

遠紫外～深紫外光を用いたアルミニウムの 表面プラズモン共鳴特性の屈折率および膜厚依存性

¹関学大院理工, ²阪大院基礎工, ³東大生研, ⁴静大院工
○渡利幸治¹, 田邊一郎², 田中嘉人³, Taras Hanulia⁴, 後藤剛喜¹, 居波涉⁴,
川田善正⁴, 尾崎幸洋¹

Study of far- and deep-ultraviolet surface plasmon resonance of aluminum depending on refractive index and film thickness

○Koji Watari¹, Ichiro Tanabe², Yoshito Tanaka³, Taras Hanulia⁴, Takeyoshi Goto¹,
Wataru Inami⁴, Yoshimasa Kawata⁴, Yukihiro Ozaki¹
¹ School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University, Japan
² Graduate School of Engineering Science, Osaka University, Japan
³ Institute of Industrial Science, Tokyo University, Japan
⁴ Research Institute of Electronics, Shizuoka University, Japan

【Abstract】

Surface Plasmon Resonance (SPR) sensors have been studied in various fields such as biosensors because of its high sensitivity to surrounding refractive index changes. In this study, a novel far- and deep-ultraviolet (FUV and DUV, 150~300nm) SPR sensor has been developed by using Al thin films. The new SPR sensor may have three advantages: (1) High sensitivity, (2) surface-selective detection, and (3) material selectivity.

In this study, we successfully measured SPR characteristic behaviors depending on the refractive index changes and tried to prove three advantages(1)-(3) on the Al thin film.

【背景】

金属薄膜/誘電体界面で生じる伝搬型表面プラズモン共鳴 (SPR) を利用した SPR センサーは金属表面の屈折率変化に敏感に対応することから DNA、タンパク質の検出や濃度分布を始めとした幅広い分野で研究されてきた。本研究ではプラズマ周波数が高いアルミニウム (Al) 薄膜を用いることで、遠紫外光 (FUV, ≤ 200 nm) を利用した新しい SPR センサーの開発を進めている[1, 2]。遠紫外を用いることで (1) 多くの物質が大きな誘電率を持つことによる高いセンサー感度。(2) 各物質が固有のピーク波長を持つことによる、物質選択的センシング。(3) 従来よりも短波長の光を利用することによる、極表面領域の空間選択的センシング、という3つのメリットが期待される。

本発表では Al 薄膜上の雰囲気を変化させることで、上記のメリットの検証を試みた。

【方法 (実験・理論)】

独自に開発した減衰全反射型 (ATR 型) の遠紫外-可視分光装置を用いて、石英プリズム中に重水素ランプからの光を入射し Al 薄膜を蒸着した界面で全反射した光を検出する。石英上には約 23 nm の Al 薄膜を蒸着した。AFM 測定により平均の荒さは約 4.82×10^{-11} nm であることが分かった。また、Fig.1 のように光路系と試料系が分離されており、かつ試料系は大気に解放されて

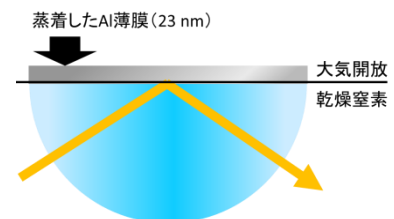


Fig.1. Outline of SPR device

いるので自由に Al 薄膜表面の状態を変えることができる。それにより、従来まで測定が困難だった屈折率依存性の測定が可能となった。

【結果・考察】

まず、高いセンサー感度を検証するため、Au 薄膜と Al 薄膜上にキャストした溶媒の屈折率と SPR のピーク波長の関係を Fig.2 に示す。Al 薄膜、Au 薄膜ともに綺麗な正の相関が確認された。また Au 薄膜と比較し Al 薄膜は、およそ 2 倍のシフト量を示した。

次に、DMF (ジメチルホルムアミド) を Al 薄膜上にキャストした。210-220 nm 付近の吸収と SPR の相互作用を検証した結果を Fig.3 に示す。吸収がない溶媒と比較しシフト量が顕著に変化している事が分かった。これは分子励起の影響で屈折率が急激に変化したためであると考えられる。この結果はメリット (2) で挙げた「物質選択的センシング」が可能であることを示唆している。

