

サブ波長回折格子波長可変面発光レーザの横モード制御の検討

The transverse mode control of tunable VCSELs with sub-wavelength grating

東工大・精研, °井上 俊也, 小山 二三夫

P&I Lab., Tokyo Tech., °Shunya Inoue and Fumio Koyama

E-mail: shunya.inoue@ms.pi.titech.ac.jp

1. 背景

波長分割多重方式を用いた光インターコネクタや Optical Coherence Tomography(OCT)光源として、高品質な広帯域波長掃引可編光源が求められている。面発光レーザ(VCSEL)要求される多くの条件を満たすが、開口径の制御により単一横モード動作する VCSEL は、その小さい活性層体積により出力が制限される。これまでに表面レリーフ構造・金属アパチャー・マルチ酸化層[1-3]などの空間モードフィルタリングが報告されているが、単一横モード動作を維持して高い出力を得ることは困難である。本研究室ではこれまでに高屈折率差サブ波長格子(HCG)の反射率入射角度依存性[4]を用いて通常の VCSEL 構造で横モード制御を達成している[5]。本稿ではHCG-VCSELにMEMS構造を導入し、波長可変と横モード制御の両立について検討をしたので報告する。

2. デバイス構造

横モード制御波長可変 HCG-VCSEL の構造を Fig. 1 に示す。HCG の材料には $Al_{0.65}GaAs$ (屈折率 $3.16@980nm$)を用い、熱ナノインプリントによりパターンを転写後、塩素系の誘導結合プラズマエッチング(ICP-RIE)で作製する。周期格子幅については、次節で述べるように、HCG の角度依存性の増強を可能にする設計を基に決定した。

MEMS 構造は、HCG は反射鏡と活性層の間の GaAs 層を選択エッチングすることで作製する。MEMS 反射鏡の駆動は静電引力により行うことを検討している[6]。

3. 横モード制御の検討

HCG を用いた横モード制御は共振器内の各横モードの横方向波数成分の違いを用いて行う。共振器内における基本モードの等価的な HCG への入射角度は一番小さく、高次モードになるに連れて大きくなる。このため、HCG の反射率角度依存性を利用して基本モードのみを選択し、全ての高次モードを除外できる。このことから入射角の小さい領域で高反射率、大きい領域で低反射率とすることで高次横モードを抑え、単一横モード動作が可能となる。共振器内の各モードの伝搬角は横モード径が広がることで小さくなっていく。そのため大きな開口径を持つ VCSEL で横モード制御するためには強い角度依存性を持つ HCG 反射鏡が必要となる。HCG の構造パラメータとしては、周期・格子厚・周期に対する格子の割合(Duty Cycle:DC)があるが、角度依存性に大きく影響するのは DC である。Fig.2 に DC の異なる HCG の反射率角度依存性を示す。

本研究では、ある HCG 反射鏡に対し、基本モードと 1 次モードの入射角における反射率が 0.5%以上となる場合横モード制御可能とする。DC=27%の HCG を用いた時の横モード制御可能な開口径の最大値を Fig.3 に示す。60nm 以上の波長掃引幅と $30\mu m$ 程度までの大口径化が期待できる。

4. まとめ

角度依存性をもたせた HCG を波長可変 VCSEL に用いることにより、広帯域で単一横モード動作する VCSEL の

提案を行った。980nm 帯で波長幅 60nm 以上の横モード制御の可能性が得られた。

[1] H. J. Unold, M. Grabherr, F. Eberhard, F. Mederer, R. Jäger, M. Riedl and K. J. Ebeling, Electron. Lett., vol. 35, pp. 1340-1341, 1999.
 [2] R. A. Morgan, G. D. Guth, M. W. Focht, M. T. Asom, K. Kojima, L. E. Rogers and S. E. Cails, IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 4, pp. 374-377, 1993.
 [3] N. Nishiyama, M. Arai, S. Shinada, K. Suzuki, F. Koyama and K. Iga, IEEE Photon. Technol. Lett. Vol.12, No 6 pp.606-608, 2000
 [4] A. Imamura, W. Yang, J. Ferrara, Y. Hasidume, X. Gu, F. Koyama and C. J. Chang-Hasnain, "16th Optoelectronics and Communications Conference, 6E1_4, (2011).
 [5] 檜野, 松谷, 小山, 2013 年電子情報通信学会総合大会, C4-12, 2013
 [6] M. Nakahama, H. Sano, S. Inoue, T. Sakaguchi, A. Matsutani, M. Ahmed, A Bakry, and F. Koyama, Jpn. J. Appl. Phys. 53, 010303 (2014)

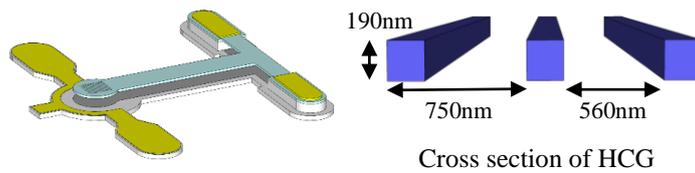


Fig.1. Device structure

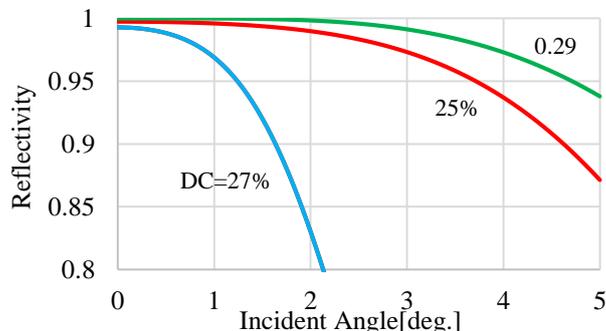


Fig.2. Incident angle dependence of reflectivity for various duty cycle

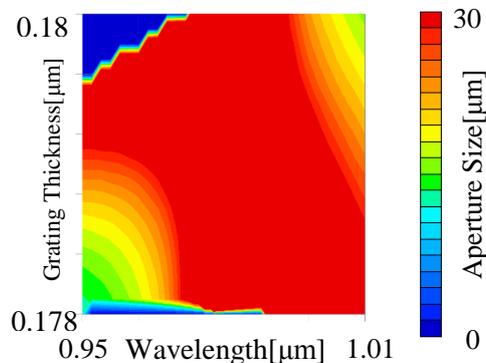


Fig.3. Maximum aperture size to be able to control transverse mode