

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

698 284 A2

(51) Int. Cl.: F02C 7/266 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 01960/08

(22) Anmeldedatum: 12.12.2008

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.06.2009

(30) Priorität: 28.12.2007 US 12/005,807

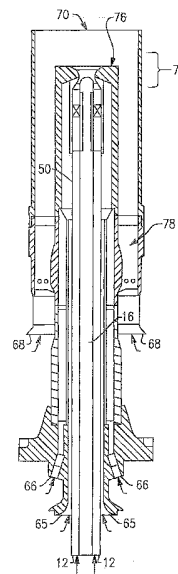
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
12345 Schenectady, New York (US)

(72) Erfinder:
John Thomas Herbon, Rexford, New York 12148 (US)
Grover Andrew Bennett,
Schenectady, New York 12303 (US)
Anthony John Dean, Scotia New York 12302 (US)
Michael Solomon Idelchik,
Niskayuna, New York 12309 (CH)
Seyed Gholamali Saddoughi,
Clifton Park, New York 12065 (US)
Abdelkrim Younsi, Ballston Lake, New York 12019 (US)

(74) Vertreter:
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4
8008 Zürich (CH)

(54) **Plasmaunterstützter Zünder mit Vormischung und Vorverwirbelung.**

(57) Ein plasmagestützter Zünder, der einen Verwirblermechanismus (20) beinhaltet, ist konfiguriert, in einen vorhandenen Leer- (Spülluft-) oder Flüssigbrennstoff-(Zweistoff-)Einsatzraum innerhalb des Mittelkörpers einer Brennstoffdüse (70) einer Brennkammer einer landgestützten Gasturbine mit magerer Vormischung eingesetzt zu werden.



Beschreibung

Allgemeiner Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft im Allgemeinen Gasturbinen-Brennkammern und im Besonderen ein elektrisches Entladungsgerät, das zum Verbessern von Magerverlöschgrenzen und Verringern von Verbrennungsinstabilitäten einer Gasturbinen-Brennkammer verwendet wird.

[0002] Vollständig vorgemischte Magerverbrennung ist der Schlüssel zum Ermöglichen niedriger Stickoxid- (NOx-) -Emissionen bei hohen Brennraten. Dies wird auch als Dry-Low-NOx-(DLN-) -Verbrennung bezeichnet, da sie geringe NOx-Emissionen ohne Hinzufügen von Dampf oder Wasser erreicht, um die Spitzen-Verbrennungstemperaturen niedrig zu halten. Eines der Probleme, die bei mager vorgemischter Verbrennung entstehen, ist das Auftreten thermoakustischer Instabilitäten oder von Verbrennungsdynamik, die, wenn sie unkontrolliert bleiben, Druckschwankungen verursachen können, die gross genug sind, um Teile der Gasturbine beschädigen zu können. Plasmaunterstützte Verbrennung ist eine Technologie, die als potenzielle Technologie zur Beeinflussung oder Kontrolle des Verbrennungsprozesses (der effektiven Reaktionsgeschwindigkeiten und/oder der Flammenstabilisierung) identifiziert worden ist, um so in der Lage zu sein, der akustisch-thermischen Rückkopplungsschleife entgegenzuwirken, welche die Verbrennungsdynamik fördert.

[0003] Eine weitere Herausforderung im Zusammenhang mit Gasturbinen ist das Herunterfahren. Ausserhalb der täglichen Spitzenlast-Betriebszeiten fahren Gasturbinenbetreiber (Energieerzeugungsunternehmen) die Leistungsabgabe ihrer Maschinen wegen der geringeren Stromnachfrage herunter. Ein vollständiges Abschalten der Maschine auf täglicher Basis ist nicht wünschenswert, da es frühzeitige zyklische Ermüdung der Gasturbinenkomponenten verursacht. Ferner entstehen Kosten im Zusammenhang mit den Abschalt- und Anfahrprozessen. Diese Kosten werden gegen die Betriebskosten für den Lauf der Gasturbine in Zeiten geringer Nachfrage (und somit der Stromerzeugung mit geringer Wertschöpfung) aufgerechnet.

[0004] Im Allgemeinen können DLN-Systeme nicht unter –40–50 % der Grundlast heruntergefahren werden, während sie sich in vollständig vorgemischtem Betriebszustand befinden. Verfahren zum Herunterfahren unterhalb dieses Levels (z.B. Verkleinerung des Brennstoff-Luft-Verhältnisses, Stufung des Brennstoffs auf nur einen Teil der Düsen oder Einschalten einer Diffusionszündflamme) bringen unerwünschte Nebenwirkungen mit sich (z.B. Flammeninstabilitäten an Zündfähigkeits-Magergrenzen, hohe Kohlenmonoxid-(CO-) -Emissionen aufgrund unvollständiger Verbrennung und hohe NOx-Werte aufgrund hoher Diffusionsflammentemperaturen).

[0005] Noch eine weitere Herausforderung im Zusammenhang mit Gasturbinen ist sowohl bei landgestützten Gasturbinen als auch bei Flugmotoren in grossen Höhen die Verbrennungszündung.

[0006] Zu den Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Anwenden der Technologie plasmaunterstützter Verbrennung in Gasturbinen zählen, ohne darauf beschränkt zu sein, Schwierigkeiten im Zusammenhang mit dem Erzeugen elektrischer Entladungen bei erhöhten Gasdichten und dem Isolieren von Hochspannungselektroden innerhalb einer Brennkammer.

[0007] Zu bekannten Techniken des Herangehens an einige der vorstehenden Herausforderungen gehörten

- 1) Herunterfahren von Gasturbinen, durch Brennstoffstufung zwischen mehreren Düsen innerhalb eines Brennkammerrohrs, wobei unerwünschterweise hohe CO-Emissionen erzeugt werden,
- 2) gestufte Verbrennung und
- 3) Übergang auf teilweise vorgemischte oder nicht vorgemischte Verbrennung, wobei ebenfalls unerwünschterweise hohe NOx-Emissionen erzeugt werden.

[0008] Angesichts des Vorstehenden wäre es sowohl vorteilhaft als auch nützlich, ein System und ein Verfahren zum Verbessern von Magerverlöschgrenzen einer Gasturbinen-Brennkammer bereitzustellen. Es wäre ferner vorteilhaft, wenn das System und das Verfahren einfach für die Verwendung als Zündquelle und als Mittel zum Verringern von Verbrennungsinstabilitäten auf einfache Weise konfiguriert werden könnte.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0009] Kurz gesagt, umfasst gemäss einer Ausführungsform ein plasmagestützter Zünder einen Verwirblermechanismus, der im Wesentlichen innerhalb des Zünders angeordnet und konfiguriert ist, um Zündbrennstoff und Zündluft zu empfangen und den Zündbrennstoff und die Zündluft im Wesentlichen innerhalb des Verwirblers zu verwirbeln, um ein vorgemischtes, vorverwirbeltes Brennstoff-Luft-Gemisch bereitzustellen, wobei der Zünder im Wesentlichen innerhalb des Mittelkörpers eines Düsenabschnitts mit Brennstoff-Luft-Vorgemisch einer Gasturbinen-Brennkammer angeordnet ist.

[0010] In einigen Ausführungsformen ist der Verwirblermechanismus ausschliesslich innerhalb des Zünders angeordnet. In anderen Ausführungsformen ist der Verwirblermechanismus konfiguriert, um Zündbrennstoff und Zündluft zu empfangen und den Zündbrennstoff und die Zündluft ausschliesslich innerhalb des Verwirblermechanismus zu verwirbeln. In noch

anderen Ausführungsformen ist der Zünder ausschliesslich innerhalb des Mittelkörpers eines Düsenabschnitts mit Brennstoff-Luft-Vorgemisch einer Gasturbinen-Brennkammer angeordnet.

