



(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 201033627 A1

(43) 公開日：中華民國 99 (2010) 年 09 月 16 日

(21) 申請案號：098145172

(22) 申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 25 日

(51) Int. Cl. : G01R31/26 (2006.01)

(30) 優先權：2008/12/31 南韓 10-2008-0137747

(71) 申請人：三星電子股份有限公司 (南韓) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (KR)
南韓

(72) 發明人：梁基榮 YANG, GI-YOUNG (KR) ; 金世榮 KIM, SE-YOUNG (KR)

(74) 代理人：陳長文 ; 林嘉興

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：14 共 45 頁

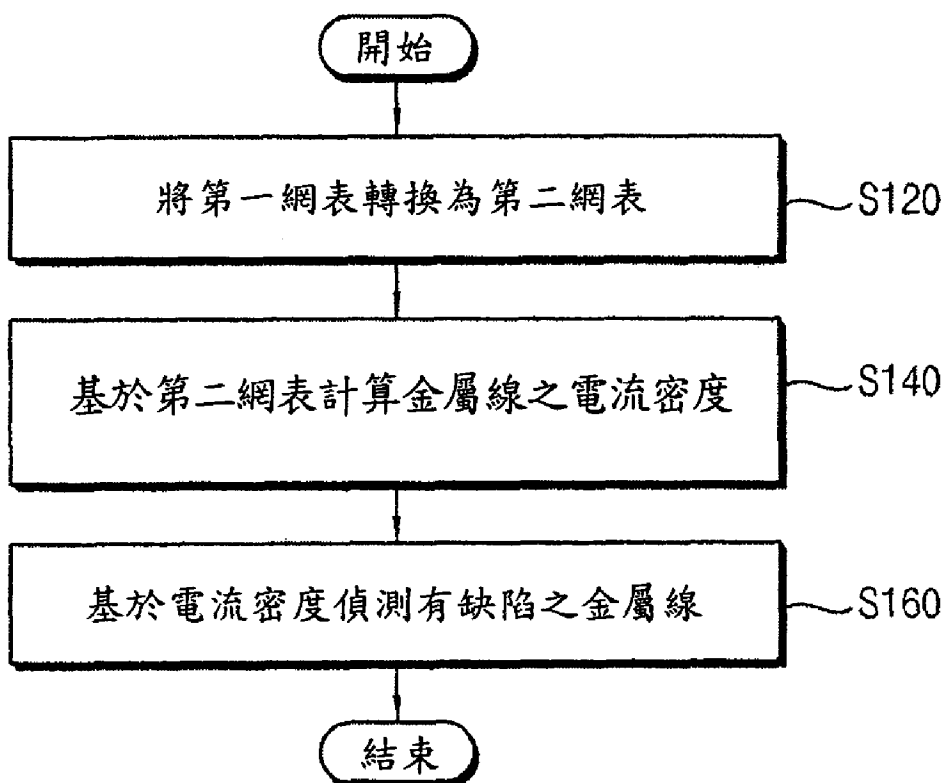
(54) 名稱

偵測金屬線失效之方法及系統

METHOD AND SYSTEM DETECTING METAL LINE FAILURE

(57) 摘要

在一種偵測一全晶片之金屬線失效的方法中，將一第一網表轉換為一第二網表。該第一網表包括與元件及金屬線有關之第一資訊，且該第二網表包括易進行直流分析之第二資訊。藉由對該第二網表執行該直流分析來計算該等金屬線之電流密度。基於該等金屬線之該等電流密度來偵測該等金屬線之中的有缺陷金屬線。



S120：將第一網表轉換為第二網表

S140：基於第二網表計算金屬線之電流密度

S160：基於電流密度偵測有缺陷之金屬線



(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 201033627 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 09 月 16 日

(21)申請案號：098145172

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 25 日

(51)Int. Cl. : G01R31/26 (2006.01)

(30)優先權：2008/12/31 南韓 10-2008-0137747

(71)申請人：三星電子股份有限公司 (南韓) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (KR)
南韓

(72)發明人：梁基榮 YANG, GI-YOUNG (KR) ; 金世榮 KIM, SE-YOUNG (KR)

(74)代理人：陳長文；林嘉興

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：14 共 45 頁

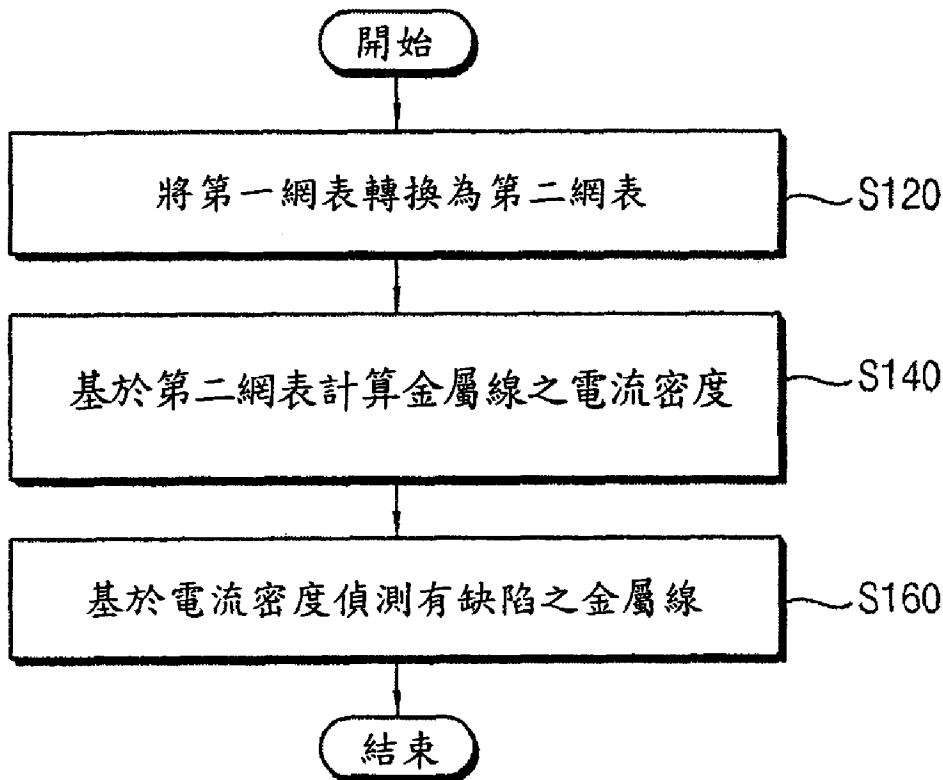
(54)名稱

偵測金屬線失效之方法及系統

METHOD AND SYSTEM DETECTING METAL LINE FAILURE

(57)摘要

在一種偵測一全晶片之金屬線失效的方法中，將一第一網表轉換為一第二網表。該第一網表包括與元件及金屬線有關之第一資訊，且該第二網表包括易進行直流分析之第二資訊。藉由對該第二網表執行該直流分析來計算該等金屬線之電流密度。基於該等金屬線之該等電流密度來偵測該等金屬線之中的有缺陷金屬線。



S120：將第一網表轉換為第二網表

S140：基於第二網表計算金屬線之電流密度

S160：基於電流密度偵測有缺陷之金屬線

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於全晶片設計測試及評估程序。更特定言之，本發明係關於全晶片設計中偵測金屬線失效之方法及系統。

本申請案主張2008年12月31日申請之韓國專利申請案第10-2008-0137747號之根據35 USC § 119的優先權，該案之標的以引用之方式併入本文中。

【先前技術】

通常，當完成之裝置中存在缺陷(諸如金屬線失效及/或離散元件(例如，場效電晶體)失效)時，全晶片異常地操作。該等失效可能係由製造、封裝或相關處置期間無意中施加於全晶片之靜電放電(ESD)引起。為了防止來自ESD之損害，全晶片可能包括特定之專用保護電路，該或該等專用保護電路將離散元件及/或相關聯之金屬線與ESD屏蔽開。遺憾地，此等ESD保護電路之提供增大了全晶片之總尺寸(亦即，減小了總的整合程度)且減慢了效能。

雖然已提出許多方法來在全晶片設計過程之各種階段期間偵測失效，但習知地僅應用一設計規則檢查以識別金屬線失效。在一設計規則檢查中，可藉由判定金屬線之寬度是否小於一對應設計規則來偵測金屬線失效。遺憾地，該設計規則檢查之準確性低且僅可在相對較窄之偵測區域上應用。因此，該設計規則檢查在全晶片設計階段中偵測金屬線失效方面相對無效及低效率。

【發明內容】

本發明之實施例提供一種在全晶片設計階段中偵測歸因於靜電放電之金屬線失效的方法。該等實施例能夠迅速並準確地偵測金屬線失效及偵測內部電路內之金屬線失效。本發明之實施例亦提供能夠在全晶片設計階段中偵測歸因於靜電放電之金屬線失效、迅速並準確地偵測金屬線失效及偵測內部電路內之金屬線失效的系統。

根據特定實施例，在一種偵測全晶片之金屬線失效的方法中，可將一第一網表轉換為一第二網表。該第一網表可包括與元件及金屬線有關之第一資訊，且該第二網表可包括易進行直流分析之第二資訊。可藉由對該第二網表執行該直流分析來計算該等金屬線之電流密度。可基於該等金屬線之該等電流密度來偵測該等金屬線之中的有缺陷金屬線。

