I485279

(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 I485279 B**

(45)公告日： 中華民國 104 (2015) 年 05 月 21 日

(21)申請案號：098108081 (22)申請日： 中華民國 98 (2009) 年 03 月 12 日

(51)Int. Cl.： *C23C14/35 (2006.01)* *C23C14/54 (2006.01)*
C23C16/50 (2006.01) *C23C16/52 (2006.01)*

(30)優先權：2008/03/18 美國 12/050,373

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

(72)發明人：史托威麥克W STOWELL, MICHAEL W. (US)；克里希那奈提 KRISHNA, NETY (IN)；霍夫曼賴夫 HOFMANN, RALF (DE)；格里非斯喬伊 GRIFFITH, JOE (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

US 5387288 US 2003/0168172A1

US 2006/0196766A1

審查人員：林倧

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：8 共 45 頁

(54)名稱

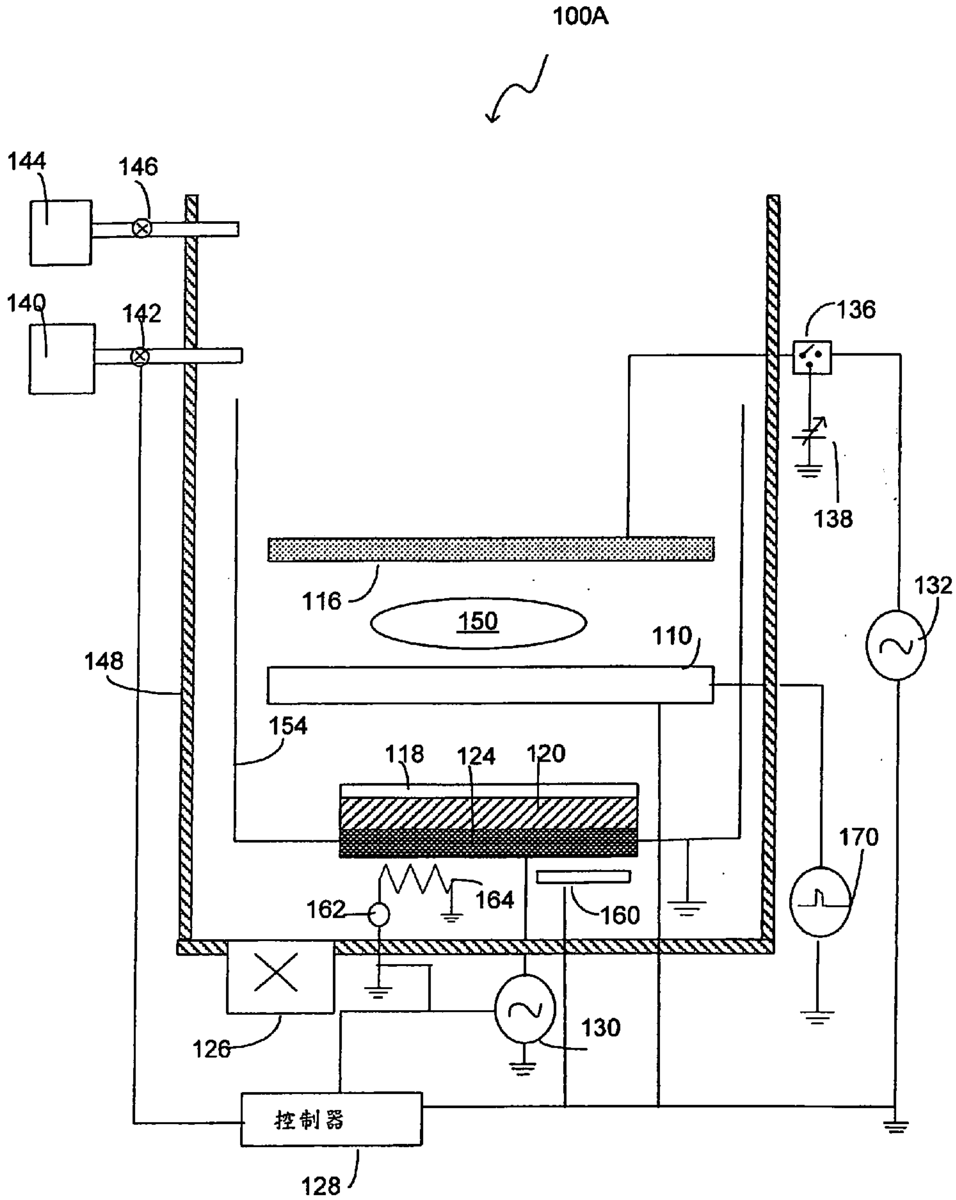
同軸型微波輔助之沉積與蝕刻系統

COAXIAL MICROWAVE ASSISTED DEPOSITION AND ETCH SYSTEMS

(57)摘要

所揭示為利用外加製程參數(諸如微波源之可移動的位置及提供給微波源之脈衝功率)及透過微波源輔助來擴大可操作範圍和製程視窗以達成改進薄膜性質的系統。同軸微波天線適以發射出微波來協助物理氣相沉積(PVD)或化學氣相沉積(CVD)系統。該系統可使用位於處理腔室內的同軸微波天線，其中該天線可在基板和電漿源之間移動，電漿源包含濺鍍靶材、平面電容式產生之電漿源、或感應耦合式電漿源。在僅使用微波電漿源的特定例子中，微波天線的位置可相對基板移動。鄰近於電漿源的同軸微波天線可使離子化更加均勻，且可在大面積上進行實質均勻的沉積。

Disclosed are systems for achieving improved film properties by introducing additional processing parameters, such as a movable position for the microwave source and pulsing power to the microwave source, and extending the operational ranges and processing windows with the assistance of the microwave source. A coaxial microwave antenna is used for radiating microwaves to assist in physical vapor deposition (PVD) or chemical vapor deposition (CVD) systems. The system may use a coaxial microwave antenna inside a processing chamber, with the antenna being movable between a substrate and a plasma source, such as a sputtering target, a planar capacitively generated plasma source, or an inductively coupled source. In a special case when only a microwave plasma source is present, the position of the microwave antenna is movable relative to a substrate. The coaxial microwave antenna adjacent to the plasma source can assist the ionization more homogeneously and allow substantially uniform deposition over large areas.



第1A圖

100A・・・系統
110・・・天線
116・・・靶材
118・・・薄膜
120・・・基板
124・・・基板支撐件
126・・・真空抽氣系統
128・・・控制器
130・・・電力源
132・・・電力源
136・・・轉換器
138・・・直流電力源
140・・・氣體供應系統
142・・・質流控制器
144・・・氣體供應系統
146・・・質流控制器
148・・・腔室
150・・・電漿
154・・・遮板
160・・・冷卻器
162・・・電力源
164・・・加熱器
170・・・電力源

I485279

公告本

第98108081號專利案101年3月修正

修正 本101年3月3日 P.1-3

發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫；惟已有申請案號者請填寫）

※ 申請案號：98108081

※ 申請日期：2009年3月12日　　※IPC 分類：C23C 14/35 (2006.01)
14/54 (2006.01)
16/50 (2006.01)
16/52 (2006.01)

一、發明名稱：（中文/英文）

同軸型微波輔助之沉積與蝕刻系統

Coaxial Microwave Assisted Deposition and Etch Systems

二、中文發明摘要：

所揭示為利用外加製程參數(諸如微波源之可移動的位置及提供給微波源之脈衝功率)及透過微波源輔助來擴大可操作範圍和製程視窗以達成改進薄膜性質的系統。同軸微波天線適以發射出微波來協助物理氣相沉積(PVD)或化學氣相沉積(CVD)系統。該系統可使用位於處理腔室內的同軸微波天線，其中該天線可在基板和電漿源之間移動，電漿源包含濺鍍靶材、平面電容式產生之電漿源、或感應耦合式電漿源。在僅使用微波電漿源的特定例子中，微波天線的位置可相對基板移動。鄰近於電漿源的同軸微波天線可使離子化更加均勻，且可在大面積上進行實質均勻的沉積。

三、英文發明摘要：

Disclosed are systems for achieving improved film properties by introducing additional processing parameters, such as a movable position for the microwave source and pulsing power to the microwave source, and extending the operational ranges and processing windows with the assistance of the microwave source. A coaxial microwave antenna is used for radiating microwaves to assist in physical vapor deposition (PVD) or chemical vapor deposition (CVD) systems. The system may use a coaxial microwave antenna inside a processing chamber, with the antenna being movable between a substrate and a plasma source, such as a sputtering target, a planar capacitively generated plasma source, or an inductively coupled source. In a special case when only a microwave plasma source is present, the position of the microwave antenna is movable relative to a substrate. The coaxial microwave antenna adjacent to the plasma source can assist the ionization more homogeneously and allow substantially uniform deposition over large areas.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（1A）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明:

100A	系統	110	天線
116	靶材	118	薄膜
120	基板	124	基板支撐件
126	真空抽氣系統	128	控制器
130	電力源	132	電力源
136	轉換器	138	直流電力源
140	氣體供應系統	142	質流控制器
144	氣體供應系統	146	質流控制器
148	腔室	150	電漿
154	遮板	160	冷卻器
162	電力源	164	加熱器
170	電力源		

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

101年3月3日修正替換頁(本)

P.4-28

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明有關於同軸微波輔助沉積和蝕刻系統。

【先前技術】

輝光放電(glow discharge)薄膜沉積製程被廣泛地使用於產業應用和材料研究中，特別是用來創造新的高階材料。雖然化學氣相沉積(chemical vapor deposition, CVD)一般可在溝槽(trench)和洞的材料沉積中展現較佳的效能，有時物理氣相沉積(physical vapor deposition, PVD)會因簡單和低成本而較受歡迎。在PVD中，磁控濺鍍通常較受歡迎，因其比沒有磁控的濺鍍增加了100倍的沉積速度，且所需求之放電壓力降低100倍。惰性氣體(特別是氬氣)因不會與靶材材料產生反應，通常可作為濺鍍介質使用。當負電壓被施加於靶材上時，正離子(例如帶正電的氬離子)會撞擊靶材並使原子飛濺出來。二次電子也從靶材表面發射出來。磁場使這些二次電子侷限於接近靶材處，且二次電子可與惰性氣體產生更多的離子化碰撞。此可提高接近靶材處的電漿之離子化程度，並產生更高的濺鍍率。這也意味著可在低壓下維持電漿。在一般的磁控濺鍍中，可藉由增加靶材的功率或減少與靶材之間的距離而達到更高的沉積率。但磁化電漿有一項缺點，因為磁場強度隨著距離而產生重大的變化，磁化

