

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

TFT-LCD 母玻璃基板之切割與裂片製程有限元素分析

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2218-E-034-001-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：中國文化大學機械工程學系

計畫主持人：江毅成

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 25 日

中英文摘要

中文摘要

薄膜電晶體(TFT)玻璃和彩色濾光片(C/F)玻璃以間隔粒(spacer)保持兩片玻璃的間隙並經熱壓合成母玻璃基板後，必須經過切割與裂片(scribe&break)的製程將母玻璃板斷裂成面板螢幕的尺寸，切割與裂片的製程的要件包括割輪的切割精度、速度和深度及斷裂條(breaker)施加的壓力及裁斷的精密度，同時在製程中要避免玻璃顆粒和切屑的產生及製程所產生靜電，本專題研究計畫已進行TFT-LCD 母玻璃基板切割與裂片製程的有限元素分析，分析的項目包括割痕的深度、斷裂條的壓力及割痕和斷裂條對位之精密度對母玻璃基板裂斷的影響，本研究的成果是透過系統的有限元素數值分析了解這些參數對切割與裂片製程的影響，此了解將能縮短傳統嘗試錯誤法(try and error)的時間，減少切割與裂片製程的失敗進而提升產品的良率。

關鍵詞：薄膜電晶體-液晶顯示器、切割、裂片、有限元素分析

英文摘要(Abstract)

The thin film transistor (TFT) glass and the color filter (C/F) glass are attached to form the mother glass with heat pressure and keeping the cell gap by the spacers. Subsequently, the mother glass is broken into the screen panel through the scribing and breaking process. The key engineering issues for the scribing and breaking process include the cutting precision, cutting speed and cutting depth of the cutting wheel and the applied pressure by the breaker as well as the breaking precision. In the same time, the process should avoid to produce glass particles and chipping and avoid electrical static deposition (ESD). The present research proposal has conducted the finite element analysis (FEA) of scribing and breaking process for TFT-LCD. The model will investigate the parameters of the cutting depth, the applied pressure and the alignment precision between the cutting groove and the breaker. The accomplishment of the present analysis is to understand the influences of those parameters on the scribing and breaking process through the systematic FEM numerical analysis. This understanding can short the time to set up the parameters traditionally done by the try and error process such that preventing the process failure and elevating the product passing ratio.

Key words: TFT-LCD, scribing, breaking, FEM

報告內容

前言

從 1999 到 2004 年間，累計我國平面顯示器產業的投資金額超過 6000 億元台幣，估計台灣平面顯示器產值在 2004 年達 7150 億台幣，年成長率 32%，其中大尺寸 TFT-LCD 產值更高達 4300 億台幣以上，明年更有機會突破一兆三千億元，有機會挑戰全球第一大 TFT-LCD 生產王國寶座。這樣的產值與成長率，反映出過去在這個領域的耕耘者，深知研究發展是高科技產業持續蓬勃的動力，發展平面顯示器產業需要投入相當大的資源在新產品與新技術的研究開發上，才能有今天豐碩傲人的成果。此外，在政府與業界共同努力下，我國影像顯示產業已形成北、中、南三大園區，並吸引國際知名大廠相繼來台投資設廠，整體產業結構日趨完整，這些具體成果，說明了近年政府積極推動「兩兆雙星」計畫的績效。平面顯示器已成為我國支柱產業之一，國內廠商的競爭力也已從代工模式提升到發展自己品牌、技術自主、產業整合的高附加價值上。

玻璃基板為平面顯示器主流產品（液晶顯示器）的專用玻璃基板，從公元 2000 年開始，玻璃基板的尺寸大約每一年半增加一倍，大尺寸 LCD 基板的需求量空前的高，從一個尺寸邁向下一個尺寸的速度也空前的快，更大的基板能作出更大的螢幕，提供 LCD 桌上型螢幕、液晶電視、筆記型電腦以及其他產品使用。其次，大尺寸玻璃基板具有莫大的經濟規模效益，越大的基板能讓顯示器廠商更有效率的使用一片基板生產出更多的面板。然而因為尺寸加大，厚度變薄之趨勢下，在將基板切割成面板的過程中，可作出最完美的黃金切割將能帶來最大的生產效率，平面顯示器的最終使用強度大部分取決於基板的破裂行為，商業用的平面顯示器基板在對切割製程中產生之局部應力的承受能力有相當大的差異，切割製程普遍用於製作不同尺寸的玻璃，是一項實用又節省成本的技術，尤其對最後製程的顯示器強度有重要的影響。

