## オットー配置表面プラズモン共鳴の変調による屈折率分解能の向上

Improvement of RI resolution by modulating surface plasmon resonance in Otto configuration 東京農工大工<sup>o</sup> (M2)下平貴大, (M1)鈴木翔吾, (M2)相澤圭樹, 飯村靖文, 清水大雅

Tokyo Univ. Agri. & Tech., °T. Shimodaira, S. Suzuki, Y. Aizawa, Y. Iimura, and H. Shimizu E-mail: <u>s171820t@st.go.tuat.ac.jp</u>, <u>h-shmz@cc.tuat.ac.jp</u>

## 1. 研究背景

表面プラズモン共鳴(Surface Plasmon Resonance: SPR)センサは金属と誘電体界面の近接場が誘電体の屈折率によって異なることを利用したセンサであり、金属表面への分子認識素子の塗布により、測定対象を特異的高感度検出できるセンサである[1]。ラベルフリー、ガス選択性、高スループットという特長を併せ持つ SPR センサは、感度を現状より上げることで、ガス成分の選択性と検出感度、高いスループットを満たすセンサとなり、他のセンサと比較して優れた性能を実現できる。これまで、偏光・波長等を電気的・磁気的に変調することで表面プラズモン共鳴を変調し、高感度化が試みられてきた[2,3]。本研究ではオットー配置における金属 / 誘電体積層構造を取り上げ[4]、センサ構造を位置によって変化させることで高感度化を目指して設計し、センサ構造を試作したので報告する。

## 2. オットー配置 SPR センサの構造と動作原理

本研究で用いる SPR センサの構造を Fig.1 に示す。金 / 空間(屈折率 n、層厚 t) / ガラスの三層からなり、ガラスプリズム/空間の界面での光の反射に伴って発生するエバネセント波を金 / 空間の界面の表面プラズモン(SPP) と結合させる。屈折率 n に対して層厚 t を変化させるとエバネセント波を SPP の結合度が変化し、最適層厚 t の時、エバネッセント波の波数と SPP の波数が一致し、表面プラズモン共鳴状態となる。Fig.1 において反射率の入射角度依存性を測定すると最適層厚 t のとき、反射率がゼロとなる。SPP の波数k<sub>spp</sub>は金属の屈折率 N<sub>metal</sub>、空間中の分析物質の屈折率 n、及び層厚 t に依存する。したがって SPR 共鳴条件は $\theta_{in}$ , n, t に依存する。ある分析物質に対して、層厚 t としてプラズモン共鳴を実現する to (カットオフ) に対して± $\Delta$ t だけずれた t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>を考え、Fig.1 のようにくさび型構造をもつセンサ構造を作製し、共鳴状態を変調することで高感度化を実現する。なお、本研究では波長 $\lambda$ =1360 nm の近赤外光を検出用光源とした。金の近赤外領域における導電率は可視光領域と比べて高いためセンサ感度を向上でき、また光源として光通信用の半導体レーザ光源の使用を念頭に置いたためである。本研究で用いるセンサ感度の指標を下式に示す。

$$\left(\frac{\Delta R}{R}\right)_{n} = \frac{R[t_{1}] - R[t_{2}]}{R[t_{1}] + R[t_{2}]}$$
(1)

Fig. 2 に反射率の入射角度依存性の計算結果を示す。 $\lambda = 1360 \text{ nm}, n = 1$ のとき膜厚  $t = 3.234 \mu \text{m}$ においてカットオフとなるため、これを  $t_0$ とした。nを変化させたときの $\Delta R/R$ の違い $\delta(\Delta R/R)$ から屈折率変化を検出する。指標の変化が大きいほど感度は大きくなる。反射率の入射角度依存性を微分したものが式(1)で示す $\Delta R/R$ であり、反射率を指標とした場合と比較して約 100 倍増感できる。 $\Delta n = 10^4$ に対して、 $\Delta t = 80 \text{ nm}$ と設定したときの $\Delta R/R$ と差分の計算結果を Fig. 2 に示す。

## 3. 試料作製

空間層膜厚 3.2µm を持つ Fig. 1 に示す試料を作製するため、液晶作製工程のガラス基板張り合わせ工程を用いた。EB 蒸着により Au(200 nm)を蒸着した Si 基板を用意し、ボールスペーサ(2µm)を含むシール剤をガラス基板上に塗布し張り合わせた。作製した試料を Fig.3 に示す。貼り合わせ時の応力により空間層厚 t は 1 µm から 3.2 µm の間で分布しており、今後はこれを利用して Fig.2 の特性を取得する。



参考文献 [1] B. Liedberg et al., Biosensors and Bioelectronics, **10** 853-883, (1995). [2] D. Regatos et al., J. Appl. Phys. **108**, 054502 (2010). [3] T. Kaihara, H. Shimizu, A. Cebollada, and G. Amelles, Appl. Phys. Lett., **109**, 111102 (2016). [4] Y. Lee, Microsyst Technol **23** 1983-1989 (2017).