

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】(中文/英文)

用於減少薄膜中不純物之裝置及方法

APPARATUS AND METHOD FOR THE REDUCTION OF
IMPURITIES IN FILMS

【技術領域】

[0001]本發明是有關於一種用於降低薄膜中不純物(特別是指硼)的裝置及方法，該膜係以CVD而使用電漿而長成。

【先前技術】

[0002]這裡所參考的背景技術不欲被解釋成承認該技術在澳大利亞或其他地方是普通一般常識。

[0003]含金屬的薄膜(例如氮化鎵(GaN)薄膜)已應用於從發光二極體(LEDs)到紫外光偵測器到電晶體元件的各種不同的元件。

[0004]此等薄膜通常使用包括分子束磊晶(MBE)、有機金屬化學氣相沈積(MOCVD)及遠程電漿增強化學氣相沉積(RPECVD或RPCVD)的技術而被生成。RPCVD已被採用以於一比MOCVD更低的溫度下生產高品質薄膜，其通常涉及大約1000°C到1200°C的成膜溫度，藉此降低設備成本及允許使用溫度敏感偏好的基材進行薄膜沉積。

[0005]RPCVD使用一從饋入氣體(例如氮氣)產生的電漿與一有機金屬試劑進行反應，且於基材上沉積所欲的材料。在此技術中，維持一定量的合適高能活性氣體所欲物

質是重要的，該高能活性氣體物質係由一電漿產生區域(即電漿管)供應至反應或成長腔體。

[0006]一使高能活性氣體物質減少的途徑為產生電漿的電漿管壁的表面再結合，或也可能為傳輸活性氣體物質至成長腔體的容器外壁。此表面再結合為例如氮氣的原子或分子的再結合，表面再結合會減少可與有機金屬試劑反應的活性原子或分子氮氣物質的數量。

[0007]因為這個原因，使用一對於將被產生的特定活性氣體物質有低的固有表面再結合性質的材料建造該電漿管將是有利的。在產生一氮電漿時，熱解氮化硼(PBN)是一對此目的有利的材料。然而，PBN是一相對昂貴的材料且不易加工成所欲的規格，因此製造電漿產生器的成本將會因包含PBN電漿管而大幅提高。更進一步地，本發明人曾注意到濺鍍PBN管壁會於生長薄膜中引入大量被當作不純物的硼。這會降低薄膜的品質及其用於特定元件目的的適合性，且為此方法的一重大缺點。

[0008]對於提供一電漿產生器，其允許降低因為表面再結合之活性物質損失且對於混入生長薄膜中的不純物超過可接受的商用程度沒有貢獻是有利的。

【發明內容】

[0009]根據本發明的第一方面，係提供一種電漿產生器，其包括：

(a) 一電漿管，其具有一形成於該電漿管的一第一端的氣體入口及一形成於該電漿管的一第二端的電漿出

□；

(b) 一游離源，其相鄰該電漿管以定義該電漿管的一第一區域，且暴露該區域至一電磁場而產生活性電漿物質；及

(c) 一熱解氮化硼襯墊，其裝襯於該電漿管的內壁且位於該電漿管的一第二區域中，

其中，該熱解氮化硼襯墊延伸進入該第一區域不超過一大於該第一區域長度20%的距離。

[0010]在一實施例中，該熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域超過一大於該第一區域長度10%的距離。

[0011]在一更進一步的實施例中，該熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域超過一大於該第一區域長度5%的距離。

[0012]在一實施例中，該熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域，使其不裝襯於相鄰該游離源之該電漿管的內表面的一部份。

[0013]在一實施例中，該電漿管之氣體入口或電漿管靠近該第一端的一部分相對該電漿管其餘部分收縮。

[0014]適當地，該收縮的形式為該氣體入口及/或該電漿管的該第一區域的至少一部分的直徑區域相對於該電漿管第二區域的直徑的減小。

[0015]在一實施例中，該電漿產生器為一成膜裝置的構件。該裝置可用於在一基材上沉積第Ⅲ族金屬氮化物薄膜。該裝置可為一採用電漿作為反應物以形成一薄膜的裝

置。在一實施例中，該裝置為一RPCVD裝置，且因此該電漿產生器可為一RPCVD電漿產生器。

[0016]適當地，該裝置可更進一步包括一成長腔體，其包括一V A族電漿入口、一III A族反應物入口及一適用於承載一或多個基材的基材托座。

[0017]在一實施例中，本發明屬於一用於在一基材上沉積第III族金屬氮化物薄膜之裝置，該裝置包括：

(a) 一電漿產生器，其從一氮源產生一氮電漿，該電漿產生器包括：

(i) 一電漿管，其具有一形成於該電漿管的一第一端的氣體入口及一形成於該電漿管的一第二端的電漿出口；

(ii) 一游離源，其相鄰該電漿管以定義該電漿管的一第一區域，且暴露該區域於一電磁場而產生活性電漿物質；

(iii) 一熱解氮化硼襯墊，其相鄰該電漿管的內壁且位於該電漿管的一第二區域中，該熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域超過一大於該第一區域長度20%的距離；

(b) 一成長腔體，於其中一包括第III族金屬的一試劑與來自該氮氣電漿的活性氮氣物質反應，以在該基材上沉積一第III族金屬氮化物；及

(c) 一電漿入口，其位於該成長腔體上以使氮電漿從該電漿產生器進入該成長腔體。

[0018]在一實施例中，該裝置為一RPCVD裝置。

[0019]在一實施例中，一噴淋頭位於該電漿產生器及該RPCVD裝置的成長腔體之間。

[0020]在一實施例中，該熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域超過一大於該第一區域長度10%的距離。

[0021]在一更進一步的實施例中，該熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域超過一大於該第一區域長度5%的距離。

[0022]在一實施例中，該熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域，使其不裝襯於相鄰該游離源之該電漿管之內表面的一部份。當該熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域時，介於該熱解氮化硼襯墊及該游離源之間的距離可為前述任一用於電漿產生器的距離。

