

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4817528号
(P4817528)

(45) 発行日 平成23年11月16日 (2011.11.16)

(24) 登録日 平成23年9月9日 (2011.9.9)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 21/31 (2006.01)	H O 1 L 21/31 C
B O 1 J 19/08 (2006.01)	B O 1 J 19/08 H
C 2 3 C 16/509 (2006.01)	C 2 3 C 16/509
H O 1 L 21/3065 (2006.01)	H O 1 L 21/302 1 O 1 B
H O 5 H 1/46 (2006.01)	H O 5 H 1/46 M

請求項の数 6 外国語出願 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2001-136357 (P2001-136357)	(73) 特許権者	390040660
(22) 出願日	平成13年5月7日 (2001.5.7)		アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド
(65) 公開番号	特開2002-151496 (P2002-151496A)		APPLIED MATERIALS, INCORPORATED
(43) 公開日	平成14年5月24日 (2002.5.24)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタ クララ パウアーズ アベニュー 3050
審査請求日	平成20年5月7日 (2008.5.7)	(74) 代理人	100109726
(31) 優先権主張番号	09/563963		弁理士 園田 吉隆
(32) 優先日	平成12年5月3日 (2000.5.3)	(74) 代理人	100101199
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 小林 義教
		(74) 代理人	100107456
			弁理士 池田 成人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子ワークピース製造装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子ワークピースを製造するための装置であり、
 プラズマチャンバと、
 前記プラズマチャンバ内に配置され、垂直方向に移動可能なサセプタと、
 前記サセプタに接続される第 1 の部分と前記プラズマチャンバの壁に接続される第 2 の部分とを含む導電性ストラップと、
 前記サセプタに結合されたブロックとを備え、
 前記導電性ストラップの前記第 1 の部分は、前記サセプタと前記ブロックとの間にあり、

10

前記ブロックは、前記導電性ストラップに向かい合う凸状にカーブした表面を有し、前記凸状にカーブした表面の一部が前記導電性ストラップの上位置と接している装置。

【請求項 2】

前記ブロックは、当該ブロックが前記導電性ストラップを前記サセプタに固定するように、前記サセプタにボルトで固定されている請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記ブロックはアルミニウムである請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記導電性ストラップは V 字型であって、当該導電性ストラップの前記第 1 及び第 2 の部分が V 字の 2 つの直線として位置する請求項 1 に記載の装置。

20

【請求項 5】

前記各導電性ストラップは＜型又は＞型である請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記サセプタは、移動範囲に沿って垂直方向に移動可能であって、

前記導電性ストラップは、前記移動範囲に沿った前記サセプタの移動に対応するのに充分柔軟である請求項 1 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の分野】

本発明は一般に、陽極と陰極との電極間に印加される R F 電力によって中でプラズマが励起される、電子基板製造用のプラズマチャンバに関する。より具体的には、本発明は、陽極と陰極とが異なる周波数で R F 電力を受け、かつ、コンデンサが陰極電極と電気接地との間で接続されているようなチャンバに関する。

10

【0002】

【発明の背景】

フラットパネル・ディスプレイや集積回路などの電子デバイスは一般に、基板上に層が堆積されて、その堆積された材料が所望のパターンにエッチングされる一連の処理ステップにより製造される。処理ステップは普通、プラズマ化学気相成長 (C V D) 処理とプラズマエッチング処理とを含む。

【0003】

20

プラズマ処理には、プラズマチャンバと呼ばれる真空チャンバに処理ガス混合体を供給するステップと、次に電力または電磁力を印加して処理ガスをプラズマ状態に励起するステップとが必要とされる。プラズマはガス混合体を、所望の堆積処理またはエッチング処理を行なうイオン種に分解する。

【0004】

容量励起されたプロセスチャンバでは、陽極と陰極との電極間に印加された R F 電力によってプラズマが励起される。一般に基板は、陰極電極として機能するペデスタルまたはサセプタ上に設置され、陽極電極が基板から短距離かつ平行に設置される。

【0005】

一般に陽極電極はまた、チャンバに処理ガス混合体を供給するガス分配プレートとしても機能する。陽極電極は、処理ガス混合体がそこを通過して陽極と陰極との間の隙間に流れる、数百または数千の開口部によって貫通している。開口部は、基板に隣接する処理ガス混合体の空間均一性を最大にするよう、ガス分配プレートの表面を隔てて間隔を開けられている。そのようなガス分配プレートは、一般に「シャワー・ヘッド」と呼ばれ、1989 年 8 月 8 日に C h a n g らに発行され、譲受人に譲渡された米国特許第 4,854,263 号の中に記述されている。

30

【0006】

プラズマの R F 励起は、2 電極のうち 1 つ (すなわち陽極または陰極のいずれか) を R F 電源の出力へ接続し、別の電極を電気接地に接続することにより実現する。しかし、多くの通常使用されるプラズマ C V D およびエッチング処理では、陽極電極に接続された高周波 R F 電源と陰極電極に接続された低周波 R F 電源 (またはその逆) によって、2 つの異なる周波数で同時に R F 励起することが求められる。

