



平成 28 年 11 月 29 日
国立大学法人東京大学
国立大学法人東北大学金属材料研究所

酸化物の異符号極性面上の磁石は全く異なる性質を示すことが明らかに

1. 発表者：

千葉 大地（東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 准教授）
柴田 直哉（東京大学大学院工学系研究科附属総合研究機構 准教授）
塚崎 敦（東北大学金属材料研究所 教授）

2. 発表のポイント：

- ◆全く同じ下地材料(基板)の上に全く同じ条件で製膜した磁石の膜が、基板表裏がもつ電気的に異なる性質(極性)を反映して異なる性質をもつことが明らかになりました。
- ◆具体的には、酸化亜鉛基板の表裏が異なる極性面(亜鉛極性面と酸素極性面)を有するとき、その基板の表裏に製膜したコバルト磁石の膜は、構造的にも磁氣的にも全く異質であることが明らかになりました。
- ◆酸化物と金属の磁石を組み合わせた構造は、磁気記録素子や磁気センサにおいて広く用いられており、このような素子特性をデザインする上で、本結果は重要な指針を与えることが期待されます。

3. 発表概要：

東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻の千葉大地 准教授、同附属総合研究機構の柴田直哉准教授、東北大学金属材料研究所の塚崎敦教授からなる研究チームは、同種の酸化物と金属磁石の積層構造であっても、酸化物側に電気的な極性があるときには、その極性の符号に依存して金属磁石の構造や磁氣的性質が大きく異なることを明らかにしました。得られた結果は、磁気記録や磁気センサに広く用いられている酸化物と金属磁石の積層構造からなる素子をデザインする上で、今後重要な指針を与えることが期待されます。

研究チームは、亜鉛(Zn)・酸素(O)両極性面を表裏にもつ酸化亜鉛(ZnO)基板上に、同じ条件で、数ナノメートル以下の薄いコバルト(Co)を製膜しました。その結果、極性面に応じて、製膜された Co の結晶構造そのものが全く異なることが明らかになりました。それだけでなく、亜鉛(Zn)極性面上の Co では磁化が揃いやすい方向が膜面内にあるのに対し、酸素(O)極性面上では膜面垂直方向に磁化が揃うことが分かりました。このように、同じ物質同士を組み合わせた積層構造でも、その性質に劇的な違いがもたらされることが分かりました。つまり、シンプルな構造でありつつも、自然界では存在しえない構造を人工的に作り出すことで、新たな機能をもつ磁石が得られることが示されました。同構造では、ZnO と Co の界面にビルトインされた電界を有するという意味でも、それを利用した物理的基礎研究や応用研究の舞台となる系を提供するものと期待されます。

本成果は、2016 年 11 月 29 日（英国時間）に、英国科学雑誌「サイエンティフィック・リポーツ（Scientific Reports）」のオンライン版に掲載されます。

なお、本研究は科研費挑戦的萌芽研究及び基盤研究(S)、東北大学金属材料研究所共同利用の助成を受けて実施されました。

4. 発表内容：

[研究の背景]

酸化物の薄膜を金属磁石の薄膜でサンドイッチした構造(磁気トンネル接合)は、開発が進む磁気メモリ内の記録素子やハードディスクの磁気ヘッド(磁気センサ)として広く用いられています。そのため、この素子の最適化を進めることは、当該応用分野にとって最も重要なことのひとつです。酸化物と金属の組み合わせは幅広く試されてきましたが、これまで極性表面をもつ酸化物と金属磁石の組み合わせがどのような特性を持つかは知られていませんでした。

[研究内容]

研究チームは、ZnO と Co の組み合わせに注目しました。ZnO は青色 LED で用いられている窒化ガリウムなどと同じく極性物質(注1)として知られており、可視光に対して透明であり紫外線を吸収する特性があることから、日焼け止めなどにも用いられている安価な材料です。一方、Co は、周期表では磁石として最もよく知られた鉄の隣に並んでいる物質で、ハードディスクの磁気記録媒体などに用いられています。

チームは、Zn 極性面と O 極性面を表裏に有する ZnO の基板を準備し、一方は Zn 極性面を表にして、他方は基板をひっくり返して O 極性面を表にして、同時に数ナノメートル以下の薄い Co を製膜しました。その結果、Zn 極性面上の Co は、急峻な界面と高い結晶性を有しているのに対し、O 極性面上の Co は O 原子との混じり合いが生じ、結晶性も低いことが確認されました(図 1(左))。さらに、Zn 極性面上の Co の 1 原子層は、Zn の原子間隔と全く同じであり、自然界に存在する Co に比べて原子間隔が 30% も大きいことが明らかになりました。試料の磁氣的性質を調べると、Zn 極性面上の Co は膜面内に磁化が揃いやすいのに対し、O 極性面上の Co は膜面垂直方向に磁化が揃っていることが確認されました(図 1(中央、右))。詳しい調査の結果、このような性質の違いは Co の結晶性の違いと、Co と ZnO の界面でもたらされる磁氣的な性質の違いからもたらされている可能性が明らかになりました。

