



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I787484 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 12 月 21 日

(21)申請案號：108109371

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 03 月 19 日

(51)Int. Cl. : H01L21/67 (2006.01)

H01L21/66 (2006.01)

(30)優先權：2018/03/20 美國

62/645,406

2018/07/18 美國

16/038,973

(71)申請人：美商克萊譚克公司(美國) KLA-TENCOR CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：拉瑟 羅伯 J RATHERT, ROBERT J. (US)；普里斯 大衛 W PRICE, DAVID

W. (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

US 2006/0234496A1

US 2010/0303334A1

US 2013/0288403A1

審查人員：湯欽全

申請專利範圍項數：29 項 圖式數：4 共 58 頁

(54)名稱

基於製造資料針對性召回半導體裝置

(57)摘要

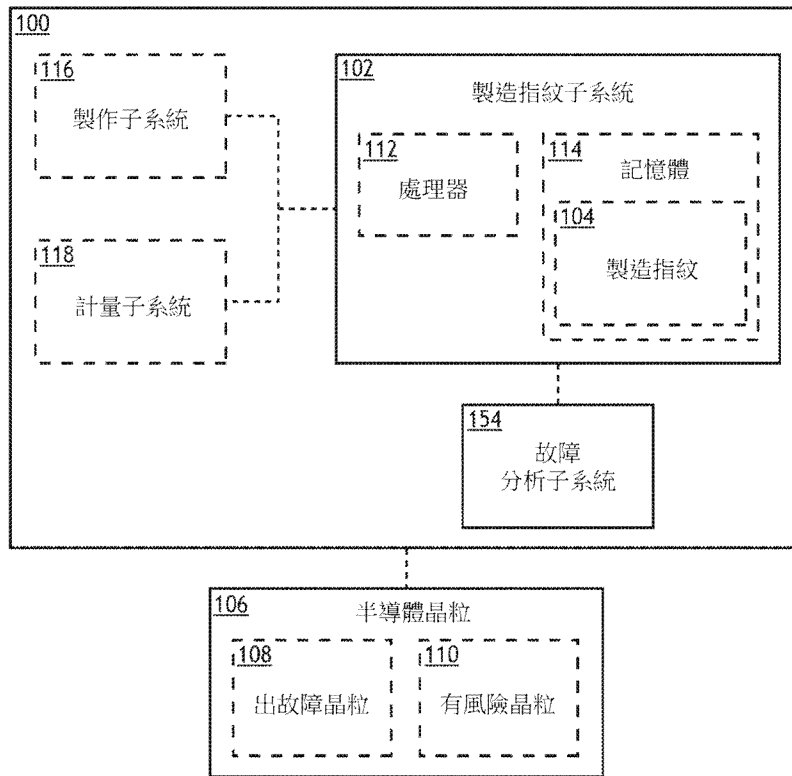
一種用於提供一針對性召回之系統包含：一計量子系統，其用於在一或多個製作步驟之後對半導體晶粒執行線上量測以產生線上量測量變曲線；一故障分析子系統，其用於判定一出故障晶粒之一製造指紋；及一控制器。該計量子系統可進一步在一或多個封裝步驟之後執行該等半導體晶粒之一或多個量測以產生封裝表徵量變曲線。該控制器可基於該等線上量測量變曲線及該等封裝表徵量變曲線而產生該等半導體晶粒之製造指紋，該等製造指紋係以唯一電子晶片識別符為參考。該控制器可進一步藉由比較該等半導體晶粒之該等製造指紋與該出故障晶粒之該製造指紋而識別有風險晶粒且指導該一或多個有風險晶粒之一針對性召回。

A system for providing a targeted recall includes a metrology sub-system for performing in-line measurements on semiconductor dies after one or more fabrication steps to generate in-line measurement profiles, a failure analysis sub-system for determining a manufacturing fingerprint of a failed die, and a controller. The metrology sub-system may further perform one or more measurements of the semiconductor dies after one or more packaging steps to generate package characterization profiles. The controller may generate manufacturing fingerprints for the semiconductor dies based on the in-line measurement profiles and the package characterization profiles, which are referenced to unique electronic chip identifiers. The controller may further identify at-risk dies by comparing the manufacturing fingerprints of the semiconductor dies with the manufacturing fingerprint of the failed die and direct a targeted recall for the one or more at-risk dies.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 100 . . . 系統
- 102 . . . 製造指紋子系統
- 104 . . . 製造指紋
- 106 . . . 半導體晶粒
- 108 . . . 出故障晶粒
- 110 . . . 有風險晶粒
- 112 . . . 處理器
- 114 . . . 記憶體媒體/非暫時性記憶體媒體
- 116 . . . 製作子系統
- 118 . . . 計量子系統
- 154 . . . 故障分析子系統



【圖1A】



I787484

【發明摘要】

【中文發明名稱】

基於製造資料針對性召回半導體裝置

【英文發明名稱】

TARGETED RECALL OF SEMICONDUCTOR DEVICES BASED
ON MANUFACTURING DATA

【中文】

一種用於提供一針對性召回之系統包含：一計量子系統，其用於在一或多個製作步驟之後對半導體晶粒執行線上量測以產生線上量測量變曲線；一故障分析子系統，其用於判定一出故障晶粒之一製造指紋；及一控制器。該計量子系統可進一步在一或多個封裝步驟之後執行該等半導體晶粒之一或多個量測以產生封裝表徵量變曲線。該控制器可基於該等線上量測量變曲線及該等封裝表徵量變曲線而產生該等半導體晶粒之製造指紋，該等製造指紋係以唯一電子晶片識別符為參考。該控制器可進一步藉由比較該等半導體晶粒之該等製造指紋與該出故障晶粒之該製造指紋而識別有風險晶粒且指導該一或多個有風險晶粒之一針對性召回。

【英文】

A system for providing a targeted recall includes a metrology sub-system for performing in-line measurements on semiconductor dies after one or more fabrication steps to generate in-line measurement profiles, a failure analysis sub-system for determining a manufacturing fingerprint of a failed die, and a controller. The metrology sub-system may further perform one or more measurements of the semiconductor dies after one

or more packaging steps to generate package characterization profiles. The controller may generate manufacturing fingerprints for the semiconductor dies based on the in-line measurement profiles and the package characterization profiles, which are referenced to unique electronic chip identifiers. The controller may further identify at-risk dies by comparing the manufacturing fingerprints of the semiconductor dies with the manufacturing fingerprint of the failed die and direct a targeted recall for the one or more at-risk dies.

【指定代表圖】

圖1A

【代表圖之符號簡單說明】

- 100 系統
- 102 製造指紋子系統
- 104 製造指紋
- 106 半導體晶粒
- 108 出故障晶粒
- 110 有風險晶粒
- 112 處理器
- 114 記憶體媒體/非暫時性記憶體媒體
- 116 製作子系統
- 118 計量子系統
- 154 故障分析子系統

【發明說明書】

【中文發明名稱】

基於製造資料針對性召回半導體裝置

【英文發明名稱】

TARGETED RECALL OF SEMICONDUCTOR DEVICES BASED
ON MANUFACTURING DATA

【技術領域】

【0001】 本發明係關於召回半導體裝置，且更特定而言係關於基於製造資料針對性召回半導體裝置。

【先前技術】

【0002】 由於半導體裝置之故障而進行產品召回對於企業及消費者兩者而言通常係代價高的且毀滅性的。因此期望將召回限制於預期出故障之半導體裝置以便緩解相關聯成本及毀滅。典型產品召回係基於與一出故障裝置相關聯之總屬性，諸如製作位置及時間窗。然而，此等毯式召回在阻止未來之相同或類似類型之故障方面可係低效的或無效的。

【0003】 一半導體裝置之故障通常與多個因素(包含但不限於製造及操作條件之缺陷)之一會聚相關聯。在實務上，一給定半導體裝置可在多個製作位置中之任一者中經製作且可進一步曝露於多樣化操作條件，諸如但不限於溫度、濕度、振動、電子過應力(EOS)或靜電放電(ESD)條件。因此，準確地預測裝置故障以提供針對性召回仍然係一持續挑戰。

【發明內容】

【0004】 根據本發明之一或多個說明性實施例揭示一種用於提供一針對性召回之系統。在一項說明性實施例中，該系統包含一計量子系統以

用於在一或多個製作步驟之後對半導體晶粒執行線上量測以產生線上量測量變曲線。在另一說明性實施例中，該計量子系統在一或多個封裝步驟之後執行該等半導體晶粒之一或多個量測以產生封裝表徵量變曲線。在另一說明性實施例中，該系統包含一故障分析子系統以用於判定一出故障晶粒之一製造指紋之至少一部分。在另一說明性實施例中，該系統包含一控制器。在另一說明性實施例中，該控制器基於該等半導體晶粒之該等線上量測量變曲線及該等封裝表徵量變曲線而產生該等半導體晶粒之製造指紋。在另一說明性實施例中，該等製造指紋係以該等半導體晶粒之唯一電子晶片識別符為參考。在另一說明性實施例中，該控制器基於該等半導體晶粒之製造指紋與該出故障晶粒之該製造指紋之至少一部分之比較而識別一或多個有風險晶粒。在另一說明性實施例中，該控制器指導該一或多個有風險晶粒之一針對性召回。

【0005】 根據本發明之一或多個說明性實施例揭示一種用於提供一針對性召回之方法。在一項說明性實施例中，該方法包含在一或多個半導體製作步驟之後對半導體晶粒執行線上量測以產生線上量測量變曲線。在另一說明性實施例中，該方法包含在一或多個封裝步驟之後執行該半導體之一或多個量測以產生封裝表徵量變曲線。在另一說明性實施例中，該方法包含基於該等線上量測量變曲線及該等封裝表徵量變曲線而產生該等半導體晶粒之製造指紋。在另一說明性實施例中，該等製造指紋係以該等半導體晶粒之唯一電子晶片識別符為參考。在另一說明性實施例中，該方法包含判定該複數個晶粒中之一出故障晶粒之製造指紋之至少一部分。在另一說明性實施例中，該方法包含基於該複數個晶粒之製造指紋與該出故障晶粒之該製造指紋之該至少一部分之比較而識別該複數個晶粒中之一或多

個有風險晶粒。在另一說明性實施例中，該方法包含召回包含該一或多個有風險晶粒之裝置。

【0006】 根據本發明之一或多個說明性實施例揭示一種用於提供一針對性召回之系統。在一項說明性實施例中，該系統包含以通信方式耦合至一計量子系統及一故障分析子系統之一控制器。在另一說明性實施例中，該控制器在一或多個半導體製作步驟之後基於自該計量子系統接收的半導體晶粒之線上量測量變曲線且進一步在一或多個封裝步驟之後基於自該計量子系統接收之該等半導體晶粒之封裝表徵量變曲線而產生該等半導體晶粒之製造指紋。在另一說明性實施例中，該等製造指紋係以該等半導體晶粒之唯一電子晶片識別符為參考。在另一說明性實施例中，該控制器基於該等半導體晶粒之製造指紋與自該故障分析子系統接收的該出故障晶粒之一製造指紋之至少一部分之比較而識別一或多個有風險晶粒。在另一說明性實施例中，該控制器指導該一或多個有風險晶粒之一針對性召回。

【0007】 應理解，前述大體說明及以下詳細說明兩者皆僅為例示性及解釋性的且未必限定所主張之本發明。併入本說明書中並構成本說明書之一部分之隨附圖式圖解說明本發明之實施例，並與該大體說明一起用於闡釋本發明之原理。

【圖式簡單說明】

【0008】 熟習此項技術者可藉由參考隨附圖式更好地理解本發明之眾多優點，在隨附圖式中：

圖1A係根據本發明之一或多個實施例之用於提供針對性召回之一系統之一概念視圖。

圖1B係圖解說明根據本發明之一或多個實施例之計量子系統之一概

念視圖。

圖1C係圖解說明根據本發明之一或多個實施例之一基於粒子之計量子系統之一概念視圖。

圖2係圖解說明在用於執行半導體裝置之針對性召回之一方法中執行之步驟之一流程圖。

圖3A係根據本發明之一或多個實施例之在一半導體製作程序之一晶圓階段期間之線上量測之一概念視圖。

圖3B係根據本發明之一或多個實施例之在一半導體製作程序之一封裝階段期間之量測之一概念視圖。

圖4A包含根據本發明之一或多個實施例之指示損壞之一外部外殼之一光學影像。

圖4B包含根據本發明之一或多個實施例之指示損壞之一外部外殼之一粒子射束影像。

【實施方式】

相關申請案交叉參考

【0009】本申請案依據35 U.S.C. § 119(e)主張2018年3月20日提出申請、標題為「METHOD TO ENABLE TARGETED RECALL OF AT RISK SEMICONDUCTOR DEVICES USING HOLISTIC MANUFACTURING DATA AND MACHINE LEARNING」且指定Robert J. Rathert及David W. Price為發明人之第62/645,406號美國臨時申請案之權益，該美國臨時申請案以全文引用方式並入本文中。

【0010】現在將詳細參考在附圖中所圖解說明之所揭示標的物。本發明已關於特定實施例及其特定特徵來特別地展示及闡述。本文中所陳述

之實施例被視為說明性的而非限制性的。熟習此項技術者將容易地明瞭，可在不背離本發明之精神及範疇之情況下做出形式及細節上之各種改變及修改。

【0011】 本發明之實施例針對於用於基於歷史製造資料而提供半導體裝置之針對性召回之系統及方法。

【0012】 在某些實施例中，形成製造指紋(例如，指紋)以合並及/或追蹤與半導體裝置之製造歷史有關之資料，諸如但不限於製作量變曲線、線上量測量變曲線、封裝測試量變曲線或老化量變曲線。在一裝置故障(例如，在現場操作之一裝置之一故障)之後，旋即可提取該出故障裝置之至少一部分指紋。然後，一針對性召回可僅包含具有與該出故障裝置類似之指紋之半導體裝置。就此而言，一針對性召回可利用裝置特定製造資料來識別可能在與該出故障裝置類似之條件下出故障之具有類似缺陷及/或測試量變曲線之半導體裝置之一子集。