電漿在電漿密度上具有較大變化的傾向。這種非均質性(non-homogeneity)使大面積沉積變得更複雜。並且，一般磁控濺鍍之沉積率也相對低。

不同於蒸鍍技術，PVD中的離子或原子的能量可與一般表面的鍵結能相當。這反過來可有助於提昇原子的移動率和表面化學反應速率，使在低溫時進行磊晶成長，且允許化學性介穩材料的合成。利用高能原子或離子也使化合物的形成變的更加容易。且若沉積材料被離子化，可達成甚至更好的效果。在這種例子中，離子被加速至理想的能量，並使用電場或磁場引導其方向，以控制薄膜的混合、對微結構進行奈米或微米尺度的改質、並產生介穩態(metastable phases)。因為想要達成以離子形式而非以電中性粒子形式的沉積通量，已發展出了數種新的離子化物理氣相沉積(ionized physical vapor deposition, IPVD)技術以離子化濺鍍材料，之後再利用在基板上所產生之電漿鞘層(使用RF偏壓產生)，將離子引導至基板。

將原子離子化需要高密度電漿，此也使得沉積原子難以在不使用高能電子加以離子化的情形下脫逃。電容式產生之電漿通常被非常少量地離子化，以致沉積速率較低。使用感應放電可產生較高密度的電漿。感應耦合式電漿的電漿密度為 10^{11} 離子/立方公分，大約是電容式產生之電漿的100倍。典型的感應離子化PVD使用之感應耦合式電漿是由內部線圈產生，使用13.56 MHz的RF

電力源。這種技術的一項缺點是具有約 100 eV 能量的離子會撞擊線圈、損傷線圈並接著產生會不利於沉積之濺鍍污染物。此外，離子的高能量會導致對基板的損害。藉由使用外部線圈而進行了一些改良以解決這些與內部 ICP 線圈有關的問題。

另一個增加電漿密度的技術是使用微波頻率源。已知在低頻時，電磁波不會在電漿中傳送，而是會被電漿所反射。然而在高頻時(例如使用典型的微波頻率)，電磁波可有效地允許直接加熱電漿中的電子。當微波將能量輸入電漿中時，會發生碰撞以離子化電漿，使得可達到更高的電漿密度。一般而言，用來發射微波的裝置為喇叭(horn)，或將小型短柱(stub)天線置於真空腔室內鄰近濺鍍陰極，將微波輸入至腔室內。然而這種技術無法提供均質輔助增進電漿的產生。在沒有濺鍍陰極的輔助下，也無法提供足夠的電漿密度以維持其自身發電。另外，這種系統對於大面積沉積的原尺寸放大(scale up)，會因為無法線性放大，而被限制於小於或等於一公尺長度的層級。

在鄰近濺鍍陰極處之高密度均質放電，以增進局部離子化效能並於大面積上沉積薄膜的需求依舊存在。亦有降低離子能量以減少對基板的表面損傷及因此而減少缺陷密度之需求。進一步的需求為影響微結構的成長和沉積覆蓋率(例如，窄溝槽的填充)，並藉由控制在整體電漿中和靠近基板表面處的離子密度和離子能量，以增進

薄膜的化學性質。

【發明內容】

本發明之具體實施方式提供藉由導入外加的製程參數(諸如微波源之可移動的位置及提供給微波源之脈衝功率)及透過微波源輔助來擴大可操作範圍和製程視窗以達成改進薄膜性質的系統。本發明之具體實施方式利用同軸微波天線以發射微波來輔助物理氣相沉積系統(physical vapor deposition, PVD)或化學氣相沉積系統(chemical vapor deposition, CVD)。本發明之一種態樣係為該系統使用設在處理腔室內之同軸微波天線，其中天線可在基板和電漿源之間移動，電漿源的例子如濺鍍靶材、平面電容式產生之電漿源或感應耦合式電漿源。在僅使用微波電漿源的特定例子中，微波天線的位置可相對基板進行移動。同軸微波天線鄰近於電漿源有助於使離子化更均勻，且允許在大面積上實質均勻的沉積。本發明之另一態樣為使用了脈衝式功率的天線。相較於連續式功率，脈衝式功率可提升電漿效率。

在第一組的具體實施方式中，一系統包含：處理腔室、濺鍍靶材、基板支撐件(以在處理腔室中支撐基板)、同軸微波天線(以發射微波)和氣體供應系統。在PVD的應用中，同軸微波天線均勻地增加了鄰近於濺鍍靶材或陰極之電漿密度。若靶材包含金屬，使用直流電壓的靶材

可做為陰極，若此靶材包含介電材料，則使用交流、RF或脈衝功率。同軸微波電漿源為線性或平面。平面電漿源包含一組平行的同軸線性微波源。在鄰近於靶材處可增加一或複數個磁控管以透過在鄰近於該靶材的表面提供磁場而幫助侷限二次電子且增強離子化。氣體供應系統的設置目的為將惰性氣體導入處理腔室中，作為濺鍍介質使用。

在本發明之第二組的實施方式中，用於微波和RF輔助PECVD之系統包含：處理腔室、基板支撐件、平面電容式產生之電漿源、同軸微波天線(位於腔室之中)和氣體供應系統。電漿為使用RF功率之電容式產生之電漿，並使用二次同軸微波源或天線(線性或平面式)進一步增強。氣體供應系統設置目的為將前驅物氣體和載氣導入處理腔室中。

在本發明之第三組的實施方式中，用於微波和感應耦合式電漿(ICP)輔助CVD之系統包含：處理腔室、基板支撐件、感應線圈、同軸微波天線(位於腔室中)和氣體供應系統。電漿為使用RF電壓感應生成，且利用同軸微波天線進一步增強。此天線為線性或平面。另外，氣體供應系統係設置以將前驅物氣體和載氣導入處理腔室中。

在本發明之第四組的實施方式中，微波電漿輔助CVD之系統包含處理腔室、基板支撐件、同軸微波天線(在腔室中)和氣體供應系統。天線為線性或平面式。同樣的，

氣體供應系統的設置目的為將前驅物氣體和載氣導入處理腔室中。

本發明之具體實施方式也包含位於處理腔室中的可移動式微波天線。在本發明之一特定的具體實施方式中，天線接近於靶材，以增加游離物質的電漿密度，並減少能量寬化問題。在本發明之另一個特定的具體實施方式中，天線接近於處理腔室的中間，以增加整體(bulk)電漿性質。在本發明之第三個特定的具體實施方式中，天線靠近於基板，以影響薄膜之密度和邊緣覆蓋率等性質。

本發明之潛在應用領域包含太陽能電池(如，以帶間隙可控制性和增加的沉積速率沉積非晶質和微晶質光伏打層)；電漿顯示裝置(如，以節省能量和降低製造成本之方式沉積介電層)；防刮塗層(如，在聚碳酸酯上的有機和無機材料薄膜，可吸收 UV 和防止防痕)；先進晶片封裝的電漿清理和前處理(如，優點為無靜電荷累積且沒有 UV 放射損傷)；半導體、對準層、阻障薄膜、光學薄膜、類鑽石碳和純鑽石薄膜，上述之材料可經由利用本發明而達成改良之阻障和防止刮痕能力。

其它的具體實施方式和特徵在下面部份會加以說明，且對於熟悉該項技術領域者而言，可透過說明書而理解並實施本發明。經由參考說明書的其它部份和附圖，可進一步瞭解本發明的本質和優點。

【實施方式】

1. 微波輔助沉積簡介

研發微波電漿的目的是為了達到較高的電漿密度(如，10^{12} ions/cm^3)和較高的沉積速率，與一般的13.56MHz射頻(RF)耦合電漿源相比較，使用2.45 GHz的頻率可改善功率耦合和吸收而達成上述目的。RF電漿的一個缺點是大部份輸入的能量在通過電漿鞘層(暗區)時會降低。利用微波電漿可形成較窄的電漿鞘層，且更多功率可被電漿吸收，以產生游離基和離子物質，如此可以增加電漿密度和減少離子能量分佈之碰撞寬化而達成較窄的能量分佈。

微波電漿也具有其它的優點，例如具有較窄能量分佈的較低離子能量。舉例來說，微波電漿具有1-25 eV的低離子能量，與RF電漿相比，所造成的損傷較小。相反的，標準平面放電會造成100 eV的高離子能量，其離子能量分佈較寬，當離子能量超過大部份令人感興趣材料的鍵結能量時，會對這些材料造成較大的損傷。這最終會因對於材料本質的損傷，而無法形成高品質的晶體薄膜。藉由低的離子能量和窄的能量分佈，微波電漿有助於表面改質並增進塗層性質。

另外，由於具有窄的能量分佈之較低離子能量時所增加之電漿密度，可使基板溫度較低(如，低於200 ℃，某些情況於100 ℃)。這種較低溫度容許微結晶可在受限的運動限制下有較佳的成長。並且，因電漿在壓力低於約50 mtorr之時會變得不穩定，所以沒有磁控管下的

標準平面放電，一般需要大於約 50 mtorr 的壓力，以維持自持放電(self-sustained discharge)。這裡所述之微波電漿技術的壓力範圍為約 10^{-6} torr 至 1 大氣壓。使用微波源可加大如溫度和壓力的製程視窗(process window)。

在過去，在真空塗佈工業中與微波源技術有關的一個缺點在於，從小晶圓處理放大到非常大面積處理的過程中，難以維持均質性(homogeneity)。依據本發明之具體實施方式之微波反應器設計致力於解決這些問題。所發展之同軸線性電漿源陣列可以高沉積速率實質均勻的塗佈於非常大的面積上(大於 1 m^2)，以形成緻密的厚膜(如，厚度為 5-10 μm)。

所開發之先進的脈衝技術可控制產生電漿的微波功率，並以此控制電漿密度和電漿溫度。這種先進的脈衝技術因平均功率可維持低功率，可減少基板上的熱負載。這種特徵顯現於當基板具有較低的溶點或低玻璃轉換溫度時，例如於聚合物基板之例子時。這種先進的脈衝技術允許高功率的脈衝以在每個脈衝之間具有斷電時間之方式進入電漿，此舉減少連續加熱基板的需求。與連續微波功率相較之下，此脈衝技術之另一態樣可實質增進電漿的效率。

2. 維持電漿放電的濺鍍陰極和製程條件

參考第 1A-1B 圖，在濺鍍系統 100A 和磁控濺鍍系統 100B 中的靶材 116，是以金屬、介電材料、或半導體製

成。對於金屬靶材而言(例如，鋁、銅、鈦、或鉭)，直流電壓施加於靶材之上，使靶材成為陰極，基板成為陽極。直流電壓有助於自由電子的加速。自由電子與氬氣中的氬原子(濺鍍介質)碰撞，使氬原子激發並離子化。氬的激發產生了氣體輝光。氬(Ar)的離子化產生氬離子(Ar^+)和二次電子。二次電子重覆激發和離子化過程，維持了電漿放電。

