

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3693388号  
(P3693388)

(45) 発行日 平成17年9月7日(2005.9.7)

(24) 登録日 平成17年7月1日(2005.7.1)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H02N 13/00

F I

H02N 13/00

D

請求項の数 30 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平7-181551                  (22) 出願日 平成7年7月18日(1995.7.18)                  (65) 公開番号 特開平8-172785                  (43) 公開日 平成8年7月2日(1996.7.2)                  審査請求日 平成14年7月17日(2002.7.17)                  (31) 優先権主張番号 08/276841                  (32) 優先日 平成6年7月18日(1994.7.18)                  (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(73) 特許権者 390040660                  アプライド マテリアルズ インコーポレ                  イテッド                  APPLIED MATERIALS, I                  NCORPORATED                  アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95                  054 サンタ クララ パウアーズ ア                  ベニュー 3050                  (74) 代理人 100088155                  弁理士 長谷川 芳樹                  (74) 代理人 100089978                  弁理士 塩田 辰也                  (74) 代理人 100092657                  弁理士 寺崎 史朗</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁束処理のための静電チャック

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁束を有するプロセスチャンバのための静電チャックであって、(a) 基板を支持することに適合した上面を有するベースと、(b) 自身に電極を有する、該ベース上の絶縁体と、(c) 該ベースと絶縁体との間または該絶縁体内の強磁性マグネティックシャントとを有し、該チャックがプロセスチャンバ内で該基板を静電的に保持するために用いられる場合は、該マグネティックシャントがチャンバ内の磁束を、該マグネティックシャントと隣接する該基板の部分の上方で減少させる静電チャック。

【請求項 2】

磁束を有するプロセスチャンバのための静電チャックであって、(a) 基板を支持することに適合した上面を有するベースと、(b) 該ベース上の絶縁体と、(c) 少なくとも該電極の一部が強磁性材料を備える、請求項 1 に記載の静電チャック。

10

【請求項 3】

磁束内で基板を処理するためのプロセスチャンバであって、(a) 該プロセスチャンバ内で磁束を発生させる磁束発生器と、(b) 請求項 1 に記載の静電チャックとを備えるプロセスチャンバ。

【請求項 4】

該ベースが、6 ~ 10 インチないし約 152.4 mm ~ 約 254 mm の範囲にある直径を有する実質的に円形の板である請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 5】

20

該マグネティックシャントが実質的に平坦な形状ないし配置である請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 6】

該マグネティックシャントが該電極の周囲近傍に配置される請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 7】

該マグネティックシャントが環状である請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 8】

環状の該マグネティックシャントが、少なくとも約 100 mm の内径を有する請求項 7 に記載の静電チャック。

10

【請求項 9】

環状の該マグネティックシャントが、約 225 mm 未満の外径を有する請求項 7 に記載の静電チャック。

【請求項 10】

該マグネティックシャントが、約 100 ~ 1,000  $\mu\text{m}$  の範囲にある厚さを有する請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 11】

該マグネティックシャントが連続的ないし繋がっている請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 12】

該マグネティックシャントがセグメントを有する請求項 1 に記載の静電チャック。

20

【請求項 13】

該マグネティックシャントの該セグメントがそれぞれ、異なる厚さを有する請求項 12 に記載の静電チャック。

【請求項 14】

該マグネティックシャントが少なくとも約 1,000 の相対磁気浸透度を有する請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 15】

該マグネティックシャントが、鉄と、ニッケルと、コバルトと、これらの合金とからなる群より選択される材料を備える請求項 1 に記載の静電チャック。

30

【請求項 16】

内部で磁束が発生しているプロセスチャンバ内で用いられるための静電チャックであって、(a) 上側支持面を有する、非強磁性材料のベースと、(b) 電極と、基板を支持することに適合する頂面とを有する、該ベースの該上側面上の絶縁体と、(c) 該絶縁体の該頂面の下方の、強磁性材料のマグネティックシャントであって、該絶縁体の周囲に向かう方向に選択的に、該強磁性材の濃度が高くなるような構成であるマグネティックシャントと、を備え、該電極が作動されて該基板を該チャックに静電的に保持し且つ磁束を利用した基板の処理が進行中の場合は、該マグネティックシャントが、該シャントの強磁性材料分布に従って、該基板上の磁束を減少させる静電チャック。

【請求項 17】

該マグネティックシャントが、平坦な形状ないし配置である請求項 16 に記載の静電チャック。

40

【請求項 18】

該マグネティックシャントが、環状の形状ないし配置である請求項 16 に記載の静電チャック。

【請求項 19】

該マグネティックシャントと該電極とが、単一の要素を備える請求項 16 に記載の静電チャック。

【請求項 20】

該マグネティックシャントが、該ベースの上方に配置される請求項 16 に記載の静電チャック。

50

チャック。

【請求項 2 1】

該マグネティックシャントが、該ベースと該絶縁体との間で該ベースと接触して配置される請求項 1 6 に記載の静電チャック。

【請求項 2 2】

該マグネティックシャントが該絶縁体に位置される請求項 1 6 に記載の静電チャック。

【請求項 2 3】

該マグネティックシャントが該ベースに位置される請求項 1 6 に記載の静電チャック。

【請求項 2 4】

該絶縁体の頂面に平行な成分を磁束が含む請求項 1 6 に記載の静電チャック。

10

【請求項 2 5】

磁束内で静電チャックを形成する方法であって、(a) 基板を自身の上で支持することに適合するベースを形成するステップと、(b) 該ベースの上で強磁性材料を備えるマグネティックシャントを形成するステップと、(c) 電極を有する絶縁体を、該ベースの上で該マグネティックシャントに接して形成するステップとを備え、該チャックが磁束を含むチャンバ内で基板を保持するために用いられる際、該マグネティックシャントが該チャンバ内で磁束を、該シャントと隣接する基板の部分の上方で減少させる静電チャックの形成方法。

【請求項 2 6】

該マグネティックシャントが、該ベースに直接形成される請求項 2 5 に記載の静電チャックの形成方法。

20

【請求項 2 7】

該マグネティックシャントが、該絶縁体に形成される請求項 2 5 に記載の静電チャックの形成方法。

【請求項 2 8】

該絶縁体の該電極が、該マグネティックシャントを備える請求項 2 5 に記載の静電チャックの形成方法。

【請求項 2 9】

該マグネティックシャントが、電気メッキ、化学気相堆積法、又は物理気相堆積法から成る群より選択される方法により形成される請求項 2 5 に記載の静電チャックの形成方法

