

二重格子フォトニック結晶共振器の結合係数制御とバンド構造変化

Control of coupling coefficients and change of band structure in double-lattice photonic-crystal resonators

京大院工^o和泉 孝紀, 吉田 昌宏, 石崎 賢司, 榎健太郎, 勝野 峻平, 井上 卓也, De Zoysa Menaka, 野田 進
Kyoto Univ., ^oK. Izumi, M. Yoshida, K. Ishizaki, K. Enoki, S. Katsuno, T. Inoue, M. De Zoysa, and S. Noda

E-mail: koki-izumi@goe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

[序] フォトニック結晶レーザー(PCSEL)は活性層近傍に設けた2次元フォトニック結晶の特異点(Γ 点)における共振効果を活用した大面積面発光型半導体レーザーである。我々は、PCSELの高輝度動作の実現に向けて、すでに、3mm Φ の超大面積PCSELを作製し、室温パルス動作において、閾値の僅か6倍程度の電流注入で、150Wを超える高ピーク出力かつ、0.1°(FWHM)以下の狭ビーム発散角動作に成功し、ビーム品質 M^2 として4~7程度という優れた値を得ることに成功している[1]。さらに、このような大面積PCSELのさらなる高輝度化のために二重格子フォトニック結晶[2]の深化・最適化を進めており、フォトニック結晶内の光波のエルミートの、および非エルミートの結合係数の制御により、3mm Φ 大面積でも単一モード動作が期待できる格子点設計に成功している[3-5]。今回、こうして得られた格子点設計をもとに、実際に3mm Φ フォトニック結晶共振器を作製し、バンド構造および共振器(放射係数)特性を評価したので報告する。

[実験] 二重格子構造の空孔サイズや空孔間距離、裏面反射位相を調整することで、面内180°回折と90°回折の打ち消し合いを表す結合係数 $\kappa_{1D}+\kappa_{2D}$ 、および放射波を介した非エルミート結合係数 μ を制御可能である[6,7]。今回、図1の左上図に示すように、二重格子構造の各空孔の大きさの差分 $2x$ 、および空孔間距離 d を変化させることで、結合係数 $\kappa_{1D}+\kappa_{2D}$ の実部と虚部を変化させつつ、直径3mmの大面積フォトニック結晶共振器を作製した。作製試料のバンド構造の測定結果の例(モードA, Cのみを取り出したもの)を図1に示す。同図より、格子点構造変化を反映して、 Γ 点におけるモードA, Cの波長差と両モードの線幅が変化している様子が確認出来る。これらの測定より得られたバンド端モードの波長、線幅より推定される、 $\kappa_{1D}+\kappa_{2D}$ を図2に示す。ここで、非エルミート結合係数 μ は、両モードの線幅から60~80 cm^{-1} 程度と推定した。同図より、構造パラメータの調整により、面内180°回折と90°回折の完全な打ち消し合いを表す原点(=ディラック点)の近傍で $\kappa_{1D}+\kappa_{2D}$ が制御出来ていることが分かる。このような結合係数の制御は、3mm Φ 大面積PCSELの単一モード動作にとって極めて重要であると言える。

[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)、NEDO 高輝度・高効率次世代レーザー技術開発の支援を受けた。 **[文献]** [1] 和泉他, 2020年秋応物, 10p-Z18-5. [2] M. Yoshida, *et al.*, *Nat. Mater.* **18**, 121 (2019). [3] 吉田他, 2020年秋応物, 10p-Z18-2. [4] 井上他, 2021年春応物, 17p-Z31-7. [5] 和泉他, 2021年春応物, 17p-Z31-8. [6] 井上他, 2021年春応物, 17p-Z31-2. [7] 吉田他, 2021年春応物 17p-Z31-3.

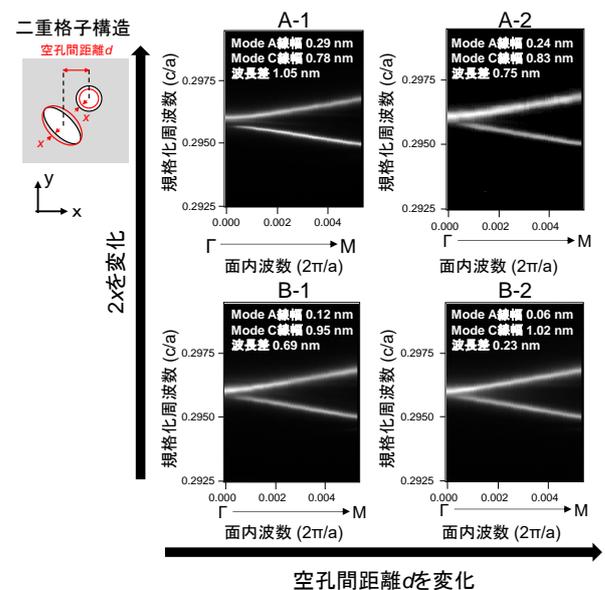


図1. 二重格子構造の格子点構造を変化させた場合のバンド構造の測定結果の一例。

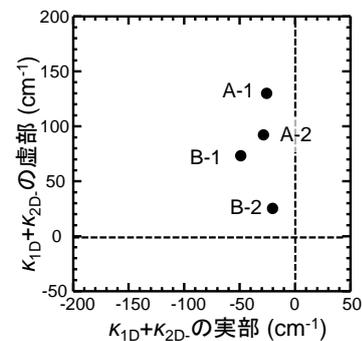


図2. バンド測定から推定した結合係数。