40

【0007】

陰極電極 (サセプタ) と陽極電極 (ガス分配プレート) とを接続して電源を分離し、いずれの電極も電氣的に接地させないようにすると、これら電極の 1 つと、電氣的に接地されたチャンバ壁といった電氣的に接地されたチャンバ要素との間で R F 電力が結合することがあり、そのため処理能力が低下する危険性があることを我々は見出した。これは、R F 電力が所望のプラズマ C V D 処理またはエッチング処理を行なう必要のある、サセプタとガス分配プレート間の領域から R F 電力を外してしまう。窒化シリコンや酸化シリコンなどの膜を堆積する C V D 処理の場合、サセプタ背後またはサセプタに並ぶプラズマにこの

50

ような R F 電力の進路変更が起こると、引張り膜応力、低密度、および過剰な水素含量など、望ましくない特性を持つ膜が作り出される危険性があることを我々は見出した。

【 0 0 0 8 】

【発明の概要】

本発明は、チャンバ内の 2 電極間に設置される電子ワークピースまたは基板を作成するためのプラズマチャンバ装置および方法である。低周波 R F 電源が第 1 の電極に電力を供給し、高周波 R F 電源が第 2 の電極に電力を供給する。

【 0 0 0 9 】

従来の設計とは異なり、本発明はさらに第 1 の電極と電気接地との間に接続された 1 つ以上のコンデンサを含む。1 つ以上のコンデンサは、高周波 R F 電力と、2 電極が直接はさむ領域の外にあるいかなるプラズマとの結合も縮小または排除できる。その結果、本発明は 2 電極間の領域で R F 電力をより集中させることにより、プラズマ処理の能力を向上することが可能である。特に C V D 処理において、本発明は、高密度、引張り応力ではなくて望ましい程度の圧縮応力、およびその他の望ましい膜特性を有する膜の堆積を可能にする。

【 0 0 1 0 】

本発明は、ワークピースまたは基板が、第 1 の電極上またはそれに隣接して設置された、フラットパネル・ディスプレイ製造用ガラス基板などの誘電材料であるときに、特に有益である。半導体基板と比較して、誘電基板は第 1 の電極とプラズマ体との間により大きな R F インピーダンスを介在させるので、第 1 の電極に並ぶかまたは背後かの選択的 R F 電流路を通して R F 電力が結合されることにより、二次プラズマ体を形成する危険性が増加する。

【 0 0 1 1 】

本発明はまた、フラットパネル・ディスプレイの製造に使用される 5 5 0 m m × 6 5 0 m m 以上の基板など、ワークピースが非常に大きい場合に特に有益である。より大きな基板に対して、本発明の好適な実施例では、第 1 の電極の周囲または裏面を覆って分布する接触域にそれぞれ接続された複数のコンデンサを採用する。

【 0 0 1 2 】

【好適な実施例の詳細な説明】

【プラズマチャンバ】

図 1 は、本発明にしたがって陰極電極と接地との間に接続されたコンデンサを含むプラズマチャンバを表わす。本発明の詳細を記述する前に、従来のチャンバの特徴について説明する。

【 0 0 1 3 】

本発明は、プラズマチャンバ内で、シリコン・ウェーハやフラットパネル・ディスプレイ用のガラス基板など、任意の種類の電子基板またはワークピースを作成または処理するのに有用である。例示されているチャンバは、ガラス基板上で膜のプラズマ化学気相成長 (C V D) が実施されるよう設計されている。しかしながら本発明はまた、チャンバ内で、プラズマエッチングなど、その他のプラズマ支援処理を実施するのににも有用である。

【 0 0 1 4 】

プラズマチャンバまたは真空チャンバは、チャンバ内部の側面および底面を囲み、また電氣的に接地されたハウジングまたは壁 1 0 を有する。金属ペDESTALまたはサセプタ 1 2 は陰極電極として働き、ワークピースまたは基板 1 4 を支持する前面 1 3 を有する。サセプタの反対面を、その背面 1 5 と呼ぶ。

【 0 0 1 5 】

選択的に、ワークピースは直接サセプタに接する必要はなく、たとえば図示されない複数のリフト・ピンによって、サセプタの前面から短距離に保持される。ワークピースを所定位置またはサセプタの前面近くに保持するためにいかなる手段が使用されても、我々は「チャック」という用語を用いて表わす。ワークピースが単純にサセプタ上に置かれる場合、サセプタ自身がチャックである。より一般的には、ワークピースは締付けリングまたは

10

20

30

40

50

ワークピース周囲を覆って置かれる長方形シャドウ・フレームによって、あるいはサセプタに埋め込まれた静電チャックによってサセプタ上に保持される。

【 0 0 1 6 】

中空の円筒状金属導管または軸 1 6 が、サセプタの中央から下に向かって延び、チャンバの底壁を貫いて通っている。導管または軸の主な働きは、サセプタ内に埋め込まれる電気ヒータおよび/または静電チャックに電力を供給する配線を囲むことである。

