

  
**PCT** WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<b>(51) Internationale Patentklassifikation<sup>5</sup> :</b> H01J 37/32, C23C 14/54	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> WO 94/14183  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 23. Juni 1994 (23.06.94)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/DE93/01206 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 15. December 1993 (15.12.93)  <b>(30) Prioritätsdaten:</b> P 42 42 633.2 17. December 1992 (17.12.92) DE  <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, D-80636 München (DE).  <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> KIRCHHOFF, Volker [DE/DE]; Wetroer Strasse 7, D-01324 Dresden (DE). RESCHKE, Jonathan [DE/DE]; Weisse Gasse 5, D-01067 Dresden (DE). SCHEFFEL, Bert [DE/DE]; Bautzner Landstrasse 66, D-01324 Dresden (DE). GOEDICKE, Klaus [DE/DE]; Pfeifferhannsstrasse 18, D-01307 Dresden (DE).	<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.          Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	

**(54) Title:** PROCESS FOR CARRYING OUT STABLE LOW PRESSURE DISCHARGE PROCESSES

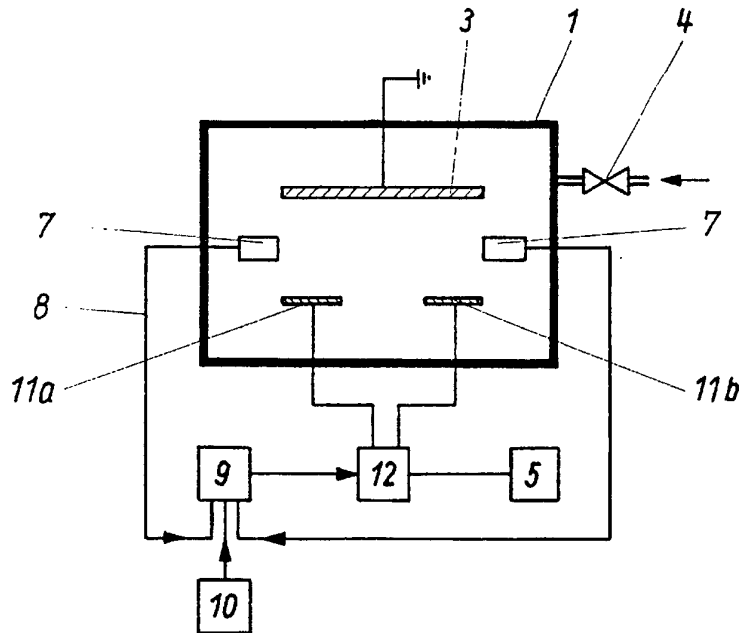
**(54) Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR DURCHFÜHRUNG VON STABILEN NIEDERDRUCK-GLIMMPROZESSEN

**(57) Abstract**

In known processes and devices, the arc discharge is monitored by controlling electrical parameters. In case of deviations, the power supply is switched off. In order to prevent the arc already in its preliminary formation stages, and to maintain the discharge process stable over a long period, the discharge process is interrupted by a regeneration phase. Its beginning and end are determined by on site measurement of a value which is compared with an experimentally determined plasma state set value. The invention is useful for plasma treatment of surfaces, plasma deposition of layers and plasma-assisted cleaning of surfaces.

**(57) Zusammenfassung**

Bekanntes Verfahren und Einrichtungen überwachen die Bogenentladung durch Kontrolle der elektrischen Parameter. Bei Abweichungen erfolgt eine Abschaltung der Energiezufuhr. Mit der Erfindung soll erreicht werden, dass der Bogen bereits im Vorfeld der Entstehung verhindert wird, und der Glimmprozess über lange Zeit stabil ist. Erfindungsgemäss wird der Glimmprozess durch eine Regenerierungsphase unterbrochen. Der Zeitpunkt für deren Beginn und Ende wird durch die in-situ-Messung eines Wertes, der mit einem experimentell ermittelten Sollwert des Plasmazustandes verglichen wird, bestimmt. Die Erfindung findet bei der Plasmabehandlung von Oberflächen, Abscheidung von Schichten aus dem Plasma und der plasmagestützten Oberflächenreinigung Anwendung.



### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

VERFAHREN ZUR DURCHFÜHRUNG VON STABILEN NIEDERDRUCK-GLIMMPROZESSEN

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Stabilisierung der  
5 Entladung bei Niederdruck-Glimmprozessen, insbesondere zur  
Vermeidung von Bogenentladungen und damit verbundenen Störungen  
des Gesamtprozesses, insbesondere bei Verwendung von Reaktivgasen.  
Das Verfahren findet Anwendung auf dem Gebiet der Plasmabehandlung  
10 von Oberflächen, der Abscheidung von Schichten aus dem Plasma  
und der plasmagestützten Oberflächenreinigung. Derartige Prozesse  
dienen vorzugsweise zur Oberflächenveredlung von Bauteilen,  
Werkzeugen, Halbzeugen und Fertigteilen in der Optik, im  
Maschinenbau, in der Verpackungs- und Glasindustrie und Elektro-  
industrie.

15

Es sind eine Vielzahl von Verfahren und Einrichtungen für die  
Plasmadiffusion, die plasmagestützte chemische Dampfphasenab-  
scheidung (PECVD) und die plasmagestützte physikalische Dampf-  
abscheidung (PVD), die Plasmapolymerisation und das Plasmaätzen  
20 bekannt. Bei all diesen Prozessen werden Elektroden eingesetzt,  
zwischen denen eine Glimmentladung gezündet wird. Die Energie  
wird dabei in Form von Gleichspannung (DC, DC gepulst) oder  
Wechselspannung (AC, HF) dem Niederdruckprozeß zugeführt. Sowohl  
beim Einsatz von DC- als auch gepulsten DC-Stromversorgungen zur  
25 Speisung des Plasmas tritt prozeßbedingt das Umschlagen der  
Glimmentladung in eine Bogenentladung auf. Solche Bogenentladungen  
führen zu Instabilitäten bei der gesamten Prozeßführung wie  
auch zu lokalen Zerstörungen an den betreffenden Oberflächen der  
Elektroden und Substrate.

30

Es ist bekannt, zur Reduzierung der Schädigung der betreffenden  
Oberflächen durch die Bogenentladungen verschiedene Verfahren und  
Einrichtungen einzusetzen. Eine dazu in der Plasmatechnik weit  
verbreitete Lösung ist die automatische Überwachung der Bogenent-  
35 ladung durch die Kontrolle der elektrischen Entladungsparameter.  
Werden Abweichungen der Parameter einer Niederdruckglimmentladung  
durch die Ausbildung einer Bogenentladung erkannt, erfolgt eine  
Abschaltung der Energiezufuhr. Nach einer Mindestzeit, die zur

Löschung des Bogens notwendig ist, wird die Energie erneut zugeschaltet (DD 122 160 A 1).

Eine weitere Lösung zur Reduzierung der Schäden durch ungewollte Bogenentladungen und zur Erhöhung der Prozeßstabilität besteht  
5 darin, die Energie mit periodisch wiederholten Gleichstromimpulsen zuzuführen (DE 37 00 633 C 1). Damit wird jedoch die Bogenausbildung nicht verhindert, sondern nur der Energieeintrag in den Bogen auf eine Periode begrenzt. Besonders bei großen Entladungsleistungen ist der Energieinhalt innerhalb einer  
10 Periode noch so groß, daß es unweigerlich im Falle einer Bogenentladung zu Instabilitäten des Gesamtprozesses und zu Oberflächenschädigungen kommt. Deshalb ist es auch für diese Lösung mit gepulster Energiezufuhr unumgänglich, automatisch die Bogenentladung mit den oben genannten Mitteln oder mittels einer  
15 speziellen Lichtbogensensorschaltung zu erkennen und die Energiezufuhr zu unterbrechen.

Es ist darüber hinaus bekannt, z. B. für das Zerstäuben nach dem Magnetron-Prinzip über einem Magnetsystem mindestens zwei Elek-  
20 troden anzuordnen, die aus dem zu zerstäubenden Material bestehen. Diese Elektroden werden so geschaltet, daß sie wechselweise Katode und Anode der Niederdruckentladung sind, oder sie werden an eine Wechselspannung angeschlossen (DD 252 205 A 1). Auch diese Lösung verhindert nicht prinzipiell das Umschlagen der  
25 Glimmentladung in eine Bogenentladung, sondern der Energieeintrag in den Bogen wird auf eine Periode begrenzt.

