



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
08.12.1999 Patentblatt 1999/49

(51) Int Cl. 6: H05H 1/36

(21) Anmeldenummer: 99890141.7

(22) Anmeldetag: 30.04.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: Schwankhart, Gerhard, Dipl.-Ing.  
4800 Attnang-Puchheim (AT)

(74) Vertreter: Kliment, Peter  
Patentanwalt  
Dipl.-Ing. Mag.jur. Peter Kliment  
Singerstrasse 8/3/8  
1010 Vienna (AT)

(30) Priorität: 04.05.1998 AT 28598 U

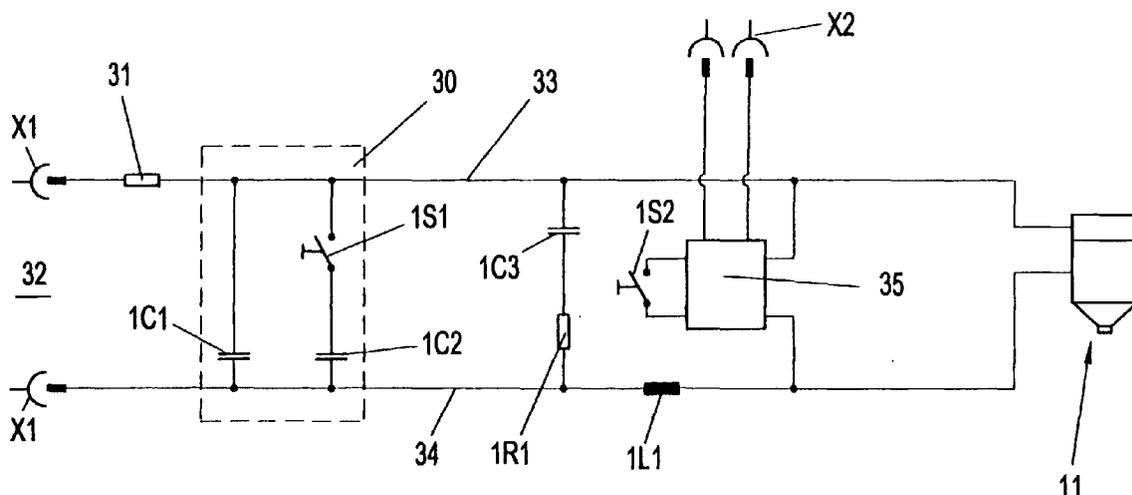
(71) Anmelder: Inocon Technologie Gesellschaft  
m.b.H  
4800 Attnang-Puchheim (AT)

(54) **Verfahren und Einrichtung zum Erzeugen von Plasma**

(57) Verfahren zur Erzeugung von Plasma mit schwankender Leistung, bei dem ein Lichtbogen zwischen einer Anode und einer Kathode gezündet und mit diesem Dämpfe oder Gase ionisiert werden. Um Plasma für eine Vielzahl von Anwendungsfällen einsetzen

zu können, ist vorgesehen, daß der Lichtbogen mit Spannungsimpulsen betrieben wird, wobei in den Pausen zwischen diesen Spannungsimpulsen die an der Strecke Anode-Kathode anliegende Spannung unter die Brennspannung des Lichtbogens abgesenkt wird, sodaß der Lichtbogen in diesen Pausen erlischt.

FIG. 3



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1.

[0002] Bei einem bekannten Verfahren der eingangs erwähnten Art wird im wesentlichen kontinuierlich ein Plasmagas durch eine Kammer geblasen, in der sich die Strecke Anode-Kathode befindet. Dabei wird durch eine entsprechende Steuerung der Spannungsversorgung der Anode-Kathode-Strecke ein schwankender Stromfluß über die Lichtbogenstrecke sichergestellt. Üblicherweise schwankt der Strom dabei mit einer Frequenz von 1 bis 10Hz, wobei der Strom maximale Strom meist das 7 bis 15-fache des minimalen Stromes beträgt.

[0003] Die Spannungsversorgung ist dabei in der Regel durch einen Transformator mit nachgeschaltetem Gleichrichter gebildet. Außerdem wird bei den bekannten Verfahren die Strecke Anode-Kathode mit einer der Brennschaltung des Lichtbogens entsprechenden Spannung beaufschlagt, wobei zum Zünden des Lichtbogens ein separater Zündimpuls vorgesehen ist.

