

(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  
06. Juni 2024 (06.06.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2024/115408 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

H05H 1/24 (2006.01) H05H 1/30 (2006.01)  
C22B 9/22 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/083205

(22) Internationales Anmeldedatum:  
27. November 2023 (27.11.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2022 131 436.7  
28. November 2022 (28.11.2022) DE

(71) Anmelder: TRUMPF HÜTTINGER GMBH + CO. KG  
[DE/DE]; Bötzingen Strasse 80, 79111 Freiburg (DE).

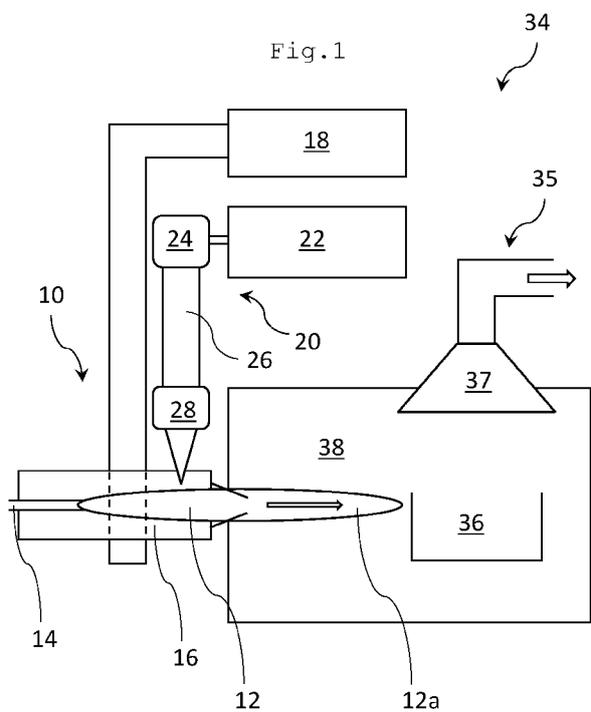
(72) Erfinder: HINTZ, Gerd; Im Breyel 1, 79292 Pfaffenweiler (DE).

(74) Anwalt: TRUMPF PATENTABTEILUNG; Trumpf SE + Co. KG Johann-Maus-Strasse 2, 71254 Ditzingen (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: APPARATUS FOR CREATING A PLASMA, HIGH-TEMPERATURE PROCESS PLANT COMPRISING SUCH AN APPARATUS, AND METHOD FOR OPERATING SUCH AN APPARATUS OR PLANT

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR ERZEUGUNG EINES PLASMAS, HOCHTEMPERATURPROZESSANLAGE MIT EINER SOLCHEN VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER SOLCHEN VORRICHTUNG ODER ANLAGE



(57) Abstract: The invention relates to an apparatus (10) for creating a plasma (12) comprising a process gas supply (14) for supplying a process gas to the apparatus (10), a plasma creation chamber (16) for creating the plasma (12) by ionising the process gas, an energy supply (18) for supplying the apparatus (10) with energy, an ignition device (20) for igniting and/or re-igniting the plasma (12), wherein a power fed by means of the energy supply (18) into the plasma creation chamber (16) is in a range from 100 kilowatt to 1 gigawatt. The invention also relates to a high-temperature process plant, in particular a melting plant, having such an apparatus (10), and to a method for operating such an apparatus (10) or high-temperature process plant, in particular melting plant (34).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (10) zur Erzeugung eines Plasmas (12) umfassend eine Prozessgaszufuhr (14) zur Zuführung eines Prozessgases in die Vorrichtung (10), einen Plasmaerzeugungsraum (16) zur Erzeugung des Plasmas (12) durch ein Ionisieren des Prozessgases, eine Energieversorgung (18) zur Versorgung der Vorrichtung (10) mit Energie, eine Zündeinrichtung (20) zum Zünden und/oder Wiederzünden des Plasmas (12), wobei eine mittels der Energieversorgung (18) in den Plasmaerzeugungsraum (16) eingespeiste Leistung in einem Bereich von 100 Kilowatt bis 1 Gigawatt liegt. Die Erfindung betrifft zudem eine Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage, mit einer solchen Vorrichtung (10) und ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Vorrichtung (10) oder Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage (34).

WO 2024/115408 A1

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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)

5

10

15

**Titel:**     **Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasmas,  
Hochtemperaturprozessanlage mit einer solchen  
Vorrichtung und Verfahren zum Betreiben einer  
solchen Vorrichtung oder Anlage**

#### **Beschreibung**

25 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung eines  
Plasmas mit Merkmalen des Anspruchs 1, eine  
Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage zum  
Schmelzen eines Materials mittels Schmelzwärme mit Merkmalen  
des Anspruchs 13 und ein Verfahren zum Betreiben einer  
30 Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasmas oder einer  
Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage mit  
Merkmalen des Anspruchs 16.

Mit Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage,  
35 ist hier eine Anlage gemeint, die Wärmeleistung mindestens  
100 kW, insbesondere mindestens 500 kW, besonders bevorzugt  
mindestens 2 MW in einer Plasmaflamme erzeugen kann. Das ist  
insbesondere für solche Anlagen interessant, die

konventionelle Gasbrenner mit einer vergleichbaren Heizleistung im Zuge der Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes ersetzen können sollen.

5 Plasmabrenner sind aus dem Stand der Technik bekannt. Dabei wird ein Lichtbogen aus einem ionisierten Gas, dem sogenannten Plasma, erzeugt. Das Plasma kann dabei eine Temperatur von ca. 30.000 °C aufweisen. Zur Erzeugung des Plasmas muss dieses zunächst gezündet, also das Gas ionisiert, werden. Um das  
10 Plasma aufrecht zu erhalten, also das Gas im ionisierten Zustand zu halten, muss dauerhaft Energie (bzw. Leistung) in den Plasmabrenner eingespeist werden. Es gibt unterschiedliche Arten, das Plasma zu zünden.

15 US 2015/0021301 A1 offenbart eine Zündvorrichtung zum Zünden eines Plasmabrenners. Dabei wird ein gepulster Nd:YAG Laser verwendet, dessen Laserstrahl in das zu ionisierte Gas geleitet wird, um dieses zu ionisieren bzw. das Plasma zu zünden.

20 Nachteilig dabei ist, dass das Plasma Material von den Kathoden abtragen kann, das den Hochtemperaturprozess, insbesondere Schmelzprozess verunreinigen kann. Das ist insbesondere bei hohen Leistungen, wie sie für diese Prozesse  
25 benötigt werden, problematisch.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Plasmas, insbesondere eines Plasmastrahls, eine Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage zum  
30 Schmelzen eines Materials mittels Schmelzwärme und ein Verfahren zum Betreiben einer Vorrichtung oder einer Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage

bereitzustellen, wobei die eingespeiste Leistung in einem Bereich von 100 Kilowatt bis 1 Gigawatt liegt. Die Hochtemperaturprozessanlage kann auch zum Brennen von Zement verwendet werden.

