

本案係符合專利法第二十條第一項  第一款但書或  第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利  主張國際優先權：  
【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

主張國內優先權(專利法第二十五條之一)：  
【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.

主張專利法第二十六條微生物：  
 國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

## 玖、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明說明一種半導體材料之薄膜轉移技術，尤其是轉移與該原始基板等面積、納米等級厚度、高度膜厚均勻度、低缺陷密度的薄膜轉移技術。

### 【先前技術】

晶圓鍵合技術(Wafer Bonding Technology)能將兩晶格常數相差甚遠的單晶晶圓片相結合，中間的鍵合介面不需使用任何膠，保持完全潔淨，卻仍能得到和基板一樣強度的鍵合強度(Bonding Strength)，滿足電子及光電材料對介面屬性嚴苛的要求。

一九八八年美國的馬舒拉(Dr. W. Maszara) 應用一P<sup>+</sup>型腐蝕停止層 (Etch Stop Layer)，來製作次微米厚度的鍵合式絕緣層矽晶圓 (Bonding Etch-Back Silicon on Insulator; BESOI)，使得該技術 (BESOI) 應用範圍擴充至電子材料、光電材料及微機電系統 (MEMS) 領域。然而該技術仍然有腐蝕停止層在各點之停止腐蝕機構工作時間不一，影響膜厚均勻度 (Total Thickness Variation, TTV)的缺點，成為該材料應用於高度積體電路製作最大的障礙。此外，該制程十分費時，不但浪費原始基板，而且其所產生之廢棄溶液也易造成環境污染問題，使得製作成本居高不下。同一時期，IBM應用氧離子直接植入法 (Separation by Implantation Oxygen, SIMOX)來製作SOI材料方法，也得到迅速發展。由於SIMOX有絕佳的薄膜厚度均勻度，使得BESOI技術在製作高度積體電路領域之應用幾乎被淘汰。

一九九二年，法國的布魯爾(Dr. M. Bruel) 發明一種薄膜轉移技術，即「智切法」(Smart Cut® Process)。智切法能使鍵合式 SOI 材料薄膜厚度亦具有如 SIMOX 優異的均勻度。依據布魯爾於美國專利文件(U.S. Patent 5,374,564) 所請求之專利範圍 (Claims) 描述，該制程步驟是先於一原始基板中植入高劑量如氫、鈍氣等氣體的離子，然後與另一目標基板鍵合成一體，接著再施以加熱處理 (heating)，使該等離子在植入層中聚合，產生許多微氣泡 (microbubbles)。隨後這些微氣泡連成一片，進而分離上下材質，產出薄膜。由於智切法所得之薄膜均勻度十分良好，缺陷密度小，且無腐蝕液產生，氫氣逸出後也無毒無害，沒有環境污染問題，且可以回收原始基板材料。但是該專利在專利範圍專案

上有些專案在技術上無法實行，致使在與 Silicon Genesis 公司在專利侵權官司上敗訴 (SOITec S.A. v. Silicon Genesis Corporation, Case No. 99 CV 10826 NG).

智切法伴隨有高溫加熱處理所產生的熱應力以及低生產效率等缺失問題。因為在智切法的薄膜轉移技術中的升溫加熱處理，系利用各種加熱源，輸入熱能來升高基板溫度，藉以激發該等植入之氫離子的動能，進而聚合成氣泡，終致撕裂開分離層，達到薄膜轉移目的。

造成下列四項較為重大的缺失：

- (1) 在鍵合強度未達足以抵抗氫離子在植入層聚合產生微氣泡，生成巨大剝離力之前，溫度需控制在使氫離子產生氣泡的溫度之下 (約450°C)。因此初步鍵合之晶圓對需控制於一低溫狀態下進行退火，這將使得該退火加熱的等待時間滯長，消耗大量時間，成為整個薄膜轉移制程的瓶頸，影響產能(throughput)；
- (2) 該試料需整體在高溫中加熱，需約在500°C之上，才能確保有預期之薄膜分離的結果。假若兩鍵合材料之熱膨脹係數存在差異，易在高溫下產生一極大的熱應力，破壞兩材料的鍵合結構；此法在轉移異材質材料過程中，往往在尚未產生薄膜分離前，即因熱應力過大而使鍵合構造體破裂；
- (3) 以退火方式將熱能轉換成動能的熱效率低，須耗大量外加能量來進行，增加營運成本；
- (4) 對某些材料而言，如氧化鋁或氧化鋁鍍基板等等，利用智切法所揭露之制程來進行氫離子植入以及後續的高溫加熱處理等步驟時，無法產生明顯的微細氣泡來達到分離薄膜的目的。

在2000年臺灣的李天錫 (Dr. T. -H. Lee) 發展一種非熱制程 (Non-thermal Process; 即 Nova Cut ® Process)，利用高頻交替電場或磁場，例如微波 (Microwave)，來直接激發基板內部植入離子或分子離子 (Molecular Ions)，產生動能，增加碰撞頻率，使微細氣泡急劇產生且膨脹，發生植入層撕裂效應，進而將薄膜自原始基板中分離轉移至目標基板表面 (U.S. Patent 6,486,008)。這種方法能有效提高產能、降低時間成本。但是應用此種制程在大面積晶圓片，因(1)各點產生突發性高熱點不均勻，使得試料內部各點產生之瞬間溫度有差距，導致在各瞬間薄膜分離點的分離時間不一致，生成內部應力，造

成轉移面粗糙化，甚至產生許多的細微裂縫；(2)微波照射均勻度不易控制，伴隨產生之溫度分佈不均勻，對制程穩定性有一定的負面影響；(3)植入之離子彼此分佈間距大，能量吸收效率低。因此這制程被局限於小尺寸晶圓製作。

## 發明概述

本發明之目的是提供一種薄膜轉移技術。這種技術能夠具備轉移大尺寸晶圓片等面積大小、納米等級厚度、高均勻度膜厚、維持原有晶體結構的半導體材料薄膜能力。

本發明之方法是：(1)先進行一離子布植制程，將離子或分子離子植入該原始基板表面，形成一由植入離子分隔之薄膜層，接著(2)利用晶圓鍵合法，將該原始基板與該目標基板鍵結成一鍵合構造體，然後(3)將此鍵合構造體置於能調整溫度的高頻交替電場或磁場裝置之中，升高該鍵合構造體至一高於室溫的使介電係數 (dielectric constant) 及消散因素 (dissipation factor) 產生正向轉變的恒溫溫度(在本專利文獻中簡稱為"轉變溫度")，在這轉變溫度 ( $>150^{\circ}\text{C}$ ；矽晶體材料) 退火過程中，能有效轉變、增加原始基板的微波介電係數及消散因素，大幅增進能量吸收效率；但是該溫度保持低於執行智切法所需的溫度。(根據U.S. Patent 5,374,564，約為攝氏450度；矽晶體材料)，以避免該制程的啟動，產生上述該制程伴隨的缺陷。待溫度穩定一設定時間後，啟動高頻交替電場或磁場，進行離子激化處理，藉由如微波(Microwave)、高周波 (Radio Frequency) 或電感應耦合 (Inductive Coupled) 場等非熱 (Non-thermal) 能量場作用，產生感應能量，一部份由植入離子直接吸收，短時間內大幅增加微氣泡成核數目，另一部分由基板有效率吸收，轉移該能量至植入離子，增加動能，使該等植入之離子進入上述成核點，大量聚合成為氣體分子，填充于該氣體分子所造成之裂縫中，進而融合形成一分離膜，分離該氣膜以上的薄膜層並轉移至該目標基板上。

