



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 41 239 B4** 2006.05.24

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 41 239.5**
(22) Anmeldetag: **08.09.2003**
(43) Offenlegungstag: **14.04.2005**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **24.05.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H05H 1/46** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Roth & Rau AG, 09337 Hohenstein-Ernstthal, DE

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Pätzelt - Seltsmann - Hofmann,
01067 Dresden**

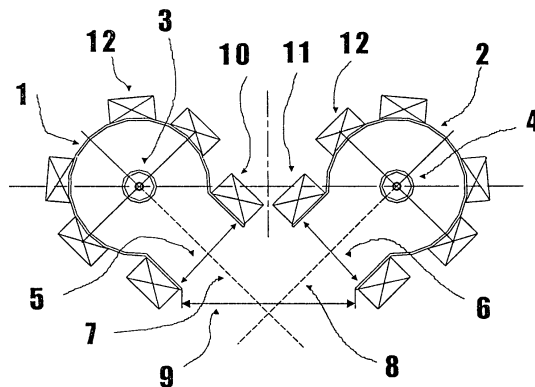
(72) Erfinder:
**Mai, Joachim, 04603 Nobitz, DE; Roth, Dietmar,
Dr.-Ing., 09353 Oberlungwitz, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 199 25 493 C1
DE 196 03 685 C1
DE 198 39 612 A1
DE 198 12 558 A1
WO 95/10 169 A1
WO 01/39 560 A1

(54) Bezeichnung: **ECR-Plasmaquelle mit linearer Plasmaaustrittsöffnung**

(57) Hauptanspruch: ECR-Plasmaquelle mit einer linearen Plasmaaustrittsöffnung (9, 27, 28, 30), bestehend aus einer Plasmakammer, in der ein zentraler Wellenverteiler vorhanden ist, welcher mit einer Einrichtung zur Erzeugung einer Hochfrequenz verbunden ist sowie mit einer Multipol-Magnetfeldanordnung im Bereich der linearen Plasmaaustrittsöffnung, dadurch gekennzeichnet, dass als zentraler Wellenverteiler mindestens zwei einzelne Wellenverteiler (3, 4) vorhanden sind, die innerhalb je einer Teil-Plasmakammer (1, 2, 21, 22, 32, 33) angeordnet sind, wobei die Teil-Plasmakammern (1, 2, 21, 22, 32, 33) innerhalb der Plasmakammer derart ausgebildet sind, dass sie die einzelnen Wellenverteiler (3, 4) koaxial umschließen und je eine lineare Teil-Plasmaaustrittsöffnung (7, 8, 23, 24, 34, 35) vorhanden ist, dass an jeder linearen Teil-Plasmaaustrittsöffnung (7, 8, 23, 24, 34, 35) eine Multipol-Magnetfeldanordnung (10, 11, 38, 39) vorhanden ist und dass die mindestens zwei linearen Teil-Plasmaaustrittsöffnungen (7, 8, 23, 24, 34, 35) derart zueinander angeordnet sind, dass sie zusammen mindestens eine Plasmaaustrittsöffnung (9, 27, 28, 30) der...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine ECR-Plasmaquelle mit einer linearen Plasmaaustrittsöffnung an einer Plasmakammer, in der ein zentrischer Wellenverteiler vorhanden ist, welcher mit einer Einrichtung zur Erzeugung einer Hochfrequenz verbunden ist, sowie mit einer Multipol-Magnetfeldanordnung im Bereich der linearen Plasmaaustrittsöffnung. Als Hochfrequenz kommen alle technisch verwertbaren und zugelassenen Frequenzbereiche in Betracht. In der Praxis haben sich besonders Frequenzen zwischen 13,56 MHz und 2,45 GHz bewährt.

Stand der Technik

[0002] Nach dem Stand der Technik sind vielfältige Plasmaerzeugungseinrichtungen bekannt. Die DE 198 12 558 A1 beschreibt eine Vorrichtung zur Erzeugung linear ausgedehnter ECR-Plasmen (Elektron-Zyklotron-Resonanz-Plasmen). Ein Innenleiter ist mit einer Einrichtung zur Erzeugung von Mikrowellen (910 MHz bis 2,45 GHz) verbunden und coaxial in einem gut leitfähigen äußeren Koaxialwellenleiter angeordnet, der gleichzeitig den Plasmaraum begrenzt. Der rohrförmige Plasmaraum weist parallel zur Längsachse eine spaltförmige Öffnung auf, an der beidseitig zur Längsachse je eine Multipol-Magnetanordnung zur Erzeugung eines statischen Magnetfeldes vorgesehen ist. Werden über den Innenleiter (Wellenverteiler) Mikrowellen in den mit einem Trägergas gefluteten Plasmaraum eingespeist, bildet sich im Plasmaraum ein Plasma aus. Im Bereich der spaltförmigen Öffnung wird das Plasma durch das Magnetfeld der Multipol-Magnetanordnung mit starken elektrischen Feldkomponenten wesentlich verstärkt.

[0003] Mit einer derartigen Einrichtung kann sehr vorteilhaft ein linear ausgedehntes Plasma erzeugt werden. Nachteilig ist jedoch, dass die Plasmadichte in der Längsachse der spaltförmigen Öffnung relativ stark schwankt und quer zu Längsachse eine parabelförmige Ausdehnung mit einem relativ kleinem Scheitelkrümmungsradius aufweist.