30

【請求項 3 0】

該マグネティックシャントが、鉄と、ニッケルと、コバルトと、これらの合金とから成る群より選択される請求項 2 5 に記載の静電チャックの形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁束を含むプロセスチャンバ内で基板を保持するための静電チャックに関する。

【0002】

40

【従来の技術】

半導体製造プロセスでは、基板処理において基板を保持するために静電チャックが用いられる。例えば、この静電チャックは、Brigliaらの米国特許第4,184,188号、Tokudaらの米国特許第4,399,016号、Abeらの米国特許第4,384,918号及び1994年1月31日に出願の米国特許出願通し番号第08/189,562号(Shamouilianらの「静電チャック」)に記載されている。

【0003】

代表的な静電チャックは、プロセスチャンバ内の支持体に固定されるように採用されたベースを備えている。このベースの上には、電氣的に絶縁された電極が置かれ、このベースの下側には、代表的には、キャピティーが形成されている。このベース上の絶縁電極(な

50

いしは絶縁された電極)には、電気的コネクタが電気的に接続して、ベースの底部と電気的に接触する。この電気的な接触は、ベースのキャビティーから延長する支持材によって支持されている。

【0004】

使用中に、チャックはプロセスチャンバの支持体に固定され、ベースの底部の電気的接触が、支持体のコネクタに電圧を供給する。チャックの上側表面には、基板が置かれ、チャックの電極は、チャックとの電気的接触を介して印加された電圧により、基板に対して電気的なバイアス状態になる。この印加電力は、チャックの絶縁電極に静電気を蓄積させ、その結果、静電力が基板をチャックへと保持させる。

【0005】

静電チャックは、堆積プロセスやエッチングプロセス等の半導体製造プロセスにおいて用いられる。代表的なエッチングプロセスでは、プロセスチャンバにエッチャントプロセスガスが導入され、プラズマが発生してプロセスガスを生成し、基板がエッチングされる。このエッチングプロセスにおいては、基板のエッチング均一性及びエッチング速度(エッチレート)を高めるため、プロセスチャンバ内に磁束を発生させてもよい。代表的には、この磁束は、基板の表面に対して平行な成分を有している。基板表面の附近で、磁界が電子と反応種とを制限し、イオン化の衝突を増加させる。このようなエッチングプロセスでは典型的には、基板の中心部よりも基板の周囲部が速くエッチングされるが、その理由は、基板周囲部ではエッチャントガスの入場とガス状副生成物の除去とがより速く起こるからである。

【0006】

このようなエッチングプロセスでは、ベースの下側のキャビティー内に置かれる環状マグネティックシャント(磁気分路)を用いて、この環状マグネティックシャントに隣接する基板の周囲部のエッチング速度をコントロールすることができる。このマグネティックシャントは、代表的には、磁束を誘引する強磁性物質を備えるので、マグネティックシャントの上の磁束は、基板表面と平行な方向からシャントの方へと向きを変える。その結果、基板の周囲部上の磁束が弱くなり、この部分におけるエッチング速度が減少する。この方法により、マグネティックシャントを用いて基板表面全体にわたったエッチング速度が制御されて、基板のエッチング均一性が得られる。基板エッチングの均一性が更に向上すれば、ICチップの収率も更に向上し、基板表面全体を利用することも可能となる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来からのマグネティックシャントの配置には、問題が幾つかあった。1つは、従来からのマグネティックシャントは基板の上の磁束を均一に弱めていなかったことである。これは、従来シャントは連続体でなく切れ目があり、これが不均一に弱める原因であると考えられている。従来シャントは、通常は、ベースのキャビティー内に置かれ、ベースの支持体、突起物、水冷管やスクリーホルダ等の突起物を避けるように配置されている。このマグネティックシャントの非連続的な構造は、基板周囲部全体でのエッチング速度の不均一さを招いている。

【0008】

従来マグネティックシャントにおけるまた1つの問題はシャントによって、基板と支持体との間の熱移動が不均一になることであり、その理由は、シャントの連続部分と非連続部分では、熱移動の速度が異なるためである。熱移動の速度が不均一になれば、基板全体にわたって温度が不均一になり、その結果、エッチング速度も不均一になる。

【0009】

従って、ウエハの表面全体にわたって、磁気分路(シャンティング)を均一にし、且つ、基板と支持体との間の熱移動を均一にする静電チャックとマグネティックシャント配置とを有することが望ましい。また、マグネティックシャントを基板の近傍に配置して、基板にわたって磁気分路を向上させることが好ましい。

【0010】

10

20

30

40

50

## 【課題を解決するための手段】

本発明の静電チャックは、これらの要求を満足させる。この静電チャックは、基板を保持する上側表面を有するベースを備える。ベース上には、電極のついた絶縁体が備えられる。強磁性物質を有するマグネティックシャントは、このベースの上方に配置され、あるいは、ベースの下でベースにじかに隣接して配置される。静電チャックを用いて、磁束を有するプロセスチャンバ内で基板を静電的に保持する場合、チャック内のマグネティックシャントは、このマグネティックシャントの近傍である基板の部分でチャンバ内の磁束を弱める。

## 【0011】

このマグネティックシャントは、様々な構成が可能である。その1つでは、マグネティックシャントはベースと絶縁体との間に位置し、ベースとじかに接触する。また1つの構成では、マグネティックシャントは絶縁体の内部にある。本発明の3番めの形式では、絶縁体の電極が強磁性の材料を有し、これがマグネティックシャントとして作用する。

10

## 【0012】

また別の構成では、基板を支持するための基板支持体は、チャックのベース上に配置される。この基板支持体はその内部にキャビティを備え、また基板支持体には絶縁電極（絶縁された電極）が備えられる。基板支持体のキャビティ内部には、強磁性のマグネティックシャントが備えられる。