因電子的質量較小，故其移動速度比離子快很多，因此在接近陰極處會產生正電荷累積。故而較少的電子會與氬氣碰撞，使得很少發生與高能量電子的碰撞的情況，造成大部份為游離而非激發。因此，在接近陰極處形成了克魯克斯暗區(Crookes dark space)。進入暗區的正離子被加速朝向靶材(或陰極)並撞擊靶材，使得原子自靶材上撞擊出，並接著移動到基板上，同時產生二次電子維持了電漿放電。若陰極和陽極之間的距離小於暗區，所發生的激發就小，且不足以維持放電。在另一方面，如果腔室中的氬氣壓力過低，電子就會有較大的平均自由徑，使得二次電子在撞擊氬原子之前就會先到達陽極。在這種情況也不足以維持放電。所以維持電漿的條件為：

$$L*P>0.5(\text{cm-torr})$$

其中 L 為電極間距離，P 為腔室壓力。例如，當靶材和基板之間的距離為 10 cm 時，P 就需大於 50 mtorr。

氣體中之原子的平均自由徑λ為：

$$\lambda\ (cm) \sim 5\times10^{-3}/P\ (torr)$$

若 P 為 50 mtorr，λ即約為 0.1 cm。這意味著在濺鍍原子或離子到達基板之前，一般會產生數百次的碰撞。這個因素明顯地降低了沉積速率。事實上，濺鍍速率 R 與腔室壓力、靶材和基板之間的距離呈反比。所以，降低維持放電所需之腔室壓力可增進沉積速率。

在濺鍍陰極旁裝置第二微波源，可使濺鍍系統的陰極在較低氣壓、較低電壓下運作，且具有較高的沉積速率。經由降低操作電壓，原子或離子具有較低的能量，使得對於基板的傷害減少。以微波輔助所產生之高密度及低能量的電漿，可達成高沉積速率並對基板產生較小傷害。

再次參考第 1A-1B 圖。在濺鍍系統 100A 中和磁控濺鍍系統 100B 中的靶材 116 可以介電材料製成，例如氧化矽、氧化鋁、或氧化鈦。靶材 116 使用交流、RF 或脈衝功率以進行自由電子的加速。

3. 微波輔助物理氣相沉積示例

第 1B 圖繪示了具有輔助同軸微波天線 110 之物理氣相沉積磁控濺鍍系統 100B 之剖面簡圖。此系統有助於實現本發明之具體實施方式。系統 100B 包含真空腔室 148、靶材 116、磁控管 114、位於靶材 116 下方的同軸微波天線 110、基板支撐件 124、真空抽氣系統 126、控制器 128、

氣體供應系統140、144和遮板154(適以保護腔壁和基板支撐件的邊緣不被濺鍍沉積)。這裡引用了由美商應用材料和其它公司所使用之示例的物理氣相沉積磁控濺鍍系統作為參考資料，即美國專利第6,620,296 B2號、美國專利申請公開號第US 2007/0045103 A1號、美國專利申請公開號第US 2003/0209422 A1號，且於此藉由引置的方式將其全文的方式納入本文參考。

靶材116為待沉積在基板120上以形成薄膜118的材料。靶材116包含介電材料或金屬。靶材基本為可移動的嵌入於對應的物理氣相沉積磁控濺鍍系統110B。因PVD製程會消耗靶材材料，故靶材116需定期以新靶材更換。

直流電力源138和高頻或脈衝電力源132皆通過一裝置與靶材116耦接。裝置可為轉換器136。轉換器136選擇來自直流電力源138的電力或是來自交流、RF或脈衝電力源132的電力。一相對負電壓源138只提供幾百伏特直流陰極電壓。特定的陰極電壓會隨著設計的不同而變化。因靶材可作為帶負電粒子的來源，所以可將靶材視為陰極。熟悉該項技術領域者將可知有很多種轉換直流和RF電力源的方法可滿足這個功能。此外，在一些具體實施方式中，同時將直流和RF電力源耦接至靶材是有利的。

使用如第1B圖繪示之磁控管，與未使用磁控管的第1A圖相比較，使用磁控管可顯著地提昇濺鍍速率。磁控

管114一般位於接近靶材116處，例如在第1B圖中位於靶材的上方。磁控管114具有對極的磁鐵(S,N)，以在腔室中靠近磁控管114處產生磁場。磁場侷限了二次電子，使得離子密度會因為了保持電中性而增加以在腔室中鄰近磁控管114處形成高密度電漿150。磁控管114有各種尺寸、擺放位置、和形狀，適以控制電漿離子化的程度。磁控管114具有各種形狀尤其是橢圓形、三角形、圓形、和扁平腎形。磁控管114也具有不平衡的設計，即外側磁極的磁通量大於內側磁極所產生之磁通量。這裡提供了一些參考資料，例如美國專利第5,242,566號中的扁平腎形磁控管，美國專利第6,306,265號中的三角形外側磁極，和美國專利第6,290,825號中的不同形狀磁控管。上述專利在此以引置的方式將其全文的方式併入本文作為參考。

同軸微波天線110位於腔室148的內側，介於靶材116和基板120之間。天線110的位置可使用控制器128進行調整。當天線110接近靶材116時，從天線110發射之微波有助於增加電漿中的游離基和離子密度，並減少能量寬化。在另一方面，當天線110靠近基板120時，微波有助於增強基板120的偏壓效應，以影響如密度和邊緣覆蓋率等薄膜性質。當天線110的位置靠近腔室148的中間時(介於靶材116和基板120之間)，微波可增強整體電漿性質。

微波將能量輸入電漿中加熱電漿，增強離子化，也因

此增加了電漿密度。同軸微波天線 110 包含複數個平行的同軸天線。在一些具體實施方式中，天線 110 的長度可高達 3 公尺。同軸微波天線 110 的一個優點為可在鄰近濺鍍陰極或靶材 116 處產生均質放電。這於基板 120 上允許大面積實質均勻的沉積。天線 110 可使用脈衝電力源 170 或連續電力源(未繪示)。

為了控制在基板 120 上之薄膜(濺鍍層)118 沉積的目的，可利用耦接於基板支撐件 124(位於中間下方，並與靶材 116 間隔一定距離，通常在遮板 154 的內部)的 RF 電力源 130，在基板 120 上產生偏壓。一般的偏壓功率頻率為 13.56 MHz，或一般而言介於 400 kHz 至約 500 MHz 之間。支撐件可導電，且一般為接地，或與其它相對正的參考電壓耦接，以決定介於靶材 116 和基板支撐件 124 之間的電場。基板 120 為一晶圓(例如矽晶圓)或聚合物基板。當特殊應用需要時，基板 120 可在濺鍍時加熱或冷卻。電力源 162 提供電流至嵌入於基板支撐件 124(一般視為基座)中的電阻型加熱器 164，以加熱基板 120。可控制型冷卻器 160 使基座中之冷卻管道內的冷卻水或其它冷媒進行循環。理想的薄膜 118 為在基板 120 所有的上表面上均勻沉積的薄膜。

真空抽氣系統 126 可將腔室 148 抽至非常低(10^{-8} torr)的低壓範圍。第一氣體供應系統(氣體源)140 經過質流控制器 142 連接至腔室 148，提供如氬氣(Ar)、氦氣(He)、氙氣(Xe)，和/或上述的組合之鈍氣。第二氣體供應系統

(氣體源)144 經由質流控制器 146 將反應氣體(例如氮氣(N_2))供應至腔室 148 中。氣體可如第 1B 圖所示輸入至腔室於接近腔室的頂部處位於天線 110、磁控管 114、靶材 116 的上方，或腔室的中間(未繪示)，介於基板 120 和靶材 116 之間。濺鍍氣體在腔室內的壓力一般保持在 0.2 mtorr 和 100 mtorr 之間。

微處理器控制器 128 控制下列組件的位置：微波天線 110、微波的脈衝電力源或連續電力源 170、質流控制器 142、高頻電力源 132、直流電力源 138、偏壓電力源 130、電阻式加熱器 164 和冷卻器 160。控制器 128 包含記憶體(例如隨機存取記憶體、唯讀記憶體、硬碟、軟碟、或其它類型的數位儲存、近端或遠端)和耦接至一般計算機處理器(CPU)的插卡框架(card rack)。控制器以儲存於硬碟之中的電腦程式，或透過其它的電腦程式(例如儲存於可移動的磁碟之中的電腦程式)之控制而進行操作。電腦程式顯示如時間、氣體的混合、輸至微波天線的脈衝或連續功率、使用於靶材上的直流或 RF 功率、基板的偏壓 RF 功率、基板溫度、和其它特定的製程參數。

4. 示例的微波和 RF 電漿輔助化學氣相沉積

對於沉積如 5-10 μm 的厚膜而言，RF 輔助電漿增強化學氣相沉積(PECVD)技術所達成之沉積速率非常低。所以，需要第二微波源以增加電漿密度，並因此增加沉積速率。第 2 圖為簡化的微波和平面的電漿輔助 PECVD 系

統200。除了電漿源不是濺鍍靶材，而是以電容式產生之電漿源取代之外，這與第1A圖和第1B圖中的系統100A和100B非常類似。系統200包含處理腔室248、平面電漿源216、天線210(在腔室中，介於平面電漿源216和基板220之間)、基板220(位於基板支撐件224上方)、氣體輸送系統244和240(具有閥門246和242)、真空抽氣系統226、遮板254和控制器228。基板以加熱器264加熱(使用電力源262而控制)。基板也以冷卻器260降溫。基板支撐件224可導電，且由RF電力源230供應偏壓。平面電漿源216使用RF電力源270。電漿250形成於腔室248的遮板254之內。同樣的，天線210的位置由控制器228調整。天線210為同軸微波電漿源，可使用脈衝電力源232或連續電力源(未繪示)。氣體輸送系統244和240供應形成薄膜218(位於基板220之上)的必要材料源。

5. 示例的微波和感應耦合式電漿輔助化學氣相沉積

第3圖繪示了微波和感應耦合式電漿(inductively coupled plasma, ICP)輔助沉積和蝕刻系統300的簡圖。同樣的，除了電漿源不是濺鍍靶材，而是以感應耦合式電漿(ICP)線圈316取代之外，系統300非常類似於第1A圖和第1B圖中所示之系統100A和100B。系統300包含處理腔室348、感應耦合式電漿源316、天線310(在腔室之內，介於感應耦合式電漿源316和基板320之間)、基

