17p-PA2-1

フォトニック結晶レーザにおける 3 次元空孔形状の影響の検討

Analysis of Three-Dimensional Air-Hole Shapes on Characteristics of Photonic-Crystal Surface-Emitting Lasers

京大院工 [1], 京大白眉 [2], ○西本 昌哉 [1], 石崎 賢司 [1], 前川 享平 [1], 梁 永 [1], 北村 恭子 [1,2], 野田 進 [1]
Kyoto Univ. [1,2], ○M. Nishimoto[1], K. Ishizaki[1], K. Maekawa[1], Y. Liang[1], K. Kitamura[1,2], and S. Noda[1]
E-mail: nishimoto@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

フォトニック結晶レーザは、活性層の近傍にフォトニック結晶構造を有し、バンド端における 2 次元共振モードを利用したレーザである。大面積発振による高出力動作が原理的に可能であるほか、ビーム形状や偏光の制御、ビーム出射方向制御といった新奇な機能をもたせることも可能である。我々は、フォトニック結晶レーザの作製法として、これまでにウエハ融着法 [1)]、MOCVD による埋め込み成長法 [2)]を提案してきた。さらに、最近では MBE 埋め込み成長法を開発し、従来の作製法では困難であった、3 次元的な空孔形状の制御が可能であることを示した [3)]。また、MBE 空孔埋め込み法により作製した試料のレーザについて、埋め込み後の空孔形状が傾いた円錐となるような条件で MBE での成長を行うことによって、ガウスビームに近い直線偏光のビームを出射できることを示した [4)]。今回、埋め込み後の空孔の立体形状が、出射されるビームの形状や偏光、発振閾値や放射係数といったフォトニック結晶レーザの諸特性に与える影響について報告する。

図 1 に MBE 空孔埋め込み法により得られる空孔形状の例を示す。成長時に基板を回転させた場合には対称な円錐形に、成長時に基板を固定した場合には基板の[110]方向、正方格子フォトニック結晶の Γ-X 方向に傾いた形状になっている。これらの空孔形状を図 2(a) のように円錐とモデル化して、円錐の傾きと出射されるビームの形状や偏光、出射効率について 3 次元結合波理論 [5)]により計算した。ここで、出射効率 η は次式で定義される。

η = （放射されるエネルギー）/（放射されるエネルギー）+（面内方向への損失）　(1)

計算結果の一例を図 2 に示す。円錐の傾きが 0（頂点のシフト量 s=0）のときは、ビームはドーナツ形状であり、偏光はあらゆる方向の成分をもち、出射効率も低いが、図 1(b)のように Γ-X 方向への傾きが大きくなると、ビームは単峰かつ直線偏光に近づき、出射効率も向上する。これは、空孔形状が非対称になるために、面垂直方向に回折される際の消失性干渉が抑制されるためである。この結果は、2 次元面内の形状が対称な円形構造であっても、成長条件のみで、ビーム形状や効率を制御できることを示している。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) D. Ohnishi, *et. al.*, *Electron. Lett.* **39** (2003) 612.　2) 坂口他，秋季応物 (2011) 1a-ZR-1.　3) M. Nishimoto, *et. al.*, *APEX* **6** (2013) 042002.　4) 西本他，春季応物 (2014) 18a-E16-1.　5) Y. Liang, *et. al.*, *Opt. Express* **20** (2012) 15945.

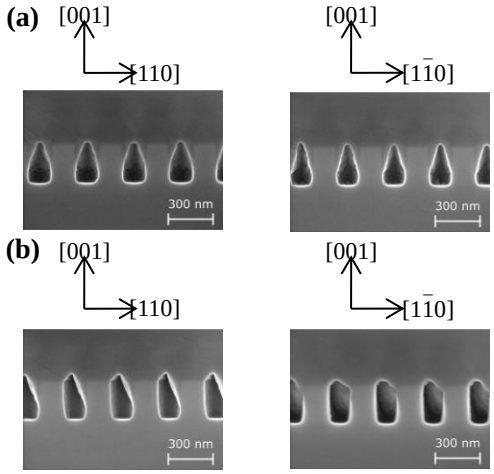

図 1 MBE 空孔埋め込み法で得られる空孔形状の例
(a)成長中に基板を回転した場合
(b)成長中に基板を固定した場合

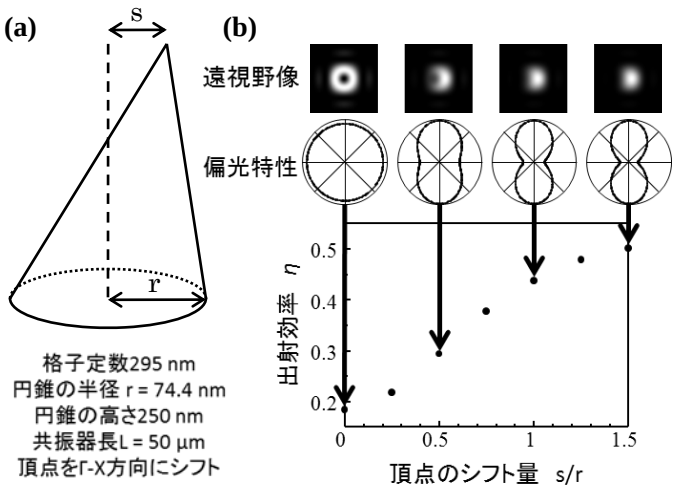

図 2 3 次元結合は理論による計算
(a)空孔形状のモデル化
(b)円錐の傾きと遠視野像、偏光特性、出射効率

© 2014 年　応用物理学会