

「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」  
中間評価報告書（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） .....	7
評点結果 .....	13

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

「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」(中間評価)

分科会委員名簿

(平成21年8月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	こうきつ あきのり 瀨 明伯	東京農工大学 工学府 応用化学専攻 教授
分科会長代理	おくむら つぐのり 奥村 次徳	首都大学東京 大学院 理工学研究科 電気電子工学専攻 教授
委員	きつかわ としひで 吉川 俊英	株式会社富士通研究所 基盤技術研究所 先端デバイス研究部 主管研究員
	こじま いくたろう 小島 郁太郎	日経BP社 電子・機械局 編集委員
	すずき としかず 鈴木 寿一	北陸先端科学技術大学院大学 ナノマテリアルテクノロジーセンター 准教授
	ただとも かずゆき 只友 一行	山口大学 大学院 理工学研究科 教授
	つじ しんじ 辻 伸二	株式会社日立製作所 中央研究所 ソリューションLSI研究センタ 主管研究員

敬称略、五十音順

事務局：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価部

# プロジェクト概要

		最終更新日	平成21年8月20日	
プログラム（又は施策）名	I T 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・エネルギーイノベーションプログラム			
プロジェクト名	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	プロジェクト番号	P07030	
担当推進部/担当者	ナノテクノロジー・材料技術開発部 担当者 大井川欽哉（平成21年8月現在） ナノテクノロジー・材料技術開発部 担当者 福井 徹（平成19年6月～平成19年9月）			
0. 事業の概要	<p>高周波デバイス、高出力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、情報通信機器から自動車、医療機器に至るまで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、窒化物半導体はそれを実現する材料として大きな期待が寄せられています。しかし、既存の結晶作成技術ではこれらのデバイス用に求められる品質レベルに十分対応できず、その実用化に大きな制約となっている。</p> <p>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高出力・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、および③窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの作成と評価に取り組み、我が国のエネルギー削減に大きく貢献することを目的とする。</p>			
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>新・国家エネルギー戦略（2006年5月経済産業省）では、2030年に30%以上のエネルギー消費効率の改善を目標として掲げている。本目標を達成するためには、次世代省エネデバイスである窒化物系化合物半導体の早期実用化が望まれているところであるが、既存の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。しかし、現段階で市場が存在しない中での大規模な設備投資が必要な材料開発となることから研究開発のリスクが高く、このため民間企業のみで事業を行うことは困難である。</p> <p>また、本事業は最先端のナノエレクトロニクスの研究開発のため、技術的に見ても企業等の競争に委ねるよりも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、装置メーカー等が総合的に各々のシーズを動員活用して相互連携の下に競争前段階の基盤技術（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）の革新を国家プロジェクトとして推進することが効率的である。</p>			
II. 研究開発マネジメントについて				
事業の目標	<p>本事業（以下の①②③）を実施し、2014年頃から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、超高速電子素子が実用化され、我が国のエネルギー消費量削減に大きく貢献する。省エネ効果は、汎用インバーターのみをとっても2030年において原油換算281万kL（インバーター用電力：8,785万kL 普及率：80% 削減率：4% =省電力（281万kL）に相当する。</p> <p>① 高出力デバイス作製に必要な大型／高品質窒化物単結晶基板を作製する。 ② 新たなエピタキシャル成長法を開発し、①で作製した口径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、低欠陥高品質 GaN、及び AlN-GaN-InN 混晶エピ層を実現する。 ③ ①②を用いて有極性単結晶基板上 FET（電界効果型トランジスタ）と無極性単結晶基板上 FET を作製し、特性の差違、及びその利害得失の明確化する。また、広い混晶組成域における耐圧と結晶欠陥の相関を明確化し①、②へフィードバックする。</p> <p>また、国際標準化に向け、窒化物半導体材料の特性評価の最適手法等の検討を行うと共に、非鉄金属産業戦略（平成18年5月）の「化合物半導体産業戦略」に則り、化合物半導体ロードマップの策定等を通じ、シリコンでは提供できない特性を有する半導体ウェーハ需要の開拓を行う。</p>			

