業省研究開発プログラムのうち

ITイノベーションプログラムの目的である、

- ・高度情報通信ネットワーク社会の構築に向け、経済成長戦略大綱、IT新改革戦略、科学技術基本計画及び技術戦略マップ等に基づき、情報化の進展に伴うエネルギー消費量の増大等の課題にも考慮しつつ、その基盤となる情報通信機器・デバイス等の情報通信技術を開発し、実社会への利用を促進する

に合致するものである。（「I. ITコア技術の革新 [iii]光技術の革新利用」）

また、

## 公開

エネルギーイノベーションプログラムの目的である、

- ・資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り込んでいくことが不可欠である

に合致するものである。（「I. 総合エネルギー効率の向上 [iv] 省エネ型情報生活空間創生技術」）

さらに、

ナノテク・部材イノベーションプログラムの目的である、

- ・情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新（ジャンプアップ）をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術を確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服等を可能とする

に合致するものである。（「II. 情報通信領域」）

これに関わる部材分野の技術戦略マップ（情報家電分野）において、光学部材、ディスプレイ部材に位置付けられるものである。

### 1.2 実施の効果（費用対効果）

本プロジェクトは、近接場光による相互作用を外界に取り出し利用するナノフォトニクス技術を開発し、これを産業技術へ繋げていくとともに、社会の共通基盤として情報の整備、提供を行うものである。

本プロジェクトにおいて、世界に先駆けた日本発の近接場光技術を用いた低損失オプティカル新機能部材の基盤技術、材料・加工技術、光学特性評価技術を開発することにより、新規偏光制御部材等の低損失オプティカル新機能部材だけではなく、近接場光を信号キャリアとする超小型光論理ゲート素子等を用いた大規模集積化光回路デバイスなど、将来幅広い産業分野で利用可能な共通基盤技術としての革新的光技術の形成が見込まれる。さらに、高機能・高効率な民生機器や情報通信機器の産業競争力強化と新規産業の創造にも資する。

ターゲットとした偏光板の場合、高い透過率を武器に液晶プロジェクタへの展開が見込まれ、2015年の液晶プロジェクタ市場 約2兆円に対して、本プロジェクトにて開発した技術が全体の1/3に利用されたとすると、7,000億円の市場創出効果に相当する。

この他にも、近接場光学技術により、これまでの光技術の限界である回折限界を打破することが可能となり、近接場光ではじめて可能となる機能と性能を実現する光機能素子を作製することができる。例えば、ナノスケールによるフォトニクススイッチやフォトニック集積回路、ナノスケールの微細加工、計測・分析技術などが可能となる。近接場光ナノ加工技術に関する調査研究（2004年、財団法人光産業技術振興協会）によれば、2015年に期待される新規国内生産額は約7兆円（2020年で約26兆円）と試算されその波及効果は大

きい。

様々な応用が期待できる近接場光技術であるが、本プロジェクトにおいては、近接場光技術を実用化するための一つのターゲットとして偏光制御素子を開発する。偏光制御素子部材として、2013～2017年の5年間の市場規模730億円、液晶プロジェクタ、液晶ディスプレイを含めた波及効果として10兆円が予測される。さらに、低損失オプティカル新機能部材を開発することにより、光学機器の低消費電力化が実現できる。例えば、偏光板の透過率が75%以上を実現することでプロジェクタの消費電力を約60%低減することができる。

## 2. 事業の背景・目的・位置づけ

### 2.1 事業の背景

#### 2.1.1 社会経済的背景

財団法人光産業技術振興協会（現 一般財団法人）の調査では、光産業の2007年度の国内生産見込み額は8.2兆円、前年度比4.0%増の見通しである。1980年度に800億円程度であった年間国内生産額がこの25年間に100倍近い成長を遂げている。このうち光部品は3.6兆円、43.7%を占めている。我が国の部材産業は、国際的に高い技術力と競争力を有し、川下産業の高い競争力を維持してきた。特にオプティカル部材に関しては情報機器、家電分野の競争優位性確保に大きく貢献している。しかしながら、従来の光学素子は性能が材料の特性に依存しているため、年々高まる装置側からの要求に 대응できなくなっており、安価かつ低損失・高性能な光学素子を実現するブレイクスルーが求められている。

#### 2.1.2 研究開発上の背景

従来の光学素子は、性能が材料の特性に依存しているため、年々高まる装置側からの要求に 대응できなくなっており、安価かつ低損失・高性能な光学素子を実現するためのブレイクスルーが期待されている。動作原理に近接場光を用いる低損失オプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学素子では不可能な機能・性能を発揮し、超高位液晶プロジェクタなどの低損失、高性能なキーデバイスとなる。さらに、近接場光により物質を微視的に励起し、ナノ寸法の新規なオプティカル新機能部材を開発することで、電子デバイスを超える超低消費電力・超高集積度の光デバイスが実現できる。また、このような低損失オプティカル新機能部材実用化のためには、低コストにナノ寸法構造体を作製する加工技術が必要である。

### 2.2 事業の目的・意義

動作原理に近接場光を用いた低損失オプティカル新機能部材の基盤技術、材料・加工技術、光学特性評価技術を開発することにより、新規偏光制御部材等の低損失オプティカル新機能部材だけではなく、近接場光を信号キャリアとする超小型光論理ゲート素子等を用いた大規模集積化光回路デバイスなど、将来幅広い産業分野で利用可能な共通基盤技術と

## 公開

しての革新的光技術の形成が見込まれる。さらに、日本発世界初のナノフォトニクス技術により、高機能・高効率な民生機器や情報通信機器の産業競争力強化と新規産業の創造が期待できる。本プロジェクトは、近接場光技術を実用化するための一つのターゲットとしてナノ構造を用いた偏光制御部材を開発するとともに、ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術について検討し機能を確認する。

本技術の実現により、該当する日本製品の技術的優位性が飛躍的に高まり、川下産業であるエレクトロニクス産業の利益率向上に寄与する。また、省エネルギー効果の増大に資することができる。

### 2.3 事業の位置付け

#### 2.3.1 関連する国内外の研究開発動向、その中での位置付け

屈折率や吸収係数といった物質の光学応答は、物質中の原子や分子に光の電磁場がどう作用するかで決まる。サブミクロンオーダーの光の波長に対して原子・分子はサブナノオーダーと十分に小さいため、物質を均質な媒質と見なすことができ、物質固有の性質が現れる。一方、近年、半導体プロセス等の進展により、光の波長よりも十分小さい構造を作製することが現実のものとなってきた。この波長に対して十分に小さい構造を人工的に作り、その構造を工夫することで物質の光学応答を自在に制御しようという試みが最近盛んに行われている。このような光学素子はメタマテリアルと呼ばれ、自然界には存在しない負の屈折率を持つ物質などが提案されている。また、波長に対して十分に小さい構造を持つデバイスの機能は負の屈折率だけではなく、光の利用において光の電場の振動面すなわち偏光の制御なども検討されている。

本事業に関連すると思われる国内外の研究開発には次のようなものがある。

- サザンプトン大学：卍型のパターンを二次元に並べた金属薄膜を作り、その回折光を観測したところ、卍の向きに応じて偏光面が回転することを見いだした。[2003-08]
- 東京大学：ガラス基板上に500nm四方の卍型のパターンを二次元に並べた厚さ100nmの金属薄膜を作製し、透過光偏光を測定した。薄膜はパターンが右型卍であれば右に、左型卍であれば左に104 deg/mmという強い旋光性を示すことを見出した。[2005-08]
- マンチェスター大学：円錐台形状のペアに入射偏光を変化させ透過スペクトルを測定し、負の屈折率が発現していることを明らかにした。[2005]
- グラーツ大学：金粒子ペアの間隔を変えた素子を測定し、粒子間隔によって透過光スペクトルが変化することを示した。[2003-07]

上記の研究は、偏光を変化させる何らかの機能を持つが、従来にない高機能を持つまでには至っていない。また、新たに発現した現象が何に適用できそうかという観点から、いろいろな応用を検討することが主であり、現象そのものに興味の焦点がある。一方、本事業

業では、液晶プロジェクタに適用する偏光制御部材を開発するという具体的な応用を念頭に置いて、新規現象の発現、実用化に必要な基盤技術の開発、および偏光制御部材としての必要仕様の達成が目標とされており、狙いに集中した効率のよい研究開発が期待されるものである。

### 2.3.2 事業の新規性、先進性、汎用性

近接場光は、ナノ寸法物質表面に発生する伝搬しない電磁場であり、ナノフォトニクスでは、この近接場光を介して起こる励起エネルギー移動を活用し、計測、光デバイス機能の発現、微細加工等を行う。ナノフォトニクスにより、図2.3.2-1に示すように、これまで超えられなかった光の回折限界を超え、光技術に質的、量的変革をもたらすことができる。

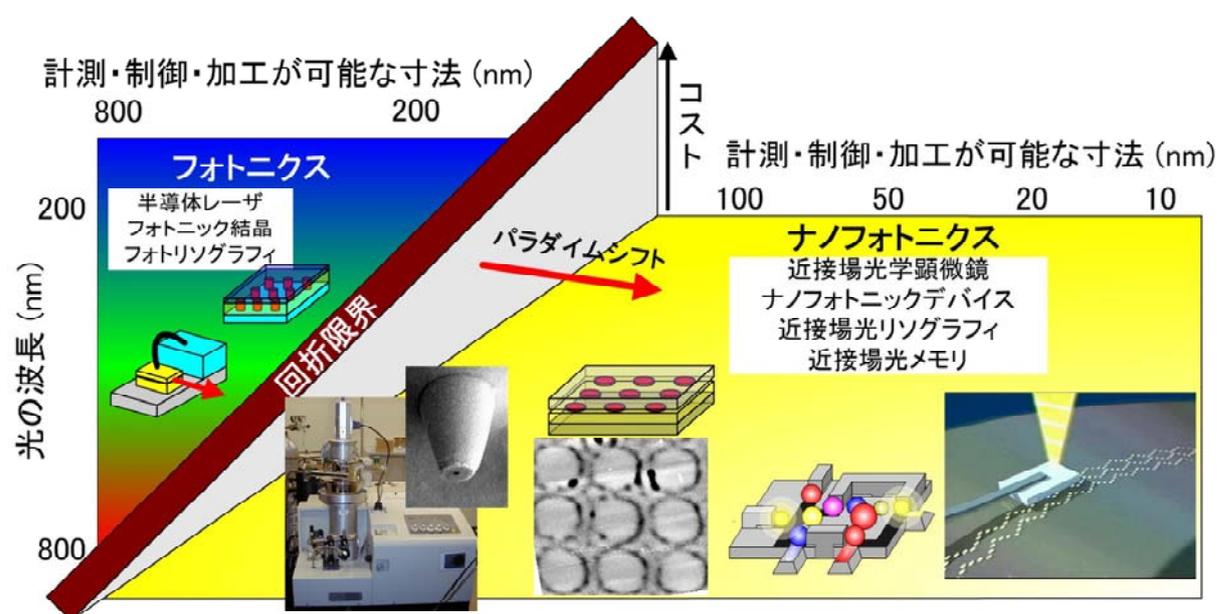


図 I-2.3.2-1 ナノフォトニクスの世界

本事業は、近接場光相互作用を動作原理に用いることで、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、超高品位ディスプレイなどの低損失、高性能なキーデバイスとすべく低損失オプティカル新機能部材を開発する。そのためには、科学の原理に遡った新規現象の発現から部材としての実用化を目指した技術獲得までの広いスペクトルを持った統合的な研究開発が必要とされる。

ナノフォトニクス分野で先進的に研究に取り組んでいる大学による新規現象の発現研究と、これまで蓄積してきた近接場光技術を有する産業界による具体的な応用に向けた必要な要素技術の開発、およびリスクの高い研究開発を推進するNEDOによる研究開発マネジメントからなる産学官連携は、2.3.1で述べた国内外研究動向と比較して先進的で強力なも

公開

のである。

世界に先駆けて本事業を行い、成果を出すことで、さらに素材部材産業の競争力を強化するとともに、川下の情報通信産業の持続的発展につながるものである。

## II. 研究開発マネジメントについて

### 1. 事業の目標

#### 1.1 事業の全体の目標

本プロジェクトは、高効率・高機能な情報家電機器、情報通信機器実現に不可欠な低損失オプティカル新機能部材のニーズに対応するために、共通基盤技術として、平成 22 年度までにナノ構造部材の設計・作製・評価技術を開発すると共に、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認する事を目標とする。そして本プロジェクトの具体的な出口であるナノ構造を用いた低損失偏光制御部材については、平成 20 年度までに透過率（光エネルギー効率）60%以上を可能とする各種要素技術を開発し、その中から要素技術を取捨選択融合して、平成 22 年度までに、赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率 75%以上、消光比 1:2,000 (33dB) が得られることを実証する事を目標とする。

#### 1.2 全体目標に対する目標設定理由

本プロジェクトの具体的な出口としては、液晶プロジェクタに適用する偏光制御部材を想定している。現在使用されている偏光素子としては、素子への入射光に対し偏光透過率が 30～45%のものが使われており、知られている範囲では 50%が原理的上限となっている。低損失オプティカル新機能部材としては、これまでには知られていない原理を見いだすことを一義的目標としており、中間目標では 50%を超えればよいが、シミュレーションや測定の誤差要因を考慮して 60%以上とした。最終目標では、実用上の平均的偏光透過率のほぼ 2 倍である 75%を想定した。消光比についても、現状の最大値である 1:1,000 の 2 倍の性能を目標とした。さらに波長領域を赤色、青色、緑色と分けた理由は、本プロジェクト提案時の予備検討において共鳴的な現象を掴んでいたため、フラットな波長特性ではなく波長領域を分けた方が実現性が高いと判断したことによる。この特性はうまく利用することで、現在の液晶プロジェクタやディスプレイで必須となる色フィルタを無くすことができるという利点もある。

#### 1.3 各テーマ別の設定目標とその理由

表 1.3-1 に研究テーマ「基盤技術研究開発」の開発目標の概要と中間目標、最終目標の数値目標を示す。詳細は下記のとおりである。

##### 1.3.1 基盤技術研究開発

表 1.3-1 に研究テーマ「基盤技術研究開発」の開発目標の概要と中間目標、最終目標の数値目標を示す。詳細は下記のとおりである。

## 公開

### 1.3.1.1 ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術

ナノ構造体間の近接場相互作用の数値解析シミュレーション技術を開発し、低損失偏光板等、オプティカル新機能部材の基盤設計技術を開発する。

中間目標：シミュレーションにて偏光制御部材の基本構成を示し、目標値である透過率75%、消光比1：2,000(33dB)の達成に目処をつける。

平成21年度以降は、開発したシミュレーション技術を「ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発」におけるナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術の開発に展開していく。

#### <目標の根拠>

基盤技術として、他の研究開発項目に比べ早期に原理的な可能性を示す必要があるため、最終目標と同じ目標値をあえて掲げている。原理的には偏光透過率60%を超える結果が得られればよい。

### 1.3.1.2 ナノ構造部材作製技術

偏光板等、オプティカル新機能部材のナノ構造部材を数十nmレベルの微細加工で作製するために、電子ビーム露光(EB)技術、RIE技術、リフトオフ技術、FIB技術、めっき技術ーウェットプロセス、多層化技術、近接場光加工技術、MBE技術や材料技術等を組み合わせたナノ構造作製技術を開発する。

中間目標：偏光板等、オプティカル新機能部材の中間目標仕様(透過率60%以上の偏光制御部材、近接場光を信号キャリアとするナノ構造新機能部材)に対応した加工を可能とするナノ構造部材の作製要素技術内容を明らかにする。

最終目標：数十nmレベルの偏光板等、オプティカル新機能部材の仕様に対応した材料と加工精度のナノ構造部材作成技術を開発する。

#### <目標の根拠>

最終的に作製すべき偏光制御部材の詳しい仕様は直ぐには特定できないため、100nm程度のナノ構造を作製することを前提として、数10nmレベルのナノ加工ができることを目標とした。

### 1.3.1.3 ナノ構造部材評価技術

ナノ構造部材の研究開発及びその実用化には、基盤技術としてナノ構造部材の光学・形状特性を理解するための計測ツールが不可欠で、解像度としてナノ構造部材は構造サイズが数100nm程度であり、100nm以下の空間分解能の二次元プラズモン評価技術を開発する。

中間目標：100nm程度の空間分解能を持つ二次元プラズモン評価技術の基本的な構築を終えて原理的な検証を行う。またナノメートルオーダーの分解能を有する光ナノプローブの基本構造を提案する。

最終目標：100nm以下の分解能を持つ二次元プラズモン評価技術を開発する。さらに高分解能光ナノプローブを検討しナノメートルオーダーの分解能を検証する。

#### <目標の根拠>

ナノ構造部材は構造サイズが数100nm程度であり、100nm以下の空間分解能の二次元プラズモン評価技術が必要と想定した。また、数100nmのナノ構造部材の光学・形状特性を理解するには、その1/10のナノメートルオーダーの分解能を有する光ナノプローブが必要と判断した。

#### 1.3.1.4 ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術

ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする新規な光機能部材として、近接場光を信号キャリアとする光論理ゲート素子、そして光論理ゲート素子集積化のための伝播光と近接場光、近接場光と伝播光の変換技術および光論理ゲート素子間を接続する表面プラズモン導波技術を検討し、機能を確認する。

中間目標：各オプティカル新機能素子の機能を実現するため、光論理ゲート素子に最適な構造、数十nm以下のナノ粒子等を用いたナノ粒子分散型導波路機能を実現するための構造を明らかにする。さらに、伝播光と近接場光との変換素子の加工要素技術を確認する。

最終目標：近接場光を信号キャリアとする、ナノ構造新機能部材への応用として、光論理ゲート素子の材料・構造を明らかにした試作を行い、動作を確認する。ナノ粒子分散型導波路材料の導波路構造作製および近接場光導波機能を確認する。さらに、伝播光と近接場光との変換手法を明らかにし、動作を確認する。

#### <目標の根拠>

本サブテーマでは、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とするので、デバイスとして実用化するには、伝播光と近接場光の変換技術(入出力)、近接場光導波技術(光配線)、光論理ゲート素子技術(素子)の開発が必要であり、それぞれのナノ構造を試作し動作を確認することを最終目標とした。また、それぞれの機能を実現するナノ構造や加工要素技術を明確にすることを中間目標とした。

#### 1.3.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発

表 1.3-2 に研究テーマ「ナノ構造を用いた偏光制御部材」の開発目標の概要と中間目標、最終目標の数値目標を示す。詳細は下記のとおりである。

##### 1.3.2.1 ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術

近接場相互作用によりナノ構造に生じる電気双極子の集合を近似的に表現するモデル化を行い、解析的手法に基づく局所領域の光学特性計算が可能な計算手法を開発し、偏光制御部材の材料、構成・構造、寸法等を最適設計する。

中間目標：計算手法の計算結果と、基礎原理検証を行い構造・寸法等のパラメータとの整合性を確認する。

最終目標：低損失偏光制御部材のシミュレーション技術を開発し、目標(透過率75%、消

## 公開

光比 33dB) を達成しうる最適構造を設計する。

### <目標の根拠>

具体的な出口である偏光制御部材の素子構造設計手法を開発することが目標である。そのため、中間評価までは基本的な設計手法を検討し、中間評価以降に基盤技術研究開発での数値解析シミュレーション技術で開発した最適化手法とあわせて、最終的に最適設計を可能にすることとした。

#### 1.3.2.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術

電子ビーム露光・フォトリソグラフィ技術、RIE 技術、薄膜作製技術や材料技術などを組み合わせて、低損失偏光制御部材の最終目標達成を可能とするナノ構造を用いた偏光制御部材を作製し、光学特性・機能を評価する。

平成 20 年度の中間目標：透過率（光エネルギー効率）60%以上を可能とする偏光制御部材の各種要素技術を開発する。

平成 22 年度の最終目標：赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率 75%以上、消光比 1：2,000（33dB）のナノ構造を用いた低損失偏光制御部材を試作し、機能を実証する。

### <目標の根拠>

既に 1.2 全体目標に対する目標設定理由で述べたように、本事業での具体的な出口成果として偏光透過率については、現状における平均的偏光部材のほぼ 2 倍となる 75%を最終目標とした。消光比については、現状における最大値(1:1,000)の 2 倍となる 1:2,000 を最終目標とした。中間目標については、現行の偏光部材の原理的上限(透過率 50%)を超える新しい動作原理を見い出すことを踏まえ、測定の誤差要因を考慮し透過率 60%以上とした。

表Ⅱ-1.3-1 低損失オプティカル新機能部材PJ開発目標

研究開発項目 ①基盤技術研究開発

| サブテーマ                        | 開発目標   |   |   |
|------------------------------|--|---|---|
|                              | 開発目標概要   | 数値目標  |   |
|                              |  | 中間目標  | 最終目標  |
| (1) ナノ構造部材<br>数値解析シミュレーション技術 | ナノ構造体間の近接場相互作用の数値解析シミュレーション技術を開発し、低損失偏光板等、オプティカル新機能部材の基盤設計技術を開発する。   | シミュレーションにて偏光制御部材の基本構成を示し、目標値である透過率75%、消光比1:2,000(33dB)の達成に目処をつける。<br>・近接場光領域と伝搬光領域を統合したシミュレーション技術の確立<br>・素子形状の自動最適化技術の確立<br>・適用可能な数値解析手法の確立 | (H20年度で完了し、具体的用途に適用するためナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術に技術移行する)                             |
| (2) ナノ構造部材<br>作製技術           | ナノ構造部材を数十nmレベルの微細加工で作製するために、EB技術、RIE技術、FIB技術、めっきプロセス、多層化技術、近接場光加工技術、MBE技術や材料技術等を組合せたナノ構造作製技術を開発する。                                   | 偏光板等、オプティカル新機能部材の中間目標仕様(透過率60%以上の偏光制御部材、近接場光を信号キャリアとするナノ構造新機能部材)に対応した加工を可能とするナノ構造部材の作製要素技術内容を明らかにする。  | 数十nmレベルの偏光板等、オプティカル新機能部材の仕様に対応した材料と加工精度のナノ構造部材作成技術を開発する。                      |
| (3) ナノ構造部材<br>評価技術           | i) ナノ構造部材に発現する近接場光の特性を理解するために、高分解能のラマン分光法等を開発し、プラズモンの状態を評価する技術を開発する。<br>ii) ナノ構造部材の光学・形状特性評価のため、高分解能光ナノプローブを提案し、ナノメートルオーダーの分解能を検証する。 | i) 試作するナノ構造部材評価のため、100nm程度の空間分解能を持つ二次元プラズモン評価技術の基本的な構築を終えて原理的な検証を行う。<br>ii) ナノメートルオーダーの分解能を有する光ナノプローブの基本構造を提案する。                            | i) 100nm以下の分解能を持つ二次元プラズモン評価技術を開発する。<br>ii) 高分解能光ナノプローブを評価し、ナノメートルオーダーの分解能の検証。 |

公開

| サブテーマ                           | 開発目標   |  |  |
|---------------------------------|--|--|--|
|                                 | 開発目標概要   | 数値目標   |  |
|                                 |  | 中間目標   | 最終目標   |
| (4) ナノ構造部材<br>オプティカル新<br>機能応用技術 | <p>ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする新規な光機能部材として、近接場光を信号キャリアとする光論理ゲート素子、そして光論理ゲート素子集積化のための伝播光と近接場光、近接場光と伝播光の変換技術および光論理ゲート素子間を接続する導波技術を検討し、機能を確認する。</p> <p>ナノ構造部材に発現する近接場相互作用を動作原理とする近接場光導波機能を検討し、確認する。</p> | <p>各オプティカル新機能素子の機能を実現するため、光論理ゲート素子に最適な構造、ナノ粒子分散型導波路機能を実現するための構造を明らかにする。伝播光と近接場光との変換素子の加工要素技術を確認する。</p> <p>近接場光導波機能素子の機能を実現するための構造を明確にする。</p> | <p>近接場光を信号キャリアとする、ナノ構造新機能部材への応用として、光論理ゲート素子の材料・構造を明らかにした試作を行い、動作を確認する。さらに、ナノ粒子分散型導波路材料の導波路構造作製および導波を確認する。伝播光と近接場光との変換手法を明らかにし、動作を確認する。</p> <p>ナノ粒子等を用いて近接場光導波機能等を確認する。</p> |

表Ⅱ-1.3-2 低損失オプティカル新機能部材PJ開発目標  
 研究開発項目 ②ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発

| サブテーマ                  | 開発目標  |   |  |
|------------------------|---|---|--|
|                        | 開発目標概要  | 数値目標  |  |
|                        |   | 中間目標  | 最終目標   |
| (1) ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術 | 近接場相互作用によりナノ構造に生じる電気双極子の集合を近似的に表現するモデル化を行い、解析的手法に基づく局所領域の光学特性計算が可能な計算手法を開発し、偏光制御部材の材料、構成・構造、寸法等を最適設計する。 | 計算手法の計算結果と、基礎原理検証を行い構造・寸法等のパラメータとの整合性を確認する。 | 低損失偏光制御部材のシミュレーション技術を開発し、透過率 75%、消光比 33dB を達成しうる最適構造を設計する。   |
| (2) ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術 | 電子ビーム露光・フォトリソグラフィ技術、RIE 技術、薄膜作製技術や材料技術などを組み合わせて、低損失偏光制御部材の最終目標達成を可能とするナノ構造を用いた偏光制御部材を作製し、光学特性・機能进行评估する。 | 透過率（光エネルギー効率）60%以上を可能とする偏光制御部材の各種要素技術を開発する。 | 中間評価までに得られた要素技術を取捨選択融合し、赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率 75%以上、消光比 1:2,000（33dB）のナノ構造を用いた偏光制御部材を試作し、機能を実証する。 |

## 2. 事業の計画内容

### 2.1 研究開発の内容

#### 2.1.1 事業全体計画

##### 2.1.1.1 事業の全体構成と研究テーマ間の相互関係

図 2.1.1.1-1 に本プロジェクトの概要を示す。本プロジェクトは、近接場光の原理・効果を用い、従来の材料特性のみに依存した光学素子では不可能な機能・性能を持つ新規な光機能部材を創出する事、低損失オプティカル新機能部材として、ナノ構造を用いた偏光制御部材を開発すると共に、ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術について検討し機能を確認すること、ナノ寸法構造体実用化に適した作製技術を開発することを目的としている。そして、本プロジェクトの具体的な部材としての出口は、先ずナノ構造を用いた偏光制御部材(赤、青、緑、各波長領域において透過率 75%、消光比 1:2,000 (33dB))と、次にナノ構造部材オプティカル新機能応用技術として光論理ゲートと近接場光導波技術である。

このために、本プロジェクトでは財団法人光産業技術振興協会(現：一般財団法人)にナノフォトニクス推進機構を新設し、これを核に 6 企業(コニカミノルタオプト、東芝、パイオニア、日立製作所、日立マクセル、リコー)、3 大学(国立大学法人・東京大学、東京工業大学、独立行政法人・国立高等専門学校機構・東京工業高等専門学校)の研究者を集め、基盤技術研究開発とナノ構造を用いた偏光制御研究開発の 2 つのテーマの研究を開始した。

また、H22 年度からは、ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発が目覚ましく進展したことに伴い、より実用化を加速するため、リコーを単独委託先に変更し、より実用化に近い研究開発を加速する。また、これにあわせて、東京大学を単独委託先とし、本プロジェクト全体の基礎基盤技術をサポートする体制に変更する。

基盤技術研究開発グループでは、川上のサイエンスからテクノロジーまで共通基盤技術として、ナノ構造部材の設計・作製、評価技術を開発すると共に、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とするオプティカル新機能部材を検討し機能を確認する。このために基盤技術として、シミュレーション技術、ナノ構造作製のための微細加工技術、評価技術を開発すると共に、開発した基盤技術の新規な光機能部材への応用を検討する。

ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発グループでは、基盤技術研究開発グループの成果を受けて、本プロジェクトの具体的な出口として、ナノ領域での近接場光の特性を利用し、プロジェクト開始後の平成 22 年度に、赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率 75%以上、消光比 1:2,000 (33dB)が得られる低損失偏光部材を開発する。この目標を達成するために、ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術と作製技術を開発する。

本プロジェクトでは、川上・川中・川下の垂直連携で、情報機器、家電分野に不可欠な新機能部材を開発し、川下産業の競争力に貢献する。図 2.1.1.1-2 に上述した研究開発のスキームを示す。東京大学は近接場光の原理・効果にかかわる、サイエンスとしての基盤技術開発(基礎)の研究開発を担う。そして財団法人光産業技術振興協会とリコーでは、この基盤(基礎)の研究開発成果を受けて、テクノロジーたる基盤技術(応用)を開発し、これ

らの成果を低損失偏光板と新機能部材として装置・システム開発へと供給する。すなわち、基盤(基礎)が川上のサイエンス、基盤(応用)が川中のテクノロジー、部材としての出口開発が川下となる研究開発スキームである。

#### 2.1.1.2 研究開発スケジュールと予算推移および研究者数の推移

図 2.1.1.2-1 に本プロジェクトの全体スケジュール概要を示す。本プロジェクトの最終年度である平成 22 年度までに、赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率 75% 以上、消光比 1:2,000 (33dB) が得られることを実証する。このために、中間目標として、平成 20 年度までに透過率(光エネルギー効率) 60%以上を可能とする各種要素技術を開発すると共に、低損失偏光制御部材の方式、構造、作成プロセスを抽出し、その中から要素技術を取捨選択融合して、最終年度に向けての開発を行う。ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術については、近接場光を信号キャリアとする、ナノ構造新機能部材への応用を検討し、平成 20 年度までに機能と構造を明確にし、平成 22 年度までにその機能確認を行う。

表 2.1.1.2-1 に本プロジェクトの予算推移を、表 2.1.1.2-2 に研究者数の推移を示す。

プロジェクトの目的

- ◎近接場光の原理・効果を用い、従来の材料特性のみに依存した光学素子では不可能な機能・性能を持つ新規光機能部材を創出する。
- ◎低損失オプティカル新機能部材として、ナノ構造を用いた偏光制御部材を開発すると共に、ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術について検討し機能を確認する。
- ナノ寸法構造体実用化に適した作製技術を開発する。

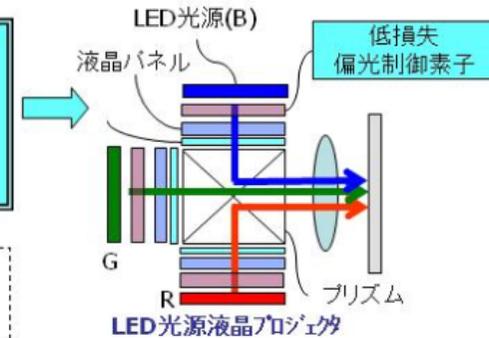
研究開発内容

①基盤技術研究開発

- (1)ナノ構造部材シミュレーション技術
- (2)ナノ構造部材作製技術
- (3)ナノ構造部材評価技術
- (4)ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術

②ナノ構造を用いた偏光制御部材  
(1)設計技術  
(2)作製技術

- ・光論理ゲート
- ・近接場光導波技術



部材としての出口

- ◎ナノ構造を用いた偏光制御部材(赤、青、緑、各波長領域において透過率75%、消光比1:2000(33dB)の開発。
- ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術として光論理ゲートと近接場光導波技術について検討し、機能を確認。

図 II-2.1.1.1-1 プロジェクト概要

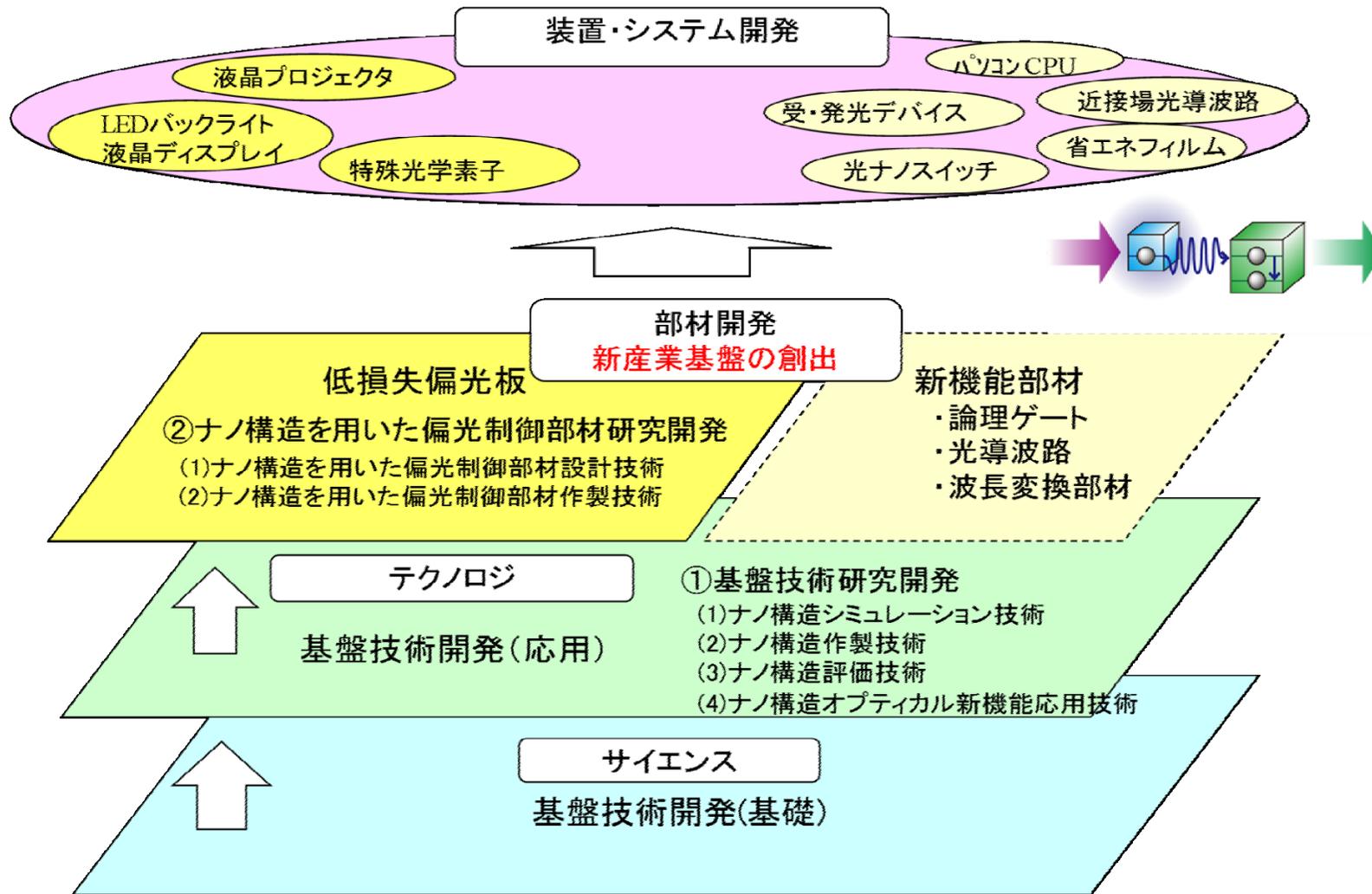


図 II-2.1.1.1-2 研究開発スキーム

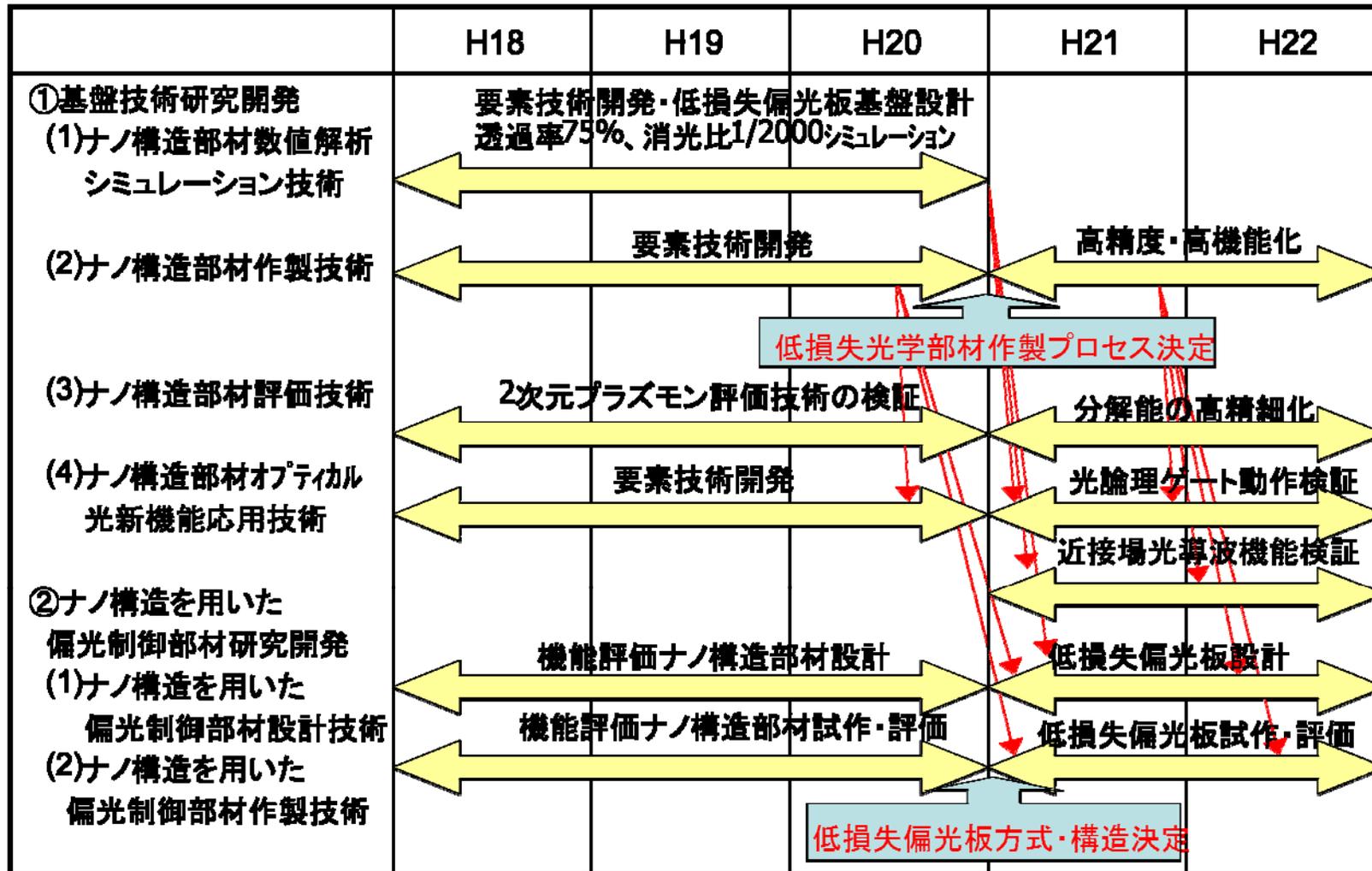


図 II-2.1.1.2-1 研究開発スケジュール概要

表 II-2.1.1.2-1 予算推移 (単位 百万円)

|                    |                     | H18   | H19   | H20   | H21  | H22    | 合計    |
|--------------------|---------------------|-------|-------|-------|------|--------|-------|
| 基盤技術研究開発           |                     |       |       |       |      |        |       |
| 年度予算額              |                     | 768   | 374   | 310   | 368  | 244    | 2,064 |
| (うち 加速・前倒し額)       |                     | (265) | (0)   | (0)   | (90) | (0)    | (355) |
| 内<br>訳             | ナノ構造部材数値シミュレーション技術  | 151   | 86    | 44    | 0    | 0      | 281   |
|                    | ナノ構造部材作製技術          | 386   | 96    | 154   | 112  | 109    | 857   |
|                    | ナノ構造部材評価技術          | 98    | 21    | 27    | 34   | 33     | 213   |
|                    | ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術 | 133   | 171   | 85    | 222  | 102    | 713   |
| ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発 |                     |       |       |       |      |        |       |
| 年度予算額              |                     | 157   | 216   | 249   | 82   | 406    | 1,110 |
| (うち 加速・前倒し額)       |                     | (125) | (131) | (140) | (0)  | (350*) | (746) |
| 内<br>訳             | ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術  | 2     | 1     | 1     | 25   | 26     | 55    |
|                    | ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術  | 155   | 215   | 248   | 57   | 380    | 1,055 |
| 合 計                |                     | 925   | 590   | 559   | 450  | 650    | 3,174 |

\*H21 年度加速の繰り越し

表 II-2.1.1.2-2 研究者数の推移 (のべ人員)

|                    |  | H18 | H19 | H20 | H21 | H22 | 合計  |
|--------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 基盤技術研究開発           |  | 42  | 48  | 50  | 43  | 53  | 236 |
| ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発 |  | 21  | 23  | 26  | 30  | 52  | 152 |
| 共同実施先              |  | 6   | 9   | 9   | 11  | 0   | 35  |
| 合 計                |  | 69  | 80  | 85  | 84  | 105 | 423 |

## 公開

### 2.1.2 個別研究テーマの計画内容

#### 2.1.2.1 基盤技術研究開発

本研究開発テーマは、「低損失オプティカル新機能部材技術開発」の課題であるナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認するため、基盤技術の研究開発をおこなうものである。動作原理に近接場光を用いる低損失オプティカル新機能部材を実現するには、超微細な立体的構造体に係わる近接場光が発現する機能をナノメートル領域から光学部材として利用可能なミリ・センチメートル程度の領域まで包括して取り扱うシミュレーション技術、既存の微細加工技術では必ずしも容易ではないナノ精度での加工を複数の材料に対して高再現性かつ高歩留まりで実現する技術、作製したナノ構造部材の光学性能を定量的に評価する技術、そして開発した基盤技術の新規な光機能部材への応用技術を検討し、本事業の目的である高度部材技術力を強化することが不可欠である。

そのために、以下の項目について川上のサイエンスからテクノロジーまで基盤評価技術として開発し、本プロジェクト全体の基盤技術として供する。

#### (1) ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術

ナノ構造体間の近接場相互作用の数値解析シミュレーション技術を開発し、低損失偏光板等、オプティカル新機能部材の基盤設計技術を開発する。

#### (2) ナノ構造部材作製技術

ナノ構造部材を微細加工で作製するために、電子ビーム露光技術、RIE技術、MBE技術、ウェットプロセス、多層化技術、近接場光加工技術や材料技術等を組み合わせたナノ構造作製技術を開発する。

#### (3) ナノ構造部材評価技術

ナノ構造部材に発現する近接場光の特性を理解するために、高分解能のラマン分光法等を開発し、プラズモンの状態を評価する技術を開発する。また、光ナノプローブを検討し、ナノメートルオーダーの分解能について検証する。

#### (4) ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術

ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とするオプティカル新機能部材を検討し、機能を確認する。

本テーマの研究開発成果はプロジェクト全体の基盤技術となるので、研究開発項目「ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発」との連携を強く保ちながら研究を推進し、その成果を速やかに供する。その結果プロジェクト全体の研究開発を促進する。

### 2.1.2.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発

本研究開発テーマは、「低損失オプティカル新機能部材技術開発」の課題であるナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認するため、ナノ構造を用いた偏光制御部材の研究開発をおこなうものである。液晶プロジェクタ等情報家電・ディスプレイ装置の小型・軽量化、高輝度化・高コントラスト化、低消費電力化のためには高透過率、高消光比、低光損失な偏光制御部材が不可欠である。しかし、従来の偏光素子は一方の直線偏光を透過し、他方を反射する偏光選択素子にすぎず、高効率化のためには両方の偏光を使えることが必要となり、従来の光学部材ではこれらの要求には応えることができない。

これを解決するためにナノ領域での近接場光の特性を利用し、従来にない機能・性能を有する新規な低損失偏光部材を開発する必要がある。上記背景を踏まえ、以下の項目について研究開発をおこなう。

#### (1) ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術

研究開発項目「基盤技術研究開発」における近接場相互作用の数値解析シミュレーション技術を応用し、近接場相互作用によりナノ構造に生じる電気双極子の集合を近似的に表現するモデル化を行い、解析的手法に基づく局所領域の光学特性計算が可能な計算手法を開発し、偏光制御部材の材料、構成・構造、寸法等を最適設計する。

#### (2) ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術

電子ビーム露光・フォトリソグラフィ技術、RIE 技術、薄膜作製技術や材料技術などを組み合わせて、ナノ構造の偏光制御部材を作製し光学特性・機能を評価する。

本テーマを遂行するに当たって、研究開発項目「基盤技術研究開発」で開発される数値解析シミュレーション技術、ナノ構造部材作製技術、評価技術を基盤とすることは必須である。

2.1.3 個別研究テーマ毎の内容の詳細

2.1.3.1 基盤技術研究開発

基盤技術研究開発テーマの研究開発スケジュールを図2.1.3.1-1 (P. II-31) に、年度目標を表2.1.3.1-1 (P. II-33) に、研究開発内容とそのポイントを表2.1.3.1-2 (P. II-36) に示す。以下、各サブテーマについて詳しく述べる。

2.1.3.1.1 ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術

低損失偏光板等、オプティカル新機能部材の基本となるナノ構造を基盤設計できるようにするため、近接場光領域と伝搬光領域を統合したシミュレーション技術を開発するとともに、平成20年度までに、シミュレーションにて偏光制御部材の基本構成を示し、目標値である透過率75%、消光比1:2,000(33dB)の達成に目処をつける。図2.1.3.1.1-1に研究開発内容の概要を示す。

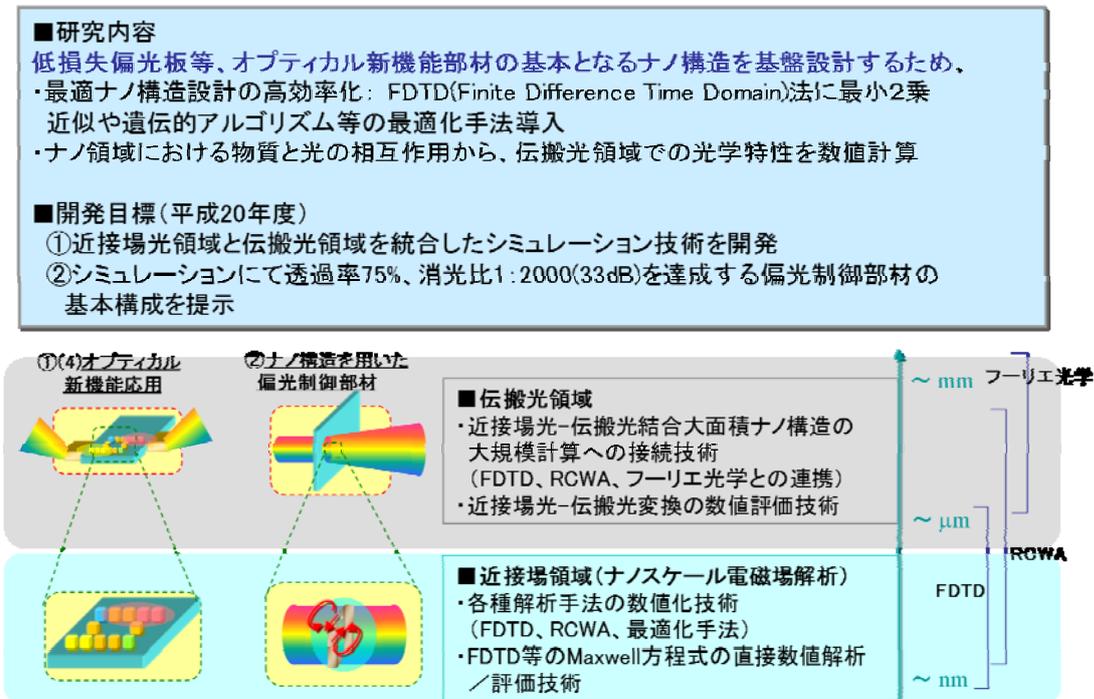


図 II-2.1.3.1.1-1 ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術研究開発概要

①現状技術の限界及びその理由

ナノレベルでの光と物質の相互作用を高精度にシミュレーションするとともに、サブミクロンサイズの空間の計算結果から、ミリ以上サイズのデバイスでの伝搬光領域での光の振る舞いを統合的に計算する手法がない。FDTD法は領域に関わらず光の振る舞いを記述する計算方法であるが、解析領域のサイズが3~5桁異なる領域を対象とすると、現在のコンピュータの能力では現実的なメモリ容量や計算時間で結果を得ることができない。

②解決しようとしている技術的課題

1. ナノサイズの数値計算を行うために必要な光学定数の導出、数値計算のための数式化とナノ領域での高精度計算結果とミリ領域でのデバイス性能を接続する解析的あるいは数値的な手法の構築

2. 結果を効率よく（計算に要する時間を短く）するための、最適化手法の構築

③ブレイクスルーポイント

1. 定式化した光学定数での計算結果と実験結果との整合性および統合的計算手法における階層構造の考え方

2. 最適化手法の構築

④ブレイクスルーするための手法

1. ナノ領域の量子論的解析、サブミクロン領域のFDTD法、ミリ領域の伝搬光解析を内部で直接接続するシミュレータを開発

2. 最小2乗近似手法や、遺伝的アルゴリズム、統計的処理等の最適化手法の選定、および最適化を加えた計算ルーチンの効率化

⑤開発スケジュール

平成20年度までに、必要なツールを開発する。その後、偏光制御部材の設計ツールに適合するように図っていく。

⑥ベンチマーク

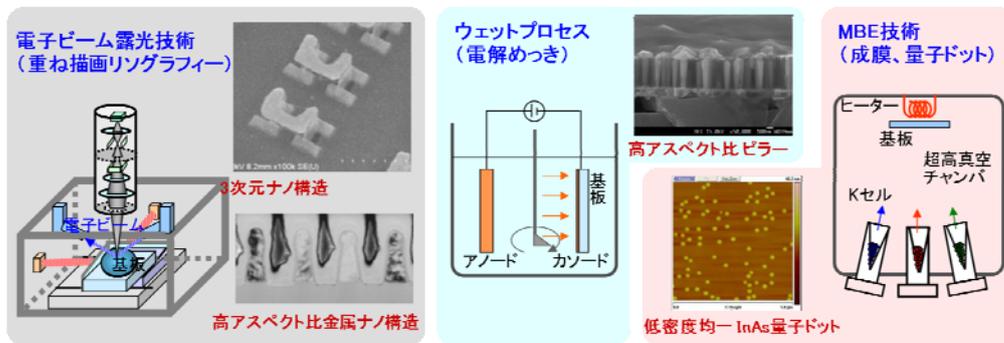
並列処理等の数値解析シミュレーションの効率化に関しては、FDTDシミュレータの既存の各社製品レベルに対し、最適化を行うことで2.7倍の高速化を実現し、平成20年度に目標値を達成した。

2.1.3.1.2 ナノ構造部材作製技術

数十nmレベルの偏光板等、オプティカル新機能部材の仕様に対応した材料と加工精度のナノ構造部材作製技術を開発することを最終目標とする。中間目標として、偏光板等、オプティカル新機能部材の中間仕様に対応した加工を可能とするナノ構造部材の作製要素技術内容を明らかにする。図2.1.3.1.2-1に研究開発内容の概要を示す。

■研究内容  
 偏光板等、オプティカル新機能部材の仕様に対応するサイズ数十nmレベルの ナノ構造部材を作製するため、  
 ・電子ビーム露光技術、RIE技術、MBE技術、ウェットプロセスや微細構造材料技術等を組み合わせたナノ構造部材作製要素基盤技術を開発する。

■開発目標  
 ・最終目標: 数十nmレベルの偏光板等、オプティカル新機能部材の仕様に対応した材料と加工精度のナノ構造部材作製技術を開発する。



図Ⅱ-2.1.3.1.2-2 ナノ構造部材作製技術研究開発概要

①現状技術の限界及びその理由

- ・数十nm幅、数百nm高さの高アスペクト比微細金属パターンを有するナノ構造光学素子の作製技術。「EB描画+金属蒸着+リフトオフ」プロセスでは、高アスペクト比レジストパターンへの金属膜成膜時に狭いパターン内へ金属が十分に入っていない。また、FIB加工プロセスでも、ビームプロファイルの影響で、高アスペクト比のパターン形成時には、金属膜のトップも削れてしまう。
- ・3次元形状ナノ構造微細金属パターンを有するナノ構造光学素子の作製技術。複雑な形状の3次元ナノ構造パターンを作製するためには、何層かに分けて微細金属パターンを正確に重ねて繋ぎながら積み上げていく必要がある。

