

「低損失オプティカル新機能部材技術開発」

事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
プロジェクト概要	2
評価概要（案）	8
評点結果	15

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「低損失オプティカル新機能部材技術開発」(事後評価)

分科会委員名簿

(平成23年9月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	やまもと まなぶ 山本 学	東京理科大学 基礎工学部 電子応用工学科 教授
分科会長 代理	ふくだ みつお 福田 光男	豊橋技術科学大学 大学院 工学研究科 電気・電子情報工学系 教授
委員	あらかわ こうへい 荒川 公平	株式会社 日本ゼオン 取締役常務執行役員 研究・知的財産担当
	かわた よしまさ 川田 善正	静岡大学 工学部 機械工学科 教授
	なかじま くにお 中島 邦雄	セイコーインスツル株式会社 技術本部 研究開発センター センター長
	ほり ひろかず 堀 裕和	山梨大学 大学院 医学工学総合研究部 教授

敬称略、五十音順

プロジェクト概要

		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 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (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 (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 株式会社リコー 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 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"> ・10数μmサイズのサンプルを試作するためのFIB装置を導入 ・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、ストリークカメラ)を導入 ・近接場プラズモン評価装置を導入 							
	<p>(2) 平成19年11月 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"> ・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 							
	<p>(3) 平成21年1月 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"> ・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)。 							
	<p>(4) 平成22年1月 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"> ・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 							
	<p>(5) 平成22年3月 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、小型プロジェクトやプロジェクト搭載デジカメ等、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"> ・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 <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。</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た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、伝播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/SiO₂/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、SiO₂ 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(つづき)	<p>4) ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術 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。 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。 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 1) ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術 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。 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 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(うち国際出願 7 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。

技術分野全体での位置づけ

(分科会資料6-1より抜粋)

I. 事業の位置づけ・必要性
事業原簿 P I-1,2

政策上の位置付け

公開

経済産業省 研究開発プログラム(PG)「ITイノベーションPG」、「エネルギーイノベーションPG」及び「ナノテク・部材イノベーションPG」の1テーマとして実施

産業技術政策	第3期科学技術基本計画(2006)	■情報通信分野は、研究開発の重点推進4分野(ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテク・材料)の1つに位置づけられている。
	新産業創造戦略(2005)	■情報家電分野は、重点的に育成する戦略7分野の1つに位置づけられている。

経済産業省研究開発プログラム

ITイノベーションプログラム

目的: 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。

I. ITコア技術の革新 [iii] 光技術の革新利用

低損失オプティカル新機能部材技術開発

エネルギーイノベーションプログラム

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。(中略) 以下に5つの政策の柱に目的を示す。

- I. 総合エネルギー効率の向上
- II. 運輸部門の燃料多様化
- III. 新エネルギー等の開発・導入促進
- IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保
- V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

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

低損失オプティカル新機能部材技術開発

ナノテク・部材イノベーションプログラム

目的: 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開発するとともに、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。

II. 情報通信領域

低損失オプティカル新機能部材技術開発

低損失オプティカル新機能部材技術開発プロジェクト 事後評価第1回分科会(平成23年9月30日)