[0004] Wesentlich bei dem bekannten Verfahren ist es, daß der Lichtbogen ständig brennt, wenngleich seine Leistung schwankt.

[0005] Für verschiedene Anwendungen ist dieses Verfahren aufgrund der ständige Energieabgabe problematisch.

[0006] So gibt ein Plasma in erheblichem Ausmaß UV-Strahlung ab, die z.B. für die Sterilisation von Gegenständen verwendet werden könnte. Allerdings stellt dabei die gleichzeitig erfolgende Abstrahlung einer erheblichen Wärmemenge ein Problem dar.

[0007] Ziel der Erfindung ist es diese Nachteile zu vermeiden und ein Verfahren der eingangs erwähnten Art vorzuschlagen, das es ermöglicht Plasma so zu erzeugen, daß es für verschiedenste Anwendungen verwendet werden kann.

[0008] Erfindungsgemäß wird dies bei einem Verfahren der eingangs erwähnten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1 erreicht.

[0009] Durch die vorgeschlagenen Maßnahmen ergibt sich der Vorteil, daß Plasmaimpulse von nur sehr kurzer Dauer erzeugt werden können. Solche Plasmaimpulse, die zwar eine sehr hohe Temperatur aufweisen werden auch von relativ empfindlichen Materialien aufgrund ihrer kurzen Dauer ohne Schäden anzurichten vertragen, da eben die über eine längere Zeit in das zu behandelnde Material eingebrachte Energie unter einer schädlichen Grenze gehalten werden kann.

[0010] Grundsätzlich ist es nicht unbedingt erforderlich ein Gas in die Strecke Anode-Kathode einzubringen. So bildet sich aufgrund der Temperatur des Lichtbogens von der Oberfläche der Anode bzw. Kathode austretende Metalldämpfe, die durch den Lichtbogen ionisiert werden und ein Plasma bilden, das aus einer Ausströmöffnung einer die Anode und die Kathode aufnehmenden Kammer ausströmt.

[0011] Durch die Merkmale des Anspruches 2 kann das erfindungsgemäße Verfahren mit sehr einfach gestalteten Einrichtungen durchgeführt werden.

[0012] Durch die Merkmale des Anspruches 3 und 4 läßt sich die vom erfindungsgemäß erzeugten Plasma in ein damit beaufschlagtes Werkstück eingebrachte Energie auf niedrigem Niveau halten, so daß auch empfindliche Werkstücke mit einem solchen Plasma, dessen einzelnen Impulse eine hohe Energiedichte aufweisen, bearbeitet werden kann.

[0013] Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es eine Einrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 5 vorzuschlagen, das sich für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eignet und sich durch einen einfachen Aufbau auszeichnet.

[0014] Erfindungsgemäß wird dies durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 5 erreicht.

[0015] Durch die vorgeschlagenen Maßnahmen ergibt sich ein sehr einfacher Aufbau, wobei die Impulszeiten durch entsprechende Dimensionierung der Kondensatoren und des Widerstandes des die Anoden-Kathoden-Strecke enthaltenden Kreises, aber auch des Ladekreises zur Festlegung der entsprechenden Zeitkonstanten sehr einfach festgelegt werden können.

[0016] Da es bei der Zündung des Lichtbogens zu einer sehr raschen Erwärmung des im Inneren der Kammer befindlichen Mediums kommt, dehnt sich dieses sehr rasch aus und strömt über die Ausströmöffnung mit hoher kinetischer Energie nach außen ab. In der nachfolgenden Impulspause kann aus der Umgebung Luft in die sich abkühlende Kammer einströmen, sodaß diese praktisch selbstansaugend betrieben werden kann und kein die Kammer ständig durchströmender Gasdurchfluß erzwungen werden muß.

[0017] Da die einzelnen Plasmaimpulse mit hoher Geschwindigkeit austreten, kommt es bei deren Austritt zu keiner Vermischung mit der umgebenden Atmosphäre und damit zu keiner Aufweitung des Plasmastrahles. In diesem Zusammenhang hat sich bei Versuchen, ein Kugelblitz ähnliches Verhalten der erzeugten Plasmaimpulse gezeigt. Dadurch ist auch eine sehr hohe Energiedichte auf dem zu behandelnden Werkstück sichergestellt.