對於低介電損失值 (Dielectric Loss) 的氧化物之類原始基板之薄膜轉移，如  $\text{SrTiO}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 等等，本發明之方法則系利用分段式離子植入方法，先於高溫下植入離子，藉以產生晶界間裂紋，接著再於低溫下植入離子到該裂紋中，避免植入離子大量擴散損失，進而有效補充劑量，達到足夠離子濃度以產生微細氣泡及聚合而成分離膜。然後將該離子植入原始基板加熱至一轉變溫度 ( $>150^{\circ}\text{C}$ )，再啟動高頻交替電場或磁場來進行一離子激化處理，產生感應能量並轉移至該等植入離子及其聚合而成的分子中，增加動能，使該等植入之離子聚合成氣體分子並造成裂縫，進而達成薄膜分離之目的。如此不但有效降低所需之離子植入總劑量，而且更有節省成本、減少薄膜缺陷密度

的效果。

此外，本發明之方法可應用在薄膜的切割制程上。例如先利用一離子植入法，以於一薄膜內形成一層或一層以上的離子分離層，接著升高該基板溫度置轉變溫度點以上，待溫度平衡穩定後，啟動高頻交替電場或磁場照射該薄膜，使該離子分離層中的植入離子聚合為氣體分子，形成一分離膜，分離該薄膜，完成薄膜切割。

本發明是利用熱 (thermal) 及非熱 (non-thermal) 複合制程來進行薄膜轉移。此種複合制程的反應過程及生產結果，皆有異於熱或非熱單一制程。以微波為傳送能量手段為例，一般物質，特別是氫-矽複和體 (hydrogen-silicon complex) 及矽基板的微波吸收率 (即正比例於消散因素及介電係數乘績)，常隨周圍溫度上升而大幅度上升。在此制程，在未施加微波前預熱基板制轉變溫度，目的是增高原始基板的有效微波吸收率，讓之在隨後的微波照射中能夠大量吸收，並轉移能量至內部的植入離子。而內部的植入離子也直接吸收微波，激化而產生成核反應，生成許多微細核點，在定點有效率轉換並聚集離子成為分子，長大擴展成為分離氣膜。這種熱及非熱複合制程明顯優於純熱制程或純非熱制程。在制程時間上集產出結果的差異，更能看出。以氫離子植入八吋矽原始基板(氫離子(H<sup>+</sup>)劑量為 $8 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ ，植入能量為80KeV)，且此原始基板以與目標基板，經適當晶圓鍵合步驟，鍵合完成一鍵合構造體為例。首先，以純熱方式 (即Smart-Cut ® Process) 轉移薄膜。加熱該鍵合構造體在450°C，需要約10分鐘，才能100%完整轉移整片薄膜層至目標基板；其次，以純非熱制程 (即Nova Cut ® Process) 轉移薄膜。以1000W，2.4GHz微波照射，約三至四分鐘，此結合體便自動分離。但是只有約30%~65%薄膜層成功轉移至目標基板，且有產生許多撕裂平面邊界產生；最後，以本發明之熱及非熱複合制程來轉移薄膜，將此鍵合構造體加熱至200°C，15分鐘，然後再施加1000W，2.4GHz微波照射。需要約1~2分鐘，就能100%完整轉移整片薄膜層至目標基板。而在此低溫下 (200°C)，智切法 (Smart-Cut ® Process)，單一熱制程，無法執行；在室溫下，Nova-Cut ® Process，單一非熱制程也無法達到如此結果，足以證明本發明的熱 及非熱複合制程有異于單一熱或非熱制程。

以在執行溫度上差異造成之制程上差異，而被認證為新技術亦在這類制程專利出現。如前述智切法專利 (U.S. Patent 5,374,560)，因在離子植入時溫度上之差異

(250°C)，造成制程反應之差異，也產出新專利 (U.S. Patents 5,877,070 & 6,150,239)。

### 【發明內容】

本發明之目的是提供一種薄膜轉移技術。這種技術能夠具備轉移大尺寸晶圓片等面積大小、納米等級厚度、高均勻度膜厚、維持原有晶體結構的半導體材料薄膜能力。

本發明之方法是：(1)先進行一離子布植制程，將離子或分子離子植入該原始基板表面，形成一由植入離子分隔之薄膜層，接著(2)利用晶圓鍵合法，將該原始基板與該目標基板鍵結成一鍵合構造體，然後(3)將此鍵合構造體置於能調整溫度的高頻交替電場或磁場裝置之中，升高該鍵合構造體至一高於室溫的使介電係數 (dielectric constant) 及消散因素 (dissipation factor) 產生正向轉變的恒溫溫度(在本專利文獻中簡稱為"轉變溫度")，在這轉變溫度 (>150°C；矽晶體材料) 退火過程中，能有效轉變、增加原始基板的微波介電係數及消散因素，大幅增進能量吸收效率；但是該溫度保持低於執行智切法所需的溫度。(根據U.S. Patent 5,374,564，約為攝氏450度；矽晶體材料)，以避免該制程的啟動，產生上述該制程伴隨的缺陷。待溫度穩定一設定時間後，啟動高頻交替電場或磁場，進行離子激化處理，藉由如微波(Microwave)、高周波 (Radio Frequency) 或電感應耦合 (Inductive Coupled) 場等非熱 (Non-thermal) 能量場作用，產生感應能量，一部份由植入離子直接吸收，短時間內大幅增加微氣泡成核數目，另一部分由基板有效率吸收，轉移該能量至植入離子，增加動能，使該等植入之離子進入上述成核點，大量聚合成為氣體分子，填充于該氣體分子所造成之裂縫中，進而融合形成一分離膜，分離該氣膜以上的薄膜層並轉移至該目標基板上。

對於低介電損失值 (Dielectric Loss) 的氧化物之類原始基板之薄膜轉移，如 SrTiO<sub>3</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>等等，本發明之方法則系利用分段式離子植入方法，先於高溫下植入離子，藉以產生晶界間裂紋，接著再於低溫下植入離子到該裂紋中，避免植入離子大量擴散損失，進而有效補充劑量，達到足夠離子濃度以產生微細氣泡及聚合而成分離膜。然後將該離子植入原始基板加熱至一轉變溫度 (>150°C)，再啟動高頻交替電場或磁場來進行一離子激化處理，產生感應能量並轉移至該等植入離子及其聚合而成的分子

中，增加動能，使該等植入之離子聚合成氣體分子並造成裂縫，進而達成薄膜分離之目的。如此不但有效降低所需之離子植入總劑量，而且更有節省成本、減少薄膜缺陷密度的效果。

此外，本發明之方法可應用在薄膜的切割制程上。例如先利用一離子植入法，以於一薄膜內形成一層或一層以上的離子分離層，接著升高該基板溫度置轉變溫度點以上，待溫度平衡穩定後，啟動高頻交替電場或磁場照射該薄膜，使該離子分離層中的植入離子聚合為氣體分子，形成一分離膜，分離該薄膜，完成薄膜切割。

