

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3881290号
(P3881290)

(45) 発行日 平成19年2月14日(2007.2.14)

(24) 登録日 平成18年11月17日(2006.11.17)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 L	21/205	(2006.01)	HO 1 L 21/205
HO 1 L	21/3065	(2006.01)	HO 1 L 21/302 I O I D
HO 5 H	1/46	(2006.01)	HO 5 H 1/46 A

請求項の数 6 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2002-238819 (P2002-238819)	(73) 特許権者	501387839 株式会社日立ハイテクノロジーズ 東京都港区西新橋一丁目24番14号
(22) 出願日	平成14年8月20日(2002.8.20)	(74) 代理人	110000062 特許業務法人第一国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2004-79820 (P2004-79820A)	(72) 発明者	有働 電二郎 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社 日立製作所 機械研究所内
(43) 公開日	平成16年3月11日(2004.3.11)	(72) 発明者	荒井 雅嗣 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社 日立製作所 機械研究所内
審査請求日	平成15年2月21日(2003.2.21)	(72) 発明者	角谷 匡規 山口県下松市大字東豊井794番地 株式 会社 日立ハイテクノロジーズ 設計・製 造統括本部 笠戸事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

試料を処理する処理室と、前記処理室を減圧する真空排気手段と、前記処理室に処理ガスを供給する処理ガス供給手段と、前記処理室内で処理される試料を保持する試料保持手段と、前記試料保持手段にバイアス電位を印加するバイアス印加手段と、前記試料保持手段に前記試料を静電吸着させる静電吸着手段と、前記処理室内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段とを有するプラズマ処理装置において、

前記試料保持手段の上面は段差を有しており、最上段には前記試料が載置され、前記試料の載置面よりも低い面には前記バイアス電位が印加可能であって前記試料面上での電界強度分布を均一にするための導電体からなるリング状部材が設けられ、かつ、前記リング状部材の上面は前記試料の上面と同一かあるいは低く、前記リング状部材の上面を誘電体からなる部材が覆っていることを特徴とするプラズマ処理装置。

10

【請求項2】

請求項1記載のプラズマ処理装置において、前記リング状部材の上面と前記試料の上面との差が7mm以下であり、かつ、前記リング状部材の内径と前記試料保持手段の最上段の外径との差が10mm以下であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】

請求項1記載のプラズマ処理装置において、前記導電体からなる輪状部材の材質は、前記試料保持手段の母材と同一であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項4】

20

請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、前記誘電体からなる部材の材質が、セラミックまたは石英であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 5】

請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、前記導電体からなるリング状部材の表面が、前記誘電体からなる部材とは異なる部材の誘電体の被膜に覆われていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 6】

請求項 5 記載のプラズマ処理装置において、前記誘電体の被膜が、溶射被膜または陽極酸化膜であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はプラズマ処理装置に係り、特にウエハ等の試料をウエハ面内において均一に処理するプラズマ処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

シリコンウエハなどの被加工板材（以下ウエハと表記する）を加工して半導体デバイスを製作する半導体製造装置として、プラズマ CVD（化学蒸着）装置やプラズマエッチング装置などのプラズマ処理装置が広く使用されている。これらのプラズマ処理装置において、一般的にウエハの面内で均一な処理を行うことは非常に重要である。例えばプラズマ CVD 装置においては、ウエハ面内で可能な限り均一な成膜速度や膜組成が求められ、プラズマエッチング装置においては、ウエハ面内で可能な限り均一なエッチング速度や溝または穴の形状が求められる。もしも十分に均一な処理が実現できなければ、同一ウエハ内に形成される個々の半導体デバイスの性能にばらつきが生じたり、場合によっては不良を生じることになり、生産歩留まりの低下による半導体デバイスの価格上昇などにつながるおそれがある。

【0003】

このような不均一のうち、特にウエハ外周端部付近における機械的、電磁氣的、あるいは熱的な特異性などの要因により生じるウエハ処理の不均一のために、ウエハ外周端部付近で半導体チップを製作することが困難となる場合がある。この場合、チップの製作困難な領域にはチップを形成しないように設計するが、このようなデザインルール上でのウエハ外周端部付近の不利用領域のことをエッジ・エクスクルージョン（以下 E・E・と表記する）と呼び、この E・E・が半導体価格を決定するひとつの要因となる。

