学際科学フロンティア研究所
Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences

増本研究室

Masumoto Laboratory

MASUMOTO LAB.

■新しい複機能材料の開発

- ■『トンネル磁気ー誘電効果』材料の開発（2014年に増本研Gが発見！）
- ■『トンネル磁気ー光学効果』材料の開発（2016年に増本研Gが発見！）
- ■『従来の40倍のファラデー効果』材料の開発（2018年に増本研Gが発見！）
  - ■電磁材料研究所（電磁研）との共同研究
- ■宇宙太陽光発電システム用耐宇宙放射線性光学フィルターの開発
  - ■宇宙航空研究開発機構（JAXA）との共同研究
- ■治癒能力の早い生体親和性インプラント材料の開発
  - ■東北大学歯学部との共同研究

増本研究室
東北大学　学際科学フロンティア研究所 3階　A312
Tel：022-795-4405　mail: hiromasu@fris.tohoku.ac.jp
http://www.fris.tohoku.ac.jp/masumoto/

増本研①：トンネル磁気-誘電効果材料の発見

（2014年7月「ネイチャー：コミュニケーションズ」に掲載）

nature COMMUNICATIONS

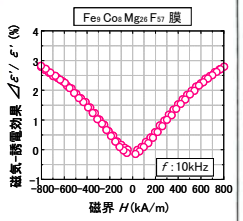
ARTICLE

Received 3 Mar 2014 | Accepted 16 Jun 2014 | Published 22 Jul 2014　DOI: 10.1038/ncomms5417　OPEN

Giant dielectric and magnetoelectric responses in insulating nanogranular films at room temperature

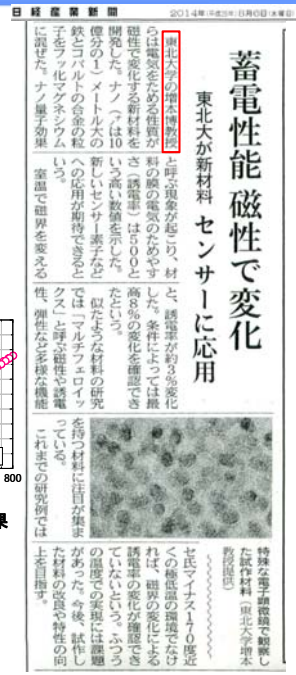
Nobukiyo Kobayashi[1], Hiroshi Masumoto[2], Saburo Takahashi[3] & Sadamichi Maekawa[4]

The electric and magnetic properties of matter are of great interest for materials science and their use in electronic applications. Large dielectric and magnetoelectric responses of materials at room temperature are a great advantage for electromagnetic device applications. Here we present a study of FeCo-MgF nanogranular films exhibiting giant dielectric and magnetoelectric responses at room temperature; with dielectric constant $\varepsilon' = 490$ and magnetoelectric response $\Delta\varepsilon'/\varepsilon'_0 = 3\%$. In these films, Fe-Co alloy-based nanometer-sized magnetic granules are dispersed in a Mg-fluoride-based insulator matrix. Insulating nanogranular films are a new class of multifunctional materials. The giant responses are caused by spin-dependent charge oscillation between magnetic granules via quantum-mechanical tunnelling. A possible application of such insulating nanogranular materials with giant response is in the construction of a tunable device, in which impedance components such as capacitance and inductance are tunable at room temperature.



トンネル磁気−誘電(TMD)効果

- ■ 室温で誘電率または透過率が磁場により変化する全く新しい現象！
- ■ 世界で初めて2014年に増本研Gが発見！



日経産業新聞　2014年（平成26年）7月9日（水曜日）

蓄電性能 磁性で変化
東北大が新材料 センサーに応用

東北大学の増本博教授は「誘電率が約3%変化」と呼ぶ現象が起こり、材料の磁の電気のためやすさ（誘電率）は500と高い数値を示したという。似たような材料の研究では「マルチフェロイクス」と呼ぶ磁性や誘電性、弾性など多様な機能を持つ材料に注目が集まっている。これまでの研究例では室温で磁界を変えると、誘電率が約3%変化した。条件によっては最高8%の変化を確認できたという。

鉄とコバルトの合金の粒子をフッ化マグネシウムに混ぜた、ナノ量子効果への応用が期待できるという。

特殊な電子顕微鏡で観察した試作材料（東北大学増本教授提供）

七氏マイナス170度近くの極低温の環境でなければ、磁界の変化による誘電率の変化が確認できていないという。ふつうの温度での実用には課題があった。今後、試作した材料の改良や特性の向上を目指す。

増本研②　トンネル磁気-光学効果材料の発見
透明な強磁性体薄膜！

（2016年9月「ネイチャー：サイエンティフィック レポート」に掲載）

www.nature.com/scientificreports

SCIENTIFIC REPORTS

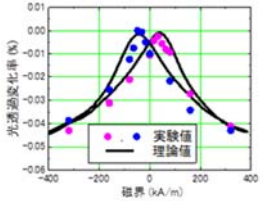
OPEN

Optically Transparent Ferromagnetic Nanogranular Films with Tunable Transmittance

Received: 11 May 2016
Accepted: 05 September 2016
Published: 28 September 2016

Nobukiyo Kobayashi[1], Hiroshi Masumoto[2], Saburo Takahashi[3] & Sadamichi Maekawa[4]