本發明是利用熱 (thermal) 及非熱 (non-thermal) 複合制程來進行薄膜轉移。此種複合制程的反應過程及生產結果，皆有異於熱或非熱單一制程。以微波為傳送能量手段為例，一般物質，特別是氫-矽複和體 (hydrogen-silicon complex) 及矽基板的微波吸收率 (即正比例於消散因素及介電係數乘績)，常隨周圍溫度上升而大幅度上升。在此制程，在未施加微波前預熱基板制轉變溫度，目的是增高原始基板的有效微波吸收率，讓之在隨後的微波照射中能夠大量吸收，並轉移能量至內部的植入離子。而內部的植入離子也直接吸收微波，激化而產生成核反應，生成許多微細核點，在定點有效率轉換並聚集離子成為分子，長大擴展成為分離氣膜。這種熱及非熱複合制程明顯優於純熱制程或純非熱制程。在制程時間上集產出結果的差異，更能看出。以氫離子植入八吋矽原始基板(氫離子(H<sup>+</sup>)劑量為 $8 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ ，植入能量為80KeV)，且此原始基板以與目標基板，經適當晶圓鍵合步驟，鍵合完成一鍵合構造體為例。首先，以純熱方式 (即Smart-Cut ® Process) 轉移薄膜。加熱該鍵合構造體在450°C，需要約10分鐘，才能100%完整轉移整片薄膜層至目標基板；其次，以純非熱制程 (即Nova Cut ® Process) 轉移薄膜。以1000W，2.4GHz微波照射，約三至四分鐘，此結合體便自動分離。但是只有約30%~65%薄膜層成功轉移至目標基板，且有產生許多撕裂平面邊界產生；最後，以本發明之熱及非熱複合制程來轉移薄膜，將此鍵合構造體加熱至200°C，15分鐘，然後再施加1000W，2.4GHz微波照射。需要約1~2分鐘，就能100%完整轉移整片薄膜層至目標基板。而在此低溫下 (200°C)，智切法 (Smart-Cut ® Process)，單一熱制程，無法執行；在室溫下，Nova-Cut ® Process，單一非熱制程也無法達到如此結果，足以證明本發明的熱 及非熱複合制程有異于單一熱或非熱制程。



以在執行溫度上差異造成之制程上差異，而被認證為新技術亦在這類制程專利出現。如前述智切法專利 (U.S. Patent 5,374,560)，因在離子植入時溫度上之差異 (250°C)，造成制程反應之差異，也產出新專利 (U.S. Patents 5,877,070 & 6,150,239)。

### 【實施方式】

請參閱圖一至圖五，圖一至圖五為本發明之薄膜轉移方法的制程示意圖。本發明是提供一種將薄膜02自原始基板 01中分離，並轉移至一目標基板07上的方法。

如圖一所示，本發明是先利用一離子植入(Ion Implantation)法，將離子或分子離子06對著一原始基板01的正表面05植入，形成一植入離子分離層03。植入離子分離層03將原始基板01上、下分隔為兩區：一為含有植入離子或分子離子06的植入區域，此為薄膜層02；一為不含植入離子或分子離子06的區域，其定義為餘質層(Remnant Substrate) 02。由於薄膜層02植入深度系由離子植入能量決定，因此吾人能精確地控制原始基板01的擬轉移之薄膜層02的厚度。其中該離子植入法可為一以電漿浸泡離子植入法(Plasma Ion Implantation Immersion)或以相異植入溫度的分段植入離子法，而該離子植入法中所植入之離子包含有氫的離子或者是分子離子(Molecular Ions)。

進行該離子植入法之目的是為了將大量離子或分子離子06植入原始基板01的表層，藉以離子產生撞擊，撞開原有存在於原始基板01晶體結構中的原子，打斷該原子與其鄰近原子間的鍵結，甚至取代原有的原子與其他鄰近原子形成新的微弱鍵：氫-矽複合結構。植入離子分離層03中的植入離子或分子離子06在原始基板01內系處於一不穩定狀態，其餘過多植入劑量的離子或一些未因撞擊而分裂成為單原子的被植入分子離子06，亦嵌入晶格空隙中，產生體積應變，致使植入離子分離層03變成一應力集中區。而且植入有離子之晶界間的凝聚力也相對的較低，更造成原始基板01在植入離子分離層03附近之處的機械性質脆弱，如同氫脆現象 (Hydrogen Embrittlement)。

接著如圖二所示，利用晶圓鍵合法 (Wafer Bonding Technology)，並配合一適當的表面電漿處理，使原始基板01與目標基板07的鍵合面能夠獲致足夠的鍵合強度 (Bonding Strength)，以將原始基板01與目標基板07相接合成一鍵合結構體10 (Bonded Structure)。其中該晶圓鍵合法可為一直接鍵合法 (Direct Bonding)、陽極鍵合法 (Anodic Bonding)、低溫鍵合法 (Low Temperature Bonding)、真空鍵合法 (Vacuum Bonding)或電漿強化鍵合法 (Plasma Enhanced Bonding)。

如圖三所示，此薄膜分離效應重點在植入離子分離層03的吸收能量能力，故在未啓動非熱量，如微波，照射時，先將鍵合結構體10的溫度升溫至轉變溫度，能夠增高植入離子分離層03的微波吸收效率(或介電係數及消散因素乘積)，同時也增高原始基板01對微波之吸收，以利轉移能量至植入離子分離層03，造成大面積且均勻有效率的薄膜轉移。在此增加介電係數及消散因素步驟中，使原始基板01與目標基板04的鍵合構造體10適當地保持在一小於400°C的溫度狀態之下，以防止執行智切法，避免該法之副作用所導致的巨大熱應力，進而擴大本發明之薄膜轉移方法的應用範圍。

如圖四所示，隨後將在穩定轉變溫度下的原始基板01與目標基板07的鍵合結構體10，施以一高頻交替電場或磁場照射08處理。由於植入的離子、分子離子06或經撞擊後分裂產生的離子，會與原始基板01原子產生微弱鍵結生成的原子鍵結對，因具有陰電性差，產生電耦極，故能對高頻交替電場或磁場照射08感應，進而使得植入離子分離層03附近之原子的震蕩頻率劇烈增快，終致斷鍵脫離，其並可與由其他處分裂出來的相同的原子相結合，再度形成氣體分子，在該處形成充滿氣體分子的核種。以這些核種為基地，捕捉在晶格間遊移的原子，聚合成氣泡。

如圖五所示，原始基板01經由介電係數及消散因素增加，有效使攙雜原子所產生之載子(電子或電洞)在高頻交替電場或磁場中感應成伴隨電流，快速流動，而產生大量的熱能，以非彈性碰撞方式，直接轉移該熱量至周圍環繞的植入離子氣體分子，快速提升該氣體分子動能，將原有氣泡造成之體積應變急劇加大。此效應將使在植入離子分離層03中的由前述產生之氣泡所引起的裂縫，受到由體積應變快速增大而來的拉伸應力，沿著斷裂尖端，急速延伸擴大，併吞鄰近氣泡，產生撕裂效應，將薄膜層02自原始基板01中與餘質層04分離，轉移至目標基板07上。