【0013】 在某些實施例中，製造指紋包含適合用於識別與製作相關聯之各種條件之製作量變曲線資料。舉例而言，製作量變曲線資料可包含一製作位置，諸如一製作設施、一製作設施內之一製作線路或諸如此類。藉由另一實例之方式，製作量變曲線資料可包含一製作時間或時間窗。藉由另一實例之方式，製作量變曲線資料可包含與特定晶圓、一晶圓上之特定晶粒、一晶粒內之特定位置或諸如此類有關之粒度資訊。例如，製作量變曲線資料可包含諸如但不限於一批次識別符、一晶圓識別符或一晶圓上之一晶粒位置(例如，在X-Y座標中、在極座標中或諸如此類)之粒度資訊。藉由另一實例之方式，一電子ID (ECID)唯一於每一裝置。

【0014】 在本文中認識到，製作量變曲線資料可係不充分的及/或有

時係半導體裝置之故障率之一不良預測子。舉例而言，單獨基於製作量變曲線資料之產品召回假定在時間上接近於一出故障裝置之一時間處在同一位置中製作之裝置將具有與該出故障裝置類似之故障率。然而，情況可係：由此等總特性識別之裝置之操作條件可不同。舉例而言，來自與該出故障裝置相同之製作設施且在某些情形中來自與該出故障裝置相同之批次之半導體裝置可整合至不同組件中且曝露於不同操作條件。因此，單獨基於製作量變曲線資料之一產品召回可包含不可能在半導體裝置之實際操作條件下出故障之彼等裝置。此外，單獨基於製作量變曲線資料之一產品召回可不包含在其他批次或其他設施中製作之半導體裝置，該等半導體裝置仍然具有類似製造歷史且可經受與該出故障裝置類似之操作條件使得其展現一高故障可能性。

【0015】 在某些實施例中，製造指紋包含線上量測量變曲線資料(例如，缺陷量變曲線資料、計量量變曲線資料、檢驗量變曲線資料或諸如此類)。在本文中認識到，製造缺陷(例如，與設計規格之偏差)及/或污染物之存在可導致裝置故障。因此，包含線上量測量變曲線資料之一指紋可促進識別易受與該出故障裝置相同或類似之基於缺陷之故障機制影響之半導體裝置。舉例而言，一半導體製作程序可包含一系列計量步驟以表徵、監測及/或控制該製作程序。例如，一半導體製作程序可包含檢驗步驟以識別與污染物之引入、所製作特徵與目標值之偏差或諸如此類相關聯之缺陷。在另一例項中，一半導體製作程序可包含疊對計量步驟以判定連續製作之層之相對位置。因此，該等指紋可包含在製作期間之任一點處與一晶圓及/或一晶粒相關聯之計量結果。

【0016】 在某些實施例中，製造指紋包含測試量變曲線資料。半導

體晶圓通常包含跨越晶圓裝置分布以並行製作多個裝置之多個晶粒。在製作之後，晶圓可經切割且每一晶粒可單獨或與額外組件一起經封裝以形成半導體裝置。經封裝組件(或部分地經封裝組件)然後通常經受各種測試，諸如但不限於用以表徵各種組件之間的電及/或機械連接之連接測試、用以判定裝置是否在選定規格內起作用之功能性測試或其中組件在各種操作條件下經受各種應力以針對故障來篩選裝置之老化測試。在本文中認識到，具有類似測試量變曲線之裝置可易受與該出故障裝置相同或類似之基於操作條件之故障機制影響。因此，該等指紋可包含與經封裝或部分地經封裝裝置相關聯之測試結果。

【0017】 在某些實施例中，製造指紋包含預期操作量變曲線資料。在本文中認識到，一給定半導體裝置是否曝露於與該出故障裝置相同或類似之操作條件可影響預期故障可能性。舉例而言，情況可係：一預期操作環境(例如，溫度、壓力、EOS、EDS或諸如此類)及/或既定用途(例如，一飛機駕駛艙、一汽車、一消費型電子裝置或諸如此類)在製造時間處係已知。因此，指紋可包含預期操作條件。

【0018】 在某些實施例中，與相同或類似類型之半導體裝置相關聯之製造指紋以促進該等指紋內之各種資料之搜尋及相關性分析之一格式來儲存。舉例而言，該等指紋可儲存於一可搜尋資料庫中。藉由另一實例之方式，該等指紋可儲存於適合用於使用機器學習技術達成相關性之一系統中。

【0019】 在某些實施例中，在一裝置故障之後，即刻針對該出故障裝置提取一完全指紋或一部分指紋。舉例而言，若產生且儲存特定出故障裝置之一完全製造指紋，則該完全指紋可係已知的。藉由另一實例之方

式，可基於一未知或不可識別部分之一故障分析而提取一完全指紋或一部分指紋。

【0020】 在某些實施例中，可基於一出故障裝置之一指紋(或至少一部分指紋)與所儲存指紋之一比較性分析而將一半導體裝置子集識別為一針對性召回之一部分。該比較性分析可包含適合用於識別可能在與該出故障裝置類似之操作條件下出故障之半導體裝置之此項技術中已知之任何技術。舉例而言，一比較性分析可包含(但不需要包含)一「最近相鄰者」技術以識別具有如選定度量所判定之類似指紋之半導體裝置。藉由另一實例之方式，一比較性分析可包含與包含於一指紋中之各種資料物件相關聯之權數。在本文中認識到，一指紋之不同資料物件或資料物件組合可具有用於預測故障之不同關聯性。例如，缺陷及/或測試量變曲線資料可具有(但不需要具有)比製作量變曲線資料高之一預測權數。藉由另一實例之方式，已知缺陷類型與已知操作條件之特定組合可與裝置故障高度相關。

【0021】 現在參考圖1至圖4B，根據本發明之一或多個實施例，更詳細地闡述用於基於製造指紋而提供一針對性召回之系統及方法。

【0022】 圖1A係根據本發明之一或多個實施例之用於提供針對性召回之一系統100之一概念視圖。在一項實施例中，系統100包含用於儲存及/或分析製造指紋104之一製造指紋子系統102。舉例而言，製造指紋子系統102可將在沿著一製造程序之各種步驟處與半導體晶粒106相關聯之資料物件編譯成一可搜尋格式且儲存該等資料物件以形成製造指紋104。藉由另一實例之方式，在一出故障晶粒108 (例如，半導體晶粒106中之一者)之故障之後，製造指紋子系統102旋即分析所儲存製造指紋104以將半導體晶粒106之一子集識別為具有與出故障晶粒108類似之製造指紋104

之有風險晶粒110。因此，有風險晶粒110可充分有可能在與出故障晶粒108類似之操作條件下出故障以保證一召回。

【0023】 在另一實施例中，製造指紋子系統102包含經組態以執行維持於一記憶體媒體114上之程式指令之一或多個處理器112。就此而言，製造指紋子系統102之一或多個處理器112可執行貫穿本發明所闡述之各種程序步驟中之任一者。一製造指紋子系統102之一或多個處理器112可包含此項技術中已知之任何處理元件。在此意義上，一或多個處理器112可包含經組態以執行演算法及/或指令之任何微處理器類型裝置。在一項實施例中，一或多個處理器112可由經組態以執行經組態以如本發明通篇中所闡述而操作系統100之一程式的一桌上型電腦、大型電腦系統、工作站、影像電腦、並行處理器或任何其他電腦系統(例如，經網路連線電腦)組成。進一步認識到，術語「處理器」可廣義地定義為囊括具有一或多個處理元件之任一裝置，該一或多個處理元件執行來自一非暫時性記憶體媒體114之程式指令。

【0024】 記憶體媒體114可包含適合用於儲存可由相關聯的一或多個處理器112執行之程式指令之此項技術中已知之任何儲存媒體。舉例而言，記憶體媒體114可包含一非暫時性記憶體媒體。藉由另一實例之方式，記憶體媒體114可包含但不限於一唯讀記憶體(ROM)、一隨機存取記憶體(RAM)、一磁性或光學記憶體裝置(例如，磁碟)、一磁帶、一固態磁碟機及諸如此類。進一步注意，記憶體媒體114可與一或多個處理器112一起裝納於一共同控制器殼體中。在一項實施例中，記憶體媒體114可相對於一或多個處理器112之實體位置而遠端定位。例如，製造指紋子系統102之一或多個處理器112可存取可透過一網路(例如，網際網路、內部網

路及諸如此類)存取之一遠端記憶體(例如，伺服器)。因此，以上說明不應解釋為對本發明之一限制，而是僅為一圖解說明。

【0025】 在另一實施例中，系統100包含一製作子系統116，製作子系統116包含用於製造半導體晶粒106之一或多個製作工具，諸如但不限於微影工具、蝕刻工具、拋光工具、切割工具或封裝工具。製作子系統116 (例如，任何相關聯製作工具)可以通信方式耦合至製造指紋子系統102以提供與半導體晶粒106相關聯之製作資訊。就此而言，由製造指紋子系統102儲存之製造指紋104可包含製作量變曲線資料，其包含關於及/或來自製作子系統116之資訊。舉例而言，製作量變曲線資料可包含但不限於一製作設施、一製作設施內之一製作線路或在各種製造步驟處使用之製作工具。藉由另一實例之方式，製作量變曲線資料可包含晶圓及/或晶粒特有資訊，諸如但不限於一批次識別符、一晶圓識別符、一晶粒識別符或一晶粒在一晶圓上之一位置。

【0026】 在另一實施例中，系統100包含一計量子系統118，計量子系統118包含用於在製造程序之各種步驟處表徵及/或篩選半導體晶粒106之一或多個計量工具。計量子系統118可包含適合用於在一製造程序之任一點處之任何類型之計量及/或檢驗量測之任何類型之計量工具。

【0027】 舉例而言，計量子系統118可包含計量工具以表徵所沈積膜及/或所製作特徵之一或多個態樣。因此，製造指紋104可包含在一或多個程序步驟處與計量結果相關聯之線上量測量變曲線。

【0028】 計量子系統118可包含此項技術中已知之任何類型之計量工具。在一個例項中，計量子系統118包含一晶圓計量工具以表徵裸晶圓及/或未經圖案化膜之態樣，諸如但不限於晶圓厚度、晶圓平坦度、膜厚

度、膜平坦度、折射率或應力。在另一例項中，計量子系統118包含一計量工具以量測所製作特徵之態樣，諸如但不限於大小、臨界尺寸(CD)、形狀、定向或線粗糙度。在另一例項中，計量子系統118包含一疊對計量工具以量測在半導體晶粒106之不同層上所製作之特徵之間的相對對齊位置。

【0029】 藉由另一實例之方式，計量子系統118可包含檢驗工具以用於識別及/或表徵缺陷，諸如但不限於污染物或製作缺陷。因此，製造指紋104可包含在一或多個程序步驟處之檢驗結果。

【0030】 計量子系統118可包含此項技術中已知之任何類型之檢驗工具。在一個例項中，計量子系統118包含檢驗工具以表徵所製作特徵與設計規格之偏差，諸如但不限於臨界尺寸(CD)誤差、組件之間的非所要連接(例如，電短路)、組件中之非所要間隙、線粗糙度誤差、形狀偏差(例如，圓角)或諸如此類。就此而言，製造指紋104可包含在製造程序之多個階段處與檢驗結果(例如，已知缺陷及/或所製作特徵自目標值之變化)相關聯的半導體晶粒106之線上量測量變曲線。在另一實施例中，計量子系統118包含檢驗工具以偵測污染物(諸如但不限於沈積於半導體晶粒106上之非所要材料)或製作缺陷(例如，在一拋光步驟期間之刮痕、坑、空隙或諸如此類)。

【0031】 藉由另一實例之方式，計量子系統118可包含封裝檢驗及/或測試工具以詢問經封裝半導體晶粒106之功能性及/或連接性。因此，製造指紋104可包含在適合用於整合至額外組件中之一或多個程序步驟(諸如但不限於其中一晶圓切割成個別晶粒之一切割步驟或其中晶粒整合至一晶片中(例如，藉助電引線、外部支撐件、箱子或諸如此類)之一封裝步驟)

處之測試結果。

【0032】 計量子系統118可包含此項技術中已知之任何類型之封裝測試工具。在一個例項中，計量子系統118包含可表徵經封裝半導體晶粒106之電及/或機械連接之測試工具。在一個例項中，計量子系統118包含其中在各種操作條件(諸如但不限於溫度、電壓、電流或機械應力)下測試經封裝半導體晶粒106之效能之老化測試設備。

【0033】 與計量子系統118相關聯之計量工具可包含此項技術中已知之計量系統之任一組合，諸如但不限於光學計量系統(例如，基於光之計量系統)、基於粒子之計量系統或基於探測器之系統。

【0034】 在一項實施例中，計量子系統118可包含基於用光照射半導體晶粒106及/或收集自半導體晶粒106發出之光的光學計量工具。

【0035】 圖1B係圖解說明根據本發明之一或多個實施例之計量子系統118之一概念視圖。舉例而言，圖1B可表示(但不限於表示)一光學計量工具。

【0036】 在一項實施例中，計量子系統118包含一計量照射源120以產生一計量照射射束122。計量照射射束122可包含電磁輻射射束或一粒子射束。舉例而言，計量照射射束122可包含一或多個選定波長之電磁輻射，其包含但不限於X射線輻射、超紫外線(UV)輻射、可見輻射或紅外線(IR)輻射。藉由另一實例之方式，計量照射射束122可包含電子、離子、中性粒子或諸如此類之一射束。

【0037】 在另一實施例中，計量照射源120經由一照射路徑124將計量照射射束122引導至安置於一樣本載台126上之一半導體晶粒106。照射路徑124可包含一或多個照射路徑透鏡128。此外，照射路徑124可包含適

