

## 誘電体メタサーフェスによるフィルタレス偏光複眼イメージング

## Filter-less polarization compound-eye imaging based on dielectric metasurfaces

NTT 先端集積デバイス研<sup>1</sup> °宮田 将司<sup>1</sup>, 中島 光雅<sup>1</sup>, 橋本 俊和<sup>1</sup>NTT Device Technology Labs<sup>1</sup>, °Masashi Miyata<sup>1</sup>, Mitsumasa Nakajima<sup>1</sup>, Toshikazu Hashimoto<sup>1</sup>

E-mail: masashi.miyata.xu@hco.ntt.co.jp

偏光イメージングは、物体の表面や材料に関する情報を取得でき[1], 車載カメラや医療への応用が期待されている。近年は、撮像システムの低コスト化や簡略化の利点から、異なる透過軸をもつ偏光フィルタをイメージセンサ上に多数集積した偏光イメージセンサが活発に研究されている[2]。しかしこの構成では、フィルタにより光利用効率が最大~50%であり、夜間など低光量の環境での使用に制限がある。また、システムの大きさは、主レンズの焦点距離により律速されるため、上記応用において重要なシステムの小型化に本質的な制限がある。

そこで我々は、誘電体メタサーフェスを複眼イメージング [3]に適用した構成を提案する。誘電体メタサーフェスは、複屈折や波長分散の設計自由度をもった高透過性の薄膜光学素子として設計できる[4-6]。本研究では、この特徴を用いて、偏光に応じて異なる位置で結像する偏光分離レンズを実現し、複眼構成に適用した。本構成では、フィルタレスで偏光情報を取得するため光利用効率を最大化でき、かつ複眼構成により撮像システムの超薄型化が可能である。

Fig. 1a に本構成の概略を示す。イメージセンサの直上に、分離する偏光軸が異なる2種類の偏光分離レンズをアレイ化して配置する。なお、レンズはSiN ナノ構造からなる[6] (Fig. 1b)。上記構成で物体を撮像すると、入射光はレンズ毎に偏光分離され、各偏光成分の像がセンサ上で多数得られる (Fig. 1a)。各像は低解像度であるが、視差情報をもっているため、再構成アルゴリズムにより高解像画像を得ることができる[3]。また、各レンズは小口径であるため、同じF値の単眼構成に比べてレンズ-センサ間が極端に短く、システムの超薄型化が可能になる。

本構成を実証するため、光学顕微鏡を用いてシステムを疑似的に実現した。偏光分離レンズは波長520nmで設計しており、焦点距離は400 $\mu\text{m}$ 、口径は100 $\mu\text{m}$ ×200 $\mu\text{m}$ 、透過率(光利用効率)は~70%、偏光消光比は~20である。偏光フィルタで構成した画像を撮像物体として用いて (Fig. 1a)、波長520nmにおいて実験を

行った。Fig. 2a は、取得した複眼画像(10×10)である。4つの偏光成分毎に複数画像が得られていることがわかる。これらの画像に再構成アルゴリズムを適用し、光強度、直線偏光度(DoLP)、偏光角(AoP)の画像を生成した (Fig. 2b)。生成画像より、本構成が物体の偏光状態をよく推定できていること、さらに個眼像に比べて解像度が大きく向上していることがわかる。本発表では、感度への影響やカラー偏光イメージングについても議論する予定である。

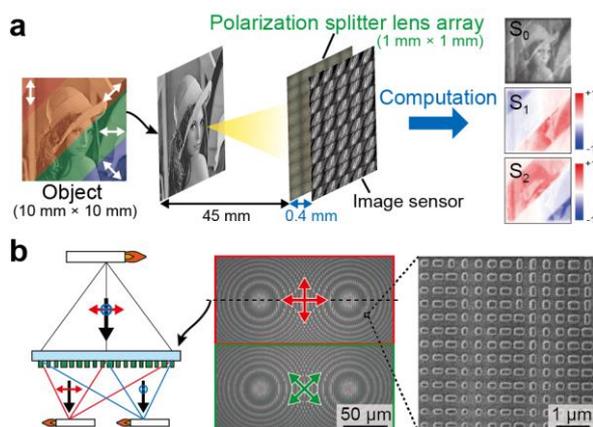


Fig. 1 (a) Schematics of polarization compound-eye imaging with metasurface-based polarization splitter lenses. (b) Optical (center) and SEM (right) images of the lenses.

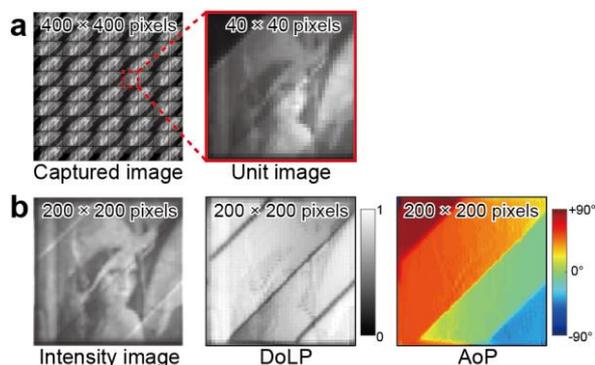


Fig. 2 (a) Captured compound-eye image and its unit image. (b) Reconstructed polarization images.

## References

1. J. S. Tyo *et al.*, *Appl. Opt.* **45**, 5453–5469 (2006).
2. M. Garcia *et al.*, *Optica* **4**, 1263–1271 (2017).
3. J. Tanida *et al.*, *Appl. Opt.* **40**, 18063–1813 (2001).
4. A. Arbabi *et al.*, *Nat. Nanotechnol.* **10**, 937–943 (2015).
5. M. Miyata *et al.*, *J. Appl. Phys.* **125**, 103106 (2019).
6. M. Miyata *et al.*, *ACS Photon.* **6**, 1442–1450 (2019).