

BiFeO₃薄膜之物理性質之研究

楊順得、NOTE

E-mail: 344702@mail.dyu.edu.tw

摘要

本實驗是以磁控濺鍍法成長鈹鐵氧 (BFO) 薄膜於鈦酸鋁(111)基板，實驗所使用的靶材是鐵:鈹為1:1.02之鈹鐵氧靶材，並在不同的氬氣環境壓力與不同的成長時間成長，實驗所採用的成長壓力分別為 20×10^{-2} torr及 60×10^{-2} torr，在基板溫度為600 之下成長此薄膜。以XRD作分析，觀察垂直於膜的表面之X射線繞射，顯示出BFO薄膜在鈦酸鋁(111)上呈現磊晶特性，晶格參數匹配BiFeO₃鐵電(111)峰，繞射峰約在角度 40° ，成長BFO薄膜之時間會影響其結構相，在比較長時間的成長之下BFO薄膜結構會較明顯，薄膜的成長壓力會明顯的影響其BFO結構相與其伴隨之雜相(Bi₂₅FeO₄₀、Bi₂Fe₄O₉)，在比較低的成長壓力之下所成長之BFO薄膜會有比較好之結構相，且在雜相方面也相對有良好的改善，對薄膜的表面分析使用了原子力顯微鏡(AFM)和掃描電子顯微鏡(SEM)做量測，我們發現其結晶與表面的平整度在比較低的成長壓力之下也較良好，而在電性的方面其I-V特性曲線僅顯現出薄膜具有歐姆(ohm)性質關係，另外在薄膜的活化能部份則在比較高的成長壓力之下有比較高的活化能。 關鍵字：磁控濺鍍, 磊晶, 原子力顯微鏡, 掃描電子顯微鏡

關鍵詞：磁控濺鍍、磊晶、原子力顯微鏡、掃描電子顯微鏡

目錄

中文摘要	iii	英文摘要	iii
. iv 誌謝 . . . . .		. . . . . v 目錄	
. vi 圖目錄 . . . . .		. . . . . ix 表目錄	
. xii 第一章 導論 . . . . .		. . . . . 1 1.1 前言	
. 1 1.2 研究動機 . . . . .		. . . . . 3 第二章 相關文獻	
. 4 2.1 鐵電材料簡介 . . . . .		. . . . . 4 2.1.1 鐵電材料結構特性	
. 4 2.1.2 鐵電材料介電與電滯曲線 . . . . .		. . . . . 9 2.2 磁性質簡介	
. 13 2.2.1 磁性原理及介紹 . . . . .		. . . . . 13 2.2.2 磁滯曲線	
. 17 2.3 電性質簡介 . . . . .		. . . . . 18 2.3.1 極化機制以及頻率特性	
. 21 2.4 BiFeO ₃ 簡介 . . . . .		. . . . . 24 2.4.1 晶體結構	
. 24 2.4.2 BFO電性質 . . . . .		. . . . . 28 2.4.3 BFO磁性質	
. 29 第三章 實驗流程介紹 . . . . .		. . . . . 31 3.1 實驗材料	
. 31 3.1.1 製作 (BiFeO ₃) 靶材藥品 . . . . .		. . . . . 31 3.1.2 實驗相關藥品及工具	
. 32 3.2 實驗設備 . . . . .		. . . . . 33 3.2.1 陶瓷靶材製程設備	
. 33 3.2.2 射頻磁控濺鍍系統 . . . . .		. . . . . 33 3.2.2 靶材製備	
. 34 3.3 實驗流程 . . . . .		. . . . . 35 3.3.1 靶材製備	
. 35 3.3.2 基板清洗步驟 . . . . .		. . . . . 38 3.3.3 BiFeO ₃ 薄膜分析	
. 39 3.4 分析儀器 . . . . .		. . . . . 41 3.4.1 X-ray繞射儀	
. 41 3.4.2 掃描式電子顯微鏡 . . . . .		. . . . . 43 3.4.3 薄膜厚度測量	
. 46 3.4.5 電流-電壓曲線量測 . . . . .		. . . . . 47 第四章 結果	
. 48 4.1 靶材製備與分析 . . . . .		. . . . . 48 4.2 薄膜晶	
. 51 4.2.1 不同薄膜厚度比較 . . . . .		. . . . . 52 4.2.2 不同成長壓力比較	
. 53 4.3 薄膜表面型態分析 . . . . .		. . . . . 55 4.3.1 AFM表面檢測分析	
. 56 4.3.2 FE-SEM 表面檢測分析 . . . . .		. . . . . 58 4.4 電流-電壓 (I-V) 特性曲線	
. 65 4.5製程參數對溫度-電阻 (R-T) 特性關係影響 . . . . .		. . . . . 67 第五章 結論	
. 69 參考文獻 . . . . .		. . . . . 70	

