

円形スロットアンテナによる光増強効果の垂直方向依存性 Vertical Direction Dependence of Light Enhancement in Mid-infrared Optical Circular Slot-antennas

立命館大理工¹, 物質・材料研究機構², ○山本悠人¹, 宮田純一¹,

川野貴裕¹, 國近祐太¹, 笠原健一¹, 池田直樹², 大里啓孝², 杉本喜正²

Ritsumeikan University¹, National Institute for Materials Science², Y. Yamamoto¹, J.

Miyata¹, T. Kawano¹, Y. Kunichika¹, K. Kasahara¹, N. Ikeda², H. Osato², and Y. Sugimoto²

ro0027kv@ed.ritsumeai.ac.jp

はじめに

環境汚染に関わるガスの検出技術が注目されており、中赤外光を利用した方法が開発されている。しかしながら、中赤外光に対する高感度かつ高速応答可能な受光素子は未だ不十分である。そこで我々は光捕集、電界増強効果を持つ光アンテナを搭載した光検出器の作製を検討しているが、今回、我々は円形スロットアンテナにおける光増強効果の深さ依存性について調べた。円形スロットアンテナは偏光依存性を持たないのでダイポールアンテナ等に比べて光検出器応用という観点からは好ましい。

測定結果と考察

円形スロットアンテナは Al_2O_3 / SiO_2 (厚さ: 50 nm) / Si 基板上に作製した。 Al_2O_3 層および SiO_2 層はそれぞれALD法、スパッタ法で積層し、直径3.6 μm のスロットアンテナを10×10のアレイ状に配置した。光検出器への応用では、垂直方向の電界を生成する必要がある。そこで垂直方向の電界に共振する表面フォノンポラリトン(SPhP: Surface Phonon Polariton)を利用して深さ依存性を調べた。開口部が円形であり、偏光依存性がないことから測定では偏光子を使用しなかった。測定結果より Al_2O_3 層が0 nmの時に1140 cm^{-1} 付近で反射率の低下がわずかに確認できた(図1)。SPhP信号が観測される波数は計算結果とおよそ一致していることからこの反射率の低下はSPhP信号によるものと考えている。この信号は膜層の増大に伴い弱くなり40 nmの時には見えなくなった。これは、アンテナから40 nm垂直方向に離れると増強された電界が減衰した事を意味している。

次に、アンテナに対して垂直方向の電界 E_z の2乗を計算した。そのアンテナ表面からの距離依存性を図2に示す。計算は電界が集中するアンテナの縁で行い、 $|E_z|^2$ は、開口部以外の領域にあるAu上の反射率を使って規格化した。アンテナ直下の $|E_z|^2$ は増強し、基板表面では50倍になっている。その後、10~30 nmの深さでは電界の増強度は急激に弱まり80 nmでは0.14となる。40 nmの深さでの増強度は2倍と小さくなっており、測定でSPhP信号が確認できなくなったのはそのためである。

まとめ

円形スロットアンテナで、 SiO_2 からのSPhP信号を観測した。今回の直径では垂直方向の電界は30 nmの深さまで増強されていることが分かった。

参考文献

- 1) Y. Nishimura et al., Opt. Commun., Vol. 349, pp. 98-104, 2015
- 2) 國近祐太 他、第62回春季応物学会、11a-A12-3
- 3) 川野貴裕 他、第62回春季応物学会、11a-A13-1

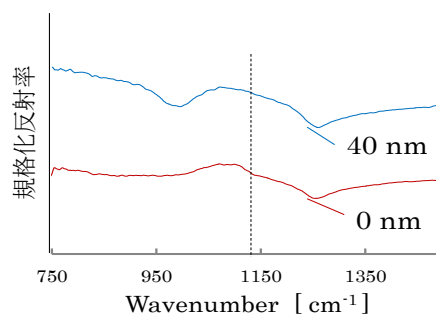


図1 Al_2O_3 の厚みの変化によるSPhP信号

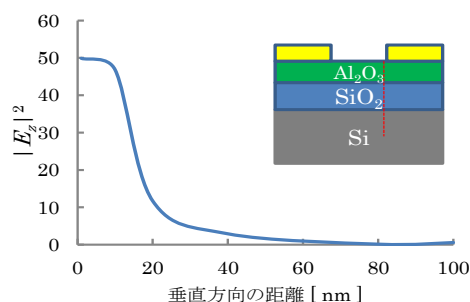


図2 $|E_z|^2$ の垂直方向依存性