



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201030357 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 08 月 16 日

(21)申請案號：098141872

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 08 日

(51)Int. Cl. : **G01R31/28 (2006.01)**

(30)優先權：2008/12/17 世界智慧財產權PCT/EP2008/010787  
組織

(71)申請人：惠瑞捷（新加坡）股份有限公司(新加坡) VERIGY (SINGAPORE) PTE. LTD. (SG)  
新加坡

(72)發明人：瑞弗亞 喬辰 RIVOIR, JOCHEN (DE)

(74)代理人：惲軼群；陳文郎

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：18 共 66 頁

(54)名稱

用以判定供檢測晶片上故障用之關聯值及用以判定晶片上位置的故障機率之方法與裝置  
METHOD AND APPARATUS FOR DETERMINING RELEVANCE VALUES FOR A DETECTION OF  
A FAULT ON A CHIP AND FOR DETERMINING A FAULT PROBABILITY OF A LOCATION ON  
A CHIP

(57)摘要

一種用於判定關聯值( $R(i,m)$ )之方法予以描述，每一關聯值表示一第一數目( $I$ )個輸入節點之一輸入節點( $i$ )與一第二數目( $M$ )個測量節點之一測量節點( $m$ )之一組合之一關聯以用於一晶片上一故障之一檢測，該方法包含下列步驟：在該第一數目( $I$ )個輸入節點處施加一第三數目( $K$ )次測試，其中該第三數目( $K$ )次測試之每一測試( $k$ )定義用於每一輸入節點( $i$ )之一測試輸入選擇( $U(k,i)$ )；測量關於該第三數目( $K$ )次測試之每一測試( $k$ )之在該第二數目( $M$ )個測量節點之每一個之一信號以獲得關於該第二數目( $M$ )個測量節點之每一測量節點( $m$ )之一第三數目( $K$ )個測量值，其中每一測量值( $Y(k,m)$ )與其被測量的該測試( $k$ )與其被測量處之該測量節點( $m$ )相關聯；判定該等關聯值( $R(i,m)$ )，其中每一關聯值基於關於該各個組合之輸入節點( $i$ )定義的該第三數目( $K$ )個測試輸入選擇( $U(k,i)$ )及與該各個組合( $i,m$ )之該測量節點( $m$ )相關聯之該第三數目( $K$ )個測量值( $Y(k,m)$ )之間的一關聯而計算。

1710：步驟

1720：步驟

1730：步驟

1710

在第一數目(I)個輸入節點處施加一第三數目(K)次測試，其中該第三數目(K)次測試之每一測試(k)定義用於每一輸入節點(i)之測試輸入選擇(U(k,i))

1720

關於該第三數目(K)次測試之每一測試(k)，測量在該第二數目(M)個測量節點之每一個之一信號，以獲得關於該第二數目(M)個測量節點之每一測量節點(m)之一第三數目(K)個測量值

1730

判定關聯值(R(i,m))，其中每一關聯值基於關於各個組合之該輸入節點(i)定義的該第三數目(K)個測試輸入選擇(U(k,i))與相關聯於該各個組合(i,m)之該測量節點(m)之該第三數目(K)個測量值(Y(k,m))之間的一相關而計算



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201030357 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 08 月 16 日

(21)申請案號：098141872

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 08 日

(51)Int. Cl. : **G01R31/28 (2006.01)**

(30)優先權：2008/12/17 世界智慧財產權PCT/EP2008/010787  
組織

(71)申請人：惠瑞捷（新加坡）股份有限公司(新加坡) VERIGY (SINGAPORE) PTE. LTD. (SG)  
新加坡

(72)發明人：瑞弗亞 喬辰 RIVOIR, JOCHEN (DE)

(74)代理人：惲軼群；陳文郎

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：18 共 66 頁

(54)名稱

用以判定供檢測晶片上故障用之關聯值及用以判定晶片上位置的故障機率之方法與裝置  
METHOD AND APPARATUS FOR DETERMINING RELEVANCE VALUES FOR A DETECTION OF  
A FAULT ON A CHIP AND FOR DETERMINING A FAULT PROBABILITY OF A LOCATION ON  
A CHIP

(57)摘要

一種用於判定關聯值(R(i,m))之方法予以描述，每一關聯值表示一第一數目(I)個輸入節點之一輸入節點(i)與一第二數目(M)個測量節點之一測量節點(m)之一組合之一關聯以用於一晶片上一故障之一檢測，該方法包含下列步驟：在該第一數目(I)個輸入節點處施加一第三數目(K)次測試，其中該第三數目(K)次測試之每一測試(k)定義用於每一輸入節點(i)之一測試輸入選擇(U(k,i))；測量關於該第三數目(K)次測試之每一測試(k)之在該第二數目(M)個測量節點之每一個之一信號以獲得關於該第二數目(M)個測量節點之每一測量節點(m)之一第三數目(K)個測量值，其中每一測量值(Y(k,m))與其被測量的該測試(k)與其被測量處之該測量節點(m)相關聯；判定該等關聯值(R(i,m))，其中每一關聯值基於關於該各個組合之輸入節點(i)定義的該第三數目(K)個測試輸入選擇(U(k,i))及與該各個組合(i,m)之該測量節點(m)相關聯之該第三數目(K)個測量值(Y(k,m))之間的一關聯而計算。

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明關於測試晶片或其它元件及診斷此等晶片或元件上的故障，例如在類比或射頻(RF)電路中。

### 【先前技術】

#### 發明背景

在一習知的方法中，電路行為針對於在程序參數之每一關聯結合下的每一可能故障被模擬且被儲存在一故障字典中。一診斷電路或受測元件(DUT)之測量與該故障字典中的所有項目相比，其中該故障字典之最相似的項目確認該診斷故障。此方法簡單易懂但需要大量的長時間執行模擬。而且，其需要模型化測試條件。一範例由F. Liu, S. O. Ozev: “Efficient Simulation of Parametric Faults for Multi-Stage Analog Circuits, ITC 2007”描述。

診斷故障之能力對於良率學習(例如提高生產良率)是必不可少的，但校正動作只在當一故障之實體本質是已知時是可能的。對比於數位系統之故障診斷，對於顯露為參數變化之故障，沒有實際方法是已知的，例如在類比或射頻(RF)電路中。

### 【發明內容】

本發明之實施例之目的是在大批量製造期間致能參數故障之一實際故障診斷。

本發明之實施例提供了用於判定關聯值 $R(i,m)$ 之一方法，每一關聯值表示一第一數目 $I$ 個輸入節點之一輸入節點

$i$ 與一第二數目 $M$ 個測量節點之一測量節點 $m$ 之一組合 $(i,m)$ 之一關聯用，以檢測一晶片上一故障，該方法包含以下步驟：在該第一數目 $I$ 個輸入節點處施加一第三數目 $K$ 次測試，其中該第三數目 $K$ 次測試之每一測試 $k$ 定義用於每一輸入節點 $i$ 之一測試輸入選擇 $U(k,i)$ ；測量關於該第三數目 $K$ 次測試之每一測試 $k$ 之在該第二數目 $M$ 個測量節點之每一個之一信號以獲得關於該第二數目 $M$ 個測量節點之每一測量節點 $m$ 之一第三數目 $K$ 個測量值，其中每一測量值 $Y(k,m)$ 與其被測量的該測試 $k$ 與其被測量處之該測量節點 $m$ 相關聯；判定該等關聯值 $R(i,m)$ ，其中每一關聯值基於關於該各個組合之輸入節點 $i$ 定義的該第三數目 $K$ 個測試輸入選擇 $U(k,i)$ 及與該各個組合 $(i,m)$ 之該測量節點 $m$ 相關聯之該第三數目 $K$ 個測量值 $Y(k,m)$ 之間的一相關而計算。

本發明之其它實施例提供了一種用於判定一晶片上一位置 $(x,y,z)$ 之一故障機率 $F(x,y,z)$ 之一方法，其包含以下步驟：判定關聯值 $R(i,m)$ ，每一關聯值表示一第一數目 $I$ 個輸入節點之一輸入節點 $i$ 與一第二數目 $M$ 個測量節點之一測量節點 $m$ 之一組合 $(i,m)$ 之一關聯用以檢測一晶片上一故障，判定關於該晶片之一第四數目 $P$ 條信號路徑之每一路徑 $p$ 之自該位置 $(x,y,z)$ 到該晶片之該第四數目 $P$ 條信號路徑之每一條之一距離，其中每一信號路徑 $p$ 自該第一數目 $I$ 個輸入節點之一輸入節點延伸到該第二數目 $M$ 個測量節點之一測量節點 $m$ ；基於把該等距離 $L((x,y,z),i,m,p)$ 添加到由該輸入節點 $i$ (各自路徑 $p$ 自其延伸)與該測量節點 $m$ (各自路徑 $p$ 延伸至

此)之組合之關聯值 $R(i,m)$ 加權的該第四數目 $P$ 條路徑之每一條而判定該故障機率 $F(x,y,z)$ 。

本發明基於以下發現：當一測量 $m$ 之一偏差相關於遍及一測試組之一輸入 $i$ 時，該已診斷的故障位置在輸入 $i$ 施加之位置 $A(i)$ 與該測量 $m$ 進行之位置 $B(m)$ 之間。此處假設輸入 $i$ 致敏該故障。

當輸入 $i$ 僅影響故障檢測性且當一信號圖為已知時，一診斷到的故障位置在經由 $A(i)$ 到 $B(m)$ 之一信號路徑上。

測量 $m$ 與輸入 $i$ 之所有相關 $C(i,m)$ 之疊加，由測量 $m$ 之全部偏差加權，降低了位置不確定性。

本發明之實施例不需要故障模型、詳細了解該元件、模型化測試及模擬。

對於某些實施例，只有該等輸入 $i$ 被施加的該等輸入節點之位置及該等測量 $m$ 被進行之該等測量節點 $m$ 需要被知道。

對於其它實施例，連接某些輸入節點 $i$ 與某些測量節點 $m$ 之該等信號路徑 $p$ 之位置是額外已知的。此等實施例致能該晶片之一故障電路元件之一精確自動局部位。

#### 圖式簡單說明

本發明之實施例結合附圖在下文予以描述：

第1圖顯示了一射頻收發器之一電路圖。

第2圖顯示了視該第一數位至類比轉換器 $DAC\_I$ 與該第一低通濾波器 $LP-TI$ 之輸入選擇而定的該第一混合器 $Mx\_TI$ 處之測量值之一示範性表。

第3圖以一封裝設計系統形式顯示了根據第1圖之一電路之一透視圖。

第4圖顯示了由本發明之一實施例產生之示範性輸入選擇 $U(k,i)$ 與相對應的測量值 $Y_d(k,m)$ 。

第5圖顯示了包含所有可能輸入選擇 $U(k,i)$ 組合之一示範性輸入表及包含由本發明之一實施例產生之隨機輸入選擇 $U(k,i)$ 之一第二輸入表。

第6圖顯示了第4圖之該輸入選擇表之以一枚舉形式之第4圖示範性輸入表及由本發明之一實施例產生之遍及 $D$ 個元件之如第4圖所示之該等相對應的測量之偏差 $\mu_Y(k,m)$ 。

第7圖顯示了第2圖之該表，其包含用於一故障元件之另外的示範性測量值。

第8圖顯示了第4圖之該等示範性輸入選擇 $U(k,i)$ 及由本發明之一實施例產生之該故障元件之測量值 $Y(k,m)$ 。

第9圖顯示了得自第8圖之該等輸入選擇 $U(k,i)$ 之正規化輸入選擇 $V(k,i)$ 及得自第8圖之該等測量值 $Y(u,m)$ 之正規化偏差值 $Z(k,m)$ 。

第10圖顯示了由本發明之一實施例產生之一示範性關聯矩陣 $R(i,m)$ 。

第11圖顯示了第3圖之該透視圖及一位置(450,500,0)到自該第一刺激節點DAC\_I到該第三測量節點PA之信號路徑之一距離 $L$ 。

第12圖顯示了由具有信號路徑之知識之本發明之一實施例產生之一示範性故障位置機率表示。

第13圖顯示了用於找到一信號路徑中的路徑之一實施例之一演算法之一虛擬碼。

第14圖顯示了一位置 $x$ 及其到一信號路徑之一線段之距離 $d$ 。

第15圖顯示了用於用以計算自一位置到一多邊形之最近距離之本發明之實施例之演算法及用於計算一位置到一線段之距離之虛擬碼。

第16圖顯示了不具有信號路徑之位置之知識之由本發明之一實施例產生之一示範性故障位置機率。

第17圖顯示了用於判定用以檢測一晶片上一故障之關聯值 $R(i,m)$ 之一方法之一實施例之一流程圖。

第18圖顯示了用於判定一晶片上一位置之一故障機率之一方法之一實施例之一流程圖。

### **【實施方式】**

下文中，相同的參考數字將用在不同的圖式中用於指相同的特徵或相似功能的特徵。

在此申請案之脈絡中，兩種類型之輸入或測試輸入被區分為：“刺激”及“條件”。刺激典型地“刺激”或產生一信號以致敏一潛在故障。

刺激可以是例如：

- 供應電壓，例如Vdd
- 外部波形發生器
- 內部數位至類比轉換器(DAC)。

內部或外部提供該等刺激之位置被稱為刺激節點。



該第二類型的輸入一條件，藉由影響自一刺激節點到一測量節點之一信號路徑上之一信號而影響故障檢測性。

條件可以是例如：

- 增益或濾波器設定
- 數位調諧字
- 旁路模式
- 信號路徑選擇、切換
- 校正DAC，例如偏移校正
- 溫度

此等條件輸入被施加之位置處被稱為條件節點或者大體上輸入節點。刺激節點與條件節點兩者都還被稱為輸入節點。而且，刺激還被稱為刺激輸入、刺激輸入選擇或信號，及條件還被稱為條件輸入、輸入選擇或參數，其中刺激與條件大體上都還被稱為輸入、測試輸入或測試輸入選擇。用語“選擇”只表示典型地此等輸入選取或挑選自多個可能輸入。

該等刺激與條件可被模型化為例如下面中的一個：

- 浮點數，例如供應電壓，
- 整數，例如DAC碼字，
- 布林，
- 枚舉型，例如快正弦、慢正弦或斜坡函數之刺激，其中該等枚舉型被模型化為相同位置處之多個布林輸入。

應當注意的是，波形典型地被模型化為來自可得波形之選擇，例如上述枚舉類型而不是陣列。

該等測量執行之位置或者換句話說信號值被測量之位置被稱為測量節點。

每一測量被模型化為一數量浮點數。擷取於針對該等枚舉輸入類型解釋之一個擷取的波形之例如THD及SINAD之多個特性視為相同位置(分別在相同測量節點處)之多個測量。

範例為：

- 外部供應電流測量，例如I<sub>ddq</sub>
- 內置電流或電源或速度感測器
- 來自一擷取波形之THD值
- 超範圍檢測：“是”=+1或“否”=-1。

第1圖顯示了具有4個輸入或輸入節點及8個測量或測量節點之一射頻(RF)收發器電路之一示範性圖式。收發器100之發送器或發送器部分110包含用於將數位I-信號轉換為類比I-信號之一第一數位至類比轉換器DAC-I 112、用於將數位Q-信號轉換為類比Q-信號之一第二數位至類比轉換器DAC-Q 114、一鎖相迴路PLL 116、用於該類比I-信號之低通濾波之一第一低通濾波器LP\_TI 118、用於該Q-信號之低通濾波之一第二低通濾波器LP\_TQ 120、一移相器122、一第一混合器M<sub>x</sub>-TI 124、一第二混合器M<sub>x</sub>-TQ 126、一求和器S 128及一功率放大器PA 130。