## 【0013】

本発明のまた別の形式では、ベースのすぐ下に直に隣接して、連続したマグネティックシャントが配置される。

20

## 【0014】

マグネティックシャントは、好ましくは、連続した環状である。好ましくは、マグネティックシャントは、鉄、ニッケル、コバルト及びこれらの合金等の、強磁性材料製である。

## 【0015】

## 【発明の実施の形態】

本発明の静電チャック20は通常、ベース22を備え、このベース22上には電氣的に絶縁された電極24を有する。この電極は、絶縁体26によって電氣的に絶縁されている。電氣的なコネクタストラップ28が、チャックの電極24を、チャックのベースにある高電圧の電気コネクタ30に電氣的に接続する。高電圧電気コネクタ30は、支持材32に支持される。マグネティックシャント34は、チャックのベース22の真上または直下で、隣接して、置かれる。また、チャック20は内部にグルーブ36を有し、このグルーブ36は冷媒ガスを内部に保持してチャックに支持された基板を冷却する。

30

## 【0016】

図1を参照して、本発明のチャック20の操作を説明する。図1は、シリコンウエハ等の基板42の処理に用いることが可能な、磁束を有する典型的なプロセスチャンバ40を示す。通常は、この磁束は矢印43の方向と平行な面に含まれる成分をもつ。ここに示される特別な具体例であるプロセスチャンバ40は、基板42のプラズマ処理に適しているものであるが、チャック20の動作の例示のみのために与えられ、本発明の範囲を限定するために用いられるのではない。

40

## 【0017】

プロセスチャンバ40は通常、支持体44を有し、この支持体44の上に静電チャック20を有する。チャック内の電極24には外部第1電圧供給器46が接続され、チャック20の動作のための電圧を供給する。第1電圧供給器46は、約1,000~3,000ボルトの高電圧DCソースを備え、この高電圧DCソースは、10Mの抵抗器を介して電圧読みだしに接続されている。回路内で1Mの抵抗器が回路を流れる電流を制限し、更なる電流フィルターとして500pFのキャパシタが具備される。

## 【0018】

チャンバの支持体44には、外部第2電圧供給器48が接続されている。プロセスチャンバ40の支持体44は、代表的には、アルミニウム製であり、チャンバ内にプラズマを発

50

生させるためのプロセス電極として機能する。第2電圧供給器48が具備されることにより、チャンバ42内の電氣的接地表面50に対して支持体44に電氣的なバイアスが与えられ、チャンバ40内にプラズマが発生する。電圧供給器48は、従来からのものであり、通常は、ライン電圧のインピーダンスにプロセスチャンバ40のインピーダンスをマッチングさせるようなRFインピーダンスを、図1に示されるように、絶縁キャパシタと直列に接続されてる有する。

【0019】

クーラントソース52は、基板42から熱を取り除き基板42を一定の温度に維持するために用いられる。

【0020】

また、プロセスチャンバ40は、チャンバ42を取り囲む円筒コイル54を有する。コイル54は、交流電流ソース56に接続される。コイル54に交流電流が与えられれば、コイル54は、チャンバ40内で基板42表面に実質的に平行な成分をもつ磁束線43を発生させる。基板42の処理の間に、コイル54に通じる交流は変化し、基板表面に平行な平面内で磁束線が回転し、プロセスチャンバ40内においてより均一な時間平均磁場を形成する。時間平均磁場はより均一なプラズマ密度を与えるので、基板42の表面全体にわたってより均一なエッチレイトが実現される。

【0021】

使用中は、チャック20は支持体44上に置かれる。基板42がチャック20上に置かれ、第1電圧供給器44によって印加される電圧により、電極24は基板に対して電氣的にバイアスがかけられるため、基板42及び電極24には静電チャージが蓄積し、チャック20が静電的に保持されるようになる。矢印58で模式的に表されるように、マグネティックシャント34は、シャント上の磁束を誘引し、シャント34に近接した基板42のこれらの部分の上の磁束を弱める。典型的には、マグネティックシャント34は、強磁性材料を備え、絶縁体26の周囲に向かって強磁性を増大させるような配置で分布している。

【0022】

チャック20の特徴については、以下に詳述する。

【0023】

チャックのベース22は、絶縁電極（絶縁された電極）24を支持するために与えられる。一般に、ベースと基板42との間の熱移動面積を最大にし、且つ、基板42の支持のため広い面積を与えるように、ベースは、基板42の形状とサイズと対応した形状とサイズを有している。例えば、基板42がディスク形状であるならば、基板を支持するようなサイズが与えられた上面を有する円筒計のベースである。また、ベース22は基板42とは異なる形状を有していてもよく、また、基板42のサイズとは異なるサイズを有していてもよい。典型的には、ベースはアルミニウム等の非強磁性材料製である。典型的には、ベースは、直径約100mm～225mm（4～9インチ）、厚さ約1.5～2cmの直円柱である。

【0024】

ベース上の絶縁電極24のサイズ及び形状は、基板42のサイズ及び形状によっても変化する。例えば、図面に表されるように、基板42がディスク形状ならば、絶縁電極24も、基板42に接触する電極の面積を最大となるように、ディスク形状である。電極24の絶縁体26の頂面は、基板42を支持するために用いられる。電極24は金属等の導電製材料製であり、例えば、銅、ニッケル、クロム、アルミニウム、鉄及びこれらの合金である。典型的には、電極24の厚さは、約1μm～100μm、更に典型的には、約1μm～30μmである。

【0025】

電極24は、図1に示されるように連続的であってもよく、また、図2に示されるようにパターンを有していてもよい。好ましくは、電極24は、幾つかの構成の1つにパターン化されていてもよい。パターン化構成の1つでは、電極24は、相互に接続される造作を

10

20

30

40

50

形成し、この造作は、グルーブ36が電極造作の間に形成されてもよく、このグルーブ36は基板42を冷却するためのクーラントを保持するために与えられるものである。

【0026】

別の構成では、パターン形成された電極24は、バイポーラー電極として機能できるように、少なくとも1対の電極24を有する。好適なバイポーラー電極は、Brigliaraの米国特許第4,184,188号、Abeらの米国特許第4,384,918号及びTsukadaらの米国特許出願に記載されている。バイポーラー電極の構成が用いられれば、各電極対に電圧が印加されて、電極対が反対の極性を有するように維持される。このバイポーラー電極構成は、基板に電氣的バイアスを与えずに、基板42に静電チャージを蓄積せしめる。チャック20が非プラズマプロセスで用いられる場合、即ち、基板42に電氣的バイアスを与えるチャージキャリアとして作用するプラズマ種が存在しない場合に、バイポーラー電極構成を有利に用いることができる。

