法政大学学術機関リポジトリ

HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2025-05-09

Si/Ir11Mn89/Co2FeSi/Ru/Co2FeSi/Ruスピン バルブ膜の磁気交換結合

天野, 寿人 / AMANO, Hisato

(出版者 / Publisher)法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要.理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要.理工学・工 学研究科編

(巻 / Volume) 55 (開始ページ / Start Page) 1 (終了ページ / End Page) 4 (発行年 / Year) 2014-03-24 (URL)

https://doi.org/10.15002/00010332

Si/Ir₁₁Mn₈₉/Co₂FeSi/Ru/Co₂FeSi/Ru スピンバルブ膜の磁気交換結合

Magnetic exchange coupling in Si/Ir₁₁Mn₈₉/Co₂FeSi/Ru/Co₂FeSi/Ru spin-valve films

天野寿人 Hisato Amano 指導教員 高山新司

法政大学大学院工学研究科システム工学専攻修士課程

The multilayer film in which Giant Magneto Resistive effect (GMR) is called the spin valve which has laminated structure which consists of a magnetic layer / a non-magnetic layer / a magnetic layer is used. In order to investigate the influence of interface segregation exerted on ferromagnetism / antiferromagnetism magnetic interaction, the multilayer film of Co_2FeSi and $Ir_{11}Mn_{89}$ is produced and magnetism measurement is performed using Vibrating Sample Magnetometer (VSM). A sample is produced using magnetron sputtering equipment. After the laminated structure of the optimal $In_{11}Mn_{89}$ for switched connection and Co_2FeSi inquired, the spin valve was produced and the characteristic was investigated.

Key Words: Giant Magneto Resistive effect (GMR). Vibrating Sample Magnetometer (VSM).

1. はじめに

現在のエレクトロニクスの牽引役は半導体と磁性体で ある.これらは電子スピンと密接な関係があり、電子スピ ンを用いて半導体と磁性体の両者の特性を制御する新し い技術分野をスピントロニクスという.

1988年の巨大磁気抵抗(GMR)が発見されて以来,磁性体 の分野では強磁性体のスピン伝導に関する研究が盛んに行 なわれ,そして1995年には強磁性体における大きなトンネル磁 気抵抗(TMR)が発見された.この発見により,現在のHDDの 読み取りヘッドや不揮発性のMRAMに実用化されるなど,金 属や半導体を含め多岐に亘る非常に活発な研究が世界的規 模で行われており、ナノ領域の新しいパラダイムとして大きく 注目されている.しかし,価格はまだ高いものがあり,低コストで 製作することができるMRAMを開発することが必要である.

GMR は磁性層/非磁性層/磁性層からなる積層構造をした スピンバルブと呼ばれる多層膜が利用される.GMR の発生条 件として,二つの磁性層の磁化方向が反平行になることがあげ られる.この反平行を達成するためには二種類の方法がある. 外部磁場による各磁性層の保磁力の違いを利用する方法と 一方の磁性層の磁化方向を固定し,もう一方の磁性層を外部 磁場で制御する方法である.

2. 目的

本研究では上記で述べた二種類の方法において後者に 注目する.反強磁性層として用いられる Ir-Mn 合金の Ir を 11 at%としたものについて検討する.磁化方向を固定する ためには磁性層に反強磁性体層を交換結合させる必要が ある.交換結合における最適条件を検討した後,達成される スピンバルブを作製し,磁気抵抗(MR)を測定する.また,読 み取りヘッドとしての応答性は保磁力がより小さく,角形 比がより1に近い値が好まれるため,保磁力と角形比およ び反強磁性体との交換結合を示す Hex にも注目した. Fig.1 に磁力測定で得られるヒステリシス曲線のパラメ ータと交換結合が生じた場合のヒステリシス曲線,また 交換結合が達成されたスピンバルブの理想形をそれぞれ 示す.



Fig.1, a:角形比が1の理想形, b:交換結合が生じ,原 点かずれたヒステリシス曲線, c:aとbを組み合わせたヒ ステリシス曲線

3. 実験方法

1) 交換結合条件の検討

Si / Ir11Mn89 (20nm) / Co2FeSi (5nm),Si / Ir11Mn89 (30nm) / Co2FeSi (5nm) を 2 mTorr の Ar 雰囲気中に て,外部磁場 700 G を印加し DC マグネトロンスパッタ法 により作製した.その際,投入電力は Ir20Mn80, Ru は 100 W, CoFeSi は 150 W とした.その際,到達真空度は 1.0×10⁻⁷ Torr を確保した.

また $Ir_{11}Mn_{89}$ は Mnのターゲットの上に Irのチップを乗 せることで作製した.

作製した試料を試料振動型磁力測定計(VSM)にて磁力を 測定した.その後 200~400℃まで熱処理を施しその都度 磁力測定を行い,X線による構造解析も行った.

