

# 晶圓片輪磨加工參數與次表面層之探討

王仕宏、紀華偉

E-mail: 9608323@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

精密輪磨 (Fine Grinding) 是一種能夠有效快速移除材料的加工技術，應用鑽石輪磨於晶圓薄化製程上，方能克服加工不易與移除量小等問題。輪磨加工具有自動化、加工時間短及成本較低等優點，因此近幾年來被廣泛使用在半導體晶圓基材加工上。優點在於快速、移除量掌控佳。但由於整個過程是以機械加工的方式進行，幾乎無可避免會對晶圓片產生損傷。此外，磨削時所採用的各種加工條件也會影響加工期間及完工後的狀況。良好的品質必須由適當的磨削參數來加以控制。本文以矽晶圓輪磨方式為主要的加工程序，配上磨輪、主軸轉速、工作台轉速、進給，探討這些製程參數對矽晶圓表面及次表面性狀，使用原子力顯微鏡、光學顯微鏡及掃描式電子顯微鏡觀測。統計交叉比對後選擇出適當的加工參數，提高輪磨後晶圓片的品質。結果中發現，表面粗糙度確實與次表面破壞層具相對關係。與晶圓表面連接之非晶質層截面區域的尖突有連帶關係。加工參數方面，最適當的控制參數於工作台轉速與進給速率最好的設定分別在100rpm和10  $\mu$  m / min，主軸轉速則以3000rpm時的主軸轉速設定較好。因此，最後選擇主軸轉速、工作台轉速及進給速率分別各是3000rpm、100rpm、10  $\mu$  m / min 的參數設定作為最適當參數條件。

關鍵詞：晶圓，輪磨，裂痕，次表面層

## 目錄

封面內頁簽名頁授權書 .....	iii	中文摘要 .....	iv	英文摘要 .....	ix																																																																		
.....v	致謝 .....	vi	目錄 .....	vii	圖目錄 .....	ix																																																																	
表目錄 .....	xii	第一章 緒論 .....	1	1.1 研究動機及目的 .....	1	1.1.1 新舊製程之結果與優缺點比較 .....	3	1.2 研究方法 .....	4	第二章 相關文獻回顧 .....	6	第三章 矽晶圓輪磨加工 .....	13	3.1 矽及矽晶圓 (silicon wafer) .....	13	3.1.1 矽基本性質與演進 .....	13	3.1.2 矽結晶結構 .....	15	3.1.3 矽晶用途 .....	17	3.2 輪磨加工原理 (Grinding) .....	17	3.3 輪磨紋 (Grinding Mark) .....	20	3.4 延性輪磨與磨粒切深 (Ductile Regime Grinding) .....	23	3.5 移除率 .....	27	3.6 表面粗糙度理論 (Surface Roughness) .....	27	3.7 次表面層破壞探討 (Subsurface Damage Layer) .....	29	第四章 實驗計畫 .....	31	4.1 實驗規劃 .....	31	4.2 研究設備及參數 .....	32	4.2.1 晶陶加工機系統及原理簡介 .....	33	4.2.2 原子力顯微鏡 .....	37	4.2.3 金相試驗 .....	39	4.2.4 觀察 .....	43	4.3 實驗流程 .....	43	4.3.1 取得輪磨晶圓試片 .....	43	4.3.2 量測表面粗糙度 .....	45	4.3.3 試片製作 .....	47	第五章 實驗結果 .....	53	5.1 表面粗糙度分析 .....	53	5.2 次表面裂痕層 .....	57	第六章 結論與未來展望 .....	71	6.1 結論 .....	71	6.2 未來展望 .....	72	參考文獻 .....	74	附錄 .....	

