

(21)申請案號：108108926

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 03 月 15 日

(51)Int. Cl. : H01L21/3065(2006.01)

H01L21/68 (2006.01)

(30)優先權：2018/04/28 中國大陸

201810400178.3

(71)申請人：大陸商中微半導體設備(上海)股份有限公司(中國大陸) ADVANCED MICRO-FABRICATION EQUIPMENT INC. CHINA (CN)

中國大陸

(72)發明人：葉 如彬 YE, RUBIN (CA)

(74)代理人：鄒純忻；賴振東

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：9 項 圖式數：7 共 21 頁

(54)名稱

可調節邊緣射頻等離子體分佈的 CCP 刻蝕裝置及其方法

(57)摘要

本發明公開了一種可調節邊緣射頻等離子體分佈的 CCP 刻蝕裝置，其包含：相對設置的上電極以及下電極；射頻功率源，連接該下電極或上電極；偏壓功率源，連接該下電極；邊緣電極，呈環形，設置在下電極周邊，並與下電極同心；阻抗調節單元，一端連接邊緣電極，另一端接地，以形成一個邊緣射頻電流接地通路；靜電夾盤，設置在下電極上方；絕緣環，設置在下電極周邊的延展部上方，邊緣電極埋設在該絕緣環內。其優點是：通過配置邊緣電極以及阻抗匹配裝置，以控制射頻接地回路阻抗，實現對邊緣射頻耦合的無源調節。

指定代表圖：

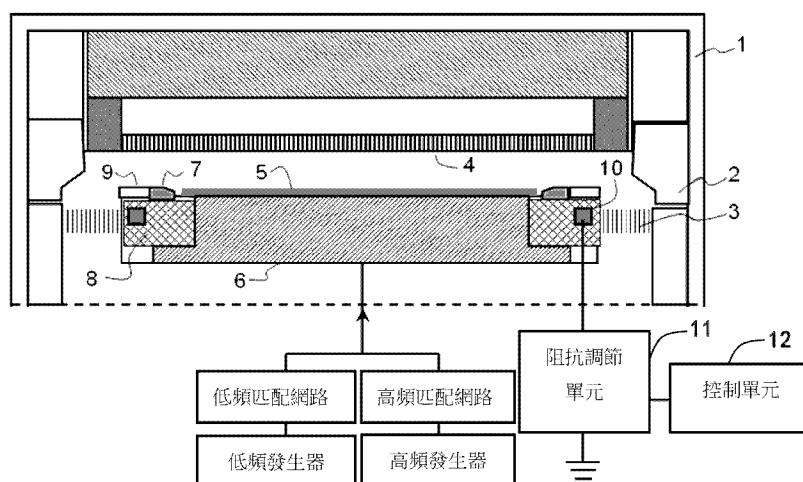


圖 3

符號簡單說明：

1 . . . 腔體

2 . . . 移動環

3 . . . 限制環

4 . . . 噴淋頭

5 . . . 待處理基片

6 . . . 靜電夾盤

7 . . . 製程套件

8 . . . 絕緣環

9 . . . 蓋環

10 . . . 邊緣電極

11 . . . 阻抗調節單元

12 . . . 控制單元

【發明說明書】

【中文發明名稱】 可調節邊緣射頻等離子體分佈的CCP刻蝕裝置及其方法

【技術領域】

【0001】 本發明涉及用於加工半導體器件的電容耦合等離子體處理裝置技術領域，具體涉及一種可調節邊緣射頻等離子體分佈的CCP(電容耦合等離子體)刻蝕裝置及其方法。

【先前技術】

【0002】 在CCP (Capacitively Coupled Plasma) 電容耦合等離子體刻蝕中，由於待處理基片或晶元邊緣射頻電磁場的不連續性，容易產生邊緣效應，並且這種邊緣效應對邊緣製程元件的幾何尺寸和材料都很敏感，例如，緊貼圍繞晶圓的等離子體聚焦環 (Focus Ring) 由於等離子體刻蝕作用，其尺寸會隨著使用時間增加而變小，從而使得邊緣鞘層分佈也隨著時間逐漸變化，導致刻蝕效果變差，例如，刻蝕孔或溝槽的傾斜角會隨著聚焦環的高度變低而變大，這樣就會影響邊緣元件使用壽命，從而增加可消耗部件的使用成本。

