



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 25 974 T2 2004.01.22**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 766 300 B1**

(51) Int Cl.7: **H01L 21/68**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 25 974.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 306 457.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **05.09.1996**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.04.1997**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **29.01.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.01.2004**

(30) Unionspriorität:

535422 28.09.1995 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, DE, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LI, NL, SE

(73) Patentinhaber:

Applied Materials, Inc., Santa Clara, Calif., US

(72) Erfinder:

**Steger, Rebert J., Cupertino, California 95014, US;
Lue, Brian, Mountain View, California 94041, US**

(74) Vertreter:

v. Fünér Ebbinghaus Finck Hano, 81541 München

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Struktur zur Verbesserung der Flüssigkeitsströmung für Wärmetransport in elektrostatische Halter**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen elektrostatischen Aufspannaufbau, der für den Strom von Wärmeübertragungsfluiden zu der Oberfläche einer elektrostatischen Aufspanneinrichtung sorgt. Der Aufbau hat eine leitende Unterschicht, die einen Gasstromkanal enthält, sowie eine darüber liegende Schicht aus dielektrischem Material. Der Aufbau eignet sich zur Unterbindung des Zusammenbruchs des Wärmeübertragungsfluidstroms, der durch die elektrostatische Aufspanneinrichtung zu seiner Oberfläche geführt wird, um die Unterseite eines Werkstücks, wie eines Siliziumwafers, zu kühlen, der auf der elektrostatischen Aufspanneinrichtung liegt. Der Aufbau eignet sich auch, das Eindringen von Halbleiterbehandlungsplasma in die Wärmeübertragungs-Fluidöffnungen in der elektrostatischen Aufspanneinrichtung zu unterbinden.

[0002] Die US-A-5,350,479 beschreibt eine elektrostatische Aufspanneinrichtung zum Halten eines in einer Plasmareaktionskammer zu behandelnden Gegenstandes. Die elektrostatische Aufspanneinrichtung hat einen mit einer Schicht aus dielektrischem Material überzogenen Metallsockel, der ein Kühlgasverteilungssystem zum Durchführen und Verteilen eines Kühlgases zwischen der oberen Fläche der elektrostatischen Aufspanneinrichtung und einem auf dieser Oberfläche gehaltenen Gegenstand enthält. Das Gasverteilungssystem hat eine Vielzahl von sich schneidenden Nuten, die gänzlich in der oberen Fläche der elektrostatischen Aufspanneinrichtung mit kleinen Gasverteilungsöffnungen durch Schnittpunkte der Nuten hindurch ausgebildet sind.

[0003] Die Lebensdauer einer elektrostatischen Aufspanneinrichtung wird von dem Vorhandensein der Gasverteilungsöffnungen beeinträchtigt, die zum Fördern des Wärmeübertragungsgases eingesetzt werden. Insbesondere dann, wenn die elektrostatische Aufspanneinrichtung auf Hochleistungs-HF-Feldern und Plasmen mit hoher Dichte unmittelbar über dem Werkstück ausgesetzt werden, ist es möglich, dass der Kühlgasstrom aufgrund Lichtbogenbildung oder Glimmentladung zusammenbricht. Da es eine Linie eines sichtbaren Wegs zwischen dem Gegenstand (gewöhnlich einem Halbleitersubstrat), der auf der oberen dielektrischen Fläche der elektrostatischen Aufspanneinrichtung gehalten wird, und der darunter liegenden leitenden Schicht (beispielsweise Aluminium) gibt, das den Sockel der elektrostatischen Aufspanneinrichtung bildet, kann außerdem eine Bogenbildung längs dieses Wegs trotz der Tatsache zu Stande kommen, dass die Gasverteilungsöffnungen so bemessen sind, dass Diskontinuitäten in dem elektrischen Feld auf ein Minimum reduziert sind, die zu einem Zusammenbruch des durch die Löcher gehenden Kühlgasstroms führen können. Eine Bogenbildung oder Glimmentladung an der Oberfläche des Halbleitersubstrats kann zu einem Verlust des Substrats führen. Eine Bogenbildung oder Glimmentladung

in den Gasverteilungsöffnungen verschlechtert die dielektrische Schicht und die darunter liegende Aluminiumschicht der elektrostatischen Aufspanneinrichtung.

[0004] Collins et al. empfehlen, die unter der dielektrischen Schicht befindliche Aluminiumschicht unterhalb der dielektrischen Schicht unmittelbar angrenzend an das Gasverteilungsloch zurück(weg)zuschneiden, um die Möglichkeit der Lichtbogenbildung quer über die Linie des Sichtwegs von dem Halbleitersubstrat aus zu der Aluminiumschicht zu reduzieren.

[0005] Die US-A-5,315,473 beschreibt neben anderen Merkmalen Verfahren zum Verbessern der Klemmkraft der elektrostatischen Aufspanneinrichtung. Dabei gehören zu den kritischen Faktoren insbesondere die Zusammensetzung des dielektrischen Materials und die Dicke der dielektrischen Schicht. Wenn alle anderen Faktoren konstant gehalten werden, gilt insgesamt, dass die Klemmkraft um so größer ist, je dünner die dielektrische Schicht ist. Es gibt jedoch praktische Grenzen, die die Verringerung der Dicke der dielektrischen Schicht einschränken. Es hat sich gezeigt, dass bei dielektrischen Schichten mit einer Dicke von etwa 1 mil oder weniger das dielektrische Material zusammenbricht und seine Isoliereigenschaften bei Spannungen verliert, die erforderlich sind, um Luftspalte zwischen dem zu behandelnden Gegenstand und der darunter liegenden Platte zu überwinden.

[0006] Die EP-A-0 601 788 beschreibt den Aufbau einer elektrostatischen Aufspanneinrichtung von der in der US-A-5,350,479 offenbarten Art. Die Herstellung der elektrostatischen Aufspanneinrichtung besteht in dem Kugelstrahlen des Aluminiumsockels, gefolgt von einem Aufsprühen (beispielsweise Plasmasprühen eines dielektrischen Materials, wie Aluminiumoxid oder Aluminiumoxid/Titandioxid) auf die kugelgestrahlte Oberfläche. Gewöhnlich ist die aufgesprühte Dicke größer als die gewünschte Enddicke, beispielsweise 15 bis 20 Mils (380 bis 508 µm). Wenn das dielektrische Material aufgebracht worden ist, wird es auf eine Schicht mit der gewünschten Enddicke von beispielsweise 7 mils (180 µm) zurückgeschliffen. Die obere Seite der dielektrischen Schicht wird dann behandelt, um ein Muster von Kühlgasverteilungsnuten über der Oberfläche der Schicht und Perforationen durch die dielektrische Schicht zu erzeugen, die eine Verbindung mit den Kühlgas-Verteilungshohlräumen in dem darunter liegenden Aluminiumsockel herstellen. In manchen Fällen werden die Gasverteilungshohlräume in dem darunter liegenden Aluminiumsockel vor dem Aufbringen der dielektrischen Schicht hergestellt, während in anderen Fällen die Gasverteilungshohlräume in dem Aluminiumsockel gleichzeitig mit den Durchbrechungen durch die dielektrische Schicht erzeugt werden. Gewöhnlich werden die Kühlgasverteilungsnuten unter Verwendung eines Lasers hergestellt. Die Durchbrechungen durch die dielektrische Schicht werden durch Bohren

erzeugt, wofür ein mechanischer Bohrer oder ein Laser verwendet wird. Ein bevorzugter Laser zum Bohren ist ein Excimer-UV-Laser (d.h. ein Kurzwellen-Hochenergielaser), der mit einem bei einer relativ geringen Zeit gemittelten Leistungspegel betrieben wird. Dies trägt dazu bei, die Wiederabscheidung von gebohrtem Aluminium aus der darunter liegenden dünnen Schicht auf den Wänden der Durchbrechungen und auf der Oberfläche des Dielektrikums zu reduzieren. Das Vorhandensein von solchem Aluminium kann eine Lichtbogenbildung über die dielektrische Schicht erzeugen. Diese Durchbrechungen werden häufig um den äußeren Umfang der Oberfläche der elektrostatischen Aufspanneinrichtung herum angeordnet. Bei einer elektrostatischen Aufspanneinrichtung für einen Siliziumwafer von 8 Zoll gibt es etwa 180 solcher Durchbrechungen, die einen ringartigen Aufbau um den äußeren Umfang der elektrostatischen Spanneinrichtung herum bilden. Jede Durchbrechung hat einen Durchmesser von etwa $0,007 \pm 0,001$ Zoll ($0,175 \pm 0,025$ mm).