[0004] In der DE 199 25 493 C1 wird eine linear ausgedehnte Anordnung zur großflächigen Mikrowellenbehandlung und zur großflächigen Plasmaerzeugung beschrieben. Die Vorrichtung zur Erzeugung von Mikrowellen umfasst mindestens eine Mikrowellen-Antenne mit einem gestreckten Leiter zur Erzeugung von elektromagnetischen Wechselfeldern. Das Gehäuse der Vorrichtung wird durch einen Hohlraumresonator gebildet, der länglich ausgebildet ist und dem Verlauf der Mikrowellen-Antenne folgt. An einen Scheitelbereich des Hohlraumresonators schließt sich ein zumindest nicht divergierender Gehäusebereich an. Der Auskopplungsbereich der Mikrowelle erstreckt sich über den Fokusbereich des Hohlraum-

resonators. Bei der Anwendung der Vorrichtung für die Plasmabehandlung ist die Plasmabehandlungszone körperlich vom Mikrowellenerzeugungsbereich zu trennen.

Aufgabenstellung

[0005] Der Erfindung liegt damit als Aufgabe zugrunde, eine lineare ECR-Plasmaquelle der eingangs genannten Art anzugeben, mit der an der Plasmaaustrittsöffnung ein großflächiges homogenes Plasma ausgebildet werden kann.

[0006] Die Erfindung löst die Aufgabe durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale.

[0007] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet und werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführung der Erfindung, einschließlich der Zeichnung, näher dargestellt.

[0008] Der Kern der Erfindung besteht darin, dass mindestens zwei als solche bekannte lineare ECR-Plasmaquellen mit Wellenverteiler und Multipol-Magnetfeldanordnung in erfinderischer Weise zu einer leistungsfähigen linearen ECR-Plasmaquelle mit mindestens einer Plasmaaustrittsöffnung weiter entwickelt werden.

[0009] Für viele Anwendungsfällen wird eine ECR-Plasmaquelle mit zwei Teil-Plasmakammern ausreichend sein. Eine erfindungsgemäße ECR-Plasmaquelle kann jedoch, insbesondere abgestimmt auf die konkrete Form der Substrate oder Anordnung der Substrate auf Substratträgern, auch drei und mehr Teil-Plasmakammern aufweisen. In ähnlicher Weise kann die ECR-Plasmaquelle eine oder zwei Plasmaaustrittsöffnungen aufweisen und bei drei oder mehr Teil-Plasmakammern auch mehr Plasmaaustrittsöffnungen.

[0010] Nach den Ansprüchen 2 bis 5 kann die ECR-Plasmaquelle spezifische Plasmaaustrittsöffnungen aufweisen, die wesentlich von der Lage der eigentlichen plasmaerzeugenden Teil-Plasmakammern und ihre Lage zueinander abhängig sind.

[0011] Nach Anspruch 7 kann die ECR-Plasmaquelle in vorteilhafter Weise derart weitergebildet werden, dass zusätzlich zu den Multipol-Magnetanordnungen im Bereich der Teil-Plasmaaustrittsöffnungen eine oder mehrere weitere Multipol-Magnetanordnungen außerhalb der Teil-Plasmakammern fest oder verschiebbar angeordnet ist/sind. Damit kann die Plasmabildung im Inneren der Teil-Plasmakammern in spezifischer Weise beeinflusst werden.

[0012] Weitere vorteilhafte Ausbildungen sind in den nachfolgenden Ausführungsbeispielen näher be-

schrieben.

[0013] Der Vorteil der erfindungsgemäßen ECR-Plasmaquelle besteht insbesondere darin, dass durch Überlagerung von mindestens zwei einzelnen Plasmen ein dichtes und weitgehend homogenes Plasma erzeugt werden kann, mit dem in vorteilhafter Weise eine effektive Plasmabehandlung von großen Substraten oder Substratanordnungen durchgeführt werden kann.

[0014] Während nach dem Stand der Technik bei größeren linearen Plasmen, z.B. bei Schichtabscheidungen die Schichtdicken Inhomogenitäten über $\pm 8\%$ aufweisen, konnten mit der erfindungsgemäßen ECR-Plasmaquelle Schichtdicken von Siliziumnitridschichten über eine Länge des Plasmaaustritts von ca. 800 mm mit Inhomogenitäten von weniger $\pm 2\%$ hergestellt werden.

[0015] Dabei ist durch Variation der eingespeisten Wellenleistung, der Form der Teil-Plasmakammern, der Lage und Stärke der Magnetfelder der Multipol-Magnetfeldanordnung sowie einer variablen Gasführung eine praktisch sehr flexible Prozessführung möglich.

Ausführungsbeispiel

[0016] Die Erfindung wird nachstehend an vier Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0017] Zugehörig zu Ausführungsbeispiel I zeigt [Fig. 1](#) einen Schnitt durch eine schematische ECR-Plasmaquelle mit einer Plasmaaustrittsöffnung, bei der die radialen Linien zwischen jeweils dem einzelnen Wellenverteiler und der Breitenmitte der Teil-Plasmaaustrittsöffnung zueinander um einen Winkel von 90 Grad geneigt sind.

[0018] Zugehörig zu Ausführungsbeispiel II zeigt [Fig. 2](#) einen Schnitt durch eine schematische ECR-Plasmaquelle mit zwei Plasmaaustrittsöffnungen, bei der die radialen Linien zwischen jeweils dem einzelnen Wellenverteiler und der Breitenmitte der Teil-Plasmaaustrittsöffnung auf einer Achse liegen. Die zwei Plasmaaustrittsöffnungen liegen dazu parallel, d.h. mit einem Plasmaaustritt rechtwinklig zu den radialen Linien 25 und 26.

