

Type - I パラメトリック蛍光対の単一モードファイバーへの 高効率結合に向けた研究

**The research of optimally coupling Type -I parametric down converted photon pairs
into a single mode fiber**

京大院工¹, JST さきがけ² 朴 渠培¹, 清原 孝行¹, 岡本 亮^{1,2}, 竹内 繁樹¹

Kyoto Univ.¹, JST PRESTO², °Geobae Park¹, Takayuki Kiyohara¹, Ryo Okamoto^{1,2},

Shigeki Takeuchi¹

E-mail: park.guebae.58r@st.kyoto-u.ac.jp

自発的パラメトリック下方変換(SPDC)によって生成された光子対は、もつれ光子対源や伝令付き単一光子源として量子情報処理や量子計測といった分野で広く用いられてきた。一般に、SPDC過程により生成された光子対は単一モードファイバー(SMF)に結合して用いられることが多い。光子対のSMFへの結合効率の向上は、Bellの不等式の破れの検証実験に必要であり、また、量子情報処理の様々なプロトコルにおいて、単位時間あたりの光子対量の増加につながる。先行研究では、バルク結晶を用いてType - IIのBeamlike条件、Type - Iの同軸非縮退条件で高結合効率を実現した報告がある[1, 2]。そのような中我々は、既に量子情報処理の研究で広く用いられているType - I 縮退条件に着目、高結合効率化に向けた研究を行っている。

今回、Type - I のBBO結晶から生成された光子対のSMFへの高結合効率実現に向けた実験結果を報告する。本研究の実験では、ポンプ光をレンズで絞り、BBOに入射する。パラメトリック下方変換過程を経て生成した光子対は、対物レンズを用いてSMFに結合され、光子検出器で検出される。一般的に、結合効率(χ)の最適化を行うために、考慮すべきパラメータとして、結晶長(L)、結晶中のポンプ光のビーム径(W_p)、結晶からファイバーと対物レンズまで結合するモードの結晶中のビーム径(W_o)、空間的なウォークオフがある。先行研究[1,2]の報告では、結晶長や空間的なウォークオフの影響が無視できる場合において、 χ は W_p と W_o で決まることが分かっている。具体的には、 χ と W_p , W_o の依存関係は、 $\chi \approx 4(1^2 + \alpha^2)/(2 + \alpha^2)^2$ と書くことができる(ただし $\alpha = W_o/W_p$) [3]。まず、最適化条件を確かめるために、Type - I のBBO結晶を用いて同軸縮退条件で実験を行った。各光子検出器の光子検出数と、それらの間の同時計数から、結晶で生成した光子が光子検出器で検出される効率は $16.2 \pm 0.4\%$ であることが分かった。この結果に、光学系の透過率($81.4 \pm 1\%$)と光子検出器の検出効率($60.2 \pm 1.9\%$, $58.3 \pm 1.9\%$)を考慮すると、結合効率は、 $\chi = 69.2 \pm 3.1\%$ と見積もられた。一方、理論的には、本実験の各パラメータから、 $\alpha = 0.27$ であり、 $\chi = 99.8\%$ となった。発表では、理論と実験の結合効率の不一致の理由を含め詳細を報告する予定である。

本研究の一部は科学研究費(26220712, 26610052, 25707034)、JST-CREST(JPMJCR1674)、JST-PRESTO(10435951)、特別研究員奨励費(17J06932)、文部科学省・量子飛躍フラッグシッププログラム(JPMXS0118067634)の支援を受けて行われた。

[1] Han-Sen Zhong, et al., Phys. Rev. Lett, 121, 250505(2018).

[2] B. Septriani, J. A. et al., Optica 3, 347-350 (2016).

[3] Castelletto, Stefania, et al., New Journal of Physics, 6(1) 87 (2004).