[0007] Obwohl das Mikrobohren durch die zusammengesetzte, über dem Aluminiumsockel liegende dielektrische Schicht zur Schaffung der oben beschriebenen Durchbrechungen einen zufrieden stellenden Gasdurchgang ergibt, wird jedoch die HF-Plasmaumgebung nicht berücksichtigt, die die Zwischenfläche zwischen der dielektrischen Aluminiumoxidbeschichtung und dem Aluminiumsubstrat aufsucht. Darüber hinaus trägt der Laserbohrprozess Aluminium unter der dielektrischen Schicht mit fortschreitendem Bohren ab, und diese Abtragung kondensiert oder scheidet sich in der Bohrung ab und beschichtet die keramischen Flächen der Bohrung. Aufgrund dieses Mechanismus kann zumindest der untere Teil des Lochs ein metallischer Leiter (Aluminium) trotz der Verwendung eines hohen Seitenverhältnisses (Tiefe/Durchmesser) für den Gaskanal werden. Das Entfernen der maschinell abgetragenen Mikroteilchenschlämme aus dem Verteilungsloch ist eine schwierige Aufgabe und wird durch die Wanderung von Aluminiumteilchen nach oben durch das dielektrische Gasverteilungsloch während des Bohrens erschwert. Das Vorhandensein der durch Spannung entstandenen Mikroteilchenschlämme ist eine Verunreinigungsquelle in der mikroelektronischen Umgebung.

[0008] Die vorliegende Erfindung offenbart einen Grundaufbau nach Anspruch 1 und ein bevorzugtes Verfahren nach Anspruch 16 zur Herstellung des Aufbaus, der den Strom eines Kühlgases oder eines anderen Wärmeübertragungsfluids zur Oberfläche einer elektrostatischen Aufspanneinrichtung erleichtert. Der Grundaufbau berücksichtigt das Problem der HF-Plasmaumgebung, die in der Trennfläche zwischen der elektrostatischen dielektrischen Aufspannflächenschicht und ihrer darunter liegenden leitenden Schicht gelangt.

[0009] Der Fluidstromleitungs-Grundaufbau hat eine darunter liegende leitende Schicht, die wenig-

tens einen Fluid-(gewöhnlich Gas)Stromkanal und wenigstens eine darüber liegende dielektrische Schicht mit wenigstens einer Öffnung oder einem Kanal durch die dielektrische Schicht aufweist, die/der eine Verbindung mit dem Fluidstromkanal in der darunter liegenden leitenden Schicht herstellt, um einen Fluidstromkanal durch den gesamten Aufbau bereitzustellen. Die Ausgestaltung der darunter liegenden leitenden Schicht ist derart, dass die Dicke der dielektrischen Schicht im Wesentlichen in dem Bereich der Öffnung oder des Kanals durch die dielektrische Schicht zu dem darunter liegenden Gasstromkanal der leitenden Schicht wesentlich erhöht ist (im Vergleich zur Dicke der dielektrischen Schicht, die über den Oberflächenbereichen der elektrostatischen Aufspanneinrichtung liegt, die keine Gasstromkanäle aufweisen).

[0010] Ein bevorzugtes Verfahren zum Herstellen des Grundaufbaus ist wie folgt: Es wird wenigstens eine leitende Schicht bereitgestellt, die einen Fluidstromkanal aufweist. Es wird wenigstens eine Nut oder Vertiefung in der Oberfläche der leitenden Schicht erzeugt, wobei die Nut oder Vertiefung über dem Fluidstromkanal liegt. Es wird eine Schicht aus dielektrischem Material über der Fläche der leitenden Schicht aufgebracht. Das dielektrische Material wird erforderlichenfalls behandelt, um eine niveaugleiche (ebene), glatte Oberfläche über der gesamten oberen Fläche der elektrostatischen Aufspanneinrichtung zu erzielen. In der dielektrischen Schicht wird eine Öffnung oder ein Kanal erzeugt, um eine Verbindung mit dem Fluidstromkanal in der darunter liegenden leitenden Schicht herzustellen.

[0011] Gewöhnlich ist die leitende Schicht ein Aluminiumsockel einer elektrostatischen Aufspanneinrichtung, während die darüber liegende dielektrische Schicht dadurch aufgebracht wird, dass eine Beschichtung von Aluminiumoxid oder Aluminiumoxid/Titandioxid über die Oberfläche des Aluminiumsockels gesprüht wird. Es können jedoch auch andere Materialien eingesetzt werden, solange sie den elektrischen Anforderungen entsprechen und die jeweiligen Wärmeausdehnungskoeffizienten keine Probleme hinsichtlich der Gesamtheit der elektrostatischen Aufspanneinrichtung nach mehreren Zyklen in der vorgesehenen Plasmabehandlungsumgebung erzeugen.

[0012] Es folgt eine Beschreibung einiger spezifischer Ausgestaltungen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen.

[0013] **Fig. 1** zeigt eine typische Plasmaätz-Behandlungskammer mit einer in der Kammer angeordneten elektrostatischen Aufspanneinrichtung.

[0014] **Fig. 2A** zeigt schematisch eine typische elektrostatische Aufspanneinrichtung mit Gasverteilungslochern oder Durchbrechungen, die um den Umfangsrand der elektrostatischen Aufspanneinrichtung herum angeordnet sind.

[0015] **Fig. 2B** zeigt schematisch eine Schnittansicht der elektrostatischen Aufspanneinrichtung von

Fig. 2A mit einem leitenden Einsatz, der Fluidstromkanäle für Kühlgas enthält.

[0016] **Fig. 3A** zeigt schematisch in einer Vergrößerung der Schnittansicht einen Teil des Strömungskanals für Kühlgas von **Fig. 2B** ohne die darüber liegende dielektrische Schicht.

[0017] **Fig. 3B** zeigt schematisch die Schnittansicht von **Fig. 3A** nach Erzeugung einer Nut oder Vertiefung in der Oberfläche des Kühlgaskanaleinsatzes, wobei die Vertiefung über dem Kühlgaskanal liegt.

[0018] **Fig. 3C** zeigt schematisch die Schnittansicht von **Fig. 3B** nach dem Aufbringen einer Schicht aus dielektrischem Material auf der Oberfläche der elektrostatischen Aufspanneinrichtung mit der vorher beschriebenen Nut oder Vertiefung.

[0019] **Fig. 3D** zeigt schematisch die Schnittansicht von **Fig. 3C** nach der Behandlung der Schicht des dielektrischen Materials zur Erzeugung einer glatten, ebenen, oberen elektrostatischen Aufspannfläche.

[0020] **Fig. 3E** zeigt schematisch die Schnittansicht von **Fig. 3D** nach der Ausbildung eines Kanals sowohl durch die darüber liegende Schicht aus dielektrischem Material als auch durch die darunter liegende Schicht aus leitendem Material zur Erschaffung eines Gasstromkanals von der oberen Fläche der dielektrischen Aufspanneinrichtung zu dem Gasstromkanal in dem Sockel der elektrostatischen Aufspanneinrichtung.

[0021] **Fig. 3F** zeigt die Schnittansicht von **Fig. 3E** nach Erzeugung eines flachen Kanals in der Oberfläche der dielektrischen Schicht, die über dem Gasstromkanal durch diese dielektrische Schicht liegt.

[0022] **Fig. 4** zeigt in einem Diagramm die Beziehung zwischen der Dicke der dielektrischen Schicht in dem Bereich des Gasstromkanals und der kumulativen Fehler während einer Laborprüfung der Gasstromöffnung. Die Daten sind von der dicksten zur dünnsten Beschichtung angeordnet, um die dramatische Verbesserung für dielektrische Schichtdicken über 0,008 Zoll (8 mils, 0,20 mm) zu zeigen.