對於 LCD 製造廠商而言，大尺寸玻璃基板能夠創造很大的經濟規模效益。大尺寸玻璃基板不但能夠讓每片基板中產出更多面板，同時也可以生產尺寸更大的面板，一般來說第 4 代基板可製作 4 片 17 吋的面板，而第 5 代基板已可將產量提高為 3 倍，從一片基板作出 12 片 17 吋的面板，第 6 代基板則可將一片基板產出 8 片 32 吋面板，到現在的 7 代基板更將一片基板產出 12 片 32 吋的面板。玻璃基板切割取得的面板示意圖如下圖 1，面板尺寸如下列表 1。

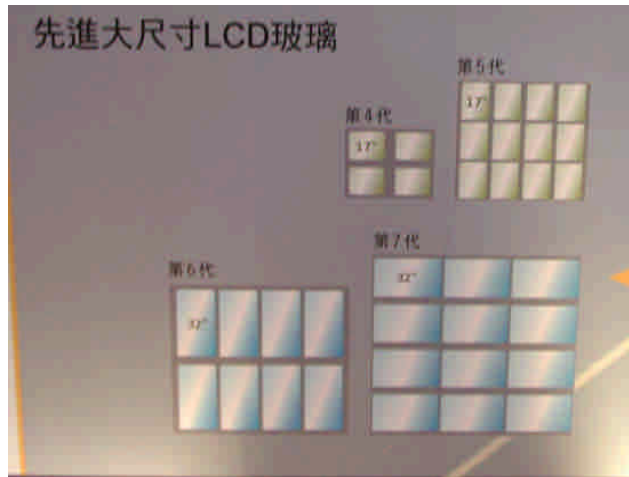


圖 1 玻璃基板切割取得的面板示意圖

表 1 玻璃面板之尺寸

世代	年份	尺寸 (單位 mm)
第一世代	1991	300×400
第二世代	1994	400×500
第三世代	1996	550×650
第四世代	2000	680×880
第五世代	2002	1100×1250
第六世代	2003	1500×1800
第七世代	2005	1870×2200

研究目的

TFT-LCD 產業自發展以來，市場上無不盡其所能的研發大型 TFT-LCD 母玻璃基板的量產技術，這種快速的技術進化的特質使得 TFT-LCD 在商場上成了兵家必爭之地，同時因為大型 TFT-LCD 母玻璃基板產品的量產技術日趨成熟，價格普遍下滑，更刺激應用市場的普及。而 TFT-LCD 母玻璃基板在尺寸大型化的過程中，廠商為了能夠節省較低的成本來換取較高的利潤，因此必須盡量在一片基板上切割出最多的面板，但必須要克服玻璃破裂之情形，以解決因玻璃破損而造成的成本問題，本研究將進行 TFT-LCD 母玻璃基板切割與裂片製程之應力與變形有限元素分析 (FEA)，利用 NASTRAN 來分析模型基板切割裂片所造成的應力分佈狀態，模擬真實破裂的情況，同時進行系統的參數分析 (找出研究切割的深度、寬度、及施力點對母玻璃基板斷裂之影響)，作為真實切割之參考，減少實際上操作的錯誤。

文獻探討

本人於 2003 年 7 月參加由行政院國家科學技術發展基金管理委員會委託台灣大學所執行影像顯示科技 2003 種子師資培訓計劃，課程中和 TFT-LCD 廠商之研發及工程技術人員討論到切割與裂片的技術，他們都表示工廠目前是以嘗試錯誤法(try and error)的方法來調整切割與裂片製程的影響參數包括割輪的切割精度、速度和深度及斷裂條(breaker)施加的壓力及裁斷的精密度，他們建議學術研究機構可以從事切割與裂片加工的數值分析與模擬之研究，並表示願意提供相關的材料、設備和資料來協助這方面的研究工作，這是本研究計畫之動機和起源，據本人了解目前國內學術研究機構並無相關的研究工作。