Mit all diesen Lösungen wird nur ein sich ausbildender bzw. schon vorhandener Bogen detektiert, d. h. der Bogen wird nicht vermieden,  
30 sondern es wird versucht, die entstehenden schädlichen Auswirkungen zu minimieren. Die Energie, die im Plasma gespeichert ist, wird grundsätzlich beim Übergang von der Glimm- in die Bogenentladung über den Bogen auf die Elektroden oder Substrate  
abgeführt. Für die Minimierung der Zeit zwischen Bogenausbildung  
35 und dessen Erkennung und für die Reaktionszeit bis zur Fortschaltung der Energie gibt es physikalische Grenzen, die nicht unterschritten werden können.

Der weiterhin bekannte Einsatz von HF-Generatoren umgeht die obengenannten Probleme des Umschlagens der Glimmentladung in eine Bogenentladung vom Prinzip her, aber er hat den Nachteil der hohen Kosten, des hohen apparativen Aufwandes und des Problems der Impedanzanpassung zwischen dem Prozeß und dem HF-Generator.  
5 Daher ist diese Art der Energiezufuhr auf spezielle Anwendungsgebiete beschränkt.

Es ist weiterhin bekannt, das Plasma bei der Niederdruck-Glimmentladung mittels Analyse der optischen Emission zu detektieren und damit bei der reaktiven Beschichtung die Steuerung der Schichtzusammensetzung vorzunehmen (U.S. Patent 4,166,784; U.S. Patent 4,407,709). Dabei wird die Intensität der optischen Emission des Plasmas als Stellgröße für den Reaktivgasfluß bzw. für die Stromversorgung genutzt. Diese Verfahren bewirken eine Stabilisierung der reaktiven Prozeßführung beim Abscheiden von Schichten mit definierter Schichtzusammensetzung. Auch diese Verfahren schaffen keine Möglichkeit, die Ausbildung von Bogenentladungen zu erkennen und darauf zu reagieren, sondern benötigen zusätzlich  
15 eine oben beschriebene Bogenfortschaltung mit den genannten Nachteilen. Doch gerade bei diesen Prozessen ist die Neigung zum Umschlagen in eine Bogenentladung besonders stark, bedingt durch die Unterschiede in der elektrischen Leitfähigkeit zwischen dem zu zerstäubenden Material und der abgeschiedenen Schicht.  
20

25 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Durchführung von stabilen Niederdruck-Glimmentladungen zu schaffen, das die Entstehung von Bögen bereits im Vorfeld verhindert und den Glimmprozeß über lange Zeit stabil hält. Der Aufwand soll relativ gering sein. Das Verfahren soll für alle Glimmprozesse wie das plasmagestützte Beschichten und die Plasmabehandlung von Oberflächen, insbesondere die plasmagestützte Oberflächenreinigung, anwendbar sein.  
30

35 Erfindungsgemäß wird die Aufgabe nach den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den Ansprüchen 2 bis 14 beschrieben.

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß durch die Detektierung des Plasmazustandes der Zeitpunkt vor dem Übergang der Glimmentladung in eine Bogenentladung bzw. vor dem Auftreten von Instabilitäten der Glimmentladung  
5 erkannt wird. Eine physikalische Ursache für die Instabilitäten können lokale Aufladungen von isolierten Bereichen innerhalb des Plasmaraumes sein. Beim Überschreiten einer bestimmten Ladungsdichte in diesen Bereichen kommt es ohne das erfindungsgemäße Verfahren zu einem elektrischen Durchbruch, der Ausgangspunkt  
10 einer Bogenentladung wäre. Durch die erfindungsgemäße Lösung wird eine Regenerierungsphase eingeleitet, die die Ursachen für das Entstehen eines Bogens beseitigt.

Maßgebend für die Einleitung einer Regenerierungsphase ist die  
15 Höhe des Aufladungspotentials. Dieses wird von der Energie, die in das Plasma eingebracht wird, der Charakteristik der Isolation und der örtlichen Plasmadichte bestimmt. Überraschenderweise kann durch die Überwachung einer oder mehrerer dieser Parameter eine charakteristische Größe gewonnen werden, die diesen Zustand  
20 erkennen läßt und die Möglichkeit gibt, vorausschauend in den Niederdruck-Glimmprozeß einzugreifen. Die Bestimmung dieser Parameter ist auch unter Bedingungen einer stabilen Niederdruckglimmentladung möglich. Es wird nicht erst der Übergang von der Glimm- zur Bogenentladung abgewartet und aus der Analyse der  
25 Strom-Spannungskennlinie der kritische instabile Entladungszustand detektiert, wie das bei herkömmlichen Verfahren geschieht. Dieser Umschlag von der Glimm- in die Bogenentladung tritt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht mehr auf.