【0004】

そこで、従来よりプラズマ処理装置における処理のウエハ面内均一性については様々な検討がなされている。例えば、特開平 7 - 66174 号公報には、ウエハを支持するペDESTAL と共に使用され、プラズマシースがウエハの全表面にわたって均一となるように選択された「壁」と呼ばれている部分を有する絶縁または誘電性の材料からなる「輪」を用いることにより、ウエハ上における垂直でない電界線を無くすあるいは大幅に減らすことが述べられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特開平 7 - 66174 号公報に記載されたプラズマ処理装置は、バッチ型エッチング装置であって、ペDESTAL と称するウエハステージにウエハを保持クリップにて斜め方向に機械的に固定する方式の装置において好適な発明であって、近年、一般的に用いられるようになった装置、つまり、ウエハを一枚毎、自動搬送手段により搬送し、試料保持手段上に水平に載置し、静電吸着して保持すると共に、試料保持手段にバイアス電位を与える方式の装置に適用するには様々な困難があることが判っている。

【0006】

また、特開平 7 - 66174 号公報以外にも、試料保持手段周辺に導体または誘電体のリ

10

20

30

40

50

ングを設置し、ウエハ上の電界に何らかの影響を与えているものとして、特開平11-74099号公報、特開2001-185542号公報等が知られている。しかし、何れの公報も、目的及び課題が異なっており、記載された構成を用いても、バイアス電位によるウエハ面に対して垂直でない電気力線をなくすか、または大幅に減らすことはできなかった。

【0007】

そこで、本発明の目的は、このような問題点に鑑みてなされたもので、ウエハにバイアス電位を与えた場合の電界強度の分布がウエハの外周端まで均一、つまり、電気力線がウエハの外周端までウエハ面に対して概略垂直を保つことにより、ウエハの外周端部への電界の集中を防止または緩和することで、ウエハ面内において、均一な処理を行うことのできるプラズマ処理装置を提供することにある。

10

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記の課題を解決する為に次のような手段を採用した。

試料を処理する処理室と、前記処理室を減圧する真空排気手段と、前記処理室に処理ガスを供給する処理ガス供給手段と、前記処理室内で処理される試料を保持する試料保持手段と、前記試料保持手段にバイアス電位を印加するバイアス印加手段と、前記試料保持手段に前記試料を静電吸着させる静電吸着手段と、前記処理室内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段とを有するプラズマ処理装置において、前記試料保持手段の上面は段差を有しており、最上段には前記試料が載置され、前記試料の載置面よりも低い面には前記バイアス電位が印加可能であって前記試料面上での電界強度分布を均一にするための導電体からなるリング状部材が設けられ、かつ、前記リング状部材の上面は前記試料の上面と同一かあるいは低く、前記リング状部材の上面を誘電体からなる部材が覆っていることを特徴とするプラズマ処理装置。

20

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の第1の実施例について、図を用いて詳細に説明する。

図1は、本発明をプラズマエッチング装置に適用した実施例を示すもので、当該プラズマエッチング装置の断面模式図である。

【0010】

図1において、処理室100は10000分の1Pa程度の圧力の真空を達成できる真空容器であり、その上部に電磁波を放射するアンテナ110を、下部にはウエハなどの試料Wを載置する下部電極130を備えている。アンテナ110と下部電極130は、平行して対向する形で設置される。処理室100の周囲には、例えば電磁コイルとヨークからなる磁場形成手段101が設置されている。そして、アンテナ110から放射される電磁波と磁場形成手段101で形成される磁場との相互作用により、処理室内部に導入された処理ガスをプラズマ化して、プラズマPを発生させ、試料Wを処理する。

30

【0011】

一方、処理室100は、真空排気手段106により真空排気され、圧力制御手段107により圧力が制御される。処理圧力は、0.1Pa以上10Pa以下の範囲に調整される。処理室100はアース電位となっている。

40

【0012】

アンテナ110は真空容器の一部としてのハウジング114に保持される。また、アンテナ110のプラズマに接する側の面にはシャワープレート115が設置される。試料のエッチング、成膜等の処理を行なう処理ガスは、図示しないガス供給手段から所定の流量と混合比をもって供給され、シャワープレート115に設けられた多数の孔を通して、所定の分布に制御されて、処理室100に供給される。

