

Bow-tie Cavity を用いた通信波長狭線幅 2 光子源の開発

Telecom narrow bandwidth two-photon source with bow-tie cavity

1364173

新関和哉
Kazuya Niizeki

小坂・堀切研究室

Recently quantum communication is expected to realize secure network. For this technological goal, source of telecom photon whose bandwidth is about 10 MHz is essential and cavity is often used to make photon bandwidth narrow. We demonstrate a bow-tie cavity having resonance at 1514 nm. This cavity consists of four mirrors (reflectivity of three are >99.9%, the other is 95%) and long cavity length (549 mm). Spontaneous parametric down conversion (SPDC) occurs inside the cavity, which generate two-photon at 1514 nm from 757 nm pump photon. Bandwidth of generated photon at 1514 nm is narrowed to 14.3MHz due to the advantage of the long cavity.

1. はじめに

情報化社会の進展に伴い、通信をより効率化するため光子を送信する量子通信や物理的に安全性を保障する量子通信など、量子の性質を巧みに利用しようとする試みが盛んになされている。これらを実用化するには量子メモリや情報の伝達を担う光子が必要であり、光子は量子ビットとなる準位間エネルギーにちょうど一致するような狭線幅でなければならない[1]。

本研究では光ファイバ中での損失が最も少ない通信波長帯である 1.5 μm の光子を、応用の期待できる 2 光子として、さらに狭線幅で発生させる装置の開発・評価を行った。狭線幅を達成するためには共振器を用いるのだが今回は共振器長を長くすることが容易な Bow-tie Cavity を用いている。Bow-tie Cavity は 2 枚の球面ミラーと 2 枚の平面ミラー、計 4 枚のミラーから構成されており、球面ミラー間に非線形光学結晶である PPLN を配置した。PPLN の役割は非線形光学効果であるパラメトリック下方変換(SPDC)を利用することで 757 nm の光子を 1514 nm の 2 光子として発生させることである。SPDC により生成した光子を共振器中に閉じ込めると様々な効果を期待できる[2]。

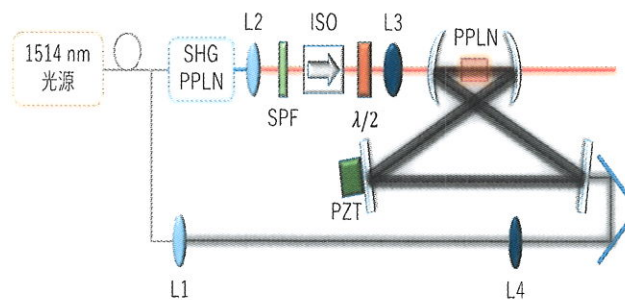


図 1. 実験系

2. 実験

まずは Bow-tie Cavity の安定度や線幅、内在する光の空間モードなどを見積もることのできる計算機を作成し設計を行った。光源として 1514 nm のレーザを用いており、共振器直前で 757 nm に変換するため別の PPLN により二次高調波発生(SHG)を起こした。

次に実験系を配置し 1514 nm 光源からの光を平面ミラーから入射しアライメントを行った。自由度が高

い一方配置に非常に敏感であるので慎重かつ精密に行った。平面ミラーにピエゾ素子を取り付けておくことで共振器長を変え、フォトダイオードを使った検出器で出射光を検出した。

3. 結果および考察

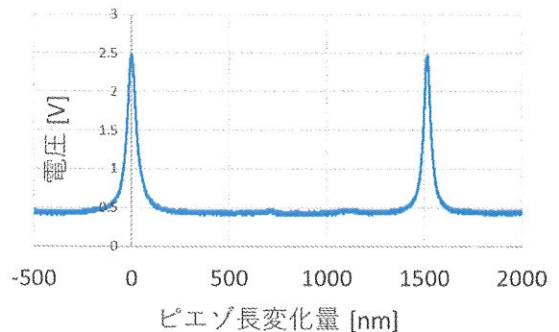


図 2. フォトダイオードの応答

図 2 は Bow-tie Cavity からの出射光を検出したものである。ピエゾ移動距離が共振波長と一致する時に出射光が強く検出されるのが見て取れる。ここから共振の鋭さを表すフィネスが求まり、38.3 であった。実際の共振器長が 549 mm であることから FSR は 546 MHz、線幅(半値全幅)は 14.3 MHz となった。共振器設計時に想定していた値(10 MHz)に近づいたもののまだ改善の余地があり、モードマッチングやアライメントを続けていくことでさらに良い値を期待できる。

4. 結論

Bow-tie Cavity を理論的に設計し自由度の高いアライメントを行いその応答を得た。また通信波長の光を共振させ理論に近い狭線幅を得ることに成功した。今後の展望としては SPDC により 2 光子を発生させその特性に関する評価を行うことや、更なる狭線幅の実現に向けた新たな共振器設計を行うことなどが挙げられる。

参考文献

- [1] E Pomarico *et al.*, *New Journal of Physics* 14 033008 (2012)
- [2] Ulrike Herzog *et al.*, *Phys. Rev. A* 77, 023826 (2008)