Developing optically transparent magnets at room temperature is an important challenge. They would bring many innovations to various industries, not only for electronic and magnetic devices but also for optical applications. Here we introduce FeCo-(Al-fluoride) nanogranular films exhibiting



トンネル磁気ー光学(TMO)効果

- ■世界で初めての透明な強磁性体薄膜！（実用材料）
  - ■ひし形が薄膜部分。背景が透けて見えている）
  - ■磁化の大きさは　18 kA/m (0. 025 T)
- ■ 同時に「トンネル磁気ー光学効果の発見」（新原理）

日経産業新聞　2016年（平成28年）9月30日（金曜日）

透明な強磁性体
電子機器への応用期待
電磁研など

電磁材料研究所の小林伸聖主席研究員のグループは、常温で磁化がきちく透明な強磁性体を開発した。この磁性体に磁場を加えると透明度が変わる特性も良いだ。自動車のフロントガラスなどに情報を直接表示するデバイスなどの電子機器への応用が期待される。

東北大学の増本博教授や高橋三郎助教、日本原子力研究開発機構の前川禎通センター長らが研究に参加した。研究成果は、英科学誌サイエンティフィック・リポーツに掲載された。

開発したのはナノグラニュラー膜と呼ぶ金属と絶縁体が合さった薄膜。材料は、研究グループは、真空中で金属粒子を別の金属に挿り換えもらせて薄膜を作る「スパッタリング」という加工技術を活用した。透明なフッ化アルミニウムに、強磁性体の鉄とコバルトの合金を薄く重ねて薄膜を作った。

今回開発した薄膜は室温で1万5千分の1ラジアンの磁化の大きさが得られた。これまでに発表された透明な磁性体はセ氏マイナス270度などの極低温でしか同様の磁化の大きさは得られなかった。

また、試作した薄膜に磁場を加えたところ、可視光の透過度が0・4%ほど変化し始めるなど現象を確認できた。東北大学の増本教授は「変化率がさらに高まれば、航空機のコックピットのフロントガラスに燃料計や地図を直接表示できる電子機器も実現できる」と期待を寄せる。

増本研③　45年ぶりに新たな磁気光学材料を発見
従来の40倍の巨大ファラデー効果薄膜材料の開発に成功！

（2018年6月「ネイチャー：サイエンティフィック レポート」に掲載）

www.nature.com/scientificreports

SCIENTIFIC REPORTS

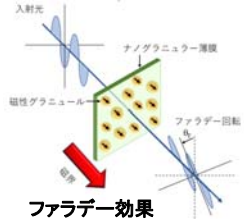
OPEN

Giant Faraday Rotation in Metal-Fluoride Nanogranular Films

Received: 6 November 2017
Accepted: 5 March 2018
Published online: 21 March 2018

N. Kobayashi[1], K. Ikeda[1], Bo Gu[2], S. Takahashi[3], H. Masumoto[4] & S. Maekawa[2]

Magneto-optical Faraday effect is widely applied in optical devices and is indispensable for optical communications and advanced information technology. However, the bismuth garnet Bi-YIG is only the Faraday material since 1972. Here we introduce (Fe, FeCo)-(Al-, Y-fluoride) nanogranular films exhibiting giant Faraday effect, 40 times larger than Bi-YIG. These films have a nanocomposite structure, in which nanometer-sized Fe, FeCo ferromagnetic granules are dispersed in a Al,Y-fluoride matrix.



ファラデー効果

材料	ファラデー回転角θ_F(deg./μm)	
	波長 λ=650nm	波長 λ=1550nm
$Fe_{26}Al_{28}F_{46}$	2.9	-0.53
$Fe_{13}Co_{10}Al_{22}F_{55}$	1.6	-1.3
$Fe_{25}Y_{23}F_{52}$	2.7	-0.71
$Fe_{21}Co_{14}Y_{24}F_{41}$ 新材料	8.0	-4.0
Bi-YIG 現材料	-0.6	-0.11

40倍！

- ■光通信に使われる波長で従来の40倍のファラデー効果
  - ■入射光の偏光の角度が磁界によって変化する現象
  - ■光スイッチには欠かせない材料
- ■ 全く新しい材料で新しい理論に基づく現象→未開拓の分野

日経産業新聞　2018年（平成30年）4月3日（火曜日）

偏光の向き変える薄膜
厚さ40分の1に
電磁研など

公益財団法人・電磁材料研究所（宮城県仙台市）の小林伸聖主席研究員と東北大学の増本博教授らは、偏光の振動する向きを同じ磁場でも大きく変えられる薄膜を開発した。光通信用部品の小型化や集積化に役立つ。コリンピューターの性能向上や光エレクトロニクスの実現につながる発明だとみている。

日本原子力研究開発機構と共同で研究した。

鉄とコバルトの合金でできた直径が数ナノ（ナノは10億分の1）メートルの微粒子をフッ化イットリウムという透明な材料に混ぜた。半導体製造などに使うスパッタ法で微粒子を分散させた。薄膜の厚さを分の1以下にできる。

光通信に使われるを使って実験した。磁力の影響で偏光の振動する向きが回転する「ファラデー効果」を調べたところ、従来のビスマスや鉄でできた材料の約40倍になった。この効果が高いと、その分膜の厚みを薄くできる。新材料は従来の40分の1ほどの厚さで同程度の性能を引き出せるという。

薄膜を厚くすると偏光の向きを簡単に変えられるようになるが、光を通しにくくなる。光通信用部品の小型・集積化に対応するため、膜厚を薄くすることが求められていた。