

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
14. September 2017 (14.09.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/153084 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H05H 1/24 (2006.01) *H01L 41/00* (2013.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/051559
- (22) Internationales Anmeldedatum:
25. Januar 2017 (25.01.2017)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2016 104 490.3 11. März 2016 (11.03.2016) DE
- (71) Anmelder: EPCOS AG [DE/DE]; St.-Martin-Straße 53,
81669 München (DE).
- (72) Erfinder: WEILGUNI, Michael; Salzstr. 18, 4232
Hagenberg (AT). KUDELA, Pavol; Ing. Hubert Zingler
Str. 5/31, 8530 Deutschlandsberg (AT).
- (74) Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER
PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH;
Schloßschmidstr. 5, 80639 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,
RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

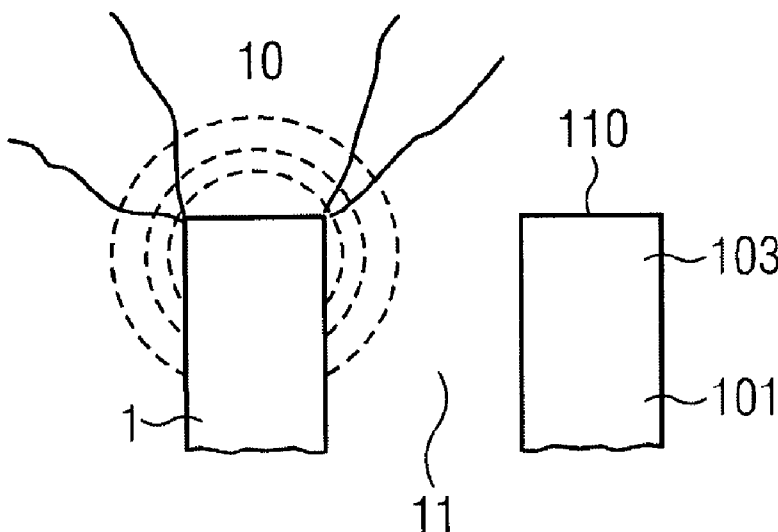
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR GENERATING A NON-THERMAL ATMOSPHERIC PRESSURE PLASMA

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG EINES NICHTTHERMISCHEN
ATMOSPHÄRENDRUCK-PLASMAS

FIG 2C



Transformatoren (1, 101)

(57) Abstract: The present invention relates to an apparatus for generating a non-thermal atmospheric pressure plasma, which apparatus has a first piezoelectric transformer (1), a second piezoelectric transformer (101) and a drive circuit which is configured to apply an input voltage to each of the piezoelectric transformers (1, 101), wherein the input voltage which is applied to the first transformer (1) is phase-shifted through 90° in relation to the input voltage which is applied to the second transformer (101). The invention further relates to a method for generating a non-thermal atmospheric pressure plasma by means of at least one first piezoelectric transformer (1) and one second piezoelectric transformer (101).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung eines nichtthermischen Atmosphärendruck-Plasmas, die einen ersten piezoelektrischen Transformator (1), einen zweiten piezoelektrischen Transformator (101) und eine Ansteuerschaltung, die dazu ausgestaltet ist, an jeden der piezoelektrischen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



eine Eingangsspannung anzulegen, aufweist, wobei die Eingangsspannung, die an den ersten Transformator (1) angelegt wird, gegenüber der Eingangsspannung, die an den zweiten Transformator (101) angelegt wird, um 90° phasenverschoben ist. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Erzeugung von nichtthermischem Atmosphärendruck-Plasma mittels zumindest eines ersten piezoelektrischen Transformators (1) und eines zweiten piezoelektrischen Transformators (101).

Beschreibung

Vorrichtung und Verfahren zur Erzeugung eines nichtthermischen Atmosphärendruck-Plasmas

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung eines nichtthermischen Atmosphärendruck-Plasmas sowie ein Verfahren zur Plasmaerzeugung.

- 10 Die Vorrichtung weist insbesondere einen ersten und einen zweiten piezoelektrischen Transformator auf, an deren Ausgangsseite ein hohes Potential erzeugt wird, das zur Ionisation eines Prozessgases genutzt werden kann. Das Volumen, auf welches das von einem piezoelektrischen
- 15 Transformator erzeugte Plasma einwirken kann, ist Prinzip bedingt auf einen Bereich vor der Ausgangsseite des piezoelektrischen Transformators beschränkt. Insbesondere bei industriellen Anwendungen ist es häufig erforderlich, eine größere Fläche zu bearbeiten. Dementsprechend sollten hierfür
- 20 mehrere piezoelektrische Transformatoren verwendet werden, die möglichst eng beieinander angeordnet werden sollten, ohne dass es dabei zu einer gegenseitigen Beeinträchtigung der Transformatoren kommt.
- 25 Aus EP 1902599 B1 ist es bekannt, mehrere in einem geringen Abstand zueinander angeordnete piezoelektrische Transformatoren mit einer um 180° phasenverschobenen Eingangsspannung zu betreiben. Dabei hat es sich jedoch gezeigt, dass eine gegenseitige Auslöschung der von den
- 30 Transformatoren erzeugten Plasmen unvermeidlich ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es nunmehr, eine verbesserte Vorrichtung zur Erzeugung eines nichtthermischen

Atmosphärendruck-Plasmas anzugeben, die es insbesondere ermöglicht, mehrere piezoelektrische Transformatoren in geringem Abstand zueinander anzuordnen, ohne dass es zu einer Beeinträchtigung der Transformatoren untereinander kommt.

- 5 Eine weitere Aufgabe ist es, ein verbessertes Verfahren zur Erzeugung von nichtthermischem Atmosphärendruck-Plasma anzugeben.

10 Diese Aufgaben werden durch die Vorrichtung gemäß dem vorliegenden Anspruch 1 sowie durch das Verfahren gemäß dem zweiten unabhängigen Anspruch gelöst.

Es wird eine Vorrichtung zur Erzeugung eines nichtthermischen Atmosphärendruck-Plasmas vorgeschlagen, die einen ersten
15 piezoelektrischen Transformator, einen zweiten piezoelektrischen Transformator und eine Ansteuerschaltung aufweist. Die Ansteuerschaltung ist dazu ausgestaltet, an jeden der piezoelektrischen Transformatoren eine Eingangsspannung anzulegen, wobei die Eingangsspannung, die
20 an den ersten Transformator angelegt wird, gegenüber der Eingangsspannung, die an den zweiten Transformator angelegt wird, um 90° phasenverschoben ist.

Die Phasenverschiebung ist hierbei stets relativ angegeben.
25 Dementsprechend kann die Angabe einer Phasenverschiebung von 90° als Betrag der Phasenverschiebung betrachtet werden, sofern nicht explizit auf eine positive Phasenverschiebung von $+90^\circ$ oder eine negative Phasenverschiebung von -90° hingewiesen wird.

30

Werden die beiden piezoelektrischen Transformatoren mit einer um 90° zueinander verschobenen Eingangsspannung betrieben, so erfolgt eine Plasmagenerierung stets abwechselnd bei dem

ersten piezoelektrischen Transformator und bei dem zweiten piezoelektrischen Transformator. Auf diese Weise kann vermieden werden, dass die beiden Transformatoren gleichzeitig Plasma generieren, wodurch die beiden

5 Plasmagenerierungen einander beeinträchtigen würden. Durch ein abwechselndes Erzeugen des Plasmas mit dem ersten und dem zweiten Transformator kann insgesamt eine verbesserte Plasmagenerierungsrate erzielt werden.

