

接地彈跳雜訊在多層板電路間的耦合及其分析與抑制

洪茂峰*1、張志聖²

¹國立成功大學電資學院副院長、²國立成功大學電機資訊學院微電子工程研究所

mphoung@eembox.ncku.edu.tw

Progress In Electromagnetics Research Letters, Vol. 5, 167-174, 2008

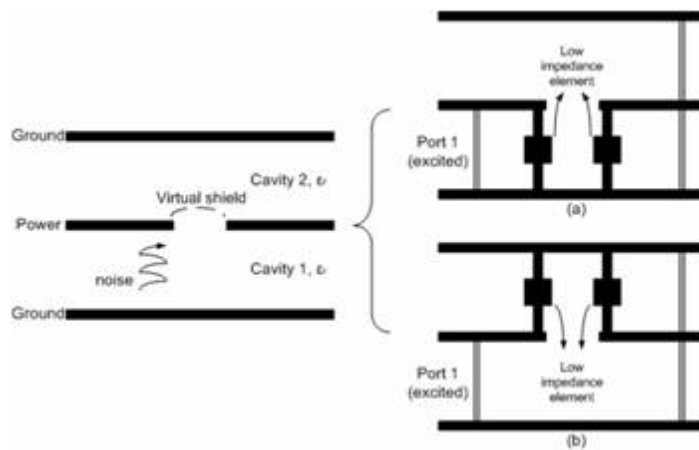
現

今高階數位產品功能推陳出新，絢麗的影音動畫背後挾帶著大量的資料處

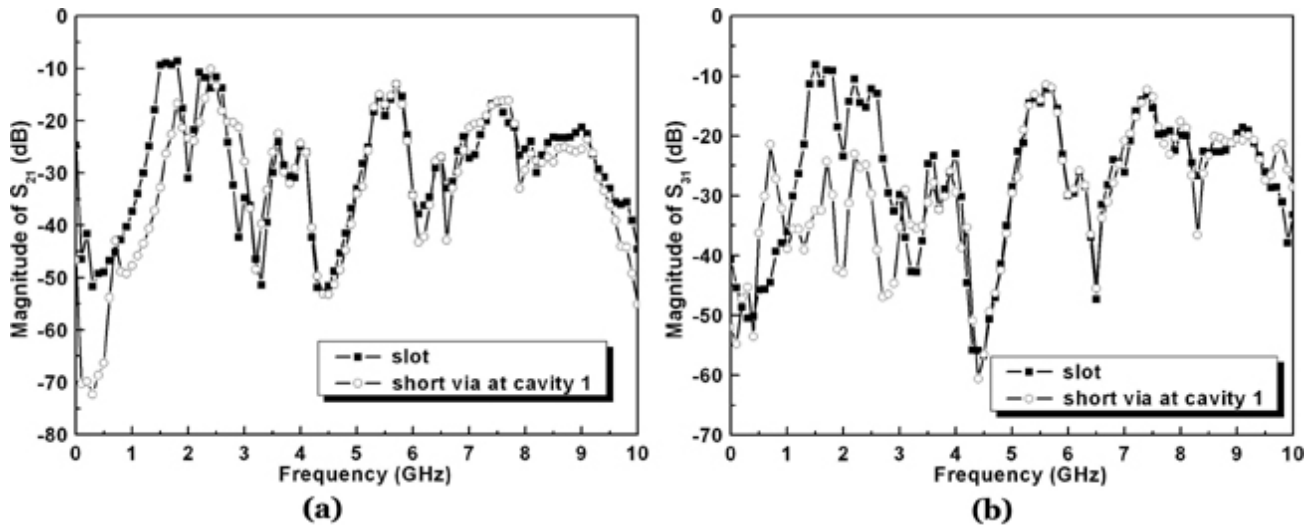
理，使得中央處理器的操作頻率愈來愈高、處理元件愈來愈密集，因應怖線的需求使得電路板層數愈來愈多，對於訊號傳遞的完整性要求也愈來愈重要。直流電源是每個電路所必備的部份，電源的完整性(Power integrity)更是高階電路基本的要求，降低操作電壓以求更快操作速度壓縮了雜訊邊限的大小，使得電路抗雜訊的能力大大降低，卻造成接地彈跳雜訊 (Ground Bounce Noise) 對電源電路的影響愈加顯著。當直流電源電路不穩定時，訊號的品質無法達到訊號完整性(Signal integrity)的要求，也加重電磁干擾(EMI)的問題，使得電路無法正常的工作，因此抑制接地彈跳雜訊變得非常重要且必須。若能在電路設計之初考慮功率完整性的需求，對其結構在高頻下的傳播特性有所了解，將可防止電路偵錯的時間以及提高產品的穩定性。過去文獻探討接地彈跳雜訊問題多以單一電源/接地平面來討論，而多層板結構中的雜訊耦合也是相當嚴重的，印刷電路板中常使用的切割狹縫造成接地彈跳雜訊耦合到鄰近的電源/接地平面，這現象很容易發生在現今動輒八層甚至數十層板電路板當中，需要多個電源/接地平面來提供電路的使用，而受到雜訊耦合的影響程度足以與單一電源/接地平面的雜訊大小相提並論，因此在多層板結構中的雜訊耦合已成為不可忽略的效應，而此問題尚未被廣範的討論。本文章將詳細探討接地彈跳雜訊在多層板結構中的耦合特性，針對切割狹縫所造成的雜訊耦合機制，以等效電壓源的觀念提出簡易的近似方法，透過近似方法可以很容易的對此雜訊耦合問題有初步的了解，並進一步從此近似方法衍伸出零位差觀念的抑制對策，達到抑制接地彈跳雜訊透過切割狹縫耦合到鄰近的電源/接地平面，同時保持實體切割狹縫的存在。