該接收器或接收部份140包含一低雜訊放大器LNA 142、一第二鎖相迴路144、一第二移相器146、一第三混合器M<sub>x</sub>-RI 148、一第四混合器M<sub>x</sub>-RQ 150、用於將一類比I

信號轉換為一數位I信號之一第一類比至數位轉換器ADC-I 152及用於把一類比Q信號轉換為一數位Q信號之一第二類比至數位轉換器ADC-Q 154。

而且，該收發器電路100包含一衰減器元件Att 160。

第1圖中的箭頭顯示了來自該收發器電路100之不同電路元件之該等信號路徑及各個信號流動之方向。

從第1圖中可看出，該第一數位至類比轉換器DAC-I 112之一輸出埠連接到該第一低通濾波器LP\_TI 118之一輸入埠，該第二數位至類比轉換器DAC-Q 114之一輸出埠連接到該第二低通濾波器LP\_TQ 120之一輸入埠，該鎖相迴路116之一輸出埠連接到該移相器122之一輸入埠，及該第一低通濾波器LP\_TI 118之一輸出埠與該移相器122之一 $0^\circ$ 輸出埠連接到該第一混合器Mx-TI 124之輸入埠，該第二低通濾波器LP\_TQ 120之一輸出埠與該移相器122之一 $90^\circ$ 輸出埠連接到該第二混合器Mx-TQ 126之輸入埠，該第一混合器Mx-TI 124之一輸出埠與該第二混合器Mx-TQ 126之一輸出埠連接到該求和器S 128之輸入埠，該求和器128之一輸出埠連接到該功率放大器130之一輸入埠，及提供發送信號TX之該功率放大器130之一輸出埠連接到該衰減器元件160。

可從第1圖中進一步看出，提供該接收信號RX之該衰減器元件160連接到低雜訊放大器142之一輸入埠，該低雜訊放大器142之一輸出埠連接到該第三混合器Mx-RI 148之一輸入埠且連接到該第四混合器Mx-RQ 150之一輸入埠，

該第二鎖相迴路PLL 144之一輸出埠連接到該第二移相器146之一輸入埠，該第二移相器146之相位之一 $0^\circ$ 輸出埠連接到該第三混合器148之另一輸入埠，該第二移相器146之一 $90^\circ$ 輸出埠連接到該第四混合器150之另一輸入埠，該第三混合器148之一輸出埠連接到該第三低通濾波器152之一輸入埠，該第四混合器150之一輸出埠連接到該第四低通濾波器LP\_RQ 154之一輸入埠，該第三低通濾波器152之一輸出埠連接到該第一類比至數位轉換器ADC-I 156且該第四低通濾波器LP\_RQ 154之一輸出埠連接到該第二類比至數位轉換器ADC-Q 158之一輸入埠。

此外，在第1圖中，顯示了四個範例性輸入節點，見第1圖中虛線圓圈中的數字1到4，其在該描述內將還被稱為第一到第四輸入節點或者1''到4''。顯示在第1圖中的8個測量節點，見虛線四邊形中之數字1到8，其在下面的描述中將還被稱為第一到第八測量節點或者1'到8'。

該等輸入節點1''及2''為刺激節點，其中該輸入節點1'之位置對應於該第一數位至類比轉換器DAC-I 112之該輸出埠之位置或者更普遍地可對應於該第一數位至類比轉換器DAC-I 112本身之位置，及該第二輸入節點2''之位置對應於該第二數位至類比轉換器DAC-Q 114之輸出埠之位置或更普遍地可對應於該第二數位至類比轉換器DAC-Q 114本身之位置。該等輸入節點3''及4''為條件節點，其中該輸入節點3''之位置對應於該第一低通濾波器118之位置，且其中該輸入節點4''之位置對應於該第二低通濾波器120之位置。

該測量節點1'之位置對應於該第一混合器124之該輸出埠之位置或該第一混和器124本身之位置，該第二測量節點2'之位置對應於該第二混合器之該輸出埠或該混合器126本身之位置，該第三測量節點3'之位置對應於該功率放大器130之該輸出埠之位置或該功率放大器130本身之位置。該第四測量節點4'之位置對應於該低雜訊放大器142之該輸出節點之位置或該低雜訊放大器142本身之位置，該第五測量節點5'之位置對應於該第三混合器148之該輸出埠之位置或該第三混合器148本身之位置，該第六測量節點6'之位置對應於該第四混合器150之該輸出埠之位置或該第四混合器150本身之位置，該第七測量節點7'之位置對應於該第一類比至數位轉換ADC-I 156之該輸入節點之位置或該第一類比至數位轉換156本身之位置，及該第八測量節點8'之位置對應於該第二類比至數位轉換器ADC-Q 158之輸入埠之位置或該第二類比至數位轉換器158本身之位置。

換句話說，該等輸入節點與測量節點之每一個與該收發器電路之一特定電路元件相關聯，例如，該第一輸入節點與該第一數位至類比轉換器112相關聯。因此，促進了一故障電路元件之定位，如將在下面所描述者。

下文中，本發明之實施例基於第1圖中顯示的該收發器電路及進一步簡化假設將更詳細地予以解釋，該等進一步簡化假設即：該等數位至類比轉換器(DAC)112、114產生具有一振幅值“1”之1 MHz或10 MHz音調，該低通濾波器(LP)總是使1 MHz音調通過且只在一20 MHz模式時使一10

MHz音調通過，該第一混合器Mx-I 124與該第二混合器Mx-TQ 126對該等通過的音調之振幅求和。換句話說，在該第一與第二混合器124與126處，具有值0或1之一振幅之該等通過音調之振幅之和被測量，可在第2圖中看到。在該功率放大器PA 130處，由該第一及第二混合器124、126輸出的該等音調之振幅之和且藉由2除被測量。在其它所有的節點處，由於簡化的原因，與在該功率放大器130處測量的相同的測量值返回。

依賴於施加在該第一輸入節點1”之測試輸入，第2圖顯示了用於根據上述簡化的元件功能在該第一混合器Mx-TI 124之該輸出埠處測量的信號值之表，該第一輸入節點1”為一刺激節點，藉此由該第一數位至類比轉換器112產生的該1MHz或10MHz音調被施加，且其用於該第一低通濾波器LP-TI 118之兩種模式—施加該2 MHz或該20 MHz模式。可從第2圖看到，從該第一數位至類比轉換器112施加在該第一輸入節點1”之該1MHz音調未經減弱而通過，而當該第一低通濾波器LP-TI 118具有一20 MHz音調時該10 MHz音調未被減弱地通過(見在該第一混合器124測量的值“1”)及當該第一低通濾波器LP-TI 118在該2 MHz模式中時該10 MHz音調被完全阻擋(見在該第一混合器124測量的值“0”)。

第3圖顯示了根據第1圖之該收發器電路作為一“系統封裝”(SIP)實施之實現，該“系統封裝”(SIP)實施包含50  $\mu\text{m}$ 厚之一第一或底部晶片或晶粒及設置在該第一晶片各個晶粒之上面之一第二晶片或晶粒。從第3圖可看到，除該功率

放大器130、該低雜訊放大器142及該衰減器元件160外的所有電路元件安排在該第一或底部晶粒內，而該等前面提及的元件安排在該第二或上部的晶片內。

關於第3圖，29個節點 $n=1\cdots 29$ 已被定義為描述該等電路元件之位置及連接該等電路元件之該等信號路徑。因此，例如每一信號路徑可被描述為一個或多個連接的直線信號路徑段，每一個由兩個節點 $n=1\cdots 29$ 定義。換句話說，信號路徑段302可由節點16與節點17描述，及信號路徑段304由節點17與節點18描述。因此，該電路之曲線圖可由其信號路徑段或節點連接描述，例如 $\{\cdots, (16,17)(17,18)\cdots\}$ 。

可從第3圖進一步看到，該第一輸入節點1''與節點1相對應，該第二輸入節點2''與節點2相對應，該第三輸入節點3''與節點3相對應，該第四輸入節點4''與節點4相對應，該第一測量節點1'與節點5相對應，該第二測量節點2'與節點6相對應，該第一鎖相迴路PLL與節點7相對應，該第一移相器122與節點8相對應，該第三測量節點3'與節點13相對應，該第四測量節點4'與節點17相對應，該第五測量節點5'與節點22相對應，該第六測量節點與節點23相對應，該第七測量節點7'與節點26相對應，及該第八測量節點8'與節點27相對應。實施在該上部晶粒上的該收發器電路100之電路部分藉由由節點11與12定義的一上鏈與由節點18與19定義的一下鏈連接到實施在該底部晶粒上的該收發器電路之電路部分。

本發明之某些實施例包含提供下面的資訊以執行診斷

或診斷演算法：

- a) 關於節點之比如該節點之名稱及位置之資訊，例如，對於節點 $n=9$ ：名稱：DAC-I，位置： $(600,400,0)$ ；
- b) 關於輸入( $i=1\dots 4$ )之比如節點編號及刺激或條件選擇之資訊，例如，對於輸入 $i=3$ ：節點： $n=3$ ，選擇 $\{2\text{ MHz}, 20\text{ MHz}\}$ ；
- c) 關於測量( $m=1\dots 8$ )之比如測量索引及節點編號或節點索引之資訊，例如對於 $m=8$ ：節點：27；
- d) 關於曲線圖與該等節點連接之資訊，例如， $\{\dots, (16,17), (17,18), \dots\}$ 。

關於本發明之實施例，兩個階段即“元件特性描述”與“診斷”被區分開。下面，“元件特性描述”之階段將與以描述。

在該元件特性描述中，良好的元件，或者換句話說，沒有或具有不重要故障之元件藉由 $K$ 次測試被估計，每一測試在 $I$ 個輸入選擇 $U(k,i)$ ( $i=1\dots I, k=1\dots K$ )之習知組合下返回 $m$ 個測量值 $Y(k,m)$ ，其中 $m=1\dots M$ 。

下面，以矩陣形式之各種表將予以顯示及描述，例如，用於測試輸入選擇、測量值、測量誤差、相關值或關聯值。在此脈絡內，比如 $U(k,i)$ 之用語將用以指該矩陣或表之一單一元素，該單一元素及該單一元素之各自的位置由其列或線索引 $k$ 及其行索引 $i$ 定義，及 $U$ 或 $U_{K \times I}$ 將用以指該表或矩陣本身， $K$ 指定該等列或線之數目及 $I$ 指定該矩陣之行之數目。

第4圖之左手邊顯示了用於根據第1圖及基於第1圖與



第2圖之進一步簡化描述的假設之該收發器電路之一示範性測試輸入矩陣 $U$ 。該測試輸入矩陣 $U$ 或 $U_{k \times I}$  410是一 $K \times I$ 階矩陣，其中 $K$ 是測試之數目及 $I$ 是不同輸入節點之數目。還可被稱為測試輸入方案或策略410之該測試輸入矩陣矩陣 $U$  410為該四個( $I=4$ )輸入節點及16次( $K=16$ )測試定義了如基於第2圖所描述之可能選擇之一個選擇或選取。該測試輸入矩陣 $U$  410之每一行 $i$ 指定在 $K=16$ 次測試期間施加到一特定輸入節點之該等輸入選擇。該測試輸入矩陣 $U$  410之每一列或線 $k$ 為該等各個測試之每一個指定施加到該等 $I=4$ 個輸入節點之輸入選擇。

在第4圖之右手邊，顯示測量矩陣 $Y_d$  460，其包含用於 $K=16$ 次測試之每一次測試之在 $M=8$ 個測量節點之每一個測量節點測量的信號值。該測量矩陣 $Y_d$  460之每一行 $m$ 包含該等 $K=16$ 次測試之每一次在各個測量節點 $m$ 測量的信號值。該測量矩陣 $Y_d$  460之每一列 $k$ 包含用於該等 $K=16$ 次測試之一特定測試 $k$ 之在該等 $M=8$ 個不同的測量節點處測量的信號值。

換句話說，一測試輸入方案或一短輸入方案 $U_{K \times I}$  410包含 $K$ 次測試，參閱該矩陣之該等列，其中 $K$ 次測試之每一測試 $k$ 為 $I$ 個輸入節點之每一輸入節點 $i$ 指定 $J$ 個可能輸入選擇之一輸入選擇 $j$ ，其中輸入選擇 $j$ 是包含在由該測試索引與該輸入索引 $i$ 指定的該矩陣元素中的內容。

返回第4圖之右手邊，該等測量或測量值 $Y_d(k,m)$ 還可以以一測量表或矩陣 $Y_{K \times M}$ (分別是 $Y_d$ )460之形式表示，其包

含關於該等K次測試之每一測試k(見該矩陣之列)之在該等M個測量節點之每一測量節點m測量的信號值(見該矩陣之行)。換句話說，該測量矩陣 $Y_d$ 包含關於由該測試索引k表示的每一測試(該矩陣之列)且關於由該測量索引m(見該矩陣之行)表示之該等測試節點之每一個之在該測試k期間在該各個測量節點m處測量的該各個信號值。

為了更簡單地理解，第4圖中顯示了從1到16之測試索引k，然而其替代該等輸入索引i與該等測量索引m，根據第1圖之各個電路元件予以顯示。

例如，對於測試 $k=1$ ，兩個數位至類比轉換器DAC-I與DAC-Q施加一1 MHz音調作為輸入選擇，且兩個低通濾波器LP-TI與LP-TQ都以或施加該2 MHz模式作為輸入選擇，因此該等1MHz信號通過該等兩個低通濾波器而未減弱。由於該被測裝置是沒有故障之一“良好裝置”，在測量節點1'(相對應的Mx-TI)與測量節點2'(相對應的Mx-TQ)處，該信號值“1”被測得。該功率放大器PA測量由該等兩個混合器Mx-TI與Mx-TQ提供的該等值之和除以2，因此在節點3'處值“1”也被測得。如前面所述，出於簡化的原因，在其它測量節點處之所有其它測量返回和該功率放大器PA相同的值，如對於該測量矩陣460之最上方列中的用於測試 $k=1$ 之測量值之可見者。

關於 $k=2$ ，該第一數位至類比轉換器DAC-I施加一10 MHz音調，該第二數位至類比轉換器DAC-Q施加一1 MHz音調，且關於測試 $k=1$ ，兩個低通濾波器LP-TI與LP-TQ施

加2 MHz模式作為輸入選擇。如基於第2圖所描述，該第一混合器Mx-TI過濾掉該10 MHz信號，且只有該第二混合器Mx-TQ把具有一信號值“1”之一信號傳到該求和器S 128與該功率放大器PA 130。該功率放大器PA測量該經過濾的信號之和除以2，因此在該第三測量節點PA，只有一值0.5被測得。後面的測量節點返回與該功率放大器PA相同的值即0.5。

關於 $k=16$ ，兩個數位至類比轉換器DAC-I與DAC-Q施加一10 MHz音調作為輸入選擇及兩個低通濾波器LP-PI與LP-TQ施加20 MHz模式作為輸入選擇，因此兩個10 MHz信號被傳到該等兩個混合器Mx-TI與Mx-TQ，在此情況下在每一混合器處且因此也在該功率放大器PA處該信號值“1”被測得。(見第4圖：20 MHz LP濾波器通過10 MHz音調)。