[0018] Die Merkmale des Anspruches 6 ermöglichen eine sehr genaue Festlegung der Zündung des Lichtbogens, wobei jedoch sichergestellt ist, daß das Ende des Spannungsimpulses bzw. der Brenndauer des Lichtbogens durch die Entladung der Kondensatorbatterie auf ein unter der Brennschaltung des Lichtbogens liegende Spannung bestimmt ist. Damit ist auch im Falle der Zündung des Lichtbogens mittels einer separaten Zündspannungsquelle sichergestellt, daß zwischen den einzelnen Impulsen der Lichtbogen erlischt und kein Ruhestrom über die Anoden-Kathoden-Strecke fließt.

[0019] Die Maßnahmen gemäß dem Anspruch 6 ermöglichen es auch, die Zündung des Lichtbogens noch vor Erreichen der Überschlagsspannung der Anoden-Kathoden-Strecke auszulösen, wodurch sich die Brenn-

zeit des Lichtbogens und damit die Brennzeit des Plasmaimpulse extrem kurz halten läßt, ohne daß ein besonders hoher Aufwand zu einer besonders niederohmigen Ausbildung des Entladekreises der Kondensatorbatterie getrieben werden muß.

**[0020]** Grundsätzlich ist es auch möglich statt der Kondensatorbatterie als Spannungsversorgung für den Plasmabrenner auch ein technisches Wechselstromnetz oder eine hochfrequenten Wechselstrom liefernde Spannungsquelle in Verbindung mit einer Phasenanschnittsteuerung zu verwenden. Dabei muß bei aus unterschiedlichen Materialien hergestellten Elektroden sichergestellt sein, daß lediglich gleich polarisierte Halbwellen teilweise durchgeschaltet werden, sodaß sich an den unterschiedlichen Elektroden stets Spannungsimpulse mit jeweils gleicher Polarität angelegt werden und sich im wesentlichen gleiche Verhältnisse wie bei einer Versorgung des Plasmabrenners mit Gleichspannungsimpulsen, z.B. aus einer Kondensatorbatterie, ergeben.

**[0021]** Bei aus gleichen Materialien hergestellten Elektroden können an jeder der beiden Elektroden Impulse mit unterschiedlicher Polarität angelegt werden.

**[0022]** Da bei Plasmabrennern aus Gründen einer längeren Lebensdauer in der Regel aus unterschiedlichen Materialien hergestellte Elektroden mit stets gleicher Polarität beaufschlagt werden, wird in der Beschreibung und den Ansprüchen allgemein von Anode und Kathode gesprochen.

**[0023]** Um die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehenen kurzen Impulse sicherzustellen, wird es in der Regel zweckmäßig sein, eine Durchschaltung mittels der Phasenanschnittsteuerung erst im abfallenden Zweig der entsprechenden Halbwelle vorzusehen, wobei dies auch von der Starrheit der versorgenden Spannungsquelle abhängt. Dabei kann auch vorgesehen sein, die Phasenanschnittsteuerung nach jedem Durchschalten für eine bestimmte Anzahl von Perioden zu sperren, um die Wiederholfrequenz der Plasmaimpulse auf ein gewünschtes Maß herabzusetzen.

**[0024]** Durch die Merkmale des Anspruches 7 ergibt sich der Vorteil, daß die einzelnen Plasmaimpulse mit sehr hoher Geschwindigkeit aus der Ausströmöffnung der Kammer austreten und mit sehr hoher kinetischer Energie auf das zu behandelnde Werkstück auftreffen. Bei Versuchsanordnungen konnten dabei Austrittsgeschwindigkeiten von 1000 bis 2000m/sec ermittelt werden. Dadurch wird es auch möglich sehr kleine Bohrungen in dünnen Blechen oder auch Schweißpunkte herzustellen.

**[0025]** Erfindungsgemäß ist auch die Verwendung eines erfindungsgemäß hergestellten Plasmas zum Sterilisieren von Gegenständen, insbesondere von Innenräumen von hohlen Gegenständen oder Leitungen vorgesehen.

**[0026]** Dabei werden allfällige Bakterien oder Viren durch die hohe Temperatur der einzelnen Plasmaimpulse, welche ca. 20 000 bis 50 000°C beträgt trotz der nur sehr kurzen Einwirkdauer sicher und rasch abgetötet

und durch die kinetische Energie der Plasmaimpulse auch gleichzeitig von der Oberfläche des zu sterilisierenden Gegenstandes entfernt, sodaß keine "Bakterienleichen" zurückbleiben.