[0023]適當地，該有機金屬試劑係從該噴淋頭釋放進入該成長腔體中。

[0024]該噴淋頭可裝設有至少一穿過其寬度的孔洞，離開該電漿管的電漿出口的電漿可穿過該孔洞進入該成長腔體。

[0025]在一實施例中，該至少一孔洞具有一熱解氮化硼護套或塗層。

[0026]較佳地，該至少一孔洞為多個孔洞，且大部分孔洞裝設有一熱解氮化硼護套。在一實施例中，基本上全部的該孔洞皆裝設有一熱解氮化硼護套。

[0027]在一實施例中，一電漿腔室被相對於該電漿產生

器的該電漿出口的該噴淋頭的一上表面、至少一側壁及一該電漿產生器的該電漿出口而開口的頂板所定義。

[0028]適當地，該噴淋頭的上表面及該至少一側壁覆蓋有熱解氮化硼。

[0029]在一實施例中，該電漿腔室所有的表面襯有一或多個熱解氮化硼襯墊，其可與該電漿產生器的熱解氮化硼襯墊分開或連續。

[0030]根據本發明的第二方面，係提供一種產生電漿的方法，其包括以下步驟：

(a) 提供一電漿產生器，其包括一電漿管，具有一形成於該電漿管的一第一端的氣體入口及一形成於該電漿管的一第二端的電漿出口、一游離源，其相鄰該電漿管以定義該電漿管的一第一區域且暴露該區域於一電磁場而產生活性電漿物質，及一熱解氮化硼襯墊，其相鄰該電漿管的內壁且位於該電漿管的一第二區域中，該熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域超過一大於該第一區域長度20%的距離；

(b) 經由該氣體入口提供一饋入氣體；及

(c) 暴露該氣體於一位於該第一區域中之電磁場，以藉此產生一電漿。

[0031]該電漿產生器的各種構件可如前述第一方面的任一實施例所述，包括用於在一基材上沉積第Ⅲ族金屬氮化物薄膜的裝置的實施例。

[0032]在第三方面，本發明屬於一由第二方面的程序所

製造的第Ⅲ族金屬薄膜。該薄膜可為一第Ⅲ族金屬氮化物薄膜。在一實施例中，該薄膜為一GaN薄膜。

[0033]在第四方面，本發明屬於使用第三方面的第Ⅲ族金屬薄膜於一半導體元件中。該薄膜可如第三方面所描述者。

[0034]以上各段落所述的本發明的各種特徵及實施例，若適當的話，做必要的修正後可應用於其他段落。因此，在一段落中所述的特徵可在適當的情況下與其他段落中所述的特徵結合。在第一方面所述的不同裝置構件的壓力、氣流狀態及本質同樣適用於第二方面，且被視為於該方面已被完整敘述。

[0035]從以下詳細敘述，本發明更進一步的特徵及優點將會更清楚呈現。

【圖式簡單說明】

[0036]為了使本發明可以被容易地理解與實施，較佳實施例將透過參考附圖而以範例形式被敘述，其中：

[0037]圖1為一採用一具有部分PBN襯墊之電漿管之用於在一基材上沉積一金屬氮化物薄膜的裝置的一實施例的透視剖面圖；

[0038]圖2為如圖1用於在一基材上沉積一金屬氮化物薄膜的裝置的透視剖面圖，但採用一收縮氣體入口；及

[0039]圖3為一硼含量的SIMS圖像分析，硼為一不純物，可在使用一完整PBN襯墊、一距離射頻線圈10毫米的部分PBN襯墊及一距離射頻線圈20毫米的部分PBN襯墊所

產生的GaN薄膜中被發現。

【實施方式】

圖示詳細說明

[0040]至少部分的本發明是基於以下的發現，即，如果一熱解氮化硼(PBN)襯墊被設置以使得其在很大程度上沒有位於由RF線圈所包圍或緊鄰RF線圈的電漿管區的該域中時，可大量減少不理想的硼不純物被引入由RPCVD所成長之薄膜中，同時可有在電漿產生器的電漿管(該電漿管也可被稱為反應管)之PBN襯墊低表面再結合性質的益處。在一定程度上，增加射頻線圈與PBN襯墊的距離可進一步就硼不純物減少而言獲得益處。

[0041]在本發明專利說明書中，如第一和第二、左和右、前和後、頂和底等形容詞僅是用於從另一元件或方法步驟定義一元件或方法步驟，而並非一定需要一被該等形容詞所敘述的特定相對地位或次序。用語“包括(comprises)”、“包含(comprising)”、“具有(includes)”、“含有(including)”或相似的用語旨在表示一非排除之含括，使得包括一元件名單的方法、系統或裝置並不僅具有該等元件，而可具有其他未列出的元件。

[0042]除非另有定義，所有於此使用的技術上及科學上的用語均與本發明所屬領域之具有通常技術者所理解的意思相同。

[0043]用語“電漿”在此用以論述在電漿產生區域經由氣體游離所產生的物質，以及經由電漿管、電漿腔室、噴

淋頭且進入RPCVD裝置的反應腔體或成長腔體的物質，應被理解的是，帶電氣體物質在通過電漿產生區域到成長腔體的期間可能被大量消耗，因此在此等區域所稱之“電漿”也應被理解為活性氣體物質。

[0044]根據本發明的第一方面，係提供一種電漿產生器，其包括：

(a) 一電漿管，其具有一形成於該電漿管的一第一端的氣體入口及一形成於該電漿管的一第二端的電漿出口；

(b) 一游離源，其相鄰該電漿管以定義該電漿管的一第一區域，且暴露該區域至一電磁場而產生活性電漿物質；及

(c) 一熱解氮化硼襯墊，其裝襯於該電漿管的內壁且位於該電漿管的一第二區域中，

其中，該熱解氮化硼襯墊延伸進入該第一區域不超過一大於該第一區域長度20%的距離。

[0045]藉由“該熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域超過一大於該第一區域長度20%的距離”，熱解氮化硼襯墊將大部分位於第二區域但僅延伸超過該第二區域而進入第一區域相鄰於游離源的一有限的延伸區域中。在本實施例中，進入第一區域的延伸距離為第一區域長度的20%(第一區域為具有緊鄰其之游離源的電漿管的一部份)，其中該長度是沿使用時氣體/電漿物質經由電漿管的移動方向而量測。若游離源整體相鄰電漿管，則第一區域的長度將和游離源(例如射頻線圈)的長度相同。僅為舉例，如果第一區域

在氣體/電漿物質移動方向的長度是5公分，則熱解氮化硼襯墊不會延伸進入第一區域以與游離源重疊超過10毫米，該距離為5公分的20%。

[0046]儘管為了最佳的結果，首選地，PBN襯墊與游離源不重疊，發明人發現當一相對小的重疊(例如20%或更少，如上定義)存在時，高能氣體物質的再結合可被大幅降低，同時硼不純物可被維持在一可控制的水平。

