

カスケード SFG/SPDC 法を用いた 通信波長帯 WDM time-bin 量子もつれ光発生

Generation of WDM time-bin entanglement in the telecommunication wavelength-band
using cascaded SFG/ SPDC in a PPLN device

沖電気工業(株) 研究開発センター °荒平 慎、村井 仁、佐々木 浩紀

Corporate Research & Development Center, Oki Electric Industry Co., Ltd.

°Shin Arahira, Hitoshi Murai, and Hironori Sasaki

E-mail: arahira335@oki.com

広帯域量子もつれ光子対を用いた波長多重量子鍵配送 (WDM-QKD) システムは、多数のユーザペアの収納など将来の QKD ネットワーク拡張の点から有望である[1, 2]。近年我々は、光和周波発生 (sum-frequency generation, SFG) と自然パラメトリック下方変換 (spontaneous parametric down conversion, SPDC) を単一の周期分極反転 LiNbO₃ (PPLN) デバイスで生じさせるカスケード SFG/SPDC (c-SFG/SPDC) 方式による WDM 偏光量子もつれ光発生を提案・実証し、98%以上の高い 2 光子干渉波形明瞭度を報告している[2]。この方式では二つの pump 光 (pump#1, pump#2) の中間の波長領域に生じる SPDC スペクトルを WDM 帯域としてフル活用でき、50 ペア以上の WDM ペア収納が可能であるなどのメリットがある。一方、伝送路となる光ファイバにおける偏波回転や偏波モード分散 (PMD) 等の問題を考えた場合、QKD システムの長距離化のためにはこれらに耐性のある time-bin 量子もつれの利用が望ましい。今回、c-SFG/SPDC を time-bin 量子もつれに適用することで、WDM time-bin 量子もつれ光発生に成功したので報告する。

実験系を図 1 に示す。Pump 光の一方は波長 1539.77 nm の CW 光、他方を波長 1562.26 nm、パルス幅 50 ps、繰り返し 1 GHz のパルス光とした。二つの pump 光を WDM フィルタで合波したのち、PPLN モジュールに入力した。PPLN 出力光は急峻な透過エッジ特性 (~ 30 dB/nm 程度) を有する sharp-edge バンドパスフィルタ (OBF) で二つの pump 光成分を十分除去 (< -100 dB) した後、10ch、50 GHz スペースの AWG フィルタでスペクトルスライスすることで WDM 化した。AWG 出力はその後、PLC ベース MZ 干渉計 (PLC-MZI) を通過させ、それぞれ二つのポート出力を 4 台の InGaAs/InP-APD 単一光子検出器 (SPD) で測定した。装置の都合上、signal 光側の SPD (D1, D2) の CLK 周波数は 40 MHz、idler 光側の SPD (D3, D4) の CLK 周波数は 1 GHz とした。D1 ~ D4 の検出時間情報 (time-tag) から同時検出数を計測することにより、2 光子干渉波形の計測や、QKD システムへ応用した場合のシフト鍵

レート、量子誤り率などの評価を行った。

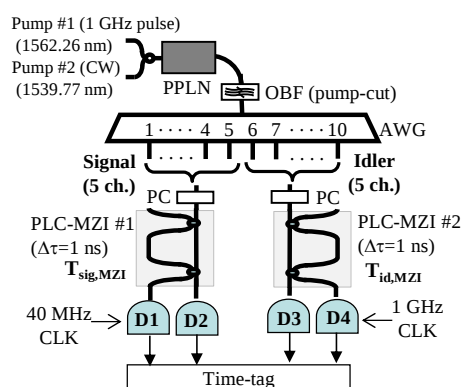


図 1 実験系

図 2 に今回評価した 5 波長ペアに対する 2 光子干渉波形の明瞭度、ピーク同時カウント数の測定結果を示す。SPDC スペクトルの広域性 (約 70 nm) を反映して、ペア番号に依らず明瞭度 94% 程度 の良好な 2 光子干渉波形が得られた。ピーク同時カウント数は約 1100 カウント/20 sec. 前後であった。

その他 QKD システムとしての誤り率等の詳細な結果は当日報告する。

[1] H. C. Lim *et al.*, Opt. Express **16**, 16052 (2008).

[2] S. Arahira *et al.*, Opt. Express **21**, 7841 (2013).

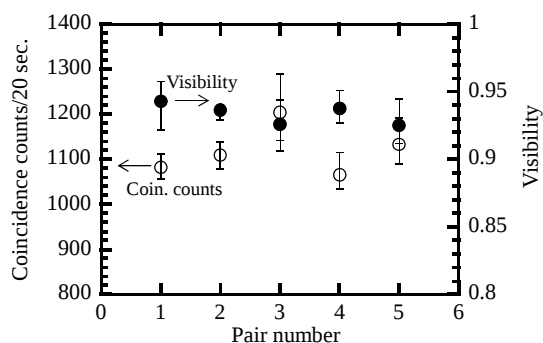


図 2 2 光子干渉波形の明瞭度、ピーク同時カウント数の測定結果