由於高頻交替電場或磁場裝置所形成之離子激化效應可使植入離子與承受植入離子原始基板原子間的鍵結產生電耦極化效應，進而加速斷鍵形成裂縫，並使該等植入離子急劇聚合成氣體分子。而植入之離子或分子離子，在離子分離層所聚合成的分子及其造成之晶界裂縫介面，於基板內之作用宛如活性種 (Activated Species)，吸引這些帶著能量、快速流動的載子，發生集膚效應 (Skin Effect) 效果，在該層集中流動，使得該感應能，得以藉由載子與離子分離層中的分子作非彈性碰撞，直接轉換至該分子，增加其動能。但是由於這種動能傳輸往往瞬間集中在某點，使得瞬間高溫點產生，進而影響整體制程溫度分佈均勻度，帶來負面的智切法效應：某點面積因集膚效應在瞬間已有薄膜轉移現象，但是在其他點卻未有轉移現象，造成轉移薄膜破碎。

本發明根據學術界在微波傳導吸收上的文獻報告，得知一般物質微波吸收量與介電係數 (dielectric constant) 與消散因素 (dissipation factor) 乘積成正比例關係。而介電係數及消散因素在低溫加熱時，常隨溫度上升而變化，特別是物質在可移動態與不可移動態的差距，呈現跳躍方式轉變。例如冰與水在攝氏零度時的介電係數  $\epsilon_r$  及消散因素  $\tan\delta$ ，即由  $\epsilon_r = 4$ ;  $\tan\delta = 0.0009$  跳躍到  $\epsilon_r = 81$ ;  $\tan\delta = 0.15700$ ，呈現3,532倍的增加轉變。氫原子在矽晶體中亦有類似現象：在約攝氏150度以下時為不可移動態，而在約攝氏150度以上時為可移動態。根據此原理，本發明在啟動微波照射氫離子植入原始基板前，先加熱至轉變溫度(約攝氏150度)以上，使植入之氫離子與原始基板的微波吸收效率大幅增加(控制溫度在高於攝氏150度，低於攝氏400度之間)，不啟動智切法，但能妥善控制微波制程穩定性。

以 $H^+$ 植入矽基板用 $8 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 劑量，80KeV植入能量為例，就植入氫原子體積密度與矽原子體積密度比例言，約為 1:50。故若矽原子能夠有效吸收微波能量並轉讓氫原子，將十分有助於大尺寸面積轉移。除此之外，本發明並能在植入劑量為臨界植入劑量 (Critical Dosage) 時，有效執行薄膜分離制程，大量節省植入成本。例如使用Nova Cut Process<sup>®</sup>，臨界植入劑量約為 $5.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ ，而且在低於此植入臨界劑量的條件下，無論微波照射時間多長，不能看出薄膜轉移現象。而在Smart Cut Process<sup>®</sup>中，臨界植入劑量約為 $4 \times 10^{16}$ ，且在此劑量執行薄膜分離制程所需要之時間溫度，皆遠大于正常執行之時間溫度。但在本發明中，在臨界植入劑量約為 $3.5 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{16}$ 的樣品中，仍能夠正常執行薄膜分離制程。

這種利用在轉變溫度上以高頻交替電場或磁場來激發分子動能的方法，可以有效地大幅改進加熱點瞬間薄膜分離溫度不均勻的重大缺失。因此本發明即利用這種在轉變溫度上，施以高頻交替電場或磁場來激發分子動能的方法配合晶圓鍵合技術及離子植入制程，由一大尺寸基板切下等面積、厚薄均勻、低缺陷密度的薄膜，轉移至另一基板上，結合形成一新穎材料，或單純地用來製作納米等級厚度的鍵合式絕緣層矽晶圓(Silicon on Insulator; SOI)。

此外，對於低介電損失值 (Dielectric Loss)、氧化物原始基板之薄膜轉移，如 $\text{SrTiO}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 等，因其氫離子植入若在低溫環境下執行，雖然有後續之高溫加熱處理，並無明顯離子聚合以產生微細氣泡現象，致無法分離薄膜。該項基板雖能經由高溫環境下植入離子後，再經高溫退火處理，能產生氣泡。但該項辦法離子聚合效率不佳，需提高植入離子的劑量，以補充在高溫下植入過程中，大量擴散損失之離子。而本發明則可利用分段離子植入方法，先在高溫下植入離子，產生晶界間裂紋，再於低溫下植入離子到該裂紋中，避免大量擴散損失，有效率補充劑量，使之達到足夠濃度，施以轉變溫度以上之微波照射，產生微細氣泡及聚合而成分離膜，其所需之離子植入總劑量較習知方法為低，有降低成本及薄膜缺陷密度效果，並能達到分離薄膜目的。

綜合上述說明，本發明之方法可歸納成下列三種操作方法：

- 一. 先在高溫下植入離子，在植入時立即產生晶界裂紋，但植入之劑量還不能夠引發表面氣泡產生。接著再於較低溫下持續植入離子，補充劑量，然後將此原始基板01與目標基板07鍵合成為一鍵合結構10。使鍵合結構10在轉變溫度以上，施以高頻交替電場或磁場照射08處理時，原始基板01內的植入離子或分子離子06，有足夠能量聚合分離薄膜層02。
- 二. 在原始基板01內離子植入形成植入離子分離層03之後，便將原始基板01作一預熱 (pre-baking) 處理，使植入離子或分子離子06，在植入層作初步聚合，增大內壓，產生晶界裂紋，使原始基板01表面處於一欲分離之高應力臨界狀態。然後將原始基板01與目標基板14鍵合，最後再將此鍵合結構在轉變溫度以上施以高頻交替電場或磁場照射08處理，使其吸收能量，產生膨脹壓力，斷裂植入離子分離層03，分離薄膜層02。

在本發明中，溫度升高現象乃本發明制程中產出的副產品，非如在傳統加熱方法中，為主要使用手段。且溫度突然升高現象，不利薄膜轉移。所以本發明利用一加熱裝置，升高鍵合結構體10至一轉變溫度以上，此溫度低於智切法所需之溫度，達到穩定均勻化制程溫度目的，減少整體鍵合結構的熱應力。

相較于習知之薄膜轉移制程，本發明之方法是在轉變溫度上施以一高頻交替電場或磁場，如微波，高周波，電感應耦合場等裝置產生之交替電磁場照射處理，利用電磁感應方式，直接激發該等植入離子或離子分子的動能，取代以傳統加熱制程的升溫，間接激發植入離子或離子分子之動能方法，進而能有效率地輸入所需的能量，減少能源消耗。而且透過層的每一層可以同時均一地激發，使動能被激發後所出現的溫度上升效應所產生的加熱溫度分佈均勻，達到改善生產品質效果。除此之外，本發明之電磁感應激發動能方式，還能大幅節省制程時間，縮短生產周期，與傳統升溫加熱方式相較，更有降低時間成本，制程潔淨，操作方便等優勢。