5

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Plasmas mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die Vorrichtung kann als ein Plasmabrenner ausgebildet sein. Die Vorrichtung umfasst eine Prozessgaszufuhr zur Zuführung eines Prozessgases in die Vorrichtung und einen Plasmaerzeugungsraum zur Erzeugung des Plasmas durch ein Ionisieren des Prozessgases. Der Plasmaerzeugungsraum kann als eine Plasmaerzeugungskammer ausgebildet sein. Wie aus der Beschreibung zuvor schon klar ist, kann es sich hier bei dem erzeugten Plasma um ein Atmosphärendruckplasma und/oder Hochdruckplasma handeln.

Die Vorrichtung umfasst eine Energieversorgung zur Versorgung der Vorrichtung mit Energie. Die Energieversorgung ist insbesondere zur induktiven Einspeisung von Energie in den Plasmaerzeugungsraum eingerichtet. Die Vorrichtung umfasst eine Zündeinrichtung zum Zünden und/oder Wiederzünden des Plasmas.

Mit Energieversorgung ist in dieser Offenbarung allgemein eine elektrische Energieversorgung gemeint. Sie weist üblicherweise eine Leistungsumwandlervorrichtung auf, die ausgelegt ist, die ihr gelieferte Leistung, insbesondere die ihr von einem Leistungsversorgungsnetz gelieferte elektrische Leistung in eine für den zu versorgenden Prozess geeignete elektrische Leistung umzuwandeln und zur Versorgung bereit zu stellen. Eine Energieversorgung im Sinne dieser Offenbarung kann

30

weitere Komponenten aufweisen, um die gelieferte elektrische Leistung möglichst geeignet dem Prozess zur Verfügung stellen zu können.

- 5 Die Vorrichtung kann eine oder mehrere Energieversorgungen aufweisen, wie sie in Kombination in der Anmeldung mit der Anmeldenummer DE 10 2022 131 435.9, eingereicht am 28. November 2022 mit dem Titel: „Vorrichtung zur Erzeugung einer Plasmaflamme, Plasmaerzeugungseinrichtung,
- 10 Hochtemperaturprozessanlage und entsprechendes Betriebsverfahren“ beschrieben sind. Die Anmeldung DE 10 2022 131 435.9 wird vollständig unter Bezugnahme in die vorliegende Anmeldung aufgenommen. Die hier vorliegend beschriebene Vorrichtung und das hier vorliegend beschriebene
- 15 Verfahren können weitere Merkmale und Eigenschaften der Beschreibung und Ansprüche der Anmeldung DE 10 2022 131 435.9 aufweisen.

Eine mittels der Energieversorgung in den Plasmaerzeugungsraum

20 eingespeiste Leistung liegt in einem Bereich von 100 Kilowatt bis 1 Gigawatt. Die mittels der Energieversorgung in den Plasmaerzeugungsraum eingespeiste Leistung kann in einem Bereich von 300 Kilowatt bis 500 Megawatt liegen. Die mittels der Energieversorgung in den Plasmaerzeugungsraum eingespeiste

25 Leistung kann in einem Bereich von 300 Kilowatt bis 100 Megawatt liegen. Die mittels der Energieversorgung in den Plasmaerzeugungsraum eingespeiste Leistung kann induktiv eingespeist werden. Die Vorrichtung kann zur induktiven Einspeisung von Energie mindestens eine Induktionsspule

30 aufweisen.

Damit kann eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasmas mit einer sehr hohen eingespeisten Leistung bereitgestellt werden.

Damit kann ein Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage betrieben werden.

Vorliegend ist mit "Zünden" das erstmalige Zünden eines  
5 "kalten Plasmas" bzw. das erstmalige Ionisieren eines zu  
ionisierenden Gases gemeint. Entsprechend ist mit  
"Wiederzünden" ein erneutes Zünden eines "vorgewärmten  
Plasmas" gemeint. Mit anderen Worten, beim Wiederzünden wird  
ein bereits zuvor gezündetes Plasma erneut gezündet bzw. ein  
10 bereits zuvor ionisiertes Gas erneut ionisiert. Dabei ist die  
zum Wiederzünden benötigte Leistung geringer als die Leistung,  
die zum erstmaligen Zünden des Plasmas benötigt wird.

Gemäß einer Weiterbildung kann die Zündeinrichtung einen Laser  
15 umfassen. Damit kann eine optische Zündquelle für die  
Zündeinrichtung bereitgestellt werden. Hierdurch kann ein  
berührungsloser und/oder ein ferngesteuerter Zünd- und/oder  
Wiederzündvorgang des Plasmas umgesetzt werden. Mit Laser ist  
hier allgemein eine lasererzeugende Anordnung gemeint. Dies  
20 kann z.B. ein Gaslaser, ein Festkörperlaser oder auch eine  
Anordnung aufweisend eine Kombination von Lasern sein, z.B.  
ein sogenannter MOPA (Master Oscillator Power Amplifier).

Gemäß einer Weiterbildung kann der Laser derart eingerichtet  
25 sein, dass mittels des Lasers ein Luftfunken in dem  
Plasmaerzeugungsraum erzeugt werden kann. Mit Luftfunken ist  
in dieser Offenbarung allgemein ein lokal begrenztes Plasma  
gemeint, das durch den erhöhten Energieeintrag im ansonsten  
noch ungezündeten Gas entsteht. Dies kann Abmessungen von 100  
30  $\mu\text{m}$  bis hin zu 5 cm aufweisen. Damit kann das Plasma mittels  
des Lasers sicher und stabil gezündet und/oder wiedergezündet  
werden. Hierdurch kann ein berührungsloser und/oder ein

ferngesteuerter Zünd- und/oder Wiederzündvorgang des Plasmas umgesetzt werden.