【 0 0 1 7 】

例示されている好適実施例では、サセプタ中央軸 1 6 が絶縁体を介することなく直接サセプタに取り付けられ、したがって軸は R F 高圧(RF hot)であり、L F 電源をサセプタに接続する R F 伝送線の一部として機能する。軸は以下で説明される円筒型誘電体 8 1 によって、電氣的に接地されたチャンバ壁から電氣的に絶縁されている。図示されない代替設計としては、軸を電氣的に接地し、軸とサセプタとの間の絶縁スペーサによって軸をサセプタから絶縁するものがある。その場合、R F 伝送線は中空軸の中に備えられ、L F 電源をサセプタに接続する。

【 0 0 1 8 】

チャンバ内部は上端において、その中央にガス・インレット・マニホールドが取り付けられた取外し可能なリッド 1 8 により囲まれている。ガス・インレット・マニホールドは、穴の開けられたガス分配プレートすなわちシャワーヘッド 2 0、インレット・マニホールド側壁 2 2、および受け板 2 4 を含む。ガス分配プレートは、数百または数千もの開口部に穴が開けられ、また、導電性材料で構成されるので、陽極電極として機能することができる。ガス・インレット・マニホールドが R F 電力を受けられるようにするため、ガス・インレット・マニホールド 2 0 ~ 2 4 は絶縁スペーサ 2 6 によって、電氣的に接地されたリッド 1 8 およびチャンバ壁 1 0 から絶縁されている。

【 0 0 1 9 】

処理ガスは受け板内のガス注入開口部 2 8 を通じてガス・インレット・マニホールドへ供給される。その後、ガスはガス分配プレート中の開口部を通じて、ガス分配プレートとサセプタ 1 2 との間のチャンバ内部の領域へ入るように流れる。

【 0 0 2 0 】

R F 電力は、2 つの異なる R F 周波数で動作する 2 つの R F 電源によってチャンバ内のガスに供給される。H F 電源と呼ばれる高周波 R F 電源 3 0 用の典型的な動作周波数は 1 3 M H z である。「バイアス」または L F 電源と呼ばれる低周波 R F 電源 3 2 用の典型的な動作周波数は 4 0 0 k H z である。

【 0 0 2 1 】

各電源は、1 つが電氣的に接地されている 2 つの出力端子間に出力電圧を発生する。各電源の接地出力端子は、電氣的に接地されたチャンバ壁 1 0 に接続される。例示されている C V D チャンバでは、L F 電源 3 2 の接地されていない出力端子は、陰極電極として機能するサセプタ 1 2 に電氣的に接続される。H F 電源 3 0 の接地されていない、すなわち「高圧の」出力端子は、陽極電極として機能するガス分配プレート 2 0 に電氣的に接続される。(図 1 に示されるように、H F 電源をガス分配プレート 2 0 に電氣的に接続する R F ケーブルは受け板 2 4 に物理的に接続することができ、受け板 2 4 は導電性マニホールド側壁 2 2 を通じてガス分配プレートに電氣的に接続される。)

【 0 0 2 2 】

いくつかの半導体製造工程、特にエッチング工程では、例示されている C V D チャンバに関して H F 電源および L F 電源が交換される。すなわち H F 電源および L F 電源は、それぞれ陰極電極(サセプタ 1 2)および陽極電極(ガス分配プレート 2 0)に接続される。

【 0 0 2 3 】

L F 電源 3 2 とそのインピーダンス整合ネットワークの設計によって、L F 電源と陰極電極 1 2 との間に低域通過フィルタ 3 3 を直列に接続することが必要な場合がある。そのような低域通過フィルタがないと、H F 電力が L F 電源の整合ネットワークを乱したり或いは整合ネットワークに摂動を発生させたりして、インピーダンス整合の達成を妨げること

10

20

30

40

50

がある。低域通過フィルタはH F電力がL F電源に結合されることを阻止するよう、H F電源およびL F電源の周波数間に遮断周波数を持たなくてはならない。

【 0 0 2 4 】

L F電力がH F電源に結合されることを阻止するために、H F電源と陽極電極との間に高域通過フィルタ31を挿入することも出来る。高域通過フィルタは、以下に説明するC V D処理のように、L F電力レベルがH F電力レベルよりもはるかに低い場合には必要ない。

【 0 0 2 5 】

陰極電極（サセプタ12）と陽極電極（ガス分配プレート20）との間に印加されるR F電力は、2電極間の領域にその領域中のガスをプラズマ状態に励起する電磁場を発生する。プラズマは処理ガス混合体から、ワークピース上の露出した材料と反応して所望の堆積またはエッチング処理を行なう反応種を生じる。

10

【 0 0 2 6 】

図示されない真空ポンプがチャンバ内を望ましい真空レベルに維持し、環状排気スリット36を通じて処理ガスや反応生成物をチャンバから、次に環状排気プレナム38内へ、次いで図示されない排気導管を通して、ポンプへ排気する。

【 0 0 2 7 】

（この特許明細書全体を通じて、「環状」という用語は円形の周囲を有する物体に限らず、2つの同軸の閉じた経路によって境界付けられたいかなる物体をも意味するものとする。例示されたチャンバは長方形基板を作成するよう意図されているため長方形の断面を有しており、したがって環状排気スリットや環状排気プレナムは長方形の内周囲および外周囲を有する。）

