

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 無機ナノシートを用いた次世代エレクトロニクス用ナノ材料／製造プロセスの開発

2. 研究代表者： 佐々木 高義 ((独)物質・材料研究機構 フェロー)

3. 研究概要

本研究では各種層状化合物を単層剥離することにより、多様な組成・構造・機能を有する無機ナノシートを創製するとともに、これらを2次元機能ブロックとして精密累積する室温溶液プロセスを開発し、次世代電子・情報通信技術に役立つ新材料・技術を創出することをねらいとしている。ナノ集積グループならびにナノ構造解析グループにより、これまでに20種類以上の新規ナノシートの合成が達成され、それらが多彩な機能性(誘電性、強磁性、導電性、蛍光特性など)を示すことを明らかにした。さらに独自の工夫を加えたラングミュア・プロジェクト(LB)法を適用することにより、ナノシートを基板上にレイヤーバイレイヤー累積して、ナノシートが規則正しく配列した単層膜ならびに多層膜を構築する技術を確立した。以上をベースにして Ti, Nb 系酸化物ナノシート多層膜において、既存材料を大きく上回る誘電・絶縁性能、また磁性元素をドーブした Ti 酸化物ナノシート膜で紫外～可視光域での巨大な磁気光学応答を実現した。さらに、ナノシートをシードとして用いた新規薄膜成長制御法を開発し、困難とされていたガラスやプラスチック上での機能性結晶薄膜 (TiO₂, ZnO, SrTiO₃ など) の高レベルな成長制御を実現した。これを応用することで、機能性薄膜グループは、実用化レベルの優れた性能を示す Nb ドープ TiO₂ 透明導電膜をガラス基板上に作製することに成功した。

4. 中間報告結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

本研究は出発点から研究代表者らが独自に開発して来たもので、世界でも類を見ないユニークな優れた成果である。また、科学としての斬新さに留まらず、広範囲の無機ナノ薄膜製造に適用出来て、多様な機能を生み出す技術として発展しつつある。具体的には、遷移金属や希土類元素を含む多くの物質についてナノシートの製造技術を確立するとともに、これらのナノシートの構造解析や化学分析などを行った。ナノシートは1nm~数 nm の厚みを持ち平面の広がり10 μm に達するものも得られている。それぞれのナノシートの分離プロセスはナノシートの構造や化学的組成によって異なっており、これらのナノシートの実現は大きな成果といえる。また生産技術についても、できるだけ普遍性のある方向に移行させようとしていることは評価される。

4-2. 今後の研究に向けて

研究体制の軸を NIMS と東京大学の2チームにおいており、基礎研究と応用研究を的確に結びつけていく研究体制は非常に優れ、内容が充実しており、代表者のリーダーシップも大きな役割を果たしている。機能性ナノシートとして応用が考えられるケースでは、積極的に企業との共同研究を進め、その際の大面積化や熱処理耐性など実用化に要求される開発にも推進している。現状の到達レベルでも実用可能な部分は多く、とくに個別デバイスとしてのセンサーやその他の電子デバイスへの応用は十分考えられるが、更に「望まれる機能を設定し、それからナノシートの新しい組み合わせを提案する」など従来と逆の材料設計法も考えると興味深いのではない。例えば、これまでの誘電体や磁性体などのパッシブな素子開発から層状構造を活かした熱電素子などアクティブな素子の研究を試み、本研究の終了時には次の研究に結び付くような新しい応用分野を見出しされることを要望する。

4-3. 総合評価

研究の展開が物質開拓、機能発現等多方面に亘って行われており、2次元フィルムの精密累積技術が大きく進展したことを高く評価する。当初の計画を上回る研究展開がなされている。特に異種物質の2次元フィルムのヘテロ累積技術は今後の展開が期待できる。新しいナノ材料の製造方法として高く評価したい。また、これらの研究成果は重要なものとして、国際発信されている。

今後は、できるだけ多くの2次元フィルムの製造技術を確立し、ライブラリー化し、多くの企業や研究者が利用できる体制を目指してほしい。それにより、さらなる発展と新しい独創的な展開が期待される。