

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

微探針模組影像量測與共面度評估系統 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 98-2221-E-034-011-
執行期間：98年08月01日至99年07月31日
執行單位：中國文化大學機械工程學系

計畫主持人：張達元

計畫參與人員：大專生-兼任助理人員：吳東晨
大專生-兼任助理人員：曹博凱

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99 年 10 月 25 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

微探針模組影像量測與共面度評估系統

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 98-2221-E-034-011

執行期間：98 年 8 月 1 日至 99 年 7 月 31 日

計畫主持人：張達元

計畫參與人員：吳東晨 曹博凱

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

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

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：中國文化大學機械工程學系

中 華 民 國 99 年 10 月 21 日

行政院國家科學委員會專題研究結案報告

微探針模組影像量測與共面度評估系統

Image Measurement and Coplanarity Evaluation System for Micro-probe Module Used in Wafer Testing

計畫編號：NSC 98-2221-E-034-011

執行期限：98 年 8 月 1 日至 99 年 7 月 31 日

主 持 人：張達元 副教授 中國文化大學機械工程學系
計畫參與人員：吳東晨 曹博凱 大學部學生 中國文化大學機械工程學系

一、中文摘要

晶圓測試需要有微探針模組之探針卡做為測試機與焊墊間的接觸媒介，由於 IC 設計的複雜性提高、焊墊空間縮小，探針針尖群形成一高密度的探針面，它的平整性對測試結果的正確性影響很大，也就是「共面度誤差」。共面度的控制是項很複雜的問題，探針製程會造成幾何尺寸變異，組裝公差的設定會影響探針針尖的最後位置，發展微細探針的非接觸量測與共面度評估系統為探針模組設計、製造、檢測上的重要課題。本研究應用光學影像工具顯微鏡獲得探針模組的針尖座標，並發展「最小平方法」之共面度評估程式。本研究為了達到以少量量測點獲得客觀的共面度評估結果，應用「逆向曲面」方法，藉由資料點減化程序，決定平面度分析所需的量測資料點；然後，依四分法進行局部與全域共面度比較分析。其次，根據減化後的量測點，建構探針模組的針尖的 Non-uniform B-Spline 曲線模型、NURBS 曲面模型，藉由模型的幾何特性評估該曲面的平面狀態，並分析探針模組測試面的共面度誤差。

關鍵詞：微探針模組、光學影像量測、共面度誤差、逆向曲面模型

Abstract - Wafer testing requires a probe card with micro-probe module as a contact media between the test machine and welding pads. Due to the complexity in IC design and the narrow space of the welding pads, a high density probing surface is formed by the group of the needle tips. Flatness of the probing surface affects the probing correctness significant; that is the coplanarity error. Coplanarity control is a complicated problem. Probing needle fabrication will cause a variation of geometrical dimension. Assembling tolerance will affect final position of the needle tip. Therefore, development on the non-contact measurement system for coplanarity evaluation is an important issue in micro-probe module fabrication. This study applies 3-D optical image microscope to catch the needle tips image and develops

coplanarity evaluating program by the least squares method. In order to achieve the goal of using the least probe measuring point to derive a objective evaluating results, this study uses 'reverse engineering' methodology to determine the flatness evaluating points by data reduction process, and then to conduct local analysis based on the plans of four divisions. The results are also compared with the flatness in global analysis. Next, according to probe measuring points after reduction, the virtual surface of the probe needle tips are reconstructed by Non-uniform B-Spline model and NURBS model. After analyzing the geometrical characteristic of the constructed model, the plane condition of the probe needle virtual plane can be determined and evaluate the coplanarity error of the probing surface.

Keywords: Micro-probe module, Optical image measurement, Coplanarity error, Reverse surface model.

二、緣由與目的

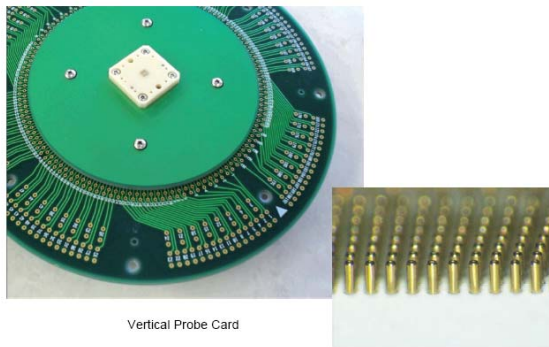
晶圓測試過程中所採用的探針卡主要可分為：懸臂式與垂直式兩種型式，影響探針面的因素包括：探針製造水準、探針定位誤差、針尖研磨尺寸、垂直式 Cobra 探針的針腹曲率、以及探針端部定位狀況等。