在一些實施例中，可藉由修改自一外部裝置輸入之外部網表而產生該第一網表。在其他實施例中，可基於該全晶片之一布局而產生該第一網表。

在一些實施例中，該等元件可對應於場效電晶體及電容器。該等金屬線可對應於第一電阻器。

在一些實施例中，當將該第一網表轉換為該第二網表時，可將該等場效電晶體變換為第二電阻器，可將該等電容器變換為開路，且可在一輸入接腳與一接地接腳之間添加一電流源。

在一些實施例中，電流源可提供一具有一由一靜電放電

(ESD)事件引起之放電電流之最大值的電流。

在一些實施例中，當將該等場效電晶體變換為該等第二電阻器時，可計算該等場效電晶體之汲極電流，可計算該等場效電晶體之汲極端子與源極端子之間的電壓差，且可藉由將該等汲極電流除以該等電壓差來判定該等第二電阻器之電阻。

在一些實施例中，當偵測該等金屬線之中的有缺陷金屬線時，若該等金屬線之該等電流密度大於一參考值，則判定該等金屬線為有缺陷金屬線。

在一些實施例中，可增大該等有缺陷金屬線之寬度以修復該等有缺陷金屬線。

根據一些實例實施例，一種偵測全晶片中之金屬線失效的系統可包括：一轉換單元，其將一第一網表轉換為一第二網表；一模擬單元，其藉由對該第二網表執行一直流分析來計算該等金屬線之電流密度；及一偵測單元，其基於該等金屬線之該等電流密度偵測該等金屬線之中的有缺陷金屬線。該第一網表可包括與元件及金屬線有關之第一資訊，且該第二網表可包括易進行直流分析之第二資訊。該等元件可對應於場效電晶體及電容器。該等金屬線可對應於第一電阻器。當該等金屬線之該等電流密度大於一參考值時可判定該等金屬線為有缺陷金屬線。

在一些實施例中，該系統可進一步包括一介面單元，其藉由修改一自一外部裝置輸入之外部網表而產生該第一網表。

在一些實施例中，該系統可進一步包括一產生單元，其基於該全晶片之一布局而產生該第一網表。

在一些實施例中，該轉換單元可將該等場效電晶體變換為第二電阻器，可將該等電容器變換為開路，且可在一輸入接腳與一接地接腳之間添加一電流源。電流源可提供一具有一由一靜電放電(ESD)事件引起之放電電流之最大值的電流。

在一些實施例中，該轉換單元可計算該等場效電晶體之汲極電流，可計算該等場效電晶體之汲極端子與源極端子之間的電壓差，且可藉由將該等汲極電流除以該等電壓差來判定該等第二電阻器之電阻。

在一些實施例中，該系統可進一步包括一修復單元，其藉由增大該等有缺陷金屬線之寬度來修復該等有缺陷金屬線，其自該第一網表產生一最終網表。

在一些實施例中，該系統可進一步包括一修復單元，其藉由增大該等有缺陷金屬線之寬度來修復該等有缺陷金屬線，其自該第二網表產生一第三網表。

在一些實施例中，該系統可進一步包括一逆轉換單元，其藉由將該等第二電阻器變換為該等場效電晶體、將該等開路變換為該等電容器及移除該電流源而自該第三網表產生一最終網表。

根據一些實例實施例，在一種偵測全晶片之全晶片失效的方法中，可藉由對一自一第一網表轉換之第二網表執行一直流分析來偵測有缺陷之金屬線。該第一網表可包括與

元件及金屬線有關之第一資訊，且該第二網表可包括易進行直流分析之第二資訊。該等元件可對應於場效電晶體及電容器。該等金屬線可對應於第一電阻器。可藉由對一第四網表執行一元件分析來偵測有缺陷之場效電晶體。該第四網表可藉由將該等場效電晶體變換為模型化電路而自該第一網表轉換得到。

在一些實施例中，該第二網表可藉由將該等場效電晶體變換為第二電阻器、將該等電容器變換為開路及在一輸入接腳與一接地接腳之間添加一電流源而自該第一網表轉換得到。該電流源可提供一具有一由一靜電放電(ESD)事件引起之放電電流之最大值的電流。

在一些實施例中，可藉由對該第二網表執行該直流分析來計算該等金屬線之電流密度，且當偵測該等有缺陷金屬線時，可基於該等金屬線之該等電流密度來偵測該等金屬線之中的該等有缺陷金屬線。當該等金屬線之該等電流密度大於一參考值時可判定該等金屬線為有缺陷金屬線。

根據一些實例實施例，一種偵測全晶片之金屬線失效的方法可迅速並準確地偵測歸因於靜電放電之金屬線失效，且甚至可在全晶片設計階段中偵測歸因於靜電放電的內部電路之金屬線失效。

根據一些實例實施例，一種偵測全晶片之金屬線失效的系統可迅速並準確地偵測歸因於靜電放電之金屬線失效，且甚至可在全晶片設計階段中偵測歸因於靜電放電的內部電路之金屬線失效。

根據一些實例實施例，一種偵測全晶片之全晶片失效的方法可迅速並準確地偵測歸因於靜電放電之金屬線失效及元件(例如，場效電晶體)失效，且甚至可在全晶片設計階段中偵測歸因於靜電放電的內部電路之金屬線失效及元件失效。

如以上所描述，藉由偵測全晶片之金屬線失效的方法、偵測全晶片之金屬線失效的系統及偵測全晶片之全晶片失效的方法，可考慮到靜電放電而執行全晶片設計。

【實施方式】

將結合隨附圖式來描述說明性、非限定性實施例。

現將參看隨附圖式以一些額外細節描述本發明之實施例。然而，本發明可以許多不同形式來體現且不應被理解為僅限於所說明之實施例。實情為，將此等實施例呈現為教示實例。貫穿書面描述及圖式，相同參考數字及標記指代相同或類似元件。

應理解儘管術語第一、第二、第三等在本文中可用以描述各種元件，但此等元件不應受此等術語限制。此等術語用以將一元件與另一元件進行區分。因此，在不脫離本發明之教示的情況下，可將以下所論述之第一元件稱為第二元件。如本文中所使用，術語「及/或」包括相關聯之所列項目中之一或多者的任一及所有組合。

應理解，當一元件被稱為「連接」或「耦接」至另一元件時，其可直接連接或耦接至另一元件或可存在介入元件。相反，當一元件被稱為「直接連接」或「直接耦接」

至另一元件時，不存在介入元件。用以描述元件之間的關係之其他詞語應以相似的方式進行解釋(例如，「在…之間」對「直接在…之間」、「鄰近」對「直接鄰近」，等等)。

本文中所使用之術語僅出於描述特定實例實施例之目的且並非意欲限制本發明。如本文中所使用，單數形式「一」及「該」意欲亦包括複數形式，除非上下文另外清楚地指示。應進一步理解，術語「包含」在用於本說明書中時指定所陳述之特徵、整數、步驟、操作、元件及/或組件之存在，但不排除一或多個其他特徵、整數、步驟、操作、元件、組件、及/或其群組之存在或添加。

除非另外定義，否則本文中所使用之所有術語(包含技術及科學術語)具有與一般熟習本發明所屬技術者通常所理解之意義相同的意義。將進一步理解，諸如常用辭典中所定義之彼等術語的術語應被解譯為具有與其在相關技術之背景下的涵義一致之涵義且不應以理想化或過於正式之意義進行解譯，除非在本文中明確地如此定義。

圖1為概述根據本發明之特定實施例的偵測全晶片中之金屬線失效之方法的流程圖。

參看圖1，在該方法中大體包含：將第一網表轉換為第二網表(S120)；藉由對第二網表執行直流分析來計算金屬線之電流密度(S140)；及基於金屬線之電流密度來偵測金屬線之中的有缺陷金屬線(S160)。該等金屬線失效可能係由靜電放電(ESD)引起，且可在金屬線之電流密度大於經

定義之參考值時得以指示。可在全晶片設計階段中執行圖1中所概述之方法以偵測有缺陷之金屬線。後文中，將以一些額外細節來描述圖1之方法。

以上所描述之例示性方法以將第一網表轉換為第二網表(S120)開始。該第一網表可被看作是包括與各種離散及分散元件以及有關金屬線有關之「第一資訊」。以類似方式，該第二網表包括易進行直流分析之「第二資訊」。常見的是「全晶片設計」包括特定離散元件，諸如藉由金屬線連接之場效電晶體(FET)及電容器(CAP)，該等金屬線可在電學上模型化為電阻性組件(或「第一電阻器」)。當將第一網表轉換為第二網表時，第一網表中之FET可在電學上模型化(或「變換」)為第二網表內之「第二電阻器」。第一網表中之CAP可變換為第二網表內之開路。亦即，當對第一網表進行變換時，基本上自第二網表移除CAP。

另外，可在第一網表中之輸入接腳與接地接腳之間添加一電流源。因此，第二網表可包括與第一電阻器、第二電阻器及(若干)電流源(其每一者皆易進行直流分析)有關之第二資訊。

現可藉由對第二網表執行直流分析來計算金屬線之各別電流密度(S140)。如習知上所理解，在第一網表之變換之後對第二網表執行直流分析。基於該直流分析來計算金屬線(亦即，第一電阻器)之電流密度。亦即，可使用定量分析方法來計算金屬線之電流密度，因為第二網表僅包括與第一電阻器、第二電阻器及(若干)電流源有關之第二資

訊。因此，在一種方法中可藉由將流經金屬線之電流除以金屬線之對應寬度來計算金屬線之電流密度。在此上下文中可以各種方式定義術語「寬度」，但在一實施例中金屬線之寬度大體上等於其橫截面積。

現可基於分別計算之電流密度自金屬線之中偵測有缺陷之金屬線(S160)。流經金屬線之過量電流通常係由ESD產生。因此，當金屬線之電流密度大於一參考值時可能引起金屬線失效。此等參考值可由晶片設計者容易地定義且可經調整以考慮到諸多全晶片設計條件及因素。以此方式，當金屬線之對應電流密度大於一參考值時可偵測到有缺陷之金屬線。

