



(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 201730962 A

(43)公開日：中華民國 106 (2017) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：105126857

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 08 月 23 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/311 (2006.01)*

(30)優先權：2015/10/09 美國 62/239,645

2016/08/10 美國 15/233,351

(71)申請人：應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)

美國

(72)發明人：庫許魯須薩 派瑞尚特庫馬 KULSHRESHTHA, PRASHANT KUMAR (IN)；段子青 DUAN, ZIQING (US)；娜拉辛赫 卡席克辛馬瓦朱拉 NARASIMHA, KARTHIK THIMMAVAJJULA (US)；李光德道格拉斯 LEE, KWANGDUK DOUGLAS (KR)；金 秉憲 KIM, BOK HOEN (US)

(74)代理人：李世章；彭國洋

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：7 共 42 頁

(54)名稱

超高模量與蝕刻選擇性的硼-碳硬遮罩膜

ULTRA-HIGH MODULUS AND ETCH SELECTIVITY BORON-CARBON HARDMASK FILMS

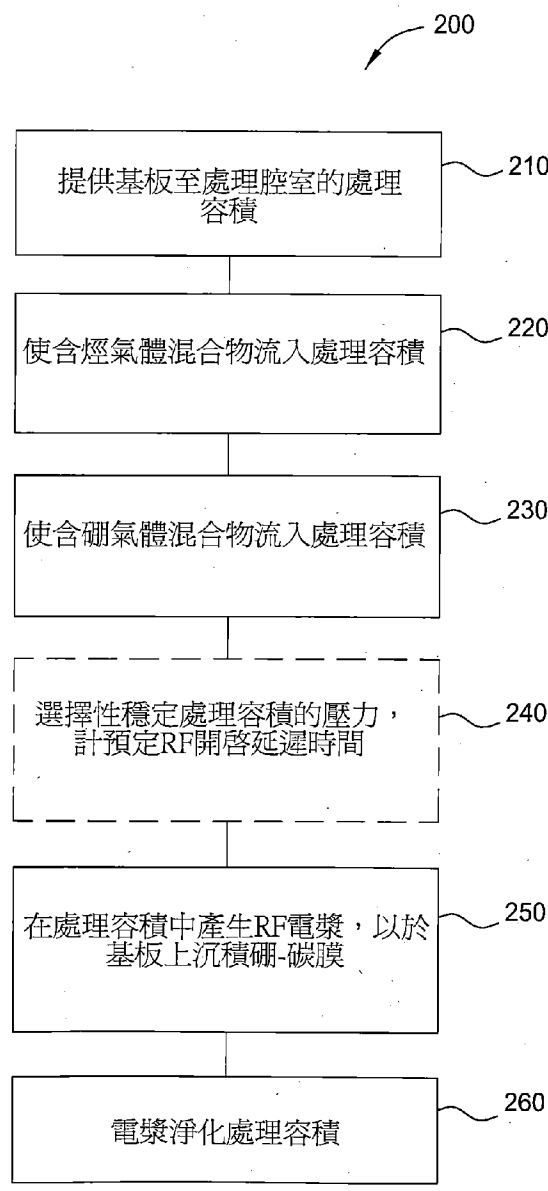
(57)摘要

本發明的實施例大體而言係關於積體電路製造。更具體而言，本文所述實施例提供用於沉積硼-碳膜至基板上的技術。在一實施例中，提供處理基板的方法。方法包含流入含煙氣體混合物至處理腔室的處理容積，處理容積具有基板放置於內，其中基板經加熱達約 400°C 至約 700°C 的基板溫度、流入含硼氣體混合物至處理容積，及在處理容積內產生 RF 電漿，以於加熱基板上沉積硼-碳膜，其中硼-碳膜具有約 200 GPa 至約 400 GPa 的彈性模量和約 -100 MPa 至約 100 MPa 的應力。

Implementations of the present disclosure generally relate to the fabrication of integrated circuits. More particularly, the implementations described herein provide techniques for deposition of boron-carbon films on a substrate. In one implementation, a method of processing a substrate is provided. The method comprises flowing a hydrocarbon-containing gas mixture into a processing volume of a processing chamber having a substrate positioned therein, wherein the substrate is heated to a substrate temperature from about 400 degrees Celsius to about 700 degrees Celsius, flowing a boron-containing gas mixture into the processing volume and generating an RF plasma in the processing volume to deposit a boron-carbon film on the heated substrate, wherein the boron-carbon film has an elastic modulus of from about 200 to about 400 GPa and a stress from about -100 MPa to about 100 MPa.

指定代表圖：

符號簡單說明：  
200 . . . 方法  
210、220、230、  
240、250、  
260 . . . 操作



第2圖



201730962

E 申請日: 105 年 08 月 23 日

IPC分類: H01L 21/311(2006.01)

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】超高模量與蝕刻選擇性的硼-碳硬遮罩膜

【英文發明名稱】ULTRA-HIGH MODULUS AND ETCH SELECTIVITY

BORON-CARBON HARDMASK FILMS

【中文】

本發明的實施例大體而言係關於積體電路製造。更具體而言，本文所述實施例提供用於沉積硼-碳膜至基板上的技術。在一實施例中，提供處理基板的方法。方法包含流入含烴氣體混合物至處理腔室的處理容積，處理容積具有基板放置於內，其中基板經加熱達約 400 °C 至約 700 °C 的基板溫度、流入含硼氣體混合物至處理容積，及在處理容積內產生 RF 電漿，以於加熱基板上沉積硼-碳膜，其中硼-碳膜具有約 200 GPa 至約 400 GPa 的彈性模量和約 -100 MPa 至約 100 MPa 的應力。

【英文】

Implementations of the present disclosure generally relate to the fabrication of integrated circuits. More particularly, the implementations described herein provide techniques for deposition of boron-carbon films on a substrate. In one implementation, a method of processing a substrate is provided. The method comprises flowing a hydrocarbon-containing gas mixture into a processing volume of a processing chamber having a substrate positioned therein, wherein the substrate is heated to a substrate temperature from about 400 degrees Celsius to about 700 degrees Celsius, flowing a boron-containing gas mixture into the processing volume and generating an RF plasma in the processing volume to

申請案號：105126857

申請日：2016 年 08 月 23 日

IPC 分類：

deposit a boron-carbon film on the heated substrate, wherein the boron-carbon film has an elastic modulus of from about 200 to about 400GPa and a stress from about -100 MPa to about 100 MPa.

【指定代表圖】第（2）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

2 0 0 方 法

2 1 0 、 2 2 0 、 2 3 0 、 2 4 0 、 2 5 0 、 2 6 0 操 作

【特徵化學式】

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 超高模量與蝕刻選擇性的硼-碳硬遮罩膜

【英文發明名稱】 ULTRA-HIGH MODULUS AND ETCH SELECTIVITY  
BORON-CARBON HARDMASK FILMS

【技術領域】

【0001】 本發明的實施例大體而言係關於積體電路製造。更具體而言，本文所述實施例提供用於沉積硼-碳膜至基板上的技術。

【先前技術】

【0002】 積體電路已發展成單一晶片包括數百萬個電晶體、電容器和電阻器的複雜裝置。晶片設計發展不斷要求更快速電路和更高電路密度。對快速電路與高電路密度的要求相應推動了對用於製造此類積體電路的材料需求。特別地，由於積體電路部件尺寸縮減至奈米級，現須使用低電阻率的導電材料和低介電常數的絕緣材料，以從此類組分獲得適當電氣效能。

【0003】 對高電路密度的要求亦推動了對用於製造積體電路部件的處理程序要求。例如，在採用習知光刻技術的處理程序中，能敏抵擋層形成在置於基板上的材料層堆疊上方。能敏抵擋層曝露至圖案影像而形成光阻遮罩。隨後，利用蝕刻製程，將遮罩圖案轉移到堆疊的一或更多材料層。用於蝕刻製程的化學蝕刻劑乃選擇為對堆疊的材料層的蝕刻選擇性比能敏抵擋遮罩大。亦即，化學蝕刻劑蝕刻材料堆疊的一或更多層的速率比能敏抵

擋層快得多。對堆疊的一或更多材料層的蝕刻選擇性高於抵擋層可防止能敏抵擋層在完成圖案轉移前耗盡。

【0004】 隨著圖案尺寸縮小，能敏抵擋層厚度勢必相應減小，以控制圖案解析度。在圖案轉移步驟期間，此類薄抵擋層可能遭化學蝕刻劑侵蝕而不足以遮蔽底下材料層。稱作硬遮罩的中間層具高化學蝕刻劑抗性，故常用於能敏抵擋層與底下材料層之間，以協助圖案轉移。薄硬遮罩最好兼具高蝕刻選擇性，且在完成蝕刻製程後容易移除。隨著關鍵尺寸（CD）減小，現行硬遮罩材料缺少相對底下材料的預定蝕刻選擇性，且通常很難移除。

【0005】 硼-碳膜具有優良的機械性質、優異的階梯覆蓋性、良好的濕蝕刻抗性，且對低介電膜具高乾蝕刻選擇性。所有特性皆有益諸如光刻硬遮罩至低k介電質蝕刻和自對準雙重圖案化製程等應用。然因非晶本性，非晶硼膜易具高膜應力，導致線彎曲而損壞積體電路。非晶碳膜的蝕刻選擇性差，故需要厚硬遮罩。厚硬遮罩並不適用，因為透明度下降，及圖案彎曲或於高深寬比時崩塌。

【0006】 因此，需要具改良蝕刻選擇性的透明硬遮罩膜。亦需用於沉積改良硬遮罩層的方法。

#### 【發明內容】

【0007】 本發明的實施例大體而言係關於積體電路製造。更具體而言，本文所述實施例提供用於沉積硼-碳膜至基板上的技術。在一實施例中，提供處理基板的方法。

方法包含流入含烴氣體混合物至處理腔室的處理容積，處理容積具有基板放置於內，其中基板經加熱達約400℃至約700℃的基板溫度、流入含硼氣體混合物至處理容積，及在處理容積內產生RF電漿，以於加熱基板上沉積硼-碳膜，其中硼-碳膜具有約200 GPa（吉帕）至約400 GPa的彈性模量和約-100 MPa（兆帕）至約100 MPa的應力。

【0008】 在另一實施例中，提供處理基板的方法。方法包含流入含烴氣體混合物至處理腔室的處理容積，處理容積具有基板放置於內，其中基板經加熱達約400℃至約700℃的基板溫度，其中含硼氣體混合物包含二硼烷（ $B_2H_6$ ）、流入含硼氣體混合物至處理容積，其中含烴氣體混合物包含丙烯（ $C_3H_6$ ），及在處理容積內產生RF電漿，以於加熱基板上沉積硼-碳膜，其中硼-碳膜具有約200至約400 GPa的彈性模量和約-100 MPa至約100 MPa的應力。