【0003】 為了改善邊緣效應及保持刻蝕效果的穩定性，一種途徑是補償由於刻蝕元件尺寸變化引起的鞘層變形。現有技術多採用有源調節的方式，即通過在邊緣環加上一個電極，然後通過此電極饋入射頻或直流電壓來調節邊緣鞘層分佈，如圖1所示，圖中100'為CCP刻蝕裝置局部結構示意圖，101'為待處理基片，102'為靜電夾盤，103'為上電極，其通常接地，104'為下電極，105'為射頻功率源，其連接下電極104'，106'為偏壓功率源，107'為匹配電路，108'為濾

波器，109'為聚焦環，由於位於晶圓邊緣也可叫邊緣環，110'為隔離用的絕緣套管，這樣做的缺陷是必須增加另外一路電源輸入（即偏壓功率源106'、匹配電路107'為、濾波器108'），並且必須和加在靜電夾盤102'的射頻功率源105'有效隔離，增加了成本及工程實現的複雜性。

【0004】如圖2所示，是現有的另一種常見的CCP刻蝕裝置的結構示意圖，其採用的是雙頻電容放電射頻方式，雙頻指用於控制等離子體密度的射頻功率（由射頻功率源高頻發生器和阻抗匹配單元高頻匹配網路組成，為高頻在40MHz-200MHz）以及用於控制等離子體的鞘層厚度和直流偏壓的偏壓功率（由偏壓功率源低頻發生器和阻抗匹配單元低頻匹配網路組成，為低頻在100kHz-10MHz），圖中，201'為腔體，202'為移動環，203'為約束環用於控制反應氣體及其副產物的排出、中和其中的帶電粒子，從而將等離子體放電基本約束在處理區域，204'為噴淋頭，205'為待處理基片，206'為靜電夾盤，207'為製程套件，208'為絕緣環，209'為覆蓋環，其用於隔離等離子體，避免等離子體直接與靜電卡盤接觸造成電流導通，從而避免靜電夾盤206'被等離子體打壞。該CCP刻蝕裝置中的電極結構為平行電極，射頻功率將高頻施加在下（或上）電極上，通常施加在下電極上，主要的射頻回路是電流從下電極通過等離子體耦合到上電極，通過反應腔體接地。由於電極邊緣離腔體側壁較遠，所以從電極邊緣直接耦合到腔體側壁的射頻電流很小，這樣，等離子體中射頻電流的分佈主要由上下電極間隙和大小控制。很小的橫向電流無法有效調節晶圓邊緣周邊區域（製程套件207'/邊緣環109'）的射頻功率大小。

【發明內容】

【0005】本發明的目的在於提供一種可調節邊緣射頻等離子體分佈的CCP刻蝕裝置及其方法，通過配置邊緣電極以及阻抗匹配裝置，以控制射頻接地回路阻抗，實現對邊緣射頻耦合的無源調節。

【0006】為了達到上述目的，本發明透過以下技術方案實現：

【0007】一種可調節邊緣射頻等離子體分佈的CCP刻蝕裝置，其包含：相對設置的上電極以及下電極；射頻功率源，其連接該下電極或該上電極；偏壓功率源，其連接該下電極；邊緣電極，其呈環形，並設置在下電極周邊，並與下電極同心；阻抗調節單元，其一端連接邊緣電極，另一端接地，以形成一個邊緣射頻電流接地通路；靜電夾盤，設置在下電極上方；絕緣環，其設置在下電極周邊的延展部上方，邊緣電極埋設在該絕緣環內。

【0008】上述的可調節邊緣射頻等離子體分佈的CCP刻蝕裝置，其中阻抗調節單元包含：串聯的電容和電感。

【0009】上述的可調節邊緣射頻等離子體分佈的CCP刻蝕裝置，進一步包含：控制單元，其連接阻抗調節單元中的電容和/或電感，以調節阻抗調節單元的阻抗。

【0010】上述的可調節邊緣射頻等離子體分佈的CCP刻蝕裝置，其中電容和/或電感是可變的。

【0011】上述的可調節邊緣射頻等離子體分佈的CCP刻蝕裝置，進一步包含：感測器，其設置在邊緣射頻電流接地通路中，以採集射頻參數。

【0012】上述的可調節邊緣射頻等離子體分佈的CCP刻蝕裝置，進一步包含：控制單元，其連接阻抗調節單元以及感測器，以監測射頻參數的變化並根據變化情況對阻抗調節單元的阻抗進行線上調節。

【0013】上述的可調節邊緣射頻等離子體分佈的CCP刻蝕裝置，其中：靜電夾盤用於固定待刻蝕的晶圓，還包括位於絕緣環上方的一個製程套件，製程套件環繞晶圓，其中邊緣電極的內側壁直徑大於等於製程套件的外側直徑。