Gemäß einer Weiterbildung kann der Laser als ein Ultrakurz  
5 gepulster (UKP-) Laser mit Pulsdauern kleiner als 10 ps,  
insbesondere als Femtosekundenlaser mit Pulsdauern kleiner als  
1 ps, ausgebildet sein. Ein UKP-Laser ist z. B. in der  
Offenlegung DE 10 2018 200 029 A1 beschrieben. Ein UKP-Laser,  
insbesondere ein Femtosekundenlaser, kann eine hohe  
10 Leistungsdichte aufweisen. Alternativ oder zusätzlich ist es  
denkbar, einen Laser mit einer hohen Strahlgüte zu verwenden.  
Eine hohe Strahlgüte kann z.B. ein Laserstrahl mit einer  
Strahlqualität  $K \geq 0,7$ , insbesondere  $K \geq 0,9$  sein, wobei für  $K$   
gilt:  $K = 1/M^2$ . und der  $M^2$ -Faktor die Beugungsmaßzahl ist.  
15 Damit kann eine hohe Leistungsdichte in das Plasma eingespeist  
werden. Hierdurch kann ein sicheres und stabiles Zünden  
und/oder Wiederzünden des Plasmas umgesetzt werden.

Gemäß einer Weiterbildung kann der Laser beabstandet zu dem  
20 Plasmaerzeugungsraum angeordnet sein. Der Abstand von  
Laserquelle zu der äußeren Hülle des Plasmaerzeugungsraums  
kann dabei beispielsweise mindestens 10 cm aufweisen. Damit  
kann die Zündeinrichtung flexibel ausgebildet werden und an  
unterschiedliche Gegebenheiten (bspw. begrenzt zur Verfügung  
25 stehender Bauraum) angepasst werden. Zudem kann hierdurch ein  
berührungsloser und/oder ein ferngesteuerter Zünd- und/oder  
Wiederzündvorgang des Plasmas umgesetzt werden.

Gemäß einer Weiterbildung kann die Zündeinrichtung mindestens  
30 eine Optikeinrichtung umfassen. Eine Optikeinrichtung kann  
eine oder mehrere der folgenden Komponenten in Kombination

aufweisen: Linse, Fresnel-Zonenplatte, optischer Filter, Planplatte, Wellenplatte, Spiegel, Prisma, Beugungsgitter, Blende. Die Optikeinrichtung kann eingerichtet sein, um einen mittels des Lasers erzeugten Laserstrahl zumindest  
5 abschnittsweise optisch aufzuweiten. Hierdurch kann der Laserstrahl besonders effizient und stabil geleitet ("transportiert") werden.

Gemäß einer Weiterbildung kann die Zündeinrichtung mindestens  
10 eine Fokussiereinrichtung umfassen. Die Fokussiereinrichtung kann eingerichtet sein, um einen mittels des Lasers erzeugten Laserstrahl innerhalb des Plasmaerzeugungsraums zu fokussieren. Hierdurch kann die Energie des Lasers bzw. des Laserstrahls auf einen lokalen Bereich bzw. auf einen Punkt  
15 konzentriert werden.

Gemäß einer Weiterbildung kann die Fokussiereinrichtung mindestens eine Sammellinse umfassen. Mit einer Sammellinse ist eine optisch, insbesondere sphärisch geschliffene Linse  
20 mit positiver Brechkraft gemeint. Parallel einfallendes Licht wird in ihrer Brennebene gesammelt. Speziell wird parallel zur optischen Achse eingestrahktes Licht im Brennpunkt fokussiert. Alternativ oder zusätzlich kann die Fokussiereinrichtung eine Spiegeloptik umfassen, insbesondere eine Spiegeloptik mit  
25 vergleichbaren Eigenschaften wie die der Sammellinse. Hierdurch lässt sich mit einfachen Mitteln eine Strahlfokussierung umsetzen.

Gemäß einer Weiterbildung kann die Zündeinrichtung eine  
30 Leistungsversorgungsvorrichtung zur Erzeugung einer vorgegebenen Stromstärke und/oder einer vorgegebenen Spannung

aufweisen. Die Leistungsversorgungsvorrichtung kann als eine Strom- und/oder Spannungsquelle ausgebildet sein.

Mit Leistungsversorgungsvorrichtung ist in dieser Offenbarung  
5 allgemein eine elektrische Leistungsversorgungsvorrichtung  
gemeint. Sie weist üblicherweise eine oben bereits genannte  
Leistungsumwandlervorrichtung auf, die ausgelegt ist, die ihr  
gelieferte Leistung, insbesondere die ihr von einem  
Leistungsversorgungsnetz gelieferte elektrische Leistung in  
10 eine für den zu versorgenden Prozess geeignete elektrische  
Leistung umzuwandeln und zur Versorgung bereit zu stellen.  
Eine Leistungsversorgungsvorrichtung im Sinne dieser  
Offenbarung kann weitere Komponenten aufweisen, z.B. eine  
Steuerung, Filter, Abschirmungen und/oder Komponenten zur  
15 Vermeidung von Personenschäden auf Grund von Hitze, Strahlung  
oder elektrischem Strom.

Die Zündeinrichtung kann eine Elektrode aufweisen, die  
elektrisch mit der Leistungsversorgungsvorrichtung verbunden  
20 ist. Hierdurch kann die zum Zünd- und/oder Wiederzündvorgang  
benötigte Leistung mit einem einfachen Mittel bereitgestellt  
werden.

Gemäß einer Weiterbildung kann die Elektrode Metall,  
25 insbesondere Aluminium, aufweisen. Die Elektrode kann aus  
Metall, insbesondere aus Aluminium, ausgebildet sein.  
Hierdurch kann mit einem einfachen und kostengünstigen Mittel  
eine Elektrode bereitgestellt werden. Die Elektrode kann aus  
dem Material, insbesondere dem Metall, bereitgestellt sein,  
30 dass auch gebrannt oder geschmolzen werden soll. Auf diese  
Weise kann eine Verunreinigung des Brennguts oder der Schmelze  
mit fremden Materialien vermieden werden.

Die Elektrode kann Material aufweisen, insbesondere aus dem Material bereitgestellt sein, das dem Brenngut oder der Schmelze beigefügt werden soll, z.B. Carbon, Wolfram, Mangan  
5 oder Silizium. Auf diese Weise kann eine Substitution des Brennguts oder der Schmelze mit gezielten Materialien unterstützt werden.

Gemäß einer Weiterbildung kann die Zündeinrichtung derart  
10 eingerichtet sein, dass mittels der Elektrode ein Luftfunken in dem Plasmaerzeugungsraum erzeugt werden kann. Die mittels der Leistungsversorgungsvorrichtung erzeugte Stromstärke und/oder Spannung kann in die Elektrode geleitet werden, die einen Luftfunken in dem Plasmaerzeugungsraum erzeugt. Die  
15 Elektrode kann hierfür in den Plasmaerzeugungsraum hineinragen und/oder zumindest teilweise in dem Plasmaerzeugungsraum angeordnet sein. Hierdurch kann das Plasma mit einfachen Mitteln, sicher und stabil gezündet und/oder wiedergezündet werden.

