

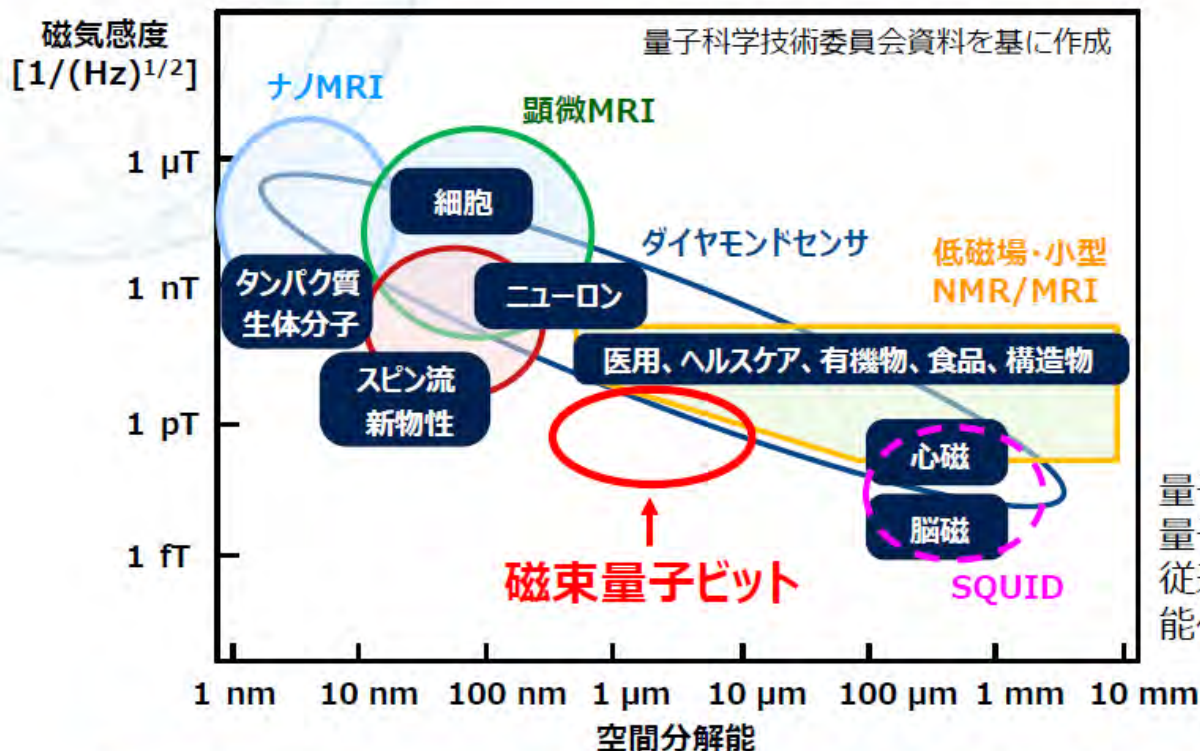


量子センシング

量子磁場センサの感度・空間分解能

極限量子計測をめざした、磁束量子ビットの量子磁場センサの研究を推進

様々な物理系において量子センサが実現されており、感度・空間分解能等の特徴が異なる



量子計測：
量子現象を利用した物理量の計測手法。
従来を凌駕する高感度化・高空間分解能化等が可能。

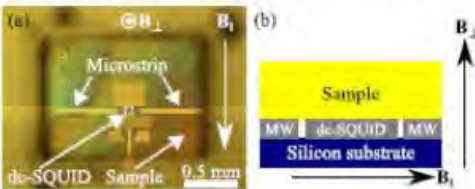
性能	磁束量子ビット	SQUID	ホール素子	NVセンタ
感度	◎	○	×	○
空間分解能	○ (> 0.1 μm)	× (> 5 μm)	○ (> 0.1 μm)	◎ (> 数nm)
測定方法	電気	電気	電気	光
温度	低温	低温	室温	室温
単一電子スピン検出可能距離	◎ (~ 数 μm)	×	×	○ (~ 数10 nm)
量子デバイスへの発展性	◎	△	×	○