Wird die eingebrachte Energie in das Plasma zur Charakterisierung  
30 des Plasmas verwendet, ist es günstig, die elektrischen Entladungsparameter durch Intergration über der Zeit zu bestimmen.

Eine bekannte Methode, die örtliche Plasmadichte zu überwachen, beruht auf der Analyse der optischen Emission des Plasmas und  
35 kann auch für dieses erfindungsgemäße Verfahren effektiv eingesetzt werden.

Überraschenderweise hat sich weiterhin gezeigt, daß es Möglich-

keiten gibt, den Plasmaraum schnell zu regenerieren und dadurch den Ausgangszustand für die Ausbildung eines stabilen Glimmplasmas wiederherzustellen, d. h. den Glimmprozeß wieder zu starten. Eine Variante der Regenerierung besteht darin, die Energiezufuhr  
5 in das Plasma für die Zeit zu unterbrechen, in der eine Selbstentladung der isolierten Bereiche erfolgt, und danach den Glimmprozeß erneut zu starten. Eine andere Möglichkeit zur Herstellung des Ausgangszustandes besteht darin, für die Zeit der Regenerierungsphase einen zusätzlichen Verbraucher mit der Gleichstromver-  
10 sorgung zu verbinden und darüber die Regenerierung zu bewirken. Als zweiter Verbraucher kann auch eine elektrisch leitende Verbindung zwischen den Glimmelektroden verwendet werden. Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens besteht darin, daß die Regenerierungsphase durch Vertauschen der Polarität an den Glimmelektroden bewirkt wird und damit über ein  
15 entgegengesetzt polarisiertes Plasma eine Regenerierung erfolgt. Diese Verfahrensweise ist besonders für Zerstäubungsverfahren mit zwei abstäubbaren Elektroden geeignet, die wechselweise als Kathode und Anode geschaltet werden.  
20 Die Effektivität der in den Unteransprüchen beschriebenen Ausgestaltungen des Verfahrens ist abhängig von dem speziellen Niederdruck-Glimmprozeß und dem Anwendungsfall, wobei an sich bekannte Mittel hierfür eingesetzt werden können. Es hat sich gezeigt, daß für diese Formen der Regenerierung  
25 Zeiten von mindestens 1  $\mu$ s notwendig sind.

An zwei Ausführungsbeispielen wird die Erfindung näher erläutert. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1: eine Einrichtung zur Substratreinigung mittels Plasmaätz-  
30 prozeß,

Fig. 2: eine Einrichtung zum reaktiven Zerstäuben.

Gemäß Fig. 1 befindet sich in einer Vakuumkammer 1 die Elektrode 2 der Plasmaätzanordnung. Oberhalb der Elektrode 2 befindet sich  
35 ein Substrat 3 auf Massepotential. An der Vakuumkammer 1 ist ein Gaseinlaßventil 4 zur Zuführung von Argon als Prozeßgas angeordnet. Die Plasmaätzanordnung wird von einer DC-Stromversorgung 5 über eine Schalteinheit 6 gespeist. Mittels eines optischen

Sensors 7 zur Bestimmung der Intensität einer Emissionslinie wird der Plasmazustand in-situ gemessen und über eine Lichtleitfaser 8 einer an sich bekannten Elektronikeinheit 9 zugeführt. Zusätzlich wird in die Elektronikeinheit 9 ein experimentell ermittelter Vergleichswert über die Referenzeingabe 10 eingegeben. Die DC-Stromversorgung 5 arbeitet im Konstant-Leistungsbetrieb bei einer elektrischen Leistung von 2 kW und einer Spannung von ca. 3,6 kV. Der Totaldruck in der Vakuumkammer 1 beträgt 2,4 Pa. In der Elektronikeinheit 9 wird die Intensität der Argonlinie bei 420 nm in ein äquivalentes elektrisches Spannungssignal im Bereich zwischen 0 und 10 V umgewandelt und über die Zeit integriert. Durch den Vergleich mit dem Sollwert an der Referenzeingabe 10 wird der Zeitpunkt ermittelt, nach dem mittels der Schalteinheit der Regenerierungsprozeß gestartet wird. Für diese Anordnung wurde der Vergleichswert von 0,2 mVs ermittelt, mit dem ein stabiler bogenfreier Plasmaätzprozeß über 5 Stunden störungsfrei arbeitete.

