



19 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

12 **Patentschrift**
10 **DE 198 26 418 C 2**

51 Int. Cl. 7:
H 05 H 1/48

21 Aktenzeichen: 198 26 418.6-52
22 Anmeldetag: 16. 6. 1998
43 Offenlegungstag: 30. 12. 1999
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 31. 7. 2003

DE 198 26 418 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 **Patentinhaber:**

Schmidt-Böcking, Horst, Prof. Dr.rer.nat., 65779 Kelkheim, DE; Gericke, Karl-Heinz, Prof. Dr.phil.nat., 38102 Braunschweig, DE; Bräuning-Demian, Angela, Dipl.-Phys., 65830 Kriftel, DE; Spielberger, Lutz, Dr.phil.nat.Dipl.-Phys., 60489 Frankfurt, DE; Scheffler, Peter, Dipl.-Chem., 38554 Weyhausen, DE; Jagutzki, Ottmar, Dr.phil.nat.Dipl.Phys., 60431 Frankfurt, DE

74 **Vertreter:**

BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen

72 **Erfinder:**

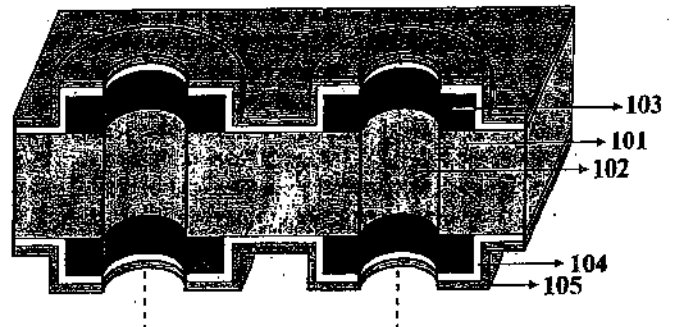
gleich Patentinhaber

56 **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:**

DE 196 05 226 A 1
JP 01-1 92 703 A

64 **Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasma sowie ein Herstellungsverfahren für die Vorrichtung sowie
Verwendung der Vorrichtung**

67 **Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasmas bei Umgebungs-temperaturen, wobei zur Erzeugung des Plasmas Elektroden vorgesehen sind, die an ihrer Oberseite scharfe Kanten aufweisen, wobei sich die Elektroden paarweise gegenüber stehen und durch Anlegen einer Spannung an die Elektroden ein Plasma erzeugbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden derart in einzelne Einheiten unterteilt sind, daß infolge der Unterteilung in die einzelnen Einheiten bei einer Ansteuerung der Elektroden mehrere kleine Mikroplasma entstehen, wobei diese zu Flächen bzw. Volumina zusammensetzbar sind, und die Einkopplung der elektrischen Energie in jede der Einheiten über unabhängige Mikroschalter durch die einzelnen Einheiten verbindende niederohmige Versorgungs- elektroden erfolgt.**



DE 198 26 418 C 2

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasmas nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 oder 2, ein Verfahren zur Herstellung solch einer Vorrichtung sowie eine Verwendung dieser Vorrichtung.

[0002] Es ist bereits eine gattungsgemäße Vorrichtung bekannt (DE 196 05 226 A1), bei der zur Erzeugung eines Plasmas bei Umgebungstemperaturen Elektroden vorgesehen sind, die an ihrer Oberseite scharfe Kanten aufweisen, wobei sich jeweils zwei der Elektroden in einem Abstand gegenüber liegen, der in der Größenordnung von einigen nm bis mm liegt. Durch Anlegen einer elektrischen Spannung an die Elektroden ist ein Plasma erzeugbar. Es können damit zwei- oder auch dreidimensionale Plasmen erzeugt werden durch eine entsprechende Anordnung der Elektroden. Weiterhin sind dort Ausführungsbeispiele von Plasmaquellen genannt.

