

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Control of the Magnetic Properties by Nitrogen Incorporation in CoPt Layers of CoPt/TiN Heterostructures
著者(和文)	ペトルスカエサリオ
Author(English)	Petrus Caesario
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11287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11287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	Petrus Caesario		
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、「**Control of the Magnetic Properties by Nitrogen Incorporation in CoPt Layers of CoPt/TiN Heterostructures**」と題し、英文の6章から成っている。

**Chapter 1 「Introduction」**では、磁性薄膜の垂直磁気異方性および磁気記録への応用を紹介したうえで、CoPt薄膜が安定なL<sub>10</sub>構造を持ち、[001]方向に大きな一軸磁気異方性を示すことから、有望な磁気記録材料として研究されていることを述べている。さらに、現時点の問題点およびCoPt薄膜の磁気特性をコントロールする必要性を指摘し、本研究の目的はCoPt薄膜の磁気特性を制御する新しい方法を開発し、強い垂直磁気異方性をもつCoPt薄膜を作製することであると述べている。

**Chapter 2 「Fabrication and Characterization of CoPt/TiN Bilayer films」**では、2対の対向陰極型直流マグネトロンスパッタソースを備えた製膜装置を用い、同一真空槽の中で、基板ホルダーの回転によりCoPt/TiNのヘテロ構造が作製できると述べている。薄膜の構造評価はX線回折(XRD)および透過型電子顕微鏡(TEM)を用い、磁気測定は振動試料型磁力計(VSM)を用いて行ったことを紹介している。その結果、単結晶MgO(100)基板上にTiN層のエピタキシャル成長ができ、TiN層の上にCoPt層を作製する際に窒素原子を意図的に混入させ、その混入量によっては熱処理後の薄膜の磁気特性が大きく変化すると報告している。

**Chapter 3 「Effect of Nitrogen Incorporation on the Ordering Transformation of CoPt in CoPt/TiN Bilayer Films」**では、単結晶 MgO(100)基板に直接作製した CoPt 薄膜と TiN 層上に作製した CoPt 薄膜との構造および磁気特性を比較し、さらに、CoPt 層を作製する際の窒素原子混入の効果を検証している。MgO 基板上および TiN 層の上に共に(001)配向の CoPt 層が成長するが、一定量の窒素原子の混入は熱処理による L<sub>10</sub> 規則化変態を促進する効果があると述べている。特に TiN 層の上に成長した CoPt 層は 700 °C で熱処理後に L<sub>10</sub> 相の規則度が高く、垂直磁気異方性も高くなっていると報告し、これは侵入型位置に固溶した窒素原子と空孔が結合し、空孔を安定化させ、熱処理中に金属原子の拡散を効果的に促進することによるものと説明している。

**Chapter 4 「Strong Perpendicular Magnetic Anisotropy Induced by Broken Symmetry of Al-CoPt」**では、TiN 層表面に基板温度 400 °C で CoPt を製膜際、CoPt 層の厚さが薄膜の磁

気特性への影響を調べる結果を報告している。まず、構造解析の結果、厚さが 2.5 nm, 5 nm, 10 nm の CoPt 層はいずれも規則化変態が起こっていないが、厚さが薄いほど  $c/a$  が小さく、10 nm 程度では 1 に近づいたと報告している。一方、磁気特性の評価結果では、CoPt 層の厚さは 2.5 nm の場合、薄膜は  $L1_0$  規則相と同程度の垂直磁気異方性を示し、膜厚の増加とともに保磁力が減少し、10 nm になると垂直方向と面内方向と同程度の磁化挙動を示すようになると述べている。以上構造解析と磁気測定の結果から 5 nm 以下の薄い CoPt 層の垂直磁気異方性は A1 格子の対称性低下に由来すると結論している。

**Chapter 5 「Control of Perpendicular Coercivity in A1-CoPt/ $L1_0$ -CoPt/TiN Trilayer films**」では、Chapter 3 で CoPt 層に窒素原子を混入することによって得られた強い垂直磁気異方性をもつ磁氣的にハードな CoPt 層と室温で作製した磁氣的にソフトな CoPt 層を磁氣的にカップリングさせ、薄膜全体の保磁力をチューニングする実験結果を報告している。ソフトな CoPt 層の厚さを変化させ実験を行った結果、2つの磁性層のカップリングが実現でき、ソフトな CoPt 層の厚さの増加と共に薄膜全体の垂直方向の保磁力が減少することが明らかになったと述べている。

**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、CoPt/TiN 構造に強い垂直磁気異方性を実現するため、(a) CoPt 層に作製中意図的に窒素原子を混入させ、熱処理により金属原子を拡散させ、 $L1_0$  規則化を促進する方法、(b) CoPt 層を 3 nm 以下まで薄くして、界面拘束の歪みにより結晶格子の対称性を低下させるという 2つの方法を確立し、さらに、窒素原子混入の  $L1_0$  規則化を促進するメカニズムのモデルを提唱したものであり、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。