



Veröffentlichungsnummer: **0 407 373 A2**

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

Anmeldenummer: 90890199.4

Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01J 61/10, H01J 61/92, H01J 63/00**

Anmeldetag: 02.07.90

Priorität: 05.07.89 AT 1640/89

**A-1060 Wien(AT)**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
09.01.91 Patentblatt 91/02

Erfinder: **Fuchs, Herbert, C/o Vector Related Physics**  
**6 Hilgrove Street**  
**St. Helier/Island of Jersey(GB)**

Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE**

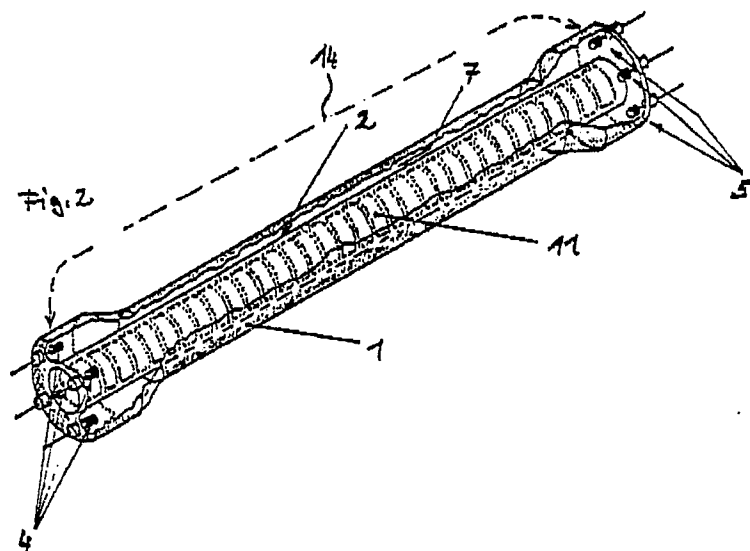
Anmelder: **ASTRALUX**  
**TIEFENSTRAHLER-QUARZLAMPEN,**  
**GESELLSCHAFT M.B.H.**  
**Meravigliagasse 3**

Vertreter: **Beer, Manfred, Dipl.-Ing. et al**  
**Lindengasse 8**  
**A-1070 Wien(AT)**

**Gasentladungsröhre.**

Im Entladungsgefäß (1) einer Gasentladungsröhre ist ein Verdrängerrohr (2) vorgesehen, das sich über die gesamte Länge des rohrförmigen Entladungsgefäßes (1), das einen mittleren, gegenüber seinen Enden (8) durchmesserkleineren Abschnitt aufweist, erstreckt, und mit den endseitigen Stirnwänden (3) des Entladungsgefäßes (1), gasdicht verbunden ist, wobei zwischen dem durchmesserkleineren Abschnitt des Entladungsgefäßes (1) und dem

Verdrängerrohr (2) ein ringspaltförmiger Raum (7) mit einer Stärke von 1,0 bis 1,5 mm vorgesehen ist. Im Inneren des Verdrängerrohres (2) sind mehrere Magnete (12) so angeordnet, daß sich im ringspaltförmigen Raum (7) vorwiegend radial verlaufende, abwechselnd entgegengesetzt gerichtete Feldlinienmuster ergeben, die dazu führen, daß sich die Ladungsträger in gekrümmten Bahnen bewegen, was zu einer höheren Strahlungsdichte führt.



**EP 0 407 373 A2**

## GASENTLADUNGSRÖHRE

Die Erfindung betrifft eine Gasentladungsröhre mit einem zylindrischen, mit vorzugsweise unter Unterdruck stehendem Gas gefüllten Entladungsgefäß und mit an den Enden des Entladungsgefäßes vorgesehenen Elektroden, wobei im Inneren des Entladungsgefäßes ein zylinderförmiger Körper vorgesehen ist.

Gasentladungsröhren dieser Bauart basieren auf der Grundlage der Strahlungsemission einer Gasentladung in verdünnten Gasen und unter Mit Hilfe von Fremdelementzusätzen.

