

多層印刷電路板於壓合過程之變形校正研究

蔡志成	黃志明	黃騰均 徐秉鋒
中國文化大學電機系學 生 abcd556658@gmail.com	中國文化大學電機系 教授(通訊作者) yalo.huang@gmail.com	中國文化大學電機系學 生 tghuang0910411126@gmail.com

摘要

科技不斷發展追求卓越，工業製造講求輕、薄、小、方便攜帶不外乎電子產品中最重要基本元件印刷電路板(Printed Circuit Board, PCB)，是必也必須跟上世人的腳步，從單層板到雙層板再來到現今主流多層板的問世，都是跟隨科技的腳步但是多層板在製造過程中壓合部分常因為樹脂造成壓力不平衡導致旋轉、扭曲或是變形而失真，使得印刷電路板在製造過程中良率的下降也相對造成成本的增加。

在本論文中，我們提出一個壓合過程之變形校正的方式，改善並做修復加以校正與重建為主要目的，使得 PCB 產品在製造時能夠更精確，且將 PCB 製造的成本最小化。

關鍵詞：印刷電路板、校正、重建

Abstract

Small and light size for product is necessary for consumers all over the world. However, too many circuits or components are printed on a single-layer board gets much more difficult for manufacturing. Multi-layer PCB is one of the keys to increase the density of circuit and component on small area. During the process of manufacturing, the consolidation of many layers of copper (solid material) and prep (soft material) would cause the distortion such as translation, rotation, scalling etc. on PCB. In this paper, we analyze the distortion effect by PCB manufacturing such that a progressive algorithm is design to calibrate the distortion. In this way, we significantly decrease the deviation between designed and manufactured data such that the inspection of PCB gets more accurate to increase quality of products.

Keywords: PCB、calibration、reconstruction

1. 前言

我國的資訊電子工業近年來在政府及產業界的大力推動下，已躋身成為世界主要的生產供應國，為臺灣再創經濟奇蹟，也因此帶動了中游之電子零組件業及上游原材料的蓬勃發展。在整個工業、商業、以及居家生活所使用的電子產品中，「印刷電路板」正是在這些產品中不可或缺之重要元件。

印刷電路板(Printed Circuit Board, PCB)能將電子零組件連接在一起，使其發揮整體功能，因此是所有電子資訊產品不可或缺的基本構成要件。因此印刷電路板經常被稱為是「電子系統產品之母」或「3C 產業之基」。PCB 是依電路設計，將連接電路零件的電氣佈線繪製成佈線圖，然後再以設計所指定的機械加工與表面處理等方式，在絕緣體上使電氣導體重現所構成的電路板。銅箔基板(Copper Clad Laminate, CCL)則是製造印刷電路板之關鍵性基礎材料，是利用絕緣紙、玻璃纖維布或其他纖維材料經樹脂預浸體黏合片(Prepreg)疊和而成的積層板，在高溫高壓下於單面或雙面覆加銅箔而得名。而電路板的製造過程是應用印刷、遮罩、蝕刻及電鍍等技術來製造精密的配線，做為支撐電子零件及零件間電路相互接續的組裝基地。因此，高密度化及多層化的配線形成技術成為印刷電路板製造業發展的主流。[1]

然而發展至今印刷電路板多層化已是一個主流，但是在壓合(mass lamination)製造過程中有可能因為外力而變形、旋轉、扭曲、或是因壓力不平衡而失真圖(1)，導致印刷電路板在製造過程中良率的下降也造成成本的增加，此時要如不造成浪費，降低製作成本，就成為了一項有經濟價值的議題。

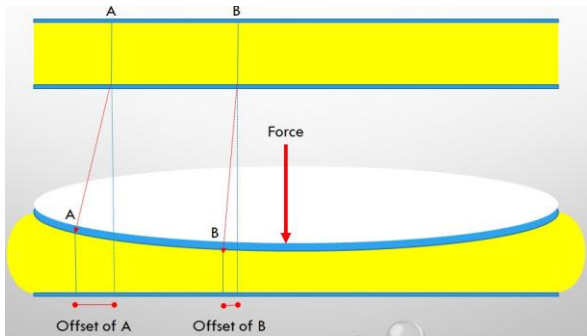


圖 1 PCB 外力變形

2. 相關文獻探討

PCB 搭載其他的電子零件並連通電路，以提供一個安穩的電路工作環境。電路配置的情形可概分為三類：

單面板（Single-sided）圖(2)在最基本的 PCB 上，零件集中在其中一面，導線則集中在另一面上。因為導線只出現在其中一面，所以我們就稱這種 PCB 叫作單面板。因為單面板在設計線路上有許多嚴格的限制，因為只有一面所以佈線時不能交叉必須獨自歸畫路徑，所以只有早期的電路才使用這類的板子。[1]