[0023] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Grundaufbau und auf Verfahren zur Ausbildung eines Aufbaus, der/die für eine Kühlgasverteilung zur Oberfläche einer elektrostatischen Aufspanneinrichtung sorgt/sorgen. Der Grundaufbau berücksichtigt das Problem der HF-Plasmaumgebung, welches die Trennfläche zwischen der dielektrischen Oberflächenschicht der elektrostatischen Aufspanneinrichtung und der darunter liegenden leitenden Schicht aufsucht. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Verbesserung in der baulichen Ausgestaltung der leitenden Unterschicht, die den Wärmeübertragungsfluid-Verteilungskanal enthält, in Kombination mit der darüber liegenden dielektrischen Schicht, die eine Öffnung aufweist, die zu dem Wärmeübertragungs-(Kühl-)Fluidverteilungskanal führt und eine Verbindung damit herstellt. Die vorliegende Verbesserung verringert die Möglichkeit eines Zusammenbruchs des Kühlgasstroms aufgrund von Lichtstrombildung oder Glimmentladung

zwischen der Oberfläche der elektrostatischen Aufspanneinrichtung und dem Werkstück beträchtlich. Dadurch wird die Betriebslebensdauer der elektrostatischen Aufspanneinrichtung verlängert, während die Wahrscheinlichkeit eines Verlusts des Halbleitersubstrats aufgrund einer Glimmlichtbogenbildung verringert wird.

[0024] Die Plasmabehandlungskammer **100** von **Fig. 1** enthält eine elektrostatische Aufspanneinrichtung **102**, die ein Werkstück **104** (gewöhnlich einen Halbleiter) in der Kammer **100** während der Behandlung in seiner Position elektrostatisch festklemmt. Die elektrostatische Aufspanneinrichtung **102** hat Hubfingeröffnungen **106**, die Hubfinger **107** enthalten, die ein Anheben des Halbleiterwafers von der oberen Fläche der elektrostatischen Aufspanneinrichtung **102** weg ermöglichen, wenn die Leistung abgeschaltet und die Klemmkraft aufgehoben ist. Die elektrostatische Aufspanneinrichtung **102** hat auch einen ringförmigen metallischen Einsatz **110** in der Nähe ihres Umfangs, der innerhalb eines Kanals **116** sitzt, der spanabhebend in der Oberfläche eines Sockels **204** der elektrostatischen Aufspanneinrichtung **102** ausgearbeitet ist. Der Einsatz **110** wirkt zusammen mit dem Kanal **116** in der Oberfläche des Sockels **204** (siehe **Fig. 2B**) so, dass ein Gasstromkanal **112** um den gesamten Umfang der elektrostatischen Aufspanneinrichtung **102** herum geschaffen wird, wie es in **Fig. 2A** gezeigt ist. Der Gasstromkanal **112** geht durch den ringförmigen metallischen Einsatz **110** von seiner Basis bis in die unmittelbare Nähe seiner oberen Fläche hindurch und belässt eine dünne Schicht aus Metall **118** (in **Fig. 3A** gezeigt), die die dielektrische Schicht **114** von dem Gasstromkanal **112** trennt.

[0025] Gemäß **Fig. 2A**, die eine Draufsicht auf eine elektrostatische Spanneinrichtung **102** zeigt, ist die obere Fläche der elektrostatischen Aufspanneinrichtung **102** mit einer dielektrischen Schicht **114** bedeckt. Um den Strom eines Kühlgases durch den Strömungskanal **112** in der oberen Fläche der elektrostatischen Aufspanneinrichtung **102** zu ermöglichen, ist es erforderlich, eine Öffnung oder einen Kanal **202** durch die darüber liegende dielektrische Schicht **114** und die dünne Metallschicht **118** zu erzeugen.

[0026] Eine vergrößerte schematische Schnittansicht des Gasstromkanals **112** in der elektrostatischen Aufspanneinrichtung **102** ist in **Fig. 3A** ohne darüber liegende dielektrische Schicht **114** und ohne Kanal **202** gezeigt. Der Gasstromkanal **112** kann dadurch ausgebildet werden, dass der Einsatz **110** in den Sockel **204** geschweißt oder gelötet wird, was an sich bekannt ist. Wenn die dielektrische Schicht **114** (nicht gezeigt) auf der Fläche **302** des Sockels **204** der elektrostatischen Aufspanneinrichtung aufgebracht ist, muss ein Kanal **202** erzeugt werden, wie er in **Fig. 2A** und **2B** gezeigt ist. Wie oben unter Bezug auf die EP-A-0 601 788 beschrieben wurde, empfiehlt es sich, dass solche Kanäle unter Verwendung eines Excimer-UV-Lasers erzeugt werden, obwohl die Ka-

näle auch durch mechanisches Bohren geschaffen werden können.

[0027] Es hat sich gezeigt, dass es während der Herstellung des Kanals **202** vorkommt, dass metallisches Material (gewöhnlich Aluminium) der dünnen Schicht **118** an den Seitenwänden des Kanals **202** hochfließt, wenn er durch die dielektrische Schicht **114** hindurch ausgebildet wird. Das Vorhandensein dieser leitenden Schicht an den Seitenwänden des Kanals **202** erzeugt einen Lichtbogenweg zwischen der Oberfläche des Sockels **202** der elektrostatische Aufspanneinrichtung **102** und dem darüber liegenden Werkstück **104**. Wenn außerdem die Haftung des darüber liegenden Werkstücks **104** an der Oberfläche der Aufspanneinrichtung **102** an irgendeinem Punkt schwach wird, kann das Behandlungsplasma seinen Weg unter die Oberfläche des Werkstücks **104** bewirken, so dass die Kühlgasstromkanäle zu glimmen beginnen, was einen Niederimpedanzweg für HF-Strom von dem Werkstück **104** zur elektrostatischen Aufspanneinrichtung **102** verursacht, der sowohl mit einer hohen Gleichspannung vorgespannt ist und mit HF-Leistung strömt. Normalerweise ist der HF-Strom ein Verschiebungsstrom durch die dielektrische Schicht **114** von dem Sockel **204** der elektrostatischen Aufspanneinrichtung **102** zu dem Werkstück **104**. Wenn jedoch ein Kühlgasstrom, wie Helium, in den Kanälen **202** zusammenzubrechen beginnt und ein Glimmleitungsweg erzeugt wird, werden um die Kanäle **202** herum große Ströme gezogen. Nach solchen Vorgängen hat man geschmolzenes dielektrisches Material in der dielektrischen Schicht **114** beobachtet. Da die Kosten für elektrostatische Aufspanneinrichtungen in der Größenordnung von \$5.000 bis \$10.000 liegen und der Wert des Werkstücks gewöhnlich viermal größer ist, hat der Verlust einer elektrostatischen Aufspanneinrichtung oder eines Werkstücks während der Behandlung einen beträchtlichen wirtschaftlichen Einfluss.

[0028] Wenn die Dicke der dielektrischen Schicht **114** erhöht wird, um die Impedanz in den Kanälen **202** zu verbessern, führt dies zu einer Verringerung der Klemmkraft der elektrostatischen Aufspanneinrichtung. Eine Erhöhung des Hochspannungsgleichstroms zum Ausgleich einer Dickenerhöhung der dielektrischen Schicht **114** führt zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit eines Kühlgaszusammenbruches in den Kanälen **202**.

[0029] Um die in dem vorstehenden Absatz beschriebenen Probleme zu überwinden, stellt die vorliegende Erfindung eine neue Ausgestaltung der dielektrischen Schicht mit einer erhöhten Dicke in der dielektrischen Schicht **114** in dem unmittelbaren Bereich des Kanals **202** bereit, während die Standarddicke über den restlichen Flächenbereichen der elektrostatischen Aufspanneinrichtung **102** aufrechterhalten wird. Außerdem wird die insgesamt ebene Fläche beibehalten, die für die elektrostatische Aufspanneinrichtung **102** erforderlich ist. Generelle Regel ist, dass die Änderung in der Ebenheit der Fläche der

elektrostatischen Aufspanneinrichtung **102** nicht größer als die Änderung der charakteristischen Höhe über der Fläche des Werkstücks **104** sein soll. Dies erfordert gewöhnlich, dass die Ebenheit der Fläche der elektrostatischen Aufspanneinrichtung innerhalb wenigstens 1,0 mil (0,025 mm) liegt. Die Ebenheit von 1,0 mil soll bedeuten, dass alle Punkte auf der Oberfläche innerhalb von zwei parallelen Ebenen liegen, die einen Abstand von 0,001 Zoll (0,025 mm) voneinander haben. Eine bevorzugte Ebenheit liegt innerhalb einiger weniger μm , nämlich etwa 2 bis 5 μm (etwa 0,1 mil bis 0,2 mil).

