

18p-C2-10

Si リング共振器を用いた time-bin 量子もつれ光子対生成 II

Time-bin entangled photon-pair generation using Si micro-ring resonator II

情報通信研究機構¹, 早大理工² ○ 若林亮太^{1,2}, 藤原幹生¹, 佐々木雅英¹, 青木隆朗²NICT¹, Waseda Univ.² ○ Ryota Wakabayashi^{1,2}, Mikio Fujiwara¹, Masahide Sasaki¹, Takao Aoki²

Email: r-wakabayashi@nict.go.jp, rw127z@fuji.waseda.jp

1 背景

量子情報処理や量子計測には量子もつれ光子対が重要である。Silicon-on-Insulator(SOI) 構造のデバイスは、既存の Si デバイス製造技術が利用できることに加えて、四光波混合による通信波長帯光子対生成が高効率で可能であるといった特徴がある。SOI 構造のデバイスには Si 細線導波路や Si リング共振器があるが、Si リング共振器は共振器構造であるため、Si 細線導波路と比較してより小型で高効率な光子対生成が可能であり、さらに温度変化により共振波長を変えることで、光子対波長を変えることも比較的容易であるため、量子もつれ光子対生成デバイスとして期待されてきた。前回の報告 [1] で Si リング共振器から生成される time-bin 量子もつれ光子対の観測に成功したが、明瞭度が低く、その原因は不明であった。今回我々は Si リング共振器へ入射する光の偏光を厳密に調整することで 92 % を超える高い明瞭度の観測に成功した。

2 実験系

実験系を Fig. 1 に示す。まず、Si リング共振器の共振波長の 1 つに合わせたレーザー光 (ポンプ光) を偏光板と波長板を用いて Si 導波路へ入射時に TE 偏光となるように調整し、Si 導波路へ入射させる。Si リング共振器で四光波混合により生成した光子対は Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) フィルターで経路を分け、それぞれ非対称マッハツェンダー干渉計へ入射させることで time-bin 量子もつれ状態にする。シグナル光子、イドラ光子側それぞれの非対称マッハツェンダー干渉計の位相差の差に対して、それぞれの検出器同時計数は干渉する。この干渉の明瞭度が古典限界である $1/\sqrt{2}$ (70.71%) を超えれば光子対の非古典的相関の存在を確認できる。

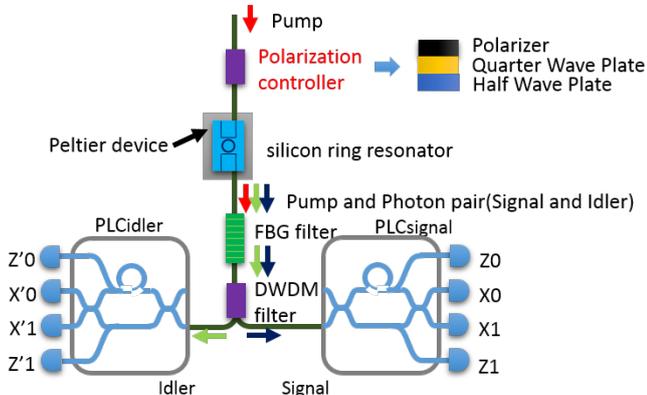


Fig. 1 Experimental setup.

3 結果

Fig. 2 に実験結果を示す。Fig. 2 において、丸 (青) が検出器 X0 と X'0、ダイヤ (赤) が検出器 X0 と X'1 による同時計数を示しており、それぞれ光子対の相対位相の基底に対応している。Si リング共振器の温度は 25 °C、Si リング共振器への入射強度は -3.37 dBm (0.46 mW) で、各位相 (マッハツェンダー干渉計の温度) に対して 3 回測定を行い、それぞれ正弦関数でフィッティングを行い明瞭度を算出した。X0 と X'0、X0 と X'1 の明瞭度はそれぞれ $93.22 \pm 1.15 \%$ 、 $95.89 \pm 1.15 \%$ であり、古典限界である 70.71 % を標準偏差の約 20 倍で超えた。また、入射強度 -3.37 dBm (0.46 mW) において算出した光子対生成レートは約 14 MHz であり、同じ入射強度での Si 細線導波路 (長さ 11.3 mm) の光子対生成レート約 7 MHz [1] と比べてより小型で高い生成レートを得た。

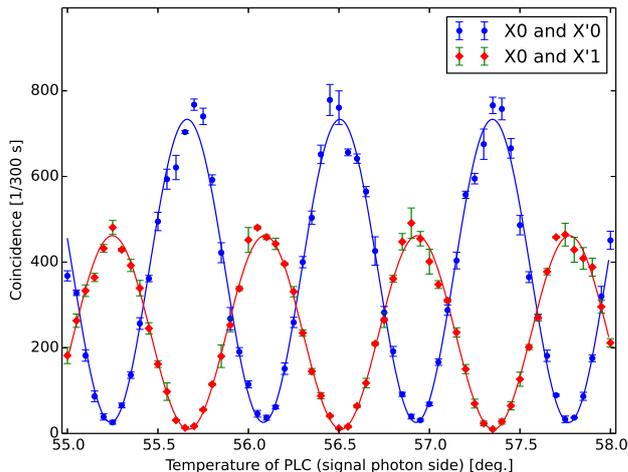


Fig. 2 Coincidence as functions of temperature of PLC (signal photon side).

4 結論

今回我々は、Si リング共振器に入射するポンプ光を厳密に TE 偏光に調整することで 92 % を超える明瞭度で Si リング共振器から生成される time-bin 量子もつれ光子対の生成に成功した。高い明瞭度は、Si リング共振器において生成される量子もつれ光子対に含まれるノイズが非常に少ないことを示している。このことから、Si リング共振器が量子鍵配送や量子計測などに十分適用可能であり、量子光学回路の小型化への重要な一歩であると考えられる。

本実験を行うにあたり、干渉計の安定化にご協力頂いた日本電気株式会社の吉野健一郎様、南部芳弘様に感謝致します。

参考文献

- [1] 若林亮太, 藤原幹生, 佐々木雅英, 青木隆朗, 2014 年 第 61 回応用物理学会春季学術講演会.
[2] S. Clemmen et al., Optics express, 17, 16558 (2009).