Der Mechanismus der Gasentladung und der damit verbundenen Strahlungsemission ist folgender:

Bei Stromdurchgang durch die in gasförmigem Zustand im Entladungsgefäß vorliegenden chemischen Elemente werden durch Zusammenstoß der elektrischen Ladungsträger (Elektronen) mit den Gasmolekülen bzw. Atomen in den die Atome umgebenden Elektronenhüllen "Quantensprünge" ausgelöst (Elektronen-Stoßanregung). Bei der Rückkehr dieser angeregten Moleküle bzw. Atome in ihren Grundzustand wird die aus dem Elektronenstoß aufgenommene Energie in Form elektromagnetischer Strahlung freigesetzt. Die Wellenlänge der auftretenden Strahlung ist durch die Planck'sche Quantentheorie begründet, die im wesentlichen aussagt, daß die Energieaufnahme (z.B. durch Elektronen-Stoßanregung) ebenso wie die darauf folgende Energieabgabe (Emissionsstrahlung) bei der Rückkehr des angeregten Moleküls bzw. Atoms in den Grundzustand nur stufenweise und in genau definierten Energiebeträgen (Quanten) stattfinden kann. Diese Quantensprünge sind für die Atome jedes chemischen Elementes charakteristisch und folgen der Beziehung

$$E = h \cdot f$$

(Energie = Planck'sches Wirkungsquant  $\times$  Frequenz)

Damit ist für jeden Quantensprung (Energiedifferenz zwischen zwei verschiedenen Anregungszuständen) die bei diesem freiwerdende Strahlung hinsichtlich ihrer Frequenz und damit ihrer Wellenlänge definiert.

Die Anregung eines Moleküls bzw. Atoms auf höhere Energiezustände kann auch durch die Energie einer Strahlung erfolgen. Da die verschiedenen Anregungszustände eines Atoms bzw. Moleküls genau festgelegte Energiedifferenzen haben, kann zur Anregung auch nur die für den jeweiligen Quantensprung geeignete Wellenlänge dienen. Man spricht dann von Absorption. Ein Atom (oder Molekül) absorbiert elektromagnetische Strahlung mit genau jener Wellenlänge (Frequenz), die es

selbst im angeregten Zustand aussendet.

In einer gewöhnlichen Gasentladung liegt daher stets eine Wechselwirkung zwischen Stoßanregung, Absorption und Emission vor.

In einer technisch genutzten Gasentladung ist dies insofern von großer Bedeutung, als Strahlung aus den inneren Bezirken der Entladung geschwächt oder überhaupt nicht nach außen dringen kann, da sie auf dem Weg dorthin bereits von anderen Atomen (oder Molekülen) absorbiert wird.

Es ist bekannt, daß die Strahlungsemission einer Gasentladung mit stabförmiger Form (Leuchtsäule) an Stellen einer Querschnittsverjüngung der Entladungsröhre wesentlich intensiver sein kann als in den durchmessergrößeren Stellen der Röhre. Grund hierfür ist die Stromdichte, d.h. die auf die Einheit der Querschnittsfläche des (gasförmigen) Leiters bezogene Stromstärke. Die insgesamt durch die Röhre fließende Stromstärke muß aufgrund des Durchflutungsgesetzes an jeder beliebigen Querschnittsfläche der Entladungsröhre gleich groß sein. Die Stromdichte an jedem Querschnitt ist daher durch den Quotienten aus Stromstärke und Querschnittsfläche der Entladungsröhre gegeben. Demnach verhält sich die Stromdichte umgekehrt proportional zur Querschnittsfläche.

In einem verjüngten Röhrenteil verhält sich die Gasentladung daher anders, da hier eine höhere Stromdichte vorhanden ist.

Die Strahlungsemission des Gases in einer Entladungsröhre ist weitgehend durch die statistische Wahrscheinlichkeit von Elektronen-Stoßanregungen bestimmt, die bei sonst gleichen Voraussetzungen wie Dampfdruck, Temperatur und Gasdruck zumindest theoretisch der Stromdichte proportional ist. Die insgesamt vorhandene Strahlungsleistung (Strahlfluß) einer Röhre ist aber das Produkt aus Strahldichte je Flächeneinheit und strahlender Gesamtfläche.

