



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I827705 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：108137197

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 10 月 16 日

(51)Int. Cl. : **C23C16/27 (2006.01)** **C23C16/455 (2006.01)**
C23C16/458 (2006.01) **C23C16/505 (2006.01)**
C23C16/52 (2006.01) **H01J37/32 (2006.01)**
H01L21/033 (2006.01)

(30)優先權：2018/10/26 美國 62/751,213

(71)申請人：美商應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)
美國(72)發明人：凡卡塔蘇巴拉馬尼恩 艾斯華倫納德 VENKATASUBRAMANIAN, ESWARANAND
(IN)；戈坦姆 薩莫爾 E GOTTHEIM, SAMUEL E. (US)；曼納 帕拉米特
MANNA, PRAMIT (IN)；馬禮克 亞伯希吉特 B MALLICK, ABHIJIT B. (IN)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

TW	495553	TW	201309836A
TW	201438062A	TW	201809339A
CN	102016113A	US	2012/0276743A1
WO	2018/175182A1		

審查人員：洪敏峰

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：4 共 35 頁

(54)名稱

用於圖案化應用的高密度碳膜

(57)摘要

本案揭示內容的實施例大致上關於用於圖案化應用的高透明、高密度的碳膜的沉積。一個實施例中，提供一種在基板上形成碳膜的方法。該方法包括：使含碳氫化合物的氣體混物流進處理腔室中，該處理腔室具有定位在靜電吸盤上的基板，其中該基板維持在約-10°C至約20°C的溫度及約0.5毫托耳至約10托耳的腔室壓力；以及藉由將第一射頻偏壓施加至該靜電吸盤而生成電漿，以在該基板上沉積類鑽石碳膜，該類鑽石碳膜含有約60%或更多的混成sp³原子，其中該第一射頻偏壓是以約1800瓦至約2200瓦之功率及約40MHz至約162MHz之頻率提供。

Embodiments of the present disclosure generally relate to deposition of high transparency, high-density carbon films for patterning applications. In one embodiment, a method of forming a carbon film on a substrate is provided. The method includes flowing a hydrocarbon-containing gas mixture into a process chamber having a substrate positioned on an electrostatic chuck, wherein the substrate is maintained at a temperature of about -10 °C to about 20 °C and a chamber pressure of about 0.5 mTorr to about 10 Torr, and generating a plasma by applying a first RF bias to the electrostatic chuck to deposit a diamond-like carbon film containing about 60% or greater hybridized sp³ atoms on the substrate, wherein the first RF bias is provided at a power of about 1800 Watts to about 2200 Watts and at a frequency of about 40 MHz to about 162 MHz.

指定代表圖：

符號簡單說明：

300:方法
310-350:操作

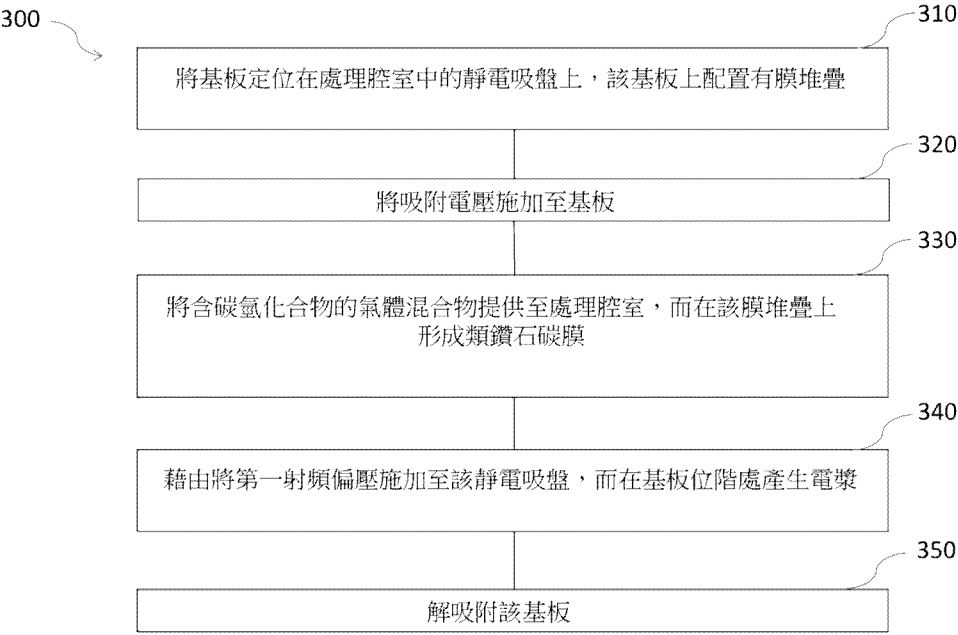


圖3



I827705

【發明摘要】

【中文發明名稱】用於圖案化應用的高密度碳膜

【英文發明名稱】HIGH DENSITY CARBON FILMS FOR PATTERNING

APPLICATIONS

【中文】

本案揭示內容的實施例大致上關於用於圖案化應用的高透明、高密度的碳膜的沉積。一個實施例中，提供一種在基板上形成碳膜的方法。該方法包括：使含碳氫化合物的氣體混物流進處理腔室中，該處理腔室具有定位在靜電吸盤上的基板，其中該基板維持在約 -10°C 至約 20°C 的溫度及約 0.5 毫托耳至約 10 托耳的腔室壓力；以及藉由將第一射頻偏壓施加至該靜電吸盤而生成電漿，以在該基板上沉積類鑽石碳膜，該類鑽石碳膜含有約 60% 或更多的混成 sp^3 原子，其中該第一射頻偏壓是以約 1800 瓦至約 2200 瓦之功率及約 40MHz 至約 162MHz 之頻率提供。

【英文】

Embodiments of the present disclosure generally relate to deposition of high transparency, high-density carbon films for patterning applications. In one embodiment, a method of forming a carbon film on a substrate is provided. The method includes flowing a hydrocarbon-containing gas mixture into a process chamber having a substrate positioned on an electrostatic chuck, wherein the substrate is maintained at a temperature of about -10°C to about 20°C and a chamber pressure of about 0.5 mTorr to about 10 Torr, and generating a plasma by applying a first RF bias to the electrostatic chuck to deposit a diamond-like carbon film containing about 60%

or greater hybridized sp^3 atoms on the substrate, wherein the first RF bias is provided at a power of about 1800 Watts to about 2200 Watts and at a frequency of about 40 MHz to about 162 MHz.

【指定代表圖】圖 3。

【代表圖之符號簡單說明】

3 0 0 . . . 方 法

3 1 0 - 3 5 0 . . . 操 作

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】用於圖案化應用的高密度碳膜

【英文發明名稱】HIGH DENSITY CARBON FILMS FOR PATTERNING

APPLICATIONS

【技術領域】

【0001】 本案揭示內容的實施例大致上關於積體電路的製造。更特定而言，本文描述的實施例提供用於圖案化應用的高密度碳膜的沉積技術。

【先前技術】

【0002】 積體電路已經發展成為複雜元件，該等元件能夠在單個晶片上包括數百萬個電晶體、電容器、和電阻器。晶片設計的發展持續需要更快的電路和更大的電路密度。針對具有更大電路密度的更快電路的需求對積體電路部件製造中所用的處理序列提出了相應的要求。例如，在使用習知光微影技術的處理序列中，在配置於基板上的材料層的堆疊上方形成能量敏感的阻劑層。將能量敏感的阻劑層暴露於圖案的影像，而形成光阻遮罩。此後，使用蝕刻製程將遮罩圖案轉移到堆疊的一或多個材料層。

【0003】 隨著圖案尺寸減小，能量敏感的阻劑的厚度相對應地減小，以控制圖案的解析度。此種薄阻劑層可能不足以在圖案轉移操作期間遮蔽下方的材料層，此是由於化學蝕刻劑的攻擊所致。經常在能量敏感阻劑層和下面的材料層之間使用硬遮罩以助於圖案轉移，這是因為對化學蝕刻劑有更大的抵抗力之故。隨著臨界尺寸（CD）減小，

