



行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

※

※中介層 S 型彈簧連接器之有限元素分析與變形量量測※

※

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 89-2212-E-034-006-

執行期間：89年08月01日至90年07月31日

計畫主持人：江毅成

共同主持人：

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：私立中國文化大學機械工程學系

中華民國 90 年 10 月 22 日

中介層 S 型彈簧連接器之有限元素分析與變形量量測 Finite Element Method (FEM) Analysis and Deformation Measurement for S-Shape Spring Interposers

計畫編號：NSC 89-2212-E-034-006

執行期限：89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

主持人：江毅成 中國文化大學機械工程學系

計畫參與人員：洪宗彬 中國文化大學材料科學與製造研究所

一、中文摘要

本計畫主要將從事互連接器之 S 型彈簧導電中介材之有限元素分析與變形量量測，首先，在接觸壓力和中介材及高分子支撐材的材料性質之變數下進行有限元素分析(FEM)。然後，設計實驗設備進行 S-型彈簧之變形量量測和損壞模式觀察，此研究工作將提供研發 S 型彈簧導電中介材的理論分析值和實驗觀測及其之間的比較。

關鍵詞：互連接器、有限元素分析、變形量

Abstract

In this proposed project the finite element method (FEM) analysis and deformation measurement are conducted for a S-shaped spring interposers for electronic interconnection. First, the FEM analysis under the variable parameters of the contact force and the material properties of conductors and supporting polymers is performed. Then, the experiment is set up and conducted to measure the deformation and to observe the failure modes. The proposed work will provide the comparison between the FEM results and the experimental data for S-shape spring interposers.

Keywords: Interconnection, FEM, Deformation

二、緣由與目的

現今的電子科技日新月異，進步的速度已經超越人所想像。近年來，全球皆籠罩在所謂「3C」的市場趨勢當中，其所謂的「3C」即是電腦 (Computer)、通訊 (Communication) 及消費者 (Consumer) 三大領域的並聯整合。在 20 世紀末，全球的經濟走向也是以電子類及網路類為主流來作為帶動的主力，當中的網路科技也是經由電子產業的進步相輔而起，因此電子產業絕對稱得上是跨世紀的高科技主流。

1950 年四價系 (如：鍺 (Germanium)) 半導體的開發，改變了人類宏觀 (Macro-scope) 的科技，導引人類進入了微觀 (Micro-scope) 的世界。電子元件的體積不斷縮小、密度持續的增加等趨勢的情況下，現今從事電子構裝的設計者依然朝著此目標前進，但是在電子元件追求所謂「輕薄短小」的過程中，往往也會出現元件產生溫度過高導致元件內部受損；體積過小而元件更換不易以及電路在高頻下所發生的交吵 (Cross Talk) 等現象[3]的發生。以上微觀世界的趨勢其實也帶動了電子材料研究人員空前未有的衝刺。半導體技術所延伸出來的領域如製程、電路設計、連接、封裝等，也皆有數以千計的研究單位進行研發，而本文研究，即是其中一項重要的部份 - 「連接 (Connect)」方法的一個新構想。在半導體由內到外的連接過程中，如晶片 (Chip) 以金線連接至基板 (Substrate) 上，再由基板以高密度針腳連接至模組 (Modules)，再由模組錫焊連接至電路基板，而電路基板再連接至主機板 (Main Board) 的一連貫的連接製程 (Connect Processes)，雖然在電子構裝上只是一小部份，但在元件操作之表現效率上，卻是絕對不可或缺重要的一環。近年來連接器隨著電子構裝密度之增加和電子訊號傳遞之加速，傳統連接器之微細化已經面臨其極限點，於是轉向開發更具有潛力之多點微接觸的高密度、高速度連接器和互連接器[1-4]。

多點微接觸不是創新的視念，賀門 (R.Holm) 在三十多年前就提出這個概念。IBM 公司也曾花了二十多年開發了以 DendriPlate 為商標的平墊對平墊連接器，唯因仍格昂貴而難以廣泛推廣[5-12]。

本計畫所分析之互連接器為本校工學院院長李豐明教授已申請專利或是申請專利在案之廉價且堅固實用的多點微接觸互連接器，從事互連接器之 S 型彈簧導電中介材之有限元素分析與變形量量測，首先，在接觸壓力和材料性質之變數下進行有限元素分析(FEM)。然後，設計實驗設備進行 S-型彈簧之變形量量測和損壞模式觀察。

三、結果與討論

有限元素分析[13-15]