此外，本發明之方法更可應用在薄膜的切割制程上。例如先利用一離子植入法，以於一薄膜內形成一層或一層以上的離子分離層，接著在轉變溫度以上，施以一高頻交替電場或磁場照射該薄膜，使該離子分離層中的植入離子聚合為氣體分子，分離該薄膜，完成薄膜切割。

以下本發明更提供一些較佳之具體實施例，藉以進一步說明本發明的架構製作方法與特點。

首先應用微波輻射激發離子分離層中的分子動能為例，說明本發明以電磁感應方式，激發植入離子或離子分子動能，達到薄膜轉移目的的原理。

第一實施例實施時，原始基板為一P型，晶格方向(100)，電阻值為10-50 ohm-cm，表面覆蓋2000Å二氧化矽(SiO<sub>2</sub>)，單面拋光，8"矽晶圓片，經過劑量為  $4.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ ，植入能量為200 KeV，氫分子離子(H<sub>2</sub><sup>+</sup>)植入。目標基板為一P型，晶格方向(100)，電阻值為10-50 ohm-cm，單面拋光矽晶圓片。兩矽晶圓片於室溫經電漿加強鍵合法鍵合為一

鍵合結構體，置於一商用可調溫度微波爐內，以轉變溫度設定為 200°C 退火處理十五分鐘，然後緊接在此溫度之下以 2.45 GHz 頻率，1000W輸出功率，15分鐘的微波照射後，一矽薄膜自原始基板分離轉移至目標基板，厚度約為0.6  $\mu\text{m}$ ，合成一以二氧化矽為絕緣層之SOI晶圓材料。

第二實施例實施時，原始基板為一P型，晶格方向(100)，電阻值為10-50 ohm-cm，單面拋光，8"矽晶圓片，經過兩次氫分子離子( $\text{H}_2^+$ )植入制程，第一次氫分子離子植入之植入溫度為550°C，劑量為 $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ ，植入能量為200 KeV；緊接第二次氫分子離子植入，植入溫度為室溫，劑量為 $4 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ ，植入能量為200 KeV。目標基板為一單面拋光玻璃晶圓片。兩矽晶圓片於室溫經電漿加強鍵合法鍵合為一鍵合構造體，置於一商用可調溫度微波爐內，以轉變溫度定為 200°C 退火處理十五分鐘，然後緊接在此溫度之下以 2.45 GHz 頻率，1000W輸出功率，15分鐘的微波照射後，一矽薄膜自原始基板分離轉移至目標基板，厚度約為0.5  $\mu\text{m}$ ，合成一以玻璃基板為主體之SOI晶圓材料。

第三實施例實施時，原始基板為一P型，晶格方向(100)，電阻值為10-50 ohm-cm，單面拋光矽晶圓片，經過兩次離子植入制程。首先植入劑量為 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ ，植入能量為180 KeV，硼離子( $\text{B}^+$ )；其次植入劑量為 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ ，植入能量為129 KeV，氫分子離子( $\text{H}_2^+$ )。目標基板為一單面拋光玻璃晶圓片。兩晶圓片於室溫經電漿加強鍵合法鍵合為一鍵合構造體，置於一商用可調溫度微波爐內，以轉變溫度定為 120°C 退火處理十分鐘，然後緊接在此溫度之下以 2.45 GHz 頻率，1000W輸出功率，5分鐘的微波照射後，一矽薄膜自原始基板分離轉移至目標基板，厚度約為0.35  $\mu\text{m}$ ，合成一以玻璃基板為主體之SOI晶圓材料。

第四實施例實施時，原始基板為一內建具有厚度為1.5  $\mu\text{m}$  濃度為 ( $\text{B}/\text{Ge}: 2.0 \times 10^{20}/2.0 \times 10^{21}/\text{cm}^{-3}$ ) 硼銻摻雜之高濃度磊晶層，其上有一0.35  $\mu\text{m}$ 厚度之無摻雜矽磊晶層之晶格方向(100)，單面拋光矽晶圓片，經過劑量為 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ ，植入能量為120 KeV，氫分子離子( $\text{H}_2^+$ )植入。目標基板為一單面拋光玻璃晶圓片。兩晶圓片於室溫經電漿加強鍵合法鍵合為一鍵合構造體，置於一商用可調溫度微波爐內，以轉變溫度定為 120°C 退火處理十分鐘，然後緊接在此溫度之下以 2.45 GHz 頻率，1000W輸出功率，

5分鐘的微波照射後，一矽薄膜自原始基板分離轉移至目標基板，厚度約為 $0.3\ \mu\text{m}$ ，合成一以玻璃基板為主體之SOI晶圓材料。

第五實施例實施時，原始基板為一晶格方向(0001)，雙面拋光氧化鋁晶圓片，經過第一次劑量為 $3 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ ，植入能量為200 KeV，氫分子離子( $\text{H}_2^+$ )在 $650^\circ\text{C}$ 溫度下植入。緊接第二次氫分子離子植入，植入溫度為室溫，劑量為 $3 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ ，植入能量為200 KeV。目標基板為一單面拋光一晶格方向(100)矽晶圓片。兩晶圓片於室溫經電漿加強鍵合法鍵合為一鍵合構造體，置於一商用可調溫度微波爐內，以轉變溫度定為 $450^\circ\text{C}$ 退火處理十五分鐘，然後緊接在此溫度之下以2.45 GHz 頻率，1000W輸出功率，5分鐘的微波照射後，一矽薄膜自原始基板分離轉移至目標基板，厚度約為 $0.6\ \mu\text{m}$ ，合成一以覆蓋單晶氧化鋁薄膜為表面的矽晶圓基板材料。

由於微波本身並不生熱，其系為一種電磁波，波長在1cm-1m (頻率30GHz-300MHz)的區域內，介於紅外和無線電波之間。微波在空間中產生電場與磁場的變化，能均勻地透過物質，它產生的正極和物質裏的極性分子中的負極相吸，然後在極高的頻率引發物質內的極性分子跟著電場交互的改變極化方向，繞一軸作加速旋轉振動。由於微波輻射引起的吸收極化作用，使極性分子在極高速頻率下振動（每秒二十四億五千萬次, 2.45 GHz），動能增加迅速，而鄰近分子也跟著加速運動，因互相摩擦，產生摩擦熱，使得溫度上升。雖然微波的穿透力只有2.5—3.5釐米(cm)左右，但已足夠應付現今半導體晶圓材料的厚度需求。

本發明中將鍵合構造體升溫至一轉變溫度，然後緊接在此溫度之下以微波照射，除了應用以上所述極性分子電耦極化原理，還運用激發基板原子作為微波吸收材料，協助能量轉移。因基板為半導體材料，電阻值高，吸收微波後將使基板內載子運動加速，產生大伴隨電流，致該伴隨感應電流依電阻加熱原理 (Resistive Heating) 產生能量，藉由非彈性碰撞，直接迅速轉移該能量至植入的離子或分子離子形成之分子，增加其分子動能，而不需經過加熱過程來提高鍵合基板對的溫度，間接激發分子動能。

