

田中メタマテリアル研究室

主任研究員 田中 拓男 (D.Eng.)



(0) 研究分野

分科会:工学

キーワード:メタマテリアル、ナノフォトニクス、プラズモニクス、光計測、光学デバイス

(1) 研究背景と研究目標

これまで、物質の電磁気学的な特性は、物質固有のものであり、物質が決まれば自動的に決まってしまうものとされてきました。当研究室では、この物質固有と考えられてきた誘電率や透磁率をナノ構造体を用いることで人工的に制御し、全く新しい光機能性材料とフォトニクスにおけるブレークスルー技術の創出を目指します。これは光周波数の磁場に直接応答する物質や、屈折率がゼロ、負、もしくは何百万といった巨大屈折率物質など、「あり得ない」物質を人工的に作りだすことを意味しており、我々はこれらを総称して「メタマテリアル」と呼んでいます。我々は、この人工物質を用いて、自在に光を制御する新しいフォトニクス技術へ展開してゆきます。

(2) 2020年度成果と今後の研究計画(中長期計画2025年度まで)

光学異性体の識別技術は不斉合成プロセスの基礎となる技術であり、有機もしくは生体化学分野や薬学分野において極めて重要な技術です。光学異性体のキラリティは円偏光二色性分光法によって測定・識別することができます。これはキラリティを持つ分子が光の円偏光状態に応じて異なる吸収特性を示す事を利用した測定手法です。しかし、一般に円偏光二色性の測定には、分子からの信号が極めて弱いという困難があります。そこで我々は、メタサーフェスと呼ばれる人工構造体に励起されるスーパーキラル場を用いて光学異性体を持つ最も小さなアミノ酸分子であるアラニン分子の構造異性体の円偏光二色性スペクトルを高感度に測定できることを実験的に実証しました。図1のように互いにずらして配置した金ナノロッドペアのアレイ構造に直線偏光を照射すると、構造の形状(金ナノロッドをずらせる方向)に応じて右円偏光もしくは左円偏光に対応するスーパーキラル場が生成されることを確認しました。この場合は、メタサーフェスの構造を調整することによりアラニンの振動吸収線に合致した波数 1600cm^{-1} に生成されるように設計されています。フーリエ変換型赤外分光器を用いた実験により、D-ならびにL-アラニンから生成される鏡像対象な円二色性スペクトルを高感度に測定することに成功しました。我々が開発した技術は、最先端の赤外分子同定を目的としたキラル計測技術として応用されると期待しています。

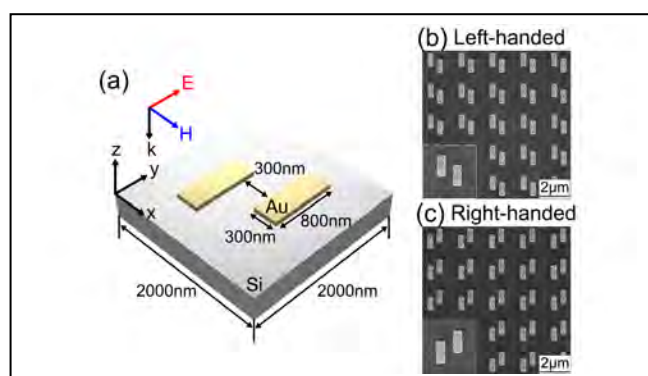


図1 設計・試作したメタサーフェス. (a) 金ナノロッドを違いにずらして配置したメタサーフェスの単一素子

構造と(b), (c) 試作した左手ならびに右手メタサーフェス構造の電子顕微鏡写真。

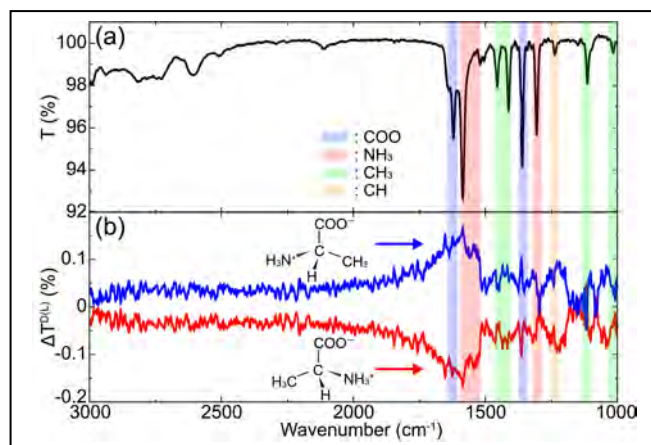


図2 メタサーフェスを用いたスーパーキラル振動分光スペクトル (a) Si基板表面に固定したL-アラニンの赤外スペクトルと(b) メタサーフェスによるD-ならびにL-アラニンの差分透過スペクトル。鏡像対称のスペクトルが得られています。

3) 研究室メンバー

(主任研究員)

田中拓男

(客員研究員)

矢野隆章、Che-Chin Chen、
Renilkumar Mudachathi

(研修生)

前川昌平、小出久美子、
原太一、藏田あかり、

(2020年度)

伊勢川知久、堀川万泰、勝俣翔平、
小田義貴、八木智子、竹内義貴、
藤原将行、祖川隼輝、木原淳、
朝倉拓也、阿部浩幸、伊藤昂、
松澤隼、谷田部駿季、

(アシスタント)

Yi-Jung Liang

(4) 発表論文等

1. "Whitish daytime radiative cooling using diffuse reflection of non-resonant silica nanoshells," T. Suichi, A. Ishikawa, T. Tanaka, Y. Hayashi, and K. Tsuruta, *Sci. Rep.* **10**, 6486 (2020).
2. "Refractive index of nanoconfined water reveals its anomalous physical properties," T. Le, A. Morita, and T. Tanaka, *Nanoscale Horizons* **5**, 1016 (2020).
3. "Hot Carrier Generation in Two-Dimensional Silver Nanoparticle Arrays at Different Excitation Wavelengths under On-Resonant Conditions," Y. Takeuchi, A. Violas, T. Fujita, Y. Kumamoto, M. Modreanu, T. Tanaka, K. Fujita, and N. Takeyasu, *The J. Phys. Chem. C* **124**, 13936-13941 (2020).
4. "Super-chiral vibrational spectroscopy with metasurfaces for high-sensitive identification of alanine enantiomers," T. Iida, A. Ishikawa, T. Tanaka, A. Muranaka, M. Uchiyama, Y. Hayashi, and K. Tsuruta, *Appl. Phys. Lett.* **117**, 101103 (2020).
5. "Realization of Negative Permeability in Vertical Double Split-Ring Resonators with Normal Incidence," H-Y. Tsai, C-C. Chen, T-A. Chen, D. P. Tsai, T. Tanaka, and T-J. Yen, *ACS Photonics* **7**, 3298-3304 (2020).

Supplementary



Laboratory Homepage

<https://www.riken.jp/research/labs/chief/metamaterials/index.html>

http://metamaterials.riken.jp/index_j.html