②解決しようとしている技術的課題

- ・高アスペクト比の微細金属パターンの形成可能な成膜技術
- ・正確な重ね合わせで微細金属パターンを積み上げていく作製技術

③ブレークスルーポイント

- ・従来のドライプロセスの他に、ウェットプロセスに着目する。

- ・ E B描画装置を用い、アラインメントマークを利用する重ね合わせ描画法に着目する。
- ④ブレークスルーするための手法
  - ・ 電解、無電解めっきを利用するパターンめっきの手法を用いる。微小領域の選択的めっきが可能な置換めっきとを組み合わせることも有効な手法となる。
  - ・ E B描画装置中で2次電子および反射電子の検出により、アラインメントマークを正確に計測できる手段を取り入れて、重ね合わせレジストパターンを形成する手法を用いる。
- ⑤開発スケジュール
  - ・ パターンめっき手法による高アスペクト比微細金属パターン形成：2009/3
  - ・ レジストパターン正確重ね合わせ手法による3次元ナノ構造パターンの形成：2010/3
- ⑥ベンチマーク
  - ・ 2008/3までに2次元ナノ構造対応部材作製技術として、「電子線描画技術+リフトオフ法」により、基板埋込構造型の60nm幅、100nm高さAu素子を形成して、金属ナノ構造素子形成技術としての有効性を示すとともに、微小粒径金属膜作製技術により47nm粒径のAu薄膜を成膜し、FIB加工により金属ナノ構造素子を形成し、その有効性を示した。
  - ・ 2008/9までに3次元ナノ構造対応部材作製技術として、パターンめっきプロセス技術により、70~100nm径、400nm高さの高アスペクトAuピラーを形成し、3次元金属縦細線作製技術としての有効性を示した。
  - ・ 2011/3までに、3次元ナノ構造素子形成技術を確立し、10nm精度にて3次元ナノ構造を作製することを実証した。

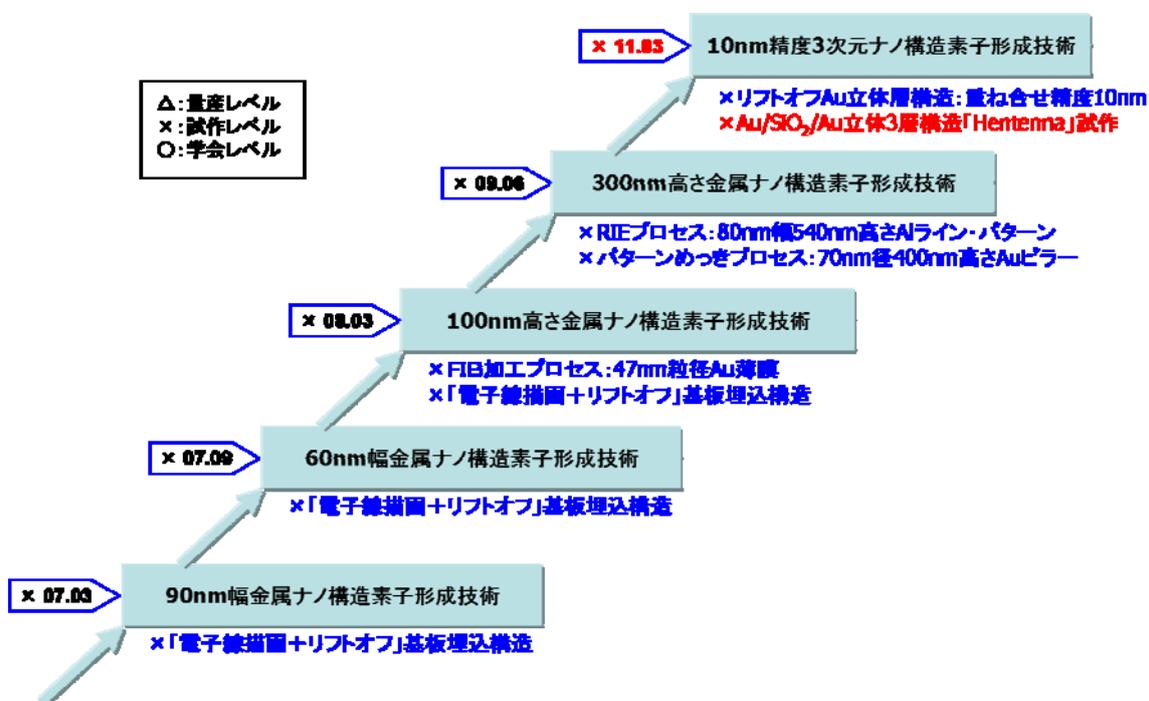


図 II-2. 1. 3. 1. 2-2 ナノ構造部材作製技術成果の進展

2.1.3.1.3 ナノ構造部材評価技術

ナノ構造部材は一つの構造サイズが数百nm程度で、100nm以下の空間分解能の二次元プラズモン評価技術が必要である。そこで100nm以下の分解能を持つ二次元プラズモン評価技術を開発することを最終目標とする。中間目標として、試作するナノ構造部材評価のため、100nm程度の空間分解能を持つ二次元プラズモン評価技術の基本的な構築を終えて原理的な検証を行う。図2.1.3.1.3-1に研究開発内容の概要を示す。

**■研究内容**  
**低損失偏光板等、オプティカル新機能部材の基本となるナノ構造を評価するため、**  
 ・ナノ構造部材に発現する近接場光の特性を理解する高分解能のラマン分光法等を開発し、これをベースにプラズモンの状態を評価する技術を開発する。  
 ・ナノ構造部材の光学・形状特性を評価する高分解能光ナノプローブを提案し、ナノメートルオーダーの分解能を検証する。

**■開発目標(最終目標)**  
 ①100nm以下の空間分解能を持つ二次元プラズモン評価技術の開発する。  
 ②高分解能光ナノプローブに関し、ナノメートルオーダーの分解能の可能性を検証する。

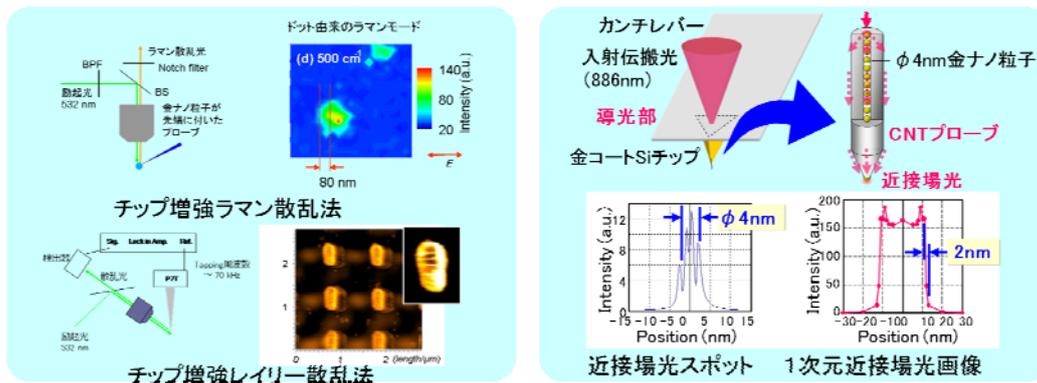


図 II-2.1.3.1.3-1 ナノ構造部材評価技術研究開発概要

①現状技術の限界及びその理由

サイズが加工限界に近い場合試作部材形状を設計構造と全く同一にするのは難しく、試作部材の偏光制御動作媒体であるプラズモン分布がFDTDの結果と同一かどうかを判断基準としてその差異を評価することに意義がある。ナノ構造部材は構造サイズが数100nm程度であり、100nm以下の空間分解能の二次元プラズモン評価技術が必要である。しかし、高空間分解能のプラズモン評価手法は多くない。高空間分解能のプラズモン評価技術としては二光子励起や電場励起、電子線励起による発光や光電子をNSOMや光電子分光等で観測する手法が報告されているが、これらの手法は本偏光制御部材のように励起光波長を任意に変更することに対応できない。

また、現状の開口形あるいは散乱形プローブでは、プローブ作製の限界とイメージング時の損傷により、ナノメートルオーダーの分解能で再現性の高い光イメージングを行うことは

困難である。

#### ②解決しようとしている技術的課題

多様な波長に対応可能な一光子励起による高空間分解能のプラズモン評価法を開発することが課題である。また、ナノメートルオーダーの光分解能の実現も技術課題としてあげられる。

#### ③ブレークスルーポイント

プラズモン励起波長に対応できる手法を開発することと、空間分解能を100nm以下にすることがポイントである。また、ナノメートルオーダーの光分解能の実現と、再現性の高い光イメージング法の実現の両立がポイントである。

#### ④ブレークスルーするための手法

チップ増強効果を用いることにより、100nm以下の高空間分解能を達成する。また、ナノ金属構造に機能膜を成膜しその発光やラマン散乱光等を用いることにより、プラズモン励起手段によらないプラズモン評価法を開発できる見込みである。カーボンナノチューブ (CNT : Carbon Nanotube) 内に金ナノ粒子を充填し、安定な近接場光を発生させることで、ナノメートル分解能と高い再現性の両立を図る。

#### ⑤開発スケジュール

平成18年度は、ナノ構造部材に発現する近接場光の特性を理解するナノ構造部材評価技術開発に着手し、高分解能のラマン分光法等を検討し、プラズモンの導波評価装置を立ち上げ、100nm以下の分解能でプラズモンの状態を評価する技術の方策を得る。

平成19年度は、平成18年度に検討、着手したナノ構造部材に発現する近接場光の特性を理解するナノ構造部材評価技術開発を進め、近接場プラズモンの導波評価装置を用いた高分解能のチップ増強ラマン分光法等を実施し、ナノ構造を持つ標準サンプルのプラズモン状態を評価する。また、ナノ構造部材の光学・形状特性を理解するために、ナノメートルオーダーの分解能を有する光ナノプローブの基礎検討に着手する。

平成20年度は試作するナノ構造部材評価のため、100nm程度の空間分解能を持つ二次元プラズモン評価技術の基本的な構築を終えて原理的な検証を行う。また、ナノ構造部材の光学・形状特性を理解するために、平成19年度に検討に着手したナノメートルオーダーの分解能を有する光ナノプローブの基本構造を提案する。

平成21年度は偏光板作製に必要なナノ構造体の仕様や材料において100nm程度の空間分解能を持つ二次元プラズモン評価技術を開発する。また、提案した基本構造に基づいて、高分解能光ナノプローブ実現の方策を検討する。平成22年度は、100nm以下の分解能を持つ二次元プラズモン評価技術を開発する。また、検討した高分解能光ナノプローブを評価し、ナノメートルオーダーの分解能を検証する。

平成22年度は、100ナノメートル以下の空間分解能を持つ二次元プラズモン評価技術を開発する。また、光ナノプローブシステムの構造を最適化し、ナノメートルオーダーの分解能の可能性を検証する。

公開

⑥ベンチマーク

チップ増強ラマン分光法は空間分解能80nm以下、チップ増強発光法では空間分解能100nm以下を実現した。チップ増強レイリー散乱法によってさらに高空間分解能を実現し、13nm以下の空間分解能を実現した。また、光ナノプローブは波長886nmにおいて、空間分解能2nm以下、信号コントラスト0.98が得られることを確認し、本プロジェクトの最終目標を達成した。他研究機関の手法を大きく凌駕する。

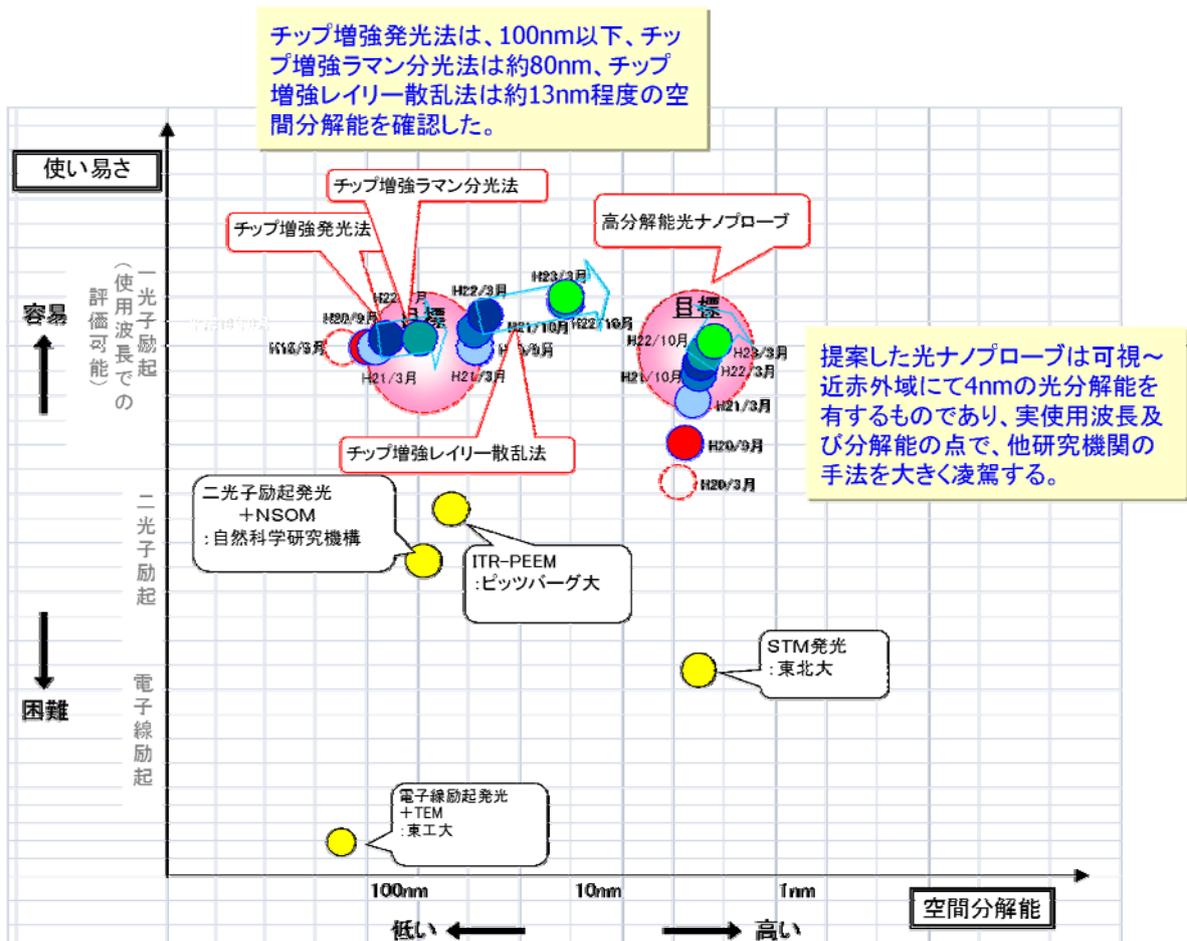
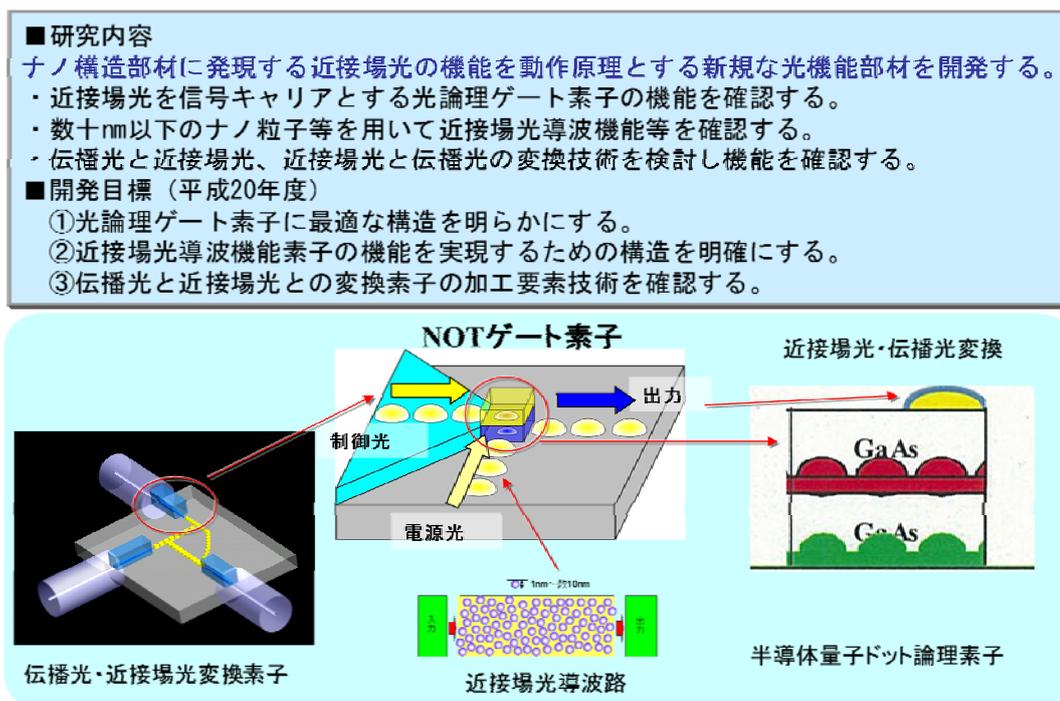


図 II-2. 1. 3. 1. 3-2 ナノ構造部材評価技術ベンチマーク

### 2.1.3.1.4 ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術

近接場光を信号キャリアとする、ナノ構造新機能部材への応用として、光論理ゲート素子を試作し動作を確認すること、さらに数十nm以下のナノ粒子等を用いて近接場光導波機能等を確認することを最終目標とする。中間目標として、各オプティカル新機能素子の機能を実現するための構造を明確にする。図2.1.3.1.4-1に研究開発内容の概要を示す。



図Ⅱ-2.1.3.1.4-1 ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術研究開発概要

#### ①現状技術の限界及びその理由

光論理ゲートを実現するための半導体量子ドットに対する適切な材料・構造を実現する方策は見出されていない。

また、光論理ゲート素子間を接続する近接場光導波技術がなく、伝播光と近接場光の変換は、レンズによる集光ではスポット径が大きく、カップリング効率が小さく、レンズ等の光学系を使用すると省スペース化に難がある。近接場光と伝播光の変換技術としての出力端としての金属加工を最適化する技術も見出されていない。

#### ②解決しようとしている技術的課題

半導体量子ドットを光論理ゲート仕様に適した構造・材料の具体的提案はない。また、半導体量子ドットを用いた光論理ゲートを実現するためのナノ加工により作製した形状、作製手法による特性変動は明確にされていない。

光論理ゲート素子間を接続する導波路のサイズは、回折限界以下が必要であり、近接場

## 公開

光導波路構造を実現するための方策は見出されていない。加えて、光論理ゲートに適用するための伝播光と近接場光の変換技術における、スポット径の縮小を高効率で行う小型素子が必要となっている。

### ③ブレークスルーポイント

光論理ゲートに適した半導体量子ドットの結晶成長技術、材料最適化、構造最適化を実施する。また、ナノ加工により素子の基本構造を試作し、ナノサイズの加工精度と素子特性の変動を検討する。

近接場光導波路構造として回折限界以下での導波路として、ナノ粒子分散型構造のプラズモン導波路技術を検討する。また、伝播光と近接場光の変換技術における、スポット径の縮小を高効率で実施する事が必要となる。

### ④ブレークスルーするための手法

光論理ゲートに適した半導体量子ドットの密度制御、形状制御、結晶性向上、量子ドット材料の最適化を実施する。また、ナノ加工においては、ナノリソグラフィ技術の高精度化、光特性評価技術を確立する。

近接場光導波路構造としてナノ粒子分散型構造のプラズモン導波路技術を確立する。伝播光と近接場光の変換技術における、スポット径の縮小を高効率で実施するため、これまでに赤外領域で実証している特殊導波路構造により、可視光領域のスポット径を縮小する。また上記をプラズモン構造と組み合わせるにより小径スポットを実現する。

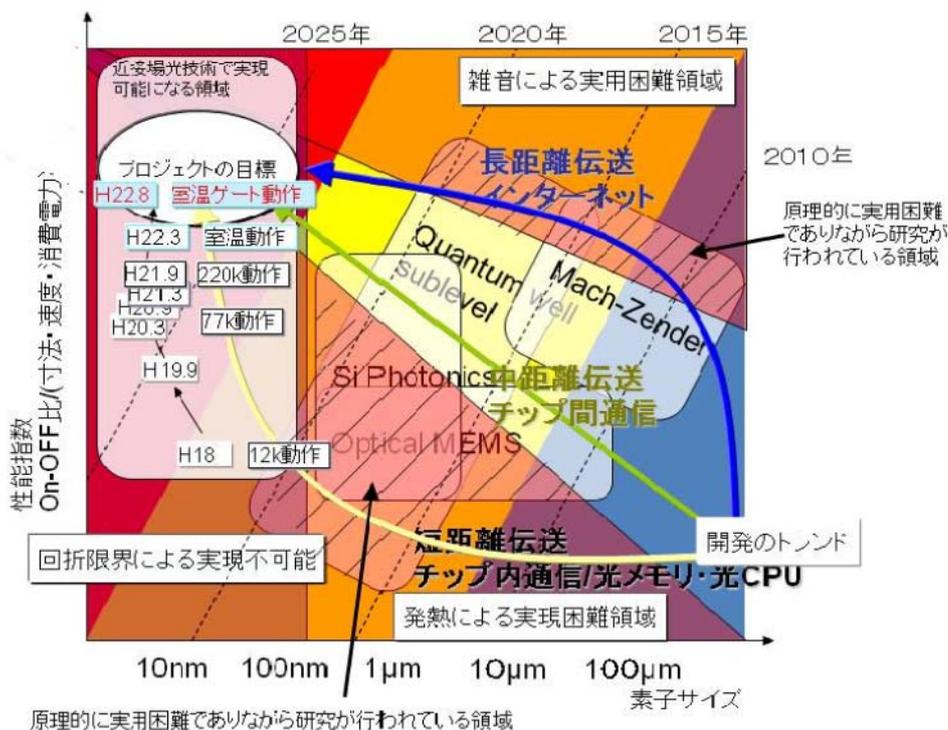
### ⑤開発スケジュール

中間年までには、光論理ゲート、ナノ粒子分散型構造のプラズモン導波路技術、伝播光と近接場光の変換技術の機能を実現するため、個々の技術要素に最適な構造を明らかにする。

最終年までには、論理ゲート素子の材料・構造を明らかにした試作を行い、動作を確認する。さらに、ナノ粒子分散型構造のプラズモン導波路材料を使用した導波路構造を作製およびその導波を確認する。伝播光と近接場光との変換手法を明らかにし、動作を確認する。

### ⑥ベンチマーク

ナノ構造部材に発現する近接場光機能の応用技術として、近接場光を信号キャリアとして室温で動作する光論理ゲート素子の基盤検討を実施し、半導体量子ドットの最適作製手法の検討、低ダメージ素子加工技術の確立により、光論理 (NOT) ゲート素子の室温での動作に世界で初めて成功した。



図Ⅱ-2.1.3.1.4-2 ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術ベンチマーク

### 2.1.3.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発

ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発テーマの研究開発スケジュールを図2.1.3.2-1 (P.Ⅱ-32)に、年度目標を表2.1.3.2-1 (P.Ⅱ-35)に、研究開発内容とそのポイントを表2.1.3.2-2 (P.Ⅱ-38)に示す。以下、各サブテーマについて詳しく述べる。

#### 2.1.3.2.1 ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術

研究開発項目「基盤技術研究開発」“(i) ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術”の成果を応用した、偏光制御部材の特性評価、構造最適化のための設計手法を開発し、(ii) ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術と連携しながら、偏光制御部材の目標を達成する材料、構成・構造、寸法等を最適設計することを最終目標とする。中間目標として、上記計算手法の計算結果と、基礎原理検証を行い構造・寸法等のパラメータとの整合性を確認する。図2.1.3.2.1-1に研究開発内容の概要を示す。

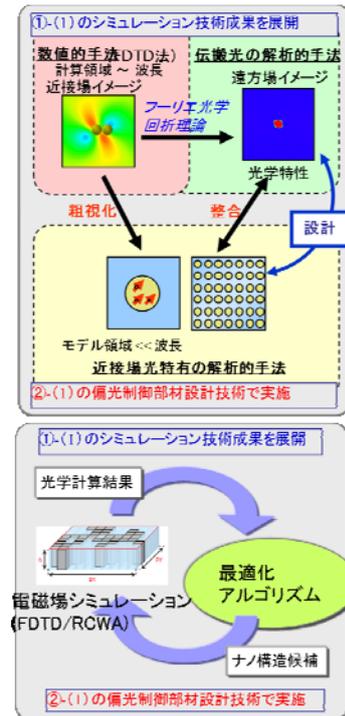
本技術は①(i)ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術、②(ii)ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術、と連携して研究開発する。

**■ 研究内容**

- ・低損失偏光制御部材としてmmサイズの広い領域に形成された光波長以下のナノ構造に生じる近接場光相互作用が遠方場に与える影響を計算する設計シミュレーション技法を開発し、所望の特性を有する偏光制御部材の最適設計手法を構築する。
- ・材料、構成・構造、寸法等の最適設計をおこない、部材作製に反映させる。

**■ 開発目標**

- ①中間目標：  
上記計算手法の計算結果と、基礎原理検証実験や光学定数・構造・寸法等のパラメータとの整合性を確認する。
- ②最終目標：  
偏光制御部材の目標達成を可能とする材料、構成・構造、寸法等を最適設計する。



図Ⅱ-2.1.3.2.1-1 ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術研究開発概要

①現状技術の限界及びその理由

現在、ナノ構造に生じる近接場光をシミュレーションする手法として、FDTD法がある。しかし、低損失オプティカル部材の最適設計を行うためには、莫大な数の条件での計算、膨大なメモリや計算時間が必要である。また、電磁界理論、回折光学理論に基づき近接場・遠方場をそれぞれ別個に計算する技術は存在するが、近接場光相互作用を低損失オプティカル部材に応用する際には、近接場光相互作用が広い面積・領域で遠方場に与える影響を推測する計算技術が必要となる。

②解決しようとしている技術的課題

近接場光相互作用により生じる、遠方場の電磁界を数値計算により解くことは、莫大なメモリ容量や計算時間が必要なため、事実上不可能である。そこで、光波長以下の領域で生じる近接場光相互作用を、遠方場での計算における計算パラメータに繰り込むために、局所領域のモデル化を行う。これにより、回折光学理論に基づいた既存の光学設計技術をそのまま利用することが可能となり、低損失オプティカル部材の設計が可能となる。

③ブレークスルーポイント

近接場光相互作用を広域的物性パラメータに繰り込む局所領域モデルの実現。

④ブレークスルーするための手法

超微細構造を電気双極子または電気多重極子として近似的に表現し、光学特性を記述す

ることにより、局所領域のモデル化と遠方場への結合を行う。同時に、低損失偏光制御部材の構成要素として金属ドットなどの単純な構造を有するものを利用することにより、設計シミュレーションと実際の光学部材との整合性を図る。

#### ⑤開発スケジュール

平成20年度までに、ここで開発した設計手法に関し、既存の数値解析シミュレーション方法および基礎原理検証実験との整合性を確認する。最終となる平成22年度には、低損失偏光制御部材のシミュレーション技術を開発し、透過率75%、消光比33dBを達成しうる最適構造を設計する。

平成22年度までに、偏光制御部材の最終目標（透過率75%、消光比1：2,000）達成を可能とする構成・構造、寸法等を最適設計する。FDTDやRCWA等のシミュレーション手法により、最適構造に対して評価・解析を行う。また、作製許容度の広い部材を実現するために、本最適化手法により得られる最適化履歴データを用いたロバスト性の評価・解析を行う。

#### ⑥ベンチマーク

低損失偏光制御部材の材料、構成・構造、寸法等を最適設計するシミュレーション技術として、近接場相互作用を近似的に表現するモデル化に基づき、局所領域モデルと偏光制御部材特性との統合計算技術の開発を行った。遺伝的アルゴリズムや多変量データの分析を用いた統計的手法による偏光制御部材の最適設計手法の開発に取り組み、これらの技術を基に最終目標（透過率75%以上）を達成しうる偏光制御部材の材料、構成・構造、寸法等の基本構成を明らかにした。

また、作製許容度の広い部材を実現するために、本最適化手法により得られる最適化履歴データを用いたロバスト性の評価・解析を行った。さらに、設計に基づき偏光制御部材を試作し、その構造パラメータの計測および光学特性の測定を行い、シミュレーションによる特性との合わせ込みを行い、設計手法の精度向上を実現した。

その結果、偏光制御機能部と消光比向上機能部とに機能分離する構成により、最終目標である透過率75%以上、消光比2,000:1（33dB）を達成しうる基本構成を確定できた。

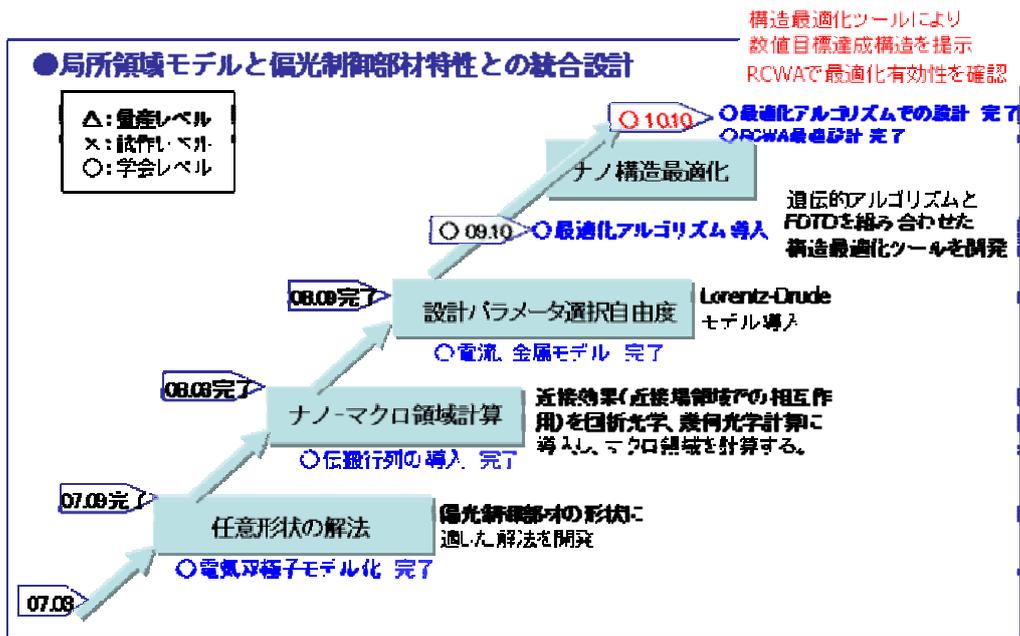


図 II-2. 1. 3. 2. 1-2 ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術成果の進展

2. 1. 3. 2. 2 ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術

赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率75%、消光比1：2,000(33dB)の偏光制御部材を試作し、機能を実証することを最終目標とする。中間目標として、偏光制御機能評価部材を試作してナノ構造部材の機能の評価し、透過率(光エネルギー効率)60%以上を可能とする偏光制御部材の各種要素技術を開発する。図2. 1. 3. 2. 2-1に研究開発内容の概要を示す。

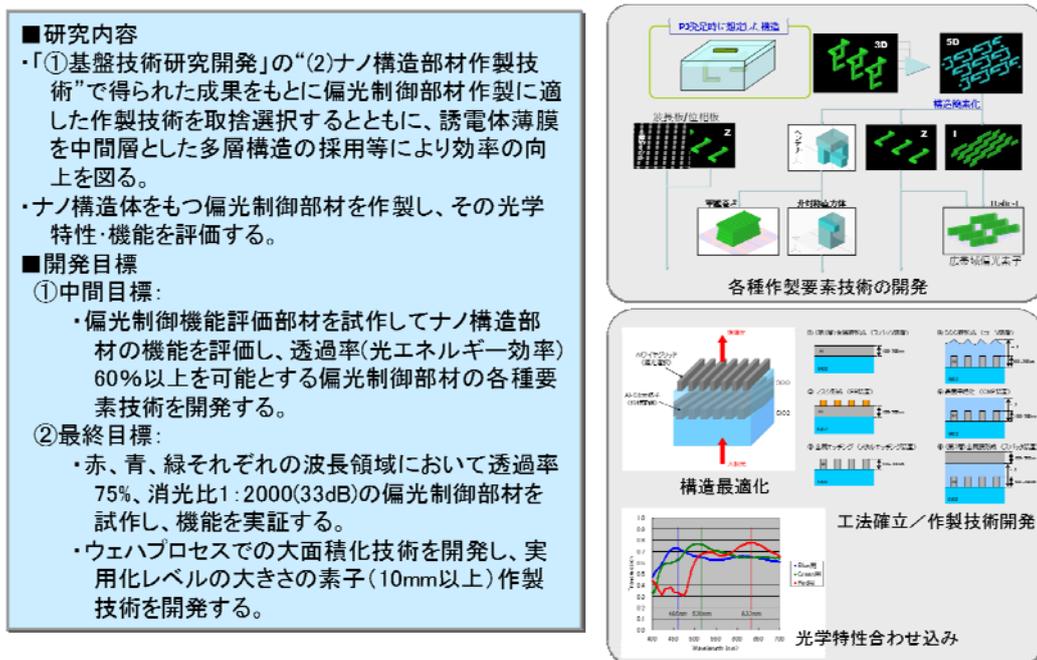


図 II-2. 1. 3. 2. 2-1 ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術研究開発概要

#### ①現状技術の限界及びその理由

液晶プロジェクタなどのキーデバイスとして用いられている従来の偏光ビームスプリッタやナノワイヤグリッド等の光学部材では、一方の直線偏光を透過し、他方を反射する偏光選択素子にすぎず、高効率化には両方の偏光を使うための光学系が必要で、プロジェクタの小型化、軽量化、省エネ化、高輝度化が困難となる。以上のように、従来の光学部材では限界があり、これらの要求に応える事が出来ない。

#### ②解決しようとしている技術的課題

ナノ構造に生じる近接場光相互作用を利用し、従来にない機能・性能を有する新規な低損失偏光部材を開発する。このために、ナノ構造と近接場光の相互作用を解析し、これに基づき偏光制御部材の最適構造を設計し、これを作製する技術を開発する。これにより、小型、高効率、高耐性な（低劣化）偏光制御機能を実現する。

#### ③ブレイクスルーポイント

- ・材料劣化が少なく耐光性・耐熱性のあり、平滑な無機材料（金属、ガラスなど）の使用。
- ・高精度なナノ構造作製技術の開発。
- ・ナノ構造に生じる近接場相互作用による偏光制御機能の設計。

#### ④ブレイクスルーするための手法

- ・複数金属ナノ構造体の近接場相互作用の偏光方向に対する異方性の利用。
- ・近接場光相互作用の共鳴現象を利用した偏光制御。
- ・開発された設計ツールによる最適設計。
- ・電子ビーム露光・フォトリソグラフィ技術、RIE技術、薄膜作製技術や材料技術などを組み合わせた、高精度ナノ構造作製技術の開発と部材作製のためのナノ構造の大面积化と機能分離多層構造の作製。

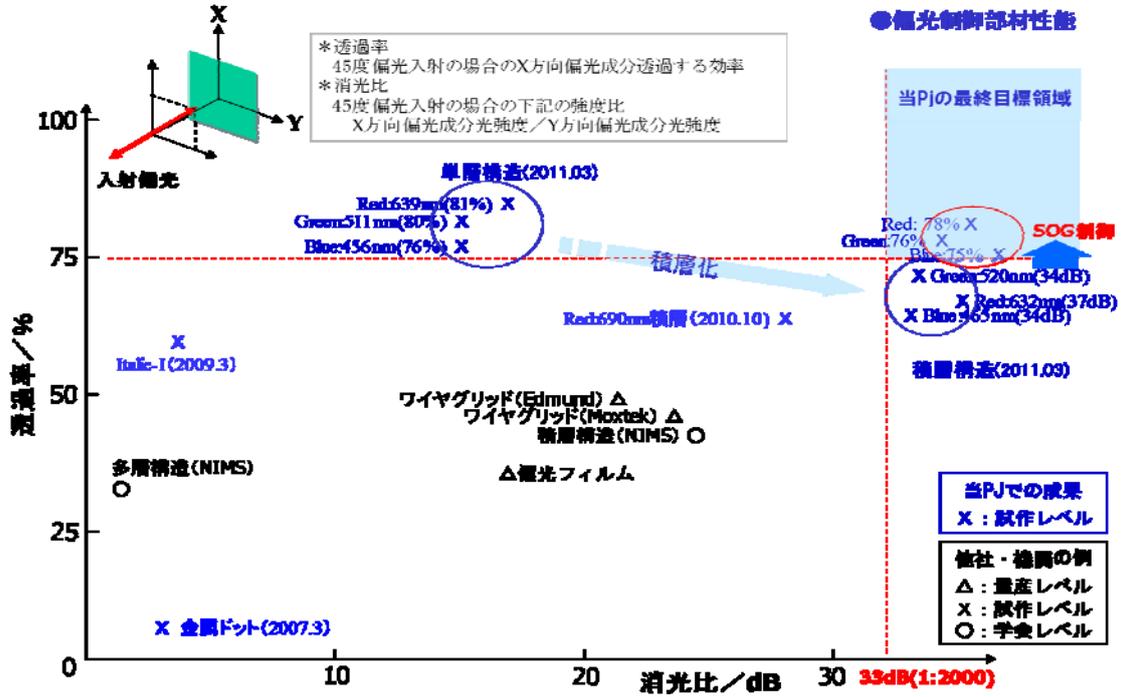
#### ⑤開発スケジュール

平成20年度の間目標では、透過率(光エネルギー効率)60%以上を可能とする偏光制御部材の各種要素技術を開発する。平成22年度最終目標では、中間評価までに得られた要素技術を取捨選択融合し、赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率75%、消光比1:2,000(33dB)の偏光制御部材を試作し、機能を実証する。

平成22年度までには、高速高精度EB描画装置による大面积パターンマスク作製、金属スパッタ装置、金属エッチング装置によるナノ構造作製、SOG平坦化を含む積層構造作製技術を用い、ウェハプロセスでの大面积化技術を開発し、実用化レベルの大きさの素子(10mm以上)作製技術を開発する。

#### ⑥ベンチマーク

偏光制御機能と消光比向上機能とを分離の上、積層化技術により一体化することで、R(632nm)、G(520nm)、B(456nm)の各波長において目標値である赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率75%、消光比1:2,000(33dB)を実現し、最終目標を達成した。

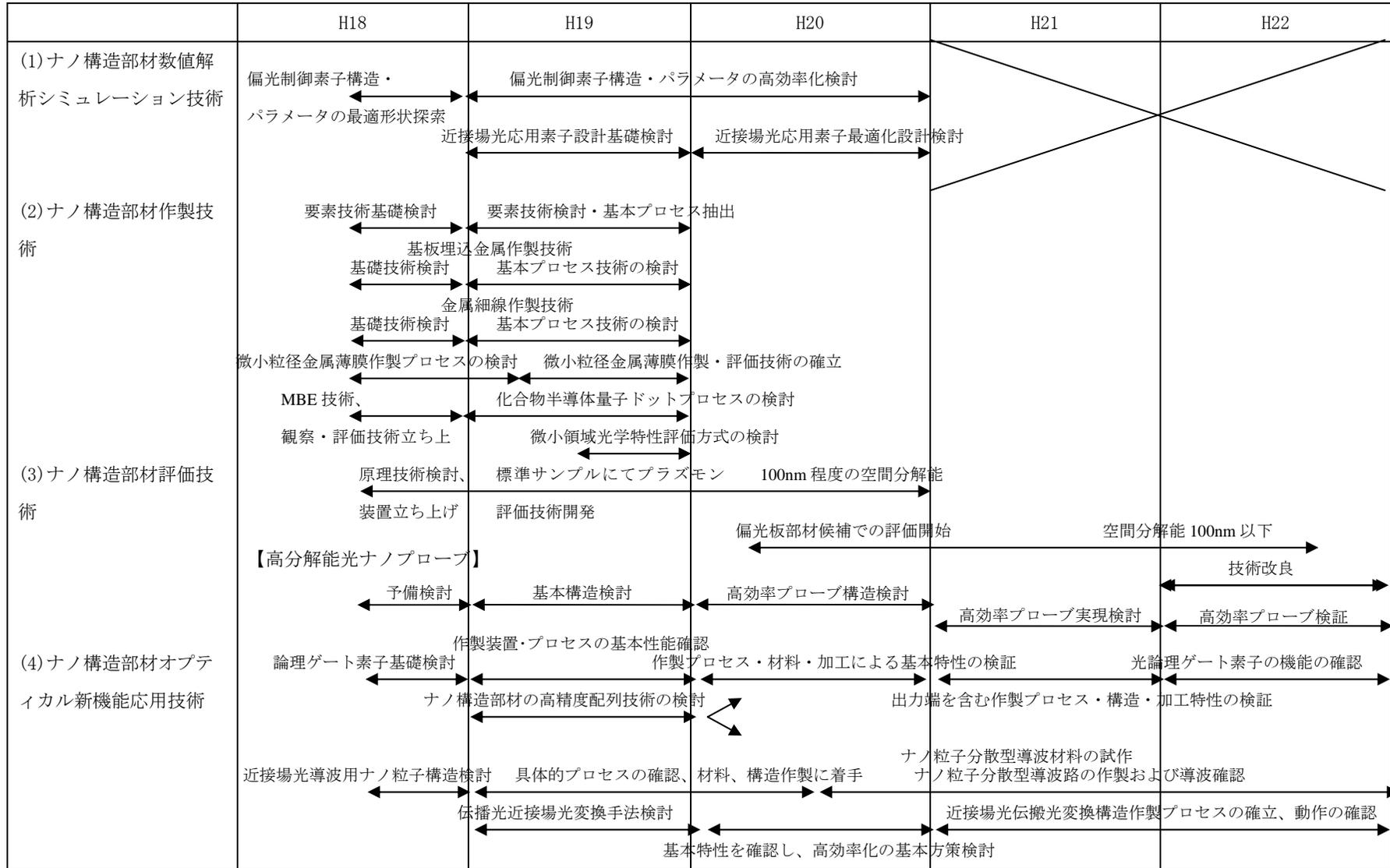


図Ⅱ-2.1.3.2.2-2 ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術ベンチマーク

図 II-2.1.3.1-1 低損失オプティカル新機能部材技術開発 研究開発スケジュール

①基盤技術研究開発

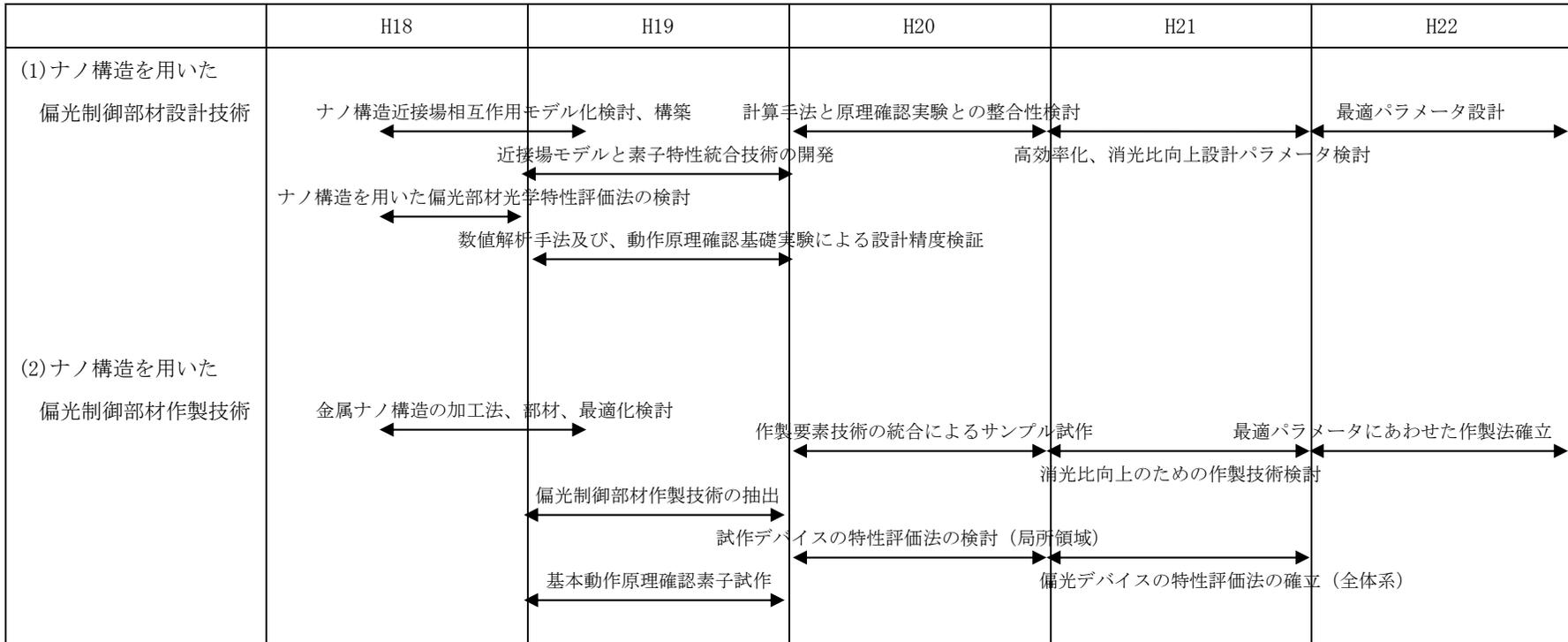
公開



公開

図 II-2.1.3.2-1 低損失オプティカル新機能部材技術開発 研究開発スケジュール

① ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発



表Ⅱ-2.1.3.1-1 低損失オプティカル新機能部材技術開発 年度目標

公開

①基盤技術研究開発

| サブテーマ名                   | 基本計画   | 年度目標   |  |   |   |  |
|--------------------------|--|--|--|---|---|--|
|                          |  | H18  | H19  | H20   | H21   | H22  |
| (1) ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術 | ナノ構造体間の近接場相互作用の数値解析シミュレーション技術を開発し、低損失偏光板等、オプティカル新機能部材の基盤設計技術を開発する。                           | ナノ構造体間の近接場相互作用を数値解析するために、近接場光領域と伝搬光領域を統合したシミュレーション技術の開発に着手し、低損失偏光制御部材等、オプティカル新機能部材を基盤設計するシミュレータの基本構成を決める。また、素子構造・パラメータの最適形状探索に着手する。  | H18年度に検討したシミュレータの基本構成に基づき、伝播光における光学応答にナノ構造効果をくり込むための粗視化技術、および近接場光領域と伝搬光領域の統合シミュレーション手法を用いて、特性の定量的評価技術の開発に着手する。また、H18年度に検討した素子構造・パラメータに関して高効率化の検討を行う。   | 低損失偏光板等、オプティカル新機能部材の基本となるナノ構造を基盤設計できるようにするため、近接場光領域と伝搬光領域を統合したシミュレーション技術を開発する。シミュレーションにて偏光制御部材の基本構成を示し、目標値である透過率75%、消光比1:2,000(33dB)の達成に目処をつける。 |   |  |
| (2) ナノ構造部材作製技術           | ナノ構造部材を微細加工で作製するために、電子ビーム露光技術、RIE技術、MBE技術、ウェットプロセス、多層化技術、近接場光加工技術や材料技術等を組み合わせたナノ構造作製技術を開発する。 | ナノ構造部材作製技術を基礎検討するために、MBE技術を立ち上げ、電子ビーム露光技術、RIE技術等により下地基板埋込金属サンプルを検討し、ウェットプロセスであるメッキプロセスを検討し、ナノ構造素子用微小粒径金属薄膜作製プロセスや金属細線作製プロセスを検討する。これにより、ナノ構造作製技術の開発に着手し、数十nmレベルの偏光制御部材等、オプティカル新機能部材仕様に対応した材料と加工精度のナノ構造部材を作製する方策を得る。 | ナノ構造部材作製技術の要素技術を検討し、基本プロセスを抽出するために、MBE技術による化合物半導体量子ドットプロセスを検討し、電子ビーム露光技術、RIE技術等により下地基板埋込ナノ構造金属のパラメータ条件出しを行い、金属薄膜粒径評価技術と微小粒径金属薄膜作製技術と、ウェットプロセスである銀、銅等の金属メッキパラメータの条件出しを行う。これにより、ナノ構造作製技術の開発を開始し、偏光制御部材等、オプティカル新機能部材の中間仕様に対応した加工を可能とするナノ構造部材の作製技術内容を明らかにするための要素技術を検討する。 | 偏光板等、オプティカル新機能部材の中間仕様に対応した加工を可能とするナノ構造部材の作製技術内容を明らかにする。ナノ構造部材作製技術の、基本プロセスの確立のため、MBE技術による半導体量子ドットの形状制御技術、化合物半導体材料の変更に對する制御技術を明らかにする。             | ナノ構造部材作製技術のプロセスの確立を目指し、MBE技術による半導体量子ドットの形状制御技術をさらに向上させ、材料・構造の変更に対する作製要素技術を明らかにする。 | 数十nmレベルの偏光板等、オプティカル新機能部材の仕様に対応した材料と加工精度のナノ構造部材作製技術を開発する。MBE技術を使用した光論理ゲートに求められる構造仕様に対応した、最適な構造を提供する作製技術を開発する。 |

表Ⅱ-2.1.3.1-1 低損失オプティカル新機能部材技術開発 年度目標

公開 ①基盤技術研究開発

| サブテーマ名                | 基本計画  | 年度目標  |   |  |  |  |
|-----------------------|---|---|---|--|--|--|
|                       |   | H18   | H19   | H20  | H21  | H22  |
| (3) ナノ構造部材評価技術        | ナノ構造部材に発現する近接場光の特性を理解するために、高分解能のラマン分光法等を開発し、プラズモンの状態を評価する技術を開発する。 | ナノ構造部材に発現する近接場光の特性を理解するナノ構造部材評価技術開発に着手し、高分解能のラマン分光法等を検討し、100nm以下の分解能でプラズモンの状態を評価する技術の方策を得る。   | H18年度に検討、着手したナノ構造部材に発現する近接場光の特性を理解するナノ構造部材評価技術開発を進め、高分解能のチップ増強ラマン分光法等を実施し、ナノ構造を持つ標準サンプルのプラズモン状態を評価する。また、ナノ構造部材の光学・形状特性を理解するために、ナノメートルオーダーの分解能を有する光ナノプローブの基礎検討に着手する。   | 試作するナノ構造部材評価のため、100nm程度の空間分解能を持つ二次元プラズモン評価技術の基本的な構築を終えて原理的な検証を行う。また、ナノ構造部材の光学・形状特性評価のため、ナノメートルオーダーの分解能を有する光ナノプローブの基本構造を提案する。 | 偏光板作製に必要なナノ構造体の仕様や材料において100nm程度の空間分解能を持つ二次元プラズモン評価技術を開発する。また、H20年度に提案した基本構造に基づいて、高分解能光ナノプローブ実現の方策を検討する。  | 100nm以下の分解能を持つ二次元プラズモン評価技術を開発する。また、検討した高分解能光ナノプローブを評価し、ナノメートルオーダーの分解能を検証する。  |
| (4) ナノ構造オプティカル新機能応用技術 | ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とするオプティカル新機能部材を検討し、機能を確認する。                | ナノ構造部材に発現する近接場光機能の応用技術として、近接場光を信号キャリアとして室温で動作する光論理ゲート素子の基盤検討に着手し、作製するための方策を得る。さらに伝搬光と近接場光およびナノ構造素子間を接続する導波技術開発に着手し、近接場光導波機能を実現する数十ナノメートル以下のナノ粒子等のナノ構造を検討する。 | 光論理ゲート素子を実現するための要素技術の検討を継続し、課題に関する解決方法を得る。<br>H18年度の光論理ゲート素子の基盤検討や近接場光導波機能のナノ構造の検討を継続し、作製に必要な装置の基本性能の確認や具体的なプロセスの確認、近接場光導波材料、近接場光導波路の作製に着手する。また、新機能を発現するためのナノ粒子等のナノ構造部材の高精度な配列制御技術の検討に着手し方策を得る。<br>伝播光と近接場光との変換手法を検討し候補技術を得る。 | 光論理ゲート素子に最適な基本的な材料特性、ナノ加工による基本特性を明らかにする。<br>ナノ粒子分散型導波路機能を実現するための構造を明確にする。<br>伝播光と近接場光との変換素子の加工要素技術を確認する。                     | 光論理ゲート素子の最適材料・構造に関する基本特性確認、ナノ加工による特性確認を継続し、光論理ゲートの構造を明らかにする。加えて、出力端加工の特性を明らかにする。<br>ナノ粒子分散型導波路材料を用いた導波路構造作製プロセスを確認する。<br>伝播光と近接場光との変換素子の作製プロセスを確認する。 | 光論理ゲート素子の最適材料・構造に関する基本特性確認、ナノ加工による特性確認を継続し、光論理ゲートの構造を明らかにする。加えて、出力端加工の特性を明らかにする。<br>ナノ粒子分散型導波路材料を用いた導波路構造作製プロセスを確認する。<br>伝播光と近接場光との変換素子の作製プロセスを確認する。 |

