



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 028 190.8**

(22) Anmeldetag: **03.08.2009**

(43) Offenlegungstag: **10.02.2011**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H05H 1/34** (2006.01)

*H05H 1/30* (2006.01)

*H05H 1/26* (2006.01)

(71) Anmelder:

**Leibniz-Institut für Plasmaforschung und  
Technologie e.V., 17489 Greifswald, DE**

(74) Vertreter:

**Wehlan & Wehlan, Patentanwälte, 10367 Berlin**

(72) Erfinder:

**Erfinder wird später genannt werden**

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

<b>DE</b>	<b>195 32 412</b>	<b>C2</b>
<b>DE</b>	<b>16 39 257</b>	<b>B</b>
<b>DE</b>	<b>10 2008 004843</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2006 019664</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>198 39 826</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>195 13 338</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>37 33 492</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>76 33 231</b>	<b>B2</b>

<b>US</b>	<b>62 62 523</b>	<b>B1</b>
<b>US</b>	<b>61 94 036</b>	<b>B1</b>
<b>US</b>	<b>2002/01 22 896</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>60 13 075</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>47 81 175</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>40 60 088</b>	<b>A</b>
<b>EP</b>	<b>1 148 770</b>	<b>A2</b>

**KIEFT, I., E., et. al.: Roks and Eva Stoffels: Plasma  
Treatment of Mammalian Vascular Cells: A  
Quantitative Description, IEEE Transactions on  
Plasma Science, Vol.33, No.2, April 2005**

**OHL, A., SCHRÖDER, K.: Plasma assisted surface  
modification of biointerfaces, in HIPPLER  
R., et. al., Low Temperature Plasmas,  
Wiley-VCH, Weinheim, Vol.2, S.803-820**

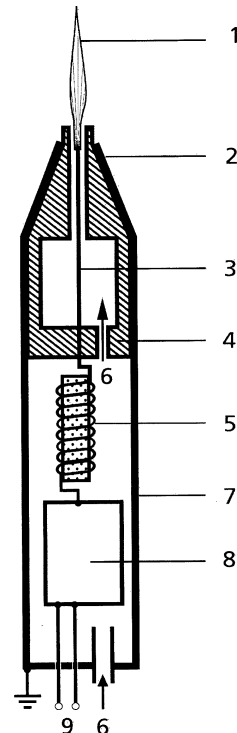
**BRANDENBURG, R. et. al.: Contrib. Plasma  
Phys., 2007, 47, (1,2), S.72-79**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Erzeugung eines nichtthermischen Atmosphärendruck-Plasmas**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung eines kalten, HF-angeregten Plasmas unter Atmosphärendruckbedingungen, umfassend ein im Bereich des austretenden Plasmas als geerdete Elektrode fungierendes Metallgehäuse, in dem ein HF-Generator, eine HF-Resonanzspule mit einem, für die Hochfrequenz geeigneten geschlossenen Ferritkern, ein als Gasdüse fungierender Isolierkörper sowie eine in dem Isolierkörper gehaltene Hochspannungselektrode in der Weise angeordnet, dass sie vom Prozessgas um- bzw. durchströmt werden. Die Erfindung kann vorteilhaft für die Plasmabehandlung von Materialien für kosmetische und medizinische Zwecke eingesetzt werden. Die Erfindung ermöglicht es, durch die Integration von Plasmadüse und erforderlicher Ansteuerelektronik in einem miniaturisierten Handgerät, eine Einhaltung der Richtlinien der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) zu gewährleisten und die Verlustleistung zu minimieren und damit einen mobilen Einsatz zu realisieren.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung eines kalten Plasmas unter Atmosphärendruckbedingungen, die vorteilhaft für die Plasmabehandlung von Materialien für kosmetische und medizinische Zwecke eingesetzt werden kann. Die Erfindung ermöglicht es, durch die Integration von Plasmadüse und erforderlicher Ansteuerelektronik in einem miniaturisierten Handgerät, eine Einhaltung der Richtlinien der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) zu gewährleisten, die Verlustleistung zu minimieren, sowie zusätzlich einen Batteriebetrieb, und damit eine autonome Arbeitsweise, zu realisieren.

