2次元ビーム走査フォトニック結晶レーザの格子・デバイス構造の検討(II)

Investigation of photonic-crystal lattice and device structures for two-dimensional beam scanning photonic-crystal lasers (II)

⁰安田 大貴¹, 北村 恭子^{1,2}, 野田 進¹(1.京大院工, 2.京都工繊大)

^ODaiki Yasuda¹, Kyoko Kitamura^{1, 2}, Susumu Noda¹ (1.Kyoto Univ., 2.Kyoto Inst. Tech.)

E-mail: yasuda.daiki@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群速度零効果によって、 面内で定在波共振状態を形成し、その一部を面上方へ回折させることで出力を得るレーザである.我々 はこれまでに、レーザ共振器となるフォトニック結晶格子点の位置に周期的な変調を与え、上方への 回折効果を導入する手法により、斜め方向へのビーム出射が可能であることを示した[1]. さらに、こ の変調フォトニック結晶構造を空間的に連続に変化させ、アレイ状に複数個配置した電極を選択駆動 することで、単一デバイスでビーム出射方向を2次元に亘って電子的に制御できることを示してきた [2-3]. ここで、ディスプレイやセンサーなどのレーザスキャンデバイスへ応用するためには、より高 精度かつ広範囲でのビーム走査が重要となる. 今回、ビーム出射角度や角度振り幅について、精度よ く制御するため、フォトニック結晶の空間的かつ連続的な格子点位置変調周期を設計するとともに、 広範囲でのビーム走査を可能にするための、レーザ・電極等のデバイス構造を検討したので報告する.

変調フォトニック結晶は、所望の方向への回折効果を付与するために、正方格子フォトニック結晶の格子点位置を元の格子点位置 $\mathbf{r} = (x, y)$ から、周期的に変調した構造である。ある出射方向ヘビームを出射させたいとき、付与する回折ベクトル \mathbf{G}_{out} は逆格子空間上幾何的に得ることができ、その格子点位置の変調の大きさ $\Delta x, \Delta y$ も一意に決定される。これを単一のデバイスで様々な方向に2次元ビーム走査ができるよう拡張するためには、変調周期を空間的に連続変化させる必要がある。そこで、フォトニック結晶の空間位置によって出射方向を変化させるため、回折ベクトルを $\mathbf{G}_{design}(\mathbf{r}) = (g_x(x), g_y(y))$ とし、例えば \mathbf{r}_1 付近の領域に電流注入を行うと、 $\mathbf{G}_{design}(\mathbf{r}_1)$ に対応する方向ヘビームが出射するような構造を検討した。このときの格子点位置変調は、以下の式で表される。

$$(\Delta x, \Delta y) = (d \cdot \cos(\psi(x, y)), d \cdot \sin(\psi(x, y)))$$
(1)

$$\psi(x,y) = \int g_x(x)dx + \int g_y(y)dy$$
(2)

(1)(2)式で表されるフォトニック結晶を作製し,電流注入領域を変化させるために,駆動領域の選択 を行う 6×6 アレイ状電極を用いて作製したデバイスの一例を図1に示す.単一デバイス内で,設計 に応じて,狙った(ここでは±3.75°)のビーム出射方向制御が可能なことを確認した.さらに,電極構 造として,より広範囲に駆動領域の選択ができるよう,図2に示すようなマトリクス電極構造の検討 を行った.p側電極とn側電極の交点部近傍のみに電流を集中させるように,デバイス厚さを数µm程 度へ薄膜化するなど,新たな構造や作製指針を見出すに至っている.詳細は当日報告する.本研究の 一部は,文科省光拠点およびJST ACCEL の支援を受けた.

【文献】[1]沖野他, 2013 年春季応物, 28p-C1-17. [2]沖野他, 2014 年春季応物, 18a-E16-2. [3]安田他, 2015 年春季応物, 12p-A10-9.



図1.2次元ビーム走査フォトニック結晶レーザ構造.右上は変調 フォトニック結晶の一部分のSEM写真,左下は裏面電極構造で, (1)および(2)を駆動したときのビーム出射の様子を右下に示す.



図2. マトリクス電極構造.上は薄膜化した レーザデバイス構造,下に駆動領域を選択 するn側およびp側ストライプ電極の構造 を示す.