【0013】

アンテナ110には、アンテナ電源121、アンテナバイアス電源122が、それぞれマッチング回路・フィルタ系123、124を介して接続され、またフィルタ125を通し

50

てアースに接続される。アンテナ電源121は、300MHzから1GHzのUHF帯周波数の電力を供給する。本実施例では、アンテナ電源121の周波数を450MHzとしている。一方、アンテナバイアス電源122は、アンテナ110に数十kHzから数十MHzの範囲の周波数のバイアス電力を印加している。本実施例では、周波数を13.56MHzとしている。また、試料Wは直径300mmのウエハとする。

【0014】

下部電極130には、例えば200kHzから13.56MHzの範囲のバイアス電力を供給するバイアス電源141がマッチング回路・フィルタ系142を介して接続されて試料Wに印加するバイアスを制御するとともに、フィルタ143を介してアースに接続される。本実施例では、バイアス電源141の周波数を400kHzとしている。

10

【0015】

下部電極130はウエハステージ131を有し、その上面に、すなわち試料載置面にウエハなどの試料Wを載置保持する。ウエハステージ131の材質はアルミニウムを母材としており、その上面に静電吸着用誘電体層（以下、静電吸着膜と略称する）が形成されている。ウエハステージ131に静電吸着用の直流電源144とフィルタ145から数100V～数kVの直流電圧を印加することで静電吸着力を発生させ、ウエハなどの試料Wを吸着・保持する。静電吸着膜として、例えばアルミナやアルミナにチタニアを混合した誘電体を用いる。また、ウエハステージ131は、図示しない温度制御手段によりその表面が所定の温度に制御される。そして、ウエハステージ131の表面には、不活性ガス、例えばHeガスが所定の流量と圧力に設定されて供給されており、試料Wとの間の熱伝達性を高めている。これにより、試料Wの表面温度を、例えばおよそ20～110の範囲に精度よく制御することが可能となる。ウエハステージ131の上面の直径は、試料Wの直径より1～2mm程度小さい。これにより、ウエハステージ131上面の静電吸着膜は直接プラズマに曝されることがない、つまりプラズマによるダメージを防止できるため、長期間にわたる使用が保証される。

20

【0016】

ウエハステージ131の上面は段差を有しており、最上段には試料Wが載置され、試料の載置面よりも低い面には、バイアス電位が印加可能な導電体からなるリング状部材である導体リング132が設けられている。このリング状部材の上面は試料の上面と同一あるいは低くすることが望ましい。

30

【0017】

また、導体リング132の材質としてはアルミニウムを用いた。この理由としては、基本的にバイアス印加時に導体リング132の表面はウエハステージ131と同等の電位であることが必要であり、そのためウエハステージ131と導体リング132とは同等の電気的特性を有することが必要であるからである。また、ウエハステージ131及び導体リング132の温度が変化した場合、これらの部材の寸法は熱膨張あるいは収縮するが、もしもこれらが個別の材料から成り熱膨張係数が異なると、ウエハステージ131及び導体リング132の間に熱応力が発生し、不規則な変形を生じる可能性がある。導体リング132に不規則な変形が生じると、ウエハ外周部の電界の分布が変化するので、導体リング132の材質はウエハステージ131と同程度の熱膨張係数を有する材質であることが好ましい。

40

【0018】

導体リング132の表面には、必要に応じて陽極酸化処理（いわゆるアルマイト）や、溶射等の表面処理（溶射被膜）などの誘電体の被膜にて覆うことにより、異常放電やショートなどを防止する。

【0019】

また、導体リング132の上面は、プラズマに曝され減肉することを防止する目的で、誘電体からなるカバーリング133によって覆われている。このカバーリング133はアルミナ等のセラミックや石英を用いるのが好適である。本実施例におけるカバーリング133には焼結により成形されたアルミナを用いた。

50

【0020】

ここで、カバーリング133の高さに関しては注意が必要である。カバーリング133の最上面はウエハWの上面と同一面か、または、ウエハWの上面よりも高いことが望まれる。しかもそれらの高さの差は2mm以下であることが好ましい。これはカバーリング133の最上面がウエハWの上面よりも低い場合、ウエハWの外周上部に電界の集中が生じる場合があるからである。また、2mmよりも高くなるとカバーリング133に付着した異物がウエハW上に落下する恐れがあるため好ましくない。

