

色分離マイクロメタレンズを用いたイメージセンサ：受光性能の見積り

Image Sensors with Color Splitting Micro-metalenses: Impact on Light Detection

NTT 先端集積デバイス研, °宮田 将司, 根本 成, 小林 史英, 鹿間 光太, 橋本 俊和

NTT Device Technology Labs, °Masashi Miyata, Naru Nemoto, Fumihide Kobayashi, Kota Shikama,

Toshikazu Hashimoto

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、色情報の取得のため、吸収型カラーフィルタが画素毎に集積されている。そのため、総受光量が入射光量の 30%程度に制限されており、センサ感度の向上において障壁となっている。これまでに我々は、誘電体ナノ構造からなる超小型・高透過性のカラースプリッタを提案しており、センサ感度の向上に向けて、フィルタの代替素子として検討している[1]。最近、我々は色分離機能と集光機能を兼ね備えた色分離マイクロメタレンズの設計と実証に成功した。今回、上記メタレンズのセンサへの集積による受光性能への影響を計算的に評価したので報告する。

Fig. 1 は、今回提案するセンサ構成の概略図である。一般的なセンサは、受光素子の直上にカラーフィルタとマイクロレンズを備えている [Fig. 1(a)]。本メタレンズを用いた構成の 1 つは、上記フィルタとレンズの機能をメタレンズへ集約した構成であり、素子数を削減しながら抜本的な受光量の増加が期待できる [Fig. 1(b)]。もう 1 つの構成は、メタレンズとフィルタを併用した構成であり、入射光はメタレンズによる色分離後にフィルタを透過するため、受光量の増加と色彩度の向上の両方が期待できる [Fig. 1(c)]。

我々は、上記構成の受光特性を見積もるため、センサへのモノリシック集積を念頭に置いたメタレンズを設計した。組成構造として SiN ナノポストを用い、ベイヤー配列に整合した設計を行った。画素サイズは $1.68\ \mu\text{m}$ 、焦点距離は $4.2\ \mu\text{m}$ である。Fig. 2(a)は、設計したメタレンズに基づいて計算した各構成における画素受光スペクトルである。なお受光強度は、1 画素あたりに入射する光強度で規格化した。比較のため、一般的なカラーフィルタの特性[2]も示す。2つの提案構成において、受光量が従来のフィルタ構成に比べて大きく増加している。また、フィルタ併用構成は色のクロストークが大幅

に抑制されている。Fig. 2(b)は、スペクトル画像[3]と上記の受光特性を用いた簡易的な撮像シミュレーションの結果である。なお、生成画像は、ベイヤー配列に基づくデモザイク処理のみを行っており、構成間の受光強度比は保たれている。画像を比較すると、2つの提案構成は、従来構成に比べて明るい画像を生成していることがわかる。画素値の増加度は、メタレンズ単体構成で 2.75 倍、フィルタ併用構成で 1.47 倍であった。また、フィルタ併用構成は色彩度も高く、従来構成と遜色ない。本発表では、受光特性の光入射角依存性についても報告する。

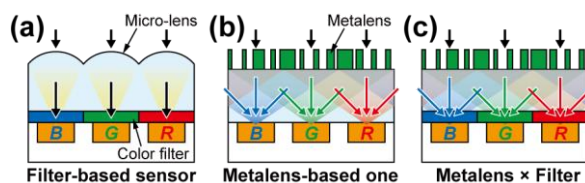


Fig. 1. Cross-sectional diagrams of (a) a conventional image sensor, (b) an image sensor with metalenses, and (c) an image sensor with metalenses and color filters.

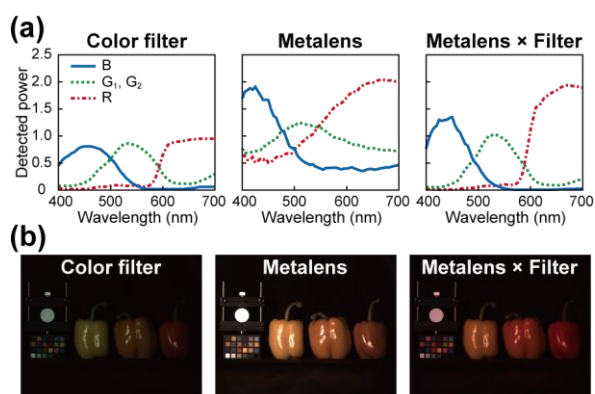


Fig. 2. (a) Simulated spectral responses of color pixel detectors in each sensor configuration. (b) Simulated color images created by each configuration.

References

1. M. Miyata *et al.*, ACS Photon. **6**, 1442–1450 (2019).
2. T. Kudo *et al.*, J. Photopolym. Sci. Technol. **9**, 109–120 (1996).
3. I. Choi, *et al.*, ACM Trans. Graph. **36**, 218 (2017).