

(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
29. Juni 2006 (29.06.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/067108 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F23C 99/00 (2006.01) F23N 3/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/056902

(22) Internationales Anmeldedatum:

19. Dezember 2005 (19.12.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2004 061 300.1

20. Dezember 2004 (20.12.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HAMMER, Thomas

[DE/DE]; Zeckner Hauptstrasse 5b, 91334 Hemhofen
(DE). LINS, Günter [DE/DE]; Dompfaffstrasse 16,
91056 Erlangen (DE). VERLEGER, Jobst [DE/DE];
Wilhelminenstrasse 52, 91052 Erlangen (DE).

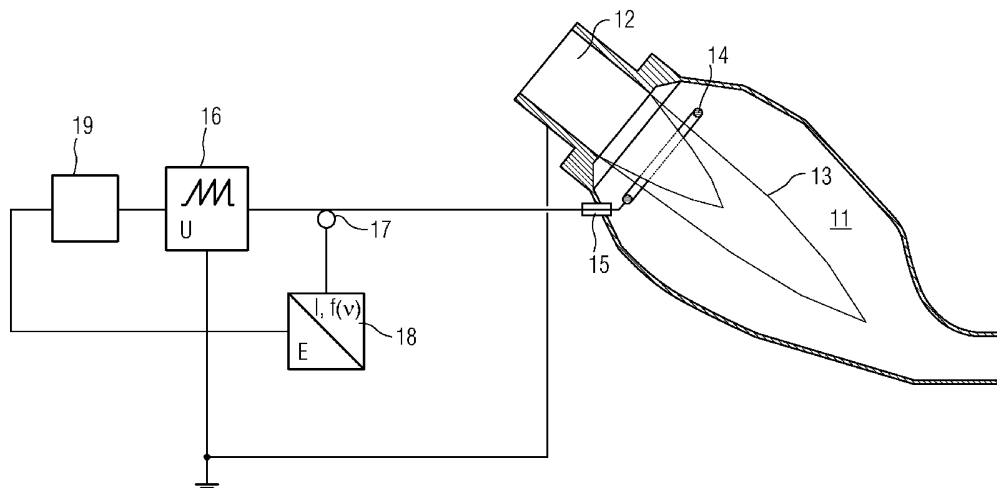
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR INFLUENCING COMBUSTION PROCESSES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BEEINFLUSSUNG VON VERBRENNUNGSVORGÄNGEN



(57) Abstract: A specific electrode arrangement for a burner already exists with which the flame of the burner is influenced by using electrical fields, whereby these electrical fields pass through only areas of the flame in which a stabilizing and pollutant-reducing action occurs. According to the invention, the electrodes used to this end simultaneously serve both as probes for detecting flame properties as well as active field electrodes for influencing the flame properties. The probe signals can react to the voltage applied in an inertia-free manner to the electrodes without the involvement of mechanical elements. According to the associated device equipped with a burner and associated electrodes and with a power supply unit (16), the power supply unit (16) furnishes a voltage (U(t)) that varies over time, and at least one measuring transducer (17, 17') exists that detects the current generated in the flame (13) by the voltage between both electrodes (12, 14) and provides feedback to the power supply unit (16) after amplification.

(57) Zusammenfassung: Es ist bereits eine spezifische Elektrodenanordnung für einen Brenner bekannt, mit dem über elektrische Felder die Flamme des Brenners so beeinflusst wird, dass elektrische Felder nur solche Bereiche der Flamme durchsetzt, in denen es eine stabilisierende und

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/067108 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

schadstoffmindernde Wirkung entfaltet. Bei der Erfindung dienen die dabei verwendeten Elektroden gleichzeitig sowohl als Sonden zur Detektion von Flammeneigenschaften als auch als aktive Feldelektroden zur Beeinflussung der Flammeigenschaften. Dabei können die Sondensignale ohne Beteiligung mechanischer Elemente trägeitslos auf die an den Elektroden anliegende Spannung zurückwirken. Bei der zugehörigen Vorrichtung mit einem Brenner und zugehörigen Elektroden und einem Spannungsversorgungsgerät (16) liefert das Spannungsversorgungsgerät (16) eine zeitlich veränderliche Spannung ($U(t)$) und ist wenigstens ein Messwertnehmer (17, 17') vorhanden, der den durch die Spannung zwischen den beiden Elektroden (12, 14) in der Flamme (13) erzeugten Strom erfasst und nach Verstärkung auf das Spannungsversorgungsgerät (16) rückkoppelt.

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Beeinflussung von Verbrennungsvorgängen

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Beeinflussung von Verbrennungsvorgängen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Daneben bezieht sich die Erfindung auch auf eine zugehörige Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

10

Vorrichtungen und Verfahren zur Beeinflussung von Verbrennungsvorgängen durch elektrische Mittel sind aus zahlreichen Druckschriften bekannt. Der Einsatz elektrischer Mittel, insbesondere elektrischer Felder und Entladungen, zielt auf die Verbesserung der Stabilität des Verbrennungsprozesses, die Verminderung der Schadstoffemission und die Unterdrückung von Brennkammerschwingungen. Beispiele hierfür sind die WO 96/01394 A1 und die DE 101 37 683 C2.

15

20 In der WO 96/01394 A1 werden Elektrodenanordnungen angegeben, die in einer Brennkammer im Bereich der dort brennenden Flamme angeordnet sind, mit Spannungen unterschiedlichen zeitlichen Verlaufs beaufschlagt werden und einen Einfluss im Sinne einer verminderten Emission schädlicher Substanzen wie Ruß, Kohlendioxid, unverbrannter organischer Substanzen und Stickstoffverbindungen bewirken sollen.

25

Die DE 101 37 683 C2 verfolgt neben dem Zweck der Schadstoffminderung das Ziel, die Stabilität der Verbrennung zu verbessern und insbesondere thermoakustische Emissionen zu unterdrücken. Die dazu eingesetzten Mittel unterscheiden sich von den in der WO 96/01394 A1 beschriebenen dadurch, dass die Elektroden auf der der Flamme abgewandten Seite der Brennkammer angebracht sind.

