

誘電体/ZnO:Ga ハイブリッド構造の近赤外域表面プラズモン励起

Surface plasmon excitations on hybrid structure of dielectric and ZnO:Ga in near-infrared range

東大工¹ 農研機構² ○(M1)倉永 康博¹, 松井 裕章¹, 池羽田晶文², 田畑 仁¹
 The Univ. of Tokyo¹, NARO², ○Y. Kuranaga¹, H. Matsui¹, A. Ikehata², H. Tabata¹
 E-mail: kuranaga@biooxide.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

表面プラズモンの応用分野は多岐にわたるが、分子間相互作用の測定やバイオセンシングなどを筆頭に化学・バイオ分野への応用は最も広く行われている^[1]。分子振動に起因する光吸収は近赤外域から中赤外域に多く存在することから、赤外域はプラズモニクスバイオ応用において重要な光学域である。これまで、金や銀のような金属材料がプラズモニクス分野の中心を担ってきた。しかし、一般に、これらのプラズモン共鳴周波数は紫外から可視光域に存在するため、これを赤外域へ拡張しようとナノロッドやナノアンテナアレイ等の構造制御が重要となる。一方で、プラズモン共鳴周波数(ω_p)は $\omega_p = (nq^2 / \epsilon m)$ で定義される (n : キャリア濃度、 q : キャリアの電荷、 ϵ : 誘電率、 m : 電子の有効質量) ことから、材料の物理的性質を利用してプラズモン共鳴周波数を制御することがさらに可能となる^[2]。金属材料は 10^{22}cm^{-3} 以上のキャリア濃度を有し、プラズマ周波数に対応する波長は紫外から可視域に存在する^[2]。一方、酸化物半導体のキャリア密度は、 $10^{18} \text{cm}^{-3} \sim 10^{21} \text{cm}^{-3}$ の幅広い制御が可能であり、そのキャリア密度は不純物の添加量によって変化させることができる。ITOはキャリア密度が 10^{21}cm^{-3} 程度であり、プラズマ周波数に対応する波長は近赤外域に存在する^[2]。また、酸化物半導体(ZnO、 In_2O_3 、 SnO_3)は安価・低環境負荷な材料であることから、プラズモニクス分野への応用が期待されている。

本研究の目的は、酸化物半導体を用いた近赤外域表面プラズモン励起を利用した生体分子検出に向けたセンシングプラットフォームの作製である。本公演では、酸化物半導体としてGa添加ZnO (ZnO:Ga)における表面プラズモン励起について報告する。

2. ZnO:Ga を用いた表面プラズモンセンシングプラットフォームの構築

作製した表面プラズモンセンシングプラットフォームの構成を図1(a)に示す。構造は、基板側から順に、BK-7 ガラス基板、Cytop polymer (溶媒: perfluorocarbon、非晶質構造のフッ素系ポリマー、濃度: 9%、屈折率 $n=1.34$)、ZnO:Ga、

GaO_x 及び水($n=1.33$)から構成されている。BK-7 ガラス基板上的 Cytop polymer 層($2.2 \mu\text{m}$)は、スピンコーティング (2000 rpm で 50 秒) 法を用いて作製した。その後、パルスレーザー堆積法を用いて厚さ 23 nm の ZnO:Ga 層、厚さ 92nm の GaO_x層をそれぞれ形成した。最後に、デバイス上に水を滴下した。

2. ZnO:Ga を用いた表面プラズモンセンシングプラットフォームの評価

$8000 \text{ cm}^{-1} \sim 4000 \text{ cm}^{-1}$ の範囲で SPR (Surface Plasmon Resonance) 測定に基づいて、作製したプラットフォームの分光評価を実施した。SPR 測定の方法は、Kretschmann 法を利用した全反射減衰 (ATR)ユニットを装備したフーリエ変換赤外分光器 (FTIR) を用いた。結果を図1(b)(c)に示す。水の OH 振動モードに起因する光吸収を 5173 cm^{-1} に持つ。更に、高誘電率 GaO_x と ZnO:Ga のハイブリッド構造により SPR 応答が徐々に狭帯化される傾向を示した。

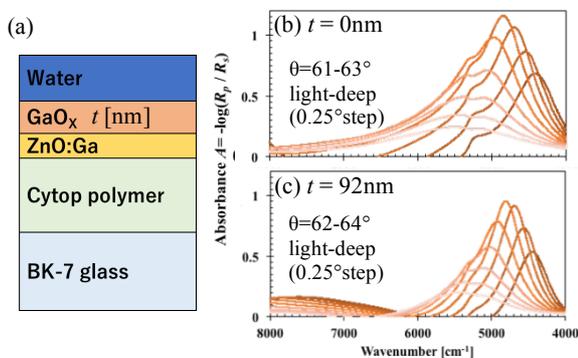


Figure 1. (a) configuration of sample platform, (b) SPR absorbance spectra with no Ga₂O₃ layer (c) with $t = 92 \text{ nm}$ Ga₂O₃ layer.

3. まとめ

本研究において、誘電体-ZnO ハイブリッド構造の作製、及び近赤外表面プラズモン励起の評価を実施した。本講演では、ZnO-SPR における誘電体層の役割を実験的・理論的見地から考察し、表面センシング機能について検討する。

REFERENCES

- [1] 岡本隆之ほか, プラズモニクス-基礎と応用, p151-p210 (2013)
- [2] 日本学術振興会 透明酸化物光・電子材料第 166 委員会 編, 透明導電膜の技術 改定 3 版, p53-p59, p193 (2014)