



(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 I876365 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 03 月 11 日

(21)申請案號：112120737

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 05 月 19 日

(51)Int. Cl. : H05H1/46 (2006.01)

H01L21/3065(2006.01)

(30)優先權：2015/05/22 日本

2015-104115

2016/04/27

世界智慧財產權組織

PCT/JP2016/063129

(71)申請人：日商日立全球先端科技股份有限公司(日本) HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：小藤直行 KOFUJI, NAOYUKI (JP)；森政士 MORI, MASAHIITO (JP)；西田敏明 NISHIDA, TOSHIAKI (JP)；濱崎良二 HAMASAKI, RYOJI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 412786

TW 436914

TW 200709296A

TW 201351500A

JP H08-107101A

審查人員：陳俊宏

申請專利範圍項數：5 項 圖式數：20 共 47 頁

(54)名稱

電漿處理裝置及使用彼之電漿處理方法

(57)摘要

可提供一種能以一台的裝置來實現自由基照射的步驟及離子照射的步驟雙方，且能控制離子照射的能量從數 10eV 到數 KeV 之電漿處理裝置。

具有：

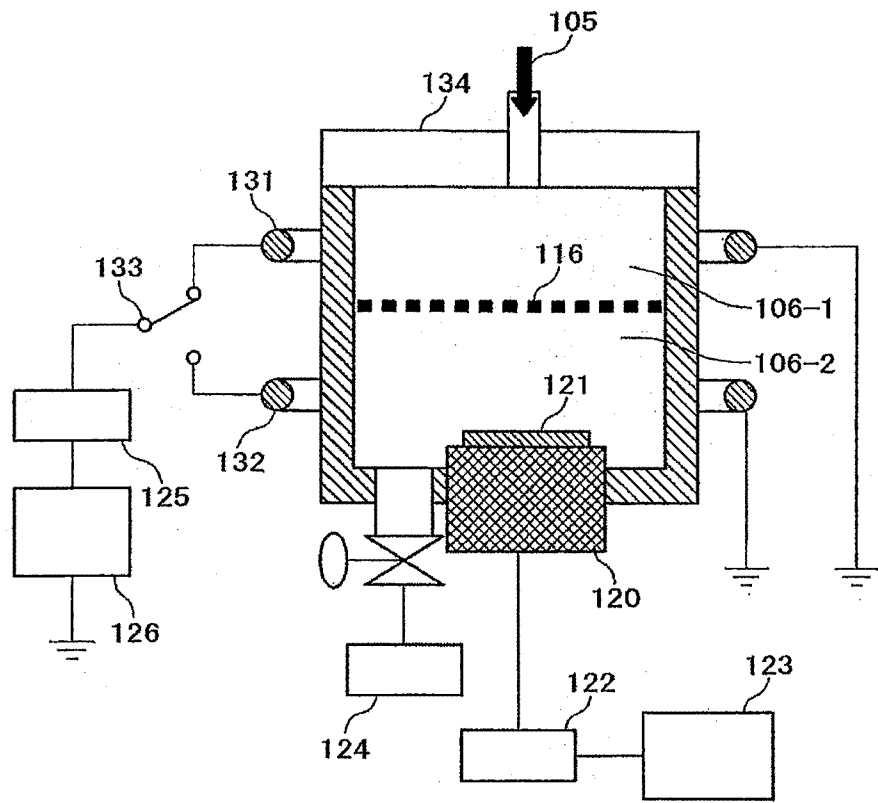
產生感應耦合電漿的機構(125、126，131、132)；

將減壓處理室分成上部領域(106-1)及下部領域(106-2)，且用以遮蔽離子的多孔板(116)；及

切換上部領域(106-1)與下部領域(106-2)作為電漿產生領域的開關(133)。

指定代表圖：

圖 2



符號簡單說明：

- 105:氣體導入口
- 106-1:減壓處理室 106 的上部領域
- 106-2:減壓處理室 106 的下部領域
- 116:多孔板
- 120:試料台
- 121:試料
- 122:匹配器
- 123:高頻電源
- 124:泵
- 125:匹配器
- 126:高頻電源
- 131:螺線形線圈
- 132:螺線形線圈
- 133:切換開關
- 134:頂板

【發明摘要】

【中文發明名稱】

電漿處理裝置及使用彼之電漿處理方法

【中文】

可提供一種能以一台的裝置來實現自由基照射的步驟及離子照射的步驟雙方，且能控制離子照射的能量從數 10eV 到數 KeV 之電漿處理裝置。

具有：

產生感應耦合電漿的機構（125、126，131、132）；

將減壓處理室分成上部領域（106-1）及下部領域（106-2），且用以遮蔽離子的多孔板（116）；及

切換上部領域（106-1）與下部領域（106-2）作為電漿產生領域的開關（133）。

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 2

【本代表圖之符號簡單說明】：

105：氣體導入口

106-1：減壓處理室 106 的上部領域

106-2：減壓處理室 106 的下部領域

116：多孔板

120：試料台

121：試料

122：匹配器

123：高頻電源

124：泵

125：匹配器

126：高頻電源

131：螺線形線圈

132：螺線形線圈

133：切換開關

134：頂板

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：
無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

電漿處理裝置及使用彼之電漿處理方法

【技術領域】

[0001] 本發明是有關電漿處理裝置及使用彼之電漿處理方法。

【先前技術】

[0002] 在乾蝕刻裝置中，具有照射離子與自由基（radical）雙方的機能及用以遮蔽離子而只照射自由基的機能雙方之乾蝕刻裝置是例如揭示於專利文獻 1（日本特開 2015-50362 號公報）。揭示於專利文獻 1 的裝置（ICP+CCP）是可藉由對螺線形線圈供給高頻電力來使感應耦合電漿產生。

[0003] 而且，藉由在此感應耦合電漿與試料之間插入被接地的金屬製的多孔板，可遮蔽離子而只照射自由基。並且，在此裝置中，藉由對試料施加高頻電力，可在金屬製的多孔板與試料之間產生電容耦合電漿。藉由調整供給至螺線形線圈的電力與供給至試料的電力的比例，可調整自由基與離子的比率。

[0004] 並且，在專利文獻 2（日本特開昭 62-14429 號公報）所揭示的乾蝕刻裝置中，可利用藉由螺線管所產生的磁場及 2.45GHz 的微波的電子迴旋共振（ECR）現象

來使電漿產生（ECR 電漿）。而且，藉由對試料施加高頻電力，可使 DC 偏壓電壓產生，以此 DC 偏壓電壓來加速離子，照射至晶圓。

[0005] 並且，在專利文獻 3（日本特開平 4-180621 號公報）所記載的中性射束蝕刻裝置中，與專利文獻 2 同樣可使 ECR 電漿產生。而且，藉由在電漿產生部與試料之間插入施加電壓的金屬製的多孔板，可遮蔽離子而只照射未帶電荷的自由基等的中性粒子至試料。

[0006] 並且，在使用專利文獻 4（日本特開平 5-234947 號公報）的微波電漿的乾蝕刻裝置中，可藉由供給的微波的電力，在石英窗附近產生電漿。而且，可藉由在此電漿與試料之間插入多孔板，遮蔽離子來供給自由基。

先行技術文獻

專利文獻

[0007]

專利文獻 1：日本特開 2015-50362 號公報

專利文獻 2：日本特開昭 62-14429 號公報

專利文獻 3：日本特開平 4-180621 號公報

專利文獻 4：日本特開平 5-234947 號公報

【發明內容】

（發明所欲解決的課題）

[0008] 近年來，隨著半導體裝置加工的高精度化，乾蝕刻裝置正需要照射離子與自由基的雙方來進行加工的機能及只照射自由基來進行加工的機能雙方。例如，檢討在高精度控制蝕刻深度的原子層蝕刻中，交替重複只將自由基照射至試料的第一步驟及將離子照射至試料的第二步驟而控制蝕刻深度之方法。此加工是在第一步驟使自由基吸附於試料表面之後，在步驟 2 照射稀有氣體的離子而使吸附於試料表面的自由基活化，藉此使產生蝕刻反應，高精度控制蝕刻深度。

[0009] 將此處理以以往的方法來實施此原子層蝕刻時，需要在（1）專利文獻 3 或專利文獻 4 等記載之可只將自由基照射於試料的裝置及（2）專利文獻 2 等記載般可加速電漿中的離子來照射至試料的裝置的兩個裝置之間交替真空搬送而使移動處理，所以此方法之原子層蝕刻會有處理能力大幅度降低的問題。因此，最好以一台的乾蝕刻裝置進行只將自由基照射至試料的第一步驟及將離子照射至試料的第二步驟雙方。

[0010] 又，例如矽的等向性加工是需要照射離子與自由基的雙方，除去矽表面的自然氧化膜之後，只照射自由基來進行矽的等向性蝕刻。如此的加工是自然氧化膜的除去所要的時間為短短數秒，因此若以各別的裝置來處理自然氧化膜除去及矽的等向性蝕刻，則處理能力會大幅度降低。所以，最好以一台的乾蝕刻裝置來進行照射離子與自由基的雙方之自然氧化膜除去、及僅自由基之矽的等向

性蝕刻雙方。

[0011] 又，例如少量多品種生產的中規模的製作（fabrication）為了在一台的蝕刻裝置進行複數的工程，藉由具有照射離子與自由基的雙方之各向異性蝕刻及只照射自由基的等向性蝕刻雙方的機能，可大幅度降低裝置成本。

[0012] 如以上般，在半導體裝置加工所被使用的乾蝕刻裝置會被要求照射離子與自由基的雙方來進行加工的機能、及只照射自由基來進行加工的機能雙方。

[0013] 專利文獻 1 的裝置是被想像可應此要求的裝置。亦即，第一步驟的自由基照射是對螺線形線圈供給高頻電力而使感應耦合電漿產生，另一方面，使不會對試料施加高頻電壓。藉此，對試料是僅自由基從感應耦合電漿供給。又，第二步驟的離子照射是對試料施加高頻電壓，而使電容耦合電漿產生於金屬製的多孔板與試料之間，對試料照射離子。但，此方法為了產生電容耦合電漿來對試料照射離子，需要對試料施加數 KeV 大的高頻電壓。因此，明確會有無法適用在需要數 10eV 的低能量的離子照射之高選擇加工的問題。

[0014] 並且，明確不適於可使用的壓力域為數 100Pa 程度高，需要低壓力的處理之微細加工。

[0015] 於是，本發明的目的是在於提供一種能以一台的裝置來實現自由基照射的步驟及離子照射的步驟雙方，且能控制離子照射的能量從數 10eV 到數 KeV 之電漿

處理裝置及使用彼之電漿處理方法。

（用以解決課題的手段）

[0016] 作為用以達成上述目的之一實施形態，為一種電漿處理裝置，係具備：電漿處理試料的處理室、及在前述處理室內產生電漿的電漿產生機構、及載置前述試料的試料台，其特徵係更具備：

遮蔽板，其係遮蔽前述電漿中的離子往前述試料台射入，被配置在前述試料台的上方；及

控制裝置，其係其係進行：一邊切換在前述遮蔽板的上方產生電漿的第一期間及在前述遮蔽板的下方產生電漿的第二期間，一邊進行電漿處理之控制。

[0017] 又，為一種電漿處理裝置，係具備：電漿處理試料的處理室、及在前述處理室內供給用以產生電漿的高頻電力之高頻電源、及載置前述試料的試料台，其特徵係更具備：