30

35

Ein wesentlicher Vorteil der Beeinflussung von Flammen durch elektrische Felder und Entladungen besteht darin, dass sich das Verfahren zur trägheitslosen Steuerung und Regelung von

Verbrennungsprozessen nutzen lässt. Dies setzt voraus, dass Sensoren vorhanden sind, die die zu beeinflussenden Größen erfassen.

5 Sensoren zur Aufnahme von Signalen unterschiedlicher Art aus
Flammen sind in zahlreichen Ausführungsformen bekannt. Im
vorliegenden Zusammenhang sind solche Sensoren relevant, die
aus Elektroden bestehen, die in die Flamme oder in die Nähe
der Flamme gebracht werden, um elektrische Eigenschaften der
10 Flamme zu messen.

Ein Beispiel hierfür findet sich in der US 5 049 063 A, in
der eine in die Flammenspitze hinein reichende Elektrode be-
schrieben wird, die zur Messung eines Ionenstroms herangezo-
15 gen wird. Eine Ionisationselektrode ist auch bei der
DE 196 32 983 C2 vorhanden, die eine Regeleinrichtung für ei-
nen Gasbrenner betrifft. Bei beiden Dokumenten wird in Ver-
bindung mit geeigneten Verstärkern und Filtern das durch die
Sonde erzeugte Signal benutzt, um den Verbrennungsprozess,
20 beispielsweise durch Einflussnahme auf die Luft- oder Gaszu-
fuhr mittels eines Regelventils, in vorteilhafter Weise zu
steuern. Die Sonde selbst dient dabei ausschließlich zur De-
tektion von Flammeneigenschaften und wird selbst nicht zur
Beeinflussung des Verbrennungsprozesses benutzt. Weiterhin
25 ist aus der EP 0 775 870 B1 eine Vorrichtung zur Dämpfung
thermoakustischer Schwingungen insbesondere einer Brennkammer
für eine Gasturbine mit elektrisch beeinflussbarer Brennkam-
mer bekannt, bei der ein in der Brennkammer installierter
Drucksensor Druckschwingungen erfasst und ein Signal für eine
30 Elektrode in der Brennkammer zwecks elektronischer Steuerung
der Flamme generiert.

Ein Nachteil der herkömmlichen Technik liegt darin, dass die
Einwirkung auf den Verbrennungsvorgang über mechanische Sys-
35 teme wie Ventile erfolgt, die dem Verschleiß unterliegen und
eine Reaktionszeit aufweisen, die insbesondere zur Beherr-
schung von Brennkammerschwingungen zu lang sein kann.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, das Verfahren des Standes der Technik soweit zu ergänzen, dass eine verbesserte Beeinflussung des Verbrennungsvorganges möglich ist. Daneben soll eine zugehörige Vorrichtung geschaffen werden.

5

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die Maßnahmen des Patentanspruches 1 gelöst. Eine zugehörige Vorrichtung ist im Anspruch 7 angegeben. Weiterbildungen des Verfahrens und der Vorrichtung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

10

Der Erfindungsgedanke besteht darin,

- Elektroden, die zur Beeinflussung der Verbrennung durch elektrische Felder und Entladungen, wie beispielsweise im Sinne der DE 101 37 683 C2, in einer Brennkammer installiert werden, auch zur Detektion von Flammeneigenschaften einzusetzen
- bzw. eine oder mehrere in einer Brennkammer bereits vorhandene Elektroden, die der Detektion von Flammeneigenschaften dienen, als Elektroden zur Erzeugung eines elektrischen Feldes oder einer elektrischen Gasentladung zu benutzen, die die Verbrennung im oben genannten Sinne beeinflussen.

20

Dabei ist entscheidend, dass die Elektroden gleichzeitig sowohl als Sonden zur Detektion von Flammeneigenschaften als auch als aktive Feldelektroden zur Beeinflussung der Flammeneigenschaften dienen und die mittels dieser Elektroden erzeugten Sondersignale ohne Beteiligung mechanischer Elemente trägheitslos auf die an den Elektroden anliegende Spannung zur Verbrennungssteuerung zurückwirken. Separate Sonden zur Signalerfassung sind nicht notwendig.

25

30

Die Erfindung ist in unterschiedlichen Gebieten anwendbar. Dabei ist im industriellen Bereich eine Anwendung insbesondere bei Gasturbinen, aber auch bei prozesstechnisch eingesetzten Brennern möglich. Bei den dort auftretenden hohen thermischen Belastungen erweist sich eine einzige Durchführung als besonders vorteilhaft. Darüber hinaus ist auch die Anwendung der Erfindung im Haustechnikbereich für Heizung und Warmwas-

35

seraufbereitung, bei dem es um Kostenreduzierung geht, vorteilhaft. Während bei der industriellen Nutzung die Schadstoffminderung von besonderer Bedeutung ist, wird im Haus-
technikbereich die Brennstoffausnutzung und Geruchsminderung
5 im Vordergrund stehen.

Bei der Erfindung gibt es keinerlei Einschränkungen hinsichtlich Art des Brennstoffes (Erdgas, Synthesegas, Öl), Brennstoff-Luft-Gemische (brennstoffarm, stöchiometrisch, oder
10 brennstoffreich) und/oder Anzahl sowie Art der gesteuerten
Flammen (Diffusionsflammen, teilvorgemischte Flammen, Vormischflammen) im Brenner.