In dem verjüngten Teil einer stabförmigen Gasentladung ist demnach wegen der höheren Stromdichte die Strahlungsemission je Flächeneinheit Strahlungsfläche höher, die strahlende Gesamtfläche (Oberfläche) jedoch geringer. Für die üblicherweise verwendeten, kreisrunden Röhren als Entladungsgefäß stehen Querschnitt und Oberfläche in eindeutiger mathematischer Beziehung. Demnach auch der in einer Querschnittsveränderung (z.B. Kapillarrohr) auftretende Strahlfluß.

Mit der Praxis stimmt diese Beziehung allerdings nicht gänzlich überein, da in der Gasentladung auch noch andere, und schwieriger zu berechnende Mechanismen vorherrschen als bloße Elektronen-Stoßanregungen.

Werden durch Querschnittsverjüngung hohe

Strahlungsleistungen erzielt, so steigt dort durch die hohe Stromdichte die Röhrentemperatur übermäßig an und damit auch andere Parameter wie Dampfdruck, Gasdruck, elektrischer Widerstand, Brennspannung usw., die sehr negative Auswirkungen auf die Strahlungsausbeute haben können. Üblicherweise liegt auch der höheren spezifische Leistung eine umso geringere Baugröße zugrunde. (Hochdruckbrenner, Kapillarbrenner usw.).

Aus der US-PS 3 373 304 ist eine Magnetronröhre bekannt, bei welcher der die Kathode aufnehmende Bereich gegenüber den übrigen Abschnitt der Röhre verbreitert ausgebildet ist. Bei der US-PS 3 373 304 ist außerhalb der Röhre eine Spule vorgesehen, durch die ein Magnetfeldmuster erzeugt wird, dessen Feldlinien in der Röhrenachse ausgerichtet sind. Zusätzlich ist, um die Dichte des Elektronenflusses durch die Röhre zu erhöhen, in dieser eine Blende eingebaut, deren Durchtrittsöffnung kleiner ist als der Innenquerschnitt der Röhre selbst.

Aus der JP-OS 58-1963 ist eine über die gesamte Länge den gleichen Querschnitt aufweisende Gasentladungsröhre bekannt, bei der um die Röhre eine Außenwicklung gelegt ist, die ein Magnetfeld erzeugt, dessen Feldlinien im Bereich der Röhre parallel zu ihrer Achse ausgerichtet sind.

Aus der US-PS 3 611 015 ist eine elektrische Entladungslampe bekannt, die einen im wesentlichen kugelförmigen Körper besitzt, in den vier Elektroden ragen. Die Elektroden sind paarweise miteinander an den gleichen Stromkreis geschlossen, so daß mehrere Wege für den Lichtbogen gebildet werden.

Eine Gasentladungsröhre der eingangs genannten Gattung ist aus der US-PS 4 341 979 bekannt. Bei dieser Gasentladungsröhre dient der im Inneren des Entladungsgefäßes angeordnete zylinderförmige Körper dazu, die Ausbeute an sichtbarem Licht dadurch zu erhöhen, daß der zylindrische Körper eine phosphoreszierende Außenfläche besitzt. Dadurch soll die Wahrscheinlichkeit, daß die in der Nähe des zylinderförmigen Körpers gebildeten UV-Quanten in sichtbares Licht umgewandelt werden, vergrößert werden.

Weiters sind bei der Gasentladungsröhre gemäß der US-PS 4 341 979 zwei außerhalb der Röhre angeordnete ringförmige Elektromagnete vorgesehen, deren Zweck es ist, durch ein rotierendes Magnetfeld die Gasentladung an die fluoreszierenden Schichten heranzubringen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ausgehend vom geschilderten Stand der Technik und von der Erkenntnis, daß die nach außen dringende Strahlung vorwiegend aus einer relativ dünnen Oberflächenschicht der Leuchtsäule stammt, eine Gasentladungsröhre der eingangs genannten Gattung so weiterzubilden, daß eine höhere Strah-

lungsausbeute erzielt wird.