【0014】一種可調節邊緣射頻等離子體分佈的方法，採用上述的CCP刻蝕裝置來實現，其同時將射頻功率源以及偏壓功率源施加到下電極上。

【0015】根據需要對阻抗調節單元的阻抗進行調節，以調節邊緣射頻耦合，進而達到刻蝕均勻性調節的目的。

【0016】上述的可調節邊緣射頻等離子體分佈的方法，其中阻抗調節單元包含串聯的電容和電感；且阻抗調節單元的阻抗調節方法是對電容值和電感值進行調節，選擇第一電感值配合第一可變電容值，以實現對高頻40MHz-200MHz的高阻抗和對低頻100kHz-10MHz阻抗的調節；對電容值和電感值進行調節，選擇第二電感值配合第二可變電容值，以實現對低頻100kHz-10MHz的高阻抗和對高頻40MHz-200MHz阻抗的調節。

【0017】本發明與現有技術相比具有以下優點：透過配置邊緣電極以及阻抗匹配裝置，以控制射頻接地回路阻抗，實現對邊緣射頻耦合的無源調節，減少了附加電源、射頻輸入及射頻隔離裝置的使用，簡化了腔體設計以及減少了硬體成本。

【圖式簡單說明】

【0018】圖1為現有技術的一種CCP刻蝕裝置局部結構示意圖；

【0019】圖2為現有技術的另一種CCP刻蝕裝置的結構示意圖；

【0020】圖3為本發明的一實施例的CCP刻蝕裝置的結構示意圖；

【0021】圖4為本發明的另一實施例的CCP刻蝕裝置的結構示意圖；

【0022】圖5為本發明的實施例中CCP刻蝕裝置的阻抗調節單元的等效射頻回路圖；

【0023】圖6為本發明的實施例中CCP刻蝕裝置的調節邊緣低頻接地阻抗情況下的電容大小與射頻阻抗的曲線關係圖；

【0024】圖7為本發明的實施例中CCP刻蝕裝置的調節邊緣高頻接地阻抗情況下的電容大小與射頻阻抗的曲線關係圖。

【實施方式】

【0025】以下結合所附圖式，透過詳細說明一個較佳的具體實施例，對本發明做進一步闡述。

【0026】如圖3所示，本發明提出了一種可調節邊緣射頻等離子體分佈的CCP刻蝕裝置，其為一種雙頻等離子體系統，其包含：在腔體1內相對設置的上電極以及下電極；射頻功率源（通常在40MHz-200MHz），連接該下電極，用來將上電極、下電極之間的反應氣體激發為等離子體，其通常由高頻發生器以及高頻匹配網路組成；偏壓功率源（通常在100kHz-10MHz），連接該下電極或該上電極，用來控制等離子體能量的分佈，即等離子體鞘層厚度和直流偏壓，其通常由低頻發生器以及低頻匹配網路組成，本實施例是以連接下電極為例；邊緣電極10，設置在腔體1內，其呈環形，設置在下電極周邊，並與下電極同心；阻抗調節單元11，一端連接邊緣電極10，另一端接地，以形成一個邊緣射頻電流接地通路，即從下電極到上電極到邊緣電極10再到地，以達到控制射頻接地回路阻抗，即透過控制通過邊緣電極的接地射頻電流從而調節邊緣射頻耦合以達到調節等離子體特性以及鞘層分佈的目的，通常上述控制方式可以透過增加一個控制單元來實現。

【0027】通常CCP刻蝕裝置的腔體1內還包含靜電夾盤6，其用於吸附待加工待處理基片5，靜電夾盤6設置在下電極上方；絕緣環8設置在下電極周邊的延展部上方；設置在腔體1內側壁上的移動環2；設置在上電極下方的用來噴射反應氣體的噴淋頭4、製程套件7、限制環3以及蓋環9，如圖3所示，本實施例中，邊緣電極10可以埋設在絕緣環8內。

【0028】如圖4所示，還可以在邊緣射頻電流接地通路中設置一個感測器13，以採集射頻參數，並且，可以將控制單元12連接阻抗調節單元11以及感測器13，以監測射頻參數的變化並根據變化情況對阻抗調節單元11的阻抗進行線上調節。

【0029】如圖5所示，為邊緣電極10的等效射頻回路的一種，其中，阻抗調節單元11包含：串聯的電容和電感，當然，電容和電感的數量不限，較佳的，電容和/或電感是可變的，將控制單元12連接阻抗調節單元11中的至少一個電容或電感，就可以達到調節阻抗調節單元11的阻抗的目的，射頻元件的規格可以根據需求選擇不同的，以形成對低頻或高頻的不同阻抗，從而控制不同頻率的射頻功率在邊緣的對地耦合電流大小。