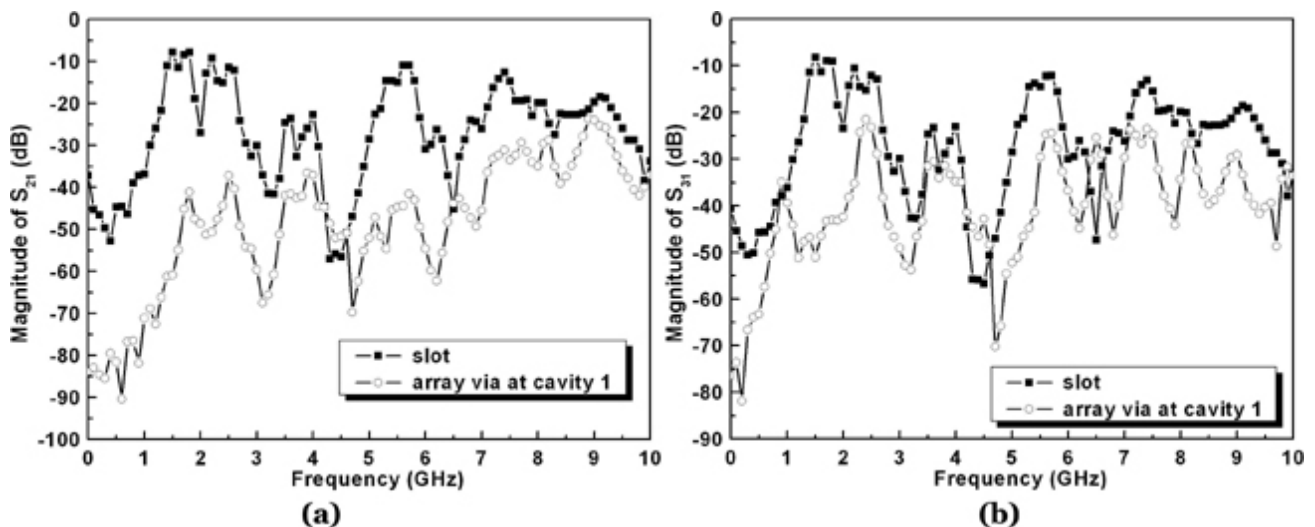
本文提出一個考慮在多層結構中，耦合與切割狹縫抑制瞬間切換雜訊的方式。這個方法可以造成切割狹縫的電位差接近零，稱之為虛擬屏蔽，利用短路金屬柱或去耦合電容來達成，該效應可以有效的抑制瞬間切換雜訊耦合到鄰近的空腔，如圖一所示。基板尺寸為40 mm×40 mm，厚度為0.4 mm，且切割狹縫的尺寸為10 mm×10 mm。而基板的介電常數為4.4。與沒有在空腔1和2施加短路連通柱作比較，可以發現短路連通柱可以將第一個模態有效的壓抑10 dB的能量，如圖二所示。證明了短路連通柱可以造成切割狹縫的零電位差，使雜訊耦合情形得以抑制而達到虛擬屏蔽的效果，也間接證明本論文所提出之簡易近似方法的可行性。圖一的抑制頻寬受到了高階模態的場形分佈影響，欲獲得更寬頻的抑制則可以加入陣列短路連通柱 (array short via) 來抑制較高階的模態達到寬頻抑制以及更好的效果。圖二為加入陣列短路連通柱的模擬結果，陣列短路連通柱的確可以抑制較高階的模態，達到較寬頻的抑制以及較好的抑制效果。從圖中可以發現，瞬間切換雜訊有效的從直流的頻帶範圍，被抑制到10 GHz，整體壓抑頻寬將近10 GHz，頻寬被定義在當插入損失低於-20 dB。