圖 2 單面板[4]

雙面板圖(3)這種電路板的兩面都有佈線。不過要運用兩面的導線，必須要在兩面間有適當的電路連接才行。這種電路間的「橋樑」稱為導孔（via）。導孔是在 PCB 上，填充或塗上金屬的小洞，它可以做為兩面的導線的連接通道。因為雙面板的面積比單面板大了一倍，而且因為佈線可以互相交錯（可以繞到另一面），它更適合用在比單面板更複雜的電路上。[1]

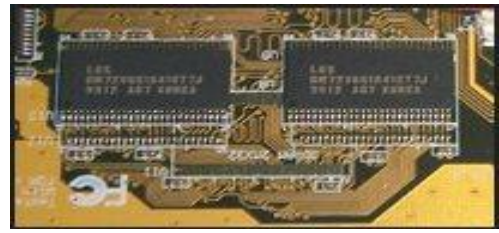


圖 3 雙面板[5]

多層板圖(4)為了增加可以佈線的面積，多層板用上了更多單或雙面的佈線板。多層板使用數片雙面板，並在每層板間放進一層絕緣層後黏牢（壓合）。板子的層數就代表了有幾層獨立的佈線層，通常層數都是偶數，並且包含最外側的兩層。大部分的主機板都是 4 到 8 層的結構，不過技術上可以做到近 100 層的 PCB 板。大型的超級電腦大多使用相當多層的主機板，不過因為這類電腦已經可以用許多普通電腦的群組代替，超多層板已經漸漸不被使用了。因為 PCB 中的各層都緊密的結合，一般不太容易看出實際數目，不過如果您仔細觀察主機板，也許可以看出來。[1]

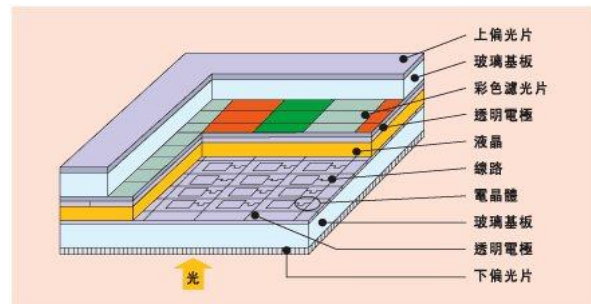


圖 4 多層板[6]

2.1 以往的多層板校正

多層板雖然增加可以佈線的面積提高了方便性，但是在壓合(mass lamination)製造過程中有可能因為外力而變形、旋轉、扭曲、或是因壓力不平衡而失真，以往工業製造過程中為了避免上述狀況發生使用感光耦合元件(Charge Coupled Device, CCD)對位校正圖(5)利用一開始建檔的資料再生產壓合過程中利用 CCD 鏡頭一一比對是否與原始檔案相符合，但是如果生產中可能因 CCD 鏡頭比對與原始檔不符造成一塊完好的 PCB 板被誤判為劣等品造成浪費[3]。而另一家廠商利用設定 XY 軸的方式設立 X 軸 P1~P5 與 Y 軸 P6~P10 的定位點，並預留 0.2 英吋的空間使壓合過程正確壓合[2]，但如果生產因外力產生特例此方式就無法解決了，下節說明本文方法。

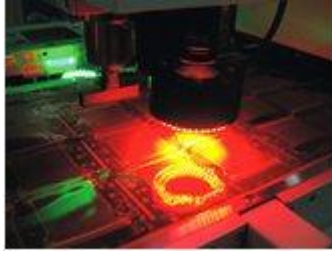


圖 5 CCD 對位校正[7]

3.如何定位

在前節提過多層板的校正技術都存在著一些缺陷只能做單一簡單平移，以下一一說明本論文之方法。我們舉例說明以圓形當範例，以下有一個原始檔和一個變化後的檔案圖(6)，但是在沒有圓心和基準點的情況下我們要怎麼樣定位呢？所以我們任取三點而條件設定為我們一開始決定的校正點中，距離最遠的三個校正點，圖6藍色點為我們選定的校正點，然後利用三點找出圓心。

