(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 929 759 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.08.2017 Patentblatt 2017/33

(21) Anmeldenummer: **13795530.8**

(22) Anmeldetag: **27.11.2013**

(51) Int Cl.:
H05H 1/36 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/074851

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/086636 (12.06.2014 Gazette 2014/24)

(54) VERFAHREN UND STEUERUNGSEINRICHTUNG ZUM BETRIEB EINER PLASMAERZEUGUNGSEINRICHTUNG

METHOD AND CONTROL DEVICE FOR OPERATING A PLASMA GENERATING APPARATUS

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE COMMANDE DESTINÉ AU FONCTIONNEMENT D'UN DISPOSITIF DE GÉNÉRATION DE PLASMA

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **04.12.2012 EP 12195367**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.10.2015 Patentblatt 2015/42

(73) Patentinhaber: **Oerlikon Metco AG, Wohlen**
5610 Wohlen (CH)

(72) Erfinder:
- **LIECHTI, Florian**
  CH-5616 Meisterschwanden (CH)
- **FRIEDERY, Albert**
  CH-8267 Berlingen (CH)
- **KOSCHNITZKE, Hartmut**
  CH-8406 Winterthur (CH)
- **GRÖBER, René**
  CH-5606 Dintikon (CH)

(74) Vertreter: **Intellectual Property Services GmbH**
Langfeldstrasse 88
8500 Frauenfeld (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 5 225 658
US-A- 5 717 293
US-A1- 2005 109 738

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 929 759 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Plasmaerzeugungseinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Steuerungseinrichtung zum Betrieb einer Plasmaerzeugungseinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 15.

[0002] Von der Anmelderin werden Anlagen zum Plasmabeschichten von Substraten angeboten, bei denen in einem so genannten Plasmabrenner zwischen einer Anode und einer Kathode ein Plasma erzeugt wird, in das ein Spritzwerkstoff in Pulverform injiziert wird. Das Plasma entsteht durch die Ionisierung eines zwischen der Anode und der Kathode durchströmenden Gases, das das injizierte Pulver auf die Substratoberfläche schleudert. Ein derartiger Plasmabrenner kann als eine Plasmaerzeugungseinrichtung angesehen werden.

[0003] Zum Zünden des Plasmas werden eine vorher einstellbare Anzahl von Spannungsimpulsen mit einer Höhe von mehreren Tausend Volt und einer Dauer im Millisekundenbereich als eine Zündspannung zwischen Anode und Kathode angelegt. War der Zündversuch nicht erfolgreich, so wird ein weiterer Versuch gestartet.

[0004] Zur Aufrechterhaltung des Plasmas wird bereits vor dem Starten der Zündung des Plasmas eine konstante, gegenüber der Zündspannung deutlich geringere Aufrechterhaltungsspannung, beispielsweise im Bereich von ca. 55 bis 300 V zwischen der Anode und der Kathode angelegt.

[0005] Ein Beispiel der Steuerung einer derartigen Plasmaerzeugungseinrichtung ist im Dokument US-A-5717293 offenbart. Demgegenüber ist es die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und Steuerungseinrichtung zum Betrieb einer Plasmaerzeugungseinrichtung vorzuschlagen, welche einen schonenden Betrieb der Plasmaerzeugungseinrichtung ermöglichen. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und eine Steuerungseinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 15 gelöst.

[0006] Erfindungsgemäss wird während des Zündvorgangs laufend eine Prüfung durchgeführt, ob die Zündung des Plasmas erfolgt ist. Zusätzlich wird die Zündspannung ausgehend von einer Anfangs-Zündspannung erhöht und nach Erkennung einer erfolgten Zündung des Plasmas wird die Spannung zwischen Anode und Kathode auf die Aufrechterhaltungsspannung reduziert.

[0007] Die Zündspannung kann als Gleichspannung, Wechselspannung beliebiger Frequenz oder als gepulste Gleichspannung mit beliebigem Pulspausen-Verhältnis und beliebiger Pulsform ausgeführt sein

[0008] Die genannte Aufgabe wird auch mit einer Steuerungseinrichtung zum Betrieb einer Plasmaerzeugungseinrichtung gelöst, welche dazu vorgesehen ist, eine zwischen einer Anode und einer Kathode, zwischen welchen sich ein Plasma ausbilden soll, eine Aufrechterhaltungsspannung anzulegen und zum Zünden des Plasmas zwischen der Anode und der Kathode eine Zündspannung anzulegen. Erfindungsgemäss ist sie dazu vorgesehen, während des Zündvorgangs laufend eine Prüfung durchzuführen, ob die Zündung des Plasmas erfolgt ist, die Zündspannung ausgehend von einer Anfangs-Zündspannung zu erhöhen und nach Erkennung einer erfolgten Zündung des Plasmas die Spannung zwischen Anode und Kathode auf die Aufrechterhaltungsspannung zu reduzieren.