合用於修改及/或調節計量照射射束122之一或多個額外光學組件130。舉例而言，一或多個光學組件130可包含但不限於一或多個偏光器、一或多個濾波器、一或多個射束分裂器、一或多個漫射器、一或多個均質機、一或多個切趾器或者一或多個射束整形器。

【0038】 在一項實施例中，照射路徑124包含一射束分裂器132。在另一實施例中，計量子系統118包含一物鏡134以將計量照射射束122聚焦至半導體晶粒106上。

【0039】 在另一實施例中，計量子系統118包含經組態以透過一收集路徑138擷取自半導體晶粒106發出之輻射的一或多個偵測器136。收集路徑138可包含但不限於一或多個收集路徑透鏡140以用於收集來自半導體晶粒106之輻射。舉例而言，一偵測器136可經由一或多個收集路徑透鏡140接收自半導體晶粒106反射或散射(例如，經由鏡面反射、漫射及諸如此類)之輻射。藉由另一實例之方式，一偵測器136可接收由半導體晶粒106產生之輻射(例如，與計量照射射束122之吸收相關聯之發光或諸如此類)。藉由另一實例之方式，一偵測器136可接收來自半導體晶粒106之一或多個輻射繞射級(例如，0級繞射、 ± 1 級繞射、 ± 2 級繞射及諸如此類)。

【0040】 偵測器136可包含適合用於量測自半導體晶粒106接收之輻射之此項技術中已知之任何類型之偵測器。舉例而言，一偵測器136可包含但不限於一CCD偵測器、一TDI偵測器、一光電倍增管(PMT)、一崩潰光電二極體(APD)或諸如此類。藉由另一實例之方式，一偵測器136可包含適合用於識別自半導體晶粒106發出之輻射之波長的一光譜偵測器。藉由另一實例之方式，一偵測器136可包含適合用於回應於計量照射射束122而偵測自半導體晶粒106發出之粒子(例如，次級電子、反向散射電子

或諸如此類)之一粒子偵測器。此外，計量子系統118可包含多個偵測器136 (例如與由一或多個射束分裂器產生之多個射束路徑相關聯)以促進由計量子系統118進行之多個計量量測。

【0041】 藉由另一實例之方式，計量子系統118可包含基於用一粒子射束(例如，一電子射束、一離子射束或諸如此類)照射半導體晶粒106及/或收集來自半導體晶粒106之基於粒子之輻射的基於粒子之計量工具。例如，基於粒子之計量工具可包含但不限於一掃描電子顯微鏡(SEM)或一聚焦離子射束(FIB)系統。

【0042】 圖1C係圖解說明根據本發明之一或多個實施例之一基於粒子之計量子系統118之一概念視圖。

【0043】 在一項實施例中，計量子系統118包含一粒子源142 (例如，一電子射束源、一離子射束源或諸如此類)以產生一粒子射束144 (例如，一電子射束、一粒子射束或諸如此類)。粒子源142可包含適合用於產生一粒子射束144之此項技術中已知之任何粒子源。舉例而言，粒子源142可包含但不限於一電子槍或一離子槍。在另一實施例中，粒子源142經組態而以一可調諧能量提供一粒子射束。舉例而言，包含一電子源之粒子源142可(但不限於)提供在0.1 kV至30 kV之範圍中之一加速電壓。作為另一實例，包含一離子源之一粒子源142可(但不需要)以在1 keV至50 keV之範圍中之一能量提供一離子射束。

【0044】 在另一實施例中，計量子系統118包含一或多個粒子聚焦元件146。舉例而言，一或多個粒子聚焦元件146可包含但不限於一單個粒子聚焦元件或形成一複合系統之一或多個粒子聚焦元件。在另一實施例中，一或多個粒子聚焦元件146包含經組態以將粒子射束144引導至位於

一樣本載台126上之一半導體晶粒106之一粒子物鏡148。此外，一或多個粒子源142可包含此項技術中已知之任何類型之電子透鏡，包含但不限於靜電透鏡、磁透鏡、單電位透鏡或雙電位透鏡。

【0045】 在一項實施例中，計量子系統118包含配置為一單個聚焦元件或一複合聚焦元件之一或多個粒子聚焦元件(例如，照射路徑透鏡128或諸如此類)。舉例而言，該一或多個粒子聚焦元件可包含但不限於適合用於將計量照射射束122引導至半導體晶粒106的一單個粒子聚焦元件或形成一複合系統之一或多個粒子聚焦元件。

【0046】 在另一實施例中，計量子系統118可包含一或多個偏移偵測器136以使半導體晶粒106成像或以其他方式偵測自半導體晶粒106發出之粒子及/或電磁輻射。舉例而言，偵測器136可包含一電子收集器(例如，一次級電子收集器、一反向散射電子偵測器或諸如此類)。藉由另一實施例之方式，偵測器136可包含一光子偵測器(例如，一光電偵測器、一x射線偵測器、耦合至光電倍增管(PMT)偵測器之一閃爍元件或諸如此類)以用於偵測來自樣本表面之電子及/或光子。

【0047】 一基於粒子之計量工具可包含一或多個行以提供多個並行量測。舉例而言，圖1C可表示(但不限於表示)一基於粒子之計量工具之一單個行150。計量子系統118可包含任一數目個行150。此外，包含多個行150之一計量子系統118可包含用於行150之一單個計量照射源120或用於一或多個行150之一專用計量照射源120。

【0048】 此外，與計量子系統118 (例如，一光學計量系統、一基於粒子之計量系統或諸如此類)相關聯之計量工具可在成像或非成像模式中操作。舉例而言，一基於影像之計量工具可藉由以下方式產生半導體晶粒

106之影像：藉助一透鏡使一選定視域成像或使一照射射束(例如，一光射束、一粒子射束或諸如此類)跨越受測試之一裝置掃描以逐點建立一影像。

【0049】 藉由另一實例之方式，計量子系統118可包含一基於探測器之計量工具，該基於探測器之計量工具包含源及/或收集探測器。例如，一基於探測器之計量工具可包含用以供應一電壓及/或一電流(例如，至電墊)之探測器以及用以在電路之選定部分處(例如，在電墊處、在選定組件之間或諸如此類)量測該電壓及/或電流之探測器。另外，在本文中認識到，一基於探測器之計量工具可具有此項技術中已知之任何類型之探測器，諸如但不限於意欲實體上接觸受測試之一裝置之機械探測器或非接觸式探測器。在一個例項中，一基於探測器之計量工具可利用一帶電粒子射束來感應一裝置內之一電壓及/或一電流。

【0050】 量測探測器可由一獨立基於探測器之計量系統利用或可整合至諸如但不限於光學計量系統或基於粒子之計量系統之其他計量系統中。在一項實施例中，如圖1B中所圖解說明，一或多個量測探測器152整合至一成像光學計量系統中。舉例而言，該光學計量系統可組態為一成像系統，使得量測探測器152在半導體晶粒106上之位置可係可見的以促進對準(例如，量測探測器152與接觸墊之對準或諸如此類)。

【0051】 在另一實施例中，系統100包含一故障分析子系統154，故障分析子系統154包含一或多個計量及/或測試工具以用於判定與一出故障晶粒108相關聯之故障機制。舉例而言，故障分析子系統154可包含(但不需要包含)計量子系統118之計量工具中之任一者(例如，檢驗工具、基於探測器之工具或諸如此類)。因此，故障分析子系統154可使用此項技術中

已知之任何技術來詢問一出故障晶粒108，諸如但不限於用以表徵選定組件之間的電連接性之一電迹線測試、用以判定選定組件之間的出故障晶粒108之頻率回應之一阻抗測試，或使出故障晶粒108之各種部分成像以識別故障點，或對外部資訊源(例如，事故報告、日志或諸如此類)之分析。

【0052】 在一項實施例中，故障分析子系統154可將一故障機制連結至一製造指紋104之一或多個元素。舉例而言，故障可連結至出故障晶粒108之已知特性，諸如但不限於所製作特徵之物理、電、機械、光學或化學特性。因此，故障分析子系統154可識別可已導致故障機制的出故障晶粒108之製造指紋104之一或多個分量(例如，一線上量測、一封裝表徵量測、一老化測試)或諸如此類。因此，製造指紋子系統102可識別具有連結至故障機制之製造指紋104之類似分量之有風險晶粒110。

【0053】 情況可係：在一裝置故障之後，與一出故障晶粒108相關聯之一故障機制可並非已知的。舉例而言，情況可係：出故障晶粒108未經充分損壞，使得不可在一所要置信度內判定一故障機制。藉由另一實例之方式，不可在一所要置信度內判定故障本質。在一項實施例中，在不具有對故障機制之特殊考量之情況下一般基於出故障晶粒108之製造指紋104而判定一或多個有風險晶粒110。

【0054】 在另一實施例中，製造指紋子系統102基於在沿著一製造程序之多個點處自諸如但不限於製作子系統116、計量子系統118或故障分析子系統154之設備產生之資料而產生半導體晶粒106之製造指紋104。舉例而言，製造指紋子系統102可將與每一半導體晶粒106相關聯之製造指紋104儲存於記憶體媒體114中。此外，可使用此項技術中已知之任何技術使製造指紋104以半導體晶粒106為參考。在一項實施例中，給予每

一半導體晶粒106一唯一電子晶片識別符(ECID)。因此，製造指紋104及其中之相關聯資料可以ECID為參考。

【0055】 在另一實施例中，以一可搜尋格式來儲存製造指紋104，使得各種資料物件(例如，製作量變曲線、缺陷量變曲線、測試量變曲線或諸如此類)可係可個別地存取的以用於與出故障晶粒108之製造指紋104之對應資料物件進行比較。此外，製造指紋子系統102可包含適合用於儲存、存取、分析及/或觀察製造指紋104或分析結果之任何框架。舉例而言，製作子系統116可包含但不限於一資料框架(例如，一大資料框架或諸如此類)，諸如但不限於Apache Hadoop、Apache Spark、Apache Storm或Google BigQuery。就此而言，製造指紋子系統102可實施資料處理方案之任一組合，諸如但不限於批次處理或串流處理。

【0056】 此外，製造指紋子系統102可包含用於儲存製造指紋104之一檔案系統，諸如但不限於Apache Hadoop分佈式檔案系統(HDFS)、一Ceph檔案系統、一Lustre檔案系統。此外，製造指紋子系統102可包含適合用於對所儲存製造指紋104進行操作之資料分析及/或資料采礦模型，諸如但不限於一MapReduce框架(例如，Apache MapReduce、Google MapReduce、Pachyderm MapReduce或諸如此類)、Apache Tez、Apache Ignite、Apache PIG、JAQL或Apache Flink。

【0057】 製造指紋子系統102可以任何位準之結構來儲存製造指紋104(例如，與來自沿著製造程序之各種步驟之半導體晶粒106相關聯之資料物件)。此外，製造指紋104可包含具有不同位準之結構之資料。舉例而言，製造指紋104或其部分可儲存為非結構化、半結構化或結構化資料。然而，在本文中認識到，資料可一般具有各種位準之結構或組織，使得結

構化資料、半結構化資料、非結構化資料及諸如此類之標籤可表示闡述一給定資料集內之結構量之一光譜上之一般位置。因此，甚至非結構化資料可展現某一量之組織或結構。

【0058】舉例而言，製造指紋104或其部分可包含其中資訊可組織成一系列經定義組織標籤之結構化或半結構化資料(例如，識別資訊、一給定處理步驟處之缺陷率量變曲線、一給定封裝步驟處之測試資料或諸如此類)。就此而言，資料結構可跨越不同組織標籤促進製造指紋104之間的比較且識別製造指紋104之間的相似性及差異。此外，在本文中認識到，並非所有半導體晶粒106經歷相同系列之處理步驟、計量步驟及/或測試步驟，使得不同半導體晶粒106之製造指紋104可包含與不同經定義組織結構相關聯之資料。然而，情況可係：與一特定半導體裝置相關聯之半導體晶粒106可具有在共同組織標籤內之資料。藉由另一實例之方式，製造指紋104或其部分可儲存為非結構化資料。就此而言，製造指紋104可包含可不符合經定義組織標籤(諸如但不限於在製造期間遇到之特殊情况或問題)之資訊。

【0059】製造指紋子系統102可將製造指紋104或其部分儲存於此項技術中已知之任何類型之資料庫儲存框架中。舉例而言，與製造指紋104相關聯之結構化資料可(但不需要)儲存於諸如但不限於Apache Hive、Google BigQuery、Apache Tajo或Apache MRQL之一關聯式基礎結構(例如，一關聯式資料庫或諸如此類)中。藉由另一實例之方式，與製造指紋104相關聯之半結構化資料可(但不需要)儲存於任一類型之一NoSQL資料庫中，諸如但不限於一文件資料模型、一串流資料模型、一鍵值資料模型或一圖形資料模型。例如，半結構化資料可儲存於任何類型之半結構化資

料基礎結構中，諸如但不限於 Apache Cassandra、Apache Hbase、Google BigTable、Hypertable或Apache Kudu。藉由另一實例之方式，可以任一可搜尋格式來儲存非結構化資料。

【0060】 製造指紋104可進一步組織成一單個可搜尋資料集或分布在任一數目個單獨資料集內。舉例而言，包含所有已知製造指紋104之一單個資料集可促進諸多不同半導體晶粒106之間的相關性且可基於任何可用資料而識別有風險晶粒110。在另一實施例中，跨越可獨立地經搜尋之多個資料集劃分製造指紋104。

【0061】 舉例而言，可期望限制一給定資料集之大小以促成高效搜尋及有用相關性。因此，製造指紋104可基於諸如但不限於製造時間、半導體裝置類型(例如，記憶體晶片、一般處理晶片、視訊處理晶片或諸如此類)或預期操作環境(例如，個人電子器件、汽車、航空電子設備或諸如此類)之任何類型之組織方案而儲存於一或多個資料集中。