圖1之方法經調適以基於直流分析來迅速並準確地偵測金屬線失效，且可進一步偵測內部電路內之金屬線失效。因此，在全晶片設計階段期間可將圖1之方法應用至施加於全晶片設計之ESD問題。

圖2為進一步說明圖1之方法中的將第一網表轉換為第二網表之步驟的流程圖。參看圖2，首先將FET變換為第二電阻器(S220)。將電容器變換為開路(S240)，且在輸入接腳與接地端之間添加至少一電流源(S260)。

可基於FET之汲極端子與源極端子之間的電壓差，或基於FET之汲極電流而將第一網表中之每一FET變換為第二網表中之第二電阻器(S220)。在變換(S240)期間藉由將電容器自第一網表移除可基本上移除第一網表中之每一電容器(作為開路)。

可在第一網表中之輸入接腳與接地端之間添加電流源(S260)。在本發明之特定實施例中，假設電流源提供具有等於由經假設ESD引起之放電電流之最大值的電流。可根據任何數目之習知上所理解之ESD損害模型來選擇該放電電流之最大值，該等模型包括人體模型(HBM)、充電裝置模型(CDM)、機器模型(MM)等。舉例而言，當假設2000 V之人體模型(HBM)時，電流源可提供1.3 A之電流。因此，當自第一網表轉換時，第二網表僅包括用於直流分析之第一電阻器、第二電阻器及電流源。在第一網表包括除了FET及CAP之外的其他類型之元件的情況下，此等其他元件可類似地經變換以用於直流分析。舉例而言，第一網表中之電感器可變換為第二網表中之短路。

圖3為進一步說明圖1之方法中的將FET變換為第二電阻器之步驟的流程圖。

參看圖3，計算FET之對應汲極電流(S320)。舉例而言，可經由對第一網表執行之一或多個習知上所理解之模擬來計算該等汲極電流。

接下來，接著計算FET之各別汲極端子與源極端子之間的電壓差(S340)。在此處，可再次藉由對第一網表執行模擬來計算FET之電壓差。

最終，藉由(例如)將汲極電流除以該等電壓差來判定第二網表中之第二電阻器的電阻(S360)。

以此方式，可獲得第二網表，其僅包括與第一電阻器、第二電阻器及(若干)電流源(其每一者皆易進行直流分析)

有關的第二資訊。在本發明之其他實施例中，可在變換至對應之第二電阻器期間將包括條件值、加權值等之特定變數應用至FET。

圖4為進一步說明圖1之方法中的基於金屬線之電流密度自金屬線之中偵測有缺陷金屬線之流程圖。

參看圖4，可基於與一金屬線相關聯之一或多個電流密度判定該金屬線為有缺陷之金屬線或是無缺陷之金屬線。在圖4之所說明實施例中，將與FET之第一電阻器值相關聯的電流密度與一參考值進行比較(S420)。若該電流密度大於該參考值(S420=是)，則判定該金屬線為有缺陷的(S440)。否則(S420=否)，判定該金屬線為無缺陷的(S460)。如以上所描述，當對第二網表執行直流分析時，可藉由將流經金屬線之電流除以金屬線之寬度來計算對應金屬線之每一電流密度。在特定實施例中，可將參考值定義為很可能引起金屬線失效之電流密度。應注意，可根據全晶片設計條件及因素來調整用於判定金屬線失效之每一參考值。

圖5A為說明第一網表之一實例的電路圖。圖5B為說明自圖5A之第一網表所轉換之第二網表之一實例的電路圖。

參看圖5A及圖5B，第一網表100包含與元件及金屬線有關之第一資訊。該等元件包括FET TR1至TR5及CAP C1至C4。該等金屬線對應於第一電阻器R1至R9。對應(變換之後)之第二網表200包含與第一電阻器R1至R9、第二電阻器IR1至IR5及電流源CS有關之第二資訊。

因此，可在直流分析之前將第一網表100轉換為第二網表200。基於FET TR1至TR5之汲極電流及FET TR1至TR5之汲極端子與源極端子的電壓差將第一網表100中之FET TR1至TR5變換為第二網表200中之第二電阻器IR1至IR5。此處，藉由對第一網表100執行模擬來計算FET TR1至TR5之汲極電流及FET TR1至TR5之電壓差。藉由將FET TR1至TR5之汲極電流除以FET TR1至TR5之電壓差來判定第二電阻器IR1至IR5之電阻。因為在直流分析期間假設電流不關於CAP C1至C4流動，所以將第一網表100中之CAP C1至C4轉換為第二網表200中之開路。在第二網表中在輸入接腳 P_{IN} 與接地接腳 P_{GND} 之間添加電流源CS。電流源CS提供具有關於一假設之ESD事件或模型而定義之值的放電電流。舉例而言，當假設2000 V之人體模型(HBM)時，電流源CS可提供具有1.3 A之電流。如以上所描述，可容易地對第二網表200執行直流分析，因為第二網表200僅包括對應於金屬線之第一電阻器R1至R9、對應於FET TR1至TR5之第二電阻器IR1至IR5，及電流源CS。因此，可藉由對第二網表200執行直流分析而基於金屬線之電流密度自金屬線之中偵測有缺陷之金屬線。另外，當第一網表100包括除了FET TR1至TR5及CAP C1至C4之外的其他元件(例如，電感器)時，在第二網表200中其他元件亦可經變換以用於直流分析。

圖6為概述根據本發明之實施例的偵測全晶片中之金屬線失效之方法的流程圖。

參看圖6，在偵測全晶片之金屬線失效的方法中，藉由修改自外部裝置輸入之外部網表而產生第一網表(S510)。將第一網表轉換為第二網表(S520)。藉由對第二網表執行直流分析來計算金屬線之電流密度(S540)。基於金屬線之電流密度而偵測金屬線之中的有缺陷金屬線(S560)。

藉由修改自外部裝置輸入之外部網表而產生第一網表(S510)。該第一網表包括與元件及金屬線有關之第一資訊。該等元件對應於FET及CAP。該等金屬線對應於第一電阻器。外部網表可能與第一網表不相容，因為網表之格式根據應用或裝置而不同。因此，需要修改外部網表以與第一網表相容。在自外部網表產生第一網表之後，將第一網表轉換為第二網表(S520)。第二網表包括用於直流分析之第二資訊。接著，藉由對第二網表執行直流分析來計算金屬線之電流密度(S540)。基於金屬線之電流密度而偵測金屬線之中的有缺陷金屬線(S560)。

圖7為說明根據本發明之另一實施例的偵測全晶片中之金屬線失效之方法的流程圖。

參看圖7，在根據一些實例實施例的偵測全晶片之金屬線失效的方法中，可基於全晶片之布局產生第一網表(S610)。可將第一網表轉換為第二網表(S620)。可藉由對第二網表執行直流分析來計算金屬線之電流密度(S640)。可基於金屬線之電流密度而偵測金屬線之中的有缺陷金屬線(S660)。

基於全晶片之布局產生第一網表(S610)。該第一網表包

括與元件及金屬線有關之第一資訊。通常，全晶片包括對應於FET及CAP之元件，及對應於第一電阻器之金屬線。因此，基於包括與FET、CAP及第一電阻器有關之資訊之全晶片的布局而產生第一網表。舉例而言，與FET、CAP及第一電阻器有關之資訊可包括位置資訊、寬度資訊、長度資訊及等等。在基於全晶片之布局產生第一網表之後，將第一網表轉換為第二網表(S620)。第二網表包括用於直流分析之第二資訊。接著，藉由對第二網表執行直流分析來計算金屬線之電流密度(S640)。基於金屬線之電流密度而偵測金屬線之中的有缺陷金屬線(S660)。

圖8為說明根據本發明之另一實施例的偵測全晶片中之金屬線失效之方法的流程圖。

參看圖8，在根據一些實例實施例的偵測全晶片之金屬線失效的方法中，可將第一網表轉換為第二網表(S710)。第一網表可包括與元件及金屬線有關之第一資訊。第二網表可包括用於直流分析之第二資訊。該等元件可對應於FET及CAP。該等金屬線可對應於金屬線。可藉由對第二網表執行直流分析來計算金屬線之電流密度(S720)。可基於金屬線之電流密度而偵測金屬線之中的有缺陷金屬線(S740)。接著，可增大有缺陷金屬線之寬度(亦即，大體上為有缺陷金屬線之橫截面積)以修復該等有缺陷金屬線(S760)。

分別增大有缺陷金屬線之寬度以修復該等有缺陷金屬線(S760)。藉由將流經金屬線之電流除以金屬線之寬度(亦

即，大體上為金屬線之橫截面積)來計算金屬線之電流密度。當增大金屬線之寬度時，金屬線之電流密度變得較小。因此，可藉由增大有缺陷金屬線之寬度來修復該等有缺陷金屬線。因此，圖8之方法可偵測金屬線失效，且可進一步在全晶片設計階段中防止金屬線失效。

圖9為說明根據本發明之一實施例的偵測全晶片中之金屬線失效之系統的方塊圖。

參看圖9，系統300包含一轉換單元320、一模擬單元340及一偵測單元360。

轉換單元320接收第一網表NET1，且將第一網表NET1轉換為第二網表NET2。第一網表NET1可包括與元件及金屬線有關之資訊。第二網表NET2可包括用於直流分析之第二資訊。該等元件可對應於FET及CAP。該等金屬線可對應於第一電阻器。轉換單元320將第一網表NET1中之FET變換為第二網表NET2中之第二電阻器。藉由將FET之汲極電流除以FET之汲極端子與源極端子之間的電壓差來判定第二電阻器之電阻。轉換單元320將第一網表NET1中之CAP變換為第二網表NET2中之開路。亦即，自第一網表NET1移除CAP。轉換單元320將一電流源添加於第一網表NET1中之輸入接腳與接地接腳之間。該電流源可提供具有由ESD事件引起之放電電流之最大值的電流。舉例而言，當假設2000 V之人體模型(HBM)時，電流源可提供具有1.3 A之電流。另外，當第一網表NET1包括其他元件(例如，電感器)時，轉換單元320可變換其他元件以用於直流

