

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4307628号  
(P4307628)

(45) 発行日 平成21年8月5日 (2009.8.5)

(24) 登録日 平成21年5月15日 (2009.5.15)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 1 O 1 B

C 2 3 C 16/509 (2006.01)

C 2 3 C 16/509

H O 1 L 21/205 (2006.01)

H O 1 L 21/205

請求項の数 2 外国語出願 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-139325  
 (22) 出願日 平成11年5月19日 (1999.5.19)  
 (65) 公開番号 特開2000-331995 (P2000-331995A)  
 (43) 公開日 平成12年11月30日 (2000.11.30)  
 審査請求日 平成18年5月15日 (2006.5.15)

(73) 特許権者 000227294  
 キヤノンアネルバ株式会社  
 神奈川県川崎市麻生区栗木2-5-1  
 (74) 代理人 100094020  
 弁理士 田宮 寛社  
 (72) 発明者 スニル ウィクラマナヤカ  
 東京都府中市四谷5丁目8番1号 アネル  
 バ株式会社内

審査官 宮崎 園子

(56) 参考文献 特開平08-227874 (JP, A)

(58) 調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
 H01L 21/3065

(54) 【発明の名称】 C C P 反応容器の平板型ガス導入装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

上部電極と、複数のガス導入孔を備えたガス導入プレートと、それらの間に設けられたガスリザーバとからなる C C P 反応容器の平板型ガス導入装置において、前記上部電極はその下面に配置された複数のマグネットを有し、複数の前記マグネットの各々は、その磁軸が対応する前記ガス導入孔の軸に一致するように、前記ガス導入孔の各々に対応して配置されることを特徴とする C C P 反応容器の平板型ガス導入装置。

【請求項 2】

隣り合う 2 つの前記マグネットの間で磁界により相互作用が生じるように前記マグネットが接近して配置されるとき、複数の前記マグネットは、C C P 反応容器の内部に対向する二者択一の極性を有し、前記ガス導入孔の上方に配置されることを特徴とする請求項 1 記載の C C P 反応容器の平板型ガス導入装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、C C P 反応容器の平板型ガス導入装置に関し、特に、C C P 反応容器に設けられ、その寿命と利用効率を高めるためそのガス導入孔のエロージョンを少なくし、または防止することのできるガス導入プレートを備えた平板型ガス導入装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

容量結合型プラズマ（ＣＣＰ）反応容器は半導体製造装置の産業において広範囲の応用で用いられている。ＣＣＰ反応容器は、（１）カソード電極とアノード電極の間の狭い隙間に起因するプラズマ反応容器の低アスペクトレシオ、（２）プラズマのより良い半径方向の均一性、（３）プラズマ開始が容易であること、（４）より良いガス分布を作るシャワーヘッドタイプの平板型ガス導入装置を用いることができること、のとき多くの利点を持っているため、大きな関心で注目されている。

#### 【０００３】

ＣＣＰ反応容器についての問題の１つは、シャワーヘッドタイプの平板型ガス導入装置のガス導入プレートにおいて非均一なエロージョンに関連することである。ガス導入プレートは複数のガス導入孔を有し、これらのガス導入孔は、ガス導入プレートの他の領域に比較しプラズマによってより高い割合でエロージョンを受けやすい。ガス導入孔におけるエロージョンは、その上側からと同様に、その下側からも起きる。このエロージョンの生成のメカニズムは、以下において図４と図５に従って詳細に説明される。

