

2021 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	Le ThuHacHuong
研究機関名	産業技術総合研究所
所属部署名	デバイス技術研究部門
役職名	特別研究員
研究課題名	光検出核磁気共鳴分光法の創成及びナノ流体デバイス工学の深化による 革新的分析基盤技術の確立
研究実施期間	2021 年 4 月 1 日～2022 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本研究では、特殊なナノ構造体で発生した巨大なキラリティーを有する光子と原子核のスピンとの磁氣的結合を制御することを通して、物質のスピン情報を光で高感度に計測する方法論を創出すると共に、革新的な光検出の核磁気共鳴分光法 (NMR) と核磁気共鳴画像法 (MRI) の開発に挑戦している。光を用いた核磁気共鳴の検出は、従来の方法の電磁気学に基づいた測定感度と時空間分解能の原理的な限界を突破し、超空間分解能 MRI や極微小体積の NMR を可能にする。

第一年次では、主に提案した金属の螺旋状ナノ構造体 (螺旋メタ原子) や金属ナノワイヤーからなる誘電率実部が 0 に近い媒質 (epsilon-near-zero メタ原子) を開発し、所望の近赤外光帯域で動作するナノ構造体の実現に取り組んだ。特に微細な螺旋構造に関して、金属薄膜の残留応力を活用することで、比較的に高速かつ自由自在に制御できる平面構造を螺旋構造に自己組織化的に形成させる独自の作製法を開発した。これにより、螺旋構造の寸法及び配列配向が精密に制御された、直径数百 nm の螺旋構造を実現した。また、螺旋ナノ構造体をウェハースケールの大きな面積にわたって高速で作製することが初めて可能となった。一方、得られた構造を用いた光のキラリティーの制御については、構造における円偏光二色性や磁気光学効果等の光学特性を実験及び理論計算の両面で評価・解明した。具体的には、作製した螺旋構造は、近中赤外帯域の光に対して g -値の 0.6 以上の大きな円偏光二色性を表すことが確認された。また、数値計算では、共鳴周波数において、通常の円偏光より 4 桁以上の高いキラリティーを持つ近接場が螺旋内部に形成されたことも明らかとなった。このように、光帯域で動作するキラリティーを持つナノ構造の実現は、メタマテリアル分野において重要な成果であり、立体的微細構造作製技術としても独創的である。