

＊課題番号 : F-12-HK-0026  
 ＊支援課題名 (日本語) : ナノギャップ金チェーン構造のプラズモン分光特性と赤外光照射に基づく放射圧  
 ＊Program Title (in English) : Plasmonic spectral properties of nanogap gold chain structures and radiation force induced by infrared light radiation  
 ＊利用者名 (日本語) : 野澤 翔  
 ＊Username (in English) : Sho Nozawa  
 ＊所属名 (日本語) : 北海道大学工学部  
 ＊Affiliation (in English) : Faculty of Engineering, Hokkaido University

**※概要 (Summary)** : 近年、光と電波の境界領域にあるテラヘルツ (THz) 波が、計測技術や超高速通信などの産業技術として注目されている。THz 波技術の開発においては、THz 波の発生と検出技術の開発が重要な課題だが、特に検出技術に関しては確固たるデバイスの確立には至っていない。したがって、分光機能を有する小型で高感度なテラヘルツ帯のカメラの開発は、バイオイメージング技術だけではなく、空港などでの X 線に代わる低侵襲なセキュリティー検査としての応用もあることから開発が強く求められている。本研究では、ナノギャップを有する金属ナノ構造 (赤外・テラヘルツ域における電磁波を波長選択的に捕集する金ナノチェーン構造) が示す入射光電場強度の $\sim 10^4$  倍に及ぶ光電場増強によって生じる急峻な電場勾配を利用して、光の放射圧による局所的な高分子ゲルの体積相転移を誘起し、赤外・テラヘルツ光を高感度に検出する従来には無い全く新しい原理で動作する光ナノシステムを構築した。

**※実験 (Experimental) :**

シリコン基板上に電子線リソグラフィ、金属スパッタリングおよびリフトオフ法により、12 個連結した金ナノチェーン構造を 6 nm のギャップ幅を有して 2 つ配置したナノギャップ金チェーン構造を作製した。構造体のプラズモン分光特性は、顕微 FT-IR 装置を用いて測定した。また、作製した構造上に、N-イソプロピルアクリルアミドとアクリル酸ナトリウムの共重合体および架橋剤には  $N,N'$ -メチレンビスアクリルアミドを使用して調製した高分子ゲルを配置した。波長 10  $\mu\text{m}$  のレーザー光を構造上に照射し、同軸で導入した波長 550 nm のプローブ光 ( $\sim \mu\text{W}$ ) の反射率をモニターした。

**※結果と考察 (Results and Discussion) :**

図 1(a)に、ギャップ幅 6 nm のナノギャップ金チェーン構造の電子顕微鏡写真、図 1(b)に、電磁場解析 (FDTD シミュレーション) によるナノギャップ金チェーン構造の光電場強度分布を示す。ナノギャップ金チェーン構造のギャップ領域において、40000 倍に及ぶ光電場増強が誘起されていることが明らかになった。また、プラズモン共鳴スペクトルを測定したところ、波長 10.6  $\mu\text{m}$  に共鳴を有することが明らかになった。図 1(c)に、プローブ光の反射率のレーザー光強度

依存性を示す。金ナノ構造がない場合や入射光偏光がチェーン構造に対して垂直な場合は反射率は変化しないのに対して、入射光偏光がチェーン構造に対して平行な場合は、屈折率変化に伴ってプローブ光の反射率が徐々に減少し、赤外光に応答して高分子ゲルの体積相転移が誘起されることが示唆された。

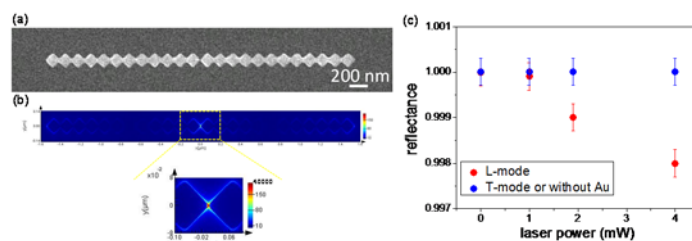


図 1 (a) ナノギャップ金チェーン構造の電子顕微鏡写真 (ギャップ幅: 6 nm)、(b) 電磁場解析 (FDTD シミュレーション) によるナノギャップ金チェーン構造の光電場強度分布 (電場強度は対数表示)、(c) プローブ光の反射率のレーザー光強度依存性

**※その他・特記事項 (Others) :**

今後の課題: 本原理を応用して赤外・テラヘルツカメラを構築する予定である。

**共同研究者等 (Coauthor) :**

(北大電子研) 上野貢生、伊藤弘子、中野和佳子、三澤弘明

**論文・学会発表 (Publication/Presentation) :**

- [1] 野澤 翔、伊藤 弘子、中野 和佳子、上野 貢生、三澤 弘明、“ナノギャップ金チェーン構造のプラズモン分光特性と赤外光照射による放射圧の誘起”、日本化学会第 93 春季年会、立命館大学、2013 年 3 月
- [2] 野澤 翔、伊藤弘子、中野 和佳子、上野貢生、三澤 弘、 “テラヘルツ帯域におけるナノギャップ金チェーン構造の分光特性”、2012 年光化学討論会、東京工業大学、2012 年 9 月
- [3] 上野貢生、伊藤弘子、中野 和佳子、矢座寛人、野澤 翔、孫 泉、三澤弘明、“プラズモニックアンテナを用いた赤外光センサーの構築”、2012 年光化学討論会、東京工業大学、2012 年 9 月