## 螺旋状位相板集積型フォトニック結晶レーザーにおける 位相回転数同定手法の検討

Investigation of the phase mode indices identification method in a spiral phase plate integrated photonic-crystal surface-emitting lasers 京都工繊大<sup>1</sup>, 京大院工<sup>2</sup>, <sup>○</sup>徳島友樹<sup>1</sup>, 北澤美紀<sup>1</sup>, 北村恭子<sup>1,2</sup>, 裏升吾<sup>1</sup>, 野田進<sup>2</sup>

Kyoto Inst. Tech.<sup>1</sup>, Kyoto Univ.<sup>2</sup>, <sup>O</sup>T. Tokushima<sup>1</sup>, M. Kitazawa<sup>1</sup>, K. Kitamura<sup>1,2</sup>, S. Ura<sup>1</sup>, S. Noda<sup>2</sup>

## E-mail: kyoko@kit.ac.jp

【序】光渦ビームは螺旋状の位相波面を持ち、ビーム断面内で位相が円周方向に0から2*h*(1は位相回転数であり、トポロジカルチャージとも呼ばれる)と変化するビームである。ビームの中心は位相の特異点になるため、ドーナッツ状の光強度分布となる。また軌道角運動量を有することから、微粒子の補足や回転などの応用に利用されている。通常、光渦ビームの発生は、ホログラムや空間位相変調機よりなされている。小型でアライメントフリーな光渦ビーム光源ができれば、微粒子の補足や回転が可能という特性を、マイクロマシン技術などへ展開できる。我々はフォトニック結晶面発光レーザー(PCSEL)の発光面に螺旋状位相板(SPP)を集積化することにより1mm角程度の小型な光渦ビーム光源を開発している<sup>1</sup>)。従来、1の同定には、参照光との干渉縞における特異点の数等で行われている。一方で、SPP集積型 PCSEL では光源と SPP が一体化しているため参照光パスを用意することが難しい。そこで、今回、高次の1(>1)を有する SPPを集積した PCSEL から出射する光渦ビームの1を自己干渉により簡易的に同定する手法について検討したので報告する。【提案手法と結果】図1に示すように、SPPを集積化した PCSEL(z = 0)より出射する光渦ビームをダブルスリット(z = z, スリット間距離d)に通過させ z = z。の面で干渉縞を観測する。このとき光強度分布は式(1)のように表される。

$$I(x, y) = 4u^{2} \cos^{2} \left| xd / 2\lambda (z_{o} - z_{s}) + 2l (\pi - \tan^{-1}(d/2y)) \right|$$
(1)

ここで、uはスリットを通過する光の光強度、 $\lambda$ は波長である。余弦関数の2乗の中の第1項はスリットを通過した光の光路差によって生じる位相差である。第2項が光渦ビーム由来のダブルスリットを通過する光の空間的な位相差である。その結果、図2に示すように、干渉縞に歪みが生じ、1の値が大きくなると、干渉縞の歪みが大きくなる。ここで、評価指標として、一本の明線上にみられるピーク間のx方向の距離s、y方向の距離gを導入する。sは、lに伴うビームの空間的な位相差に対応し、gは、lに伴う LGモードの強度分布の違いに対応すると考えられる。SPP集積型 PCSELでは、厳密には、近軸波動方程式から算出されるラゲールガウス(LG)モードとは異なり、ガウスモードに位相項 exp( $il\phi$ )のみが付与された疑似的な LGモードとなっている<sup>2</sup>。さらに、作製上 SPP が離散化されることや作製誤差を考慮すると、lの値は $l=h\Delta l$ で書くことができる。したがって、実験で得られた干渉縞のs,gより、lを評価し、ガウスモードに位相項 exp( $il\phi$ )の付与されたモードと、目的とする整数のlを有する LGモードとの畳み込み積分で得られる変換効率を評価することが有用と考えられる。実際のデバイスでの評価結果など詳細は当日報告する。

【参考文献】1) K. Kitamura, et al., Optics Express 27, 1045-1050 (2019). 2) M. Kitazawa, et al., Results in Optics 3, 100076 (2021).



図 1: 自己干渉による *1* の同定光学系 概略図



図2:光渦ビームの自己干渉による干渉縞の一例