10 Der erste und der zweite piezoelektrische Transformator können in einem Abstand von weniger als 5 cm zueinander angeordnet sein. Der geringe Abstand der Transformatoren wird dadurch ermöglicht, dass die beiden Transformatoren einander bei der Plasmagenerierung nicht stören. Die beiden
15 Transformatoren sollten einen Abstand von zumindest 5 mm zueinander aufweisen.

Die Ansteuerschaltung kann derart ausgestaltet sein, dass die Eingangsspannungen, die an die piezoelektrischen
20 Transformatoren angelegt werden, jeweils die gleiche Frequenz aufweisen. Andernfalls würden die Eingangsspannungen aufgrund einer sich unterscheidenden Frequenz auseinanderlaufen, sodass eine Phasenverschiebung von 90° nicht im Dauerbetrieb eingehalten werden könnte. Außerdem würde es in diesem Fall
25 eine Schwebung und entsprechende Schwebungseffekte geben. Dadurch, dass die Transformatoren mit der gleichen Frequenz angesteuert werden, kann das Ausbilden einer Schwebung vermieden werden.

30 Die Transformatoren können mittels eines Schleifverfahrens auf die gleiche Länge und somit die gleiche Resonanzfrequenz getrimmt werden. Alternativ kann zur Ansteuerung der Transformatoren eine Frequenz gewählt werden, die sich aus

dem Mittelwert der Resonanzfrequenzen der piezoelektrischen Transformatoren der Vorrichtung ergibt.

Die Vorrichtung kann ferner weitere piezoelektrische
5 Transformatoren aufweisen, wobei die Ansteuerschaltung dazu ausgelegt sein kann, die Eingangsspannungen an die Transformatoren derart anzulegen, dass Eingangsspannungen, die an zueinander unmittelbar benachbarten Transformatoren anliegen, jeweils um 90° zueinander phasenverschoben sind.

10

Durch die Verwendung weiterer piezoelektrischer Transformatoren kann es ermöglicht werden, mit der Vorrichtung eine große Fläche zu bearbeiten, wobei durch eine Erhöhung der Anzahl der piezoelektrischen Transformatoren die
15 gleichzeitig bearbeitbare Fläche vergrößert wird.

Die piezoelektrischen Transformatoren können parallel zueinander angeordnet sein und eine einzige Zeile bilden.

20 Die piezoelektrischen Transformatoren können parallel zueinander angeordnet sein und ein Array mit zumindest zwei Zeilen und zumindest zwei Spalten bilden. Die Ansteuerschaltung kann dazu ausgelegt sein, die Eingangsspannungen an die Transformatoren derart anzulegen,
25 dass die Eingangsspannungen, die an den Transformatoren anliegen, die auf ein und derselben Diagonale des Arrays angeordnet sind, jeweils um 0° zueinander phasenverschoben sind.

30 Der erste und der zweite piezoelektrische Transformator können derart angeordnet sein, dass ihre ausgangsseitigen Stirnseiten einander gegenüberliegen. Dabei kann ein zu bearbeitender Gegenstand, beispielsweise eine Folie, durch

einen Spalt, der zwischen den ausgangsseitigen Stirnseiten der beiden Transformatoren ausgebildet ist, hindurchgeführt werden. Dementsprechend können zwei einander gegenüberliegende Oberflächen des Gegenstandes gleichzeitig mit von der Vorrichtung erzeugten Plasma beaufschlagt werden.

Alternativ oder ergänzend kann die Vorrichtung eine erste Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren, die den ersten piezoelektrischen Transformator und weitere piezoelektrische Transformatoren aufweist, die parallel zueinander angeordnet sind und eine einzige Zeile bilden, und eine zweite Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren, die den zweiten piezoelektrischen Transformator und weitere piezoelektrische Transformatoren aufweist, die parallel zueinander angeordnet sind und eine einzige Zeile bilden, aufweisen. Die erste Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren und die zweite Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren können einander gegenüberliegend angeordnet sein, wobei die Ansteuerschaltung dazu ausgelegt ist, die Eingangsspannungen an die Transformatoren einer Zeile jeweils derart anzulegen, dass Eingangsspannungen, die an zueinander unmittelbar benachbarten Transformatoren anliegen, jeweils um 90° zueinander phasenverschoben sind, und dass ferner die Eingangsspannungen, die an einander gegenüberliegenden Transformatoren anliegen, jeweils um 90° zueinander phasenverschoben sind.

Alternativ oder ergänzend kann die Vorrichtung eine erste Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren, die den ersten piezoelektrischen Transformator und weitere piezoelektrische Transformatoren aufweist, die parallel zueinander angeordnet sind und ein Array mit zumindest zwei Spalten und zumindest zwei Zeilen bilden, und eine zweite

Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren, die den zweiten piezoelektrischen Transformator und weitere piezoelektrische Transformatoren aufweist, die parallel zueinander angeordnet sind und ein Array mit zumindest zwei Spalten und zumindest zwei Zeilen bilden, aufweisen. Die erste Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren und die zweite Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren können einander gegenüberliegend angeordnet sein, wobei die Ansteuerschaltung dazu ausgelegt ist, die Eingangsspannungen an die Transformatoren jeweils derart anzulegen, dass Eingangsspannungen, die an zueinander unmittelbar benachbarten Transformatoren anliegen, jeweils um 90° zueinander phasenverschoben sind, dass die Eingangsspannungen, die an den Transformatoren anliegen, die auf ein und derselben Diagonale des Arrays angeordnet sind, jeweils um 0° zueinander phasenverschoben sind, und dass ferner die Eingangsspannungen, die an einander gegenüberliegenden Transformatoren anliegen, jeweils um 90° zueinander phasenverschoben sind.

Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Erzeugung eines nichtthermischen Atmosphärendruck-Plasmas mittels zumindest eines ersten piezoelektrischen Transformators und eines zweiten piezoelektrischen Transformators, wobei an dem ersten piezoelektrischen Transformator und an dem zweiten piezoelektrischen Transformator jeweils eine Eingangsspannung angelegt wird, die zueinander um 90° phasenverschoben ist.

Das Verfahren kann insbesondere mit der oben beschriebenen Vorrichtung durchgeführt werden. Dementsprechend kann jedes funktionelle und strukturelle Merkmal, das im Zusammenhang

mit der Vorrichtung offenbart wurde, auch auf das Verfahren zutreffen.

Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand der
5 Figuren näher erläutert.

Figur 1 zeigt einen piezoelektrischen Transformator in perspektivischer Ansicht.

10 Figuren 2A bis 2C zeigen eine Plasmagenerierung mit zwei piezoelektrischen Transformatoren, wobei in den Figuren jeweils die an die Transformatoren angelegten Eingangsspannungen in ihrer Phasenverschiebung zueinander variiert sind.

15

Figuren 3 und 4 zeigen den Verlauf der an den ausgangsseitigen Stirnseiten der Transformatoren erzeugten Ausgangsspannung.

20 Figur 5 zeigt eine Vorrichtung zur Plasmaerzeugung, bei der piezoelektrische Transformatoren in einer einzigen Zeile angeordnet sind.

Figur 6 zeigt ein Array aus piezoelektrischen
25 Transformatoren.

Figur 7 zeigt eine Vorrichtung zur Plasmaerzeugung, bei der die piezoelektrischen Transformatoren einander gegenüberliegen.

30

Figur 1 zeigt einen piezoelektrischen Transformator 1 in einer perspektivischen Ansicht. Der piezoelektrische Transformator 1 kann insbesondere in einer Vorrichtung zur

Erzeugung von nichtthermischem Atmosphärendruck-Plasma eingesetzt werden.

Ein piezoelektrischer Transformator 1 ist eine Bauform eines Resonanztransformators, welcher auf Piezoelektrizität basiert und im Gegensatz zu den herkömmlichen magnetischen Transformatoren ein elektromechanisches System darstellt. Der piezoelektrische Transformator 1 ist beispielsweise ein Transformator vom Rosen-Typ.