[資料6-1] 3/19

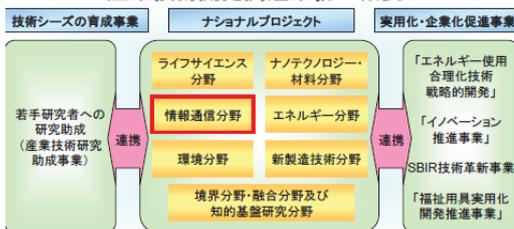
I. 事業の位置づけ・必要性
事業原簿 P I-3~5

NEDO中期目標における位置付け

公開

中期目標に掲げる「高度な情報通信社会の実現」、「IT産業の国際競争力強化」のため、情報通信分野におけるユーザビリティ技術の一環として実施

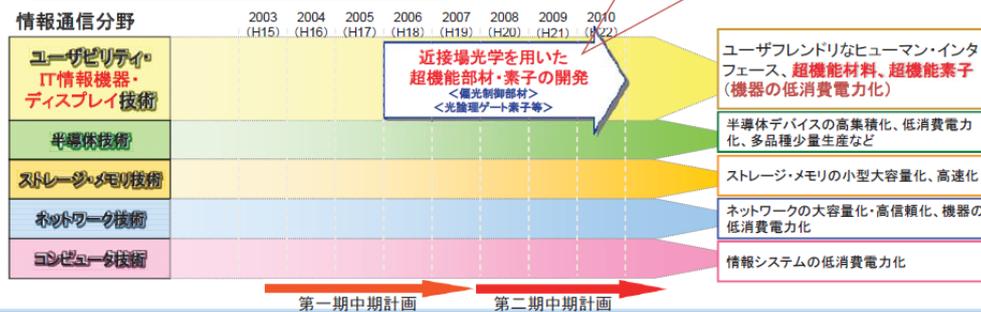
産業技術開発関連業務の概要



NEDO 中期目標 <情報通信分野>

- 誰もが自由な情報の発信・共有を通じて、個々の能力を創造的かつ最大限に発揮することが可能となる高度な情報通信(IT)社会を実現
- 我が国経済の牽引役としての産業発展を促進

本プロジェクト
「低損失オプティカル新機能部材技術開発」



低損失オプティカル新機能部材技術開発プロジェクト 事後評価第1回分科会(平成23年9月30日)

[資料6-1] 4/19

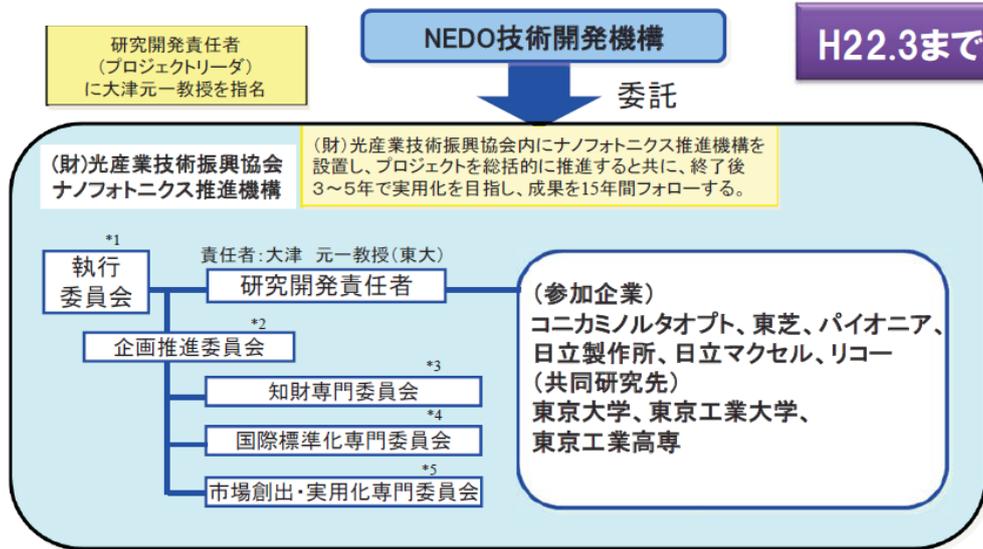
「低損失オプティカル新機能部材技術開発」

全体の研究開発実施体制

II. 研究開発マネジメント
事業原簿 P II-39~46

研究開発の実施体制(1)

公開



- *1: 参加企業の役員と研究開発責任者で構成し、技術の実用化に向けた活動方針を決定。
- *2: *3、*4、*5の委員会を通し、技術の実用化に向けた活動方針を策定。
- *3: 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を可能とするため、維持管理、ビジネスへの活用方針を検討。
- *4: 実用化にあたり、必要性を含めた標準化への取り組み方針を策定。
- *5: 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するか、また、どのようなニーズが要求されているかを検討。

