T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	酸素濃度を変調させたCo-Ti-O薄膜の磁気抵抗効果
Title(English)	
著者(和文)	中野正俊
Author(English)	Masatoshi Nakano
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10944号, 授与年月日:2018年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:史 蹟,中村 吉男,須佐 匡裕,村石 信二,三宮 工
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10944号, Conferred date:2018/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	材料工学　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　工学　）
学生氏名： Student's Name	中野　正俊	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	史　蹟
		指導教員（副）： Academic Supervisor (sub)	中村　吉男

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

本論文で「酸素濃度を変調させた Co-Ti-O 薄膜の磁気抵抗効果」と題し、６章の構成となっている。

第１章「緒言」では、研究に至る背景を述べる。磁気記録は情報を磁性体の中の磁化として蓄えそれを再生する技術であり、その高密度・大容量性から情報ストレージの中心技術として今日の情報化社会を支える重要な技術となっている。再生時には磁気記録の高密度化にともなって記録ビットが微細になるため、磁界検出感度の高い磁気ヘッドが必要である。磁気抵抗効果を用いる磁気抵抗型再生ヘッドが用いられており、巨大磁気抵抗効果やトンネル磁気抵抗効果を用いた再生ヘッドの導入、そしてこれらの磁気抵抗薄膜技術の向上にともない記録密度は上昇を続けており、今後もさらなる上昇が見込まれる。記録密度の上昇にともない、再生ヘッド用の磁気抵抗材料の高感度化は必要不可欠であり、盛んに研究が行われている。

トンネル磁気抵抗効果を示す材料として Al_2O_3 を母相とし磁性相に Co を用いた Co-Al-O 薄膜の研究が盛んに行われており、室温で高い磁気抵抗効果を示すことが確認されている。しかしこの Co-Al-O 薄膜は熱安定性が低く、熱処理によって磁性粒子の粗大化や酸化が起こることで磁気抵抗率は低下してしまう。この欠点を克服する方法として、あらかじめ複合酸化物を形成した薄膜を作製し、熱処理によって磁性粒子が析出する方法が Co-ITO 薄膜において実現された。しかし、磁気抵抗率は低く、高い値を必要とする磁気抵抗薄膜としては不利であった。そこで、絶縁体として高い電気抵抗率を有する酸化物であり、酸化物形成能の高い TiO_2 に注目した。また TiO_2 は半導体薄膜としても広く用いられている。一般的な磁気抵抗薄膜は、電気抵抗が非常に高く比較的高い磁気抵抗率を示す傾向にあるトンネル磁気抵抗効果、電気抵抗が非常に低く比較的低い巨大磁気抵抗効果が用いられており、TiO_2 を用いた半導体特性を有する熱安定性の高い磁気抵抗薄膜の作製を目指す。

本研究では、酸素濃度の異なる２種類の Co-Ti-O 薄膜を交互に積層させ熱処理を施すことで、磁気抵抗効果を発現する薄膜の作製を達成した。また膜厚や熱処理温度の調整により、室温で最大 10%以上の磁気抵抗率を得る薄膜の作製に成功した。さらに、Co-Ti-O 薄膜における磁気抵抗効果の発現機構を解明し、磁気抵抗効果の発現につながる Co 粒子の析出過程についても考察を行い、その原理を解明した。

第２章「酸素流量の Co-Ti-O 薄膜の成長と物性への影響」では、Co-Ti-O 薄膜の特徴を調べた。Co-Ti-O 薄膜は製膜条件によって２種類を調整する事で電気抵抗率、磁性粒子の析出の制御が可能な薄膜である事がわかった。一方の層は半導体的電気抵抗でもう一方の層は絶縁体である。絶縁層は熱処理を施すことで磁性を示し、粒子が析出する。