研究方法

- (1) 利用 Nastran 有限元素分析軟體來建立幾何模型進行應力應變分析，在此取用第 4 代的玻璃基板尺寸為 680×880mm 由一塊基板切割成為四塊面板，如圖 2 所示。

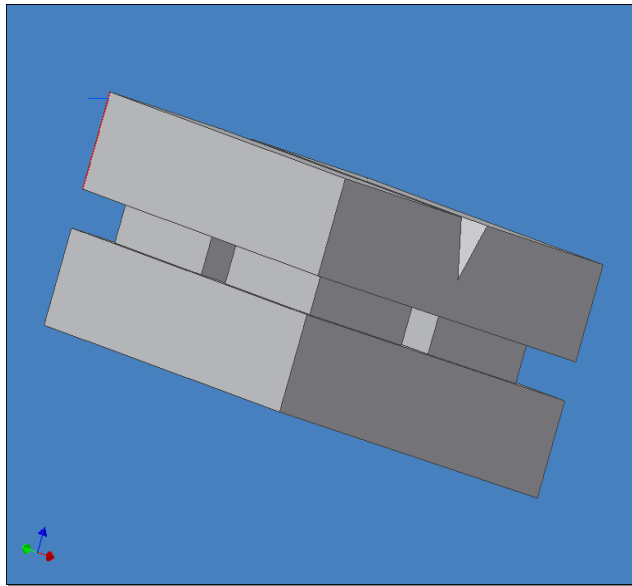


圖 2 第 4 代玻璃基板切割示意圖

- (2) 母玻璃基板切割與裂片的製程，其工作原理是割輪在上基板切割出垂直的割痕，割痕的深度不能大於玻璃的厚度，然後在使用斷裂條(breaker)在割痕的背面施加壓力將母玻璃板裂片成面板螢幕的尺寸如圖 3 所示。圖 4 顯示不良的切割與裂片施工可能造成玻璃面板的破損。

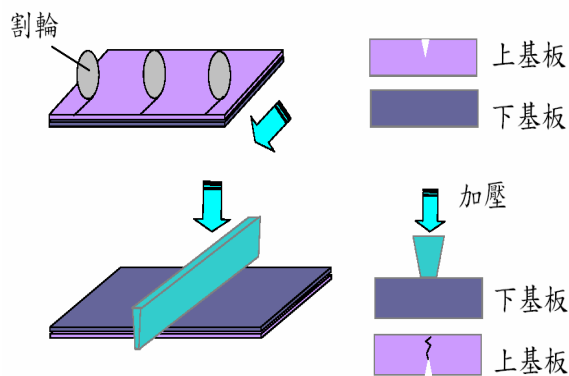


圖 3 切割與裂片製程

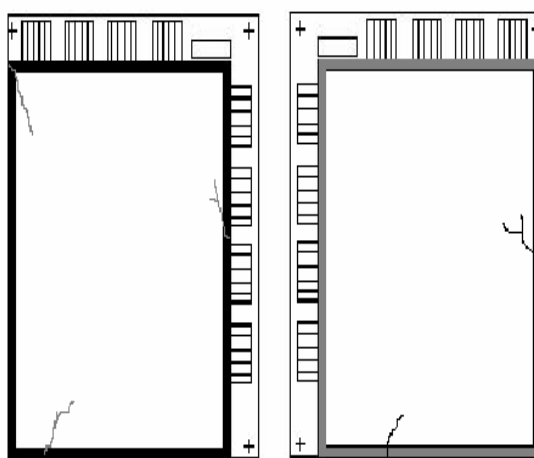


圖 4 不良的切割與裂片造成面板的破損

- (3) 本研究將以 FEA 模式來建立玻璃基板之割痕深度、寬度與基板應力與應變之關係，及施力點偏移對玻璃基板之裂片所造成之影響，有限元素分析模型是在基板兩端簡支，在割痕背面的玻璃基板施力，雖然經過液晶的隔離，玻璃基板割痕之應力分佈圖(如圖 5)，顯示割痕尖端產生明顯的應力集中，以提供改良之參考。