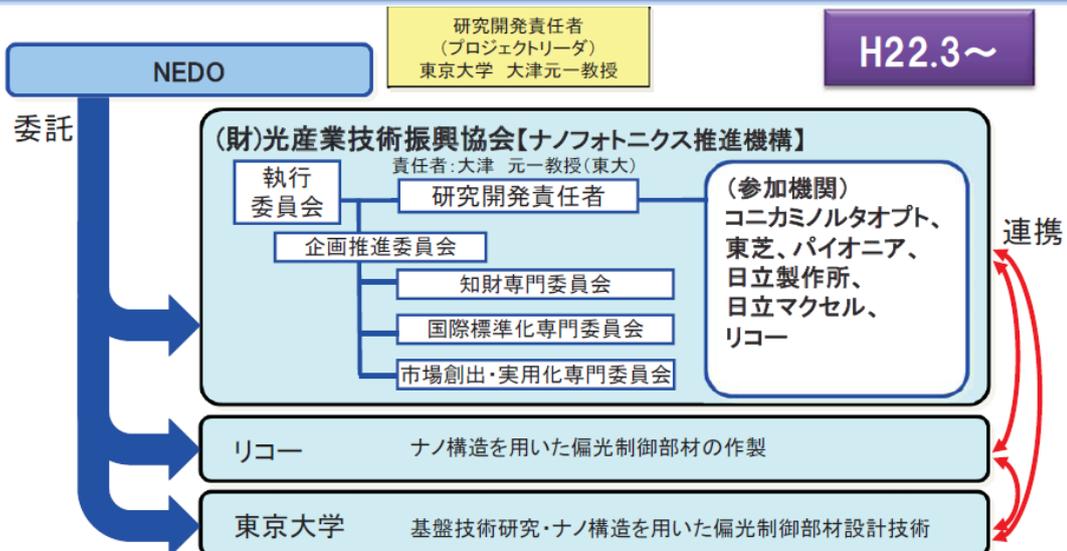
低損失オプティカル新機能部材技術開発プロジェクト 事後評価第1回分科会 (平成23年9月30日)

[資料6-1] 10/19

II. 研究開発マネジメント
事業原簿 II-39~46

研究開発の実施体制(2)

公開



- ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発の一部が目覚ましく躍進したことに伴い、より実用化に近い研究開発を実施するために、リコーを単独委託先に変更
- 大面積偏光制御部材の作製技術の確立に向けて、これまでの研究開発と連携する必要があるため、NEDOが(財)光産業技術振興協会、リコー、同協会の共同実施先であった東京大学と連名契約を締結
- 東京工業大学、東京工業高専は研究完了に伴い、共同研究を終了

低損失オプティカル新機能部材技術開発プロジェクト 事後評価第1回分科会 (平成23年9月30日)

[資料6-1] 11/19

「低損失オプティカル新機能部材技術開発」(事後評価)

評価概要(案)

1. 総論

1) 総合評価

本プロジェクトは、ナノフォトニクスという新規な分野での技術開発であり、設計技術からプロセスおよび評価技術まで総てにわたって新たに開発が必要な分野での技術開発と位置づけられる。ITイノベーション、エネルギーイノベーション、ナノテク・部材イノベーションプログラムのもとで、光電子融合系という、既存の科学技術体系から見ればはかなり難易度の高い課題に、我が国の科学技術の独自性と先進性の観点から、喫緊の重要性を見出し、さらに達成可能性を妥当に評価して、NEDO、光産業技術振興協会、東大、企業がまとまり、進捗管理の定例実施や各企業へのヒアリングによる事業化の確認、課題、国への要望事項等を把握、解決しながらプロジェクトの推進と加速およびとりまとめを行っており、マネジメントについては、高く評価される。

新しいナノフォトニクスの構造の提案、プロセスの提案、原理確認等の技術的底上げ、FDTDの精度向上、近接場光による全光論理回路の実証など、極めて優れた成果をあげている。これらの開発された技術は、学術的のみならず、産業界へ与える影響も大きいと評価できる。新規デバイス、部材の実現と新たな事業領域を開拓するものであり、広く産業分野への応用展開が期待できる日本発の競争優位技術の可能性が高く、その成果は高く評価できる。また、従来のNEDOプロジェクトに比べ企業が明確な事業化計画を提示しており、実用化の内容も評価できる。

しかしながら、実用化応用例のひとつである液晶プロジェクターに関しては、市場に受け入れられるためにユーザー目線が重要であり、コストとパフォーマンスは市場から冷静に評価されることから、事業化に至るコストパフォーマンスを含めた量産化技術の課題や開発したデバイスの優位性を明確にすべきである。