當前的硬遮罩材料欠缺相對於下面的材料（例如，氧化物和氮化物）的期望蝕刻選擇性，且經常難以沉積。

【0004】 因此，在本技術中需要改良的硬遮罩層和用於沉積改良的硬遮罩層的方法。

【發明內容】

【0005】 本案揭示內容的實施例大致上關於積體電路的製造。更特定而言，本文描述之實施例提供用於圖案化應用的高密度膜的沉積。一個實施例中，提供一種在基板上形成碳膜的方法。該方法包括：使含碳氫化合物的氣體混合物流進處理腔室中，該處理腔室具有定位在靜電吸盤上的基板，其中該基板維持在約 -10°C 至約 20°C 的溫度及約0.5毫托耳至約10托耳的腔室壓力；以及藉由將第一射頻偏壓施加至該靜電吸盤而生成電漿，以在該基板上沉積類鑽石碳膜，該類鑽石碳膜含有約60%或更多的混成 sp^3 原子，其中該第一射頻偏壓是以對300mm基板而言約1800瓦至約2200瓦之功率及約40MHz至約162MHz之頻率提供。

【0006】 另一實施例中，該方法包括：使含碳氫化合物的氣體混合物流進處理腔室之處理空間，該處理腔室具有定位在靜電吸盤上的基板；以及藉由將第一射頻偏壓施加至該靜電吸盤以及將第二射頻偏壓施加至配置在該靜電吸盤上方且相對的電極，而生成電漿，以在該基板上沉積類鑽石碳膜，其中該第一射頻偏壓是以約13.56MHz或更低的頻率提供，且該第二射頻偏壓是以約40MHz或更

高的頻率提供，且該基板維持在約 -10°C 至約 20°C 的溫度及約0.5毫托耳至約10托耳的腔室壓力。

【0007】 又一實施例中，該方法包括：使含碳氫化合物的氣體混物流進處理腔室之處理空間，該處理腔室具有定位在靜電吸盤上的基板，其中該基板維持在介於約5毫托耳至約10毫托耳之間的腔室壓力，且其中該含碳氫化合物的氣體混合物包括乙炔（ C_2H_2 ）；藉由將第一射頻偏壓施加至該靜電吸盤而在該基板位階處生成電漿，以在該基板上沉積類鑽石碳膜，其中該第一射頻偏壓是以約2000瓦之功率及約60MHz之頻率提供；在該類鑽石碳膜上面形成圖案化光阻層；以一圖案蝕刻該類鑽石碳膜，該圖案對應於該圖案化光阻層；以及將材料沉積至該類鑽石碳膜的多個蝕刻的部分中。

【圖式簡單說明】

【0008】 可以透過參考其中一些於附圖中說明的實施例而獲得上文簡要總結的本案揭示內容的更詳細的描述，而能詳細地理解本案揭示內容的上述特徵的方式。然而，應注意，附圖僅說明本案揭示內容的典型實施例，因此不應被認為是對本案揭示內容的範疇的限制，因為本案揭示內容可以容許其他等效的實施例。

【0009】 圖1A描繪能夠用於實施本文描述之實施例的沉積系統的概略剖面視圖；

【0010】 圖1B描繪能夠用於實施本文描述之實施例的另一沉積系統的概略剖面視圖；

【0011】圖2描繪可用在圖1A和圖1B之設備中以實施本文所述之實施例的靜電吸盤的概略剖面視圖；

【0012】圖3描繪根據本案揭示內容的一或多個實施例的用於在配置於基板上的膜堆疊上形成類鑽石碳層的方法的流程圖；

【0013】圖4A至圖4B描繪根據本案揭示內容的一或多個實施例的用於在形成於基板上的膜堆疊上形成類鑽石碳層的序列的一個實施例；

【0014】為助於理解，只要可能則使用相同的元件符號指定圖式中共通的相同元件。考量一個實施例中揭示的元件與特徵可有益地併入其他實施例，而無須贅述。

【實施方式】

【0015】以下的本案揭露內容描述用於在基板上沉積類鑽石碳膜的技術。下文將會參考PECVD製程描述本文所述之實施例，該PECVD製程能夠透過使用任何適合的薄膜沉積系統執行。適合的系統的範例包括可使用DXZ®處理腔室的CENTURA®系統、PRECISION5000®系統、PRODUCER®系統、PRODUCER®GTTM系統、PRODUCER®XP PrecisionTM系統、PRODUCER®SETM系統、Sym3®處理腔室和MesaTM處理腔室，所有上述系統/腔室都可從美國加州Santa Clara的應用材料公司購得。能夠執行PECVD製程的其他工具也可以適用於本文所述的實施例。此外，能夠使用實現本文所述之PECVD製程的任

何系統以獲得益處。本文描述的設備的描述是說明性的，且不應被理解或詮釋為限制本文描述的實施例的範疇。

【0016】圖1A描繪根據本文描述的實施例的能夠用於執行類鑽石碳層沉積的基板處理系統132的示意圖。基板處理系統132包括處理腔室100，該處理腔室100耦接氣體面板130和控制器110。處理腔室100大致上包括界定處理空間126的頂壁124、側壁101和底壁122。基板支撐組件146設置在處理腔室100的處理空間126中。基板支撐組件146大致上包括由軸桿160支撐的靜電吸盤150。靜電吸盤150一般而言可以由鋁、陶瓷、和其他適合的材料（諸如不鏽鋼）製成。可以使用位移機構（圖中未示）使靜電吸盤150在處理腔室100內沿垂直方向移動。

【0017】真空泵102耦接在處理腔室100的底部中形成的通口。真空泵102用於維持處理腔室100中的期望氣體壓力。真空泵102也從處理腔室100排出後處理氣體以及製程的副產物。

【0018】具有複數個孔隙128的氣體分配組件120配置在靜電吸盤150上方的處理腔室100的頂部上。氣體分配組件120的孔隙128用於將處理氣體引入處理腔室100中。該等孔隙128可以具有不同的尺寸、數量、分佈、形狀、設計和直徑，以助於針對不同製程要求的各種處理氣體的流動。氣體分配組件120連接氣體面板130，該氣體面板130容許各種氣體在處理期間流到處理空間

126。電漿是由離開氣體分配組件120的處理氣體混合物形成，以增強處理氣體的熱分解，從而造成材料沉積在靜電吸盤150上所定位的基板190之頂表面191上。

【0019】 氣體分配組件120和靜電吸盤150可以在處理空間126中形成一對間隔開的電極。一或多個射頻電源140透過匹配網路138（該匹配網路是視情況任選的）提供偏壓電位給氣體分配組件120，以助於在氣體分配組件120和靜電吸盤150之間生成電漿。作為替代方案，射頻電源140和匹配網路138可耦接氣體分配組件120、靜電吸盤150、或耦接氣體分配組件120和靜電吸盤150兩者、或者耦接設置在處理腔室100外部的天線（圖中未示）。在一些實施例中，射頻電源140可以產生下述頻率的功率：350KHz、2MHz、13.56MHz、27MHz、40MHz、60MHz、100MHz或162MHz。

【0020】 控制器110包括中央處理單元（CPU）112、記憶體116、及支援電路114，用於控制製程序列並且調控來自氣體面板130的氣體流量。CPU 112可以是任何形式可以在工業設施中使用的通用電腦處理器。可以將軟體常式儲存在記憶體116中，例如隨機存取記憶體、唯讀記憶體、軟碟、或硬碟機、或其他形式的數位儲存裝置。支援電路114耦接CPU 112，且可包括高速緩衝儲存器、時脈電路、輸入/輸出系統、電源供應器、及類似物。控制器110與基板處理系統132之各部件之間的雙向通

訊是透過統稱為訊號匯流排118的大量訊號纜線而處理，其中一些在圖1A中說明。

【0021】圖1B描繪能夠用於實施本文所述實施例的另一基板處理系統180的概略剖面視圖。基板處理系統180類似於圖1A的基板處理系統132，差異處在於基板處理系統180設置成使來自氣體面板130的處理氣體經由側壁101徑向流動遍及基板190的頂表面191。此外，圖1A中所示的氣體分配組件120被電極182所取代。電極182可設置成用於生成二次電子。在一個實施例中，電極182為含矽的電極。

