(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 29 980 T2** 2004.07.29

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 747 505 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 29 980.1**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 201 480.9**
(96) Europäischer Anmeldetag: **29.05.1996**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.12.1996**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **17.09.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.07.2004**

(51) Int Cl.[7]: **C23C 16/50**
C23C 16/46, C23C 16/52, C23C 16/26, C23C 16/44

(30) Unionspriorität:
480580 07.06.1995 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
Saint-Gobain Ceramics & Plastics, Inc. (n.d.Ges.d. Staates Delaware), Worcester, Mass., US

(74) Vertreter:
Zimmermann & Partner, 80331 München

(72) Erfinder:
Patten, Jr., Donald O., Sterling, US; Simpson, Matthew A., Sudbury, US; Windischmann, Henry, Northboro, US; Heuser, Michael S., Foothill Ranch, US; Quirk, William A., Lake Forest, US; Jaffe, Stephen M., Lake Forest, US

(54) Bezeichnung: **Methode mit Temperaturreglung zum Abscheiden eines Werkstoffes**

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

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft die Temperatursteuerung während einer Materialabscheidung, und insbesondere das Erzielen von gleichmäßigen und wiederholbaren Temperaturbedingungen wenn eine Substanz auf einem Substrat abgeschieden wird. Die Erfindung ist besonders anwendbar auf die Abscheidung von Diamant mittels Plasmastrahls.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Es sind seit langem Techniken zur Abscheidung von Substanzen, wie Schichten von Halbleitermaterial, bekannt, bei denen ein zu einem Strahl geformtes Plasma eingesetzt wird. Beispielsweise beschreiben die US-Patente mit den Nummern 4,471,003 und 4,487,162 Lichtbogenstrahlplasmaabscheidungssvorrichtungen, welche ein Plasma zur Abscheidung von Halbleitern und anderen Materialien verwenden. Es werden Ionen und Elektronen durch Injizieren einer geeigneten Verbindung, wie einer Siliciumverbindung, in einen Lichtbogenbereich erhalten, und unter Verwendung magnetischer Felder zur Steuerung des Plasmas wird ein Strom (oder Strahl) gebildet. Kürzlich wurde eine Vorrichtung dieser Art zum Abscheiden von synthetischem Diamant verwendet. Hervorragende physikalische und chemische Eigenschaften machen Diamant für viele mechanische, thermische, optische und elektronische Anwendungsbereiche wünschenswert, und die Fähigkeit synthetischen Diamant durch Plasmastrahlabscheidung abzuscheiden verspricht sehr viel, insbesondere wenn die Plasmastrahltechniken für diesen und andere Zwecke verbessert werden können. Ein Plasma eines Kohlenwasserstoffs und Wasserstoffs kann durch Verwendung elektrischer Lichtbogenbildung erhalten und das daraus resultierende Plasma auf ein Substrat gerichtet werden, so daß ein polykristalliner Diamantfilm auf dem Substrat abgeschieden wird. Bezug genommen werden kann beispielsweise auf US-Patent Nr. 5,204,144 als Beschreibung eines Beispiels einer Art von Plasmastrahlabscheidung, die eingesetzt werden kann, um synthetischen Diamant auf einem Substrat abzuscheiden.

[0003] In vielen kommerziellen Anwendungsbereichen ist es wünschenswert, Diamantfilme mit relativ großem Ausmaß zu haben. Bei Plasmaabscheidungstechniken gibt es verschiedene Faktoren, welche die nutzbare Größe des Abscheidungsbereichs, der auf einem Substrat zu einem bestimmten Zeitpunkt aktiv ist, begrenzen. Beispielsweise kann der Durchmesser des Strahls durch eine Anzahl von Faktoren begrenzt sein, wenn ein Lichtbbogen eingesetzt wird, um das erwärmte Gasgemisch in einem Lichtbogenstrahlplasmaabscheidungssystem zu erzeugen. Da der Querschnitt des Plasmastrahls im allgemeinen bei praktischen Anwendungen begrenzt ist, kann der Bereich, auf dem erwünscht ist, daß ein Diamantfilm abgeschieden wird, größer sein als der Abscheidungsstrahl. Dies bedeutet, daß es wünschenswert sein kann, den Strahl und das Zielsubstrat während des Abscheidungsprozesses in Bezug zueinander zu bewegen. Dies wurde erreicht, indem das Substrat während der Abscheidung schnell gedreht wurde, was dazu beiträgt, die Gleichmäßigkeit der Temperatur und der Diamantqualität über das Substrat zu unterstützen, sowie einen größeren Bereich an Substratbedeckung zu erzielen (siehe beispielsweise das US-Patent Nr. 5,204,144, auf das Bezug genommen wird).

[0004] Bei der Plasmastrahlabscheidung der beschriebenen Art ist es im allgemeinen notwendig, das Substrat (oder den Träger), auf das der Diamant abgeschieden wird, zu kühlen, um zu verhindern, daß das heiße Plasma die Abscheidungsoberfläche überhitzt, und um eine optimale Abscheidungstemperatur für die besonderen, erwünschten Produkteigenschaften zur Verfügung zu stellen. Ein Kühlmittel kann in dem Träger zirkulieren, um ein Kühlen zu bewirken. Bei einer Ablagerungsvorrichtung in Form eines sich drehenden Trägers, wie in US-Patent Nr. 5,204,144 beschrieben, kann das Kühlfluid durch eine sich drehende Einheit zirkulieren. In der US-A-5486380, die auf denselben Rechtsnachfolger wie die vorliegende Anmeldung übertragen wurde, ist eine Kühleinrichtung für eine sich drehende Trägeranordnung beschrieben, bei welcher der Träger sich erstreckende Kühlrippen aufweist, die mit stationären Rezeptorrippen, die wassergekühlt sind, verzahnt sind. Gemäß einer Ausführungsform der US-A-5486380 kann die Wärmeübertragung zwischen Kühl- und Rezeptorrippen modifiziert sein, indem das Gas zwischen den Kühl- und Rezeptorrippen ausgetauscht wird, um die Wärmeleitfähigkeit dazwischen zu verändern.

[0005] In dem US-Patent 5,204,145 ist eine CVD Plasmabrennerdiamantabscheidung auf sich drehenden Substraten in einer Umgebung aus Wasserstoff und Inertgas beschrieben. Kühlplatten, die sich nicht drehen, werden zur Verfügung gestellt, und jede Kühlplatte kann näher an ein Substrat heran oder weiter davon entfernt werden, um das Substrat bei einer festgesetzten Temperatur zu halten.

[0006] Bei der Plasma-CVD-Abscheidung von Diamantfilm auf der Oberfläche einer Substratscheibe ist es üblich, einen Abstandhalter zwischen der Unterseite des Substrats und einem Kühlblock (oder eines gekühlten Trägers) anzubringen, der zur Kühlung des Substrats verwendet wird, das einen hohen Wärmestrom von dem heißen Plasmastrahl erhält. Der Abstandhalter, der beispielsweise eine Graphitscheibe sein kann, erleichtert den Temperaturübergang zwischen der Unterseite des Substrats (welches zum Beispiel bei einer Temperatur in dem Bereich von 500 bis 1100 Grad C sein kann) und der obersten Oberfläche des Kühlblocks (welcher zum Beispiel bei einer Temperatur in dem Bereich von 10 bis 500 Grad

C sein kann). Üblicherweise werden Substrat, Abstandhalter und Kühlblock mittels Verschraubens oder Klemmens zusammen gehalten, und die Wärmeleitfähigkeit des Verbunds durch diese Bestandteile ist recht empfindlich gegenüber den relativen Oberflächenkonturen der Bestandteile und gegenüber dem Druck, mit dem die Oberflächen zusammen gepreßt werden. Nicht-Gleichmäßigkeit des Kontakts und/oder Drucks kann zu erheblichen Temperaturunterschieden an der Abscheidungsoberfläche führen, was wiederum die Gleichmäßigkeit und Qualität des abgeschiedenen Diamantfilms verschlechtern kann. Auch wenn der Kontakt und/oder Druck sich ändert, wenn ein neues Substrat an eingebracht wird, wird die Substrattemperatur während der Abscheidung unterschiedlich sein. Das sich daraus ergebende Fehlen von wiederholbaren Abscheidungsbedingungen kann auch dazu führen, die Gesamtqualität des erzeugten Diamantfilms zu verschlechtern.

