

広域プラズモン増強電場発生を示す Metal-Insulator-Metal ドットアレイの設計と作製 Development of MIM-structured dot array for generation of plasmon-enhanced electric field in large area

大阪府立大学大学院¹, JST さきがけ² ○山田 大空¹, 川崎 大輝¹, 井上 千種¹,
前野 権一¹, 久本 秀明¹, 末吉 健志¹, 遠藤 達郎^{1,2}

Osaka Pref. Univ.¹, JST PRESTO², °Hiroataka Yamada¹, Daiki Kawasaki¹, Chigusa Inoue¹,
Kenichi Maeno¹, Hideaki Hisamoto¹, Kenji Sueyoshi¹, Tatsuro Endo^{1,2}

E-mail: endo@chem.osakafu-u.ac.jp

【背景・目的】

金属ナノ構造は、局在表面プラズモン共鳴(Localized Surface Plasmon Resonance: LSPR)に由来した特定波長光吸収・増強電場発生能を有する。この光学特性により金属ナノ構造は、表面増強ラマン散乱・蛍光増強といった光信号増強素子へ応用する研究が進められており[1]、LSPRによる電場増強効果に基づいた更なる光信号増強効率向上のため、様々な研究がなされてきた[2]。しかし、これまでの研究では、電場増強効率の向上には成功しているが、電場発生領域が狭くなり、狭小部でしか光信号増強効果が得られないという課題があった。本研究ではこれを解決するため、Metal-Insulator-Metal(MIM)構造に着目した。本構造では、プラズモン-プラズモン間の結合に起因した広領域・高強度の増強電場の形成が期待できる。本発表では、MIM ドットアレイ(MIM-Dots)を設計・作製し、その光学特性を明らかにしたため、これを報告する。

【実験操作】

本研究では、初めにシミュレーション解析によって、円柱状 MIM-Dots の直径・誘電体層及び金属層の厚みを系統的に変化させた際の吸収スペクトルを評価し、可視～近赤外波長域での利用に向けた MIM-Dots の設計指針を定めた。

その後、設計に基づいて電子線リソグラフィによりパターンニングした、構造間隔 200 nm, 直径 100 nm の正方形パターンを有するポジ型レジストへ、Au/ 30 nm, MgF₂/ 20 nm, Au/ 30 nm を堆積させた後にレジストをリフトオフして MIM-Dots を得た。その後、顕微分光法を用いた光学スペクトル測定から、作製した MIM-Dots の光学特性を評価した。

【結果・考察】

シミュレーション解析結果の一例として、直径依存性評価結果を Fig.1 に示す。本結果より、2つの固有のピーク A, B が確認できた。各ピークは上下の Au 層での LSPR 同士の相互作用による結合(A)・反結合(B)モードに由来していると考えられる。また、直径の増加に伴い、特にピーク A は大幅に長波長シフトした。これより、可視～赤外光波長の広い波長域での波長調節が示唆された。加えてピーク A は、幅約 100 nm 近くに及ぶ広領域・高強度の増強電場発生に寄与するモードであることも明らかとなった(Fig.1 上部)。

作製した MIM-Dots の SEM 像を Fig.2 に示す。作製した MIM-Dots の反射スペクトルを観察したところ、MIM 構造に起因した 2 つのピークが確認できた(Fig.3)。各ピークは Fig.1 で観察された A, B に相当すると考えられ、可視～近赤外波長で利用可能な MIM-Dots の作製に成功したと考えられる。

上記の結果より、本研究では可視～近赤外波長で広領域・高強度の増強電場発生を示す MIM-Dots の設計指針提示及び作製を達成した。

[1] M. Li *et al.*, *Analyst*, **140**, p386 (2015).

[2] S. Fayyaz *et al.*, *J. Phys. Chem. C*, **116**, p11665 (2012)

Fig.2 Schematic design and SEM image of MIM-Dots

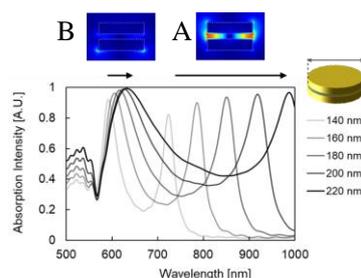


Fig.1 Diameter dependency on absorption spectrum of MIM-Dots

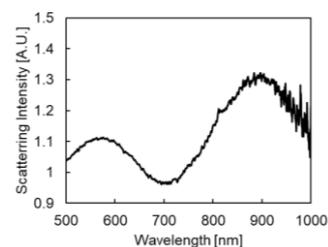
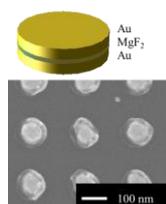


Fig.3 Absorption spectrum of fabricated MIM-Dots