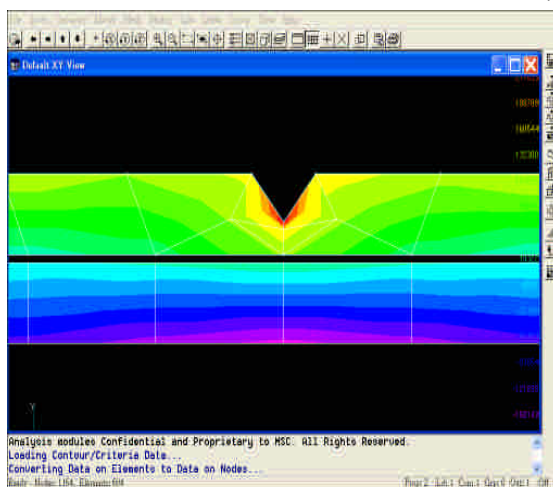


圖 5 玻璃基板割痕之應力分佈圖

(4) 本研究將依據這些設計參數提出幾種因應玻璃基板切割之破損設計。

結果與討論

1. 首先，我們探討玻璃基板之割痕深度與基板承受應力與應變之關係，以相同的模型大小、元件數、邊界條件及負載，只改變中間割痕深度之參數，如圖 6 所示。玻璃的厚度設定為 0.5mm，改變不同的割痕深度，圖 7 顯示割痕深度從 0.1mm 到 0.4mm 與最大應力值關係圖。同時我們也可得到割痕深度與最大撓曲量的關係圖，如圖 8 所示。

