

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月8日現在

機関番号：14401
 研究種目：挑戦的萌芽研究
 研究期間：2010～2011
 課題番号：22651045
 研究課題名（和文）
 DNAの自己組織化能を用いた可視光領域で磁性を有する新規メタマテリアルの創生
 研究課題名（英文）
 Fabrication of metamaterials working in visible region by using DNA self-organization
 研究代表者
 武安 伸幸（TAKEYASU NOBUYUKI）
 大阪大学・大学院工学研究科・特任講師
 研究者番号：90373323

研究成果の概要（和文）：DNA/金ナノ粒子接合体同士をリング状に連結する手法により、3量体リング構造を大量に作製できた。本構造の光の磁場成分に対する応答を調べるために、3量体リング構造をガラス基板表面に分散・固定し、偏光および入射角度を変えながら透過スペクトル測定を行った。観測されたピークは各金ナノ粒子のプラズモン共鳴、リング状に配置した金ナノ粒子のプラズモンのナノギャップを介した相互作用に由来するものと判断した。

研究成果の概要（英文）：We fabricated amount of Au nanoparticle trimer ring structures by connecting each nanoparticle with DNA. In order to investigate the response of the structure to magnetic component of light, we measured transmission spectra with different polarizations and incident angles. The observed peaks were originated from the plasmon resonance from each Au nanoparticle and the plasmonic interactions of those Au nanoparticles through the nano gaps.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,300,000	0	2,300,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	270,000	3,470,000

研究分野：ナノ光学材料

科研費の分科・細目：ナノ・マイクロ科学・ナノ材料・ナノバイオサイエンス

キーワード：メタマテリアル, DNA, 自己組織化

1. 研究開始当初の背景

近年、光を常識外れの方向に折り曲げる“負の屈折率を持つ材料”に注目が集まっている。この材料は、光の回折限界の制約を受けず、光の波長よりも細かな構造を観察可能な“スーパーレンズ”として働き、光リソグ

ラフィーの更なる微細化、原子・分子が可視化できる光学顕微鏡等を実現する画期的な材料となりうる。負の屈折率を持つ材料として、人工的に設計した微細な構造体をもつ「メタマテリアル」が提案されている。この

メタマテリアルは、通常物質と異なり、光の磁場成分に対して物質内部の電子が応答する微細構造、“磁気共振器”を持つ。最近のトップダウン型の微細加工技術の発達により、これまでにマイクロ波領域で負の屈折率を持つメタマテリアルが実験的に示されている。しかし、この微細加工技術の限界のため可視光域で応答するメタマテリアルの作製は実現していない。

2. 研究の目的

本研究では DNA の自己組織化能を利用した微細加工により、可視光域で負の屈折率を持つメタマテリアルのボトムアップ型創成を目指す。負の屈折率を実現するには、まず可視光域で磁気応答する必要がある。そこで、金属ナノ粒子を DNA によりリング状に連結したナノサイズの“ナノ磁気共振器”を作製し、可視光域の光の磁気成分に応答し透磁率が変化する様子を光学測定によって示すことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) DNA と金ナノ粒子を 1 : 1 で接合し、さらに DNA/金ナノ粒子接合体同士をリング状 DNA 鋳型にハイブリダイゼーションすることにより、最も単純なリング構造である 3 量体リング構造の作成を試みた。本手法は用いる DNA 鋳型によって、4 量体を作成することもできる。作成した試料は電気泳動法にて分離精製した後、基板表面に分散・固定し、SEM/TEM および AFM にて観察を行った。

(2) 上記手法にて作製した 3 量体リング構造の光の磁場成分に対する応答を調べるために、作製した 3 量体リング構造をガラス基板表面に分散・固定し、TM および TE 波を用いて、それぞれ入射角度を変えながら透過スペクトルの測定を行った。

4. 研究成果

(1) 図 1 に示す通り、用いる DNA 鋳型によって 3 量体と 4 量体をそれぞれ作成することができた。生成物には、3 量体リング構造以外にも、単量体、2 量体構造も多く含まれていた。実験を通して、それらの構造が分離精製プロセスにおける構造体の崩壊によって生じることを確認し、設計通りの構造を高収率で得るためには、より強固な構造体が必要と考えた。そこで、ハイブリダイゼーションした DNA 鎖間を、ソラレン分子を用いて架橋した。本手法によりさらに強固な構造を作成でき、より高い収率で 3 量体構造を得ることができた。

