

論文内容要旨 (和文)

平成20年度入学 博士後期課程

専攻名 生体センシング機能工学

氏名 岡田 泰行



論文題目 磁気ヘッドおよび磁気センサ用高機能磁性多層膜

薄膜は、バルク材と異なる電氣的・磁氣的特性を発現することや、バルク材では作製できない構造を実現可能な点で注目されている。また、薄膜を積層した多層膜は、材料単体では得られない機械的・物理的特性や、積層界面の物理現象に起因する新たな機能が期待できる。エレクトロニクス分野におけるマイクロデバイスは、薄膜形成技術と半導体製造プロセスを融合して作製される。特に、磁性薄膜を利用した磁気マイクロデバイスとして、コンピュータやデジタル家電用ハードディスクドライブ(HDD)に用いられる記録再生ヘッドや、磁気スケールの移動量や回転体の角度変位を計測する非接触磁気センサが利用されている。情報化社会の発展に伴い取り扱う情報量が増加し、磁気ディスク装置の記憶容量の大容量化が求められている。すなわち、記録再生ヘッドの高性能化が重要な検討課題となっている。また、工業分野において磁気センサを用いた位置・角度の高精度検出を実現するためにセンサの感度・出力向上が望まれている。このような観点から、薄膜磁気デバイスの性能向上が重要となっている。

本論文は、磁性多層膜を用いた磁気ヘッドにおける記録性能向上、および磁気ベクトル検出式角度センサの高性能化を目的に、まず記録磁極用高飽和磁束密度(B_s)薄膜の軟磁気特性向上、および高機能化を図った研究について述べる。次に、角度センサの検出角度誤差低減のための素子設計法の確立、ならびに高温環境での使用に向けた高耐熱スピナルブ型巨大磁気抵抗効果(SVGMR)膜の開発について研究した結果を述べる。各章の概要は以下のとおりである。

第一章は序論である。本研究の背景と目的、および論文全体の構成について述べる。

第二章では、高 B_s 軟磁性多層膜を用いた、磁気ディスク装置用記録ヘッドについて述べる。磁気ディスク装置の記録密度向上に伴い、高保磁力化した記録媒体に高周波で記録を行うためには、記録磁極として優れた軟磁気特性を有する高 B_s 材料が求められる。一般に高 B_s を示す組成領域のCoNiFe系合金は保磁力が大きく、これを解決するために結晶粒径の微細化が大きく寄与することを見出した。より高い B_s を得るため、スパッタリング法を用いて作製したFeCo合金と非磁性層の多層膜構造とすることで、粒径成長を抑え軟磁気特性を向上させた。さらに同様の多層膜を高密度垂直記録用ヘッドの磁極に適用し、製品実用化にあたり致命的な問題であった記録後消去問題を解決した。

第三章では、SVGMR膜を用いた磁気ベクトル検出式角度センサの高性能化について述べる。SVGMR素子を用いて構成したホイートストーンブリッジに、外部から回転磁界を印加すると正弦波状の出力信号が得られることを応用し、同様の余弦波出力素子と組み合わせて逆正接演算から角度を検出することが可能である。しかしながら有限長の素子に起因する形状異方性が出力信号に歪を生じさせ、角度センサの誤差要因となることが知られている。そこで、センサ出力波形の高調波低減におい

て、電氣的にブリッジ接続した素子配置の影響を検討した。その結果、ハーフブリッジを構成するMR素子の相対配置角を最適化することで出力波形に含まれる高調波低減を目指し、センサの検出角度誤差を大幅に低減可能なことを明らかにした。次に、この角度センサに用いる材料である、高耐熱性を有する新構造SVGMR膜の開発についても述べる。従来用いられてきた異方性磁気抵抗効果膜や人工格子型巨大磁気抵抗効果膜に比べ、SVGMR膜は出力が大きい。しかしながら多層膜に反強磁性膜を含むため、そのブロッキング温度を超える耐熱性の実現が課題であった。筆者らは反強磁性層を含まない多層膜が、従来のSVGMR膜と同様に良好なスピバルブ動作を示しかつ耐熱性が高い条件を見出した。また、保護層材料を最適化することで耐熱性の向上が可能であることを見出した。さらに、従来のSVGMR膜と異なる着磁法を用いることで、1チップ内に複数の感磁軸を形成し小型角度センサを実現する見通しを得た。

