

公告本

申請日期	86.12.23 87.2.12
案 號	86119628
類 別	H01L ²¹ / ₂₀₅

A4
C4

432493

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書

一、發明 名稱	中 文	感應耦合電漿化學氣相沉積
	英 文	INDUCTIVELY COUPLED PLASMA CVD
二、發明 人	姓 名	1.保羅 凱文 雪佛里伯蘭 2.布萊安 麥克李林 3.艾利克斯 迪蒙斯 4.洪谷言 5.布奇 伯尼 6.蒙尼昆 班-杜爾
	國 籍	1.加拿大 2-6均美國
	住、居所	1.美國加州聖荷西市威洛達路1574號 2.美國加州弗雷蒙市葛勞迪特路39469號110室 3.美國加州舊金山市拜爾街1692號 4.美國加州聖雷蒙市坎洋維拉吉圓環1612號 5.美國加州歡喜市瑞金辛路8045號 6.美國加州帕羅亞多市格蘭路756號
三、申請人	姓 名 (名稱)	美商藍姆研究公司
	國 籍	美國
	住、居所 (事務所)	美國加州弗雷蒙市庫新公園大道4650號
	代 表 人 姓 名	漢克·伊文休斯

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

裝 訂 線

432493

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6
B6

本案已向：

國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： ， 有 無主張優先權
 美國 1996年12月23日 08/772,374 有 無主張優先權

有關微生物已寄存於： ， 寄存日期： ， 寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

發明領域

本發明係關於一種用於半導體性和介電性膜之高密度電漿強化化學氣相沉積的方法和裝置，且更特定言之，係關於沉積這類膜進入半導體基板，諸如具有金屬互連層之矽晶圓，上之高縱橫比間隙的技術。

相關技藝說明

化學氣相沉積(Chemical vapor deposition，下文簡稱 CVD)傳統上用於在半導體積體電路中形成各種薄膜。CVD 可以形成諸如 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Si 之類具有高純度和高品質的薄膜。在形成薄膜的反應製程中，半導體基板排列其內的反應容器可加熱至 500 至 1000 °C 的高溫條件。要沉積的原材料可使其通過充滿氣體狀組成物的容器，如此，氣體分子受到熱分解，並結合於氣相中及基板表面上，如此以形成薄膜。

電漿強化 CVD 裝置使用電漿反應以產生類似於上述說明之 CVD 裝置的反應，但處於相當低之溫度以形成薄膜。電漿 CVD 裝置包括一處理室，其含有可以與處理室或部分處理室分離的電漿產生室，氣體導入系統，和抽氣系統。電漿在這種裝置中以各種電漿源產生。基板支撐物提供於反應室中，其可以包括射頻(radio frequency，下文簡稱 RF)偏壓元件以施加 RF 偏壓至基板，以及冷卻機構以防止基板因電漿作用而引起的溫度上升。

真空處理室一般藉由供應沉積氣體至真空室及施加 RF 電場至該氣體而用於材料的化學氣相沉積於基板上。例

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(2)

如，平行板和電子迴旋共振(electron-cyclotron resonance，下文簡稱 ECR)。反應器已經在商業上使用。參見美國專利第 4,340,462 和 5,200,232 號。基板在加工期間以基板固定器固定於真空室之內的定位。傳統的基板固定器包括機械式夾子和靜電式夾子。(electrostatic clamps，下文簡稱 ESC)。機械式夾子和 ESC 基板固定器的實例提供於美國專利第 5,262,029 號和 1995 年 3 月 10 日提出申請的美國專利申請案第 08/401,524 號中。

電漿強化化學氣相沉積(plasma-enhanced chemical vapor deposition，下文簡稱 PECVD)已經在積體電路應用中使用於低溫下沉積介金屬介電層。一篇 M.Gross 等人提出，標題為"射頻中空陰極反應器中的二氧化矽凹槽充填製程"，真空科學與技術期刊 B 卷第 11(2)期，1993 年 3/4 月號(J. Vac. Sci. Technol. B11(2), Mar/Apr 1993)刊出的論文，說明一種凹槽之無孔隙二氧化矽充填的製程，其使用中空陰極反應器，其中通入矽烷氣體穿過上方靶材，其維持一低頻率(1 百萬赫茲)、低壓力(~ 0.2 巴)的氧和氬放電。在此製程中，高度離子撞擊和低氣相反應速率產生具有表面被吸附物的離子引致反應，造成方向性的氧化物膜成長，藉此，具有 1 微米開口和高達 2.5 : 1 之縱橫比的凹槽得以超過 400 埃/分鐘的速率充填。

一篇 P. Shufflebotham 等人提出，標題為"二氧化矽介金屬介電薄膜的加偏壓電子迴旋共振化學氣相沉積"，材料科學論壇第卷第 140-142 頁(Materials Science Forum Vol.

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(3)

140-142) (1993) 刊出的論文，說明一種低溫的單步驟間隙充填製程，其用於直徑高達 200 毫米之晶圓上的介金屬介電物(inter-metal dielectric，下文簡稱 IMD)應用中，其在加偏壓的電子迴旋共振電漿強化化學氣相沉積(ECR-CVD)系統中使用 $O_2-Ar-SiH_4$ 氣體混合物以 SiO_2 充填次 0.5 微米的高縱橫比間隙。那個單步驟製程取代了序列的間隙充填和平面化步驟，在該等步驟中，CVD SiO_2 遭遇到電漿蝕刻掉步驟，這種技術不適用於 0.5 微米以下之寬度及 1.5 : 1 以上之縱橫比(間隙高度：寬度)的間隙。

先前技藝裝置就 IMD 應用而言，遭遇幾個嚴重的缺點。依賴磁場的 ECR 和螺旋加速器源是複雜且昂貴的。而且，磁場已為人暗示對晶圓上的半導體裝置造成損害。ECR、螺旋加速器和螺旋狀共振器源也遠距離地自晶圓產生電漿，使得它非常難以同時產生均勻且高品質的膜，且也難以毋需額外的設備就能進行控制粒狀所需要的原位置電漿清潔。甚者，ECR、螺旋加速器和螺旋狀共振器、及成半球狀的感應耦合電漿系統需要大、複雜的介電真空容器。可知，放大尺寸是困難的且原位置電漿清潔是耗時的。

發明摘述

本發明朝向使用感應耦合電漿強化化學氣相沉積(ICPECVD)高密度電漿系統的製程。該系統是精巧的、可原位置清潔的並產生高品質半導體及介電膜。

在一方面，本發明朝向一種充填半導體基板上電氣導電導線間之間隙的方法，其包含步驟有：在可包括幾乎完全

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(4)

平面之感應線圈之感應耦合電漿強化化學氣相沉積反應器的處理室中提供一基板；導入可包括惰性氣體的製程氣體於處理室中，其中惰性氣體的數量足以輔助間隙充填；以及成長介電膜於基板上，使介電膜沉積於基板上電氣導電導線之間的間隙中。

在另一方面，本發明朝向一種充填半導體基板上電氣導電導線間之間隙的方法，其包含步驟有：在可包括幾乎完全平面之感應線圈之感應耦合電漿強化化學氣相沉積反應器的處理室中提供一基板；藉由(i)導入可包括惰性氣體的第一製程氣體於處理室中，其中惰性氣體的數量足以輔助間隙充填；以及(ii)以第一沉積速率成長第一介電膜於間隙中；而充填基板上電氣導電導線之間的間隙；以及藉由導入第二製程氣體至處理室中而沉積含有第二介電膜的覆蓋層至該第一介電膜的表面上，該覆蓋層以高於第一沉積速率的第二沉積速率沉積。

在另外一方面，本發明朝向一種沉積介電膜於基板上的方法，其包含步驟有：在感應耦合電漿強化化學氣相沉積反應器的處理室中提供一基板，其中將基板固定於基板固定器上；導入可包括惰性氣體的製程氣體於處理室中，其中惰性氣體的數量足以輔助沉積介電膜；控制基板固定器之表面上的溫度；以及藉由感應耦合 RF 能量進入處理室而對製程氣體施加能量成為電漿狀態並成長介電膜於基板上。

在更另外一方面，本發明朝向一種感應耦合電漿處理系

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(5)

統，其包含：一電漿處理室；在該處理室內支撐基板的一基板固定器，其中基板固定器處於約 80 °C 至 200 °C 的溫度；配置於該處理室之外的一電氣導電線圈；導入製程氣體進入該處理室中的機構；以及感應耦合 RF 能量進入處理室中以對製程氣體施加能量成為電漿狀態的一 RF 能量源。平面和非平面線圈皆可使用，然而幾乎完全平面的線圈是較佳的。

視要沉積的膜而定，製程氣體可能包含選自含有 SiH₄、SiF₄、Si₂H₆、TEOS、TMCTS 及其混合物之群體的含矽反應物氣體。製程氣體可能包含選自含有 H₂、O₂、N₂、NH₃、NF₃、N₂O、和 NO、及其混合物之群體的反應物氣體。另外，製程氣體可能包含選自含有含硼氣體、含磷氣體、及其混合物之群體的反應物氣體。最佳而言，製程氣體也可能包括諸如氫的惰性氣體。

根據本發明的一特徵，感應耦合電漿由具有平面線圈設計的 RF 天線產生。因此，IC PECVD 反應器可容易地放大尺寸以適應，例如，300 毫米的晶圓和 600 毫米 × 720 毫米的平面顯示器，感應耦合電漿 (inductively coupled plasma，下文簡稱 ICP) 源在整個大區域產生均勻、高密度的電漿，而與用以控制離子濺鍍能量的偏壓功率無關。不像 ECR 或螺旋源，不需要磁鐵。

附圖簡要說明

本發明將參照附圖而更詳細地加以說明，在附圖中，同樣的元件保有同樣的參考數字，且其中：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(6)