## 參考文獻

- [1] 林明獻，「矽晶圓半導體材料技術」，全華科技圖書股份有限公司，2002。
- [2] Z.J. Pei, A. Strasbaugh, "Fine grinding of silicon wafers" International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol.41vol.41, pp 660-670, 2001。
- [3] S. Malkin and T. W. Hwang, "Grinding Mechanisms for Ceramics," Annals of the CIRP, v 45, pp 569-580, 1996。
- [4] 宋健民，「鑽石磨輪簡介」，機械工業雜誌245期，P 148 ~ 159 頁，2004。
- [5] 陳世昌，「晶圓磨床之設計探討」，機械工業雜誌243期，P 101 ~ 106 頁，2003。
- [6] Pat Halaham, "Adaptation of backgrinding for thin wafer production," Tru-Si technologies。
- [7] Z.j. Pei, A. Strasbaugh, "Fine grinding of silicon wafers: designed experiments," International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol.42, pp 395-404, 2002。
- [8] 趙崇禮、馬廣仁、張永明等，"樹脂結合鑽石砂輪精密輪磨加工矽晶圓表面性狀研究"，機械工業 90 年8月號，p 87~101。
- [9] 蔡明義，「晶片化學平坦化製程之機械磨耗機制研究與實驗探討」，中興大學機械工程研究所，1999。
- [10] 工業技術研究院機械所，「次世代磨粒加工技術研討講義」，2000。
- [11] Z.j. Pei, "A study on surface grinding of 300 mm silicon wafer," International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol.42, pp

385 – 393, 2002.

- [12] L. Zhou, J. Shimizu, K. Shinohara and H. Eda, “ Threedimensional kinematical analyses for surface grinding of large scale substrate, ” Precision Engineering, vol.27, pp 175 – 184, 2003.
- [13] 王文瑞, “ 晶圓超精密輪磨技術探討 ”, 機械工業雜誌255 期, P 121 ~ 123 頁, 2004。
- [14] C. Chen, Leipold, “ Fracture Toughness of Silicon ” American Ceramic Society Bulletin, v 59n4, pp 469-472, 1980.
- [15] H. K. Xu, Anhua Wei, and Said Jahanmi, “ Grinding Force and Micro-crack Density in Abrasive Machining of Silicon Nitride ” J. Mater. Res., v10n 12, pp 3204-3208, 1995.
- [16] Y.C. Fu, J. Xu, J.H. Xu, “ Optimization design of grinding wheel topography for high efficiency grinding, ” Journal of Materials Processing Technology, vol.129, pp118 – 122, 2002.
- [17] 岐旭, “ 矽晶圓輪磨技術效能提升之應用分析 ”, 國立 台灣大學機械工程學研究所, 2004。
- [18] Z. J. Pei, S. R. Billingsley, and S. Miura, “ Grinding Induced Subsurface Cracks in Silicon Wafers, ” International Journal of Machine Tools & Manufacture, v 39, pp 1103-1116, 1999.
- [19] 羅紹威, “ 矽晶圓磨削特性與磨削參數之研究 ”, 大葉大 學機械工程研究所, 2006。
- [20] 傅光華博士等人, “ 機械加工法 ( 上 ) ” 第八版, 高立圖 書有限公司, 2000。
- [21] 高道綱, “ 超精密加工技術 ”, 全華科技圖書股份有 限公 司, 2002。
- [22] T. Nakasuji, S. Kodera, S. Hara, H. Matsunaga, N. Ikawa and S.Shimada, “ Diamond turning of brittle materials for opticalcomponents, ” Annals of the CIRP, v39n1, pp 89-92, 1990.
- [23] K. E. Puttick, L. C. Whitmore, C. Ycynes and A. E. Gee, Proc.ASPE Spring Topical Meeting on Precision Grinding of BrittleMaterials, pp 82, 1996.
- [24] I. Zarudi, L.C. Zhang, “ Effect of ultraprecision grinding on the microstructural change in silicion monocrystals, ” Journal of Materials Processing Technology 84, pp 149~158, 1998.
- [25] S. Chidambaram, Z.J. Pei and S. Kassir, “ Fine grinding of silicon silicon wafer:a mathematical model for grinding marks, ” International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol.43, pp 1595 – 1602, 2003.
- [26] 日本機械學會, 賴耿陽編譯, “ 機械加工計測技術 ”, 復 文書局, 1987。
- [27] 陳春元, “ 磨輪與精密輪磨製程參數對矽晶圓表面性狀之 影響研究 ”, 國防大學中正理工學院, 2004。
- [28] 準力機械股份有限公司, “ JL-200SCG 產品操作手冊 ”。
- [29] K.H.Yang, “ An Etch for Delineation of Defect in Silicon ”, J.Electrochem.Soc.131, pp 1140 ~ 1145, 1984.
- [30] Park Scientific Instruments, “ USER ’ S GUIDE TO AUTOPROBE CP ”, pp xvii ~ xviii.