

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Perpendicular magnetic anisotropy and exchange bias in CoNi/(Co,Ni)O layered structures
著者(和文)	GaoHangxian
Author(English)	Hangxian Gao
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11306号, 授与年月日:2019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,木村 好里,林 幸,中川 茂樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11306号, Conferred date:2019/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

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	高 杭賢		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	史 蹟	教授		林 幸	准教授
	審査員	中村 吉男	教授	審査員	中川 茂樹	教授
		須佐 匡裕	教授			
		木村 好里	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「**Perpendicular magnetic anisotropy and exchange bias in CoNi/(Co,Ni)O layered structures**」と題し、英文の6章から成っている。

Chapter 1 「Introduction」では、次世代のメモリとして研究されているMRAM (Magnetoresistive Random Access Memory)には垂直磁気異方性と垂直交換バイアスを同時に実現する磁性薄膜が必要になっていると紹介し、本研究の目的としては強磁性体(CoNi)と反強磁性体((Co,Ni)O)との層状構造を用い、垂直磁気異方性と室温での垂直方向の交換バイアスを同時に実現することを試み、その上で、垂直磁気異方性の発現メカニズムを解明し、垂直磁気異方性と垂直交換カップリングの関係を明らかにすることと述べている。

Chapter 2 「Preparation and characterization of CoNi/(Co,Ni)O layered structures」では、対向陰極型の直流マグネトロンスパッタ法を用い、同一真空槽の中で、酸素導入の切り替えによりCoNi/(Co,Ni)Oの層状構造が作製できると紹介し、界面構造の評価にX線反射率法(XRR)および透過型電子顕微鏡(TEM)を用い、磁気測定に振動試料型磁力計(VSM)を用いて行ったことを紹介している。その結果、作製条件の最適化により、垂直磁気異方性をもつ層状構造の作製ができたことと述べている。

Chapter 3 「Realization of perpendicular magnetic anisotropy and room temperature perpendicular exchange bias in CoNi/(Co,Ni)O layered structures」では、石英ガラス基板上にCoNi/(Co,Ni)Oの多層膜を室温で作製し、酸化物(Co,Ni)O層の厚さを6 nmに固定したうえで、金属CoNi層の厚さを変化させ、多層膜の磁気特性を評価した結果を報告している。CoNi層の厚さが1.8 nmの多層膜は強い垂直磁気異方性を示すのに対して、2.5 nmでは垂直と面内方向に同程度の磁化挙動、3 nm以上では面内磁気異方性に遷移すると報告している。薄膜構造解析の結果、NaCl構造の(Co,Ni)O層は(001)配向し、一方、CoNi層は数nmの結晶粒でできた多結晶の層になっていると述べている。磁性層であるCoNi層の構造から、応力や結晶磁気異方性による垂直磁気異方性発現の可能性が排除でき、CoNi/(Co,Ni)Oの多層膜の垂直磁気異方性は界面磁気異方性に由来すると結論している。さらに、この多層膜を160 °Cから5000 Oeの磁場を膜の垂直方向にかけながらで磁場中冷却すると、室温で127 Oeの交換バイアスを示すことが明らかになったと述べている。

Chapter 4 「Interface effect on the perpendicular magnetic anisotropy of the CoNi/(Co,Ni)O layered structures」 では、CoNi/(Co,Ni)O 層状構造の垂直磁気異方性の発現メカニズムをさらに検証するため、MgO 単結晶基板の上に (Co,Ni)O/CoNi/(Co,Ni)O の 3 層構造を作製し、磁気的評価結果を報告している。その結果、CoNi 層の厚さが 1.8 nm の 3 層構造について、基板加熱なしの場合は Chapter 3 の多層膜の結果を再現することができ、垂直磁気異方性を示すことと述べている。一方、基板側の (Co,Ni)O 層と CoPt 層の界面を意図的に粗くした場合、面内方向に比較的磁化しやすい膜になったと述べている。しかし、このような構造を 200°C で熱処理すると垂直磁気異方性を示すことになり、構造解析の結果、熱処理によって界面が明らかにフラットになり、これにより界面磁気異方性が促進されて垂直磁気異方性を発現するようになったと結論している。

Chapter 5 「Interplay between magnetic anisotropy and exchange coupling in CoNi/(Co,Ni)O layered structures」 では、強磁性体と反強磁性体との界面での交換カップリングが、磁性層の磁気異方性にどのように影響するかを検証した結果を報告している。(Co,Ni)O/CoNi/(Co,Ni)O 3 層構造中の CoNi 層の厚さを変化させて、垂直磁気異方性を示す膜、面内磁気異方性を示す膜、および垂直、面内両方向に同程度の磁化挙動を示す中間状態の膜を作製し、これらの膜に垂直方向と面内方向の磁場中冷却を行った後に磁化特性を評価している。その結果、交換カップリングはもともと垂直磁気異方性、面内磁気異方性を示す膜に対して、その磁気異方性を変化させることができないが、中間状態の薄膜の磁気異方性は大きく影響され、磁場中冷却後の薄膜の磁化容易軸は磁場冷却中にかけた磁場と同じ方向になることを明らかにしている。つまり、このような中間状態の薄膜に対して、磁場中冷却によって、薄膜の磁気異方性を制御できると述べている。

Chapter 6 「Conclusions」 では、本論文で得られた結果を総括している。

以上を要するに本論文は、強磁性体 CoNi と反強磁性体 (Co,Ni)O の層状構造を設計・作製し、垂直磁気異方性および垂直交換バイアスの同時実現に成功し、また、垂直磁気異方性の発現メカニズムが界面磁気異方性であることを見出し、交換カップリングと磁気異方性の関係を明らかにしたものであり、工学ならびに工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(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。