

金属における電磁界-熱伝導解析

Analysis of Heat Transfer and EM Field in Metals

柳尾 州[†] 岸本 誠也[†] 大貫 進一郎[†]

Shu YANAO[†] Seiya KISHIMOTO[†] Shinichiro OHNUKI[†]

[†] 日本大学理工学部電気工学科

[†] Department of Electrical Engineering, College of Science and Technology, Nihon University

1. はじめに

ハードディスクドライブの記録密度向上に注目されている技術の一つ、熱アシスト磁気記録 (HAMR: Heat-Assisted Magnetic Recording) では近接場光技術が活用されている [1]. しかしナノサイズの近接場光を利用する熱アシスト磁気記録用磁気ヘッドの設計を様々な環境変化を考慮し、実験だけで行うことは困難である.

そのため本報告では FDTD (Finite-Difference Time-Domain) による近接場素子と記録媒体の熱伝搬をシミュレーションモデルの構築を目標と位置づける. 記録媒体を模した金属に対して電磁波を照射したときに金属内で発生する電磁界, 熱エネルギーの大きさを確認する. また, その熱の伝搬速度や金属全体の温度変化による, 周囲への影響について検証する.

2. 解析手法

FDTD により電磁界と熱伝搬を計算する [2]. また, 記録媒体として金属を配置し生成するジュール熱の算出方法として, 以下の式を用いる.

$$\begin{aligned} -\frac{\partial}{\partial t} \int_V (W_e + W_m) dV &= \int_V E \cdot J_f dV + \int_V (E \times H) da \\ &= \int_V (\sigma E^2) dV \end{aligned} \quad (1)$$

ここで, W_e は電気エネルギー, W_m は磁気エネルギー, E は電場, J_f は電流密度, σ は導電率である.

3. 解析結果

図 1 に解析モデルを示す. PML (Perfectly Matched Layer) によって囲まれた解析空間の中心に金属を配置し, 電磁波を入射することで発生する熱エネルギーを (1) 式より算出し, 発生したジュール熱が金属内を伝搬する様子をシミュレーションした.

図 2 は金属表面に配置した観測点 1 における電界を示す. 金属内部に電界が発生していることが確認できる. 図 3 は金属の表面が 500°C に達した際に電磁波の照射をやめ, 断熱条件下における観測点 2 の温度が 500°C に達するまでの温度変化を示す. 結果より 5.3188×10^{-5} [sec] の時間を要することが分かった.

4. まとめ

本報告では FDTD を用いて記録媒体を模した物体に対して電磁波を照射したときの, 金属内のジュール熱発生過程を電磁界解析, その熱伝搬を熱伝導解析からそれぞれ確認した.

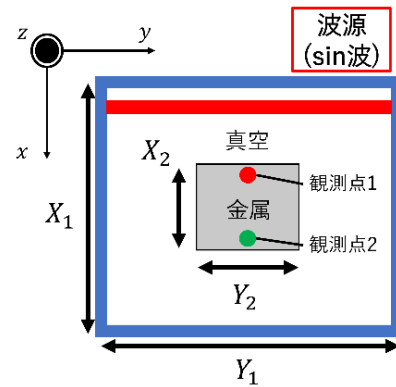


図 1: 解析モデル

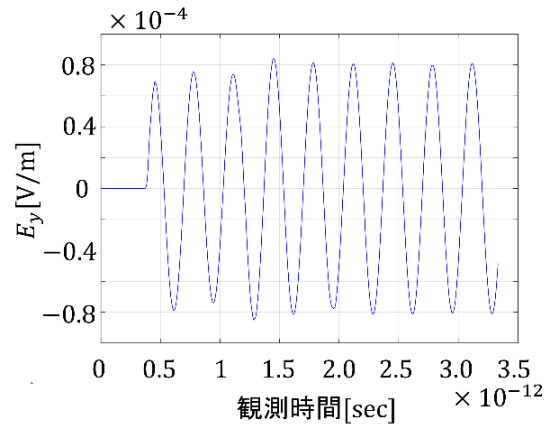


図 2: 観測点の電界 E_y

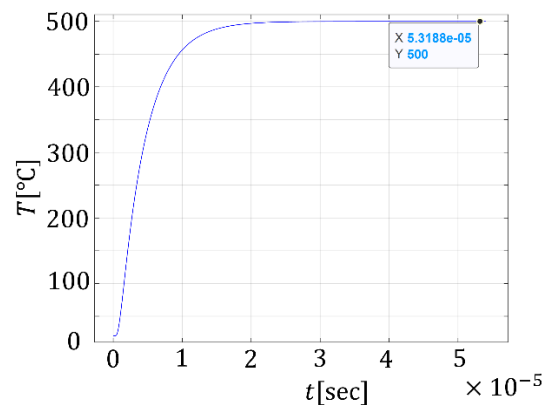


図 3: 金属内の温度変化

参考文献

- [1] K. Nakagawa, et. al., "Thermally Assisted Magnetic Recording Applying Optical Near Field with Ultra Short-Time Heating", J. Magn. Soc. Jpn., 37, pp119-122, 2013.
 [2] 宇野亨: 「FDTD 法による電磁界解析及びアンテナ解析」, コロナ社, 1998.