

Title	Al ₂ O ₃ (0001)傾斜基板上に積層したFe薄膜の超薄膜領域における磁気特性とナノ構造
Author(s)	白土, 優
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/115
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	白 土 優
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 18981 号
学位授与年月日	平成 16 年 7 月 30 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科マテリアル科学専攻
学位論文名	$Al_2O_3(0001)$ 傾斜基板上に積層した Fe 薄膜の超薄膜領域における磁気特性とナノ構造
論文審査委員	(主査) 教授 山本 雅彦 (副査) 教授 掛下 知行 教授 白井 泰治 教授 中谷 亮一 教授 弘津 禎彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、 $Al_2O_3(0001)$ 傾斜基板上に積層した Fe 薄膜の超薄膜領域における磁気特性とナノ構造を系統的に調べることにより、Fe 超薄膜の磁気状態とその支配因子を明確にし、新たな磁気異方性制御方法としての傾斜基板の有用性と、傾斜基板により誘起される磁気異方性の発現機構について考察した内容をまとめたもので、以下の 7 章より構成されている。

第 1 章では、本研究の背景および本研究の目的について述べた。

第 2 章では、傾斜基板、磁性体超薄膜の作製および各種測定法と評価法について述べた。

第 3 章では、Fe 超薄膜の磁気状態の Fe 膜厚による変化について調べ、また、Fe 超薄膜の結晶成長および磁気状態の遷移過程について従来の結果と比較して考察した。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) Fe 超薄膜の磁気状態は、Fe 膜厚の増加にともない超常磁性から強磁性へ遷移した。基板傾斜の影響は強磁性成分に反映され、傾斜基板上に積層した場合、強磁性成分がより安定化した。
- (2) Fe 超薄膜の構造は、Fe 膜厚 5 ML 以上では、bcc(110)の単相であり、5 ML 以下では、bcc(110)単相あるいは、high spin state の fcc(111)単相のいずれかとなっていることがわかった。

第 4 章では、超常磁性状態にある Fe 超薄膜の超常磁性挙動について、成長温度による磁気状態の変化を調べ、超常磁性挙動を支配する因子について検討した。その結果は以下の通りである。

- (1) Fe 超薄膜の超常磁性挙動を支配する因子は、成長温度の増加にともない連続的に変化した。
- (2) 低い成長温度で作製した場合、超常磁性挙動は微粒子に働く強い磁氣的相互作用に支配され、高い成長温度で作製した場合、微粒子間に磁氣的相互作用はなく、個々の Fe 微粒子の磁化の挙動に支配されることがわかった。

第5章では、超常磁性と強磁性の混在状態にある Fe 超薄膜の磁気状態について、成長温度と基板傾斜による磁気状態の変化を調べた。その結果は以下の通りである。

- (1) Fe 超薄膜中に含まれる超常磁性成分と強磁性成分の存在比は成長温度の影響を受け、平坦な基板上と傾斜基板上に作製した場合は、異なる成長温度依存性を示した。
- (2) 平坦な基板上に作製した Fe 超薄膜では、強磁性成分の存在比は、成長温度 473 K で最大となった。一方、傾斜基板上に作製した Fe 超薄膜では、強磁性成分の存在比は、成長温度の増加にともない単調に減少した。

第6章では、Fe 超薄膜の膜面内磁気異方性について調べ、傾斜基板上に形成したステップによって誘起された一軸磁気異方性の発現機構について検討した。その結果は以下の通りである。

- (1) 平坦な基板上に作製した Fe 超薄膜では、磁化の挙動は膜面内で等価となった。一方、傾斜基板上に作製した Fe 超薄膜では、一軸磁気異方性がステップ平行方向に発現した。
- (2) 基板傾斜によって誘起された一軸磁気異方性は、傾斜基板上に存在するステップによる薄膜内での有効的な反磁場の効果に起因することがわかった。

第7章では、本研究で得られた結果を総括した。

論文審査の結果の要旨

磁気記憶装置の発展は、近年の情報技術の発達において重要な位置を占めている。情報技術の発展にともない、磁気記憶装置の記録密度は急速に増加しており、記憶媒体として用いられている磁性体の超薄膜化が進んでいる。このため、磁性体超薄膜などの微小磁性体が次世代の磁気記録媒体として期待されている。磁性体超薄膜の中でも、島状成長を起こす磁性体超薄膜は、応用開発の観点から精力的に研究され、それらを支える基礎研究も必要性を増している。このような状況において、本研究は超薄膜領域において磁性体微粒子を作製することができる $\text{Al}_2\text{O}_3(0001)$ 傾斜基板上に積層した Fe 超薄膜について、磁気特性とナノ構造の相関について系統的に調べ、多くの基礎的知見を得ている。それらの成果を要約すると、次の通りである。

- (1) Fe は、 $\text{Al}_2\text{O}_3(0001)$ 基板上で島状成長に起因した磁性体微粒子を形成し、その磁気状態は、Fe 膜厚の増加にともない、超常磁性状態、超常磁性と強磁性の混在状態、強磁性状態と変化することを明らかにしている。
- (2) 超常磁性における磁気特性の支配因子は、成長温度の増加にともない、Fe 微粒子間の磁氣的相互作用から、個々の Fe 微粒子の磁化挙動へと連続的に変化することを明らかにしている。
- (3) 超常磁性と強磁性の混在状態における磁気特性の支配因子は、成長温度と基板傾斜の両方の影響を受け、この変化は、Fe 微粒子体積の増加と系の実効的な磁気異方性エネルギーの変化によることを明らかにしている。
- (4) Fe 超薄膜の膜面内磁気異方性は、基板傾斜の影響を受けて変化し、傾斜基板上に作製した場合、一軸磁気異方性が現れ、一軸磁気異方性は薄膜内での有効的な反磁場の効果であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、 $\text{Al}_2\text{O}_3(0001)$ 傾斜基板上に積層した Fe 超薄膜に関する基礎的知見を得るため、広い範囲で Fe 膜厚と成長温度を系統的に変化させ、膜厚が数原子層程度の超薄膜領域における磁気特性とナノ構造の相関を明らかにしており、材料工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。