[社会的意義・今後の予定]

本研究は、磁気記録やスピントロニクスの研究分野で広く用いられている酸化物と金属磁石の組み合わせをデザインする上で、極めて重要な指針を与えるものです。また、ZnO 上の Co には極性に応じて符号の異なる電界がビルトインされている(図 1(右))ことが期待され、これが磁性に電界効果のようなものをもたらしていることも考えられます。また、ビルトイン電界は電子の運動に対して実効的な磁界を与えることが知られており、本研究はこのような性質を利用した物理的基礎研究や応用研究の舞台となる系を提供するものと期待されます。本研究で人工的に作り出された自然界には存在しない金属磁石の原子層を用いて、物性の基礎的な理解が進み、新しい磁性の制御方法が拓けるものと期待されます。

5. 発表雑誌：

雑誌名：「Scientific Reports」(オンライン版 2016 年 11 月 29 日掲載)

論文タイトル：Co thin films deposited directly on ZnO polar surfaces

著者：千葉大地*、柴田直哉、塚崎敦

DOI 番号 : doi:10.1038/srep38005

アブストラクト URL : <http://www.nature.com/articles/srep38005>

6. 問い合わせ先 :

研究に関すること

東京大学大学院工学系研究科 物理工学専攻
准教授 千葉大地

東北大学金属材料研究所 低温物理学研究部門
教授 塚崎 敦

報道に関すること

東京大学工学部・大学院工学系研究科 広報室

7. 用語解説 :

注1 極性物質

化合物において、異種元素間にその電気陰性度の差に起因した電子分布の偏りがある物質。ZnOでは、Zn 終端面と O 終端面に異なる符号の極性が表れる。本文では、Zn(O)終端面を Zn(O)極性面として表記した。

8. 添付資料：

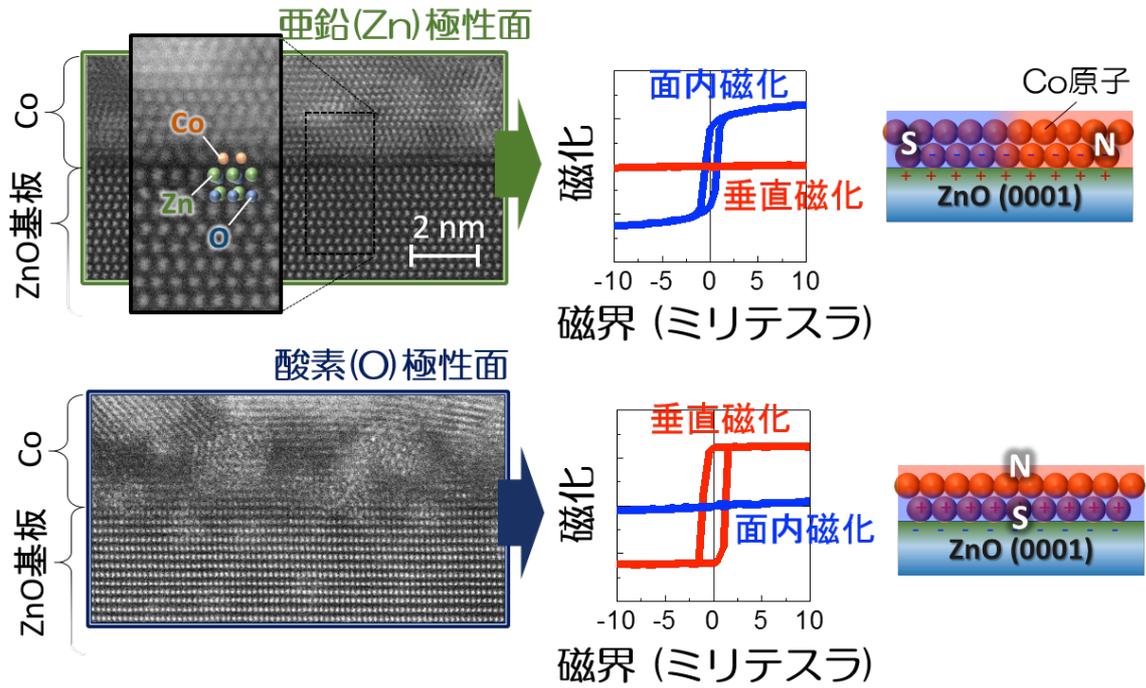


図 1：亜鉛及び酸素極性面上に製膜したコバルト薄膜の透過型電子顕微鏡像(左)と磁気特性(中央)。(右)は試料構造と磁化方向を模式的に示したものの。