



(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 I699812 B

(45) 公告日：中華民國 109 (2020) 年 07 月 21 日

(21) 申請案號：107140183

(22) 申請日：中華民國 107 (2018) 年 11 月 13 日

(51) Int. Cl. :

*H01J23/08 (2006.01)**H01J37/32 (2006.01)**H03K3/011 (2006.01)**H05B6/72 (2006.01)**H05H1/32 (2006.01)**F28D1/053 (2006.01)*

(30) 優先權：2017/11/13 美國

62/585,126

2018/11/08 美國

16/184,177

(71) 申請人：美商丹頓真空有限公司 (美國) DENTON VACUUM, L.L.C. (US)

美國

(72) 發明人：歐頓 奎格 A OUTTEN, CRAIG A. (US)

(74) 代理人：陳長文

(56) 參考文獻：

US 5036252A

US 9136086B2

US 2002/0004309A1

US 2014/0124363A1

US 2016/0111241A1

審查人員：張嘉德

申請專利範圍項數：25 項 圖式數：8 共 56 頁

(54) 名稱

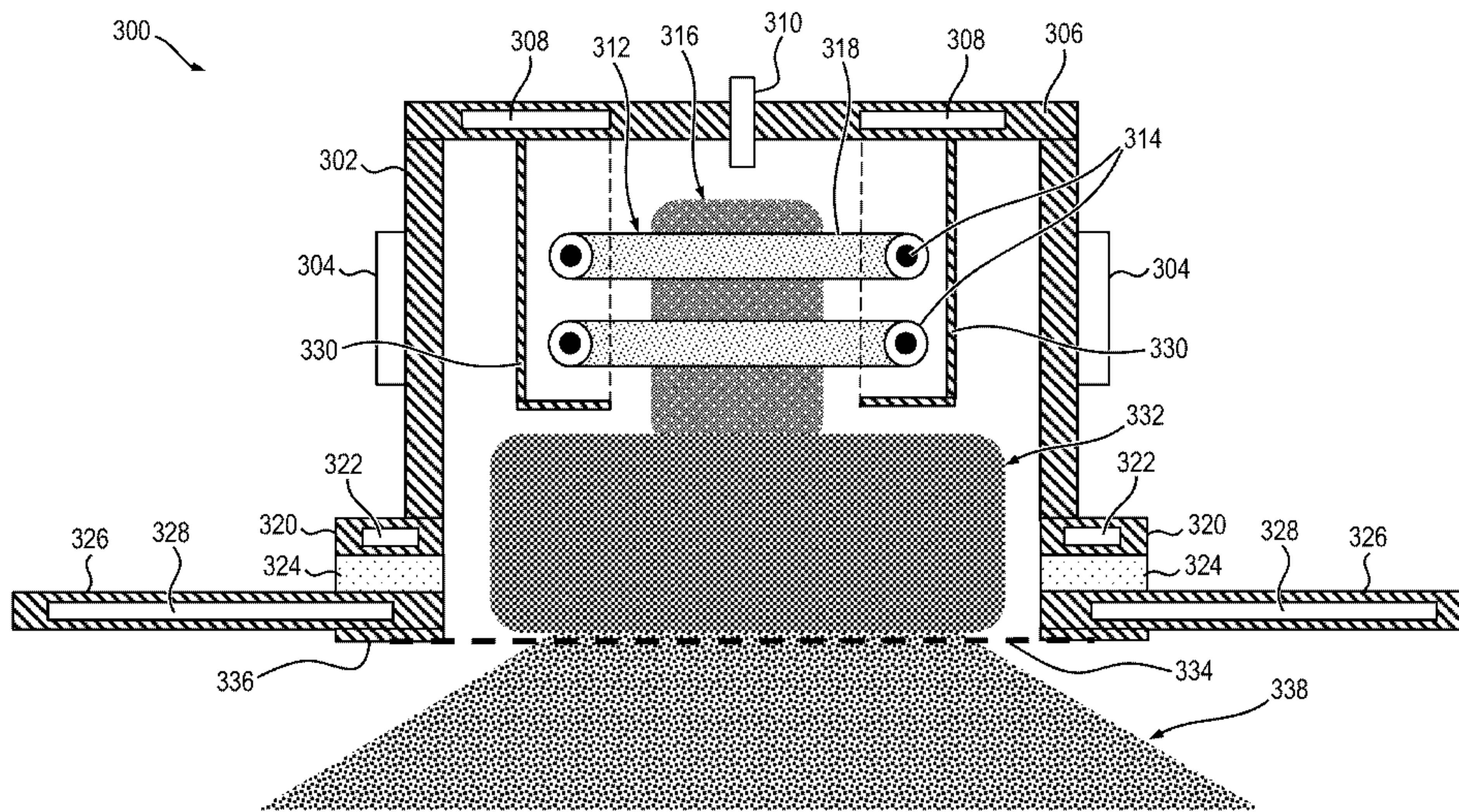
線性化高能射頻電漿離子源及用於產生線性化高能電漿離子束之方法

(57) 摘要

一種電漿離子源，其包括電漿腔室本體，該電漿腔室本體具有用於將進料氣體引入至該電漿腔室本體的內部之至少一個入口。該電漿腔室本體係與連接至該電漿腔室本體的真空腔室電絕緣。在電漿腔室本體的內部中的感應天線係經組態依施加至其的 RF 電壓供應電磁能。該電漿離子源包括配置在電漿腔室本體的一端之引出格柵。引出格柵與電漿腔室本體間的電壓差加速電漿放電中的帶電物質以產生輸出準中性電漿離子束。施加至電漿腔室本體的偏壓包括供應至天線之 RF 電壓的部分與脈衝 DC 電壓之組合。

A plasma ion source includes a plasma chamber body having at least one inlet for introducing a feed gas to an interior of the plasma chamber body. The plasma chamber body is electrically isolated from a vacuum chamber attached to the plasma chamber body. An inductive antenna in an interior of the plasma chamber body is configured to supply a source of electromagnetic energy as a function of an RF voltage supplied thereto. The plasma ion source includes an extraction grid disposed at an end of the plasma chamber body. A voltage difference between the extraction grid and plasma chamber body accelerates charged species in a plasma discharge to generate an output quasi-neutral plasma ion beam. A bias voltage applied to the plasma chamber body includes a portion of the RF voltage supplied to the antenna combined with a pulsed DC voltage.

指定代表圖：



【圖3】

符號簡單說明：

300: 示例性電漿離子源

302: 電漿腔室本體

304: 冷卻通道

306: 來源凸緣

308: 冷卻通道

310: 入口

312: 感應天線

314: 繞組(即匝)

316: 電漿放電

318: 氧化鋁(礬土)管

320: 真空配合凸緣

322: 冷卻通道

324: 介電真空斷路器

326: 真空腔室門

328: 冷卻通道

330: 法拉第屏蔽

332: 餘輝電漿

334: 引出格柵

336: 離子束

338: 格柵總成



I699812

【發明摘要】

公告本

【中文發明名稱】

線性化高能射頻電漿離子源及用於產生線性化高能電漿離子束之方法

【英文發明名稱】

LINEARIZED ENERGETIC RADIO-FREQUENCY PLASMA ION SOURCE AND METHOD FOR GENERATING A LINEARIZED ENERGETIC PLASMA ION BEAM

【中文】

一種電漿離子源，其包括電漿腔室本體，該電漿腔室本體具有用於將進料氣體引入至該電漿腔室本體的內部之至少一個入口。該電漿腔室本體係與連接至該電漿腔室本體的真空腔室電絕緣。在電漿腔室本體的內部中的感應天線係經組態依施加至其的RF電壓供應電磁能。該電漿離子源包括配置在電漿腔室本體的一端之引出格柵。引出格柵與電漿腔室本體間的電壓差加速電漿放電中的帶電物質以產生輸出準中性電漿離子束。施加至電漿腔室本體的偏壓包括供應至天線之RF電壓的部分與脈衝DC電壓之組合。

【英文】

A plasma ion source includes a plasma chamber body having at least one inlet for introducing a feed gas to an interior of the plasma chamber body. The plasma chamber body is electrically isolated from a vacuum chamber attached to the plasma chamber body. An inductive antenna in an interior of the plasma chamber body is configured to supply a source of electromagnetic energy as a function of an RF voltage supplied thereto. The plasma ion source includes an extraction grid

disposed at an end of the plasma chamber body. A voltage difference between the extraction grid and plasma chamber body accelerates charged species in a plasma discharge to generate an output quasi-neutral plasma ion beam. A bias voltage applied to the plasma chamber body includes a portion of the RF voltage supplied to the antenna combined with a pulsed DC voltage.

【指定代表圖】

圖3

【代表圖之符號簡單說明】

300	示例性電漿離子源
302	電漿腔室本體
304	冷卻通道
306	來源凸緣
308	冷卻通道
310	入口
312	感應天線
314	繞組(即匝)
316	電漿放電
318	氧化鋁(礬土)管
320	真空配合凸緣
322	冷卻通道
324	介電真空斷路器
326	真空腔室門

- 328 冷卻通道
- 330 法拉第屏蔽
- 332 餘輝電漿
- 334 引出格柵
- 336 離子束
- 338 格柵總成

【發明說明書】

【中文發明名稱】

線性化高能射頻電漿離子源及用於產生線性化高能電漿離子束之方法

【英文發明名稱】

LINEARIZED ENERGETIC RADIO-FREQUENCY PLASMA ION SOURCE AND METHOD FOR GENERATING A LINEARIZED ENERGETIC PLASMA ION BEAM

【技術領域】

【0001】 本發明大體上係關於電氣、電子及電腦技術，且更特定言之，係關於用於氣體放電(電漿)之產生之方法及設備。

【先前技術】

【0002】 電漿系統對於固態材料之生產、加工及處理以及其他應用特別重要。電漿反應器(亦稱為電漿源)可用於許多電漿加工應用，包括(但不限於)薄膜之生長、分散、蝕刻及清潔。一般而言，電漿源係藉由電漿增強化學氣相沉積(PECVD)用於沉積薄膜材料，然而離子源通常係用於處理表面以改變其潤濕性，移去污染或殘留清潔溶劑，及改良塗層及薄膜材料之黏著以及其他應用。

【0003】 化學氣相沉積(CVD)係用於沉積薄膜材料的熟知的技術。通常CVD使用蒸發為氣體的液體化學前驅物。CVD可在大氣壓或在真空條件下進行。在許多習知CVD製程中，需要熱能啟動化學反應而致於基材表面上進行沉積；熱能可由(例如)電阻加熱器或輻射燈供應。一般而言，必須將基材加熱至幾百至幾千攝氏度的溫度以引起前驅氣體化學反應且在基材表面上形成薄膜塗層。在此情況中經加熱的基材充當CVD的一級能源。表面化學反應係膜沉積之關鍵驅動者；一般而言在氣態中的氣相

反應並非所期並導致顆粒之形成，此通常會導致所沉積的薄膜中的缺陷。

【0004】 相比之下，電漿放電充當PECVD中的一級能源。電漿為主要由帶正電的離子及帶負電的電子組成的電離氣體。通常電漿在其幾乎完全電離的情況下歸類為「熱」，或在僅一小部分氣體分子(例如，約百分之一)電離的情況下歸類為「冷」。一般而言，用於PECVD的電漿為「冷」低溫電漿。然而，處在「冷」電漿製程能量(即溫度，在電漿物理範圍中)中的電子通常在約幾十電子伏(eV)。電漿中的自由電子具有足夠的能量以啟動在氣態前驅物中的化學反應而致在基材上於相較於CVD低得多的基材溫度下沉積。另外，電漿放電中的陽性離子轟擊(bombard)基材且將其動量轉移至生長膜。然而，此動量轉移一般不會使基材之溫度升高。另外，該等離子一般具有低能量，通常在約幾十電子伏。

【0005】 在PECVD製程中，可能期望增加在沉積期間衝擊於基材上的離子能以藉此調適薄膜塗層之一或多種特性。用於PECVD之習知電漿源在不施加電壓(通常稱為基材偏壓)至基材下缺乏增加離子能的能力。雖然基材偏壓對於靜態(即固定)小面積(例如，小於約一平方米)基材而言可係有效的，但將此等技術用於工業真空塗布機(諸如(例如)捲筒式或直列式塗佈機)(在該情況下大面積基材(例如，柔性網、顯示器玻璃、建築玻璃、車輛玻璃、光伏板等)移動通過塗佈機)中係不切實際的。

【發明內容】

【0006】 本發明之一或多個實施例係關於藉由電漿增強化學氣相沉積(PECVD)，使用線性化、自中和之高能電漿離子源(其離子能及離子電流密度(即離子通量)可連續且彼此獨立地改變)在大面積上沉積薄膜塗層之技術。根據一或多個實施例之電漿離子源特別適於離子束輔助化學氣相

沉積(IBACVD)；具體而言，特別適於在玻璃及聚合基材上機械沉積耐久且防刮之塗層，諸如(例如)類金剛石碳(DLC)及類金剛石奈米複合物(DLN)薄膜。

【0007】 根據本發明之一個實施例之一個示例性線性化高能電漿離子源包括電漿腔室本體，該電漿腔室本體係與該電漿腔室本體所連接的真空腔室電絕緣，該電漿腔室本體係充當電漿離子源的電極且經調適以接收施加至其的偏壓。感應天線係配置在電漿腔室本體的內部中且經組態以將電磁能供應至電漿腔室本體的內部。天線係可操作依供應至天線的射頻(RF)電壓維持電漿放電局限於電漿腔室本體的內部中，施加至電漿腔室本體的偏壓係將靜電位供應至電漿放電中的帶電物質。該電漿離子源進一步包括配置在電漿腔室本體的與感應天線相對的一端之引出格柵。該引出格柵係處在與真空腔室相同的電壓電位下，該引出格柵與該電漿腔室本體間的電位差係經組態以加速電漿放電中的帶電物質離開該引出格柵以產生輸出準中性電漿離子束。偏壓混合器係與電漿腔室本體偶合，該偏壓混合器將供應至天線之RF電壓的部分與脈衝直流(DC)電壓組合以產生施加至電漿腔室本體的偏壓。