[0009] Durch das erfindungsgemässe Verfahren und die Verwendung der erfindungsgemässen Steuerungseinrichtung wird die Zündspannung nur so lange wie für den Zündvorgang notwendig angelegt und ausserdem wird auch keine unnötig hohe, sondern nur die tatsächlich für das Zünden des Plasmas benötigte Zündspannung angelegt. Das Anlegen von hohen Spannungsimpulsen kann zu Schädigungen der Plasmaerzeugungseinrichtung, also beispielsweise eines Plasmabrenners führen. Derartige Spannungsimpulse werden beim Einsatz des erfindungsgemässen Verfahrens bzw. der erfindungsgemässen Steuerungseinrichtung vermieden, so dass Schädigungen auf Grund von Spannungsimpulsen vermieden werden und so ein schonender Betrieb der Plasmaerzeugungseinrichtung ermöglicht wird. Ausserdem werden durch sich wiederholende Spannungsimpulse elektromagnetische Wellen erzeugt, die den Betrieb von elektronischen Geräten in der Umgebung der Plasmaerzeugungseinrichtung empfindlich stören können. Beim Einsatz des erfindungsgemässen Verfahrens bzw. der erfindungsgemässen Steuerungseinrichtung werden sich wiederholende Spannungsimpulse vermieden, so dass keine oder zumindest keine störenden elektromagnetischen Wellen erzeugt werden.

[0010] Die Plasmaerzeugungseinrichtung ist insbesondere als ein Plasmabrenner einer Anlage zum Plasmabeschichten von Substraten ausgeführt. Sie kann aber beispielsweise auch als ein Teil einer Vorrichtung zum Lichtbogen-Schweissen, Plasmaschneiden, Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen, Flamm-Draht-Spritzen oder Flamm-Pulver-Spritzen ausgeführt sein. Es ist ausserdem möglich, die Plasmaerzeugungseinrichtung zum Zünden von Verbrennungsprozessen zu nutzen.

[0011] Die Aufrechterhaltungsspannung wird insbesondere von einer Aufrechterhaltungsspannungsquelle und die Zündspannung von einer separaten Zündspannungsquelle erzeugt, die beide von einer Steuerungseinrichtung der Plasmaerzeugungseinrichtung angesteuert werden. Es ist aber auch möglich, dass nur eine Spannungsquelle vorgesehen ist, die sowohl die Aufrechterhaltungsspannung, also auch die Zündspannung erzeugt.

[0012] Die Aufrechterhaltungsspannung wird insbesondere bereits vor oder gleichzeitig mit dem Beginn des Zündvorgangsgangs angelegt.

[0013] Für die Prüfung, ob die Zündung des Plasmas bereits erfolgt ist, wird insbesondere ein zwischen Anode und Kathode fliessender Strom gemessen. Dabei kann insbesondere ein so genannter Zündstrom gemessen werden, also ein Strom der auf Grund der Zündspannung fliesst. Solange sich noch kein Plasma zwischen Anode

und Kathode ausbildet, sind Anode und Kathode voneinander elektrisch isoliert. Durch die Ionisierung des Gases zwischen Anode und Kathode werden Ladungsträger frei, welche einen Stromfluss zwischen Anode und Kathode ermöglichen. Eine erfolgte Zündung des Plasmas wird insbesondere dann erkannt, wenn der gemessene Strom eine festlegbare Stromschwelle überschreitet. Zusätzlich kann die Erkennung noch von der Bedingung abhängen, dass die genannte Stromschwelle eine festlegbare Zeitspanne ohne Unterbrechung überschritten sein muss.

[0014] Sobald erkannt wurde, dass eine Zündung des Plasmas erfolgt ist, wird die Zündspannung nicht mehr erhöht, sondern vielmehr auf die Aufrechterhaltungsspannung reduziert. Die Reduktion erfolgt insbesondere schlagartig nach der Erkennung der Zündung. Es ist aber auch möglich, dass die Zündspannung entlang eines vorgegebenen Verlaufs reduziert wird.

[0015] Die Anfangs-Zündspannung beträgt insbesondere 0 V, sie kann aber auch einen anderen Wert aufweisen.

[0016] Die Zündspannung wird zum Zünden des Plasmas insbesondere streng monoton steigend erhöht. Die Erhöhung erfolgt insbesondere mit konstanter Steigung, die beispielsweise zwischen 100 V/ms und 10000 V/μs betragen kann. Es ist aber auch möglich, dass die Zündspannung auf andere Art und Weise erhöht wird, beispielsweise kann sie stufenweise erhöht werden.

[0017] In Ausgestaltung der Erfindung wird die Zündspannung von einem Zündgerät aufgebracht, das nach erfolgter Zündung von der Anode und/oder Kathode getrennt wird. Die Trennung erfolgt insbesondere durch Öffnung eines oder zweier Schalter, die zwischen dem Zündgerät und der Anode bzw. der Kathode angeordnet sind. Die genannten Schalter werden insbesondere auch von der genannten Steuerungsreinrichtung der Plasmaerzeugungseinrichtung angesteuert. Durch die Trennung des Zündgeräts von der Anode und/oder der Kathode kann es zu keinen störenden Wechselwirkungen zwischen dem Zündgerät und den anderen Bauteilen der Plasmaerzeugungseinrichtung kommen.