【0030】本發明還提出了一種可調節邊緣射頻等離子體分佈的方法，採用上述的CCP刻蝕裝置來實現，其包含：同時將射頻功率源以及偏壓功率源施加到下電極上；根據需要對阻抗調節單元的阻抗進行調節，以調節邊緣射頻耦合，進而達到刻蝕均勻性調節的目的。

【0031】如圖6、7所示，其繪示了電容大小對高頻和低頻的影響，電容主要對低頻電流有限制作用，而在一個雙頻等離子體系統中，電感對高頻（ $> 10\text{MHz}$ ）的阻抗遠大於對低頻（ $< 10\text{MHz}$ ）的阻抗，基於該關係，在阻抗調節單元11包含串聯的電容和電感的實施例中，阻抗調節單元11的阻抗調節方法是對電容值和電感值進行調節，選擇第一電感值配合第一可變電容值，以實現對

高頻40MHz-200MHz的高阻抗和對低頻100kHz-10MHz阻抗的調節；對電容值和電感值進行調節，選擇第二電感值配合第二可變電容值，以實現對低頻100kHz-10MHz的高阻抗和對高頻40MHz-200MHz阻抗的調節，這裡所提到的第一、第二電容值或第一、第二可變電感值的大小取值可以根據對高頻的阻抗和對低頻的阻抗要求由本領域技術人員根據經驗計算得到，並且，第一電感值應當是一個較大的電感值，第二電感值應當是一個較小的電感值，第一電感值大於第二電感值，第一可變電容值應當是一個較大的可變電容值，第二可變電容值應當是一個較小的可變電容值，第一可變電容值大於第二可變電容值。

【0032】 本發明提出的阻抗調節單元是透過對阻抗的調節選擇經過邊緣電極流入接地端的電流，但是本發明的目的在於調節到達晶圓邊緣區域，也就是環形的製程套件7上方的等離子體分佈，需要足夠的射頻能量供應到製程套件7上方，所以邊緣電極10不適合設置在下電極與製程套件7之間，以防止大量射頻功率直接被導走，到不了製程套件7。因此本發明的邊緣電極10需要位於製程套件7和反應腔側壁之間，也就是邊緣電極10的內側壁直徑需要大於等於製程套件7的外側壁直徑。

【0033】 綜上所述，本發明透過配置邊緣電極以及阻抗匹配裝置，以控制射頻接地回路阻抗，實現對邊緣射頻耦合的無源調節，減少了附加電源、射頻輸入及射頻隔離裝置的使用，簡化了腔體設計以及減少了硬體成本。

【0034】 儘管本發明的內容已經通過上述較佳的實施例作了詳細介紹，但應當認識到上述的描述不應被認為是對本發明的限制。在本領域技術人員閱讀了上述內容後，對於本發明的多種修改和替代都將是顯而易見的。因此，本發明的保護範圍應由所附的申請專利範圍來限定。

【符號說明】

【0035】

1：腔體

2：移動環

3：限制環

4：噴淋頭

5：待處理基片

6：靜電夾盤

7：製程套件

8：絕緣環

9：蓋環

10：邊緣電極

11：阻抗調節單元

12：控制單元

13：感測器

100'：CCP刻蝕裝置局部結構

101'：待處理基片

102'：靜電夾盤

103'：上電極

104'：下電極

105'：射頻功率源

106'：偏壓功率源

107' : 匹配電路

108' : 濾波器

109' : 聚焦環

110' : 絕緣套管

201' : 腔體

202' : 移動環

203' : 約束環

204' : 噴淋頭

205' : 待處理基片

206' : 靜電夾盤

207' : 製程套件

208' : 絕緣環

209' : 覆蓋環



201946150

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 可調節邊緣射頻等離子體分佈的CCP刻蝕裝置及其方法**【中文】**

本發明公開了一種可調節邊緣射頻等離子體分佈的 CCP 刻蝕裝置，其包含：相對設置的上電極以及下電極；射頻功率源，連接該下電極或上電極；偏壓功率源，連接該下電極；邊緣電極，呈環形，設置在下電極周邊，並與下電極同心；阻抗調節單元，一端連接邊緣電極，另一端接地，以形成一個邊緣射頻電流接地通路；靜電夾盤，設置在下電極上方；絕緣環，設置在下電極周邊的延展部上方，邊緣電極埋設在該絕緣環內。其優點是：通過配置邊緣電極以及阻抗匹配裝置，以控制射頻接地回路阻抗，實現對邊緣射頻耦合的無源調節。