Comeau 與 Nadeau [1]推導出 OD 對探針尖端受力與位移的數學模型；**Borz 與 Rincon [2]**提出針尖與焊墊的接觸理論，並探討測試過程中溫度的上升量對探針接觸阻抗的影響；**Takemoto 等[3]**探討懸臂式探針針尖型式對鋁焊墊的塑性變形量之影響，以及針尖的表面粗糙度與鋁材黏附量的關連性；**Chang and Choi [4]**建立探針懸臂式探針針尖的有限元素分析模型，分析探針幾何參數對針尖受力的影響。其他尚有關於垂直式探針卡(vertical needle)[5-6]、微彈簧式探針(microsprings needle)[7]、熱致動式微機電探針卡(thermally actuated microprobes)[8]之研究成果發表。

IC 設計的日趨複雜、焊墊的空間縮小，百微米直

徑的探針模組它的針尖會形成一虛擬探針面，探針面的平整性對測試結果的正確性影響很大，也就是共面度誤差。針尖共面度的控制是項很複雜的問題，如何設定探針製作與組裝公差；如何建立共面度的評估方法；發展一套精密的量測與評估系統為「微探針模組」設計、製造、檢測上的重要課題。

一般探針直徑在 $75 \sim 125 \mu\text{m}$ ，針尖與焊墊接觸面在 $\phi 30 \sim 35 \mu\text{m}$ 間，依 IC 設計在 $20 \times 20 \text{ mm}^2$ 面積上有 2000~5000 組的高密度探針分佈。探針針尖所形成之虛擬平面的共面度將直接影響到測試的結果，本計畫將提供微探針模組共面度檢測的完整方案。圖一所示為垂直式探針卡



圖一 垂直式探針卡[9]

一般共面度誤差的檢測方法，乃在設定的檢測間隔位置以三次元量床得到指定位置的高度座標，然後再以最小平方或最小區間法進行誤差計算[10]。取點的方式有米字型法或井字型。但是，此方法本研究並不適用，因為微細探針模組所形成的虛擬探針面，必需應用非接觸式的量測方式才能取得探針高度，且眾多針尖的量測費時耗力。

影像量測在光源與取像技術的改善，使得應用的層次有了很大的進展。Fan 與 Shiou [11]發表應用平行光掃描系統，量測中型平面的平面度。刀具的磨耗量直接影響加工品質。Su 等[12]發表利用工具顯微鏡的視覺系統建構微鑽針的刀腹磨耗檢測系統。Lee 等[13]建立影像視覺系統量測複合材料微沖剪製程產品的毛邊情形，以判定模具切刃邊狀態；Dworkin 與 Nye[14]發表應用影像量測法，建構熱鍛成形件非接觸輪廓檢測設備。

高密度探針模組常應用於晶圓測試探針卡與電子連接器的訊號傳輸上，探針針尖所形成的虛擬平面，係由高密度的點群資料所組成，針尖群的共面度對模組的功能品質影響很大。本研究擬應用三次元光學影像顯微鏡建構探針針尖的影像量測系統，發展以「最小平方」之共面度評估程式，並應用「逆向曲面」理論建立探針針尖曲面模型，分析探針模型的幾何特性，可以得到以曲率表現共面度狀態評估模式。本計畫完成將可提供微探針模組共面度檢測的完整方案。

三、計畫執行結果

3.1 探針針尖位置影像量測

本研究使用英國 Vision Engineering 光學系列 HAWK 工具顯微鏡，進行探針針尖的量測(參圖二)。該設備採用 Dynascope 光學投射技術，提供高對比及高解析度的觀測，獲取待測物體的清晰圖像，並具備高重現性，詳細規格如表一所列。目鏡倍率為 10 倍，可更換高倍率物鏡，最高放大倍率達 1000 倍。本實驗在 500 倍的放大倍率下進行量測，可得到各探針尖點的水平(x)垂直(y)與焦距(z)座標。

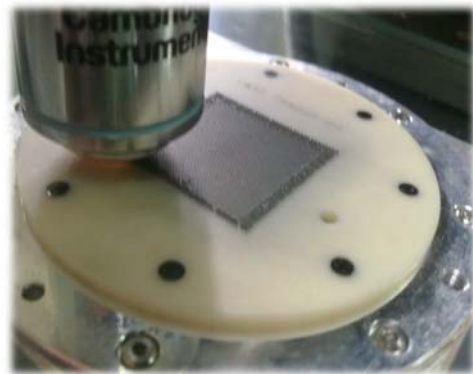
表一 光學工具顯微鏡特性表(HAWK)

