

変調フォトニック結晶レーザーにおける変調方式の検討(Ⅱ)

Investigation on modulation method of *m*-PCSELs (Ⅱ)

京大院工¹, 京都工繊大² ○(D)坂田諒一¹, 田中良典¹, 石崎賢司¹, 岩田錦太郎¹,

深谷昌弘¹, 井上卓也¹, De Zoysa Menaka¹, 北村恭子^{1,2}, 野田進¹

Kyoto Univ.¹, Kyoto. Inst. Tech.² R. Sakata¹, Y. Tanaka¹, K. Ishizaki¹, K. Iwata¹,

M. Fukaya¹, T. Inoue¹, M. De Zoysa¹, K. Kitamura^{1,2}, S. Noda¹

E-mail: sakata@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

フォトニック結晶レーザーは、2次元フォトニック結晶のバンド端における2次元共振作用を利用した、大面積コヒーレント動作が可能な面発光型半導体レーザーである。このフォトニック結晶レーザーにおいて、我々はこれまでに、フォトニック結晶の格子点位置を変調した「変調フォトニック結晶」の概念を提案し、フォトニック結晶のM点バンド端で共振させた光を、任意の2次元方向へと出射させることに成功している[1]。これまでの検討においては、格子点の位置を、元の格子点に対して変調距離 d を保って円周上に変調する2次元変調や、特定の軸に射影した1軸射影変調等の、「位置変調」に着目して検討を行ってきた[2-4]。この方式では、 Γ 点発振のフォトニック結晶レーザーとは異なり、高周波側のバンド端C、Dの放射係数が、低周波側のバンド端A、Bと比較して低く、C、Dバンド端で発振するという興味深い特徴も示されている[2]。今回、新たな変調方式として、格子点空孔の充填率(FF)に変調を与えた「FF変調」、さらに位置変調とFF変調を複合した「複合変調」について検討を行い、発振バンド端の制御が可能であることを見出したので、報告する。

変調方式の概念図を、図1に示す。図1(a)の位置変調(一軸射影変調)では格子点の位置を、斜め出射のための回折ベクトル $\mathbf{k}$ 、格子点の位置ベクトル $\mathbf{r}$ に対して、 $\Delta\mathbf{y}(\mathbf{r}) = d \cdot \sin(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r})$ に従って変化させるのに対して、図1(b)のFF変調では、 $FF(\mathbf{r}) = FF_0 + \Delta FF \cdot \sin(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r})$ により、FFに変調を与える。FF変調における電磁界分布の計算結果を、図2に示す。同図より、バンド端A(またはB)では、上方回折時に電界の消失性干渉が生じ、放射係数は低くなるが、バンド端D(またはC)では、消失性干渉が弱まり、放射係数が大きくなると予測される。これにより、バンド端AまたはBでの発振が可能になると期待される。次に、バンド端A、Bの放射係数を適度に増大するため、図1(c)のようにFFと位置を同時に変調する複合変調を検討した。元の $FF_0=9.5\%$ に対して、変調振幅 ΔFF を2.5%に固定して、変調距離 d を変化させて計算した結果を図3に示す。 $d=0$ (FF変調のみ)においては、バンド端A、Bの放射係数が非常に小さいが、 d を増加させると、バンド端CおよびDの放射係数がほぼ一定に保たれる一方で、AおよびBの放射係数が連続的に増加することが分かる。以上の結果は、適切な放射係数を得つつ、バンド端A、Bでの発振が可能になることを意味し、発振安定性[5]の観点等からも望ましい結果と言える。詳細は当日報告する。

【謝辞】本研究の一部は、JST-CREST(JP MJCR17N3)、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)および科研費(JP 18J22986)の援助を受けた。

【文献】[1] S. Noda *et al.*, *IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron.* **23**, 4900107 (2017). [2] 西後, 野田, 他, 2017年秋季応物, 6p-A405-22. [3] 田中, 野田, 他, 2018年秋季応物, 19a-225B-1. [4] 坂田, 野田, 他, 2018年秋季応物, 19a-225B-8. [5] 井上, 野田, 他, 2017年秋季応物, 6p-A405-9.

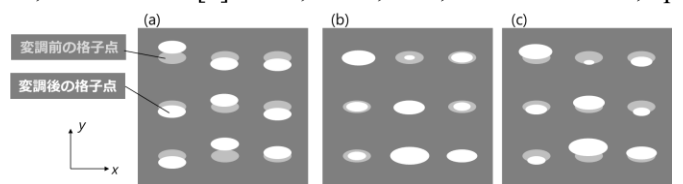


図1. (a) 1軸射影変調 (b)FF変調 (c)複合変調の模式図。

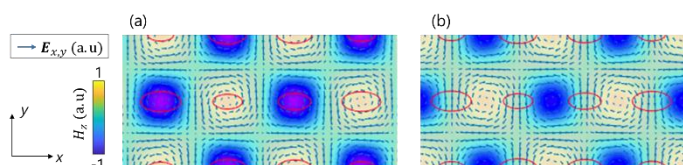


図2. (a) FF変調のバンド端Aの電磁界分布。

(b)FF変調のバンド端Dの電磁界分布。

赤線は空孔を、また矢印は面内の電界、青色および白色は面直方向の磁界を表す。

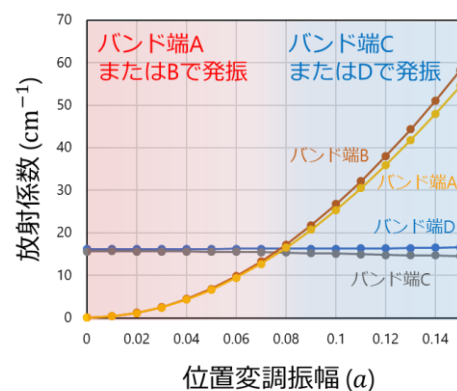


図3. 複合変調における放射係数の計算結果。

FF変調振幅 $\Delta FF=2.5\%$ を一定に保ちつつ、一軸射影位置変調の振幅 d を変化させたときの放射係数。ただし、平均空孔充填率 $FF_0=9.5\%$ とした。放射係数は、空気ライトライン内への放射を計算。