參考文獻

【1】張文智，利用射頻磁控濺鍍系統製備BiFeO₃複鐵式薄膜及相關物性研究，國立成功大學材料及工程學系碩士班，碩士論文，2008。
【2】R. Ramesh, "Thin Film Ferroelectric Materials and Devices", Kluwer Academic, London, Chap1-3,1997. 【3】J.F. Scott, and C.A. Araujo, "Ferroelectric Memory", Science, 246,1400,1989. 【4】B.Price, "Emerging Memories-Technologies a Trend", Kluwer Academic

Publishers, 4,2002. 【5】富士通與東京工業大學聯手開發FeRAM的新型材料, 電子工程專輯, 2006. 【6】H.S.Nalwa, " Ferroelectric and dielectric thin films ", (Academic press, New York, 2002). 【7】H.Uchida, R.Ueno, H.Nakaki, H.Funakubo and S.Koda, " Ion Modification for Improvement of Insulating and Ferroelectric Properties of BiFeO₃ Thin Films Fabricated By chemical Solution Deposition ", J.J.Appl.Phys., 44 (18), L1561-1563, 2005. 【8】M.M.Kumar and V.R.Palkar, " Ferroelectricity in pure BiFeO₃ ceramic ", Appl.Phys.Lett.76, 2764 (2000). 【9】C.Michel, " The atomic structure of BiFeO₃ " Solid State Communication 7, 701 (1969). 【10】V.A.Murashv, D.N.Rakov, V.M.Ionov, I.S.Dubenko, Y.U.Titov, Ferroelectric, 162,11, 1994. 【11】Y.F.Popov, A.M.Kadomtseva, G.P.Vorobev, A.K.Zvezdin, " The Nature of Dielectric and Magnetic Properties of BiFeO₃ ", Ferroelectrics, 162,135, 1994. 【12】呂正傑, 詹世雄, 鐵電記憶體簡介, 奈米通訊, 第五卷第四期 (1998). 【13】鄭佩慈, 真空技術組, 儀器科學中心簡訊, 68期, 中華民國九十四年4月30日出版. 【14】R.J.H.Voorhoeve, Advanced Mate.Catal. ; Academic Press: New York (1977). 【15】Y.Xu, " Ferroelectric Materials and their Applications ", North Holland, Amsterdam, 1991. 【16】G.shirane, F.Jona, and R.Pepinsky, Proc.I.R.E., 42, 1738 (1955). 【17】J.Wang. " Deposition and Characterization of Multiferroic BiFeO₃ Thin Films ".PhD dissertation, University of Maryland,Department of Materials Science and Engineering, 2005. 【18】Kingery, Bowen, uhlmann, 陶瓷材料概論, 園出版社, 初版, 1988年4月. 【19】M.E.Lines and A.M.Glass, " Principles and applications of Ferroelectrics and related materials ', (Oxford University, New York, 2001). 【20】B.H.Park, B.S.Kang, S.D.Bu, T.W.Noh,J.Lee and W.Jo, " Lanthanum-substituted bismuth titanate for use in non-volatile memories ", Nature 401, 682 (1999). 【21】C.Kittel, " Introduction to solid state physics ", 7th ed. (John Wiley & Sons, New York, 1996). 【22】J.A.C.Bland and B.Heinrich, " Ultrathin Magnetic Structure I ", Springer-verlag, Chap.3,1994. 【23】M.Barsoum, Fundamentals of ceramics, (McGraw Hill, New York, 1994). 【24】林麗娟, X光繞射原理及其應用, 工業材料86期, 83年2月. 【25】W.D.Kingery, H.K.Brown,and D.R.Uhlmann, " Introduction to Ceramics ", 2nd Ed., John Wiley and Sons, New York, Chper.2, 1976. 【26】M.E.Lines and A.M.Glass, " Principles and application of Ferroelectrics and related materials ", Oxford University Press, New York, Chap.2-5, 2001. 【27】S.M.Sze, Physics of Semiconductor Devices, New York:Wiley, 1981. 【28】Y.S.Yang, S.J.Lee, S.H.Kim, B.G.Chae, and M.S.Jang, " Schottky barrier effect in the electronic conduction of Sol-gel derived lead zirconate titanate thin film Capacitors, " J.J.Appl.Phys.84[9]5005-5011 (1998). 