[0030] Fig. 3B zeigt schematisch den metallischen Sockel **204** der elektrostatischen Aufspanneinrichtung **102** von Fig. 3A nach der Erzeugung einer ringförmigen Nut oder Vertiefung **304** in der dünnen metallischen Schicht **118**. Die Form der Nut oder Vertiefung **304** ist bekanntlich nicht kritisch, so dass die Ausgestaltung nur zur Erläuterung der vorliegenden Erfindung gezeigt ist. Das Vorhandensein der Nut oder Vertiefung **304** ermöglicht eine erhöhte Dicke der dielektrischen Schicht **114** in dem Bereich, durch den der Kanal **202** erzeugt wird. Fig. 3C zeigt schematisch die Schnittansicht des metallischen Sockels **204** mit einer dielektrischen Schicht **114**, die über seiner Oberfläche **302** aufgebracht ist.

[0031] Da das Vorhandensein einer Nut oder Vertiefung **304** in der Oberfläche des Sockels **204** eine elektrostatische Aufspanneinrichtung **102** mit einer Oberfläche ergibt, deren Ebenheit nicht akzeptabel ist, und da der Prozess zum Aufbringen der dielektrischen Schicht **214** nur innerhalb weniger mils steuerbar ist, muss die dielektrische Schicht **114** (gewöhnlich durch Polieren oder eine andere materialabhebende Technik) behandelt werden, um eine ebene Fläche zu erhalten, wie sie in Fig. 3D gezeigt ist. Anschließend an die Behandlung der dielektrischen Schicht **114** wird ein Kanal **202** mit einer Dicke t_1 durch die dielektrische Schicht **114** und einer Dicke t_2 durch die dünne metallische Schicht **118** erzeugt. Da die Dicke t_1 , wesentlich größer ist als sie es ohne das Vorhandensein einer Nut oder Vertiefung **304** wäre, wird das leitende Metall aus der Schicht **118**, welches sich an der Seitenwand des Kanals **202** durch die dielektrische Schicht **114** nach oben bewegt, auf den unteren Teil **305** des Kanals **202** begrenzt, der eine zusätzliche Dicke der dielektrischen Schicht **114** über jedem solchen Metall bildet, das an dem unteren Abschnitt **305** des Kanals **202** vorhanden ist.

[0032] Ein wahlweiser Zusatz bei dem Aufbau der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung eines flachen Kanals **306** in der oberen Fläche der dielektrischen Schicht **114**, die über dem Kanal **202** liegt, was in Fig. 3F gezeigt ist. Dieser flache Kanal wird gewöhnlich durch Verwendung eines Excimer-Lasers erzeugt und trägt, wie sich erwiesen hat, zum Entfernen von Metall bei, das aus der Schicht **118** stammt und das die Seitenwand des Kanals **202** an dem unteren Abschnitt **305** der dielektrischen Schicht **114** hochgeklettert ist, die den oberen Teil t_3 des Kanals

202 bildet.

[0033] Man hat eine Untersuchung der kumulativen Fehler der elektrostatischen Aufspanneinrichtungen mit dem Aufbau der vorliegenden Erfindung als Funktion der Dicke der Schicht t_3 durchgeführt. **Fig. 4** zeigt die kumulativen Fehler als Funktion der Dicke von t_1 , oder t_3 , wobei die Daten von der dicksten Beschichtung zu der dünnsten Beschichtung hin aufgetragen sind. Es ergibt sich eine unerwartete Zunahme der kumulativen Fehler, wenn t_1 oder t_3 kleiner als etwa 8 bis 8,5 mils (0,20 mm bis 0,216 mm) ist. Bei einem t_1 von etwa 5,5 mils (0,14 mm) oder weniger erreichen die kumulativen Fehler 100%.

[0034] Die Untersuchung erfolgt in einem Labormaßstab unter Verwendung eines Verfahrens, mit dem sich Fehler in einer Plasmabetriebsumgebung genau vorhersagen lassen. Eine Hochspannungs-sonde in Form eines flachen Messingstücks wurde über der Gasstromöffnung angeordnet und an die Sonde eine Testspannung von 500 V angelegt. Die andere Elektrode war der Sockel der elektrostatischen Aufspanneinrichtung. Ein Fehler wurde als aufgetreten bekannt, wenn ein Lichtbogen zwischen der Sonde und dem Sockel festgestellt wurde. Es wurden mehr als 600 Gasstromöffnungen **200** geprüft.

[0035] Diese Daten ergaben sich für eine elektrostatische Aufspannvorrichtung der in **Fig. 2** und **3** gezeigten Ausgestaltung mit einem Durchmesser von 6 Zoll (150 mm). Die Dicke t_2 der dünnen metallischen Schicht **118** betrug etwa 20 mils nach der materialabhebenden Herstellung der Nut **304**. Die flache ringförmige Nut **304** wurde auf eine Tiefe materialabhebend bearbeitet, die im Bereich von etwa 0,005 Zoll (5 mils, 0,13 mm) bis etwa 0,009 Zoll (9 mils, 0,23 mm) liegt.

[0036] Über die Fläche **302** des Sockels **204** wurde eine dielektrische Schicht **114** mit 99,5 Gew.-% Aluminiumoxid durch Plasmasprühen aufgebracht. (Obwohl dieser Versuch auf einer elektrostatischen Aufspanneinrichtung durchgeführt wurde, der eine dielektrische Schicht aus Aluminiumoxid hatte, haben sich dielektrische Schichten aus Aluminiumoxid und Titandioxid als im Betrieb zuverlässig erwiesen. Typische Titandioxidgehalte reichen von etwa 0,5 Gew.-% bis etwa 5,0 Gew.-%, vorzugsweise beträgt der Titandioxidgehalt etwa 2,0 Gew.-%.) Das Verfahren des Aufbringens von Aluminiumoxid durch Plasmasprühen ist bekannt. Eine kritische Variable ist das Fehlen von Einschlüssen in dem dielektrischen Material, wie Metallteilchen, die offensichtliche Probleme verursachen können. Die gebildete dielektrische Schicht **114** war eine konforme Beschichtung über der Oberfläche **302** des Sockels **204**. Gewöhnlich wurde die Beschichtung etwa 10 mils (0,010 Zoll, 0,25 mm) dicker als erwünscht aufgebracht und auf die gewünschte Dicke unter Verwendung bekannter keramischer Schleifverfahren und Vorrichtungen zurückgeschliffen. Die Dicke t_1 der dielektrischen Schicht **114** betrug dann etwa 11 bis 13 mils (0,011 bis 0,013 Zoll, 0,28 mm bis 0,50 mm) und liegt über

der flachen Nut **304**, wobei die dielektrische Schicht **114**, die über der Oberfläche **302** des Sockels **204** liegt, eine Dicke im Bereich von etwa 4 bis 8 mils (0,004 bis 0,008 Zoll, 0,10 mm bis 0,20 mm) hat. Die Oberfläche war bis zu einer Ebenheit, wie sie vorstehend definiert wurde, von 0,001 Zoll eben.

[0037] Es wurden dann etwa 180 Gaskanäle (Löcher) **202** mit gleichem Abstand durch t_1 und t_2 hindurch längs des ringförmigen Einsatzes **110** hergestellt, wobei diese Kanäle an den Gasstromkanal **112** anschließen. Dann wurde, wie vorstehend beschrieben, eine Prüfung im Labormaßstab der elektrostatischen Aufspanneinrichtung ausgeführt.

[0038] Die Laboruntersuchung hat gezeigt, dass sie genau mit dem Betrieb der elektrostatischen Aufspanneinrichtung unter Einsatzbedingungen bei einem Plasma hoher Dichte korreliert. Plasma hoher Dichte (gemeint ist eine Dichte von mehr als 10^{11}cm^{-3}) hat sich für den Betrieb der elektrostatischen Aufspanneinrichtung als größere Anforderung als herkömmliche kapazitive RIE-Maschinenplasmen erwiesen. Es ist eine Kombination einer sehr niedrigen Plasmainpedanz und der sehr kleinen Manteldicken in diesen Plasmen, die ein leichtes Plasmaeindringen in die kleinen (sub-mm) Formen ermöglichen und dann die hohen HF-Ströme unterstützen, wenn die Lichtbogenbildung einmal auftritt.