[0011] Gemäss einer anderen Ausführungsform umfasst ein plasmagestützter Zünder einen Verwirblermechanismus, wobei der Zünder konfiguriert ist, in einen vorhandenen Leer-(Spülluft-) oder Flüssigbrennstoff-(Zweistoff-)Einsatzraum innerhalb des Mittelkörpers einer Brennstoffdüse einer Brennkammer einer landgestützten Gasturbine mit magerer Vormischung eingesetzt zu werden.

[0012] Gemäss noch einer anderen Ausführungsform umfasst ein Verfahren zum Erzeugen einer Gasturbinen-Brennkammer-Zündflamme:

Bereitstellen eines Verwirblermechanismus, der im Wesentlichen innerhalb eines Zünders angeordnet ist, der ausschliesslich innerhalb des Mittelkörpers eines Düsenabschnitts mit Brennstoff-Luft-Vorgemisch einer Gasturbinen-Brennkammer angeordnet ist;

Vormischen und Vorverwirbeln eines Brennstoff-Luft-Gemischs im Wesentlichen innerhalb des Verwirblermechanismus und

Zünden des vorgemischten, vorverwirbelten Brennstoff-Luft-Gemischs, das den Zünder verlässt, um plasmagestützte Zündflamengase im Wesentlichen innerhalb eines Zündflamengebietes innerhalb einer Hauptverbrennungszone innerhalb der Gasturbinen-Brennkammer zu bilden.

[0013] Gemäss einer weiteren anderen Ausführungsform ist ein plasmagestützter Zünder innerhalb eines vorhandenen Leer-(Spülluft-) oder Flüssigbrennstoff-(Zweistoff-)Einsatzraums innerhalb des Mittelkörpers einer Brennstoffdüse einer Brennkammer einer landgestützten Gasturbine mit magerer Vormischung angeordnet, wobei der plasmagestützte Zünder eine Hochspannungselektrode umfasst, die mindestens teilweise innerhalb einer dielektrischen Barriere angeordnet ist, wobei die dielektrische Barriere konfiguriert ist, um starken Stromfluss bei elektrischer Entladung der Hochspannungselektrode zu verhindern, um ein kaltes oder Nichtgleichgewichtsplasma bereitzustellen, das NO_x-Emissionen unterhalb jener aufweist, die durch warme oder thermalisierte (Gleichgewichts-) Plasmen erzeugt werden.

[0014] Gemäss einer weiteren anderen Ausführungsform ist ein plasmagestützter Zünder ausschliesslich innerhalb eines vorhandenen Leer- (Spülluft-) oder Flüssigbrennstoff-(Zweistoff-)Einsatzraums innerhalb des Mittelkörpers einer Brennstoffdüse einer Brennkammer einer landgestützten Gasturbine mit magerer Vormischung angeordnet, wobei der Zünder konfiguriert ist, ein kaltes oder Nichtgleichgewichtsplasma innerhalb des Zünders zu erzeugen, das NO_x-Emissionen unterhalb jener aufweist, die durch warme oder thermalisierte (Gleichgewichts-)Plasmen erzeugt werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0015] Diese und andere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden besser verstanden, wenn die folgende detaillierte Beschreibung unter Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen gelesen wird, wobei bei sämtlichen Zeichnungen ähnliche Zeichen ähnliche Teile repräsentieren, wobei:

- Fig. 1 eine seitliche Schnittansicht ist, die einen plasmaunterstützten Zünder mit Vormischung und Vorverwirbelung gemäss einem Aspekt der Erfindung darstellt;
- Fig. 2 eine Schnittansicht von oben des in Fig. 1 abgebildeten Zünders ist;
- Fig. 3 eine seitliche Schnittansicht einer DLN-Gasturbinendüse ist, die einen plasmaunterstützten Zünder mit Vormischung und Vorverwirbelung gemäss einem Aspekt der Erfindung beinhaltet;
- Fig. 4 eine DLN-Gasturbinendüse ist, die keinen Plasmazünder zur Verwendung aufweist, um plasmaunterstützte Verbrennung bereitzustellen, und die auf dem Fachgebiet bekannt ist;
- Fig. 5 eine DLN-Gasturbinendüse, die zum Bereitstellen plasmaunterstützter Verbrennung nützlich ist, gemäss einem anderen Aspekt der Erfindung ist;
- Fig. 6 eine Detailansicht ist, die eine Plasmaentladung, der in Fig. 5 abgebildeten plasmaunterstützten Zünddüse mit Vormischung gemäss einem Aspekt der Erfindung darstellt;
- Fig. 7 den Abschnitt des plasmaunterstützten Zünders der in Fig. 5 und 6 gezeigten DLN-Düse detaillierter darstellt;
- Fig. 8 eine Draufsicht des in Fig. 7 abgebildeten plasmaunterstützten Zünders ist;
- Fig. 9 eine Unteransicht des in Fig. 7 abgebildeten plasmaunterstützten Zünders ist und
- Fig. 10 eine Ausschnittsansicht des in Fig. 7 abgebildeten plasmaunterstützten Zünders ist.

[0016] Obgleich die oben angegebenen Zeichnungsfiguren alternative Ausführungsformen darlegen, werden, wie in der Diskussion angemerkt, auch andere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung in Erwägung gezogen. In allen Fällen gibt diese Beschreibung dargestellte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung in repräsentierender und nicht in

begrenzender Weise wieder. Durch den Fachmann können zahlreiche andere Modifikationen und Ausführungsformen erdacht werden, die in den Umfang und Sinn der Prinzipien dieser Erfindung fallen.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0017] Die hierin unten unter Bezug auf die Figuren beschriebenen Ausführungsformen sind auf einen Zünder gerichtet, der einen Mechanismus beinhaltet, um Luft und Brennstoff oder ein Brennstoff-Luft-Gemisch zu verwirbeln, um eine vorgemischte, vorverwirbelte plasmaunterstützte (-gestützte) Zündflamme bereitzustellen, geeignet zur Verwendung mit einer Gasturbinen-Brennkammer. Gemäss einer Ausführungsform befindet sich der Zünder im Mittelkörper einer Düse mit Brennstoff-Luft-Vormischung einer Gasturbinen-Brennkammer und ist tätig, um Magerverlöschgrenzen (LBO) der Brennkammer zu verbessern. Der Zünder kann auch ohne Einschränkung als Zündquelle und/oder als Mittel zum Verringern von Verbrennungsinstabilitäten fungieren.