【0062】 藉由另一實例之方式，與製造指紋104相關聯之資料物件可基於資料內之結構位準而分佈至多個資料集中。舉例而言，情況可係：製造指紋104內之資料物件之組織基礎結構可導引用於對相關聯資料物件進行搜尋、采礦及/或分析之演算法之可用性及/或效率。因此，可基於具有不同位準之結構之與製造指紋104之部分相關聯之不同資料集之多個查詢而識別有風險晶粒110。

【0063】 藉由另一實例之方式，製造指紋104可基於是否在一或多個處理步驟處基於計量資料(例如，來自計量子系統118)而將相關聯資料物件判定為離群值而分佈至多個資料集中。在本文中認識到，與在任一給定處理步驟處被視為在一選定品質容差內之半導體晶粒106相關聯之計量

資料可通常由一值分布及/或一值叢集化表徵，且某些半導體晶粒106可展現超出該值(例如，離群值)分佈之計量量測，但仍在選定品質容差內。然而，情況可係：在該選定品質容差內展現與一或多個計量量測相關聯之離群值資料之半導體晶粒106可比在該分佈內之半導體晶粒106更易於發生故障。因此，在一或多個處理步驟處與具有離群值資料之有風險晶粒110相關聯之製造指紋104可(但不需要)儲存於一共同資料集中。

【0064】 此外，可使用此項技術中已知之任何方法識別離群值資料。舉例而言，可使用一部分平均測試(PAT)分析來識別離群值資料。在一項實施例中，系統100執行一靜態PAT (S-PAT)分析。就此而言，計量資料針對一系列半導體晶粒106 (通常(儘管未必)來自不同批次)而產生且統計上經分析以在選定品質容差(例如，一特定計量量測之選定上限及下限)內判定該計量資料之一分佈。例如，一平均且標準偏差可針對該計量資料而產生。依據該統計分析，可產生PAT極限以識別離群值計量資料。例如，計量資料之一高斯分佈之一PAT極限與平均值之一偏差可(但不需要)大於6個標準偏差(例如， $\mu+6\sigma$)。因此，可比較在製作期間獲得之半導體晶粒106之計量資料與PAT極限以判定離群值。此外，PAT資料可用於篩選半導體晶粒106以限制包含離群值資料之半導體晶粒106之分佈及/或可併入至待部署之 半導體晶粒106之製造指紋104中。

【0065】 系統100可使用諸如但不限於製作子系統116、計量子系統118、製造指紋子系統102或一額外子系統(未展示)之任一組件組合來執行一PAT分析。在一項實施例中，由計量子系統118執行一PAT分析且將所得資料提供至製造指紋子系統102以用於併入至製造指紋104中。在另一實施例中，製造指紋子系統102自計量子系統118接收計量資料且執行一PAT

分析以用於包含至製造指紋104中。此外，系統100可執行PAT分析變體之任一組合以用於判定離群值。在一項實施例中，系統100在製作期間基於線上檢驗及/或計量資料而執行線上PAT (I-PAT)。一般在標題為「Inline Parts Average Testing (I-PAT) Methodology for Latent Reliability Defect Detection」且於2017年3月23日提出申請之第62/475,749號美國專利申請案中闡述I-PAT，該美國專利申請案以其全文引用方式並入本文中。在另一實施例中，系統100基於使用滾動資料集產生統計PAT極限而執行動態PAT (D-PAT)。在另一實施例中，系統100基於參數資料而執行參數PAT (P-PAT)。在另一實施例中，系統100基於計量資料叢集化基於一品圓上之量測之地理(例如，位置)資料而執行地理PAT (G-PAT)。

【0066】 製造指紋子系統102可包含各種介面以存取製造指紋104及/或實施分析。舉例而言，製造指紋子系統102可包含一區域介面(例如，一區域有線或無線網路上之一運算裝置)以提供查詢(例如，以識別具有與一出故障晶粒108之製造指紋類似之製造指紋104之有風險晶粒110)且觀察相關聯結果。就此而言，可緊緊地控制對製造指紋104之存取以促進關於資料集之經增強安全性及/或存取控制。藉由另一實例之方式，製造指紋子系統102可提供一遠端介面使得一或多個遠端運算裝置可存取所儲存製造指紋104，提供查詢及/或觀察查詢結果。例如，該遠端介面可包含但不限於一入口網站(例如，可經由任一適合裝置上之一瀏覽器或一應用程式來觀看)、一虛擬私人網路(VPN)或諸如此類。此外，該遠端介面可包含此項技術中已知之任何類型之安全機制，諸如但不限於進階加密標準(AES)、Twofish、Blowfish或諸如此類。

【0067】 在另一實施例中，製造指紋子系統102基於一或多個選定

相似度度量而識別具有與一出故障晶粒108之製造指紋類似之製造指紋104之半導體晶粒106之一子集(例如，有風險晶粒110)。就此而言，預測有風險晶粒110易於在與出故障晶粒108類似之操作條件下發生故障。因此，可起始一針對性召回以僅包含有風險晶粒110。舉例而言，可在一故障之後旋即提取出故障晶粒108之一完全或部分製造指紋104。例如，在出故障晶粒108之一完全製造指紋104儲存於製造指紋子系統102中之情形中，可提取完全製造指紋104 (例如，藉由參考ECID或諸如此類)。在另一例項中，在出故障晶粒108係不可識別(例如，印刷ECID已因故障而損壞或諸如此類)之情形中，可使用故障分析子系統154來提取一部分製造指紋104。藉由一非限制性實例之方式，在一電弧相關短路之事件中，故障分析子系統154可識別具有在可能已促成電弧之一故障點附近之大小及/或特徵間隔之特徵。

【0068】 製造指紋子系統102可使用此項技術中已知之任何分析技術來比較製造指紋104，諸如但不限於分類、歸類、叢集化、離群值偵測、信號回應計量、迴歸分析、基於實例之分析(例如，最近相鄰者分析或諸如此類)、降維(例如，因子分析、特徵提取、主成分分析或諸如此類)、監督學習(例如，人工神經網路、支援向量機器、隨機森林或諸如此類)、半監督學習(例如，生成模型或諸如此類)、無監督學習(例如，向量量化或諸如此類)、深度學習或貝氏統計學。應理解，該等分析技術及任何相關聯標籤僅僅出於說明性目的而提供且不意欲為限制性的。舉例而言，製造指紋子系統102可使用此項技術中已知之任何機器學習技術(其可包含但不限於本文中所提供之任何分析技術)來比較製造指紋104。在本文中認識到，可以各種方式闡述分析技術及/或將該等分析技術分類。此

外，可實施分析技術組合。

【0069】此外，製造指紋子系統102可使用定製設計工具、可商購工具、開放原始碼工具或其修改(諸如但不限於Apache Mahout、威卡托知識分析環境(WEKA)、deeplearning4j、Sparkling Water或Apache SystemML)之任一組合來實施選定分析技術。

【0070】在一項實施例中，製造指紋子系統102至少部分地基於一最近相鄰者分析而識別有風險晶粒110，其中基於選定距離度量而識別有風險晶粒110。舉例而言，可在一個多維空間中表示與製造指紋104相關聯之各種資料物件且可基於距出故障晶粒108之一距離基於一選定距離度量而選擇有風險晶粒110。該距離度量可係此項技術中已知之任何類型之距離度量，諸如但不限於一歐式距離。

【0071】可以多個方式實施一最近相鄰者演算法。舉例而言，製造指紋子系統102可基於一固定最近相鄰者搜尋而識別有風險晶粒110。就此而言，有風險晶粒110可經識別為具有在距出故障晶粒108之製造指紋104之一固定距離(基於選定距離度量)內之製造指紋104。因此，一或多個固定距離可在一查詢中連同出故障晶粒108之製造指紋104一起提供以識別有風險晶粒110。藉由另一實例之方式，製造指紋子系統102可基於一k最近相鄰者搜尋而識別有風險晶粒110。就此而言，可識別選定數目k個最近相鄰者。因此，k之一或多個值可在一查詢中連同出故障晶粒108之製造指紋104一起提供以識別有風險晶粒110。藉由另一實例之方式，製造指紋子系統102可基於一k最近相鄰者搜尋而識別有風險晶粒110。就此而言，可識別選定數目k個最近相鄰者。因此，k之一或多個值可在一查詢中連同出故障晶粒108之製造指紋104一起提供以識別有風險晶粒110。藉由

另一實例之方式，製造指紋子系統102可基於一最近相鄰者距離比而識別有風險晶粒110。就此而言，相鄰者之間的相對距離用於判定一臨限值以識別最近相鄰者。舉例而言，在本文中認識到，最近相鄰者搜尋之結果可高度取決於臨限值設定(例如，一固定距離方法中之固定距離、一k最近相鄰者方法中之最近相鄰者之數目k或諸如此類)。因此，情況可係：一相鄰者(例如，半導體晶粒106)子集可叢集化到一起使得可預期其在類似條件下出故障，但一給定最近相鄰者搜尋可未能在叢集中包含所有相鄰者。在一個例項中，諸如但不限於一最近相鄰者距離比或叢集化技術之額外技術可在叢集之至少一部分由一最近相鄰者搜尋識別時識別叢集化相鄰者。

【0072】 在某些實施例中，可在任何分析技術中基於任何選定準則對製造指紋104內之資料物件進行加權。在本文中認識到，當識別預期在與一出故障晶粒108類似之條件下出故障之半導體晶粒106之一子集時，並非包含於一製造指紋104中之所有資料物件可係同樣相關的。因此，可在一查詢期間基於諸如但不限於組織標籤(例如，一工廠ID、工廠之一地理位置、一批次ID、一製造時間框、一給定製作步驟處之一缺陷量變曲線、一給定製作步驟處之計量結果、一封裝步驟處之一測試量變曲線、完成裝置之一老化測試量變曲線或諸如此類)之任何選定方案而對製造指紋104內之資料物件進行加權。

【0073】 在一項實施例中，可在一查詢期間基於與出故障晶粒108之故障(例如，藉助故障分析子系統154來識別)相關聯之一故障而將權重指派給製造指紋104內之各種資料物件。舉例而言，一故障機制可包含與一特定製造步驟相關聯之一特定缺陷(例如，在該特定製造步驟處之所製作元件之間的一無意短路或一橋接件、在兩個或兩個以上所製作層上之所

製作元件之間的一疊對誤差、由在一拋光步驟期間之一拋光誤差引起的一特徵厚度之一偏差、在一封裝步驟期間產生之一缺陷或諸如此類)。因此，可給包含來自計量子系統118之資料之製造指紋104內之資料物件(可連結至所識別缺陷)指派更高權重以促進識別具有類似計量資料之有風險晶粒110。

【0074】 類似地，故障機制可連結至一或多個製作線路之一已知偏移或漂移。因此，可給與識別資訊(例如，一工廠ID、一批次ID、一製造時間或諸如此類)相關聯之資料物件指派更高權重以支持(但不必限制)識別在與有風險晶粒110相同之工廠在大約相同時間製造之半導體晶粒106。例如，情況可係：在同一運行中之相同或額外批次中製作之半導體晶粒106可已受偏移影響。然而，亦可係：偏移僅影響半導體晶粒106 (例如，一給定批次之一部分之半導體晶粒106或在一晶圓之特定位置上之半導體晶粒106或諸如此類)之一部分。就此而言，將權重指派給多個類型之組織標籤可促進在與出故障晶粒108相同或大約相同之時間處製作之半導體晶粒106之加強考查，但仍基於連結至故障機制之計量資料而施加一細緻分析。此外，該查詢可係充分廣泛的以囊括基於連結至故障機制之計量資料而在其他時間及位置處製作之半導體晶粒106。因此，系統100可基於一多因子分析而提供有風險晶粒110之針對性召回。

【0075】 藉由另一實例之方式，可將權重指派給與半導體晶粒106之預期或已知操作條件相關聯之組織標籤。舉例而言，情況可係：一給定製造缺陷可僅在特定操作條件(例如，極端溫度、壓力、濕度位準、操作循環或諸如此類)下導致故障。就此而言，具有和與一故障機制相關聯之一出故障晶粒108類似之計量資料但在不預期觸發該故障機制之操作條件

中經部署之半導體晶粒106不可經識別為有風險晶粒110且自一召回除外。

【0076】 藉由另一實例之方式，可基於一離群值分析而將權重指派給與計量資料(例如，缺陷量變曲線資料、疊對資料、測試資料、老化資料或諸如此類)相關聯之資料物件。如本文中先前所闡述，情況可係：仍被視為在一選定品質容差內之在一或多個程序步驟處展現離群值計量資料之半導體晶粒106可比不具有離群值計量資料之半導體晶粒106更易於發生故障。就此而言，可以任何分析技術(例如，一最近相鄰者技術或任何選定分析技術)對與離群值資料相關聯之製造指紋104內之資料物件進行加權以便增加包含於一針對性召回中之可能性，尤其在相關聯計量可連結至出故障晶粒108之一故障機制時。

【0077】 製造指紋子系統102可以諸如但不限於文字、表或圖形物件(例如，圖形、展示半導體晶粒106之間的多維關係之一地形圖或諸如此類)之任一格式或格式組合提供一查詢之結果。此外，製造指紋子系統102可針對一針對性召回基於不同搜尋準則而提供多組有風險晶粒110。舉例而言，製造指紋子系統102可基於多個查詢(例如，在不同權重指派給製造指紋104內之各種資料物件之情況下執行、對不同資料集執行或諸如此類之多個分析技術)而提供若干組有風險晶粒110。藉由另一實例之方式，製造指紋子系統102可基於不同置信度而提供若干組有風險晶粒110。就此而言，一操作者可基於情況(例如，故障之嚴重性、召回之預計影響或諸如此類)而制定選定有風險晶粒110之一針對性召回。

