

フォトニック結晶における共振器・導波路間光結合の解析

Analysis of light coupling between cavity and waveguide in photonic crystal

阪大院工 ○(M1)田中 彩野, 森藤 正人, 近藤 正彦

Graduate School of Engineering, Osaka Univ. ○(M1)Ayano Tanaka, Masato Morifuji, Masahiko Kondow

E-mail: ayano231@e3.eei.eng.osaka-u.ac.jp

【初めに】我々はフォトニック結晶を用いた光通信用半導体レーザーの研究に取り組んでいる。

本研究では、波長多重通信に向けて、どの共振周波数をもつ共振器からでも一定の光取り出し効率を実現することを目的としている。今回、フォトニック結晶中の共振器・導波路間の光結合について検討したので報告する。

【構造・手法】Fig.1 に対象としたフォトニック結晶構造を示す。共振器は正六角形状に欠陥を配置し、欠陥に隣接する 18 個の空孔を円状にシフトしたものをを用いた (変調 H3 欠陥)。この構造では欠陥の半径 R を変えることで共振周波数を制御できる。また、そばに配置した導波路 (線欠陥) の両隣の空孔列を ΔW シフトさせ導波路の幅を狭めることで導波路バンド構造を変えることができる¹⁾。共振器と導波路間の結合効率を

$$\eta = \frac{[\text{導波路からの光損失}]}{[\text{全体の損失}]}$$

で定義し、共振器半径と導波路幅を変えたときの η の変化を 2 次元 FDTD 法により調べた。

【結果と考察】Fig.2 に、 $R=2.85a$ の共振器での導波路幅変化 ΔW と η の関係を示す。結合効率のピークは共振モードの周波数での導波路バンドの傾きがほぼゼロの場合に現れる。すなわち、結合は、対応する導波路バンドの状態密度に応じて強くなる。

Fig.3 に $R=2.76a$, $2.80a$, $2.85a$, $2.90a$ の共振器について計算した結合効率の値を示す。挿入図は導波路の分散曲線である。黒丸はバンド 11 と共振器モードが強く結合するように、順に $\Delta W=0.20a$, $0.14a$, $0.10a$, $0.05a$ と導波路幅を狭めて計算した値である。また、順に $\Delta W=-0.05a$, $-0.035a$, $-0.069a$, $-0.105a$ として導波路の幅を広げてバンド 12 と強く結合させた場合の結合効率を白丸で示す。どの共振器においてもバンド 11 と結合しているときの方がバンド 12 と結合しているときより結合効率が高いことがわかる。これらのバンドはそれぞれ even 対称、odd 対称な磁界分布を持つ。これより、光結合の強弱はバンドの状態密度に加えて、導波路モードと共振器モードの電磁界分布の対称性にも依存することがわかる。

以上の知見は、導波路の周囲に異なるサイズ (したがって異なる共振周波数) の共振器を複数

配置して波長多重転送を実現する際に、光取り出し効率のばらつきを抑えるために有効である。

【参考文献】

- 1) K.Nagahara, et al., Photon. Nanostr. Fundam. Appl. **9**, 261-268 (2011)

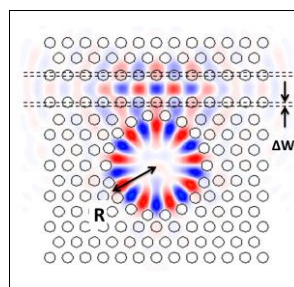


Fig.1. Photonic crystal structure we studied. The cavity mode and the waveguide mode are also shown.

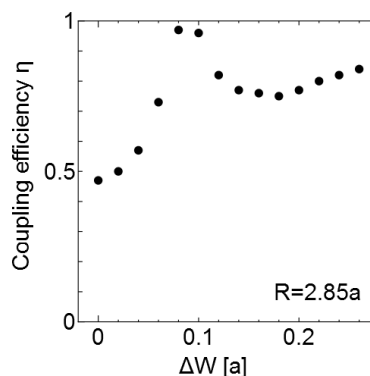


Fig.2. Coupling efficiency between the cavity mode and the waveguide mode as a function of shrinkage width of waveguide ΔW at $R=2.85a$.

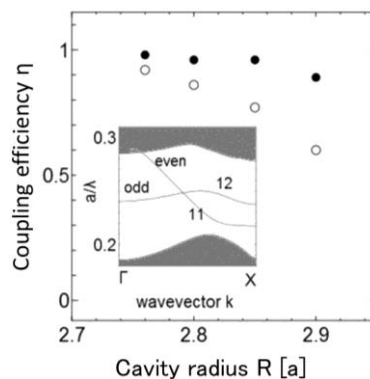


Fig.3. Coupling efficiency of cavity radius $R=2.76a$, $2.80a$, $2.85a$, and $2.90a$. Filled circles and open circles denote the coupling efficiency related to the band 11 and 12. Inset: Photonic band diagram. The curves labeled as 11 and 12 are waveguide bands.