27p-PA2-18

中赤外光スロット・アンテナの膜厚方向での光電界増強
Optical electric-field enhancement in the vertical direction with the use of slot antennas in the mid-infrared range

立命館大理工 [1]、物質・材料研究機構 [2] °津島浩一 [1]、 森 俊 [1]、 西村悠希 [1]、 菱井一貴 [1]、笠原健一 [1]
家路豊成 [1]、宮崎英樹 [2]、池田直樹 [2]、杉本喜正 [2]
Ritsumeikan University[1], National Institute for Materials Science[2] °K. Tsushima[1], S. Mori[1], Y. Nishimura[1], K. Hishii[1]
K. Kasahara[1], T. Yaji[1], H. Miyazaki[2], N. Ikeda[2], and Y. Sugimoto[2]
E-mail: ro004078@ed.ritsumei.ac.jp

1. はじめに

量子カスケード・レーザ（QCL）は中赤外域からテラヘルツ域でレーザ発振する。この波長域には、地球温暖化の原因と言われる CO_2 や、生命科学に関連する NO_X といった分子の吸収スペクトルが存在し、QCL はこれらの分光に用いられている。QCL の応用として、我々はそれ以外に固体の微小領域での分析を考えており、QCL 光の電界強度を光アンテナで局所的に増強することを検討している。光領域でのアンテナは通常のアンテナよりも波長が短くなった分を考慮してもプラズモン効果によってサイズ的に小さくなるが、中赤外では可視域に比べて作製が比較的容易である。光アンテナについてはこれまで色々、研究がなされてきているが、層厚方向の電界増強度は必ずしも詳細に調べられていない。そこで今回、光アンテナの形状や測定対象となる下地の膜厚を変えた素子を作製し、FT-IR で反射率を測定することで光アンテナの光電界増強特性を調べた。

2. 光アンテナの作製と反射率測定

作製した光アンテナの平面図を図 1 に示す。光アンテナは Si 基板や Al_2O_3/Si 基板上に形成した。これらの基板上に Au/Cr をつけ、電子線リソグラフィとメタルリフトオフ・プロセスにより微細な光アンテナ構造を作製した。Al_2O_3/Si では原子層レベルで膜厚制御が可能な ALD（原子層堆積法）を用い、20、100、500Å の厚さで Al_2O_3 を Si 基板上に設けた。光アンテナの開口部の形状は、矩形である一般的なスロット・アンテナに対して中央部の幅を狭くした格好としている [1)]。通常のスロット・アンテナの場合、アンテナの共鳴波長は矩形の長辺 L で決まり、電界は短辺周辺で強くなって中心部の電界は強まらない。それに対して図 1 の構造では共鳴波長はスロット・アンテナと同様に長辺の長さでほぼ決まるが、電界は中央部の幅 G が狭くなった部分で増強できるといった特徴がある。素子を作製した後、FT-IR で反射率測定を行った。光アンテナの効果を見るために反射率は光アンテナの無い Au 上の反射率との比をとって求めた。

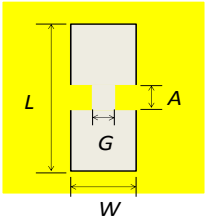

図 1 光アンテナの形状（平面図）L=1~2.5 μm、W=0.4/0.6 μm

3. 測定結果

Si 基板上の光アンテナの測定結果を見ると、アンテナによる共鳴特性とは異なるスペクトルが ~1250cm^{-1} に確認できた。一方、光アンテナが作られていない Si 基板に対する反射測定では、このスペクトルは見られなかった。本スペクトルは Si 表面に形成された自然酸化膜（数 10Å）での表面フォノン・ポラリトン（SPP）によるものであり、正確にはバーマン・モードだと推測される [2)]。Al_2O_3/Si 基板上の光アンテナの反射特性と Si 基板上のそれとは Al_2O_3 の層厚が 20Å では Al_2O_3 が無いものとスペクトルは似ている。しかしながら 100、500Å となるとスペクトルの形は明らかに異なってくる。これらの結果から入射光はアンテナ効果で平面方向だけでなく、層厚方向にも数 10Å といった狭い領域に閉じこめられ、その部分にある物質の情報を反射率を通して得られていることが分かる。

4. まとめ

中央部に電界を集中させた光スロット・アンテナを作製して膜厚方向の電界増強を調べた結果、表面にある物質の情報を敏感に検知できることが分かった。

参考文献　1) V.D. Kumar et al., Photon. and Nanostruct., **7**, pp. 161-169 (2009)　2) F. Neubrech et al., J. Phys. Chem. C, **114**, pp. 7299-7301 (2010)

© 2013 年　応用物理学会