

電圧駆動型電磁石

～超低消費電力で電氣的に磁界を発生させる～

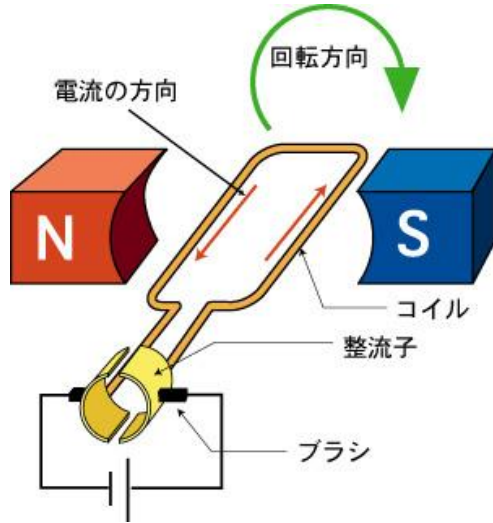
京都大学化学研究所 助教

千葉大地

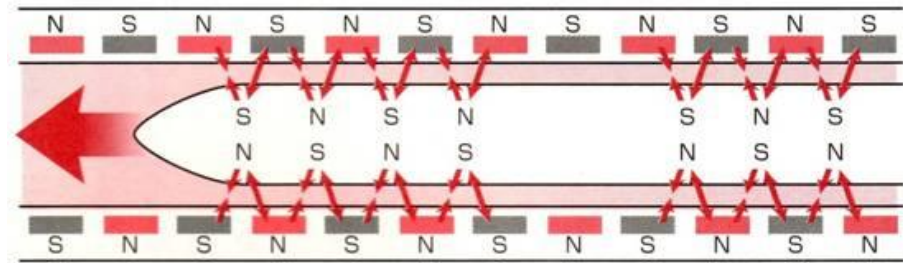
研究背景

磁石・磁界発生器の応用例

モーター・電磁石

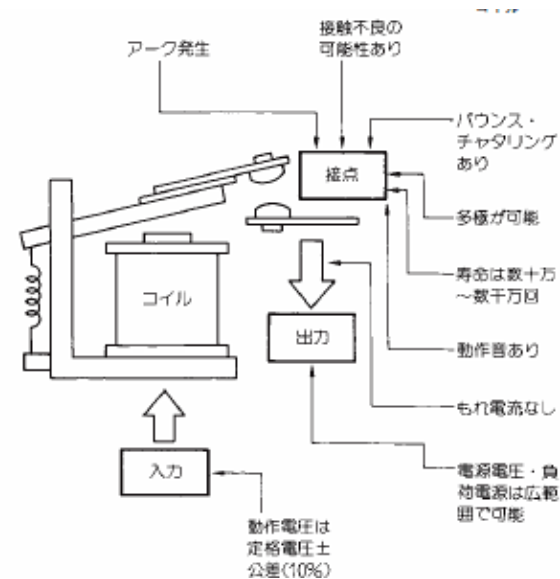


リニアモーターカー



電磁リレー・スイッチ・ブザー