數位圖像	USB 2.0 高速傳輸300萬畫數CCD 鏡頭 (2048*1536)
光學尺解析度	0.001mm
最大重覆精度性	$\pm 0.002 \text{ mm}$
放大倍率	10X~1000X



圖二 光學工具顯微鏡

圖三為探針模組的實際量測圖，調整顯微鏡的高度手輪，根據探針頂面的聚焦狀況，可以測得針尖的 Z 軸高度。如圖四所示，A、B 為兩根上下相鄰的探針，圖左的(A1, B1)為聚焦於 probe-A 時的圖像，而 probe-B 處於為聚焦狀態，此時可以測得 probe-A 的 Z 軸高度；調整焦距手輪聚焦於 probe-B，如圖右的(A2, B2)，可以得到 probe-B 的高度。在 500 倍鏡頭下，量測到二者的高度差。本例中兩根探針的高度差為 0.005mm。

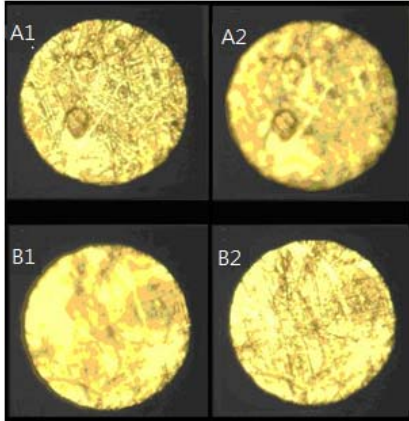


圖三 探針模組量測圖

3.2 逆向資料點減化

3.2.1 雜訊去除

為避免探針量測誤差造成分析誤差，必須進行雜訊的去除，本文擇取探針尖點z軸高度於平均值±3個標準差內的探針為有效的座標分析點，以進行探針面的共面度分析。



圖四 探針針尖對焦圖

3.2.2 倍率取點法 (divide by a factor)

倍率取點法係設定倍率因子(N)，以達到減少資料點的目的。依探針編號取得第一組探針尖端座標後，每隔(N-1)支探針，取得次一個探針尖點座標。倍率因子愈大，資料點的數目會減少，但是容易遺漏重要控制點，在曲率變化大的案例中，會有明顯的評估誤差；若倍率因子取小，也會失去減化的意義。倍率法適用於曲率變化不大，且需要快速簡化的場合。

3.2.3 間距取點法 (spatial sampling method)

間距取點法乃設定一個平面的「取點間距」，做為探針減化的判斷依據。依照探針編號取得第一組探針的座標資料，並做為減化的基準點，計算它與其它探針的Euclidean distance (D)，當D值小於取點間距值時，則該探針資料點即予以刪除。

$$D = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad (1)$$

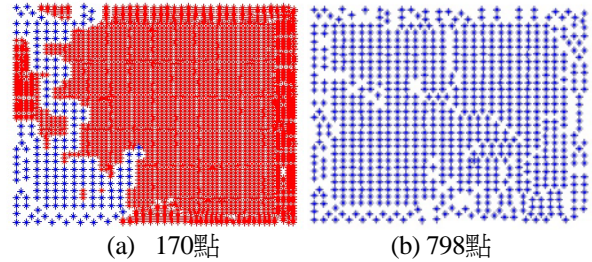
然後，設定與基準點最近的探針點為次一循環的減化基準點，並執行探針群的間距評估。重覆進行，直到所有保留的探針點的間距值均大於取點間距為止。

圖五(a)最左上方的探針點設定為第一個判斷基準點，設定容許間距值為0.7，距離小於此間距的探針點予以刪除，完成第一次的減化。在保留的探針中，選取與基準點最近的點為次一判斷循環的基準點，圖中為已完成170決策循環後，所得到的資料點分佈圖；圖五(b)所示為完成減化程序後所留下的探針點，共有798點。

間距法可以得到均勻分佈的探針資料點(以x-y平

面為基面)；但是，曲率變化大時，也可能忽略過關鍵的曲線和曲面控制點。本例探針的分佈在 $20 \times 20 \text{mm}^2$ 的面積上有三千多組探針，高度的變化不大，間距法是可以考量的方法。

