



(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 I621837 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 04 月 21 日

(21)申請案號：103119140

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 05 月 30 日

(51)Int. Cl. : G01K17/00 (2006.01)

H01L21/66 (2006.01)

(30)優先權：2013/05/30 美國

61/829,138

2014/05/29 美國

14/290,255

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

美國

(72)發明人：夏瑞特 史帝芬 SHARRATT, STEPHEN (US)；奎利 伐漢特 QULI, FARHAT (US)；珍森 伊爾 JENSEN, EARL (US)；森 玫 SUN, MEI (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 201240003A

US 4812050

US 6472240B2

US 6945691B2

US 7495542B2

審查人員：林秀峰

申請專利範圍項數：25 項 圖式數：6 共 37 頁

(54)名稱

用以量測熱通量之方法及系統

METHOD AND SYSTEM FOR MEASURING HEAT FLUX

(57)摘要

本發明揭示一種具備熱通量感測器之量測晶圓，其包含：一基板；一罩蓋，其熱耦合至該基板之一部分；一感測器腔室，其形成於該基板與該罩蓋之間；一熱障，其安置於該感測器腔室之至少一部分內；一底部溫度感測器，其熱耦合至該基板，且藉由該熱障之一部分與該罩蓋絕緣；及一頂部溫度感測器，其熱耦合至該罩蓋，且藉由該熱障之一額外部分與該基板絕緣；其中該底部溫度感測器與該頂部溫度感測器之間之一溫度差係關於通過接近於該感測器腔室之該基板與罩蓋之一熱通量。

A heat flux sensor equipped measurement wafer includes a substrate, a cover thermally coupled to a portion of the substrate, a sensor cavity formed between the substrate and the cover, a thermal barrier disposed within at least a portion of the sensor cavity, a bottom temperature sensor thermally coupled to the substrate and insulated from the cover by a portion of the thermal barrier and a top temperature sensor thermally coupled to the cover and insulated from the substrate by an additional portion of the thermal barrier, wherein a temperature difference between the bottom temperature sensor and the top temperature sensor is related to a heat flux passing through the substrate and cover proximate to the sensor cavity.

指定代表圖：

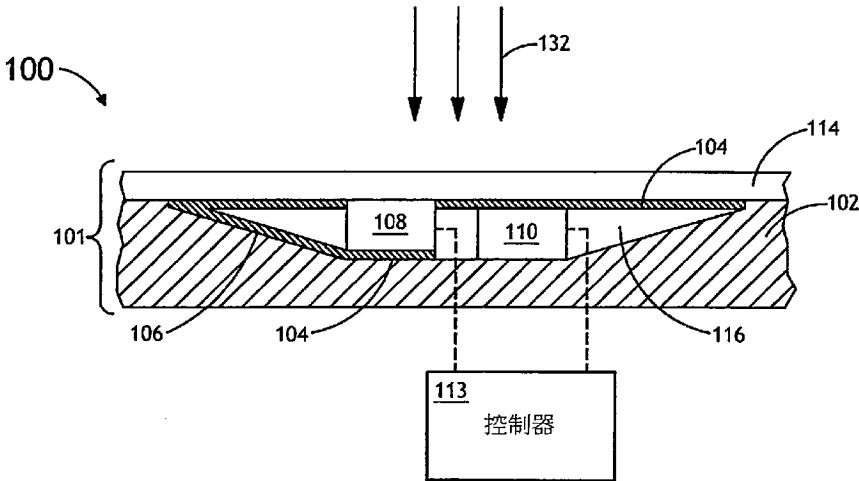


圖 1A

符號簡單說明：

- 100 . . . 系統
- 101 . . . 量測晶圓熱通量感測器
- 102 . . . 基板/晶圓基板
- 104 . . . 熱障
- 106 . . . 朝下傾斜延伸部/突片
- 108 . . . 第一感測器/頂部溫度感測器
- 110 . . . 第二感測器/底部溫度感測器
- 113 . . . 控制器
- 114 . . . 罩蓋
- 116 . . . 感測器腔室
- 132 . . . 熱通量/熱能流動