### Stand der Technik

**[0002]** Niedertemperatur-Plasmen werden bereits seit geraumer Zeit zur Behandlung von Oberflächen zum Zweck der Oberflächenaktivierung, des Ätzens, der Polymerisation, zur Schichtabscheidung, zur Reinigung sowie zur Keimreduzierung eingesetzt. Zunächst wurden dafür vorrangig Niederdruckplasmen genutzt, in denen die für die Prozesse erforderlichen reaktiven Spezies durch die Wahl geeigneter Prozessparameter in definiertem Maße erzeugt werden können. Da Niederdruckplasma-Verfahren sowohl aus Kostengründen als auch aus verfahrenstechnischen Gründen für zahlreiche industrielle Prozesse ungeeignet sind, wurden alternative Plasmaverfahren entwickelt, die bei Atmosphärendruck arbeiten, somit wesentlich kostengünstiger sind und sich in entsprechende Fertigungsstrecken einfacher integrieren lassen. Eine Möglichkeit, die für die Anwendbarkeit von Atmosphärendruck-Plasmenverfahren erforderliche Homogenität der Plasmen zu erreichen, besteht darin, durch eine gerichtete Strömung des Arbeitsgases (Prozessgases) einen Plasmastrahl außerhalb des Entladungsraumes zu erzeugen.

**[0003]** Anwendungen von derartigen Strahlplasmen werden in zahlreichen Patentschriften beschrieben. In der Offenlegungsschrift DE 37 33 492 A1 wird beispielsweise eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Strahlplasmas beschrieben, bei der ein Gasstrom durch eine Koronaentladungsstrecke zwischen einer stabförmigen Innen- und einer rohrförmigen Außenelektrode durchgeleitet wird. Das in der Patentschrift DE 195 32 412 C2 beschriebene Verfahren zur Plasmabehandlung von Oberflächen basiert auf der Erzeugung eines Plasmastrahls durch einen starken Gasstrom, der durch eine Bogenentladungsstrecke geführt wird. Zur Erzeugung der Atmosphärendruck-Entladungen können dabei verschiedene Arten der Einspeisung der elektrischen Energie genutzt werden. So werden in den Patentschriften US 6,194,036 B1 und US 6,262,523 B1 sowie in der Patentanmeldung US 2002/122896 A1 beispielsweise Anordnungen beschrieben, die auf der HF-Anregung von Atmosphärendruck-Plasmen basieren. Im Be-

reich der Medizin werden spezielle, HF-angeregte Plasmen bereits seit vielen Jahren zur Koagulation (Argon-Plasma-Koagulation: US 4,781,175 A, US 4,060,088 A, DE 195 13 338 A1) bzw. zur HF-Chirurgie eingesetzt. Es gibt aber auf diesem Gebiet inzwischen auch zahlreiche neuere Entwicklungen, die das Ziel verfolgen, Plasmen dieser Art zum Beispiel auch für die Beschichtung von Implantaten zur Erhöhung ihrer Biokompatibilität sowie zur Steuerung der Zelladhäsion auf Oberflächen (Ohl A., Schröder K.: Plasma assisted surface modification of biointerfaces. In: Hippler R., Kersten H., Schmidt M., Schönbach K. H. (ed.). Low Temperature Plasmas, Vol. 2. 803–820. Wiley-VCH, Weinheim 2008), zur antimikrobiellen Dekontamination von Oberflächen (R. Brandenburg et al.: Contrib. Plasma Phys. 2007, 47, (1–2), 72–79) sowie zur Behandlung biologischer Zellen und Gewebe (I. E. Kieft et al.: IEEE Transactions on Plasma Science 2005, 33, (2), 771–775) zu nutzen.

