

添付資料

・イノベーションプログラム基本計画

(別 添)

平成20・03・27産局第1号

平成20年4月1日

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社会の基礎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以下）
- ・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]

－ 中 略 －

II. 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）

①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。

②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。

③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）

①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。

②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。

③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）

①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。

②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。

③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）

①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。

②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。

③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）

①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。

②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。

③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）

①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。

②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

③研究開発期間

2007年度～2011年度

— 中 略 —

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。

【プロジェクト等間の連携について】

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】

・グラント事業

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、各種フェロシップ制度を活用しつつ、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。

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、他国の追従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]

I. 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）

①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。

②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。

③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）

①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Ⅰ）

○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Ⅱ）について提案公募を実施する。

②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。

③研究開発期間

2005年度～2011年度

II. 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

①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。

②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。

③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）

①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。

②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

③研究開発期間

2007年度～2011年度

－ 中 略 －

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り組みが重要である。

- ・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・技術を統括できる人材」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。

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-I. 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-II. 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-III. 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-IV. 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CO₂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-V. 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-I. 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-II. 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-III. 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-IV. 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-V. 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-I. 総合エネルギー効率の向上

－ 中 略 －

4-I-vi. 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）

①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。

②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。

③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）

①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。

②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（Ga₂N、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

③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）

①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以下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。

②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。

③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）

①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。

②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。

③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）

①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。

②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。

③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）

①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。

②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。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

－ 中 略 －

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）

5-1. 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-Ⅱ. 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-Ⅲ. 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-Ⅳ. 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-Ⅴ. 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。

・プロジェクト基本計画

(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・ITイノベーションプログラム)

「ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発
—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」基本計画

ナノテクノロジー・材料技術開発部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

エネルギー資源の約8割を海外に依存する我が国にとって、これを効率的に利用すること、即ち「省エネルギー」を図ることは、エネルギー政策上の重要な課題である。このため更なる省エネルギー技術の開発・導入を進め、もって我が国におけるエネルギーの安定供給の確保を図ることを目的とする「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として本プロジェクトを実施する。

また21世紀の革新的技術として、情報、環境、安全・安心、エネルギー等の広範な分野の基盤技術である材料技術を根幹から変貌させることが期待されるナノテクノロジー（物質の構造をナノレベルで制御することにより、機能・特性の向上や新機能の発現を図る材料技術）の基盤技術を構築することを目的とする「ナノテク・部材イノベーションプログラム」及び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「ITイノベーションプログラム」の一環としても本プロジェクトを実施する。

高周波デバイス、パワーデバイス等の高性能電子デバイスは、今後の21世紀社会を支える情報家電、コンピュータ、情報通信機器のみならず自動車、医療機器など極めて広範な分野の製品の高機能化や制御を実現する中核的役割を果たす存在であり、それを実現する材料として窒化物半導体に大きな期待が寄せられている。

しかしながら既存のバルク半導体単結晶成長技術やエピタキシャル成長技術は限界に達し、これらデバイス用に十分な品質の結晶作製に対応できず、その実用化に大きな制約となっている。

このため本プロジェクトでは従来の半導体材料では実現できない領域で動作可能なハイパワー・超高効率の電力素子、超高速電子素子などの作製に必要な窒化物半導体結晶成長技術の確立を目指し、

- ① 高品質大口径単結晶基板の開発
- ② 高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発
- ③ 窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの作製と評価

に取り組むことにより、我が国のエネルギー消費量削減に大きく貢献することを目的とする。

(2) 研究開発の目標

- ① 高品質大口径単結晶基板の開発

中間目標：平成21年度

2インチ単結晶有極性面、及び無極性面の最適育成条件の検討を行い、前者では転位密度 $<10^5\text{cm}^{-2}$ 、後者では転位密度 $<10^6\text{cm}^{-2}$ の基板を実現する。またそれらの伝導度制御として、導電性基板では比抵抗 $<10^{-1}\Omega\cdot\text{cm}$ 、高抵抗基板では比抵抗 $>10^5\Omega\cdot\text{cm}$ の基板を実現する。同時に3インチ及び4インチ結晶大型化に必要な要素技術を明らかにする。

最終目標：平成23年度

4インチ有極性単結晶基板、及び3～4インチ無極性単結晶基板を実現し、前者では転位密度 $<5\times 10^3\text{cm}^{-2}$ 、後者では転位密度 $<10^5\text{cm}^{-2}$ 、積層欠陥密度 $<10^3\text{cm}^{-1}$ の特性を得る。また、それらの伝導度制御として、導電性基板では比抵抗 $<10^{-2}\Omega\cdot\text{cm}$ 、高抵抗基板では比抵抗 $>10^6\Omega\cdot\text{cm}$ の特性を得る。

② 高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発

中間目標：平成21年度

高品質大口径ウエハのエピタキシャル成長のための要素技術を開発するとともに、口径2インチの有極性、及び無極性窒化物半導体バルク基板上において、以下の低欠陥高品質 GaN 及び混晶エピ層を実現する。

AlGa_xN、及び InGa_xN 混晶エピ成長層において、Al 又は In 組成 $0.5\geq x\geq 0.2$ で

転位密度 $<10^8\text{cm}^{-2}$

ドーピング不純物濃度 N型 $>10^{18}\text{cm}^{-3}$ P型 $>10^{17}\text{cm}^{-3}$

面内均一度：厚み $\pm 5\%$ 、組成： $\pm 5\%$ 、ドーピング不純物濃度 $\pm 10\%$

また、GaN ホモエピ成長層において、

残留ドナー濃度 $<5\times 10^{15}/\text{cm}^3$ 、

転位密度：有極性基板上で $<10^5\text{cm}^{-2}$ 、無極性基板上で $<10^6\text{cm}^{-2}$

面内均一度：厚み $\pm 5\%$ 、ドーピング不純物濃度 $\pm 10\%$ 、ドーピング精度 $\pm 20\%$

最終目標：平成23年度

無欠陥ヘテロ接合構造を実現するために、高品質、高導電性制御されたエピタキシャル成長法を開発し、口径4インチの有極性、及び口径3～4インチの無極性窒化物半導体バルク基板上において、以下の低欠陥高品質 GaN、及び混晶エピ層を実現する。