圖式

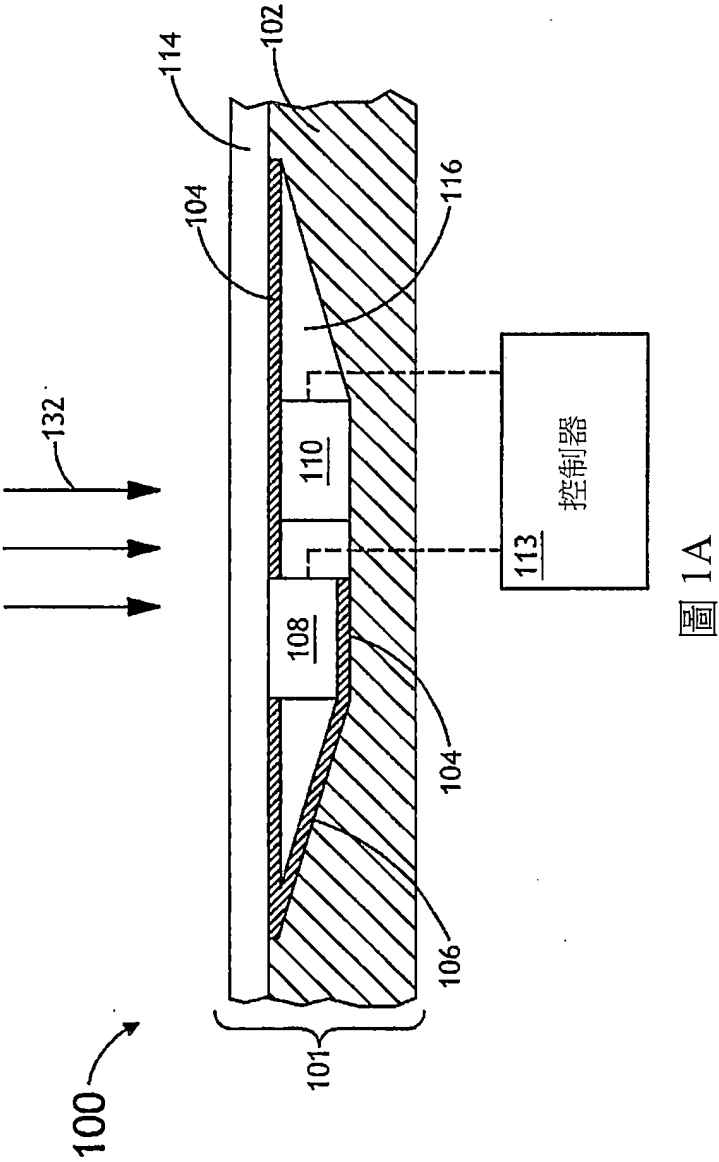


圖 1A

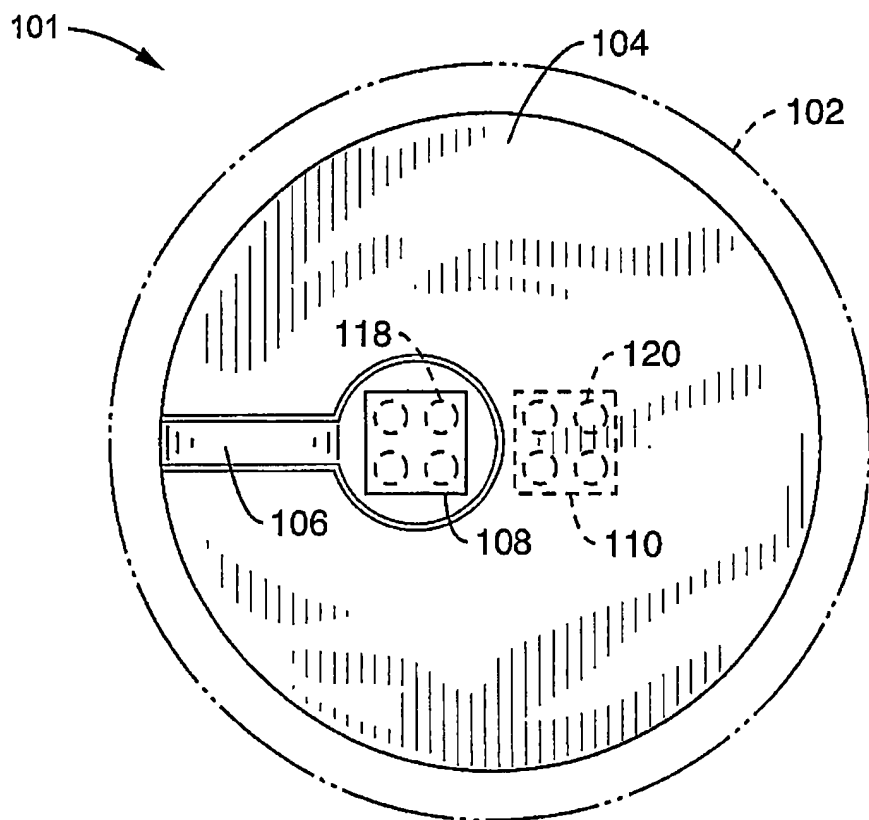


圖 1B

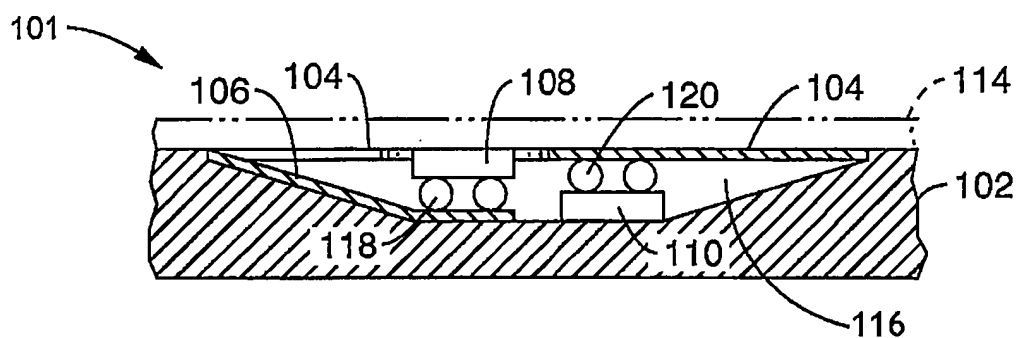


圖 1C

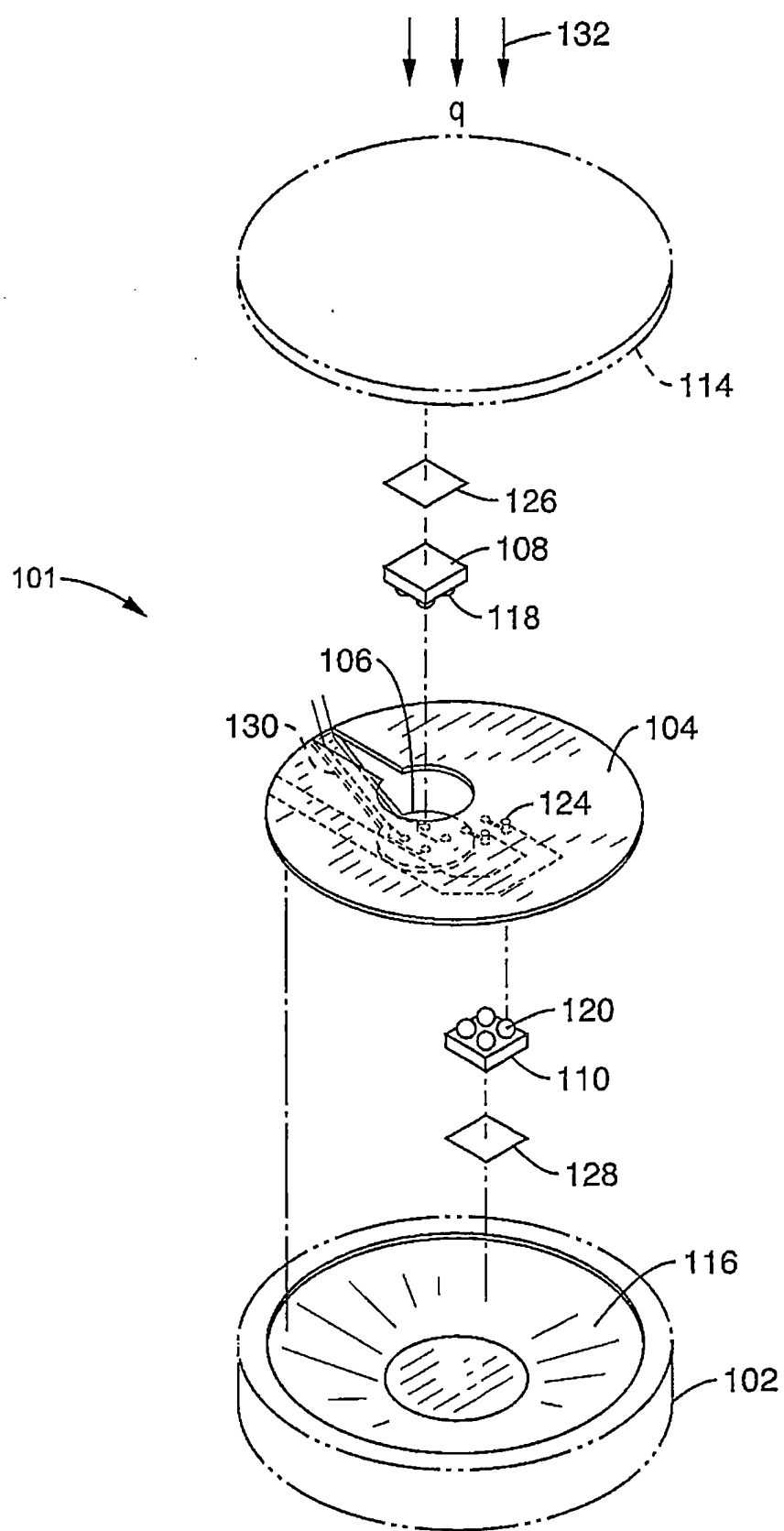


圖 1D

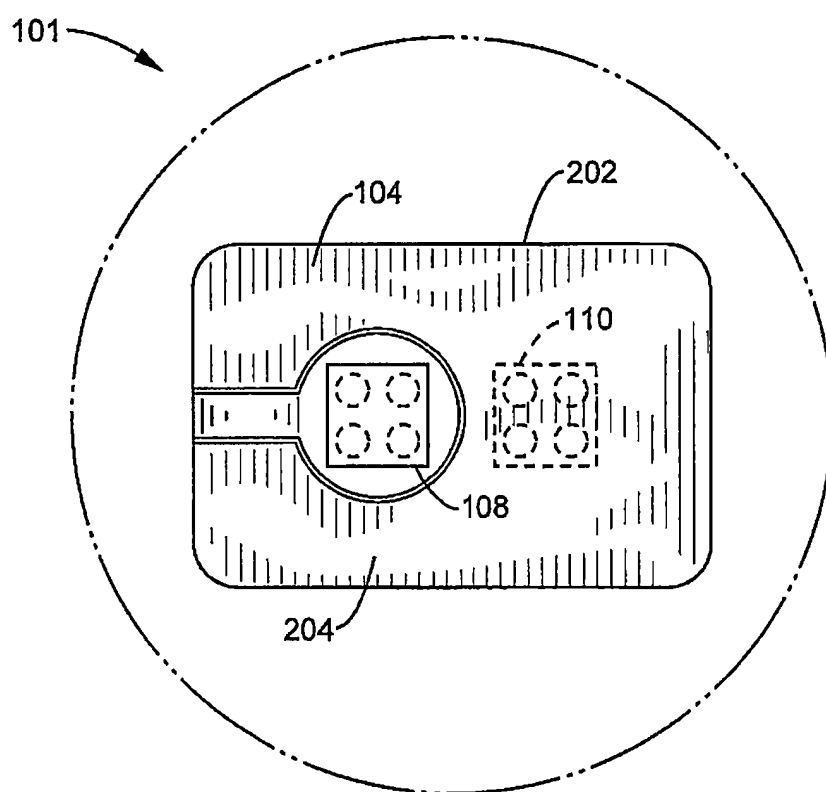


圖 2

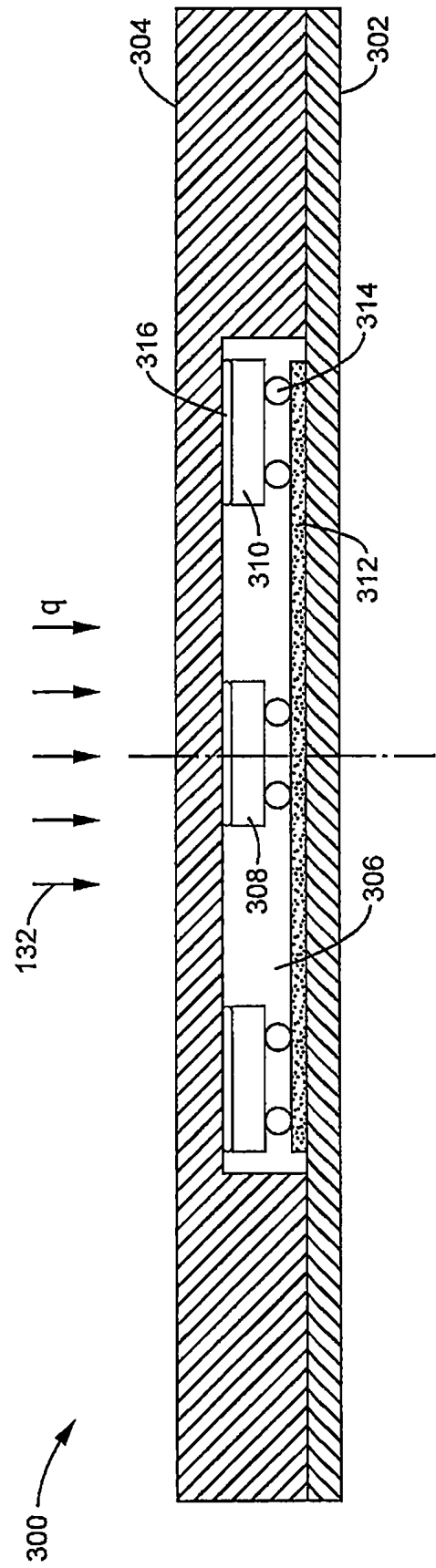


圖 3A

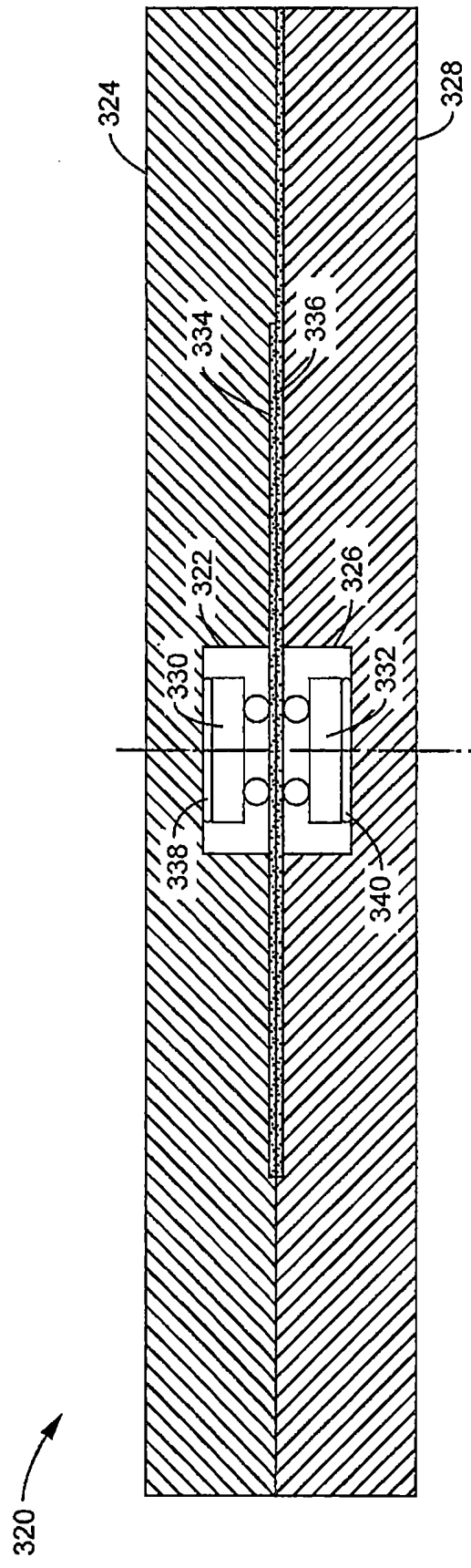


圖 3B

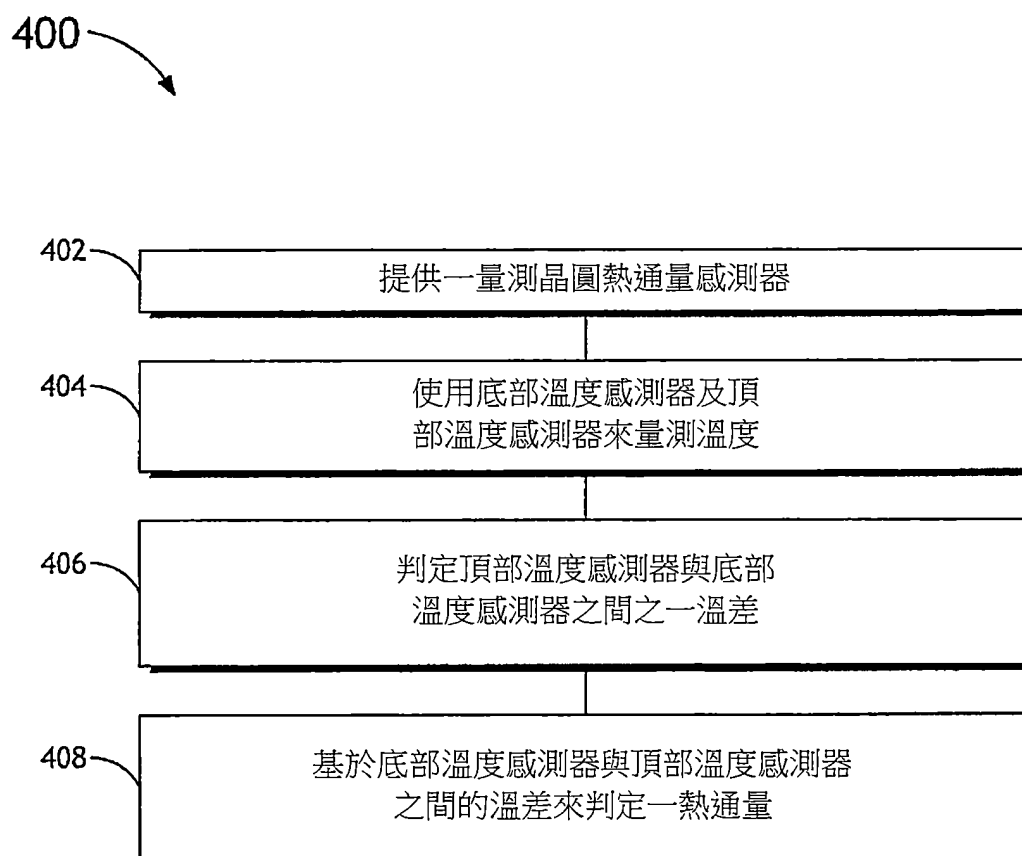


圖 4

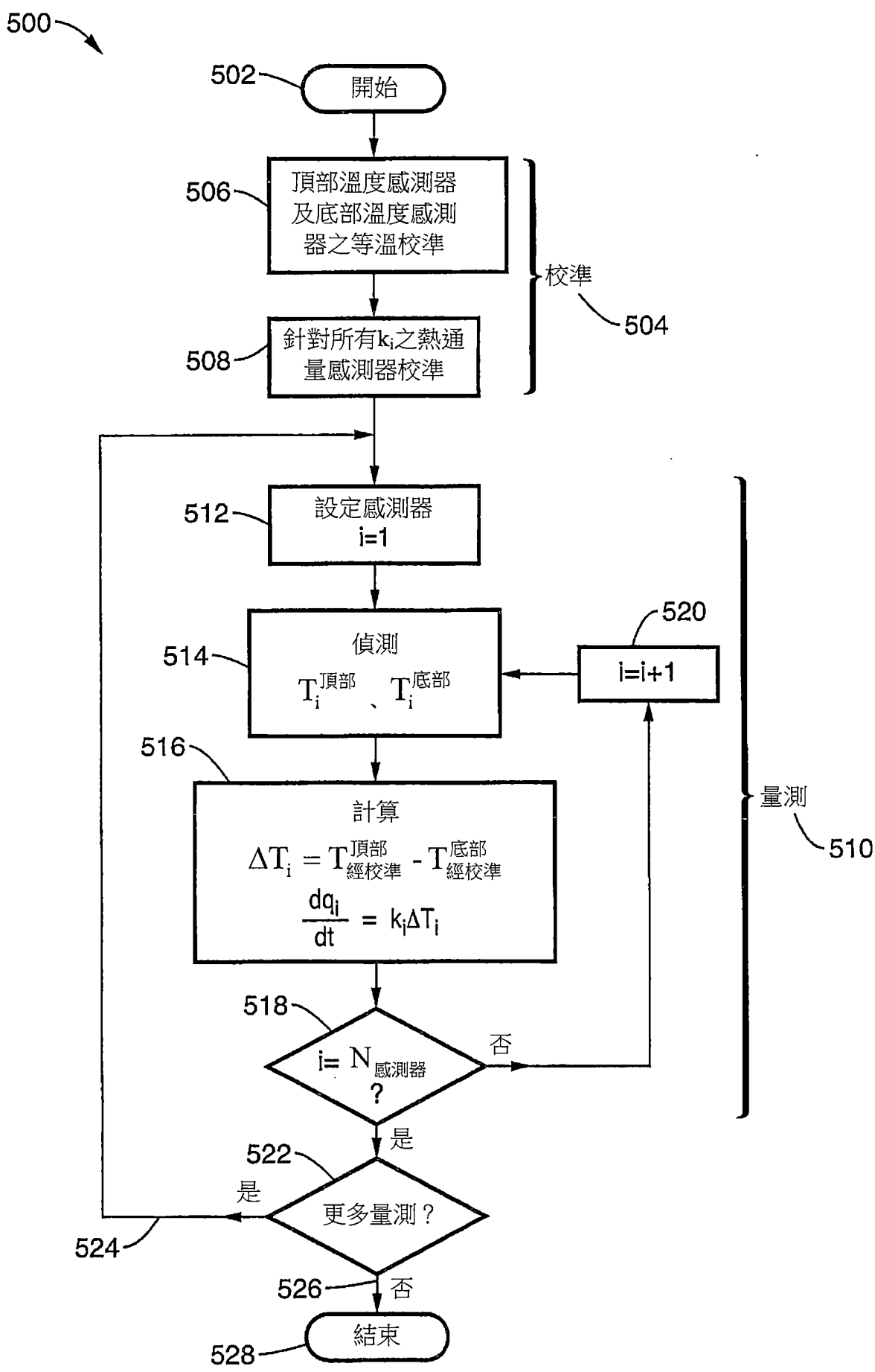


圖 5

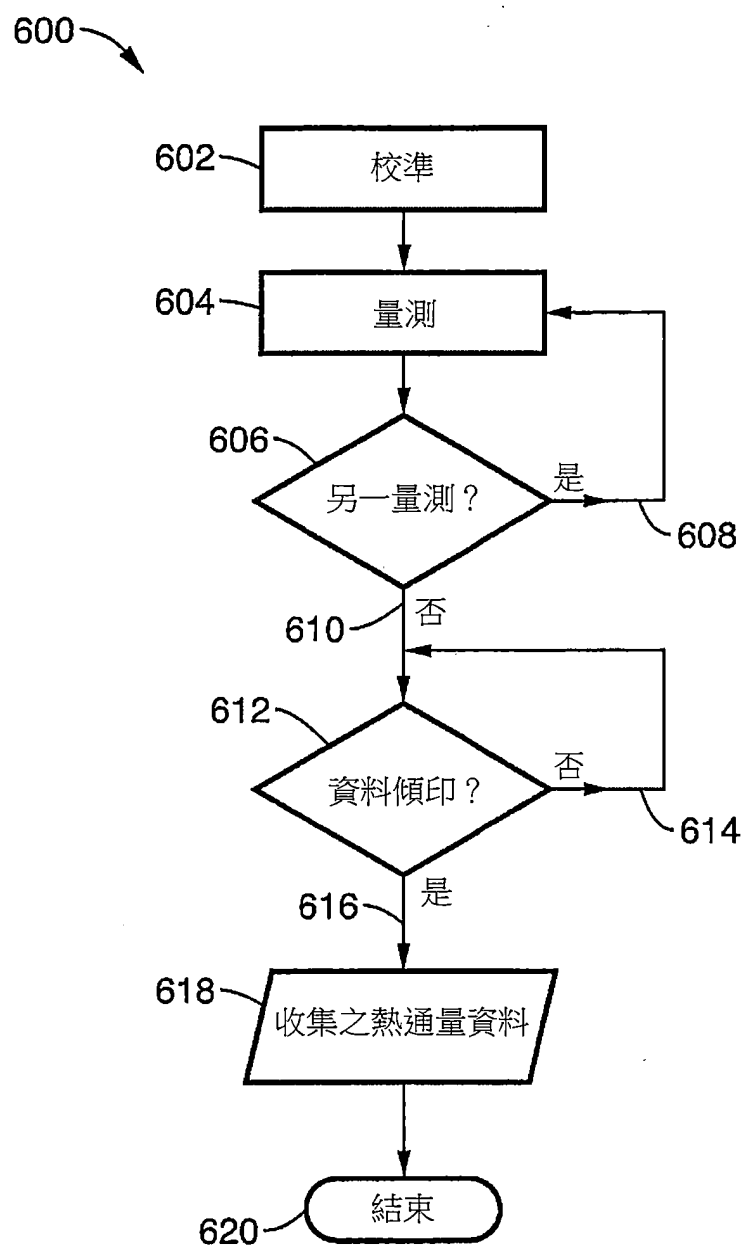


圖 6

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

用以量測熱通量之方法及系統

METHOD AND SYSTEM FOR MEASURING HEAT FLUX

【技術領域】

本發明大體上係關於熱通量偵測，且更特定言之係關於使用嵌入於具有一薄外觀尺寸之一基板中之一或多個熱通量感測器之熱通量偵測。

【先前技術】

由於對半導體裝置處理環境中之程序條件之容限持續變窄，故對於改良程序條件之監控系統之需求持續增大。在一處理系統(例如，電漿處理系統)內之熱通量係一種此類條件。先前之熱通量感測器系統包含嵌入於一材料中且放置於(例如，在熱能流動之方向上)自彼此之已知距離處之溫度感測器。額外設計包含放置於在一薄封裝內之一研磨腔室中之單個溫度感測器。該等腔室經設計以具有不同熱阻，使得當應用一外部熱通量時在該等腔室內之該等感測器之間存在一溫度差。量測熱通量之一額外方法包含在一基板材料上或內使用一經校準之熱電堆(熱電偶之陣列)且相對於一已知應用之熱通量校準該熱電堆電壓。先前方法難以在一薄輪廓、高導熱率之基板中實施。通常，嵌入式熱通量感測器在平行於該熱能流動之方向上量測一溫度差。在十分薄之晶圓外觀尺寸中，熱能流動之該方向係軸向的且難以依適當軸向定向放置溫度感測器。另外，該基板之該高導熱率通常導致可難以量測之溫度差。另外，熱電堆輸出與跨該熱電堆之該熱通量