In einer ersten Ausführungsform betrifft die Erfindung eine Gasentladungsröhre, bestehend aus einem zylindrischen und vorzugsweise für Wellenlängen von mehr als 180 nm durchlässigen Entladungsgefäß und mit an den Enden des Entladungsgefäßes gasdicht eingeschmolzenen, insbesondere thermoemissiven Elektroden und in dem coaxial ein hohler, zylinderförmiger Körper angeordnet ist, welche sich dadurch auszeichnet, daß sich der hohle, zylinderförmige Körper als Verdrängerrohr über die gesamte Länge des Entladungsgefäßes erstreckt und in seinem Hohlraum Magnetfeld-erzeugende Einrichtungen enthält, die den bei der Gasentladung auftretenden Elektronenfluß im zwischen dem Verdrängerkörper und dem Entladungsgefäß verbleibenden, ringförmigen Entladungsraum in wegverlängernde Bahnkrümmungen zwingen.

Eine andere Ausführungsform einer Gasentladungsröhre, bestehend aus einem zylindrischen und vorzugsweise für Wellenlängen von mehr als 180 nm durchlässigen Entladungsgefäß und mit jeweils mehreren, an den Enden des Entladungsgefäßes gasdicht eingeschmolzenen, insbesondere thermoemissiven Elektroden und das ein ionisierbares, vorzugsweise unter Unterdruck stehendes Gas enthält und in dem eine Gasentladung stattfinden kann, zeichnet sich erfindungsgemäß dadurch aus, daß sich in dem Entladungsgefäß ein hohler, zylinderförmiger Verdrängerkörper befindet, der in seinem Inneren Magnetfeld-erzeugende Vorrichtungen enthält, die den bei der Gasentladung im durch den Verdrängerkörper ringförmig ausgebildeten, verbleibenden Entladungsraum auftretenden Elektronenfluß in wegverlängernde Bahnkrümmungen zwingen, wobei durch mehrfache, symmetrisch ausgeführte Parallel-Entladungen zwischen den Elektroden im ringförmigen Entladungsraum durch elektromagnetische Wechselwirkungen eine homogene Plasmakonfiguration hoher Gesamtstromdichte hervorgerufen wird.

Bei einer Gasentladungsröhre, bestehend aus einem zylindrischen und vorzugsweise für Wellenlängen von mehr als 180 nm durchlässigen Entladungsgefäß, welches in seinem mittleren Abschnitt einen kleineren Durchmesser aufweist als im Bereich der Endabschnitte und in dem im Bereich der Endabschnitte jeweils mehrere, gasdicht eingeschmolzene, insbesondere thermoemissive Elektroden angebracht sind und das mit einem ionisierbaren, vorzugsweise unter Unterdruck stehenden Gas gefüllt ist, in dem eine Gasentladung stattfinden kann, kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, daß sich im Entladungsgefäß ein konzentrisch angeordneter, hohler, zylinderförmig angeordneter Verdrängerkörper befindet, der in seinem Inneren Magnetfelderzeugende Vorrichtungen enthält, die in

dem durch den Verdrängerkörper im Bereich des durchmesserkleineren Abschnittes des Entladungsgefäßes geschaffenen (Ringspalt)-Raum ein vorwiegend radial verlaufendes Feldlinienmuster abwechselnder Polung hervorrufen, das die gleichzeitig erfolgenden, aber getrennt dargestellten Parallel-Entladungen zwischen den Elektroden homogenisiert und in radial zum Ringspaltraum verlaufende Bahnkrümmungen zwingt.

Eine weitere Ausführungsform einer Gasentladungsröhre, bestehend aus einem zylindrischen und vorzugsweise für Wellenlängen von mehr als 180 nm durchlässigen Entladungsgefäß, welches in seinem mittleren Abschnitt einen kleineren Durchmesser aufweist als im Bereich der Endabschnitte und in dem im Bereich der Endabschnitte jeweils mehrere, gasdicht eingeschmolzene, insbesondere thermoemissive Elektroden angebracht sind, und das mit einem ionisierbaren, vorzugsweise unter Unterdruck stehenden Gas gefüllt ist und in dem eine Gasentladung stattfinden kann, ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß sich ein als hohles Rohr ausgebildeter zylinderförmiger Verdrängerkörper über die gesamte Länge des Entladungsgefäßes erstreckt, wobei im Hohlraum des Verdrängerkörpers mit gleichsinnigen Polen einander benachbart ausgerichtete Magnete angebracht sind, wobei zwischen dem Verdrängerkörper und dem durchmesserkleineren Abschnitt des Entladungsgefäßes ein (Ringspalt)-Raum von geringer Querschnittsfläche gebildet wird, in dem durch gleichzeitig erfolgende, aber unabhängig voneinander hervorgebrachte Parallel-Entladungen zwischen den Elektroden ein Plasma hoher Stromdichte durch elektromagnetische Wechselwirkung mit den Magneten homogenisiert und in wegverlängernde Bahnkrümmungen gezwungen wird.