5 **[0027]** Durch die erfindungsgemäß vorgesehenen fortlaufende Erzeugung sehr kurzer Plasmaimpulse lassen sich diese auch für chirurgische und zahnärztliche Zwecke, z.B. statt Laserskalpelle, verwenden.

10 **[0028]** In beiden Fällen kommen Plasmabrenner mit relativ kleiner Leistung zum Einsatz, die z.B. Leistungen von 0,5kW bis 10kW aufweisen.

15 **[0029]** Weiters läßt sich das erfindungsgemäß erzeugte Plasma auch sehr gut für Punktschweißungen oder der Herstellung von aus Schweißpunkten hergestellten Nähten verwenden.

20 **[0030]** Dabei ergibt sich bei einer Erzeugung der Plasmaimpulse mit einer Frequenz von ca. 7Hz ein einem Fließplasma ähnliches Verhalten, jedoch ohne, daß es aufgrund der Vermischung der Randzonen des Plasmastrahles mit der umgebenden Atmosphäre zu einem nennenswerten Abzug von Energie aus dem Plasmastrahl kommt. Was zu einer unerwünschten Aufheizung der Umgebung und einer unerwünschten Erwärmung des Werkstückes außerhalb des eigentlichen Bearbeitungsbereiches kommt.

25 **[0031]** Dadurch wird für eine Schweißung mit einem erfindungsgemäß hergestellten Plasma auch erheblich weniger Energie benötigt als mit dem bisher üblichen Fließplasma. Außerdem ergibt sich insgesamt eine geringere Erwärmung des Werkstückes und damit auch geringere thermische Spannungen und Deformationen des Werkstückes. Außerdem erfolgt auch die Erstarrung der einzelnen Schweißpunkte aufgrund der sehr kleinen Schmelzbadvolumina rascher als bei einer Schweißung mit Fließplasma. Dies ermöglicht es auch in jeder Schweißlage, d.h. auch in Überkopflage, eine gute Schweißqualität zu erzielen.

30 **[0032]** Selbstverständlich müssen die zur Erzeugung des Plasmaimpulses erforderlichen Plasmabrenner eine entsprechende Leistung aufweisen, z.B. 20kW bis 150kW oder mehr, je nach den zu verschweißenden Teilen. Dabei kann eine Punktschweißung von Feinblechen mit lediglich einem Plasmaimpuls von nur kurzer Dauer von z.B.  $10^{-3}$  bis  $10^{-5}$ sec hergestellt werden.

35 **[0033]** Die Erfindung wird nun anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 schematisch einen Schnitt durch einen Halter mit einem eingesetzten Plasmaerzeuger,

40 Fig. 2 schematisch einen Schnitt im vergrößertem Maßstab durch den Plasmaerzeuger nach der Fig. 1,

Fig. 3 schematisch die elektrische Schaltung einer erfindungsgemäßen Einrichtung.

55 **[0034]** Bei der Ausführungsform nach den Fig. 1 und 2 ist ein aus einem elektrisch isolierendem Material, wie z.B. Keramik hergestellter im wesentlichen hohlzylindri-

scher Halter 1 vorgesehen, in dessen einem Endbereich ein ebenfalls aus einem Isoliermaterial hergestellter Einsatz 2 eingepreßt ist.

**[0035]** Dieser Einsatz 2 ist von einem zentralen, eine Gaszuführleitung 3 bildenden Rohr durchsetzt, das an der Stirnseite des über die Stirnseite des Halters 1 vorragenden Einsatzes 2 endet. Weiters weist der Einsatz 2 noch zwei in einer Diametralebene liegende Bohrungen 4, in denen als Widerlager dienende Einpreßteile 7 gehalten sind, die ihrerseits von den Seelen 5 von Anschlußleitungen 6 mit Spiel durchsetzt sind.

**[0036]** Diese Anschlußleitungen 6 sind mit einer in der Fig. 3 dargestellte Spannungsversorgung verbunden, die in einer vorgegebenen Frequenz Spannungsimpulse liefert.

