



Title	PERPENDICULAR MAGNETIC ANISOTROPY AND ELECTRIC FIELD EFFECTS IN CoFeB THIN FILMS
Author(s)	Lam, Duong Duc
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/50555
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (L A M D U C D U O N G)	
論文題名	PERPENDICULAR MAGNETIC ANISOTROPY AND ELECTRIC FIELD EFFECTS IN CoFeB THIN FILMS (CoFeB薄膜の垂直磁気異方性と電界効果)
論文内容の要旨 “Spintronics” is a field of research, in which two possessions of an electron, i.e. a charge and a spin, are utilized simultaneously to obtain a new functionality and/or a better performance in electronic devices. Nowadays, non-volatile memory becomes one of the standard motivations in the spintronics field. The development of magnetic tunnel junctions (MTJs) opens a feasible way to achieve a high performance non-volatile magneto-resistive random access memory (MRAM). The information bit of “0” and “1” can be maintained and manipulated by operating the magnetization state in MTJs. On the recent years, research of MTJs is moving toward to perpendicular magnetized thin films and low energy control of the magnetization states. The films with perpendicular magnetic anisotropy have a high thermal stability, allowing to minimize the volume of a magnetic bit. In spin transfer torque method, the perpendicular easy axis helps to reduce the critical switching current. Many perpendicular anisotropy materials have been achieved such as the structures combining of ferromagnetic materials with noble metal Fe-Pd, Fe-Pt, Co-Pt... but they have high spin-orbit interaction, which increases magnetic damping constant, resulting in high threshold current for current-induced magnetization switching. Development of CoFeB alloys with a perpendicular magnetic anisotropy and a smaller spin-orbit interaction could be a solution for the above problem. Moreover, there is no established material system that provides high tunnel magnetoresistance (TMR) ratio than the well - known CoFeB/MgO/CoFeB system with over 600% TMR ratio at room temperature. Thus, the CoFeB alloy was chosen in the present study. Writing an information bit requires a method which can switch the magnetization direction in magnetic thin films. Conventional ways to control magnetization consume considerable of energy for a current to generate a magnetic field or a spin-polarized current. Manipulation of magnetization by voltage is a potential low energy method, which does not require any current in principle. This dissertation reports my research in fundamental orientation of perpendicular magnetic anisotropy in CoFeB/MgO structure and study of voltage-induced magnetic anisotropy change in this system as described below: Chapter 1 outlines the background knowledge of perpendicular magnetic anisotropy research, the XMCD technique and the principle of an electrolyte gating method. Chapter 2 describes some main experiment equipment and analysis method that used in my work. Chapter 3 presents my results of PMA in CoFeB thin films. In which, the PMA was optimized by investigating the MgO overlayer thickness parameter and annealing treatment. The thickness of MgO overlayer is found to play a very important role for the direction of magnetic anisotropy easy axis. This dependence has been examined in other composition of CoFeB alloys and has shown a similar tendency. The microscopic mechanism of PMA was probed by X-ray Magnetic Circular Dichroism technique in a synchrotron facility. In chapter 4, I reported several experiment methods to study effects of voltage to magnetic properties in CoFeB films. The preliminary results were obtained by applying an electric field on the top CoFeB/MgO interface. Next, electric field modulation of coercive field was observed in the bottom interface of MgO/CoFeB in a film grown on a Polyimide buffer. In order to obtain a larger voltage effect, ion gel dielectric films have been employed because of a huge capacitance of the ion gel. The effects of electrostatic and electrochemical interactions in this electrolyte gating method were investigated. Chapter 5 will summary the accomplishments done in my doctoral course.	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (L A M D U C D U O N G)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	鈴 木 義 茂
	副 査	教 授	刃 田 博 一
	副 査	教 授	木 村 剛

論文審査の結果の要旨

FeはMgOとの界面において界面磁気異方性のために界面に垂直な方向に磁化容易軸を持つことが古くから知られていた。最近、磁気ランダムアクセスメモリ (MRAM)において界面に垂直な磁化を用いることが有用であることが示され、界面磁気異方性の物理に注目が集まっている。

LAM DUC DUONGさんは、FeCoB/MgO界面の磁気異方性がMgOの膜厚に依存することを見出し、さらにその異方性を電圧で制御することを試みた。そして、FeCoB/MgO界面の磁気異方性がMgOの膜厚に依存する機構を解明するためにSPring8の軌道放射光を用いた実験を行い、Feの酸化状態と磁気異方性に相関があることを見出した。MgOが比較的薄いほどFeは酸化されておらず強い垂直磁気異方性を示す。MgOの膜厚により何故Feの酸化状態が変化するのか、その機構は解明されなかったが、この結果は、高性能なMRAM素子の設計のためには大変有用な情報となるばかりでなく、これまで、議論はあったがその機構が解明されていなかったFeCoB/MgO界面の磁気異方性の発生機構解明に寄与するものである。

FeCoB/MgO界面の磁気異方性を電圧で制御する試みは既に東北大のグループなどで行われているがLAM DUC DUONGさんはトンネル素子構造のみでなく、イオン液体による電界の印加も試み、大きな電界効果を得た。特に、イオン液体を用いた場合に界面が容易に劣化してしまうことを見出し、1 nmのTa層の挿入により劣化を防ぐことができることを見出した。このことは今後のイオン液体を用いた実験に当たり重要な知識となると考えられる。また、この試料は今後、SPring8における電圧印加下での電子状態の変化を観察するために適しており、今後、電圧による磁気異方性制御の物理の解明に寄与するものと考えられる。

論文内容の発表時には本研究遂行に必要な技術、物理的背景の理解、さらには、周辺分野の知識には不十分な点も見られたが、発表後によく勉強して最終的に学術的に価値の高い論文を的確にまとめた。よって、博士(理学)の学位論文として価値のあるものと認める。