

# 偏波保持ファイバ干渉計を用いた伝令付帯単一光子複製回路

## Heralding single-photon replicator using a polarization-maintaining-fiber-based quantum interferometer.

日大量科研 <sup>○</sup>行方 直人, 井上 修一郎

IQS, Nihon U., <sup>○</sup>Naoto Namekata and Shuichiro Inoue,

E-mail: namekata.naoto@nihon-u.ac.jp

長距離量子通信に向けて量子中継器[1]の開発が盛んに行われている。量子中継器には、様々な量子媒体によるアプローチが提案されているが、その重要構成物である量子メモリに焦点を当てた開発が多く、「量子メモリが量子状態を保持したことを伝令」する機能が無い場合も多い。この問題は、光損失が不可避な光ファイバなどで伝送された単一光子が量子メモリに到達したことを伝令することで解決できる。これを決定論的に実現するのは光子数量子非破壊測定 (PNQND) であるが、高い非線形性が要求されるなどの困難により実現されていない。一方、単一光子伝令増幅 (HPA) は、確率論的ではあるものの、補助場光子、線形光学素子、そして光子検出のみで実現できる[2]。本研究では、光ファイバ伝送系からシームレスに接続可能な偏波保持ファイバ (PMF) 干渉計によって HPA を実装することを提案する。

図1に実験系の概念を示す。図中の①, ②, ③はそれぞれ信号光子入力, 補助場光子入力, 信号光子出力となる。②においては、PMFのロー軸, ファスト軸それぞれに単一光子が入力される (直交偏光光子対を使用した)。①の入力と②の入力は偏波保持型ファイバカップラ (PMFC) で干渉され、一方は伝令信号を得るための光子検出器2つ (SSPD: 超伝導単一光子検出器) へ導かれ、もう一方は出力③へ導かれる。SSPD1 および2で同時係数が得られた場合、③には入力偏光状態が保持された単一光子が出力される。以上のようにして、入力光子に伝令を付帯させることができる。

入出力ポート①および③において PMF を使用していることから、任意偏光状態が保持できるよう、その全複屈折を等価的にゼロとする必要がある。そこで、等長の PMF 2本を用いそれらのロー軸, ファスト軸を交換し、かつ温度制御を行うことで偏光が保存されるようにした。

①に真空状態を入力し、②に補助場光子を入力した時の SSPD1-2 間の同時計数結果を図2に示す。横軸は入力②の PMF の長さであり、ロー軸 - ファスト軸間の光学的距離差を示している。同図が示すように、光学的距離差がゼロとなる PMF 長さ $\sim 1.9$  m で、同時計数の消失 (HOM 型2光子干渉) を93%の明瞭度をもって観測した。本系においては、前述のように同時計数が単一光子を伝令するため、逆に、この同時計数の消失は高い忠実度を持って真空状態を除外 ( $> 10$  dB) できることを示している。

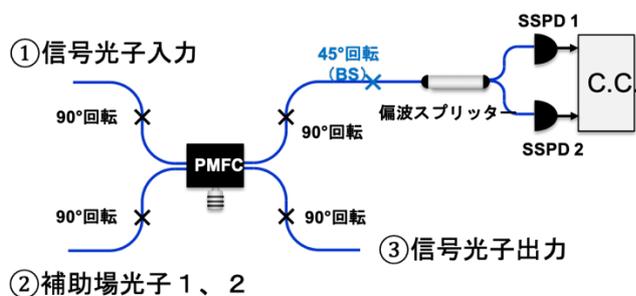


図1. 実験系の概念

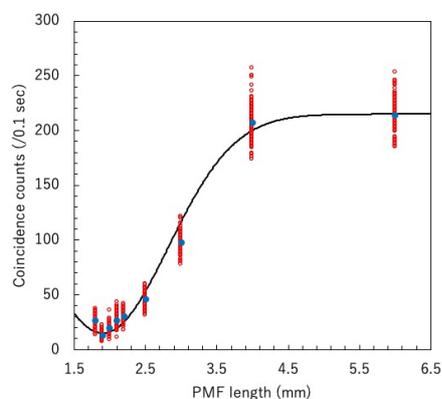


図2. HOM型2光子干渉

[1] H.-J. Briegel, *et al.*, Phys. Rev.Lett. **81**, 5932 (1998).

[2] S. Kocsis, *et al.*, Nat. Phys. **9**, 23-28 (2013).