

プロジェクト中間評価報告書

評価委員会開催日：平成25年12月25日

評価委員：（敬称略、五十音順）

天野 浩 名古屋大学大学院工学研究科 教授
 大塚洋一 筑波大学大学院数理物質科学研究科 教授
 田中雅明 東京大学大学院工学系研究科 教授
 山部紀久夫 筑波大学大学院数理物質科学研究科 教授

確定年月日：平成26年3月3日

プロジェクト名	ワイドバンドギャップ光・電子材料の研究開発
研究責任者の氏名・所属・役職	環境・エネルギー材料部門 部門長 大橋直樹
実施予定期間	平成23年度～平成27年度
研究目的と意義	<p>本プロジェクトでは、電子機器・電子部品の高効率化を実現するための材料技術、および、光技術を活用したツール取得のための材料開発を通じ、環境・エネルギー問題に対応するための技術に有用な材料の提供を目的とする。</p> <p>特に、パワーエレクトロニクス材料としてのワイドギャップ半導体の高品質・高機能化、計測・加工に威力を発揮するレーザー関連材料の開発、電子機器の高効率化のためのセラミックス電子部品の高機能化、LED照明の普及や効率化に向けた基盤的材料開発を狙う。そのため、これまでに蓄積された材料や材料合成に関する知見を駆使し、新物質の探索、バルク物性制御や構造制御、複合化、あるいは、表面・界面修飾を通じて、これらの材料開発を推進する。特に、元素戦略の視点を加味し、バルク特性がよく知られた材料であっても、その界面や表面を活用したり、ナノ構造を付与したりすることによって新たな機能を作り込む方向性を検討し、ありふれた材料から高い機能を引き出すことの可能性を追求する。</p> <p>また、特に、材料の基礎・基盤的研究を推進する機関の、固体物性、無機固体化学、分光学を基礎とした物性計測、材料特性評価、理論的検討をすすめ、正確、かつ適切な知見を発信することにより、材料開発のブレークスルーをもたらす原動力となるよう努力する。</p>
研究内容	<p>本プロジェクトは、「極性スイッチング材料」「超ワイドギャップ半導体」「固体照明材料」「レーザー光学結晶」「ポーラードメインエンジニアリング」「化学活性材料」の6つのサブテーマより構成する。これらは、各達成目標に対応し、本プロジェクトの縦糸を構成する。一方、目標の達成には、結晶成長、固体物性、界面・表面化学など、それを支える基礎科学の進展は不可欠である。「極性スイッチング材料」における極性結晶の研究や、「化学活性材料」における界面・表面化学の研究によって、「超ワイドギャップ半導体」の機能化に不可欠なゲート絶縁膜開発を支援するなど、先のサブテーマという縦糸に対して、基礎分野での連携を横糸として織り込むことによるシナジー効果をもって、各開発目標の達成を目指す。</p>
ミッションステートメント （具体的な達成目標）	<p>これまでに得た固体物性、固体化学、表面化学などの知見を駆使し、かつ、それら基礎科学分野の発展のための基礎・基盤的な検討を推進し、その大成として以下の各課題を克服・解決し、持続性ある社会の実現に向けた技術革新に資することを、本プロジェクトのミッションとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・極性スイッチング材料：極性結晶の分極制御を中心とした界面機能素子 ・超ワイドギャップ半導体：ダイヤモンドトランジスタ等高出力半導体素子 ・固体照明材料：蛍光体等LED照明の高効率化に向けた新奇材料 ・レーザー光学結晶：高出力レーザー関連結晶等光学材料の開発 ・ポーラードメインエンジニアリング：強誘電体ドメインを活用した素子 ・化学活性材料：ナノ構造制御された活性表面を有するセンサー材料

