

誘電体メタサーフェスによる高感度分光イメージング

High-sensitivity spectral imaging via 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

波長スペクトルの空間情報は、物体の認識・分析において非常に有益であるため、様々な分光イメージングの手法が提案されている。近年は、撮像系の小型化・高速化・低コスト化の観点から、異なる透過特性をもつバンドパスフィルタをイメージセンサ上に多数集積した分光イメージセンサが活発に研究されている[1-3]。しかし、この構成では、フィルタの光吸収によって入射した光量の大部分を失っており、センサの光利用効率が本質的に制限されている。

そこで我々は、ピクセルスケールで動作可能な誘電体メタサーフェス・カラープリッタ[4]を活用した分光イメージセンサ構成を新たに提案する。本構成は、透過型プリッタを用いてピクセルスケールで分光を行うため、光利用効率を最大化でき、かつ高い空間解像度を実現することができる。今回は、本構成を用いた分光イメージの取得を実証したので報告する。

Fig. 1a に本構成の概略を示す。モノクロイメージセンサの直上にプリッタアレイを集積する。プリッタは SiN ナノポストから構成され (Fig. 1b), ピクセルスケールで入射光を RGB 三色に分光する機能をもつ[4]。したがって、プリッタ直下の3画素はそれぞれ重み付けされた分光特性をもつ (Fig. 1c)。本提案のセンサ構成は、これら隣接する3画素の信号値から逆問題解法によって波長スペクトルを推定することで、空間情報と波長情報を同時に取得する。

本構成における分光イメージングを実証するため、光学顕微鏡を用いてセンサ構成を疑似的に実現した。また、撮像物体として、既知のカラーフィルタで構成した NTT R&D ロゴを用いた (Fig. 1a 参照)。なお、波長スペクトルは、逆問題を最急降下法によって解くことで1画素毎に推定した。Fig. 2a は実験により取得した分光イメージの一部である。波長に応じて異なる強度分布をもっていることがわかる。イメージの3か所 (i-iii) におけるスペクトルを Fig. 2b に示す。今回は、10 nm の波長分解能でスペクトル推定を行った。また、分光器により取得し

た参照スペクトルを同図に示す。グラフから、取得したスペクトルは総じて参照スペクトルの形状をよく推定していることがわかる。なお、スペクトル推定の精度は、アルゴリズムの改善や推定に用いる画素数を増加することでより向上する可能性がある。また、画素サイズは 1.43 μm であり、現在の高解像度 CMOS センサの画素サイズと同じスケールである。本構成は、CMOS プロセスとの整合性が高いことから、そのようなセンサとのモノリシックな集積を実現できる可能性がある。

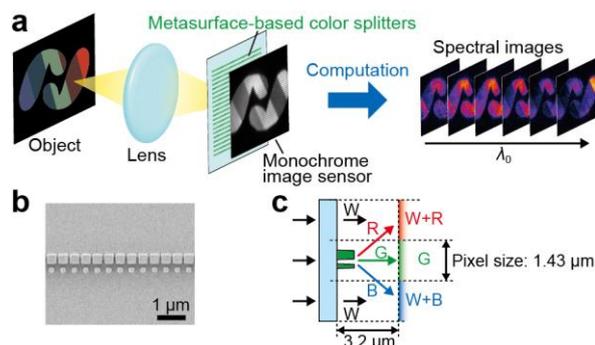


Fig. 1 (a) Schematic illustration of spectral imaging via metasurface-based color splitters. (b) SEM image of the splitter. (c) Sensor configuration with the splitter.

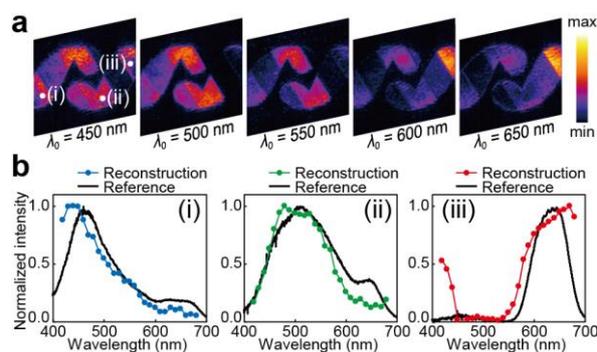


Fig. 2 (a) Reconstructed spectral images. (b) Normalized spectra at the three points.

References

1. N. Gupta *et al.*, *Opt. Eng.* **50**, 033203 (2011).
2. S. Yokogawa *et al.*, *Nano Lett.* **12**, 4349–4354 (2012).
3. Y. Horie *et al.*, *Nano Lett.* **17**, 3159–3164 (2017).
4. 宮田 他, 第79回応物秋季予稿集, 21a-224A-8 (2018).