分析。因此，自第一網表NET1轉換之第二網表NET2包括用於直流分析之與第一電阻器、第二電阻器及電流源有關的第二資訊。

模擬單元340接收第二網表NET2，且對第二網表NET2執行直流分析以輸出金屬線(亦即，第一電阻器)之電流密度CD。藉由將流經金屬線之電流除以金屬線之寬度來計算金屬線之電流密度CD。如以上所描述，藉由定量分析計算金屬線之電流密度CD，因為第二網表NET2僅包括與第一電阻器、第二電阻器及電流源有關之第二資訊。

偵測單元360接收金屬線之電流密度CD，且基於金屬線之電流密度CD偵測金屬線之中的有缺陷金屬線以輸出偵測信號DS。流經金屬線之過量電流可能係由ESD事件產生。因此，當金屬線之電流密度CD大於參考值時，可能引起金屬線失效。因此，偵測單元360基於金屬線之電流密度CD是否大於參考值來判定金屬線為有缺陷之金屬線或是無缺陷之金屬線。該參考值對應於引起金屬線失效之電流密度。如以上所描述，可根據全晶片設計條件調整參考值。

因此，圖9之系統300可迅速並準確地偵測金屬線失效，且甚至可藉由使用定量分析(亦即，直流分析)判定金屬線為有缺陷之金屬線或是無缺陷之金屬線來偵測內部電路之金屬線失效。

圖10為說明根據本發明之另一實施例的偵測全晶片中之金屬線失效之系統的方塊圖。

參看圖 10，系統 400 包含一介面單元 410、一轉換單元 420、一模擬單元 440 及一偵測單元 460。

介面單元 410 藉由修改一自外部裝置輸入之外部網表 NET 而產生第一網表 NET1，且將第一網表 NET1 輸出至轉換單元 420。外部網表 NET 可能與第一網表 NET1 不相容，因為網表之格式根據應用或裝置而不同。因此，需要介面單元 410 以修改外部網表 NET 以與第一網表 NET 相容。在介面單元 410 中自外部網表 NET 產生第一網表 NET1 之後，轉換單元 420 接收來自介面單元 410 之第一網表 NET1，且將第一網表 NET1 轉換為第二網表 NET2。第一網表 NET1 可包括與元件及金屬線有關之第一資訊。第二網表 NET2 可包括用於直流分析之第二資訊。該等元件可對應於 FET 及 CAP。該等金屬線可對應於第一電阻器。模擬單元 440 接收來自轉換單元 420 之第二網表 NET2，且對第二網表 NET2 執行直流分析以將金屬線(亦即，第一電阻器)之電流密度 CD 輸出至模擬單元 440。偵測單元 460 接收來自模擬單元 440 之金屬線之電流密度 CD，且基於金屬線之電流密度 CD 來偵測金屬線之中的有缺陷金屬線以輸出偵測信號 DS。將省略轉換單元 420、模擬單元 440 及偵測單元 460 之詳細描述，因為以上描述了轉換單元 420、模擬單元 440 及偵測單元 460 之對應詳細描述。

圖 11 為說明根據本發明之另一實施例的偵測全晶片中之金屬線失效之系統的方塊圖。

參看圖 11，系統 500 包含一產生單元 510、一轉換單元

520、一模擬單元540及一偵測單元560。

產生單元510基於全晶片之布局FLI產生第一網表NET1，且將第一網表NET1輸出至轉換單元520。第一網表可包括與元件及金屬線有關之第一資訊。該全晶片可包括對應於FET、CAP之元件，及對應於第一電阻器之金屬線。第一網表NET1可包括與FET、CAP及金屬線有關之資訊。舉例而言，與FET、CAP及金屬線有關的該資訊可包括位置資訊、寬度資訊、長度資訊及等等。在產生單元510基於全晶片之布局FLI產生第一網表NET1之後，轉換單元520接收第一網表NET1，且將第一網表NET1轉換為第二網表NET2。第一網表NET1包括與元件及金屬線有關之第一資訊。第二網表NET2包括易進行直流分析之第二資訊。模擬單元540接收來自轉換單元520之第二網表NET2，且對第二網表NET2執行直流分析以將金屬線(亦即，第一電阻器)之電流密度CD輸出至模擬單元540。偵測單元560接收來自模擬單元540之金屬線之電流密度CD，基於金屬線之電流密度CD來偵測金屬線之中的有缺陷金屬線，且輸出偵測信號DS。將省略轉換單元520、模擬單元540及偵測單元560之詳細描述，因為以上描述了轉換單元520、模擬單元540及偵測單元560之對應詳細描述。

圖12為說明根據本發明之另一實施例的偵測全晶片中之金屬線失效之系統的方塊圖。

參看圖12，系統600包含一轉換單元620、一模擬單元640、一偵測單元660及一修復單元670。

轉換單元620接收第一網表NET1，且將第一網表NET1轉換為第二網表NET2。第一網表NET1包括與元件及金屬線有關之第一資訊。第二網表NET2包括易進行直流分析之第二資訊。該等元件可對應於FET及CAP。該等金屬線可對應於第一電阻器。模擬單元640接收來自轉換單元620之第二網表NET2，且對第二網表NET2執行直流分析以輸出金屬線(亦即，第一電阻器)之電流密度CD。偵測單元660接收來自模擬單元640之金屬線之電流密度CD，基於金屬線之電流密度CD來偵測金屬線之中的有缺陷金屬線，且輸出偵測信號DS。修復單元670藉由基於偵測信號DS而增大第一網表NET1中之有缺陷金屬線的寬度來修復有缺陷金屬線。接著，修復單元670輸出一最終網表NETF。如以上所描述，藉由將流經金屬線之電流除以金屬線之寬度來計算金屬線之電流密度CD。因此，當增大金屬線之寬度時，金屬線之電流密度CD可變得較小。亦即，當增大有缺陷金屬線之寬度時，可修復該等有缺陷金屬線。因此，圖12之系統可在全晶片設計階段中偵測金屬線失效，及防止金屬線失效。將省略轉換單元620、模擬單元640及偵測單元660之詳細描述，因為以上描述了轉換單元620、模擬單元640及偵測單元660之對應詳細描述。

圖13為說明根據本發明之另一實施例的偵測全晶片中之金屬線失效之系統的方塊圖。

參看圖13，系統700包含一轉換單元720、一模擬單元740、一偵測單元760、一修復單元770及一逆轉換單元

780。

轉換單元720接收第一網表NET1，且將第一網表NET1轉換為第二網表NET2。第一網表NET1包括與元件及金屬線有關之資訊。第二網表NET2包括易進行直流分析之第二資訊。該等元件可對應於FET及CAP。該等金屬線可對應於第一電阻器。模擬單元740接收來自轉換單元720之第二網表NET2，且對第二網表NET2執行直流分析以將金屬線之電流密度CD輸出至偵測單元760。偵測單元760接收來自模擬單元740之金屬線之電流密度CD，基於金屬線之電流密度CD來偵測金屬線之中的有缺陷金屬線，且輸出偵測信號DS。修復單元770藉由基於偵測信號DS而增大第二網表NET2中之有缺陷金屬線的寬度來修復有缺陷金屬線。接著，修復單元770將一第三網表NET3輸出至逆轉換單元780。逆轉換單元780接收來自修復單元770之第三網表，且將第三網表NET3轉換為第一網表NET1以輸出一最終網表NETF。亦即，逆轉換單元780將第二電阻器變換為FET，將開路變換為CAP，且自第三網表NET3移除電流源。因此，圖13之系統可在全晶片設計階段中偵測金屬線失效及防止金屬線失效。因為以上已描述轉換單元720、模擬單元740及偵測單元760之對應詳細描述，茲將省略轉換單元720、模擬單元740及偵測單元760之詳細描述。

圖14為大體說明根據本發明之實施例的偵測全晶片中之全晶片失效之方法的流程圖。

參看圖14，該方法包含基於對自第一網表轉換之第二網

表所執行之直流分析來偵測有缺陷之金屬線(S820)。第一網表包括與元件及金屬線有關之第一資訊，且第二網表包括易進行直流分析之第二資訊。該等元件可對應於FET及CAP。該等金屬線可對應於第一電阻器。可基於對自第一網表轉換之第四網表所執行之元件分析來偵測有缺陷之FET(S840)。可藉由在第一網表中將FET變換為模型化電路而產生第四網表。圖14之方法可在全晶片設計階段中偵測場效電晶體失效以及金屬線失效。下文中，將以一些額外細節描述圖14之方法。

基於對第二網表所執行之直流分析來偵測有缺陷之金屬線(S820)。在本發明之一實施例中，藉由修改自外部裝置輸入之外部網表而產生第一網表。在另一實施例中，基於全晶片之布局產生第一網表。藉由在第一網表中將FET變換為第一電阻器、將CAP變換為開路，及在輸入接腳與接地接腳之間添加一電流源而產生第二網表。電流源可提供一具有由ESD事件引起之放電電流之最大值的電流。接著，藉由對第二網表執行直流分析來計算金屬線之電流密度。基於金屬線(亦即，第一電阻器)之電流密度是否大於參考值來判定金屬線為有缺陷之金屬線或是無缺陷之金屬線。

