

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

球柵陣列封裝基板電氣特性分析

計畫類別：個別型計畫      整合型計畫

計畫編號：NSC 90-2213-E-009-065

執行期間： 90年08月01日至 91年07月31日

計畫主持人：吳霖?

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學

中華民國 91年 07月 31日

# 球柵陣列封裝基板電氣特性分析

Electrical Characterization of Ball-Grid Array (BGA) Packaging

計劃編號：NSC 90-2213-E-009-065

執行期限：90.08.01-91.07.31

主持人：吳霖? 交通大學電信工程系教授

## 一、中文摘要

(關鍵字：球柵陣列，多層結構，焊球間距，微帶線，雜散電容，平面波導，互阻抗，隔離度)

一個有效且簡單的分析方法，使我們得以在產品設計的階段，就可以充分掌握產品的最終特性，使用電磁場模擬並萃取出其等效電路模型元件參數，使我們容易分析在加入封裝後的電氣特性，並找到改善的方法。

## 英文摘要

( Keywords: Ball-Grid Array, Multilayer Structure, Ball Pitch, Microstrip line, Parasitic Capacitance, Coplanar Waveguide, Mutual Impedance, Isolation )

First time success of a design is more important and models that help achieve this are becoming more valuable. In addition, an accurate models and the analysis method to use them in circuit simulations are more readily available.

## 二、研究方法

在分析球柵陣列封裝基板電氣特

性，本文將採用 Robert W. Jackson 等人所提出的方法[1]，使用三維電磁場模擬軟體來模擬圖一所示的封裝結構，並萃取出其等效電路模型的元件參數。圖二所示為多層結構球柵陣列的等效電路模型。射頻層與焊球層使用等效形網路來表示，直流電源層則以同軸傳輸線來表示，其中射頻層信號過孔與接地平面開口的不連續效應以及與微帶線連接所產生的不連續效應分別以  $C_{R1}$  與  $C_{R2}$  表示對於信號路徑產生的電感則以  $L_{R1}$  來表示，同理焊球層中  $L_{B1}$  為埠 1 與埠 3 間信號路徑的總電感， $C_{B1}$  為信號焊球與主機板接地面間電容值， $C_{B2}$  為信號焊球與信號過孔間不連續效應以及信號焊球與直流電源層接地面間雜散電容。至於輸出入埠間的隔離度我們採用 Fang 等人[2]所提出的方法，使用一電流控制電壓源及兩個信號線間互阻抗來描述。

## 三、研究結果

圖一所示為多層結構球柵陣列的幾何結構，其中埠 1 與埠 2 使用共平面波導為信號的饋入與饋出，以及為求電磁場模擬方便使用相同直徑圓柱導體來代替焊球。主機板使用 FR4( $\epsilon_r=4.4$ )，高度為 16mils，其餘結構參數如下：

(一)  $\epsilon_R = \epsilon_D = \epsilon_B = 9.8$

(二)  $t_R = t_D = t_B = 15\text{mils}$

(三)  $Ball\ Pitch=50\text{mils}$ ,

$Ball\ Diameter=35\text{mils}$ ,  $Signal$

$Via=10\text{mils}$ ,  $Ground\ Via=6\text{mils}$ ,

$Clearance=36\text{mils}$ ,  $Via\ Pad=20\text{mils}$

圖三所示為使用電磁場模擬與等效電路模型 $|S_{11}|$ 的比較。經由對各層不同高度的電磁場模擬得到其等效電路模型的元件參數後利用圖二的電路模型做模擬,可以得到多層結構球柵陣列封裝經由改變各層高度的組合而得到較佳的高頻響應(圖四、圖五)。對於減小焊球間距以及焊球直徑可以減小與信號路徑串聯的電感以及降低對地雜散電容,因此可以將球柵陣列封裝使用於更高頻率的封裝應用上。圖六所示為焊球間距以及焊球直徑減小後 $|S_{21}|$ 的改善情形。由於電容大小與介電係數成正比,所以當基板的介電係數減小時雜散電容也隨之減小,也就是說封裝基板材質介電係數較低者其高頻響應較佳,圖七所示為不同介電係數的基板材質其 $|S_{21}|$ 的比較。

