

光子対数識別と多重化を組み合わせた伝令付き単一光子源

A heralded single photon source combining photon-pair number discrimination and multiplexing

○清原 孝行, 岡本 亮, 竹内 繁樹(京大院工)

○Takayuki Kiyohara, Ryo Okamoto, Shigeki Takeuchi (Kyoto. Univ.)

E-mail: t_kiyohara@qip.kuee.kyoto-u.ac.jp

光子を1個ずつ発生させる単一光子源は、個々の光子を情報の担い手とする量子情報通信処理にとって不可欠なデバイスである。これまで広く用いられてきた伝令付き単一光子源(HSPS)は、光子を正確なタイミングで発生できるという利点がある。しかし一方で、光子の生成効率を上げようとする2光子以上の多光子の発生が無視できなくなるという問題点があった。この解決策として、光子対数識別を用いる方法[1]と、複数のHSPSを用いる多重化と呼ばれる方法[2]が別々に提案、検証されてきた。

今回、我々は、それらの方法の効果的な比較や、組み合わせた場合の相乗効果について、統一的な理論を構築した。さらに、我々は光子対数識別と多重化(多重化数2)を組み合わせたハイブリッド型のHSPSを構築し、2光子抑制率を評価した。図1は構築した実験系の概念図である。ポンプレーザー光を2等分し、それぞれの伝令付き光子源における非線形光学結晶に入射した。パラメトリック下方変換によって発生した光子対の一方は、光子数識別検出器(青紫部分)で検出した。光子数識別検出器は、ビームスプリッター(BS)と2台の光子検出器で構成されており、光子検出器が1台だけ光子を検出した場合のみその光子検出信号を出力する。光子数識別検出器D1,D2のいずれか一方から検出信号が得られた場合には、対応する側のシグナル光子が、また、D1,D2の両方から検出信号が得られた場合にはD1に対応するシグナル光子が出力される様に、電気光学変調器(EOM)により光子の偏光を制御した。この実験系を用いて1パルス中の平均光子対数に対する2光子存在確率を測定した結果を図2に示す。従来のHSPS(●)に対して、多重化のみの場合(▲)は、 $47.5 \pm 0.9\%$ 、多重化にさらに光子対数識別を組み合わせたハイブリッド型の場合(■)は、 $50.5 \pm 0.9\%$ 抑制された。黒線、赤点線、青一点斜線は、それぞれ、従来、多重化のみ、多重化と光子対数識別を組み合わせた場合(ハイブリッド型)の理論値である。同一の平均光子対数でみた場合、多重化により2光子存在確率は半減し、また、ハイブリッド型でさらに低減している。実験結果は、理論予測をよく再現している。光子検出器の実効量子効率($\eta = 0.18$)を向上する事で2光子存在確率をさらに低減することができる。

本研究の一部は科学研究費(26220712, 26610052, 25707034)、量子サイバネティクス、JST-CREST、JSPS-FIRST、科学技術振興調整費、物質・デバイス領域共同研究拠点、光科学技術研究振興財団、及びグローバルCOEプログラムの支援を受けて行われた。

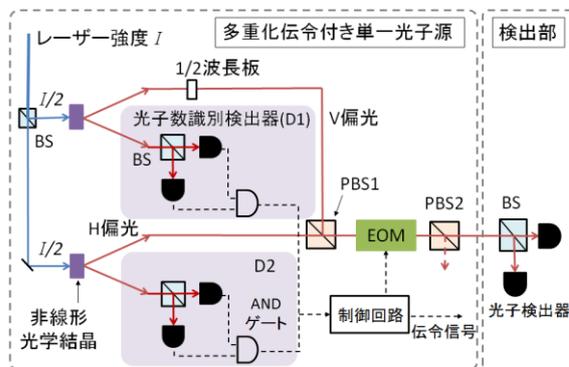


図1. 実験系概念図

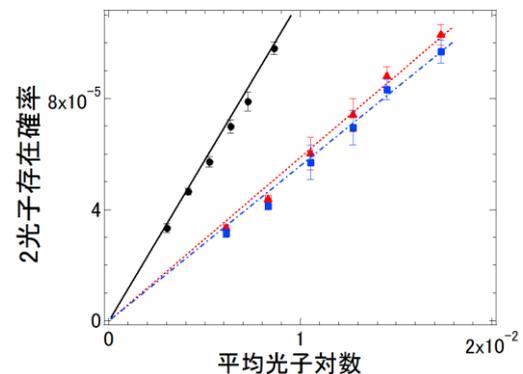


図2. 平均光子対数に対する2光子存在確率

[1] K. Tsujino, S. Takeuchi, and K. Sasaki, Phys. Rev. A 66, 042314 (2002).

[2] X. Ma, S. Zotter, J. Koer, T. Jennewein, and A. Zeilinger, Phys. Rev. A. 83, 043814 (2011).