

複合変調フォトニック結晶レーザーによるマルチビーム出射

Emission of multi beams from dually modulated PCSELS

京大院工 [○]石崎賢司, 井上卓也, 坂田諒一, De Zoysa Menaka, 今村陽, 初田蘭子, 野田進
 Kyoto Univ. [○]K. Ishizaki, T. Inoue, R. Sakata, M. De Zoysa, A. Imamura, R. Hatsuda, and S. Noda
 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ーは、2次元フォトニック結晶の特異点 (Γ 点、 M 点等) 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半導体レーザーである。我々は、格子点に変調を与えた変調フォトニック結晶を考案し、変調による回折作用により、任意の2次元方向へのビーム出射が可能となることを実証してきた [1]。さらに最近では、格子点の位置および大きさを同時に変調した「複合変調」の概念の導入により、高出力かつ高品質ビーム出射をも実現することに成功している [2]。今回、複合変調フォトニック結晶レーザーの1つの発振領域から、複数の方向へと同時にビームを出射させるマルチビーム出射に関する検討を行った結果を報告する。

文献[1]より、複数の回折ベクトル $\mathbf{k}_p$ ($p=1, 2, \dots, q$) についての総和 $u(\mathbf{k}) = \sum_p \delta(\mathbf{k} - \mathbf{k}_p)$ で表されるマルチ方向へと点状ビームを同時出射させる場合 (図1)、複合変調は、

$$\bar{\mathbf{r}}_{m,n} = \mathbf{r}_{m,n}^0 + \Delta \mathbf{d} \sin[\Psi(\mathbf{r}_{m,n}^0)] \quad (1)$$

$$\bar{S}_{m,n} = S_0 + \Delta S \sin[\Psi(\mathbf{r}_{m,n}^0)] \quad (2)$$

$$\Psi(\mathbf{r}_{m,n}^0) = \arg[\iint A^{-1} u(\mathbf{k}) \exp(i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}_{m,n}^0) d\mathbf{k}] \quad (3)$$

に従って行うことになる。ここで、 $\mathbf{r}_{m,n}^0$, S_0 および $\bar{\mathbf{r}}_{m,n}$, $\bar{S}_{m,n}$ は、変調前後の格子点位置と大きさ、 $\Delta \mathbf{d}$, ΔS は各変調の振幅を表している。また、 $\arg$ は複素数の偏角を意味し、 A^{-1} は補正係数である。

上記の設計に基づき、複数方向への同時ビーム出射デバイスの作製・評価を行った結果の一例を、図2に示す。ここで、同時出射点数及びその方向は、様々に設定することが可能であるが、一例として、多重円環状に配置した48方向に出射させた場合の結果を示している。図2(a)の遠視野像に示されるように、マルチビーム同時出射を実現するとともに、図2(b)の電流-光出力特性に示されるように、ワット級の高出力動作を得ることに成功した。なお、今回のデバイスでは裏面方向の出射光活用のための反射鏡 (DBR) を導入していないが、反射鏡導入によりさらに効率を向上させること (スロープ効率: 0.8W/A 以上への増大) も可能となる [3]。単一チップのみで外部光学系を用いることなく、自在に高出力・高品質マルチビーム出射が可能な本デバイスは、ストラクチャード・ライトによる測距システムなど、様々な応用が可能と期待される。詳細は当日報告する。

【謝辞】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)、JST-CREST (JP MJCR17N3)、および科研費 (JP 18J22986) のもと実施した。

【文献】 [1] S. Noda, *et al.*, *IEEE J. Sel. Topics Qantum Electron.* **23**, 4900107 (2017). [2] R. Sakata, S. Noda, *et al.*, *Nat. Communications* **11**, 3487 (2020). [3] 岩田, 野田, 他, 2021年春季応物 18p-Z10-3.

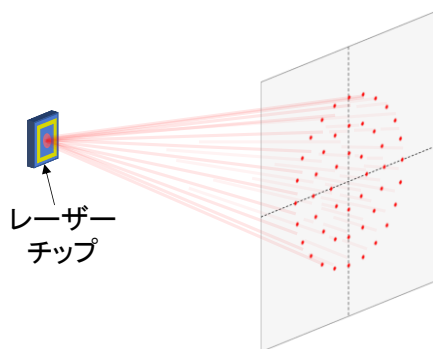


図1. 単一レーザーチップからのマルチビーム出射の概念図。

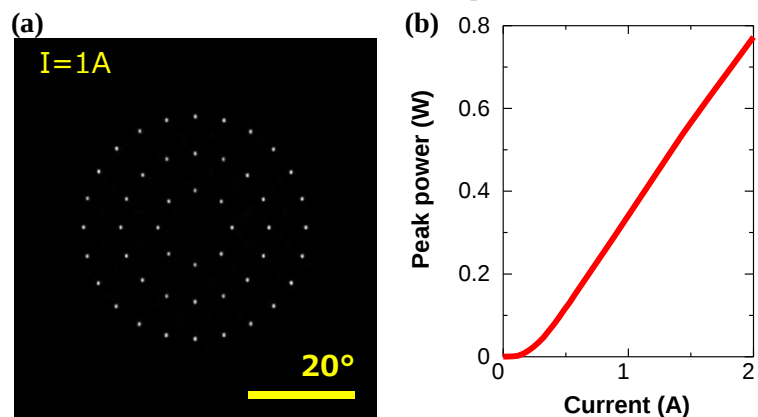


図2. 測定結果 (48点出射の例)。(a) 遠視野像、(b) I-L特性。