然而，另一在逆向工法中常用的弦高法，本例由於高度差太小了，效應不大，不予討論。本文以Matlab為系統程式。



(a) 170點 (b) 798點

圖五 區間取點法示意圖

3.3 共面度評估

本文應用最小平方方法進行探針的共面度分析，並提出重建逆向曲面，以曲率表現針尖面的平面狀態。

3.3.1 最小平方方法

假設 $z = ax + by + c$ 為最小平方方面方程式，則每個量測點與最小平方方面相應位置的偏差量可表為：

$$d_i = z_i - (ax_i + by_i + c) \quad (2)$$

根據最小平方方面的定義

$$\delta = \sum_{i=1}^n (d_i)^2 \quad (3)$$

δ 表示 d_i 的平方和，本例中 δ 愈小愈好。求出係數 a, b, c ：

$$c = \frac{\sum z_i}{n} - a \frac{\sum x_i}{n} - b \frac{\sum y_i}{n} \quad (4)$$

$$a = \frac{S_{13}S_{22} - S_{12}S_{23}}{S_{11}S_{22} - S_{12}^2} \quad (5)$$

$$b = \frac{S_{11}S_{23} - S_{12}S_{23}}{S_{11}S_{22} - S_{12}^2} \quad (6)$$

其中 $S_{11} = \sum (x_i - \bar{x})^2$, $S_{22} = \sum (y_i - \bar{y})^2$, $S_{12} = \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$, $S_{13} = \sum (x_i - \bar{x})(z_i - \bar{z})$, $S_{23} = \sum (y_i - \bar{y})(z_i - \bar{z})$ 。

在得到 a, b, c 三個係數後，計算量測點與最小平方方面相應位置的偏差量，平面度誤差可以用最大偏差量與最小偏差量的差值表示之。

3.3.2 逆向曲線/曲面法

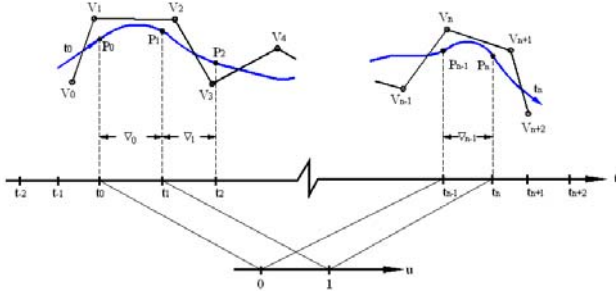
本研究根據減化後的量測資料點建立探針針尖的 NUB (Non-uniform B-spline) 模型與 NURBS 曲面模型。

(1) NUB / NURBS 模型

通過已知的3-D資料點重建曲線模型屬於NUB (Non-uniform B-spline) fitting 問題，如圖六所示。一個複合型的cubic NUB-curve segments可以由：[15]

- n+3個控制端點(control vertices):
 $\{V_i : i = 1, \dots, n+2\}$
- n+4個節點跨距 (knot spans):
 $\{\nabla_i = (t_{i+1} - t_i) : i = -2, \dots, n+1\}$

完成定義，參圖六。



圖六 Non-uniform cubic B-spline curve fitting

然而，NURBS曲面模型可定義為NUB曲線的張量積(tensor product)。例如，對一個 bi-cubic NUB patch 可以由16個控制端點 $\{V_{ij} : j = 0, 1, 2, 3\}$ 與兩組跨距向量 $\{\Delta_i\}$ 與 $\{\nabla_j\}$ 定義之。

$$r(u, v) = UN_s BN_l^T V^T \quad (7)$$

其中 $U = \{1 \ u \ u^2 \ u^3\}$; $V = \{1 \ v \ v^2 \ v^3\}$
 $B = \{V_{ij}\}$ 為控制端點， N_s 與 N_l 為跨距 $\{\Delta_i\}$ 與 $\{\nabla_j\}$ 的係數矩陣。

(2) 曲率分析

曲率是幾何體不平坦程度的一種衡量，對平面曲線 C，它是一個指向該圓圓心的向量，它的大小等於曲率半徑的倒數，曲率半徑愈小、曲率愈大。曲線接近平直時，曲率接近於零；當曲線有較大的變化時，曲率會隨之增大。

三維空間中的曲面曲率，考量在曲面 $r(u, v)$ 上的曲線 $r(t)$ ，參圖七。其二階導數可表示為：

$$\ddot{r} = \dot{u}(\dot{u}r_{uu} + \dot{v}r_{uv}) + \ddot{u}r_u + \dot{v}(\dot{v}r_{vv} + \dot{u}r_{uv}) + \ddot{v}r_v \quad (8)$$

將其與曲面的法線向量(n)做內積，它的結果為：

$$\ddot{r} \cdot n = (\dot{u})^2 r_{uu} \cdot n + 2\dot{u}\dot{v}r_{uv} \cdot n + (\dot{v})^2 r_{vv} \cdot n = \dot{u}^T D \dot{u} \quad (9)$$