20

【 0 0 2 8 】

電動リフト機構80～88がサセプタを低位置（図示されず）に移動し、同時にワークピースはチャンバの中へ、またはチャンバの外へ出されて上位置へ移送され（図1）、同時にプラズマ処理がワークピース上で実施される。特にサセプタ12は、セラミック支持棚80によってその中央に支持される。支持棚は、サセプタ軸16を取り囲みチャンバ底壁の開口部を通じて下へ向って延びる円筒形中央部分81を含む。支持棚の中央部分81は可動リフト・プラットフォーム82の上に置かれる。図示されないモータが、リフト・プラットフォームを固定床板84に対して制御可能に上下移動させ、それによってサセプタ12とサセプタ軸16とを上昇および降下させる。

30

【 0 0 2 9 】

ベローズ86及びOリング88は、サセプタ軸16の垂直運動に合わせて、軸が延びているチャンバ壁の開口部の周囲に真空シールを供する。

【 0 0 3 0 】

上述されるチャンバ要素はすべて、チャンバ内で行なわれる半導体製造処理を汚染せず、且つ処理ガスによる腐食に耐える材料によって構成されなくてはならない。陽極酸化アルミニウムは、セラミック・スペーサ26およびリフト機構のセラミック要素80～84以外の、すべての要素に対して望ましい材料である。

【 0 0 3 1 】

上述のプラズマチャンバの全部分は従来のものである。従来プラズマC V Dおよびエッチングチャンバの設計および動作は、以下の譲受人に譲渡された米国特許に説明されており、そのそれぞれの全内容がここに、この特許明細書の中で参照により組み込まれる。すなわち、1989年8月8日発行のC h a n gらに対する米国特許第4,854,263号、1994年10月18日発行のN g u y e nらに対する米国特許第5,356,722号、1998年5月26日発行のW a n gらに対する米国特許第5,755,886号、1998年6月30日発行のC h a n gらに対する米国特許第5,773,100号、1998年12月1日発行のW h i t eらに対する米国特許第5,844,205号、および2000年2月15日発行のL a wらに対する米国特許第6,024,044号である。

40

50

【 0 0 3 2 】

【サセプタと接地間に接続されたコンデンサ】

従来のプラズマチャンバと異なり、我々のものはサセプタ 1 2 (すなわち陰極電極) と電気接地との間に接続された 1 つ以上のコンデンサ 5 0 ~ 5 4 を含む (図 1 および 2 参照)。これらコンデンサは、R F 電力が陰極背後または陰極周囲外でいかなるプラズマと結合することも縮小、または排除する。言い換えれば、コンデンサはそのような不要なプラズマの強度を減少し、好ましくはゼロにする。これによって、処理ガスが中に分配される領域、すなわちサセプタ (陰極電極) とガス分配プレート 2 0 (陽極電極) との間の領域で、R F 電力をより集中することで、チャンバ内で実施される化学処理の能力が向上する。我々はまた、コンデンサがそのような領域内におけるプラズマの空間均一性を向上させて、低プラズマ濃度または高プラズマ濃度の局所領域を最小化するか或いは取り除くことができ、それによってワークピース上で実施される堆積またはエッチング処理の空間均一性が向上され得ることを見出した。特に誘電 C V D 処理では、この向上された R F 電力濃度および均一性によって、引張り応力ではなく望ましい程度の圧縮応力、高密度、およびその他の望ましい膜特性を有する膜の堆積が可能となる。

10

【 0 0 3 3 】

陰極電極と接地との間にコンデンサのない従来のプラズマチャンバでは、H F 信号の周波数での陰極から接地への経路のみが L F 電源 3 2 の出力インピーダンスであった。我々の発明では、コンデンサ 5 0 ~ 5 4 が、H F 電源 3 0 の周波数で低いインピーダンスを有する陰極から接地への経路を提供する。我々の発明は特定の動作原理に限定されるわけではないが、コンデンサ 5 0 ~ 5 4 によりもたらされる、接地へのこの低インピーダンスの経路が、陰極とチャンバ壁 1 0 の近接領域との間で H F 電圧を減少し、それによってサセプタと、陰極背後または陰極周囲外のいかなるプラズマとの間の H F 電力の結合をも、縮小または排除すると我々は考える。

20

【 0 0 3 4 】

本発明は、ワークピースまたは基板 1 4 がフラットパネル・ディスプレイ製造用のガラス基板などの誘電材料である場合に、特に有益である。具体的には、そのようなワークピースは一般に、ガラスなどの誘電基板上に形成された多数の半導体層、導体層、および誘電層から構成される。したがってワークピースの大部分の材料は誘電物質である。半導体基板と比較して、誘電基板はより大きな R F インピーダンスを、陰極電極 1 2 とプラズマ体との間に介在させるので、陰極電極に並ぶかまたはその背後かの選択的 R F 電流路を通して R F 電力が結合されることにより、二次プラズマ体を形成する危険性が増加する。

30

【 0 0 3 5 】

その電気インピーダンスという点から広く定義すれば、サセプタと接地との間に接続されるコンデンサ 5 0 ~ 5 4 の複合静電容量値は、H F 電源 3 0 の周波数でのサセプタと接地間の電気インピーダンスを、静電容量がない場合の前述のインピーダンスと比較して、実質的に減少させるのに十分なほど大きくなくてはならない。好ましくは、複合静電容量は、H F 周波数でサセプタと接地との間に事実上直接に電気接続を提供するのに十分なほど大きい値であるべきである。