【0009】 在又一實施例中，提供處理基板的方法。方法包含流入含烴氣體混合物至處理腔室的處理容積；處理容積具有基板放置於內，其中基板經加熱達約400℃至約700℃的基板溫度、流入含硼氣體混合物至處理容積、穩定處理容積的壓力，計預定RF開啟延遲時間、在處理容積內產生RF電漿，以於加熱基板上沉積硼-碳膜，其中硼-碳膜具有約200 GPa至約400 GPa的彈性模量和約-100 MPa至約100 MPa的應力、形成圖案化

光阻層至硼-碳膜上方、依對應圖案化光阻層的圖案，蝕刻硼-碳膜、將圖案蝕刻到基板內，及沉積材料至硼-碳膜的蝕刻部分中。

**【圖式簡單說明】**

**【0010】** 為讓本發明的上述概要特徵更明顯易懂，可配合參考實施例說明，部分實施例乃圖示在附圖。然應注意所附圖式僅說明本發明典型實施例，故不宜視為限定本發明範圍，因為本發明可接納其他等效實施例。

**【0011】** 第1圖圖示可用於實踐本文所述實施例的設備示意圖；

**【0012】** 第2圖圖示根據本文所述實施例，用於沉積硼-碳膜的一個方法實施例的製程流程圖；

**【0013】** 第3圖圖示根據本文所述實施例，併入含硼-碳膜做為硬遮罩層的基板結構截面示意圖；

**【0014】** 第4A圖係根據本文所述實施例，溫度與硼併入對硼-碳膜沉積速率的影響曲線圖；

**【0015】** 第4B圖係根據本文所述實施例，溫度與硼併入對硼-碳膜光學性質的影響曲線圖；

**【0016】** 第4C圖係根據本文所述實施例，溫度與硼併入對硼-碳膜的膜密度的影響曲線圖；

**【0017】** 第4D圖係根據本文所述實施例，溫度與硼併入對硼-碳膜應力的影響曲線圖；

**【0018】** 第5A圖係根據本文所述實施例，壓力對硼-碳膜的應力和膜密度的影響曲線圖；

【0019】 第5B圖係根據本文所述實施例，間距對硼-碳膜的應力和膜密度的影響曲線圖；

【0020】 第6圖係根據本文所述實施例，硼百分比對硼-碳膜的氧化物蝕刻選擇性和鎢蝕刻選擇性的影響條狀圖；

【0021】 第7A圖係根據本文所述實施例，溫度對硼-碳膜的氧化物蝕刻選擇性和應力的影響條狀圖；

【0022】 第7B圖係根據本文所述實施例，氮流率對硼-碳膜的氧化物蝕刻選擇性和應力的影響條狀圖；

【0023】 第7C圖係根據本文所述實施例，溫度對硼-碳膜的鎢/矽蝕刻選擇性和應力的影響條狀圖；及

【0024】 第7D圖係根據本文所述實施例，氮流率對硼-碳膜的鎢/矽蝕刻選擇性和應力的影響條狀圖。

【0025】 為助於理解，儘可能以相同的元件符號代表各圖中共用的相似元件。應理解某一實施例的元件和特徵結構當可有益地併入其他實施例，在此不另外詳述。然應注意附圖僅為舉例說明本發明的示例性實施例，故不宜視為限定本發明範圍，因為本發明可接納其他等效實施例。

#### 【實施方式】

【0026】 下文描述用於沉積硼-碳膜至基板上的技術並具有高模量和蝕刻選擇性。某些細節在下文與第1圖至第7D圖中提出，以徹底了解本發明的各種實施例。下文

則不提及通常與硼-碳膜相關的其他已知結構和系統描述細節，以免不必要地讓各種實施例敘述變得晦澀難懂。

【0027】 許多圖示細節、尺寸、角度和其他特徵結構僅為舉例說明特定實施例。故在不脫離本發明的精神和範圍情況下，其他實施例可具有其他細節、部件、尺寸、角度和特徵結構。此外，本發明的其他實施例可不按照下述數個細節實踐。

【0028】 具高蝕刻選擇性的硬遮罩係發展~10奈米或更小尺寸裝置的基石。相較於先前非晶碳硬遮罩膜，現行低溫含硼的碳硬遮罩可達成良好的蝕刻選擇性、機械強度、透明度且容易剝除。然低溫含硼硬遮罩膜的非晶本性、高併入氫和低模量（~100 GPa）限制了高深寬比特徵結構和小尺寸裝置的製造。為實現下一代積體電路晶片組，本發明的實施例提供在更高溫度（例如 $\geq 400^{\circ}\text{C}$ ）下製造高密度硼-碳硬遮罩膜。相較於現行可用低溫含硼硬遮罩膜，本文所述高密度硼-碳硬遮罩膜實施例具有低膜內 $\text{H}_2$ 含量和高模量，同時維持低應力、透明度和高沉積速率。所述硼-碳硬遮罩膜的超高蝕刻選擇性容許對下一代NAND與DRAM裝置中的高深寬比特徵結構進行單次圖案轉移。本文所述硼-碳硬遮罩膜能抗圖案崩塌、具優異的關鍵尺寸（CD）控制和高圖案解析度，故非常適合7-10奈米裝置。此外，因對底下層有極佳蝕刻選擇性，本文所述硼-碳硬遮罩膜可比現行膜薄（例如，比相同裝置尺寸薄約30%至40%），故可縮短沉積及剝

除時間。本發明的實施例提供具超高模量 ( $\geq 200 \text{ GPa}$ ) 和高蝕刻選擇性 (較現行硬遮罩膜有  $>4$  倍改良效果) 的硼-碳膜。

【0029】 膜沉積可使用各種碳前驅物 (例如丙烯、乙炔、乙烯、甲烷、己烷、己烷、異戊二烯、丁二烯等)、硼源 (例如二硼烷 ( $\text{B}_2\text{H}_6$ )、鄰碳硼烷與三甲基硼氮炔) 和含氮前驅物 (例如吡啶、脂族胺、胺、腈、氮)。依據不同膜沉積參數的系統分析, 包括溫度 (例如  $400$  至  $700^\circ\text{C}$ 、 $550$  至  $650^\circ\text{C}$ )、壓力 (例如  $2$  至  $20$  托耳、 $10$  至  $20$  托耳)、硼前驅物流率 (例如  $100-6000 \text{ sccm}$  (標準立方公分每分鐘))、硼前驅物的  $\text{H}_2$  稀釋 (例如  $2\%$  至  $20\%$ ) 和 RF 功率 (例如  $500$  至  $2500$  瓦), 可測定高溫下的消光係數 ( $k$ ) 和應力明顯高於低溫。

【0030】 高  $k$  和應力會不當影響膜組成且不利光刻圖案轉移。在很高膜應力下, 殘餘應力將造成膜從下層剝離或產生大量顆粒缺陷。類似地, 膜的吸收/消光係數強烈取決於溫度, 並受形貌和分子結構非晶碳結構 (即  $\text{SP}^2/\text{SP}^3$  鍵) 和硼併入驅策。因此, 本文所述實施例提供膜沉積參數 ( $\text{B}_2\text{H}_6$  流量、基板至電極間距、RF 功率、腔室壓力等), 用以沉積  $k < 0.01$  且應力  $< \pm 100 \text{ MPa}$  的硼-碳膜。

【0031】 本文所述實施例將參照 PECVD 製程描述如下, PECVD 製程可利用任何適合的薄膜沉積系統施行。適合的系統實例包括 CENTURA® 系統 (此可使用

D x Z<sup>TM</sup> 處理腔室)、PRECISION 5000®系統、PRODUCER<sup>TM</sup>系統、PRODUCER GT<sup>TM</sup>與PRODUCER SE<sup>TM</sup>處理腔室，以上可取自位於美國加州聖克拉拉的應用材料公司(Applied Materials, Inc.)。其他能進行PECVD製程的工具亦可改造而受惠本文所述實施例。此外，任何能施行本文所述PECVD製程的系統可有利使用。本文所述設備為舉例說明，故不應推斷或解釋為限定本文所述實施例的範圍。

【0032】用語「約」大體表示在指示值的 $\pm 0.5\%$ 或至多1%內。此外，用語「約」可表示量測誤差(即受限於量測方法)或群組(例如一群孔隙)的物理特性變量或平均。

【0033】第1圖圖示根據本文所述實施例，基板處理系統132的示意圖，用於進行非晶碳層沉積。基板處理系統132包括處理腔室100耦接至氣體面板130和控制器110。處理腔室100通常包括頂壁124、側壁101和底壁122，以界定內部處理容積126。用於支撐基板190的支撐底座150設在處理腔室100的內部處理容積126。支撐底座150由杵桿160支撐，且通常由鋁、陶瓷和其他適合材料製成。支撐底座150可利用移位機構(未圖示)在處理腔室100內朝垂直方向移動。

【0034】支撐底座150可包括埋置加熱元件170，加熱元件適於控制支撐在支撐底座150的表面192的基板190的溫度。藉由施加電源106的電流至埋置加熱元件

170，可電阻式加熱支撐底座150。埋置加熱元件170可由包覆於鎳-鐵-鉻合金（例如INCOLOY®）鞘管的鎳-鉻絲製成。電源106供應的電流由控制器110調節，以控制埋置加熱元件170產生熱，從而使基板190和支撐底座150在膜沉積期間維持呈實質恆定溫度。供應電流可調整以選擇性將支撐底座150的溫度控制在約400℃至約700℃之間。

【0035】溫度感測器172（例如熱耦）可埋置於支撐底座150，以習知方式監控支撐底座150的溫度。量測溫度由控制器110用於控制供給埋置加熱元件170的功率，使基板190維持呈預定溫度。

【0036】真空泵102耦接至形成於處理腔室100底部的埠口。真空泵102用於使處理腔室100維持在預定氣壓。真空泵102亦可將後處理氣體和製程副產物排出處理腔室100。

【0037】基板處理系統132可進一步包括附加裝備來控制腔室壓力，例如設在處理腔室100與真空泵102間的閥（例如節流閥和隔離閥），用以控制腔室壓力。

【0038】具複數個口孔128的氣體分配組件120設在處理腔室100頂部的支撐底座150上方。氣體分配組件120的口孔128用於將處理氣體引入處理腔室100。口孔128可具有不同尺寸、數量、分佈、形狀、設計和直徑，以就不同製程要求協助各種處理氣體流入。氣體分配組件120連接至氣體面板130，以容許在製程期間供

