

電源裝置受隨機振動之分析

鄭貴華, 唐明豐, 陳文吉
光寶科技股份有限公司 電源事業群

摘要

因應電子產品受到運輸或使用上的環境振動, 越來越多產品需要通過各種振動測試, 以確保產品壽命。常見的隨機振動測試是利用一振動平台, 將產品固定於平台上, 輸入所需要的隨機振動PSD曲線。但由於此種測試方式屬於產品實機試驗, 必須等待樣品製作完成, 才能進行一連串的測試, 且萬一發生沒有通過測試之情形, 必須回頭檢視產品設計, 修改可能有問題之處。利用有限元素分析方法可以於產品設計前期進行一連串的隨機振動模擬, 盡早強化產品瑕疵之處, 並且節省樣品修改及製作費用, 提昇產品週期的競爭力。

關鍵字: 有限元素法、隨機振動、PSD、電源裝置

一、緒論

現今電子元件製作尺寸越來越小, 構裝元件彼此之間的距離縮短, 使得印刷電路板設計越來越困難。構裝元件在製程、運輸還有操作的情況下, 可能會引發衝擊以及振動, 這些外力會間接造成構裝元件的壽命。電路板受到外力會因此彎曲, 而造成錫點或是電子元件接腳產生應力集中而損壞。因此振動與衝擊的試驗變得相當重要。

本文利用 Abaqus 計算電源裝置在遭受隨機振動的測試下之結果反應。

二、文獻回顧

王等人[1]利用 FEA 與 EMA 對印刷電路板做了模型驗證, 再經過理論與試驗比對, 得到等效的有限元素模型。Wong 等人[2]以結構振動修正法預測含有電子元件的基板模態參數, 電子元件視做剛體做運算。Yang 等人[3]以實驗量測 PBGA 構裝之模態, 表示量測位置、質量轉換及含預應力的基板結構等因子都會影響結果的準確性。Pitarresi[4]以有限元素法及實驗探討主機板的模態以及隨機振動下加速度峰值, 並且提出有效簡化有限元素模型的方法。Cifuentes[5]以有限元素法分析, 發現電路板的模態頻率改變, 質量的分佈大於電路板本身剛性的影響。

王等人[6]對兩塊不同規格的電路板做變異性討論, 用加速規與應變規量測隨機振動下的響應, 並將理論分析的加速度與應變值做比對驗證, 再藉由常態分佈的假設, 可以得到最大主應力與 von Mises 應力。鍾[7]以實驗及有限元素法探討覆晶 (Flip Chip) 構裝承受正弦振動負載之疲勞壽命。林[8]利用有限元素軟體配合實驗, 探討覆晶於主機板上承受隨機振動負載的可靠度, 增加晶片厚度、底填膠填充角度、底填膠楊氏係數及主機板阻尼比, 皆能夠有效提昇主機板結構的疲勞強度。王[9]利用實驗模態分析方法及有限元素分析法模型驗證後之電路板, 依照 JEDEC 振動試驗規範進行包含熱效應之頻譜響應分析, 藉由理論與實驗之加速度功率頻譜密度函數比對, 並預測此狀況下之疲勞破壞。

三、電源裝置隨機振動

3.1 有限元素模型

有限元素模型如圖 1, 使用了 2 個 B31 元素、69214 個 C3D8R 元素、5183 個 C3D6 元素、30991 個 C3D4 元素, 總共 105390 個元素。初始電源裝置上之元件並無點膠, 周圍 6 個圓孔為產品螺絲鎖固之處, 亦為測試時與治具固定之處。

3.2 隨機振動規範

規範為 9Grms 隨機振動測試規範，以非操作情況下受測，條件如圖 2。並且對三個軸向做振動測試。

3.3 模擬結果

3.3.1 無點膠

為了瞭解有無需要點膠固定一些構裝元件，因此先做了一次無點膠的模擬，結果如表 1，為了方便比較，一個標準差之 $\sigma_{eqv, rms}$ 分佈圖於本文皆採相同的比例劃分。

由表 1 中可以看出 Z 軸方向最為嚴重(PCB 法線方向)，因此將以降低 Z 軸振動方向之 $\sigma_{eqv, rms}$ 值最為重要。還有在 PCB 螺絲鎖固附近與元件接腳處都可以看到應力都相對較大，但因根據以往經驗，PCB 受到隨機振動而損壞的機會很低，所以本文主要關心之處為元件的接腳應力。