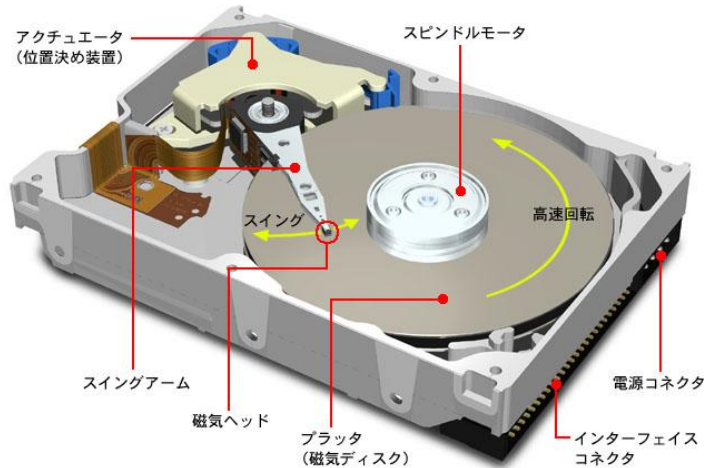
MRI



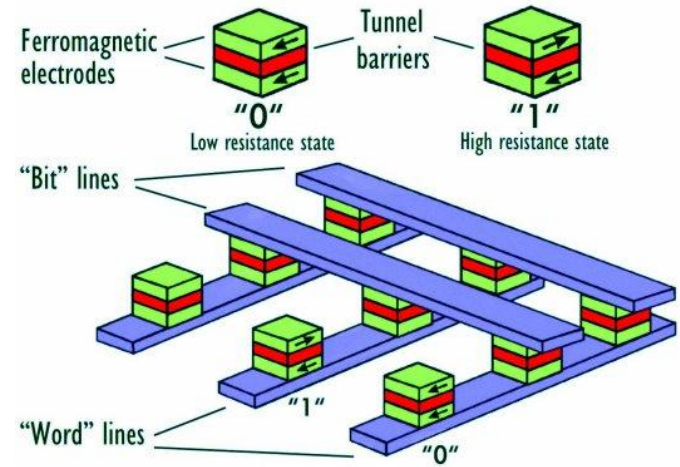
研究背景

磁石・磁界発生器の応用例

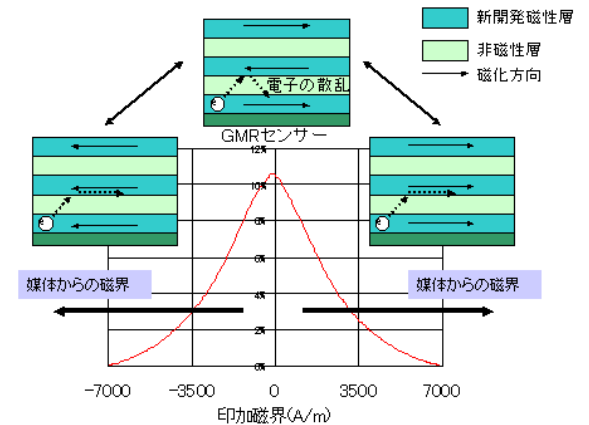
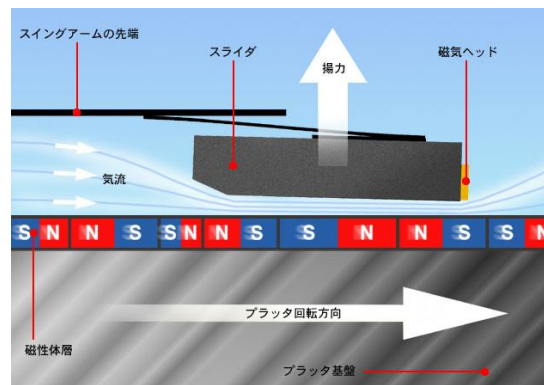
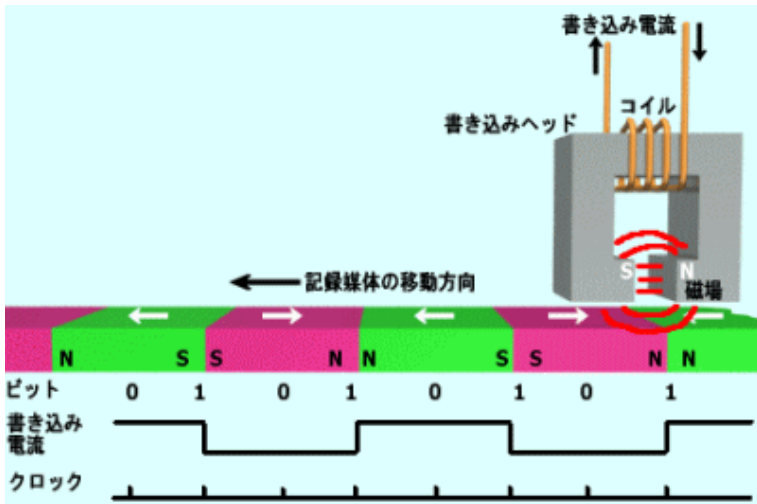
磁気記録