應各種氣體至內部處理容積126。電漿由出自氣體分配組件120的處理氣體混合物形成，以加強處理氣體熱分解，使材料沉積至基板190的表面191。

【0039】 氣體分配組件120和支撐底座150可構成內部處理容積126中的一對分隔電極。一或更多RF電源140經由匹配網路138提供偏壓電位至氣體分配組件120，以助於在氣體分配組件120與支撐底座150間產生電漿。或者，RF電源140和匹配網路138可耦接至氣體分配組件120、支撐底座150，或耦接至氣體分配組件120與支撐底座150，或耦接至設在處理腔室100外部的天線（未圖示）。在一實施例中，RF電源140以約50千赫至約13.6兆赫的頻率提供約100瓦至約3000瓦。在另一實施例中，RF電源140以約50千赫至約13.6兆赫的頻率提供約500瓦至約1800瓦。

【0040】 控制器110包含中央處理單元（CPU）112、記憶體116和支援電路114，用以控制處理程序及調節氣體面板130的氣體流量。CPU 112可為任一用於工業設定的通用電腦處理器類型。軟體常式可儲存於記憶體116，例如隨機存取記憶體、唯讀記憶體、軟碟、硬碟或其他類型的數位儲存器。支援電路114以習知方式耦接至CPU 112，且可包括高速緩衝記憶體、時脈電路、輸入/輸出系統、電源等。經由許多信號電纜可操縱控制器110與基板處理系統132的各種部件間的雙向通訊，

信號電纜統稱信號匯流排118，部分信號電纜乃圖示於第1圖。

【0041】 其他沉積腔室亦可受惠本發明，上列參數可根據用於形成非晶碳層的特定沉積腔室改變。例如，其他沉積腔室可具有更大或更小容積，所需氣體流率比取自應用材料公司的沉積腔室提及氣體流率大或小。在一實施例中，硼-碳膜可利用取自位於美國加州聖克拉拉的應用材料公司的PRODUCER SE<sup>TM</sup>或PRODUCER GT<sup>TM</sup>處理腔室及使用下表1所列參數沉積。

【0042】 剛沉積(as-deposited)的硼-碳膜的硼量/百分比可視應用而異。硼併入膜內的原子百分比計算如下： $((B/(B+C)\%)$ 。在本發明的不同實施例中，硼-碳膜可含有至少5、8、10、15、20、25、30、35、40、45、50、55、60或65原子百分比的硼。硼-碳膜可含有至多8、10、15、20、25、30、35、40、45、50、55、60、65或70原子百分比的硼。硼-碳膜可含有約5至約70原子百分比的硼。硼-碳膜可含有約30至約70原子百分比的硼。硼-碳膜可含有約50至約60原子百分比的硼。碳併入膜內的原子百分比計算如下： $((C/(B+C)\%)$ 。硼-碳膜可含有至少30、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85或90原子百分比的碳。硼-碳膜可含有至多35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90或95原子百分比的碳。硼-碳膜可含有約30至約95原子百分比的碳。硼-碳膜可含

有約30至約70原子百分比的碳。硼-碳膜可含有約35至約50原子百分比的碳。硼-碳膜可含有至少10、15或20原子百分比的氫。硼-碳膜可含有至多15、20或25原子百分比的氫。硼-碳膜可含有約10至約25原子百分比的氫。硼-碳膜可含有約15至約20原子百分比的氫。在某些實施例中，當氮用作前驅物時，硼-碳膜可含有至少2、5、8、10或15原子百分比的氮。硼-碳膜可含有至多5、8、10、15或20原子百分比的氮。硼-碳膜可含有約2至約15原子百分比的氮。硼-碳膜可含有約5至約10原子百分比的氮。

【0043】 通常，以下示例性沉積製程參數可用於形成含硼非晶碳層。製程參數可為約400℃至約700℃的晶圓溫度（例如約500℃至約700℃、約550℃至約650℃）。腔室壓力可為約1托耳至約20托耳的腔室壓力（例如約2托耳至約15托耳、約12托耳至約15托耳）。含氫氣體流率可為約200 sccm至約5000 sccm（例如約200 sccm至約2000 sccm、約500 sccm至約700 sccm）。稀釋氣體流率可個別為約0 sccm至約5000 sccm（約3000 sccm至約5000 sccm、約3500 sccm至約4500 sccm）。鈍氣流率可個別為約0 sccm至約10000 sccm（例如約200 sccm至約2000 sccm、約400 sccm至約500 sccm）。含硼氣體混合物流率可為約100 sccm至約15000 sccm（例如約200 sccm至約6000 sccm、約4000 sccm至約5000 sccm）。

RF 功率可為約 1 0 0 0 瓦至 3 0 0 0 瓦。RF 功率可為約 1 瓦 / 平方吋 ( W / i n <sup>2</sup> ) 至約 1 0 0 W / i n <sup>2</sup> ( 例如約 3 W / i n <sup>2</sup> 至約 2 0 W / i n <sup>2</sup> ) 。基板 1 9 0 的頂表面 1 9 1 與氣體分配組件 1 2 0 間的平板間距可為約 2 0 0 密耳至約 1 0 0 0 密耳 ( 例如約 2 0 0 密耳至約 6 0 0 密耳、約 3 0 0 密耳至約 4 0 0 密耳 ) 。硼 - 碳膜的沉積厚度可為約 1 0 0 埃 ( Å ) 至約 3 0 0 0 0 Å 。硼 - 碳膜的沉積厚度可為約 1 0 0 0 Å 至約 1 8 0 0 0 Å 。硼 - 碳膜的沉積厚度可為約 1 0 0 Å 至約 2 0 0 0 0 Å ，例如約 3 0 0 Å 至約 5 0 0 0 Å 。上述製程參數提供約 1 0 0 Å / 分鐘至約 1 0 0 0 0 Å / 分鐘的典型含硼非晶碳層沉積速率，且可在取自位於美國加州聖克拉拉的應用材料公司的沉積腔室中實施於 3 0 0 毫米 ( m m ) 基板。

表 I

| 沉積參數                                | 示例性範圍             | 示例性範圍            |                |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|----------------|
| 溫度 (°C)                             | 400-700°C         | 500-700°C        | 550-650°C      |
| 壓力 (托耳)                             | 1-20.0 托耳         | 2-15 托耳          | 8-15 托耳        |
| RF 功率 (13.56 兆赫)                    | 100-3,000 瓦       | 1,000-3,000 瓦    | 2,100 瓦        |
| 間距                                  | 200-1,000 密耳      | 200-600 密耳       | 320 密耳         |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> 流量    | 200-5,000 sccm    | 200-2,000 sccm   | 500 sccm       |
| He 流量                               | 0-10,000 sccm     | 200-2,000 sccm   | 400 sccm       |
| H <sub>2</sub> 流量                   | 0-5,000 sccm      | 3,000-5,000 sccm | 500-4,500 sccm |
| B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 混合物流量 | 1,000-15,000 sccm | 200-6,000 sccm   | 4,000 sccm     |
| Ar 流量                               | 0-10,000 sccm     | 5,000-7,000 sccm | 7,000 sccm     |

【 0 0 4 4 】 剛沉積的硼 - 碳膜可具有大於 2 . 5 的折射率 ( n ) ( 6 3 3 n m ) ，例如約 2 . 7 ( 例如約 2 . 5 至約 3 . 0 ) 。剛沉積的硼 - 碳膜可具有小於 0 . 1 的 k 值 ( k 於 6 3 3 n m

處)，例如約0.01至約0.09、約0.04至約0.06、約0.06或以下。剛沉積的硼-碳膜可具有約200至約400 MPa的彈性模量(GPa)(例如約200至約350 MPa、約210至約320 MPa、約212 GPa)。剛沉積的硼-碳膜可具有約-200 MPa至約200 MPa的應力(MPa)(例如約-150 MPa至約150 MPa、約-100 MPa至約100 MPa)。剛沉積的硼-碳膜可具有大於1.5克/立方公分的密度(g/cc)，例如約1.9 g/cc或以上，例如2.0 g/cc(例如約1.5 g/cc至約2.5 g/cc、約1.5 g/cc至約2.0 g/cc)。

【0045】第2圖圖示根據本文所述實施例，用於沉積硼-碳膜的方法200的一個實施例的製程流程圖。方法200始於操作210：提供基板至處理腔室的處理容積。處理腔室可為第1圖所示處理腔室100。基板可為第1圖所示基板190。如第3圖所示，基板190的表面191為實質平坦。或者，基板190可具有圖案化結構，例如表面具有溝槽、孔洞或通孔形成於內。基板190亦可具有預定高度結構形成於上或內的實質平坦表面。儘管基板190係繪示為單一主體，但應理解基板190可含有一或更多材料用於形成半導體裝置，例如金屬觸點、溝槽隔離區、閘極、位元線或任何其他內連線特徵結構。基板190可包含一或更多金屬層、一或更多介電材料、半導體材料和上述組合物用於製造半導體裝置。例如，基板190可視應用包括氧化物材料、氮化物材料、多晶矽材

料等。在欲期記憶體應用的一個實施例中，基板190可包括矽基板材料、氧化物材料和氮化物材料，並且具有或不具多晶矽夾設其間。

【0046】 在另一實施例中，基板190可包括複數個氧化物與氮化物交替材料（即氧化物-氮化物-氧化物（ONO））（未圖示）沉積於基板190的表面191。在不同實施例中，基板190可包括複數個氧化物與氮化物交替材料、一或更多氧化物或氮化物材料、多晶矽或非晶矽材料、氧化物與非晶矽交替、氧化物與多晶矽交替、未摻雜矽與摻雜矽交替、未摻雜多晶矽與摻雜多晶矽交替、或未摻雜非晶矽與摻雜非晶矽交替。基板190可為進行膜處理的任何基板或材料表面。例如，基板190可為材料，例如結晶矽、氧化矽、氮氧化矽、氮化矽、應變矽、矽鍺、鎢、氮化鈦、摻雜或未摻雜多晶矽、摻雜或未摻雜矽晶圓與圖案化或非圖案化晶圓、絕緣層覆矽（SOI）、碳摻雜的氧化矽、氮化矽、摻雜矽、鍺、砷化鎵、玻璃、藍寶石、低k介電質和上述組合物。

【0047】 在操作220中，使含烴氣體混合物流入內部處理容積126。含烴氣體混合物可從氣體面板130經由氣體分配組件120流入內部處理容積126。氣體混合物可包括至少一烴化合物。氣體混合物可進一步包括鈍氣、稀釋氣體、含氮氣體或上述組合物。烴可為任何液體或氣體，但較佳前驅物在室溫下為蒸汽，以簡化用於材料計量、控制及輸送到腔室的硬體。