板320(位於基板支撐件324之上)、氣體輸送系統344和340(具有閥門346和342)、真空抽氣系統326、遮板354和控制器328。基板以加熱器364加熱(使用電力源362而控制)。基板也以冷卻器360降溫。基板支撐件324可導電，且由RF電力源330提供偏壓。感應耦合式電漿源316使用RF電力源370。電漿350形成於腔室中的遮板354之內。同樣的，天線310的位置可由控制器328調整。天線314為同軸微波電漿源，可使用脈衝電力源332或連續電力源(未繪示)。氣體輸送系統344和340供應形成薄膜318(位於基板320之上)的必要材料源。

螺旋形線圈316使用RF電力源(電壓)370。線圈中的電流在垂直方向產生一磁場。這種隨時間變化的磁場產生了包覆於螺旋管軸上之隨時間變化的方位角電場(azimuthal electric field)。此方位角電場於電漿中感應出一環流。電子因此加速而增加能量，且增加了電漿密度。在一實例中，RF頻率常使用13.56MHz，但不限於此。

6. 示例的微波電漿輔助化學氣相沉積

第4圖為微波輔助化學氣相沉積和蝕刻系統400的簡圖。此系統與系統100A、100B、200、300不同，僅使用了一個微波源，且沒有其它的電漿源(例如濺鍍靶、平板電漿源、或感應耦合式電漿源)。系統400包含處理腔室448、天線410(位於腔室中之基板420的上方)、基板420(位於基板支撐件424的上方)、氣體輸送系統444和

440(具有閥門 446 和 442)、真空抽氣系統 426、遮板 454、和控制器 428。基板以加熱器 464 加熱(使用電力源 462 而控制)。基板也以冷卻器 460 降溫。基板支撐件 424 可導電，並由 RF 電力源 430 提供偏壓。電漿 450 形成於腔室中的遮板 454 之內。同樣地，天線 410 的位置可由控制器 428 進行調整。天線 410 為同軸微波電漿源，並使用脈衝電力源 432 或連續電力源(未繪示)。氣體輸送系統 444 和 440 供應形成薄膜 418(位於基板 420 之上)的必要材料源。

系統 100A、100B、200、300 和 400 也使用於電漿蝕刻或清理。例如，當氮氟化合物蝕刻氣體(例如 NF_3)或碳氟化合物蝕刻氣體(例如 C_2F_6、C_3F_8 或 CF_4)通入腔室中時，沉積在腔室組件上的不想要之材料可經由電漿蝕刻或清理的方式去除。

7. 示例的沉積製程方法

為說明之目的，第 5 圖提供了一個在基板上形成薄膜之製程方法的流程圖。在方塊 502 中，製程方法開始於藉由導入電漿源而選擇系統，例如濺鍍靶材、電容式產生之電漿源、感應耦合式電漿源、或僅使用微波電漿源。接著，如方塊 504 所示，基板載入處理腔室中。在方塊 506 中，微波天線被移動至所欲的位置，例如依據特定需要而調整為靠近靶材或靠近基板的位置。在方塊 508 中，進行微波電力源的調整，例如，藉由使用脈衝式電

力源或連續式電力源之電力源而調整。在方塊 510 之中，薄膜沉積由輸入氣體(例如濺鍍介質氣體或反應性前驅物氣體)而開始。

對於沉積 SiO_2 而言，這種前驅物氣體包括含矽前驅物，例如六甲基二矽氧烷(hexamethyldisiloxane, HMDSO)，和氧化性前驅物，例如 O_2。對於沉積 SiO_xN_y 而言，這種前驅物氣體包括含矽前驅物，例如六甲基二矽氮烷(hexamethyldisilazane, HMDS)、含氮前驅物，例如氨氣(NH_3)、以及氧化性前驅物。對於沉積 ZnO 而言，這種前驅物氣體包括含鋅前驅物，例如双乙基鋅(diethylzinc, DEZ)，和氧化性前驅物例如氧氣(O_2)、臭氧(O_3)、或上述的混合。反應性前驅物以個別的管道輸入，以防止其在到達基板之前過早進行反應。在另一實例中，反應性前驅物可混合且以相同的管路輸入。

載氣可做為濺鍍介質氣體。例如，載氣可以 H_2 流或鈍氣流而提供，包含 He 流或更重的鈍氣流，例如 Ar。由不同載氣所提供之濺鍍程度會與其原子質量呈負相關。氣體有時可為多種氣體，例如同時輸入 H_2 流和 He 流，此二者在處理腔室中混合。在一實例中，有時使用多種氣體以提供載氣，例如當將 H_2/He 流輸入至處理腔室時。

如方塊 512 中所示，利用頻率範圍為 1 GHz 至 10 GHz 的微波使電漿自前驅物氣體形成，例如，一般所使用之頻率為 2.45 GHz(波長為 12.24 cm)。另外，當所需求之功率並非關鍵時，也經常使用較高的頻率 5.8 GHz。使用

較高頻率源的好處在於其尺寸較小，大約為較低頻率源 2.45 GHz 的一半。

在一些具體實施方式中，電漿為高密度電漿，其離子密度超過 10^{11} ions/cm^3。在方塊 514 中，在一些例子中，沉積性質同樣會受施加於基板上之電偏壓所影響。使用這種偏壓使電漿中的離子化物質被吸引至基板上，有時會造成濺鍍的增加。在一些具體實施方式中，處理腔室內的環境也可用其它方式調整，例如控制處理腔室內的壓力、控制前驅物氣體的流速及其進入處理腔室的位置、控制產生電漿的功率、控制使用於偏壓基板的功率或其它類似方式。如方塊 516 所示，在處理特定基板的條件設定完成後，即可將材料沉積於基板上。

發明人證明了於 CVD 中使用脈衝式微波，其沉積速率大約增加了 3 倍。在約 1 m^2 的基板上沉積了約 800 mm×200 mm 大、5 μm 厚的 SiO_2 膜。基板被穩定地加熱至約 280 ℃。沉積時間僅約 5 分鐘，故沉積速率大約為 1 μm/min。此 SiO_2 薄膜具有相當好的光學穿透性，且具有較低含量的非所欲有機材料。

8. 示例的平板微波源和特徵

脈衝頻率會影響進入電漿的微波脈衝功率。第 6 圖表示了微波脈衝功率 604 對於電漿之光訊號 602 的頻率影響。電漿之光訊號 602 可反應平均的游離基濃度。如第 6 圖所示，於低脈衝頻率例如 10Hz 時，當所有的游離基

都被消耗時，從電漿所發出之光訊號 602 在下一個功率脈衝進來之前，會發生減弱並熄滅的情況。當脈衝頻率增加至較高頻率例如 10,000Hz 時，平均的游離基濃度可高過基準線 606 且變得更加穩定。

第 7A 圖所示為簡化系統的簡圖，包含：具有 4 組同軸線性微波源 710 之平面同軸微波源 702、基板 704、級聯同軸功率供應器 708 (Cascade coaxial power provider)、和阻抗匹配矩形波導管 706。在同軸線性微波源 710 中，微波功率以橫向電磁(transversal electromagnetic, TEM)波模式，發射進入腔室中。由介電材料(例如具有高熱阻和低介電損失的石英或氧化鋁)所製成的筒管取代了同軸線的外導體，做為具有大氣壓的波導管和真空腔室之間的界面。

同軸線性微波源 700 的剖面圖繪示了以 2.45 GHz 頻率發射微波之導體 726。輻射線代表電場 722，圓圈代表磁場 722。微波經由空氣傳播至介電層 728，並穿過了介電層 728 以於介電層 728 之外形成了外層電漿導體 720。這種維持於鄰近同軸線性微波源處的波為一表面波。延著直線傳播的微波，因將電磁能量轉變為電漿能量而產生高度衰減。其它的配置方式為在微波源的外部沒有石英或氧化鋁(未繪示)。

第 7B 圖所示為具有 8 組平行同軸線性微波源之平面同軸微波源的光學影像。在一些具體實施方式中，每一組同軸線性微波源的長度可高達 3 公尺。雖然圖示中的平

面同軸微波源為水平方式設置，但在特殊的具體實施方式中(未繪示)，當晶圓垂直放置時，平面同軸微波源也可以垂直方式設置。晶圓和微波源之這種垂直位置的優點為任何在製程中所產生之微粒會受到重力吸引而減少沾黏到垂直方向設置之晶圓的機會，但水平方式放置的晶圓則會收集這些微粒。這種方式可減少製程中的污染。

一般而言，微波電漿的線性均勻度約為±15 %。發明人所進行的實驗顯示，動態陣列的設計可在 1 平方公尺上達成±1.5 %的均勻度，靜態陣列的設計可在 1 平方公尺上達成 2 %的均勻度。這種在大面積上的均勻度可被進一步改進至低於±1 %。

當電漿密度增加至高於 2.2×10^{11} ions/cm^3 時，電漿密度會隨著增加之微波功率而開始飽和。飽和的原因為當電漿密度變大時，會反射更多的微波輻射。因可獲得微波源之有限功率，所以任何實質長度的線性微波電漿源均無法達成最佳之電漿條件(即，非常高密度的電漿)。脈衝式微波功率與連續式微波比較，可允許更高的峰值(peak)能量進入天線中，所以可接近最佳之電漿條件。

第 8 圖所繪示為利用脈衝式微波取代連續式微波所改進之電漿效率，假設脈衝式微波與連續式微波具有相同平均功率的情況下。要注意的是，在量測 N_2^+游離基對於中性 N_2 的比率時，連續式微波所產生之解離較少。而使用脈衝式微波功率使電漿效率增進了 31 %。

儘管上述為對於本發明之具體實施例的詳細描述，仍

可進行各種調整、變化和演譯。另外，其它改變沉積的參數之技術也可使用結合於同軸微波電漿源。可能的變化例子包含，但不限於，使用於微波天線之脈衝功率的不同波形、天線的各種位置、不同形狀的磁控管、靶材所使用之直流、RF 或脈衝功率、微波源、線性或平面、微波源所使用之脈衝式功率或連續式功率、基板的 RF 偏壓條件、基板的溫度、沉積的壓力、惰性氣體的流速和其它類似參數。

以上已進行數個具體實施方式的描述，在此領域中具有通常知識者可瞭解，在不偏離本發明之精神的情況下，可進行各種調整。另外，未對各種已知的製程方法和元件進行描述是為了避免模糊本發明。所以，上述之說明不應視為對於本發明範圍的限制。