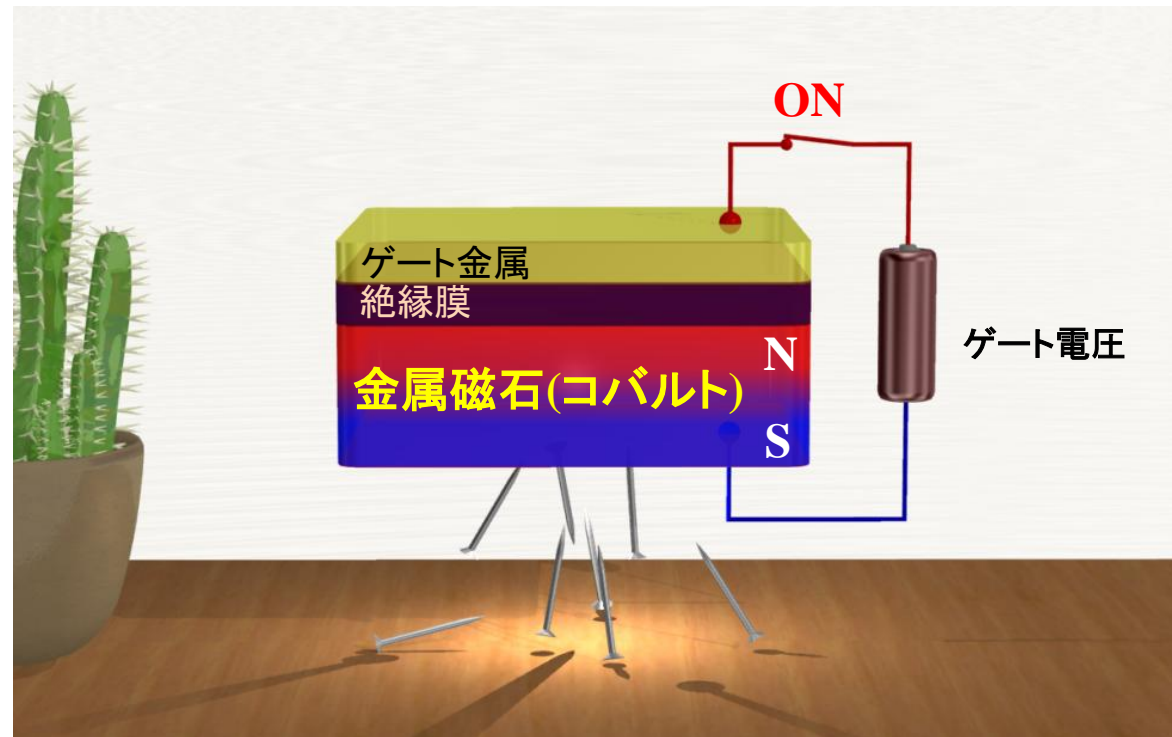
磁気メモリ



磁気センサー(読み出しヘッド)



新技術の基となる研究成果・技術

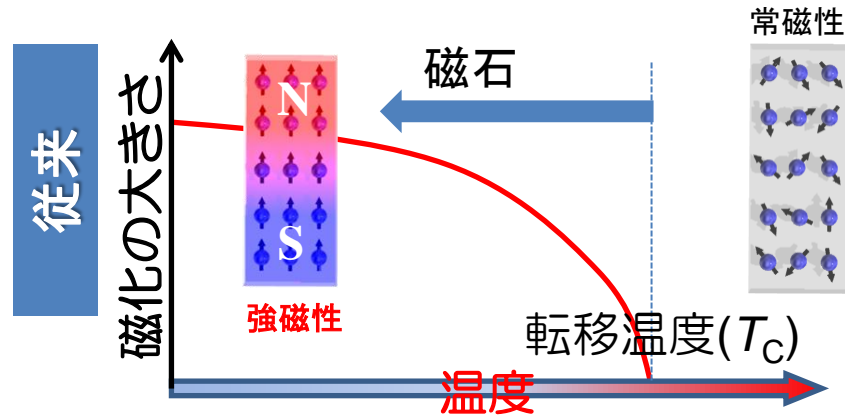


D. Chiba *et al.*, *Nature Materials* **10**, 853 (2011).

室温において金属磁石(コバルト)の磁力を
電圧によってオン・オフすることに成功
＝磁石の性質を電圧で引き出したり完全に
消したりすることが可能

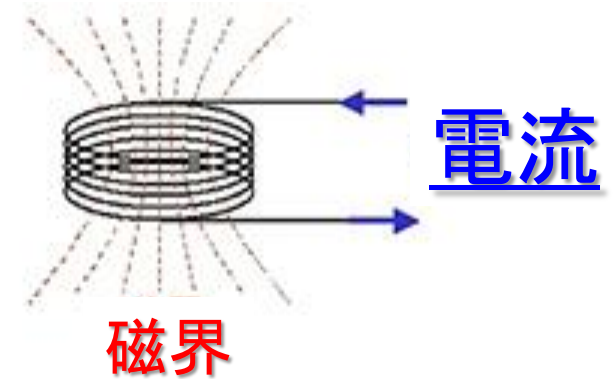
新技術の基となる研究成果・技術

磁石の性質を操る
(強磁性と常磁性の相転移)