成比例之一電壓。在一些例項中，此電壓可不在用於藉由一電子量測系統量測之適當範圍中。因此，可期望提供用於處置諸如上文識別之缺陷之缺陷之一系統及方法。

【發明內容】

根據本發明之一闡釋性實施例揭示一種量測晶圓熱通量感測器。在一項實施例中，該量測晶圓熱通量感測器可包含：一基板；一罩蓋，其熱耦合至該基板之一部分；一感測器腔室，其形成於該基板與該罩蓋之間；一熱障，其安置於該感測器腔室之至少一部分內；一底部溫度感測器，其熱耦合至該基板且藉由該熱障之一部分與該罩蓋絕緣；及一頂部溫度感測器，其熱耦合至該罩蓋且藉由該熱障之一額外部分與該基板絕緣。在另一實施例中，該底部溫度感測器與該頂部溫度感測器之間的溫度差係關於通過接近於該感測器腔室之該基板及罩蓋之一熱通量。

根據本發明之一闡釋性實施例揭示一種熱通量感測系統。在一項實施例中，該熱通量感測系統可包含一量測晶圓熱通量感測器。在另一實施例中，該量測晶圓熱通量感測器可包含：一基板；一罩蓋，其熱耦合至該基板之一部分；一感測器腔室，其形成於該基板與該罩蓋之間；一熱障，其安置於該感測器腔室之至少一部分內；一底部溫度感測器，其熱耦合至該基板且藉由該熱障之一部分與該罩蓋絕緣；及一頂部溫度感測器，其熱耦合至該罩蓋且藉由該熱障之一額外部分與該基板絕緣；其中該底部溫度感測器與該頂部溫度感測器之間的一溫度差係關於通過接近於該感測器腔室之該基板及罩蓋之一熱通量。在另一實施例中，該熱通量感測系統可包含通信地耦合至該量測晶圓熱通量感測器之一控制器，該控制器包含經組態以執行一組程式指令之一或多個處理器。在另一實施例中，該組程式指令經組態以導致該一或多個處理器：接收來自該底部溫度感測器及該頂部溫度感測器之

溫度量測；判定該頂部溫度感測器與該底部溫度感測器之間的溫差；及基於該底部溫度感測器與該頂部溫度感測器之間的該溫差判定通過接近於該感測器腔室之該基板及罩蓋之一熱通量；

根據本發明之一闡釋性實施例揭示一種使用一量測晶圓量測熱通量之方法。在一項實施例中，該方法可包含提供一量測晶圓熱通量感測器，該量測晶圓熱通量感測器包含熱耦合至一基板且藉由該熱障之一部分與一罩蓋絕緣之一底部溫度感測器及熱耦合至該罩蓋且藉由該熱障之一額外部分與該基板絕緣之一頂部溫度感測器，該底部溫度感測器及該頂部溫度感測器安置於該量測晶圓熱通量感測器之一感測器腔室中；獲取來自該量測晶圓熱通量感測器之該底部溫度感測器及該頂部溫度感測器之溫度量測；判定該頂部溫度感測器與該底部溫度感測器之間的一溫差；及基於該底部溫度感測器與該頂部溫度感測器之間的該溫差判定通過接近於該感測器腔室之該基板及罩蓋之一熱通量。