【0048】 在一實施例中，碳源係氣態烴，例如直鏈烴。在一實施例中，烴化合物具通式  $C_xH_y$ ，其中  $x$  為 1 至 20， $y$  為 1 至 20。在一實施例中，烴化合物係烷烴。適合烴化合物例如包括烷烴，例如甲烷 ( $CH_4$ )、乙烷 ( $C_2H_6$ )、丙烯 ( $C_3H_6$ )、丙烷 ( $C_3H_8$ )、丁烷 ( $C_4H_{10}$ ) 與其異構物異丁烷、戊烷 ( $C_5H_{12}$ ) 與其異構物異戊烷和新戊烷、己烷 ( $C_6H_{14}$ ) 與其異構物 2-甲基戊烷、3-甲基戊烷、2,3-二甲基丁烷和 2,2-二甲基丁烷、或上述組合物。附加適合烴例如包括烯烴，例如乙炔、乙烯、丙烯、丁烯與其異構物、戊烯與其異構物等、二烯（例如丁二烯、異戊二烯、戊二烯、己二烯）或上述組合物。附加適合烴例如包括鹵化烯烴，例如單氟乙烯、二氟乙烯、三氟乙烯、四氟乙烯、單氯乙烯、二氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯或上述組合物。附加適合烴例如包括炔烴，例如乙炔 ( $C_2H_2$ )、丙炔 ( $C_3H_4$ )、丁炔 ( $C_4H_8$ )、乙炔基乙炔或上述組合物。附加適合烴例如包括芳烴，例如苯、苯乙烯、甲苯、二甲苯、乙苯、苯乙酮、苯甲酸甲酯、乙酸苯酯、酚、甲酚、呋喃等、 $\alpha$ -萘品烯、異丙基甲苯、1,1,3,3-四甲基丁基苯、叔丁基醚、叔丁基乙炔、甲基丙烯酸甲酯與叔丁基糠基醚、具式  $C_3H_2$  和  $C_5H_4$  的化合物、包括單氟苯、二氟苯、四氟苯、六氟苯的鹵化芳族化合物、或上述組合物。在一實施例中， $C_3H_6$  尤佳，此係因可形成更穩定的中間產物，而容許更大的表面移動性。

【0049】適合的稀釋氣體可依需求加入氣體混合物，例如氦（He）、氬（Ar）、氫（H<sub>2</sub>）、氮（N<sub>2</sub>）、氨（NH<sub>3</sub>）或上述組合物等。Ar、He和N<sub>2</sub>用於控制非晶碳層的密度和沉積速率。在一些情況下，加入N<sub>2</sub>及/或NH<sub>3</sub>可用於控制非晶碳層的氫比率，此將說明於後。或者，沉積期間可不使用稀釋氣體。

【0050】含氮氣體可伴隨含烴氣體混合物供應至處理腔室100。適合的含氮化合物例如包括吡啶、脂族胺、胺、腈、氨和類似化合物。

【0051】鈍氣可伴隨含烴氣體混合物供應至處理腔室100，例如氬（Ar）及/或氦（He）。其他鈍氣亦可用於控制非晶碳層的密度和沉積速率，例如氮（N<sub>2</sub>）和一氧化氮（NO）。此外，各種其他處理氣體可加入氣體混合物，以修改非晶碳材料的性質。在一實施例中，處理氣體可為反應氣體，例如氫（H<sub>2</sub>）、氨（NH<sub>3</sub>）、氫（H<sub>2</sub>）與氮（N<sub>2</sub>）混合物或上述組合物。加入H<sub>2</sub>及/或NH<sub>3</sub>可用於控制沉積非晶碳層的氫比率（例如碳氫比）。存於非晶碳膜的氫比率提供層性質控制，例如反射率。

【0052】在操作230中，使含硼氣體混合物流入內部處理容積126。含硼氣體混合物可從氣體面板130經由氣體分配組件120流入內部處理容積126。在一實施例中，含硼氣體混合物包含含硼化合物和鈍氣。含硼化合物實例包括二硼烷（B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>）、三甲基硼（TMB或B（CH<sub>3</sub>）<sub>3</sub>）、三乙基硼（TEB）、甲基硼、二甲基硼、

乙基硼、二乙基硼、鄰碳硼烷 ( $C_2B_{10}H_{12}$ ) 和類似化合物。

【0053】 在一實施例中，總含硼氣體混合物中的含硼化合物百分比為約2%至約25%（例如約10%至約20%、約15%至約20%、約2%至約15%或約4%至約12%）。示例性含硼氣體混合物可包括5%  $B_2H_6$ /95%  $N_2$ 、5%  $B_2H_6$ /95% He、10%  $B_2H_6$ /90% He、5%  $B_2H_6$ /95% Ar、10%  $B_2H_6$ /90% Ar、5%  $B_2H_6$ /95%  $H_2$  或20%  $B_2H_6$ /80%  $H_2$ 。應理解當使用不同的含硼氣體混合物濃度時，可相應改變流率，以達成某些膜性質。例如，在一實施例中，5%二硼烷做為含硼氣源，含硼氣體混合物的流率可為約5000 sccm至約15000 sccm，例如約13000 sccm。在另一實施例中，10.5%二硼烷做為含硼氣源，含硼氣體混合物的流率可為約4000 sccm至約10000 sccm，例如約6000 sccm至約7000 sccm。在又一實施例中，20%二硼烷做為含硼氣源，含硼氣體混合物的流率可為約100 sccm至約6000 sccm，例如約4000 sccm至約6000 sccm。

【0054】 第2圖圖示一實施例，其中在操作250中開啟RF電漿前，將含烴氣體混合物和含硼氣體混合物引入內部處理容積126。在此實施例中，含烴氣體混合物可引入內部處理容積126較久的時間，例如約5秒至約30秒，例如約15秒，此視基板尺寸而定。在引入含硼氣體前流入含烴氣體混合物感信可提供內部處理容積126連

續的熱和壓力穩定。含硼氣體混合物接著流入內部處理容積126，計約0.5秒至約5秒，例如約1秒至約2秒（流入時間可能有所不同，只要讓含硼氣體混物流動恰夠久而得以在操作250中觸發RF電漿前開始抵達內部處理容積126）。操作230的製程可同時、相繼或與操作220的製程部分重疊進行。

【0055】視情況而定，在操作240中，穩定處理容積的壓力，計預定RF開啟延遲時間。預定RF開啟延遲時間係固定時間延遲並定義為在引入含硼氣體混合物至處理容積與在操作250中觸發或產生RF電漿之間的時間。任何適合的固定時間延遲都可用來達成預定條件。RF開啟延遲時間長短通常為選擇使含硼氣體混合物在處理容積中不會開始熱分解或實質熱分解。操作240的製程可同時、相繼或與操作220和操作230的製程部分重疊進行。

【0056】在操作250中，操作240的預定RF開啟延遲時間屆滿後，在內部處理容積126中產生RF電漿，以於基板190上沉積硼-碳膜304。電漿可利用電容或感應手段形成，及可將RF功率耦合至前驅氣體混合物而激發。RF功率可為具高頻分量與低頻分量的雙頻RF功率。RF功率通常以約50瓦(W)至約2500 W的功率位準施加，且可為所有高頻RF功率，例如頻率約13.56兆赫，或可為高頻功率與低頻功率混合物，例如頻率約300千赫。

含烴氣體混合物和含硼氣體混合物可持續流入，直到達成預定厚度的硼-碳膜304為止。

【0057】 硼-碳膜304的厚度視處理階段而異。在一實施例中，硼-碳膜304的沉積厚度可為約100 Å至約30000 Å（例如約1000 Å至約18000 Å、約100 Å至約20000 Å、約300 Å至約5000 Å、約1000 Å至約2000 Å）之間。視情況而定，在操作260中，對處理容積進行電漿淨化。淨化氣體可從淨化氣源流入處理腔室100。氣體分配組件120和支撐底座150經通電產生淨化氣體電漿。可用於處理腔室100的淨化氣體包括 $\text{NH}_3$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_3$ 、Ar、He和其他適合電漿淨化氣體。淨化處理期間，可維持處理腔室100內的熱和壓力。電漿淨化調節曝露層表面以供附加沉積。調節表面可造成層間平滑界面與較佳層間黏附性，及較佳微粒控制。在一些實施例中，粗糙界面期有利較佳層接合，且可進行不同或附加電漿淨化製程。完成電漿淨化後，關閉供給氣體分配組件120和支撐底座150的能量，使淨化氣體從淨化氣源流入處理腔室100，以移除所有氣體污染物。在一實施例中，在淨化處理期間，停止前驅氣體的一或更多組分。例如，若處理氣體包括二硼烷、丙烯與He的混合物，則淨化氣體可僅包括He，並關掉二硼烷和丙烯流入。在其他實施例中，可使用一或更多的不同淨化氣體。

【0058】 在操作260的製程後，可對基板190進行附加處理。

【0059】 硼-碳膜304可利用標準光阻圖案化技術圖案化。圖案化光阻（未圖示）可形成在硼-碳膜304上方。硼-碳膜304可依對應圖案化光阻層的圖案蝕刻，隨後將圖案蝕刻到基板190內。材料可沉積至硼-碳膜304的蝕刻部分中。硼-碳膜304可使用包含過氧化氫與硫酸的溶液移除。包含過氧化氫與硫酸的一種示例性溶液已知為Piranha溶液或Piranha蝕刻液。硼-碳膜304亦可使用含氧與鹵素（例如氟或氯）的蝕刻化學品移除，例如 $\text{Cl}_2/\text{O}_2$ 、 $\text{CF}_4/\text{O}_2$ 、 $\text{Cl}_2/\text{O}_2/\text{CF}_4$ 。硼-碳膜304可利用化學機械研磨（CMP）製程移除。

【0060】 流入含烴氣體混合物至處理容積（操作220）、流入含硼氣體混合物至處理容積（操作230）、選擇性穩定處理容積的壓力（操作240）及在處理容積中產生RF電漿以沉積硼-碳膜（操作250）可反覆進行，直到達成預定厚度為止。

【0061】 實例：

【0062】 以下非限定實例乃提供以進一步說明本文所述實施例。然該等實例無意包括一切且不擬限定本文所述實施例的範圍。測試及評估電漿CVD輔助沉積的各種含硼、氮與碳膜的光學性質（ $n/k$ /厚度）、機械性質（應力/模量/硬度/應變能量）、蝕刻選擇性和組成/形貌行為（B、H、C含量）。依據不同膜沉積參數的系統分析，