遮蔽板，其係遮蔽由前述電漿產生的離子往前述試料台射入，被配置在前述試料台的上方；及

控制裝置，其係選擇性地進行使電漿產生於前述遮蔽板的上方的一方的控制或使電漿產生於前述遮蔽板的下方的另一方的控制。

[0018] 又，為一種電漿處理方法，係利用電漿處理裝置來電漿處理試料之電漿處理方法，該電漿處理裝置係具備：電漿處理前述試料的處理室、及在前述處理室內產

生電漿的電漿產生機構、及載置前述試料的試料台、及遮蔽前述電漿中的離子往前述試料台射入，被配置在前述試料台的上方之遮蔽板，其特徵係具有：

利用在前述遮蔽板的下方所產生的電漿來電漿處理前述試料之第一工程；及

前述第一工程後，利用在前述遮蔽板的上方所產生的電漿來電漿處理前述第一工程後的試料之第二工程。

[0019] 又，為一種電漿處理方法，係藉由電漿蝕刻來除去被形成於孔或溝的側壁之圖案中所埋入的膜的前述圖案以外的部分之電漿處理方法，其特徵為：

除去前述孔或溝的底面的前述膜之後，除去與前述孔或溝的深度方向垂直的方向的前述膜。

[發明的效果]

[0020] 若根據本發明，則可提供一種能以一台的裝置來實現自由基照射的步驟及離子照射的步驟雙方，且能控制離子照射的能量從數 10eV 到數 KeV 之電漿處理裝置及使用彼之電漿處理方法。

【圖式簡單說明】

[0021]

圖 1 是本發明的第 1 實施例的電漿處理裝置的概略全體構成剖面圖。

圖 2 是本發明的第 2 實施例的電漿處理裝置的概略全

體構成剖面圖。

圖 3 是表示 STI (Shallow Trench Isolation) 回蝕前的試料的剖面形狀的圖。

圖 4 是表示利用圖 1 所示的電漿處理裝置來將本發明的第 3 實施例的電漿處理方法適用在 STI 回蝕時的試料的剖面形狀的一例圖。

圖 5 是表示利用以往的裝置來進行 STI 回蝕時的試料的剖面形狀的一例圖。

圖 6 是表示利用以往的其他的裝置來進行 STI 回蝕之後的試料的剖面形狀的一例圖。

圖 7 是用以說明圖 1 所示的 ECR 電漿處理裝置的磁力線的情況的裝置剖面圖。

圖 8 是表示圖 1 所示的 ECR 電漿處理裝置的多孔板的孔配置例的平面圖。

圖 9 是表示圖 1 所示的 ECR 電漿處理裝置的多孔板的孔配置的其他例的平面圖。

圖 10A 是表示在圖 17 所示的 ECR 電漿處理裝置中，用以說明對於碳氟化合物的自由基起因堆積物分布之遮蔽板的有無的效果的圖，堆積物相對於試料半徑位置的堆積速度的關係。

圖 10B 是表示在圖 18 所示的 ECR 電漿處理裝置中，用以說明碳氟化合物的自由基起因堆積物分布的圖，堆積物相對於試料半徑位置的堆積速度的關係。

圖 11 是表示 3 次元構造的 NAND 快閃記憶體的製造

工程的一部分的元件剖面圖，（a）是矽氮化膜與矽氧化膜的層疊膜被加工的狀態，（b）是矽氮化膜被除去形成串齒狀的矽氧化膜的狀態，（c）是覆蓋串齒狀的矽氧化膜而形成鎢膜的狀態，（d）是以鎢膜能留在串齒狀的矽膜之間的方式除去鎢膜的狀態。

圖 12 是表示在圖 11（c）所示的構造中，各向同性蝕刻之鎢除去工程後的加工形狀的一例的剖面圖。

圖 13 是表示在圖 11（c）所示的構造中，溝底部的鎢的除去工程之後，進行各向同性蝕刻之鎢除去工程後的加工形狀的一例的剖面圖。

圖 14 是用以說明在圖 12 所示的構造中，處理中的溝內的自由基濃度分布的圖，F 自由基濃度相對於離溝底面的距離的關係。

圖 15 是用以說明在圖 11（c）所示的構造中，處理中的溝內的自由基濃度分布的圖，F 自由基濃度相對於離溝底面的距離的關係。

圖 16 是表示本發明的第 5 實施例的遮蔽板的形狀。

圖 17 是本發明的第 5 實施例的電漿處理裝置的概略全體構成剖面圖。

圖 18 是本發明的第 6 實施例的電漿處理裝置的概略全體構成剖面圖。

圖 19 是本發明的第 6 實施例的多孔板的擴大圖。

圖 20 是本發明的第 7 實施例的金屬閘形成製程流程。

【實施方式】

[0022] 以下，根據實施例來說明本發明。

實施例 1

[0023] 在圖 1 顯示本發明的第 1 實施例的電漿處理裝置的概略全體構成剖面圖。本實施例的裝置是與專利文獻 2 同樣，形成可藉由 2.45GHz 的微波與螺線管 114 所作的磁場之 ECR 共鳴來產生電漿之構造，該 2.45GHz 的微波是從磁控管 113 經由介電質窗 117 來供給至減壓處理室 106（上部領域 106-1、下部領域 106-2）。並且，經由匹配器 122 來連接高頻電源 123 至載置於試料台 120 的試料 121 的情形也是與專利文獻 2 相同。

[0024] 又，本電漿處理裝置是介電質製的多孔板 116 會將減壓處理室 106 之中分割成減壓處理室上部領域 106-1 及減壓處理室下部領域 106-2 的點是與專利文獻 2 大不同。因為此特徵，所以只要在遮蔽板的多孔板 116 的介電質窗側的減壓處理室上部領域 106-1 產生電漿，便可遮蔽離子而只將自由基照射至試料。在本實施例使用的 ECR 電漿處理裝置是與專利文獻 4 記載的微波電漿處理裝置不同，具有在被稱為 ECR 面之磁場強度 875Gauss 的面附近產生電漿的特徵。

[0025] 因此，只要以 ECR 面能夠形成多孔板 116 與介電質窗 117 之間（減壓處理室上部領域 106-1）的方式

調整磁場，便可在多孔板 116 的介電質窗側產生電漿，產生的離子是幾乎無法通過多孔板 116，因此可只將自由基照射至試料 121。並且，本實施例是與專利文獻 3 所示的裝置不同，多孔板 116 為介電質形成。由於多孔板 116 不為金屬，因此微波可傳播至比多孔板 116 還靠試料側。

[0026] 因此，只要以 ECR 面能夠形成多孔板 116 與試料 121 之間（減壓處理室下部領域 106-2）的方式調整磁場，便會在比多孔板 116 還靠試料側產生電漿，所以可將離子及自由基的雙方照射至試料。並且，此方式是與專利文獻 1 的電容耦合電漿不同，只要調整從高頻電源 123 往試料台供給的電力，便可控制離子照射的能量從數 10eV 到數 KeV。另外，相對於多孔板的高度位置之 ECR 面的高度位置的調整或切換（上方或下方）、及保持各自的高度位置的期間等是可利用控制裝置（未圖示）來進行。符號 124 是表示泵。

[0027] 並且，為了維持此方式下安定的電漿，產生電漿的空間寬需要有為了維持電漿之充分的大小。實驗性地改變多孔板 116 與介電質窗 117 之間及多孔板 116 與試料 121 之間的距離，調查電漿的產生之結果，可知只要將該等的間隔形成 40mm 以上，便可形成安定的電漿。

[0028] 如以上般，在以磁場及微波的 ECR 共鳴來形成電漿的乾蝕刻裝置等的電漿處理裝置中，在試料與介電質窗之間配置介電質製的多孔板，使 ECR 面的位置上下移動，藉此可在一台的裝置實現自由基照射及離子照射的

步驟。更藉由調整高頻電源往試料台的電力供給，可控制離子照射的能量從數 10eV 到數 KeV 。

[0029] 藉此，即使是廣蝕刻領域與窄蝕刻領域混在那樣的試料，還是可在 1 台的裝置抑制微負載效應（loading effect）均一地蝕刻至所望的深度。作為介電質製的多孔板的材質是最好為石英、礬土、氧化鈮等的介電損失少的材料。

實施例 2

[0030] 在圖 2 顯示本發明的第 2 實施例的電漿處理裝置的概略全體構成剖面圖。本實施例的裝置是與專利文獻 1 同樣從高頻電源 126 經由匹配器 125 來供給高頻電力至螺線形線圈 131，藉此可使感應耦合電漿產生。而且，在此感應耦合電漿與試料之間插入被接地的金屬製的多孔板 116 的點或經由匹配器 122 來連接高頻電源 123 至載置於試料台 120 的試料 121 的點也與專利文獻 1 相同。另外，多孔板 116 是不限於金屬，只要是導體便可使用。

[0031] 另一方面，在此裝置中，與專利文獻 1 不同，為了使在比金屬製的多孔板 116 還靠試料側（減壓處理室下部領域 106-2）也可形成感應耦合電漿，而在金屬製的多孔板 116 與試料 121 之間的高度具有別的螺線形線圈 132。形成可藉由開關 133 來切換是否供給高頻電力至螺線形線圈 131 及螺線形線圈 132 的其中任一。對螺線形線圈 131 供給高頻電力時，由於在多孔板 116 的頂板側

（減壓處理室上部領域 106-1）產生電漿，因此離子會藉由多孔板 116 而被遮蔽，僅自由基會被照射至試料 121。

[0032] 又，由於對螺線形線圈 132 供給高頻電力時是在比多孔板 116 還靠試料側（減壓處理室下部領域 106-2）產生電漿，因此可將離子照射於試料 121。另外，開關 133 之螺線形線圈的切換（比多孔板還上方的螺線形線圈及下方的螺線形線圈的切換）、及至切換的各自的期間等是可利用控制裝置（未圖示）來進行。

[0033] 又，由於此方式可在比多孔板 116 還靠試料側產生感應耦合電漿，因此只要調整從高頻電源 123 供給的電力，便可控制離子照射的能量從數 10eV 到數 KeV。可從低能量控制到高能量的點是與專利文獻 1 不同。

[0034] 又，即使為此方式，也只要將多孔板 116 與頂板 134 之間及多孔板 116 與試料 121 之間的距離形成比德拜（debye）長還大一位數以上例如 5mm 以上，便可形成安定的電漿。

[0035] 如以上般，在對螺線形線圈供給高頻電力來產生感應耦合電漿的方式的乾蝕刻裝置中，只要在試料 121 與頂板 134 之間配置金屬製的多孔板 116，且在金屬製的多孔板 116 的頂板側（減壓處理室上部領域 106-1）及金屬製的多孔板 116 的試料側（減壓處理室下部領域 106-2）具有別的螺線形線圈 131、132，且具有切換高頻電力往二個螺線形線圈供給的機構，便可在一台的裝置實現自由基照射及離子照射的步驟。更藉由調整高頻電源往

試料台的電力供給，可控制離子照射的能量從數 10eV 到數 KeV 。

[0036] 藉此，即使是廣蝕刻領域與窄蝕刻領域混在那樣的試料，還是可在 1 台的裝置抑制微負載效應，均一地蝕刻至所望的深度。作為金屬製的多孔板 116 的材質，最好是鋁、銅、不鏽鋼等的導電率高的材料。並且，亦可為以礬土等的介電質來被覆金屬製的多孔板者。

實施例 3

[0037] 有關本發明的第 3 實施例的電漿處理方法，是使用實施例 1 記載的電漿處理裝置，以 STI (Shallow Trench Isolation) 的回蝕工程為例進行說明。此工程是例如圖 3 所示般，加工在深度 200nm 的矽 (Si) 200 的溝埋入矽氧化膜 (SiO_2) 202 之構造的試料，只將 SiO_2 202 蝕刻 20nm 。為了進行此加工，進行交替執行碳氟化合物氣體的自由基照射 (第一步驟) 與稀有氣體的離子照射 (第二步驟) 之原子層蝕刻。

[0038] 在第一步驟中，一面從氣體導入口 105 供給碳氟化合物氣體，一面在 ECR 面進入多孔板 116 與介電質窗 117 之間 (減壓處理室上部領域 106-1) 的磁場條件下產生電漿，以多孔板 116 去除所產生的離子，藉此只使碳氟化合物氣體的自由基吸附於試料。此時，對試料是不施加來自高頻電源 123 的高頻電力。