超伝導回路による電子スピン共鳴の進展

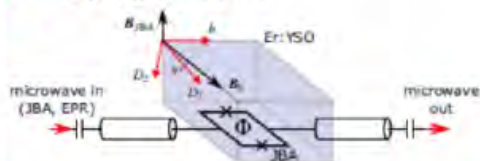
スピン検出の感度と空間分解能の向上により、単一スピン検出実現に目途

● 2016年 NTT

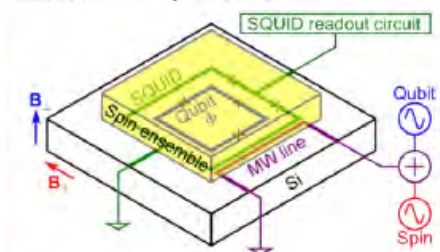
NTT方式の特徴：Saclay方式と違い、周波数に対する制約が無いので、色々なスピンを検出でき、適用領域が広い。



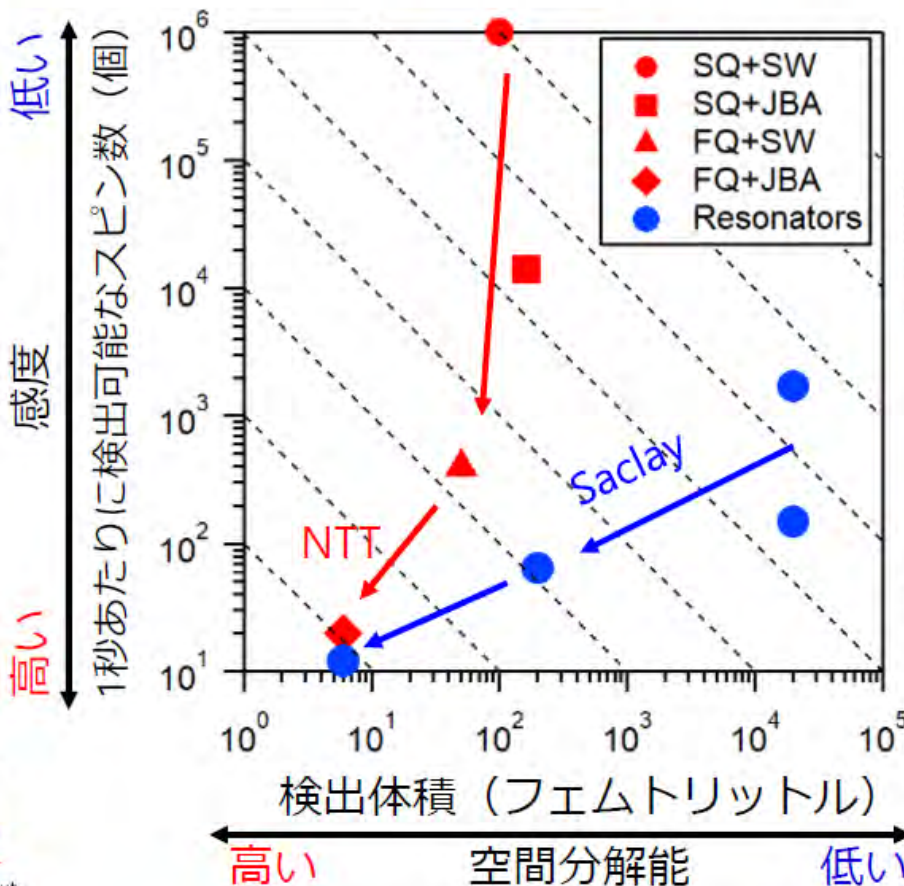
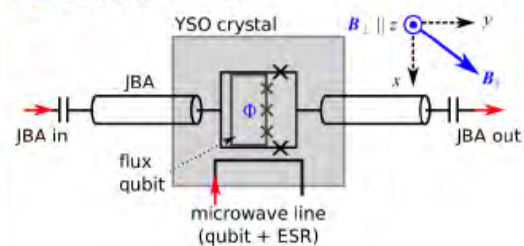
■ 2018年 NTT



