

断面 SEM 解析を用いた金属ナノピラーアレイの FDTD モデリング

FDTD Modeling of Metal Nanopillar Array Using Cross-sectional SEM images

東工大工、^{○(02)} 杉本 陽祐、梶川 浩太郎、當麻 真奈

Tokyo Inst. Tech., ^{○(02)} Yosuke Sugimoto, Kotaro Kajikawa, Mana Toma

E-mail: sugimoto.y.ac@m.titech.ac.jp

[背景] 金属ナノ構造配列の表面プラズモン特性に起因する発色はプラズモニック色と呼ばれ、退色しない高解像な印刷技術に加えて、バイオセンサへの応用も期待されている[1]。これらの応用上、金属ナノ構造配列をミリ〜センチメートルの面積に低コストで再現性良く作製することが課題となる。そこで我々は、ナノピラーアレイを表面に持つモスアイフィルムに着目した。これまでに、周期配列構造を持つモスアイフィルム上に金属薄膜を蒸着すると、金属種と金属膜厚に依存して異なるプラズモニック色が得られることを報告している[2]。本研究では、金属膜厚に依存したプラズモニック色の変化を再現するために、金属ナノピラーアレイの断面 SEM 解析に基づく数値解析シミュレーションとモデリングを行った。

[手法] 金属ナノピラーアレイは、周期配列構造を持つモスアイフィルム上に銀または金の薄膜を蒸着して作製し、光学特性は反射分光法および反射顕微鏡観察によって評価した。金属ナノピラーの断面は、収束イオンビームにより切り出し、ピラーおよび金属薄膜の形状を解析した。数値解析シミュレーションには LumericalFDTD Solutions を使用した。数値計算モデルでは、Fig. 1a の断面図に示すナノピラーが正方晶系に配列した構造配列を用い、垂直入射の反射スペクトルを計算した。

[結果・考察] 実験で作製した金属ナノピラーは、金属種が銀の場合、膜厚 t が 30nm から 100nm に増加するにつれて、青から緑、黄色へと変化した

(Fig.1b)。FDTD シミュレーションでナノピラーと相似な金属層の形状を仮定すると、膜厚が薄い時に実験値との乖離が大きくなった。断面 SEM 解析から、膜厚が 50 nm 以下の時、ピラーサイドの金属層が不連続になり平均的な膜厚が薄くなっていることが分かった。更に、膜厚が 100 nm の場合はピラー上部の金属層の直径がピラー直径よりも大きくなることが明らかとなった。膜厚に依存した金属層の形状変化を組み込むことで、銀ナノピラーの発色を数値解析で再現することに成功した (Fig.1c)。発表では、金ナノピラーの計算結果についても議論する。

[1] M. Toma *et al.*, *Adv. Eng. Mater.*, (2022).

[2] 杉本陽祐、梶川浩太郎、當麻真奈、第 69 回 応用物理学会春季学術講演会 23-E303-4, (2021)

謝辞：断面 SEM の撮影はユーリッヒ総合研究機構 Mayer 博士らによって行われました。

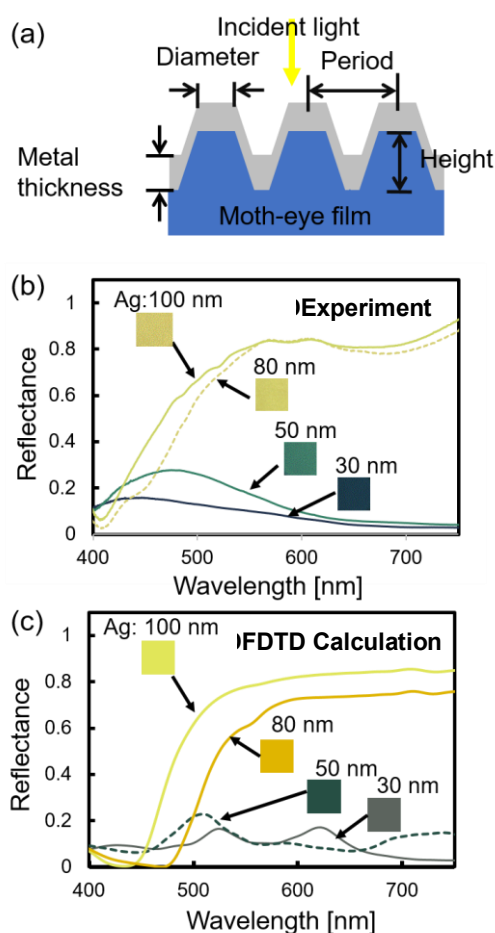


Fig. 1 (a) Schematic of metal nanopillar arrays. Reflection spectra and images of Ag nanopillar arrays taken by (b) experiments and (c) FDTD Calculation. The reflection colors were reproduced calculated