事業の計画内容	主な実施事項	H 1 9 fy	H 2 0 fy	H 2 1 fy	H 2 2 fy	H 2 3 fy
	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	→	→	→	→	→
成果とりまとめ					→	
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) (委託)	会計・勘定	H 1 9 fy	H 2 0 fy	H 2 1 fy	H 2 2 fy	H 2 3 fy
	一般会計					
	特別会計 (需給)	478	860	320	(332)	
	加速予算	108	40			
	総予算額	586	900	320	(332)	
開発体制	経産省担当原課	製造産業局非鉄金属課				
	プロジェクトリーダー	福井大学 葛原正明(平成21年7月~) 名城大学 天野 浩(平成19年6月~平成21年7月) サブリーダー 大阪大学 森勇介、名城大学 天野浩				
	委託先(*委託先が管理法人の場合は参加企業数および参加企業名も記載)	企業、研究機関:(国)大阪大学、(国)福井大学、(学)名城大学 昭和電工(株)、住友電気工業(株)、サンケン電気(株) 管理法人:(財)金属系材料研究開発センター(参加4社) 豊田合成(株)、日本ガイシ(株)、シャープ(株)、(株)豊田中央研究所 再委託先:古河機械金属(株)				
情勢変化への対応	<p>ナノテクノロジー・材料技術開発部主催による「技術推進委員会(年1回)」を開催して外部有識者の意見を運営管理に反映している。</p> <p>平成19年度の第一回技術推進委員会では、委員会提言として「基板・エピグループから【基板】が流れ出るためのグループ間の連携強化」がなされ、対応策として「研究加速による基板供給スピードのアップ」の見直しを行った。</p> <p>その結果、加速資金等の支援を得て基板供給がスピードアップし、展示会ナノテック2009では①「世界最高品質2インチ有極性Ga<sub>2</sub>N基板の実現」、②「世界初めてAlGa<sub>2</sub>Nの原子レベル成長の実現」、③「内製有極性AlGa<sub>2</sub>N/GaNエピ上にHEMTで高ドレイン電流の実現」の3つの世界初の成果について広く情報発信を行った。</p> <p>また、平成20年度の第二回技術推進委員会では、「バルク基板の実用化を前倒しする単結晶長尺化等の取り組みが必要」との委員会提言があり、現在、窒化物結晶長尺化技術開発のためのGa連続供給機能付結晶育成装置導入について検討を行っており、機械装置及び消耗品等の費用増が今後の課題である。</p>					
評価に関する事項	事前評価	平成18年度実施 担当部 ナノテクノロジー・材料技術開発部				
	中間評価	平成21年度 中間評価実施				
	事後評価	平成23年度 事後評価実施予定				