表Ⅱ-2.1.3.2-1 低損失オプティカル新機能部材技術開発 年度目標

## ①ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発

| サブテーマ名                | 基本計画   | 年度目標  |   |   |  |  |
|-----------------------|--|---|---|---|--|--|
|                       |  | H18   | H19   | H20   | H21  | H22  |
| (1)ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術 | 研究開発項目①の「基盤技術研究開発」における近接場相互作用の数値解析シミュレーション技術を応用し、近接場相互作用によりナノ構造に生じる電気双極子の集合を近似的に表現するモデル化を行い、解析的手法に基づく局所領域の光学特性計算が可能な計算手法を開発し、偏光制御部材の材料、構成・構造、寸法等を最適設計する。 | 低損失偏光制御部材の材料、構成・構造、寸法等を最適設計するシミュレーション技術として、近接場相互作用を近似的に表現するモデル化に着手し、解析的手法に基づく局所領域の光学特性計算が可能な基本計算手法の目処を得るとともに、偏光制御部材の光学特性評価技術の検討に着手する。 | H18年度に着手した近接場相互作用のモデル化に基づき、近接領域モデルと偏光制御部材特性との統合計算技術の開発を行う。また、H18年度に着手した偏光制御部材の光学特性評価技術に基づき、数値解析手法及び、動作原理基礎実験による精度検証を行う。 | 研究開発項目①「基盤技術研究開発」“(1) ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術”と連携して局所領域の光学特性を反映した伝搬光の算出が可能な計算手法を開発すると共に、②(2) ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術と連携して、上記計算手法の計算結果と、基礎原理検証を行い構造・寸法等のパラメータとの整合性を確認する。 | 研究開発項目②(2) ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術と連携しながら、偏光制御部材の高効率化および消光比向上を可能とする材料、構成・構造、寸法等を抽出する設計法を検討する。 | 研究開発項目②(2) ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術と連携しながら、偏光制御部材の目標達成を可能とする材料、構成・構造、寸法等を最適設計する。 |
| (2)ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術 | 電子ビーム露光・フォトリソグラフィ技術、RIE技術、薄膜作製技術や材料技術などを組み合わせて、ナノ構造の偏光制御部材を作製し光学特性・機能の評価する。  | 電子ビーム露光・フォトリソグラフィ技術、RIE技術、薄膜作製技術や材料技術などナノドット構造の加工法検討、最適化検討を行い、ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術開発に着手する。  | H18年度に着手した偏光制御部材作製技術より、偏光制御部材の試作に適合する作製技術を抽出するとともに、ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術において検討したナノ構造体を試作し、材料、構造パラメータについてシミュレーション結果と比較する。   | 偏光制御機能評価部材を試作してナノ構造部材の機能を評価し、透過率(光エネルギー効率)60%以上を可能とする偏光制御部材の各種要素技術を開発する。また機能評価のための測定手法を検討する。  | 偏光制御機能評価部材を試作してナノ構造部材の機能を評価し、H20の成果に加え、消光比1:100となる偏光制御部材の各種要素技術を開発する。                    | 赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率75%、消光比1:2,000(33dB)の偏光制御部材を試作し、機能を実証する。           |

公開

表Ⅱ-2.1.3.1-2 低損失オプティカル新機能部材技術開発 研究開発内容とそのポイント

①基盤技術研究開発

| サブテーマ名                   | 現状技術の限界およびその理由  | 解決しようとしている技術的な問題点とそのブレイクスルーポイント  | ブレイクスルーするための方法   | 達成目標  |
|--------------------------|---|--|--|---|
| (1) ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術 | ナノレベルでの光と物質の相互作用を高精度にシミュレーションするとともに、サブミクロンサイズの空間の計算結果から、ミリ以上サイズのデバイスでの伝搬光領域での光の振る舞いを統合的に計算する手法がない。FDTD法は領域に関わらず光の振る舞いを記述する計算方法であるが、解析領域のサイズが3～5桁異なる領域を対象とすると、現在のコンピュータの能力では現実的なメモリ容量や計算時間で結果を得ることができない。                             | 1. ナノサイズの数値計算を行うために必要な光学定数の導出、数値計算のための数式化とナノ領域での高精度計算結果とミリ領域でのデバイス性能を接続する解析的あるいは統合的計算手法における階層構造の考え方による数値的な手法の構築<br>2. 結果を効率よく（計算に要する時間を短く）するための、最適化手法の構築 | 1. ナノ領域の量子論的解析、サブミクロン領域のFDTD法、ミリ領域の伝搬光解析を内部で直接接続するシミュレータを開発<br>2. 最小2乗近似手法や、遺伝的アルゴリズム、統計的処理等の最適化手法の選定、および最適化を加えた計算ルーチンの効率化 | 平成20年度までに、必要なツール（近接領域から伝搬領域の統合シミュレータおよび最適化計算シミュレータ）を開発する。 |
| (2) ナノ構造部材作製技術           | ・数十nm幅、数百nm高さの高アスペクト比微細金属パターンを有するナノ構造光学素子の作製技術。リフトオフプロセスでは、高アスペクト比レジストパターンへ金属が十分に埋まらない。また、FIB加工プロセスでも、ビームプロファイルの影響で、金属膜のトップが削れる。<br>・3次元形状ナノ構造微細金属パターンを有するナノ構造光学素子の作製技術。複雑な形状の3次元ナノ構造パターンを作製するためには、何層かに分けて微細金属パターンを正確に積み上げていく必要がある。 | ・高アスペクト比の微細金属パターンの形成可能な成膜技術<br>・正確な重ね合わせで微細金属パターンを積み上げていく作製技術  | ・従来のドライプロセスの他に、ウェットプロセスに着目する。<br>・EB描画装置を用い、アラインメントマークを利用する重ね合わせ描画法に着目する。  | ・数十nmレベルの偏光板等、オプティカル新機能部材の仕様に対応した材料と加工精度のナノ構造部材作成技術を開発する。 |

| サブテーマ名                  | 現状技術の限界およびその理由  | 解決しようとしている技術的な問題点とそのブレイクスルーポイント   | ブレイクスルーするための方法   | 達成目標   |
|-------------------------|---|---|--|--|
| (3) ナノ構造部材評価技術          | <p>i) ナノ構造部材は数100nm程度のサイズと想定されるため、100nm以下の空間分解能が必要である。この仕様を満たすプラズモン評価技術としては二光子励起や電場励起、電子線照射励起による発光をNSOMや光電子分光等で観測する手法が報告されているが、これらの手法は本偏光制御部材へ入射する波長に対応できない。</p> <p>ii) 現状の開口形あるいは散乱形プローブでは、プローブ作製の限界とイメージング時の損傷により、ナノメートルオーダーの分解能で再現性の高い光イメージングを行うことは困難。</p> | <p>i) 空間分解能を100nm以下にすることとプラズモン励起波長に対応できる手法を開発することがポイントである。</p> <p>ii) ナノメートルオーダーの光分解能の実現と、再現性の高い光イメージング法の実現。</p>  | <p>i) ナノ構造上のプラズモン密度分布の観測に対しては、チップ増強効果を用いることにより、100nm以下の高空間分解能を達成する。また、ナノ金属構造に機能膜を成膜し、その発光やラマン散乱光を用いることにより、偏光制御部材への入射光に対応したプラズモン励起の評価法を開発できる見込みである。</p> <p>ii) CNT (Carbon Nanotube) 内に金ナノ粒子を充填し、安定な近接場光を発生させる。</p>   | <p>i) 100nm以下の分解能を持つ二次元プラズモン評価技術を開発する。</p> <p>ii) ナノメートルオーダーの光分解能の実現。</p>  |
| (4) ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術 | <p>光論理ゲートを実現するための半導体量子ドットに対する適切な材料・構造を実現する方策は見出されていない。</p> <p>また、光論理ゲート素子間を接続する近接場光導波技術がなく、伝播光と近接場光の変換は、レンズによる集光ではスポット径が大きく、カップリング効率が小さく、レンズ等の光学系を使用すると省スペース化に難がある。近接場光と伝播光の変換技術としての出力端としての金属加工を最適化する技術も見出されていない。</p>   | <p>半導体量子ドットを光論理ゲート仕様に適した構造・材料の具体的提案はない。また、半導体量子ドットを用いた光論理ゲートを実現するためのナノ加工により作製した形状、作製手法による特性変動は明確にされていない。</p> <p>光論理ゲート素子間を接続する導波路のサイズは、回折限界以下が必要であり、近接場光導波路構造を実現するための方策は見出されていない。加えて、光論理ゲートに適用するための伝播光と近接場光の変換技術における、スポット径の縮小を高効率で行う小型素子が必要となっている。</p> <p>ナノ光論理ゲート素子間を接続する導波路のサイズは、回折限界以下となる。</p> | <p>光論理ゲートに適した半導体量子ドットの密度制御、形状制御、結晶性向上、量子ドット材料の最適化を実施しする。また、ナノ加工においては、ナノリソグラフィ技術の高精度化、光特性評価技術を確立する。</p> <p>近接場光導波路構造としてナノ粒子分散型構造のプラズモン導波路技術を確立する。伝播光と近接場光の変換技術における、スポット径の縮小を高効率で実施するため、これまでに赤外領域で実証している特殊導波路構造により、可視光領域のスポット径を縮小する。また上記をプラズモン構造と組み合わせてより小径スポットを実現する。</p> <p>ナノ粒子分散型光導波路で表面プラズモン導波を行う。</p> | <p>近接場光を信号キャリアとする、ナノ構造新機能部材への応用として、光論理ゲート素子の材料・構造を明らかにした試作を行い動作を確認する。さらに、ナノ粒子分散型導波炉材料の導波路構造作製および導波を確認する。伝播光と近接場光との変換手法を明らかにし動作を確認する。</p> <p>ナノ粒子分散型導波炉材料の導波路構造作製および機能の確認である。</p> |

表Ⅱ-2.1.3.2-2 低損失オプティカル新機能部材技術開発 研究開発内容とそのポイント

①ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発

| サブテーマ名                | 現状技術の限界およびその理由  | 解決しようとしている技術的な問題点とそのブレイクスルーポイント   | ブレイクスルーするための方法  | 達成目標  |
|-----------------------|---|---|---|---|
| (1)ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術 | 現在、ナノ構造に生じる近接場光をシミュレーションする手法として、FDTD法がある。しかし、低損失オプティカル部材の最適設計を行うためには、莫大な数の条件での計算、膨大なメモリや計算時間が必要である。また、電磁界理論、回折光学理論に基づき近接場・遠方場をそれぞれ別個に計算する技術は存在するが、近接場光相互作用を低損失オプティカル部材に応用する際には、近接場光相互作用が広い面積・領域で遠方場に与える影響を推測する計算技術が必要となる。 | 光波長以下の領域で生じる近接場光相互作用を、遠方場での計算における計算パラメータに繰り込むために、局所領域のモデル化を行う。これにより、回折光学理論に基づいた既存の光学設計技術をそのまま利用することが可能となる。<br>■ブレイクスルーポイント<br>近接場光相互作用を広域的物性パラメータに繰り込む局所領域モデルの実現とナノ構造に生じる近接場相互作用による偏光制御機能の設計。   | ・超微細構造を電気双極子または電気多重極子として近似的に表現し、光学特性を記述することにより、局所領域のモデル化と遠方場への結合を行う。同時に、低損失偏光制御部材の構成要素として金属ドットなどの単純な構造を有するものを利用することにより、設計シミュレーションと実際の光学部材との整合性を図る。<br>・複数金属ナノ構造体の近接場相互作用の偏光方向に対する異方性の利用と近接場光相互作用の共鳴現象を利用した偏光制御。 | 中間目標：開発した設計手法に関し、既存の数値解析シミュレーション方法および基礎原理検証実験との整合性を確認する。<br>最終目標：低損失偏光制御部材のシミュレーション技術を開発し、透過率75%、消光比33dBを達成しうる最適構造を設計する。                          |
| (2)ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術 | 液晶プロジェクタなどのキーデバイスとして用いられている従来の変更ビームすぶりったやなのワイヤグリッド等の光学部材では、一方の直線偏光を透過し、他方を反射する偏光選択素子にすぎず、高効率化には両方の偏光を使うための光学系が必要で、プロジェクタの小型化、軽量化、省エネ化、高輝度化が困難となる。以上のように、従来の光学部材では限界があり、これらの要求に応える事が出来ない。                                  | ナノ構造に生じる近接場光相互作用を利用し、従来にない機能・性能を有する新規な低損失偏光部材を開発する。このために、ナノ構造と近接場光の相互作用を解析し、これに基づき偏光制御部材の最適構造を設計し、これを作製する技術を開発する。これにより、小型、高効率、高耐性な（低劣化）偏光制御機能を実現する。<br>■ブレイクスルーポイント<br>・材料劣化が少なく耐光性・耐熱性のあり、平滑な無機材料（金属、ガラスなど）の使用。<br>・高精度なナノ構造作製技術の開発。 | ・電子ビーム露光・フォトリソグラフィ技術、RIE技術、薄膜作製技術や材料技術などを組み合わせた、高精度ナノ構造地作製技術の開発と部材作製。<br>・ナノ構造の大面积化と機能分離多層構造の作製。  | 中間目標：透過率(光エネルギー効率)60%以上を可能とする偏光制御部材の各種要素技術を開発する。<br>最終目標：中間評価までに得られた要素技術を取捨選択融合し、赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率75%、消光比1：2,000(33dB)の偏光制御部材を試作し、機能を実証する。 |

## 2.2 研究開発の実施体制

### 2.2.1 実施体制の概要

本研究開発は、平成18年度に新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）において基本計画を策定し事業を実施するものである。研究開発に当たっては、研究開発に参加する各企業の研究開発ポテンシャル、設備インフラの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図るという観点から、光産業技術の振興機関である財団法人光産業技術振興協会内に「ナノフォトニクス推進機構」を設置し、基盤技術研究開発、ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発の2テーマ及びそのサブテーマ毎に6企業1大学から最高のポテンシャルを有する研究者を併任出向させ、本研究開発を促進し、研究成果に係る早期の新規事業創造のために必要な事業を一体的に推進することにより、本研究開発の達成目標を期間内に実現するとともに、その成果を早期に新規事業創造に結びつける体制をとる。各研究開発グループには業界内トップクラスで、各社におけるマネージャークラスの研究推進リーダーとサブリーダーを選出し、構成員は、開発に必要とする最先端技術を有している企業の、優秀かつ最も適任な技術者が併任出向する形をとる。そして、これらのテーマを総括するプロジェクトリーダー「研究開発責任者」（東京大学 教授 大津元一）を置き、そのリーダーシップの下に研究開発を実施する。

図2.2.1-1 に全体の研究実施体制スキームを示す。ナノフォトニクス推進機構への参加団体は、現在6企業（コニカミノルタオプト 株式会社、株式会社 東芝、株式会社 日立製作所、日立マクセル 株式会社、パイオニア 株式会社、株式会社 リコー）、1大学（東京大学）である。

また、財団法人光産業技術振興協会と国立大学法人 東京大学、東京工業大学及び独立行政法人 国立高等専門学校機構 国立東京工業高等専門学校とは、共同研究契約の下に研究開発を実施する。

開発場所は、グループごとに、開発するのに必要な技術インフラを有している企業、大学の研究施設の一部をナノフォトニクス推進機構が借用して運用する。その研究場所に各社の技術者が参集し、それぞれの得意な技術分野の開発を分担し、各研究場所での開発設備その他インフラを用いるだけでなく、各参加企業の研究所において、各社のノウハウ、設備を用いて事前に予備研究開発を行い、その成果を共通研究場所に移し、開発のスピードアップと効率化を図る。以下に主な研究開発場所について述べる。

#### ○財団法人光産業技術振興協会 国立大学法人 東京大学 集中研

近接場光学研究の中心として、理論、作製、評価等の各技術のトップの研究開発力を有し、常に革新的なデバイス提案をおこなっており、本研究開発を実施する上で最適である。

#### ○（株）リコー、財団法人光産業技術振興協会（株）リコー 集中研

プロセス加工に必要なクリーンルーム、ユーティリティ、有機溶剤取り扱い設備など、

## 公開

安全・環境保全設備が揃っているため、試料作製に適している。

○財団法人光産業技術振興協会 東京大学(パイオニア株) 集中研

全体の加工プロセスを一貫して行なえる装置等の設置スペースとして、純水、H<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>等の基本ユーティリティー、ドラフト等の作業環境が設置された約500m<sup>2</sup>のクリーンルーム(クラス~100)と隣接する約100m<sup>2</sup>の居室が使用できる。

○財団法人光産業技術振興協会 (株)東芝 研究開発センター 集中研

めっきや合成、SolGelプロセスを行うドラフト関連施設等、ウェットプロセスに関する一連の設備類が使用でき、また、材料評価においてもNMR等材料分析装置や光学特性評価システムがあり、ナノ構造部材の開発やプラズモン導波特性評価を行うことができる。

○国立大学法人 東京工業大学 理工学研究科

超高速レーザーが揃いパンプアンドプローブや時間分解技術が揃っており、また、顕微分光や近接場分光を用いてナノ粒子の量子物性を研究する研究室であり本開発に関する技術力が高い。

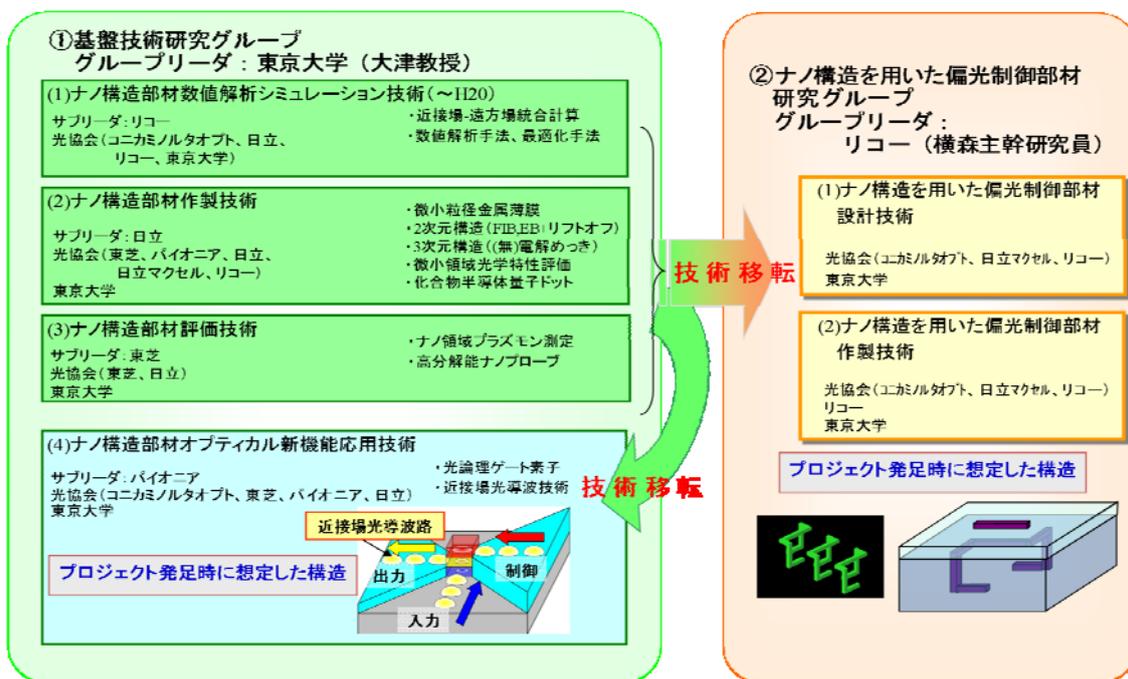
○独立行政法人 国立東京工業高等専門学校 物質工学科

ウェットプロセス関連の施設や分析装置を持ち、ウェットプロセスによる材料作製に高いポテンシャルを持つ。光学特性制御材料研究を進めている研究室である。

以上、本プロジェクトで開発しようとしている要素技術の目標は、極めてチャレンジングなものであり、これを期間内に実現するためには、

- 1) それぞれの研究テーマ及びそのサブテーマについて最高のポテンシャルを有する研究者を、企業レベルを超えて結集する。
- 2) それぞれの研究テーマ、サブテーマ内のみならず、すべてが相互に関連しあっていることから、相互に密接な連携をとって研究開発を推進する。
- 3) 各企業の有する既存設備を有効に活用することにより、できるだけ効果的な資金配分を実現する。

ことが不可欠と考え、上記に示した研究開発体制をとる。



図Ⅱ-2.2.1-1：研究実施体制スキーム

## 公開

### 2.2.2 テーマ別参加企業の研究開発実績と研究員のプロフィール

#### 2.2.2.1 基盤技術研究開発グループ

本テーマの提案にかかわる技術については、国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学、独立行政法人国立工業高等専門学校、コニカミノルタオプト株式会社、株式会社東芝、パイオニア株式会社、株式会社日立製作所、日立マクセル株式会社、株式会社リコーなどに代表される企業によって世界をリードしてきた。

本プロジェクトでは、平成21年度までは、国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学、独立行政法人国立工業高等専門学校と共同研究契約を結び、コニカミノルタオプト株式会社、株式会社東芝、パイオニア株式会社、株式会社日立製作所、日立マクセル株式会社、株式会社リコーの研究者が財団法人光産業技術振興協会に併任出向し、平成22年度からは、財団法人光産業技術振興協会、国立大学法人東京大学にて、研究開発を実施する。

#### ○国立大学法人 東京大学

近接場光学研究の中心として、理論、作製、評価等の各技術のトップの研究開発力を有し、常に革新的なデバイス提案をおこなっており、当該分野で世界トップの研究実績を有する。

#### ○国立大学法人 東京工業大学

顕微分光や近接場分光を用いてナノ粒子の量子物性を研究しており、ナノフォトニクススイッチ媒体である励起子やプラズモンその他素励起評価に関する研究実績を有する。

#### ○独立行政法人 国立東京工業高等専門学校

金ナノ粒子を中心としたオプティカル新機能材料の開発を東芝と共同で研究中であり、ウェットプロセスによる材料作製技術のポテンシャルも高く、ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術への適用が見込める。

#### ○コニカミノルタオプト株式会社

近接場光記録、近接場光シミュレーションおよび理論解析についての研究実績を有する。また、光学部品の作製、組み立てや評価技術について、試作品から量産に至るまで広範囲に対応できる実績がある。

#### ○株式会社東芝

東芝はナノオーダーの自己組織化等を利用したナノ加工技術の開発を行っており、当該技術についての研究実績を有する。これらの技術を適用したデバイス開発は、学会、展示会等で高い評価を得ており、ナノテク展でナノテク大賞を受賞している。また、東工大、東京高専と共同でナノフォトニクス新機能光導波路材料の研究を進めている。

#### ○パイオニア株式会社

光学シミュレーションおよび高密度電子線リソグラフィーについての研究開発実績を有する。また、OEICのプロセス技術開発、製品化の実績を有している。

## ○株式会社日立製作所

プラズモンプローブを用いた近接場光記録、ナノ構造体であるプラズモンプローブの埋め込み作製技術、および、近接場光シミュレーション、理論解析についての研究実績を有する。

## ○日立マクセル株式会社

微細加工技術、製品プロセス開発、形状評価技術、光学特性評価技術および近接場光シミュレーションについての研究実績を有する。

## ○株式会社リコー

近接場光記録、近接場光による物性評価、近接場光シミュレーションおよび理論解析についての研究実績を有する。

表2.2.2.1-1 に基盤技術研究開発グループに係る機関とその主要研究員(平成22年10月時点)のプロフィールを示す。

公開

表Ⅱ-2.2.2.1-1 参加機関概要と主要研究員プロフィール

(①基盤技術研究開発グループ) [H23年度]

|   |  |
|---|--|
| ①基盤技術研究開発グループ                               |  |
| グループリーダー： 大津 元一 (東京大学大学院 工学系研究科 電機系工学専攻 教授) |  |
| ①-(i) ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術                  | サブリーダー： 横森 清 (財団法人光産業技術振興協会・(株)リコー)    |
| ①-(ii) ナノ構造部材作製技術                           | サブリーダー： 西田 哲也 (財団法人光産業技術振興協会・(株)日立製作所) |
| ①-(iii) ナノ構造部材評価技術                          | サブリーダー： 都鳥 顕司 (財団法人光産業技術振興協会・(株)東芝)    |
| ①-(iv) ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術                  | サブリーダー： 杉浦 聡 (財団法人光産業技術振興協会・パイオニア(株))  |

国立大学法人東京大学 (8名)

| 氏名    | 所属・役職                     | 主な担当事業内容                  |
|-------|---------------------------|---------------------------|
| 大津 元一 | 東京大学大学院 工学系研究科 電機系工学専攻 教授 | ・研究開発(ii)(iii)(iv)に<br>従事 |
| 川添 忠  | 東京大学大学院 工学系研究科 特任准教授      |                           |

財団法人光産業技術振興協会 (45名)

| 氏名                    | 所属・役職 (出向元)                             | 主な担当事業内容                  |
|-----------------------|---|---------------------------|
| (株)リコー、リコー光学(株) (11名) |   | ・研究開発(i)(ii)に従事           |
| 横森 清                  | (株)リコー グループ技術開発本部 主幹研究員                 |                           |
| 三宮 俊                  | (株)リコー グループ技術開発本部 研究主担                  |                           |
| コニカミノルタオプト(株) (4名)    |   | ・研究開発(i)(iv)に従事           |
| 波多野 洋                 | コニカミノルタオプト(株) 事業開発センター 新事業創出室<br>マネージャー |                           |
| (株)東芝 (8名)            |   | ・研究開発(ii)(iii)(iv)に<br>従事 |
| 都鳥 顕司                 | (株)東芝 研究開発センター 機能材料ラボラトリー<br>主任研究員      |                           |
| (株)日立製作所 (11名)        |   | ・研究開発(i)(ii)(iv)に<br>従事   |
| 西田 哲也                 | (株)日立製作所 中央研究所 主任研究員                    |                           |
| 中田 俊彦                 | (株)日立製作所 横浜研究所 主任研究員                    |                           |
| 日立マクセル(株) (4名)        |   | ・研究開発(ii)に従事              |
| 杉山 寿紀                 | 日立マクセル(株) 開発本部 副技師長                     |                           |
| パイオニア(株) (7名)         |   | ・研究開発(ii)(iv)に従事          |
| 杉浦 聡                  | パイオニア(株) 知的財産部 参事                       |                           |
| 吉沢 勝美                 | パイオニア(株) 技術開発本部                         |                           |

### 2.2.2.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発グループ

本テーマの提案にかかわる技術については、国立大学法人東京大学、コニカミノルタオプト株式会社、日立マクセル株式会社、株式会社リコーなどに代表される企業によって世界をリードしてきた。

本プロジェクトでは、H21年度までは、国立大学法人東京大学と共同研究契約を結び、コニカミノルタオプト株式会社、日立マクセル株式会社、株式会社リコーの研究者が財団法人光産業技術振興協会に併任出向し、22年度からは、財団法人光産業技術振興協会、株式会社リコー、国立大学法人東京大学にて、研究開発を実施する。

#### ○国立大学法人 東京大学

近接場光学研究の中心として、理論、作製、評価等の各技術のトップの研究開発力を有し、常に革新的なデバイス提案をおこなっており、当該分野で世界トップの研究実績を有する。

#### ○コニカミノルタオプト株式会社

近接場光記録、近接場光シミュレーションおよび理論解析についての研究実績を有する。また、光学部品の作製、組み立てや評価技術について、試作品から量産に至るまで広範囲に対応できる実績がある。

#### ○日立マクセル株式会社

微細加工技術、製品プロセス開発、形状評価技術、光学特性評価技術および近接場光シミュレーションについての研究実績を有する。

#### ○株式会社リコー

近接場光記録、近接場光による物性評価、近接場光シミュレーションおよび理論解析についての研究実績を有する。

表2.2.2.2-1 にナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発グループに係る機関と主な研究員(平成22年10月時点)のプロフィールを示す。

公開

表Ⅱ-2.2.2.2-1 参加機関概要と主要研究員プロフィール

(②ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発グループ) [H22年度]

②ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発グループ

グループリーダー： 横森 清 (財団法人光産業技術振興協会・(株)リコー)

②-(i) ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術

②-(ii) ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術

(株)リコー (19名)

| 氏名    | 所属・役職                  | 主な担当事業内容        |
|-------|------------------------|-----------------|
| 福田 浩章 | (株)リコー グループ技術開発本部 研究主担 | ・研究開発(i)(ii)に従事 |
| 三宮 俊  | (株)リコー グループ技術開発本部 研究主担 |                 |

財団法人光産業技術振興協会 (27名)

| 氏名                    | 所属・役職 (出向元)                          | 主な担当事業内容        |
|-----------------------|--------------------------------------|-----------------|
| (株)リコー、リコー光学(株) (19名) |                                      | ・研究開発(i)(ii)に従事 |
| 横森 清                  | (株)リコー グループ技術開発本部 主幹研究員              |                 |
| コニカミノルタオプト(株) (4名)    |                                      | ・研究開発(i)(ii)に従事 |
| 波多野 洋                 | コニカミノルタオプト(株) 事業開発センター 新事業創出室 マネージャー |                 |
| 日立マクセル(株) (4名)        |                                      | ・研究開発(i)(ii)に従事 |
| 杉山 寿紀                 | 日立マクセル(株) 開発本部 副技師長                  |                 |

国立大学法人東京大学 (6名)

| 氏名    | 所属・役職                     | 主な担当事業内容        |
|-------|---------------------------|-----------------|
| 大津 元一 | 東京大学大学院 工学系研究科 電機系工学専攻 教授 | ・研究開発(i)(ii)に従事 |
| 川添 忠  | 東京大学大学院 工学系研究科 特任准教授      |                 |

## 2.3 研究開発の運営管理

## 2.3.1 運営管理体制概要

NEDOと実施者間、実施者内の情報交換としての会議や打合せ状況を表 2.3.1-1 に示す。

表Ⅱ-2.3.1-1 NEDO・実施者間の研究開発マネジメント

|                                  |  |                       |
|----------------------------------|--|-----------------------|
| 定例<br>ヒアリング                      | 項目   | 内容                    |
|                                  | 主催者  | NEDO電子・材料・ナノテクノロジー部   |
|                                  | 出席者  | NEDO、実施者、経済産業省        |
|                                  | 場所   | NEDO                  |
|                                  | 開催頻度   | 年2回（春、秋） [H22年度実績 2回] |
| 内容                               | 研究内容の進捗確認、研究計画の確認、実用化に向けた取組の確認、加速資金投入の検討、他           |                       |
| 個別<br>ヒアリング                      | 項目   | 内容                    |
|                                  | 主催者  | NEDO電子・材料・ナノテクノロジー部   |
|                                  | 出席者  | NEDO、実施者（個々企業毎）       |
|                                  | 場所   | 実施者施設またはNEDO          |
|                                  | 開催頻度   | 不定期（年数回） [H22年度実績 5回] |
| 内容                               | 各社個別の事業化取組の確認、研究開発状況確認<br>開発計画・体制見直し・加速資金・継続研究等の議論、他 |                       |
| 開発現場<br>ヒアリング                    | 項目   | 内容                    |
|                                  | 主催者  | NEDO電子・材料・ナノテクノロジー部   |
|                                  | 出席者  | NEDO、実施者（個々企業他）       |
|                                  | 場所   | 実施者施設                 |
|                                  | 開催頻度   | 各社年1～2回 [H22年度実績 12回] |
| 内容                               | 購入設備・実験環境の確認、研究開発・事業化状況確認、他                          |                       |
| ナノフォトニクス<br>推進機構<br>研究企画<br>調整会議 | 項目   | 内容                    |
|                                  | 主催者  | ナノフォトニクス推進機構          |
|                                  | 出席者  | NEDO、実施者              |
|                                  | 場所   | 財団法人光産業技術振興協会、他       |
|                                  | 開催頻度   | 月～隔月ごと [PJ期間中通算37回実施] |
| 内容                               | 研究開発進捗確認、事務連絡  |                       |

## 公開

### 2.3.2 プロジェクト終了後の運営管理体制概要

本プロジェクト終了後は、一般財団法人光産業技術振興協会、リコー、パイオニア、リコーにて、本プロジェクトにて開発した技術の実用化を加速するために表Ⅱ-2.3.2-1 に示す継続研究を実施している。なお、3カ月毎に連絡会を開催し進捗管理を行う。

表Ⅱ-2.3.2-1 継続研究

| 実施者                 | 内容                                       | 期間          |
|---------------------|--|-------------|
| 東芝                  | ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術                      | H23/4～H24/3 |
| パイオニア               | ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術                      | H23/4～H24/3 |
| 一般財団法人<br>光産業技術振興協会 | ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術<br>ナノ構造を用いた低損失変更正誤部材 | H23/4～H24/3 |
| リコー                 | ナノ構造を用いた低損失変更正誤部材                        | H23/4～H25/3 |

### 2.3.3 実施者側運営管理体制概要

受託団体である一般財団法人光産業技術振興協会内に新規に設置した、ナノフォトンクス推進機構における運営管理について述べる。図 2.3.3-1 に示すように、ナノフォトンクス推進機構には、推進機構全体の議決機関として運営を司る執行委員会を置く。執行委員会は、各プロジェクト参加企業の代表（役員クラス）で構成され、執行委員会のまとめ役として、代表と、代表の補佐をする副代表を置く。代表は、本プロジェクトの参加会社から2年交代を目途に任命される。平成18、19、22年度が株式会社リコー、平成20年度と21年度がパイオニア株式会社である。

この執行委員会の下にナノフォトンクス推進機構における本プロジェクトの研究開発責任者を置く。研究開発責任者は、執行委員会の承認を持って任命され、研究開発の総括と推進にあたる。研究開発責任者は研究企画調整会議を開催し、研究全体の計画立案、予算案策定、各グループの研究開発進捗状況チェック、グループ間調整を行う。研究企画調整会議は、各研究グループのグループリーダー、サブリーダーおよび、任命されたメンバで構成され、研究全体の計画立案、予算案策定、各グループの研究開発進捗状況チェック、グループ間調整、等、マトリクス的な運営を行う。したがって、この研究企画調整会議での審議、決定内容が、実質的に、このプロジェクト全体の施策となり、それを統括する、研究開発責任者は本プロジェクト推進に責任を持つとともに、有効に機能できる体制をとった。

また、上記の実質的な研究開発グループのほかに、本プロジェクトを側面からサポートする為の組織として、連絡委員会、3専門委員会から構成される企画推進委員会を設置した。

連絡委員会は、各企業の技術レベルの議論だけでは、企業としての責任ある行動に限度がある故に経営的判断のできる部門のメンバが参画し、本テーマの進捗状況を絶えず各企業の将来の運営戦略視点から判断できるようにしたもので、参加企業と推進機構との調整と

執行委員会の補佐を行う。

企画推進委員会は、本プロジェクトで開発された技術、特許、ノウハウの有効利用を可能とするため、維持管理、戦略的売り込み等を検討する「知的財産権専門委員会」、策定した実用化システムの国際標準化を準備する「国際標準化専門委員会」、本プロジェクトで開発した要素技術が、どのような市場を創出し、どのような装置システムが要求されるのか等について検討する「市場創出・実用化専門委員会」、の3専門委員会から構成され、それぞれの戦略を策定するとともに、動作原理に近接場光を用いる低損失オプティカル新機能部材実現のために必要な事業を行う。この企画推進委員会と、各専門委員会での検討結果は、直ちに研究企画調整会議において報告され、全体計画の中に反映する。

以上述べてきたように、本プロジェクトでは平成22年度までに、赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率75%以上、消光比1:2,000(33dB)が得られる偏光制御部材を開発する目標に向けて、効率的及び機動的な体制を構築し運営している。

平成22年度からは、成果の実用化に向けた研究開発を加速するために、株式会社リコー、国立大学法人東京大学が新たな委託先として追加され、財団法人光産業技術振興協会内ナノフォトンクス推進機構と連携をとりながら、研究開発を実施した。

#### 2.3.3.1 研究進捗状況の把握と計画見直し等

研究開発の進捗状況把握、計画見直し等については、研究企画調整会議、各研究開発グループ会議、サブグループ会議、および共同研究先の東京大学との基盤(基礎)研究開発グループ会議において検討がなされており、各会議での検討結果は、研究企画調整会議に議題として提案され、審議の後、計画変更修正が必要な場合、修正する。

(a) 研究企画調整会議は、月～隔月一回程度の頻度で開催され、各グループリーダーによる予算を含む進捗状況報告、成果の論文発表や、新聞発表の伺い、計画変更・修正等の提案について審議を行い、計画の着実なる進捗を図ることを目的としている。

(b) 各研究開発グループ会議とサブグループ会議は、毎月一回のペースで、光協会、各開発研究場所、あるいは、各グループ参加企業持ち回りで開催され、実施計画、予算案の策定、研究進捗状況確認(必要なら計画修正も)等を審議する。また、必要に応じて適宜他グループと合同会議を行い、互いの進捗状況確認と相互の検討準備状況、受け入れ態勢等のチェックを行い、必要な計画調整・修正を行う。これらの、各グループ会議や、合同会議での審議結果は、直後に開催される、研究企画調整会議に各グループから提案・審議し、必要な場合修正する。

(c) 基盤(基礎)研究開発グループ会議は、共同研究先の東京大学とナノフォトンクス推進機構の研究開発グループとで構成する研究開発会議で、大津PL主導の下、月～隔月一回程度のペースで開催される。両者の研究開発ベクトルを擦り合わせるとともに、川上に位置する東大での研究開発成果を、川中の基盤(応用)技術研究開発グループで受け、これを川下である低損失オプティカル新機能部材実用化に結び付ける。

公開

そして、最終的に上記過程を経て、決定した全体計画、予算、決算につき、執行委員会（年二回開催）に提案・報告し、承認を受ける。

さらに、各年度の進捗状況は、経済産業省、新エネルギー・産業技術総合機構（NEDO）の担当部署に、成果報告書として文書による報告と、次年度の予算ヒアリング時に、資料と口頭による前年度の実施計画と成果、今年度の実施計画と予算、来年度の実施計画と予算について、報告と提案を行い、状況の把握を行っている。

#### 2.3.4 実施者間の連携

研究開発においては、研究グループを中心にグループ間・グループ内の連携をとりながら、参加企業間の壁を超えて、研究開発を進めている。

プロジェクト期間中のグループ会議の開催回数およびグループ間の連携の取り組みを表2.3.4-1に示す。

表Ⅱ-2.3.4-1 研究グループ内・外の連携

| グループ                    | グループ内<br>会議回数 | グループ間連携   |
|-------------------------|---------------|---|
| 基盤(基礎)研究開発グループ          | 38            | 原理動作を分担し解明し、参加メンバに提供。参加メンバ全体のレベルアップを図る。           |
| ナノ構造部材数値シミュレーション技術グループ  | 17            | ナノ構造を用いた偏光制御部材設計／作製技術グループにシミュレーション、遺伝アルゴリズムを開示    |
| ナノ構造材料作製技術グループ          | 36            | ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術グループと試作を分担                     |
| ナノ構造部材評価グループ            | 34            | ナノ構造を用いた偏光制御部材設計／作製技術グループに特性評価法を共有                |
| ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術グループ | 39            | ナノ構造部材評価グループに試作品特性評価を依頼                           |
| ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術グループ  | 17            | ナノ構造を用いた偏光制御部材設計／作製技術グループ横断にてシミュレーションの正確さの相互比較を実施 |
| ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術グループ  |               |   |

### 2.3.5 知財マネジメント

本プロジェクトに関して創生された知的財産に関しては、プロジェクト開始時に下記の取扱方針を定め運用する。

- ・公正な取扱いを保証し、もって研究の促進と研究成果の普及、有効利用を図る。
- ・プロジェクトを実施することにより発明等を行ったときは、当該発明等に係る知的財産権は実施者に帰属する。
- ・財団法人 光産業技術振興協会の参加企業に関する知財の扱いは同協会内規による。

特に、特許に関しては、基盤技術に関する基本特許は積極的に出願し、実用化技術に関しては企業の戦略を尊重する。

実施者側の知財マネジメント体制としては、ナノフォトンクス推進機構に知財委員会を設置している。知財委員会は、各社の知財担当者がメンバとなり、本プロジェクトで開発した技術、特許、ノウハウの有効利用、維持管理等を遂行。また、必要に応じて知財案件を協議する。

### 2.3.6 人材育成・周辺研究の実施 —NEDO 講座—

日本の産業技術の発展のために、先端分野や融合分野の技術を支える人材の育成と、人的交流の面から産学連携を促進するための「場」を形成する「NEDO講座」に本プロジェクトはコアプロジェクト\*として採択。具体的には、東京大学／大津研究室を拠点として i) 周辺研究の実施、ii) 人材育成の講座実施、iii) 人的交流等の展開を実施。

\* コアプロジェクト：大学が技術の中核であるNEDOプロジェクトのうち、優れた成果を生み出しつつあるまたは生み出したもの

公開

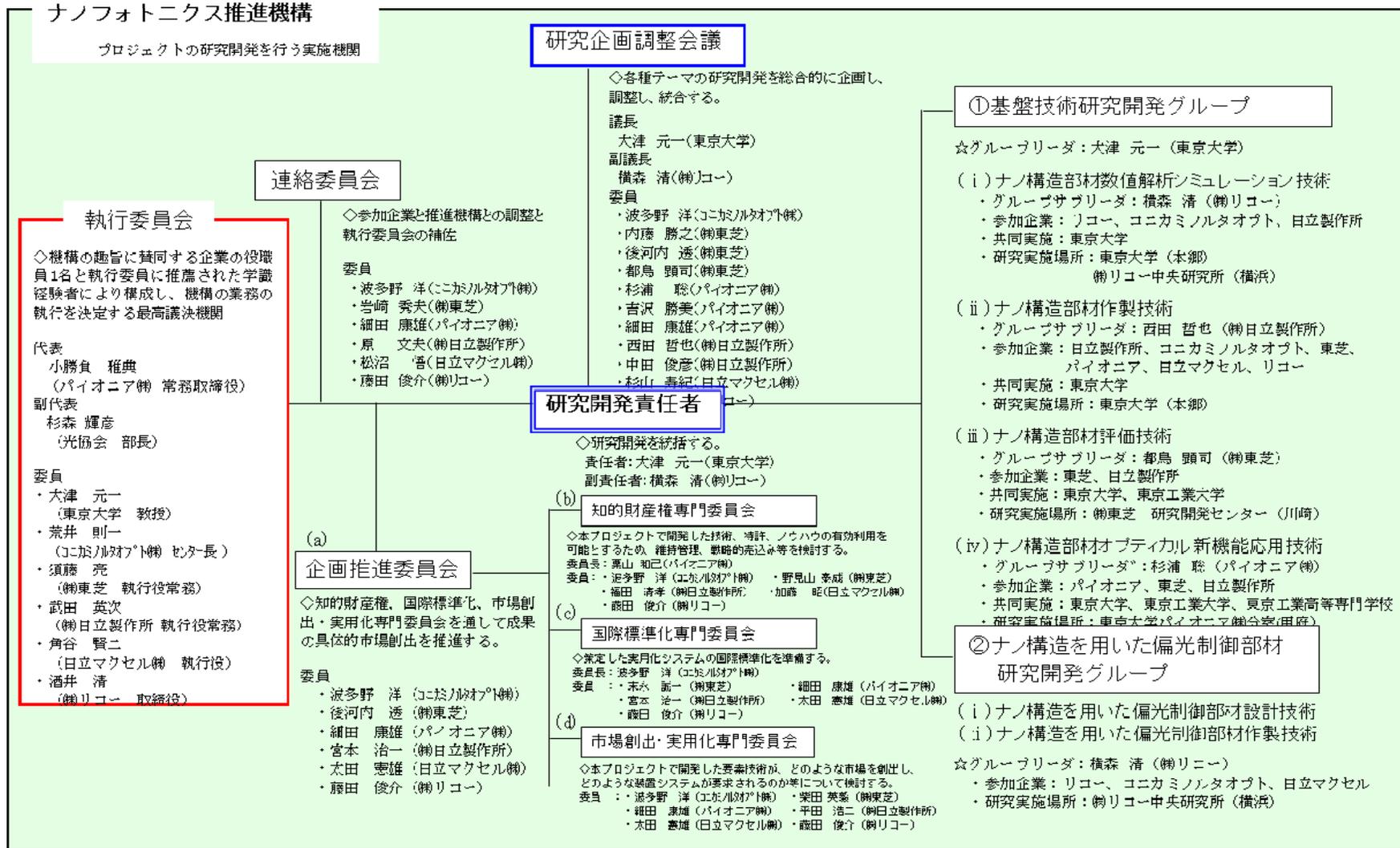


図 II-2.3.3-1 運営管理体制 ((財)光産業技術振興協会) \*平成 20 年 4 月

### 3. 情勢変化への対応

本事業では、外部の情勢変化と研究開発の進捗を照らし合わせ、情勢変化に対応した機動的な加速資金（前倒し）の投入および実施計画の変更を行ってきている。

#### （1）平成18年度 実施計画の前倒し

プロジェクタやディスプレイを取り巻く技術動向の変化は早く、早期の確立が必要であり、採択審査委員会においても指摘がなされた。また、プロジェクトの開始当初、シミュレーションによる偏光変換機能の発現可能性、及び近接場光を信号キャリアとする光論理ゲートの室温動作可能性が得られたため、早期に機能確認のためのサンプル試作と評価を迅速に行う体制を整えることとした。そのため、10数 $\mu\text{m}$ サイズのサンプルを試作するための①FIB装置、量子ドットを作製するための②評価装置（高精度AFM、SEM、赤外分光装置、フェムト秒波長可変レーザー、ストリークカメラ）、③近接場プラズモン評価装置を導入した。

その結果、①FIB装置の導入により直径100nm、間隔40nmのAuナノドット構造の作製が可能となった。また、10数 $\mu\text{m}$ 角の大きさではあるが、試作回数が多くできるとともに様々なパターンのナノドット構造作製ができ、試作の結果を偏光部材設計に素早く反映させることが可能となった。こうして試作したサンプルに直線偏光を入射し、シミュレーションで予測された通りに金ナノドット間での近接場相互作用に基づく位相変化が出力光に起こることを実測した。さらに、金ナノドットアレイ構造でドット高さを130nmとすることで、40度を超える位相差を実現することに成功し、偏光制御部材が作製可能であることを実証できた。

また、②評価装置の導入により、作製したInAs量子ドット間のエネルギー移動を確認し、光論理ゲート出力部構造を含めて光論理ゲート構造を明確にすることができた。また、室温での強いPL発光を示す低密度InAs量子ドット構造が得られており、動作温度向上の可能性を確認している。

さらに、③近接場プラズモン評価装置の導入により、チップ増強効果を用いたラマン散乱、発光、レイリー散乱でプラズモンを100nm程度の高空間分解能で評価できるようになった。これを用いて、ナノZ構造偏光板のプラズモン分布が偏光依存性を持つ等シミュレーションに対応した観測結果が得られている。

#### （2）平成19年度 実施計画の前倒し

本プロジェクトが目標とする偏光変換機能は、従来の光学応用では達成できないものであり、この偏光変換機能を実現する構成、作製技術（精度や素子の粗さなど）で先行している。一方、海外の競合を見ると、メタマテリアルの光波長領域研究では、Purdue UniversityのVladimir M. Shalaevのグループが最も進んでおり、最近の研究で本プロジェクトが目標とする成果物を実現するポテンシャルを整え始めている。現状では本プロジェクトが先行していることは明らかであるが、激化し始めた国際的開発競争に対応するため、先行性を

## 公開

確保しつつH20年度末の中間目標をいち早く達成するため、ナノ構造加工高さ：200～300nmを可能とする金属膜エッチング装置を前倒し導入して開発を進めることとした。

本装置の導入により、高さの高い金属ナノ構造を形成することができ、ナノ構造作製の目標仕様（ナノ構造高さ、近接場相互作用を高めるナノ構造間隔など）をいち早く実現する条件が整った。また、プロジェクト発足当初に設定した仕様に加え、新たに素子サイズを現在可能な十数 $\mu\text{m}$ から数mmに拡大することができ、想定される実用デバイスにより近いもの（5mm～10mmを想定）を試作することが可能となった。

### （3）平成20年度 実施計画の前倒し

偏光制御部材作製のデバイス試作において、中間目標値（偏光透過率60%）を目標納期より半年早く確認し、世界で初めて50%を超える新現象の発現に成功した。最終目標値（偏光透過率75%、消光比1：2,000）を実現するには、偏光透過率と消光比を機能分離して行うことが想定されるが、海外研究開発状況（2008.10シュツットガルト大にて積層化構造を試作）および対象市場の早期立ち上がりという環境変化に鑑み、二つの機能を一体化する新たな技術開発が必要と判断した。

このため、透過率と消光比の二つの機能を積層化する装置（無機材コータ装置およびCMP装置）を導入して、最終目標値を達成するナノ構造パターン一体化作製技術を開発し、早期に実用レベルに近い偏光部材の開発を前倒しにて着手した。

異なる光学機能をもつ金属ナノ構造を安定して多段に構成する積層化技術の確立により、最終目標値（偏光透過率75%、消光比1：2,000）を位相変調構造部と変更選択構造部とを一体とした構造で実現。優位である光学特性技術に加え、積層化技術を融合し、海外に対して更なる優位化を実現することができた。

### （4）平成21年度 実施計画の前倒し

ナノ構造部材オプティカル新機能応用において、従来、垂直に配列した2層の微細構造物間のエネルギー移動は15K以下でしか起こらなかったが、本研究の成果により、結晶性（上下層での結晶の大きさや密度、上下層の間隔等の構造）を向上させ、220Kでの動作確認に成功（H20.11月）し、その後、プロジェクト最終目標（室温における新機能部材の機能確認）に近い280Kでのエネルギー移動を確認（H21.12月）した。これは世界最高データであり、世界初の微細構造物デバイスとしての室温動作（300K）の可能性を十分に示すものであった。

本現象を実デバイス技術に発展させるために、単一の微細構造物を意図した場所に形成するための作製装置および微細構造物に電源光と信号光の2光源（2波長）を入力し、デバイス素子としてのon/offスイッチ動作を確認するための評価装置を導入し、これまでの近接場光が伝搬光として伝わるかどうかの研究から更に加速させ、単一の微細構造物におけるデバイスとしての制御技術（on/offのスイッチ制御）の開発に着手した。

その結果、近接場光を用いた新たな光論理デバイス素子（NOTゲート）の室温動作を世界

で初めて確認し、H22年8月にプレスリリースを実施した。

(5) 平成22年度に向けた 実施計画の前倒し、体制変更 (H21年度末加速)

上記(2)(3)の実施計画前倒しにより、1mm角の素子サイズを作製する技術と、偏光機能と消光機能を一体化する技術を統合し、1mm角サイズで偏光機能と消光機能を一体的に併せ持つ最先端の構造を作製できるようになった。

一方、市場においては、小型プロジェクタやプロジェクタ搭載デジカメといった新商品が発売され始めており、低消費電力に寄与するデバイスのニーズが高まってきた。このような環境変化を踏まえ、偏光制御部材をできるだけ早期に実用化を目指すことが必要と判断し、高速かつ高精度に大サイズの素子を作製するためのEB描画装置を導入し、10mm角程度のサイズで素子機能を作製・評価する環境を構築した。

またこれまで財団法人光産業技術振興協会にて実施してきた研究開発のうち、偏光部材開発の一部が目覚しく躍進したこと、並びに大面積偏光部材の作製技術の確立に向けては、これまでの技術開発と連携する必要があるとあり、同協会及び同協会に参画していた、リコー、同協会の共同実施先である東京大学とNEDOの委託先として、連名契約を結ぶ体制に変更した。

これにより、世界に先駆けて、実用化レベルである10mm角程度のサイズでの素子機能評価が可能となり、実プロセスに必要なウェハプロセスでの作製技術の見通しを得るための基盤を確立した。