【0021】

次に、本実施例の装置を用いた場合のウエハ上における電界分布均一化の効果について、具体的に説明する。

10

【0022】

図2は、図1におけるウエハWの外周部付近の拡大図である。図2におけるウエハWの上面までの高さ H_w と導体リング132の上面までの高さ H_f との差 $H_w - H_f$ は、2.6mmであり、導体リング内径 D_f とウエハステージ131の最上段の外径 D_s との差 $D_f - D_s$ は、0.3mmである。また、導体リング132の表面にはアルマイト処理がなされている。これは、導体リング132の内周部分がプラズマと接し、エッチングされることを防止するためである。また、図2においてカバーリング133の内部にアースEを設置したが、アースの位置は必ずしもカバーリングの内部である必要はなく、カバーリングの外側に設置しても良い。また、同図における下部電極130のバイアスは、ウエハステージ131と導体リング132を一体と見なした導体に印加される。

20

【0023】

図3は、この時のバイアス電位が形成する電界の分布を解析により求めた結果である。図3から明らかなように、バイアス電位が形成する等電位面は中心付近からウエハWの外周端に至るまでウエハWの上面に対して概略平行となっている。

【0024】

一方、図4は従来例であって、導体リングを用いない場合のウエハWの外周部付近の拡大図を示す。さらに、図5には、図4の構成においてバイアス電位が形成する電界の分布を解析により求めた結果を示す。図5から明らかなように、バイアス電位が形成する等電位面の間隔はウエハWの外周端付近で狭くなっており、電界が集中して強くなっていることが分かる。

30

【0025】

このような電界分布の不均一は、図6及び図7のグラフよりさらに明確にすることができる。図6は、ウエハWの中心からの距離 r と、ウエハ上1mmの高さの位置における電気力線とウエハ面のなす角度との関係を解析により求めた結果を示す図である。導体リング132を用いた場合の電気力線の角度はウエハ表面に対してほぼ直角であることが判る。一方、導体リングを用いない場合の電気力線の角度はウエハ外周端(150mm)に近付くにつれて小さくなり、ウエハ外周端付近では約 66° となる。

【0026】

また、図7はウエハWの中心からの距離 r と、ウエハ上1mmの高さの位置における電界強度 E の関係を解析により求めた結果を示す図である。導体リング132を用いた場合の電界強度 E は、ウエハの最外周に至るまでほぼ一定であることが判る。一方、導体リングを用いない場合の電界強度 E は、ウエハ外周端(150mm)に近付くにつれて、明らかに上昇変化していることが判る。このように、本発明を適用すれば、バイアス電位が形成する電気力線の角度を、ウエハ外周部においてもウエハ表面に対してほぼ直角にすることができるため、プラズマ中の帯電粒子を直角に引き込むことができる。これにより、ウエハ全面にわたってエッチング後の側壁形状が均一となることが判る。また、バイアス電位が形成する電界強度が、ウエハ外周部においても均一であるということは、プラズマ中の帯電粒子の運動エネルギーも均一となるため、エッチング速度に偏差を生じることはない。従って、本発明を適用すれば、 $E \cdot E$ の対象となる領域を低減できることが判る。

40

【0027】

50

実際に、図2に示した導体リング132を用いたエッチング装置において、シリコンウエハのエッチングを行った。エッチング後に形成された溝の側壁形状及び溝の深さ、すなわちエッチング速度を検証した結果、ウエハ中央部から外周端部付近に至るまで非常に均一性の高いエッチングを達成することができた。

【0028】

次に、本発明の第2の実施例について、図を用いて詳細に説明する。

図8は、実施例1とは下部電極130の導体リング132及びカバーリング133の形状が異なる。図8における $H_w - H_f$ の差は0.6mmであり、 $D_f - D_s$ の差は3.5mmである。図9は、この時のバイアス電位が形成する電界の分布を解析により求めた結果である。図9から明らかなように、バイアス電位が形成する等電位面は中心付近からウエハWの外周端に至るまでウエハWの上面に対して概略平行となる。この結果は図2に示した導体リング132を用いた場合の、図3に示した等電位面とほぼ同等である。

10

【0029】

図10は、ウエハWの中心からの距離 r と、ウエハ上1mmの高さの位置における電気力線とウエハ面のなす角度との関係を解析により求めた結果を示す図である。導体リング1321を用いた場合の電気力線の角度はウエハ端部に至るまでウエハ表面に対してほぼ直角であり、導体リングを用いない場合における、電気力線の角度がウエハ端部で顕著に小さくなる傾向とは明確に異なる。また、図11はウエハWの中心からの距離 r と、ウエハ上1mmの高さの位置における電界強度 E との関係を解析により求めた結果を示す図である。導体リング1321を用いた場合の電界強度は、ウエハの最外周に至るまでほぼ一定であるが、一方で、導体リングを用いない場合の電界強度 E は、ウエハ外周部で明らかに上昇する。

