

スピントルク発振素子の高速磁気センサ応用における 発振パワーゆらぎの影響：非線形振動子モデルによる検討

Effects of Power Fluctuation on High-Signal-Transfer-Rate Read Heads Using Spin-Torque Oscillators: Study based on a Non-Linear Oscillator Model

○金尾 太郎、永澤 鶴美、工藤 究、首藤 浩文、山岸 道長、水島 公一、佐藤 利江
(東芝研究開発センター)

○Taro Kanao, Tazumi Nagasawa, Kiwamu Kudo, Hirofumi Suto, Michinaga Yamagishi,
Koichi Mizushima, and Rie Sato (Corporate R&D Center, Toshiba Corporation)

E-mail: taro.kanao@toshiba.co.jp

スピントルク発振素子 (STO) は、その発振周波数が磁場や電流によって変調可能なことから、磁気記録再生ヘッド [1, 2, 3] やチップ内/間無線通信等 [4] への応用が期待されている。しかし、周波数が発振パワーに依存するため (振幅位相结合)、熱によるパワーゆらぎが周波数ゆらぎに加わるという問題がある。そうしたパワーゆらぎには定常値への緩和が働き、緩和時間 $1/\Gamma_p$ は発振周期に比べて1桁から2桁長い。このことから周波数の検出方法として、 $1/\Gamma_p$ に比べて短い時間で位相変化を検出する遅延検波が提案され、パワーゆらぎが小さい場合の理論から、十分な SNR が得られる可能性が示されている [1]。一方で $1/\Gamma_p$ が長いほど、その間に熱ゆらぎ ρ によって引き起こされるパワーゆらぎ $\rho/p_0\Gamma_p$ (定常発振パワー p_0 に対する相対値) は大きくなる [5]。

こうした背景のもと、本研究では Γ_p に注目して STO の高速磁気センサとしての性能を検討した。STO のモデルとしてその発振特性を記述できる非線形振動子モデルを用いた [5]。このモデルに、記録媒体上の磁化によるランダムなパルス磁場列 (ビット列) の効果を取り入れ、発振のパワーと位相の時間発展を求めた。遅延検波によりビット列を再生し、再生の性能指標となるビット誤り率 (BER) を求めた。

図1より、ある Γ_p^* (図のパラメータでは $\Gamma_p^* \sim 0.1 \text{ ns}^{-1}$) に対して Γ_p が大きいとき BER は振幅位相结合 ν に指数関数的に依存し、小さいとき BER の ν 依存性は小さいことがわかる。この $\Gamma_p \geq \Gamma_p^*$ の領域ではパワーゆらぎが小さく、BER は従来の理論から理解される [1]。一方で、今回新たに調べられた $\Gamma_p \leq \Gamma_p^*$ の領域では、図2よりパワーゆらぎの目安となる量 $\rho/p_0\Gamma_p$ によって BER が決まることがわかる。パワーの時間依存性と遅延検波の出力波形から、この領域ではごくまれにパワーがゼロに近づき周波数が大きくゆらぐため、ビット誤りが起こることがわかった。 Γ_p^* は周波数の変調幅やビット転送速度等によって決まっており、 $\Gamma_p \leq \Gamma_p^*$ となる場合には Γ_p を大きくすることにより BER を指数関数的に低減できる。講演では発振線幅との関係や実際の STO のパラメータとの比較を含めて報告する。

[1] K. Mizushima et al., J. Appl. Phys. **107**, 063904 (2010). [2] P. M. Braganca et al., Nanotechnology **21**, 235202 (2010). [3] H. Suto et al., Nanotechnology **25**, 245501 (2014). [4] J. A. Katine and E. E. Fullerton, J. Magn. Magn. Mater. **320**, 1217 (2008). [5] A. Slavin and V. Tiberkevich, IEEE Trans. Magn. **45**, 1875 (2009). 本研究は (独) 科学技術振興機構 (JST) の研究成果展開事業「戦略的イノベーション創出推進プログラム (S-イノベ)」の支援によっておこなわれた。

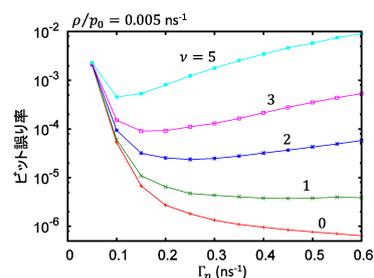


図1: BER の Γ_p, ν 依存性。

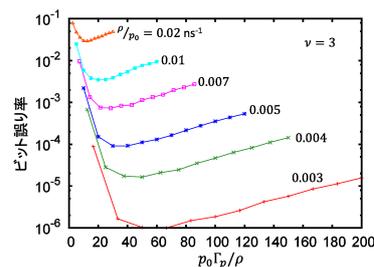


図2: BER の $\Gamma_p, \rho/p_0$ 依存性。