

ナノ光ファイバーと量子ドット技術により 単一光子を発生

ポイント

- ・単一光子発生の要となる光ファイバーを300～600nmの太さのナノ光ファイバーに加工する装置を販売中。
- ・極低温において世界最高水準となる毎秒百万個の単一光子連続発生を実現した。
- ・単一光子発生技術は、量子暗号通信や量子コンピュータの実現への寄与が期待できる。

◆プロジェクトマネージャー／研究リーダー

白田 耕蔵(電気通信大学)

◆開発リーダー

石原 信之(株式会社石原産業)

課題と目指したこと

量子暗号通信は、盗聴できない通信方法として期待され、世界中でその実用化に向けた研究開発が進められています。量子暗号通信には単一の光子を連続的に発生させる装置が必要不可欠です。また、実用上は光ファイバーネットワークに単一光子を配信することが必要です。しかし、実用的な単一光子発生装置はありません。そこで、光ファイバーの一部をナノメートルサイズ(ナノサイズ)の直径に加工した「ナノ光ファイバー」上にナノサイズの粒子の量子ドットを単一光子源として担持する方法を採用し、光ファイバー単一光子発生装置の実現に挑みました。ナノ光ファイバーの直径や構造を最適化し、単一光子を量子ドットから高効率に光ファイバーに放出させることが要点技術です。

種々の要素技術を開発

量子ドットを単一光子源として用いる研究は様々行われていますが、その材料の選択と量子ドットの構造を最適化することが課題でした。プロジェクトでは、NSマテリアルズ(株)が精密に化学反応を制御して、直径約10nmで発光量子効率が高ほぼ100%の量子ドットを作製する技術を開発しました。光ファイバーの一部をナノサイズの直径に加工する技術開発はプロジェクト開始当初からの主要課題であり、(株)石原産業が取り組みました。プロジェクトの中盤では、光透過損失なしにファイバー直径を300～600ナノメートルの任意のサイズに加工する技術が完成しました。この技術は商品化されています。ナノ光ファイバーは単一光子発生以外の応用(例えば、バイオセンサなど)も研究されています。

単一光子発生には量子ドット1個をナノ光ファイバー上に担持することも必須な課題です。量子ドットを含むピコリットルの液滴をナノ光ファイバーに接触させ量子ドット1個を高精度に担持する技術を開発しました。

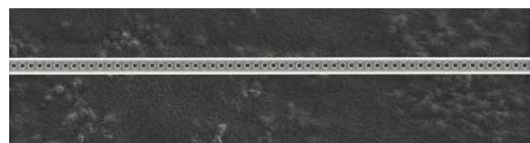
光ファイバーへの高効率単一光子発生にはナノ光ファイバーに光共振器を組み込むことが必須です。プロジェクトでは、ナノ光ファイバーと光共振器を一体化するコンパクトな構造を目指しました。ナノ光ファイバーに等間隔に規則配列した数千個のナノサイズの穴(ナノクレータ)を加工することで光共振器が実現できます。数千個の規則配列ナノクレータの加工法を種々検討し、最終的にはフェムト秒パルスレーザーの単一パルス光をナノ光ファイバーに干渉照射する方法を開発しました。この方法はナノクレータ列の加工を100フェムト秒という超短時間で行えます。当初は加工しやすいポリマーナノ光ファイバーでの加工を検討しましたが、フェムト秒パルスレーザーによる加工法の確立後は、シリカガラスナノ光ファイバーで研究を推進しました。プロジェクトでは代表機関の電気通信大学を中心に種々の要素技術を開発しました。プロジェクトの終盤では、極低温において世界最高水準を持つ毎秒百万個の単一光子連続発生を実現しました。

今後も研究を継続

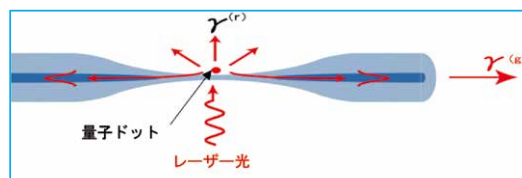
S-イノベによるプロジェクトは終了しましたが、研究チームは今後も研究開発を継続し、ユーザー評価も行いながら、単一光子発生装置を完成させる予定です。完成する装置は量子暗号通信の実現に大きく寄与することが期待されます。また、光を操作して飛躍的な高い演算性能の実現が期待できる量子コンピュータへの応用にも貢献できる技術です。装置の完成が待たれます。



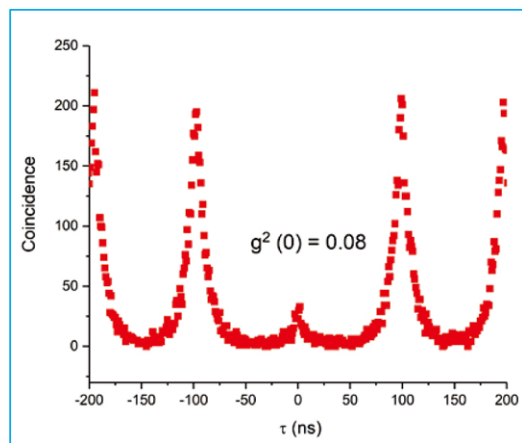
高精度ナノサイズ光ファイバー作製装置(販売中)



フェムト秒パルスレーザーにより直径600nmのシリカナノファイバー上に穴を作成した例



光ファイバーに担持させた量子ドットから単一光子を発生させる原理図



$g^2(0)=0$ ならば、2以上の光子が発生する確率がゼロ
 単一光子源の波長は630-640nm、温度は4K