**[0004]** Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung der in der Patentschrift des Anmelders "DE 10 2006 019 664 A1" beschriebenen Art. Dort wird eine handliche HF-Plasmadüse beschrieben, bei der aufgrund der speziellen Bauweise auf ein HF-Anpassungsnetzwerk in Form einer separaten Matchbox verzichtet werden kann. Dadurch ist es möglich, eine handliche Bauform der HF-Plasmadüse zu realisieren, die sowohl manuell, als auch durch Roboter geführt werden kann.

**[0005]** Die Verbindung von Plasmadüse und HF-Generator durch ein längeres Kabel führt dazu, dass die Werte der beim Betrieb einer Vorrichtung entsprechend des Standes der Technik auftretenden elektromagnetischen Störstrahlung in der Regel das durch die europäischen Richtlinien zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) festgelegte Limit überschreiten. Vorrichtungen dieser Art können nicht ohne einen größeren technischen Aufwand, zur Sicherung der Einhaltung dieser Richtlinien eingesetzt werden. Das bedeutet, dass ihr Einsatz auf Anwendungen in Industrieanlagen beschränkt ist, die durch spezielle Maßnahmen hinsichtlich der elektromagnetischen Störstrahlung nach außen abgeschirmt sind. Für den mobilen Einsatz in öffentlichen Bereichen, beispielsweise für medizinische, zahnmedizinische oder kosmetische Zwecke, ist eine Nutzung dieser Vorrichtung nur möglich, wenn sie den EMV-Anforderungen entspricht. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Plasmawerkzeug auf der Grundlage eines kalten, HF-angeregten Plasmastrahls zu realisieren, das diesen EMV-Anforderungen genügt und somit für den mobilen Einsatz in Bereichen der Medizin, Zahnmedizin und Kosmetik geeignet ist.

### Aufgabe der Erfindung

**[0006]** Die Aufgabe der Erfindung bestand darin, die

Nachteile der im Stand der Technik genannten Lösungen zu beseitigen.

#### Lösung der Aufgabe

**[0007]** Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, alle für den Betrieb des Plasmawerkzeuges erforderlichen Baugruppen, einschließlich HF-Generator, derart zu miniaturisieren, dass sie in einem miniaturisierten Handgerät integriert werden können und damit ein Gerät zu schaffen, das für den mobilen Einsatz in den Bereichen Medizin, Zahnmedizin und Kosmetik geeignet ist. Die erforderliche Gleichspannungsversorgung kann dabei entweder von einem externen Gerät oder intern erfolgen.

**[0008]** Die Aufgabe wurde gemäß den Merkmalen der Patentansprüche gelöst.

**[0009]** Die Hauptursache für eine erhöhte elektromagnetische Störabstrahlung ist die lange Kabelverbindung zwischen der Plasmadüse und einem externen HF-Generator. Der Vorteil der Erfindung besteht vor allem darin, dass durch die Integration von Plasmadüse, Hochspannungsspule und HF-Generator in einem handlichen Plasmawerkzeug diese Kabelverbindung entfällt und damit das Problem der elektromagnetischen Verträglichkeit gelöst wird, so dass die technischen Voraussetzungen für eine Zulassung für den mobilen Einsatz, beispielsweise für medizinische, zahnmedizinische und kosmetische Zwecke, erfüllt ist. Als ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der Miniaturisierung eine bessere Handhabbarkeit des Plasmawerkzeuges, das damit vor allem für punktgenaue, lokale Mikroplasmabehandlungen geeignet ist. Darüber hinaus wird durch die Erfindung eine weitgehende Reduzierung der Verlustleistung erreicht. Das hat zur Folge, dass die Erwärmung des Plasmawerkzeuges auf ein Minimum reduziert wird und die im Plasma umgesetzte Leistung, und damit die Länge des Plasmastrahls, allein durch Regelung der dem integrierten HF-Generator extern zugeführten Gleichspannung deutlich variiert werden kann.