因著在轉變溫度下操作微波照射，有效增強植入離子或分子離子吸收微波能力，加



速動能，逃脫鄰近基板原子的束縛，打斷與其形成的鍵結，和另一脫離之植入離子相遇，結合形成氣體分子及其對應之成核機構，在擴大成核機構產生之微細氣泡，導致的裂縫長大過程中，合併其他微細氣泡而形成氣膜。植入離子或分子離子動能的增強，一方面直接吸收照射之微波的能量，一方面藉由與基板吸收微波導致的載子的非彈性碰撞，大量快速轉移載子因電磁感應所產生的能量，轉化成爲分子動能，增加氣體碰撞頻率，產生足夠內壓，擴大氣體體積，將薄膜自基板分離。本發明所提供之實施例一即是應用以上表面極性分子簇團電磁感應制程產出之成果，驗證本發明之立論正確。

本發明藉由表面處理獲得表面極性分子簇團(Polar Molecular Cluster)，如矽晶圓經標準潔淨 (RCA cleaning method) 處理得到在晶圓表面的水分子聚合體，或經氧電漿處理的表面得到的氧離子聚合體，激化欲鍵合之晶圓表面狀態，能夠在短時間內增加鍵合後鍵合構造體中兩晶圓接觸面原子間的反應速率，而與對方互相形成化學鍵，快速增強鍵合能量 (Bonding Energy)，使之在後續照射處理中，將薄膜自原始基板分離之前，能達到一定要求的強度，避免在進行薄膜分離時，因氣泡之形成而與原始基板脫落。

本發明將鍵合構造體升溫至轉變溫度以上，改變物質特性，增高微波吸收係數，在相關化學反應中做出本質上的變化，變更微波反應作用模式，並達到控制制程穩定性目的。

以上所述僅爲說明本發明之較佳實施例，並非用以限定本發明之申請專利範圍；凡其他未脫離發明所揭示之精神下所完成之等效改變或修飾，均應包含在下述之申請專利範圍內。

### 【圖式簡單說明】

圖一至圖五爲本發明之薄膜轉移方法的制程示意圖。

圖示之符號說明

01 原始基板	02 薄膜
03 植入離子分離層	04 餘質層

- |            |                |
|------------|----------------|
| 05 原始基板正表面 | 06 植入離子或分子離子   |
| 07 目標基板    | 08 高頻交替電場或磁場照射 |
| 09 溫度增高器   | 10 鍵合結構體       |

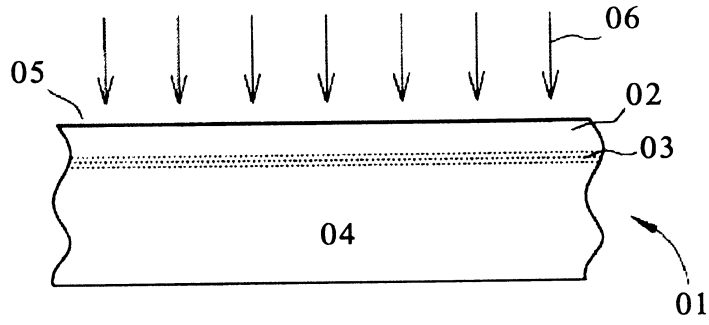
### 伍、中文發明摘要：

本發明系說明一方法，用來將一薄膜層 (Thin Film) 自一原始基板 (Prime Substrate) 中分離並轉移至一目標基板 (Target Substrate) 表面。本發明之方法是：(1) 先進行一離子植入制程 (Ion Implantation)，將離子或分子植入該原始基板表面，形成一充滿植入離子之分離層，(2) 接著利用晶圓鍵合法 (Wafer Bonding)，將該原始基板與該目標基板鍵結成一鍵合構造體，然後(3) 升高該鍵合構造體至一高於室溫的使介電係數 (dielectric constant) 及消散因數 (dissipation factor) 產生增加轉變的恒溫溫度，在此溫度範圍內對該鍵合構造體進行一離子激化處理，使該等植入之離子運動聚合成氣體分子，填充于該氣體分子所造成之裂縫中，進而(4) 形成一分離膜，分離該分離膜上之薄膜層並將其轉移至該目標基板上。

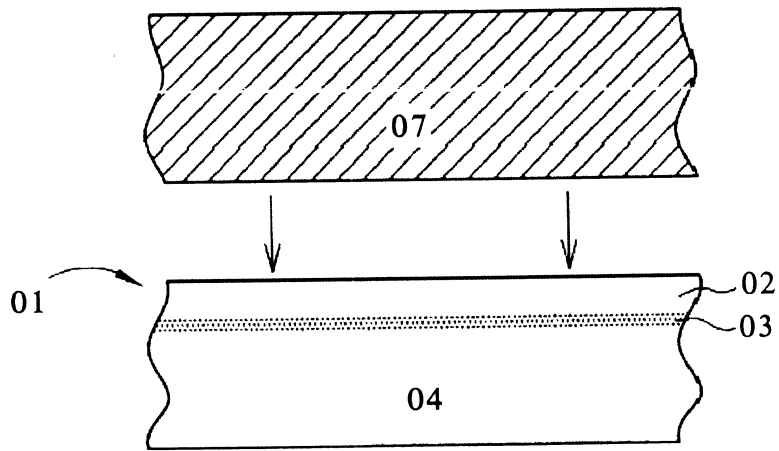
### 陸、英文發明摘要：

The invention provides a thin-film transferring method, which can separate a thin film from a primary substrate and transfer it onto a target substrate. The method is practiced first by a process of ion implantation, which implants ions into a primary substrate to form an ion-filled separation layer under implanted surface, and then followed by a wafer-bonding method, which joins the primary substrate with a target substrate. The resulting bonded structure is to be going through a temperature raise step to let dielectric constant and dissipation factor turn up temperature which is greater than room temperature, and then followed under this temperature, high-energy ion activation activity, in which the implanted ions incorporate into aerial particles, which fill the cleaves, resulting in a separation film, which is to be transferred to the target substrate in wafer bonding process.