[0019] Zugehörig zu Ausführungsbeispiel III zeigt [Fig. 3](#) einen Schnitt durch eine schematische ECR-Plasmaquelle mit einer Plasmaaustrittsöffnung, bei der die radialen Linien zwischen jeweils dem einzelnen Wellenverteiler und der Breitenmitte der Teil-Plasmaaustrittsöffnung zueinander parallel angeordnet sind.

[0020] Zugehörig zu Ausführungsbeispiel IV zeigt [Fig. 4a](#) einen Schnitt durch eine konstruktive Ausbil-

dung einer ECR-Plasmaquelle mit einer Plasmaaustrittsöffnung, bei der die radialen Linien zwischen jeweils dem einzelnen Wellenverteiler und der Breitenmitte der Teil-Plasmaaustrittsöffnung auf einer Achse liegen. [Fig. 4b](#) zeigt die ECR-Plasmaquelle nach [Fig. 4a](#) in einer perspektivischen Ansicht.

Ausführungsbeispiel I

[0021] Die erfindungsgemäße ECR-Plasmaquelle nach Ausführungsbeispiel I besteht im Wesentlichen aus zwei einzelnen ECR-Plasmaquellen. [Fig. 1](#) zeigt zwei Teil-Plasmakammern **1** und **2**, die zusammen die Plasmakammer der ECR-Plasmaquelle bilden und in einer nicht dargestellten Vakuumkammer angeordnet sind.

[0022] Die Teil-Plasmakammern **1** und **2** sind rohrförmig ausgebildet und im Inneren sind coaxial je ein einzelner Wellenverteiler **3** und **4** angeordnet. Die Wellenverteiler **3** und **4** entsprechen bekannten Lösungen und bestehen aus einem Innenleiter, der mit einer Einrichtung zur Erzeugung von Mikrowellen, vorzugsweise im Bereich zwischen 910 MHz bis 2,45 GHz, verbunden werden kann. Die Wellenverteiler **3** und **4** sind von Schutzrohren aus Quarzglas umgeben. Der Innenraum der Schutzrohre kann mit einem Gas gespült und damit die Wellenverteiler **3** und **4** gekühlt werden.

[0023] Die Wandungen der Teil-Plasmakammern **1** und **2** wirken für die Mikrowellen als äußere Koaxial-Wellenleiter und weisen in bekannter Art vorzugsweise innere Schutzauskleidungen aus dielektrischen oder leitenden Materialien auf. Jeweils zu ihrer Längsachse sind an den rohrförmigen Teil-Plasmakammern **1** und **2** je eine lineare Teil-Plasmaaustrittsöffnung **5** und **6** vorhanden. Dabei sind die radialen Linien **7** und **8** zwischen jeweils dem einzelnen Wellenverteiler **3** und **4** und der Breitenmitte der Teil-Plasmaaustrittsöffnung **5** und **6** zueinander um einen Winkel von 90 Grad geneigt angeordnet. Der Schnittpunkt der radialen Linien **7** und **8** liegt in der Mitte der Plasmaaustrittsöffnung **9** der ECR-Plasmaquelle.

[0024] Im Bereich der Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **5** und **6** sind außerhalb an den Teil-Plasmakammern **1** und **2** je eine Multipol-Magnetfeldanordnung **10** und **11** mit beispielsweise statischen Magnetfeldern angeordnet.

[0025] Weitere Multipol-Magnetfeldanordnungen **12** sind außen am Umfang der Teil-Plasmakammern **1** und **2** angeordnet.

[0026] Alle Multipol-Magnetfeldanordnungen **10**, **11** und **12** sind derart an den Teil-Plasmakammern **1** und **2** befestigt, dass ihre Lage und damit die Wirkung der Magnetfeldlinien leicht verändert und an konkrete

technologische Erfordernisse angepasst werden kann.

[0027] Nachfolgend wird die ECR-Plasmaquelle nach Ausführungsbeispiel I in Funktion näher beschrieben. Die ECR-Plasmaquelle befindet sich in einer Vakuumkammer, in der zum Betrieb der ECR-Plasmaquelle ein Druck eines Trägergases, z.B. Argon, von 2×10^{-2} mbar eingestellt wird. Die beiden Wellenverteiler **3** und **4** werden an eine Einrichtung zur Erzeugung von Mikrowellen mit beispielsweise 915 MHz angeschlossen. Die beiden Wellenverteiler **3** und **4** wirken als Mikrowellen-Antenne und speisen die Mikrowellen in die Teil-Plasmakammern **1** und **2** ein, wodurch sich in diesen ein Plasma ausbildet. Im Bereich der Multipol-Magnetfeldanordnungen **10** und **11** wirken die Magnetfeldkomponenten auf das Plasma ein, wodurch das aus der Plasmaaustrittsöffnung **9** der ECR-Plasmaquelle austretende Plasma wesentlich verstärkt wird. In entsprechender Weise wirken auch die Magnetfeldkomponenten der Multipol-Magnetfeldanordnungen **12** auf das Plasma.

[0028] Die Multipol-Magnetfeldanordnungen **10**, **11** und **12** werden durch Positionierung derart an den Teil-Plasmakammern **1** und **2** angeordnet, dass deren Magnetfeldkomponenten entsprechend dem konkreten technologischen Erfordernis eine homogene Plasmaausdehnung zur Plasmaaustrittsöffnung **9** der ECR-Plasmaquelle sowohl in der Länge wie in der Breite mit großer Homogenität bewirkt wird. Damit kann eine Plasmabehandlung eines nicht dargestellten Substrates, welches vor der Plasmaaustrittsöffnung **9** positioniert oder vorbei geführt wird, mit hoher Wirkung und maximaler Qualität gewährleistet werden.