20

【0030】

図8に示した導体リング1321を用いたエッチング装置で実際にシリコンウエハのエッチングを行った。エッチング後に形成された溝の側壁形状及び溝の深さ、すなわちエッチング速度を検証した結果、ウエハ中央部から外周端部付近に至るまで非常に均一性の高いエッチングを達成することができた。

【0031】

次に、本発明の他の実施例について、図を用いて簡単に説明する。

図12及び図13は、実施例1とは下部電極130の導体リング132及びカバーリング133の形状が異なる。図12における $H_w - H_f$ の差は6mmであり、 $D_f - D_s$ の差は0.6mmである。また、図13における $H_w - H_f$ の差は1.6mmであり、 $D_f - D_s$ の差は8mmである。これらの実施例において、実際にシリコンウエハのエッチングを行い、エッチング後に形成された溝の側壁形状及び溝の深さ、すなわちエッチング速度を検証した結果、ウエハ中央部から外周端部付近に至るまで非常に均一性の高いエッチングを達成することができた。

30

【0032】

次に、 $H_w - H_f$ の差及び $D_f - D_s$ の差の許容値について、更なる検討を行った。

図14は、 $H_w - H_f$ の差と、 $D_f - D_s$ の差と、電気力線とウエハ面のなす角度との関係を示す図である。また、別に実施した詳細な実験における測定結果から、直径300mmのウエハにおいて、ウエハ中心からの距離 r が149mmで、ウエハ上1mmの点の角度が 85° 以上 95° 以下の時、エッチング結果が良好となることがわかっている。そこで、図14において、角度が 85° 以上 95° 以下の範囲となる $H_w - H_f$ 及び $D_f - D_s$ の範囲を検討すると、 $H_w - H_f$ 7かつ $D_f - D_s$ 10となる範囲が好適な範囲であることが判った。

40

【0033】

上述の通り、本発明を適用すれば、ウエハを一枚毎、自動搬送手段により搬送し、試料保持手段上に水平に載置し、静電吸着して保持すると共に、試料保持手段にバイアス電位を与える方式の装置に対し、ウエハ上の電界強度の分布がウエハの外周端まで均一、となり、ウエハ面内において、均一な処理を行うことのできるプラズマ処理装置を提供すること

50

ができる。また、本発明の構成によれば、従来技術において用いられていた、ウエハ上面よりも高い位置にある「壁」を有していないため、「壁」に付着した異物がウエハ上に落下するという不具合も低減できる。

【0034】

なお、本発明は、上述した実施例1乃至実施例3に記載されたプラズマエッチング装置への適用に限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したプラズマエッチング装置の断面模式図。