該等測試輸入選擇 $U(k,i)$ 或輸入方案 $U$ 可由測試工程師基於例如經驗、關於典型關鍵路徑或電路元件之知識定義或者可按照一自動測試程式生成(ATPG)之意義自動生成。此等自動生成或被選擇的輸入選擇可基於隨機選擇，例如見第5圖之右手邊上的測試輸入選擇 $U(k,i)$ ，或其可包括測試輸入選擇之所有可能的組合，見第5圖之左手邊上之範例 $U(k,i)$ 。在該等測試輸入選擇之自動生成內，非法的、無意義的或重複的組合可被刪除。

在其它實施例中，一第一組測試可由測試工程師產生且接著由一第二組自動生成的輸入選擇增進以以一有效的方式產生一完整的測試方案。

在特性化期間的下一步驟中，用於來自一統計學上充足的大量裝置D之所有 $K \times M$ 個測量之平均值 $\mu_Y(k,m)$ 與標準差 $\sigma_Y(k,m)$ 被收集或判定，其中用於特性化之每一個別裝置由 $d=1 \dots D$ 索引。

第6圖在右手邊顯示了示範性平均數測量 $\mu_Y(k,m)$ ，其可與基於第4圖描述的該個別測量矩陣 $Y_{K \times M}$ 相似的一平均數測量矩陣 $\mu_{Y,K \times M}$ 之形式表示。在該特性化期間出於統計學評價之目的，裝置d之此等個別測量矩陣將還被稱為 $Y_d(k,m)$ 。

換句話說，該平均數測量矩陣 $\mu_Y$ 包含關於該等K次測試之每一個之藉由在該等D個良好裝置上施加相同的輸入方案 $U(k,i)$ 獲得的該等M個測試節點之每一測試節點m之一平均數信號值(見該矩陣之列)。為了簡化起見，所有的 $K \times M$ 個標準差被假設為 $\sigma_Y(k,m)=0.1$ 。

在第6圖之左手邊，顯示了第4圖之該測試輸入方案U 410之一可選擇表示，其中替代該等不同輸入選擇之文字或編號表示，一索引或枚舉類型之表示被使用。關於該等兩個刺激節點DAC-I與DAC-Q,索引j=1表示該1 MHz音調，及索引j=2表示該10 MHz音調。關於該等條件節點LP-TI與LP-TQ，索引j=1表示該2 MHz模式及索引j=2表示該20 MHz模式。

該輸入方案之一枚舉或索引表示之優點是不僅個別的信號值可使用，而且比如快正弦、慢正弦或斜坡函數之波形可使用。

在下一階段，在連續或大量生產期間，潛在故障裝置(還可稱為受測元件(DUT))之該“診斷”或測試予以解釋。

下面，出於說明之目的，假設一受測元件(DUT)故障在於該第一低通濾波器LP-TI在-20 MHz模式下只通過該10 MHz音調之該振幅之一半。所有其它的測量等於經特性化的平均數或換句話說等於在特性化期間獲得的平均值且在此範例中沒有假設隨機偏差。

在第7圖中，在用於“沒有故障”之元件之該第一測量節點Mx-TI處之測量值顯示在該逗號之左手邊，而用於具有上述“故障”之上述缺陷元件之測量值顯示在該逗號之右手邊。用於“沒有故障”之該等測量值與第2圖中顯示的該等值相對應。可從第7圖中看到，該故障僅出現在該第一刺激節點DAC-I施加該10 MHz音調及該第一條件節點LP-TI施加該20 MHz模式之情況中。換句話說，該故障藉由該第一輸入節點DAC-I施加該第二輸入選擇被覺察且只在該第一條件節點LP-TI施加該第二輸入選擇之情況下是可檢測的。此在10 MHz處-6dB之故障還顯示在第1圖中(見第1圖中的星形標記及參考標記710)。

關於該故障元件之診斷測試，該等相同 $K \cdot M$ 的測量 $Y(k,m)$ 取自該故障診斷電路或受測元件。

在第8圖之左手邊，顯示了已用於該特性化之該輸入方案U。在第8圖之右手邊，顯示了該故障元件之測量 $Y(k,m)$ 。可從該測量矩陣看到，故障出現在測試 $k=6$ 、 $k=8$ 、 $k=14$ 及 $k=16$ ，例如在測試 $k=16$ 中，該第一刺激節點DAC-I施加該

10 MHz音調及該第一條件節點LP-TI施加該20 MHz模式，在此情況下該10 MHz音調應當正常地通過而不減弱。然而，該故障20 MHz LP濾波器LP-TI只通過該10 MHz音調之一半，可從用於第16次測試之該第一測量節點M<sub>X</sub>-TI處之測量值即Y(16,1)=0.5看出。該第二測量節點M<sub>X</sub>-TQ處之測量不受該故障之影響，因為到此測量節點，該第一刺激節點與該第二刺激節點之信號在不同且獨立的路徑上。然而，從該第三測量節點即該功率放大器PA開始，該調整過的I-信號與Q-信號被求和，且因此該有故障的第一低通濾波器LP-TI造成該測量信號值之一偏差，然而該測量值Y(16,3)=0.75與該正確值“1”之偏差較小。

在某些實施例中，測量與輸入在藉由正規化與其標準差之偏差而在相關之前是可比較的。該等輸入方案之輸入U(k,i)被正規化為與所有測試k(1...K)之其標準差之偏差。該正規化的輸入方案V<sub>K×I</sub>可被預先計算為該特性化之部分。V(k,i)為該等正規化的輸入選擇。

$$\mu_U(i) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K U(k,i)$$

$$\sigma_U(i) = \frac{1}{K} \sqrt{\sum_{k=1}^K (U(k,i) - \mu_U(i))^2}$$

$$V(k,i) = \frac{U(k,i) - \mu_U(i)}{\sigma_U(i)}$$

該受診斷元件之Y<sub>K×M</sub>之測量Y(k,m)被正規化為與其所有元件d=1...D之標準差之偏差，其用於該特性化。用於所有D個元件之在每一測試k下每一測量節點m之該預期或平

均測量值 $\mu_Y(k,m)$ 及該對應的標準差 $\sigma_Y(k,m)$ 還可作為該特性化之部分被預先計算，類似於 $\mu_U$ 、 $\sigma_U(i)$ 及 $V(k,i)$ 。

$$\mu_Y(k,m) = \frac{1}{D} \sum_{d=1}^D Y(k,m)$$

$$\sigma_Y(k,m) = \frac{1}{D} \sqrt{\sum_{d=1}^D (Y_d(k,m) - \mu_Y(k,m))^2}$$

$$Z(k,m) = \frac{Y(k,i) - \mu_Y(k,m)}{\sigma_Y(k,m)}$$

換句話說，具有其正規化測量值 $Z(k,i)$ 之正規化測量值矩陣 $Z_{k \times I}$ 包含關於該受診斷元件之其測量值與在該特性化期間獲得的各個平均值或預期值之偏差，其中該偏差藉由在該特性化期間獲得的標準差被額外正規化。

第9圖在其左手邊顯示了具有正規化輸入選擇 $V(k,i)$ 之正規化輸入方案 $V$ ，及在右手邊顯示了根據上述的方程式與假設之正規化測量 $Z(k,m)$ 。從該正規化標準差矩陣 $Z$ 可清楚的看到，該矩陣 $Z$ 僅對於四個測試 $k=6、8、13$ 及 $16$ 包含不等於0的偏差值。

根據本發明，當正規化輸入 $V(k,i)$ 與測量偏差 $Z(k,m)$ 強烈關聯時且當該等測量偏差 $Z(k,m)$ 大時，一輸入 $i$ 對於該測量 $m$ 處之一故障檢測是相關聯的。

為了決定第10圖中顯示的相關測量或關聯值 $R(i,m)$ ，本發明之某些實施例適用於首先根據下面的方程式遍及所有的診斷測試 $k=1 \cdots K$ 計算輸入 $i$ 與測量 $m$ 之間的相關值 $C(i,m)$ ：

$$C(i,m) = \left| \sum_{k=1}^K V(k,i) \cdot Z(k,m) \right|, \quad i=1 \dots I, m=1 \dots M$$

輸入*i*到測量*m*之故障關聯 $R(i,m)$ 與該相關 $C(i,m)$ 成比例，該相關 $C(i,m)$ 具有正規化為該等測量偏差*m*之絕對值和之*C*之行之和。某些實施例如下計算各個相關矩陣 $R(i,m)$ ：

$$R(i,m) = C(i,m) \frac{\sum_{k=1}^K |Z(k,m)|}{\sum_{i=1}^I |C(k,m)|}, \quad i=1\dots I, m=1\dots M$$

第10圖中，顯示了用於該測量矩陣 $Y$ (各自的第9圖之正規化測量偏差矩陣 $Z$ )之關聯矩陣 $R$ 。該相關矩陣基於用於定義輸入*i*到測量*m*之故障關聯之該正規化相關之計算之上述兩個方程式被計算。從第10圖中可看到， $R(1,1)$ 與 $R(3,1)$ 是最大的關聯值。因此，該等兩對(DAC-I, M<sub>x</sub>-TI)與(LP-TI, M<sub>x</sub>-TI)最相關聯。在該功率放大器及後續的節點，結果只是該等兩個上述的輸入與測量組合之結果之50%。

一高故障關聯 $R(i,m)$ 指示一故障接近從輸入*i*到測量*m*或經過輸入*i*到測量*m*之該信號路徑之一高可能性。

晶粒位置( $x,y,z$ )之診斷故障機率 $F(x,y,z)$ (其還可稱為故障位置機率 $F(x,y,z)$ )與其距自輸入*i*到測量*m*之信號路徑*p*之加權距離*L*之和成比例，每一個藉由關聯 $R(i,m)$ 加權且被路徑 $P(i,m)$ 之數目除。

$$F(x,y,z) = \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^{P(i,m)} \frac{R(i,m)/P(i,m)}{1+L((x,y,z),i,m,p)/L_0}$$

$L((x,y,z),i,m,p)$ 是位置( $x,y,z$ )距自輸入*i*到測量*m*之第*p*個路徑之距離。該半衰長度 $L_0$ 是所需的位置解析度。

在第11圖中，顯示了關於一路徑*p*與一點離此路徑之一



距離之一範例。該等信號路徑從輸入節點 $i=1$ 開始到測量節點 $m=3$ ，且其由路徑索引 $p=1$ 描述。路徑 $p=1$ 經過節點 $\{1,3,5,9,11,12,13\}$ ，離位置 $(x,y,z)=(450,500,0)$ 之距離 $L$ 為 $L((x,y,z),i,m,p)=L((450,500,0),1,3,1)=100$ ，如第11圖所示。

該故障機率 $F(x,y,z)$ 針對於全部或至少所有關聯位置 $(x,y,z)$ 計算且例如可以以一色編碼故障位置機率分佈表示，其中不同的顏色分配給不同的故障位置機率。

在第12圖右手邊，替代一色編碼機率指示，四個不同故障位置機率範圍由四種不同的剖面線描繪。可從第12圖中看到，該故障位置機率關於沿著故障第三輸入節點LP-TI與該第一測量節點Mx-TI之間的該信號路徑之區域最大，且直到該第三測量節點PA仍然很高。

實施例促進可疑的設計結構之診斷。本發明之某些實施例不僅允許測試已知的設計結構而且測試例如易故障的第三方設計結構，諸如智慧財權(IP)方塊、放大器設計等。

而且，如第12圖所示的基於佈局之一保險絲設計視圖結合該故障機率視圖支持可人工“相關”以較快或較易地定位故障。

可選擇地，該等可疑設計結構之定位可藉由把特定設計結構之 $(x,y,z)$ 位置(例如第1圖之該收發器電路之電路元件)與故障位置機率 $(x,y,z)$ 相關而演算法地執行。沒有設計結構之區域包含值“0”且具有一設計結構之位置與值“1”相關聯。因此，如第12圖所示之故障位置機率分佈集中於實際電路元件之位置且最終在信號路徑上。最高的相關表示

最可疑的設計結構。

本發明之實施例支持不明顯的故障之診斷且不需要一實體故障分析。

第13圖顯示了透過從節點 $n1$ 到 $n2$ 之所有路徑之一定向圖形找到一圖形中的路徑之一遞歸搜索演算法。

基本上，該遞歸搜索演算法具有下列結構：

1. 以 $n=n1$ 開始。
2. 獲得連接到 $n$ 的所有節點。
3. 當沒有連接到 $n$ 的節點時停止。
4. 當只有一個連接的節點時，在2繼續連接的節點。
5. 當多個節點連接時，遞歸地聚集所有連接的子路徑。

到達一路徑之距離等於到從該路徑開始節點到該路徑終止節點之連續節點之間的任何該等線段之最近距離 $d$ 。

第14圖顯示了到由節點 $x1$ 與 $x2$ 指向的一線段之距離 $d$ 。

第15圖顯示了一搜尋演算法，用於決定從一 $n$ 維空間中的一點 $x$ 到一多邊形或一多邊形之一線段之最近距離。

本發明之某些實施例被實施以當該信號路徑未知時使用從輸入 $i$ 到測量 $m$ 之一成直線的信號路徑。從輸入 $i$ 到測量 $m$ 之一成直線的信號路徑之假設對於很多射頻電路來說是合理的。

第16圖顯示了當該信號路徑未知且不能用於決定到該信號路徑之距離時用於診斷根據第1圖與第3圖之該故障射頻收發器之該故障位置機率分佈 $F(x,y,z)$ 。如前面所提及，在此情況下，成直線的信號路徑可假設在輸入 $i$ 與測量 $m$ 之

間。該距離 $L((x,y,z),i,m,p)$ 與其故障位置機率 $F(x,y,z)$ 基於此等成直線的路徑被計算。可在第16圖中看到，該故障位置機率 $F(x,y,z)$ 關於該故障第三輸入節點LP-TI是最高的。此還證明了在不知道該信號路徑之情況下，該故障位置之有益指示可藉由本發明之實施例獲得。

第17圖顯示了用於判定關聯值 $R(i,m)$ 之一方法之一實施例之一流程圖，每一關聯值表示一第一數目 $I$ 個輸入節點之一輸入節點 $i$ 與一第二數目 $M$ 個測量節點之一測量節點 $m$ 之一組合 $(i,m)$ 之一關聯性，以用於檢測晶片上的一故障。該方法包含以下步驟：

步驟1710，在第一數目 $I$ 個輸入節點處施加一第三數目 $K$ 次測試，其中該第三數目 $K$ 次測試之每一測試 $k$ 定義用於每一輸入節點 $i$ 之測試輸入選擇 $U(k,i)$ 。

步驟1720，關於該第三數目 $K$ 次測試之每一測試 $k$ ，測量在該第二數目 $M$ 個測量節點之每一個之一信號，以獲得關於該第二數目 $M$ 個測量節點之每一測量節點 $m$ 之一第三數目 $K$ 個測量值，其中該 $K$ 次 $M$ 個測量值之每一測量值 $Y(k,m)$ 與其針對測量的測試 $k$ 與其測量處之測量節點 $m$ 相關聯。

步驟1730，判定關聯值 $R(i,m)$ ，其中每一關聯值基於關於各個組合之該輸入節點 $i$ 定義的該第三數目 $K$ 個測試輸入選擇 $U(k,i)$ 與相關聯於該各個組合 $(i,m)$ 之該測量節點 $m$ 之該第三數目 $K$ 個測量值 $Y(k,m)$ 之間的一相關而計算。