[0003] Ferner ist der JP 01192703 A ein Tieftemperaturplasmagenerator zur Luftsterilisation zu entnehmen, der neben einer Hochspannungsquelle im wesentlichen einander gegenüberliegende Elektrodenreihen, bestehend aus jeweils einer Anzahl einzelner Elektroden, sowie eine Zwischenelektrode aufweist, die in wohl definiertem Abstand zwischen den beiden Elektrodenreihen angeordnet ist. Eine gleichförmige elektrische Entladung wird hierbei über eine zwischen der Hochspannungsquelle und zumindest einer Elektrodenreihe angeordnete Kondensatorreihe sichergestellt, wobei jede Elektrode in Reihe mit einem Kondensator geschaltet ist.

[0004] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die gattungsgemäße Vorrichtung derart weiterzuentwickeln, daß die Nachteile des Stands der Technik überwunden werden, insbesondere das Anwendungsspektrum der Vorrichtung erweitert wird.

[0005] Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale von Patentanspruch 1 bzw. 2 gelöst.

[0006] In Anspruch 3 ist ein Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung und in Anspruch 4 ist eine Verwendung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung beschrieben.

[0007] Gegenüber der Vorrichtung der DE 196 05 226 A1 erweist es sich hierbei als vorteilhaft, daß eine definierte Erzeugung eines Plasmas über eine größere Fläche oder ein größeres Volumen einfacher möglich wird. Es hat sich bei der bekannten Vorrichtung nämlich gelegentlich gezeigt, daß das Plasma lokal und zufällig in einem Teilbereich zündet. Demgegenüber kann durch Anordnung einer niederohmigen Versorgungselektrode mit den vorgesehenen Mikroschaltern gemäß einer erfindungsgemäßen Ausführungsform ein definiertes Plasma erzeugt werden. In Kenntnis dieser Umstände läßt sich dies dadurch erklären, daß beim Stand der Technik der erzeugte Stromfluß einen Spannungsabfall am elektrischen Innenwiderstand des Versorgungsgerätes sowie den elektrischen Widerständen der Zuleitungen und der Plasmaelektroden bedingt. Dadurch reicht unter Umständen die an den das Plasma erzeugenden Elektroden anliegende Spannung nicht mehr aus, um das Plasma in dem restlichen Bereich zu zünden. Erfindungsgemäß wird deshalb die elektrische Energie unabhängig in einzelne Einheiten eingespeist. Es wird durch den modularen Aufbau der einzelnen Einheiten die Erzeugung von homogenen Plasmaflächen bzw. Plasmavolumina ermöglicht.

[0008] Es können also durch Zusammensetzen der einzelnen Einheiten, die eine typische Größenordnung von Länge, Breite und Höhe von ca. 0,1 mm haben können, geometrisch variabel und sehr kompakt große Flächen oder Volumina zu-

sammengesetzt werden. Durch die Verwendung der Mikroschalter können in den einzelnen Einheiten unabhängig voneinander, d. h. insbesondere ohne Beeinflussung durch Plasmapedigungen benachbarter Einheiten zeitlich und örtlich kontrolliert Plasmen gezündet werden.

[0009] Die Mikroschalter können durch einen statischen ohmschen Widerstand oder durch ein dynamisches Element gebildet werden.

[0010] Der Wert des elektrischen Widerstandes des Mikroschalters im geschlossenen, d. h. elektrisch leitenden, Zustand muß dabei so gewählt werden, daß die Summe aus diesem Widerstand und dem Plasmawiderstand größer ist als die Summe der Widerstandswerte von Versorgungsgerät, Zuleitungen und den Plasmaelektroden.