[0039] Die angelegte HF-Vorspannungsleistung beeinflusst die Lichtbogenbildungswahrscheinlichkeit beträchtlich. Durch Verwendung des Aufbaus und des Verfahrens nach der vorliegenden Erfindung zur Reduzierung der Lichtbogenbildung war es möglich, die HF-Leistung von etwa 1400 W auf über 3 KW ohne Lichtbogenbildung anzuheben. Das Plasma ist gewöhnlich SiH_4/O_2 bei wenigen mTorr, Ar/O_2 -Plasmen verhalten sich jedoch ähnlich bezüglich der Lichtbogenbildung. Das Werkstück ist gewöhnlich ein Siliziumwafer, dessen Temperatur nicht kritisch ist und irgendwo zwischen Raumtemperatur bis etwa 400°C liegen kann. Das Kühlgas ist He bei etwa 4 Torr (im Wesentlichen statisch – es besteht eine Leckage von weniger als etwa 1 sccm, was ein Faktor bei der Lichtbogenbildung ist). Aufgrund dieser niedrigen Durchschlagsspannung ist He besonders schwierig als Kühlgas. Die Wärmeleitfähigkeit von He ist jedoch unter den Gasen mit Ausnahme von H die beste, der entflammbar ist und störend auf die Plasmachemien einwirkt. Die hohe Gleichspannung trägt gewöhnlich etwa -1200 V oder $+800 \text{ V}$. Die Gleichstrom-Vorspannung beträgt etwa 300 V bis 400 V (negativ bezüglich Masse). Eine positive hohe Gleichspannung bietet eine etwas bessere Aufspannzuverlässigkeit, und man nimmt an, dass dies mit der leichten Feldemission von Elektronen aus Aluminium gegenüber Silizium zu tun hat, wobei dieser Mechanismus noch nicht bewiesen ist.

[0040] Die oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen sollen den Rahmen der vorliegenden Erfindung nicht begrenzen, da der Fachmann im Hinblick auf die vorliegende Offenbarung diese Aus-

gestaltungen erweitern kann, so dass sie dem Gegenstand der Erfindung entsprechen, wie er in den nachstehenden Ansprüchen definiert ist.

Patentansprüche

1. Den Wärmeübergangs-Fluidstrom zu der oberen Fläche einer elektrostatischen Aufspanneinrichtung erleichternder Aufbau mit einer leitenden Schicht (**118**), die

- unter der oberen Fläche der elektrostatischen Aufspanneinrichtung liegt,
- eine obere Fläche und eine untere Fläche hat und
- wenigstens einen Fluidstromkanal mit wenigstens einer ersten Öffnung zu der oberen Fläche der leitenden Schicht enthält,
- wobei der Abstand zwischen der oberen Fläche der leitenden Schicht und der oberen Fläche der elektrostatischen Aufspanneinrichtung in dem Bereich angrenzend an die wenigstens eine erste Öffnung größer ist als der Abstand in umgebenden Bereichen, die nicht an die erste Öffnung angrenzen.

2. Aufbau nach Anspruch 1, bei welchem

- über der oberen Fläche der leitenden Schicht eine dielektrische Schicht liegt,
- die dielektrische Schicht wenigstens einen Fluidstromkanal der dielektrischen Schicht aufweist, der mit der wenigstens einen ersten Öffnung an der oberen Fläche der leitenden Schicht in Verbindung steht,
- der Kanal der dielektrischen Schicht wenigstens eine zweite Öffnung zu der oberen Fläche der dielektrischen Schicht hat und
- der Abstand zwischen der oberen Fläche der leitenden Schicht und der oberen Fläche der dielektrischen Schicht in dem Bereich angrenzend an die wenigstens eine zweite Öffnung an der oberen Fläche der dielektrischen Schicht größer ist.

3. Aufbau nach Anspruch 2, bei welchem die Schicht aus dielektrischen Material angrenzend an die ersten und zweiten Öffnungen eine erhöhte Dicke verglichen mit der Dicke der dielektrischen Schicht über der leitenden Schicht an anderer Stelle hat, um eine Lichtbogenbildung in der elektrostatischen Aufspanneinrichtung zwischen einer Substratfläche und einer darunter liegenden Fläche der elektrostatischen Aufspanneinrichtung zu reduzieren.

4. Aufbau nach Anspruch 3, bei welchem die leitende Schicht ein ringförmiger Einsatz ist, der in einen ringförmigen Hohlraum eines Sockels der elektrostatischen Aufspanneinrichtung passt.

5. Aufbau nach Anspruch 3, bei welchem die leitende Schicht aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Aluminium, Kupfer, Messing, Molybdän und Niob besteht.

6. Aufbau nach Anspruch 5, bei welchem die lei-

tende Schicht aus Aluminium besteht.

7. Aufbau nach Anspruch 3, bei welchem die dielektrische Schicht aus der Gruppe ausgewählt wird, die aus keramischen Stoffen und Polyimiden besteht.

8. Aufbau nach Anspruch 7, bei welchem der keramische Stoff aus 99,5 Gewichtsprozent Aluminiumoxid und Mischungen von Aluminiumoxid mit Titandioxid ausgewählt ist.

9. Aufbau nach Anspruch 8, bei welchem der Gewichtsprozentsatz von Titandioxid in der Mischung von Aluminiumoxid und Titandioxid in einem Bereich von etwa 0,5% bis etwa 5% liegt.

10. Aufbau nach Anspruch 3, bei welchem die Dicke der über der ersten Öffnung liegenden dielektrischen Schicht größer als $1,27 \times 10^{-1}$ mm (5 mils) ist.

11. Aufbau nach Anspruch 10, bei welchem die Dicke der über der ersten Öffnung liegenden dielektrischen Schicht wenigstens $2,03 \times 10^{-1}$ mm (8 mils) beträgt.

12. Aufbau nach Anspruch 11, bei welchem die Dicke der über der ersten Öffnung liegenden dielektrischen Schicht weniger als etwa 1,27 mm (50 mils) beträgt.

13. Aufbau nach Anspruch 10, bei welchem die Dicke der leitenden Schicht, die unter der dielektrischen Schicht liegt und an die erste Öffnung angrenzt, weniger als 1,27 mm (50 mils) beträgt.

14. Aufbau nach Anspruch 13, bei welchem die Dicke der leitenden Schicht, die unter der dielektrischen Schicht liegt und an die erste Öffnung angrenzt, in einem Bereich von etwa $1,27 \times 10^{-1}$ mm bis etwa 1,27 mm (5 mils bis etwa 50 mils) liegt.

15. Aufbau nach Anspruch 14, bei welchem die Dicke der leitenden Schicht, die unter der dielektrischen Schicht angrenzend an die erste Öffnung liegt, in einem Bereich von etwa $3,05 \times 10^{-1}$ mm bis etwa 0,64 mm (12 mils bis etwa 25 mils) liegt.

16. Verfahren zur Reduzierung der Lichtbogenbildung zwischen einer Substratfläche und einer darunter liegenden Fläche einer elektrostatischen Aufspanneinrichtung oder zum Reduzieren der Lichtbogenbildung in einer elektrostatischen Aufspanneinrichtung, wobei

- a) eine leitende Schicht (**118**) bereitgestellt wird, die unter der Fläche der elektrostatischen Aufspanneinrichtung liegt, eine obere Fläche und eine untere Fläche hat und wenigstens einen Fluidstromkanal mit wenigstens einer ersten Öffnung zu der oberen Fläche der leitenden Schicht enthält, und
- b) die leitende Schicht so gebaut wird, dass der Ab-

stand zwischen der oberen Fläche der leitenden Schicht und der oberen Fläche der elektrostatischen Aufspaneinrichtung in dem Bereich angrenzend an die wenigstens eine erste Öffnung größer ist als der Abstand in den umgebenden Bereichen, die nicht an die erste Öffnung angrenzen.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei welchem weiterhin eine dielektrische Schicht gebildet wird, die über der oberen Fläche der leitenden Schicht liegt, wobei die dielektrische Schicht wenigstens einen Fluidstromkanal der dielektrischen Schicht aufweist, der in Verbindung mit der wenigstens einen ersten Öffnung an der oberen Fläche der leitenden Schicht steht, und der Kanal der dielektrischen Schicht wenigstens eine zweite Öffnung zur oberen Fläche der dielektrischen Schicht hat.

