202427539

(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 202427539 A

(43)公開日： 中華民國 113 (2024) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：112132039 (22)申請日： 中華民國 112 (2023) 年 08 月 25 日

(51)Int. Cl.： *H01J37/32 (2006.01)* *H01L21/683 (2006.01)*

H02N13/00 (2006.01)

(30)優先權：2022/12/21 英國 2219448.4

(71)申請人：英商ＳＰＴＳ科技公司 (英國) SPTS TECHNOLOGIES LIMITED (GB)

英國

(72)發明人：魯賓 安德魯 RUBIN, ANDREW (GB)；瑞德爾 凱文 RIDDELL, KEVIN (GB)；

勞奈 尼古拉斯 LAUNAY, NICHOLAS (FR)

(74)代理人：陳長文；呂光；邵而康

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：27 項 圖式數：5 共 29 頁

(54)名稱

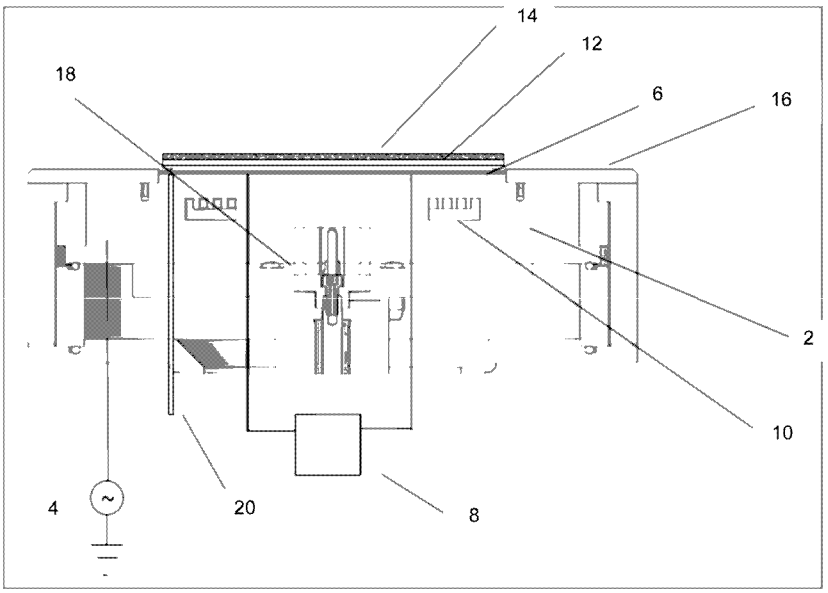
用於電漿蝕刻介電基板之方法及設備

(57)摘要

本發明提供一種電漿蝕刻一工件之方法及一種電漿蝕刻設備。

A method of plasma etching a workpiece and a plasma etching apparatus are provided.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

2:基板支撐件

4:RF 供應器

6:靜電卡盤

8:高電壓 DC 電源供應器

10:冷卻劑通道

12:基板

14:塗層

16:屏蔽環

18:提升總成

20:管道

20242759
專利案號：112132039

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於電漿蝕刻介電基板之方法及設備

【英文發明名稱】

METHOD AND APPARATUS FOR PLASMA ETCHING DIELECTRIC SUBSTRATES

【中文】

本發明提供一種電漿蝕刻一工件之方法及一種電漿蝕刻設備。

【英文】

A method of plasma etching a workpiece and a plasma etching apparatus are provided.

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

2: 基板支撐件

4: RF供應器

6: 靜電卡盤

8: 高電壓DC電源供應器

10: 冷卻劑通道

12: 基板

14: 塗層

16: 屏蔽環

18: 提升總成

20: 管道

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於電漿蝕刻介電基板之方法及設備

【英文發明名稱】

METHOD AND APPARATUS FOR PLASMA ETCHING DIELECTRIC SUBSTRATES

【技術領域】

【0001】本發明係關於一種電漿蝕刻一工件之方法及一種用於一電漿蝕刻設備中之靜電卡盤(「ESC」)。

【先前技術】

【0002】在半導體製作工業中之基於真空之電漿蝕刻及沈積工具中，由於處理腔室中低於大氣壓之壓力，因此自一晶圓或基板移除由一電漿或放熱製程產生之熱係具挑戰性的。由於熱自基板至基板支撐件之不良對流及直接傳導，因此降低的壓力限制了熱傳遞。為了達成對基板溫度之最佳控制，使用靜電卡盤或「ESC」來控制一真空系統中之一基板之溫度。ESC與基板之間的靜電引力允許用一惰性氣體(諸如He)在一足夠高之壓力下對基板與ESC之表面之間的腔或通道加壓，以促進基板與熱控制之ESC之間的良好熱傳導。此製程被稱為背側加壓。即使當處理腔室在比ESC與基板之間的壓力實質上低得多之壓力下操作時，亦可能維持基板之靜電夾緊並進而維持嚴格的溫度控制。

【0003】一般而言，存在用於在真空系統中夾緊基板之兩種不同種類之ESC，亦即雙極(「庫侖(Coloumb)」)及單極(「約翰森-拉貝克(Johnsen-Rahbek)」) ESC。在兩種類型中，一金屬電極或多個電極被囊

封在一介電結構中，該介電結構然後附接至一金屬基板支撐件，如圖1中所展示。通常由鋁或不銹鋼製作之一基板支撐件2連接至一RF供應器4且靜電卡盤ESC 6附接至基板支撐件2之一上部表面。ESC 6具有夾在兩層介電材料之間的金屬電極。電極附接至高電壓DC電源供應器8，對於厚度大於0.5 mm之相對厚的陶瓷層，該等高電壓DC電源供應器可供應高達+/- 9 kV。對於較薄聚合物層(諸如聚醯亞胺)，層厚度可小於0.1 mm，且通常以小於+/- 2 kV來供應DC電力。通常為He或Ar之製冷劑氣體之背側氣體入口由基板支撐件2中之一管道20提供並允許氣體注入於基板12與ESC 6之表面之間。冷卻劑通道10使得一製冷劑流能夠自基板支撐件2移除熱，同時電阻加熱器(未展示)可促進高溫操作。使用提升總成18達成具有塗層14之基板12之裝載及卸載。通常由陶瓷形成之屏蔽環16保護基板支撐件2免受電漿影響且有助於對基板12附近之電漿進行成形。

【0004】在一雙極ESC中，存在至少兩個極性相反之電極，該等電極在基板之背面處產生一靜電場。此要求基板支援電荷移動，亦即基板必須由一半導體或金屬材料形成。由於在半導體及光電工業中處理之大多數基板本身係半導體，因此雙極ESC被廣泛地使用。然而，隨著其中與ESC接觸之基板不導電之新應用之發展，需要用於冷卻晶圓之替代方法。

【0005】舉例而言，基於GaN之微型LED之生產涉及對通常沈積至藍寶石基板上之GaN之離散區域之隔離。此類型之應用突出強調在一基於真空之處理系統中之熱管理及晶圓保持之一重要問題。為了隔離微型LED，將一遮罩應用於裝置且使用一電漿蝕刻製程將裝置之未經覆蓋GaN層向下蝕刻至藍寶石基板。此導致即使在一150 mm藍寶石晶圓上仍隔離具有小於40 μm之尺寸之數十萬個微型LED。一旦GaN微型LED被隔離，

