

スピントルク発振器の発振安定性を向上 ナノスケールマイクロ波発振器の小型化へ道



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)

スピントルク発振素子は、磁気抵抗型不揮発メモリ技術から派生したユニークな発振素子です。私たちは、これまで数年間、高性能素子の開発に向けて、材料技術、素子技術の研究を行ってきました。産学官の協力体制のもと、グリーン・イノベーションの核になる技術と位置づけてスピントルク発振素子の実用化を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

前原 大樹、関 貴之、西村 和正、永峰 佳紀、恒川 孝二、(キヤノンアネルパ社)、鈴木 義茂 (大阪大学)、福島 章雄、谷口 知大、荒井 礼子、今村 裕志、安藤 功兒、湯浅 新治 (産総研)

● 参考文献

H. Maehara *et al.*: *Applied Physics Express*, 7, 023003 (2014).

● 用語説明

* Q 値：振動の安定性を示す無次元数。Q 値が高いほど、安定した振動となる。

● プレス発表

2014年1月8日「磁気抵抗膜を用いたマイクロ波発振器を高機能化」

● 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」(研究代表者: 鈴木 義茂)の支援を受けて行っています。

スピントルク発振素子の課題

直流から交流を作り出せる発振器は、エレクトロニクスの根幹を支える重要な電子デバイスです。しかし、水晶発振子などを用いたこれまでの発振器は、振動子がミリメートルサイズと大きく、さらに周波数を高める回路が必要で、小型化が困難でした。これに対してスピントルク発振素子は、マイクロ波帯の周波数を直接発振するため、100 nm以下の小型発振器が実現でき、動作電圧・電流が0.5 V・10 mA以下という低消費電力で動作します。しかし、これまでスピントルク発振素子では高出力と安定性の両立が難しく課題となっていました。

スピンの方向を制御して高いQ値を達成

スピントルク発振素子は磁気抵抗膜を用いた電子デバイスで、磁気抵抗膜を構成する強磁性体層中の磁石(スピン)の運動(歳差運動)を電気信号に変換して外部へ出力できます。高いQ値*を得るにはスピンの歳差運動を安定させる必要があります。私たちは今回、磁気抵抗膜として磁気トンネル接合膜を用い、外部磁界によりスピンの向きを磁気トンネル接合膜の膜面に垂直な方向に傾けることで、これまで困難であった歳差運動の安定化を実現し、3000以上の高いQ値を得ました。

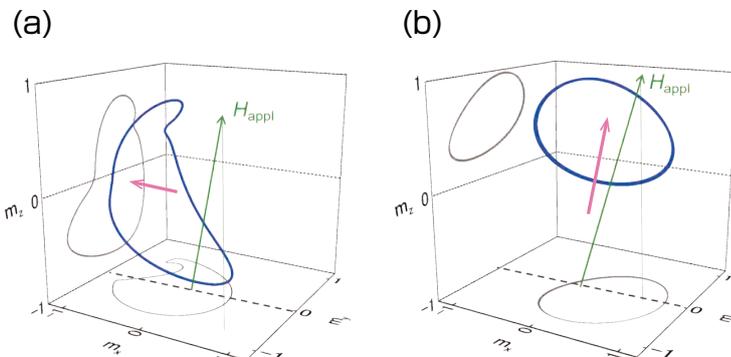
磁気トンネル接合膜は数nmの磁性薄膜を基

本に形成されていますが、スピンの方向が膜面内を向いて歳差運動をしていると磁性薄膜の形状磁気異方性の影響によりスピンの軌道が歪んでしまいます(図(a))。そのため、Q値は比較的小さくなり数百程度が限界になります。今回、外部磁界を用いてスピンの方向を膜面に垂直な方向に向けて歳差運動をさせました。これにより、形状磁気異方性の影響が低減され、スピンは歪みの小さい軌道を描きます(図(b))。このように、スピンの方向を制御して異方性磁界の影響を低減することで安定な歳差運動を実現でき、これまで磁気トンネル接合膜を用いたスピントルク発振素子では得られなかった高いQ値を達成しました。

今回の成果は、スピントルク発振素子の実用化を加速し、LSI中に組み込むことが可能なナノスケール発振器や超高感度・高分解能磁界センサー、次世代ワイヤレス通信用マイクロ波発振器などへの応用が期待されます。

今後の予定

今回は外部磁界を加えましたが、今後は、薄膜材料・素子構造の工夫により外部磁界を加えない状態での発振を実現します。また、ほかの電子部品と組み合わせた回路作製などを行い、実用化に向けて発振器としての性能評価を実施する予定です。



スピンの歳差運動の軌道の計算結果

膜面は xy 平面に広がっている。緑色の矢印は磁界の方向を、ピンク色の矢印は軌道運動の中心軸方向を表している。(a)では磁界が1 kOeと弱く、軌道中心軸は面内方向にとどまっている。軌道の形状は歪んだ形をしており、不安定である。(b)は磁界を8 kOeと十分に強くした場合で、軌道中心軸が磁界方向に近く軌道の形状も円に近い。その結果、安定した発振が得られる。(Copyright (2014) The Japan Society of Applied Physics)