**[0010]** Die Erzeugung der für eine Zündung des Plasmas notwendigen Hochfrequenzspannung erfolgt in den, in der Patentschrift des Anmelders "DE 10 2006 019 664 A1" beschriebenen, Plasma-Jet-Anordnungen über eine Luftspule. Zur Abschirmung der Hochfrequenz (Einhaltung der EMV) sowie zur Halterung der Anordnung besteht die Umhüllende in der Regel aus einem metallischen Gehäuse. Das in der Luftspule erzeugte elektromagnetische Feld erzeugt in dem metallischen Gehäuse Wirbelströme, die zum einen zu einer unerwünschten induktiven Erwärmung des Metalls führen und zum anderen als Verlustleistung vom HF-Generator aufzubringen sind (Effizienzniedrigung).

**[0011]** Zur Vermeidung dieses Effektes wird in dem

erfindungsgemäßen Plasmawerkzeug eine Spule mit einem für die Hochfrequenz geeigneten, geschlossenen Ferritkern verwendet, der ein Heraustreten des von der Spule erzeugten Magnetfeldes verhindert.

**[0012]** Gegenstand der Patentanmeldung ist eine Vorrichtung zur Erzeugung eines kalten, HF-angeregten Plasmas unter Atmosphärendruckbedingungen, umfassend einen Hohlkörper für die Zuführung eines Prozessgases, einen Reihenresonanzkreis zur Erzeugung der benötigten Hochspannung und einen HF-Generator, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Miniaturisierung und Integration der dafür erforderlichen elektronischen Baugruppen (HF-Generator mit Leistungstreiber, Leistungsschalter, HF-Resonanzspule und HF-Filter) und einer, gegebenenfalls auch als Wechseldüse mit verschiedenen Elektrodenanordnungen gestalteten, Plasmadüse in einem handlichen, metallischen Gehäuse die Einhaltung der Richtlinien der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) gewährleistet werden kann sowie ein mobiler Einsatz des Gerätes ermöglicht wird.

**[0013]** Die Erfindung soll nachfolgend anhand der [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) näher erläutert werden, ohne die Erfindung auf diese Beispiele zu beschränken.

#### Ausführungsbeispiele:

**[0014]** Mit den nachfolgend in [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) dargestellten Zeichnungen wird die Erfindung detailliert erläutert. Für die Kennzeichnung der einzelnen Elemente des Aufbaus der Vorrichtungen werden folgende Bezugszeichen verwendet:

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Plasma
<b>2</b>	Elektrode (geerdetes Gehäuse)
<b>3</b>	Hochspannungs-Elektrode
<b>4</b>	Isolierkörper/Gasdüse
<b>5</b>	HF-Resonanzspule
<b>6</b>	Prozessgas
<b>7</b>	Gehäuse (Metall)
<b>8</b>	HF-Generator/Leiterplatte
<b>9</b>	dc-Spannungsanschluss
<b>10</b>	Steckkontakt

**[0015]** [Fig. 1](#) zeigt beispielhaft den prinzipiellen Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung eines Plasma-Handgerätes mit integriertem HF-Generator und Reihenresonanzkreis. In einem Metallgehäuse (7), das im Bereich des austretenden Plasmas (1) als geerdete Elektrode (2) wirkt, sind eine Leiterplatte (8) mit EMV-gerechtem Platinenlayout, eine HF-Resonanzspule (5) mit einem, für die Hochfrequenz geeigneten, geschlossenen Ferritkern, ein als Gasdüse fungierender Isolierkörper (4) sowie eine in dem Isolierkörper (4) gehaltene Hochspannungs-Elektrode (3) in der Weise angeordnet, dass sie vom Prozess-

