

北海道大学 竹内研究室

北海道大学電子科学研究所の量子情報フォニクス研究室は、竹内教授の他、助教2名、博士研究員4名、大学院生6名、学部生2名で構成されています(図1)。現在、研究所間連携プロジェクトの一環として、大阪大学産業科学研究所(産研)の一員として研究室全体が産研に常駐しており、学生は大阪大学基礎工学研究科所属です。

当研究室では、光量子情報およびナノフォトニクスの実験的研究に取り組んでいます。光量子情報に関しては、これまでに、光子を用いた量子情報処理の基本ゲートである制御ノットゲートの実現(PRL 2005)や、4つの光子のもつれ状態を用い、標準量子限界を超える位相感度測定の実験(Science2007)、2つの光子の量子もつれ合いを抽出する光量子回路の実現(Scienc2009)などを行ってきました。また最近では、光子1つレベルの非線形性を組み合わせた光量子回路を、理論提案から10年を経て実現に成功(PNAS, 2011、本ニュースの解説参照)しています。

ナノフォトニクスに関しては、光量子情報処理に必要な単一光子源や量子ゲート素子の研究を行なっています。そのためのデバイスとして、特に、直径数 $10\mu\text{m}$ のガラス微小球と、光ファイバをサブミクロンにまで引き延ばしたテーバーファイバに着目しています。前者は、 10^9 に達するQ値をもつ微小光共振器として、また後者は、光子の高効率入出力に使用できます。これまでに、極低温(8K)での両者の結合実験(Optics Express, 2010)や、単一光子レベルでの性能評価(Optics Express 2011)を行っていきました。現在、ダイヤモンド窒素欠陥中心などの単一発光体と光子との、非線形相互作用の研究を進めています。

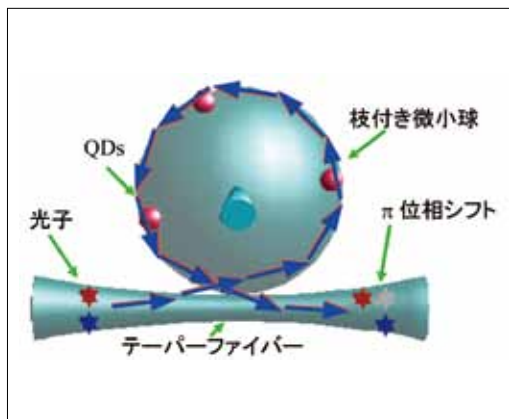


図2 微小光共振器を用いた量子ゲート素子概念図



図1 2011春の研究室集合写真。
滞在中のスタインベルク教授(上段左から3番目)と阪大産研にて。

本FIRSTでは、量子計測グループの一員として、量子もつれ光子を用いた新しい測定技術の実現に向けた研究を行っています。光位相測定は、媒質中の屈折率などの情報を得られるため、生物学から天文学に至るまで様々な分野で基盤となる技術です。先に述べた様に、我々は数年前に、量子もつれ状態の光子を用いると、通常の光にくらべて、位相をより高い感度で測定できることを示しました(図3)。「この研究を応用すれば、できるだけ少ない光量を用いて、高い精度での物質質量などの測定ができるのではないか?」この視点から、本プロジェクトでは量子もつれ光子を用いた新しい顕微鏡(もつれ合い顕微鏡)の研究に取り組んでいます。現在はプロトタイプとして、2光子もつれ合い状態を用いた顕微鏡作成に注力しています。これまで、顕微鏡部分及び、もつれ合い光子対源を構築し、ともに高い性能が得られています。今後両者を融合するとともに、プロトタイプ機の実現を目指します。

[竹内繁樹、岡本 亮、岡野真之、小野貴史]

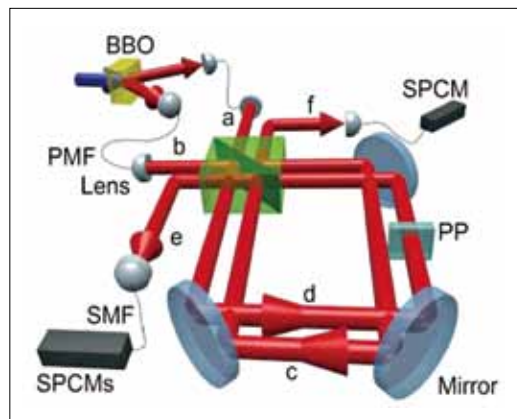


図3 もつれ光を用いた位相測定の実験装置