

量子情報通信用高効率光ファイバー
直接結合半導体量子ドット
単一光子源の研究開発

北海道大学・電子科学研究所
熊野 英和、末宗 幾夫

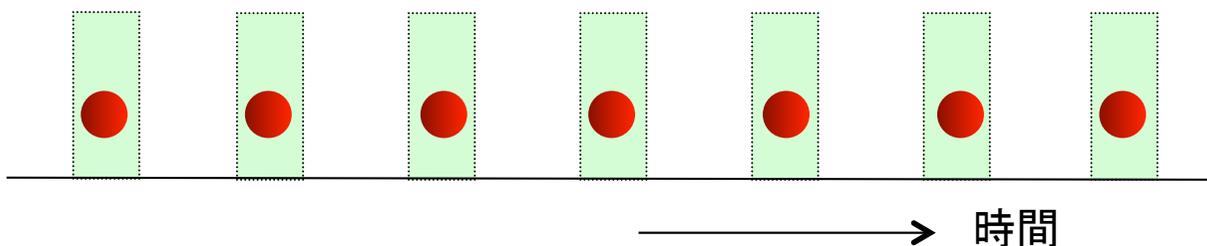
研究開発の背景

- 安心・安全な情報通信ネットワークの重要性
- 量子力学的に安全が保障された量子情報通信 (量子鍵配送)



- 実運用へ進めるため「オンデマンド光源」
「光ファイバー通信波長帯単一光子源」必要

単一光子源



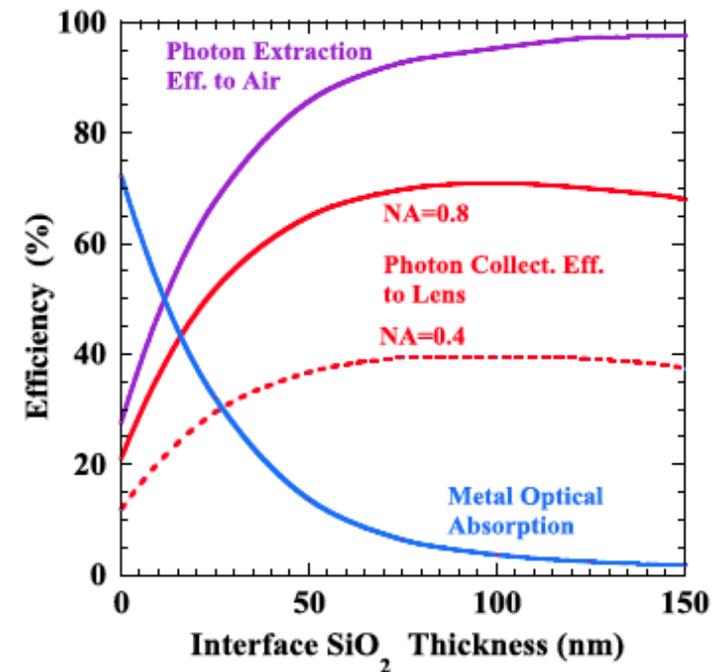
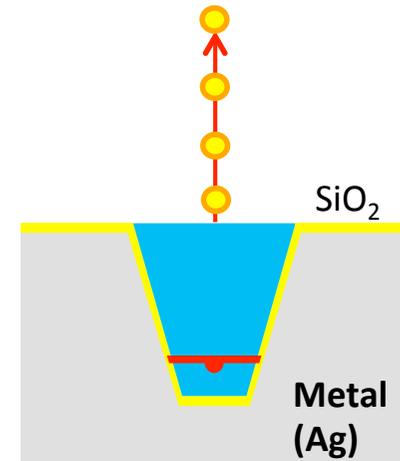
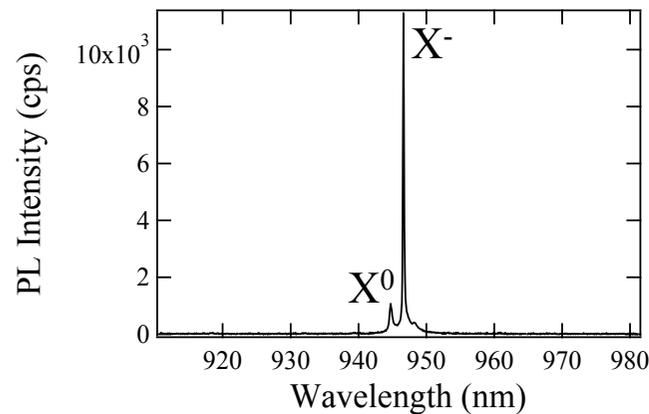
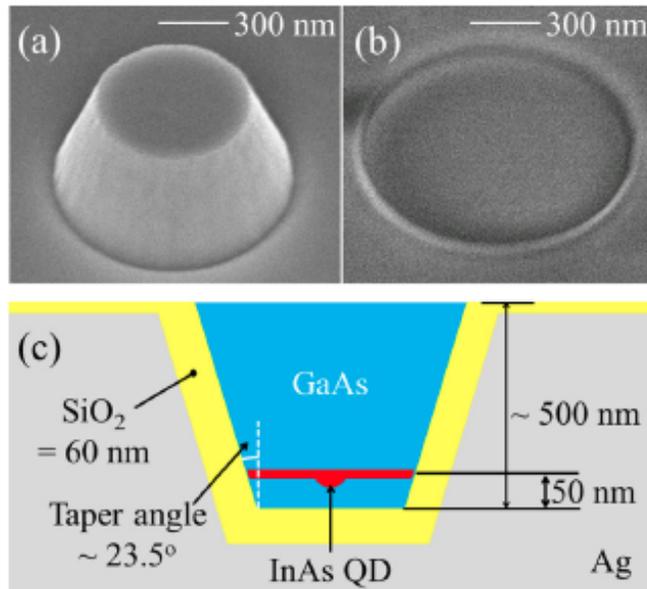
- 量子もつれによる次世代量子情報通信用光源

