義守大學電子工程學系
Department of ElectroNic Engineering

矽穿孔(TSV)之電路建模與高頻特性分析

專題學生:尤智玉、程詩婷、龍宇豪、陳玉葦
研究領域:微電子領域

專題目的：

由於緊湊和高性能的系統集成和封裝，3-DIC技術越來越受到關注。矽穿孔（TSV）是實現堆疊式IC和矽封裝垂直連接的關鍵技術之一。

在TSV的製造期間，缺陷的形成導致信號路徑的斷開，這導致信道的意外傳輸性能。 因此，TSV的測試很重要，因為單個TSV故障會破壞整個3-D堆疊IC（3-D-SIC）。這些基於TSV的3-D-SIC需要進行生產缺陷測試，以確保為客戶提供足夠的產品質量。

專題分工：

1. 尤智玉:繪製 3D TSV 建模、企劃書撰寫。
2. 龍宇豪 : ADS 轉換 RLC 電路。
3. 程詩婷:數據整理建表、海報製作。
4. 陳玉葦: S參數數據模擬分析。

研究方法：

本研究使用基於FEM的EM模擬器來分析不同的TSV結構，為了分析缺陷對TSV通道電特性的影響，使用三維全波模擬器（ANSYS HFSS）研究了電特性和傳輸性能，該工具非常適用於TSV故障分析，它可用於確定電場和磁場的分佈和強度，不僅在TSV結構內，而且在包括電介質和基板的周圍介質中。

可發現錐形TSV具有最小的反射噪聲和信號損失，通過插入不同量的空氣空隙來分析具有缺陷的抽頭TSV通道的高頻特性。

專題成果：

圖中示出了TSV和無空隙樣品組中各種缺陷率的回波損耗（S11）和插入損耗（S21）的模擬變化。模擬結果在0.01GHz至20GHz的頻率範圍內獲得。反射係數（S11），也稱為回波損耗，是反射信號與入射信號的比率。預期空隙缺陷的存在會引起入射RF信號的吸收或散射，並導致信號的部分反射。

在高頻時，交流電流通過導體產生集膚效應，因此電流將集中在TSV的表面上，對電流影響很小，使得仿真結果每條曲線都重疊；在低頻時，通過導體的交流電流均勻流動，中心空氣缺陷對電流有很大影響。因此，隨著缺陷率增加，S21的插入損耗增加。

