

広帯域分極反転 MgO:LN を用いた緑色レーザ発生

Green laser generation with a wide-chirped periodically poled MgO:LN

三菱電機(株), °正田 史生, 秋野 陽介, 山本 修平, 柳澤 隆行, 平野 嘉仁

Mitsubishi Electric Corporation °Fumio Shohda, Yosuke Akino, Shuhei Yamamoto, Takayuki Yanagisawa, Yoshihito Hirano

E-mail: Shoda.Fumio@db.MitsubishiElectric.co.jp

【はじめに】 照明用光源として、平面導波路型構造を有する、小型で高効率動作が可能な緑色レーザの開発を行っている。平面導波路型レーザは、高密度励起により高い利得が得られるため、高効率動作が可能である。また、励起密度を一定にして平面方向に拡張することにより、温度と効率を一定に保ちながら出力のスケールアップが可能であり、出力拡張性に優れる。さらに、平面方向は一様構造であるため、ウェハ単位での導波路製造が可能であり、半導体プロセスと同様の大量一括生産により大幅な低コスト化が可能となる。これらの特長を生かして、Nd:YVO₄をレーザ媒質とした内部波長変換方式の緑色レーザ光源を実現している^[1]。波長変換には、非線形光学定数が大きく高効率動作が期待できる疑似位相整合 (QPM) 方式の周期分極反転ニオブ酸リチウム (Periodically Poled LiNbO₃: PPLN)^[2-3]を使用している。本レーザは、マルチモード導波路を使用し、マルチモード発振により、基本波の高効率動作を実現している。マルチモード導波路を用いた波長変換では、伝搬モードごとに実効的な屈折率が異なるため、位相整合条件の狭い一般的な非線形材料では、高効率な波長変換は困難であった。また、Nd:YVO₄の利得波長 1086 nm を用いた第二高調波発生では、誘導放出断面積の波長帯域幅 (半値全幅) が波長 1064 nm と比べて約 3 倍と広いため、位相不整合により高効率な波長変換の実現が困難であった。そこで、位相整合条件の広帯域化を実現するため、モード分散により生じる位相整合条件の変化を導出し、分極反転周期を位置により変化させた MgO:PPLN を設計した。これを Nd:YVO₄をレーザ媒質とする内部波長変換方式の共振器に適用し、高効率な波長変換を実現したので、報告する。

【波長変換素子の設計】 マルチモード導波路では、伝播モードごとに固有の屈折率 (実効屈折率) が存在する。波長変換素子は、各伝搬モードの位相整合条件と、基本波波長の利得帯域を包含するように、設計した。図 1 に波長変換素子の位相整合条件と伝播モードの位相整合条件の関係を示す。本導波路は、TM 偏光のレーザ光が伝搬しており、主要な 0 次から 2 次の伝搬モードに対して、位相整合条件を計算した。各伝搬モードの実効屈折率が異なるため、位相整合条件が異なる (モード分散)。また、図 1 には Nd:YVO₄ の利得の帯域幅 (半値全幅) を示す。0 次から 2 次の伝搬モードを包含し、利得幅に合わせて、周期の変化量 $\Delta \Lambda$ を 0.024 [$\mu\text{m}/\text{mm}$] となるようにした。

【評価結果】 MgO:PPLN 波長変換素子を適用した、内部波長変換型緑色レーザ発振器の構成を図 2 に示す。ここでは、一例として波長 543 nm の評価結果を述べる。シングルエミッタ LD を用いて出力を評価した。基本波の共振器 (Nd:YVO₄ 素子の S1 面と MgO:PPLN 素子の S4 面) 内に波長変換素子を配置した内部波長変換方式を用いている。MgO:PPLN 素子の S4 面のコーティング特性により、波長 1064 nm の発振を抑制し、基本波として波長 1086 nm をレーザ発振、MgO:PPLN 素子によって波長 543 nm に波長変換し、S4 面より出力する。図 3 に入出力特性を示す。励起パワー 1.8 W 時において、中心波長 542.8 nm、出力 0.5 W、効率 27.8 % (光-光) の緑色光が得られた。

【まとめ】 モード分散で生じる位相整合条件の変化を導出し、導波路内のモード次数およびレーザ媒質の波長帯域を包含するように MgO:PPLN の反転周期を変化させることで、高効率な緑色波長変換出力を実現した。

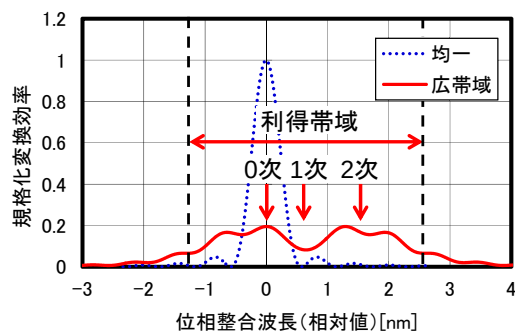


図 1 : 波長変換素子の位相整合条件と導波路伝搬モードとの関係

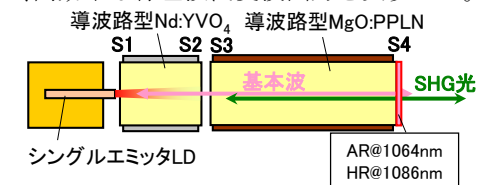


図 2 : レーザ構成

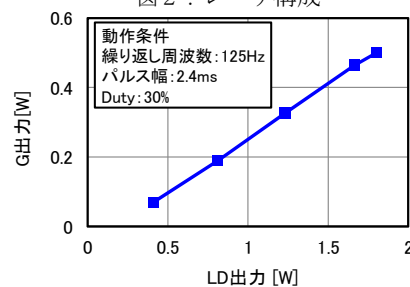


図 3 : レーザ出力結果

[1] 平野 第 56 回春季応用物理学会学術講演会予稿集 30a-B-6 (2009)

[2] Yamada, M. et al. Appl. Phys. Lett. 62. 1993, p.435.

[3] 宮澤, 栗村監修 分極反転デバイスの基礎と応用, オプトロニクス社 (2005)