[0039] 其次，在第二步驟中，一面從氣體導入口 105

供給稀有氣體，一面在 ECR 面進入多孔板 116 與試料之間（減壓處理室下部領域 106-2）的磁場條件產生電漿。而且，藉由對試料施加 30W 的高頻電力，只將持 30eV 的能量之離子照射至試料，對於 Si 選擇性地蝕刻 SiO₂。另外，藉由調整施加於試料的高頻電力，可控制離子所持的能量。

[0040] 藉由交替重複 50 次第一步驟及第二步驟，可蝕刻 20nm。在圖 4 表示以此方法加工的試料的剖面形狀。可知被埋入 Si 200 的溝之中的 SiO₂ 202 被正確地蝕刻 20nm。

[0041] 為了比較，使用專利文獻 1 記載的裝置，進行同樣的原子層蝕刻。具體而言，在第一步驟中，一面從氣體導入口供給碳氟化合物氣體，一面對螺線形線圈供給高頻電力而使感應耦合電漿產生。並且，使不會對試料施加高頻電壓。藉此，對試料是僅碳氟化合物氣體的自由基從感應耦合電漿照射。而且，在第二步驟中，一面從氣體導入口供給稀有氣體，一面對試料施加 1kW 的高頻電力，使電容耦合電漿產生於金屬製的多孔板與試料之間，對試料照射稀有氣體的離子。

[0042] 在圖 5 表示重複 50 次交替第一步驟及第二步驟之後的試料的加工剖面形狀。可知被埋入 Si 200 的溝中之 SiO₂ 202 正確被蝕刻 20nm。另一方面，Si 200 也大致被蝕刻 20nm，可知有選擇性低的問題。亦即，藉由為了產生電容耦合電漿而施加於試料的 1kW 的高頻電力，離

子會被加速，甚至 Si 也蝕刻。一旦降低施加於試料的高頻電力，則由於電容耦合電漿不會被產生，因此難以控制離子的加速能量。

[0043] 而且，使用專利文獻 2 所示的裝置，進行同樣的原子層蝕刻。具體而言，在第一步驟中，一面使 ECR 電漿產生，一面從氣體導入口供給碳氟化合物氣體。並且，使不會對試料施加高頻電壓。藉此，對試料是從感應耦合電漿照射碳氟化合物氣體的自由基及離子。並且，在第二步驟中，一面使 ECR 電漿產生，一面從氣體導入口供給稀有氣體。而且，藉由對試料施加 30W 的高頻電力，只將持 30eV 的能量的離子照射至試料，對於 Si 200 選擇性地蝕刻 SiO₂ 202。

[0044] 在圖 6 顯示重複 50 次交替第一步驟及第二步驟之後的試料的加工剖面形狀。在 Si 200 的溝寬廣的部分，所被埋入的 SiO₂ 202 是被蝕刻 50nm 程度，可知蝕刻深度的控制精度低。另一方面，在 Si 200 的溝寬窄的部分，SiO₂ 202 只被蝕刻 15nm 程度，可知疏密差亦大（微負載效應）。

[0045] 如以上般，藉由使用實施例 1 的裝置，交替重複碳氟化合物氣體的自由基照射及稀有氣體的離子的照射，可不搬送試料地在同一裝置內實現兩步驟，因此可以高處理能力實現高選擇且高精度的 STI 的回蝕。更可藉由調整高頻電源往試料台的電力供給來控制離子照射的能量從數 10eV 到數 KeV。藉此，即使是廣蝕刻領域與窄蝕刻

領域混在那樣的試料，還是可在 1 台的裝置抑制微負載效應，均一地蝕刻至所望的深度。作為本實施例的碳氟化合物氣體是可使用 C_4F_8 、 C_2F_6 、 C_5F_8 等。又，作為稀有氣體是可使用 He、Ar、Kr、Xe 等。

實施例 4

[0046] 在本實施例中，有關實施例 1 的裝置，針對多孔板的孔的配置影響遮蔽離子的性能進行說明。

[0047] 首先，說明有關離子遮蔽效果。在有磁場的電漿中，離子會沿著磁力線移動為人所知。圖 7 是用以說明圖 1 所示的電漿處理裝置的磁力線 140 的情況的裝置剖面圖。ECR 電漿的情況是如圖 7 所示般，磁力線 140 會縱走，且隨著接近試料，磁力線的間隔變寬。

[0048] 因此，如圖 8 所示般，均等地配置孔 150 的多孔板 116 時，通過中央附近的孔之離子是沿著磁力線 140，射入試料 121。另一方面，如圖 9 所示般，只要作成在相當於多孔板 116 的中央部的試料直徑之範圍 151 無孔的構造者（自由基遮蔽領域），便可完全遮蔽在多孔板的介電質窗側（減壓處理室上部領域 106-1）所產生的離子往試料射入。另外，孔 150 的直徑是 $1\sim 2\text{cm}\phi$ 為適。

[0049] 為了確認此效果，針對無多孔板的情況、設置圖 8 所示的多孔板的情況、設置圖 9 所示的多孔板的情況等 3 個的情況，計測以 ECR 面進入多孔板 116 與介電質窗之間的磁場條件，使稀有氣體的電漿產生而射入試料

的離子電流密度。其結果，離子電流密度是在無多孔板的情況為 $2\text{mA}/\text{cm}^2$ ，相對的，圖 8 的多孔板的情況是 $0.5\text{mA}/\text{cm}^2$ ，圖 9 的多孔板的情況是減少至測定極限的 $0.02\text{mA}/\text{cm}^2$ 以下。亦即，可確認藉由使用在相當於中央部的試料直徑之範圍 151 無孔的構造的多孔板，可大幅度減少離子往試料射入。

實施例 5

[0050] 本實施例是針對孔板對於自由基分布的影響來說明有關實施例 1 的裝置。

使用像圖 9 那樣在中央部附近無孔的多孔板時，由於從多孔板的外周的孔供給，因此在試料近旁會有自由基分布容易形成外周高的傾向。為了解決此問題，檢討在圖 9 的多孔板的試料側設在像圖 16 那樣在中央部挖洞的第二遮蔽板 118 之方法。藉此，如圖 17 的剖面圖所示般，形成從多孔板 116 與第二遮蔽板 118 之間往中心的氣流 119，使自由基在試料的中央部附近也供給。

[0051] 為了驗證此效果，針對僅圖 9 的多孔板的情況、及組合圖 9 的多孔板與圖 16 的第二遮蔽板的情況等二個情況，計測以 ECR 面進入多孔板 116 與介電質窗 117 之間的磁場條件，使碳氟化合物氣體的電漿產生，而起因於碳氟化合物的自由基之堆積膜的膜厚的試料上的分布。將其結果顯示於圖 10A。僅圖 9 的多孔板的情況是外高的膜厚分布，相對的，組合圖 9 的多孔板與圖 16 的第二遮

蔽板的情況是可取得均一的膜厚分布。亦即，可確認藉由組合圖 9 的多孔板與圖 16 的第二遮蔽板，可取得均一的自由基分布。

[0052] 本實施例是使用在相當於中央部的試料直徑之範圍無孔的構造的多孔板，但即使是將此領域的孔的密度或孔徑形成比除此以外的領域小的多孔板，也可取得同樣的效果。又，雖也依多孔板與試料之間的距離或磁場條件而定，但孔少的領域的徑是可形成比試料直徑小 30%程度。

[0053] 並且，為了可取得此效果，第二遮蔽板的中央的孔的直徑是需要比多孔板之無孔的領域的直徑更小。第二遮蔽板是除了石英或礬土等的介電質製以外，亦可為金屬製者。又，第二遮蔽板是不必為板，例如亦可為中央部開孔的塊狀者。

實施例 6

[0054] 本實施例是檢討藉由改良實施例 1 的裝置的多孔板的開孔方式，兼顧離子的遮蔽性及自由基的均一性之方法。為了在中央部也供給自由基，像圖 8 的多孔板那樣，需要在中央部附近也開孔。另一方面，由於離子是沿著磁力線 140 來移動，因此通過中央附近的孔之離子會射入試料 121。

[0055] 於是，如圖 18 的剖面圖般，發明者們檢討在多孔板中開斜孔的方法。如圖 18 所示般，在微波 ECR 電

漿中，磁力線會傾斜於越接近試料，磁力線 140 的間隔越擴大的方向。在圖 18 的裝置中，將孔傾斜於與磁力線的傾斜相反方向。亦即，將孔傾斜於試料側的孔的間隔變窄的方向為特徵。

[0056] 此情況，如圖 19 的擴大圖般，由於孔的方向與磁力線 140 的方向不同，因此離子 127 是無法通過多孔板的孔，結果可大幅度減少射入試料 121 的離子的量。另一方面，由於自由基是與磁力線無關地等向性地擴散，所以可通過多孔板的斜孔而到達試料，因此還是可從中央部附近的孔供給自由基。為了確認此效果，以圖 18 的構成來計測試料上的離子電流密度。其結果，離子電流密度是從垂直開孔的多孔板的情況的 $0.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 減少至測定極限的 $0.02\text{mA}/\text{cm}^2$ 以下。

[0057] 其次，以實施例 5 的方法來計測堆積膜的試料上的分布。將其結果顯示於圖 10B。藉由在中央部附近也開孔，可取得均一的膜厚分布。亦即，可確認藉由在多孔板的中央部附近開斜孔，可兼顧高的離子遮蔽性及均一的自由基分布。

[0058] 有關多孔板的斜孔的角度，最好是形成從多孔板的垂直方向來看，不能從孔的入口看穿出口的角度。並且，使孔傾斜的方向是不必一定要中心軸方向，亦可傾斜於旋轉方向。又，本實施例是在多孔板的全體開斜孔，但有關比試料直徑大的部分的孔是即使開成垂直也可取得同樣的效果。

實施例 7

[0059] 本實施例是說明有關利用實施例 1 的裝置來適用至周知的三次元 NAND (3DNAND) 記憶體製造工程的一部分的情況。圖 11 (a) 是表示在交替層疊矽氮化膜 201 及矽氧化膜 202 的層疊膜形成複數的孔，將該等的內部充填後，形成有溝 203 的狀態。從具有此構造的試料除去矽氮化膜 201，如圖 11 (b) 所示般，形成梳齒狀的矽氧化膜 202。

[0060] 以能夠填埋此梳齒狀的矽氧化膜 202 之間覆蓋矽氧化膜的方式，藉由 CVD 來形成鎢 204，作為圖 11 (c) 所示的構造。而且，藉由在橫方向蝕刻鎢 204，如圖 11 (d) 所示般作成，矽氧化膜 202 與鎢 204 會被交替層疊，且各鎢 204 的層會被電性分離之構造。其中，在作成圖 11 (d) 所示的構造之工程中，被要求在橫方向均一地蝕刻深溝內的鎢 204。

[0061] 作為用以將如此的深溝之中的鎢 204 均一地蝕刻於橫方向的方法，例如可思考以混合可等向性地蝕刻鎢之含氟的氣體與碳氟化合物等的堆積性的氣體之電漿來處理。

[0062] 於是，在實施例 1 的裝置，使含氟氣體與碳氟化合物的混合氣體的電漿產生，處理圖 11 (c) 的構造的試料。為了實現各向同性的蝕刻，在 ECR 面進入多孔板 116 與介電質窗之間的磁場條件下產生電漿，只將氟與

碳氟化合物氣體的自由基照射至試料。此時，對試料是不施加高頻電力進行處理。將其結果顯示於圖 12。在溝上部 207、溝中央部 208，鎢 204 會被均一地除去，但在溝底部 209 是鎢 204 不會被蝕刻而留下，可知會發生鎢 204 的各層彼此間電性短路的問題。

[0063] 其次，說明有關此原因。圖 14 是表示 F 自由基濃度相對於離溝底面（溝底鎢表面）的距離的關係。由圖 14 可知，在溝底部 209（離溝底面的距離為 0 附近），氟自由基濃度急劇減少。此減少的原因可推定因溝底鎢表面 210 的蝕刻而氟自由基被消費所致。

