

次世代磁気記録方式の概要

2013 年に生み出されたデジタルデータは 4.4 ZBytes($Z: \text{zeta}=10^{21}$, $1 \text{ ZB} = 1 \text{ TB}$ のディスク 10 億台分)と言われており, 2020 年には 44 ZB に増加すると予測されている. 保存されるデジタルデータの 80%以上はハードディスクドライブ(HDD)に保存されることから, HDD の大容量化が求められている. HDD の大容量化のためにはデータのビットサイズを小さくし, 面記録密度を向上させる必要がある. しかし, ビットサイズを小さくすると, 周囲の温度の影響を受けて熱揺らぎが生じ, 磁化方向を一定に保てなくなる. HDD の現行の記録方式である垂直磁気記録方式は, この熱揺らぎにより, 面記録密度が限界に達しつつある. この限界を超えるために, エネルギーアシスト記録やビットパターン媒体が提案されている.

本研究室では, 数値解析シミュレーションによりマイクロ波アシスト磁気記録(MAMR)に用いる記録ヘッドを研究している. MAMR は, 高周波発振素子(STO)から発生する高周波磁界を主磁極(MP)からの記録磁界に重畳することで, 高異方性媒体への記録を可能にする. STO は高周波発振層(FGL)とスピン注入層(SIL)で構成され, MP とトレーリングシールド(TS)間に配置される. STO の発振には, 外部からの印加磁界とスピントルク磁界が必要であり, この 2 つが釣り合う事で FGL は歳差運動する. 歳差運動とは, ジャイロモーメント効果により, 自転している物体の回転軸が円を描くように振れる現象である. 磁気モーメントが外部磁場によって歳差運動を起こす現象をラーモア歳差運動と言う.

解析に用いたソフトウェアは JSOL 製電磁界解析ソフト JMAG-Studio, および富士通製 LLG シミュレータ EXAMAG である.

マイクロ波アシスト磁気記録のための

高周波発振素子(STO)のマイクロマグ解析

ー高周波発振層(FGL)に負の磁気異方性を用いた検討ー

201312026 山田太久留

本研究では, MAMR に使用する高周波発振素子(STO)のマイクロマグネティック解析を行い, STO の高周波発振層(FGL)の磁気異方性に負の値を用いた検討を行った. また反射スピントルクと透過スピントルクで行うことで違いを調べた.

使用する STO は $30 \text{ nm} \times 30 \text{ nm}$ の縦が 14 nm の cube 型のものを用いる. この STO の FGL に磁気異方性 H_k を -31.4 [Oe] , -314 [Oe] , -3140 [Oe] と変えながら解析した, 比較のために正の磁気異方性 H_k を 31.4 [Oe] , 314 [Oe] , 3140 [Oe] でも解析を行った. STO は反射のスピントルクと透過のスピントルクにより発振し, 反射のスピントルクによる解析では良好な発振は得られなかった, 透過は注入電流密度 $3.0 \times 10^8 \text{ A/cm}^2$ から発振を確認できた. H_k を変更した結果としては発振に大きな変化は見られなかった.

マイクロ波アシスト磁気記録方式における高周波発振素子に
負の磁気異方性を用いた優位性の検討

201312007 上野 巖

本研究では、MAMR 方式での磁気ヘッドシミュレーション解析において、負の磁気異方性が優れているかどうかを正のデータと比較をした。FGL 層に負の磁気異方性を用いた場合、FGL の磁化が内面方向に向きやすく、発振が良好になるメリットがある。これらを計算するために JMAG-Studio でモデルを作成し、EXAMAG で計算を行った。計算時間の短い孤立 STO では、注入電流密度の変更や外部磁界の強さを変更を行うことで条件を変えてデータを収集した。これは統合 STO ヘッドモデルにするために STO を挿入し計算を行うときに、孤立 STO で良好な発振をした条件に当たりを付けておくことで、統合 STO ヘッドモデルでも効率よく計算を行うための方法である。最初に行った統合 STO モデルの小モデルでは磁界が足りず、統合 STO モデルの面内記録モデルを採用し、GAP 中の磁界を強くし、統合した STO ヘッドモデルでも良好な発振を得ることが出来るか計算を行った。

高周波アシスト磁気記録に用いる
高周波発振素子 (STO) のマイクロマグ解析シミュレーション
—2 層構造 STO と 3 層構造 STO の比較—

201312005 板垣 諒

本研究では、高周波発振素子(STO)に関して、従来研究されてきたスピン注入層(SIL)-高周波発振層(FGL)からなる構造を Double-layer モデル、新たに SIL-FGL-SIL からなる構造を Tri-layer モデルとし、この 2 種類のモデルのマイクロマグネティック解析を行った。STO への注入電流密度 J は STO 自体の損傷を防ぐため、より低い値が望まれる。FGL は主磁極(MP)からの磁界及び、SIL からのスピン電子により発振する。Tri-layer は Double-layer と比較し SIL が FGL を挟んだ構造をしている。そのため、FGL が両 SIL に隣接する 2 つの面でスピン電子を受けることができる。このことから同値の J であっても、Double-layer に比べ Tri-layer の FGL は、より多くのスピン電子を受けることが可能であり、Double-layer より低い値の J での発振が期待できる。まず、STO を簡易ヘッドに組み込み、解析を行った。このヘッドは更なる計算時間の短縮を図るために設計され、コイルの電流によって磁化されないモデルである。解析の結果、磁化されていないヘッドでは STO に与える影響が大きく、発振が良好ではなかった。次に STO を小ヘッドに組み込み、解析を行った。このヘッドはコイルの電流によって磁化され、計算時間短縮のため実際の記録ヘッドより小規模に設計されている。解析の結果、ヘッドとの磁氣的相互作用により低い J では発振せず、 J を上昇させても発振が安定しない。次に STO を面内記録ヘッドに組み込み、解析を行った。このヘッドは小ヘッドより高い Gap 中磁界を得られる、解析の結果、発振には高い J を必要とするが、安定した発振が持続した。

全体の結果として、記録ヘッドと統合したモデルでは、いずれのモデルも発振を確認できる J が高く、良好な発振には高い Gap 中磁界を必要とする。同条件の解析では、Double-layer と比べ Tri-layer の発振状態がわずかに良い結果となった。