The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	スピントロニクスの幅広い産業応用展開に向けて
Author(s)	千葉, 大地
Citation	大阪大学低温センターだより. 2020, 170, p. 14-15
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/76748
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

スピントロニクスの幅広い産業応用展開に向けて

産業科学研究所　千葉 大地
E-mail: dchiba@sanken.osaka-u.ac.jp

2019年4月より産業科学研究所の教授として研究を開始いたしました。私が東北大学電気通信研究所にて初めて研究に触れた学部4年生の頃は1999年でしたので、今年で研究者人生としては成人の年を迎えることとなり、節目となります。上述の東北大、京都大学化学研究所、東京大学工学系研究科物理工学専攻、そして大阪大学産業科学研究所と研究の場を移して参りましたが、一貫してナノ磁石を舞台としたスピントロニクス研究を行って参りました。中でも、磁性を制御するというテーマはライフワークとなっています。本稿では自己紹介を兼ねて、研究の背景や、これまで私が取り組んできた研究の一部と今後の展開をご紹介できればと思います。

磁石はモーターやハードディスクなど大きなものからナノサイズのものまで様々な用途で使われていますが、「磁力を強めたい」「磁気記録密度を高められるようにしたい」といった要請に応えるためには、作り方や組成を工夫するなどのアプローチをとる必要があります。これは今現在でも絶え間なく行われていることで、最も基本的かつ重要なアプローチです。ですが一方で、一度作った物質材料の性質を、例えばデバイス動作中に自由に操ることができれば、全く別のアプローチからこのような要請に応えることができる可能性が拓けます。あるいは、新たな利用価値を見出すこともできるかもしれません。

まず、物質材料の性質は熱で変化します。磁気記録に限ると、局所的にレーザー加熱して磁力が弱った瞬間に磁界を加えて磁化を反転させて情報を書き込む、といった手法が光磁気(MO)ディスクやMDでかつて用いられていたこともありました。しかし、レーザー局所加熱にもサイズや時間応答の限界があります。熱ではなく電気的に物質材料の性質が制御できれば、超高速でスケーラブルな強固な方法となります。その代表例が電界効果型トランジスタ(FET)です。世の中のパソコンやスマホのCPUやメモリには無数のFETが集積化されていることは言うまでもありません。これが無ければ今日の人類の繁栄もないかもしれません。そこでは、半導体中のキャリア(自由電荷)の濃度を電圧で変化させ、抵抗が桁違いに大きく変化する現象が用いられています。電圧を加えると言っても、コンデンサーに電荷を蓄えるのと同じように、故意に電流を流し続ける必要がありません。そのため、おびただしい数のFETがあっても、リーゾナブルな電力で動作可能になります。

もし、磁石の性質を電圧で変えることができれば、FETのように集積化でき、極めて消費電力が小さな磁気メモリが生まれるはずです。半導体では、電気抵抗の大小によってメモリの0と1の情報が記録されています。その抵抗の大小を決めるのは「キャリア濃度」です。しかし、キャリアは時間とともに散逸してしまうことがあります。そのため、半導体のメモリでは情報が失われないように様々な工夫を施しています。一方で、磁石の場合はN極S極＝磁化がどちらを向いているかによ

って情報を記録することができます。一度ある方向を向いた磁化は、磁界を加えない限り他方を向きにくい性質があり、電源を投入し続けなくても情報が失われないという利点があります。もし磁石の性質を電圧で変えることができれば、より小さい磁界で情報を書き込んだり、場合によっては電圧だけで情報を書き込むことも可能となります。上記は一例ですが、このように磁石の性質を電圧で操ることができると、磁石の利用価値がさらに高まることになります。

私はこれまで、電圧によってナノサイズの厚みの磁石の膜の性質を失わせたりもとに戻したりするということを初めて実証することに成功いたしました[1]。これは半導体に磁石の性質を持たせたやや特殊な物質を使っていましたが、最近では鉄やコバルトといった身近で使われている金属磁石材料においても同様の結果が得られています[2]。半導体磁石の場合は電圧を加えてキャリア濃度が変化することがそのまま磁性の変化に現れますが、金属磁石の場合はキャリア濃度を変えることは実は至難の業です。金属にはキャリアが山ほどいて、電界を遮蔽しようとするのです。しかし、金属表面1原子層程度に加わる電界が金属磁性体の性質を変えることが分かってきています。このような原子レベルでの界面現象が興味深い現象をもたらしてくれることは、マテリアルサイエンスとしても醍醐味となっています。

上述のように、電気的に磁性を制御することは磁気記録技術をさらに高めてくれるという方向性があります。そしてそれは、スピントロニクスの王道研究でもあります。このような方向性を睨んだ研究は、磁性の制御に関わらず、現在も精力的に進められています。一方で、磁気記録に囚われず、より広くスピントロニクス技術を広めたいという思いもあります。特に、IoT社会の今、センサ技術を高度化することは社会要請となっています。スピントロニクスデバイスにはその要請に応えるポテンシャルがあると思っています。医療・VR・自動車・航空宇宙・インフラモニタリングなど、貢献できる産業応用展開がまだまだ拓けると考えています。特に、スピントロニクスデバイスに柔らかさを付与し磁性のメカニカルな制御[3]を利用すれば、ウェアラブルなデバイスへの展開や、変位やひずみのセンシングなどにも大きな威力を発揮するものと考えています。また、産研ではAIセンターが発足し、AIと異分野をつなぐ動きが拡大しております。この機をとらえ、スピントロニクスデバイスとAIとの融合も積極的に図るべきです。今後、このような展望を抱きながら、様々な物理量を高感度にセンシングするスピントロニクスデバイスを開発し、スピントロニクスをより広く使える技術へ高め、社会実装に向けた取り組みを進めて参りたいと考えております。最後になりますが、これまでの研究や産研での研究は多くの方々のご協力のもとに行われて参りました。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

[1] H. Ohno and D. Chiba *et al., Nature* **408**, 944-946 (2000).

[2] D. Chiba *et al., Nature Materials* **10**, 853-856 (2011).

[3] S. Ota, A. Ando, and D. Chiba, *Nature Electronics* **1**, 124-129 (2018).