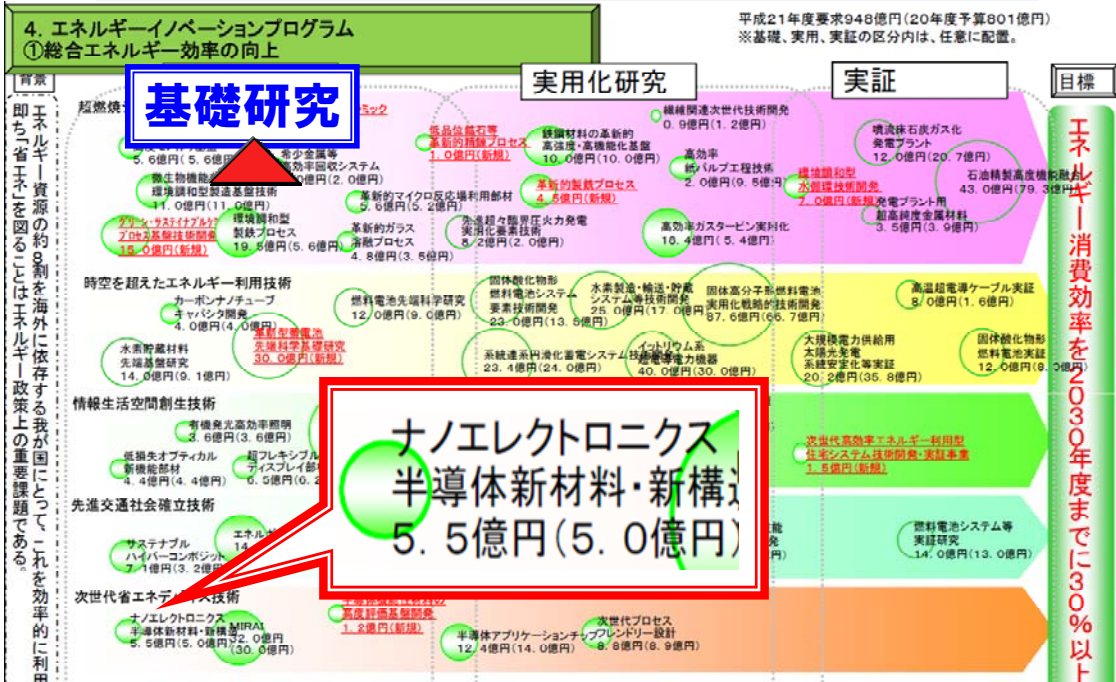
Ⅲ. 研究開発成果について	<p>研究開発項目①「高品質大口径単結晶基板の開発」においては、溶液攪拌強化による 面内成長厚さ、品質バラツキ低減を実施したところ、機械的揺動と熱対流の組み合わせによる攪拌において、各種揺動条件を検討することにより、φ3インチ基板の全面にLPE 成長することができた。面内の厚さバラツキはφ2インチと同等であった。φ2インチ高品質有極性基板、無極性基板の結晶性改善を実現し、導電性制御技術を確立した。</p> <p>研究開発項目②「高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発」においては、高速バルブスイッチングで良好なHFET構造を実現し、またAlN基板の有用性を世界で初めて実証した。加圧システムへの窒素及び水素の安定供給実現したところ、Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>N(100nm)/GaN でX線半値幅160秒、AFM荒さ指数0.7nmを達成し、大口径基板上の高均一・高品質結晶成長技術を開発した。また、圧力印加により、GaInN 中のInN モル分率の増加を実証し、圧力印加成長の有用性確認した。</p> <p>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」においては、研究開発項目①で育成したGaN基板上に研究開発項目②でAlGaN/GaNヘテロ接合をエピタキシャル成長し、その上にプロセス要因を極力排除した標準プロセスを用いて、プレーナ円形ゲート構造の電界効果トランジスタを作製した。試作したゲート長3μmの素子において、最大ドレイン電流510mA/mmの良好な特性を確認した。また、同GaInN基板上に作製した縦型p-nダイオードにおいて、1kVを超える逆耐圧が実測され、市販HVPE基板に対する逆耐圧特性の優位性を確認した。</p> <p>以上から、各Gとも平成20年度の研究開発目標は達成し、平成21年度目標の早期達成に向けて研究開発を実施中である。</p>	
	投稿論文	「査読付き」10件、「その他」40件
	特許	「出願済」32件、「登録」0件、「実施」0件
	その他の外部発表 (プレス発表等)	COMPOUND SEMICONDUCTOR、Volume14 No. 4. P. 20 (2008)
Ⅳ. 実用化の見通しについて	<p>プロジェクトリーダーとともに著名な研究者をグループリーダーとして配し、基板、エピ、デバイスの各グループの有する研究開発ポテンシャルを最大限活用することにより効率的な研究開発を実施し、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、超高速電子素子等の作製に必要な窒化物半導体結晶成長技術の確立を行うことにより、2014年頃からハイパワー・超高効率の電力素子、超高速電子素子が実用化され、我が国のエネルギー消費量削減に大きく貢献する。汎用インバータのみをとってみても、省エネ効果は2030年において原油換算281万kLに相当することが期待される。</p>	
Ⅴ. 基本計画に関する事項	作成時期	平成19年3月 制定
	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」を改訂

技術分野全体での位置づけ (分科会資料6より抜粋)

1. 事業の位置付け、必要性について

公開

(1) NEDOの事業としての妥当性(プログラムへの寄与)