公開

4. 中間評価結果への対応

平成20年11月に実施された中間評価の結果、評価のポイント、指摘事項とその対応を、表4-1、2に示す。

表Ⅱ-4-1 中間評価の結果

| 評価項目   | (1)事業の位置<br>付け・必要性 | (2)研究開発<br>マネジメント | (3)研究開発<br>成果 | (4)実用化事業化<br>の見通し |
|--------|--------------------|-------------------|---------------|-------------------|
| 評点     | 3.0                | 2.3               | 2.7           | 2.1               |
| 総合点・判定 | 4.8 (優良)           |                   |               |                   |

総合点 = (3) + (4)、 判定：総合点 3.0以上が合格、4.0以上が優良

表Ⅱ-4-2 評価のポイント、指摘事項とその対応

| 評価のポイント   |
|---|
| 事業全体にわたり、きわめて先進的かつ産業的波及効果の大きい独創的研究開発が、適切なマネジメントのもとに推進されている。中間目標はほぼ達成されており、偏光素子の光学損失が原理的に50%を超えているなど世界初もしくは世界最高水準の成果を得ていることから、最終段階で予想以上の成果をあげることが期待される。近接場光を応用したデバイス作製技術は、基礎科学的側面と、加工技術、作成技術、計測評価技術の開発が密接かつ広範囲な連携のもとではじめて実現される分野であり、企業単独でなされる技術ではない。その意味で産学連携で実行される本事業は、妥当であり、実用化及び事業化の見通しも大いに期待される。 |

| 主な指摘事項  | 反映（対処方針）のポイント  |
|---|--|
| 本事業の液晶プロジェクタの実用化の見通しについて、現状の世界の技術力の延長線上にあると想定するのはやや甘く、今後、本事業の成果が活用され得る応用分野への革新的な着想が期待される。 | 常に、プロジェクタの市場動向やミラーデバイス方式、反射型液晶方式などの技術動向に留意し、様々な角度から実用化見通しの検討を行い、小型・携帯用を含めた液晶プロジェクタへの応用を念頭においた研究開発を適切に進める。また、液晶ディスプレイへの応用も考えられ、実用化に向けたマイルストーンと課題を明らかにしつつ、研究開発を進める。さらに、波長板など高効率な偏光板以外への応用の可能性も高いため、引き続き、プロジェクト内で意見交換を行い、技術の応用先を模索し、今後の研究開発を進める。（応用用途について事業原簿に記載済み） |

|   |  |
|---|--|
| <p>基礎研究主体の光論理ゲート素子の研究開発は、目標設定、実用化・市場化の設定から判断してやや異質であるので、より短期的展望と長期的展望に立った事業展開を意識し、常に進め方を見直すとともに今後の新技術の新たな発見や展開を期待したい。</p> | <p>長期的展望に立った事業展開を意識した進め方として、本プロジェクトで行う基本的研究開発において光論理ゲート素子の高温動作、近接場光の導波現象、伝播光と近接場光の変換機能を確認し、企業による本技術の応用展開を可能とするよう進める。<br/>(実施計画に反映)</p>   |
| <p>プラズモン評価法については、一長一短がある状況なので、今後、適用の可能性・方向性を絞り込んだ上で、リソースを集中投下するような進め方もあると考える。</p>   | <p>現在開発しているプラズモン評価法の適用可能性を見極め、平成21年度中に最適な評価手法の絞込みを行う。(実施計画に反映)</p>   |
| <p>最終目標の偏光透過率75%、消光比1:2,000(33dB)へのアプローチ方法をより明確にしてほしい。</p>  | <p>光学特性評価結果とシミュレーションによる設計値との誤差要因を測定、解析し、安定した量産化と低コスト化の可能性がある技術について、偏光制御部材の最適作製プロセスを明らかにしていく。また、消光比を向上させるため、ナノ構造形成後の平坦化技術を開発するとともに、平坦化後の積層構造作製技術を開発し、最終目標の達成に向けて研究開発を実施していく。(実施方針に記載済み)</p> |

## 5. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成20年度、事後評価を平成23年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえて必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直しするものとする。

### Ⅲ. 研究開発成果について

#### 1. 事業全体の成果

平成18年6月に開始した本プロジェクトは、平成20年度までに「本プロジェクトの具体的な出口であるナノ構造を用いた低損失偏光板について、透過率(光エネルギー効率)60%以上を可能とする各種要素技術を開発する」と、「近接場光を信号キャリアとする、ナノ構造新機能部材への応用を検討し、機能と構造を明確にする」の中間目標を達成した。そして同年11月の中間評価結果を受けて、最終目標達成に向けての方策と達成レベルを明確にして邁進してきた結果、表1-1、表1-2に示すように基本計画・実施計画に挙げた目標をすべて達成した。

以下各研究開発項目の成果について報告する。

表Ⅲ-1-1 基本計画に書かれた達成目標

#### ①基盤技術研究開発

| 達成目標   |
|--|
| (1) 近接場光領域と伝搬光領域を統合した光学シミュレーション技術を開発し、低損失偏光板等、オプティカル新機能部材の基本となるナノ構造を基盤設計する。  |
| (2) 数十nmレベルの偏光板等、オプティカル新機能部材の仕様に対応した材料と加工精度のナノ構造部材作成技術を開発する。                 |
| (3) 100nm以下の分解能を持つ二次元プラズモン評価技術を開発する。   |
| (4) 近接場光を信号キャリアとする、ナノ構造新機能部材への応用を検討し、平成20年度までに機能と構造を明確にし、平成22年度までにその機能確認を行う。 |

#### ②ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発

| 達成目標  |
|---|
| (1) 低損失偏光制御部材における局所領域の光学特性計算手法を開発し、最適構造を設計する。   |
| (2) 平成20年度までに、透過率(光エネルギー効率)60%以上を可能とする偏光制御部材の各種要素技術を開発する。その中から、要素技術を取捨選択融合し、平成22年度までに赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率75%、消光比1:2,000(33dB)が得られる偏光制御部材を試作し、機能を実証する。 |

公開

表Ⅲ-1-2 最終目標の達成度(達成度：○達成、×未達)

①東京大学(基盤・基礎)

| 最終目標   | 成果   | 達成度 | 今後の課題   |
|--|--|-----|---|
| 消光比：<br>33dB(2,000:1)以上、偏光変換効率：75%を波長領域：R、G、B各領域の波長にて達成すること。 | FDTD シミュレーションによって<br><b>R:効率 79%、消光比 48dB</b><br><b>G:効率 82%、消光比 40dB</b><br><b>B:効率 91%、消光比 35dB</b><br>を達成する偏光板の構造を提案した。<br><u>偏光変換の原理を解明</u> し、それに基づいた構造によって、従来技術では不可能であった基底偏光間の <u>非対称変換</u> を可能にした。 | ○   | 実用化のために作製コスト、歩留まり等に配慮した設計が今後必要である。            |
| 近接場光を信号キャリアとする、ナノ構造新機能部材への応用を検討し、その機能確認を行う。(室温動作)            | 垂直に配列させた2個の量子ドットからなる <u>世界最小、最小動作エネルギーの光論理ゲート</u> を設計し、 <u>室温動作</u> に成功した。また、動作状態と量子ドットのエネルギー準位の関係を調査し、動作のために <u>量子ドットに必要なとされる条件</u> を明らかにした。  | ○   | 素子の歩留まり向上、集積回路としての機能構築のためにアニーリング等、後処理工程の開発が必要 |

②基盤技術研究開発

| (1)ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術   |   |     |                        |
|---|---|-----|------------------------|
| 最終目標  | 成果  | 達成度 | 今後の課題                  |
| 近接場光領域と伝搬光領域を統合したシミュレーション技術を開発する。                                   | FDTD 法により算出した近接場光領域でのナノ構造の電磁界分布を用い、解析計算により伝搬光領域(遠方場)における大域的な光学特性を算出する技術を開発した。     | ○   | 構造最適化技術との融合(逆問題解析への適用) |
| シミュレーションにより、偏光制御部材の基本構成を示し、目標値である透過率75%、消光比1:2,000(33dB)の達成に目処をつける。 | 偏光制御部材の基本構成(Italic-I型、Z型、非対称直方体型)により、偏光透過率が60%を超えることを、本テーマで開発したシミュレーション技術により確認した。 | ○   | 本開発成果の偏光制御部材設計技術開発への展開 |

| (2) ナノ構造部材作製技術   |  |     |   |
|--|--|-----|---|
| 最終目標   | 成果   | 達成度 | 今後の課題   |
| 数十 nm レベルの偏光板等、オプティカル新機能部材の仕様に対応した材料と加工精度のナノ構造部材作成技術を開発する。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>寸法 50nm、精度 10nm以下の 3 次元ナノ構造素子形成技術</u>と消光比 1:10,000 対応微小領域光学特性評価法を開発した。</li> <li>・RGB全波長で偏光透過率 90%以上&amp;消光比 1:400 以上のAl製偏光選択素子、および、<u>無偏光入射に対する偏光透過率 53%のAu/SiO<sub>2</sub>/Au 3 層 3 次元ナノ構造回折光利用型「Hentenna」偏光変換素子</u>を設計し、試作した。</li> <li>・光論理ゲート・化合物半導体量子ドットの形成技術を開発した。</li> <li>・InAs量子ドット埋込み時のCap層形成条件最適化により、<u>30~40nm径の均一な量子ドット</u>を形成し、大変強いPL発光を室温で観測した。さらに、<u>メサ構造単層量子ドットの顕微PL観察</u>で、<u>世界最小線幅の第一準位室温発光</u> (半値幅 11meV)を確認した。</li> </ul> | ○   | 本プロジェクトで開発したナノ構造部材作製技術を実用化開発へ適用していくこと   |
| (3) ナノ構造部材評価技術   |  |     |   |
| 最終目標   | 成果   | 達成度 | 今後の課題   |
| 100nm以下の空間分解能を持つ二次元プラズモン評価技術を開発する。                         | チップ増強効果を用いたラマン散乱法、発光法、レイリー散乱法で開発し検証を行った結果、チップ増強発光法で100nm以下、チップ増強ラマン散乱法で約80nm、チップ増強レイリー散乱法で約13nmの空間分解能を確認した。  | ○   | 最終目標を達成した。  |
| 高分解能光ナノプローブに関し、ナノメートルオーダの分解能の可能性を検証する。                     | φ 4nmの金ナノ粒子を充填したカーボンナノチューブ (CNT) プローブと、金コートSiチップから成るプラズモン導光部を提案し、波長886nmにて、φ 4nmの近接場光スポットと、2nmの空間分解能を理論検証した。   | ○   | 実用化にあたっての技術課題は、1) 金属ナノ構造充填CNTプローブ、2) 高効率導光部、及び 3) 高効率散乱光検出光学系であるが、いずれも2~3年以内で十分実現可能である。 |

公開

| (4) ナノ構造部材オプティカル新規応用技術             |   |     |                        |
|------------------------------------|---|-----|------------------------|
| 最終目標                               | 成果  | 達成度 | 今後の課題                  |
| 近接場光を信号キャリアとする光論理ゲート素子の機能を確認する。    | 室温動作に世界で初めて成功した。  | ○   | 安定した作製方法の確立（継続研究にて実施中） |
| 近接場光導波機能素子の機能を実現するための構造を明確にする。     | 数十nm以下のナノ粒子等を用いて近接場光導波機能を確認した。  | ○   | 異なる波長への対応（継続研究にて実施中）   |
| 伝播光と近接場光、近接場光と伝播光の変換技術を検討し機能を確認する。 | SSCの端面にプラズモンプローブを設けた伝播光-近接場光変換デバイスについて、SNOMプローブを含むFDTDシミュレーションを実施した。<br>・シミュレーションで実験値に近い、300 nm以下の近接場スポット形状を再現した。 | ○   | シミュレーション結果の実証          |

③ ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発

| (1) ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術                  |  |     |  |
|---|--|-----|--|
| 最終目標                                    | 成果   | 達成度 | 今後の課題  |
| 偏光制御部材の数値目標達成を可能とする材料、構成・構造、寸法等を最適設計する。 | ①近似モデル（電気双極子）を用いた偏光制御部材の解析手法を開発し、定性的な原理確認、構造推定が可能となった。<br>②FDTDシミュレーションに実測物性値を導入する手法を開発し、実光学特性との高精度な一致が得られた。<br>③遺伝的アルゴリズムを用いた自動最適化手法を開発し、数値目標を達成する材料、構成・構造、寸法を具体化した。（材料：A1、構成・構造：異種形状細線の積層、寸法：アスペクト比最大4.2）<br>④遺伝的アルゴリズムによる膨大なデータを活用したロバスト性解析手法を開発。 | ○   | 実用化に向けて、ナノ構造作製精度の制約を緩和するため、④で開発したロバスト性解析手法を利用したロバスト性保証設計技術を開発する予定。 |

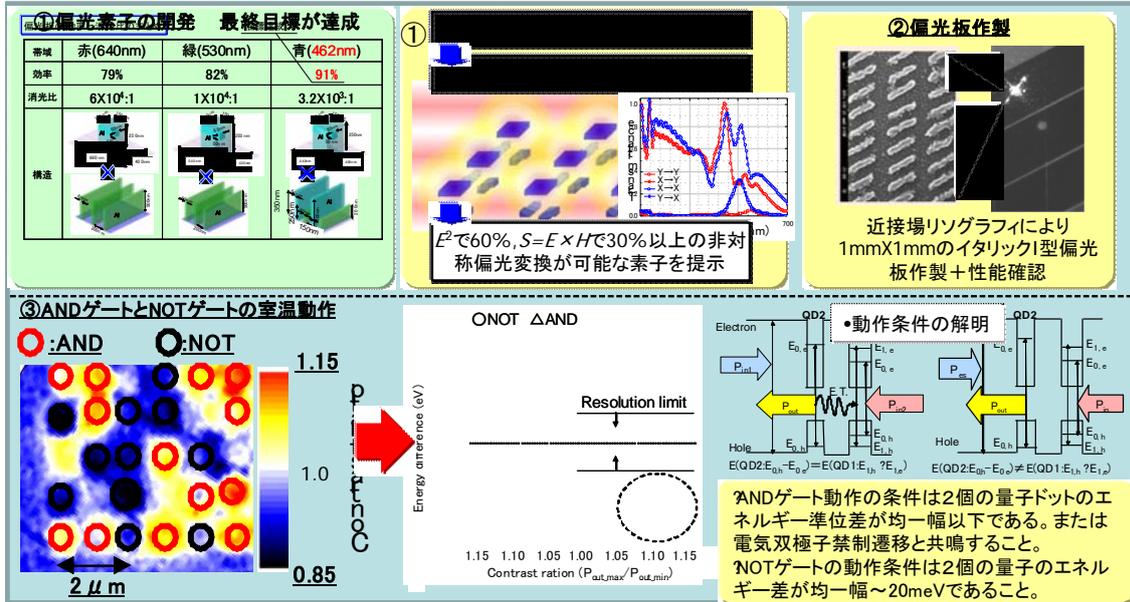
| (2) ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術  |   |     |   |
|---|---|-----|---|
| 最終目標  | 成果  | 達成度 | 今後の課題   |
| 1. 赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において偏光制御部材の数値目標である透過率75%以上、消光比1:2,000(33dB)以上の偏光制御部材を試作し、機能を実証する。 | <p>①EB描画およびマルチエッチング技術を開発し、金属ナノ構造を10nm以下の精度で作製することが可能となった。</p> <p>②消光比向上のため、SOG材料を用いた積層構造作製技術を開発し、①の金属ナノ構造を積層した偏光制御部材の試作が可能となった。</p> <p>③試作した偏光部材において、単層構造の透過率は75%を達成したが消光比は未達、積層構造では消光比1:2,000(33dB)を達成したが透過率は未達であるが、SOG膜厚等の最適化によりシミュレーションでは達成見込み。(最終試作が震災のためできず)</p> | ○   | 成果③の未達部分は、震災の影響によるものであり、実用化に向けて条件を詰めていくことにより、十分に達成できる見込みである。      |
| 2. ウェハプロセスでの大面積化技術を開発し、実用化レベルの大きさの素子(10mm以上)作製技術を開発する。                                | ①高速・高精度加工装置を導入するとともに、ウェハプロセスにおけるナノ構造作製条件を確立し、10mm□サイズの偏光制御部材の試作に成功した。   | ○   | 光学特性にばらつきがあり、実用化に向けて、金属ナノ構造の面内ばらつきを低減する技術開発が必要である。<br>(継続研究にて実施中) |

公開

2. 研究開発項目ごとの成果概要 (公開)

2.1 基盤(基礎) 東京大学

東京大学の成果概要を図 2.1-1 にまとめて示す。以下各節で具体的に示す。



図III-2.1-1 東京大学 成果概要

2.1.1 ナノ構造部材シミュレーション技術 (基盤・基礎)

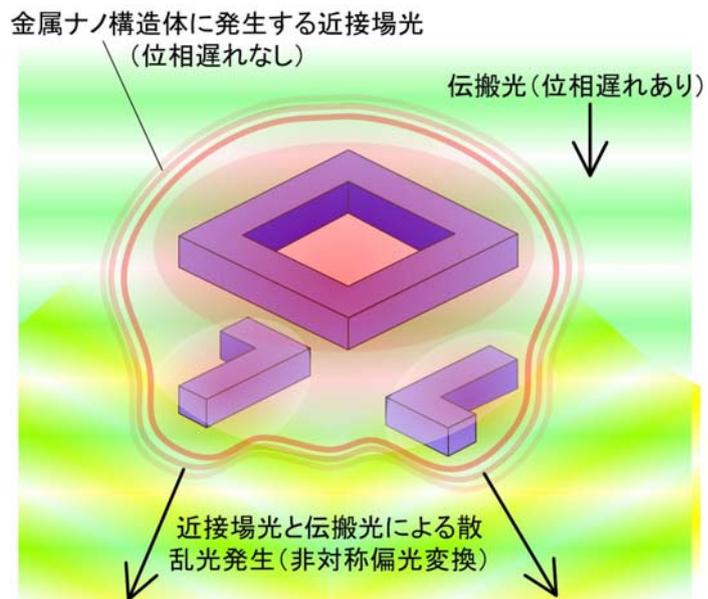
高効率偏光制御部材の設計に必要なシミュレーションのために、クラスターコンピュータ等の計算システムの構築を行った。偏光制御部材設計には伝搬光領域における電磁場のシミュレーションが必要となるが、通常、伝搬光領域のシミュレーションには近接場光領域の物性値を平均化した手法がとられる。本プロジェクトではナノ構造によって発生する近接場光を利用するためこの手法は適当でない。一方、近接場光領域における電磁場のシミュレーションには有限差分時間領域法 (Finite Difference Time Domain Method: FDTD法) が適しているが、このシミュレーション法では計算に非常に多くの計算量とメモリを必要とし伝搬光領域まで拡張する場合にはシミュレーションの諸条件を適切に設定しなければならない。今回、入射側観測面・出射側観測面それぞれの光強度に関しポインティングベクトルより見積もった結果と電界強度の二乗から見積もった結果とで比較を行った。FDTDシミュレーションが正しい結果を与えている場合はこれら2つの結果は一致する。この比較の結果、シミュレーションの境界条件の問題が判明し、境界を計算時間外に離すなど適切なシミュレーションの諸条件を与えることで正しい結果が得られることが判明した。以上により、FDTD法によるシミュレーション空間を近接場光領域から伝搬光領域まで拡張することが可能になった。

目標を達成する可能性がある構造として、2次元構造であるI型、Z型、および3次元構造である3D構造、5D構造の4つのパターンを提案しFDTD法によって計算を行った。これらのナノ構造より10nm直下の近接場光領域では100%に近い偏光変換がなされていることが分かった。そして、これを伝搬光に変換するための新たな構造が必要である事が示された。複雑な3D構造及び5D構造を作製が容易な構造に簡略化しながら高い偏光透過効率を達成するための検討も行った。簡略化の結果、新しく考案した構造は金属直方体の一部を切り取った非対称直方体構造である。これらの検討により、Z型構造と非対称直方体構造を用いることで、最終目標である青、緑、赤の各波長帯域において透過効率75%を得ることができるとわかった。

さらに消光比2,000:1を達成するために効率を向上するための偏光変換部と消光比を向上させるための偏光選択部の2層の構造を組み合わせることを提案し、シミュレーションの結果、透過光率75%と消光比2,000:1が両立する構造を明らかにした(図2.1.1-1)。そして、以上のような従来の伝搬光に対する偏光の取り扱いでは実現不可能な素子が近接場光により可能になる機構の単純なモデル化に成功した(図2.1.1-2)。

| 帯域  | 赤(640nm)          | 緑(530nm)          | 青(462nm)            |
|-----|-------------------|-------------------|---------------------|
| 効率  | 79%               | 82%               | 91%                 |
| 消光比 | $6 \times 10^4:1$ | $1 \times 10^4:1$ | $3.2 \times 10^3:1$ |
| 構造  |                   |                   |                     |

図III-2.1.1-1 偏光制御素子とWG構造の組み合わせにより得られる効率と消光比

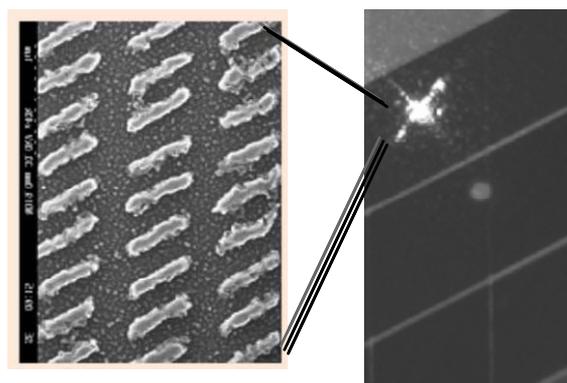


図Ⅲ-2. 1. 1-2 非対称な偏光変換は位相遅れのない近接場光と位相遅れのある伝搬光の重ね合わせによって起こることを説明するモデルの概略図

### 2.1.2 ナノ構造部材作製技術（基盤・基礎）

新機能偏光部材および、新光機能応用技術における光論理ゲートは高密度・大面積に作製する必要がある。このような要件を満たす非断熱近接場光リソグラフィ法を用いて、半導体量子ドット試料の加工に成功した。

また、同様に低コストな大面積加工が求められる偏光板についても2次元金属アレイの加工を行い、広帯域型偏光板を作製し（図2.1.2-1）、可視帯域において効率60%を確認した。さらに高効率型偏光素子も同様の方法で作製し、赤外領域にて効率75%を確認した。



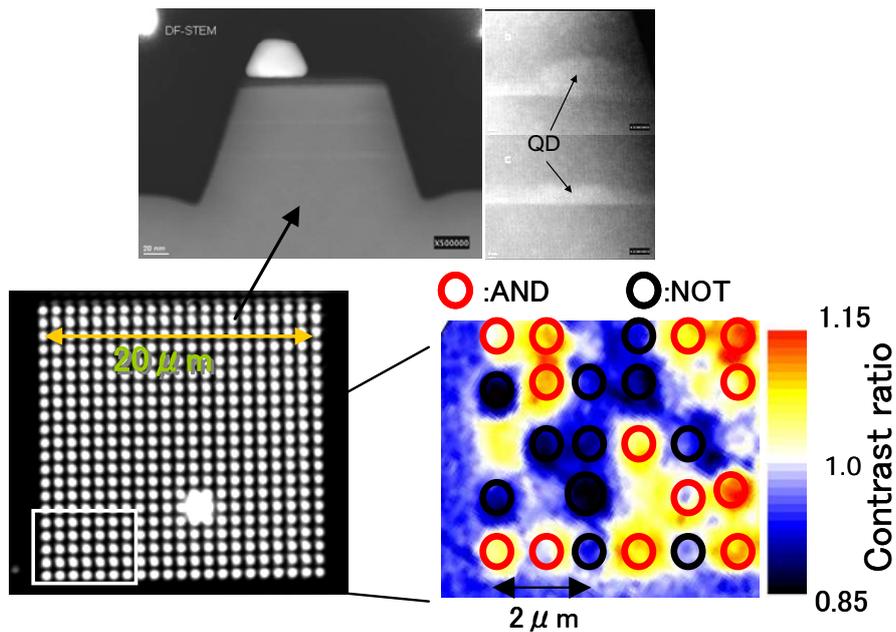
図Ⅲ-2.1.2-1 近接場リソグラフィ法によって作製した(1mm×1mm)の面積を持つ偏光素子の光学写真（右）と拡大された電子顕微鏡写真（左）

## 2.1.3 ナノ構造部材オプティカル新機能応用(基盤・基礎)

作製した InAs 量子ドット試料において近接場光相互作用による量子ドット間の結合を確認した。また、量子ドット間のエネルギー移動を時間分解発光測定により検証し、エネルギー移動時間は 200ps と予想され、InAs 量子ドット励起寿命よりも十分に速く、ナノフォトニック論理ゲート部材として機能する証拠となる。

さらに、光論理ゲートは量子ドットと言う極めて微小な構造からの発光をその出力として用いるため十分な信号強度を得ることが課題となるが、金属微粒子と半導体微粒子の近接場光による結合を使う方法を新たに提案し実証実験を行った。その結果、光論理ゲートの出力強度を少なくとも 2 倍以上に向上させることが出来る可能性を示す知見を得た。

これらの知見を元に世界最小寸法、最小消費電力の光論理ゲートを設計し、電子デバイスに匹敵する密度で集積された光論理ゲートの室温動作に成功した(図 2.1.3-1)。また、光論理ゲートの室温動作状態を解析し、光学禁制遷移を利用して操作している事を確認し、本プロジェクトで提案した動作原理に基づいていることを実証した。



図III-2.1.3-1 光論理ゲートとして設計作製した1個の素子の断面電子顕微鏡写真(上)、それらが400個(密度 $1 \times 10^8$ 素子/cm $^2$ )並んでいる写真(左下)、動作時の様子(右下)

## 2.2 基盤技術研究開発

### 2.2.1 ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術

近接場相互作用をともなうナノ構造部材での光の振る舞いを予測するには、マクスウェル方程式をベースとした数値解析手法が必要であり、その計算手法としてはFDTD法が最も有効である。そこで、ナノ構造部材最適化計算のための計算機環境としてクラスターパソコンを導入し、並列計算対応FDTDシミュレータ環境を構築した。これを基にFDTD法に関して境界条件や光源の設定についての検討をおこない、本手法適用時の工夫等についての知見を得た。次にFDTD法の伝搬光領域への拡張についての検討をおこない、FDTD法により算出した近接場光領域（近接場）での電磁界分布からフーリエ変換により伝搬光領域（遠方場）での光学特性を算出できるようにした。また、伝搬光領域における観測点の採り方についての理論的考察の後、FDTD法による検証の結果、回折光の有無あるいは回折次数による観測点の採り方について明らかにした。

これにより、3次元金属ナノ構造を周期的に配置した構造に対するシミュレーションに本方式が有効であることを確認した。

さらに、数値解析の効率化、最適化を図るため、並列計算対応FDTDシミュレータの計算時間の短縮、機能拡張並びに遺伝的アルゴリズムに基づく最適化手法の実装を行った。

ナノ構造体間の近接場相互作用を数値解析するため、近接場光領域と伝搬光領域を統合したシミュレーション技術を開発した。FDTD法による近接場光領域と伝搬光領域を統合した大規模計算のため、クラスタシステムの導入により計算機環境の構築を行い、素子構造・パラメータの最適形状を探索した。また、並列計算では従来にくらべ6倍の高速化を確認した。また、伝搬光領域における観測場について理論考察を行い、回折の有無／次数による観測点の採り方について明らかにした。

次に、素子構造検証のために、計算モデルの対称性を利用することにより計算を大幅に簡略化できる厳密結合波解析法（RCWA：Rigorous Coupled Wave Analysis）について計算システムの構築を行い、波長と同程度もしくは波長以下の構造を周期配置したナノ構造部材の入射偏光に対する光学特性を計算することができること、および金属のような吸収材料でも精度よく計算できること、が分かった。また、微細金属構造の周期配置へのRCWA法適応検証を行い、基盤（基礎）G提案の偏光制御素子の特性解析を行い、シミュレーション効率化を達成し、RCWA法がナノ構造効果の効率化の方策として有用であることを示した。

さらに、FDTD法に遺伝的アルゴリズム(GA)を導入することにより、ナノ光学素子における加速化計算アルゴリズムが動作することを確認した。また、遺伝的アルゴリズムの性能向上を目指し、PML吸収境界の実装による精度向上と偏光透過率算出方法を含む計算モデルの効率化を検討し、メッシュ数1/10化の見通しを得た。

その結果、

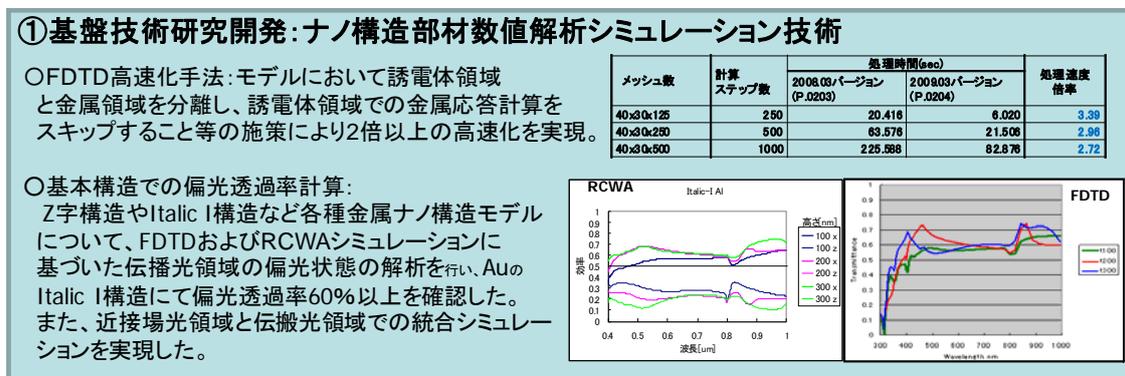
①FDTDおよびRCWA法にて、波長500～800nmで、金のItalic-I型素子で偏光透過率60%以上を確認した。

公開

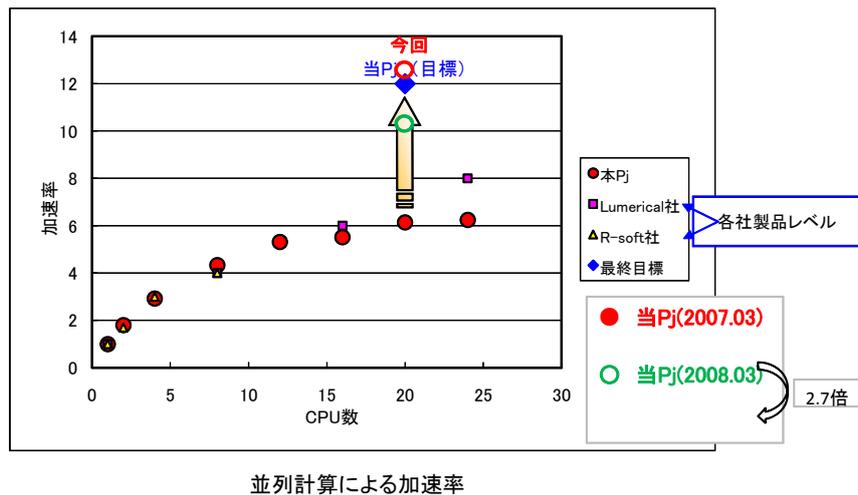
②並列計算対応FDTDシミュレータにおいて計算領域を誘電体部と金属部で分けることにより計算時間の短縮を達成し、シミュレーション最適化法として遺伝的アルゴリズムをFDTD法に適用できるようにした。

以上述べてきたように、基本計画どおり目標値を達成し、ナノ構造を基盤設計することが可能となった。平成 21 年度以降は、平成 20 年度までに開発した数値解析手法を「ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発/ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術開発」へ導入を図ることとし、本開発は平成 20 年度で終了した。

本サブテーマの成果概要を図 2. 2. 1-1 に、成果のベンチマークを図 2. 2. 1-2 に示す。



図Ⅲ-2. 2. 1-1 ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術の成果概要



図Ⅲ-2. 2. 1-2 ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術成果のベンチマーク

## 2.2.2 ナノ構造部材作製技術

偏光制御部材について、金属ナノ構造部材作製プロセス技術として、微小粒径金属薄膜作製技術、電子ビーム露光技術、RIE (Reactive ion etching) ドライエッチング技術、リフトオフ技術、パターンめっき技術を開発した。まず、2次元配列の基板上金属加工構造イタリック I 形状 Al 偏光制御素子の試作を通して、ナノ構造偏光制御部材作製技術を確立した。次に、3次元金属ナノ構造作製要素技術について、金属パターンめっき技術により高さ 400 nm、直径 70~100 nm 高アスペクト比ホールへの均一な Au の充填を確認した。さらに、試作した微小領域偏光制御素子を顕微分光により光学特性評価する手法を開発し、試作したイタリック I 形状 Al 偏光素子において 45 度直線偏光入射での偏光透過率が 60%を超えることを確認することができ、中間目標を達成した。その後、最終目標に向け、3次元ナノ構造部材作製プロセス技術を絞り込み、「アラインメント用 Au マークの 2 次電子像および反射電子像検出によるグローバルおよびローカルレジストレーション法」を適用し、寸法 50 nm で、合わせ精度 10 nm 以下の 3 次元層構造素子形成技術を開発した。また、合わせて、消光比 1:10000 に対応する微小領域光学特性評価法を開発した。これらの開発したナノ構造部材作製技術により、RGB 全波長で消光比 1:400 以上、偏光透過率 90%以上の高アスペクト比 Al 製ワイドバンド偏光選択素子を設計、試作した。さらに、無偏光入射に対する 680 nm での偏光透過率 62%の Au/SiO<sub>2</sub>/Au 3 層 3 次元ナノ構造回折光利用型「Hentenna」偏光変換素子を設計し、試作した素子を微小領域光学特性評価法で測定して 680 nm での無偏光入射に対する偏光透過率 53%を得ることができた。このように、数十ナノメートルレベルの偏光板の仕様に対応した加工精度のナノ構造部材作製技術を開発することができ、最終目標を達成した。

ナノ構造新機能部材について、光論理ゲート・化合物半導体量子ドットの形成プロセス技術として MBE 技術を開発した。まず、GaAs 基板上に成長させる InAs 量子ドットの成長制御条件（ドット密度、サイズ、均一性）の最適化を進め、埋め込み層（GaAs キャップ層）を形成し、室温 PL 発光を確認して中間目標を達成した。その後、最終目標に向け、GaAs キャップ層形成温度と GaAs キャップ層形成前の降温速度との低温成長条件を最適化して InAs 量子ドットの成長をより精密に制御した。これにより室温 PL 発光強度をさらに向上させ、P J 当初の約 100 倍、中間目標時の約 2.5 倍の発光ピーク強度が得られた。ここで、最適条件にて作製した後、メサ構造化した単層 InAs 量子ドットの顕微 PL 観察において、第 1 準位（基底準位）の半値線幅約 11 meV という、室温で世界最小の発光線幅を得た。また、単層量子ドットの EL 特性は、PL 特性とほぼ同様な発光特性を示した。これらは MBE による InAs 量子ドット成長およびその前後のプロセス全体の完成度の高さを示していると考えられる。このように、数十ナノメートルレベルのオプティカル新機能部材の仕様に対応した材料と加工精度のナノ構造部材作製技術を開発することができ、最終目標を達成した。図 2.2.2-1 にナノ構造部材作製技術成果概要をまとめ、図 2.2.2-2 に研究開発成果の進展について示す。

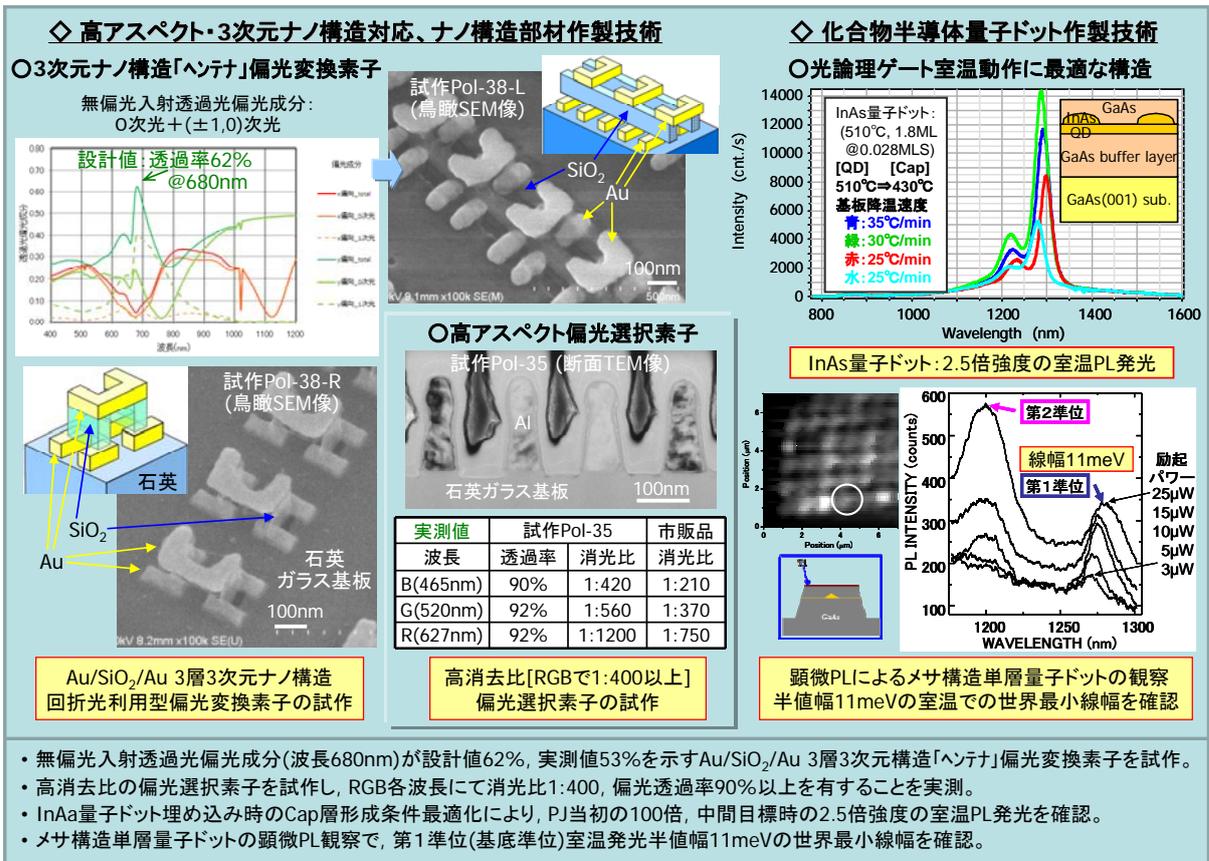
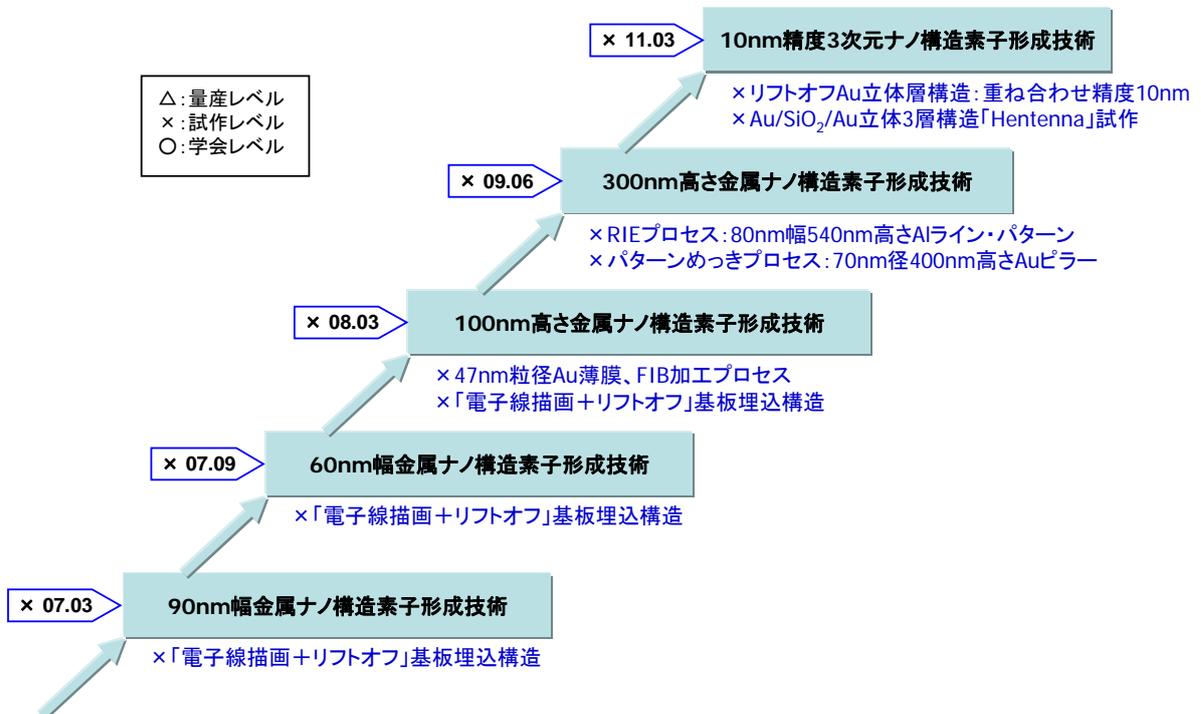


図 2. 2. 2-1 ナノ構造部材作製技術成果の概要



図Ⅲ-2. 2. 2-2 ナノ構造部材作製技術成果の進展

## 2.2.3 ナノ構造部材評価技術

### 2.2.3.1 チップ増強プラズモン評価技術

ナノ構造部材評価技術として高分解能のチップ増強ラマン分光法、チップ増強レイリー散乱法、チップ増強発光法の三手法を検討し、特性の比較と絞り込みを行った。実施計画どおりに進捗し、最終目標の「100nm以下の空間分解能を持つ二次元プラズモン評価技術の開発」は達成できた。空間分解能はチップ増強レイリー散乱法が約13nmと最も良いが、斜め偏光入射に限られる。チップ増強ラマン分光法、チップ増強発光法は垂直入射であるが、空間分解能がそれぞれ約80nm、100nm以下程度である（表2.2.3.1-1）。開発したプラズモン評価技術の成果概要を図2.2.3.2-1に示す。

表Ⅲ-2. 2. 3. 1-1 プラズモン評価法の特性比較

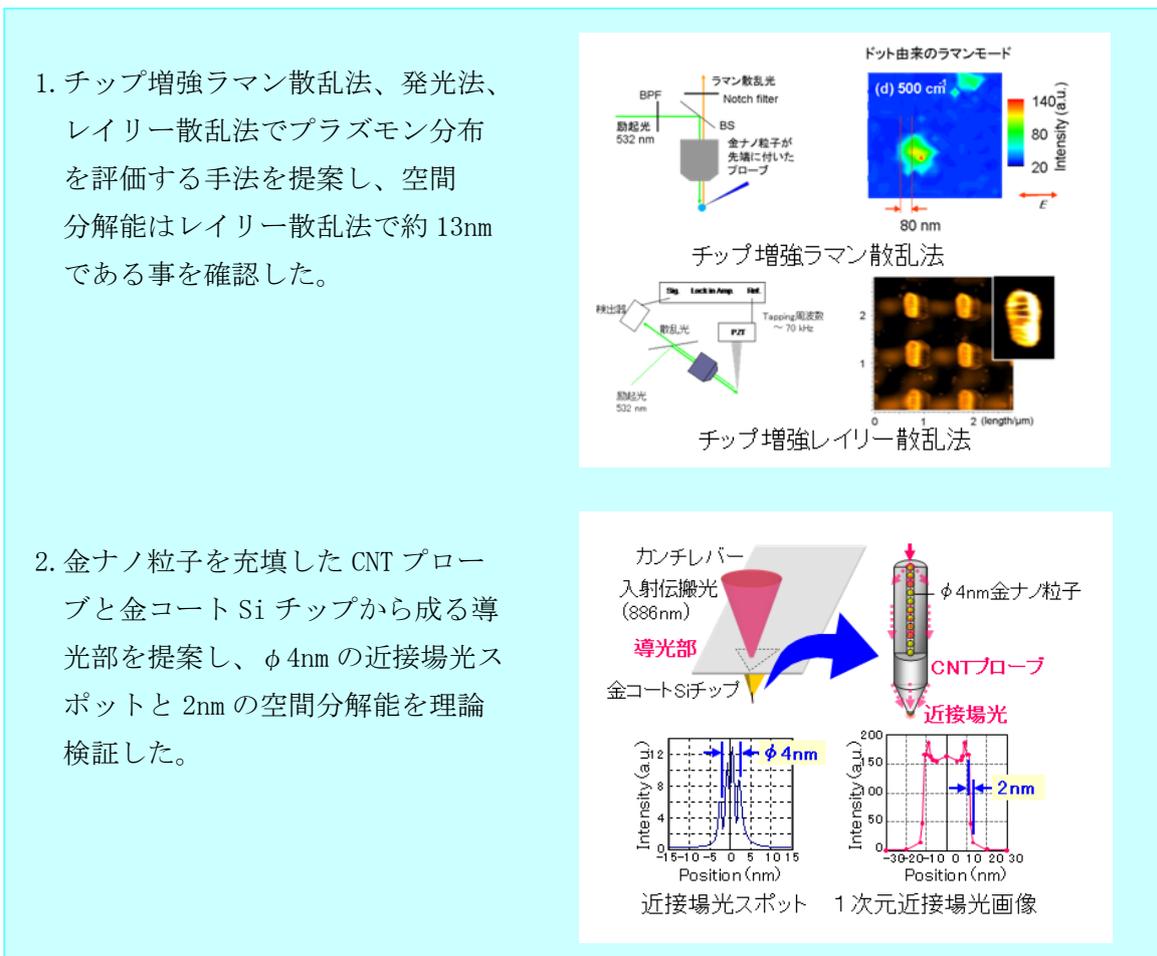
|          | チップ増強ラマン<br>散乱分光法             | チップ増強レイリー散<br>乱分光法 | チップ増強発光法          |
|----------|-------------------------------|--------------------|-------------------|
| 空間分解能    | 80nm 以下                       | 13nm 以下            | 100nm 以下          |
|          | ○                             | ◎                  | ○                 |
| S/N      |                               |                    |                   |
|          | △                             | ○                  | △                 |
| 試料への添加物  | 必要                            | 必要なし               | プラズモン発光がある場合は必要なし |
|          | ×                             | ○                  | △                 |
| 入射       | 垂直入射                          | 斜め入射               | 垂直入射              |
|          | ○                             | △                  | ○                 |
| 波長選択性    | △                             | ◎                  | △                 |
| その他、メリット | 本目的以外に高空間分解能で成分分析や構造分析に適用できる。 |                    |                   |
|          | ○                             |                    |                   |

## 2. 2. 3. 2 高分解能光ナノプローブ

図 2. 2. 3. 2-1 に示すように、金属ナノ構造の光学・形状特性を評価するため、ナノメートル光分解能を実現する近接場走査顕微鏡 (NSOM: Near-field Scanning Optical Microscope) のための光ナノプローブを検討した。金属ナノ構造充填カーボンナノチューブ (CNT: Carbon Nanotube) から成る光ナノプローブを立案し、FDTD (Finite-Difference Time-Domain) 計算により、波長 886nm にて  $\phi$  4nm の光スポットが得られることを確認した。出力強度の波長・プローブ長依存性、CNT 入射端の金ナノ構造が集光アンテナとして、出射端の金ナノ構造が共鳴器として作用していることを確認した。波長 886nm の場合、減衰率の小さい 600~800nm が CNT 長として最適であり、金ナノ粒子の一樣充填、入射/出射端のみ充填、金ナノロッド充填が、実用プローブに好適であると判断した。更に、プラズモン・カップリングにより伝搬光を CNT プローブに効率良く導く金コートシリコン (Si) チップ・カンチレバーから成る導光部を立案し、光ナノプローブシステムとしての最終形態を示した。FDTD 計算により、波長 886nm、CNT 長 800nm にて、出射端で  $\phi$  4nm の近接場光スポットと 10% の伝搬効率が得られることを確認した。Si チップ稜線の金コート膜厚を薄くすることで近接場光スポットの出力及びコントラスト (近接場光スポット最大値) / (背景光雑音最大値) が増加し、膜厚 10nm にて伝播効率 26%、コントラスト 97 を確認した。さらに、SiO<sub>2</sub> 中の幅 20nm の金パターン試料上で CNT プローブを走査して 1 次元近接場光画像を得た。

図 2. 2. 3. 2-1 に示すように、波長 886nm において、空間分解能 2nm 以下、信号コントラスト 0.98 が得られることを確認し、本プロジェクトの最終目標を達成した。

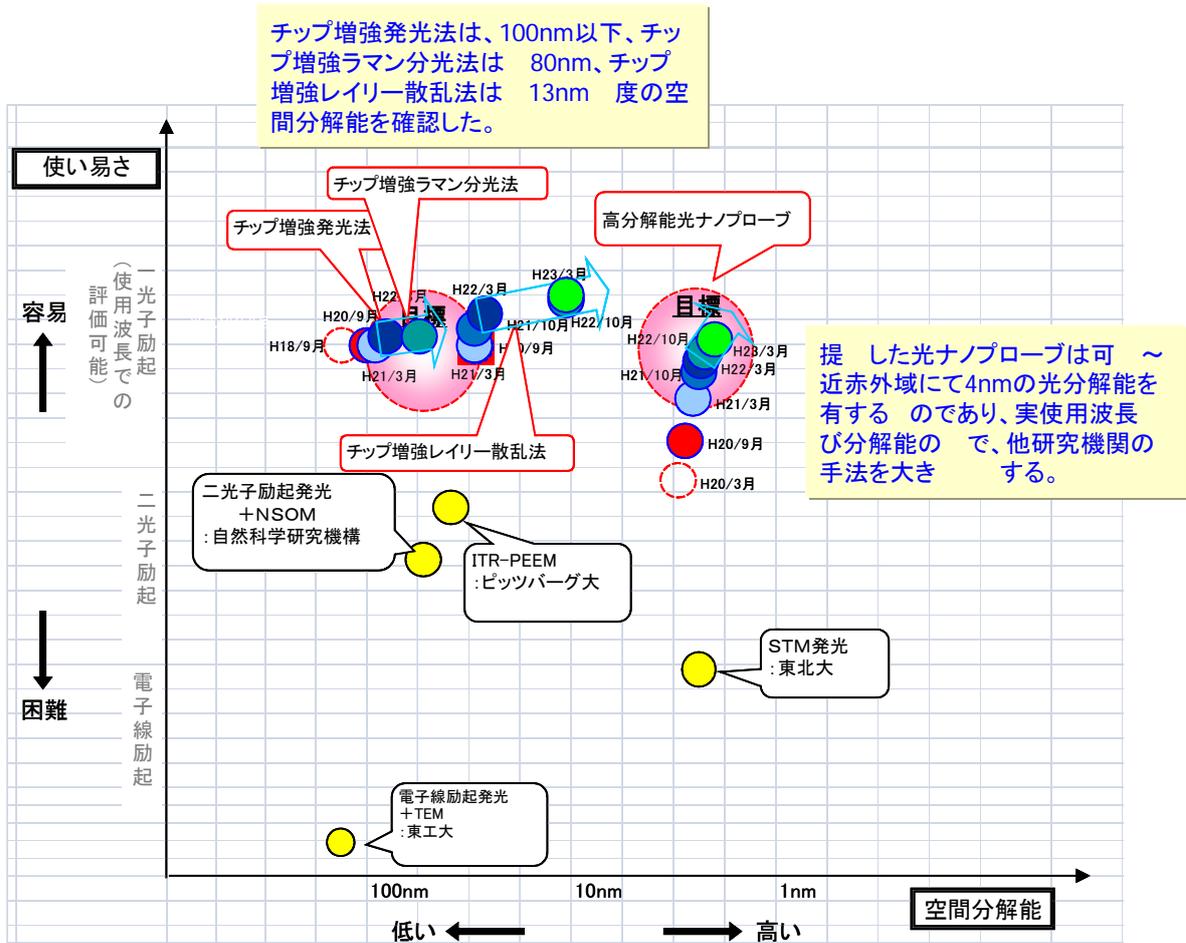
高分解能光ナノプローブは寸法の制御された  $\phi 4\text{nm}$  の金ナノ粒子を耐摩耗性に優れた CNT 内に充填することにより、空間分解能 2nm を達成することができる。