[0007] Einer der Nachteile, daß ein relativ gleichmäßiger Druck auf das Substrat/Abstandhalter/Träger-Sandwich notwendig ist, ist es, daß jedes Mal, wenn ein neues Substrat befestigt wird es nötig ist, das Verschrauben oder Klemmen anzupassen, um die gewünschte Gleichmäßigkeit des Drucks zu erhalten. Die Abscheidungskammer arbeitet bei geringem Druck, und das Vacuumpumpsystem benötigt erhebliche Zeit, um den geeigneten Druck wieder herzustellen, bevor die Abscheidung auf einem neu angebrachten Substrat begonnen werden kann. Es wäre von Vorteil, wenn man innerhalb der Abscheidungskammer ohne Unterbrechung des Vacuums Substrate wechseln könnte (wie beispielsweise durch Verwendung eines Roboterarms), aber die Notwendigkeit, das Substrat und den Abstandhalter mit Präzision auf dem Kühlblock zu befestigen macht die Aufgabe schwieriger.

[0008] USP 5,318,801 betrifft Diamantfilmabscheidung. Dieses Dokument lehrt einen spiralförmigen „Abstandszwischenstückkanal" für Kühlgas, das durch den Kanal fließt. Er wird gespeist von den Flaschen 20 und 22 (**Fig.** 2).

[0009] EP A 0 451 740 befaßt sich mit CVD-Verfahren, aber nicht mit Diamantabscheidung, die hohe Temperaturen mit einschließt. Spalte 5, Zeilen 5–7, heben hervor, daß das Gas „gegen die Rückseite des Substrats geblasen" wird.

[0010] EP A 0 502 657 beschreibt keinen Spalt, der klein genug ist, damit Kühlung mittels Gasleitung vorherrschend sein kann.

[0011] Es gehört zu den Aufgaben der vorliegenden Erfindung eine verbesserte Technik zur Temperatursteuerung eines Substrats in einem Abscheidungssystem zur Verfügung zu stellen, wie für die Abscheidung von Diamantfilm durch einen CVD-Plasmastrahl.

[0012] Diese Aufgabe wird mit den Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 und 11 gelöst.

Zusammenfassung der Erfindung

[0013] Gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Technik zur Abscheidung eines Diamantfilms mittels CVD auf einer Oberfläche eines Substrats mit den folgenden Schritten beschrieben: Zurverfügungstellen eines Kühlblocks mit einer Oberfläche, die durch Wärmeaustausch gekühlt wird; Unterstützen des Substrats von dem Kühlblock, so daß die untere Oberfläche des Substrats von der Oberfläche des Kühlblocks durch einen Spalt beabstandet ist; Zurverfügungstellen eines Gases in dem Spalt; und Abscheiden der Substanz auf der oberen Oberfläche des Substrats [Bezugnahme auf Abscheiden auf der oberen Oberfläche des Substrats schließt die Abscheidung auf dem Substrat selbst mit ein, sowie Abscheidung auf jeden Schichten über dem Substrat.]

[0014] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung sind mindestens 30 Prozent des Gases in dem Spalt Wasserstoff. Gemäß der Erfindung ist die Größe des Spalts in dem Bereich von 0,01 Zentimeter bis 0,30 Zentimeter. Vorzugsweise sind mindestens 80 Prozent der unteren Oberfläche des Substrats durch die Spaltdistanz von dem Kühlblock beabstandet und liegen diesem gegenüber.

[0015] Diese Technik ist besonders vorteilhaft zur Abscheidung eines Diamantfilms durch CVD-Plasmaabscheidung in einer Abscheidungskammer, die mindestens 30 Prozent Wasserstoff enthält. Üblicherweise, aber nicht notwendigerweise, wird die Umgebung in der Abscheidungskammer hauptsächlich Wasserstoffgas sein.

[0016] Die Mehrheit der Wärme, die von dem Substrat abfließt, wird durch Wärmeleitung über den Gasspalt übermittelt. Durch Zurverfügungstellen eines festen und wiederholbaren Gasspalts, der für eine Anzahl von Substraten verwendet werden kann, sind gleichmäßige und wiederholbare Temperaturbedingungen auf der Substratabscheidungsoberfläche leichter erreichbar, da man sich nicht länger darauf verlassen muß, einen gleichmäßigen und wiederholbaren Oberflächenkontakt und Druck zwischen einem Substrat, einem festen Abstandhalter und einem Kühlblock zu gewährleisten. Diese Technik erleichtert auch sehr den Betrieb innerhalb der Kammer mit einem mechanischen (oder Roboter-) Arm, ohne die Notwendigkeit das Vacuum zu unterbrechen, um ein neues Substrat an Ort und Stelle zu befestigen, da das Substrat ohne das Erfordernis eines präzisen Klemmens oder Schraubdrucks positioniert werden kann. Bei einigen Konfigurationen ist überhaupt kein Schrauben oder Klemmen notwendig.

[0017] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden leichter verständlich aus der folgenden detaillierten Beschreibung, wenn diese in Zusammenhang mit den begleitenden Zeichnungen betrachtet wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0018] **Fig.** 1 ist ein schematisches Diagramm, teilweise in Blockdarstellung, einer Vorrichtung nach dem Stand der Technik, in der die Vorteile der Erfindung genutzt werden können.
[0019] **Fig.** 2 ist ein vereinfachtes Querschnittsdiagramm, das eine sich drehende Trägereinrichtung mit Wärmeaustausch nach dem Stand der Technik zeigt.
[0020] **Fig.** 3 ist ein Querschnitt eines Models eines Substrats und eines Kühlblocks, die durch einen Spalt getrennt sind.
[0021] **Fig.** 4 zeigt eine graphische Darstellung der Wärmeleitfähigkeit als Funktion der Temperatur für Wasserstoff, Helium, Sauerstoff, Kohlendioxid und Luft.
[0022] **Fig.** 5 zeigt einen Querschnitt einer Anordnung aus Kühlblock, Substrat und Gasspalt. Diese Ausführungsform ist nicht gemäß der Erfindung.
[0023] Die **Fig.** 6 und 7 zeigen eine Anordnung, bei der ein Substrathalter in Abstand zu dem Kühlblock verwendet wird, und der Querschnitt gemäß **Fig.** 6 ist ein Schnitt durch eine Ebene, die durch die Pfeile 6-6 in **Fig.** 7 dargestellt wird. Ausfürungsformen gemäß den **Fig.** 6 und 7 sind nicht erfindungsgemäß.
[0024] **Fig.** 8 ist eine Draufsicht einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform.
[0025] **Fig.** 9 ist eine teilweise weggebrochene Querschnittsansicht, welche ein weiteres Merkmal der Erfindung erläutert.
[0026] **Fig.** 10 ist eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.
[0027] **Fig.** 11 ist eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.
[0028] Die **Fig.** 12 und 13 zeigen eine weitere Ausführungsform der Erfindung, bei denen ein Substrathalter mit Abstand zu einem Kühlblock verwendet wird, und der Querschnitt der **Fig.** 12 ist ein Schnitt durch eine Ebene, die durch die Pfeile 12-12 in **Fig.** 13 dargestellt wird.
[0029] **Fig.** 14 ist eine Querschnittsansicht eines weiteren Merkmals, wobei injiziertes Gas eingesetzt wird. Diese Ausführungsform ist nicht erfindungsgemäß.
[0030] **Fig.** 15 ist ein vereinfachtes Diagamm, das die Verwendung eines Roboterarms in einer Ablagerungskammer zeigt.

