

# The thinning technology and application for sapphire wafer

吳嘉城、姚品全；韓斌；武東星

E-mail: 9314935@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

GaN-based III-nitrides are promising materials for optoelectronic devices such as about blue light emitting diodes. Sapphire wafers have been widely used as substrates for growing GaN-based devices. However, the lapping, polishing and etching processes for the sapphire wafer were very difficult due to its high chemical and physical stability. Recently, several thinning techniques of sapphire wafers have been reported, such as dry etching, chemical wet etching, mechanical polishing, and chemical mechanical polishing (CMP). In this study, the combination of CMP and dry etching techniques was proposed for sapphire thinning. First, boron carbide with 240 and 600 grit was used for the lapping process, and then the sapphire wafer was polished by the chemical slurry. The thickness of the 2" diameter sapphire wafer can be reduced from 430 to 60  $\mu\text{m}$  without generating serious cracks. Secondly, an inductively coupled plasma (ICP) system was used to etch the (0001) sapphire wafer by the gas combination of Ar/N<sub>2</sub>/Cl<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>. The maximum etch rate over 195.4 nm/min could be obtained using 20%Cl<sub>2</sub>/80%BCl<sub>3</sub>. By the addition of 10%-Ar and in this mixture, the etch rate can increase further to over 221.5 nm/min. Finally, thinning of the sapphire wafer down to 50  $\mu\text{m}$  has been achieved by the combination of CMP and ICP techniques.

Keywords: 藍寶石；薄化；Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>；碳化硼

## Table of Contents

目錄 封面內頁 簽名頁 授權書 . . . . .	iii	中文摘要 . . . . .	iii
. . . . . iv Abstract . . . . .	iv	vi 誌謝 . . . . .	vi
. . . . . vii 目錄 . . . . .	vii	. . . . .	. . . . .
. . . . . viii 圖目錄 . . . . .	viii	. . . . . xii 表目錄 . . . . .	xii
. . . . . xiv 第一章 緒論 1.1 前言 . . . . .	1	1.2 研究背景、動機 . . . . .	1
. . . . . 1.3 研究方法 . . . . .	5	第二章 化學機械研磨 2.1 化學機械研磨機制 . . . . .	7
. . . . . 3.1.4 論文架構 . . . . .	5	2.2 化學機械研磨的構造 . . . . .	7
. . . . . 7.2.3 化學機械研磨運動模式 . . . . .	7	2.4 化學機械研磨製程參數 . . . . .	9
. . . . . 9.2.4.1 機械作用參數 . . . . .	9	2.4.1 化學反應參數 . . . . .	9
. . . . . 10.2.5 化學機械研磨之Lapping . . . . .	10	2.6 化學機械研磨之拋光 . . . . .	11
. . . . . 12 第三章 蝕刻 3.1 濕式蝕刻 . . . . .	12	. . . . . 14 3.2 乾式蝕刻 . . . . .	14
. . . . . 14 3.2.1 機台的選擇 . . . . .	14	3.2.2 蝕刻氣體的選擇 . . . . .	15
. . . . . 16 3.2.3 機台參數的影響 . . . . .	16	第四章 實驗設計和實驗設備 4.1 實驗設計 . . . . .	18
. . . . . 20 4.2 實驗設備 . . . . .	20	4.2.1 實驗儀器 . . . . .	23
. . . . . 23 4.2.1 量測儀器 . . . . .	23	4.2.1 量測儀器 . . . . .	23
. . . . . 23 4.3 實驗步驟 . . . . .	23	4.3.1 試片清洗 . . . . .	24
. . . . . 24 4.3.2 上臘及壓合 . . . . .	24	4.3.2 上臘及壓合 . . . . .	24
. . . . . 24 4.3.2.1 蠟 . . . . .	24	4.3.2.2 PC3-6000 . . . . .	25
. . . . . 25 4.3.3 化學機械研磨實驗 . . . . .	25	4.3.3.1 平台轉速的實驗 . . . . .	26
. . . . . 27 4.3.3.2 施加壓力的實驗 . . . . .	27	4.3.3.2 施加壓力的實驗 . . . . .	27
. . . . . 27 4.3.3.3 研磨液滴速的實驗 . . . . .	27	4.3.3.4 研磨液濃度的實驗 . . . . .	27
. . . . . 28 4.3.3.5 載具擺幅的實驗 . . . . .	28	4.3.3.6 載具擺速的實驗 . . . . .	28
. . . . . 28 4.3.4 感應耦合電漿蝕刻實驗 . . . . .	28	4.3.4.1 主要製程氣體比例實驗 . . . . .	29
. . . . . 29 4.3.4.1 主要製程氣體比例實驗 . . . . .	29	4.3.4.2 腔體壓力的實驗 . . . . .	30
. . . . . 30 4.3.4.3 ICP功率的實驗 . . . . .	30	4.3.4.4 DC偏壓的實驗 . . . . .	30
. . . . . 31 4.3.4.5 加入Ar的實驗 . . . . .	31	4.3.4.6 加入N <sub>2</sub> 的實驗 . . . . .	31
. . . . . 31 第五章 實驗結果 5.1 化學機械研磨 . . . . .	31	. . . . .	. . . . .