**[0037]** An diesen Einpreßteilen 7 stützen sich Druckfedern 8 ab, die Kontaktstifte 9, die mit den Seelen 5 verlötet sind, nach außen drängen. Dabei sind die Kontaktstifte 9 an ihrem freien Ende mit einem stirnseitigen Ansatz 10 versehen, der mit einer Kontaktfläche eines Plasmaerzeugers 11 zusammenwirkt, der in einer an der Stirnseite des Halters 1 angeordneten Befestigungseinrichtung 12 gehalten ist, die als ein aus einem elektrisch isolierenden Material hergestellter Bügel ausgebildet ist, in den der Plasmaerzeuger 11 von oben her eingesetzt ist.

**[0038]** Dieser Plasmaerzeuger 11 weist einen Verbindungsteil 13 aus einem elektrisch isolierenden Material, z.B. Keramik auf, der in seinem unteren Bereich sich kegelförmig verjüngend ausgebildet ist und an seiner unteren Stirnseite eine Öffnung 14 aufweist.

**[0039]** Diese Öffnung 14 ist von einer ringförmigen Anode 15 durchsetzt, die in üblicher Weise aus einem elektrisch leitenden und thermisch hoch belastbaren Material hergestell ist und in ihrem Mündungsbereich eine Düsenöffnung 16 aufweist.

**[0040]** Die Anode 15 weist einen sich nach oben zu konisch erweiternden Bereich auf, der innen an dem Verbindungsteil 13 anliegt und der in einen zylindrischen Bereich übergeht.

**[0041]** An der oberen Stirnseite der Anode 15 liegt ein Zwischenteil 17 an, der ringförmig ausgebildet und aus einem elektrisch isolierenden Material, z.B. Keramik, hergestell ist.

**[0042]** An der oberen Stirnseite des Zwischenteiles 17 liegt ein aus einem elektrisch gut leitenden Material, z.B. Kupfer, hergestellter Halteteil 18 an, in dem eine Kathode 19 eingepreßt ist, die aus einem elektrisch leitenden und thermisch hoch belastbaren Material, wie z. B. Wolfram-Ceroxid-Legierung hergestell ist und in ihrem der Düsenöffnung 16 der Anode 15 nahen Endbereich konisch ausgebildet ist.

**[0043]** Die Anode 15, wie auch der Halteteil 18 sind zur Festlegung der gegenseitigen Lage der Kathode 10 und der Düsenöffnung 16 der Anode zweckmäßigerweise in den Verbindungsteil 13 eingepaßt.

**[0044]** Die Anode 15, der Zwischenteil 17 und der Halteteil 18 mit der eingepreßten Kathode 19 bilden dabei

gemeinsam mit dem Verbindungsteil 13 einen Modul des Gerätes, der leicht in den Halter eingebaut und aus diesem wieder entfernt werden kann.

**[0045]** Auf der oberen Stirnseite es Halteteiles 18 liegt ein aus einem Isoliermaterial hergestellter Druckteil 20 an, der eine die Kathode 19 mit Spiel aufnehmende Bohrung 21 aufweist und über die Stirnseite des Verbindungsteiles 13 vorragt.

**[0046]** Dieser Druckteil 20 wirkt mit einem Deckel 22 zusammen der auf ein im der oberen Stirnseite des Verbindungsteiles 13 nahen Bereich angeordneten Außengewindes 23 aufgeschraubt ist.

**[0047]** Der Verbindungsteil 13 ist mit drei entlang einer Mantellinie angeordneten radialen Bohrungen 24, 25 versehen, von denen die Bohrungen 24 den Durchtritt der Ansätze 10 der Kontaktstifte 9 ermöglichen und im Bereich des Halteteiles 18, bzw. der Anode 15 liegen. Die Bohrung 25 ist im Bereich des Zwischenteiles 17 angeordnet und fluchtet mit einem radial verlaufenden Einlaß 26 des Zwischenteiles der zu einer durch die Innenwand des Zwischenteiles 17 begrenzten Kammer 27 führt, die von der Kathode 19 durchsetzt ist.

**[0048]** Dabei fluchtet die Bohrung 25 bei in den Halter 1 eingesetztem Plasmaerzeuger, der als Modul aufgebaut ist, auch mit der im Halter 1 vorgesehenen Gaszuführleitung 3.