Die Erfindung nutzt die Tatsache aus, dass ein elektrisches
15 Feld in einer Flamme einen Ladungsträgertransport hervorruft,
der einen elektrischen Strom zwischen den felderzeugenden
Elektroden bewirkt. Stärke, zeitlicher Verlauf und Frequenz
des elektrischen Stroms hängen sowohl für die Sondenmessung
als auch für die elektrische Steuerung einerseits von der
20 aufgeprägten Spannung, andererseits von den Eigenschaften der
Flamme, insbesondere von deren Leitfähigkeit und ihrer räumlichen
Verteilung, ab. Der Zusammenhang zwischen der an den
Elektroden anliegenden Spannung und der Stärke des dadurch
hervorgerufenen Stroms lässt sich durch eine Strom-Spannungs-
25 kennlinie, die nachfolgend auch als Sondenkennlinie bezeichnet
wird, verdeutlichen, die weiter unten im Einzelnen beschrieben
wird.

Die Erfindung umfasst das Anlegen einer zeitlich veränderlichen
30 Spannung zur Steuerung der Verbrennung, wobei der dadurch
hervorgerufene zeitveränderliche Strom direkt zur Diagnostik des
Verbrennungsprozesses herangezogen wird. Sie beinhaltet ferner das
Aufprägen einer periodischen Sonden-
spannung („probe voltage“) auf die Steuerspannung („control vol-
35 tage“), wobei die Grundfrequenz der Sonden-
spannung hoch gegenüber typischen Signalfrequenzen der Steuerspannung ist,
und die Trennung des Sondenstromes vom Steuerstrom anhand einer
Frequenzweiche. In einer besonders vorteilhaften Ausführ-

rungsform beinhaltet die Erfindung die Anwendung amplitudenmodulierter, hochfrequenter Spannungen für Steuerung und Analyse, wobei die diodenartige Kennlinie, d.h. die Asymmetrie des Verhaltens hinsichtlich positiver und negativer Polarität, von Elektrodensystemen in Flammen ausgenutzt wird.

Die Erfindung umfasst weiter die Anwendung von Mehrelektrodensystemen, die von einer gemeinsamen oder aber von jeweils einer oder mehreren Elektroden zugeordneten, geregelten Spannungsquellen versorgt werden. Die Vorteile eines Mehrelektrodensystems liegen insbesondere darin, dass räumlich aufgelöste Messungen möglich sind und die Verbrennung über einen ausgedehnten Lastbereich mit stark variierender räumlicher Struktur gesteuert werden kann.

Die Erfindung bezieht sich ferner auf Kombinationen von Systemen, bei denen mindestens eine Elektrode sowohl als Feld- und Messelektrode im Sinne des oben ausgeführten Erfindungsgedankens wirkt und mindestens eine weitere Elektrode ausschließlich als Messelektrode oder Feldelektrode eingesetzt ist.

Schließlich erstreckt sich die Erfindung speziell auf eine solche, im vorangehenden Absatz genannte Kombination, bei der eine oder mehrere Elektroden zeitweilig ausschließlich als Messelektrode oder als Feldelektrode wirken.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung in Verbindung mit den Patentansprüchen. Es zeigen

Figur 1 die bereits erwähnte Kennlinie,
Figur 2 und Figur 3 in schematischer Darstellung zwei Alternativen eines turbinenartigen Brenners mit zugehörigen Mitteln zur Diagnose und Beeinflussung des Verbrennungsvorganges,
Figur 4 eine Strom-Spannungs-Kennlinie und

Figur 5 den zeitlichen Verlauf der Spannung für Steuerungszwecke.

Figur 1 zeigt ein Beispiel einer Sondenkennlinie 1. Bei Anlegen kleiner Spannungen positiver Polarität ergibt sich eine stetig mit der Spannung ansteigende, dieser proportionale Stromstärke. Im Bereich I resultiert daraus ein linearer Abschnitt der Kennlinie 1, in dem die Drift der in der Reaktionszone der Verbrennung gebildeten Ionen und Elektronen einen Stromfluss in der Hochspannungselektrode induziert. Bei fortschreitendem Anstieg der Spannung werden durch Ladungstrennung Raumladungsschichten gebildet, welche die Stromstärke oberhalb einer gewissen Spannung auf den Sättigungsstrom begrenzen, der von der Ionisationsrate in der Reaktionszone der Verbrennung abhängt. Der dadurch charakterisierte Bereich wird als Sättigungsbereich III bezeichnet. Anschließend erfolgt im Bereich IV wiederum ein Anstieg der Sondenkennlinie 1.

Bei Spannungen negativer Polarität ergeben sich deutlich kleinere Sondenströme als bei positiver Polarität, und wegen der hohen Elektronenbeweglichkeit geht das Signal sehr viel schneller in eine Sättigung, so dass linearer Bereich und Sättigungsbereich nicht deutlich von einander getrennt erscheinen. Der Bereich II umfasst deshalb den linearen Teil und den Sättigungsbereich der Sondenkennlinie 1 für negative Polarität.

Für positive Polarität wurde bereits der Sättigungsbereich III definiert. Bei weiterer betragsmäßiger Erhöhung der Spannung werden die elektrischen Feldstärken so hoch, dass Elektronenvermehrung durch ionisierende Stöße einsetzt. Die sich im bereits erwähnten Bereich IV anschließenden Kennlinienabschnitte sind durch selbständige Gasentladungseffekte geprägt. Sinngemäß Gleiches gilt sinngemäß für die negative Polarität im Bereich V.

Je nach Druck, Temperatur, Gaszusammensetzung und Platzierung der Elektroden kann die Sondenkennlinie 1 von dem hier gezeigten Beispiel deutlich abweichen und können sich andere Kennlinien ergeben. Insbesondere kann z.B. der Sättigungsbe-
reich II wegfallen, weil durch inhomogene elektrische Felder Gasentladungseffekte bereits bei Spannungen unterhalb der Sättigungsspannung auftreten.

