

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		人工マルチフェロイクスの創製と新規な非線形磁気光学効果の開拓			
研究テーマ (欧文) AZ		Creation of artificial multiferroics and development of novel nonlinear magneto-optical effects			
研究氏 代 表 名 者	カナ CC	姓) マツバラ	名) マサカズ	研究期間 B	2015 ~ 2016 年
	漢字 CB	松原	正和	報告年度 YR	2016 年
	ローマ字 CZ	Matsubara	Masakazu	研究機関名	東北大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		東北大学大学院理学研究科・准教授			
<p>概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。)</p> <p>【研究目的】 近年の微細加工技術の進展により、光の波長よりも小さな構造を持つサブ波長人工物質を作製し、物質固有と考えられてきた光学応答を人工的に制御することが可能となっている。本研究では、このような人工物質に磁性と誘電性の結合したマルチフェロイック特性を導入し、新しい機能性材料「人工マルチフェロイクス」を実現することで、それにより生み出される新規な非線形光学効果を開拓することを目指した。</p> <p>【人工マルチフェロイクスのデザイン・作製・評価】 室温強磁性体（ニッケル、パーマロイなど）に人工的な空間反転対称性の破れを導入し、仮想的な電気分極を組み込むことで、室温動作・弱磁場応答可能な人工マルチフェロイクスを作製した。電磁波に対する共鳴エネルギー位置などの見積もりに電磁場計算シミュレーションソフトウェアを用いることで、本研究で使用するレーザー波長（800 nm）で共鳴する構造のデザインを行った。試料作製は、イオンビームスパッタ装置、イオンビームエッチング装置などを用いて行い、それ以外の微細加工は東北大学西澤潤一記念研究センターにある共用装置（電子線描画装置）を利用した。作製した試料の評価を研究室で所有する原子間力顕微鏡（AFM）等で行い、設計通りの構造を作製することに成功した。</p> <p>【新規な非線形磁気光学効果の検証】 本研究で提案する「人工的な空間反転対称性の破れ」により 2 次の非線形光学効果（第二高調波発生：SHG）が生じることを明らかにするため、まず、空間反転対称性を持つ非磁性金属（金）の薄膜に空間反転対称性の破れを導入した。構造を持たない通常の金の薄膜では SHG が生じないのに対し、「人工的な空間反転対称性の破れ」の導入により、明瞭な SHG シグナルが観測された。また、得られた SHG シグナルの偏光解析を行い、対称性が予想する通りの結果が得られた。この知見をもとに、次に、ニッケル（Ni）、パーマロイ（Ni₈₁Fe₁₉）などの磁性体薄膜の「表面における反転対称性の破れ」や「人工的な空間反転対称性の破れ」と「磁化」によって生じる磁場制御可能な SHG の測定を行った。磁場依存性の測定から、SHG 強度に明瞭な磁気ヒステリシスが観測され、磁性体を用いることで SHG を磁氣的に制御できることを明らかにした。</p> <p>このように、本研究では人工的に導入した「空間反転対称性の破れ」により、ありふれた磁性体を人工的にマルチフェロイクスにできること、さらに、それらにおいて新規な 2 次の非線形磁気光学効果が活性になることを明らかにした。</p>					
キーワード FA	マルチフェロイクス	メタマテリアル	非線形光学効果	磁気光学効果	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA							
研究機関番号 AC					シート番号							

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}	Reversible optical switching of antiferromagnetism in TbMnO ₃							
	著者名 ^{GA}	S. Manz, M. Matsubara et al	雑誌名 ^{GC}	Nature Photonics					
	ページ ^{GF}	653~656	発行年 ^{GE}	2	0	1	6	巻号 ^{GD}	10
雑誌	論文標題 ^{GB}	Switchable electric polarization and ferroelectric domains in a metal-organic-framework							
	著者名 ^{GA}	P. Jain, M. Matsubara et al	雑誌名 ^{GC}	npj Quantum Materials					
	ページ ^{GF}	16012/1~16012/6	発行年 ^{GE}	2	0	1	6	巻号 ^{GD}	1
雑誌	論文標題 ^{GB}	スパイラル磁性強誘電体 TbMnO ₃ におけるマルチフェロイックドメインの外場応答							
	著者名 ^{GA}	松原正和 他	雑誌名 ^{GC}	固体物理					
	ページ ^{GF}	173~185	発行年 ^{GE}	2	0	1	6	巻号 ^{GD}	51
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要^{EZ}

Recently, it has become possible to control the optical response of a material by introducing subwavelength artificial structures smaller than the wavelength of light. In this study we explored novel nonlinear magneto-optical effects in artificially realized multiferroics ("artificial multiferroics"). Multiferroics are the materials where space inversion and time reversal symmetry are broken simultaneously. Multiferroics have attracted much attention due to their combined magnetic and dielectric properties and resultant novel magneto-electric functionalities. Here we created artificial multiferroics by introducing inversion-broken structures into standard room temperature ferromagnets such as Ni, NiFe, etc. By utilizing electron beam lithography, we made several types of artificial multiferroic thin films with different size of structures, periods, and shapes.

As one of novel nonlinear magneto-optical effects, we investigated magnetization-induced second harmonic generation (SHG) which are allowed only in non-centrosymmetric magnets in the electric-dipole approximation. We measured SHG properties of artificial multiferroics in reflection and transmission geometry. From the measurement of the magnetic field dependence, clear magnetic hysteresis was observed in the SHG intensity, and it was revealed that SHG intensity can be magnetically controlled.

Keywords: multiferroics, metamaterials, nonlinear optical effects, magneto-optical effects