図Ⅲ-2. 2. 3. 2-1 ナノ構造部材評価技術の成果概要

図 1. 2. 2. 3. 2-2 にナノ構造部材評価技術のベンチマークを示す。プラズモン評価で得られた最高空間分解能は 13nm、また、チップ増強ラマン散乱法では 80nm 程度であった。さらにチップ増強レイリー散乱法にホモダイン検出法を加えて S/N を向上し、偏光成分も観測できることを確認し、種々の情報を得られる有用な手法となった。

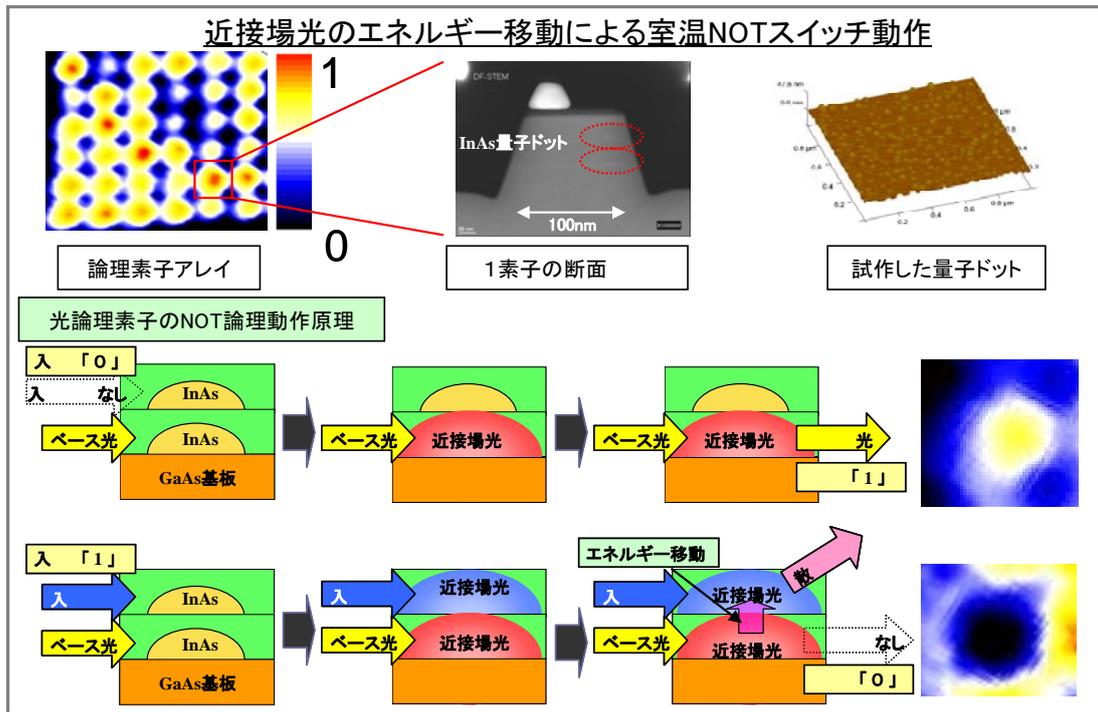
また高分解能光ナノプローブで得られた空間分解能は従来の近接場走査顕微鏡 (NSOM) のそれを約一桁以上上回り、SEM (Scanning Electron Microscope) や TEM (Transmission Electron Microscope)、STM (Scanning Tunneling Microscope) の空間分解能に迫るものである。



図Ⅲ-2. 2. 3. 2-2 ナノ構造部材評価技術のベンチマーク

#### 2. 2. 4 ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術

ナノ構造部材に発現する近接場光機能の応用技術として、近接場光を信号キャリアとして室温で動作する光論理ゲート素子の基盤検討を実施した。まず、光論理ゲート素子を実現するための要素技術の検討として、半導体量子ドットの作製に必要な装置の確認、具体的なプロセスの確認を実施し、光論理ゲート素子に最適な材料特性及び素子化を実現するナノ加工による基本特性を明らかにした。半導体量子ドットの最適作製手法の検討、低ダメージ素子加工技術の確立により、光論理ゲート素子の室温での動作に世界で初めて成功した。図 2. 2. 4-1 に、光論理ゲートの動作原理と NOT ゲートの動作および測定結果等成果概要を示す。図 2. 2. 4-2 に、ベンチマーキング結果を示す。



図III-2.2.4-1 光論理ゲートの動作原理と成果概要

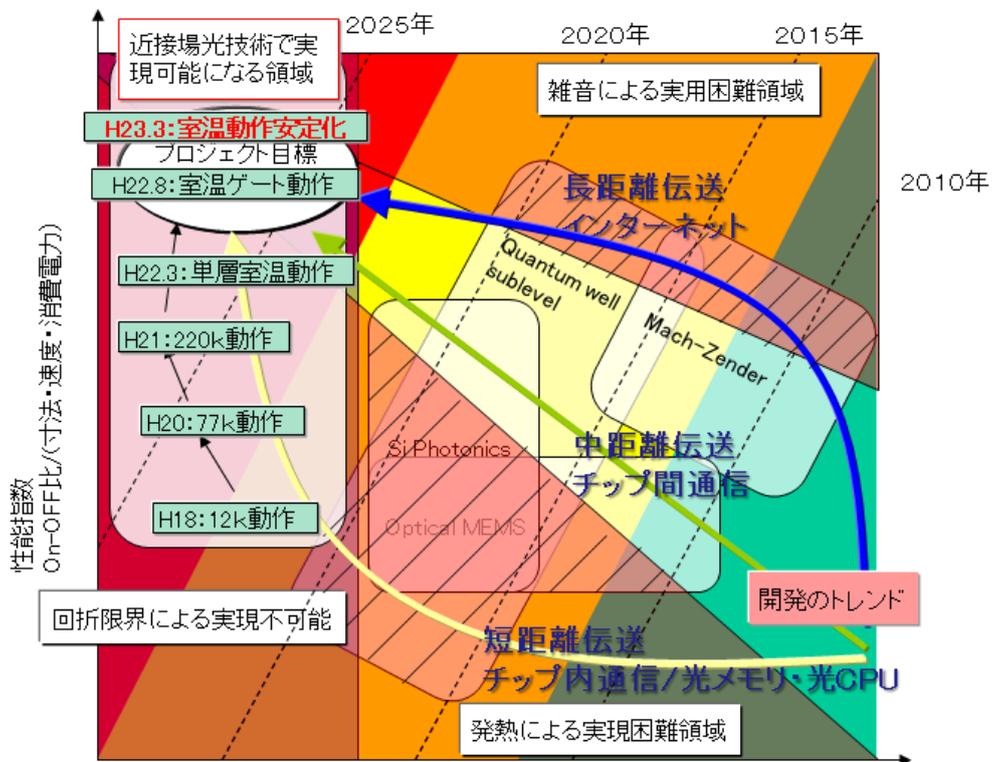
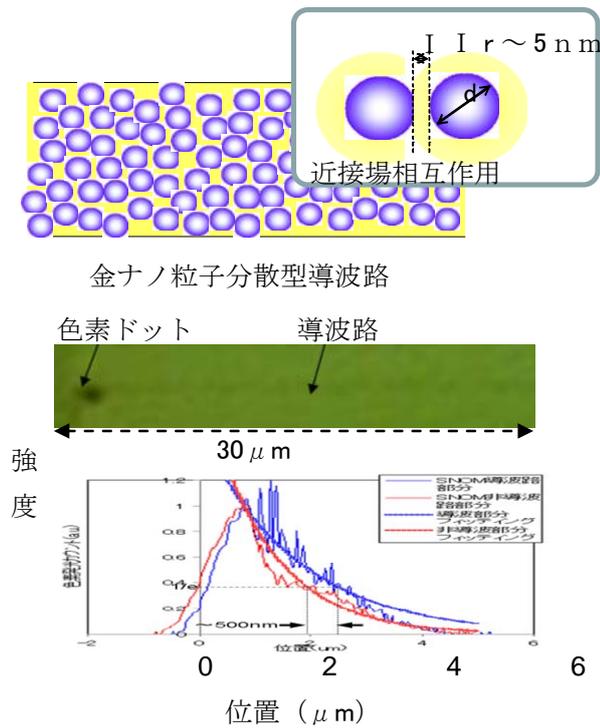


図 III-2.2.4-2 光論理ゲート素子ベンチマーク

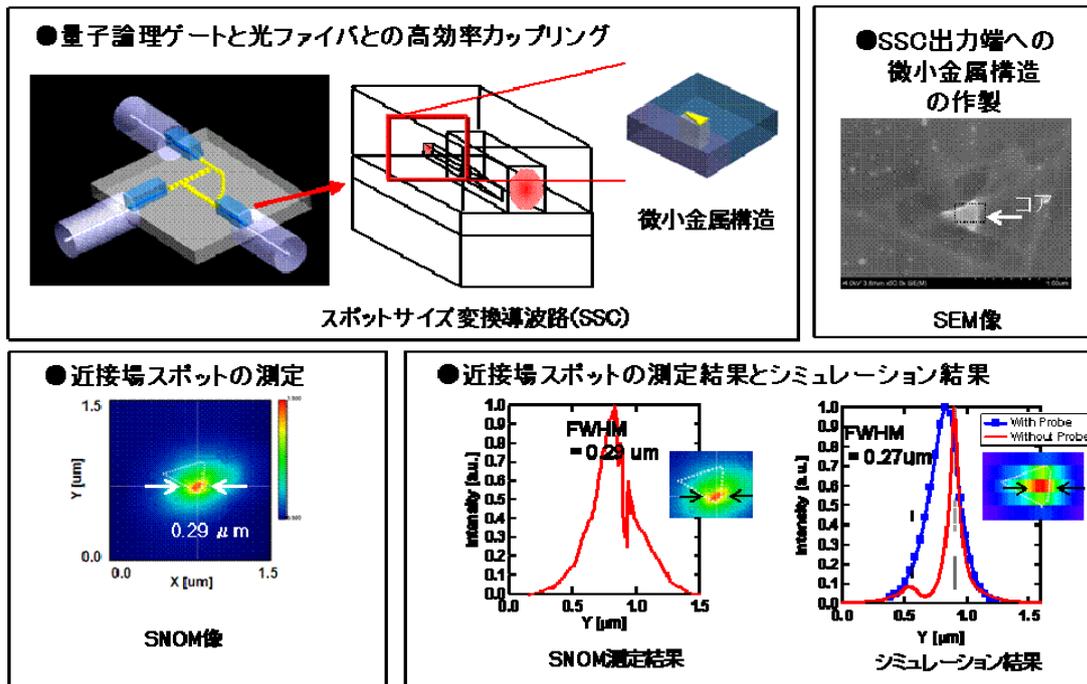
公開

ナノ構造素子間を接続する近接場光導波技術開発に着手し、近接場光導波機能を実現する数十ナノメートル以下のナノ粒子等のナノ構造を検討した。材料としてはコアシェル型金属ナノ粒子で構成した膜や多孔質 $\text{SiO}_2$ 中に銀ナノ粒子を析出させるSn seed法等の材料作製を行い、ATR (Attenuated Total Reflection) による膜としての導波を実証した。コアシェル構造金属ナノ粒子ではシェルであるリガンド間の相互作用を強め、耐熱性を向上させることに成功した。また前記材料を用いた導波路構造を作製し、導波路としての機能を実証した。図2.2.4-3に、ナノ構造部材を用いた光導波路モード構造と導波実証実験結果等、成果概要を示す。



図III-2.2.4-3 ナノ構造部材を用いた光導波路の成果概要  
(モード構造と導波実証実験結果)

伝播光近接場光変換については、スポットサイズ変換導波路と微小金属構造からなる高効率変換素子を試作し、目標の300nm以下のスポット径を実証した。またシミュレーションによる検討により、金属構造の先端径を調整することにより、量子ドットのサイズに合わせ100~300nmのスポット径が得られることを示した。図2.2.4-4に、伝播光近接場変換素子の成果概要を示す。



図III-2.2.4-4 伝播光近接場光変換素子の成果概要

## 2.2.5 共同研究

### 2.2.5.1 東京工業大学

「H18～H21 は、ナノ構造部材評価技術サブグループと連携して研究開発を推進。詳細は2.2.3 参照。H22年度はH21年度までに当初の目標を達成したのでPj内での研究開発は終了し、自主で研究開発を継続した。

### 2.2.5.2 東京工業高等専門学校

「H18～H21 は、ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術サブグループと連携して研究開発を推進。詳細は2.2.4 参照。H22年度はH21年度までに当初の目標を達成したのでPj内での研究開発は終了し、自主で研究開発を継続した。

## 2.3 ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発

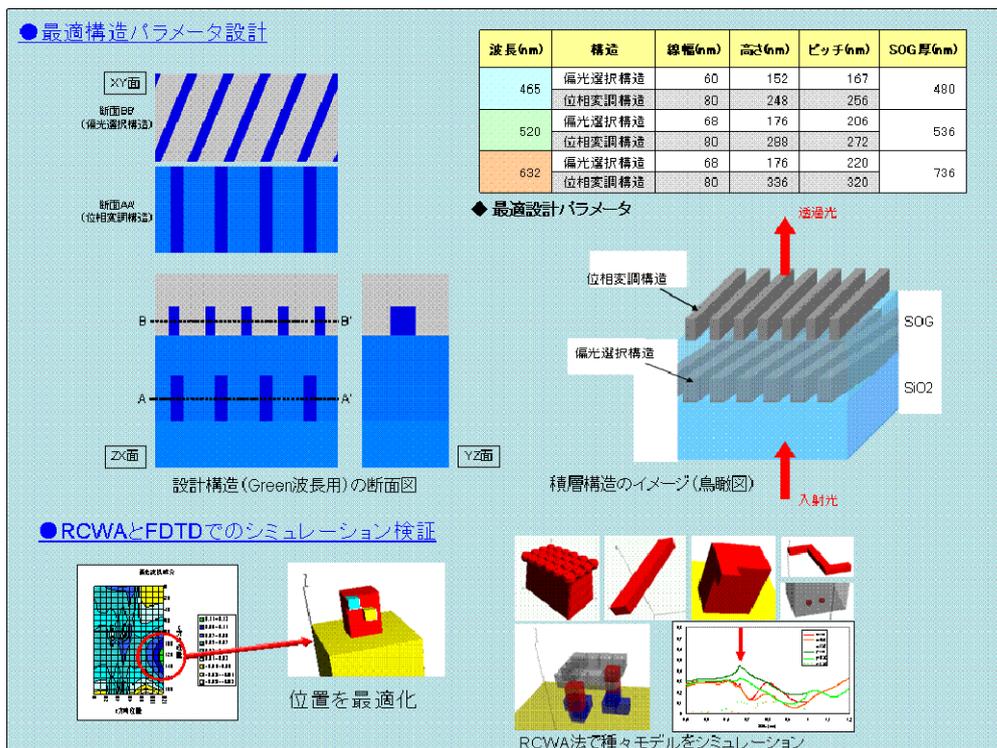
### 2.3.1 ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術

低損失偏光制御部材の材料、構成・構造、寸法等を最適設計するシミュレーション技術として、近接場相互作用を近似的に表現するモデル化に基づき、局所領域モデルと偏光制御部材特性との統合計算技術の開発を行った。また、「基盤技術研究開発①(i) ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術」で開発された数値解析シミュレーション技術を導入し、遺伝的アルゴリズムや多変量データの分析を用いた統計的手法による偏光制御部材の最適設計手法の開発に取り組んだ。これらの技術を基に最終目標（透過率75%以上）を達成しうる偏光制御部材の材料、構成・構造、寸法等の基本構成を明らかにし、抽出された基本構成をFDTDとRCWAという異なるシミュレーション手法により設計機能の一致度を検討し、シミュレーション精度の確認を行った。具体的には、基盤技術研究開発の基盤・基礎（本報告書1.1）で提案された種々の偏光制御部材に対し、RCWA法によるシミュレーション検討を行なうことにより、FDTD法で得られた結果を検証した。

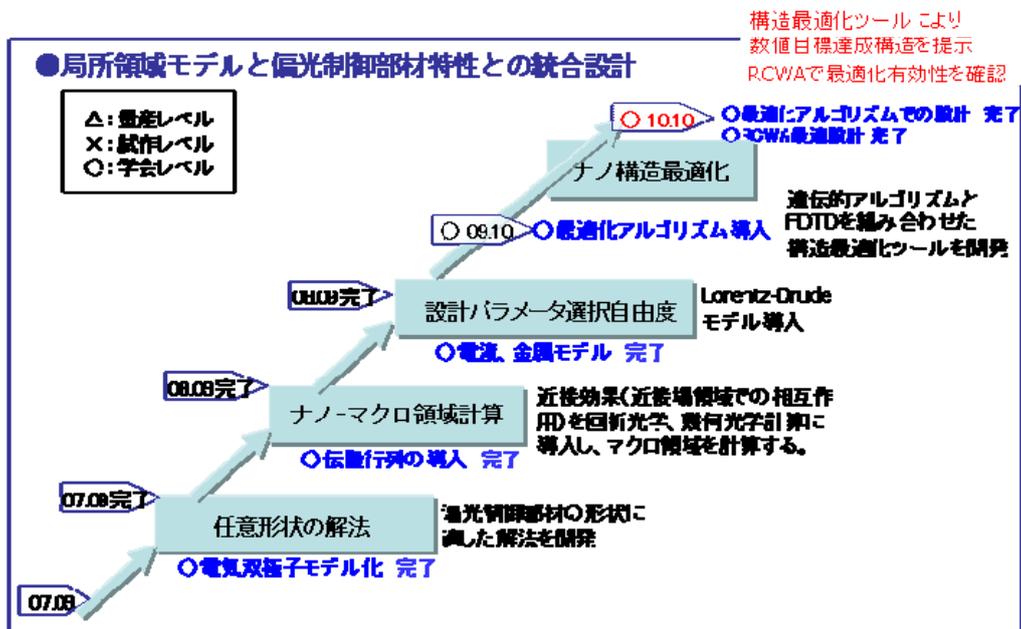
また、作製許容度の広い部材を実現するために、本最適化手法により得られる最適化履歴データを用いたロバスト性の評価・解析を行った。さらに、設計に基づき偏光制御部材を試作し、その構造パラメータの計測および光学特性の測定を行い、シミュレーションによる特性との合わせ込みを行い、設計手法の精度向上を図った。

その結果、偏光制御機能部と消光比向上機能部とに機能分離する構成により、最終目標である透過率75%以上、消光比2,000:1 (33dB) を達成しうる基本構成を確定できた。開発した設計手法による最適化により、最終目標を達成しうる最適構造パラメータを決定した。

図2.3.1-1に成果概要を、2.3.1-2に研究開発成果の進展を示す。



図Ⅲ-2.3.1-1 ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術の成果概要



図Ⅲ-2.3.1-2 ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術成果の進展

### 2.3.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術

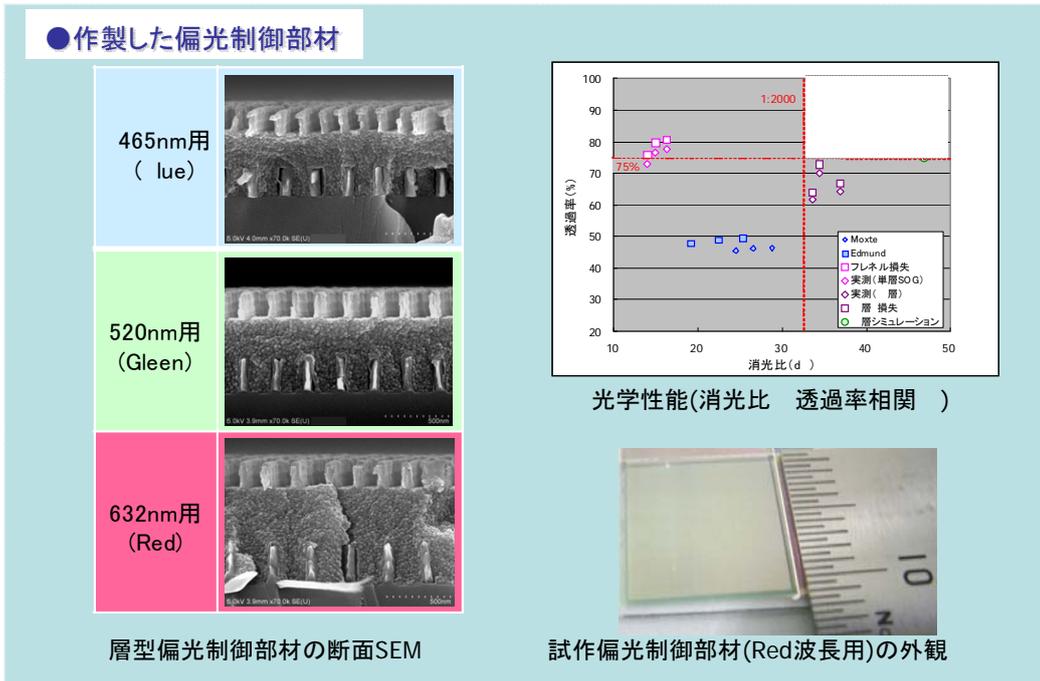
赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率75%、消光比1：2,000(33dB)の偏光制御部材を試作し、機能を実証することを最終目標として、高性能集束イオンビーム加工技術、電子ビーム露光・フォトリソグラフィ技術、RIE技術、薄膜作製技術や材料技術などナノドット構造の加工法検討を行った。また、「ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発②(1) ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術」と技術連携することで、設計パラメータと試作構造パラメータとの比較を行うことで、構造パラメータ、材料パラメータの最適化を行った。

また、実用レベルの大きさ(数mm角サイズ)で偏光制御機能と消光比向上機能を一体的に併せ持つ構造を作製するため、コータ装置、CMP装置を用い、ナノ構造形成後のSOG平坦化技術を開発するとともに、平坦化後の積層構造の試作を行った。

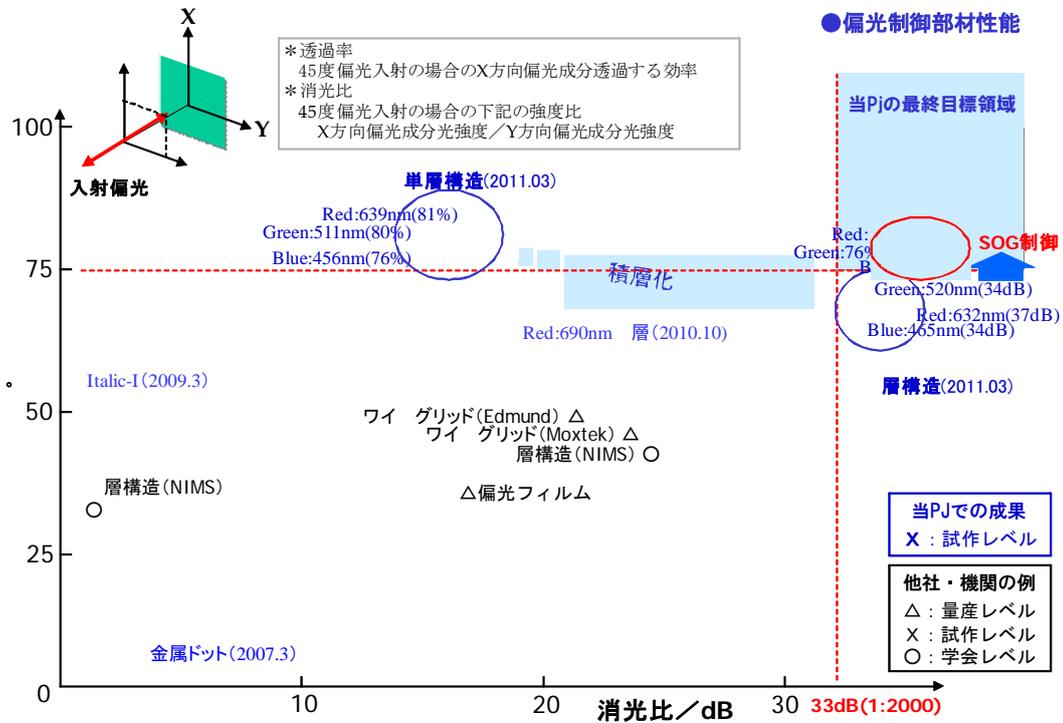
さらに、高速高精度EB描画装置による大面積パターンマスク作製、金属スパッタ装置、金属エッチング装置によるナノ構造作製、SOG平坦化を含む積層構造作製技術を用い、ウェハプロセスでの大面積化技術を開発し、実用化レベルの大きさの素子(10mm以上)作製を行った。

その結果、RGB各波長において偏光透過率75%、消光比33dB以上の特性を有する偏光制御部材を実現した。具体的には、2.2.1項の設計手法により得た最適パラメータに基づき作製したR(632nm)、G(520nm)、B(465nm)用の偏光制御素子を作製し、それぞれの素子のRGB波長での透過率、消光比の測定を行った。

図2.3.2-1に成果概要を、2.3.2-2にベンチマークを示す。



図III-2.3.2-1 ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術の成果概要



図III-2.3.2-2 ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術のベンチマーク

公開

2.4 成果の普及

本プロジェクト成果については下記のとおりである。

- (1) 研究発表・講演                   46 件           (表 2.4-1)
- (2) 論文発表                         6 件           (表 2.4-2)
- (3) プレス発表、展示会等       4 件           (表 2.4-3)

表 III-2.4-1 研究発表・講演   46 件

|    | 発表名称   | 発表者氏名   | 発表先 名称                                    |
|----|--|---------|---|
| 1  | 近接場光相互作用により結合した InAs 量子ドットの近接場分光   | 川添、大津、他 | 2007 年春季応用物理学関係連合講演会                      |
| 2  | Au 微粒子による InAs 量子ドットの光学特性制御  | 川添、大津、他 | 2007 年秋季 第 68 回応用物理学会学術講演会                |
| 3  | Polarization in Optics Near- and Far-field and Its Relation to Geometries of Nanostructures. | 大津、八井、他 | CLEO QELS 2008                            |
| 4  | 金属ナノ粒子分散型プラズモンポラリトン導波路の提案  | 都鳥、他    | 2008 年春季 応用物理学会学術講演会                      |
| 5  | 銀ナノ粒子分散膜の表面プラズモン・ポラリトン伝搬   | 都鳥、他    | 2008 年春季 応用物理学会学術講演会                      |
| 6  | MBE を用いた GaAs(001) 面上 低密度 InAs 量子ドットのサイズ制御   | 沢渡、他    | 2008 年春季 応用物理学会学術講演会                      |
| 7  | Au 微粒子による単層 InAs 量子ドットの光学特性制御  | 川添、他    | 2008 年春季 応用物理学会学術講演会                      |
| 8  | 近接場光で結合した 2 つの InAs 量子ドット層間のエネルギー移動  | 川添、他    | 2008 年春季 応用物理学会学術講演会                      |
| 9  | Optical Polarization Properties of Gold Nanostructures                                       | 福田、他    | The 14th Microoptics Conference (MOC' 08) |
| 10 | チップ増強発光法を用いた金回折格子の表面プラズモンの観測   | 都鳥、他    | 2008 年 日本物理学会秋季大会                         |
| 11 | InGaN におけるチップ増強発光の観測   | 都鳥、他    | 2008 年 日本物理学会秋季大会                         |
| 12 | 近接場光相互作用に基づく高効率偏光制御板(I)-シミュレーション-  | 川添、他    | 2008 年 秋季 応用物理学会学術講演会                     |

|    |   |         |                                |
|----|---|---------|--------------------------------|
| 13 | 近接場光相互作用に基づく高効率偏光制御板(Ⅱ)-作製と評価-  | 川添、他    | 2008年 秋季 応用物理学学会学術講演会          |
| 14 | 近接場光で結合した2つのInAs量子ドット層間のエネルギー移動(Ⅱ)  | 川添、大津、他 | 2008年 秋季 応用物理学学会学術講演会          |
| 15 | 近接場光リソグラフィによるナノ構造光学素子作製   | 川添、他    | 応用電子物性分科会研究定例会:ナノテクノロジーの展望     |
| 16 | Control of the Optical Properties of InAs Quantum Dots using Au Nanoparticles | 川添、他    | GCOE 国際ワークショップ                 |
| 17 | ナノ構造体間の近接場光相互作用によるファーフールド制御   | 大津、他    | 2008年 秋季 応用物理学学会学術講演会          |
| 18 | MBEで作製したGaAs(001)面上 低密度InAs量子ドットの室温PL特製                                       | 沢渡、他    | 2008年 秋季 応用物理学学会学術講演会          |
| 19 | Unique phenomena and applications of an optical near field                    | 川添      | Japan-US Nanophotonics Seminar |
| 20 | 近接場光相互作用に基づく高効率偏光素子の透過光の時間発展  | 川添、他    | 2009年 春季 応用物理学学会学術講演会          |
| 21 | 室温動作ナノ光論理ゲートのためのInAs量子ドット間のエネルギー移動の観測   | 川添、他    | 2009年 春季 応用物理学学会学術講演会          |
| 22 | Sn seed法によるAgナノ粒子分散SiO <sub>2</sub> 膜の作製                                      | 丸山、他    | 2009年 春季 応用物理学学会学術講演会          |
| 23 | プラズモン導波材料のための金属・有機物複合コアシェル型金属ナノ粒子の作製  | 山田、他    | 2009年 春季 応用物理学学会学術講演会          |
| 24 | 金属ナノアレイ構造の偏光特性  | 福田、他    | 2009年 春季 応用物理学学会学術講演会          |
| 25 | GaAs(001)面上 低密度InAs量子ドット室温PL特性の埋め込み条件依存性                                      | 沢渡、他    | 2009年 春季 応用物理学学会学術講演会          |
| 26 | チップ増強ラマン分光によるGe/Si量子ドットの表面観測  | 南、都鳥、他  | 日本物理学会64回年次大会                  |
| 27 | 散乱型ANSOM法を用いた金ナノロッド上の表面プラズモン分布の観測   | 南、都鳥、他  | 日本物理学会64回年次大会                  |

公開

|    |  |        |  |
|----|--|--------|--|
| 28 | 金ナノ粒子充填カーボンナノチューブを用いたナノメートル分解能光プローブ  | 中田、他   | 2009年 秋季 第70回応用物理学会学術講演会                                       |
| 29 | MBEで作製したGaAs(001)面上 低密度InAs 量子ドットの室温PL 特性(3)   | 沢渡、他   | 2009年 秋季 第70回応用物理学会学術講演会                                       |
| 30 | ナノ光素子のために作製したメサ構造内のInAs 量子ドットの室温における発光観測   | 川添、他   | 2009年 秋季 第70回応用物理学会学術講演会                                       |
| 31 | 散乱型ANSOM法による金微粒子の近接場光強度と位相分布の観測  | 南、都鳥、他 | 日本物理学会2009年秋季大会  |
| 32 | Nanoscale optical imaging of Au nano-structure by using apertureless near-field scanning optical microscopy. | 南、都鳥、他 | Materials research society (MRS) fall meeting                  |
| 33 | 高耐熱性金ナノ粒子の開発<br>(Development of thermally-resistive gold nanoparticles)                                      | 町田、他   | 第19回日本MRS学術シンポジウム  |
| 34 | MBEで作製したGaAs(001)面上 低密度InAs 量子ドットの室温PL 特性(4)   | 沢渡、他   | 2010年 春季 第57回応用物理学会学術講演会                                       |
| 35 | Nanophotonic Devices by Dressed Photon Exchange  | 大津     | Optical Fiber Communication (OFC) Conference 2010              |
| 36 | Strain and intermixing in single Ge/Si quantum dots observed by tip-enhanced Raman spectroscopy              | 南、他    | 30th International Conference on the Physics of Semiconductors |
| 37 | ナノメートル分解能光プローブにおける近接場光生成に対する内部金ナノ構造の寄与   | 中田、他   | 2010年 秋季 第71回応用物理学会学術講演会                                       |
| 38 | Sn seed法で作製したAgナノ粒子分散SiO <sub>2</sub> 膜の加熱効果   | 森      | 2010年 秋季 第71回応用物理学会学術講演会                                       |

|    |  |      |  |
|----|--|------|--|
| 39 | メサ構造 InAs 量子ドットを用いたナノ光論理ゲートの室温動作   | 川添、他 | 2010年 秋季 第71回応用物理学会学術講演会   |
| 40 | MBE で作製した GaAs (001) 面上低密度 InAs 量子ドットの室温 PL 特性(5)  | 沢渡、他 | 2010年 秋季 第71回応用物理学会学術講演会   |
| 41 | メサ構造内の InAs 量子ドットの室温における発光観測 2   | 吉澤、他 | 2010年 秋季 第71回応用物理学会学術講演会   |
| 42 | Fabrication of Metal Core and Organic Shell Nanoparticles Packing Film for Plasmon Polariton Waveguide | 山田   | IEEE National Conference Nano/Micro Engineered and Molecular System 2011 |
| 43 | Room temperature operated nanophotonic logic-gate using InAs QDs in mesa structures                    | 川添、他 | 3rd German-Japanese Seminar on Nanophotonics                             |
| 44 | Room temperature operated nanophotonic logic-gate using InAs QDs in mesa structures                    | 川添、他 | France-Japan Workshop on Nanophotonics                                   |
| 45 | 室温ナノフォトニックデバイス   | 川添   | 2011年 春季 第58回応用物理学関係連合講演会  |
| 46 | 近接相互作用で結合した金属ナノ寸法構造体による非対称偏光変換   | 川添、他 | 2011年 春季 第58回応用物理学関係連合講演会  |
|    |  |      |  |

公開

表 III-2.4-2 論文発表 6件

|   | 発表名称  | 発表者氏名   | 発表先 名称  |
|---|---|---------|---|
| 1 | Polarization in Optical Near- and Far-Field and its Relation to Shape and Layout of Nanostructures            | 大津、他    | Optics Express  |
| 2 | Observation of interdot energy transfer between InAs quantum dots   | 川添、大津、他 | Applied Physics Letters   |
| 3 | Nanophotonic matching by optical near-fields between shape-engineered nanostructures                          | 大津、他    | Optics Letters  |
| 4 | nanometer-resolution optical probe using a metallic-nanoparticle-intercalated carbon nanotube                 | 中田、渡辺   | Journal of Applied Physics  |
| 5 | Two-dimensional array of room-temperature nanophotonic logic gates using InAs quantum dots in mesa structures | 川添、他    | Applied Physics B - Lasers and Optics   |
| 6 | nanometer-resolution optical probe using a metallic-nanoparticle-intercalated carbon nanotube                 | 中田、渡辺   | Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology (American Institute of Physics and American Physical Society) |
|   |   |         |   |

表 III-2.4-3 プレス発表、展示会等 4件

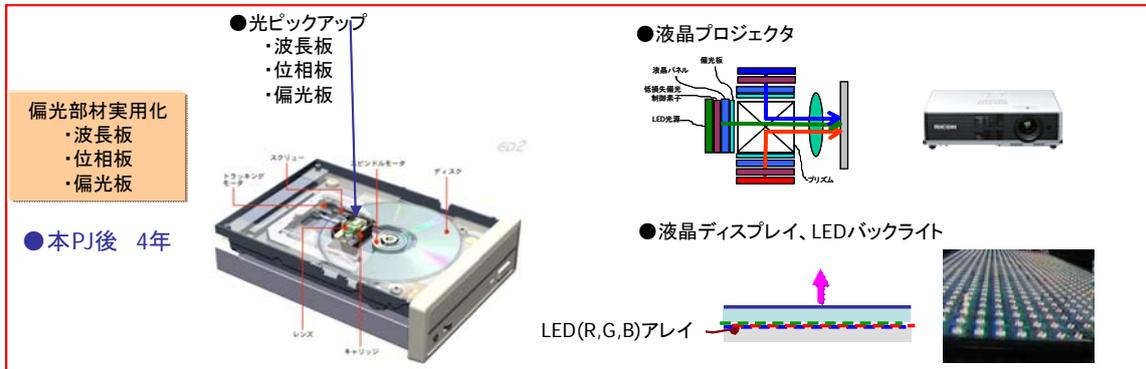
|   | 発表名称   | 発表先名称                                    | 発表日時                     | 発表場所                               |
|---|--|--|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 低損失オプティカル新機能<br>部材技術開発   | 財団法人光産業<br>技術振興協会<br>注目される光技<br>術展示 2009 | 2009年9月16<br>～17日        | パシフィコ横浜<br>展示ホールC                  |
| 2 | 近接場光による全光スイッ<br>チの室温動作に成功<br>-世界初、消費電力1万分の<br>1の素子実現に向け前進-               | NEDO プレスリリ<br>ース                         | 2010年8月24<br>日           | 日本経済新聞、<br>日経産業新聞、<br>日刊工業新聞、<br>他 |
| 3 | 近接場光による全光スイッ<br>チの室温動作に成功  | 国際ナノテクノ<br>ロジー総合展<br>NEDO ブース            | 2011年2月16<br>～18日        | 東京ビックサイ<br>ト                       |
| 4 | グラフェンや量子ドットを活<br>用、次世代デバイス、応物学<br>会で続々<br>超低消費電力の光 LSI が 10<br>年後に実現の見通し | 日経エレクトロ<br>ニクス                           | 2010. 10. 4号<br>no. 1040 | 日経エレクトロ<br>ニクス                     |
|   |  |  |                          |                                    |

公開

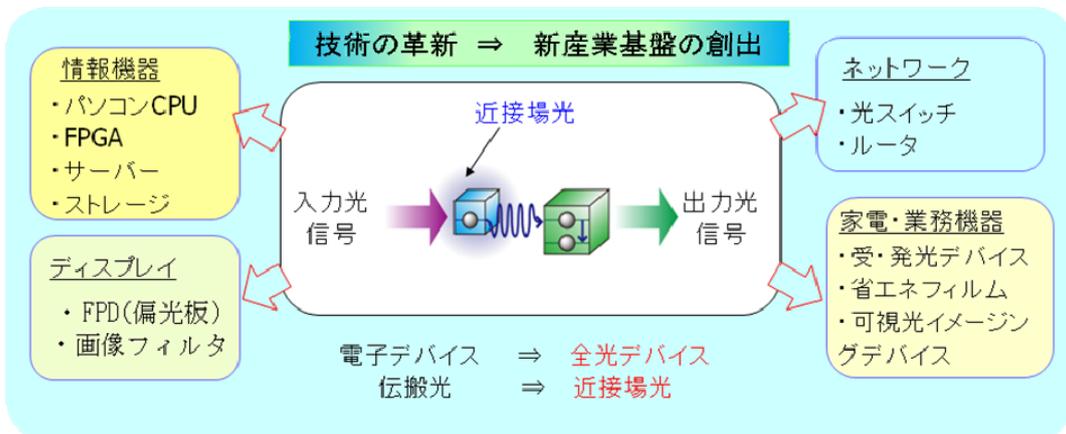
### 3. 研究開発項目ごとの成果詳細

研究開発項目ごとの成果詳細については内容を非公開とする。事業原簿、非公開版を参照。





図IV-1-2 ナノ構造を用いた偏光制御部材実用化イメージ



図IV-1-3 ナノ構造オプティカル新機能部材実用化イメージ

## 2. 特許戦略

### 2.1 事業全体の特許戦略

プロジェクト成果の実用化にあたっては、いかに知的財産権で守られているかが重要なポイントである。本プロジェクトでは、プロジェクト期間中に59件の特許を出願した。出願にあたっては基本的には参加各社のシナリオで特許出願した。そしてナノフォトニクス推進機構内に「知的財産専門委員会」を設置して、本プロジェクトで開発した技術、特許、ノウハウの有効利用、維持管理、等を遂行した。表2.1-1に本プロジェクト特許出願数を示す。

### 2.2 研究開発項目毎の特許戦略

#### 2.2.1 基盤技術研究開発

##### 2.2.1.1 ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術

本シミュレーション手法自体は特許性がないと考えており、また手法適用に関しての知見は特許というよりもノウハウ的であると考え。本技術での特許出願はなかったが、ノウハウとしての蓄積を行った。ノウハウとしては、「ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術」の研究開発において、具体的な設計技法として確立した。

##### 2.2.1.2 ナノ構造部材作製技術

半導体量子ドットを用いた光論理ゲートに関する作製手法を中心に特許出願し知的財産の確立を目指す。

低損失オプティカル新機能部材技術開発のナノ構造を用いた偏光制御部材のみならず、各種新規ナノ構造光学素子などへの幅広い応用を目指し、特許出願を行う。

最適化設計された数十ナノメートルレベルの2次元および3次元形状のナノ構造光学素子を形成する微細金属パターン等を作製可能なナノ構造部材作製技術の中で特徴的な要素技術についての特許化を進める。

ナノ構造特有のめっきプロセスに関する特許を取得する予定。

ナノ構造部材作製技術で確立した微細金属パターン作製プロセスに関する要素技術および新規アプリケーションの特許化により、次世代で必要となる新機能光学部材に関して、国内および国際的に高い特許ポジションの確立を図り、関連事業の育成および競争力の確保を目指す。

### 2.2.1.3 ナノ構造部材評価技術

#### 2.2.1.3.1 プラズモン評価技術

評価技術に関しては、各社内の開発現場におけるノウハウとし、評価装置の形での事業化は行わない。そのため、評価装置としての特許申請はしない。ただし、本評価技術を発展させた実用化技術については特許を取得していく。

#### 2.2.1.3.2 高分解能光ナノプローブ

入射光を金ナノ構造充填CNTにプラズモン伝搬させて近接場光として出力する光ナノプローブに関しては、プロジェクト開始時に特許出願済みである。本特許を中心に、引き続き実用化を念頭においた周辺特許群を強化していく。

### 2.2.1.4 ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術

光論理ゲート素子については、ノウハウはブラックボックス化し、構造や構成を中心に特許ポートフォリオを構築する。さらに、波及効果と規格化にも使える出願と権利化を積極的に行う。

近接場光導波技術については、基本特許、周辺特許含めて、特許出願を進めている。科学的な分野に限っては国内に広め日本のナノフォトニクス科学力向上に寄与したいが、実用化に関連する技術は特許で保護する。

伝播光近接場光変換技術については、光論理ゲートの外部入出力に不可欠な機能素子としてタイミングを合わせて実用化する予定であり、機能発現の基本特許と共に、スポット径を調整できる構造などの周辺特許、実用化特許を出願していく。

## 2.2.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発

### 2.2.2.1 ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術

本技術自体は特許性がないと考えているが、本手法により検討して新たな機能を発現するナノ構造部材については特許性がある。したがって、本手法と通じて機能を発現するナノ構造の検討をおこない、そのナノ構造部材の形状・大きさなどについて特許出願を進めた。低損失オプティカル新機能部材技術開発のナノ構造を用いた偏光制御部材のみならず、各種新規ナノ構造光学素子などへの幅広い応用を目指し、特許出願を行った。

### 2.2.2.2 ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術

低損失オプティカル新機能部材技術開発のナノ構造を用いた偏光制御部材のみならず、各種新規ナノ構造光学素子などへの幅広い応用を目指し、特許出願を行った。

表 IV-2.1-1 「低損失光学部材新機能部材技術開発」特許出願件数

|                      | H18<br>年度 | H19<br>年度 | H20<br>年度 | H21<br>年度 | H22<br>年度 | 計  |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|
| 東京大学                 | 0         | 5         | 4         | 3         | 2         | 14 |
| 基盤技術研究開発             |           |           |           |           |           | 34 |
| ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術 | 0         | 0         | 0         |           |           |    |
| ナノ構造部材作製技術           | 0         | 1         | 2         | 0         | 3         |    |
| ナノ構造部材評価技術           | 0         | 0         | 2         | 0         | 1         |    |
| ナノ構造部材光学部材新機能応用技術    | 1         | 3         | 9         | 8         | 4         |    |
| ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発   |           |           |           |           |           | 11 |
| ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術   | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |    |
| ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術   | 1         | 3         | 5         | 2         | 0         |    |
| 年度小計                 | 2         | 12        | 22        | 13        | 10        |    |
| 総計                   |           |           |           |           |           | 59 |

## ITイノベーションプログラム基本計画

### 1. 目的

我が国が目指す高度情報通信ネットワーク社会の構築に向け、経済成長戦略大綱、IT新改革戦略、科学技術基本計画及び技術戦略マップ等に基づき、情報化の進展に伴うエネルギー消費量の増大等の課題にも考慮しつつ、その基盤となる情報通信機器・デバイス等の情報通信技術を開発し、実社会への利用を促進する。また、情報システム・ソフトウェアについて品質、信頼性及び生産性の向上を推進し、組込みソフトウェア産業強化、オープンソースソフトウェアを安心して活用するための環境整備、独創的な人材の発掘等、我が国産業競争力強化のための必要な基盤整備を実施することによって、ITの利活用の深化・拡大を図り、より豊かな国民生活を実現するとともに、我が国の経済活力の向上を図ることを目的とする。

### 2. 政策的位置付け

「経済成長戦略大綱」(2006年7月財政・経済一体改革会議。2007年6月改訂、経済財政諮問会議報告)

IT革新による競争力強化、IT革新を支える産業・基盤の強化に必要な研究開発の推進に対応

「第3期科学技術基本計画」(2006年3月閣議決定)

国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点推進4分野である情報通信分野、分野別推進戦略(2006年3月総合科学技術会議)における重点分野である情報通信分野に位置づけられるもの。

「IT新改革戦略」(2006年1月高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部)  
次世代のIT社会の基盤となる研究開発の推進等に対応。

### 3. 達成目標

(1) 情報経済社会を形成する上で必要不可欠な基盤技術である情報通信機器・デバイス等に関しては、「革新的な技術の確立」と「その開発成果の普及促進」を図る。

#### 【目標】

- ・情報通信機器・デバイス産業の付加価値額を、2020年度において、2007年度比で、約50%増加させる。
- ・半導体の微細化に係る革新的基盤技術の開発(テクノロジーノード45nm以細)
- ・情報家電の音声認識のタスク率(95%以上の達成)
- ・革新的な大型ディスプレイ技術の開発(消費電力を現状機器と比較して約50%以下)
- ・革新的なネットワーク機器技術の開発(消費電力を現状機器と比較して60%以下)

- (2) 経済社会システムの信頼性確保に大きく寄与する情報システム・ソフトウェアに関しては、品質、信頼性及び生産性の向上や産学官の開発リソースの連携強化により、「人材育成」と「ソフトウェア工学の開発」等を積極的に推進する。

【目標】

- ・情報サービス・ソフトウェア産業の付加価値額を、2015年度において、2004年度比で、約25%増加させる。
- ・組み込みシステム等の不具合発生率(2011年度までに2006年度比50%減)

#### 4. 研究開発内容

[プロジェクト]

- ・ITコア技術の革新

[i] 世界最先端デバイスの先導開発

- (1) 次世代半導体材料・プロセス基盤プロジェクト(MIRAI)(運営費交付金)

概要

テクノロジーノード45nm以細のデバイスの実現に必要な極限微細化技術や、新構造CMOSの研究開発などの既存技術のブレークスルーが期待される先端的基盤技術研究を行う。また、国際半導体ロードマップにおいてエマージングテクノロジーと呼ばれる萌芽的な先端基盤技術の開発に取り組み、技術の見極め・絞り込みを行う。

技術目標及び達成時期

2010年度までに半導体の微細化に関してテクノロジーノード45nm以細のデバイス実現に必要な革新的基盤技術を、産業界において自ら実用化に向けた展開を図る際の判断ができる水準まで技術開発を行い、技術選択肢として提示する。

研究開発期間

2001年度～2010年度

- (2) 次世代低消費電力半導体基盤技術開発(MIRAI)(運営費交付金)(再掲)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展、IT利活用的高度化を支え、あらゆる機器に組み込まれている半導体の低消費電力化を図るため、テクノロジーノード(微細化レベル)45nm以細の次世代低消費電力半導体の実現を目指し、微細加工の基盤技術やマスク(半導体素子製造過程で用いる原板)の低コスト化・製造時間短縮に必要な基盤技術開発を行う。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、マスク設計・描画・検査の各工程に共通的なマスクデータ処理技術、繰り返しパターンやパターン重要度を利用した描画・検査高速化技術等の基本的な開発及びEUVLマスク基盤技術として、許容欠陥の指標明確化、ブランクス位相欠陥検査技術の確立等を完了する。

研究開発期間

2004年度～2010年度

### (3) ドリームチップ開発プロジェクト(運営費交付金)

#### 概要

あらゆる社会ニーズに情報技術が今後も迅速に対応し、夢の社会を創り上げるため新しい方向の半導体技術として、これまで平面的な構造に過ぎなかった半導体デバイスに、立体構造という新たな概念を取り込み、社会ニーズの要請に適確に対応すべく、産業・ユーザーと密接な連携をとりながら、多様な用途に応じた夢の新機能デバイス(ドリーム・チップ)を開発する。

#### 技術目標及び達成時期

2012年度までに、立体構造化技術を発展・統合し、これまでにない革新的な半導体(ドリームチップ)基盤技術を開発する。

#### 研究開発期間

2008年度～2012年度

### (4) 次世代プロセスフレンドリー設計技術開発(運営費交付金)

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、あらゆる機器に組み込まれている半導体の低消費電力化を図るため、テクノロジーノード45nm以細の半導体に対応するSoC(System on Chip)設計技術を開発する。具体的には、テクノロジーノード45nm以細の半導体の共通設計基盤技術開発として、DFM(Design For Manufacturing)基盤技術を中核とした設計及び製造の全体最適を確保する全く新しいSoC製造フローを開発する。

#### 技術目標及び達成時期

テクノロジーノード45nm以細のSoC開発において製造性を考慮した共通設計基盤技術を確立し、システムLSIデバイスの省エネルギーを実現するとともに、設計生産性を従来予想に比べ2倍にすることを目標とする。

#### 研究開発期間

2006年度～2010年度

### (5) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち新材料・新構造ナノ電子デバイス(再掲)

#### 概要

ナノエレクトロニクスは、ナノテクノロジーの最大の応用領域の一つであり、デジタル・デバイスのCMOS構造というアーキテクチャは、優れた工学概念である。

また、これまでの半導体技術の微細化に基づく高集積化・高速化・低消費電力化の追求は、シリコン材料をベースとするプレーナ構造を基本とした微細加工プロセスの高度化にあった。

しかし、さらなる微細化によるデバイスのパフォーマンス向上は物理的限界に直面しつつあり、問題は、FETを、シリコン材料をベースとして作製することにより現出していると考えられる。

そのため、次世代の電子デバイスのために「シリコンで培った微細化技術やデバイス原理をこれまで同様に活用しながら、シリコンという材料の物理的限界を突破するための“新材料”や“新(デバイス)構造”を実現すること」、すなわち、「New Nano Materials/Structure on Silicon for “Mor

e Moore”の半導体技術を、ナノテクノロジーを最大限に活用することによって研究開発を行い、将来の産業応用への目を見出ししていく取りかかりとする。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、産業界が10年後を見据えた将来の電子デバイスを開発する際に、産業技術として活用できるかどうかの実現可能性を見極め、また技術シーズを確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

#### (6) スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト(運営費交付金)(再掲)

概要

将来のエレクトロニクスにおいて中核的な基盤技術となりえるスピントロニクス技術(電子の電荷ではなく、電子の自転=「スピン」を利用する全く新しいエレクトロニクス技術)を確立するため、強磁性体ナノ構造体におけるスピンの制御・利用基盤技術を開発し、我が国が世界に誇るシーズ技術を核として、産学官の共同研究体制を構築し、将来の中核的エレクトロニクス技術における我が国の優位性の確保を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、超高集積で高速な不揮発性メモリとして期待されるスピンメモリのための基盤技術を確立する。また、新ストレージ・メモリデバイス、不揮発性スピン光機能素子、スピン能動素子等の新しい動作原理によるスピン新機能素子の実現のための基盤技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

#### (7) 次世代高度部材開発評価基盤の開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。半導体産業分野で、集積回路の消費電力低減に必要な配線形成用各種材料等の開発のネックとなっているナノレベルでの材料間の相互影響を評価可能な統合部材開発支援ツールを開発する。これにより、集積回路の種類やデザインルールに応じて、配線形成用各種材料とプロセスの最適な組み合わせの提案技術(統合的材料ソリューション提案技術)を確立する。

技術的目標及び達成時期

2008年度までに、半導体材料開発に貢献する材料評価基盤を構築するとともに、上記の統合的材料ソリューション提案技術を確立する。また、本プロジェクトを通して得られた基礎データ等については、プロジェクト実施期間中にデータを体系的に整理し、幅広く社会に提供を図る。

研究開発期間

2006年度～2008年度

#### [ii] 半導体アーキテクチャの革新

##### (1) 半導体アプリケーションチッププロジェクト(運営費交付金)(再掲)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、情報通信機器、特に、情報家電（車載を含む）の低消費電力化を実現できる半導体アプリケーションチップ技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに情報家電の低消費電力化を実現できるアプリケーションチップ技術を開発する。