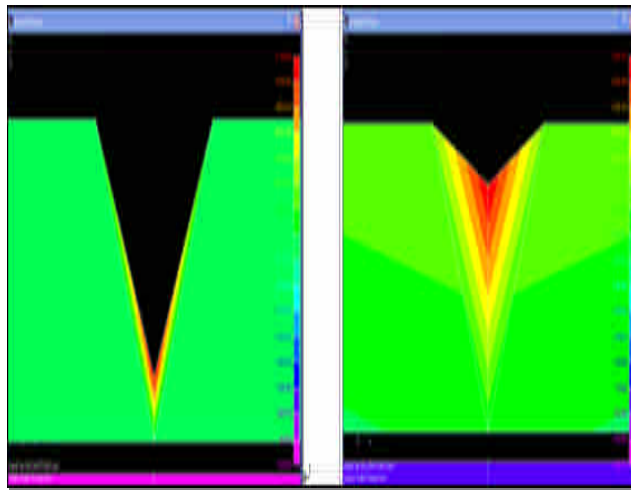


圖 6 割痕深度與應力分佈關係圖

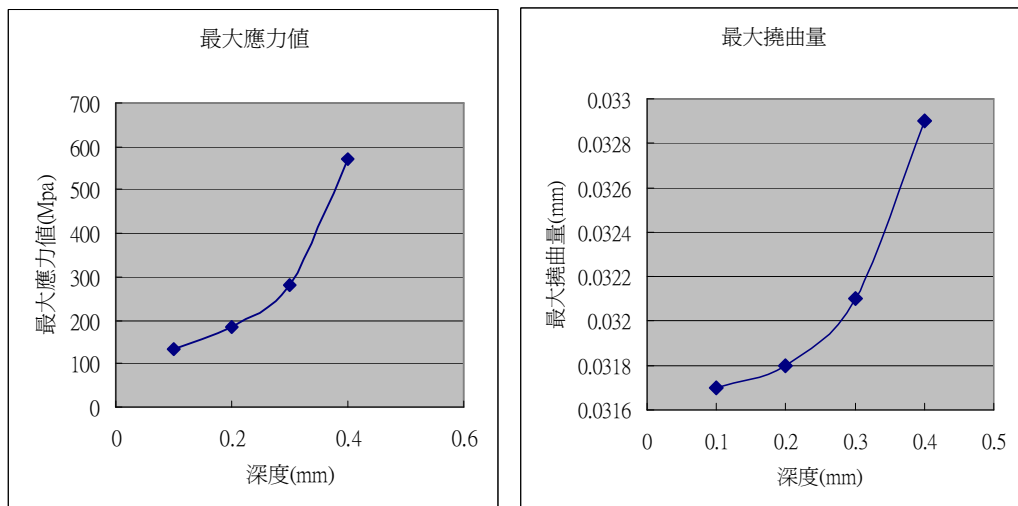


圖 7 割痕深度與最大應力值之關係圖 圖 8 割痕深度與最大撓曲量之關係圖

割痕的深度在割輪切割的時候不宜割的太淺或太深，深度最好是大約玻璃厚度的一半，這樣一來可以避免太淺所造成的應力不集中而發生裂片

時玻璃破損的情況，或切割的太深所造成裂片切口處直接割裂的情形發生。

2. 接著我們分析玻璃基板之割痕寬度與基板承受應力與變形之關係，以相同的模型大小、元件數、邊界條件、負載及深度僅改變中間割痕寬度的參數，如圖 9 所示。我們改變割痕寬度 1.5mm 到 0.3mm 來做比較，圖 10 顯示寬度越寬會造成最大應力值越小的現象，圖 11 顯示割痕寬度與最大撓曲量的關係圖，圖中顯示寬度越寬，最大撓曲量越小。