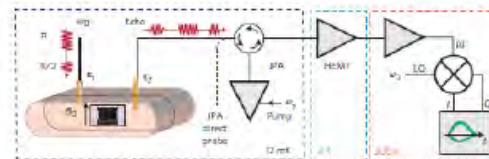
▲ 2019年 NTT



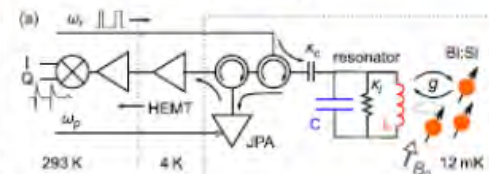
◆ 2020年 NTT



● 2016年 Saclay



● 2017年 ● 2020年 Saclay




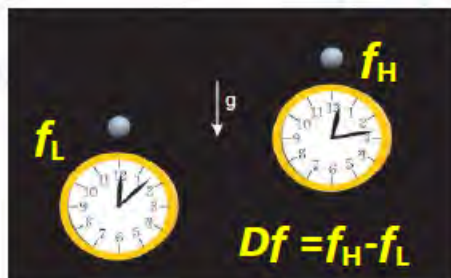
世界トップレベルの感度と空間分解能を達成

光格子時計の広域ネットワーク (NW) 構想 NTT

~300億年で1秒も狂わない次世代の時計 (東大香取教授) を遠隔接続

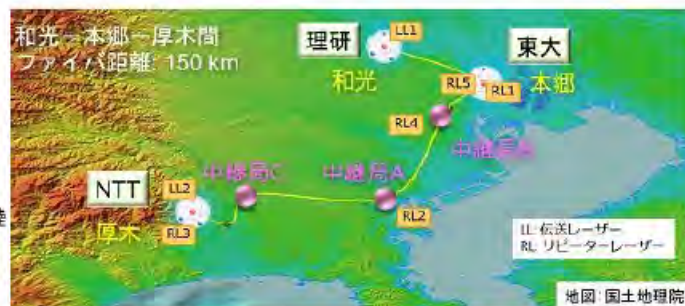
商用光ファイバを用いて、高精度の周波数配信を実現
 ファイバ網の新しい価値創出へ発展

1×10^{-18} の精度で周波数を比較  1 cm の高度差検出が可能



広範な応用

- ・ 周波数・時間基準配信
- ・ 測地学(量子水準点)・地震学、火山学 (国土監視NW)
- ・ 資源探査
- ・ 物理定数の恒常性
- ・ ダークマター
- ・ 現在のGPS応用すべて (GNSSを補完or無力化)
- ・ 通信クロック(網同期)
- ・ コヒーレント通信



- ・ リピータースタムール (19インチラック1つあたり)
- ・ 別ネットで遠隔操作可能

NTT東の厚木-本郷間ファイバ網と、既存の和光-本郷ファイバ網を接続し、遠隔運用可能な150 km級ファイバリンクを構築

東大香取教授資料より抜粋

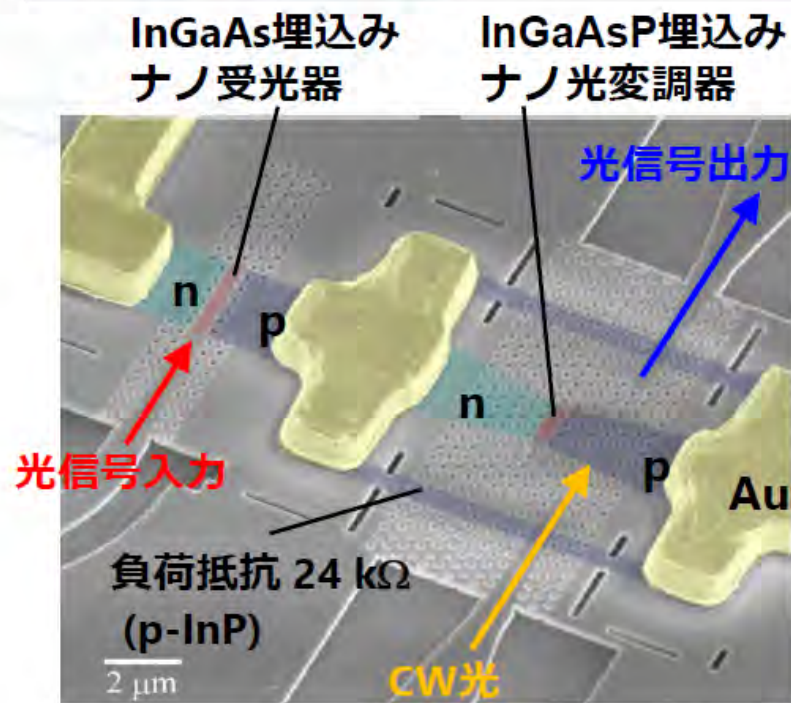
T. Akatsuka et al., Opt. Express. **28**, 9186 (2020).