其便藉由一剝離製程自藍寶石基板被移除且然後被裝配成陣列。然而，一旦半導電GaN層不再連續，習用形式之雙極靜電夾緊方法便無法工作。如圖2A中所展示，當在諸如藍寶石之介電基板上存在諸如GaN之一半導體之一連續層時，雙極ESC可透過GaN/藍寶石與ESC之表面之間的靜電引力而保持晶圓。然而，當蝕刻製程產生小的GaN島時(如圖2B中所展示)，由於個別金屬電極直接耦合至個別島並失去雙極耦合，因此夾緊失敗。

【0006】單極ESC具有維持在一單個電位下之一或若干電極且依賴於一外部電子源來產生靜電場。利用電漿腔室產生一電漿通常提供至接地之一電流路徑且進而使得單極ESC能夠將基板夾緊至基板支撐件。如圖3A及圖3B中所展示，單極ESC將基板夾緊至ESC，而不管是否存在一連續導電或半導電材料層。然而，由於此需要電漿在夾緊可發生之前開始，因此在ESC可夾緊基板並提供冷卻之前，將存在某些不期望之晶圓加熱。ESC與介電基板之間的電荷累積亦係一個問題，此乃因當基板被鬆開時，該電荷累積可導致問題。此可導致處置問題，最終可能導致基板被錯誤處置。

【0007】另一選擇係，諸如US 9793149 B2中所展示之具有叉指式電極之一ESC可用於夾緊介電基板。一叉指式ESC需要一薄的頂部陶瓷層以允許足夠的電場穿過陶瓷到達晶圓。當ESC被曝露於電漿時，主要係在基板間清潔期間，頂部陶瓷被消耗，且因此一薄的陶瓷意味著一較短ESC壽命。

【0008】保持基板之替代手段包含機械夾具或基板之背側上之額外導電塗層。然而，邊緣排除及顆粒產生對於夾緊環而言係成問題的，而在介電基板之下部表面上沈積一導電層會由於自基板添加及移除層而增加額

外製程步驟並且增加潛在的污染問題。

【0009】因此，需要一種可維持介電基板之基板與基板支撐件之間的所需夾緊及熱傳遞控制之經改良電漿蝕刻方法。

【發明內容】

【0010】本發明在其至少某些實施例中尋求解決至少某些上文所闡述之問題、期望及需求。

【0011】根據本發明之一第一態樣，提供一種電漿蝕刻一工件之方法，該方法包括：

• 將一工件定位在一電漿腔室內之一基板支撐件上，其中該工件包括一介電基板及位於該介電基板上之至少一個半導體層，且該基板支撐件包括一靜電卡盤(「ESC」)，該ESC包括至少兩個電極；

• 在一第一雙極操作模式中，將一正電壓施加至該等電極中之一者並將一負電壓施加至該等電極中之另一者，使得該工件被靜電夾緊至該ESC；

• 藉由在該電漿腔室中產生一電漿而電漿蝕刻該至少一個半導體層，其中，在該電漿被點燃之後的一段時間，將該ESC之該操作切換至一單極操作模式，在該單極操作模式中，該等電極具有施加至每一電極之相同電壓；及

• 將該ESC之該操作切換至一第二雙極操作模式，在該第二雙極操作模式中，將一正電壓施加至該等電極中之一者並將一負電壓施加至該等電極中之另一者。

【0012】本發明人已發現，藉由在半導體層之電漿蝕刻期間將ESC在雙極模式與單極模式之間切換，可在整個蝕刻製程中、甚至對於一介電

基板確保基板之夾緊以及向基板及自基板之充分熱傳遞。

【0013】可在電漿蝕刻該至少一個半導體層之該步驟已完成之後執行將該ESC之該操作切換至一第二雙極操作模式之該步驟。另一選擇係，可在電漿蝕刻該至少一個半導體層之該步驟期間執行將該ESC之該操作切換至該第二雙極操作模式之該步驟。當該ESC處於該第二雙極模式中時，該電漿腔室中電漿之存在幫助減少該介電基板中之電荷保留，此幫助在蝕刻完成時自該腔室移除工件。

【0014】電漿蝕刻該至少一個半導體層之該步驟可包括其中執行該蝕刻之大部分直至到達一終點之一第一主體蝕刻階段以及一第二過蝕刻階段，其中在到達該終點時或在該第二蝕刻階段期間執行將該ESC之該操作切換至一第二雙極操作模式的該步驟。在電漿蝕刻該至少一個半導體層之該步驟已完成之後，可將該ESC維持在該第二雙極操作模式中一段時間。電漿蝕刻該至少一個半導體層之該步驟可包括蝕穿該至少一個半導體層以在該介電基板上形成複數個半導體離散區域，其中在該形成該等半導體離散區域之前執行將該ESC之該操作切換至一單極操作模式的該步驟。若電漿蝕刻該至少一個半導體層之該步驟包括該第一蝕刻階段及該第二蝕刻階段，則可在該第一蝕刻階段結束之前執行將該ESC之該操作切換至該單極操作的該步驟。

【0015】在該第一雙極操作模式中，經施加至該等電極中之每一者之該電壓的絕對值可係相同的。在該第二雙極操作模式中，經施加至該等電極中之每一者之該電壓的絕對值可係相同的。在該第一雙極操作模式中經施加至該等電極之該電壓的絕對值可係與在該第二雙極操作模式中經施加至該等電極之該電壓的絕對值相同。另一選擇係，在該第二雙極操作模

式中經施加至該等電極之該電壓的絕對值可係不同於在該第一雙極操作模式中經施加至該等電極之該電壓的絕對值。舉例而言，在該第二雙極操作模式中經施加至該等電極之該電壓的該絕對值可係低於在該第一雙極操作模式中經施加至該等電極之該電壓的該絕對值。使該第二雙極操作模式中之該電壓的該絕對值低於在該第一雙極操作模式中經施加之該電壓的該絕對值可有助於減少可在該介電基板上累積的電荷。

【0016】在本發明之一項態樣中，於該第一雙極操作模式中，將一正電壓施加至一第一電極並將一負電壓施加至一第二電極，且於該第二雙極操作模式中，將一負電壓施加至該第一電極並將一正電壓施加至該第二電極。本發明人已發現，以此方式反轉該等電極之極性有助於減少可能已累積在該介電基板上的電荷。另一選擇係，在該第一雙極操作模式及該第二雙極操作模式兩者中，可將一正電壓施加至一第一電極並可將一負電壓施加至一第二電極。

【0017】在該第一雙極操作模式中施加至該等電極中之至少一者之電壓之絕對值可高達9000 V，視情況高達6000 V。在該第一雙極操作模式中施加至該等電極中之至少一者之電壓之絕對值可為至少4000 V，視情況至少5000 V。在該第二雙極操作模式中施加至該等電極中之至少一者之電壓之絕對值可高達9000 V，視情況高達6000 V。在該第二雙極操作模式中施加至該等電極中之至少一者之電壓之絕對值可為至少4000 V，視情況至少5000 V。在該單極操作模式中施加至該等電極之電壓之絕對值可高達9000 V，視情況高達6000 V。在該單極操作模式中施加至該等電極之電壓之絕對值可為至少4000 V，視情況至少5000 V。