2) 今後に対する提言

事業化にあたっての課題は、安定的な製造技術の確立によるコスト低減だと考えられる。産官学連携の中で解決すべき課題であり、明確なビジョンを設定して、効率的な研究開発の仕組みと実施が必要である。また、論理ゲートの成果の具体化など革新的な成果の適用領域を広げるため、本事業終了後のフォローアップをさらに充実すべきである。

さらに、近接場光学を利用した技術でないと実現できないデバイス、応用分野を探索することが必要であるが、技術の肝はブラックボックス化によってオープンにせず、コンソーシアムを形成して、出口製品のアイデアを募ると共に開発をオー

ブイノベーションを進めることも重要かと考える。

また、今後の産業基盤としての普及活動の継続的展開が極めて重要であると考え。NEDO 講座は産官学連携で、近接場光関連技術研究者や技術者を増やし、日本全体の関連技術者の育成に繋がっている。今後もこのような取り組みを実施・継続して、研究者、技術者の裾野を広げていくことが、日本の技術強化、発展に繋がっていく。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

本事業は、新たな近接場光の原理／効果を用いる部材開発という世界に先駆けた極めて重大な科学技術基盤が開拓された点から、IT イノベーション、エネルギーイノベーション、ナノテク・部材イノベーションプログラムの政策の下での施策・制度の目標達成に極めて大きな寄与をもたらすものと考えられる。光特性を決定する材料物性だけではなく、回折限界を超えたナノメートル領域の光と電子系の相互作用で構成するという科学技術的発想の転換をもたらす部材の開発は、日本発の優位技術を産業応用展開させることができ、日本の国際競争力を向上させる分野である。また、ナノフォトニクスのような新規な分野での技術開発および製品開発は学術界のみまたは産業界のみで確立できる課題ではなく、本研究が産学連携の中で NEDO の事業として行われたことは妥当である。

しかしながら、プロジェクターへの適用に対する見通し、市場動向調査あるいは国内外の技術動向調査に不十分な点が残されている。

2) 研究開発マネジメントについて

幅広い分野で応用展開が期待でき、世界をリードできる技術の実用化で近接場光学を利用した新しい原理に基づく、デバイスの開発目標は目標値が定量的かつ戦略的に設定されている。また、技術的に最先端の大学および企業が集結して研究開発を行っており、目標に対しての体制は妥当と考える。

さらに設定された開発技術項目は新しい学術分野のものであり、十分挑戦的であるにもかかわらず、詳細な研究開発計画が示されていること、研究開発の上流から下流まで一貫した開発計画で実施されていること等を勘案すると、研究開発マネジメントは妥当であると考え。

しかし、事業化をターゲットとしているため目標設定は難しいことは考慮できるが、現在の厳しい社会環境では、研究のスタート時に従来技術や競合優位性をしっかり調査し、誰に対しても優位性を明確にできる目標とそれを達成するための課題の抽出が必須である。今後、製品化に向けた生産技術の開発と同時に、マーケティングまで含めた事業戦略等がもう少し詳細に検討されるべきである。

3) 研究開発成果について

本研究の成果は当初目標をクリアし、世界最高水準と考える。本事業で開発され

た成果は世界的に最先端で普遍的なものが多く、近接場光学を利用しなければ実現できないデバイス応用を見つければ、ナノフォトニクス分野の市場の創造へ結びつく可能性が高い。また、シミュレーション技術のブラックボックス化や特許網形成は、研究の進め方として妥当である。本課題の極めて多くの研究開発内容が、独自の着想や技術開発に基づき、論文として適切に発表されている。日本発、外国技術を使っていない技術から特許権利化に重点を置いて実施した点など、評価できる成果と判断する。

しかしながら、数値目標を提示していた透過率 75%、1:2000 の消光比の試作と機能実証については、大震災の影響があったとは考慮されるが、シミュレーションのみであり、RGB で 75% と言っている目標については未達である。達成までは若干の時間を要するであろう。