[0047]在一實施例中，熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域超過一大於該第一區域長度10%的距離。

[0048]在一實施例中，熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域超過一大於該第一區域長度5%的距離。

[0049]在一實施例中，熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域，使其不裝襯於相鄰該游離源之該電漿管之內表面的一部份。此為一較佳實施例，其中PBN襯墊與游離源不重疊，換言之，其中PBN襯墊與游離源之間維持一間距。

[0050]當提及PBN襯墊不裝襯於該電漿管“相鄰”該游離源之內表面時，代表PBN襯墊與射頻線圈在任何情況下不沿電漿管的軸線長度(其亦可被定義為氣體/電漿移動通過電漿管的方向)重疊。

[0051]在一實施例中，熱解氮化硼襯墊始於一從游離源下端算起，大於0毫米至大約100毫米的距離。游離源的下端可被定義為該游離源最接近PBN襯墊的點或平面。例如，當游離源為射頻線圈時，則由游離源開始之PBN襯墊的距離是由一最接近PBN襯墊的最低線圈底邊量測。此

外，在可以達到相同效果的前提下，游離源的下端可被定義為使用中的移動氣體或電漿在離開電漿管之前於移動方向通過該游離源的最終點的水平。以下段落所提及的間距是有用於介於此點與使用中的電漿沿其移動方向移動碰到PBN襯墊的第一點之間的距離。

[0052] 在一實施例中，熱解氮化硼襯墊不延伸進入第一區域時，介於熱解氮化硼襯墊與游離源之間的間距是介於大於0毫米至大約100毫米之間。較佳地，介於熱解氮化硼襯墊與游離源之間的距離是介於大約5毫米至大約100毫米之間。在一實施例中，介於熱解氮化硼襯墊與游離源之間的距離是介於大約10毫米至大約75毫米之間。在進一步的實施例中，介於熱解氮化硼襯墊與游離源之間的距離是介於大約15毫米至大約50毫米之間。在更進一步的實施例中，介於熱解氮化硼襯墊與游離源之間的距離是介於大約20毫米至大約30毫米之間。這些範圍包括且可選自於以下所構成的群組：大於0毫米至100毫米、大於0毫米至90毫米、大於0毫米至80毫米、大於0毫米至70毫米、大於0毫米至60毫米、大於0毫米至50毫米、大於0毫米至40毫米及大於0毫米至30毫米、1毫米至100毫米、1毫米至90毫米、1毫米至80毫米、1毫米至70毫米、1毫米至60毫米、1毫米至50毫米、1毫米至40毫米及1毫米至30毫米、2毫米至100毫米、2毫米至90毫米、2毫米至80毫米、2毫米至70毫米、2毫米至60毫米、2毫米至50毫米、2毫米至40毫米及2毫米至30毫米、5毫米至100毫米、5毫米至90毫米、5毫米至80毫米、5

毫米至70毫米、5毫米至60毫米、5毫米至50毫米、5毫米至40毫米及5毫米至30毫米、10毫米至100毫米、10毫米至90毫米、10毫米至80毫米、10毫米至70毫米、10毫米至60毫米、10毫米至50毫米、10毫米至40毫米及10毫米至30毫米、20毫米至100毫米、20毫米至90毫米、20毫米至80毫米、20毫米至70毫米、20毫米至60毫米、20毫米至50毫米、20毫米至40毫米及20毫米至30毫米、30毫米至100毫米、30毫米至90毫米、30毫米至80毫米、30毫米至70毫米及30毫米至60毫米、40毫米至100毫米、40毫米至90毫米、40毫米至80毫米、40毫米至70毫米及40毫米至60毫米，以及大約10毫米、20毫米、30毫米、40毫米、50毫米、60毫米、70毫米、80毫米、90毫米及100毫米的單獨數值。

[0053]熱解氮化硼襯墊可由上述所定義的點延伸至實質上相鄰電漿出口或至位於其間之任一點。

[0054]本發明人發現在游離源下端及PBN襯墊起始點之間維持一(例如上述所定義的)分隔距離可大幅降低混入生長薄膜的硼不純物的量，而出乎意料地有效降低高能物質的再結合。雖然據信從PBN襯墊濺出的硼原子是因與活性電漿物質(例如活性氮氣電漿物質)接觸時的濺射或蝕刻而產生，假設該濺射或蝕刻的程度在被游離源包圍的電漿產生區中是成正比地大量增加，但不希望受到任何特定理論限制。因此，降低PBN襯墊的位置而遠離此區域，或甚至提高游離源的位置而更高於PBN襯墊，導致較少的硼被濺出於該襯墊。基於習知技術所理解，PBN襯墊的位置與

被游離源包圍的電漿管區域分離被預期將因為發生在電漿管的非PBN襯墊部分之增加的活性氮氣物質表面再結合而降低薄膜品質，但令人驚訝地發現，在以使用PBN襯墊覆蓋整個電漿管或至少相鄰該游離源的PBN襯墊相同的製程條件下，高品質的薄膜仍可被形成，亦即不需要增加氣體流率或游離源功率以補償任何活性電漿物質的損失。在此提及的“部分熱解氮化硼襯墊”將會被理解為意指藉由使用此種襯墊與游離源分離的配置。

[0055]較佳地，熱解氮化硼襯墊為一可拆卸的襯墊。在操作時，可拆卸該襯墊與用一新PBN襯墊取代之有著極大的優勢。首先，其提供製程靈活性，在於當為了比較或如果希望有一實質上不含硼的膜時，該製程實施可在不使用一襯墊下進行。其次，當一現有的PBN襯墊變得磨損或損壞時，其可以最少的停機時間被容易地更換，且可避免如PBN是永久塗層時更換整個電漿管的費用支出。

[0056]適當地，熱解氮化硼襯墊具有一介於0.6毫米至1.3毫米之間的厚度。較佳地，熱解氮化硼襯墊具有一介於0.7毫米至1.1毫米之間的厚度。更佳地，熱解氮化硼襯墊具有一介於0.75毫米至0.9毫米之間(例如0.8毫米)的厚度。

[0057]這些範圍包括0.6毫米至1.2毫米、0.6毫米至1.1毫米、0.6毫米至1.0毫米、0.6毫米至0.9毫米及0.6毫米至0.8毫米、0.7毫米至1.2毫米、0.7毫米至1.1毫米、0.7毫米至1.0毫米、0.7毫米至0.9毫米及0.7毫米至0.85毫米以及大約0.6毫米、0.7毫米、0.8毫米、0.9毫米、1.0毫米、1.1毫米、1.2