3.3.2 原始點膠

由於欲降低一個標準差 $\sigma_{eqv, rms}$ 數值，因此將一些元件與 PCB 之間用膠固定，以期望降低接腳應力，經過 Abaqus 模擬後，得到結果如表 2，可以降低一些元件接腳的應力。

3.3.3 變壓器處點膠

因變壓器接腳之一個標準差 $\sigma_{eqv, rms}$ 值依然過大，因此希望能夠透過一些方法來降低變壓器接腳之 $\sigma_{eqv, rms}$ 。

首先，將變壓器接腳與 PCB 之間以膠固定，經過計算如表 3，可以降低不少變壓器接腳之 $\sigma_{eqv, rms}$ 。

3.3.4 電容無接腳端處點膠

觀察 Z 方向位移之 RMS 值，可以發現如果電容無接腳處之數值偏大，因此考慮將此觸點膠，固定電容與 PCB 之間的位移變化。

結果如表 4，發現變壓器接腳 $\sigma_{eqv, rms}$ 又降低一些。

由此可見，原始點膠方式可以再做一些補強，為電容無接腳端處點膠與變壓器接腳點膠兩種，皆能將低 $\sigma_{eqv, rms}$ ，而依照本文的模擬結果，電容無接腳端處點膠又優於變壓器接腳觸點膠。因此採取電容無接腳端處點膠為優先改善方案。

四、試驗相關結果

由於本文經過 Abaqus 多個模型模擬後，發現各構裝元件來說，皆是變壓器左側接腳 $\sigma_{eqv, rms}$ 值較大，檢視樣品各種機械測試中，發現於衝擊測試時，於變壓器左側接腳出現較多次的損壞，因此以機械強度的觀點來看，變壓器接腳是此產品的弱點，必須多加注意。雖然衝擊測試與振動測試不盡相同，但是衝擊結果現象與振動模擬結果相比，皆是指出變壓器接腳為此產品較脆弱之處，因此這現象是彼此吻合的。

經過樣品實機隨機振動試驗結果如表 5，此樣品於變壓器左側接腳處沒有點膠，經過觀察並無電子元件接腳斷裂以及脫落，即通過試驗，由此可知於電容無接腳端處點膠對於振動測試是有幫助的。

另外檢視測試電路板中央的加速規數值，並與 Abaqus 模擬數值做比對，如表 6，可以發現在 X 與 Y 軸振動時的數據，模擬與試驗相當靠近，但在 Z 軸部分則是差異較大，經過觀察，猜測此誤差來源為 PCB 含浸與點膠製程關係較大，有限元素模型沒有真實表現出這方面的影響。

除了上述造成的數據誤差，電路板的材料參數亦是對於本文結果有一定的影響，但對於此產品的材料參數由於並無其他材料試驗做比對，因此存在一定的誤差。未來可以先從取得準確的電路板材料參數為首要目標，來改進有限元素模擬的準確性。

五、結論與未來展望

本文對於電源裝置遭受隨機振動之測試有明顯的幫助，除了可以提早於設計階段便得知變壓器接腳是相對的弱點，可以針對此處提出改善對策，減少測試修改

的時間，對於產品的競爭力有高度地提昇。

經過模擬與樣品試驗的結果比對，可以發現本文模擬方向是正確的，但對於一些參數掌握亦有修改的空間，例如電路板的材料參數以及含浸處理等等，都是本文所欠缺考量的，因此未來可以先針對此兩材料先做規劃，更進一步取得符合真實情況的材料參數，或是找到等效的材料參數。這些都是未來需要努力的目標。

另外此電源裝置產品亦有做衝擊試驗，因此對於產品模擬的掌握度，可以朝衝擊模擬，並將相關結果與試驗做比較，對於此電源裝置產品的設計上會有更多的幫助。

六、參考文獻

[1] 王栢村, 林鴻裕, 李英志, 2005, 「環境振動試驗用印刷電路板之模型驗證」, 中華民國力學學會第二十九屆全國力學會議, 新竹, 論文編號: H013-1。

[2] Wong, T. L., Stevens, K. K. and Wang, G., “The “Smearred” Property Technology for the FE Vibration Analysis of Printed Circuit Cards,” ASME Journal of Electronic Packaging, Vol. 113, pp. 250-275, September 1991.

[3] Yang, Q. J., Pang, H. L. J., Wang, Z. P., Lim, G. H., Yap, F. F., and Lin, R. M., “Vibration Reliability Characterization of PBGA Assemblies,” Microelectronics Reliability, Vol. 40, pp. 1097-1107, 2000.