【0008】 如文中可使用之「促進」一個動作包括實施該動作，使該動作更容易，幫助實施該動作，或引起該動作實施。因此，舉例而言但不構成限制地，於一個處理器上執行的指令可促進依遠端處理器上的指令執行的一動作，藉由發送適宜數據或命令以引起或幫助該動作得以進行。為避免疑義，在某一行動者藉由除實施該動作外促進某一動作的情況下，然而，該動作係藉由某種實體或實體之組合進行。

【0009】 各種單元、電路、模組或其他組件在文中可描述為係「經

組態以」進行特定任務。在此類情況中，術語「經組態以」廣義上應理解為結構之詳述，一般而言意指「具有」在操作中進行特定任務之「電路或硬體」。因此，單元、電路、模組或組件可經組態以甚至在單元、電路、模組或組件目前沒有接通的情況下進行標的任務。一般而言，形成結構(對應於「經組態以」)電路或硬體可包括硬體電路及/或可執行以實施所述操作之記憶存儲程式指令。類似地，為方便描述，各種單元、電路、模組或組件可描述為進行任務。此等描述應理解為包括片語「經組態以」詳述經組態以進行一或多個任務之單元、電路、模組或組件明確地意指並不對該單元、電路、模組或組件援用35 U.S.C. §112，第(f)段落的說明。

【0010】 根據本發明實施例之技術提供實質有益的技术效果。僅舉例而言但不構成限制地，本發明之一或多個實施例達成以下中之一者或多者以及其他優點：

- RF電漿離子源在不需二級或輔助電子源以補償離子束之正空間電荷下產生自中和離子束；
- RF電漿離子源可獨立地控制離子電流密度(即離子通量)及離子能；
- RF電漿離子源係經組態在不需基材偏壓下產生高能離子束，且因此適於在大面積移動基材上沉積薄膜；
- RF電漿離子源可沉積在膜成核及生長期間需要高能離子轟擊以提供有益特性(諸如(但不限於)防刮、硬度、疏水性等)的膜；
- RF電漿離子源於在延長之無維護操作時間(例如，幾十小時或更長時間)沉積電絕緣塗層或膜的情況下可穩定操作。

【0011】 自本發明示例性實施例之以下詳細描述當(結合附圖閱讀)

可明瞭本發明之此等及其他特徵及優點。

【圖式簡單說明】

【0012】 隨後的圖式僅以實例方式呈現但不構成限制地，其中類似參考數字(在使用的情況下)指示幾個視圖中之對應的元件，且其中：

【0013】 圖1為根據本發明一個實施例之概念上描繪包括用於處理基材之表面之線性化射頻(RF)驅動電漿離子源的示例性設備之至少一部分的透視圖；

【0014】 圖2為描繪根據本發明一個實施例之適於實施顯示於圖1中之示例性電漿離子源之示例性線性化RF驅動電漿離子源之至少一部分的等角視圖。

【0015】 圖3為描繪根據本發明之一個實施例之示例性電漿離子源設備之至少一部分之橫截面視圖；

【0016】 圖4為描繪根據本發明一個實施例之具有改良的熱管理之示例性電漿離子源設備之至少一部分的橫截面視圖；

【0017】 圖5為描繪根據本發明一個實施例之具有磁性增強之示例性電漿離子源設備之至少一部分的橫截面視圖；

【0018】 圖6為概念上描繪包括根據本發明一個實施例之線性化RF驅動電漿離子源之示例性線上塗佈機或箱式塗佈機系統之至少一部分的方塊圖；

【0019】 圖7為描繪偏壓及偏壓之脈衝頻率於源自根據本發明一個示例性實施例之顯示於圖6中之示例性電漿離子源之引出離子電流密度影響的圖；及

【0020】 圖8為描繪偏壓於源自根據本發明一個示例性實施例之顯

示於圖6中之示例性電漿離子源之離子能影響的圖。

【0021】 應明瞭圖式中的元件係為簡單及明確起見而繪示的。可不顯示商業上可行之實施例中可能有用且必需之通常但熟知之元件以有利於所例示實施例之受阻礙較小的視圖。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

【0022】 本申請案主張於2017年11月13日提交且名稱為「線性化高能射頻感應電漿離子源(Linearized Energetic Radio-Frequency Inductive Plasma Ion Source)」之美國臨時專利申請案第62/585,126號的權益，該案之完整揭示內容係針對所有目的以引用的方式明確併入本文中。

【0023】 本發明之原理將於本文中描述於在大覆蓋面積上產生準中性、線性化高能射頻(RF)帶電離子束以藉由電漿增強化學氣相沉積(PECVD)用於沉積薄膜塗層之示例性設備及方法的情況中。在一或多個實施例中，提供可藉由新穎地施加經組合之脈衝直流(DC)及RF電壓至充當源極電極的電漿腔室本體有益地獨立控制離子電流密度及離子能之方法及設備。然而，應明瞭，本發明並不受限於示例性地顯示並描述文中之特定設備、系統及/或方法。另外，熟習此項技術者應明瞭文中給出可對所顯示的落在所主張的發明之範疇內之實施例做出多種修改的教示。亦即，意欲或應意指不受顯示並描述於本文中之實施例限制。

【0024】 作為初步情況，為澄清且描述本發明之實施例的目的，如在文中使用該等術語時，下表提供特定縮寫詞及其對應定義之概述：

縮寫詞	定義
RF	射頻

CVD	化學氣相沉積
PECVD	電漿增強化學氣相沉積
IBACVD	離子束輔助化學氣相沉積
DLC	類金剛石碳
DLN	類金剛石奈米複合物
DC	直流
AC	交流
MHz	百萬赫
KHz	千赫
kV	千伏
p ^f	微微法拉
SCCM	標準立方厘米/分鐘

縮寫詞定義表

【0025】 在[實施方式]全文中，使用特定術語，可明確地提供該等術語的定義。在術語未明確定義於本文中的情況下，熟習此項技術者應明瞭，意指術語之普通含義，如同該術語通常在相關技術領域情況中所用。

【0026】 例如，如文中所使用術語「電漿」意欲在廣義上作解釋且涵蓋電離或部分電離氣體，其包含導致或多或少無總電荷的比例之正離子及自由電子。換言之，電漿一般係由相同數量的正電荷及負電荷及不同數量的未電離中性分子組成。

【0027】 如本文所使用，術語「基材」意欲在廣義上作解釋且意欲涵蓋待塗佈的物質或層。基材可係剛性或撓性且可包括(例如)玻璃、聚合物、金屬、半導體或可塗佈或另以某種方式改質的任何其他材料。

【0028】如本文所使用，術語「離子束輔助化學氣相沉積 (IBACVD)」意欲在廣義上作解釋且意欲涵蓋利用高能準中性離子束輔助兩種不同但相關之電漿-化學製程的化學氣相沉積(CVD)製程：1)引入基材材料附近中的氣態前驅蒸氣之裂解、激發及電離；及2)凝結於基材材料的表面上以形成連續緻密薄膜塗層的前驅物質之緻密化、改質及化學活化。

【0029】如本文所使用，術語「射頻(RF)」意欲在廣義上作解釋且意欲涵蓋自射頻產生器施加電力，其中信號(例如，電壓及電流)在某種頻率下以正弦方式改變。電壓差一般係從負到正。在一或多個所揭示的實施例中，所用RF信號的頻率為約2 MHz，然而，本發明之實施例不受限於任何特定頻率。例如，在一或多個其他實施例中，可類似地使用頻率為4 MHz、13.56 MHz、27.12 MHz及40 MHz之商業RF電漿產生器。

【0030】如本文所使用，術語「感應天線」意欲在廣義上作解釋且意欲涵蓋耦合電磁能或呈隨時間改變的磁場(或感應場)形式的RF能至另一本體中的被動元件。在一或多個實施例中，所欲本體為包含電力氣體物質的電漿放電。在一或多個實施例中，感應天線係包含幾何形狀為矩形、正方形或圓柱形且較佳寬度小於其長度的矩形的多匝水冷卻銅管。應明瞭本發明之實例不受限於感應天線的任何特定幾何形狀或尺寸，此對於熟習此項技術者在本文給出教示的情況下顯而易見。

【0031】如本文所使用，術語「法拉第屏蔽(Faraday shield)」意欲在廣義上作解釋且意欲涵蓋其中具有狹縫或其他開孔(即開口)的置於感應天線與電漿之間以藉此降低耦合在感應天線之繞組與電漿之間的電容(或電場)之導電網柵或封閉件。在一或多個實施例中，法拉第屏蔽係由具有

高導電性的金屬(諸如(例如)鋁或銅)組成。另外，在一或多個實施例中，法拉第屏蔽係由以週期性間隔環繞感應天線配置的離散元件組成。可類似地使用法拉第屏蔽的其他實施例，此對於熟習此項技術者在本文給出教示的情況下顯而易見。

【0032】 如本文所使用，術語「脈衝DC」意欲在廣義上作解釋且意欲涵蓋自通常(例如)由半波整流器或全波整流器產生的直流(DC)電源施加電力，然而，波形可不一定係正弦(例如，方波、脈衝序列等)。脈衝DC信號具有DC及交流(AC)信號兩種特性。DC信號的電壓一般係恆定的，而AC信號的電壓在某種頻率下以正弦方式改變。類似於AC信號，脈衝DC信號持續地但以類似於DC信號的方式改變，電壓的符號一般係恆定的。脈衝DC信號的電壓變化一般類似於方形波形。不同脈衝DC信號可與單極電壓輸出(正或負)(一般而言稱為單極)及雙極電壓輸出(正及負)(一般而言稱為雙極)一起使用的。就雙極信號而言，脈衝DC產生器傳遞電壓輸出，其中正電壓及負電壓的數量級係相同的(一般而言稱之為對稱)或係不同的(一般而言稱之為不對稱)。在本發明之一或多個示例性實施例中，不對稱雙極脈衝DC產生器係與約5 KHz至350 KHz之頻率範圍一起使用的。

【0033】 如本文所使用術語「進料氣體」意欲在廣義上作解釋且意欲涵蓋直接引入至電漿離子源之電漿腔室本體中且包含由RF感應天線產生的電漿放電的氣體。在本發明之一或多個實施例中，進料氣體可由純淨氣體(諸如(但不限於)氫氣、氧氣、氮氣及/或其他電離氣體或一或多種前述氣體之混合物)組成。應明瞭本發明之實施例不受限於任何特定氣體或氣體之混合物，此對於熟習此項技術者在本文給出教示的情況下顯而易見。

【0034】如本文所用術語「前驅氣體」意欲在廣義上作解釋且意欲涵蓋呈分子形式的包含化學元素或產生另一化合物之元素的氣體。在一或多個實施例中，該化合物經冷凝至基材上且形成可由熟習此項技術者稱之為薄膜層的固體塗層。

【0035】如前面所述，在PECVD製程中，希望在沉積期間增加衝擊於基材上的離子的能量以藉此調適薄膜塗層之一或多種性質。然而，用於PECVD之習知的電漿源在不利用基材偏壓(即，施加電壓至基材)下無法增加離子的能量。尤其用於介電薄膜之沉積之PECVD的大多數習知線性電漿源獨立地增加離子能而不負面地影響點將源之操作之能力係有限的。此習知線性電漿及離子源包括(但不限於)陽極層來源、端部霍爾(end-hall)來源、格柵離子源、磁控管電漿源、空心陰極來源、微波來源、RF電容及感應來源及封閉漂移(closed drift)來源。雖然此等來源中某些已成功地用於電漿處理及離子輔助物理氣相沉積應用，但將其等用於基材之PECVD處理效果很差，至少部分係歸因於由於絕緣膜沉積於其內部及外部元件上及離子束空間電荷於其長度上中和不充分所致操作不穩定。

【0036】舉例來說，陽極層及端部霍爾來源難以操作且因至少上述原因而具有有限應用。RF(電容型及感應型)來源主要用於小型基材，例如，半導體晶圓。然而，此方法規模擴大至大面積基材中遇到難處，至少部分係歸因於阻抗匹配之複雜性及成本、極低的沉積速率及顆粒之產生以及其他因素。微波來源及空心陰極來源已分別用於光伏板及建築玻璃之處理。然而，此等來源一般產生低能離子(例如，小於約15 - 25 eV)，且該等來源設備並無離子獨立加速之能力。磁控管電漿源及封閉漂移型來源具有有限的用於獨立控制離子能的能力。一般而言，離子能與來源之放電電

壓及操作電壓有關。因此，存在有限的製程窗以調整離子能。格柵離子源一般用於在物理氣相沉積製程(例如噴濺或蒸發)期間的電漿處理或離子輔助。此等來源在PECVD製程中之應用係有限的，至少部分因由於絕緣膜沉積於引出格柵及/或來源元件(內部或外部)上所致的來源操作不穩定。另外，格柵來源展示於大面積基材上不均勻中和，至少部分係歸因於使用點電子源以達成空間電荷補償。

【0037】 本發明之態樣提供使用幾何線性、自中和電漿離子源藉由PECVD沉積薄膜塗層於大面積(例如，大於約0.4米)的設備及方法，幾何線性、自中和電漿離子源係經組態使得離子能及離子電流密度可持續且獨立地改變。更具體言之，本發明之一或多個實施例利用感應耦合電漿離子源以產生高密度且非熱之離子、電子及中性氣體顆粒電漿。在一或多個實施例中，感應耦合電漿經建立且藉由置於由導電材料建構的本體內部中的RF驅動電線維持。本體形成機械剛性、真空密閉且具有製造成本效益之電漿腔室。在一或多個實施例中，電漿離子源經安裝凸緣或其他連接構件外部連接至真空腔室(其中較佳維持約 10^{-6} 至 10^{-8} Torr的壓力)上。

【0038】 根據本發明實施例之電漿離子源有利地適用於可沉積機械耐用且抗刮之塗層(例如類金剛石碳(DLC)及類金剛石奈米複合物(DLN)薄膜)於大面積玻璃及聚合基材上之IBACVD製程。就工業規模製程而言，本發明之實施例可於相當大的長度(例如，大於0.4米)上建立均勻且穩定之高能準中性離子束。

【0039】 圖1為概念上描繪根據本發明一個實施例之示例性設備100(包括用於IBACVD應用中之線性化RF驅動電漿離子源102)之至少一部分的透視圖。RF驅動電漿離子源102係定位在平移(即，移動或非固定)基材