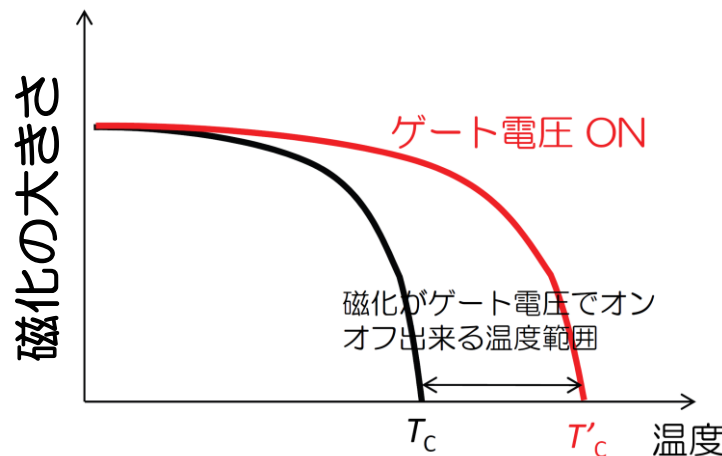
相転移は温度を変えて引き起こすもの

磁界を発生する



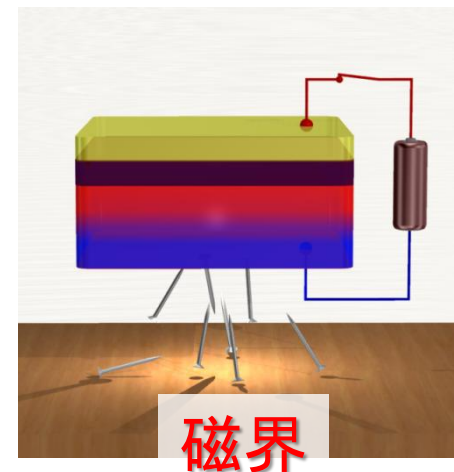
これまでは電流を流して磁界を発生

本技術



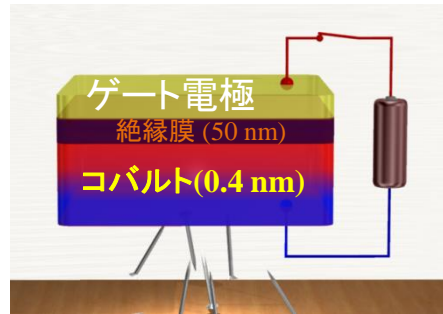
(一定温度で)磁石の性質を電圧で引き出したり消したりできる

電圧

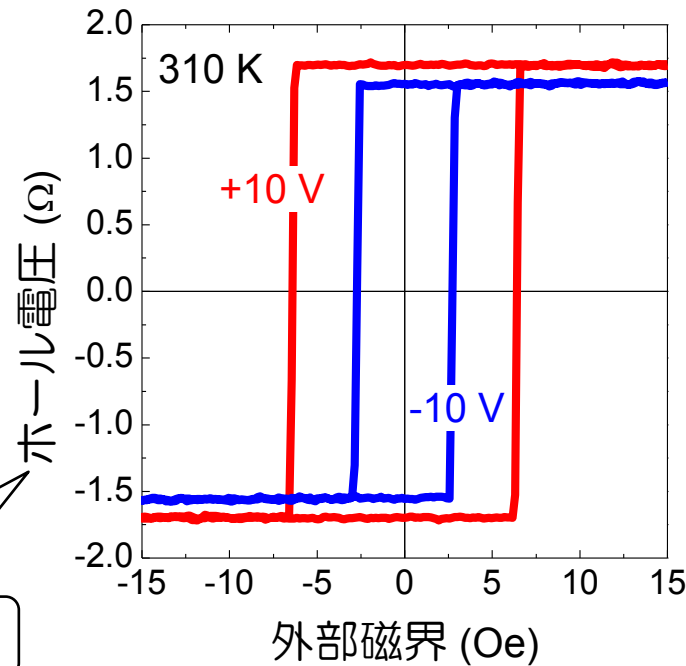


磁石の漏れ磁界のオンオフが電圧で可能
→電流を印加する必要なし

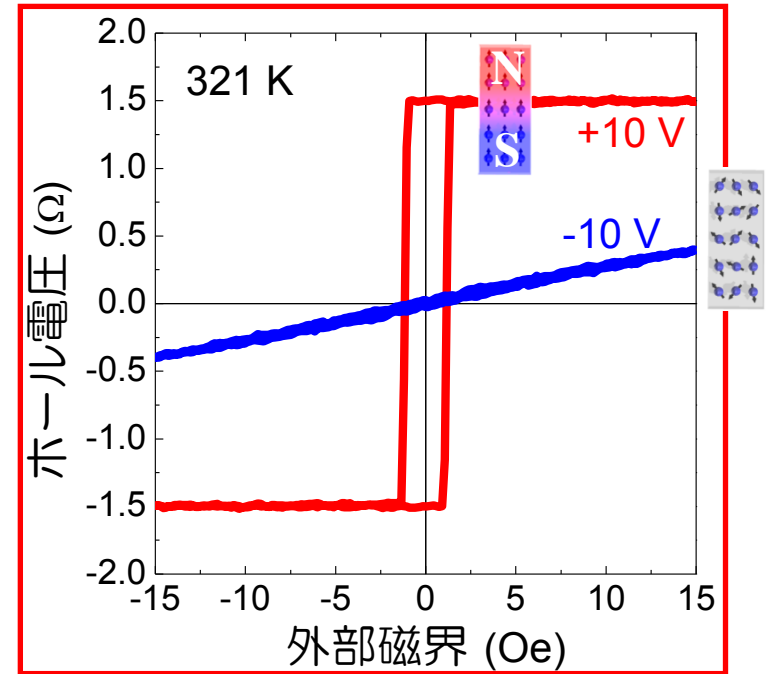
新技術の基となる研究成果・技術



磁化の大きさに比例



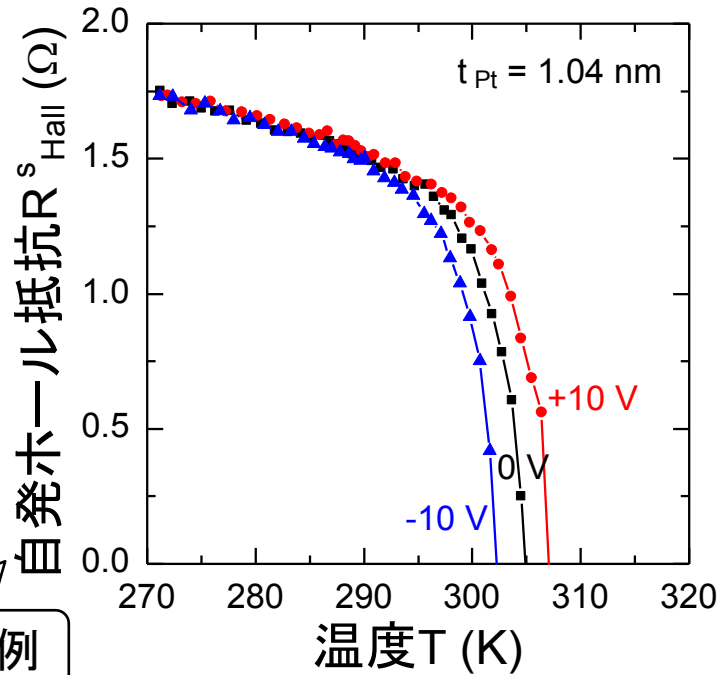