【圖式簡單說明】

第 1A 圖為示例之微波輔助濺鍍和蝕刻系統簡圖。

第 1B 圖為示例之微波輔助磁控濺鍍和蝕刻系統簡圖。

第 2 圖為示例之微波和平面電漿輔助 PECVD 沉積和蝕刻系統簡圖。

第 3 圖為示例之微波和感應耦合式電漿輔助 CVD 沉積和蝕刻和蝕刻系統簡圖。

第 4 圖為示例之微波輔助 CVD 沉積和蝕刻系統簡圖。

第 5 圖繪示了在基板上形成薄膜之簡化沉積步驟的流

程圖。

第6圖繪示了脈衝頻率對於電漿所產生之光訊號的影響。

第7A圖為含有4組同軸線性微波源之平面電漿源的簡圖。

第7B圖為含有8組平行同軸微波電漿源之平面微波源的光學影像。

第8圖表示了脈衝式微波功率與連續式微波功率相比之電漿效率改進圖。

【主要元件符號說明】

100A	系統	340	氣體輸送系統
100B	系統	342	閥門
110	天線	344	氣體輸送系統
114	磁控管	346	閥門
116	靶材	348	腔室
118	薄膜	350	電漿
120	基板	354	遮板
124	基板支撐件	360	冷卻器
126	真空抽氣系統	362	電力源
128	控制器	364	加熱器
130	電力源	370	電力源

132	電力源	400	系統
136	轉換器	410	天線
138	電力源	418	薄膜
140	氣體供應系統	420	基板
142	質流控制器	424	基板支撐件
144	氣體供應系統	426	真空抽氣系統
146	質流控制器	428	控制器
148	腔室	430	電力源
150	電漿	432	電力源
154	遮板	440	氣體輸送系統
160	冷卻器	442	閥門
162	電力源	444	氣體輸送系統
164	加熱器	446	閥門
170	電力源	448	腔室
200	系統	450	電漿
210	天線	454	遮板
216	平面電漿源	460	冷卻器
220	基板	462	電力源
224	基板支撐件	464	加熱器
226	真空抽氣系統	502	方塊
228	控制器	504	方塊

230	電力源	506	方塊
240	氣體輸送系統	508	方塊
242	閥門	510	方塊
244	氣體輸送系統	512	方塊
246	閥門	514	方塊
248	腔室	516	方塊
250	電漿	602	光訊號
254	遮板	604	脈衝功率訊號
262	電力源	606	基準線
264	加熱器	700	同軸線性微波源
270	電力源	702	同軸微波源
300	系統	704	基板
310	天線	706	波導管
316	感應耦合式 電漿源/線圈	708	同軸功率供應器
320	基板	710	同軸線性微波源
324	基板支撐件	720	導體
326	真空抽氣系統	722	場
328	控制器	726	導體
330	電力源	728	介電層
332	電力源		

104年3月3日修正頁(本)

P.29-32

七、申請專利範圍：

1. 一種微波沉積和蝕刻系統，包含：

一處理腔室；

一基板支撐件，位於該處理腔室之中，適以固持一基板；

一氣體供應系統，適以流入多種氣體至該處理腔室之中；及

一線性同軸微波天線，適以發射微波，其中該線性同軸微波天線包括由一介電材料所環繞之一線性導體，其中該線性同軸微波天線位於該腔室內並沿著該基板之長度而延伸，且其中該微波天線可相對該處理腔室內之該基板來移動。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之微波沉積和蝕刻系統，其中該微波天線包含一同軸線性微波源，或包含一具有複數個平行同軸線性微波源之平面源。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之微波沉積和蝕刻系統，其中一電力源係適以提供一脈衝式功率或一連續式功率至該微波天線。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之微波沉積和蝕刻系統，其中該微波天線的位置接近該基板。

5. 如申請專利範圍第1項所述之系統，其中一電漿源在該微波沉積和蝕刻系統中被使用。

6. 如申請專利範圍第5項所述之微波沉積和蝕刻系統，其中該微波天線的位置接近該腔室中間，介於該電漿源和該基板之間。

7. 如申請專利範圍第5項所述之微波沉積和蝕刻系統，其中該微波天線的位置接近該電漿源。

8. 如申請專利範圍第5項所述之微波沉積和蝕刻系統，其中該電漿源包含一濺鍍靶材。

9. 如申請專利範圍第8項所述之微波沉積和蝕刻系統，其中該濺鍍靶材包含金屬、介電材料或半導體。

10. 如申請專利範圍第8項所述之微波沉積和蝕刻系統，其中一磁控管係位在接近該靶材處，以增加電漿密度。

11. 如申請專利範圍第5項所述之微波沉積和蝕刻系統，其中該電漿源包含一電容式產生之電漿源。

12. 如申請專利範圍第5項所述之微波沉積和蝕刻系

統，其中該電漿源包含一感應耦合式電漿源，具有一使用RF電壓之感應線圈，適以提供一電場以維持電漿。

13.一種沉積一薄膜在一基板上的方法，包含：

透過將一基板放置於一基板支撐件上，而將該基板載入至一處理腔室中；

相對於該基板來調整沿著該基板之長度延伸的一線性同軸微波天線的位置；

以該微波天線產生多個微波；

調整所產生的該些微波的一功率；

流入多種氣體至該處理腔室；

在該處理腔室中，以所產生的該些微波，從所流入的該些氣體中產生一電漿；及

以該電漿來形成一薄膜於該基板上。

14.如申請專利範圍第13項所述沉積一薄膜在一基板上之方法，更包含導入一電漿源至該處理腔室中。

15.如申請專利範圍第14項所述沉積一薄膜在一基板上之方法，其中該微波天線被設置成可於該處理腔室中該基板與該電漿源之間移動。

16.如申請專利範圍第14項所述沉積一薄膜在一基板上之方法，其中該電漿源包含一濺鍍靶材、一電容式產生

之電漿源或一感應耦合式電漿源。

17. 如申請專利範圍第13項所述沉積一薄膜在一基板上之方法，其中該同軸微波天線包含一同軸線性微波源或包含一具有複數個平行同軸線性微波源之平面源。

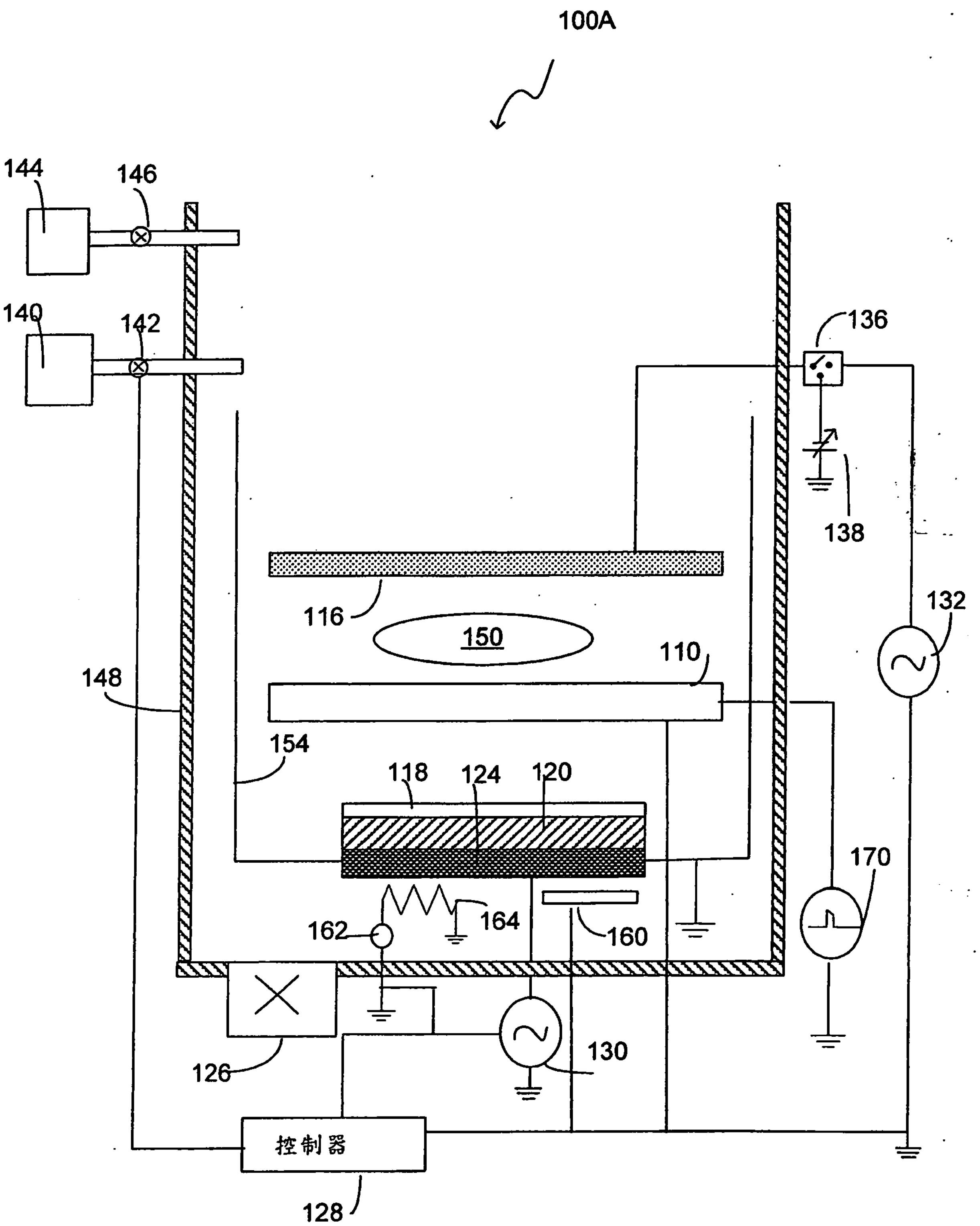
18. 如申請專利範圍第13項所述沉積一薄膜在一基板上之方法，其中透過一脈衝式或連續式電源對該微波功率進行調變。