【図2】図1におけるウエハWの外周部付近の拡大図。

【図3】図2の構成においてバイアス電位が形成する電界の分布を解析により求めた結果を示す図。 10

【図4】従来例におけるウエハWの外周部付近の拡大図。

【図5】図4の構成においてバイアス電位が形成する電界の分布を解析により求めた結果を示す図。

【図6】ウエハ中心からの距離と、電気力線とウエハ面のなす角度との関係を示す図。

【図7】ウエハ中心からの距離と、電界強度Eとの関係を示す図。

【図8】本発明の他の実施例を適用したプラズマエッチング装置のウエハWの外周部付近の拡大図。

【図9】図8の構成においてバイアス電位が形成する電界の分布を解析により求めた結果を示す図。 20

【図10】ウエハ中心からの距離と、電気力線とウエハ面のなす角度との関係を示す図。

【図11】ウエハ中心からの距離と、電界強度との関係を示す図。

【図12】本発明の他の実施例を適用したプラズマエッチング装置のウエハWの外周部付近の拡大図。

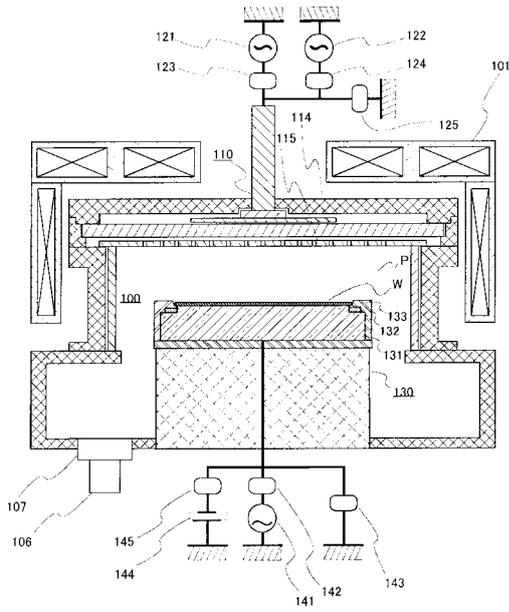
【図13】本発明の他の実施例を適用したプラズマエッチング装置のウエハWの外周部付近の拡大図。

【図14】 $H_w - H_f$ と、 $D_f - D_w$ と、電気力線とウエハ面のなす角度との関係を示す図。

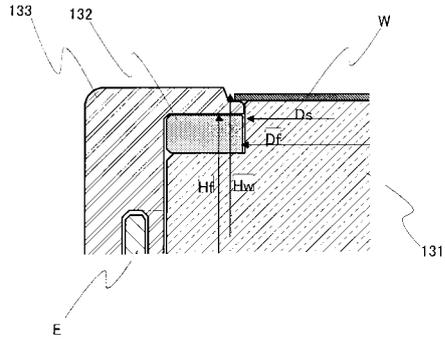
【符号の説明】 30

100 ... 処理室、106 ... 真空排気手段、110 ... アンテナ、121 ... アンテナ電源、122 ... アンテナバイアス電源、130 ... 下部電極、131 ... ウエハステージ、132 ... 導体リング、133 ... カバーリング、141 ... 下部電極用バイアス電源、144 ... 静電吸着用直流電源。

