

## 事後評価報告書

評価委員会開催日：平成18年7月14日

評価委員：（敬称略、順不同）

山本直紀 東京工業大学大学院理工学研究科 助教授（主査）  
 光田好孝 東京大学生産技術研究所 教授  
 大串秀世 産業技術総合研究所ダイヤモンド研究センター 招聘研究員  
 原 和彦 静岡大学電子工学研究所 教授

記入年月日：平成18年9月27日

課題名	電子・光極微応答の解明と半導体機能の発現に関する研究
研究責任者名及び所属・役職	関口隆史 ナノマテリアル研究所ナノ電子光学材料グループ ディレクター （現在：半導体材料センター半導体特性評価グループ グループリーダー）
【実施期間、使用研究費、参加人数】	実施期間：平成13年度～平成17年度 使用研究費（期間合計）：運営費交付金：182百万円、外部資金：66百万円 参加人数：（平成17年度）10人（専任：3人、ポスドク：3人、外来：2人、技術補助：1人、事務補助：1人）
【研究全体の目的、目標、概要】	<p>研究目的：                      ナノスケールの微細構造によって高機能化された材料の諸特性を探索するために、ナノスケールの電子・光励起を用いた物質の精密計測技術を開発する。目標とする検出限界は、空間分解能で従来技術の1/20、検出感度で1/100とする。開発した技術は材料評価に応用できるものとし、この技術を用いて、広範なナノ材料の評価を行う。さらに半導体材料を中心とした、光・電子変換機能の理論的解明とその新機能を探索する。具体的には、ナノ構造である結晶欠陥を利用した光半導体素子の開発を目指す。</p> <p>研究計画概要：主要なテーマとして以下を設定する。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 高分解能カソードルミネッセンス法によるナノ粒子・ワイドギャップ半導体の評価</li> <li>2. 高感度近接場顕微鏡法によるフォトニクス結晶・ナローギャップ半導体の評価</li> <li>3. 高分子と半導体材料の融合</li> <li>4. 光・電子変換機能の理論的解明とレーザー機能の発現</li> <li>5. ナノ構造を使った発光機能の探索</li> <li>6. Si関連材料の電氣的・光学的機能評価</li> </ol>
【全研究期間の成果等（研究全体）】	<p>（研究成果） 評価技術の高度化は、検出器の進歩もあり、当初の目的を十分達成できたと考えている。電子励起のカソードルミネッセンスに関しては、開発した装置を用いて、多数の共同研究を行うことができ、材料開発に十分貢献できた。特に、ワイドギャップ半導体ナノワイヤーの発光評価では、30編程度の論文が出版された。光励起の近接場顕微鏡に関しては、担当者の異動もあり、材料への十分な応用ができなかったが、目的の装置が開発できたと考えている。</p> <p>ナノ構造の製作では、理想的な量子ドットを作製したことにより、量子暗号通信につながる単一光子発光を検証した。1.5μmの光通信領域での成果は世界初である。シリコン系材料開発でも、開発した材料評価法を有効に活用し、次期プロジェクトにつながる成果が得られた。</p> <p>このプロジェクトに関連する論文として、106編が出版された。</p> <p>（成果から生み出された効果・効用） CLを用いた実用材料の評価を広く受け入れ、現実に使用されている、あるいは開発中の、III-V化合物半導体素子、GaN系材料（バルク、薄膜、素子）、蛍光材料の評価を行い、製品開発に貢献した。また、企業との共同開発、ホームページでのデータ発信により、CL装置・測定手法</p>