次に第３章「酸素流量の変調による作製した Co-Ti-O 多層構造の磁気抵抗効果」では多層構造の薄膜によって磁気抵抗効果を発現する Co-Ti-O 薄膜の作製を目指した。酸素濃度を変調することで得られる２種類の Co-Ti-O 薄膜を交互に積層させ、300℃程度での熱処理を施した多層構造の薄膜において磁気抵抗効果を発現する Co-Ti-O 薄膜の作製を達成した。この多層構造薄膜においても、２種類の層のそれぞれの特徴が得られ、半導体的性質を有し磁性を示す薄膜の作製が達成できた。この薄膜は超常磁性を示し 10%を超える磁気抵抗率を示した。多層構造における熱処理前後の分析を行うと、絶縁層は Co が多く、半導体層は Ti と O を多く含む層であり、熱処理を行う事で金属層の酸素が酸化物層へ拡散し、酸化物層に Co 粒子が析出することがわかった。

次に第４章「２層・３層構造 Co-Ti-O 薄膜における磁気抵抗効果」では２層・３層構造においても多層構造と同様の特徴があることを調べ、グラニュラー型の磁気抵抗効果である事を検証した。結果として、Co 粒子は酸化物層にのみ析出しており、酸化物層の膜厚と同程度の粒径であった。この酸化物層の膜厚を変えても粒径は膜厚と同程度になり、酸化物層の膜厚を調整することで Co 粒子の粒径を制御する事が可能となった。Co 粒子の粒径を変化させると、粒径が大きくなるにつれて磁気抵抗率は低下した。これはグラニュラー型の磁気抵抗効果の特徴であり、この薄膜はグラニュラー型の磁気抵抗効果を発現していることが確認できた。

そして、第５章「Co-Ti-O 薄膜における磁気抵抗効果の発現機構」では Co-Ti-O 薄膜における磁気抵抗効果の発現原理を考察する。薄膜の電気伝導を調べると、低温ではトンネル伝導が確認できるが室温ではトンネル伝導は確認ができず、室温では半導体層による電気伝導であると考えられる。また、面垂直方向には酸化物層、金属層ともに伝導性が高く金属的であった。これらから、酸化物層では磁気特性を担い、金属層では電気伝導を担っていることがわかる。以上より、Co-Ti-O 薄膜における磁気抵抗効果は。金属層によって電気伝導し、その伝導電子が酸化物層に析出する Co 粒子によってスピン依存散乱することで発現するグラニュラー型の巨大磁気抵抗効果であるとわかった。

最後に第６章「総括」では，本論文で得られた結果を総括し本研究の括りとしている。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	材料工学　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　工学　）
学生氏名： Student's Name	中野　正俊	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	史　蹟
		指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	中村　吉男

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

Co–Ti–O films have been prepared by a sputtering method in an Ar- and O_2 -mixed atmosphere. The O_2 flow rate was modulated during the deposition to optimize the oxygen concentration and the microstructure of the films. For the as-deposited film, negligible magnetization and magnetoresistance (MR) were observed. The structure of the layers with lower O_2 flow rate is basically amorphous alloy with Ti–O and Co–Ti bonds. On the other hand, in the layers with high O_2 flow rate, both Ti and Co are oxidized. These two kinds films have different physical properties, the property of the layers with lower O_2 flow rate is like a semiconductor. On the other hand, in the layers with high O_2 flow rate, the property is like an insulator. Significant enhancement in both the magnetization and MR in the Co-Ti-O film after annealing were observed in multilayer structured in which two kinds of thin films were alternately deposited. It is found that granular structure of Co particles embedded in insulating TiO_2 matrix is formed due to the oxygen diffusion and further oxidization of Ti as a result of the heat treatment. In the multilayer structured thin film, it was found that tunnel conduction did not occur at room temperature, and it was found that electric conduction occurs in a layer having a low O_2 flow rate showing semiconductor characteristics. The magnetoresistance effect in the Co-Ti-O thin film is due to the fact that it is electrically conducting in a layer having a low O_2 flow rate showing semiconductive properties and spin dependent scattering by Co particles embedded in an insulating TiO_2 matrix.

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).