Detaillierte Beschreibung

[0031] Bezugnehmend auf **Fig.** 1 ist eine Gasphasenabscheidungsvorrichtung nach chemischem Verfahren („CVD") nach dem Stand der Technik von einer An gezeigt, bei der die erfindungsgemäßen Verbesserungen verwendet werden können. Eine Abscheidungskammer **100** ist der untere Abschnitt eines Plasmastrahl-CVD-Abscheidungssystems **200**, welches durch ein Vacuumpumpsystem oder mehrere Vacuumpumpsysteme (nicht gezeigt) evakuiert wird.
[0032] Das System **200** ist in einem Vacuumgehäuse **211** enthalten und schließt einen lichtbogenbildenden Abschnitt **215** mit ein, welcher einen zylindrischen Halter **294**, eine stabförmige Kathode **292** und einen benachbart zu der Kathode angebrachten Injektor **295** aufweist, so daß injiziertes Fluid über die Kathode fließen kann. Eine zylindrische Anode **291** wird bereit gestellt. Bei dem gezeigten System, bei dem synthetischer Diamant abzuscheiden ist, kann das zugeführte Fluid beispielsweise ein Gemisch aus Wasserstoff und Methan sein. Das Methan kann alternativ dazu stromabwärts eingespeist werden. Die Anode **291** und die Kathode **292** werden durch eine Quelle elektrischer Leistung (nicht gezeigt) mit Energie versorgt, beispielsweise einer Gleichspannung. Zylindrische Magnete, mit Bezugszeichen **217** gekennzeichnet, werden verwendet, um zu helfen, die Plasmaeryugung zu stuern. Eine Düse, dargestellt durch **115**, kann eingesetzt werden, um innerhalb von Grenzen die Strahlgröße zu steuern. Optionale Kühlwendeln **234**, in denen ein Kühlmittel zirkuliert werden kann, können innerhalb der Magneten angeordnet sein.
[0033] In einem Betriebsbeispiel wird ein Gemisch aus Wasserstoff und Methan in den Injektor **295** eingespeist, und vor dem lichtbogenformenden Abschnitt wird ein Plasma erhalten und in Richtung auf den Abscheidungsbereich, in dem das Substrat angeordnet ist, gerichtet. Wie auf dem Fachgebiet bekannt ist, kann synthetischer, polykristalliner Diamant aus dem beschriebenen Plasma gebildet werden, da der Kohlenstoff in dem Methan selektiv als Diamant abgeschieden wird, und das gebildete Graphit wird durch Kombination mit dem Wasserstoffördergas abgeführt. Für die weitere Beschreibung von Plasmastrahlabscheidungssystemen kann Bezug genommen werden auf die US-Patente Nr. 4,471,003, 4,487,162 und 5,204,144. Es ist klar, daß andere geeignete Arten von Abscheidungsvorrichtungen, einschließlich beispielsweise einer anderen Art von CVD-Vorrichtung oder eine Gasphasenabscheidungsvorrichtung nach physikalischem Verfahren, in Zusammenhang mit den zu beschreibenden Merkmalen der Erfindung verwendet werden können.
[0034] Bei der Vorrichtung nach dem Stand der Technik gemäß **Fig.** 1 befindet sich ein Träger **110** drehbar auf einer Welle **111** und weist einen Abstandhalter **120** und ein darauf angeordnetes Substrat **170** auf (durch nicht gezeigte Mittel ist Verschrauben oder Klemmen typisch). Der Träger **110** ist ein Kühlblock, der durch jedes geeignete Mittel gekühlt werden kann, beispielsweise durch Verwendung einer Wärmeaustauschflüssigkeit (z. B. Wasser), welche durch den Block oder einen anderen Bestandteil, der in thermischem Kontakt mit dem Block steht, zirkuliert wird. Eine Anordnung gemäß des Standes der Technik ist in **Fig.** 2 gezeigt, wo ein drehbarer Kühlblock **100**, der mit einer Dreheinheit **115** verbunden ist, gedreht wird, wie durch ein Band oder einen Zahnrad-

antrieb (nicht gezeigt), und ein Kühlfluid kann in der durch die Pfeile angezeigten Richtung oder in der Gegenrichtung durch den Kühlblock zirkuliert werden. Der Kühlblock kann in Bezug auf die Richtung des Plasmastrahls geneigt sein, wie in US-Patent Nr. 5,342,660 beschrieben, und es kann ein geeigneter Motor (nicht gezeigt) verwendet werden, um die Welle zu drehen, wie ebenfalls in US-Patent Nr. 5,342,660 offenbart ist. Der Drehantrieb wird herkömmlicherweise oberhalb der Dreheinheit sein. Die hier beschriebenen Ausführungsformen können auf einem Kühlhlock betriben werden, der, wie gezeigt, drehbar oder stationär ist.

[0035] Es wird die in **Fig.** 3 gezeigte Vorrichtung berücksichtigt, die ein Substrat **310** zeigt, dessen untere Oberfläche **310B** von der oberen Oberfläche **320T** des Kühlblocks **320** durch einen Wasserstoff enthaltenden Spalt **350** beabstandet ist. Die Leitung über den Spalt kann durch die eindimensionale Wärmeübertragungsgleichung

$$Q/A = k(\delta T/\delta x) \quad (1)$$

modellhaft dargestellt werden, in der Q der Wärmefluß in das Substrat in Watt, A die Fläche in cm^2, k die Wärmeleitfähigkeit des Spalts in Watt/cm/°C, T die Temperatur in Grad C und x der Abstand über den Spalt in cm sind. Gleichung (1) zeigt, daß der Wärmestrom durch Leitung eher als durch Strahlung oder Konvektion fortschreitet. Unter der Annahme, daß die Temperatur sich etwa linear über den Spalt verändert, kann Gleichung (1) als

$$Q/A = (\Delta T/\Delta x) \quad (2)$$

geschrieben werden, in der ΔT die Temperaturdifferenz über den Spalt und Δx die Spaltbreite (d. h. den Abstand zwischen den Oberflächen **320T** und **310B**) darstellen. Daher kann für einen bestimmten Wärmefluß pro Flächeneinheit des Substrats, eine bestimmte Betriebstemperaturdifferenz über den Spalt und eine bestimmte Wärmeleitfähigkeit für die Substanz in dem Spalt Gleichung (2) verwendet werden, um die Spaltbreite zu berechnen, die den Wärmefluß bei dem festgelegten Betriebstemperaturunterschied bewirken wird. **Fig.** 4 zeigt die Wärmeleitfähigkeit von Wasserstoff, Helium, Sauerstoff, Kohlendioxid und Luft als eine Funktion der Temperatur. Die Kurvenwerte sind in etwa anwendbar über einen Bereich von Betriebsdrucken zwischen 0,05 Atmosphären und 10 Atmosphären. Angenommen für ein Beispiel einer CVD Lichtbogenstrahlplasmaabscheidung beträgt die Temperatur der Substratrückseite 700 Grad C und die Temperatur der Kühlblockoberfläche 100 Grad C. Die Durchschnittstemperatur in dem Spalt beträgt etwa 400 Grad C, und bei dieser Temperatur zeigt **Fig.** 4, daß die Wärmeleitfähigkeit von Wasserstoff etwa 0,0033 Watt/cm-°C ist. Wenn der Wärmefluß von dem Plasmastrahl etwa 30 Watt/cm^2 beträgt, kann die erforderliche Spaltgröße aus Gleichung 2 als

$$30 = 0{,}0033(600/\Delta x)$$

$$\Delta x \approx 0{,}07 \text{ cm}$$

berechnet werden. In einem weiteren Beispiel arbeitet die CVD Lichtbogenplasmaabscheidung mit einem Wärmefluß von 50 Watt/cm^2, einer rückseitigen Substratoberflächentemperatur von 1000 Grad C und einer Kühlblockoberflächentemperatur von 125 Grad C. In diesem Beispiel liegt die Durchschnittstemperatur in dem Spalt bei etwa 560 Grad, und bei dieser Temperatur zeigt **Fig.** 4, daß die Wärmeleitfähigkeit von Wasserstoff etwa 0,0039 Watt/cm-°C beträgt, so daß sich aus Gleichung (2) ergibt:

$$50 = 0{,}0039(875/\Delta x)$$

$$\Delta x \approx 0{,}07 \text{ cm}$$

[0036] Es ergibt sich somit, daß ein Wasserstoff enthaltender Spalt von etwa 0,07 cm für die Bedingungen dieser Beispiele geeignet ist. Ein Spaltbereich von 0,01 cm bis 0,30 cm wird verwendet, um einen Bereich von Betriebsbedingungen mit mindestens 30 Prozent Wasserstoff in dem Gasspalt abzudecken. Wenn der Spalt zu klein ist, kann die Schwierigkeit bestehen, den genauen Abstand über den gesamten Substratbereich beizubehalten. Das Gas in dem Spalt ist im wesentlichen das gleiche wie die Gasatmosphäre in der Abscheidekammer. Das Gas in dem Spalt kann während der Abscheidung verändert werden, um die Wärmeleitfähigkeit in dem Spalt zu steuern.

[0037] Bei der Ausführungsform gemäß **Fig.** 5 (**Fig.** 5 ist nicht erfindungsgemäß) weist der Kühlblock **520** eine zweischichtige, ringförmige Schulter **521** zur Unterstützung eines scheibenförmigen Substrats **510** über der oberen Kühlblockoberfläche **525** auf. Das Substrat kann jedes geeignete Material sein, wie beispielsweise Silicium. Die Struktur **521** kann einstückig mit dem Kühlblock ausgebildet sein, oder eine separate Einheit, wie in einigen unten beschriebenen Ausführungsformen.