量子マテリアル

フォトニック結晶を利用して従来より優れた光トランジスタを作製

O-E-O変換型の光トランジスタ構造



フォトニック結晶技術による、
光素子の小型化と電気容量の低減



- ✓ 従来のO-E-O変換素子に比べて、
必要な光制御エネルギーを2桁以上低減
- ✓ 高速動作 (10Gbit/s)
- ✓ 光信号利得 (2.3倍)

従来にない超低消費電力で高速な
コンピューティング基盤構築へ前進

K. Nozaki et al., Nat. Photonics., **13**, 454 (2019).

量子技術研究をイノベーションにつなげるための課題

① 富士山型のファンドの創設

- ・ 将来の産業の本命となりうる有力な量子技術への選択的かつ大規模な投資
- ・ 萌芽フェーズや、幅広い関連分野(新材料・プロセス等)への長期的な支援(裾野)
- ・ 利用者企業にも早期参加を促す「産業志向型研究ファンド」の創設(中腹)

→ 量子技術の深化・骨太化と、様々な研究の有機的結合による研究分野の拡大。

② 最先端研究成果のマネタイズのための効率的な仕組みの構築

- ・ 先端技術に精通したビジネスインキュベータ等による支援体制を充実し、研究成果の社会実装に向けた取り組みの加速・強化
- ・ 学術-産業界が議論するフォーラムを通し、両者間の相互理解を深める活動の強化

→ 技術開発目標の確定と、社会実装促進による新しい基幹産業の遅滞ない創出

③ 研究支援体制の確立と連携の強化

- ・ 研究管理拠点担当、URA等の支援による研究者が研究に専念できる環境整備^[参考1]
- ・ 拠点化とオープン化(高価な設備をサポートを得ながら、誰でも使える。)
- ・ 専門を越えたフレキシブルなチーム編成^{※1}による、競争力の強化と蛸つぼ化の抑止

→ 優秀な研究者と産業界に求心力のある世界屈指のイノベーション拠点の実現

※1 量子超越を検証したGoogleのチーム: 様々な分野(物理、回路設計、回路実装、電気計測など)の研究者による大規模なチーム編成(77名)

④ 安全保障面を考慮した知財戦略の要否



参考

【参考1】：日本と米国の大学のスタッフ数の比較

日本の大学の教員1人当たりのスタッフ数は、米国と比べて約1/10以下

同規模の大学の比較

	東工大 [1]	MIT [2]	Stanford Univ. [3]
学生数 (学部生・大学院生)	10,357人	11,520人	16,384人
教員数 (教授・准教授等)	1,107人	1,067人	2,276人
スタッフ数 (事務・技術職員等)	611人	11,785人	13,300人
教員1人当たりのスタッフ数	0.6人	11.0人	5.8人

[1] https://www.titech.ac.jp/about/disclosure/pdf/facts_2_student_201909.pdf

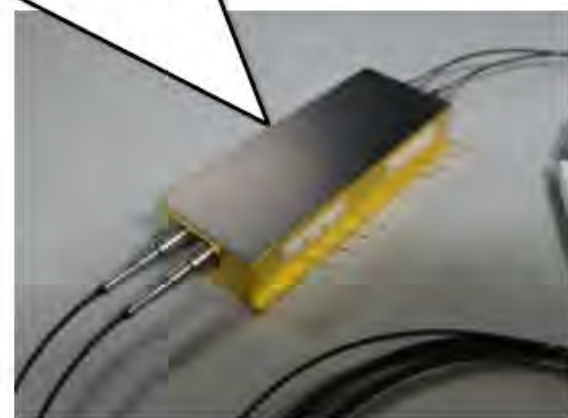
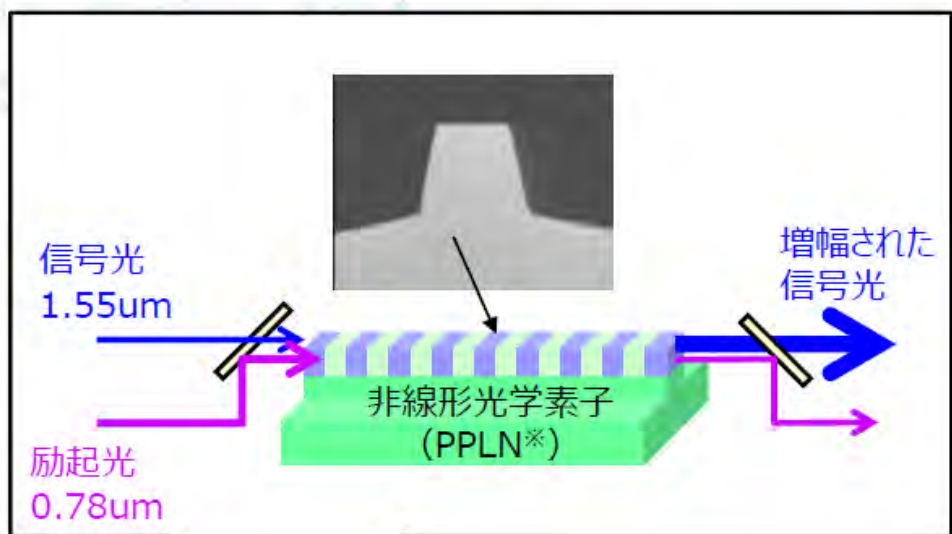
[2] <http://web.mit.edu/about/>