10

【0027】

電極24は、絶縁体26によりチャック20から電氣的に絶縁される。絶縁体26は典型的には、ポリイミド、ポリケトン、ポリエーテルケトン、ポリサルフォン、ポリカーボネート、ポリスチレン、ナイロン、ポリ塩化ビニール、ポリプロピレン、ポリエーテルケトン類、ポリエーテルサルフォン、ポリエチレンテレフタレート、フルオロエチレンプロピレンコポリマー、セルロース、トリアセテート類、シリコン及びラバー等の、合成ポリマーを備える。

【0028】

絶縁体26の全体の厚さは、絶縁体26を構成する絶縁材料の抵抗値と誘電定数によって変化する。典型的には、絶縁材料は、約 $10^{13}$  cm $\sim$  $10^{20}$  cmの範囲の抵抗値と、少なくとも約2、より好ましくは少なくとも約3の誘電定数を有する。誘電材料が、約3.5の誘電定数を有する場合は、絶縁体26全体は、典型的には、厚さが約10 $\mu$ m $\sim$ 約500 $\mu$ m、更に典型的には、約100 $\mu$ m $\sim$ 約300 $\mu$ mの厚さを有する。

20

【0029】

絶縁体26にポリイミドが用いられる場合は、絶縁体は少なくとも約100volts/mil(3.9volts/micron)の誘電破壊強度(dielectric breakdown strength)、更に典型的には、少なくとも約1000volts/mil(39volts/micron)の誘電破壊強度を有する。

30

【0030】

好ましくは、チャック20が、基板を加熱するプロセスに用いられるように、絶縁体26の頂面は、50を越える温度に対して耐性を有し、更に好ましくは、100を越える温度に対する耐性を有する。また、処理中に基板42に発生する熱をチャックを介して発散できるように、絶縁材料は高い熱伝導度を有していることが好ましい。基板42の過熱を排除する十分な熱移動を実現するために、絶縁体26の熱伝導度は、少なくとも0.10Watts/m/ $^{\circ}$ Kたるべきである。

【0031】

また、絶縁材料は、熱伝導度とプラズマの腐食耐性とを向上させるため、高熱伝導性の充填材を有していてもよい。この充填材は、例えば、ダイヤモンド、アルミナ、ジルコニウムボライド、ボロンナイトライド及び窒化アルミニウム等である。好ましくは、充填材材料は、平均粒径約10 $\mu$ m未満の粉体である。典型的には、充填材は、体積比率で約10% $\sim$ 80%、更に典型的には約20% $\sim$ 50%で、絶縁材料の中に分散している。

40

【0032】

好ましくは、絶縁体26は、間隔をおいて配置される複数のグルーブ36を自身に有し、このグルーブ36は、基板42を冷却するクーラントソース52からのクーラントを保持するように、サイズが与えられ分布される。グルーブ36は、交差するトレンチ(溝)のパターンで形成され、このトレンチは電極24の造作の間にある。例えば、これとは別のグルーブのパターンが、上記のShamouilianらの特許に記載される。

【0033】

50

更に、保護コーティング（図示されず）が、絶縁体 26 の頂面に形成されて、チャック 20 が腐食性のプロセス環境下で用いられる場合に、絶縁体 26 を化学的劣化から保護する。好ましい保護コーティング及びその作り方は、1993年2月22日出願の米国特許出願通し番号 08 / 052 , 018 号である W u らの " PROTECTIVE COATING FOR DIELECTRIC MATERIAL ON WAFER SUPPORT USED IN INTEGRATED CIRCUIT PROCESSING APPARATUS AND METHOD OF FORMING THE SAME " に詳しく記載されている。

【 0 0 3 4 】

また、チャック 20 は、第 1 電圧供給器 46 に電極 24 を接続させる電気コネクタを有する。この電気コネクタは、ベース 22 の底部上の高電圧コネクタ 30 へ絶縁電極を接続する導電性ストラップ 28 を有している。高電圧コネクタ 30 は、図 2 ( d ) に示されるように、ベース 22 のキャビティーの中へ延長する支持材上に置かれている。

10

【 0 0 3 5 】

（マグネティックシャント）

好ましくは、チャック 20 のマグネティックシャント 34 は、連続的であり、自身に切れ目や非連続部分を有しない。この点が、従来技術と比較して顕著な改良点である。従来技術のシャントは非連続的であり、基板 42 のシャントに隣接する部分で、基板 42 のエッチングが不均一になる。従来技術のチャックの構成に固有の限界は、この従来からのシャントが切れ目や非連続部を有することに帰結する。本発明のマグネティックシャント及びチャック組立体は、連続的なシャントを使用せしめることにより、従来技術の制限を回避する。

20

【 0 0 3 6 】

マグネティックシャント 34 は、基板 42 の上方の磁束を均一に弱め、基板表面全体のエッチレイトをより均一にすることから、連続的なマグネティックシャント 34 は利点を有する。この連続的なシャントの別の利点は、このシャントが基板 42 から支持体 44 へ均一な熱移動を実現し、基板 42 の表面全体の温度を均一にすることである。

【 0 0 3 7 】

マグネティックシャント 34 は、典型的には、ニッケル、鉄、コバルト及びこれらの合金等の、高い相対磁気浸透度 (relative magnetic permeability) を有する強磁性材料製である。磁気浸透度 ( $\mu$ ) は、磁場により物質内に形成される磁束密度  $B$  (磁気誘導) を、磁場強度  $H$  で除して定義される。相対磁気浸透度  $\mu_r$  は、物質の浸透性の空気中の磁気浸透度との比であり、

30

$$\mu_r = \mu / \mu_0、$$

ここで、空気中の浸透度  $\mu_0$  は、 $4 \times 10^{-7}$  henry / m の値を有する。相対浸透度は無次元数であり、いかなる単位系にも依存しない。

【 0 0 3 8 】

強磁性材料は、少なくとも 100、更に典型的には 500、最も典型的には 1,000 の相対磁気浸透度を有する。相対浸透度の値は  $H$  の値とこの材料の過去の磁気歴に依存する。典型的には、鉄、ニッケル及びコバルト等の強磁性材料は、約 1,000 の  $\mu$  の値を有する。Rowland Ring 法や Permeameter 等の従来からの技術が、材料の磁気浸透性の測定に使用可能である。

40

【 0 0 3 9 】

マグネティックシャント 34 の磁気浸透性が高ければ、プロセスチャンバ 40 内の磁束線 43 に対してシャントのインダクタンスが低くなる。このことは、マグネティックシャント 34 がシャントの上方の磁束線 43 を引き寄せ、図 1 に示されるように基板 42 のマグネティックシャントに隣接する部分の上方の磁束を弱める。