應理解，前述一般描述及下列詳細描述僅係例示性及解釋性的且不必要限制如申請之本發明。併入本說明書中且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且與一般描述共同用於解釋本發明之原理。

【圖式簡單說明】

藉由參考隨附圖式可使熟習此項技術者更好理解本發明之數種優勢，在圖式中：

圖1A係根據本發明之一項實施例之包含用以偵測及量化熱通量之兩個嵌入式溫度感測器之一量測晶圓熱通量感測器之一方塊圖視圖。

圖1B係根據本發明之一項實施例之包含用以偵測及量化熱通量之兩個嵌入式溫度感測器之一量測晶圓熱通量感測器之一俯視圖。

圖1C係根據本發明之一項實施例之包含用以偵測及量化熱通量之兩個嵌入式溫度感測器之一量測晶圓熱通量感測器之一橫截面視圖。

圖1D係根據本發明之一項實施例之包含用以偵測及量化熱通量之兩個嵌入式溫度感測器之一量測晶圓熱通量感測器之一分解圖。

圖2係根據本發明之一替代實施例之包含用以偵測及量化熱通量之兩個嵌入式溫度感測器之一量測晶圓熱通量感測器之一俯視圖。

圖3A係根據本發明之一替代實施例之一橋接熱通量感測器之一替代設計之一橫截面視圖。

圖3B係根據本發明之一替代實施例之一雙層級熱通量感測器之一替代設計之一橫截面視圖。

圖4係根據本發明之一項實施例描繪使用一量測晶圓量測熱通量之一方法之一程序流程圖。

圖5係根據本發明之一項實施例之使用詳細校準步驟處理溫度感測器之不準確性及對應熱通量校準之一流程圖。

圖6係根據本發明之一項實施例描繪熱通量系統之操作、指示校準、量測及資料傾印步驟之一流程圖。

【實施方式】

現將詳細參考在隨附圖式中圖解說明之揭示之標的。

大體參考圖1A至圖6，描述根據本發明之使用一或多個嵌入式感測器量測熱通量之一系統及方法。

本發明之實施例可關於建立於一基板中之多個熱通量感測器，從而允許藉由一熱通量感測器系統在一電漿處理環境中執行分散式熱通量量測。在本文中應注意，關於量測熱通量之一個難題包含在相對高導熱率之材料(諸如矽)中量測熱通量。本發明之實施例可關於包含嵌入於一薄外觀尺寸、高導熱率之基板中之一或多個熱通量感測器