104附近。在一或多個實施例中，基材104較佳相對電漿離子源102以實質上平行於電漿離子源下表面(面向基材104上表面)的方向移動，諸如(例如)使用傳輸機構106。傳輸機構106可包括(但不限於)傳送帶、工作台及經組態以驅動工作台之馬達、捲軸式(R2R)總成等。熟習此項技術者當明瞭相對電漿離子源102平移基材104之其他適宜機構及方法，包括與固定基材一起使用移動電漿離子源等。適於與本發明實施例結合使用的基材104包括(但不限於)撓性網、顯示玻璃、建築玻璃、車輛玻璃、光伏板等。

【0040】 電漿離子源102包括電漿腔室本體108，其經調適以在其中產生並維持電漿放電。在一或多個實施例中，電漿腔室本體108係由導電材料(例如金屬)形成且經實質成型為空心矩形長方體。類似地涵蓋電漿腔室本體108的其他形狀及尺寸(例如圓柱形)。

【0041】 電漿腔室本體108包括一或多個入口110，待電離的進料氣體112係引入通過該(等)入口。前驅氣體113經引入通過一或多個氣體入口114，該等入口可使用歧管116或類似物分佈，歧管116或類似物係插入在電漿腔室本體與基材104之間。歧管116及對應之前驅氣體入口114可黏附至電漿腔室本體108，或使用其他構件定位。包含進料氣體離子、電子及中性物質的電漿離子束(未明確顯示，但包含)與前驅氣體相互作用且引發電漿化學反應，其導致在基材104的上表面沉積薄膜塗層118。在一或多個實施例中，使用(例如，在電漿腔室本體108的相對側)多個歧管116及對應之前驅氣體入口114以藉此提供更均勻的塗層118，或以其他方式促進針對IBACVD製程更精確的控制。

【0042】 圖2為描繪根據本發明一個實施例之適於實施顯示於圖1中的電漿離子源102之示例性線性化RF驅動電漿離子源200之至少一部分的

等角視圖。參照圖2，電漿離子源200(從其顯示於圖1中之操作位置倒立顯示)包括電漿腔室本體202，其經調適以在其中產生並維持電漿放電。在一或多個實施例中，電漿腔室本體202係由導電材料(例如金屬)形成且成型為空心矩形長方體。類似地涵蓋電漿腔室本體202之其他形狀及尺寸。

【0043】 在一或多個實施例中，電漿腔室本體202係使用絕緣真空凸緣204而與真空腔室(未明確顯示)電絕緣，電漿離子源於真空腔室(未明確顯示)中操作。在一或多個實施例中，絕緣真空凸緣204係由氧化鋁或其他剛性陶瓷ULTEM®(非晶型熱塑性聚醚醯亞胺(PEI)材料、聚合材料、玻璃態材料或可機械加工且展示高介電強度(例如，就ULTEM®而言在1.0 MHz下為約3.0、或就氧化鋁而言在1.0 MHz下為約9.1)、低RF耗散因子(例如，就ULTEM®而言在1.0 MHz下為約0.0015、或就氧化鋁而言在1.0 MHz下為約0.0007)、高機械強度(例如，就ULTEM®而言壓縮應力大於約150百萬帕(MPa)、或就氧化鋁而言為約2,100 MPa)、高操作溫度(例如，就氧化鋁或ULTEM®而言，最大使用溫度大於約1,700攝氏度)及高電阻(例如，就氧化鋁或ULTEM®而言，體積電阻大於約 10^{14} ohm-cm)及其他性質的任何其他剛性材料組成。在一或多個實施例中，真空凸緣204包含非晶型熱塑性、聚醚醯亞胺材料。涵蓋可用於形成真空凸緣204的各種其他材料，諸如(但不限於)聚四氟乙烯及氧化鋁。

【0044】 絕緣真空凸緣204插入在電漿腔室本體202與真空腔室相配合凸緣206之間。在一或多個實施例中，真空腔室相配合凸緣206經調適以將電漿離子源200與真空腔室(未明確顯示)耦合且較佳係由真空相容之機械剛性且無磁之金屬(諸如(例如)無磁不鏽鋼)組成。

【0045】 電漿離子源200進一步包括格柵引出總成208。在一或多個

實施例中，格柵引出總成208係包含較佳具有低濺射率之複數個導電棒210。在其中電漿腔室本體202接地之本發明實施例中，導電棒210係與電漿腔室本體電絕緣，因此可在格柵引出總成與電漿腔室本體之間施加電壓位差以藉此加速帶電離子呈離子束形式離開電漿離子源200。

【0046】 在一或多個實施例中，導電棒210係由金屬材料(例如石墨)組成。導電棒210較佳沿著格柵引出總成208的開孔以週期性間隔配置。僅舉例而言但不構成限制地，導電棒210各自的幾何中心間間距在約3 mm與7 mm間變化。視情況，在一或多個實施例中，格柵引出總成208係諸如(例如)利用整合至真空配合凸緣206中或整合至真空腔室門(未明確顯示，但包含)中之真空密封水冷凝迴路或利用散熱器或類似物冷卻，以藉此移去在電漿離子源200之操作期間產生於格柵引出總成208中的熱量。

【0047】 圖3為描繪根據本發明一實施例之用於沉積薄膜塗層之示例性電漿離子源300之至少一部分的橫截面視圖。於操作期間，電漿離子源300一般係安裝在真空腔室(未明確顯示，但包含)上，或以其他方式置於真空腔室中。以與顯示於圖2中之電漿離子源200一致的方式，電漿離子源300包括電漿腔室本體302，其經調適以在其中產生並維持電漿放電。電漿腔室本體302較佳係由導電材料(例如金屬)形成且經成型為空心矩形長方體，然而，本發明之實施例不受限於任何特定形狀及/或尺寸。在一或多個實施例中，電漿腔室本體302係由充當用於設備之真空腔室之高導電且導熱之金屬(較佳鋁)組成。在一或多個實施例中，電漿腔室係由真空級鋁製造且具有真空密封件(例如彈性O-環)。因此，電漿腔室本身作為真空腔室。

【0048】 在一或多個實施例中，一或多個冷卻通道304或交替熱量

移除機構(例如散熱器)係配置(例如，藉由焊接或另一繫固構件)於外表面(即大氣壓側)上，且與電漿離子源300熱接觸且經組態以防止電漿腔室本體302過熱。電漿離子源300過熱可導致真空密封元件(例如，彈性O-環，未明確顯示)之熱降解而致使真空完整性損失。在本發明之所揭示的實施例中，水為用於設備的較佳冷卻流體，然而，可類似地使用其他冷卻流體(例如，氯氟碳(CFC)冷凍劑、乙二醇、丙二醇、氨等)。

【0049】 在一或多個實施例中，來源凸緣306係使用(例如)高溫O-環密封件諸如(但不限於)氟聚合物彈性體或熟習此項技術者已知的交錯繫固構件，固定至電漿腔室本體302。在一或多個實施例中，來源凸緣306係可自電漿腔室本體302移去以有利於接近電漿腔室本體的內部(諸如)以維護且/或修復電漿離子源元件(例如，感應天線等)。視情況，冷卻通道308係於來源凸緣306中形成(例如，機械加工)。冷卻通道308經調適以諸如(例如)藉由使液體(例如水)或氣體(例如空氣)循環通過冷卻通道，自電漿離子源300移去熱量。來源凸緣306進一步包括一或多個入口310，待電離的進料氣體引入通過該(等)入口而進入至電漿腔室本體302內部中。

【0050】 電漿離子源300進一步包括感應天線312，其經組態以當將RF信號施加至該天線時供應電磁能至電漿腔室本體302內部。天線312係使用適宜安裝硬體(諸如托架或類似物)較佳懸吊於電漿腔室本體302中，此對於熟習此項技術者而言顯而易見。天線312較佳與電漿腔室本體302電絕緣。在一或多個實施例中，天線312係配置於來源凸緣306上，其有利於在移去來源凸緣時輕易地移去天線。感應天線312之形狀較佳與電漿腔室本體302相匹配；亦即，在一或多個實施例中，為矩形長方體。然而，應明瞭，本發明之實施例不受限於天線312之任何特定形狀或尺寸。

【0051】 天線312較佳包括導線或導管之複數個繞組(即匝)314；用於形成天線的繞組越多，感應耦合越有效，且因此更大的電磁能轉移至電漿腔室本體302內部。在一或多個實施例中，天線312係水冷卻的。例如，天線312之繞組314可由空心銅管形成，冷卻水或另一液體通過該空心銅管以藉此自天線移去熱量，藉此防止對電漿離子源之一或多個元件(例如，真空密封件等)之熱損壞。依此方式，天線312經調適以在高RF功率水平(例如，大於約1000瓦)下操作。

【0052】 當諸如自外部RF產生器(未明確顯示)施加RF信號至天線312時，感應耦合至電漿腔室本體302中之RF能使進料氣體電離且形成高密度電漿放電316。電漿放電316主要包含於天線312之繞組314間的內部空間中。在一或多個實施例中，天線312包括空心氧化鋁(礬土)管318、或由包覆銅繞組314的交錯電絕緣器形成的管。在一個替代實施例中，導電繞組314之至少一部分係經電絕緣材料層塗佈。為電絕緣器之氧化鋁管318用於保護銅繞組314的暴露於電漿放電316之部分以防濺射於基材表面(例如，圖1中之104)上。無保護氧化鋁管318下，銅繞組314被電漿放電316中的離子所濺射，此將導致真空及水洩漏至電漿腔室本體302及真空腔室(未明確顯示)中。

【0053】 天線繞組314的一部分配置在電漿腔室本體302外部且提供與RF產生器之電連接、以及與冷卻液體源(為了清晰起見，未明確顯示)之連接。例如，在一或多個實施例中，天線312之銅繞組314係使用真空饋通件(feedthroughs)(未明確顯示，但包含)配置於電漿腔室本體302中。真空饋通件係由絕緣材料(例如陶瓷)形成，因此銅繞組314不與較佳導電的電漿腔室本體302電連接(藉此防止天線312與電漿腔室本體302之間的電

性短路)。

【0054】 繼續參照圖3，在一或多個實施例中，具有可選冷卻通道322的真空配合凸緣320配置(例如，焊接或以其他方式繫固)於電漿腔室本體302上以提供真空配合表面至介電真空斷路器324。以與形成於來源凸緣306中之冷卻通道308一致的方式，可經機械加工成真空配合凸緣320或在外部連接至其的冷卻通道322經調適以諸如(例如)藉由使循環液體(例如水)或氣體(例如空氣)通過冷卻通道，自電漿離子源300移去熱量。

【0055】 介電真空斷路器324係由較佳真空密封、可機械加工且機械剛性之電絕緣材料(諸如(但不限於)聚合物、陶瓷、玻璃或其他介電材料)組成。在一或多個實施例中，介電真空斷路器324包含高溫熱塑性材料。在一或多個實施例中，介電真空斷路器324配置於電漿腔室本體302與真空腔室門326之間。視情況，形成具有冷卻通道328之真空腔室門326。以與分別形成於來源凸緣306及真空凸緣320中之冷卻通道308及322之形成一致的方式，可經機械加工成真空腔室門326或在外部連接至其的冷卻通道328經調適以諸如(例如)藉由使循環液體(例如水)或氣體(例如空氣)通過冷卻通道，自真空腔室移除熱量。使用真空腔室門326的一個優點係易於清洗電漿離子源300且將基材(例如，顯示於圖1中之104)置於真空腔室中的固定裝置(未明確顯示)。

【0056】 在顯示於圖3中之示例性實施例中，電漿腔室本體302係使用介電真空斷路器324與真空腔室門326及真空腔室(未明確顯示，但包含)電絕緣。藉由使電漿腔室本體302與電接地(較佳地球)的真空腔室門326及真空腔室(未顯示)電絕緣，電漿腔室本體302可經加偏壓至規定電壓水平而不需要基材偏壓或提供配置於電漿腔室本體302內部的內部源電極(未顯

示)。因此，使用外部偏壓電源(未明確顯示)直接加偏壓的電漿腔室本體302本身充當源極電極，如前面所述。類似地涵蓋用於使電漿腔室本體302與真空腔室電絕緣之其他機構，此對於熟習此項技術者而言顯而易見。

【0057】 電漿離子源300包括配置於感應天線312與環繞天線的電漿腔室本體302之間的靜電屏蔽330 (本文稱為法拉第屏蔽)配置。在一或多個實施例中，形成法拉第屏蔽330，其中具有狹縫或開口且為矩形，或另較佳與電漿腔室本體302的形狀相匹配。法拉第屏蔽330至少部分用於減少發展於天線312之繞組314間的電容電壓及用於僅允許感應場及電壓進入電漿腔室本體302內部，於該處形成電漿放電316。此外，法拉第屏蔽330使得天線312與電漿放電316間的電阻抗提供相對恆定，此有利於將引入於電漿腔室本體302內部的工作(進料)氣體快速且可重複地點火。法拉第屏蔽330亦降低離子能以較佳控制材料沉積。在一或多個實施例中，感應天線312、電漿腔室本體302及法拉第屏蔽330形成電漿產生單元，其經組態以建立並維持用於形成準中心電漿離子束之由電漿離子源300產生的高密度電漿放電316。在一或多個實施例中，法拉第屏蔽330係由具有高導電性及高導熱性之金屬(例如，鋁或銅)組成。

【0058】 高密度電漿放電316係由感應天線312產生且相對接近天線存在。餘輝電漿332配置於感應天線312與引出格柵334之間。餘輝電漿332係由來自由感應天線312產生的高密度電漿放電316之低濃度電子及離子組成。在一或多個實施例中，引出格柵334包括單一導電材料格柵或網柵，其中具有經組態以實現準中性電漿束之引出之開口或開孔(例如，孔、狹縫等)。本發明之實施例涵蓋各種導電(例如金屬)材料，包括(例如)