【29】Stolichnovb and A. Tagantsev, " Space-charge influenced- Injection model for conduction in Pb (ZrxTil-x) O₃ thin Films, " J.J.Appl.Phys. 84[6]3216-3225 (1998) 【30】K.Y.Yun, M.Noda and M. Okuyama, " Prominent Ferroelectricity of BiFeO₃ thin films prepared by pulsed- Laser deposition ", Appl.Phys.Lett 83, 3981 (2003). 【31】F.Kubel and H.Schmid, " Structure of a ferroelectric and Ferroelatic monodomain crystal of the pervskite BiFeO₃ ", Actacryst.B46, 698 (1990). 【32】J.M.Moreau and C.Michel, " Ferroelectric BiFeO₃ X-ray and Neutron diffraction study ", J.Phys.Chem.Solid 32,1315 (1971). 【33】O.Muller and R.Roy, " The Major Ternary Structural Families ", Springer,New York, 1974. 【34】N.N.Krainik, Sov.Phys.8, 654, 1966. 【35】M.I.Morozov, N.A.Lomanova, and V.V.Gusarov. " Specific features of BiFeO₃ formation in a mixture of bismuth (III) and iron (III) oxides ".Russian Journal of Gener Chemistry, 73 (11) :1676-1680, 2003.Translated from Zhurnal Obshchei Khimi. 【36】劉純宇, 碩士論文, BiFeO₃鐵電薄膜之製備與特性研究, 成功大學材料科學與工程學系, 2005. 【37】J.Wang. " Deposition and characterization of Multiferroic BiFeO₃ Thin Films ".PhD dissertation,University of Maryland,Department of Materials Science and Engineering, 2005. 【38】吳奇錕, 鐵酸鈹與鈷鐵氧體之複合材料電性與磁性研究, 清華大學材料科學與工程學系, 2007. 【39】J.R.Teague, R.Gerson, and W.J.James, " Dielectric hysteresis in single crystal ", Solid State Comm.12, 1073, 1970. 【40】K.Y.Yun,M.Noda, and M.Okuyama H.SaeKi, H.Tabata.and K.Saito, " Structural and multiferroic properties of BiFeO₃ thin films at room Temperature ", J.J.Appl.Phys.96,3399-3403,2004. 【41】Y.P.Wang, L.Zhou, M.F.Zhang, X.Y.Chen, J.M.Liu, and Z.G.Liu, " Room-temperature saturated ferroelectric polarization in BiFeO₃ ceramics synthesized by rapid liquid phase sintering ", Appl.Phys. Lett, 84, 1731-1733, 2004. 【42】V.R.Palkar,K.G.Kumara, S.K.Malik, " Observation of room-temperature magnetoelectric coupling in pulsed-laser-deposit Bi_{0.6}Tb_{0.3}La_{0.1}FeO₃ thin films ", J.Phys.58, 1003, 2002. 【43】Y.E.Roginskaya, Y.Y.Tomashpol ' skill, Y.N.Venevtsev, V.M.Petrov, and G.S.Zhdanov, " The Nature of the Dielectric and Magnetic Properties of BiFeO₃ ", Soviet Phys.JETP, 44, 1418. , 1966. 【44】H.S.Gu, J.M.Xue, Gao, J.Wang, " Doping effect of BiFeO₃ in layered Pervoskite SrBi₂Nb₂O₉ ", Materials Chemistry and Physis, 75, 105, 2002. 【45】X.Qi, J.Dho, R.Tomov, M.G. Blamire, J.L.MacManus-Driscoll, " Greatly reduced leakage current and conduction mechanism in aliovalent-ion-doped BiFeO₃ " Appl.Phys.Lett.86, 06290 (2005). 【46】B.Ruette, S.Zv yagin, A.P.Pytakov, A.Bush,J.F.Li, V.I.Belotelov, A.K. Zvezdin,and D.Viehland. " Magnetec-field induced phase transition in BiFeO₃ observed by high-Field electron spin resonance " :cycloidal to homogenous spin order. Physical Reciew B,69:064114-1-064114-7,2004. 【47】Gippius,D.F.Khozeev,E.N.Morozova,and V.Zalessky,Phys . stat.sol.196 (1),221,2003. 【48】張志嘉, 摻雜釷、矽之鐵酸鈹多鐵性薄膜製備與特性之研究, 國立成功大學材料及工程學系碩士班, 碩士論文, 2006. 【49】http:web.nchu.edu.tw/~pinlin/ 【50】D.C.Look,Semiconductors and Semimetals edited by R.K. Willardson and A.C.Berr, (Academic,New York,1983), Vol.19,chap 2. 【51】張耕銘, 氧化鋅-氧化鈹複層薄膜之微結構與非歐姆性質之 研究, 國立成功大學材料及工程學系碩士班, 碩士論文, 2004