【指定代表圖】 圖3**【代表圖之符號簡單說明】**

- 1：腔體
- 2：移動環
- 3：限制環
- 4：噴淋頭
- 5：待處理基片
- 6：靜電夾盤
- 7：製程套件
- 8：絕緣環
- 9：蓋環

10：邊緣電極

11：阻抗調節單元

12：控制單元

【特徵化學式】

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種可調節邊緣射頻等離子體分佈的電容耦合等離子體刻蝕裝置，其包含：

相對設置的一上電極以及一下電極；

一射頻功率源，連接該下電極或該上電極；

一偏壓功率源，連接該下電極；

一邊緣電極，呈環形，設置在該下電極周邊，並與該下電極同心；

一阻抗調節單元，一端連接該邊緣電極，另一端接地，以形成一個邊緣射頻電流接地通路；

一靜電夾盤，設置在該下電極上方；

一絕緣環，設置在該下電極周邊的一延展部上方，該邊緣電極埋設在該絕緣環內。

【第2項】如請求項 1 所述的可調節邊緣射頻等離子體分佈的電容耦合等離子體刻蝕裝置，其中該阻抗調節單元包含串聯的一電容和一電感。

【第3項】如請求項 2 所述的可調節邊緣射頻等離子體分佈的電容耦合等離子體刻蝕裝置，進一步包含：

一控制單元，連接該阻抗調節單元中的該電容和/或該電感，以調節該阻抗調節單元的阻抗。

【第4項】如請求項 3 所述的可調節邊緣射頻等離子體分佈的電容耦合等離子體刻蝕裝置，其中該電容和/或該電感為可變的。

【第5項】如請求項 1 所述的可調節邊緣射頻等離子體分佈的電容耦合等離子體刻蝕裝置，進一步包含：

一感測器，設置在該邊緣射頻電流接地通路中，以採集一射頻參數。

【第6項】如請求項 5 所述的可調節邊緣射頻等離子體分佈的電容耦合等離子體刻蝕裝置，進一步包含：

一控制單元，其連接該阻抗調節單元以及該感測器，以監測該射頻參數的變化，並根據變化情況對該阻抗調節單元的阻抗進行線上調節。

【第7項】如請求項 1 所述的可調節邊緣射頻等離子體分佈的電容耦合等離子體刻蝕裝置，其中該靜電夾盤用於固定待刻蝕的一晶圓，進一步包括位於絕緣環上方的一個製程套件，該製程套件環繞該晶圓，其中該邊緣電極的一內側壁直徑大於等於該製程套件的一外側直徑。

【第8項】一種可調節邊緣射頻等離子體分佈的方法，採用如請求項 1 所述的電容耦合等離子體刻蝕裝置來實現，該方法係同時將該射頻功率源以及該偏壓功率源施加到該下電極上；根據需要對該阻抗調節單元的阻抗進行調節，以調節一邊緣射頻耦合，進而達到刻蝕均勻性調節的目的。

【第9項】如請求項 8 所述的可調節邊緣射頻等離子體分佈的方法，其中該阻抗調節單元包含串聯的一電容和一電感；該阻抗調節單元的阻抗調節方法是：

對一電容值和一電感值進行調節，選擇一第一電感值配合一第一可變電容值，以實現對高頻 40MHz-200MHz 的高阻抗和對低頻 100kHz-10MHz 阻抗的調節；

對該電容值 and 該電感值進行調節，選擇一第二電感值配合一第二可變電容值，以實現對低頻 100kHz-10MHz 的高阻抗和對高頻 400MHz-200MHz 阻抗的調節，其中該第一電感值大於該第二電