【0018】藉由在該電漿腔室中產生一電漿來電漿蝕刻該至少一個半

導體層之步驟可包括將一氣體或氣體混合物引入至該電漿腔室中且使用一電漿產生裝置在該電漿腔室中自該氣體或氣體混合物產生一電漿。藉由在該電漿腔室中產生一電漿來電漿蝕刻該至少一個半導體層之該步驟可包括將該電漿腔室抽空至一預定壓力。該預定壓力可為至少1毫托。該預定壓力可高達200毫托。

【0019】該方法可進一步包括以下步驟：

• 將一或多種惰性氣體引入至至少一個通道中，該至少一個通道在該基板支撐件與該介電基板之間形成於該基板支撐件之表面上。

可以產生介於3托與20托之間的一背側壓力之一流動速率將該一或多種惰性氣體引入至該至少一個通道中。引入一或多種惰性氣體之該步驟可包括在該ESC處於該第二雙極操作模式中之該一段時間期間降低該一或多種惰性氣體或惰性氣體混合物之流動速率。視情況，可將至少一種惰性氣體之流動速率降低至零，使得該一或多種惰性氣體至該至少一個通道中之流動停止。該一或多種惰性氣體或惰性氣體混合物可包括He或Ar中之至少一者。

【0020】該至少一個半導體層可包括至少一個氮化鎵層。該介電基板可由陶瓷AlN、SiO_2、Al_2O_3或藍寶石形成。該介電基板可由藍寶石形成。

【0021】根據本發明之一第二態樣，提供一種電漿蝕刻設備，其包括：

• 一電漿腔室；

• 一電漿產生裝置；

• 一控制器；及

• 一基板支撐件，

其中該基板支撐件包括一靜電卡盤(「ESC」)，該靜電卡盤包括：

• 至少兩個電極；

• 一電源供應器；及

• 一介電材料層，其覆蓋該至少兩個電極並形成一基板支撐件表面，

其中該控制器經組態以將該ESC在一第一雙極操作模式、一單極操作模式及一第二雙極操作模式之間切換，其中該第一雙極操作模式包括將一正電壓施加至該等電極中之一者並將一負電壓施加至該等電極中之另一者，該第二雙極操作模式包括將一正電壓施加至該等電極中之一者並將一負電壓施加至該等電極中之另一者，且該單極操作模式包括將相同的電壓施加至該至少兩個電極中之每一者，並且其中在藉由該電漿產生裝置在該電漿腔室內產生一電漿期間，該控制器經組態以在於該電漿腔室內產生一電漿之同時將該ESC自該第一雙極操作模式切換至該單極操作模式。

【0022】本發明人已發現，該電漿蝕刻設備可在電漿蝕刻期間、甚至對於蝕刻介電基板成功地維持基板之夾緊及溫度控制。

【0023】該控制器可經組態以一旦在該電漿腔室內完成一電漿之產生，便將該ESC自該單極操作模式切換至該第二雙極操作模式。另一選擇係，在藉由該電漿產生裝置在該電漿腔室內產生一電漿期間，該控制器可經組態以將該ESC自該單極操作模式切換至該第二雙極操作模式。該基板支撐件可包括在該基板支撐件與該介電基板之間形成於該基板支撐件之表面上之至少一個通道。

【0024】該電源供應器可經組態以向該等電極中之每一者施加具有

相同絕對值之一電壓。該電源供應器可經組態以向該等電極中之一者供應一正電壓並向該等電極中之一第二電極供應一負電壓。該電源供應器可經組態以可切換地向該至少兩個電極中之每一者供應一正電壓或一負電壓。該電源供應器可經組態以向該至少兩個電極中之至少一者供應具有高達9000 V、視情況高達6000 V之一絕對值之一電壓。該電源供應器可經組態以向該至少兩個電極中之至少一者供應具有至少為4000 V、視情況至少為5000 V之一絕對值之一電壓。

【0025】該設備可進一步包括用於將一氣體或氣體混合物引入至該電漿腔室中之至少一個氣體入口，其中該控制器經組態以控制氣體或氣體混合物自該至少一個氣體入口至該電漿腔室中之流動。該設備可進一步包括用於將一或多種惰性氣體引入至形成在該基板支撐件之表面上之至少一個通道中之至少一個氣體入口，其中該控制器經組態以控制一或多種惰性氣體自該至少一個氣體入口至該至少一個通道中之流動。該控制器可經組態以控制一或多種惰性氣體穿過該至少一個氣體入口進入該至少一個通道中之流動速率。

【0026】該介電材料層可具有至少0.5 mm之一厚度。視情況，該介電材料層可具有至少1 mm之一厚度。該介電材料層之電阻率在25℃之一溫度下可為至少10^{12} Ωcm。該介電材料層之電阻率在25℃之一溫度下可高達10^{15} Ωcm。該介電材料層之介電常數在25℃之一溫度下可為至少7。該介電材料層可包括至少一個藍寶石、陶瓷AlN或Al_2O_3層。

【0027】雖然上文已闡述了本發明，但本發明擴展至上文或者在以下說明、圖式或申請專利範圍中陳述之特徵之任何發明性組合。舉例而言，關於本發明之一項態樣揭示之任何特徵可與關於本發明之任何其他態

樣揭示之任何特徵組合。

【0028】為了避免疑問，在本文中無論何時提及「包括」或「包含」及類似術語，本發明亦被理解為包含更多限制性術語，諸如「由...組成」及「基本上由...組成」。

【圖式簡單說明】

【0029】

現在將參考附圖僅藉由實例之方式闡述本發明之實施例，在附圖中：

圖1係一已知基板支撐件之一示意性圖解說明。

圖2A及圖2B係A)當半導體層係連續的時且B)當半導體層由離散區域形成時在蝕刻一介電基板上之一半導體層之同時處於一雙極操作模式中之一ESC之操作的示意性圖解說明；

圖3A及圖3B係A)當半導體層係連續的時且B)當半導體層由離散區域形成時在蝕刻一介電基板上之一半導體層之同時處於一單極操作模式中之一ESC之操作的示意性圖解說明；

圖4係根據本發明之一第一實施例之電漿蝕刻一工件之一方法的一流程圖；及

圖5係根據本發明之一第二實施例之電漿蝕刻一工件之一方法的一流程圖。

【實施方式】

【0030】在以下說明中，於可自英國南威爾士新港(Newport, South Wales, UK)之SPTS技術有限公司購得之一基於感應耦合電漿(ICP)的SPTS Synapse™電漿蝕刻工具上執行實例。然而，可在替代電漿蝕刻工

具上、較佳地在其他基於ICP之蝕刻工具上執行本發明之方法。實例使用150 mm藍寶石晶圓作為待處理之工件，該等150 mm藍寶石晶圓上之一表面上經沈積有一層氮化鎵(GaN)。然而，本發明之方法同樣可應用於不同的基板材料、層材料、層組態及幾何形狀。

【0031】在於不同的圖及/或實施例中使用相同元件符號之情況下，與之相關的特徵對應於一實質上相同的特徵。

【0032】圖4之流程圖圖解說明根據本發明之一第一例示性實施例之電漿蝕刻一工件之一方法。圖5之流程圖圖解說明根據本發明之一第二例示性實施例之電漿蝕刻一工件之一方法。