20  
Gemäß einer Weiterbildung kann die Elektrode als ein Draht mit automatisiertem Vorschub, insbesondere als Endlosdraht ausgebildet sein. Da die Elektrode insbesondere beim Zünden und/oder Wiederzünden des Plasmas Stück für Stück verbraucht  
25 wird, kann hierdurch das Material der Elektrode immer wieder nachgeführt werden, sodass ein Austausch der Elektrode nicht nötig ist.

Die obige Aufgabe wird weiter durch eine  
30 Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage, zum Schmelzen eines Materials mittels Schmelzwärme mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst. Die

Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage, kann zum Schmelzen von Glas, , Halbleitermaterial oder eines Metalls, insbesondere zum Schmelzen von Aluminium, eingerichtet sein. Die Hochtemperaturprozessanlage, 5 insbesondere Schmelzanlage, umfasst mindestens eine Vorrichtung gemäß obigen Ausführungen. Die Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage ist derart eingerichtet, dass die benötigte Prozesswärme, insbesondere Schmelzwärme zumindest teilweise, insbesondere 10 vollständig, mittels der Vorrichtung erzeugt wird. Mit Prozesswärme eines Hochtemperaturprozessanlage sind zumindest 3000° C gemeint Damit kann die Vorrichtung als Heizquelle der Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage, eingesetzt werden und die Hochtemperaturprozessanlage, 15 insbesondere Schmelzanlage, effizient betrieben werden. Hinsichtlich der weiteren damit erzielbaren Vorteile wird auf die diesbezüglichen Ausführungen zur Vorrichtung verwiesen. Zur weiteren Ausgestaltung der Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage, können die im Zusammenhang mit der 20 Vorrichtung beschriebenen und/oder die nachfolgend noch erläuterten Maßnahmen dienen.

Gemäß einer Weiterbildung kann die Schmelzanlage einen Schmelzraum umfassen. In dem Schmelzraum kann das zu 25 schmelzende Material angeordnet sein. Das zu schmelzende Material kann Glas, Halbleitermaterial oder Metall, insbesondere Aluminium, sein. Die Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage, kann derart ausgebildet sein, dass das mittels der Vorrichtung erzeugte Plasma zumindest 30 teilweise, insbesondere vollständig, in den Brennraum, insbesondere Schmelzraum eingeleitet werden kann. Hierdurch kann der Schmelzraum der Schmelzanlage mittels der Vorrichtung

bzw. mittels des durch die Vorrichtung erzeugten Plasmas effizient geheizt werden.

Gemäß einer Weiterbildung kann das zu schmelzende Material ein  
5 Metall sein. Die Zündeinrichtung der Vorrichtung kann eine Elektrode aufweisen, die das gleiche Metall aufweist. Die Zündeinrichtung der Vorrichtung kann eine Elektrode aufweisen, die aus dem gleichen Metall ausgebildet ist. Insbesondere kann es sich bei dem Metall um Aluminium handeln. Hierdurch kann  
10 das Zünden bzw. das Wiederzünden des Plasmas besonders effizient und kostengünstig umgesetzt werden.

Die Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage, kann eine Gasabfuhr zum Abführen von Abgasen, insbesondere aus  
15 dem Brennraum, vorzugsweise dem Schmelzraum, umfassen. Damit können die während des Betriebs der Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage, entstehenden Abgase sicher abgeführt werden. Die Gasabfuhr kann eine Abzugshaube umfassen. Damit können die während des  
20 Betriebs der Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage, entstehenden Abgase effizient gesammelt, der Gasabfuhr zugeführt und aus der Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage, insbesondere aus dem Schmelzraum, abgeführt werden.

25

Die obige Aufgabe wird weiter durch ein Verfahren zum Betreiben einer Vorrichtung gemäß obigen Ausführungen oder einer Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage gemäß obigen Ausführungen mit den Merkmalen des Anspruchs 16  
30 gelöst. Das Verfahren umfasst die Schritte:

Bereitstellen der Vorrichtung und/oder der Schmelzanlage.

Erzeugen des Plasmas mittels der Vorrichtung.

5 Zum Zünden und/oder Wiederzünden des Plasmas kann ein  
Luftfunken in dem Plasmaerzeugungsraum mittels der  
Zündeinrichtung erzeugt werden.

Hinsichtlich der damit erzielbaren Vorteile wird auf die  
diesbezüglichen Ausführungen zur Vorrichtung bzw. zur  
10 Schmelzanlage verwiesen. Zur weiteren Ausgestaltung des  
Verfahrens können die im Zusammenhang mit der Vorrichtung oder  
der Schmelzanlage beschriebenen und/oder die nachfolgend noch  
erläuterten Maßnahmen dienen.

15 Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung  
ergeben sich aus dem Wortlaut der Ansprüche sowie aus der  
folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der  
Zeichnungen. Es zeigen:

20 Fig. 1 eine schematische Darstellung einer  
Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere  
Schmelzanlage, mit einer Vorrichtung zur Erzeugung  
eines Plasmas gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel  
und

25

Fig. 2 eine schematische Darstellung der  
Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere  
Schmelzanlage, mit der Vorrichtung zur Erzeugung des  
Plasmas gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

30

In der nachfolgenden Beschreibung sowie in den Figuren tragen sich entsprechende Bauteile und Elemente gleiche Bezugszeichen.

5 Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage 34, mit einer Vorrichtung 10 zur Erzeugung eines Plasmas 12 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Die Vorrichtung 10 ist in Form eines Plasmabrenners ausgebildet, der ausgelegt ist, eine  
10 Plasmaflamme 12a zu erzeugen.

Die Vorrichtung 10 umfasst eine Prozessgaszufuhr 14 zur Zuführung eines Prozessgases in die Vorrichtung 10 und einen Plasmaerzeugungsraum 16 zur Erzeugung des Plasmas 12 durch ein  
15 Ionisieren des Prozessgases. Der Plasmaerzeugungsraum 16 ist vorliegend in Form einer Plasmaerzeugungskammer ausgebildet.

Die Vorrichtung 10 umfasst weiter eine Energieversorgung 18 zur Versorgung der Vorrichtung 10 mit Energie. Vorliegend ist  
20 die Energieversorgung 18 zur induktiven Einspeisung von Energie in den Plasmaerzeugungsraum 16 ausgebildet.

Die Vorrichtung umfasst weiter eine Zündeinrichtung 20 zum Zünden und/oder Wiedierzünden des Plasmas 12. Die mittels der  
25 Energieversorgung 18 eingespeiste Leistung, die vorliegend induktiv eingespeist wird, liegt in einem Bereich von 100 Kilowatt bis 1 Gigawatt. Die eingespeiste Leistung kann in einem Bereich von 300 Kilowatt bis 500 Megawatt liegen. Ebenso denkbar ist es, dass die eingespeiste Leistung in einem  
30 Bereich von 300 Kilowatt bis 100 Megawatt liegen kann.