感值。

【發明圖式】

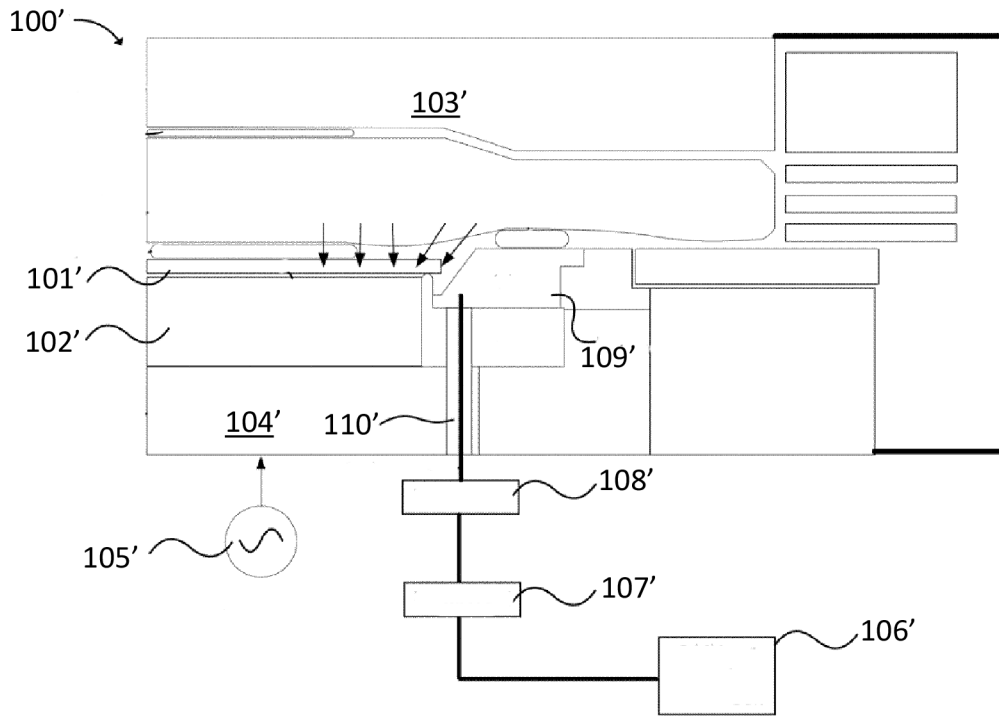


圖 1

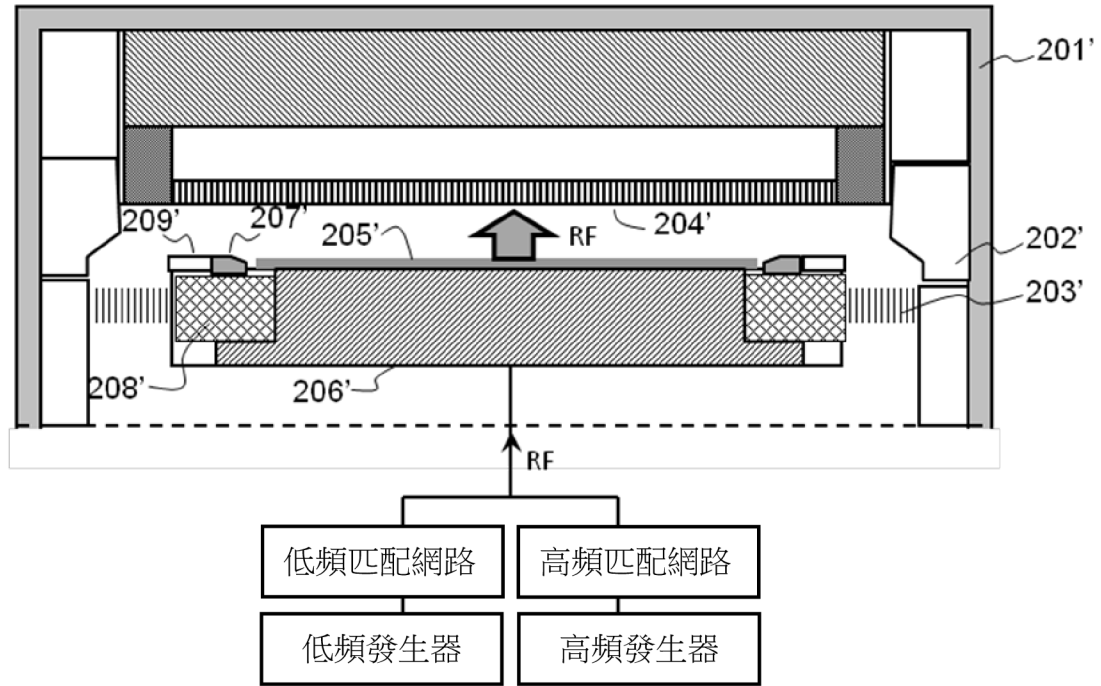


圖 2

