

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	スピントランスファートルクによる磁壁駆動を用いた磁性細線メモリの記録・再生制御に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	奥田光伸
Author(English)	Mitsunobu Okuda
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10477号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中川 茂樹,岩本 光正,山田 明,間中 孝彰,PHAM NAM HAI
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10477号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第 号			学位申請者氏名	奥田 光伸	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	中川 茂樹	教授	審査員	Pham Nam Hai	准教授
	審査員	岩本 光正	教授			
		山田 明	教授			
		間中 孝彰	准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「スピントランスファートルクによる磁壁駆動を用いた磁性細線メモリの記録・再生制御に関する研究」と題し、和文 8 章より構成されている。

第 1 章「序論」では、映像の高精細化に伴うデータ転送速度の課題と現状の記録技術について整理し、高速記録再生実現のために、機械的な動作部分を無くした磁気記録装置の開発が必要という研究動機を述べている。

第 2 章「スピントランスファートルクによる磁壁駆動と磁性細線メモリ」では、スピントランスファートルク (STT) による磁壁駆動の原理とそれを用いたデバイスについてまとめるとともに、本研究で着目した磁気ヘッドを利用した磁性細線記録素子の構造について述べている。

第 3 章「垂直磁化磁性細線の作製」では、磁性細線を用いた磁気記録デバイスの検証を行うため、まず [Co/Pd] 人工格子多層膜を用いて磁性細線を作製し、21 周期以下の膜構造において良好な垂直磁化特性が得られたことを示している。この多層膜を用いて磁性細線を作製し、線幅 250 nm 以下の構造において細線幅方向に単一の磁区構造をとることを明らかにし、幅 150 nm の [Co/Pd] 磁性細線を用いて磁区駆動実験を行うことを提案している。

第 4 章「磁性細線における電流磁区駆動と検出技術」では、磁気ヘッドを用いた駆動磁区観察装置を構築し、磁性細線に接触させた再生ヘッドの磁気抵抗値の変化により、磁性細線中を電流駆動する磁区をリアルタイムに検出した結果について述べている。まず、電流密度 $6.3 \times 10^7 \text{ A/cm}^2$ 、パルス幅 50 ns のパルス電流を印加し、磁区が電子の流れる方向へ移動することを磁気力顕微鏡により観察し、STT による電流磁壁駆動により磁区が移動したと述べている。続いて駆動した磁区の周辺に再生ヘッドを固定し、電子の流れる方向に移動する磁壁を検出できたことにより、再生ヘッドを用いた駆動磁区の検出の実証に成功したと述べている。

第 5 章「磁気ヘッドによる磁性細線への磁区形成」では、磁気ヘッドにより磁性細線に磁区形成ができる条件について検証している。電流を印加した記録ヘッドを磁性細線上で走査することで磁区を磁性細線に導入し記録条件を評価している。このとき、電極構造を 2 層とすることで細線周辺の電極の高さを低くし、記録ヘッドを細線に近接させることで、記録ヘッドからの磁界により磁性細線へ磁区を形成することを可能としている。

第 6 章「磁性細線への磁区の記録・駆動・再生」では、磁性細線へ磁区の形成（記録）、電流駆動、検出（再生）が一連の動作で可能となることを実証するため、磁気ヘッドと組み合わせて仮想的に磁性細線記録素子を構成して、その検証を行っている。あらかじめ磁化方向をすべて下向きに揃えた磁性細線に対して、記録ヘッドに記録電流を印加して上向き磁区を形成し、細線長さ方向に磁区駆動電流パルスを印加したところ、再生ヘッド出力の変化から、形成した磁区が再生ヘッド直下を通過する様子をリアルタイムに検出できたと述べている。ただし、再生ヘッドでの観測波形に信号の欠落が見られたため、軟磁性下地層を磁性細線に付与することにより磁区を確実に形成できる磁性細線を作製した結果、磁区形成した間隔とほぼ同じ間隔で再生ヘッド直下を通過する磁区を検出することに成功している。これにより磁気ヘッドを用いて 1 本の磁性細線に磁区を形成し、これを電流駆動して検出するという一連の動作の実証に成功している。

第 7 章「磁区駆動制御技術と高速駆動の検討」では磁性細線メモリを実現するための磁区駆動距離の制御手法と磁区の高速駆動材料、ヒーターを利用した記録ヘッドの細線への近接手法について検証している。駆動距離制御については、基板上に周期的な溝構造を導入することで磁壁トラップサイトが導入でき、駆動距離制御が可能であると述べている。磁区の高速駆動材料については細線の磁化の低減を目指し、Ru 層を用いた人工フェリ磁性結合を持つ薄膜を形成する条件を見出した。また細線構造や電極構造も含めた改善を検討している。

第 8 章「結論」では、本研究で得られた成果を要約し、今後の展望について述べている。

以上を要するに、本論文は STT による磁壁駆動型磁性細線メモリの新たな記録・再生制御手法を提案し、高速な転送速度を有する磁気記録装置の実現に大きく貢献する成果を示したものであり、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって我々は本論文が博士（工学）の学位論文として十分に価値があるものと認める。