Die Zündeinrichtung 20 umfasst vorliegend einen Laser 22. Der Laser 22 ist vorliegend als eine Ultrakurz gepulste (UKP)-Laserstrahlung mit Pulsdauern kleiner als 10 ps, insbesondere als ein Femtosekunden-Laser mit Pulsdauern kleiner als 1 ps ausgebildet. Der Laser 22 ist derart eingerichtet, dass mittels des Lasers 22 ein Luftfunken in dem Plasmaerzeugungsraum 16 erzeugt werden kann. Der Laser 22 ist vorliegend beabstandet zum Plasmaerzeugungsraum 16 angeordnet.

Die Zündeinrichtung 20 umfasst vorliegend eine Optikeinrichtung 24. Die Optikeinrichtung 24 ist eingerichtet, um einen mittels des Lasers 22 erzeugten Laserstrahl 26 zumindest abschnittsweise optisch aufzuweiten.

Die Zündeinrichtung 20 umfasst vorliegend eine Fokussiereinrichtung 28, wobei die Fokussiereinrichtung 28 eingerichtet ist, um einen mittels des Lasers 22 erzeugten Laserstrahl 26 innerhalb des Plasmaerzeugungsraums 16 zu fokussieren. Die Fokussiereinrichtung 28 kann hierfür mindestens eine Sammellinse umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann die Fokussiereinrichtung 28 hierfür eine Spiegeloptik umfassen.

Der mittels des Lasers 22 erzeugte Laserstrahl 26 wird auf die Optikeinrichtung 24 geleitet bzw. trifft auf die Optikeinrichtung 24. Der Laserstrahl 26 wird mittels der Optikeinrichtung 24 (für den weiteren Transport) aufgeweitet. Der aufgeweitete Laserstrahl 26 wird auf die Fokussiereinrichtung 28 geleitet bzw. trifft auf die Fokussiereinrichtung 28. Der Laserstrahl 26 wird mittels der Fokussiereinrichtung 28 in den Plasmaerzeugungsraum 16 fokussiert. Der fokussierte Laserstrahl 26 erzeugt in dem

Plasmaerzeugungsraum 16 einen Zündfunken, welcher zum Zünden und/oder Wiederzünden des Plasmas 12 führt.

Die Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage 5 34, kann zum Schmelzen eines Materials 36 mittels Schmelzwärme eingerichtet sein. Die Schmelzwärme wird vorliegend mittels der Vorrichtung 10 erzeugt. Die Plasmaflamme 12a ist ausgelegt, die Wärme zum Schmelzen des Materials 36 zur Verfügung zu stellen. Die Schmelzanlage 34 weist einen 10 Schmelzraum 38 auf, in welchem das zu schmelzende Material 36 angeordnet ist. Das mittels der Vorrichtung 10 erzeugte Plasma 12 wird vorliegend in den Schmelzraum 38 eingeleitet. So kann der Schmelzraum 38 mittels des von der Vorrichtung 10 erzeugten Plasmas 12 aufgeheizt werden. Die 15 Hochtemperaturprozessanlage kann auch ausgelegt sein zum Brennen von Kalk oder Zement.

Die Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage 34, umfasst vorliegend eine Gasabfuhr 35 zum Abführen von 20 Abgasen aus dem Brennraum, insbesondere Schmelzraum 38. Die Gasabfuhr 35 umfasst eine Abzugshaube 37. So können die während des Betriebs der Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage 34, entstehenden Abgase mittels der Abzugshaube 37 gesammelt, der Gasabfuhr 35 zugeführt und 25 mittels der Gasabfuhr 35 aus dem Brennraum, insbesondere Schmelzraum 38, abgeleitet werden.

Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung der Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage 34, 30 mit der Vorrichtung 10 zur Erzeugung des Plasmas 12 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel. Das zweite

Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem ersten Ausführungsbeispiel durch Folgendes:

Die Zündeinrichtung 20 der Vorrichtung 10 umfasst vorliegend  
5 eine Leistungsversorgungsvorrichtung 30 zur Erzeugung einer  
Stromstärke und/oder einer Spannung. Die Zündeinrichtung 20  
weist eine Elektrode 32 auf, die elektrisch mit der  
Leistungsversorgungsvorrichtung 30 verbunden ist. Die  
Zündeinrichtung 20 ist derart eingerichtet, dass mittels der  
10 Elektrode 32 ein Luftfunken in dem Plasmaerzeugungsraum 16  
erzeugt werden kann.

Die mittels der Leistungsversorgungsvorrichtung 30 erzeugte  
Stromstärke und/oder Spannung wird in die Elektrode 32  
15 geleitet, die einen Luftfunken in dem Plasmaerzeugungsraum 16  
erzeugt. Die Elektrode 32 kann als ein Endlosdraht ausgebildet  
sein. Die Elektrode 32 kann zumindest teilweise in den  
Plasmaerzeugungsraum 16 hineinragen bzw. zumindest teilweise  
in dem Plasmaerzeugungsraum 16 angeordnet sein.

20

Die Elektrode 32 und das zu schmelzende Material 36 bestehen  
vorwiegend aus demselben Metall (Aluminium). Hierdurch kann  
das Zünden und/oder Wiederzünden des Plasmas 12 besonders  
effizient umgesetzt werden.

25

Im Folgenden wird ein Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung  
10 bzw. der Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere  
Schmelzanlage 34, beschrieben:

30

Zunächst wird die Vorrichtung 10 bzw. die  
Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage 34,  
bereitgestellt. Mittels der Vorrichtung 10 wird ein Plasma 12

erzeugt. Zum Zünden und/oder Wiederzünden des Plasmas 12 wird ein Luftfunken in dem Plasmaerzeugungsraum 16 mittels der Zündeinrichtung 20 der Vorrichtung 10 erzeugt.

- 5 Das auf diese Weise erzeugte Plasma 12 kann in den Brennraum, insbesondere Schmelzraum 38, eingeleitet werden und diesen aufheizen. Die Vorrichtung 10 bzw. das mittels der Vorrichtung 10 erzeugte Plasma 12 dient damit als Heizquelle für den Brennraum, insbesondere Schmelzraum 38. Damit kann der
- 10 Brennraum, insbesondere Schmelzraum 38, besonders effizient beheizt werden.

