空間変調光帰還型面発光レーザーの OAM モード偏光特性

OAM mode polarization properties of VCSEL with spatially modulated optical feedback

北大院工　°仲川 幸輝，山根 啓作，森田 隆二，戸田 泰則

Hokkaido Univ.　°K. Nakagawa, K. Yamane, R. Morita, Y. Toda

E-mail: koki-nakagawa@eis.hokudai.ac.jp

ラゲールガウス(LG)モードは円筒座標系で定義される固有伝播モードであり、exp[i$\ell\phi$]で特徴付けられる空間位相を持つ。この ℓ に着目したモードを軌道角運動量(OAM)モード呼ぶ。OAM モードは、空間モード分割多重通信に代表される様々な応用が期待されており、光源となる半導体レーザーの OAM モード制御が重要となる。これまで我々はマルチモード発振可能な面発光レーザー(VCSEL)に対して、空間位相変調器(SLM)を用いた光帰還による単一 OAM モード発振およびモード制御を実現してきた[1,2]。本研究では SLM の自由度を活かした OAM モード相図の取得に成功し、偏光に着目した OAM モード制御特性を明らかにしたので報告する。

使用した VCSEL は $Al_{0.13}Ga_{0.87}As$ 多重量子井戸を活性層とする円形開口(d=10μm)VCSEL(λ≈780nm, I_{th}=1.7mA)である。SLM に表示したコンピュータ生成ホログラム(CGH)によって空間変調光帰還を加える。単一 OAM モード発振に最適化された特異点を含む CGH を使用し、ホログラム回折格子の回折効率を変えることにより戻り光(1 次回折光)の強度を変化させた。また SLM は偏光依存性を持つため、半波長板を用いて戻り光の偏光を回転させ、戻り光の偏光に対する制御性を調査した。0 次回折光に対して OAM 分解測定を行い、合わせて制御状態を確認するため発振波長も検出した。Fig. 1 にしきい値近傍の電流値 1.72mA における回折効率 η と偏光角 θ に対する OAM モード相図を示す。ここでシアンとマゼンタはそれぞれ ℓ=0 と ℓ=-1 の OAM モードに対応し、強度分布は OAM 分解スペクトルから見積もられた。η＝0.075 前後で ℓ=0（G）モード発振から ℓ=-1（LG）モード発振への転移が観測される。また発振波長から共振条件の変化も観測され、外部共振器とのモード結合が確認された。次に偏光特性に着目すると、x 方向の異方的 1 軸偏光から xy 方向の 2 軸偏光に制御特性が変化することが分かる。2 軸偏光は G→LG のモード境界曲線（白線）からも確認できる。x 偏光はフリーラン条件下でも観測され、使用した VCSEL の偏光特性を反映している。他方、特異点を含まない CGH を用いた光帰還 G モード発振では等方的偏光特性が観測される。このことから、2 軸偏光は LG モード外部光帰還の特徴と捉えることが可能であり、LG モードの大域的な空間位相特性に起因すると考えられる。

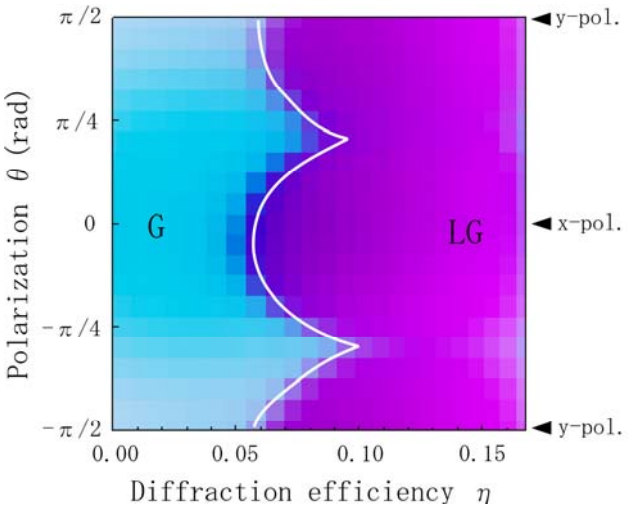

Fig.1: Intensity plot of the OAM modes (Cyan: ℓ=0 (G), Magenta: ℓ=-1 (LG)) as functions of diffraction efficiency and polarization of the feedback.

[1] 西坂他、第 75 回秋応物 19p-C1-15（2014）. [2] 森谷他、第 78 回秋応物 6p-S45-2（2017）.

© 2019年 応用物理学会