

事後評価報告書

評価委員会開催日：平成18年7月27日

評価委員：（敬称略、順不同）

市川昌和 東京大学大学院工学系研究科 教授 （主担当）

大泊 巖 早稲田大学理工学部 教授 （主担当）

齋木敏治 慶應義塾大学理工学部 助教授

原 正彦 東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授 （書面評価）

記入年月日：平成18年11月9日

課題名	ナノデバイス新材料の開発に関する研究
研究責任者名及び所属・役職	青野 正和 ナノマテリアル研究所 所長、フェロー （現在：フェロー、ナノテクノロジー基盤領域コーディネータ）
【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：2,079百万円、外部資金：330百万円 参加人数：（平成17年度）65人（専任：24人、併任：5人、ポスドク：18人、外来：7人、技術補助：5人、事務補助等：6人）
【研究全体の目的、目標、概要】	<p>研究目的及び具体的な研究目標： 高度に情報化された社会の実現に必要な高速で大容量の情報処理を可能にするデバイスの開発を目指し、1) 光デバイス、2) 光スイッチングデバイス、3) 電子波デバイス、4) 論理演算デバイス、5) 超高周波デバイスのための材料の開発を進めた。具体的には、光波長変換や光変調などの機能をもつ光デバイスの実現、現在の光スイッチング素子の情報処理速度の大幅な高速化、電子ビームによる1ナノメートルレベルの回路パターン加工技術の開発、結晶成長のその場制御技術による5ナノメートルレベルの素子パターンの大量作成法の開発、固有ジョセフソン効果を利用した新原理デバイスの開発を目標とした。</p> <p>研究計画概要： 以下の基本的研究計画に沿って研究を進めた。</p> <p>1) 光デバイス材料に関しては、ワット級の赤外光を連続発振する光波長変換デバイスを実現すること、現在 10 GHz の光変調デバイスの変調速度を10倍化すること、全光波長選択デバイスを実現することを目的として研究を進めた。</p> <p>2) 光スイッチング材料に関しては、金属ナノ粒子を誘電体媒質中へ制御して分散させる技術およびそれによって生じる新たな光学的性質を評価する技術を確認することにより、現在の光スイッチング素子の情報処理速度である10 GHz を全光化 1 THz 級へ展開するために必要な材料技術を開発することを目指して研究を進めた。</p> <p>3) 電子波デバイス材料に関しては、現状の電子線露光技術による 100 ナノメートルが限界の微細加工能力をはるかに凌ぐ1ナノメートルレベルの回路パターンの作製およびそこに生じる新しい特性・機能の評価技術を開発することを目指して研究を進めた。</p> <p>4) 論理演算デバイス材料については、量子ドットを中心に、結晶成長のその場制御技術を確認して、5ナノメートルレベルのナノ構造の大規模で制御されたパターンの形成を微細加工技術に頼らずに作製しうる材料技術の確立に向けて研究を進めた。</p> <p>5) 超高周波デバイスでは、酸化物高温超電導体結晶に内在している固有ジョセフソン接合の動作特性のナノレベル結晶加工との関係の解明により、通信周波数を現状のGHz 級からTHz 級に革新するために必要な材料技術の開発を目指して研究を進めた。</p>