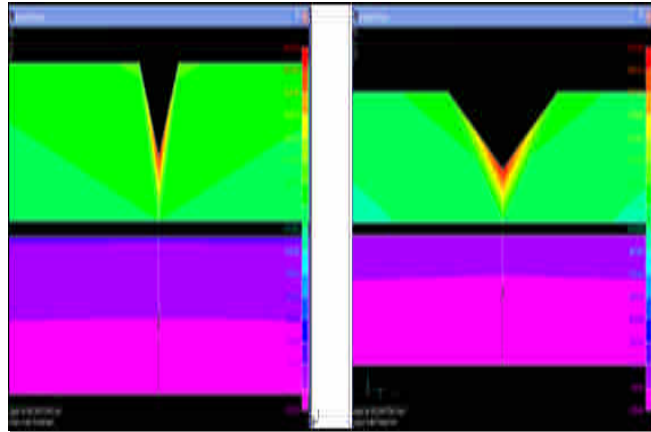


圖 9 割痕寬度與應力關係圖

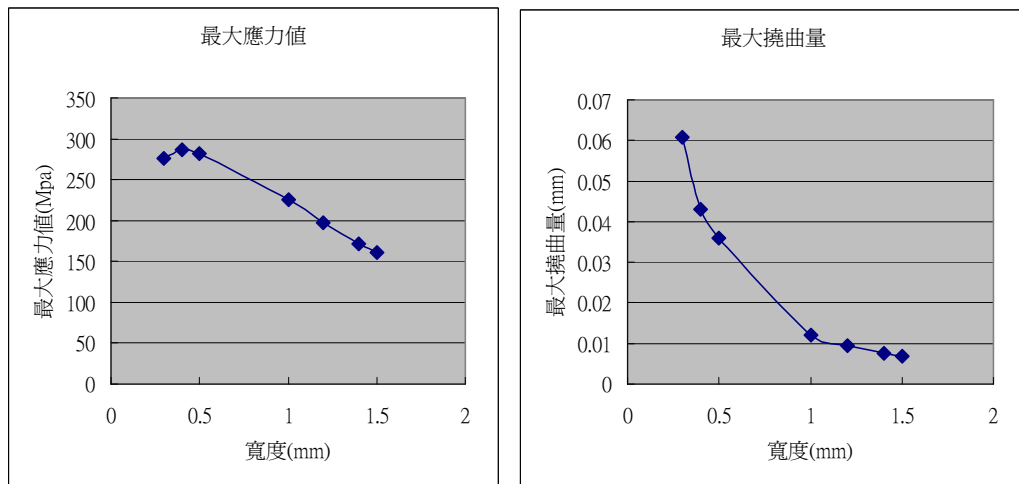


圖 10 割痕寬度與最大應力值之關係圖圖 11 割痕寬度與最大撓曲量之關係圖

割痕的寬度取決於選用的割輪，割輪的厚度會造成割痕寬度的大小，若割輪較厚會造成割痕較寬，應力集中現象減小可能造成裂片時發生玻璃破損現象，因此要盡量選用較窄的割輪來切割玻璃基板，割輪的寬度盡量保持與玻璃相當的厚度。

3. 最後我們分析玻璃基板之裂片施力點偏移所造成之影響，以相同的玻璃

基板大小、元件數、割痕深度及寬度，只改變施力點位置，圖 12 顯示不同的施力點對最大應力值的影響。由圖 12 中我們可以清楚的看出施力點越偏離裂片，所得到的最大應力值也就越小。雖然施力點已經逐漸偏離，但是從其應力分佈圖（圖 13）來看，還是可以看出應力值依然集中在割痕處，只是最大應力值變小了。

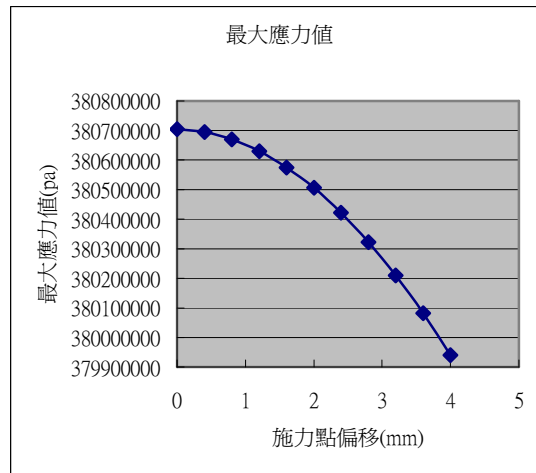


圖 12 施力點偏移與最大應力值關係圖

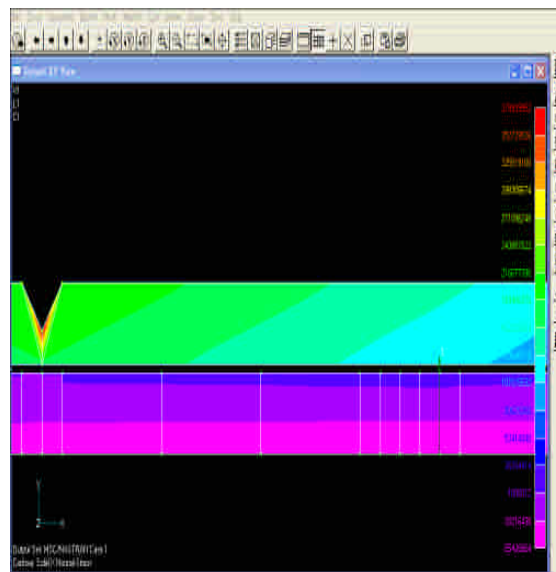


圖 13 施力點偏移的應力分佈圖

在施力點偏移方面，嚴格來說對基板的裂片並不會造成太大的影響，因為我們在使用斷裂條對基板施與壓力的時候，大部分都會在裂片切口附近施與壓力，所造成的最大應力值並不會有太明顯的變化，除非斷裂條已經偏離裂片切口處太遠了，才會造成應力不集中而發生裂片時玻璃破損的現象。

參考文獻

- 1、經濟部資訊用顯示器技術發展藍圖
- 2、工研院經資中心
- 3、奇美電子 <http://www.cmo.com.tw/>
- 4、翰宇彩晶公司 <http://www.hannstar.com/>
- 5、NASTRAN 電腦工程輔助分析
- 6、經濟部 LCD 產業及應用產品專題研究
- 7、友達光電 <http://www.auo.com/auoDEV/?ls=tc>
- 8、康寧顯示玻璃股份有限公司 <http://www.corning.com.tw/tc/>
- 9、江毅成、林忠緯，” TFT-LCD 玻璃基板置放卡匣之繞曲與應力分析” 第 28 屆全國力學研討會論文，2004.