gas (6) um- bzw. durchströmt werden. Damit wird erreicht, dass das strömende Prozessgas (6) eine Kühlung der Elektronik (8) und der Spule (5) bewirkt. Die Leiterplatte (8) ist dabei im Interesse einer Miniaturisierung sowie eines EMV-gerechten Layouts vorzugsweise mit SMD-Bauteilen bestückt. Das Blockschaltbild der elektronischen Schaltung ist in [Fig. 2](#) dargestellt. Die mit der Leiterplatte (8) realisierte elektronische Schaltung besteht im Wesentlichen aus einem HF-Generator mit einem Leistungstreiber zur Erzeugung einer geeigneten HF-Spannung mit einer Frequenz von circa 1 MHz und einem Leistungsschalter. Zusätzlich werden zwei HF-Filter verwendet, um elektromagnetische Störabstrahlungen nach außen über die Zuleitungen zur außerhalb des Plasma-Handgerätes angeordneten DC-Spannungsversorgung zu vermeiden.

**[0016]** Das in [Fig. 1](#) dargestellte Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist in erster Linie zur Erzeugung eines einzelnen Plasmastrahls mit relativ geringem Durchmesser vorgesehen und ist in dieser Ausführungsform mit einer aus Isoliermaterial aufgebauten Gasdüse (4) vor allem für den Betrieb mit Edelgasen als Prozessgas geeignet. Wie in [Fig. 3](#) dargestellt, kann dabei die mit isolierter geerdeter Elektrode arbeitende Plasmadüse mit verschiedenen Hochspannungs-Elektroden ausgerüstet werden. Neben dem originalen Aufbau mit einer einzelnen nadelförmigen Elektrode ([Fig. 3a](#)) ist es zur Verbreiterung des wirksamen Plasmas möglich, entweder eine Anordnung mit mehreren nadelförmigen Elektroden ([Fig. 3b](#): Frontansicht, [Fig. 3c](#): Seitenansicht) oder eine messerförmige Elektrode ([Fig. 3d](#): Frontansicht, [Fig. 3e](#): Seitenansicht) zu verwenden.

**[0017]** Im Fall des Betriebes mit Molekülgasen (z. B. Luft bzw.  $N_2$ ) als Prozessgas werden Plasmadüsen verwendet, bei denen die geerdete Elektrode nicht gegenüber dem Gasraum isoliert ist. Beispiele für Ausführungsformen dieser Art von Plasmadüsen sind in [Fig. 4](#) dargestellt ([Fig. 4a](#): Düse mit einer einzelnen nadelförmigen Elektrode, [Fig. 4b](#): Frontansicht einer Düse mit mehreren nadelförmigen Elektroden, [Fig. 4c](#): Seitenansicht einer Düse mit mehreren nadelförmigen Elektroden, [Fig. 4d](#): Frontansicht einer Düse mit einer messerförmigen Elektrode, [Fig. 4e](#): Seitenansicht einer Düse mit einer messerförmigen Elektrode). Die verschiedenen Düsen sind dabei derart gestaltet, dass sie auswechselbar sind und die Hochspannungs-Elektroden jeweils über einen Steckkontakt (10) mit der HF-Resonanzspule (5) verbunden werden.

**ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 3733492 A1 [0003]
- DE 19532412 C2 [0003]
- US 6194036 B1 [0003]
- US 6262523 B1 [0003]
- US 4781175 A [0003]
- US 4060088 A [0003]
- DE 19513338 A1 [0003]
- DE 102006019664 A1 [0004, 0010]

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- Ohl A., Schröder K.: Plasma assisted surface modification of biointerfaces. In: Hippler R., Kersten H., Schmidt M., Schoenbach K. H. (ed.). Low Temperature Plasmas, Vol. 2. 803–820. Wiley-VCH, Weinheim 2008 [0003]
- R. Brandenburg et al.: Contrib. Plasma Phys. 2007, 47, (1–2), 72–79 [0003]
- I. E. Kieft et al.: IEEE Transactions on Plasma Science 2005, 33, (2), 771–775 [0003]

