

ナノフォトニクスを応用した微量物質検知技術（技術紹介）

○加澤 エリト *1)

■キーワード 表面プラズモン共鳴、SPR、局在表面プラズモン共鳴、LSPR、ナノフォトニクス

1. 表面プラズモン共鳴を用いると、ナノメートルの範囲に存在する微量物質の検知が可能となる
2. 表面プラズモンの発生には、金属ナノ構造や金属薄膜が用いられる
3. この物質検知技術は、ウイルス検知や有害ガス検知（ガスセンサ）に応用できる

■はじめに：江戸切子の赤い色

東京都の名産品のひとつである切子ガラスや、教会のステンドグラスの赤いガラスは、ガラスの中に封じ込められた金ナノ粒子によって発色している^[1]。このガラスの発色は、金ナノ粒子の表面で発生する表面プラズモン共鳴^{*1}によって、緑色の光が吸収されることに起因している。金ナノ粒子が緑色の光を吸収する様子を図1に示す^{*2}。

※1: Surface Plasmon Resonance:SPRともいう。金属ナノ粒子で生じる場合には、特に、局在表面プラズモン共鳴(Localized Surface Plasmon Resonance:LSPR)とよばれる。

※2: 図1は、FDTD法(時間領域差分法)とよばれる電磁場解析手法を用いて算出している。グラフより、金ナノ粒子が波長500nm、すなわち緑色の光を強く吸収し、赤色の光だけが透過することが分かる。この結果、金ナノ粒子は赤く発色する。

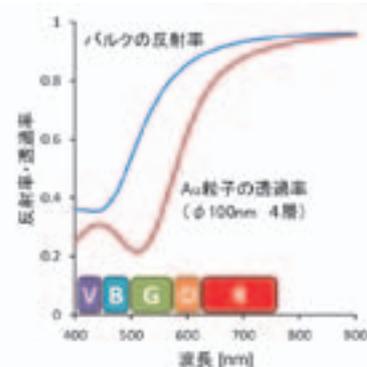


図1. 金の光スペクトル

■プラズモン共鳴を用いた物質検知

金属ナノ粒子に光を照射すると、ナノ粒子表面の自由電子が振動し、光エネルギーの一部を吸収する。この物理現象を表面プラズモン共鳴とよび、次に示すような特徴がある。

- ・周囲の誘電率^{*3}に応じて共鳴波長が変化する：物質検知
- ・影響を受ける範囲は数百nm程度の範囲：ナノ領域^{*4}

表面プラズモン共鳴を用いると、単に発色するだけでなく、物質検知が可能になる。物質検知の例を図2に示す。表面プラズモン共鳴の応答範囲は限定的であるので、バックグラウンドの影響を受けにくい。この結果、高感度の物質検知が可能となる。

※3: 誘電率は媒質固有の値を持つ。通常は媒質の屈折率の2乗に比例する。

※4: ナノメートル領域に限定される光学現象をナノフォトニクスとよぶ。表面プラズモン共鳴はナノフォトニクスの一つである。

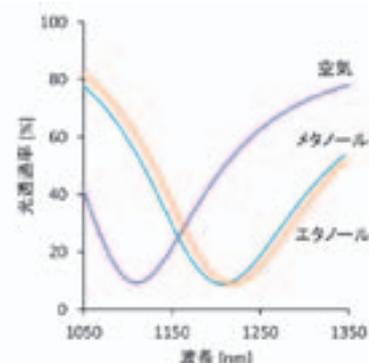


図2. 物質検知の例
φ400nm h50nmの金ナノディスク構造を800nm間隔で配置し、周囲媒質を変えたときの光透過スペクトル(実験値)

■高感度・高性能センサへの応用

都産技研では、金属ナノ粒子に生じる表面プラズモン共鳴をセンサに応用する研究を行っている。例えば、金属ナノ粒子の周囲を多孔質体であるメソポーラスシリカで被覆すると、周囲のガス濃度に応じて光透過率が変化ようになる^[2]。プラズモン共鳴をガスセンサに応用した場合のガス応答特性の一例を図3に示す。表面プラズモン共鳴を用いることで、市販のガスセンサよりも高速に応答復帰する^{*5}。

※5: グラフは、市販の酸化物半導体式のガスセンサと表面プラズモン共鳴を応用したガスセンサ(LSPRと記載)をそれぞれ2000ppm程度の高濃度アルコール雰囲気暴露した後、一般大気に戻したときの応答信号を示している。

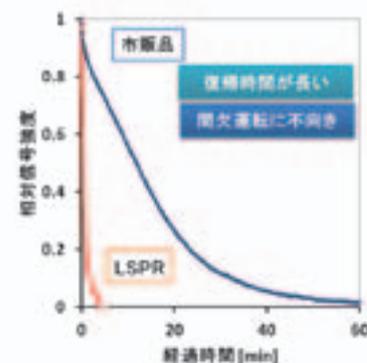


図3. ガスセンサの応答例

参考文献

[1] 化学と工業編集幹事会, 化学と工業, Vol.62-4, April (2009)

[2] A.Monkawa *et al.*, Sensors and actuators B, Vol.196, pp.1-9 (2014)

特許：特許第5460113号、特開2010-210253号、特開2014-59316号公報、その他1件(未公開)

*1) 電子半導体技術グループ