

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 21 名

極限機能創出に向けたナノ 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（ICT）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 21 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

この研究課題では、情報通信における極微弱信号処理技術と極低消費エネルギー技術の開発を目的として、分子機能材料やナノテクノロジーを用いて、単一分子光子発光・制御技術、光ナノ集束技術、及び分子ナノ材料を用いた極低消費エネルギー素子技術の研究を行っている。

- ① 分子機能材料等による単一光子源の研究開発に関しては、平成 20 年度までに確立した高 S/N の単一光子発光計測法を用いて、単一蛍光体周囲の環境制御による単一光子発光特性を測定した。また、窒化シリコン（SiN）フォトニック構造上に構成した量子ドット及び有機色素の発光実験を実施、同構造による発光スペクトル特性を観測した（図 1）。
- 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研究開発では、分子素子に高効率で光信号入力する技術として、光エネルギーを分子レベルにまで収斂させるプラズモン超集束を電気信号で動的に制御する構造を考案、シミュレーションによる動作検証を行い、制御構造の有効性を確認した（図 2）。

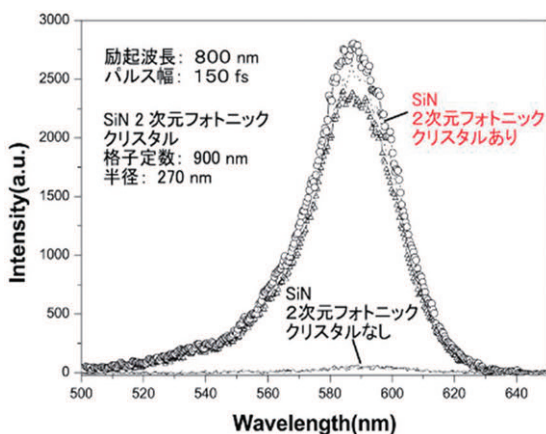


図 1 フォトニック構造に依存した二光子励起発光特性

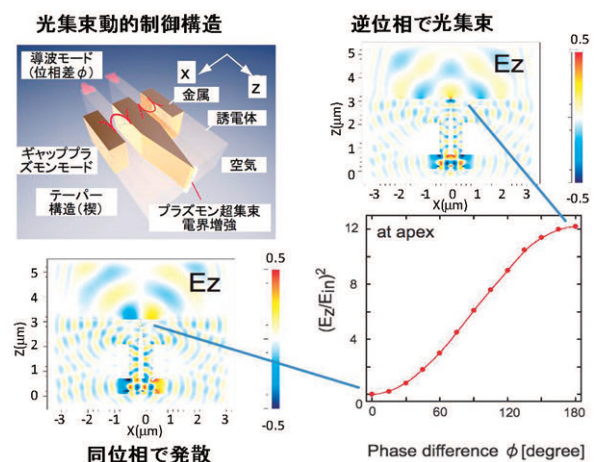


図 2 プラズモン超集束のシミュレーション

- ③ 分子ナノ材料を用いた極低消費エネルギー素子の研究に関しては、蛍光寿命計測と励起分子から金属へのエネルギー移動を理論解析し、分子アレイ先端への効率的エネルギー移動を実証した (図 3)。

(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

この研究課題では、量子情報通信や高速フォトニックネットワークへの応用を目指して、超伝導材料を用いた高感度光検出技術や高速、低消費エネルギー超伝導-光インターフェース技術の研究を行っている。

- ① 超伝導単一光子検出器の高速動作を目指して、小面積 ($5 \times 5 \mu\text{m}^2$) 素子の開発と高速動作実験を実施し、1,550nm の通信波長帯において 200MHz の高速動作を実現した (図 4)。また、通信波長帯における性能評価を行い、検出効率が 1.5%以上、暗計数率が 100 以下の高性能特性を得た。
- ② 超伝導-光インターフェースにおける光・磁束量子変換特性を解析し、グレーディング層の導入により InGaAs フォトダイオード素子の発熱を従来の 1/3 (0.14mW) に低減することに成功した (図 5)。また、応用に向けたシステム実装技術を検討し、小型冷凍機を用いた光入出力評価システムの設計・開発を開始した。

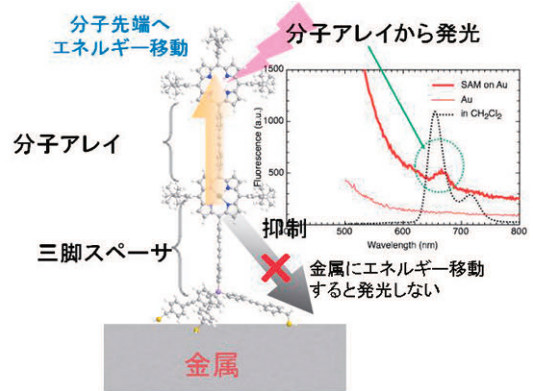


図 3 金属表面へのエネルギー移動を抑制した効果的なエネルギー移動を可能にする分子構造

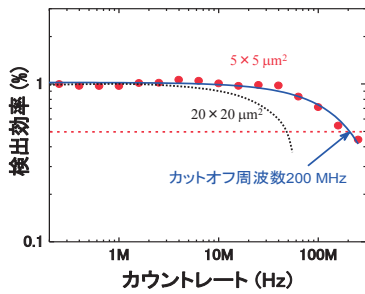


図 4 超伝導単一光子検出器の高速応答特性

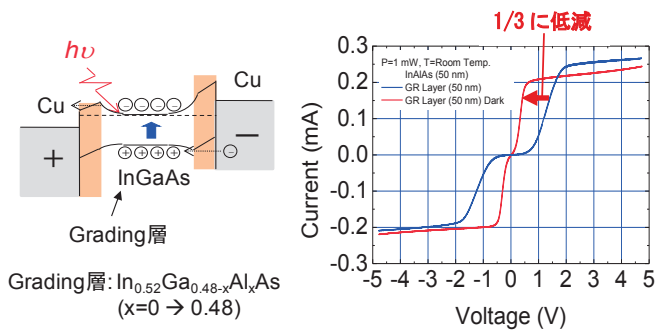


図 5 フォトダイオード素子構造と電流-電圧特性

(3)極微小・微弱シグナルの高機能センシング技術の研究

この研究課題では、ナノテクノロジーの基盤技術として、高分解能溶液中ナノプローブ技術や単一分子トンネル素子などを中心としたナノ構造、極微弱信号制御技術の研究開発を行っています。

- 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、さらなる高分解能化を推進し、液中にて DNA のストランド構造 (3nm) が識別できるレベルに達成した (図 6)。
- 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、平成 20 年度に提案した単電子トランジスタ構造において、単一分子レベルの光反応による光ゲート制御特性を解析した (図 7)。

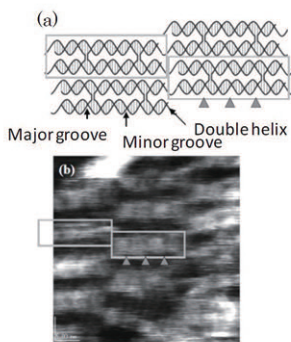


図 6 DNA ストランド構造

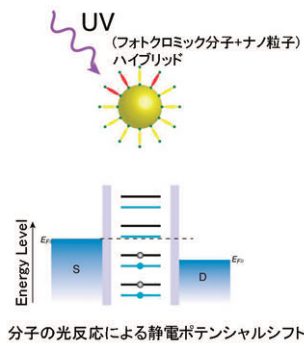


図 7 単電子トランジスタの光ゲート制御特性