研究開発期間

2003年度～2009年度

## (2) 次世代回路アーキテクチャ技術開発事業

概要

大学等での優秀な人材による革新的な半導体デバイス技術の開発を促進するため、革新的なアイデアによる半導体デバイス技術の提案を募集し、研究開発により設計された半導体デバイスを実際の半導体デバイスとして試作・評価を行う。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、本プロジェクトによって産業界が「実活用が期待できる」と評価する回路アーキテクチャを10件以上創出する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

## [ iii ] 光技術の革新利用

### (1) 低損失オプティカル新機能部材技術開発（運営費交付金）（再掲）

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、近接場光の原理・効果を応用した低損失オプティカル新機能部材技術を開発し、実用化の目処を得ることを目的とする。動作原理に近接場光を用いるオプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、液晶プロジェクター・液晶ディスプレイなど情報家電の省エネルギー、高性能・高信頼化を図る上でのキーデバイスとなることが期待できる。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、共通基盤技術として、ナノ構造部材の設計・作製・評価技術を開発するとともに、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

### (2) 次世代光波制御材料・素子化技術（運営費交付金）（再掲）

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、ガラス材料に関する精密モールド技術を確立し、機能性の高い光波制御素子を低コストで生産できるプロセス技術を開発することで部材の小型化・高機能化を図りつつ、省エネを実現する。

#### 技術目標及び達成時期

2010年度までにサブ波長レベルの微細構造をガラス表面にモールド成形する技術を実現し、実装可能な具体的なデバイスを作製する。

#### 研究開発期間

2006年度～2010年度

### (3) 三次元光デバイス高効率製造技術(運営費交付金)(再掲)

#### 概要

波面制御素子による空間光変調技術を確立し、ガラス中に三次元造形を高精度に一括形成できるプロセス技術を開発する。この技術を用いて、具体的な光デバイスを作製し、当該技術の有効性の確認と市場への早期参入のための基盤技術を確立する。

#### 技術目標及び達成時期

2010年度までに波面制御素子による空間光変調技術を用いたフェムト秒レーザー照射技術等を確立し、高精度の光デバイスを高速に作製できるプロセス技術を開発する。

#### 研究開発期間

2006年度～2010年度

## ・省エネ革新

### [i] 情報ネットワークシステムの徹底的省エネの実現

#### (1) グリーンITプロジェクト(運営費交付金)(再掲)

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展によりネットワークを流れるデータ量が大幅に増加する中で、IT機器による消費電力量の大幅な増大に対応し、環境調和型IT社会の構築を図るため、個別のデバイスや機器に加え、ネットワーク全体での革新的な省エネルギー技術の開発を行う。

#### 技術目標及び達成時期

2012年度までに、IT機器・システムのエネルギー消費効率を2倍に向上させる基盤技術を開発する。

#### 研究開発期間

2008年度～2012年度

#### (2) 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発(運営費交付金)(再掲)

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、ネットワークで伝送されるデータ量の爆発的増加に伴い、関連機器の消費エネルギーが増大している中で、ネットワーク全体の消費電力量を抑制することが喫緊の課題であり、消費エネルギーの低減に大きく貢献するルータ・スイッチの高速化のための研究開発を実施するとともに、機器そのものの消費エネルギーを低減するための研究開発を実施する。

#### 技術的目標及び達成時期

2011年度までに、1チャンネルあたり40Gbps超の通信速度に対応するトラフィック計測・分析・管理技術や40Gbpsのインターフェース、さらなる通信速度向

上(100Gbps超)を実現するハードウェア技術、SFQ(単一磁束量子)スイッチに関する基盤技術を開発する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

### (3) ITSの規格化事業(第2フェーズ)

概要

我が国ITS産業の振興と国際競争力強化に貢献するため、これまでの個別システム等の規格化から共通基盤の構築のための規格化に重点を移し、ITS情報通信基盤の規格化、情報収集・活用基盤の規格化、システム社会導入条件の整備等ISO/TC204に対応したITSの国際規格化等を実施。

技術的目標及び達成時期

平成22年度までにITSに係る標準化案を作成しISOに対して提案又は国際規格として制定する。また自動車の電子化技術に関して、次世代では日本が主導をとるべく戦略を策定。

研究開発期間

2006年度～2010年度

### [ii] 情報機器の徹底的省エネの実現

#### (1) 次世代大型低消費電力ディスプレイ基盤技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、次世代の大型液晶及び大型プラズマディスプレイに関する低消費電力ディスプレイを実現するための研究開発を行う。

技術的目標及び達成時期

2011年度までに、液晶に関しては、高効率バックライト、革新的なTF Tアレイプロセス技術・製造装置及び低消費電力型の画像処理エンジン等に係る技術を確立する。また、プラズマディスプレイに関しては、超低電圧駆動等に係る技術を確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

### [iii] 省エネを支えるプロセス基盤技術

#### (1) パワーエレクトロニクスインバータ基盤技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、省エネルギーを進めるために、シリコンよりも材料特性に優れたワイドギャップ半導体デバイスを用いた高効率インバータ等の実用パワーエレクトロニクス機器システムの基盤技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、ワイドギャップ半導体デバイスを用いた高効率インバータ等の実用パワーエレクトロニクス技術を開発する。

#### 研究開発期間

2006年度～2008年度

#### (2) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち窒化物系化合物半導体基盤・エピタキシャル成長技術の開発(運営費交付金)(再掲)

##### 概要

窒化物系化合物半導体は日本が強みを有し、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、今後のIT社会を支えとなることを期待されている分野である。しかし、既存のバルク単結晶基板成長技術やエピタキシャル成長技術では、従来の半導体では実現できない領域で動作可能なハイパワー、超高効率デバイス性能を十分に引き出すには至っていない。

これを突破するため、大学あるいは研究所を拠点に材料メーカー、デバイスメーカー、装置メーカー等が相互連携して、窒化物半導体の結晶欠陥低減技術やナノ構造作製技術等の革新を図り、これらデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減の実現を図る。

##### 技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代窒化物系半導体デバイスを実現する以下結晶作製技術を開発する。

##### 基板技術(GaN、AlNバルク結晶作製技術)

- ・ 口径2～4インチで高品質エピ成膜を可能とする低コストの単結晶基板作製技術の確立。

##### エピ技術(エピタキシャル成膜及び計測評価技術)

- ・ 低欠陥高品質エピ層を実現する成膜技術及び膜成長過程を計測評価する技術の確立。
- ・ 高出力かつ高安定動作可能なエピ層の実現
- ・ 高耐圧超高速な新しいデバイス構造の開発

#### 研究開発期間

2007年度～2011年度

#### ・ 情報爆発への対応

#### ITの利活用による知の創造

#### (1) 情報大航海プロジェクト

##### 概要

情報家電や携帯電話などに蓄積している、文字情報、画像情報、位置情報等の多種多様で大量の情報の中から、必要な情報を簡便かつ的確に検索・解析するための技術を開発・展開する。

##### 技術的目標及び達成時期

2009年度までに、必要な情報を簡便かつ的確に検索・解析するための技術を開発し、汎用化してオープンに利用できるような共通基盤を構築する。

#### 研究開発期間

2007年度～2009年度

・情報システム・ソフトウェアの信頼性・生産性の向上とオープンスタンダードの普及推進

(1) セキュアプラットフォームプロジェクト

概要

我が国産業のIT生産性の向上及び情報セキュリティレベルの底上げを図るため、異なる情報システムを一つのサーバ上に統合するだけでなく、これまで情報システムごとに別々に設定していた情報アクセス権限を統合し集中管理する機構を導入した革新的な仮想化技術(セキュア・プラットフォーム)の開発を行う。

技術的目標及び達成時期

2009年度までに、統合アクセス制御基盤や、それにより制御可能となるよう必要なアクセス機構を備えた仮想化機能等を開発する。

研究開発期間

2007年度～2009年度

(2) 産学連携ソフトウェア工学の実践(運営費交付金を含む)

概要

我が国経済社会システムの基盤であり、製造業をはじめとするあらゆる産業の付加価値の源泉であるソフトウェアについて、ソフトウェアの信頼性及び生産性を向上させるため、産学官が連携して実践的なソフトウェア開発手法等に関する研究・調査、ツール整備、普及啓発、実証等を行う。また、信頼性を確保できる開発手法に基づいた高信頼な組込みソフトウェアの開発を行う。

技術的目標及び達成時期

2009年度までに、本事業による成果をユーザやベンダなどの民間企業に広く普及し、活用することにより、我が国におけるソフトウェアの生産性及び信頼性を向上させる。

研究開発期間

2004年度～2009年度

(3) オープンソフトウェア利用促進事業(運営費交付金)

概要

オープンソフトウェアを安心して活用するための基盤整備として、オープンな標準の普及、オープンソースソフトウェア(OSS)を扱える人材育成などを行う。

技術的目標及び達成時期

2012年度までに、技術参照モデル(TRM)の開発・普及やOSSサポートに係る人材育成などを行うことにより、オープンスタンダードの普及推進を図る。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(4) IT投資効率向上のための共通基盤開発プロジェクト

概要

我が国の生産性及び競争力の向上のため、情報家電をはじめとした分野でのIT投資を、競争領域と非競争領域に峻別し、非競争領域について共通基盤を開発・オープン化等を進めていく。海外の組込みソフトウェアの動向も調査することにより、国際的に通用する共通基盤の構築を目指す。あわせて情報システム分野において、海外の動向も踏まえつつ、

業界横断的に利用可能な共通基盤を検討する。

技術的目標及び達成時期

非競争領域においては企業間で連携・強調し、IT投資の効率向上を図ることを目的とする共通基盤を2009年までに構築する。また、2010年までに共通基盤を用いた検証を行い、その結果を踏まえた上で、共通基盤の改善と産業界へ利用促進を図る。

研究開発期間

2008年度～2010年度

#### (5) 情報家電センサー・ヒューマンインターフェイスデバイス活用技術の開発

概要

ヒューマンインターフェイスデバイス等消費者の利便性に直結する技術について、機器やメーカーの違いを超えて相互連携できるための基盤技術の開発を行い、その技術の普及を図ることで仕様の共通化を図り、利用者の実生活をより充実させる環境の提供を実現する。

技術的目標及び達成時期

2008年度までに、多様な利用形態や生活支援を実現する、音声認識等のヒューマンインタフェース技術、音声認識においては95%のタスク達成率を可能とするミドルウェア基盤技術の開発等を行う。

研究開発期間

2006年度～2008年度

#### (6) 中小企業経営革新ベンチャー支援事業（運営費交付金）

概要

財務処理・税務処理など中小企業等が必要とする機能をSaaS型で提供する革新的なアプリケーションをベンチャー企業に開発させることでイノベーションの促進を図る。

技術的目標及び達成時期

支援対象企業のうち、売上高1億円以上を達成する企業を10件とすることを目標として支援を行う。

研究開発期間

2008年度～2009年度

### 5. 政策目標の実現に向けた環境整備

【法律】

- ・ 情報処理の振興を目的に、昭和45年に情報処理の促進に関する法律が制定。
- ・ 半導体集積回路の回路配置の適正な利用の確保を目的に、昭和63年に半導体集積回路の回路配置に関する法律が制定。

【税制】

- ・ 情報セキュリティ強化を確保しつつ生産性の向上を図るためのIT投資に対し、35%特別償却又は7%税額控除（情報基盤強化税制）
- ・ ソフトウェアを含む機械装置等に対し、30%特別償却又は7%税額控除（中小企業投資

促進税制)

#### 【国際標準化】

各プロジェクトで得られた成果のうち、標準化すべきものについては、適切な標準化活動（国際規格（ISO/IEC）、日本工業規格（JIS）、その他国際的に認知された標準の提案等）を実施する。特に、産学連携ソフトウェア工学の実践における組込みソフトウェア開発については、国際標準の動向を踏まえた開発を促進することにより、プロジェクトの成果の幅広い普及を促進する。

#### 【関係機関との連携】

各プロジェクトのうち、研究開発を効率的・効果的に推進する観点から関係機関との連携が必要なものについては、これを積極的に行う。

但し、関係機関が行う研究開発等の独自性を妨げるものではない。

#### 【導入普及促進】

成果の普及を図るため、これまでの終了プロジェクトの成果の全部または、一部についてはオープンソースソフトウェアとして公開する。

#### 【プロジェクト等との連携について】

高信頼な組込みソフトウェアの開発では、ソフトウェアエンジニアリングセンター（SEC）において提供される各種エンジニアリング手法を開発現場に適用し、当該技術の効果を明らかにしながら開発を進める。

#### 【その他】

##### ・ Grant 事業

NEDOの産業技術研究助成事業を活用し、萌芽的・革新的な情報通信関係の技術シーズの発掘を行う。また、ソフトウェア分野の独創的な技術やビジネスシーズを有した人材を発掘する。

##### ・ 事業終了後の連携

産学官連携の研究体制を通して活動を行い、これらの事業の終了後も各分野の研究者・技術者が有機的に連携し、更に新たな研究を作り出す環境を構築する。

##### ・ 人材育成

ハードウェア分野においては、出来る限り大学との連携を重視し、各種フェロースhip制度を活用しつつ、最先端の情報通信基盤研究現場への学生等の参画を推進することにより次世代の研究開発人材の育成を図る。また、ソフトウェア分野における独創的な人材を発掘し、育成するとともに、優秀な人材が集うコミュニティを構築するなど、発掘された人材の才能をさらに伸ばすための取組を進める。

##### ・ 広報 / 啓発

毎年10月を「情報化月間」としている。

## 6．研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したものは、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で、当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

## 7．改訂履歴

- (1) 平成12年12月28日付け、情報通信基盤高度化プログラム基本計画を制定。
- (2) 平成14年2月28日付け、情報通信基盤高度化プログラム基本計画及び次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術プログラム基本計画を制定。情報通信基盤高度化プログラム基本計画（平成12・12・27工総第12号）は廃止。
- (3) 平成15年1月31日付け、情報通信基盤高度化プログラム基本計画及び次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術プログラム基本計画を制定。情報通信基盤高度化プログラム基本計画（平成14・02・25産局第17号）及び次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術プログラム基本計画（平成14・02・25産局第18号）は、廃止。
- (4) 平成15年3月10日付け、情報通信基盤高度化プログラム基本計画、次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術プログラム基本計画、次世代ディスプレイ技術開発プログラム基本計画及び情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画を制定。情報通信基盤高度化プログラム基本計画（平成15・01・29産局第1号）及び次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術プログラム基本計画（平成15・01・29産局第2号）は、廃止。  
なお、情報通信機器高度化プログラム基本計画（平成15・01・29産局第1号）及び次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術プログラム基本計画（平成15・01・29産局第2号）の一部は、次世代ディスプレイ技術開発プログラム基本計画及び情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画へ移行。
- (5) 平成16年2月3日付け、高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム基本計画及び情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画を制定。情報通信機器高度化プログラム基本計画（平成15・03・07産局第14号）、次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術プログラム基本計画（平成15・03・07産局第7号）、次世代ディスプレイ技術開発プログラム基本計画（平成15・03・07産局第4号）は、高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム基本計画に統合することとし、廃止。また、情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画（平成15・03・07産局第14号）は、廃止。
- (6) 平成17年3月25日付け、高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム基本計画を制定。高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム基本計画（平成16・02・03産局第1号）は廃止。また、平成17年3月31日付け、情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画を制定。情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画（平成16・02・03産局第2号）は廃止。
- (7) 平成18年3月31日付け、高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム基本計画及び情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画を制定。高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム基本計画（平成17・03・25産局第7号）及び情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画（平成17・03・25産局第6号）は廃止。
- (8) 平成19年4月2日付け、高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム基本計画及び情

報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画を制定。高度情報通信機器・デバイス基盤プログラム基本計画（平成18・03・31産局第4号）及び情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画（平成18・03・31産局第5号）は廃止。

- (9) 平成20年4月1日付け、ITイノベーションプログラム基本計画を制定。情報通信機器高度化・デバイス基盤プログラム基本計画（平成19・03・12産局第7号）及び情報通信基盤ソフトウェア開発推進プログラム基本計画（平成19・03・12産局第8号）は、本プログラム基本計画に統合することとし、廃止。



## エネルギーイノベーションプログラム基本計画

### 1. 目的

資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。以下に 5 つの政策の柱毎に目的を示す。

#### 1 - . 総合エネルギー効率の向上

1970年代以来、官民をあげて省エネルギーに取り組み、産業構造の転換や新たな製造技術の導入、民生機器の効率改善等により世界最高水準の省エネルギーを達成している。今後、「新・国家エネルギー戦略」に掲げる、2030年までにGDPあたりのエネルギー利用効率を約30%向上を実現していくためには、産業部門はもとより、全部門において、総合エネルギー効率の向上に資する技術開発とその成果の導入を促進する。

#### 1 - . 運輸部門の燃料多様化

ほぼ100%を石油に依存する運輸部門は、我が国エネルギー需給構造上、最も脆弱性が高く、その需給構造の次世代化は、将来に向けた早急な対策が不可欠な課題となっている。

「新・国家エネルギー戦略」に掲げる目標（2030年に向け、運輸部門の石油依存度が80%程度となることを目指す）の実現のためにも、官民が中長期的な展望・方向性を共有しつつ、技術開発と関連施策を推進する。

#### 1 - . 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーは、エネルギー源の多様化や地球温暖化対策の観点から重要である。しかし、現時点では経済性や出力安定性といった普及へ向けての課題が存在する。

そのため、これらの課題解決に向けた技術開発の推進及び新エネルギーの導入促進のための関連施策の実施により、更なる新エネルギーの普及を推進する。

#### 1 - . 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

原子力発電は供給安定性に優れ、運用時にCO<sub>2</sub>を排出しないクリーンなエネルギー源である。安全確保を大前提に核燃料サイクルを含む原子力発電を着実に推進する。

#### 1 - . 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

化石燃料資源の大宗を輸入に依存する我が国にとって、その安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。このため、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、我が国企業による資源国における資源開発等に対する支援等の施策を進めるとともに、その有効かつクリーンな利用を図る。

## 2. 政策的位置付け

エネルギー基本計画（2007年3月閣議決定）

重点的に研究開発のための施策を講ずべきエネルギーに関する技術及びその施策として、

1. 総合エネルギー効率の向上に資する技術
2. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保に資する技術
3. 運輸部門のエネルギー多様化に資する技術
4. 新エネルギーに関する技術
5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に資する技術

以上が位置づけられている。

新・国家エネルギー戦略（2006年5月）

世界最先端のエネルギー需給構造の実現を図るため

1. 省エネルギーフロントランナー計画
2. 運輸エネルギーの次世代化計画
3. 新エネルギーイノベーション計画
4. 原子力立国計画

以上の計画が位置づけられている。また、資源外交、エネルギー環境協力の総合的な強化を図るため、「総合資源確保戦略」が位置づけられている。

第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発課題を重視して研究開発を推進する「推進4分野」であるエネルギー分野、分野別推進戦略（2006年3月総合科学技術会議）における「推進4分野」であるエネルギー分野に位置付けられている。

経済成長戦略大綱（2006年7月財政・経済一体改革会議）

資源・エネルギー政策の戦略的展開として

1. 省エネルギーフロントランナー計画
2. 次世代自動車・燃料イニシアティブ等による運輸エネルギー次世代化
3. 新エネルギーイノベーション計画
4. 原子力立国計画
5. 資源外交、環境・エネルギー協力等の総合的な強化

以上が位置づけられている。

京都議定書目標達成計画（2005年4月閣議決定）

「京都議定書の約束を達成するとともに、更に「脱温暖化社会」に向けて長期的・継続的な排出削減を進めるには、究極的には化石燃料への依存を減らすことが必要である。環境と経済の両立を図りつつ、これらの目標を達成するため、省エネルギー、未利用エネルギーの利用等の技術革新を加速し、効率的な機器や先進的なシステムの普及を図り、世界をリードする環境立国を目指す。」とされている。

### 3. 達成目標

#### 3-1. 総合エネルギー効率の向上

転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、エネルギー消費効率を2030年度までに少なくとも30%改善することを目指す。

#### 3-2. 運輸部門の燃料多様化

バイオマス由来燃料、GTL、BTL、CTLなどの新燃料、電気自動車や燃料電池自動車などの導入により、現在ほぼ100%の運輸部門の石油依存度を2030年までに80%程度とすることを目指す。

#### 3-3. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーの技術開発や燃料電池など革新的なエネルギー高度利用を促進することにより、新エネルギー等の自立的な普及を目指すことで、エネルギー源の多様化及び地球温暖化対策に貢献する。

#### 3-4. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

2030年以降においても、発電電力量に占める比率を30～40%程度以上とすることを目指すため、高速増殖炉サイクルの早期実用化、既設軽水炉代替へ対応する次世代軽水炉の開発、軽水炉技術を前提とした核燃料サイクルの確立、放射性廃棄物対策などの技術開発を推進する。

#### 3-5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

石油・天然ガスの化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発を推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。

#### 4．研究開発内容

##### 4 - . 総合エネルギー効率の向上

##### 4 - - . 共通

###### (1) エネルギー使用合理化技術戦略的開発(運営費交付金)

###### 概要

省エネルギー技術開発の実効性を高めるために、シーズ技術の発掘から実用化に至るまで、民間団体等から幅広く公募を行い、需要側の課題を克服し得る省エネルギー技術開発を戦略的に行う。

###### 技術目標及び達成時期

中長期的視点に立った省エネルギー技術戦略を構築し、技術開発の相互連携によりシナジー効果が発揮され技術開発が促進されるよう、超燃焼システム技術、時空を超えたエネルギー利用技術、省エネ型情報生活空間創生技術、先進交通社会確立技術、次世代省エネデバイス技術の技術群に重点化して、省エネルギー技術戦略に沿った技術開発を戦略的に推進する。

###### 研究開発時期

2003年度～2010年度

###### (2) エネルギー使用合理化産業技術研究助成事業(運営費交付金)

###### 概要

産業界や社会のニーズに応える省エネルギー技術のシーズの発掘とその育成、並びに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。この目的のため、産業界からの期待が高い技術領域・課題を提示した上で、大学や独立行政法人の研究者等から研究開発テーマを募集する。厳正な外部評価によって省エネルギー効果があり且つ独創的・革新的なテーマを選定し、研究者代表者個人を特定して助成金を交付する。

###### 技術的目標及び達成時期

独創性のある研究者等を助成すると共に、中間評価ゲート方式が醸成する競争的環境の下で企業との連携を強化させることにより、10～15年後の実用化が有望な革新的省エネルギー技術の研究開発を促進する。本事業では革新的省エネルギー技術の実用化への第1歩となる特許について、助成期間終了後の出願比率を100%とすることを目標とするとともに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。

###### 研究開発期間

2000年度～

###### (3) 研究開発型中小企業挑戦支援事業(スタートアップ支援事業)

###### 概要

省エネルギー対策に資する中小企業の優れた技術シーズ、ビジネスアイデアの事業化による創業・新事業展開を促進するため、実用化研究開発に要する経費(原材料費、直接人件費、機械装置費、知的財産取得費等)の一部を補助するとともに、補助事業を行う中小・ベンチャー企業等に対して中小企業基盤整備機構によるビジネスプランの具体化・実用化に向けたコンサルティング等を一体的に実施

する。

技術的目標及び達成時期

中小企業の技術開発を推進し、産業におけるエネルギー使用合理化技術の利用を図り、もって、中小企業の振興と経営の安定を促進する。

補助事業期間終了後2年後の採択企業の研究開発成果の事業化率50%を目標とするとともに、省エネルギー技術開発の高度化を戦略的に推進する。

研究開発期間

2004年度～

#### (4) 地域イノベーション創出エネルギー研究開発

概要

地域において新産業の創出に貢献し得るような最先端の技術シーズを基に、企業、公設試、大学等の研究開発資源を最適に組み合わせて形成された共同研究体が行うエネルギー使用の合理化並びに非化石エネルギーの開発及び利用に寄与する実用化研究開発の実施。

技術的目標及び達成時期

研究開発終了後3年後における成果の事業化達成率30%以上を目標とする。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(5) イノベーション実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

(6) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

### 4 - - . 超燃焼システム技術

#### (1) 環境調和型製鉄プロセス技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

高炉ガスからの効率的な二酸化炭素分離と中低温排熱の有効活用及び水素を炭素(コークス)の一部代替として鉄鉱石を還元する革新的製鉄プロセスの開発を行う。

技術的目標及び達成時期

最終的な技術開発目標として製鉄プロセスにおけるCO<sub>2</sub>排出量を30%削減することを目指し、2050年までに実用化する。

研究開発期間

2008年度～2017年度

#### (2) 革新的ガラス溶融プロセス技術開発(運営費交付金)

概要

プラズマ等による高温を利用し瞬時にガラス原料をガラス化することにより、極めて効率的にガラスを気中で溶融(インフライトメルティング法)し省エネに資する革新的ガラス溶融プロセス技術を開発する。

技術的目標及び達成時期

2012年度までに、インフライトメルティング法により原料を溶解する技術、

カレットをガラス原料として利用するため高効率で加熱する技術、カレット融液とインフライトメルティング法による原料融液とを高速で混合する技術を開発する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

### (3) 革新的マイクロ反応場利用部材技術開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、マイクロリアクター、ナノ空孔などの精密反応場を利用し、反応分子の自由な運動を活性種レベルで制御した革新的な化学反応プロセスと新機能材料創成技術の確立を目指す。さらに、マイクロリアクターとナノ空孔反応場の組み合わせ、各反応場とマイクロ波等のエネルギー供給手段との組み合わせにより協奏的反応場を構成し、さらなる高効率生産等を可能にする基盤技術を開発する。これらの技術の確立により、反応システムの小型化、多段プロセスの簡略化等を通じた化学産業の製造工程等の省エネルギー化を図る。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術を軸とし、これらに更にマイクロ波、超臨界流体等のエネルギー供給手段を組み合わせた協奏的反応場を構成することにより、これまでにない革新的な化学反応プロセスを確立し、新機能材料創成技術を実現する。さらに、これらの技術を用いて高性能・高機能電子材料、医薬中間体などの部材を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

### (4) 植物機能を活用した高度モノ作り基盤技術開発

#### i) 植物利用エネルギー使用合理化工業原料生産技術開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、現在の化学工業プロセスに代わる、植物の有する有用物質生産能を活用した省エネルギー・低環境負荷型の工業原料生産プロセスへの変換を促進する。具体的には、工業原料の生産に関わる重要な物質生産プロセスに関する代謝系をゲノム情報に基づき解析するとともに、有用物質生産制御に必要な一連の代謝遺伝子群の発現を統一的に制御する技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、工業原料として有望なバイオマスとしてイソプレノイド、油脂などの有用物質生産に関わる代謝経路とその調節メカニズム及び生産物質の蓄積・移動に係るメカニズムの解析を行い、関連遺伝子情報を整備するとともに、統括的発現制御技術を開発する。

研究開発期間

2002年度～2009年度

(5) 鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発(運営費交付金)

概要

プラント、構造物や自動車等の革新的な高効率化、省エネルギー化、長寿命化、安全・安心化を図るため、最新の科学的知見を導入し、鉄鋼材料及び鋼構造体を超高機能化する基盤的研究開発を行う。具体的には、高強度鋼、高機能鋼の実用化拡大の基盤となる(1)高級鋼厚板(高強度鋼、極低温用鋼、耐熱鋼)溶接部の信頼性・寿命を大幅に向上する溶接施工技術(高密度・清浄熱源溶接技術)及びクリープ破壊、金属組織制御技術を基本とする溶接材料技術(クリープ破壊及び水素破壊の機構解明等を踏まえた)の開発、(2)部材の軽量化を図るために強度、加工性等の最適機能傾斜を付与する機械部品鍛造技術(駆動部材の信頼性確保のための耐疲労破壊特性の向上を踏まえた)の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、高級鋼厚板(高強度鋼・極低温用鋼・耐熱鋼)の溶接を予熱・後熱なしに可能とする溶接技術と材料技術を開発するとともに、傾斜機能部材の鍛造技術を開発する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(6) 高機能チタン合金創製プロセス技術開発プロジェクト

概要

大量の電力を必要とする従来のバッチ処理方式のチタン製錬法(クロール法)を、エネルギー効率の高い連続処理方式へ転換する抜本的なプロセス改善のための技術を開発する。また、併せて、成形性の高いチタン合金設計技術及び成形プロセス技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに省エネ型チタン新製錬プロセスの基盤技術を開発し、2010年までに実用化を目指す。また、本製錬技術により得られるチタンをベースとして、加工性、強度等をさらに向上させた合金設計・成形プロセス技術を確立する。

研究開発期間

2005年度～2008年度

(7) 革新的分離膜技術の開発

概要

河川水等の浄水工程における、微量の有害物質、微生物等の除去に係る水処理技術のうち、分離膜方式による高効率(省エネ)な分離技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2013年度末までに、現行の分離膜に比較して単位処理水量当たり50%のエネルギー削減を図る技術を確立する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

( 8 ) 微生物機能を活用した環境調和型製造基盤技術開発

i) 微生物機能を活用した高度製造基盤技術開発 ( 運営費交付金 )

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、省エネルギーかつ環境負荷が少ないといった特徴を有する微生物機能を活用した有用物質の革新的な生産プロセス ( モノ作り ) の技術を構築するため、産業用途に必要な機能既知遺伝子で構成されたゲノムを持ち、物質生産性向上につながる性能を備えた高性能宿主細胞の創製や、微生物反応の多様化・高機能化技術を開発するとともに、バイオマスを原料として有用物質を体系的かつ効率的に生産する ( バイオリファイナリー ) ための基盤技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、物質生産性向上につながる性能を備えた高性能宿主細胞を創製するとともに、バイオプロセスの実用化適用範囲の拡大のための微生物反応の多様化・高機能化技術の開発を行う。バイオリファイナリー技術については、バイオマスを高効率で糖化し、糖から高効率で各種化成品の基幹物質を生産するバイオプロセス体系を構築する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

ii) 微生物群のデザイン化による高効率型環境バイオ処理技術開発 ( 運営費交付金 )

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、従来エネルギー多消費・廃棄物多排出型であった廃水・廃棄物処理において、微生物群の構成及び配置等を人為的に制御 ( デザイン化 ) することで、その処理効率を大幅に向上させ、省エネルギーで廃棄物も少ない高効率型廃水、廃棄物処理の基盤技術を確立する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、特定有用微生物群を人為的に安定導入・維持もしくは人為的に空間配置・優先化させる等のデザイン化技術を開発し、従来の廃水、廃棄物処理に比べより高効率で省エネルギーな処理技術を開発するとともに、実用化に資するための実証可能なテストプラント規模にて評価する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

( 9 ) 省エネルギー型化学技術創成研究開発補助事業

概要

化学産業はそれ自身が裾野の広い産業というだけでなく、自動車、IT機器等の川下製品の部材として産業界・国民生活の様々な分野に深く関連している。従って化学業界において、省エネポテンシャルの大きい有望な技術シーズがありながら民間だけでは十分な研究開発投資が行われていない技術について、戦略的な研究開発支援を実施することにより、化学産業のみならず、各種最終製品、他産業においてエネルギー効率の改善を促進する。

#### 技術的目標及び達成時期

2007年度までに、化学分野の生産プロセスや、製品等に関する環境に配慮した省エネルギー技術の革新に向けて、国内・国際市場の創出・拡大も見据えつつ、将来の発展が有望な技術に関する研究開発を行うことにより、化学産業のみならず、我が国の省エネルギー対策に一層寄与する。

#### 研究開発期間

2004年度～2010年度

### (10) 高効率酸化触媒を用いた環境調和型化学プロセス技術開発プロジェクト

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、N-オキシ系触媒等の炭素ラジカル創生触媒を化学反応プロセスに適用し、製造工程の短縮や製造効率の向上を図ることで、温暖化効果ガスの排出抑制や省エネルギー効果など総合的なプロセスコストを低減させるため要素技術の開発を行う。

#### 技術的目標及び達成時期

2008年度までにカルボン酸、アルコール、ケトンなどの含酸素化合物製造プロセスに対し、N-オキシ系触媒を適用していくため、現状の触媒活性・選択性の向上、触媒の安定性・寿命の改善、触媒分離プロセスの効率化等を開発する。

#### 研究開発期間

2005年度～2008年度

### (11) エネルギー使用合理化繊維関連次世代技術開発

#### 概要

製造エネルギーの低減を図ることができる革新的な繊維製品製造技術の開発や、使用することでエネルギー消費の低減が可能となる新たな繊維製品を開発。

#### 技術的目標及び達成時期

2009年度までに、以下の開発を行う。

炭素繊維製造エネルギー低減技術の研究開発

廃棄衣料のリサイクル技術及び高付加価値商品の開発

排水処理における余剰汚泥の減容化技術開発

次世代資材用繊維の開発

ポリエチレンテレフタレート製造エネルギー低減技術の開発

VOC含有廃棄物の溶剤回収及び再利用処理技術の開発

#### 研究開発期間

2005年度～2009年度

### (12) 無曝気・省エネルギー型次世代水資源循環技術の開発（運営費交付金）

#### 概要

所用動力が少なく、汚泥発生も少ない嫌気性処理の利点と、良好な水質が得られる好気性処理の利点の双方の特長を生かし、かつ双方の欠点を克服した、省エネルギー性に優れた廃水処理技術を開発する。

#### 技術目標及び達成時期

2008年度までに、既存技術で廃水処理を行った際に発生する汚泥量の70%削減を実現し、廃水処理に要するエネルギーの70%削減を実現する廃水処理システムを開発する。

研究開発期間

2006年度～2008年度

### (13) 高効率ガスタービン実用化技術開発

概要

省エネルギー及びCO<sub>2</sub>削減の観点から電力産業用高効率ガスタービンの実用化を目指し、大容量機(25万kW程度(コンバインド出力40万kW))の高効率化(52%～56%)のために1700級ガスタービンの実用化に必要な先端要素技術を適用した各要素モジュールの検証等を実施する。また、小中容量機(10万kW程度)の高効率化(45%～51%)のために有望とされている高湿分空気利用ガスタービンの実用化に必要な多段軸流圧縮機、多缶燃焼器等の開発を行うとともにシステムの信頼性等の検証を行う。

技術的目標及び達成時期

1700級ガスタービン実用化技術開発：先端要素技術を活用した燃焼器、タービン、圧縮機等各モジュールの検証等を行い、送電端熱効率56%以上の達成が可能なことを確認する。

高湿分空気利用ガスタービン実用化技術開発：2011年までに軸流圧縮機の3.5%(空気重量比)吸気噴霧冷却技術、低NO<sub>x</sub>燃焼技術(運用負荷帯で10ppm以下)等を開発すると共に、実機に近い条件での要素機器の信頼性・耐久性を確認する。

研究開発期間

2008年度～2011年度

### (14) エネルギー使用合理化高効率パルプ工程技術開発(運営費交付金)

概要

紙パルプ産業では、環境に関する自主行動計画に基づき、2010年度までに製品当たり化石エネルギー原単位を1990年度比13%削減し、CO<sub>2</sub>排出原単位を10%削減することを目指し、紙パルプ工程における省エネルギー対策を着実に進めているものの、より一層の省エネルギー対策を進めるためには、技術開発によるブレークスルーが必要となっている。紙パルプ産業は、エネルギー多消費型産業のひとつであり、紙パルプ工程での省エネルギー対策は波及効果が大いことから、紙パルプ工程におけるエネルギー使用合理化に資する技術開発を提案公募により実施する。

技術的目標及び達成時期

京都議定書の第1約束期間中、又は、第2約束期間中を目途として実用化に至るような技術開発を行うことで、京都議定書の第1約束期間の目標を着実に達成するとともに、現在、検討が行われている第2約束期間に向けた省エネルギー対策の更なる深化を進めていく。

研究開発期間

2005年度～2010年度

- (15) 発電プラント用超高純度金属材料開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (16) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発(4 - - 参照)
- (17) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発(4 - - 参照)
- (18) 石油精製高度機能融合技術開発(4 - - 参照)

#### 4 - - . 時空を超えたエネルギー利用技術

- (1) カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト(運営費交付金)

##### 概要

従来の活性炭電極では不可能な高出力かつ高エネルギー密度の電気二重層キャパシタを実現するため、高度に配向した長尺の単層カーボンナノチューブの大量合成技術を開発するとともに、これを用いたキャパシタ電極の開発を行う。

##### 技術目標及び達成時期

2010年度までに、単層カーボンナノチューブの高度配向技術及び大量生産技術を確立するとともに、キャパシタ製造技術を確立することで、20Wh/Kgの高エネルギー密度と耐久性を有する電気二重層キャパシタを開発する。

##### 研究開発期間

2006年度～2010年度

- (2) イットリウム系超電導電力機器技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (3) 高温超電導電力ケーブル実証プロジェクト(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (4) 固体酸化物形燃料電池実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (5) 燃料電池先端科学研究(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (6) 新利用形態燃料電池技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (7) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (9) 水素貯蔵材料先端基礎研究事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (8) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (10) 固体酸化物形燃料電池実証研究(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (11) 風力発電電力系統安定化等技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (12) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (13) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)

#### 4 - - . 省エネ型情報生活空間創生技術

- (1) グリーンITプロジェクト(運営費交付金)

##### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展により、ネットワークを流れるデータ量が大幅に増加する中で、IT機器による消費電力量の大幅な増大に対応し、環境調和型IT社会の構築を図るため、個別のデバイスや機器に加え、ネットワーク全体での革新的な省エネルギー技術の開発を行う。

#### 技術的目標及び達成時期

2012年度までに、IT機器・システムのエネルギー消費効率を2倍に向上させる基盤技術を開発する。

#### 研究開発期間

2008年度～2012年度

### (2) 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発(運営費交付金)

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、ネットワークで伝送されるデータ量の爆発的増加に伴い、関連機器の消費エネルギーが増大している中で、ネットワーク全体の消費電力量を抑制することが喫緊の課題であり、消費エネルギーの低減に大きく貢献するルータ・スイッチの高速化のための研究開発を実施するとともに、機器そのものの消費エネルギーを低減するための研究開発を実施する。

#### 技術的目標及び達成時期

2011年度までに、1チャンネルあたり40Gbps超の通信速度に対応するトラフィック計測・分析・管理技術や40Gbpsのインターフェース、さらなる通信速度向上(100Gbps超)を実現するハードウェア技術、SFQ(単一磁束量子)スイッチに関する実現を可能とするための基盤技術を開発する。

#### 研究開発期間

2007年度～2011年度

### (3) 次世代大型低消費電力ディスプレイ基盤技術開発(運営費交付金)

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、次世代の大型液晶及び大型プラズマディスプレイに関する低消費電力ディスプレイを実現するための研究開発を行う。

#### 技術的目標及び達成時期

2011年度までに、液晶に関しては、高効率バックライト、革新的なTFTアレイプロセス技術・製造装置及び低消費電力型の画像処理エンジン等に係る技術を確立する。また、プラズマディスプレイに関しては、超低電圧駆動等に係る技術を確立する。

#### 研究開発期間

2007年度～2011年度

### (4) 有機発光機構を用いた高効率照明の開発(運営費交付金)

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、蛍光灯に代わる高効率照明として有機EL発光機構を用いるための技術開発課題(発光効率、演色性、面均一性、生産コスト)等を明らかにし、それをブレークスルーしうる技術シーズを抽出する。

#### 技術目標及び達成時期

2009年までに現在一般に普及している蛍光灯照明に代わる高効率照明としての必要スペックを達成するとともに、次世代照明として同じく期待されているLEDとの差別化要素を技術的に達成し、大面積/高スループット/低コストで量産するプロセス技術を開発する。また、現在蛍光灯の間接・拡散照明が用いられている照明機器を代替する有機EL照明を実用的なコストで製造できる技術を確立する。

研究開発期間

2007年度～2009年度

#### (5) マルチセラミックス膜新断熱材料の開発(運営費交付金)

概要

住宅やビルなどの冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を示す壁および窓材料を、セラミックスのナノ多孔体構造やナノ羽毛状構造およびセラミックス・ポリマー複合化構造などからなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、熱貫流率(熱の伝わりやすさ)が $0.3\text{ W/m}^2\text{K}$ 以下、壁厚さ10mm程度の超断熱壁材料および熱貫流率が $0.4\text{ W/m}^2\text{K}$ 以下、光(可視光)透過率が65%以上(Low-Eガラス使用)、ヘイズ率が1%以下の超断熱窓材料を実現する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

#### (6) 超フレキシブルディスプレイ部材技術開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から、製造工程等の省エネルギー化を実現するために行う。従来、表示デバイスの製造には、真空蒸着と高温下での焼成と、それに伴う排ガス排水処理が必須であった。これを、ロールtoロール方式に代替することで常圧、常温下での製造を実現し、フレキシブルな薄型ディスプレイを効率よく製造する。そのために、有機TFT材料およびコンタクトプリント技術等を開発する。

技術的目標及び達成時期

2009年度までに、実用化に向けた実証のための巻き取り方式ディスプレイのプロトタイプを試作する。またフレキシブルデバイス材料開発に貢献する部材ならびに薄膜複合化技術を開発し、これらをパネル化するための実用化技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2009年度

#### (7) 低損失オプティカル新機能部材技術開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、近接場光の原

理・効果を応用した低損失オプティカル新機能部材技術を開発し、実用化の目処を得ることを目的とする。動作原理に近接場光を用いるオプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、液晶プロジェクター・液晶ディスプレイなど情報家電の省エネルギー、高性能・高信頼化を図る上でのキーデバイスとなることが期待できる。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、共通基盤技術として、ナノ構造部材の設計・作製・評価技術を開発するとともに、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

#### (8) 高環境創造高効率住宅用VOCセンサ等技術開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、住宅における換気負荷を最小化することによって省エネルギーを達成するため、VOCセンサ及びモニタリング併用型換気システム等を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、VOCに対して高選択性・高感度性・即応性を有するVOCセンサ及びVOCセンサを用いたモニタリング併用型換気システム等を開発する。

研究開発期間

2005年度～2008年度

#### (9) 革新的構造材料を用いた新構造システム建築物研究開発

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、我が国鉄鋼業の約50%を占める建設市場において、建築物のメインフレームに高強度鋼を用いることで、鉄鋼部材の軽量化(リデュース)とそれに伴う輸送効率の向上、高強度化、非溶接化に伴う部材のリユース促進、製造・施工の省エネ・省力化等を図る。

同時に、柔剛混合構造(高強度鋼とダンパーの組み合わせ)技術の確立、関連法規への対応等により、震度7にも耐えうる新構造システム建築物の建設が可能となり、我が国で大きなリスクである大規模地震災害から国民を守り、安心安全社会の実現に寄与する。

技術目標及び達成時期

2013年度までに、最大規模の地震(震度7)に対しても倒壊・損壊しない建築物を高強度鋼(800N/mm<sup>2</sup>級鋼材)とダンパーの組み合わせによる柔剛混合構造により実現を図るものであり、国土交通省や民間企業と連携してこの建築物のメインフレームに必要な高強度鋼部材、接合法等の開発を行う。主な研究開発目標は以下の通りである。

・震度7弾性新構造システム開発

- ・高強度部材の製造技術開発
- ・超高強度接合部品開発
- ・高強度部材の接合技術開発

研究開発期間

2006年度～2008年度

(10) 次世代光波制御材料・素子化技術(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、ガラス材料に関する精密モールド技術を確立し、機能性の高い光波制御素子を低コストで生産できるプロセス技術を開発することで部材の小型化・高機能化を図りつつ、省エネを実現する。

技術目標及び達成時期

2010年度までにサブ波長レベルの微細構造をガラス表面にモールド成形する技術を実現し、実装可能な具体的なデバイスを作製する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

4 - - . 先進交通社会確立技術

(1) エネルギーITS(運営費交付金)

概要

平成19年5月の「次世代自動車・燃料イニシアティブ」に基づき、運輸部門のエネルギー消費効率改善のため、自動運転・隊列走行技術、高度交通流制御技術等の省エネルギーに資するITS技術の開発を行う。

技術的目標及び達成時期

2012年度までにプローブ情報を利用した信号制御機能の実用化を図るとともに、2020年代に実用化が見通せる運転制御、隊列走行の基盤技術の確立を目指す。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(2) 革新的次世代低公害車総合技術開発(運営費交付金)

概要

大気環境・地球温暖化・エネルギー問題の同時解決に向けて、次世代の低公害車の技術開発を実施する。

特に、都市間の輸送に用いられる「都市間トラック・バス」を中心とした分野における要素技術の開発を自動車技術・燃料技術の両面から実施していく。

技術目標及び達成時期

平成20年度において、都市間の輸送に用いられる「都市間バス・トラック」を中心とした分野における次世代低公害車の要素技術を確立する。具体的には、以下のとおり。

- ・燃費向上率

貨物車 現行基準値に対して10%

乗用車 2015年基準値に対して20%

・排出ガス

貨物車 NOx：ディーゼル重量車のポスト新長期（挑戦目標）規制値

PM：ディーゼル重量車のポスト新長期規制値

乗用車 NOx：ガソリン車のポスト新長期規制値

PM：ガソリン車のポスト新長期規制値

研究開発時期

2004年度～2008年度

(3) サステナブルハイパーコンポジット技術の開発（運営費交付金）

概要

炭素繊維複合材料は、軽量、高強度等の優れた特性を有している。従来の熱硬化性樹脂を用いた炭素繊維複合材料では成形性・加工性に乏しくリサイクルが困難であったため、熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維複合材料（CFRP）の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、炭素繊維と熱可塑性樹脂との中間基材を開発し、熱可塑性CFRP加工技術を開発する。

研究開発時期

2008年度～2012年度

(4) 次世代構造部材創製・加工技術開発（次世代航空機用）

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、航空機、高速車両等の輸送機器への先進材料の本格導入を加速させるため、先進複合材料及び先進金属材料について部材開発、設計試作及び評価を実施することで、軽量化によりエネルギー使用効率を大幅に向上させる革新的な構造部材の創製・加工技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、複合材の構造健全性診断技術、チタン合金の創製・加工技術を確立するとともに、航空機用エンジンへの適用を目指し、耐熱・耐衝撃性に優れた複合材料を開発する。

研究開発期間

2003年度～2012年度

(5) 環境適応型小型航空機用エンジン研究開発（運営費交付金）

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、エネルギー使用効率を大幅に向上し、環境対策にも優れた次世代の小型航空機用エンジンの開発にとって重要な要素技術の研究開発を行う。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、エネルギー使用効率を大幅に向上する構造設計技術、騒音、NOx等の環境負荷対応に優れた環境対策技術、インテグレーション技術、高バイパス比化等の高性能化技術といった要素技術の研究開発・実証を行う。

研究開発期間

2003年度～2010年度

#### (6) 省エネ用炭素繊維複合材技術開発

概要

航空機、自動車、鉄道、船舶等の輸送機械等における炭素繊維複合材の適用範囲を拡大し、省エネルギーの促進を図るため、先進的な炭素繊維複合材成形技術や、耐雷対策の低コスト化技術等の研究開発・実証を行う。

技術目標及び達成時期

2013年度までに、従来の方法に比べ低コストであり、曲率の大きな部位の成形も行うことができるVaRTM（バータム）法等の炭素繊維複合材成形技術や、炭素繊維複合材を用いた製品の耐雷性能を低コストで確保する技術の研究開発・実証を行う。

研究開発期間

2008年度～2013年度

#### (7) 燃料電池システム等実証研究（4 - - 参照）

### 4 - - . 次世代省エネデバイス技術

#### (1) パワーエレクトロニクスインバータ基盤技術開発（運営費交付金）

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、省エネルギーを進めるために、シリコンよりも材料特性に優れたワイドギャップ半導体デバイスを用いた高効率インバータ等の実用パワーエレクトロニクス機器システムの基盤技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、ワイドギャップ半導体デバイスを用いた高効率インバータ等の実用パワーエレクトロニクス技術を開発する。

研究開発期間

2006年度～2008年度

#### (2) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発（運営費交付金）

概要

窒化物系化合物半導体は日本が強みを有し、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、今後のIT社会を支えとなることを期待されている分野である。しかし、既存のバルク単結晶基板成長技術やエピタキシャル成長技術では、従来の半導体では実現できない領域で動作可能なハイパワー、超高効率デバイス性能を十分に引き出すには至っていない。

これを突破するため、大学あるいは研究所を拠点に材料メーカー、デバイスメーカー、装置メーカー等が相互連携して、窒化物半導体の結晶欠陥低減技術やナノ構造作製技術等の革新を図り、これらデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減の実現を図る。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代窒化物系半導体デバイスを実現する以下結晶作製技術を開発する。

- ・ 基板技術（GaN、AlNバルク結晶作製技術）
  - 口径2～4インチで高品質エピ成膜を可能とする低コストの単結晶基板作製技術の確立。
- ・ エピ技術（エピタキシャル成膜及び計測評価技術）
  - 低欠陥高品質エピ層を実現する成膜技術及び膜成長過程を計測評価する技術の確立。
  - 高出力かつ高安定動作可能なエピ層の実現
  - 高耐圧超高速な新しいデバイス構造の開発

研究開発期間

2007年度～2011年度

### (3) 次世代低消費電力半導体基盤技術開発（MIRAI）(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展、IT利活用の高度化を支え、あらゆる機器に組み込まれている半導体の低消費電力化を図るため、テクノロジーノード（微細化レベル）45nm以細の次世代低消費電力半導体を実現するため、微細加工の基盤技術やマスク（半導体素子製造過程で用いる原板）の低コスト化・製造時間短縮に必要な基盤技術の開発等を行う。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、マスク設計・描画・検査の各工程に共通的なマスクデータ処理技術、繰り返しパターンやパターン重要度を利用した描画・検査高速化技術等の基本的な開発及びEUVLマスク基盤技術として、許容欠陥の指標明確化、ブランクスの位相欠陥検査技術の確立等を完了する。

研究開発期間

2001年度～2010年度

### (4) 半導体アプリケーションチッププロジェクト（運営費交付金）

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展、IT利活用の高度化を支え、あらゆる機器に組み込まれている半導体の低消費電力化を図るため、情報通信機器、特に、情報家電の低消費電力化を実現できる半導体アプリケーションチップ技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、情報家電の低消費電力化を実現できるアプリケーション

チップ技術を開発する。

研究開発期間

2003年度～2009年度

(5) 次世代高度部材開発評価基盤の開発 (CASMAT2) (運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。半導体産業分野で、集積回路の消費電力低減に必要な配線形成用各種材料等の開発のネックとなっているナノレベルでの材料間の相互影響を評価可能な統合部材開発支援ツールを開発する。これにより、集積回路の種類やデザインルールに応じて、配線形成用各種材料とプロセスの最適な組み合わせの提案技術(統合的材料ソリューション提案技術)を確立する。

技術的目標及び達成時期

2008年度までに、半導体材料開発に貢献する材料評価基盤を構築するとともに、上記の統合的材料ソリューション提案技術を確立する。また、本プロジェクトを通して得られた基礎データ等については、プロジェクト実施期間中にデータを体系的に整理し、幅広く社会に提供を図る。

研究開発期間

2006年度～2008年度

(6) 次世代プロセスフレンドリー設計技術開発 (運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展、IT利活用の高度化を支え、あらゆる機器に組み込まれている半導体の低消費電力化を図るため、テクノロジーノード45nm以降の半導体に対応するSoC(System on Chip)設計技術を開発する。具体的には、テクノロジーノード45nm以細の半導体の共通設計基盤技術開発として、DFM(Design For Manufacturing)基盤技術の中核とした設計及び製造の全体最適を確保する全く新しいSoC製造フローを開発する。

技術目標及び達成時期

テクノロジーノード45nm以細のSoC開発において製造性を考慮した共通設計基盤技術を確立し、システムLSIデバイスの省エネルギーを実現するとともに、設計生産性を従来予想に比べ2倍にすることを目標とする。

研究開発期間

2006年度～2010年度

4 - - . その他

(1) 希少金属等高効率回収システム開発

概要

小型電子・電気機器にはベースメタルや、金、銀等の貴金属の他、インジウム、ニッケル等の希少金属等を含有している。現状では、これらの機器が廃棄された後は、非常に高温で処理する乾式製錬技術を用いてリサイクル・処理されている

ため、多大なエネルギーを消費するばかりか、回収可能な金属が銅、金、銀等に限定されており、その他の希少金属等は回収できずに廃棄処分されている。このため、湿式製錬技術を活用した高効率な最適技術の開発等を通じて、回収工程の省エネルギー及び希少金属等の回収率向上を図る。

