

非対称金ナノロッド二量体系の第二高調波現象

Second harmonic generations from asymmetric Au nanodimers

静岡大工, 奥村 巧樹、余語 宏文、小野 篤史、川田 善正、杉田 篤史

Shizuoka Univ. Koki Okumura, Hirohumi Yogo, Atsushi Ono, Yoshimasa Kawata, Atsushi Sugita

E-mail: tasugit@ipc.shizuoka.ac.jp

ナノギャップ空間を隔てて近接した金ナノ粒子複合系の表面プラズモン現象が大きな注目を集めている。金属ナノ粒子に光を照射すると粒子表面に局在した高密度光電場が発生する。金ナノ粒子どうしが粒子サイズ以下の近距離に接近すると、単一粒子系と比較してより狭い空間により高密度な光電場が発生する。本研究では粒子間のナノギャップ空間に閉じ込められた高密度な光電場の非線形光学への応用について検討した。一般的に偶数次の非線形光学効果は、反転対称性の破れた物質構造においてのみ許容である。本研究では系を構成する粒子サイズを変え、粒子近傍の光電場の分布を非対称化することにより、二次非線形光学効果を得ることに挑戦した。

Fig.1 に検討した非対称系金ナノロッド二量体系の SEM 画像を示す。基本構成ユニットは長方形状の金ナノロッドである。一方のナノロッドの寸法は幅 60 nm、長さ 130 nm、高さ 30 nm とし、他方は幅 60 nm、長さ 100 nm、高さ 30 nm とした。二つのロッドは長軸方向に配列して、ロッド間隔が 20 nm から 100 nm の異なる系について検討した。

製作した金ナノ二量体系の表面プラズモン共鳴は散乱分光によって試験した。系の非線形性は第二高調波分光法によって試験した。Fig.2 に様々な粒子間隔を持つ非対称の金ナノ二量体系の散乱スペクトルを示す。各スペクトルには表面プラズモンに伴うピークが見られる。ピーク波長は粒子間隔が狭くなるのに従い、長波長側にシフトした。スペクトルのピークシフトは二つの粒子に生じたプラズモン分極が連成することによるものである。ギャップ間隔が狭くなるのに従い、ピークシフト量が大きくなったことはそれだけ近接場相互作用が強くなったことに対応する。

Fig.3 は非対称の金ナノ二量体より放射される第二高調波の粒子間隔 Λ に対する依存性を示す。励起光波長は 800 nm とした。この励起波長における各粒子の電場増強度の違いを補正するため、SHG 強度は実験的に求めた値に対して励起波長における散乱強度を二乗で割ることにより規格化した。ギャップ間隔が $\Lambda > 30$ nm 以上の系の放射する SHG 変換効率は一定であるが、 $\Lambda = 20$ nm の系ではそれ以外の系の二倍以上の高い変換効率であった。先行研究によるとギャップ効果による電場増強効果が顕著に表れるのは粒子間隔が 20 nm 以下になった場合と報告されている [1]。本研究においてもギャップ間隔が 20 nm を切ってはじめて電気双極子励起型二次非線形性を示すために必要な非対称化が得られたものと考えている。

参考文献 [1] Nano letters Vol.7,pp,1251(2007)

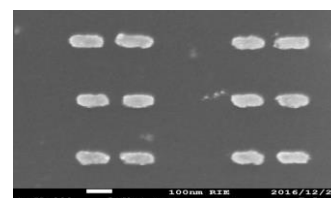


Fig.1 SEM image of asymmetric Au nanodimer

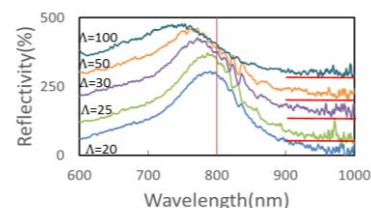


Fig.2 Scattering spectra of Au nanorod dimer with different particle separation Λ .

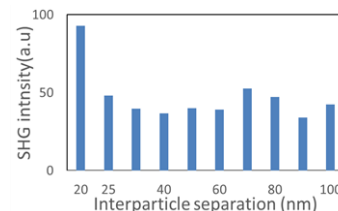


Fig.3 SHG conversion efficiencies as a function of interparticle distance Λ .