	<p>の波及に努めた。</p> <p>(波及効果) CL法は、電子ビームで容易に励起でき、空間分解情報も取れることから、紫外発光応用を狙った窒化物系半導体材料開発に取り入れられ、多くの民間の研究施設や事業所に普及した。CLの普及率では、日本は世界のトップを行くと言えるであろう。</p> <p>論文：12+50.0件*、プロシーディングス：0+11.1件*、解説・総説：0+1.5件*、招待講演数：0+20.15件* (*：+の前の数値は平成13年の数値、+の後ろは研究の寄与率を考慮した平成14-17年の値)  特許出願：14件、登録：3件、実施許諾：0件</p>
【評価項目】	コメントおよび評価点
マネジメント 実施体制 (サブテーマ間関係、外部との共同研究の有効性)	<p>コメント：  本プロジェクトは、CL(カソードルミネッセンス)を中心とした材料評価で始まったが、研究期間の後半に、材料開発の方に重点を置いたことで、全体の方向があいまいになった感がある。大学・会社等との共同研究及び機構内での協力関係は研究推進に有効に働いたが、たとえば、CLの開発では材料測定(材料をグループ外との共同研究で入手)がいろいろありすぎたのではないかと感じる。対象にする材料はもう少し絞るべきだった。また、測定結果を材料開発にフィードバックさせるというサブテーマ間の連携が希薄だった感もある。NSOM(近接場顕微鏡)のサブテーマが途絶えてしまったのは残念である。</p>
<p>*評価点(10点満点)：7  評価基準 9点：研究の効率向上に明確に寄与している  7点：よく考えられている 5点：平均的な体制  3点：もう少し考慮の余地があった 1点：プロジェクト遂行の支障となった</p>	
アウトプット (論文、特許等の直接の成果。費用対効果を考慮)	<p>コメント：  論文数は年ごとに増加しており、アウトプットもグループメンバーの人数を考えれば十分に多い。ただ論文数と比較して、発表数がやや少ないようだ。</p>
<p>*評価点(10点満点)：7  評価基準 9点：質・量共に平均的プロジェクトの水準を大きく上回っている  7点：平均的水準より優れる 5点：平均的水準  3点：少ない 1点：問題がある</p>	
目標の達成度 その他アウトカム、波及効果	<p>コメント：  CLとNSOMについて：  50nmという分解能や検出感度の目標は達成されている。本プロジェクトが、CLの測定技術の向上に寄与した点は評価できる。ただし、従来のCL法に対し、大きく進展した技術とまでは言いにくい。CLの生体応用、低加速電圧SEMIは技術的に高く評価できる。</p> <p>技術開発について：  プロジェクト課題名の「解明」や「発現」という表現に対して、研究内容や目標が必ずしも対応していないと感じられる。また、対象材料を半導体、有機、生体と少し欲張った感があり、個々の成果はすばらしいが、それぞれの内容が薄れてしまったのが残念である。これらを系統的にまとめた方がより強いインパクトを与えられたと思われる。</p>
<p>*評価点(10点満点)：7  評価基準 9点：一つの分野を形成した</p>	

7点：目標は十分達成され、当該分野に影響を与えた 3点：目標の部分的な達成		5点：目標はなんとか達成された 1点：目標達成にはほど遠い	
総合評価 研究全体に対する総合的な所見を記入。 また上記設定評価項目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。	コメント： 他機関との共同研究（生体物質等）では大きな成果が得られている。装置関連では、多くの研究者が利用できるよう、製品化も積極的に進めてもらいたい（特に特殊CL）。また、試料作製装置については、有効に利用されていたかどうか不明確であった。一方、測定技術以外の材料開発としての成果は今後出てくると推測されるので、今後の展開が期待される。 リーダーは現在CLによる材料評価の分野で、日本のトップレベルにある研究者なので、今後ともCLの技術向上を含め、その有効性を明らかにする努力を続けるように願いたい。		
* 総合評価点（10点満点）：7 評価基準			
9点：すべての点において模範的に優れている		5点：平均的	
7点：総合的に優れている		3点：期待されたほどではなかった	
3点：期待されたほどではなかった		1点：税金の無駄遣いである	

なお評価点は、公表時一般にもわかり易いように、以下のようにS, A, B, Cを併記します。

9、10 S  
8 A+  
6、7 A  
5 A-  
3、4 B  
0～2 C

評価点まとめ

マネジメント実施体制 (内外連携)	アウトプット	目標達成度、アウトカム 波及効果	総合評価
A	A	A	A