



東北大学

解禁時間 (テレビ、ラジオ、WEB): 平成 21 年 6 月 29 日 (月) 午前 2 時
(新聞) : 平成 21 年 6 月 29 日 (月) 付 朝刊

平成 21 年 6 月 25 日

報道機関各位

東北大学多元物質科学研究所

電圧で磁化方向をエネルギー損失なく高速に制御

電気ので物質の磁化を変化させる最も一般的な方法はコイルを用いた電磁石であり、様々な場面で使われています。しかし、コイルの形成は集積したデバイスに不向きなことから、電磁石に代わる方法が盛んに研究されています。例えば、次世代の不揮発性メモリの候補の一つである磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)では、隣接する強磁性体から電流を流すことによって磁化を制御しています。しかし、この方法では大電流を流すことが必要であり、多量の熱が発生してしまいます。これは、素子の温度上昇およびエネルギー消費という二つの観点から問題となります。一方で、電流をほとんど流さない絶縁体における磁化を電氣的に変化させる方法も、約 50 年前には見出されていました。絶縁体を利用すると電力消費は桁違いに小さくできます。しかし、これまでに見出された絶縁体での電場による磁化変化は大変小さく、応用には全く向きません。

今回、東北大学多元物質科学研究所は、磁化を持ち、かつ、電気を流さないようなある種の物質に電場を作用させることによって、磁化方向が最大でプラスマイナス 30 度変化することを発見しました。さらに、電場印加に対する磁化方向の変化が 1 万分の 1 秒より短い時間で可能なことや、磁化方向変化を 1 千万回繰り返した後でも全く減衰なく同じ大きさの効果を示し続けることも確かめました。このように繰り返し可能で高速な、電気による磁化方向制御は世界で初めてです。

本研究では、銅とホウ酸の複合化合物であるメタホウ酸銅について銅を 5% だけニッケルで置き換えた $(\text{Cu,Ni})\text{B}_2\text{O}_4$ という物質を用いました。この物質を低温にして磁石としての性質を持たせ、電場を印加すると磁化の方向が大きく変わりました。磁石の両側に電極を付けて電圧を加えるだけで磁化が変化するため、コイルを使わない電磁石とみなすこともできます。すなわち、ミクロなサイズの電磁石として応用できる可能性があります。特筆すべきは、この物質が事実上全く電気を流さないことです。その結果、電流が流れることによる熱、すなわちエネルギー損失もほとんどゼロとなります。

この研究成果は、同研究所の有馬孝尚教授と大学院生の齋藤充氏らのグループによるもので、イギリスの学術誌「Nature Materials」のオンライン版に、6 月 28 日午後 6 時 (イギリス時間) に公開されます。

< 電氣的に磁化を変化させることの重要性 >

例えば、磁気ランダムアクセスメモリでは、磁化情報の読み出しに関してはトンネル磁気抵抗材料の技術革新によって、現状の半導体メモリと同じ程度の読み出し特性が得られている。一方で、電氣的に磁化を書き込む方法としては、大電流を流す導線の近傍の磁界を使う方法が、第一世代としては用いられているが、素子の微細化に伴って電流の増大が必要となってしまう。すなわち、電氣的に磁化を変化させることができれば、この問題の解決に大いに役立つ。

< 本研究の意義と今後の課題 >

スピントロニクスの研究は、おもに磁性金属がターゲットであり、その次に磁性半導体が注目されているという状況である。しかし、消費電力の観点からは磁性絶縁体が最も都合がよいはずである。本研究は、磁性絶縁体を用いて、電氣的に磁化を制御する場合に「反転対称性の破れ」と「保磁力を小さくすること」が本質的に重要であるという基本方針を与えるものである。もっとも、本研究では、低温でしか磁化を持たない物質を用いているために、このまま実用化に結びつくものではない。材料開発の観点からは、室温でも上記の性質をもつような物質を探す必要がある。

< 研究内容のより詳細な説明 >

(Cu,Ni)B₂O₄ の結晶を作成した。この物質が磁石としての性質を示すように、摂氏マイナス 258K まで冷やして、以下の実験を行った。

1) この物質を選んだ理由

電場で磁化方向を変えるには、反転対称という対称性が破れた磁石でなくてはいけないことが知られている。この条件と、エネルギー消費を少なくするための電気絶縁性を兼ね備えた物質の一つとしてメタホウ酸銅がある。さらに、ニッケルを少量加えることで保磁力を小さくした。

磁化方向を光の吸収係数で観察できるのも、この物質を選んだもうひとつの理由である。以下、磁化の方向はすべて光の吸収係数で決めている。

2) 実験結果 1

3 ミリテスラ (30 ガウス) の弱いバイアス磁場によって磁化の方向をそろえ、そののちに電場をかけることにより、電場に応じて図のように磁化の方向が連続的に変化した。