**Patentansprüche**

1. Vorrichtung (10) zur Erzeugung eines Plasmas (12),  
5 insbesondere ein Plasmabrenner, umfassend:
  - eine Prozessgaszufuhr (14) zur Zuführung eines Prozessgases in die Vorrichtung (10),
  - einen Plasmaerzeugungsraum (16), insbesondere eine  
10 Plasmaerzeugungskammer, zur Erzeugung des Plasmas (12) durch ein Ionisieren des Prozessgases,
  - eine Energieversorgung (18) zur Versorgung der Vorrichtung (10) mit Energie, insbesondere zur induktiven Einspeisung von Energie in den Plasmaerzeugungsraum (16),
  - 15 - eine Zündeinrichtung (20) zum Zünden und/oder Wiederzünden des Plasmas (12)
  - wobei eine mittels der Energieversorgung (18) in den Plasmaerzeugungsraum (16), insbesondere induktiv, eingespeiste Leistung in einem Bereich von 100 Kilowatt  
20 bis 1 Gigawatt, insbesondere in einem Bereich von 300 Kilowatt bis 500 Megawatt, insbesondere in einem Bereich von 300 Kilowatt bis 100 Megawatt, liegt.
2. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, dass die Zündeinrichtung (20) einen  
25 Laser (22) umfasst.
3. Vorrichtung (10) nach Anspruch 2, dadurch  
gekennzeichnet, dass der Laser (22) derart eingerichtet  
ist, dass mittels des Lasers (22) ein Luftfunken in dem  
Plasmaerzeugungsraum (16) erzeugt werden kann.

4. Vorrichtung (10) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Laser (22) als ein Ultrakurzpuls-Laser, insbesondere als ein Femtosekunden-Laser, ausgebildet ist.
- 5 5. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Laser (22) beabstandet zu dem Plasmaerzeugungsraum (16) angeordnet ist.
6. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 5,  
10 dadurch gekennzeichnet, dass die Zündeinrichtung (20) mindestens eine Optikeinrichtung (24) umfasst, wobei die Optikeinrichtung (24) eingerichtet ist, um einen mittels des Lasers (22) erzeugten Laserstrahl (26) zumindest abschnittsweise optisch aufzuweiten.
7. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 6,  
15 dadurch gekennzeichnet, dass die Zündeinrichtung (20) mindestens eine Fokussiereinrichtung (28) umfasst, wobei die Fokussiereinrichtung (28) eingerichtet ist, um einen mittels des Lasers (22) erzeugten Laserstrahl (26) innerhalb des Plasmaerzeugungsraums (16) zu fokussieren.
- 20 8. Vorrichtung (10) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Fokussiereinrichtung (28) mindestens eine Sammellinse und/oder eine Spiegeloptik umfasst.
9. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, dadurch  
25 gekennzeichnet, dass die Zündeinrichtung (20) eine Leistungsversorgungsvorrichtung (30) zur Erzeugung einer Stromstärke und/oder einer Spannung aufweist, wobei die Zündeinrichtung (20) eine Elektrode (32) aufweist, die

elektrisch mit der Leistungsversorgungsvorrichtung (30) verbunden ist.

10. Vorrichtung (10) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (32) Metall, insbesondere Aluminium, aufweist, insbesondere aus Metall, insbesondere aus Aluminium, ausgebildet ist.
- 5
11. Vorrichtung (10) nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündeinrichtung (20) derart eingerichtet ist, dass mittels der Elektrode (32) ein Luftfunken in dem Plasmaerzeugungsraum (16) erzeugt werden kann.
- 10
12. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (32) als ein Endlosdraht ausgebildet ist.
- 15
13. Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage (34), zum Brennen oder Schmelzen eines Materials (36) mittels Prozesswärme, insbesondere Schmelzwärme, insbesondere Metall, vorzugsweise Aluminium, umfassend mindestens eine Vorrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage (34), derart eingerichtet ist, dass die Prozesswärme, insbesondere Schmelzwärme zumindest teilweise, insbesondere vollständig, mittels der Vorrichtung (10) erzeugt wird.
- 20
- 25
14. Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage (34) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage (34) einen Brennraum, insbesondere Schmelzraum (34)

umfasst, in welchem das zu bearbeitende oder schmelzende Material (36), insbesondere Metall, vorzugsweise Aluminium, angeordnet ist oder angeordnet werden kann, wobei die Schmelzanlage (34) derart eingerichtet ist, dass das mittels der Vorrichtung (10) erzeugte Plasma (12) zumindest teilweise in den Brennraum, insbesondere Schmelzraum (38), eingeleitet werden kann.

- 5
15. Schmelzanlage (34) nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass das zu schmelzende Material (36) ein Metall ist und dass die Zündeinrichtung (20) der Vorrichtung (10) eine Elektrode (32) aufweist, die das gleiche Metall aufweist, insbesondere aus dem gleichen Metall ausgebildet ist.
- 10
16. Verfahren zum Betreiben einer Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 oder einer Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage (34), nach Anspruch 13 bis 15, gekennzeichnet durch die Schritte:
- 15
- Bereitstellen der Vorrichtung (10) oder der Hochtemperaturprozessanlage, insbesondere Schmelzanlage (34),
  - Erzeugen des Plasmas (12) mittels der Vorrichtung (10),
  - wobei zum Zünden und/oder Wiederzünden des Plasmas (12) ein Luftfunken in dem Plasmaerzeugungsraum (16) mittels der Zündeinrichtung (20) erzeugt wird.
- 20
- 25