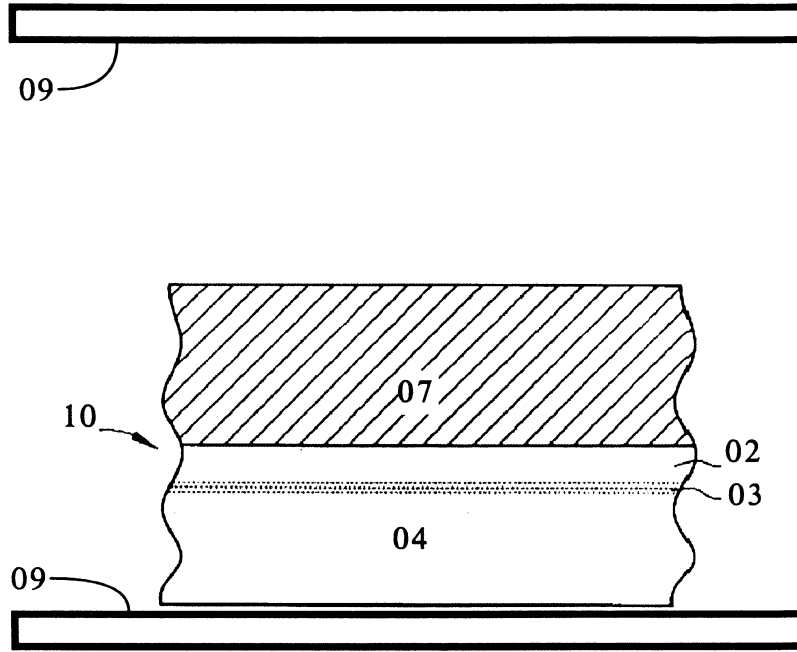
拾壹、圖式：



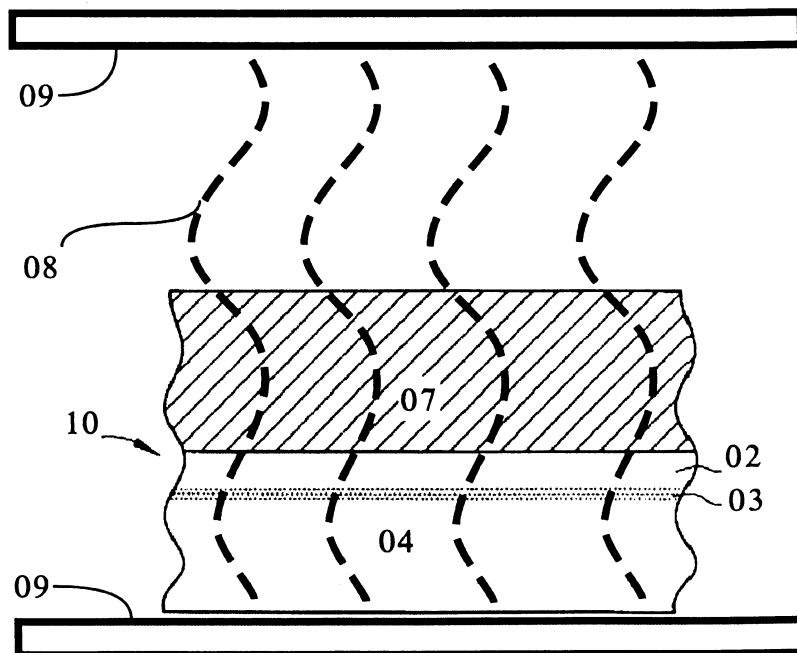
第一圖



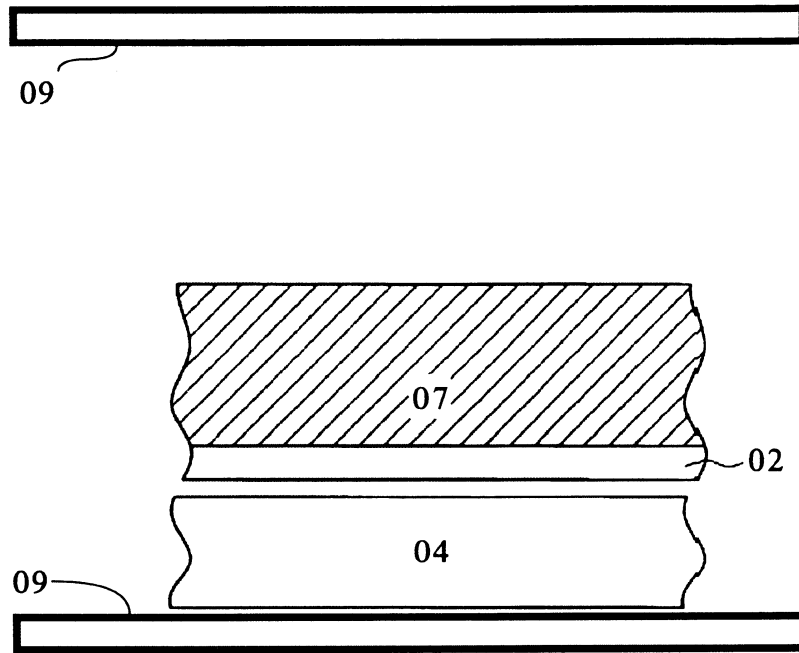
第二圖



第三圖



第四圖



第五圖

柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 4 ）圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

02 薄膜		
03 植入離子分離層	04	餘質層
05 原始基板正表面	06	植入離子或分子離子
07 目標基板	08	高頻交替電場或磁場照射
09 溫度增高器	10	鍵合結構體

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

公告本

I290342

93 3 19

# 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：9213220<sup>v</sup>

※ 申請日期：92.11.18

※IPC 分類：H01L 21/266

## 壹、發明名稱：(中文/英文)

在基板上製作薄膜方法

A Method to Fabricate a Thin Film on a Substrate

## 貳、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

聯合晶圓公司 / United SOI Corporation

代表人：(中文/英文) 朱承聖 / Cheng Shen Chu

住居所或營業所地址：(中文/英文)

台北市中正區新生南路一段 120 巷三之一號三樓 /

3F, #3-1, LN 120, Sec. 1, Hsin-Shen S. Road, Taipei

國籍：(中文/英文) 美國 / United States of America

## 參、發明人：(共 2 人)

姓名：(中文/英文)

1) 李天錫 / Tien-Hsi Lee

2) 甘青 / Qing Gan

住居所地址：(中文/英文)

1) 拿德大道 6527 號，美國加州艾爾喜瑞都市/ 6527 Knott Avenue, El Cerrito, CA 94530, USA

2) 伯羅巷 41098 號，美國加州菲爾門市 41098 Bairo Ct., Fremont, CA 94539, USA

國籍：(中文/英文)

(1) 中華民國 / Republic of China

(2) 中華人民共和國 / People's Republic of China



96年8月17日修(更)正替換頁

### 拾、申請專利範圍：

1. 一種薄膜轉移製程，該薄膜轉移製程係包含有下列步驟：  
提供一原始基板 (Primary Substrate)；  
利用一離子植入 (Ion Implantation) 法，於該原始基板內形成一離子分離層，使得該原始基板藉由該離子分離層形成：  
一薄膜層 (Thin Film)，該薄膜層係為該原始基板中承受離子植入的區域；以及  
一餘質層 (Remnant Substrate)，該餘質層係為該原始基板中不為離子植入的區域；  
利用一晶圓鍵合 (Wafer Bonding) 法，將一目標基板 (Target Substrate) 鍵合於該原始基板，使該目標基板以及該原始基板鍵結成一鍵合構造體 (Bonded Structure)；以及  
將該鍵合構造體加熱至一高於室溫，使該構造體介電係數及消散因素產生轉變的轉變溫度，施以一高頻交替電場或磁場照射處理該鍵合構造體，來分離該薄膜層與該餘質層，使該薄膜層得以自該原始基板表面轉移至該目標基板之上。
2. 如申請專利範圍第1項所述之薄膜轉移製程，其中該離子植入法係為一以電漿浸泡離子植入法 (Plasma Ion Implantation Immersion) 或以相異植入溫度的分段植入離子法。
3. 如申請專利範圍第1項所述之薄膜轉移製程，其中該離子植入法所植入之離子包含有氫離子。
4. 如申請專利範圍第1項所述之薄膜轉移製程，其中該離子植入法所植入之離子係為一分子離子 (Molecular Ions)。
5. 如申請專利範圍第1項所述之薄膜轉移製程，其中該晶圓鍵合法係為一直接鍵合法 (Direct Bonding)、陽極鍵合法 (Anodic Bonding)、低溫鍵合法 (Low Temperature Bonding)、真空鍵合法 (Vacuum Bonding) 或電漿強化鍵合法