7/56

1. 事業の位置付け、必要性について

公開

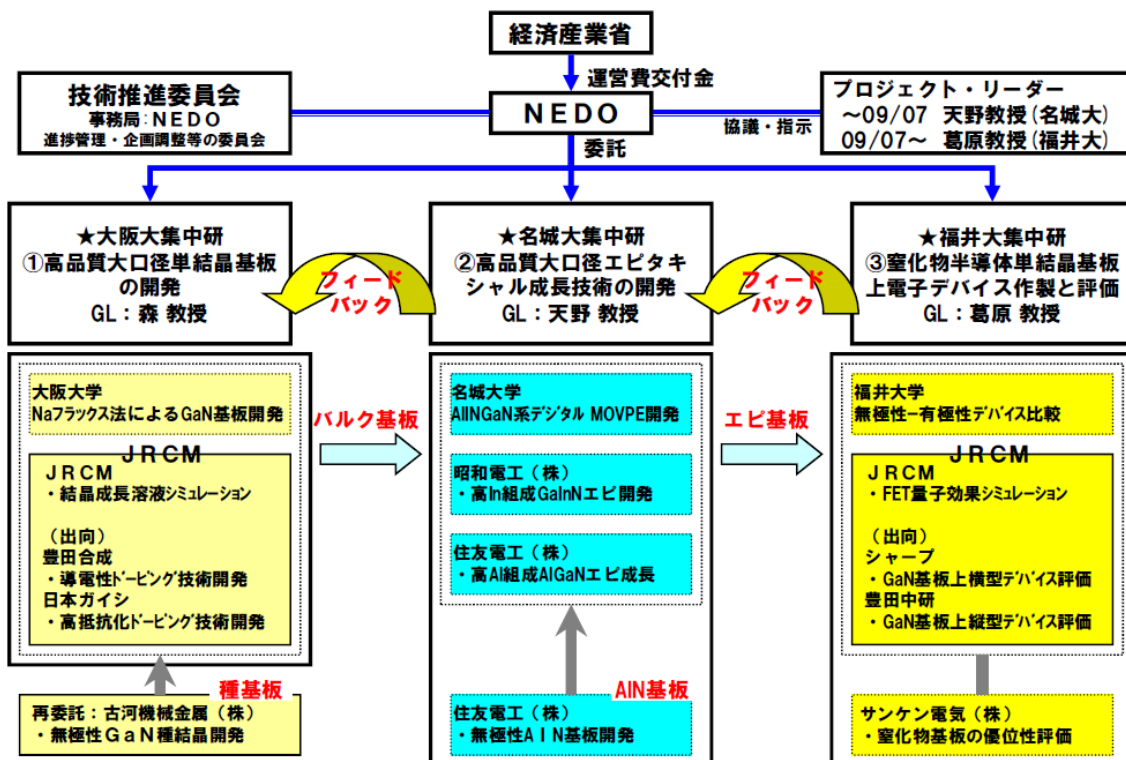
(1) NEDOの事業としての妥当性(プログラムへの寄与)



6/56

「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」

全体の研究開発実施体制



# 「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」(中間評価)

## 評価概要 (案)

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

本プロジェクトは、エネルギーおよび省電力ITイノベーションを達成するキーデバイスの一つとしての期待が集まっている窒化物半導体基板結晶製造技術を日本で早期に確立することを目指すもので、日本の国際競争力の源泉になることが期待され、産学連携のもとNEDOの事業とすることが適切である。

次世代デバイス技術を確立する上での適切な目標が設定され、バルク基板結晶育成、高品質エピ成長、デバイス特性評価を分担する3者が、相互に有機的に連携できる体制のもと、基礎基盤研究ではあるが実用化を意識した検討を進めている。

高い目標設定にも関わらず中間目標はほぼ達成され、課題によっては最終目標の水準に届いているものもある。未達成の項目においても検討すべき課題が明確にされ、最終目標は達成の見込みが高く、実用化につながる期待も高い。

また、企業研究者のみならず大学での若手研究者の人材育成に関してもその波及効果は大きく、我国の科学技術の発展に寄与するものと評価する。

しかし、技術開発項目が多すぎて総花的な印象がある。想定する出口イメージと技術開発項目の関係を整理して開発項目の優先度を明確にし、開発状況、外部状況の変化を見ながら、必要であれば修正していくのが良い。

#### 2) 今後に対する提言

今後はグループ間の連携を更に活発化することが期待されるが、このためには、結晶基板の供給能力を高める必要があり、これまで以上に迅速でスループットの高い複数プランによる結晶供給体制構築が望まれる。また種結晶に関しては、再委託先における検討と並行して、自前で供給を進めることにより、より高品質結晶の成長が可能になると思われる。

無極性基板技術開発においては、種結晶の低転位化を目的とする結晶の長尺化技術開発が不可欠であり、極性基板においても長尺化技術開発が低コスト化の鍵となる。基板グループにおける長尺化技術の開発を検討願いたい。

パワーデバイスと電子デバイスではあるべき基板結晶が異なるものと考えられ、またパワーデバイス分野においては SiC との協調や住み分けなどもよく見定めて技術開発項目の優先度を明確にし、場合によっては最終目標の設定を見



直すことも考慮すべきである。

## 2. 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

本プロジェクトは、エネルギーおよび省電力ITイノベーションを達成するキーデバイスの一つとしての期待が集まっている窒化物半導体基板結晶製造技術を日本で早期に確立することを目指し、この分野での世界的な優位性を保つことを目的とするもので、エネルギー、ナノテク・部材およびITの各イノベーションプログラムの目標達成に寄与している。

