メタマテリアルフィルムを用いた近赤外光学迷彩の理論解析

Analysis of Near-infrared Optical Cloaking Device using Metamaterial Film

雨宮 智宏 [1,2,3*], 山崎 理司 [2], 金澤 徹 [2], 平谷 拓生 [2], 顧 之琛 [2], 石川 篤 [3,4,5],
西山 伸彦 [2], 田中 拓男 [3], 浦上 達宣 [6], 荒井 滋久 [1,2]
○T. Amemiya[1,2,3*], S. Yamasaki[2], T. Kanazawa[2], T. Hiratani[2], Z. Gu[2], A. Ishikawa[3,4,5], N. Nishiyama[2], T. Tanaka[3], T. Urakami[6], S. Arai[1,2]
東京工業大学 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所 [1] 工学院 電気電子系 [2]
理化学研究所 田中メタマテリアル研究室 [3] 岡山大学 大学院自然科学研究科 産業創成工学専攻 [4]
カリフォルニア大学バークレー校 機械工学専攻 [5] 三井化学（株） 機能材料研究所 [6]
[1]IIR, [2]Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Institute of Technology
[3]Metamaterials Laboratory, RIKEN [4] Dept. of Electrical & Electronic Eng., Okayama Univ.
[5]Mechanical Engineering, UC Berkeley [6]Functional Materials Laboratory, Mitsui Chemicals, Inc.
*E-mail: amemiya.t.ab@m.titech.ac.jp

1. はじめに

光メタマテリアルをより柔軟に機能デバイスとして扱うには，簡易な 3 次元実装技術が必要不可欠となる。そのような背景から，我々のグループでは，メタマテリアルを内包した有機薄膜フィルム（メタマテリアルフィルム）[1, 2]を提案している（**Fig. 1** 参照）。

メタマテリアルフィルムの特徴は，膜厚数 μm の有機薄膜内にメタマテリアルを実装することで，所望の光学特性を持ったフィルムを実現できる点にある。今回，メタマテリアルフィルムを用いることにより，近赤外領域において光学迷彩の理論計算を行ったので，それについてご報告する。

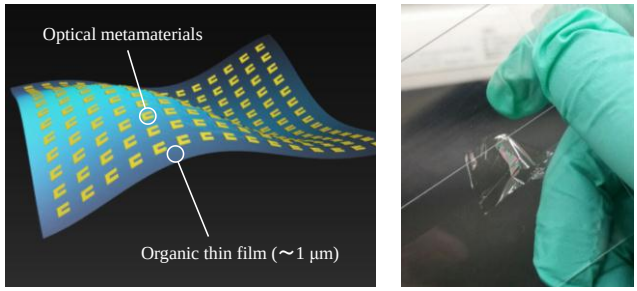

Fig. 1. Metamaterial film.

2. メタマテリアルフィルムを用いた光学迷彩の解析

メタマテリアルフィルムを用いた光学迷彩の実現手法は **Fig. 2** に示すとおりである。適切に設計されたメタマテリアルフィルムを幾重にも重ね合わせることで，光学迷彩に必要な光学定数の 3 次元分布を作り出すことが可能となる。

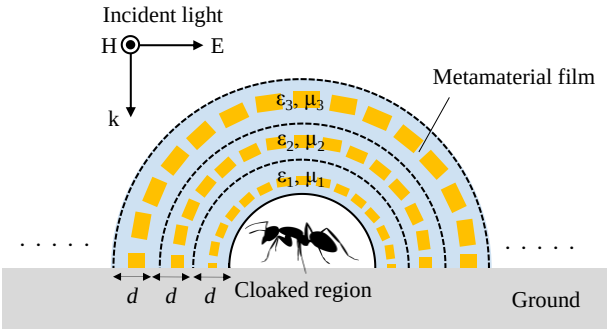

Fig. 2. Optical cloaking device using metamaterial film.

有限要素法による電磁界解析を行うことにより，メタマテリアルフィルムを用いた光学迷彩の検討を行った。本研究では，直径 8 μm の半円柱型光学迷彩を仮定し，メタマテリアルフィルムの膜厚 d は 1 μm，フィルムの使用枚数は 6 枚とした。それぞれのフィルムの光学定数は，通常の変換光学の理論[3]に従って，円柱の中心から各フィルムの中心までの距離により決定した。

Fig. 3 に，波長 1550 nm の平面波を，デバイスの真上から入射したときの，光学迷彩周辺の電界分布を示す（ここで，a = 4 μm, b = 10 μm）。メタマテリアルフィルムによって作られた光学定数の空間分布が離散的であっても，円柱内部を完全に遮蔽でき，反射光の強度に多少の変化がみられるものの，等位相面には乱れがないことが観測された。

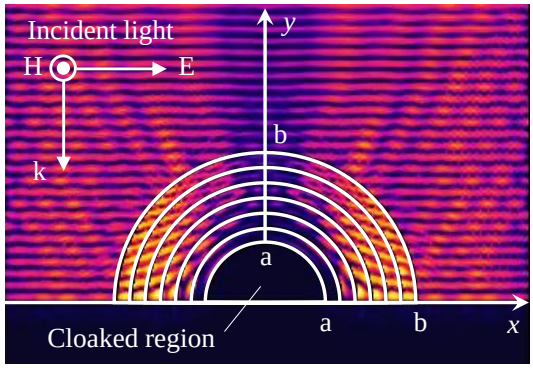

Fig. 3. One exmple of calculated electric field around optical cloaking device.

上記手法は汎用性があり，メタマテリアルフィルムの光学定数・膜厚・使用枚数などを変更することで，近赤外領域の所望の波長において任意形状・サイズの光学迷彩を設計することができる。

謝辞：本研究は，JSPS 科研費（#15H05763, #25709026, #15J04654, #16J11581, #16H06082, #16K18087), JST-CREST の援助により行われた。

参考文献

[1] 雨宮 智宏, 荒井 滋久, 応用物理 **86**, 501 (2016).
[2] T. Amemiya *et al.*, *Proc. CLEO 2016*, FTh1D.2 (2016).
[3] U. Leonhardt, and T. G. Philbin, *Geometry and Light: The Science of Invisibility*, Dover Books on Physics (2012).

© 2017年 応用物理学会