鎢、鉬、石墨、鈦及其合金。與多個引出格柵相反，單一引出格柵334之使用有益地免除對於精確對準引出格柵彼此(此係習知上所要求的)的需求。

【0059】 在一個較佳實施例中，引出格柵334係以與顯示於圖2中之格柵引出總成208一致的方式形成。具體而言，在一或多個實施例中，引出格柵334包括較佳具有低濺射率之複數個導電棒(例如，圖2中的210)。施加於引出格柵334與電漿腔室本體302間的電壓位差至少部分地控制加速帶電離子呈離子束336形式離開電漿離子源200。在一或多個實施例中，形成引出格柵334之導電棒係由金屬材料(諸如(例如)石墨)組成。如結合圖2所述，導電棒較佳沿著引出格柵334之開孔以週期性間隔(諸如以相鄰棒的幾何中心間間距為約3 mm至7 mm)配置。然而，應明瞭，本發明之實施例不受限於任何特定導電材料或引出格柵334之組態。

【0060】 引出格柵334係藉由格柵總成338在原位緊固。在一或多個實施例中，格柵總成338經組態為「相框(*picture frame*)」，其中引出格柵334配置於框架內部上，且(諸如)使用標準連接構件黏附於真空腔室門326上。包含於餘輝電漿332中的離子及電子經由引出格柵334加速，該引出格柵係與真空腔室(未顯示)電連接且接地(較佳地球)。離子及電子係在「加偏壓之」電漿腔室本體302與電接地引出格柵334間的規定電壓位差(如前面所述)下加偏壓以藉此產生準中性電漿離子束336，作為電漿離子源300之輸出用於IBACVD應用中。

【0061】 如前面所說明，電漿腔室本體302係與電接地(較佳地球電位)的真空腔室電絕緣。電漿腔室本體302內部經組態而具有相對引出格柵334(其與真空腔室本體機械連接而電接地)的表面積更大的表面積。在一

或多個實施例中，電漿腔室本體302的內部表面積之表面積比係引出格柵334的表面積的約1.5至5倍(較佳至少3至5倍)。當滿足此表面積比時，當RF電壓施加至其時，正極性自偏壓發展於電漿腔室本體302上。

【0062】如本文更詳細地描述，在一或多個實施例中，施加至感應天線312的RF電壓之一部分經由電容較佳在約5-1000 pF電容範圍內之可變電容器耦合至電漿腔室本體302。此配置提供具成本效益的方法，利用單一RF電源或發電器，施加RF電壓至電漿腔室本體302，相對接地引出格柵334選擇性控制電漿電位。正極性自偏壓有益地消除由RF感應放電316產生的正離子以防濺射電漿腔室本體302的內表面。此外，一般而言，感應放電316中的電子朝電漿腔室本體302加速；然而，此等電子之一部分加速離開電漿腔室本體302且到達引出格柵334。

【0063】根據本發明之態樣，朝格柵334加速的電子之一大部分被引出以補償或中和由所引出的正離子產生的沿著引出格柵總成的整個長度之正空間電荷。因此，產生高電流密度、準中性、線性且大面積之離子束作為電漿離子源300的輸出。本發明之態樣可同時且伴隨地引出具有平衡電荷密度之電子及正離子以防止圓形表面、結構及基材上與空間電荷有關的電弧作用。

【0064】習知上，需要點電子中和器(例如，熱電子燈絲、空心陽極或電漿橋式中和器)以中和空間電荷，該點電子中和器通常係與電漿或離子源相鄰配置。雖然此方法對於小面積基材可能係足夠的，但使用該習知方法於大面積基材上難以達成均勻空間電荷中和。因此，所得離子束可非所欲地展示不均勻的離子電流密度，此可導致跨基材之不均勻表面處理及差的薄膜品質。此外，可產生局部空間電荷電荷作用，此可損壞基材、真

空硬體及電漿離子源。

【0065】圖4為描繪根據本發明一個實施例之具有增強之熱管理之示例性電漿離子源400之至少一部分的橫截面視圖。具體而言，電漿離子源400包括電漿腔室本體402，其包括整合至電漿腔室本體之一或多個各自的側壁中之一或多個冷卻通道404。冷卻通道404經調適以諸如(例如)藉由使液體(例如水)或氣體(例如空氣)循環通過冷卻通道，自電漿離子源400移去熱量。將冷卻通道整合至電漿腔室本體402中可免除對於在外部配置於電漿腔室本體上之冷卻通道(例如，圖3中之304)的需求。冷卻通道404與電漿腔室本體402以整體方式形成使得電漿離子源400達成相較於顯示於圖3中的配置優異之熱管理及冷卻效率。在一或多個實施例中，水用作冷卻流體，藉由冷卻通道404傳送，然而，類似地涵蓋其他冷卻流體，此係為熟習此項技術者已知。

【0066】電漿離子源400進一步包括引出格柵406，其可依與顯示於圖3中之引出格柵334一致的方式來形成。為改良引出格柵406之熱冷卻，引出格柵總成408(其可以與結合圖3所述的格柵總成338一致的方式形成)配置在具有經整合之冷卻通道322之電漿腔室真空配合凸緣320與真空腔室(較佳具有經整合之冷卻通道328之真空腔室門326)之間以有利於設備之維護。

【0067】在電漿離子源400中，來自引出格柵406之熱之導熱性相較於描繪於圖3中之示例性電漿離子源300改良，至少部分上係歸因於引出格柵總成408之經改進之配置。具體而言，格柵總成408配置於兩個冷卻元件(亦即，真空配合凸緣320及真空腔室門326，兩者分別具有經整合之冷卻通道322及328)之間。如在顯示於圖3中之電漿離子源300中，顯示於

圖4中之電漿離子源400包括介電真空斷電器324，其配置於真空配合凸緣320與格柵總成408之間以使電漿腔室本體402與真空腔室門326及真空腔室(未明確顯示，但包含)電絕緣。

【0068】 在電漿離子束(例如，圖3中之336)之引出期間分別加熱引出格柵(例如，圖4中之406及圖3中之334)。引出格柵406、334之加熱可導致熱降解及機械加工形變，此可減少電漿離子源之操作壽命。因此，引出格柵406之改良之冷卻有益地使得電漿離子源400在增加的RF功率水平下操作以達成更高的塗佈沉積速率以及其他重要的優點。在本發明之一或多個實施例中，為格柵總成408提供真空密封。所揭示實施例的一個優點係包括格柵總成408及引出格柵406之電漿離子源400為有利於方便安裝至真空腔室門326的一體式總成。

【0069】 圖5為描繪根據本發明一個實施例之具有磁性增強之示例性電漿離子源500之至少一部分的橫截面視圖。電漿離子源500係依與顯示於圖4中之示例性電漿離子源400一致的方式組態，但包括使得電漿離子源500可於沉積製程中獲致優異地控制且因此表示優於電漿離子源400之改良之磁性增強特徵。具體而言，在一或多個實施例中，電漿離子源500包括環繞電漿腔室本體402配置以於電漿離子源500內部中產生磁場之電磁鐵502。磁場線504延伸伸出電漿腔室本體402且穿過引出格柵406離開；亦顯示磁場506之包絡體。在其他實施例中，可使用永久磁鐵陣列或電磁鐵及/或永久磁鐵之組合。

【0070】 藉由電磁鐵/永久磁鐵陣列502產生的磁場增加由感應天線312產生的電漿放電316的電漿密度。產生於電漿放電316中之電子無法越過磁場線504，相反地，該等電子環繞並沿著磁場線504回轉。電子以擺

線軌跡沿著磁場線504自電漿放電316運動至餘輝電漿332，接著通過引出格柵406以形成藉由電漿離子源500產生的電漿離子束338。電子擺線運動的一種結果係電子與經一或多個進料氣體入口310注入至電漿腔室本體402中的進料氣體相互作用之路徑長度變長。電子的路徑長度變長使得電子與進料氣體分子碰撞及電離及/或激發其等的可能性增加。此等碰撞導致感應電漿放電316、餘輝電漿332及電漿離子束338中的電漿密度變高。因此，電漿離子源500經有利地調適以利用相較於前面所揭示的關於本發明的實施例更低的RF功率水平，產生更高的離子電流密度。更高的離子電流密度可得到更高的沉積速率。除了降低之RF功耗外，具有磁性增強之電漿離子源500可達成降低之偏壓功率、降低之進料氣體及前驅氣體消耗及其他優點。

【0071】 現參照圖6，方塊圖概念上描繪根據本發明一個實施例之示例性線上塗佈機或箱式塗佈機系統600(包括線性化RF驅動電漿離子源602)之至少一部分。電漿離子源602可依與分別描繪於圖3、4或5中之示例性電漿離子源300、400或500中的任一者一致的方式來形成。電漿離子源602包括利用介電真空斷路器配合凸緣608或替代絕緣構件與真空腔室606電絕緣之電漿腔室本體604。在一或多個實施例中，介電真空斷路器配合凸緣608係由較佳真空密封、可機械加工且機械剛性之電絕緣材料(諸如(但不限於)聚合物、陶瓷、玻璃或其他介電材料)組成。在一或多個實施例中，介電真空斷路器配合凸緣608包括高溫熱塑性材料。介電真空斷路器配合凸緣608可依與顯示於圖3及4之介電真空斷路器324一致的方式來形成。

【0072】 電漿離子源602進一步包括感應天線610，其經組態以在施

加RF信號至天線時供應電磁能至電漿腔室本體604內部。天線610較佳係使用適宜的安裝構件懸吊在電漿腔室本體604中且依與結合圖3所述的感應天線312一致的方式來形成。具體而言，天線610較佳包括導線或導管之複數個繞組(即匝)。在一或多個實施例中，感應天線610之繞組係由空心銅管形成，冷卻流體(例如水)通過空心銅管以藉此自該天線移走熱量。在一或多個實施例中，感應天線610係與電漿腔室本體604電絕緣。

【0073】 在一或多個實施例中，利用具有高溫氟聚合物O-環(未明確顯示，但包含)或類似物之對應真空密封件614，使感應天線610之銅管引線612伸出通過電漿腔室本體604。較佳使用絕緣聚合物管(未明確顯示，但包含)將冷卻液體連接至天線管引線612以維持電漿腔室本體604與感應天線610電絕緣。天線管引線612與外部RF產生器618間的電連接616係由(例如)銅帶、同軸電纜或其他連接構件組成。匹配網絡(未明確顯示)係視情況與RF產生器618耦合且包含電容元件，電容元件經組態以改良RF功率自RF產生器轉移至感應天線610及產生於電漿腔室本體604中的電漿放電。

【0074】 在一或多個實施例中，RF產生器618遞送至天線610之功率的一部分係用(例如利用)於對電漿離子源602加偏壓。在此實施例中，電漿離子源602係藉由直接施加偏壓至電漿腔室本體604來加偏壓。為達成此點，RF分壓器620係較佳在RF產生器618與電漿腔室本體604之間經由耦合於RF分壓器與電漿腔室本體之間的偏壓混合器622連接。RF分壓器620係使用經屏蔽之同軸連接624或類似連接配置較佳電連接至RF產生器618，RF分壓器620係使用經屏蔽之同軸電纜626或替代連接配置電連接至偏壓混合器622，且偏壓混合器622係使用經屏蔽之同軸電纜628或類似

物較佳電連接至電漿腔室本體604。雖然本發明之實施例涵蓋在不同RF元件之間使用未屏蔽之連接(例如銅帶)，較佳使用經屏蔽之連接來降低由自未屏蔽的連接分散出來的RF輻射所引起的電場干擾。在一或多個實施例中，RF分壓器620包括較佳在約3 - 5 kV之電壓範圍操作的高壓電容元件，其中電容在約10 - 1000 pF變化。類似地涵蓋替代分壓器架構，此對於熟習相關技術者而言顯而易見。

【0075】 在一或多個實施例中，偏壓混合器622包括濾波且衰減之低電感RF電路，其經組態以將來自RF分壓器620的RF電壓輸出之一部分與由與偏壓混合器耦合的偏壓電源630遞送的偏壓組合。偏壓電源630係利用經屏蔽之同軸電纜632或替代連接配置電連接至偏壓混合器622。來自偏壓混合器622之混合偏壓輸出使得來自由感應天線610產生的進料氣體電漿放電之離子及電子加速。使進料氣體經由氣體歧管634或配置(例如，一或多個氣體入口)引入至電漿腔室本體604中。在一或多個實施例中，偏壓可自0 - 600 V調整，然而，應明瞭本發明之實施例不受限於任何特定偏壓。由偏壓電源630產生的電壓信號可包括恆定DC電壓(在一或多個實施例中)或可變DC電壓(前面於本文中描述為脈衝DC信號)中任一電壓。

【0076】 根據本發明之一或多個態樣，離子通量(即離子電流密度)及所得電漿離子束之離子能係不同且獨立控制的。例如，離子通量主要取決於自感應天線610經分壓器620耦合的RF電壓，然而，離子能主要取決於由偏壓電源630產生的偏壓。利用偏壓混合器622獨特地将此兩電壓元件組合且供應至電漿腔室本體604。

【0077】 由電漿離子源602產生的準中性離子束636係由高能正離

子、激發態中性氣體顆粒及來自藉由感應天線610產生的進料氣體電漿放電之電子組成。該等正離子係藉由較佳依與顯示於圖3中之格柵334或顯示於圖4中之406一致的方式形成的引出格柵總成638加速進入至介於電漿離子源600與意欲塗佈緻密薄膜的基材640之間的區域中。在一或多個實施例中，電漿離子束636與前驅氣體642相互作用，前驅氣體642經由鄰近待塗佈的基材640表面且在其前面配置之獨立前驅氣體歧管644引入。電漿離子束636引發並驅動前驅氣體642中之非熱電漿化學反應而致在基材640表面上形成薄膜塗層。

【0078】 在本發明之一或多個態樣中，於標準電漿離子源上的一種改良係沉積緻密固體薄膜材料(諸如(例如)類金剛石碳(DLC)及類金剛石奈米複合物(DLN))而無需施加另一偏壓至基材640之能力。將本發明之實施例應用於大面積基材具有許多優點及應用，此對於熟習此項技術者在本文給出教示的情況下顯而易見。可使用多種基材材料，包括具有低熔點溫度之聚合物，因為根據本發明態樣之IBACVD方法無需補充加熱即可有益地進行。