内外の技術開発動向を踏まえた挑戦的な課題への取り組みは、日本の国際競争力の源泉になることが期待されるが、個々の企業体や研究機関のみの取組ではリスクが大きく、産学連携のもと NEDO の事業とすることが適切である。

本プロジェクトは基盤研究に軸足を置くものであるが、今後バルク単結晶成長における長尺化や複数枚同時成長などの量産化技術が次の課題となり、そこでは何らかの形の支援が必要である。

一方、有力な競合材料である SiC または GaN on Si といった他の GaN 系 NEDO プロジェクトとの関係を分かり易く整理すべきである。

### 2) 研究開発マネジメントについて

本プロジェクトでは、次世代デバイス技術を確立する上で必須の条件が盛り込まれた適切な目標が設定されている。結晶成長技術開発だけでなく、その主要な応用先である電子デバイスとして評価するグループを含めた体制で、バルク基板結晶育成、高品質エピ成長、電子デバイス作製・評価の各テーマに各分野での第一人者を実施責任者として配置し、産学が連携した体制がとられている。垂直連携テーマを並行して検討し、テーマ間でのフィードバックを進めながら課題解決を図る仕組みができています。プロジェクトとしては基礎基盤研究としての位置付けではあるが、実用化を意識した検討が進められている。全体として、研究開発の目標・予算および実施組織など良くマネジメントされている。

しかし、技術開発項目が多く総花的な印象がある。想定する出口イメージと技術開発項目の関係を整理し、優先度を明確にして進めるべきである。特に、「パワーデバイス」分野においては、SiC との協調や住み分けもよく見定めて二重投資にならないような俯瞰力を持つことも必要である。また、本研究の進捗は最上流の基板結晶の供給量により律速されるため、これまで以上に迅速でスループットの高い複数プランによる結晶供給体制の構築が望まれる。

### 3) 研究開発成果について

高い目標設定にも関わらず中間目標はほぼ達成され、課題によっては最終目標の水準に届いているものもあり、順調に成果が得られている。未達成の項目においても検討すべき課題が明確になっており、最終目標の達成見込みは高い。知的財産等の取得および論文公表および学会発表なども適切に行われている。

本プロジェクトで得られたバルク単結晶とエピタキシャル結晶は、現状ではともに世界最高水準の品質であり、電子デバイスに適合可能な大口径（4インチ）GaN 基板結晶技術は世界トップの快挙といえる。また、加圧下での AlGaIn 原子層エピタキシャル成長に世界で初めて成功しており、GaInN チャネル形成と整合する結晶成長技術として注目される。

今後は、グループ間の連携を更に活発化することが期待されるが、このためには、結晶基板の供給能力を高める必要がある。また、基板結晶に関する研究には、低転移化、面方位、伝導制御など多くが求められているが、エピおよびデバイス側から単結晶側への基板仕様の提示も必要であろう。

#### 4) 実用化の見通しについて

本研究開発は「実用化」のための基盤研究として位置付けられているが、実用化に向けたロードマップが、単結晶成長／エピタキシャル成長／デバイス評価の各要素技術及びお互いの連携において明確になっており、最終目標への課題も明確になってきており、実用化につながる期待は高い。また、照明用 LED などの光デバイスへの応用など関連分野への波及効果も十分期待できる。

さらに、参加・協力している企業研究者のみならず、大学での若手研究者の人材育成に関してもその波及効果は高く、この分野のみならず我国の科学技術の発展に寄与するものと評価する。

一方、出口イメージは明確であるが大電力用途と高周波用途に跨っており、このために開発技術の優先度があいまいになったところがある。開発項目の優先度を明確にして、開発状況、外部状況の変化を見ながら、必要であれば修正していくのが良い。

