

3.5.10 ナノ機構グループ

中期計画期間全体

目 標

通信技術の多様化・高度化のために、ナノテクノロジーや新たな概念に基づく超小型で環境に優しい通信素子の開発を目的とする。中期目標は、ナノテクノロジーによって100nmサイズの素子を作製することである。さらに、このような素子を回路に組織化するために新たなコンセプトに基づいたコンピュータアーキテクチャを開発する。

目標を達成するための内容と方法

本研究は、ナノテクノロジーの情報通信分野における課題である。ナノメートル領域での計測・分析法、分子の操作や素子の構成技術、構造計測・特性評価技術などの基盤技術を確立し、ナノスケールで起こる物性の解析、その協調による物性の発現などの未知の分野における科学的解明を目指す。また、効率良く大量生産できるような規則的なセルの配列での計算手法を実現する。極めて多方面の分野から研究参加が必要であり、分野横断的な研究体制の下に、産官学の連携を強化して研究を推進する。

特 徴

作製のための技術的要素として、機能性分子ユニットの開発、分子を真空中に導入する噴霧製膜法、イオントラップ型製膜法の開発、電極としてのナノギャップの作成技術、分子の自己組織化によるアセンブル技術を開発する。評価のためには、原子分解能の分子形状計測技術、4端子電子特性測定法の開発、分子発光の測定法の開発などがある。また、学問的にも発生する様々な新規の現象を理解する研究を行う必要がある。その結果、21世紀の情報通信素子としてこれまでにない、超高密度、超高速、環境に優しい、軽量でフレキシブルな情報通信素子の実現の可能性が開ける。いわば、技術革命の可能性を持つ研究課題である。

今年度の計画及び報告

今年度の計画

異種光機能分子間のエネルギー移動の動的解析を行い、分子ナノフォトニクスデバイスの設計基盤を整える。ナノ・サブミクロン空間で分子、高分子及び分子アッセムリーの構造制御を行い、同時に空間ジオメトリの調整を行うことで光・電子デバイスへの展開を図る。昇華困難なイオン性の機能性分子をその溶液から高真空中に導入し、基板に吸着させる手法を開発する。また、前年度に開発した、昇華困難な中性分子のための装置の更なる高効率化、高性能化を目指す。開発した製膜法で作成した分子構造体の評価を超高真空中で行う。非導電性基板の作製技術、超高真空中での電極作成技術の確立を目指すとともに、他技術で作成した分子構造体の単分子解像度での評価を行う。多価イオン照射プロセスによるナノドットや単一分子などの極微小領域光学測定等の物性測定技術確立し、分子デバイス作製技術の構築と特性評価を目指す。光ゲート分子単電子素子を試作し、その特性評価を行う。ナノサイズ素子インターフェースを構築し、単一分子の電子特性、光ゲート電子特性評価の基礎を固める。単純なセルからなる配列での汎用的な計算と自己組織手法を開発する。また、誤り訂正可能なセルオートマトンを提案し、可逆計算についての研究を行う。

今年度の成果

基板表面上での分子間のエネルギー移動を、デンドロンを用いて制御することに成功した。これにより、光機能分子の高密度表面修飾や、分子配置のための基板上反応サイトの高密度配列が可能となった。自己組織化によって形成される液晶やフォトニック結晶などの光学的なナノ・サブミクロン空間を2・3次元的に制御し、有機・高分子材料を用いた分子フォトニクスへの応用展開を行った。レーザー発振の制御や低エネルギー駆動性などを確認し、そのための材料開発を行った。スプレージェット法によって、通常の加熱蒸発では蒸着が困難な有機分子を基板表面に吸着させ、その分子の構成する超構造の観察に成功した。これにより、スプレージェットによる製膜技術のメリットを確認することができた。また、昇華困難な中性分子の高真空中への導入効率を約20倍に向上できた。多価イオンを照射したシリコンのSTMによる表面観察とフォトルミネセンス光学測定を行った。1個の多価イオンにより誘起されたナノドット構造を観測し、また、フォトルミネセンスについてはこれまでの結果と異なる新しい結果が得られた。ペロブスカイト系酸化物表面を熱処理することによって原子レベルでフラットかつ無欠陥な絶縁性基板表面が形成し得ることを示した。さらに熱処理条件を調整することで表面に数ナノメートルスケールの構造体を作成することが可能であることを新規に発見した(特許出願準備中)。絶縁性基板上に配置された分子ユニットの非接触型原子間力顕微鏡による高分解能観察に世界で初めて成功した。光ゲート型分子単一電子トンネル素子を試作し、光によるSET特性のゲート変調を確認した。素子構造、材料を検討し、動作温度、変調速度などの素子特性を評価した。単一分子、分子回路システムへのアプローチとなる、ナノギャップ電極についても、新規手法を開発、3-5nmのギャップが得られ、他の手法と合わせ、単一分子のSET電子特性の基礎データを得た。さらに単純なセルを実現できるように、新たな耐遅延回路とセルオートマトンのモデルを構築し、省電力と低発熱回路を実現するために、可逆可能な素子のモデルを作製した。その成果は、国際学術誌に13件の論文について投稿・受理・出版され、国内特許1件出願、米国特許1件出願をした。また、カタリニヤ大学(スペイン)との協同研究を開始した。国際会議“6th International Conference on Nano-Molecular Electronics (ICNME2004)”を、神戸国際会議場において、12/15-17の3日間開催した。国内124名海外27名の計151名の参加者を得て、非常に盛況であり、活発な議論が行われた。情報通信研究機構関西先端研究センターの紹介、ナノ機構グループの研究についても広く発表され、成功裏に終了した。