該方法之實施例可實施用以判定該關聯值之步驟

1730，使得關於該相關之計算，每一測量值 $Y(k,m)$ 關於相關聯於與該測量值 $Y(k,m)$ 相同的測試 $k$ 與測量節點 $m$ 之一平均值 $\mu_Y(k,m)$ 被正規化。

該方法之實施例子可進一步實施用以判定該關聯值之該步驟1730，使得關於該相關之計算，每一測量值 $Y(k,m)$ 關於相關聯於與該測量值 $Y(k,m)$ 相同的該測試 $k$ 與該測量節點 $m$ 之一標準差 $\sigma_Y(k,m)$ 被正規化。

本方法之實施例可實施用以判定該關聯值之該步驟1730，使得該正規化測量值 $Z(k,i)$ 如下被計算：

$$\mu_Y(k,m) = \frac{1}{D} \sum_{d=1}^D Y_d(k,m)$$

$$\sigma_Y(k,m) = \frac{1}{D} \sqrt{\sum_{d=1}^D (Y_d(k,m) - \mu_Y(k,m))^2}$$

$$Z(k,m) = \frac{Y(k,i) - \mu_Y(k,m)}{\sigma_Y(k,m)}$$

其中 $Y(k,m)$ 是與一測試 $k$ 與一測量節點 $m$ 相關聯之一測量值， $\mu_Y(k,m)$ 是在該特性化中獲得的所有 $D$ 個元件之測試 $k$ 與測量節點 $m$ 之期望或平均測量值，其中 $\sigma_Y(k,m)$ 是對於在該特性化期間獲得的所有 $D$ 個元件之測試 $k$ 與測量節點 $m$ 獲得的該測量值之標準差。

上述範例之可選擇方式是，實施例可被實施以以其他方式執行該正規化 $Z(k,m)$ ，例如該等測量值之正規化可包括計算該等測量值 $Y(k,m)$ 與其各自的平均值 $\mu_Y(k,m)$ 之差異及/或該等測量值或者上述差異除以各自的標準差 $\sigma_Y(k,m)$ 以提高該相關結果，或者可利用其他的演算法計算用於該

標準差之一平均值或相等物以獲得相同的結果。

該方法之實施例可進一步實施用以判定該關聯值之步驟1730，使得關於計算該相關，每一測試選擇 $U(k,i)$ 關於與該測試輸入選擇 $U(k,i)$ 相同的輸入節點 $i$ 相關聯之一平均值 $\mu_U(i)$ 被正規化，其中該平均值 $\mu_U(i)$ 是與該輸入節點 $i$ 相關聯的該第三多個 $K$ 次測試輸入選擇之一平均值。

該方法之實施例可進一步實施用以判定該關聯值之該步驟1730，使得關於計算該相關，每一測試輸入選擇 $U(k,i)$ 關於與與該測試輸入選擇 $(U(k,i))$ 相同的輸入節點 $i$ 相關聯的一標準差 $\sigma_U(i)$ 被正規化，其中該標準差 $(\sigma_U(i))$ 是與該輸入節點 $(i)$ 相關聯的該第三多個 $(K)$ 測試輸入選擇之一標準差。

該方法之實施例可實施用以判定該關聯值之步驟1730使得該正規化測試輸入選擇 $V(k,i)$ 如下計算：

$$\mu_U(i) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K U(k,i)$$

$$\sigma_U(i) = \frac{1}{K} \sqrt{\sum_{k=1}^K (U(k,i) - \mu_U(i))^2}$$

$$V(k,i) = \frac{U(k,i) - \mu_U(i)}{\sigma_U(i)}$$

其中 $U(k,i)$ 是與一輸入節點 $i$ 相關聯之測試輸入選擇， $\mu_U(i)$ 是經計算的關於輸入節點 $I$ 之所有 $K$ 個測試輸入選擇之平均值，且其中 $\sigma_U(i)$ 是關於輸入節點 $i$ 之所有 $K$ 個輸入選擇之輸入節點 $i$ 之標準差。

在可替代的實施例中，該等測試輸入選擇之正規化

$V(k,i)$ 可包括計算個別輸入選擇 $U(k,i)$ 與沿該測試輸入矩陣 $U$ 之各自行 $i$ 計算的該等各自的平均值 $\mu_U(i)$ 之間的差異及/或該等測試輸入選擇 $U(k,i)$ 或該等上述的差異除以沿該測試輸入矩陣 $U$ 之各自的行 $I$ 計算之各自的標準差 $\sigma_U(i)$ ，以改善該等相關結果，或可利用其它演算法以計算該標準差之一平均值或相等物以獲得相同的結果。

如前所述，該等平均值與該等標準差在該特性化階段可先被判定或先被計算，因此關於後面的診斷，此等預先計算的值可被提供以降低該診斷所需的處理電力。

該方法之實施例可實施用以判定該關聯值之步驟1730，使得由該相關獲得的該相關值 $C(i,m)$ 已是用於進一步診斷之關聯值 $R(i,m)$ ，而不需進一步計算。

該方法之實施例可實施用以判定該關聯值之步驟1730，使得該等相關值 $C(i,m)$ 如下計算：

$$C(i,m) = \left| \sum_{k=1}^K V(k,i) \cdot Z(k,m) \right|, \quad i=1\dots I, m=1\dots M,$$

其中 $i$ 是具有 $i=1\dots I$ 之輸入節點之索引， $m$ 是具有 $m=1\dots M$ 之測量節點之索引， $k$ 是具有 $k=1\dots K$ 之測試之索引，其中 $V(k,i)$ 是正規化至平均值 $\mu_U(i)$ 及標準差 $\sigma_U(i)$ 之測試輸入選擇 $U(k,i)$ ，該等平均值 $\mu_U(i)$ 及標準差 $\sigma_U(i)$ 係相關聯於對各自輸入節點 $I$ 之所有 $K$ 個輸入選擇所計算的相同輸入節點 $i$ ，及 $Z(k,m)$ 是正規化至平均值 $\mu_Y(k,m)$ 及標準差 $\sigma_Y(k,m)$ 之測量值 $Y(k,m)$ ，該等平均值 $\mu_Y(k,m)$ 及標準差 $\sigma_Y(k,m)$ 係相關聯於在特性化期間 $D$ 個測試所獲得的相同測試 $k$ 及相同測量節點

m。

該方法之實施例可實施用以判定該關聯值之步驟1730使得該故障關聯值 $R(i,m)$ 如下被判定：

$$R(i,m) = C(i,m) \frac{\sum_{k=1}^K |Z(k,m)|}{\sum_{i=1}^I |C(k,m)|}, \quad i=1\dots I, m=1\dots M$$

其中 $i$ 是具有 $i=1\dots I$ 之該等輸入節點之索引， $m$ 是具有 $m=1\dots M$ 之該等測量節點之索引， $k$ 是具有 $k=1\dots K$ 之該等測試之索引，其中 $Z(k,m)$ 是正規化至與其沿所有 $K$ 個測試輸入選擇之標準差之偏差之一測量值 $Y(z,m)$ ，且其中 $C(i,m)$ 是該受測元件之輸入節點 $i$ 與測量節點 $m$ 之間的相關值。

換句話說，實施例可適用於對每一測量 $m$ 計算每一輸入節點 $i$ 之一故障關聯 $R(i,m)$ ，其與該相關值 $C(i,m)$ 成比例，該相關矩陣 $C$ 之該等行和正規化為測量偏差 $m$ 之絕對值和。

大體來講，可替代的事實例可基於該等相關值 $C(i,m)$ 與一加權因數而適用於計算該等關聯值，其中該加權因數被計算使得其依賴於與該相同測量節點 $m$ 相關聯之該等 $K$ 個測量偏差 $Z(k,m)$ 之和及/或其越大，則與該相同測量節點 $m$ 相關聯的測量偏差 $Z(k,m)$ 越大，及/或其中該加權因數依賴於與該相同測量節點 $m$ 相關聯的相關值 $C(i,m)$ 之和及/或其越小，則與該相同的測量節點 $m$ 相關聯的相關值 $C(i,m)$ 越大。

可從第10圖看到，該關聯矩陣 $R$ 或甚至個別關聯值 $R(i,m)$ 已經可以提供至少減小該故障之局部化之充足資訊。

第18圖顯示了用於為一晶片上一位置判定一故障機率之一方法之一實施例之一流程圖。該方法包含以下步驟。

步驟1810，根據申請專利範圍第1項到第11項判定關聯值 $R(i,m)$ ，每一關聯值表示一第一數目 $I$ 個輸入節點之一輸入節點 $i$ 與一第二數目 $M$ 個測量節點之一測量節點 $(m)$ 之一組合 $(i,m)$ 之一關聯，以用於檢測一晶片上一故障。

步驟1820，判定關於該晶片之一第四數目 $P$ 條信號路徑之每一信號路徑 $p$ 之自該位置 $(x,y,z)$ 到該晶片之該第四數目 $P$ 條信號路徑之每一條之一距離 $L((x,y,z),i,m,p)$ ，其中每一信號路徑 $(p)$ 自該第一數目 $I$ 個輸入節點之一輸入節點 $i$ 延伸到該第二數目 $M$ 個測量節點之一測量節點 $m$ 。

步驟1830，基於把該等距離 $L((x,y,z),i,m,p)$ 添加到由該輸入節點 $i$ (各自路徑 $p$ 自其延伸)與該測量節點 $m$ (各自路徑 $p$ 延伸至此)之組合之關聯值 $R(i,m)$ 加權的該第四數目 $P$ 條路徑之每一條而判定該故障機率 $F(x,y,z)$ 。

該方法之實施例基於下面的演算法實施用以判定該故障機率 $F(x,y,z)$ 之步驟1830：

$$F(x,y,z) = \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^{P(i,m)} \frac{R(i,m)/P(i,m)}{1+L((x,y,z),i,m,p)/L_0} ,$$

其中 $(x,y,z)$ 是位置，其中 $i$ 是具有 $i=1\dots I$ 之輸入節點之索引， $m$ 是具有 $m=1\dots M$ 之該等測量節點之索引，其中 $P(i,m)$ 是從輸入節點 $i$ 到測量節點 $m$ 之路徑之數目，其中 $R(i,m)$ 是一輸入節點 $i$ 與一測量節點 $m$ 之組合 $(i,m)$ 之關聯值，其中 $L((x,y,z),i,m,p)$ 是自位置 $(x,y,z)$ 到自輸入節點 $i$ 到測量 $m$ 之該



第 $p$ 個路徑之距離，且其中 $L_0$ 是定義該位置解析度之半衰長度。

本發明之可選擇實施例可被實施以利用與上述的或修正演算法不同的演算法，例如沒有半衰減長度 $L_0$ 及/或沒有輸入節點及測量節點之相同組合之間的該路徑 $P(i,m)$ 數目之上述演算法。

在該等信號路徑之位置已知的情況下，該等發明之實施例可適用於利用此關於該距離 $L$ 之計算之資訊為每一輸入節點 $i$ 提供一位置資訊。例如，該等信號路徑之位置可藉由為該第四數目條路徑之每一路徑 $p$ 提供多個其它節點以定義該路徑 $p$ 之位置或該輸入節點 $i$ 之位置與該測量節點 $m$ 之位置之間的路徑段(見第3圖與第11圖)。

在該等電路元件之間的所有或一些信號路徑之位置未知的情況下，此等路徑 $p$ 可假設為定義該信號路徑之在該輸入節點 $i$ 之位置與該測量節點 $m$ 之位置之間的直線。

本發明之實施例可被實施以計算關於該晶片上所有或至少所有相關聯位置之該等故障位置機率以獲得如第12圖與第16圖所示之一故障位置分佈。例如這樣一色編碼表示還有該等電路元件之該等位置之表現，提供了用於局部化一晶片設計之故障或至少容易出錯區之一有用裝置。

本發明之實施例可被進一步實施以另外地把每一位置 $(x,y,z)$ 之該故障機率 $F(x,y,z)$ 與一位置指示符相關起來，該位置指示符具有用於該晶片之位置 $(x,y,z)$ 之不同值，例如“0”用於不具有電路元件之位置及“1”用於具有一電路元件

之位置，藉此將故障局部化集中在輸入節點、測量節點或信號路徑遭定位之位置。

判定描述用於一晶片之M個測量節點處之一故障檢測之I個輸入節點之一關聯之該等關聯值之一裝置之實施例包含用於接收該等測量值 $Y(k,m)$ 、用於接收該等期望或平均值 $\mu_Y(k,m)$ 、該標準差 $\sigma_Y(k,m)$ 及該等相對應的輸入選擇 $U(k,i)$ 或正規化輸入選擇 $V(k,i)$ 之至少一個輸入埠及用於提供至少該相關 $C(i,m)$ 或關聯值 $R(i,m)$ 之一輸出埠。其它實施例可包含至少一個額外的輸入埠，其用於把該等測試選擇 $U(k,i)$ 施加到該受測元件，或換句話說以把該裝置與該受測元件連接用於特性化及/或診斷。該裝置之其它實施例另外地被實施以基於該等輸入節點與測量節點之已知的位置判定一位置之該故障機率。本申請案之再其它實施例被實施以基於關於把該等輸入節點與該等測量節點連接之該等信號圖之一位置之額外知識判定該晶片上該位置之該故障機率。

適於判定該故障機率之該裝置之實施例還包含用於為一些或全部2維位置 $(x,y)$ 或三維位置 $(x,y,z)$ 提供故障機率之一輸出埠，例如如第12圖或第16圖所示。

該裝置之其它實施例還可被實施以藉由執行用於D個良好或基本良好元件之測試以計算該等期望值 $\mu_Y(k,m)$ 及該等標準差 $\sigma_Y(k,m)$ 及輸出用於正規化輸入選擇 $V(k,i)$ 之該等輸入選擇 $U(k,i)$ ，來執行該特性化。

適於執行該特性化之該裝置之實施例可包含用於定義該等輸入節點、測量節點及/或輸入選擇或自一組可用輸入

節點、測量節點及/或輸入選擇選擇某些輸入節點、測量節點及/或輸入選擇之用戶介面。本發明之其它實施例可適於自一組給定節點或範圍或者多組輸入選擇自動地選擇或選取輸入節點、測量節點及/或輸入選擇。

當該產品例如在預連續生產中被設計時，該“特性化”例如藉由開發或測試工程師基於測試真實元件(非模擬)而被執行。該等元件之“診斷”可在大量生產站處執行以控制該大量生產之品質及收益、分別控制該大量生產內的偏差或異常或藉由測試多個故障元件檢測設計缺點。

本發明之實施例可適於例如加入多個故障元件之每一位置之該等故障機率 $F(x,y,z)$ 以助於檢測該晶片或其電路組件之設計缺點。而且，易出錯原件庫組件可因而被檢測。例如如果該故障位置機率不僅關於一特定低通濾波器LP\_TI而且關於皆由該相同的原件庫組件定義的其它的低通濾波器LP\_TQ、LP\_RI、LP-RQ為高，一測試工程師可得出此組件或模組大體上易出錯。