【0033】本發明之第一例示性實施例之方法可在一電漿蝕刻設備中被執行，該電漿蝕刻設備包括一電漿腔室、用於在電漿腔室內支撐工件的一基板支撐件、用於將一氣體或氣體混合物引入至電漿腔室中的至少一個氣體入口、用於將一或多種惰性氣體引入至經形成於基板支撐件之表面上之至少一個通道中的至少一個氣體入口、用於在電漿腔室內產生一電漿的一電漿產生裝置，以及一控制器。基板支撐件包括一靜電卡盤(「ESC」)，該靜電卡盤包括至少兩個電極、一電源供應器以及覆蓋該至少兩個電極並形成一基板支撐件表面的一介電材料層，該介電材料層包括至少一個通道。

【0034】在一裝載步驟101中，將工件裝載至電漿腔室中並定位於基板支撐件上。可藉由此項技術中已知之任何手段將工件裝載至電漿腔室中。在例示性實施例中，藉由經附接至一晶圓傳送機器人之一末端執行器來將工件裝載至電漿腔室中並定位於基板支撐件上。

【0035】工件包括位於一介電基板上之至少一個半導體層。在第一

例示性實施例中，至少一個半導體層係一GaN層，且介電基板係由藍寶石形成。然而，本發明之方法同樣可被應用於諸如矽的其他半導體層以及諸如由陶瓷AlN、SiO_2或Al_2O_3形成之介電基板的其他介電基板。GaN層可具有經沈積在其一上部表面上的額外層或沈積物，諸如一遮罩層或光阻劑層。如圖2A、圖2B、圖3A及圖3B中所展示，GaN層具有經形成於GaN層之表面上的個別SiO_2沈積物，其用作一遮罩以防止在蝕刻基板期間蝕刻SiO_2沈積物下面的GaN層。此遮罩層導致GaN之離散「島」的形成(如圖2B中所展示)，此將不允許基板夾緊至ESC及基板支撐件。

【0036】在裝載步驟101期間，電漿腔室可被維持在真空下。另一選擇係，在裝載步驟101期間，電漿腔室可處於大氣壓下。

【0037】在一操作步驟102中，使基板支撐件之ESC在一第一雙極操作模式中操作以將工件靜電夾緊至基板支撐件。在第一雙極操作模式中，藉由電源供應器將一正電壓施加至ESC之電極中之一者並將一負電壓施加至ESC之電極中之另一者。若ESC包括多於兩個電極，則可將正電壓施加至電極之一第一群組且可將負電壓施加至電極之一第二群組，或反之亦然。在例示性實施例中，正電壓及負電壓具有相同的絕對值，諸如+9000 V及-9000 V。正電壓及負電壓之值將取決於基板之厚度及介電性質來選擇。用於向至少兩個電極供應電力之構件較佳地係一高電壓電源供應器，該高電壓電源供應器能夠向ESC之至少兩個電極中之每一者施加一正電壓或一負電壓，且較佳地該高電壓電源供應器能夠可切換地向至少兩個電極中之每一者施加一正電壓及一負電壓，使得每一電極之極性可反轉，而不改變對電極之電力供應。電源供應器較佳地能夠向每一電極供應高達+/-9000 V之一電壓。

【0038】在例示性實施例中，一旦ESC在第一雙極操作模式中操作，便在一氣體引入步驟中將一或多種惰性氣體引入至形成於ESC之表面上之至少一個通道中。此惰性氣體流動允許改良基板支撐件與基板之間的熱傳導、尤其係在腔室被抽空之情況下，且惰性氣體流動可用於加熱或更通常地冷卻基板。若電漿腔室被維持在真空下，則腔室內之壓力通常在1毫托與200毫托之間，而一或多種惰性氣體之流動通常導致介於3托與20托之間的一背側壓力。在例示性實施例中，一或多種惰性氣體係He。

【0039】一旦ESC處於第一雙極操作模式中，便在一電漿蝕刻步驟103中在電漿腔室中產生一電漿以電漿蝕刻至少一個半導體層。電漿可藉由此項技術中已知之任何手段使用電漿產生裝置在電漿腔室中產生。在例示性實施例中，透過至少一個氣體入口將一氣體或氣體混合物引入至電漿腔室中，且包括用於對基板支撐件加偏壓之一ICP源及一RF電源供應器之電漿產生裝置經組態以自氣體或氣體混合物產生一電漿。ICP源及RF電源供應器皆在13.56 MHz之一頻率下操作。所選擇之氣體或氣體混合物將取決於待蝕刻之至少一個半導體層及所需之特定反應條件。在蝕刻藍寶石上之一GaN層之例示性實施例中，氣體或氣體混合物包括Cl_2、BCl_3與Ar氣體之一混合物。若氣體或氣體混合物包括一氣體混合物，則此等氣體可透過一單個氣體入口被引入至電漿腔室中或者可透過氣體混合物之每一各別氣體成分之各別氣體入口被引入至電漿腔室中。

【0040】一旦產生電漿且基板之蝕刻已開始，便在一第一切換步驟104中將ESC自第一雙極操作模式切換至一單極操作模式。在單極操作模式中，將相同的電壓施加至ESC中之電極中之每一者，使得每一電極維持在相同的極性下。舉例而言，每一電極可由電源供應器施加-6000 V之一

電壓。一正電壓或負電壓之選擇將取決於待蝕刻之基板及所產生電漿之性質。

【0041】ESC自第一雙極操作模式切換至單極操作模式之點將取決於正在執行之特定蝕刻及待蝕刻之基板。舉例而言，在例示性實施例中，在GaN層被蝕刻穿至下面之藍寶石層之情況下，在GaN層被完全蝕穿以形成半導體之離散區域之前，ESC將被切換至單極操作模式，以便避免在第一雙極操作模式中將半導體材料之離散區域夾緊在介電基板上之問題。然而，在每一情形中，ESC自第一雙極操作模式至單極操作模式之切換將發生在已產生電漿之後，以便確保將工件充分夾緊至基板支撐件。

【0042】在第一例示性實施例中，在ESC被切換至單極操作模式中之後，在一停止步驟105中停止電漿腔室內電漿之產生。在例示性實施例中，停止步驟105包括結束氣體或氣體混合物至電漿腔室中之流動及結束RF電源供應器及ICP源之操作。舉例而言，一旦使用諸如光學干涉量測之標準技術來確定電漿蝕刻已完成，便通常將執行停止步驟105。在某些實施例中，至少一個半導體層之電漿蝕刻包括一第一主體蝕刻階段及一第二過蝕刻階段，在該第一主體蝕刻階段中，執行半導體材料之大部分蝕刻及移除直至到達一終點，在該第二過蝕刻階段中，維持電漿直至由電漿蝕刻製程形成之特徵完全形成，且停止步驟105發生在過蝕刻階段完成之後。若存在背側加壓，則隨著結束電漿產生，可減少或停止一或多種惰性氣體至至少一個通道中之流動。

【0043】在第一例示性實施例中，一旦在停止步驟105中停止電漿產生，便在一第二切換步驟106中將ESC自單極操作模式切換至一第二雙極操作模式。如同在第一雙極操作模式中，在第二雙極操作模式中，將一正