2) スピンバルブ膜の特性

Si / Ir₁₁Mn₈₉ (20nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (15nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (5nm) ,Si / Ir₁₁Mn₈₉ (30nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (15nm) /Co₂FeSi (5nm) /Ru (5nm) を 1)と同様の条件で作製した.得られた試料の磁力を測定 することで巨大磁気抵抗効果(GMR)の有無を試みた. その後熱処理を 250℃, 300℃, 350℃, 400℃で行い同様 に磁力測定とX線構造解析を行い,GMR の可能性のある ものは抵抗値測定も行った. このときの測定電流は 2 mA とした.

4. 実験結果

1) 交換結合条件の検討

Fig.2, Fig.3, Fig.4 に作製した試料の磁気特性を示 す.Fig.2 に示すように交換結合の大きさの尺度を表す Hex は Ir11Mns9の膜厚が 30nm のものはほとんど変化が みられなかったのに対し, 20nm のものは熱温度の上昇に 伴い大きくなり 400℃のときに急激に大きくなる結果が 得られた.

Fig.3 に示した保磁力は温度が上昇しても 300℃まで は大きな違いはみられず, 400℃のときに急激に大きくな った.

Fig.4 に示した角形比も保磁力と同様に 300℃までは大きな変化がみられず 400℃減少する傾向がみられた.

以上の結果から交換結合が大きく生じたのは Ir11Mn89 が 20nm のとき 400℃で熱処理を施したものであり, 保磁 力が小さく, 角形比が 1 に近いのは 300℃までの範囲で あった.







Fig.3 保磁力の温度依存特性



Fig.4角形比の温度依存特性



Fig.5 Si / $Ir_{11}Mn_{89}$ (20nm) / Co_2FeSi (5nm) / Ru (15nm) / Co_2FeSi (5nm) / Ru (5nm) as-depo



Fig.5 Si / $Ir_{11}Mn_{89}$ (20nm) / Co_2FeSi (5nm) / Ru (15nm) / Co_2FeSi (5nm) / Ru (5nm) 400°C



Fig.6 Si / $Ir_{11}Mn_{89}$ (20nm) / Co_2FeSi (5nm) / Ru (15nm) / Co_2FeSi (5nm) / Ru (5nm)

2) スピンバルブ膜の特性

スピンバルブ膜の磁気的と特性では as-depo のとき階 段状のヒステリシス曲線がみられ,交換結合が生じたこと がうかがえた.熱処理に伴い通常のヒステリシス曲線にな り,交換結合が焼失したと同時に 250℃を堺に保磁力と角 形性においても望ましくない結果となり 400℃でヒステ リシス曲線が消失してしまった.as-depo では GMR の可 能性がある磁気特性を示したため,抵抗値測定を行ったが GMR は得られなかった.



Fig.7 Si / Ir₁₁Mn₈₉ (20nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (15nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (5nm) as-depo



Fig.8 Si / $Ir_{11}Mn_{89}$ (30nm) / Co_2FeSi (5nm) / Ru (15nm) / Co_2FeSi (5nm) / Ru (5nm) as-depo



Fig.9 Si / Ir₁₁Mn₈₉ (20nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (15nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (5nm) 400°C



Fig.10 Si / Ir₁₁Mn₈₉ (30nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (15nm)



Fig.11 Si / $Ir_{11}Mn_{89}$ (20nm) / Co_2FeSi (5nm) / Ru











5. おわりに

今回の研究において従来のものと比べ Ir の添加量が小 さい反強磁性層を用いたスピンバルブ膜であったが,わず かではあるが GMR 発生の際にみられる階段状のヒステ リシス曲線が得られた.

しかし反強磁性層 / 磁性層 の二層膜の実験結果とは 異なり,熱処理を施すと交換結合が失われ,温度上昇に伴 い磁性自体が失われる結果となった.

この原因としては高温の際にエネルギーを得た粒子が 積層界面で互いに影響を及ぼしあい化合物を生成あるい は各層の結晶構造に影響があったからではないかと考え られる.

また,as-depoでは二つの磁性層の磁化方向が互いに反 平行になったことが階段状のヒステリシス曲線からわか る.しかし得られた反平行の範囲は非常に小さく GMR は 観測されなかった.

以上から今回作製したスピンバルブ膜は非常に不安定 であり,反平行範囲が微小領域であるため応用は難しく, さらなる改良が求められる.

6. 参考文献

- スピントロニクス材料の現状と課題-スピン流の創 出と制御 東北大学 金属材料研究所 高梨弘毅
- スピンバルブ膜に用いられる反強磁性膜の現状 神保睦子(大同工大),丸山功,林孝雄,綱岡滋(名大)
- 3)反強磁性材料のスピンバルブヘッドへの応用 瀧口 雅史(ソニー中央研究所)
- 4) スピンバルブ用反強磁性薄膜に求められるもの田中厚志((株) 富士通研究所)
- 5) スピンバルブ用反強磁性薄膜 長谷川直也,斉藤 正路,牧野彰宏,栗山年弘(アルプス電気(株),中央 研究所,磁気応用事業部)
- 6) 磁気ヘッド技術 トリケップス 第3章 磁気ヘッド材料 ソニー(株) 林和彦