包括溫度、壓力、硼前驅物流率、硼前驅物的 $H_2$ 稀釋和RF功率，可測定硼-碳膜在高溫下的消光係數(k)和應力明顯高於低溫。

【0063】表1列出非晶碳膜(APF)參考及利用已知技術形成硼-碳膜的硼-碳膜性質，並比較根據本文所述實施例形成高蝕刻選擇性硼-碳膜的性質。硼併入膜內的百分比計算如下： $((B/(B+C)\%))$ 。

表 1

| 項目              | 非晶碳膜參考   | 硼-碳膜      | 擬定高蝕刻選擇性硼-碳膜 |          |
|-----------------|----------|-----------|--------------|----------|
|                 |          |           | 550°C        | 650°C    |
| 毯覆-氧化物蝕刻選擇性     | 1x       | 2.5x      | 3.7x         | 4.7x     |
| 毯覆-Si/W 蝕刻選擇性   | 1x       | 0.8x      | 1x           | 1.1x     |
| 密度 (g/cc)       | 1.5      | 1.7       | 1.9          | 2.0      |
| 應力 (MPa)        | +50      | ~53       | -75          | -131     |
| 沉積速率 (Å/分鐘)     | ~4000    | 4716      | 4346         | 4126     |
| 633nm n/633nm k | ~2.2/0.4 | 2.22/0.03 | 2.5/0.04     | 2.7/0.06 |
| 彈性模量 (GPa)      | ~50      | 97        | 212          | 319      |
| 硼% (XRF)        | n.a.     | 61%       | 60%          | 59%      |
| 氫% (RBS)        | 12%      | 36%       | 22%          | 15%      |

【0064】第4A圖係根據本文所述實施例，溫度(400°C、480°C、550°C、650°C)與硼併入(12%、24%、36%、48%、60%)對硼-碳膜積速率的影響曲線圖。y軸代表沉積速率(Å/分鐘)。x軸代表最終硼-碳膜的硼百分比。如第4A圖所示，隨著二硼烷流率增加，硼-碳膜的沉積速率亦隨之增加。

【0065】第4B圖係根據本文所述實施例，溫度(400°C、480°C、550°C、650°C)與硼併入(12%、24%、

36%、48%、60%)對硼-碳膜消光係數( $k$ )的影響曲線圖。 $y$ 軸代表消光係數( $k$ )。 $x$ 軸代表最終硼-碳膜的硼百分比。如第4B圖所示,隨著二硼烷流率增加,硼-碳膜的消光係數( $k$ )將減小。又如第4B圖所示,隨著溫度提高,硼-碳膜的消光係數( $k$ )將增大。

【0066】第4C圖係根據本文所述實施例,溫度(400°C、480°C、550°C、650°C)與硼併入(12%、24%、36%、48%、60%)對硼-碳膜的膜密度( $g/cc$ )的影響曲線圖。如第4C圖所示,隨著二硼烷流率增加,硼-碳膜的密度大體保持恆定。又如第4C圖所示,隨著溫度提高,硼-碳膜的密度將提高。

【0067】第4D圖係根據本文所述實施例,溫度(400°C、480°C、550°C、650°C)與硼併入(12%、24%、36%、48%、60%)對硼-碳膜應力(MPa)的影響曲線圖。如第4D圖所示,隨著二硼烷流率增加,硼-碳膜的應力(MPa)將減小。又如第4D圖所示,隨著溫度提高,硼-碳膜的應力將增大。

【0068】第5A圖係根據本文所述實施例,壓力對硼-碳膜的應力和膜密度的影響曲線圖。第5B圖係根據本文所述實施例,間距對硼-碳膜的應力和膜密度的影響曲線圖。第5A圖及第5B圖圖示利用壓力與間距來調節硼-碳膜的應力/密度。基於第5A圖及第5B圖結果,可在不同處理溫度下達成小於-100 MPa的應力。

【0069】 第6圖圖示在550℃至650℃的溫度下，硼百分比（60%、52%及20%）對氧化物蝕刻選擇性和鎢蝕刻選擇性（氧化物或鎢）的影響條狀圖。如第6圖所示，在類似沉積條件下，蝕刻選擇性隨溫度提升，但應力亦然。又如第6圖所示，隨著硼百分比降低，鎢蝕刻選擇性將提升，但氧化物蝕刻選擇性下降。

【0070】 第7A圖係根據本文所述實施例，溫度對硼-碳膜的氧化物蝕刻選擇性和應力的影響條狀圖。第7B圖係根據本文所述實施例，氮流率對硼-碳膜的氧化物蝕刻選擇性和應力的影響條狀圖。第7C圖係根據本文所述實施例，溫度對硼-碳膜的鎢/矽蝕刻選擇性和應力的影響條狀圖。第7D圖係根據本文所述實施例，氮流率對硼-碳膜的鎢/矽蝕刻選擇性和應力的影響條狀圖。以調節應力及改良W/Si蝕刻選擇性的方式，評估富含氮的硼-碳-氮化物（BCN）硬遮罩膜。使用不同流率的N<sub>2</sub>氣體並串流碳與硼前驅物，可達成氮（N<sub>2</sub>）併入。藉由把氮（N<sub>2</sub>）併入氣態沉積混合物，可顯著提高沉積速率。然氮系副產物具高揮發性，故併入最終硼-碳膜內的N%為小於5%。因此，可能無法實現蝕刻選擇性改良。基於FTIR結果發現，B-C峰朝C=C或C-N峰平移，此可加強W/Si選擇性。然低氮併入及高沉積速率會造成B-C基質（非晶形貌）崩解，以致降低氧化物與W/Si條件的蝕刻選擇性。

【0071】 儘管以上係針對本發明實施例說明，但在不脫離本發明基本範圍的情況下，當可策劃本發明的其他和進一步實施例，因此本發明範圍視後附申請專利範圍所界定者為準。

【符號說明】

【0072】

100 處理腔室

101 側壁

102 真空泵

106 電源

110 控制器

112 CPU

114 支援電路

116 記憶體

118 信號匯流排

120 氣體分配組件

122 底壁

124 頂壁

126 處理容積

128 口孔

130 氣體面板

132 基板處理系統

138 匹配網路

140 RF 電源

150 底座

160 杵桿

170 加熱元件

172 溫度感測器

190 基板

191、192 表面

200 方法

210、220、230、240、250、260 操作

304 硼-碳膜

【生物材料寄存】

【0073】 國內寄存資訊(請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【0074】 國外寄存資訊(請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種處理基板的方法，包含以下步驟：

流入一含烴氣體混合物至一處理腔室的一處理容積，該處理容積具有一基板放置於內，其中該基板經加熱達約  $400^{\circ}\text{C}$  至約  $700^{\circ}\text{C}$  的一基板溫度；

流入一含硼氣體混合物至該處理容積；及

在該處理容積內產生一 RF 電漿，以於該加熱基板上沉積一硼-碳膜，其中該硼-碳膜具有約 200 至約 400 GPa 的一彈性模量和約 -100 MPa 至約 100 MPa 的一應力。

【第2項】 如請求項 1 所述之方法，進一步包含以下步驟：在該處理容積內產生該 RF 電漿前，穩定該處理容積的一壓力，計一預定 RF 開啟延遲時間。

【第3項】 如請求項 2 所述之方法，進一步包含以下步驟：該預定 RF 開啟延遲時間屆滿後，在該處理容積內產生該 RF 電漿。

【第4項】 如請求項 2 所述之方法，其中該預定 RF 開啟延遲時間係一固定時間延遲並定義為在流入該含硼氣體混合物至該處理容積與產生該 RF 電漿之間的時間。

【第5項】 如請求項 2 所述之方法，其中該預定 RF 開啟延遲時間長短乃選擇使該含硼氣體混合物在該處

理容積中不會開始熱分解或實質熱分解。

【第6項】 如請求項 2 所述之方法，其中該預定 RF 開啟延遲時間為約 0.1 秒至 5 秒之間。

【第7項】 如請求項 1 所述之方法，其中該處理容積的一壓力為 12 托耳至 15 托耳之間。

【第8項】 如請求項 1 所述之方法，其中該基板溫度為約 550℃ 至約 650℃ 之間。

【第9項】 如請求項 1 所述之方法，其中該硼-碳膜具有大於 2.5 的一折射率 (n)。

【第10項】 如請求項 1 所述之方法，其中該硼-碳膜具有大於 1.5 克/立方公分的一密度 (g/cc)。

【第11項】 如請求項 1 所述之方法，其中該含硼氣體混合物進一步包含至少 20% 的氫氣。

【第12項】 如請求項 1 所述之方法，其中該硼-碳膜具有至少 55 原子% 的硼。

【第13項】 如請求項 12 所述之方法，其中該硼-碳膜含有約 1 原子% 至約 45 原子% 之間的下列一或更多者：氫、氧、碳和氮。

【第14項】 如請求項 13 所述之方法，其中該硼-碳膜含有少於約 20 原子% 的氫。

【第15項】 一種處理基板的方法，包含以下步驟：

流入一含烴氣體混合物至一處理腔室的一處理容

積，該處理容積具有一基板放置於內，其中該基板經加熱達約  $400^{\circ}\text{C}$  至約  $700^{\circ}\text{C}$  的一基板溫度，其中該含硼氣體混合物包含二硼烷 ( $\text{B}_2\text{H}_6$ ) ；

流入一含硼氣體混合物至該處理容積，其中該含氫氣體混合物包含丙烯 ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ) ；及

在該處理容積內產生一 RF 電漿，以於該加熱基板上沉積一硼-碳膜，其中該硼-碳膜具有約 200 至約 400 GPa 的一彈性模量和約 -100 MPa 至約 100 MPa 的一應力。

【第 16 項】 一種處理基板的方法，包含以下步驟：

流入一含氫氣體混合物至一處理腔室的一處理容積，該處理容積具有一基板放置於內，其中該基板經加熱達約  $400^{\circ}\text{C}$  至約  $700^{\circ}\text{C}$  的一基板溫度；

流入一含硼氣體混合物至該處理容積；

穩定該處理容積的一壓力，計一預定 RF 開啟延遲時間；

在該處理容積內產生一 RF 電漿，以於該加熱基板上沉積一硼-碳膜，其中該硼-碳膜具有約 200 至約 400 GPa 的一彈性模量和約 -100 MPa 至約 100 MPa 的一應力；