Im Ausführungsbeispiel der Figur 2 ist ein in einer Brennkammer 11 angeordneter, als elektrisch leitend gedachter Brenner 12 dargestellt, in dem eine Flamme 13 brennt. Im Bereich der Flamme ist eine Ringelektrode 14 angeordnet, welche die Flamme 13 umschließt und über eine Durchführung 15 durch die Brennkammerwand mit einem Spannungsversorgungsgerät 16 derart verbunden ist, dass zwischen der Elektrode 14 und dem Brenner 12 die vom Gerät 16 bereitgestellte zeitlich veränderliche Spannung $U(t)$ anliegt, die in diesem Beispiel als Sägezahnspannung gewählt ist. Ein Messwertaufnehmer 17 erfasst den durch die Spannung zwischen Brenner 12 und Elektrode 14 in der Flamme erzeugten Strom, wobei die Stromstärke I und das Frequenzspektrum $f(v)$ registriert werden. In einem Messumformer 18, an dessen Stelle auch ein Steuerungsrechner treten kann, werden die erfassten Größen I und $f(v)$ in ein elektrisches Signal E umgesetzt, das mit Hilfe des Reglers 19 zur Regelung der Spannung bezüglich Amplitude, Pulsform und Frequenz im Spannungsversorgungsgerät 16 benutzt wird. Entfernt sich die gemessene Stromstärke aus dem von den Betriebsbedingungen des Brenners 12 abhängigen Sollbereich oder treten Stromschwankungen in einem nicht erwünschten Frequenzbereich auf, werden Amplitude, Pulsform und Frequenz der Spannung $U(t)$ sowie ihre Phase bezüglich des Messsignals so geregelt, dass die an den Elektroden gemessenen Eigenschaften wieder im Sollbereich liegen.

Das anhand der Figur 2 beschriebene Beispiel schließt die Anwendung der mittels der Feldelektroden erzeugten Sonden-signale zur Steuerung mechanischer Elemente, insbesondere von Ventilen, ein. Dies wird im Ausführungsbeispiel der Figur 3 ver-

deutlicht, das zusätzlich zu den Elementen der Figur 2 jeweils einen weiteren Messwertaufnehmer 17', einen weiteren Messwertumformer 18', einen weiteren Regler 19' sowie ein Regelventil 20 aufweist, mit welchem beispielsweise die Luftzufuhr des Brenners 12 verändert werden kann. Das Steuerungssignal für das Ventil 20 kann auch vom ersten Messwertumformer 18 abgeleitet werden, wie es in Figur 3 durch eine gestrichelte Linie angedeutet ist.

Tritt an die Stelle des Messwertumformers 18 ein Steuerungsrechner, wird dieser in Kombination mit dem Elektrodenystem dazu benutzt, einen Abschnitt der Strom-Spannungskennlinie 1 der Flamme unter den aktuell herrschenden Bedingungen zu bestimmen, mit einer im Speicher eines hier nicht im Einzelnen beschriebenen Rechners hinterlegten Soll-Kennlinie zu vergleichen und nötigenfalls die Bedingungen so zu verändern, dass die tatsächliche Kennlinie sich der Sollkennlinie annähert und mit dieser weitgehend identisch wird.

Das der Kennlinienmessung zugrunde liegende Prinzip wird an Hand der Figur 4 verdeutlicht, in der in vereinfachter Darstellung lediglich jeweils ein linearer Bereich L und ein nichtlinearer Bereich NL der Strom-Spannungskennlinie 1 einer Flamme gezeigt wird. Zwischen den Elektroden wird eine Steuerspannung U_0 angelegt, der eine weitere, periodisch veränderliche, hier beispielhaft als sinusförmig ($U_1 = U_{10} \cdot \sin \omega t$) dargestellte Sondenspannung überlagert ist, so dass Gleichung (1) gilt:

$$U(t) = U_0 + U_{10} \cdot \sin(\omega t) \quad (1)$$

Liegt die Gesamtspannung $U(t)$ im linearen Bereich der Kennlinie, wobei dieser Fall in Figur 4 durch das Signal S_1 dargestellt ist, wird ein Strom gemäß dem Signal S'_1 bewirkt, wobei der Strom dem Spannungssignal S_1 proportional ist. Dabei ist die Amplitude von S_1 ein Maß für die Steilheit der Kennlinie. Liegt die Gesamtspannung im nichtlinearen Bereich der Kennlinie (Signal S_2), ist das Stromsignal S'_2 im Vergleich

zum Spannungssignal S_2 verzerrt, wobei die – beispielsweise durch Fourier-Analyse – quantifizierbare Verzerrung ein Maß für die Krümmung der Kennlinie ist.

5 Das hier nicht im Einzelnen dargestellte Ersatzschaltbild der Kombination aus Flamme und Elektrodensystem enthält neben einer resistiven auch eine kapazitive Komponente. Dadurch bedingt, tritt zwischen den Signalen S_1 und S'_1 bzw. zwischen den Signalen S_2 und S'_2 eine Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ auf, die
10 ebenfalls detektiert und im Sinne einer Flammensteuerung ausgewertet wird.

Figur 5 stellt ein weiteres Beispiel für den zeitlichen Verlauf einer Spannung für Steuerung und „Sondierung“ eines
15 Verbrennungsprozesses dar, mit der eine Hochspannungselektrode gegenüber der elektrischen Masse beaufschlagt wird. Wenn ein Brenner mit Luftzahlen oder Massenströmen außerhalb seines Optimums betrieben wird, kann für die dauerhafte Reduzierung von Schadstoffemissionen und zur Stabilisierung der
20 Verbrennung eine Gleichspannung 21 angelegt werden. Für die Unterdrückung von Verbrennungsschwingungen können der Gleichspannung 21 Wechselspannungen mit Frequenzen im Bereich 1 Hz bis 10 kHz überlagert werden, so dass die Steuerspannung 22 aus einer Wechselspannung mit einem Offset besteht. Um Zu-
25 standsänderungen schnell diagnostizieren zu können, wird der Steuerspannung eine periodische Sondenspannung $U_s(t)$ aufgeprägt, deren Frequenz groß und deren Amplitude klein gegenüber der der Steuerspannung ist. Dadurch ergibt sich eine Elektroden-
30 spannung 24, die für Steuerungszwecke eine Gleichspannungskomponente und eine Wechselspannungskomponente und zur Verbrennungsdiagnostik eine Wechselspannungskomponente in einem Frequenzbereich enthält, der nicht für Steuerungszwecke benötigt wird. Deshalb können Messsignale mit Hilfe einfacher elektronischer Mittel, wie insbesondere Bandpassfilter oder
35 anderer Anordnungen aus Drosseln, Widerständen und Kondensatoren, von Steuersignalen getrennt werden. Außerdem ist durch kapazitive Ankoppelung von Messaufnehmern eine einfache Potentialtrennung möglich.