[0064] 為了解決此問題，而檢討以各向異性的蝕刻來一旦除去溝底的鎢之後，等向性地除去側面的鎢 204 之 2 步驟的加工方法。有關各向異性蝕刻步驟是以 ECR 面進入多孔板 116 與試料 121 之間的磁場條件來產生電漿，對試料施加高頻電力，藉此使離子垂直射入試料，而除去溝底的鎢 204。另外，藉由調整高頻電源之往試料台的電力供給，可控制離子照射的能量從數 10eV 到數 KeV。

[0065] 其次，有關各向同性的蝕刻是以 ECR 面進入多孔板 116 與介電質窗 117 之間的磁場條件來產生電漿，對試料不施加高頻偏壓地處理。其結果，在各向同性的蝕刻的步驟中，如圖 15 所示般，在溝底部 209 的附近，氟自由基濃度急劇地減少的現象變不見。

[0066] 在圖 13 顯示進行此 2 步驟的處理時的加工剖面形狀。可確認藉由此方法來均一地除去鎢 204 至底面。

[0067] 本實施例的含氟氣體是可使用 SF_6 ， NF_3 ， XeF_2 、 SiF_4 等。又，本實施例的碳氟化合物氣體是可使用 C_4F_8 、 C_2F_6 、 C_5F_8 等。又，本實施例是使用溝 203，但亦可設為孔。

[0068] 並且，在本實施例中，雖使用實施例 1 的裝置，但只要是可在一台的裝置實現自由基照射及離子照射的步驟之裝置，即使是使用實施例 2 的裝置，也可取得同樣的效果。

實施例 8

[0069] 本實施例是說明藉由實施例 1 的裝置來進行複數的工程的處理，藉此減少裝置成本之例。在圖 20 顯示被稱為後閘極（gate-last）之 MOS 電晶體的金屬閘形成工程的一部分。首先，第 1 工程是按照遮罩（304）來對被成膜於矽基板（301）及 SiO_2 （302）上的矽膜進行各向異性的乾蝕刻，藉此作成矽的虛擬閘極（303）。

[0070] 其次，藉由在第 2 工程注入雜質來形成源極（305）及汲極（306）。在第 3 工程中以 CVD（chemical vapor deposition）來將 SiO_2 （302）成膜後，在第 4 的工程以 CMP（Chemical Mechanical Polishing）來研磨多餘的表面的 SiO_2 （302）。然後，在第 5 工程藉由矽的各向同性乾蝕刻來除去矽的虛擬閘極（303）。而且，在第 6 工程將成為實際的閘極之金屬（307）成膜後，在第 7 工程藉由 CMP 來除去多餘的金屬，而形成金屬閘（308）。

[0071] 此製程是在第 1 工程存在矽的各向異性乾蝕刻的工程，在第 4 工程存在矽的各向同性乾蝕刻的工程。因此，通常是矽的各向異性乾蝕刻裝置及各向同性乾蝕刻裝置分別需要 1 台以上。因此，在生產量少之少量多品種的製作中，需要保有操業率低的 2 種類的乾蝕刻裝置，裝置成本成問題。

[0072] 若利用實施例 1 的裝置來以 1 台的裝置進行第 1 工程各向異性乾蝕刻及第 4 工程各向同性乾蝕刻，則裝置操業率會提升，且可將製作內的裝置台數減至一半。

[0073] 本實施例是說明在 MOS 電晶體的金屬閘形成工程適用實施例 1 的裝置之例，但即使是其他的製造工程，只要各向異性乾蝕刻及各向同性乾蝕刻雙方存在，便可藉由在實施例 1 的裝置處理雙方的工程來取得同樣的效果。

【符號說明】

[0074]

105：氣體導入口

106-1：減壓處理室 106 的上部領域

106-2：減壓處理室 106 的下部領域

113：磁控管

114：線圈

116：多孔板

- 117：介電質製的窗
- 118：第二遮蔽板
- 119：氣流
- 120：試料台
- 121：試料
- 122：匹配器
- 123：高頻電源
- 124：泵
- 125：匹配器
- 126：高頻電源
- 127：離子
- 131：螺線形線圈
- 132：螺線形線圈
- 133：切換開關
- 134：頂板
- 140：磁力線
- 150：孔
- 151：未設有孔的中央領域（自由基遮蔽領域）
- 200：矽
- 201：矽氮化膜
- 202：矽氧化膜
- 203：溝
- 204：鎢
- 207：溝上部

- 208：溝中央部
- 209：溝底部
- 210：溝底鎢表面
- 301：矽基板
- 302：SiO₂
- 303：虛擬閘極
- 304：遮罩
- 305：源極
- 306：汲極
- 307：金屬
- 308：金屬閘

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種電漿處理裝置，係具備：電漿處理試料的處理室、及供給用以產生電漿的微波的高頻電力之高頻電源、及在前述處理室內形成磁場的螺線管、及被配置於前述處理室的上部，使前述微波透過的介電質窗、及載置前述試料的試料台、以及遮蔽往前述試料台之離子的射入，被配置於前述介電質板與前述試料台之間的遮蔽板，其特徵係更具備：

控制裝置，其係選擇性地進行：

控制前述螺線管，而使為了和前述微波電子迴旋共振的磁束密度的位置能夠成為前述遮蔽板的上方之一方的控制；或

控制前述螺線管，而使前述磁束密度的位置能夠成為前述遮蔽板的下方之另一方的控制，

前述遮蔽板，係從中心到預定的半徑的範圍的領域無孔，具備被配置於前述無孔的領域的外側之複數的孔，

更具備：被配置於前述遮蔽板的下方，與前述遮蔽板對向的第二遮蔽板，

前述第二遮蔽板，係從中心到預定的半徑的範圍的領域被開口，且前述被開口的領域以外的領域無孔，

前述被開口的領域的半徑為從前述中心到預定的半徑的範圍的無孔的領域的半徑以下，

前述遮蔽板的材質為介電質。

【請求項2】一種電漿處理裝置，係具備：電漿處理

試料的處理室、及供給用以產生電漿的微波的高頻電力之高頻電源、及在前述處理室內形成磁場的螺線管、及被配置於前述處理室的上部，使前述微波透過的介電質板、及載置前述試料的試料台、及遮蔽往前述試料台之離子的射入，被配置於前述介電質板與前述試料台之間的遮蔽板，其特徵係更具備：

控制裝置，其係進行一邊切換下列期間一邊電漿處理的控制，

控制前述螺線管，而使為了和前述微波電子迴旋共振的磁束密度的位置能夠成為前述遮蔽板的上方之期間；及

控制前述螺線管，而使前述磁束密度的位置能夠成為前述遮蔽板的下方之期間，

前述遮蔽板，係從中心到預定的半徑的範圍的領域被堵塞，具備被配置於前述被堵塞的領域的外側之複數的孔，

更具備：被配置於前述遮蔽板的下方，與前述遮蔽板對向的第二遮蔽板，

前述第二遮蔽板，係從中心到預定的半徑的範圍的領域被開口，且前述被開口的領域以外的領域無孔，

前述被開口的領域的半徑為從前述中心到預定的半徑的範圍的無孔的領域的半徑以下，

前述遮蔽板的材質為介電質。

【請求項3】一種電漿處理方法，係利用電漿處理裝置來電漿處理試料之電漿處理方法，該電漿處理裝置係具

備：電漿處理前述試料的處理室、及供給用以產生電漿的微波的高頻電力之高頻電源、及在前述處理室內形成磁場的螺線管、及被配置於前述處理室的上部，使前述微波透過的介電質板、及載置前述試料的試料台、及遮蔽往前述試料台之離子的射入，被配置於前述介電質板與前述試料台之間的遮蔽板，

其特徵為：

選擇性地進行：

控制前述螺線管，而使為了和前述微波電子迴旋共振的磁束密度的位置能夠成為前述遮蔽板的上方之一方的控制；或

控制前述螺線管，而使前述磁束密度的位置能夠成為前述遮蔽板的下方之另一方的控制，

前述遮蔽板，係從中心到預定的半徑的範圍的領域被堵塞，具備被配置於前述被堵塞的領域的外側之複數的孔，

更具備：被配置於前述遮蔽板的下方，與前述遮蔽板對向的第二遮蔽板，

前述第二遮蔽板，係從中心到預定的半徑的範圍的領域被開口，且前述被開口的領域以外的領域無孔，

前述被開口的領域的半徑為從前述中心到預定的半徑的範圍的無孔的領域的半徑以下，

前述遮蔽板的材質為介電質。

【請求項4】一種電漿處理方法，係利用電漿處理裝

置來電漿處理試料之電漿處理方法，該電漿處理裝置係具備：電漿處理前述試料的處理室、及供給用以產生電漿的微波的高頻電力之高頻電源、及在前述處理室內形成磁場的螺線管、及被配置於前述處理室的上部，使前述微波透過的介電質板、及載置前述試料的試料台、及遮蔽往前述試料台之離子的射入，被配置於前述介電質板與前述試料台之間的遮蔽板，

其特徵為：

一邊切換下列期間一邊電漿處理的控制，

控制前述螺線管，而使為了和前述微波電子迴旋共振的磁束密度的位置能夠成為前述遮蔽板的上方之期間；及

控制前述螺線管，而使前述磁束密度的位置能夠成為前述遮蔽板的下方之期間，

前述遮蔽板，係從中心到預定的半徑的範圍的領域被堵塞，具備被配置於前述被堵塞的領域的外側之複數的孔，

更具備：被配置於前述遮蔽板的下方，與前述遮蔽板對向的第二遮蔽板，

前述第二遮蔽板，係從中心到預定的半徑的範圍的領域被開口，且前述被開口的領域以外的領域無孔，

前述被開口的領域的半徑為從前述中心到預定的半徑的範圍的無孔的領域的半徑以下，

前述遮蔽板的材質為介電質。

【請求項5】一種電漿處理方法，係利用電漿處理裝

置來藉由電漿蝕刻除去被形成於孔或溝的側壁的圖案中所埋入的膜之電漿處理方法，該電漿處理裝置係具備：電漿處理試料的處理室、及供給用以產生電漿的高頻電力之高頻電源、及載置前述試料的試料台、及遮蔽往前述試料台之離子的射入，被配置在前述試料台的上方之遮蔽板，

更具備：被配置於前述遮蔽板的下方，與前述遮蔽板對向的第二遮蔽板，

前述第二遮蔽板，係從中心到預定的半徑的範圍的領域被開口，且前述被開口的領域以外的領域無孔，

前述被開口的領域的半徑為從前述中心到預定的半徑的範圍的無孔的領域的半徑以下，

其特徵為具有：

在前述遮蔽板的上方產生電漿之工程；

在前述遮蔽板的下方產生電漿之工程；及

藉由被產生於前述遮蔽板的下方的電漿來除去前述孔或溝的底面的前述膜之後，藉由從被產生於前述遮蔽板的上方的電漿擴散的自由基來除去與前述孔或溝的深度方向垂直的方向的前述膜之工程。