主な研究開発の内容

半導体量子ドットを用いた

- 金属(銀)埋め込みコーン構造による高効率単一光子源の開発
- 高い単一光子発生純度を持つ単一光子源の開発
- 光ファイバー通信波長帯単一光子源の開発
- 単一モードファイバー結合単一光子源の開発
- 量子もつれ光子対源の開発
- 発生した光子の不可識別性の実証

銀埋め込みコーン構造による高効率単一光子源の開発



Excitation repetition : 76 MHz

Photon detection : **196,000** counts/s (cps)

Single photon detection : $196,000[1-0.3]^{1/2} = 164,000$ cps

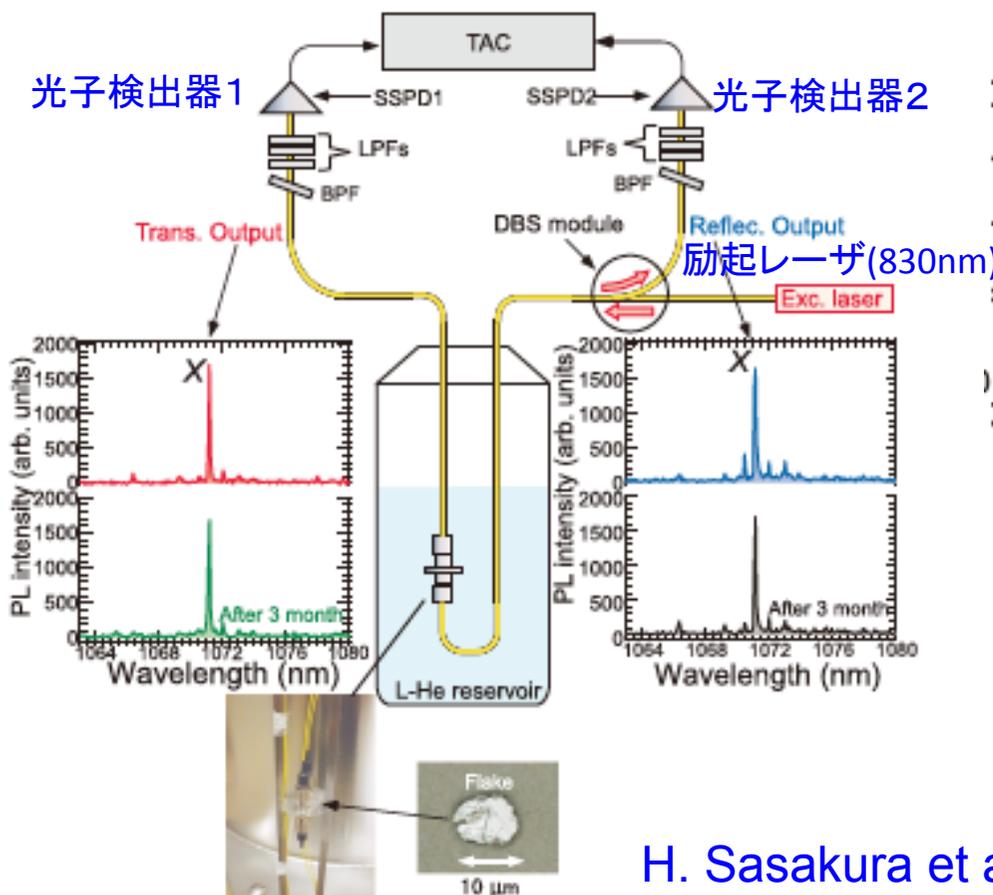
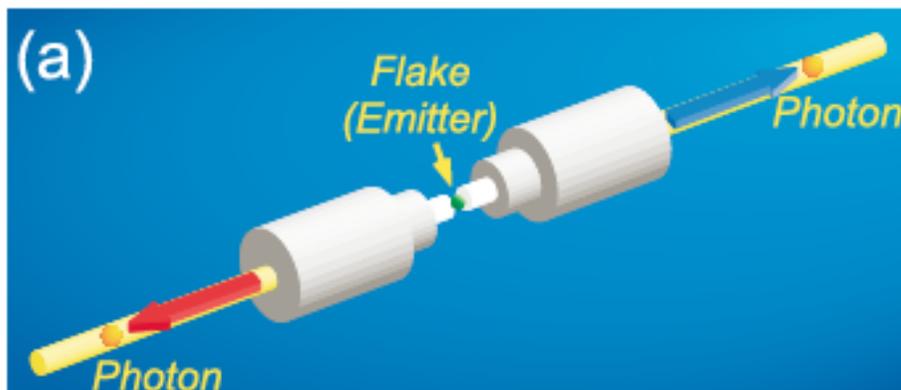
Photon detection efficiency of our system : 0.010