In den Regenerierungsphasen wurde hierbei die Plasmaätzeinrichtung über eine Dauer von 30  $\mu$ s mit Massepotential verbunden. Die Länge der Ätzphasen ändern sich dabei von anfänglich 20  $\mu$ s auf ca. 50  $\mu$ s gegen Ende der Bearbeitungszeit.

In Fig. 2 ist eine Einrichtung dargestellt, mit deren Hilfe eine Beschichtung mittels stabilisiertem Glimmprozeß für das reaktive Zerstäuben unter Verwendung einer bekannten Zerstäubungseinrichtung für Aluminiumoxid erfolgt.

In einer Vakuumkammer 1 befindet sich die Zerstäubungseinrichtung, bestehend aus den zwei Elektroden 11a; 11b aus Aluminium. Oberhalb der Zerstäubungseinrichtung befindet sich in einem Abstand von 100 mm das Substrat 3, welches auf Massepotential gelegt ist. An der Vakuumkammer 1 befindet sich ein Gaseinlaßventil 4 zur Zuführung eines Argon/Sauerstoff-Gemisches mit einem Mischungsverhältnis von 50/50 bei konstantem Fluß. Die Zerstäubungseinrichtung wird von einer DC-Stromversorgung 5 über eine Schalteinheit 12 gespeist. Mittels der optischen Sensoren 7 wird der Plasmazustand in-situ in einem Abstand von 5 mm von den zugehörigen Elektroden 11a; 11 b gemessen und über eine Lichtleitfaser 8 einer an sich bekannten Elektronikeinheit 9

zugeführt. Zusätzlich erhält die Elektronikeinheit 9 einen experimentell ermittelten Vergleichswert von der Referenzeingabe 10. Die DC-Stromversorgung 5 arbeitet im Konstant-Leistungsbetrieb bei einer elektrischen Leistung von 12 kW und einer Spannung von ca. 600 V. Der Totaldruck in der Vakuumkammer 1 beträgt 0.4 Pa. In der Elektronikeinheit 9 wird die Intensität der Aluminiumlinie bei 396 nm in ein äquivalentes elektrisches Spannungssignal im Bereich zwischen 0 und 10 V umgewandelt, über die Zeit integriert und daraus der Meßwert gebildet. Durch den Vergleich des Meßwertes für die Elektrode 11a mit dem Wert aus der Referenzeingabe wird der Zeitpunkt ermittelt, nach dem die Elektrode 11a von Kathodenpotential auf Anodenpotential bzw. die Elektrode 11b von Anodenpotential auf Kathodenpotential umgeschaltet wird. Arbeitet die Elektrode 11a als Anode, werden die Potentialflächen des Plasmarumes und die Elektrode selbst mit zusätzlicher Unterstützung des umgepolten Plasmas regeneriert. Durch den Vergleich des Meßwertes des Sensors 7 an der Elektrode 11b mit dem Wert aus der Referenzeingabe wird der Zeitpunkt ermittelt, nach dem die Elektrode 11b von Kathodenpotential auf Anodenpotential bzw. die Aluminiumelektrode 11a von Anodenpotential auf Kathodenpotential umgeschaltet werden. Dabei läuft die Regenerierung des Plasmarumes der Elektrodenumgebung der Elektrode 11b analog ab. Mit dieser Prozeßführung wird parallel zur Regenerierung einer Elektrodenumgebung mittels einer zweiten Elektrode ein Plasma erzeugt, so daß praktisch keine Unterbrechung des Beschichtungsprozesses auftritt. Für diese Anordnung wurde der Vergleichswert von 0,18 mVs ermittelt, mit dem ein stabiler bogenfreier Beschichtungsprozeß auch nach 72 Stunden noch störungsfrei arbeitete. Die Länge der Regenerierungsphase für die Elektrode 11a änderte sich dabei von anfänglich 30 µs auf 25 µs nach einer Beschichtungszeit von 72 Stunden und die der Elektrode 11b im selben Zeitraum von 28 µs auf 26 µs. Die sich bei dem Verfahren durch die Prozeßführung ergebenden unterschiedlichen Beschichtungszeiten mit den Elektroden 11a; 11b, die zu Inhomogenitäten der auf dem Substrat 3 aufgetragenen Schichten führen würden, werden dadurch ausgeschlossen, daß entweder das Substrat 3 einer Relativbewegung unterliegt oder die beiden Elektroden 11a; 11b im Verhältnis zum Substrat 3 so

angeordnet sind, daß sich jeweils eine Dampf Wolke bildet, die sich über das gesamte Substrat 3 ausbreitet.