[0018] In Ausgestaltung der Erfindung ist dem verwendeten Anode-Kathode-Paar ein Identifikations-Parameter zugeordnet und die Zündung des Plasmas wird in Abhängigkeit des Identifikations-Parameters durchgeführt. Damit kann die Zündung abgestimmt auf das tatsächlich vorhandene Anode-Kathode-Paar erfolgen, also beispielsweise abgestimmt auf den tatsächlich vorhandenen Plasmabrenner. Beispielsweise kann eine abgestimmte Anfangs-Zündspannung, ein abgestimmter Verlauf der Zündspannung bei der Erhöhung und/oder der Absenkung auf die Aufrechterhaltungsspannung verwendet werden. Der Identifikations-Parameter kennzeichnet insbesondere einen Plasmabrenner und kann beispielsweise als eine fortlaufende Nummer oder eine Seriennummer des Plasmabrenners ausgeführt sein. Der Identifikations-Parameter kann insbesondere automatisch ermittelt werden, beispielsweise kann der Plasmabrenner über eine eigene Brenner-Steuerungseinrichtung verfügen, in der der Identifikations-Parameter abgelegt ist und von der Steuerungseinrichtung der Plasmaerzeugungseinrichtung ausgelesen werden kann. Es ist aber auch möglich, dass der Identifikations-Parameter von Hand in der Steuerungseinrichtung der Plasmaerzeugungseinrichtung eingegeben wird.

[0019] In Ausgestaltung der Erfindung wird wenigstens eine Kenngrösse des Verlaufs der Zündspannung bis zur erfolgten Zündung des Plasmas erfasst, abgespeichert und ausgewertet. Insbesondere wird eine so genannte End-Zündspannung, also die Zündspannung zum Zeitpunkt der Erkennung der erfolgten Zündung abgespeichert. Es können aber stattdessen oder zusätzlich auch andere Kenngrössen, wie beispielsweise die Steigung der Zündspannung abgespeichert werden. Aus den abgespeicherten Kenngrössen können Rückschlüsse auf den Zustand der Plasmaerzeugungseinrichtung gezogen werden. Die Kenngrössen können insbesondere nach dem Abspeichern weiterverarbeitet werden. Beispielsweise können Mittelwerte berechnet oder Filterungen durchgeführt werden.

[0020] Insbesondere wird der genannte Identifikations-Parameter gemeinsam mit der genannten Kenngrösse abgespeichert. Damit können die abgespeicherten Kenngrössen beispielsweise für die beschriebene, auf das tatsächlich vorhandene Anode-Kathode-Paar abgestimmte Durchführung der Zündung verwendet werden. Dazu wird insbesondere vor dem Zünden des Plasmas der Identifikations-Parameter des verwendeten Anode-Kathode-Paars ermittelt und die Zündung erfolgt dann in Abhängigkeit der zu diesem Anode-Kathode-Paar abgespeicherten Kenngrösse.

[0021] In Ausgestaltung der Erfindung wird ein zeitlicher Verlauf der abgespeicherten Kenngrösse ausgewertet. Darunter soll insbesondere verstanden werden, dass die bei verschiedenen Zündvorgängen ermittelten und abgespeicherten Kenngrössen miteinander verglichen werden. Aus den Änderungen der Kenngrössen können Rückschlüsse auf Änderungen der Eigenschaften der Plasmaerzeugungseinrichtung gezogen werden.

[0022] Die Änderungen der Kenngrösse werden insbesondere in Bezug zu einem zugehörigen Vergleichswert ermittelt. Dazu wird überwacht, ob eine aktuell ermittelte Kenngrösse um ein festlegbares Mass von dem zugehörigen Vergleichswert abweicht. Wenn dies der Fall ist, kann beispielsweise darauf geschlossen werden, dass die Plasmaerzeugungseinrichtung überprüft und gegebenenfalls Teile repariert oder getauscht werden müssen. Dazu kann von der Steuerungseinrichtung der Plasmaerzeugungseinrichtung ein Hinweis dargestellt oder ein Alarm ausgelöst werden. Das genannte Mass kann beispielsweise als eine festlegbare absolute Grenze, beispielsweise eine Spannungsgrenze für die Änderung der Zündspannung oder beispielsweise als eine festlegbare prozentuale Abweichung vom zugehörigen Vergleichswert ausgeführt sein.

[0023] Der genannte Vergleichswert kann beispiels-

weise für eine bestimmte Art von Plasmaerzeugungseinrichtungen festgelegt und abgespeichert werden.

[0024] Der Vergleichswert kann insbesondere auch aus abgespeicherten Kenngrössen ermittelt und abgespeichert. Dieser Vergleichswert kann beispielsweise als die erste ermittelte Kenngrösse, also beispielsweise die erste für die Zündung des Plasmas erforderliche Zündspannung ausgeführt sein. Es ist beispielsweise aber auch möglich, als Vergleichswert einen Mittelwert einer festlegbaren Anzahl von Kenngrössen nach Inbetriebnahme der Plasmaerzeugungseinrichtung zu verwenden.