本發明之實施例之優勢在於其簡單性，不需要模擬、不需要使用一晶片模擬模組、不需要模型化測試互動及不需要冗長的(故障)模擬。

而且，不需要假設故障模型，不需要了解關於該受測元件(DUT)與該測試之細節。此外測試組合可自動生成。

本發明之方式是通用的，因為該受測元件被模型化為具有一組輸入選擇 $U(k,i)$ 與一組輸出測量 $Y(k,i)$ 之一黑盒子。

本發明之實施例提供了用於藉由致能非射頻設備上大量多站晶圓測試及/或藉由允許該等射頻測試之性能測試延期到最終測試而提高用於PGD流程之晶圓測試之射頻覆蓋之裝置。

而且，實施例能夠在大批量生產期間診斷射頻電路中的設計缺點及/或診斷不明顯的缺陷或缺點。

雖然本發明之實施例已經予以描述，其中I個輸入(各個輸入節點)到M個測量(各個測量節點)之關聯已經判定，但可選擇的實施例可被實施以判定一單一輸入到一單一測量之一關聯、I個輸入到一單一測量之關聯或一單一輸入到M個測量之一關聯。

視該等發明性方法之實施態樣需求而定，該等發明性方法可實施於硬體或軟體中。該實施態樣可利用具有儲存於其中之一電子可讀控制信號之一數位儲存媒體而被實施，特別是一磁碟、CD或一DVD，其與一可規劃電腦系統合作使得本說明性方法之一實施例被執行。大體上，因此本發明之一實施例是具有儲存在一機器可讀載體上之一程式碼之一電腦程式產品，當該電腦程式產品執行於一電腦上時，該程式碼對於執行該等發明性方法是可操作的。換句話說，該等發明性方法之實施例因此是具有一程式碼之一電腦程式，當該電腦程式執行於一電腦上時，該程式碼用以執行該等發明性方法之至少一個之。

### 【圖式簡單說明】

第1圖顯示了一射頻收發器之一電路圖。

第2圖顯示了視該第一數位至類比轉換器DAC\_I與該第一低通濾波器LP-TI之輸入選擇而定的該第一混合器Mx\_TI處之測量值之一示範性表。

第3圖以一封裝設計系統形式顯示了根據第1圖之一電路之一透視圖。

第4圖顯示了由本發明之一實施例產生之示範性輸入選擇 $U(k,i)$ 與相對應的測量值 $Y_d(k,m)$ 。

第5圖顯示了包含所有可能輸入選擇 $U(k,i)$ 組合之一示範性輸入表及包含由本發明之一實施例產生之隨機輸入選擇 $U(k,i)$ 之一第二輸入表。

第6圖顯示了第4圖之該輸入選擇表之以一枚舉形式之第4圖示範性輸入表及由本發明之一實施例產生之遍及D個元件之如第4圖所示之該等相對應的測量之偏差 $\mu_Y(k,m)$ 。

第7圖顯示了第2圖之該表，其包含用於一故障元件之另外的示範性測量值。

第8圖顯示了第4圖之該等示範性輸入選擇 $U(k,i)$ 及由本發明之一實施例產生之該故障元件之測量值 $Y(k,m)$ 。

第9圖顯示了得自第8圖之該等輸入選擇 $U(k,i)$ 之正規化輸入選擇 $V(k,i)$ 及得自第8圖之該等測量值 $Y(u,m)$ 之正規化偏差值 $Z(k,m)$ 。

第10圖顯示了由本發明之一實施例產生之一示範性關聯矩陣 $R(i,m)$ 。

第11圖顯示了第3圖之該透視圖及一位置(450,500,0)到自該第一刺激節點DAC\_I到該第三測量節點PA之信號路徑

之一距離L。

第12圖顯示了由具有信號路徑之知識之本發明之一實施例產生之一示範性故障位置機率表示。

第13圖顯示了用於找到一信號路徑中的路徑之一實施例之一演算法之一虛擬碼。

第14圖顯示了一位置x及其到一信號路徑之一線段之距離d。

第15圖顯示了用於用以計算自一位置到一多邊形之最近距離之本發明之實施例之演算法及用於計算一位置到一線段之距離之虛擬碼。

第16圖顯示了不具有信號路徑之位置之知識之由本發明之一實施例產生之一示範性故障位置機率。

第17圖顯示了用於判定用以檢測一晶片上一故障之關聯值 $R(i,m)$ 之一方法之一實施例之一流程圖。

第18圖顯示了用於判定一晶片上一位置之一故障機率之一方法之一實施例之一流程圖。

### 【主要元件符號說明】

1~29...節點	116...鎖相迴路PLL
100...收發器、收發器電路	118...第一低通濾波器LP-TI
110...發送器或發送器部分	120...第二低通濾波器LP_TQ
112...第一數位至類比轉換器 DAC-I	122...移相器
114...第二數位至類比轉換器 DAC-Q	124...第一混合器Mx-TI
	126...第二混合器Mx-TQ
	128...求和器S

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| 130...功率放大器PA             | 158...第二類比至數位轉換器<br>ADC-Q                              |
| 140...接收器或接收器部分           | 160...衰減器元件Att   |
| 142...低雜訊放大器              | 410...矩陣U或 $U_{k \times I}$ 、測試輸入<br>方案或策略、測試輸入矩<br>陣U |
| 144...第二鎖相迴路PLL           | 460...測量表、矩陣 $Y_{K \times M}$ 、測量<br>矩陣 $Y_d$          |
| 146...第二移相器               | 710...星形標記、參考標記  |
| 148...第三混合器 $M_x$ -RI     | 1710、1720、1730、1810、1820、<br>1830...步驟                 |
| 150...第四混合器 $M_x$ -RQ     |  |
| 152...第三低通濾波器             |  |
| 154...第四低通濾波器LP_RQ        |  |
| 156...第一類比至數位轉換器<br>ADC-I |  |

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：98141872

※ 申請日：98.12.08

※IPC 分類：G01R 31/28 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

用以判定供檢測晶片上故障用之關聯值及用以判定晶片上位置的故障機率之方法與裝置

METHOD AND APPARATUS FOR DETERMINING RELEVANCE VALUES FOR A DETECTION OF A FAULT ON A CHIP AND FOR DETERMINING A FAULT PROBABILITY OF A LOCATION ON A CHIP

## 二、中文發明摘要：

一種用於判定關聯值( $R(i,m)$ )之方法予以描述，每一關聯值表示一第一數目(I)個輸入節點之一輸入節點(i)與一第二數目(M)個測量節點之一測量節點(m)之一組合之一關聯以用於一晶片上一故障之一檢測，該方法包含下列步驟：在該第一數目(I)個輸入節點處施加一第三數目(K)次測試，其中該第三數目(K)次測試之每一測試(k)定義用於每一輸入節點(i)之一測試輸入選擇( $U(k,i)$ )；測量關於該第三多次(K)測試之每一測試(k)之在該第二數目(M)個測量節點之每一個之一信號以獲得關於該第二數目(M)個測量節點之每一測量節點(m)之一第三數目(K)個測量值，其中每一測量值( $Y(k,m)$ )與其被測量的該測試(k)與其被測量處之該測量節點(m)相關聯；判定該等關聯值( $R(i,m)$ )，其中每一關聯值基於關於該各個組合之輸入節點(i)定義的該第三數目(K)個測試輸入選擇( $U(k,i)$ )及與該各個組合(i,m)之該測量節點(m)相關聯之該第三數目(K)個測量值( $Y(k,m)$ )之間的一關聯而計算。

## 三、英文發明摘要：

A method is described for determining relevance values ( $R(i,m)$ ), each relevance value representing a relevance of a combination ((i,m)) of an input node (i) of a first number (I) of input nodes with a measurement node (m) of a second number (M) of measurement nodes for a detection of a fault on a chip, the method comprising: applying a third number (K) of tests at the first number (I) of input nodes, wherein each test (k) of the third number (K) of tests defines for each input node (i) a test input choice ( $U(k,i)$ ); measuring for each test (k) of the third plurality (K) of tests a signal at each of the second number (M) of measurement nodes to obtain for each measurement node (m) of the second number (M) of measurement nodes a third number (K) of measurement values, wherein each measurement value ( $Y(k,m)$ ) is associated to the test (k) it was measured for and to each measurement node (m) it was measured at; and determining the relevance values ( $R(i,m)$ ), wherein each relevance value is calculated based on a correlation between the third number (K) of test input choices ( $U(k,i)$ ) defined for the input node (i) of the respective combination and the third number (K) of measurement values ( $Y(k,m)$ ) associated to the measurement node (m) of the respective combination (i,m).



## 七、申請專利範圍：

1. 一種用於判定關聯值( $R(i,m)$ )之方法，每一關聯值表示一第一數目(I)個輸入節點之一輸入節點(i)與一第二數目(M)個測量節點之一測量節點(m)之一組合((i,m))之一關聯，以用於一晶片上一故障之一檢測，該方法包含下列步驟：

在該第一數目(I)個輸入節點處施加一第三數目(K)次測試，其中該第三數目(K)次測試之每一測試(k)定義用於每一輸入節點(i)之一測試輸入選擇( $U(k,i)$ )；

測量關於該第三多次(K)測試之每一測試(k)之在該第二數目(M)個測量節點之每一個處之一信號，以獲得關於該第二數目(M)個測量節點之每一測量節點(m)之一第三數目(K)個測量值，其中每一測量值( $Y(k,m)$ )與其遭測量的該測試(k)與其遭測量之該測量節點(m)相關聯；

判定該等關聯值( $R(i,m)$ )，其中每一關聯值基於關於該各個組合之輸入節點(i)定義的該第三數目(K)個測試輸入選擇( $U(k,i)$ )及與該各個組合(i,m)之該測量節點(m)相關聯之該第三數目(K)個測量值( $Y(k,m)$ )之間的一相關而計算。

2. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中關於該相關之計算，每一測量值( $Y(k,m)$ )關於相關聯於與該測量值( $Y(k,m)$ )相同的測試(k)及相同的測量節點(m)之一平均值( $\mu_Y(k,m)$ )遭正規化。

3. 如申請專利範圍第1項或第2項所述之方法，其中關於該相關之計算，每一測量值( $Y(k,m)$ )關於相關聯於與該測量值( $Y(k,m)$ )相同的測試( $k$ )及相同的測量節點( $m$ )之一標準差( $\sigma_Y(k,m)$ )遭正規化。
4. 如申請專利範圍第1項到第3項之任一項所述之方法，其中關於該相關之計算，每一測試輸入選擇( $U(k,i)$ )關於相關聯於與該測試輸入選擇( $U(k,i)$ )相同的輸入節點( $i$ )之一平均值( $\mu_U(i)$ )遭正規化，其中該平均值( $\mu_U(i)$ )是與該輸入節點( $i$ )相關聯的該第三多個( $K$ )測試輸入選擇之一平均值。
5. 如申請專利範圍第1項到第4項之任一項所述之方法，其中關於該相關之計算，每一測試輸入選擇( $U(k,i)$ )關於相關聯於與該測試輸入選擇( $U(k,i)$ )相同的輸入節點( $i$ )之一標準差( $\sigma_U(i)$ )遭正規化，其中該標準差( $\sigma_U(i)$ )是與該輸入節點( $i$ )相關聯的該第三多個( $K$ )測試輸入選擇之一標準差。
6. 如申請專利範圍第1項到第5項之任一項所述之方法，其中該關聯值( $R(i,m)$ )是該相關值( $C(i,m)$ )。
7. 如申請專利範圍第1項到第6項之任一項所述之方法，其中該相關( $C(i,m)$ )如下遭計算：

$$C(i,m) = \left| \sum_{k=1}^K V(k,i) \cdot Z(k,m) \right|, \quad i=1\dots I, m=1\dots M,$$

其中  $i$  是具有  $i=1\dots I$  之該等輸入節點之索引， $m$  是具有  $m=1\dots M$  之該等測量節點之索引， $k$  是用於具有  $k=1\dots K$

之該等測試之索引，其中 $V(k,i)$ 是正規化至與該相同輸入節點 $i$ 相關聯之平均值( $\mu_U(i)$ )及/或標準差( $\sigma_{YU}(i)$ )之該等測試輸入選擇( $U(k,i)$ )，且 $Z(k,m)$ 是正規化至與該相同測試 $k$ 及該相同測量節點 $m$ 相關聯之該等平均值( $\mu_Y(k,m)$ )及/或標準差( $\sigma_Y(k,m)$ )之該等測量值( $Y(k,m)$ )。

8. 如申請專利範圍第7項所述之方法，其中該等正規化的測試輸入選擇 $V(k,i)$ 如下遭計算：

$$\mu_U(i) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K U(k,i)$$

$$\sigma_U(i) = \frac{1}{K} \sqrt{\sum_{k=1}^K (U(k,i) - \mu_U(i))^2}$$

$$V(k,i) = \frac{U(k,i) - \mu_U(i)}{\sigma_U(i)}$$

其中 $U(k,i)$ 是與一輸入節點 $i$ 相關聯的該等測試輸入選擇， $\mu_U(i)$ 是關於輸入節點 $i$ 之遍及所有 $K$ 個測試輸入選擇之該平均值，及其中 $\sigma_U(i)$ 是遍及用於輸入節點 $I$ 之所有 $K$ 個輸入選擇之關於輸入節點 $i$ (輸入選擇)之該標準差。

9. 如申請專利範圍第7項或第8項所述之方法，其中該正規化的測量值 $Z(k,i)$ 如下遭計算：

$$\mu_Y(k,m) = \frac{1}{D} \sum_{d=1}^D Y_d(k,m)$$

$$\sigma_Y(k,m) = \frac{1}{D} \sqrt{\sum_{d=1}^D (Y_d(k,m) - \mu_Y(k,m))^2}$$

$$Z(k,m) = \frac{Y(k,i) - \mu_Y(k,m)}{\sigma_Y(k,m)}$$

其中 $Y(k,m)$ 是與一測試 $k$ 及一測量節點 $m$ 相關聯的一測

量值， $\mu_Y(k,m)$ 是關於測試k與測量節點m之該平均測量值，其中 $\sigma_Y(k,m)$ 是關於測試k與測量節點m獲得的該測量值之該標準差。

10. 如申請專利範圍第1項到第9項之任一項所述之方法，其中該等關聯值基於該等相關值( $C(i,m)$ )與一加權因數遭計算，

其中該加權因數遭計算使得其越大，則關於與該相同測量節點(m)相關聯的所有(K)測量之測量偏差( $Z(k,m)$ )越大，其中一測量偏差是與一測試(K)及一測量節點(m)相關聯的一測量值( $Y(k,m)$ )與一平均值( $\mu_Y(k,m)$ )之一偏差，該平均值( $\mu_Y(k,m)$ )相關聯於與該測量值( $Y(k,m)$ )相同的測試(k)及相同的測量節點(m)，及/或

其中該加權因數越小，則關於相關聯於該相同測量節點(m)之所有(I)測量之該等相關值( $C(i,m)$ )越大。

11. 如申請專利範圍第10項所述之方法，其中該故障關聯( $R(i,m)$ )如下遭判定：

$$R(i,m) = C(i,m) \frac{\sum_{k=1}^K |Z(k,m)|}{\sum_{i=1}^I |C(k,m)|}, \quad i=1\dots I, m=1\dots M$$

其中i是具有 $i=1\dots I$ 之該等輸入節點之索引，m是具有 $m=1\dots M$ 之該等測量節點之索引，k是用於具有 $k=1\dots K$ 之該等測試之索引，其中 $Z(k,m)$ 是正規化至與其遍及所有K個測試輸入選擇之標準差之偏差之測量值( $Y(k,m)$ )，及其中 $C(i,m)$ 是輸入節點i與測量節點m之間