5

10

15

20

25

30

35

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Durchführung eines stabilen Niederdruck-Glimmprozesses im Vakuum, der durch eine Gleichstromversorgung  
5 gespeist wird, die die Möglichkeit zur Unterbrechung bzw. Änderung der Energieeinspeisung in die Entladung besitzt und in dem die Messung des Plasmazustandes möglich ist, zur plasmagestützten Beschichtung oder Oberflächenbehandlung eines Substrates, **dadurch gekennzeichnet**, daß der in an sich bekannter  
10 Weise geführte Glimmprozeß durch eine Regenerierungsphase unterbrochen wird, nach dessen Ablauf der Glimmprozeß fortgeführt wird, daß der Zeitpunkt für den Beginn und/oder das Ende der Regenerierungsphase aus einem Vergleich eines in-situ gemessenen Wertes mit einem experimentell ermittelten Sollwert einer Größe.  
15 die den Plasmazustand charakterisiert, bestimmt wird, daß zur Einleitung der Regenerierungsphase die Energieeinspeisung für die Glimmentladung unterbrochen oder geändert wird, daß die Zeit für die Regenerierungsphase größer oder gleich 1  $\mu$ s gewählt wird und daß der Wechsel von der Glimmphase zur Regenerierungsphase und  
20 umgekehrt während der Ausübung des Verfahrens ständig wiederholt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Glimmprozeß mit zwei Elektroden und mindestens einem Substrat  
25 ausgeführt wird, und an beiden Elektroden die Glimmphase und die Regenerierungsphase wechselweise durchgeführt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Änderung der Energieeinspeisung für die Glimmentladung durch das  
30 Anlegen eines entgegengesetzten Potentials bis zum Ende der Regenerierungsphase bewirkt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß gleichzeitig mit Unterbrechung der Energieeinspeisung für die  
35 Glimmentladung bis zum Ende der Regenerierungsphase Massepotential an die Glimmeinrichtung gelegt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß

gleichzeitig mit Unterbrechung der Energieeinspeisung bis zum Ende der Regenerierungsphase die Gleichstromversorgung von der Glimmeinrichtung getrennt wird.

5 6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Änderung der Energieeinspeisung für die Glimmentladung bis zum Ende der Regenerierungsphase durch Verbindung der Gleichstromversorgung mit einem zweiten Verbraucher bewirkt wird.

10 7. Verfahren nach Anspruch 1 und 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der zweite Verbraucher durch eine elektrische Verbindung zwischen den Glimmelektroden gebildet wird.

15 8. Verfahren nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Plasmazustand durch optische Spektroskopie ermittelt wird.

20 9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Plasmazustand durch optische Emissionsmessung ermittelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Plasmazustand durch die Produktbildung zwischen Glimmspannung, Glimmstrom und Glimmzeit ermittelt wird.

25 11. Verfahren nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Charakterisierung des Plasmazustandes das Produkt aus der Glimmspannung und der Glimmzeit gebildet wird.

30 12. Verfahren nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Charakterisierung des Plasmazustandes das Produkt aus dem Glimmstrom und der Glimmzeit gebildet wird.

35 13. Verfahren nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Plasmazustand mittels Sonden gemessen wird.

14. Verfahren nach Anspruch 1 und mindestens einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Ermittlung des Plasmazustandes die Temperatur im Plasma gemessen wird.