圖 1 是高密度感應耦合電漿反應器的概要圖，該反應器可用以實現根據本發明的製程；

圖 2 含有以各種氧對矽烷質量流動比例(固定總流量)所沉積之膜的 FTIR 光譜；

圖 3A、3B、3C、和 3D 是間隙充填物的掃描式電子顯微鏡(scanning electron microscopy，下文簡稱 SEM)照片，其中所有樣品皆加以鍍金以強化膜中的缺陷；該類構造是氧化物上多晶矽且所有的沉積是持續 3 分鐘，除了 3A 以外，其持續 1 分鐘；

圖 4 圖示具有氣體注入系統的電漿反應器；且

圖 5 圖示一種用於氣體注入系統的注入器。

較佳具體實施例詳細說明

感應耦合電漿強化 CVD 反應器

圖 1 顯示一可以用高密度電漿處理基板的 ICP 反應器 20。合適的 ICP 反應器包括來自加州 Fremont 的 LAM 研究公司 TCP™ 系統。同時參見併入於本文中的美國專利第 4,948,458 號。反應器包括處理室 21，其中電漿 22 鄰接於基板 23 產生。基板支撐於水冷的基板支撐座 24 上，且基板的溫度控制藉由通過導管 25 供應氮氣至基板和基板支撐座之間的空間而達成。基板支撐座可包含陽極化處理的鋁電極，其可以加熱，或者其中具有埋置之電極的陶瓷材料，該電極藉由 RF 源和 26 和提供 RF 匹配的相關電氣迴路 27 等提供能源。於其中處理之期間，基板的溫度藉由連接溫度探針 29 的溫度監控設備 28 加以監控。

五、發明說明(7)

爲了在處理室 21 中提供真空，將渦輪幫浦連接至輸出通口 30，且可使用壓力控制閥以維持所須要的真空壓力。製程氣體可藉由輸送反應物氣體至氣體分散環的導管 31、32 而供應入處理室，該氣體分散環繞著介電物窗口 33 的下方延伸，或者製程氣體可透過介電物蓮蓬頭窗口而供應。位於處理室外，窗口附近的外部 ICP 線圈 34 藉由 RF 源 35 和用於阻抗匹配的相關電氣迴路 36 等來供應 RF 功率。顯而易見，外部感應線圈是幾乎完全不面的，且通常包含形成平面螺線或一串同心環的單一個導電元件。平面構造容許線圈易於藉由使用較長的導電元件以增加線圈直徑並因此適合較大基板而放大尺寸，或者可使用多重線圈排列以在寬面積之上產生均勻的電漿。當基板在處理室中處理時，RF 源 35 以較好在約 100 千赫茲-27 百萬赫茲之範圍，更好是 13.56 百萬赫茲的 RF 電流供應線圈 34，且 RF 源 26 以較好在約 100 千赫茲-27 百萬赫茲之範圍，更好是 400 千赫茲、4 百萬赫茲或 13.56 百萬赫茲的 RF 電流供應下方電極。藉由供應 RF 功率至電極，可在基板表面之上提供大的直流鞘電壓。

施加 RF 偏壓至基板以在間隙充填步驟期間產生成長膜的離子撞擊。RF 頻率可以是維持穩態鞘所需要之數值以上的任何頻率，其爲數百千赫茲。基板偏壓在膜性質上，具有數種有益的效果，且也可用以在間隙充填步驟中，同時濺鍍該成長膜。這容許狹窄、高縱橫比的間隙得以快速地以高品質的介電物予以充填。RF 偏壓可在覆蓋層沉積

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(8)

步驟期間使用。

反應器 20 可用以實現本發明的間隙填充製程，其中使用重惰性氣體以針對次 0.5 微米高縱橫比之間隙的無空孔填充增加蝕刻對沉積速率比值(etch-to-deposition rate ratio，下文簡稱 EDR)。間隙填充製程進一步說明於 1996 年 3 月 29 日提出申請，標題為"改良的高密度電漿 CVD 間隙填充方法"，的共同申請案序號第 08/623,825 號中，該申請案併入於本文之中。重惰性氣體在濺鍍間隙側壁的角落時是有效的，如此，將角落截平成約 45 度的角落。惰性氣體具有低解離位能且形成大量離子，其在特定的 RF 功率下，相對於沉積速率而言，強化了濺鍍速率，因此降低了填充特定之間隙結構所需要的功率。而且，惰性氣體的低解離位能使電漿產生和離子撞擊更均勻地廣佈於整個基板。由於氬是最重的非反應性氣體，所以氬作為惰性氣體是較佳的。氬也可以使用，雖然它具有比氬更低的質量和更高的解離位能。氬也適於作為惰性氣體。較好，所添加的惰性氣體數量能有效提供濺鍍蝕刻部分，其具有沉積速率等級的大小，如此，蝕刻對沉積速率比值較好是約 5% 至 70%，更好是約 10% 至 40%。

在 ICP-CVD 反應器中進行沉積製程時，處理室可維持在小於 100 毫托耳的真空壓力，且較好是 30 托耳或更小，更好是從約 1 毫托耳至 5 毫托耳。個別製程氣體成份的流速對 200 毫米基板而言，典型從約 10 變化至 200 標準立方厘米/分鐘，且更大的基板更高。以閘閥節流的分子渦輪幫浦

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(9)

用以控制製程壓力。每一種成份的相對數量將視，部分地，要沉積之化合物的化學計量而定。ICP 功率較好從 200 變化至 3000 瓦，且施加至少電極的 RF 偏壓功率對 200 毫米基板而言，可從 0 變化至 3000 瓦。較好，下電極有一表面區域，如此，RF 偏壓功率可供應約 0-8 瓦/平方厘米，較好至少 2 瓦/平方厘米的功率。含有，例如，氬及/或氫的熱轉移氣體可以 1 至 10 托耳的壓力供應，以維持基板溫度處於較好約 -20 °C 至 500 °C，更好約 100 °C 至 400 °C，最好約 150 °C 至 375 °C。

爲了防止對基板上金屬線或先前存在之膜和結構的損害，並確保準確和精密的製程控制，使用加热的機械式或者，較好，靜電式夾盤(electrostatic chuck，下文簡稱 ESC)來固定基板。ESC 較好是雙極或單極性。爲了維持晶圓溫度至約 325 °C 至 375 °C，較好，將電極維持在從約 50 °C 變化至 350 °C 的溫度。較佳的電極溫度將視，在其他事項之中，RF 偏壓水準和特別的沉積步驟而定。例如，在間隙充填製程期間，電極溫度較好維持在約 80 °C(滿偏壓)至 200 °C(無偏壓)之間。相同地，在覆蓋製程期間，電極溫度較好維持在約 125 °C(滿偏壓)至 350 °C(無偏壓)之間。間隙充填和覆蓋製程在本文中加以說明。用於溫度控制的合適夾盤揭示 Brian McMillin 於 1996 年 9 月 30 日提出申請，標題爲"用於高密度電漿化學氣相沉積的可變式高溫夾盤"之共同申請的申請案序號第_____號中，其併入於本文之中。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(10)

沉積期間，典型將基板(例如，晶圓)維持在比 ESC 因電漿加熱所致之溫度更高的溫度。所以，即使 ESC 可予以加熱，它的溫度低於基板溫度。電極較好也提供氮氣背側冷卻以用於基板溫度控制。基板溫度可如在本文中所說明藉由調整 RF 偏壓和 ESC 溫度及其他參數的大小而加以控制。如在本文實驗中所進一步說明，電極溫度可相當地影響沉積膜的物理性質。

ICP-CVD 反應器特別適用於沉積 IMD 應用的 SiO_2 ，因為所產生的膜具有優良的品質，其與結晶 Si 之高溫熱氧化所成長的 SiO_2 (熱氧化物)實際上無法區分。此外，此技術可用高品質材料充填 0.25 微米般狹窄，縱橫比 3 : 1 以上的間隙。而且，沉積溫度可低於 450°C 與 A1 金屬化相容，且在 8 吋(20.32 厘米)晶圓上，厚度均勻度比 $2\%1-\sigma$ 更好，而在其他的膜性質上幾乎完全沒有差異。最後，在製程製造性上，ICP-CVD 在間隙充填製程中，可達到 5,000 埃/分鐘以上的淨沉積速率。對覆蓋層而言，ICP-CVD 可提供高達約 1.5 微米/分鐘，具有良好均勻度的沉積速率。據瞭解，導體線路可由其他合適的材料，包括，例如，銅、鎢、及其混合物，製成。

SiO_2 藉由本發明製程的沉積入次 0.5 微米、高縱橫比間隙中，牽涉 SiO_2 的同時沉積和濺鍍。最終形成的異方性沉積自最底層充填間隙，且濺鍍效果的角度依存性同時防止間隙的頂端在沉積期間封合。大部分高密度電漿系統的一個重要特徵是，偏壓功率決定晶圓上方的鞘電壓，本質上

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(11)

與電漿產生無關。高偏壓功率產生大的鞘電壓，因此產生晶圓表面的高能量離子撞擊。缺乏 RF 偏壓，膜品質和間隙充填性能易於因側壁膜鋸齒狀突出的外表而產生不良，其意指，形成於金屬導線上之極為多孔狀且重的沉積物，由於沉積而遮蔽住凹槽底部，且最後封合了間隙，留下一空孔。

ICP 可產生高密度電漿(例如， $>$ 約 1×10^{11} 離子/立方厘米)，並在即使非常低壓力下(例如， $<$ 約 10 毫托耳)維持它。高密度 PECVD 的優點包括增加的產出量，大面積之上均勻的離子和徑向密度，及放大尺寸反應器的後續製造性。當補助有分離式的基板電極 RF 偏壓時，ICP-CVD 系統也容許離子撞擊能量的獨立控制並提供額外的自由度以巧妙控制電漿沉積製程。