Erfindungsgemäß kann die weiter oben genannte Aufgabe bei einer Gasentladungsröhre der eingangs genannten Gattung auch dadurch gelöst werden, daß sich der als hohles Rohr ausgebildete, im Entladungsgefäß angeordnete, zylinderförmige Körper als Verdrängerrohr über die gesamte Länge des rohrförmigen Entladungsgefäßes erstreckt, und daß das Entladungsgefäß in seinem mittleren Abschnitt einen kleineren Durchmesser aufweist als im Bereich der Endabschnitte, in welchen die Elektroden vorgesehen sind.

Die Erfindung nützt die Erkenntnis aus, daß fast die gesamte von außen erfaßbare Strahlung der Gasentladung aus einer relativ dünnen oberflächenschicht der Leuchtsäule stammt, da in den tiefer gelegenen Schichten und im Inneren der Plasmasäule die weiter oben erläuterte wechselwirkende Absorption vorliegt. Bei der Erfindung hat die Gasentladung die Form und den Querschnitt einer Röhrenwand, was eine sehr hohe Strahlungsausbeute ergibt, da mit dieser Form eine Verringe-

rung des Entladungsquerschnittes verbunden ist, was bei sonst gleichen Bedingungen wiederum eine höhere Stromdichte zur Folge hat.

Durch die Erfindung werden ohne die zuvor geschilderten Nachteile die Effekte eines Kapillarrohres erzielt, jedoch mit dem Vorteil, daß die strahlende Oberfläche in ihren Abmessungen unverändert bleibt. Mit der erfindungsgemäßen Röhrenbauart, bei welcher der Raum, in dem die Gasentladung auftritt, praktisch nur der Oberfläche eines Hohlkörpers entspricht, sind bei vergleichbarem Energieverbrauch daher höhere Strahlungsausbeuten zu erzielen.

In der einfachsten Form besteht die erfindungsgemäße Gasentladungsröhre aus zwei konzentrischen Rohren (mit entsprechend angesetzten Stromzuführungen) in deren freiem, engem Zwischenraum eine Gasentladung mit ringförmigem Querschnitt brennt.

Die erfindungsgemäße Ringspaltröhre erlaubt daher hohe Strahldichten auf einer vergleichsweise großen Oberfläche und damit einen hohen Strahlfluß.

In einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß im Inneren der Verdrängerröhre Magnete, die im Abstand voneinander angeordnet und mit gleichsinnigen Polen einander benachbart ausgerichtet sind, vorgesehen sind, so daß sich im wesentlichen radial verlaufende, entgegengesetzte Magnetfelder ergeben. Dies ist eine bevorzugte Möglichkeit, bei der erfindungsgemäßen Gasentladungsröhre die spezifische Strahlungsleistung der Gasentladung in der erfindungsgemäßen Gasentladungsröhre zu verbessern. Mit dieser Maßnahme der Erfindung wird die Wahrscheinlichkeit der Elektronen-Stoßanregungen dadurch erhöht, daß mittels der Magnetfelder die Elektronen in der Gasentladung an dem direkten Verbindungsweg zwischen den Elektroden gehindert und in wegverlängernde Bahnkrümmungen gezwungen werden. Bei dieser Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gasentladungsröhre ist das das Magnetfeld erzeugende Magnetsystem in den von der Gasentladung nicht berührten Hohlraum des inneren Rohres (= "Verdränger") eingebaut, so daß es die Lichtabstrahlung nicht behindert.

