

光アンテナを用いた赤外屈折率測定法: 実証実験

Infrared Refractive Index Measurement Using Nano-antenna Resonance: Demonstration

○各務 響^{1*}, 雨宮 智宏^{1,2}, 山崎 理司¹, 増田 佳祐¹, 顧 之琛¹, 西山 伸彦^{1,2}, 荒井 滋久^{1,2}○H. Kagami¹, T. Amemiya^{1,2}, S. Yamasaki¹, K. Masuda¹, Z. Gu¹, N. Nishiyama^{1,2}, and S. Arai^{1,2}¹ 東京工業大学 工学院 電気電子系¹, 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所²¹ Department of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Institute of Technology² Institute of Innovative Research (IIR), Tokyo Institute of TechnologyE-mail: *kagami.h.aa@m.titech.ac.jp

1. はじめに

われわれは、プラズモン光アンテナの共振を用いた赤外屈折率測定法の原理実証を目的として、実際に光アンテナ装荷基板を作製し、ポリメタクリル酸メチル樹脂 (Polymethyl methacrylate: PMMA) の屈折率評価を行ったので、ご報告する。

2. 提案する手法を用いた PMMA の屈折率評価

まず、電子ビーム描画およびリフトオフプロセスを用いて、BaF₂ 基板上に異なる共振周波数をもつ光アンテナアレイを複数個配置した (Fig. 1(a))。このとき、光アンテナの形状は Fig. 1(b) に示す通り、C 形リングであり 1 アレイ内の形状はすべて同じである。このリング形状をアレイ毎に 1 辺とリング間距離 x を 250 nm から 600 nm まで、50 nm ずつ変化させた。また、各アレイの領域サイズは、顕微フーリエ変換赤外分光 (Fourier transform infrared spectrometer: FTIR) のスポットサイズと同一の 100 μm 角とした。

Fig. 2(a) に示す顕微 FTIR を用いて測定した光アンテナアレイの透過スペクトルの一例 ($x = 250 \text{ nm}$) を Fig. 2(b) に示す。BaF₂ 基板上に PMMA を塗布していない場合の透過スペクトルに対して PMMA を塗布した場合には、屈折率変化に伴う光アンテナの共振周波数シフトが確認された。本研究で用いる光アンテナの特性曲線は以下の式で与えられる。

$$\omega_x^2 = 1/(f_1(\omega_1)n^2 + f_2(\omega_1)) \quad (1)$$

$$f_1(\omega_1) = 0.0122\omega_1^{-1.887} \quad (2)$$

$$f_2(\omega_1) = 14.695\omega_1^{-2.103} \quad (3)$$

式(1)の ω_1 に、PMMA を塗布していない場合の光アンテナの共振周波数を代入することで、対象の光アンテナの特性曲線を得ることができる。ここで、 ω_x に PMMA を塗布した場合の共振周波数を代入した結果、PMMA の屈折率は 1.4035 と算出された (Fig. 2(c))。

以上の測定と操作を作製した全ての光アンテナアレイに対して行って得られた PMMA の屈折率の光周波数依存性を Fig. 3 に示す。なお、屈折率の文献値 [1] および顕微 FTIR によって得られた分子振動に伴う PMMA の吸収スペクトルも併せて示す。文献値との比較により、本手法による感度は 250THz 近傍で 5×10^{-4} 程度であることが分かった。分子振動に伴う吸収がある領域では、屈折率も大きく変動することが

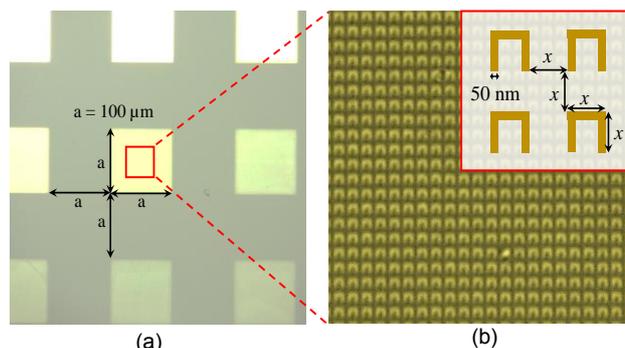


Fig. 1. Images and design of the fabricated nano-antenna array

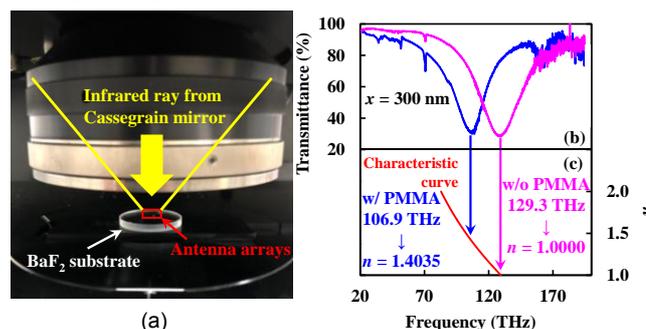


Fig. 2. Measurement system and spectra of FTIR

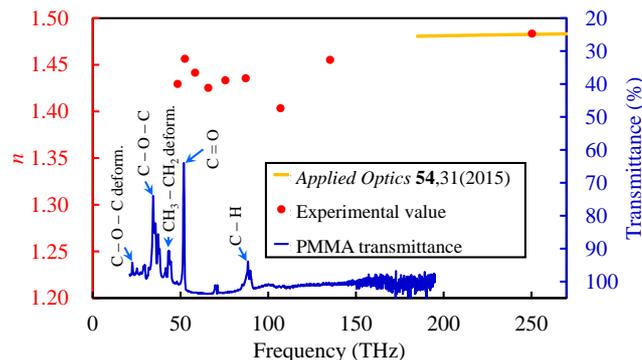


Fig. 3. Calculated index and transmittance spectrum of PMMA

予想されるため、今後は光アンテナアレイの数を増やすことにより周波数分解能を上げる予定である。

謝辞

本研究は、JST CREST (JPMJCR15N6)、JSPS 科研費 (#15H05763, #16H06082, #17H03247) の援助により行われた。

参考文献

[1] G.Beadie *et al.*, *Applied Optics* **54**,31(2015)