[0011] Bei einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform sind die Elektroden in einzelne Einheiten unterteilt, wobei infolge der Unterteilung in die einzelnen Einheiten bei einer Ansteuerung der Elektroden mehrere kleine Mikroplasmen entstehen, wobei diese zu Flächen bzw. Volumina zusammengesetzt werden, und die Einkopplung der elektrischen Energie in jede der Einheiten bei Verwendung von Wechselspannung durch eine kapazitive Kopplung der Versorgungselektrode über eine elektrisch isolierende Schicht zu den das Plasma erzeugenden Elektroden übertragbar ist. Durch diese rein kapazitive Einkopplung der elektrischen Energie kann anstelle bestimmter Materialien zur Erzeugung von definierten Mikroschaltern praktisch jedes isolierende Material genutzt werden. Dies erlaubt eine kostengünstigere Fertigung der Plasmaquelle sowie einen effizienten Schutz der Elektroden vor den Einflüssen des Plasmas selbst zur Vermeidung von Abnutzung oder stofflicher Veränderung der Elektroden.

[0012] Es ist möglich, jede der einzelnen Einheiten zeitlich und örtlich unabhängig durch Wechselspannung zu zünden.

[0013] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Herstellung einer der genannten Vorrichtungen vorgesehen, bei dem die die Plasmen erzeugenden Elektroden mittels Mikro- oder Nanostrukturtechnik hergestellt und die Mikroschalter mittels mehrlagiger Elektrodenbeschichtungstechnik in die Einheiten integriert werden. Dadurch wird die Vorrichtung, die einen Mikroschalter enthält, einfach herstellbar.

[0014] Erfindungsgemäße Vorrichtungen können zur definierten Erzeugung eines flächenmäßig oder volumenmäßig ausgedehnten Plasmas verwendet werden. Es können somit beispielsweise großflächige Plasmavolumina erzeugt werden, die eine effiziente Nutzung der elektrischen Energie an großen Plasmaoberflächen bei minimalem Plasmavolumen erlauben, beispielsweise zur Bearbeitung von Oberflächen, wie deren Reinigung oder Ätzung oder Beschichtung oder Bedruckung, oder der Visualisierung, indem das Plasma als großflächige spektrale Lichtquelle und/oder Spektrallampe verwendet wird oder als flacher Bildschirm.

[0015] Mehrere solcher Plasmaflächen lassen sich zur Erzeugung großvolumiger Plasmen zusammensetzen, beispielsweise zur chemischen Umsetzung, wie der Synthese komplexer chemischer Verbindungen aus einfachen Grundbausteinen, wie beispielsweise zur Erzeugung höherer Kohlenwasserstoffe aus Methan.

[0016] Es wird die Erzeugung eines Plasmas bei Druck in der Größenordnung von 1 mbar bis zu 1,5 bar ermöglicht.

[0017] Ausführungsbeispiele zur entkoppelten Einspeisung der elektrischen Energie in geeignete Mikroplasmaelektroden sind in der Zeichnung dargestellt. Es zeigt dabei im einzelnen:

[0018] Fig. 1 eine erste erfindungsgemäße Vorrichtung zur entkoppelten Erzeugung eines homogenen Flächenplasmas auf Basis von Poren in dünnen Folien,