在 ICP 系統中， SiO_2 膜成長由於從電漿源撞擊至晶圓上之氧物質和吸附於晶圓上之矽烷碎片之間的離子活化反應而發生。使用 ICP-CVD，可在 8 吋(20.32 厘米)直徑之晶圓上，以高品質 SiO_2 介電物充填次 0.5 微米、高縱橫比的間隙。本質上，ICP-CVD 系統提供使用高密度電漿之可製造的介金屬介電物 CVD 製程。

製程氣體分散系統

項顯示，對高密度 PECVD 而言，改良的沉積速率和均勻可藉由使用氣體分散系統而達成，該系統提供反應物氣體的均勻、高流動速率輸送至基板表面上，以同時增加沉積速率並使處理室清洗需求減至最低。合適的氣體分散系統

五、發明說明(12)

揭示於 Brian McMILLIN 等人在 1996 年 6 月 28 日提出申請，標題為"用於介電膜之高密度電漿化學氣相沉積的聚焦及熱控制電漿處理系統與方法"，之共同申請的申請案序號第 08/672,315 號中，該申請案併入於本文之中。

圖 4 圖示包含這種氣體分散系統的電漿處理系統。該系統包括基板支撐物 130 和處理室 140。支撐物可包含，例如，RF 偏壓電極。支撐物可能由處理室的下方室壁支撐，或者可能自處理室的側壁延伸而懸空支撐。基板 120 可機械式或靜電式地固定於電極。

該系統更包括天線 150，諸如顯示於圖 4 中的平面多圈線圈，非平面多圈線圈，或具有另一種形狀的天線，其由適當的 RF 源施加功率，且適當的 RF 阻抗匹配電氣迴路將 RF 能量感應耦合入處理室以提供高密度電漿。處理室可能包括合適的真空抽氣裝置，以使處理室內部維持於想要的壓力。介電物視窗，諸如顯示於圖 4 中之具均勻厚度的平面介電物視窗 155，或非平面介電物視窗，提供於天線 150 和處理室 140 內部之間，並在處理室上方形成真空壁。

主氣體環 170 提供於介電物視窗 155 下方，氣體環 170 可在基板上方機械式地附著於處理室器壁。氣體環 170 可由，例如，鋁或陽極處理過的鋁製成。

次氣體環 160 也可提供於介電物視窗 155 下方。諸如 Ar 和 O₂ 的一種或多種氣體經由次氣體環 160 中的輸出管而輸送入處理室 140 中。任何合適的氣體環皆可用作為次氣體環 160。次氣體環 160 可位於氣體環 170 之上，以鋁

五、發明說明(13)

或陽極處理過之鋁製成的選用間隔物 165 隔開，如在圖 4 中所顯示。

另外，儘管未顯示，次氣體環 160 可位於氣體環 170 之下，在氣體環 170 和基板 120 之間，或者次氣體環 160 可位於基板 120 之下並排列成自處理室底板垂直噴出氣體。而另一種替代方式是，Ar 和 O₂ 可經由連接至處理室底板的輸出管來供應，使用間隔物 165 來隔開介電物視窗 155 和主氣體環 170。

將很多可分開的噴嘴 180 連接至主氣體環 170 以導引諸如 SiH₄ 的製程氣體或諸如 SiF₄、TEOS 等的相關含矽氣體至基板 120 上。這些氣體自噴嘴 180 經由噴嘴噴出口 187 而輸送至基板。另外，反應物氣體可經由主氣體環 170 中的輸出管來輸送。噴嘴可由諸如鋁、陽極處理過的鋁、石英或諸如 Al₂O₃ 的陶瓷之任何合適的材料製成。雖然顯示出兩個噴嘴，但是任何數目的噴嘴都可以使用。例如，噴嘴可連接至主氣體環 170 上的每一條輸出管。較好，在用於 200 毫米基板的 200 至 210 毫米直徑環 170 上使用 8 至 32 個噴嘴。

噴嘴 180 位於基板 120 平面的上方，使它們的噴出口位於諸如，例如，離開基板 3 至 10 厘米之任何適當的距離。噴嘴可，根據一較佳具體實施例，間隔排列於基板周邊的內側或外側，例如，離基板周邊 0 至 5 厘米。這有助於確保，來自噴嘴的任何潛在顆粒薄片將不會落在基板上且污染它。噴嘴可以全部是相同長度或者另外，可使用不同長

五、發明說明(14)

度的組合以強化沉積速率和均勻度。噴嘴較好加以排列，如此，至少一些噴嘴導引製程氣體於與基板露出表面相交的方向。

與主要依賴擴散以在基板上分散氣體的先前氣體噴注系統相反，根據本發明之一個具體實施例，將噴嘴加以排列，以在與基板露出表面成銳角相交的方向噴注氣體。噴注角度可從約 15 變化至 <90 度，較好是自基板水平面起 15 至 45 度。噴注角度或軸向可沿著噴嘴的軸向或，另一種方式，相對於噴嘴軸向高達 90 度或更高的角度。噴嘴的噴出口直徑可在 0.010 和 0.060 吋之間，較好是約 0.020 至 0.040 吋。噴嘴 180 的中空心部可鑽孔至噴出口 187 直徑的約兩倍大，以確保聲速流發生於噴出口，而不是在噴嘴心部之內。SiH₄ 的流動速率對 200 厘米基板來說，較好是在 25-300 標準立方厘米/分鐘之間，但對於更大基板，可以更高。

另一種可使用的氣體噴注系統使用很多的噴嘴，如在圖 5 中所圖示。在此具體實施例中，噴口 187A 加以排列，以在離開晶圓 120A (朝向介電物視窗) 的方向沿著噴注軸 (標示為 "A") 導引氣體。噴注角度或軸向可沿著噴嘴的軸向 (標示為 "B") 或，另一種方式，相對於噴嘴軸向高達約 90 度或更高的角度。在此構造中，噴注軸可從約 5 變化至 <90 度，較好是自基板平面起約 15 至 75 度，最好是約 15 至 45 度。該設計保有此特徵，製程氣體集中於晶圓上方，造成高沉積速率和良好的均勻度，並進一步提供對噴出口

五、發明說明(15)

阻塞降低之敏感性的優點。降低的噴出口阻塞可能性因此在需要噴嘴清洗之前，容許更多的晶圓受到處理，其最後改進了晶圓加工產出量。

由於小的噴嘴尺寸和噴嘴數目以及大的 SiH_4 流動速率，在氣體環 170 和處理室內部之間產生大的壓力差。例如，當氣體環在 >1 托耳的壓力，且處理室壓力在約 10 毫托耳的壓力，壓力差是約 100 : 1。這在噴嘴的輸出管處造成封堵、聲速的流量。噴嘴的噴出口內部也可加以修刻以在輸出管處提供超音速流量。

以聲速噴注 SiH_4 ，抑制了電漿穿透噴嘴。這項設計防止了氣體環和噴嘴延伸管之內 SiH_4 的電漿感應分解以及接續的非晶矽殘留物形成。

實驗

對間隙充填及沉積覆蓋層而言，製程通常包含起始時選用的濺鍍清潔/預熱步驟，其在不合任何含矽氣體的電漿內進行，接著是高偏壓功率的間隙充填步驟。在間隙已經部分充填之後，較好在低 RF 偏壓功率下沉積最後的犧牲或"覆蓋"層膜。較好，在沉積覆蓋層之前，間隙充填步驟充填幾乎完全所有的，或者至少一主要部分的間隙。覆蓋層沉積步驟只需要足夠的偏壓功率來保持適當的膜品質，因為在膜成長期間不需要濺鍍。覆蓋層以比間隙充填步驟更高的沉積速率來沉積。較好，該覆蓋膜在接續的化學機械式拋光(chemical-mechanical polishing，下文簡稱 CMP)平面化步驟中予以部分移除。

五、發明說明(16)

IC PECVD 系統在含有形成半導體性或介電性、及覆蓋膜之成份的製程氣體中，產生高密度、低壓力電漿。本發明製程可應用於沉積任何適用的半導體性、介電性、及/或覆蓋膜，包括，例如，氫化的非晶質矽 Si:H 、氧化矽 SiO_x ，其處 x 是 1.5 至 2.5，氮化矽 SiN 、氧氟化矽 SiO_xF_y ，其處 x 是 1.5 至 2.5 且 y 是 2 至 12、及其混合物。據瞭解，化學計量與非化學計量化合物皆可沉積，且 x 及 y 的數值可藉由調整諸如，例如，反應物氣體之選擇和它們相對之流動速率，的製程參數來控制。可預期，無機和有機聚合物也可沉積。較佳的介電和覆蓋膜包含 SiO_2 。儘管本發明將藉由說明 SiO_2 的沉積來例示，但是據瞭解，本發明可應用於其他的膜。

製程氣體的成份將視要沉積的半導體性及/或介電性膜而定。對含矽的膜而言，製程氣體可包含，例如，矽烷 (SiH_4)、四乙基正矽酸鹽 (tetraethylorthosilicate，下文簡稱 TEOS)、1,3,5,7-四甲基環四矽氧烷 (tetramethylcyclotetrasiloxane，下文簡稱 TMCTS)、二矽烷 (Si_2H_6) 或其他的含矽有機金屬氣體。製程氣體可包括惰性氣體，較好是 Ar、Kr、Xe、及其混合物，以控制電漿性質或濺鍍速率，特別是在沉積覆蓋層之前的間隙充填步驟期間。為了將非矽成份混入膜中，製程氣體可包括諸如，例如， H_2 、 O_2 、 N_2 、 HN_3 、 HF_3 、 N_2O 、NO 及其混合物的反應物氣體。反應物氣體也可包括含硼及/或含磷氣體以產生硼-磷-矽酸鹽玻璃 (boro-phospho-silicate