AlGa_xN、及び InGa_xN 混晶エピ成長層において、Al 又は In 組成 $1\geq x\geq 0.5$ で

転位密度 $<10^6\text{cm}^{-2}$

ドーピング不純物濃度 N型 $>10^{18}\text{cm}^{-3}$ P型 $>10^{17}\text{cm}^{-3}$

面内均一度：厚み $\pm 5\%$ 、組成： $\pm 5\%$ 、ドーピング不純物濃度 $\pm 10\%$

また、GaN ホモエピ成長層において

残留ドナー濃度 $<10^{15}/\text{cm}^3$

転位密度：有極性基板上で $<5\times 10^3\text{cm}^{-2}$ 、無極性基板上で $<10^5\text{cm}^{-2}$

面内均一度：厚み $\pm 5\%$ 、ドーピング不純物濃度 $\pm 10\%$ 、ドーピング精度 $\pm 20\%$

また、上記エピ層からなる窒化物半導体ヘテロ構造において

2次元電子ガス移動度 $>2,500\text{cm}^2/\text{Vs}$

③ 窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの評価

中間目標：平成21年度

- ・窒化物単結晶基板上 FET と他種基板上 FET の特性の差違、及びその利害得失の明確化
- ・基板/エピ層の品質とデバイス特性との関係の明確化と課題①、②へのフィードバック

最終目標：平成 23 年度

- ・有極性単結晶基板上 FET と無極性単結晶基板上 FET の特性の差違、及びその利害得失の明確化
- ・広い混晶組成範囲における耐圧と結晶欠陥の相関の明確化と課題①、②へのフィードバック

(3) 研究開発内容

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委託により実施する。

- ① 高品質大口径単結晶基板の開発
- ② 高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発
- ③ 窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの評価

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、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。）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し実施する。

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、経済産業省および研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的および目標、並びに、本研究開発の目的およ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、必要に応じて設置される技術検討委員会等における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

本研究開発の期間は、平成 19 年度から平成 23 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、技術的および政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義なら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 21 年度、事後評価を平成 24 年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ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、適宜見直すものとする。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

・共通基盤技術の形成に資する成果の普及

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。

・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26条の規定等に基づき、原則として、すべて委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、第三者の視点からの評価結果、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2号に基づき実施する。

(4) その他

本研究によって得られたあらゆる知的財産、また本研究の過程または成果に基づき開発したプログラム、サンプルもしくは装置などの成果物について、本プロジェクト外（国内外）への供試・開示については、事前にプロジェクトリーダーとNEDO技術開発機構に連絡する。

その際にNEDO技術開発機構が申請書の提出を求めた場合は、これに応じ速やかに提出する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成19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 高品質大口径単結晶基板の開発

1. 研究開発の必要性

低損失で高出力の電子デバイスとして期待される窒化物半導体ウェハは、現在 GaN 系ヘテロ構造が Si や SiC 等の異種基板上に作製されている。このため電子デバイス構造としては横型に限定される上に大きな格子不整合によりデバイス内部に多数の欠陥が発生し、耐圧、オン抵抗等のデバイス特性についても物性値から期待されるような十分な特性は得られていない。また電源などで重要なノーマリオフ動作についても実用的な高出力デバイスとしては実現されていない。

このような問題を解決するためには、本質的に結晶構造が等価で格子整合する高品質窒化物単結晶の有極性、或いは無極性基板上にデバイス構造を成長・作製することが必要不可欠である。また、横型デバイス用の高抵抗ウェハ、縦型デバイス用の低抵抗ウェハ実現に向けて、単結晶基板の伝導度制御技術の確立が重要となる。

窒化物単結晶基板を成長するには HVPE 法や Na 系フラックス溶液成長法、昇華法等が知られているが、現状電子デバイス用の高品位な結晶性を持つ大口径単結晶基板の育成は実現されていない。そこで本研究開発では、窒化物半導体電子デバイス作製に必要とされる 4 インチ級の究極的高品質有極性バルク単結晶、及び無極性バルク単結晶を育成する技術を開発し、Si デバイスと同等、或いはそれ以上の安定性を有する高出力デバイスの実用化に資する。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 窒化物単結晶成長における基礎技術の検討

窒化物半導体バルク成長法における、成長初期過程制御技術、核発生制御技術等を最適化し、必要な有極性、及び無極性窒化物単結晶育成要素プロセスの開発を行う。

転位等の欠陥挙動を解明し、転位低減化、高品質化を図る。さらに 2～4 インチ級への大口径化、長尺化を検討し、大型単結晶育成に必要な要素技術を明らかにする。

(2) 大口径種結晶の開発

結晶成長に必要な種結晶として、格子整合が良く、4 インチ級の大口径が得られる有極性、及び無極性面成長と剥離に適した下地基板の選択を行い、大口径の数百 μm 厚結晶自立基板を作製する。V/III 比、成長温度などの成長条件の最適化、横方向成長等の結晶欠陥低減手法の導入、また成長の阻害となる不純物の低減など、表面性や結晶欠陥制御を検討して 2～4 インチ種結晶の実現を図る。

(3) 高導電性窒化物単結晶基板の開発

結晶の高品質化、大口径化を行うと同時に、固体、有機珪素化合物、ガスなどを用いて結晶への不純物添加を検討して、効率的なドーピング技術による導電性制御を行い、縦型デバイス動作に必要な低抵抗率の基板を実現する。

(4) 高抵抗化窒化物単結晶基板の開発

結晶の高品質化、大口径化を行うと同時に、炉環境の清浄化や原料高純度化などにより結晶への不

純物混入を極力低減して、単結晶の高純度化を図り、不純物キャリア濃度の低減による高抵抗化を目指す。また高純度化に加えて欠陥の低減、アクセプター性不純物の効果的ドーピングを検討し、添加元素の種類、添加量、添加条件などを最適化することにより直流から高周波迄の用途に適する均一で安定した高抵抗単結晶の基板を実現する。