【發明圖式】

圖 1

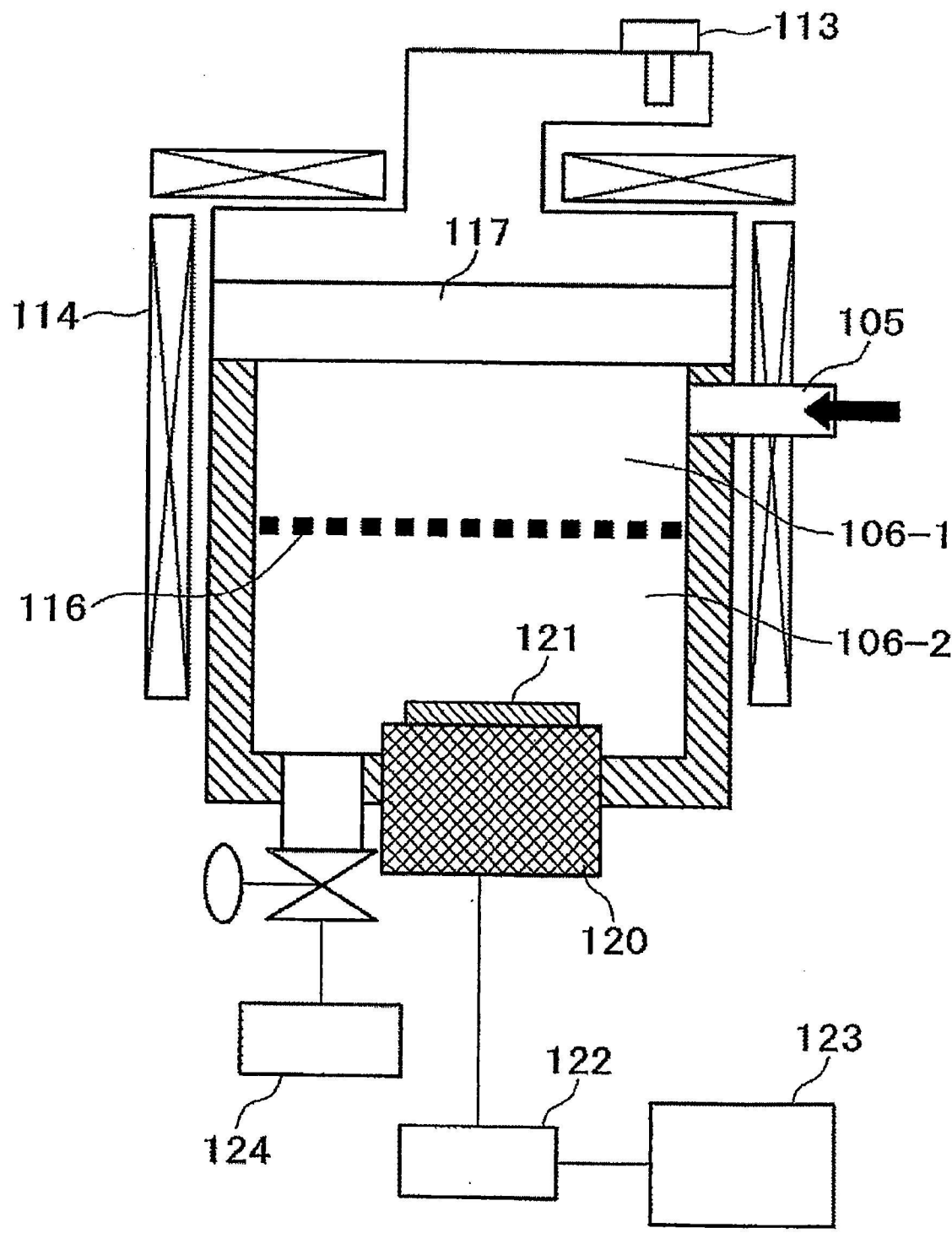


圖 2

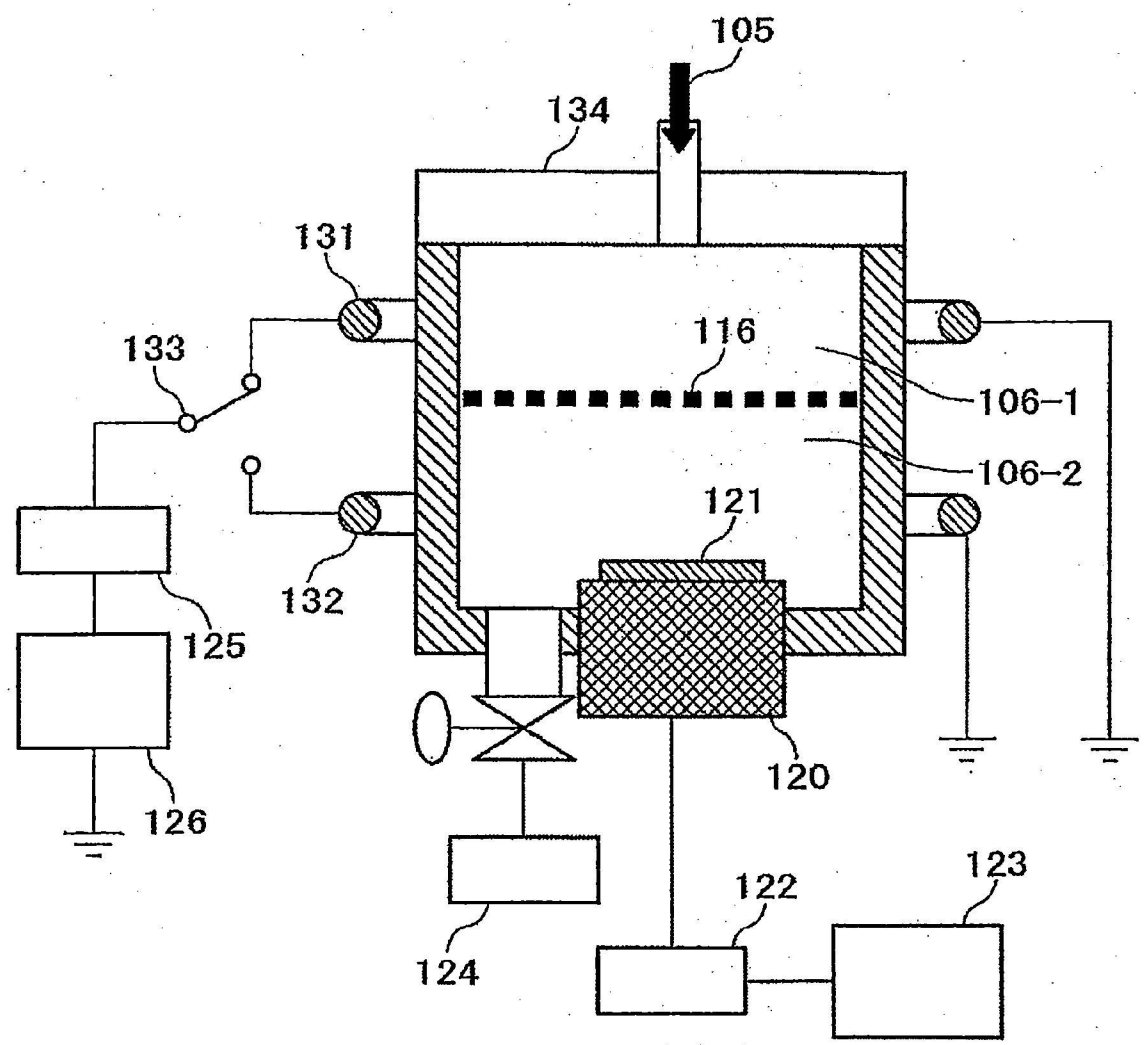


圖 3

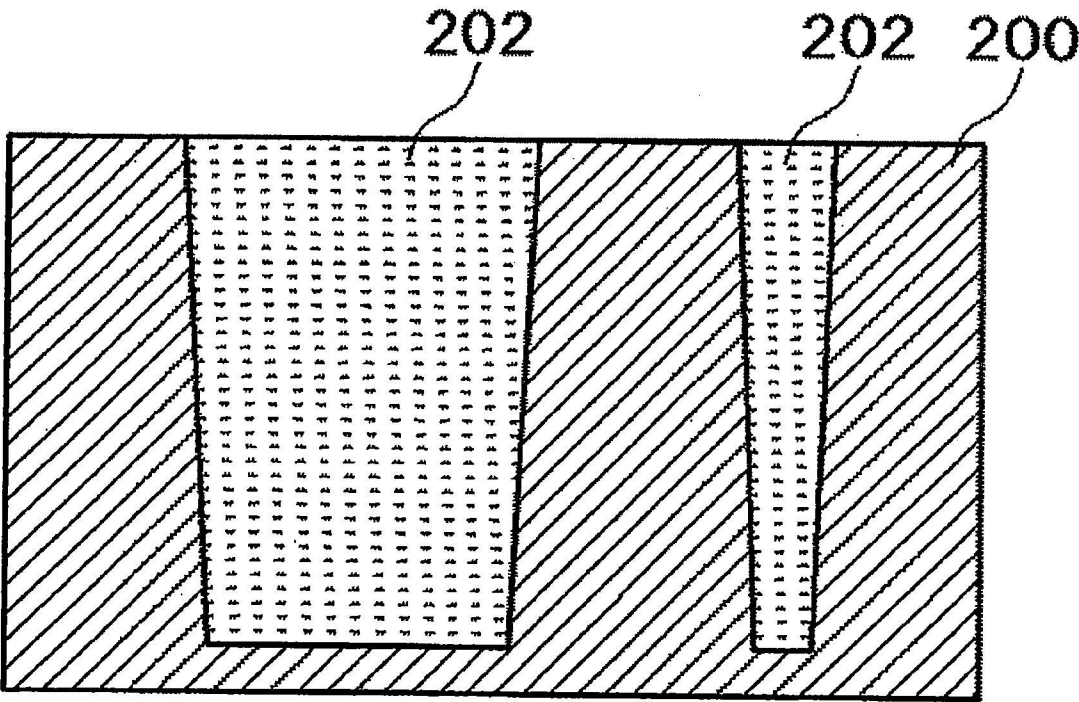


圖 4

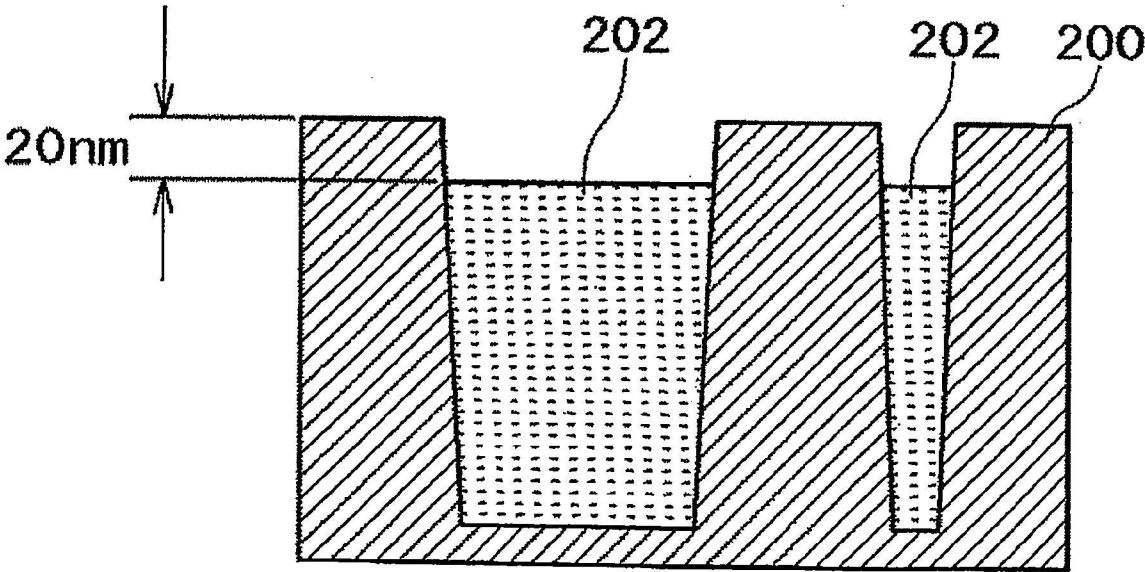


圖 5

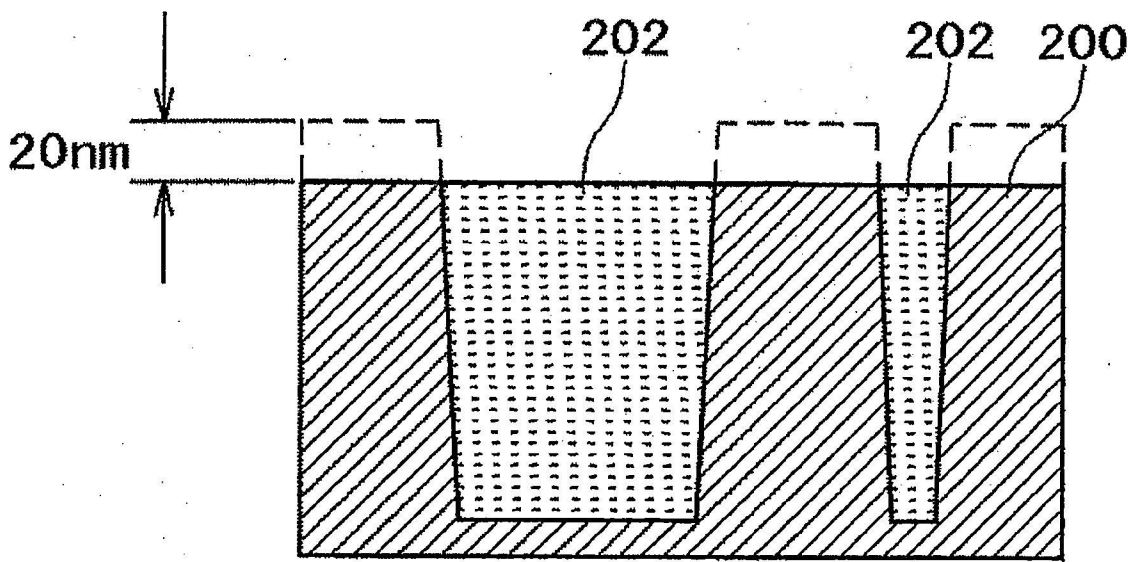


