

フォトニック結晶レーザーの光検出機能に関する検討 Investigation of detection-functionality of photonic-crystal lasers

Menaka De Zoysa, 吉田昌宏, 石崎賢司, 井上卓也, 初田蘭子, 野田進 (京大院工)

Menaka De Zoysa, Masahiro Yoshida, Kenji Ishizaki, Takuya Inoue, Ranko Hatsuda, Susumu Noda (Kyoto Univ.)

E-mail: menaka@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp

フォトニック結晶レーザーは、活性層付近に設けた2次元フォトニック結晶の大面积バンド端共振効果を用いた面発光型の半導体レーザーである。以前、我々は、本レーザーに外部から光を照射し、光検出器としても利用できる可能性を提案した¹⁾。今回は、大面积・高輝度で動作可能な二重格子フォトニック結晶共振器^{2,3)}からなるレーザー (図1) において、光検出の実験評価を行ったので報告する。このような機能により、レーザーと検出器を一体化した、LiDARを含むセンシングシステムなどの開発が期待される。

今回は、フォトニック結晶共振器として、図1のSEM写真に示すように、格子定数 $\sim 276\text{nm}$ 、楕円孔からなる二重格子点のフォトニック結晶を採用した。InGaAs/AlGaAsの多重量子井戸からなる活性層の中心波長は、 $\sim 940\text{nm}$ 付近に設定している。また、発振・検出領域を決めるp電極サイズは、 $\sim 600\mu\text{m}\Phi$ である。まず、本デバイスの基本特性の確認を行った。電流電圧特性 (図2a) の評価により、逆飽和電流は、測定装置の下限で決まる、極めて小さな値であることを確認した。また、レーザー発振後のスペクトル (図2b) より、波長 938.8nm でバンド端A発振が得られていることも確認した。次に、本デバイスに、負荷抵抗を介して、 -0.5V の逆バイアスを印加し、外部照射光の波長を変化させながら、負荷抵抗間の電圧応答を測定した。なお、外部照射光は機械式オプティカルチョッパーを用いて (周波数 2kHz) 変調した。照射波長に対する応答特性を図3に示す。同図においては、順バイアス時の発光スペクトルと比較し、バンド端波長の同定を行い、A $\sim$ Dと記述している。挿入図に、バンド端が存在しない波長 (非共鳴)、およびバンド端Dと共鳴する波長の光照射における時間応答も示す。図3より、レーザー発振のバンド端Aも含め、全てのバンド端(A $\sim$ D)に共鳴した応答を観測することに成功した。また、非共鳴時と比べて、バンド端C・Dとの共鳴時は、 ~ 20 倍以上の強い応答が得られていることも分かった。ここで、バンド端A・Bと比べ、バンド端C・Dの応答が強いのは、多重量子井戸の吸収係数で決まる Q 値と、バンド端C・Dでの放射 Q 値はより近くなっており、 Q マッチングに伴う光吸収増大効果⁴⁾が得られているためだと考えられる。詳細は当日報告する。なお、本研究の一部は、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)および、JST CRESTの支援を受けた。[文献] [1] 上辻他, 2007年春応物, 27p-ZB-15. [2] M. Yoshida et al., *Nature Materials* **18**, 121(2019). [3] 吉田他, 本応物. [4] H. Shigeta et al., *APL* **101**, 161103 (2012).

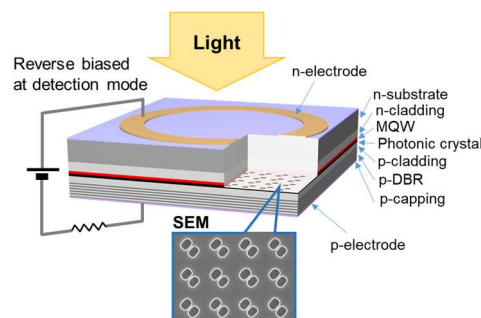


図1: フォトニック結晶レーザーの模式図。逆電圧を印加して検出器として利用する。

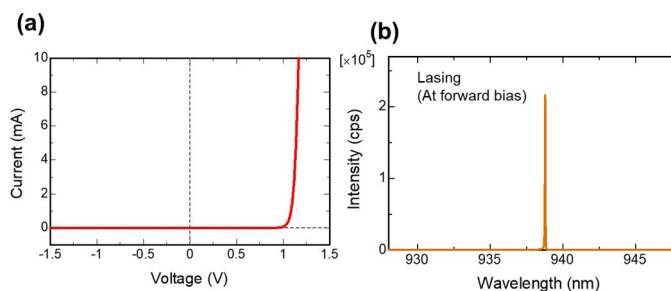


図2a: 電流電圧特性. b: 電流2A時の発振スペクトル。

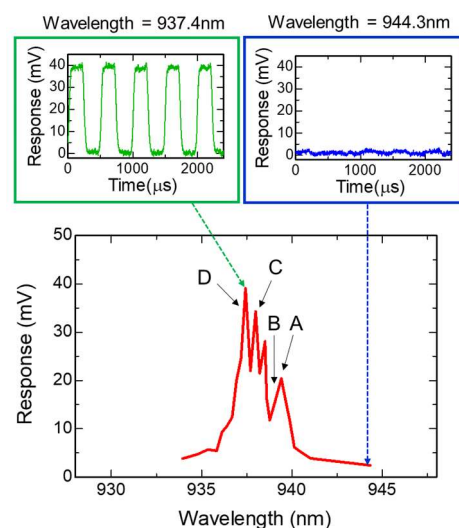


図3: 照射光の波長による検出応答特性。挿入図に、代表的な時間応答も示す。