【0078】 圖2係圖解說明在用於執行半導體裝置之針對性召回之一方法200中所執行之步驟之一流程圖。申請人注意到，本文中在系統100

之內容脈絡中先前所闡述之實施例及使能技術應解釋為擴展至方法200。然而，進一步注意到，方法200不限於系統100之架構。

【0079】 在一項實施例中，方法200包含在一或多個半導體製作步驟之後對複數個晶粒執行線上量測以產生該複數個晶粒之線上量測量變曲線的一步驟202。半導體晶粒(例如，關於系統100所圖解說明之半導體晶粒106)可由在製作程序之一晶圓階段處之各種線上檢驗及/或計量步驟表徵。舉例而言，可在一單個晶圓上並行製作多個半導體晶粒。

【0080】 圖3A係根據本發明之一或多個實施例之在一半導體製作程序之一晶圓階段期間之線上量測之一概念視圖。

【0081】 在一項實施例中，一半導體晶粒經歷在一晶圓製作階段期間之一系列程序步驟302，諸如但不限於一沈積步驟302a、一微影步驟302b、一蝕刻步驟302c及一拋光步驟302d。考量系統100之說明性實例，可使用來自製作子系統116之一或多個製作工具來執行程序步驟302，諸如但不限於一沈積室、一微影工具、一蝕刻工具(例如，一電漿蝕刻工具、一液體蝕刻工具或諸如此類)、一拋光工具(例如，一化學-機械平坦化(CMP)工具或諸如此類)。

【0082】 在另一實施例中，步驟202包含在任一數目個晶圓階段程序步驟(例如，圖3A中所圖解說明之程序步驟302或未展示之額外晶圓階段程序步驟)處執行一或多個線上量測。

【0083】 舉例而言，一或多個線上量測可包含計量量測304以表徵所沈積膜及/或所製作特徵之一或多個態樣，諸如但不限於所製作特徵之膜厚度、折射率、膜應力、臨界尺寸(CD)及形狀計量量測、所製作特徵之表面量變曲線量測或者兩個或兩個以上層上之特徵之間的疊對對齊量

測。

【0084】 藉由另一實例之方式，一或多個線上量測可包含檢驗量測306以在任一程序步驟處識別及/或表徵諸如但不限於製作缺陷或污染物之缺陷。例如，一檢驗工具(例如，系統100之計量子系統118之一部分)可監測及/或表徵在製作之前與未經圖案化晶圓相關聯之缺陷(例如，晶圓厚度偏差、晶圓應力量測、刮痕、坑、空隙或諸如此類)或者一或多個層上之製作特徵與設計規格之偏差。

【0085】 在另一實施例中，線上量測可儲存於一記憶體媒體308 (例如，系統100之記憶體媒體114或諸如此類)中。就此而言，線上量測可連結至對應半導體晶粒且併入至製造指紋104中(例如，以適合用於分析之一格式經儲存為結構化、半結構化或非結構化資料)。

【0086】 可以任一數目種方式利用線上量測。在一項實施例中，該等線上量測用於識別離群值。舉例而言，方法200可包含使用諸如但不限於一或多個PAT分析技術(例如，S-PAT、D-PAT、I-PAT、G-PAT、P-PAT或諸如此類)之此項技術中已知之任何技術來識別離群值。

【0087】 此外，可以多個方式利用一離群值分析之結果。在一項實施例中，篩選且不部署(例如，在製作期間拒斥)包含與線上量測相關聯之離群值之半導體晶粒之至少一部分。在另一實施例中，部署包含與線上量測相關聯之離群值之半導體晶粒(例如，其被視為已超過品質容差)之至少一部分，但離群值資料併入至製造指紋104中。

【0088】 在另一實施例中，方法200包含在一或多個封裝步驟之後執行該複數個晶粒之一或多個量測以產生該複數個晶粒之封裝表徵量變曲線的一步驟204。半導體晶粒(例如，關於系統100所圖解說明之半導體晶

粒106)可在一封裝製作階段期間或之後由各種檢驗及/或計量步驟表徵。舉例而言，可切割晶圓(例如，沿著劃割線或諸如此類)以將多個經製作半導體晶粒分開。因此，該等半導體晶粒可個別地經封裝以提供機械支撐、外殼、電接觸及諸如此類。就此而言，半導體晶粒可適合用於獨立操作或整合至額外系統中。

【0089】 圖3B係根據本發明之一或多個實施例之在一半導體製作程序之一封裝階段期間之量測之一概念視圖。

【0090】 在一項實施例中，一半導體晶粒在一封裝製作階段期間經歷一系列程序步驟310，諸如但不限於一封裝檢驗步驟310a、一封裝測試步驟310b或一老化測試步驟310c。考量系統100之說明性實例，可使用來自製作子系統116之一或多個製作工具(諸如但不限於一切割工具或一封裝工具)來執行程序步驟310。

【0091】 在另一實施例中，步驟202包含在任一數目個封裝階段程序步驟(例如，圖3B中所圖解說明之程序步驟310或未展示之額外晶圓階段程序步驟)處執行一或多個量測。

【0092】 舉例而言，封裝檢驗步驟310a可表徵經封裝半導體晶粒之一或多個態樣。例如，封裝檢驗步驟310a可包含但不限於半導體晶粒之經切割邊緣之檢驗、所附接引線之機械及/或電測試或者外殼之完整性。藉由另一實例之方式，封裝測試步驟310b可表徵經封裝半導體裝置之效能。例如，封裝測試步驟310b可包含但不限於引線之間的電連接之分析或經封裝半導體晶粒之操作效能之一分析。藉由另一實例之方式，老化測試310c可包含在極端及/或應力條件(諸如但不限於過高溫度、濕度條件、操作電壓、操作電流或操作頻率)下之操作測試。就此而言，老化測試

310c可識別易發生故障之半導體晶粒或半導體晶粒群組。

【0093】 在另一實施例中，線上量測可儲存於記憶體媒體308 (例如，系統100之記憶體媒體114或諸如此類)中。就此而言，封裝階段量測可連結至對應半導體晶粒且併入至製造指紋104中(例如，以適合用於分析之一格式儲存為結構化、半結構化或非結構化資料)。

【0094】 如本文中先前關於線上量測所闡述，可以任一數目種方式利用封裝階段量測。在一項實施例中，該等封裝階段量測用於識別離群值。舉例而言，方法200可包含使用諸如但不限於一或多個PAT分析技術(例如，S-PAT、D-PAT、I-PAT、G-PAT、P-PAT或諸如此類)之此項技術中已知之任何技術來識別離群值。

【0095】 此外，如本文中先前所闡述，可以多個方式利用一離群值分析之結果。在一項實施例中，篩選且不部署(例如，在製作期間拒絕)包含與封裝階段量測相關聯之離群值之半導體晶粒之至少一部分。在另一實施例中，部署包含與封裝階段量測相關聯之離群值之半導體晶粒(例如，其被視為已超過品質容差)之至少一部分，但離群值資料併入至製造指紋104中。

【0096】 在另一實施例中，方法200包含產生該複數個晶粒之製造指紋(例如，系統100之製造指紋104)之一步驟206。

【0097】 在一項實施例中，步驟206包含聚合與半導體晶粒之線上量測量變曲線或封裝表徵量變曲線相關聯之資料物件。舉例而言，可自產生資料之計量工具(例如，與計量子系統118相關聯之計量工具或諸如此類)接收資料物件。藉由另一實例之方式，可自一記憶體裝置(例如，記憶體媒體114)擷取所儲存資料物件。

【0098】 可使用此項技術中已知之任何方法將與製造指紋相關聯之資料物件連結至實體半導體晶粒或使該等資料物件以其他方式與該等實體半導體晶粒相關聯。在一項實施例中，用在半導體晶粒上可見或可以其他方式自半導體晶粒擷取之一唯一電子晶片識別符(ECID)製作每一半導體晶粒。就此而言，每一半導體晶粒之製造指紋可包含相關聯ECID。

【0099】 在另一實施例中，步驟206包含將一或多個資料物件(例如，與線上量測量變曲線、封裝特性量變曲線或諸如此類相關聯之資料物件)轉換成適合用於搜尋及/或比較性分析之一格式(例如，由系統100之一製造指紋子系統102或諸如此類)。舉例而言，與半導體晶粒相關聯之資料物件或其部分可轉換成適合用於基於製造指紋之選定組織標籤而進行分類之一統一格式。就此而言，與製造指紋相關聯之資料物件可組織為結構化或半結構化資料。

【0100】 在一個例項中，資料物件(例如，計量資料、檢驗資料、封裝檢驗資料、封裝測試資料、老化資料或諸如此類)可轉換成適合用於儲存為結構化資料(例如，在具有固定組織標籤之一關聯式資料庫中)或半結構化資料(例如，在允許彈性組織結構之一NoSQL資料庫中)之一文數格式。適合用於以一文數格式進行儲存之資料因此可包含但不限於量測值、與多個特徵相關聯之統計資料(例如，平均值、標準偏差、方差或諸如此類)或離群值資訊(例如，所量測值與平均值之一偏差或諸如此類)。此外，統計及/或離群值資訊可以任一選定半導體晶粒集(諸如但不限於一給定半導體晶粒上之特徵、一給定晶圓上之特徵、一給定批次上之特徵或來自一給定製作線路之特徵)為參考。

【0101】 在另一例項中，資料物件(例如，計量資料、檢驗資料、封

裝檢驗資料、封裝測試資料、老化資料或諸如此類)之至少一部分可以諸如但不限於影像或圖形之一圖形格式來儲存。在本文中認識到，可使用各種機器學習技術來分析圖形資料之間的相關性。此外，在步驟206中產生之製造指紋可包含任一類型之資料之任一組合，包含但不限於文數與圖形資料。

【0102】 在另一實施例中，在步驟206中產生之製造指紋包含與識別資訊(與半導體晶粒之製作有關)相關聯之製作量變曲線資料。舉例而言，製作量變曲線資料可包含一製作位置，諸如一製作設施、一製作設施內之一製作線路或諸如此類。藉由另一實例之方式，製作量變曲線資料可包含一製作時間或時間窗。藉由另一實例之方式，製作量變曲線資料可包含與特定晶圓、一晶圓上之特定晶粒、一晶粒內之特定位置或諸如此類有關之粒度資訊。例如，製作量變曲線資料可包含諸如但不限於一批次識別符、一晶圓識別符或一晶圓上之一晶粒位置(例如，在X-Y座標中、在極座標中或諸如此類)之粒度資訊。

【0103】 在另一實施例中，在步驟206中產生之製造指紋包含預期或已知操作條件。舉例而言，情況可係：一預期操作環境(例如，溫度、壓力、EOS、EDS或諸如此類)及/或既定用途(例如，一飛機駕駛艙、一汽車、一消費型電子裝置、或諸如此類)可影響一給定半導體晶粒可出故障之可能性。因此，具有以其他方式類似之製造指紋之半導體晶粒可在某些操作條件中出故障且不在其他操作條件中出故障。

【0104】 在另一實施例中，方法200包含判定一出故障晶粒(例如，如圖1A中所圖解說明之一出故障晶粒108或諸如此類)之製造指紋之至少一部分的一步驟208。舉例而言，在於部署之前產生出故障晶粒之一製造

指紋且出故障晶粒之一ECID係已知之情形中，可自儲存器(例如，自記憶體媒體114或諸如此類)擷取製造指紋或其一部分。

【0105】 在另一實施例中，步驟208包含執行一或多個計量及/或測試步驟以判定出故障晶粒之製造指紋之至少一部分。舉例而言，在於部署之前未產生出故障晶粒之製造指紋之情形中，可執行一或多個測試或計量步驟(例如，藉助系統100之計量子系統118及/或故障分析子系統154或諸如此類)以判定出故障晶粒之製造指紋之至少一部分(例如，表徵出故障晶粒之一或多個層上之所製作特徵或諸如此類)。

【0106】 在另一實施例中，步驟208包含識別與出故障晶粒相關聯之一或多個故障機制(例如，使用系統100之故障分析子系統154或諸如此類)。因此，步驟208可包含使用此項技術中已知之任何技術來詢問一出故障晶粒，諸如但不限於用以表徵選定組件之間的電連接性之一電迹線測試、用以判定選定組件之間的出故障晶粒之頻率回應之一阻抗測試，或使出故障晶粒之各種部分成像以識別故障點，或對外部資訊源(例如，事故報告、日志或諸如此類)之分析。

【0107】 圖4A及圖4B圖解說明根據本發明之一或多個實施例之出故障晶粒之影像。圖4A包含根據本發明之一或多個實施例之指示損壞之一外部外殼之一光學影像402。舉例而言，影像402可促進識別故障類型(例如，過熱)。圖4B包含根據本發明之一或多個實施例之指示損壞之一外部外殼之一粒子射束影像404。舉例而言，影像404可促進識別一或多個特定故障點及/或該等特定故障點處之故障機制。就此而言，與故障點相關聯之製造指紋之元素(例如，與設計規格之偏差或諸如此類)可經識別且用作用於判定額外有風險晶粒110之一基礎。

【0108】 在另一實施例中，步驟208可包含將一故障機制連結至一製造指紋之一或多個元素。舉例而言，故障可連結至出故障晶粒108之已知特性，諸如但不限於所製作特徵之物理、電、機械、光學或化學特性。因此，步驟208可包含識別可已促成故障機制的出故障晶粒之製造指紋之一或多個分量(例如，一線上量測、一封裝表徵量測，一老化測試)或諸如此類。

【0109】 在另一實施例中，方法200包含基於一或多個有風險晶粒之製造指紋與出故障晶粒之製造指紋之至少一部分之比較而識別一或多個有風險晶粒的一步驟210。在另一實施例中，方法200包含召回包含一或多個額外晶粒之裝置的一步驟212。

【0110】 在另一實施例中，步驟210包含基於一或多個選定相似性度量而識別具有與一出故障晶粒108之製造指紋類似之製造指紋104之半導體晶粒106之一子集(例如，有風險晶粒110)。就此而言，預測有風險晶粒110易於在與出故障晶粒108類似之操作條件下發生故障。因此，可起始一針對性召回以僅包含有風險晶粒110。