[0025] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich anhand der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen, in welchen gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit identischen Bezugszeichen versehen sind.

[0026] Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Plasmaerzeugungseinrichtung und

Fig. 2 Darstellungen von Spannungsverläufen beim Zünden einer Plasmaerzeugungseinrichtung gemäss Fig. 1.

[0027] Gemäss Fig. 1 weist eine Plasmaerzeugungseinrichtung 10, welche beispielsweise als ein Teil eines Plasmabrenners einer Anlage zum Plasmabeschichten von Substraten ausgeführt sein kann, ein Anode-Kathode-Paar 11 mit einer Anode 12 und einer Kathode 13 auf, zwischen denen sich ein Plasma ausbilden soll. Bei der Anwendung der Plasmaerzeugungseinrichtung 10 in einem Plasmabrenner strömt zwischen Anode 12 und Kathode 13 ein Gas, beispielsweise Argon, Helium, Wasserstoff, Stickstoff oder ein Gemisch davon, welches bei der Bildung des Plasmas ionisiert wird. Für die Bildung des Plasmas wird entweder Argon oder Stickstoff verwendet. Erst nach erfolgter Zündung werden bei Bedarf andere Gase hinzugemischt.

[0028] Die Anode 12 und die Kathode 13 sind elektrisch sowohl mit einer Aufrechterhaltungsspannungsquelle 14 und als auch mit einer Zündspannungsquelle 15 verbunden. Die Aufrechterhaltungsspannungsquelle 14 und die Zündspannungsquelle 15 werden von einer Steuerungseinrichtung 16 der Plasmaerzeugungseinrichtung 10 angesteuert. Das Anode-Kathode-Paar 11 verfügt ausserdem über eine Brenner-Steuerungseinrichtung 17, in welchem unter anderem ein Identifikations-Parameter in Form einer Seriennummer des Anode-Kathode-Paars 11 gespeichert ist. Die Brenner-Steuerungseinrichtung 17 steht in Signalverbindung mit der Steuerungseinrichtung 16, so dass die Steuerungseinrichtung 16 die genannte Seriennummer auslesen und die Ansteuerung der Aufrechterhaltungsspannungsquelle 14 und/oder der Zündspannungsquelle 15 in Abhängigkeit der Seriennummer durchführen kann.

[0029] Zwischen der Zündspannungsquelle 15 und der Anode 12 ist ein erster Schalter 18 und zwischen der Zündspannungsquelle 15 und der Kathode 13 ist ein zweiter Schalter 19 angeordnet, mittels welchen die Verbindungen zwischen der Anode 12 bzw. der Kathode 13 und der Zündspannungsquelle 15 unterbrochen werden können. Die Schalter 18 und 19 werden ebenfalls von der Steuerungseinrichtung 16 angesteuert.

[0030] In Fig. 2 sind die Verläufe einer von der Zündspannungsquelle 15 erzeugten Zündspannung U_z und einer von der Aufrechterhaltungsspannungsquelle 14 erzeugten Aufrechterhaltungsspannung U_A beim Zünden des Plasmas in der Plasmaerzeugungseinrichtung 10 über der Zeit dargestellt, wobei die Verläufe nur qualitativ und nicht massstäblich dargestellt sind.

[0031] Vor dem Start des Zündvorgangs liest die Steuerungseinrichtung 16 die Seriennummer des Anode-Kathode-Paars 11, also einen Identifikations-Parameter des Anode-Kathode-Paars 11 aus der Brenner-Steuerungseinrichtung 17 aus. Diese Information wird einerseits benötigt, um den Ablauf des Zündvorgangs an das tatsächlich vorhandene Anode-Kathode-Paar 11 anzupassen, anderseits wird eine Kenngrösse des Verlaufs der Zündspannung U_z bis zur erfolgten Zündung des Plasmas erfasst und zugeordnet zur Seriennummer abgespeichert.

[0032] Als Vorbereitung des eigentlichen Zündvorgangs wird zum Zeitpunkt t0 von der Aufrechterhaltungsspannungsquelle 14 die konstante Aufrechterhaltungsspannung U_A erzeugt, die am Anode-Kathode-Paar 11 und damit zwischen Anode und Kathode anliegt. Die Aufrechterhaltungsspannung U_A beträgt beispielsweise ca. 100 V. Sofern die Schalter 18 und 19 geöffnet sind, werden sie zum Zeitpunkt t0 so angesteuert, dass sie sich schliessen und so das Anode-Kathode-Paar 11 mit der Zündspannungsquelle 15 elektrisch verbunden ist.