#### 【０００４】

図４はＣＣＰ反応容器１００の一例の簡略化された図を示す。このＣＣＰ反応容器１００は上部プレート５１、底部プレート５２、円筒形側壁５３、上部電極５４、そしてウェハーホルダ５５から構成されている。上部電極５４はＣＣＰ反応容器１００の上側でリング形絶縁体５６によって設けられており、ウェハーホルダ５５は平板形絶縁体５７によって支持されながら底部プレート５０の上に設けられている。さらに、絶縁体プレート５８は上部プレート５１と上部電極５４の間に設けられている。上部電極５４は金属で作られており、例えばアルミニウムが用いられる。上部電極５４の下にはガス導入プレート５９が存在する。上部電極５４とガス導入プレート５９の間には、ガスリザーバと呼ばれる狭い空間６０が存在する。ガスリザーバ６０の目的はガス導入プレート５９の全面にわたって均一なガス分布を与えることである。ガス導入プレート５９の材質はプラズマが応用されるタイプに依存しており、例えば、ドライエッチングの応用においてはカーボンあるいはＳｉが通常用いられる。いくつかの他の応用において誘電体物質、例えば石英あるいはセラミックが通常用いられる。ガス導入プレート５９には、ガスリザーバ６０からプラズマへプロセスガスを導入するための多数のガス導入孔５９ａが存在する。ガス導入孔５９ａの直径は約０．５ｍｍである。ガス導入孔５９ａの間隔は、通常のプラズマ源で、５ｍｍから２０ｍｍで変化し得る。しかしながら、ガス導入孔５９ａの間隔の値に拘わらず、ガス導入孔５９ａの間の等しい間隔が、通常、産業用プラズマ源の大部分において保持されている。すなわち、ガス導入孔５９ａはガス導入プレート５９の上に描かれた同一の正方形の角部に作られる。ウェハーホルダ５５の上には、処理されるべきウェハー６１が存在する。ウェハー６１はガス導入プレート５９に平行に対向している。

#### 【０００５】

高周波（ｒｆ）電力源６２は整合回路６３を介して上部電極５４に接続されている。高周波電力源６２は通常１０ＭＨｚ～１００ＭＨｚの範囲における周波数で動作する。高周波電力が上部電極５４に与えられるとき、プラズマが容量結合型メカニズムによってガス導入プレート５９とウェハーホルダ５５の間に生成される。しかしながら、プラズマ発生領域は、電子加熱過程が主としてちょうどガス導入プレート５９の下側に存在するシース電圧の発振で起きるので、ガス導入プレート５９の近傍に存在することになる。それ故に、プラズマ密度は、ガス導入プレート５９に接近するに従って高くなり、気相での再結合と両極性拡散が原因で下流に向かって次第に減少する。

#### 【０００６】

##### 【発明が解決すべき問題】

上記のごとく、ガス導入プレート５９に関連する主たる問題は、プラズマに基づくガス導入孔５９ａでのより高いエロージョン速度である。このエロージョンはガス導入プレート５９の低い利用効率という結果をもたらす。エロージョンのメカニズムが以下に説明される。

#### 【０００７】

プラズマは、通常、現在の産業における利用の大部分において、低い圧力で生成され、例えば、 $10\text{ mTorr} \sim 100\text{ mTorr}$ の範囲である。しかしながら、ガスを導入孔59aの端部59a-1において少しばかり高いガス圧力があり、そしてガスリザーバ60の内部で、さらに高いガス圧力となっている。プラズマ密度は圧力に依存して変化する。高い圧力では、プラズマ密度はより高くなる。容量結合型プラズマにおいて高周波電極は一般的に自己バイアス電圧を持っている。上記の場合において、ガス導入プレート59は高周波電極として機能し、そしてそれ故に自己バイアス電圧を有する。ガス導入プレート59で発生する自己バイアス電圧の値と極性は、多くのパラメーター、例えば、カソード（ガス導入プレート）とアノード（プラズマが接触するすべての接地された表面）の表面の面積比、高周波電力源62の動作周波数、プラズマ密度などに依存する。実際の応用で用いられるプラズマ源の大部分において、高周波電極は負の自己バイアス電圧が発生する。この負の自己バイアス電圧のために、プラズマの中の正のイオンはガス導入プレート59に向かって加速し、そしてその表面に衝突する。これらのイオンは加速の過程によってより高いエネルギーを取得し、こうしてガス導入プレート59の上でのイオンの衝突がガス導入プレート59でのスパッタリングの原因となる。上で説明したように、スパッタリングのダメージは、ガス導入孔59aでより高くなる。これは、これらの場所においてより高いプラズマ密度があるからである。この工程は、ガス導入プレート59の他の領域に比較して、ガス導入孔59aのエロージョンが拡大されることの原因となり、このことがガス導入孔59aの直径を拡大するという結果をもたらす。ガス導入孔の直径の増加に伴って、プラズマは、ガス導入孔59aの壁での電子の多重反射によってガス導入孔59aに閉じ込められる傾向にある。従って、ガス導入孔59aでのエロージョン速度はプラズマ発生時間中に加速する。この過程は、図5に示すごとく、長い動作時間の経過後、その下側端部59a-1に円錐形をしたガス導入孔64を作り出す。

