

事後評価報告書

評価委員会開催日：平成18年10月4日

評価委員：（敬称略、順不同）

山本剛久 東京大学大学院新領域創成科学研究科 助教授 （主査）
 丸山俊夫 東京工業大学大学院理工学研究科 教授
 足立基齋 京都大学国際融合創造センター 研究員、名誉教授
 岩井一彦 名古屋大学大学院工学研究科 助教授
 渡利広司 産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門 グループリーダー

記入年月日：平成18年12月28日

課題名	微細加工を利用したセラミックス微構造模倣素子の開発
研究責任者名及び所属・役職	大橋 直樹 物質研究所 電子セラミックスグループ 主幹研究員（現在：光材料センター 光電機能グループ 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16年度～平成17年度 使用研究費（期間合計）：運営費交付金：38百万円、外部資金：9百万円 参加人数：（平成17年度）9人（専任：4人、併任：1人、ポスドク：2人、外来2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： セラミックスの機能の多くは、セラミックスが多結晶体であること、あるいはその構成粒子が機能をもたらす誘起内部構造を持っていること、粒界に析出物があることなど、複雑な素構造の集積によって実現されている。そこで、本課題では、まず、そうしたセラミックスの持つ基礎構造を要素分解して、基礎構造の形成原因、あるいは、構造物性相関を明らかにすることを目的とした。それに際し、薄膜化、あるいは、接合形成によるセラミックス粒界・セラミックス界面の再現、イオンビーム照射を活用した微構造制御、微少領域評価技術、計算機シミュレーションを駆使し、総合的なセラミックス微構造の解析を目指した。さらに、薄膜堆積とリソグラフィーを用いた微細加工を行うことによって、誘電体セラミックス、あるいは、半導体セラミックスが持つ特徴的な構造を、焼結プロセスではなく、微細加工プロセスで再現することを目的とした、すなわち、シリコンをはじめとするマイクロエレクトロニクス素子に、焼結プロセスを経ること無しに、直接、粒界機能などの機能性セラミックスを形成することを目的とした。</p> <p>研究計画概要： 本課題の最終目的は、微細加工技術を駆使して、マイクロエレクトロニクス素子に、焼成プロセスを経ずに、機能性セラミックス部材を集積することである。その最終目的のために、以下の要素的検討を行う。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 粒界機能をもつ半導体セラミックスの代表である、酸化亜鉛バリスタの構造を模倣した接合体において、特に、結晶が持つ圧電分極と界面特性の関係を考察する。 ② 強誘電体ペロブスカイトのコアシェル構造の発現について、詳細な分析、および、ナノ粒子を原料としたセラミックスの合成によって検討する。 ③ 酸化亜鉛系、および、ペロブスカイト系で、セラミックス構造を模倣したマイクロデバイスの作製に向け、リソグラフィーを応用した微細構造形成を行う。 ④ シリコンとセラミックス模倣構造との親和性を検討するために、非晶質のSiO₂上に配向性の結晶質膜を得ることを検討する。

<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）： （アウトプット） 酸化亜鉛系材料では、界面準位形成に関する酸化亜鉛結晶の分極の効果を明らかにした。また、ウルツ鉱界面での分極方向制御という視点から、ZnO/GaN積層構造における分極の反転現象を見だし、これを精密に解析した。その結果、わずかに、数原子層の積層不整を取り込むことで、ウルツ鉱型結晶の圧電分極方向を反転できることがわかった。また、酸化物誘電体材料を形成するための白金下部電極について、そのリフトオフによるパターンニング、あるいは、イオン注入による加工を施し、集積構造実現に向けての基礎を築いた。さらに、酸化亜鉛の微細加工に取り組み、エッチング条件と得られる構造物との関係を明らかにした。加えて、ナノサイズ原料を用いた低温焼成を施すことで、チタン酸バリウムにコアシェル類似構造を導入することに成功し、希土類を添加すること無しに、低い温度係数を実現した。 （アウトカム） ナノ粉末を使ったチタン酸バリウムについては、共同研究先企業において、検討が継続されており、これは、実用化に向かうものと期待している。薄膜形成に関して、現時点で、特許実施などの検討は無いが、今後、マイクロマシンの開発、あるいは、高性能の誘電体薄膜の合成に関するニーズの高まりにより、特許実施などの効果が現れる可能性を期待している。 （インパクト） 本課題の中心となっている酸化亜鉛の粒界状態については、その発表論文の引用数がのびてきていることなどから、有る程度のインパクトを与えているものと推察する。 論文：1. 25件*、プロシーディングス：1. 2件*、解説・総説：0. 2件*、招待講演数：2. 4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：1件、実施許諾：0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： 専任職員が少人数のグループということもあり、研究体制としては特段の問題はないと思われる。参画者がそれぞれ扱う装置及び得意技術を縦系—横系の関係とすることで、参画者同士の協力がうまく行われ、研究が進行するように工夫がなされている。外部の大学や企業とも、学生・研究員の交流や共同研究がなされている。</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>	
<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： 研究の寄与率を考慮すると、目に見える成果としてはやや少ない印象を受けるが、これは、研究テーマ自体の難度が高く、論文としての成果が短期間では得にくいテーマであるためと考えられる。すでにいくつかの研究結果も着実に得られており、現時点での成果としては十分であるものと考えられる。</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>	

<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： 本研究は、基礎研究として非常に野心的なテーマであり、この種の研究は時間がかかるものであると思う。単なる目標達成という視点からの評価は難しい。少なくとも、今後の研究展開に結びつく新たな芽が確実に得られている点を評価できる。例えば、「焼結体模倣構造素子」を用いて、多結晶焼結体の機能発現の解明を行っている点は興味深い。また、酸化亜鉛バリスタの特性発現機構を基礎的に明らかにするとともに、酸化亜鉛の微細加工において、エッチャントによりエッチピットが異なる形状を呈することを示し、それにより光触媒効果が異なるという興味ある現象も発見している。ペロブスカイト形コアシェル構造についても、ナノ微粒子を用いた低温焼成で不均一構造を実現し、小さい温度係数を示す結果を得ている点が評価できる。これらの成果は、学会等で大いに注目されているものと推察される。現状では新規な発見が個別に得られている感があるが、今後はその総合化が期待される。得られた成果の今後の展開及び波及効果が期待できる。</p>
<p>* 評価点（10点満点）：8 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： 通常のセラミックス材料の構造を人工的に模倣し、その機能発現のメカニズムを解明するとともに新規材料開発へと結びつけていくという視点は、基礎研究として非常に興味深い。すでに、斬新な発想による数多くの新たな知見が得られている。上記の「目標の達成度」でも述べたように、モデル界面を利用して、酸化亜鉛バリスタの特性発現機構を明らかにしていること、エッチピット形状の差が光触媒効果に影響を与えることなど、今後応用研究へと展開可能な新規な知見が種々得られている。これらの成果は、新たなセラミックス材料の創成に結びつく成果と思われる。今後、物質・材料研究機構の第二期中期計画において、研究体制の再構築を含め、個々の研究結果を総合的に関連づける研究を進めることにより、大きな進展が期待される。なお、この種の基礎的な研究は、技術移転や論文数等といった評価とは関係なく進めるべきである。我が国における当該分野の基礎科学技術進展に大きく貢献して頂きたい。</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+