將 S spring 以對稱之 C spring 建立基本的幾何形狀後，其 VonMises Stress 應力分佈如圖如圖 1 所示，而平板面平均應力 (Top Plate Means Stress) 如圖 2 所示。可以清楚的發現，當 C spring 承受一力量荷重時，其內部會造成之應力分佈，並在內圍為壓應力 (Compressive Stress) (圖中以紫色表示)，而在外圍則以張應力 (Tensile Stress) 分佈 (圖中以紅色表示)，且由數值可以發現，其內圍壓應力也比外圍張應力來得高。其意為若發生負荷過大導致塑性變形甚至發生裂痕延伸現象，必定會發生在內圍，換言之，內圍的應力即是我們關注的區域。

在有限元素分析下，包括 C spring 與基板的接觸，其接觸機制以 Slide Line 的方式作為設定，表示其接觸必定在該線範圍內發生，並在接觸點間以設定摩擦係數，並判斷相對摩擦下，彈簧與基板間所造成的應力分佈大小及最大應力發生區域，是否超過材料本身之降伏強度及極限破壞強度。

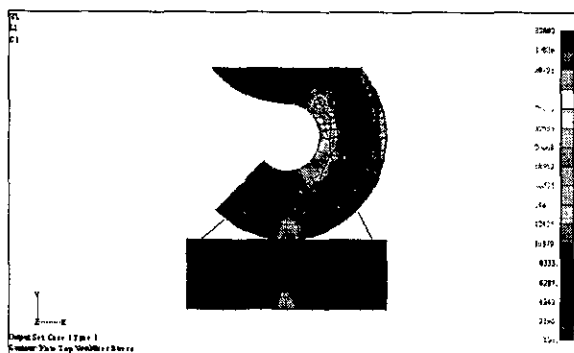


圖 1 C spring 受力變形下，所表現出的 VonMises 應力分佈圖

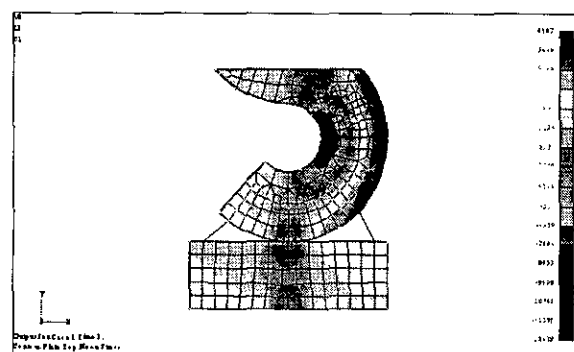


圖 2 S spring 受力下之平板應力分佈圖 (Plate Top Mean Stress)

經由 MSC/NASTRAN 分析 C spring 與基板接觸下，所進行不同邊界條件之有限元素分析，分析針對 (1) 基板施加正向應力時，曲線樑之應力集中處之最大張應力、最小壓應力之關係。(2) 在 C spring 與基板接觸間，因接觸介面刮擦 (Wiping) 所致之 x 方向位移及 y 方向之位移。(3) 在摩擦接觸介面間，不同荷重下所造成之應力及變形量之

變化。(4) 改變不同摩擦係數所造成的應力值。將 C spring 站立，上端固定 (Fix) 的方式固定，在外力荷重 100~600g 施加下，C 型曲線樑所造成的最大應力發生於中間邊緣上，外側曲線邊緣為拉應力，內側處則為壓應力，而在彈簧與基板接觸面上，也有應力集中的現象，但其應力值小於彈簧本身中間段之應力。因此，在不同外加應力下，其 VonMises Stress 最大值如圖 1 所示。

實驗量測

本實驗係以本文之 S-spring 之鍍銅材料分別進行機械性質測試。將鍍銅材料之料帶擷取並製成試片，再以拉伸試驗機進行拉伸試驗，以得到應力應變曲線，並以趨近法求出降伏強度 (Yield Stress)，再利用自行設計之夾具，將彈簧挾持，與電腦模擬分析之拘束設定相同下，在不同的壓力負載下，觀察其開始發生塑性變形時的外加荷重，及發生裂痕處之顯微影像，並將所得結果與前章之電腦模擬所得之最大應力數值及區域相作比較。

實驗設備

- 1、成型夾具：挾持 S-spring 之夾具設備 (圖 3)
- 2、拉伸試驗機：規格型號：CY-6740 A4
- 3、壓力試驗機：規格型號：AIKOH Engineering Model 1307 Japan (圖 4)
- 4、光學顯微鏡：規格型號：ZEISS AXIOTECH 100HD-3D 451007-9901 (圖 5)