3. 達成目標

中間目標

2インチ単結晶有極性面、及び無極性面の最適育成条件の検討を行い、前者では転位密度 $<10^5\text{cm}^{-2}$ 、後者では転位密度 $<10^6\text{cm}^{-2}$ の基板を実現する。また、それらの伝導度制御として、導電性基板では比抵抗 $<10^{-1}\Omega\cdot\text{cm}$ 、高抵抗基板では比抵抗 $>10^5\Omega\cdot\text{cm}$ の基板を実現する。同時に3インチ及び4インチ結晶大型化に必要な要素技術を明らかにする。

最終目標

4インチ有極性単結晶基板、及び3～4インチ無極性単結晶基板を実現し、前者では転位密度 $<5\times 10^3\text{cm}^{-2}$ 、後者では転位密度 $<10^5\text{cm}^{-2}$ 、積層欠陥密度 $<10^3\text{cm}^{-1}$ の特性を得る。また、それらの伝導度制御として、導電性基板では比抵抗 $<10^{-2}\Omega\cdot\text{cm}$ 、高抵抗基板では比抵抗 $>10^6\Omega\cdot\text{cm}$ の特性を得る。

1. 研究開発の必要性

化合物半導体エピ材料の特徴としては、ヘテロ接合を用いたデバイスを作製できることにあり、中でも窒化物は高速化、高出力化、高耐圧化、省エネ化などに優れた性能を発揮できる物性を有している。このような特性を実現するためには、これらデバイス構造中のチャンネル層やドリフト層を形成する薄膜成長技術、即ち結晶欠陥や残留キャリアの低減、ヘテロ接合界面でのキャリアの散乱を抑制するための界面組成急峻性や広い範囲での平坦性、多層構造はもちろんのこと、極めて薄いチャンネル層を作製するための組成や不純物濃度を原子層レベルで制御できる薄膜成長技術が必須である。加えて GaN-AlN-InN 系窒化物は、AlGaN や InGaN でも格子不整合が大きく、分極電界や転位、欠陥、クラックなどの問題が生じている。

自動車用インバータなどでは例えば、オン抵抗 $<1.5\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ 、耐圧 $>2\text{KV}$ で高 gm、かつノーマリオフ型等の省電力タイプの電子デバイスの実現が望まれている。しかし SiC や Si 基板上でのエピ成長ではヘテロエピタキシーの制約のため、デバイス特性からの要求品質或いは物性値から期待される特性を十分に満足する段階には未だ達しておらず、高機能の横型、及び縦型窒化物半導体電子デバイス実現のためには、今後窒化物単結晶基板上で AlN-GaN-InN の高範囲に渡る高品質大口径エピタキシャル混晶成長技術が必要である。

また、これら混晶成長に関して、高 In 組成領域では線欠陥、原料の気相反応に基づく反応物による点欠陥、成長中の熱分解が大きな問題であり、高 Al 組成領域では、酸素および炭素などの不純物の混入を抑制すると共に、効率の良いドーピング技術の開発によるキャリア濃度の向上が必須である。

更に、実用的な電子デバイス用エピタキシャルウェハとしては、厚みやキャリア濃度等のウェハ特性に関して、4 インチ級の大口径にわたる均一性が要求される。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 大口径基板上の高品質エピタキシャル結晶成長技術

課題①で開発された大口径高品質窒化物単結晶基板等を用い、4 インチ級の有極性、及び無極性窒化物半導体大口径基板上でのエピタキシャル成長に関して、転位等の結晶欠陥や残留キャリアを低減し、原子層レベルでの膜厚、平坦性、不純物を均一に制御する技術を開発するとともに、AlInN/TnGaN や AlGaN/InGaN などのヘテロ接合を実現する成長技術を開発する

(2) 高 In 組成窒化物層成長技術

有極性、及び無極性窒化物半導体基板上への高均一、高 In 組成 InGaN 層を用いた高品質電子デバイス用大口径ウェハの成長技術、および当該 InGaN 層への不純物高濃度ドーピング技術を開発する。

(3) 高 Al 組成窒化物層成長技術

有極性、及び無極性窒化物半導体基板上への高均一高 Al 組成 AlGaN 層を用いた高品質電子デバイス用大口径ウェハの成長技術、および当該 AlGaN 層への不純物高濃度ドーピング技術を開発する

(4) 結晶成長その場観察評価技術

3. 達成目標

中間目標

原子層レベルの膜成長過程をその場観察を駆使して計測し、高品質大口径ウエハの成長のための要素技術を開発するとともに、口径2インチの有極性、及び無極性窒化物半導体バルク基板上において、以下の低欠陥高品質 GaN、及び混晶エピ層を実現する。

AlGaIn、及び InGaIn 混晶エピ成長層において、Al 又は In 組成 $0.5 \geq x \geq 0.2$ で

転位密度 $< 10^8 \text{cm}^{-2}$

ドーピング不純物濃度 N 型 $> 10^{18} \text{cm}^{-3}$ P 型 $> 10^{17} \text{cm}^{-3}$

面内均一度：厚み $\pm 5\%$ 、組成： $\pm 5\%$ 、ドーピング不純物濃度 $\pm 10\%$

また、GaN ホモエピ成長層において、

残留ドナー濃度 $< 5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 、

転位密度：有極性基板上で $< 10^5 \text{cm}^{-2}$ 、無極性基板上で $< 10^6 \text{cm}^{-2}$

面内均一度：厚み $\pm 5\%$ 、ドーピング不純物濃度 $\pm 10\%$ 、ドーピング精度 $\pm 20\%$

最終目標

無欠陥ヘテロ接合構造を実現するために、高品質、高導電性制御されたエピタキシャル成長法を開発し、口径4インチの有極性、及び口径3〜4インチの無極性窒化物半導体バルク基板上において、以下の低欠陥高品質 GaN、及び混晶エピ層を実現する。