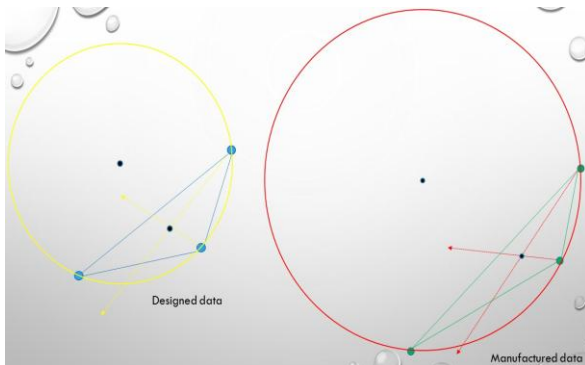


圖 6 原始圖和變化圖

3.1 位移量

找到定位點後利用三點找到原始圖和變化圖三點的重心再將兩圓圓心重疊在一起。如此就可以看出兩圓的縮放比例(Scaling factor)圖(7)利用 $R(\text{manufacturing})/R(\text{designed})$ 式子算出，但是點的位移量我們還是不知道此時我們利用重心，因為重心不會因點的數量而有改變任 n 個點都可以找到重心，而且變化為連續性與原來相差太多，如此就能得到位移的函數(Displacement)圖(8)。

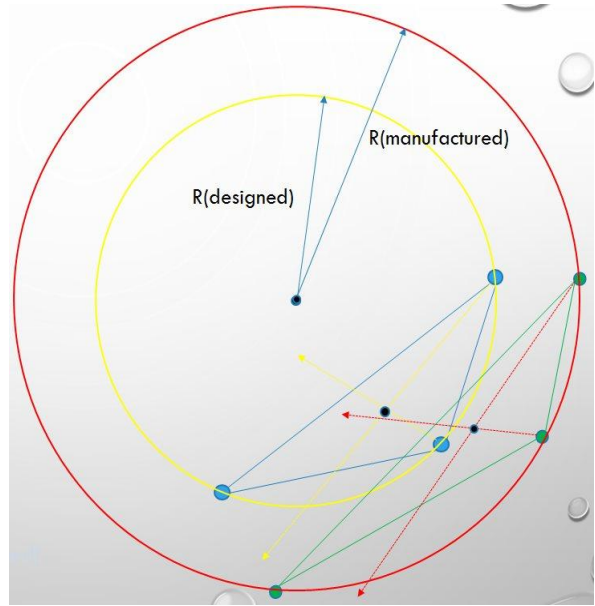


圖 7 縮放比例

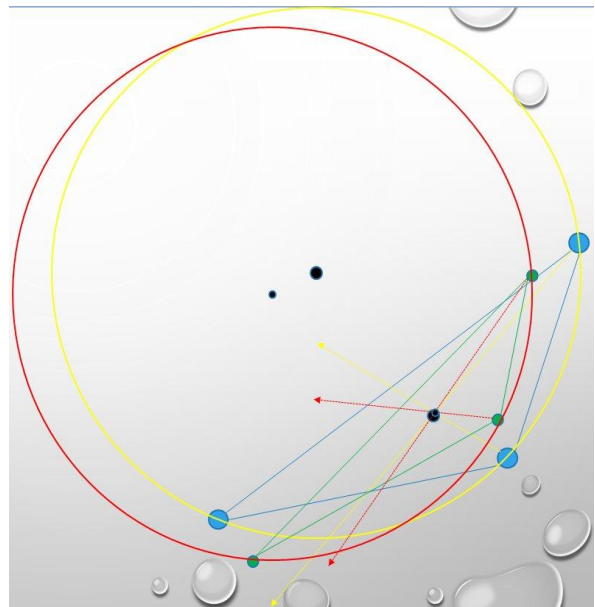


圖 8 用重心取得位移函數

3.2 旋轉角度

利用前面的方法我們已知道位移量和縮放比例了，但是壓合過程中可能伴隨著旋轉，所以我們需要計算出他的旋轉角度為多少度，以中心為出發點往外連線穿越每個校正點，如此兩點中形成夾角 θ 就求出所有校正點的旋轉角度圖(9)。但是除了校正點外還有許多其他的點我們要怎麼找到它們的旋轉角度或是縮放比例呢？我們利用鄰近的校正點的 θ 依權重角度越小影響越大圖(10)其中 θ_1 、 θ_2 是角度變化， S_1 、 S_2 是尺度變化(1)(2)，如此我們得到了旋轉平移縮放的結果。