4) 実用化、事業化の見通しについて

新技術による新たな市場開拓の期待が大きい。特に基盤技術である設計シミュレーション技術およびプロセス技術等は普遍的なものであり、ナノ領域で設計制御される新光電子融合機能の産業応用として長期的視野で新しい可能性を示しており、関連分野への極めて大きな波及効果が期待される。NEDO 講座は、ナノフォトニクス分野の研究者、技術者の裾野を広げる啓蒙活動、人材育成等へ大きく貢献している。また、従来の NEDO プロジェクトに比べ企業が明確な事業化計画を提示しており、実用化の内容も評価できる。

しかしながら、液晶プロジェクターへの適用可能性については、どのように現状の偏光板を置き換えるのかのプロセスが明確でない。あくまでもユーザー目線での現状のデバイスに対する優位性など事業化までのシナリオ、経済効果あるいは実用化に向けた課題が若干明確になっていない。

非常にコンパクトな構成で高効率な偏光板が実現できるので、その適用分野を探索する必要がある。

個別テーマに関する評価

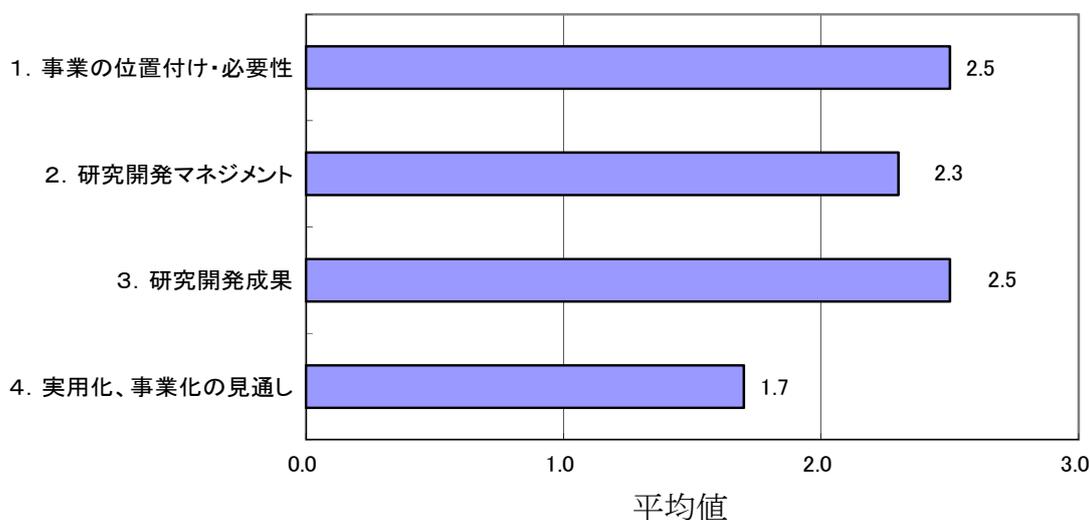
	成果に関する評価	実用化(、事業化)の見通しに関する評価	今後に対する提言
基盤技術研究開発	<p>研究の成果は新技術の開拓とその実用化過程までも包含する内容であり、高く評価できる。当初期待された研究成果、目標をクリアしている。</p> <p>ファーフィールドからナノフィールドを連結したシミュレーション技術の確立は実用的であり、ナノ領域で従来に比較して大幅に精度が向上し今後のナノフォトニクス分野での汎用的な設計ツールとして広く活用されると考えられる。ナノ構造部材作製技術目標値である数十 nm 以下の精度で材料を加工する技術が開発され、本技術を空間的に位置制御可能な量子ドットの作製技術にまで展開し、量子ドットデ</p>	<p>これら技術の実用化については、それぞれフェーズが異なっているものの、出口のイメージは明確であり、それぞれマイルストーンを設定して適切に開発を進めている。個々の技術についてはナノフォトニクス分野で基盤となるものであり、関連分野への波及効果は十分に期待できる。シミュレーション技術により、まったく新規な構造体で偏光変換できることを突き止めたことにより、未知の応用分野が広がる可能性があるなど、その応用である偏光制御部材事業化に必要なツールと判断できる。</p> <p>また、多様な広報活動および技術者養成講座等による啓発活動も行っており、光系と電子系とを融合する大きな波及効果をもたらすものと評価される。</p>	<p>近接場領域と伝播光領域を一括して扱えるシミュレーション技術開発の意義は大きく、定量的なシミュレーションの精度向上に向けた技術開発とともに、真の意味での改良が継続的に実施されることを大いに期待する</p> <p>ナノ構造部材作製技術については、再現性の確認および大面積ウエハでの製造技術への展開を期待する。</p> <p>また、製造プロセスを考えると、相当のコスト高になり、もっと簡便なプロセスの提案が必要である。さらに、ロバスト性も確認する必要がある。</p> <p>評価技術は、技術の普及とともに、新しい多様な計測評価技術やバイプロダクトとしての事</p>