**[0049]** Zum Einbau des als Modul aufgebauten Plasmaerzeugers 11 genügt es die Anschlußleitungen 6, deren Isoliermäntel 28 mit Spiel in den Bohrungen 4 des Einsatzes 2 des Halters 1 geführt sind, zurückzuziehen und den Plasmaerzeuger 11 von oben in den Bügel 12 einzusetzen. Danach können die Anschlußleitungen 6 losgelassen werden und die Kontaktstifte 9 rasten in die Bohrungen 24 des Verbindungsteiles 13 ein und sichern die Lage des Plasmaerzeugers 11 im Halter 1. Gleichzeitig werden sich mit ihren Stirnflächen mittels der Federn 8 an den Halteteil 8, bzw. die Anode 15 angepreßt und so ein guter elektrischer Kontakt hergestell.

**[0050]** Beim Betrieb des Plasmaerzeugers 11 kann über die Gaszuführleitung 3 ein Gas, z.B. Helium, CO<sub>2</sub> u.a., in die Kammer 27, die u.a. auch von der eine Düsenöffnung 16 bestimmenden Anode 15 begrenzt ist, eingeleitet, das die Kathode 19 umspült und diese im Betrieb gleichzeitig kühlt.

**[0051]** Wird nun ein Spannungsimpuls, dessen Spannung über der Überschlagsspannung der Strecke Anode 15 - Kathode 19 liegt, so bildet sich ein Lichtbogen aus, der ein Plasma erzeugt, das aus der Düsenöffnung 16 austritt und z.B. zum Herstellen einer Schweißnaht oder zum Schneiden von Materialien verwendet werden kann. Sinkt die an der Kathode 19 und der Anode 15 anliegende Spannung unter die Brennspannung des Lichtbogens ab, so erlischt dieser und der Stromfluß über die Anoden-Kathoden-Strecke wird unterbrochen.

**[0052]** Grundsätzlich ist jedoch zu bemerken, daß eine Einleitung von Gas in die Kammer 27 nicht unbedingt erforderlich ist und diese auch keine Bohrung 25 aufweisen muß. In einem solchen Fall saugt die Kammer

27 nach dem Ausstoßen eines Plasmaimpulses nach dem Verlöschen des Lichtbogens aus der Umgebung Luft an. Beim nachfolgenden Zünden eines neuen Lichtbogens aufgrund des Anlegens eines weiteren Spannungsimpulses wird die Luft durch den Lichtbogen ionisiert und rasch erwärmt. Wodurch sie sich entsprechend rasch ausdehnt und mit hoher Geschwindigkeit aus der Düsenöffnung 16 ausströmt.

[0053] Eine Spannungsversorgung für einen Plasmaerzeuger nach den Fig. 1 und 2 ist in der Fig. 3 dargestellt.

[0054] Dabei ist eine Kondensatorbatterie 30 über einen Ladewiderstand 31 mit den Anschlüssen X1 einer regelbaren Gleichspannungsquelle 32 verbunden. Die Kondensatorbatterie 30 weist einen fest angeschlossenen Kondensator 1C1 und einen über einen Schalter 1S1 zu diesem parallel zuschaltbaren Kondensator 1C2 auf, wobei es sich in beiden Fällen auch um Gruppen von Kondensatoren handeln kann.

[0055] Diese Kondensatorbatterie 30 ist über Anschlußleitungen 33 34 mit dem Plasmaerzeuger 11, bzw. dessen in der Fig. 3 nicht dargestellten Kathode und Anode verbunden.

[0056] Parallel zur Kondensatorbatterie 30 ist ein R/C-Glied geschaltet, das durch einen Kondensator 1C3 und einen Widerstand 1R1 gebildet ist. Dieses R/C-Glied bildet in Verbindung mit der in der Anschlußleitung 34 geschalteten Drossel 1L1 einen HF-Sperrkreis, der zum Schutz der Kondensatorbatterie 30 vor HF-Signalen vorgesehen ist.

[0057] Weiters sind noch die Ausgänge eines Zündgerätes 35 an die Anschlußleitungen 33, 34 angeschlossen. Dieses Zündgerät 35 ist eingangsseitig mit einer Wechselspannungsquelle X2 verbunden und mit einem Triggerschalter 1S2 versehen, durch dessen Betätigung ein Zündimpuls auslösbar ist.

[0058] Beim Betrieb kommt es zur Aufladung der Kondensatorbatterie 30 entsprechend der eingestellten Spannung der Gleichspannungsquelle 32, die z.B. zwischen 50V und 300V einstellbar ist, und der durch die Leitungswiderstände und den Ladewiderstand mitbestimmten Zeitkonstante.

