

手機玻璃破壞應力分析與管理

林佳德、許嘉元、王佩洵
宏達國際電子股份有限公司 WM機構部門

摘要

隨著智慧型手機蓬勃的發展，以及觸控面板取代實體鍵盤的趨勢，使得手機螢幕漸漸朝向大尺寸的設計；手機上的觸控面板以及液晶顯示器模組不但要能正常的運作外，還要有足夠的強度來承受外界的衝擊與碰撞等外力因素，因此玻璃的強度在現今的智慧型手機裝置裡扮演著舉足輕重的角色。而玻璃的強度不單只是來自於玻璃本身物理特性外，還包括了工廠加工製程的因數等，因此如何判定與鑑別即是一門重要的課題。而現今並無一特定理論公式或方法來探討與管控，因此本文即是利用有限元素法之套裝商業軟體，探討應用於手機上玻璃的強度應力分析並制定相關公式與方法以管理玻璃來料的品質管控。

關鍵字：觸控面板、液晶顯示器、玻璃強度、有限元素法

ABSTRACT

With the development of smart phones and touch panel trend to replace physical keyboard, it make the screen of smart phone toward the large size of the design. The touch panel and LCD will not only be able to operate, but also have enough strength to withstand external force. So the strength of glass in current smart phone is playing a pivotal role. The strength of glass is not just from the physical properties of glass themselves, but also includes a factor of factory machining processes, how to determine and identify became an important topic. This paper used finite element method to explore the strength of glass that used in mobile phones; this paper also set formula for stress analysis and methods to manage the incoming quality control of glass.

Keywords: Touch Panel、LCD、Finite Element Method

一、緒論

近年來，智慧型手機漸漸朝向輕、薄、大尺寸面板及擁有觸控功能的設計，因此在智慧型手機產品上面，以往用來設計來成為保護電子內部元件的塑膠及金屬外殼/外框，逐漸的被面板玻璃所取代，也因為大尺寸的螢幕設計，使得玻璃面板幾乎佔據了手機操作端的表面，也使得玻璃面板與外界直接接觸的機率大大地增加；玻璃面板不但要執行原有的顯示與觸控功能外，還須兼抵抗外來之衝擊碰撞來保護內部電子元件，因此玻璃面板的強度在現今手機裡頭是一種要之關鍵因素。

而手機在量產之前即要經過一連串之強度測試，如：自由落下、滾筒翻轉與衝擊試驗等，檢視手機整體之功能是否正常與玻璃面板是否破裂，當面板破裂時，即會與供

應商重新檢討品質與設計，如此一來一往之間，即花費了大量的時間與金錢；因此如何在一開始就監控供貨的品質與強度，降低研發時間與成本並確保手機品質即是本文之重點。

二、玻璃強度與製程

2.1 玻璃強度

玻璃的實際強度大約是理論強度的1/100~1/1000倍，主要是因為玻璃表面的缺陷所造成；當有外力施加於玻璃上時，應力會集中在於玻璃的缺陷處，造成張應力集中而導致玻璃產生破壞，當缺陷裂痕很大時，很低的破壞應力即能將裂痕打開[1]；因此玻璃面板加工廠必須經過一連串的加工製程，把玻璃表面的缺陷降到最低才可提升玻璃的強度，因此玻璃的強度不單只是來自於

玻璃本身物理特性外，還包括了加工廠製程的參數等。

2.2 玻璃加工製程

玻璃面板加工不外乎切割、研磨拋光與強化等製程，而此些製程即是影響玻璃強度的重要關鍵：

1. 切割：把來料玻璃裁切成所需之特定大小，此時刀輪材質的選擇、轉速、進刀速度及進刀力量，均會影響到玻璃邊緣的品質，稍有不慎即有可能造成崩角或裂紋而影響強度。
2. 研磨拋光：此時把已裁切好之玻璃，研磨至所需的厚度，爾後利用拋光，將玻璃表面研磨至光滑透亮的程度，也將玻璃表面的缺陷與微裂紋移除掉，以提高玻璃強度。
3. 化學強化：將玻璃浸泡至特定化學溶液中，利用離子交換方式將玻璃內之鈉離子進行置換，用來減少玻璃微裂紋之大小，進而提升玻璃強度。