Über vorstehend beschriebene Beispiele hinaus ist in weiteren Beispielen eine Anwendung von Spannungen, die den gesamten in Figur 1 gezeigten, für die Kennlinie einer Flamme relevanten Spannungsbereich abdecken, möglich. Auch die Anwendung von hochfrequenten Wechselspannungen, wobei die diodenartige Kennlinie 1 aus Figur 1 genutzt wird, ist möglich, um im periodischen Mittel einen unipolaren Strom zu erhalten.

Der aus den einzelnen Beispielen entnehmbare allgemeine Erfindungsgedanke beschränkt sich aber nicht auf die in den Figuren 2 und 3 lediglich beispielhaft beschriebenen, innerhalb einer Brennkammer angeordneten toroidalen, bezüglich des Brenners coaxialen, Ringelektroden. Weitere Ausführungsformen umfassen vielmehr zylindrische Ringelektroden, Nadelelektroden, Kugelelektroden und Stabelektroden sowie Kombinationen der genannten Formen, wobei die Elektroden sämtlicher Ausführungsformen mit einem nicht leitenden, dielektrisch wirkenden oder mit einem resistiv-strombegrenzenden, insbesondere ionenleitenden keramischen Material beschichtet sein können.

Es ist ersichtlich, dass bei einer elektrisch isolierenden Ummantelung der Elektroden die Steuerspannung als Wechselspannung oder Impulsspannung eingeprägt sein muss. Hierzu wird insbesondere auf die eingangs zitierte DE 101 37 683 C2 verwiesen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Beeinflussung von Verbrennungsvorgängen, bei dem elektrische Mittel zur Führung von wenigstens einer Flamme und/oder Änderung von Flammeneigenschaften eingesetzt werden, mit folgenden Merkmalen:

- die wenigstens eine Flamme wird durch Anlegen einer Spannung an Elektroden der Einwirkung eines elektrischen Feldes ausgesetzt,

- die Elektroden werden gleichzeitig sowohl als Sonden zur Detektion von Flammeneigenschaften als auch als aktive Feldelektroden zur Beeinflussung der Flammeneigenschaften verwendet,

- und die so erzeugten Sondensignale wirken ohne Beteiligung mechanischer Elemente trägheitslos auf die zur Verbrennungssteuerung an den Elektroden anliegende Spannung zurück,

- wobei der durch den Ladungstransport in der Flamme bewirkte elektrische Strom zwischen den felderzeugenden Elektroden zur Erzeugung eines elektrischen Signals genutzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Amplitude, zeitlicher Verlauf und Frequenz des Sondensignals zur Steuerung der Spannungsversorgung der felderzeugenden Elektroden herangezogen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Auswertung der Frequenz des Sondensignals eine Fourier-Analyse des Sondensignals durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass als an den Elektroden angelegte Spannung eine Gleichspannung mit überlagerter Wechselspannung verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerspannung eine periodische Sondenspannung, deren Frequenz groß und deren Amplitude klein

gegenüber der Steuerspannung ist, aufgeprägt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Anwendung bei einer Gasturbine.

5

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Anwendung bei einem Industriebrenner.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Anwendung bei einem Haushaltsbrenner.

10

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 8, mit einem Brenner und dem Brenner zugeordneten Elektroden, wobei der Brenner aus metallischem Material die erste Elektrode darstellt und eine zweite Elektrode sowie ein Spannungsversorgungsgerät vorhanden sind, dadurch gekennzeichnet, dass das Spannungsversorgungsgerät (16) eine zeitlich veränderliche Spannung ($U(t)$) liefert und dass wenigstens ein Messwertaufnehmer (17, 17') vorhanden ist, der den durch die Spannung zwischen den beiden Elektroden (12, 14) in der Flamme (13) erzeugten Strom ($I = f(U)$) erfasst.

15

20

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Erfassung und Auswertung des Frequenzspektrums ($f(v)$) vorhanden sind.

25

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder Anspruch 10, gekennzeichnet durch einen Messumformer (8, 8') zur Umsetzung der Messgrößen (I , $f(v)$) in ein elektrisches Signal (E), das in das Spannungsversorgungsgerät (6) rückgekoppelt wird.

30

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Steuerungsrechner vorhanden ist.

35

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Regler (19, 19') zur Re-

gelung der Spannung bezüglich Amplitude, Pulsform und/oder Frequenz des Stromes ($I = f(U)$) vorhanden ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, gekennzeichnet durch abgespeicherte Kennlinien als Führungsgrößen zur Steuerung des Spannungsversorgungsgerätes (16), welche im Gerät oder im Speicher des Rechners hinterlegt ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass für die Erzeugung der Steuer- und Sondenspannung an den Elektroden (12, 14) Mittel zur Überlagerung von Gleich- und Wechselspannung vorhanden sind.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass dem Messwertaufnehmer (17, 17') Mittel zur Trennung von Steuerspannung und Sondensignal zugeordnet sind.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 16, gekennzeichnet durch die Ansteuerung mechanischer Aktoren für den Brenner (12) durch das Steuerungssignal.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Steuerungssignal ein Ventil (20) angesteuert wird.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens die zweite Elektrode (14) mit keramischem Material ummantelt ist

30

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner (12) durch eine Abschirmung aus ionenleitendem Material umgeben ist, wobei eine Durchföhrung (15) zur Spannungsversorgung der zweiten Elektrode (14) vorhanden ist.

