19p-C1-4

ランダムプラズモニック構造による異常透過の制御とバイオ応用

Control of Extraordinary Light Transmission by Random Plasmonic Structure and Biological Application

阪府大院理[1]，阪府大院工[2]，阪府大ナノ科学･材料セ[3]，

○吉川貴康 [1]、田村守 [1,2]、Nguyen Duy Vy[1]、西田敬亮 [2,3]、床波志保 [3]、飯田琢也 [1,*]

Grad. Sch. Sci. of Osaka Pref. Univ.[1], Grad. Sch. Eng. of Osaka Pref. Univ.[2], N2RC[3]

○T. Yoshikawa[1], M. Tamura[1,2], Nguyen Duy Vy[1], K. Nishida[2,3], S. Tokonami[3], T. Iida[1,*]

[*] E-mail : t-iida@p.s.osakafu-u.ac.jp

【はじめに】金属ナノ構造体は表面プラズモン共鳴(SPR)に由来して常温でも強い光吸収、光散乱、局在電場などを生じる特徴をもつ。金属薄膜上に形成された周期的なナノホールアレイが特定の波長を持った光だけを強く透過する異常透過現象もSPRと関係する[1]。最近、ナノホールアレイへのウイルス付着による異常透過スペクトルの変化を追跡することで、白色光の垂直入射によるウイルス検出が可能であることが実験的に示された[2]。本研究ではこの実験系に着目し、ナノホールアレイの表面デザインに関する理論的研究を行うことで異常透過現象の制御と高感度バイオセンサのための原理開拓を目指した。

【方法】本研究では、ナノホールアレイおよびウイルスを有限サイズの金属および誘電体メッシュの集合体としてモデル化し、時間領域差分(FDTD)法を用いた電磁界シミュレーションを行った。また、離散双極子近似(DDA)[3,4]によるMaxwell方程式の積分形から得られる解析解を用いて、ウイルスとナノホールアレイ中のSPRの電磁気学的相互作用[3]の機構について調べ、上記シミュレーションとの対応関係も議論した。

【結果と考察】まず、センサ表面が平坦な場合に、文献2の実験系をモデル化して計算したところ、実験結果と対応する数値解が得られることを確認した。さらに、現象を系統的に理解するため、異常透過のウイルス付着位置に対する依存性も調べた。ナノホールのエッジ近傍、すなわち局在型のSPRが強く局在する位置で、ウイルス内部に生じたSPRの鏡像が自分自身と相互作用することでピークシフトが最も顕著にみられた(Figure1.(a))。この結果から着想を得て、局在型のSPRを発生しやすい突起型のランダムプラズモニック構造(RPS)を与えたモデルで計算したところ、ウイルス付着時の透過スペクトルのピークシフトが倍増した(Figure1.(b))。またRPSの突起の強度や周期を変化させた時に、ウイルス不着時の異常透過スペクトルが最大となり、センサ応用に最適な強度や周期が存在することを示唆した。

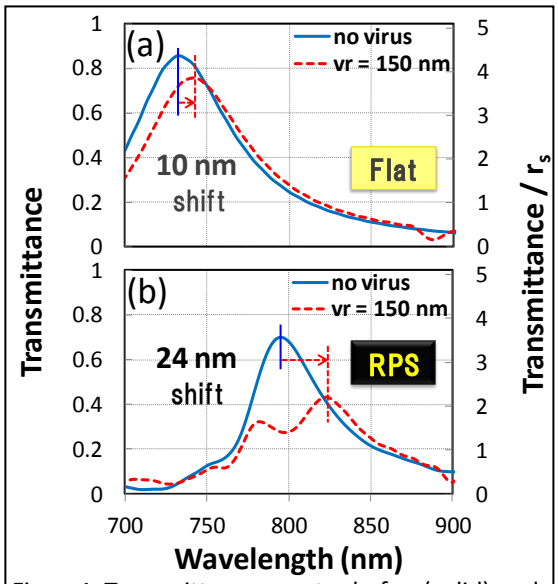

Figure1. Transmittance spectra before(solid) and after(dashed) attaching viruses.
(a) Nanohole array surface is flat.
(b) Random structure is added on the surface.

そのようなRPSは自己組織化により低コストかつ簡単に作製できる可能性があり、高感度化との両立が期待できる。また、スペクトルの変化が大きく起こるRPSの一部にウイルスを選択的に付着させることができれば、上記原理により感度を最大化できる可能性がある。

[1] T. W. Ebbesen, et al, Nature **391**,667(1998)　[2] A. A. Yanik, et al, Nano Lett, **10**,4962(2010)

[3] T. Iida, et al., J. Luminescence **112**,151(2005)　[4] T. Iida, et al, Appl. Phys. Lett. **103**,041108(2013)

© 2014 年　応用物理学会