基於對第四網表所執行之元件分析來偵測有缺陷之FET(S840)。藉由在第一網表中將FET變換為模型化電路產生第四網表。接著，對第四網表執行一模擬(亦即，元件分析)。基於模擬結果來判定FET為有缺陷之FET或是無缺

陷之FET。將省略元件分析之詳細描述，因為該分析為習知上所理解的。另外，可藉由改變有缺陷FET之特徵來修復該等有缺陷之FET。可藉由增大有缺陷金屬線之寬度來修復該等有缺陷之金屬線。然而，有缺陷FET及有缺陷金屬線之修復方式並不限於此。

如以上所描述，本發明之實施例包括：用於偵測全晶片設計之金屬線失效的方法；及用於偵測全晶片設計之金屬線失效的系統，其使得能夠在全晶片設計階段中考慮到特定ESD事件而執行全晶片設計。因此，可將根據一些實例實施例的偵測全晶片之金屬線失效的方法、根據一些實例實施例的偵測全晶片之金屬線失效的系統，及根據一些實例實施例的偵測全晶片之全晶片失效的方法應用至用於全晶片設計之電腦程式、記錄該等電腦程式之儲存媒體、執行電腦程式之電腦系統及等等。

上文說明實例實施例且不應被解釋為限制該等實例實施例。儘管已描述少許實例實施例，但熟習此項技術者將容易瞭解，在不顯著脫離本發明之新穎教示及優勢的情況下，在實例實施例中許多修改係可能的。因此，所有該等修改均意欲包括於如申請專利範圍中所界定之本發明之範疇內。因此，應理解，上文說明各種實例實施例且不應被解釋為受限於所揭示之特定實施例，且意欲使所揭示實施例之修改以及其他實施例包括於隨附申請專利範圍之範疇內。

【圖式簡單說明】

圖1為概述根據本發明之實施例的偵測全晶片中之金屬線失效之方法的流程圖；

圖2為進一步說明圖1之方法中的將第一網表轉換為第二網表之步驟的流程圖；

圖3為進一步說明圖1之方法中的將場效電晶體變換為第二電阻器之過程的流程圖；

圖4為進一步說明圖1之方法中的基於金屬線之電流密度來偵測金屬線之中的有缺陷金屬線之流程圖；

圖5A為說明第一網表之一實例的電路圖；

圖5B為說明自圖5A之第一網表所轉換之第二網表之一實例的電路圖；

圖6、圖7及圖8為分別概述根據本發明之特定實施例的偵測全晶片中之金屬線失效之方法的流程圖；

圖9、圖10、圖11、圖12及圖13為說明根據本發明之特定實施例的偵測全晶片中之金屬線失效之系統的方塊圖；及

圖14為大體概述根據本發明之實施例的偵測全晶片中之全晶片失效之方法的流程圖。

【主要元件符號說明】

100	第一網表
200	第二網表
300	系統
320	轉換單元
340	模擬單元
360	偵測單元

400	系統
410	介面單元
420	轉換單元
440	模擬單元
460	偵測單元
500	系統
510	產生單元
520	轉換單元
540	模擬單元
560	偵測單元
600	系統
620	轉換單元
640	模擬單元
660	偵測單元
670	修復單元
700	系統
720	轉換單元
740	模擬單元
760	偵測單元
770	修復單元
780	逆轉換單元
C1	CAP
C2	CAP
C3	CAP

C4	CAP
CD	電流密度
CS	電流源
DS	偵測信號
FLI	全晶片之布局
IR1	第二電阻器
IR2	第二電阻器
IR3	第二電阻器
IR4	第二電阻器
IR5	第二電阻器
NET	外部網表
NET1	第一網表
NET2	第二網表
NET3	第三網表
NETF	最終網表
P _{GND}	接地接腳
P _{IN}	輸入接腳
R1	第一電阻器
R2	第一電阻器
R3	第一電阻器
R4	第一電阻器
R5	第一電阻器
R6	第一電阻器
R7	第一電阻器

R8	第一電阻器
R9	第一電阻器
S120	將第一網表轉換為第二網表
S140	基於第二網表計算金屬線之電流密度
S160	基於電流密度偵測有缺陷之金屬線
S220	將場效電晶體變換為第二電阻器
S240	將電容器變換為開路
S260	在輸入接腳與接地接腳之間添加電流源
S320	計算場效電晶體之汲極電流
S340	計算場效電晶體之汲極端子與源極端子之間的電壓差
S360	藉由將汲極電流除以電壓差來判定第二電阻器的電阻
S420	金屬線之電流密度大於參考值？
S440	判定金屬線為有缺陷之金屬線
S460	判定金屬線為無缺陷之金屬線
S510	藉由修改外部網表而產生第一網表
S520	將第一網表轉換為第二網表
S540	基於第二網表計算金屬線之電流密度
S560	基於電流密度偵測有缺陷之金屬線
S610	基於全晶片之布局產生第一網表
S620	將第一網表轉換為第二網表
S640	基於第二網表計算金屬線之電流密度
S660	基於電流密度偵測有缺陷之金屬線

S710	將第一網表轉換為第二網表
S720	基於第二網表計算金屬線之電流密度
S740	基於電流密度偵測有缺陷之金屬線
S760	藉由增加寬度來修復有缺陷之金屬線
S820	偵測有缺陷之金屬線
S840	偵測有缺陷之場效電晶體
TR1	FET
TR2	FET
TR3	FET
TR4	FET
TR5	FET

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98145172

※申請日：98.12.25

※IPC 分類：G01R 31/26 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

偵測金屬線失效之方法及系統

METHOD AND SYSTEM DETECTING METAL LINE FAILURE

二、中文發明摘要：

在一種偵測一全晶片之金屬線失效的方法中，將一第一網表轉換為一第二網表。該第一網表包括與元件及金屬線有關之第一資訊，且該第二網表包括易進行直流分析之第二資訊。藉由對該第二網表執行該直流分析來計算該等金屬線之電流密度。基於該等金屬線之該等電流密度來偵測該等金屬線之中的有缺陷金屬線。

三、英文發明摘要：

In a method of detecting metal line failures for a full-chip, a first net-list is converted to a second net-list. The first net-list includes first information related to elements and metal lines, and the second net-list includes second information susceptible to direct current analysis. Current densities of the metal lines are calculated by performing the direct current analysis on the second net-list. Defective metal lines among the metal lines are detected based on the current densities of the metal lines.

七、申請專利範圍：

1. 一種偵測一全晶片中之金屬線失效的方法，該方法包含：

將一第一網表轉換為一第二網表，該第一網表具有與元件及金屬線有關之第一資訊，且該第二網表具有易進行直流分析之第二資訊；

藉由對該第二網表執行該直流分析來計算該等金屬線之電流密度；及

基於該等金屬線之該等電流密度偵測該等金屬線之中的有缺陷金屬線。

2. 如請求項1之方法，其進一步包含：

藉由修改一外部供應之網表而產生該第一網表。

3. 如請求項1之方法，其進一步包含：

基於該全晶片之一布局而產生該第一網表。

4. 如請求項1之方法，其中該等元件對應於場效電晶體及電容器，且該等金屬線對應於第一電阻器。

5. 如請求項4之方法，其中將該第一網表轉換為該第二網表包含：

將該等場效電晶體變換為第二電阻器；

將該等電容器變換為開路；及

在一輸入接腳與一接地接腳之間添加一電流源。

6. 如請求項5之方法，其中該電流源提供一具有一由一靜電放電(ESD)事件引起之放電電流之最大值的電流。

7. 如請求項5之方法，其中將該等場效電晶體變換為該等

第二電阻器包含：

計算該等場效電晶體之汲極電流；

計算該等場效電晶體之汲極端子與源極端子之間的電壓差；及

藉由將該等汲極電流除以該等電壓差來判定該等第二電阻器之電阻。

8. 如請求項1之方法，其中偵測該等金屬線之中的該等有缺陷金屬線包含當該等金屬線之該等電流密度大於一參考值時判定該等金屬線為該等有缺陷金屬線。

9. 如請求項8之方法，其進一步包含：

增大該等有缺陷金屬線之寬度以修復該等有缺陷金屬線。

10. 一種偵測一全晶片中之金屬線失效的系統，該系統包含：

一轉換單元，其經組態以將一第一網表轉換為一第二網表，該第一網表具有與元件及金屬線有關之第一資訊，該第二網表具有易進行直流分析之第二資訊，該等元件對應於場效電晶體及電容器，且該等金屬線對應於第一電阻器；

一模擬單元，其經組態以藉由對該第二網表執行該直流分析來計算該等金屬線之電流密度；及

一偵測單元，其經組態以基於該等金屬線之該等電流密度而偵測該等金屬線之中的有缺陷金屬線，當該等金屬線之該等電流密度大於一參考值時判定該等金屬線為

該等有缺陷金屬線。

11. 如請求項10之系統，其進一步包含：

一介面單元，其經組態以藉由修改一外部提供之網表而產生該第一網表。

12. 如請求項10之系統，其進一步包含：

一產生單元，其經組態以基於該全晶片之一布局而產生該第一網表。

13. 如請求項10之系統，其中該轉換單元進一步經組態以將該等場效電晶體變換為第二電阻器，將該等電容器變換為開路，及在一輸入接腳與一接地接腳之間添加一電流源，

其中該電流源提供一具有一由一靜電放電(ESD)事件引起之放電電流之最大值的電流。

14. 如請求項13之系統，其中該轉換單元進一步經組態以計算該等場效電晶體之汲極電流，計算該等場效電晶體之汲極端子與源極端子之間的電壓差，及藉由將該等汲極電流除以該等電壓差來判定該等第二電阻器之電阻。