AlGaIn、及び InGaIn 混晶エピ成長層において、Al 又は In 組成 $1 \geq x \geq 0.5$ で

転位密度 $< 10^6 \text{cm}^{-2}$

ドーピング不純物濃度 N 型 $> 10^{18} \text{cm}^{-3}$ P 型 $> 10^{17} \text{cm}^{-3}$

面内均一度：厚み $\pm 5\%$ 、組成： $\pm 5\%$ 、ドーピング不純物濃度 $\pm 10\%$

また、GaN ホモエピ成長層において

残留ドナー濃度 $< 10^{15} / \text{cm}^3$

転位密度：有極性基板上で $< 5 \times 10^3 \text{cm}^{-2}$ 、無極性基板上で $< 10^5 \text{cm}^{-2}$

面内均一度：厚み $\pm 5\%$ 、ドーピング不純物濃度 $\pm 10\%$ 、ドーピング精度 $\pm 20\%$

また、上記エピ層からなる窒化物半導体ヘテロ構造において

2次元電子ガス移動度 $> 2,500 \text{cm}^2 / \text{Vs}$

研究開発項目 ③ 窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの評価

1. 研究開発の必要性

現在窒化物電子デバイスは、端緒についたばかりであり、実用化したデバイスはSiCなどの基板上に形成したGaNチャンネルを用いたFET構造のみである。その応用は2-5GHzの携帯電話基地局用の200-400W増幅器と30GHz帯の小型20W級増幅器に限定されている。窒化物系半導体が元来有する物性を考慮すると、今後はAlN-GaN-InN系材料を広範囲に自由に組み合わせたヘテロ接合トランジスタの実現が望まれ、その応用は高周波高出力ばかりでなく、高温動作デバイス、高耐圧デバイス、超高速デバイスなど、広い応用範囲が実現可能である。

例えば2-5GHzでは1kW以上の増幅器が実現可能となり、基地局ばかりでなく、固体デバイスを用いた超小型マイクロ波加熱（電子レンジ、半導体プロセス装置）、マイクロ波送電などに応用可能である。

またパワーエレクトロニクスにおいても、高電圧動作と高周波動作が同時に実現できるため、例えば数kW級のインバータ回路は、従来は周波数が低いためコイルやコンデンサが大型化し、モノリシック集積化が不可能であった。窒化物半導体を用いれば高電圧のまま高周波に対応可能であるためパワーエレクトロニクス機器の小型化を推進でき、エアコンなどの家電製品、情報家電、自動車におけるインバータの画期的な性能向上などその応用範囲は極めて広い。

このような電子デバイスを実現するためには、高品質窒化物半導体基板の開発、及び理論的に可能で現在までに検討されなかった新しいエピタキシャル成長技術・不純物ドーピング技術の開発をベースに、可能な限り広い範囲の組成のヘテロ接合構造や面方位の組み合わせによるデバイス構造を従来の異種基板上ウェハーや各種窒化物半導体ウェハー上に実際にデバイスレベルで試作して、高耐圧性、低損失性、高速性などの諸特性を比較・検証するとともに、その結果を課題①、②の基板・エピ開発にフィードバックすることが必要である。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 横型電子デバイスの評価

横型のパワー高周波素子、パワースイッチング素子を想定して、評価デバイスパターンを標準化し、エピ材料・構造・品質とデバイス特性との相関関係を、プロセス要因を極力排除した評価を通して検討する。

課題②で開発された大口径高品質窒化物エピタキシャルウェハー等を用い、簡素なソース/ゲート/ドレイン電極構造による評価トランジスタパターンにおいて、キャリア濃度特性、I-V特性、C-V特性などの基本特性評価を行う。また、ゲート長を短くした実用デバイスに近いFET構造において、耐圧、オン抵抗、リーク電流、高周波特性などより実際の特性の評価を行う。

(2) 縦型電子デバイスの評価

縦型のパワー高周波素子、パワースイッチング素子を想定して、評価デバイスパターンを標準化し、エピ材料・構造・品質とデバイス特性との相関関係を、プロセス要因を極力排除した評価を通して検討する。

課題②で開発された大口径高品質窒化物エピタキシャルウェハー等を用い、簡素なソース/ゲート/ドレイン電極構造による評価トランジスタパターンにおいて、キャリア濃度特性、I-V特性、C-V特性などの基本特性評価を行う。

(3) 窒化物単結晶基板上デバイスの優位性確認

窒化物単結晶基板上に成長したエピタキシャルウェハーをもとに、その上の各種デバイス特性を従来のサファイア、SiC等の基板上デバイスの特性と比較検討し、その優位性を確認する。

(4) 有極性、及び無極性デバイス構造の比較

有極性、及び無極性面方位をもつ高品質窒化物基板上に成長したエピタキシャルウェハーをもとに、その上の各種デバイス特性の比較検討を行う。電圧未印加時に電流の流れないエンハンスメント型の動作、電流コラプスを抑制した低オン抵抗化、高 In 系チャネル導入による高速化、高 Al バリア導入による高耐圧化など、将来の家電・通信・交通システムへの応用を目指したデバイス構造を試作・評価して、有極性面上と無極性面上での長所、短所を明確化し、それらのデバイス可能性を検討する。

3. 達成目標

窒化物半導体単結晶基板上、及びその無極性基板上の電子デバイスの有効性を確認すると共に、耐圧、オン抵抗等、それら電子デバイスの特性を阻害するウェハ欠陥の解明を行う。

中間目標

- ・窒化物単結晶基板上 FET と他種基板上 FET の特性の差違、及びその利害得失の明確化
- ・基板/エピ層の品質とデバイス特性との関係の明確化と課題①、②へのフィードバック