[0059] Erreicht die Kondensatorbatterie eine Spannung, die der Überschlagnspannung der Anoden-Kathoden-Strecke 15, 19 des Plasmaerzeugers 11 entspricht, so kommt es zum Zünden eines Lichtbogens zwischen Anode 15 und Kathode 19 (Fig. 2) und damit zur Bildung von Plasma in der Kammer 27 des Plasmaerzeugers 11.

[0060] Gleichzeitig entlädt sich die Kondensatorbatterie 30 entsprechend der durch deren Kapazität und den Leitungswiderständen und dem Widerstand des Lichtbogens gegebenen Zeitkonstante. Sinkt durch diese Entladung die Spannung der Kondensatorbatterie 30 unter die Brennspannung des Lichtbogens ab, so erlischt dieser und die Kondensatorbatterie 30 lädt sich wieder auf, wodurch sich der beschriebene Vorgang wiederholt und sich eine Frequenz ergibt, die durch La-

de- und Entlade-Zeitkonstanten bestimmt ist. Dabei ist der Betrieb des Zündgerätes nicht erforderlich.

[0061] Für bestimmte Anwendungen kann es erwünscht sein. Den Zündzeitpunkt des Lichtbogens genau zu bestimmen oder einen solchen vor Erreichung der Überschlagnspannung der Anoden-Kathoden-Strecke auszulösen.

[0062] In diesem Fall wird durch Betätigung des Triggerschalters 1S2 ein Zündimpuls ausgelöst, der zur Zündung eines Lichtbogens zwischen der Anode 15 und der Kathode 19 des Plasmaerzeugers 11 führt, ohne daß die Kondensatorbatterie eine der Überschlagnspannung dieser Strecke entsprechende Spannung erreicht hat. Auf diese Weise kann auch das Tastverhältnis, das z.B. zwischen 1:10 und 1:100 und darüber hinaus gewählt werden kann, entsprechend verändert werden und das Verhältnis zwischen der Brenndauer des Lichtbogens und dessen Brennpause während eines Zyklusses im Sinne einer Verlängerung der Brennpause verändert werden, da die Energie der hochfrequenten Zündimpulse des Zündgerätes zwar zum Zünden des Lichtbogens, nicht aber zu dessen Aufrechterhaltung ausreicht, wenn die Spannung der Kondensatorbatterie unter der Brennspannung des Lichtbogens abgesunken ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Plasma mit schwankender Leistung, bei dem ein Lichtbogen zwischen einer Anode und einer Kathode gezündet und mit diesem Dämpfe oder Gase ionisiert werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Lichtbogen mit Spannungsimpulsen betrieben wird, wobei in den Pausen zwischen diesen Spannungsimpulsen die an der Strecke Anode-Kathode anliegende Spannung unter die Brennspannung des Lichtbogens abgesenkt wird, sodaß der Lichtbogen in diesen Pausen erlischt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Spannungsimpulse die Überschlagnspannung der Strecke Anode-Kathode übersteigen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dauer der Spannungsimpulse  $10^{-5}$  bis  $10^{-3}$ sec, vorzugsweise  $10^{-5}$  bis  $10^{-4}$ sec, beträgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dauer der Pausen zwischen den Spannungsimpulsen die 10- bis 100-fache Dauer der Spannungsimpulse beträgt.
5. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der ein Plasma-

erzeuger (11) vorgesehen ist, der eine mit einer Ausströmöffnung (16) versehene Kammer (27) aufweist, in der eine Anode (15) und eine Kathode (19) angeordnet sind, die mit einer Spannungsversorgung verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Spannungsversorgung durch eine Kondensatorbatterie (30) gebildet ist, die mit einer Ladeschaltung (31, 32) verbunden ist und ausgangseitig mit der Anode (15) und Kathode (19) des Plasmaerzeugers (11) verbunden ist.

- 5  
10
6. Einrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß an die Anode (15) und Kathode (19) zusätzlich ein separates, vorzugsweise HF-Signale lieferndes, Zündgerät (35) angeschlossen ist, wobei die von der Kondensatorbatterie (30) gelieferte maximale Spannung kleiner als die Überschlagnspannung der Anoden-Kathoden-Strecke (15, 19) ist.
- 15  
20
7. Einrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Durchmesser der Ausströmöffnung (16) des Plasmaerzeugers (11) 10µm bis 100µm beträgt.
- 25
8. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zum Sterilisieren von Gegenständen, insbesondere von Innenräumen von hohlen Gegenständen oder Leitungen.
- 30
9. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 für chirurgische oder zahnärztliche Zwecke.
- 35
10. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zum Punktschweißen.