35

FIG 1

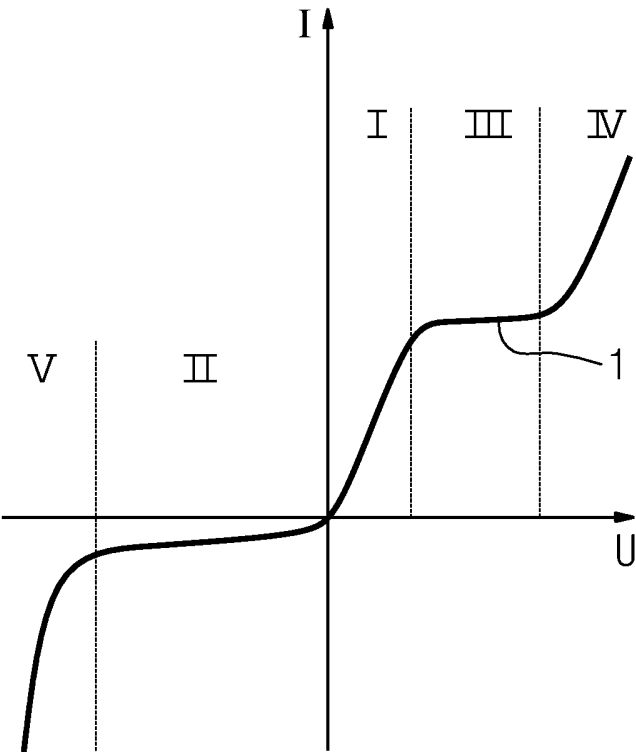