的該相關值。

12. 一種用於判定一晶片上一位置((x,y,z))之一故障機率(F(x,y,z))之方法，其包含以下步驟：

根據該等申請專利範圍第1項到第11項之任一項判定關聯值(R(i,m))，每一關聯值表示一第一數目(I)個輸入節點之一輸入節點(i)與一第二數目(M)個測量節點之一測量節點(m)之一組合(i,m)之一關聯，用以檢測一晶片上一故障，

判定關於該晶片之一第四數目(P)條信號路徑之每一路徑(p)之自該位置((x,y,z))到該晶片之該第四數目(P)條信號路徑之每一條之一距離(L((x,y,z), i,m,p))，其中每一信號路徑(p)自該第一數目(I)個輸入節點之一輸入節點(i)延伸到該第二數目(M)個測量節點之一測量節點(m)；及

基於把該等距離(L((x,y,z),i,m,p))添加到由作為各個路徑(p)之延伸起點之該輸入節點(i)與作為該各個路徑P之延伸終點之該測量節點(m)之組合之關聯值(R(i,m))加權的該第四數目(P)條路徑之每一條而判定該故障機率(F(x,y,z))。

13. 如申請專利範圍第12項所述之方法，其中該故障機率F(x,y,z)如下遭判定：

$$F(x, y, z) = \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^{P(i,m)} \frac{R(i, m) / P(i, m)}{1 + L((x, y, z), i, m, p) / L_0},$$

其中(x,y,z)是該位置，其中i是具有i=1...I之該等輸入節

點之索引， $m$ 是具有 $m=1\dots M$ 之該等測量節點之索引，其中 $P(i,m)$ 是自輸入節點 $i$ 到測量節點 $m$ 之路徑之數目，其中 $R(i,m)$ 一輸入節點 $i$ 與一測量節點 $m$ 之該組合 $(i,m)$ 之該關聯值，其中 $L((x,y,z),i,m,p)$ 是位置 $(x,y,z)$ 到自輸入節點 $i$ 到測量節點 $m$ 之該第 $p$ 條路徑之距離，且其中 $L_0$ 是定義該位置解析度之半衰減長度。

14. 如申請專利範圍第12項或第13項所述之方法，其進一步包含：

提供關於每一輸入節點 $(i)$ 與每一測量節點 $(m)$ 之一位置資訊及把該第四數目條路徑之一路徑 $(p)$ 定義為該輸入節點 $(i)$ 之該位置與該測量節點 $(m)$ 之該位置之間的一直線。

15. 如申請專利範圍第12項或第13項所述之方法，其進一步包含：

提供關於每一輸入節點 $(i)$ 與每一測量節點 $(m)$ 之一位置資訊，且為該第四數目條路徑之一路徑 $(p)$ 提供多個其它節點以定義該輸入節點 $(i)$ 之該位置與該測量節點 $(m)$ 之該位置之間的路徑 $(p)$ 之位置。

16. 如申請專利範圍第12項到第15項之任一項所述之方法，其進一步包含以下步驟：

把該故障機率 $(F(x,y,z))$ 與一位置指示符相關起來，該位置指示符具有關於該晶片之位置 $((x,y,z))$ 之不同值，其中輸入節點、測量節點或信號路徑對比於此等中無任何一者遭定位之位置 $((x,y,z))$ 而遭定位。

17. 如申請專利範圍第12項到第16項之任一項所述之方法，其進一步包含以下步驟：

判定一晶片上多個位置 $((x,y,z))$ 之該故障機率 $(F(x,y,z))$ 以獲得關於該等多個故障機率之一故障機率分佈。

18. 如申請專利範圍第1項到第17項之任一項所述之方法，其進一步包含以下步驟：

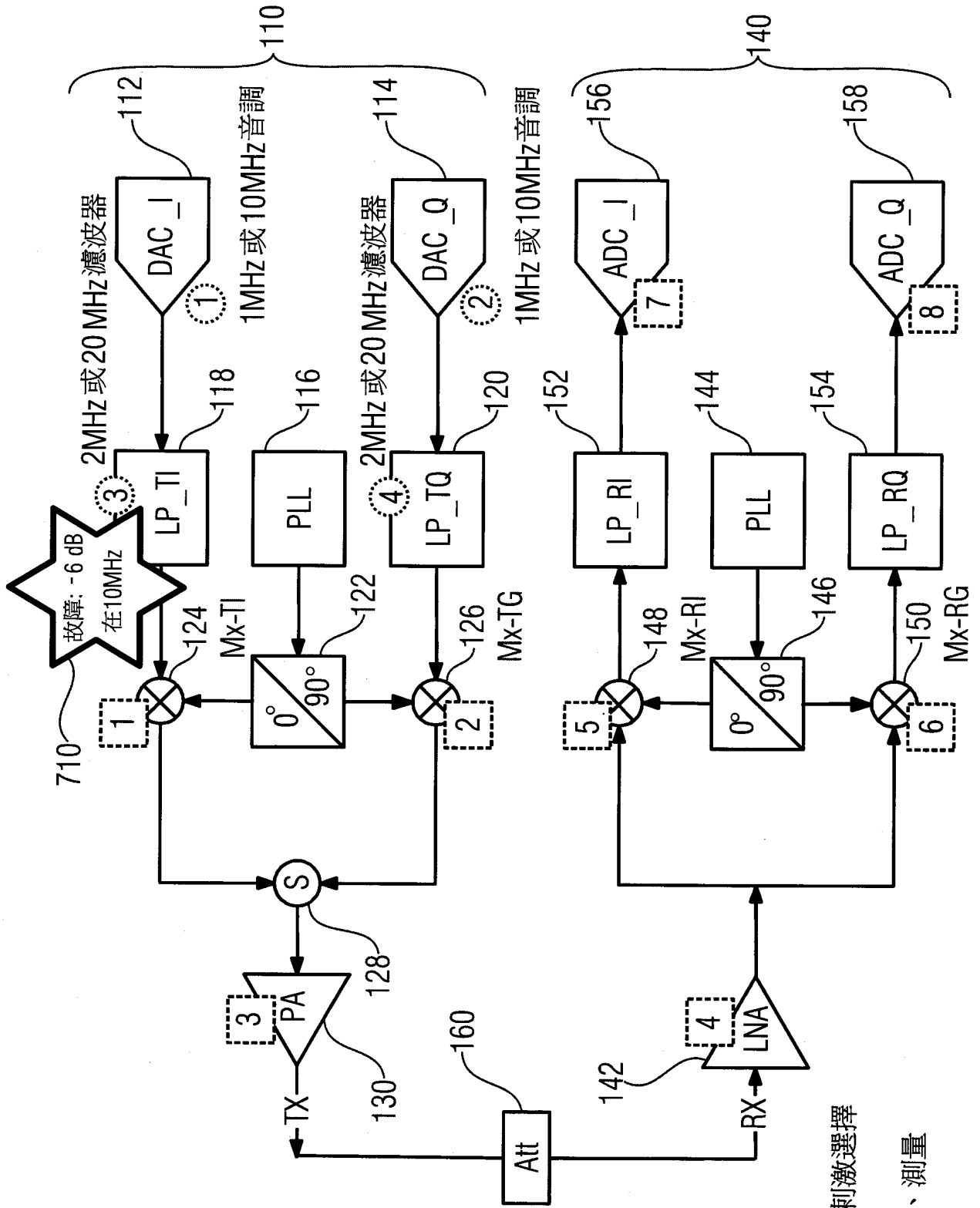
把該第一數目(I)個輸入節點處該第三數目(K)個測試施加到一第五數目(D)個晶片之每一晶片(d)，其中該第三數目(K)個測試之每一測試(k)定義關於每一輸入節點(i)之一測試輸入選擇 $(U(k,i))$ ；

關於該第三數目(K)個測試之每一測試，測量在該第二數目(M)個測量節點之每一個之一信號，以獲得關於該第二數目(M)個測量節點之每一測量節點(m)之一第三數目(K)個測量值，其中該第三數目(K)個測量值之每一測量值 $(Y(k,m))$ 與其遭測量之該測試(k)與其遭測量處之每一測量節點(m)相關聯；及

遍及該第五數目(D)個測量值，判定與每一測試(k)與測試輸入選擇(i)相關聯之平均值 $(\mu_Y(k,m))$ 與標準差 $(\sigma_Y(k,m))$ 。

19. 一種用於執行如申請專利範圍第1項到第18項之任一項所述之方法之裝置。

20. 一種電腦程式，當執行於一電腦上時，用於執行如申請專利範圍第1項到第18項所述之方法。



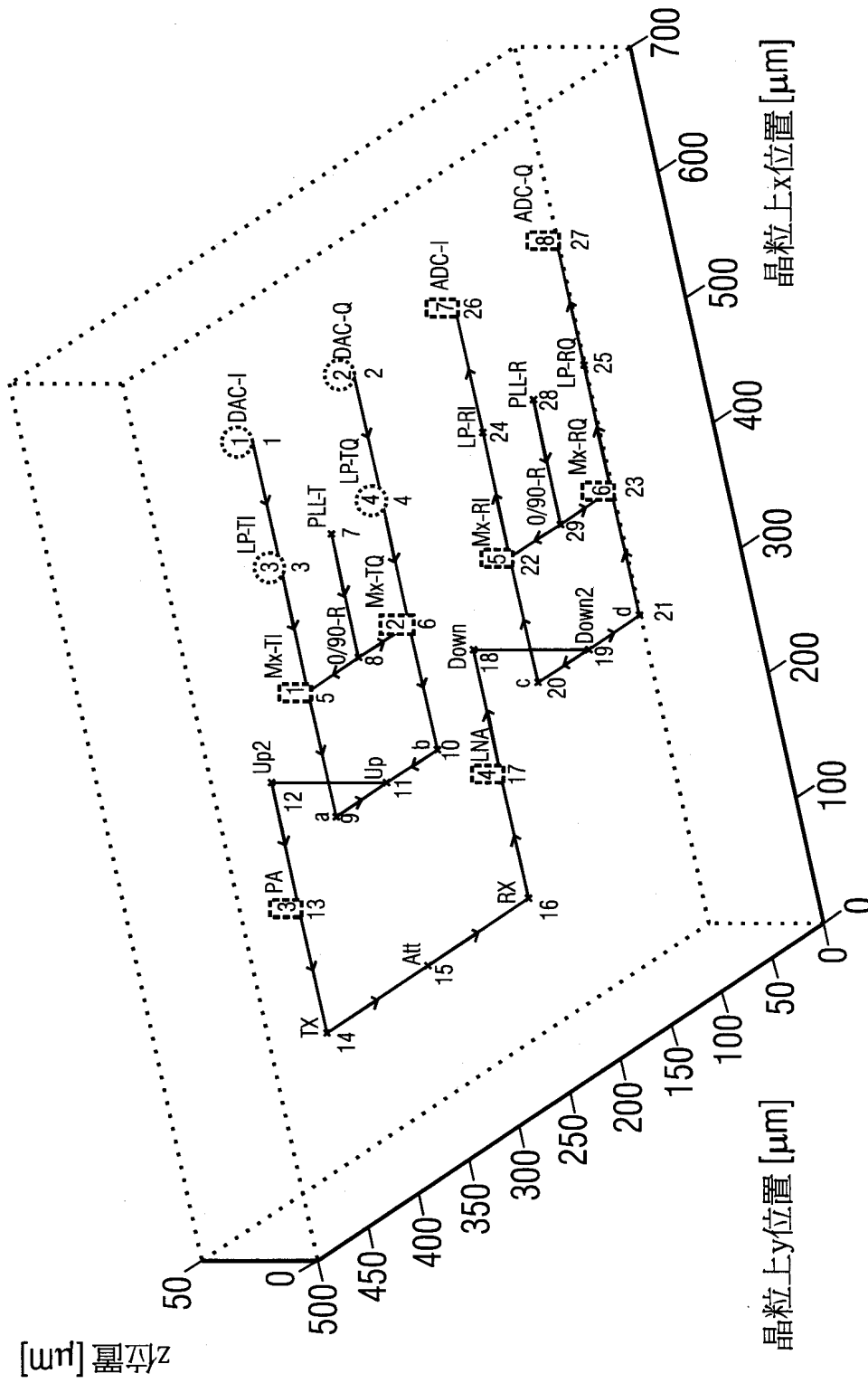
第1圖

- (i) 控制、刺激選擇
- (m) 感測器、測量



在Mx-TU處的測量	LP-TI = 2 MHz	LP-TI = 20 MHz
DAC-I = 1 MHz	1	1
DAC-I = 10 MHz	0	1

第2圖



第3圖

第4圖

$Y_d(k,m)$

測量 (M=8)

$U(k,i)$

輸入 (l=4)

	DAC-I	DAC-Q	LP-TI	LP-TQ	Mx-TI	Mx-TQ	PA	LNA	Mx-RI	Mx-RQ	ADC-I	ADC-Q
1	1Mhz	1Mhz	2Mhz	2Mhz	1	1	1	1	1	1	1	1
2	10Mhz	1Mhz	2Mhz	2Mhz	0	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
3	1Mhz	10Mhz	2Mhz	2Mhz	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
4	10Mhz	10Mhz	2Mhz	2Mhz	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1Mhz	1Mhz	20Mhz	2Mhz	1	1	1	1	1	1	1	1
6	10Mhz	1Mhz	20Mhz	2Mhz	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1Mhz	10Mhz	20Mhz	2Mhz	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
8	10Mhz	10Mhz	20Mhz	2Mhz	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
9	1Mhz	1Mhz	2Mhz	20Mhz	1	1	1	1	1	1	1	1
10	10Mhz	1Mhz	2Mhz	20Mhz	0	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
11	1Mhz	10Mhz	2Mhz	20Mhz	1	1	1	1	1	1	1	1
12	10Mhz	10Mhz	2Mhz	20Mhz	0	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
13	1Mhz	1Mhz	20Mhz	20Mhz	1	1	1	1	1	1	1	1
14	10Mhz	1Mhz	20Mhz	20Mhz	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1Mhz	10Mhz	20Mhz	20Mhz	1	1	1	1	1	1	1	1
16	10Mhz	10Mhz	20Mhz	20Mhz	1	1	1	1	1	1	1	1