【0111】 步驟210可包含使用此項技術中已知之任何分析技術來比較製造指紋104，諸如但不限於分類、歸類、叢集化、離群值偵測、信號回應計量、迴歸分析、基於實例之分析(例如，最近相鄰者分析或諸如此類)、降維(例如，因子分析、特徵提取、主成分分析或諸如此類)、監督學習(例如，人工神經網路、支援向量機器、隨機森林或諸如此類)、半監督學習(例如，生成模型或諸如此類)、無監督學習(例如，向量量化或諸如此類)、深度學習或貝氏統計學。應理解，該等分析技術及任何相關聯標籤僅僅出於說明性目的而提供且不意欲為限制性的。舉例而言，製造指

紋子系統102可使用此項技術中已知之任何機器學習技術(其可包含但不限於本文中所提供之任何分析技術)來比較製造指紋104。在本文中認識到，可以各種方式闡述分析技術及/或將該等分析技術分類。此外，可實施分析技術組合。

【0112】 在一項實施例中，製造指紋子系統102至少部分地基於一最近相鄰者分析而識別有風險晶粒110，其中基於選定距離度量而識別有風險晶粒110。舉例而言，可在一個多維空間中表示與製造指紋104相關聯之各種資料物件且可基於距出故障晶粒108之一距離(例如，一歐式距離或諸如此類)基於一選定距離度量而選擇有風險晶粒110。

【0113】 在某些實施例中，步驟210包含基於製造指紋之分量之一經加權分析而識別有風險晶粒。在本文中認識到，當識別預期在與一出故障晶粒108類似之條件下出故障之半導體晶粒106之一子集時，並非包含於一製造指紋104中之所有資料物件 可係同樣相關的。因此，可在一查詢期間基於諸如但不限於組織標籤(例如，一工廠ID、工廠之一地理位置、一批次ID、一製造時間框、一給定製作步驟處之一缺陷量變曲線、一給定製作步驟處之計量結果、一封裝步驟處之一測試量變曲線、完成裝置之一老化測試量變曲線或諸如此類)之任一選定方案而對製造指紋104內之資料物件進行加權。

【0114】 可基於任何類型之加權方案而識別有風險晶粒，諸如但不限於連結至一故障機制之製造指紋之分量(例如，在步驟208中所判定或諸如此類)、可與出故障晶粒之操作條件類似的具有已知製造指紋之半導體晶粒集之操作條件或者一離群值分析。

【0115】 藉由一非限制性實例之方式，可出現在包含生命及/或財產

損失之高調情景中半導體晶粒之一偶發故障(例如，與整合至汽車中之半導體晶粒相關聯或諸如此類)。在裝置故障之後，旋即可識別出故障晶粒之唯一ECID且可擷取出故障晶粒之製造指紋。一故障分析可指示故障機制與潛在製造缺陷相關聯。例如，故障分析可指示可在唯一於操作環境之電過應力之後旋即出故障之一特定處理層處存在部分斷開(例如，與整合至一汽車中相關聯)。關於此資訊，出故障晶粒之歷史可經判定且可包含但不限於製作設施、批次ID、晶圓ID及部分斷開在晶圓上之位置。此外，可基於可提取之製造指紋而針對出故障晶粒識別與計量及/或檢驗量測相關聯之線上量測、封裝表徵測試結果及/或老化測試結果。因此，一針對性召回可基於製造指紋之任一所要組合及/或經加權組合而識別有風險晶粒。例如，可基於缺陷量變曲線(例如，部分斷開之存在)而將50個類似晶粒識別為有風險晶粒。此外，諸如製作設施之位置特定因素、與在時間上與出故障晶粒之製作類似之製作相關聯之識別符(例如，批次ID、晶圓ID、缺陷在晶圓上之位置或諸如此類)可(但不需要)納入分析。自50個類似晶粒當中，可判定在與出故障晶粒類似之操作條件中部署僅20個晶粒，使得其可被視為存在故障風險。因此，20個晶粒可經識別為有風險晶粒且可經受一針對性召回。

【0116】 本文中所闡述之標的物有時圖解說明含於其他組件內或與其他組件連接之不同組件。應理解，此等所繪示架構僅係例示性的，且事實上可實施達成相同功能性之諸多其他架構。在一概念意義上，達成相同功能性之任一組件配置係有效地「相關聯」以使得達成所要功能性。因此，可將本文中經組合以達成一特定功能性之任何兩個組件視為彼此「相關聯」以使得達成所要功能性，而無論架構或中間組件如何。同樣地，如

此相關聯之任何兩個組件亦可被視為彼此「連接」或「耦合」以達成所要功能性，且能够如此相關聯之任何兩個組件亦可被視為彼此「可耦合」以達成所要功能性。可耦合之特定實例包含但不限於可實體上互動及/或實體上互動之組件及/或可以無線方式互動及/或以無線方式互動之組件及/或可邏輯上互動及/或邏輯上互動之組件。

【0117】 人們認為，將通過前述說明理解本發明及其附帶優點中之諸多優點，且將明瞭，可在不背離所揭示標的物之情況下或在不犧牲所有其實質性優點之情況下在組件之形式、構造及配置方面做出各種改變。所闡述之形式僅係闡釋性的，且所附申請專利範圍之意圖係囊括並包含此類改變。此外，應理解，本發明由所附申請專利範圍界定。

【符號說明】

【0118】

100	系統
102	製造指紋子系統
104	製造指紋
106	半導體晶粒
108	出故障晶粒
110	有風險晶粒
112	處理器
114	記憶體媒體/非暫時性記憶體媒體
116	製作子系統
118	計量子系統
120	計量照射源

122	計量照射射束
124	照射路徑
126	樣本載台
128	照射路徑透鏡
130	光學組件
132	射束分裂器
134	物鏡
136	偵測器/偏移偵測器
138	收集路徑
140	收集路徑透鏡
142	粒子源
144	粒子射束
146	粒子聚焦元件
148	粒子物鏡
152	量測探測器
154	故障分析子系統
200	方法
202	步驟
204	步驟
206	步驟
208	步驟
210	步驟
212	步驟

- 302 程序步驟
- 302a 沈積步驟
- 302b 微影步驟
- 302c 蝕刻步驟
- 302d 拋光步驟
- 304 計量量測
- 306 檢驗量測
- 308 記憶體媒體
- 310 程序步驟
- 310a 封裝檢驗步驟
- 310b 封裝測試步驟
- 310c 老化測試步驟/老化測試
- 402 光學影像/影像
- 404 粒子射束影像/影像

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種用於提供一針對性召回之系統，其包括：

一計量子系統，其用於在一或多個半導體製作步驟之後對複數個晶粒執行線上量測以產生該複數個晶粒之線上量測量變曲線，其中該計量子系統在一或多個封裝步驟之後執行該複數個晶粒之一或多個量測以產生該複數個晶粒之封裝表徵量變曲線；

一故障分析子系統，其用於判定一出故障晶粒之一製造指紋之至少一部分；

一控制器，其以通信方式包含經組態以執行程式指令之一或多個處理器，該等程式指令致使該一或多個處理器：

產生該複數個晶粒之製造指紋，該等製造指紋包含自一計量子系統接收之該等線上量測量變曲線及自該計量子系統接收的該複數個晶粒之封裝表徵量變曲線，其中該等製造指紋是儲存在針對至少一些通過一供應鏈而轉移的晶粒的記憶體中，其中每一個製造指紋係以該複數個晶粒之每一個晶粒的唯一電子晶片識別符（ECID）為參考；

施加一或多個機器學習技術以比較該出故障晶粒之該製造指紋和與距該出故障晶粒之一固定距離內的多個晶粒相關連的製造指紋的一資料庫，從而識別該複數個晶粒中之一或多個有風險晶粒，其中該等有風險晶粒包括展示出指示一故障可能性的多個製造指紋的該固定距離內的該等晶粒的一或多個晶粒；及

指導該一或多個有風險晶粒之一針對性召回。

【第2項】

如請求項1之用於提供一針對性召回之系統，其進一步包括：

基於該等線上量測量變曲線或該等封裝表徵量變曲線中之至少一者而識別展現離群值資料的晶粒以產生該複數個晶粒之離群值量變曲線，其中該複數個晶粒之該等製造指紋包含該等離群值量變曲線。

【第3項】

如請求項2之用於提供一針對性召回之系統，其中識別展現離群值資料的晶粒包括：

基於一部分平均測試技術而識別展現離群值資料的晶粒。

【第4項】

如請求項3之用於提供一針對性召回之系統，其中該部分平均測試技術包括：

一線上部分平均測試技術、一動態部分平均測試技術或一地理部分平均測試技術中之至少一者。

【第5項】

如請求項3之用於提供一針對性召回之系統，其中基於該等線上量測量變曲線或該等封裝表徵量變曲線中之至少一者而識別展現離群值資料的晶粒包括：

基於該等線上量測量變曲線或該等封裝表徵量變曲線中之至少一者與平均值之一偏差超過一選定偏差容差而識別展現離群值資料的晶粒。

【第6項】

如請求項2之用於提供一針對性召回之系統，其中在部署之前篩選該等展現離群值資料的晶粒之至少一部分。

【第7項】

如請求項1之用於提供一針對性召回之系統，其中基於該複數個晶粒之製造指紋與該出故障晶粒之該製造指紋之該至少一部分之比較而識別該複數個晶粒中之一或多個有風險晶粒包括：

基於一最近相鄰者技術而識別該複數個晶粒中之一或多個有風險晶粒。

【第8項】

如請求項1之用於提供一針對性召回之系統，其中基於該複數個晶粒之製造指紋與該出故障晶粒之該製造指紋之該至少一部分之比較而識別該複數個晶粒中之該一或多個有風險晶粒包括：

基於該複數個晶粒之製造指紋與該出故障晶粒之該製造指紋之該至少一部分之相關性而識別該複數個晶粒中之該一或多個有風險晶粒。

【第9項】

如請求項8之用於提供一針對性召回之系統，其中基於該複數個晶粒之製造指紋與該出故障晶粒之該製造指紋之該至少一部分之相關性而識別該複數個晶粒中之一或多個有風險晶粒包括：

基於該等線上量測量變曲線與該等封裝表徵量變曲線之經加權相關性而識別該複數個晶粒中之一或多個有風險晶粒。

【第10項】

如請求項9之用於提供一針對性召回之系統，其進一步包括：

判定與該出故障晶粒之故障相關聯之一故障機制；

基於該故障機制而將相關性權重指派給該等製造指紋之元素。

【第11項】

如請求項1之用於提供一針對性召回之系統，其中該製造指紋進一步包含製作量變曲線。

【第12項】

如請求項11之用於提供一針對性召回之系統，其中該等製作量變曲線包括：

一電子晶片識別符(ECID)、一製作設施、一批次識別符、一晶圓識別符或一晶圓上一晶粒位置中之至少一者。

【第13項】

如請求項11之用於提供一針對性召回之系統，其中基於該複數個晶粒之製造指紋與該出故障晶粒之該製造指紋之該至少一部分之比較而識別該複數個晶粒中之一或多個有風險晶粒包括：

基於相對於該出故障晶粒之該複數個晶粒之該等線上量測量變曲線、該等封裝表徵量變曲線及該製作歷史之經加權比較而識別該複數個晶粒中之一或多個有風險晶粒。

【第14項】

如請求項13之用於提供一針對性召回之系統，其中該製作歷史之權重低於該等線上量測量變曲線或該等封裝表徵量變曲線中之至少一者之權重。

【第15項】

一種用於提供一針對性召回之方法，其包括：

在一或多個半導體製作步驟之後對複數個晶粒執行線上量測以產生該複數個晶粒之線上量測量變曲線；

在一或多個封裝步驟之後執行該複數個晶粒之一或多個量測以產生

該複數個晶粒之封裝表徵量變曲線；

產生該複數個晶粒之製造指紋，該等製造指紋包含該複數個晶粒之該等線上量測量變曲線及該等封裝表徵量變曲線，其中該等製造指紋是儲存在針對至少一些通過一供應鏈而轉移的晶粒的記憶體中，其中每一個製造指紋係以該複數個晶粒之每一個晶粒的唯一電子晶片識別符為參考；

判定該複數個晶粒中之一出故障晶粒之製造指紋之至少一部分；

施加一或多個機器學習技術以比較該出故障晶粒之該製造指紋和與距該出故障晶粒之一固定距離內的多個晶粒相關連的製造指紋的一資料庫，從而識別該複數個晶粒中之一或多個有風險晶粒，其中該等有風險晶粒包括展示出指示一故障可能性的多個製造指紋的該固定距離內的該等晶粒的一或多個晶粒；及

召回包含該一或多個有風險晶粒之裝置。

【第16項】

如請求項15之用於提供一針對性召回之方法，其進一步包括：

基於該等線上量測量變曲線或該等封裝表徵量變曲線中之至少一者而識別展現離群值資料的晶粒以產生該複數個晶粒之離群值量變曲線，其中該複數個晶粒之該等製造指紋包含該等離群值量變曲線。

【第17項】

如請求項16之用於提供一針對性召回之方法，其中識別展現離群值資料的晶粒包括：

基於一部分平均測試技術而識別展現離群值資料的晶粒。

【第18項】

如請求項17之用於提供一針對性召回之方法，其中該部分平均測試

技術包括：

一線上部分平均測試技術、一動態部分平均測試技術或一地理部分平均測試技術中之至少一者。

【第19項】

如請求項17之用於提供一針對性召回之方法，其中基於該等線上量測量變曲線或該等封裝表徵量變曲線中之至少一者而識別展現離群值資料的晶粒包括：

基於該等線上量測量變曲線或該等封裝表徵量變曲線中之至少一者與平均值之一偏差超過一選定偏差容差而識別展現離群值資料的晶粒。

【第20項】

如請求項16之用於提供一針對性召回之方法，其中在部署之前篩選該等展現離群值資料的晶粒之至少一部分。

【第21項】

如請求項15之用於提供一針對性召回之方法，其中基於該複數個晶粒之製造指紋與該出故障晶粒之該製造指紋之該至少一部分之比較而識別該複數個晶粒中之一或多個有風險晶粒包括：

