

変調フォトニック結晶レーザにおける変調方式の検討

Investigation on modulation method of position-modulated photonic-crystal lasers

京大院工¹, ローム株式会社², 京都工繊大³ ○(D)坂田諒一¹, 田中良典¹, 石崎賢司¹,
井上卓也¹, De Zoysa Menaka¹, 國師渡^{1,2}, 宮井英次^{1,2}, 北村恭子^{1,3}, 野田進¹

Kyoto Univ.¹, ROHM.², Kyoto. Inst. Tech.³

R. Sakata¹, Y. Tanaka¹, K. Ishizaki¹, T. Inoue¹, M. De Zoysa¹,

W. Kunishi^{1,2}, E. Miyai^{1,2}, K. Kitamura^{1,3}, 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である。このフォトニック結晶レーザにおいて、我々はこれまでに、フォトニック結晶の格子点の位置を周期的に変調した「変調フォトニック結晶」の概念を提案・開発し、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]。ここで、変調フォトニック結晶における変調方式としては、図1に示すように、変調振幅 d 、斜方向への回折ベクトル $\mathbf{k}$ 、格子点の位置ベクトル $\mathbf{r}$ に対して、 $(\Delta x, \Delta y) = (d \cdot \cos(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}), d \cdot \sin(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}))$ で表される2軸的な位置変調(図1(a))や、 $(\Delta x, \Delta y) = (-d \cdot \sin(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}) \cdot \sin\theta, d \cdot \sin(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}) \cdot \cos\theta)$ で表される1軸に射影した位置変調(図1(b): θ は射影する角度)など、様々な方法が考えられ、実験的には、変調方式によって出射ビームの偏光特性が制御できることなどの知見が得られている[2]。今回、これら2軸的な変調および様々な角度 θ への1軸射影変調について系統的に解析を行い、比較・検討を行ったので報告する。

格子点形状として、2次元結合性を向上させる観点[3]から楕円率0.50の楕円を用い、2軸変調と1軸射影変調($\theta = 0$)について3次元結合波理論[4]による数値計算を行った結果を、表1に示す。同等の変調振幅($d=0.15a$: a は格子定数)で比較すると、1軸射影変調の1次元・2次元結合係数は、2軸的な変調の場合より大きくなっているが、これは変調を1軸に制限しているためフォトニック結晶の周期性がより保たれているためであると考えられる。一方、1軸射影変調の放射係数が小さくなっているのは、変調を1軸に制限したため回折の効果が弱くなることに起因すると考えられる。なお、1軸射影変調においても、変調振幅 d を調整することで、同表の $d=0.20a$ の場合のように、2軸変調を上回る放射係数を得ることも可能である。さらに、1軸に射影する角度 θ により、図2のように、M点における4つのバンド端(A,B,C,D)の放射係数の大小関係、すなわち発振が期待されるバンド端を調整できるという知見も得られた。詳細は当日報告する。

【謝辞】本研究の一部は、JST-CREST(JP MJCR17N3)並びに科研費(JP 18J22986)の援助を受けた。

【文献】[1] S. Noda *et al.*, *IEEE J. Sel. Topics Qantum Electron.* **23**, 4900107 (2017). [2] 沖野他, 2013 秋季応物, 18p-A3-7. [3] 西後他, 2017 秋季応物, 6p-A405-22. [4] 田中他, 2018 秋季応物

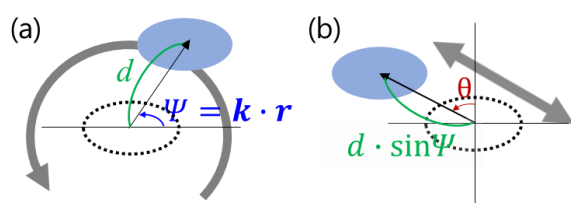


図1. (a) 2軸変調及び(b)1軸射影変調の模式図。

表1. 2軸変調及び1軸射影変調($\theta = 0$)の計算結果。
(空孔充填率 FF :10%, 孔深さ 200 nm)

	2軸変調 ($d=0.15a$)	1軸射影変調($\theta=0$) ($d=0.15a$) ($d=0.20a$)	
1次元結合係数 κ_{1D} (cm^{-1})	1612	2180	1727
2次元結合係数 κ_{2D} (cm^{-1})	349	430	427
発振バンド端の放射係数 α_v (cm^{-1})	16.43	6.86	18.85

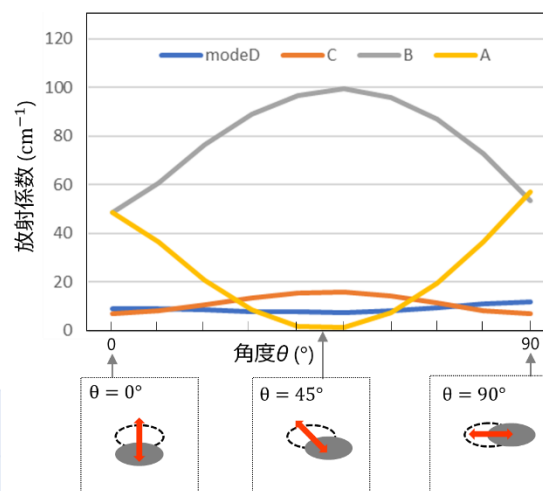


図2. 放射係数の θ 依存性。(空孔充填率 FF :10%, 孔深さ 200 nm, 変調距離 d : 0.15a)