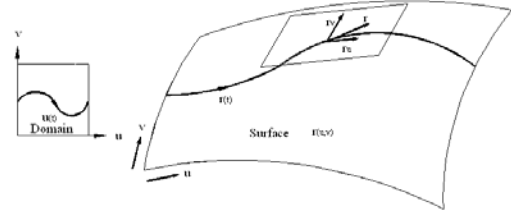
$$\text{其中：} \quad \dot{u} = \begin{bmatrix} \dot{u} \\ \dot{v} \end{bmatrix}, \quad D = \begin{bmatrix} r_{uu} \cdot n & r_{uv} \cdot n \\ r_{uv} \cdot n & r_{vv} \cdot n \end{bmatrix}$$

矩陣 D 稱為曲面的第二基本矩陣。

根據 Serret-Frenet 方程式 $r(t)$ 的二階導數可以表示為：

$$\begin{aligned} \ddot{r} &= d\dot{r}/dt \\ &= d(\dot{s}T)/dt \\ &= \ddot{s}T + \dot{s}\dot{T} \\ &= \ddot{s}T + \dot{s}(\dot{s}\kappa N) \end{aligned}$$

再次，對法線向量 n 做內積，我們可以得到：



圖七 曲面 $r(u, v)$ 上的曲線 $r(t)$

$$\ddot{r} \cdot n = (\dot{s}^2) \kappa N \cdot n \quad (10)$$

上式中的 $\kappa N \cdot n$ 稱為法線曲率(normal curvature)，法線曲率 κ_n 可以表示為：

$$\kappa_n \equiv \kappa N \cdot n = (\dot{u}^T D \dot{u}) / (\dot{s}^2) = (\dot{u}^T D \dot{u}) / \dot{u}^T G \dot{u} \quad (11)$$

由式(11)所定義的法線曲率為一 \dot{u} 方向的函數，也就是：

$$\kappa_n(\dot{u}) = (\dot{u}^T D \dot{u}) / (\dot{u}^T G \dot{u})$$

於是，法線曲率的極值可由下式得知：

$$\partial \kappa_n / \partial \dot{u} = 2D \dot{u} - 2\kappa_n G \dot{u} = 0 \quad (12)$$

其中 $\dot{u} = [\dot{u} \ \dot{v}]^T$ 法線曲率的極值可稱為主曲率，可由式(12)計算得之：

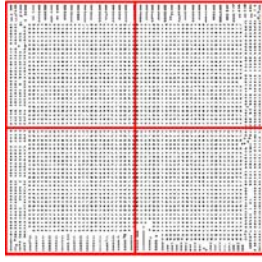
$$\kappa_{n1} = (b + (b^2 - ac)^{1/2}) / a; \quad \kappa_{n2} = (b - (b^2 - ac)^{1/2}) / a \quad (13)$$

兩個主曲率的積稱為：高斯曲率(Gaussian curvature)，可以用來量測曲面的平整度(smoothness)。本研究將用來觀察探針面的共面度狀況。

本研究應用 Pro/E wildfire 5.0 軟體進行探針針尖虛擬平面重建，分別完成 NUB 曲線模型與 NUBS 曲面模型，並分析建立曲線的曲率、以及曲面的高斯曲率。

3.4 區域分析與全域分析

為了細究共面度的區域效應，本文進行區域與全域兩種分析模式。全域分析即是將所有的點皆納入共面度的評估；區域分析乃根據探針的分部區域分為四個子曲域進行評估，如圖八所示。



圖八 區域分析模式

3.5 案例分析

3.5.1 探針針尖實物量測

本文以垂直式cobra探針卡的Probe head為分析標的，共計有3717支探針，如3.1節的量測規劃，得到所有探針針尖的座標值。以Probe head陶瓷基板面為z軸基準面，探針針尖的平均高度為0.3521mm。

其次，進行雜訊刪除，篩選出於高度平均值±3倍標準差內的探針，設定為分析的探針資料點。本例中，將z軸探針高度在0.2976~0.4065mm之間的探針取為分析探針，有兩個量測點不在範圍內，以3715支探針資料進行探針面的共面度分析。

探針針尖形成一個虛擬平面，此平面的平面度可用來表示探針針尖的共面狀態，針尖高度由z軸的座標值取得；而探針針尖高度的變動範圍可以用六倍標準差表示之。意味著本例的製作水準可以將探針高度的變異量控制在 $6 \times 0.01815 = 0.1089\text{mm}$ 之內。

3.5.2 探針資料點減化

本文提出應用「逆向工程」常使用的兩種資料點減化法：「倍率取點法」與「間距取點法」進行探針量測點的減化，以得到能代表平面特性的量測評估點。

為了探討「減化因子」對探針共面度的影響，兩種方法各設定四種level。因本例探針模組的探針群在x-y平面上以0.3~0.4mm的距離分佈；因此，間距取點法中，設定的評估間距為0.4、0.5、0.6、0.7mm。至於，倍率取點法設定2、3、4、5四個觀察值。完成減化後的探針量測點數如表二所列。