電壓施加至電極中之一者且將一負電壓施加至電極中之另一者。第二雙極操作模式可類似於第一雙極操作模式，此乃因在第一雙極操作模式中被施加一正電壓之電極亦在第二雙極操作模式中被施加一正電壓且在第一雙極操作模式中被施加一負電壓之電極亦在第二雙極操作模式中被施加一負電壓。視情況，在第二雙極操作模式中施加之電壓之絕對值可與在第一雙極操作模式中施加之電壓之絕對值相同。舉例而言，在第一雙極操作模式及第二雙極操作模式兩者中，可將+6000 V之一電壓施加至一個電極且可將-6000 V之一電壓施加至另一電極。另一選擇係，在第二雙極操作模式中施加之電壓之絕對值可不同於在第一雙極操作模式中施加之電壓之絕對值。舉例而言，在第一雙極操作模式中，可將+6000 V之一電壓施加至一個電極且將-6000 V之一電壓施加至另一電極，並且在第二雙極操作模式中，相同的電極可分別被施加+5000 V及-5000 V之電壓。在一項實施例中，施加至電極之電壓之極性可在第一雙極操作模式與第二雙極操作模式之間改變。舉例而言，在第一雙極操作模式中，將一正電壓施加至一第一電極且將一負電壓施加至一第二電極，而在第二雙極操作模式中，將一負電壓施加至第一電極且將一正電壓施加至第二電極。電極之極性之此反轉可有助於減少介電基板中之電荷累積，此將促進介電基板自基板支撐件之移除。

【0044】一旦電漿產生已結束且介電基板中之任何電荷累積已被移除，便關斷ESC且在一移除步驟107中將該基板自基板支撐件移除並隨後自電漿腔室移除。可藉由此項技術中已知之任何方法(諸如用於將工件提升至基板支撐件之表面上方之一提升機構)將工件自基板支撐件移除，且可藉由與在裝載步驟101中引入工件相同之方法(諸如藉由附接至一晶圓傳

送機器人之一末端執行器)將工件自電漿腔室移除。

【0045】在第二例示性實施例中，若干個特徵與第一例示性實施例中所闡述之特徵相同。舉例而言，裝載步驟201、操作步驟202、電漿蝕刻步驟203、第一切換步驟204及移除步驟207分別與裝載步驟101、操作步驟102、電漿蝕刻步驟103、第一切換步驟104及移除步驟107實質上相同。然而，第二例示性實施例與第一例示性實施例之不同之處在於，第二切換步驟205發生在停止步驟206之前，使得在仍產生電漿之同時，ESC在第二雙極操作模式中操作。在電漿仍存在之同時，此切換至第二雙極操作模式可進一步幫助減少介電基板上之電荷累積。

【0046】在第二例示性實施例中，在停止步驟206之後，可將ESC維持在第二雙極操作模式中一段時間直至ESC被關斷以進行移除步驟207。在執行一過蝕刻之實施例中，第二切換步驟205可在主體蝕刻結束時或在過蝕刻期間執行。

【0047】

實例

將包括位於一1 mm厚的藍寶石層上之一5 μm厚的GaN層(其中一2 μm厚的SiO_2硬遮罩沈積在GaN層之表面上)之一工件裝載至一SPTS技術有限公司Synapse™ ICP電漿蝕刻工具中且使用一$Cl_2/BCl_3/Ar$電漿來蝕刻GaN層。ICP源及RF偏壓兩者皆使用13.56 MHz RF電源供應器。工件由一雙電極ESC夾緊，該雙電極ESC在一雙極操作模式(第一電極在+6000 V，第二電極在-6000 V)中操作直至GaN層被蝕穿，然後切換至一單極操作模式(第一電極及第二電極兩者皆在-6000 V)以進行一過蝕刻。在電漿蝕刻結束之後，ESC被切換至一第二雙極操作模式(第一電極在+6000 V，

第二電極在-6000 V)。已發現，工件之溫度被成功地維持在所要位準且基板被成功地完全夾緊。

【符號說明】

【0048】

2: 基板支撐件

4: RF供應器

6: 靜電卡盤

8: 高電壓DC電源供應器

10: 冷卻劑通道

12: 基板

14: 塗層

16: 屏蔽環

18: 提升總成

20: 管道

101: 裝載步驟

102: 操作步驟

103: 電漿蝕刻步驟

104: 第一切換步驟

105: 停止步驟

106: 第二切換步驟

107: 移除步驟

201: 裝載步驟

202: 操作步驟

203: 電漿蝕刻步驟

204: 第一切換步驟

205: 第二切換步驟

206: 停止步驟

207: 移除步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種電漿蝕刻一工件之方法，該方法包括：

將一工件定位在一電漿腔室內之一基板支撐件上，其中該工件包括一介電基板及位於該介電基板上之至少一個半導體層，且該基板支撐件包括一靜電卡盤(「ESC」)，該ESC包括至少兩個電極；

在一第一雙極操作模式中，將一正電壓施加至該等電極中之一者並將一負電壓施加至該等電極中之另一者，使得該工件被靜電夾緊至該ESC；

藉由在該電漿腔室中產生一電漿來電漿蝕刻該至少一個半導體層，其中，在該電漿被點燃之後的一段時間，將該ESC之該操作切換至一單極操作模式，在該單極操作模式中，該等電極具有經施加至每一電極之相同電壓；及

將該ESC之該操作切換至一第二雙極操作模式，在該第二雙極操作模式中，將一正電壓施加至該等電極中之一者並將一負電壓施加至該等電極中之另一者。

【請求項2】

如請求項1之方法，其中在電漿蝕刻該至少一個半導體層之該步驟已完成之後，執行將該ESC之該操作切換至一第二雙極操作模式的該步驟。

【請求項3】

如請求項1之方法，其中在電漿蝕刻該至少一個半導體層之該步驟期間執行將該ESC之該操作切換至該第二雙極操作模式的該步驟。

【請求項4】

如請求項3之方法，其中電漿蝕刻該至少一個半導體層之該步驟包括其中執行該蝕刻之大部分直至到達一終點之一第一主體蝕刻階段以及一第二過蝕刻階段，其中在到達該終點時或在該第二蝕刻階段期間執行將該ESC之該操作切換至一第二雙極操作模式的該步驟。

【請求項5】

如請求項3或請求項4之方法，其中在電漿蝕刻該至少一個半導體層之該步驟已完成之後，將該ESC維持在該第二雙極操作模式中一段時間。

【請求項6】

如請求項1至4中任一項之方法，其中電漿蝕刻該至少一個半導體層之該步驟包括蝕穿該至少一個半導體層以在該介電基板上形成複數個半導體離散區域，其中在該形成該等半導體離散區域之前執行將該ESC之該操作切換至一單極操作模式的該步驟。

【請求項7】

如請求項1至4中任一項之方法，其中在該第一雙極操作模式中經施加至該等電極之該電壓的絕對值係與在該第二雙極操作模式中經施加至該等電極之該電壓的絕對值相同。

【請求項8】

如請求項1至4中任一項之方法，其中在該第二雙極操作模式中經施加至該等電極之該電壓的該絕對值低於在該第一雙極操作模式中經施加至該等電極之該電壓的該絕對值。

【請求項9】

如請求項1至4中任一項之方法，其中，在該第一雙極操作模式中，將一正電壓施加至一第一電極並將一負電壓施加至一第二電極，且在該第

二雙極操作模式中，將一負電壓施加至該第一電極並將一正電壓施加至該第二電極。

【請求項10】

如請求項1至4中任一項之方法，其中在該第一雙極操作模式、該單極操作模式及/或該第二雙極操作模式中，經施加至該等電極中之至少一者之該電壓的絕對值可高達9000 V，視情況高達6000 V。