反転磁界(保磁力)が
電圧で制御可能



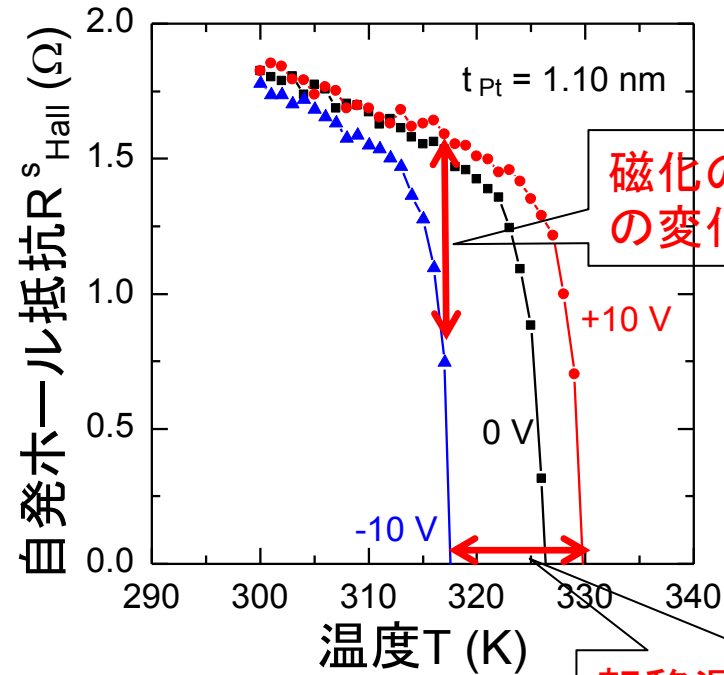
磁石状態と非磁石状
態が電圧でスイッチ

室温付近の一定温度で、磁石の性質を引き出したり、消したりすることが可能である証拠

新技術の基となる研究成果・技術

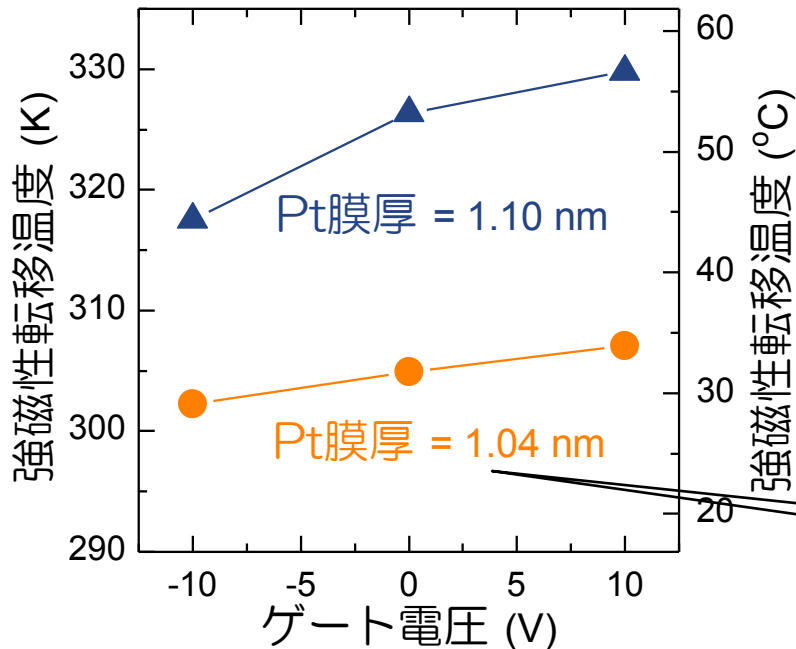


磁化の大きさに比例



磁化の大きさ
の変化量

転移温度の変化量



転移温度・磁化の大きさ(漏れ磁界量も)がゲート電圧によって制御可能

コバルトの下地層の膜厚です

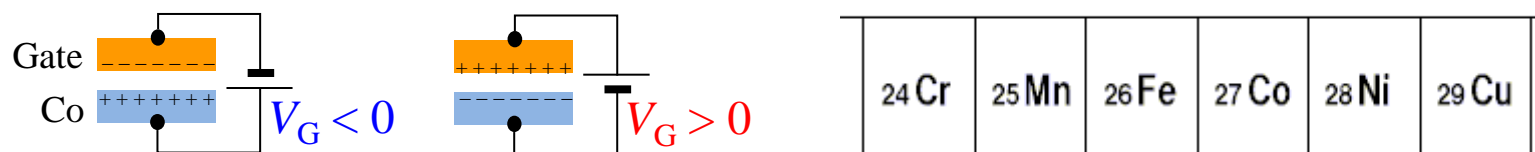
新技術の基となる研究成果・技術

[学術的な意義]

金属磁石の磁力を電圧でオンオフ

= **磁石の条件を決めるメカニズムの解明に進展**をもたらす