#### 【0008】

同様にして、ガス導入孔59aの上側端部59a-2で発生したマイクロプラズマはガス導入孔59aの上側のエロージョンの原因となる。これらのエロージョンの過程のために、図5に示すごとくその上側端部59a-2に円錐形のガス導入孔65が形成される。ガス導入プレート59の寿命はガス導入孔59aにおける侵食される上側端部と下側端部とがつながるという条件によって制限される。この理由によって、長い寿命を保つために、通常、より厚い、約 $10\text{ mm}$ のガス導入プレートがCCP反応容器100に使用される。しかしながら、ガス導入プレート59は、ガス導入孔59aのエロージョンがその寿命を決定するので、非常に低い利用効率を持つこととなる。

#### 【0009】

さらに、プラズマの生成においてポリマー堆積性の混合ガス(a polymer deposition gas chemistry)が用いられる場合に、上部電極54の下面の個所にポリマーの堆積65が観察され、図5に示されるごとくそれはガス導入孔59aのちょうど上に存在する。ポリマー堆積65は次の2つの理由(1)と(2)に基づいている。(1)ガス導入孔59aの上側端部59a-2で発生したマイクロプラズマのためポリマー堆積ラジカルが形成される。(2)ガス導入プレート59の下の主プラズマで生成されたポリマー堆積ラジカルはガス導入孔59aを介して拡散し得る。この拡散の工程は、プラズマ発生時間中でのガス導入孔の直径の増加に伴って増加することになる。ポリマー堆積66によって形成される層の厚みが、それが剥がれてプラズマ中へ微細なパーティクルとしての放出される程度に厚くなる前に、CCP反応容器100におけるプラズマによるウェハー60への工程は停止されるべきである。プラズマにおける微細なパーティクルの存在は不良デバイスの原因となる。

#### 【0010】

本発明の目的は、ガス導入孔のプラズマ強化エロージョンを抑制することで、より長い寿命を持ち、より高い利用効率を持つガス導入プレートを備えたCCP反応容器の平板型ガス導入装置を提供することにある。

#### 【0011】

10

20

30

40

50

**【課題を解決するための手段】**

本発明によるＣＣＰ反応容器の平板型ガス導入装置は、上記目的を達成するために、次のように構成される。

**【００１２】**

ＣＣＰ反応容器内に設けられる平板型ガス導入装置は、上部電極、複数のガス導入孔を備えたガス導入プレート、それらの間のガスリザーバから構成される。この平板型ガス導入装置において、さらに、上部電極はその下面に位置する複数のマグネットを有し、そして複数のマグネットの各々は複数のガス導入孔の各々に対応して配置され、複数のマグネットのいずれのマグネット軸も対応するガス導入孔の軸に一致するようになっている。上記構造によれば、マグネットの各々是对應するガス導入孔の両端部に生じるプラズマによって促進されるエロージョンを防止する。

10

**【００１３】**

上記のＣＣＰ反応容器の平板型ガス導入装置において、好ましくは、複数のマグネットは、複数のマグネットが隣り合う２つのマグネットの間で磁界が原因で相互作用が生じるように接近して配置される場合、ＣＣＰ反応容器の内部に向かう二者択一の極性を備えてガス導入孔の上方に配置される。

**【００１４】****【発明の実施の形態】**

以下に、添付された図面に従って好適な実施形態が説明される。この実施形態の説明を通して本発明の詳細が明らかにされるであろう。

20

**【００１５】**

本発明の実施形態は、図１と図２に従って説明される。図１は平板型ガス導入装置の発明された構成を備えるＣＣＰ反応容器１０の簡略された図を示す。ＣＣＰ反応容器１０は、上部プレート１１と、底部プレート１２と、円筒形側壁１３とからなり、その内部に平板型ガス導入装置１４と基板ホルダ１５を備えている。平板型ガス導入装置１４は、円筒形側壁１３の上側部分にリング絶縁体１６を介して固定されている。平板型ガス導入装置１４は、上部電極１７、複数のマグネット１８とガス導入プレート１９から構成されている。

**【００１６】**

上部電極１７は非磁性金属、例えばアルミニウムによって作られている。ガス導入プレート１９は導電性物質または非導電性物質で作られている。導電性物質としてはアルミニウム、カーボン、あるいは不純物を加えたシリコンが使用され、そして非導電性物質としては水晶あるいはセラミックが使用される。当該物質のタイプは本質的にプラズマ工程のタイプによって決定される。ガス導入プレート１９の厚みは通常１０mmまたはそれより小さい。ガス導入プレート１９の直径はプラズマ工程を受けるウェハーの直径の大きさによって決定される。