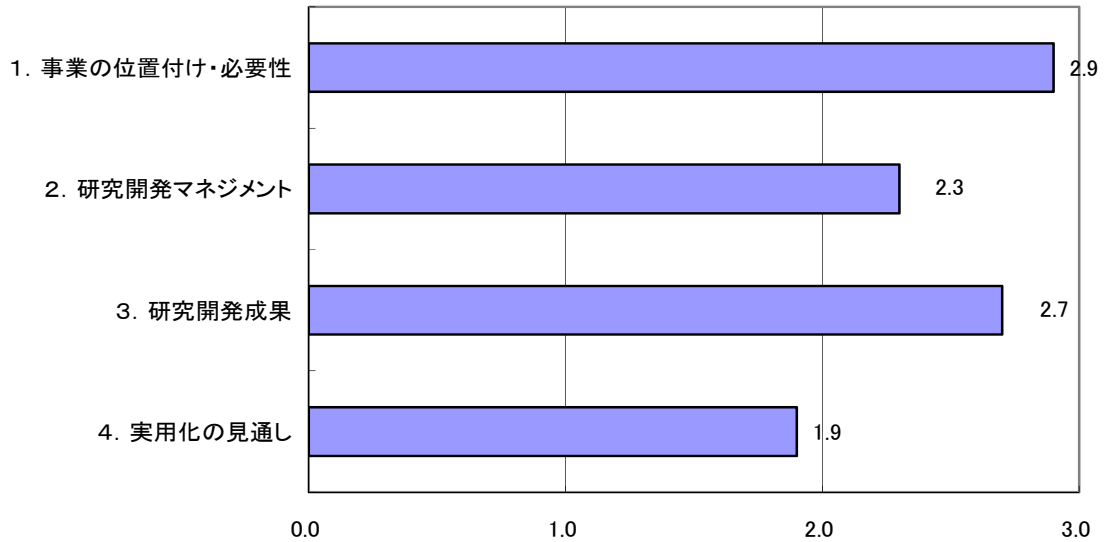
## 個別テーマに関する評価

	成果に関する評価	実用化の見通しに関する評価	今後に対する提言
<p>高品質大口径単結晶基板の開発</p>	<p>本テーマでは低転移化、面極性、導電性制御など多くの成果が得られ、大口径化ではシミュレーションを活用して開発した揺動装置により単結晶基板の4インチ化に目途を付けるなど、中間目標は概ね達成されている。得られた GaN 基板結晶は Na フラックス法としては世界初であり、高く評価される。未達成項目に対する技術課題も明らかとなっており、最終目標達成の期待も高い。競合技術との厳密な比較は今後の課題であるが、他の方法に比較して優位性が高いと判断する。</p> <p>知的財産の取得や成果発表なども適切になされており、成果は新しい発光デバイスや太陽電池などの市場領域も開拓することが期待される。</p> <p>しかながら、検討項目が多岐にわたりすぎ、基礎的な研究に加えエピグループへの基板供給の役割も求められているため、後半は項目を絞るとともに、基板供給のために更なる企業の協力を求めることも必要である。</p> <p>また種結晶に関しては、再委託先における検討と並行して、高品質化のためにも溶液成長結晶を種結晶とすることも検討すべきである。</p>	<p>本テーマでは、結晶口径、転位密度、低抵抗側／高抵抗側明のドーピング制御について（実用化を踏まえた）明確な目標が設定され、出口イメージおよび過程も明確である。今後、Na フラックス法は GaN 基板作製の有力な方法の一つになると確信される。また、透明基板が得られることから、パワーデバイス・電子デバイスに加えて、光デバイス用基板としての活用の広がりが期待される。</p> <p>また、今後の我国の科学分野の発展に貢献する挑戦的なテーマに取り組み、企業を含めての人材育成に、非常に有用なプロジェクトになっている。</p> <p>一方、パワーデバイスと高周波デバイスでは、あるべき基板結晶が異なるものと考えられ、技術開発項目の優先度を明確にして、場合によっては、最終目標の設定を見直すことも考慮すべきである。</p> <p>また、長尺化、複数枚同時成長、HVPE との組合せなど量産化にからんだ課題の抽出を実施して欲しい。</p>	<p>現状は、検討項目が多岐にわたりすぎているため、今後は目的を絞って研究推進することも必要ではないか。ドーピング制御に関しては、2インチ径に関しては既に目標値を達成しているため、プロジェクトの後半では極性面の大口径化／低転位化に集中し、無極性面に関しては、電子デバイスが実現できるような低転位化の実現化を優先課題とするのが適切である。また、エピグループへの基板の供給を増やす手立ての確立が必要である。更に、自前で初期基板結晶（種結晶）の供給を進めることにより、より高品質結晶の成長が可能になると思われる。</p> <p>一方、競合技術と比較して強みと弱みを明確にすることも、実用化に向けて重要な取り組みであり、それによって実用化を促進することが期待できると考える。</p>

