

三角格子バレーフォトニック結晶における 高次 K 点における高 Q 固有モード

Higher order eigenmodes with High Q value at K point in valley photonic crystal with triangular lattice

○ 河野 啓介^{1,2}、養田 大騎^{1,2}、森竹 勇斗¹、納富 雅也^{1,2,3}

(1. 東工大理、2.NTT 物性研、3.NTT ナノフォトニクスセンタ)

○ Keisuke Kono^{1,2}, Taiki Yoda^{1,2}, Yuto Moritake¹, Masaya Notomi^{1,2,3}

(1.Tokyo Institute of Technology, 2.NTT Basic Research Labs, 3.NTT Nanophotonics Center)

E-mail: kouno.k.ab@m.titech.ac.jp

近年空間反転対称性の破れたハニカム格子や三角格子フォトニック結晶 (PhC) をベースにして、バレー自由度を用いたバレーフォトニクスの研究が行われている。[1] 我々は、特に単純三角格子を用いた空気穴スラブ型バレーフォトニック結晶 (VPhC) を提案し、K 点、K' 点を持つ光角運動量を調べてきた。[2] 今回、この単純三角格子の VPhC の光を外に取り出すために、自由空間のライトラインの上側に位置する高次モードの検討を行った。その結果、ライトラインの上で非常に高い Q 値を持ったモードが K 点上に存在することを見出したので、これを報告する。

今回我々は、図 1 のような三角形の空気穴を開けた単純三角格子 PhC スラブを想定し、TE 偏光の固有モードを 3 次元有限要素法で求めた (図 2))。三対称性に起因して K 点上のバンドは 3 個がセットになり、これまで主に検討行ってきたのは最初の 3 つのバンドであったが、今回はその上のバンドを調べた。その結果、下から 7 番目のバンド (図 2 の赤線) が非常に高い Q 値を持つことを見出した。(格子定数 $a=1170\text{nm}$, 厚さ $h=251\text{nm}$ の PhC スラブで、波長は 1550nm)。図 3 に、K 点の前後で波数を $\Gamma-K$ 方向に $\pm 5\%$ の範囲で変化させながら、この固有モードの Q 値を計算した結果を示す。ライトラインの外側にあるにも関わらず、百万近い高い Q 値を示している。また、K 点から外れると急激に Q 値が下がる傾向が見られる。この 7 番目の K 点固有モードは、以前報告した 1 番目の K 点固有モードに似ており、ユニットセル平均した値として有限なスピン角運動量と軌道角運動量を持つ。この計算結果から、K 点において角運動量をもった Bound states in the continuum (BIC) [3] が存在している可能性を示唆している。また、三角形の形状を変えて空間反転対称性を変化させた場合の振る舞いについても報告する。

図 1: Lattice structure
of VPhC

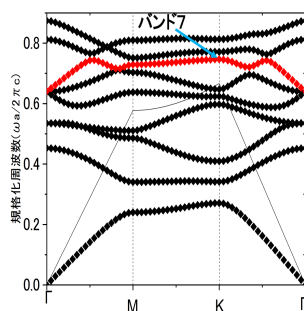


図 2: Band structure of 2D PhC

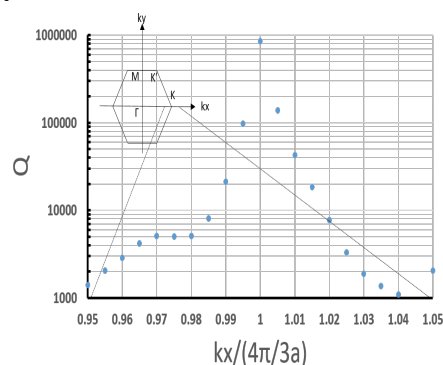


図 3: Q value of band7 around K point

[1] X-D Chen et al. PRB 96, 020020(R) (2017)

[2] 養田, 納富, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会 20p-C301-1 (2018)

[3] Chia Wei Hsu, Bo Zhen, et al, Nature Reviews Materials volume 1, Article number: 16048 (2016)