圖 6

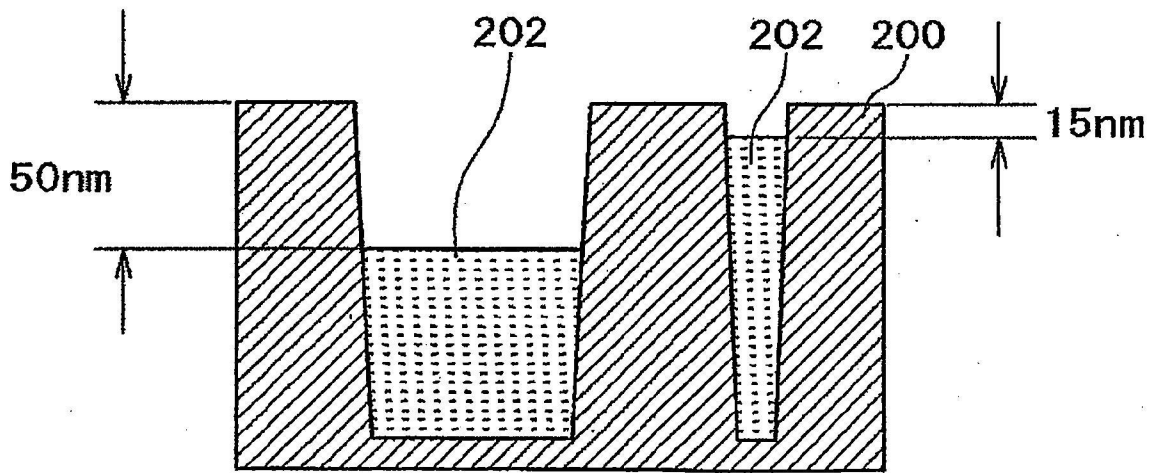


圖 7

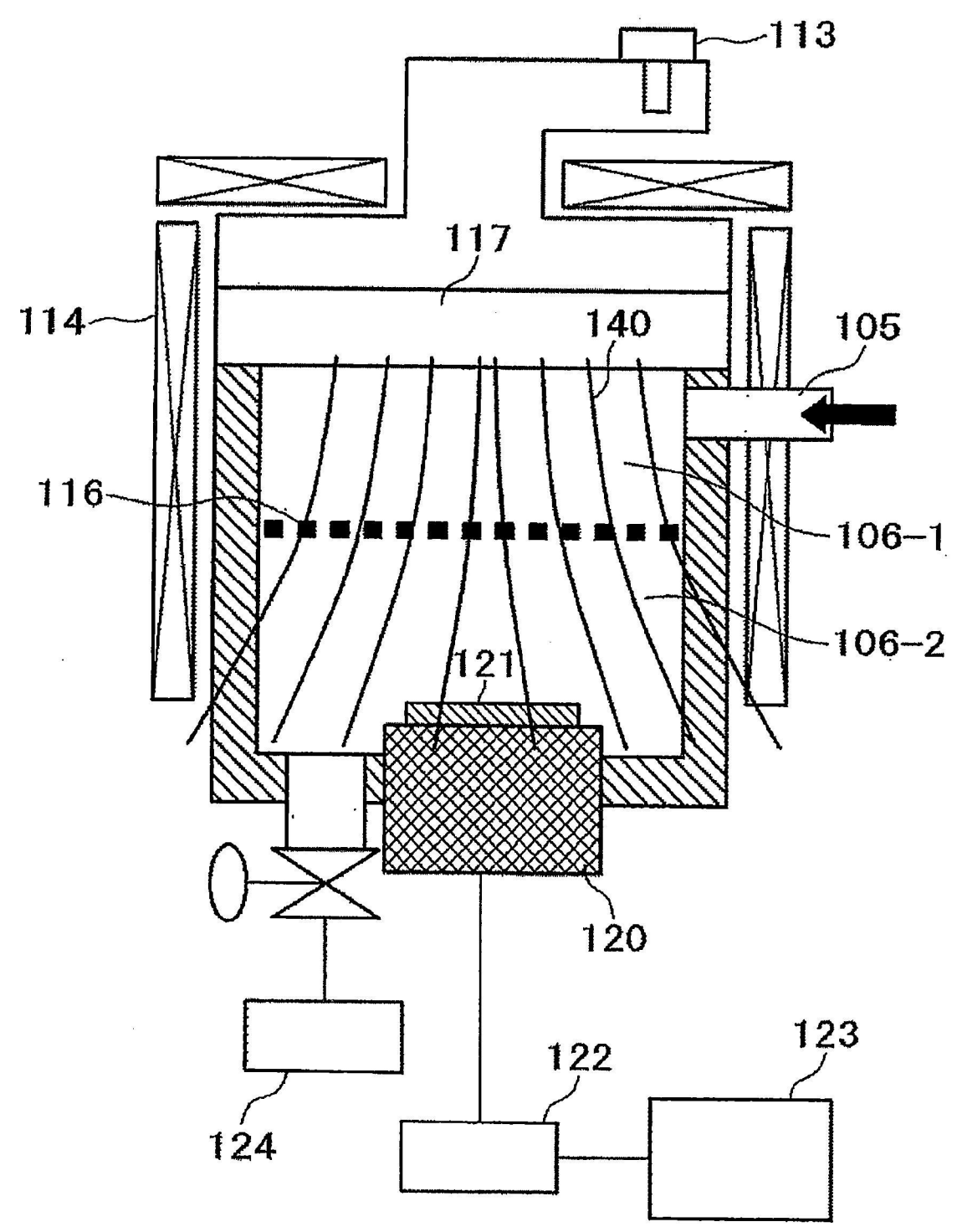


圖 8

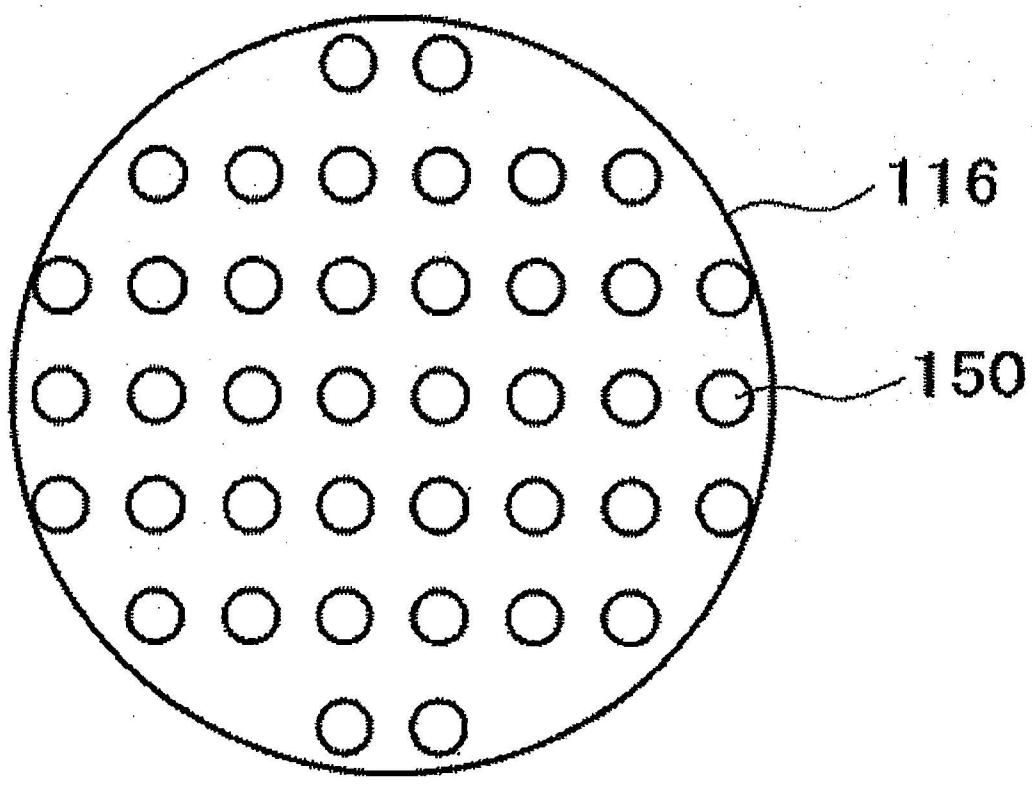


圖 9

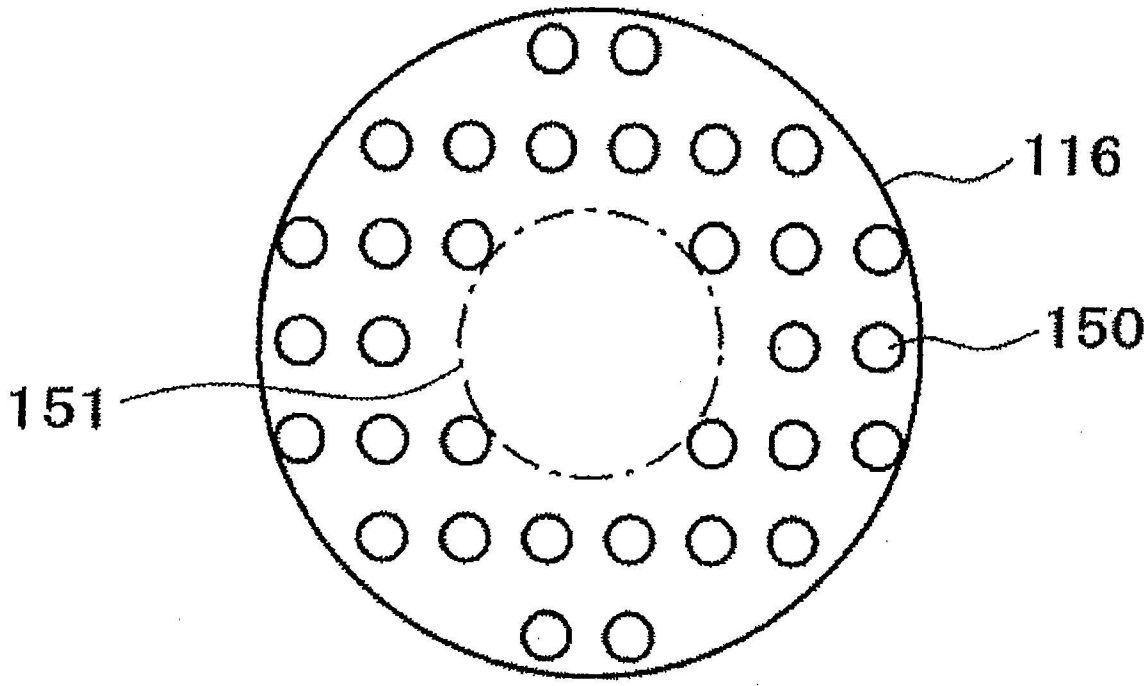


圖 10A

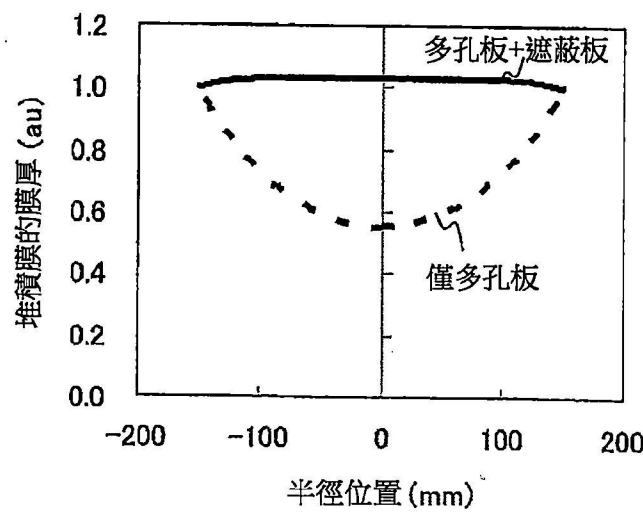