最終目標

- ・有極性単結晶基板上 FET と無極性単結晶基板上 FET の特性の差違、及びその利害得失の明確化
- ・広い混晶組成範囲における耐圧と結晶欠陥の相関の明確化と課題①、②へのフィードバック

・事前評価関連資料

事前評価書

	作成日	平成19年3月2日
1. 事業名称 (コード番号)	ナノエレクトロニクス半導体新材料・ナノデバイス新構造技術開発 ー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	
2. 推進部署名	ナノテクノロジー・材料技術開発部	
3. 事業概要	<p>(1) 概要 高周波デバイス、パワーデバイス等、今後の21世紀社会を支える重要半導体デバイスの飛躍的な性能向上と適用製品の消費電力削減を図るため、従来の半導体材料では実現できない領域で動作可能なハイパワー・超高効率の電力素子、超高速電子素子などの作製に必要な窒化物半導体結晶成長技術を開発する。現状技術では実現困難な電子デバイス用高品質大口径窒化物半導体バルク単結晶基板の作製技術および高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発を行う。また、これら窒化物単結晶基板上に作成した無極性構造の電子デバイスの評価を行う。</p> <p>(2) 事業規模：総事業費 30億円</p> <p>(3) 事業期間：平成19年度～23年度（5年間）</p>	

4. 評価の検討状況

(1) 事業の位置付け・必要性

① 事業の位置付け

本事業は、「第三期科学技術基本計画（H18.3）」、「エネルギー技術戦略の基本的考え方（H18.5）」、「新・国家エネルギー戦略（H18.5）」等における重要な省エネ技術としての位置付けを踏まえた事業である。

研究開発プログラムとしては「省エネルギープログラム」及び「ナノテクノロジープログラム」に位置付けられる。

② 事業の必要性

窒化物半導体は日本が強みを有する分野であるが、今後要求される情報通信の高速・大容量化や省エネに対応したデバイスを実現していくには、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対応できず限界に達している状況である。

総合科学技術会議「分野別推進戦略（H18.3）」や「エネルギー技術戦略の基本的考え方（H18.5）」にあるとおり、高性能デバイスは情報家電、コンピュータ、情報通信機器のみならず自動車、医療機器など極めて広範な分野の製品の高機能化や制御を実現する上で中核的役割を果たす存在であり、その実用化を図るうえで制約の一つとなっているのが高品質窒化物半導体結晶である。従ってこの作製技術を開発することは、民生、運輸、産業の各部門における省電力化に貢献することとなり、抜本的な省エネ対策強化を求められている現状において必要不可欠である。

なお、開発対象とする技術は民間各社が至近の実用化を狙って熾烈な競争を行っている現状の延長線上にある技術ではなく、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、装置メーカー等が連携して行う競争前段階の基盤技術であり、リスクも大きい。

従ってこれらの開発を効率的に行い、我が国化合物半導体産業の国際競争力を維持強化するという方針からも国からの一定の関与によって研究開発を推進することが是非共必要である。

(2) 研究開発目標の妥当性

<目標>

中間目標はH21年度、最終目標はH23年度末とする。

① 高品質大口径単結晶基板の開発

(中間目標)

- (1) 基板口径：2インチ
- (2) 転位密度：有極性基板 $<10^5\text{cm}^{-2}$ 、無極性基板 $<10^6\text{cm}^{-2}$
- (3) 抵抗率：導電性基板 $<10^{-1}\Omega\text{cm}$ 、高抵抗基板 $>10^5\Omega\text{cm}$
- (4) 結晶大型化（3～4"φ）に必要な要素技術の明確化

(最終目標)

- (1) 基板口径：3～4インチ

- (2) 転位密度：有極性基板 $<5 \times 10^3 \text{cm}^{-2}$ 、無極性基板 $<10^5 \text{cm}^{-2}$
- (3) 積層欠陥密度： $<10^3 \text{cm}^{-1}$
- (4) 抵抗率：導電性基板 $<10^{-2} \Omega \text{cm}$ 、高抵抗基板 $>10^6 \Omega \text{cm}$

② 高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発

(中間目標)

2 “ ϕ 窒化物単結晶有極性及び無極性バルク基板上エピ成長：

- (1) $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 及び $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 混晶
 - (i) 組成： $0.5 \geq x \geq 0.2$
 - (ii) 転位密度： $<10^8 \text{cm}^{-2}$
 - (iii) ドーピング不純物濃度：n型 $>10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、p型 $>10^{17} \text{cm}^{-3}$
 - (iv) 面内均一度：厚さ $\pm 5\%$ 、組成 $\pm 5\%$ 、ドーピング不純物濃度： $\pm 10\%$
- (2) GaNホモエピ層
 - (i) 残留ドナー濃度： $<5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$
 - (ii) 転位密度：有極性基板 $<10^5 \text{cm}^{-2}$ 、無極性基板 $<10^6 \text{cm}^{-2}$
 - (iii) 面内均一度：厚さ $\pm 5\%$ 、ドーピング不純物濃度 $\pm 10\%$
 - (iv) ドーピング精度： $\pm 20\%$

(最終目標)

3～4 “ ϕ 窒化物単結晶有極性及び無極性バルク基板上エピ製膜

- (1) $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 及び $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 混晶
 - (i) 組成： $1 \geq x \geq 0.5$
 - (ii) 転位密度： $<10^6 \text{cm}^{-2}$
 - (iii) ドーピング不純物濃度：n型 $>10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、p型 $>10^{17} \text{cm}^{-3}$
 - (iv) 面内均一度：厚さ $\pm 5\%$ 、組成 $\pm 5\%$ 、ドーピング不純物濃度： $\pm 10\%$
- (2) GaNホモエピ層
 - (i) 残留ドナー濃度： $<5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$
 - (ii) 転位密度：有極性基板 $<5 \times 10^3 \text{cm}^{-2}$ 、無極性基板 $<10^5 \text{cm}^{-2}$
 - (iii) 面内均一度：厚さ $\pm 5\%$ 、ドーピング不純物濃度 $\pm 10\%$
 - (iv) ドーピング精度： $\pm 20\%$
 - (v) 2次元電子ガス移動度： $>2,500 \text{cm}^2/\text{Vsec}$