[0038] Bei der Ausführungsform gemäß **Fig.** 6 (**Fig.** 6 ist nicht gemäß der Erfindung) ist der Kühlblock **520** und der zweischichtige, ringförmige Träger ähnlich dem in **Fig.** 5. Bei dieser Ausführungsform jedoch wird anstelle eines scheibenförmigen Substrats über dem Spalt von der oberen Kühlblockoberfläche ein scheibenförmiger Substrathalter **610** verwendet. Der Substrathalter kann aus jedem geeigneten Material gebildet sein, beispielsweise aus Molybdän. Der Substrathalter kann Substrate jeder gewünschten Form tragen. In dem vorliegenden Beispiel weist der Substrathalter Ausnehmungen auf, die Schneidwerkzeugeinsätze **611** aufnehmen und halten, die in der oberen Ansicht von **Fig.** 7 gezeigt sind (**Fig.** 7 ist nicht gemäß der Erfindung). Der Betrieb ist ähnlich

wie vorher beschrieben, wobei der Gasspalt den gewünschten Wärmeleitungsweg zwischen dem Substrathalter und dem Kühlblock bei der gewünschten Betriebstemperatur zur Verfügung stellt, um den Wärmefluß in die Substrate und den Substrathalter zu bewirken. Bei den verschiedenen Ausführungsformen hiervon ist es klar, daß ein geeigneter Substrathalter durch ein gezeigtes Substrat ersetzt werden können, oder umgekehrt.

[0039] **Fig.** 8 zeigt in einer Draufsicht, daß nur drei kleine Abschnitte des zweischichtigen, ringförmigen Stegs **521** der Ausführungsform der **Fig.** 5 oder **Fig.** 6 verwendet werden müssen, um das Substrat zu halten. Die drei ringförmigen Stegabschnitte **521A**, **521B** und **521C** wirken als ein Rahmen, der das Substrat oder den Substrathalter über geringere Fläche berühren, um die Wärmeleitung von dem Substrat zu dem Kühlblock durch die feste Struktur zu minimieren. Wie in der Abwandlung von **Fig.** 9 gezeigt ist, kann die Schulter jedes Stegs mit einem Stift **528** und einem Kissen **529**, beispielsweise gebildet aus einem wärmeisolierenden Material, wie einer Keramik, versehen sein. Die Länge der Stifte **528**, die in Aufnahmelöchern sitzen, kann verwendet werden, um die Spaltbreite anzupassen.

[0040] Bei den Ausführungsformen gemäß den **Fig.** 4 bis 9 ist der Steg zum Tragen des Substrats oder Substrathalters als Teil des Kühlblocks gezeigt. Wie in den **Fig.** 10 und 11 erläutert, kann der Steg oder Rahmen ein separates Stück oder separate Stücke sein. In **Fig.** 10 befindet sich der Steg (oder die Stegabschnitte) auf einem Ring **1021**, der auf die aufnehmende Oberfläche des zylindrischen Kühlblocks **1020** paßt. Verschiedene andere Konfigurationen sind möglich. Beispielsweise kann, wie in **Fig.** 11 gezeigt, der Ring oder Rahmen eine Konstruktion aus zwei Teilen sein, welche das Substrat mit Schrauben **1140** befestigt und hält. Der Rahmen paßt wieder, wie gezeigt, auf den Kühlblock **1020**.

[0041] Die **Fig.** 12 und 13 zeigen eine weitere Ausführungsform, wobei der Kühlblock **1220** drei von dessen Mitte gleich beabstandete Öffnungen aufweist, welche die entsprechenden Stifte **1201**, **1202** und **1203** aufnehmen. Der Abstand jedes Stifts von der Mitte des zylindrischen Kühlblocks entspricht dem Radius einer ringförmigen Nut **1214** am Boden des Substrathalters **1210**, so daß wenn der Substrathalter über dem Kühlblock angeordnet wird, die Stifte in die Nut eingreifen und den Offset des Spalts **1250** festlegen. Es können verschidene Stiftgrößen verwendet werden, um verschiedene Spalte zu erhalten, und die Stifte können aus einem isolierenden Material gebildet sein, um die Wärmeleitung durch die Nadeln zu minimieren. Der ringförmige Rand **1211** erleichtert das Greifen des Substrathalters mit einem mechanischen Arm. Wenn notwendig oder erwünscht, kann der Substrathalter an Ort und Stelle mit nicht gezeigten Mitteln verschraubt oder geklemmt werden.

[0042] In den Spalt können ein Gas oder mehrere Gase injiziert werden, um die Wärmeleitfähigkeit des Spalts zeitlich und/oder räumlich zu modifizieren. Wie in **Fig.** 14 gezeigt (**Fig.** 14 ist nicht gemäß der Erfindung), kann der Kühlblock **1420** (oder eine Zusatzeinrichtung, welche für die hiesigen Zwecke als Teil des Kühlblocks angesehen wird) Einlaßkanäle, wie **1431** und **1432**, sowie Auslaßkanäle **1435** aufweisen. Ein Substrat oder Substrathalter **1410** wird wie vorher befestigt. Ein Gas kann durch die Einlaßkanäle **1431** und **1432** injiziert und durch die Auslaßkanäle **1435** ausgestoßen werden. Wenn dies gewünscht wird, kann beispielsweise ein erstes Gas, wie Wasserstoff, durch den relativ großen Zentralkanal **1431** injiziert werden, und Argon, das eine sehr viel geringere Leitfähigkeit als Wasserstoff hat, kann in kontrollierter Weise in die Kanäle **1432** injiziert werden, um die Wärmeleitfähigkeit des Spalts **1450** als eine Funktion der radialen Position zu steuern. Eine räumliche Veränderung der Wärmeleitfähigkeit des Spalts kann auch erreicht werden, indem die Dicke des Spalts als eine Funktion der radialen Position verändert wird [siehe diesbezüglich auch die US-A-4541712, die auf einen der Rechtsnachfolger der vorliegenden Anmeldung übertragen wurde.)

[0043] **Fig.** 15 stellt allgemein eine CVD Plasmaabscheidungskammer **1560** dar, die von der vorher beschriebenen An sein kann, und welche das Gasspaltmerkmal hiervon verwendet. Die Abscheidungskammer weist auch einen mechanischen Arm **1565** auf (manchmal als Roboterarm bezeichnet), der manuell, automatisch oder halb-automatisch von außerhalb der Abscheidungskammer gesteuert werden kann, um Substrate oder Substrathalter ohne die Notwendigkeit zu wechseln, die Kammer zu öffnen, so daß geeignete Druckbedingungen nicht jedes Mal von Anfang an wieder hergestellt werden müssen, wenn ein neues Substrat eingebracht wird. Die Kammer kann von Anfang an mit einem Vorrat an Substraten oder Substrathaltern (dargestellt durch **1510A**) ausgestattet sein und nach Abscheidung auf dem Substrat (oder Substraten in einem Substrathalter) auf dem Kühlblock **1220** kann der Roboterarm **1565** eingesetzt werden, um das Substrat (oder den Substrathalter) von dem Kühlblock **1220** zu entfernen, es auf der Seite in der Kammer abzulagern (z. B. bei **1510B**), ein anderes Substrat zu ergreifen (oder einen Substrathalter mit Substraten art Ort und Stelle), und es auf dem Kühlblock **1220** abzulegen. Die Abscheidung kann dann beginnen, und der Vorgang zum Bewegen des Substrats wiederholt werden. Wenn dies gewünscht wird, kann jedes Substrat des Vorrats in einer Ringstruktur wie in **Fig.** 11 vormontiert werden, so daß der Roboterarm die Ringstruktur anstelle des Substrats selbst handhabt. Der Roboterarm **1565** kann von bekannter Art sein, der ein Gelenk mit einem Ellbogen **1566** und einem Handgelenk **1567** aufweist, und der mit einer Gabel **1568** Werkstücke erfaßt und losläßt. Wie auf dem Fachgebiet bekannt ist, können der Roboterarm, der Vorrat an Substraten und/oder andere Gegenstände in einer oder mehre-

ren Nebenkammer sein, die für die hiesigen Zwecke als Teil der Hauptkammer angesehen werden können. Auch kann eine sogenannte „Ladungsschleuse" und/oder jede geeignete Ventilanordnung verwendet werden, wie sie auf dem Roboterfachgebiet bekannt sind.