【0079】 根據本發明之態樣所形成的電漿離子源具有許多優點及應用。舉例來說，自根據本發明實施例之電漿離子源發散出來的電漿離子束沿著其引出格柵(例如，圖6中之638)之長度自中和，此藉此免除對於來自不同來源(例如，熱電子燈絲、空心陰極或電漿橋式中和器)之電子之中和的需求。由於使用RF驅動之感應放電，因此產生具有高離子密度(例如，大於約 10^{11} cm^{-3})之緻密電漿而傾向於在電漿離子源之長度上為不均勻。此特徵對於需要沉積均勻度、表面處理或其他用途的所有應用而言非常重要。可均勻地塗佈或處理0.5米或更長之基材寬度。

【0080】 在操作期間，離子電流密度及離子能跨基材寬度係均勻的且可相對彼此獨立地控制，如前面所述。因此，根據本發明實施例之電漿離子源傾向於有利地展示寬製程窗。電漿離子源進一步於寬製程壓力窗(較佳地(但不限於)約5 mTorr至30 mTorr)上操作。此壓力範圍類似於有利於濺射利用多個製程將本發明電漿離子源與生產線上、批料及網塗佈真空系統整合之來源。

【0081】 電絕緣IBACVD膜(諸如DLC或DLN)之連續沉積可引起製程漂移、操作不穩定、電弧作用或電漿離子源隨時間斷開。根據本發明之態樣，引出格柵總成(例如，圖4及5中之406)藉由呈現對前驅氣體分子的限制性電導而減少沉積絕緣膜的大量前驅物流入至電漿離子源中。另外，施加至電漿離子源的RF偏壓可在沉積期間改變以控制電漿離子源之操作中之不利改變，至少部分上係取決於電漿離子源內部絕緣膜之沉積。此控制特徵提供維持電漿離子源之可重複且連續之操作及延長維護活動(定期及不定期)之有益方法。獨立控制離子能以促進IBACVD製程而提供具有優異光學性能、機械強度及環境耐久性(對基材偏壓無要求)之緻密固體介電膜之有益且有用之能力係有利於多種工業應用(諸如(例如)用於具有觸控螢幕顯示器的裝置中之蓋玻璃之硬抗反射膜)及其他有用應用之高產量製造。

實例1

【0082】 僅舉例而言但不構成限制地，下文更詳細地描述利用描繪於圖3中之示例性電漿離子源300形成於玻璃基材頂表面上之DLC塗層。對於此實例，假定電漿離子源300具有約635 mm之總長度及約178 mm之寬度；引出格柵334與玻璃基材頂表面間的距離固定在約172 mm。將氬氣

進料氣體經陶瓷多孔氧化鋁進料管310以約80標準立方厘米/分鐘(sccm)之速率供應至電漿離子源300。將前驅氣體經由長度為約483 mm的鄰近長度為約431 mm及寬度為約305 mm之固定非磁性不鏽鋼基材固定架配置的前驅氣體進料管供應至真空腔室。前驅氣體進料管係配置在距基材固定架頂表面前面約83 mm之處且配置在距電漿離子源300之引出格柵334前面約171 mm之處；前驅氣體為100%丁烷。

【0083】電漿離子源之引出格柵係由直徑為約3 mm且長度為約228 mm之石墨棒(例如，圖2中之210)組成；該引出格柵陣列之總長度為約506 mm。基材(DLC塗層形成於其上)為由光學硼矽酸鹽冕玻璃(crown glass)(BK-7玻璃)組成之顯微鏡載玻片。用聚醯亞胺膠帶將基材緊固至基材固定架。基材固定架係電接地的。所用RF產生器(例如，圖6中之618)為遠端電漿源(RPS) 2 MHz RF產生器，由Advanced Energy of Fort Collins, CO製造(Advanced Energy Litmas® RPS 1501)。所用偏壓電源(例如，圖6中之630)為脈衝DC電源，由Advanced Energy製造(Advanced Energy Pinnacle® Plus+)，其係與正極性輸出組態且具有約5 - 350 kHz的輸出頻率範圍。示例性塗佈製程之結果顯示於下表1中。

薄膜塗層之沉積參數					
丁烷氣體 流量 (SCCM)	製程壓力 (毫托)	RF功率 (瓦)	DC偏壓 (伏)	塗佈時間 (分鐘)	平均塗層 厚度(埃)
65	18	1000	200	60	2896

表1

【0084】如從上表1可以看出，於固定玻璃基材上沉積DLC之薄膜

塗層60分鐘以產生出2,896埃厚的DLC薄膜。DLC薄膜之抗刮性係藉由使新刮鬚刀片通過頂表面且用光學顯微鏡檢查表面來定性評估。於觀察期間，膜表面未展現劃痕。再者，DLC薄膜之黏著係藉由施加遮罩膠帶至玻璃基材表面，扯去遮罩膠帶，且在光學顯微鏡中觀察來定性評估。於檢查已施加遮罩膠帶的表面後不移去膜。

【0085】 雖然已參照特定操作參數及以上所提到的詳細內容描述此示例性實施例，但應明瞭本發明之實施例不受限於所述的特定參數及詳細內容，但包括對於熟習此項技術者在本文給出教示的情況下顯而易見各種變化及修改。

實例2

【0086】 圖7為描繪偏壓及偏壓之脈衝頻率於根據本發明一個實施例之顯示於圖6中之示例性電漿離子源602之引出離子電流密度影響之圖700。由顯示於圖7中之圖700表示的結果係使用於引出格柵總成(圖6中之638)下游在距基材(圖6中之640)前面約四英寸之處配置的法拉第杯探針得到。法拉第杯量測自電漿離子源(圖6中之602)引出之離子電流密度(單位為 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$)。將測得的離子電流密度對偏壓水平(以伏計)就偏壓電源(圖6中之630)之多種不同脈衝頻率(以KHz計)，亦即300 KHz、200 KHz、100 KHz、50 KHz及0 KHz(即DC)作圖，如圖7中之圖700所繪示。在此實例中，電漿離子源602係利用氬氣作為進料氣體操作，氬氣係經由氣體進料管634(圖6)遞送。RF產生器618 (例如，Advanced Energy Litmas® RPS 1501)遞送1,000瓦至感應天線610 (圖6)。藉由法拉第杯探針收集的離子電流密度係用置於真空腔室外側的電流計記錄。

【0087】 顯示於圖7中之示例性結果說明離子電流密度可藉由施加

偏壓改變且在約100伏至300伏的範圍內於約0 KHz (即DC)至300 KHz之頻率範圍上或多或少為線性。對於熟習此項技術者而言，此等發現證明調整由根據本發明實施例之電漿離子源產生的離子能以調適膜性質而無需基材上進行二次偏壓之能力。

實例3

【0088】 圖8為描繪偏壓於來自顯示於圖6中之根據本發明一個示例性實施例之示例性電漿離子源602之離子能之影響的圖800。由顯示於圖8中之圖800表示的離子能分佈(dI/dE)結果係藉由使用配置於引出格柵總成(圖6中之638)下游在基材(圖6中之640)前面的減速場能分析儀(RFEA)(例如，由Impedans Ltd.，Dublin，Ireland製造)量測離子能(以eV計)。電漿離子源602 (圖6)係利用80 sccm之氬氣進料氣體流速在15 mTorr之操作壓力下且對感應天線610(圖6)施加500瓦之RF功率下操作。

【0089】 當未施加偏壓至電漿腔室本體604 (圖6)時量測約45 eV之平均離子能，且離子能分佈由如圖8中所顯示的波形802表示。於藉由偏壓電源630 (圖6)施加100伏的偏壓後，藉由RFEA測得的平均離子能為約153 eV，如由顯示於圖8中之離子能分佈波形804指示。偏壓電源630 (圖6)增加至150伏之偏壓及測得平均離子能為約216 eV，如由顯示於圖8中之離子能分佈波形806表示。

【0090】 顯示於圖8中之資訊證實本發明藉由本發明中所述的方法選擇性控制離子能之能力。明確來說，在不施加偏壓(圖8中表示為「無偏壓」)下，測得平均離子能為約45 eV，如離子能分佈波形802中所顯示。在施加100 V之偏壓下，平均離子能自約45 eV增加至153 eV，如離子能波形804中所顯示。100 V偏壓之平均離子能與無偏壓(0 V)間的淨差為約

108 eV，此基本上等於100 V之施加的偏壓。就150 V偏壓而言，測得平均離子能為約216 eV，如離子能分佈波形806中所顯示。150 V之偏壓與無偏壓(0 V)間的淨差為171 eV，此約等於150 eV。本發明實施例優於習知離子源的一個優點係在不要求輔助中和器或更複雜且更昂貴之多格柵引出系統下可控制地調整所引出離子之平均離子能的能力。

【0091】 鑒於目前為止的論述，應明瞭根據本發明一個實施例之示例性電漿離子源包括電漿腔室本體，該電漿腔室本體係與其所連接的真空腔室電絕緣。電漿腔室本體充當電漿離子源的電極且經調適以接收施加至其的偏壓。感應天線係置於電漿腔室本體的內部中且經組態以供應電磁能至電漿腔室本體的內部。天線依施加至天線的RF電壓維持電漿放電局限於其中。施加至電漿腔室本體的偏壓將靜電位供應至電漿放電中的帶電物質。電漿離子源進一步包括配置在電漿腔室本體之與感應天線相對的一端之引出格柵。引出格柵係處於與真空腔室相同的電壓電位。引出格柵與電漿腔室本體間的電位差經組態以加速電漿放電中的帶電物質離開引出格柵以藉此產生輸出準中性電漿離子束。施加至電漿腔室本體的偏壓包括供應至天線之RF電壓的部分與脈衝DC電壓之組合。

【0092】 鑒於目前為止的論述，亦應明瞭根據本發明之一個實施例提供一種用於產生線性化高能電漿離子束以沉積薄膜塗層於大面積基材表面的方法。該方法包括提供電漿離子源，其包括：電漿腔室本體，該電漿腔室本體係與其所連接的真空腔室電絕緣，該電漿腔室本體係充當電漿離子源的電極且經調適以接收施加至其的偏壓；配置在電漿腔室本體內部中且經組態以供應電磁能至電漿腔室本體內部中之感應天線，該天線維持電漿放電局限於其中，施加至電漿腔室本體的偏壓將靜電位供應至電漿放電

中的帶電物質；及配置在電漿腔室本體之與感應天線相對的一端之引出格柵，該引出格柵係處在與真空腔室相同的電壓電位，該引出格柵與該電漿腔室本體間的電位差係經組態以加速電漿放電中的帶電物質離開該引出格柵以產生輸出準中性電漿離子束。該方法進一步包括施加RF電壓至感應天線，電漿放電係依RF電壓水平產生，藉由將供應至感應天線之RF電壓的部分與脈衝DC電壓組合產生施加至電漿腔室本體之偏壓，及獨立地控制電漿離子束之離子電流密度及離子能。離子電流密度係依施加至感應天線的RF電壓水平控制，且離子能係依脈衝DC電壓水平控制。

【0093】 鑒於目前為止的論述，應進一步明瞭根據本發明一個實施例之藉由PECVD沉積薄膜塗層於大面積上的設備包括線性化高能電漿離子源、與電漿離子源耦合之RF產生器、與電漿離子源耦合之偏壓混合器、與偏壓混合器耦合之偏壓電源及配置在電漿離子源與待塗佈的基材表面之間的前驅氣體歧管。

【0094】 該電漿離子源包括電漿腔室本體，該電漿腔室本體係與其所連接的真空腔室電絕緣，該電漿腔室本體係充當電漿離子源的電極且經調適以接收施加至其的偏壓。感應天線係配置於電漿腔室本體的內部中且經組態以將電磁能供應至該電漿腔室本體的內部，該天線依施加至其的RF電壓維持電漿放電局限於其中。施加至電漿腔室本體的偏壓將靜電位供應至電漿放電中的帶電物質。電漿離子源進一步包括配置在電漿腔室本體之與感應天線相對的一端的引出格柵，該引出格柵係處在與真空腔室相同的電壓電位。引出格柵與電漿腔室本體間的電位差係經組態以加速電漿放電中的帶電物質離開引出格柵以藉此產生準中性電漿離子束。

【0095】 該設備中的RF產生器經組態以產生供應至感應天線的RF

電壓。該設備中的偏壓混合器經組態以將供應至感應天線之RF電壓的部分與脈衝DC電壓組合以產生施加至電漿腔室本體的偏壓。該設備中的偏壓電源經組態以產生供應至偏壓混合器的脈衝DC電壓。該設備中的前驅氣體歧管經調適以接收供應至該設備的前驅氣體，該前驅氣體與電漿離子束相互作用以沉積薄膜塗層於基材表面上。

【0096】 本文所述之本發明實施例之簡圖說明意欲提供各種實施例之一般理解，且其等無意用作可利用本文所述技術之設備、方法及系統之所有元件及特徵之完整說明。許多其他實施例對於熟習此項技術者在本文給出教示的情況下顯而易見；使用其他實施例並由其衍生，因此可在不脫離本發明之範疇及精神下做出結構及邏輯替代及變化。圖式亦僅為代表性且不按比例繪製。因此，說明書及圖示應視為闡述性的而非限制性意義。

【0097】 於本文中分別且/或共同提到本發明之實施例時，術語「實施例」僅為方便起見而無意限制本申請之範疇於任何單一實施例或本發明概念(若實際上顯示一個以上)。因此，雖然已繪示並於本文中描述特定實施例，但應明瞭所顯示的特定實施例可改用達成相同目的配置；亦即，本發明意欲涵蓋各種實施例之任何及所有調適或變化。上述實施例與本文中未具體描述之其他實施例之組合對於熟習此項技術者在本文給出教示的情況下顯而易見。

【0098】 本文所用的術語僅用於描述特定實施例之目的且無意限制本發明。如本文所用，單數形式「一」、「一個」及「該」意欲亦包含複數形式，除非上下文另有明確指示。應進一步理解，當在該說明書中使用時，術語「包括」明確說明闡明之特徵、步驟、操作、元件及/或組件之存在，但不排除存在或增加一或多種其他特徵、步驟、操作、元件、組件

及/或其組群。當使用術語諸如「上部」、「頂部」、「下部」、「底部」、「前面」及「背面」時，該等術語意欲指示此等元件以特定方式定位時，元件或結構彼此的相對定位，與限定元件之絕對位置相反。