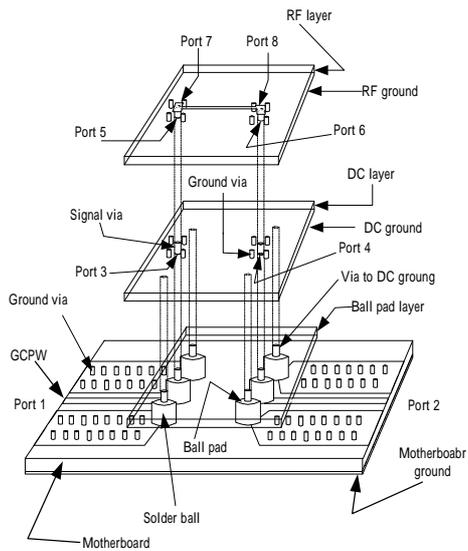
對於直流電源層輸出入埠間的隔離度我們可以將其視為垂直於兩平行導體面內且互相平行的導體間耦合效應;其中導體間隔愈大,其隔離度愈高。圖八所示為直流電源層輸出入埠間距離由一個球距至三個球距隔離度的變化情形。球柵陣列封裝結構中輸出入埠間隔離度以焊球層較差,因此我們將輸出入埠的焊球位置如圖九、圖十、圖十一的安排,其輸出入埠間隔離度的變化如圖十二所示,其中以兩個信號焊球間加上一接地焊球的結構有最佳的隔離度,輸出入埠位置交錯排列時隔離度次之,輸出入埠位置相鄰時隔離度最差。

#### 四、結論

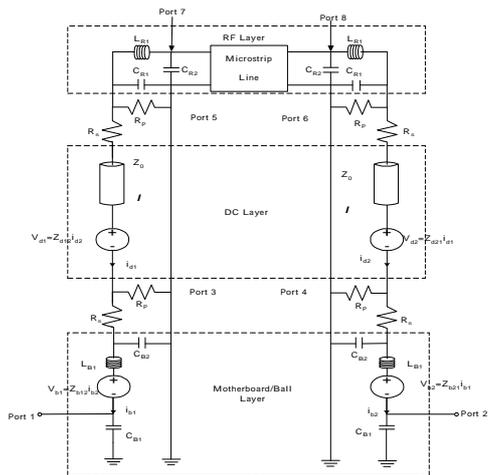
將多層結構的球柵陣列封裝以接地面為界分別利用 HFSS 做電磁場模擬將可縮短電腦計算時間及減少記憶體容量。一個簡單的等效電路模型及可分別計算各層輸出入埠間隔離度的數值計算方法,讓封裝設計者輕易找到改善封裝效應的關鍵。對多層結構球柵陣列封裝而言,焊球腳墊層高度以及焊球大小與焊球間距為影響其高頻響應最大的部分。至於輸出入埠間的隔離度以焊球層最差;我們可以在輸出入埠間加一接地焊球加以改善或將輸出入埠以錯位方式安排以改善輸出入埠間的隔離度。

#### 參考文獻：

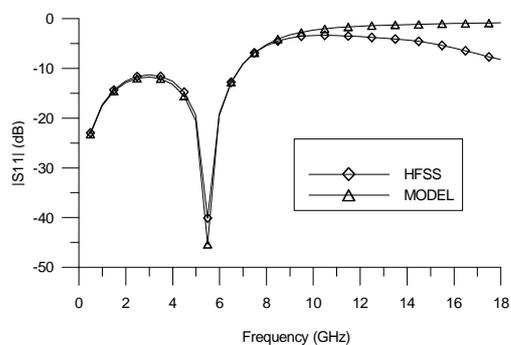
- [1] Ryosuke Ito, Robert W. Jackson, "Modeling of Interconnections and Isolation Within A Multilayered Ball Grid Array Package", IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech., Vol.47, No.9, pp1819-1825, Sep.1999.
- [2] J.Fang, Y.Chen,and Z.Wu, "Modeling of Electrical Properties of Power/Ground Planes in Electronics Packaging" in Proc.1<sup>st</sup> Int, Symp., Microelectron Packaging PCB Technology, pp.74-83, Sep.1994.