20MHz低通濾波器通過10MHz音調

U(k,i)					U(k,i)				
	DAC-I	DAC-Q	LP-TI	LPTQ		DAC-I	DAC-Q	LP-TI	LPTQ
1	1Mhz	1Mhz	2Mhz	2Mhz	1	10Mhz	1Mhz	2Mhz	20Mhz
2	10Mhz	1Mhz	2Mhz	2Mhz	2	10Mhz	10Mhz	2Mhz	20Mhz
3	1Mhz	10Mhz	2Mhz	2Mhz	3	10Mhz	10Mhz	2Mhz	2Mhz
4	10Mhz	10Mhz	2Mhz	2Mhz	4	10Mhz	10Mhz	2Mhz	20Mhz
5	1Mhz	1Mhz	20Mhz	2Mhz	5	10Mhz	10Mhz	2Mhz	20Mhz
6	10Mhz	1Mhz	20Mhz	2Mhz	6	1Mhz	1Mhz	20Mhz	20Mhz
7	1Mhz	10Mhz	20Mhz	2Mhz	7	10Mhz	10Mhz	20Mhz	20Mhz
8	10Mhz	10Mhz	20Mhz	2Mhz	8	1Mhz	1Mhz	2Mhz	20Mhz
9	1Mhz	1Mhz	2Mhz	20Mhz	9	1Mhz	10Mhz	20Mhz	20Mhz
10	10Mhz	1Mhz	2Mhz	20Mhz	10	10Mhz	10Mhz	2Mhz	2Mhz
11	1Mhz	10Mhz	2Mhz	20Mhz	11	1Mhz	10Mhz	20Mhz	2Mhz
12	10Mhz	10Mhz	2Mhz	20Mhz	12	10Mhz	1Mhz	2Mhz	2Mhz
13	1Mhz	1Mhz	20Mhz	20Mhz	13	1Mhz	10Mhz	20Mhz	2Mhz
14	10Mhz	1Mhz	20Mhz	20Mhz	14	1Mhz	10Mhz	20Mhz	2Mhz
15	1Mhz	10Mhz	20Mhz	20Mhz	15	10Mhz	1Mhz	2Mhz	20Mhz
16	10Mhz	10Mhz	20Mhz	20Mhz	16	1Mhz	10Mhz	20Mhz	2Mhz
					17	1Mhz	10Mhz	2Mhz	2Mhz
					18	10Mhz	10Mhz	2Mhz	20Mhz
					19	1Mhz	1Mhz	20Mhz	20Mhz
					20	10Mhz	10Mhz	2Mhz	2Mhz
					21	1Mhz	10Mhz	2Mhz	20Mhz
					22	10Mhz	1Mhz	2Mhz	20Mhz
					23	10Mhz	1Mhz	2Mhz	2Mhz
					24	10Mhz	10Mhz	20Mhz	20Mhz
					25	1Mhz	10Mhz	2Mhz	20Mhz

第5圖

U(k,i)		M <sub>v</sub> (k,m)									
輸入 (l=4)		測量 (M=8)									
DAC-I	DAC-Q	LP-TI	LP-TQ	MX-TI	MX-TQ	PA	LNA	MX-RI	MX-RQ	ADC-I	ADC-Q
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
3	2	1	1	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
4	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	2	1	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
8	2	2	1	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
9	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
10	2	1	2	0	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
11	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	2	2	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
13	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
14	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
16	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1

第6圖

在Mx-TI處的測量 沒有故障, 故障	LP-TI = 2 MHz	LP-TI = 20 MHz
DAC-I = 1 MHz	1, 1	1, 1
DAC-I = 10 MHz	0, 0	1, 0.5

第7圖

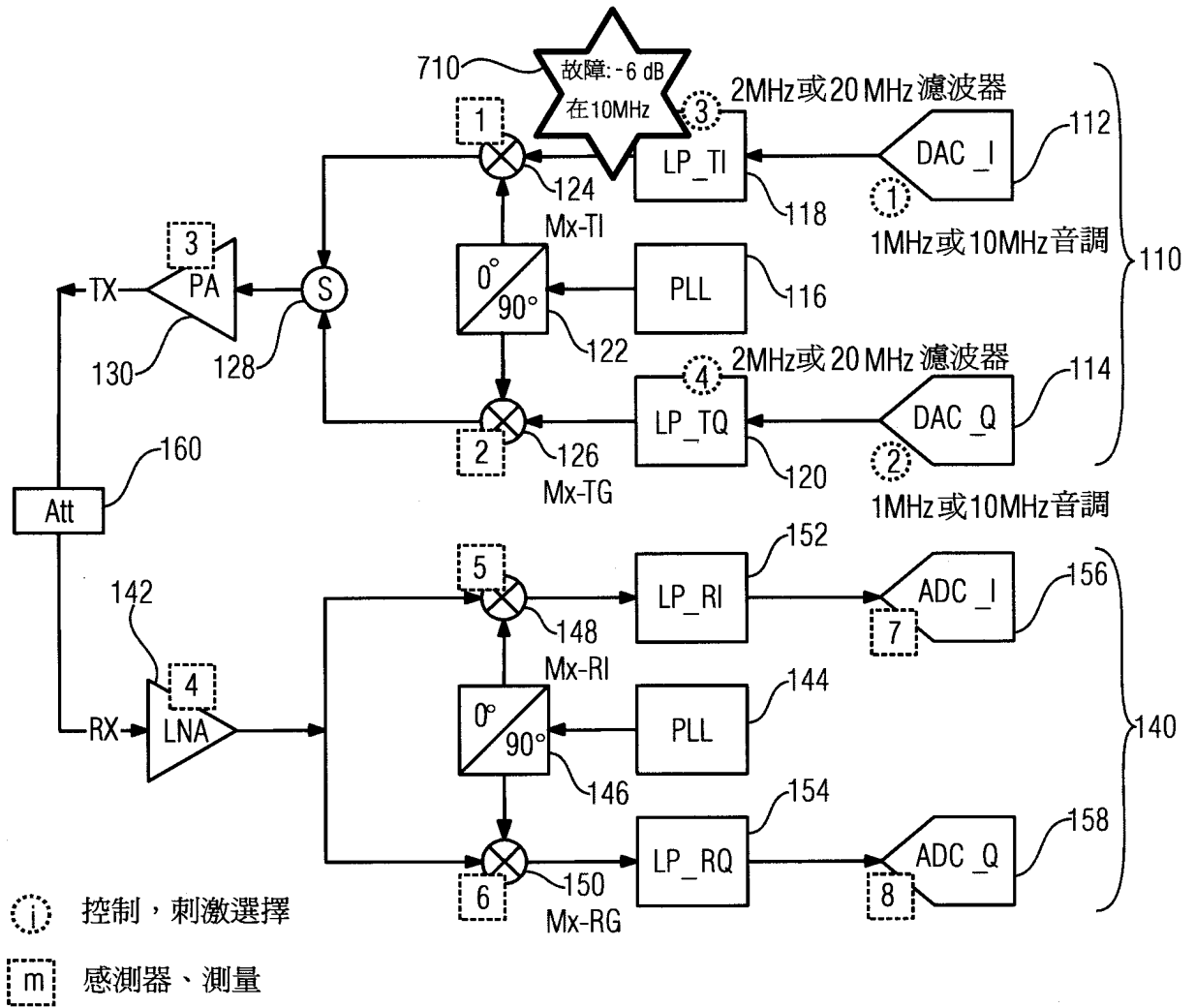
第8圖

總數 (K=16)	輸入 (l=4)				測量 (M=8)							
	DAC-I	DAC-Q	LP-TI	LP-TQ	Mx-TI	Mx-TQ	PA	LNA	Mx-RI	Mx-RQ	ADC-I	ADC-Q
1	1Mhz	1Mhz	2Mhz	2Mhz	1	1	1	1	1	1	1	1
2	10Mhz	1Mhz	2Mhz	2Mhz	0	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
3	1Mhz	10Mhz	2Mhz	2Mhz	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
4	10Mhz	10Mhz	2Mhz	2Mhz	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1Mhz	1Mhz	20Mhz	2Mhz	1	1	1	1	1	1	1	1
6	10Mhz	1Mhz	20Mhz	2Mhz	0.5	1	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
7	1Mhz	10Mhz	20Mhz	2Mhz	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
8	10Mhz	10Mhz	20Mhz	2Mhz	0.5	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
9	1Mhz	1Mhz	2Mhz	20Mhz	1	1	1	1	1	1	1	1
10	10Mhz	1Mhz	2Mhz	20Mhz	0	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
11	1Mhz	10Mhz	2Mhz	20Mhz	1	1	1	1	1	1	1	1
12	10Mhz	10Mhz	2Mhz	20Mhz	0	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
13	1Mhz	1Mhz	20Mhz	20Mhz	1	1	1	1	1	1	1	1
14	10Mhz	1Mhz	20Mhz	20Mhz	0.5	1	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
15	1Mhz	10Mhz	20Mhz	20Mhz	1	1	1	1	1	1	1	1
16	10Mhz	10Mhz	20Mhz	20Mhz	0.5	1	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75

有故障的20MHz低通濾波器只通過10MHz音調的一半



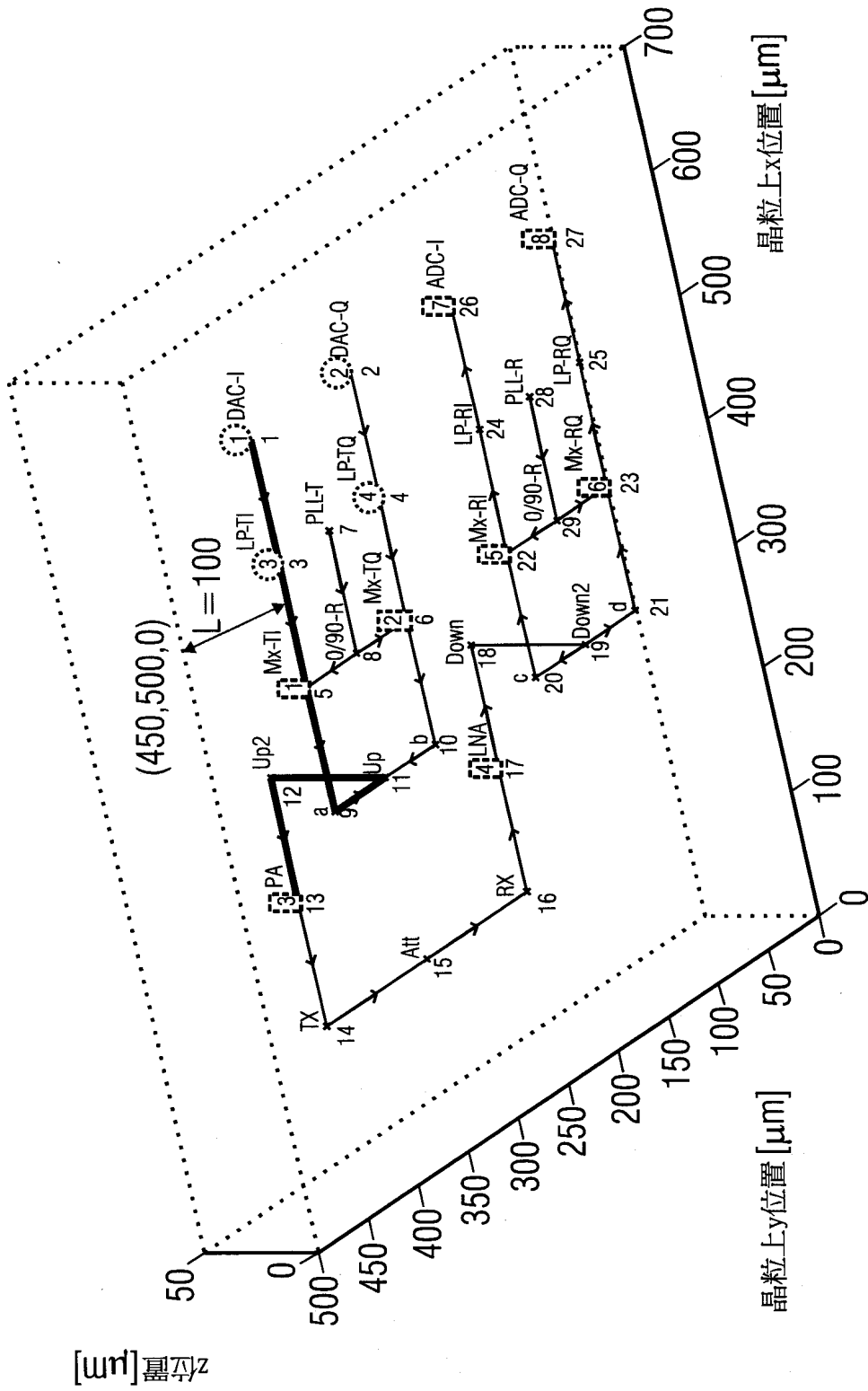




關聯矩陣

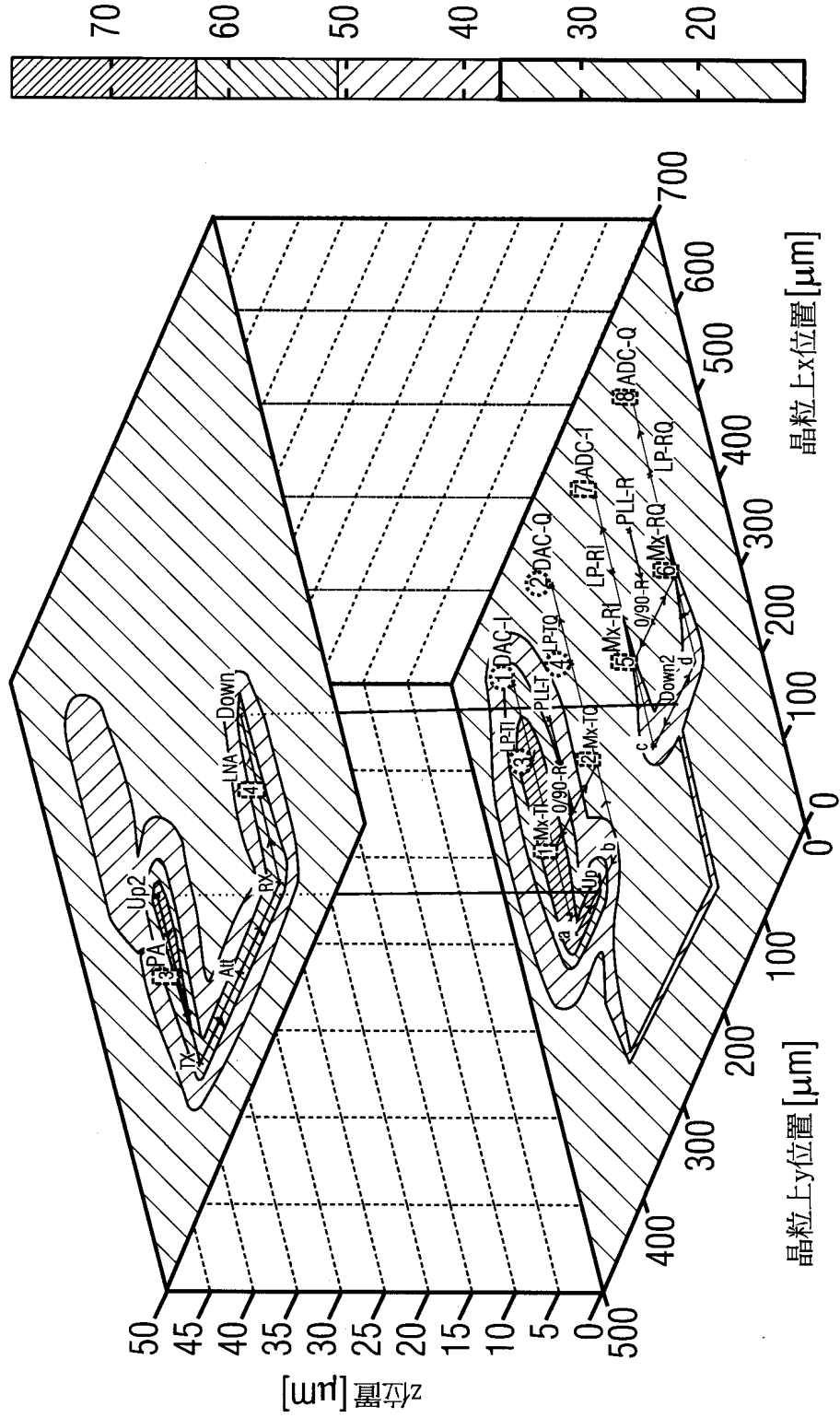
		[1]							
		Mx-TI	Mx-TQ	PA	LNA	Mx-RI	Mx-RQ	ADC-I	ADC-Q
(1)	DAC-I	10	0	5	5	5	5	5	5
	DAC-Q	0	0	0	0	0	0	0	0
(3)	LP-TI	10	0	5	5	5	5	5	5
	LP-TQ	0	0	0	0	0	0	0	0

