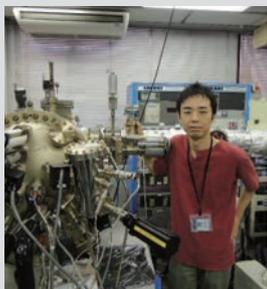


室温でゲルマニウムにスピ情報を入力

超省電力トランジスタ実現へ道を拓く



齋藤 秀和

さいとう ひでかず
h-saitoh@aist.go.jp

ナノスピントロニクス研究センター
半導体スピントロニクスチーム
研究チーム長
(つくばセンター)

2000年4月旧工業技術院電子技術総合研究所入所。
2010年4月より現職。半導体スピントロニクス素子の実用化を目指します。

関連情報：

● 共同研究者

摺場 聡、Aurélie Spiesser、
渡邊 克、Ron Jansen、湯
浅 新治、安藤 功児 (産総研)

● 参考文献

[1] H. Saito *et al.*: *Solid State Communications*, 151, 1159 (2011).

[2] S. Iba *et al.*: *Applied Physics Express*, 5, 053004 (2012).

● 用語説明

*キャリア移動度：半導体中における電気伝導の担い手であるキャリア（電荷または正孔）の移動速度を表す指数。この値が大きければ、素子の高速動作が可能になる。

**ハル効果：半導体などの非磁性体中に入力されたスピンの向きが外部から印加された磁界の影響を受けて回転し、電気抵抗などに影響を与える現象。この効果を調べることで半導体へのスピン入力の有無を判断することができる。

● プレス発表

2012年5月8日「室温で半導体ゲルマニウムに電子スピン情報を入力」

●この研究開発は、独立行政法人日本学術振興会「最先端・次世代研究開発支援プログラム」の支援を受けて行っています。

スピントランジスタへの期待

現在のコンピューターの主要半導体メモリーは、電源を切ると情報が失われる揮発性メモリーで構成されていますが、これを不揮発性メモリーで置き換えることができれば消費電力を大幅に抑制できます。このため、磁性体をもつ電子スピン情報（電気を切っても情報は失われない）を半導体中に入力して演算に利用する、スピントランジスタと呼ばれる超省電力のトランジスタの実現が期待されています。

p型ゲルマニウムはシリコンの4倍を超えるキャリア移動度*をもち、高速動作できる次世代トランジスタ材料として注目されています。このp型ゲルマニウムに磁性体からのスピ情報を効率良く入力できれば、高速で超省電力なトランジスタが実現できると期待されます。

室温での電子スピン入力

これまでp型ゲルマニウムへのスピ情報の入力は-180℃以下の極低温に限られていましたが^[1]、スピン入力源となる強磁性体とゲルマニウム間の接合品位を向上することで室温での入力が十分可能と考え、その実証実験に取り組みました。

図1に実験に用いた素子構造を示します。素子はp型ゲルマニウム基板上に厚さ約2nmの酸化マグネシウムと鉄を積層したスピン入力用磁

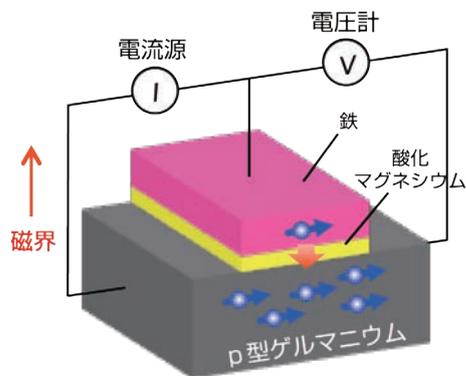


図1 半導体ゲルマニウムへのスピン入力を観測するための素子の模式図

性電極から構成されます。この素子に電流を流すことにより、鉄からのスピ情報がゲルマニウム中へ入力されます。ゲルマニウム中の電子スピン情報の有無は、ハル効果**と呼ばれる現象を利用して調べることができます。ゲルマニウム中に電子スピンが存在する場合、磁性電極面に対して垂直方向に弱い磁界を印加すると、磁性電極の磁化の向きを変えずにゲルマニウム中の電子スピンの向きが変わります。この様子は、電極とゲルマニウム基板間の電圧を測定することでわかります。

図2に室温における測定結果を示します^[2]。電圧は印加磁場に対してローレンツ型の分布をしていますが、これがハル効果に特有の現象です。観測されたハル信号から、室温でのp型ゲルマニウム中のスピン拡散長を見積もったところ、理論的な予想値より数桁長く、スピントランジスタへの応用に必要な長さ（50nm程度）より十分に長い80nm以上あることが判明しました。これは、p型ゲルマニウムを用いたスピントランジスタの実現が十分に可能であることを示しています。

今後の予定

今後は、さらに電子スピン入力の高効率化に取り組み、ゲルマニウムを用いたスピントランジスタの実現を目指します。

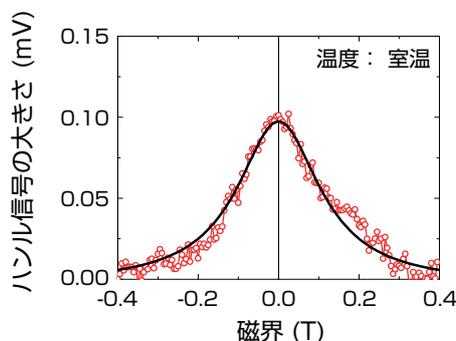


図2 室温におけるゲルマニウムからのスピン信号（赤丸）