【0022】圖2描繪在圖1A和圖1B的處理系統中使用的基板支撐組件146的概略剖面視圖，該基板支撐組件146能夠用於實施本文所述的實施例。參考圖2，靜電吸盤150可包括加熱元件170，該加熱元件170適合用於控制靜電吸盤150之上表面192上所支撐的基板190的溫度。該加熱元件170可以嵌在靜電吸盤150中。可透過從加熱器電源106將電流施加到加熱器元件170，而電阻式加熱靜電吸盤150。該加熱器電源106可透過RF濾波器216耦合，以保護加熱器電源106隔離RF能量。從加熱器電源106供應的電流由控制器110調控，以控制加熱器元件170所生成的熱，藉此將基板190和靜電吸盤150在膜沉積期間保持在實質上恆定的溫度。在將類鑽石碳膜沉積在基板上期間，可調整所供應的電流，以將靜電吸盤150的溫度選擇性控制在約-50°C至約350°C之間。

【0023】 參考圖1A和圖1B，可將諸如熱電偶之類的溫度感測器172嵌到靜電吸盤150中，以監視靜電吸盤150的溫度。所測量到的溫度是由控制器110使用，以控制供應到加熱器元件170的功率，而將基板維持在期望溫度。

【0024】 往回參考圖2，靜電吸盤150包括吸附電極210，該電極可以是導電材料之網格（mesh）。吸附電極210可嵌在靜電吸盤150中。該吸附電極210耦接吸附電源212，該吸附電源212在充有能量時將基板190靜電式夾持到靜電吸盤150的上表面192。

【0025】 吸附電極210設置成單極或雙極電極，或具有其他適合的排列佈置。吸附電極210可以透過RF濾波器214耦接吸附電源212，該吸附電源212提供直流（DC）電力以將基板190靜電式固定於靜電吸盤150的上表面192。RF濾波器214防止用於在處理腔室100內形成電漿的RF電力損壞電子設備。靜電吸盤150可由諸如AlN或Al₂O₃之類的陶瓷材料製成。

【0026】 電力施加系統220耦接基板支撐組件146。電力施加系統220可包括加熱器電源106、吸附電源212、第一射頻（RF）電源230、及第二射頻電源240。電力施加系統220的實施例可以另外包括控制器110，以及感測器裝置250，該感測器裝置與控制器110以及第一射頻電源230和第二射頻電源240兩者通訊。控制器110也可用於藉由施加來自第一射頻電源230和第二射頻電源

240的射頻電力控制來自處理氣體的電漿，以便在基板190上沉積材料層。

【0027】如上文所述，靜電吸盤150包括吸附電極210，該吸附電極在一方面可發揮吸附基板190的作用，同時也作為第一射頻電極。靜電吸盤150也可包括第二射頻電極260，並且與吸附電極210一起可施加RF電力以調諧電漿。第一射頻電源230可以耦接第二射頻電極260，而第二射頻電源240可耦接吸附電極210。可以針對第一射頻電源230及第二射頻電源240分別提供第一匹配網路和第二匹配網路。第二射頻電極260可以是導電材料的均質（solid）金屬板或導電材料的網格。

【0028】第一射頻電源230和第二射頻電源240可產生相同頻率或不同頻率的電力。在一些實施例中，第一射頻電源230和第二射頻電源240中的一或兩者可獨立地產生下述頻率的電力：從約350KHz到約162MHz（例如350KHz、2MHz、13.56MHz、27MHz、40MHz、60MHz、100MHz、或162MHz。來自第一射頻電源230和第二射頻電源240中的一或兩者的RF電力可有所變化，以便調諧電漿。

【0029】大致上，關於圖1A、圖1B、及圖2描述的系統可以用於根據本文描述的實施例沉積碳膜。根據本文所述的實施例製造的碳膜（例如，一或多個碳層）本質上非晶且具有高的 sp^3 碳含量（例如，類鑽石）。剛沉積的類鑽石碳層的消光係數或k值（K（在633nm下））小於

0.1（例如0.09），密度（g/cc）大於1.8 g/cc（例如約2.0 g/cc或更高、約2.5 g/cc或更高、諸如從約1.8 g/cc至約2.5 g/cc）、大於2.0的折射率或n值（n（在633 nm））（例如，大約2.0至大約3.0，諸如2.3），應力（MPa）小於約-100 MPa（例如從約-1000 MPa至約-100 MPa，諸如約-550 MPa），及彈性模量（GPa）約150 GPa或更大，例如約200至約400 GPa。在本案揭示內容的各種實施例中，剛沉積的類鑽石碳層可含有至少40%或更多的 sp^3 混成碳原子，諸如約60%或更多，例如約90%的 sp^3 混成碳原子。剛沉積的類鑽石碳層的厚度可在約5埃至約20,000埃之間。

【0030】 有上述特性的類鑽石碳層可以透過使用下文的示範性沉積製程參數形成。基板溫度範圍可在約-50°C至約350°C（例如，約-10°C至約20°C）。腔室壓力的範圍可從約0.5毫托耳到約10托耳（例如，約5毫托耳到約10毫托耳）。含碳氫化合物的氣體混合物的流速可從約10 sccm至約1,000 sccm（例如，約100 sccm至約200 sccm）。稀釋氣體的流速可個別地範圍從約50 sccm至約5000 sccm（例如約50 sccm至約200 sccm）。下表I說明示範性的沉積製程參數，可在從美國加州 Santa Clara 的應用材料公司購得的沉積腔室中的300 mm基板上執行該等參數。

表 I

沉積參數	示範性範圍	示範性範圍	示範性範圍
溫度 (°C)	-50-350 °C	10-100 °C	10-50 °C

壓力 (托耳)	0.5 毫托耳-10 托耳	2 毫托耳-50 毫托耳	2 毫托耳-10 毫托耳
第一射頻功率 (60 MHz)	100-3000 瓦	2,000-3000 瓦	2000 瓦
第二射頻功率 (2 MHz)	200-2000 瓦	800-1200 瓦	1000 瓦
間距	1000 to 15000 密耳	6000 to 12000 密耳	8000 to 12000 密耳
C ₂ H ₂ 流量	10-1000 sccm	100-200 sccm	150 sccm
He 流量	50-5000 sccm	50-100 sccm	100 sccm

【0031】 圖3描繪根據本發明的一個實施例用於在配置於基板上的膜堆疊上形成類鑽石碳層的方法300的流程圖。形成於膜堆疊上的類鑽石碳層可用於例如作為硬遮罩，以在膜堆疊中形成階梯狀結構。圖4A至圖4B是說明根據方法300用於在基板上配置的膜堆疊上形成類鑽石碳層的序列。也應當理解，在圖3中描繪的操作可同時執行及/或以如所描繪之順序不同的順序執行。

【0032】 方法300開始於操作310，將基板定位至處理腔室中，該基板諸如圖4A中所描繪的基板400，該處理腔室諸如圖1A或圖1B中所描繪的處理腔室100。基板400可以是圖1A、圖1B、及圖2中描繪的基板190。基板400可定位在靜電吸盤上，例如，靜電吸盤150之上表面192上。基板400可以是以矽為基礎的材料或是視需求的任何適合的絕緣材料、導電材料、或半導體材料，具有配置在基板400上的膜堆疊404，該膜堆疊404可用於在該

【0033】 如在圖4A中描繪的示範性實施例所示，基板400可具有實質上平坦的表面、不平坦的表面、或上面形

成有結構的實質上平坦的表面。膜堆疊404形成於基板400上。在一個實施例中，在前段或後段的製程中，膜堆疊404可用於形成閘極結構、接觸結構、或互連結構。方法300可以在膜堆疊404上執行，以在該膜堆疊404中形成階梯狀結構，該階梯狀結構用在記憶體結構中，該記憶體結構例如為NAND結構。一個實施例中，基板400可以是例如下述之材料：結晶矽（例如， $\text{Si}\langle 100 \rangle$ 或 $\text{Si}\langle 111 \rangle$ ）、氧化矽、應變矽、矽鍺、摻雜或未摻雜多晶矽、摻雜或未摻雜的矽基板和圖案化或非圖案化的絕緣體上覆矽（SOI）、碳摻雜的氧化矽、氮化矽、摻雜矽、鍺、砷化鎵、玻璃、藍寶石。基板400可具有各種尺寸，諸如200 mm、300 mm、和450 mm或其他直徑的基板，以及矩形或方形嵌板。除非另有記載，否則本文描述的實施例和範例是在具有200 mm直徑、300 mm直徑、或450 mm直徑的基板上進行。在其中SOI結構用於基板400的實施例中，基板400可包括配置在矽結晶基板上的埋入介電層。在本文描繪的實施例中，基板400可以是結晶矽基板。

