

カスケード SFG/SPDC 法と光差周波モニタリングを用いた 波長多重量子もつれ光源の一括安定化実験

Stabilization of broadband WDM photon-pair source using cascaded SFG/SPC and
differential-frequency-generation monitoring

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

波長多重 (WDM) 量子もつれ光源[1, 2]は, 量子鍵配送システムや量子計算の高機能化・高速化等に利用できる有望な技術である. WDM 光源として利用するには, 異なる波長ペアの量子もつれ光がそれぞれ同等な品質 (具体的には同等な平均光子対数) を有することが望ましい. またそれらが長時間に渡って安定に制御されていること, さらに温度変化などの環境変化に十分な耐性を有していることが望ましい.

本件ではカスケード光和周波/自然パラメトリック下方変換 (カスケード SFG/SPDC) [2]を用いて発生させた WDM 量子もつれ光源に光差周波 (DFG) モニタリング[3, 4]を適用することで, WDM 量子もつれ光源の動作温度範囲の広域化ならびに安定化の実証実験を行ったのでそれについて報告する.

実験系の概略を図 1 に示す. 中心波長 1539.77 nm 及び 1562.25 nm の 2 つのパルス光 (Pump#1, Pump#2) を励起光として周期分極反転 LiNbO₃ (PPLN) モジュールに入力し, カスケード SFG/SPDC 法により中心波長 1550.93 nm, 半値全幅 89.4 nm の広帯域 SPDC 光を発生させた. PPLN 出力光はその後, SPDC スペクトル中心部の波長成分を透過光として, またその他の波長成分 (Pump#1, Pump#2 等を含む) を反射光として波長分離して出力する sharp-edge 型 WDM フィルタを 2 段通過させた後, 50 GHz スペース, 40ch の波長分割 (AWG) フィルタを用いてスペクトルスライスすることにより WDM 化を行った. sharp-edge 型 WDM フィルタの透過帯域幅は約 14.7 nm, また透過ポートからの強い光成分 (励起光成分等) の残存透過率は -105 dB ~ -150 dB であり, 透過ポートからの SPDC 光成分以外の漏れ光は無視できる程度まで抑制された.

sharp-edge 型 WDM フィルタの透過帯域幅の制限により, 今回は 16 波長ペアの WDM 化を行った.

また DFG モニタリングの参照光として, 波長 1537.5 nm の連続光もまた PPLN モジュールに入力した. PPLN モジュールから出力される参照光並びに参照光/SFG 光間の DFG 光 (カスケード SFG/DFG 光) は sharp-edge 型 WDM フィルタの反射ポートから出力され, これを光スペクトルアナライザ (OSA) で測定す

ることで DFG 変換効率 (η) を評価した. ここで η を一定に保つように可変光減衰器 (VOA) を用いて励起光強度を調整することで DFG モニタリングによる平均光子対数 (μ) の安定化を行った. 今回は $\mu=0.0025$ pair/Hz/s をターゲット値として η を安定化させて実験を行った.

PPLN モジュールの動作温度を変化させて 16 波長ペア間の μ のばらつきを測定した結果を図 2 に示す. 27°C ~ 60 °C の広い温度範囲において, 平均光子対数のばらつきが 0.0025 ± 0.0006 pair/Hz/s の範囲に安定化された WDM (16 ペア) 相関光子対の発生に成功した.

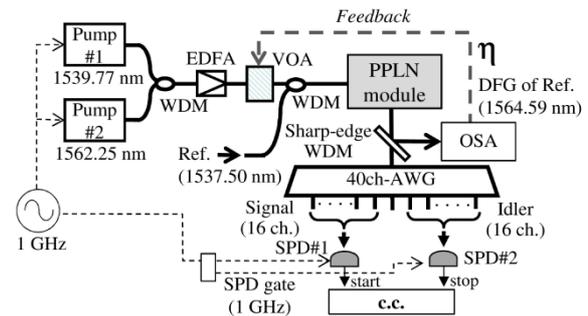


図 1 実験系

EPG: 電気パルス発生回路 SPD: 単一光子検出器

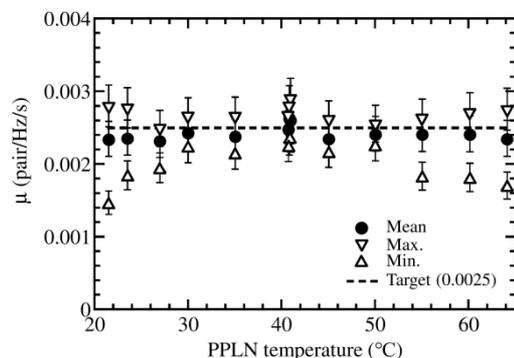


図 2 実験結果

- [1] H. C. Lim et al., Opt. Express **16**, 16052 (2008).
- [2] S. Arahira et al., Opt. Express **21**, 7841 (2013).
- [3] S. Arahira et al., JOSAB **34**, 527 (2017).
- [4] S. Arahira et al., IEEE PTL **29**, 2131 (2017).