19. 如申請專利範圍第13項所述沉積一薄膜在一基板上之方法，其中以一RF功率對該基板支撐件進行偏壓。

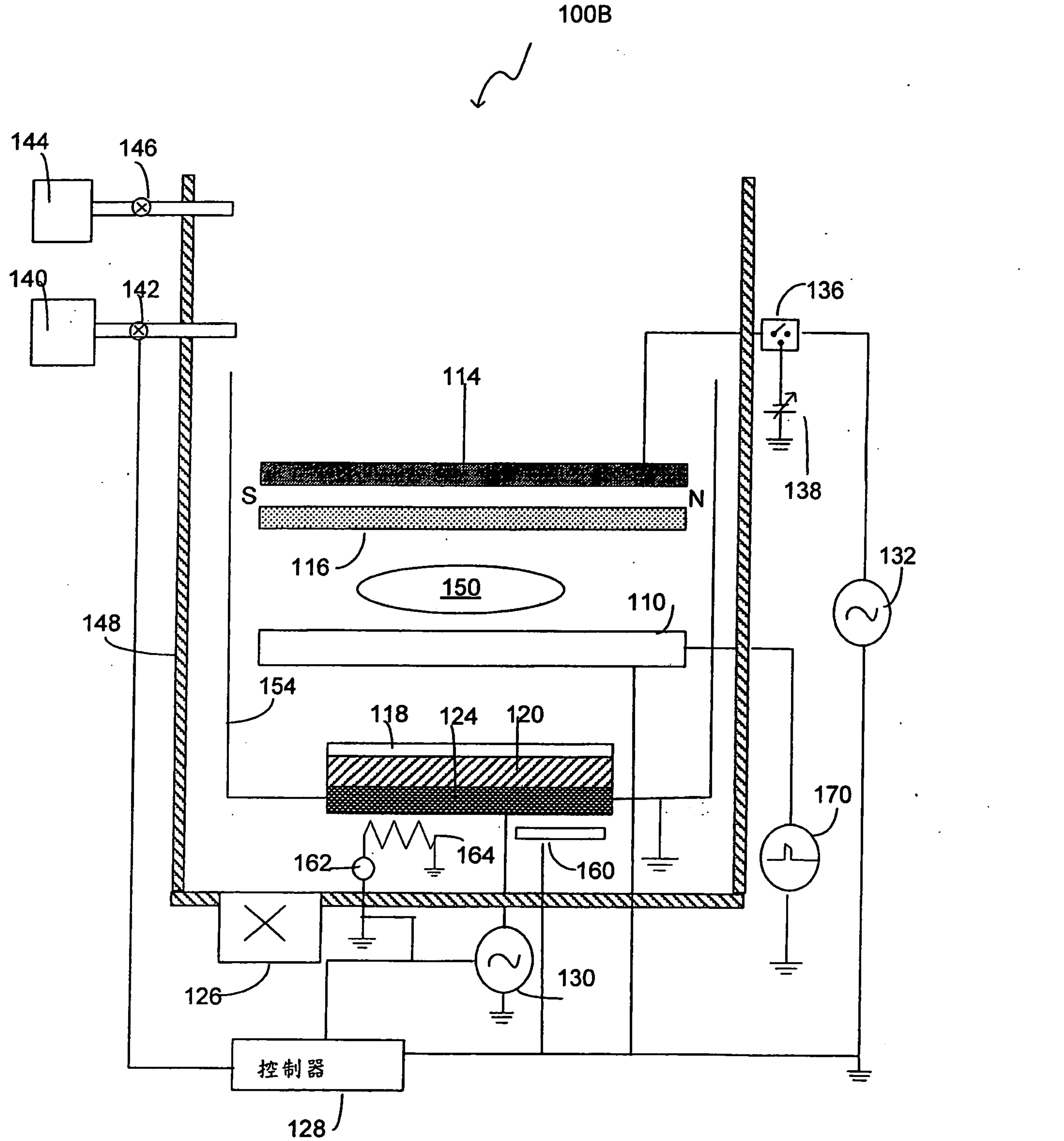
20. 如申請專利範圍第13項所述沉積一薄膜在一基板上之方法，其中該同軸微波天線係位於一水平位置。

第 98108081 號專利案 98年 8日 月修正 ~~補充~~

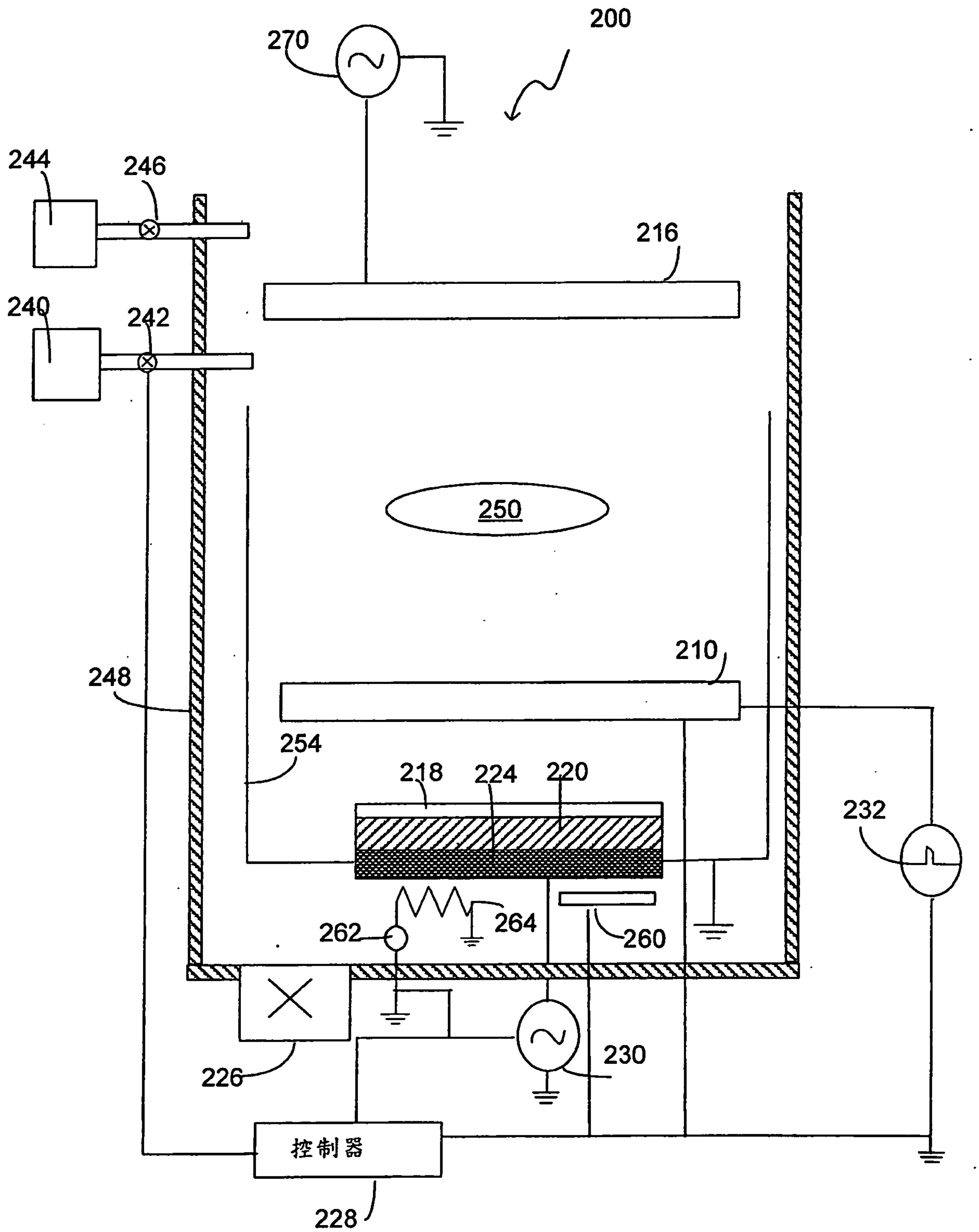
98年8月4日修正~~劃線~~頁(套)



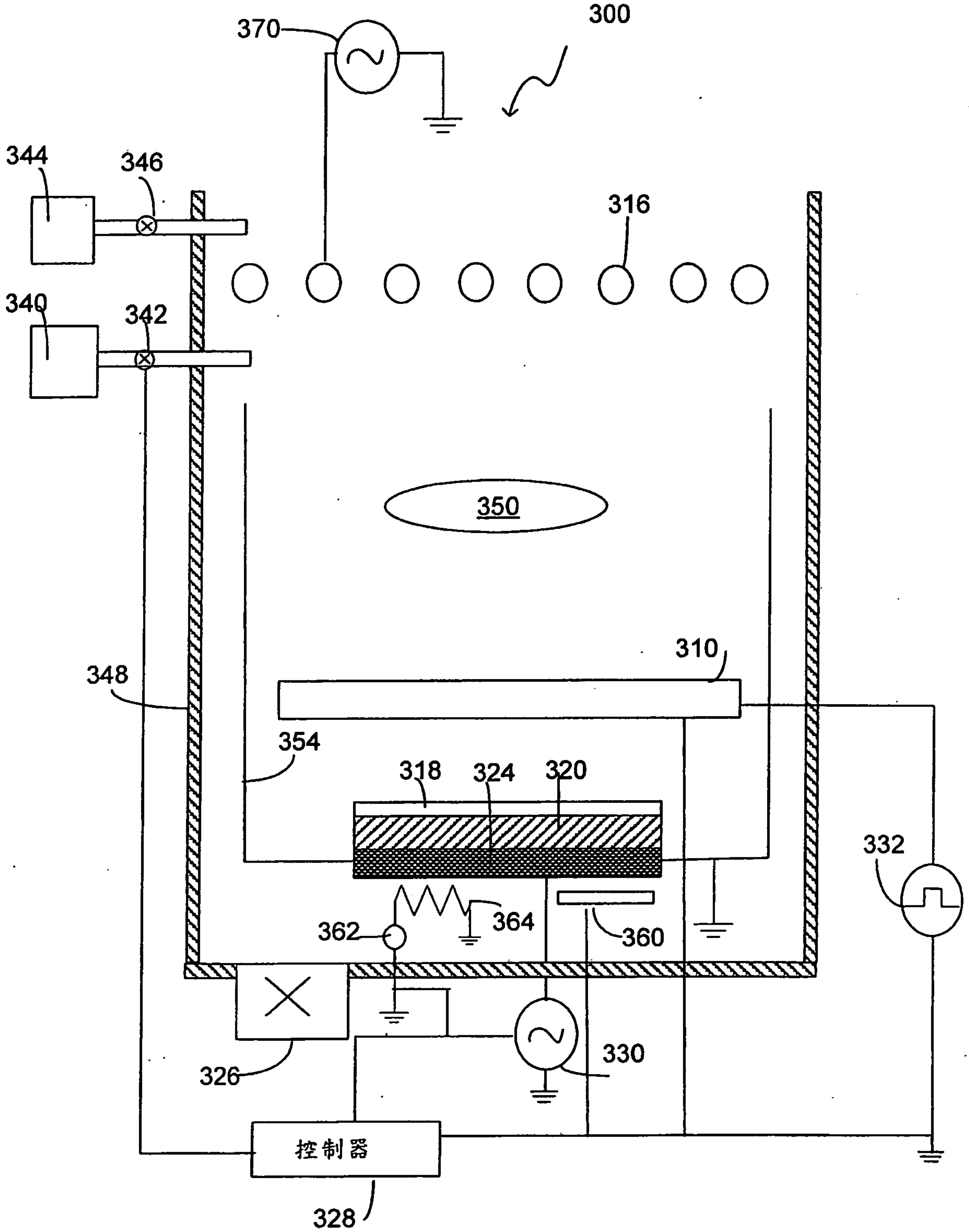
第1A圖


100B
144
146
140
142
136
114
S
N
138
116
150
110
132
148
154
118
124
120
170
162
164
160
126
130
控制器
128