10

Der piezoelektrische Transformator 1 weist einen Eingangsbereich 2 und einen Ausgangsbereich 3 auf, wobei der Ausgangsbereich 3 sich in einer longitudinalen Richtung z an den Eingangsbereich 2 anschließt. Im Eingangsbereich 2 weist der piezoelektrische Transformator 1 Elektroden 4 auf, an die eine Wechselspannung angelegt werden kann. Die Elektroden 4 erstrecken sich in der longitudinalen Richtung z des piezoelektrischen Transformators 1. Die Elektroden 4 sind in einer Stapelrichtung x, die senkrecht zu der longitudinalen Richtung z ist, abwechselnd mit einem piezoelektrischen Material 5 gestapelt. Das piezoelektrische Material 5 ist dabei in Stapelrichtung x polarisiert.

15

20

25

30

Die Elektroden 4 sind im Innern des piezoelektrischen Transformators 1 angeordnet und werden auch als Innenelektroden bezeichnet. Der piezoelektrische Transformator 1 weist eine erste Seitenfläche 6 und eine zweite Seitenfläche 7, die der ersten Seitenfläche 6 gegenüberliegt, auf. Auf der ersten Seitenfläche 6 ist eine erste Außenelektrode 8 angeordnet. Auf der zweiten Seitenfläche 7 ist eine zweite Außenelektrode (nicht gezeigt) angeordnet. Die innenliegenden Elektroden 4 sind in Stapelrichtung x abwechselnd entweder mit der ersten

Außenelektrode 8 oder der zweiten Außenelektrode elektrisch kontaktiert.

Ferner weist der piezoelektrische Transformator 1 eine dritte
5 Seitenfläche 20 und eine vierte Seitenfläche 21 auf, die
einander gegenüberliegen und die senkrecht zu der ersten
Seitenfläche 6 und der zweiten Seitenfläche 7 angeordnet
sind. Die Flächennormalen der dritten und der vierten
Seitenflächen 20, 21 zeigen jeweils in Stapelrichtung x.

10

Der Eingangsbereich 2 kann mit einer geringen Wechselspannung
angesteuert werden, die zwischen den Elektroden 4 angelegt
wird. Aufgrund des piezoelektrischen Effekts wird die
eingangsseitig angelegte Wechselspannung zunächst in eine
15 mechanische Schwingung umgewandelt. Die Frequenz der
mechanischen Schwingung ist dabei wesentlich von der
Geometrie und dem mechanischen Aufbau des piezoelektrischen
Transformators 1 abhängig.

20 Der Ausgangsbereich 3 weist piezoelektrisches Material 9 auf
und ist frei von innenliegenden Elektroden. Das
piezoelektrische Material 9 im Ausgangsbereich ist in der
longitudinalen Richtung z polarisiert. Bei dem
piezoelektrischen Material 9 des Ausgangsbereichs 3 kann es
25 sich um das gleiche Material wie bei dem piezoelektrischen
Material 5 des Eingangsbereichs 2 handeln, wobei sich die
piezoelektrischen Materialien 5 und 9 in ihrer
Polarisationsrichtung unterscheiden können. Im
Ausgangsbereich 3 ist das piezoelektrische Material 9 zu
30 einer einzigen monolithischen Schicht geformt, die
vollständig in der longitudinalen Richtung z polarisiert ist.
Dabei weist das piezoelektrische Material 9 im
Ausgangsbereich 3 nur eine einzige Polarisationsrichtung auf.

Wird an die Elektroden 4 im Eingangsbereich 2 eine Wechselspannung angelegt, so bildet sich innerhalb des piezoelektrischen Materials 5, 9 eine mechanische Welle aus, die durch den piezoelektrischen Effekt im Ausgangsbereich 3 eine Ausgangsspannung erzeugt. Der Ausgangsbereich 3 weist eine ausgangsseitige Stirnseite 10 auf. Im Ausgangsbereich 3 wird somit eine elektrische Spannung zwischen der Stirnseite 10 und dem Ende der Elektroden 4 des Eingangsbereichs 2 erzeugt. An der ausgangsseitigen Stirnseite 10 wird dabei eine Hochspannung erzeugt. Dabei entsteht auch zwischen der ausgangsseitigen Stirnseite und einer Umgebung des piezoelektrischen Transformators eine hohe Potentialdifferenz, die ausreicht, um ein starkes elektrisches Feld zu erzeugen, dass ein Prozessgas ionisiert.

Auf diese Weise erzeugt der piezoelektrische Transformator 1 hohe elektrische Felder, die in der Lage sind, Gase oder Flüssigkeiten durch elektrische Anregung zu ionisieren. Dabei werden Atome oder Moleküle des jeweiligen Gases bzw. der jeweiligen Flüssigkeit ionisiert und bilden ein Plasma. Es kommt immer dann zu einer Ionisation, wenn die elektrische Feldstärke an der Oberfläche des piezoelektrischen Transformators 1 die Zündfeldstärke des Plasmas überschreitet. Als Zündfeldstärke eines Plasmas wird dabei die Feldstärke bezeichnet, die zur Ionisation der Atome oder Moleküle erforderlich ist.

Die Figuren 2A bis 2C zeigen schematisch die Plasmaerzeugung mittels einer Vorrichtung, die einen ersten piezoelektrischen Transformator 1 und einen zweiten piezoelektrischen Transformator 101 aufweist. Ferner weist die Vorrichtung eine

Ansteuerschaltung auf, die es ermöglicht, an jeden der beiden Transformatoren 1, 101 eine Eingangsspannung anzulegen.

Der erste Transformator 1 und der zweite Transformator 101 sind parallel zueinander angeordnet. Insbesondere ist der Ausgangsbereich 3 des ersten Transformators 1 unmittelbar benachbart zu einem Ausgangsbereich 103 des zweiten Transformators 101 angeordnet. Die Flächennormalen der ausgangsseitigen Stirnseite 10 des ersten Transformators und einer ausgangsseitigen Stirnseite 110 des zweiten Transformators 101 sind zueinander parallel. Zwischen dem ersten Transformator 1 und dem zweiten Transformator 101 befindet sich ein Spalt 11.

Durch die Verwendung mehrerer piezoelektrischer Transformatoren 1, 101 in einer Vorrichtung zur Erzeugung eines nichtthermischen Atmosphärendruck-Plasmas wird es ermöglicht, gleichzeitig eine größere Fläche mit einem Plasma zu bearbeiten. Insbesondere bei industriellen Anwendungen ist es für eine effiziente Prozessgestaltung wesentlich, dass große Flächen in einer kurzen Bearbeitungszeit mit nichtthermischem Atmosphärendruck-Plasma beaufschlagt werden können.

Figur 2A zeigt eine nicht-erfindungsgemäße Anordnung, bei der an die beiden Transformatoren 1, 101 jeweils eine Eingangsspannung angelegt wird, wobei die an dem ersten Transformator 1 anliegende Eingangsspannung und die an dem zweiten Transformator 101 anliegende Eingangsspannung nicht zueinander phasenverschoben sind. An jeden der beiden Transformatoren 1, 101 wird dabei eine sinusförmige Eingangsspannung angelegt. Dementsprechend weist der zeitliche Verlauf des an den ausgangsseitigen Stirnseiten 10

110 erzeugten Potentials ebenfalls einen sinusförmigen Verlauf auf, wobei an beiden Transformatoren 1, 101 zum gleichen Zeitpunkt ein maximales Potential erzeugt wird.