基於一最近相鄰者技術而識別該複數個晶粒中之一或多個有風險晶粒。

【第22項】

如請求項15之用於提供一針對性召回之方法，其中基於該複數個晶粒之製造指紋與該出故障晶粒之該製造指紋之該至少一部分之比較而識別該複數個晶粒中之該一或多個有風險晶粒包括：

基於該複數個晶粒之製造指紋與該出故障晶粒之該製造指紋之該至

少一部分之相關性而識別該複數個晶粒中之該一或多個有風險晶粒。

【第23項】

如請求項22之用於提供一針對性召回之方法，其中基於該複數個晶粒之製造指紋與該出故障晶粒之該製造指紋之該至少一部分之相關性而識別該複數個晶粒中之一或多個有風險晶粒包括：

基於該等線上量測量變曲線與該等封裝表徵量變曲線之經加權相關性而識別該複數個晶粒中之一或多個有風險晶粒。

【第24項】

如請求項23之用於提供一針對性召回之方法，其進一步包括：

判定與該出故障晶粒之故障相關聯之一故障機制；

基於該故障機制而將相關性權重指派給該等製造指紋之元素。

【第25項】

如請求項15之用於提供一針對性召回之方法，其中該製造指紋進一步包含製作量變曲線。

【第26項】

如請求項25之用於提供一針對性召回之方法，其中該等製作量變曲線包括：

一電子晶片識別符(ECID)、一製作設施、一批次識別符、一晶圓識別符或一晶圓上一晶粒位置中之至少一者。

【第27項】

如請求項25之用於提供一針對性召回之方法，其中基於該複數個晶粒之製造指紋與該出故障晶粒之該製造指紋之該至少一部分之比較而識別該複數個晶粒中之一或多個有風險晶粒包括：

基於相對於該出故障晶粒之該複數個晶粒之該等線上量測量變曲線、該等封裝表徵量變曲線及該製作歷史之經加權比較而識別該複數個晶粒中之一或多個有風險晶粒。

【第28項】

如請求項27之用於提供一針對性召回之方法，其中該製作歷史之權重低於該等線上量測量變曲線或該等封裝表徵量變曲線中之至少一者之權重。

【第29項】

一種用於提供一針對性召回之系統，其包括：

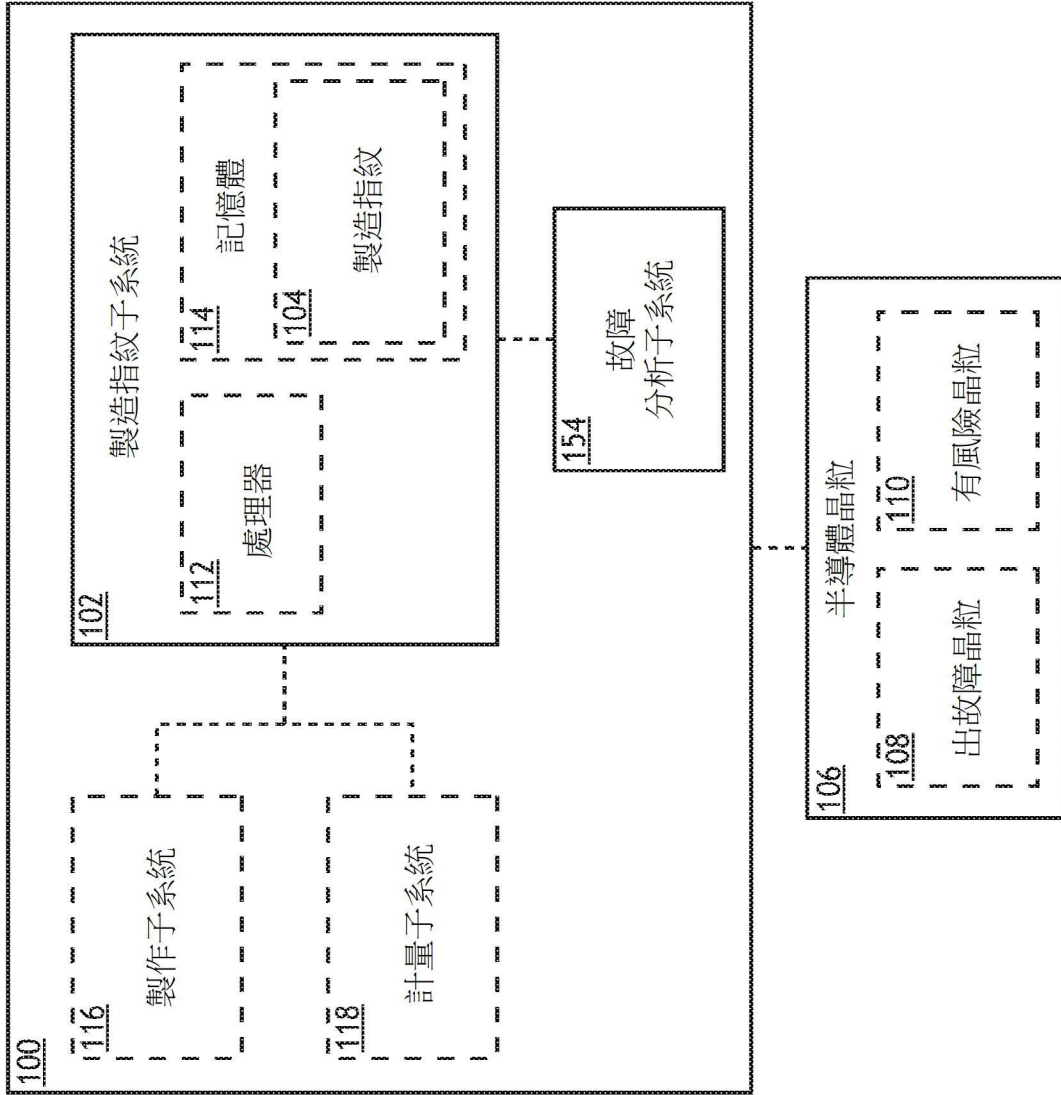
一控制器，其以通信方式耦合至一計量子系統及一故障分析子系統，該控制器包含經組態以執行程式指令之一或多個處理器，該等程式指令致使該一或多個處理器進行以下操作：

產生複數個晶粒之製造指紋，該等製造指紋包含在一或多個半導體製作步驟之後基於線上量測而自該計量子系統接收的該複數個晶粒之線上量測量變曲線，該等製造指紋進一步包含在一或多個封裝步驟之後基於量測而自該計量子系統接收的該複數個晶粒之封裝表徵量變曲線，其中該等製造指紋是儲存在針對至少一些通過一供應鏈而轉移的晶粒的記憶體中，其中每一個製造指紋係以該複數個晶粒之每一個晶粒的唯一電子晶片識別符為參考；

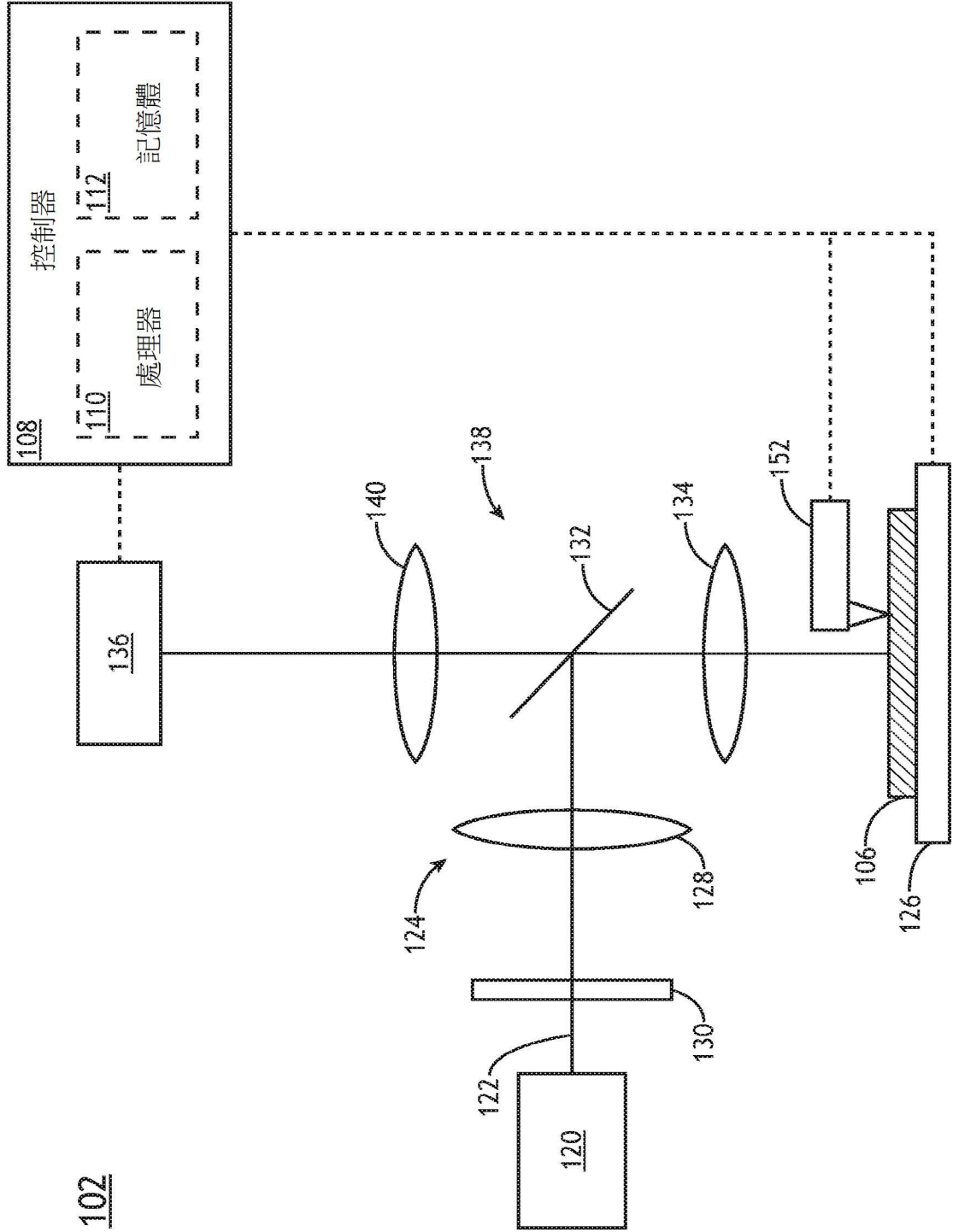
施加一或多個機器學習技術以比較該出故障晶粒之該製造指紋和與該出故障晶粒之一固定距離內的多個晶粒相關連的製造指紋的一資料庫，從而識別該複數個晶粒中之一或多個有風險晶粒，其中該等有風險晶粒包括展示出指示一故障可能性的多個製造指紋的該固

