

岩本 敏

東京大学先端科学技術研究センター
教授

トポロジカル集積光デバイスの創成

§ 1. 研究成果の概要

トポロジカルフォトンクスは、トポロジーの概念を活用し新たな光制御技術を開拓しようとするフォトンクスの新しい分野である。本研究課題では、集積フォトンクス技術とトポロジーの概念を融合し、トポロジカルエッジ状態を利用した光通信波長帯一方向性導波路や、スキルミオンレーザ等の新奇トポロジカル集積光デバイスの実現を目指している。また、集積フォトンクス技術を活かした様々なトポロジカル光状態の実現とその応用可能性の探求にも取り組む。さらに、これらの研究を通して、トポロジカル科学とフォトンクスの相互リンクを形成し、新たな光技術の創出とトポロジカル科学の発展に貢献することを目指す。

初年度となる 2019 年度には、10 月の研究開始以降目指すデバイス群を実現するための基礎となる研究に取り組み、以下の成果を得た。

- (1) トポロジカルカイラルエッジ状態を利用した光通信波長帯一方向性導波路の実現に向けて、独自の提案に基づく新たな磁気光学材料の開発に取り組み、初期的な成果を得た。また、電磁界シミュレーションにより、提案方式の有効性を検証した。さらに、カイラルエッジ状態を実現するフォニック結晶を作製する新たな磁気光学材料を含むスラブ構造についても検討を行い、候補となる構造を見出した。
- (2) グループが提案するマイクロリング共振器を用いたオンチップ光スキルミオン生成の実証実験用素子の作製に向けて、リング共振器に形成する微細構造のサイズや光入力用導波路の導入などが放射される光スキルミオンの特性に及ぼす影響について、数値解析により検討した。その結果、放射光の強度分布や偏光分布への影響は小さく、いずれの場合にも所望の光スキルミオンが得られることがわかった。これは実証実験およびそれに続くスキルミオンレーザの実現に向けて重要な知見である。また、デバイス作製のためのプロセス技術開発も開始し、マイクロリング共振器上に直径 40nm の微細構造を持つ電子線レジストパターンの形成に成功し

た。

- (3) トポロジカルフォトニック結晶の一つであるバレーフォトニック結晶のエッジ状態を用いた導波路において群屈折率 60 程度のスローライト状態の光でも、急峻曲げによる散乱が抑制された高効率伝搬が可能であることを示した(代表的な原著論文 1)。さらにシリコンを用いて同構造を作製し、急峻な曲げがある場合にも、群屈折率 40 程度までのスローライトの伝搬を観測することに成功した。これらの成果は、半導体トポロジカルフォトニック結晶において、従来技術では困難な“曲げに強い”スローライト導波路が実現できることを初めて示したものである。
- (4) 3次元光回路への応用が期待できる3次元フォトニック結晶について、完全フォトニックバンドギャップを有する単純立方格子を組み合わせることで、1次元ヒンジ状態、0次元コーナー状態が実現できる可能性を見出した。

【代表的な原著論文】

1. Hironobu Yoshimi, Takuto Yamaguchi, Yasutomo Ota, Yasuhiko Arakawa, and Satoshi Iwamoto, "Slow light waveguides in topological valley photonic crystals", *submitted to Optics Letters*.

§ 2. 研究実施体制

(1) 岩本グループ(東京大学)

- ① 研究代表者:岩本 敏 (東京大学先端科学技術研究センター、教授)
- ② 研究項目
 - ・トポロジカルスローライトデバイスの作製と評価(研究計画書項目 1-1)
 - ・ENZ 材料を用いた磁気光学効果増強の検討(研究計画書項目 2-2)
 - ・一方向性トポロジカル導波路デバイスの作製と評価(研究計画書項目 2-3)
 - ・人工次元エッジ状態の実現とその活用(研究計画書項目 3-1)
 - ・スキルミオン光源の作製プロセス開発と原理実証(研究計画書項目 4-1)
 - ・スキルミオンレーザの開発(研究計画書項目 4-2)

(2) 小林グループ((公財)電磁材料研究所)

- ① 主たる共同研究者:小林 伸聖
(公財)電磁材料研究所研究開発事業部新機能材料創成部門、部門長)
- ② 研究項目
 - ・新規磁性コンポジット材料の開発(研究計画書項目 2-1)
 - ・一方向性トポロジカル導波路デバイスの作製と評価(研究計画書項目 2-3)

(3) 高橋グループ(京都工芸繊維大学)

- ① 主たる共同研究者:高橋 駿 (京都工芸繊維大学電気電子工学系、助教)
- ② 研究項目
 - ・3次元トポロジカルフォトリック結晶技術基盤の構築と高次トポロジカル状態の実現(研究計画書項目 3-2)