【0034】 在一個實施例中，配置在基板400上的膜堆疊404可具有許多垂直堆疊的層。膜堆疊404可以包括多對，包括第一層（示出為408a₁、408a₂、408a₃、...、408a_n）和第二層（示出為408b₁、408b₂、408b₃、...、408b_n）重複形成於該膜堆疊404中。該等層對包括交替的第一層（示出為408a₁、408a₂、408a₃、...、408a_n）

和 第二層(示出為 $408b_1$ 、 $408b_2$ 、 $408b_3$ 、... ..、 $408b_n$) 重複形成直到達到期望的第一層和第二層的對數為止。

【0035】 膜堆疊 404 可以是諸如三維記憶體晶片的半導體晶片的一部分。儘管在圖 4A 至圖 4B 中顯示第一層(顯示為 $408a_1$ 、 $408a_2$ 、 $408a_3$ 、... ..、 $408a_n$) 和第二層(顯示為 $408b_1$ 、 $408b_2$ 、 $408b_3$ 、... ..、 $408b_n$) 的三個重複層，但注意到可根據需求使用第一層和第二層的任何期望數量的重複層對。

【0036】 一個實施例中，膜堆疊 404 可以用於形成三維記憶體晶片的多個閘極結構。形成在膜堆疊 404 中的第一層 $408a_1$ 、 $408a_2$ 、 $408a_3$ 、... ..、 $408a_n$ 可以是第一介電層，且第二層 $408b_1$ 、 $408b_2$ 、 $408b_3$ 、... ..、 $408b_n$ 可以是第二介電層。可以利用適合的介電層形成第一層 $408a_1$ 、 $408a_2$ 、 $408a_3$ 、... ..、 $408a_n$ ，且第二層 $408b_1$ 、 $408b_2$ 、 $408b_3$ 、... ..、 $408b_n$ 包括氧化矽、氮化矽、氮氧化矽、碳化矽、碳氧化矽、氮化鈦、氧化物與氮化物的複合物、將氮化物層夾在中間的至少一或多個氧化物層、及上述材料之組合。在一些實施例中，介電層可以是介電常數大於 4 的高 k 材料。高 k 材料的適合範例包括尤其是二氧化鈦 (HfO_2)、二氧化鋯 (ZrO_2)、氧化矽鈦 ($HfSiO_2$)、氧化鋁鈦 ($HfAlO$)、氧化矽鋯 ($ZrSiO_2$)、二氧化鉭 (TaO_2)、氧化鋁、摻雜鋁的二氧化鈦、鉍鈦鈦 (BST)、和鉍鋯鈦 (PZT)。

【0037】 在一個特定範例中，第一層408a₁、408a₂、408a₃、...、408a_n是氧化矽層，第二層408b₁、408b₂、408b₃、...、408b_n是配置在第一層408a₁、408a₂、408a₃、...、408a_n上的氮化矽或多晶矽。在一個實施例中，第一層408a₁、408a₂、408a₃、...、408a_n的厚度可被控制在約50埃與約1000埃之間，諸如約500埃，並且每一第二層408b₁、408b₂、408b₃、...、408b_n的厚度被控制在介於約50埃到1000埃之間，諸如約500埃。膜堆疊404總厚度可介於約100埃與約2000埃之間，並且可以隨著技術的發展而變化。

【0038】 注意類鑽石碳層可形成在基板400的任何表面或任何部分上，在該基板400上存在或不存在膜堆疊404。

【0039】 在操作320，將吸附電壓施加至靜電吸盤，以將基板400夾持於靜電吸盤。經由吸附電極210將電偏壓提供給基板400。吸附電極210可以與吸附電源212電連通，該吸附電源212供應偏壓電壓給吸附電極210。在一個實施例中，吸附電壓介於10伏特和約3000伏特之間。

【0040】 在操作320期間，處理空間中的處理壓力可維持在約0.1毫托耳至約10托耳（例如，約0.5毫托耳至約15毫托耳），且處理溫度及/或基板溫度可以維持在約-50°C至約350°C（例如約-10°C至約20°C）。

【0041】 在操作330，含碳氫化合物的氣體混物流入處理空間126。含碳氫化合物的氣體混合物可透過氣體分配組件120或經由側壁101從氣體面板130流入處理空間126。該含碳氫化合物的氣體混合物可包括至少一種碳氫化合物。含碳氫化合物的氣體混合物可進一步包括惰氣、稀釋氣體、或上述各項之任何組合。在一些實施例中，在操作330期間維持在操作320期間供應的吸附電壓。在一些實施例中，在操作320期間建立的處理條件在操作330期間維持。

【0042】 在一個實施例中，碳氫化合物是氣態碳氫化合物。在一個實施例中，碳氫化合物具有通式 C_xH_y ，其中 x 的範圍在1至20之間，並且 y 的範圍在1至20之間。適合的碳氫化合物包括例如 C_2H_2 、 C_3H_6 、 CH_4 、 C_4H_8 、1,3-二甲基金剛烷、雙環[2.2.1]庚-2,5-二烯（2,5-降冰片二烯）、金剛烷（ $C_{10}H_{16}$ ），降冰片烯（ C_7H_{10} ）或上述碳氫化合物之組合。

【0043】 一些實施例中，含碳氫化合物的氣體混合物進一步包含一或多種稀釋氣體。適合的稀釋氣體可包括但不限於氦氣（He）、氬氣（Ar）、氙氣（Xe）、氫氣（ H_2 ）、氮氣（ N_2 ）、氨氣（ NH_3 ）或上述氣體之任何組合。在一個實施例中，稀釋氣體包括Ar、He和 N_2 的組合。在一個實施例中，稀釋氣體包括Ar、He和 H_2 的組合。

【0044】 在一些實施例中，含碳氫化合物的氣體混合物進一步包含惰氣。在一些實施例中，可以將諸如氬氣（Ar）

和 / 或氦氣 (He) 的惰氣與含碳氫化合物的氣體混合物一起供應到處理空間 126 中。其他惰氣 (諸如氮氣 (N₂) 和一氧化氮 (NO)) 也可用於控制類鑽石碳層的密度和沉積速率。

【0045】 在操作 340，如圖 4B 所示，在基板位階 (level) 上生成電漿，以在膜堆疊上形成類鑽石碳膜。可以藉由施加第一射頻偏壓至靜電吸盤而生成電漿。第一射頻偏壓可以是從約 10 瓦至約 3000 瓦，頻率為從約 350 KHz 到大約 162 MHz (例如 350 KHz、2 MHz、13.56 MHz、27 MHz、40 MHz、60 MHz、100 MHz、或 162 MHz)。在一個實施例中，以介於大 1500 瓦至約 2500 瓦特之間 (例如 1800-2200 瓦) 的功率以及約 40 MHz 或更高的頻率提供第一射頻偏壓。在一個實施例中，第一射頻偏壓經由第二射頻電極 260 提供給靜電吸盤 150。第二射頻電極 260 可與供應偏壓電壓給第二射頻電極 260 的第一射頻電源 230 電連通。第一射頻電源 230 可以產生從約 350 KHz 到約 100 MHz (例如，350 KHz、2 MHz、13.56 MHz、27 MHz、40 MHz、60 MHz 或 100 MHz) 的頻率的功率。

【0046】 在一些實施例中，操作 340 進一步包括將第二射頻偏壓施加到靜電吸盤以獨立地控制離子密度和離子能量而調節膜應力。第二射頻偏壓可以是從約 10 瓦至約 3000 瓦，且頻率在約 350 KHz 至大約 100 MHz (例如 350 KHz、2 MHz、13.56 MHz、27 MHz、40 MHz、