【0099】 下文請求項專利範圍中所有構件或步驟-加上-功能元件之對應之結構、材料、動作及等效物(如可以使用的)意欲包括如具體所主張與其它所主張元件組合用於進行功能之任何結構、材料或動作。各種實施例之描述已經提出用於例示及描述的目的，但無意詳盡或受限於所揭示的形式。在不脫離本發明之範疇及精神下，許多修改及改變對於熟習此項技術者而言顯而易見。該等實施例經選擇及描述以充分解釋本發明之原理及實踐應用，及使熟習此項技術者能夠理解適於所涵蓋的特定使用之各種實施例與各種修改。

【0100】 依37 C.F.R. § 1.72(b) (其需要使閱讀者快速查明技術揭示內容的性質的說明書摘要)提供說明書摘要。提交說明書摘要且應理解其並不用於解釋或限制申請專利範圍之範疇或含義。此外，在[實施方式]中，可以看出，各種特徵組合於單一實施例中以用於簡化本發明之目的。本發明之方法不應被解譯為反映以下意圖：所主張實施例需要比各請求項中明確敘述之特徵多之特徵。相反，如隨附申請專利範圍反映，發明性標的物在於少於單一實施例之所有特徵。因此，隨附申請專利範圍在此併入實施方式中，其中各請求項自身作為獨立主張的標的物。

【0101】 就提供於本文中之本發明實施例之教示而言，熟習此項技術者將能夠預期本發明實施例之教示之其他實現方式(implementations)及應用。儘管本文中已參考附圖而描述本發明之繪示性實施例，然應瞭解：本發明之實施例不限於彼等本文中所顯示並描述之精確實施例；及在不背

離隨附申請專利範圍範疇下可由熟悉此項技術者於本文中做出各種其他變化及修改。

【符號說明】

【0102】

100	示例性設備
102	線性化RF驅動電漿離子源
104	平移基材
106	傳輸機構
108	電漿腔室本體
110	入口
112	進料氣體
113	前驅氣體
114	前驅氣體入口
116	歧管
118	塗層
200	示例性線性化RF驅動電漿離子源
202	電漿腔室本體
204	絕緣真空凸緣
206	真空腔室配合凸緣
208	格柵引出總成
210	導電棒
300	示例性電漿離子源
302	電漿腔室本體

- 304 冷卻通道
- 306 來源凸緣
- 308 冷卻通道
- 310 入口
- 312 感應天線
- 314 繞組
- 316 電漿放電
- 318 空心氧化鋁管
- 320 真空配合凸緣
- 322 冷卻通道
- 324 介電真空斷路器
- 326 真空腔室門
- 328 冷卻通道
- 330 法拉第屏蔽
- 332 餘輝電漿
- 334 引出格柵
- 336 離子束
- 338 格柵總成
- 400 示例性電漿離子源
- 402 電漿腔室本體
- 404 冷卻通道
- 406 引出格柵
- 408 引出格柵總成

- 500 示例性電漿離子源
- 502 電磁鐵
- 504 磁場線
- 506 磁場
- 600 示例性線上塗布機或箱式塗布機系統
- 602 線性化RF驅動電漿離子源
- 604 電漿腔室本體
- 606 真空腔室
- 608 介電真空斷路器配合凸緣
- 610 感應天線
- 612 銅管引線
- 614 真空密封件
- 616 電連接
- 618 RF產生器
- 620 RF分壓器
- 622 偏壓混合器
- 624 同軸連接
- 626 同軸電纜
- 628 同軸電纜
- 630 偏壓電源
- 632 經屏蔽之同軸電纜
- 634 氣體歧管
- 636 電漿離子源

- 638 引出格柵總成
- 640 待塗佈的基材
- 642 前驅氣體
- 644 獨立前驅氣體歧管

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種線性化高能電漿離子源，其包括：

電漿腔室本體，該電漿腔室本體係與其所連接的真空腔室電絕緣，該電漿腔室本體係充當該電漿離子源的電極且經調適以接收施加至其的偏壓；

感應天線，其係配置於該電漿腔室本體的內部中且經組態以將電磁能供應至該電漿腔室本體的內部，該感應天線依供應至該感應天線的射頻(RF)電壓維持電漿放電局限於其中，施加至該電漿腔室本體的偏壓係將靜電位供應至該電漿放電中的帶電物質；及

引出格柵，其係配置在該電漿腔室本體的與該感應天線相對的一端，該引出格柵係處在與該真空腔室相同的電壓電位下，該引出格柵與該電漿腔室本體間的電位差係經組態以加速電漿放電中的帶電物質離開該引出格柵以產生輸出準中性電漿離子束；

其中施加至該電漿腔室本體的偏壓包括供應至該感應天線之RF電壓的部分與脈衝直流(DC)電壓的組合。

【第2項】

如請求項1之電漿離子源，其中該電漿腔室本體係由導電材料形成且經成型加工為實質上空心矩形長方體。

【第3項】

如請求項1之電漿離子源，其中該電漿腔室本體係利用配置在該電漿腔室本體與該真空腔室間的絕緣真空凸緣而與該真空腔室電絕緣。

【第4項】

如請求項3之電漿離子源，其中該絕緣真空凸緣包括剛性陶瓷材料、剛性聚合物材料及剛性玻璃材料中之至少一者。

【第5項】

如請求項3之電漿離子源，其中該絕緣真空凸緣包括在1.0百萬赫下具有大於約3.0之介電常數、在1.0百萬赫下具有小於約0.0015之RF耗散因子、具有大於約150百萬帕之壓縮應力及具有大於約 10^{14} ohm-cm之體積電阻率之剛性材料。

【第6項】

如請求項1之電漿離子源，其進一步包括冷卻流體或氣體流動通過的至少一個冷卻通道，其配置成與該電漿腔室本體之至少一個側壁熱接觸，該冷卻通道係經調適以將熱量自該電漿腔室本體轉移走。

【第7項】

如請求項6之電漿離子源，其中該至少一個冷卻通道為整合至該電漿腔室本體之至少一個側壁中及貼附至該電漿腔室本體之該至少一個側壁之外表面中之至少一者。

【第8項】

如請求項1之電漿離子源，其中該引出格柵包括：

複數個導電棒；及

引出格柵總成，其中具有開孔且經調適以支撐該複數個導電棒，該複數個導電棒係跨該引出格柵總成之開孔分佈。

【第9項】

如請求項8之電漿離子源，其中該複數個導電棒係與該電漿腔室本體電絕緣。

【第10項】

如請求項1之電漿離子源，其進一步包括環繞該感應天線的靜電屏蔽，該靜電屏蔽係配置在該感應天線與該電漿腔室本體之間。

【第11項】

如請求項1之電漿離子源，其中該感應天線包括複數個繞組，該感應天線具有實質上匹配該電漿腔室本體之形狀的形狀。

【第12項】

如請求項11之電漿離子源，其中該感應天線之該等繞組係由空心導電材料形成，冷卻流體或氣體流動通過該空心導電材料以將熱量自該感應天線轉移走。

【第13項】

如請求項11之電漿離子源，其中該感應天線之該等繞組的第一部分係配置於該電漿腔室本體內及該感應天線之該等繞組的第二部分係配置在該等電漿腔室本體的外部，電漿放電係局限於介於該等繞組之該第一部分間的內部空間內，且其中該感應天線包括封閉該等繞組之暴露至電漿放電之至少該第一部分之電絕緣器，該電絕緣器保護該感應天線之該等繞組以防被濺鍍。

【第14項】

如請求項13之電漿離子源，其中封閉該等繞組之至少該第一部分之該電絕緣器包括氧化鋁管，其環繞該感應天線之該等繞組之至少該第一部分。

【第15項】

如請求項1之電漿離子源，其中該感應天線係與該電漿腔室本體電絕

緣。

【第16項】

如請求項1之電漿離子源，其進一步包括與偏壓混合器偶合之分壓器，該分壓器係經組態以接收施加至該感應天線的RF電壓且產生衰減式RF電壓，該電壓在與脈衝DC電壓組合時形成施加至該電漿腔室本體的偏壓。

【第17項】

如請求項16之電漿離子源，其中該分壓器係分別利用第一及第二屏蔽連接件與該偏壓混合器及該感應天線偶合，及該偏壓混合器係利用第三屏蔽連接件與該電漿腔室本體偶合。

【第18項】

如請求項16之電漿離子源，其中該偏壓混合器係經組態以將供應至該感應天線之RF電壓的部分與該脈衝DC電壓組合以致輸出準中性電漿離子束之離子電流密度及離子能得以獨立地控制，該離子電流密度依供應至該感應天線之RF電壓的部分而得以控制及該離子能係依脈衝DC電壓而得以控制。

【第19項】

如請求項1之電漿離子源，其中該引出格柵包括冷卻流體或氣體流動通過的至少一個冷卻通道，該冷卻通道係經調適以將熱量自該引出格柵轉移走。

【第20項】

如請求項1之電漿離子源，其進一步包括環繞該電漿腔室本體配置之電磁鐵及永久磁鐵陣列中之至少一者，該電磁鐵及該永久磁鐵陣列中之至

少一者於該電漿腔室本體的內部產生磁場，此增加藉由該感應天線產生的電漿放電之電漿密度。

【第21項】

如請求項20之電漿離子源，其中在結合使用該電漿離子源與前驅氣體時薄膜塗層之沉積速率係依由該電磁鐵及該永久磁鐵陣列中之至少一者所產生的磁場選擇性控制。

【第22項】

如請求項1之電漿離子源，其中該電漿腔室本體包括用於引入進料氣體至該電漿腔室本體的內部之至少一個入口，電漿放電係自進料氣體產生。

【第23項】

如請求項1之電漿離子源，其進一步包括與該電漿腔室本體偶合的偏壓混合器，該偏壓混合器將供應至該感應天線之RF電壓的部分與脈衝直流(DC)電壓組合以產生施加至該電漿腔室本體的偏壓。

【第24項】

一種藉由電漿增強化學氣相沉積在大面積上沉積薄膜塗層之設備，該設備包括：

線性化高能電漿離子源，該電漿離子源包括：

電漿腔室本體，該電漿腔室本體係與其所連接的真空腔室電絕緣，該電漿腔室本體係充當該電漿離子源的電極且經調適以接收施加至其的偏壓；

感應天線，其係配置於該電漿腔室本體的內部中且經組態以將電磁能供應至該電漿腔室本體的內部，該感應天線依供應至該感應天

線的射頻(RF)電壓維持電漿放電局限於其中，施加至該電漿腔室本體的偏壓係將靜電位供應至該電漿放電中的帶電物質；及

引出格柵，其係配置在該電漿腔室本體的與該感應天線相對的一端，該引出格柵係處在與該真空腔室相同的電壓電位下，該引出格柵與該電漿腔室本體間的電位差係經組態以加速電漿放電中的帶電物質離開該引出格柵以產生準中性電漿離子束；

與該電漿離子源耦合的RF產生器，該RF產生器係產生供應至該感應天線的RF電壓；

與該電漿離子源耦合的偏壓混合器，該偏壓混合器將供應至該感應天線之RF電壓的部分與脈衝直流(DC)電壓組合以產生施加至該電漿腔室本體的偏壓；

與該偏壓混合器耦合的偏壓電源，該偏壓電源產生供應至該偏壓混合器的脈衝DC電壓；及

前驅氣體歧管，其係配置在該電漿離子源與待塗佈的基材表面之間，該前驅氣體歧管係經調適以接收供應至該設備的前驅氣體，該前驅氣體與該電漿離子束相互作用以在該基材表面上沉積膜塗層。

【第25項】

一種用於產生線性化高能電漿離子束以在大面積基材表面上沉積薄膜塗層的方法，該方法包括：

提供電漿離子源，其包括：

電漿腔室本體，該電漿腔室本體係與其所連接的真空腔室電絕緣，該電漿腔室本體係充當該電漿離子源的電極且經調適以接收施加至其的偏壓；

感應天線，其係配置於該電漿腔室本體的內部中且經組態以將電磁能供應至該電漿腔室本體的內部，該感應天線維持電漿放電局限於其中，施加至該電漿腔室本體的偏壓係將靜電位供應至該電漿放電中的帶電物質；及

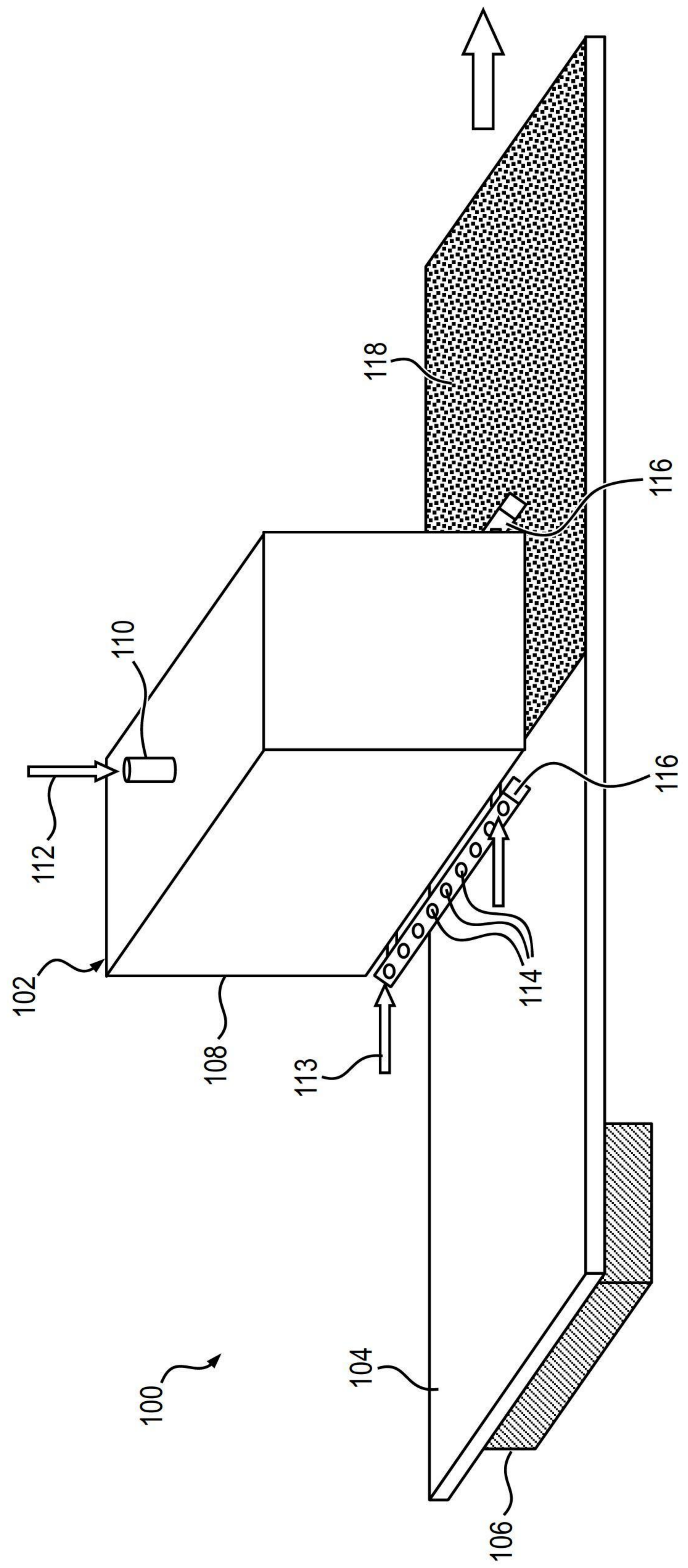
引出格柵，其係配置在該電漿腔室本體的與該感應天線相對的一端，該引出格柵係處在與該真空腔室相同的電壓電位下，該引出格柵與該電漿腔室本體間的電位差係經組態以加速電漿放電中的帶電物質離開該引出格柵以產生輸出準中性電漿離子束；