Ausführungsbeispiel II

[0029] Zugehörig zu Ausführungsbeispiel II ist in [Fig. 2](#) schematisch eine ECR-Plasmaquelle mit zwei Plasmaaustrittsöffnungen **27** und **28** dargestellt.

[0030] Die mit dem Ausführungsbeispiel I identischen Positionen sind in [Fig. 2](#) mit gleicher Positionsnummer gekennzeichnet.

[0031] Zwei langgestreckte U-förmige Teil-Plasmakammern **21** und **22** mit je einem Wellenverteiler **3** und **4**, die im Inneren konzentrisch zu den Rundungen der U-förmigen Teil-Plasmakammern **21** und **22** angeordnet sind, weisen in der Breite des inneren Durchmessers Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **23** und **24** auf. Dabei liegen die radialen Linien **25** und **26** zwischen jeweils dem einzelnen Wellenverteiler **3** und **4** und der Breitenmitte der Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **23** und **24** auf einer Achse.

[0032] Der Abstand der Teil-Plasmaaustrittsöffnun-

gen **23** und **24** zueinander ist derart gewählt, dass beidseitig zu den radialen Linien **25** und **26** zwei entgegengesetzt wirkende linienartige Plasmaaustrittsöffnungen **27** und **28** mit einem Plasmaaustritt rechtwinklig zu den radialen Linien **25** und **26** gebildet werden. Ähnlich wie beim Ausführungsbeispiel I sind zur Beeinflussung der Ausbildung des Plasmas an der Plasmaaustrittsöffnungen **27** und **28** Multipol-Magnetfeldanordnungen **10** und **11** sowie an den Teil-Plasmakammern **21** und **22** Multipol-Magnetfeldanordnungen **29** angeordnet.

[0033] Die Funktion der ECR-Plasmaquelle nach Ausführungsbeispiel II ist ähnlich dem Ausführungsbeispiel I. Bei der Anwendung können die Substrate jedoch beidseitig vor den Plasmaaustrittsöffnungen **27** und **28** angeordnet werden.

Ausführungsbeispiel III

[0034] Zugehörig zu Ausführungsbeispiel III ist in [Fig. 3](#) schematisch eine ECR-Plasmaquelle mit einer Plasmaaustrittsöffnung **18** dargestellt. Die mit dem Ausführungsbeispiel I identischen Positionen sind in [Fig. 3](#) mit gleicher Positionsnummer gekennzeichnet.

[0035] Zwei langgestreckte U-förmige Teil-Plasmakammern **13** und **14** mit je einem Wellenverteiler **3** und **4**, die im Inneren konzentrisch zu den Rundungen der U-förmigen Teil-Plasmakammern **13** und **14** angeordnet sind, weisen in der Breite des inneren Durchmessers je eine Teil-Plasmaaustrittsöffnung **17** auf. Dabei liegen die radialen Linien **19** und **20** zwischen jeweils dem einzelnen Wellenverteiler **3** und **4** und der Breitenmitte der Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **17** zueinander parallel und bilden die Plasmaaustrittsöffnung **18** der ECR-Plasmaquelle.

[0036] Die U-förmigen Teil-Plasmakammern **13** und **14** weisen an den außen liegenden Seiten der Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **17** je eine nach außen abgewinkelte Verlängerung **16** auf, deren Länge und Form von den gegebenen technologischen Bedingungen abhängig ist.

[0037] Der Abstand der beiden Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **17** zueinander ist derart gewählt, dass die homogenen Einzelplasmen an den Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **17** sich weitgehend zu einem homogenen Plasma an der Plasmaaustrittsöffnung **18** der ECR-Plasmaquelle vereinigen.

[0038] Ähnlich wie beim Ausführungsbeispiel I sind an den äußeren Seiten der Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **17** Multipol-Magnetfeldanordnungen **10** und **11** vorgesehen sowie an den Teil-Plasmakammern **13** und **14** weitere Multipol-Magnetfeldanordnungen **12**. Im Ausführungsbeispiel III wurde entsprechend Anspruch 6 zwischen den Teil-Plasmaaustrittsöffnun-

gen **17** eine Multipol-Magnetfeldanordnung **15** vorzusehen, die beidseitig auf die Einzelplasmen an den Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **17** einwirkt. Mit dieser Ausbildung kann die Homogenität des Plasmas an der Plasmaaustrittsöffnung **18** der ECR-Plasmaquelle in vorteilhafter Weise beeinflusst werden.

[0039] Die Funktion der ECR-Plasmaquelle nach Ausführungsbeispiel III ist ähnlich dem Ausführungsbeispiel I.

Ausführungsbeispiel IV

[0040] Zugehörig zu Ausführungsbeispiel IV zeigt **Fig. 4a** einen Schnitt durch eine konstruktive Ausbildung einer ECR-Plasmaquelle ähnlich Ausführungsbeispiel II. **Fig. 4b** zeigt die ECR-Plasmaquelle in einer perspektivischen Ansicht.

[0041] Das Ausführungsbeispiel IV baut auf dem Prinzip des Ausführungsbeispiels II auf, d.h. die Linien **25** und **26** liegen auf einer Achse. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass die ECR-Plasmaquelle nur eine Plasmaaustrittsöffnung **30** aufweist, während die gegenüberliegende Seite mit einem Metallblech **31** abgedeckt ist.