定距離內的該等晶粒的一或多個晶粒；及
指導該一或多個有風險晶粒之一針對性召回。

【發明圖式】

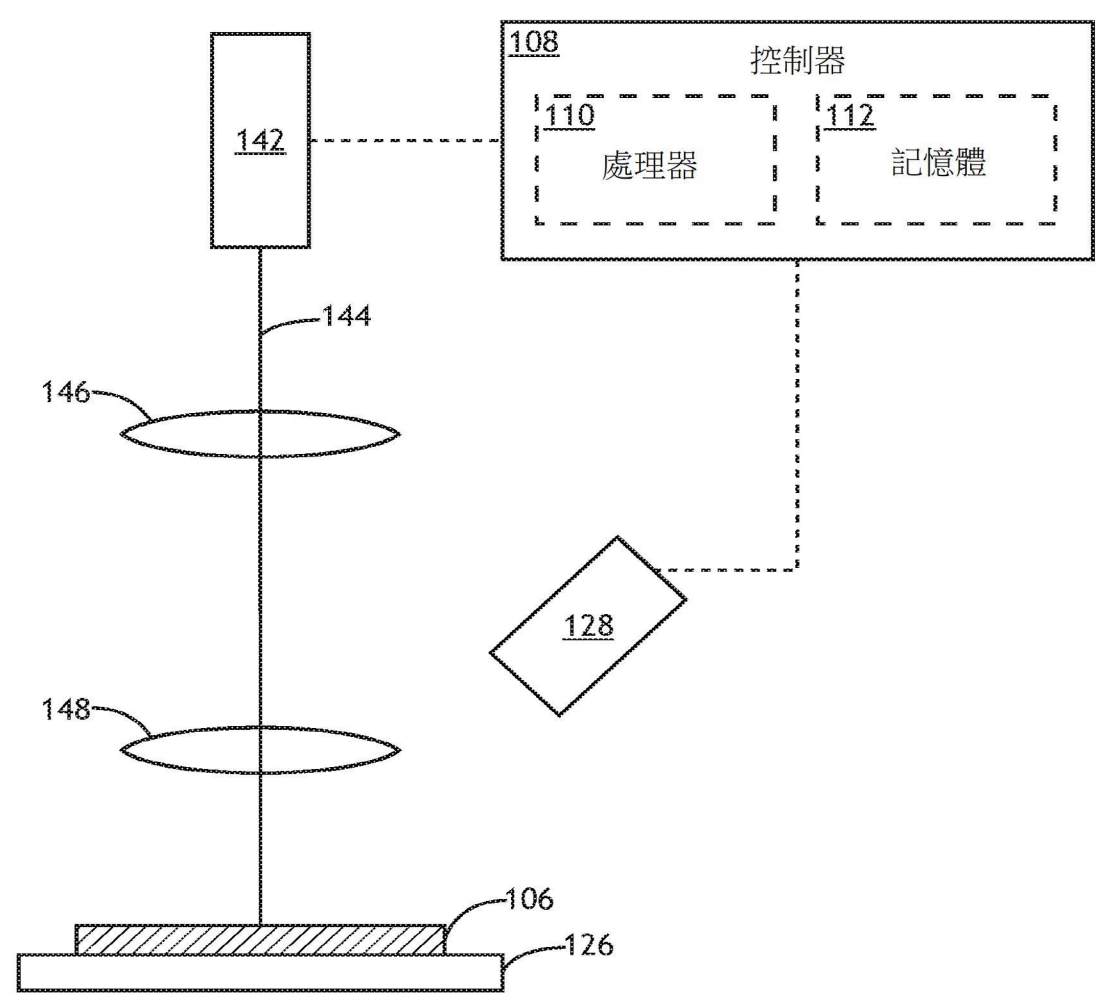


【圖1A】

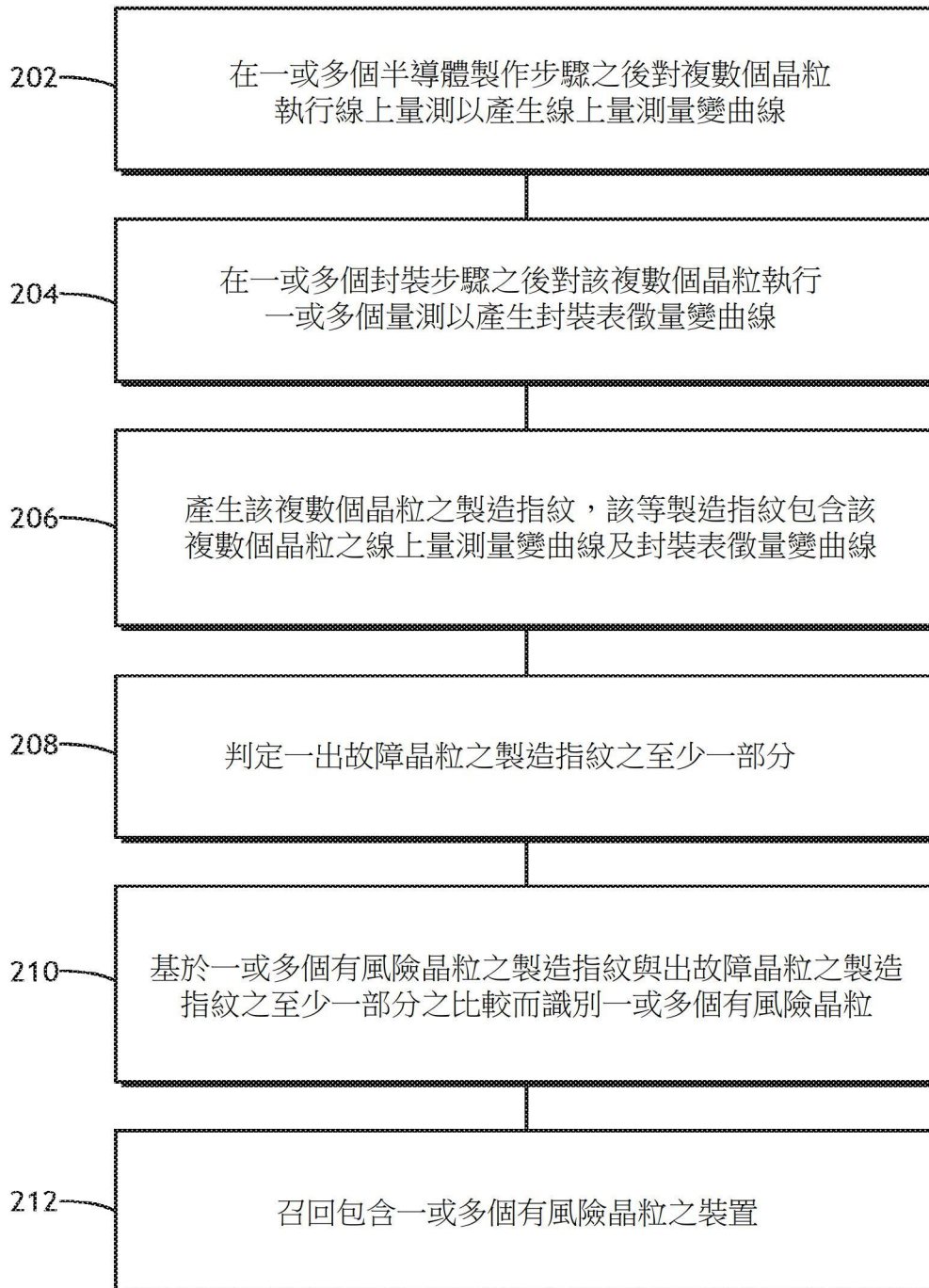


【圖1B】

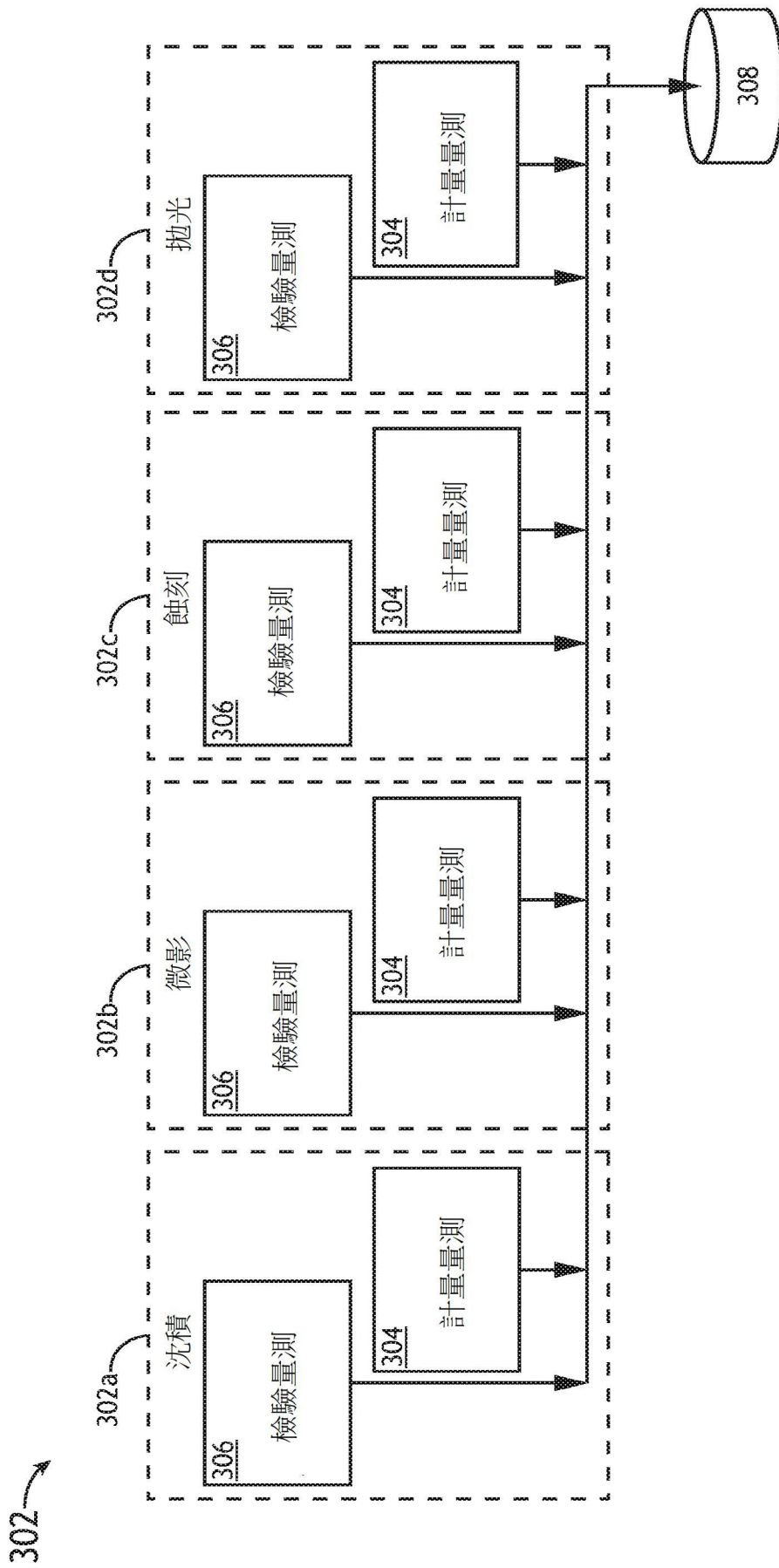
102



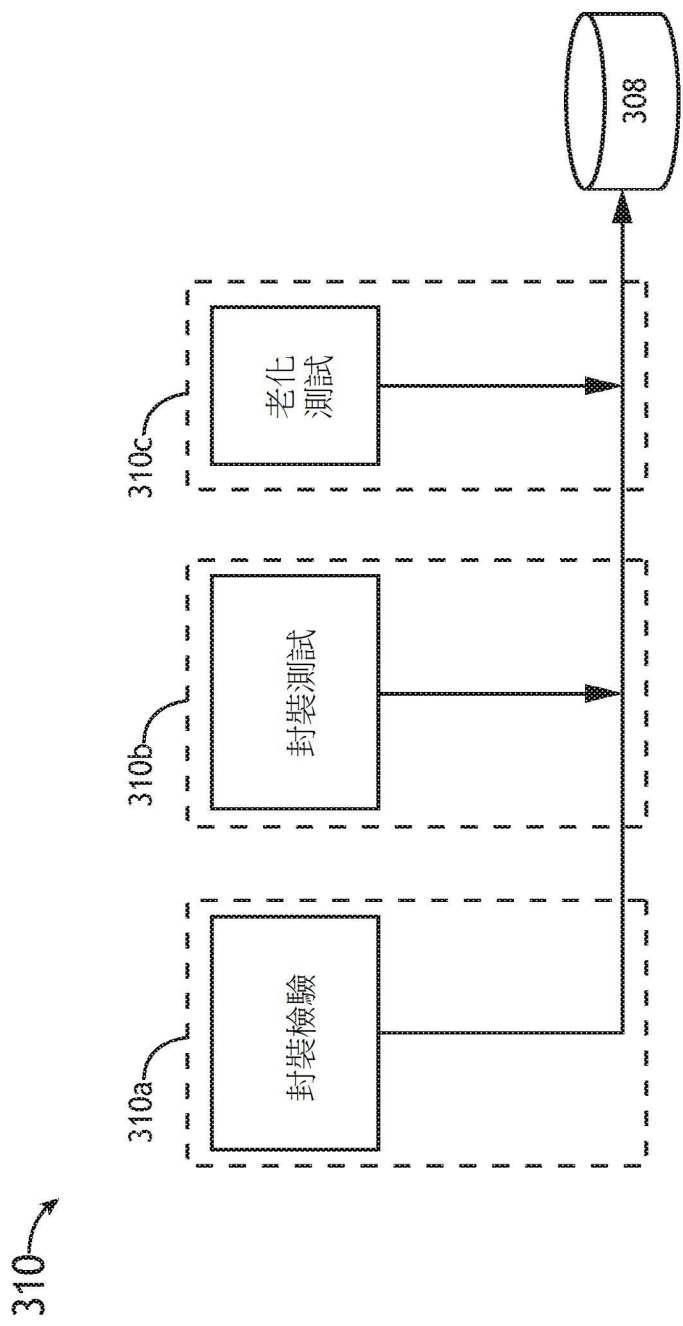
【圖1C】

200

【圖2】

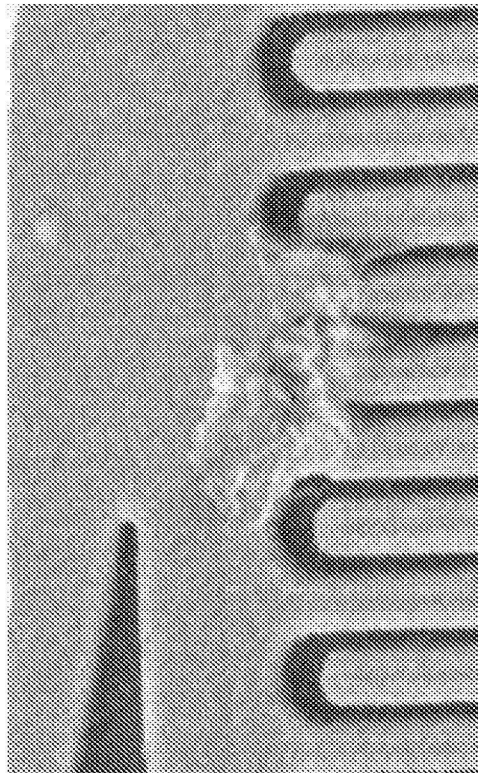


【圖3A】



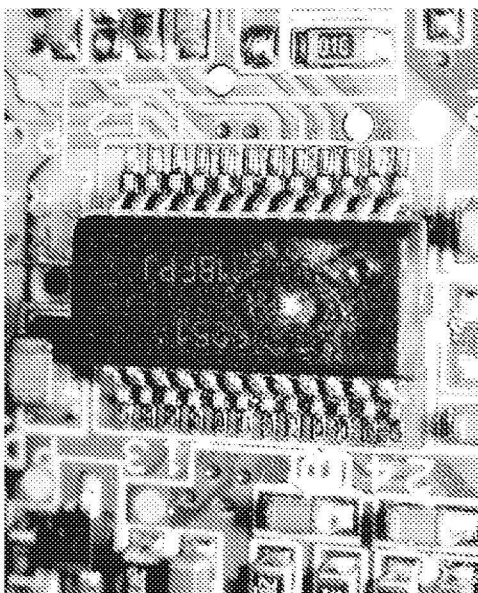
【圖3B】

404 →



【圖4B】

402 →



【圖4A】