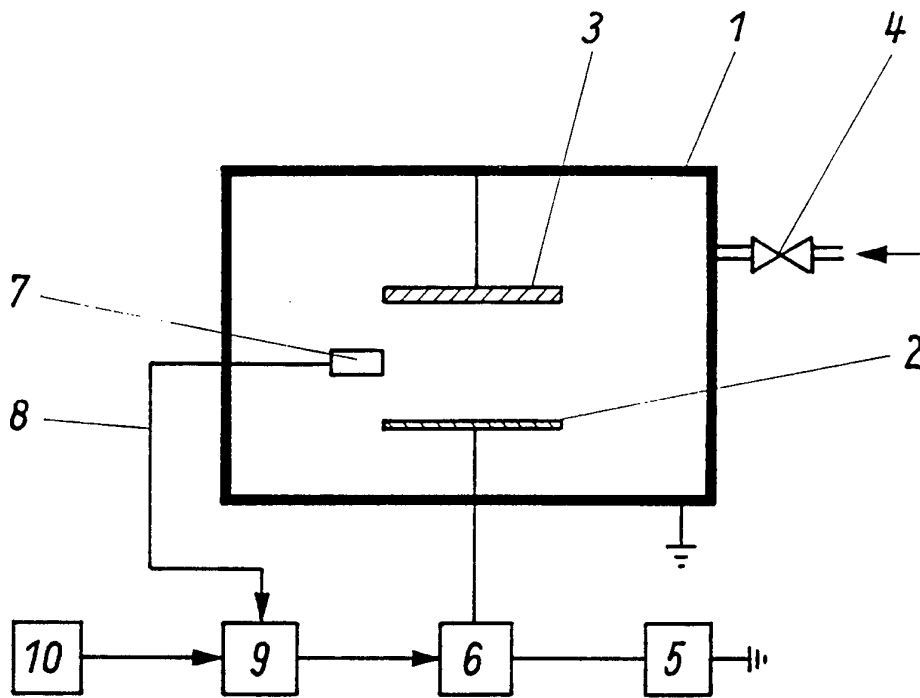


Fig 1

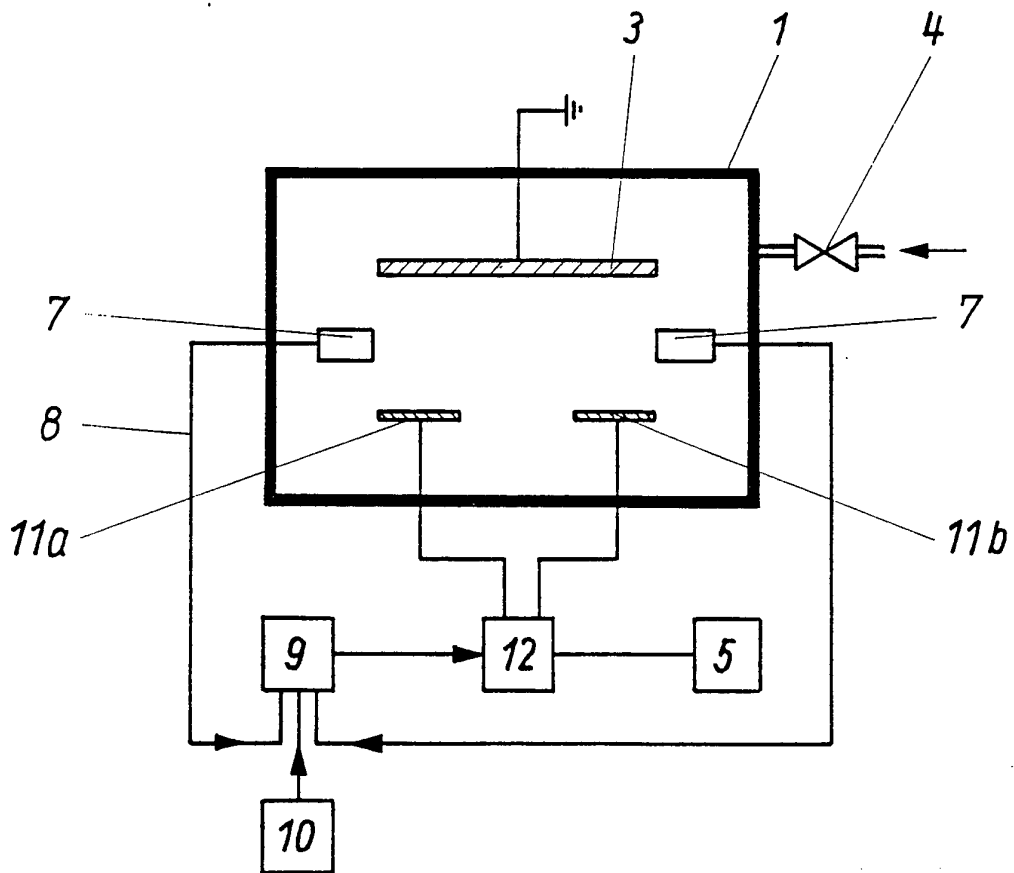


Fig 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 93/01206

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 5 H01J37/32 C23C14/54</p>		
<p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>		
<p>B. FIELDS SEARCHED</p>		
<p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 5 H01J C23C</p>		
<p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p>		
<p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)</p>		
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US,A,3 181 029 (B. BERGHAUS ET AL.) 27 April 1965	1,3
A	see column 4, line 25 - column 5, line 25 ---	2,4-14
A	DE,B,10 29 213 (DORTMUND-HÖRDER HÜTTENUNION AG) 30 April 1958 see column 3, line 50 - column 4, line 31 ---	1-14
A	DD,A,252 205 (FORSCH VON ARDENNE (FRAU ) FRAUNHOFER GES FOERDERUNG ANGEWANDT) 9 December 1987 cited in the application see claim 1 --- -/--	1-14
<p><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.      <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.</p>		
<p>* Special categories of cited documents :</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>		
<p>Date of the actual completion of the international search</p> <p>21 March 1994</p>		<p>Date of mailing of the international search report</p> <p>14. 04. 94</p>
<p>Name and mailing address of the ISA</p> <p>European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+ 31-70) 340-3016</p>		<p>Authorized officer</p> <p>Ekhult, H</p>

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter national Application No

PCT/DE 93/01206

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 8, no. 130 (C-229)(1567) 16 June 1984 & JP,A,59 041 475 (NIPPON SHINKU GIJUTSU KK) 7 March 1984 see abstract ---	1-14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 016 (C-041)30 January 1981 & JP,A,55 145 170 (TOKUDA SEISAKUSHO LTD) 12 November 1980 see abstract ---	1-14
A	US,A,5 167 748 (HALL B J) 1 December 1992 see claim 1 -----	1-14