【 0 0 4 0 】

マグネティックシャント 34 は、過剰なエッチング速度を呈する基板のこれらの部分の形状及びサイズに対応して配置される。この過剰なエッチング速度は、従来技術を用いてエッチングされた基板を走査電子顕微鏡で測定することにより、過剰にエッチングされた領域の地図を作ることで決められる。従って、マグネティックシャント 34 の形状及びサ

50

イズは、基板をエッチングするための特定のプロセスチャンバ、プロセスガス及びプロセス条件のエッチング性能、並びに、基板 4 2 の形状及びサイズに依存する。

【 0 0 4 1 】

ほとんどの従来エッチングプロセスでは、基板 4 2 の周囲のエッチングの方が、基板 4 2 の中心部分のエッチングよりも急速になされる。従って、マグネティックシャントは典型的には、基板 4 2 の周囲の方へ強磁性材料を優先的に濃縮するような構成である。なぜなら、半導体基板 4 2 は通常は円形であり、マグネティックシャント 3 4 は典型的には、基板 4 2 の直径に対応した外径を有する環状であるからである。

【 0 0 4 2 】

図 3 には、適切なマグネティックシャント 3 4 が示される。シャント 3 4 は、少なくとも約 1 0 0 mm ( 4 インチ ) の内径と、少なくとも約 2 0 0 mm ( 8 インチ ) の外径とを有する。シャント 3 4 の厚さは、シャント 3 4 と基板 4 2 との距離及びマグネティックシャント 3 4 の磁気浸透度によって変化する。マグネティックシャント 3 4 が基板 4 2 に近接して位置する時には、もっと薄いシャントを用いてもよい。ニッケルを含有するシャントが基板 4 2 から約 1 0 mm の位置にある場合の適切な厚さは、約 1 0 0  $\mu$ m ~ 1 , 0 0 0  $\mu$ m である。

10

【 0 0 4 3 】

連続したマグネティックシャントの形状は、従来技術ではないエッチングプロセスに対しては大きく異なってくる。例えば、別のエッチングプロセスでは、薄めの部分と厚めの部分とに別れるシャント 3 4 を必要とし、基板 4 2 の別々の部分でマグネティックシャント効果を選択的に高めたり減じたりしてもよい。

20

【 0 0 4 4 】

( マグネティックシャントの位置 )

マグネティックシャント 3 4 は、チャック 2 0 ば別々の位置に配置される。好ましくは、シャント 3 4 は、チャック 2 0 のベース 2 2 の上方で絶縁体 2 6 の頂面の下方に位置し、シャントがチャックに保持される基板 4 2 に接近する。基板 4 2 がシャントに接近することによって、マグネティックシャントの分路効果が向上する。また、ベースはシャントと基板の間にないので、薄いシャントでも同等の磁気分路を提供できる。更に、薄いシャントでも、基板 4 2 と支持体 4 4 との間の熱移動を更に均一に且つ迅速にすることができるので、基板 4 2 の温度を迅速且つ均一に制御できる。

30

【 0 0 4 5 】

図 2 ( a ) ~ 2 ( d ) に示されるように、チャックの構成をいくつか変えることにより、マグネティックシャントを基板に近づけることができるようになる。図 2 ( a ) に示される構成では、シャントはベースに直に接して配置される。この配置では、シャント 3 4 がベース 2 2 の構成要素として作製されるようになる。例えば、シャント 3 4 は、電気メッキ (electroplating) 等により、強磁性材料を用いてベース 2 2 の上面をコーティングすることにより作製されてもよく、以下にこの詳細を説明する。また、シャント 3 4 はベースの構成要素であるため、基板 4 2 と支持体 4 4 との間に、実質的に高い熱移動速度が得られる。

【 0 0 4 6 】

図 2 ( b ) に示される構成では、マグネティックシャントは絶縁体 2 6 に埋め込まれている。この構成では、シャント 3 4 はディスク状の電極 2 4 を包囲するリングとしての形状であってもよい。あるいは、シャント 3 4 と電極 2 4 とは、1 つの部品であってもよい。また、シャント 3 4 は図 1 に示されるように電極 2 4 を構成要素としていてもよく、例えば電極 2 4 が強磁性材料を備える場合で等である。これらの構成では、シャント 3 4 はチャック 2 0 上の絶縁体 2 6 に埋め込まれている。これらの後者の構成は有利であり、その理由は、シャントと電極とを 1 つの要素として作製することができ、チャック 2 0 の作製及び組立コストが低減されるからである。

40

【 0 0 4 7 】

図 2 ( c ) に示される構成では、マグネティックシャント 3 4 はベース 2 2 の基板支持体

50

70に配置される。基板支持体70は、基板を支持するための頂面を有し、また、支持体70はキャビティー72を自身の中に有する。典型的には、基板支持体70は、ベース22から外側へ延長する周囲側壁74を有する。カバープレート76は、側壁74を覆ってフィットするようにその大きさが決められて、基板支持体70の頂面を形成する。この構成では、マグネティックシャント34は、基板支持体70内部にフィットするようにサイズが決められる。この配置では、シャント34が特定の基板プロセスに対して最適なシャンティング(分路)を与えることができるようになる。

#### 【0048】

図2(d)に示される構成では、マグネティックシャント34は、ベース22の直下且つ隣接して配置される。典型的には、ベース22はベースの下にキャビティー80を有する。支持材32は、キャビティー80内まで延長し、高電圧コネクタ30を支持するために具備される。本発明のチャックでは、連続的な環状マグネティックシャント34が支持材32とベース22の間のギャップ82内に延長する。キャビティー80は、ベースから下方に伸びる周囲壁84によって画成される。

#### 【0049】

##### 【実施例】

##### (作製方法)

本発明に従った静電チャック20の好ましい作製方法を以下に説明する。図2(a)に示されるチャック20の形式を作製するプロセスを先ず説明し、そして、別の形式のチャックを作るための製造方法の説明を後で行う。

#### 【0050】

図2(a)に示されるチャックの形式は、一般には以下を備える：(a)基板を支持するための上面を有するベース22と、(b)ベース22上にあり電極24が埋め込まれた絶縁体26と、(c)ベース22上で強磁性物質を備えるマグネティックシャント34であって、シャント34の少なくとも一部は、絶縁体26と隣接している。