[0018] Betrachtet man nun Fig. 1, stellt eine seitliche Schnittansicht einen plasmaunterstützten Zünder 10 mit Vormischung und Vorverwirbelung gemäss einem Aspekt der Erfindung dar. Der Zünder 10 beinhaltet einen Verwirblermechanismus 20, um Luft und Brennstoff oder ein Brennstoff-Luft-Gemisch zu verwirbeln, die/der/das über eine oder mehrere Einlassöffnungen 12 in den Zünder 10 eintritt. Das resultierende vorgemischte und vorverwirbelte Brennstoff-Luft-Gemisch verlässt den Verwirblermechanismus 20 über einen Durchlass, der durch jeweilige innere Hochspannungs- und äussere Niederspannungselektroden 16, 14 gebildet ist. Die Elektroden 14, 16 können aus blanken leitfähigen Werkstoffen sein oder eine oder beide Elektroden können durch einen dielektrischen Werkstoff 18 gekapselt sein. Zwischen den Elektroden wird ein elektrisches Feld hoher Spannung erzeugt, wobei im Brennstoff-Luft-Gemisch eine elektrische Entladung gezündet wird. Diese elektrische Entladung erzeugt Ionen, energetische Spezies und Dissoziationsprodukte aus der Luft und dem Brennstoff. Zusammen mit den chemischen Aspekten der vorgenannten elektrischen Entladung tritt auch eine gewisse thermische Erwärmung des Gases auf. Schliesslich werden kurzlebige, sehr reaktionsfreudige Radikalspezies erzeugt. Die Kombination aus Radikalspezies und erhöhter Temperatur zündet das Zünd-Brennstoff-Luft-Gemisch, das den Zünder 10 verlässt. Das vorgemischte Brennstoff-Luft-Gemisch im Entladungsgebiet des Zünders 10 strömt mit einer Geschwindigkeit, die hoch genug ist, um die gezündete Zündflamme daran zu hindern, stromaufwärts in den Zündeneinsatz zu wandern. Die Geschwindigkeiten in diesem Bereich können, ohne darauf beschränkt zu sein, zwischen etwa 150 und etwa 250 Fuss/Sekunde liegen. Diese hohen Geschwindigkeiten wirken auch, um

- 1) die Verteilung der Entladungsstreamer zu unterstützen, was unten ausführlicher diskutiert wird,
- 2) die Bildung heisser Lichtbogen zu verhindern und
- 3) die Elektrodenoberflächen sowohl aufgrund der Strömung mit hoher Geschwindigkeit als auch durch das Drücken der Flamme stromabwärts von den Düsenoberflächen fort kühl zu halten.

[0019] Das wirbelnde, reagierende, radikalgestützte Brennstoff-Luft-Gemisch verlässt den Zünder 10 und tritt in die Hauptverbrennungszone ein (hierin unten unter Bezug auf Fig. 3, 5 und 6 beschrieben). In der Hauptverbrennungszone interagieren und mischen sich die Zündflamengase mit dem viel grösseren mager vorgemischten Brennstoff-Luft-Strom, der den Hauptteil der Brennstoffdüse verlässt. Die warmen, radikalgestützten Zündergase wirken als Zündquelle und Stabilisierungsmechanismus für das magere Haupt-Brennstoff-Luft-Gemisch.

[0020] Unter mageren Herunterfahrbedingungen kann der Zünder 10 wirken, um die Magerverlöschgrenzen der Brennkammer durch Stabilisieren eines mageren Haupt-Brennstoff-Luft-Gemischs zu verbessern, das anderenfalls instabil ist oder jenseits der Magerverlöschgrenzen liegt. Ferner kann in Situationen, in denen thermoakustische Instabilitäten Verbrennungsdynamik fördern, der Zünder 10 wieder als stabilisierender Mechanismus für die Hauptflamme dienen; oder er kann moduliert werden, um den bestimmten Tönen dynamischer Verbrennung entgegenzuwirken.

[0021] Fig. 2 ist eine Schnittansicht von oben des in Fig. 1 abgebildeten Zünders 10, und es ist zu sehen, dass er eine innere Hochspannungselektrode 16 beinhaltet, die im Mittelabschnitt des Zünders 10 angeordnet ist. Die Hochspannungselektrode 16 umgibt ein dielektrischer Isolator 18. Den dielektrischen Isolator 18 umgibt ein ringförmiger Verwirblermechanismus 20. Die Aussenhülle 14 des Zünders 10 bildet eine äussere Elektrode, die mit einer geeigneten Maschinenmasse verbunden ist. Der Verwirblermechanismus 20 ist tätig, um ein vorgemischtes, vorverwirbeltes Brennstoff-Luft-Gemisch stromaufwärts eines Entladungs- (Plasma-) gebietes 22 bereitzustellen. Der dielektrische Isolator 18 kann in einer Ausführungsform entfallen. In beiden Fällen können die blanken oder dielektrisch abgedeckten Elektroden unter Verwendung von entweder gepulstem Strom oder von Wechselstrom gespeist werden, um die gewünschten Ergebnisse zu erzielen. Der Wechselstrom kann mithilfe einer Sinuswelle oder einer anderen stetigen periodischen Wellenform implementiert sein; während der gepulste Strom mithilfe von Pulsen implementiert sein kann, die eine sehr kurze Anstiegszeit (~ 5-20 ns) und eine kurze Pulslänge (~ 20 ns–100 ms) aufweisen.

[0022] Die hierin beschriebenen Zünder-Ausführungsformen können angewendet werden, um plasmaunterstützte, vorgemischte gezündete Verbrennung bereitzustellen, um den Verbrennungsprozess bei niedrigen Herunterfahrbedingungen zu verbessern, während die oben diskutierten unerwünschten Wirkungen vermieden werden. Chemische Aktivierung eines Teils des Brennstoffs, der Luft oder des Brennstoff-Luft-Gemischs kann die Gesamt-Reaktionsprozesse der Brennkammer

verbessern, indem reaktive Spezies und hohe Temperaturen erzeugt werden, welche den vorgemischten Haupt-Brennstoff -Luft-Strom stabilisieren. Somit werden die Zündfähigkeits-Magergrenzen der gesamten Brennkammer zu niedrigeren Brennstoff-Luft-Verhältnissen hin ausgeweitet. Die betreffenden Erfinder erkannten, dass turbulentes Mischen der reagierenden Zündgase mit dem vorgemischten Haupt-Brennstoff-Luft-Strom die Reaktivität der gesamten Brennkammer verbessern sollte, wobei schnellere Ausbrandraten des CO ermöglicht werden, und dass ein Zünder mit magerer oder fetter Vormischung die Spitzen-Flammentemperaturen und daher die NO_x-Erzeugung vermeidet, die in einem Diffusionsflammenzünder auftritt.

[0023] Bestimmte hierin beschriebene Zünder-Ausführungsformen können auch beispielsweise als einstückiger Zünder in jeder Brennstoffdüse für ein Rohrbrennkammersystem wirken, um Querflammpfeile entfallen zu lassen, wenn dies gewünscht ist. Ferner können bestimmte hierin beschriebene Ausführungsformen ausserdem die Gesamt-Zündhüllkurve sowohl für Rohr- als auch für Ringbrennkammern ausweiten. Bestimmte hierin beschriebene Ausführungsformen des Zünders erlauben ausserdem eine Integration und Verwendung von Plasmatechnologie in einer Gasturbinen-Brennstoffdüse, womit Probleme im Zusammenhang mit dem Integrieren isolierter Hochspannungselektroden in eine Brennkammer überwunden werden.

[0024] Geht man nun zu Fig. 3, ist eine seitliche Schnittansicht einer DLN-Gasturbinendüse 30 dargestellt, die einen plasmaunterstützten Zünder 10 mit Vormischung und Vorverwirbelung gemäss einem Aspekt der Erfindung beinhaltet. Die Hauptzufuhrluft in die DLN-Düse 30 tritt durch eine Lufteinlassöffnung 34 ein und tritt durch ihren eigenen Luftverwirbler 36 hindurch, wo sie fortfährt, in die Hauptverbrennungszone 44 zu strömen. Vor dem Eintreten in die Hauptverbrennungszone 44 vermischt sich die verwirbelte Hauptluft mit einem Hauptzufuhrbrennstoff innerhalb eines Durchtritts 38 eines Brennerrohrs 40. Der Hauptzufuhrbrennstoff tritt durch eine oder mehrere Hauptbrennstoff Öffnungen 32 ein, um die Hauptbrennstoff zufuhr bereitzustellen. Dann wird die Hauptluft mit dem Hauptbrennstoff gemischt, um den vorgemischten Hauptbrennstoff bereitzustellen, der durch das DLN-Gasturbinendüsen-Brennerrohr 40 und in die Verbrennungszone 44 strömt.