60 MHz 或 100 MHz)。在一個實施例中，以大約 800 瓦至約 1200 瓦之間的功率以及約 13.56 MHz 或更低（例如約 2 MHz）的頻率提供第二射頻偏壓。在一實施例中，經由吸附電極 210 提供第二射頻偏壓給基板 400。吸附電極 210 可與第二射頻電源 240 電連通，該第二射頻電源 240 供應偏壓電壓給吸附電極 210。以約 10 瓦至約 3000 瓦之間的功率提供第二射頻偏壓。在一個實施例中，以大約 800 瓦至大約 1200 瓦之間的功率提供第二射頻偏壓。在一實施例中，在操作 340 期間維持在操作 320 中供應的吸附電壓。

【0047】 在能夠與本案揭示內容的任何其他實施例組合的一些實施例中，在操作 340 期間，第一射頻偏壓經由吸附電極 210 提供至基板 400，並且第二射頻偏壓可經由第二射頻電極 260 提供至基板 400。

【0048】 在能夠與本案揭示內容的任何其他實施例組合的一些實施例中，在操作 340 期間，將第一射頻偏壓提供給氣體分配組件 120 或電極 182，並且可經由第二射頻電極 260 或吸附電極 210 將第二射頻偏壓提供至基板 400。在這種情況下，施加到氣體分配組件 120 或電極 182 的第一射頻偏壓能夠具有高頻率，並且施加到第二射頻電極 260 或吸附電極 210 的第二射頻偏壓能夠具有低頻率。

【0049】 第一射頻偏壓和第二射頻偏壓能夠使用功率層級和頻率的各種組合。在一些實施例中，第一射頻偏壓

可以在約 40 MHz、60 MHz 或 162 MHz 下為約 2000 瓦，並且第二射頻偏壓可以是在 350 KHz 下為約 1000 瓦。在一些實施例中，第一射頻偏壓能夠在 40 MHz、60 MHz 或 162 MHz 下為約 2000 瓦，並且第二射頻偏壓能夠在 2 MHz 下為約 1000 瓦。在一些實施例中，第一射頻偏壓能夠在約 40 MHz、60 MHz、或 162 MHz 下為約 2000 瓦，並且第二射頻偏壓可以在 13.56 MHz 下為約 1000 瓦。

【0050】 在可以與本案揭示內容的任何其他實施例組合的一些另外的實施例中，在操作 340 期間，第一射頻偏壓經由吸附電極 210 提供給基板 400，第二射頻偏壓可經由第二射頻電極 260 提供給基板 400，且第三射頻偏壓可提供至氣體分配組件 120 或電極 182。在這種情況下，第一射頻偏壓和第二射頻偏壓能夠是本案揭示內容中所討論的頻率和功率的任意組合，且第三 RF 偏壓可以設置為具有與本文討論的第一或第二射頻偏壓的功率和頻率相同的功率和頻率。

【0051】 一些實施例中，在操作 340 期間於基板上形成類鑽石碳層 412 之後，將類鑽石碳層 412 暴露於氫自由基。在一些實施例中，類鑽石碳層在操作 340 的沉積製程期間暴露於氫自由基。在一些實施例中，氫自由基在 RPS 中形成並且輸送至處理區域。不受理論的束縛，但相信將類鑽石碳層暴露於氫自由基會導致對 sp^2 混成碳原子的

選擇性蝕刻，從而增加了膜的 sp^3 混成碳原子的比例，從而提高了蝕刻選擇性。

【0052】 在操作350，於基板上形成類鑽石碳層412之後，將基板解吸附。在操作350期間，關閉吸附電壓。關閉反應性氣體，並且視情況任選地從處理腔室中清除反應性氣體。在一個實施例中，在操作350期間，減少RF電力（例如，約200W）。一旦基板從靜電吸盤解吸附，剩餘的氣體便從處理腔室中清除。將處理腔室泵送降壓，並且將基板往上移動於升舉銷上，然後從處理腔室移出。

【0053】 在基板上形成類鑽石碳層412之後，可以在蝕刻製程中將類鑽石碳層412用作圖案化遮罩以形成三維結構，例如階梯狀結構。可以使用標準的光阻劑圖案化技術將類鑽石碳層412圖案化。

【0054】 提供下文的非限制性範例以進一步說明本文所述的實施例。然而，該等範例並非旨在全部涵蓋，也不旨在限制本文所述實施例的範疇。在一個實施例中，本案揭示內容的低應力、高密度類鑽石碳膜是透過下述方式製造：使作為處理氣體的150 sccm的 C_2H_2 及100 sccm的He於攝氏10度流動，施加2000瓦的射頻（60 MHz）電力通過CVD反應器中的基板基座（靜電吸盤），而Ar及/或He作為稀釋氣體。下表II中說明所得的類鑽石碳膜、非晶形碳參考膜、及藉由PVD形成的類鑽石碳膜之間的比較。

表 II

膜類型	非晶形碳膜 參考	PVD 類鑽石 碳膜參考	PECVD 類鑽石 碳膜
密度 (g/cc)	1.75	2.52	1.83
應力 (MPa)	-50	-350	-600
n @ 633 nm	2.07	>2.3	2.37
k @ 633 nm	0.63	>0.5	0.09
sp ³ %	<10%	~50%	~60%
模 量 / 硬 度 (GPa)	53/5.8	231/19	180/20

【 0 0 5 5 】 因此，提供了用於形成高透明度的類鑽石碳硬遮罩層的方法和設備，該類鑽石碳硬遮罩層可用於形成階梯狀結構，該階梯狀結構用於製造半導體元件的三維堆疊。藉由利用具有期望的堅固膜性質和蝕刻選擇性的類鑽石硬遮罩層，可獲得在膜堆疊中形成的所得結構的改善尺寸和輪廓控制，並且可以在半導體元件的三維堆疊的應用中增強晶片元件的電性能。

【 0 0 5 6 】 儘管前述內容是針對本案揭示內容的實施例，但是在不脫離本案揭示內容的基本範疇的情況下，可以設計本案揭示內容的其他和進一步的實施例，並且本案揭示內容的範疇由所附的申請專利範圍決定。

【符號說明】

【 0 0 5 7 】

- 1 0 0 . . . 處理腔室
- 1 0 1 . . . 側壁
- 1 0 2 . . . 真空泵
- 1 0 6 . . . 加熱器電源
- 1 1 0 . . . 控制器

1 1 2 . . . C P U
 1 1 4 . . . 支 援 電 路
 1 1 6 . . . 記 憶 體
 1 1 8 . . . 訊 號 匯 流 排
 1 2 0 . . . 氣 體 分 配 組 件
 1 2 2 . . . 底 壁
 1 2 4 . . . 頂 壁
 1 2 6 . . . 處 理 空 間
 1 2 8 . . . 孔 隙
 1 3 0 . . . 氣 體 面 板
 1 3 2 . . . 基 板 處 理 系 統
 1 3 8 . . . 匹 配 網 絡
 1 4 0 . . . 射 頻 電 源
 1 4 6 . . . 基 板 支 撐 組 件
 1 5 0 . . . 靜 電 吸 盤
 1 6 0 . . . 軸 桿
 1 7 0 . . . 加 熱 器 元 件
 1 7 2 . . . 溫 度 感 測 器
 1 8 0 . . . 基 板 處 理 系 統
 1 8 2 . . . 電 極
 1 9 0 . . . 基 板
 1 9 1 . . . 頂 表 面
 1 9 2 . . . 上 表 面
 2 1 0 . . . 吸 附 電 極

2 1 2 . . . 吸 附 電 源
 2 1 4 、 2 1 6 . . . R F 濾 波 器
 2 2 0 . . . 電 力 施 加 系 統
 2 3 0 . . . 電 源
 2 4 0 . . . 第 二 射 頻 電 源
 2 5 0 . . . 感 測 器 裝 置
 2 6 0 . . . 第 二 射 頻 電 極
 3 0 0 . . . 方 法
 3 1 0 - 3 5 0 . . . 操 作
 4 0 0 . . . 基 板
 4 0 2 . . . 結 構
 4 0 4 . . . 膜 堆 疊
 4 1 2 . . . 類 鑽 石 碳 層
 4 0 8 a₁ - 4 0 8 a_n . . . 第 一 層
 4 0 8 b₁ - 4 0 8 b_n . . . 第 二 層