#### 【0051】

チャック20のベース22は、典型的には、アルミニウムプレートから機械加工され、厚さ約1.5~1.8cm、直径約100~300mmの直円柱状に切断され、典型的には約127~203mm(5~8インチ)の範囲の基板の直径とマッチする。従来のアルミニウム切削技術を用いて、プレートの表面粗さが約1μm未満となるまで、アルミニウムプレートの上面及び下面は切削される。プレートの表面切削は、ベース22が支持体44とベース22上に置かれる基板に均一に接触するためには不可欠であり、基板42と支持体44との間に効率的な熱移動をさせる。切削後、プレートはきちんと洗浄されて、切削屑が除去される。

#### 【0052】

ベース22の形成後、強磁性物質を含むマグネティックシャント24は、ベース22の上方且つ直に接触して形成される。マグネティックシャント34は、電気メッキ、化学気相堆積及びスパッタコーティング等の物理気相堆積等の、様々な技術で形成されてもよい。鉄又はニッケルまたはこれらの合金を電気メッキするための適切な技術は、一般的には、Yokoiの米国特許第5,160,423号、Yokoiの米国特許第4,960,653号、LeBlancの米国特許第4,780,342号、Kandlerの米国特許第3,617,343号及びMarkerの米国特許第3,655,532号に記載されている。

#### 【0053】

絶縁電極24は別に作製され、シャント34上に接着される。絶縁電極24は、例えば、前述の米国特許出願通し番号08/189,562号に記載されるような、多くの方法で作製することができる。好ましい方法は、絶縁層と導電層とを含む多層フィルムを用いる方法であってもよい。この導電層には、例えば、厚さ25~125μmのポリイミド絶縁層が形成された銅の層を備える「R/FLEX 1100」(Rogers Corporation)であってもよい。この多層フィルムの銅の層は、エッチングされ、削り取

10

20

30

40

50

られあるいは砕かれて、パターン化された電極の形状をなす。銅の層をエッチングして電極24を形成するために、従来のエッチングプロセスは全て用いることができる。典型的なエッチングプロセスでは、R I S T O N ( D u P o n t d e N e m o u r s C h e m i c a l C o ) 等のフォトレジスト材料の均一な層が電極層に塗布されてもよい。A b e らの米国特許第4,952,528号、S c h n u r らの米国特許第5,079,600号、D a s らの米国特許第5,221,422号等に記載される従来からのフォトリソグラフィ法は、銅の層上にパターン化された保護的レジスト層を形成するために用いられる。

【0054】

そして、パターン化されたフォトレジストを上に乗る電極層は、ウェット又はドライケミカルエッチング法を用いてエッチングされる。適当なウェットケミカルエッチング法は、塩化第二鉄、過硫酸ナトリウム又は酸又は塩基等のエッチャントに、フィルムの電極層を電極層がエッチングされるまで浸漬する操作を含む。適切なドライエッチングプロセスは、F r a n c o らの米国特許第3,615,951号、D o u g l a s の米国特許第5,100,499号、H a l l らの米国特許第5,167,748号、C a t h e y の米国特許第5,185,058号、S h i n o h a r a の米国特許第5,200,032号、C h e n らの米国特許第5,215,619号、及びK a d o m u r a らの第5,221,430号に記載されている。

【0055】

電極層がエッチングされた後、銅の層が絶縁層に埋め込まれるように、第2の絶縁フィルムがパターン化された銅の層を覆って接着される。適切な絶縁フィルムは、ポリイミドフィルムのK A P T O N ( D u P o n t d e N e m o u r s C h e m i c a l C o )、A P I Q U E O ( K a n e g a f u c h i C h e m i c a l I n d u s . )、U P I L E X ( U b e I n d u s . L t d . )、N I T O M I D O ( N i t t o E l e c t r i c I n d u s . L t d . ) 及びS U P E R I O R F I L M ( M i t s u b i s h i P l a s t i c s I n d u s . L t d . ) が含まれる。

【0056】

絶縁体26内のグルーブ36は、典型的には、絶縁電極にわたって適当なグルーブパターンにアウトプリントされる。そして、スタンプアウトされた絶縁電極24は、従来の圧力及び温度を基礎とする接着剤を用いてベースに接着されて、図2に示されるように、チャックを形成する。

【0057】

図2(d)に示されるように、絶縁電気コネクタストラップ28が次いで、導電性接着剤を用いて電極24のセグメントに張り付けられる。電気コネクタストラップ28は、従来の圧力及び温度を基礎とする接着剤を用いて、ベース22とベース22の底部の支持材32に接着される。次いで、高電圧電気コネクタ30が絶縁電気コネクタストラップ28に電氣的に接着されて、チャック20の電極24を外部電圧供給器へと接続させる、ベース22の底部の高電圧コネクタをなす。

【0058】

図2(b)に示される形式のチャックは、以下の手順で作製が可能である。例えば、上掲のK A P T O N、A P I Q U E O、U P I L E X、N I T O M I D 等の電気絶縁ポリマーフィルムが選択されて、電極24及びマグネティックシャント34の層が絶縁フィルム上に形成される。

【0059】

電極24及びシャント34層は、例えば、電気メッキ、化学気相堆積法及び物理気相堆積法等を含む様々な技術により形成されてもよい。これらの層の形成プロセスの好適な方法は、以下のステップを含む多段階プロセスである：(i)絶縁層上に「種(たね)」クロム層をスパッタ堆積するステップ、(ii)スパッタされたクロム層をレジスト層でコーティングするステップ。(iii)所望の電極又はシャント構成に対応したパターンにレジスト層をパターニングするステップ、そして(iv)種(たね)クロム層のレジストで

10

20

30

40

50

コーティングされていない部分上に金属を電気メッキし、電極又はシャントを形成するステップ。

【0060】

電極24及びシャント34が異なる金属で形成される場合、このプロセスは2度行われ、最初は電極24の電気メッキのため、2番目はシャント34の電気メッキのためである。電極及びシャントが同じ金属を備える場合は、プロセスは一度行われればよい。