[0044] Die Erfindung wurde unter Bezugnahme auf besonders bevorzugte Ausführungsformen beschrieben, aber Abwandlungen innerhalb des Umfangs der Erfindung werden sich für die Fachleute ergeben. Die Erfindung ist beispielsweise mit verschiedenen anderen Typen von Abscheidungsvorrichtungen einsetzbar. Auch kann, während runde und scheibenförmige Konfigurationen und ebene Oberflächen am typischsten sind, die Erfindung mit Konfigurationen und Konturen eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abscheiden eines Diamantfilms mittels CVD auf einer Oberfläche eines Substrats, mit den Schritten:
Zurverfügungstellen einer ein Gas enthaltenden Abscheidekammer,
Zurverfügungstellen eines Kühlblocks innerhalb der Kammer. wobei der Block eine Oberfläche aufweist, die mittels Wärmeaustausch gekühlt wird;
Unterstützen des Substrats von dem Kühlblock, so daß die untere Oberfläche des Substrats von der Kühlblockoberfläche durch einen Spalt beabstandet ist, der zum Inneren der Kammer hin offen und mit im wesentlichen dem gleichen Gas gefüllt ist, wie die Gasumgebung in der Abscheidekammer, wobei die Weite des Spalts im Bereich von 0,01 cm bis 0,3 cm liegt, und
Abscheiden des Diamantfilms auf der oberen Oberfläche des Substrats, während das Substrat mit dem Kühlblock durch das Gas in dem Spalt durch Leitung gekühlt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei wenigstens 30 Prozent des Gases Wasserstoff ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei, während des Abscheidens, die Temperatur der unteren Oberfläche des Substrats in dem Bereich 500 bis 1100 Grad C und die Temperatur auf der oberen Oberfläche des Kühlblocks in dem Bereich 10 bis 500 Grad C liegt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei wenigstens 80 Prozent der unteren Oberfläche des Substrats von dem Kühlblock beabstandet ist und diesem gegenüberliegt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Unterstützens des Substrats von dem Kühlblock ein Zurverfügungstellen eines Trägers für das Substrat zwischen dem Kühlblock und dem Umfang des Substrats umfaßt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Unterstützens des Substrats von dem Kühlblock ein Zurverfügungstellen eines Trägers für das Substrat zwischen dem Kühlblock und dem Umfang des Substrats umfaßt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Unterstützens des Substrats von dem Kühlblock das Unterstützen des Substrats auf einer Mehrzahl von Stiften umfaßt. die in dem Kühlblock sitzen.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Unterstützens des Substrats von dem Kühlblock den Einbau des Substrats in einen Rahmen umfaßt, der entfernbar auf dem Kühlblock einbaubar ist.

9. Verfahren nach Anspruch 1, des weiteren umfassend das Modifizieren des Gases in dem Spalt während des Abscheidens, um die Wärmeleitfähigkeit des Spalts zu steuern.

10. Verfahren nach Anspruch 1, des weiteren umfassend ein weiteres Substrat in der Kammer, und Durchführen der Schritte des Entfernens des erstgenannten Substrats aus seiner ursprünglichen Position, und Bewegen des weiteren Substrats in die ursprüngliche Position, wobei der Entfernungs- und der Bewegungsschritt in der Kammer durchgeführt werden, ohne die Kammer der Außenumgebung auszusetzen.

11. Verfahren zum Abscheiden eines Diamantfilms mittels CVD auf einer Oberfläche eines Substrats in der oberen Oberfläche eines Substrathalters, mit den Schritten:
Zurverfügungstellen eines Kühlblocks in einer abgeschlossenen Kammer, die ein Gas enthält, wobei der Block eine Oberfläche aufweist, die durch Wärmeaustausch gekühlt wird;
Unterstützen des Substrathalters von dem Kühlblnck, so daß die untere Oberfläche des Substrathalters von der Kühlblockoberfläche durch einen Spalt beabstandet ist, der zu der Kammer hin offen und mit im wesentlichen dem gleichen Gas gefüllt ist, wie die Gasumgebung in der Abscheidekammer, wobei die Weite des Spalts im Bereich von 0,01 cm bis 0,3 cm liegt; und
Abscheiden des Diamantfilms auf dem Substrat in der oberen Oberfläche des Substrathalters, während das Substrat mit dem Kühlblock durch das Gas in dem Spalt durch Leitung gekühlt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei wenigstens 30 Prozent des Gases Wasserstoff ist.

13. Verfahren nach Anspruch 11, wobei wenigstens 80 Prozent der unteren Oberfläche des Substrathalters von dem Kühlblock beabstandet ist und diesem gegenüberliegt.

14. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der Schritt des Unterstützens des Substrats von dem Kühlblock ein Zurverfügungstellen eines Trägers für das Substrat zwischen dem Kühlblock und dem Umfang des Substrats umfaßt.

15. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der Schritt des Unterstützens des Substrathalters von dem Kühlblock das Unterstützen des Substrathalters auf einer Mehrzahl von Stiften umfaßt, die in dem Kühlblock sitzen.

16. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der Schritt des Unterstützens des Substrathalters von dem Kühlblock den Einbau des Substrathalters in einen Rahmen umfaßt, der entfernbar auf dem Kühlblock einbaubar ist.

17. Verfahren nach Anspruch 11, des weiteren umfassend das Modifizieren des Gases in dem Spalt während des Abscheidens, um die Wärmeleitfähigkeit des Spalts zu steuern.

18. Verfahren nach Anspruch 11, des weiteren umfassend die Zurverfügungstellung eines weiteren Substrathalters in der Kammer, und Durchführen der Schritte des Entfernens des erstgenannten Substrathalters aus seiner ursprünglichen Position, und Bewegen des weiteren Substrathalters in die ursprüngliche Position, wobei der Entfernungs- und der Bewegungsschritt innerhalb der Kammer durchgeführt werden, ohne die Kammer der Außenumgebung auszusetzen.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

