

TMR ヘッドから発生する磁化揺らぎノイズに関する研究

遠藤 恭, 樊 鵬, 山口正洋 (東北大工)

Study on the magnetization fluctuation noise in TMR read heads with various stripe heights

Yasushi Endo, Peng Fan, Masahiro Yamaguchi (Tohoku Univ.)

はじめに HDDの大容量化にともない、磁気記録媒体における記録ビットサイズの低減と、再生用磁気ヘッドの微細化が要求されている。なかでも、ヘッドの微細化を進めるうえで面積抵抗 (Resistance area product : RA) の低減が課題であり、RAの低いヘッドでは高い出力を得るために電流密度が増加する可能性がある。しかしながら、高電流密度下では、熱による磁化揺らぎノイズ (マグノイズ) に加えて、スピントルクによる不安定な磁化揺らぎが発生し、ノイズが著しく増大する恐れがある¹⁾。

これまでに、我々は素子サイズおよびRAおよびの減少にともないマグノイズに対するスピントルクの影響が深刻な問題となりうることを報告した²⁾。本研究では、より小さな素子サイズかつ低RAのTMRヘッドから発生するマグノイズの電流密度依存性を詳細に検討し、ノイズがヘッドのS/N比を劣化させる臨界電流密度について検討した。

実験方法 試料はMgO絶縁層をもつTMRヘッドである。素子サイズに関しては、トラック幅36nmと固定し、ストライプ高さを15~45nmと可変させた。また、RAは $0.9 \Omega \cdot \mu\text{m}^2$ である。このヘッドには永久磁石が具備されており、そのバイアス磁界の方向は参照層の磁化方向と直交している。外部磁界はヘッドの面内ストライプ高さ方向に印加し、その強度を0~1800Oeの範囲で変化させた。バイアス電流はヘッドの膜面直に流し、電流密度を $0 - 6.8 \times 10^{11} \text{ A/m}^2$ の範囲で変化させた。外部磁界を参照層の磁化方向と反平行に印加した場合を正と定義する。また、電流密度に関してはバイアス電流を自由層から参照層に流した場合を正と定義する。外部磁界の強度と極性、また電流密度の大きさと向きを変化させてヘッドから生じるノイズのスペクトルを0.1~20GHzの周波数範囲で計測した²⁾。

実験結果 素子サイズ $36 \times 15 \text{ nm}^2$ のTMRヘッドにおいて、電流密度を $+1.3 \times 10^{11}$ および $+6.8 \times 10^{11} \text{ A/m}^2$ に固定し、外部磁界を変化させたときのノイズスペクトルの一例をFig. 1に示す。電流密度が $+1.3 \times 10^{11} \text{ A/m}^2$ の場合、外部磁界0Oeのとき、8.2GHz付近にピークが観測された。外部磁界を $+1800 \text{ Oe}$ まで増加させると、ピークの位置は低周波側へ移動するものの、その強度は減少した。このピークは主に自由層から発生するマグノイズによると考えられる。一方、電流密度が $+6.8 \times 10^{11} \text{ A/m}^2$ の場合、8.2GHz付近で観測されたピークは外部磁界 $+800 \text{ Oe}$ 付近で急峻となり、さらに外部磁界を増加させるとその強度は減衰した。この結果は、マグノイズがスピントルクの影響により増大したものと推察される。

マグノイズのスピントルクによる影響を明確にするために、外部磁界 $+800 \text{ Oe}$ 印加したときに観測された7.2GHz付近のピークに着目して、そのピーク強度と半値幅を電流密度の大きさと向きに対してまとめた。Fig. 2に示すように、電流密度の方向を負から正へ反転させてその大きさを増加させていくと、ピーク強度は著しく増大し、その半値幅は線形的に減少した。これらの挙動からもマグノイズがスピントルクの影響により増大したことを理解できる。また、ヘッドに流す電流密度をさらに増加させるとピークの半値幅がゼロとなり、その閾値 (臨界電流密度) を超えると自由層の磁化の定常的な歳差運動が起こり、ノイズが著しく増大することが予測できる¹⁾。したがって、ピークの半値幅の電流密度に対する変化を利用して半値幅がゼロとなる臨界電流密度を求めたところ、約 $+1.5 \times 10^{12} \text{ A/m}^2$ であった。この値は、これまでの報告に比べて一桁高く、素子サイズの低下により形状異方性が強くなっていることによると考えられる。

以上の結果から、この臨界電流密度近傍から、マグノイズの増大がトルクの影響を受けて顕著となり、ヘッドのS/N比をより劣化させる可能性がある。

謝辞 本研究は情報ストレージ研究推進機構(SRC)の協力のもとで行われた。

参考文献 1) S. Petit *et al.*, Phys. Rev. B, **78**, 184420 (2008)., 2) Y. Endo *et al.*, IEEE Trans. Magn., **49**, 3745 (2013)他。

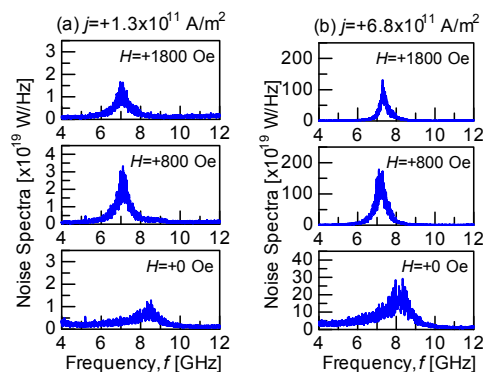


Fig. 1. Noise spectrum in the TMR head with a size of $36 \times 15 \text{ nm}^2$ as a function of positive magnetic field with $j = +1.32 \times 10^{11}$ [(a)] and $+6.76 \times 10^{11} \text{ A/m}^2$ [(b)].

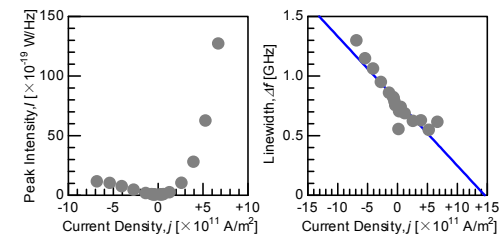


Fig. 2. Peak intensity I and line-width Δf of the strong noise spectral peak in the TMR head as a function of j with $H = +800 \text{ Oe}$. Solid line represents the linear function obtained from the least square fitting to the data of the line-width.