

PPLN 導波路による 34 dB 光位相感応増幅

34-dB optical phase-sensitive amplification by PPLN waveguide

日本電信電話株式会社 NTT 先端集積デバイス研究所

○柏崎 貴大, 風間 拓志, 圓佛 晃次, 笠原 亮一, 梅木 毅伺

NTT Device Technology Labs, ○T. Kashiwazaki, T. Kazama, K. Enbutsu, R. Kasahara, and T. Umeki

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

はじめに

光パラメトリック増幅器 (OPA) は光位相に敏感な光増幅・減衰が可能であり, 光を用いた高速情報処理への応用が期待される. コヒーレントイジングマシン (CIM) ^[1] においては, 0 または π 相のみの光を生成するビット生成器として働く. また, 光振幅位相を利用する連続量光量子コンピューティングでは量子性のリソースとなるスクイーズド状態生成に用いられる^[2].

これらの応用において, OPA の連続波 (CW) に対する広帯域動作は CIM や光量子コンピューティングの高速化および大規模化に寄与する. 広帯域な光パラメトリック過程はシングルパス増幅により実現されるが, 一般にシングルパス増幅では CW に対して利得が小さい. そこで我々は広帯域かつ高効率な光パラメトリック過程が期待できる周期分極反転ニオブ酸リチウム (PPLN) 導波路に着目し, 上述の高速情報処理技術への適用をめざしている. 本稿では, 直接接合型 PPLN 導波路により 34 dB 以上の位相感応増幅利得を達成したので報告する.

直接接合型 PPLN 導波路の作製と実験

CW 光に対する高い光パラメトリック増幅のためには, 高い非線形効率と高い励起光耐性が必要となる. 本研究では双方を満足するデバイスとして直接接合型 PPLN リッジ導波路を提案する. 直接接合型 PPLN リッジ導波路は図 1 に示すように, LiTaO₃ に直接 PPLN 導波路が貼り合わされている. 本手法により作製される導波路はイオン拡散による導波路形成手法に比べて, 結晶へのダメージが少なく励起光耐性が高い. また光損傷耐性の高い ZnO 添加 LiNbO₃ を導波路コアとして用いた. ドライエッチングによる導波路加工を行うことで, コアサイズを比較的小さくし, 非線形効率の向上に努めた. コア厚とコア幅はそれぞれ約

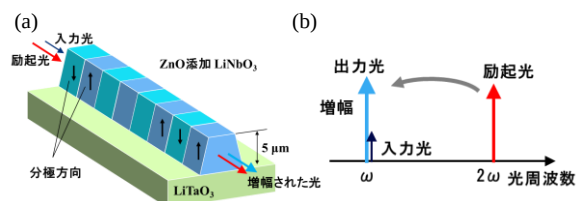


図 1 (a)PPLN 導波路の外観図 (b)光増幅の概念図

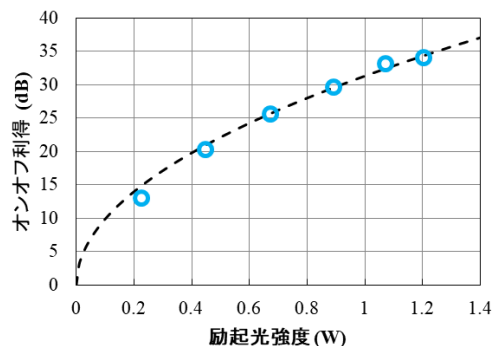


図 2 位相感応増幅利得の励起光強度依存性

5 μm であり, 波長 1.5 μm の光に対しシングルモード条件を満たす. 分極反転構造は電界印可法により作製した. 図 1 には縮退光パラメトリック増幅の概念図を合わせて示している.

図 2 には作製した PPLN 導波路の位相感応増幅のオンオフ利得の励起光強度の関係を示す. 信号光波長は 1551.6 nm, 入力光強度を約 1 μW とした. 励起光強度の増加に伴って利得が増加し, 1.2 W 入力時には 34.1 dB の縮退光パラメトリック増幅 (位相感応増幅) 利得が達成された. 破線はフィッティングにより描画された理論曲線である. 高い励起光強度においてもフィッティング曲線とよい一致を示していることから, 作製した導波路はワット級の光に対しても正常に動作していることが確認された. これは直接接合型 PPLN リッジ導波路が高い励起光耐性を有していることを示唆している. これらの結果はシングルパス増幅により実現されており, 広帯域性も期待される.

まとめ

直接接合型 PPLN リッジ導波路により CW 光に対して 34 dB 以上の光位相感応増幅に成功した. この高効率な光パラメトリック増幅特性は CIM や光量子情報技術の推進に大きく貢献する. 今後は本導波路によるスクイージング特性を評価し連続量光量子情報処理技術への適用をめざす.

参考文献

- [1] T. Inagaki et al., Science **354**, 603 (2016).
- [2] S. Takeda and A. Furusawa, APL Photon. **4**, 060902 (2019).