

誘電体メタサーフェスに基づくピクセルスケールカースプリッタ

Pixel-scale Color Splitters Based on Dielectric Metasurfaces

NTT 先端集積デバイス研¹ °宮田 将司¹, 中島 光雅¹, 橋本 俊和¹NTT Device Technology Labs¹, °Masashi Miyata¹, Mitsumasa Nakajima¹, Toshikazu Hashimoto¹

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

近年, 集積性に優れた微小色分離素子として, 光メタサーフェスによるマイクロカースプリッタ・フィルタが提案されている[1-3]. 特にカースプリッタは, カラーイメージセンサに応用することで, 従来のフィルタ型イメージセンサの光利用効率制限 (最大 30 %程度) を突破できる可能性がある. 一方で, 報告されているメタサーフェスは, 円偏光動作であり, 素子面積が一般的なピクセルサイズに比べて大きい. ため, イメージセンサへの応用には課題がある[1]. また, ナノ光導波路に基づくカースプリッタが報告されているが[4], 二色分離素子であり偏光依存性を有することから, 色再現性に懸念がある. そこで我々は, 三色分離が可能な階段形状ダンマン格子[5]と同様の位相分布を与えたメタサーフェスカースプリッタを提案する. 今回は, 本構造において, 三色分離動作とその偏光無依存性を実証したので報告する.

Fig. 1a は, SiN ナノポストからなる提案構造である. 誘電体ナノ構造は, 形状をデザインすることでインピーダンスと有効屈折率の両方を制御できるため, 高い透過率を保持しながら高い自由度での位相分布の設計を可能にする[6]. また, 構造が入射光に与える位相値には, 波長分散が存在する. この分散特性を利用することで, 波長域ごとに異なる位相分布を与えることが可能である. 本提案のスプリッタは, RGB 三色に対応する波長域毎に異なる偏向方向をもつように位相分布を設計することで, 色成分の空間的な分離を実現する.

Fig. 1b に設計した位相分布を, Fig. 1c に作製したスプリッタ構造 (ユニット周期: 1.2 μm) の SEM 像をそれぞれ示す. RGB 三色の中心波長において, それぞれ異なる偏向方向をもつように, ナノポストの幅および配置を決定した.

Fig. 2a は, スプリッタ構造に各波長の光を入射した際に取得した回折パターン (波数空間) である. 波長に応じて光がそれぞれ異なる方向に偏向していることがわかる. また, 偏光依存性も生じていない. Fig. 2b は, 各回折次数にお

ける効率のスペクトルである. 各スペクトルがそれぞれ RGB 三色に対応した波長でピークをもっていることがわかる. また, 可視光全域にわたる透過率の平均値は, 実験において約 67 %, 計算において約 80 %を示した. 以上より, 本構造の低損失な三色分離機能およびその偏光無依存性を確認した. また, 提案構造は, 単一ユニットにおいても, 同様の三色分離機能を保持していることを実験的に確認している. 単一ユニットの素子面積は 1.2 $\mu\text{m} \times 1.2 \mu\text{m}$ であり, 高解像度ピクセルのサイズと同じスケールである. 本発表では, 上記特徴を活用した, 本構造のフィルターレスカラーイメージセンサへの応用についても議論する予定である.

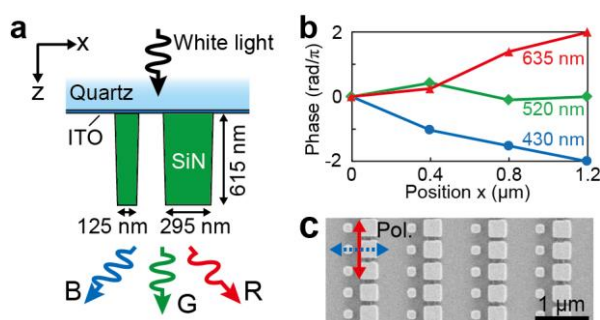


Fig. 1 (a) Schematic of the side view of the metasurface color splitter. (b) Designed phase profiles. (c) SEM image of the fabricated splitter.

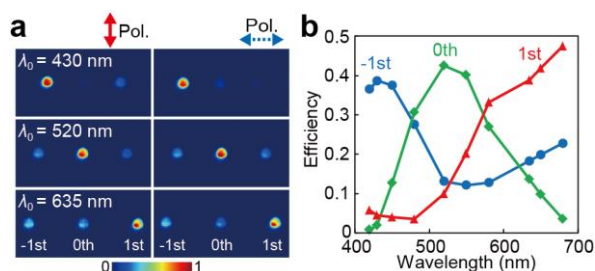


Fig. 2 (a) Diffraction patterns from the splitter. (b) Measured spectra of diffraction efficiency for non-polarized light.

References

1. B. H. Chen *et al.*, Nano Lett. **17**, 6345–6352 (2017).
2. S. Yokogawa *et al.*, Nano Lett. **12**, 4349–4354 (2012).
3. M. Miyata *et al.*, Nano Lett. **16**, 3166–3172 (2016).
4. S. Nishiwaki *et al.*, Nature Photon. **7**, 240–246 (2013).
5. H. Dammann, Appl. Opt. **17**, 2273–2279 (1978).
6. M. Miyata *et al.*, In CLEO: 2018, SF1J.3 (2018).