- 5 Durch gestrichelte Linien ist in Figur 2A der Feldverlauf der von den beiden Transformatoren 1, 101 erzeugten Potentiale angedeutet. Die gestrichelten Linien sind dabei jeweils Äquipotentiallinien.
- 10 Figur 2A betrachtet den Potentialverlauf zu einem Zeitpunkt, an dem an beiden Transformatoren 1, 101 an der jeweiligen ausgangsseitigen Stirnseite 10, 110 ein maximales Potential erzeugt wird. Es ergibt sich ein Potentialverlauf, bei dem das Potential in dem Spalt 11 zwischen den beiden
- 15 Transformatoren 1, 101 annähernd konstant bleibt. Ein hoher Feldgradient stellt sich dagegen an den Kanten der ausgangsseitigen Stirnseiten 10, 110 ein, die von dem Spalt 11 wegweisen. Hier liegen die gestrichelt eingezeichneten Äquipotentiallinien eng beieinander.
- 20 Zur Zündung eines Plasmas ist ein hoher Feldgradient erforderlich. Dementsprechend ergibt sich bei einer phasengleichen Ansteuerung der beiden piezoelektrischen Transformatoren 1, 101 bei der Plasmagenerierung das folgende
- 25 Bild: Im Bereich des Spalts 11 zwischen den beiden Transformatoren 1, 101 wird auf Grund der Nivellierung des Potentials kein Plasma gezündet. Lediglich an den Kanten der ausgangsseitigen Stirnseiten 10, 110, die von dem Spalt 11 wegweisen, kommt es zu einer Plasmazündung, da nur hier ein
- 30 ausreichend hoher Feldgradient vorliegt.

Die mit dieser Ansteuerung der piezoelektrischen Transformatoren 1, 101 erzeugbare Plasmamenge ist nicht

wesentlich höher als die mit einem einzigen piezoelektrischen Transformator 1 erreichbare Menge an Plasma.

Figur 2B zeigt eine weitere nicht-erfindungsgemäße

5 Ansteuerung der beiden piezoelektrischen Transformatoren 1, 101. Hierbei wird an jeden der beiden piezoelektrischen Transformatoren 1, 101 jeweils eine sinusförmige Eingangsspannung angelegt, die zueinander um 180° phasenverschoben sind.

10

Dementsprechend liegt an der ausgangseitigen Stirnseite 10 des ersten piezoelektrischen Transformators 1 ein maximal positives Potential vor, wenn zum gleichen Zeitpunkt an der ausgangseitigen Stirnseite 110 des zweiten piezoelektrischen
15 Transformators 101 ein maximal negatives Potential vorliegt.

In diesem Fall stellt sich ein hoher Feldgradient insbesondere in dem Spalt 11 zwischen den beiden piezoelektrischen Transformatoren 1, 101 ein. Dementsprechend
20 kommt es zu einer Plasmazündung am ersten piezoelektrischen Transformator 1, bei der ein Plasmastrahl generiert wird, der stark zum zweiten piezoelektrischen Transformator 101 hing gerichtet ist. Bei dem zweiten piezoelektrischen Transformator 101 kommt es zu einer Plasmazündung, bei der
25 ein Plasmastrahl generiert wird, der stark zum ersten piezoelektrischen Transformator 1 hing gerichtet ist.

An den Kanten der ausgangsseitigen Stirnseiten 10, 110, die von dem Spalt 11 wegweisen, stellt sich im Vergleich zu dem
30 Spalt 11 ein geringerer Feldgradient ein. Daher kommt es an diesen Kanten nicht zu einer Plasmazündung. Insgesamt ist daher die in diesem Fall erzeugte Plasmamenge nicht wesentlich höher als die in der gleichen Zeit mit einem

einzigsten piezoelektrischen Transformator 1 erzeugbare
Plasmamenge.

Figur 2C betrachtet nunmehr eine Ansteuerung, bei der an den
5 ersten piezoelektrischen Transformator 1 eine
Eingangsspannung angelegt wird, die um 90° phasenverschoben
ist gegenüber einer Eingangsspannung, die an den zweiten
piezoelektrischen Transformator 101 angelegt wird. Die beiden
Eingangsspannungen weisen jeweils einen sinusförmigen Verlauf
10 auf.

In diesem Fall erreicht das an der ausgangsseitigen
Stirnseite 10 des ersten piezoelektrischen Transformators 1
erzeugte Potential sein Maximum, wenn der zweite
15 piezoelektrische Transformator 101 quasi feldfrei ist.
Dementsprechend wird die Plasmagenerierung durch den ersten
piezoelektrischen Transformator 1 von dem zweiten
piezoelektrischen Transformator 101 nicht wesentlich
beeinflusst.

20 Ferner erreicht das an der ausgangsseitigen Stirnseite 110
des zweiten piezoelektrischen Transformators 101 erzeugte
Potential ein Maximum, wenn der erste piezoelektrische
Transformator 1 quasi feldfrei ist. Dementsprechend wird auch
25 die Plasmagenerierung durch den zweiten piezoelektrischen
Transformator 101 von dem ersten piezoelektrischen
Transformator 1 nicht wesentlich beeinflusst.

Die in Figur 2C beschriebene Konfiguration führt
30 dementsprechend zu einer Plasmagenerierungsrate, die
wesentlich größer ist als eine mit einem einzigen
piezoelektrischen Transformator 1 erreichbare
Plasmagenerierungsrate. Ferner wird das erzeugte Plasma in

eine Richtung nach vorne gleichmäßig über einen großen Raumwinkel erzeugt.

Figur 3 zeigt den zeitlichen Verlauf des an der
5 ausgangsseitigen Stirnseite 10 des ersten piezoelektrischen Transformators 1 erzeugten Potentials sowie des an der ausgangsseitigen Stirnseite 110 des zweiten piezoelektrischen Transformators 101 erzeugten Potentials. Die Kurve U_1 zeigt dabei den zeitlichen Verlauf des an der ausgangsseitigen
10 Stirnseite 10 des ersten piezoelektrischen Transformators 1 erzeugten Potentials und die Kurve U_2 zeigt entsprechend den zeitlichen Verlauf des an der ausgangsseitigen Stirnseite 110 des zweiten piezoelektrischen Transformators 101 erzeugten Potentials. Die an den zweiten piezoelektrischen
15 Transformator 101 angelegte Eingangsspannung ist um $+90^\circ$ gegenüber der an den ersten piezoelektrischen Transformator 1 angelegten Eingangsspannung phasenverschoben.

Plasma und Ozon können von dem piezoelektrischen
20 Transformator 1 durch eine Dielektrische Barriereentladung (DBD = Dielectric Barrier Discharge) erzeugt werden. Die Plasmagenerierung in Folge einer Dielektrischen Barriereentladung hängt weitgehend von der Änderungsgeschwindigkeit des an der ausgangsseitigen
25 Stirnseite 10, 110 erzeugten Potentials ab. Sind nun, wie in Figur 3 gezeigt, die an zwei unmittelbar zueinander benachbarten piezoelektrischen Transformatoren 1, 101 erzeugten Potential um 90° zueinander verschoben, so zeigen die Potentiale jeweils abwechselnd eine maximale
30 Änderungsgeschwindigkeit.

Beispielsweise weist die Kurve U_1 zum Zeitpunkt t_1 eine maximale Anstiegsgeschwindigkeit auf. Die Kurve U_2 weist

dagegen zum Zeitpunkt t_1 eine nur minimale Änderung auf.
Dementsprechend wird zum Zeitpunkt t_1 am ersten
piezoelektrischen Transformator 1 ein Plasma gezündet und am
zweiten piezoelektrischen Transformator 101 kein Plasma
5 gezündet. Da somit die beiden Transformatoren 1, 101 stets
abwechselnd zueinander Plasma generieren, stören sie
gegenseitig die Plasmagenerierung nicht.

