

ダイヤモンド量子間をつなぐ2段階波長変換

Two-step quantum wavelength conversion for connecting the quanta in diamonds

横国大院工

○田村秀平、池田幸平、堀切智之、小坂英男

The nitrogen-vacancy (NV) center in diamond is one of the promising candidates for the quantum memories. By using two PPLN waveguides, we demonstrate a frequency down-conversion of the 637 nm light to the telecommunication band at 1573 nm, and a frequency up-conversion of the 1573 nm light to 637 nm. From this experimental result, we discuss the feasibility of a long-distance quantum communication based on NV centers in diamonds.

1. はじめに

我々は、長距離量子通信のために、ダイヤモンド窒素-空孔(NV)中心を量子メモリとした量子中継器の実現を目指している。ファイバを用いた光通信を考慮すると、NVの吸収発光波長 637 nm のままでは伝送中の損失が大きいという問題がある。そのため、NV間の長距離通信を目標とすると、NVからの発光波長 637 nm を通信波長帯 (~1.5 μm) へ波長変換し、さらにその通信波長帯光を NV に吸収させるために 637 nm へ波長変換する必要がある[1]。

2. 実験

2-1 2段階波長変換

PPLN 導波路を2つ用いて、637 nm 半導体レーザと 1071 nm 励起レーザで差周波発生過程 (DFG) により通信波長帯光を発生させ、その通信波長帯光と 1071 nm 励起レーザで和周波発生過程 (SFG) により 637 nm 光を発生させた (図1)。励起レーザは同じ光源を使った。フィルタを用いて2段階変換された637 nm 光のパワーを測定し、量子変換効率を算出した。

2-2 ノイズ測定

2段階変換させた637 nm 光を分光器 (バンド幅 ~400 GHz) に入射し、単一光子検出器 (SPD) で出射光のピーク波長におけるカウント数を測定した。また、637 nm レーザをきり、励起レーザのみで同様の実験を行い、ノイズのカウント数を測定した。

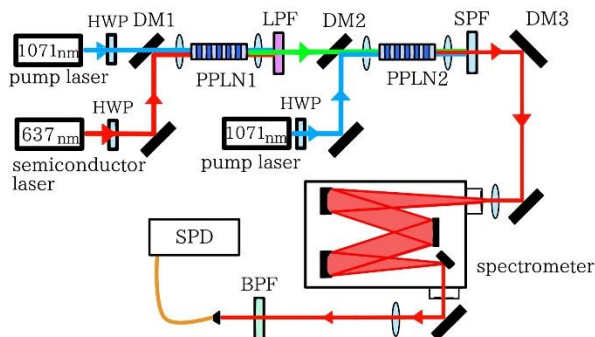


図1. 実験配置

3. 結果および考察

3-1 量子変換効率

変換前後における光子間のエネルギー差より、量子変換効率は、DFGでは約8%、SFGでは約20%となった。図2は励起レーザパワーを変えた時の量子変換効率をグラフ化したものである。DFGの変換効率が低いのは、637 nm レーザがマルチモード化しているためである。

3-2 S/N比

2段階変換光のピーク波長 637.2 nm における、ノイズのカウント数は $>10^5$ Hz であった。実験で用いた PPLN の位相整合バンド幅 ~10 GHz の範囲でノイズが均一な広がりを持つと考えた場合、数10 MHz (NV発光の線幅) までバンド幅を狭めることができれば、ノイズを低減化できる。NV発光カウント数 ~ 10^4 Hz より、高い変換効率と低い損失が必要になる。NV発光の実装には、発光カウント数を落とさずにノイズ除去を行い、S/N比 $>10^2$ を目指していく必要がある。

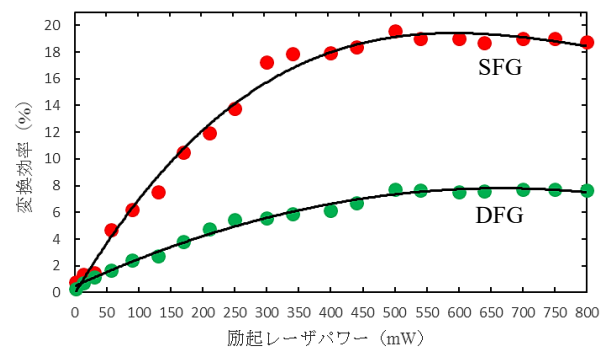


図2. 量子変換効率

4. 結論

実際に、NVからの発光を長距離量子通信に用いることを考えると、量子変換効率の向上とノイズの低減化のためにバンド幅の狭窄化が必要である。

参考文献

[1] Rikizo Ikuta et al., Opt.Express 22, 11205 (2014)