形成一圖案化光阻層至該硼-碳膜上方；

依對應該圖案化光阻層的一圖案，蝕刻該硼-碳膜；

將該圖案蝕刻到該基板內；及

沉積一材料至該硼-碳膜的該等蝕刻部分中。

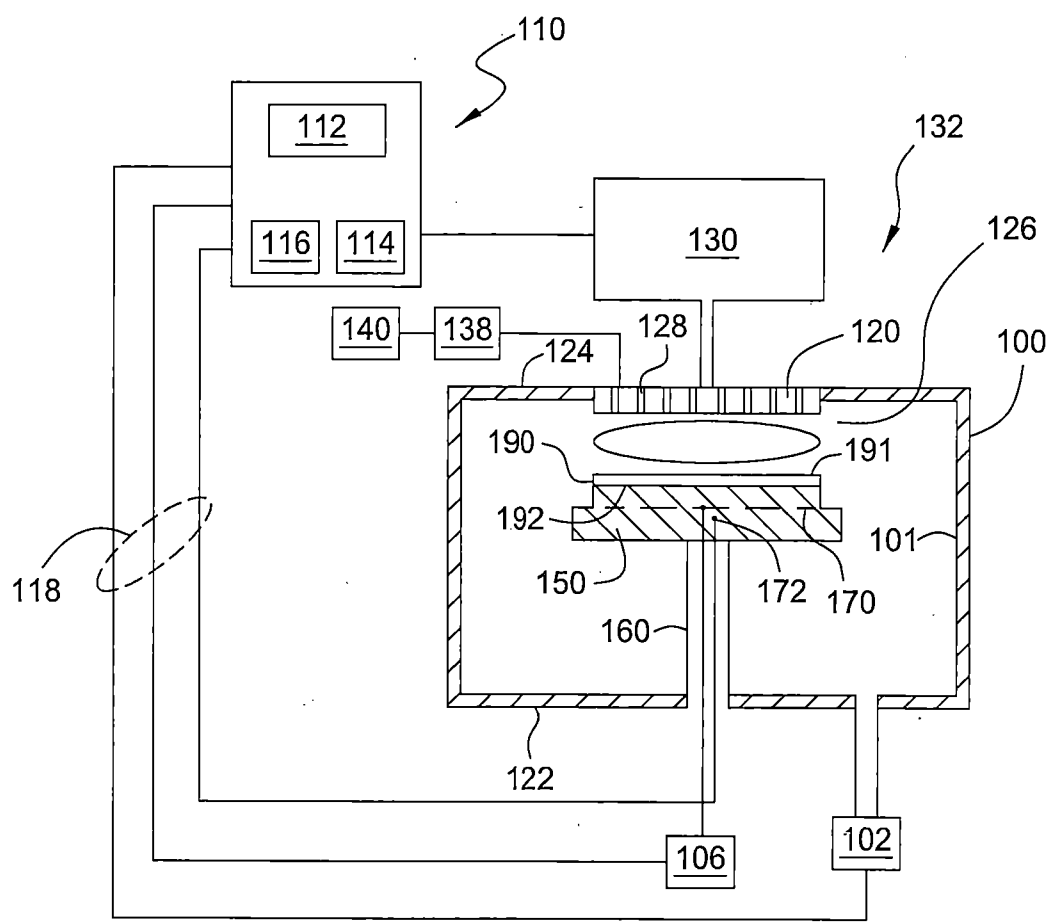
【第17項】 如請求項16所述之方法，進一步包含以下步驟：該預定RF開啟延遲時間屆滿後，在該處理容積內產生該RF電漿。

【第18項】 如請求項16所述之方法，其中該預定RF開啟延遲時間係一固定時間延遲並定義為在流入該含硼氣體混合物至該處理容積與產生該RF電漿之間的時間。

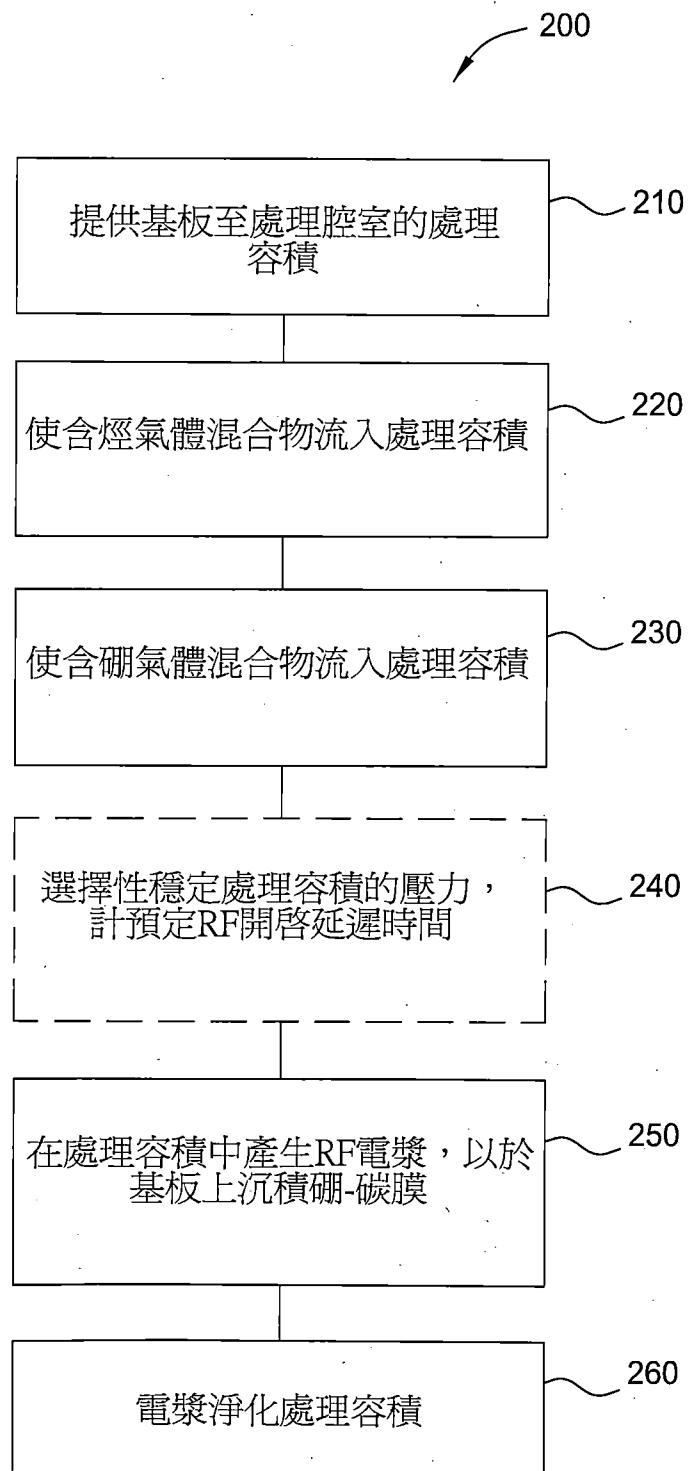
【第19項】 如請求項16所述之方法，其中該預定RF開啟延遲時間長短乃選擇使該含硼氣體混合物在該處理容積中不會開始熱分解或實質熱分解。