[0033] Zum Zeitpunkt t1 startet die Zündspannungsquelle 15 beginnend von einer Anfangs-Zündspannung U_{ZA} von 0 V die Zündspannung U_z zu erzeugen, die zusätzlich zur Aufrechterhaltungsspannung U_A am Anode-Kathode-Paar 11 und damit zwischen Anode und Kathode anliegt. Die Zündspannung U_z wird entlang einer Geraden mit konstanter Steigung und damit streng monoton steigend erhöht. Die verwendete Steigung wird insbesondere in Abhängigkeit der oben genannten Seriennummer des Anode-Kathode-Paars 11 ausgewählt. Dazu ist in der Steuerungseinrichtung 16 eine Tabelle abgelegt, in der Steigungen der Zündspannung den Seriennummern zugeordnet sind.

[0034] Beginnend zum Zeitpunkt t1 wird ausserdem laufend geprüft, ob die Zündung des Plasmas erfolgt ist. Dazu wird ein über die Zündspannungsquelle 15 fliessender Strom, ein so genannter Zünd-Strom mittels eines in der Zündspannungsquelle 15 integrierten, nicht separat dargestellten Strommessgeräts, gemessen. Sobald der Zünd-Strom eine festlegbare Stromschwelle überschreitet, welche ebenfalls von der oben genannten Seriennummer des Anode-Kathode-Paars 11 abhängig

sein kann, wird darauf geschlossen, dass die Zündung des Plasmas erfolgt ist. Dies ist in der Fig. 2 zum Zeitpunkt t_Z der Fall. Als Folge davon wird die Zündspannung U_z schlagartig auf 0 V reduziert, so dass dann zwischen Anode 12 und Kathode 13 nur noch die Aufrechterhaltungsspannung U_A anliegt. Ausserdem werden die Schalter 18 und 19 so angesteuert, dass sie sich öffnen und so das Anode-Kathode-Paar 11 von der Zündspannungsquelle 15 elektrisch getrennt wird.

[0035] Die zum Zeitpunkt t_Z von der Zündspannungsquelle 15 erzeugte und damit zwischen Anode 12 und Kathode 13 anliegende End-Zündspannung U_{ZE} wird von der Zündspannungsquelle 15 erfasst und an die Steuerungseinrichtung 16 weitergeleitet. Die End-Zündspannung U_{ZE} beträgt beispielsweise zwischen 6 kV und 21 kV. Sie kann dabei als eine Kenngrösse des Verlaufs der Zündspannung UZ bis zur erfolgten Zündung des Plasmas angesehen werden. Die End-Zündspannung UZE wird gemeinsam mit der oben genannten Seriennummer des Anoden-Kathoden-Paars 11 in der Steuerungseinrichtung 16 abgespeichert.

[0036] Nach erfolgter Zündung des Plasmas wertet die Steuerungseinrichtung 16 den zeitlichen Verlauf der End-Zündspannung UZE aus. Dazu wird die aktuelle End-Zündspannung UZE mit einem Vergleichswert verglichen. Wenn die aktuelle End-Zündspannung UZE um einen festlegbaren Differenzwert, der beispielsweise zwischen ca. 5 kV und 30 kV betragen kann, abweicht, wird auf ein Problem am aktuellen Anode-Kathode-Paar 11, beispielsweise auf zu starke Verschleiss, geschlossen und ein entsprechender Hinweis auf einem nicht separat dargestellten Bildschirm der Steuerungseinrichtung 16 dargestellt.

[0037] Der genannte Vergleichswert kann beispielsweise für einen bestimmten Typ des Anode-Kathode-Paars fest vorgeben sein. Der Vergleichswert kann auch als die erste nach Inbetriebnahme des aktuellen Anoden-Kathoden-Paars oder der Plasmaerzeugungseinrichtung ermittelte End-Zündspannung ausgeführt sein. Es ist aber auch möglich, als Vergleichswert einen Mittelwert einer festlegbaren Anzahl von End-Zündspannungen nach Inbetriebnahme des aktuellen Anoden-Kathoden-Paars oder der Plasmaerzeugungseinrichtung zu verwenden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Plasmaerzeugungseinrichtung, bei welchem

   - zwischen einer Anode (12) und einer Kathode (13), zwischen welchen sich ein Plasma ausbilden soll, eine Aufrechterhaltungsspannung (U_A) angelegt wird und
   - zum Zünden des Plasmas zwischen der Anode (12) und der Kathode (13) eine Zündspannung (Uz) angelegt wird,