STAND DER TECHNIK

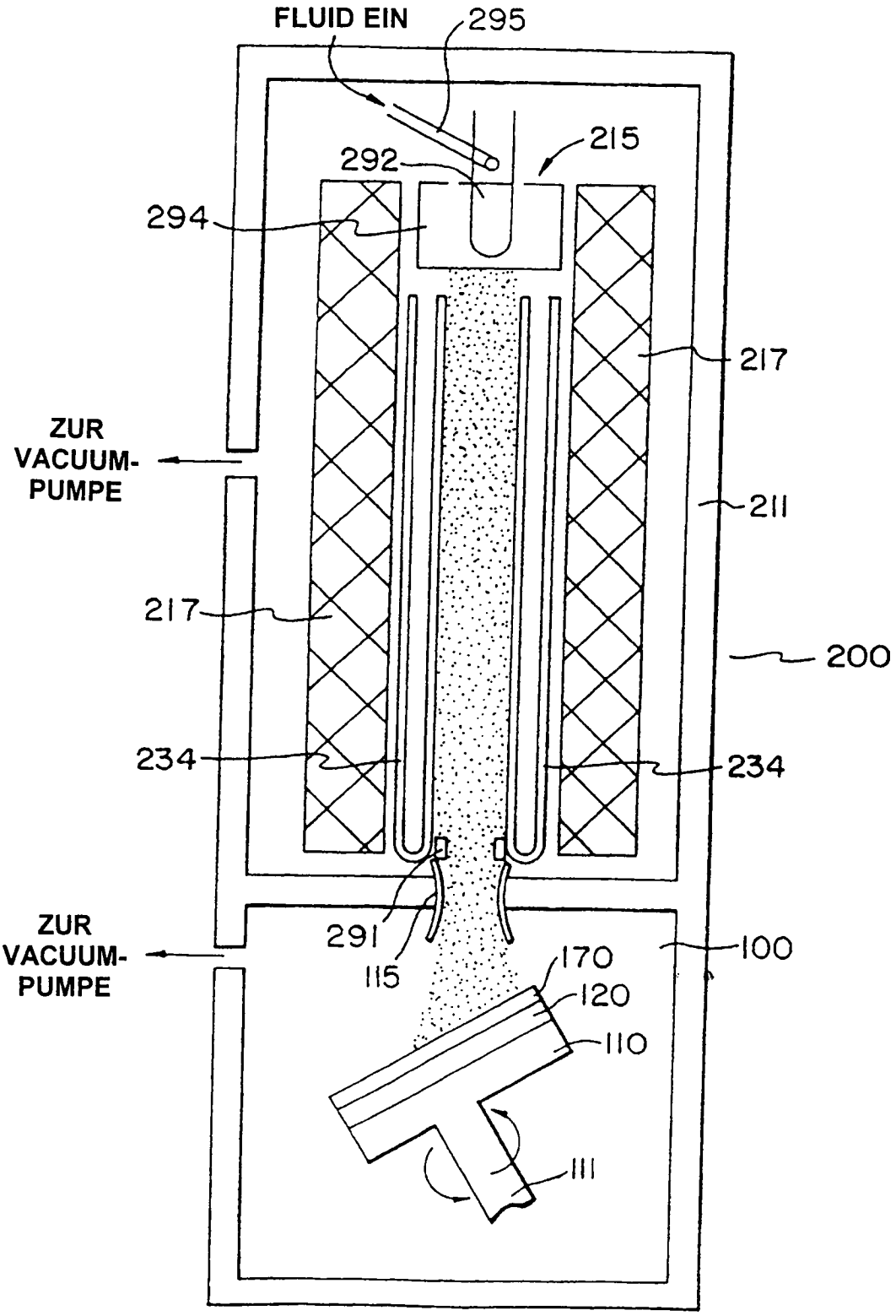


FIG. 2
STAND DER TECHNIK

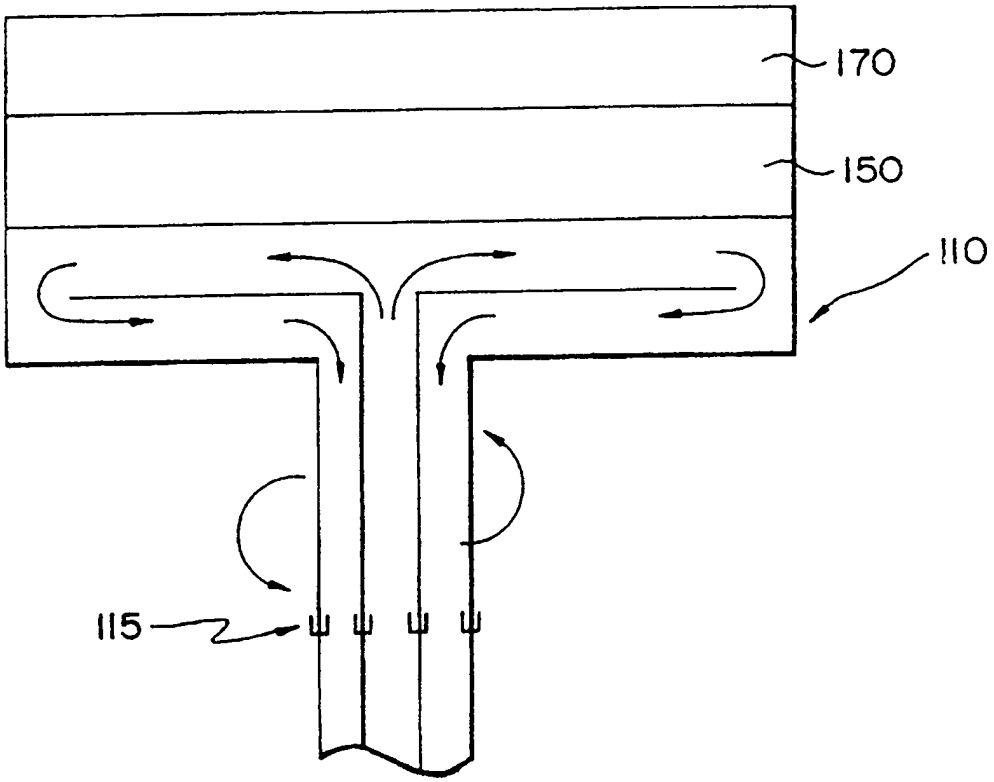


FIG.3

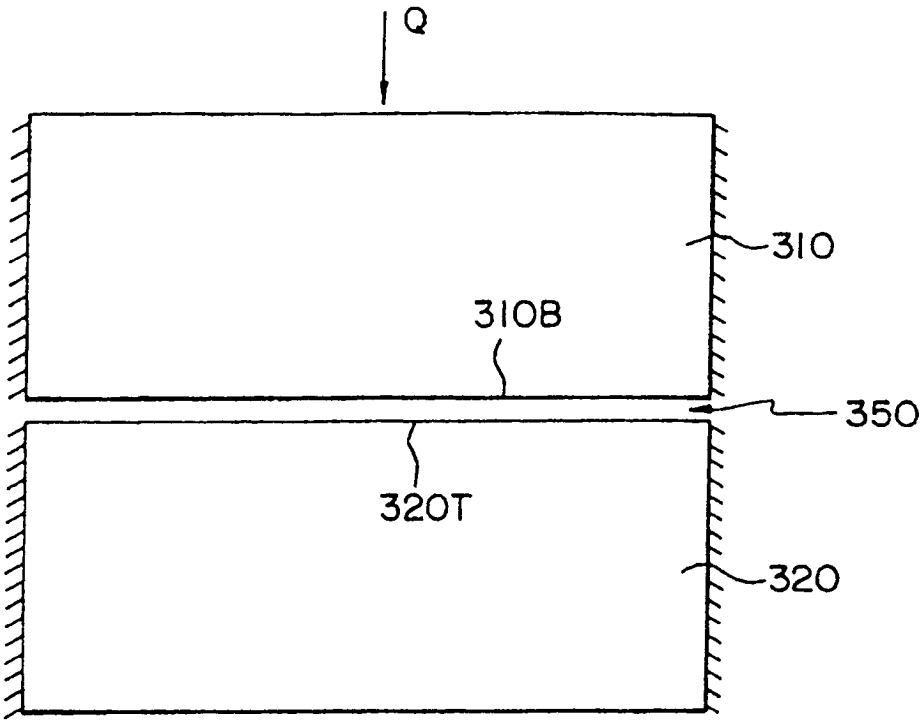

Q
310
310B
350
320T
320

FIG.4

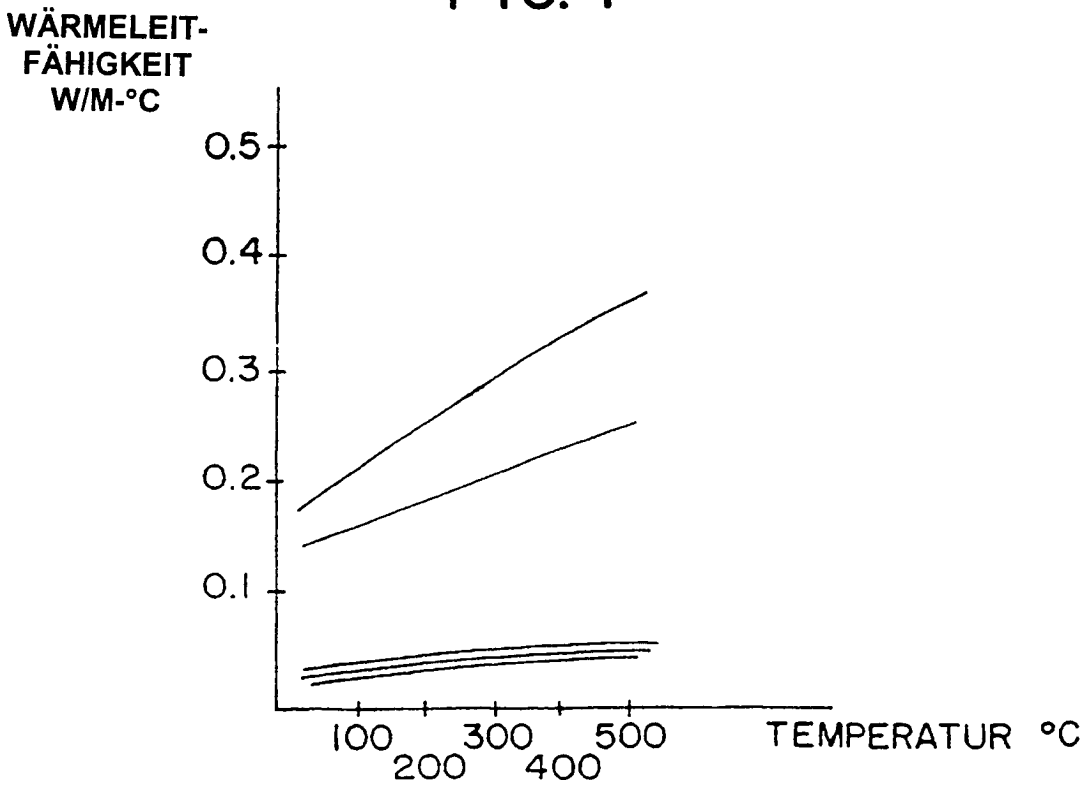

WÄRMELEIT-
FÄHIGKEIT
W/M-°C
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
100
200
300
400
500
TEMPERATUR °C