. . . . . 32	5.1.1 化學機械研磨參數實驗 . . . . .	32	5.1.1.1 平台轉速的影響 . . . . .	33
. . . . . 33	5.1.1.2 施加壓力的影響 . . . . .	33	5.1.1.3 研磨液滴速的影響 . . . . .	35
. . . . . 35	5.1.1.4 研磨液濃度的影響 . . . . .	35	5.1.1.5 載具擺幅的影響 . . . . .	36
. . . . . 36	5.1.1.6 載具擺速的影響 . . . . .	36	5.1.2 使用不同Bonding介質 . . . . .	38
. . . . . 38	5.1.3 化學機械研磨厚度之安全距離 . . . . .	39	5.1.3.1 第一組安全距離實驗 . . . . .	42
. . . . . 42	5.1.3.2 第二組安全距離實驗 . . . . .	42	5.1.3.3 第三組安全距離實驗 . . . . .	42
. . . . . 42	5.1.3.4 第四組安全距離實驗 . . . . .	42	5.1.3.5 第五組安全距離實驗 . . . . .	43
. . . . . 43	5.1.3.6 第六組安全距離實驗 . . . . .	43	5.1.3.7 化學機械研磨厚度之安全距離之結論 . . . . .	44
. . . . . 44	5.1.4 研磨後表面形態 . . . . .	44	5.2 感應耦合電漿蝕刻實驗 . . . . .	45
. . . . . 45	5.2.1 Cl <sub>2</sub> /BCl <sub>3</sub> 的氣體比例影響 . . . . .	53	5.2.2 腔體壓力的影響 . . . . .	53
. . . . . 53	5.2.3 ICP功率的影響 . . . . .	54	5.2.4 DC偏壓的影響 . . . . .	56
. . . . . 56	5.2.5 加入Ar的影響 . . . . .	57	5.2.6 加入N <sub>2</sub> 的影響 . . . . .	58
. . . . . 58	5.2.7 加入N <sub>2</sub> 的影響 . . . . .	58	第六章 結論 . . . . .	59
. . . . . 59	參考文獻 . . . . .	61	附件一 . . . . .	62
. . . . . 62				65

