

## 研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名: 電界効果型ナノ構造光機能素子の集積化技術開発

2. 研究代表者名: 鯉沼 秀臣 (東京大学大学院新領域創成科学研究科 客員教授)

### 3. 研究概要

本研究チームは、新しい電子・光材料として世界的に関心の高まっている酸化物と有機 共役物質について、新しいナノ構造形成法を確立して電子の動きを制御し、新機能発現と光応用デバイスの可能性を組織的に探索することを目的としている。研究手法の上でも、代表者自身が開発したレーザーMBE法を中心とする原子スケールの薄膜技術をコンビナトリアルに拡張し、ナノマテリアルの集積合成と高速評価を組み合わせた‘ものづくりシステムの革新’にもアプローチしている。酸化物研究については、コンビナトリアルレーザーMBEは特に威力を発揮し、理論予測により期待されていた ZnO の室温エキシトン発光や青色接合素子の実証、TiO<sub>2</sub> 表面の原子レベル平坦化によるセレンディピタスな透明トランジスタの発明や光触媒の量子効果、Co ドープ透明磁性におけるキャリア依存性など、物理学界にもインパクトを与える成果を得ている。有機半導体研究においても、薄膜成長の分子層制御に挑戦して結晶性を向上させ、移動度の記録を更新するトランジスタの作製に成功している。さらに新物質による価電子制御、分子エレクトロニクス研究の基盤となるナノ電極アレイの開発に取り組んでいる。

### 4. 中間評価結果

#### 4 - 1. 研究の進捗状況と今後の見込み

本研究チームは、東大・新領域、東工大・応セラ研及び資源研、早稲田大・ナノテク研、静岡大から構成されており、酸化物・窒化物・有機材料とかなり幅広い材料分野の研究を展開している。夫々の材料分野で進捗状況に多少の差はあるが、全体としては、ほぼ、予定通りの進捗である。その中で、デバイス開発にとって重要な原子レベル表面平坦化技術やフラックスエピタキシー技術、結晶の極性制御、2段階薄膜成長などのユニークな要素技術が確立されてきており、今後、人工結晶、超格子の機能探索、新規電界効果デバイス、分子エレクトロニクスへの展開が期待できる。

#### 4 - 2. 研究成果の現状と今後の見込み

新機能デバイスを開発・探索するにあたって、その基盤となる原子レベル平坦化基板や、高品質薄膜成長技術を確立した。特に酸化物薄膜のナノ構造制御と機能開発では、コンビナトリアル技術は極めて効果的であり、研究のスピードアップにより世界をリードする成果を上げている。特筆すべきは、ZnO、TiO<sub>2</sub> などの酸化物材料の成果で、TiO<sub>2</sub> ルチル基板の原子レベルでの平坦化の成功や、TiO<sub>2</sub> 透明トランジスタの動作と言った大きなブレークスルーが上げられる。有機材料に

関しても、2段階成長やペンタセンバッファ法などの高い結晶性をもつ薄膜製造技術を開発した。更に、13件の特許申請を行っており、実用化や新産業の創成も視野に入れた研究を進めている。最終成果を支える要素技術となるナノ集積化開発システムや超平坦集積化センサアレイについても、目に見える成果が出始め研究を加速する準備が整ってきた。今後の研究の進展が期待できる。

#### 4 - 3 . 今後の研究に向けて

夫々の分野でレベルアップを図ると共に長期的、短期的の両面からテーマの選択と集中を行い、研究代表者の強力なリーダーシップの発揮を期待する。

#### 4 - 4 . 戦略目標に向けての展望

3年間の知的研究資産として、電界効果型 a-Si 太陽電池、TiO<sub>2</sub> 透明トランジスタ、Co ドープ TiO<sub>2</sub> 透明強磁性の起源、ZnO をベースとする新規青～紫外発光素子、高効率光触媒、高移動度有機FET、分子素子研究用ナノ電極チップ、デスクトップ型超クリーンナノ材料集積研究システム、などがあり多岐に渉る。その中の多くが、戦略目標の具体的な達成目標に上げられているテーマであり、戦略創造研究にふさわしい展開といえよう。実用化の観点からも成果を評価し、テーマの絞込みによる加速的進展が望まれる。

#### 4 - 5 . 総合的評価

研究期間の前半では、酸化物、窒化物、有機材料と幅広い分野で研究を展開し、各グループで、確実な取り組みが行われ、国際的にみても独創的かつ先導的研究成果を出している。コンビナトリアル効果により研究範囲は多岐に渉るが、今後は長期的な展望からテーマの選択と集中を行い、研究代表者の強力なリーダーシップを発揮して、新分野の開拓と選択したテーマの早期の実用化が期待される。