(例如，成對之溫度感測器)之一熱通量感測器系統。本發明之實施例可進一步關於一熱通量感測器之兩個或兩個以上溫度感測器配置於垂直於熱能通量之方向之相同平面中之一組態。本發明之實施例可進一步關於整合至一密封單元(例如，0.5毫米至1.5毫米之厚度)中同時符合標準晶圓處理尺寸(例如，100毫米至450毫米)之一熱通量感測器系統。本發明之實施例可實施熱絕緣感測器腔室以增大一量測溫差，藉此增大熱通量量測之敏感度。此外，在一量測晶圓(例如，基板及罩蓋)上實施多個熱通量感測器允許收集及隨後下載一量測晶圓或基板之熱通量量測。應進一步注意，本發明之量測晶圓可完全密封，從而准許曝露至各種條件，諸如(但不限於)潮濕、高能量RF、高溫、熱通量或任何其他熱通量源(例如，輻射)。

通常使用在一穩態條件下跨一空間距離放置之溫度感測器量測熱通量。接著使用傅立葉(Fourier)之熱傳導定律計算熱通量：

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

其中 q 係熱通量， k 係已知材料之導熱率， A 係傳導面積，且 dT/dx 係在穩態熱通量條件下之均勻材料中之溫度梯度。

另外，可利用感測器量測熱通量，感測器以一可預測且良性之方式回應熱通量。就此而言，可藉由輸入一已知熱通量通過感測器且記錄在各種通量水平之感測器回應而校準一或多個感測器。

Mei Sun等人在2011年2月3日申請之美國專利申請案第13/020,770號(該案之全文以引用的方式併入本文中)中大體上描述使用嵌入於一基板中之一或多個熱通量感測器量測熱通量。

圖1A圖解說明根據本發明之一實施例之使用兩個或兩個以上嵌入式溫度感測器量測熱通量之一系統100之一方塊圖視圖。在一項實施例中，系統100包含一量測晶圓熱通量感測器101。在一項實施例

中，量測晶圓熱通量感測器101包含安置於一量測晶圓結構內之一熱通量感測器(例如，成對之溫度感測器)(如在圖1A中展示)。在另一實施例中，量測晶圓熱通量感測器101可包含一基板102 (例如，基板晶圓)。舉例而言，基板102可包含(但不限於)一半導體基板、一玻璃基板及其類似物。

在一項實施例中，基板晶圓102包含一感測器腔室116。舉例而言，感測器腔室116可包含適用於含有一第一感測器108 (或「頂部」溫度感測器)及一第二感測器110 (或「底部」溫度感測器)之一凹口，如在圖1A中展示。感測器腔室116可由技術中已知之任何晶圓處理程序形成。舉例而言，用以形成感測器腔室116之程序可包含(但不限於)一機械研磨程序、一蝕刻程序或一雷射加工程序。

在另一實施例中，頂部溫度感測器108及底部溫度感測器110係安置於感測器腔室116內之溫度感測器，且適用於量測頂部溫度感測器108與底部溫度感測器110之間之一溫度差(即，溫差)。

在另一實施例中，量測晶圓熱通量感測器101可包含一罩蓋114 (例如，罩蓋晶圓)。舉例而言，罩蓋114可附接至基板102之頂面。

在另一實施例中，一熱障104係安置於晶圓基板102之一部分上，晶圓基板102充當熱障104之一安裝表面。在一項實施例中，底部溫度感測器110熱耦合至基板102且藉由熱障104之一部分與罩蓋114絕緣。在另一實施例中，頂部溫度感測器108熱耦合至罩蓋114且藉由熱障104之一額外部分與基板102絕緣。就此而言，由於頂部溫度感測器108與基板102絕緣且具有至罩蓋114之一高導熱率連接(此處未展示)，頂部溫度感測器108讀出之溫度接近罩蓋114之局部溫度。類似地，由於底部溫度感測器110與罩蓋114絕緣且具有一高導熱率連接(此處未展示)至基板102，底部溫度感測器110讀出之溫度接近基板102之局部溫度。

在本文中應注意，術語「頂部」及「底部」之使用僅為描述性方便之目的而提供且不應解釋為限制，因此頂部溫度感測器108、底部溫度感測器110可替代性地在本文中大體上稱為「第一」及「第二」溫度感測器。應進一步注意，為本發明之目的，在一給定感測器腔室116內之兩個或兩個以上溫度感測器(例如頂部溫度感測器108及底部溫度感測器110)之配置可在本文中稱為一「熱通量感測器」。

在本文中應注意，熱障104可包含技術中已知之任何合適絕緣材料。舉例而言，熱障104可包含(但不限於)一絕緣板。藉由另一實例，熱障104可包含(但不限於)一絕緣薄膜(例如，一聚醯亞胺薄膜)。

在本文中應注意，底部溫度感測器110與頂部溫度感測器108之間的一溫度差係關於通過接近於感測器腔室116之基板102及罩蓋114之一熱通量。在一項實施例中，量測晶圓熱通量感測器101可利用來自垂直於熱能流動或熱通量132之方向定位之頂部溫度感測器108及底部溫度感測器110之溫度量測。

在一項實施例中，頂部溫度感測器108可定位於材料之一朝下傾斜延伸部106上，使得頂部溫度感測器108之頂部實質上定位於如熱障104之頂部之相同平面上。舉例而言，可以熱障之一部分(例如，突片106)經過一頂部溫度感測器108下方同時熱障104之一額外部分定位於底部溫度感測器110上方之此一方式結構化或切割熱障104。

在一項實施例中，熱障104可由多個形狀構成以便配合基板102之不同位置。熱障104可具有技術中已知之任何合適形狀。舉例而言，熱障104可定型為環形、矩形、三角形、橢圓形及其類似物之一或多者。

在本文中應注意，熱障104起作用以放大量測晶圓熱通量感測器101之頂部及底部之間的溫度差。在一項實施例中，所得溫度差約與熱障104之面積成比例。在另一實施例中，溫度差約與罩蓋114之厚度

成正比。在本文中應注意，一較薄罩蓋114可導致一較大熱阻，熱能必須圍繞較大熱阻流動，繼而導致比一較厚罩蓋114更大之一溫度差。如此，罩蓋114之厚度可經調諧以便控制頂部溫度感測器108與底部溫度感測器110之間的溫度差回應。

在一項實施例中，量測晶圓熱通量感測器101可在一電漿處理室中進行處理時量測垂直通過基板102之撞擊熱通量。舉例而言，電漿處理室(未展示)可在從約 $\leq 0.1 \text{ W/cm}^2$ 至 $\geq 10 \text{ KW/cm}^2$ 之射頻(RF)功率位準下操作。撞擊於晶圓上之熱通量之一預期範圍可為在約 0.1 W/cm^2 至 10 W/cm^2 之間的任何值。應進一步注意，量測晶圓可包含一單一熱通量感測器(即，一單一對溫度感測器)或多個熱通量感測器(即，多對溫度感測器)。在量測晶圓熱通量感測器101包含多個熱通量感測器之情況中，感測器可環繞基板102分散於個別感測器腔室中(或多個感測器在一單一腔室中)。

在另一實施例中，作為將溫度感測器垂直於熱能流動132之方向放置於之基板102中之一結果，量測晶圓熱通量感測器101可適合一薄外觀尺寸。在本文中應注意，量測晶圓熱通量感測器101經設計以模擬通常用於在半導體工業內之一電漿處理室中之一晶圓，以便提供關於歸因於電漿處理室內之各種加熱條件(例如，RF加熱條件)之通過量測晶圓熱通量感測器101之熱通量之洞察。

在另一實施例中，系統100包含一控制器113。在一項實施例中，控制器113通信地耦合至量測晶圓熱通量感測器101。在一項實施例中，控制器113包含一或多個處理器(未展示)。在另一實施例中，一或多個處理器經組態以執行一組程式指令，該組程式指令經組態以導致一或多個處理器執行在本發明之全文中描述之各種步驟之一或多者。在另一實施例中，控制器113可包含一非暫時性媒體(例如，記憶體媒體)以用於儲存程式指令。在一項實施例中，控制器113可接收來

自底部溫度感測器110及頂部溫度感測器108之溫度量測。在另一實施例中，控制器113可判定頂部溫度感測器108與底部溫度感測器110之間的溫差。在另一實施例中，控制器113可基於底部溫度感測器110與頂部溫度感測器108之間的溫差判定通過接近於感測器腔室116之基板102及罩蓋114之一熱通量。在另一實施例中，控制器113可針對量測晶圓熱通量感測器101執行一熱通量校準，藉此一已知熱通量應用至量測晶圓熱通量感測器101且記錄所得溫度差。

在另一實施例中，控制器113可將一或多個熱通量校準因數應用至溫差，以判定通過接近於感測器腔室116之基板102及罩蓋114之熱通量。

為本發明之目的，術語「處理器」可經廣泛定義以涵蓋具有執行來自一記憶體媒體之指令之一或多個處理器或邏輯元件之任何裝置。從此意義上來說，控制器113之一或多個處理器可包含經組態以執行軟體演算法及/或指令之任何微處理器類型之裝置。在一項實施例中，一或多個處理器定位於量測晶圓熱通量感測器101之外部。在一項實施例中，一或多個處理器可由經組態以執行經組態以操作系統100之一程式之一桌上型電腦或其他電腦系統(例如，網路電腦)構成，如在本發明之全文中描述。應認識到，可由一單一電腦系統或(替代性地)多個電腦系統執行在本發明之全文中描述之步驟。在另一實施例中，控制器113之一或多個處理器可駐留於量測晶圓熱通量感測器101之板上。就此而言，使用頂部溫度感測器108及底部溫度感測器110獲得之溫度資料可儲存於安置於量測晶圓熱通量感測器101之板上之一記憶體媒體中。此外，控制器113之一或多個板載處理器可擷取來自板載記憶體之溫度資料且執行在本發明之全文中描述之各種處理步驟之任一者。記憶體媒體可包含唯讀記憶體、隨機存取記憶體、磁碟或光碟、固態磁碟、快閃記憶體、EPROM、EEPROM、磁帶或