Figur 4 zeigt ebenfalls den Verlauf der an den
10 ausgangsseitigen Stirnseiten 10, 110 des ersten und des
zweiten piezoelektrischen Transformators 1, 101 erzeugten
Potentiale, wobei nunmehr die Eingangsspannung des zweiten
piezoelektrischen Transformators 101 um -90° gegenüber der
Eingangsspannung des ersten piezoelektrischen Transformators
15 1 phasenverschoben ist. Wiederum stellt sich die bereits in
Figur 3 erläuterte Konfiguration ein, bei der die beiden
Transformatoren 1, 101 stets abwechselnd zueinander Plasma
generieren, da sie jeweils dann ein Maximum der
Anstiegsgeschwindigkeit der ausgangseitigen Potentiale
20 erreichen, wenn der jeweils andere Transformator 1, 101 ein
nahezu konstantes Potential zeigt.

Somit ermöglicht es eine um 90° versetzte Ansteuerung der
beiden Transformatoren 1, 101 sowohl den geometrischen
25 Feldgradienten als auch den zeitlichen Verlauf der
Änderungsgeschwindigkeit der erzeugten Felder derart zu
optimieren, dass die von den beiden Transformatoren 1, 101
erzeugte Plasmamenge maximiert werden kann.

30 Figur 5 zeigt eine Vorrichtung zur Erzeugung eines
nichtthermischen Atmosphärendruck-Plasmas, die neben dem
ersten piezoelektrischen Transformator 1 und dem zweiten
piezoelektrischen Transformator 101 einen dritten

Transformator 201 und einen vierten Transformator 301 aufweist. Ferner kann die Vorrichtung noch weitere piezoelektrische Transformatoren aufweisen. Die piezoelektrischen Transformatoren 1, 101, 201, 301 sind dabei
5 parallel zueinander angeordnet. Die Flächennormalen der ausgangsseitigen Stirnseiten der piezoelektrischen Transformatoren sind parallel zueinander.

Ferner sind die piezoelektrischen Transformatoren 1, 101, 201, 301 in einem geringen Abstand zueinander angeordnet. Die piezoelektrischen Transformatoren 1, 101, 201, 301 können in einem Abstand von mehr als 5 mm und weniger als 5 cm zueinander angeordnet sein. Die piezoelektrischen Transformatoren 1, 101, 201, 301 sind derart angeordnet, dass
15 sie eine Zeile bilden. Diese Anordnung von piezoelektrischen Transformatoren 1, 101, 201, 301 in einer einzigen Zeile ermöglicht es, beispielsweise Folien auf Fließbändern effektiv mit Plasma zu beaufschlagen.

Der erste Transformator 1 ist unmittelbar zu dem zweiten Transformator 101 benachbart. Der zweite Transformator 101 ist unmittelbar zu dem ersten Transformator 1 und zu dem dritten Transformator 201 benachbart, usw.

Die Vorrichtung weist ferner eine Ansteuerschaltung auf, die an jeden der piezoelektrischen Transformatoren 1, 101, 201, 301 eine Eingangsspannung anlegt. Dabei werden die Eingangsspannungen derart angelegt, dass an jeweils zueinander benachbarte piezoelektrische Transformatoren
30 Eingangsspannungen angelegt werden, die um jeweils 90° zueinander phasenverschoben sind.

Als Beispiel wird nunmehr eine Ansteuerung des ersten bis eines vierten piezoelektrischen Transformators 1, 101, 201, 301 betrachtet.

- 5 Gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel könnte die Ansteuerschaltung an den ersten und den dritten piezoelektrischen Transformator 1, 201 jeweils eine identische Eingangsspannung, das heißt Eingangsspannungen, die nicht gegeneinander phasenverschoben sind, anlegen und an
10 dem zweiten und vierten piezoelektrischen Transformator 101, 301 jeweils eine Eingangsspannung anlegen, die um 90° gegenüber der an dem ersten und dritten Transformator 1, 101 anliegenden Eingangsspannung phasenverschoben ist.
- 15 Gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel weist die Eingangsspannung des ersten Transformators 1 eine Phasenverschiebung von 0° , die Eingangsspannung des zweiten Transformators 101 und des vierten Transformators 301 jeweils eine Phasenverschiebung von $+90^\circ$ und die Eingangsspannung des
20 dritten Transformators 201 eine Phasenverschiebung von $+180^\circ$ auf. Weitere mögliche Phasenverschiebungen der an dem ersten bis vierten piezoelektrischen Transformator 1, 101, 201, 301 angelegten Eingangsspannungen können der untenstehenden Tabelle entnommen werden. Die Phasenverschiebungen sind dabei
25 stets relativ zueinander zu sehen. Dementsprechend sind auch sämtliche Permutationen mit positiven und negativen Vorzeichen sowie um n° verschobene Phasenverschiebungen möglich.

	Erster Trans- formator	zweiter Trans- formator	Dritter Trans- formator	Vierter Trans- formator
Beispiel 1	0°	+90°	0°	+90°
Beispiel 2	0°	+90°	+180°	+90°
Beispiel 3	0°	+90°	0°	-90°
Beispiel 4	0°	+90°	+180°	+270°

In der Tabelle sind jeweils die Phasenverschiebungen der an den ersten bis vierten piezoelektrischen Transformator 1, 101, 201, 301 angelegten Eingangsspannungen aufgeführt. Die Phasenverschiebungen sind dabei stets relativ zueinander zu sehen. Dementsprechend sind auch sämtliche Permutationen mit positiven und negativen Vorzeichen möglich. Ferner sind sämtliche Verschiebungen inkludiert, bei denen alle Phasenverschiebungen um einen beliebigen Betrag n° verschoben werden.

Figur 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Vorrichtung. Dabei sind die ausgangsseitigen Stirnseiten 10, 110 der piezoelektrischen Transformatoren 1, 101, 201, 301 der Vorrichtung in Draufsicht gezeigt. Die piezoelektrischen Transformatoren sind parallel zueinander angeordnet und bilden ein Array 1, 101, 201, 301, das mehrere Zeilen und mehrere Spalten aufweist. Beispielsweise sind der erste und der dritte Transformator 1, 201 in einer Zeile angeordnet. Der erste und der zweite Transformator 1, 101 sind in einer Spalte angeordnet. Der erste und der vierte Transformator 1, 301 sind entlang derselben Diagonale angeordnet. Auch der zweite und der dritte Transformator 101, 201 sind entlang derselben Diagonale angeordnet.

Die Transformatoren 1, 101, 201, 301 werden derart angesteuert, dass unmittelbar zueinander benachbarte piezoelektrische Transformatoren 1, 101 jeweils mit einer Eingangsspannung versorgt werden, die um 90° zueinander phasenverschoben ist. Die piezoelektrischen Transformatoren 1, 301 bzw. 101, 201, die auf einer Diagonale liegen, werden jeweils mit einer Eingangsspannung versorgt, die nicht gegeneinander phasenverschoben ist. Dadurch kann das Zünden von Plasma entlang der Diagonalen verhindert werden.

10

Figur 7 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Erzeugung eines nichtthermischen Atmosphärendruck-Plasmas. Der erste piezoelektrische Transformator 1 und der zweite piezoelektrische Transformator 101 sind hierbei einander gegenüberliegend angeordnet. Insbesondere weist die ausgangsseitige Stirnseite 10 des ersten piezoelektrischen Transformators 1 zur ausgangsseitigen Stirnseite 110 des zweiten piezoelektrischen Transformators 101 hin.