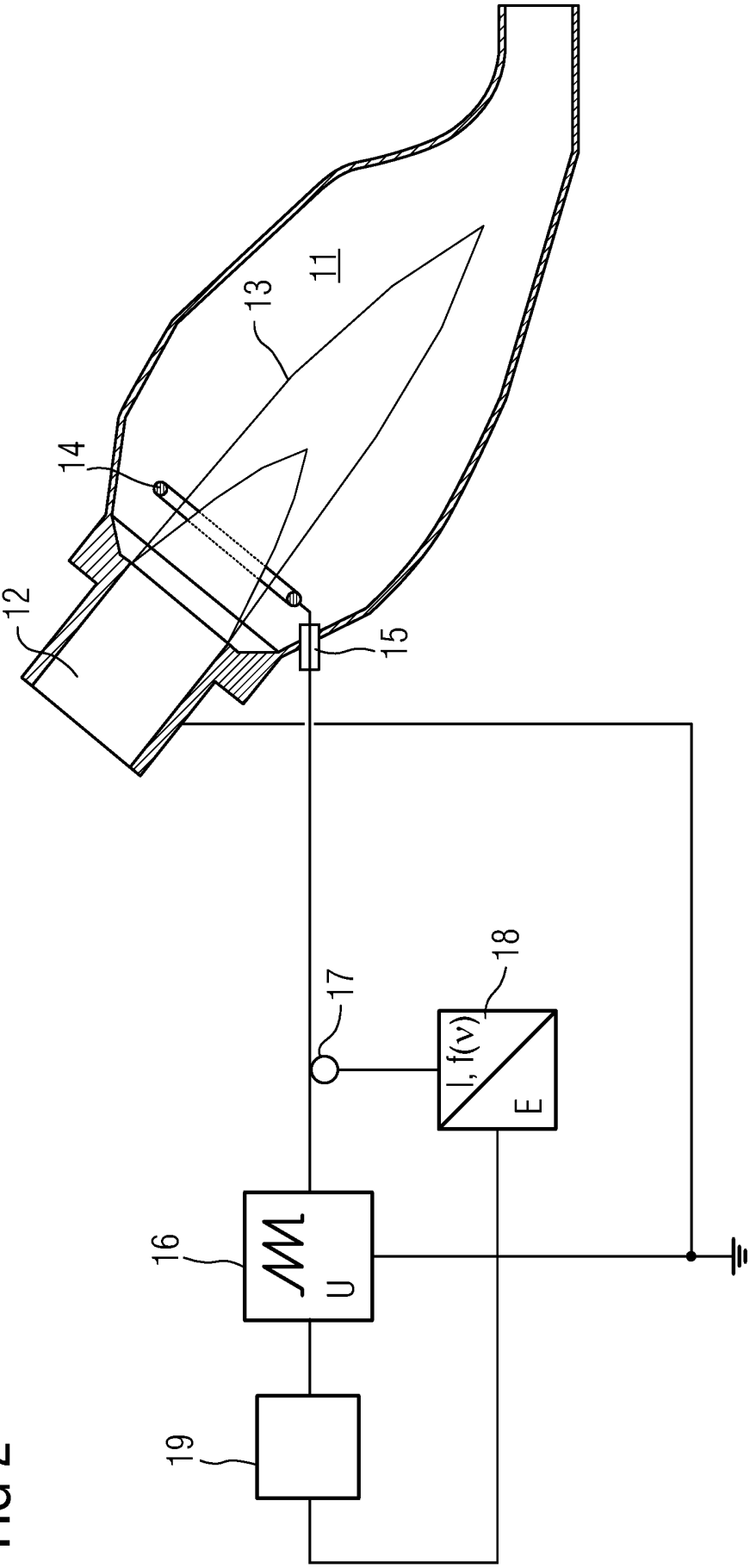
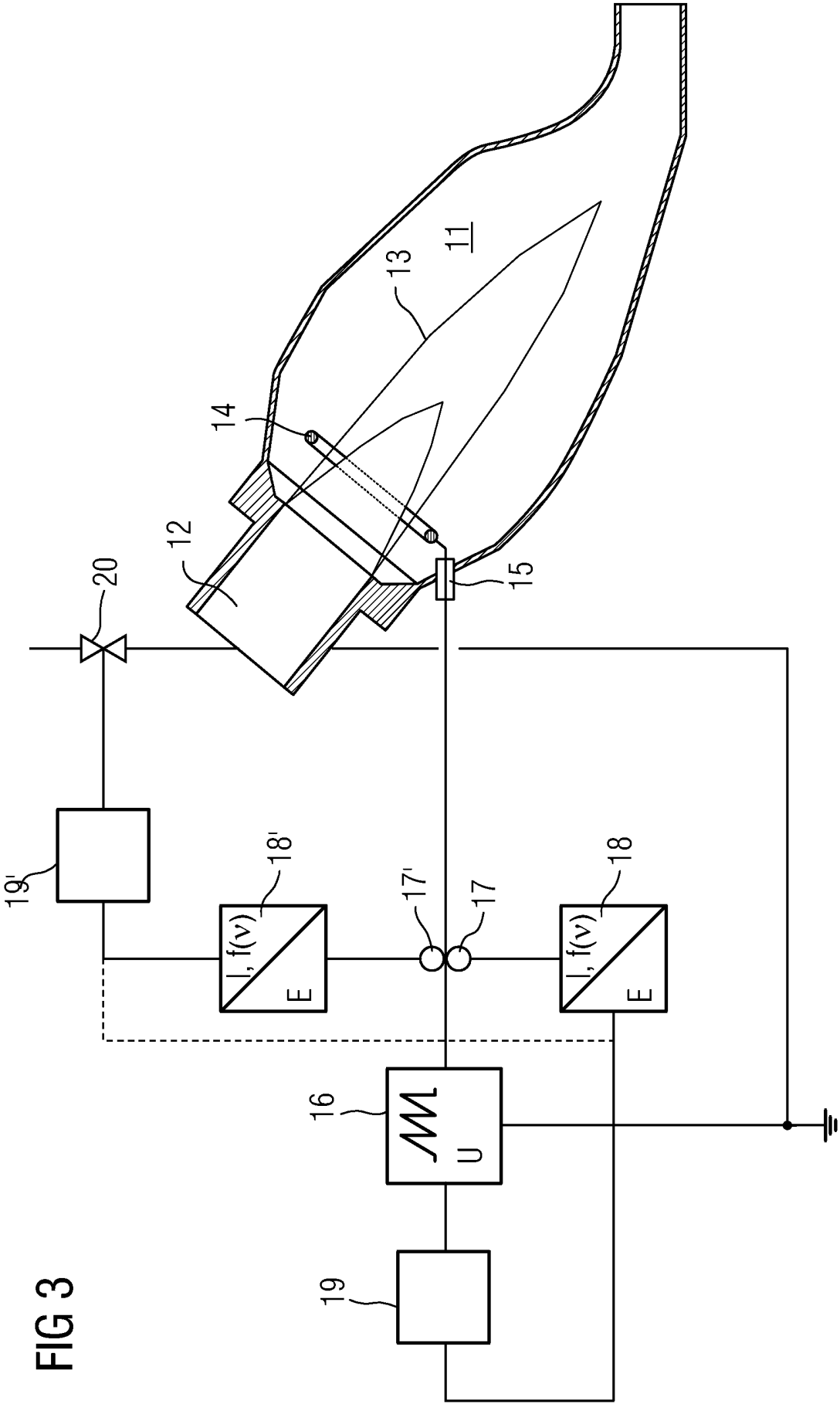