三、實驗與模擬

3.1 玻璃強度實驗

為了檢視上述之玻璃製程的品質，利用 4-Point Bending[2] 以及 Ring-on-Ring[3] 實驗來監控玻璃品質(如圖一所示)；此實驗是包含了玻璃本身強度、邊緣切割品質與表面缺陷等綜合表現。其公式如下：

4-Point Bending Formula

$$\frac{MC'}{I} = \sigma \quad (1)$$

M: Torque, C': The failure stress length from the neutral axis, I: Moment of inertia

Ring-on-Ring

$$\frac{3F}{2\pi T^2} \left[(1-V) \frac{D_s^2 - D_L^2}{2D^2} + (1+V) \ln \frac{D_s}{D_L} \right] = \sigma_f$$

F: Loading Force, T: Thickness of Sample, V: Poisson's Ratio, D_s: Support Diameter, D_L: Loading Diameter, D: Relative Diameter

依據上述實驗得到的數據，做為模擬的條件之一來進行分析，可得到玻璃的破壞應力值，爾後統計應力值來繪製偉伯分佈圖[4]，來觀察玻璃的壽命強度，進而監控。

而近年來因手機開發週期快速，機種推陳出新週期縮短，如何有效且快速的掌控來

料之玻璃品質提供給研發團隊即是一門重要的課題，因此本文即利用有限元素軟體制訂出一套公式與表格，使得能夠快速的得到玻璃的強度來判別品質的好壞。

3.2 模擬分析

其模擬分析規劃流程為先從簡單之結構設計驗證模擬的結果與既有的樣品實驗結果是否一致，來確保模擬的準確性與可信度，之後在往複雜結構方面進行分析。

玻璃面板應用在手機上有兩大部分：一為觸控面板，此部分為單片玻璃；根據實驗測試的規範設為邊界條件，在考慮所有可變動之因數後，進行推導分析。

另一玻璃面板組件為液晶顯示器模組，此部分係由兩片玻璃面板所結合，還包含上/下偏光片、液晶、ITO、黏著膠材與驅動 IC 元件等，其有限元素模型如圖二所示，其邊界條件與測試規範一致，並考慮所有實際可變動之因數，進行推導分析。

四、結果與討論

在觸控面板部分，由圖三可知，模擬的結果與實驗結果兩者吻合一致，可證實此模擬有一定的準確與可信度。爾後，進行參數化分析；根據參數化分析所得到之結果，本文推導出一經驗係數，此係數依據面板尺寸的變化而改變(如表一所示)，根據此公式去計算不同的玻璃供應商其破壞應力值比較，比較結果如圖四所示，可明顯看出兩者差異，廠商 B 比廠商 A 強度較好，再分別拿此兩家之玻璃進行整機落摔與翻滾測試，其結果如表二所示，廠商 B 測試結果全數通過，而廠商 A 則有些未通過測試，其表現趨勢與公式計算結果一致。

而液晶顯示器部分，其實驗結果與模擬結果吻合(見圖五)；之後推導出一系列相關因子，此些因子依據面板尺寸與接合參數的不同而有所變化，依據此些因子去進行計算；同樣的比較不同廠商的液晶顯示器，其計算結果與測試結果如圖六與表三所示，兩者表現趨勢一致。

利用此些公式，只需輸入相關尺寸與測試條件即可快速的得到破壞應力值，有效的提供判別與管理。

五、結論與未來展望

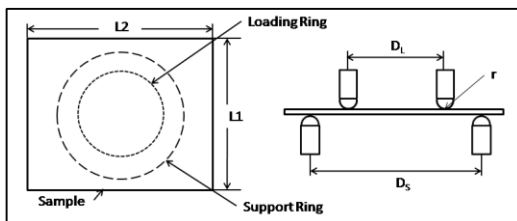
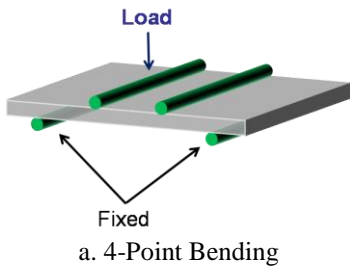
由結果可知，推導出來的公式能有效的監控與管理廠商供貨之品質，並大大降低研

發時間。

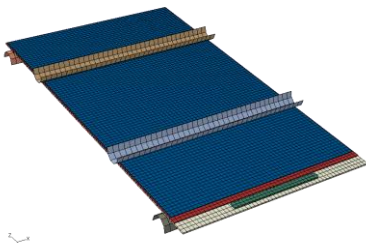
六、參考文獻

- [1] Toshihiko Ono, Gina Pai, "Corning Display Technologies," Corning Technology Center.
- [2] ASTM C158, "Standard Test Methods for Strength of Glass by Flexure," ASTM International.
- [3] ASTM C1499, "Standard Test Methods for Monotonic Equibiaxial Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature," ASTM International.
- [4] Waloddi Weibull, Stockholm, Sweden, "A Statistical Distribution Function of Wide Applicability," Journal of Applied Mechanics, Sep. 1951.