20

Auch in diesem Fall werden die beiden piezoelektrischen Transformatoren 1, 101 von einer Ansteuerschaltung mit einer Eingangsspannung derart versorgt, dass die an dem ersten piezoelektrischen Transformator 1 anliegende Eingangsspannung um 90° gegenüber der an dem zweiten piezoelektrischen Transformator 101 anliegenden Eingangsspannung um 90° phasenverschoben ist.

25

Die in Figur 7 gezeigte Vorrichtung eignet sich insbesondere dazu, zwei Seiten einer Folie gleichzeitig mit Plasma zu behandeln. Dabei kann die Folie durch einen zwischen den beiden ausgangsseitigen Stirnseiten 10, 110 der piezoelektrischen Transformatoren 1, 101 gebildeten

30

Zwischenraum 12 hindurchgeführt werden. Eine Oberseite der Folie kann dabei dem ersten piezoelektrischen Transformator 1 zugewandt sein und eine Unterseite der Folie kann dem zweiten piezoelektrischen Transformator 101 zugewandt sein. Der erste piezoelektrische Transformator 1 erzeugt ein Plasma, mit dem die Oberseite der Folie behandelt wird, und der zweite piezoelektrische Transformator 101 erzeugt ein Plasma, mit dem die Unterseite der Folie mit Plasma behandelt wird.

10 Auch die in Figur 5 und Figur 6 gezeigten Ausführungsbeispiele, bei denen die piezoelektrischen Transformatoren 1 zu einer einzigen Zeile oder zu einem Array aufweisend mehrere Spalten und mehrere Zeilen angeordnet sind, können in einer gegenüberliegenden Anordnung ausgeführt werden. Dabei kann eine erste Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren entweder eine Zeile oder ein Array bilden und gegenüber einer zweiten Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren angeordnet sein, die ebenfalls eine Zeile oder ein Array bilden. Die Transformatoren werden dabei mit einer Eingangsspannung versorgt, wobei zu beachten ist, dass unmittelbar zueinander benachbarte Transformatoren jeweils mit einer zueinander um 90° versetzten Eingangsspannung versorgt werden sollten, dass einander gegenüberliegende Transformatoren ebenfalls mit einer Eingangsspannung versorgt werden sollten, die um 90° zueinander versetzt sind und dass die Transformatoren, die auf einer Diagonalen angeordnet sind, jeweils mit phasengleichen Eingangsspannungen versorgt werden.

Bezugszeichenliste

	1	piezoelektrischer Transformator
	2	Eingangsbereich
5	3	Ausgangsbereich
	4	Elektrode
	5	piezoelektrisches Material
	6	erste Seitenfläche
	7	zweite Seitenfläche
10	8	erste Außenelektrode
	9	piezoelektrisches Material
	10	ausgangsseitige Stirnseite
	11	Spalt
	12	Zwischenraum
15	101	zweiter piezoelektrischer Transformator
	103	Ausgangsbereich
	110	ausgangsseitige Stirnseite
	201	dritter piezoelektrischer Transformator
	301	vierter piezoelektrischer Transformator
20		
	x	Stapelrichtung
	z	longitudinale Richtung

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung eines nichtthermischen
Atmosphärendruck-Plasmas aufweisend
5 einen ersten piezoelektrische Transformator (1), einen
zweiten piezoelektrische Transformator (101) und eine
Ansteuerschaltung, die dazu ausgestaltet ist, an jeden
der piezoelektrischen Transformatoren (1, 101) eine
Eingangsspannung anzulegen, wobei die Eingangsspannung,
10 die an den ersten Transformator (1) angelegt wird,
gegenüber der Eingangsspannung, die an den zweiten
Transformator (101) angelegt wird, um 90°
phasenverschoben ist.
- 15 2. Vorrichtung gemäß dem vorherigen Anspruch,
wobei der erste und der zweite piezoelektrische
Transformator (1, 101) in einem Abstand von weniger als
5 cm zueinander angeordnet sind.
- 20 3. Vorrichtung gemäß einem der vorherigen Ansprüche,
wobei die Ansteuerschaltung derart ausgestaltet ist,
dass die Eingangsspannungen, die an die
piezoelektrischen Transformatoren (1, 101) angelegt
werden, jeweils die gleiche Frequenz aufweisen.
- 25 4. Vorrichtung gemäß einem der vorherigen Ansprüche,
aufweisend weitere piezoelektrische Transformator (201,
301), wobei die Ansteuerschaltung dazu ausgelegt ist,
die Eingangsspannungen an die Transformatoren (1, 101,
30 201, 301) derart anzulegen, dass Eingangsspannungen, die
an zueinander unmittelbar benachbarten Transformatoren
(1, 101) anliegen, jeweils um 90° zueinander
phasenverschoben sind.

5. Vorrichtung gemäß dem vorherigen Anspruch,
wobei die piezoelektrischen Transformatoren (1, 101,
201, 301) parallel zueinander angeordnet sind und eine
5 einzige Zeile bilden.
6. Vorrichtung gemäß dem Anspruch 4,
wobei die piezoelektrischen Transformatoren (1, 101,
201, 301) parallel zueinander angeordnet sind und ein
10 Array mit zumindest zwei Zeilen und zumindest zwei
Spalten bilden, und
wobei die Ansteuerschaltung dazu ausgelegt ist, die
Eingangsspannungen an die Transformatoren (1, 101, 201,
301) derart anzulegen, dass die Eingangsspannungen, die
15 an den Transformatoren (1, 301) anliegen, die auf ein
und derselben Diagonale des Arrays angeordnet sind,
jeweils um 0° zueinander phasenverschoben sind.
7. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4,
20 wobei der erste und der zweite piezoelektrische
Transformator (1, 101) derart angeordnet sind, dass ihre
ausgangsseitigen Stirnseiten (10, 110) einander
gegenüberliegen.
- 25 8. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4,
wobei eine erste Gruppe von piezoelektrischen
Transformatoren den ersten piezoelektrischen
Transformator (1) und weitere piezoelektrische
Transformatoren aufweist, die parallel zueinander
30 angeordnet sind und eine einzige Zeile bilden, und
wobei eine zweite Gruppe von piezoelektrischen
Transformatoren, den zweiten piezoelektrischen
Transformator (101) und weitere piezoelektrische

Transformatoren aufweist, die parallel zueinander angeordnet sind und eine einzige Zeile bilden, wobei die erste Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren und die zweite Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren einander gegenüberliegend angeordnet ist, wobei die Ansteuerschaltung dazu ausgelegt ist, die Eingangsspannungen an die Transformatoren einer Zeile jeweils derart anzulegen, dass Eingangsspannungen, die an zueinander unmittelbar benachbarten Transformatoren anliegen, jeweils um 90° zueinander phasenverschoben sind, und dass ferner die Eingangsspannungen, die an einander gegenüberliegenden Transformatoren anliegen, jeweils um 90° zueinander phasenverschoben sind.