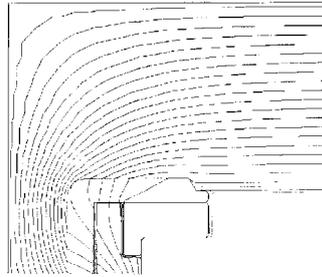
【図1】



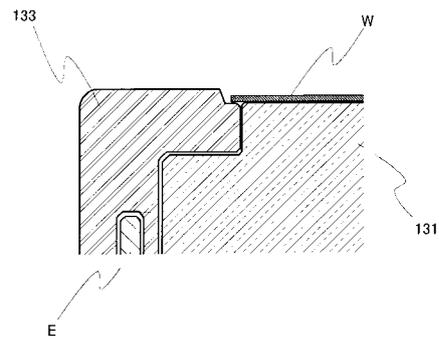
【図2】



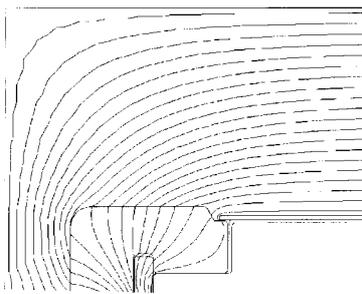
【図3】



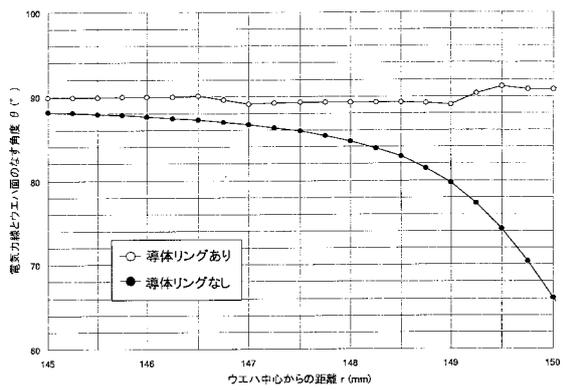
【図4】



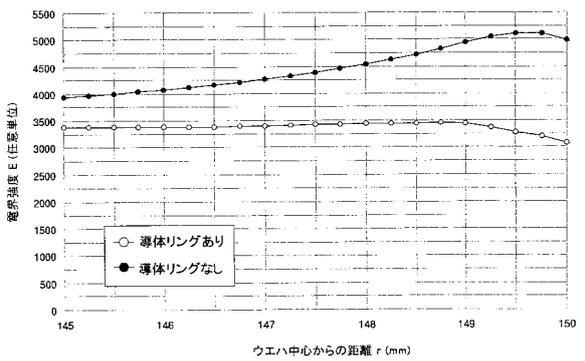
【図5】



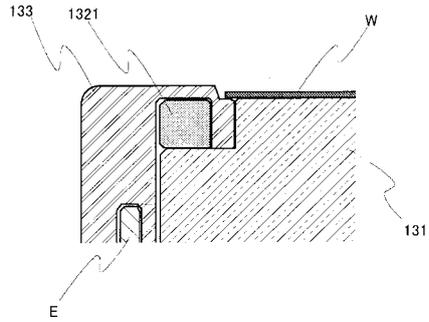
【図6】



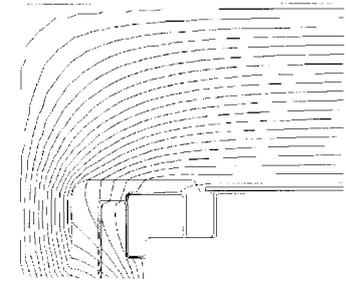
【図7】



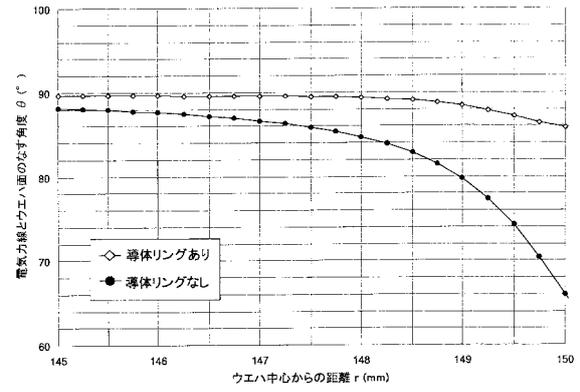
【図 8】



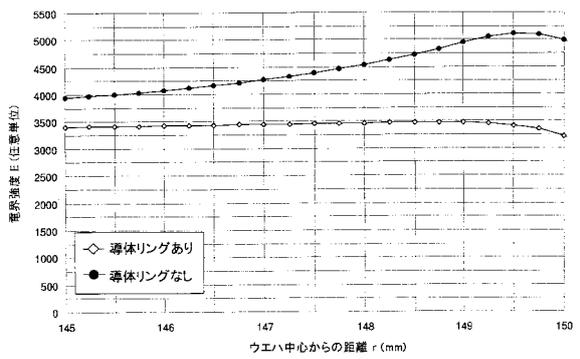
【図 9】



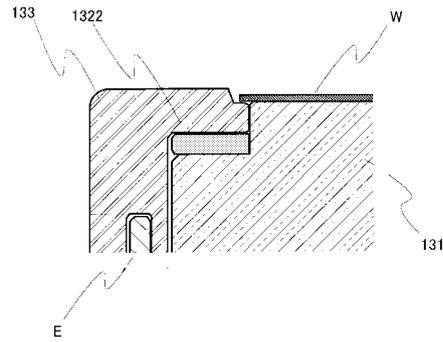
【図 10】



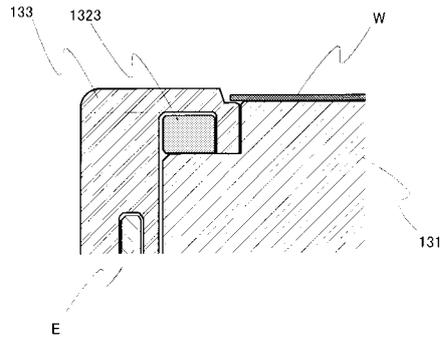
【図 11】



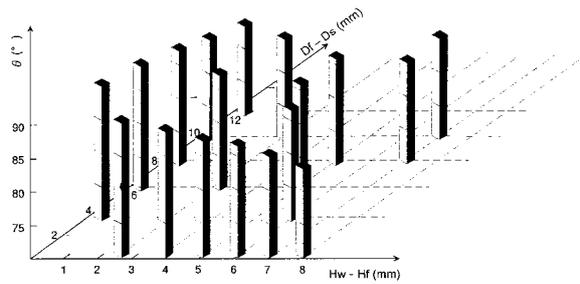
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

審査官 藤原 敬士

- (56)参考文献 特開平11-074099(JP,A)
特開平05-029270(JP,A)
特開平04-279044(JP,A)
特開平11-317397(JP,A)
特開2001-057363(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205
H01L 21/3065
H05H 1/46