施加射頻(RF)電壓至該感應天線，該電漿放電係依RF電壓水平產生；

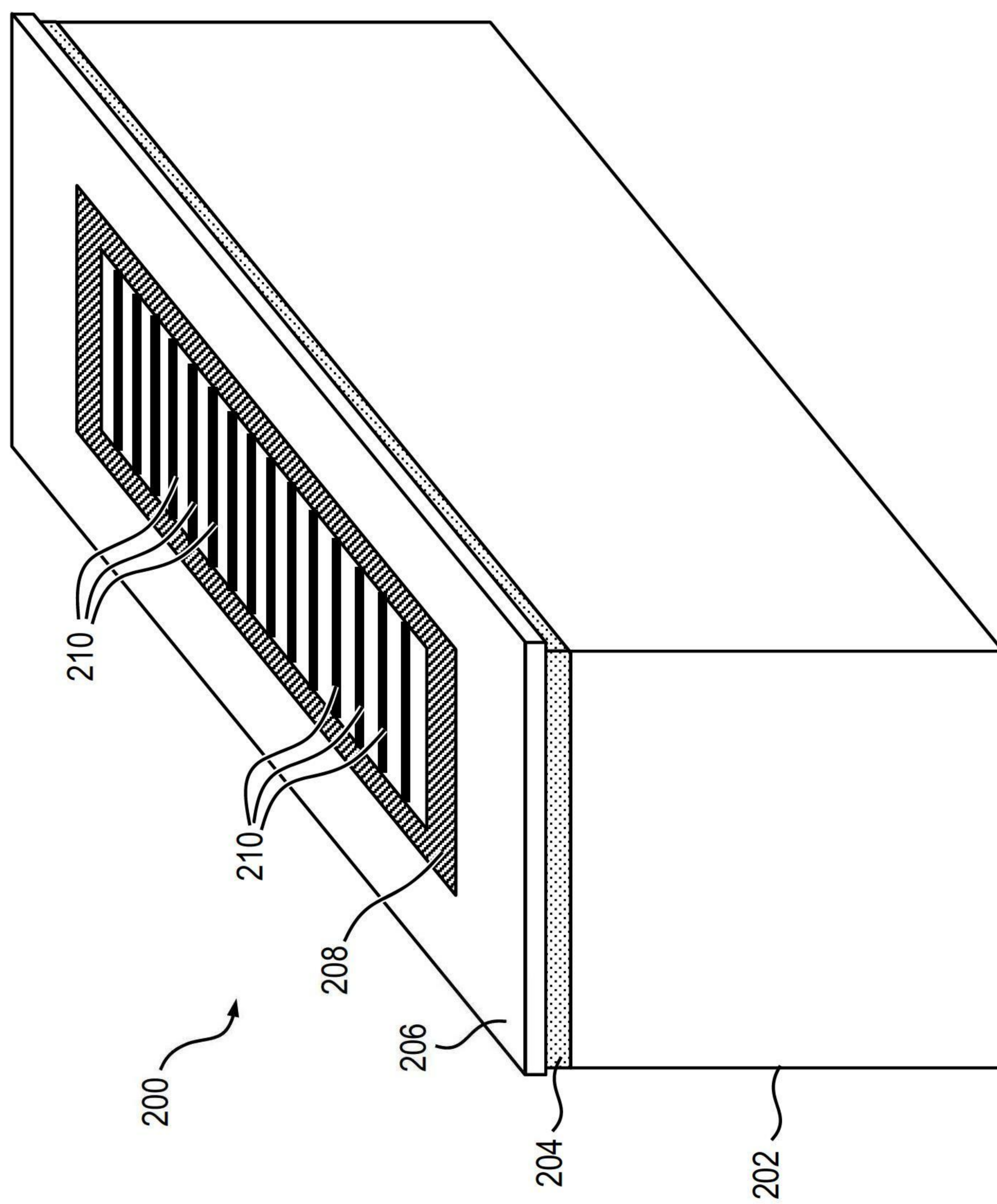
藉由將供應至該感應天線之RF電壓的部分與脈衝直流(DC)電壓組合，產生施加至該電漿腔室本體的偏壓；及