【請求項11】

如請求項1至4中任一項之方法，其中在該第一雙極操作模式、該單極操作模式及/或該第二雙極操作模式中，經施加至該等電極中之至少一者之該電壓的該絕對值可為至少4000 V，視情況至少5000 V。

【請求項12】

如請求項1至4中任一項之方法，其中該方法進一步包括以下步驟：

將一或多種惰性氣體引入至至少一個通道中，該至少一個通道在該基板支撐件與該介電基板之間經形成於該基板支撐件的表面上。

【請求項13】

如請求項12之方法，其中引入一或多種惰性氣體之該步驟包括在該ESC處於該第二雙極操作模式中的該一段時間期間，降低該一或多種惰性氣體的流動速率。

【請求項14】

如請求項13之方法，其中將該一或多種惰性氣體之該流動速率降低至零，使得惰性氣體或惰性氣體混合物至該至少一個通道中的流動停止。

【請求項15】

如請求項12之方法，其中該一或多種惰性氣體包括He或Ar之至少一

者。

【請求項16】

如請求項1至4中任一項之方法，其中該至少一個半導體層包括至少一個氮化鎵層。

【請求項17】

如請求項1至4中任一項之方法，其中該介電基板係由藍寶石形成。

【請求項18】

一種電漿蝕刻設備，其包括：

一電漿腔室；

一電漿產生裝置；

一控制器；及

一基板支撐件，

其中該基板支撐件包括一靜電卡盤(「ESC」)，該靜電卡盤包括：

至少兩個電極；

一電源供應器；及

一介電材料層，其覆蓋該至少兩個電極並形成一基板支撐件表面，

其中該控制器經組態以將該ESC在一第一雙極操作模式、一單極操作模式及一第二雙極操作模式之間切換，其中該第一雙極操作模式包括將一正電壓施加至該等電極中之一者並將一負電壓施加至該等電極中之另一者，該第二雙極操作模式包括將一正電壓施加至該等電極中之一者並將一負電壓施加至該等電極中之另一者，且該單極操作模式包括將相同的電壓施加至該至少兩個電極中之每一者，並且其中在藉由該電漿產生裝置於該電漿腔室內產生一電漿期間，該控制器經組態以在於該電漿腔室內產生一