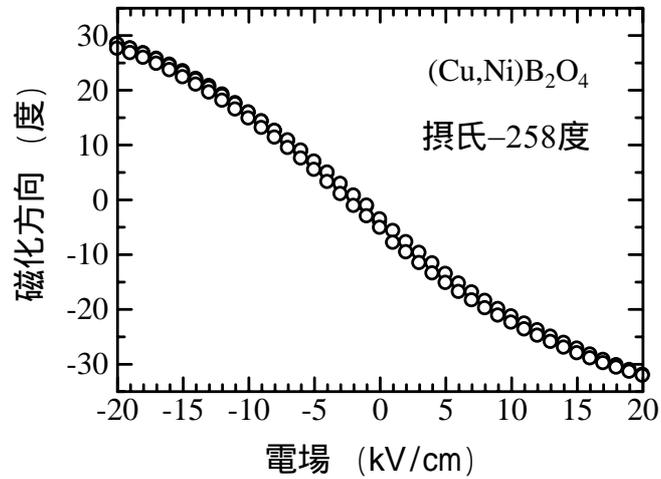


図1 電場印加（横軸）による磁化方向の変化の様子。縦軸はバイアス磁場の方向から、磁化がどれだけ回転したかを表している。

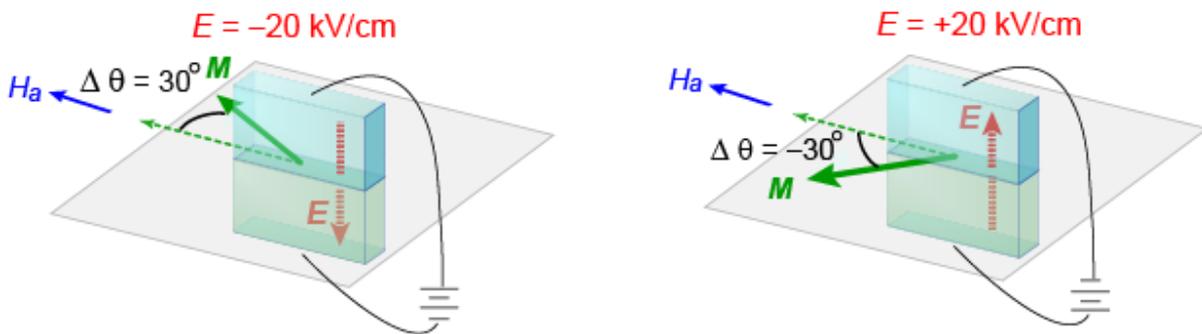


図2 プラスあるいはマイナス 20kV/cm の電場を印加した時の磁化の回転の様子を模式的に示したものの。図の H_a はバイアス磁場（電場ゼロのときの磁化の方向）を示している。

3) 実験結果 2

2kHz の電場を印加して磁化がどのように変化するかを測定したところ、交流電場に対応して磁化方向も振り子のように振動を繰り返した。

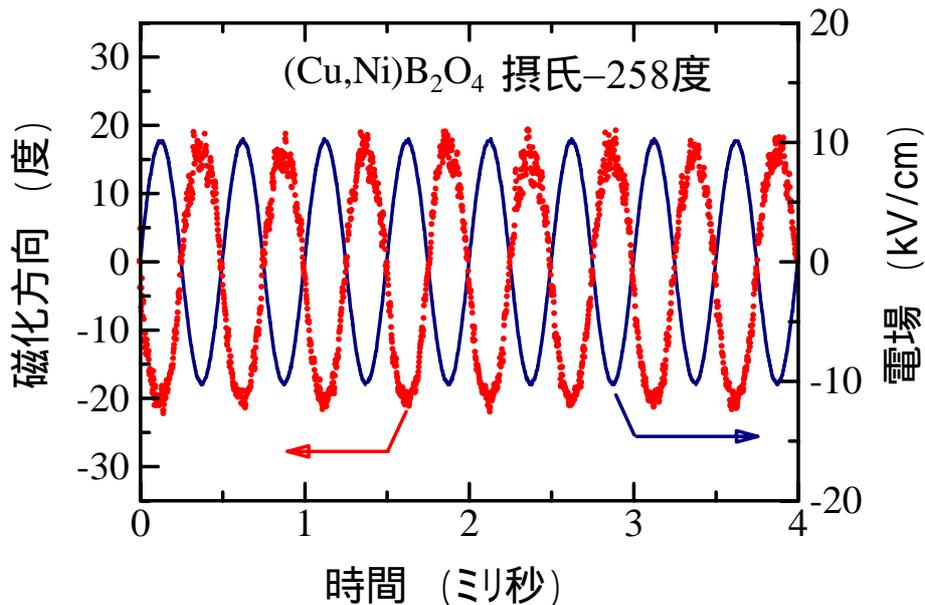


図3 2kHz で振幅が 10kV/cm の交流電場（青線 = 右軸）を印加したところ、磁化の方向が赤丸（左軸）で示すように周期的に変化した。バイアス磁場は 3 ミリテスラ（30 ガウス）である。

< 論文名 >

“Periodic rotation of magnetization in a non-centrosymmetric soft magnet induced by an electric field”
（反転対称中心を持たない軟磁性体の磁化を電場によって周期的に回転させる）

< お問い合わせ先 >

有馬 孝尚（ありま たかひさ）
東北大学 多元物質科学研究所 教授
TEL : 022-217-5348 FAX : 022-217-5404
携帯電話 : 080-6170-2266
E-mail: arima@tagen.tohoku.ac.jp