[0042] Bei der konkreten Ausführung beträgt der Abstand der beiden Wellenverteiler **3** und **4** zueinander 300 mm. Die Wellenverteiler **3** und **4**, bestehend aus einem Innenrohr mit einem Durchmesser von 8 mm und einem Schutzrohr mit einem Durchmesser von 30 mm, sind innerhalb von U-förmigen Teil-Plasmakammern **32** und **33** angeordnet, wobei die U-Form aus einem einseitig offenen Vierkant-Rohr mit abgerundeten Ecken gebildet wird. Die innere Weite dieses Vierkant-Rohres beträgt 110 mm, d.h. der Abstand zwischen Schutzrohr und innerer Wandung der Teil-Plasmakammern **32** und **33** beträgt 40 mm. Die Plasmaaustrittsöffnung **30** der ECR-Plasmaquelle beträgt 200 mm. Zwischen den Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **34** und **35** und der Plasmaaustrittsöffnung **30** sind Leitbleche **36** und **37** vorgesehen.

[0043] Beidseitig der Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **34** und **35** sind paarweise unmittelbar an den Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **34** und **35** Multipol-Magnetanordnungen **38** und **39** angeordnet. Diese sind wassergekühlt, wodurch auch hohe Umgebungstemperaturen nicht zur Veränderung der Magnetfelddichte führen können.

[0044] An den Seiten der Teil-Plasmakammern **32** und **33**, die den Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **34** und **35** abgewandt sind, befinden sich lineare Gasduschen **41** und beidseitig der Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **34** und **35** befinden sich lineare Gasduschen **42** zur Einleitung von Trägergasen oder Prozessgasen.

[0045] Die Magnetfelder der Multipol-Magnetanordnungen **38** und **39** wurden so eingestellt, dass bevorzugt im Bereich der Wellenverteiler **3** und **4** das ECR-Plasma ausgebildet wird.

[0046] In der Nähe der Anschlusspunkte **40** zur Einkopplung der Mikrowellen (**Fig. 4b**) wurde das Magnetfeld derart abgeschwächt, dass das ECR-Plasma in Richtung zu den Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **34** und **35** verschoben wird. Dadurch wird der Plasmadichtegradient der sich durch den erhöhten Leistungsverbrauch in der Nähe der Anschlusspunkte **40** ergibt, durch einen geringeren Magnetfeldeinfluss auf die Plasmaerzeugung unmittelbar an den Wellenverteiltern **3** und **4** kompensiert. Diese Anordnung ergibt entlang der Teil-Plasmaaustrittsöffnungen **34** und **35** ein homogenes Plasma, welches schließlich den Mittenbereich der ECR-Plasmaquelle mit Ladungsträgern überflutet. Diese Überlagerung führt auch an der Plasmaaustrittsöffnung **30** der ECR-Plasmaquelle zu einem homogenen Plasmabereich bestimmter Plasmadichte.

[0047] Die ECR-Plasmaquelle ist gegenüber der Umgebung vakuumdicht hängend in einer Vakuumkammer angeordnet. Die Vakuumkammer hat eine Länge von 1000 mm und die Länge der aktiven Plasmazone beträgt etwa 950 mm.

[0048] Die über die Wellenverteiler **3** und **4** in die ECR-Plasmaquelle eingespeisten Mikrowellen haben eine Frequenz von 2,45 GHz. Jeder der Wellenverteiler **3** und **4** ist an einem Mikrowellen-Generator angeschlossen, der eine Leistung von 2 kW erzeugen kann.

[0049] In einer Weiterbildung der Einrichtung nach Ausführungsbeispiel kann im Bereich der Plasmaaustrittsöffnung **30** außerhalb der ECR-Plasmaquelle auch ein in der Zeichnung nicht dargestelltes Gittersystem angeordnet sein. Dadurch kann die ECR-Plasmaquelle auch als Ionenstrahlquelle eingesetzt werden. Bei einer derartigen Ausbildung werden bevorzugt Multipol-Magnetanordnungen mit Elektrosulen anordnungen verwendet.

[0050] Bei einer Anwendung der erfindungsgemäßen ECR-Quelle wurden zu bearbeitende Substrate kontinuierlich an der Plasmaaustrittsöffnung **30** vorbeibewegt.

[0051] Entsprechend deren großer Breite können auch große Substratflächen mit einem homogenen Plasma behandelt werden.

[0052] Bei der Abscheidung einer Siliziumnitridschicht auf Siliziumscheiben der Abmessungen 125 mm × 125 mm befanden sich gleichzeitig **30** derartige Siliziumscheiben in einem Raster von 5 Zeilen mal 6 Spalten auf einer Trägerplatte. Die 6 Spalten waren

dabei in Achsenrichtung der Plasmaaustrittsöffnung **30** angeordnet und die Trägerplatte in der Ausdehnung der 5 Zeilen wurde kontinuierlich unterhalb Plasmaaustrittsöffnung **30** vorbei bewegt.

[0053] Zur Erzeugung der Siliziumnitridschichten wurde über die Gasduschen **41** Ammoniakgas eingelassen und über die Gasduschen **42** das Gas Silan. Mittels einer nicht in der Zeichnung dargestellten Strahlungsheizung wurden die Siliziumscheiben auf eine definierte Temperatur aufgeheizt.

[0054] In Abstimmung mit der technologisch vorgegebenen Dicke der abzuscheidenden Siliziumnitridschichten von ca. 80 nm wurde die Geschwindigkeit der Trägerplatte so eingestellt, dass die geforderte Schichtdicke bei einem Bewegungszyklus erreicht wurde.

