

フォトニックバンドダイアグラム顕微鏡

Photonic Band Diagram Microscope

雨宮 智宏^{1,2*}, 岡田 祥², 各務 響², 王 雅慧², 西山 伸彦^{1,2}, 姚 遠昭³, 迫田 和彰³, 胡 曉⁴

[○]T. Amemiya^{1,2*}, S. Okada², H. Kagami², Y. Wang³, N. Nishiyama^{1,2}, Y. Yao³, K. Sakoda³, X. Hu³

東京工業大学 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所¹ 工学院 電気電子系²

物質材料機構 機能性材料研究拠点³ 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点⁴

¹Institute of Innovative Research, ²Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Institute of Technology

³Research Center for Functional Materials, ⁴WPI-MANA, National Institute for Materials Science

*E-mail: amemiya.t.ab@m.titech.ac.jp

1. はじめに

フォトニックバンドダイアグラム (PBD; Photonic Band Diagram) は、フォトニックナノ構造の光学特性を評価する上で重要な指標のひとつである [1]。従来、PBD を測定するためには、特定方向から光を入射し、それらの透過/反射特性を観測、評価を行うことが一般的だった。この場合、それぞれのサンプル状態に適した形で光学系を組む必要があるとともに、光学系の調整を含めた測定・評価に多大な時間を要することが課題となっていた。今回、当研究グループでは、PBD を簡素かつ高速に測定するために PBD 顕微鏡 [2] を提案・実証したので、その報告を行う。

2. PBD 顕微鏡の概要

装置の構成を Fig. 1 に示す。まず、広帯域白色光源から各偏光状態に変換された光を、対物レンズを介してサンプルに入射する。その後、4f 光学系を介して、サンプルから散乱してきた光のフーリエ画像を可視カメラおよび赤外カメラで観測する。このとき、可視カメラの前には撮像レンズが配置されており、サンプルの実像を観測しながら、測定したいフォトニック構造の局所領域を指定することができるようになっている。また、赤外カメラの前には波長可変フィルタを配置し、波長 850 nm-1800 nm の範囲における任意波長の回折パターンを得られるようになっている。

本構成を用いて、PBD を得る手法は Fig. 2 に示すとおりである。まず、波長可変フィルタの中心波長を変化させながら、サンプルからの散乱光のフーリエ画像を観測する。その後、得られたフーリエ画像に対して、指定したパスに沿った強度情報を測定し、その情報を逆格子空間における特定エネルギーの強度分布に変換する。全ての波長に対して同様の動作を行い、それらを2次的に並べることで、フォトニックバンドダイアグラムを再構成することができる。

一例として、正方格子のフォトニック結晶を測定した結果を Fig. 3 に示す (Si 膜厚 220 nm の SOI 基板に周期 580 nm で、半径 190 nm、深さ 50 nm の空孔をあけた構造)。このとき、SOI 基板自身による多重反射の影響も含まれるが、理論解析で予想される 1.55 μm 近傍の偶然縮退を含めて、理論結果と実験結果の軌跡に多くの一致が見て取れることを確認した。

謝辞: 本研究は、JSPS 科研費 (#19H02193), JST-CREST JPMJCR15N6,

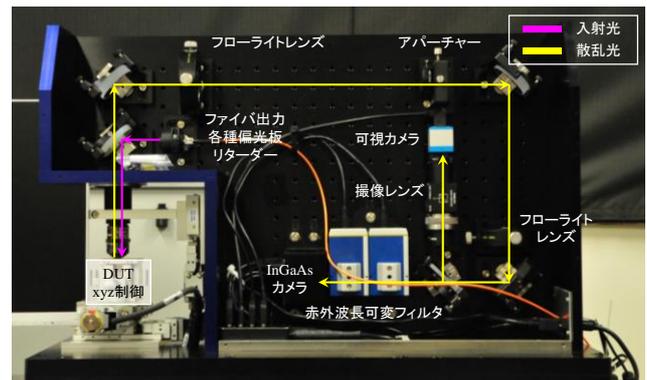


Fig. 1. Optical system for photonic band diagram microscope.

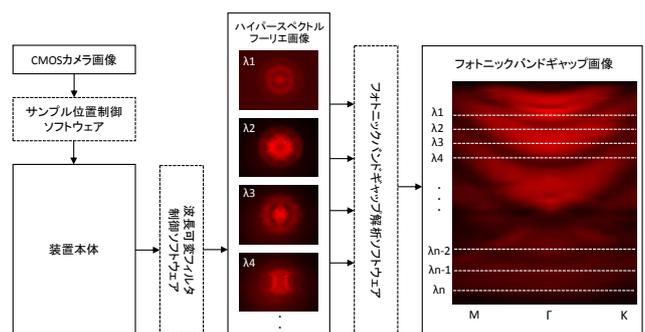


Fig. 2. Algorithm for obtaining full band diagram.

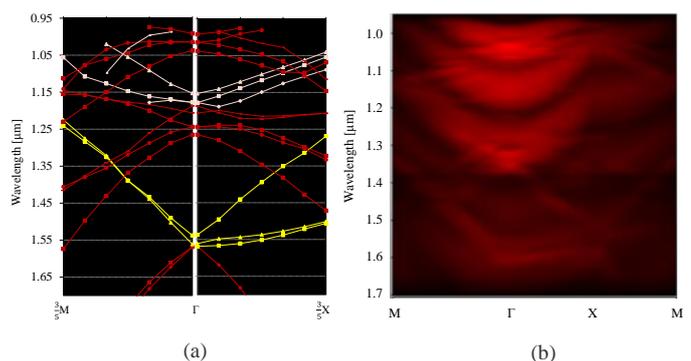


Fig. 3. (a) Theoretical and (b) measured photonic band diagrams of typical photonic crystal.

JPMJCR18T4)の援助により行われた。

参考文献

- [1] S. Peng *et al.*, Phys. Rev. Lett. **122**, 117401 (2019).
- [2] 雨宮 智宏, 岡田 祥, 河村 賢一. 特願 2019-217786. https://www.tokyoinst.co.jp/products/detail/photonic_band_diagram_microscope/TTA01/index.html