

2023 年度年次報告書

ナノ物質を用いた半導体デバイス構造の活用基盤技術

2023 年度採択研究代表者

石井 あゆみ

早稲田大学 理工学術院

准教授

一次元有機無機ハイブリッドラセンナノ物質による近未来光デバイス技術の創出

主たる共同研究者：

伊藤 哲明（東京理科大学 先進工学部 教授）

甲村 長利（産業技術総合研究所 触媒化学融合研究センター 研究チーム長）

田中 慎二（産業技術総合研究所 触媒化学融合研究センター 主任研究員）

田原 樹（情報通信研究機構 電磁波研究所 主任研究員）

研究成果の概要

本研究では、既存の半導体における光デバイス機能の限界突破を目指し、一次元らせんナノ物質の特異的な電子(スピン)状態を有機無機ハイブリッド構造により制御した新しい光半導体デバイスの構築を進めている。研究項目は以下のとおりである。

- ① ナノ物質創製: 有機分子材料を用いた無機半導体の次元性と配列の制御技術の確立
- ② デバイス創製: 一次元らせんナノ物質を用いた半導体デバイス構造の確立
- ③ 物性開拓: 一次元らせんナノ物質の光電子(スピン)物性や動作原理の解明
- ④ 計測評価: 近未来光半導体デバイスとしての活用基盤の確立

2023年度は一次元らせんナノ物質およびデバイスの構造制御や物性評価に対する基盤技術の確立と環境整備を早期に進めるとともに、各項目に対する課題の抽出をおこなった。①ナノ物質創製では、5種の新規有機キラル分子(ナフチルエチルアミン誘導体)について、合成法と光学分割法を確立した。合成された有機キラル分子を用いて、有機無機ハイブリッド結晶の作製を開始した。②デバイス創製では、一次元らせん単結晶や薄膜の作製や簡易デバイス評価をおこなった。有機キラル分子の最適化により得られた4000 mdegを超える円偏光吸収強度を示す薄膜(膜厚:400 nm、吸光度: $A=1.5$)を用いた光電変換デバイスを作製し、100%を超える外部変換効率で左右円偏光を選択的に検出することに成功した。③物性開拓では、新規Mn系一次元らせん磁性体に対し、NMR測定・磁化率測定・群論的考察を総合的に行うことにより、非共線構造ながらユニットセル内4つのMnスピンモーメント和がゼロとなる、グローバル時間反転が破れた磁気秩序構造(交替磁性)の可能性が見出された。また、第一原理計算により一次元キラル鉛ペロブスカイト系のバンド構造が明らかとなった。④計測評価では、自然光ホログラフィを用いた光学設計と偏光カメラを用いた原理検証に着手した。