	<p>バイスの実用化の可能性を示し、ナノ構造部材評価技術についても、特に高分解能ナノプローブの性能は世界的に傑出しており、目標を達成している。近接場光を信号キャリアとして量子ドットを用いた光論理ゲート素子を世界初の室温動作を実現させた意義は世界的に大きい。また、知財についても戦略的に特許網形成が進んでいる。</p> <p>しかしながら、作成したシミュレーション精度検証や、ナノ構造部材評価技術での実用性の観点からの測定時間の短縮や再現性の取り組みが必要である。</p>	<p>しかしながら、低損失オプティカル新材料という観点では、現状に対する優位性があまり明確でなく、従来品を凌駕した出口イメージが持てない。技術の適用領域の拡大などの観点で、新たなアプリケーションの開拓が必要であり、それに関する技術課題を明確にする必要がある。</p> <p>近接場光による全光論理回路の実証は、本プロジェクトが先駆的な研究であり、非常に興味深い技術である。実用化可能性に向けて進めてほしい。</p>	<p>業化を視野に検討を進めるべきである。</p> <p>論理ゲートは大きな研究成果であり、世界的に見ても最先端なものであるが、未だ基本技術であり今回の成果のままでは実用化は困難であろうが、波及技術も含めて、産学連携の高度な学術研究と技術開発体制のもとに、強力かつ継続的に研究開発事業を展開していただきたい。</p>
<p>ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発</p>	<p>偏光制御部材設計技術では、FDTD シミュレーター+遺伝的アルゴリズムの手法等で、数値目標である透過率 75%以上、消光比 1:2000 を上回る構</p>	<p>光近接場を通じてのナノ物質構造間の相互作用のシミュレーションはナノ材料の形状とサイズに依存する光物性値等の最適化を行うことによって、実用レベルの設計機能を備えた</p>	<p>開発できたナノ構造部材の試作とその評価をさらに緊密な連携をとって、シミュレーターの諸元の調整と改良を行い、設計精度向上を継続的に進め、近接</p>

	<p>造を提示している。また、ナノ構造を用いた偏光部材の作製技術を開発し、ナノスケール部材の作製を 10mm角の面積ウエハで実現しているなどの技術は世界最高水準である。また、高い加工精度を実現しており、基盤技術として波及効果が期待できる。</p> <p>しかしながら、偏光制御部材作製技術では、作製に必要な要素技術の確認ができたことについては評価できるが、数値目標である透過率 75%以上、消光比 1:2000 以上の試作、機能確認は達成できたとは判断しがたい。</p>	<p>シミュレーターとして完成されるものと期待される。また、10nm 以下の精度で幅、高さを制御する微細加工技術は、汎用性が高く様々な波及効果、応用分野が期待できる。世界的にも例を見ない、ナノ構造を用いた新機能部材の特色が十分発揮される製品開発が進めば、光制御の領域のみならず、関連分野へのおおきな波及効果をもたらすものであると予想される。</p> <p>しかしながら、プロジェクター用偏光素子については、従来技術を過少に評価しているため、目標そのものが事業化と言う観点で現実的ではなく、少なくとも現行品を凌駕するデータは示されなかった。今後、製品の性能について、競合技術との比較等を明確にし、事業化のための量産技術、市場の規模や成長性、コストダウンといった観点からの検討が重要である。</p>	<p>場光相互作用の設計技術として完成度を高め、ナノフォトン分野で本技術が普遍的な技術となるまで熟成されることを期待する。</p> <p>微細加工技術は、今後の基盤技術として非常に重要であるので、さらなる進展を目指し、本事業で開発した技術をナノスケールでなくては実現できないデバイス開発へ展開されることを期待したい。</p> <p>また、ナノ半導体構造等の光論理ゲートなどとの組み合わせによる機能部材の設計も視野に入れ、世界をリードし続ける展開を行っていただきたい。</p> <p>今後の課題は安定的な製造技術の確立によるコスト低減であると考えられる。どのような手段で 10nm 以下の線幅、高さ精度を保証し、低コストを実現していくのかである。プロジェク</p>
--	---	---	---