表二 探針點減化結果

倍率取點法 減化因子	分析 探針點數	間距取點法 評估間距	分析 探針點數
2	1858	0.4	1650
3	1239	0.5	1357
4	929	0.6	835
5	744	0.7	798

未減化前探針點數為 3715。

3.5.3 探針針尖共面度分析

本文採取最小平方方法為共面度評估法，除了根據3715組探針點進行全域分析外，並以四分法進行區域分析。

以全部探針點進行全域分析的結果如表三所列。探針針尖面的平面度誤差為0.1121mm。然而，區域分析中最大者為0.1162mm，最小者為0.1080mm。四分法的平均平面度誤差為0.1115mm，各子區域的平面度資料將做為後續「資料點減化」後共面度分析的比對基準。

探針點減化的目的：在運用少量的探針量測點，得到接近於以所有探針的共面度評估結果。為了評估不同探針點的減化效益，根據表二所得的探針點，進行共面度評估。

表三 共面度評估值 (未減化探針)

全域分析	區域分析 (四分法)	
0.1121	I: 0.1104	II: 0.1162
	III: 0.1094	IV: 0.1099
	平均共面度: 0.1115	

(1) 全域分析

表四列出兩種取點方法、八種減化法的全域分析結果。根據共面度評估值與目標值的差距，定義出「分析誤差」：

$$Err_{eval} = |flatness_{global} - flatness_{target}| \quad (14)$$

我們可以觀察到幾個現象：

- 隨著點數的下降，兩種取點方法它們的分析誤差都有上升的趨勢。
- 誤差值最小者為以「評估間距0.4」的間距取點法。雖然，它的點數(1650)比倍率取點法「倍率因子2」者(1858)為少，卻可以得到最好的分析結果。
- 然而，具有1357個分析點的「評估間距0.5」，可以得到與1858個分析點「倍率因子2」相近的結果。

全域分析中，以均佈於整體區間的「間距取點法」可以得到較佳的分析結果。

表四 全域分析比較表

倍率取點法			間距取點法				
倍率 因子	探針 點數	共面度	分析 誤差	評估 間距	探針 點數	共面度	分析 誤差
2	1858	0.1130	0.0009	0.4	1650	0.1116	0.0005
3	1239	0.1103	0.0017	0.5	1357	0.1113	0.0008
4	929	0.1143	0.0022	0.6	835	0.1136	0.0015
5	744	0.1102	0.0019	0.7	798	0.1139	0.0018

根據未減化的3715探針所得之平面度誤差為0.1121。

(2) 區域分析

在區域分析中，由各子區域的平面度誤差所得之

「平均共面度」來表示評估平面的共面度值。為了觀察各區域的評估誤差，根據各區探針資料點減化前與減化後的平面度值計算出共面度「均方誤差」。

$$MSE = \sqrt{\sum_{i=1}^k (\delta_{o_i} - \delta_{r_i})^2 / k} \quad (15)$$

其中， δ_{o_i} 為第 i 個區域的減化前之平面度值， δ_{r_i} 為第 i 個區域的減化後的平面度值， $k=4$ 。**表五**、**表六** 分別列出兩種取點方法的區域分析的評估結果，可以歸納出下列幾項準則：

- 根據各子區域的平均共面度所得的分析誤差，也隨著點數的減少而增加。間距取點法的分析誤差較倍率取點法為大。
- 根據共面度均方誤差項，可以顯示出各子區域的評估靈敏度。當探針數目降至 800 以下時，均方誤差會有比較大幅的增加量。
- 表三** 未減化前四個子區域的共面度狀況最差者為 division-II (0.1162)，與**表五**與**表六** 中各子區域的共面度做比對發現：前三個因子的最惡者是一致的(表中灰色者)，當當探針數目降至 800 以下時，子區域的共面度也有了很大的誤差。

根據如上全域分析與區域分析的結果討論，本文認為應用逆向工法中資料點減化程序，可以成功的將本例中 3715 探針量測點減化至 835 點，得到足以參考的有效共面度值，大幅的降低量測工時與製造成本。

表五 倍率取點法區域分析結果

倍率因子	探針點數	四分法評估		平均共面度	分析誤差	共面度均方誤差
2	1858	0.1082	0.1138	0.1105	0.0010	0.0011
		0.1120	0.1081			
3	1239	0.1083	0.1135	0.1104	0.0011	0.0009
		0.1104	0.1093			
4	929	0.1079	0.1116	0.1094	0.0021	0.0013
		0.1081	0.1099			
5	744	0.1118	0.1138	0.1134	0.0019	0.0017
		0.1148	0.1131			
未減化	3715	0.1104	0.1162	0.1115	-	-
		0.1094	0.1099			

