

平成 27 年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）実績報告書（研究実績報告書）

1. 機関番号

1	4	6	0	3
---	---	---	---	---

 2. 研究機関名 奈良先端科学技術大学院大学
3. 研究種目名 特別研究員奨励費 4. 研究期間 平成 27 年度～平成 28 年度
5. 課題番号

1	5	J	0	7	1	2	6
---	---	---	---	---	---	---	---
6. 研究課題名 金属カイラルメタ分子の作製と磁気共鳴に関する研究

7. 研究代表者

研究者番号	研究代表者名	所属部局名	職名
	コダマ トシユキ 児玉 俊之	物質創成科学研究科	特別研究員(DC2)

8. 研究分担者

研究者番号	研究分担者名	所属研究機関名・部局名	職名

9. 研究実績の概要

本研究の目的は、強磁性金属のマイクロコイル構造をボトムアップ手法で作製すること、および磁気共鳴の起源の解明と、非相反現象といった特異な電磁波応答を調べることである。本年度は、薄膜の内部応力を利用した強磁性金属のマイクロコイルの作製と、磁気共鳴測定を主に行った。

過去に、複数の磁性コイルを基板固定した試料から特異な磁気共鳴を観測していたが(T. kodama et al., Appl. Phys. A 2016)、共鳴の詳細な起源については不明であった。そこで、試料作製手法を改良し、単一の磁性コイルでの測定を行った。新たな作製手法ではフリースタANDINGの磁性コイルを、巻き方向を制御して作製することに成功した。そのコイルを一つだけ基板に固定し、キャビティを用いた磁気共鳴測定を行った。また、数値計算から共鳴をフィッティングするため、高感度の交番磁界勾配型磁力計を用いて磁化測定を行った。さらに、磁性コイルの詳細な磁気パラメータを見積もるため、平行伝送線路とベクトルネットワークアナライザーを用いた磁気共鳴測定を行った。それらの結果、磁性コイルでの磁気共鳴の詳細なメカニズムが明らかになり、さらに磁場を印加したときの磁化構造も明らかになった(T.Kodama et al., submitted.)。

本研究で確立した、ボトムアップ型マイクロコイルの作製手法は、磁性体のみならず、薄膜応力を誘起する材料であれば、非磁性金属や、さらには非金属においても応用可能である。そのため、三次元MEMSの新たな作製手法としても広く波及が期待される。また、本研究で明らかになった磁気共鳴の起源と磁化構造は、次のステップである非相反現象を調べる際に、非常に重要な知見となる。

10. キーワード

- | | | | |
|-------------|-------------|--------------|-----------|
| (1) メタマテリアル | (2) マイクロコイル | (3) 磁気カイラル効果 | (4) 強磁性共鳴 |
| (5) | (6) | (7) | (8) |

11. 現在までの進捗状況

(区分)(2) おおむね順調に進展している。

(理由)

本年度の目的であった、磁性マイクロコイルの作製手法の確立と、磁気共鳴の起源解明を達成した。当初の予定であった、薄膜の応力を制御した、コイルの直径や巻き数の制御には至らなかった。しかし、単一のコイルを測定することに成功しているため、直径の異なるコイルの中から任意のコイルを選択することで、課題を乗り越えた。また、コイルの巻き数を制御する点に関しては、コイルを形成する短冊の長さを変えることで、課題を達成した。磁気共鳴の起源解明には、磁性コイルの磁化測定が必要不可欠であった。しかし、通常の測定装置では、磁化の値が検出感度以下であったため、高感度の磁化測定装置を用いて測定を行った。その結果、磁性コイルの磁化を算出することに成功した。これまでは磁場掃引での磁気共鳴測定であったが、詳細な議論のためには、周波数掃引の測定が必要であった。そこで平行伝送線路を用いた測定を行った。そして単一磁性コイルの測定に成功した。以上の結果から、数値計算を行い、磁性コイルの特異な磁気共鳴の起源と磁化構造を明らかにした。

以上のように、当初の目標を達成しており、本研究はおおむね順調に進展しているといえる。

12. 今後の研究の推進方策

(今後の推進方策)