[0019] Fig. 2 eine Kombination von zwei Folienelementen aus Fig. 1 zu einem Volumenplasmalelement,
 [0020] Fig. 3 eine zweite erfindungsgemäße Vorrichtung zur entkoppelten Erzeugung eines homogenen Flächenplasmas auf Basis von Spitzen auf Flächen in der Aufsicht, und
 [0021] Fig. 4 eine dritte erfindungsgemäße Vorrichtung zur entkoppelten Erzeugung eines homogenen Flächenplasmas auf Basis von Spitzen auf Flächen in einem Schnittbild.
 [0022] Fig. 1 zeigt einen Folienträger 101, der Löcher 102 besitzt, um die ringförmig Elektroden 103 zur Erzeugung von Plasmen in einzelnen Einheiten angebracht sind. Die elektrische Spannung zur Ausbildung des Plasmas wird zwischen zwei gegenüberliegenden Elektroden 103 auf beiden Seiten des Folienträgers 101 angelegt. Als Mikroschalter dient hier eine homogen aufgebrachte Widerstands- oder Isolationsschicht 104, die den Folienträger 101 und die Elektroden 103 bedeckt. Die Schicht 104 ist wiederum von einer niederohmigen Versorgungselektrode 105 bedeckt.
 [0023] Die Elektroden 103 können alternativ auch durch einzelne, auf den Folienträger 101 aufgebrachte Mikroschalter von einer leiterbahnförmigen Versorgungselektrode versorgt werden.
 [0024] Auf einem großflächigen Folienträger 101 können zahlreiche der soeben beschriebenen Anordnungen angebracht sein.
 [0025] Fig. 2 zeigt beispielhaft die Kombination von zwei Folienplasmalelementen 201 und 202, jeweils wie gezeigt und erläutert in Fig. 1, zu einem Volumenplasma. Dabei können beliebig viele der Folienplasmalelemente aneinandergereiht werden.
 [0026] Fig. 3 zeigt in Aufsicht die beiden Mikroplasmalektroden 301 und 302, zwischen denen die elektrische Spannung zur Ausbildung des Plasmas ausgebildet wird. Das Plasma ist dargestellt durch die Feldlinien 303. Die niederohmige Versorgungselektrode 304 speist über die Mikroschalter 305 die Mikroplasmalektroden 302.
 [0027] Auf einem großflächigen Träger können zahlreiche der soeben beschriebenen Anordnungen angebracht werden.
 [0028] Fig. 4 zeigt in einem Schnitt die in Fig. 3 dargestellte Geometrie. Mit 401 und 402 werden das Plasma erzeugende Elektroden bezeichnet, zwischen denen sich ein elektrisches Feld 403 ausbildet. In die Mikroplasmalektroden 402 wird von einer niederohmigen Versorgungselektrode 404 über Mikroschalter 405 elektrische Energie eingespeist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasmas bei Umgebungstemperaturen, wobei zur Erzeugung des Plasmas Elektroden vorgesehen sind, die an ihrer Oberseite scharfe Kanten aufweisen, wobei sich die Elektroden paarweise gegenüber stehen und durch Anlegen einer Spannung an die Elektroden ein Plasma erzeugbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Elektroden derart in einzelne Einheiten unterteilt sind, daß infolge der Unterteilung in die einzelnen Einheiten bei einer Ansteuerung der Elektroden mehrere kleine Mikroplasmen entstehen, wobei diese zu Flächen bzw. Volumina zusammensetzbar sind, und die Einkopplung der elektrischen Energie in jede der Einheiten über unabhängige Mikroschalter durch die einzelnen Einheiten verbindende niederohmige Versorgungselektroden erfolgt.
2. Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasmas bei Umgebungstemperaturen, wobei zur Erzeugung des Plasmas Elektroden vorgesehen sind, die an ihrer Oberseite scharfe Kanten aufweisen, wobei sich die Elektroden paarweise gegenüber stehen und wobei durch Anlegen

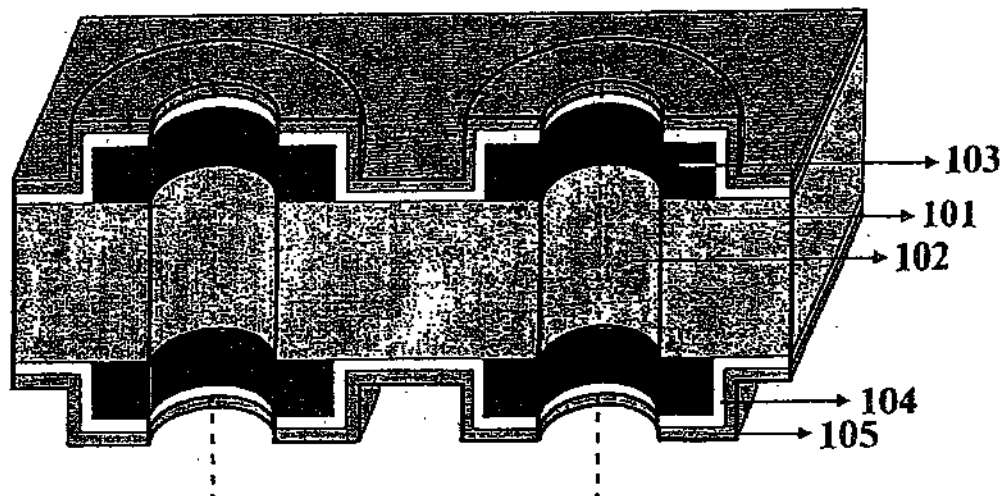
einer Spannung an die Elektroden ein Plasma erzeugbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden derart in einzelne Einheiten unterteilt sind, daß infolge der Unterteilung in die einzelnen Einheiten bei einer Ansteuerung der Elektroden mehrere kleine Mikroplasmen entstehen, wobei diese zu Flächen bzw. Volumina zusammensetzbar sind, und die Einkopplung der elektrischen Energie in jede der Einheiten bei Verwendung von Wechselspannung durch eine kapazitive Kopplung der Versorgungselektrode mit den das Plasma erzeugenden Elektroden über eine elektrisch isolierende Schicht erfolgt.

3. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die die Plasmen erzeugenden Elektroden mittels Mikro- oder Nanostrukturtechnik hergestellt werden, und die Mikroschalter mittels mehrlagiger Elektrodenbeschichtungstechnik in die Einheiten integriert werden.

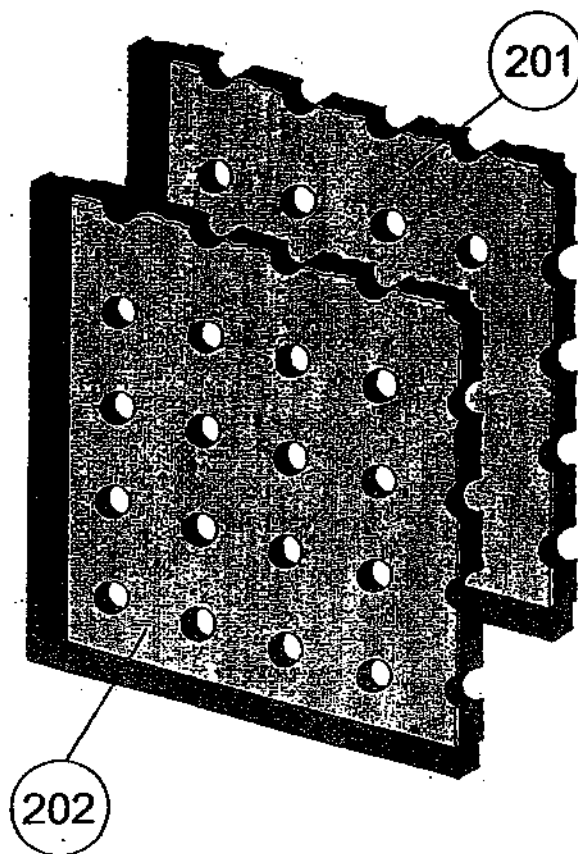
4. Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2 zur definierten Erzeugung eines flächenmäßig oder volumenmäßig ausgedehnten Plasmas.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