かもしれない

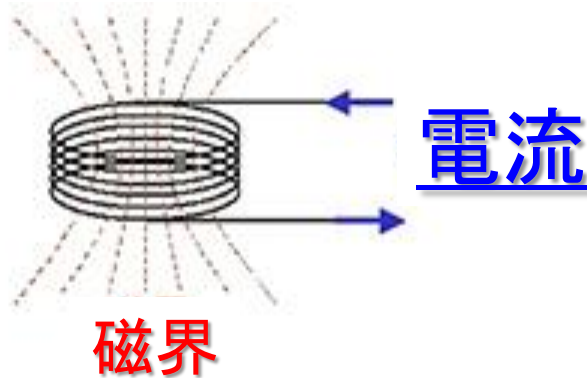
金属はゲート電圧による電子数の制御が半導体に比べると極端に難しく、電圧を印加して金属磁石の性質を完全に消すことができるほどの効果が表れるとはこれまで考えられていなかった。強磁性-常磁性の相転移(磁石が磁石であるべき条件)を決めるメカニズムに実験面から迫る成果



本成果はCo原子一個当たりの電子数(通常27個)をゲート電圧で制御して、変化した特性を見たもの

従来技術とその問題点

磁界を発生するには

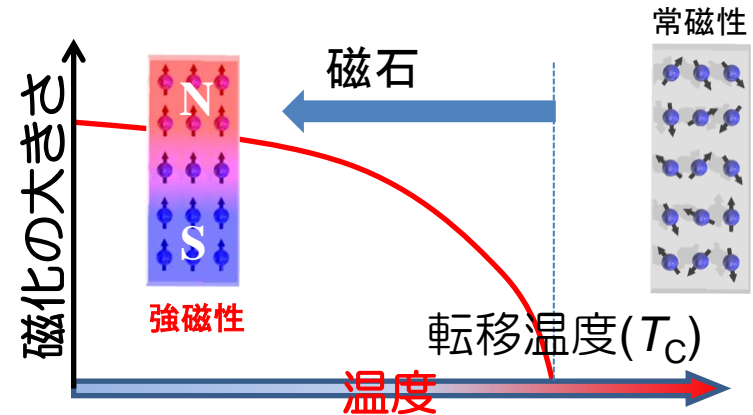


これまでは電流を流して磁界を発生

電磁石、モーター、ハードディスクなどの書込みヘッド...

磁界を発生させるには
常時電流印加が必要

磁石の性質を消すには
(強磁性と常磁性の相転移)