15. 如請求項14之系統，其進一步包含：

一修復單元，其經組態以藉由增大該等有缺陷金屬線之寬度來修復該等有缺陷金屬線而自該第一網表產生一最終網表。

16. 如請求項14之系統，其進一步包含：

一修復單元，其經組態以藉由增大該等有缺陷金屬線之寬度來修復該等有缺陷金屬線而自該第二網表產生一

第三網表。

17. 如請求項16之系統，其進一步包含：

一逆轉換單元，其經組態以藉由將該等第二電阻器變換為該等場效電晶體、將該等開路變換為該等電容器及移除該電流源而自該第三網表產生一最終網表。

18. 一種偵測一全晶片中之全晶片失效的方法，該方法包含：

藉由對一自一第一網表轉換之第二網表執行一直流分析來偵測有缺陷之金屬線，該第一網表具有與元件及金屬線有關之第一資訊，該第二網表具有易進行直流分析之第二資訊，該等元件對應於場效電晶體及電容器，且該等金屬線對應於第一電阻器；及

藉由對一第四網表執行一元件分析來偵測有缺陷之場效電晶體，該第四網表係藉由將該等場效電晶體變換為模型化電路而自該第一網表轉換得到。

19. 如請求項18之方法，其中該第二網表係藉由將該等場效電晶體變換為第二電阻器、將該等電容器變換為開路及在一輸入接腳與一接地接腳之間添加一電流源而自該第一網表轉換得到，且