Single-photon flux at first lens (NA=0.4) : **16.4 MHz**

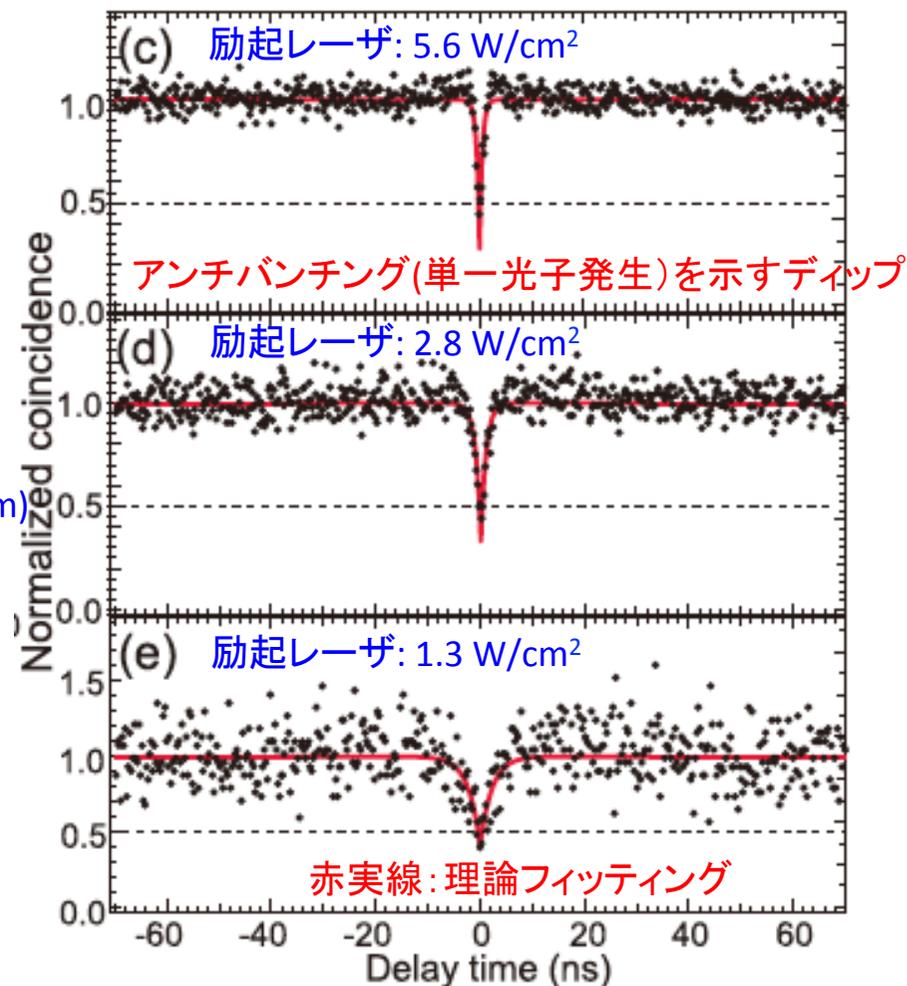
Photon collection efficiency : $\eta_{\text{ext}} = 24.6\%(X^-+X^0)$