電漿的同時將該ESC自該第一雙極操作模式切換至該單極操作模式。

【請求項19】

如請求項18之設備，其中該控制器經組態以一旦在該電漿腔室內完成一電漿之產生，便將該ESC自該單極操作模式切換至該第二雙極操作模式。

【請求項20】

如請求項18之設備，其中在藉由該電漿產生裝置於該電漿腔室內產生一電漿期間，該控制器經組態以將該ESC自該單極操作模式切換至該第二雙極操作模式。

【請求項21】

如請求項18至20中任一項之設備，其中該介電材料層具有至少0.5 mm之一厚度，視情況其中該介電材料層具有至少1 mm之一厚度。

【請求項22】

如請求項18至20中任一項之設備，其中該電源供應器經組態以向該至少兩個電極中之至少一者供應具有高達9000 V、視情況高達6000 V之一絕對值的一電壓。

【請求項23】

如請求項18至20中任一項之設備，其中該電源供應器可經組態以向該至少兩個電極中之至少一者供應具有至少4000 V、視情況至少5000 V之一絕對值的一電壓。

【請求項24】

如請求項18至20中任一項之設備，其中該介電材料層包括至少一個藍寶石、陶瓷AlN或Al_2O_3層。

【請求項25】

如請求項18至20中任一項之設備，其中該介電材料層之電阻率在25℃之一溫度下至少為10^{12} Ωcm。

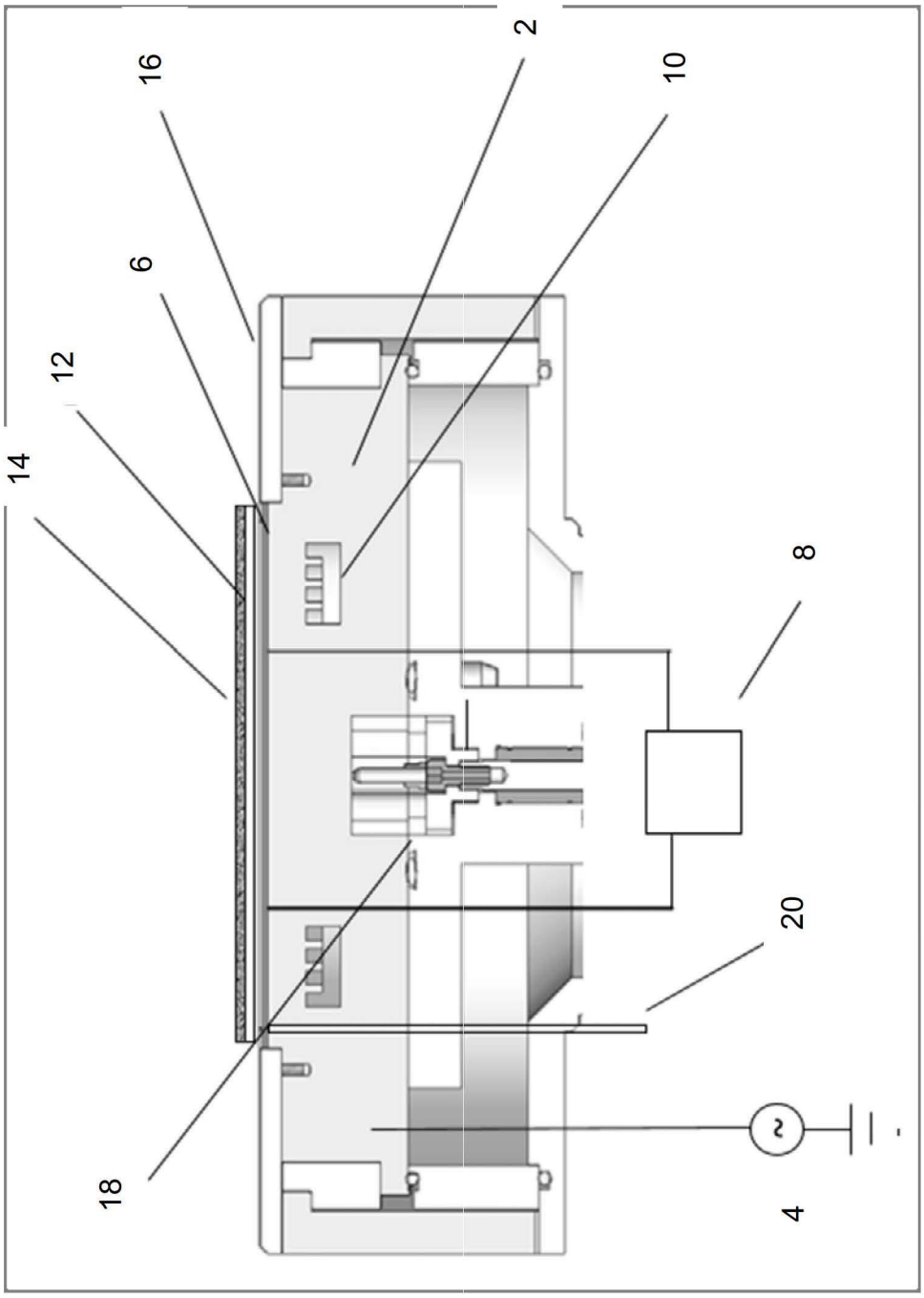
【請求項26】

如請求項18至20中任一項之設備，其中該介電材料層之該電阻率在25℃之一溫度下高達10^{15} Ωcm。

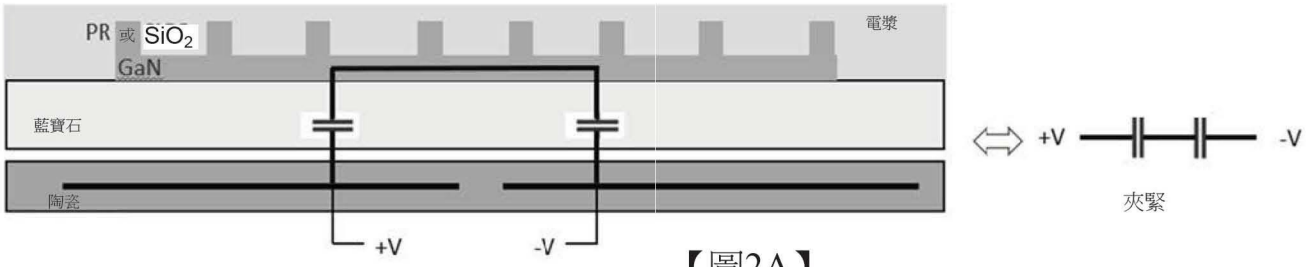