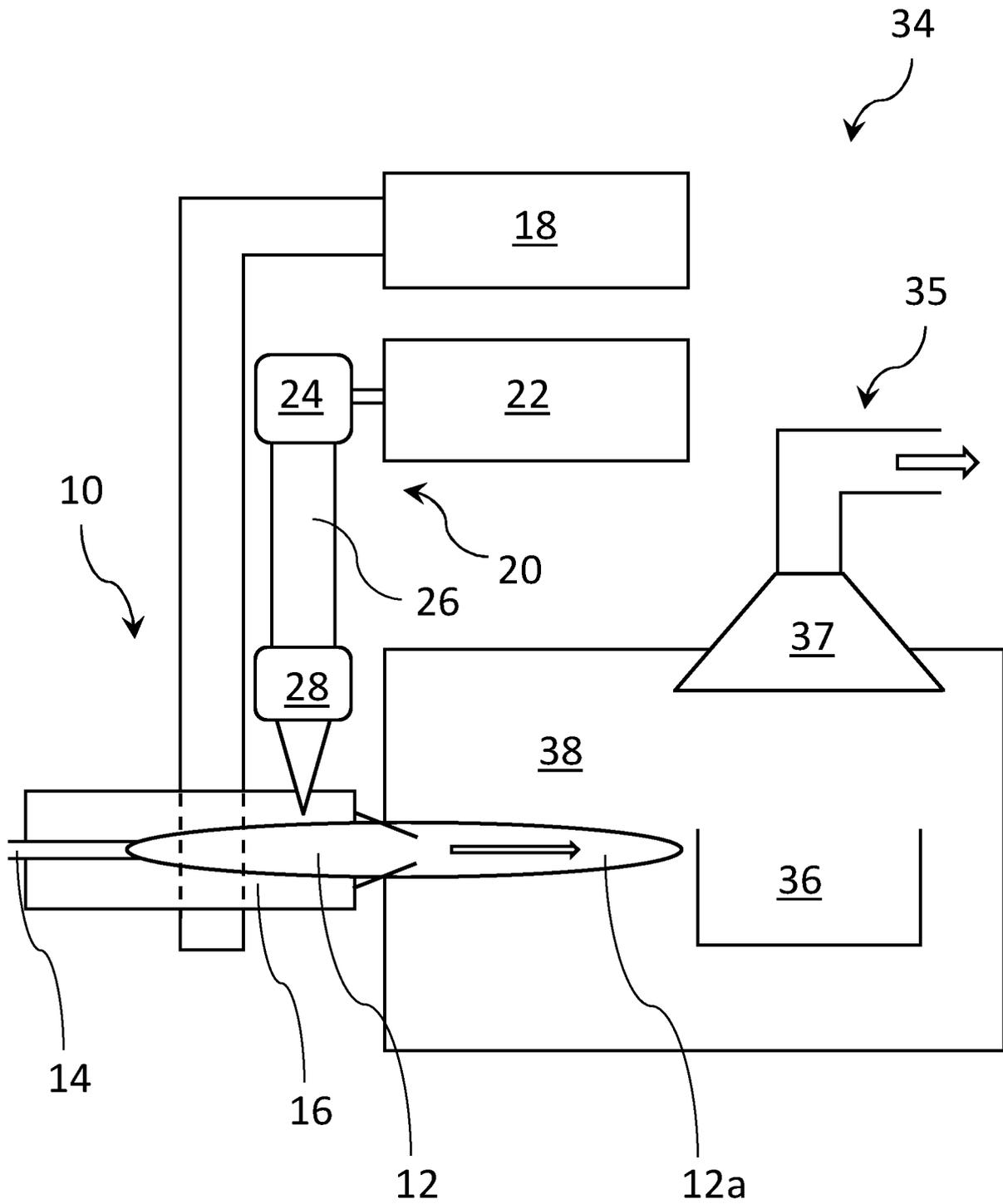


Fig.1

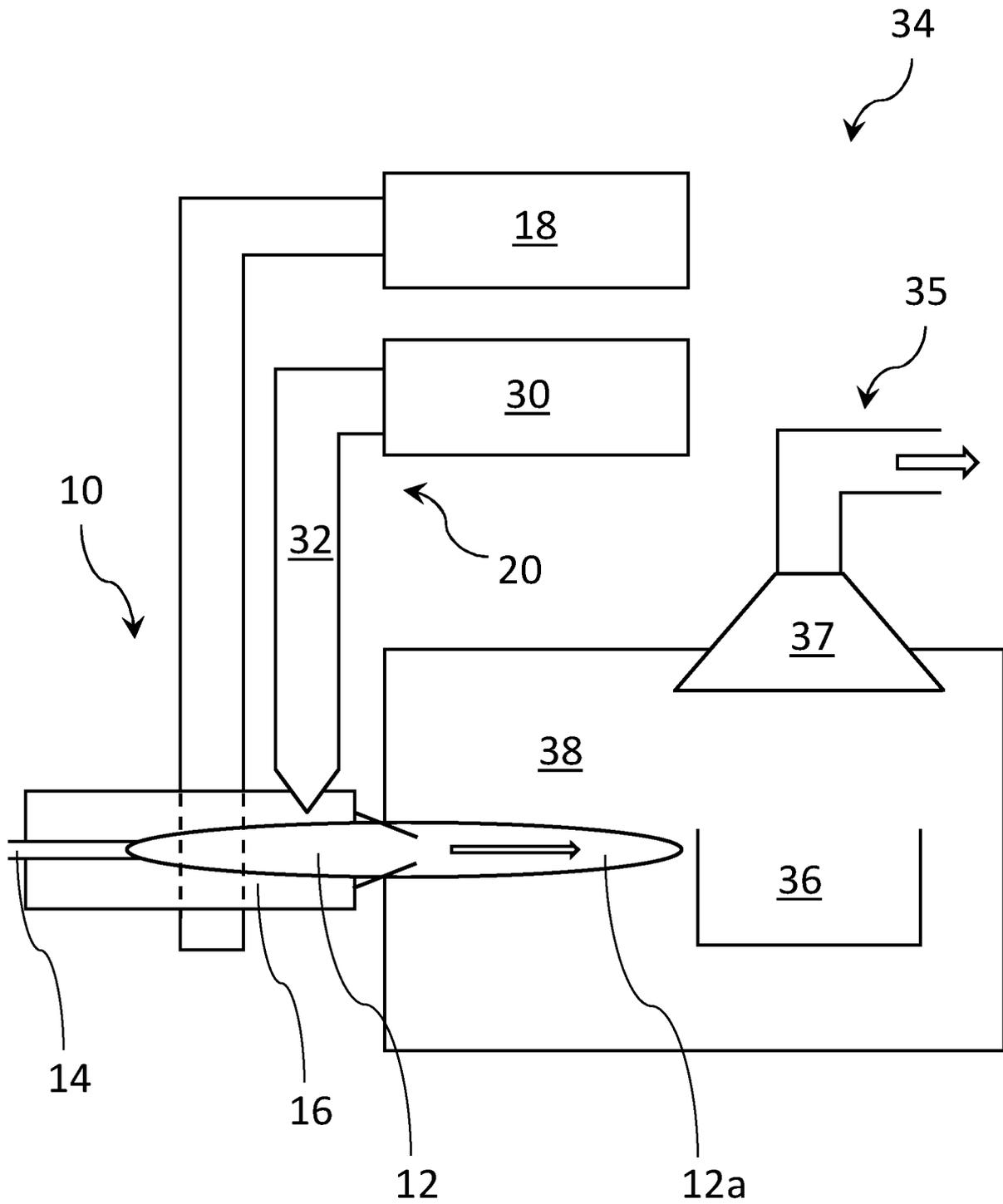


Fig.2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/083205

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>H05H 1/24</i> (2006.01)i; <i>C22B 9/22</i> (2006.01)i; <i>H05H 1/30</i> (2006.01)i; <i>H05H 1/46</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H05H; C22B		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	EP 0157407 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 09 October 1985 (1985-10-09) figures 2, 3 page 1, line 6 - page 12, line 21	1,9-11,13-16 2-8,12
X	US 6940036 B2 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 06 September 2005 (2005-09-06) column 1, line 51 - column 4, line 67	1, 9, 13, 16
Y	AKHTAR K ET AL. "Characterization of Laser Produced Tetrakis (Dimethylamino) Ethylene Plasma in a High-Pressure Background Gas" <i>IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US</i> , Vol. 32, No. 2, 01 April 2004 (2004-04-01), pages 813-822 DOI: 10.1109/TPS.2004.826115 ISSN: 0093-3813, XP011114634 figure 1 page 1, left-hand column, paragraph 1 - page 2, left-hand column, paragraph 2 abstract	2-8
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>16 February 2024</b>		Date of mailing of the international search report <b>01 March 2024</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Clemente, Gianluigi</b> Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/083205

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 102010050082 B4 (J-PLASMA GMBH [DE]) 27 April 2017 (2017-04-27) figures 2, 3 paragraph [0017] - paragraph [0019] paragraph [0034] - paragraph [0040]	12
A	GIAR RYAN ET AL. "Focused excimer laser initiated, radio frequency sustained high pressure air plasmas" <i>JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, 2 HUNTINGTON QUADRANGLE, MELVILLE, NY 11747,</i> Vol. 110, No. 10, 15 November 2011 (2011-11-15), pages 103301-103301, [retrieved on 2011-11-17] DOI: 10.1063/1.3660690 ISSN: 0021-8979, XP012153895 figure 5 abstract	1-8
A	US 2014263202 A1 (PARTRIDGE GUTHRIE [US]) 18 September 2014 (2014-09-18) figure 1A paragraph [0035]	1-8
A	US 4965540 A (SULLIVAN JAMES J [US]) 23 October 1990 (1990-10-23) figure 1 column 4, line 11 - column 4, line 22	12

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2023/083205**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	0157407	A2	09 October 1985	EP	0157407	A2	09 October 1985
				JP	S60249300	A	09 December 1985
US	6940036	B2	06 September 2005	DE	10136951	A1	27 February 2003
				EP	1412126	A1	28 April 2004
				JP	2004535937	A	02 December 2004
				US	2005016970	A1	27 January 2005
				WO	03011516	A1	13 February 2003
DE	102010050082	B4	27 April 2017	DE	102010050082	A1	15 March 2012
				WO	2012034605	A1	22 March 2012
US	2014263202	A1	18 September 2014	CN	104064428	A	24 September 2014
				DE	102014202540	A1	18 September 2014
				GB	2513439	A	29 October 2014
				JP	6329787	B2	23 May 2018
				JP	2014183049	A	29 September 2014
				US	2014263202	A1	18 September 2014