			<p>ト終了後に対する産官学連携の仕組み構築が必要だと感じる。</p> <p>また、事業化を確実に進めるとともに、新たな事業領域の拡大を進めてほしい。出口については現段階で想像もしないような、アイデアが出る可能性があり、構造やシミュレーション技術等は開示しないものの、得られた基本性能については、オープンにして、出口のアイデアが出やすい仕組みを作ることも必要である。</p>
--	--	--	---

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)					
1. 事業の位置付け・必要性について	2.5	A	A	A	A	B	C
2. 研究開発マネジメントについて	2.3	A	A	A	A	B	D
3. 研究開発成果について	2.5	A	B	A	A	B	B
4. 実用化、事業化の見通しについて	1.7	B	B	A	B	C	D

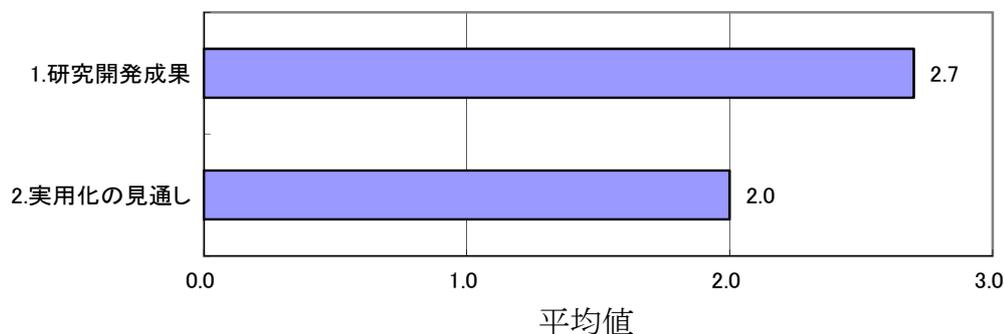
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

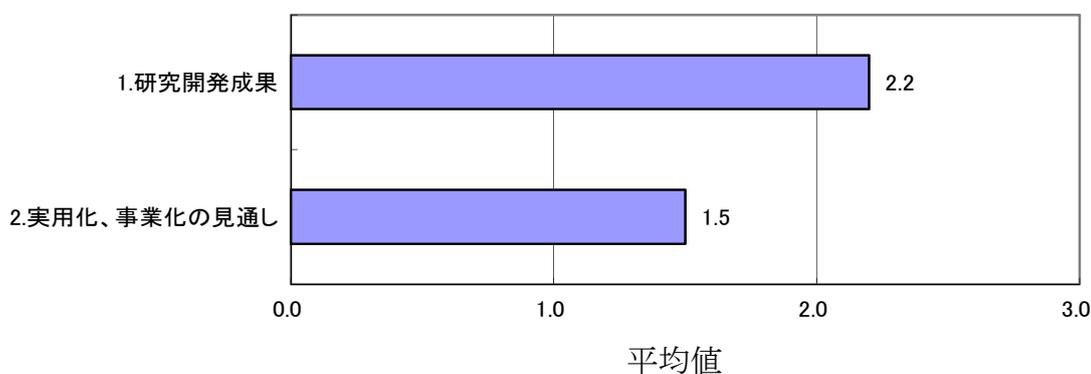
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

評点結果〔個別テーマ〕

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



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
基盤技術研究開発									
1. 研究開発成果について	2.7	A	A	A	A	C	A		
2. 実用化の見通しについて	2.0	B	B	A	B	B	C		
ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発									
1. 研究開発成果について	2.2	A	B	A	A	C	C		
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.5	B	B	B	B	C	D		

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について

- ・非常によい
- ・よい
- ・概ね適切
- ・適切とはいえない

2. 実用化（、事業化）の見通しについて

- A ・明確
- B ・妥当
- C ・概ね妥当であるが、課題あり
- D ・見通しが不明