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(17)

glass，下文簡稱 BPSG)、硼-矽酸鹽玻璃(boro-silicate glass，下文簡稱 BSG)、及磷-矽酸鹽玻璃(phospho-silicate glass，下文簡稱 PSG)膜。

實例 I(間隙充填製程)

SiO₂ IMD 沉積在類似於圖 1 的 ICP 系統中進行。使用機械式固定的 150 毫米晶圓。使用兩個位於視窗 33 之底部邊緣處的氣體環。一個氣體環分散 SiH₄，另一個分散 Ar 和 O₂。系統參數列明於表 1 之中。電極溫度維持在 80°C。

表 1

ICP RF 功率	13.56 百萬赫茲下 1000 瓦
電極偏壓 RF 功率	400 千赫茲下 1000 瓦
Ar 質量流動速率	100 標準立方厘米/分鐘
O ₂ 質量流動速率	60 標準立方厘米/分鐘
SiH ₄ 質量流動速率	40 標準立方厘米/分鐘
晶圓背側 He 壓力	3 托耳
處理室壓力	3.75 毫托耳(1000 升/秒幫浦)

氧對矽烷質量流動比例在膜性質上的效應(在固定之總流量下)

膜的化學計量由電漿的化學組成決定，主要由矽烷和氧質量流動速率的比例 R： $R = Q_{SiH_4} / (Q_{SiH_4} + Q_{O_2})$ 來確立，其處 Q 是氣體質量流動速率。注意到，晶圓接觸的有效氣-矽烷比例也視其他的製程參數而定。R 對膜性質的效應顯示於表 2 中。

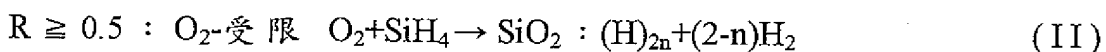
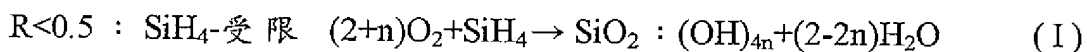
表 2

五、發明說明(18)

O ₂ 流動 速率 標準立 方厘米/ 分鐘	SiH ₄ 流動 速率 標準立 方厘米/ 分鐘	比例 % %	時間 秒	沉積 速率 埃/分鐘	應力 百萬巴	膜 拆射 率* 半徑 中間	邊緣	OH 含量 原子 %
60	40	0.40	180	3460	-91	1.4630	1.4628 1.4633	2.72
70	30	0.30	280	2585	-74	1.4574	1.4579 1.4579	9.10
55	45	0.45	132	3969	-116	1.5414	1.5376 1.5628	0.43
80	—20	0.20						9.43
50	50	0.50	120	5449	-66			0.31
50	50	0.50	104	5527	-66	1.6269	1.6203	0.28
65	35	0.35	101	3284	-90			8.79
70	30	0.30	280	2613	-65	1.4574	1.4572 1.4572	9.45
60	40	0.40	180	3591	-106	1.4638	1.4635 1.4647	2.20
80	20	0.20	480	1513	-63	1.4572	1.4571 1.4572	9.08
65	35	0.35	223	3317	-87	1.4584	1.4578 1.4586	8.85
100	0	0.00	300	0				

* 折射率在每一片晶圓的中心，半徑中間和邊緣處量取。

沉積的電漿化學化作用可大概地歸類成下列的反應：



此處， $\text{SiO}_2 : (\text{X})_n$ 表示含有某個比例 n 之 X 的概略化學計量氧化物，其處 $0 \leq n < 1$ 。以量測到的 OH 內含物來說， n 總是小於 0.025 ($\text{OH} < 10$ 原子百分比)。只要膜成長是矽烷受限 ($R \leq 0.5$)，則反應(I)佔主要地位。當 R 減少

五、發明說明(19)

時，這個反應釋出增加數量的水到電漿中，其解釋了膜中 OH 濃度隨著減少之 R 而增加的觀察。相反地，在氧受限狀況中操作時，反應(II)($R > 0.5$)造成增加的 H_2 產物，其說明了較大 R 時，H 的漸增內含成爲 Si-H(和最終形成之富含矽的外觀，諸如 Si_2O_3 的次氧化物原子團)。這同時說明了在高 R 時所量測到的較高處理室壓力，因爲渦輪分子幫浦在 H_2 中擁有低的抽氣速度。

數據也顯示，製程中一個明顯的變化發生於 $R = 0.40$ 附近這個轉變在所有的膜性質中是顯而易見的，如在表 2 中所顯示，且顯現出對應於上述所討論之矽烷受限化學作用，反應(I)，的轉變至氧受限化學作用，反應(II)。沉積速率與矽烷流量線性相關，且如所可預期，矽烷受限區域($R < 0.40$)在零流量處外插至零厚度。

膜應力典型是膜和基板間之差異熱膨脹所引起之機械應力和本質性膜應力的函數。前者主要由沉積溫度決定。後者例子中，膜微觀組織和化學計量是主要因素。在 SiH_4 受限狀況中，膜應力顯示出主要與沉積速率有關。據信，較快的膜成長容許較短時間的熱鬆弛和利用離子撞擊的濺鍍/緻密化。在 O_2 受限條件之下的膜成長，即使在較高的沉積速率下沉積，比在富含 O_2 條件之下的膜成長更不具壓縮力。

FTIR 光譜，顯示於圖 2 中，圖示出反應 I 和 II 的的關聯。在低 R 時，觀察到 Si-OH 和 Si-HOH 吸收帶，而不是 Si-H。在高 R 時。沒有可偵測的 Si-OH，但 Si-H 和次氧化

五、發明說明(20)

物(Si_2O_3)Si-O帶存在。在中間之R時，恰在關鍵範圍的富含 O_2 邊上，其處顯現出極微的Si-OH和Si-H內含量。就達到想要的介電常數而言，中間R的範圍是最佳的。折射率也可以用作為較佳操作條件的判斷依據，因為介於1.465和1.480之間的折射率對應於具有良好介電常數的膜。

ICP功率在膜性質上的效應

表3顯示出在偏壓功率維持固定於1000W時，膜性質如何與ICP功率有關。

表 3

ICP 功率 瓦	沉積速率 埃/分鐘	應力 百萬巴	SiO _x 折射率			OH 含量 原子%
			中心	半徑中央	邊緣	
1200	3295	-196	1.4659	1.4664	1.4659	3.81
800	3103	-138	1.4731	1.4738	1.4743	0.65
600	3117	-128	1.4731	1.4879	1.4866	0.43
400	3008	-139	1.5178	1.5151	1.5139	0.53
200	2731	-123	1.5610	1.5606	1.5675	0.51
1200	3396	-208	1.4693	1.4691	1.4640	3.95
200	2674	-113	1.5510	1.5507	1.5515	0.60
600	3060	-142	1.4796	1.4772	1.4746	0.55

ICP功率在膜性質上具有的效應本質上類似於總流量所造成的效應。兩種效應皆顯示出本質上是沉積前驅體供應現象。假設，主要的沉積前驅體是經由矽烷分解而產生，這種物質在晶圓表面上的供應將視它在電漿中產生的速率和它漏失至幫浦及漏失至反應器壁上之沉積速率而定。總

五、發明說明(21)

流量和 ICP 功率兩者會經由產生或者漏失為基礎的機構而影響晶圓處的有效 R。

在前驅體產生的例子中，以鍵結強度為基礎的計算顯示出，解離 SiH_4 所需要的能量應小於解離 O_2 者。在這個例子中，增加矽烷供應(總流量)會優先增加 SiH_x 的供應，超過任何相關聯的氧物質。這驅使反應化學作用朝向高 R，如所觀察。儘管相關性應是如何尚未清楚，但 ICP 功率應是驅動著該製程。

偏壓功率在膜性質上的效應

施加偏壓功率至晶圓以增加 DC 鞘位能，並因此增加撞擊離子的動能，直到它們如同成長該膜般地濺鍍掉它。這以很多種方式改良了膜的品質。進行沉積濺鍍的 O_2 電漿清潔了晶圓表面，容許一清潔、黏著的表面形成。由於離子撞擊在沉積期間加熱晶圓，因此溫度控制需要 He 背側冷卻。離子撞擊易於優先濺鍍"蝕刻"弱且非平衡的結構離開膜，並經由衝擊而產生緻密化。這容許高品質的膜在比其他可能之方式更低的晶圓溫度下沉積。膜性質對偏壓功率的相關性顯示於表 4 中。

表 4

ICP 功率 瓦	沉積速率 埃/分鐘	應力 百萬巴	SiO _x 折射率			HO 含量 原子%
			中心	半徑中央	邊緣	
1	3850	-295	1.4756	1.4751	1.4763	2.28
1	3853	-301	1.4750	1.4749	1.4758	2.30
1	3842	-315	1.4756			2.56

五、發明說明(22)

100	3858	-334		1.4759		2.64
100	3883	-368		1.4761		2.57
100	3893	-361	1.4767			4.05
200	3823	-348		1.4763		3.38
400	3835	-317		1.4744		4.73
500	3722	-117	1.4653			4.90
600	3652	-104		1.4644		3.77
800	3613	-93		1.4639		2.88
1000	3345	-96	1.4633	1.4627	1.4639	2.40
1000	3505	-108	1.4628	1.4622	1.4635	2.31
1000	3350	-96	1.4623			2.69
1000	3538	-105	1.4633			2.25
1200	3393	-107	1.4636			2.06
1400	3336	-123	1.4645			1.34
1600	3159	-101	1.4633			1.79

據觀察，概略的膜性質在 400 和 500 瓦之間產生相當的改變。據信，在 400 瓦之下，儘管離子能量可隨著偏壓功率增加，但離子並未具有足夠的能量來濺鍍，所以在此狀況下，偏壓功率的主要效應是強化晶圓上方的電漿產生。400 瓦以上，平均離子能量推測都大於 SiO_2 的濺鍍起始能量，淨沉積速率隨著濺鍍部分支配任何因二次電漿產生引起的效應而降低。