[0055] Die Schichtdicken der Siliziumnitridschichten wiesen bei einer Beschichtungsbreite von ca. 800 mm Inhomogenitäten von weniger $\pm 2\%$ auf. Vorteilhaft war dabei, dass in der Folge der relativ homogenen Schichtdicke auch der Brechungsindex der Siliziumnitridschichten über die große Beschichtungsbreite von 800 mm in einem Toleranzfeld von weniger $\pm 1\%$ lag.

Patentansprüche

1. ECR-Plasmaquelle mit einer linearen Plasmaaustrittsöffnung (**9**, **27**, **28**, **30**), bestehend aus einer Plasmakammer, in der ein zentrischer Wellenverteiler vorhanden ist, welcher mit einer Einrichtung zur Erzeugung einer Hochfrequenz verbunden ist sowie mit einer Multipol-Magnetfeldanordnung im Bereich der linearen Plasmaaustrittsöffnung, **dadurch gekennzeichnet**, dass als zentrischer Wellenverteiler mindestens zwei einzelne Wellenverteiler (**3**, **4**) vorhanden sind, die innerhalb je einer Teil-Plasmakammer (**1**, **2**, **21**, **22**, **32**, **33**) angeordnet sind, wobei die Teil-Plasmakammern (**1**, **2**, **21**, **22**, **32**, **33**) innerhalb der Plasmakammer derart ausgebildet sind, dass sie die einzelnen Wellenverteiler (**3**, **4**) coaxial umschließen und je eine lineare Teil-Plasmaaustrittsöffnung (**7**, **8**, **23**, **24**, **34**, **35**) vorhanden ist, dass an jeder linearen Teil-Plasmaaustrittsöffnung (**7**, **8**, **23**, **24**, **34**, **35**) eine Multipol-Magnetfeldanordnung (**10**, **11**, **38**, **39**) vorhanden ist und dass die mindestens zwei linearen Teil-Plasmaaustrittsöffnungen (**7**, **8**, **23**, **24**, **34**, **35**) derart zueinander angeordnet sind, dass sie zusammen mindestens eine Plasmaaustrittsöffnung (**9**, **27**, **28**, **30**) der ECR-Plasmaquelle bilden.

2. ECR-Plasmaquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Teil-Plasmakammern (**1**, **2**) derart zueinander ausgerichtet sind, dass die durch die Wellenverteiler (**3**, **4**) und die Breitenmitte der Teil-Plasmaaustrittsöffnung (**5**, **6**) gehenden radialen Linien (**7**, **8**) winklig zueinander verlaufen und sich in

der Mitte der Plasmaaustrittsöffnung (**9**) der ECR-Plasmaquelle schneiden.

3. ECR-Plasmaquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Teil-Plasmakammern (**21**, **22**) derart ausgerichtet sind, dass die durch die Wellenverteiler (**3**, **4**) und die Breitenmitte der Teil-Plasmaaustrittsöffnung (**23**, **24**, **34**, **35**) gehenden radialen Linien (**25**, **26**) in einer gemeinsamen Achse liegen und mindestens eine Plasmaaustrittsöffnung (**28**, **27**, **30**) der ECR-Plasmaquelle seitlich vorgesehen ist.

4. ECR-Plasmaquelle nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Plasmaaustrittsöffnung (**27**, **28**, **30**) parallel der durch die radialen Linien (**25**, **26**) festgelegten gemeinsame Achse vorgesehen ist.

5. ECR-Plasmaquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Teil-Plasmakammern (**13**, **14**) derart ausgerichtet sind, dass die durch die Wellenverteiler (**3**, **4**) und der Breitenmitte der Teil-Plasmaaustrittsöffnung (**17**) gehenden radialen Linien (**19**, **20**) zueinander parallel sind und eine Plasmaaustrittsöffnung (**18**) der ECR-Plasmaquelle in Richtung der beiden radialen Linien (**19**, **20**) vorhanden ist.

6. ECR-Plasmaquelle nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als Multipol-Magnetfeldanordnung an den Seiten der linearen Teil-Plasmaaustrittsöffnung (**17**), die aneinander grenzen, eine Multipol-Magnetfeldanordnung (**15**) ausgebildet ist.

7. ECR-Plasmaquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass axial zur und außerhalb an der Plasmakammer mindestens eine weitere Multipol-Magnetfeldanordnung (**12**, **29**) vorhanden ist.

8. ECR-Plasmaquelle nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die weitere Multipol-Magnetfeldanordnung (**12**, **29**) axial zu den Teil-Plasmakammern angeordnet ist.

9. ECR-Plasmaquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Multipol-Magnetfeldanordnungen (**10**, **11**, **12**, **29**) gegenüber einer Teil-Plasmakammer (**1**, **2**, **21**, **22**, **32**, **33**) verschoben werden kann.