其中該電流源提供一具有一由一靜電放電(ESD)事件引起之放電電流之最大值的電流。

20. 如請求項19之方法，其中偵測該等有缺陷金屬線包含：

藉由對該第二網表執行該直流分析來計算該等金屬線之電流密度；及

基於該等金屬線之該等電流密度來偵測該等金屬線之
中的該等有缺陷金屬線，當該等金屬線之該等電流密度
大於一參考值時判定該等金屬線為該等有缺陷金屬線。

八、圖式：

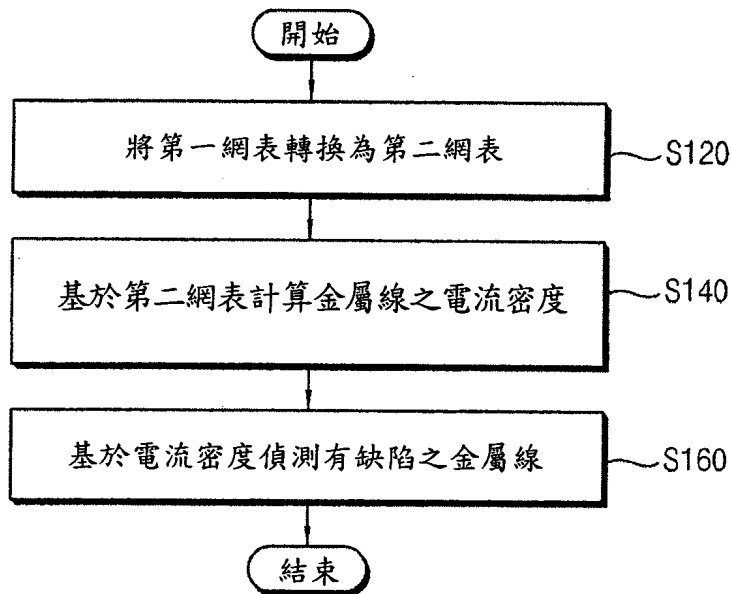


圖 1

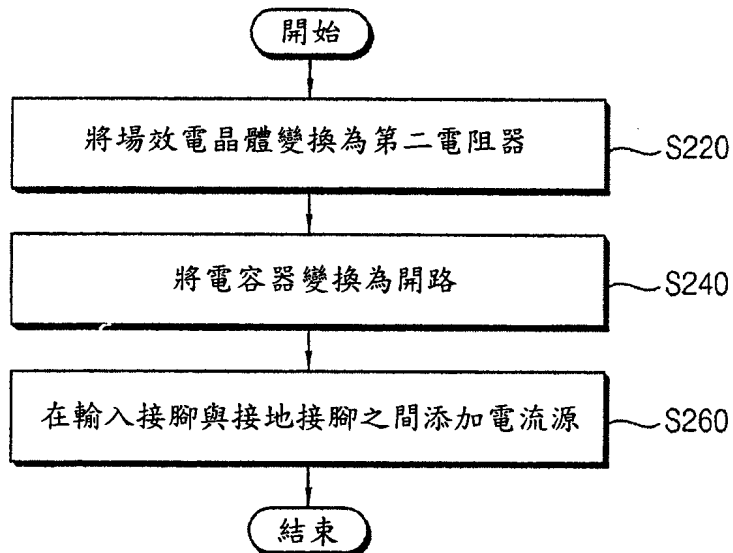


圖 2

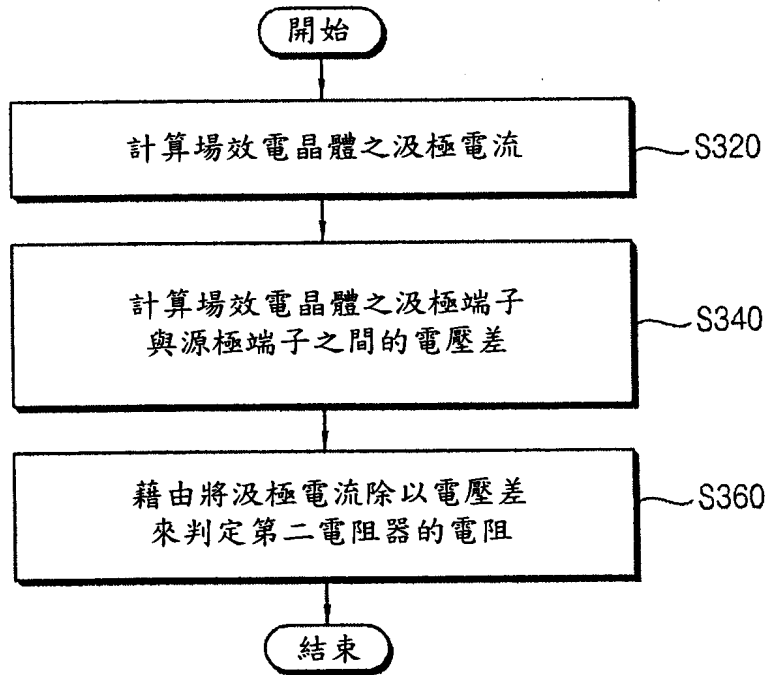


圖3

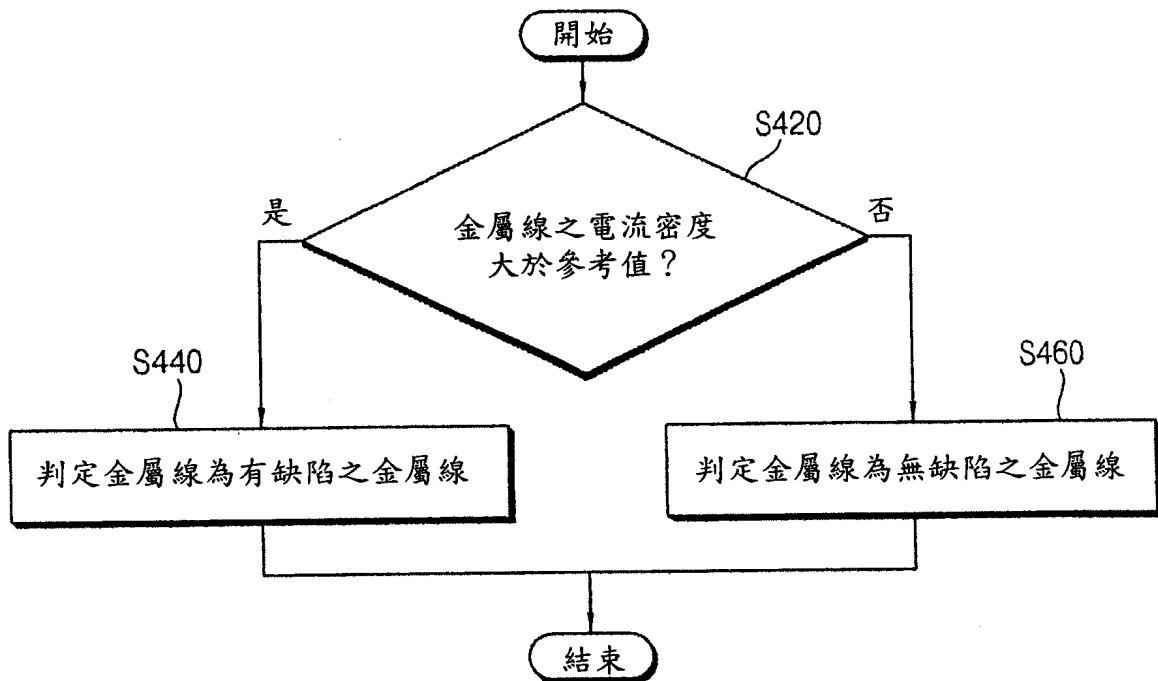


圖4

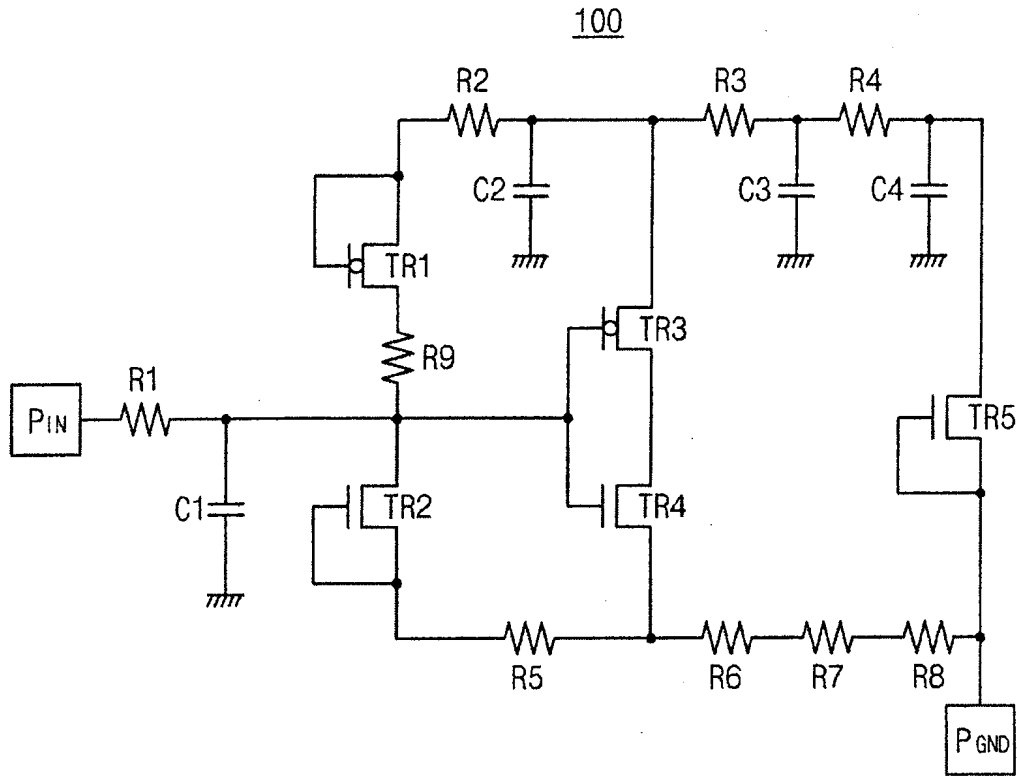


圖 5A

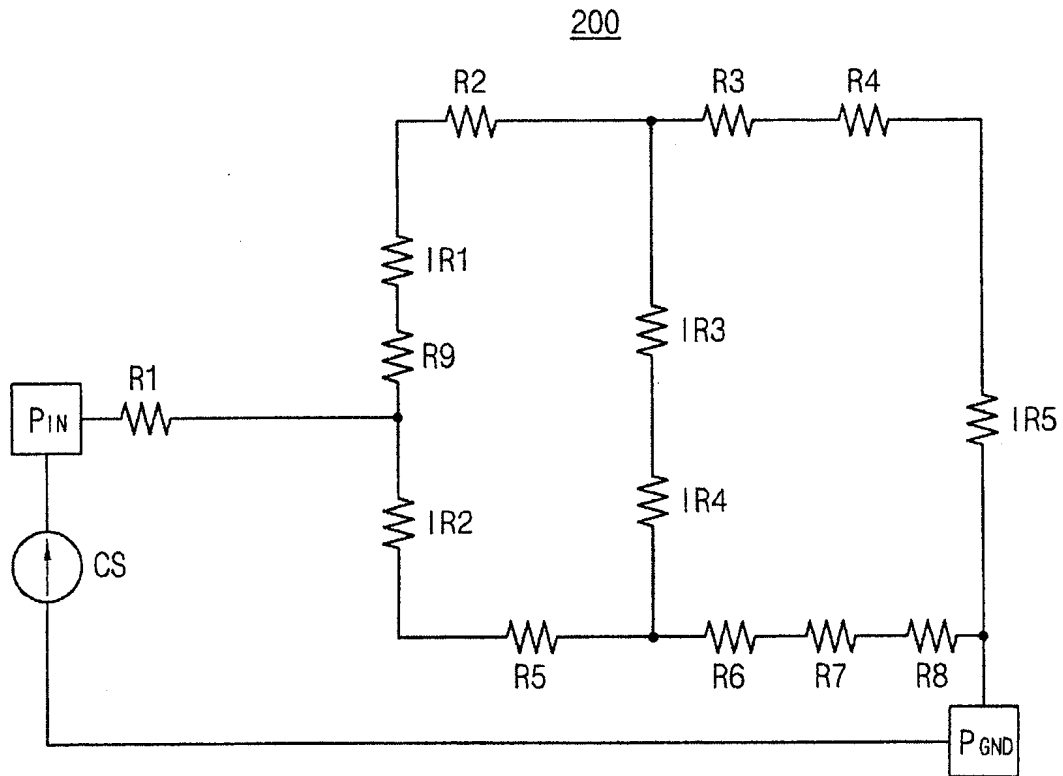


圖 5B

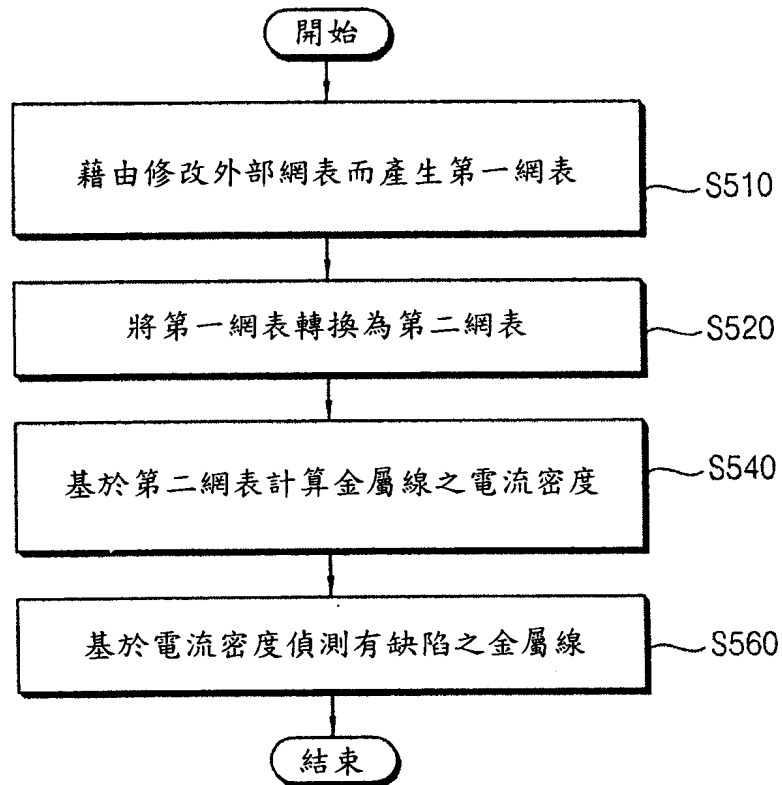


圖6

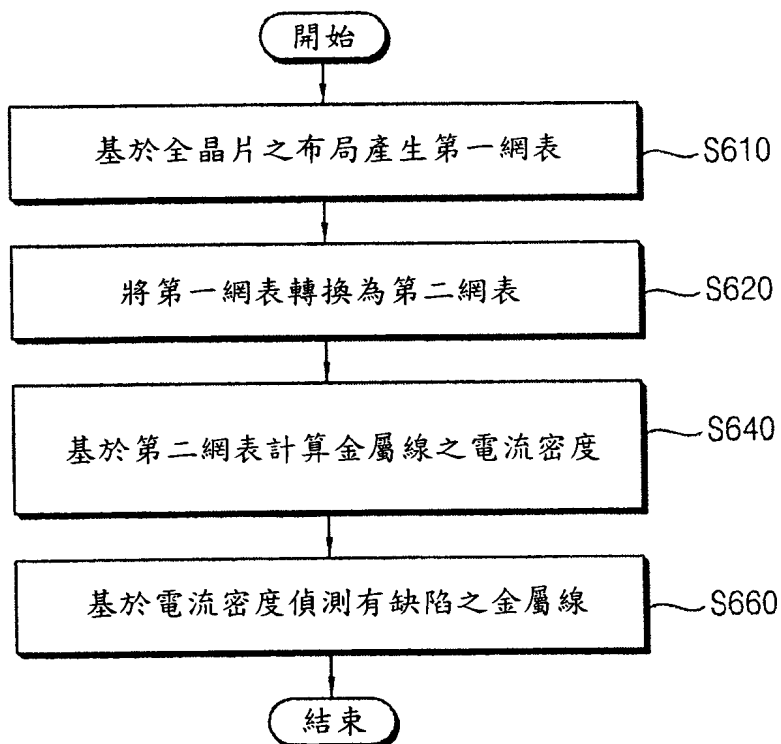