FIG.5

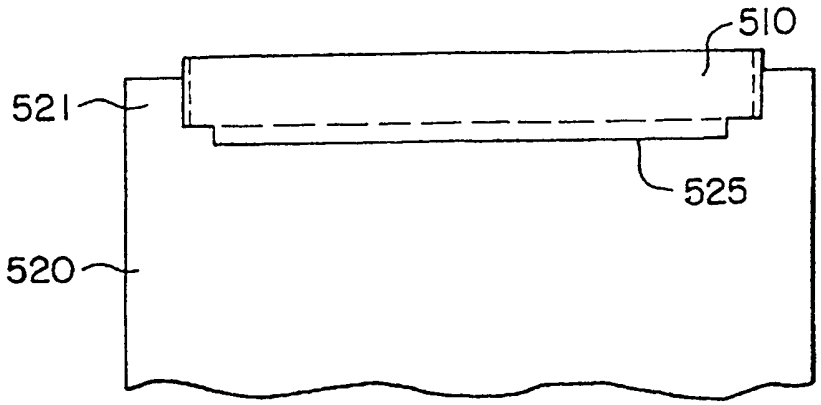


FIG.6

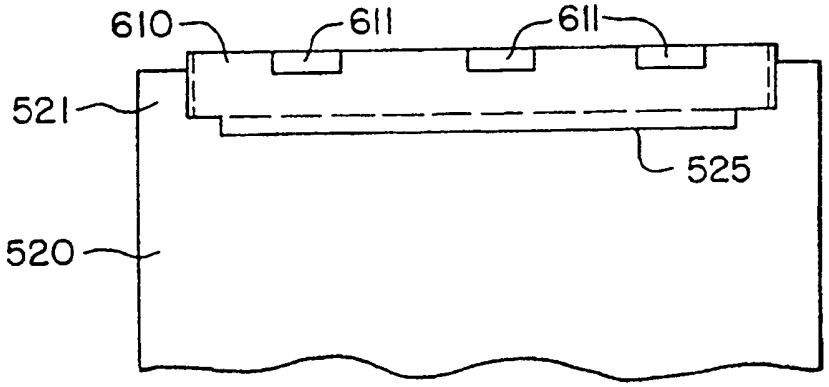


FIG.7

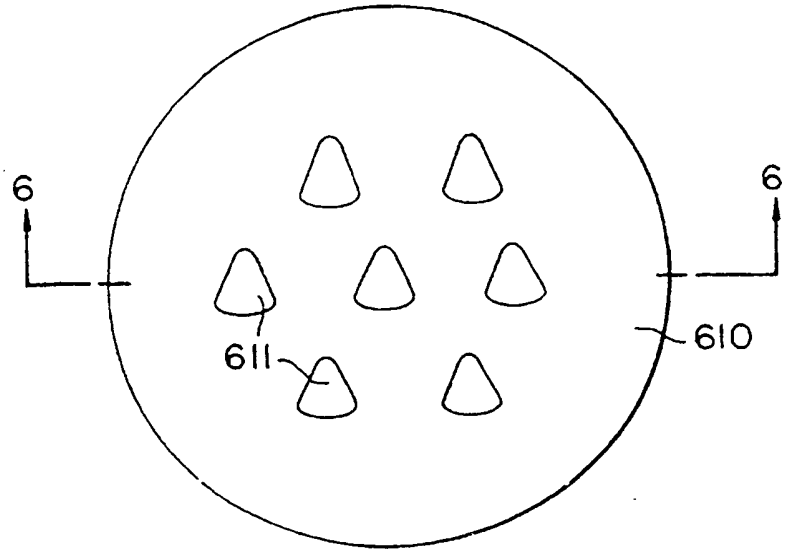


FIG.8

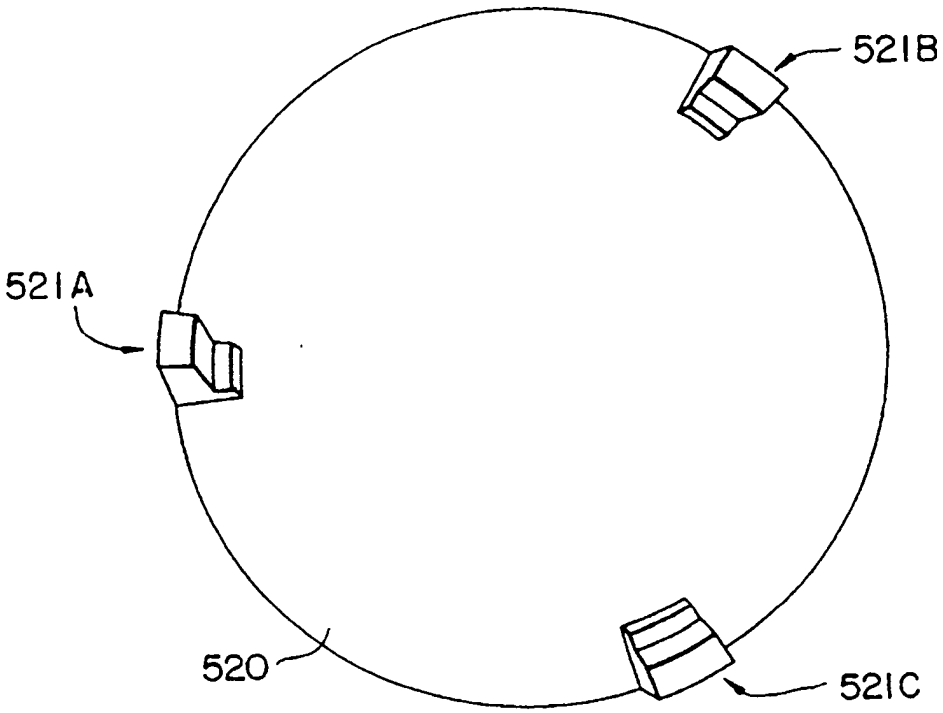


FIG.9

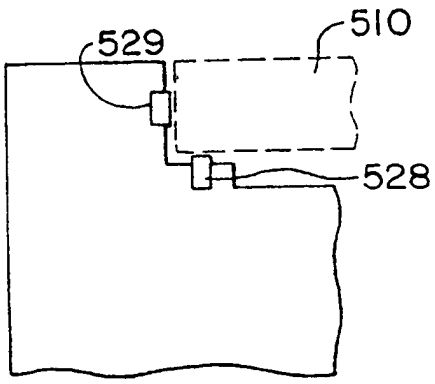


FIG.10

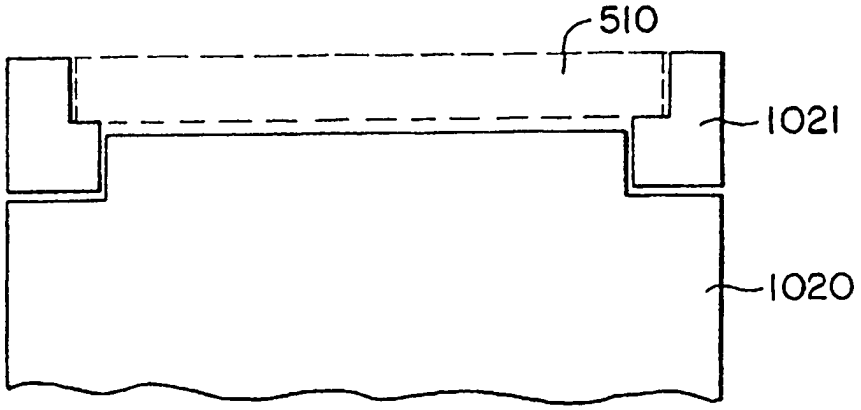


FIG.11

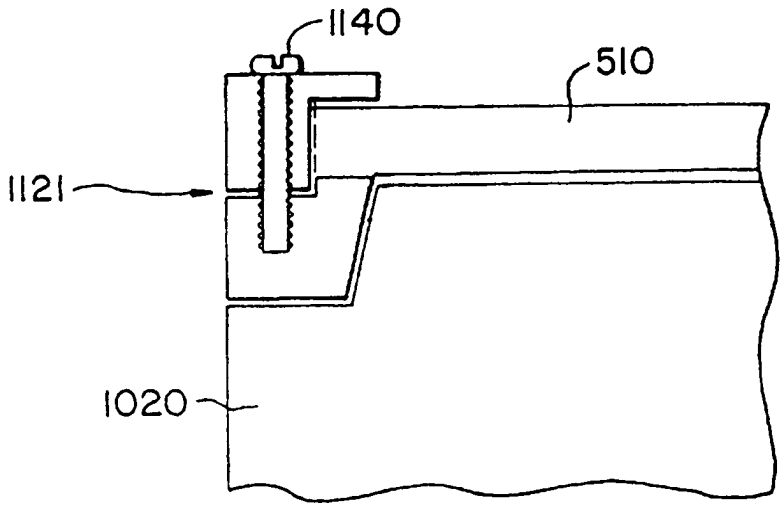