[0025] Durch eine Zündlufteintrittsöffnung 12 tritt Zündluft ein und strömt von dort in den Zündverwirblermechanismus 20. Durch eine oder mehrere Zündbrennstoffeintrittsöffnungen 32 tritt Zündbrennstoff ein und strömt ebenfalls von dort über eine Verwirbler-Brennstoffeintrittsöffnung 42, die im Wesentlichen stromabwärts von der Zündbrennstoffeintrittsöffnung 32 positioniert ist, in den Zündverwirblermechanismus 20. Obwohl keine getrennten Strömungswege für den Haupt- und den Zündbrennstoff abgebildet sind, können diese beiden Brennstoffkreise optional getrennt und unabhängig gesteuert sein. Der Brennstoff und die Luft werden gemeinsam innerhalb des Verwirblermechanismus 20 verwirbelt, um eine vorgemischte, vorverwirbelte Brennstoff-Luft-Kombination bereitzustellen, die den Zünder 10 verlässt und in die Verbrennungszone 44 weitergeleitet wird, wo sie zusammen mit dem vorgemischten Hauptbrennstoff gezündet wird, um eine vorgemischte, plasmagestützte Zündflamme 46 innerhalb der vorgemischten Hauptflamme zu erzeugen.

[0026] Gemäss einer Ausführungsform wird der vorgemischte Hauptbrennstoff ausschliesslich mit seiner eigenen Hauptzufuhrluft gemischt, während der vorgemischte, vorverwirbelte Zündbrennstoff ausschliesslich mit seiner eigenen Zündzufuhrluft gemischt wird, um eine gewünschte vorgemischte, plasmagestützte Zündflamme innerhalb der Verbrennungszone 44 genauer zu steuern und zu erreichen. Das vorgemischte Brennstoff-Luft-Gemisch im Zünder kann derart zusammengesetzt sein, dass es ein brennstoffarmes Gemisch (eines, das Überschussluft beinhaltet), ein brennstoffreiches Gemisch (eines, das unzureichend Luft zur Verbrennung aufweist) oder ein stöchiometrisches Gemisch ist (ein Gemisch, welches das exakte erforderliche Verhältnis von Brennstoff und Luft zur vollständigen Verbrennung aufweist). Ferner kann das Verhältnis der Durchflussmenge an vorgemischtem, vorverwirbeltem, plasmagestütztem Zünd-Brennstoff-Luft-Gemisch und der Durchflussmenge an zusätzlicher nicht vorgemischter Spülluft im Mittelkörper der Brennstoffdüse auf verschiedene Weise eingestellt werden, um die Leistungseigenschaften der plasmagestützten Zündflamme beim Zünden und Stabilisieren der Verbrennung des vorgemischten Haupt-Brennstoff-Luft-Gemischs in der Brennkammer zu optimieren. Alternative Ausführungsformen können derart konfiguriert sein, dass

- 1) die Zündluft und der -brennstoff vollständig stromaufwärts der Brennstoffdüse vorgemischt werden,
- 2) der Zündbrennstoff stromaufwärts des Verwirblers in die Zündluft eintritt,
- 3) der Zündbrennstoff als Teil des Verwirblers in die Zündluft eintritt,
- 4) der Zündbrennstoff stromabwärts des Verwirblers in die Zündluft eintritt.

[0027] Zu den Vorteilen, die durch die DLN-Gasturbinendüse 30 bereitgestellt werden, die einen plasmaunterstützten Zünder 10 mit Vormischung und Vorverwirbelung umfasst, zählen, ohne darauf beschränkt zu sein:

Bereitstellung einer Brennstoff- und Luft-Vormischung in der Zündflamme, die das NO_x vermeidet, das durch hohe Temperaturen erzeugt wird, die in Diffusionszündflammen zu finden sind;

ein kleiner ringförmiger Entladungsspalt-Abstand (Höhe des Durchtritts für die elektrische Entladung ~ 1,5 mm bis 3 mm, in Fig. 1 mit der Nummer 22 bezeichnet), der die Erzeugung von Entladungen unter Verwendung massiger Spannungen (< 100 kV) bei hohen Drücken (5–20 atm) und Temperaturen zwischen etwa 500°F bis etwa 900°F gestattet;

Bereitstellung eines ringförmigen Entladungsdurchtritts, der naturgemäss in eine Düse mit Brennstoff-Luft-Verwirbelungsstabilisierung passt;

Bereitstellung eines ringförmigen Entladungsdurchtritts, der zu einem gleichförmigen elektrischen Feld beiträgt, in dem die Entladung erfolgt, womit eine erhöhte Wahrscheinlichkeit bereitgestellt wird, dass eine gleichförmig verteilte Entladung erzeugt wird;

Bereitstellung einer verwirbelten Zündströmung, die inhärente aerodynamische Stabilisierung bereitstellt, sodass unter gewissen Umständen der Zünder ohne Einschalten des Plasmas funktionieren kann;

Bereitstellung einer turbulenten wirbelnden Strömung, die das Mischen der Zündflamengase mit dem wirbelnden vorge-mischten Hauptstrom verbessert;

Bereitstellung einer turbulenten wirbelnden Strömung innerhalb des Zündentladungsvolumens, die zu einer besseren Ver-teilung der Entladungsstreamer und/oder des Diffusglimmvolumens beiträgt;

Bereitstellung einer Struktur, die gestattet, dass die innere Hochspannungselektrode durch Verwendung Hochspannungs-isolierender Durchführungen, in denen die äussere Elektrode an der Brennstoffdüse, in der sie eingesetzt ist, an Masse gelegt ist, von der Maschine elektrisch isoliert ist;

Bereitstellung einer dielektrischen Barrierefähigkeit gemäss einem Aspekt, welche die Kapselung der inneren Elektrode durch einen dielektrische Werkstoff (z.B. Hochtemperaturkeramik) beinhaltet, um durch Verhindern von hohem Stromfluss während des Entladungsprozesses ein kälteres Plasma bereitzustellen, ein Merkmal, das vorteilhaft ist, da gezeigt worden ist, dass warme oder thermalisierte Plasmen ihr eigenes NO_x erzeugen;

Bereitstellung einer Struktur, welche die Fähigkeit aufweist, mit sowohl gepulstem Hochspannungsstrom als auch her-kömmlichem Hochspannungs-Wechselstrom zu arbeiten, wobei der elektrische Strom mit Frequenzen von 10–50 kHz oder moduliert mit für die Brennkammer geeigneten Frequenzen (-zig bis tausende Hz) beaufschlagt werden kann, um Verbrennungsdynamiktonen entgegenzuwirken;

Bereitstellung einer Plasmaentladung, die sich ström-' aufwärts und innerhalb des vorderen Zündflamengebietes befin-det, wobei die Entladung direkt am Eintritt in die Flammenzone platziert ist, ein Merkmal, das bei hohen Drücken kritischer ist, wo aktive Spezies schneller kollisionsmässig gefangen werden; und

Bereitstellung eines Zünders, der in vorhandenen Platz innerhalb des Mittelkörpers einer Brennstoffdüse einer Brennkam-mer einer landgestützten Gasturbine (z.B. eines DLN-Systems) eingesetzt wird, wobei der Zünder den Platz eines Leer-(Spülluft-) oder Flüssigbrennstoff- (Zweistoff-) -Einsatzes einnehmen kann, der gegenwärtig im Mittelkörper eingebaut ist. Somit wird die Hauptverbrennung mit Brennstoff-Luft-Vormischung verbessert, ohne irgendwelche Modifikationen am kri-tischen Brennerrohr-Vor-misch-Bereich vorzunehmen, wo Flammenrückschlag und Flammenhalten zu vermeidende Pro-bleme sind.