間隙充填沉積

間隙充填性能可由"蝕刻對沉積速率比例"，ER/DR，預

五、發明說明(23)

測，其計算自使用及不使用 RF 偏壓的沉積速率("零偏壓"條件實際上使用 100 瓦以用於二次電漿產生)：
$$E/D = [DR(\text{無偏壓}) - DR(\text{加偏壓})] \div DR(\text{無偏壓})$$
，其處 DR 表示沉積速率。具有較高 E/D 的製程可充填更多深刻的間隙。一般而言，應該使用將可充填必須之間隙的最低可能 E/D 以使淨沉積速率最大化。當然，一旦間隙充填了，則 E/D 應降低至保持膜品質所需要的最低數值。如此，容許大多數的 IMD 層以較高許多的速率沉積。

顯示於圖 3A、3B、3C、和 3D 中的 SEM 顯示出具有良好及不良之 ICP-CVD 間隙充填的實例。圖 3A 顯示出故意不使用偏壓功率的部份充填。在導線頂端可見到孔隙狀的膜表面形態和膜的"土司條"外觀。這最後封合起來，留下如同在圖 3B 中所顯示的空孔。由於濺鍍產生在 45°處是最大，這些也是優先濺鍍掉的的結構。圖 3B 給予不成功充填的範例，其處使用偏壓功率，但 E/D 對間隙而言是太低了，注意到，土司條狀結構在製程中封合的很早，留下一大而深的間隙。在圖 3C 中，可見到恰在間隙封合之前形成的微小空孔，其緊鄰於其他成功充填的同材質間隙。在這個例子中，E/D 是邊緣值。該層狀結構是故意藉由週期性地沉積薄的富含矽層並使用適當的染色劑鍍樣品以帶出成份對比而形成。這清楚地顯示出，間隙充填如何地由下而上，附帶有相較於水平表面上之微小的側壁成長。在導線上方由濺鍍所形成的 45°斜面也清晰可見。圖 3D 顯示出適度 E/D 的製程(100 標準立方厘米/分鐘 Ar)如何完全

五、發明說明(24)

地充填深刻的間隙。這顯示出 ICP-CVD 可充填深刻的結構。

實例 II(間隙充填和覆蓋製程)

SiO₂ IMD 和覆蓋沉積在類似於圖 4 的 ICP 系統中進行。在這個範例中，處理 200 毫米的晶圓。晶圓靜電式地固定於熱控制的夾盤。下方電極以 13.56 百萬赫茲產生源施加功率。在高流量下增進抽氣速度的一個 2000 升/秒幫浦也併入於 ICP-CVD 系統。使用從 1000 變化至 2500 瓦的 ICP 功率。對間隙充填製程使用高偏壓功率，其從 500 變化至 2500 瓦。

間隙充填、覆蓋、和犧牲蓋層的典型製程參數及其對應之膜特性顯示於表 5 之中。表中同時列出製程參數的較佳範圍。

表 5

製程參數	間隙充填	覆蓋層	犧牲覆蓋層
壓力(毫托耳)*	5(1-5)	14(5-30)	12(5-30)
ICP 功率(瓦)	2500(1000-3500)	2500(1000-3500)	2500(1000-3500)
偏壓功率(瓦)	2000(1000-3000)	2000(1000-3000)	0(0-3000)
Ar(標準立方厘米/分鐘)	50(0-100)	0(0-100)	100(0-200)
O ₂ (標準立方厘米/分鐘)	80(25-150)	350(150-500)	300(150-300)
SiH ₄ (標準立方厘米/分鐘)	60(20-200)	250(80-400)	200(80-400)
電極溫度(°C)	120(60-200)	120(60-200)	120(60-200)
背側 He 壓力(托耳)	1(~ 0-6)	1(~ 0-6)	1(~ 0-6)

* 較佳範圍提供於括弧 () 中

五、發明說明(25)

膜特性

沉積速率(埃/分鐘)	3080	11300	10700
均勻度(%1 σ)	3.7%	3.8%	2.5%
膜折射率	1.47	1.47	1.47
折射率均勻度(%1 σ)	<1%	<1%	<1%
應力(百萬巴)	-170	-172	-111
% OH	<2%	<1%	<1%
濕式蝕刻速率 $\text{SiO}_x=1.0$	<2 : 1	<2 : 1	3.5 : 1

在這些沉積(0.5 微米間隙)之中，氬氣包括於製程氣體之中。然而，氬氣的添加不總是需要的，如在較佳範圍中所指出。在覆蓋層的沉積中，起始沉積可使用高的電極 RF 偏壓以產生良好品質的膜。其後，可施加較低的偏壓功率(較好同時維持約相同的電極溫度)以產生具有較差品質的犧牲覆蓋層。典型而言，這層犧牲覆蓋層在接續的平面化製程中幾乎完全加以去除。

一般而言，較高的基板溫度增進了沉積膜的性質。典型而言，有兩個對基板溫度的主要貢獻因素：(1)來自基板支撐物(ESC)的加熱和(2)主要來自電極 RF 偏壓功率及，較低程度，來自電漿源(ICP、ECR等)功率的電漿加熱。

在先前技藝中，提高電漿源和偏壓功率已經為人刻意用來增加基板溫度，以增進膜品質。然而，這經常造成須要之膜性質之間的升替，如在以下檢查氬氣背側壓力、功率和處理室高度之效應的結果所顯示。

氬氣背側壓力、功率和處理室高度的效應

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

五、發明說明(26)

進行一系列的沉積，其中間隔物高度、氮氣冷卻壓力和 ICP-CVD 裝置的功率大小予以變化，以調整基板溫度具有 80 °C 的電極溫度。表 6 提出該結果。項發現，接近 400 °C 的基板溫度產生高品質的氧化物。在其他事項之中，高的基板溫度驅趕掉揮發性物質並改良了膜密度。對沒有使用氮氣的沉積 3 來說，據估計，晶圓溫度超過 450 °C。

在第一組三片晶圓中，氮氣壓力從 2 托耳降低至 0 托耳(即，無冷卻)且這在基板溫度上造成從 275 °C 至超過 400 °C 的增加。膜特性指出，高的晶圓溫度產生高品質的膜。在該類膜中發現低的 OH 含量且所有其他的膜性質是優異的。使用高晶圓溫度的優點是，它不會在膜應力、OH% 和濕式蝕刻比例之間造成有害的效應。

第二組晶圓(沉積編號 4、5 和 6)顯示出使用氮氣和氫氣冷卻氣體作為基板溫度控制的效應。第一組三片晶圓使用氮氣，第二組的三片晶圓使用氫氣做為冷卻。結果顯示出，氮氣和氫氣產生類似的製程結果。

第一和第三組的 3 片晶圓比較晶圓的電漿加熱效應。晶圓加熱藉由降低 ICP 線圈至基板表面之間的距離(間隔物高度)而達成。結果指出，對相同功率大小的製程而言，膜品質由高向較低的間隙間隔變化。OH% 保持相同，濕式蝕刻比例與 2 或 1 托耳氮氣冷卻的例子相比較，在較低的間隔下受到改良。然而，當使用較低的間隙間隔時，可觀察到更大的壓縮應力。

當比較第三組 3 片晶圓與表 6 中的最後 2 片晶圓時，ICP

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (27)

功率從 2500 降低至 2000 瓦。數據顯示，降低功率觀察到較小的壓縮應力。濕式蝕刻比例惡化，表示出，較小的電漿加熱改變了膜結構，可能使得更為多孔狀。因此，濕式蝕刻比例在較高功率大小下較好。

表 6

	製程條件	沉積速率 埃/分鐘	均勻度 (%10)	膜折射率	應力 (百萬巴)	OH 含量 (原子%)	濕式蝕 刻比例
1	6/2/2500	9371	3.63%	1.477	-246	1.7%	7.38
2	6/1/2500	9317	3.60%	1.480	-195	1.3%	6.67
3	6/0/2500	8129	2.83%	1.482	-65	0.3%	1.83
4	6/2/2500	9419	3.68%	1.478	-242	0.46%	8.02
5	6/1/2500	9420	3.65%	1.475	-175	0.88%	7.64
6	6/1/2500	9452	3.53%	1.472	-219	1.37%	7.98
7	0/2/2500	9146	6.47%	1.479	-377	1.0%	3.67
8	0/1/2500	9111	6.35%	1.478	-349	2.5%	3.22
9	0/3/2500	9159	6.60%	1.477	-370	0.4%	3.40
10	0/2/2000	8884	4.53%	1.479	-227	1.1%	5.29
11	0/1/2000	8870	4.86%	1.478	-168	0.1%	4.97

* 製程條件是間隔物高度(厘米)、氮氣冷卻壓力(托耳)、和(3)ICP 功率(瓦)。RF 偏壓每一個例子都是零。

加熱之電極在膜性質上的效應

與使用電漿源和偏壓功率以增加基板溫度的處理方式相反，據顯示，使用較高的電極溫度可造成改良的膜性質及

五、發明說明(28)

較寬的製程空窗，而不會在膜應力、OH%及/或濕式蝕刻比例之間的必要數值之間造成升替。

這可藉由顯示於表 7 中的結果來例示，其處使用 70 及 120 °C 電極的覆蓋層沉積結果針對使用及不使用施加之 RF 偏壓的例子來摘述。較好，在製備覆蓋層膜時，濕式蝕刻比例是 <2 : 1，OH% ≤ 約 1%，且膜應力的大小小於 200 百萬巴。藉由從 0 增加偏壓至 2000 瓦而僅增加晶圓的電漿加熱造成濕式蝕刻比例的降低，但這也在膜應力上造成不想要的增加。相反地，藉由使用較高溫度的電極，膜應力和濕式蝕刻比例對使用和不使用 RF 偏壓功率的例子而言，都受到降低。因此，較佳的製程使用具有選自約 60 至 200 °C 範圍之溫度的熱控制電極。