現時点で、磁性マイクロコイルの作製手法の確立と磁気共鳴のメカニズムの解明は達成されている。当初の予定では、磁性コイルのスピンドYNAMICSを解明する予定であったが、マイクロスケールでのコイルでは、構造を反映したスピンドYNAMICSの観測は困難であると考えられる。そこで、現時点で安定して作製できるマイクロコイルでの、磁気カイラル効果といった非相反現象の実験的観測を目指す。磁性コイルのような、時間反転対称性と空間反転対称性は同時に破れている系で、磁気カイラル効果は期待される。磁気カイラル効果の観測のために、平行伝送線路を用いたマイクロ波の透過測定を予定している。

すでに予備の実験として、単一の磁性コイルでの信号の測定には成功している。磁気カイラル効果を引き起こすためには、マイクロ波の伝搬方向と平行な外部磁場が必要となる。しかし現時点では、外部磁場はマイクロ波の透過方向に垂直に印加されている。そのため、測定系の改良が必要となる。新たな電磁石はすでに購入されており、伝送線路基板の準備も着々と進んでいる。測定では、磁性コイルのカイラリティや、磁場方向に依存した非相反現象の反転を調べる予定である。

13. 研究発表(平成27年度の研究成果)

(雑誌論文) 計(1)件/うち査読付論文 計(1)件/うち国際共著論文 計(0)件/うちオープンアクセス 計(0)件

著者名		論文標題【掲載確定】				
Toshiyuki Kodama, Satoshi Tomita, Nobuyoshi Hosoito, Hisao Yanagi		Fabrication and ferromagnetic resonance of cobalt chiral meta-molecule arrays				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
Applied Physics A	有	122	2016	1	-	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)						
0.1007/s00339-015-9564-7						
オープンアクセス						
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難						

(学会発表) 計(5)件/うち招待講演 計(0)件/うち国際学会 計(4)件

発表者名		発表標題	
Toshiyuki Kodama, Satoshi Tomita, Nobuyoshi Hosoito, Hisao Yanagi		Fabrication and ferromagnetic resonance of cobalt chiral meta-molecule arrays	
学会等名	発表年月日	発表場所	
META2015(国際学会)	2015年08月04日 ~ 2015年08月07日	The City University of NewYork, NeyYork, USA	

発表者名		発表標題	
Toshiyuki Kodama, Satoshi Tomita, Nobuyoshi Hosoito, Hisao Yanagi		Ferromagnetic Resonance of a Single Chiral Meta-molecule of Permalloy	
学会等名	発表年月日	発表場所	
Metamaterials'2015(国際学会)	2015年09月07日 ~ 2015年09月12日	Examination Schools, Oxford, UK	

発表者名	発表標題【発表確定】	
Toshiyuki Kodama, Satoshi Okamoto, Nobuaki Kikuchi, Osamu Kitakami, Satoshi Tomita, Nobuyoshi Hosoi, Hisao Yanagi	Nonreciprocal microwave transmission of a magnetochiral metamolecule	
学会等名	発表年月日	発表場所
Thailand-Japan Microwave (TJMW2016)(国際学会)	2016年06月09日 ~ 2016年06月11日	King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB), Bangkok, Thailand

発表者名	発表標題【発表確定】	
Toshiyuki Kodama, Satoshi Okamoto, Nobuaki Kikuchi, Osamu Kitakami, Satoshi Tomita, Nobuyoshi Hosoi, Hisao Yanagi	Nonreciprocal microwave transmission through a single metamolecule with magnetism and chirality on coplanar waveguide	
学会等名	発表年月日	発表場所
Metamaterials'2016(国際学会)	2016年09月19日 ~ 2016年09月22日	Chania, Crete, Greece

発表者名	発表標題	
児玉俊之, 富田知志, 細系信好, 柳久雄	平行伝送線路を用いた単一磁気カイラルメタ分子の強磁性共鳴	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本物理学会第71回年次大会	2016年03月19日 ~ 2016年03月22日	東北学院大学泉キャンパス, 宮城県仙台市

(図書) 計(0)件

著者名	出版社		
書名	発行年	総ページ数	

14. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

(出願) 計(0)件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	出願年月日	国内・外国の別

(取得) 計(0)件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	取得年月日	国内・外国の別
				出願年月日	

15. 科研費を使用して開催した国際研究集会

(国際研究集会) 計(0)件

国際研究集会名	開催年月日	開催場所

16. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

(1) 国際共同研究: -

17. 備考

--