

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	Study on the structural and magnetic properties of FeCoN thin films
Title(English)	Study on the structural and magnetic properties of FeCoN thin films
著者(和文)	XuXinxing
Author(English)	Xinxing Xu
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12401号, 授与年月日:2023年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中村 吉男,史 蹟,林 幸,村石 信二,小林 覚
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12401号, Conferred date:2023/3/26, 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	Xu Xinxing(許 欣星)		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	中村吉男	教授	審査員	小林 覚	准教授
	審査員	史 蹟	教授			
		林 幸	教授			
村石信二		准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「**Study on structural and magnetic properties of FeCoN thin films**」と題し、英文の6章から構成されている。

Chapter 1 「Introduction」では、軟磁性材料の性質と応用例について概観し、飽和磁化の高いFeCo合金を軟磁性材料として利用することのメリットならびに存在する問題点について言及し、その中の保磁力が比較的大きいという問題に対しては、BやNなど軽元素の添加が効果的であり、FeCo合金にNを添加する際の窒化物の形成および窒化物の磁気特性について解明する必要があることを指摘している。その上で、本研究の主な目的は薄膜状態のFeCoN系薄膜の窒化物形成挙動、および関連磁気特性を系統的に解明し、良い軟磁性と高い熱安定性を持つFeCoN薄膜を作製することであり、薄膜の構造、組織と磁気特性の関係を解明することであると述べている。

Chapter 2 「Preparation and characterizations of FeCoN magnetic thin films」では、対向陰極マグネトロンスパッタ装置を用い、アルゴンと窒素混合ガス雰囲気中でFeCoN系薄膜の作製条件を検討している。AlN下地層の挿入はFeCoN薄膜の結晶性向上効果が認められ、加えて磁気特性的には、ターゲットの間の漏洩磁場により薄膜の面内磁気異方性を導入されることを明らかにしている。また軟磁性材料に重要な性質の1つである抵抗率は窒素ガス流量比0から50%の範囲内で、N₂流量比の増加につれて、単調に増加したと述べている。

Chapter 3 「Evolution of microstructure and magnetic properties of FeCoN films sandwiched by AlN layers」では、窒素ガス流量比0から50%の範囲内で製膜時の窒化物形成挙動を明らかにしている。その結果、N₂流量比が増加とともに、 α -FeCo(N) から、 γ' -(Fe,Co)₄N、 ϵ -(Fe,Co)₃Nと ξ -(Fe,Co)₂Nなどの相が形成されたと述べている。特に、窒素ガス流量比が20-30%範囲内では、生成された γ' -(Fe,Co)₄N相はアモルファスライクの組織であり、比較的小さい保磁力、高い飽和磁化、さらに、高い抵抗率と小さな磁歪定数を示し、この組織の薄膜が総合的に優れた軟磁性を示すことを明らかにしている。

Chapter 4 「Investigation of the exchange coupling behavior of the hard/soft FeCoN thin films」では、3章で作製したFeCoN薄膜は優れた軟磁気特性を示すが、FeCo合金と比べると飽和磁化が低下し、また熱安定性に劣ることを指摘している。これらの問題を解決するため、本章では、FeCo層と窒素ガス流量比が20-30%範囲内で作製された軟磁性を持つFeCoN相を磁氣的にカップリングさせる方法を試みている。その結果FeCo層の厚さが10nmまではFeCoN相と磁氣的にカップリングしていて、保磁力が50Oe以下の軟磁性薄膜が作成できたと述べている。一方熱安定性の観点からはFeCo層の厚さが3nm以上が必要であることを明らかにしている。さらに、FeCoN層とFeCo層の間に非磁性のAlN層を挟む実験も行い、AlN層の

厚さが 0.5 nm の場合、FeCoN 層と FeCo 層との間に磁気的カップリングが生じるが、AlN 層の厚さが 1 nm 以上になるとデカップリングが起こることを明らかにしている。

Chapter 5 「Observation of angular dependent inverted magnetic hysteresis loop in FeCoN thin films with two competitive magnetic anisotropies」では、窒素ガス流量比が 20-30%範囲内では作製した軟磁性を持つ FeCoN 薄膜に対して、面垂直方向に逆ヒステリシスループ (IHL) が観察されたと報告している。この特異な現象を解明するため、2章で述べているスパッタ時に導入された面内の磁化容易軸を基準に、面外方向にかかる磁場の面内成分と面内の磁化容易軸とのなす角度を変え、IHL の角度依存性を測定している。その結果、IHL の出現がこの角度に強く依存し、さらに、膜に熱処理を施し面内磁気異方性が消失すると IHL も出現しないことを見出し、IHL 現象は薄膜の面内磁気異方性と関連があると考察している。さらに、窒素ガス流量比が 20-30%範囲内では作製 FeCoN 薄膜は、アモルファスライクの組織になっているが、作製したままの膜では、組成の不均一で 2 相からなっている可能性があり、垂直方向に磁化される際に、この 2 相が反強磁性的に結合され、磁場と反対方向に磁化される相が大きな磁気モーメントを持つ、結果的に負の残留磁化が観測されたと考察している。

Chapter 6 「General 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、FeCoN 系の薄膜の作製時の窒素ガス流量比と薄膜の組成、窒化物の形成と組織、薄膜の磁気特性との関係を明らかにし、軟磁性に優れる薄膜の作製条件を確立している。作製した FeCoN 薄膜は、保磁力、飽和磁化、抵抗率、磁歪係数の観点から実用化できるレベルの高性能を示すと結論している。さらに、FeCoN 層と FeCo 層と磁気的にカップリングさせ、薄膜の熱安定性を改善することに成功しており、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。