③ 窒化物単結晶基板上電子デバイスの評価

(中間目標)

- (1) 窒化物単結晶基板上FETと他種基板上FETの特性の差異、及びその利害特質の明確化
- (2) 基板/エピ層の品質とデバイス特性との関係の明確化と項目①②へのフィードバック

(最終目標)

- (1) 有極性単結晶基板上FETと無極性単結晶基板上FETの特性の差異、及びその利害特性

の明確化

- (2) 広い混晶組成範囲における耐圧と結晶欠陥の相関の明確化と項目①②へのフィードバック

<妥当性>

目標として世界トップクラスの技術的に非常に高いレベルを狙っており、多大な産業上への効果が期待できるので妥当なところである。

(3) 研究開発マネジメント

公募により事業委託先を決定し最適な研究開発体制を構築する。プロジェクトリーダーを選定し、それを中心として運営する。また研究開発委員会を2～3回/年開催し、事業の進捗状況及び進め方について検討、管理していく。事業開始後3年目において中間評価を行い、その評価結果を踏まえ以降の事業の進め方について見直しを行う。

(4) 研究開発成果

本事業の成果として期待される高品質大口径窒化物単結晶基板上のAlGaInエピタキシャル成長技術を用いたパワーデバイスを応用したインバーターが実用化されることにより、生産現場および家庭で用いられる多くの小中出力の電気製品の低消費電力化や今後さらに需要が拡大すると考えられるハイブリッドカー電源システムの小型化が図られ、エネルギー消費量を大幅に削減することが可能となる。またInGaInエピタキシャル成長技術を用いた高周波デバイスが実用化されると、次世代携帯端末、車載用ミリ波・マイクロ波レーダ等での高効率化が図られ、省エネルギー・高性能・小型化が可能となる。

その他これらデバイスの応用分野を含め広範な領域での一層のエネルギー消費削減が実現されるので、本事業の寄与は非常に高いものが期待される。

(5) 実用化・事業化の見通し

実用化は2015年以降の見通しであるが、これによる省エネ効果（原油換算値）は2020年に130万kl/年（汎用インバーターにおけるGaIn化率50%を仮定）、2030年に300万kl/年（同85%）である。

(6) その他特記事項

特になし

5. 総合評価

NEDOの実施する事業として適切であると判断する

・特許論文リスト

年度毎の特許, 論文, 外部発表等リスト

高品質大口径単結晶基板の開発

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	日本碍子(株)、豊田合成(株)、大阪大学	特願 2008-134836	国内	2008/05/22	取下	n型III族窒化物系化合物半導体及びその製造方法	永井誠二他
2	日本碍子(株)、豊田合成(株)、大阪大学	特願 2009-001737	国内	2009/01/7	出願	単結晶育成用の反応容器および単結晶の育成方法	岩井 真他
3	日本碍子(株)、豊田合成(株)、大阪大学	特願 2009-79794	国内	2009/03/27	出願	結晶成長装置	永井誠二他
4	日本碍子(株)、豊田合成(株)、大阪大学 K	特願 2009-082280	国内	2009/03/30	出願	III族窒化物系化合物半導体の製造方法	佐藤峻之他
5	日本碍子(株)、豊田合成(株)、大阪大学 K	2009003296.7 他	外国	2009/05/20	出願	n型III族窒化物系化合物半導体及びその製造方法	永井誠二他
6	日本碍子(株)、豊田合成(株)、大阪大学 K	特願 2009- 123494	国内	2009/05/21	出願	III族窒化物系化合物半導体の製造方法	永井誠二他
7	日本碍子(株)、森勇介、北岡康夫、三好直哉	特眼 2009-139957	国内	2009/06/11	出願	III族金属窒化物単結晶の育成方法およびこれに用いる反応容器	岩井 真他
8	日本碍子(株)、豊田合成(株)、大阪大学	特眼 2009-167901	国内	2009/06/11	出願	Znがドーブされた3B族窒化物結晶、その製法及び電子デバイス	岩井 真他

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名, ページ番号	査読	発表年
1	F. Kawamura	Osaka Univ.	Effect of carbon additive on increases in the growth rate of 2 in GaN single crystals in the Na flux method	J. Cryst. Growth 310 (2008) 3946.	有	2008
2	F. Kawamura	Osaka Univ.	Growth of GaN single crystals with extremely low dislocation density by two-step dislocation reduction	J. Cryst. Growth 311 (2009) 3019.	有	2009
3	F. Kawamura	Osaka Univ.	Growth of high-quality large GaN crystal by Na flux method	Proceedings of SPIE Photonics West, 721610	有	2009
4	佐々木 齊	古河機械金属(株)	Fabrication of freestanding <i>m</i> -plane GaN wafer by using the HVPE technique on an aluminum carbide buffer layer on an <i>m</i> -plane sapphire substrate	Journal of Crystal Growth 311(2009)2910-2913.	有	2009
5	佐々木 齊	古河機械金属(株)	Effect of aluminum carbide buffer layer on growth and self-separation of <i>m</i> -plane GaN by hydride vapor phase epitaxy	Physica Status Solidi A 206(2009)1160-1163.	有	2009

