

【基盤研究(S)】

理工系(工学I)



研究課題名 固体光源から発生する光子対の量子もつれに関する研究とその量子情報応用

北海道大学・電子科学研究所・教授

すえむね いくお
末宗 幾夫

研究分野: 工学・電気電子工学・電子電気材料工学

キーワード: 薄膜・量子構造、量子ドット

【研究の背景・目的】

安心・安全なネットワーク社会が求められる昨今、量子情報通信の重要性が増している。その実現・高度化には、量子もつれ光源を用いた量子情報ネットワークの展開が必要であり、パラメトリック下方変換を標準光源とした研究が進められているが、光子対の発生がランダムなポアソン分布となる課題がある。これに対して量子ドットを用いると、理想的にはオンデマンド動作が可能となるが、光子を光ファイバーに取り出す効率が低いなどの課題があった。

本研究では、(1)これまで研究を進めてきた金属埋め込み構造による光子取り出し効率の増大によるオンデマンド動作に向けた特性向上、(2)量子情報通信におけるエラーレートを低下するのに重要な単一光子発生純度の向上、(3)1550nm 光ファイバー通信波長帯での光子対の発生、(4)電子クーパ対による量子もつれ光子対発生、(5)光共振器を用いた量子もつれ光子対発生などの研究を進め、固体光源の量子情報応用に関する検討を進める。

【研究の方法】

半導体量子ドットのエネルギー準位に対する、パウリの排他律に基づいた単一光子(対)の発生を基本とし、(1)半導体発光源を図1のように金属(Ag)の中に埋め込み、高い効率で光子を外部の光ファイバーに結合する。また(2)金属に埋めることにより、雑音となる背景光子を発生する部分を最小化し、単一光子発生純度を向上させる。(3)図2に示す1550nm帯の光ファイバー通信波長帯で発光する量子ドットに適用して、これまで研究が遅れているこの波長帯での単一光子源の研究を進める。また(1)の金属埋め込み構造により光子の取り出し効率を限りなく高くすることが出来れば、光子対の発光効率はその2乗に比例するので、光子対発生にも大きく寄与する。

(3)において追求する光子対は時間的に異なる時系列発光光子対となる。しかし、今後の量子テレポーテーションや量子もつれスワッピングなどへの応用

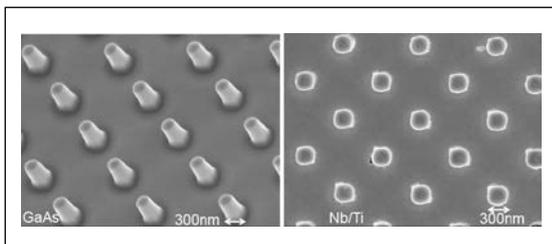


図1 ピラー構造(左)とその金属埋め込み構造(右)

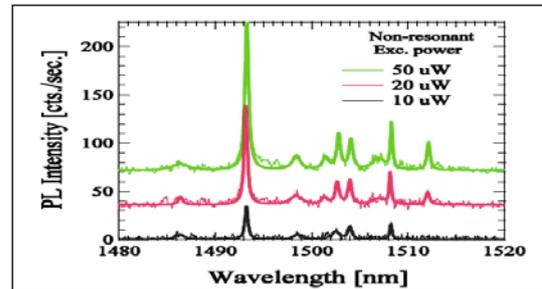


図2 1500-nm帯 InAs/InP 単一量子ドットの発光

を考えると、同時に光子を発生する固体光子対源が必要となる。これを実現する方法として、(4)我々がこれまでその原理を実証してきた電子クーパ対による光子対の同時生成の検討を進め、光子対生成の直接的な確認を行う。さらに(5)光共振器による2光子同時発生確率の増強の可能性を探り、(1)の光子取り出し効率増強構造と組み合わせて、効率の良い光子対源の実現を目指す。

【期待される成果と意義】

具体的に量子情報通信に応用しようとする、光子(対)源を効率よく単一モード光ファイバーに結合する必要があるが、金属埋め込み構造で実用的な固体光子源が実現できれば、量子情報通信に大きく貢献する。さらに電子クーパ対や光共振器を用いた新たな方法で同時光子対生成が可能になれば、固体光源を用いた量子もつれ光子対に基づく量子情報ネットワークの実現に大きなインパクトを与える。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・末宗幾夫、熊野英和、笹倉弘理:「量子情報通信のための単一光子・量子もつれ光子対光源」光学、40巻、9号(2011)pp.472-477。(解説)
- ・H. Sasakura,..... H. Kumano, I. Suehune: "Enhanced Photon Generation in a Nb/ n-InGaAs/ p-InP Superconductor/ Semiconductor -diode Light Emitting Device" Phys. Rev. Lett. 107 (2011) 157403.

【研究期間と研究経費】

平成24年度-28年度
165,000千円

【ホームページ等】

<http://nanophoto.es.hokudai.ac.jp>
isuemune@es.hokudai.ac.jp