技術目標及び達成時期

- ・ 従来方法（乾式製錬）で処理する場合に比べて、大幅な省エネルギーの実現（省エネルギー効果：原油換算で約78万kl/年削減）
- ・ 廃小型電子・電気機器、廃超硬工具等中に含まれる希少金属等の回収率の向上（インジウム0%→90%、ニッケル50%→95%、コバルト0%→95%、タンタル0%→80%、タングステン90%→95%、レアアース0%→80%）

研究開発期間

2007年度～2010年度

## （2）次世代構造部材創製・加工技術開発（次世代衛星基盤）

概要

国際商業市場における我が国衛星メーカーの競争力を強化するべく、次世代の衛星技術として期待されている、準天頂衛星システム（移動中の利用者等に対し、米国が運用するGPSとの補完による高精度な位置情報等の提供を可能にする新システム）の構築に不可欠な基盤技術（産業競争力強化にも直結する衛星の軽量化、長寿命化に関する技術等）の開発を行う。本プロジェクトの一部については、他部門と比較して需要増加の割合が高い運輸部門のエネルギー消費を抑制すべく、航空機、自動車、高速車両等の輸送機器の軽量化・効率化にも資する複合材料製造設計のための基盤技術を確立するためのものであり、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

静止軌道と一定の角度をなす傾斜軌道に複数の衛星を配置し、見かけ上、常に天頂付近に最低1つの衛星を位置させるシステム。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、準天頂衛星システムの構築に不可欠な基盤技術（産業競争力強化にも直結する衛星の軽量化、長寿命化に関する技術等）の開発を行う。

研究開発期間

2003年度～2010年度

## （3）高効率重金属処理剤研究開発

概要

重金属等によって汚染された土壌、飛灰、ばいじん、排水・廃液等を安全かつ経済的に処理する技術開発として、少量の使用で重金属等を安定的かつ効率的に捕捉できる複合金属汚染土壌のオンサイト処理に適した高性能の無機系重金属等処理剤及び自然環境への負荷が少ない新規有機系処理剤を開発する。

技術的目標及び達成時期

2008年度までに、飛灰における金属選択性が高く安価な重金属等処理・回収剤及び排水中における亜鉛や6価セレンなどを処理できる重金属等処理剤を開発する。

研究開発期間  
2003年度～2008年度

4 - . 運輸部門の燃料多様化

4 - - . 共通

- (1) イノベーション実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (2) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

4 - - . バイオマス由来燃料

- (1) 新エネルギー技術研究開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (2) E3地域流通スタンダードモデル(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (3) バイオマス等未活用エネルギー実証事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (4) バイオマスエネルギー地域システム化実験事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

4 - - . G T L等の合成液体燃料

- (1) 革新的次世代低公害車総合技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (2) 天然ガス未普及地域供給基盤確立実証試験(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (3) 天然ガスの液体燃料化(G T L)技術実証研究(運営費交付金)(4 - - 参照)

4 - - . 燃料電池自動車および水素関連技術

- (1) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (2) 燃料電池先端科学研究(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (3) 新利用形態燃料電池技術開発(運営費交付金)(4 - 参照)
- (4) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (5) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (6) 水素社会構築共通基盤整備事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (7) 燃料電池システム等実証研究(4 - - 参照)

4 - - . 電気自動車

- (1) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)

4 - . 新エネルギー等の開発・導入促進

4 - - . 共通

- (1) 新エネルギー技術研究開発(運営費交付金)

概要

新エネルギーの自立的普及に向けて、太陽光、風力、バイオマスなど新エネルギー分野でのイノベーションを促進すべく、高効率かつ低コストを目指した先進的技術開発を実施する。具体的には以下の研究開発を実施する。

- A. 革新的な太陽電池の開発を実施する研究拠点を形成し、海外との研究協力等を行いながら、超長期の視野に立って、飛躍的な性能向上を目指した太陽光発電技術の開発を推進する。(革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)
- B. 中長期的に、より一層の高効率化と低コスト化を目指して、革新的な材料、構造等を採用した太陽光発電技術の開発を推進する。(太陽光発電システム未来技術研究開発)

- C．2020年の目標発電コスト14円/kWhおよび太陽光発電システムの大幅な効率向上を実現すべく、未来技術研究開発などで得られた要素技術開発の成果の内、実用化が期待できる太陽電池作製に係る技術について課題を設定し早期実用化を助成する。(太陽光発電システム実用化促進技術開発)
- D．電力供給源としての太陽光発電の信頼性を確立し、今後の太陽光発電システムの円滑な普及促進を図るため、太陽光発電システムの大量普及時に不可欠な性能評価技術やリサイクル・リユース技術等システムの共通基盤技術に係る研究等を実施する。(太陽光発電システム共通基盤技術研究開発)
- E．PVシステムの普及拡大のため、「集中連系型太陽光発電システム実証研究」の設備を有効利用しながら、認証制度にも資する複数台連系に係わる試験方法を確立する。(単独運転検出装置の複数台連系試験技術開発研究)
- F．風力発電技術の国際的な動向を把握しつつ、我が国の複雑地形における風力発電利用上の各種課題を克服するための基礎から応用までの技術について研究開発を行う。具体的には我が国の厳しい風特性を反映した風特性モデルの確立及び高々度風況観測を簡便に行うためのリモートセンシング技術の精度検証・評価を行う。
- また、全国規模での落雷電流計測、落雷様相観測による雷特性の把握、落雷特性・落雷保護対策と被害実態との相関把握、上記を踏まえた効果的な落雷保護対策の検討及び実機規模での実雷による保護対策検証等を実施し、高精度落雷リスクマップを作成するとともに、風力発電設備へのより効果的な落雷等に対する対策を策定する。(次世代風力発電技術研究開発事業)
- G．我が国特有の海上特性や気象・海象条件を把握し、これらの自然条件に適した洋上風況観測法や風力発電システムに関する技術開発とその実証を行なうと共に、環境影響評価システム手法を確立する。(洋上風力発電技術研究開発)
- H．バイオマスのエネルギー利用の促進を図るためには、発生地域が分散し、形状・性状が多種多様にわたるバイオマス資源を利用しやすい形態の有用エネルギーへ効率的に転換できる技術を開発する。(バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発)
- I．世界的にもベンチャー企業による太陽光発電、新型風力発電、燃料電池、バイオ燃料分野におけるイノベーション活動が活発化していることを踏まえ、詳細目標設定・多段階選抜形の米国SBI R制度を参考に特定のキーテクノロジーに対するベンチャーのチャレンジを強力に支援する。(新エネルギーベンチャー技術革新事業)

#### 技術目標及び達成時期

- A．2050年までに「変換効率が40%超」かつ「発電コストが汎用電力料金並み(7円/kWh)」の太陽電池を実用化することを目指した研究開発の中で、変換効率40%超の実現に向けた技術の基礎・探索研究段階と位置づけて研究開発を実施する。
- B．2020年頃に業務用電力料金並の発電コスト(14円/kWh、モジュール製造原価として75円/W程度)、2030年頃に火力発電の発電コスト(7円/kWh、モジュール製造原価として50円/W程度)の実現に向けた中・長期的な技術開発を行う。

- C．2015年に向けて市場競争力を備えた本格生産・商用化を目指す。
- D．2020年度の技術開発目標である発電コスト14円/kWhを目指し、中期的な視点での太陽光発電の普及拡大に資する。
- E．2009年度末までに、電力系統側が受け入れ可能な、導入台数の制限のない能動型単独運転検出装置の試験方法を確立する。
- F．2012年度までに、風力発電の基礎から応用までの技術について、国際的な動向を把握しつつ、我が国特有の気象・地形に起因する各種問題(風車耐久性等)を克服するための研究開発を行って、我が国の風車産業の振興に資するとともに、IEA RD&D WINDなどの最先端の国際的風力発電共同研究に研究成果を反映させる。  
また、2012年度までに、高精度落雷リスクマップを作成するとともに、風力発電設備へのより効果的な落雷等に対する対策を策定する。
- G．2013年度までに、我が国の海象・気象条件に適した、洋上風況観測システム、洋上風力発電システム及び環境影響評価の手法等の技術を確立する。
- H．2004年度より、バイオマスエネルギー転換プロセスにおける各工程のボトルネックを抽出し、2008年度までに開発が完了するよう、それぞれのボトルネックをブレイクスルーする要素技術開発を提案公募方式により実施する。更に、2005年度より2009年度まで、バイオマスのエネルギー転換・利用技術等の分野において2030年の普及を目指した新規な革新的技術を開発するための先導技術研究開発を提案公募方式により実施する。
- I．潜在的なオプションの顕在化や関連産業分野の技術開発による技術革新により、新エネルギー導入促進技術オプションの多様化と経済性の向上に寄与する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

## (2) 新エネルギー技術フィールドテスト事業(運営費交付金)

### 概要

2010年度の新エネルギー導入目標達成に向け、新技術を活用した太陽光発電及び太陽熱利用システムの有効性の検証、バイオマス熱利用システムの性能・経済性等の検証、風車立地に必要な高所の風況データの収集・解析など総合的な新エネルギーフィールドテストを実施する。具体的には以下のフィールドテストを実施する。

- A．新技術を活用した太陽光発電システム等を設置し、出力特性等の情報収集及び分析を行うことで、その有効性を確認するとともに、ガイドラインの策定等により広く情報発信を行う。(太陽光発電新技術等フィールドテスト事業)
- B．新利用形態の太陽熱利用システムや未利用分野においてシステムを設置し、出力特性等の情報収集及び分析を行うことで、その有効性を確認するとともに、ガイドラインの策定等により広く情報発信を行う。(太陽熱高度利用システムフィールドテスト事業)
- C．広く薄く賦存するバイオマスを、民間企業や研究機関等において研究開発が終了段階をむかえた高効率に熱利用できるシステムを設置し、設置場所の熱需要に合わせたフィールドテストを実施することにより、実運転におけるバイオマス熱

利用転換システムとしての課題抽出、解決を行い、早期実用化を図り、バイオマスエネルギーの導入促進を行う。(地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業)

- D. 風力発電の導入目標(2010年度300万kW)を達成するため、共同研究事業者と大型風車の導入普及に必要な高所の風況データの収集・解析・評価を行い、公開する。(風力発電フィールドテスト事業)

技術目標及び達成時期

- A. 設置システムについて、2007年度に策定したガイドラインを2009年度、2012年度及び2015年度に見直し改訂する。
- B. 設置システムについて、2007年度に策定したガイドラインを2009年度に改訂する。また、2012年度及び2015年度に見直し改訂する。
- C. 一定レベルまで確立されたバイオマス熱利用技術について、性能や経済性等の状況・データを収集・分析し、熱利用システムの有効性を実証するとともに、これらの結果を公表することで汎用性の高い熱利用システムの確立し、2010年度のバイオマス熱利用の導入目標(308万KL)達成を目指す
- D. 2010年度までに、高所の風況データの解析・評価を行い、導入普及に有用な資料の取りまとめを行い、これらの結果を風力発電事業者、研究機関や風力発電事業を計画している各種団体等に公開することにより、風力発電導入の素地を形成し、風力発電の導入を拡大する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

### (3) イノベーション実用化補助金(運営費交付金)

概要

科学技術基本計画における戦略的技術領域・課題にかかる技術課題等で石油代替エネルギーの製造・生成・利用に資する実用化開発を行う民間企業に対し助成支援する。

技術目標及び達成時期

助成事業終了後3年以上を経過した時点で25%の実用化達成率。加えて、知的資産経営の方針に対する審査時の評価を通じて、「技術等の知的資産を活かす経営の下で収益拡大を図る(技術を経営、収益につなげる)」意識を普及させる。

研究開発期間

2000年度～

### (4) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業(運営費交付金)

概要

産業界や社会のニーズに応える石油代替技術のシーズの発掘とその育成、並びに、石油代替技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。この目的のため、産業界からの期待が高い技術領域・課題を提示した上で、大学や独立行政法人の若手研究者等から研究開発テーマを募集する。厳正な外部評価によって石油代替効果があり且つ独創的・革新的なテーマを選定し、研究者代表者個人を特定して助成金を交付する。

#### 技術目標及び達成時期

独創性のある若手研究者等を助成すると共に、中間評価ゲート方式が醸成する競争的環境の下で企業との連携を強化させることにより、10～15年後の実用化が有望な革新的石油代替技術の研究開発を促進する。本事業では革新的石油代替技術の実用化への第1歩となる特許について、助成期間終了後の出願比率を100%とすることを目標とするとともに、石油代替技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。

#### 研究開発期間

2000年度～

### 4 - - . 太陽・風力

#### (1) 太陽光発電無線送受電技術の研究開発

##### 概要

新たな電力供給方式として地上において様々な用途への応用が見込まれ、また、長期的には将来の新エネルギーシステムとして期待される宇宙太陽光発電システムの中核的技術として応用可能な太陽光発電無線送受電技術を確立するため、安全性等を確保しつつ、太陽エネルギーを効率良く伝送するための要素技術等について研究開発を行う。

#### 技術目標及び達成時期

2010年度までに高効率半導体増幅回路の開発、複数フェーズドアレイパネルの統合による精密ビーム制御技術の開発、高効率受電整流回路の開発を目指すことにより、無線送受電技術の高効率化を図る。

#### 研究開発期間

2008年度～2010年度

### 4 - - . 電力系統制御・電力貯蔵

- (1) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (2) 風力発電電力系統安定化等技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (3) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

### 4 - - . バイオマス・廃棄物・地熱等

#### (1) E3地域流通スタンダードモデル創成事業(運営費交付金)

##### 概要

離島(全域)におけるエタノール3%混合ガソリン(E3)の製造から給油までの大規模なフィールドテストを通じ、E3利用に関する社会システムモデルの構築と一般社会へ適用する際の技術課題の抽出を行う。

#### 技術目標及び達成時期

2010年の「京都議定書目標達成計画」の導入目標(50万kl)に資するため、2009年度にE3利用の社会モデルを構築し、2011年度までにその検証を行う。

#### 研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) バイオマス等未活用エネルギー実証事業(運営費交付金)

概要

地域に賦存する未活用の資源であるバイオマスをエネルギーとして有効活用するため、溶融ガス化等熱化学的変換技術による燃料化システムやメタンガス等生物化学的変換技術による燃料化システム等の実証試験事業、事業可能性調査等を実施し、利用ノウハウ等を蓄積、本格的なバイオマス等エネルギーの導入を推進する。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、バイオマス等の種別やエネルギー変換手法、更には地域特性を加味した一連のエネルギー転換システム毎のフィージビリティスタディや試験設備の設置により、バイオマス等の運搬・収集、エネルギー転換及びエネルギー利用に係るデータの収集、分析、評価を実施し、その結果をフィードバックすることによって本格的なバイオマス等エネルギーの導入を目指す。

研究開発期間

2001年度～2009年度

(3) バイオマスエネルギー地域システム化実験事業(運営費交付金)

概要

バイオマスエネルギーの資源収集・運搬、転換、残渣処理、利用までの一連の利活用システムについての、各要素の連携の最適化を図るための実証を実施することによって、地域特性に適合した地域主導によるバイオマスの地産地消・地域循環型の先導的モデルシステムを構築することによりバイオマスエネルギーの導入を促進する。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、国内バイオマス資源の安定的かつ経済的な供給システム、最適なエネルギー転換技術、エネルギー転換後に発生する残渣の処理等の一連の地産地消型エネルギー転換システムについて、ノウハウ蓄積、課題抽出及びその対策方法の策定、技術確立を行う。また、ここで確立されたバイオマスエネルギーシステムは他地域への波及を先導する事例となることを目標とする。

研究開発期間

2005年度～2009年度

4 - - . 燃料電池

(1) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発(運営費交付金)

概要

自動車用、家庭・業務用等に利用される固体高分子形燃料電池(PEFC)の実用化・普及に向け、要素技術、システム化技術及び次世代技術等の開発を行うとともに、共通的な課題解決に向けた研究開発の体制の構築を図る。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、固体高分子形燃料電池の経済性・耐久性の向上や高性能

化のための技術開発を行い、燃料電池の普及段階へ向けて必要な基本的技術を確立する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(2) 燃料電池先端科学研究(運営費交付金)

概要

燃料電池の基本的反応メカニズムについての根本的な理解を深めるために、高度な科学的知見を要する現象解析及びそのための研究体制の整備を行い、現状の技術開発における壁を打破するための知見を蓄積する。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、燃料電池内における反応機構を電気化学(電極触媒反応、イオン移動、分子移動等)及び材料化学(溶解・腐食反応、錯形成反応、ラジカル反応、固相内拡散等)の観点から解明する。また、燃料電池新技術の性能を適切に評価・実証するための基本システムを構築する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(3) 新利用形態燃料電池技術開発(運営費交付金)

概要

ユビキタス社会に対応する燃料電池の実用化・普及拡大を図るため、小型可搬電源となり得る小出力燃料電池等の安全性確保等を目的とする基準・標準化研究開発及び燃料電池の用途開拓のための技術開発を行う。

技術目標及び達成時期

2010年までに、燃料電池の新利用形態、使用環境の拡がり等を考慮した高出力特性等の性能特性向上によって必要となる燃料容器等の周辺機器を含めたシステムの安全・環境基準の設定・標準化、規制緩和に資する試験データの取得、試験方法の開発及びこれらの規格・標準化に準じた新利用携帯用燃料電池技術を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 高耐久性メンブレン型LPガス改質装置の開発(運営費交付金)

概要

高耐久性の水素透過型メンブレン(膜)を開発し、家庭用LPガス供給システムから高純度の水素を供給可能な高効率LPガス改質装置を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、家庭用LPガス供給システムから燃料電池へ高純度の水素を供給する高効率かつ低コストでコンパクトなメンブレン型LPガス改質装置を開発する。

研究開発期間

2006年度～2008年度

(5) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発(運営費交付金)

概要

固体酸化物形燃料電池(SOFC)は発電効率が高く、分散型電源として期待されるが、実用化・普及のためには耐久性・信頼性向上、低コスト化等の課題を解決することが必要であり、材料開発や劣化要因解明など基盤的な要素技術の研究を行う。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、耐久性・信頼性の向上のための劣化要因解明等の基礎研究、低コスト化のための材料等や高出力セルスタックの開発、起動停止対応等の実用性向上のための技術開発を実施する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(6) セラミックリアクター開発(運営費交付金)

概要

電気化学的に物質やエネルギーを高効率で変換する次世代型セラミックリアクターの実現のため、低温作動と急速作動停止を可能とする材料の開発とマイクロセルの集積構造化技術等の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、新電解質材料の適用や電極反応の高効率化等による、低温作動時(650以下)での出力性能を向上させる材料技術と共に、マイクロセルの集積構造化や精緻なインターフェース構築のための製造プロセス技術を開発。そして、これらの技術を統合することにより、次世代型セラミックリアクターとしてのプロトタイプモジュール実証(出力性能2kW/部等)を行う。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(7) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(運営費交付金)

概要

水素の製造・輸送・貯蔵等に係る機器やシステムについて、性能・信頼性・耐久性の向上や低コスト化を目指す水素利用技術の研究開発を行い、水素社会の実現に必要な基盤技術の確立を図る。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、水素製造・貯蔵・輸送・充填に関する機器やシステムの信頼性・耐久性向上、低コスト化、性能向上等実用化検証や要素技術開発、及び当該技術を飛躍的に進展させることができる革新的技術開発や調査研究などを行い、その成果を産業界に提供することにより、水素エネルギー初期導入間近の関連機器製造・普及技術として完成させ、水素社会の真の実現に必要な基盤技術の確立を図る。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(8) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業(運営費交付金)

概要

世界トップ水準の優れた研究者を中核に、国内外の研究機関・企業のバーチャルな連携の下、高圧水素貯蔵に比べよりコンパクトかつ効率的な水素貯蔵を可能とする水素貯蔵材料の性能向上に必要な条件等を明らかにすることにより、燃料電池自動車の航続距離の飛躍的向上を図る。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、水素貯蔵材料の基本原則、さらには水素貯蔵能力の革新的向上に必要な条件を明らかにすることにより、水素をより安全・簡便・効率的かつ低コストに輸送・貯蔵するための技術基盤を確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(9) 水素先端科学基礎研究事業(運営費交付金)

概要

水素の輸送や貯蔵に必須な材料に関し、水素脆化等の基本原則の解明及び対策の検討を中心とした高度な科学的知見を要する先端的研究を、国内外の研究者を結集し行うことにより、水素をより安全・簡便に利用するための技術基盤を確立する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、水素脆化、水素トライボロジーの基本原則の解明及び対策の検討等を行い、水素をより安全・簡便に利用するための技術指針を産業界に提供する。

研究開発期間

2006年度～2012年度

(10) 水素社会構築共通基盤整備事業(運営費交付金)

概要

燃料電池の導入・普及に資する基盤整備のため、製品性能の試験・評価手法及び国内外の基準・標準の確立を図る。

技術目標及び達成時期

2009年度を目途に、安全性等に係るデータを取得し、そのデータを基に試験・評価手法の確立、国際標準の確立、規制の再点検を三位一体で進める。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(11) 固体酸化物形燃料電池実証研究(運営費交付金)

概要

発電効率が高く、分散型電源として期待される固体酸化物形燃料電池(SOFC)の研究開発・実用化の促進のため、耐久性を始めとしたデータの取得・課題

抽出等のための実証を実施する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、SOFCシステムの実証試験を数十～数百台規模で実施し、蓄積が不足している耐久性を始めとした実証データの取得・課題抽出等を行い、SOFC技術開発等へのフィードバックを行う。

研究開発期間

2007年度～2010年度

#### (12) 定置用燃料電池大規模実証事業(運営費交付金)

概要

定置用燃料電池コージェネレーションシステムの実用化開発を支援するため、量産技術の確立と実用段階に必要なデータ収集を行う大規模実証を実施する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、定置用燃料電池を大規模かつ広域的に設置し、実使用条件下における耐久性等の運転データを取得・分析、コストダウンに向けた課題抽出を行い、製品改良へのフィードバックを行う。

研究開発期間

2005年度～2008年度

#### (13) 燃料電池システム等実証研究

概要

実条件に近い中での燃料電池自動車等の実証走行や、高圧水素貯蔵システム、多角的な燃料供給システムの検証を進め、水素エネルギー社会における水素利用の課題等を抽出するとともに、燃料電池・水素に対する国民的理解の醸成を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、実使用条件下における技術的課題を抽出するとともに、環境特性、エネルギー総合効率、安全性、耐久性等に関する基準・標準に資するデータを取得し、燃料電池自動車、水素ステーションの研究開発等へのフィードバックを行う。

研究開発期間

2006年度～2010年度

### 4 - . 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

#### 4 - - . 軽水炉・軽水炉核燃料サイクル

< 新型軽水炉 >

##### (1) 次世代軽水炉等技術開発

概要

2030年前後に見込まれる大規模な代替炉建設需要に対応するため、安全性・経済性、信頼性等に優れ、世界標準を獲得し得る次世代軽水炉の技術開発を行う

技術目標及び達成時期

2010年度までに、次世代軽水炉の実現に必要な要素技術開発等及びプ

ラント概念の成立性について見通しを得るための概念設計検討を行う。

研究開発期間

2008年度～2010年度（見直し）

< プルサーマルの推進 >

(2) 全炉心混合酸化物燃料原子炉施設技術開発

概要

プルサーマルが当面のプルトニウム利用策として期待されていることを踏まえ、既存の軽水炉に比べ約3倍のプルトニウムを装荷することができる全炉心混合酸化物燃料原子炉に必要な技術開発を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、原子炉の開発に必要な設計、解析、試験等を行い、全炉心混合酸化物燃料原子炉技術を確立する。

研究開発期間

1996年度～2011年度

< 軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの円滑な移行のための技術開発 >

(3) 高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発

概要

FBR実証炉及び関連サイクル施設の早期実現を図るため、文部科学省と連携し、「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」を推進する。そのなかで、次世代再処理工場から発生する高線量回収ウラン等を既存軽水炉燃料製造施設で取扱可能とする、次世代再処理工場と調和可能な回収ウラン等の除染技術について、調査・基礎試験等を行い、商業的に利用可能な除染技術候補の検討等を実施する。選定された技術については、プロセス試験等を実施する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、回収ウラン等の除染プロセスの候補技術の洗い出し及び候補プロセス技術の基礎試験を終了し、次世代再処理技術との適合性の検証を行い、プロセス試験を実施すべき除染プロセス技術を選定する。

また、2015年までに、選定した除染プロセス技術について工学化規模でのプロセス試験を行い、商業的に利用可能な転換前高除染技術としての実効性を検証する。

研究開発期間

2007年度～2015年度

< ウラン濃縮技術の高度化 >

(4) 遠心法ウラン濃縮技術開発

概要

我が国におけるウラン濃縮技術や生産能力の維持・向上のため、世界最高水準の性能を有するなど国際的に比肩し得る経済性と性能を有する新型遠心分離機を開発する。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、国際役務価格\$100/kgSWU相当を目指して、現在実用化している金属胴遠心分離機の約5倍という高い分離性能や同遠心分離器を上回る寿命など国際的に比肩し得る技術レベルを有する新型遠心分離機の開発を目指すとともに、最終仕様の新型遠心分離機を多数台用いたカスケード試験の実施により商用プラントとしての信頼性を確立し、運転要領の策定を行う。

研究開発期間

2002年度～2009年度

#### < 回収ウラン >

##### (5) 回収ウラン利用技術開発

概要

六ヶ所再処理工場で回収される回収ウランを再濃縮し、再び軽水炉で利用するため、濃縮施設等既存施設への影響等を把握し、転換プロセスを中心とした回収ウラン利用技術を開発する。併せて劣化ウラン酸化固形化についても検討を行う。

技術目標及び達成時期

2012年頃までに、劣化ウランの取扱・管理の容易さや貯蔵効率を向上させるための劣化ウラン酸化固形化（再転換を含む）技術の研究開発を行い、同技術に係る基礎プロセスを確立する。2015年度頃までに、再処理により回収される回収ウランの濃縮が可能な商用遠心分離機の設計を確定する。

研究開発期間

2008年度～2015年度

#### < 共通基盤技術開発 >

##### (6) 革新的実用原子力技術開発費

概要

原子力発電及び核燃料サイクルに関する革新的かつ基盤的技術であって実用化につながる研究開発テーマを競争的環境の下で広く提案公募方式により募集し、将来の原子力技術の発展及び技術の多様化につながる研究開発を行う。

なお、実施に当たっては、研究開発の特性に応じて既存技術分野、基盤技術分野、国際協力技術分野の3分野を設け事業を実施する。

技術目標及び達成時期

2012年まで、既存技術分野、基盤技術分野、国際協力技術分野において個別テーマ毎に研究開発を実施する。

なお、既存技術分野は2008年度で終了となる。

研究開発期間

2000年～2010年（見直し）

#### 4 - - . 高速増殖炉（FBR）サイクル

##### (1) 発電用新型炉等技術開発

概要

FBR実証炉及び関連サイクル施設の早期実現を図るため、文部科学省と連携し、「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」を推進する。具体的には、実証炉に必

要な要素技術のうち、設計・建設段階において必要となる実プラント技術として、格納容器設計技術、耐震性評価技術、高温材料設計技術、保守技術の試験等を実施する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、実証炉の概念設計へ反映しうる設計基準データ等の技術的根拠を得る。

研究開発期間

2007年度～2010年度

(2) 高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発(4 - - 参照)

#### 4 - - . 放射性廃棄物処理処分

(1) 地層処分技術開発

概要

) 地層処分共通技術開発

高レベル放射性廃棄物等の地層処分における共通的技术として、今後段階的に進められる処分地選定の際に重要となる地質等調査技術の高度化開発を行う。

) 高レベル放射性廃棄物関連処分技術開発

高レベル放射性廃棄物処分に係る基盤技術として、人工バリア等の長期性能評価技術、処分場操業の際のオーバーパック溶接や搬送・定置等の遠隔操作技術の開発を行う。

) TRU廃棄物処分関連技術開発

TRU廃棄物の地層処分に係る基盤技術として、高レベル放射性廃棄物との併置処分の可能性も念頭に、TRU廃棄物に固有に含まれる核種の閉じ込め技術や人工バリア等の長期性能評価技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

) 地層処分共通技術開発

2011年度までに、処分地選定の初期段階で必要となる地上からの調査技術のうち、特に沿岸域の環境や高精度での地下水評価等に係る調査評価技術の高度化・確証を行う。

) 高レベル放射性廃棄物関連処分技術開発

2011年度までに、人工バリア等の長期性能評価技術や遠隔操作等の工学技術について高度化を図り、幅広い地質環境に対応可能な技術選択肢と成立性を提示する。

) TRU廃棄物処分関連技術開発

2011年度までに、TRU廃棄物に固有に含まれるヨウ素129や炭素14の閉じ込め、高アルカリ環境下での人工バリアの性能評価等に関し、幅広い地質環境に対応可能なデータ・モデルの整備と技術選択肢の提示を行う。

研究開発期間

1998年度～2011年度

(2) 管理型処分技術開発

）地下空洞型処分施設性能確認試験

概要

T R U廃棄物や発電所廃棄物等の余裕深度処分において検討されている「地下空洞型処分施設」の成立性確認のため、実規模大の空洞を利用した総合的な確認試験を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、実規模大の空洞内にコンクリートピット等からなる地下空洞型処分施設を構築し、施工性や初期性能の総合的な確認を行う。

研究開発期間

2006年度～2011年

(3) 放射性廃棄物共通技術開発

概要

）放射性廃棄物重要基礎技術研究調査

放射性廃棄物処分に係る国内外の最新知見の収集・分析、重要かつ基礎的な課題の抽出並びに研究を実施し、長期に及ぶ処分事業等を支える技術基盤の拡充を図る。

）放射性核種生物圏移行評価高度化調査

放射性廃棄物処分の安全評価に共通的な基盤情報として、生物圏における核種移行プロセスを評価するため、日本の風土を反映した核種移行パラメータ・モデルを整備する。

技術目標及び達成時期

）放射性廃棄物重要基礎技術研究調査

2011年度までに、放射性廃棄物処分に共通的な重要基礎技術として、地質環境の長期安定性評価、人工バリアや岩盤の長期挙動評価等に係る知見を整備する。

）放射性核種生物圏移行評価高度化調査

2011年度までに、沿岸域の環境も含めたわが国表層環境への適用とT R U廃棄物に固有の核種等を考慮した、生物圏核種移行のモデルとデータベースを構築する。

研究開発期間

2001年度～2011年度

4 - - . 原子力利用推進に資する電力系統技術

(1) イットリウム系超電導電力機器技術開発(運営費交付金)

概要

世界的にも我が国が最先端の技術力を有する次世代高温超電導線材を活用し、経済社会の基盤となる電力の安定的かつ効率的な供給システムを実現するため、系統を適正に制御し、電力供給を安定化させるための技術及び発電電力を無駄なく輸送するための高効率な送電技術の確立を目指す。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、イットリウム系超電導線材を用いたS M E S、電力ケー

ブル、変圧器実現のための重要な技術開発を行い、各機器の成立性を実証する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(2) 高温超電導ケーブル実証プロジェクト(運営費交付金)

概要

革新的な超電導送電技術を確立するため、工業生産プロセスで実用化レベルに達している高温超電導線材を活用し、実用化のための実証試験及び評価を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、200MVA級の中間接続部を有した三心一括型高温超電導ケーブルを、冷却装置や保護装置などの付帯設備とともに66KV実系統に接続して、12ヶ月以上の長期連系試験を行うことによって総合的な安全性や信頼性を実証する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

4 - - . その他電力供給安定化技術

(1) 風力発電電力系統安定化等技術開発(運営費交付金)

概要

大規模風力発電所等の普及拡大時において懸念される周波数変動等系統上の問題対策として、蓄電システムの併設による出力安定化技術を開発し、実態に応じたシステム稼働データの抽出や当該システムの有効性の検証を行う。

技術目標及び達成時期

長期実証運転を強いられた大容量システムの耐久性や信頼性を評価するため解体分析調査を行うことにより、当該技術の有効性を検証するとともに、そのシステムを確立する。

研究開発期間

2003年度～2008年度

(2) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業(運営費交付金)

概要

大規模太陽光発電を電力系統に連系した場合に課題となる系統安定化対策やピーク対策のための技術等を開発するとともに、その有効性を実証する。

また、国内外の先進的な次世代技術の価格性能を比較することを通じて技術開発を加速する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、下記の実証研究を行い、その有効性を確認する。

(イ) 蓄電池等を組み合わせた出力変動抑制システムの有効性。

(ロ) 発電出力のピーク制御(午後のピーク帯へのシフト)の有効性。

(ハ) 大型インバータによる高調波抑制システムの有効性。

(ニ) 国内外メーカーの太陽電池モジュールの特性比較を行い、性能、経済性等を比較・検証。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(3) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(運営費交付金)

概要

蓄電池技術は、新エネルギーの出力安定化や燃料電池自動車(FCEV)・ハイブリッド自動車(HEV)・電気自動車(EV)等の高効率次世代自動車に共通する重要なコア技術である。そこで、高性能蓄電システムに係る要素技術開発、新材料開発及び基盤技術の開発を行う。

A. 系統連系円滑化蓄電システム技術開発

B. 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発

技術目標及び達成時期

A. 2010年度末において、寿命10年、コスト4万円/kWh、1MW規模のシステムおよび要素技術の確立と2030年において寿命20年、コスト1.5万円/kWh、20～30MW規模の蓄電システムを見通せる技術開発。また、新エネルギー対応の充放電パターン等、基礎データの整備、大型化に伴う安全性や寿命等の評価手法の確立。

B. 2011年度末において、電池開発では、0.3kWhモジュールを作製し、重量エネルギー密度100Wh/kg、出力密度2000W/kg、寿命10年、コスト4万円/kWhを達成すること(条件:3kWhの組電池、100万台生産ベース)。電池構成材料及び電池反応制御技術の開発では重量エネルギー密度200Wh/kg、出力密度2500W/kg、コスト3万円/kWhを小型単電池で達成すること(上記と同条件)。また、電池周辺機器開発では、格段の高性能化、コンパクト化、低コスト化を達成すること。さらに、重量エネルギー密度500Wh/kgを見通せる新規概念・構造の蓄電池基礎開発の他、劣化・寿命診断法、安全性評価などの各種試験法等の開発およびそれら共通基盤技術の基準・標準化。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) 発電プラント用超高純度金属材料の開発(運営費交付金)

概要

従来の金属材料と比べ耐食性、耐久性、加工性などの飛躍的な向上が期待できる超高純度金属材料の発電プラント部材としての実用化を目指し、低コスト・量産化製造プロセス、及び加工・溶接技術等の開発を行い、部材としての実用特性の評価・検証を行う。

また、実用化に向けたフィージビリティ調査を行い経済性の評価等を実施するとともに、材料特性に関するデータベースの整備及びそれに必要な試験研究を行う。

技術目標及び達成時

2009年までに、不純物総量100ppm未満、溶解量数100kg以上の低コスト・量産化技術製造技術を開発するとともに、製造された超高純度材料が発電プラントの各種機器に適用でき、本材料の持つ優れた特性を長期に亘って

発揮できることを確認する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

#### 4 - . 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

##### 4 - - . 石油・天然ガス・石炭の探鉱・開発・生産技術

###### (1) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型ノ特別研究(運営費交付金)

概要

石油及び可燃性天然ガス資源の開発に係る技術の振興を図る観点から、大水深、複雑な地層といった悪条件化が進む石油・天然ガスの探鉱・開発技術、利用拡大が見込まれる天然ガス田の開発促進に資する天然ガス有効利用技術等について、短期間で実用化が期待され、民間ニーズに直結した研究開発を提案公募により実施する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、我が国の石油・天然ガスの探鉱・開発技術力の向上、及び天然ガスの利用の促進に向けた天然ガスの有効利用技術の開発を行う。

研究開発期間

2001年度～2012年度

###### (2) 石炭生産技術開発(クリーン・コール・テクノロジーの研究開発の一部)

概要

石油代替エネルギーである石炭の安定供給を図るため、低品位炭の有効利用、石炭生産性の向上のための研究開発等を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、インドネシアにおいて低品位炭の有効利用を図ることを目標に、低品位炭の発熱量を高め、自然発火性を抑制する低品位炭改質技術を確立する。

研究開発期間

2001年度～2009年度

###### (3) 石油精製物質等簡易有害性評価手法開発(運営費交付金)

概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から、石油製品等に含まれる化学物質によるリスクを把握し、必要な対策を適切に行うことを可能とするため、*in vitro*培養系技術等の活用により遺伝子組換え細胞等を用いた*in vitro*系簡易有害性予測手法、また、トキシコゲノミクスを活用した短期動物試験結果と相関する遺伝子発現データセットを開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、遺伝子導入技術、幹細胞分化誘導技術、生物発光技術等を適用した培養細胞を用いて、試験期間1ヶ月程度、発がん性、催奇形性及び免疫毒性を予測評価できる試験手法を開発し、また、遺伝子発現解析技術を短期動物試験に適用し、28日間反復投与試験結果と相関する遺伝子発現データセット

を完成させる。また、標準的な試験プロトコルを策定する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

#### (4) 石油資源遠隔探知技術の研究開発

概要

我が国が開発・運用する多様な地球観測センサ(ASTER、PALSAR等)の地球観測データを用いて、石油・天然ガス等の安定供給確保のため、資源開発・探査、環境観測等に有効なデータの処理解析手法の研究開発を行う。また、地球観測データのような大容量のデータを容易に扱えるシステムの研究開発を実施することで資源開発・探査、環境観測を含む多様な分野でのリモートセンシングの利用拡大を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、資源開発・探査、環境観測等の分野における地球観測データ処理・解析技術の向上及び地球観測データの利用の拡大を図る。

研究開発期間

1981年度～2010年度

#### (5) ハイパースペクトルセンサ等の研究開発(運営費交付金)

概要

資源開発に有効な岩石・鉱物や地質構造解析の高次元解析を可能とするハイパースペクトルセンサの開発を行うとともに、軌道上におけるデータ取得の実証を行い、センサ技術の確立を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までにスペクトル分解能200バンド前後のハイパースペクトルセンサを開発し、地表面のスペクトル情報を取得して資源開発に有効なセンサ技術の実証を行う。

研究開発期間

2007年度～2011年度

#### (6) 次世代合成開口レーダ等の研究開発

概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から行うものであり、石油及び可燃性天然ガス資源等の開発に資するため、資源探査能力を格段に向上した合成開口レーダである次世代合成開口レーダ(PALSAR)の健全性評価やセンサを維持することにより、取得される画像データを用いた石油・天然ガス資源の遠隔探知を行う技術を確立する。

技術目標及び達成時期

PALSARの開発、健全性の評価・維持を実施することにより、2010年度までに、レーダ技術の高度化(アンテナ指向の電子制御化、分解能の向上、多偏波観測等)を図る。

研究開発期間

1993年度～2010年度

(7) 極軌道プラットフォーム搭載用資源探査観測システムの研究開発

概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から行うものであり、石油及び可燃性天然ガス資源等の開発に資するため、資源探査能力を格段に向上した光学センサである資源探査用将来型センサ(ASTER)の健全性評価やセンサを維持することにより、取得される画像データを用いた石油・天然ガス資源の遠隔探知を行う技術を確立する。

技術目標及び達成時期

ASTERの開発、健全性の評価・維持を実施することにより、2010年度までに、センサ技術の高度化(ポインティング機能の追加、分解能の向上、熱センサの搭載等)を図る。

研究開発期間

1987年度～2010年度

4 - - . 石油・天然ガスの有効利用技術

(1) 石油燃料次世代環境対策技術開発

概要

バイオマス燃料から製造した石油製品が自動車排出ガスに及ぼす影響、新たな自動車燃焼技術(自着火燃焼(着火までに燃料と空気を十分に混合し、その混合気体を点火プラグの使用なしで圧縮することにより着火させる燃焼法でNOx排出低減、熱効率が高い等の利点がある))に適応した燃料に関する技術開発を実施する。

また、建設機械、発電機等のオフロードエンジンの排ガスによる環境負荷低減や石油燃焼機器の効率的な利用を進めるための技術開発を実施する。

技術目標及び達成時期

バイオマス燃料の利用時における、燃料と自動車エンジン技術の両面の影響評価を進め、技術的課題を解決し、運輸部門における燃料多様化を目指す。

また、オフロードエンジンの規制は欧米が先行していることから、2012年頃、欧米において規制強化が予定されている排ガス規制に対応した技術を確立し、我が国における規制強化に対応可能な燃焼技術を実現することを目指す。

研究開発期間

2002年度～2011年度

(2) 石油精製高度機能融合技術開発

概要

石油精製業を中心とする石油コンビナート全体の横断的かつ高度な運営機能の融合を図り、単独企業のみでは達成困難なコンビナート域内の省資源、省エネルギーの向上を進めるため、異業種異企業間における限りある貴重なエネルギー資源の利用効率の高い生産技術に関し技術の開発・実証を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、我が国における他のコンビナートへの波及効果を含め、CO<sub>2</sub>排出量を63万トン/年削減可能とする技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2009年度

### (3) 将来型燃料高度利用技術開発

#### 概要

省エネ、二酸化炭素削減効果が見込まれる燃料電池自動車の燃料である高純度(99.99%以上)水素を安定的かつ経済的に供給することは重要である。石油は、その長所として豊富な水素供給余力と安価な水素製造技術及び全国に展開した災害に強いガソリンスタンドを保有している。これら石油の長所を活かした水素供給システムの確立により、水素社会の早期実現に貢献するものである。本事業では、製油所からの高純度水素供給技術開発とガソリンスタンドを拠点とする高純度水素製造技術開発を行う。

技術目標及び達成時期

コスト低減のため製油所におけるナフサから高効率(80%以上)な高純度水素製造を可能とする新たな技術を開発する。また、供給地のガソリンスタンドにおいて有機ハイドライドから高純度の水素を高効率(80%)に取り出すための水素発生装置を開発する。また、脱硫後の灯油硫黄分を検出限界以下の10ppb以下とする脱硫剤の開発を行うとともに、貴金属使用量を2-3wt%から0.5wt%以下まで低減しても、従来と同等の高い性能が維持できる改質触媒を開発する。さらに、膜分離型反応器を用いた99.99%高純度水素の製造効率を80%、4万時間の耐久性が期待できる水素製造システムを開発する。

研究開発期間

2008年度～2010年度

### (4) 革新的次世代石油精製等技術開発

#### 概要

原油価格の高騰・高止まりや原油の重質化と製品需要構造変化等の石油を巡る大きな環境変化のなか、連産品である石油製品を今後とも長期的に安定化かつ効率的に供給するためには、製油所の更なる高度化に向けた技術の開発実用化が必要である。このため、非在来型原油を含めた重質油を原料として、製油所におけるボトムレス化、余剰となる分解留分の高付加価値等のためのプロセスや触媒技術等の開発を行う。また、次世代の技術シーズ創出のため、これまでの技術とは異なる発想により我が国唯一の革新的な新規触媒研究、新規膜分技術研究、新規製造プロセス研究等を産官学の連携等により実施する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに重質油対応型高過酷度接触流動分解技術(HS-FCC)については、3千BD規模(商業レベルの1/10規模)の実証研究を通じ、プロピレン収率20%以上(既存技術4%程度)、将来不足が予想される高オクタン価ガソリン基材(RON98(既存技術92程度))の製造を可能とする技術を確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(5) 次世代高信頼性ガスセンサー技術開発

概要

一酸化炭素中毒やガス漏れなどのガス事故を限りなくゼロに近づけるため、センサー素子のナノレベルでのメカニズム解析及び開発設計を行い、コードレスで高信頼性を有する次世代高信頼性ガスセンサー（COセンサー・メタンセンサー）を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、最先端のナノテクノロジーおよびMEMS技術を導入し、電池駆動で5年以上の長寿命、高信頼性（数百PPM以下の故障率）、低コストなCOとメタンのセンサを開発する。

研究開発期間

2008年度～2011年度

(6) 天然ガス未普及地域供給基盤確立実証試験（運営費交付金）

概要

天然ガスの供給手段が存在せず（パイプラインはもとよりサテライト供給でも採算が合わないため）石油等の燃料に依存している地方都市部の中小規模の天然ガス需要に対し、天然ガスハイドレートを利用した、新たな輸送技術を確認する。

技術目標及び達成時期

従来のLNGチェーンによる供給に係る投資コストに対し、そのコストを約1/4に低減する事が可能な天然ガスハイドレート（NGH）供給システムを2008年度までに確立する。

研究開発期間

2006年度～2008年度

(7) 天然ガスの液体燃料化（GTL）技術実証研究（運営費交付金）

概要

硫黄等を含まず排出ガスがクリーン、着火性が高いという特徴を有することから石油系燃料代替として期待されるGTLについて、天然ガス中に含まれるCO<sub>2</sub>を除去せず、原料として積極的に活用することから、従来利用が困難であったCO<sub>2</sub>を多く含むガス田からの天然ガスが利用可能、CO<sub>2</sub>除去装置が不要であることによる生産設備コストの低減が可能、といった強みを有する我が国独自のGTL製造技術の確立を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、実証プラントによる運転研究（500バレル/日）を行い、商業規模でのGTL製造技術を確認する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

- ( 8 ) 高耐久性メンブレン型 L P ガス改質装置の開発 ( 運営費交付金 ) ( 4 - - 参照 )
- ( 9 ) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型 / 特別研究 ( 運営費交付金 ) ( 4 - - 参照 )
- ( 1 0 ) 高効率ガスタービン実用化技術開発 ( 4 - - 参照 )

#### 4 - - . オイルサンド等非在来化石資源の利用技術

##### ( 1 ) メタンハイドレート開発促進委託費

###### 概要

日本周辺海域に相当量の賦存が見込まれ、国産のクリーンなエネルギー資源として有望なメタンハイドレートを利用可能とするため、資源量評価手法、生産手法及び環境影響評価手法等の確立のための技術開発を行う。

###### 技術目標及び達成時期

2 0 1 6 年度までに、商業的産出のための技術を整備することを目指し、日本周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存状況と特性の明確化、有望賦存海域からのメタンハイドレート資源フィールドの選択及び現場産出試験等による生産手法の確立等を推進する。

###### 研究開発期間

2 0 0 1 年度 ~ 2 0 1 6 年度

##### ( 2 ) 革新的次世代石油精製等技術開発 ( 4 - - 参照 )

#### 4 - - . 石炭クリーン利用技術

##### ( 1 ) 革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト

###### 概要

石炭の高効率な利用を図るために、

- ・ 酸素吹きによる石炭ガス化発電 ( I G F C ) の開発実証
- ・ 化学吸収法による C O 2 の分離・回収技術の実証
- ・ C O 2 を輸送するための船舶の設計
- ・ C O 2 を貯留するための発生源近傍における貯留ポテンシャルやコストの評価
- ・ 石炭ガス化から CCS まで一貫したトータルシステムの設計等を行う。

###### 技術目標及び達成時期

石炭ガス化については、2 0 0 9 年度までに、パイロットプラントにおいて、高圧の石炭ガスから C O 2 の分離・回収技術の確立及びガス化炉の信頼性向上へ向けて、3 炭種以上の適応炭種拡大試験を実施する。また、C C S については、2 0 1 6 年度頃から C O 2 地中貯留の実証試験に着手する。

###### 研究開発期間

2 0 0 7 年度 ~ 2 0 1 2 年度

##### ( 2 ) 国際革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト補助金

###### 概要

石炭火力発電から排出されるCO<sub>2</sub>の削減技術について諸外国との実証普及事業等を実施し、当該技術の普及基盤を整備することにより、エネルギー供給に対する環境上の制約を取り除き、もって我が国エネルギー需給構造の安定化を図る。

技術目標及び達成時期

石炭ガス化技術等実証普及事業では、ゼロエミッション型石炭火力発電の実証プロジェクト(Future Genプロジェクト)への参画を通じた石炭ガス化・発電技術、CO<sub>2</sub>分離回収技術、CO<sub>2</sub>輸送貯留技術等に関する情報収集や関連する技術調査の実施等により、我が国におけるゼロエミッション型石炭火力発電の実用化開発に資する技術・知見を得る。また、将来のCO<sub>2</sub>の地中貯留に際しては、国民の正しい理解が不可欠であり、これを念頭においたゼロエミッション型石炭火力発電に係る普及啓蒙活動を積極的に実施する。

酸素燃焼国際共同実証事業では、既存の微粉炭火力発電の改造による酸素燃焼方式のゼロエミッション型石炭火力発電プラントの実用化を目標とするものであり、既存のプラントの改造により対応可能であること、酸素燃焼を行うことにより、燃焼ガスからCO<sub>2</sub>を分離する装置が不要であることから、比較的低コストで極めて大きなCO<sub>2</sub>削減効果が期待できる。

研究開発期間

2007年度～2016年度

### (3) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発費補助金

概要

従来の超々臨界圧火力発電(USC)は、蒸気温度の最高温度は630程度が限界で、送電端熱効率も42～43%が原理的限界といわれてきた。しかしながら、近年の材料技術の進歩により、700以上の蒸気温度を達成できる可能性が見えてきたことから、これらの材料を活用した先進超々臨界圧火力発電技術(A-USC)の開発を行うものである。A-USCは、蒸気温度700級で46%、750級で48%の高い送電端熱効率の達成が可能な技術であり、2020年以降増大する経年石炭火力発電のリプレイス需要に対応するため、早急に技術開発を進める必要がある。そのため、ボイラーメーカー、タービンメーカー及び材料メーカーが共同でA-USCの技術開発に取り組む。

技術目標及び達成時期

平成22年度までにシステム基本設計を完了し、シミュレーションにより送電端熱効率46%～48%の達成が可能なことを確認する。平成24年度までにボイラー、タービン部材等が700以上の蒸気温度に耐えられるかどうかを試作、評価し、経済性を含めたシステム成立性への見通しを得る。平成27年～平成28年度に実缶試験、回転試験を実施し、蒸気温度700以上の条件下でボイラー、タービンの信頼性を確認する。また、ボイラー、タービン部材について3万～7万時間の長期信頼性試験を実施し材料特性を検証する。

研究開発期間

2008年度～2016年度

### (4) 石炭利用技術開発(一部、運営費交付金)(クリーン・コール・テクノロジーの

## 研究開発の一部)

### 概要

環境適合的な石炭利用の拡大を図るため、石炭ガス化、無灰化技術による転換効率向上に資する技術や石炭からの水素製造技術等、クリーン・コール・テクノロジーの開発を行う。

### 技術目標及び達成時期

2008年度までに、

- ・ 石炭から合成ガスや軽質オイルを併産する高効率な石炭部分水素化プロセス技術を20t/日のパイロットプラント規模で確立する(石炭部分水素化熱分解技術の開発)

2009年度までに、

- ・ 化学原料等に利用可能な合成用ガスを石炭乾留ガスから無触媒で製造する技術をパイロットプラントで確立する(無触媒石炭乾留ガス改質技術開発)

2011年度までに、

- ・ 石炭利用プロセスにおいて、環境分析技術の高精度化、環境影響成分の挙動解析のためのモデルの構築等により、環境への影響低減手法を開発する(戦略的炭化ガス化・燃焼技術開発)

### 研究開発期間

1995年度～2008年度(2008年度見直し)

- ・ 戦略的炭化ガス化・燃焼技術開発 2007年度～2011年度
- ・ 無触媒石炭乾留ガス改質技術開発 2006年度～2009年度
- ・ 石炭部分水素化熱分解技術 2003年度～2008年度

## (5) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発費補助金

### 概要

供給安定性に優れた石炭の高効率かつ低環境負荷での利用を図るため、石炭をガス化して燃料とし、コンバインドサイクル(ガスタービンと蒸気タービンの組合せ)を駆動する高効率発電技術(石炭ガス化複合発電技術(IGCC: Integrated coal Gasification Combined Cycle)の実証試験を行う。

### 技術目標及び達成時期

2009年度までに、25万kWの実証機を用いた実証試験により、熱効率40.5%(送電端、高位発熱量ベース)を目指す。この目標は50万kWの商用機における熱効率46～48%に相当する。本技術は実証試験終了後の2010年度より商用化が可能である。

### 研究開発期間

1999年度～2009年度

## (6) 環境調和型製鉄プロセス技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)

## 4 - - . その他共通

### (1) イノベーション実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

- ( 2 ) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 3 ) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 4 ) 燃料電池先端科学研究 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 5 ) 新利用形態燃料電池技術開発 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 6 ) 高耐久メンブレン型 L P ガス改質装置の開発( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 7 ) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 8 ) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 9 ) 水素貯蔵材料先端基礎研究事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 1 0 ) 水素社会構築共通基盤整備事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 1 1 ) 水素先端科学基礎研究事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 1 2 ) 固体酸化物形燃料電池実証研究 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 1 3 ) 定置用燃料電池大規模実証事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 1 4 ) 燃料電池システム等実証研究 ( 4 - - 参照 )

