

## プロジェクト事前評価報告書

評価委員会開催日：平成22年3月26日

評価委員：（敬称略、五十音順）

天野 浩 名城大学 理工学部 教授

水島公一 東芝リサーチ・コンサルティング（株） シニアフェロー

武藤俊一 北海道大学大学院 工学研究科 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22年6月17日

プロジェクト名	輻射場制御技術と材料科学の融合による革新的フォトニクス材料の創製（「革新的光材料技術の開発と応用」に改題）
研究責任者の所属・役職・氏名	量子ドットセンター センター長 迫田和彰
実施予定期間	平成23年度～平成27年度
研究目的と意義	<p>本研究プロジェクトが関わる情報・通信分野において、20世紀にはその主役がエレクトロニクスであったのに対し、21世紀の今日ではフォトニクスの重要性がますます大きくなってきている。一つには電子素子の集積化が極限まで進み、発熱の除去と従来手法による一層の高集積化が困難な状況に立ち至ったことがある。その一方で、民生分野、科学・技術分野を問わず、情報・通信基盤の高速化・大容量化に対する要求は以前にも増して大きくなってきており、原理的に高速化と低消費エネルギー化が同時に達成可能なフォトニクスに対する期待が大きい。また、光通信における安全性（秘匿性）の確保も潜在的には重要な課題であり、光の量子性を利用した量子暗号通信による究極的な解決が期待されている。さらに、量子コヒーレンストモグラフィのような、光の量子性を利用した高度な計測技術にも注目が集まっており、そのための高輝度もつれ合いフォトン源の開発が必要となってきた。これらの課題の解決は、我が国の国際競争力を大幅に向上させて、将来の産業育成と経済発展に大きく貢献するものと期待される。</p> <p>本研究プロジェクトは情報、通信、量子計測分野の中心課題である、革新的な発光デバイス、受光デバイス、および、光導波デバイスの実現に資するフォトニクス材料の開発を目的とする。特に、フォトニック結晶やメタマテリアル、精緻な擬似位相整合などの現代的な輻射場制御技術と、量子ドットや量子リング、等電子トラップ、非線形光学結晶などの電子波制御を可能とする材料科学の融合により、革新的なフォトニクス材料の創製を目指す。</p>
研究内容	<p>以下の5つのサブテーマに関する研究を行う。第1に、コロイドフォトニック結晶に関するNIMSのオリジナル技術を発展させて、工業化に適した高結晶・高均一な材料合成プロセスの開発を進める。第2に、電子線リソグラフィやナノインプリント等の手法により、高度に制御された光導波路や光共振器などのナノ構造を作製する。第3に、MBE（分子線エピタキシー）によるGaAs高指数基板への液滴成長法と、MOCVD（有機金属気相成長法）によるGaP中のBi、Zn-0等電子不純物のデルタドーピング技術の開発を進める。第4に、異なる周期反転構造を強誘電体へ同時に造り込む手法と、多数の微細ドメインの均一制御技術の開発を進める。第5に、液滴エピタキシー成長による量子ドットについて高分解能分光を行い、単一ドット発光の微細エネルギー構造とコヒーレンス緩和過程の微視的機構を解明する。</p>
ミッションステートメント（具体的な達成目標）	<p>上記の5サブテーマに対応して、以下を目標とする。第1に、波長可変レーザーなどに応用可能なコロイドフォトニック結晶について、大面積製造に拡張しうる材料プロセスを開発する。第2に、プラズモンナノ共振器の赤外トンネル発光の実証と積層型メタマテリアル構造による赤外ビーム走査素子の実現を目指す。</p>

この事前評価は課題提案の最初の段階で行ったものです。特に事前評価は厳しく評価をしてもらっています。この結果を基に研究内容・計画等をブラッシュアップして、プロジェクトは実施されます。