圖 10B

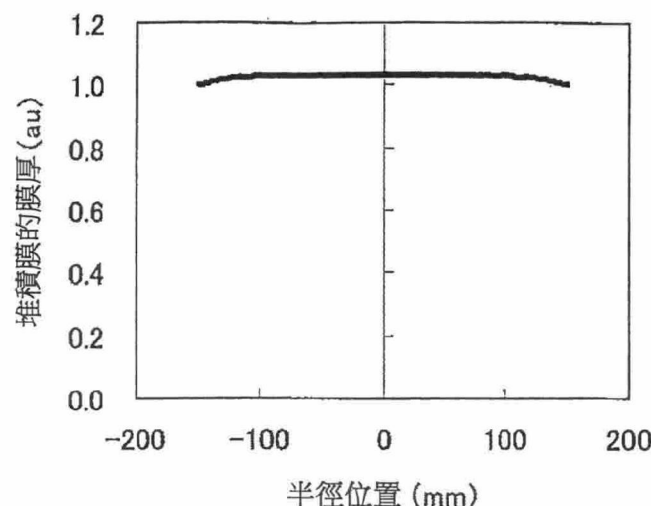


圖 11

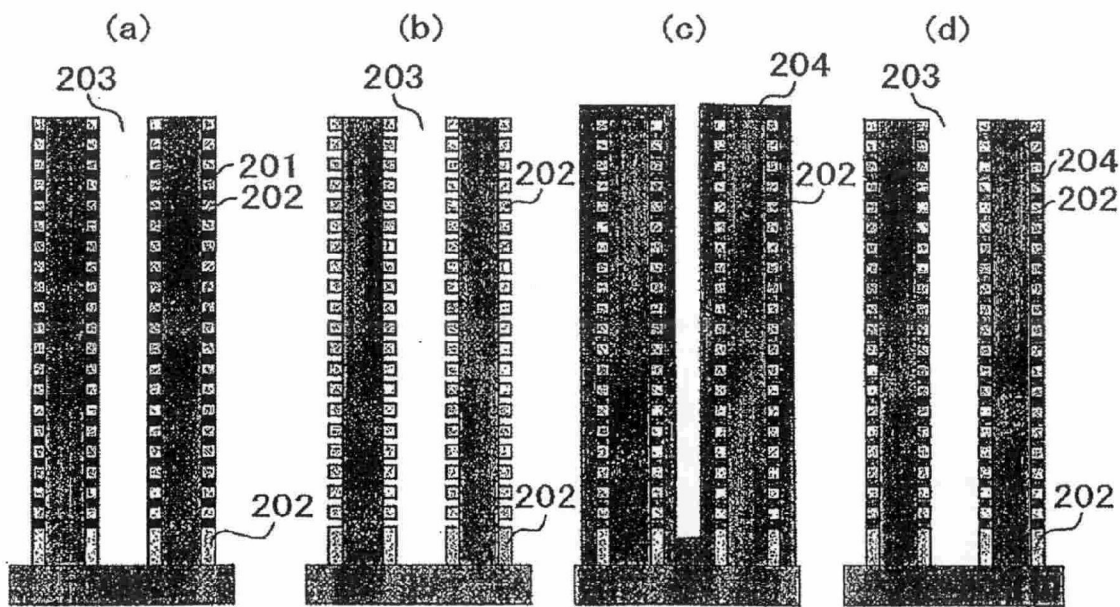


圖 12

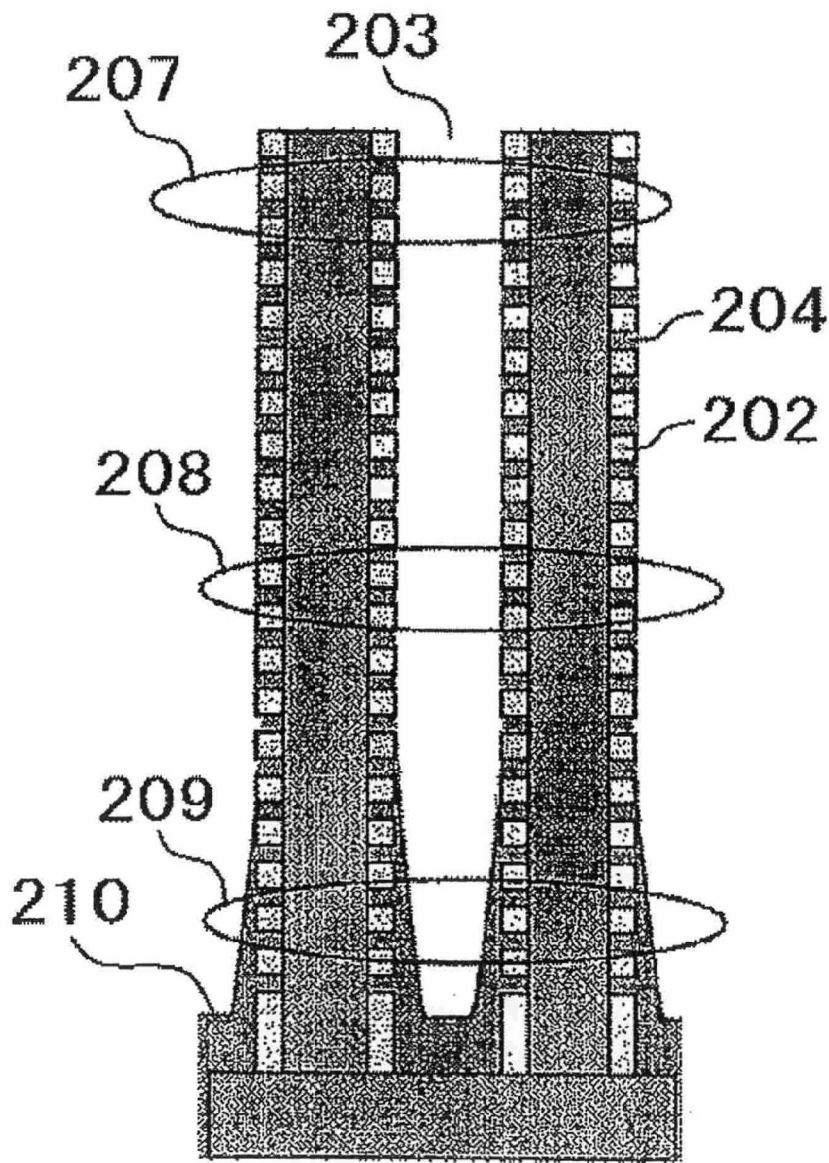


圖 13

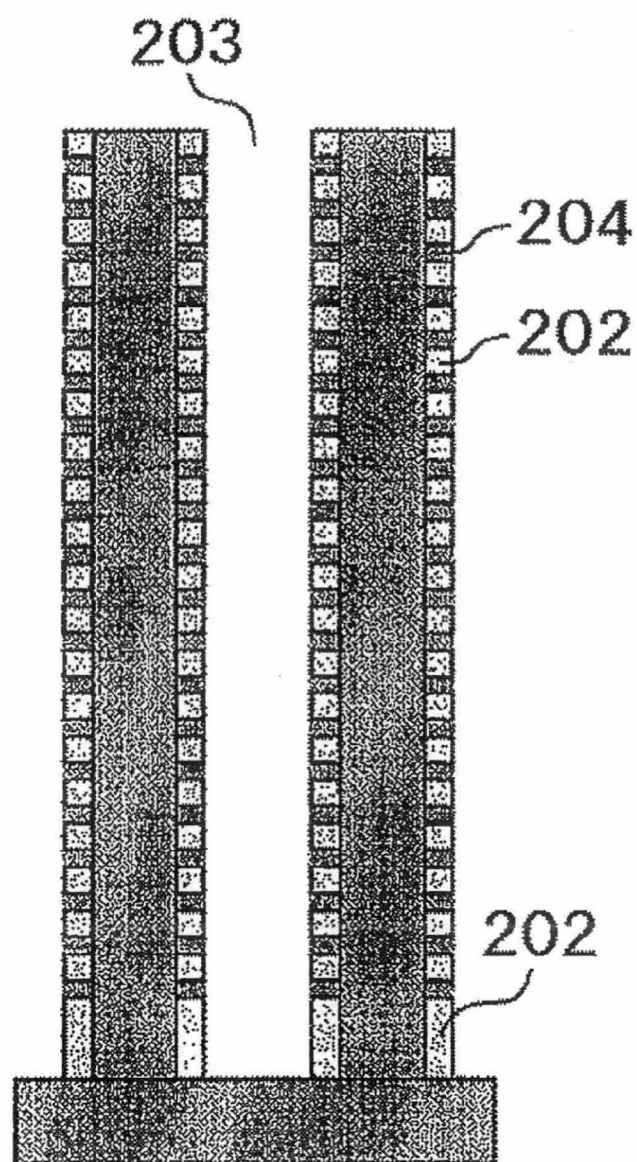


圖 14

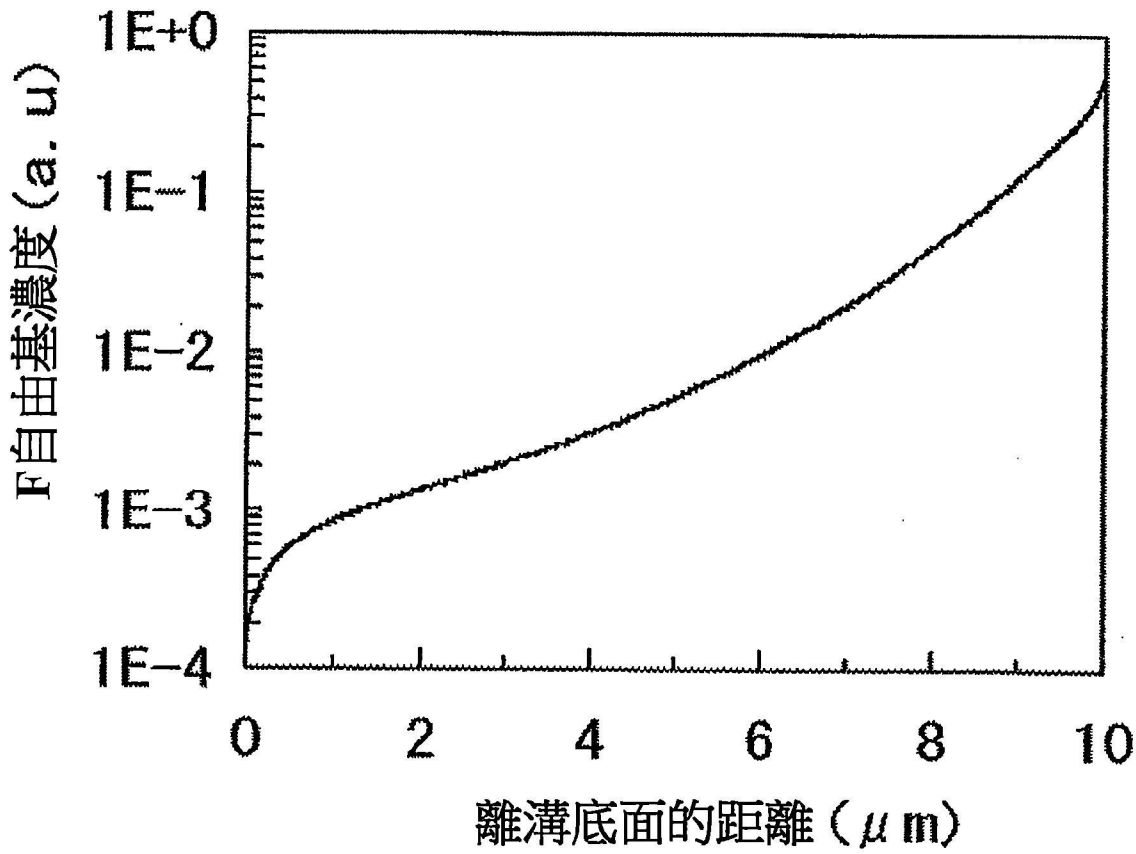


圖 15