[0028] Fig. 4 ist eine DLN-Gasturbinendüse 60, die keinen Plasmazünder zur Verwendung aufweist, um plasmaunter-stützte Verbrennung bereitzustellen, und die auf dem Fachgebiet bekannt ist. Es ist zu sehen, dass DLN-Gasturbinendüse 60 einen Lufteinsatz 62 beinhaltet, der innerhalb des Mittelkörpers der Düse 60 angeordnet ist, der Kühl-Spülluft empfängt. Diffusionsbrennstoff tritt über eine ringförmige Diffusionsbrennstofföffnung 64 zwischen dem Lufteinsatz 62 und dem Mit-telkörper der Düse 60 in die Düse 60 ein. Ein vorgemischter Hauptbrennstoff wird der Düse 60 über eine oder mehrere äussere Hauptvormischbrennstoff-Öffnungen 66 zugeführt. Eine Hauptluftzufuhr tritt über eine am weitesten aussen be-findliche ringförmige Haupteintrittsluftöffnung 68 in die Düse 60 ein.

[0029] Geht man nun zu Fig. 5, ist eine DLN-Gasturbinendüse 70 dargestellt, die zum Bereitstellen plasmaunterstützter Verbrennung nützlich ist, gemäss einem anderen Aspekt der Erfindung. Düse 70 beinhaltet einen Zünder 50, der aus-führlicher unten unter Bezug auf Fig. 6–10 beschrieben ist und innerhalb des Mittelkörpers der Düse 70 angeordnet ist. Luft und Brennstoff oder ein vorgemischtes Brennstoff-Luft-Gemisch treten über eine oder mehrere Öffnungen 12 in den Zünder 50 ein; und so besteht keine Notwendigkeit mehr für eine Diffusionsbrennstofföffnung 64 wie z.B. bei der in Fig. 4 abgebildeten Düse 60. Eine Kühl-Spülluft tritt über eine Eintrittsöffnung 65, die zwischen dem Zünder und dem Mittelkörper der Düse 70 angeordnet ist, in die Düse 70 ein. Ein vorgemischter Hauptbrennstoff wird der Düse 70 über eine äussere ringförmige Hauptvormischbrennstofföffnung 66 zugeführt. Eine Hauptluftzufuhr tritt über eine am weitesten aussen be-findliche ringförmige Haupteintrittsluftöffnung 68 in die Düse 70 ein.

[0030] Es ist zu sehen, dass der Zünder 50, der innerhalb des Mittelkörpers der DLN-Gasturbinendüse 70 angeordnet ist, eine Hochspannungselektrode 16, wie hierin vorn diskutiert, beinhaltet. Eine detailliertere Abbildung des plasmaun-terstützten Zünders 50 mit Vormischung ist in Figur 6 gezeigt, die ausserdem eine Plasmaentladung 74 gemäss einem Aspekt der Erfindung darstellt. Die Plasmaentladung 74 liegt innerhalb eines Plasmagebietes 72, das innerhalb der Ver-brennungszone der DLN-Gasturbinendüse 70 nach elektrischem Entladen der Hochspannungselektrode 16 in einer Art und Weise wie oben beschrieben gebildet ist.

[0031] Zünder 50 beinhaltet ferner zusätzlich zur Hochspannungselektrode 16 einen Zünder-Aussenkörper/eine Zünder-Aussenelektrode 14, die zur Gasturbine an Masse gelegt ist, einen dielektrischen Isolator 18, wie oben diskutiert, und einen Verwirblermechanismus 20, der stromabwärts der Luft- und Brennstoff- oder Brennstoff-Luft-Vorgemisch-Eintrittsöffnung 12 und stromaufwärts des Plasmagebietes 72 angeordnet ist. Die vorliegenden Ausführungsformen sind aber nicht auf diese Beschreibung eingeschränkt, und man wird verstehen, dass Brennstoff irgendwo im Zündeneinsatz eingespritzt wer-den kann, sodass er sich stromaufwärts des Plasmagebietes vormischt.

[0032] Fig. 6 stellt ausserdem Plasmacharakteristika im Zusammenhang mit dem in Fig. 5–6 abgebildeten plasmaunterstützte Zünder 50 mit Vormischung und Vorverwirbelung gemäss einem Aspekt der Erfindung dar. Hochspannungs-Wellenformen, die zwischen der inneren Hochspannungselektrode 16 und der äusseren Niederspannungselektrode 14 angelegt werden, bewirken, dass Plasmastreamer 80 überall in einem Kanalgebiet und weiter in das Flammengebiet 74 hinein generiert werden, wo sich die Streamer 80 schliesslich auflösen, sowie neue Streamer 80 an der Entladungsspitze der Hochspannungselektrode 16 ausgelöst werden.

[0033] Fig. 7–10 stellen den Abschnitt des plasmaunterstützten Zünders der in Fig. 5 und 6 gezeigten DLN-Düse 70 detaillierter dar. Wie oben beschrieben, wird ein vorgemischtes Brennstoff-Luft-Gemisch in die Zünder-Eintrittsöffnung 12 eingeführt, wo sie durch einen ringförmigen Durchlass in einen ringförmigen Verwirbler 20 strömt. Alternativ wird Luft in die Zünder-Eintrittsöffnung 12 eingeführt, während der Zündbrennstoff stromaufwärts des Verwirblers 20, stromabwärts des Verwirblers 20 oder direkt in den Verwirbler 20 über eine Eintrittsöffnung nahe dem Verwirbler 20 eingeführt wird, wie oben gemäss einem Aspekt unter Bezug auf Fig. 3 beschrieben. Der Brennstoff und die Luft oder das Brennstoff-Luft-Gemisch werden gemeinsam innerhalb des Verwirblers 20 verwirbelt, um ein vorgemischtes, vorverwirbeltes Zünd-Brennstoff-Luft-Gemisch bereitzustellen, das den Verwirbler 20 auf seinem Weg zum Entladungsgebiet 72 verlässt. Der Verwirbler 20 beinhaltet in einem Aspekt mehrere Schaufeln des bogenförmigen Typs, die bewirken, dass das Brennstoff- und Luft-Gemisch gründlicher gemischt und verwirbelt wird, sowie das Gemisch durch den Verwirbler 20 hindurchtritt.

[0034] Eine dielektrische Barriere 18, die auch in Fig. 1–2 abgebildet ist, isoliert die Hochspannungselektrode 16 von der Niederspannungselektrode 14 und dem Masseabschnitt der Düse 70. Gemäss einer Ausführungsform ist die innere Hochspannungselektrode 16 durch Verwendung Hochspannungs-isolierender Durchführungen, in denen die äussere Elektrode 14 an der Brennstoffdüse 70, in der sie eingesetzt und Masse gelegt ist, von der Maschine elektrisch isoliert. Die Bereitstellung einer dielektrischen Barrierefähigkeit gemäss einem Aspekt der Erfindung, umfassend die mindestens teilweise Kapselung der inneren und/oder äusseren Elektrode 16 durch einen dielektrische Werkstoff (z.B. Hochtemperaturkeramik) 18, der durch Verhindern von hohem Stromfluss während des Entladungsprozesses das Bereitstellen eines kälteres Plasmas unterstützt, ist ein Merkmal, das vorteilhaft ist, da gezeigt worden ist, dass warme oder thermalisierte Plasmen ihr eigenes NOx erzeugen.

