

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	強磁性/反強磁性ヘテロ構造におけるスピンの流伝搬特性
Title(English)	Characterization of spin-current propagation in ferromagnet/antiferromagnet heterostructures
著者(和文)	崎村 広人
Author(English)	Hiroto Sakimura
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11447号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:史 蹟,中村 吉男,合田 義弘,中川 茂樹,ファム ナムハイ,安藤 和也
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11447号, Conferred date:2020/3/26, 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	崎村 広人		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	史 蹟	教授	審査員	PHAM NAM HAI	准教授
	審査員	中村 吉男	教授		安藤 和也	准教授
		合田 義弘	准教授			
中川 茂樹		教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「**Characterization of spin-current propagation in ferromagnet/antiferromagnet heterostructures**」と題し、英文の6章から成っている。

Chapter 1 「Background and objective」では、研究の背景となるスピントロニクス基礎知識、関連理論と、近年の反強磁性体スピントロニクス研究の動向をまとめている。その上で、NiOなどの反強磁性絶縁体は、磁気ダンピングが小さく長いスピン減衰長が期待できるにもかかわらず、実験的には比較的短いものしか報告されていないことを指摘し、本研究を遂行する目的はスピンポンピング法による反強磁性絶縁体中のスピン流伝搬特性の正確な評価方法の確立であると述べている。

Chapter 2 「Fabrication of single-layer NiO and NiO/Pt bilayers on thermally oxidized silicon substrates and their structural evaluation」では、室温反強磁性体NiO薄膜の作製と構造特性評価について述べている。成膜には室温でスパッタリング法により行い、ターゲットはNiO焼結体、基板は熱酸化したSiを用い、NiO単層膜とNiO/Pt二層膜の二種類を用意し、薄膜構造・表面特性の評価にはX線回折 (XRD)、X線反射率法 (XRR)、および原子間力顕微鏡 (AFM) を用いたと述べている。その結果から単層、二層膜共にNiOは多結晶であり、表面粗さは膜厚に依らず1 nm以下であることが確認されたと報告している。

Chapter 3 「Evaluation of two-magnon scattering magnitude in FM/AFI bilayer」では、FM/AFI二層膜において強磁性層の磁化ダイナミクスが接合する反強磁性層からの交換磁場により大きく影響されることを定量的に示している。強磁性共鳴の角度依存測定(AD-FMR)による磁気共鳴線幅の磁場角度依存性から Ni₈₁Fe₁₉/NiO/Sub.系における強磁性層の2 マグノン散乱 (TMS) 強度の定量を行い、その強度が NiO 層の膜厚増加に伴い増加するという結果を得たことについて報告している。なお、NiO 膜厚は0~12.5 nmとしている。TMSの発現は多結晶NiOが作るランダム配向の界面交換磁場による Ni₈₁Fe₁₉の磁化配列の乱れの発生に起因すると述べている。また TMS 強度の NiO 膜厚依存性は、NiO 膜厚増加に伴う界面交換磁場の増大による強磁性体側の磁化配列の乱れの増加によると説明している。

Chapter 4 「Magnetic domain observation in FM on various thickness of AFI underlayer」では、前章で観測された TMS 発現の原因である強磁性層の磁区構造の NiO 膜厚依存性を、Fe/NiO/Sub.試料を用いてスピン偏極低速電子顕微鏡(SPLEEM)により観察した結果について

報告している. NiO 膜厚は 2 ~ 20 nm とした場合, 下層の NiO 膜厚が厚くなるほど上層の Fe の磁区サイズが小さくなる様子が確認され, また, Fe 膜厚増加に伴う磁区サイズの成長レートを算出したところ, 下層の NiO が厚いほど成長レートが小さくなると述べている. つまり下層 NiO が厚い場合, Fe 膜厚が増加しても磁区が小さいまま固定されるということを明らかにしている. これは界面の交換エネルギーの増加に起因し, 前章の結果と整合していると結論している.

Chapter 5 「Determination of intrinsic spin decay length of AFI」では, スピンポンピング法により $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}/\text{NiO}/\text{Pt}/\text{Sub.}$ 系で NiO 層を透過するスピン流量の NiO 膜厚依存性から NiO のスピン減衰長を定量した結果を報告している. この方法は FMR で励起された $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$ 中の磁化ダイナミクスにより NiO に注入されたスピン流が NiO 層を透過して Pt 層に到達し, それが Pt 中の逆スピンホール効果により電気信号に変換され, 検出する電気信号の大きさと透過スピンの流量を測定する方法である. NiO 膜厚は 0 ~ 128 nm としている. NiO 膜厚増加に伴う TMS 増大によるスピン流生成抑制の効果を取り除いた結果, NiO のスピン減衰長は常磁性で約 3 nm, 反強磁性で約 100 nm という結果が得られている. 本研究で得られた反強磁性絶縁体 NiO スピン減衰長は先行研究で報告されていた結果の 10 倍程度の値であると説明している.

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, $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}/\text{NiO}/\text{Pt}$ の 3 層構造でのスピンポンピング法による反強磁性絶縁体中のスピン減衰長測定において 2 マグノン散乱の効果を取り入れて先行研究より 1 桁大きいスピン減衰長が求められ, 2 マグノン散乱の影響を明らかにするとともに, スピン減衰長測定におけるスピンポンピング法の精度を向上し, スピンポンピング法による反強磁性絶縁体中のスピン流伝搬特性の正確な評価方法の確立に成功したと言え, 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.