FIG 2





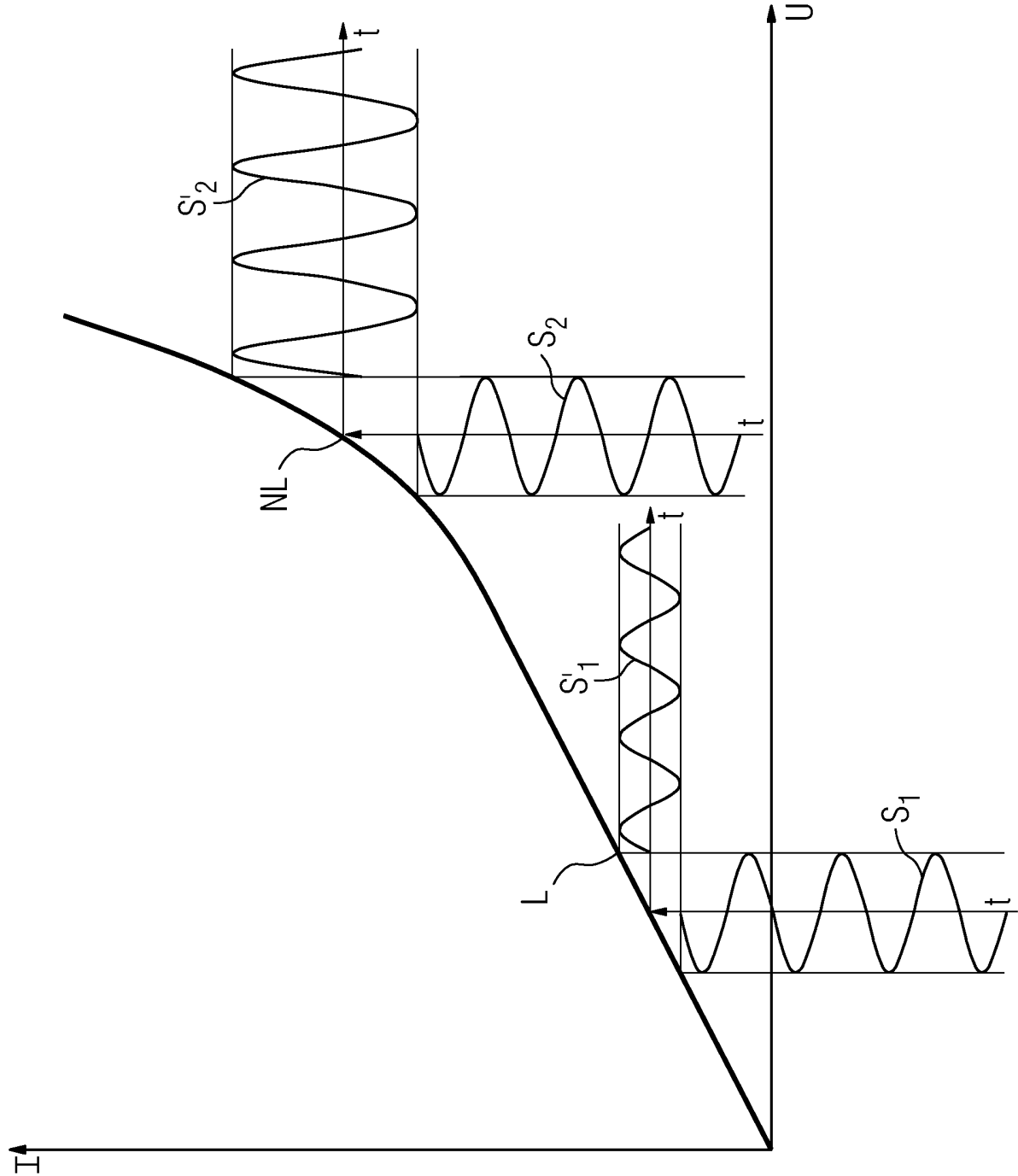
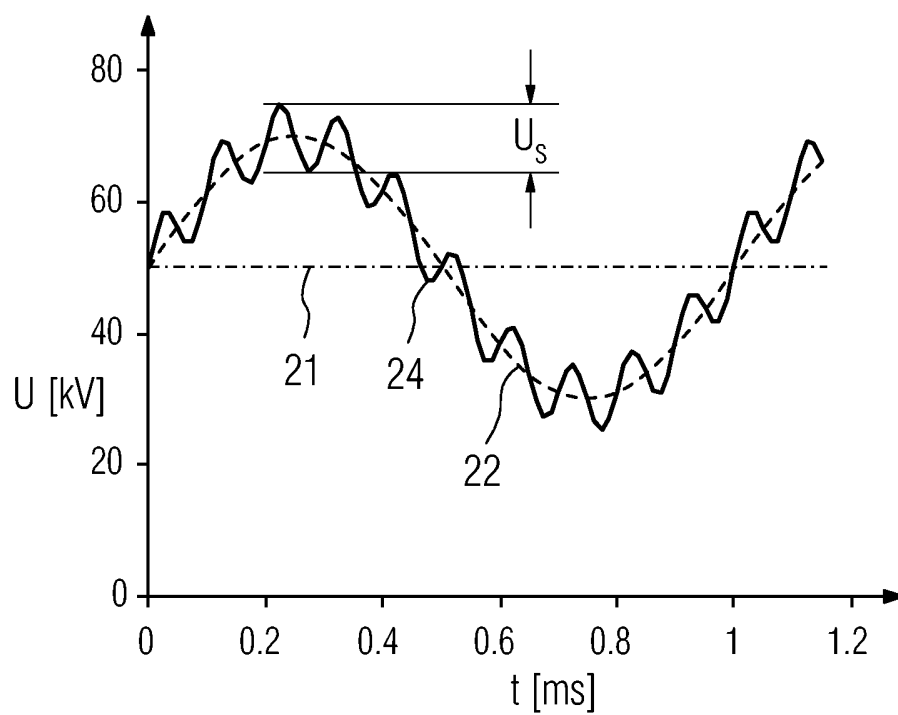


FIG 4

FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2005/056902

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F23C99/00 F23N3/00		
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) F23C F23N		
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 practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A A A	US 4 111 636 A (GOLDBERG ET AL) 5 September 1978 (1978-09-05) column 5, line 32 - column 7, line 4; figures 3,4 ----- DE 12 74 781 B (ESSO RESEARCH AND ENGINEERING COMPANY) 8 August 1968 (1968-08-08) column 3, line 1 - column 4, line 35; figures 1-3 ----- DE 101 37 683 A1 (SIEMENS AG) 20 February 2003 (2003-02-20) cited in the application paragraph [0020] - paragraph [0026]; figures 2-6 ----- -/--	9 1,10-20 1,9 1,9
☒ 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 document 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 16 May 2006		Date of mailing of the international search report 19. 05. 2006
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Theis, G

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2005/056902

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 03/081130 A (PYROPLASMA KG; HEILIGERS, ROLF; HUNCK, WOLFGANG, HEINRICH) 2 October 2003 (2003-10-02) the whole document -----	1,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2005/056902

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4111636	A	05-09-1978	NONE
DE 1274781	B	08-08-1968	NONE
DE 10137683	A1	20-02-2003	WO 03014622 A1 20-02-2003 EP 1412675 A1 28-04-2004 US 2004185397 A1 23-09-2004
WO 03081130	A	02-10-2003	AU 2003219092 A1 08-10-2003 EP 1490630 A1 29-12-2004 US 2005208442 A1 22-09-2005

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2005/056902

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 03/081130 A (PYROPLASMA KG; HEILIGERS, ROLF; HUNCK, WOLFGANG, HEINRICH) 2. Oktober 2003 (2003-10-02) das ganze Dokument -----	1,9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/056902

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4111636	A	05-09-1978	KEINE
DE 1274781	B	08-08-1968	KEINE
DE 10137683	A1	20-02-2003	WO 03014622 A1 20-02-2003
			EP 1412675 A1 28-04-2004
			US 2004185397 A1 23-09-2004
WO 03081130	A	02-10-2003	AU 2003219092 A1 08-10-2003
			EP 1490630 A1 29-12-2004
			US 2005208442 A1 22-09-2005