【外部発表】

番号	発表者	所属	タイトル	学会名, 後援番号	査読	発表
1	F. Kawamura	Osaka Univ.	Growth of the full-scale GaN single crystal substrate using Na flux method	7 th International Conference of Nitride Semiconductors, C3	有	2007.9
2	M. Tanpo	Osaka Univ.	The effect of additive of carbon into the Na flux on the growth of GaN single crystals	7 th International Conference of Nitride Semiconductors, MP14	有	2007.9
3	F. Kawamura	Osaka Univ.	LPE growth of large GaN crystal using Na flux method	5 th International Workshop on Bulk Nitride Semiconductors	Invited	2007.9
4	F. Kawamura	Osaka Univ.	LPE growth of bulk GaN crystal by alkali-metal flux method	International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2007, Fr-2A-1	Invited	2007.10
5	F. Kawamura	Osaka Univ.	Growth of thick GaN single crystals using the Na flux LPE technique.	2 nd International Symposium on Growth of Nitrides, Tu-47	有	2008.7
6	S. Katsuike	Osaka Univ.	Improvement of crystallinity of m-plane substrate by Na-flux LPE method	2 nd International Symposium on Growth of Nitrides, Tu-2	有	2008.7
7	S. Katsuike	Osaka Univ.	Growth of two-inch GaN single crystals with the thickness of several mm in Na flux method	International Workshop on Nitride semiconductors 2008, We1-D1	有	2008.9
8	F. Kawamura	Osaka Univ.	Recent progress in the growth of GaN single crystals using the Na flux method	Asian Core Workshop	invited	2008.10
9	F. Kawamura	Osaka Univ.	Growth of high-quality large GaN crystal by Na flux method	SPIE Photonics West, 721610	invited	2009.1
10	H. Ukegawa	Osaka Univ.	Growth of High-quality GaN Crystal by Na Flux Method	The 2009 International Meeting for Future of Electron Devices, Kansai, A-2	有	2009.5
11	北野芳裕	大阪大学	高純度環境での Na フラックス法による LPE-GaN 単結晶育成	第 68 回応用物理学会学術講演会, 4p-ZR-6	無	2007.9
12	反保昌城	大阪大学	炭素添加 Na フラックスを用いた大型低転位 GaN 単結晶の育成	第 68 回応用物理学会学術講演会, 4p-ZR-7	無	2007.9
13	三好直哉	大阪大学	大型炉を用いた Na フラックス GaN 基板の厚膜化	第 55 回応用物理学関係連合講演会, 27a-B-3	無	2008.3
14	平林康弘	大阪大学	Na フラックス法による無歪バルク GaN 単結晶の育成	第 55 回応用物理学関係連合講演会, 27a-B-4	無	2008.3
15	勝池悟史	大阪大学	Na フラックス法を用いた m 面 GaN 基板上への LPE 成長	第 55 回応用物理学関係連合講演会, 27a-B-6	無	2008.3
16	川村史朗	大阪大学	Na フラックス法による GaN 結晶の導電性制御	第 69 回応用物理学会学術講演会, 2a-CA-7	無	2008.9
17	平林康弘	大阪大学	Na フラックス法を用いた GaN 厚膜単結晶育成による高品質化の検討	第 38 回結晶成長国内会議, 05A04	有	2008.11
18	勝池悟史	大阪大学	Na フラックス LPE 法による無極性 GaN 結晶育成	第 38 回結晶成長国内会議, 05A05	有	2008.11
19	請川紘嗣	大阪大学	Na フラックス法による LPE-GaN 単結晶の低圧育成	第 56 回応用物理学関係連合講演会, 31p-ZJ-9	無	2009.3
20	ト淵	大阪大学	Low resistive Ge-doped GaN crystals prepared by Na flux method	第 1 回窒化物半導体結晶成長講演会	有	2009.5
21	平林康弘	大阪大	Na フラックス LPE 法を用いた	第 1 回窒化物半導体結	有	2009.5

		学	GaN 単結晶成長モード制御による低転位化の検討	晶成長講演会		
22	ト 淵	大阪大学	Low-resistive Germanium-doped GaN crystal prepared by Na flux method	第 28 回電子材料シンポジウム	有	2009.7

その他外部発表

1.COMPOUND SEMICONDUCTOR、Volume14 No.4. P.20 (2008)

2.平成21年 2 月 18～20 日, nano tech2009 展示会(国際ナノテクノロジー総合展・技術会議)出展

高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	住友電気工業株式会社	特願 2007-262441	国内	2007-10-5	出願	窒化アルミニウム結晶の成長方法および結晶成長装置	山下 正史他
2	住友電気工業株式会社	特願 2007-332141	国内	2007-12-25	出願	III族窒化物半導体結晶の成長方法およびIII族窒化物半導体結晶の成長装置	宮永 倫正他
3	住友電気工業株式会社	特願 2008-021477	国内	2008-1-31	出願	Al _x Ga _{1-x} N単結晶の成長方法	宮永 倫正他
4	住友電気工業株式会社	2008-186209	国内	2008-7-17	出願	AlGa _N バルク結晶の製造方法およびAlGa _N 基板の製造方法	宮永 倫正他
5	住友電気工業株式会社	2008-186210	国内	2008-7-17	出願	III族窒化物結晶の製造方法およびIII族窒化物結晶	宮永 倫正他
6	住友電気工業株式会社	2008-207230	国内	2008-8-11	出願	AlN結晶の製造方法, AlN基板の製造方法および圧電振動子の製造方法	宮永 倫正他
7	住友電気工業株式会社	2009-007394	国内	2009-1-16	出願	窒化物半導体単結晶製造装置	佐藤 一成他
8	住友電気工業株式会社	2009-013410	国内	2009-1-23	出願	窒化物半導体結晶の製造方法	佐藤 一成他
9	住友電気工業株式会社	2009-072062	国内	2009-3-24	出願	窒化物単結晶, およびその製造方法	佐藤 一成他
10	住友電気工業株式会社	JP2008/073365	PCT	2008-12-24	出願	Al _x Ga _{1-x} N単結晶の成長方法	宮永 倫正他
11	住友電気工業株式会社	CA2646139	外国	2008-12-10	出願	III族窒化物半導体結晶の成長方法およびIII族窒化物半導体結晶の成長装置	宮永 倫正他
12	住友電気工業株式会社	CN20081018858 6.3	外国	2008-12-25	出願	同上	宮永 倫正他
13	住友電気工業株式会社	EP08021449.7	外国	2008-12-10	出願	同上	宮永 倫正他
14	住友電気工業株式会社	KR0133364/08	外国	2008-12-24	出願	同上	宮永 倫正他
15	住友電気工業株式会社	US12/339579	外国	2008-12-19	出願	同上	宮永 倫正他
16	住友電気工業株式会社	特願 2009-116687	国内	2009-5-13	出願	窒化物単結晶製造方法および窒化物単結晶	佐藤 一成他
17	住友電気工業株式会社	特願 2009-116688	国内	2009-5-13	出願	窒化物単結晶製造方法および窒化物単結晶	佐藤 一成他
18	住友電気工業株式会社	特願 2009-121080	国内	2009-5-19	出願	III族窒化物結晶の製造方法およびIII族窒化物結晶	宮永 倫正他
19	住友電気工業株式会社	特願 2009-164877	国内	2009-7-13	出願	AlGa _N バルク結晶の製造方法およびAlGa _N 基板の製造方法	宮永 倫正他
20	住友電気工業株式会社	特願 2009-174378	国内	2009-7-27	出願	窒化物単結晶基材の製造方法及び窒化物単結晶基材	佐藤 一成他
21	住友電気工業株式会社	JP2009/062856	PCT	2009-7-16	出願	AlGa _N バルク結晶の製造方法およびAlGa _N 基板の製造方法	宮永 倫正他
22	住友電気工業株式会社	JP2009/061699	PCT	2009-6-26	出願	III族窒化物結晶の製造方法およびIII族窒化物結晶	宮永 倫正他