30

**【００１７】**

上部電極１７とガス導入プレート１９の間にはガスリザーバ２０として狭いスペースすなわちすき間が存在する。ガスリザーバ２０のすき間幅は通常約１mmである。多数のガス導入孔がガス導入プレート１９を通して作られている。ガス導入孔１９の直径は通常約０．５～０．６mmである。当該ガスの均一の分布を持つために、ガス導入孔１９aは互いに等しい間隔で作られている。最も普通の実施は、ガス導入孔１９aはガス導入プレート１９の上に描かれた同一の正方形の角部に作られるいうことである。隣り合う２つの孔１９aの間の間隔が重要なことではなく、それは５～３０mmで変わり得る。ガス導入孔の個数は例えば５５～２００であり、好ましくは約１２４である。

40

**【００１８】**

上部電極１７の下面には複数の孔２１がマグネット１８を挿入する目的で作られている。孔２１はマグネット１８の形に依存して正方形あるいは円筒形の形状である。孔２１の大きさはマグネット１８の大きさよりもわずかに大きくっており、通常０．５mm程度大きくになっている。

50

## 【 0 0 1 9 】

マグネット 1 8 の形と大きさは重要なことではない。マグネット 1 8 の断面形状は正方形または円形である。もしマグネットの断面形状が円形である場合には、その直径は 5 mm から 2 0 mm で変わり得る。もしマグネットの断面形状が正方形である場合には、それに相当する大きさが採用される。同様にマグネットの高さは重要なことではなく、2 mm から 2 0 mm で変わり得る。しかしながら、より大きな高さを持つマグネットを用いることもできる。通常、ガス導入プレート 1 9 の厚みの増大に伴って、マグネット 1 8 の高さも、マグネット 1 8 によって作られる磁界 2 2 がガス導入孔 1 9 a のかなりの体積部分を通過するようにするため、同様に増加する。

## 【 0 0 2 0 】

複数のマグネット 1 8 の位置はそれぞれ正確にガス導入孔 1 9 a の上方でなければならない。すなわち、ガス導入孔 1 9 a の垂直な軸とこれに対応するマグネット 1 8 は実質的に同じものでなければならない。このことはマグネットの磁軸が対応するガス導入孔の軸に対して一直線になることを意味している。それ故にマグネットの個数はガス導入孔の個数と同じである。他の条件は、各マグネット 1 8 の磁極の一つがプラズマの方に向けられているということである。マグネット 1 8 の磁界の強さは同様に重要なことではなく、5 0 ガウスから 1 キロガウスの範囲で変えられる。

## 【 0 0 2 1 】

マグネット 1 8 の配置の仕方は、それらの大きさ、磁界の強さ、間隔に依存して、2 つの異なる方法がある。1 つのマグネットから隣の他のマグネットへ放射される磁界 2 2 の影響がない場合には、マグネット 1 8 は、プラズマに向く磁極がランダムになるように任意に設けられる。この条件を有するためには、マグネット 1 8 の間隔がより小さくならなければならない、またはマグネット 1 8 の大きさがより小さくならなければならない、または上記条件の両方が必要とされる。この場合の磁界 2 2 の磁束線 2 2 a のパターンが図 2 に示される。

## 【 0 0 2 2 】

1 つのマグネットから放射される磁界 2 2 が隣のマグネットを通過する場合には他のマグネット配置が選択される。すなわち、隣り合う 2 つのマグネットの間で磁界が原因で相互作用が生じるようにマグネットが接近して配置される場合である。この条件を持つためには、マグネット 1 8 の間の間隔がより小さくならなければならないか、あるいはマグネットの大きさおよび/または磁界の強さがより大きくななければならない。この場合には、マグネット 1 8 は二者択一の極性を持つように設けられなければならない。マグネット 1 8 のこの構成で作られる磁界 2 2 の磁束線 2 2 a のパターンは図 3 に示される。

## 【 0 0 2 3 】

図 2 と図 3 で示されたマグネット配置の両方において、磁界 2 2 はガス導入孔 1 9 a を通過している。さらに、磁界 2 2 の方向はほとんど垂直方向であり、特にガス導入孔 1 9 a の上側端部では垂直になっている。磁界 2 2 の方向は、ガス導入孔 1 9 a の下側端部では垂直方向から少し偏移している。当該偏差の程度はガス導入プレート 1 9 の厚みと磁界 2 2 の強さに依存する。しかしながら、適当な磁界 2 2 の強さとガス導入プレート 1 9 の厚みを選択することによって、ガス導入孔 1 9 a の下側端部でより高い磁界強度が得られる。