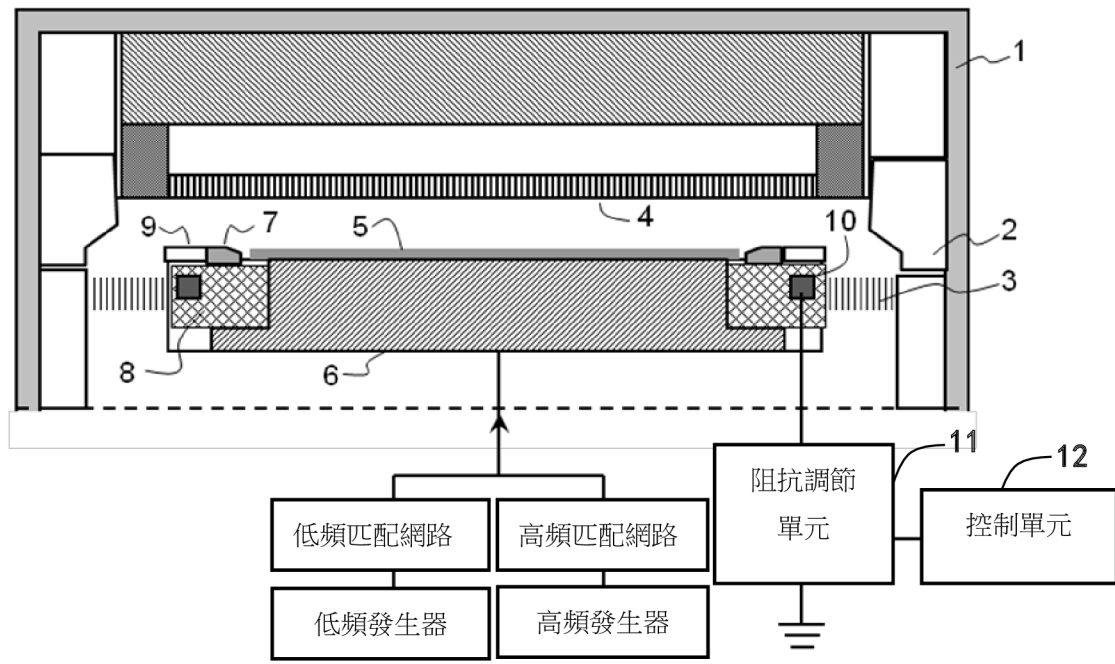


圖 3

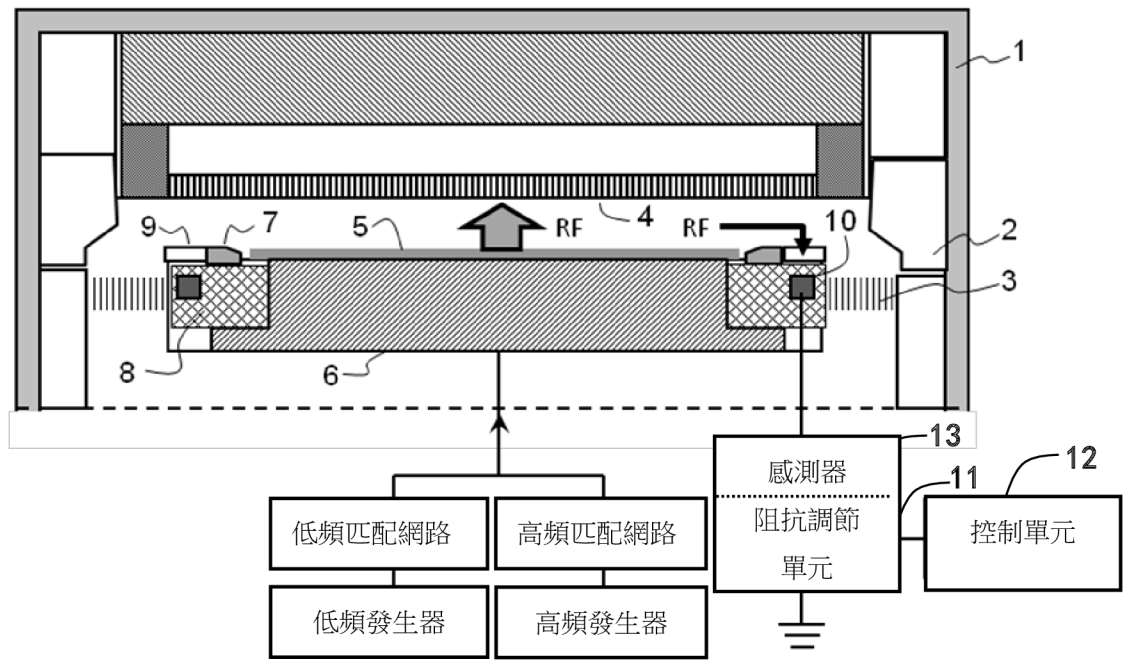


圖 4

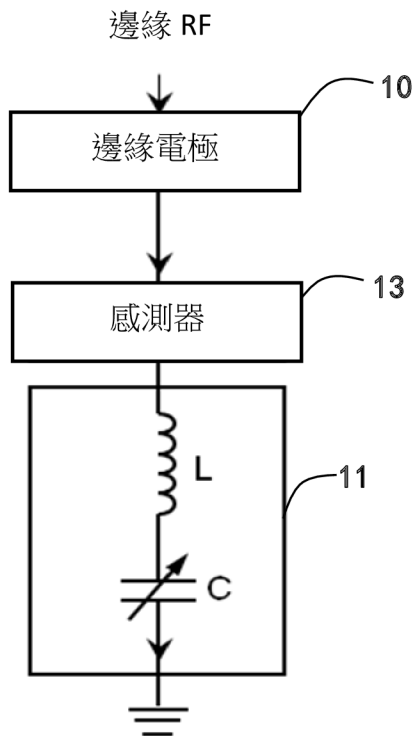


