29p-B3-20

偏光無依存 HCG を用いた光導波路結合型 HCG-VCSEL の光出力特性の解析

Analysis of Optical Output Characteristics in a Waveguide Coupled HCG-VCSEL with a Polarization Independent HCG

奈良先端大，物質　°常深　義博，池田　和浩，河口　仁司

Materials Science, NAIST　°Yoshihiro Tsunemi, Kazuhiro Ikeda, and Hitoshi Kawaguchi

E-mail: t-yoshihiro@ms.naist.jp

はじめに：片側の分布ブラッグ反射鏡(DBR)の代わりに高屈折率差サブ波長回折格子(HCG)を用いた HCG-VCSEL[1]において、HCG に連続して光導波路を形成し、レーザ出力を光導波路へ結合させる光導波路結合型 HCG-VCSEL が提案されている[2]。我々は、Fig.1 に示すように偏光双安定 VCSEL[3]と偏光無依存 HCG[4]を組み合わせることで、発振偏光によって出力する光導波路を切り替え可能なデバイスを考案し[5]、3 次元有限差分時間領域(FDTD)法を用いてその光出力特性を解析した。

HCG-VCSEL 構造：Fig.2 に示すように SOI 基板の Si 層に HCG および光導波路を形成し、その上に SiO_2 接合層を介して活性層および DBR を配置している。HCG は 6 周期、導波路幅は 5.3 μm とした。反射率が波長 1.55 μm において最大になり、共振波長が 1.55 μm になるよう構造パラメータを最適化した。活性層は、$InGa_{0.24}As_{0.82}P$(5.4nm) /$InGa_{0.22}As_{0.48}P$(8.6nm)から成る 9 つの量子井戸および InP スペーサで構成されており、利得は考慮していない。活性層下側の DBR は 2.5 組の InP/$InGa_{0.34}As_{0.74}P$ から成り、上側 DBR は 8.5 組の InP/$InGa_{0.34}As_{0.74}P$ と 6 組の $Al_{0.16}GaAs$ /$Al_{0.90}GaAs$ から成る。入射光は E_x 直線偏光でガウス型の平面波であり、強度が $1/e^2$ になる全幅を 3 μm とした。なお、y 軸方向も Fig.2 に示した構造である。光導波路出力は、光導波路始点から 10 μm 離して配置した Monitor X、Y で観測した。計算領域は吸収境界条件(PML)で規定しており、計算メッシュの大きさは 30 nm である。ただし、量子井戸など 30 nm 以下の領域では各層厚に相当するメッシュを配置している。計算には市販の FDTD シミュレータ(Synopsys 社製、FullWAVE)を用いた。

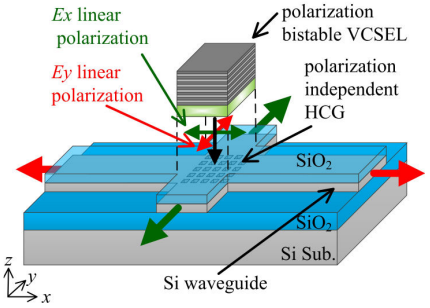

Fig. 1 Conceptual diagram of the waveguide coupled HCG-VCSEL.

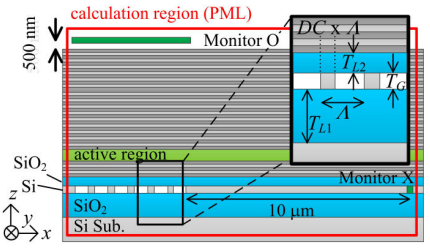

Fig. 2 Schematic illustration. (Λ = 884 nm, T_G = 400 nm, DC = 0.32, T_{L1} = 1000 nm, T_{L2} = 540 nm)

光導波路出力特性：Fig.3 に Monitor X、Y における光強度および電磁界分布を示す。なお、光強度は Monitor Y の強度の最大値、電磁界振幅は Monitor Y の E_x および H_z の最大値で規格化している。E_x 偏光入力のとき y 方向光導波路を伝搬する光強度が x 方向よりも強い。y 方向導波路出力の方がパワーは 4.5 倍大きく、偏光によって出力する光導波路を選択できることを示している。また、両光導波路とも TE モードに近いモードで伝搬していることがわかった。

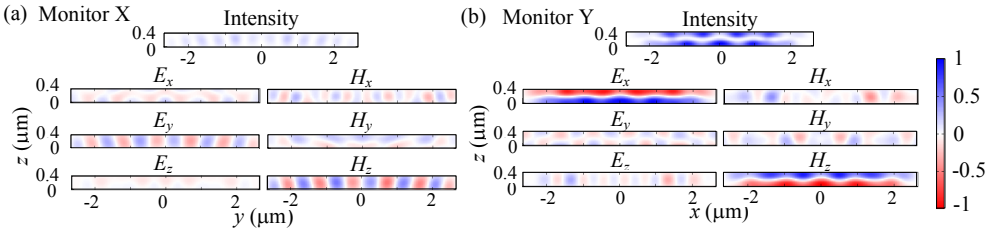

Fig. 3 Intensity, E and H field distributions in the waveguides along (a) x and (b) y directions.

謝辞 本研究の一部は独立行政法人情報通信研究機構が実施している国際共同研究助成制度及び JSPS 科研費 24226011 の助成により行ったものである。

[1] M. C. Y. Huang et al., Nature Photon. 1, 119 (2007).
[2] I.-S. Chung et al, Appl. Phys. Lett., 97, 151113 (2010).
[3] H. Kawaguchi et al., Jpn. J. Appl. Phys. 45, L894 (2006).
[4]池田ら，第 59 回応用物理学関係連合講演会 17p-F4-5 (2012).
[5]河口，片山，池田，特願 2012-183539.

© 2013 年　応用物理学会