第四章で本論文を総括する。

- (注) ① タイプ、ワープロ等を用いてください。10pt 2,000字程度(2頁以内)とします。
② 論文題目が英文の場合は、題目の下に和訳を()を付して併記してください。

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成24年2月17日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 石井 修

副査 神戸 士郎

副査 佐藤 学

副査

副査

副査



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

1. 論文中請者

専攻名 生体センシング機能工学 専攻

氏名 岡田 泰行

2. 論文題目 (外国語の場合は, その和訳を併記する。)

磁気ヘッドおよび磁気センサ用高機能磁性多層膜

(英文の和訳)

審査年月日

論文審査 平成24年1月31日 ~ 平成24年2月17日

論文公聴会 平成24年2月17日

場所 工学部9号館300-2

最終試験 平成24年2月17日

3. 学位論文の審査及び最終試験の結果 (「合格」・「不合格」で記入する。)

(1) 学位論文審査 合格

(2) 最終試験 合格

4. 学位論文の審査結果の要旨 (1,200字程度)

別紙のとおり

5. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

別紙

専攻名	生体センシング機能工学 専攻	氏名	岡田 泰行
学位論文の審査結果の要旨			
<p>本論文は以下の構成から成る。</p> <p>第一章は序章である。磁性薄膜の作製法、磁性薄膜を用いた代表的デバイスである磁気ディスクや磁気センサの概要と開発経緯を説明の後、一層の進歩を図る上で解決すべき技術課題について論じている。次に、研究目的として磁気ヘッドの記録性能向上を目的とした高飽和磁化軟磁性多層膜の開発、高耐熱性を有するスピバルブ型巨大磁気抵抗効果(SVGMR)膜の開発、およびSVGMR膜を用いた磁気ベクトル検出式角度センサの設計手法の確立を提案し、それぞれの技術について開発経緯を説明した。</p> <p>第二章は高密度磁気ディスク装置の記録磁極として必要な、優れた軟磁気特性と高飽和磁束密度(Bs)を有する磁性材料の開発経緯を述べる。一般に、高Bsを示す組成領域のCoNiFe系合金は保磁力が大きい。この問題を解決するために結晶粒の微細化が大きく寄与することを見出した。具体的には、CoNiFeメッキ膜についてメッキ電圧を制御して核生成密度を増すことで結晶粒を微細化し、保磁力を低減できることを明らかにした。次に、スパッタリング法を用いたFeCo合金膜と非磁性膜の積層構造において微結晶と軟磁気特性を両立可能な条件を明らかにした。さらに本多層膜を高密度垂直磁気記録の記録ヘッド磁極に適用し、高Bs磁極を用いた場合の課題である記録後消去特性が改善されることを明らかにした。</p> <p>第三章は SVGMR 膜の開発経緯を述べる。既存のエンコーダや角度センサに用いられる異方性磁気抵抗効果(AMR)膜や多層巨大磁気抵抗効果 (GMR) 膜よりも高出力が期待される SVGMR 膜を適用するための設計手法を検討した。すなわち、SVGMR 膜を短冊状にパターンニングしホイートストンブリッジ回路を構成した場合の素子配置の最適化を図った。磁化の平衡状態、すなわち素子の磁気エネルギーが最小となる条件を数値計算した結果、隣り合う素子の相対角度が約 100° の場合に角度検出誤差が最小となることを明らかにした。また、この条件では検出信号に含まれる 3 次高調波も最小となり、信号歪も小さくなることを見出した。さらに、SVGMR 膜の保護層として Ru を用いることで、素子の耐熱性を 320℃まで改善した。</p> <p>第四章は本論文の総括である。</p> <p>本研究の成果は学術論文 (英文誌 3 件、邦文誌 3 報、いずれも査読有) に発表済である。また、国際会議にも 3 件発表済である。</p> <p>以上述べた通り、本論文は磁性多層膜の高機能化と共にそれを磁気記録用ヘッドや巨大磁気抵抗効果センサへ応用した開発の経緯を記している。新材料を探索し、高機能発現のメカニズムを解明するとともに、新たな応用展開を推進した経緯は実用上だけでなく学問上も有益な知見を多数含んでいる。したがって、本論文を博士学位論文として合格と判定する。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>最終試験は、2月17日に行った。主査および副査が公聴会に発表された学位論文内容を中心に、関連する事項や教科について口頭試問を実施した。その結果、博士(工学)として相応しい学識を有していると認められた。</p> <p>よって、最終試験の結果は合格と判定する。</p>			

※ () 内の説明は、削除の上、記載願います。