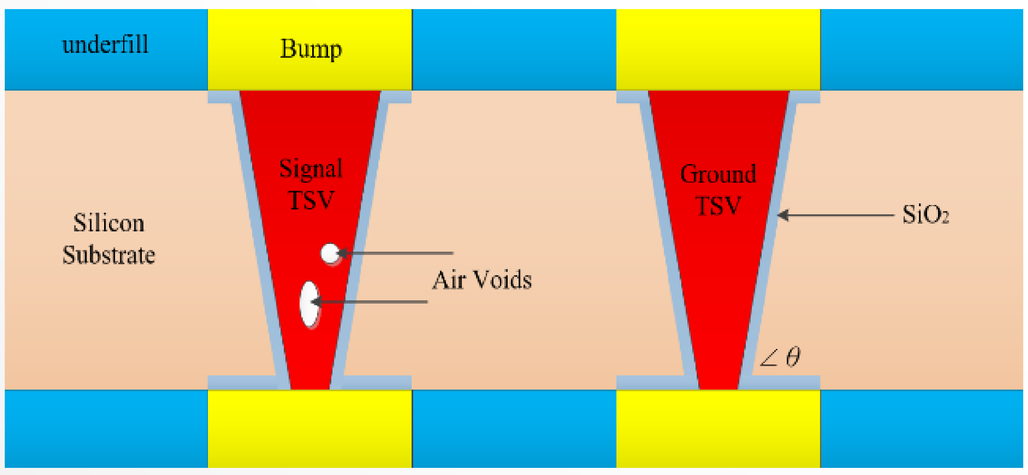


Fig 1.具有空氣缺陷的錐形TSV橫截面圖

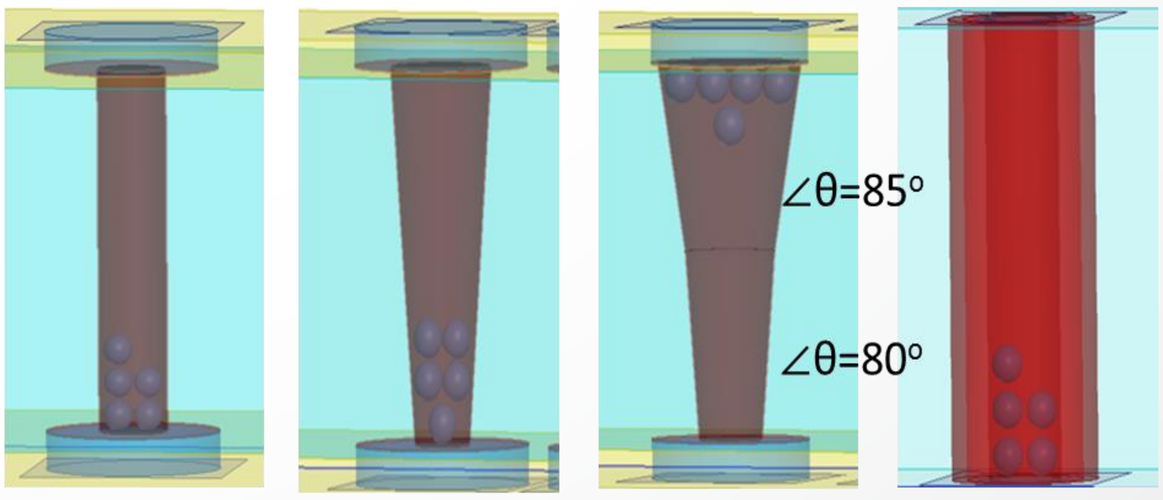


Fig 3.具有空氣缺陷的TSV橫截面圖

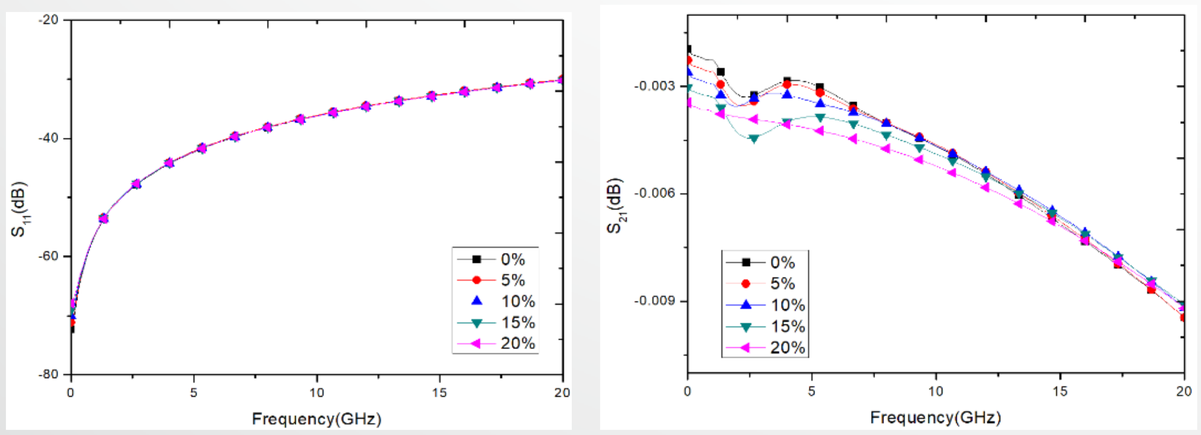


Fig. 2.錐形TSV內各種缺陷率的模擬結果。

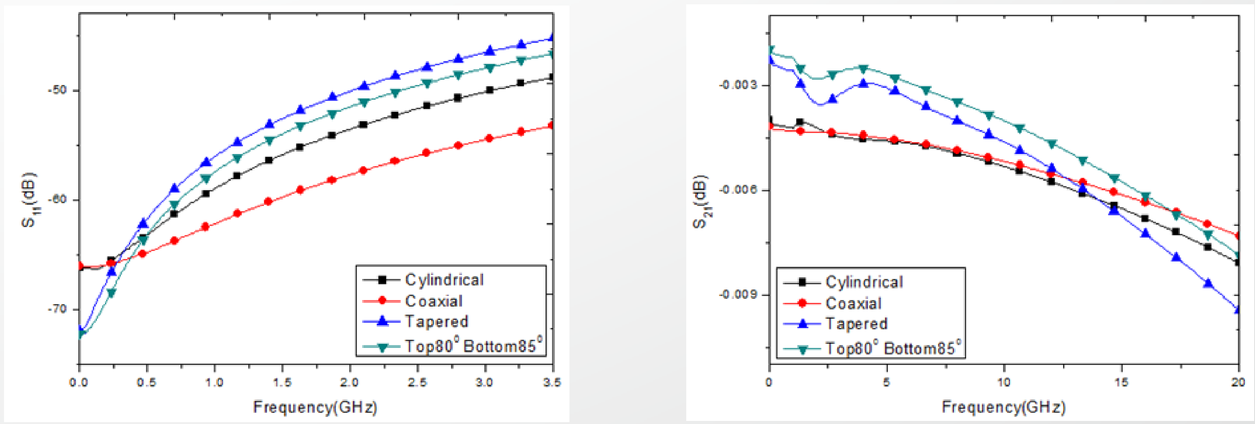


Fig. 4.不同TSV內各種缺陷率的模擬結果。

專題未來應用：

使用HFSS模擬器檢查由缺陷引起的故障效應，物理模型考慮了TSV內部的空隙效應。使用S參數，錐形TSV內的不同缺限量顯示出類似的頻率響應特性。此外，可以開發其他分析方法，如機器學習，用於檢測TSV中的開路缺陷，以實現3D IC的高可靠性。