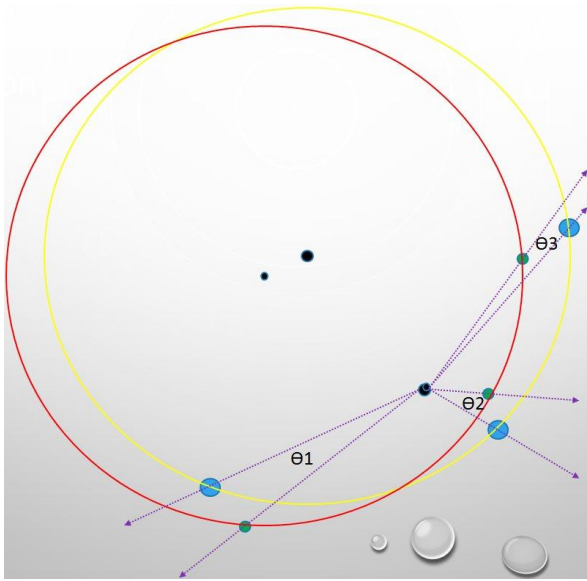


圖 9 旋轉角度

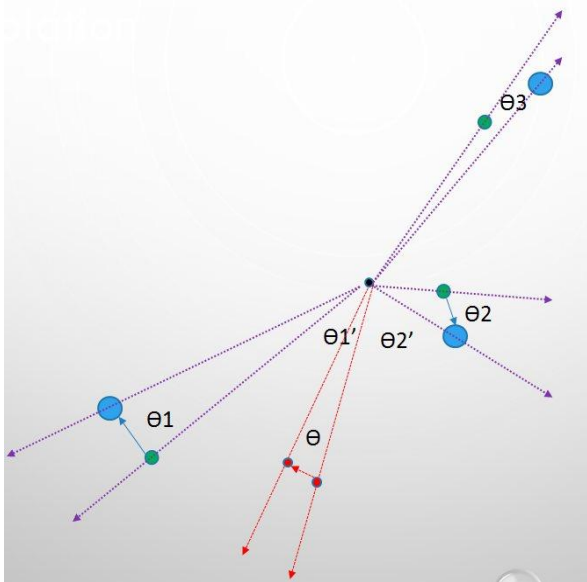


圖 10 利用權重找其他點變化

$$\theta = \frac{\theta_2 * \theta_1'}{(\theta_1' + \theta_2')} + \frac{\theta_1 * \theta_2'}{(\theta_1' + \theta_2')} \quad (1)$$

$$S = \frac{S_2 * \theta_1'}{(\theta_1' + \theta_2')} + \frac{S_1 * \theta_2'}{(\theta_1' + \theta_2')} \quad (2)$$

4.實驗結果

首先產生若干個預設的點座標，並在幾個座標點上標示該點為校正點、端點及消失點，把這些點的數量還有座標儲存進新增的原始檔中圖(11)，這麼做是為了讓這些特徵點成為基礎，就像是最初所建立的第一筆印刷電

路板模型資料，之後來一個一個與原始資料比對產生出新的印刷電路板測點，讓這兩者去做點對點的誤差校正。

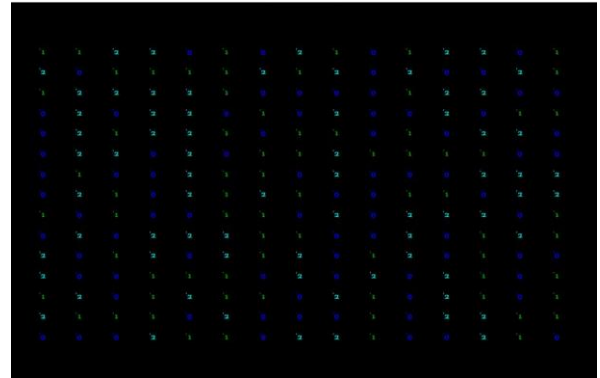


圖 11 原始檔(顏色為不同特徵)

接下來必須對原始檔裡面的各個座標去做模擬扭曲的動作，把原始檔輸入進比對資料庫後，並產生相同數量且在規定範圍內的隨機座標，再去測量新增的隨機座標和原座標的向量，並且運用向量旋轉公式去做旋轉或扭曲的動作模擬受外力影響模擬的圖(12)，再將經扭曲過後的點寫入變化檔裡面，這麼做是為了能夠提供同一個印刷電路板的第二個比對資料，差異是不相同的形狀、旋轉角度、扭曲角度……等因素。