X. Liu et al., *Appl. Phys. Lett.* **102**, 131114(2013).

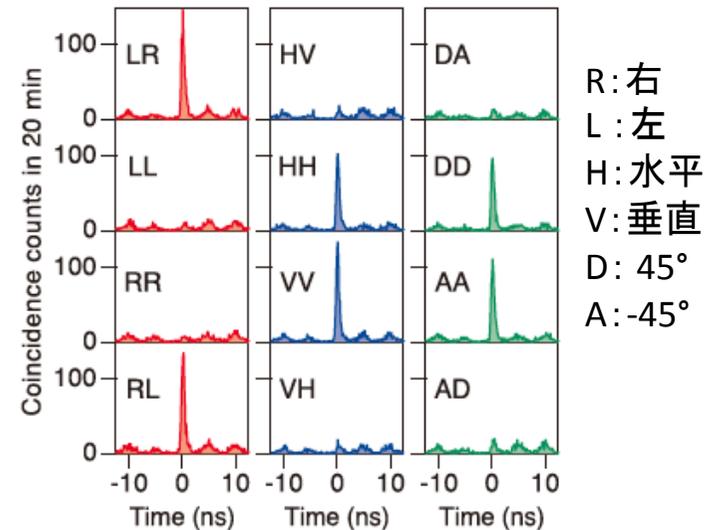
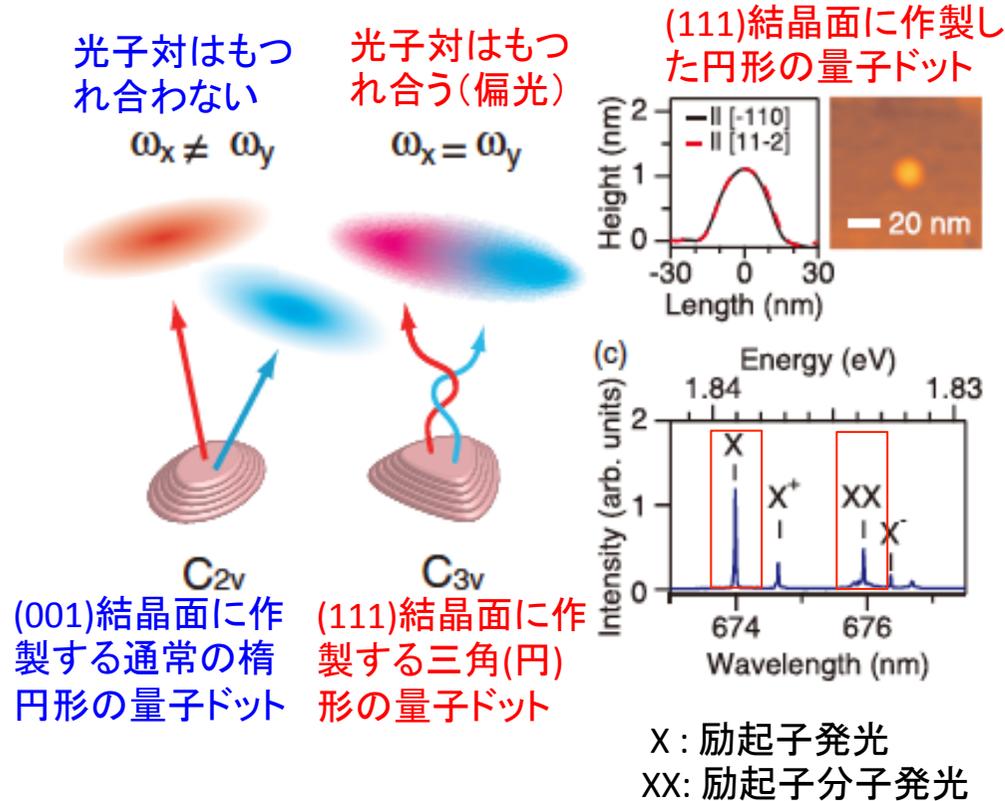
単一モードファイバー結合単一光子源の開発



