

3.4.2 未来ICT研究センター ナノICTグループ

グループリーダー 王 鎮 ほか23名

ナノICTに関する研究開発

概要

新たな原理・概念に基づく未来の情報通信技術の創出を目指し、原子・分子・超伝導などの新たな材料を用いて、量子特性の高度な制御技術や低エネルギー化に導く光子レベルの情報制御技術、原子・分子レベルの構造制御・利用技術の基盤技術の研究開発を行う。

- (1) 分子ナノ材料を用いた分子光素子、光・電子融合デバイスの研究
分子ナノ材料を用いた分子光源技術やナノ技術による光ナノインターフェース技術を確立し、単一光子発生システムや分子ロジック・スイッチ素子の研究開発を行う。
- (2) 超伝導を用いた光・電磁波デバイス、光インターフェース技術の研究
高品質超伝導材料と高精度デバイス技術を確立し、100MHz以上の高速動作の超伝導単一光子検出器と光・超伝導インターフェース回路技術の研究開発を行う。
- (3) 極微小・微弱シグナルの高機能センシング技術の研究
多様な機能・情報を有する原子・分子応用技術を確立し、情報検出・記録、伝搬性能を飛躍的に向上させる高感度・高精度センシング技術の研究開発を行う。

平成20年度の成果

- (1) 分子ナノ材料を用いた分子光素子、光・電子融合デバイスの研究
 - ① 分子機能材料などによる単一光子源の研究開発に関しては、高真空下高NAの発光計測系を新たに開発し（図1）、前年度開発したシステムより3倍のS/N向上を実現した単一光子発光計測法を確立した。また、2光子励起法を用いて、フォトニック構造の上に構成した量子ドット及び有機色素の発光実験を行い、同構造に依存した発光の増強を確認した。さらに、フォトニック構造による発光寿命の制御に成功し、可視域での誘電体薄膜発光寿命制御は世界トップレベルに達成した。
 - ② 光ネットワークとナノデバイスのインターフェースとなる光ナノ集束構造の設計・試作と解析を行い、超集束構造の設計指針を確立した。図2は楔形超集束モードの解析光超集束の数値シミュレーションの結果であり、3.5nm以下の大きさに700倍以上の光強度を集束することが可能であることを示した。その論文はIOP Selectに選出され、高い評価を得た。

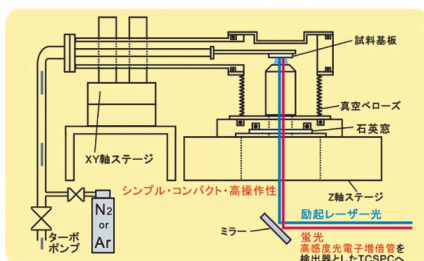


図1 開発した高NA発光計測系

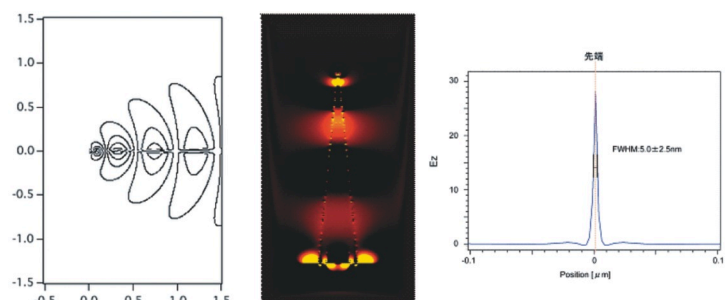


図2 楔形超集束モードの解析と光超集束の数値シミュレーション

- (2) 超伝導を用いた光・電磁波デバイス、光インターフェース技術の研究
 - ① 量子情報通信用超伝導単一光子検出器の性能向上を目指して、電子ビーム描画及び素子作製プロセスの最適化により、線幅100nmの検出素子を作製することに成功した。図3は作製した検出素子であり、厚さ4nm、線幅100nmの素子を均一性よく作製することができた。また、作成した素子の性能評価を行い、図4に示すように、1,550nmの通信波長帯において、検出効率が1%以上、暗計数率が100以下の世界最高性能を示した。
 - ② 超伝導一光インターフェースの研究では、平成19年度開発した光入力モジュールを超伝導単一磁束量子(SFQ)回路と集積し、極低温(4.2K)で光・磁束量子変換を行う超伝導・光インターフェース回路を設計・試作した。また、それを用いた光・磁束量子の変換実験を行い、光入力により超伝導SFQ回路を駆動する