獨立地控制電漿離子束之離子電流密度及離子能，離子電流密度係依施加至感應天線的RF電壓水平進行控制，及離子能係依脈衝DC電壓水平進行控制。

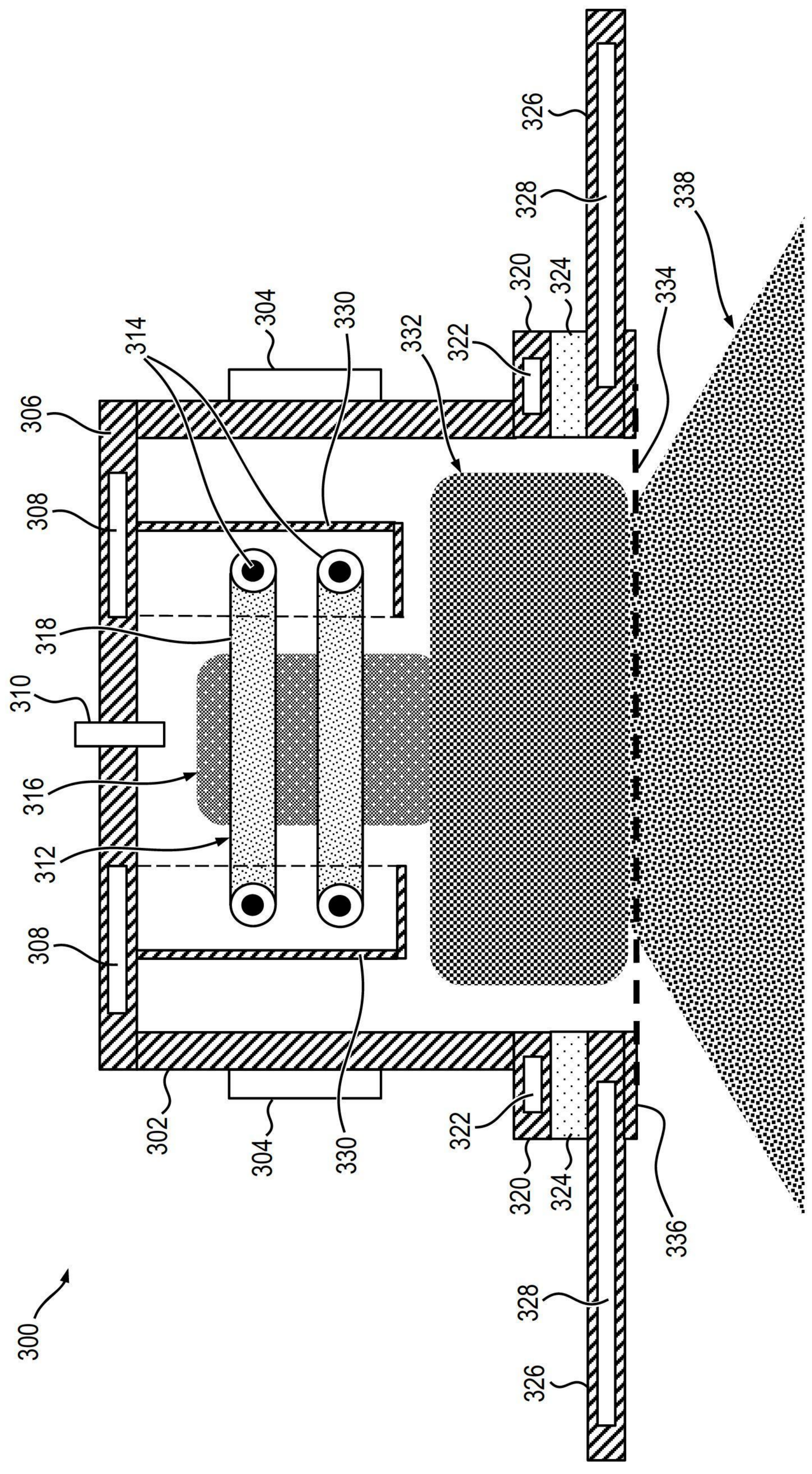
【發明圖式】



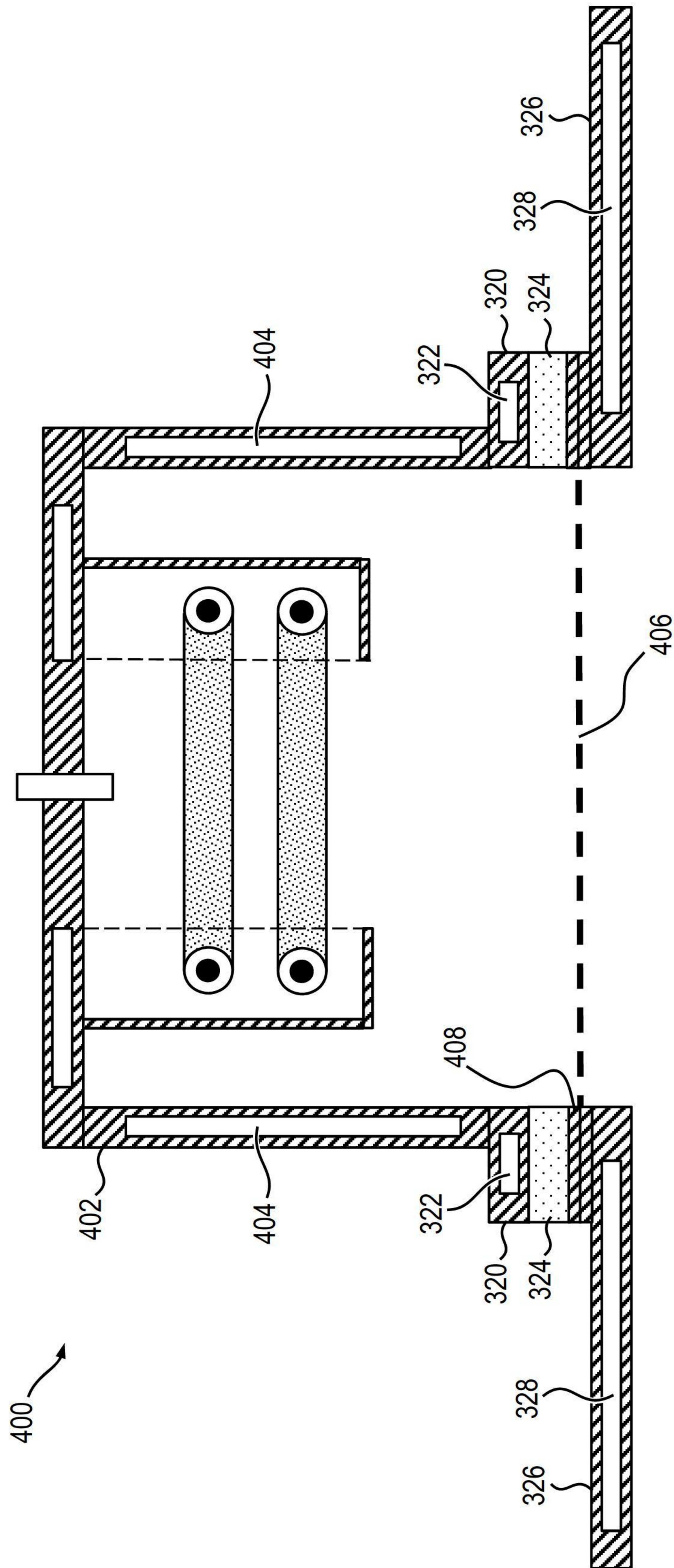
【圖1】



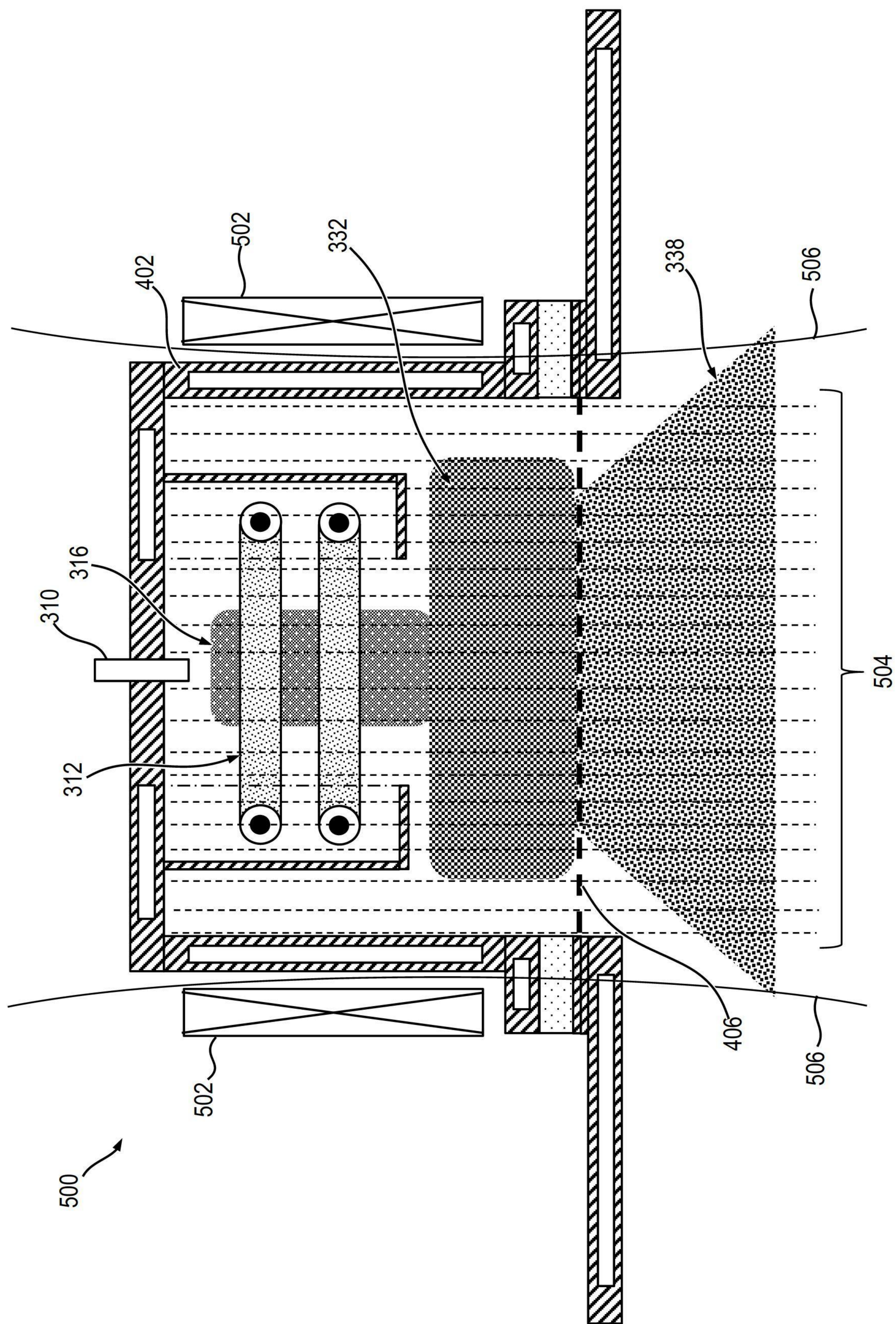
【圖2】



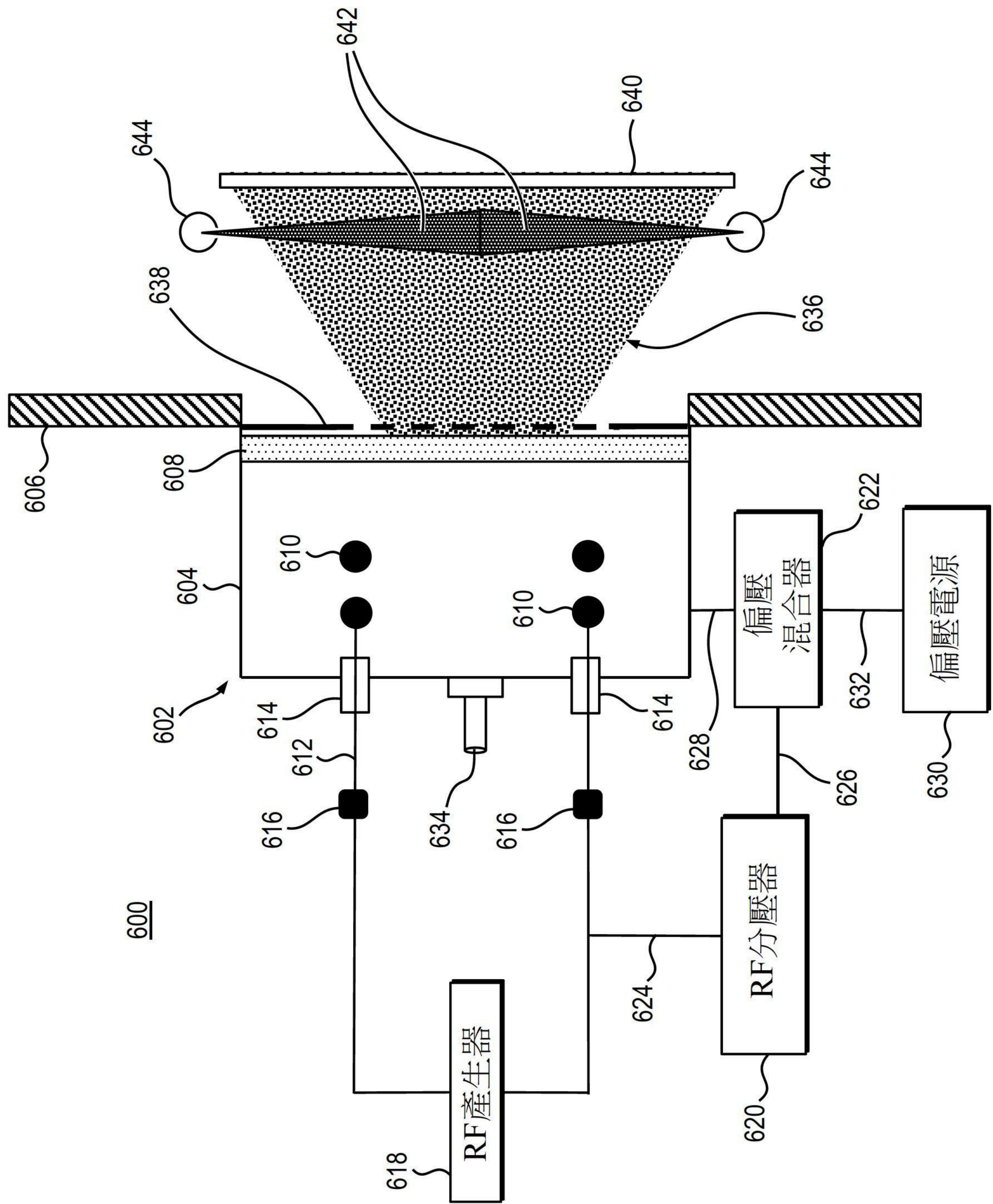
【圖3】



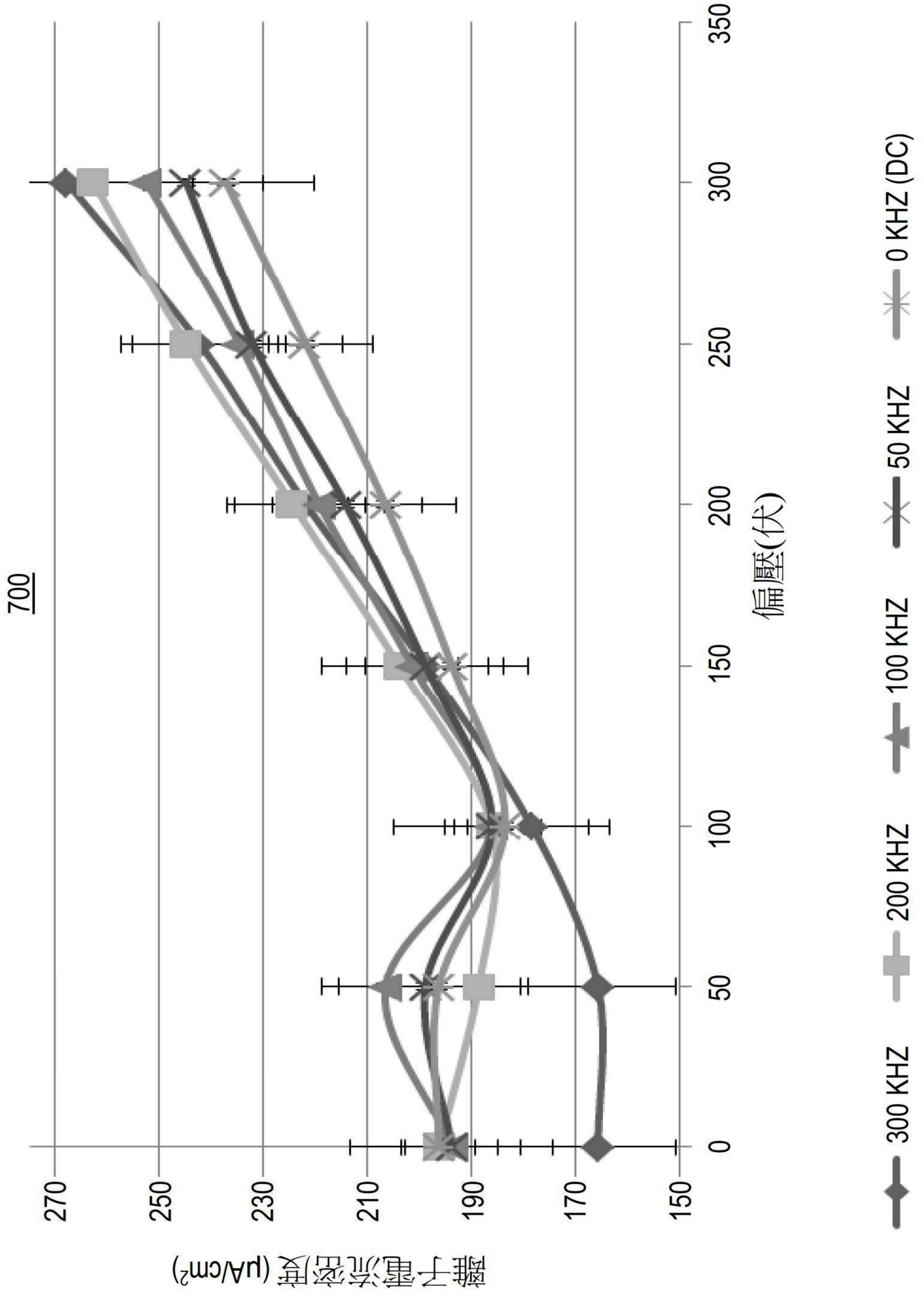
【圖4】



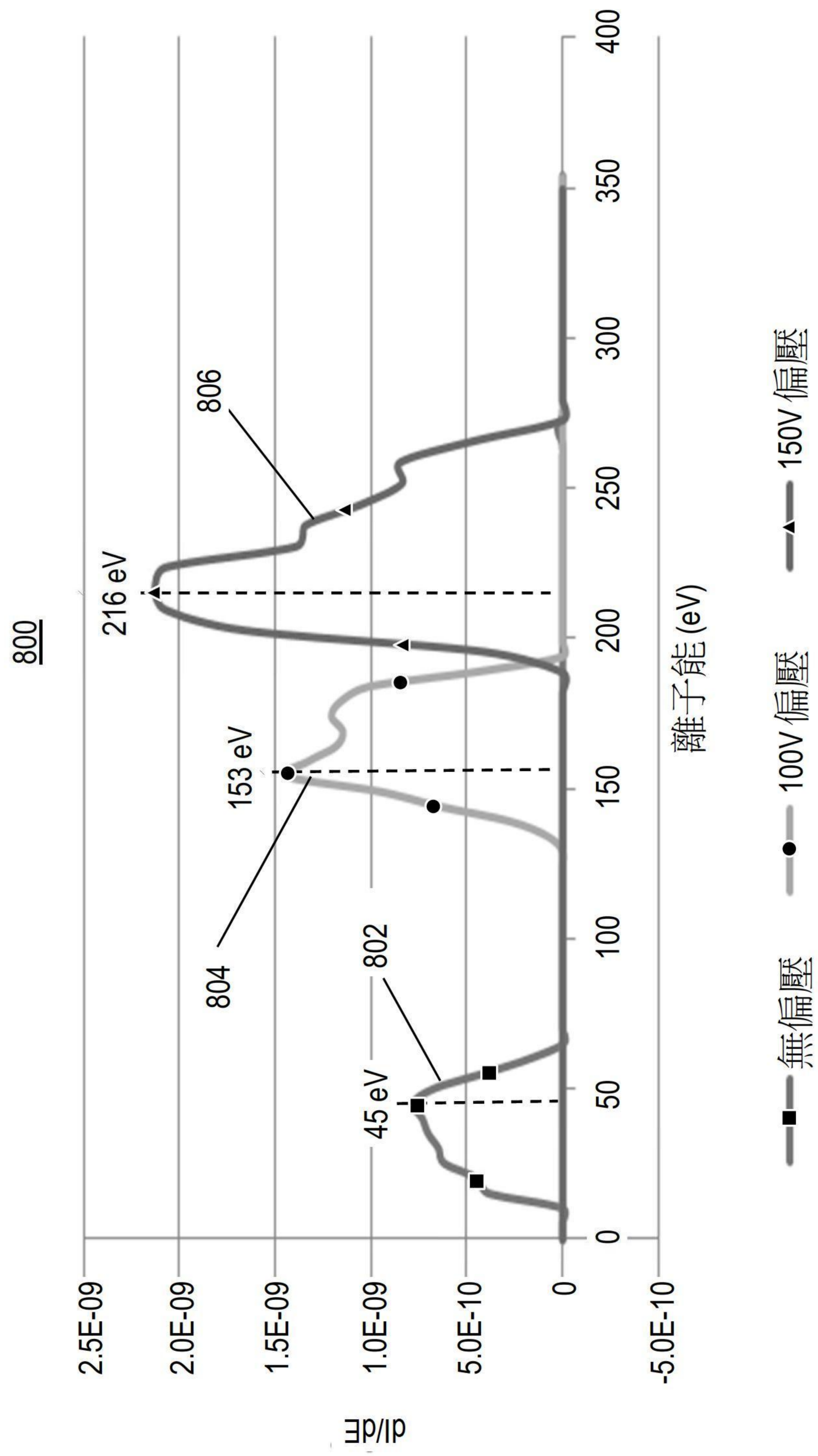
【圖5】



【圖6】



【圖7】



【圖8】