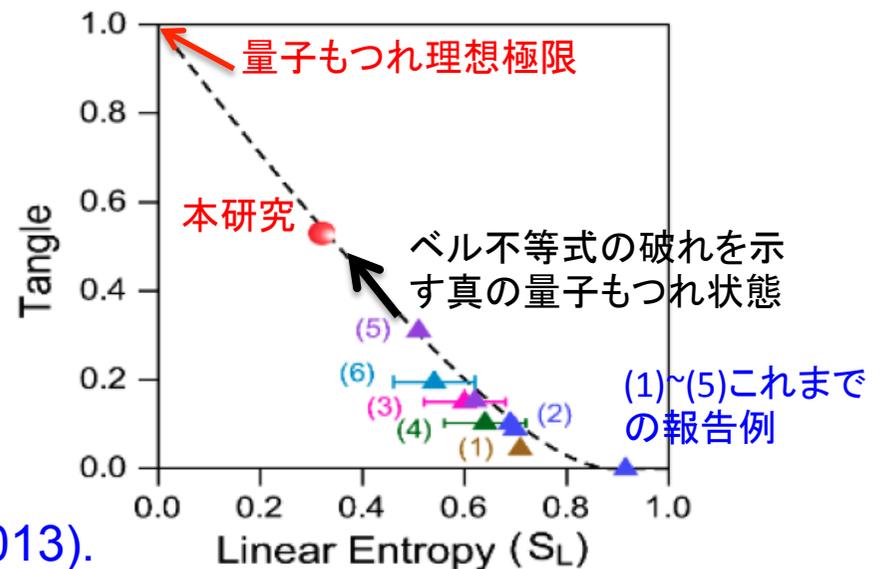
光子検出器1と2の2次相関測定



量子もつれ光子対源の開発



光子対は円偏光(L+RかR+L), 直線偏光(H+HかV+V), (D+AかA+D)の偏光の組み合わせを持つ。



研究開発成果の展開

今後量子情報通信ネットワークは安心・安全通信に不可欠な技術へ（現状RSAプロトコルの置き換え）

- クロック信号に合わせて動作する単一光子源、量子もつれ光子源が必須
- 昨今、ファイバー結合超伝導単一光子検出器 (SSPD)の普及が進みつつある (SCONTEL社、Single Quantum社など)。
- ファイバー結合量子ドット単一光子源の普及へ