

周期分極反転 LiNbO₃ 導波路による連続波広帯域高レベルスクイーミング

Continuous-wave broadband high-level squeezing by a periodically poled LiNbO₃ waveguide

NTT 先端集積デバイス研究所¹, 東大院工²

○柏崎貴大¹, 高梨直人², 山嶋大地², 風間拓志¹, 圓佛晃次¹, 笠原亮一¹, 梅木毅伺¹, 古澤明²

NTT Device Technology Labs.¹, The University of Tokyo²

○T. Kashiwazaki,¹ N. Takanashi,² T. Yamashima,² T. Kazama,¹ K. Enbutsu,¹ R. Kasahara,¹

T. Umeki,¹ and A. Furusawa²

E-mail: takahiro.kashiwazaki.dy@hco.ntt.co.jp

はじめに

スクィーズド光は連続量量子情報処理における重要リソースであり、量子もつれ状態の生成等に用いられる。近年、時間領域にわたった光量子もつれ状態を利用する一方向量子計算が、大規模かつ万能な量子コンピューティング技術として注目されている^[1]。この技術において、連続波 (CW) スクィーズド光の広帯域化は計算クロックの高速化および時間領域多重に必要な光学的遅延線の短縮に大きく寄与し、将来の光集積回路上の量子情報処理実現に必要不可欠となる。

広帯域なスクィーズド光生成には、単回通過で光を増幅する光パラメトリック増幅器 (OPA) の利用が有望であり、原理的に THz オーダーの広帯域性が期待される。特に導波路型の OPA はその光閉じ込め効果により CW 光に対しても高い非線形光学効果が期待される。しかし、一般に非線形光学導波路デバイスの作製は難しく、導波路型 OPA により報告されているスクイーミングレベルは依然として低いままであった。

前回我々は、周期分極反転ニオブ酸リチウム (PPLN) 導波路型 OPA を用いた高性能な OPA を報告した^[2]。今回、作製した導波路により CW に対して 6 dB 以上のスクイーミングに成功したので報告する。

直接接合型 PPLN 導波路を用いた実験

導波路型 OPA を用いて高いスクイーミングレベルを獲得するために、スクィーズド光に対してシングルモード条件を満たし、高い励起光耐性を有する直接接合型 PPLN リッジ導波路を用いた^[3]。スクイーミングレベル測定には Fig. 1 に示すバランス型ホモダイン検波系を用いた。PPLN 導波路はペルチェ素子上に設置され 20°C に保たれてい

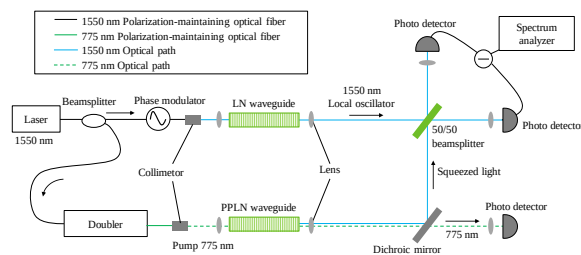


Fig. 1 Experimental setup

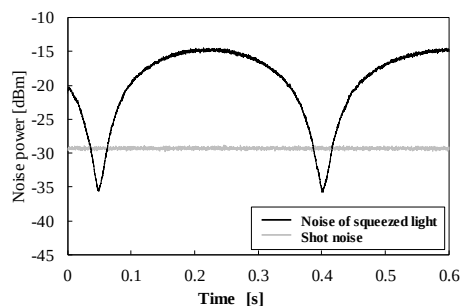


Fig. 2 Measured noise power at 20-MHz sidebands

る。ローカルオシレータ光のラインにはスクィーズド光生成用の PPLN 導波路と同形状の導波路を挿入することで、50/50 ビームスプリッタにおける光干渉度を高めた。

Figure 2 には 20 MHz の側帯波成分におけるノイズ強度の測定結果を示す。スクィーズド光のノイズはローカルオシレータ光に施した位相変調に従って、スクイーミングレベルおよびアンタイスクイーミングレベルが交互に観測されている。ショットノイズと比較して 6.3 dB 低いノイズレベルが確認された。これは 2 次元クラスター状態の生成に求められる 4.5 dB を超える値である。また、生成されたスクィーズド光は 2.5 THz のスペクトル帯域を示した。これは飛来する量子モードの間隔をミリメートル以下で定義可能であることを意味しており、今後のオンチップ高速光量子コンピュータ実現に大きく貢献する。

まとめ

直接接合型 PPLN 導波路により CW 光に対して 6.3 dB のスクイーミングに成功した。また生成されたスクィーズド光は THz オーダーの広帯域性を有していることが示唆された。この広帯域な CW スクィーズド光は光量子情報技術の推進に大きく貢献する。今後はこの広帯域なスクィーズド光を用い、光集積回路上的様々な光量子操作を実証する。

参考文献

- [1] W. Asavanant *et. al.*, Science **366**, 373 (2019).
- [2] 柏崎貴大 他, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集, 14p-B406-7 (2020).
- [3] T. Kashiwazaki *et. al.*, APL Photonics **5**, 036104 (2020).