96年8月17日修(更)正替換頁

- (Plasma Enhanced Bonding)。
6. 如申請專利範圍第5項所述之薄膜轉移製程，其中該晶圓鍵合法，更包含有一表面離子化處理，使該原始基板與該目標基板之鍵合面能夠獲得足夠的鍵合強度 (Bonding Strength)。
  7. 如申請專利範圍第1項所述之薄膜轉移製程，更包含有一預熱程式，進行於該離子分離層形成之後以及該晶圓鍵合製程之前，用來初步聚合該等植入之離子或分子離子，產生晶界裂紋，使該原始基板表面處於一欲形成氣泡之高應力臨界狀態。
  8. 如申請專利範圍第1項所述之薄膜轉移製程，其中該高頻交替電場或磁場照射處理係利用一可產生高頻交替電場或磁場之相關裝置以產生該高頻交替電場或磁場，該可產生高頻交替電場或磁場之相關裝置係為一微波 (Microwave)、高周波 (Radio Frequency)、感應耦合 (Inductive Coupled) 場產生裝置或其他足以直接激發該鍵合構造體內之植入離子、分子離子或該等離子與基板原子之反應產物的動能的裝置。
  9. 如申請專利範圍第1項所述之薄膜轉移製程，該轉變溫度係高於室溫，低於900°C或低於執行智切法在同一時段內完成所需之溫度。
  10. 如申請專利範圍第9項所述之薄膜轉移製程，該原始基板為矽晶圓片時，該轉變溫度係高於室溫，低於450°C。
  11. 如申請專利範圍第1項所述之方法薄膜轉移製程，其中該原始基板，更包含有一相異摻雜原子濃度層，藉以利用該原始基板中之相異摻雜原子濃度層來形成一相異載子濃度層，以於該高頻交替電場或磁場照射時，產生選擇性感應能量。
  12. 如申請專利範圍第11項所述之薄膜轉移製程，其中該原始基板的相異摻雜原子濃度層係利用離子植入、分子束磊晶成長、液相磊晶成長或氣相磊晶成長等方式所形成。
  13. 如申請專利範圍第1項所述之薄膜轉移製程，其中該高頻交替電場或磁場照

96年8月7日修(更)正替換頁

射處理所使用之微波系統係為一固定頻率之微波系統或為一可轉變頻率之微波系統，該固定頻率微波系統之微波係使用 2.45 GHz 或 900 MHz 頻率。

14. 如申請專利範圍第13項所述之薄膜轉移製程，其中該微波照射時間大於一分鐘。
15. 如申請專利範圍第1項所述之薄膜轉移製程，其中該原始基板包含矽 (Si)，鍺(Ge)，碳化矽(SiC)，砷化鎵(GaAs)，氮化鎵(GaN)，第四族半導體材料 (Group 4 Semiconductor)，或三-五族半導體材料 (III-V Semiconductor)。
16. 一種薄膜轉移製程，該薄膜轉移製程係包含有下列步驟：  
提供一原始基板；  
利用一離子植入法，於該原始基板內形成一離子分離層，使得該原始基板藉由該離子分離層形成：  
一薄膜層，該薄膜層係為該原始基板中承受離子植入的區域；以及  
一餘質層，該餘質層係為該原始基板中不為離子植入的區域；  
利用一晶圓鍵合法，將該原始基板與一目標基板相互鍵合，形成鍵合構造體；以及  
將該鍵合構造體加熱至一高於室溫，使該構造體介電係數及消散因素產生轉變的轉變溫度，施以一高頻交替 (High Frequency Alternating) 電場或磁場照射處理該鍵合構造體，來分離該薄膜層與該餘質層，使該薄膜層得以自該原始基板表面轉移至該目標基板之上。
17. 如申請專利範圍第16項所述之薄膜轉移製程，其中該原始基板係為一氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、氧化鋁鏷( $\text{LaAlO}_3$ )、氧化鈦鋇( $\text{SrTiO}_3$ )、石英( $\text{SiO}_2$ )或氧化物基板。
18. 如申請專利範圍第16項所述之薄膜轉移製程，其中該離子植入法係為一段式植入法，以分別於至少兩相異之植入溫度下，分段植入離子。
19. 如申請專利範圍第18項所述之薄膜轉移製程，其中該原始基板係由矽所構成，該離子植入法包含有一溫度控制在 $500^\circ\text{C}$ 至 $800^\circ\text{C}$ 之間，植入劑量不超

16年8月17日修(更)正替換頁

- 過 $8 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 之單原子氫離子( $\text{H}^+$ )的離子植入，以及一不大於 $150^\circ\text{C}$ 溫度，植入劑量大於 $2 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 的單原子氫離子( $\text{H}^+$ )植入或以大於 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 劑量的氫氣體分子離子( $\text{H}_2^+$ )植入。
20. 如申請專利範圍第18項所述之薄膜轉移製程，其中該原始基板係由矽所構成，該離子植入法包含有一溫度控制於 $500^\circ\text{C}$ 至 $700^\circ\text{C}$ 之間，植入劑量不超過 $4 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 之氫氣體分子離子( $\text{H}_2^+$ )的離子植入，以及一不大於 $150^\circ\text{C}$ 溫度，植入劑量大於 $2 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 的單原子氫離子( $\text{H}^+$ )植入或以大於 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 劑量的氫氣體分子離子( $\text{H}_2^+$ )植入。
21. 如申請專利範圍第18項所述之薄膜轉移製程，其中該原始基板係由氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )所構成，該離子植入法包含有一的溫度控制於 $550^\circ\text{C}$ 至 $800^\circ\text{C}$ 之間，植入劑量不超過 $1.4 \times 10^{17}/\text{cm}^2$ 之單原子氫離子( $\text{H}^+$ )的離子植入，以及一不大於 $200^\circ\text{C}$ 溫度，植入劑量大於 $6 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 的單原子氫離子( $\text{H}^+$ )植入或以大於 $3 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 劑量的氫氣體分子離子( $\text{H}_2^+$ )植入。
22. 如申請專利範圍第18項所述之薄膜轉移製程，其中該原始基板係由氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )所構成，該離子植入法包含有一的溫度控制於 $550^\circ\text{C}$ 至 $800^\circ\text{C}$ 之間，植入劑量不超過 $7 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 之氫氣體分子離子( $\text{H}_2^+$ )的離子植入，以及一不大於 $200^\circ\text{C}$ 溫度，植入劑量大於 $6 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 的單原子氫離子( $\text{H}^+$ )植入或以大於 $3 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 劑量的氫氣體分子離子( $\text{H}_2^+$ )植入。
23. 如申請專利範圍第 16 項所述之薄膜轉移製程，其中高頻交替 (High Frequency Alternating) 係為一微波、高周波或感應耦合場產生裝置。