

波長変化型表面プラズモン光センサーのシミュレーション

Simulation of the tunable surface plasmon resonance sensor

長谷川裕紀¹, 須田潤^{1,2}

Hiroki Hasegawa¹ and Jun Suda^{1,2}

¹ 中京大学情報理工学部情報システム工学科

² 中京大学工学部電気電子工学科

¹ *Department of Information System Technology School of Information Science and Technology, Chukyo University*

² *Department of Electrical and Electronic Engineering School of Engineering, Chukyo University*

Abstract

The numerical simulation of the wavelength dependence of attenuated total reflection (ATR) was carried in the tunable surface plasmon resonance (SPR) in a Kretschmann configuration of prism/Ag film/sucrose solution sample structure. The calculated results have showed the information of the variations of the ATR in the wavelength range of 700-900nm by assuming the sucrose concentration of 0-5% in water.

1.はじめに

表面プラズモン光センサーは医療現場や現場検証などの分野で応用され、実用化されつつある[1]. 特に血液の糖分や塩分濃度, ガス, 遺伝子の構造に関する高感度な光センサーとして期待されている[2,3]. しかしながらそれらの多くは角度掃引型の構成をもつため, 回転ステージや駆動用精密モータを必要とするので, 比較的大きくなるという欠点がある. そこで本研究は, 入射角を一定のまま入射波長のみを変化させた場合の表面プラズモン光センサーの可能性を探索する事を目的として, Ag 薄膜を用いた表面プラズモンの ATR 特性の波長依存性のシミュレーションを行ったので報告する.

2.シミュレーション方法

本研究では, Fig.1 に示す様に, 入射光を p 偏光とし, プリズム/金属薄膜/試料溶液とした場合のクレッチマン型の ATR 構成を仮定した. 具体的には, K-VC78 プリズム/Ag 薄膜/ショ糖溶液とした場合の ATR 特性の波長依存性のシミュレーションを行った. ここで, Ag 薄膜の複素屈折率分散 (波長 $\lambda=400\sim 900\text{nm}$) を参考文献[4]の 実験値を用いて, 種々の膜厚 $d=20, 30, 37.5, 40, 50\text{nm}$ について求めた. また, K-VC78 プリズムの屈折率分散はデータ表[5]からショット方程式より計算したものをを用いた. ショ糖溶液の屈折率は, 濃度は 0~5%を仮定して求め, 連続的な可視光の波長変化に対する ATR 特性のシミュレーションを行った.

3.結果

Fig.2 に波長 $\lambda=660.8\text{nm}$ として, Ag 薄膜の膜厚 $d=20, 30, 37.5, 40, 50\text{nm}$ とした場合の ATR 特性を示す. Ag 薄膜の膜厚 $d=37.5\text{nm}$ の場合が ATR のディップが最も鋭いのがわかる. Fig.3 に $d=37.5\text{nm}$ とし, 入射角 $\theta(=56^\circ, 58^\circ, 60^\circ, 62^\circ, 64^\circ)$ をパラメータ(一定)とした場合の ATR

の波長依存性を示す。いずれの場合も可視波長領域の ATR 特性を示し、ATR 共鳴が最も鋭い入射角は約 56° であるとわかった。Fig.4 に $\theta=56^\circ$ ，糖分濃度 $C=0\sim 5\%$ とした場合の Ag 薄膜 ($d=37.5\text{nm}$) の波長領域の ATR 特性の計算結果の 1 例を示す。 $C=0\sim 5\%$ については 1%増加するに連れ、ATR 共鳴を与える波長が約 20nm ずつ増加するのがわかる。

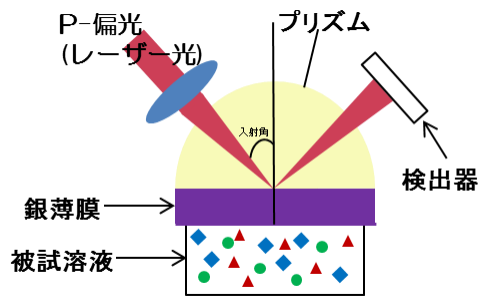


Fig.1 SPR sensor

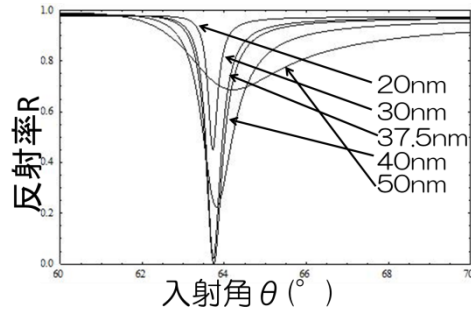


Fig.2 Calculated ATR spectra for various film thickness d with incident angle θ ($\lambda = 660.8\text{nm}$)

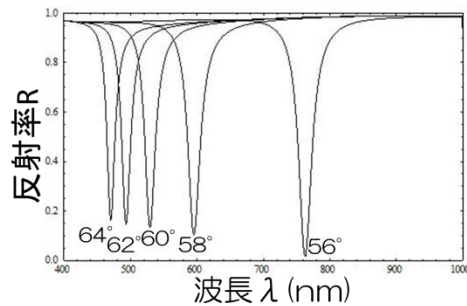


Fig. 3 Wavelength dependence of calculated ATR spectra for various incident angle.

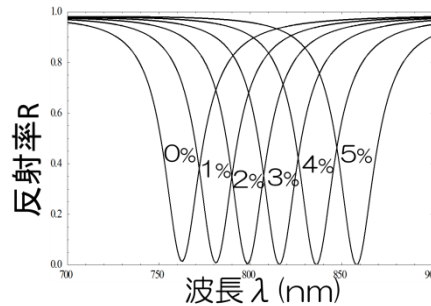


Fig. 3 Wavelength dependence of calculated ATR spectra for various sucrose concentration.

4.まとめ

本研究では波長変化型表面プラズモン光センサーの可能性を探索する事を目的として、ATR 特性の波長依存性のシミュレーションを行い、その特性の一端を明らかにした。

今後はシミュレーションで得られた条件で ATR 特性の波長依存性の実験を行う予定である。

参考文献

- [1] 斜木一樹 牛島英喜 赤瀬信一郎 松元武弘 鎌田薩男, “表面プラズモン共鳴センサーによる ABO 式血液型の迅速測定” 分析科学 Vol.48, No.7, pp669-672(1999)
- [2] 松井義和 塩川祥子 木下靖彦 神谷晋司, “表面プラズモンバイオセンサーの免疫反応における高感度化” TECHNICAL REPORT OF IEICE CPM94-35, OME94-30(1994-07), pp7-12
- [3] 下田道成 松田豊稔 伊山義忠 松尾和典, “周期構造における共鳴吸収と表面波” 信学技報 Vol109 No.401 (2010)193
- [4] P. B. Johnson and R. W. Christy, “Optical Constants of the Noble Metals” PHYSICAL REVIEW B VOLUME6 NUMBER12 (1972)4370
- [5] 住田光学ガラス株式会社 OPTICAL GLASS DATA BOOK(2014年2月).