

メタマテリアルフィルムによる近赤外光学迷彩

Near-infrared Cloaking using Rolled Metamaterial Film

雨宮 智宏^{1,2,*}, 山崎 理司², 金澤 徹², 顧 之琛², 井上 大輔², 石川 篤^{3,4},西山 伸彦², 田中 拓男³, 浦上 達宣⁵, 荒井 滋久^{1,2}°T. Amemiya^{1,2*}, S. Yamasaki², T. Kanazawa², Z. Gu², D. Inoue², A. Ishikawa^{3,4}, N. Nishiyama², T. Tanaka³, T. Urakami⁵, 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³ 岡山大学 大学院自然科学研究科 産業創成工学専攻⁴ 三井化学(株) 機能材料研究所⁵¹IIR, ²Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Institute of Technology³RIKEN ⁴ Dept. of Electrical & Electronic Eng., Okayama Univ. ⁵Functional Materials Laboratory, Mitsui Chemicals, Inc.*E-mail: amemiya.t.ab@m.titech.ac.jp

1. はじめに

近赤外・可視光のような高周波で動作するメタマテリアルを用いて光学迷彩の実現を目指す場合、ナノスケールの金属構造体を3次元実装すること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)を提案している[1, 2]。

今回、メタマテリアルフィルムを遮蔽対象に巻き付けることで光学迷彩を実現する手法を開発したので、近中赤外における評価と共にご報告する。

2. 光学迷彩の実現手法

本提案の光学迷彩の実現手法は、Fig. 1(a)に示す。具体的には、予めフィルム内に特定の誘電率と透磁率分布を持つようメタマテリアルを内包させておき、それを、Fig. 1(b)に示すように遮蔽対象に巻き付ける。

Fig. 2(a)に、周波数 60 THz において直径 100 μm の円柱を遮蔽するための誘電率・透磁率分布の設計値を示す。ここで、誘電率はメタマテリアルフィルムを構成している有機材料の屈折率と同一であることから、透磁率のみメタマテリアルを用いて変化させればよい。これを基に計算した、フィルム内に予め分布させるべきリング形状を Fig. 2(b)に示す。これにより、リングのアーム長 a をフィルム内の位置 x にほぼ線形で変化させればよいことが分かった。

作製したメタマテリアルフィルムを SUS ロッド(直径 100 μm) と共にスライドガラスに挟み、滑走させることで巻き取りを行った。その後、金属パターンが形成されたガラス直上にデバイスを配置し、フーリエ変換赤外分光(島津製作所 IRTracer-100 & AIM-9000)によるイメージングを行った。Fig. 3 にその結果を示す。周波数 63 THz において、巻かれたメタマテリアルフィルムが光学迷彩として働き、光の迂回が起こることで、ロッド直下のパターンを観測することに成功した(58.5 THz において画像が乱れているのは、金属パターンが形成されたガラスの透過性が悪化するためである)。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費(#15H05763, #17H03247, #16H06082, #16K18087, #16J11581)、JST-CREST(JPMJCR15N6)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).

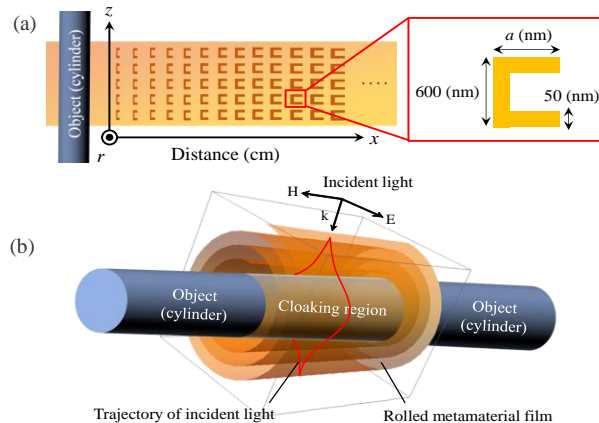


Fig. 1. (a) Metamaterial film before rolling (having metal resonators whose dimension depends on distance x); (b) metamaterial film rolled around cylinder (rolled part is made transparent).

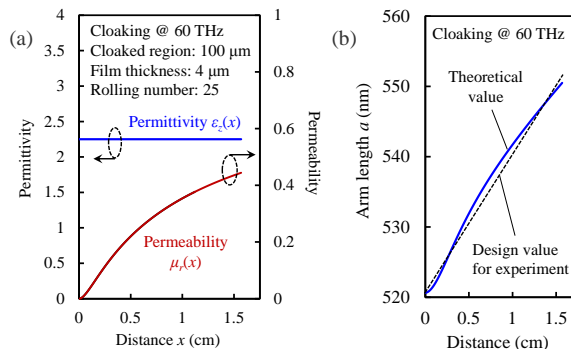


Fig. 2. (a) Calculated μ - ϵ profile of film needed for cloaking; (b) required resonator dimension as a function of distance x .

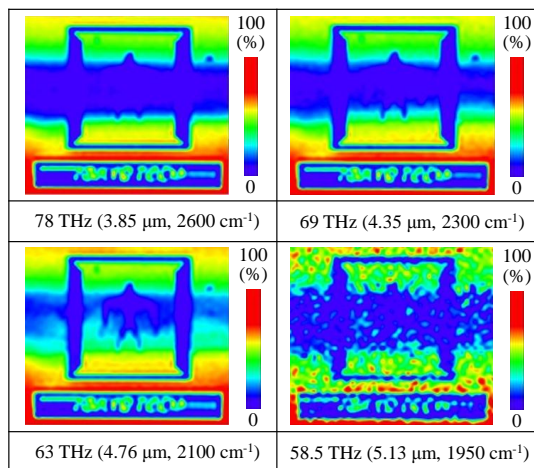


Fig. 3. Results of FTIR imaging for various frequencies.