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inter. Application No

PCT/DE 93/01206

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-3181029		CH-A- 374779 CH-A- 389797 FR-A- 1266098 GB-A- 954799 GB-A- 977656 NL-A- 254957 NL-A- 254958 US-A- 2260892 US-A- 3260892	
-----			
DE-B-1029213		BE-A- 557232 CH-A- 347282 DE-B- 1024772 NL-A- 7161882	
-----			
DD-A-252205		NONE	
-----			
US-A-5167748	01-12-92	NONE	
-----			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 93/01206

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 5 H01J37/32 C23C14/54

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 5 H01J C23C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US,A,3 181 029 (B. BERGHAUS ET AL.) 27. April 1965	1,3
A	siehe Spalte 4, Zeile 25 - Spalte 5, Zeile 25	2,4-14
	---	
A	DE,B,10 29 213 (DORTMUND-HÖRDER HÜTTENUNION AG) 30. April 1958 siehe Spalte 3, Zeile 50 - Spalte 4, Zeile 31	1-14
	---	
A	DD,A,252 205 (FORSCH VON ARDENNE (FRAU ) FRAUNHOFER GES FOERDERUNG ANGEWANDT) 9. Dezember 1987 in der Anmeldung erwähnt siehe Anspruch 1	1-14
	---	
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. März 1994

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

14. 11. 94

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ekhult, H

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 8, no. 130 (C-229)(1567) 16. Juni 1984 & JP,A,59 041 475 (NIPPON SHINKU GIJUTSU KK) 7. März 1984 siehe Zusammenfassung ---	1-14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 016 (C-041)30. Januar 1981 & JP,A,55 145 170 (TOKUDA SEISAKUSHO LTD) 12. November 1980 siehe Zusammenfassung ---	1-14
A	US,A,5 167 748 (HALL B J) 1. Dezember 1992 siehe Anspruch 1 -----	1-14

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 93/01206

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-3181029		CH-A- 374779 CH-A- 389797 FR-A- 1266098 GB-A- 954799 GB-A- 977656 NL-A- 254957 NL-A- 254958 US-A- 2260892 US-A- 3260892	
DE-B-1029213		BE-A- 557232 CH-A- 347282 DE-B- 1024772 NL-A- 7161882	
DD-A-252205		KEINE	
US-A-5167748	01-12-92	KEINE	