<p>平成23年度～平成25年度中間評価時までの主な研究成果（アウトプット）及び研究成果から生み出された（生み出される）効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）</p>	<p>1) 主な研究成果（アウトプット）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・極性スイッチング材料：極性半導体の分極方向を制御した結晶成長技術の取得に成功するとともに、放射光を利用した解析によって、界面抵抗変化素子の動作機構の解明を進めた。 ・超ワイドギャップ半導体：ダイヤモンド基 MEMS（微小電子機械システム）や TFT（薄膜トランジスタ）などのプロトタイプ素子の開発を進め、その動作を実証した。 ・固体照明材料：高出力 LED 照明用の無機蛍光チップの開発を進め、高出力対応材料を得るとともに、さらなる高品質蛍光体に向けた探索を進めた。 ・レーザー光学結晶：高出力レーザー用アイソレーター材料を開発し、プロトタイプを実現した。 ・ポーラードメインエンジニアリング：強誘電体ドメイン挙動の解明 ・化学活性材料：水素を捉える分析技術を確立し、a-IGZO の水素に対する応答を始めとする知見を得た。 <p>2) 研究成果から生み出された（生み出される）効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）：</p> <p>分析技術の高度化により、材料科学にとどまらず、地球科学の分野からの受賞者が出るなど、物質科学一般に関わる展開となっている。また、アイソレーターは、企業での実用化が決まるなど、産業貢献も進展している。</p>
<p>中間評価時の進捗状況及び自己点検・評価</p>	<p>中間評価時の進捗状況：</p> <p>上記の通り、プロジェクトは、計画通りの進行をしている。本プロジェクト発足時、機能性無機材料の世界拠点形成を掲げた。そのひとつの表れとして、文科省より、元素戦略(電子材料)での委託を受けるに至るなど、その存在感を示しつつある。プロジェクトの事前評価において、元素戦略的視点の必要性が指摘されているが、実際に、元素戦略を先導する立場を築いている。これを糧として、さらなる進展が得られることは必定である。</p> <p>自己点検・評価：</p> <p>開発してきたアイソレーターが企業において実用化されることが決定するなど、社会的・経済的にインパクトのある成果が得られ始めている。また、企業からの多くの共同研究の依頼が来ていることは、産業的視点においても、十分なインパクトを保持していると理解している。</p>
<p>【評価項目】</p>	<p>コメント</p>
<p>①研究計画、実施体制、マネジメント、連携 （研究開発の方向性・目的・目標の見直し、計画・ロードマップの問題点、実施体制・マネジメントの改善、連携のあり方、ほか）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ワイドバンドギャップ光・電子材料に関する多くの研究サブテーマに取り組みサブテーマそれぞれで成果を挙げている。方向性や目的は適切である。 ・各サブテーマ間の連携や共同研究がどれくらいあるのか見えにくい。 ・6つのサブテーマが独立して行っている印象を受ける。 ・サブテーマ毎の相互作用をもっと誘導する努力があったほうがよい。 ・非常に大きくアクティブな研究グループであることは理解できたが、事前評価結果でも指摘のあったサブテーマ間の交流や相互作用の促進や共通課題を発見するマネジメント努力はあまり行われていないように見受けられる。NIMS の伝統の上に、個々の研究サブテーマにおいて優れた研究成果が得られている以上、そのような活動は不要なのかもしれないが・・・。 ・それぞれの材料応用に対する課題と解決の戦略をクリアにする必要がある。 ・中間評価説明資料の「4. プロジェクトのタイプ」で基礎研究、目的基礎研究と位置づけているが、実態からすれば応用研究、実用化研究を含むと考えられる。「5. ミッションステートメント」にも、「製品レベ