**Patentansprüche**

1. Vorrichtung für die Erzeugung eines kalten Plasmastrahls, umfassend ein im Bereich des austretenden Plasmas (1) als geerdete Elektrode (2) fungierendes Metallgehäuse (7), in dem ein HF-Generator (8), eine HF-Resonanzspule (5) mit einem, für die Hochfrequenz geeigneten geschlossenen Ferritkern, ein als Gasdüse fungierender Isolierkörper (4) sowie eine in dem Isolierkörper (4) gehaltene Hochspannungs-Elektrode (3) in der Weise angeordnet, dass sie vom Prozessgas (6) um- bzw. durchströmt werden.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der HF-Generator (8) in eine Leiterplatte (8) mit EMV-gerechtem Platinenlayout integriert ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterplatte (8) mit SMD-Bauteilen oder anderen Miniaturlösungen wie MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) bestückt ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterplatte (8) einen Leistungstreiber zur Erzeugung einer geeigneten HF-Spannung mit einer Frequenz von circa 1 MHz und einen Leistungsschalter umfasst.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie HF-Filter besitzt, um elektromagnetische Störabstrahlungen nach außen über die Zuleitungen zur außerhalb des Plasma-Handgerätes angeordneten DC-Spannungsversorgung (9) zu vermeiden.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Prozessgas Edelgase, Luft, Sauerstoff oder Stickstoff oder beliebige Gemische aus Kombinationen der genannten Gase dienen.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochspannungs-Elektrode (3) eine einzelne nadelförmigen Elektrode oder eine messerförmige Elektrode ist oder mehrere nadelförmigen Elektroden als Hochspannungs-Elektrode (3) dienen.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasdüsen auswechselbar sind und die Hochspannungs-Elektroden (3) jeweils über einen Steckkontakt (10) mit der HF-Resonanzspule (5) verbunden sind.

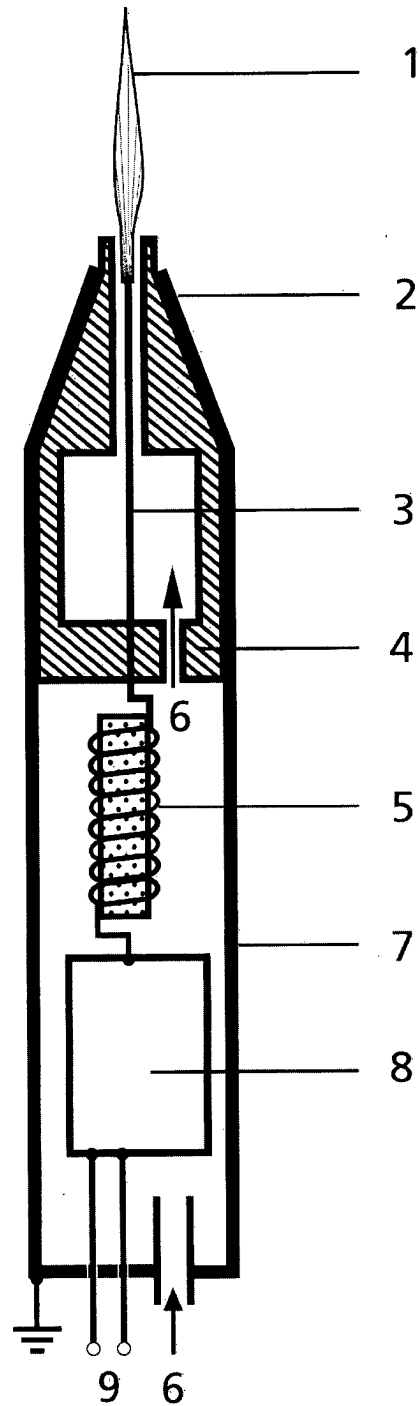
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Fall des Betriebes mit Molekülgasen (z. B. Luft bzw. Stickstoff) als Prozessgas die geerdete Elektrode (2) nicht gegenüber dem Gasraum isoliert ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um ein Handgerät mit zusätzlichem Batteriebetrieb handelt.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1