【第20項】 如請求項16所述之方法，其中該預定RF開啟延遲時間為約0.1秒至5秒。

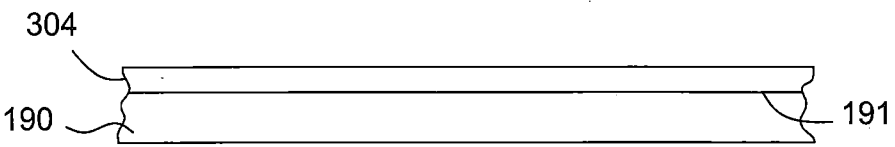
【發明圖式】



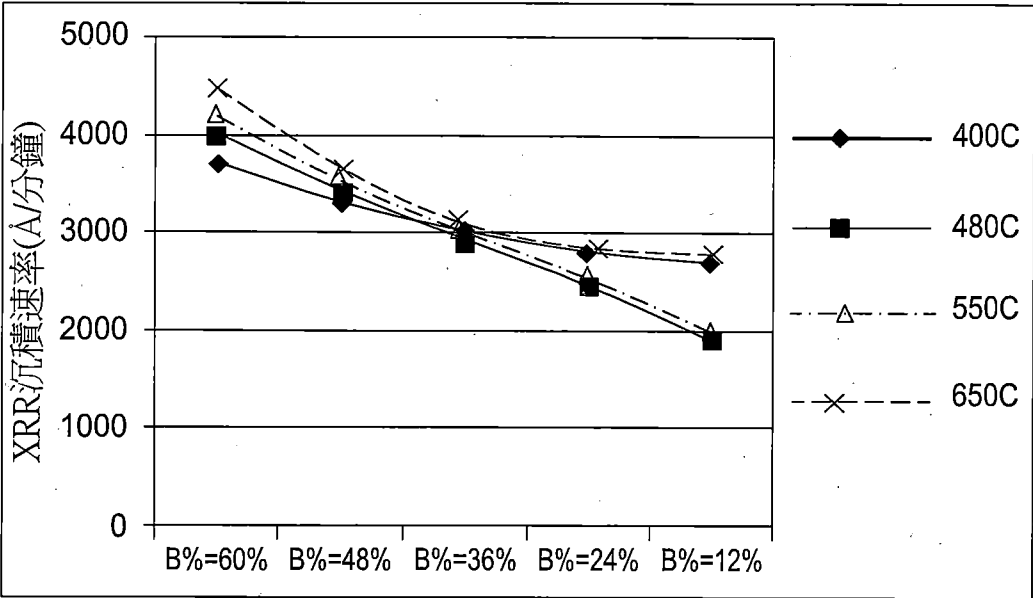
第1圖



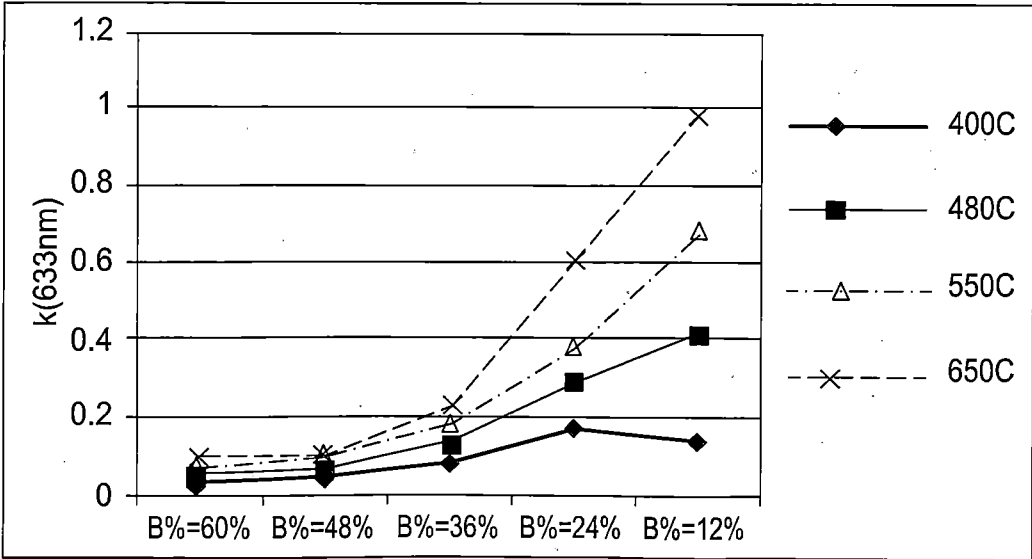
第2圖



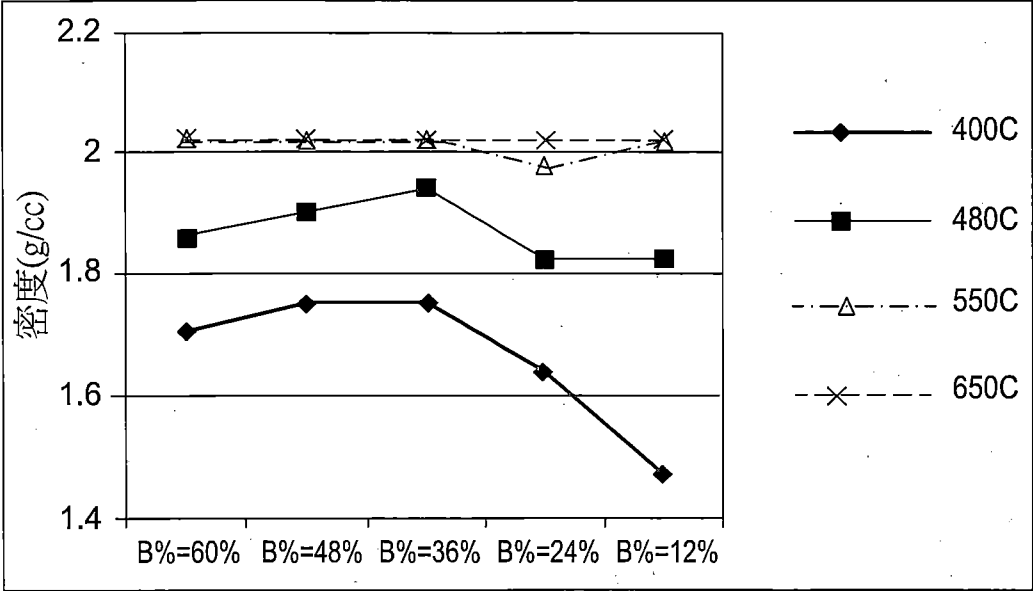
第3圖



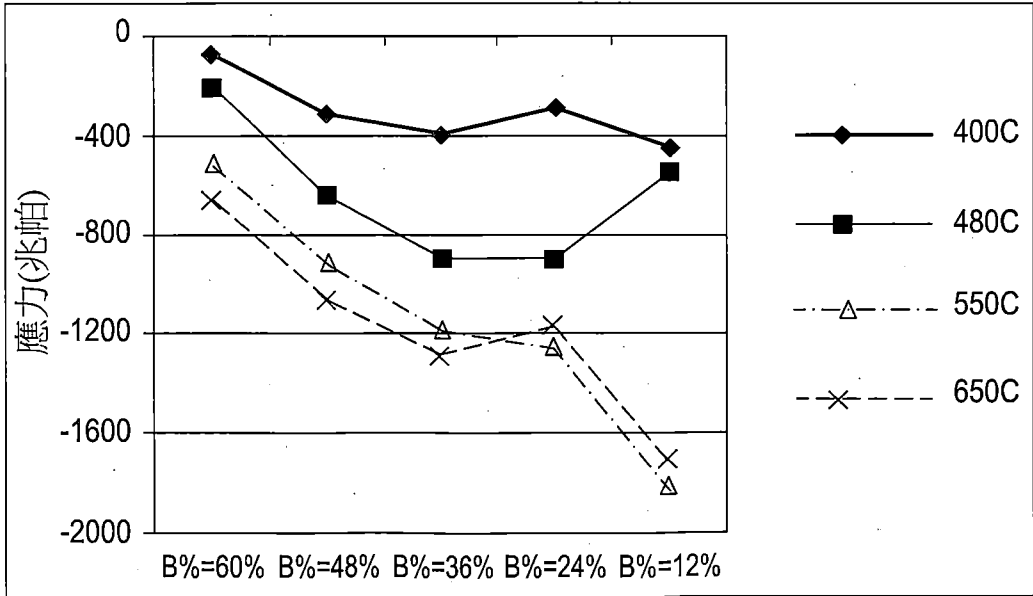
第4A圖



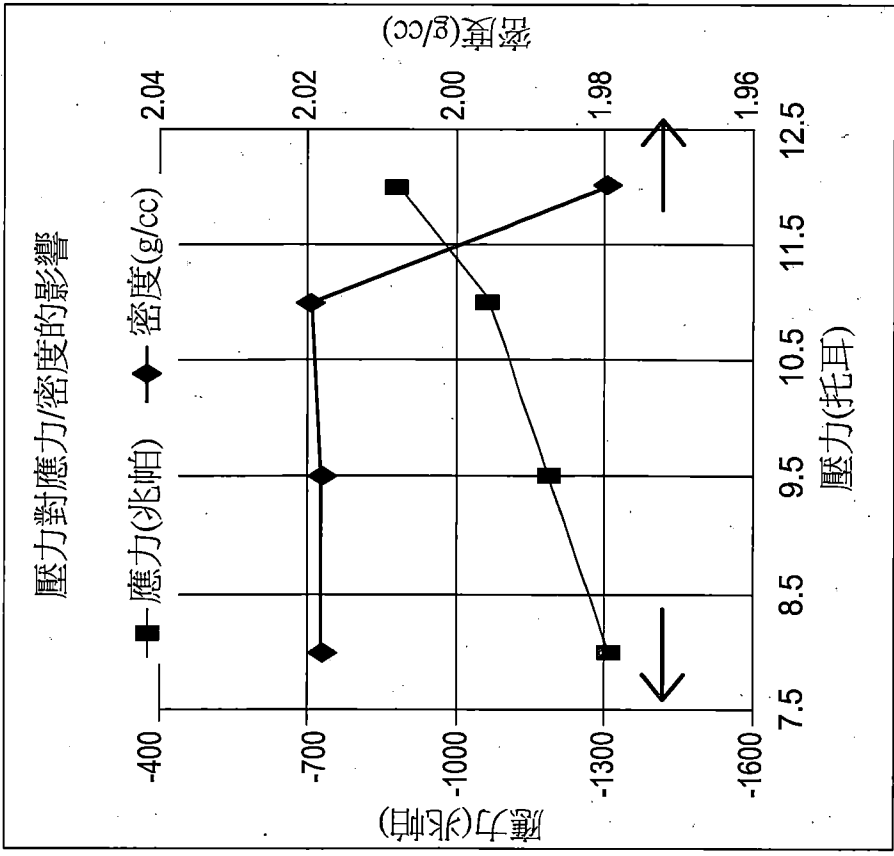