【0061】

多段階電気メッキプロセスの第1のステップでは、クロム層が絶縁フィルム上にスパッタされて、電気メッキされる金属の核成長のための「種(たね)」が得られる。クロム層は典型的には、約100~200 $\mu\text{m}$ の厚さまでスパッタされる。従来からのクロムスパッタ技術、例えば、米国特許第4,131,530号、米国特許第4,022,947号、米国特許第4,392,992号及び"Sputter Deposition onto Plastics",Thorton,J.A.,Proceedings 18th American Conference of Society of Vacuum Coaters,Key Biscayne,Florida,April 7-9(1975),pages 8-26 が適当である。

10

【0062】

次のステップでは、REISTON等のレジスト層が、クロム「種」層上に塗布される。前掲したフォトリソグラフィーの方法を用いて、電極24又はシャント34に所望の構成に対応したパターンにフォトリソレジストをパターンニングする。パターンニングされたレジスト層は、電気メッキの間、レジストでコーティングされた部分に電気メッキ金属が堆積するのを防止する。

20

【0063】

電気メッキのステップでは、レジストがコーティングされた絶縁フィルムは、電気メッキされて、レジストがコーティングされた部分の合間に、パターンニングされた電極24が形成される。従来の銅メッキ技術は、電極24を形成するのに適しており、これらは例えば、Sonnenburgらの米国特許第5,252,196号、Bernardsらの米国特許第5,004,525号、Luceらの米国特許第4,898,647号及びMilijkoVICの米国特許第4,948,474号等である。従来のニッケルメッキ技術はシャント34の形成に適しており、例えば、上記の特許に開示されている。

【0064】

チャック20へ電極24とシャント34とを形成した後、残留レジストとクロムは、チャック20からエッチングされる。残留レジストは、ウェットケミカルエッチング又はプラズマエッチング法により除去される。適切なウェットケミカルエッチング法は、80に加熱されたN-メチルピロリドン(N-methylpyrrolidone)の溶液にチャック20を約10分間浸漬する操作を含む。あるいは、Irvingらの米国特許第3,837,856号、Neisiusらの米国特許第4,786,578号及びFujimuraらの米国特許第4,938,839号に一般的に開示されるような、酸素プラズマを利用する等のプラズマエッチング技術も、残留レジストのエッチングに用いることができる。残留レジストを除去した後、チャック20を過硫酸ナトリウム溶液に浸漬した後過マンガン酸カリウム溶液に浸漬する等のウェットケミカルエッチングのステップによって、残留クロムが除去される。

30

40

【0065】

そして、第2の電気絶縁性フィルムが、絶縁材料のシートの形態(上述の如く)で、あるいは、露出した電極及びシャントに対して、電気絶縁性の液体をスプレー、ディッピング、ペインティング、スピコーティング又はシルクスクリーニングすることにより、電極24及びシャント34の上を覆って形成される。絶縁材料のシートが被せられる場合、この絶縁性シートは電極及びシャント全体をカバーする程度に充分大きなサイズを与えられる。

【0066】

絶縁材料のシートが電極24及びシャント34に接着された場合、上側絶縁層にグルーブパターンをエッチングすることにより、グルーブ36が形成されてもよい。あるいは、液

50

体絶縁材料が電極及びシャント上に塗布された場合、粘性液体絶縁材料が電極 2 4 とシャント 3 4 の間のトレンチに流れ込んでグルーブ 3 6 を形成してもよい。

【 0 0 6 7 】

電気メッキのかわりに、電極 2 4 及びシャント 3 4 は次の複数のステップにより形成されてもよい：( i ) 化学又は物理気相堆積法によって絶縁層の上に連続的な金属層を堆積するステップ；( i i ) 上記に開示される従来の技術を用いて、金属層の上にパターンングしたレジスト層を形成するステップ；そして、( i i i ) ウェットケミカルエッチングプロセス又はプラズマアクティベィテッドエッチングプロセスによって、レジストでコーティングされた部分の間の露出した金属層の部分をエッチングするステップ。適切なウェットケミカルエッチングプロセスは、Francoraの米国特許第 3, 6 1 5, 9 5 1 号、Douglasの米国特許第 5, 1 0 0, 4 9 9 号、Hallらの米国特許第 5, 1 6 7, 7 4 8 号、Catheryの米国特許第 5, 1 8 5, 0 5 8 号、Shinoharaの米国特許第 5, 2 0 0, 0 3 2 号、Chenらの米国特許第 5, 2 1 5, 6 1 9 号、及びKadomuraらの第 5, 2 2 1, 4 3 0 号に一般的に記載されている。

10

【 0 0 6 8 】

図 2 ( c ) 及び図 2 ( d ) に示される本発明の形式のものは、マグネティックシャント 3 4 が別々の部分として形成される点を除いて、上記の技術と実質的に同じ技術を用いて作製される。典型的には、マグネティックシャントは、ニッケル等の強磁性材料のプレートから、従来の加工技術によって機械加工される。

【 0 0 6 9 】

図 2 ( d ) に示されるチャックのベース 2 2 は、アルミニウムプレートを所望の形状に機械加工することにより形成される。電気コネクタ支持材 3 2 は、支持材をアルミニウム溶接した後、ベース 2 2 の底面を切削して滑らかな接触面を得ることにより形成される。

20

【 0 0 7 0 】

(チャックの使用法)

図 1 に示されるように、本発明に従ったプロセスは、シリコン又はガリウムヒ素等の半導体ウエハを備える基板 4 2 に対して実施される。プロセスの実施にあたり、プロセスチャンバ 4 0 は、約 1 ~ 約 5 0 0 m T o r r まで、更に典型的には約 1 0 ~ 約 1 0 0 m T o r r にまで脱気される。基板 4 2 は、ロードロックトランスファチャンバ ( 図示されず ) からチャンバ 4 0 へと移送され、チャンバ 4 0 内の支持体 4 4 上の静電チャック 2 0 の上に置かれる。

30

【 0 0 7 1 】

プロセスチャンバ 4 0 内に、1つ以上の加圧ガスのソースを用いて、エッチャントプロセスガスが導入される。例えば、 $Cl_2$ 、 $BCl_3$ 、 $CCl_4$ 、 $SiCl_4$ 、 $CF_4$ 、 $NF_3$  及びこれらの混合物等の、従来からのハロゲン含有エッチャントガスが、基板のエッチングに用いることができ、このことは、S.Wolf and R.N.Tauber, Silicon Processing for the VLSI Era, Vol.1, Chap. 16: Dry Etching for VLSI, Lattice Press, Sunset Beach, California(1986) に一般的に述べられている。