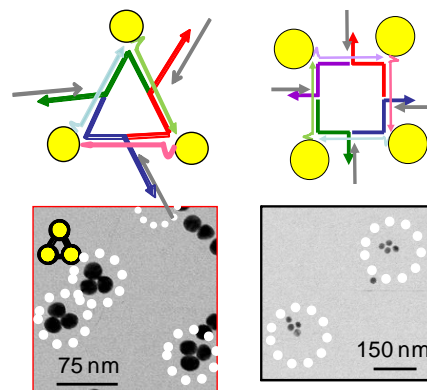


図1 金属リング状構造体(3量体・4量体)の作製とその TEM 像

(2) TM および TE 波、それぞれの透過スペクトルの入射角度依存性を図 2 に示す。垂直入射の場合、透過スペクトルには 532 nm と 596 nm にピークが確認された。さらに、入射角度を変えながら透過スペクトル測定を行った結果、TM 波では透過スペクトル形状の入射角度依存性が観測された。n=1.5 の基板の上に金ナノ粒子 3 量体リング構造が固定されたモデルの透過スペクトルを、有限要素法を用いて計算した。実験で得られた透過スペクトルと計算で得られた透過ス

ペクトルは、TM波・TE波ともに良い一致が見られた。これらの結果から、532 nmのピークは各金ナノ粒子のプラズモン共鳴に由来するものと判断した。一方、596 nmのピークは、リング状に配置した金ナノ粒子のプラズモンのナノギャップを介した相互作用に由来するものと判断した。

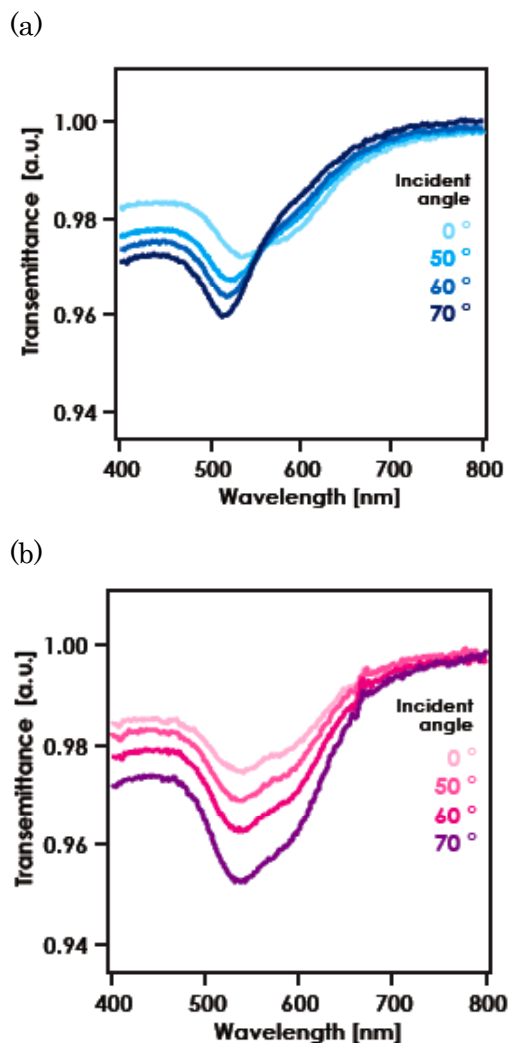


図2 (a)TM波および(b)TE波の透過スペクトルの入射角度依存性

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

1. T. Ohshiro, T. Zako, R.

Watanabe-Tamaki, T. Tanaka, M. Maeda, "A facile method towards cyclic assembly of gold nanoparticles using DNA template alone", Chem. Commun. 査読有, 46, 6132 (2010).

[学会発表] (計3件)

1. T. Tanaka, "Self-organized assembly of metal nanostructures for three-dimensional metamaterials", 2012 Taiwan-Japan Nanophotonics and Plasmonic Metamaterials Workshop, Jan. 12. 2012, National Taiwan Univ., Taipei, Taiwan
2. T. Tanaka, "Plasmonic metamaterials", RIKEN-Kazan Federal University Joint Symposium, Oct. 14. 2011, RIKEN, Wako, Japan
3. T. Tanaka, "Towards three-dimensional metamaterials", The 10th Sweden-Japan Workshop on Quantum Nanophysics and Nanoelectronics (QNANO), Jun. 15. 2011, Visby, Sweden

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計◇件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

武安 伸幸 (TAKEYASU NOBUYUKI)

大阪大学・大学院工学研究科・特任講師

研究者番号: 90373323

(2)研究分担者

田中 拓男 (TANAKA TAKUO)
独立行政法人理化学研究所・
田中メタマテリアル研究室・准主任研究員
研究者番号：40283733

座古 保 (ZAKO TAMOTSU)
独立行政法人理化学研究所・
前田バイオ工学研究室・専任研究員
研究者番号：50399440

(3)連携研究者

()

研究者番号：