圖 3(a) S-spring 成型夾具

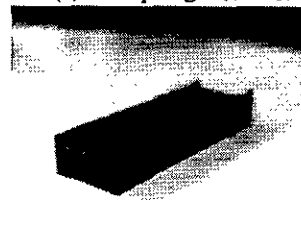


圖 3 (b) S-spring 成型上夾具

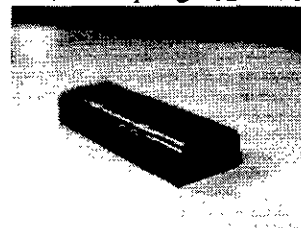


圖 3 (c) S-spring 成型下夾具

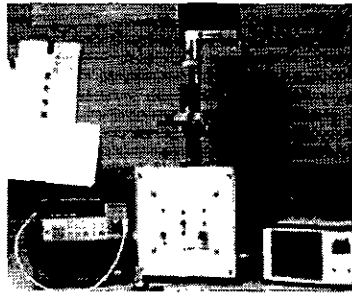


圖 4 壓力試驗機

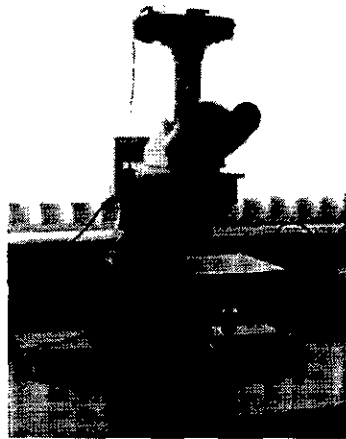


圖 5 ZEISS 光學顯微鏡

實驗試片準備

本研究實驗之材料為鈹銅合金，由於將進行拉伸試驗及壓力試驗等工作，其分別需不同之試片，如圖 6、7 所示。拉伸試驗所需之試片為長條平板狀，並將試片中間部份切割一頸狀，以便確定拉伸破斷位置。壓力試驗則是利用相同材料，而形狀則是 S-spring 本身，只需利用成型夾具挾持試片即可。

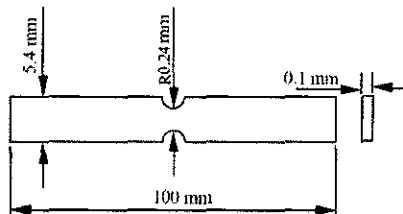


圖 6 拉伸試驗試片尺寸圖

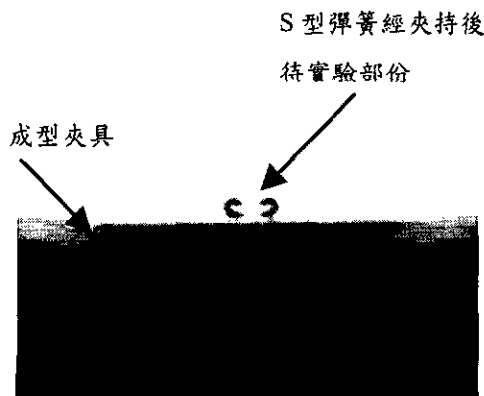


圖 7 S-spring 一半受夾持，並承受由下之負荷

試驗程序與結果

拉伸試驗

- 1、將鈹銅合金切成長條頸狀試片數片，並記錄其尺寸。
- 2、利用萬能拉力試驗機，將鈹銅試片兩端夾緊，將施力負載及變形量歸零。
- 3、啟動拉力裝置，並以 2mm/min 的速度，緩慢施加應力於試片上，紀錄力量、變形量之數值，繪製應力應變曲線圖。
- 4、以 0.2% 橫距法 (Off-set Yield Strength Method)，取應變值 0.2 處繪一平行線，並取得降伏應力點。
- 5、分別進行不同試片之測試，並分別求取降伏強度平均值。(表 1)

表 1 S-spring 之 Be-Cu 合金之機械性質

	實驗值	材料參考值
最大變形量	0.7mm	
拉伸強度	975 Mpa	
彈性係數	106.2 Gpa	127.5 Gpa
降伏強度	897 Mpa	1102.94 Mpa

壓力試驗

- 1、利用成型夾具夾持 S-spring，其中一半彈簧材料受力夾持，另一半則在夾具外，進行壓力測試。
- 2、將以挾持 S-spring 之夾具置於壓力試驗機平台上，並將施加荷重端調整至接觸荷重為零的位置。
- 3、將荷重計數器歸零，且設定欲增加荷重量。
- 4、啟動加壓裝置，以 1mm/s 的速度，將金屬端接觸加壓於 S-spring，並造成 S-spring 緩慢的變形。(圖 8)
- 5、將分別施加荷重 100g 至 600g 之 S-spring 取出，並分別進行光學顯微鏡的觀察(圖 9)及鑲埋等工作。
- 6、分別計算出 S-spring 受負荷下之位移值，取其平均值，並繪製負荷變形量關係曲線圖。