圖一、虛擬屏蔽概念，(a)低阻抗元件放置於空腔1，(b)低阻抗元件放置於空腔2。



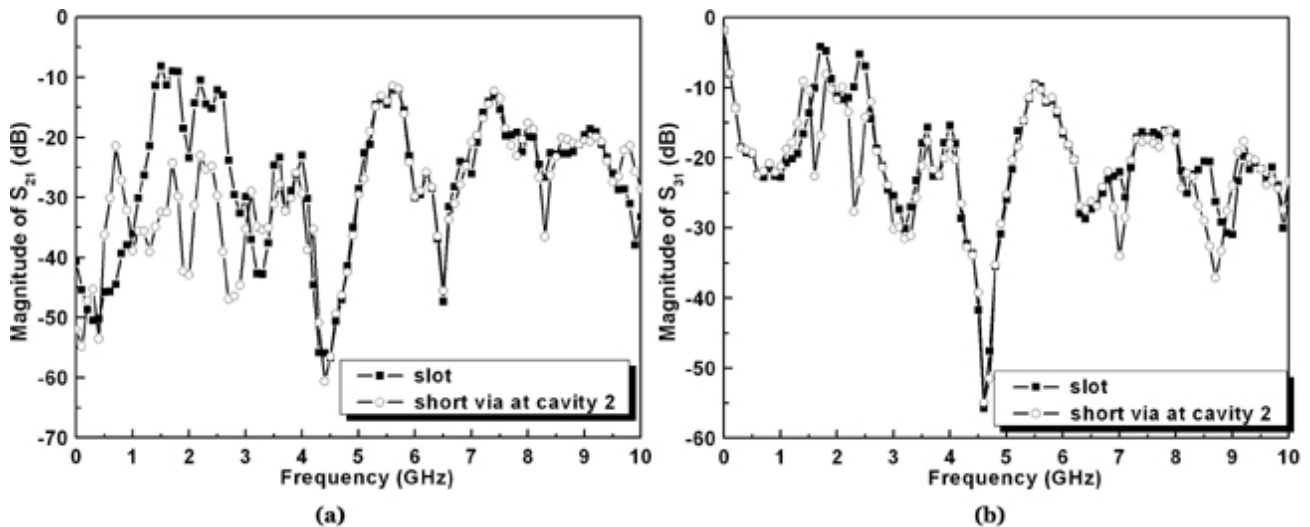
圖二、利用短路連通柱來達成虛擬屏蔽，激發源與短路連通柱在同一個空腔中，(a)接收源放置於空腔2，及 (b)接收源放置於空腔1。



圖三、將短路連通柱排列成陣列形式來達成虛擬屏蔽，激發源與短路連通柱在同一個空腔中，(a)接收源放置於空腔2，及 (b)接收源放置於空腔1。

前面提出了短路連通柱抑制對策，並放在與激發源 (Port 1) 同一層空腔 (Cavity 1)，達到切割狹縫零電位差的效果，抑制空腔之間的雜訊耦合。然而也可以將此兩種抑制對策放在與激發源不同層空腔 (Cavity 2) 之中，也可以達到同樣的效果。接下來我們將針對抑制對策放在不同層空腔，觀察空腔之間的雜訊耦

合情形。圖四(a)為觀察將陣列短路連通柱放在Cavity 2是否同樣可以達到寬頻抑制的效果，模擬結果可以看出在5 GHz以下皆有明顯的抑制情況。寬頻的抑制效果同樣可以藉由陣列短路連通柱來得到。同樣的分析方法將短路連通柱放在與激發源不同層空腔 (Cavity 2)，觀察Port 3散射參數 (S_{31}) 的變化情形，如圖四(b)所示。結果發現主要在低頻 (1.8 GHz與2.5 GHz) 的模態產生了惡化的情形，換句話說就是將短路連通柱放在不同層空腔(Cavity 2)雖然可以抑制接地彈跳雜訊耦合到不同層空腔，但是卻造成同一層空腔 (Cavity 1)在低頻雜訊有變大的情況。造成此情況是因為兩根短路連通柱連接在切割狹縫兩旁的上下導體，等效上形成橋接通道 (bridge) 串聯於切割狹縫的左右兩側。此橋接通道造成在低頻諧振模態的部份能量，多一個傳播路徑干擾同一層空腔，使得同層空腔的接地彈跳雜訊變大，也就是圖四(b)低頻的 S_{31} 變大。



圖四、將短路連通柱排列成陣列形式來達成虛擬屏蔽，激發源與短路連通柱在不同的空腔中，(a)接收源放置於空腔2，及 (b)接收源放置於空腔1。