

無磁場発振可能な面直歳差型スピンホール発振器

Bias-field-free spin Hall oscillators with an out-of-plane precession mode

東工大¹, 東大², JST-CREST³, [○]白倉 孝典¹, ファム ナム ハイ^{1,2,3}

Tokyo Tech.¹, Univ. Tokyo², JST-CREST³, [○]T. Shirokura¹, P. N. Hai^{1,2,3}

E-mail: shirokura.t.aa@m.titech.ac.jp

【背景】スピントルク発振器 (STO) は、磁気トンネル接合の自由層磁化の歳差運動を利用した発振器である^[1]。STO は GHz 領域の発振周波数と高い Q 値を有するため、マイクロ波アシスト磁気記録やニューロン回路などへの応用が期待されているが、スピン偏極電流を用いるため、駆動電流が大きいという問題がある。駆動電流を低減するため、スピン流生成効率の高いスピンホール効果 (SHE) を用いた面内歳差型のスピンホール発振器 (SHO) が提案され、駆動電流の低減効果が実証された^[2]。しかし、面内歳差型 SHO が安定発振するためには外部磁場が必要であり、磁場印加用の磁性層からの漏れ磁場や製造コストの増加が問題となる。そこで、我々は、無磁場で発振可能な面直歳差型 SHO の構造を提案し、Landau-Lifshitz-Gilbert (LLG) 方程式を用いて自由層磁化の挙動を解析することで、その動作を確認した。

【結果】Fig. 1 に我々の提案する SHO の構造および、駆動電流の経路を示す。各構造はスピン流源層のスピンホール角、SHO の要求出力、並列数などに応じて使い分ける。自由層の磁化困難軸と純スピン流のスピン量子化軸を平行に設計することで、無磁場でも面直方向の歳差運動を誘起できる。

動作実証のため、スピン流源として W 、自由層として単一磁区の CoFeB を仮定して数値解析を行った。簡単のため、自由層の磁気異方性は形状異方性のみを仮定した。自由層長さ L_{FM} と自由層厚さ t_{FM} が等しいとき、自由層磁化が磁化困難軸周りに無磁場発振することが確認された。一方、Fig. 2(a)に示すように、 $L_{FM} \neq t_{FM}$ では歳差面内に生じたエネルギー障壁により発振が開始しない。しかし、Fig. 2(b)に示すように、エネルギー障壁を超えるための短いパルス電流を印加することで発振を励起することが分かった。また、LLG 方程式の解析

解を近似の下で導出し^[3]、数値解析結果との比較を行った。その結果、近似的解析解は発振励起用のパルス電流や、発振周波数などを精度よく予測できることが分かった。さらに、面内発振 SHO と同様、我々の面直歳差型 SHO は、駆動電流を STO よりも 1 桁以上低減できることが分かった。

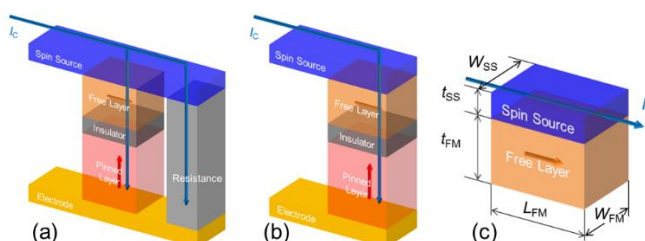


Fig.1. Schematic structure of our two-terminal bias-field-free SHOs. In (a), the SHO consists of a magnetic tunnel junction, a spin source layer, and a shunting resistance. In (b), the shunting resistance is omitted. The orange and red arrows show the magnetization of the free and pinned layer, respectively. The blue arrows show the current flow paths. In (c), the SHO consists of only the spin source layer and the free magnetic layer.

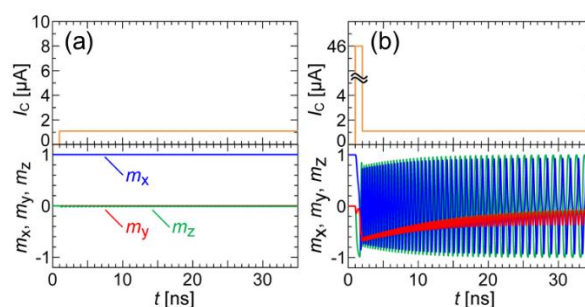


Fig.2. Time evolution of the magnetization unit vector in the case of $L_{FM} \neq t_{FM}$ with (a) only a DC current and no initial pulse current, and (b) with an initial short pulse current followed by a DC current.

【謝辞】本研究は JST-CREST (JPMJCR18T5) の助成を受けたものである。

【参考文献】

- [1] S. I. Kiselev, *et al.*, Nature **425**, 380 (2003).
- [2] L. Liu, *et al.*, PRL **109**, 186602 (2012).
- [3] T. Taniguchi, *et al.*, PRB **93**, 174401 (2016).