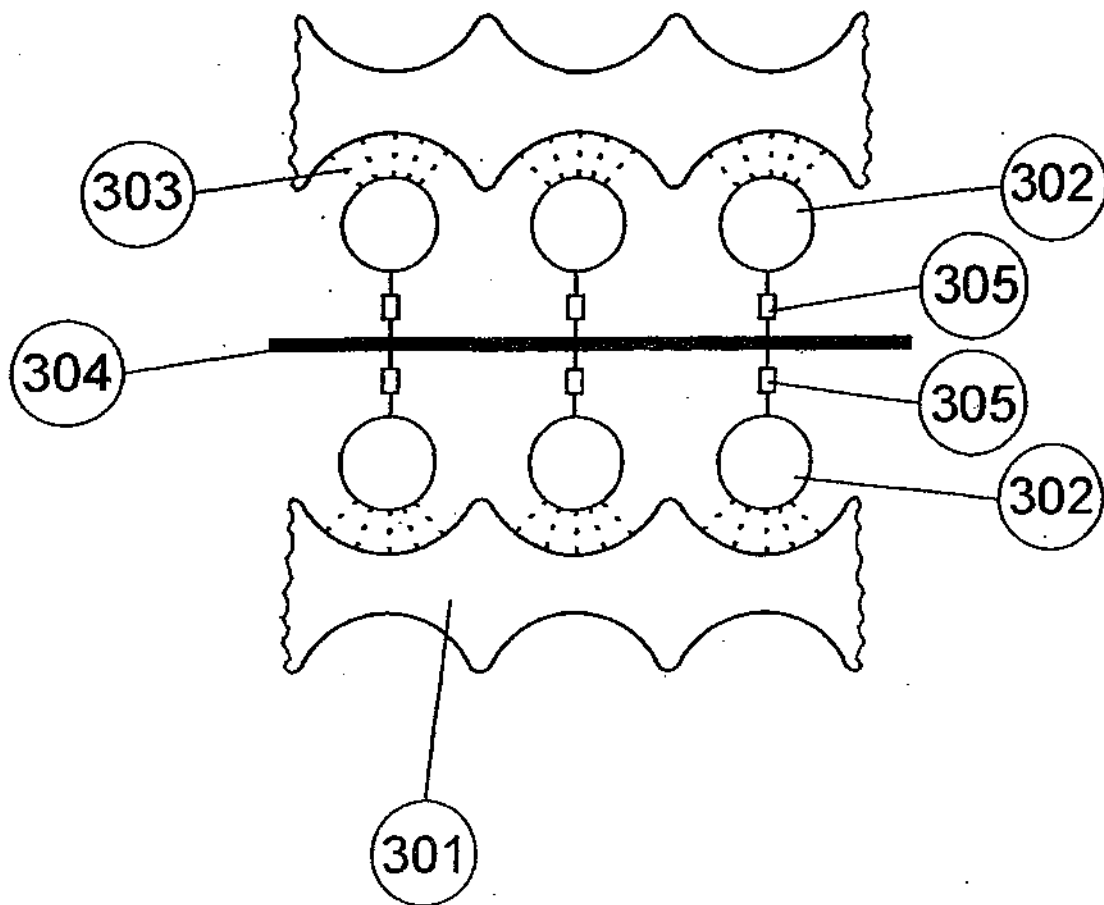
- Leerseite -



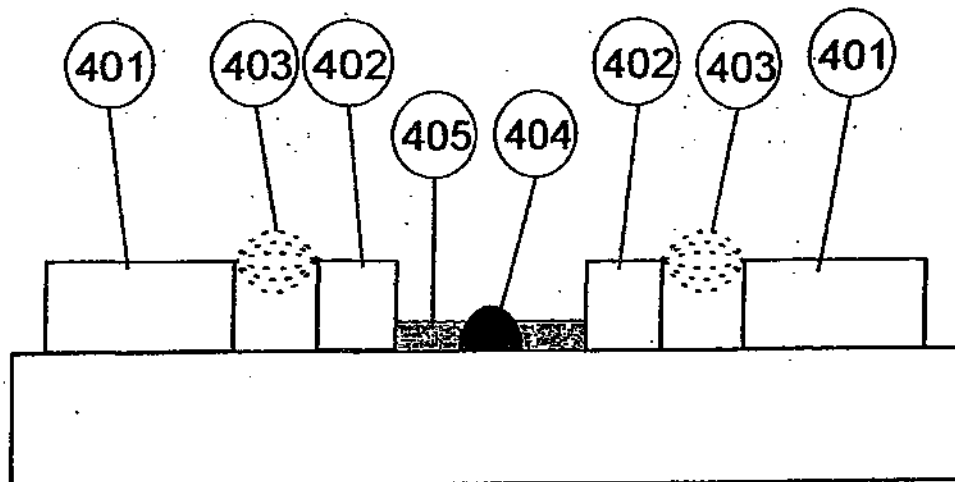
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4