【 0 0 3 6 】

陰極電極と陽極電極間の望ましいプラズマへの効果という観点から広く定義すれば、静電容量は、前述のプラズマの強度が、静電容量がない時にその強度がとる値に比べて実質的に増加するのに十分なほど、大きくなくてはならない。

40

【 0 0 3 7 】

あるいは、不要なプラズマへのその効果という観点から広く定義すれば、静電容量は陰極電極の背後または陰極電極の周囲外の、いかなるプラズマの強度も、静電容量がない時の前述のプラズマ強度に比較して実質的に減少するだけ、十分に大きくなくてはならない。

【 0 0 3 8 】

いずれにしても、複合静電容量 5 0 ~ 5 4 は、L F 電源 3 2 の周波数で陰極 1 2 と接地との間の電気インピーダンスが非常に低くなり、L F 電源 3 2 とそのインピーダンス整合ネ

50

ットワークとが実質的に R F 電力をサセプタと結合することが出来ないほど、大きくすべきではない。言い換えれば、静電容量は、L F 周波数でサセプタを接地に電氣的に短絡するほど大きくすべきではない。

【 0 0 3 9 】

さらに我々は、陰極電極と接地との間に接続されたコンデンサの複合静電容量値が一般に、陰極電極と陽極電極とのすぐ間の領域におけるプラズマ濃度の空間均一性を最大にする最適値を持つことを見出した。以下に説明されるように、この最適な静電容量値は好ましくは、所望の処理能力パラメータを最適化し、かつプラズマ不均一性を最小にするよう、すなわち比較的高濃度または低濃度のプラズマが局所集中する領域を最小にするよう、経験的に決定されるべきである。

10

【 0 0 4 0 】

複合静電容量 5 0 ~ 5 4 が、L F 電源の周波数よりも H F 電源の周波数のほうでより十分に低いインピーダンスを有することができるように、該 2 つの電源の周波数は少なくとも 2 倍異なっていることが好ましく、少なくとも 1 0 倍異なっていることがより好ましい。

【 0 0 4 1 】

我々の、発明の本好適実施例は、電気接地とサセプタ中央との間に接続されたコンデンサ 5 0 と、サセプタの背面 1 5 の四隅各々と電気接地との間に接続される追加の 4 つのコンデンサ 5 1 ~ 5 4 とを含む。5 つのコンデンサのそれぞれは、好ましくは柔軟かつ導電性のそれぞれのストラップ 6 0 ~ 6 4 によってサセプタに接続される（図 1 ~ 2 を参照）。導電性ストラップは先述のように、軸およびサセプタの垂直移動に対応するために柔軟である。たとえば各ストラップは、柔軟で、軸およびサセプタの全移動範囲に対応するだけ十分に薄くて長い、曲げやすい金属のシートまたはバンドであってよい。我々の試作例では、各ストラップは約 0 . 5 インチ幅、1 / 1 6 インチ厚さのアルミニウム帯であった。

20

【 0 0 4 2 】

すべてのコンデンサは高電力 R F に使用するために設計されたセラミックタイプであり、コンデンサ端子のネジ山を通してネジによって電気接続されている。各隅のコンデンサ 5 1 ~ 5 4 の 1 端子はチャンバの電氣的に接地された底壁にボルトで留められ、それによって各コンデンサは、処理ガスに露出されるコンデンサの表面領域を最小にするためにチャンバ壁に接触する。各隅のコンデンサの各端子は、サセプタの背面 1 5 にボルトまたはクランプで固定された対応する金属ストラップ 6 1 ~ 6 4 にボルト締めされる。我々の試作例では、湾曲した側部を持つ 4 つのアルミニウムのブロック 6 6 がそれぞれサセプタの 4 つの隅にボルトで固定され、各金属ストラップ 6 1 ~ 6 4 がサセプタとブロックの 1 つとの間に挟まれている。ボルトは、ブロックが金属ストラップをサセプタにしっかりと固定するように締めつけられる。

30

【 0 0 4 3 】

4 本の柔軟かつ導電性のストラップ 6 1 ~ 6 4 が取り付けられたサセプタ 1 2 の 4 隅の各々に低インピーダンスの接触域を提供するために、我々はアルミニウムサセプタを陽極酸化する前に接触域をマスキングし、それによって 4 隅のそれぞれの接触域にきれいなアルミニウムが露出された。図 2 は 4 本のストラップ 6 1 ~ 6 4 がサセプタの裏面に取りつけられる接触域を表わす。4 本のストラップに接続された 4 つのコンデンサ 5 1 ~ 5 4 が概略的に示される。図 2 はまた、以下に説明するように、柔軟かつ導電性のストラップ 6 0 と中央軸 1 6 とを通じてサセプタの中央に接続された可変コンデンサ 5 0 を概略的に示している。

