

空孔埋め込み再成長法による変調フォトニック結晶レーザの作製

Fabrication of modulated photonic-crystal lasers using air-hole retained regrowth

京大院工¹, ローム², 京都工繊大³ °石崎賢司¹, 坂田諒一¹, 國師渡^{1,2}, 田中良典¹,

De Zoysa Menaka¹, 初田蘭子¹, 吉田昌宏¹, 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 °K. Ishizaki¹, R. Sakata¹, W. Kunishi^{1,2}, Y. Tanaka¹,

M. De Zoysa¹, R. Hatsuda¹, M. Yoshida¹, E. Miyai^{1,2}, K. Kitamura^{1,3}, and S. Noda¹

E-mail: ishizaki@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共振作用を活用した、大面積コヒーレント動作が可能な新たな面発光型の半導体レーザであり、格子点形状の設計等により、ビーム形状や偏光の制御も可能という特長を有している [1]。近年、我々は、フォトニック結晶の格子点の位置を周期的に変調した新たな「変調フォトニック結晶」の概念を導入し、任意の2次元方向へのビーム出射およびその走査の基本実証に成功 [1] しており、今後、LiDAR等の光センシングへの応用展開が期待される。そのような応用に向けて、光出力の増大は重要であり、これまでの検討では、ウェハ融着法によりフォトニック結晶空孔を活性層近傍に形成してきたが、今回、垂直出射型のフォトニック結晶レーザにおいて高出力動作を実現している、有機Asを用いたMOPVE法による埋め込み再成長法 [2] を用いた、変調フォトニック結晶レーザの作製について検討を行ったので報告する。

図1(a),(b)に、デバイス構造の模式図と、埋め込み再成長前の変調フォトニック結晶構造の上面SEM像の一例(±10度方向への出射設計)を示す。本検討においては、安定したバンド端発振が期待できる楕円状の格子点 [3] を用い、1軸に射影した変調方式 [4] を導入した。具体的には、楕円の短軸方向(y方向)へと射影した変調、すなわち $(\Delta x, \Delta y) = (0, d \cdot \sin(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}))$ (d は変調振幅、 $\mathbf{k}$ は斜め出射のために導入する波数ベクトル、 $\mathbf{r}$ は格子点位置ベクトル)で表される変調を採用した。この変調方式においては、楕円の短軸方向のみに孔位置を変調可能なことから、孔同士の連結や極端な近接を避けることができるため、埋め込み再成長過程における意図しない空孔の変形を避けることが可能となる。また、埋め込み再成長後の結晶の表面状態を良好に保つ観点から、楕円の長軸方向がGaAs結晶の<100>方向となるように、フォトニック結晶の格子を45度回転させている。埋め込み再成長を行い、図1(c)のような空孔を内蔵したデバイスを作製し、評価を行った結果、図2に一例を示すように、(ここでは、±10°の)設計通りの角度へ出射する発振動作が確認された。動作特性の詳細などは、当日報告する。

【謝辞】本研究の一部は、JST-CREST (JPMJCR17N3) および科研費 (JP18J22986) の支援を受けた。

【参考文献】[1] S. Noda, *et al.*, *IEEE J. Sel. Top. Quantum. Electron.* **23**, 4900107 (2017). [2] 吉田, 野田, 他, 2018年春季応物, 19p-C301-7. [3] 西後, 野田, 他, 2017秋季応物, 6p-A405-22. [4] 坂田, 野田, 他, 2018秋季応物.

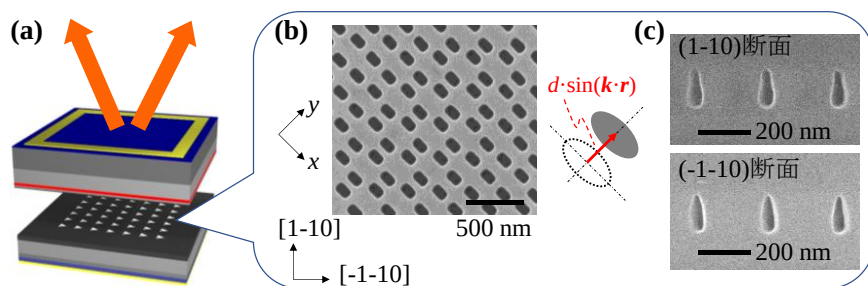


図1. (a) 変調フォトニック結晶レーザの模式図, (b) 埋め込み前の上面SEM像 (変調振幅 $d=0.15a$), (c) 空孔埋め込み成長後の断面SEM像.

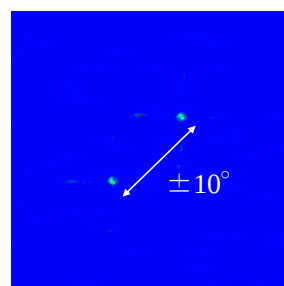


図2. 遠視野像の測定結果.