18. Verfahren nach Anspruch 16, bei welchem

- a) ein Sockel der elektrostatischen Aufspaneinrichtung bereitgestellt wird, der die leitende Schicht (**118**) mit dem wenigstens einen Fluidstromkanal aufweist, der die wenigstens eine erste Öffnung zur oberen Fläche der leitenden Schicht hat,
- b) eine Schicht (**114**) aus dielektrischem Material über wenigstens einem Abschnitt der oberen Fläche der leitenden Schicht aufgebracht wird, zu dem die erste Öffnung gehört,
- c) ein Kanal der dielektrischen Schicht geschaffen wird, der wenigstens eine zweite Öffnung an der oberen Fläche des dielektrischen Materials hat, wobei der Kanal der dielektrischen Schicht über der ersten Öffnung liegt, um die zweite Öffnung mit dem Fluidstromkanal in der leitenden Schicht zu verbinden, und
- d) die Schicht aus dielektrischem Material angrenzend an die ersten und zweiten Öffnungen eine erhöhte Dicke im Vergleich zur Dicke der dielektrischen Schicht über der leitenden Schicht an anderen Stellen hat, um eine Lichtbogenbildung in der elektrostatischen Aufspaneinrichtung und zwischen einer Substratfläche und einer darunterliegenden Fläche der elektrostatischen Aufspaneinrichtung zu reduzieren.

19. Verfahren nach Anspruch 18, bei welchem

- a) die Dicke der leitenden Schicht angrenzend an den Kanal kleiner ist als die Dicke der leitenden Schicht, die nicht an den Kanal angrenzt,
- b) die Schicht aus dielektrischem Material über wenigstens einem Abschnitt der Fläche der leitenden Schicht aufgebracht wird, zu der der dünnere Abschnitt der leitenden Schicht angrenzend an den Kanal gehört, und
- c) der Kanal der dielektrischen Schicht durch das dielektrische Material hindurch erzeugt wird, wobei der Fluidstromkanal durch den dünneren Abschnitt der leitenden Schicht den Fluidstromkanal der leitenden Schicht mit dem Kanal der dielektrischen Schicht verbindet.

20. Verfahren nach Anspruch 19, bei welchem der dünnere Abschnitt der leitenden Schicht auf den Abschnitt der leitenden Schicht unmittelbar angrenzend an die Stelle begrenzt ist, durch den die erste Öffnung zur Verbindung mit dem Fluidstromkanal gebaut werden soll.

21. Verfahren nach Anspruch 18, bei welchem die Fläche der dielektrischen Schicht nach Schritt b) nicht ausreichend eben ist und eine Behandlung durchgeführt wird, um an der dielektrischen Schicht vor der Ausführung des Schritts c) eine ebene Fläche zu erzeugen.

22. Verfahren nach Anspruch 19, bei welchem die Fläche der dielektrischen Schicht nach Schritt b) nicht ausreichend eben ist und eine Behandlung durchgeführt wird, um an der dielektrischen Schicht vor der Ausführung des Schritts c) eine ebene Fläche zu erzeugen.

23. Verfahren nach Anspruch 20, bei welchem die Fläche der dielektrischen Schicht nach dem Schritt b) nicht ausreichend eben ist und eine Behandlung durchgeführt wird, um an der dielektrischen Schicht vor der Ausführung des Schritts c) eine ebene Fläche zu erzeugen.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