40

45

50

55

FIG. 1

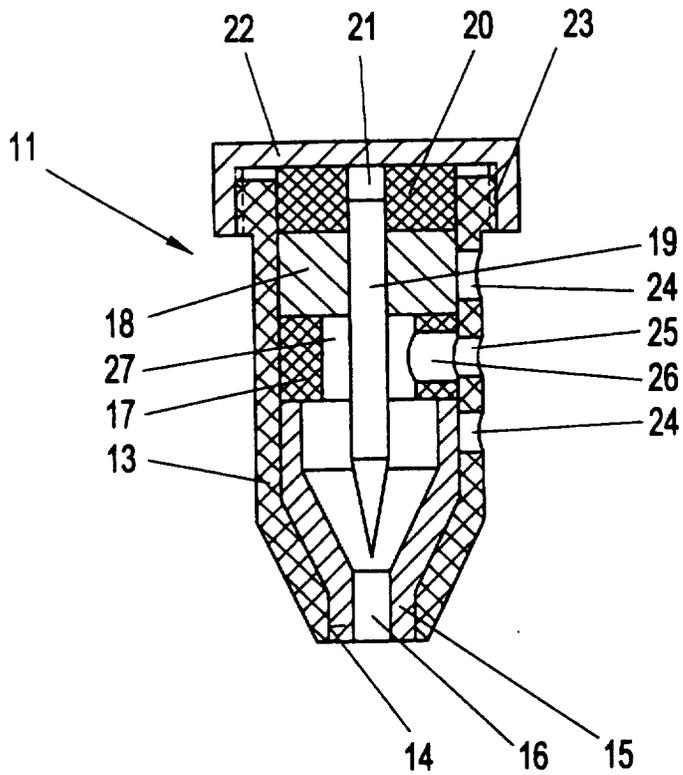
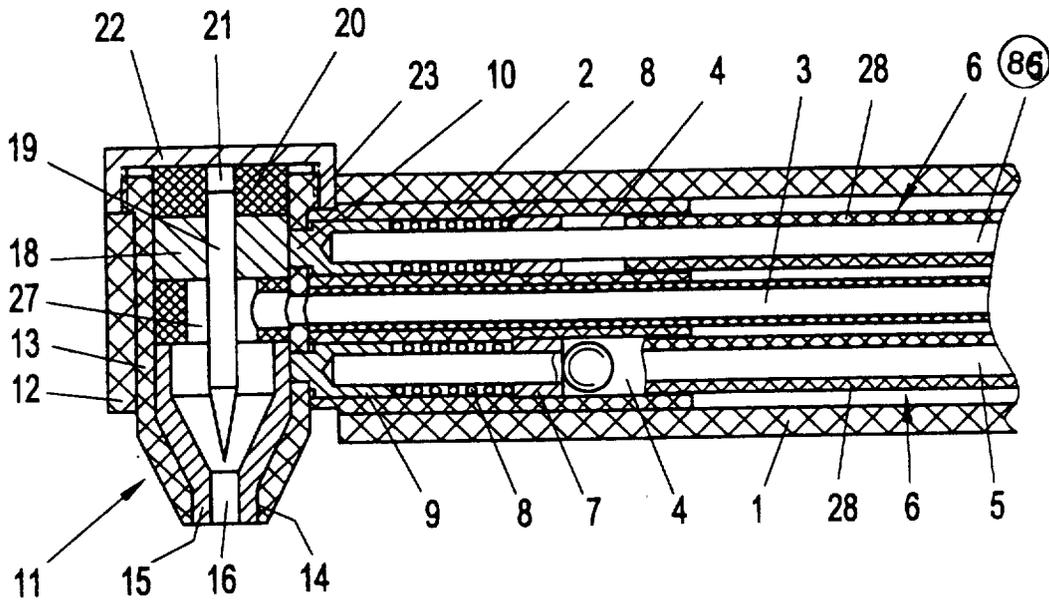


FIG. 2

FIG. 3