其類似物。在另一實施例中，控制器113可由一「系統單晶片」構成。就此而言，控制器113可包含數個經組合之一般處理組件。舉例而言，系統單晶片可包含(但不限於)一內部時脈、處理器、快閃記憶體單元以用於儲存處理條件及操作系統100必要之其他指令。

在一項實施例中，可經由一或多個感測器電路建立控制器113與量測晶圓熱通量感測器101之間的通信耦合(見圖1D)。在一項實施例中，一或多個感測器電路可包含在頂部溫度感測器108及底部溫度感測器110與控制器113之處理器之間的一或多個電跡線。在一項實施例中，一或多個感測器電路可包含形成於熱障104內之一可撓性電路。舉例而言，一可撓性印刷電路可形成於熱障104上/中。例如，可撓性印刷電路可包含諸如聚醯亞胺之任何合適可撓性材料，且可包含諸如鋁或銅之任何合適導電材料。

在另一實施例中，數個組件可經整合以形成量測晶圓熱通量感測器101。在一項實施例中，數個單個熱通量感測器(由如在本文中描述之溫差感測器組成)環繞量測晶圓熱通量感測器101之基板102或罩蓋114分散。就此而言，量測晶圓熱通量感測器101之構成單個熱感測器能夠偵測在跨基板102之表面之各種處理條件中之梯度。

在一項實施例中，控制器113可定位於基板102或罩蓋114之至少一者之一部分上。就此而言，控制器113定位於量測晶圓熱通量感測器101之「板上」。在另一實施例中，如在本文中進一步討論，一或多個感測器電路可建立頂部溫度感測器108、底部溫度感測器110與板載控制器113(例如，控制器之處理器)之間的一通信耦合。

在另一實施例中，控制器113可定位於遠離基板102或罩蓋114之一位置上。就此而言，控制器113定位於量測晶圓熱通量感測器101之「板外」。在另一實施例中，如在本文中進一步討論，一或多個感測器電路可建立介於頂部溫度感測器108、底部溫度感測器110與非板載

控制器113 (例如，控制器之處理器)之間的一通信耦合。

在一項實施例中，可在經設計以量測一電漿處理室內之條件之一系統感測封裝中利用量測晶圓熱通量感測器101。就此而言，可藉由在半導體工業中利用之一電漿室提供基板102表面上之入射熱通量。舉例而言，量測晶圓熱通量感測器101可包含定位於跨基板102之各個位置之多個單個熱通量感測器(例如，多對溫度感測器)。接著所得熱通量回應可藉由量測晶圓熱通量感測器101上之控制器113及記憶體組合予以記錄或經由有線或無線傳輸即時傳輸至一晶圓外之資料獲取系統。

圖1B及圖1C圖解說明根據本發明之一實施例之量測晶圓熱通量感測器101之示意圖。圖1B圖解說明根據本發明之一實施例之量測晶圓熱通量感測器101之一俯視圖(移除罩蓋114)。圖1C圖解說明根據本發明之一實施例之量測晶圓熱通量感測器101之一橫截面視圖。如在圖1B及圖1C中展示，兩個或兩個以上感測器(如頂部溫度感測器108及底部溫度感測器110)嵌入於基板102中。在一項實施例中，基板102可再次充當熱障104之一座架。在另一實施例中，熱障104以熱障之一突片106經過一頂部溫度感測器108下方之此一方式切割。舉例而言，如在圖1B中展示，突片106可由包含一環形及矩形之一複合形狀構成。應注意，在圖1B中提供之突片之形狀無限制且僅出於闡釋性目的而提供。如在圖1C中展示，熱障104之其餘部分可在一底部溫度感測器110上方。

在一項實施例中，感測器腔室116可具有一實質上經截短之圓錐形狀，如在圖1B及圖1C中展示。在本文中應注意，在圖1B及圖1C中描繪之形狀無限制且僅出於闡釋性目的而提供。感測器腔室可呈現技術中已知之任何形狀。舉例而言，感測器腔室116可具有一形狀，其包含(但不限於)經截短之圓錐形區段、立方體、圓柱體(例如，淺圓柱

體)、稜鏡(例如，三角菱鏡、六角稜鏡及其類似物)及類似形狀。

在另一實施例中，頂部溫度感測器108可經由焊料凸塊118連接至熱障104。在另一實施例中，底部溫度感測器110可經由焊料凸塊120連接至熱障104。在另一實施例中，頂部溫度感測器108可經由焊料凸塊118連接至一或多個感測器電路(例如，電跡線)。在另一實施例中，底部溫度感測器110可經由焊料凸塊120連接至一或多個感測器電路。在其他實施例中，頂部溫度感測器108及/或底部溫度感測器110可使用技術中已知之任何附接技術耦合至熱障104及/或一或多個感測器電路。舉例而言，頂部溫度感測器108及/或底部溫度感測器110可使用焊料凸塊、引線接合或其他晶粒附接技術耦合至熱障104及/或一或多個感測器電路。

圖1D圖解說明根據本發明之一實施例之一量測晶圓熱通量感測器101之一組裝視圖。

在一項實施例中，熱障104可包含一單一或多層薄膜或板。舉例而言，熱障104可包含(但不限於)一可撓性電路(例如，雙側聚醯亞胺撓曲電路)。就此而言，在圖1D中描述之熱障104充當一熱障及一可撓性印刷電路，藉此歸因於一輸入熱通量132產生頂部晶圓罩蓋114與基板102之底部之間的溫度差。

在另一實施例中，熱障104可包含(但不要求包含)通孔連接124，其等允許連接至底部溫度感測器110之功率及信號線繞線於如至頂部溫度感測器108之電連接的相同表面上。

在另一實施例中，在頂部溫度感測器108及底部溫度感測器110連接(例如，焊接)至熱障104上的相關安裝突片之後，可形成至罩蓋114及基板102之一熱連接。在一項實施例中，一頂部熱連接126用於將頂部溫度感測器108熱連接至罩蓋114。在另一實施例中，一底部熱連接128用於將底部溫度感測器110連接至在感測器腔室116之一底部的基

板102。在本文中應認識到，量測晶圓熱通量感測器101中之熱連接可由技術中已知之任何高導熱材料形成。

在本文中應注意，本發明之頂部溫度感測器108、底部溫度感測器110可包含技術中已知之任何熱感測器。舉例而言，頂部溫度感測器108、底部溫度感測器110可包含(但不限於)一表面安裝裝置(SMD)熱感測器。應進一步注意，儘管在圖1D中展示之跡線130描繪至頂部溫度感測器108及底部溫度感測器110之獨立電功率及電信號線，但此不應解釋為一限制。在本文中應認識到，頂部溫度感測器108、底部溫度感測器110可經連接，使得其等提供具有共同電功率之一單一輸出溫差信號。

圖2圖解說明根據本發明之一替代實施例之具有一圓化矩形感測器腔室202之量測晶圓熱通量感測器101之一俯視圖。在一項實施例中，頂部溫度感測器108及底部溫度感測器110經耦合至一矩形熱障204。在另一實施例中，矩形熱障204係放置於感測器腔室202之凹口中。在本文中應注意，圖2之感測器腔室202及熱障204不應解釋為限制，而僅出於闡釋性目的而提供。應再次注意，量測晶圓熱通量感測器101之感測器腔室及熱障可呈現技術中已知之任何形狀。應進一步注意，本文中先前描述之組件及實施例應被解釋為延伸至描繪於圖2中之矩形感測器腔室202及矩形熱障204。

雖然先前在本文之圖1A至圖2中描述之量測晶圓熱通量感測器101使用定位於一單一熱障上之兩個溫度感測器，但應認識到，此並不係對於本發明之一限制。在一個替代實施例中，溫度感測器可安裝於熱障104之獨立片上。在另一實施例中，一量測晶圓熱通量感測器101可包含及利用兩個以上溫度感測器。如此，本發明並不限於先前在本文中描述之頂部溫度感測器108及底部溫度感測器110。

圖3A圖解說明根據本發明之一替代實施例之一橋接熱通量感測

器300之一橫截面視圖。在一項實施例中，一基板302定位於裝置之底部上，其中一罩蓋304含有一感測器腔室306。在另一實施例中，一第一感測器308定位於感測器腔室306之中央附近且一第二感測器310定位於感測器腔室306之外周長附近。在另一實施例中，兩個感測器皆藉由焊料凸塊314 (但此不係一要求)安裝至可撓性印刷電路312且經由一熱連接316熱連接至罩蓋304。在另一實施例中，歸因於感測器腔室306對於熱通量132之降低導熱率，熱通量132發展跨罩蓋304之一溫差，罩蓋304跨基板302之整個表面延伸。

圖3B圖解說明根據本發明之一替代實施例之一雙層級320熱通量感測器之一橫截面視圖。在一項實施例中，罩蓋324包含一上感測器腔室322且基板328包含一下感測器腔室326。在另一實施例中，上溫度感測器330安裝於上感測器腔室322中，且一下溫度感測器332安裝於下感測器腔室326中。在另一實施例中，可通過焊料凸塊(但此不係一要求)形成至可撓性印刷電路334及336之電連接。在另一實施例中，形成至各自罩蓋324及基板328之熱連接338及340。

圖4係圖解說明在使用一量測晶圓量測熱通量之一方法400中執行之步驟之一流程圖。申請人注意到，在本文中先前描述之系統之內容中，在本文中先前描述之實施例及實現技術不應解釋為延伸至方法400。然而，應進一步注意，方法400並不限於先前描述之系統之架構。