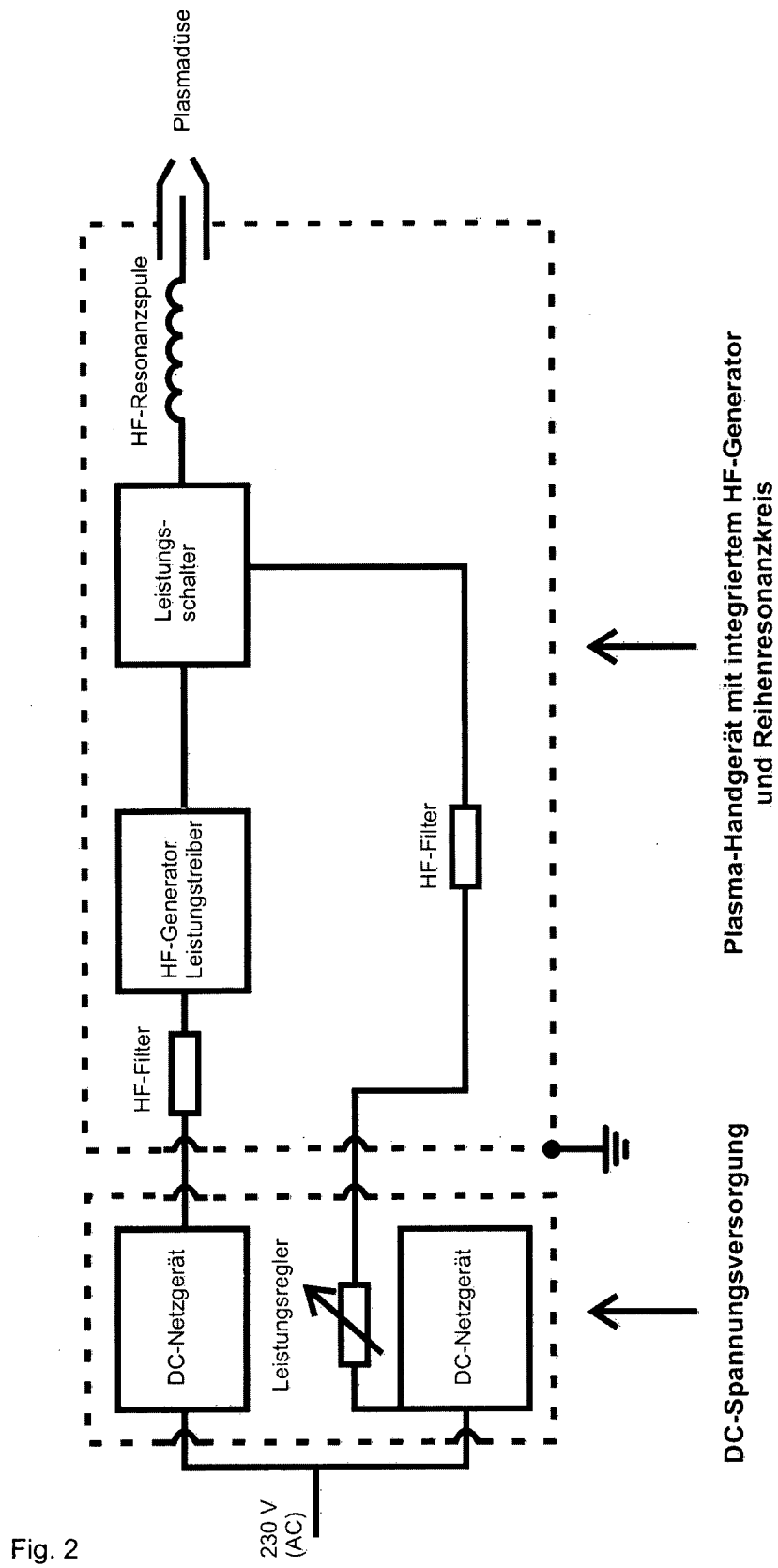




Fig. 3