40

【 0 0 4 4 】

別の方法として、ストラップをサセプタの背面 1 5 に接続する代わりに、ストラップを 4 隅のそれぞれに近いサセプタの周囲面 1 9 に接続することも出来る。

【 0 0 4 5 】

別の可能な実施例は、4 つのコンデンサ 5 1 ~ 5 4 の代わりに、1 つのコンデンサのみを、電気接地されたチャンバ壁にボルト締めすることであろう。その 1 つのコンデンサは、サセプタの各 4 隅に接続する 4 本のストラップ 6 1 ~ 6 4 の各々に接続される。

50

【 0 0 4 6 】

上記のように、サセプタ支持軸 1 6 はいかなる絶縁体も介在させずにサセプタに直接に取り付けられ、したがって軸は R F 高圧であり、L F 電源をサセプタに接続する R F 伝送線の役割を果たす。したがって中央コンデンサ 5 0 は、コンデンサを軸に接続することによって事実上サセプタの中央に接続することが出来る。さらに軸の接続は、チャンバ真空の外となるように、真空シール（ベローズ 8 6 および O リング 8 8 ）下方の軸の下部に対して成されてもよい。このことが、中央コンデンサをチャンバ壁の裏面上に、あるいはチャンバ内部の真空の外にあるその他の電氣的接地された要素に、設置することを可能にする。チャンバ内プラズマへの中央コンデンサのいかなる露出も避けることが望ましく、それは中央コンデンサに大きな可変コンデンサを使用することを促進する。軸の垂直移動に対応するために、中央コンデンサは、その他のコンデンサをサセプタに接続するストラップ 6 1 ~ 6 4 に類似の、柔軟な金属ストラップ 6 0 を使用して軸に接続されることが望ましい。

10

【 0 0 4 7 】

発明はまた、中央コンデンサ 5 0 のみにより、隅のコンデンサ 5 1 ~ 5 4 なしで実施されてもよく、あるいは中央コンデンサなしで隅のコンデンサのみにより実施されてもよい。隅の（または周囲の）コンデンサと、サセプタ中央または中央付近に接続されるコンデンサとの間の比は、ワークピース 1 4 に実施される堆積処理またはエッチング処理の空間均一性に影響する。ワークピースの幅または表面積が大きくなるほど、ワークピースに実施される半導体製造処理の空間均一性の所定レベル達成に必要であると予想されるコンデンサの数が増える。我々が試験した 5 5 0 mm × 6 5 0 mm のサセプタよりも大きいサセプタに対しては、サセプタ周囲の周りに空間的に分布する点に、あるいはサセプタの背面を覆って空間的に分布するその他の点にさえも、コンデンサを追加して接続することが望ましい。

20

【 0 0 4 8 】

H F 電源および L F 電源の周波数がそれぞれ 1 3 . 5 6 M H z および 4 0 0 k H z であった我々の好適な実施例で、我々はそれぞれ 1 5 0 p f から 3 0 0 p f の 3 つまたは 4 つの隅コンデンサと、3 0 0 p f から 1 7 0 0 p f の範囲の中央コンデンサとで良好な結果を得た。すなわち、複合静電容量は 7 5 0 p f から 3 0 0 0 p f の範囲であった。

【 0 0 4 9 】

好ましくは、L F 電源 3 2 は、プラズマチャンバ内でアークを起こす危険性がある出力の急上昇を防ぐために、最初に電源が入れられたときに（負荷出力ではなく）順出力をゆっくりと上昇するようにプログラムされた電源レギュレータを含むべきである。

30

【 0 0 5 0 】

比較的高い R F 出力レベルでは、プラズマの非均一性、すなわちホットスポットなどの、比較的低濃度または高濃度のプラズマが局所集中する領域を防ぐよう、プラズマ濃度の空間均一性を最大にする最適なコンデンサ値を選択することがより重要であろう。たとえば、2 8 0 0 ワット ~ 4 5 0 0 ワット範囲の 2 つの電源からの R F 出力を使用する試験で、我々は 4 0 0 p f ~ 1 7 0 0 p f の可変コンデンサであった中央コンデンサ 5 0 の値を調節することによって、複合静電容量を調節した。我々は、あまりにも低い静電容量は、サセプタ支持軸の底付近またはシャワーヘッド 2 0 の隅付近のプラズマに、明らかに目に見えるホットスポットを生じる可能性があることを見出した。逆に我々は、あまりにも高い静電容量は、チャンバの底付近または隅のコンデンサに接続された接地ストラップ 5 5 付近の、その他の領域のプラズマにホットスポットを生じる可能性があることを見出した。

40

【 0 0 5 1 】

我々は、図 1 に示すプラズマチャンバで、通常フラットパネル・ディスプレイを作成するのに使用されるタイプの 5 5 0 mm × 6 5 0 mm の長方形ガラス基板上にシリコン窒化誘電膜を堆積する別の従来の C V D 処理を用いて、本発明を試験した。H F 電源および L F 電源の周波数はそれぞれ、1 3 . 5 6 M H z および 4 0 0 k H z であった。処理ガス流量は S i H₄ が 4 0 0 s c c m、N H₃ が 1 4 0 0 s c c m、および N₂ が 4 0 0 0 s c c m

