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)	
Title(English)	Structural and Magnetic characterizations of FeCoNiAlCr High Entropy Alloy Films
著者(和文)	Luo Weikai
Author(English)	Weikai Luo
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12495号, 授与年月日:2023年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:史 蹟,藤居 俊之,林 幸,村石 信二,小林 覚
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12495号, Conferred date:2023/6/30, 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

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（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		LUO WEIKAI	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名		氏　名	職　名
	主査	史　蹟	教授	審査員	小林　覚	准教授
	審査員	藤居　俊之	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，「Structural and Magnetic Characterizations of FeCoNiAlCr High Entropy Alloy Films」と題し，英文の 6 章から成っている．

Chapter 1 「Introduction」では，ハイエントロピー合金の組成，組織と物性の特徴および作製方法を紹介し，バルク材料としては研究が進んでいるが，薄膜材料としての研究がまだ不十分である現状を指摘している．さらに Fe-Co-Ni-Al-Cr 系ハイエントロピー合金について，薄膜の形態では磁気特性，電気特性および熱安定性の良いソフト磁性材料としての可能性があると説明している．その上，本研究の主な目的は簡単なスパッタ法で Fe-Co-Ni-Al-Cr 系ハイエントロピー合金薄膜を作製し，作製後の熱処理や，薄膜の組成，特に Al 濃度および N の添加量を変化させた薄膜の構造，磁気的物性への影響を解明することと述べている．

Chapter 2 「Preparation and Characterization of FeCoNiAlCr High entropy alloy films」では，対向陰極マグネトロンスパッタ装置を用い，純金属のターゲットから Fe-Co-Ni-Al-Cr 系ハイエントロピー合金薄膜を作製する条件を検討している．最適化された条件下で作製した Fe-Co-Ni-Al-Cr ハイエントロピー合金薄膜は組成の分布が均一であり，面心立方(fcc)構造をとり，比較的ソフトな磁性を示す結果を示している．また，エントロピーの計算はボルツマンのエントロピー式で行ったと述べている．

Chapter 3 「Study on magnetic properties and microstructure of $Fe_{0.18}Co_{0.36}Ni_{0.21}Al_{0.10}Cr_{0.15}$ high entropy alloy thin films」では，ターゲットの面積を調整し，$Fe_{0.18}Co_{0.36}Ni_{0.21}Al_{0.10}Cr_{0.15}$ のような組成のハイエントロピー薄膜を作製し，真空熱処理の効果を検証している．800°C まで熱処理した結果，結晶粒が数ナノメートルから数十ナノメートルまで成長するが，結晶構造は面心立方のままで変化がないことと説明している．一方，薄膜の飽和磁化は熱処理温度とともに大きくなり，800° C で熱処理した薄膜の飽和磁化が 698 emu/cm^3 まで大きくなり，ソフト磁性のパーマロイ薄膜と同レベルになることと説明している．組成の分布の分析結果で 600°C 前後で Cr の局在が起こり，Cr の Fe などの磁性元素との結合が少なくなり，この効果によって Fe などの磁性元素が比較的大きな磁気モーメントを示すことになり，膜全体の飽和磁化が向上したと明らかに説明している．

Chapter 4 「Effects of Al content on microstructure and magnetic properties of FeCoNiAlxCr high entropy alloy films」では，Fe-Co-Ni-Al-Cr 系ハイエントロピー合金薄膜中の Al 濃度を変化させ，薄膜構造および磁気特性に及ぼす影響についての結果を報告している．まず，磁性元素の比率が一定で，Al の濃度が 14 atom%以下の場合，薄膜は面心立方構造であり，Al/Cr 比の上昇に伴い，磁気特性の向上が確認されたと報告している．一方，Al の濃度が 19 atom%以上の場合，薄膜は体心立方構造であり，Al/Cr 比の上昇に伴い，磁気特性が著しく悪くなると報告している．結果，本研究では，Al 濃度が 14 atom%のハイエントロピー合金薄膜は良い磁気特性を示し，特に 700° C で熱処理した薄膜は比較的良い磁気的，電気的物性を示すと述べている．

Chapter 5 「Study on magnetic properties and microstructure of Nitrogen incorporating FeCoNiAlCr high entropy alloy thin films」では，Ar + N_2 雰囲気中のスパッタで薄膜を作製し，N_2 流量の制御によって，異なる N 濃度のハイエントロピー合金薄膜を作製し，薄膜構造と物性の評価結

果を報告している．一定量の N を含有する薄膜は作製したままで優れた磁気的，電気的物性，また熱安定性を示すことを明らかにしている．作製したままの薄膜はアモルファス構造であり，600° C まで熱処理して初めて結晶化するが，結晶粒が数ナノメートルのサイズであることと報告している．良い物性を示すメカニズムについて，一定量の N が薄膜中に混入すると，Al，Cr と優先的に結合し，特に Cr の拡散にピニング効果があると説明している．また，Al，Cr が N と結合して，Fe，Co，Ni だけが結合をし，高い磁気モーメント示すとともに，組成均一のアモルファス構造を安定に維持できるので，比較的低い保磁力を示すと考察している．

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，Fe-Co-Ni-Al-Cr 系ハイエントロピー合金薄膜について，組成，元素分布，組織と薄膜の磁気特性との関係を明らかにし，良いソフト磁性を持つ薄膜の作製条件を確立している．作製した Fe-Co-Ni-Al-Cr 系ハイエントロピー合金薄膜は，保磁力，飽和磁化，抵抗率，熱安定性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，Fe-Co-Ni-Al-Cr 系ハイエントロピー合金薄膜に N を混入することによって，薄膜の磁気特性を改善することに成功したとともに，そのメカニズムも明らかに解明し，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。