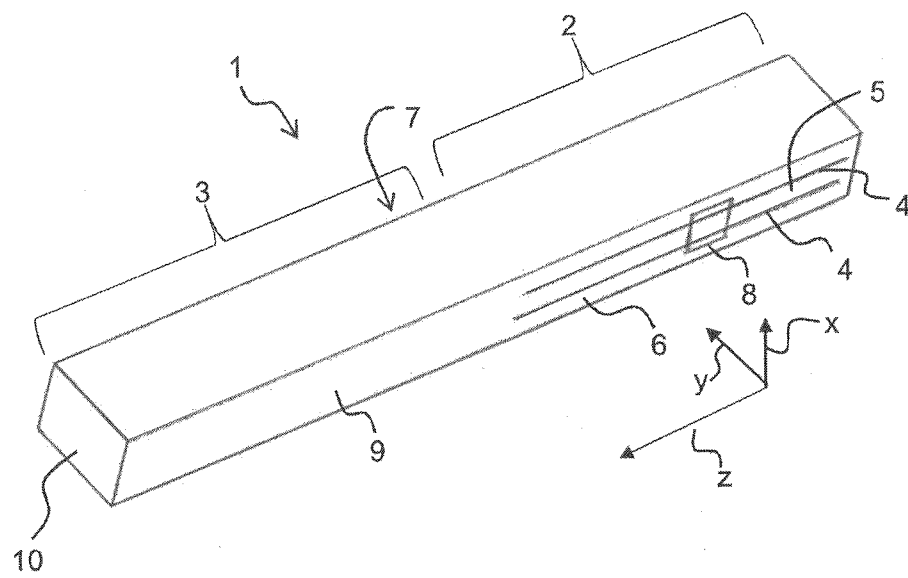
9. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei eine erste Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren den ersten piezoelektrischen Transformator (1) und weitere piezoelektrische Transformatoren aufweist, die parallel zueinander angeordnet sind und ein Array mit zumindest zwei Spalten und zumindest zwei Zeilen bilden, und wobei eine zweite Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren den zweiten piezoelektrischen Transformator (101) und weitere piezoelektrische Transformatoren aufweist, die parallel zueinander angeordnet sind und ein Array mit zumindest zwei Spalten und zumindest zwei Zeilen bilden, wobei die erste Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren und die zweite Gruppe von piezoelektrischen Transformatoren einander gegenüberliegend angeordnet ist,

wobei die Ansteuerschaltung dazu ausgelegt ist, die Eingangsspannungen an die Transformatoren jeweils derart anzulegen, dass Eingangsspannungen, die an zueinander unmittelbar benachbarten Transformatoren anliegen, jeweils um 90° zueinander phasenverschoben sind, dass die Eingangsspannungen, die an den Transformatoren anliegen, die auf ein und derselben Diagonale des Arrays angeordnet sind, jeweils um 0° zueinander phasenverschoben sind, und dass ferner die Eingangsspannungen, die an einander gegenüberliegenden Transformatoren anliegen, jeweils um 90° zueinander phasenverschoben sind.

10. Verfahren zur Erzeugung von nichtthermischem

Atmosphärendruck-Plasma mittels zumindest eines ersten piezoelektrischen Transformators (1) und eines zweiten piezoelektrischen Transformators (101), wobei an den ersten piezoelektrischen Transformator (1) und an den zweiten piezoelektrischen Transformator (101) jeweils eine Eingangsspannung angelegt wird, die zueinander um 90° phasenverschoben sind.

Fig. 1



2/5

FIG 2A

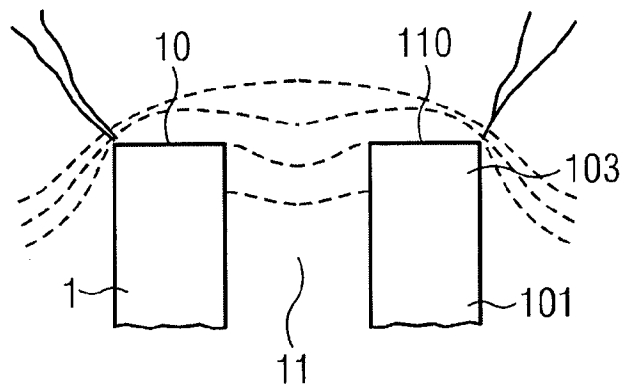


FIG 2B

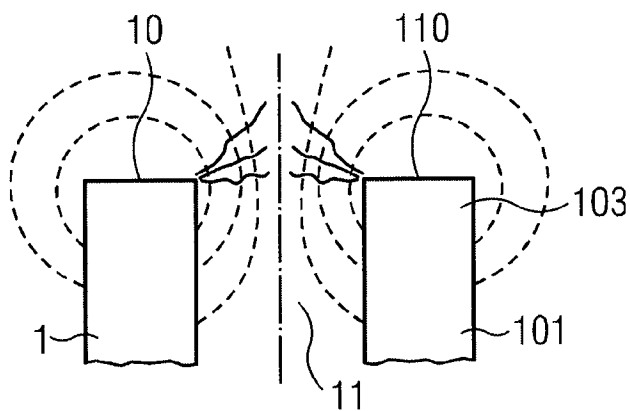
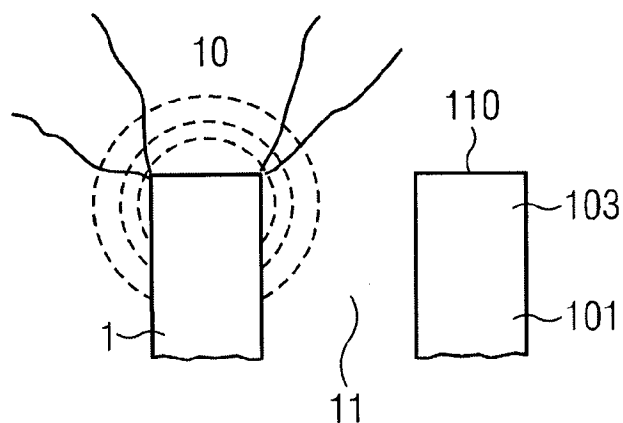


