

マイクロ波アシスト磁気記録における FGL と SIL の膜厚と発振磁界強度の関係

栗田佳典, 赤城文字

(工学院大学大学院 工学科電気・電子専攻)

Examination of FGL film thickness and spin torque magnetic field condition in microwave assisted magnetic recording

Kurita Keisuke, and Fumiko Akagi

(Graduate School of Electrical Engineering and Electronics, Kogakuin University)

まえがき

近年、磁気ディスク装置 (Hard Disk Drive:HDD)は、テラビット級の高記録密度化が要求されている。しかし、そのためには媒体雑音、熱揺らぎ、記録ヘッドの磁界強度限界というトリレンマを解決する必要がある。これを解決する方法としてマイクロ波アシスト磁気記録(Microwave Assisted Magnetic Recording:MAMR)方式が提案されている[1]。MAMRは記録ヘッドに隣接してスピントルク発振素子(SpinTorque Oscillator:STO)を設け、記録時に STO から高周波磁界を発生させる。この高周波磁界が記録媒体に磁気共鳴を起こすため、低磁界でも記録ができ、トリレンマを解決することができる。STO から発生する高周波磁界は 100 kA/m 以上の磁界強度が必要とされている。先行研究では、約 130 kA/m の発振磁界強度で高い SNRを確認している [2]。また、STO の磁界発生層(Field Generation Layer : FGL)の膜厚を増加させると、磁界強度を増加できることも報告している[3]。しかし、STO は磁気ヘッドの主磁極とシールドの間に設けるために、STO を構成する FGLの膜厚を増大させるには限界がある。また、FGLにスピントルク磁界を与える STO の別の構成要素であるスピン注入層(Spin Injection Layer : SIL)の膜厚も関係してくる。従って、本研究では、ヘッド、媒体、及び STO を考慮したマイクロマグネティクスシミュレーションによって、FGL、及び SIL の膜厚と発振磁界強度との関係を検討した。

計算モデル及び計算方法

本研究で用いた磁化挙動計算用シミュレータは、(1)式に示す Landau-Lifshitz-Gilbert(LLG)である [2]。

$$(1 + \alpha^2) \frac{d\vec{M}}{dt} = -\gamma \vec{M} \times (\vec{H}_{eff} - \alpha \vec{H}_{st}) - \frac{\gamma}{M_s} \vec{M} \times \{ \vec{M} \times (\alpha \vec{H}_{eff} + \vec{H}_{st}) \} \quad (1)$$

\vec{M} は磁化ベクトル、 γ はジャイロ磁気定数、 α はダンピング定数、 M_s は飽和磁化、 \vec{H}_{eff} は実効磁界ベクトルである。 \vec{H}_{st} は STO へ電流を流す事で FGL または SIL に印加される偏極スピンによるスピントルク磁界である。

$$\vec{H}_{st} = \frac{\hbar J}{2eM_s d} \vec{M}_p \quad (2)$$

\hbar はディラック定数、 J は注入電流密度、 e は電気素量、 η はスピン分極率、 d は膜厚、 \vec{M}_p は \vec{H}_{st} の方向ベクトルである。記録ヘッドは単磁極ヘッドとし、メインボールの膜厚は 98 nm、トラック幅は 56 nm とした。記録層は粒子サイズを 7 nm、膜厚 5 nm の軟磁性膜と硬磁性膜によって構成される ECC(exchange coupled composite)媒体とし、線記録密度は 1814 kfc i (1.65 Tbit/in²)とした。ヘッドと媒体のスペーシングは 5 nm、ヘッド・媒体間の相対速度は 20 m/s とした。STO はトラック幅 28 nm、高さ 28 nm、膜厚 21nm とし、非磁性の中間層を 3.5 nm とした。また、本研究ではヘッド、STO、及び媒体間の静磁氣的相互作用は考慮している。ただし、前回の結果から、発振磁界を不安定にさせる媒体から STO へ印加される静磁界は除いて計算を行った[2]。Table.1 に媒体および STO の磁気特性を示す。

計算結果

Fig.1 に FGL と SIL の膜厚を変化させた場合の発振磁界強度のスピントルク磁界依存性を示す。発振磁界強度はクロストラック成分で膜厚中央の磁界とした。図より、FGL の膜厚を厚くすると発振磁界は減少することがわかった。これは FGL の膜厚の増加にともない SIL の膜厚が減少し、SIL の磁化が一方向を向かず、乱れた回転をするからである。また、スピントルク磁界を増加させると、発振磁界強度が減少する結果となった。

まとめ

FGL の膜厚を増大させ SIL の膜厚を減少させると SIL が不安定な歳差運動を行うため、発振磁界強度が減少する。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 16K06313、及び情報ストレージ研究推進機構(ASRC)の助成を受けて行った。

参考文献

- [1] Y. Tang, and J. G. Zhu, *IEEE Trans. Magn.* 44, pp. 3376-3379, 2008.
- [2] 栗田佳典, 赤城文字, 吉田和悦, 2019 信学総大, C-7-2, 2019.
- [3] 古賀理樹, 赤城文字, 吉田和悦, 信学技報 114(327), pp. 1-5, 2014.

Table.1 Magnetic characteristics of head, medium and STO

	K_u [J/m ³]	M_s [T]	α	交換定数 [J/m]
ヘッド	3.0×10^3	2.5	0.05	1.0×10^{-11}
軟磁性記録層	5.0×10^5	0.8	0.05	1.0×10^{-11}
硬磁性記録層	1.2×10^6	0.8	0.05	1.0×10^{-11}
SUL	3.0×10^3	1.5	0.05	1.0×10^{-11}
FGL	5.0×10^3	2.0	0.03	2.0×10^{-11}
SIL	5.0×10^5	1.0	0.03	2.0×10^{-11}

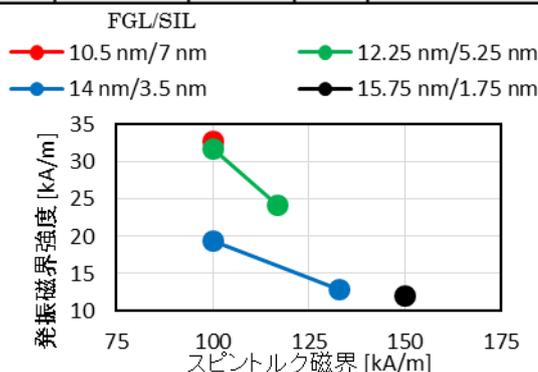


Fig. 1 Dependence of AC magnetic field on spin torque field with different thicknesses of FGL and SIL.