[0035] Eine funktionsfähige dielektrische Barriere, in Fig. 1–2 und 6–10 mit der Nummer 18 bezeichnet, kann gemäss einer Ausführungsform, ohne darauf beschränkt zu sein, eine Hochtemperatur-Aluminiumoxid-Beschichtung hoher dielektrischer Durchschlagsfestigkeit, die gleichmässig auf die Aussenfläche der inneren Hochspannungselektrode 16 aufgetragen ist, oder einen massivumgeformten Keramikwerkstoff hoher dielektrischer Durchschlagsfestigkeit umfassen, in dem sich die innere Hochspannungselektrode 16 befindet. Die dielektrische Barriere 18 stellt mehrere Vorteile bereit, einschliesslich, ohne darauf beschränkt zu sein,

- 1) Begrenzen des Stromverbrauchs, der zum Erzeugen des Plasmas erforderlich ist, da die dielektrische Barriere das Verhindern eines Lichtbogens unterstützt, der ein Plasma mit sehr hoher Stromaufnahme verursachen würde,
- 2) mehr volumetrische Entladungen, sodass das Verbrennungsgebiet vollständiger mit Plasma gefüllt ist, und
- 3) Verlängerung der Elektroden-Lebensdauer aufgrund von Plasmaentladung mit niedrigerer Temperatur und verringerter örtlicher Erwärmung des Plasmas.

[0036] Fig. 8 ist eine Draufsicht der in Fig. 7 abgebildeten DLN-Düse 70 mit plasmaunterstütztem Zünder, während Fig. 9 eine Unteransicht der in Figur 7 abgebildeten DLN-Düse 70 mit plasmaunterstütztem Zünder ist. Diese Ansichten stellen die ringförmige Struktur des Zünders 50 dar, der für die Integration in den Mittelkörperabschnitt der DLN-Düse 70 geeignet ist, um Verbrennungsprobleme zu lösen, einschliesslich, ohne darauf beschränkt zu sein, Bereitstellen einer verwirbelten, vorgemischten, plasmagestützten Zündflamme zur Lösung von Problemen wie z.B. den oben diskutierten, auf mageres Herunterfahren, gerichteten, sowie auf die Dynamik und Zündung in einer Gasturbinendüse mit magerer Vormischung gerichteten.

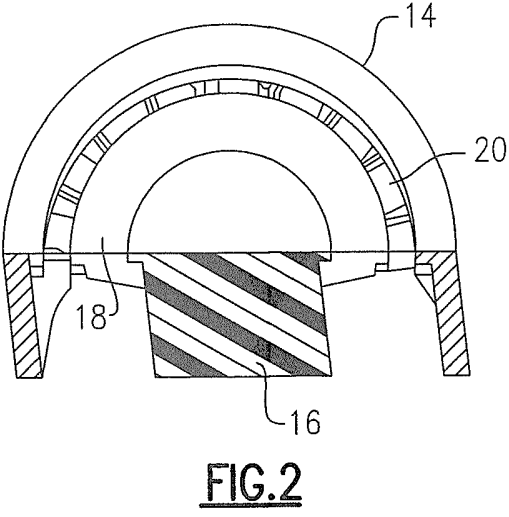
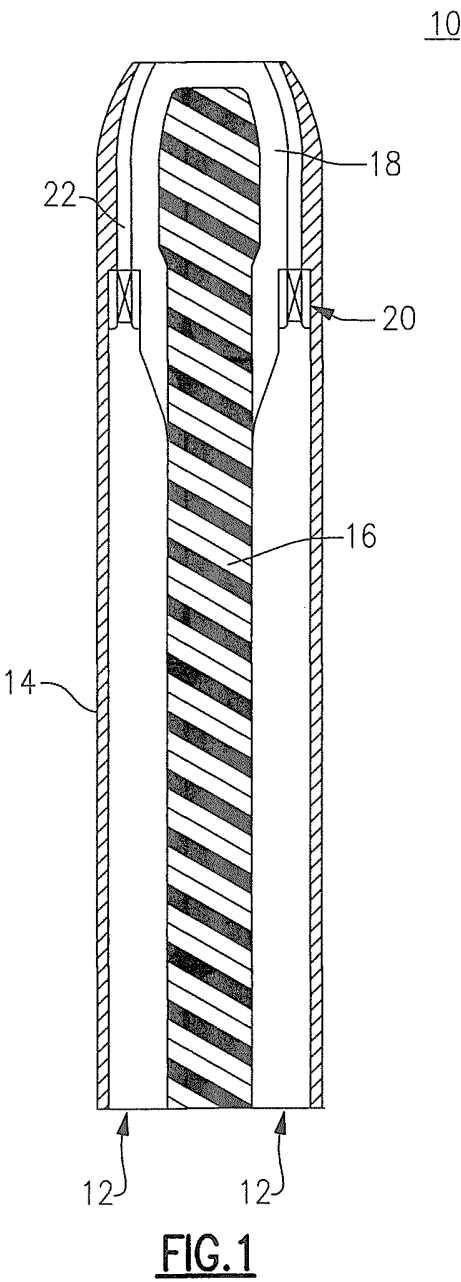
[0037] Fig. 10 ist eine Ausschnittsansicht der in Fig. 7 abgebildeten DLN-Düse 70 mit plasmaunterstütztem Zünder.

[0038] Zusammenfassend erläutert sind bestimmte Ausführungsformen für einen plasmaunterstützten Zünder mit Vormischung beschrieben worden, der die Mager-Herunterfahr-Fähigkeiten einer Gasturbinen-Brennkammer verbessert und der als Nachrüstung für vorhandene Brennstoffdüsen und Maschinen implementiert werden kann. Der Zünder erzeugt eine verwirbelte, vorgemischte, plasmagestützte Zündflamme, die angewandt wird, um Verbrennungsprobleme zu lösen, einschliesslich, ohne darauf beschränkt zu sein, magerem Herunterfahren, Dynamik und Zündung. Bestimmte Ausführungsformen sind auf eine spezifische Geometrie gerichtet, die innerhalb des Mittelkörpers einer DLN-Düse integriert ist, um eine vorgemischte plasmagestützte Zündflamme zu erzeugen.

[0039] Während nur gewisse Merkmale der Erfindung hierin beschrieben und dargestellt worden sind, werden dem Fachmann zahlreiche Modifikationen und Änderungen in den Sinn kommen. Es versteht sich daher, dass die nachstehenden Ansprüche dafür vorgesehen sind, alle derartigen Modifikationen und Änderungen abzudecken, sofern sie in den wahren Sinn der Erfindung fallen.