10. ECR-Plasmaquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Plasmaaustrittsöffnung (**3**) der ECR-Plasmaquelle ein elektrisch leitfähiges Gitter vorhanden ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

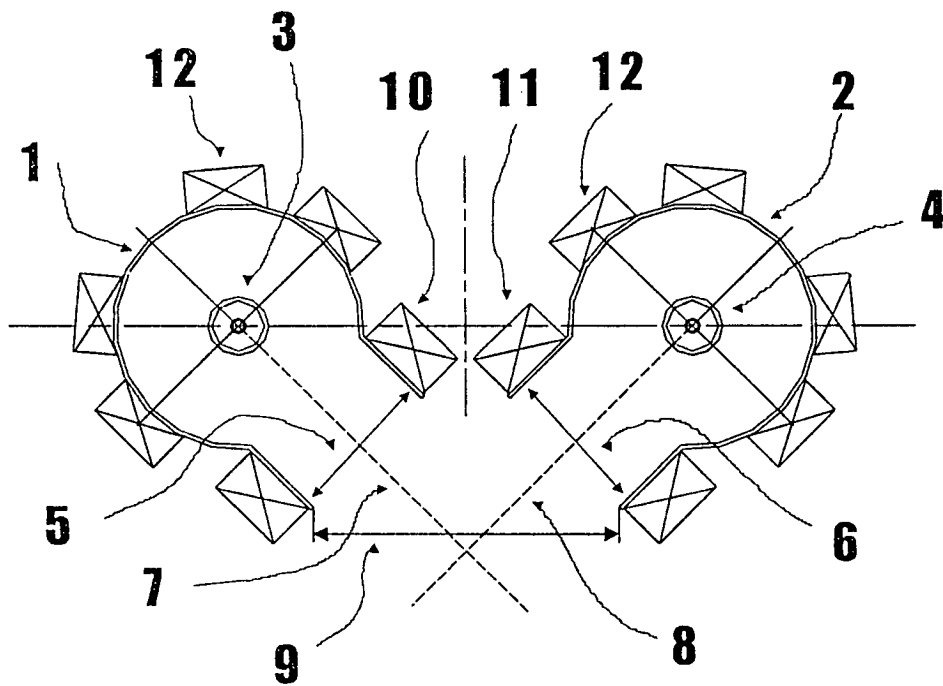


Fig. 1

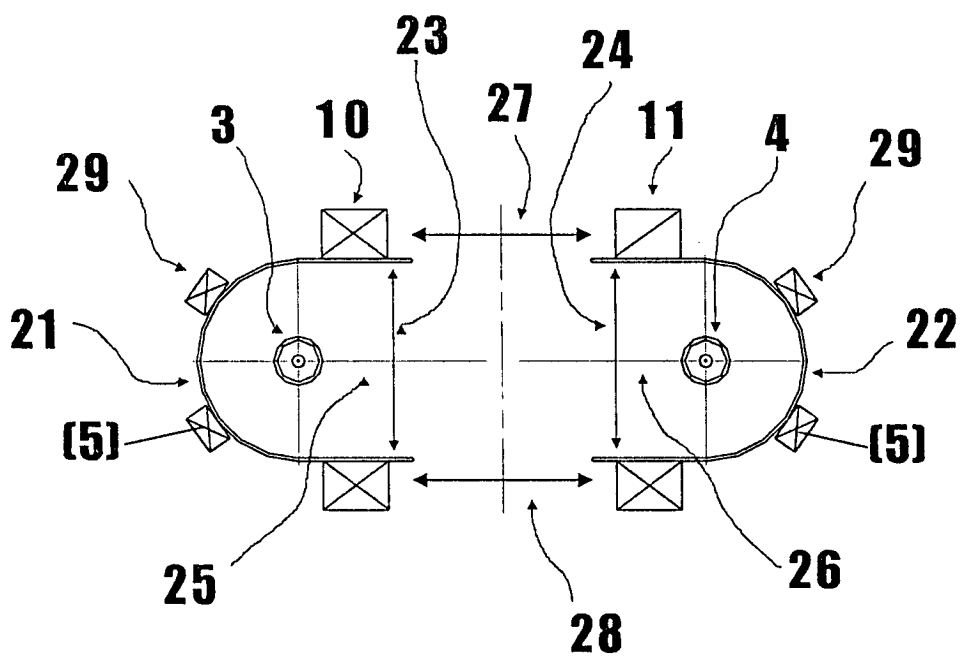


Fig. 2

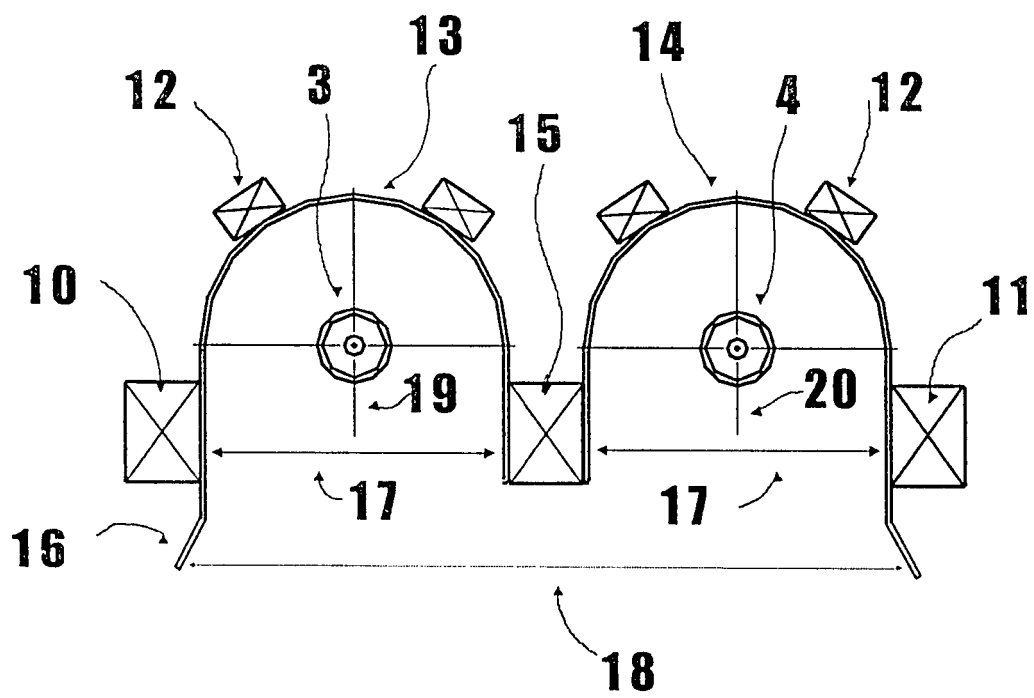


Fig.3

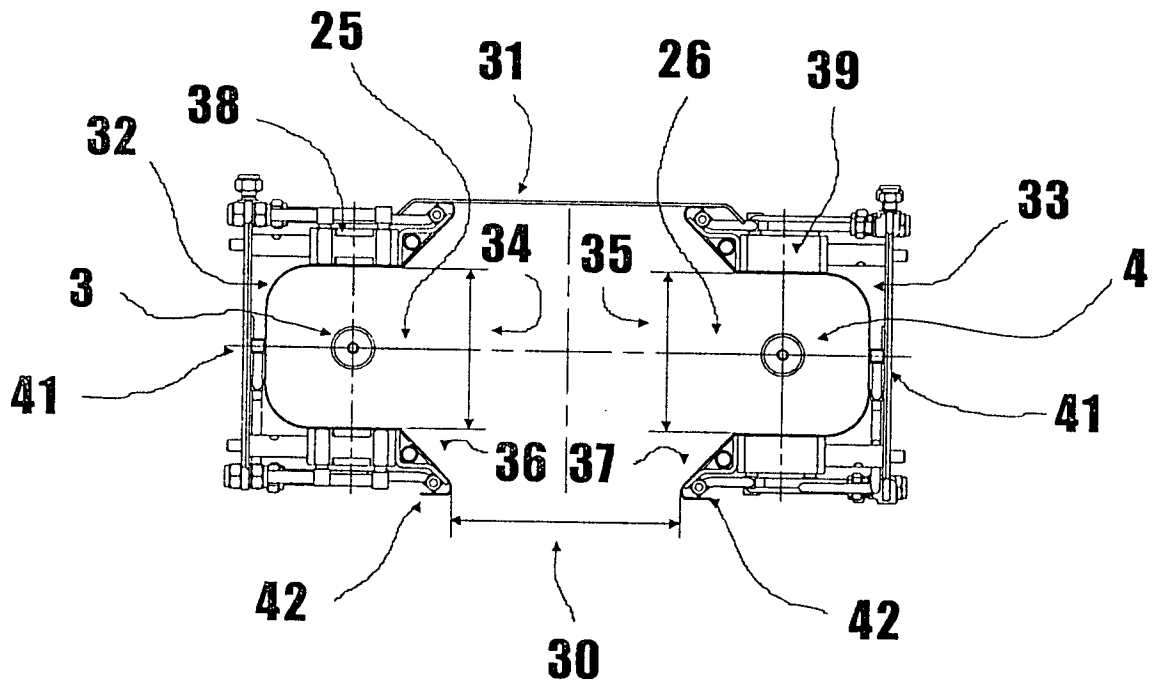


Fig. 4a

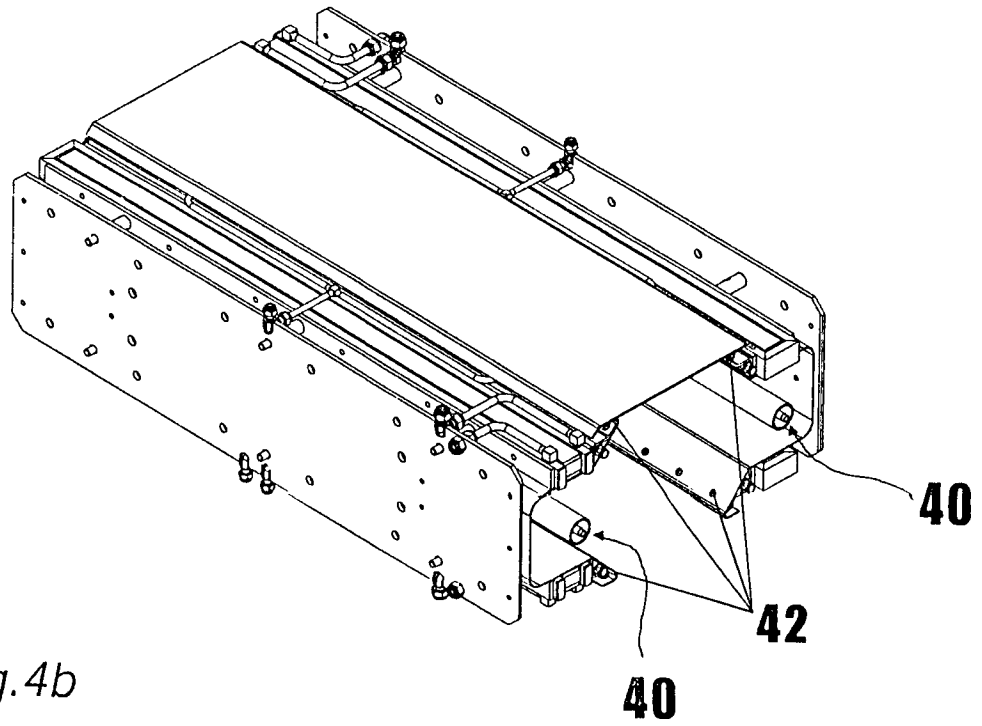


Fig. 4b