これまでは温度を変えて相転移を引き起こす

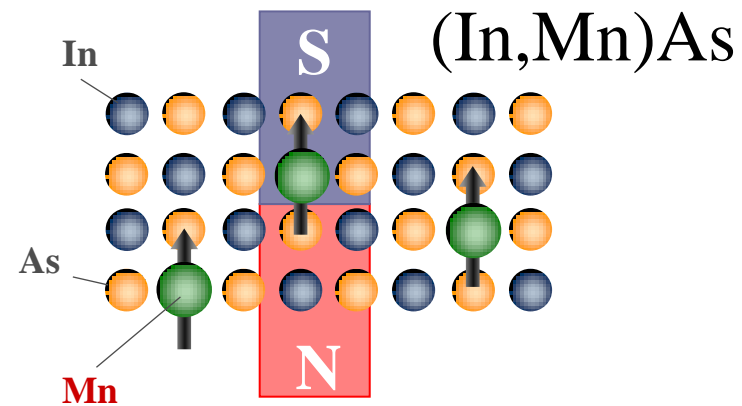
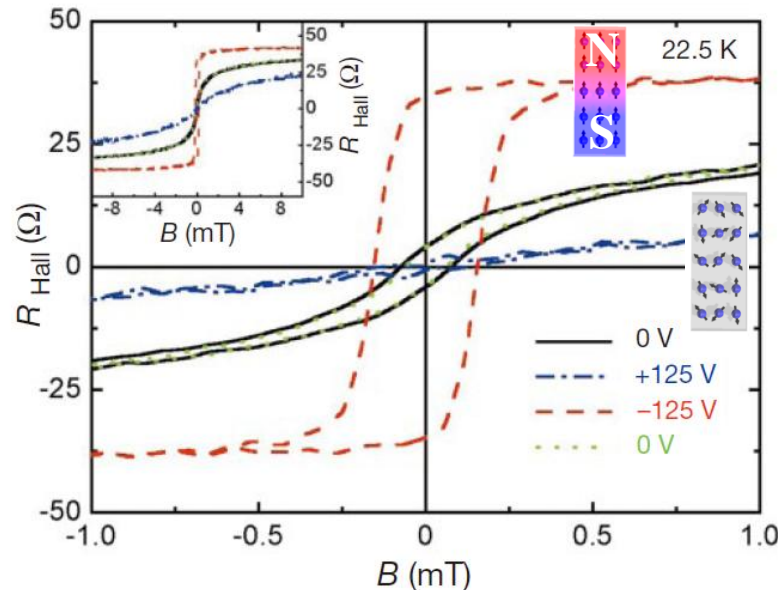
光磁気ディスクのキュリーポイントライティング: レーザーで局所的に記録媒体の温度を上昇させて、その部分の磁気的特性を弱らせ、磁界で情報を書きこむ手法

温度を上昇させるための機構と、
書込み磁界の発生との両立が必要

従来技術とその問題点

電流を使わず磁界を発生できるか？ 温度を変えずに磁性体の性質を弱らせることができるか？ → 磁性体の性質を電圧で制御

★ 過去に強磁性半導体で磁性の電圧制御の成功例(2000年)

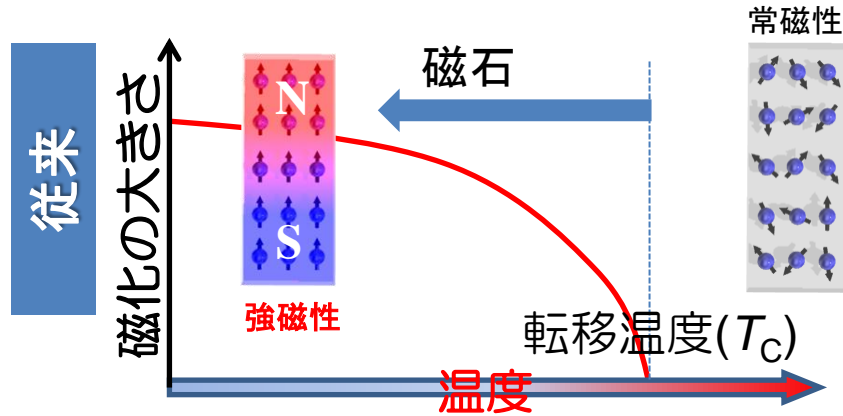


H. Ohno, D. Chiba *et al.*, *Nature* **408**, 944 (2000).

マイナス250度という極低温で磁力の電圧スイッチに成功。
低温でしか動作せず、あまり一般的ではない磁力の弱い半導体磁石を用いているという欠点があった。

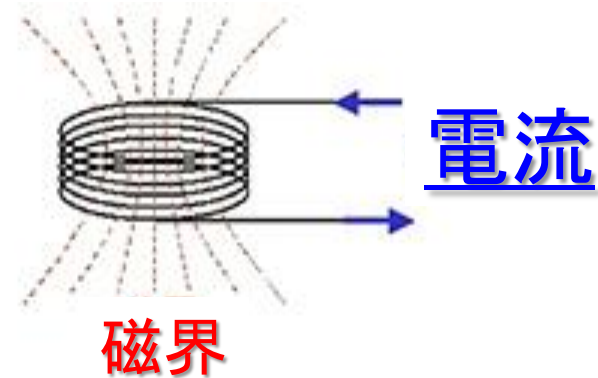
新技術の特徴・従来技術との比較

磁石の性質を操る
(強磁性と常磁性の相転移)