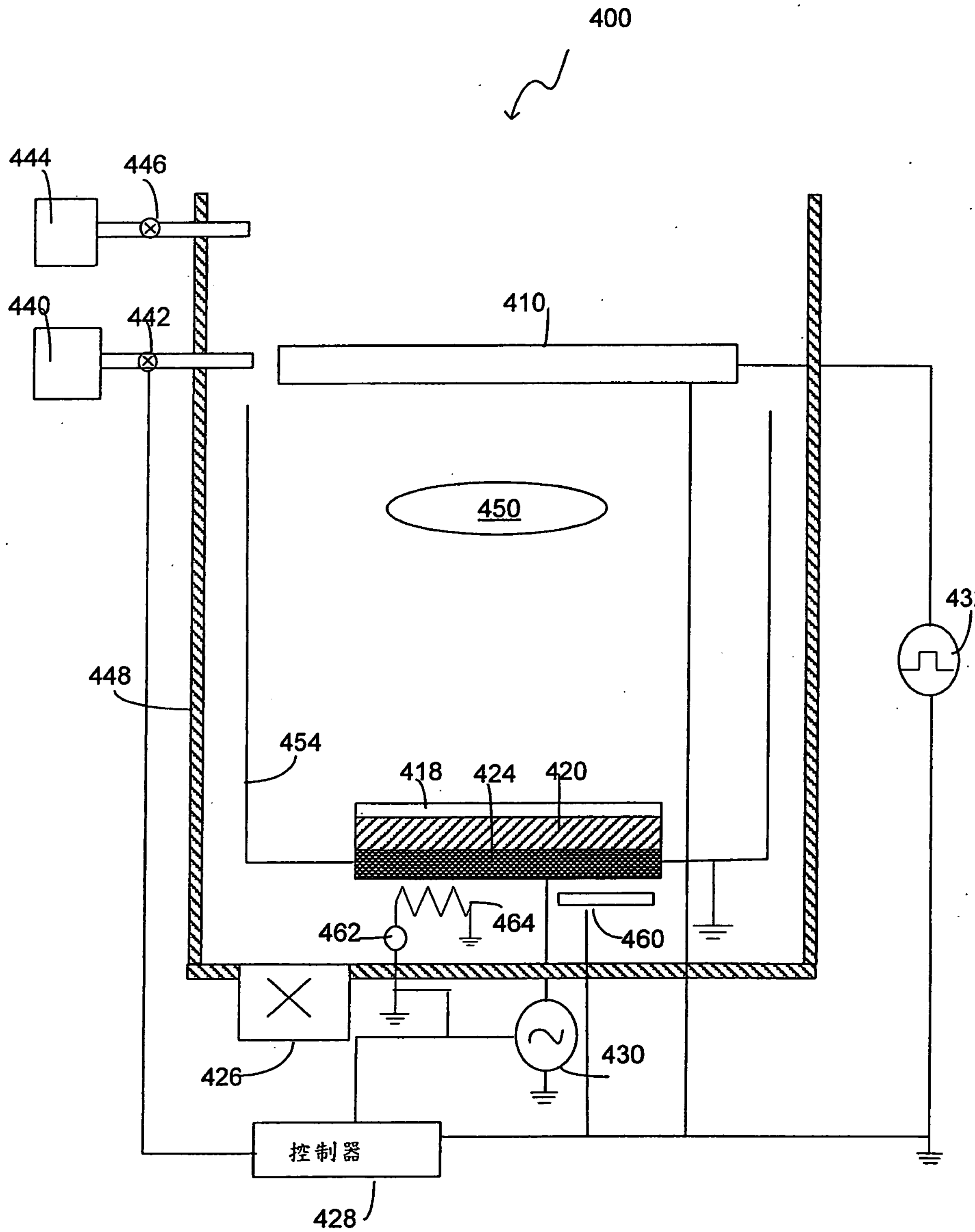
第1B圖


200
270
244
246
216
240
242
250
248
210
254
218
224
220
232
264
262
260
226
230
控制器
228

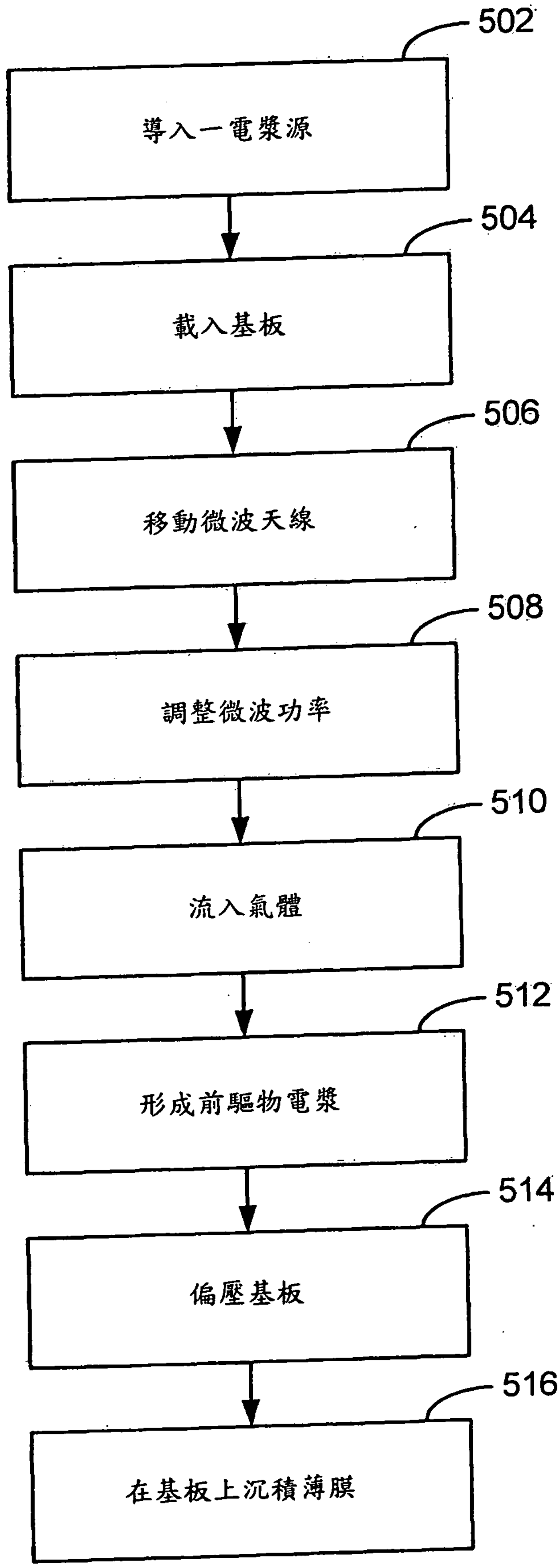
第2圖


370
300
344
346
316
340
342
350
310
348
354
318
324
320
332
362
364
360
326
330
控制器
328

