

変調フォトニック結晶レーザにおける格子点形状、変調シフト量の検討

Investigation on lattice point structure and modulation degree in modulated photonic-crystal lasers

○西後淳貴¹, John Gellela¹, 田中良典¹, 北村恭子^{1,2}, 野田進¹ (1.京大院工, 2.京都工機大)

○Atsuki Nishigo¹, John Gellela¹, Yoshinori Tanaka¹, Kyoko Kitamura^{1,2}, Susumu Noda¹

(1.Kyoto Univ., 2.Kyoto Inst. Tech.)

E-mail: nishigo.atsuki@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2次元共振状態を形成しつつ、面上方へ光出力を得るレーザである。さらに本レーザを構成するフォトニック結晶の格子点位置に変調を加えた「変調フォトニック結晶」を用いることにより、任意の2次元方向へビーム出射が可能になることも見出され、その基本動作が実証されている[1, 2]。今後、本デバイスの安定な高出力動作を実現していくためには、格子点形状や、格子点位置の変調シフト量などの諸パラメータを最適化し、2次元結合性と、望む出射方向への回折効率を強めることが重要である。今回、これらの諸パラメータを検討し、安定な高出力動作の指針を得たので報告する。

まず、これまでの高ビーム品質・高出力フォトニック結晶レーザにおける検討結果[3]を参考に、2次元結合を強めるために、格子点形状を楕円化することを検討した。楕円率 c (b/a : a は楕円の長辺, b は短辺) に対する、1次元結合係数 κ_{1D} および2次元結合係数 κ_{2D+} , κ_{2D-} (図1参照)の計算結果(空孔充填率15%、位置変調無し)を図2に示す。楕円率 $c=0.5$ とすることにより、真円の場合と比べて κ_{2D} が2~3倍増大することが分かり、より安定な2次元発振が期待出来る。次に、楕円率 $c=0.5$ の楕円格子点構造に対し、斜め出射のための位置変調を導入し、シフト量 d (図3参照)を変化させたときの基本モードの放射係数の変化の様子(出射方向が面垂直から x 軸方向に $\pm 36^\circ$ の場合)を図4に示す。同図より、発振可能なモードが4つ存在(A, B, C, D)し、そのうち、モードDの放射係数が最も低いことが判明した。また、 $d \sim 0.15a$ (a : 格子定数)とすれば、放射係数を 15 cm^{-1} 以上とすることが出来、回折効果を十分に高めることが可能である。最後に、 $d=0.15a$ の構造に対し、デバイス長 $L=100 \mu\text{m}$ の場合における共振波長と閾値利得の関係を図5に示す。同図より、最低閾値を与えるモードは、モードD群であり、その基本モードと高次モードとの利得差は $\sim 10.5 \text{ cm}^{-1}$ と高く、安定な単一モード発振が期待される。

【謝辞】本研究の一部は、ACCEL JST ならびに文科省光拠点の援助を受けた。

【文献】[1] 沖野他, 2013 年春季応物, 28p-C1-17.

[2] S. Noda et al., *IEEE J. Sel. Topics Quantum*

Electron., DOI: 10.1109/JSTQE.2017.2696883

(2017). [3] 中川他, 2017 春季応物, 15a-E205-3.

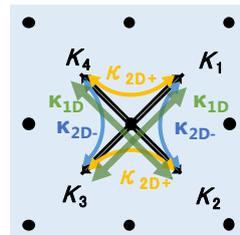


図1: M点における基本波と結合係数

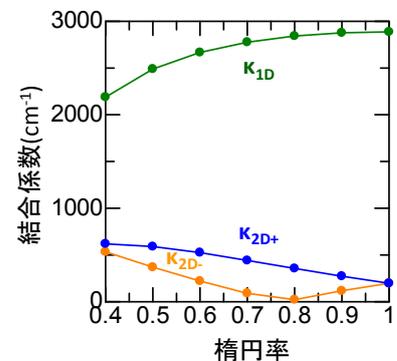


図2: 楕円率と結合係数の関係 (空孔充填率 FF: 15%)

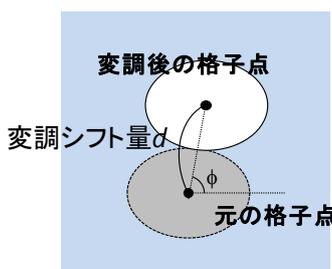


図3: 格子点変調の模式図

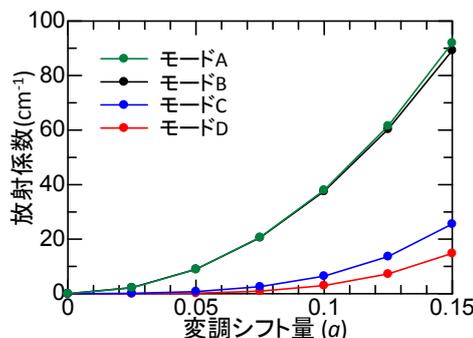


図4: 変調シフト量と放射係数の関係 (空孔充填率 FF: 15%, 楕円率 c : 0.5)

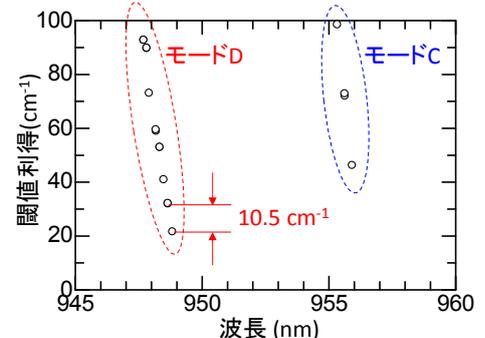


図5: デバイス長 $L: 100 \mu\text{m}$ の場合のモード C, D の閾値利得の計算結果(空孔充填率 FF: 15%, 楕円率 c : 0.5, 変調シフト量 $0.15a$)