第10圖



第11圖

故障位置之機率

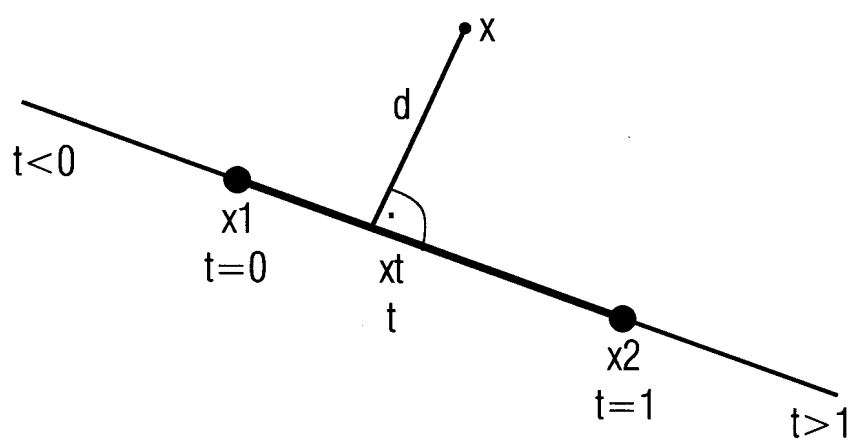


第12圖

```

function Paths = graph_findpaths(E,n1,n2)
%% Find paths from node n1 to node n2 in graph with edges E.
% E(e,:): Graph edge e
%      E(e,1) = Start node number of edge e
%      E(e,2) = End node number of edge e
% Paths{p}(j): Node number of j-th node in p-th path
Path = n1; n=n1; % Start with n1
while 1
    eb = find(E(:,1)==n); % Edge numbers branching from n
    nb = E(eb,2); % Nodes branched from n
    switch length(nb)
        case 0 % No node branching from n, n is an end-node
            Paths = []; break
        case 1 % One node branching from n
            Path = [Path nb];
            n = nb;
            if n==n2, Paths{1}= Path; break, end
        otherwise % Branching into multiple paths --> Recursive call
            Paths = [];
            for b=1:length(nb) % Branches
                subpaths = graph_findpaths(E,nb(b),n2); % Starting from nb(b)
                for s=1:length(subpaths)
                    if ~isempty(subpaths{s}) % Append to 'Paths' and add
                        Paths{end+1} = [Path subpaths{s}];
                    end
                end
            end
            break
        end
    end
end
end
end

```



第14圖

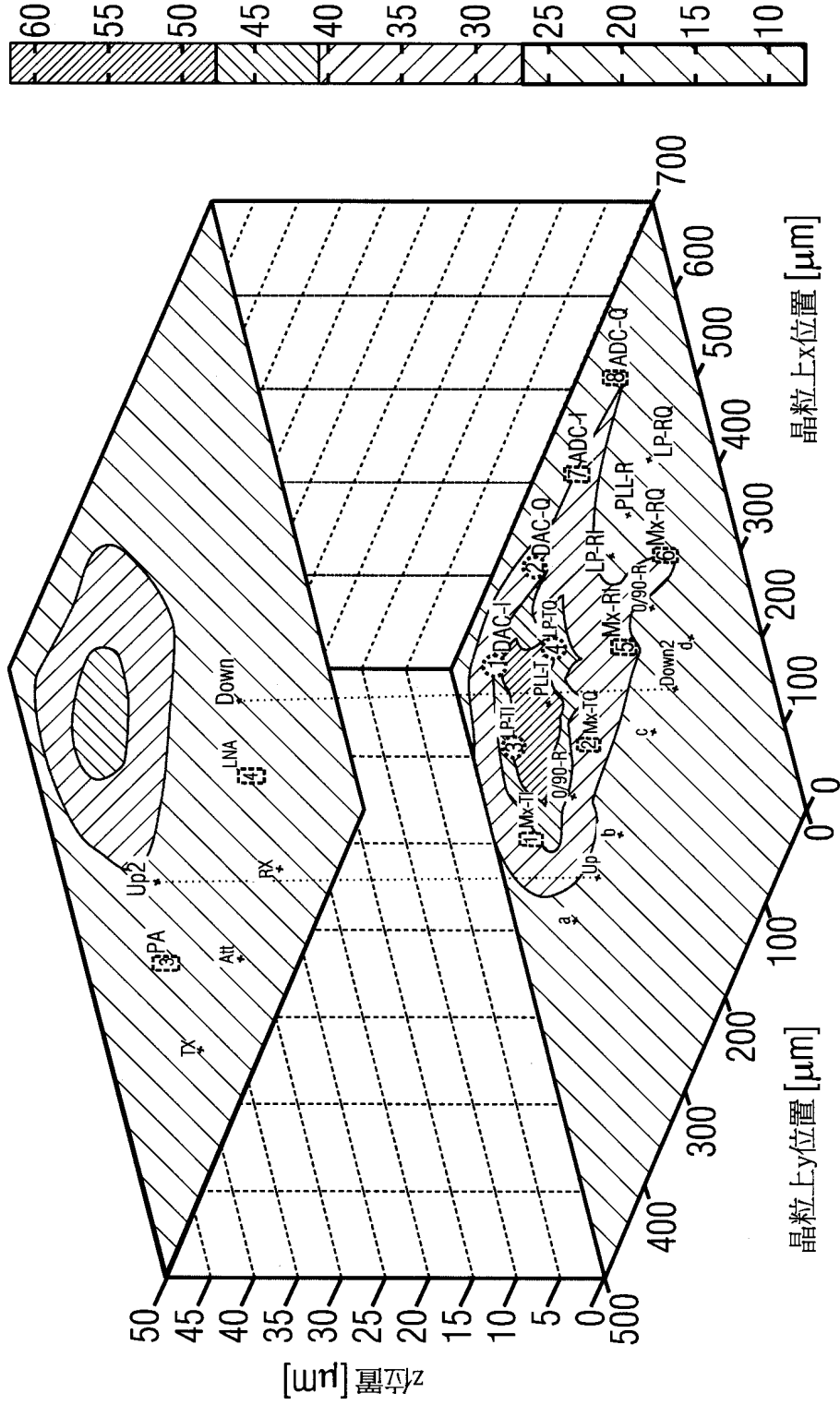
```

function dist = polygon_ndist(Point,Polygon);
% Returns closest distance from 'Point' to 'Polygon'.
%
% Point(n) : n-th coordinate of point in N-dimensional space
% Polygon(n,v) : n-th coordinate of v-th polygon vertex (a.k.a. node)
%           N x V matrix, N dimensional space, V vertices
% dist : distance from 'Point' to 'Polygon'
%
% Check distances to each line segment
[N,V] = size(Polygon);
for s=1:V-1 % Segment s between vertices s and s+1
    dist_seg(s) = segment_dist(Point,Polygon(:,s),Polygon(:,s+1));
end
% Return the smallest distance to any of the segments
dist = min(dist_seg);

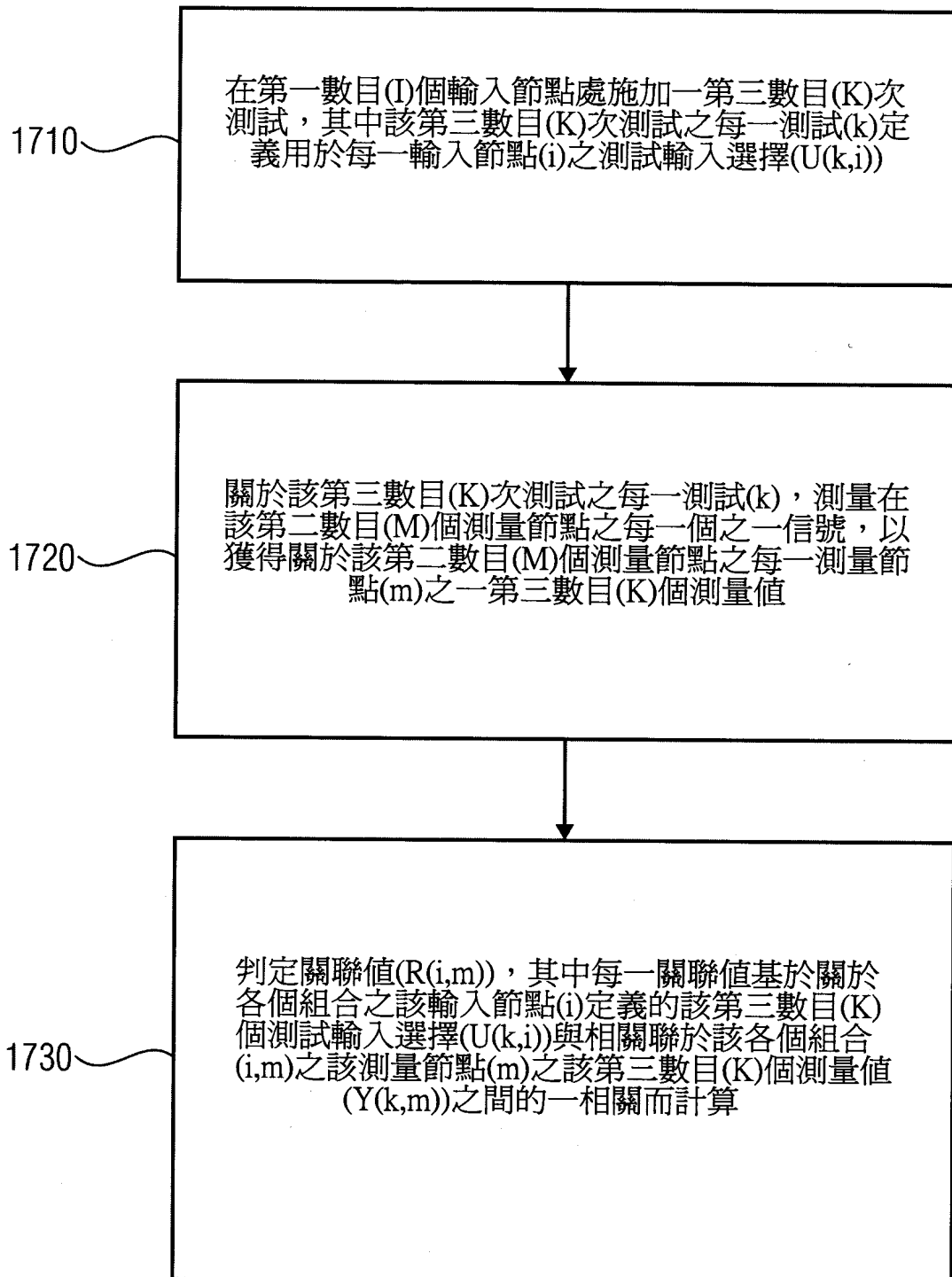
function d = segment_dist(x,x1,x2)
% Returns distance d from point x to a line segment between points x1, x2.
% x, x1, x2 are points in n-dimensional space.
%
% t is parameter from x1 (t=0) to x2 (t=1)
S = (x2-x1)'*(x2-x1); % Length of segment
t = -(x1-x)'*(x2-x1)/S;
if t <= 0, d = norm(x-x1); % Before x1, x1 is closest
elseif t >= 1, d = norm(x-x2); % After x2, x2 is closest
else xt = x1 + t*(x2-x1); d = norm(x-xt); % Line is closest
end

```

故障位置之機率

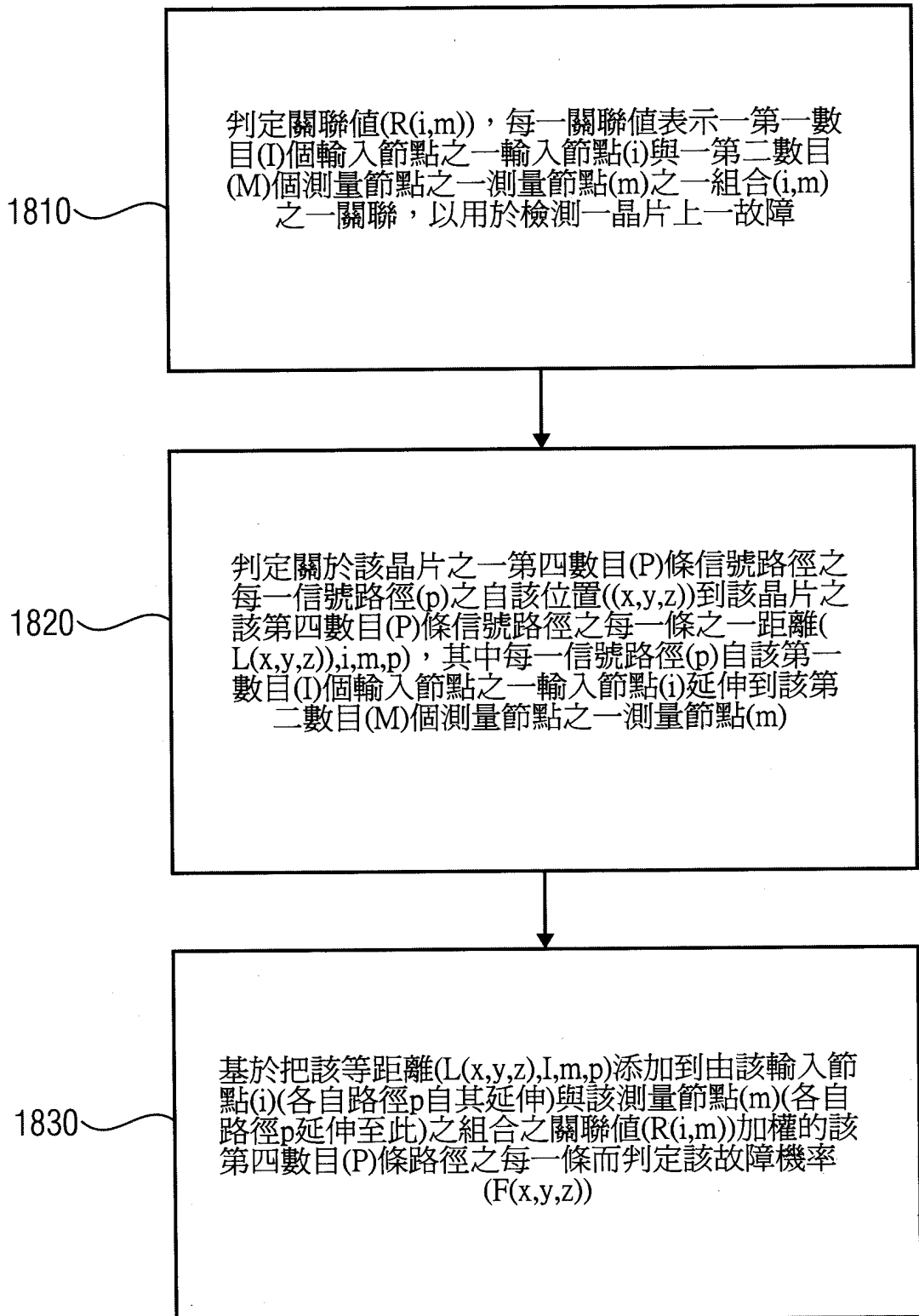


第16圖



第17圖





第18圖

**四、指定代表圖：**

(一)本案指定代表圖為：第 ( 17 ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1710、1720、1730...步驟

**五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：**