厳密結合波解析による光学キャビティ効果を利用した表面増大赤外吸収の検証

Verification of surface enhanced infrared absorption using optical cavity effect by Rigorous Coupled-Wave Analyses.

弘前大院理工 [1]，弘前大教育 [2]，○水戸部　大地 [1]，島田　透 [2]，鈴木　裕史 [1]
Grad. Sch. of Sci & Technol., Hirosaki Univ[1] , Fac. of Edu. Hirosaki Univ[2].
○Daichi Mitobe[1], Toru Shimada[2], Yushi Suzuki[1]
E-mail: uc@hirosaki-u.ac.jp

[緒言] バッファー層を複雑な金属構造と金属プレーン層で挟み、金属構造とプレーン層間でプラズモン共鳴を調整する研究報告がある[1-5]。我々は、蒸着膜に近い形状の金属角柱配列を金属構造に採用したシミュレートを行い、バッファー層をキャビティとする光学キャビティ効果による表面増大赤外吸収への影響を明らかにした。[6]

本研究では、金属プレーン層を除き、共鳴の可能性を排除した条件で厳密結合波解析(RCWA)[7]によるシミュレートを行い、光学キャビティ効果をさらに検証する。

[計算手法] 真空／Au ナノ粒子パターン層／バッファー層／Si 基板の 4 層系の計算を RCWA で行った。パターン層は粒子の底面を正方形とし、その一辺を 80 nm、粒子間隔を 20 nm、高さを 18 nm とした。モデル分子にはポリアクリル酸を想定したローレンツ振動子を採用し、パターン層の粒子間に配置した。バッファー層にはモデル分子と同様のベース屈折率をもつ物質を採用し、厚さを変化させ、入射角 10° で、反射スペクトルをシミュレートした。計算にはフリーの RCWA 計算ソフト S[4][8]を用い、Si、Au の誘電率は文献値[9,10]を使用した。

[計算結果] 図 2 はバッファー層の厚さを変化させたときの吸収強度を表す。金属プレーン層が無くとも、厚さに依存して吸収強度が周期的に変化していることが明らかとなった。さらに、プレーン層があるときと比べ、吸収強度の最大値はほぼ倍になった。参考文献で挙げられていた共鳴は起こりえないため、光学キャビティ効果をより強調する結果となった。詳細は当日報告する。

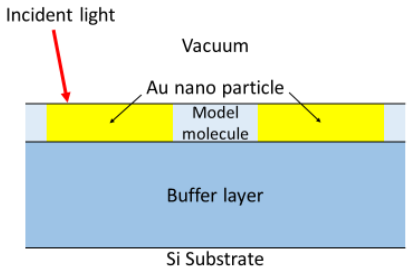

Figure 1　Schematic of the layers used in the simulation.

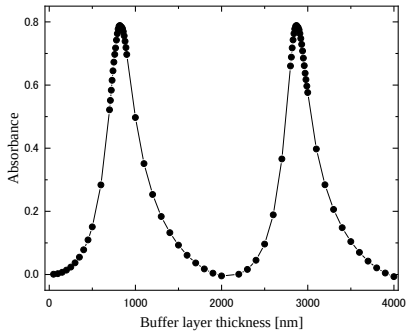

Figure 2 IR absorbance of model molecules as a function of buffer layer thickness.

[1] E. Aslan et al. Sensors and Actuators A: Physical, 267, 60 (2017).
[2] K. Chen et al. Advanced Functional Materials, 25, 6637 (2015).
[3] B. Debbrecht et al. Optics Express, 25, 24501 (2017).
[4] T. D. Dao et al. Nanoscale, 19, 9508 (2019).
[5] E. Aslan et al. Optical Materials, 73, 213 (2017).
[6] D. Mitobe et al. 第 68 回応用物理学会春季学術講演会　16a-Z35-6
[7] G. Moharam, Eric B. Grann, and Drew A. Pommet, J. Opt. Soc. Am. A/Vol. 12, No. 5/May (1995).
[8] V. Liu and S. Fan, Computer Physics Communications183, 2233-2244 (2012).
[9] D. F. Edwards and E. Ochoa, Appl. Opt., 19, 4130-4131 (1980).
[10] R. L. Olmon et.al, Phys Rev. B 86, 235147 (2012).

© 2021年 応用物理学会