Patentansprüche

1. Plasmagestützter Zünder (50), der einen Verwirblermechanismus (20) umfasst, wobei der Zünder (50) konfiguriert ist, in einen vorhandenen Leer- (Spülluft-) oder Flüssigbrennstoff- (Zweistoff-) -Einsatzraum (62) innerhalb des Mittelkörpers einer Brennstoffdüse (70) einer Brennkammer einer landgestützten Gasturbine mit magerer Vormischung eingesetzt zu werden.
2. Plasmagestützter Zünder nach Anspruch 1, wobei der Zünder (50) ferner konfiguriert ist, in den vorhandenen Leer- (Spülluft-) oder Flüssigbrennstoff- (Zweistoff-) -Einsatzraum (62) bei Entfallen von Modifikationen an einem Brennerrohr-Vormisch-Bereich der Brennstoffdüse einer Brennkammer einer landgestützten Gasturbine (70) eingesetzt zu werden.
3. Plasmagestützter Zünder nach Anspruch 1, wobei der Zünder (50) eine Hochspannungselektrode (16) und/ oder eine Niederspannungselektrode (14) umfasst, die mindestens teilweise innerhalb einer dielektrischen Barriere (18) ist/sind, wobei die dielektrische Barriere (18) konfiguriert ist, um starken Stromfluss bei elektrischer Entladung der Hochspannungselektrode (16) zu verhindern, um ein kaltes oder Nichtgleichgewichtsplasma bereitzustellen, das NO_x-Emissionen unterhalb jener aufweist, die durch warme oder thermalisierte (Gleichgewichts-) Plasmen erzeugt werden.
4. Plasmagestützter Zünder nach Anspruch 1, wobei der Verwirblermechanismus (20) konfiguriert ist, einen Zündbrennstoff und eine Zündluft innerhalb des Verwirblermechanismus (20) zusammen vorzumischen und vorzuverwirbeln.
5. Verfahren zum Erzeugen einer Gasturbinen-Brennkammer-Zündflamme, wobei das Verfahren umfasst:
Bereitstellen eines Verwirblermechanismus (20), der im Wesentlichen innerhalb eines Zünders (50) angeordnet ist, der im Wesentlichen innerhalb des Mittelkörpers eines Düsenabschnitts mit Brennstoff-Luft-Vorgemisch einer Gasturbinen-Brennkammer (70) angeordnet ist;
Vormischen und Vorverwirbeln eines Brennstoff-Luft-Gemischs im Wesentlichen innerhalb des Verwirblermechanismus (20) und
Erzeugen einer Plasmaentladung im vorgemischten, vorverwirbelten Brennstoff-Luft-Gemisch, das den Zünder (50) verlässt, um plasmagestützte Zündflamengase im Wesentlichen innerhalb eines Zündflammengebietes (74) innerhalb einer Hauptverbrennungszone innerhalb der Gasturbinen-Brennkammer (70) zu bilden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Bereitstellen eines Verwirblermechanismus, der im Wesentlichen innerhalb eines Zünders angeordnet ist, der im Wesentlichen innerhalb des Mittelkörpers eines Düsenabschnitts mit Brennstoff-Luft-Vorgemisch einer Gasturbine angeordnet ist, das Bereitstellen eines Zünders (50) umfasst, der im Wesentlichen innerhalb eines vorhandenen Leer- (Spülluft-) oder Flüssigbrennstoff- (Zweistoff-) -Einsatzraums (62) bei Entfallen von Modifikationen an einem Brennerrohr-Vormisch-Bereich der Brennstoffdüse einer Brennkammer einer landgestützten Gasturbine (70) angeordnet ist.
7. Verfahren nach Anspruch 5, das ferner das Leiten von Luft über einen Zündzufuhrluftdurchtritt (12) direkt in den Verwirblermechanismus (20) und das Leiten von Brennstoff über einen Zündzufuhrbrennstoffdurchtritt (32) direkt in den Verwirblermechanismus (20) umfasst, sodass Zufuhrluft und -brennstoff zusammen sich vereinen, um das Brennstoff-Luft-Gemisch zu bilden.
8. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Erzeugen einer Plasmaentladung im vorgemischten, vorverwirbelten Brennstoff-Luft-Gemisch, das den Zünder verlässt, um plasmagestützte Zündflamengase im Wesentlichen innerhalb eines Zündflammengebiets innerhalb einer Hauptverbrennungszone innerhalb der Gasturbinen-Brennkammer zu bilden, das Anlegen eines gepulsten Hochspannungsstroms oder eines Hochspannungs-Wechselstroms an eine Hochspannungselektrode (16) und eine Niederspannungselektrode (14) umfasst, die zusammen konfiguriert sind, eine Entladung im vorgemischten, vorverwirbelten Zünd-Brennstoff-Luft-Gemisch von dort in Reaktion auf den gepulsten Hochspannungsstrom oder Hochspannungs-Wechselstrom auszulösen, sodass sich die Plasmaentladung (72) im Wesentlichen am Eintritt in das Zündflammengebiet (74) der Gasturbinen-Brennkammer oder im Wesentlichen zwischen der Hochspannungselektrode (16) und der Niederspannungselektrode (14) befindet.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Anlegen eines gepulsten Hochspannungsstroms oder eines Hochspannungs-Wechselstroms an eine Hochspannungselektrode (16) und eine Niederspannungselektrode (14) das Anlegen eines gepulsten Hochspannungsstroms oder eines Hochspannungs-Wechselstroms mit etwa 10 kHz bis etwa 50 kHz oder das Modulieren eines gepulsten Hochspannungsstroms oder Hochspannungs-Wechselstroms zwischen etwa 10 Hz und etwa 2,5 kHz umfasst, sodass unerwünschte Gasturbinen-Verbrennungstöne im Wesentlichen beseitigt werden.
10. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Erzeugen einer Plasmaentladung im vorgemischten, vorverwirbelten Brennstoff-Luft-Gemisch, das den Zünder (50) verlässt, um plasmagestützte Zündflamengase im Wesentlichen innerhalb eines Zündflammengebiets (74) innerhalb einer Hauptverbrennungszone (44) innerhalb der Gasturbinen-Brennkammer (70) zu bilden, das Anlegen von Mikrowellenstrom oder Hochfrequenzstrom umfasst, um eine Entladung im vorgemischten, vorverwirbelten Zünd-Brennstoff-Luft-Gemisch auszulösen, sodass sich die Plasmaentladung im Wesentlichen am Eintritt in das Zündflammengebiet (74) der Gasturbinen-Brennkammer oder im Wesentlichen zwischen der Hochspannungselektrode (16) und der Niederspannungselektrode (14) befindet.