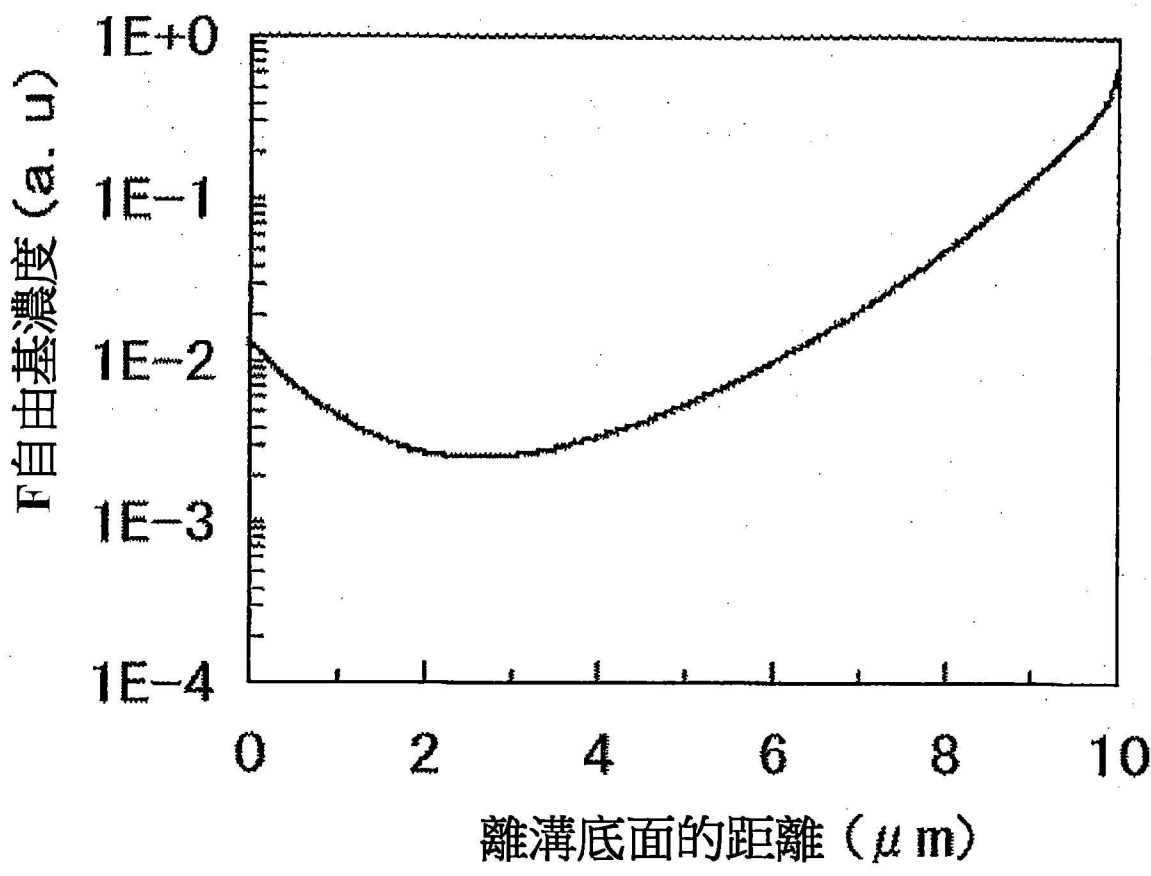


圖 16

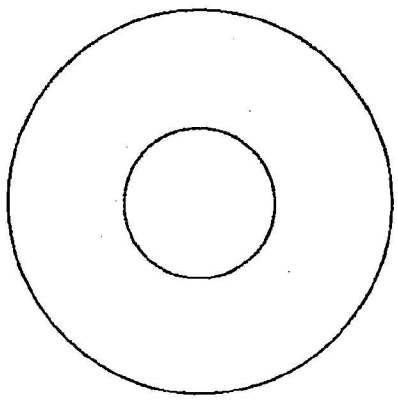


圖 17

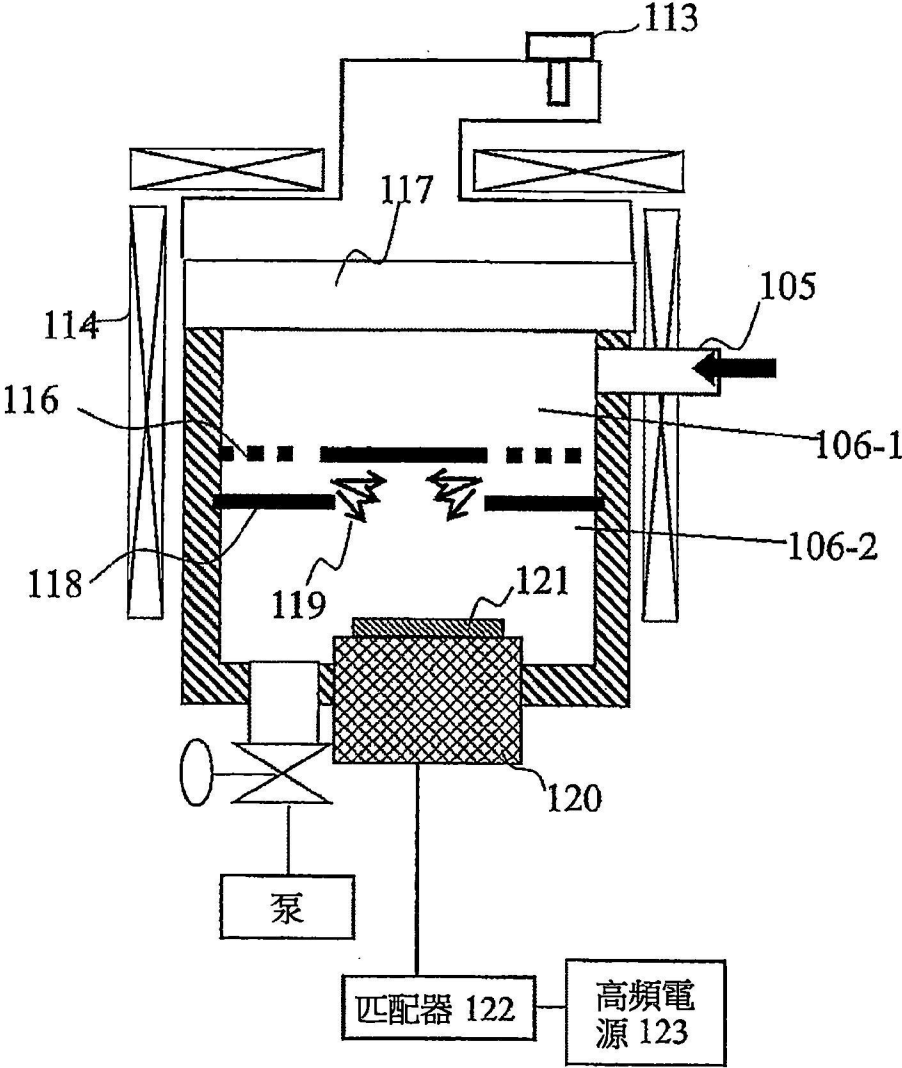


圖 18

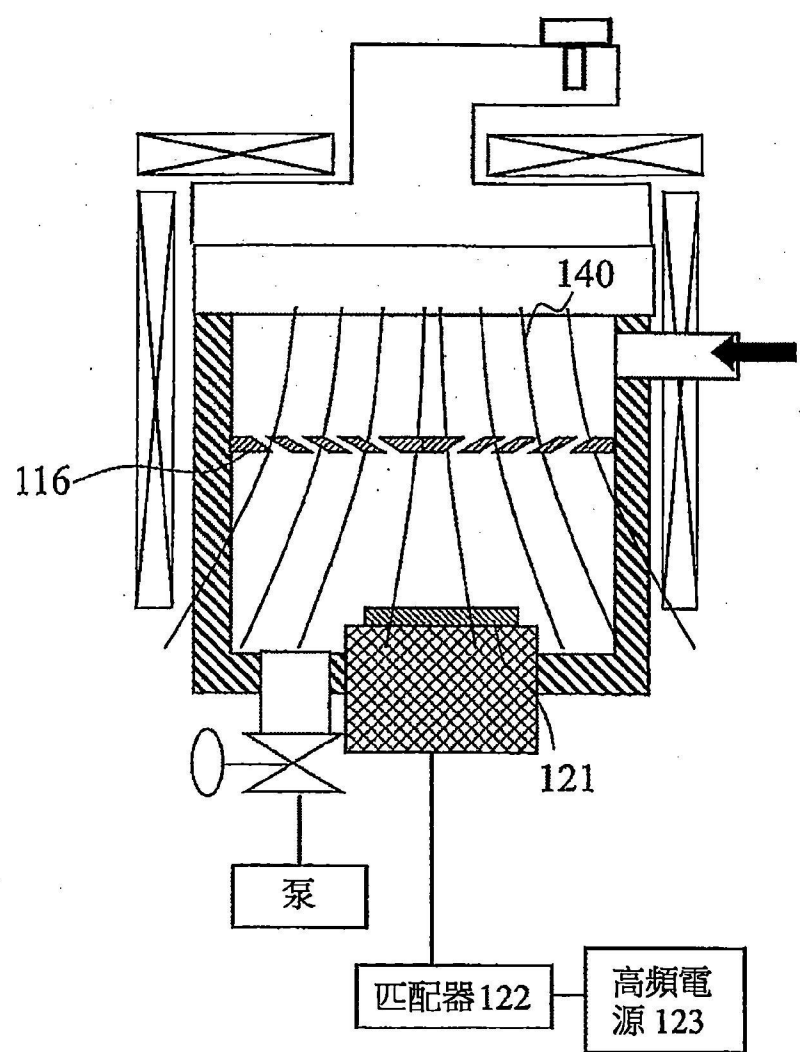


圖 19

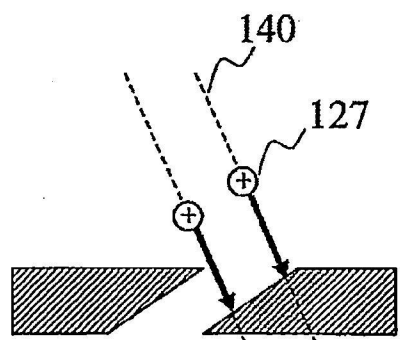


圖 20