【外部発表(学会含む)】

番号	発表者	所属	タイトル	学会名	発表年月
1	佐藤 一成	住友電気工業株式会社	無極性面 AlN 単結晶の作製と評価	第 38 回結晶成長国内会議	2008.11
2	高須賀英良	住友電気工業株式会社	Al 原料ガスのクラスター形成を考慮した AlGa _N -MOVPE シミュレーション	第 56 回応用物理学関係連合講演会	2009.3
3	橋本 信	住友電気工業株式会社	AlGa _N チャンネル HEMT における結晶性と 2 次元電子ガス特性	第 56 回応用物理学関係連合講演会	2009.3
4	佐藤 一成	住友電気工業株式会社	昇華法 AlN 長尺単結晶における転位挙動の観察・評価	第 56 回応用物理学関係連合講演会	2009.3
5	押村 吉徳	名城大学	Feドープ半絶縁性 GaN 自立基板を用いた AlGa _N /Ga _N HEMT の作製と評価	第 56 回応用物理学関係連合講演会	2009.3

その他外部発表

- 平成21年2月18～20日, nano tech2009展示会(国際ナノテクノロジー総合展・技術会議) 出展

窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの作製と評価

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	(株)シャープ	特願 2009-033522	国内	2009/02/17	出願	電子デバイス及びオーミック電極形成方法	矢船 憲成
2	(株)シャープ	特願 2009-156732	国内	2009/07/02	出願	電子デバイス及びオーミック電極形成方法	矢船 憲成

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名, ページ番号	査読	発表年
1	葛原 正明	福井大	Simulation of Tunneling Contact Resistivity in Non-polar AlGa _N /Ga _N Heterostructures	IEICE Trans. Electron., E92-C, pp.691-695	有	2009
2	葛原 正明	福井大	Theoretical Investigation of Ga _N -Based Diodes with a Recessed Composite Schottky-Barrier Structure	Jpn. J. Appl. Phys., 48, 04C103	有	2009
3	葛原 正明	福井大	Optimum rapid thermal activation of Mg-doped p-type Ga _N	Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 47, pp.2865-2867	有	2008
4	葛原 正明	福井大	Theoretical simulation of DC and RF performance for AlInN/InGa _N /AlInN double-heterojunction FET using a Monte Carlo approach	IEICE Electronics Express, 5, pp.1074-1079	有	2008
5	葛原 正明	福井大	Prospect of III-Nitride Semiconductor Transistors	IEICE J90-C, pp.960-966,	有	2007

【外部発表(学会含む)】

番号	発表者	所属	タイトル	学会名	発表年月
1	向野美郷	福井大	Reverse current-voltage characteristics of AlGa _N /Ga _N heterojunction FET fabricated on Ga _N substrate	2009 Int'l Meeting for Future of Electron Devices, Kansai,	2009.5
2	葛原 正明	福井大	III-Nitride Heterojunction FETs: Future Perspectives	IEEE Int'l Conf. on Electron Devices and Solid-State Circuits	2008.12
3	葛原 正明	福井大	Future Prospects of Nitride	MWE 2008 Microwave	2008.12

			Semiconductor Electron Devices	Workshop	
4	牧野弘	福井大	Theoretical investigation of GaN-based diodes with a recessed composite Schottky-barrier structure	Extended Abs. 2008 Int. Conf. Solid State Devices and Materials	2008.9
5	近岡大成	福井大	Simulation of Tunneling Contact Resistivity in Non-Polar AlGaIn/GaN Heterostructures	2008 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices	2008.7
6	酒井亮輔	福井大	Simulation of Breakdown Characteristics in Graded Field Plate AlGaIn/GaN HEMTs	2008 Int'l Meeting for Future of Electron Devices, Kansai	2008.4
7	葛原正明	福井大	GaN HEMT development for microwave power applications - current status	GigaHertz Symposium 2008	2008.3
8	永森基	福井大	Optimum Rapid Thermal Activation for Mg-doped p-type GaN	Extended Abstracts of the 2007 Int'l Conf. Solid State Devices and Materials	2007.9
9	西田猛利	福井大	Comparative Study of Multi-Step and Graded Field Plate for AlGaIn/GaN-HEMTs	7th Topical Workshop on Heterostructure Microelectronics	2007.8
10	児玉和樹	福井大	RF Performance Simulation of Double-Heterojunction FETs with an InGaIn Channel	2007 Int'l Meeting for Future of Electron Devices, Kansai	2007.4

その他外部発表

・平成21年2月18～20日, nano tech2009 展示会(国際ナノテクノロジー総合展・技術会議)出展