	<p>ルのプロトタイプ」の作製が謳われている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ワイドバンドギャップ材料は、実用化段階で、種々の課題が出てくるため、多くの研究者の参加が必要である。 ・主たる公的研究機関として、個々の材料研究のみならず、アプリケーションから見た材料の課題など、大きな技術戦略を提供し、リーダーシップを発揮すべきである。 ・個々の物質の課題を決めて議論しているという事であるが、より若手も根本的な議論に加えて将来の布石を打つことも必要である。「三人寄れば文殊の知恵」をもっと活かしてもよいと考える。 ・水素分析の具体的位置付けはどうなのか。
<p>②研究開発の進捗状況及び進め方 (進捗状況の把握、研究責任者の自己点検・評価の妥当性、進め方の見直し(継続・変更・中止等)、研究資源(資金・人材)の再配分、ほか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・各材料研究について成果が挙げられている。 ・達成目標が必ずしも明確にされておらず進捗を客観的に判断しにくいサブテーマがあるが、総体としては大きな成果が挙げられていると考えられる。 ・研究責任者の自己点検・評価も妥当である(発表では言及はなかったが中間評価説明資料に書かれている)。 ・人材について任期制の研究業務員が特定のサブテーマで9名と非常に多い。バランスが悪いのではないか。 ・それぞれのサブテーマにおける応用をどのようにしようとしているのか。 ・水素の分析は種々の材料で求められ、この分析技術の応用範囲は広い。しかし、電気的特性などと水素分布の関連性などは、多くの人との議論から対応付けの必要性が出てくると考えられる。 ・水素分布評価をどのように展開しようとしているのか。
<p>③論文・特許等の直接の成果(アウトプット)、効果・効用(アウトカム)、波及効果(インパクト) (研究成果の質は世界レベルか、どのような効果・効用あるいは波及効果が出たか/期待されるか、研究タイプを考慮した費用対効果はどうか、セレンディピティー、ほか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・製品化されている結晶もあり、優れた成果が出ている。 ・可視光領域のアイソレーターを開発し、レーザー加工機用として製品化まで持っていったことは高く評価できる。 ・多くの論文・特許があり、また光アイソレーターでは製品までの実用化が実現しており、大きな成果が得られている。特許では特に蛍光体関係が多い。 ・非常に多くの論文発表、招待講演、特許出願がなされており、世界レベルの研究成果が多く出ている。 ・論文、プロシーディング、解説、招待講演が、減少傾向にあることは、考慮すべきである。 ・成果が出ていないテーマについて、将来性をどのように評価するか。また、成果が出ているテーマについても応用面の展開をどのように進めるか。現状では共同研究先まかせのような印象を受けるが、自ら開拓する姿勢があってもよい。 ・パワーエレクトロニクスやオプトエレクトロニクスを始め、ワイドバンドギャップ材料は、風が吹いている材料と考えると、より大きな貢献を目指してほしい。
<p>④総合評価 (研究全体に対する総合的所見、及び上記評価項目①～③に含まれない、その他の評価ポイント、問題点等があれば追加してコメント)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・それぞれの成果は大変興味深いですが、最終目標について、もう少し具体的に設定することができるように思われる。 ・各グループが独立に進めている印象がある。各サブテーマ、各研究者間の連携がなされれば相乗効果を生じるのではないか。 ・事前評価結果でも指摘があったように、個々のサブテーマをいかに融合させていくかが依然として課題として残っている。 ・公的研究機関として、幅広い研究とともに、高い成果が期待されるという点で、アプリケーションも見据えた研究に集中するか、個々の研究をより強くするかを迫りたい。

		<ul style="list-style-type: none"> ・ 個々の研究のみならず、材料技術研究の全体でのリーダーシップを、より発揮してほしい。 ・ 研究期間の中間まで来て選択と集中はどのように実施する考えなのか。 ・ 中間評価説明資料とプレゼンテーション資料の間に、内容や力点の置き方に大きな隔たりがあり理解しにくかった。
各委員の総合評価点 (10点満点)		9、8、8、8 (順不同)
総合評価点平均 (10点満点)		8.3 (小数第二位四捨五入)
評価点	評価	評価基準
10	S	全ての点において模範的に優れている。 計画を変更することなく継続すべきである。
9		
8	A	総合的に優れている。 一部計画を見直し継続すればS評価になる可能性がある 平均的なプロジェクトである。 継続は認めるが、継続する時に、一部計画を見直した方が良い点がある。
7		
6		
5	B	期待されたほどではない。 計画を見直して継続すべきである。
4		
3		
2	C	プロジェクトの見直し、計画の抜本的な変更が必要である。 大きな問題があり、継続を中止すべきである。
1		