

三次元フォトニック結晶に形成されたカイラル導波路における円偏光自然放出の解析

Analysis on circularly polarized spontaneous emissions

in a chiral waveguide formed in a three dimensional photonic crystal

田尻武義¹, 林文博¹, 太田泰友², 岩本敏^{1,2}, 荒川泰彦^{1,2}

(1. 東大生研、2. ナノ量子機構)

T. Tajiri¹, W. Lin¹, Y. Ota², S. Iwamoto^{1,2}, Y. Arakawa^{1,2}

(1. IIS, Univ. of Tokyo., 2. NanoQuine, Univ. of Tokyo.)

E-mail: ttajiri@iis.u-tokyo.ac.jp

円偏光の制御は、スピントロニクスや量子情報処理技術、カイラル物質の同定などにおいて重要である。近年、三次元フォトニック結晶(PhC)に形成されたある種の欠陥光導波路では、導波モードが高い円偏光度を示すカイラル導波路として機能することが報告されている [1-3]。そこでは円偏光を発するダイポールからの自然放出について指向性が生じることが期待される。しかしながら、これらの導波路構造における自然放出に関する解析の報告例はない。本研究では、円柱接続型ダイヤモンド三次元フォトニック結晶構造における螺旋に沿った欠陥導波路を対象に、円偏極ダイポールからの自然放出レートを解析し、指向性発光を示す結果を得たので報告する。

図(a)に示す円柱接続型ダイヤモンド構造において、Z 軸方向に伸びる螺旋構造[4] (図(a)の赤)を円柱状にくり抜いた導波路[3]を調べた。例えば右円偏極ダイポール($\mathbf{d}_R$)の+Z 方向に進行する導波モードへの自然放出レート Γ_+ は、その空間位置 $\mathbf{r}$ における右回転電場振幅 ($\mathbf{E}_R^Z(\mathbf{r})$) の平方に比例する ($\Gamma \propto |\mathbf{E}|^2$)。PhC が完全バンドギャップを有し、単一導波モードのみを議論の対象とする場合には、 $|\mathbf{E}_{L,R}^{\pm Z}|^2$ に対する考察から $\pm Z$ 方向への自然放出レートの比 ($\kappa_{\pm} = \Gamma_{\pm} / (\Gamma_+ + \Gamma_-)$) を計算できる。平面波展開法により求めたフォトニックバンド図 (図(b)) において、青の曲線で示す単一導波モードに着目する。回転面が xy 面内にある円偏極ダイポールがセル空間内 (セルサイズ: $3a \times 3a \times a$) に一様分布していると仮定し、各波数ベクトル k_z において $|\mathbf{E}_L(\mathbf{r})|^2, |\mathbf{E}_R(\mathbf{r})|^2$ の空間積分から $\kappa_{\pm}$ を計算した(図(c))。その結果、 $k_z = 0.5$ に近づくにつれて $\kappa_{\pm}$ が 0.5 からずれ、円偏極ダイポールからの自然放出が指向性を示すことが分かった。作製できる構造については当日報告する。

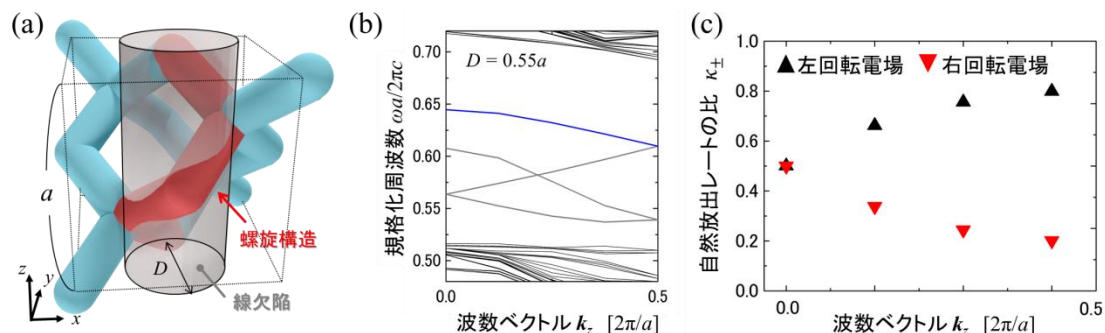


Figure. (a) Cubic unit cell of a rod-connected diamond three-dimensional photonic crystal where a spiral (red) within a cylinder (grey) of diameter D is removed to form a waveguide. (b) Photonic band diagram of the photonic waveguide for $D = 0.55a$. (c) $\kappa_{\pm}$ as a functions of k_z for the waveguide mode (blue curve in (b)).

謝辞：本研究は新学術領域研究 15H05868、JSPS 科研費 16J09150 により遂行された。

参考文献：[1] W. -J. Chen, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **107**, 023901 (2011). [2] R.-J. Liu, *et al.*, EPL, **111**, 54001 (2015). [3] W. -J. Chen, *et al.*, Opt. Lett. **38**, 3460 (2013). [4] A. Chutinan & S. Noda, Phys. Rev. B, **57**, R2006 (1998).