

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 Co₂FeSi and Ir₁₁Mn₈₉ 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 Ir₁₁Mn₈₉ for switched connection and Co₂FeSi 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.

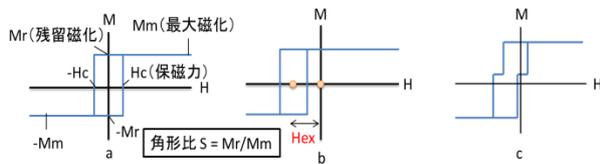


Fig.1, a: 角形比が 1 の理想形, b: 交換結合が生じ, 原点がずれたヒステリシス曲線, c: a と b を組み合わせたヒステリシス曲線

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 Ir₁₁Mn₈₉ 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°C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°C, 300°C, 350°C, 400°C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 Ir₁₁Mn₈₉ 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°C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°Cまでは大きな違いはみられず, 400°C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°Cまでは大きな変化がみられず 400°C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°C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°Cまでの範囲であった.

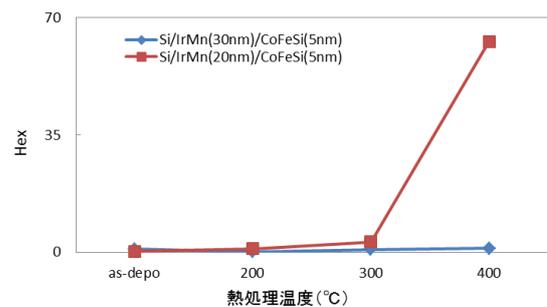


Fig.2 交換結合の温度依存特性

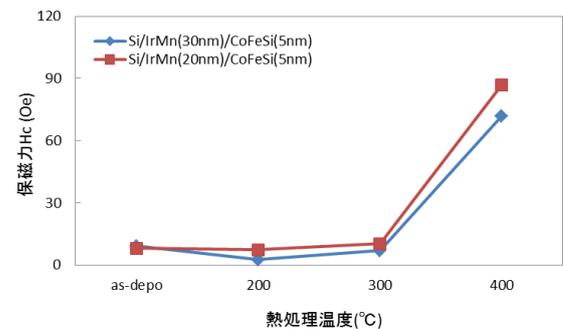


Fig.3 保磁力の温度依存特性

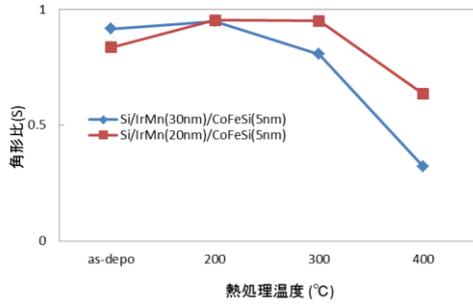


Fig.4 角形比の温度依存特性

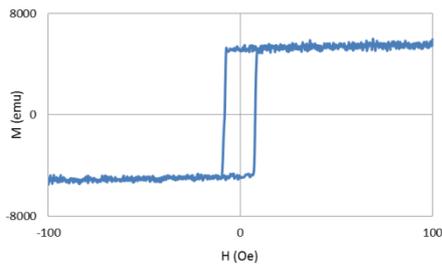


Fig.5 Si / Ir₁₁Mn₈₉ (20nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (15nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (5nm) as-depo

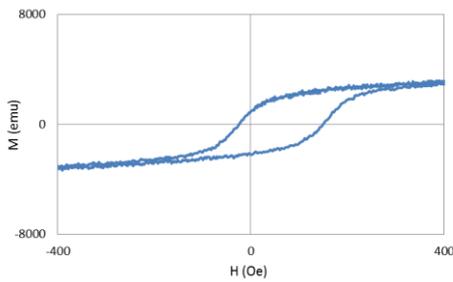


Fig.5 Si / Ir₁₁Mn₈₉ (20nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (15nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (5nm) 400°C

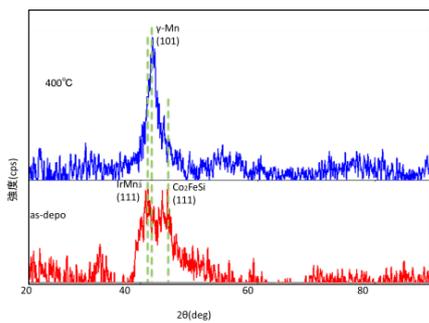


Fig.6 Si / Ir₁₁Mn₈₉ (20nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (15nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (5nm)