毫米及1.3毫米的單獨數值。

[0058]在某些實施例中，電漿管由選自於由氮化鋁、石英及氧化鋁所構成之群組的材料所形成。該材料也形成於電漿管的第一區域內表面，該PBN襯墊將坐落靠於此。這表示電漿管相鄰游離源的區域(在此稱為第一區域)具有由這些材料而不是PBN所形成的內表面，因此當電漿碰撞內表面時將與這些材料有碰撞。在電漿管的第二區域中，電漿管的該區域具有坐落相鄰靠其之內壁/內表面的PBN襯墊，當電漿活性物質與電漿管內表面碰撞時，電漿活性物質將與PBN碰撞從而降低表面再結合的機率且因此降低活性電漿物質的的損失。

[0059]在一較佳實施例中，游離源為一射頻(RF)源或一微波源。

[0060]較佳地，游離源為一射頻線圈的形式。雖然其他游離源已被熟習相關技藝者所知道，在此所引用的(特別是配合圖示及實施例)游離源將會是一當作游離源的射頻線圈。依據本教示的內容，熟練收訊者將可在標準改良下應用本發明以結合其他游離源。

[0061]在一實施例中，電漿產生器為一RPCVD電漿產生器。RPCVD與其他替代成膜製程所需的成膜條件有極大的不同，該成膜條件會影響電漿產生過程。例如，MBE成膜條件與RPCVD成膜條件非常不同，尤其是在成膜壓力及氣流。MBE成膜在較低的成膜壓力(低於 $1\text{E}-4$ 托)下被執行，且使用一相對低的電漿氣流(約為幾sccm)，反之

RPCVD操作於較高的壓力(約為幾托)，且使用遠高的氣流(約為幾百sccm到幾千sccm)。因為這些不同，RPCVD的成膜流程、腔體零件、電漿產生及其運送將不可直接與MBE做比較。

[0062]在一實施例中，本發明屬於一種在一基材上沉積第Ⅲ族金屬氮化物薄膜之裝置，該裝置包括：

(a) 一電漿產生器，其從一氮源產生一氮電漿，該電漿產生器包括：

(i) 一電漿管，其具有一形成於該電漿管的一第一端的氣體入口及一形成於該電漿管的一第二端的電漿出口；

(ii) 一游離源，其相鄰該電漿管以定義該電漿管的一第一區域，且暴露該區域於一電磁場而產生活性電漿物質；

(iii) 一熱解氮化硼襯墊，其相鄰該電漿管的內壁且位於該電漿管的一第二區域中，該熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域超過一大於該第一區域長度20%的距離；

(b) 一成長腔體，於其中一包括第Ⅲ族金屬的一試劑與來自該氮氣電漿的活性氮氣物質反應，以在該基材上沉積一第Ⅲ族金屬氮化物；及

(c) 一電漿入口，其位於該成長腔體上以使氮電漿從該電漿產生器進入該成長腔體。

[0063]在一實施例中，該裝置為一RPCVD裝置。

[0064]適當地，成長腔體包括一V A族電漿入口、一Ⅲ

A族試劑入口及一適用於承載一或多個基材的基材托座。較佳地，氣體為氮氣且因此V A族電漿為一包括活性氮氣物質的氮氣電漿。適當地，電漿管氣體入口為一氮氣入口且電漿出口為一氮氣電漿出口。

[0065]適當地，III A族試劑為一III A族有機金屬試劑。可用於本裝置及方法的試劑以及因而可形成的薄膜的本質並不特別被限定。雖然在此討論的實施例通常採用一氮氣電漿及一有機金屬(通常是含有鎵的有機金屬，例如三甲基鎵或三乙基鎵)當作試劑，本發明的應用不受此限制。

[0066]再者，在此所指的氣流及電漿為氮氣，且所指的有機金屬試劑為三甲基鎵(TMg)或三乙基鎵(TEG)，因而得到GaN薄膜。

[0067]在一實施例中，成長腔體的成膜壓力介於大約1至大約10托之間，較佳地介於大約1.5至大約6托之間，更佳地介於大約2至大約5托之間，例如大約2.5托、3.0托、3.5托或4.0托。

[0068]在此表示的範圍包括1托至9托、1托至8托、1托至7托、1托至6托、1托至5托及1托至4托、2托至9托、2托至8托、2托至7托、2托至6托、2托至5托及2托至4托。

[0069]通過氣體入口被轉換為電漿之氣體的流率會隨著沉積面積或基材數量的增加而增加。適當的例示性流率可為介於大約50 sccm至大約5000 sccm，較佳地介於大約500 sccm至大約4000 sccm，更佳地介於大約1000 sccm至大約3000 sccm，例如大約2500 sccm。可以被熟習此技藝

者所知道的是，實際所需流率將會視一些參數而定，例如成長腔體的尺寸、沉積面積及基板晶圓於其上進行薄膜長長的數量。例如，假設有相似的腔體配置(即腔體高度、形狀等)，如果晶圓的數量或成膜面積翻倍，則爲了得到固定的成膜速率及相似的薄膜性質，流量也應約略爲雙倍。前述的流量範圍可適用於一採用例如7個2英寸晶圓薄膜沉積發生於其上的裝置。

[0070]圖1爲一採用一具有部分PBN襯墊之電漿管之用於在一基材上沉積一金屬氮化物薄膜的裝置的一實施例的透視剖面圖。

[0071]該裝置100爲一RPCVD裝置且包括電漿產生器200、噴淋頭300、電漿腔室400及成長腔體500。電漿產生器200包括一在本實施例中所示爲圓柱狀的電漿管205。電漿管205較佳地由氮化鋁製造，然而石英及氧化鋁也合適。電漿管205具有一相鄰其內表面的一部份(在此稱爲第二區域)的PBN襯墊210。電漿管在其上部區域處被覆蓋而形成一第一端，該氣體入口215開口而進入第一端。雖然圖未示，氣體入口215將會被連接到一氣體供應源(例如一氮氣供應源)。在電漿管205的下部分或第二端有一電漿出口220，其在本實施例中簡單爲電漿管205的一開口端，但也可呈多種形式，例如一收縮區域或一部分過濾器以集中及控制離開的電漿物質。該電漿出口設計爲本發明所屬領域所知。在此稱爲第一區域的電漿管205的一部分緊鄰或被射頻線圈225所包圍以使該區域暴露於一電磁場且形成電漿產生