US	4965540	A	23 October 1990	EP	0395798	A2	07 November 1990
				US	4965540	A	23 October 1990



C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p><b>AKHTAR K ET AL:</b> "Characterization of Laser Produced Tetrakis (Dimethylamino) Ethylene Plasma in a High-Pressure Background Gas",  <b>IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US,</b>            Bd. 32, Nr. 2, 1. April 2004 (2004-04-01),            Seiten 813-822, XP011114634,            ISSN: 0093-3813, DOI:            10.1109/TPS.2004.826115            Abbildung 1            Seite 1, linke Spalte, Absatz 1 - Seite 2,            linke Spalte, Absatz 2            Zusammenfassung</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	2-8
Y	<p><b>DE 10 2010 050082 B4 (J-PLASMA GMBH [DE])</b>            27. April 2017 (2017-04-27)            Abbildungen 2, 3            Absatz [0017] - Absatz [0019]            Absatz [0034] - Absatz [0040]</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	12
A	<p><b>GIAR RYAN ET AL:</b> "Focused excimer laser initiated, radio frequency sustained high pressure air plasmas",  <b>JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, 2 HUNTINGTON QUADRANGLE, MELVILLE, NY 11747,</b>            Bd. 110, Nr. 10,            15. November 2011 (2011-11-15), Seiten            103301-103301, XP012153895,            ISSN: 0021-8979, DOI: 10.1063/1.3660690            [gefunden am 2011-11-17]            Abbildung 5            Zusammenfassung</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-8
A	<p><b>US 2014/263202 A1 (PARTRIDGE GUTHRIE [US])</b>            18. September 2014 (2014-09-18)            Abbildung 1A            Absatz [0035]</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-8
A	<p><b>US 4 965 540 A (SULLIVAN JAMES J [US])</b>            23. Oktober 1990 (1990-10-23)            Abbildung 1            Spalte 4, Zeile 11 - Spalte 4, Zeile 22</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	12

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/EP2023/083205**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<b>EP 0157407 A2</b>	<b>09-10-1985</b>	<b>EP 0157407 A2</b>	<b>09-10-1985</b>
		<b>JP S60249300 A</b>	<b>09-12-1985</b>
-----			
<b>US 6940036 B2</b>	<b>06-09-2005</b>	<b>DE 10136951 A1</b>	<b>27-02-2003</b>
		<b>EP 1412126 A1</b>	<b>28-04-2004</b>
		<b>JP 2004535937 A</b>	<b>02-12-2004</b>
		<b>US 2005016970 A1</b>	<b>27-01-2005</b>
		<b>WO 03011516 A1</b>	<b>13-02-2003</b>
-----			
<b>DE 102010050082 B4</b>	<b>27-04-2017</b>	<b>DE 102010050082 A1</b>	<b>15-03-2012</b>
		<b>WO 2012034605 A1</b>	<b>22-03-2012</b>
-----			
<b>US 2014263202 A1</b>	<b>18-09-2014</b>	<b>CN 104064428 A</b>	<b>24-09-2014</b>
		<b>DE 102014202540 A1</b>	<b>18-09-2014</b>
		<b>GB 2513439 A</b>	<b>29-10-2014</b>
		<b>JP 6329787 B2</b>	<b>23-05-2018</b>
		<b>JP 2014183049 A</b>	<b>29-09-2014</b>
		<b>US 2014263202 A1</b>	<b>18-09-2014</b>
-----			
<b>US 4965540 A</b>	<b>23-10-1990</b>	<b>EP 0395798 A2</b>	<b>07-11-1990</b>
		<b>US 4965540 A</b>	<b>23-10-1990</b>
-----			