課題番号　　　　　　　　　:F-15-HK-0057
利用形態　　　　　　　　　:共同研究
利用課題名(日本語)　　　:フーリエ分光法を利用した近接場光学イメージングの高空間分解能化の実現
Program Title (English)　: Achievement of near-field optical imaging with higher spatial resolution utilizing Fourier spectroscopy

利用者名(日本語)　　　:西山嘉男, 岡本裕巳
Username (English)　　:Y. Nishiyama, H. Okamoto
所属名(日本語)　　　　:分子科学研究所
Affiliation (English)　　:Institute for Molecular Science

1. 概要(Summary)

走査型近接場光学顕微鏡(SNOM)は回折限界を超えた空間分解能を有するイメージング法であり、ナノスケールでの光学情報を得る上で重要なツールとなっている。その中で、開口型 SNOM は偏光の自由度が高いなどの利点を持つ反面、その空間分解能は 50-100 nm 程度に制限されていた。本研究では、時間干渉計測を用いたフーリエ分光法を近接場光学イメージングに適用することで、高次の多光子励起過程を選択的に検出し、より高い空間分解能を実現することに取り組んだ。特に、北海道大学微細加工プラットフォームの電子ビーム描画装置により設計された金ナノ構造ダイマーを測定対象とし、微小ギャップ領域で生じるプラズモン増強電場を、より高い空間分解能で可視化することを目指した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

超高精度電子ビーム描画装置、ヘリコンスパッタリング装置

【実験方法】

測定装置の開発は分子科学研究所にて取り組み、近赤外の超短近接場パルス対を用いた時間干渉計測を開口型 SNOM における近接場光学イメージング測定下で行った。この測定では非線形励起の結果生じる可視域の発光をパルス対の時間遅延に応じて検出し、得られた時間相関信号のフーリエ変換により試料の各位置でフーリエ分光スペクトルを得る。これにより、発光の主な過程である二光子励起だけでなく、さらに高次の多光子励起過程をスペクトル分解から選択的に検出することができ、結果としてより高空間分解能でのイメージングが可能となる。この測定法を、北海道大学電子科学研究所の超高精度電子ビーム描画装置およびヘリコンスパッタリング装置を用いて作成した、微小ギャップ(20 nm)を有する金ナノ正方形ダイマーに適用した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

作成した金ナノ正方形ダイマーは微小サイズのギャップを有することが確認された(Fig. 1 (a))。この試料に対して、フーリエ分光を用いた近接場光学イメージングを行った。Fig. 1 (b),(c)はそれぞれ各点における時間相関信号の振動しない成分および照射光の三倍波成分を抽出することで構成した近接場光学像である。三倍波成分の光学像は低次のものと比較してギャップ領域の広がりをより小さく示した。しかしながら、現時点でその違いはわずかであり(ギャップ領域の広がりの半値幅はそれぞれ 120 nm および 150 nm)、今後、測定装置の堅牢性や感度の向上をはかることで空間分解能の明瞭な向上ができると考えられる。

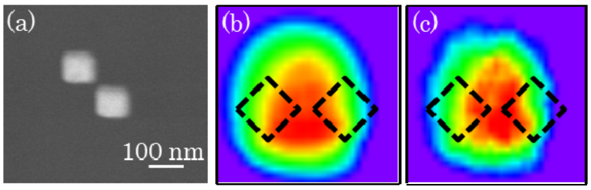

Fig. 1(a) Scanning electron micrograph of a gold nanosquare dimer. (b) and (c) Near-field nonlinear optical images of a gold nanosquare dimer with Fourier components. Panels (b) and (c) show the images obtained with the non-oscillating component and the component oscillating at the third harmonic frequency of the irradiation light, respectively. Dotted lines represent approximate shapes of nanosquares.

4. その他・特記事項(Others)

・共同研究者: Yu Han、上野貢生、三澤弘明
(北海道大学電子科学研究所)

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) H. Mizobata, K. Ueno, H. Misawa, H. Okamoto, K. Imura, The 10th Memorial of Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics (APNFO10), Hakodat3, Japan, Jul. 2015.

6. 関連特許(Patent)

なし。