[4] Pitarresi, J., “Dynamic Modeling and Measurement of Personal Computer Motherboards,” Electronic Components and Technology Conference, pp. 597-603, 2002.

[5] Cifuentes, A. O., “Estimating the Dynamic Behavior of Printed Circuit Boards,” IEEE Transactions on Components, packaging, and Manufacturing Technology-Part B: Advanced Packaging, Vol. 17, pp. 69-75, 1994.

[6] 王栢村, 陶致均, 李沛緯, 賴逸少, 葉昶麟, 李英志, 「印刷電路板模型驗證與響應預測之重複性探討」, 2007 ANSYS/Fluent 年度應用研討會與用戶聯誼大會 (第 16 屆), 桃園, 第 15-3 頁, 2007。

[7] 鍾為勳, 「覆晶構裝承受振動負載之疲勞壽命分析」, 國立清華大學動力機械學系碩士論文, 2003。

[8] 林國鼎, 「主機板承受隨機振動負載之疲勞壽命分析」, 國立清華大學動力機械學系碩士論文, 2004。

[9] 王栢村, 梁秀璋, 許富翔, 賴逸少, 葉昶麟, 李英志, 「隨機振動與熱效應複合負載之印刷電路板響應預測」, Taiwan ANSYS Conference, No:15, 2010。

[10] Wong, T. E., Reed, B. A., Cohen, H. M., and Chu, D.W., “Development of BGA Solder Joint Vibration Fatigue Life Prediction Model,” Electronic Components and Technology Conference, pp. 149-154, 1999.

七、表格

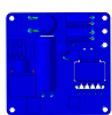
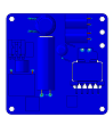
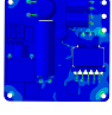
振動方向	X	Y	Z
$\sigma_{eqv, rms}$ 分佈			
最大 $\sigma_{eqv, rms}$	62.8	69.8	116

表 1 無點膠之 $\sigma_{eqv, rms}$ 分佈圖

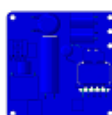
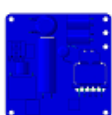
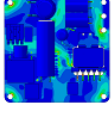
振動方向	X	Y	Z
$\sigma_{eqv, rms}$ 分佈			
最大 $\sigma_{eqv, rms}$	3.6	5.9	94

表 2 點膠之 $\sigma_{eqv, rms}$ 分佈圖

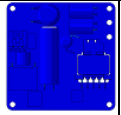
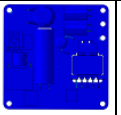
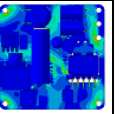
振動方向	X	Y	Z
σ_{eqv} , rms 分佈			
最大 σ_{eqv} , rms	3.6	4.8	59.5

表 3 變壓器點膠之 σ_{eqv} , rms 分佈圖

八、圖片

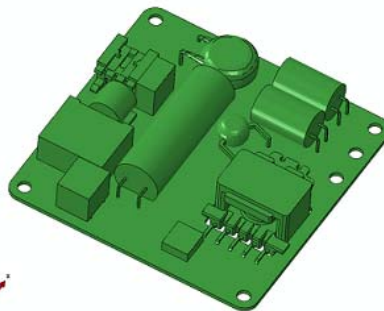


圖 1 有限元素模型

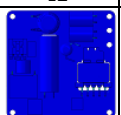
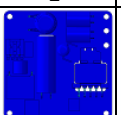
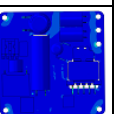
振動方向	X	Y	Z
σ_{eqv} , rms 分佈			
最大 σ_{eqv} , rms	3.5	4.6	22.7

表 4 電容處點膠之 σ_{eqv} , rms 分佈圖

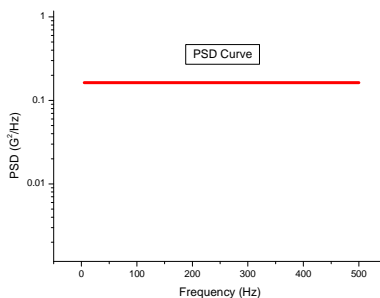


圖 2 PSD 振動條件

	測試前	測試後
結果圖示		

表 5 電容處點膠之樣品經過 9Grms 振動測試

振動方向	X	Y	Z
試驗值 (Grms)	9.93	10.5	47.82
模擬值 (Grms)	9.03	9.02	20

表 6 電路板中央之加速度