   dadurch gekennzeichnet, dass
   die Zündspannung (Uz) zum Zünden des Plasmas ausgehend von einer Anfangs-Zündspannung (U_{ZA}) erhöht wird und während des Zündvorgangs laufend eine Prüfung durchgeführt wird, ob die Zündung des Plasmas erfolgt ist, und bei Erreichen der für das Zünden des Plasmas benötigten Zündspannung und somit Erkennung einer erfolgten Zündung des Plasmas die Spannung zwischen Anode (12) und Kathode (13) nicht weiter erhöht wird, sondern auf die Aufrechterhaltungsspannung (U_A) reduziert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   für die Prüfung, ob die Zündung des Plasmas erfolgt ist, ein zwischen Anode (12) und Kathode (13) fliessender Strom gemessen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   die Anfangs-Zündspannung (U_{ZA}) 0 V beträgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   die Zündspannung (Uz) streng monoton steigend erhöht wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   die Zündspannung (Uz) mit einer konstanten Steigung erhöht wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   die Zündspannung (Uz) von einem Zündgerät (15) aufgebracht wird, das nach erfolgter Zündung von der Anode (12) und/oder Kathode (13) getrennt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   einem verwendeten Anode-Kathode-Paar (11) ein Identifikations-Parameter zugeordnet ist und die Zündung des Plasmas in Abhängigkeit des Identifikations-Parameters durchgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   wenigstens eine Kenngrösse des Verlaufs der Zündspannung (Uz) bis zur erfolgten Zündung des Plasmas erfasst und abgespeichert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   eine End-Zündspannung (U_{ZE}), bei welcher die Zündung des Plasmas erkannt wurde, erfasst, abgespeichert und ausgewertet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 7 und 8 oder 9,

dadurch gekennzeichnet, dass
der genannte Identifikations-Parameter gemeinsam mit der genannten Kenngrösse abgespeichert wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 und 10, **dadurch gekennzeichnet, dass**
vor dem Zünden des Plasmas der Identifikations-Parameter des verwendeten Anode-Kathode-Paars (11) ermittelt wird und die Zündung in Abhängigkeit der zu diesem Anode-Kathode-Paar abgespeicherten Kenngrösse erfolgt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass**
ein zeitlicher Verlauf der abgespeicherten Kenngrösse ausgewertet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass**
überwacht wird, ob eine aktuell ermittelte Kenngrösse um ein festlegbares Mass von einem zugehörigen Vergleichswert abweicht.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass**
der genannte Vergleichswert aus abgespeicherten Kenngrössen ermittelt und abgespeichert wird.

15. Steuerungseinrichtung zum Betrieb einer Plasmaerzeugungseinrichtung, welche dazu vorgesehen ist,

- zwischen einer Anode (12) und einer Kathode (13), zwischen welchen sich ein Plasma ausbilden soll, eine Aufrechterhaltungsspannung (U_A) anzulegen und
- zum Zünden des Plasmas zwischen der Anode (12) und der Kathode (13) eine Zündspannung (Uz) anzulegen,

dadurch gekennzeichnet, dass
sie dazu vorgesehen ist,
die Zündspannung (Uz) zum Zünden des Plasmas ausgehend von einer Anfangs-Zündspannung (U_{ZA}) zu erhöhen und während des Zündvorgangs laufend eine Prüfung durchzuführen, ob die Zündung des Plasmas erfolgt ist, und bei Erreichen der für das Zünden des Plasmas benötigten Zündspannung und somit Erkennung einer erfolgten Zündung des Plasmas die Spannung zwischen Anode (12) und Kathode (13) nicht weiter zu erhöhen, sondern auf die Aufrechterhaltungsspannung (U_A) zu reduzieren.

Claims

1. A method of operating a plasma generation apparatus wherein a maintenance voltage (U_A) is applied between an anode (12) and a cathode (13) between which a plasma should be formed; and an igniting voltage (Uz) is applied between the anode (12) and the cathode (14) for igniting the plasma, **characterized in that**
the ignition voltage (Uz) for igniting the plasma is increased starting from a start ignition voltage (U_{ZA}); and a continuous check is carried out during the ignition process, whether the ignition of the plasma has been effected; and when the ignition voltage (Uz) required for the ignition of the plasma is reached and thus recognizing an effected ignition of the plasma, the voltage between anode (12) and the cathode (13) is not further increased, but reduced to the maintenance voltage (U_A) .

2. A method in accordance with claim 1, **characterized in that** a current flowing between the anode (12) and the cathode (13) is measured for the checking of whether the ignition of the plasma has been effected.

3. A method in accordance with claim 1 or claim 2, **characterized in that** the initial ignition voltage (U_{ZA}) amounts to 0 V.

4. A method in accordance with claim 1, claim 2 or claim 3, **characterized in that** the ignition voltage (Uz) is increased increasing in a strongly monotonously manner.

5. A method in accordance with claim 4, **characterized in that** the ignition voltage (Uz) is increased with a constant gradient.

6. A method in accordance with one of the claims 1 to 5, **characterized in that** the ignition voltage (Uz) is applied by an ignition device (15), which is separated from the anode (12) and/or the cathode (13) after the ignition has been effected.

7. A method in accordance with any one of the preceding claims 1 to 6, **characterized in that** an identification parameter is associated with a used anode-cathode-pair (11) and the ignition of the plasma is carried out in dependence on the identification parameter.

8. A method in accordance with any one of the preceding claims 1 to 7, **characterized in that** at least one parameter of the extent of the ignition voltage (Uz) up to the effected ignition of the plasma is detected and stored.

