

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20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19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 特殊仕様の高感度光検出器PMTを用いた微弱光相関測定システム(図1)を構築し、微弱光相関測定のス/Nを大幅に向上することに成功し、アンチバンチング計測により一般的な蛍光分子からの単一分子発光を確認した。図2は蛍光色素単一分子からの発光を示すアンチバンチングであり、単一分子発光以外の同時発光がないことを示している。

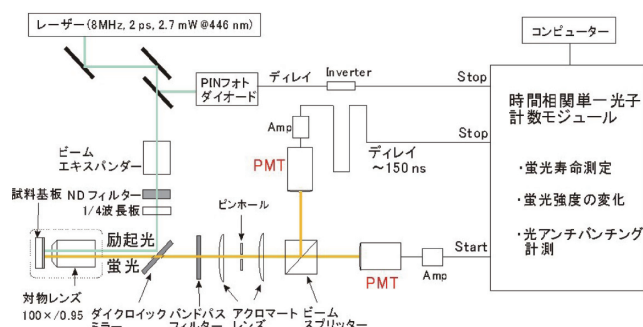


図1 高感度検出器PMTを用いた微弱光相関測定システム

- ② 可視光領域のフォトニック構造を設計・製作し、共振モードとの結合による発光寿命の制御を確認した。図3は作製した窒化シリコン(SiN)フォトニック結晶、図4は発光強度の時間依存性を示し、モード結合により発光寿命の短時間化に成功した。

- ③ 円錐型構造における表面プラズモン超集束モードの波動方程式解法に準変数分離法を適用し、表面プラズモンによる光エネルギー集束構造の解析的検討手法を開発し、円錐型構造の超集束モードを集束構造作製のための加工方法を検討した。

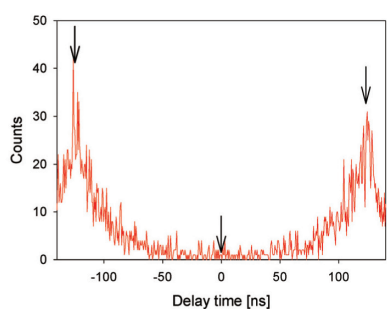


図2 単一分子発光のアンチバンチング

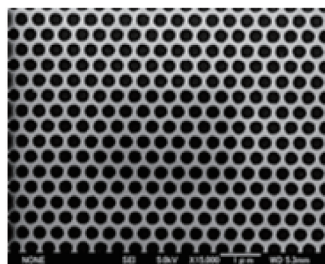


図3 SiNフォトニック結晶

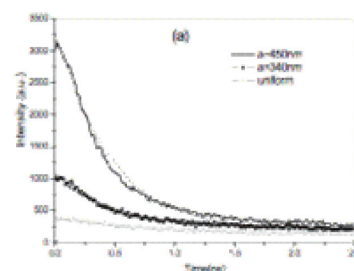


図4 発光強度の時間依存性

(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 厚さ4nm極薄窒化ニオブ(NbN)作製技術を用いて超伝導単一光子検出素子を作成し、100V電圧駆動小型冷凍機を用いたシステム開発に着手した。また、1.55 μm 通信波長帯においてフィールド100 km圏で量子暗号鍵配送(QKD) 実験を行い、単一光子検出素子としての有効性を実証した。図5は開発した超伝導単一光子検出素子と小型冷凍機を用いた単一光子検出システムである。
- ② 金属-半導体-金属(MSM)フォトダイオードと超伝導マイクロストリップ線路を集積化した極低温動作光入力モジュールを開発した(図6)。また、4.2K極低温における光入力モジュールの光応答特性を評価し、約30 psの高速動作を確認した。
- ③ 国立天文台の受託研究によりALMAバンド10用NbN導波管型SIS受信機を開発し、0.8THzで量子雑音7倍程度の低雑音動作に初めて成功した。また、中国科学院南京紫金山天文台(PMO)との共同研究によりNICT製0.5 THz帯超伝導SIS受信機をPMOのポータブルサブミリ波電波望遠鏡(図7)へ搭載し、世界で初めてNbN SIS受信機を用いた電波天文観測に成功した。

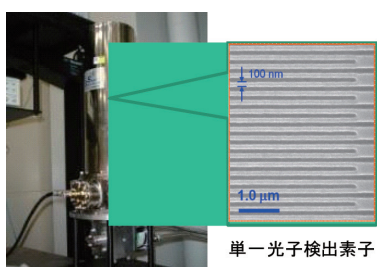


図5 超伝導単一光子検出器システムとNbN検出素子

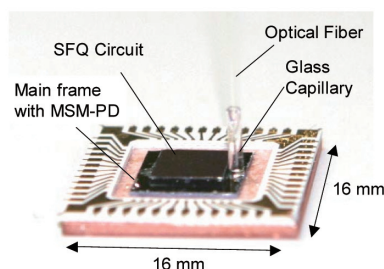


図6 MSM-PDと超伝導転送線路を集積した光入力モジュール



図7 NbN SIS受信機を搭載したサブミリ波電波望遠鏡

(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 ナノスケール領域における局所電気磁気物性を低温磁場中で高精度かつ高確度で測定するマルチモード型ナノプローブ顕微測定技術を開発した。図8は作製した低温磁場中マルチモードナノプローブである。
- ② 分子極微構造情報検出を可能にする溶液中ナノプローブ技術を開発し、溶液中での原子像取得に成功した。図9は開発した溶液中ナノプローブシステムと、5 \times 5 nmのマイカの原子像である。溶液中において原子レベルでの原子像を明瞭に観測された。
- ③ 六重極磁場を補償した中性原子の表面磁気光学トラップ装置を開発し、ルビジウム原子の捕獲数が従来型装置より約2倍を向上させることに成功した(図10)。
- ④ 可変型超コンパクトイオン真空ポンプを開発し、有限会社EORへの技術移転により製品化に成功した。

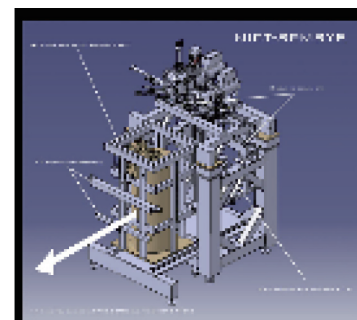


図8 低温磁場中マルチモードナノプローブモジュール

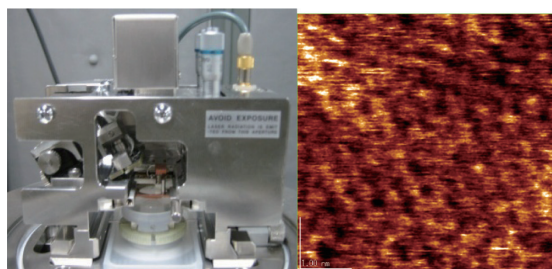


図9 溶液中ナノプローブと溶液中マイカ原子像

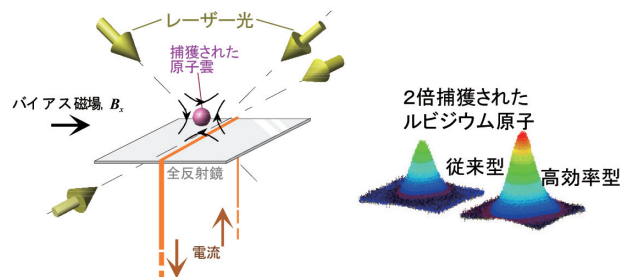


図10 表面磁気光学トラップ装置の概念図と捕獲されたルビジウム原子