

量子インターネットのためのファイバ結合型 PPLN 周波数変換器

A fiber-coupled frequency converter based on a PPLN waveguide for quantum internet

阪大基¹, 阪大 QIQB², NTT 先端集積デバイス研究所³, NTT 物性科学基礎研究所⁴
 ○(M1)村上翔一¹, (M1)藤本倫太郎¹, 生田力三^{1,2}, 小林俊輝^{1,2}, 井上飛鳥³, 梅木毅伺³,
 笠原亮一³, 向井哲哉⁴, 井元信之², 山本俊^{1,2}

Grad. Sch. Eng. Sci., Osaka Univ.¹, QIQB, Osaka Univ.², NTT Device Technology Laboratories,
 NTT Corporation³, NTT Basic Research Laboratories, NTT Corporation⁴

°Shoichi Murakami¹, Rintaro Fujimoto¹, Rikizo Ikuta^{1,2}, Toshiki Kobayashi^{1,2},
 Asuka Inoue³, Takeshi Umeki³, Ryoichi Kasahara³, Tetsuya Mukai⁴, Nobuyuki Imoto²,
 Takashi Yamamoto^{1,2}

E-mail: smurakami@qi.mp.es.osaka-u.ac.jp

単一光子の周波数変換は様々な物理系で実現される量子系を光で繋ぐインターフェースとして重要な役割を果たす。特に、量子インターネット実現のための量子中継において、光ファイバ通信に用いられる通信波長の光子と物質量子メモリにアクセス可能な光子の波長とのギャップを埋める量子インターフェースとして重要である。これまで中性原子[1,2]、イオン[3,4]、NV 中心[5]など様々な物質量子系のための量子周波数変換実験が行われてきたが、ほとんどの実験において周波数変換のための光学装置は自由空間ベースの大掛かりなものであった。実用化・大規模化に向けた実験系の複雑化に対応していくためには、周波数変換のための光学系をファイバーベースで小型化していく必要がある。これまでに、異なる 2 波長(1550nm 帯,780nm 帯)に対する入出力を有するファイバピグテール型の周期分極反転ニオブ酸リチウム導波路モジュール(4 ポート PPLN モジュール)による光パラメトリック増幅応用を検討してきた[6]。

今回、本 PPLN モジュールの量子周波数変換器への適用に向けた基本特性を評価したので報告する。中性原子(Rb)の共鳴波長である 780nm から通信波長帯への変換を想定し、780nm のシグナル光を 1580nm のポンプ光を用いた差周波数発生により 1540nm に変換し、その変換効率を評価した。図 1 に、内部変換効率(R)と非変換効率(T)を示す。理論フィッティング(実線)により、ポンプ光パワー約 200mW において、内部変換効率が最大 0.96 に達すると見積もられた。また、モジュールの透過率より光ファイバと PPLN 導波路との結合効率は両波長においておよそ 0.9 と推定された。これらの結果から、ファイバ入出力での実効的な量子変換効率として 0.67 程度の値が見込め、付帯の光学系の損失を含んだ従来の量子周波数変換効率:0.34[1],0.46[2]などと比べても遜色なく、単一光子の量子周波数変換実験にも十分適用可能であることが分かった。

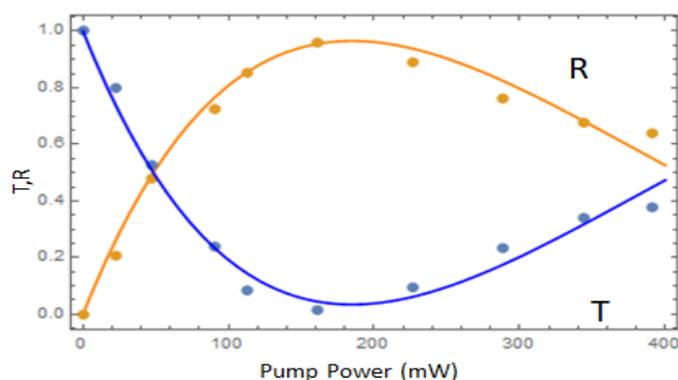


図 1: 波長変換器の内部変換効率 R と非変換効率 T

[1] R. Ikuta *et al.*, Nature communications **9**, 1997 (2018).

[2] Y. Yu *et al.*, Nature **578**, 240 (2020).

[3] M. Bock *et al.*, Nature Communications **9**, 1998 (2018).

[4] T. Walker *et al.*, Physical Review Letters **120**, 203601 (2018).

[5] A. Tchebotareva *et al.*, Physical Review Letters **123**, 063601 (2019).

[6] NLO 2019 NW3A.2