9. A method in accordance with claim 8, **characterized in that** an end ignition voltage (U_{ZE}) at which the ignition of the plasma was recognized is detected, stored and evaluated.

10. A method in accordance with claim 7 and claim 8 or claim 9, **characterized in that** the said identification parameter is stored together with the said parameter.

11. A method in accordance with any one of the claims 7 and 10, **characterized in that** prior to the ignition of the plasma, the identification parameter of the used anode-cathode-pair (11) is determined and the ignition is carried out in dependence on the stored parameter associated with this anode-cathode-pair.

12. A method in accordance with any one of the claims 7 to 10,
characterized in that a timely extent of the stored parameter is evaluated.

13. A method in accordance with claim 12,
characterized in that it is monitored whether a current determined parameter deviates by a predetermined degree from an associated comparison value.

14. A method in accordance with claim 13,
characterized in that the said comparison value is determined from stored parameters and stored.

15. A control unit for operating a plasma generation unit which is provided for the purpose of applying a maintenance voltage (U_A) between an anode (12) and a cathode (13) between which a plasma should be formed; and applying an ignition voltage (Uz) between the anode (12) and the cathode (13) for igniting the plasma,
characterized in that it is provided for the purpose of to increase the ignition voltage (Uz) for igniting the plasma starting from an initial ignition voltage (U_{ZA}), and continuously carrying out a check during the ignition process whether the ignition of the plasma has been effected, and when the ignition voltage (Uz) required for the ignition of the plasma is reached and thus recognizing an effected ignition of the plasma, not further to increase the voltage between the anode (12) and the cathode (13), but to reduce to the maintenance voltage (U_A).

Revendications

1. Procédé pour l'opération d'un dispositif de génération de plasma, dans lequel

- une tension de maintenance (UA) est appliquée entre une anode (12) et une cathode (13), entre lesquelles un plasma doit être formé et
- une tension d'allumage (Uz) est appliquée entre l'anode (12) et la cathode (13) pour allumer le plasma,

caractérisé en ce que,
la tension d'allumage (Uz) pour allumer le plasma est augmentée à partir d'une tension d'allumage initiale (UzA) et une vérification est effectuée sans arrêt pendant l'opération d'allumage, si l'allumage du plasma est effectué, et la tension entre l'anode et la cathode n'est pas augmentée de plus quand la tension d'allumage nécessaire pour allumer le plasma est obtenue et ainsi un allumage du plasma effectué est détecté, mais est réduite à la tension de maintenance (UA).

2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que,
un courant circulant entre l'anode (12) et la cathode (13) est mesuré pour la vérification si l'allumage du plasma est effectué.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que,
la tension d'allumage initiale (UzA) est de 0 V.

4. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3,
caractérisé en ce que,
la tension d'allumage (Uz) est augmentée strictement monotone croissante.

5. Procédé selon la revendication 4,
caractérisé en ce que,
la tension d'allumage (Uz) est augmentée avec une pente constante.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5,
caractérisé en ce que,
la tension d'allumage (Uz) est appliquée par un appareil d'allumage (15), qui est séparé de l'anode (12) et / ou la cathode (13) après l'allumage réussi.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6,
caractérisé en ce que,
un paramètre d'identification est affecté à une paire d'une anode et d'une cathode utilisée (11) et l'allumage du plasma est effectué dépendant du paramètre d'identification.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7,
caractérisé en ce que,
au moins une grandeur caractéristique du cours de la tension d'allumage (Uz) jusqu'à l'allumage du plasma réussi est détectée et mémorisée.

9. Procédé selon la revendication 8,
caractérisé en ce que,
une tension d'allumage de fin (UzE), dans laquelle l'allumage du plasma a été reconnu, est détectée, mémorisée et analysée.

10. Procédé selon la revendication 7 et 8 ou 9,
caractérisé en ce que,

ledit paramètre d'identification est mémorisé avec ladite grandeur caractéristique.

11. Procédé selon l'une des revendications 7 et 10, **caractérisé en ce que**,
le paramètre d'identification de la paire d'une anode et d'une cathode utilisée (11) est déterminé avant l'allumage du plasma et l'allumage effectue dépendant de la grandeur caractéristique mémorisée de cette paire d'une anode et d'une cathode.

12. Procédé selon l'une des revendications 7 à 10, **caractérisé en ce que**,
un cours temporel de la grandeur caractéristique mémorisée est analysé.

13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que**,
on surveille, si une grandeur caractéristique déterminée actuellement diffère d'une valeur de comparaison associée par une mesure déterminable.

14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que**,
ladite valeur de comparaison est déterminée et mémorisée à partir des grandeurs caractéristiques mémorisées.