【生物材料寄存】

【 0 0 5 8 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 5 9 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種在基板上形成碳膜的方法，包括：

使一含碳氫化合物的氣體混合物流進一處理腔室中，該處理腔室具有定位在一靜電吸盤上的該基板上，其中該基板維持在約 -10°C 至約 20°C 的一溫度及約 0.5 毫托耳至約 10 托耳的一腔室壓力；以及

藉由將一第一射頻偏壓施加至該靜電吸盤而生成一電漿，以在該基板上沉積一類鑽石碳膜，該類鑽石碳膜含有約 60% 或更多的混成 sp^3 原子，其中該第一射頻偏壓是以約 1800 瓦至約 2200 瓦之功率及約 40 MHz 至約 162 MHz 之頻率提供。

【第2項】 如請求項 1 所述之方法，其中生成一電漿進一步包括：施加一第二射頻偏壓至該靜電吸盤。

【第3項】 如請求項 2 所述之方法，其中該第二射頻偏壓是以約 800 瓦至約 1200 瓦之功率及約 350 kHz 至約 13.56 MHz 之一頻率提供。

【第4項】 如請求項 2 所述之方法，其中該第一射頻偏壓是以約 2000 瓦的功率及約 60 MHz 的一頻率提供，且該第二射頻偏壓是以約 1000 瓦的一功率及約 2 MHz 的一頻率提供。

【第5項】 如請求項 1 所述之方法，其中該基板維持在約 10°C 的一溫度。

【第6項】 如請求項 1 所述之方法，其中該含碳氫化合物的氣體混合物包括一碳氫化合物前驅物，該碳氫化合物前驅物包括： C_2H_2 、 C_3H_6 、 CH_4 、 C_4H_8 、1,3-二甲基金剛烷、雙環[2.2.1]庚-2,5-二烯、金剛烷（ $C_{10}H_{16}$ ）、降冰片烯（ C_7H_{10} ）或上述碳氫化合物之任何組合。

【第7項】 如請求項 1 所述之方法，其中該含碳氫化合物的氣體混合物進一步包括一稀釋氣體，該稀釋氣體包括： He 、 Ar 、 Xe 、 N_2 、 H_2 、或上述氣體之任何組合。

【第8項】 如請求項 1 所述之方法，其中該含碳氫化合物的氣體混合物透過配置在該處理腔室之一側壁處的一氣體面板流進該處理腔室。

【第9項】 一種在基板上形成碳膜的方法，包括：

使一含碳氫化合物的氣體混物流進一處理腔室，該處理腔室具有定位在一靜電吸盤上的該基板；以及藉由將一第一射頻偏壓施加至該靜電吸盤以及將一第二射頻偏壓施加至配置在該靜電吸盤上方且相對的一電極，而一生成電漿，以在該基板上沉積一類鑽石碳膜，

其中該第一射頻偏壓是以約 13.56 MHz 或更低的頻率提供，且該第二射頻偏壓是以約 40 MHz 或更高

的一頻率提供，且該基板維持在約 -10°C 至約 20°C 的溫度及約 0.5 毫托耳至約 10 托耳的一腔室壓力。

【第10項】 如請求項 9 所述之方法，其中該第一射頻偏壓是以約 2 MHz 之一頻率及約 800 瓦至約 1200 瓦之一功率提供。

【第11項】 如請求項 9 所述之方法，其中該第二射頻偏壓是以約 60 MHz 之一頻率及約 1500 瓦至約 2500 瓦之一功率提供。

【第12項】 如請求項 9 所述之方法，其中該含碳氫化合物的氣體混合物包括一碳氫化合物前驅物，該碳氫化合物前驅物包括： C_2H_2 、 C_3H_6 、 CH_4 、 C_4H_8 、1,3-二甲基金剛烷、雙環[2.2.1]庚-2,5-二烯、金剛烷（ $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ ）、降冰片烯（ C_7H_{10} ）或上述碳氫化合物之任何組合。

【第13項】 如請求項 9 所述之方法，其中該含碳氫化合物的氣體混合物進一步包括一稀釋氣體，該稀釋氣體包括： He 、 Ar 、 Xe 、 N_2 、 H_2 、或上述氣體之任何組合。

【第14項】 如請求項 9 所述之方法，其中生成一電漿進一步包括：將一第三射頻偏壓施加至配置在該靜電吸盤上方且相對的一電極。

【第15項】 如請求項 14 所述之方法，其中該第三射頻

偏壓是以約 10 瓦至約 3000 瓦之一功率及約 350 kHz 至約 162 MHz 之一頻率提供。

【第 16 項】 一種處理基板的方法，包括：

使一含碳氫化合物的氣體混物流進一處理腔室之一處理空間，該處理腔室具有定位在一靜電吸盤上的該基板，其中該基板維持在介於約 5 毫托耳至約 10 毫托耳之間的腔室壓力，且其中該含碳氫化合物的氣體混合物包括乙炔（ C_2H_2 ）；

藉由將一第一射頻偏壓施加至該靜電吸盤而在該基板位階（level）處生成一電漿，以在該基板上沉積一類鑽石碳膜，其中該第一射頻偏壓是以約 2000 瓦之功率及約 60 MHz 之一頻率提供；

在該類鑽石碳膜上面形成一圖案化光阻層；

以一圖案蝕刻該類鑽石碳膜而造成多個蝕刻的部分，該圖案對應於該圖案化光阻層；以及

將一材料沉積至該類鑽石碳膜的該多個蝕刻的部分中。

【第 17 項】 如請求項 16 所述之方法，其中生成一電漿進一步包括：施加一第二射頻偏壓至該靜電吸盤，其中該第二射頻偏壓是以約 1000 瓦之功率與約 2 MHz 之頻率提供。