	<p>第3に、励起子微細分裂の無い量子ドットの作製ともつれ合い光子対発生の実証、および、GaP への等電子不純物のデルタドープ技術の確立と単一光子発生の高温度化と発光エネルギー制御、および、発生頻度増大を目指す。第4に、強誘電体の分極反転プロセスの精密制御によるサブミクロンサイズの極性反転構造の実現等により、広帯域波長変換を目指す。第5に、波長可変精度が <math>10\mu\text{eV}</math>、時間幅が <math>50\text{ps}</math> の単一光子源の開発と量子相関強度を定量評価する分光手法の確立、および、高忠実度2光子対状態の実証を行う。</p>
【評価項目】	コメント
<p>①プロジェクトの目的、ミッションステートメント      {優れている点、内容が不足している点、目的や目標を絞る必要はないか、達成目標が高すぎる(低すぎる)か、既存プロジェクトとの重複(差別化)、など}</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各サブテーマの水準は非常に高く、またオリジナリティーもある。</li> <li>・目的・ミッションステートメントは適切である。特に、微細構造分裂のない励起子の開発は、液滴エピタキシーの利点を活かす優れた研究である。</li> <li>・フォトニクスは、光の研究の歴史を引き継いでいるため、分野があまりに多岐に亘っている。プロジェクトの目標を絞り、集中的に実施した方が効果的である。</li> <li>・この分野はややもすると理論的研究が先行して、材料・プロセス技術が追いつかず、実用化に課題を抱える研究が多いようである。材料科学をも重視した本プロジェクトには、新しさが感じられる。ただし、色々なフェーズの研究が並列的にサブテーマとして掲げられており、プロジェクト全体としての目的やミッションが分かりづらい。</li> <li>・サブテーマごとの進捗状況が広がっているので、基礎に近いテーマから応用に近いテーマまでを一括にせず、区分けした方がよい。</li> <li>・これまでのシーズ研究だけに頼った方向付けになっていないか。ニーズ調査により、これまでの成果を活かしたターゲット設定を活発にすることが必要である。</li> <li>・サブテーマのはっきりした数値目標が示されていないので明確にし、ロードマップに反映すると分かりやすい。</li> <li>・低消費エネルギー化との関連については、集積回路の光接続、光配線への見通しを明確にして欲しい。</li> <li>・遅れた分野(メタマテリアルなど)の補完は必要ないのではないか。</li> <li>・他機関との差別化が必要である。</li> <li>・プロジェクト名は、「輻射場制御のための革新的フォトニクス材料の創製」としたら如何か。</li> </ul>
<p>②プロジェクトの意義      (学術的レベル、技術的レベル、社会的価値、経済的価値、将来新しい研究開発分野となるか、実用材料につながるか、産業界にとって重要か、重要特許になりうるか、など)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・個々のサブテーマの学術的レベルは非常に高く、また技術的にもオリジナリティーがあり、優れている。実施する意義がある。</li> <li>・学術的、技術的レベルの高さは感じられるが、基礎的側面が強く、実用化にはいくつかのハードルがありそうだ。</li> <li>・コロイドフォトニック結晶を用いたレーザー素子の意義には、波長多重などもある。</li> <li>・フォトニクスへの期待が大きいことは間違いないが、ターゲットが広い分、選択が必要である。ニーズとシーズのバランスが大事である。</li> <li>・社会的・経済的価値は明確ではない。</li> <li>・重要特許等になりうるかどうかは、今後の研究の展開次第である。</li> </ul>

この事前評価は課題提案の最初の段階で行ったものです。特に事前評価は厳しく評価をしてもらっています。この結果を基に研究内容・計画等をブラッシュアップして、プロジェクトは実施されます。