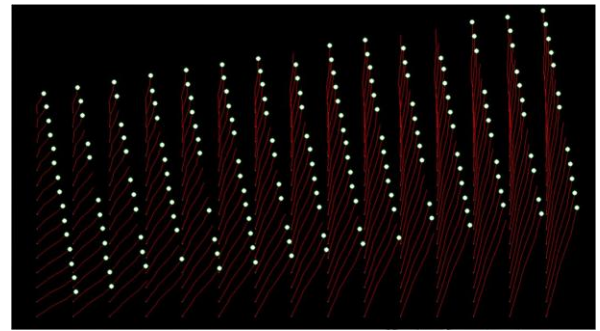


圖 12 受外力影響模擬路徑

模擬呈獻出把扭曲過後的點和原本的點做連線，並且產生出若干個基準點的位置寫入變化檔裡面，以供接下來要做校準運算的用途。把先前所創造的原始檔、變化檔案寫入校正副程式裡面，並且開始檢視誤差值校準的問題，把旋轉或扭曲裡面的基準點位置設為原始檔及變化檔裡的座標為重心位置圖(13)，並做兩者之間的偏移量向量(CAD->manufacture)，以及兩者對於重心的旋轉角度和大小的縮放比，這麼做是為了使兩張圖形重疊，竟而以數學公式去計算出兩張圖形的平均

值、變異數再求出標準差(誤差值)，之後把經過校正後的兩個檔案的座標寫出一個新的檔案校正檔圖(14)，以表示兩者之間的誤差經過校正後不會差異太大，也因為誤差值小於某種既定值而可以通過辨識認證，本次誤差從 8.68 變化到 0.21。

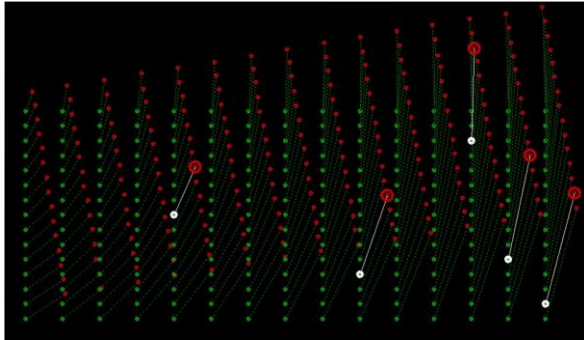


圖 13 失真和校正點的相應變化

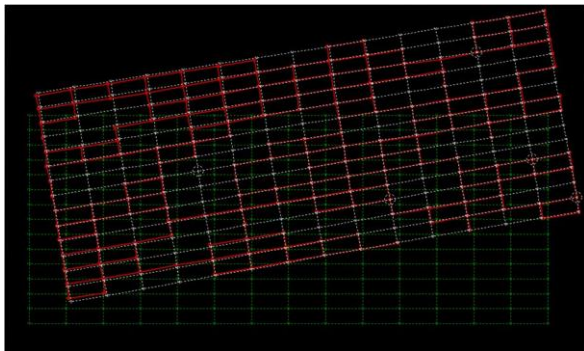


圖 14 原始(綠)校正(白)匹配輸出(紅)

5.結論

為了提高校正的正確率，所以經由數學的方法將原本的誤差值縮小了好幾十倍，如此一來便可以提高因壓合而誤判導致良率下降的問題。當然關於校正的誤差範圍一定會隨著科技的進步越來越小，隨著時間的推移，也會有更多樣的想法，出現更精密、更嚴格也更簡單的校正技術也說不定，不過能夠在現階段盡可能的壓低誤差範圍也是種挑戰，越少的錯誤就能夠有越高的信用度，增加台灣產業在國際上的競爭力，而且本方法適用旋轉、扭曲、或是因壓力不平衡而失真的校正，連續性的變化鋼性柔性變化校正也都優於以往的校正法。

參考文獻

[1]PCB 製造原理，
<http://www2.nsysu.edu.tw/IEE/lou/elec/web/process/pcb.htm>

[2]以二次或二次以上壓合制成印刷電路板使用的靶位制造方法，
<http://www.google.com.au/patents/CN1245062C?cl=zh>。

[3]CCD 對位校正，貿隆機械股份有限公司，
http://www.sysco-tw.com/ch/products_30_FPC.php。

[4]圖 2，
<http://www2.nsysu.edu.tw/IEE/lou/elec/web/process/pcb-images/pcb.ht17.jpg>

[5]圖 3，
<http://www2.nsysu.edu.tw/IEE/lou/elec/web/process/pcb-images/pcb.ht16.jpg>

[6]圖 4，UL 台灣，
<http://www.ul.com/asiaoonthemark/tw-zh/2006-Issue17/page7.htm>

[7]圖 5，貿隆機械股份有限公司，
<http://www.google.com.au/patents/CN1245062C?cl=zh>。