<p>【全研究期間の成果等 (研究全体)】</p>	<p>研究成果（アウトプット）、成果から生み出された効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）：</p> <p>1) 光デバイス材料については、波長変換デバイス、光変調デバイス、ナノドメインデバイス、光回折デバイスの研究を行い、実用化または実用化に近い水準の技術開発を達成した。例えば、光パラメトリック発振により 10 W 級の赤外線発振に成功した。ベンチャービジネスの立ち上げ（SWING 社）にも至った。</p> <p>2) 光スイッチング材料については、種々の無機絶縁体材料に多様な金属の負イオンを注入して金属ナノ粒子を形成することに成功し、この方法を用いて、制御された非線形光学効果をもつ様々な新しい材料を開発することに成功した。ユニークかつ有用な新しい材料制御法の開発に成功したとも言える。</p> <p>3) 電子波デバイス材料については、微細電子ビームによってナノメートル・スケールの回路パターンを形成する技術を開発し、それを用いて電子波の干渉を利用した様々な構造のデバイスを作成することに成功し、それらの興味深い特性を明らかにした。ナノ構造の造形加工と形状観察が同時に可能な操作性に優れたナノ構造構築のための技術開発ができたことにもなる。</p> <p>4) 論理演算デバイスについては、独自に開発した液滴エピタキシー法によって、様々な新しい構造の化合物半導体量子ドットを作製すること、そしてそれらの配列を制御することに成功した。そして、それらの量子ドットの興味深い特性を明らかにすることもできた。2重リング型量子ドットなど、量子ドットの内部構造の制御を可能にしたことは注目されるべきである。</p> <p>5) 超高周波デバイスについては、酸化物高温超伝導体に内在する固有ジョセフソン接合を有効に利用したテラヘルツ級の超高周波発振デバイスの開発を進め、そのような発振デバイスの集積によって、ミリワット級の定在波発振に目処をつけた。実用化に向けて一歩ずつ着実な成果を上げてきた。</p> <p>論文：38+212. 17件*、プロシーディングス：11+159. 16件*、解説・総説：4+40. 02件*、招待講演数：1+154. 27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）</p> <p>特許出願：61件、登録：7件、実施許諾：7件</p>
<p>【評価項目】</p>	<p>コメントおよび評価点</p>
<p>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>	<p>コメント：</p> <p>5つのサブグループ個々の実施体制は良いと思われる。しかし、各サブグループの目標とするデバイスの方向性が多様で、技術やノウハウの共有はあったとしても、相乗効果が明確に現れていない。サブグループ間の連携がもっと密接であるべきだった。また外部との積極的な連携が見られなかったのは残念である。ベンチャー企業設立に寄与したのは評価できる。</p>
<p>*評価点（10点満点）：6 評価基準</p>	<p>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>
<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>	<p>コメント：</p> <p>かなりの予算と人的資源を投入したことを考えると意見が割れるところであるが、それぞれのサブグループの論文や特許等のアウトプットは、質・量ともにそれなりに評価でき、学術的なインパクトもある。しかし、サブグループ間の連携による成果が見えにくく、連携がうまく進められていれば、さらに成果はあがったのではないかと考えられる。</p>
<p>*評価点（10点満点）：7 評価基準</p>	<p>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>

<p>目標の達成度 その他アウトカム、波及効果</p>	<p>コメント： 本プロジェクトの5つのサブテーマにはそれぞれに研究段階の差があるので評価が難しいが、全体としての目標はまずまず達成されたといえる。本プロジェクトの研究タイプとして、「目的基礎研究」、「死の谷渡河型研究」、「実用化研究」を掲げているが、実態は大部分が「目的基礎研究」である。昨今ナノテクの有用性が一部疑問視されていることを考えると、材料の量産性等を考慮した研究方向がもっとあってよかったのではないか。そのような視点で各サブテーマを見直すと、一部のテーマで目標が十分に達成されたとは言えない点がある。ベンチャーに繋がったチューナブルな光回折材料の開発は評価できる。今後、ベンチャー企業への展開による波及効果に期待したい。</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 7点：目標は十分達成され、当該分野に影響を与えた 5点：目標はなんとか達成された 3点：目標の部分的な達成 1点：目標達成にはほど遠い</p>	
<p>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。</p>	<p>コメント： 「死の谷渡河型研究」、「実用化研究」としては少し弱い点があるが、「目的基礎研究」としては元来の強いところをうまく延ばし、高く評価できる成果を出した優れたプロジェクトであった。しかし、このことは言い換えると、既存の研究を、本プロジェクトという枠内で、サブグループ毎に進めたという印象であり、5年間で20億円という研究費を考えると、今までとは違う何か新しい流れがもっと出来ても良かったのではないかと思われる。このようなことから、第2期中期計画では、応用分野への展開とサブグループ間の相乗効果が生まれるような体制への再構成が望まれる。国民がNIMSに期待するのは、物質材料に関する文字通りのCOEたることであり、基礎から出口まで信頼できる研究機関であることである。ナノテク研究はその中核として、その自負と自我を持ってほしい。</p>
<p>* 総合評価点（10点満点）：8 評価基準 9点：すべての点において模範的に優れている 7点：総合的に優れている 5点：平均的 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</p>	

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+