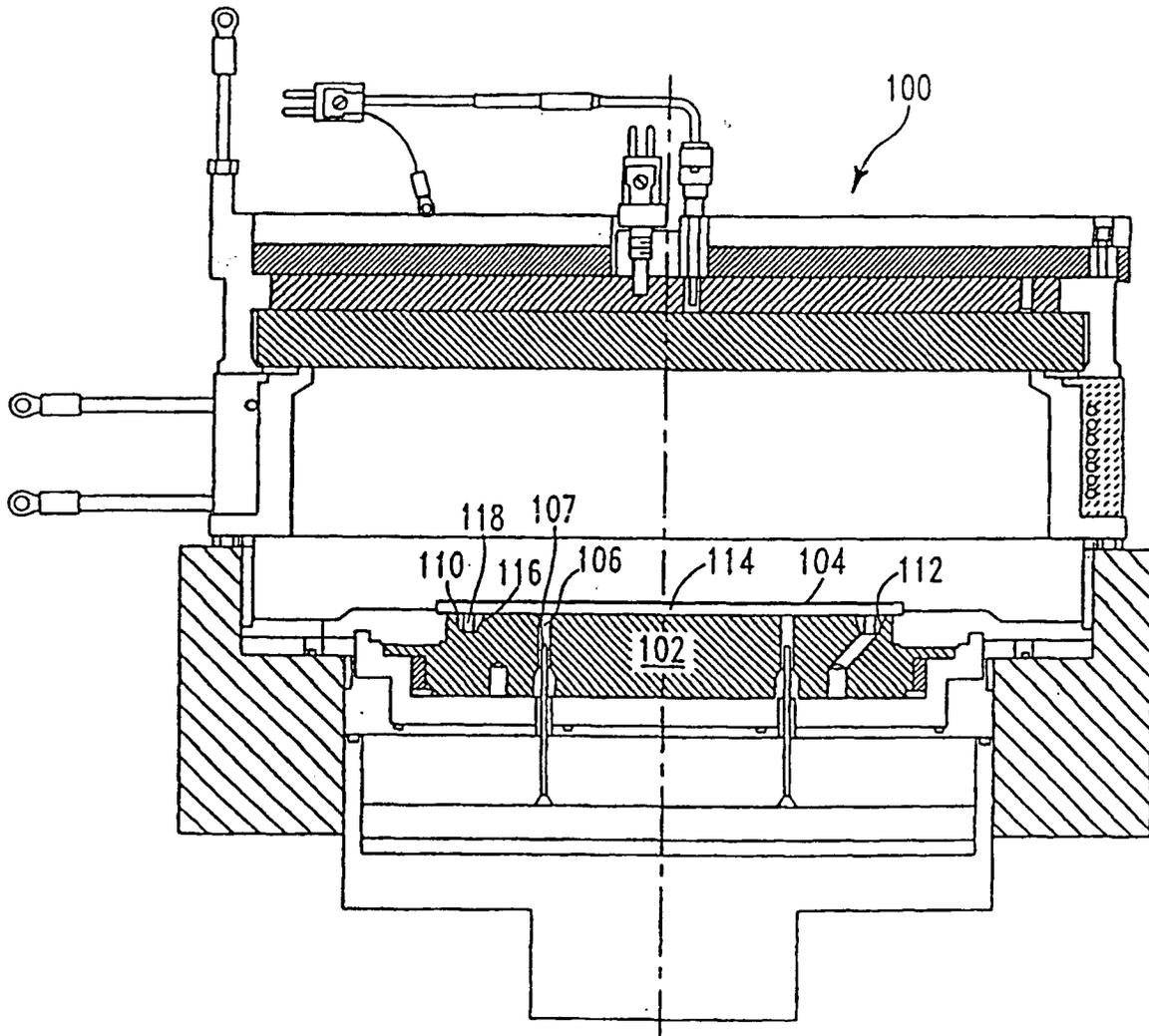


FIG. 1

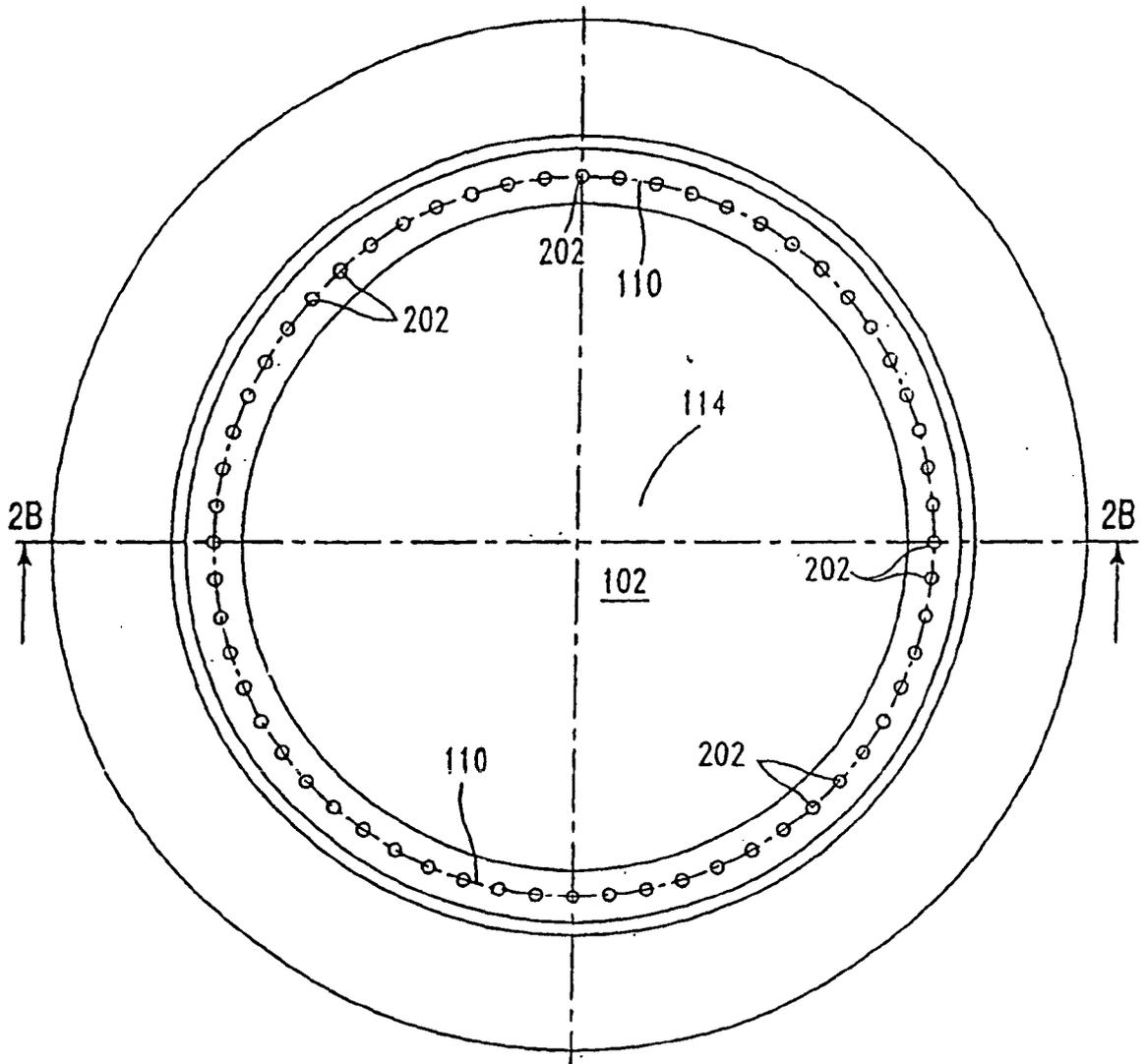


FIG. 2A

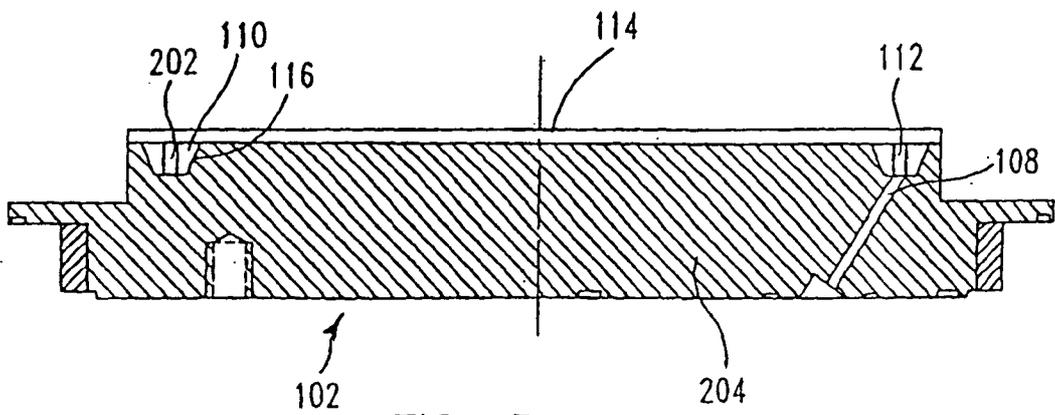


FIG. 2B

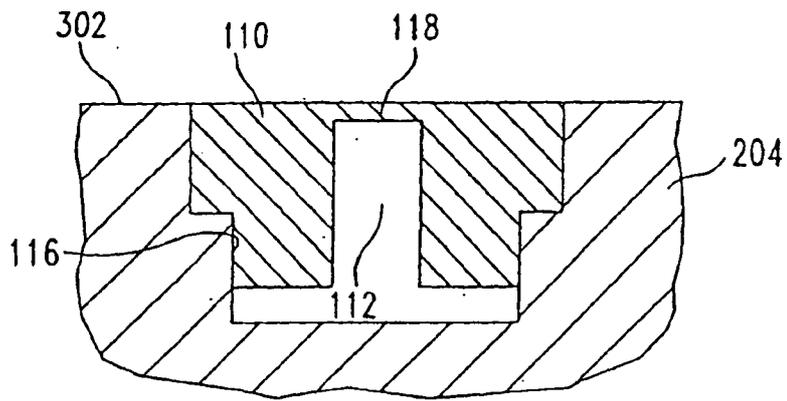


FIG. 3A

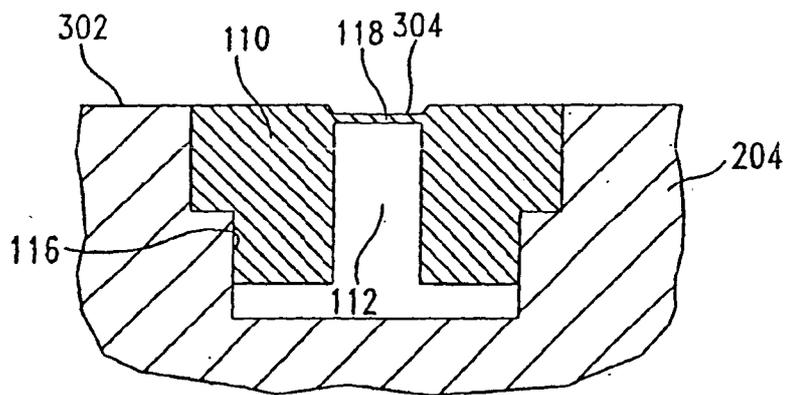


FIG. 3B