50

であり、チャンバ圧力は $1.5 \sim 1.8 \text{ Torr}$ であった。

【0052】

隅のコンデンサ 51 ~ 54 の各々は 150 p f であり、我々は中央軸コンデンサ 50 の 4 つの異なる値を試験した。2 つの電源によって供給される全 RF 電力は 2800 W であり、それは 2400 W フット HF と 400 W フット LF であるか、或いは 2600 W フット HF と 200 W フット LF のいずれかであった。

【0053】

それぞれ中央コンデンサが 300 p f 、 600 p f 、および 900 p f の別々の 3 試験で、堆積速度は $1460 / \text{min}$ から $2210 / \text{min}$ へと次第に増加し、ウェットエッチング速度は $893 / \text{min}$ から $375 / \text{min}$ へと次第に減少し、膜応力は $+2.6 \times 10^9 (\text{引張}) \text{ dyne} / \text{cm}^2$ から $-4.3 \times 10^9 (\text{圧縮}) \text{ dyne} / \text{cm}^2$ へと変化した。基板周囲の外側 20 mm を除き、膜厚均一性は最初の 2 つの場合では 14% 、最後の場合では 4% であった。よって、 900 p f 中央コンデンサが最良の結果を生んだ。

【0054】

同じ一連の試験で、中央コンデンサをさらに 1200 p f まで増加したが、4 つの隅コンデンサのうち 1 つを取り除いた。意外にも、試験結果の多くが 300 p f の中央コンデンサの結果よりも悪いものであった。堆積速度は $1160 / \text{min}$ まで落ち、ウェットエッチング速度は $1295 / \text{min}$ まで増加し、応力は $+3.65 \times 10^9 \text{ dyne} / \text{cm}^2$ まで増加した。この試験結果によって、総静電容量の最適値と共に、中央コンデンサ静電容量の、周辺（たとえば隅）のコンデンサ静電容量に対する最適比も求める経験的試験の実施が望ましいことが例証された。

【0055】

実際には、プラズマ・インピーダンスは RF 電力、チャンバ圧力、処理ガス流量、およびチャンバ要素の寸法および形状などの処理パラメータの関数として大きく変化する。したがって、陰極電極と接地との間に接続される複合静電容量の最適値は経験的に選択されるべきである。さらに、堆積またはエッチングされる膜の厚さが処理中に次第に増加または減少し、またプラズマ中の反応物および反応副産物の割合も処理中に変化し得るため、プラズマ・インピーダンスは、ワークピース上への堆積またはエッチング処理の実施中に変化する。したがって、いくつかの処理では、任意のワークピース上で処理を実施中に、コンデンサ 50 ~ 54 のうちの 1 つ以上を調節することによって、サセプタと接地間の総静電容量の値を段々と調節することが望ましいであろう。

【0056】

たとえば、上述のシリコン窒化物 CVD 処理の試験で、中央コンデンサについて試験したすべての固定値に対して、プラズマがかなり非均一であってプラズマ中にホットスポットが目に見えて明らかであるような、CVD 処理実施中の時間間隔があることを、我々は見出した。したがって、この CVD 処理に関しては、堆積シリコン窒化膜の厚さが CVD 処理中に次第に増加するのにつれて、コンデンサの少なくとも 1 つの値を漸次調節することが好ましかったと考える。

【0057】

したがって、我々の好適実施例は、陰極電極と電気接地との間の総静電容量 50 ~ 54 を集合的に決定する 1 つ以上の可変コンデンサの設定を制御するサーボ・モータに電気制御信号を定期的に送る、プログラム可能なマイクロプロセッサなどの制御回路 70 を含む。上記のように、我々は 5 つのコンデンサのうち 1 つのみ、すなわち $400 \text{ p f} \sim 1700 \text{ p f}$ の可変中央コンデンサ 50 を調節することによって、総静電容量を調節することが最も容易であると考ええる。制御装置は、堆積時間の関数か或いはプラズマ処理によって堆積される（あるいはエッチングされる）層の厚さの関数として、中央コンデンサの静電容量値を漸次変化させるよう、モータに命令を出す。

【0058】

静電容量を変化させる量は、プラズマ・ホットスポットを避け、堆積された膜の品質が最

10

20

30

40

50

高になるように経験的に決定されることが望ましい。特に、時間または層厚さの関数としての最適静電容量値は、プラズマ中で目に見えて明らかであるか或いは検出可能なホットスポットの発生を避けるのに必要な範囲で静電容量を手動で調節することにより、堆積またはエッチング処理の実施中に経験的に決定することが出来る。経験的に決定された一連の静電容量値は、次に制御装置 70 中にプログラムステップとして格納することが出来る。

【0059】

あるいは堆積またはエッチング処理の実施中、プラズマの RF インピーダンスを可能な限り一定にするように、静電容量を調節することも出来る。プラズマ・インピーダンスは 2 つの RF 電源のうちの 1 つの出力における負荷インピーダンスの測定から推論することが出来る。

10

【0060】

例示された CVD チャンバでは、低周波 RF 電源 32 と接地コンデンサ 50 ~ 54 とが、ワークピース 14 が上に設置されるサセプタ電極 12 に接続されている。しかし、いくつかのエッチングチャンバなどプラズマチャンバの中には、高周波電源 30 が、上にワークピースが設置されるサセプタに接続され、低周波電源は陽極電極 20 に接続されるものがある。そのような場合、1 つ以上のコンデンサ 50 ~ 54 は、電気接地と、陽極電極、すなわち低周波電源が接続される電極との間に接続されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による、接地コンデンサを含むプラズマ・チャンバの部分略側断面図である。

