

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	VO2薄膜およびVO2と磁性金属の層状構造の作製
Title(English)	Fabrication of VO2 Films and VO2-based Magnetic Layered Structures
著者(和文)	QiuSuiyu
Author(English)	Suiyu Qiu
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12193号, 授与年月日:2022年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:史蹟,中村 吉男,木村 好里,林 幸,三宮 工,中川 茂樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12193号, Conferred date:2022/9/22, 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		QIU SUIYU	
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	史 蹟	教授	審査員	三宮 工	准教授
	審査員	中村 吉男	教授		中川 茂樹	教授
		木村 好里	教授			
		林 幸	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Fabrication of VO₂ films and VO₂-based magnetic layered structures」と題し、英文の6章から成っている。

Chapter 1 「Introduction」では、酸化バナジウム(IV) VO₂は、比較的低い温度 (70 °C) で相変態があり、高温相のルチル正方晶構造 (R) から低温相の単斜構造 (M1) への構造変化に伴い金属-絶縁体転移が起こり、電気抵抗が大きく増加することを紹介している。さらに、VO₂と磁性金属の複合構造が作製できれば、その相変態に伴う構造と物性の変化は磁性層の磁気特性を大きく影響すると考えられると説明し、その上で、本研究を遂行する目的はスパッタにより、質の良いVO₂薄膜を作製し、さらに磁性合金 CoPt との複合構造を作製し、VO₂の相変態の複合構造の磁気特性の影響を調べることであると述べている。

Chapter 2 「Fabrication of VO₂ Films on Glass substrates」では、ガラス基板上でスパッタ法により、相変態を示す結晶性の良いVO₂薄膜の作製を試みている。これまでスパッタ法では、基板温度と酸素流量の制御でVO₂薄膜を作製できたという報告がほとんどなく、作製できる成膜条件が非常に狭いと判断し、スパッタ製膜とその場の酸素雰囲気アニーリングの2段階製膜法を試みた結果、作製されたVO₂薄膜は(011)配向のM1構造となり、66 °C前後で電気抵抗が大きく変わるヒステリシスの小さな相変態を示し、比較的良好な結晶性のVO₂薄膜が作製できたと報告している。

Chapter 3 「Influence of Preparation Conditions on the Formation of VO₂ Films」では、Chapter 2の結果を踏まえ、スパッタ製膜とその場の酸素雰囲気アニーリングの2段階製膜法について、作製条件の最適化を行なっている。最適化したパラメーターは、作製時の酸素流量 (酸素分圧)、基板温度、アニーリング温度と圧力となっている。スパッタ作製時の酸素分圧はバナジウム酸化物の組成を大きく影響し、最適の分圧は2.09%で、これ以下は酸化が不完全で、これ以上はV₂O₅が生成されることと説明している。作製後のアニーリングはO₂が20%のアルゴン酸素混合ガス雰囲気中で、550 °Cの温度で、圧力が1-10 Paの範囲内に、結晶性の良いVO₂薄膜が作製できると報告している。この条件下、薄膜中の酸素濃度がVO₂の組成のまま雰囲気中の酸素分圧と平衡を保つことができ、VO₂の結晶がアニーリングによって成長できると説明している。

Chapter 4 「Magnetic Characteristics of CoPt/VO₂ Bilayer Films on Glass Substrates」では、CoPt/VO₂の複合構造を作製し、VO₂の相変態の構造変化がCoPtの磁気的物性にどのような影響を及ぼすかについて調べている。その結果、VO₂薄膜を作製後その表面にVO₂の相変態温度以上でCoPtを製膜し、できた複合構造のCoPt層の厚さが3 nmの場合に強い垂直磁気異方性を示すことを明らかにしている。この厚さでの垂直磁気異方性の出現は界面磁気異方性だけでは説明できず、VO₂の相変態に伴う体積変化によりCoPt層に面内応力導入され、垂直磁気異方性に貢献したと説明している。一方、室温からVO₂の相変態以上に加熱する場合、異常ホール効果を用い磁気特性の変化を評価したところ、温度増加とともに垂直方向の保持力が減少し、複合構造のホール抵抗が、相変態温度まで減少し、相変態温度で飽和したことが明らかにしている。

Chapter 5 「Magnetic Characteristics of CoPt/VO₂/Pt/CoPt/Pt Multilayer Films on Glass Substrates」では、CoPt/VO₂/Pt/CoPt/Ptの複合構造を作製し、VO₂の相変態に伴う物性変化がCoPtの磁気的物性へどのような影響を及ぼすかについて調べている。下部のCoPtとその直上のVO₂層の間にあ

る Pt 層は高温で VO₂ 層を作製するときに Co の酸化防止のためであると説明している。室温においては、下部の CoPt 層が面内磁気異方性を示すのに対し、上部の CoPt 層は垂直磁気異方性を示しており、磁氣的にカップリングされていない状態であるが、異常ホール効果の測定では、相変態温度以上に加熱するとカップリングされている状態を示している。VO₂ 層が薄い場合相変態で伝導電子が多くなり、RKKY 交換相互作用の可能性はあるが、今回の実験で、VO₂ 層が 13 nm の厚さで、RKKY 交換相互作用の範囲を超えていて、カップリングされているような状態は別の原因によるものと検討している。

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、スパッタとその場の酸素雰囲気中アニーリングの 2 段階製膜法を用い、比較的低い温度で相変態を示す結晶性の良い VO₂ 薄膜が作製でき、また同一真空槽にて磁性金属との複合構造を作製し、VO₂ 層の相変態に伴う構造変化、物性変化の複合構造の磁氣的物性へ及ぼす影響を明らかにしたものであって、工学上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。