區。應被理解的是PBN襯墊210不延伸進入第一區域，使其不裝襯於電漿管205垂直排列於或緊鄰射頻線圈225的內表面的一部份。即，介於射頻線圈225的下端230與PBN襯墊210的起始端之間有一垂直的空間分隔。此正是這兩個元件及這兩個相對的位置或點的分隔，其提供於此討論的優異成膜品質及減低的硼引入的優點。應被理解的是，在任何情況下該分隔可以不是垂直分隔，即電漿管可水平位於正確的裝置中，但分隔的原則仍存在。

[0072]噴淋頭300具有一設有一系列孔洞的上表面305。顯示多數電漿孔洞310，其允許活性氮氣電漿從電漿出口220經由電漿腔室進入成長腔體500。

[0073]在一實施例中，電漿孔洞310設有一熱解氮化硼護套或塗層。較佳地，大多數(更佳地，實質上所有)電漿孔洞310設有一熱解氮化硼護套。此PBN護套將有助於降低在經過噴淋頭300時發生的活性氮氣原子的表面再結合的次數。

[0074]噴淋頭300內部設有有機金屬輸送通道315。這些通道315開口於多數形成於噴淋頭300底邊的設定點，進入成長腔體500以於其中輸送三甲基鎵(TMg)或三乙基鎵(TEG)。額外的孔洞320被形成於噴淋頭300的上表面且穿過其寬度。這些與電漿腔室410頂板上的觀察口結合而允許使用即時分析設備(例如一高溫計或膜厚量測儀以監控薄膜厚度)穿過噴淋頭300進入成長腔體500。

[0075]在一實施例中，在使用時包括活性氣體物質的

電漿腔室400被相對於電漿產生器之電漿出口的噴淋頭300的一上表面、至少一壁或側壁405及一電漿產生器200的電漿出口220穿過而開口的頂板410所定義。適當地，噴淋頭300的上表面305及至少一側壁405被熱解氮化硼所覆蓋。在一實施例中，電漿腔室400的所有表面係被鋁或PBN所塗佈或覆蓋，鋁或PBN可與電漿產生器200的PBN襯墊210分開或連接。除了鋁及PBN，其他具有降低活性電漿物質表面再結合能力的材料也可被選用於塗佈或覆蓋上述的表面。

[0076]成長腔體500為所屬技術領域所周知的標準設計。其包括一基材托座505，多數基材510位於其上。基材托座505可為一旋轉台設計，因此在整個沉積過程中可高速旋轉。廢棄物可經由一出口(圖未示)被移除。

[0077]圖2為如圖1用於在一基材上沉積一金屬氮化物膜的裝置的透視剖面圖，但採用一收縮氣體入口215或其延長部分。圖2的實施例與圖1的實施例實質相似，而有一額外的元件，因此僅相關的零件將在以下被討論。然而，應被理解的是，所有有關圖1的說明皆同樣地適用於圖2。

[0078]在所示的實施例中，電漿管的氣體入口215或電漿管205靠近第一端的一部份相對電漿管205其餘部分收縮。在圖2所示的實施例中，一嵌入件600位於電漿管205的上部分且設有一穿過其寬度的孔洞605，在使用時其對準氣體入口215。這將造成一受限制的氣流被引入電漿管205相鄰射頻線圈225的第一區域以產生電漿。由於氣體的流速

與施加於流動路徑的幾何形狀，氣體流經電漿管205的第一區域時將會與電漿管205的壁面有最小程度的接觸。這是一特別有利的實施例，可藉由控制氣流以避免表面碰撞發生而大幅降低任何因為在第一區域(在第一區域無PBN襯墊可用於減低此機制)與電漿管205管壁再結合所造成的活性氮氣原子損失。減低的表面碰撞也可減少在PBN襯墊中的硼濺射效應，因而可導致使用此收縮幾何形狀所長成之Ga₂N薄膜中的硼不純物降低。因此，第一端的收縮為一可與在此敘述的部分PBN部分襯墊配合以產生一最佳結果的機制。

[0079]如所討論的，適當地，收縮的形式為氣體入口215或電漿管205的直徑區域相對電漿管205第二區域的直徑減小。然而應被理解的是，任何相對第二區域允許的氣流量之壓縮流經電漿產生區的氣流的裝置可達成相同效果。

[0080]根據本發明的第二方面，係提供一種產生電漿的方法，其包括以下步驟：

(a) 提供一電漿產生器，其包括一電漿管，具有一形成於電漿管的一第一端的氣體入口及一形成於電漿管的一第二端的電漿出口、一游離源，其相鄰電漿管而定義電漿管的一第一區域且暴露該區域於一電磁場而產生活性電漿物質，及一熱解氮化硼襯墊，其相鄰電漿管的內壁且位於電漿管的一第二區域中，熱解氮化硼襯墊不延伸進入第一區域超過一大於第一區域長度20%的距離；

(b) 經由氣體入口提供一饋入氣體；及

(c) 暴露該氣體於一位於該第一區域中之電磁場，
以藉此產生一電漿。

[0081]在一實施例中，氣體是選自由氮氣、氫氣、氨氣、氬氣或任何惰性氣體所構成之群組中。較佳地，氣體為氮氣。

[0082]該方法可使用配合第一方面及圖1及圖2所述的電漿產生器而進行。因此所有為第一方面提出的製程條件及裝置及電漿產生器構件同樣適用於第二方面，且被視為已完整敘述。

實驗

概要

[0083]以下的實驗使用三種不同的PBN襯墊配置，於其內在RPCVD條件下成長Ga₂N薄膜。完全相同的製程條件被使用於每一個例子中，因此唯一的變數是PBN襯墊的位置及相對長度。

製程條件

[0084]RPCVD薄膜於使用一1600sccm氫氣之有機金屬噴嘴流量在3.5托下成長。三乙基鎘(TEG)於流量120 sccm下被當作有機金屬試劑使用。電漿氮氣流量為2500 sccm。電漿係使用一在13.56兆赫操作下的2.0千瓦射頻源而產生。成膜在未於電漿源及晶圓之間使用任何噴淋頭的情況下進行。伴隨的成膜速率為0.6μm/小時。