[3] <https://facts.stanford.edu/wp-content/uploads/sites/20/2020/02/StanfordFactBook-2020.pdf>

【参考2】位相感応増幅器

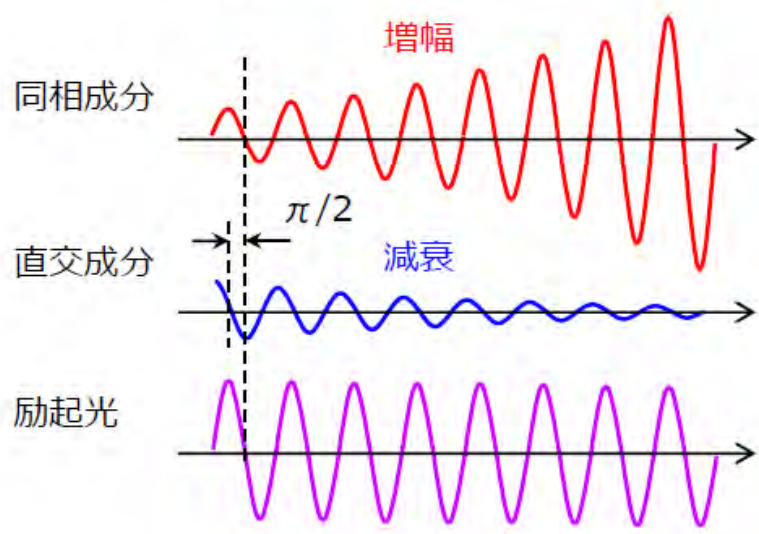
LASOLVを支える光キーデバイス

PPLN※（周期分極反転ニオブ酸リチウム）導波路を用いた位相感応増幅器（PSA）により、特殊な光パラメトリック発振器を実現



※ PPLN: Periodically-Poled LN (周期分極反転ニオブ酸リチウム)
LN結晶に周期反転分極構造を形成した人工結晶で、強い非線形光学効果を起こすことができる

素子内の光伝搬の様子



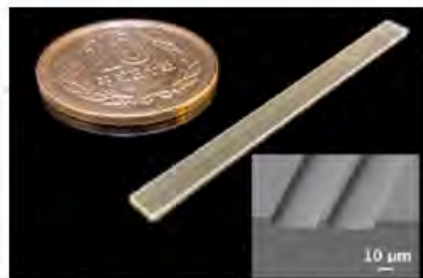
同相成分（0または π ）の光のみを選択的に増幅

【参考3】 非線形光学素子技術 ～導波路型PPLN～

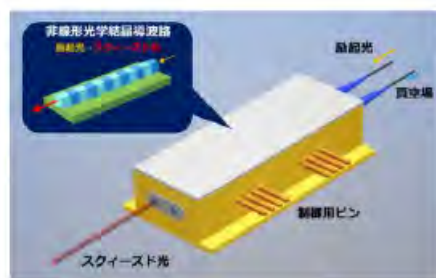
光量子コンピュータチップ実現にむけた高性能量子光源の開発に成功



令和2年3月30日
日本電信電話株式会社
東京大学
科学技術振興機構(JST)



