

高感度カラーイメージセンサの実現に向けた 光メタサーフェスに基づく超小型カースプリッタのアレイ化

Metasurface-based Pixel-scale Color Splitter (MPiCS) Array

for High-sensitivity Color Image Sensors

NTT 先端集積デバイス研¹ °宮田 将司¹, 根本 成¹, 橋本 俊和¹

NTT Device Technology Labs¹, °Masashi Miyata¹, Naru Nemoto¹, Toshikazu Hashimoto¹

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

一般的なカラーイメージセンサでは、センサ上の吸収型カラーフィルタにより、総受光量が入射光量の 30% 程度に制限されている (Fig. 1a)。これは、センサの感度向上において大きな障壁となっている。我々はこの課題を解決するために、フィルタの代わりに光メタサーフェスからなる超小型カースプリッタ (MPiCS) を用いた高解像度センサ構成を提案しており、受光量の大幅な増加を報告している (Fig. 1b) [1]。一方、この構成では各センサピクセルに到達する光が RGB の 3 色へ完全には分離されない。したがって、色情報の抽出に信号処理が必要となり、計算コストや色再現性の懸念がある。また、3 色分離が可能なメタレンズも提案されているが [2]、円偏光動作であり、かつ素子サイズが高解像度ピクセル ($\sim 1 \mu\text{m}$) に比べて 1 桁大きい。ため、センサへの応用には課題がある。

そこで我々は、3 種類の MPiCS からなるイメージセンサ構成を提案する (Fig. 1c)。各 MPiCS は、それぞれ異なる方向に 3 色分離する機能を有しており、それらのアレイ化によって入射光を 3 色に分離しながら異なるピクセルへ集光する。したがって、受光量を最大化でき、かつ色情報を直接信号値として取得できる。今回は、提案構成の分光機能を検証したので報告する。

Fig. 2a は作製した MPiCS アレイの SEM 画像である。MPiCS アレイは石英基板上の SiN ナノポストアレイ (高さ: 1250 nm, 周期: 400 nm) から構成される。誘電体ナノポストは、ポスト幅を制御することで、高い光透過率を維持しながら、波長域に応じて異なる位相分布の設計を可能にする [1]。本センサ構成は、3 色分離方向がそれぞれ異なるように設計された 3 種類の MPiCS から構成され、入射光を RGB 毎に異なるピクセルへと集光させることで、色情報の直接取得を実現する。今回は、 $5.0 \mu\text{m}$, $2.4 \mu\text{m}$, および $1.2 \mu\text{m}$ のピクセルサイズにそれぞれ適

合した 3 種類の MPiCS アレイを作製した。

MPiCS アレイの分光特性を調べるため、光学顕微鏡を用いて Fig. 1c のセンサ構成を疑似的に実現した。Fig. 2b は、無偏光のハロゲンランプ光 ($\text{NA} = 0.2$) を各アレイに照射した際の、各ピクセル面における光強度分布である。すべてのピクセルサイズにおいて、3 色分離機能が確認できる。また、MPiCS アレイの可視光領域における光透過率は $\sim 60\%$ であり、カラーフィルタに基づくセンサ構成の制限 (最大 30% 程度) を大きく上回る。本発表では、各ピクセル上における詳細な分光特性とそのピクセルサイズ依存性についても報告する予定である。

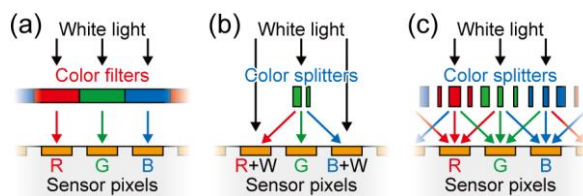


Fig. 1. Cross-sectional diagrams of (a) a conventional image sensor, (b) an image sensor with identical color splitters, and (c) an image sensor with three different color splitters.

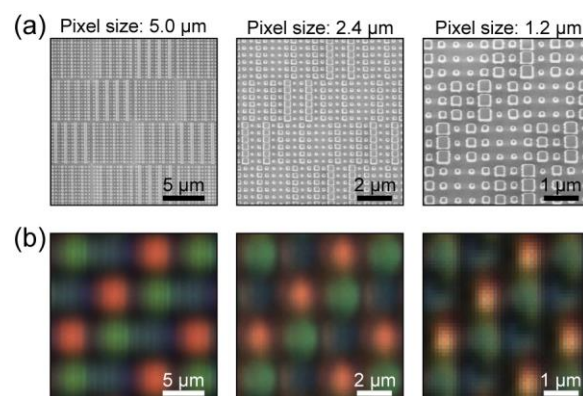


Fig. 2. (a) SEM images of fabricated splitter arrays. (b) Measured intensity profiles of the light transmitted through the arrays under unpolarized light illumination ($\text{NA} = 0.2$).

References

1. M. Miyata *et al.*, ACS Photon. **6**, 1442–1450 (2019).
2. B. H. Chen *et al.*, Nano Lett. **17**, 6345–6352 (2017).