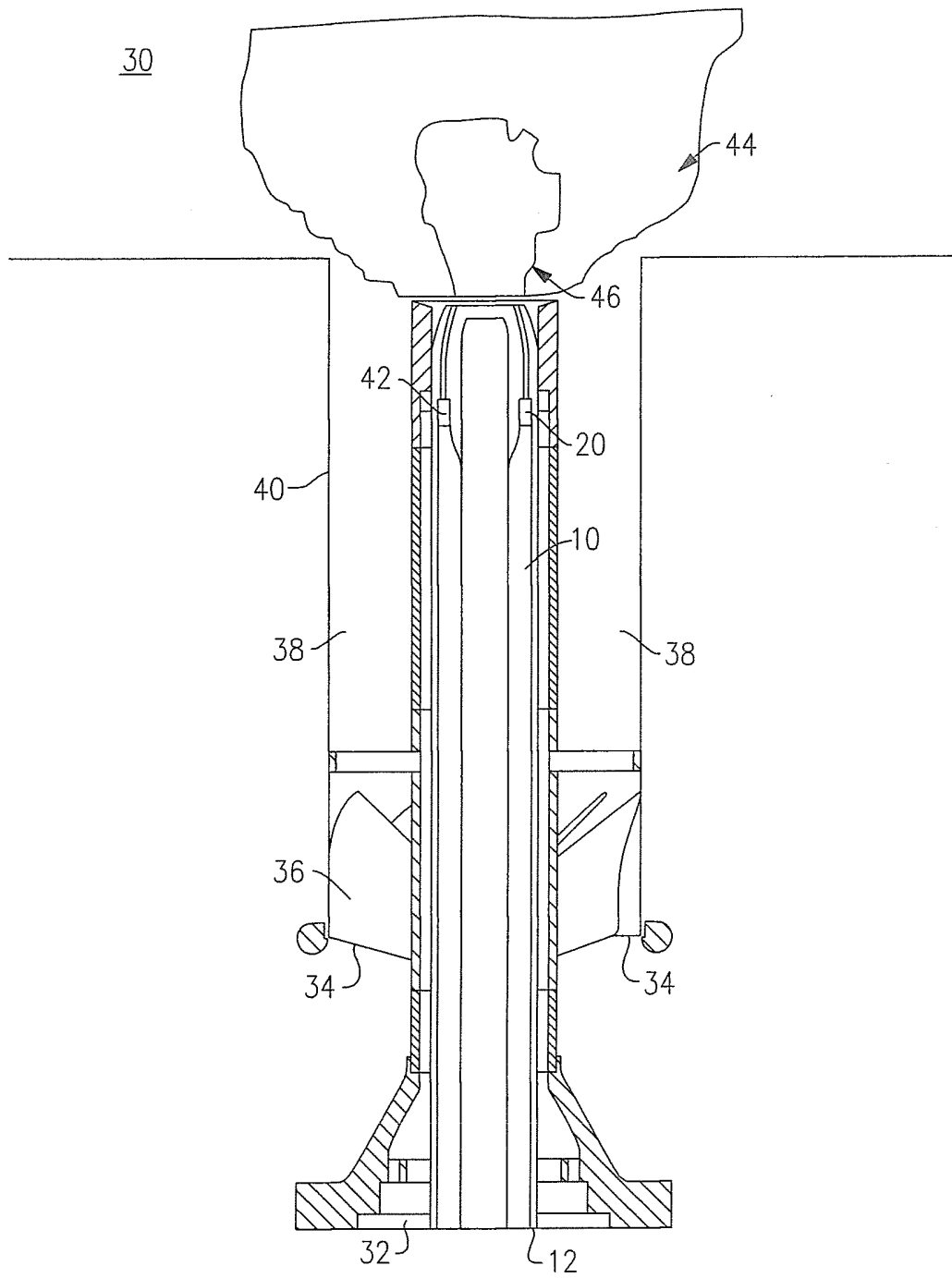


FIG.3

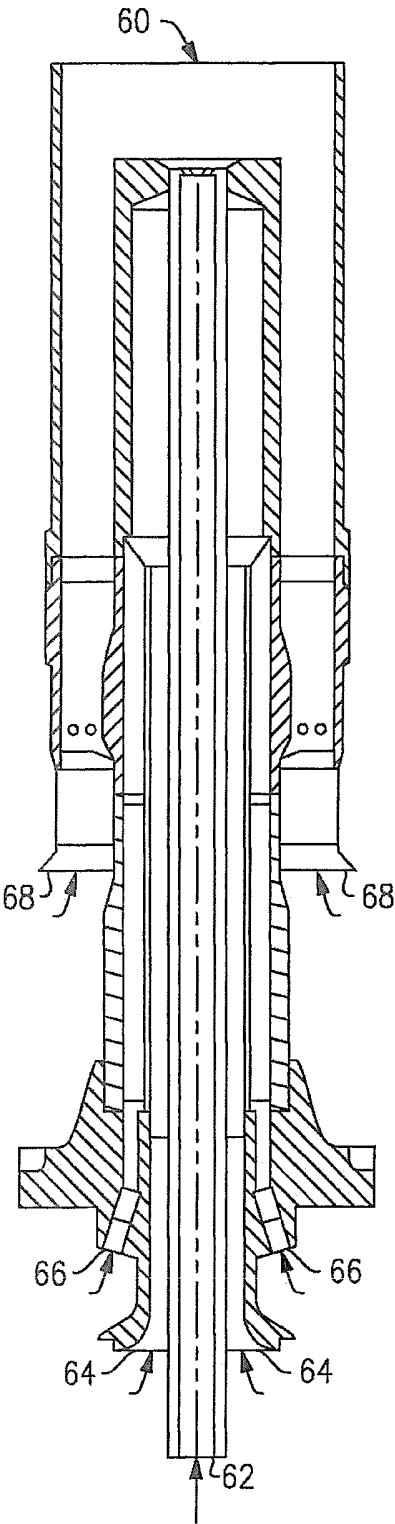


FIG. 4

(Stand der Technik)

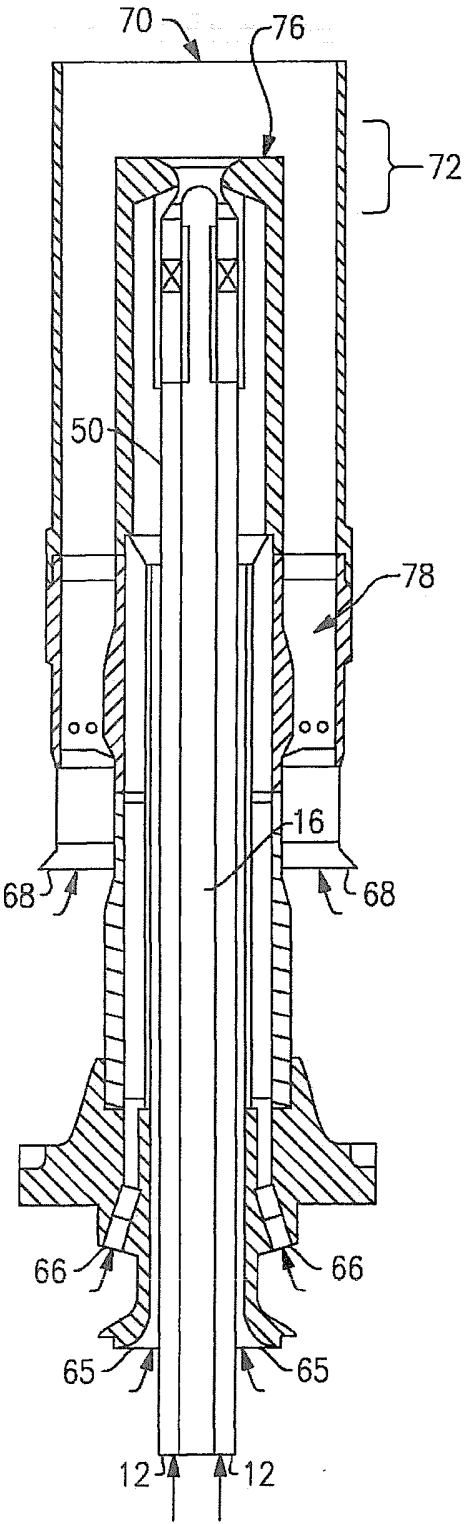


FIG. 5

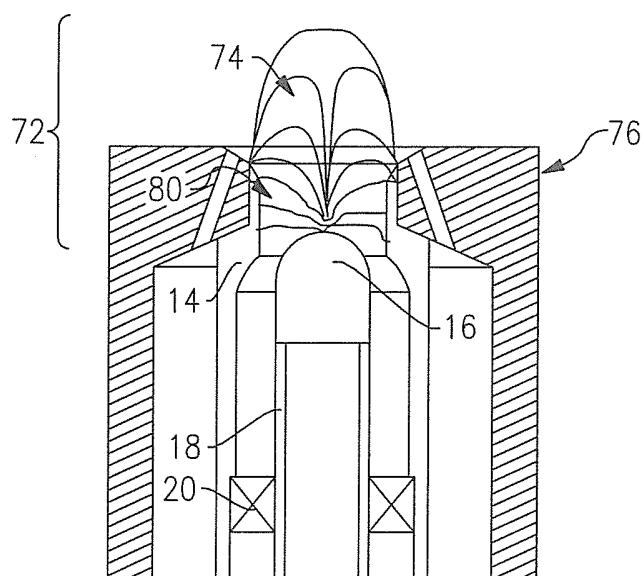


FIG.6