在一第一步驟402中，提供一量測晶圓熱通量感測器101。在一項實施例中，量測晶圓熱通量感測器101包含熱耦合至一基板102且藉由熱障104之一部分與一罩蓋絕緣之至少一底部溫度感測器110。在另一實施例中，量測晶圓熱通量感測器101包含熱耦合至罩蓋114且藉由熱障104之一額外部分與基板102絕緣之至少一頂部溫度感測器108。在另一實施例中，底部溫度感測器110及頂部溫度感測器108安置於量

測晶圓熱通量感測器101之一感測器腔室116中。

在一第二步驟404中，獲取來自量測晶圓熱通量感測器101之底部溫度感測器110及頂部溫度感測器108之溫度量測。舉例而言，控制器113可獲取來自量測晶圓熱通量感測器101之底部溫度感測器110及頂部溫度感測器108之溫度量測。

在一第三步驟406中，判定頂部溫度感測器108與底部溫度感測器110之間的溫差。在一項實施例中，利用來自頂部溫度感測器108及底部溫度感測器110之量測結果判定一溫差。舉例而言，控制器113可基於來自頂部溫度感測器108及底部溫度感測器110之量測結果計算一溫差。

在一第四步驟408中，基於底部溫度感測器110與頂部溫度感測器108之間的溫差判定通過接近於感測器腔室116之基板102及罩蓋114之一熱通量。舉例而言，控制器113可基於底部溫度感測器110與頂部溫度感測器108之間的溫差計算一熱通量。

在另一實施例中，方法400可進一步包含判定一或多個熱通量校準因數之一步驟。在另一實施例中，方法400可包含在一熱校準範圍內等溫地校準頂部溫度感測器及底部溫度感測器，以形成對於量測晶圓熱通量感測器之一或多個感測器校準。在另一實施例中，方法400可包含將一或多個感測器校準應用至從底部溫度感測器及頂部溫度感測器偵測之溫度，以形成一或多個熱通量校準因數。在另一實施例中，方法400可包含將一或多個熱通量校準因數應用至溫差，以判定通過接近於感測器腔室之基板及罩蓋之熱通量。

圖5圖解說明根據本發明之一項實施例之描繪量測晶圓熱通量感測器之一校準程序中之步驟之一流程圖500。在本文中應注意，流程圖500之步驟不應解釋為限制，且僅出於闡釋性目的而提供。

在一項實施例中，程序開始502於校準步驟504之一群組。在一

項實施例中，程序包含所有頂部溫度感測器(例如，頂部溫度感測器108及其類似物)及所有底部溫度感測器(例如，底部溫度感測器110及其類似物)之一等溫校準506。在本文中應注意，可藉由將量測晶圓熱通量感測器101 (在本文中先前描述)放置於一等溫室中且記錄在每一等溫室溫度設定之校準溫度而達成此步驟。在其他實施例中，藉由跨整個基板表面施加一熱通量而一次校準所有感測器亦係可能的。

在另一實施例中，一旦所有溫度感測器經溫度校準，則可在步驟508中針對所有熱通量感測器(例如，成對之溫度感測器)校準熱通量。在本文中應注意，可在可模擬及測試熱通量之一合適測試室中執行熱通量校準，得到相對於輸入校準通量之一組經量測之熱通量校準因數。

應進一步注意，由於在量測晶圓熱通量感測器101中之所有熱通量量測皆利用溫差量測，故經校準之溫度偏差可組合成用於更精確量測熱通量之溫差校準因數。

在另一實施例中，各種溫度感測器校準溫度偏差可儲存為一查找表形式，藉此提供針對各種類型之內插、仿樣等之資料以用於經改良之資料量測。

在另一實施例中，一旦已使用溫度校準量測及熱通量校準因數校準量測晶圓熱通量感測器101，則可實施校正以量測量測區段510中之實際熱通量。

開始於將第 i 個熱通量感測器設定為1 (在步驟512中)，在步驟514中量測頂部溫度感測器溫度 $T_i^{\text{頂部}}$ 及底部溫度感測器溫度 $T_i^{\text{底部}}$ 。在另一實施例中，針對第 i 個熱通量感測器之經校準之溫度偏差用於計算彼感測器之 $T_{\text{經校準}}^{\text{頂部}}$ 及 $T_{\text{經校準}}^{\text{底部}}$ 。在另一實施例中，在步驟516中，接著減去此等經校準之量測以形成一經校準之溫差，給定為：

$$\Delta T_i = (T_i^{\text{頂部}} - T_i^{\text{底部}}) \Big|_{\text{經校準}} = T_{\text{經校準}}^{\text{頂部}} - T_{\text{經校準}}^{\text{底部}}$$

在另一實施例中，藉由將熱通量校準因數 k_i 應用至經校準之溫差 ΔT_i 而藉由 $q_i = k_i \Delta T_i$ 計算通過第 i 個熱通量感測器之區域之熱通量 q_i 。在一項實施例中，熱通量校準因數 k_i 展示為一單一因數。在額外實施例中，若為事實，校準因數可含有額外複雜性，併入一或多個多項式係數、高斯(Gaussian)內插點及其類似物。在另一實施例中，校準因數 k_i 可取決於溫度。

在另一實施例中，在計算通過第 i 個熱通量感測器之區域之熱通量 q_i 之後，執行一測試 518 以查看第 i 個熱通量感測器是否為 $N_{\text{感測器}}$ 組之最後一個感測器。若第 i 個熱通量感測器不為最後一個感測器，則第 i 個感測器在 520 增量，且量測下一個感測器。若第 i 個熱通量感測器事實上係 $N_{\text{感測器}}$ 組之最後一個感測器，則執行另一測試 522 以判定是否應執行另一組熱通量量測。若如此，則「是」分支 524 迴圈回以執行另一組量測。若量測已結束，則執行「否」分支 526，且量測程序結束於 528。

上文之程序討論溫度校準因數及熱通量校準因數之循序使用。在本文中應認識到，可組合此等程序，使得關於 $T_i^{\text{頂部}}$ 及 $T_i^{\text{底部}}$ 之輸入溫度之一單一函數可用於計算第 i 個熱通量感測器之經校準之輸出熱通量。

圖 6 圖解說明根據本發明之一項實施例之描繪量測晶圓熱通量感測器 101 之操作步驟之一流程圖 600。在本文中應注意，流程圖 600 之步驟不應解釋為限制，且僅出於闡釋性目的而提供。

在一項實施例中，執行一校準步驟 602。舉例而言，校準步驟 602 可包含(但不限於)在本文中先前描述之程序 500 中執行之一或多個校準步驟。在步驟 602 中，收集各種溫度及熱通量校準因數。在另一

實施例中，在校準步驟602之後，經由量測晶圓熱通量感測器101之一或多個單個熱通量感測器(例如，成對之溫度感測器)執行一或多個量測604。在另一實施例中，在執行一量測之後，可執行一測試以判定是否應執行另一量測606。若「是」608，則執行另一量測604。在另一實施例中，在已執行所有要求之量測604之後，執行「否」分支610。在另一實施例中，測試經累積之資料是否應傾印612。在一項實施例中，「否」分支614導致流程重複迴圈直至資料已準備好傾印。在另一實施例中，若資料已準備好傾印，則執行「是」分支616，且輸出經收集之熱通量資料618且程序結束於620。

在本文中描述之標的有時圖解說明包含於其他組件內或與其他組件連接之不同組件。應理解，此描繪之架構僅為例示性，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，達成相同功能性之組件之任何配置有效「相關」以達成所要功能性。因此，在不考慮架構或中間組件之情況下，經組合以達成一特定功能性之在本文中之任何兩個組件可視為與彼此「相關」以達成所要功能性。同樣地，如此相關之任何兩個組件亦可視為經「連接」或「耦合」至彼此以達成所要功能性，且能夠如此相關之任何兩個組件亦可視為「可耦合」至彼此以達成所要功能性。可耦合之特定實例包含但不限於可實體相互作用及/或實體相互作用之組件及/或可無線相互作用及/或無線相互作用之組件及/或可邏輯相互作用及/或邏輯相互作用之組件。

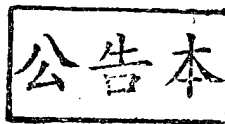
據信，將藉由前述描述理解本發明及諸多其之伴隨優勢，且將明白，在不脫離所揭示之標的或不犧牲其之所有材料優勢之情況下可對組件之形式、構造及配置做出各種改變。描述之形式僅為解釋性，且涵蓋及包含此等改變係下列申請專利範圍之意圖。此外，應理解，本發明由隨附申請專利範圍定義。

【符號說明】

100	系統
101	量測晶圓熱通量感測器
102	基板/晶圓基板
104	熱障
106	朝下傾斜延伸部/突片
108	第一感測器/頂部溫度感測器
110	第二感測器/底部溫度感測器
113	控制器
114	罩蓋
116	感測器腔室
118	焊料凸塊
120	焊料凸塊
124	通孔連接
126	頂部熱連接
128	底部熱連接
130	跡線
132	熱通量/熱能流動
202	感測器腔室
204	熱障
300	橋接熱通量感測器
302	基板
304	罩蓋
306	感測器腔室
308	第一感測器
310	第二感測器
312	可撓性印刷電路

314	焊料凸塊
316	熱連接
320	雙層級
322	上感測器腔室
324	罩蓋
326	下感測器腔室
328	基板
330	上溫度感測器
332	下溫度感測器
334	可撓性印刷電路
336	可撓性印刷電路
338	熱連接
340	熱連接
400	方法
402	第一步驟
404	第二步驟
406	第三步驟
408	第四步驟
500	流程圖/程序
502	開始
504	校準步驟
506	等溫校準
508	步驟
510	量測區段
512	步驟
514	步驟

