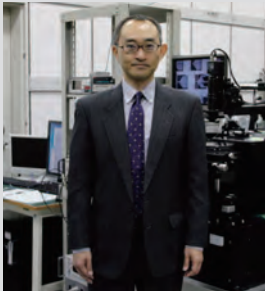


スピントルクダイオードの性能を大幅に向上 ICタグ・車載レーダーなどへの応用を加速



久保田 均
くぼた ひとし
hit-kubota@aist.go.jp

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

スピントロニクスは、比較的新しい研究分野ですが、応用製品は、ハードディスクの再生素子、磁気センサー、不揮発メモリーMRAMなど私たちの生活で広く使われています。ナノスピントロニクス研究センターでは、スピントロニクスの基礎物理からデバイス開発まで広く研究を行っています。特に、大容量高密度不揮発メモリーの開発、高周波スピントロニクス素子の開発はグリーンITの実現に不可欠と考え、実用化を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

三輪 真嗣、鈴木 義茂 (大阪大学)、野崎 隆行、薬師寺 啓、谷口 知大、今村 裕志、福島 草雄、湯浅 新治 (産総研)

● 参考文献

S. Miwa et al.: *Nature Materials*, 13, 50-56 (2014).

● 用語説明

* 磁気トンネル接合：2枚の磁石を絶縁層で挟んだ接合構造。絶縁層は通常電気を流さないが、薄い(ナノメートル程度)場合にはトンネル効果により電流が流れる。

● プレス発表

2013年10月21日「半導体ダイオードの3倍感度のスピンドイオードを開発！」

● この研究開発は、科学研究費補助金基盤研究S「高周波スピントロニクス」の支援を受けて行っています。

スピントロニクスへの期待と課題

電子のもつ電荷のみならずスピン(電子のもつ磁石の性質)をも利用するスピントロニクスは、新しいエレクトロニクスとして近年盛んに研究が行われています。例えばパソコンのハード磁気ディスクの読み取りヘッドでは、磁石の磁極の向きにより抵抗値が変化するトンネル磁気抵抗効果が利用されています。他の例としては、磁石の磁極がもつ不揮発性を利用したMRAMがすでに実現し、その高密度化の研究開発が現在進んでいます。一方で既存のダイオードやトランジスタといった半導体素子を性能指数で上回るスピントロニクス素子はまだ実現していませんでした。

新たな仕組みのスピントルクダイオード

私たちはこれまでに、磁気抵抗効果と磁極の首振り運動を利用したスピントルクダイオードを開発しましたが、その性能指数は半導体ダイオードを下回るものでした。今回私たちは、非線形効果という新たな仕組みによりスピントルクダイオードの性能を大幅に向上させ、半導体ダイオードを大きく上回る感度を実証しました。

今回開発したスピントルクダイオードの構造を図1に示します。ナノメートルサイズの厚さをもつ2枚の磁石(鉄ボロン合金、コバルト鉄ボロン合金)と酸化マグネシウム層からなる磁気トンネル接合*素子を用いています。スピントルクダイオードの出力向上のためには、磁極の首振り運動の振幅を大きくする必要があります。そのための素子として(a)素子形状を円形に設計し、(b)鉄ボロン層の上に酸化マグネシウム層を配置しました。

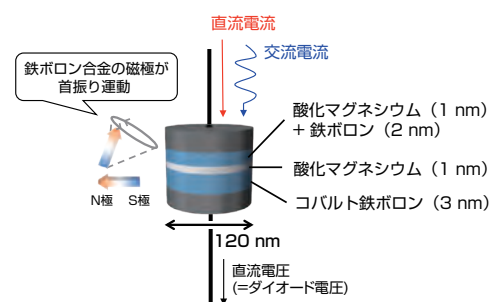


図1 素子の模式図

図2は48 mAの交流電流を流したときのスピントルクダイオードの検出電圧です。横軸は入力交流電流の周波数を示します。このように半導体ダイオードを上回る検出電圧を得ました。

図3は検出電圧の直流バイアス電流に対する変化を示しています。このように直流電流を加えることにより、検出電圧を大幅に増大させられることを発見しました。そして増大が磁極の首振り運動の回転軸の傾き(一種の非線形効果)により説明できることを見いだしました。

この新型ダイオードでは、非線形効果のため、素子を小型化すると雑音以上に信号が増加します。そのため、半導体を信号雑音比において大幅に上回るスピントルクダイオードが実現できます。

今後の予定

高感度・小型・高速チューニング・低抵抗・周波数選択性などの特性を活かして、通信機器、ICタグや車載レーダーなど高周波エレクトロニクス分野へスピントルクダイオードを応用していくことを目指します。

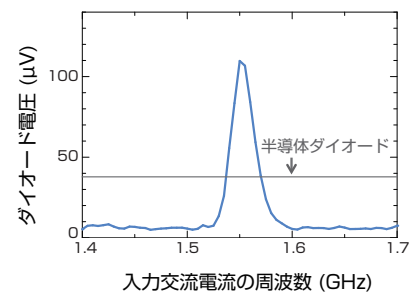


図2 スピントルクダイオードのスペクトル
入力交流電力が0.01 μW(電流値4.8 μA)、直流バイアス電流が-0.3 mAの場合。ピーク周波数は、強磁性FeB層の強磁性共鳴周波数に対応する。

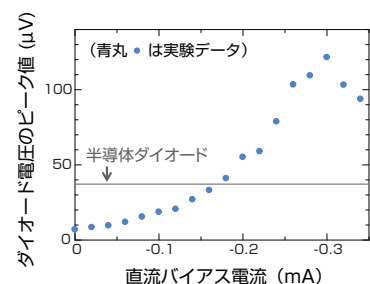


図3 スペクトルのピーク値と対応するダイオード感度の直流電流依存性