【請求項27】

如請求項18至20中任一項之設備，其中該介電材料層之介電常數在25℃之一溫度下至少為7。

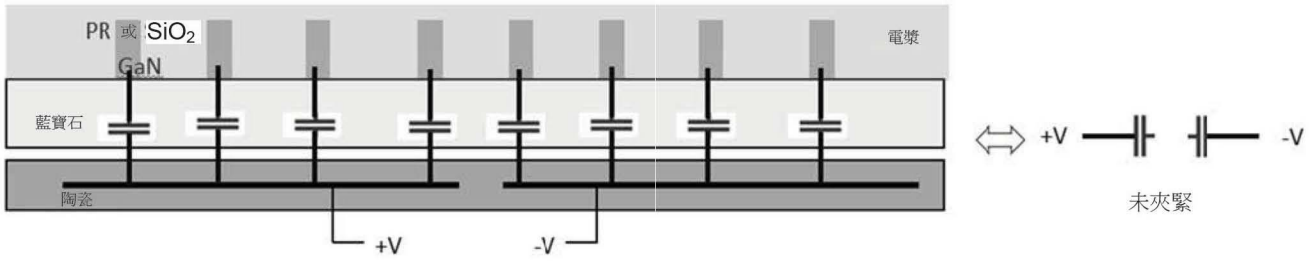
【發明圖式】



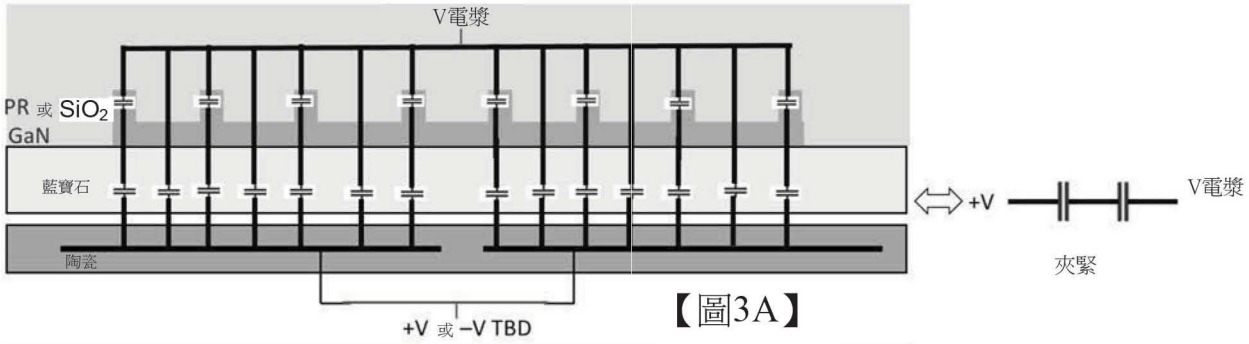
【圖1】



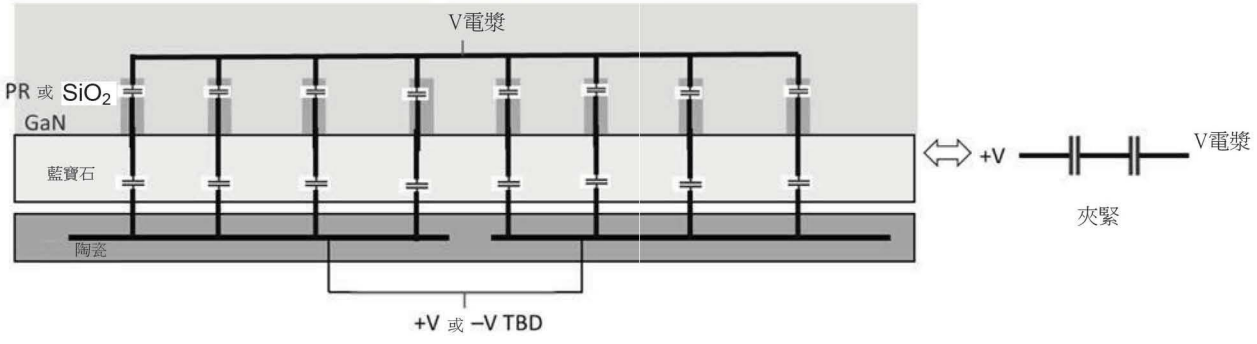
【圖2A】



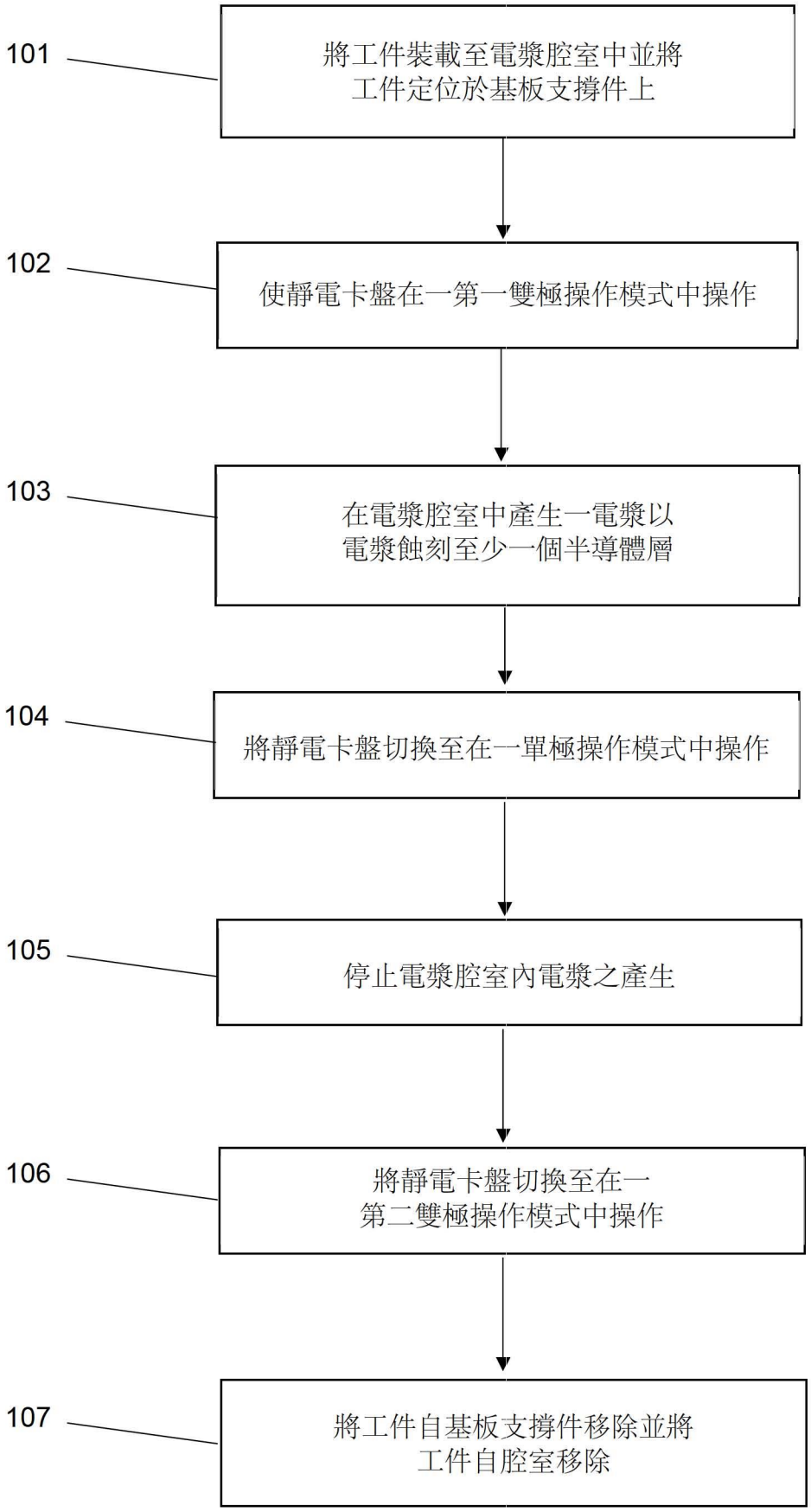
【圖2B】



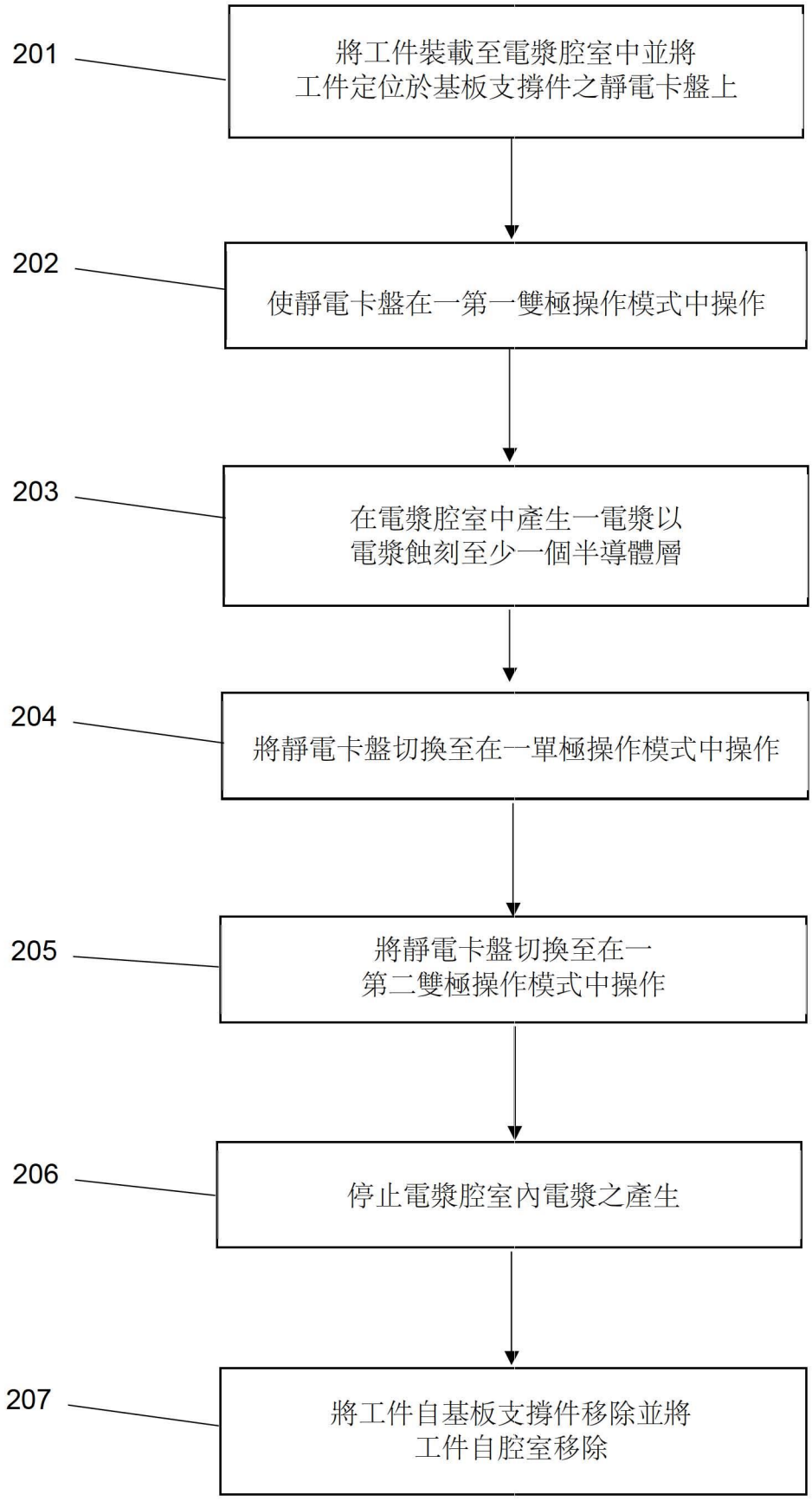
【圖3A】



【圖3B】


101
將工件裝載至電漿腔室中並將
工件定位於基板支撐件上
102
使靜電卡盤在一第一雙極操作模式中操作
103
在電漿腔室中產生一電漿以
電漿蝕刻至少一個半導體層
104
將靜電卡盤切換至在一單極操作模式中操作
105
停止電漿腔室內電漿之產生
106
將靜電卡盤切換至在一
第二雙極操作模式中操作
107
將工件自基板支撐件移除並將
工件自腔室移除

【圖4】


201
將工件裝載至電漿腔室中並將
工件定位於基板支撐件之靜電卡盤上
202
使靜電卡盤在一第一雙極操作模式中操作
203
在電漿腔室中產生一電漿以
電漿蝕刻至少一個半導體層
204
將靜電卡盤切換至在一單極操作模式中操作
205
將靜電卡盤切換至在一
第二雙極操作模式中操作
206
停止電漿腔室內電漿之產生
207
將工件自基板支撐件移除並將
工件自腔室移除

【圖5】