FIG.12

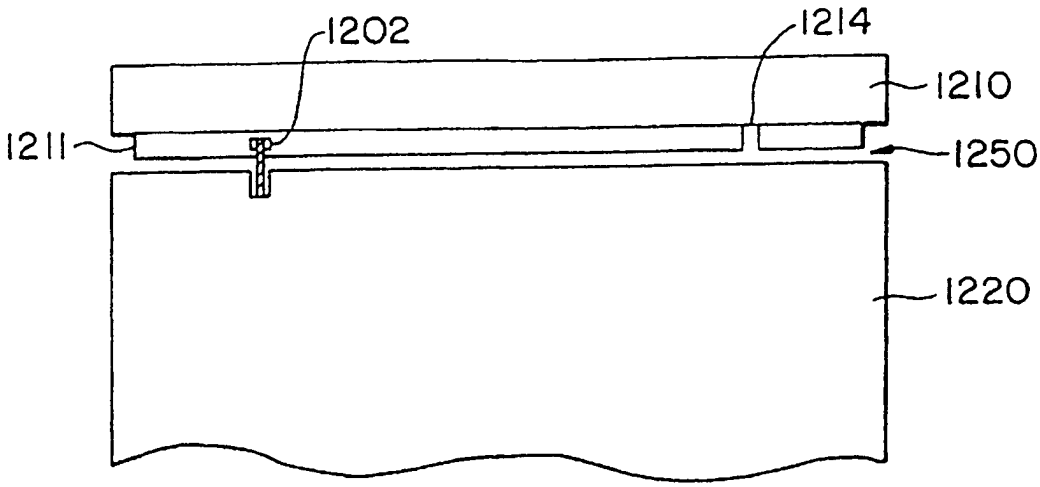

1202
1214
1210
1211
1250
1220

FIG.13

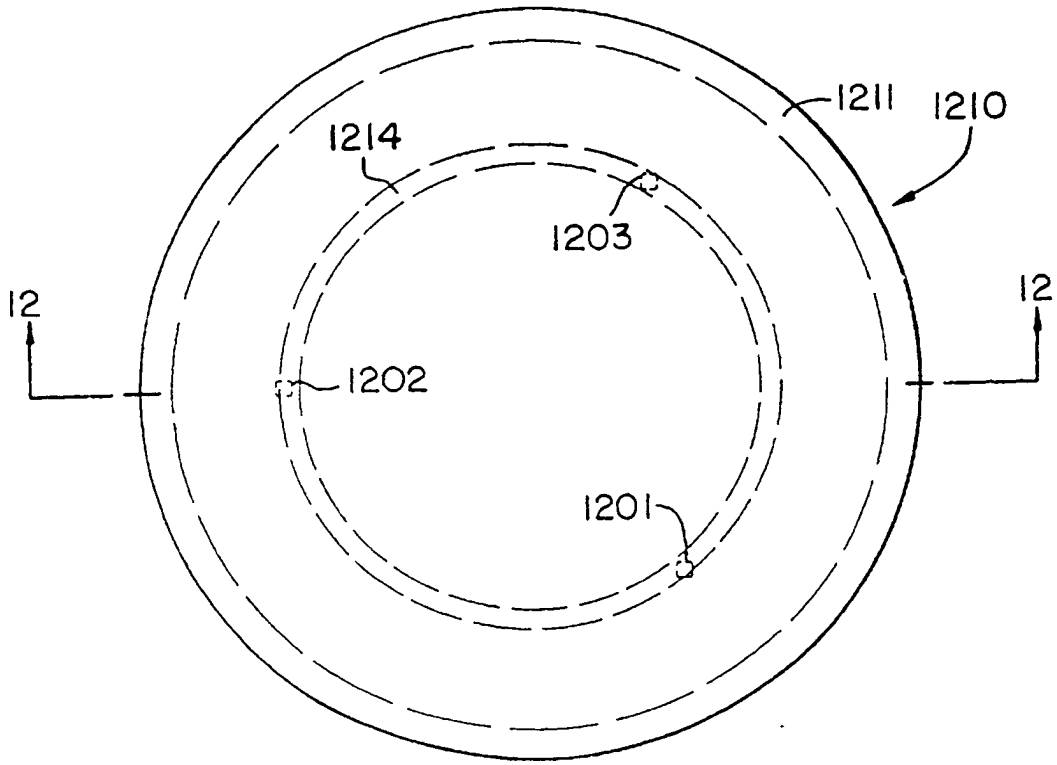

1211
1210
1214
1203
12
12
1202
1201

FIG.14

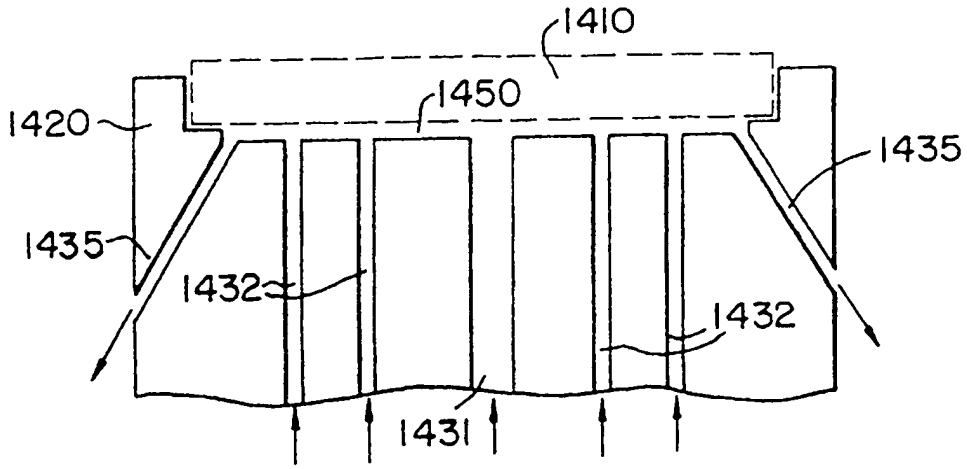
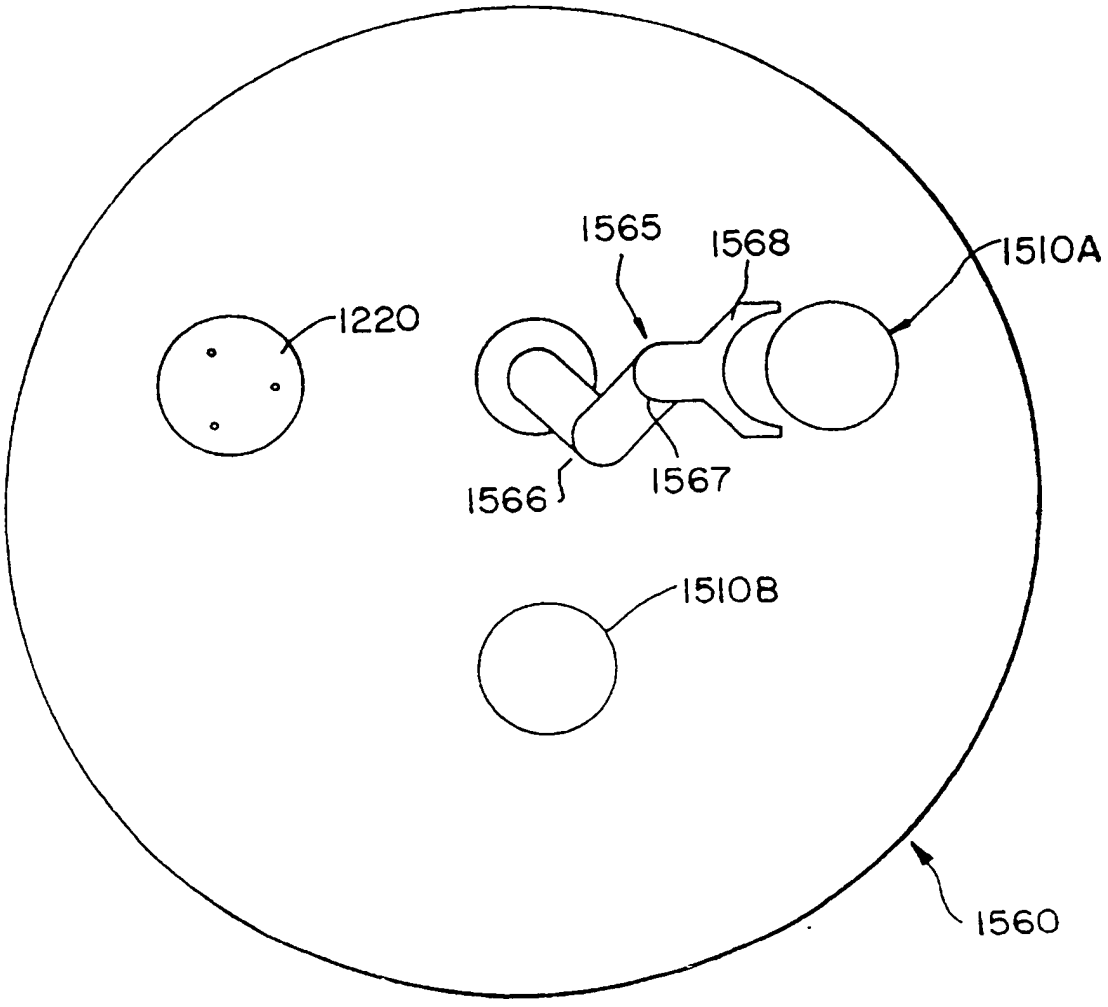

1410
1450
1420
1435
1435
1432
1432
1431

FIG.15


1565
1568
1510A
1220
1566
1567
15108
1560