四、計畫成果自評

本研究計畫成果可以歸納如下：

- 1、以鈹銅合金作為電子連接器材料，比起一般純銅材料而言，其高降伏強度的高彈性條件可以

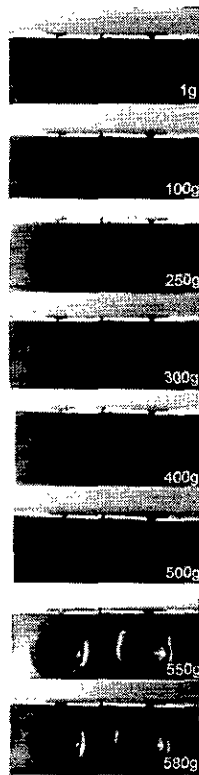


圖 8 S-spring 受夾持下，進行壓力試驗之階段荷重下之變形

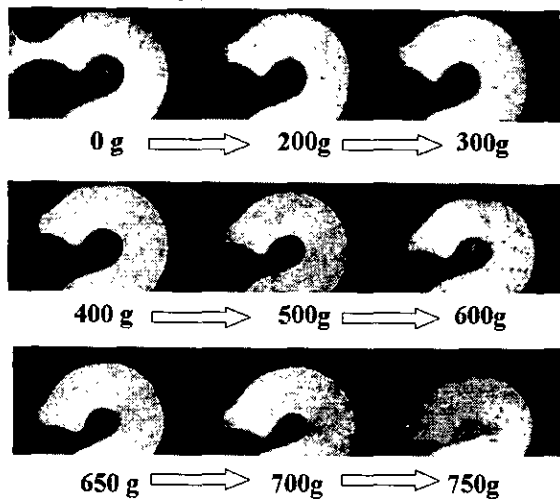


圖 9 S-spring 受不同負荷 0g~750g 後，所造成之永久塑性變形

有效的的勝任電站間的 連接工作。

- 2、對於以本研究之 S 型彈簧之幾何形狀而言，由有限元素分析及實驗量測的結果，皆對於內壓應力及外應力比值皆為一致數值。
- 3、以有限元素模擬分析出 S 型彈簧於正向荷重 300 - 400 g 時其 Von Mises Stress 值約為 900 Mpa，亦為該鍍銅材料的降伏強度。
- 4、經過壓力作用後的 S 型彈簧，其最大應力集中分佈區，於超過 400g 的受壓下，其表面外殼會發生龜裂現象，並於邊緣上產生不規則齒狀之裂痕。

5、刮擦為連接器為連接器可靠度重要的一項，本研究以後於接觸介面的摩擦係數 (μ) 可以導出刮擦或 y 方向的位移量，由於實驗上有困難量測 y 位移量，因而未能報告刮擦量的大小。

本研究大致達成原計畫預期目標，本計畫的成果可提供 S 型彈簧中介層研發的重要依據，待增加相關實驗結果，即能發表在相關的學術期刊。

五、參考文獻

- [1] 許來發, "3C 產業的發展趨勢", 金屬工業, 5 (1999) 17-20.
- [2] Robert J. Hannemann "Semiconductor Packaging" WILEY (1994).
- [3] John Lau, C. P. Wong, John L. Prince, Wataru Nakayama "Electronic Packaging Design, Materials, Process, and Reliability" (Mc Graw Hill 1998) Chapter 1.
- [4] Philip E. Garrou, Iwona Turlik "Multichip Module Technology Handbook" (Mc Graw Hill 1998) Chapter 9.
- [5] E. M. Davis, W. E. Harding, R. S. Schwartz, J. J. Corning "Solid Logic Technology: Versatile, High-Performance Microelectronic" IBM J. Res. Develop., 8 (1964) 102.
- [6] L. S. Goldmann "Geometric Optimization of Controlled Collapse Interconnections" IBM J. Res. Develop., 13 (1969) 251.
- [7] P. A. Totta, R. P. Spopher "SLT Device Metallurgy and its Monolithic Extension" IBM J. Res. Develop., 8 (1964) 226.
- [8] L. F. Miller "Controlled Collapse Reflow Chip Joining" IBM J. Res. Develop., 8 (1964) 239.
- [9] K. C. Norris "Reliability of Controlled Collapse Interconnections" IBM J. Res. Develop., 8 (1964) 266.
- [10] D. P. Seraphim, I. Feinberg "Electronic Packaging Evolution in IBM" IBM J. Res. Develop., 25 (1981) 617.
- [11] M. D. Ries, D. R. Banks, D. P. Watson, K. G. Hoebener "Attachment of Solder Ball Connect (SBC) Packages to Circuit Cards" IBM J. Res. Develop., 37 (1993) 597.
- [12] H. V. Mahaney "Thermal Modeling of the Infrared Reflow Process for Solder Ball Connect (SBC)" IBM J. Res. Develop., 37 (1993) 609.
- [13] MSC/NASTRAN Application Manual.
- [14] NSC/NASTRAN Linear Static Analysis User's Guide.
- [15] MSC/NASTRAN Nonlinear Analysis User's Guide.