

同時下方変換による赤外量子もつれ光子対の広帯域発生 Broadband generation of infrared quantum entangled-photon pairs via simultaneous parametric down-conversion

京大理¹・北條 真之¹, 田中 耕一郎¹

Dept. of Physics, Kyoto University¹

^oMasayuki Hojo¹ and Koichiro Tanaka¹

E-mail: hojo.masayuki.33e@st.kyoto-u.ac.jp

古典的計測手法の問題や限界を克服する新規な技術として、量子もつれ光子対を用いた量子計測が注目されている。特に、赤外光の直接検出なしに赤外分光を行う量子赤外分光法^{1,2} (Quantum infrared spectroscopy; QIS) は、赤外域における技術的制約を解決する方法として着目されている。QIS で用いられる赤外光と可視光の量子もつれ光子対の発生では、自発パラメトリック下方変換 (Spontaneous parametric down-conversion; SPDC) が利用されているが、SPDC の発生条件 (位相整合条件) がその発生帯域や波長可変性を制限しているという点が問題となっている。

本研究において、周期分極 Mg 添加 LiTaO₃ (PPSLT) 結晶、および周期分極 Mg 添加 LiNbO₃ (PPLN) 結晶に対して様々な位相整合条件を計算した結果、特定の条件で2組の光子対が同時に発生するような解が存在することを明らかにした。これにより、2~5 μm の広い赤外帯域で SPDC のアイドラー光を発生させることが可能となる。図1は、PPSLT においてポンプ光波長を 0.638 μm に設定した場合に、同軸で擬位相整合する SPDC 発生波長と結晶周期の関係を表している。周期が 16.88 μm の場合、SPDC 光子対が 0.72 μm, 5.6 μm (Pair 1) と 0.78 μm, 3.5 μm (Pair 2) と同時に位相整合することがわかった。さらに非同軸過程による発生では、それぞれのペア間の周波数領域を埋めるように放射立体角 4° 以内で位相整合条件が変化していくこともわかった。すなわち、ほとんど同軸な SPDC によって 3.5 ~ 5.6 μm の領域の赤外光発生が可能となる。実際に 0.638 μm のポンプ光を用いて赤外アイドラー光と対をなすシグナル光のスペクトルを測定した結果を図2に示す。ここでは、シグナル光の非同軸過程全てをカバーしうる 0.7° の立体角に発生する光を集光する光学系を用いた。その結果、0.72 μm と 0.78 μm 付近のピーク、およびそれらの間をカバーする広帯域な放射を確認した。これらは同軸過程による2組のシグナル光と非同軸過程による光子を反映しており、対応するアイドラー光は放射立体角 4° で 3.5~5.6 μm に発生していることを意味する。講演では結晶周期や発生角度による帯域制御についても報告する。

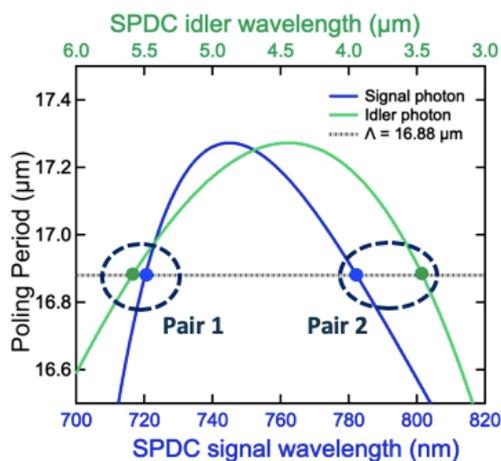


Fig. 1. Theoretical calculation of the collinear QPM condition using the Sellmeier equation. In the case of the period 16.88 μm, two pairs are simultaneously phase-matched.

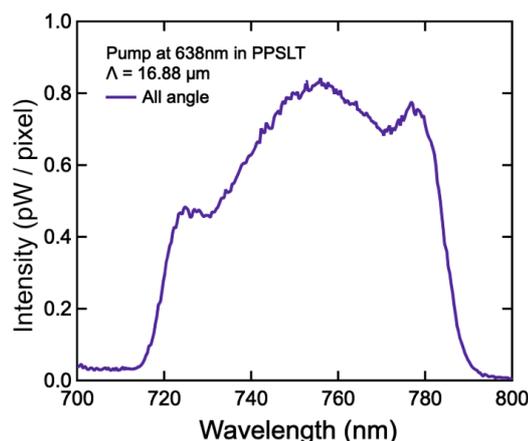


Fig. 2. The spectrum of the SPDC in the case of the pump at 0.638 μm and the period 16.88 μm.

文献

1. Kalashnikov, D. A., Paterova, A. V., Kulik, S. P. & Krivitsky, L. A., *Nat. Photonics* **10**, 98–101 (2016).
2. Lindner, C., Wolf, S., Kiessling, J. & Kühnemann, F., *Opt. Exp.*, **28**, 4 (2019).