<p>高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発</p>	<p>高速バルブスイッチ装置開発による AlGaN 三元混晶の ALE レベル成長の成功、n および p タイプ不純物制御の成功および高品質 GaN のエピタキシャル成長の成功など、当初の目標を上回る世界最高水準の成果が得られている。特に、高 In 組成窒化物、高 Al 組成窒化物という二つの方向での成果は、電子デバイスの枠を越えた大きな意義があると考ええる。最終目標に向けて道筋も明確に示され、達成の見込みも高い。さらに、知的財産取得および論文発表なども適切に行われている。</p> <p>また、前段からの基板の供給があまりない状況でも、サブプロジェクトとして研究を進め、デバイス評価グループとの連携によるエピタキシャル成長上の課題抽出と対策が行われている。今後、基板グループとの連携を強め、フィードバックを強化していただきたい。</p> <p>今後、デジタル成長のメカニズムの詳細など、個々の技術の原理的な考察、掘り下げを期待する。また、エピ/サブ界面での Si 蓄積層の存在は、将来の問題になりそうなので、システムティックな検討を通して原因の解明が必要である。</p>	<p>明確な出口イメージも示され、実用化に向けての研究開発過程も明確である。世界最高水準の成果の我国の関連分野への波及効果は非常に大きいと期待される。特に、高 Al 組成および高 In 組成の窒化ガリウム系ヘテロ構造を ALE 成長できれば、電子デバイス・光デバイスを問わず窒化物半導体のデバイス応用分野は大きく広がることから、その可能性が示された意味は大きい。</p> <p>参加企業はそれぞれの事業構造に即した技術開発を担当しており、個別技術に関しては、プロジェクト終了後数年内の事業化が期待できる。さらに、企業研究者のみならず、大学での若手研究者がこのプロジェクトで育成され、社会に輩出されることにより、今後、我国の科学技術の発展に大きく寄与するものと評価する。</p> <p>一方、実用化で重要となる無極性面上の DH-HEMT 用のエピタキシャル基板を作製するには、今後は、無極性面上の ALE およびデルタドーピングの可能性を示す必要がある。</p>	<p>本プロジェクトの成果として得られる基板結晶と他社の基板結晶（あるいは GaN 以外の基板結晶）を用いた場合のエピタキシャル成長の差異を具体的に示し、今後の GaN 基板供給の主となる成長技術を明確に示すことが必要と考える</p> <p>また、大口径・均一なエピ成長はもちろん重要ではあるが、たとえ口径が小さくとも、無極性基板上への AlGaN/InGaN ヘテロエピタキシャル成長の可能性を示す取り組みも期待する。</p> <p>一方、パワーデバイス関係では、実用の判断を SiC と比較して行うことが必要である。</p>
-----------------------------	--	---	--

<p>窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの評価</p>	<p><b>GaN 基板上 FET</b> での高いドレイン電流の確認および基板結晶－エピ層界面での品質と耐圧の関係の明確化など、中間目標を超える成果が得られている。また、評価デバイスの試作と評価により、前段の二つのグループにフィードバックして、結晶成長技術の改善やデバイス特性の向上などの成果が得られている。知的財産取得や論文公表・学会発表なども適切に行われている。</p> <p>本テーマの成果は、基板グループおよびエピグループの研究開発の進展に大きく影響されるが、両グループとも順調に研究が推進されており、本テーマの最終目標は達成されることを確信している。</p> <p>一方、本テーマの目標設定は上流側の結晶基板やエピ基板の評価に重きが置かれている。デバイス作製という担当から、基板結晶およびエピタキシャル成長に強く依存することは理解できるが、これらのグループに依存しないデバイス本来のあるべき特性を出すこと、あるいは新しいデバイスの提案などにも注力するなどして、個別テーマとしての成果の推進も重要である。</p>	<p>デバイスの特性評価や信頼性の評価で順調な成果が得られ、デバイスそのものとしての実用化可能性は明確であると考えられる。デバイス企業が参加していることから、実用化の可能性も高いと評価する。また、垂直統合的なプロジェクト運営によって他分野との交流の場が増加し、産学の若手研究者の人材育成に寄与している。</p> <p>一方、本プロジェクトの窒化物のバルク単結晶とエピタキシャル成長は出口イメージとされている次世代パワーデバイスのみならず、照明用 LED を広く普及する上でも必須技術であり、光デバイスの観点からも期待できる。</p>	<p>本研究の実施スピードは、最上流の基板結晶の供給により律速されるため、これまで以上に迅速でスループットの高い「複数プラン」による結晶供給体制構築が望まれる。</p> <p>デバイス評価においては、窒化物半導体単結晶基板を用いる効果が非常に大きいデバイスの種類や構造を明らかにすることにより本プロジェクトでの開発技術の優先順位を示したり、SiC との競合点や優位点などを明らかにして電子デバイスとして最終目標を達成するための条件の明確化するなどの取り組みが期待される。</p> <p>それと同時に、開発目標をデバイス評価だけに限定せずに、デバイスの開発も含めるなど、他のグループの開発動向に依存しない研究推進の方法を考えることも必要であろう。</p>
------------------------------	---	--	--