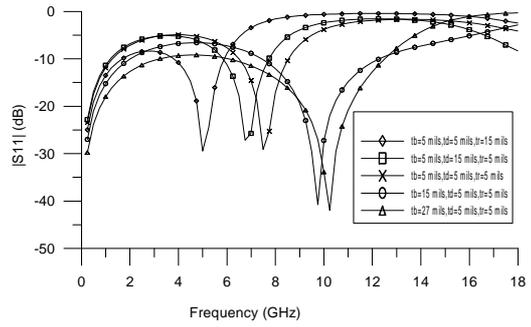
圖一、多層結構球柵陣列封裝的結構。



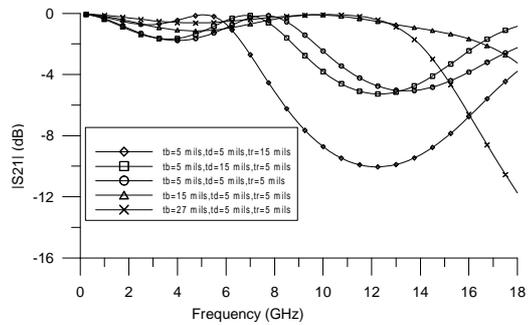
圖二、多層結構球柵陣列的等效電路模型。



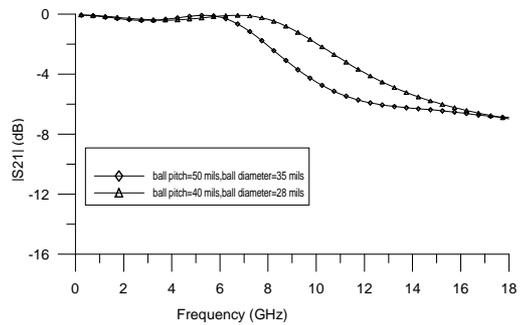
圖三、電磁場模擬與電路模型|S11|的比較。



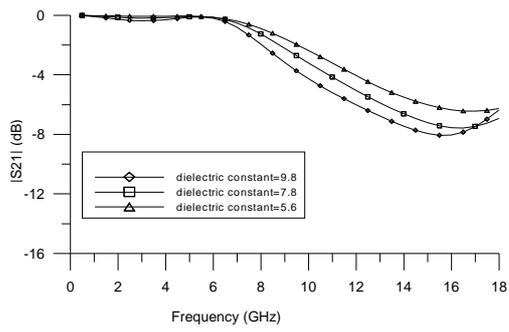
圖四、改變各層高度時|S11|的變化情形。



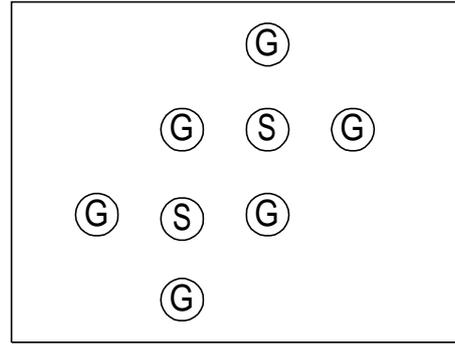
圖五、改變各層高度時|S21|的變化情形。



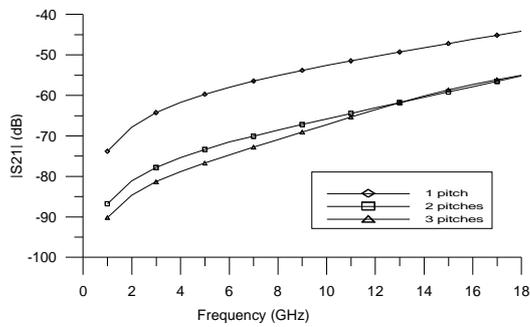
圖六、焊球間距 50 mils 與 40 mils 時 |S21| 的比較。



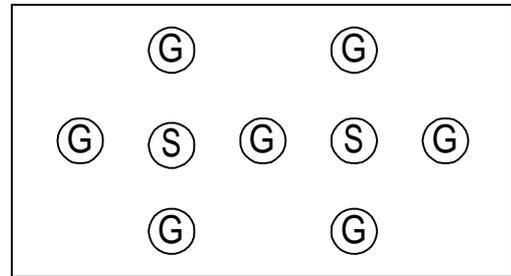
圖七、不同基版介電係數時|S21|的變化情形。



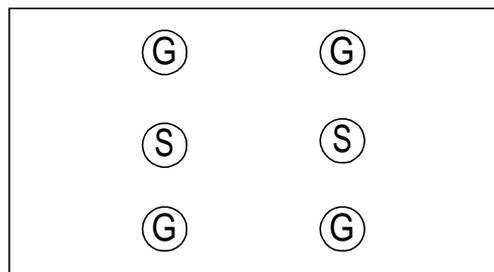
圖十、焊球層輸出入埠焊球位置底示圖(II)。



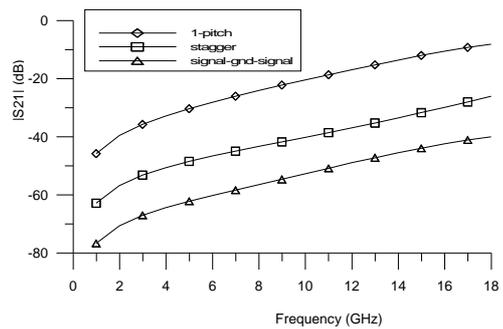
圖八、直流電源層輸出入埠位置改變時隔離度的變化情形。



圖十一、焊球層輸出入埠焊球位置底示圖(III)。



圖九、焊球層輸出入埠焊球位置底示圖(I)。



圖十二、焊球層輸出入埠焊球位置不同時隔離度的變化情形。