圖7

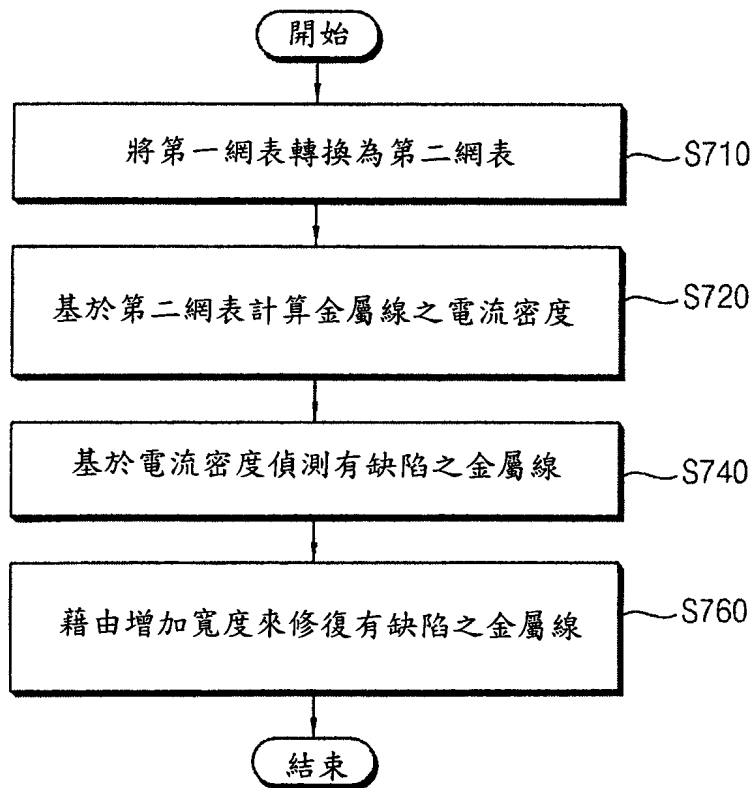


圖8

300

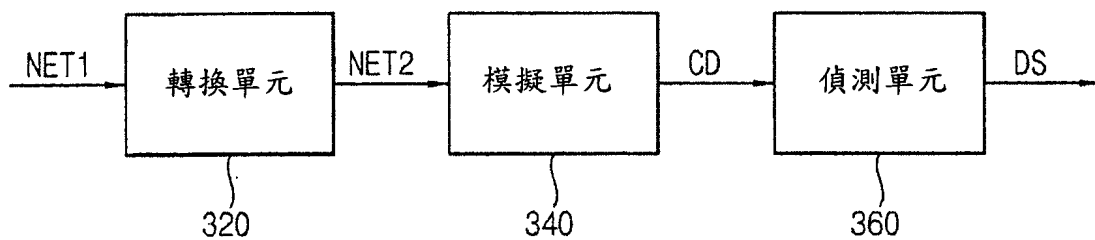


圖9

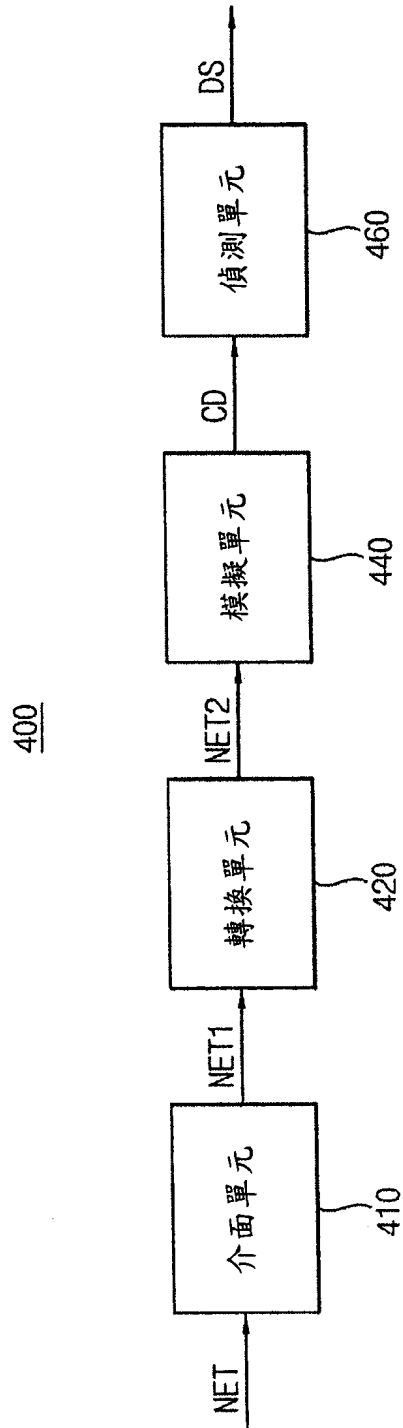


圖10

500

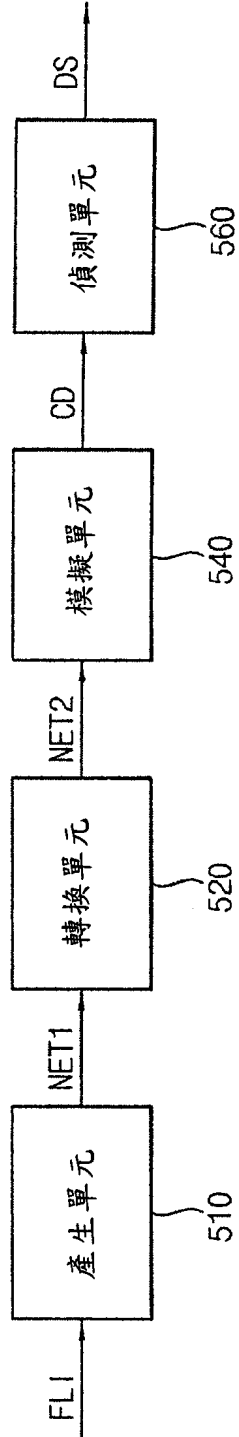


圖 11

600

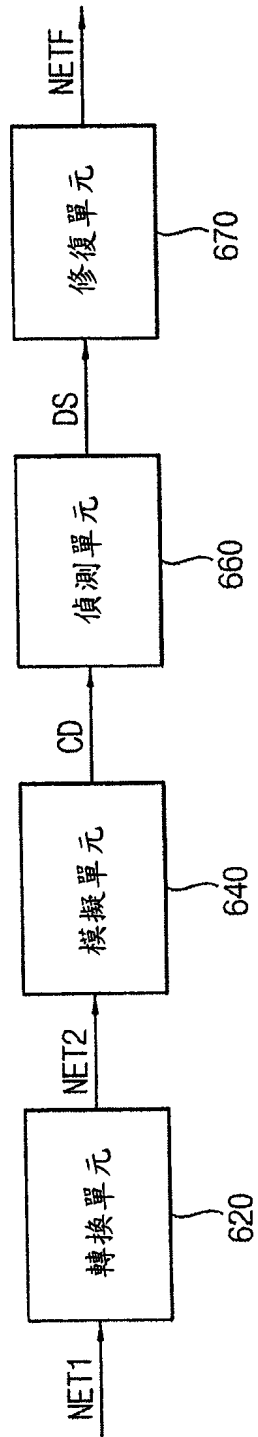


圖12

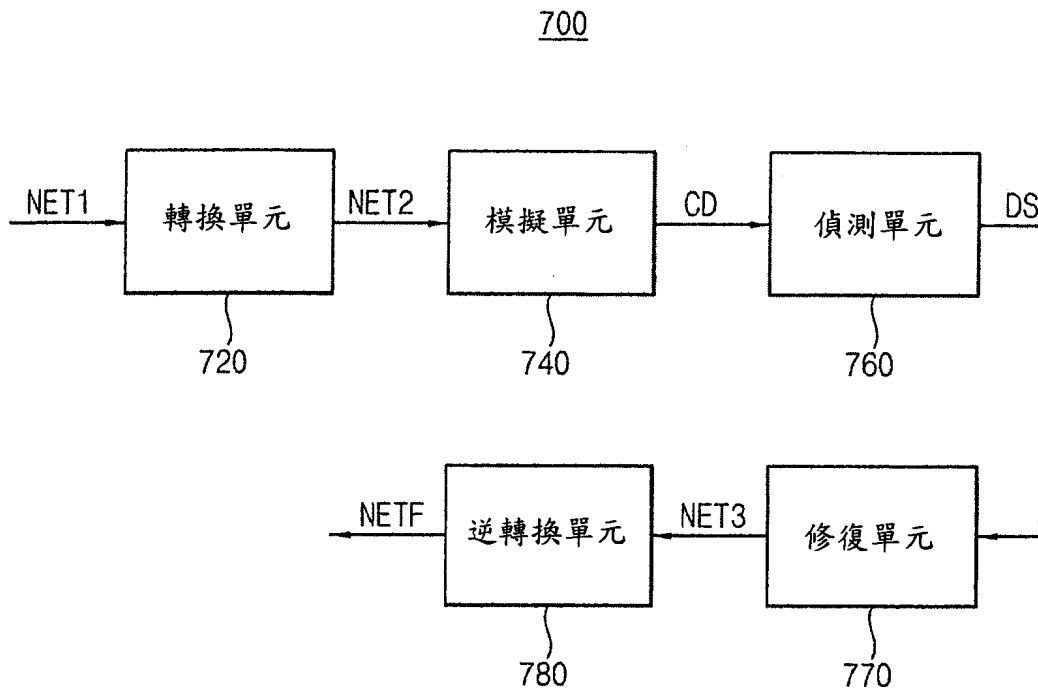


圖13

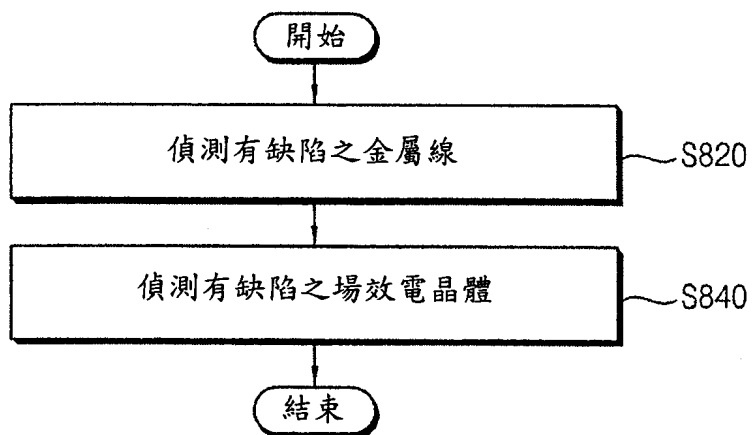


圖14

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

S120 將第一網表轉換為第二網表

S140 基於第二網表計算金屬線之電流密度

S160 基於電流密度偵測有缺陷之金屬線

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)