## 5．政策目標の実現に向けた環境整備（成果の実用化、導入普及に向けた取組）

### 5 - ．総合エネルギー効率の向上

- 事業者単位の規制体系の導入
- 住宅・建築物に係る省エネルギー対策の強化
- セクター別ベンチマークアプローチの導入と初期需要創出（高効率機器の導入補助等）
- トップランナー基準の対象機器の拡充等
- アジアにおける省エネルギー対策の推進を通じた我が国の国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

### 5 - ．運輸部門の燃料多様化

- 公共的車両への積極的導入
- 燃費基準の策定・改定
- アジアにおける新エネルギー協力
- 国際標準化による国際競争力向上

### 5 - ．新エネルギー等の開発・導入促進

- 事業者支援補助金等による初期需要創出
- 新エネルギーベンチャービジネスに対する支援の拡大
- 新エネルギー産業構造の形成
- 電気事業制度・ガス事業制度の在り方の検討

### 5 - ．原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保

- 電力自由化環境下での原子力発電の新・増設の実現
- 資源確保戦略の展開
- 次世代を支える人材育成
- 中小型炉の海外市場への展開、我が国原子力産業の国際展開支援
- 原子力発電拡大と核不拡散の両立に向けた国際的枠組み作りへの積極的関与
- 国と地域の信頼強化

### 5 - ．化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

- 資源国等との総合的な関係強化（研究開発の推進・協力、人材育成・技術移転、経済関係強化など）
- 化石燃料のクリーンな利用の開拓

## 6．研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金による実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したもの）は、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

また、事業名に（採択テーマ）と記載された事業は、提案公募事業により採択されたテーマを記載したものであり、その採択や評価等は、提案公募事業の実施機関の責任の下、実施されるものである。

## 7. 改訂履歴

- (1) 平成16年7月7日付け、省エネルギー技術開発プログラム基本計画、新エネルギー技術開発プログラム基本計画、燃料技術開発プログラム基本計画、電力技術開発プログラム基本計画、原子力技術開発プログラム基本計画制定。固体高分子形燃料電池/水素エネルギー利用プログラム基本計画(平成16・02・03産局第6号)は、新エネルギー技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (2) 平成17年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第8号)、新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第10号)、燃料技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第12号)、電力技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第11号)、原子力技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第13号)は、廃止。
- (3) 平成18年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第14号)、新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第9号)、燃料技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第17号)、電力技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第12号)、原子力技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第13号)は、廃止。また、次世代低公害車技術開発プログラム基本計画(平成17・03・29産局第2号)は、省エネルギー技術開発プログラム基本計画及び燃料技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (4) 平成19年4月2日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成17・03・31産局第19号)、新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第15号)、燃料技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第18号)、電力技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第17号)、原子力技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第16号)は、廃止。
- (5) 平成20年4月1日付け、エネルギーイノベーションプログラム基本計画制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成19・03・26産局第1号)、新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成19・03・20産局第4号)、燃料技術開発プログラム基本計画(平成19・03・19産局第7号)、電力技術開発プログラム基本計画(平成19・03・16産局第3号)、原子力技術開発プログラム基本計画(平成19・03・23産局第2号)は、本プログラム基本計画に統合することとし、廃止。



## ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画

### 1. 目的

このプログラムは、情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新（ジャンプアップ）をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術を確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服等を可能とすることを目的とする。

### 2. 政策的位置付け

第 3 期科学技術基本計画（2006 年 3 月閣議決定）

- ・ 「ナノテクノロジー・材料分野」は、特に重点的に研究開発を推進すべき分野（重点推進 4 分野）の一つに指定されていて、優先的に資源配分することとされている。
- ・ 我が国の材料技術は、基礎研究から応用研究、素材、部材の実用化に至るまでの全ての段階において世界のトップレベルを堅持しており、我が国製造業の国際競争力の源泉となっている。

「イノベーション 25」（2007 年 6 月閣議決定）

- ・ 「ナノテクノロジー・材料分野」は、中長期的に取り組むべき課題として、「1. 生涯健康な社会形成」、「2. 安全・安心な社会形成」、「4. 世界的課題解決に貢献する社会形成」、及び「5. 世界に開かれた社会形成」の分野に位置付けられている。
- ・ 所要の措置を講じていくことが必要である事項として以下の点が指摘されている。
  - ・ 学際領域・融合領域における教育等人材育成、拠点形成
  - ・ 社会受容を促すための積極的な取り組み
  - ・ 知的財産確保のための戦略的な取り組み

「経済成長戦略大綱」（2006 年 7 月財政・経済一体改革会議）

- ・ 「我が国の国際競争力の強化」の取り組みとして、高度な部品・材料産業やモノ作り中小企業の強化が掲げられている。
- ・ 「技術戦略マップ」の活用等により、ユーザー企業との垂直連携による研究開発を推進することを通して、我が国経済発展の基盤である高品質、高性能な部品・材料産業の強化を図ることが今後の取組として記載されている。

「新産業創造戦略 2005」（2005 年 6 月経済産業省）

- ・ 部材分野は、新産業群の創出を支える共通基盤技術として位置づけられている。
- ・ 「高度部材・基盤産業」の集積を形成していることが、「ものづくり」に不可欠な基盤技術のネットワーク化を通じた現場レベルでの迅速かつ高度な摺り合わせを可能としており、我が国「ものづくり」の強みの源泉となっていると記載されている。

### 3. 達成目標

- ・世界に先駆けて、ナノテクノロジーを活用した非連続な技術革新を実現する。
- ・我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追随を許さない競争優位を確保するとともに部材産業の付加価値の増大を図る。
- ・ナノテクノロジーや高機能部材の革新を先導することで、これら部材を活用した情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの幅広い産業の付加価値の増大を図る。
- ・希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

### 4. 研究開発内容

#### [プロジェクト]

##### ・ナノテクノロジーの加速化領域

ナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を加速・促進する。

#### (1) 異分野異業種融合ナノテクチャレンジ(運営費交付金)

##### 概要

革新的なナノテクノロジーを活用し、川上と川下の連携、異業種異分野の連携で行う部材開発に対して支援を行い、燃料電池、ロボット、情報家電、健康・福祉・機器・サービス、環境・エネルギー・機器・サービスの5分野に資するキーデバイスの実現を目指す。

##### 技術目標及び達成時期

マテリアル・プロセス研究、加工・計測技術研究、昨今の環境意識向上に対応した研究、社会課題を解決するための基盤技術研究に加え、異分野等の融合研究を推進することにより、2011年度までにナノテクノロジーの産業化のための基盤的技術を確立し、実用化を図る。

##### 研究開発期間

2007年度～2011年度

#### (2) ナノテク・先端部材実用化研究開発(運営費交付金)

##### 概要

新産業創造戦略の趣旨に則り、革新的なナノテクノロジーを活用し、川上と川下の連携、異業種・異分野の連携で行うデバイス化開発の支援を行うため、

ナノテクノロジー活用による材料・部材の高度化を図る先導的研究開発(ステージ )

ナノテクノロジー研究成果の部材等への課題設定型実用化により目指した開発支援(ステージ )

について提案公募を実施する。

##### 技術目標及び達成時期

2010年頃に想定される半導体微細加工の限界を克服するため、分子・原子を1つずつ制御し部品部材に組み上げる「ボトムアップ型」のナノテクノロジーなど革新的なナノテクノロジー等の活用により、情報家電・ロボット、燃料電池等新規産業5分野等において、従来の性能・効率を大幅に改善するナノテク・先端部材技術を開発し、我が

国が優位にあるナノテクノロジーを基盤とした国際的な産業競争力を強化することを目標とする。

研究開発期間

2005年度～2011年度

#### ・情報通信領域

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して既存技術の微細化の壁を突破し、電子デバイス・光デバイスで世界をリードするとともに、高度化された製造技術の開発を行う。

#### (1) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち新材料・新構造ナノ電子デバイス

概要

ナノエレクトロニクスは、ナノテクノロジーの最大の応用領域の一つであり、デジタル・デバイスのCMOS構造というアーキテクチャは、優れた工学概念である。また、これまでの半導体技術の微細化に基づく高集積化・高速化・低消費電力化の追求は、シリコン材料をベースとするプレーナ構造を基本とした微細加工プロセスの高度化にあった。

しかし、さらなる微細化によるデバイスのパフォーマンス向上は物理的限界に直面しつつあり、問題は、FETを、シリコン材料をベースとして作製することにより現出していると考えられる。

そのため、次世代の電子デバイスのために「シリコンで培った微細化技術やデバイス原理をこれまで同様に活用しながら、シリコンという材料の物理的限界を突破するための“新材料”や“新(デバイス)構造”を実現すること」、すなわち、「New Nano Materials/Structure on Silicon for “More Moore”」の半導体技術を、ナノテクノロジーを最大限に活用することによって研究開発を行い、将来の産業応用への目を見出していく取りかかりとする。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、産業界が10年後を見据えた将来の電子デバイスを開発する際に、産業技術として活用できるかどうかの実現可能性を見極め、また技術シーズを確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

#### (2) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発(運営費交付金)(再掲)

概要

窒化物系化合物半導体は日本が強みを有し、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、今後のIT社会を支えとなることを期待されている分野である。しかし、既存のバルク単結晶基板成長技術やエピタキシャル成長技術では、従来の半導体では実現できない領域で動作可能なハイパワー、超高効率デバイス性能を十分に引き出すには至っていない。

これを突破するため、大学あるいは研究所を拠点に材料メーカー、デバイスメーカー、装置メーカー等が相互連携して、窒化物半導体の結晶欠陥低減技術やナノ構造作製技術等の革新を図り、これらデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減の実現を図る。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代窒化物系半導体デバイスを実現する以下結晶作製技術を開発する。

1) 基板技術 (GaN、AlNバルク結晶作製技術)

・口径2～4インチで高品質エピ成膜を可能とする低コストの単結晶基板作製技術の確立。

2) エピ技術 (エピタキシャル成膜及び計測評価技術)

- ・低欠陥高品質エピ層を実現する成膜技術及び膜成長過程を計測評価する技術の確立。
- ・高出力かつ高安定動作可能なエピ層の実現
- ・高耐圧超高速な新しいデバイス構造の開発

研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト (運営費交付金)

概要

将来のエレクトロニクスにおいて中核的な基盤技術となり得るスピントロニクス技術 (電子の電荷ではなく、電子の自転 = 「スピン」を利用する全く新しいエレクトロニクス技術) を確立するため、強磁性体ナノ構造体におけるスピンの制御・利用基盤技術を開発し、我が国が世界に誇るシーズ技術を核として、産学官の共同研究体制を構築し、将来の中核的エレクトロニクス技術における我が国の優位性の確保を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、超高集積で高速な不揮発性メモリとして期待されるスピンメモリのための基盤技術を確立する。また、新ストレージ・メモリデバイス、不揮発性スピン光機能素子、スピン能動素子等の新しい動作原理によるスピン新機能素子の実現のための基盤技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 三次元光デバイス高効率製造技術 (運営費交付金)

概要

波面制御素子による空間光変調技術を確立し、ガラス中に三次元造形を高精度に一括形成できるプロセス技術を開発する。この技術を用いて、具体的な光デバイスを作製し、当該技術の有効性の確認と市場への早期参入のための基盤技術を確立する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに波面制御素子による空間光変調技術を用いたフェムト秒レーザー照射技術等を確立し、高精度の光デバイスを高速に作製できるプロセス技術を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(5) 次世代高度部材開発評価基盤の開発\* (運営費交付金) (再掲)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。半導体産業分野で、集積回路の消費電力低減に必要な配線形成用各種材料等の開発のネックとなっているナノレベルでの材料間の相互影響を評価可能な統合部材開発支援ツールを開発する。これにより、集積回路の種類やデザインルールに応じて、配線形成用各種材料とプロセスの最適な組み合わせの提案技術(統合的材料ソリューション提案技術)を確立する。

技術的目標及び達成時期

2008年度までに、半導体材料開発に貢献する材料評価基盤を構築するとともに、上記の統合的材料ソリューション提案技術を確立する。また、本プロジェクトを通して得られた基礎データ等については、プロジェクト実施期間中にデータを体系的に整理し、幅広く社会に提供を図る。

研究開発期間

2006年度～2008年度

(6) 超フレキシブルディスプレイ部材技術開発\* (運営費交付金) (再掲)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から、製造工程等の省エネルギー化を実現するために行う。従来、表示デバイスの製造には、真空蒸着と高温下での焼成と、それに伴う排ガス排水処理が必須であった。これを、ロールtoロール方式に代替することで常圧、常温下での製造を実現し、フレキシブルな薄型ディスプレイを効率よく製造する。そのために、有機TFT材料およびコンタクトプリント技術等を開発する。

技術的目標及び達成時期

2009年度までに、実用化に向けた実証のための巻き取り方式ディスプレイのプロトタイプを試作する。またフレキシブルデバイス材料開発に貢献する部材ならびに薄膜複合化技術を開発し、これらをパネル化するための実用化技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2009年度

(7) 低損失オプティカル新機能部材技術開発\* (運営費交付金) (再掲)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、近接場光の原理・効果を用いた低損失オプティカル新機能部材技術を開発し、実用化の目処を得ることを目的とする。動作原理に近接場光を用いるオプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、液晶プロジェクター・液晶ディスプレイなど情報家電の省エネルギー、高性能・高信頼化を図る上でのキーデバイスとなることが期待できる。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、共通基盤技術として、ナノ構造部材の設計・作製・評価技術を開発するとともに、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

#### ・ライフサイエンス・健康・医療領域

ナノテクノロジーを駆使して初めて可能となる診断・治療により革新的な医療を実現する。

(1) 次世代DDS型悪性腫瘍治療システムの研究開発事業(運営費交付金)(再掲)

(深部治療に対応した次世代DDS型治療システムの研究開発事業)

概要

DDSのさらなる裾野の拡大、及び早期実用化を目指し、様々な外部エネルギー(機器技術)と薬剤技術を組み合わせることにより、比較的人体の深部にある臓器(肺、消化器)等のがんを対象としたDDS型治療システムの開発を行う。

技術目標及び達成時期

光線力学治療システムの前臨床試験の開始及び治療効果・安全性の検証と、超音波診断・治療システムの前臨床試験を可能とする薬剤及び装置の完成に関する開発を難治性がんの治療に向けて行う。

研究開発期間

2006年度～2009年度

(2) 個別化医療実現のための技術融合バイオ診断技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

我が国が有する微細加工技術・表面処理技術といったナノテク等の強みを活かし、染色体異常を高感度、高精度かつ迅速、安価で非コード領域までを検出するゲノムアレイや解析基盤技術開発を行うとともに、全自動解析システムの開発を行う。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、BAC(染色体の断片)を用いた非コード領域を含むゲノム全領域を検出できる高精度ゲノムアレイを開発する。さらに、臨床現場において、微量サンプル(数ナノグラム)から、12時間以内に染色体異常(増幅、欠失、コピー数多型等)を、低コストかつ定量性・再現性を確保して検出ができる自動染色体異常解析システムのプロトタイプを開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(3) 分子イメージング機器研究開発プロジェクト(運営費交付金)(再掲)

(3-1) 生活習慣病超早期診断眼底イメージング機器研究開発プロジェクト

概要

細小血管の分子レベルでの代謝機能を非侵襲で可視化する細胞代謝イメージングを実現し、代謝異常を細胞レベルで観察することにより、循環器系疾患等の早期の診断・治

療を図る。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、ナノテクノロジーを活用した光学基盤技術等を確立することにより、細胞やタンパク質レベルの組織診断を可能とする機器を開発する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

### (3-2) 悪性腫瘍等治療支援分子イメージング機器研究開発プロジェクト

概要

良性・悪性の区別も含めた腫瘍の超早期診断を実現するため、悪性腫瘍に特異的に反応する標的物質を利用することにより生体細胞の分子レベルの機能変化を抽出・検出できる機器の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、全身で3mm、局所で1mmの分解能を有する分子イメージング機器を開発する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

## ．エネルギー・資源・環境領域

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して、エネルギー・資源・環境等の社会的制約を克服すると同時に我が国の強みであるナノテック関連産業・部材産業の競争力を強化する。

### ( ) エネルギー制約の克服

#### (1) サステナブルハイパーコンポジット技術の開発(運営費交付金)(再掲)

概要

炭素繊維複合材料は、軽量、高強度等の優れた特性を有している。従来の熱硬化性樹脂を用いた炭素繊維複合材料では成形性・加工性に乏しくリサイクルが困難であったため、熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維複合材料(CFRP)の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、炭素繊維と熱可塑性樹脂との中間基材を開発し、熱可塑性CFRP加工技術を開発する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

#### (2) 革新的ガラス溶融プロセス技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

プラズマ等による高温を利用し瞬時にガラス原料をガラス化することにより、極めて効率的にガラスを気中で溶融(インフライトメルティング法)し省エネに資する革新的ガラス溶融プロセス技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、インフライトメルティング法により原料を溶解する技術、カレットをガラス原料として利用するため高効率で加熱する技術、カレット融液とインフライトメルティング法による原料融液とを高速で混合する技術を開発する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

### (3) 高温超電導電力ケーブル実証プロジェクト(運営費交付金)(再掲)

概要

革新的な超電導送電技術を確立するため、工業生産プロセスで実用化レベルに達している高温超電導線材を活用し、実用化のための実証試験及び評価を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、200MVA級の中間接続部を有した三心一括型高温超電導ケーブルを、冷却装置や保護装置などの付帯設備とともに66KV実系統に接続して、12ヶ月以上の長期連系試験を行うことによって総合的な安全性や信頼性を実証する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

### (4) マルチセラミックス膜新断熱材料の開発(運営費交付金)(再掲)

概要

住宅やビルなどの冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を示す壁および窓材料を、セラミックスのナノ多孔体構造やナノ羽毛状構造およびセラミックス・ポリマー複合化構造などからなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、熱貫流率(熱の伝わりやすさ)が $0.3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、壁厚さ10mm程度の超断熱壁材料および熱貫流率が $0.4\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、光(可視光)透過率が65%以上(Low-Eガラス使用)、ヘイズ率が1%以下の超断熱窓材料を実現する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

### (5) カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト(運営費交付金)(再掲)

概要

従来の活性炭電極では不可能な高出力かつ高エネルギー密度の電気二重層キャパシタを実現するため、高度に配向した長尺の単層カーボンナノチューブの大量合成技術を開発するとともに、これを用いたキャパシタ電極の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、単層カーボンナノチューブの高度配向技術及び大量生産技術を確立するとともに、キャパシタ製造技術を確立することで、 $20\text{Wh}/\text{Kg}$ の高エネルギー密度と耐久性を有する電気二重層キャパシタを開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(6) 発電プラント用超高純度金属材料の開発(運営費交付金)(再掲)

概要

従来の金属材料と比べ耐食性、耐久性、加工性などの飛躍的な向上が期待できる超高純度金属材料の発電プラント部材としての実用化を目指し、低コスト・量産化製造プロセス、及び加工・溶接技術等の開発を行い、部材としての実用特性の評価・検証を行う。また、実用化に向けたフィージビリティ調査を行い経済性の評価等を実施するとともに、材料特性に関するデータベースの整備及びそれに必要な試験研究を行う。

技術目標及び達成時期

2009年までに、不純物総量100ppm未満、溶解量数100kg以上の低コスト・量産化技術製造技術を開発するとともに、製造された超高純度材料が発電プラントの各種機器に適用でき、本材料の持つ優れた特性を長期に亘って発揮できることを確認する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(7) セラミックリアクター開発(運営費交付金)(再掲)

概要

電気化学的に物質やエネルギーを高効率で変換する次世代型セラミックリアクターの実現のため、低温作動と急速作動停止を可能とする材料の開発とマイクロセルの集積構造化技術等の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、新電解質材料の適用や電極反応の高効率化等による、低温作動時(650以下)での出力性能を向上させる材料技術と共に、マイクロセルの集積構造化や精緻なインターフェース構築のための製造プロセス技術を開発。そして、これらの技術を統合することにより、次世代型セラミックリアクターとしてのプロトタイプモジュール実証(出力性能2kW/L等)を行う。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(8) 高機能チタン合金創製プロセス技術開発プロジェクト(再掲)

概要

大量の電力を必要とする従来のバッチ処理方式のチタン製錬法(クロール法)を、エネルギー効率の高い連続処理方式へ転換する抜本的なプロセス改善のための技術を開発する。また、併せて、成形性の高いチタン合金設計技術及び成形プロセス技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに省エネ型チタン新製錬プロセスの基盤技術を開発し、2010年

までに実用化を目指す。また、本製錬技術により得られるチタンをベースとして、加工性、強度等をさらに向上させた合金設計・成形プロセス技術を確立する。

研究開発期間

2005年度～2008年度

( ) 資源制約の克服

(1) 希少金属代替材料開発プロジェクト(運営費交付金)

概要

希少金属は、特殊用途において希少な機能を発揮する一方で、その希少性・偏在性・代替困難性から、市場メカニズムが必ずしもうまく機能せず、その供給停止は川下の経済成長の制約要因となり得るリスクを伴っている。近年、「コンピュータによる材料設計」、「ナノテクによる微細構造制御」等が飛躍的に向上した結果、従来出来なかった、「コンピュータによる最適制御設計による候補元素系の探索」、「結晶粒界、界面の制御等マイクロ構造の制御」等が可能となりつつあることから、こうした最先端技術を用いることで、希少金属の新たな代替/使用量低減技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、以下希少金属元素の使用原単位について現状と比較して以下の低減ができる製造技術を開発し、ユーザー企業、大学等の外部機関に対して機能評価のためにラボレベルで提供できる(試料提供)水準に至るまでの技術を確立することを目標とする。また、製品の機能や製造コストは現状と同等を少なくとも維持することを前提とする。

| 〔対象元素〕               | 〔使用原単位の低減目標値〕 |
|----------------------|---------------|
| ・透明電極向けインジウム(In)     | : 現状から50%以上低減 |
| ・希土類磁石向けディスプロシウム(Dy) | : 現状から30%以上低減 |
| ・超硬工具向けタンゲステン(W)     | : 現状から30%以上低減 |

研究開発期間

2007年度～2011年度

( ) 環境制約の克服

(1) グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発

概要

化学品等の製造プロセスにおけるシンプル化、クリーン化、原材料・資源の多様化、更に、廃棄物の減容化、容易なりサイクル等を実現し、産業競争力強化、国際規制の先取りを図って、将来にわたっても持続的に化学品等を製造するための必要な新規なGSC(グリーン・サステイナブルケミストリー)プロセスを開発する。

技術的目標及び達成時期

2015年度までに、有害な化学物質を大幅に削減、使わない革新的なプロセス及び化学品の開発や廃棄物、副生成物の大幅に削減できる革新的なプロセス及び化学品の開発を行う。

研究開発期間

2008年度～2015年度

(2) 次世代高信頼性ガスセンサ技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

一酸化炭素中毒やガス漏れなどのガス事故を限りなくゼロに近づけるため、センサー素子のナノレベルでのメカニズム解析及び開発設計を行い、コードレスで高信頼性を有する次世代高信頼性ガスセンサー(COセンサー・メタンセンサー)を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、最先端のナノテクノロジー及びMEMS技術を導入し、電池駆動で5年以上の長寿命、高信頼性(数百ppm以下の故障率)、低コストなCOとメタンのセンサーを開発する。

研究開発期間

2008年度～2011年度

(3) 革新的膜分離技術の開発(再掲)

概要

河川水等の浄水工程における、微量の有害物質、微生物等の除去に係る水処理技術のうち、分離膜方式による高効率(省エネ)な分離技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、ナノテクノロジー等新技术を用いて新素材を開発し、高度な水質制御と高速処理を兼ねた膜ろ過システムを開発する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(4) 循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト(運営費交付金)

概要

我が国で発見された光触媒技術の新産業分野開拓を目指し、サイエンスにさかのぼることにより、紫外光のみならず、可視光レベルでの性能・機能の飛躍的な向上のための技術基盤を構築する。これにより、従来では困難とされてきた医療関連分野や土壌処理、PFC処理/フッ素回収などの環境関連分野等に光触媒技術を導入し、光触媒の最大のメリットである自然エネルギーを利用した安心・安全な環境を提供できる技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、材料レベルで紫外光応答型2倍、可視光応答型10倍の感度向上を達成し、その高感度光触媒を適用した薄膜プロセス技術の基盤技術を確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(5) 革新的マイクロ反応場利用部材技術開発\*(運営費交付金)(再掲)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、マイクロリアクター、ナノ空孔などの精密反応場を利用し、反応分子の自由な運動を活性種レベルで制御した革新的な化学反応プロセスと新機能材料創成技術の確立を目指す。さらに、マイクロリアクターとナノ空孔反応場の組み合わせ、各反応場とマイクロ波等のエネルギー供給手段との組み合わせにより協奏的反応場を構成し、さらなる高効率生産等を可能にする基盤技術を開発する。これらの技術の確立により、反応システムの小型化、多段プロセスの簡略化等を通じた化学産業の製造工程等の省エネルギー化を図る。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術を軸とし、これらに更にマイクロ波、超臨界流体等のエネルギー供給手段を組み合わせた協奏的反応場を構成することにより、これまでにない革新的な化学反応プロセスを確立し、新機能材料創成技術を実現する。さらに、これらの技術を用いて高性能・高機能電子材料、医薬中間体などの部材を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

#### (6) 高感度環境センサ部材開発\*

概要

ダイオキシンをはじめとする微量有害有機物質を高感度・高選択・安価・迅速に計測するため、分子認識部位として生体分子を用い、有害有機物質の結合の有無・量を直接電気信号に変換するセラミックスセンシング材料(電極材料)を用いたセンサ部材を開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、ダイオキシン類、エストラジオール及びビスフェノールAについて、 $0.001 \text{ ng} \cdot \text{ml}$ の濃度において有意な電気信号として検出し得る小型・携帯型計測器に挿入可能な寸法のセンサ部材の開発を目標とする。

研究開発期間

2006年度～2010年度

### ・材料・部材領域

極めて広範囲な産業領域に波及する材料・部材領域について、ユーザー製造業等との連携(川上・川下連携)を促進し、高度な部材産業群の「すり合わせ力」を一層強化する。

#### (1) 高機能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術開発(運営費交付金)

概要

複合化金属ガラス(金属ガラスマトリックス中に第二相として微結晶や微粒子または微小空隙等を分散させたもの)を創製して、次世代高密度記録媒体、超微小モータ用部材および高強度・高導電性電気接点部材を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、複合化金属ガラス合金を創製し、従来の金属ガラス単層合金の持つ優れた特徴に加えて、塑性加工性、硬磁気特性、高電気伝導性等を付与する。この

複合化金属ガラスの新規特性を用いて、従来の金属ガラス単層合金では為しえなかった革新的部材の開発を行い、さらに多様な工業製品に応用することで、我が国産業の優位性を確保する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

## (2) 超ハイブリッド部材技術開発 (運営費交付金)

概要

従来実現が不可能と考えられていた相反する複数機能(トレードオフ機能)を両立できる材料を、異種素材の組合せ(ハイブリッド化)により実現するための技術を開発する。要素技術として、異種材料間の界面挙動をシミュレーション技術等により解明し、ナノレベルよりもさらに微小な原子・分子レベルでのハイブリッド化構造・配列制御のための合成技術を開発する。従来の単一材料では実現困難であったトレードオフの性能を引き出すことで、自動車用構造材料、パワーデバイス用材料、光学材料等を出口イメージとした、高機能革新部材製造に必要な技術基盤を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、電気・電子材料、光学材料、その他工業材料について従来材料では実現できなかった相反機能を解消するとともに、市場評価が可能な成果物を供試し、市場(ユーザー)から、客観的な実用化研究開発課題を抽出する。また、単なる相反機能の解消ではなく、相反機能を制御・実現する技術を開発する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

## (3) 鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発 (運営費交付金) (再掲)

概要

プラント、構造物や自動車等の革新的な高効率化、省エネルギー化、長寿命化、安全・安心化を図るため、最新の科学的知見を導入し、鉄鋼材料及び鋼構造体を超高機能化する基盤的研究開発を行う。具体的には、高強度鋼、高機能鋼の実用化拡大の基盤となる(1)高級鋼厚板(高強度鋼、極低温用鋼、耐熱鋼)溶接部の信頼性・寿命を大幅に向上する溶接施工技術(高密度・清浄熱源溶接技術)、及び金属組織制御技術を基本とする材料技術(クリープ破壊及び水素破壊の機構解明等を踏まえた)の開発、(2)部材の軽量化を図るために強度、加工性等の最適機能傾斜を付与する機械部品鍛造技術(駆動部材の信頼性確保のための耐疲労破壊特性の向上を踏まえた)の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、高級鋼厚板(高強度鋼・極低温用鋼・耐熱鋼)の溶接を予熱・後熱なしに可能とする溶接技術と材料技術を開発するとともに、傾斜機能部材の鍛造技術を開発する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト\* (運営費交付金)

概要

マグネシウム合金部材について、製品歩留まりが高く、高耐疲労性を付与する鍛造技術の開発を行う。また、循環型素材としてのマグネシウム合金部材の特性を活かし、リサイクル材の鍛造用ピレット化に係る課題抽出を行う。当該技術開発により、マグネシウム鍛造部材製造技術の基盤を構築し、我が国の家電、自動車等の川下産業の競争力の強化に不可欠な高度部材を供給する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに高強度・高耐疲労・加工性に優れたマグネシウム鍛造技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(5) 先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発\* (運営費交付金)

概要

電界紡糸や溶融紡糸等により創製される極微細な繊維状材料に対してナノオーダーの成形加工や微細な界面加工ならびに複合化することで材料を高機能化した革新的部材を創出する。高機能新材料を求めるユーザーの要望を満たす繊維の極微細加工と高次複合化を解決する基盤技術開発を行う。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、電界紡糸法による繊維高機能化、大型装置化技術およびナノ溶融分散紡糸法による超極細炭素繊維製造技術を開発し、これら基盤技術を活用して、高性能・高機能電池用部材、高性能・高機能フィルター用部材、高性能・高機能医療衛生用・産業用部材を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(6) 次世代光波制御材料・素子化技術\* (運営費交付金) (再掲)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、ガラス材料に関する精密モールド技術を確立し、機能性の高い光波制御素子を低コストで生産できるプロセス技術を開発することで部材の小型化・高機能化を図りつつ、省エネを実現する。

技術目標及び達成時期

2010年度までにサブ波長レベルの微細構造をガラス表面にモールド成形する技術を実現し、実装可能な具体的なデバイスを作製する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

・ナノテクノロジー・部材分野推進共通基盤領域

ナノテクノロジー、部材分野の研究開発に必要な加工・計測・解析技術等の共通基盤の確

立とともに、信頼性、普遍性、安全性等のリスク不安に対処したリスク管理手法を開発し、社会に貢献する産業化の支援を相互的に推進する。

(1) ナノ粒子の特性評価手法開発(運営費交付金)

概要

ナノ粒子のキャラクタリゼーション、計測技術の確立とともに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びナノテクノロジーによるリスク不安に対処したリスク管理手法を開発する。

技術目標及び達成時期

2008年度までに、ナノ粒子のキャラクタリゼーション及び計測技術を確立するとともに、2010年までに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びリスク評価手法を開発し、ナノ材料のリスク評価指針及びナノ粒子の管理指針の提言を行う。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(2) 高度分析機器開発実用化プロジェクト\*(再掲)

概要

燃料電池・情報家電・ナノテクといった先端新産業において、材料解析・性能評価・品質管理等で必要とされる超微量・超低濃度試料の分析技術の開発を行う。これら産業化の各フェーズに適した分析技術を開発することにより、先端新産業の事業化や製品の高付加価値化を図る。

技術目標及び達成時期

2008年度までに希ガスイオン源を搭載した集束イオンビームの開発、低加速・高分解能・高感度の元素分析用顕微鏡の開発、超微量試料用分離・分析技術の開発を行う。

研究開発期間

2006年度～2008年度

注：\*印のある研究開発プロジェクトは2006年度より開始された新産業創造高度部材基盤技術開発の一環として実施しているもの。

## 5．政策目標の実現に向けた環境整備（関連施策）

ナノテクノロジーは、情報通信、環境、エネルギーなどの分野における科学技術の進歩や課題解決に貢献する重要な技術シーズである。そのため、ナノテクノロジーの研究開発と一体となった関連施策を実施することで、その成果を市場に出していくことが重要である。主な関連施策を、以下に示す。

### 〔技術戦略マップ〕

- ・NEDO及び経済産業省では、技術戦略マップを策定、毎年改訂し、ナノテク・部材分野の将来の方向性を見定めながら、合理的かつ効果的な研究開発プロジェクトを推進しているところ。また、技術戦略マップを活用して、多様な連携（川上川下の垂直連携、異業種間の水平連携など）による研究開発を促進、支援し、当該分野の技術革新を促進する。

### 〔サンプル提供・実用化促進〕

- ・NEDOでは、実施するナノテクノロジー関連の研究開発プロジェクト成果のサンプルを対象として、それらを活用した用途の開発、実用化ないし製品化提案を有する企業とのマッチングを図ることで、プロジェクトの事業化を促進する取組みを実施しているところ。

### 〔基準・標準化〕

- ・ナノテクノロジーの標準化については、研究開発プロジェクトを推進する上で、適切な活動（国際規格ISO/IEC、日本工業規格JIS、その他）を実施し、我が国のナノテクノロジー分野の研究開発、産業活動の効率向上を図り、研究開発の成果が社会で普及する環境を整備する意味でも重要である。これまでの主な取組みについては、下記のとおり。
- ・2005年5月にナノテクノロジーの標準化に向けてISO/TC229の設立がされ、「用語と命名法」、「計測とキャラクタリゼーション」、「健康・安全・環境」の3つのWGにおいて、国際標準化の策定に向けて議論が開始された。
- ・また、2007年6月にシンガポールで開催された第5回総会以降、「材料規格」の分科会の設立に向けて対応しているところ。
- ・さらに、2006年9月にはナノテクノロジーに関する電気電子技術の標準化に向けてIEC/TC113が設立され、「用語と命名法」、「計測とキャラクタリゼーション」、「性能評価」の3つのWGにおいて、国際標準化の策定に向けて議論が開始されている。（なお、はISO/TC229とのジョイントWGとなっている。）

### 〔広報〕

- ・ナノテクノロジーに関する先端技術及び製品等の世界最大の展示会である「nano tech」が毎年日本で開催されている。2002年に開催された第1回以降、出展者来場者ともに増加傾向にあり、近年は海外、とくにヨーロッパ・アジア等の出展が目立つようになってきている。

### 〔社会受容〕

- ・ナノテクノロジーの社会受容に対する取組みは、ナノテクノロジーの産業化を推進するため、例えば工業ナノ粒子のキャラクタリゼーション技術や人の健康や環境に及ぼす影響など、潜在的な課題に関する知見を蓄積する取組みが重要である。

- ・経済産業省では、2006年度から「ナノ粒子特性評価手法の研究開発」を開始し、工業ナノ粒子の有害性評価手法、また、そのリスク評価手法の確立を目標としたプロジェクトを開始しているところ。

#### 〔人材育成〕

- ・経済産業省では、「製造中核人材育成事業」を実施しており、産学連携による波及効果の高い人材育成プログラムを開発、実践している。ナノテクノロジー関連の人材育成プログラムも複数実施しているところ。

#### （例）ナノテク製造中核人材の養成プログラム

概要：情報家電、燃料電池、ロボット、医療機器、バイオ等の応用分野において、その産業の基盤と創出を支える中堅企業を対象として、「基礎加工技能・技術、特殊な要素技能・技術に習熟し、製造技術の高度化を図る人材」及び「豊富なナノ加工プロセスの知識や先端機器を使いこなすノウハウ等を習熟し、製造現場の技能・技術を統括できず人材」を育成するもの。

- ・NEDOでは、我が国の産業技術の発展のため、先端分野や融合分野の技術を支える人材の育成と、人的交流の面から産学連携を促進するための「場」の形成を促進する取り組みを実施している（NEDO特別講座）。具体的には、優れた成果を生み出しつつあり、大学が技術の中核となっている研究開発プロジェクトをコアプロジェクトとし、そのプロジェクトリーダーの所属大学に拠点を設置し、関連技術の人材育成、人的交流の拡大、周辺研究の実施を行うもの。ナノテクノロジー関連の研究開発プロジェクトも複数実施しているところ。

#### 〔他省庁との連携〕

- ・総合科学技術会議／連携施策群において、「ナノバイオテクノロジー」「ナノテク研究推進と社会受容」が設置され、関係省庁と連携して実施しているところ。
- ・経済産業省が実施する研究開発プロジェクトにおいては、文部科学省など他省庁との連携の可能性について検討を行い、研究開発プロジェクトの立案、推進しているところ。

（例）ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち新材料・新構造ナノ電子デバイスプロジェクト、希少金属代替材料開発プロジェクト など

## 6．研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの（事業に（運営費交付金）と記載したもの）は、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で、当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

## 7．改訂履歴

- (1) 平成12年12月28日付け制定。
- (2) 平成14年2月28日付け制定。材料ナノテクノロジープログラム基本計画（平成12・12・27工総第16号）は、廃止。
- (3) 平成15年3月10日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成14・02・25産局第8号）は、廃止。
- (4) 平成16年2月3日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成15・03・07産局第1号）は、廃止。
- (5) 平成17年3月31日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成16・02・03産局第7号）は、廃止。
- (6) 平成18年3月31日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成17・03・25産局第4号）は、廃止。
- (7) 平成19年4月2日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成18・03・31産局第13号）は、廃止。
- (8) 平成14年2月28日付け制定。
- (9) 平成15年3月10日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成14・02・25産局第9号）は、廃止。
- (10) 平成16年3月7日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成15・03・07産局第5号）は、廃止。
- (11) 平成17年3月31日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成16・03・07産局第5号）は、廃止。
- (12) 平成18年3月31日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成17・03・25産局第3号）は、廃止。
- (13) 平成19年4月2日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成18・03・31産局第14号）は、廃止。
- (14) 平成20年4月1日付け、ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成19・03・20産局第1号）および革新的部材プログラム基本計画（平成19・03・19産局第4号）は、本イノベーションプログラム基本計画に統合することとし、廃止。

(IT イノベーションプログラム・エネルギーイノベーションプログラム・  
ナノテク・部材イノベーションプログラム)  
「低損失オプティカル新機能部材技術開発」基本計画

電子・材料・ナノテクノロジー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

我が国の部材産業は、国際的に高い技術力と競争力を有し、高信頼かつ高性能な部材を情報通信機器や自動車等の部品・組立産業等に広範に提供することで、川下産業の高い競争力を維持してきた。特にオプティカル部材に関しては情報機器、家電分野の競争優位性確保に大きく貢献している。また、今後の我が国経済を牽引する原動力として、情報家電や情報通信産業の持続的発展が重要であり、その鍵となる高度部材技術力の強化が必要である。本プロジェクトは、高効率・高機能な情報家電機器、情報通信機器の実現に不可欠な低損失オプティカル新機能部材技術を平成 22 年度までの確立を目標として、「IT イノベーションプログラム、エネルギーイノベーションプログラム及びナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環として実施する。

平成 17 年度に作成された経済産業省の「部材分野の技術戦略マップ」には、情報家電光学部材・ディスプレイ（液晶プロジェクトを含む）部材における光学機能膜、透明多機能膜の重要性が指摘されている。また、「情報経済・産業ビジョン」（平成 17 年 4 月、産業構造審議会情報経済分科会）においては、情報家電が、川上・川中の素材部材産業を牽引するとともに、新たな財・サービスを創出することの重要性が提言された。しかしながら、従来の光学素子は性能が材料の特性に依存しているため年々高まる装置側からの要求に応えることができなくなっており、低損失・高性能かつ安価な光学素子を実現するためのブレークスルーが不可欠である。動作原理に近接場光を用いる低損失オプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、超高品位ディスプレイなどの低損失、高性能なキーデバイスとなる。このため、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO 技術開発機構」という。）は、産学の科学的知見を結集して我が国が先進的に取り組んでいる近接場光の原理・効果によるナノフォトニクス技術を開発し、これを産業技術へ繋げていくと共に、社会の共通基盤として情報の整備、提供を通じて、行政、産業界、地域住民等の間で科学的知見に基づいた正確かつ適切な認識の醸成を図

る事業方針に基づき、以下のプロジェクトを実施する。

本プロジェクトでは、情報家電分野・光学部材ロードマップで示されている低損失偏光制御部材を中心として、動作原理に近接場光を用いる低損失オプティカル新機能部材の基盤技術、材料・加工技術、光学特性評価技術の開発を行うことを目的とする。

本技術の確立により、新規偏光制御部材等の低損失オプティカル新機能部材だけではなく、近接場光を信号キャリアとする超小型光論理ゲート素子等を用いた大規模集積化光回路デバイスなど、将来幅広い産業分野で利用できる共通基盤技術としての革新的光技術の形成が見込まれると共に、高機能・高効率民生機器・情報通信機器の産業競争力強化と新規産業創造に資する。のみならず、液晶プロジェクト等で利用される偏光板の効率向上により約 40%の消費電力低減に資する。

## (2) 研究開発の目標

共通基盤技術として、平成 22 年度までにナノ構造部材の設計・作製・評価技術を開発すると共に、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認する。

ナノ構造を用いた低損失偏光制御部材については、平成 20 年度までに透過率（光エネルギー効率）60%以上を可能とする各種要素技術を開発し、その中から要素技術を取捨選択融合して、平成 22 年度までに、赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率 75%以上、消光比 1:2000 (33dB)が得られることを実証する。

## (3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

- ①基盤技術研究開発
- ②ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発

## 2. 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDO技術開発機構が、単独ないし複数の原則、本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得

の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。) から公募によって研究開発実施者を選定後、共同研究契約等を締結する研究体を構築し、委託して実施する。

共同研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究体にはNEDO技術開発機構が委託先決定後に指名する研究開発責任者(プロジェクトリーダー)を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

## (2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、技術検討委員会等、外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

## 3. 研究開発の実施期間

研究開発の期間は、平成18年度から22年度までの5年間とする。

## 4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成20年度、事後評価を平成23年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえて必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直しするものとする。

## 5. その他の重要事項

### (1) 研究開発成果の取扱い

#### ① 成果の普及

得られた研究成果のうち、下記共通基盤技術に係る研究開発成果については、NEDO技術開発機構、実施者とも普及に努めるものとする。

##### a) 実現手法の確立、体系的整理

- ・ 立体的なナノ構造部材の加工技術
- ・ ナノ構造部材用原盤のナノ加工技術

- ・伝搬光と近接場光間のインターフェイス技術
- b) 新たな特性データの取得・整備
  - ・ナノ構造と光学特性データ取得
- c) 試験・評価方法、ツールの提供
  - ・ナノ構造体間の近接場相互作用のシミュレーション法
  - ・ナノ構造部材における近接場光測定法
- d) 標準（デファクトスタンダードを含む）への提案、取得
  - ・ナノ加工精度評価法の標準化

### ②知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準情報（TR）制度への提案等を積極的に行う。

### ③知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて受託先に帰属させることとする。

## (2) 基本計画の変更

NEDO技術開発機構は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

## (3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号ハに基づき実施する。

## 6. 基本計画の改定履歴

- (1) 平成18年3月、制定。
- (2) 平成20年7月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。

## (別紙) 研究開発計画

### 研究開発項目①「基盤技術研究開発」

#### 1. 研究開発の必要性

動作原理に近接場光を用いる低損失オプティカル新機能部材を実現するには、光の波長以下の大きさをもつ超微細構造であること、立体構造であること、加工材料が半導体、金属、有機金属等であること等を考慮して、低損失オプティカル新機能部材を設計する技術、作製する技術、その性能の評価技術が不可欠である。

まず、超微細かつ立体的構造体に係わり近接場光が発現する機能をナノメートル領域から、光学部材として利用可能なミリ・センチメートル程度の領域まで包括して取り扱うシミュレーション技術が必要である。作製のためには、既存の微細加工技術では必ずしも容易ではないナノ精度での加工を、複数の材料に対して高再現性かつ高歩留まりで実現する技術の開発が必要である。さらに作製したナノ構造部材の光学性能を定量的に評価する技術の開発が必要である。そして、開発した基盤技術の低損失オプティカル新機能部材への応用を検討し、本プロジェクトの目的である、高度部材技術力を強化する。

以上は次項の研究開発項目に共通する必須技術なので、それとは並列に川上のサイエンスからテクノロジーまで基盤評価技術として開発し、その研究開発の推進に供する必要がある。

#### 2. 研究開発の具体的内容

##### (1) ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術

ナノ構造体間の近接場相互作用の数値解析シミュレーション技術を開発し、低損失偏光板等、オプティカル新機能部材の基盤設計技術を開発する。

##### (2) ナノ構造部材作製技術

ナノ構造部材を微細加工で作製するために、電子ビーム露光技術、R I E 技術、M B E 技術、ウェットプロセス、多層化技術、近接場光加工技術や材料技術等を組み合わせたナノ構造作製技術を開発する。

##### (3) ナノ構造部材評価技術

ナノ構造部材に発現する近接場光の特性を理解するために、高分解能のラマン分光法等を開発し、プラズモンの状態を評価する技術を開発する。

##### (4) ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術

ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とするオプティカル新機能部材を検討し、機能を確認する。

### 3. 達成目標

- (1) 近接場光領域と伝搬光領域を統合した光学シミュレーション技術を開発し、低損失偏光板等、オプティカル新機能部材の基本となるナノ構造を基盤設計する。
- (2) 数十nmレベルの偏光板等、オプティカル新機能部材の仕様に対応した材料と加工精度のナノ構造部材作成技術を開発する。
- (3) 100nm以下の分解能を持つ二次元プラズモン評価技術を開発する。
- (4) 近接場光を信号キャリアとする、ナノ構造新機能部材への応用を検討し、平成20年度までに機能と構造を明確にし、平成22年度までにその機能確認を行う。

## 研究開発項目②「ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発」

### 1. 研究開発の必要性

液晶プロジェクタ等情報家電・ディスプレイ装置には小型・軽量化、高輝度・高コントラスト化、低消費電力化が求められており、それにはキーデバイスとして高透過率、高消光比、低光損失機能を有する偏光制御部材が不可欠である。

ところが、従来の偏光ビームスプリッタやナノワイヤグリッド等光学部材では、一方の直線偏光を透過し、他方を反射する偏光選択素子にすぎず、高効率化には両方の偏光を使うための光学系が必要で、プロジェクタの小型化、軽量化が困難となる。以上のように、従来の光学部材では限界があり、これらの要求に応える事が出来ない。

これを解決するために、ナノ領域での近接場光の特性を利用し、従来にない機能・性能を有する新規な低損失偏光部材の開発が必要である。このために、ナノ構造と近接場光の相互作用を解析し、これに基づき偏光制御部材の最適構造を設計し、これを作成する技術を開発する必要がある。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (1) ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術

研究開発項目①の「基盤技術研究開発」における近接場相互作用の数値解析シミュレーション技術を応用し、近接場相互作用によりナノ構造に生じる電気双極子の集合を近似的に表現するモデル化を行い、解析的手法に基づく局所領域の光学特性計算が可能な計算手法を開発し、偏光制御部材の材料、構成・構造、寸法等を最適設計する。

#### (2) ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術

電子ビーム露光・フォトリソグラフィ技術、RIE 技術、薄膜作製技術や材料技術などを組み合わせて、ナノ構造の偏光制御部材を作製し光学特性・機能を評価する。

### 3. 達成目標

(1) 低損失偏光制御部材における局所領域の光学特性計算手法を開発し、最適構造を設計する。

(2) 平成 20 年度までに、透過率(光エネルギー効率)60%以上を可能とする偏光制御部材の各種要素技術を開発する。その中から、要素技術を取捨選択融合し、平成 22 年度までに赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率 75%、消光比 1 : 2000(33dB)が得られる偏光制御部材を試作し、機能を実証する。



事前評価書

|  |  |                   |
|--|--|-------------------|
|  | 作成日  | 平成 17 年 12 月 16 日 |
| 1. 事業名称  | 低損失オプティカル新機能部材技術開発   |                   |
| 2. 推進部署名   | 電子・情報技術開発部   |                   |
| 3. 事業概要  | <p>(1) 概要</p> <p>動作原理にナノサイズ物質周辺に生じる光(近接場光)を用いるオプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、液晶プロジェクター・液晶ディスプレイなど情報家電の省エネルギー、高性能・高信頼化を図る上でのキーデバイスとなることが期待できる。本事業は、近接場光の原理・効果を応用した低損失オプティカル新機能部材技術を開発し、実用化の目処を得ることを目的とするものである。</p> <p>(2) 事業規模</p> <p>平成 18 年度事業費 5.4 億円</p> <p>(3) 事業期間</p> <p>平成 18 年度～22 年度 (5 年間)</p> |                   |
| 4. 評価の検討状況   |  |                   |
| <p>(1) 事業の位置づけ・必要性</p> <p>本事業は、部材分野の技術戦略マップで挙げられている、情報家電光学部材・ディスプレイ(液晶プロジェクタを含む)部材における光学機能膜、透明多機能膜の重要性に対応するものである。低損失オプティカル新機能部材によって、液晶プロジェクタ等の情報家電にとって欠くことのできない重要なオプティカル部材について、消費電力の低減等、その機能・特性を高度化させることが可能となる。具体的には高効率偏光素子、微小光学部材や、これら部材を複合化・集積化した小型・高機能オプティカル新機能部材の実現により、飛躍的な低消費電力化と小型・軽量化等が可能となる。さらに、近接場光を信号キャリアとする光スイッチを用いた大規模集積化光回路デバイスへの応用も期待される。</p> <p>本事業により、我が国が優位にある偏光板等のオプティカル部材産業の産業競争力の維持・向上に資するとともに、これら革新的部材テクノロジーの基盤的な研究開発は高機能・高効率民生機器・情報通信機器の実用化に必須である。</p> |  |                   |
| <p>(2) 研究開発目標の妥当性</p> <p>本事業は、近接場光を応用したナノフォトンクス技術により、情報家電・ディスプレイ(液晶プロジェクタを含む)部材における重要部材である光学機能膜、透明多機能膜の機</p>   |  |                   |

能、特性の向上を図り、従来に無い新規な低損失オプティカル新機能部材の実用化を目指すものである。さらに、光スイッチ材料・光通信用発光素子の低コスト生産などの周辺技術分野への応用も期待出来る。この成果によりこれらの産業に革新的な進歩をもたらすキーテクノロジーとして技術基盤を構築するとともに、産業技術への展開を図り、現在我が国が優位にある光技術分野での革新的部材産業技術をより強固なものとする事で、国際的な産業競争力の強化を図ることを目標とする。具体的な目標設定については、今後有識者ヒアリングなどで意見を聴取し、妥当性について検討を行う。

### (3) 研究開発マネジメント

公募を行い、最適な実施体制を構築する。また、プロジェクトリーダーを選定し、プロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的及び目標を踏まえ、予算配分や事業計画の策定・見直しを行う。さらに、必要に応じて、外部有識者の意見を運営管理に反映させる。研究開発開始後3年目に中間評価を予定しており、その結果も踏まえ、適切な運営管理に努める。

### (4) 研究開発成果

本技術を確立することにより、複合化・集積化した小型・高機能オプティカル新機能部材の実現が可能となり、さらに、光スイッチ材料・光通信用発光素子の高効率化などの周辺技術分野に及ぼす波及効果も大きいと見込まれる。現在、我が国が優位にある光技術分野での革新的産業技術をより強固にすることで、国際的な産業競争力の強化が期待できる。

### (5) 実用化・事業化の見通し

低損失オプティカル新機能部材の一つとして、偏光制御素子部材は、2010-2014年の5年間の市場規模 220 億円、本部材を用いた液晶プロジェクタを含めた波及効果として 9 兆円が予測されており、本事業においては、その投入費用に対して、非常に大きな効果が期待できる。

### (6) その他特記事項

#### 5. 総合評価

動作原理に近接場光を用いる低損失オプティカル新機能部材実現のための基盤技術については、将来の情報通信機器の低消費電力化及び高機能化等への対応、我が国産業競争力強化の観点から大きな意義を持っている。

本事業は、動作原理に近接場光を用いた低損失オプティカル新機能部材の実用化についてブレークスルーを図るもので、要素技術を確立し、それを実用化するまでには多額の資金と相当の期間が必要であると見込まれる。一方企業においては、競争が激しく、本事業のような革新的なテーマには着手できずにいる状況にある。

高度情報通信ネットワークを支える情報通信機器、機能部品に関する革新的な基礎・基盤的技術であること、市場規模が大きいことから、NEDO が実施する事業として、産学官の共同研究体制を構築しながら適切に進めることが重要である。