FIG 2C



3/5

FIG 3

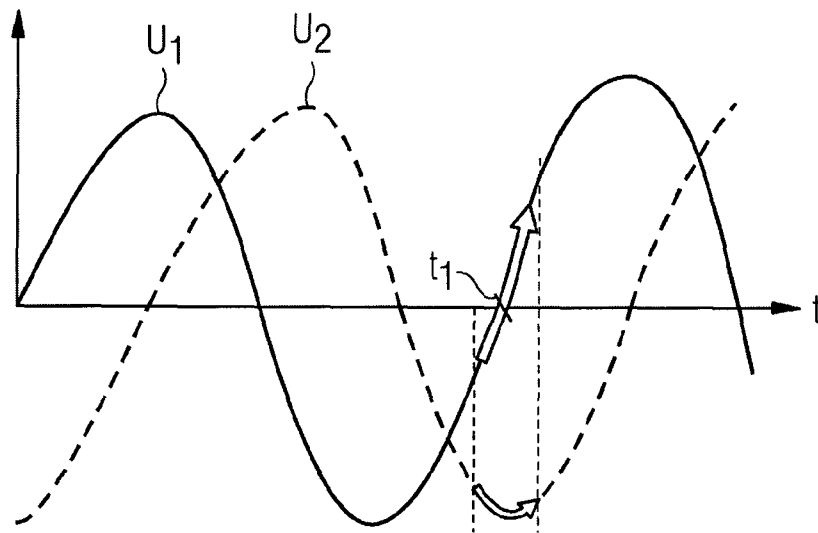


FIG 4

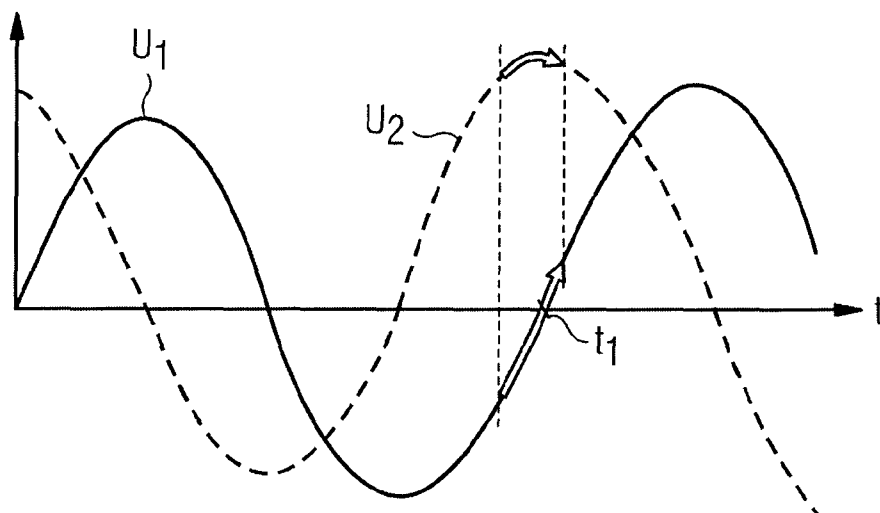


Fig. 5

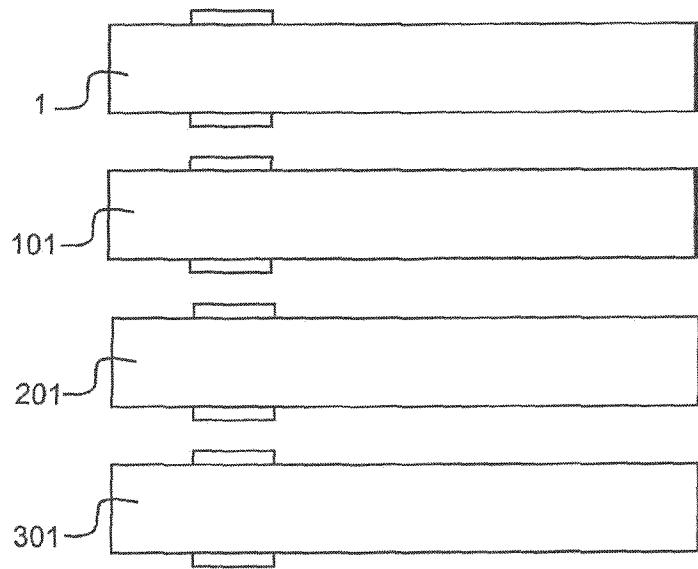


Fig. 6

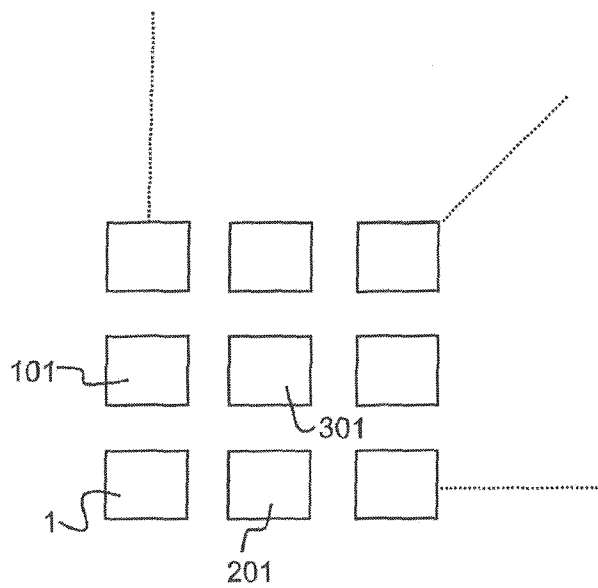
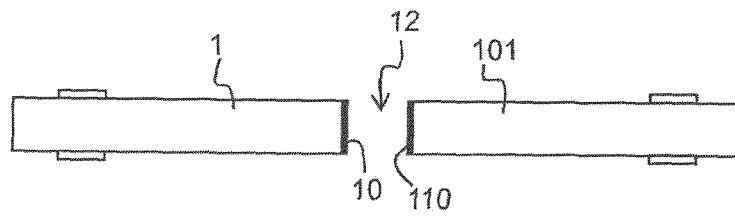


Fig. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/051559

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H05H1/24 H01L41/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05H H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/074903 A1 (PHILLIPS JAMES R [US]) 20 June 2002 (2002-06-20)	1-3,5,7, 10
Y	abstract; figures 2,3a,3b,4 paragraphs [0030] - [0034]	4,8,9
X	US 5 747 914 A (HUANG JIN [US] ET AL) 5 May 1998 (1998-05-05)	1,10
	abstract; figures 1,11 column 4, lines 30-43 column 10, lines 32-40	
Y	US 2009/122941 A1 (ENGEMANN JURGEN [DE] ET AL) 14 May 2009 (2009-05-14)	4,8,9
A	cited in the application abstract; figure 9	1-3,5-7, 10
	----- -/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 March 2017

Date of mailing of the international search report

04/04/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Crescenti, Massimo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/051559

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2014 110405 A1 (EPCOS AG [DE]) 28 January 2016 (2016-01-28) abstract; figure 2 -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/051559

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002074903	A1	20-06-2002	NONE

US 5747914	A	05-05-1998	CN 1249068 A 29-03-2000
		EP 0958619 A1 24-11-1999	
		JP 3222479 B2 29-10-2001	
		JP 2000514250 A 24-10-2000	
		KR 20000070806 A 25-11-2000	
		US 5747914 A 05-05-1998	
		WO 9834286 A1 06-08-1998	

US 2009122941	A1	14-05-2009	AT 530051 T 15-11-2011
		DE 102005032890 A1 18-01-2007	
		EP 1902599 A2 26-03-2008	
		JP 5404039 B2 29-01-2014	
		JP 2009501409 A 15-01-2009	
		KR 20080037026 A 29-04-2008	
		US 2009122941 A1 14-05-2009	
		WO 2007006298 A2 18-01-2007	

DE 102014110405	A1	28-01-2016	DE 102014110405 A1 28-01-2016
		WO 2016012282 A1 28-01-2016	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H05H1/24 H01L41/00
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H05H H01L

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/074903 A1 (PHILLIPS JAMES R [US]) 20. Juni 2002 (2002-06-20)	1-3,5,7, 10
Y	Zusammenfassung; Abbildungen 2,3a,3b,4 Absätze [0030] - [0034]	4,8,9
X	US 5 747 914 A (HUANG JIN [US] ET AL) 5. Mai 1998 (1998-05-05)	1,10
	Zusammenfassung; Abbildungen 1,11 Spalte 4, Zeilen 30-43 Spalte 10, Zeilen 32-40	
Y	US 2009/122941 A1 (ENGEMANN JURGEN [DE] ET AL) 14. Mai 2009 (2009-05-14)	4,8,9
A	in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildung 9	1-3,5-7, 10
	----- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert,
aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach
dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er-
scheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer
anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden
soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie
ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,
eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach
dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum
oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der
Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der
Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden
Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung
kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf
erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung
kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet
werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren
Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und
diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

27. März 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/04/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Crescenti, Massimo

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2014 110405 A1 (EPCOS AG [DE]) 28. Januar 2016 (2016-01-28) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/051559

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002074903 A1	20-06-2002	KEINE	
US 5747914 A	05-05-1998	CN 1249068 A	29-03-2000
		EP 0958619 A1	24-11-1999
		JP 3222479 B2	29-10-2001
		JP 2000514250 A	24-10-2000
		KR 20000070806 A	25-11-2000
		US 5747914 A	05-05-1998
		WO 9834286 A1	06-08-1998
US 2009122941 A1	14-05-2009	AT 530051 T	15-11-2011
		DE 102005032890 A1	18-01-2007
		EP 1902599 A2	26-03-2008
		JP 5404039 B2	29-01-2014
		JP 2009501409 A	15-01-2009
		KR 20080037026 A	29-04-2008
		US 2009122941 A1	14-05-2009
		WO 2007006298 A2	18-01-2007
DE 102014110405 A1	28-01-2016	DE 102014110405 A1	28-01-2016
		WO 2016012282 A1	28-01-2016