516	步驟
518	測試
520	增量
522	測試
524	「是」分支
526	「否」分支
528	結束
600	流程圖
602	校準步驟
604	量測
606	是否應執行另一量測
608	「是」
610	「否」分支
612	是否應傾印
614	「否」分支
616	「是」分支
618	熱通量資料
620	結束
q	熱通量



發明摘要

※ 申請案號: 103119140

※ 申請日: 103年5月30日

※IPC 分類: G01K 17/06 (2006.01)

H01L 31/66 (2006.01)

【發明名稱】

用以量測熱通量之方法及系統

METHOD AND SYSTEM FOR MEASURING HEAT FLUX

【中文】

本發明揭示一種具備熱通量感測器之量測晶圓，其包含：一基板；一罩蓋，其熱耦合至該基板之一部分；一感測器腔室，其形成於該基板與該罩蓋之間；一熱障，其安置於該感測器腔室之至少一部分內；一底部溫度感測器，其熱耦合至該基板，且藉由該熱障之一部分與該罩蓋絕緣；及一頂部溫度感測器，其熱耦合至該罩蓋，且藉由該熱障之一額外部分與該基板絕緣；其中該底部溫度感測器與該頂部溫度感測器之間之一溫度差係關於通過接近於該感測器腔室之該基板與罩蓋之一熱通量。

【英文】

A heat flux sensor equipped measurement wafer includes a substrate, a cover thermally coupled to a portion of the substrate, a sensor cavity formed between the substrate and the cover, a thermal barrier disposed within at least a portion of the sensor cavity, a bottom temperature sensor thermally coupled to the substrate and insulated from the cover by a portion of the thermal barrier and a top temperature sensor thermally coupled to the cover and insulated from the substrate by an additional portion of the thermal barrier, wherein a temperature difference between the bottom temperature sensor and the top temperature sensor is related to a heat flux passing through the substrate and cover proximate to the sensor cavity.

申請專利範圍

1. 一種量測晶圓熱通量感測器，其包括：
 - 一基板；
 - 一罩蓋，其熱耦合至該基板之一部分；
 - 一感測器腔室，其形成於該基板與該罩蓋之間；
 - 一熱障，其安置於該感測器腔室之至少一部分內；
 - 一底部溫度感測器，其熱耦合至該基板，且藉由該熱障之一第一部分與該罩蓋絕緣；及
 - 一頂部溫度感測器，其熱耦合至該罩蓋，且藉由該熱障之一額外部分與該基板絕緣，其中該熱障之該第一部分與該熱障之該額外部分鄰接，其中該底部溫度感測器與該頂部溫度感測器之間之一溫度差係關於通過接近於該感測器腔室之該基板及罩蓋之一熱通量。
2. 如請求項1之量測晶圓熱通量感測器，其中該量測晶圓包含一或多個感測器電路以提供至該底部溫度感測器及該頂部溫度感測器之至少一者的一或多個電連接。
3. 如請求項2之量測晶圓熱通量感測器，其中該熱障包含一或多個感測器電路以提供至該底部溫度感測器及該頂部溫度感測器之至少一者的一或多個電連接。
4. 如請求項2之量測晶圓熱通量感測器，其中該一或多個感測器電路包含以下至少一者：至少部分安置於該基板與該罩蓋之間之一可撓性印刷電路；至少部分安置於該基板上之一基板積體電路；至少部分安置於該罩蓋上之一罩蓋積體電路；及至少部分安置於該基板與該罩蓋之間之一多層可撓性印刷電路。
5. 如請求項1之量測晶圓熱通量感測器，其中該基板包括：

一基板晶圓。

6. 如請求項1之量測晶圓熱通量感測器，其中該罩蓋包括：

一罩蓋晶圓。

7. 如請求項1之量測晶圓熱通量感測器，其中該熱障包括：

一熱絕緣層。

8. 如請求項1之量測晶圓熱通量感測器，其中該量測晶圓熱通量感測器相容於一電漿處理室。

9. 一種熱通量感測系統，其包括：

一量測晶圓熱通量感測器，其包含：

一基板；

一罩蓋，其熱耦合至該基板之一部分；

一感測器腔室，其形成於該基板與該罩蓋之間；

一熱障，其安置於該感測器腔室之至少一部分內；

一底部溫度感測器，其熱耦合至該基板，且藉由該熱障之一第一部分與該罩蓋絕緣；及

一頂部溫度感測器，其熱耦合至該罩蓋，且藉由該熱障之一額外部分與該基板絕緣，其中該熱障之該第一部分與該熱障之該額外部分鄰接，其中該底部溫度感測器與該頂部溫度感測器之間之一溫度差係關於通過接近於該感測器腔室之該基板及罩蓋之一熱通量；

一控制器，其通信地耦合至該量測晶圓熱通量感測器，該控制器包含經組態以執行一組程式指令的一或多個處理器，該組程式指令經組態以導致該一或多個處理器：

接收來自該底部溫度感測器及該頂部溫度感測器之溫度量測；

判定該頂部溫度感測器與該底部溫度感測器之間的溫差；

及

基於該底部溫度感測器與該頂部溫度感測器之間的該溫差來判定通過接近於該感測器腔室之該基板及該罩蓋之一熱通量。

10. 如請求項9之熱通量感測系統，其中該頂部溫度感測器及該底部溫度感測器實質上係垂直於熱能流動之一方向定位。
11. 如請求項9之熱通量感測系統，其中該熱障包括：
一或多個熱絕緣層。
12. 如請求項11之熱通量感測系統，其中該一或多個熱絕緣層包括：
一熱絕緣薄膜及一熱絕緣板之至少一者。
13. 如請求項9之熱通量感測系統，其中該控制器係定位於該基板之一部分上。
14. 如請求項9之熱通量感測系統，其中該控制器係定位遠離於該基板。
15. 如請求項9之熱通量感測系統，其中該量測晶圓熱通量感測器相容於一電漿處理室。
16. 如請求項9之熱通量感測系統，其中判定該頂部溫度感測器與該底部溫度感測器之間的溫差包括：
將一或多個溫差校準因數應用至該溫差，以產生一經校準之溫差。
17. 如請求項9之熱通量感測系統，其中判定通過接近於該感測器腔室之該基板及該罩蓋之該熱通量包括：
經由該頂部溫度感測器及該底部溫度感測器，獲取一或多個校準熱通量量測；
從獲取之該一或多個校準熱通量量測產生一或多個熱通量校準因數；及

將產生之該一或多個熱通量校準因數應用至該底部溫度感測器與該頂部溫度感測器之間的該溫度差，以判定通過接近於該感測器腔室之該基板及罩蓋的該熱通量。

18. 如請求項9之熱通量感測系統，其中判定通過接近於該感測器腔室之該基板及該罩蓋之該熱通量包括：

將一或多個熱通量校準因數應用至該溫差，以判定通過接近於該感測器腔室之該基板及罩蓋之該熱通量。

19. 如請求項18之熱通量感測系統，其中該一或多個熱通量校準因數取決於溫度。

20. 如請求項9之熱通量感測系統，其中該控制器經進一步組態以：

在一熱校準範圍內，等溫地校準該頂部溫度感測器及該底部溫度感測器，以形成對於該量測晶圓熱通量感測器之一或多個感測器校準；及

將該一或多個感測器校準應用至從該底部溫度感測器及該頂部溫度感測器偵測之溫度，以形成一或多個熱通量校準因數。

21. 一種使用一量測晶圓量測熱通量之方法，其包括：

提供一量測晶圓熱通量感測器，該量測晶圓熱通量感測器包含熱耦合至一基板且藉由該熱障之一第一部分來與一罩蓋絕緣之一底部溫度感測器，及熱耦合至該罩蓋且藉由該熱障之一額外部分來與該基板絕緣之一頂部溫度感測器，其中該熱障之該第一部分與該熱障之該額外部分鄰接，該底部溫度感測器及該頂部溫度感測器係安置於該量測晶圓熱通量感測器之一感測器腔室中；

獲取來自該量測晶圓熱通量感測器之該底部溫度感測器及該頂部溫度感測器之溫度量測；

判定該頂部溫度感測器與該底部溫度感測器之間之一溫差；

及

基於該底部溫度感測器與該頂部溫度感測器之間的該溫差來判定通過接近於該感測器腔室之該基板及罩蓋之一熱通量。

22. 如請求項21之方法，進一步包括：

判定一或多個熱通量校準因數。

23. 如請求項22之方法，其中該一或多個熱通量校準因數取決於溫度。

24. 如請求項22之方法，其中判定一或多個熱通量校準因數包括：

在一熱校準範圍內，等溫地校準該頂部溫度感測器及該底部溫度感測器，以形成對於該量測晶圓熱通量感測器之一或多個感測器校準；及

將該一或多個感測器校準應用至從該底部溫度感測器及該頂部溫度感測器偵測之溫度，以形成一或多個熱通量校準因數。

25. 如請求項22之方法，進一步包括：

將該一或多個熱通量校準因數應用至該溫差，以判定通過接近於該感測器腔室之該基板及罩蓋之該熱通量。

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1A)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 100 系統
- 101 量測晶圓熱通量感測器
- 102 基板/晶圓基板
- 104 熱障
- 106 朝下傾斜延伸部/突片
- 108 第一感測器/頂部溫度感測器
- 110 第二感測器/底部溫度感測器
- 113 控制器
- 114 罩蓋
- 116 感測器腔室
- 132 熱通量/熱能流動

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

(無)