[0085]在所有進行的實驗中，一實驗(於圖3標示為“959

硼 (959 Boron)”)是在使用一覆蓋AlN電漿管全長的完整標準PBN完整襯墊下進行。一更進一步的實驗(於圖3標示為“1050 硼 (1050 Boron)”)是採用一部分PBN襯墊，其具有一設定為10毫米之介於射頻線圈底邊或下端及PBN襯墊上端或起始點之間的距離。最後，一實驗也使用部分PBN襯墊進行，但具有設定為20毫米之介於射頻線圈下端及PBN襯墊最靠近該下端的點之間的距離。這是藉由於實驗1050中使用RF線圈並相對PBN襯墊再提高RF線圈10毫米而達成。這個實驗於圖3標示為“1052 硼 (1052 Boron)”。

結果

[0086]圖3為一作為不純物硼含量的SIMS圖像分析，硼被發現於使用如上述的三種關於PBN長度及相對於射頻線圈末端位置的實驗條件來製造。可被清楚看到的是，使用本發明的裝置及方法(即，射頻線圈下端越來越遠離一部分PBN襯墊)成長的GaN薄膜中的硼原子濃度遠低於使用完全相同條件但使用一覆蓋電漿管所有內表面的PBN完整襯墊所成長的GaN薄膜。

[0087]特別地，比起其他兩組實驗，使用一完整PBN襯墊的實驗(圖3在深度0.5微米處之最高的線)所產生的GaN薄膜具有較高的硼不純物含量。這個純度水平的差異將影響薄膜品質，其降低硼至一個理想的結果。相較於具有一10毫米間距的實驗1050所形成的最終薄膜，採用介於PBN襯墊及射頻線圈間距為20毫米的實驗1052顯示有較低的硼不純物程度。因此，在某種程度上來說，增加介於襯墊及線圈之間的距離是理想的。採用部分PBN襯墊的兩個

薄膜(實驗1050及1052)則具有高品質且適用於典型的Ga_N薄膜應用。

[0088]SIMS分析顯示將PBN襯墊與游離源分離(如前述及表示於圖1及圖2所示)提供一令人驚訝的引入成長薄膜中之硼含量的降低程度。由於硼不純物可負面地影響薄膜品質且因此影響性能，爲了極高品質的薄膜，這個控制程度是被高度期待的。

[0089]以上本發明之不同實施例的敘述是爲了提供描述給所屬相關領域之具有通常技術者。其並非意圖作爲涵蓋全面者或意圖用以限制本發明於一單一揭露的實施例。如前面所提到的，上述的教示將使熟悉此技者清楚許多本發明的替代及變化。本專利說明書旨在涵蓋本發明所有替代、修改及變化。

【符號說明】

100…裝置	315…通道
200…電漿產生器	320…額外孔洞
205…電漿管	400…電漿腔室
210…熱解氮化硼襯墊	405…側壁
215…氣體入口	410…頂板
220…電漿出口	500…成長腔體
225…射頻線圈	505…基材托座
300…噴淋頭	510…基材
305…上表面	600…嵌入件
310…電漿孔洞	605…孔洞

I651429

發明摘要

※ 申請案號：104101350

※ 申請日：104/01/15

※IPC 分類：C23C 16/44 (2006.01)
C23C 16/507 (2006.01)
C23C 16/34 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

用於減少薄膜中不純物之裝置及方法

APPARATUS AND METHOD FOR THE REDUCTION OF IMPURITIES
IN FILMS

【中文】

本發明係描述一採用部分PBN襯墊的電漿產生器，其不僅可降低成膜時高能氣體物質的損失，且相較於使用一完整PBN襯墊，也可減少被引入成長之膜的硼不純度。本發明亦描述使用此一電漿產生器於成膜裝置中及形成膜的方法。

【英文】

A plasma generator is described which employs a partial PBN liner not only to minimise the loss of energetic gas species during film formation but also to reduce boron impurity levels introduced into the growing film relative to the use of a complete PBN liner. The use of such a plasma generator in a film forming apparatus and method of forming a film is also described.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

100…裝置	310…電漿孔洞
200…電漿產生器	315…通道
205…電漿管	320…額外孔洞
210…熱解氮化硼襯墊	400…電漿腔室
215…氣體入口	405…側壁
220…電漿出口	410…頂板
225…射頻線圈	500…成長腔體
300…噴淋頭	505…基材托座
305…上表面	510…基材

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

(無)

