

## 研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) 産業ニーズ対応タイプ

### 平成 30 年度中間評価結果

1. 研究課題名：単結晶ナノキューブの自己組織化を利用した新成形技術の開発

2. プロジェクトリーダー：三村 憲一

(産業技術総合研究所 無機機能材料研究部門 主任研究員)

3. 研究概要

誘電体単結晶ナノキューブの自己組織化に特化したシート成形や印刷技術などの開発により、ナノキューブ三次元規則配列集積膜の配列領域を現在のマイクロメートルサイズからミリメートルサイズへの大面積化を達成する。また、静電噴霧技術やレーザー照射による従来の高温焼成を経ない新しい成膜プロセスとナノキューブ界面形成技術の開発を行い、新規デバイス作製手法を確立する。また、ナノキューブ界面の微構造と誘電特性との相関について、高分解能電子顕微鏡を用いた直接観察およびシミュレーションの両観点から明らかにし、ナノ構造から導き出される特性デザインの指針を得る。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

単結晶ナノキューブ高分散液の作製、グラビア印刷やシート成形など既存技術への適用性の検討、レーザー照射および静電噴霧技術など外部エネルギー投与による単結晶ナノキューブ規則配列膜作製、およびその界面構造と物性の相関関係の解明、さらに界面構造の最適化と物性向上への取り組みが行われている。特に、ナノキューブ接合界面における歪み導入による誘電特性の向上および温度依存性の平滑化などが計算科学的に解明された点は評価できる。しかしながら、最終目標に対するアプローチの観点で見ると、必ずしも順調ではない。

溶媒除去、分散剤除去、焼結、直接成形などが個別に扱われており、電場印加静電噴霧による集積膜作製など優れた成果も得られているが、最終目標に対する相互の関連性が示されておらず、体系的なアプローチがとれていない。本研究課題の目的である新成形技術開発に関しては企業との共同研究の実績がないことも影響し、産業応用への方向を示す段階に至っていない。

4-2. 今後の研究に向けて

角形性の高いナノキューブの大量合成条件およびそのナノキューブを分級する手法の確立が必要である。また、濃厚サスペンションの作製やクラックの制御において、様々な要因を抽出し、それらをどう制御していくかが重要である。しかしながら、クラックフリーの膜を作製する新しい作製指針が示されておらず、従来難しいと云われていることに対して新たな科学的な知見が得られていない。

電場印加静電噴霧による集積膜の新技术開発では、最終目標とする割れの無いミリサイズの大面積化は達成していないが、比較的良好な膜の作製に成功している。大面積化を追求するだけでなく、マイクロサイズの素子としての応用、あるいはマイクロサイズのナノクリスタルシートを出発粉として利用することも考えられる。その場合、誘電率 3000、誘電損失 5%と良好な特性が得られることの確認とともに、実用化においては、信頼性の評価や強度を上げること（あるいは強度の測定）も必要である。

#### 4-3. 総合評価及び研究継続の可否

##### 総合評価 A、研究継続 否

単結晶ナノキューブ濃厚液から割れない大面積膜を作製しナノ材料デバイス化を目指した挑戦的な課題であり、個々の要素課題の成果は十分評価できる。しかし、本技術テーマの狙いである産業応用の基盤形成が不十分であり、残念ながら本プログラムの研究期間の延長は行わないと判断した。なお、研究終了に向けて、これまでに本プログラムで得られた研究成果の取りまとめなどに必要な最小限の経費措置は講ずるものとする。

本プログラムで優れた基礎研究成果が得られていることから、次のステップに発展させるよう科研費などのファンドで自由な発想の研究をさらに進めて頂きたい。その中で従来技術を凌駕するインパクトの大きい産業応用に結び付く研究へ展開されることを期待する。

以上