表 7. 使用 70 和 120 °C 電極的膜性質比較

	晶圓溫度(°C)		應力(百萬巴)			%OH			濕式蝕刻速率	
	70° ESC	120° ESC	70° ESC	ESC	120° ESC	70° ESC	ESC	120° ESC	比例 70° ESC	120° ESC
使用偏壓的覆蓋層	340	375	-250		-190	1.8	0.7		1.5	1.3
不使用偏壓的覆蓋層	140	170	-193		-128	1.9	1.4		3.8	2.7

所使用的製程參數說明於表 5 中

使用較高電極溫度的另一個好處是，包括，例如，壓力、反應物氣體流動速率、和 TCP 功率的其他製程條件範圍較寬，如此可使用較寬鬆的一組操作條件。

前述內容已經說明本發明的原理、較佳具體實施例及操

五、發明說明(29)

作模式。然而，本發明不應解釋受限於所討論的特定具體實施例。如此，上述說明的具體實施例應視為例示性，而非限制性、且應認知到，變化可由熟諳此技藝的從業人員在那些具體實施例中達成而不偏離本發明由下列申請專利範圍所界定的範疇。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

四、中文發明摘要(發明之名稱：感應耦合電漿化學氣相沉積)

一種在感應耦合電漿強化化學氣相沉積反應器之處理室中沉積介電膜於基板上的方法。達成半導體基板上之電氣導電導線之間的間隙充填及沉積覆蓋層。藉由在處理室中加熱其上固定有基板的基板固定器，而產生具有已改良相當大之物理特性，包括減低之膜應力，的膜。

英文發明摘要(發明之名稱：INDUCTIVELY COUPLED PLASMA CVD)

A method of depositing a dielectric film on a substrate in a process chamber of an inductively coupled plasma-enhanced chemical vapor deposition reactor. Gap filling between electrically conductive lines on a semiconductor substrate and depositing a cap layer are achieved. Films having significantly improved physical characteristics including reduced film stress are produced by heating the substrate holder on which the substrate is positioned in the process chamber.

六、申請專利範圍

1. 一種充填半導體基板上電氣導電線間之間隙的方法，其包含步驟有：

提供一基板於感應耦合電漿強化化學氣相沉積(PECVD)反應器的處理室中，該PECVD反應器含有一平面感應線圈，可產生電漿；

導入包含惰性氣體的製程氣體於處理室中，其中惰性氣體的數量足以輔助間隙充填；以及

以PECVD成長介電膜於基板上，使介電膜沉積於基板上電氣導電導線之間之間隙中，該等間隙之直徑不大於 $0.5\ \mu\text{m}$ ，且縱橫比至少為3：1。

2. 根據申請專利範圍第1項之方法，其中製程氣體進一步包含選自含有 SiH_4 、 SiF_4 、 Si_2H_6 、TEOS、TMCTS及其混合物之群體的含矽反應物氣體，該製程進一步包含分解含矽反應物以形成含矽氣體及電漿相在基板表面上使該含矽氣體起反應。
3. 根據申請專利範圍第2項之方法，其中製程氣體包含選自含有 H_2 、 O_2 、 N_2 、 NH_3 、 NF_3 、 N_2O 、和NO、及其混合物之群體的反應物氣體。
4. 根據申請專利範圍第2項之方法，其中製程氣體包含選自含有含硼氣體、含磷氣體、及其混合物之群體的反應物氣體。
5. 根據申請專利範圍第3項之方法，其中製程氣體包含選自含有含硼氣體、含磷氣體、及其混合物之群體的反應物氣體。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

6. 根據申請專利範圍第1項之方法，其中真空維持在約1毫托耳約30毫托耳。
7. 根據申請專利範圍第1項之方法，其中膜沉積於矽晶圓上且間隙位於包含鋁、銅、鎢、及其混合物的導體導線之間。
8. 根據申請專利範圍第1項之方法，進一步包含施加射頻偏壓至基板。
9. 根據申請專利範圍第8項之方法，其中施加射頻偏壓至基板的步驟包含支撐基板於基板固定器上，其具有供應射頻至基板的電極，射頻偏壓藉由以至少2瓦/平方厘米的功率供應電極而產生。
10. 根據申請專利範圍第8項之方法，其中射頻偏壓以約100千赫茲至27百萬赫茲之間的頻率施加至基板。
11. 根據申請專利範圍第1項之方法，其中基板定位於維持在約80°C至200°C之溫度的基板固定器上。
12. 根據申請專利範圍第1項之方法，進一步包含在膜成長步驟期間，於基板表面和其上支撐基板的基板支撐器表面之間供應熱轉移氣體。
13. 根據申請專利範圍第12項之方法，進一步包含在膜成長步驟期間，將基板夾置於靜電式或機械式夾盤上。
14. 根據申請專利範圍第13項之方法，其中將包含氦及/或氫的熱轉移氣體供應至基板表面和夾盤表面之間的空間。
15. 根據申請專利範圍第1項之方法，進一步包含電漿相使含氧氣體在間隙中起反應，及在膜成長步驟之前，移除間

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

- 隙中的聚合物殘留物。
16. 根據申請專利範圍第1項之方法，其中介電膜包含矽氧化物。
 17. 根據申請專利範圍第1項之方法，其中介電膜包含 SiO_2 。
 18. 根據申請專利範圍第1項之方法，其中製程氣體包括含矽及含氟反應物，且介電膜包含矽氟氧化物。
 19. 根據申請專利範圍第1項之方法，其中氣體混合物包括含氮氣體，且介電膜包含矽氮氧化物。
 20. 根據申請專利範圍第1項之方法，其中製程氣體經由包括噴出口的氣體供應器導入，至少某些噴出口使製程氣體朝向噴注的軸向，該軸向以銳角與基板的曝露表面相交。
 21. 根據申請專利範圍第20項之方法，其中導引製程氣體的步驟包含從主氣體環供應氣體或氣體混合物的步驟，其中至少某些的該氣體或氣體混合物朝向該基板。
 22. 根據申請專利範圍第21項之方法，其中導引氣體的步驟進一步包含從次氣體環供應額外之氣體或氣體混合物的步驟。
 23. 根據申請專利範圍第21項之方法，其中將噴嘴連接於該主氣體環，噴嘴噴注至少某些的該氣體或氣體混合物進入該處理室並朝向基板。
 24. 一種充填半導體基板上電氣導電線間之間隙並沉積覆蓋層於已充填間隙之上的方法，其包含步驟有：
提供一基板於感應耦合電漿強化化學氣相沉積(PECVD)

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

反應器的處理室中，該PECVD反應器含有一平面感應線圈，可產生電漿；

藉由PECVD導入第一製程氣體並以第一沉積速率成長第一介電膜於間隙中而充填基板上電氣導電導線之間の間隙；以及

藉由導入第二製程氣體至處理室中而以PECVD沉積含有第二介電膜的覆蓋層至該第一介電膜的表面上，該覆蓋以高於第一沉積速率的第二沉積速率沉積，其中，該等間隙之直徑不大於 $0.5\ \mu\text{m}$ ，且縱橫比至少為3：1。

25. 根據申請專利範圍第24項之方法，其中介電膜包含矽氧化物，第一和第二製程氣體包括矽反應物和氧反應物，第二製程氣體比第一製程氣體含有更高數量的矽和氧反應物。
26. 根據申請專利範圍第24項之方法，其中介電膜包含矽氧化物，第一和第二製程氣體包括惰性氣體，第一製程氣體比第二製程氣體包括更高數量的惰性氣體。
27. 根據申請專利範圍第24項之方法，其中在間隙充填和覆蓋步驟期間，施加RF偏壓至基板，RF偏壓在間隙充填步驟期間比在覆蓋步驟期間為高。
28. 根據申請專利範圍第24項之方法，其中基板定位於維持在約 80°C 至 200°C 之溫度的基板固定器上。
29. 根據申請專利範圍第24之方法，其中製程氣體經由包括噴出口的氣體供應器導入，至少某些噴出口使製程氣體朝向噴注的軸向，該軸向以銳角與基板的曝露表面相

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

交。

30. 一種沉積介電膜基板的方法，其包含步驟有：

提供一基板於感應耦合電漿強化化學氣相沉積(PECVD)反應器的處理室中，該PECVD反應器含有一平面感應線圈，可產生電漿，其中將基板固定於基板固定器上；

導入可包括惰性氣體的製程氣體於處理室中，其中惰性氣體的數量足以造成濺鍍蝕刻；

控制基板固定器之表面上的溫度；以及

藉由感應耦合RF能量進入處理室而對製程氣體施加能量成為電漿狀態並以PECVD成長介電膜於基板上，使介電膜沈積於基板上電氣導電導線之間間隙中，該等間隙之直徑不大於 $0.5\ \mu\text{m}$ ，且縱橫比至少為3：1。

31. 根據申請專利範圍第30項之方法，其中製程氣體進一步包含選自含有 SiH_4 、 Si_2H_6 、 SiF_4 、TEOS、TMCTS及其混合物之群體的含矽反應物氣體，該製程進一步包含分解含矽反應物以形成含矽氣體及電漿相在基板表面上使該含矽氣體起反應。

32. 根據申請專利範圍第31項之方法，其中製程氣體包含選自含有 H_2 、 O_2 、 N_2 、 NH_3 、 NF_3 、 N_2O 、和NO、及其混合物之群體的反應物氣體。