計畫成果自評

本研究所預期完成之工作項目大致上都達成目標，透過系統的有限元素數值分析了解割輪的切割精度、速度和深度及斷裂條(breaker)施加的壓力及裁斷的精密度對切割與裂片的影響，此了解將能縮短傳統嘗試錯誤法(try and error) 調訂製造參數的時間，減少切割與裂片製程的失敗進而提升產品的良率。本研究結果可提供面板業之參考，具體的研究成果歸納如下：

1. 割痕的深度在割輪切割的時候不宜割的太淺或太深，深度最好是大約玻璃厚度的一半，這樣一來可以避免太淺所造成的應力不集中而發生裂片時玻璃破損的情況，或切割的太深所造成裂片切口處直接割裂的情形發生。
2. 割痕的寬度取決於選用的割輪，割輪的厚度會造成割痕寬度的大小，若割輪較厚會造成割痕較寬，應力集中現象減小可能造成裂片時發生玻璃破損現象，因此要盡量選用較窄的割輪來切割玻璃基板，割輪的寬度盡量保持與玻璃相當的厚度。
3. 在施力點偏移方面，嚴格來說對基板的裂片並不會造成太大的影響，因為我們在使用斷裂條對基板施與壓力的時候，大部分都會在裂片切口附近施與壓力，所造成的最大應力值並不會有太明顯的變化，除非斷裂條已經偏離裂片切口處太遠了，才會造成應力不集中而發生裂片時玻璃破損的現象。

可供推廣之研發成果資料表

 可申請專利

 可技術移轉

日期：94年10月25日

國科會補助計畫	計畫名稱：TFT-LCD 母玻璃基板之切割與裂片製程有限元素分析 計畫主持人：江毅成 計畫編號：NSC93-2218-E-034-001- 學門領域：固力機械
技術/創作名稱	TFT-LCD 母玻璃基板之切割與裂片製程有限元素分析
發明人/創作人	江毅成
技術說明	中文：本專題研究計畫已進行 TFT-LCD 母玻璃基板切割與裂片製程的有限元素分析，分析的項目包括割痕的深度、斷裂條的壓力及割痕和斷裂條對位之精密度對母玻璃基板裂斷的影響，本研究的成果是透過系統的有限元素數值分析了解這些參數對切割與裂片製程的影響，此了解將能縮短傳統嘗試錯誤法的時間，減少切割與裂片製程的失敗進而提升產品的良率。
	英文：The present research proposal has conducted the finite element analysis (FEA) of scribing and breaking process for TFT-LCD. The model will investigate the parameters of the cutting depth, the applied pressure and the alignment precision between the cutting groove and the breaker. The accomplishments of the present analysis are to understand the influences of those parameters on the scribing and breaking process through the systematic FEM numerical analysis. This understanding can short the time to set up the parameters traditionally done by the try and error process such that preventing the process failure and elevating the product passing ratio.
可利用之產業及可開發之產品	TFT-LCD 面板業 基板之切割與裂片製程
技術特點	本研究之貢獻是經由有限元素分析來了解割痕深度、斷裂條的壓力及割痕和斷裂條對位精度參數對切割與裂片製程的影響，此了解能避免切割與裂片製程的失敗進而提升產品的良率及品質。
推廣及運用的價值	TFT-LCD 的製造涵蓋複雜的製程，每一製程對產品都有關鍵性的影響，切割與裂片製程是屬於組立(Cell)製程的一環，切割與裂片的不良，嚴重將導致玻璃基板的破裂，輕微者將導致產品的瑕疵，本研究結果能避免切割與裂片製程的失敗進而提升產品的良率及品質。

- ※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。
- ※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。
- ※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。