3 活動状況

ことに世界で初めて成功した。図5は光・磁束量子変換実験の入出力特性である。光入力に対して超伝導SFQ回路が大きな出力パルスを発生した。

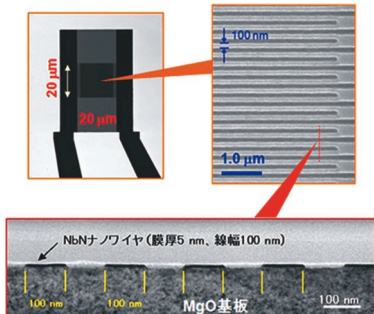


図3 超伝導単一光子検出素子

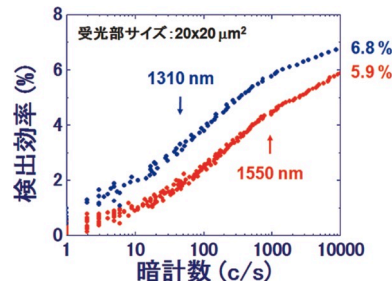


図4 超伝導単一光子検出器の動作特性

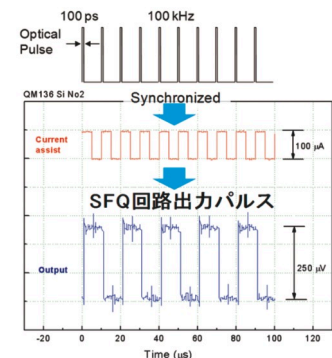


図5 光・磁束量子変換の入出力特性

(3) 極微小・微弱シグナルの高機能センシング技術の研究

- ① 10nmスケールの物質構造、分子配列様態などの高精度制御技術の研究に関しては、分子配列様態の変化を活性な状態のまま可視化する溶液ナノプローブ技術を開発し、光入力によるDNAの動的タイリングプロセスの観察を世界最高の高解像度で観測することに成功した。図6は開発した溶液ナノプローブシステムと観測したDNAタイトルの微細構造である。
- ② 原子・分子レベルの光-電子相互作用などの高感度計測技術の研究に関しては、光照射による単一分子レベルの変化を信号として捉える技術を開発し、フォトクロミック分子をコートしたナノ粒子をナノギャップ電極間に配置することによって、単一分子レベルの光ゲート単電子トンネリング特性を確認した。図7はデバイスの構造と電子トンネリングの光ゲート特性であり、UV光のON/OFF照射により単電子トンネリングによって光電流が流れていることを示した。

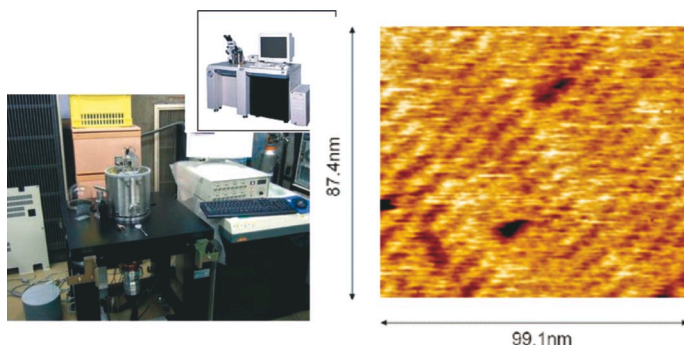


図6 溶液中ナノプローブと観測したDNAタイトルの微細構造

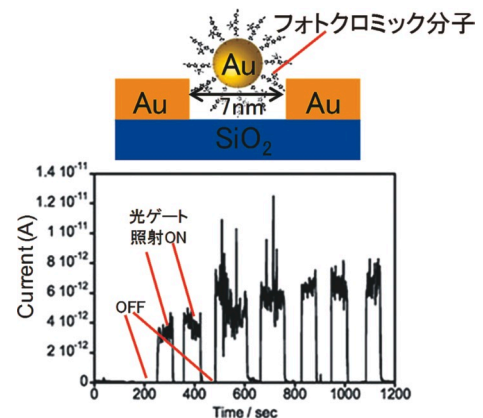


図7 デバイス構造と単電子トンネリングの光ゲート特性