

## 広範囲フラッシュ照射型複合変調フォトニック結晶レーザー(Ⅱ)

### Dually modulated photonic crystal laser for wide-range flash illumination (Ⅱ)

(京大院工) <sup>○</sup>(P)坂田諒一, De Zoysa Menaka, 井上卓也, 吉川真由香, 石崎賢司, 野田進

(Kyoto Univ.) <sup>○</sup>(P)R. Sakata, M. De Zoysa, T. Inoue, M. Yoshikawa, K. Ishizaki, S. Noda

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

**[序]** 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特異点( $\Gamma$ 点、M点等)における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[1,2]。本レーザーは、面垂直方向のみならず、フォトニック結晶の格子点の位置を変調することで、任意の2次元方向へビームを出射することが可能である[2]。最近、ナノアンテナ理論を構築することで、高ビーム品質・高出力化に適した新たな変調方式として空孔の位置と大きさを同時に変調する複合変調フォトニック結晶レーザー(DM-PCSEL)を提案するとともに、2次元マトリクスアレイ化により、2次元ビーム走査および新しいLiDARシステムの実証に成功した[3,4]。さらに、前回、DM-PCSELの面内で回折ベクトルを連続的に変化させてビームを拡げつつ、複数の方向にビームを同時に射出させることで、広範囲へのフラッシュ照射が可能であることを提案した[5]。また、複数の素子を電氣的に並列に繋げたデバイスを作製し、広範囲フラッシュ照射の初期実証も行った。今回は、複数の素子を電氣的に直列(および並列)に繋げ、各素子に流れる電流を均一化してより均一なフラッシュ照射および、高スロープ効率動作を試みた結果を報告する。

**[結果]** デバイスの作製において、まず、半絶縁性基板上にDM-PCSEL構造を作製し、 $10 \times 10$ の素子を電氣的に分離させ、メサ構造を導入した。ここで、DM-PCSELの設計としては、各素子から $8^\circ$ にビームを拡大させ、100素子を同時に射出させることで $30^\circ \times 30^\circ$ の範囲が照射できるようにした。その際、p電極とn電極を裏面に集約させ、10素子ずつに直列に、さらに、それらを10並列で電流注入可能な素子を作製した。図1(a)に作製した広範囲照射型デバイスの裏面の写真を示す。また、図1(b)に、フリップチップ実装後の写真を示す。同図に示すように、デバイス表面には電極がなく、ビームが阻害されないようになっていることが分かる。

本デバイスにパルス電流を注入し、射出されるビームをスクリーンに照射させ、その様子をカメラで観測した結果の一例(対となるビームの片方のビーム)を図2(a)に示す。同図より、 $30^\circ \times 30^\circ$ の広範囲において、一様なフラッシュ照射ができていることが分かる。また、同レーザーにおいて、電流-光出力評価を行った結果を図2(b)に示す。同図より、直並列接続に起因して、発振閾値は $\sim 0.6$ A、スロープ効率は $\sim 3$ W/Aが得られていることが分かる。以上に加え、様々な直・並列組み合わせ構造や、さらには、単一素子からの均一広域フラッシュ照射方法などについても当日報告する。

**[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)のもと実施した。**[文献]** [1] M. Imada, S. Noda *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **75**, 316 (1999). [2] S. Noda *et al.*, *IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron.* **23**, 4900107 (2017). [3] R. Sakata, S. Noda *et al.*, *Nat. Comm.*, **11**, 3487 (2020). [4] 坂田, 野田, 他, 2021 春応物, 18p-Z10-2. [5] Menaka, 坂田, 野田, 他, 2021 春応物, 18p-Z10-3.

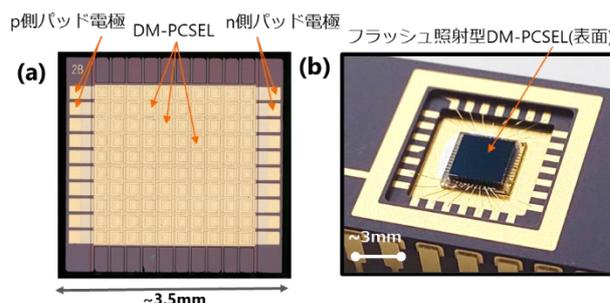


図1. (a)  $10 \times 10$ のDM-PCSEL素子をアレイ状に集積し、10素子ずつを直・並列に繋いだ広範囲照射型デバイス(裏面)の写真。(b) パッケージにフリップチップ実装後の写真。

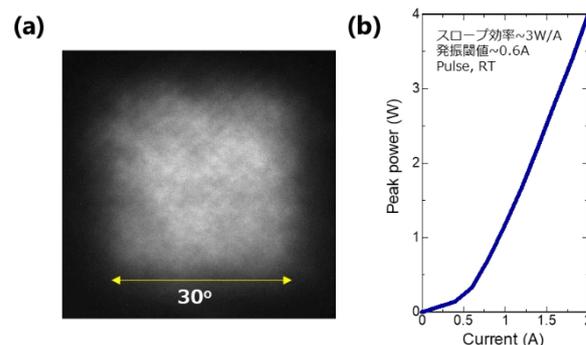


図2. (a) デバイスによる広範囲フラッシュ照射の様子。(b) 同デバイスにおける電流-光出力特性。発振電流閾値は $\sim 0.6$ A、スロープ効率は $\sim 3$ W/Aであった。