

課題名 (タイトル) :

プラズモニック・メタマテリアルの電磁気学的解析

利用者氏名 : 田中 拓男

所属 : 和光研究所 基幹研究所 田中メタマテリアル研究室

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

我々は、光の波長より小さい金属微小アンテナをアレイ状に 3 次元的に配列させることで、物質の誘電率や透磁率を人工的に操作できるメタマテリアルの研究を進めている。このメタマテリアルは、負の屈折率物質や光の周波数域で磁性を持つ物質といった「自然界には存在し得ない特性」を持つ物質を人工的に作り出す技術として、基礎科学的な興味だけに留まらず、新奇な光学素子の実現を目指した幅広い範囲において注目を集めている研究分野である。このメタマテリアルの構造設計やその電磁気学的特性の評価、またその加工法として我々が開発した 2 光子還元法の特性評価においては、3 次元的空間内での光波の強度分布や位相を精密に計算する必要がある、その計算規模は大きなものとなる。今年度も引き続き、本研究テーマを実行するために必要となる電磁場計算を行う目的で RICC を利用した。

2. 具体的な利用内容、計算方法

昨年度から継続して、シリコン基板表面に幅 80nm、高さ $1 \mu\text{m}$ の金属フィンを集積化した構造に光を照射した場合の、巨視的な電磁気学特性の変化を RCWA 法を主に利用して計算した。

また、金ナノ構造を生体分子で自己組織的に接続した 2 量子体、3 量子体構造や、銀ナノ微粒子を $1 \sim 5 \text{nm}$ のギャップで六方細密充填構造に配列させた構造を想定し、これらの金属ナノ構造体の電磁気学的特性を評価するために、Discrete Dipole Approximation (DDA) 法を用いて、その透過、反射、吸収特性等を計算した。

3. 結果

金属ナノフィンの構造体の電磁気学的特性については、遠赤外～中赤外域において、周期構造に起因する表面プラズモンのバンドギャップ特性が明らかになった。

また、金ナノ微粒子の集合構造体については、微粒子径や微粒子間隔、光波の入射角、偏光状態を変化させながら、その反射、透過、散乱、吸収スペクトルを計算した。現在、それらを纏めて、電磁気学的特性を解析している。

4. 今後の計画・展望

今後も引き続きこれらの計算機シミュレーションを行う予定である。特に、メタマテリアルの光学的な特性を評価するためには、ナノメートルスケールの構造体をミリメートル以上の大規模なスケールで高効率に数値解析する必要がある。そのため、継続して計算プログラムの最適化を行い、ナノスケールの構造が作り出す、光機能の解明を目指す。

平成 21 年度 RICC 利用研究成果リスト

【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】

・Takahito Ohshiro, Tamotsu Zako, Ryoko Watanabe-Tamaki, Takuo Tanaka and Mizuo Maeda, "A facile method towards cyclic assembly of gold nanoparticles using DNA template alone," *Chemical Communications* **46**, 33, pp. 6132-6134 (2010).

