

課題番号 : F-15-UT-0012
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 金属ナノ構造による電場増強効果を利用した赤外分光計測
 Program Title (English) : Ultrasensitive infrared spectroscopy utilizing near-field enhancements with metal nanostructures
 利用者名(日本語) : 竹上明伸¹⁾, 草史野¹⁾, 森近一貴²⁾, 今坂光太郎²⁾, 芦原聡²⁾
 Username (English) : A. Takegami¹⁾, F. Kusa¹⁾, M. Ikki²⁾, K. Imasaka²⁾, S. Ashihara²⁾
 所属名(日本語) : 1) 東京農工大学大学院工学研究院, 2) 東京大学生産技術研究所
 Affiliation (English) : 1) Faculty of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology, 2) Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

1. 概要(Summary)

共鳴的な光散乱・光吸収を示す金属ナノ構造による赤外域電場増強の実現と、それを活用した高感度分子分光、強電場現象制御を目指して研究を進めている。これまでに共鳴アンテナの電場増強特性を明らかにし(Kusa *et al.*, *J. Appl. Phys.*, 116, 153103 (2014)), 増強場による金属表面の光電界電子放出を実現した(Kusa *et al.*, *AIP Advances* 5, 077138 (2015))。

今年度は、単分子膜や微量分子の検出, lab on a chip デバイスなどへの応用へ向け、共鳴ナノアンテナによる表面増強赤外分光を目指した。赤外分光の高感度計測に適したナノアンテナの配列構造および基板を明らかにし、赤外分子分光の超高感度化を達成した。

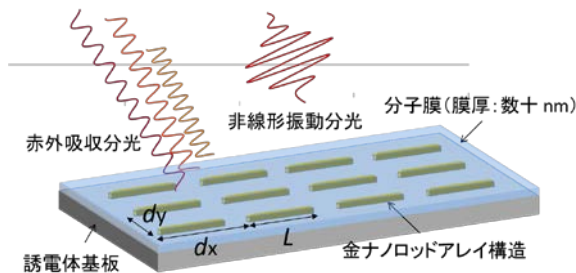


Fig. 1 Illustration of surface-enhanced infrared spectroscopy with Au nanorod arrays.

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 高速大面積電子線描画装置 (ADVANTEST F5112+VD01), クリーンドラフト潤沢超純水付, 電子顕微鏡

【実験方法】 ナノテクノロジープラットフォームにおいて電子線描画によるレジストのパターニングを行った後、自部門に持ち帰って真空蒸着により金薄膜 (Cr 3 nm, Au 50 nm) を成膜し、ZnS 基板および CaF₂ 基板上に金ナノアンテナ(長さ 1000-2500 nm)アレイを作製した。その上に、

スピンコートにより PMMA 分子膜を形成した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

試料の透過・反射スペクトルを FT-IR 法により計測した。ナノロッドアレイが無い場合は PMMA の吸収を観測できないのに対して、アレイ構造を用いた場合には明瞭に C=O 伸縮振動モードに起因する信号が観測され、確かに超高感度化が達成された。また、隣接するアンテナ間でプラズモン同士が強め合いの干渉を起こす配列周期 2.5 μm において、信号増強度が最大となった。以上の振る舞いは電磁場シミュレーションに基づく理論解析結果ともよく一致した。

4. その他・特記事項(Others)

- ・外部資金: 科研費挑戦的萌芽(#26600113)
- ・共同研究者: クラウス・ロパス教授(ゲッティンゲン大学), 草史野氏(東京農工大学大学院博士課程三年), 竹上明伸氏(東京農工大学大学院修士課程二年)
- ・Optics&Photonics Japan 2015 優秀講演賞 草史野
- ・東京大学ナノテクノロジープラットフォームの澤村智紀技術職員, エリック・ルブラッスール研究員, 三田吉郎准教授には、有益な助言および技術指導を賜りました。深謝致します。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) F. Kusa, K. E. Echternkamp, C. Ropers, S. Ashihara, *AIP Advances* Vol.5, 077138 (2015).
- (2) 芦原聡, 草史野, レーザー研究(レーザーオリジナル), Vol.43, No.5, 309-313 (2015).
- (3) F. Kusa, A. Takegami, J. Tayama, S. Ashihara, *International Symposium on Optical Memory 2015*, Tu-F-01 (Toyama, 2015.10.06).

6. 関連特許(Patent)

なし