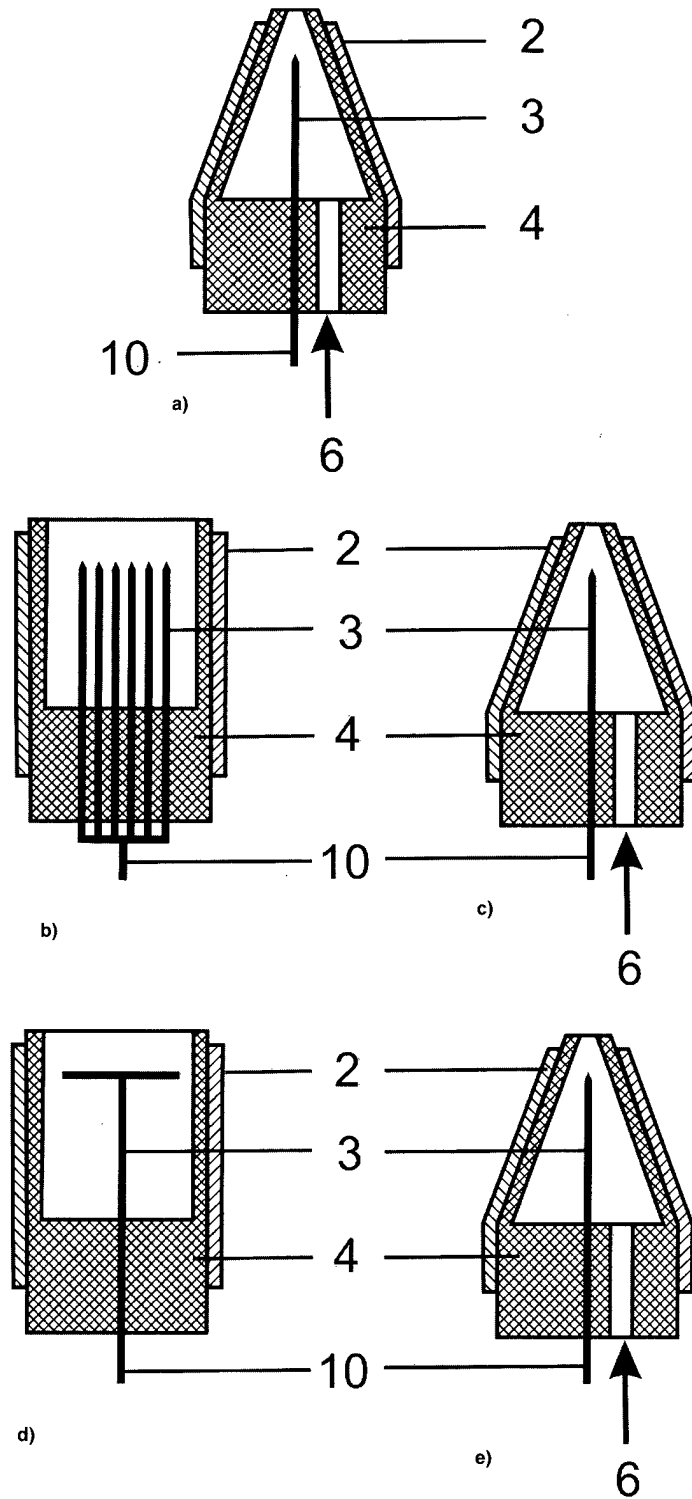


Fig. 4