20

【図 2】コンデンサが接続される接触域を表わすサセプタの部分略下面図である。

【符号の説明】

- 10 チャンバ壁
- 12 サセプタ
- 13 サセプタの前面
- 14 基板（ガラス）
- 15 サセプタの背面
- 16 軸、サセプタ
- 18 リッド
- 20 シャワーヘッド
- 22 インレット・マニホールド側壁
- 24 インレット・マニホールド受け板
- 26 インレット・マニホールド周囲の絶縁スペーサ
- 28 ガス注入開口部
- 30 HF 電源
- 31 高域通過フィルタ
- 32 LF 電源
- 33 低域通過フィルタ
- 36 排気スリット
- 38 排気プレナム
- 50 コンデンサ、軸
- 51 ~ 54 コンデンサ、隅
- 60 ~ 64 接地ストラップ、金属
- 66 締め付けブロック
- 70 CVD 中にバイアス電力を漸次的に変化するための制御装置
- 80 サセプタ支持棚
- 81 支持棚の円筒型部
- 82 可動リフト・プラットフォーム
- 84 リフト基部

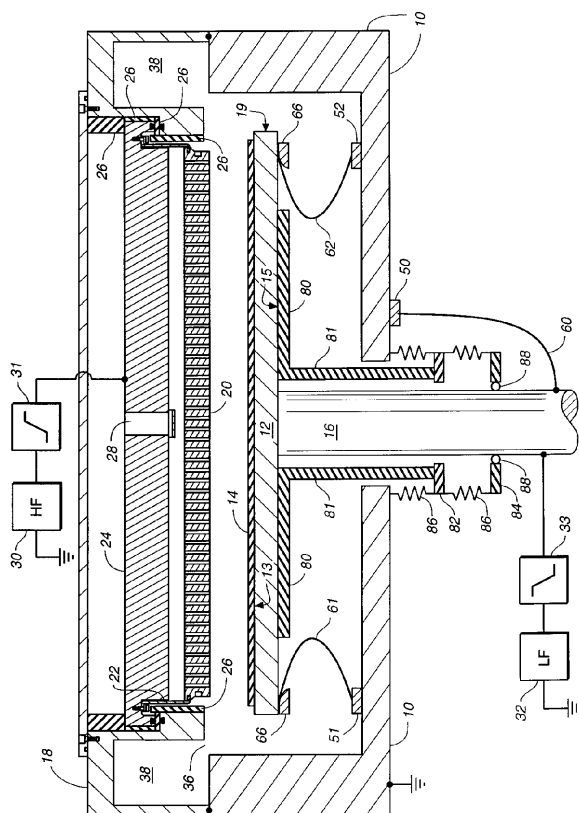
30

40

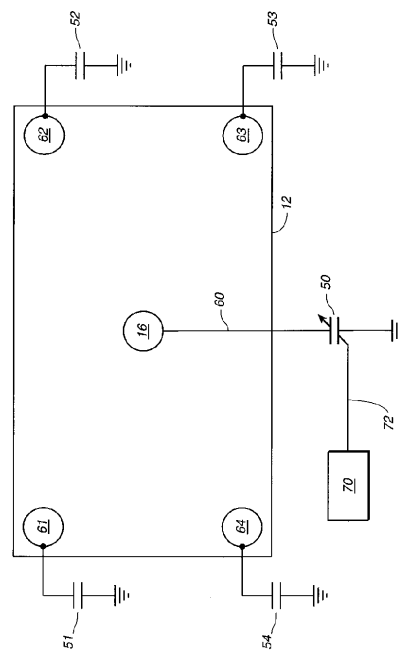
50

8 6 ベローズ
8 8 Oリング

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(74)代理人 100132090

弁理士 飯塚 敬子

(74)代理人 100104282

弁理士 鈴木 康仁

(72)発明者 シェン サン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州, フレモント, ラーウィック ストリート 4 2 7 4 5

(72)発明者 ジェフ シー . オルセン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州, ロス ガトス, エル ケイジョン ウェイ 2 3 9

(72)発明者 サンジェイ ヤダウ

アメリカ合衆国, カリフォルニア州, レッドウッド シティ, 1 5 ティーエイチ アヴェニ
ュー 9 1 1

(72)発明者 クワンイェン シャン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サラトガ, キャニオン ヴュー ドライヴ 2 1 0 9
0

(72)発明者 カム エス . ロウ

アメリカ合衆国, カリフォルニア州, ユニオン シティ, リヴィエラ ドライヴ 4 6 1

審査官 大塚 徹

(56)参考文献 特開平 1 0 - 0 7 9 3 5 0 (J P , A)

特開平 1 1 - 1 8 5 9 9 8 (J P , A)

特開平 0 3 - 2 0 4 9 2 5 (J P , A)

特開平 0 6 - 3 3 3 8 7 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/31

H01L 21/205