表六 間距取點法區域分析結果

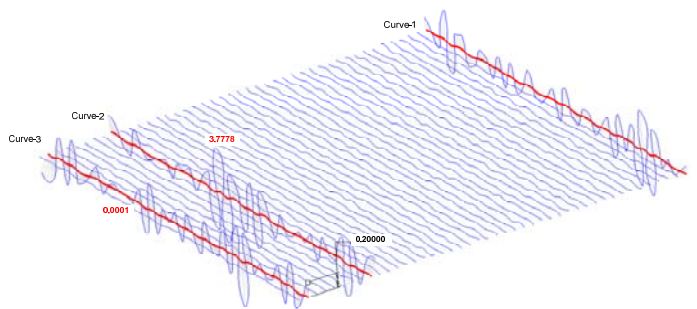
評估間距	點數	四分法評估		平均共面度	分析誤差	共面度均方誤差
0.4	1650	0.1095	0.1190	0.1116	0.0001	0.0008
		0.1083	0.1095			
0.5	1357	0.1084	0.1196	0.1123	0.0008	0.0012
		0.1086	0.1127			
0.6	835	0.1137	0.1188	0.1126	0.0011	0.0011
		0.1087	0.1090			
0.7	798	0.1076	0.1096	0.1124	0.0009	0.0029
		0.1149	0.1174			
未減化	3715	0.1104	0.1162	0.1115	-	-
		0.1094	0.1099			

3.5.4 逆向曲線/曲面 曲率分析

本文提出根據探針量測點重建 B-spline 曲線模型與 NUBS 曲面模型，並曲率做為共面度的評估依據。

(1) NUB 模型

圖九 為以 Pro/E wildfire v5.0 所建構完成的 B-spline 曲線模型，曲率愈接近於零小表示愈接近平面。圖中選取的三條線，分別為右邊界、曲率最大值 3.7778(左側算起第九條)、以及曲率最小值 0.0001(左側算起第二條)的曲率表示圖。由此 44 條 NUB 曲線所構成的模型，我們可以清楚的表示探針針尖表面的共面狀態。



圖九 NUB 曲線模型

(2) NURBS 模型

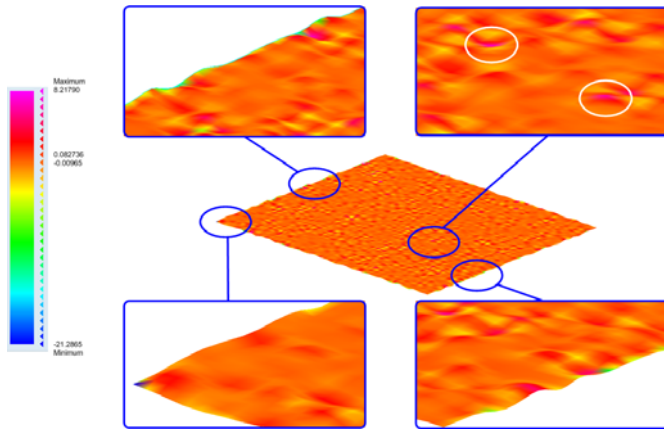
高斯曲率可以反映出曲面的彎曲程度，在三維 CAD 軟體中經常把「高斯曲率」做為分析曲面造型中內部曲面特性與連接情形的評估依據。當曲面的高斯曲率變化比較大的時候，表示曲面內部變化比較大，也就意味著曲面的光滑程度愈低；而兩個不連續的曲面如果在共同邊界上的高斯曲率發生突變，就表示兩個曲面的高斯曲率並不連續，說明兩個曲面並沒有達到 G2 的連續性。

圖十 為以 Pro/E Wildfire v5.0 所建構之 NURBS 曲面，最小高斯曲率為: -21.2865(圖中深藍色位置)、最大高斯曲率: 8.2179(圖中粉紅色位置)。負的高斯曲率表示它有內凹雙曲面的趨勢，發生在邊界位置；正的高斯曲率表示有外凸球面的傾向，多發生在探針卡內部曲域中(圖中白線框選處)；零高斯曲面則接近於平面，大部份的區域式接近於零的位置。了解了整個探針虛擬平面的狀態，對探針卡的維護會有很大的幫助。

3.5.5 效益分析

本文提出應用「逆向工程」之資料點減化程序，決定共面度的評估分析點，可以根據少量的探針點得到探針針尖平面的共面度。經過實驗的結果證明：在全域分析中，採用間距取點法比倍率取點法的共面度評估結果為佳。其次，在區域分析中，更可以看見各分區的平面狀態，當探針量測點減少至全點數的 1/4 以下時，子區域的共面度有較大的誤差發生。了解子區域的共面度狀態，有助於探針模組的製造與維修工作。