【 0 0 7 2 】

そして、電圧供給器 4 8 が活性化され、電氣的接地面 5 0 に関して支持体 4 4 に電氣的バイアスを与え、チャンバ 4 0 内にプロセスガスからのプラズマが発生する。チャンバ 4 0 を包囲するコイル 5 4 に交流電流が供給され、チャンバ内でエッチングプラズマの均一性を向上するための磁場をチャンバ 4 0 内に発生させる。プラズマアクティベィテッドエッチャント種は、基板 4 2 に衝突してこれをエッチングする。

40

【 0 0 7 3 】

静電チャック 2 0 のマグネティックシャント 3 2 は、マグネティックシャント 3 4 の上方の部分の磁場を弱め、基板 4 2 のこれらの領域での過剰なエッチングを防止し、基板 4 2 のエッチングの均一性を高める。また、マグネティックシャント 3 4 は、基板 4 2 から更に均一な熱移動を実現し、エッチングの均一性を更に向上させる。

【 0 0 7 4 】

50

特定の好適な形式に関して本発明を非常に詳細に説明してきたが、この分野の熟練者には、本発明の多くの変形が可能であろう。例えば、ベースの部分が強磁性材料製とし、マグネティックシャントとして作用させてもよい。また、このチャックは、化学気相堆積法、物理気相堆積法又はスパッタリングプロセスで用いられてもよい。従って、この特許請求の範囲の本質と範囲は、ここに記載された好ましい具体例の説明によって制限を受けることはない。

【0075】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明の静電チャックによれば、ウエハの表面全体にわたって、磁気の分路（シャンティング）が均一になり、且つ、基板と支持体との間の熱移動を均一になる静電チャックとマグネティックシャント構成とが提供される。

10

【0076】

従って、エッチング速度も基板全面にわたって均一になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の静電チャックを有するプロセスチャンバの正面断面図である。

【図2】本発明のチャックの側面断面図であり、(a)はチャックのベースの上にマグネティックシャントが配置されたチャック、(b)はチャックの絶縁体内にマグネティックシャントが配置されたチャック、(c)はチャックのベース上の基板支持体に位置するマグネティックシャントを有するチャック、(d)はチャックのベースのキャビティー内に位置する連続的マグネティックシャントを有するチャックを、それぞれ表す。

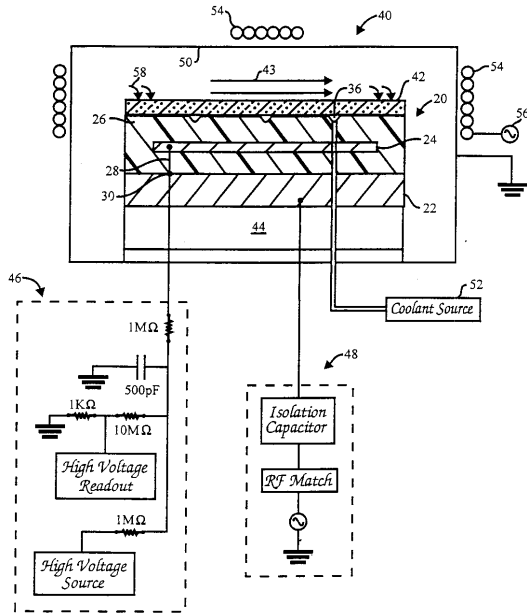
20

【図3】本発明の連続的なマグネティックシャントの斜視図である。

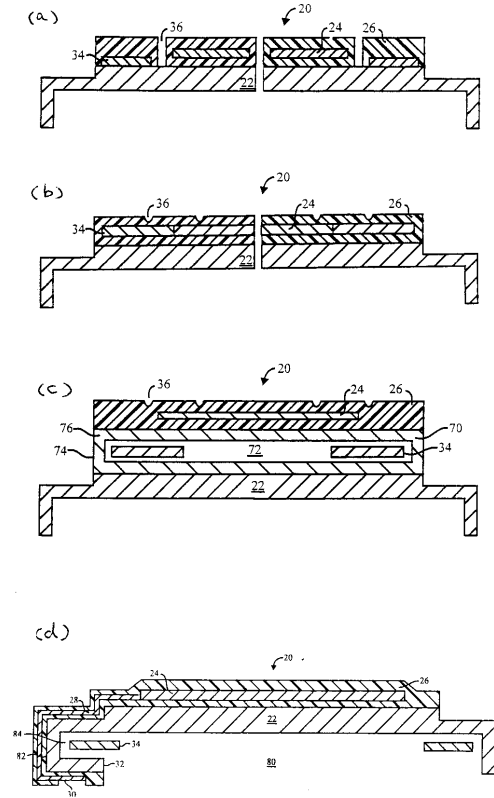
【符号の説明】

20...静電チャック、22...ベース、24...電極、26...絶縁体、28...コネクタストラップ、30...コネクタ、32...支持材、34...マグネティックシャント、36...グローヴ、40...プロセスチャンバ、42...基板、43...矢印、44...支持体、46...外部第1電圧供給器、48...外部第2電圧供給器、50...接地表面、52...クーラントソース、54...円筒コイル、56...交流電流ソース、58...矢印、70...基板支持体、72...キャビティー、74...側壁、76...カバープレート、80...キャビティー、82...ギャップ、84...周囲壁。

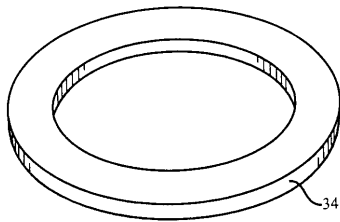
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100094318  
弁理士 山田 行一
- (72)発明者 シャモウィル シャモウィリアン  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95120, サン ノゼ, ウォッシュー ドライブ  
1256
- (72)発明者 ジョン エフ. キャメロン  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94022, ロス アルトス, コロナド アヴェニュー  
- 91
- (72)発明者 チャンダラ ディスパンディ  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94539, フレモント, ウォッシュー コート 4  
4920
- (72)発明者 ユー - ジア スー  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95014, キュパティノ, ローズ ブロッサム ド  
ライブ 866

審査官 千馬 隆之

- (56)参考文献 特開平06 - 013344 (JP, A)  
特開平05 - 029270 (JP, A)  
特開平05 - 065655 (JP, A)  
特開平05 - 214527 (JP, A)  
特開平05 - 217951 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
H02N 13/00