圖式

1/3

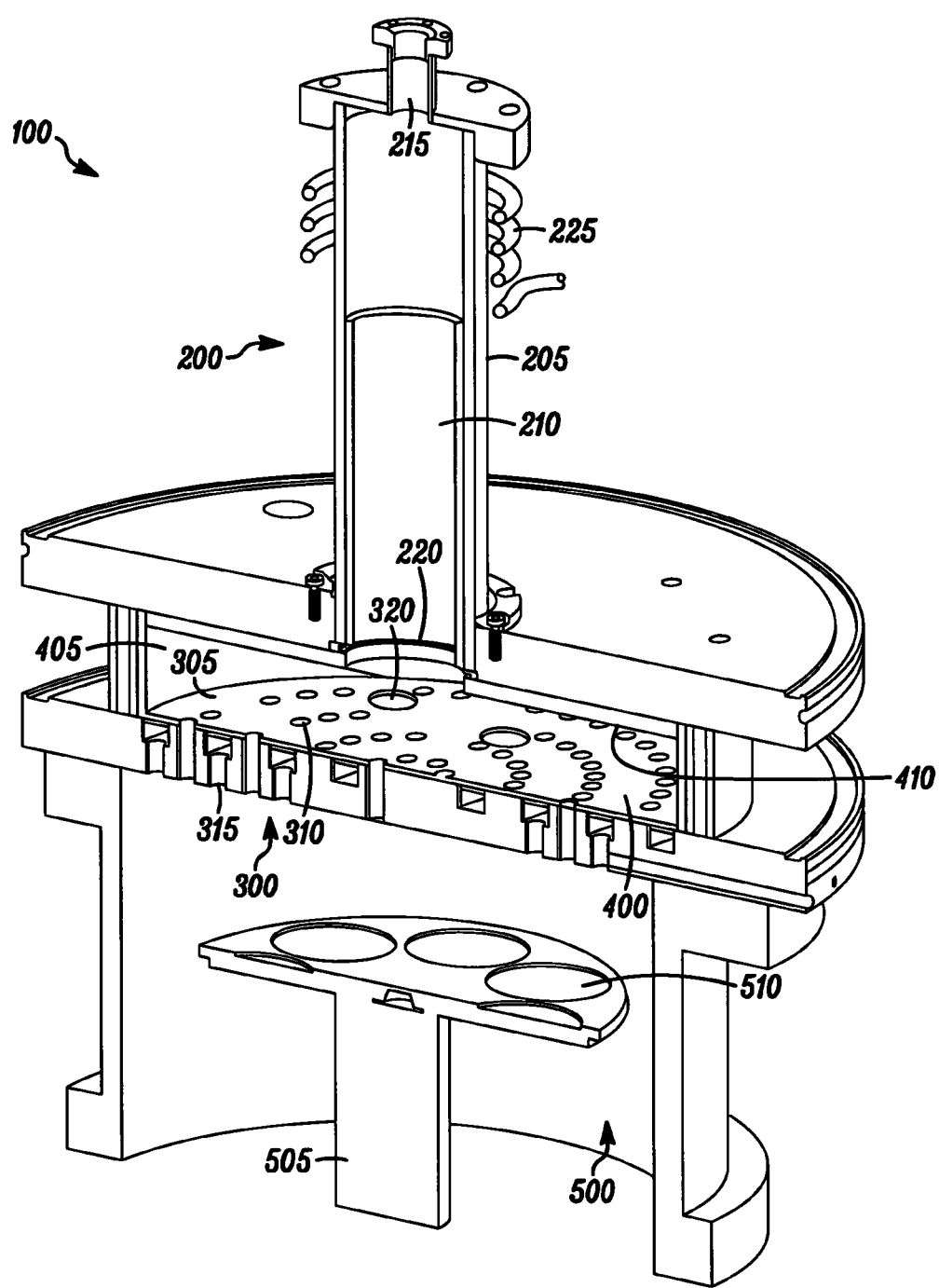


圖1

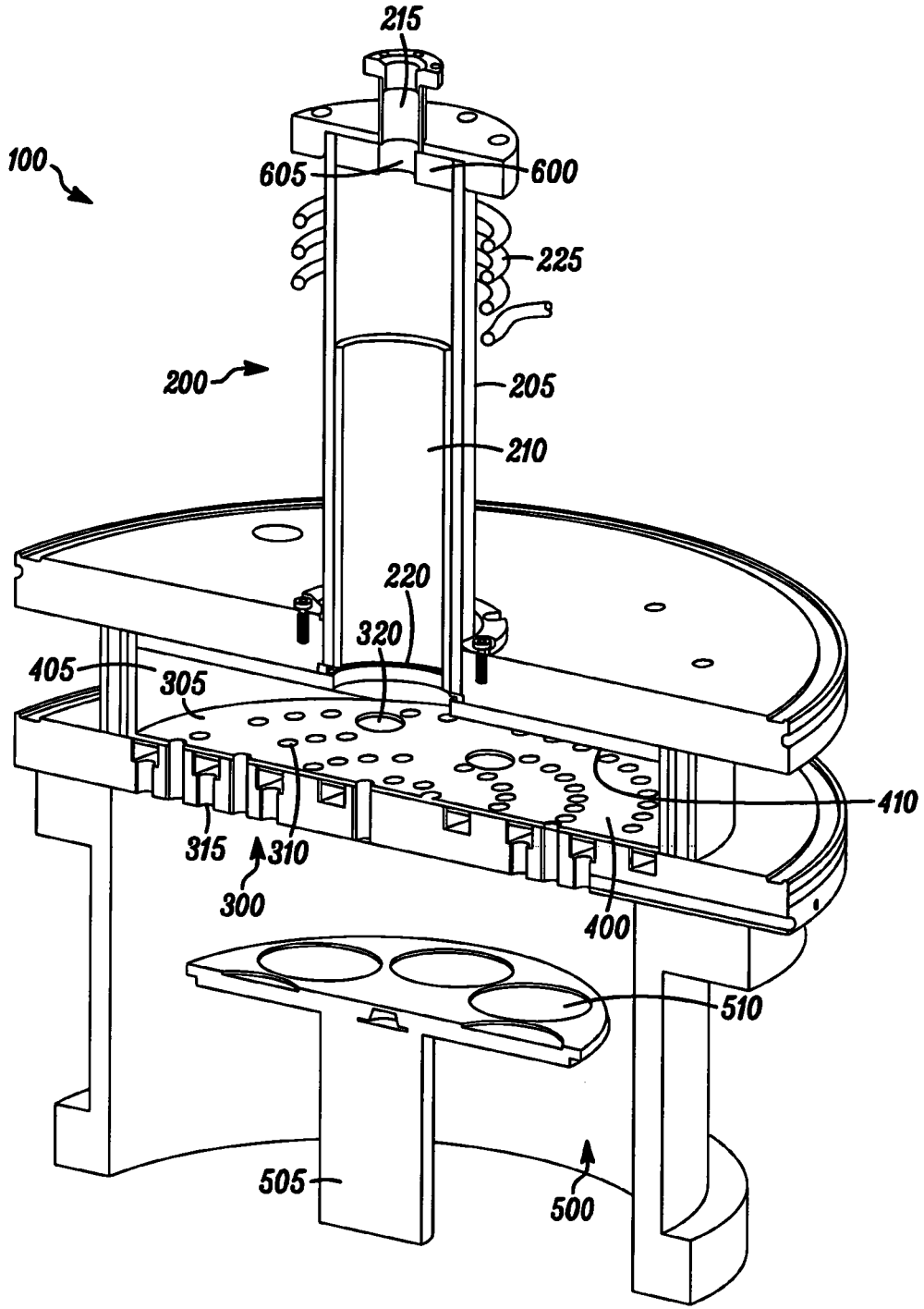


圖2

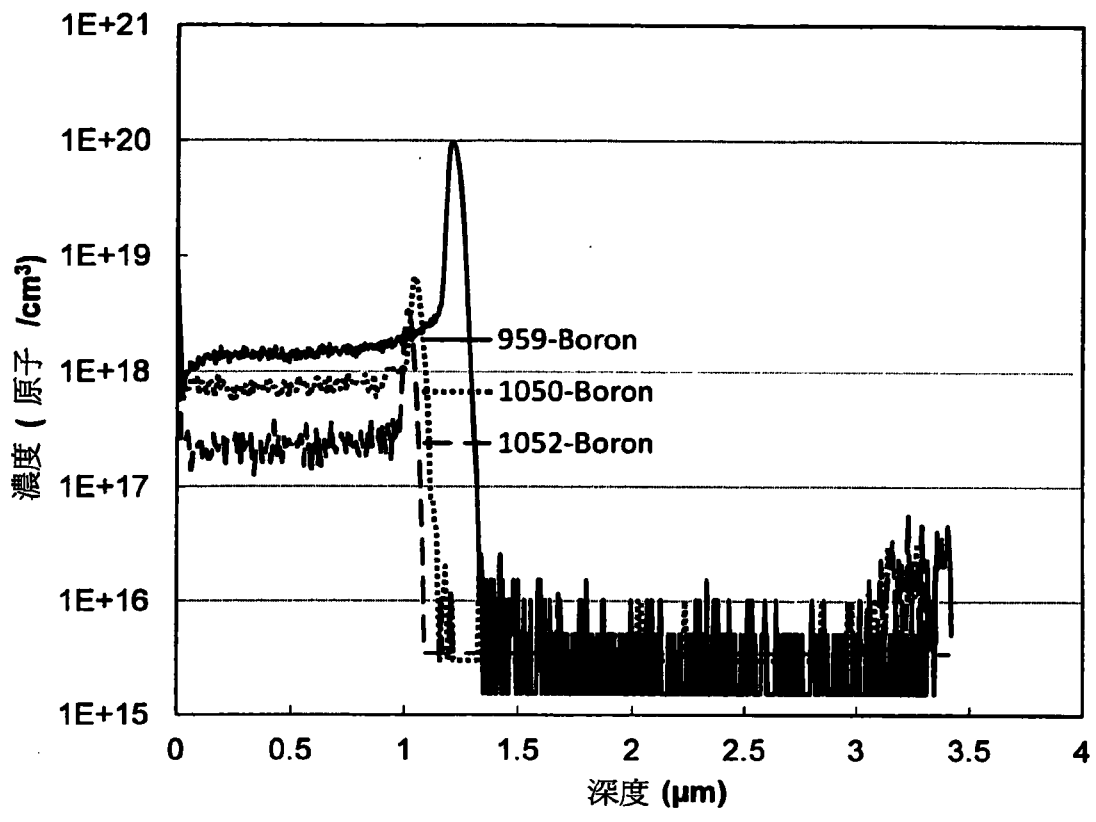


圖3

申請專利範圍

1. 一種電漿產生器，包括：
 - (a) 一電漿管，其具有一形成於該電漿管的一第一端的氣體入口及一形成於該電漿管的一第二端的電漿出口；
 - (b) 一游離源，其相鄰該電漿管以定義該電漿管的一第一區域，且暴露該區域至一電磁場而產生活性電漿物質；及
 - (c) 一熱解氮化硼襯墊，其裝襯於該電漿管的內壁且位於該電漿管的一第二區域中，

其中，該熱解氮化硼襯墊延伸進入該第一區域至一不超過該第一區域長度20%的距離，及其中該熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域至使其不裝襯於該相鄰該游離源之該電漿管之內表面的一部份的程度。
2. 如請求項1之電漿產生器，其中該熱解氮化硼襯墊延伸進入該第一區域至一不超過該第一區域長度10%的距離。
3. 如請求項1之電漿產生器，其中該熱解氮化硼襯墊與該游離源相隔一大於0毫米至大約100毫米的距離。
4. 如請求項1之電漿產生器，其中該熱解氮化硼襯墊為一可拆卸的襯墊。
5. 如請求項1之電漿產生器，其中該游離源為一RF線圈的形式。

第 104101350 號專利申請案 申請專利範圍替換本 107 年 11 月 22 日

6. 如請求項1之電漿產生器，其中該電漿產生器為一RPCVD電漿產生器。
7. 如請求項1之電漿產生器，其中該氣體入口為一氮氣入口。
8. 如請求項1之電漿產生器，其中該電漿管之氣體入口或電漿管靠近該第一端的一部分相對該電漿管其餘部分收縮。
9. 一種用於在一基材上沉積第Ⅲ族金屬氮化物薄膜的裝置，該裝置包括：
 - (a) 一電漿產生器，其從一氮源產生一氮電漿，該電漿產生器包括：
 - (i) 一電漿管，其具有一形成於該電漿管的一第一端的氣體入口及一形成於該電漿管的一第二端的電漿出口；