圖 5

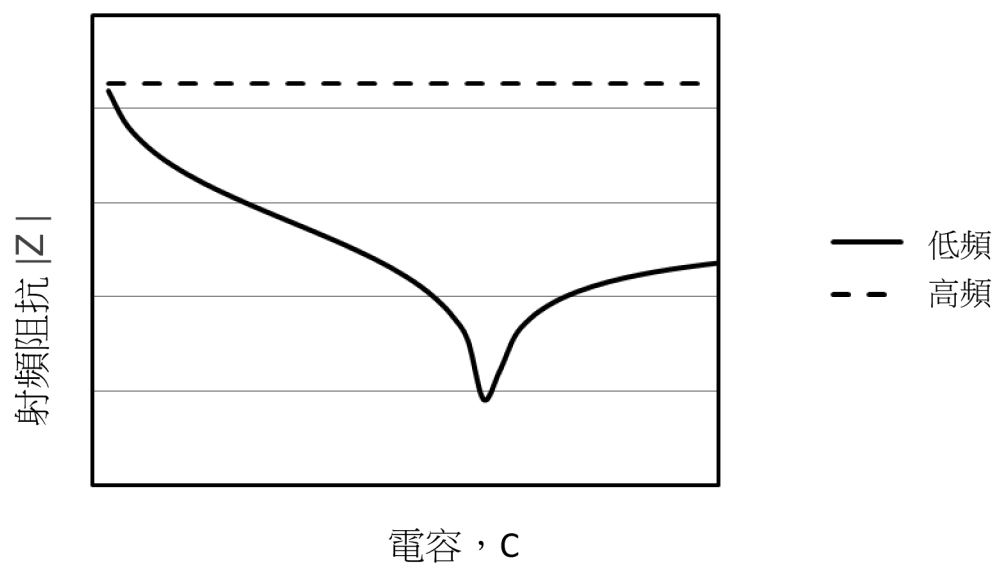


圖 6

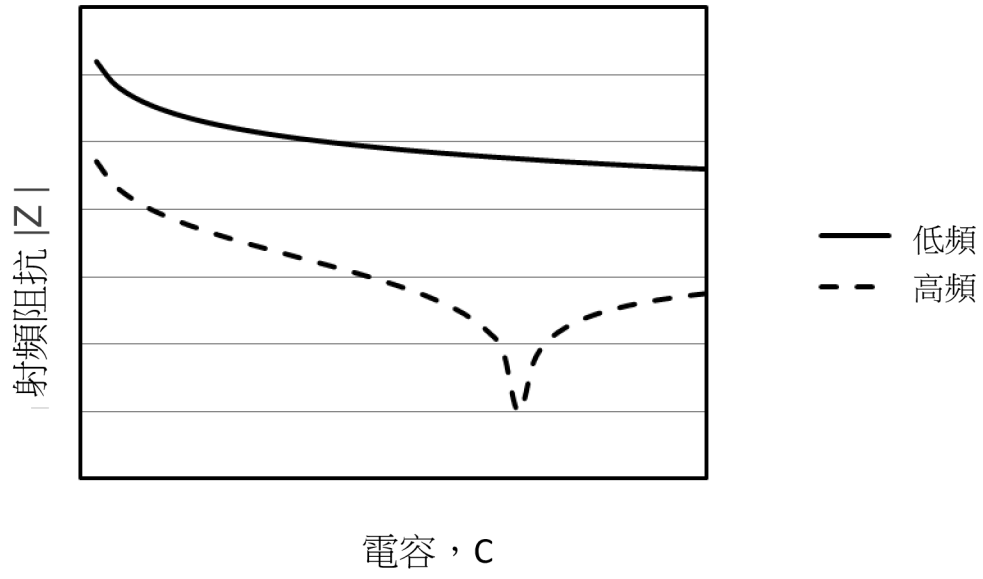


圖 7