<p>③プロジェクトの内容、ロードマップ、推進体制、マネジメント、予算計画 (研究内容、目的の実現可能性、計画の問題点、推進体制、マネジメント、予算使途の問題点、など)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ほとんどのサブテーマが相互に強く関連しているようである。サブテーマ間の交流を活発にし、マネジメント面で相互の連携に留意することが重要である。</li> <li>・はっきりした数値目標が設定されていない。目標の明確化が必須である。</li> <li>・推進体制としての組織性に乏しい。基礎から応用までの体制の組み直しが必要である。</li> <li>・テーマが広がりすぎている。絞り込みにより短期間で成果を挙げるようにすることが必要である。</li> <li>・フォトニクスは、極めて広い応用がある。これは、期待が大きいと同時に、ターゲットが絞りにくいということがあり、本プロジェクトでも、ターゲットの選択は重要である。シーズだけでなく、ニーズ志向の分野もターゲットにすることが重要である。</li> <li>・資金と人材を集中的に投入して実施した方がより効率的である。サブテーマ4の人手が特に手薄なようである。</li> <li>・全般に人材不足のようであるので(サブテーマ3を除く)、設備よりも人(ポストドク)が必要ではないのか。サブテーマ3のノウハウを活かすことも一つの方法だと思う。</li> <li>・予算の面では、特段の問題は見受けられない。</li> </ul>
<p>④見込まれる直接の成果(アウトプット)、効果・効用(アウトカム)や波及効果(インパクト) (質の高い成果は期待できるか、論文・特許数は十分出そうか、新技術・デバイスにつながるか、多くの外部資金獲得・共同研究につながるか、他分野への波及効果は、など)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・それぞれのサブテーマで技術の蓄積があり、質の高い成果が期待できる。特にサブテーマ5は、通信への応用のみでなく、ヨーロッパで関心の高い量子力学基礎論にも関連しており、サブテーマ3のNIMS独自の量子ドットなどを用いれば量子力学を書き換える可能性のある重要なサブテーマなので、長期的な見通しをもって望んで欲しい。</li> <li>・個々のサブテーマはレベルが高く、技術的に優れた内容の多数の論文の発表や新規デバイスの特許申請が期待される。</li> <li>・成果をNatureやScienceなどの一流論文誌にもどンドン投稿・掲載して、国際的に宣伝して欲しい。</li> <li>・技術調査と産業界との連携を進め、ターゲットを絞れば、これまでの成果に加えて、大きな成果が期待できる。</li> <li>・多くの外部資金獲得や共同研究につながるかどうかについては、現段階では難しいと思う。</li> <li>・他分野への波及効果については、探索が必要であろう。</li> </ul>
<p>⑤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①～④に含まれない、その他の評価ポイントがあれば追加してコメント)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・近年急速に研究が進展し、競争の激しい分野である。これまでのNIMSの成果に立脚しNIMSの強みを活かした研究により、この分野をリードすることを期待する。</li> <li>・内容は多岐に亘るが、それぞれのサブテーマで技術の蓄積があり質の高い成果が期待できる。</li> <li>・個々のサブテーマの取り組みは理解でき、オリジナルな成果もこれまでに得られているが、グループ全体としては、基礎・シーズにあまりに偏っており、今後の展開に不安を残す。少数でよいので、横断的なテーマを掲げ、集中的に実施するような取り組みも必要である。</li> <li>・サブテーマ個々のレベルは高いが、一方で、5つのサブテーマについて、個人レベルでの取り組みに留まっており、組織的な取り組み、特に実用化を目的とした体制作りが不足している。</li> <li>・サブテーマ間の交流を積極的に進め、お互い課題に対してコメントしあうことが重要である。また、公開によるターゲットの掘り起こしも必要である。</li> </ul>
<p>総合評価点 (10点満点)</p>	<p>8.0</p>

この事前評価は課題提案の最初の段階で行ったものです。特に事前評価は厳しく評価をしてもらっています。この結果を基に研究内容・計画等をブラッシュアップして、プロジェクトは実施されます。

各委員の評価点 (10点満点)		7, 8, 9, 8 (順不同)
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推進すべきである。
9		
8	A	総合的に優れている。 一部計画を見直し推進すれば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。 プロジェクトの実施は認めるが、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。 計画を見直して推進すべきである。
4		
3		
2	C	大きな問題があり、プロジェクトを中止すべきである。 プロジェクトの見直し、計画の抜本的な変更がなければ実行すべきではない。
1		

この事前評価は課題提案の最初の段階で行ったものです。特に事前評価は厳しく評価をしてもらっています。この結果を基に研究内容・計画等をブラッシュアップして、プロジェクトは実施されます。