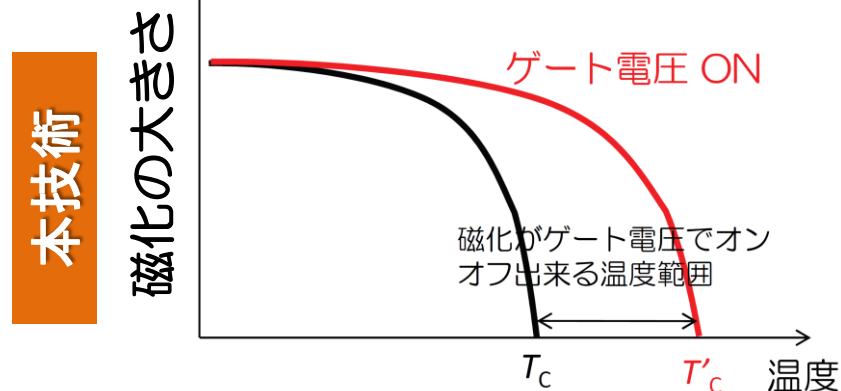


相転移は温度を変えて引き起こすもの

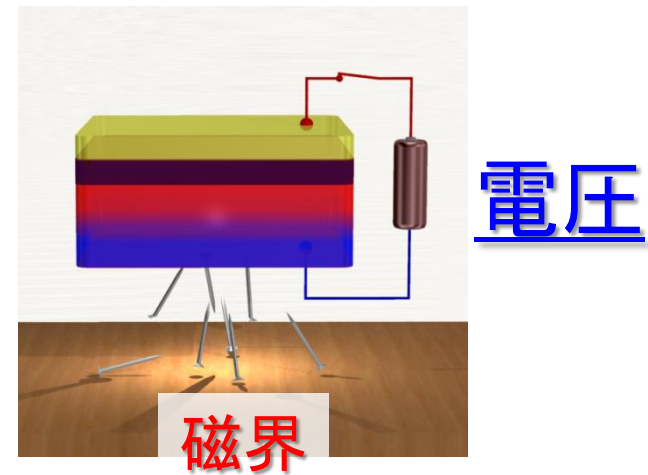
磁界を発生する



これまでは電流を流して磁界を発生



(一定温度で)磁石の性質を電圧で引き出したり消したりできる



磁石の漏れ磁界のオンオフが電圧で可能
→電流を印加する必要なし

新技術の特徴・従来技術との比較

本技術は、

- ① 温度変化や電流を用いずに電圧で磁力をスイッチ
(永久磁石にしたり、なくしたり)可能(半導体電界
効果型素子と同様の構造なので、半導体デバイス
と融合利用しやすいという利点も)
- ② 一般的な金属の磁性元素で制御可能
- ③ 室温で制御可能
- ④ 10 V程度という比較的低電圧での動作が可能

磁界をオンオフするときや、磁氣的性質を消す(弱らせる)ために、電流を流すことなく、絶縁膜を介して電圧を印加するだけで済む

想定される用途・業界

- 本技術は低消費電力で動作する磁界発生器及び磁性体の性質そのものを電氣的に制御する用途での使用でメリットが大きいと考えられる
- 今後技術を発展させることで、電氣的に磁化の方向を制御して情報を書きこむ技術への発展も期待される

◆対象

磁気記録関連(記録ヘッド、固体メモリの記録媒体)

磁界発生器、電磁石製造関連

◆市場規模 磁性体を取り扱う市場規模

実用化に向けた課題

- 現在、室温で磁力をオンオフすることまで可能である。また、磁力の大きさを制御できることは確認済。しかし、磁性層が極めて薄いため、磁力が大きく取り出せないという課題がある。→今後磁性層を厚くすることが可能かどうか、積層構造などが利用できないかどうかを検証する必要がある。また、実際の漏れ磁場量を測定、若しくはシミュレートしていく予定である。
- 固体磁気メモリなどの磁気記録媒体として用いる場合には、温度上昇させなくても磁性を弱らせることができることは確認済。今後は電圧を印加しただけで書き込みが行える手法を開拓していく予定。
- コバルトでは上記実証しているが、鉄やニッケルなど他の金属磁石材料でも検証を予定している。

企業への期待

- まだまだ基礎研究段階であるが、微小サイズの局所的な電氣的磁性制御を行う土壌はできている→ハードディスクの大容量化に伴う問題を解決する一つの手法として、キュリーポイントライティングのような使用方法が可能ではないかと考えている
- 磁界発生器として大規模化する際の課題は、材料探索や積層などにより克服できるかもしれない

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 電圧駆動型電磁石
- 出願番号 : 特願2011-196860
- 出願人 : 京都大学
- 発明者 : 千葉大地、小野輝男

産学連携の経歴

- 2010年 NECグリーンイノベーション研究所と共同研究実施(スパッタ磁性薄膜の提供)
- 2010年-2013年 JSTさきがけ事業に採択

お問い合わせ先

京都大学産学連携フェロー

関西ティール・エル・オー株式会社

橋本和彦

TEL 075-753-9150

FAX 075-753-9169

e-mail hashimoto@kansai-tlo.co.jp