第3圖

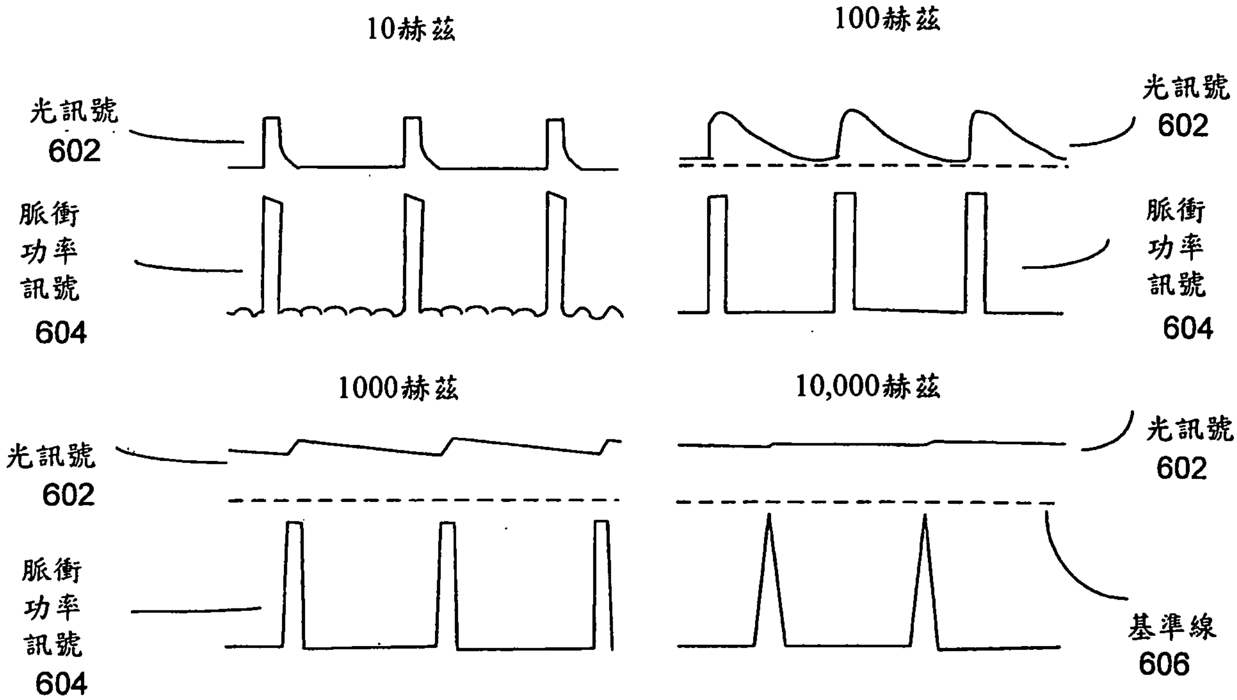

400
444
446
440
442
410
450
432
448
454
418
424
420
462
464
460
426
430
控制器
428

第4圖

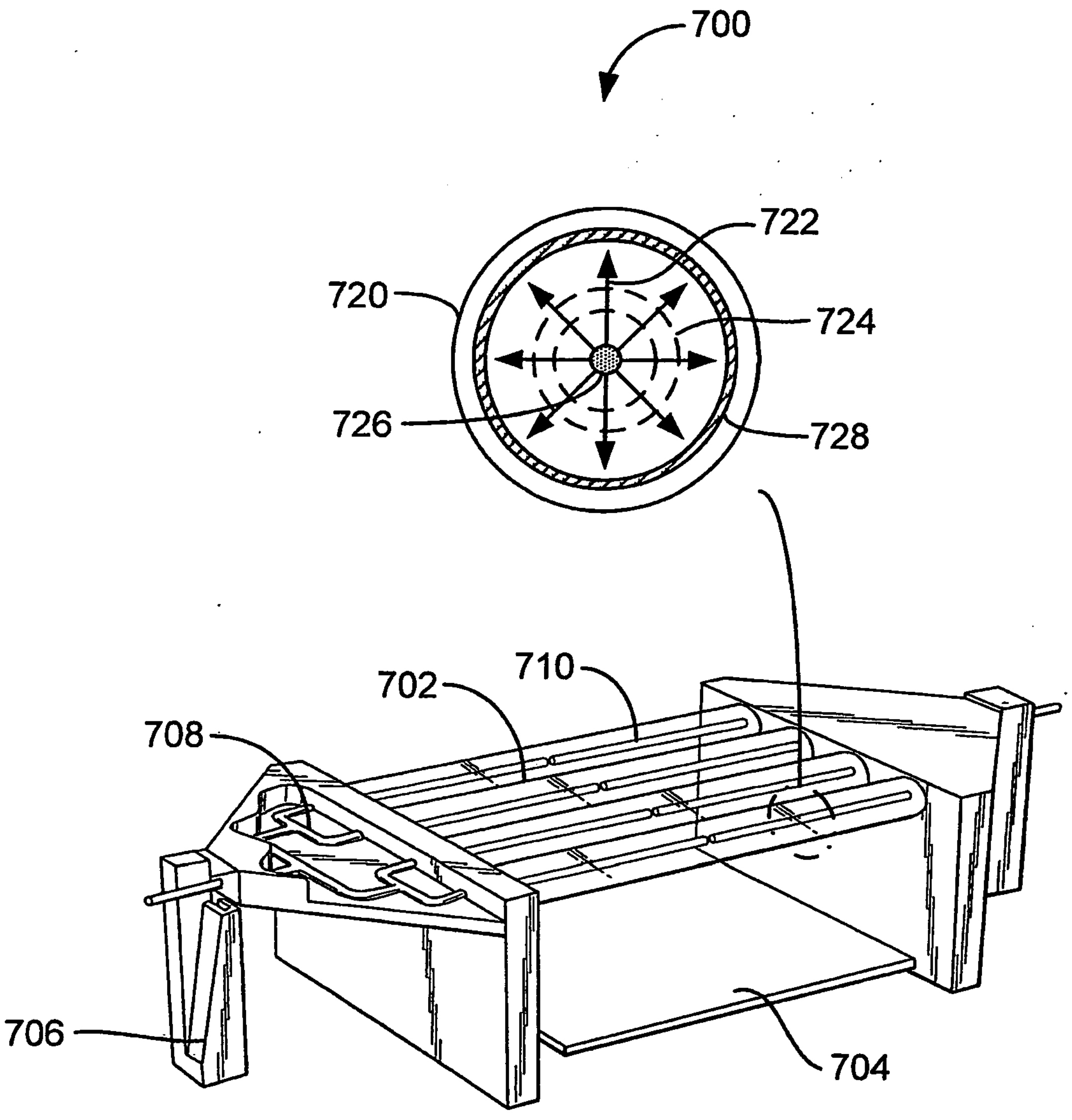


502
導入一電漿源
504
載入基板
506
移動微波天線
508
調整微波功率
510
流入氣體
512
形成前驅物電漿
514
偏壓基板
516
在基板上沉積薄膜

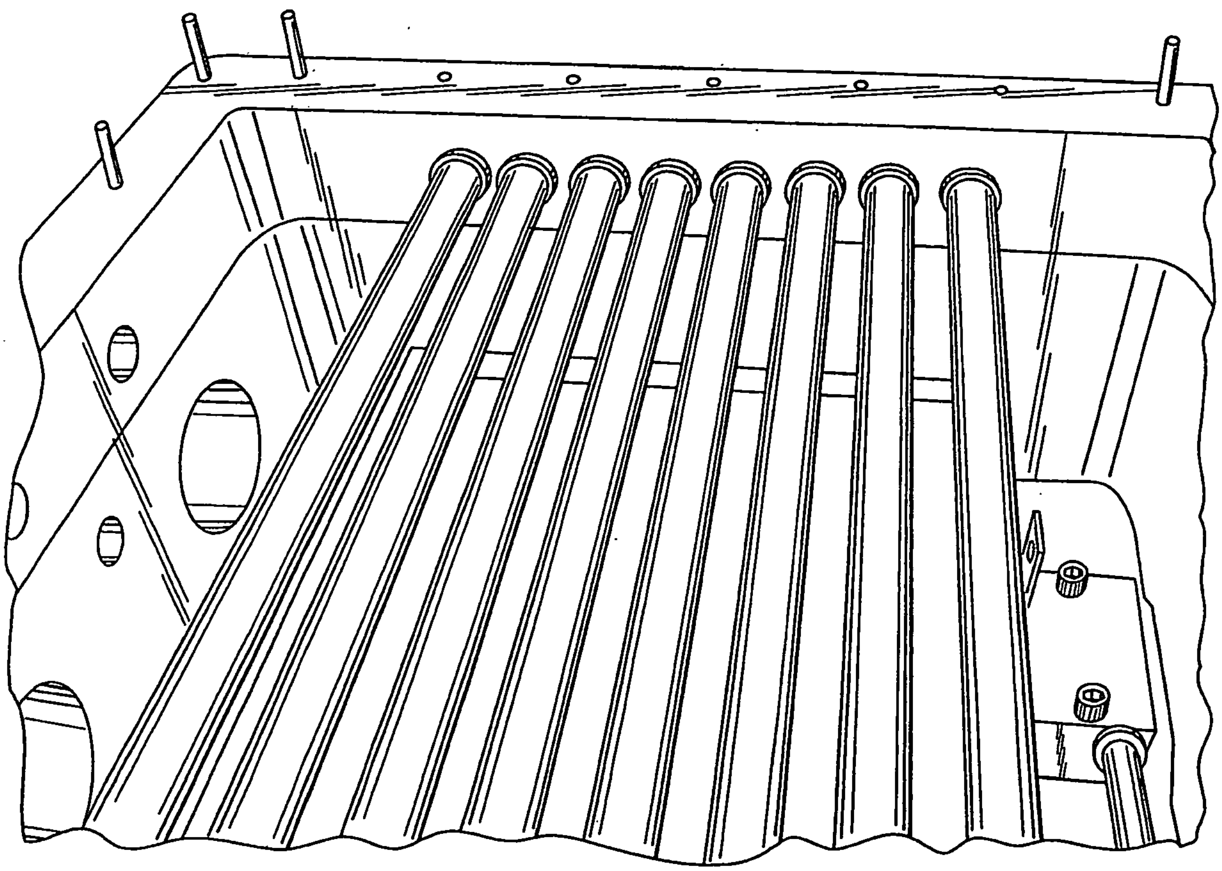
第 5 圖


10赫茲
100赫茲
光訊號
602
光訊號
602
脈衝
功率
訊號
604
脈衝
功率
訊號
604
1000赫茲
10,000赫茲
光訊號
602
光訊號
602
脈衝
功率
訊號
604
基準線
606

第6圖

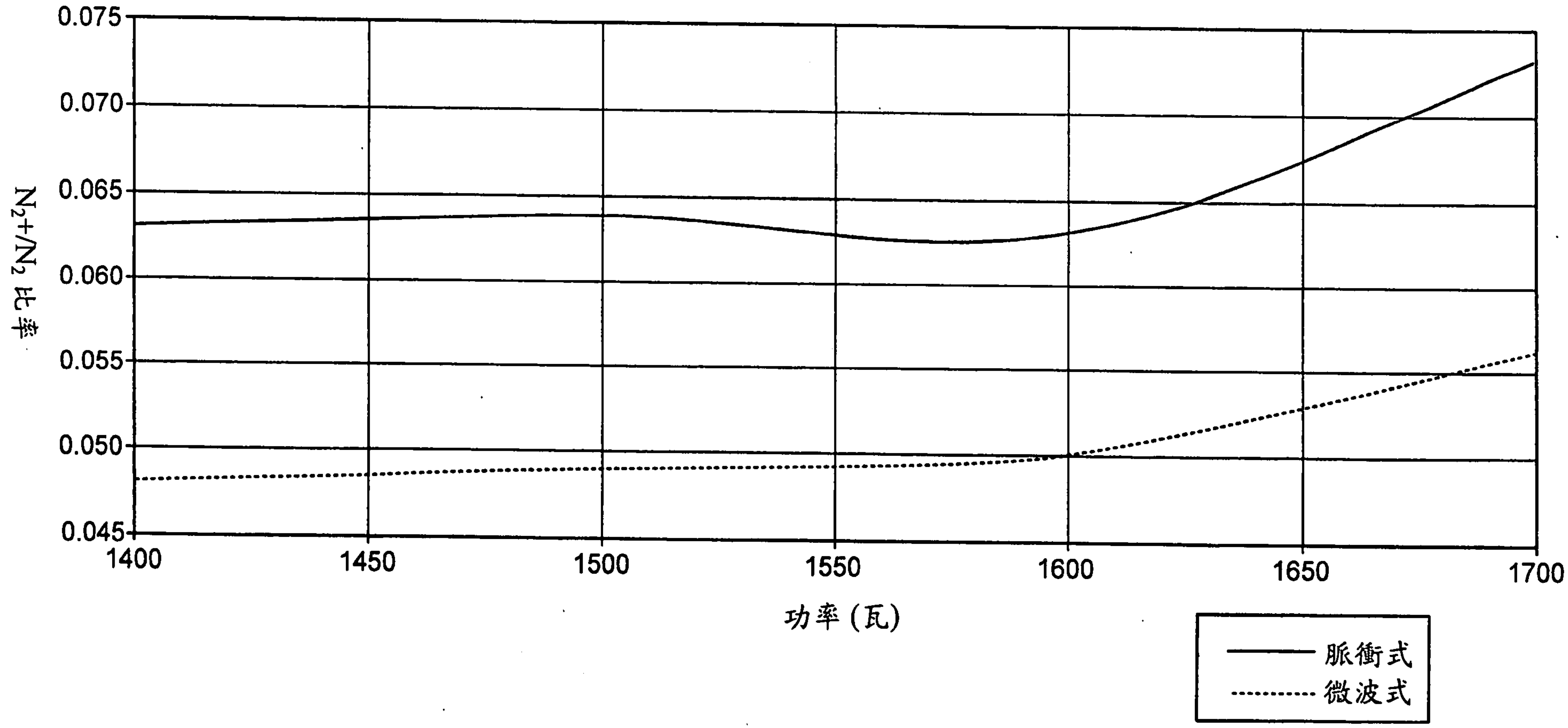


第7A圖



第7B圖

在0.3mb 時，脈衝式微波與連續式微波所產生之N_2^+/N_2 比率
(CW顯示相較於以31.3%以下進行脈衝，解離度較低)



第8圖