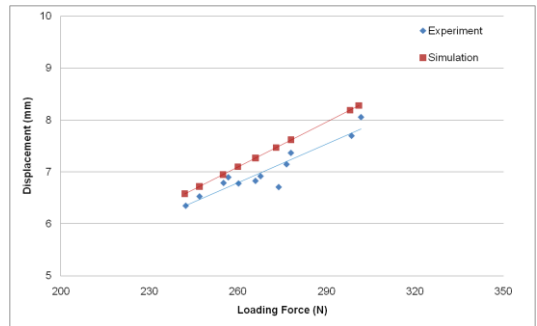
七、圖片



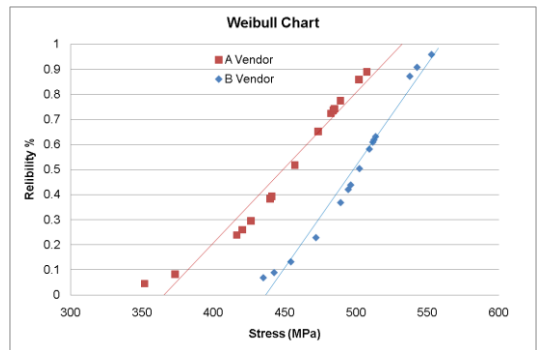
圖一、測試方法示意圖



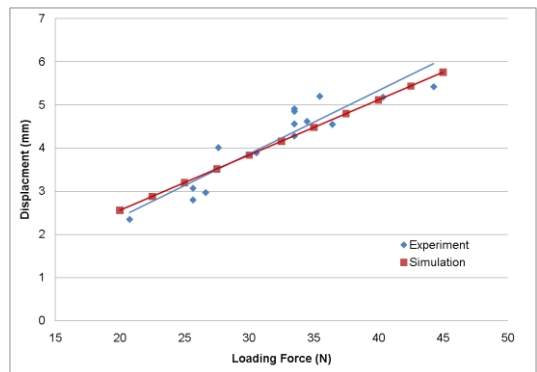
圖二、液晶顯示面板三維有限元素模型



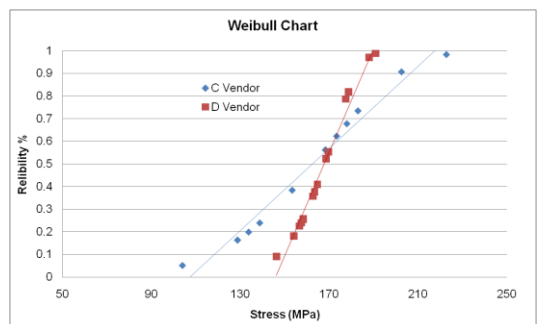
圖三、觸控面板實驗與模擬比較



圖四、觸控面板廠商之破壞應力值比較



圖五、液晶面板實驗與模擬比較



圖六、液晶面板廠商之破壞應力值比較

八、表

表一、面板尺寸係數

$0.98 \leq R2 \leq 1.02$	A
$1.03 \leq R2 \leq 1.07$	B
$1.08 \leq R2 \leq 1.12$	C
$1.13 \leq R2 \leq 1.17$	D
$1.18 \leq R2 \leq 1.22$	E
$1.23 \leq R2 \leq 1.27$	F
$1.28 \leq R2 \leq 1.32$	G
$1.33 \leq R2 \leq 1.37$	H

表二、觸控面板整機落摔/翻滾實驗結果

Vendor	A	B
Fail Rate (Drop Test)	1/12	0/12
Fail Rate (Tumble Test)	2/4	0/4

表三、液晶面板整機落摔/翻滾實驗結果

Vendor	C	D
Fail Rate (Drop Test)	2/5	0/5
Fail Rate (Tumble Test)	0/4	0/4