

## 事後評価報告書

評価委員会開催日：平成18年8月1日（書面評価）

評価委員：（敬称略、順不同）

寒川誠二 東北大学流体科学研究所附属流体融合研究センター 教授（主査）

齋藤秀俊 長岡技術科学大学物質・材料系 教授

杉野 隆 大阪大学大学院工学研究科 教授

森 勇介 大阪大学大学院工学研究科 助教授

記入年月日：平成18年11月6日

課題名	新物質sp <sup>3</sup> 結合性5H-BNによる破格の電界電子放出特性を有する自己造形エミッター薄膜の研究開発・（付）同材料による遠紫外レーザー発振
研究責任者名及び所属・役職	小松正二郎 物質研究所非酸化物焼結体グループ 主席研究員（現在：半導体材料センター半導体デバイス材料開発グループ 主席研究員）
【実施期間、使用研究費、参加人数】	実施期間：平成16年度～平成17年度 使用研究費（期間合計）：運営費交付金：37百万円、外部資金：14百万円 参加人数：（平成17年度）9人（専任：2人、ポスドク：1人、外来：3人、技術補助：2人、事務補助：1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：</p> <p>提案者は、紫外光誘起表面反応を利用したプラズマCVD法により、電界電子放出特性を最大限に効率化させる表面形状を持つsp<sup>3</sup>-結合性5H-BN薄膜の開発に成功した。ここでは、紫外光照射方向に一様に揃った～10μm長の紡錘形電子エミッター群が自己造形的に成長する。試料は、低電界強度（8V/μm）において従来比千倍以上の電流密度（～A/cm<sup>2</sup>）を誇り、エミッション閾値も6V/μmとカーボンナノチューブに匹敵する。これは主に、エミッター形状の幾何学的電界集中効果とBNにおけるNEA (negative electron affinity)によると考えられる。ここでは、電界電子放出材料としての応用に向けて、その基礎的な形成機構解明を行い、特性向上に結びつけてゆく。</p> <p>研究計画概要：</p> <p>上記目標に向け、ここでは、2年間の間に、(1) 紡錘形エミッターの分布密度制御による均一な電子放出特性をもつsp<sup>3</sup>結合性BNエミッター薄膜を作製することを目標にし、その実現のために、紡錘形エミッターの光照射プラズマCVDによる自己造形的な形成機構を解明する。また、(2) BN薄膜自体の結晶性・結晶粒子径、結晶構造、表面吸着構造等の電子放出特性に与える影響を解明し、より均一で、優れた特性を持つ電界電子放出エミッター薄膜を開発する。</p>
【全研究期間の成果等（研究全体）】	<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>研究成果：周期的光化学反応と拡散の競合する特異な反応系としてのplasma-assisted laser chemical vapor depositionによりsp<sup>3</sup>-結合性5H-BNマイクロコーン（または条件によってナノコーン）が生成されるメカニズムが、実験的に（1）その時間発展、（2）そのレーザー強度（laser fluence）依存性・特に閾値、が明らかにされた。理論的には、その生成を記述する方程式が導かれ、特に、温度に依存するコーン分布の特異なuniform-fractal transition（実験的に発見）が、説明された。さらに、フラクタル性の起源も示唆することが出来た。コーン内部のナノ構造とコーン先端のナノ領域に局在化した伝導性など、優れた電子放出特性に関わると思われる独特の性質も見出された。これらの知見により、望ましい特性発現のためのコーン分布を設計する際に役立つ電子放出特性の非線形モデルも立て、これにより、測定された特性の再現にも成功した。これらを踏まえ、電子放出閾値の著しい低下にも成功した。</p>

	<p>成果から生み出された効果・効用・波及効果：優れた電子放出特性とBNIに備わる頑丈さ(著しい物理的・化学的安定性)、さらにワンステップで美しいSpindt型エミッターが形成される利便性(将来的に見込まれる低生産コスト)等から、各分野の企業からの引き合いが現在も続いており、大手メーカーとの共同研究も2年目を迎え、実用化へ発展する見込みが強まっている。</p> <p>論文：0.4件*、プロシーディングス：0件*、解説・総説：3.2件*、招待講演数：8.0件* (*：研究の寄与率を考慮した平成16-17年の値)  特許出願：2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：  研究を少人数で行っているためか、成果の報告が少し遅れているように思う。グループとしてはもう少し若手を迎え陣容を整えるべきである。</p>
*評価点(10点満点)：5 評価基準	<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>
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：  0.5 V/<math>\mu</math>mのしきい値電界を得ている点など優れた成果が出ているが、論文が少ない。もう少し論文が出てもいいのではないかとと思われる。</p>
*評価点(10点満点)：5 評価基準	<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>
目標の達成度 その他アウトカム、波及効果	<p>コメント：  目標である低電界放出が得られている。また、成長機構の解明や電子エミッション特性の改善などでは、大きな進展があった。チップ作製に関する知見は得ているようであるが、電界放出特性に関する直接的な内容(電界集中因子、電気抵抗率など)が明確に示されておらず、エミッターの均一性や密度分布制御などの他の目標達成の程度が不明である。研究責任者が評価委員会を欠席したので評価が難しいが、まずまず目標は達成されたと判断される。</p>
*評価点(10点満点)：6 評価基準	<p>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>
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>コメント：  電子エミッション特性として革新的な成果が得られ、成長機構についても明らかになってきた。このように興味ある成果は得られているが、チップ形状と作製条件、電子放出特性との関係等が明確になっていないのが残念である。早く実用化につなげるためには、これらの関係を明確にするとともに、企業との連携を一層進めることが重要である。  なお、研究責任者が評価委員会を欠席したため、評価作業が著しく困難であった。スライド原稿等の資料からのみでは、十分な研究内容の理解が得られず、研究責任者は、きちんと評価委員に説明する責任があることを認識してもらいたい。このようなことから、十分な評価が出来たとはいいいがたいが、書面で判断するところでは、総合的に優れたプロジェクトであったと考える。</p>

* 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
	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

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