

遺伝的アルゴリズムを用いて自動設計した赤外デジタルメタマテリアル

Automated Genetic Algorithm Design of Infrared Digital Metamaterials

岡山大 °杉野 有哉, 石川 篤, 林 靖彦, 鶴田 健二

Okayama Univ. °Yuya Sugino, Atsushi Ishikawa, Yasuhiko Hayashi, and Kenji Tsuruta

E-mail: a-ishikawa@okayama-u.ac.jp

金属ナノ構造を集積化した光メタマテリアルを用いると、所望の屈折率と材料分散を有する光学材料を作り出すことができ、新しい原理に基づく光機能デバイスが実現できる。これまで、これらプラズモニックデバイスの設計では、電磁気学やナノ光学に基づく構造設計が長らく行われてきたが、設計者の経験によるところが大きく、人知を超える高性能デバイスの実現には至っていない[1,2]。そこで本研究では、メタヒューリスティクスアルゴリズムの1つである遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて、人為的操作を一切加えない赤外メタマテリアルの自動設計を行なった。さらに、設計したメタマテリアルを作製・評価することで、その有用性を検証したので報告する。

Fig. 1(a)に、本研究で設計した赤外メタマテリアルのモデルを示す。計算機による自動設計において構造パラメータを簡素化かつバイナリ制御するため、面積 $200 \times 200 \text{ nm}^2$ の金薄膜ピクセルが Si 基板上に縦横 7×7 個並んだユニットセルを有するデジタルメタマテリアルを採用した[3]。各ピクセルの有無を遺伝子とするモデルに対してまず、3次元有限要素法に基づく電磁界解析と一点交叉の GA を組み合わせた自動設計を行なった。GA の適応度計算では、メタマテリアルの共振に伴う透過率ディップが 50, 60, 75THz において最小となるように設定し、1世代あたり 20 個体を 50 世代まで計算した構造を採用した。次に、自動設計の結果に基づき、EB リソグラフィ、抵抗加熱蒸着 (Cr / Au = 5 / 20 nm) およびリフトオフプロセスを用いて、Fig. 1(b)-(d)に示す面積 $1 \times 1 \text{ mm}^2$ を有する 3 種類のデジタルメタマテリアルを作製した。赤外特性の評価では、フーリエ変換赤外分光光度計 (JASCO, FT/IR-4200) の標準試料室に直径 1 mm のアパチャを導入することで S/N 比を向上し、構造を持たない同じ Si 基板に対する透過率を測定した。Fig. 2 に示すように、自動設計において設定した目標周波数付近において、メタマテリアルの共振に伴う透過率ディップが観測され、自動設計が与えた一見ランダムな各ピクセルがスペクトル応答の発現に寄与していることがわかった。講演では、パターン認識および機械学習を本手法に組み合わせたメタマテリアルズインフォマティクスへの応用展開についても議論する。

謝辞：本研究の一部は、岡山大学自然生命科学研究支援センターの援助により行われた。

参考文献：[1] Optica **1**, 356 (2014). [2] Nat. Photon. **9**, 378 (2015). [3] Nat. Mater. **13**, 1115 (2014).

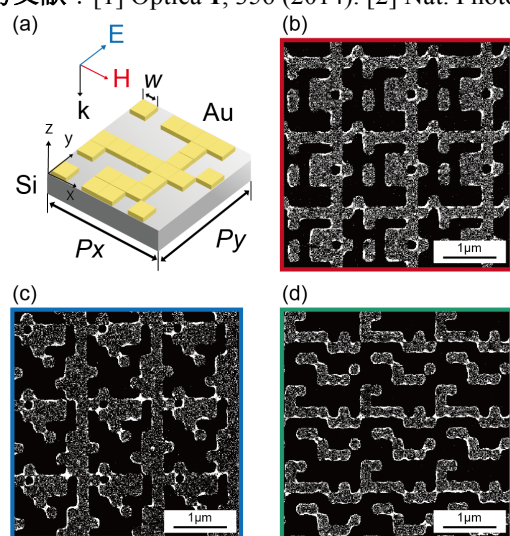


Fig. 1(a) Schematic of the digital metamaterials, (b) - (d) SEM images of the fabricated metamaterials.

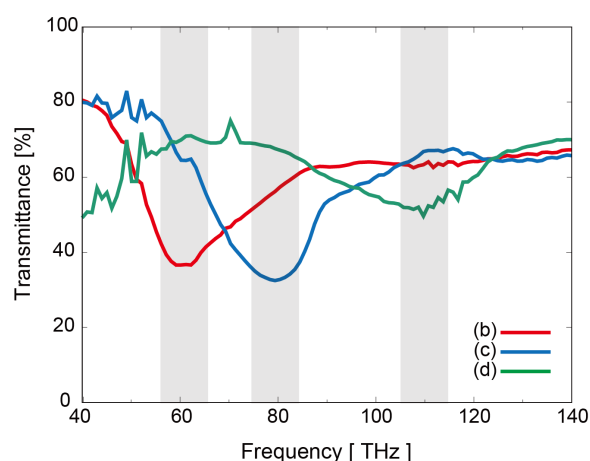


Fig. 2 Measured FT-IR transmission spectra of the metamaterials.