

スピントルク発振素子を電圧制御発振器として用いたフェーズロック ドループの開発

田丸慎吾、久保田均、薬師寺啓、福島章雄、湯浅新治
(産総研 スピントロニクス研究センター)

Development of phase locked loop using a spin torque oscillator as a voltage controlled oscillator

S. Tamaru, H. Kubota, K. Yakushiji, A. Fukushima, S. Yuasa
(AIST, Spintronics Research Center)

はじめに

スピントルク発振素子(Spin Torque Oscillator, STO)は、微小な磁性体積層膜に直流電流を注入する事により歳差運動を励起し、それを磁気抵抗効果によってマイクロ波帯域の電気信号に変換する。STOはそのサイズ(数10~数100 nm)、広い周波数調整帯域、半導体プロセスとの整合性など、従来のマイクロ波発振器には無い数々の利点があるため、次世代マイクロ波発生器として期待されている。しかしながら現状では発振が不安定で位相ノイズが大きいため、実用化には至っておらず、発振を安定化する技術が STO 実用化には必須となる。これまでは STO に高周波信号を注入し発振を同期させることにより安定化する、注入同期(Injection Locking, IL)という手法が主に研究されてきており、既にいくつもの成功例が報告されている[1,2]。だが IL では STO の発振周波数と同じかそれより高い周波数の信号が必要なため、実用上あまり価値があるとは言えない。一方周波数安定化の手法として実用上幅広く用いられる手法に、位相同期回路(Phase Locked Loop, PLL)がある。IL と比べた際の PLL の最大の利点は、PLL では 10 MHz – 100 MHz といったずっと低い基準周波数に電圧制御発振器(Voltage Controlled Oscillator, VCO)の位相を同期させる事である。この手法が STO に応用できれば、STO の実用化にとって大きな進展となるが、これまで成功例の報告はなかった。そこで我々は本研究において、STO を VCO として用いた PLL 回路を構築する事により、STO 発振の安定化を試みた。

実験方法及び結果

図1に STO を用いた PLL のブロック図を示す。STO は垂直磁化発振層と、面内磁化参照層を持つピラー型 STO である。これに平均で 7.344GHz 発振するようにバイアス磁場及びバイアス電圧をかける。このマイクロ波は、Bias-Tee の高周波パスを通り、2 個の低雑音増幅器(LNA1,2)によって増幅され、1/48 分周器で 153MHz に変換される。この信号は、153MHz の基準信号と位相比較され、その位相誤差に比例する信号(V_{PES})がループフィルタによって積分された後にバイアス電圧と足され、STO に帰還される。これにより、 V_{PES} が常に最小になるように STO の発振周波数が動的に調節される。

図2にフリーラン時と位相同期時における STO 出力のスペクトルを示す。フリーラン時のスペクトルは約 4 MHz の線幅であるのに対し、位相同期時は、7.344GHz の所に極めて鋭いピークが観測され、その線幅は測定限界の 1 Hz 以下となった。これは PLL により STO の発振が安定化された事を明確に示す結果である。講演では、この PLL のより詳細な構成や、位相同期時における残留位相ノイズ源の調査結果などについて報告する。

参考文献

- [1] W. H. Rippard et al., PRL **95**, 067203 (2005)
[2] B. Georges et al., PRL **101**, 017201 (2008).

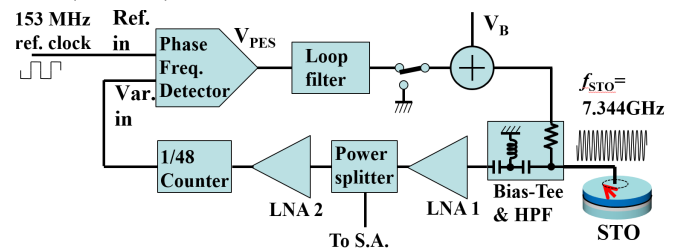


図1, STO を用いた PLL のブロック図

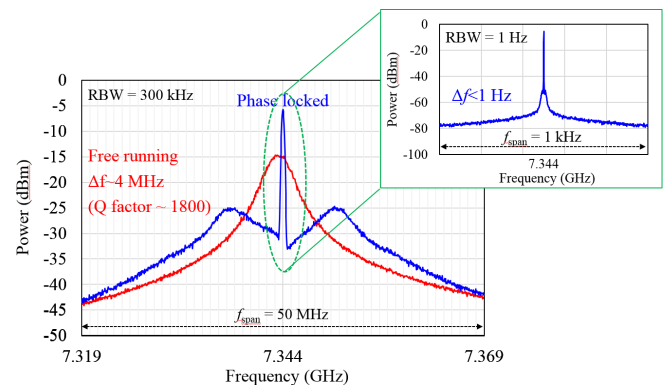


図2,フリーラン時と位相同期時の STO 発振スペクトル