2) スピンバルブ膜の特性

スピンバルブ膜の磁気特性では 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°C を境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°C 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。

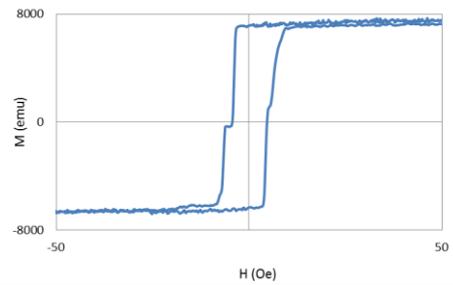


Fig.7 Si / Ir₁₁Mn₈₉ (20nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (15nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (5nm) as-depo

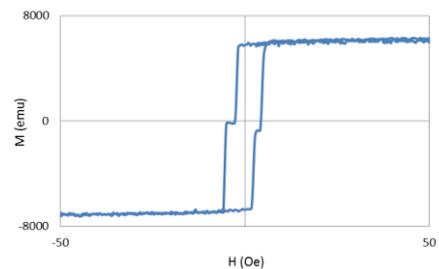


Fig.8 Si / Ir₁₁Mn₈₉ (30nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (15nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (5nm) as-depo

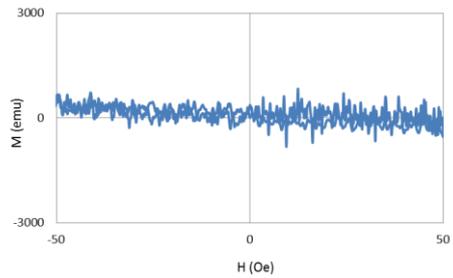


Fig.9 Si / Ir₁₁Mn₈₉ (20nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (15nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (5nm) 400°C

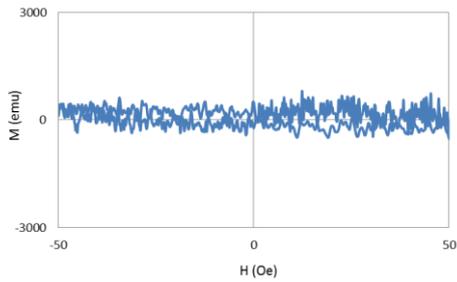


Fig.10 Si / Ir₁₁Mn₈₉ (30nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (15nm)
/ Co₂FeSi (5nm) / Ru (5nm) 400°C

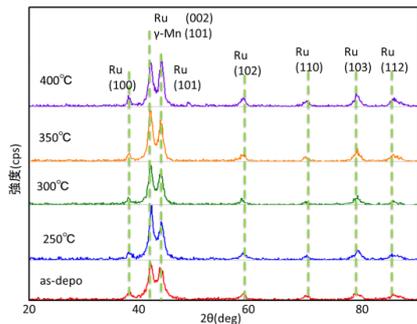


Fig.11 Si / Ir₁₁Mn₈₉ (20nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru
(15nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (5nm)

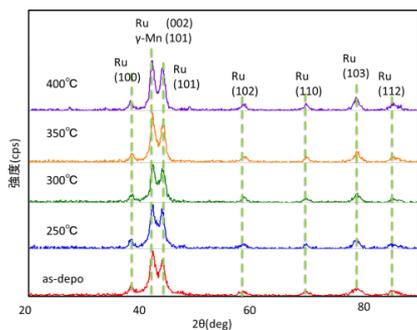


Fig.12 Si / Ir₁₁Mn₈₉ (30nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (15nm)
/ Co₂FeSi (5nm) / Ru (5nm)

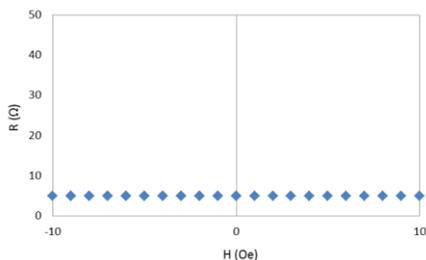


Fig.13 Si / Ir₁₁Mn₈₉ (20nm) / Co₂FeSi (5nm) / Ru (15nm)
/ Co₂FeSi (5nm) / Ru (5nm) as-depo

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

- 1) 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
- 2) スピ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