

2024 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

2024 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、有機液滴発振器の楕円変形と Q 減衰に基づく光ポンピングおよび電氣的にスイッチング可能なマイクロレーザーアレイ(論文1)、段階的コアセルベーションと対称的な区画化による π 共役高分子コロイド分子の自発的形成(論文2)、単分散キラルポリマーマイクロ球体による角度異方的円偏光発光、超高速水分放出のための構造柔軟性と永久多孔性を特徴とするファンデルワールス多孔質結晶、高混和性励起状態分子内プロトン移動色素による低閾値球体レーザー、単結晶 CsPbBr₃ による垂直共振器型面発光レーザー、微小球体共振器内のドナー-アクセプター-ドナー分子からの超高速エネルギー移動誘起レーザー発振について発表を行った。

吉岡 G では、インクジェット印刷法による SU-8 光導波路への有機テーパーエッジ光共振器の水平方向直接実装、および 950 nm、1550 nm の二つの波長帯の外部光源にてそれぞれ whispering gallery modes (WGMs)の光結合を実現した。また、回折格子を備えた Si₃N₄ マイクロリングのクラッド領域にレーザー活性層を導入したアクティブクラッド型マイクロレーザーデバイスを山本 G と共同で開発し、通常増幅が難しいベッセルガウシアンモード(動径方向の伝搬経路)による効率的なレーザー発振、および WGMs との同時レーザー発振を実現した(論文3)。

山下Gでは、室温ポラリトン形成のプラットフォームとしている CsPbBr₃ 微小共振器をより高品質化することに取り組み、乾湿ハイブリッドによる新規作製手法を開発した(論文4)。また、既存の気相成長法の改良により、きわめて高品質な CsPbBr₃ 単結晶の作製にも成功している。さらに、CsPbBr₃ の室温ポラリトン凝縮におけるスピノール凝縮の存在、アキラルな有機結晶微小共振器中での疑似スピン軌道相互作用によるポラリトン状態としてキラリティの発現を明らかにし、論文準備中である。この他、岩本チームの高橋との共同による 3 次元カイラルフォトニック結晶中での円偏光モードの発現も明らかにした(論文5)。

【代表的な原著論文情報】

1. Masato Kato, Junnosuke Miyagawa, Shun-ichiro Noguchi, Naoki Takada, Soumei Baba, Satoshi Someya, Ankit Kumar Singh, Jer-Shing Huang, Yohei Yamamoto, Hiroshi Yamagishi “Optically pumped and electrically switchable microlaser array based on elliptic deformation and Q-attenuation of organic droplet oscillators” *Advanced Materials* **2025**, 37, 2413793.
2. Osamu Oki, Shunichiro Noguchi, Sota Nakayama, Hiroshi Yamagishi, Junpei Kuwabara, Takaki Kanbara, Yohei Yamamoto, “Spontaneous Formation of π -Conjugated Polymeric Colloidal Molecules through Stepwise Coacervation and Symmetric Compartmentalization” *Small* **2025**, 21, 2404934.
3. Jinghan Chen, Abdul Nasir, Adrian Abazi, Alexander Eich, Alejandro Sánchez-Postigo, Harunobu Takeda, Yuya Mikami, Naoya Tate, Yuji Oki, Yohei Yamamoto, Carsten Schuck, Hiroaki Yoshioka, “Coexistence of the Radial-Guided Mode and WGM in Azimuthal-Grating-Integrated Microring Lasers” *ACS Photonics* **2024**, 11, 5110–5117.
4. Kohei Uezono, Ryotaro Hayashi, Reo Ohkura, Ryohei Shibano, Yuhi Inada, Takeshi Yamao, and Kenichi Yamashita, “Postannealing-free dry-wet hybrid deposition of CsPbBr₃ thin film via

aqueous spray-coating", *ACS Applied Optical Materials*, **2024**, 2, 1413-1419.

5. Shun Takahashi, Yuzo Kinuta, Seiya Ito, Hiroki Ohnishi, Kenichi Yamashita, Jun Tatebayashi, Satoshi Iwamoto, and Yasuhiko Arakawa, "Circularly polarized cavity mode emission from quantum dots in a semiconductor three-dimensional chiral photonic crystal", *Applied Physics Letters*, **2025**, 126, 081108.