【第 18 項】 如請求項 16 所述之方法，其中該類鑽石碳

膜用作為一極紫外光（EUV）微影製程中的一下層（underlayer）。

【第19項】 如請求項16所述之方法，其中該含碳氫化合物的氣體混合物進一步包括一稀釋氣體，該稀釋氣體包括：He、Ar、Xe、N₂、H₂、或上述氣體之任何組合。

【第20項】 如請求項19所述之方法，其中該含碳氫化合物的氣體混合物透過配置在該處理腔室之一側壁處的一氣體面板流進該處理腔室。

【發明圖式】

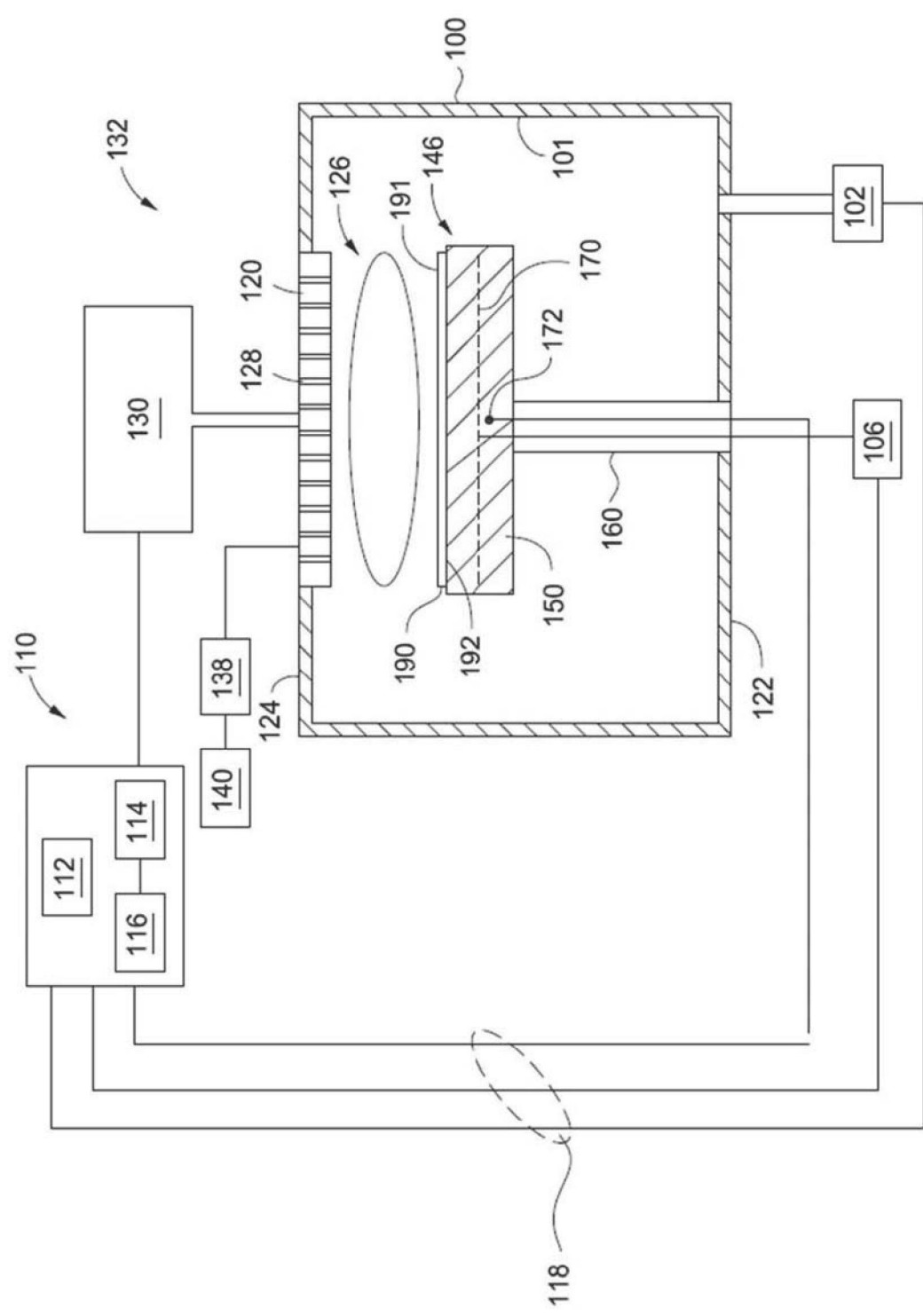


圖1A

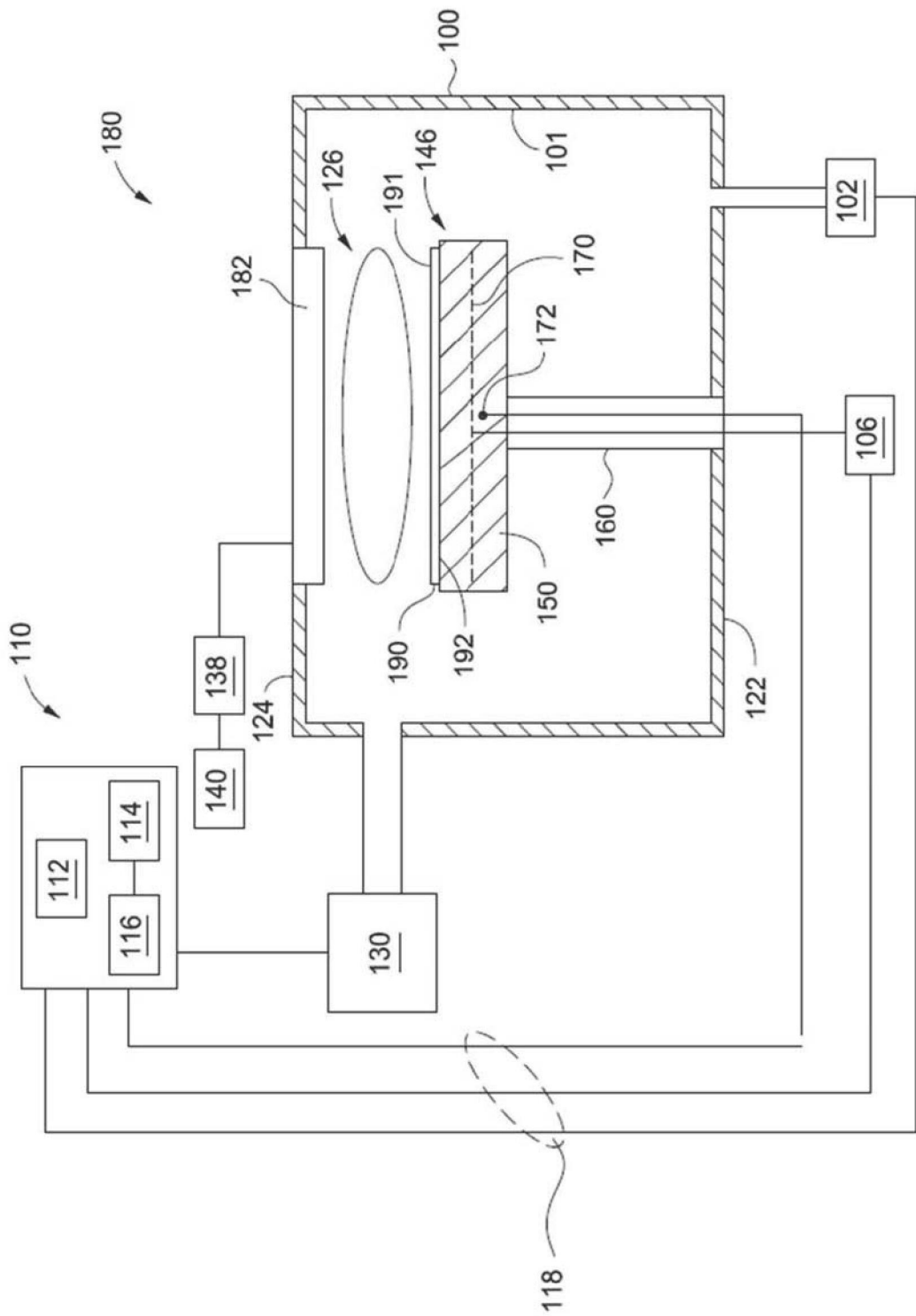


圖1B

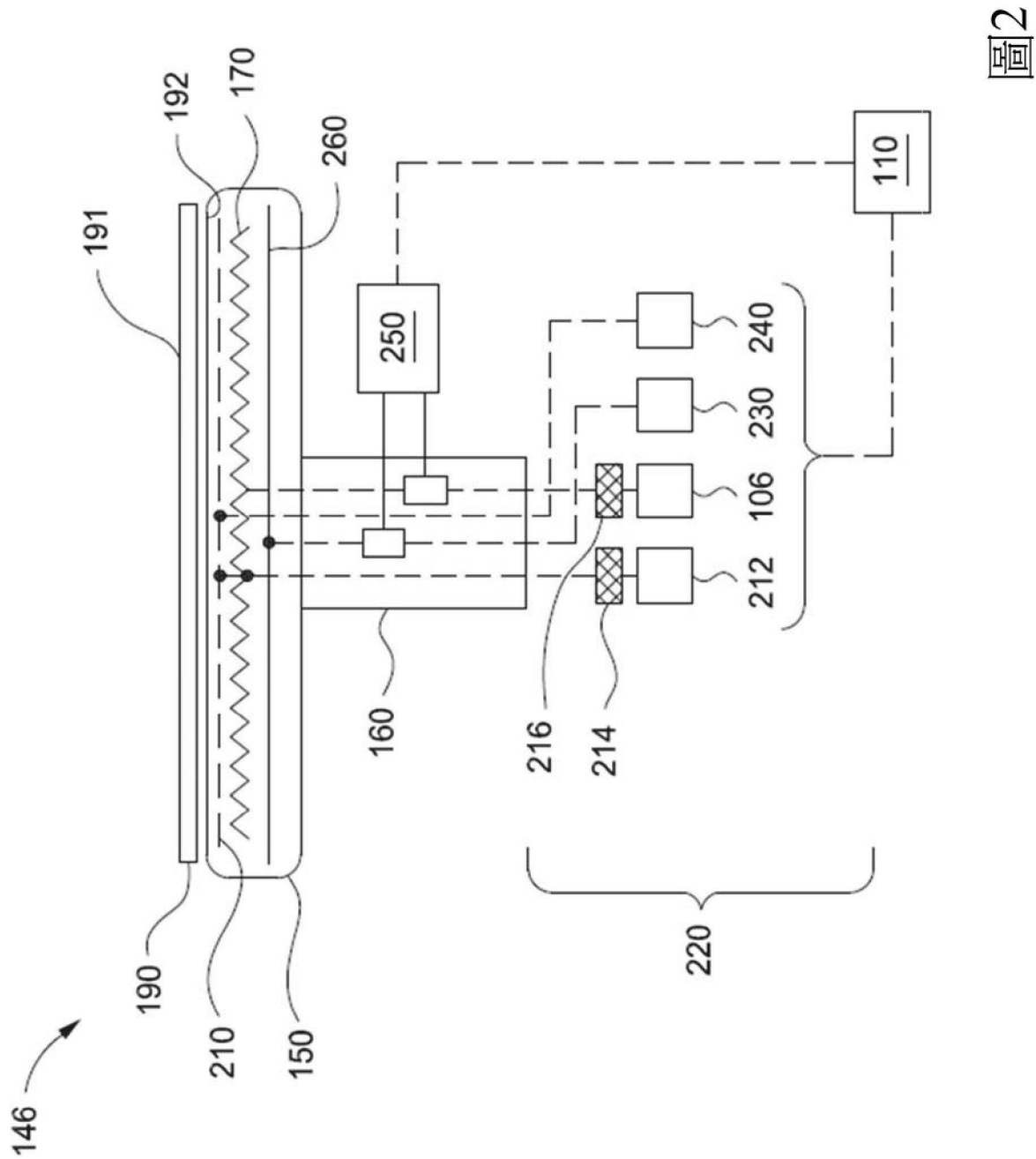


圖2



圖3

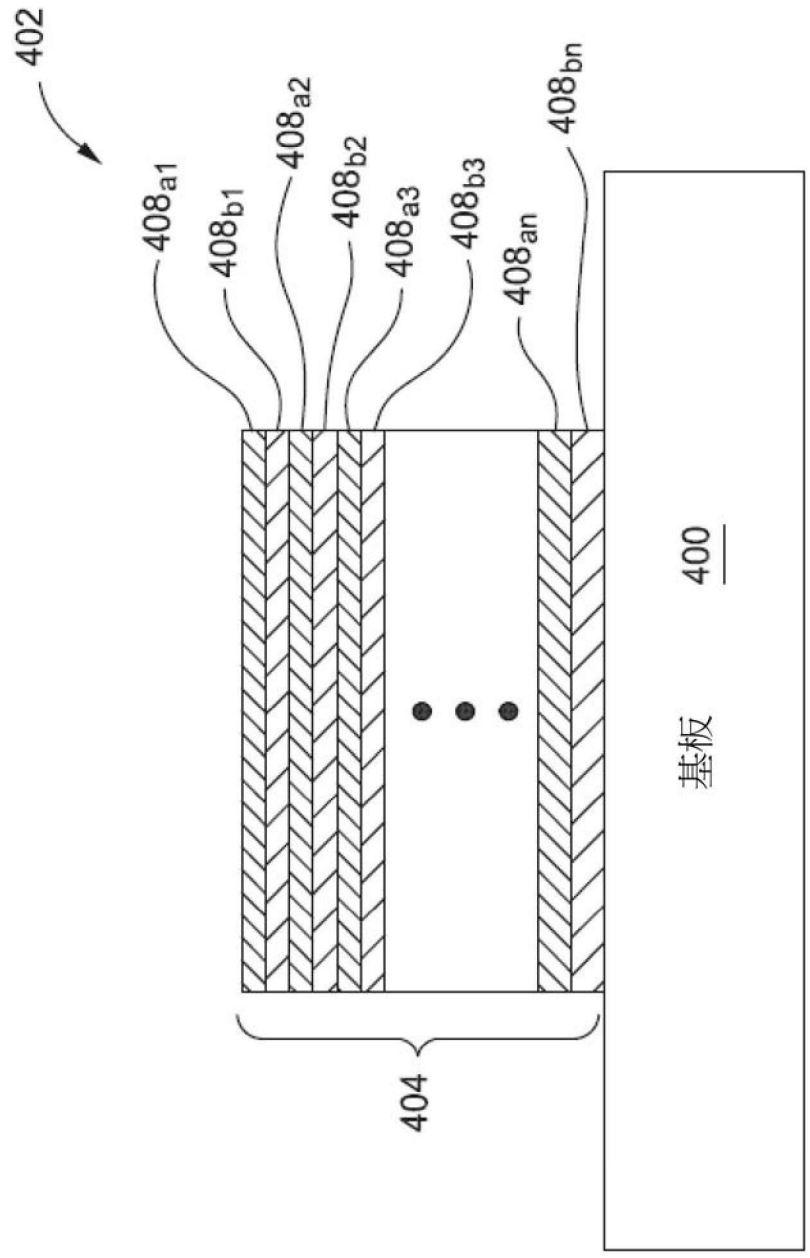


圖4A

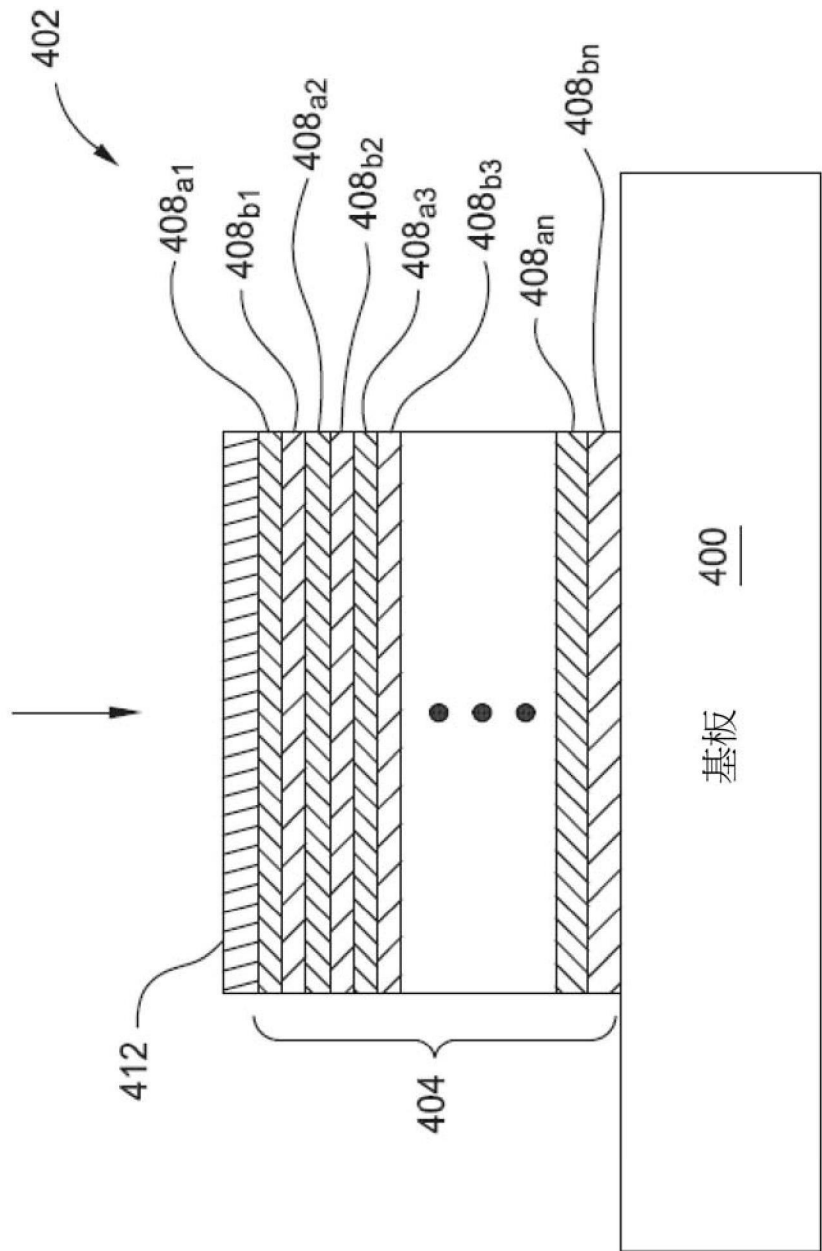


圖4B