さらに、粒径の異なるポリスチレンビーズを Al 薄膜上にキャストし、その粒径の違いによる、反射率の入射角度依存性(Fig.4)を検証した。特定波長を 190 nm とし、まず、粒径が 1.0 μm の場合、二つのディップ (55°、70°付近) が観測された。それは、ポリスチレンビーズと空気の平均屈折率と空気に由来するピークだと考えられる。そこで、粒径を 1.5 μm と大きくすると、空気部分が多くなり空気のディップが見られた。次に 0.5 μm の粒径では、空気のディップは消失し、平均屈折率のみが表れた。これらの結果より、表面の雰囲気変化 (粒径依存性) を捉えることに成功した。粒径の異なるポリスチレンビーズを測定したことで FUV センサーのメリット (3) で挙げた「極表面領域のセンシング」が可能になることが示唆された。

以上より、遠紫外-深紫外領域を用いたセンサーの有用性を示すことに成功した。

【参考文献】

[1] I. Tanabe, Y. Tanaka, T. Ryoki, K. Watari, T. Goto, M. Kikawada, W. Inami, Y. Kawata and Y. Ozaki, Optics Express, 24, 21886-21896 (2016).
 [2] I. Tanabe, Y. Tanaka, K. Watari, T. Hanulia, T. Goto, W. Inami, Y. Kawata and Y. Ozaki Scientific Reports, 7, 5934, DOI:10.1038/s41598-017-06403-9 (2017)

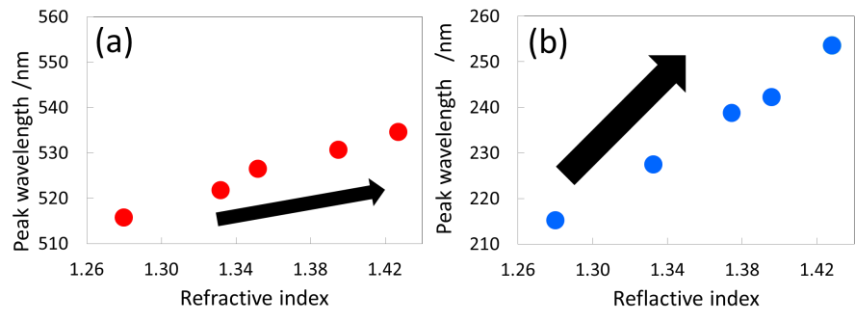


Fig.2. Relation of refractive index and peak wavelength,

(a) =Au thin film, (b) =Al thin film

そ

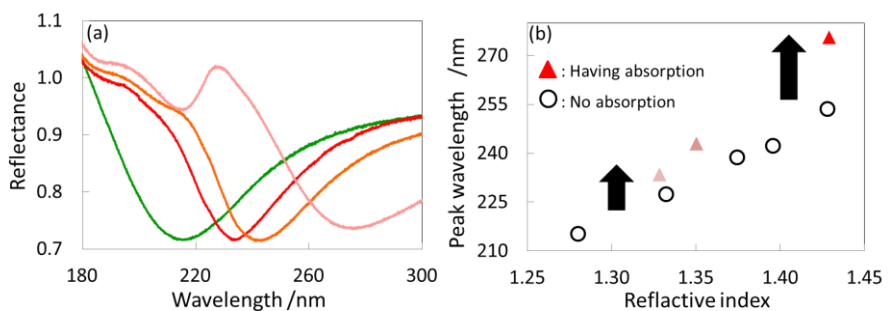


Fig.3. (a)SPR wavelength of depending on absorbance,

(b) Relation of refractive index and peak wavelength

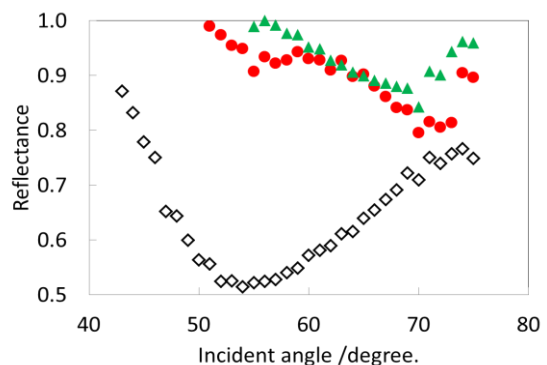


Fig.4. Results of various polystyrene beads (0.5, 1.0, 1.5 μm) depending on incident angle