## 【 0 0 2 4 】

さらに、前述の基板ホルダ 1 5 は平板型絶縁体 3 1 を介して底部プレート 1 2 に設けられる。基板ホルダ 1 5 は電氣的に底部プレート 1 2 から絶縁されている。基板ホルダ 1 5 の上には水平な状態で処理されるべき基板 3 2 が搭載されている。この場合において、例えば、基板の直径は 2 0 0 mm であり、ウェハーホルダ 1 5 と平板型絶縁体 3 1 の直径は 3 0 0 mm である。また上部電極 1 7 と上部プレート 1 1 の間にも平板型絶縁体 3 3 がある。上部電極 1 3 は整合回路 3 5 を介して高周波電力源 3 4 と接続されている。整合回路 3 5 からの電力供給経路は、上部電極 1 7 に接続された上部プレート 1 1 と平板型絶縁体 3 3 を経由して通過する。これによって上部電極は高周波電力源から高周波電力を供給され

10

20

30

40

50

る。

#### 【 0 0 2 5 】

次に、ガス導入孔 1 9 a におけるエロージョンの減少が説明される。いったんプラズマが容量結合型メカニズムによって作られると、ガス導入プレートにおける負の直流 ( d c ) バイアス電圧のため、ガス導入プレート 1 9 の上にほとんど連続的なイオンの衝突が生じる。しかしながら、第 1 の実施形態においてはガス導入孔 1 9 a の各々の上方にマグネット 1 8 が存在する。マグネット 1 8 による磁界は、対応するガス導入孔 1 9 a の周りだけでなく、プラズマの中にもわずかに浸透する。この磁界 2 2 での電子はサイクロトロン回転を受け、もし磁界 2 2 が強いときには、電子は磁界鏡面反射過程によって反射される。これらの理由によって、ガス導入プレート 1 9 の他の領域に比較して、ガス導入孔 1 9 a のそれぞれの周りでは電子の衝突がより少なくなる。このことは、もしガス導入プレート 1 9 が絶縁物質で作られているならば、ガス導入孔 1 9 a の周りの負の直流電圧は相対的により小さくなるということを示している。こうして、ガス導入孔 1 9 a の周りに衝突するイオンは、より少ないエネルギーを得る。このことがガス導入孔 1 9 a におけるエロージョンを防止または少なくする。

10

#### 【 0 0 2 6 】

磁界 2 2 の存在において、イオンも同様にサイクロトロン回転を受ける。もし磁界 2 2 の強度が低い場合、あるいはイオンのエネルギーが低い場合には、イオンのサイクロトロンの半径は大きくなる。例えば 1 0 0 ガウスの磁界において 0 . 0 2 6 エレクトロンボルト ( e V ) のアルゴンイオン ( A r <sup>+</sup> ) のサイクロトロン半径はおよそ 1 . 4 c m である。当該サイクロトロン回転のため、イオンはガス導入孔 1 9 a から離れるように移動する。もしガス導入孔 1 9 a における磁界 2 2 が十分に強い場合には、イオンであっても反射によりプラズマへ戻される。この過程は、たとえガス導入プレートが導電性物質で作られる場合であっても、ガス導入孔 1 9 a の上およびその周りでのイオン線束を減少させる。

20

#### 【 0 0 2 7 】

前述の事実と相互関係を持つ他の理由は、プラズマ密度がマグネット 1 8 の間 ( またはガス導入孔 1 9 a の間 ) で増加し、磁極で減少するということである。それ故に、ガス導入孔 1 9 a の周りのイオン密度は低くなり、それによってガス導入孔 1 9 a の周りでのイオンの流速も低くなる。このことはガス導入孔 1 9 a におけるエロージョンの減少という結果をもたらす。

30

#### 【 0 0 2 8 】

さらに、ガス導入孔 1 9 a の上側端部で、磁界 2 2 は強く、ほとんど垂直方向に存在する。これは電子の横方向の動きを防止する。電子の横方向の動きがなければ、この領域において安定したプラズマを作ることはできない。こうして、ガスリザーバ 2 0 におけるマイクロプラズマの発生が防止される。ガスリザーバ 2 0 においてプラズマが存在しないので、ガス導入孔 1 9 a の上側端部のエロージョンは生じない。