第4B圖



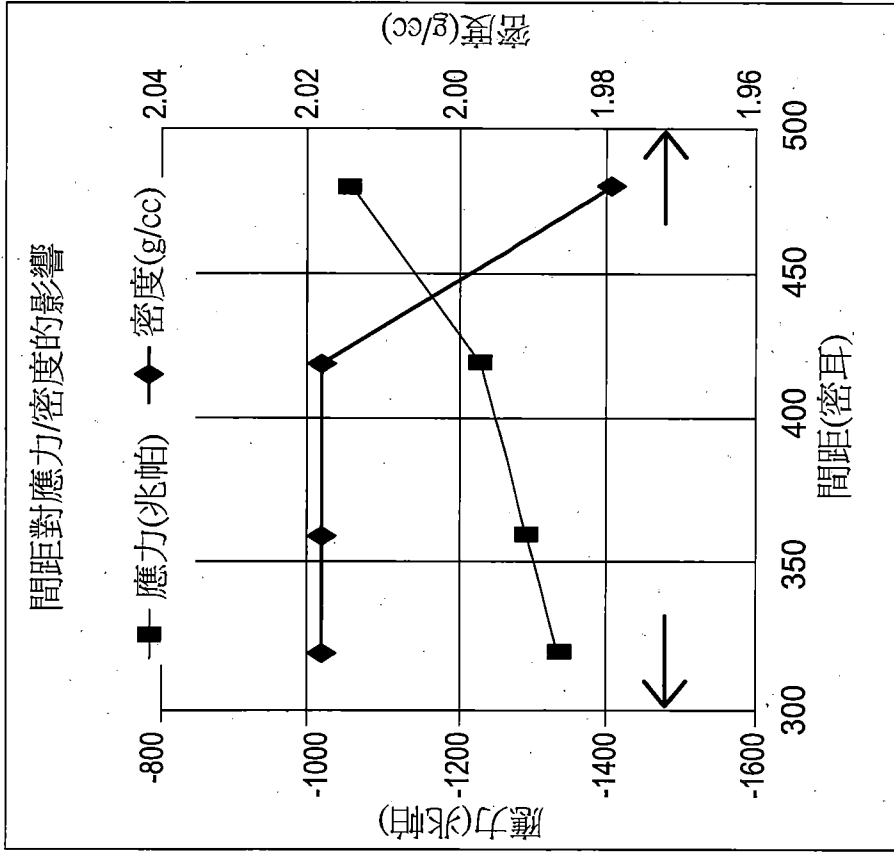
第4C圖



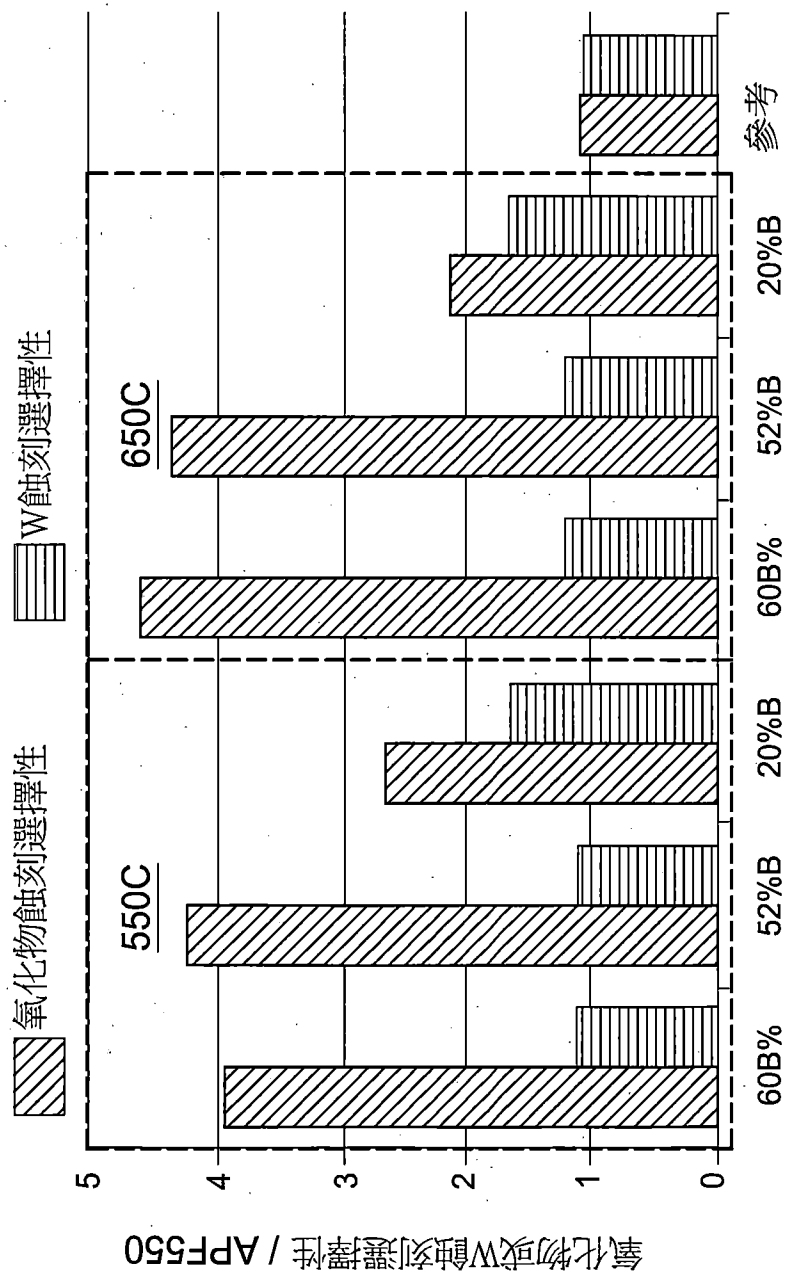
第4D圖



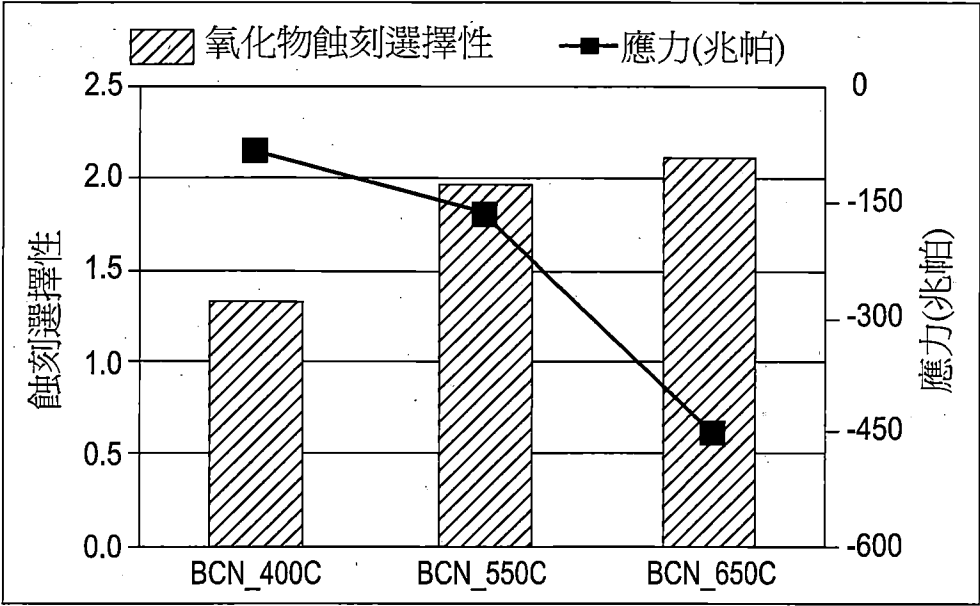
第5A圖



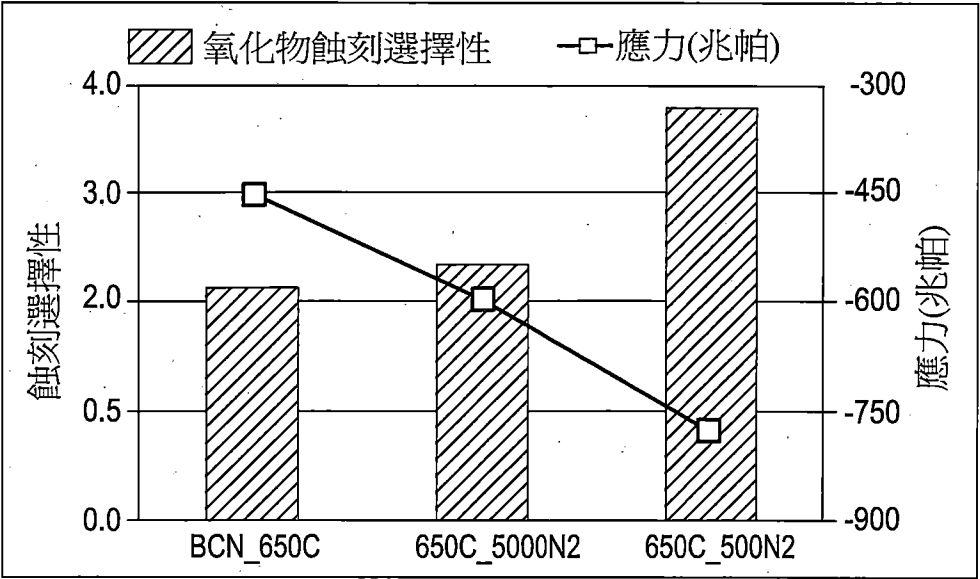
第5B圖



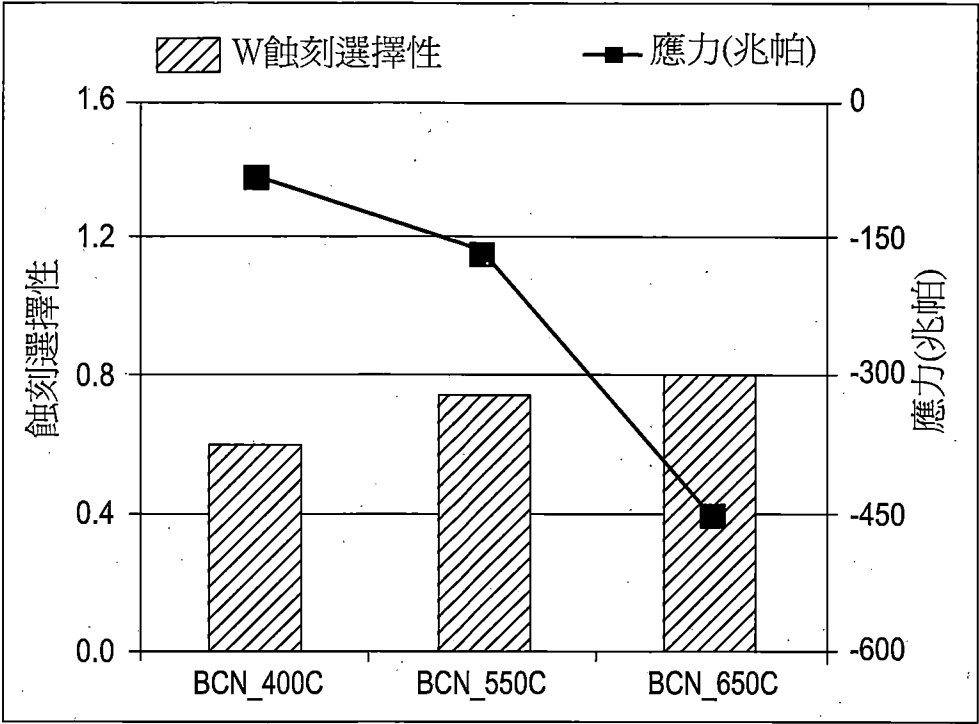
第6圖



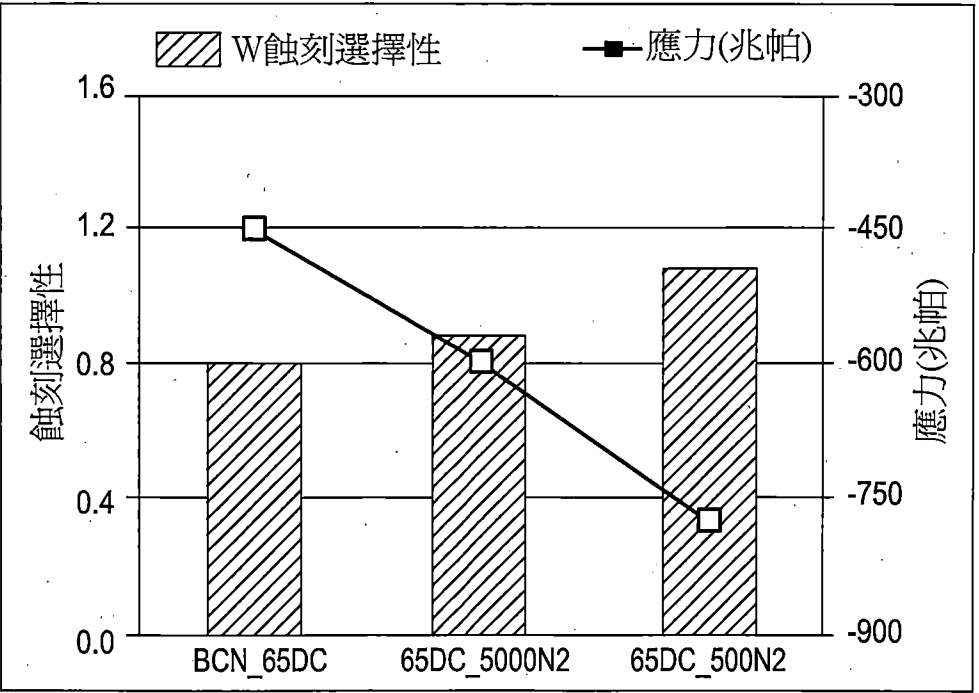
第7A圖



第7B圖



第7C圖



第7D圖