## REFERENCES

- 參考文獻 [1] 洪建中, 國立中興大學碩士論文(2002) [2] 汪建明, " 陶瓷技術手冊 (下) ", 經濟部技術發行, 1994 [3] 半導體科技, " 晶圓薄化超薄晶圓薄化技術 ", No.35, 2003 [4] L.E. Samuels, " Metallographic Polishing by Mechanical M ", 3rd Edition [5] 捷斯奧企業有限公司及環球研磨產品有限公司網站 [6] R. Lee, J. Vac. Sci. Technol. A16(1974)164.
- [7] X. Dongzhu, Z. Dezhang, P. Haochang, X. Hochang, X. Hongjie, R. Zongxin, J. Phys. D: Appl. Phys. 31(1998)1647 [8] J.W. Kim, Y.C. Kim, W.J. Lee, J. Appl. Phys. 78(3) (1995)2045 [9] J.B Fedison, T. P. Chow, H. Lu, I.B. Bhat, J. Electrochem. Soc. 144 (8) (1997) L221.
- [10] S.I. Dongaev, A.A. Lyalin, A.V. Simakin, V.V. Voronov, G.A. Shafeev, Appl. Surf. Sci. 109/110 (1997)201 [11] Y.J. Sung, H.S. Kim, Y.H. Lee, J.W. Lee, S.H. Chae, Y.J. Park, G.Y. Yeom, Mater. Sci. Eng. B82 (2001) 50.
- [12] C.H Jeong, D.W. Kim, J.W. Bse, Y.J. Sung, J.S. Kwak, Y.J. Park, G.Y. Yeom, Mater. Sci. Eng. B93 (2002) 60-63 [13] C.H Jeong, D.W. Kim, K.N. Khn, G.Y. Yeom, Jpn. J. Appl. Phys. Vo 41 (2002) pp. 6206-6208 [14] C.H Jeong, D.W. Kim, Y.H. Lee, Y.J. Sung, G.Y. Yeom, Surf. Coat. Tech. 171 (2003) 280-284 [15] D.W. Kim, C.H Jeong, K.N. Khn, Y.H. Lee, H.S. Kim, Y.J. Sung, G.Y. Yeom, Thin Sol. Film. 435 (2003) 242-246 [16] 李世鴻, " 半導體工原理 ", 1996, 全威 [17] G. Santhoff, " Intermetallic phase materials developments and prospects ", Z. Metllkde. (1989)
- [18] 林江財, " 氧化鋁陶瓷特性及製作 ", 精密陶瓷科技, 經濟部中小企業及工業技術研究院工業材料研究所聯合編印 [19] R. Stommer, H. Gobel, A.R. Martin, W. Hub, U. Pietsch, " X-Ray Scattering from Silicon Surfaces ", Semicond. Inter. pp.81-88, May 1998.
- [20] The National Technology Roadmap for Semiconductor, Semiconductor Industry Association (SIA), San Jose, CA, 1994.
- [21] L.M. Cook, " Chemical Processes in Glass Polishing ", J. Non-cry. Sol. ,vol. 120, pp.152-171, 1990.
- [22] S.R. Runnels, " Feature-Scale Fluid-Based Erosion Modeling for Chemical-mechanical Polishing ", J. Electrochem. Soc. ,vol. 141, no.7, pp1900-1904, 1994 [23] F. Preston, J. Soc. Glass Technol., vol. 11. 1927.
- [24] N.J. Brown, P.C. Baker, and R.T. Maney, Proc. SPIE., 306, 42 (1981) [25] J.M. Steigerwald, A Fundamental Study of Chemical Mechanical Polishing of Copper Thin Film, PHD Thesis, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY (1995) [26] F.B Kaufman, D.B. Thompson, R.E Broadie, M.A. Jaso, W.L. Guthrie, D.J. Pearsons, and M.B Small, J. Electrochem. Soc., 138, 3406 (1991) [27] 楊錫杭, " 微機械加工概論 ", 2000, 全華 [28] 簡志偉, 私立淡江大學, 1998 [29] 莊達人, " VLSI製造技術 ", 1995, 高立 [30] Y.H. Lee, H.S. Kim, and G.Y. Yoem, J. Vac. Sci. Technol. A 16(3), 1478 (1998).
- [31] J. Honh, J.W. Lee, E.S. Lambers, C.R. Abernathy, C.J. Santana. and S.J Pearton, J. Electron. Mater. 25, 9, pp1428 (1996) [32] Hyeon-Soo Kim, Geun-Tung Yeom, Jae-Won Lee, and Tae-li Kim, Thin Soild Films 341, 180 (1999) [33] J.K. Sheu, and Y.K Su, Appl. Phys. Lett. 85, pp1970 (1990) [34] 張勁燕, " 半導體製程設備 ", 2000, 五南 [35] 王建榮, 林必窈, 林慶福 " 半導體平坦化CMP技術 ", 1998, 全華 [36] 姜庭隆, " 半導體製程 ", 2001, 滄海 [37] 歐沐怡, 國立中興大學碩士論文(1998) [38] 蔡明義, 國立中興大學碩士論文(1999) [39] 莊宗伯, 國立交通大學碩士論文(2000) [40] 林明智, 國立中央大學碩士論文(2000) [41] 劉銘雄, 國立海洋大學碩士論文(2000) [42] 翁勢凱, 國立台灣大學碩士論文(2000) [43] 李政麟, 私立逢甲大學碩士論文(2001)