#### 【 0 0 2 9 】

上で説明したように、ガス導入孔 1 9 a のエロージョンは、ガス導入孔 1 9 a の各々の上側に個々のマグネット 1 8 を配置することによって減じられ、あるいは防止される。さらに、ガス導入孔のエロージョンがより少なくなり、あるいはなくなるので、ガス導入プレート 1 9 の厚みを減少させることができる。さらにガスリザーバの領域においてプラズマが生じないので、上部電極 1 7 の下面における膜堆積が最少化される。こうして、上部電極中 1 7 の下面に堆積される前述のポリマー層によって問題となった汚染問題もまた最少化される。

40

#### 【 0 0 3 0 】

#### 【 発明の効果 】

本発明による C C P 反応容器の平板型ガス導入装置は、複数のマグネットとに関連するガス導入プレートを持ち、ガス導入孔のエロージョンを防止しあるいは最小化することができる。これは、ガス導入プレートの寿命とその利用効率を増大するという結果をもたらす。

50

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】この図は、発明された構成とガス導入プレートを備える容量結合型プラズマ源の断面図を示す。

【図 2】この図は、互いに影響を与えない程度に十分に離れた 2 つのマグネットから放射される磁束線の断面図を示す。

【図 3】この図は、お互いに接近して存在する 2 つのマグネットから放射される磁束線の断面図を示し、1 つのマグネットの磁束線は他のマグネットを通過する。

【図 4】この図は、従来の容量結合型プラズマ源の断面図を示す。

【図 5】この図は、従来のプラズマ源における侵食されたガス導入孔の断面の拡大図を示す。

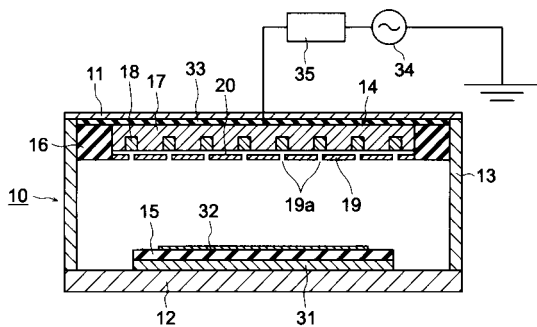
## 【参照符号の説明】

1 0	C C P 反応容器
1 1	上部プレート
1 2	底部プレート
1 3	円筒形側壁
1 4	ガス導入装置
1 5	基板ホルダ
1 7	上部電極
1 8	マグネット
1 9	ガス導入プレート
1 9 a	ガス導入孔
2 0	ガスリザーバ
2 2	磁界

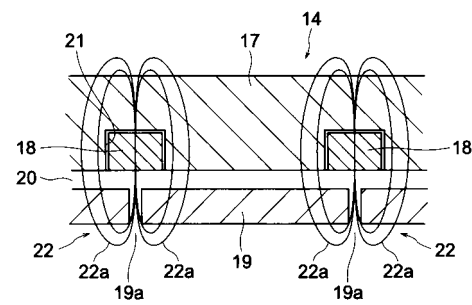
10

20

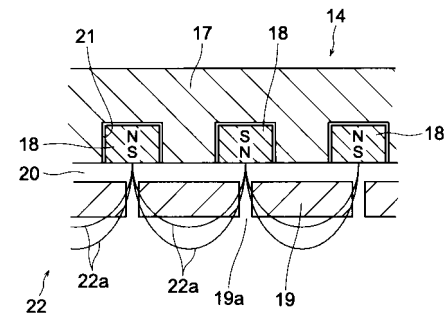
【図 1】



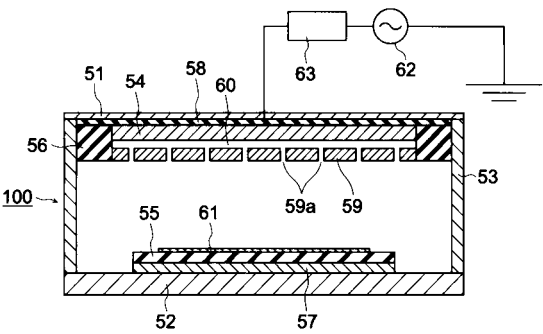
【図 2】



【図 3】



【 図 4 】



【 図 5 】