【国際会議、学会などでの口頭発表】

- ・Takuo Tanaka, "Plasmonic Metamaterials," The 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Honolulu, Hawaii, USA) (2010.12.15) (2010).
- ・Takuo Tanaka, "Towards three-dimensional metamaterials - their design and fabrication technique," 2010 International Conference on Optics and Photonics in Taiwan (OPT'10) (Southern Taiwan University, Tainan, Taiwan) (2010/12/4) (2010).
- ・Takuo Tanaka, "Plasmonic metamaterials and their fabrication techniques," Japanese-German Frontiers of Science Symposium (JGFoS) (ドイツ・ポツダム, Germany) (2010.11.13) (2010).
- ・Takuo Tanaka, "Plasmon enhanced three-dimensional multi-layer optical disk," International Symposium on Optical Memory 2010, pp. 28-29 (2010.10.25) (2010).
- ・Takuo Tanaka, "Plasmonic metamaterials," RIKEN-McGill University Joint symposium (McGill University, Canada) (2010/9/22) (2010).
- ・Takuo Tanaka (Speaker was changed to Dr. Atsushi Ishikawa), "Towards three-dimensional isotropic metamaterials," Metamaterials 2010 (Karlsruhe, Germany) (2010.9.15) (2010).
- ・Takuo Tanaka, "Plasmonic metamaterials for artificial magnetic materials in the optical frequency regime," The Magnetics Society of Japan Symposium - Advanced research with synergy between optics and magnetics (2010.9.4) (2010).
- ・Takuo Tanaka, "Three-Dimensional Metal Nano-Structures for Plasmonic Metamaterials," 15th Optoelectronics and Communications Conference (OECC2010) (2010.7.7) (2010).
- ・Takuo Tanaka, "Design and Fabrication of Plasmonic Metamaterials," 7th International Conference on Optics-photonics Design & Fabrication (ODF'10) (Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan), pp. 215-216 (2010.4.20) (2010).
- ・Takuo Tanaka, "Two-photon reduction technique for isotropic metamaterials," The 15th European Conference on Integrated Optics (ECIO10) (Cambridge, UK, UK) (2010.4.7) (2010).
- ・田中拓男, "プラズモニック・メタマテリアル," 日本オプトメカトロニクス協会セミナー 基礎からよく分かる「ナノ領域の光学」入門 (機会振興会館, 東京) (2011.2.4) (2011).
- ・田中拓男, "メタマテリアル入門," 第1回バイオテンプレート研究会 (オークプラザ 2F, 秋葉原, 東京) (2011.1.22) (2011).
- ・田中拓男, "メタマテリアルとは," 光産業技術振興協会フォトニックデバイス・応用技術研究会 (光産業技術振興協会) (2011.1.20) (2011).
- ・田中拓男, "メタマテリアル 負の屈折率をもつデバイス、研究開発とその応用," NHK 放送技術研究所 職場研修(Closed) (NHK 縫合技術研究所, 世田谷区砧) (2010.11.18) (2010).
- ・田中拓男, "新光機能材料ープラズモニック・メタマテリアル," 高分子学会 (森戸記念館, 神楽坂) (2010.11.9) (2010).

平成 22 年度 RICC 利用報告書

- 田中拓男, “メタマテリアル,” 光拠点若手セミナー (Closed 一般の方は参加いただけません. たぶん) (2010. 10. 21) (2010).
- 田中拓男, “メタマテリアルとは,” 富士フィルム (株) 講演会 (Closed) (富士フィルム株, 神奈川) (2010. 10. 12) (2010).
- 田中拓男, “メタマテリアル,” 科学教育振興展覧会 (川越アトレ) (2010. 10. 11) (2010).
- 田中拓男, “科研費申請書の書き方,” 理化学研究所 科学研究費補助金 公募説明会 (Closed 所内のみ), p. (2010. 9. 27) (2010).
- 田中拓男, “共振型 3 次元メタマテリアルの作製と機能評価,” 科学研究費補助金 新学術領域「電磁メタマテリアル」キックオフ研究会, p. (2010. 9. 2) (2010).
- Takuo Tanaka, “Electromagnetic Metamaterials - plasmonic metamaterials -,” Japanese-German Frontiers of Science Symposium (JGFoS) 事前勉強会 (ホテルモントレ半蔵門) (2010. 7. 26) (2010).
- 田中拓男, “プラズモニック・メタマテリアル,” 理研理事長ファンドワークショップ 「基礎科学が発信する環境エネルギー材料」 (Closed) (2010. 5. 29) (2010).
- 田中拓男, “金属の立体構造をナノスケールで形成する光加工技術ープラズモニック・メタマテリアルの実現をめざしてー,” 理化学研究所と親しむ会 Advanced Science Affinity Project 技術交流会 (Closed) (2010. 5. 20) (2010)