

【基盤研究（S）】

理工系（総合理工）



研究課題名 電界効果による磁性の制御と誘起

東京大学・大学院工学系研究科・准教授 ちば だいち
千葉 大地

研究分野： 応用物性

キーワード： スピントロニクス、電界効果

【研究の背景・目的】

本申請の根本にある狙いは、電氣的に材料の機能開拓を可能にする手段-電界効果-を、材料の枠を超えて活用し、省エネ・高効率な利用展開・材料間の融合的新機能の創発を図るものである。その広い目的の中で、本研究では磁性に焦点を当て、身近な金属の磁性を電界効果で自在に操る手法を確立する。最近、コバルトなど身近な 3d 遷移金属磁石に電界を加えると、その磁氣的な秩序(強磁性)を誘起したり、消したりできることを見出した[1,2]。この原理を理解することで、天然には磁石として存在しない金属を電氣的に磁石にすることが可能となるかもしれない。まさに磁石の性質を電氣的に自在に操る技術への展開を拓く礎となるものであり、本研究ではその実証と背景サイエンスの着実な理解を進める。さらに、将来のスピントロニクス分野の研究を先導すべく、ナノ構造の新奇形成手法への展開など、新たな原理で動作するデバイスの提案を積極的に行う。

【研究の方法】

金属電極で絶縁膜を挟むとコンデンサーの構造となる。また、近年、巨大なキャパシタンスを得るために、イオン液体を用いて電気二重層を形成する技術が積極的に用いられている。このようなコンデンサー構造で、片側の電極を磁性金属にすると、本研究で用いる基本素子構造となる。この構造に電圧を加えると、磁性金属には電荷が蓄積される。つまり、金属表面の電子濃度が増減し、もともとの元素が持つ電子数が電圧の符号により減ったり増えたりすることに相当する。片側の電極をコバルトにした素子では、0.1 個の電子数の変化により、室温を挟んで 100 K もの温度範囲で、強磁性が発現したり、消えたりすることが分かった[2]。このように予想外に大きな効果が起こる原理を注意深く理解することを一つ目のテーマとする。ところで、このような構造は、半導体の電界効果型トランジスタ(金属/絶縁膜/半導体構造)でも用いられている。半導体の部分を様々な物質に置き換え、その物性を制御して得られる効果を広い意味での「電界効果」と呼ぶことにする。

二つ目のテーマは、天然には磁石として存在しない非磁性の金属を磁石化することである。例えば、周期表で隣り合わせの、ニッケルと銅に注目しよう。ニッケルは磁石であるが、銅は磁石ではない。現状では上記のコンデンサー構造で、原子一個あたり 0.1 個の電子数を変化させられるが、これをさらに大き

く変化させ、銅から電子を一個抜くことが出来れば、ニッケルの特性を持たせる(磁石化する)ことが可能になるのではないかという素朴な疑問が生じる。この例のように、金属の磁性を電界で誘起し、自在に制御することを目指す。

その他、電界による磁極方向のスイッチングを通じた磁気記録素子の省エネ化や、ナノ構造への展開など、近い将来の応用や未来の研究へ橋渡しができるテーマにも取り組む。

【期待される成果と意義】

これまで、作り方を工夫することで磁石の特性をチューニングすることはできた。しかし、一度作った磁石の特性をあとから電氣的に制御することは人類がこれまでアクセスできなかったことであり、一つの新しい材料探索手法となり得るものである。刺激を与えて応答を見る実験のようなものであり、背景の物理をより緻密に理解する上でも大きな意味がある。これら様々な基礎学術的背景の理解を通し、将来的に「電界効果」を、多様な物質群での融合的新機能の創発を実現する共通基盤技術に拡張させる意味を持つ研究となることが期待される。また、将来に繋がる研究の種を多く見つけることができると考えている。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- [1] D. Chiba, S. Fukami, K. Shimamura, N. Ishiwata, K. Kobayashi and T. Ono, Electrical control of the ferromagnetic phase transition in cobalt at room temperature *Nature Materials* **10**, 853-856 (2011).
- [2] K. Shimamura, D. Chiba, S. Ono, S. Fukami, N. Ishiwata, M. Kawaguchi, K. Kobayashi, and T. Ono, Electrical control of Curie temperature in cobalt using an ionic liquid film *Applied Physics Letters* **100**, 122402 (2012).

【研究期間と研究経費】

平成 25 年度 - 29 年度
172,300 千円

【ホームページ等】

<http://chiba-lab.t.u-tokyo.ac.jp/>
dchiba@ap.t.u-tokyo.ac.jp