 - (ii) 一游離源，其相鄰該電漿管以定義該電漿管的一第一區域，且暴露該區域至一電磁場而產生活性電漿物質；
 - (iii) 一熱解氮化硼襯墊，其相鄰該電漿管的內壁且位於該電漿管的一第二區域中，該熱解氮化硼襯墊延伸進入該第一區域至一不超過該第一區域長度20%的距離，及其中該熱解氮化硼襯墊不延伸進入該第一區域至使其不裝襯於該相鄰該游離源之該電漿管之內表面的一部份的程度；
 - (b) 一成長腔體，於其中一包括第Ⅲ族金屬的一試

第 104101350 號專利申請案 申請專利範圍替換本 107 年 11 月 22 日

劑與來自該氮氣電漿的活性氮氣物質反應，以在該基材上沉積一第Ⅲ族金屬氮化物；及

(c) 一電漿入口，其位於該成長腔體上以使氮電漿從該電漿產生器進入該成長腔體。

10. 如請求項9之裝置，更包括一噴淋頭，其位於該電漿產生器及該成長腔體之間。

11. 如請求項10之裝置，其中該噴淋頭可裝設有至少一穿過其寬度的孔洞，離開該電漿管的電漿出口的電漿可穿過該孔洞進入該成長腔體。

12. 如請求項10之裝置，更包括一電漿腔室，其被相對於該電漿產生器的該電漿出口的該噴淋頭的一上表面、至少一側壁及一該電漿產生器的該電漿出口而開口的頂板所定義。

13. 一種產生一電漿的方法，其包括下列步驟：

(a) 提供一電漿產生器，其包括一電漿管，具有一形成於該電漿管的一第一端的氣體入口及一形成於該電漿管的一第二端的電漿出口、一游離源，其相鄰該電漿管以定義該電漿管的一第一區域且暴露該區域於一電磁場而產生活性電漿物質，及一熱解氮化硼襯墊，其相鄰該電漿管的內壁且位於該電漿管的一第二區域中，該熱解氮化硼襯墊延伸進入該第一區域至一不超過該第一區域長度20%的距離；

(b) 經由該氣體入口提供一饋入氣體；及

(c) 暴露該氣體於一位於該第一區域中之電磁場

第 104101350 號專利申請案 申請專利範圍替換本 107 年 11 月 22 日

以藉此產生一電漿。

14. 如請求項13之方法，其中該成長腔體的成膜壓力介於大約1至大約10托之間。