

2023 年度年次報告書

トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を有する材料・デバイスの創出

2020 年度採択研究代表者

山本 洋平

筑波大学 数理物質系
教授

自己組織化トポロジカル有機マイクロ共振器の開発

主たる共同研究者：

山下 兼一（京都工芸繊維大学 電気電子工学系 教授）

吉岡 宏晃（九州大学 大学院システム情報科学研究院 准教授）

研究成果の概要

2023 年度は、各グループでの成果に加え、グループ間およびチーム間共同研究成果を発表した。山本Gでは、天然らせんポリマーであるポリ乳酸からなる自己組織化マイクロ球体の形成と、高耐熱性光共振器について報告した。同じく天然ポリマーであるヒアルロン酸やケラチンからなる、湿度情報を記憶可能な光共振器センサー、および発毛機能をもつマイクロ球体ゲルについて発表した。また、プラズモニク基板表面での *whispering gallery mode* 光共振の伝搬特性に関する海外との共同研究成果について発表した。また、山下Gと山本Gとの共同で、ナノインプリント接着プロセスによる高屈折率で平坦なマイクロ構造光共振器の形成を実現した。

吉岡Gでは、テーパーエッジ光共振器の外周部に環状回折格子を実装する技術として、AFM をベースとしたナノディスペンシング法とナノスクラッチ法を報告した。また、回折格子付き Si_3N_4 マイクロリングに色素添加ポリマーをコートしたアクティブクラッド光微小共振器レーザー（利得がコアリングの外側のクラッドポリマーに存在）を山本 G と共同で開発し、一部の成果について報告した。加えて、ポリジメチルシロキサン (PDMS) に CaF_2 を分散した入射角・偏光依存性のない分光屈折率整合型バンドパスフィルターのための位相波面摂動に基づく近似計算モデルについて報告した。

山下Gでは、 CsPbBr_3 微小共振器における室温ポラリトン凝縮相における直交した偏光モード間におけるエネルギー共鳴効果を詳細に調べた結果、偏光の量子重ね合わせ状態が形成されていることを実証した。また、有機結晶微小共振器におけるポラリトン状態のラシュバ・ドレッセルハウス型スピン軌道相互作用を観測し、現在論文改訂中である。この他、岩本チームの高橋との共同によるマイクロ波ヒンジ状態の立方晶フォトニック格子構造においての実証を行った。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Zhan-Hong Lin, Soh Kushida, Fan-Cheng Lin, Jhih-Yuan Chen, Ankit Kumar Singh, Yohei Yamamoto, Jer-Shing Huang, “Impact of Plasmonic and Dielectric Substrates on the Whispering-Gallery Modes in Self-Assembled Fluorescent Semiconductor Polymer Microspheres” *Nano Lett.* **2023**, 23, 6512–6519.
- 2) Takuya Enna, Yuji Adachi, Tsukasa Hirao, Shun Takahashi, Yohei Yamamoto, Kenichi Yamashita, “Microstructured organic cavities with high-reflective flat reflectors fabricated by using a nanoimprint-bonding process” *Adv. Opt. Mater.* **2024**, published online, DOI: 10.1002/adom.202302956
- 3) Junfeng Zhu, Shuxuan Liu, Yiqin Xu, Jingchao Xing, Boqian Chen, Zhiliang Gu, Zhiqing Zhang, Chenxi Zhao, Atsushi Harada, Hiroaki Yoshioka, Yuji Oki, “Phase wavefront perturbation calculation model for spectroscopic refractive index matching of hybrid materials” *Appl. Opt.* **2023**, 62, 3330–3337.
- 4) Yuta Moriyama, Takaya Inukai, Tsukasa Hirao, Yusuke Ueda, Shun Takahashi, Kenichi Yamashita, “Polarization superposition of room-temperature polariton condensation” *Commun. Mater.* **2023**, 4, 110.
- 5) Shun Takahashi, Yuji Ashida, Huyen Thanh Phan, Kenichi Yamashita, Tetsuya Ueda, Katsuhiro Wakabayashi, Satoshi Iwamoto, “Microwave hinge states in a simple cubic lattice photonic crystal

insulator" *Phys. Rev. B* **2024**, 109, 125304.