15. Dispositif de commande pour l'opération d'un dispositif de génération de plasma, lequel est prévu pour,

- appliquer une tension de maintenance (UA) entre une anode (12) et une cathode (13), entre lesquelles un plasma doit être formé et
- appliquer une tension d'allumage (Uz) entre l'anode (12) et la cathode (13) pour allumer le plasma,

caractérisé en ce que,
il est prévu pour,
augmenter la tension d'allumage (Uz) pour allumer le plasma à partir d'une tension d'allumage initiale (UzA) et effectuer une vérification sans arrêt pendant l'opération d'allumage, si l'allumage du plasma est effectué, et ne pas augmenter la tension entre l'anode (12) et la cathode (13) de plus quand la tension d'allumage nécessaire pour allumer le plasma est obtenue et ainsi un allumage du plasma effectué est détecté, mais réduire à la tension de maintenance (UA).

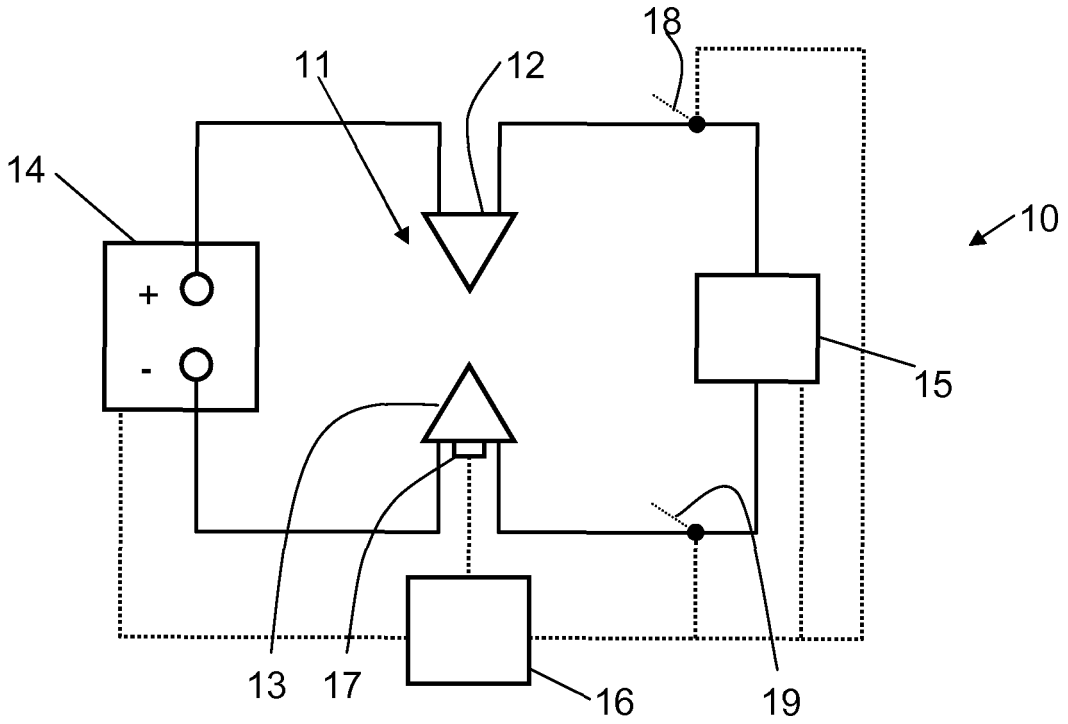


Fig. 1

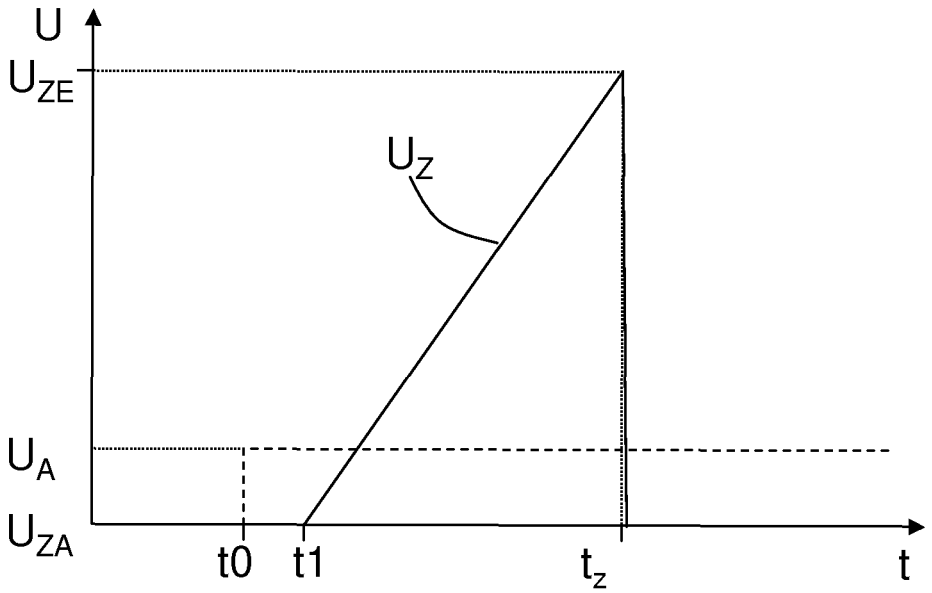


Fig. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 5717293 A **[0005]**