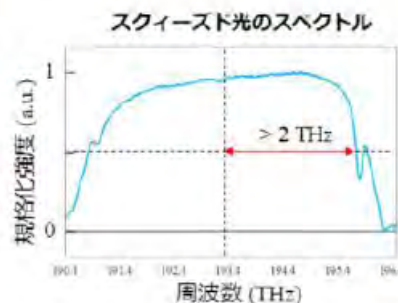
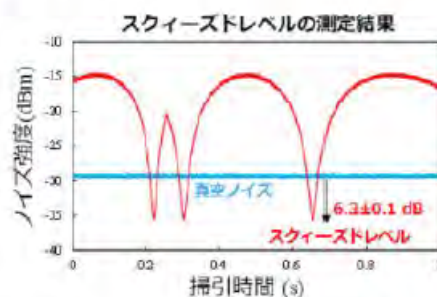
周期分極反転ニオブ酸リチウム導波路



スクィースト光源



実験の様子



スクィースト光の干渉実験によるスクィーストレベル評価結果と応答周波数帯域

現在の世界トップデータ (シングルパス型)
スクィーストレベル 6.3dBを実現

室温動作可能な大規模・高速・汎用光量子計算の実現にむけて大きく前進

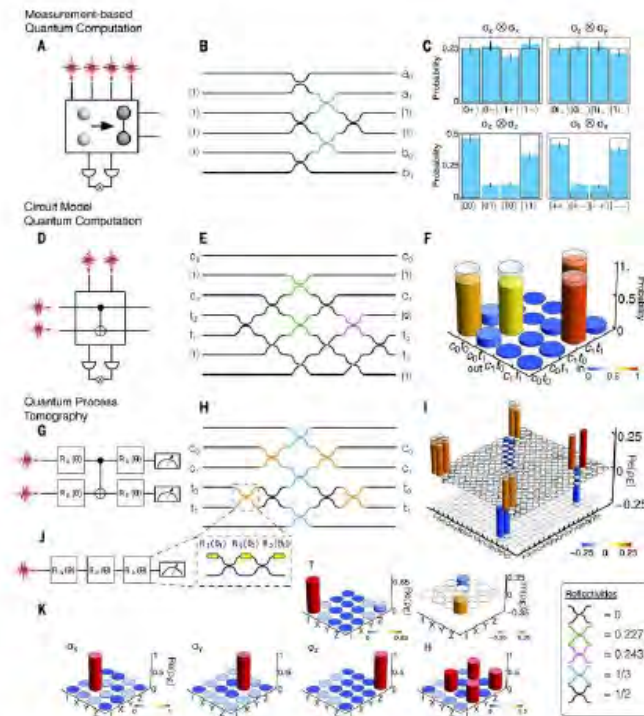
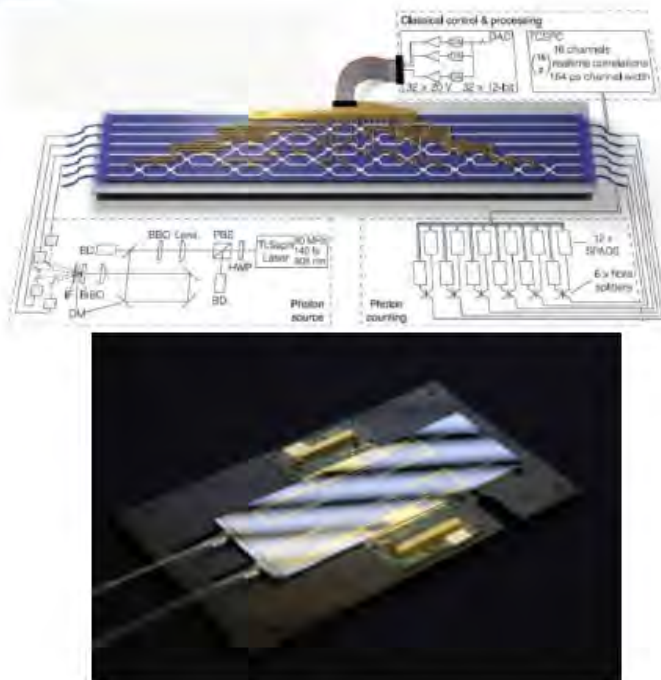
【参考4】 線形光学素子技術 ～平面光波回路～

光量子コンピュータの要素となる光回路でさまざまな量子情報処理を実現



2015年7月9日

光子を用いた量子情報処理のための、プログラマブルな線形光回路の実現
～ひとつの光集積回路で多彩な光量子情報処理の機能を提供～



Science 14 Aug 2015: Vol. 349, Issue 6249, pp. 711-716