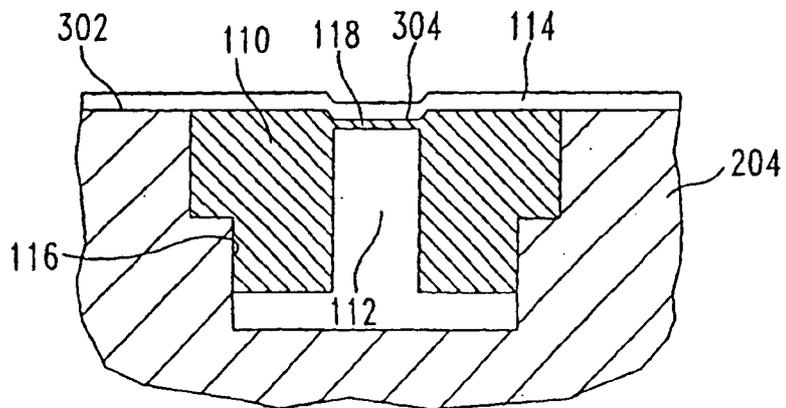


FIG. 3C

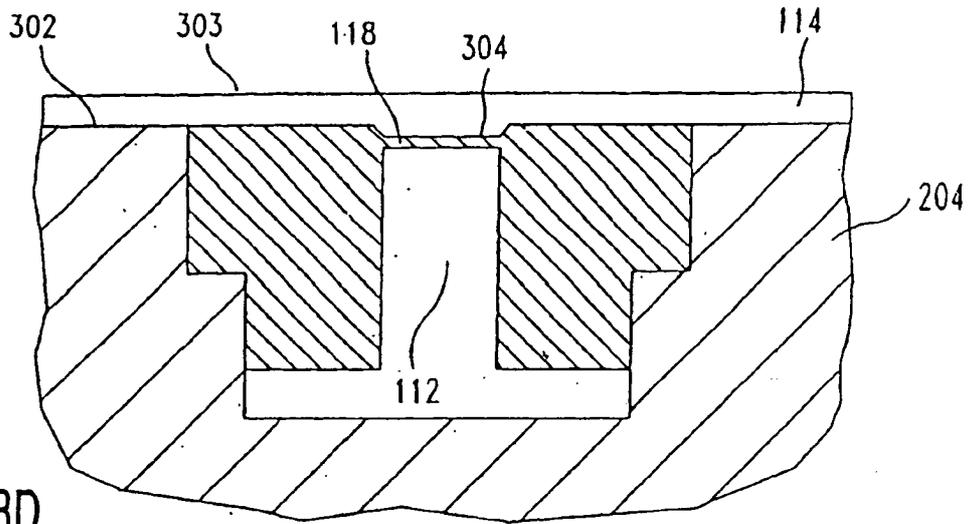


FIG. 3D

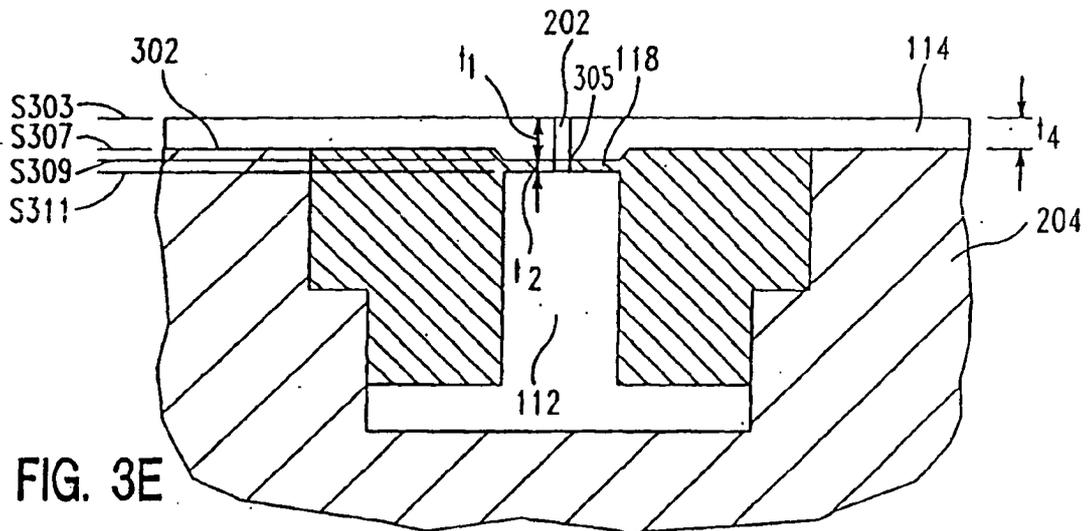


FIG. 3E

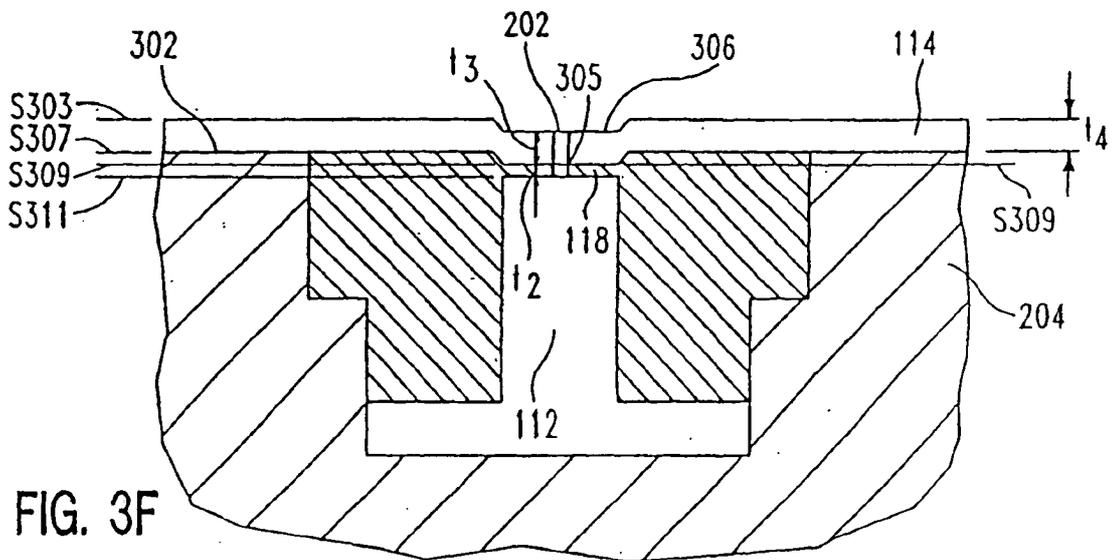


FIG. 3F

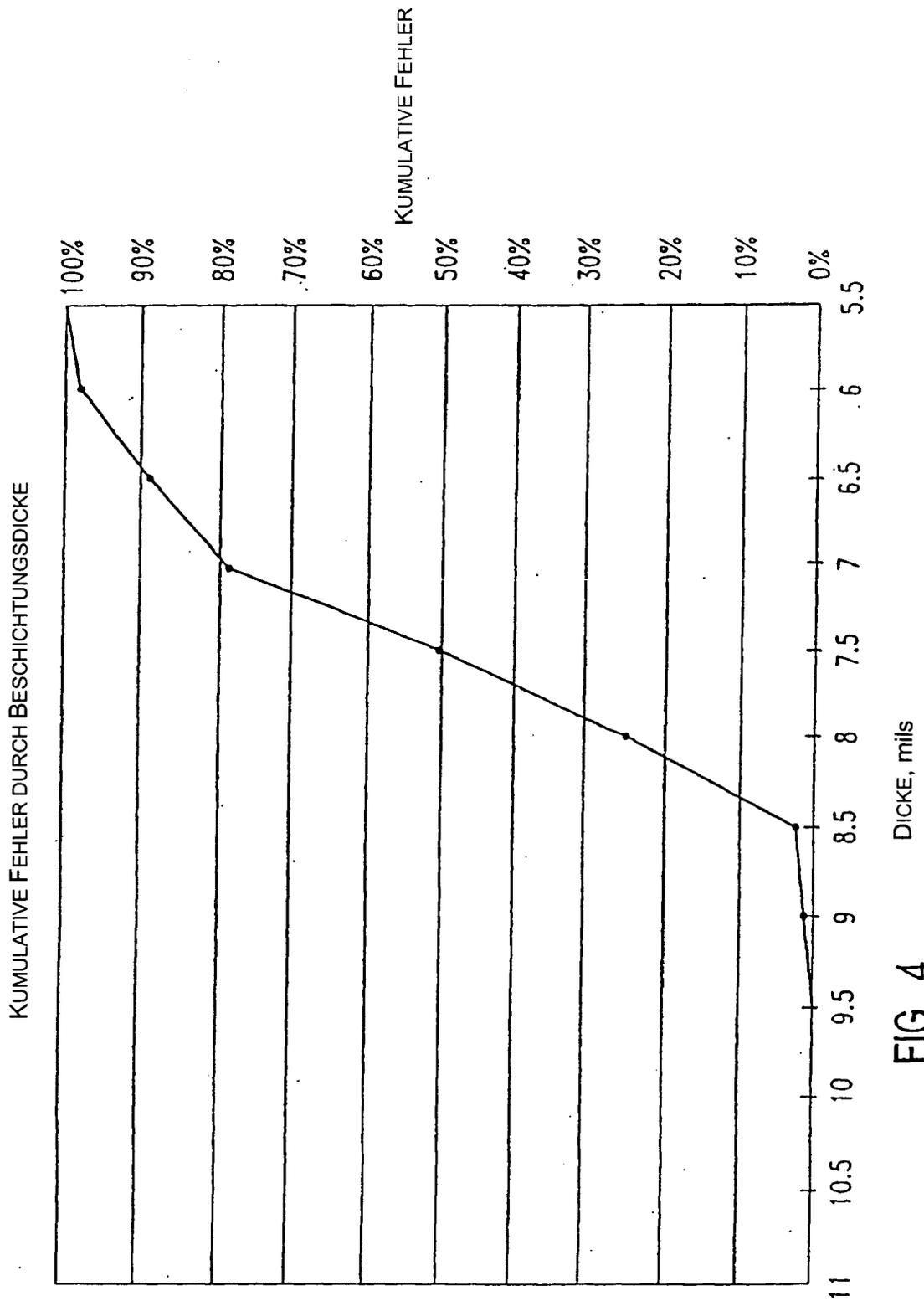


FIG. 4