## 評点結果〔プロジェクト全体〕



平均値

評価項目	平均値	素点 (注)							
		B	A	A	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	B	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.3	B	B	B	A	B	A	B	B
3. 研究開発成果について	2.7	A	A	A	B	A	B	A	A
4. 実用化の見通しについて	1.9	B	C	B	B	B	B	B	B

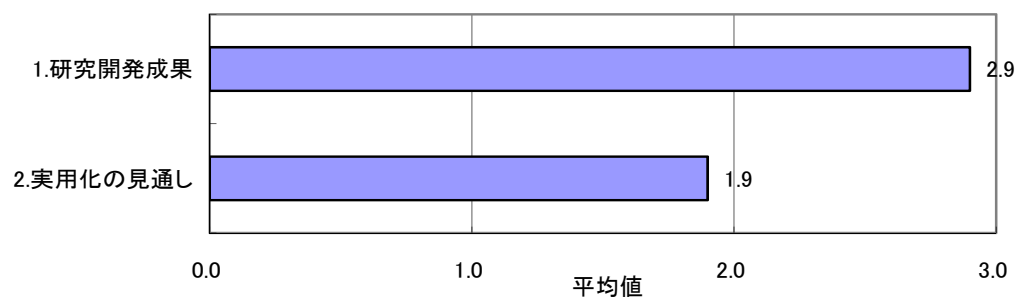
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

### 〈判定基準〉

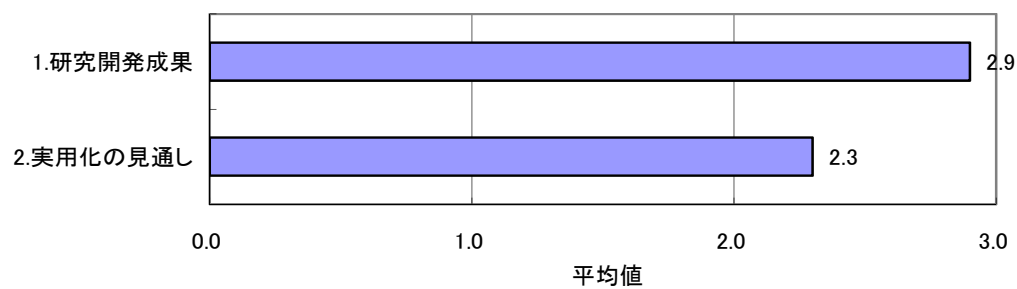
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

## 評点結果〔個別テーマ〕

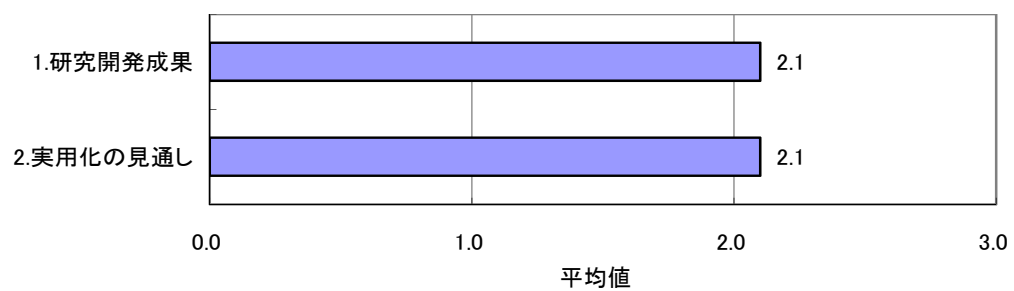
### 高品質大口径単結晶基板の開発



### 高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発



### 窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの作製と評価



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
高品質大口径単結晶基板の開発									
1. 研究開発成果について	2.9	A	A	A	B	A	A	A	
2. 実用化の見通しについて	1.9	B	C	B	B	B	B	B	B
高品質大口径エピタキシャル成長技術の開発									
1. 研究開発成果について	2.9	A	A	A	B	A	A	A	
2. 実用化の見通しについて	2.3	B	B	B	B	A	A	B	
窒化物半導体単結晶基板上電子デバイスの作製と評価									
1. 研究開発成果について	2.1	B	B	B	B	A	B	B	
2. 実用化の見通しについて	2.1	B	B	B	B	B	A	B	

(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