

独創的原理に基づく革新的光科学技術の創成  
2021 年度採択研究代表者

2022 年度  
年次報告書

小野 浩司

長岡技術科学大学 技学研究院  
教授

幾何学位相回折素子による赤外・THz 偏光撮像技術開発

主たる共同研究者:

川月 喜弘 (兵庫県立大学 大学院工学研究科 教授)

田中 雅之 ((株)オプトゲート 代表取締役)

## 研究成果の概要

重合性液晶を用いた厚膜の幾何学位相素子の形成プロセスの検討を進め、1550nm で 98%の回折効率を示す幾何学位相素子の作製に成功した。また、偏光探査型偏光撮像 (PPPI) 装置を、光散乱を伴う被写体へ適用し、照射光の偏光と波長が偏光画像に与える影響について調査した。その結果、長波長の偏光照射を用いる場合において、光散乱の効果が抑制され、円偏光照射の場合において散乱媒体の奥に隠れた異方性構造をより詳細に可視化できることを明らかにした。

電圧駆動型偏光変調素子用材料として応用すべく、サブ波長サイズの開口を有する金属膜と液晶からなるメタ表面について、その電磁特性を数値シミュレーションにより検討した。リタレーション並びに透過率と、開口のサイズとの関係性を具体的に計算することで、実際に素子を実装する上での指針が得られた。また、トポロジー最適化の手法により、リタレーションを評価値とした開口形状の探索も行い、これまでのものよりも大きなリタレーションを呈するメタ表面が実現できることも見出した。

シッフ塩基を光配向性メソゲンの一部として有する高分子液晶フィルムを合成し、これまでの方法で光配向させた後、配向したシッフ塩基をその場加水分解し、より固有複屈折率の高い官能基と入れ替え反応させることで、分子配向したフィルムの複屈折率制御を実現した。しかしながら可視光域での複屈折向上は 0.24 から 0.4 程度までで、1.55 $\mu\text{m}$  帯で利用するには厚さを 4 $\mu\text{m}$  以上にする必要があること、またシッフ部の光反応性が低い問題が明らかとなった。

PPPI 装置のデモ機を製作した。PPPI 装置での撮像画像から、偏光度・方位角・楕円率角・位相差等の偏光画像を自動で計算・出力可能な GUI についても独自に開発した。さらに、測定される偏光画像の誤差要因として、デモ機に使用している偏光回折格子に改善の余地があることを明らかにした。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) M. Sakamoto, H. T. Nhan, K. Noda, T. Sasaki, M. Tanaka, N. Kawatsuki, and H. Ono, "Polarization-probe polarization-imaging system in near-infrared regime using a polarization grating," *Scientific Reports* 12, 15268 (2022).
- 2) Yasuhiro Tamayama and Hiromu Yamamoto, "Broadband Control of Group Delay Using the Brewster Effect in Metafilms," *Phys. Rev. Appl.* 18, 014029 (2022)
- 3) T. Unuma, I. Taga, and Y. Itagaki, "Electronic states underlying peculiar Bloch oscillations in a biased semiconductor superlattice with interminiband mixing," *Appl. Phys. Express* 15, 071009 (2022).
- 4) T. Unuma, K. Ueda, and R. Okamoto, "Effects of initial three-dimensional electron energy distribution on terahertz Bloch oscillations in a biased semiconductor superlattice," *Appl. Phys. Express* 16, 031001 (2023).
- 5) G. Nakajima, M. Kondo, M. Sakamoto, T. Sasaki, H. Ono, N. Kawatsuki, "Photo-Durable Molecularly Oriented Liquid Crystalline Copolymer Film based on Photoalignment of N-benzylideneaniline," *Polymers* 15, 1408 (2023).

- 6) H. Furukawa, H. Yamaguchi, M. Kondo, M. Sakamoto, T. Sasaki, H. Ono, N. Kawatsuki, "Photoinduced reorientation and polarized fluorescence of a photoalignable liquid crystalline polymer," *Appl. Sci.* 12, 6440 (2022).
- 7) M. Kondo, K. Fujita, T. Sasaki, M. Sakamoto, H. Ono, N. Kawatsuki, "Fabrication of polarization grating on N-benzylideneaniline polymer liquid crystal and control of diffraction beam," *Crystals* 12, 273 (2022).