33. 根據申請專利範圍第31項之方法，其中製程氣體包含選自含有含硼氣體、含磷氣體、及其混合物之群體的反應物氣體。

34. 根據申請專利範圍第32項之方法，其中製程氣體包含選

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

自含有含硼氣體、含磷氣體、及其混合物之群體的反應物氣體。

35. 根據申請專利範圍第30項之方法，其中製程處理室是維持在約1毫托耳至約30毫托耳的真空。
36. 根據申請專利範圍第30項之方法，進一步包含施加射頻偏壓至基板。
37. 根據申請專利範圍第36項之方法，其中施加射頻偏壓至基板的步驟包含支撐基板於基板固定器上，其具有供應射頻至基板的電極，射頻偏壓藉由以至少2瓦/平方厘米的功率供應電極而產生。
38. 根據申請專利範圍第36項之方法，其中射頻偏壓以約100千赫茲至27百萬赫茲之間的頻率施加至基板。
39. 根據申請專利範圍第30項之方法，其中基板定位於維持在約80°C至200°C之溫度的基板固定器上。
40. 根據申請專利範圍第39項之方法，進一步包含在基板表面和基板支撐器表面之間供應熱轉移氣體。
41. 根據申請專利範圍第40項之方法，進一步包含在膜成長步驟期間，於基板夾置於靜電式或機械式夾盤上。
42. 根據申請專利範圍第41項之方法，其中將包含氦及/或氬的熱轉移氣體供應至基板表面和夾盤表面之間的空間。
43. 根據申請專利範圍第39項之方法，其中介電膜包含矽氧化物。
44. 根據申請專利範圍第39項之方法，其中介電膜包含SiO₂。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

45. 根據申請專利範圍第39項之方法，其中製程氣體包括含矽及含氟反應物，且介電膜包含矽氟氧化物。
46. 根據申請專利範圍第30項之方法，其中氣體混合物包括含氮氣體，且介電膜包含矽氮氧化物。
47. 根據申請專利範圍第30項之方法，其中製程氣體經由包括噴出口的氣體供應器導入，至少某些噴出口使製程氣體朝向噴注的軸向，該軸向以銳角與基板的曝露表面相交。
48. 一種感應耦合電漿處理系統，其包含：
 一電漿處理室；
 在該處理室之內支撐基板的一基板固定器，其中基板固定器處於約80°C至200°C的溫度；
 配置於該處理室之外的一電氣導電線圈；
 導入製程氣體進入該處理室中的機構；以及
 感應耦合RF能量進入處理室中以對製程氣體施加能量成為電漿狀態的一RF能量源。
49. 根據申請專利範圍第48項之系統，其中製程氣體進一步包含選自含有SiH₄、SiF₄、Si₂H₆、TEOS、TMCTS及其混合物之群體的含矽反應物氣體。
50. 根據申請專利範圍第48項之系統，其中製程氣體包含選自含有H₂、O₂、N₂、NH₃、NF₃、N₂O、和NO、及其混合物之群體的反應物氣體。
51. 根據申請專利範圍第48項之系統，其中製程氣體包含選自含有含硼氣體、含磷氣體、及其混合物之群體的反應

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

物氣體。

52. 根據申請專利範圍第48項之系統，其中製程處理室是維持在約1毫托耳至約30毫托耳的真空。
53. 根據申請專利範圍第48項之系統，進一步包含連接至基板產生RF偏壓的RF產生器。
54. 根據申請專利範圍第48項之系統，其中導入製程氣體的裝置包含包括噴出口的氣體供應器，至少某些噴出口使製程氣體朝向噴注的軸向，該軸向以銳角與基板的曝露表面相交。
55. 根據申請專利範圍第48項之系統，其中線圈是幾乎完全平面狀的。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