本研究所建立的探針面 NUB 曲線模型、NURBS 曲面模型，藉由幾何模型的曲率分析結果，更可以清楚的觀察到探針測試面的曲面趨勢，得到以曲率表現的共面度評估模式。本計畫的完成將可提供微探針模組共面度檢測的完整方案。



圖十 NUBS 曲面模型

四、計畫成果自評

本計畫完成了以下幾件研究項目：

- (1) 建立應用非接觸式的影像量測方法測定微探針模組針尖高度的量測模式。
- (2) 建立「最小平方法」之共面度誤差評估程式。
- (3) 完成「倍率取點法」與「間距取點法」兩種探針資料點減化程式。
- (4) 建構探針模組的探針群的針尖 NUB 曲線模型與 NURBS 曲面模型。
- (5) 提出根據曲率方法評估共面度誤差的分析模式。

五、參考文獻

- [1] A. R. Comeau and N. Naduau, 1991, "Modeling the bending of probes used in semiconductor industry," IEEE Transactions on semiconductor manufacturing, Vol.4, No.2, pp.122-127.
- [2] J. J. Broz and R. M. Rincon, 1999, "Probe contact resistance variations during elevated temperature wafer test," IEEE International Test Conference, pp.396-405.
- [3] S. M. M. Takemoto, Y. K. Y. Deguchi, K. Miki and T. Nagata, 2000, "Highly reliable probe for wafer testing," IEEE Electronic Components and Technology Conference, pp.1152-1156.
- [4] D. Y. Chang and Jing-Tung Choi, 2008, "Geometric Parameter Design of a Cantilever Probing Needle used in Epoxy Ring Probe Card," Journal of Material Processing Technology, Vol.209, pp.38-50. NSC

93-2622-E-237-002-CC3.

- [5] K. F. Zimmermann, 1995, "SiProbe - A new technology for wafer probing," IEEE International Test Conference, pp.106-112.
- [6] S. Sasho and T. Sakata, 1996, "Four multi probing test for 16 bit DAC with vertical contact probe card," IEEE International Test Conference, pp.86-91.
- [7] Nicholas Sporck, 1997, "A new probe card technology using compliant microsprings," IEEE International Test Conference, pp.527-532.
- [8] Yanwei Zhang, Yongxia Zhang and R. B. Marcus, 1999, "Thermally actuated microprobes for a new wafer probe card," IEEE Journal of Microelectromechanical System, Vol.8, No.1, pp.43-49.
- [9] www.yokowo.co.jp
- [10] S.T. Huang, K.C. Fan, J.H. Wu, 1993, "A new minimum zone method for evaluating flatness errors", Precision Engineering, 15 (1), pp.25-32.
- [11] K.C. Fan, F.J. Shiou, 1997, "An optical flatness measurement system for medium-sized surface plates", Precision Engineering, 21, pp.102-112.
- [12] J.C. Su, C.K. Huang, Y.S. Tarn, 2006, "An automated flank wear measurement of microdrills using machine vision", Journal of Material Processing Technology, 180, pp.328-335.
- [13] K. Lee, J.C. Lin, S.M. Huang, R.Y. Jou, C.H. Chang, 2007, "A study of relationship between burr and clearance for micro punching dies", Journal of Chinese Society of Mechanical Engineers, 28(2), pp.123-130.
- [14] S.B. Dworkin, T.J. Nye, 2006, "Image processing for machine vision measurement of hot formed part", Journal of Materials Processing Technology, 174, pp.1-6.
- [15] Byoung K. Choi, 1991, Surface Modeling for CAD/CAM, Elsevier, Chap.2-4.

無研發成果推廣資料

98 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：張達元		計畫編號：98-2221-E-034-011-					
計畫名稱：微探針模組影像量測與共面度評估系統							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	預計發表國內研討會論文一篇。
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	1	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	原案申請碩士生獎助學金一名，因未得適當人選，聘任兩名大專生兼任助理協助計畫的執行。
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	預計發表國外期刊論文一篇。
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	無。
--	----

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

晶圓測試需要有微探針模組之探針卡做為測試機與焊墊間的接觸媒介，由於 IC 設計的複雜性提高、焊墊空間縮小，探針針尖群形成一高密度的探針面，它的平整性對測試結果的正確性影響很大，也就是「共面度誤差」。本文提出應用「逆向工程」之資料點減化程序，決定共面度的評估分析點，可以根據少量的探針點得到探針針尖平面的共面度。本文並提出曲域分析模式，了解子區域的共面度狀態，有助於探針模組的製造與維修工作。