

中赤外光アンテナの干渉効果による反射率低減

Reduction in reflection of mid-infrared optical antennas using interference effect

立命館大理工¹, 立命館大 SR センター², 物質・材料研究機構³, 川野貴裕¹, 國近祐太¹, 西村悠希¹,
宮田純一¹, 山本悠人¹, 笠原健一¹, 家路豊成², 池田直樹³, 大里啓孝³, 杉本喜正³
College of Science and Technology¹, SR Center², Ritsumeikan University,
National Institute for Materials Science³, T. Kawano¹, Y. Kunichika¹, Y. Nishimura¹,
J. Miyata¹, Y. Yamamoto¹, K. Kasahara¹, T. Yaji², N. Ikeda³, H. Osato³, and Y. Sugimoto³
ro0012hf@ed.ritsumeai.ac.jp

はじめに

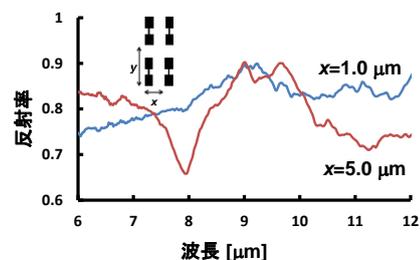
~10 μm といった中赤外域の波長で高感度かつ高速応答する光検出器の開発が望まれている。光アンテナは電界を増強できる効果があり、吸収媒体の上に光アンテナを搭載すれば、このような高性能な光検出器を実現できる可能性がある。そこで、我々は光アンテナ間のピッチを変化させた時の干渉効果と更に、光アンテナ一素子内での干渉効果を用いた場合で反射率がどのくらい制御し、低減できるかを調べた。

実験結果と考察

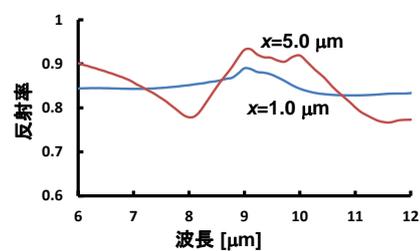
光アンテナ間のピッチを変化させる方法では、これまで検討を進めてきたダンベル型スロットアンテナ¹⁾を用いた。ダンベル型スロットアンテナは中央部を狭めており、その部分で電界が増強される。光アンテナは Si 基板上に CVD 法で SiO_2 を 50 nm 形成し、 SiO_2 からのレストストラレーレン反射による信号(8~9.4 μm)を観測することで反射率のピッチ依存性を調べた。光アンテナは 8×15 個のアレイに配置した。光アンテナ間のピッチは y 方向を 3.5 μm に固定し、x 方向は 1.0/1.6/3.0/5.0 μm と変化させ、顕微 FT-IR で反射率を測定した。図 1 は $x = 1.0, 5.0 \mu\text{m}$ の時の測定と計算結果を示してある。 $x = 1.0 \mu\text{m}$ では波長による反射率の波長依存性は比較的小さいが、 $x = 5.0 \mu\text{m}$ では大きく変化していることが分かり、計算結果ともほぼ一致している。反射率は $x = 5.0 \mu\text{m}$ の時に波長 8 μm で 65%まで低減していることが分かった。

次にファノ効果に基づくアンテナ素子内での干渉による反射率の低減効果を調べた。アンテナ構造としてはドルメン型構造を検討した。この構造では 3 個の矩形状の Au が Si 基板上に近接して配置されており、1 つの縦長のモノマーと 2 つの横長のダイマーから成る。モノマーとダイマーの間隔は 0/0.025/0.065/0.09/0.14 μm と変化させた。光アンテナ同士は十分に離してアレイ化し、反射率を測定した。反射率は全体的にピッチを変化させた時よりも低減し、最小 27%まで低減できた。この低減が実際に本実験で実現されたファノ効果であるかは、モノマーやダイマー内の電荷分布とそこから求められる電界分布を更に分析をする必要はあるが、ファノ効果による反射率の低減・光吸収効率の増大は目的とする光アンテナの実現に向けて一つの方策となる。

[参考文献] 1) T. Kawano et al., NFO13, Salt Lake City, Utah, USA, 2014.



(a)



(b)

図 1 ピッチを変化させた場合 (a)測定結果、(b)計算結果