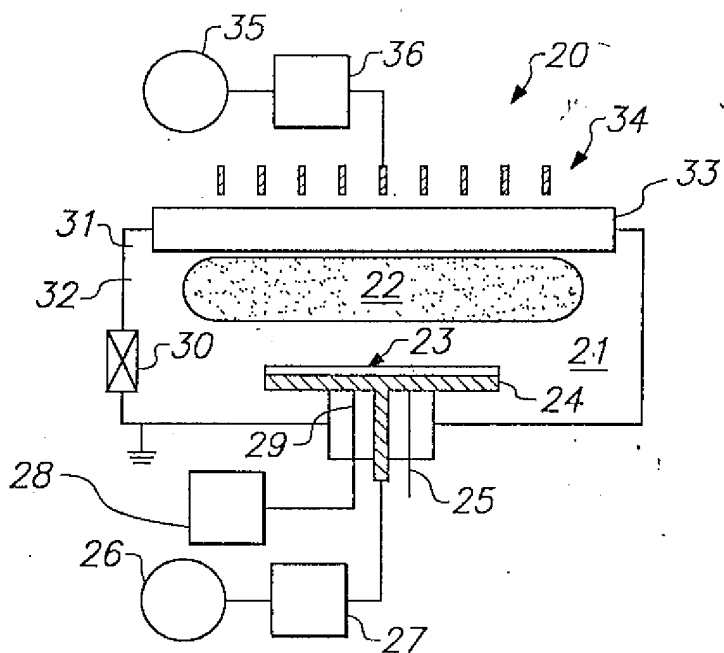


圖 1

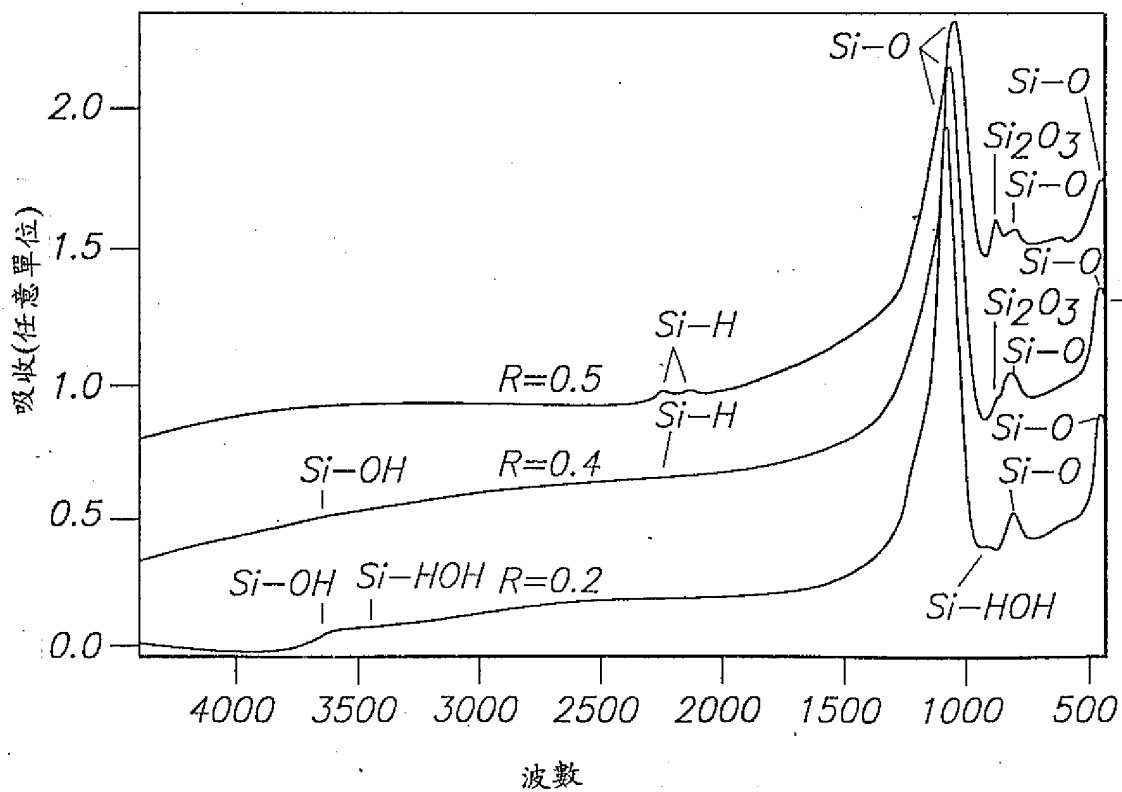


圖 2



圖 3A

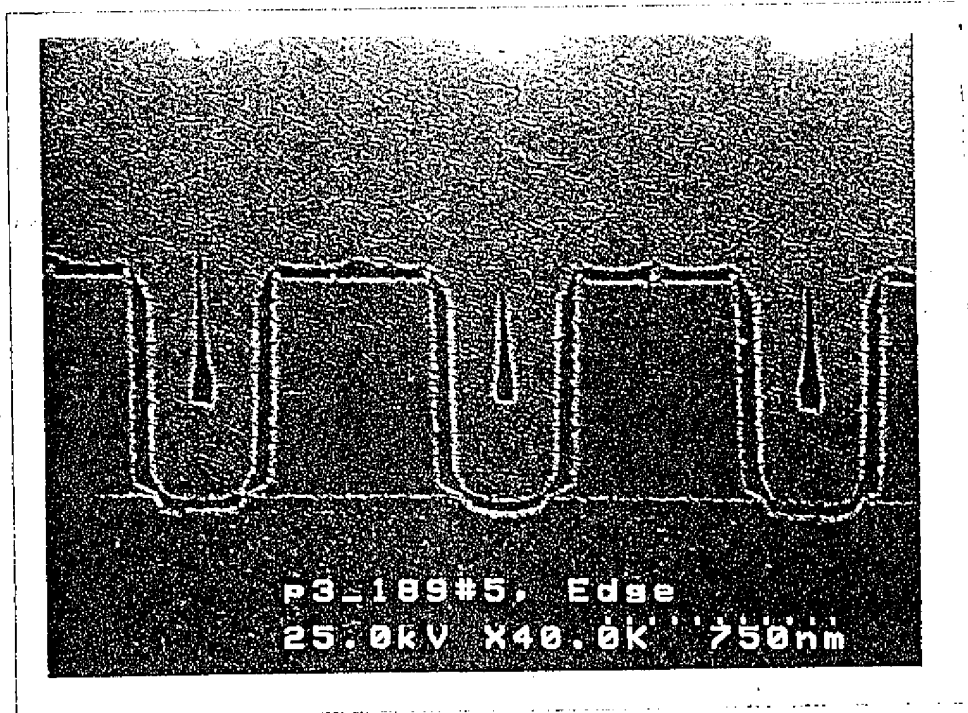


圖 3B

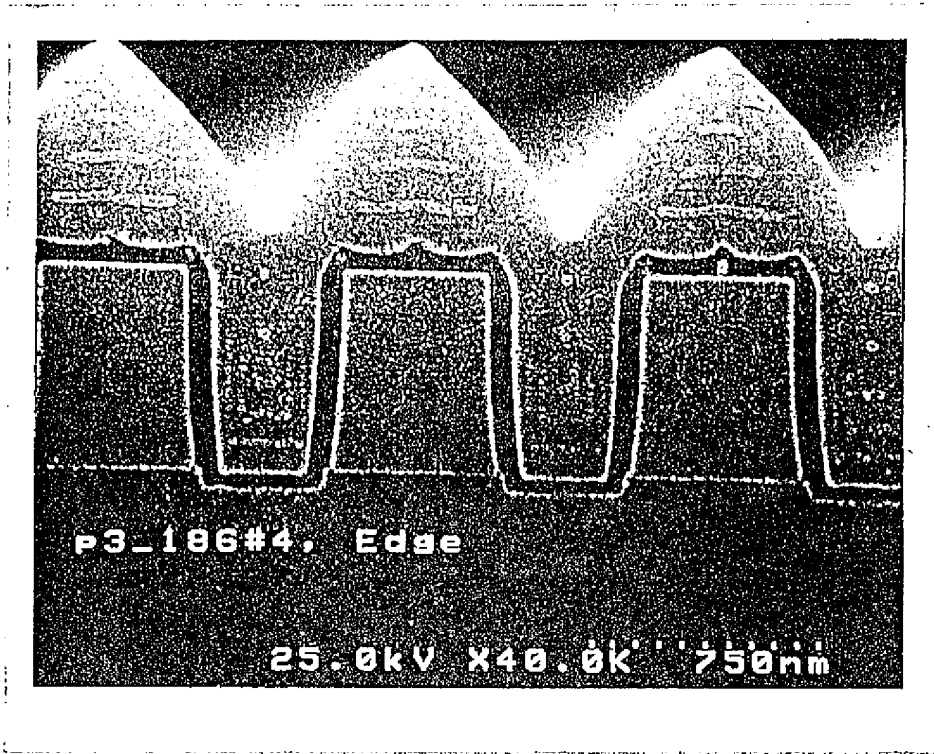


圖 3C

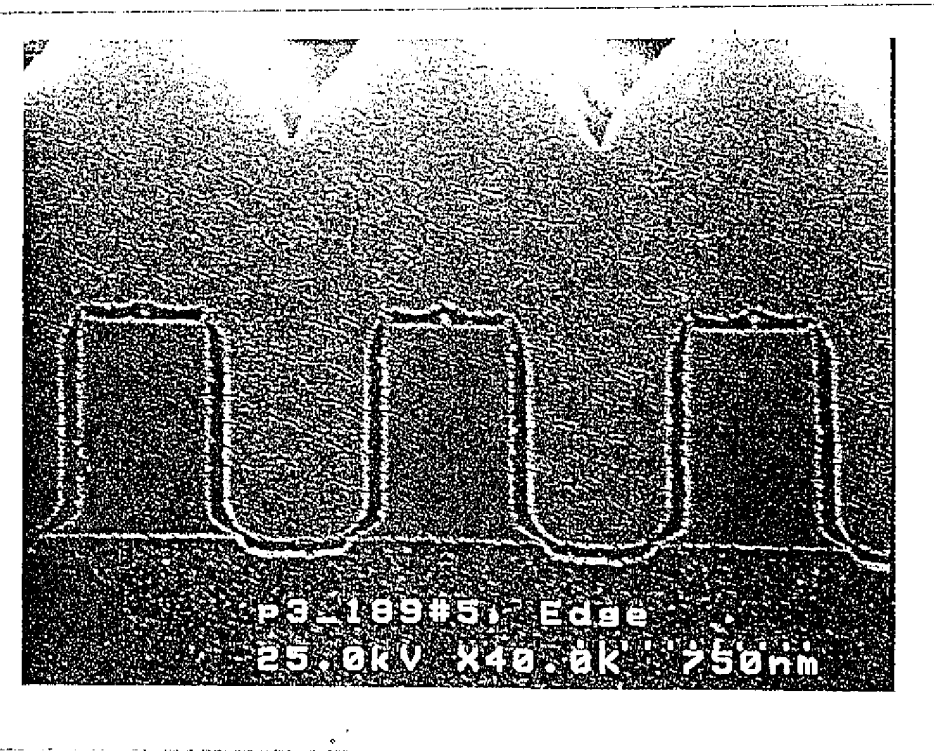


圖 3D

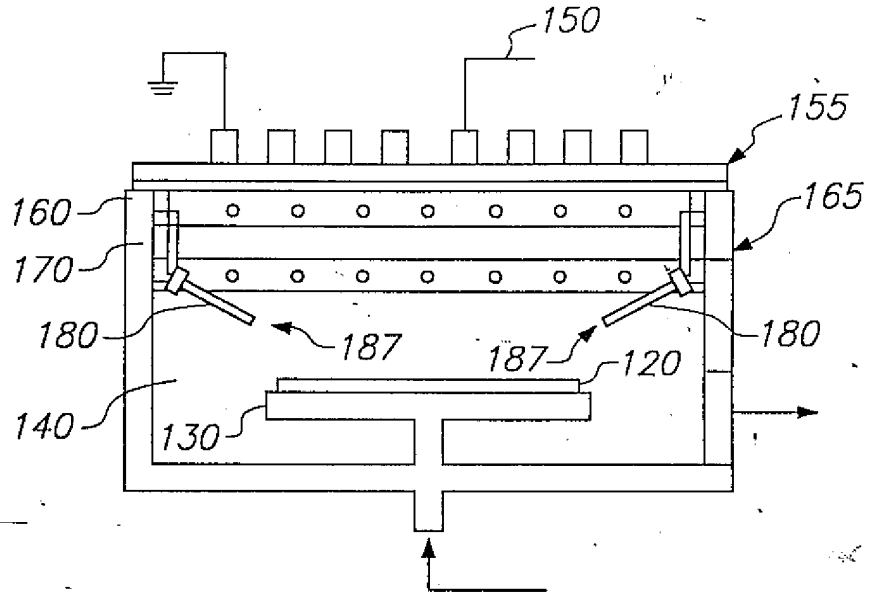


圖 4

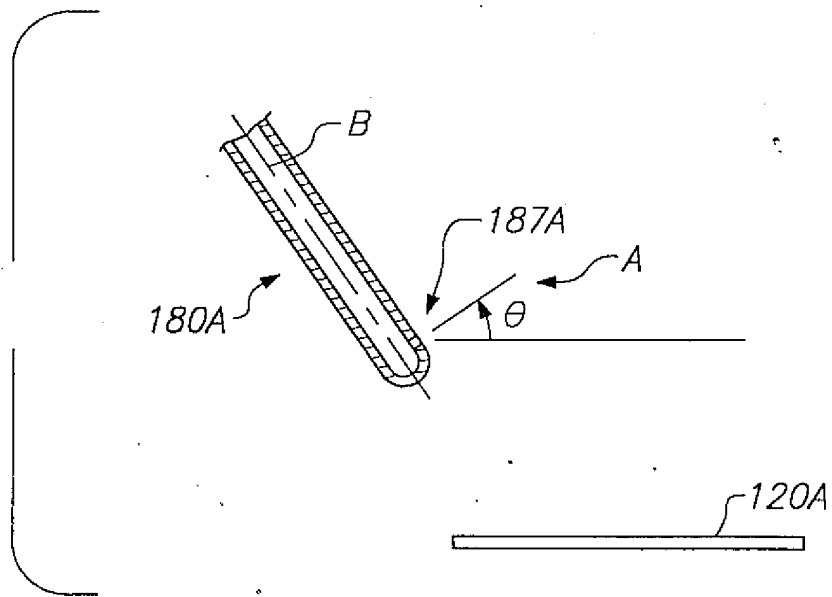


圖 5

六、申請專利範圍

1. 一種充填半導體基板上電氣導電線間之間隙的方法，其包含步驟有：

提供一基板於感應耦合電漿強化化學氣相沉積(PECVD)反應器的處理室中，該PECVD反應器含有一平面感應線圈，可產生電漿；

導入包含惰性氣體的製程氣體於處理室中，其中惰性氣體的數量足以輔助間隙充填；以及

以PECVD成長介電膜於基板上，使介電膜沉積於基板上電氣導電導線之間之間隙中，該等間隙之直徑不大於 $0.5\ \mu\text{m}$ ，且縱橫比至少為3：1。

2. 根據申請專利範圍第1項之方法，其中製程氣體進一步包含選自含有 SiH_4 、 SiF_4 、 Si_2H_6 、TEOS、TMCTS及其混合物之群體的含矽反應物氣體，該製程進一步包含分解含矽反應物以形成含矽氣體及電漿相在基板表面上使該含矽氣體起反應。
3. 根據申請專利範圍第2項之方法，其中製程氣體包含選自含有 H_2 、 O_2 、 N_2 、 NH_3 、 NF_3 、 N_2O 、和NO、及其混合物之群體的反應物氣體。
4. 根據申請專利範圍第2項之方法，其中製程氣體包含選自含有含硼氣體、含磷氣體、及其混合物之群體的反應物氣體。
5. 根據申請專利範圍第3項之方法，其中製程氣體包含選自含有含硼氣體、含磷氣體、及其混合物之群體的反應物氣體。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線