Eine weitere Möglichkeit, die Gasentladung in der erfindungsgemäßen Gasentladungsröhre gleichmäßiger zu gestalten, besteht erfindungsgemäß darin, daß an den Enden der gemeinsamen Entladungsstrecke mehrere beispielsweise symmetrisch angeordnete Elektroden vorhanden sind. Die Elektroden sind nicht in Serien- oder Reihenschaltung am gemeinsamen Potential angeschlossen, um zu vermeiden, daß nach Zündung der Entladung zwischen zwei nicht unbedingt gegenüberliegenden Elektroden durch den damit verbundenen Spannungsabfall die verbleibenden Elektroden

ohne ausreichendes Zündpotential bleiben und der gewünschte Effekt ausbleibt.

Es kann daher erfindungsgemäß weiters vorgesehen sein, daß je ein korrespondierendes Elektrodenpaar an eine gesonderte, am besten galvanisch getrennte Energieversorgung angeschlossen wird, jedoch phasengleich, damit keine Potentialdifferenzen zwischen Nachbarkathoden auftreten können.

Diesbezügliche Schaltungen sind bekannt und bedürfen keiner gesonderten Erläuterung (z.B.: Trenntransformatoren, galvanisch getrennte Wicklungen, Drosseln, Blockierdioden etc.). Unter diesen Voraussetzungen arbeitet jedes korrespondierende Elektrodenpaar wie eine unabhängige Entladungsröhre in Parallelschaltung mit Nachbarröhren mit der Besonderheit, daß ein gemeinsamer Entladungsraum vorhanden ist, in dem sich die einzelnen Stromstärken addieren. Damit sind erfindungsgemäß auch mit herkömmlichen, gängigen Standardelektroden sehr hohe Gesamtstromstärken erzielbar.

Ein weiteres Hilfsmittel, die Entladung in der erfindungsgemäßen Gasentladungsröhre gleichmäßiger zu gestalten, ist die überproportionale Vergrößerung des Brennraumes in unmittelbarer Nähe der Elektroden und deren Einbindung in den eigentlichen Ringspalt-Brennraum durch geeignete geometrische Bauform (z.B. Übergangskegel, Düsenkegel, Krümmung etc.). Aus der im Elektrodenbereich verbreiterten "Plasmawolke" fließen die Ladungsträger auf wenig bevorzugten Bahnen gleichmäßiger in den Ringspalt.

Zusätzlich besteht bei der Erfindung auch die Möglichkeit, im Ringspaltraum gerade oder schraubenlinienförmig verlaufende Trennstege vorzusehen. Diese Stege müssen nicht dichtend ausgeführt sein vielmehr genügt es, wenn die Überwindung dieser Stege durch die dazwischen brennende Gasentladung einen so hohen elektrischen Widerstand darstellt, daß die Entladung die Felder zwischen den Stegen bevorzugt. Werden schraubenlinienförmig verlaufende Stege angewendet, so ergibt sich dadurch zusätzlich eine Wegverlängerung der Entladung bei unveränderter Baugröße der Röhre. Auch diese hat bei vergleichbaren Bedingungen eine höhere Strahlungsdichte der erfindungsgemäßen Gasentladungsröhre zur Folge.

Wird ein Magnetsystem verwendet, um die Elektronen im wegverlängernde Bahnkrümmungen zu zwingen, so kann dieses aus Permanentmagneten oder aus Elektromagneten bzw. Feldspulen bestehen. Die beiden zuletzt genannten Systeme können entweder gesonderte Energieversorgung aufweisen, falls jedoch der Ohm'sche Widerstand und/oder induktive Widerstand nicht bedeutend ist, so kann die Anspeisung auch im Haupt oder Nebenschluß der Primärversorgung der Entladungsröhre bestehen.

In allen Fällen hat das erzeugte Magnetfeld eine solche Form, daß durch das Feldlinienmuster die Ablenkwirkung bevorzugt in Umfangsrichtung des Ringspalt zwischen dem Entladungsfluß und dem in diesem angeordneten zylinderförmigen Körper (Verdrängerrohr) erfolgt. Je nach Ablenkwinkel und Feldmuster ergeben sich daraus wegverlängernde Bahnkrümmungen der Elektronen in Kurvenform (z.B. sinuskurvenartig) oder eine Schraubenlinienform. Beispielsweise sind runde permanent-Scheibenmagnete, die in Achsrichtung polarisiert sind, die mit dazwischenliegenden Distanzscheiben stabförmig so gestapelt sind, vorgesehen, daß gleichnamige Pole einander zugekehrt sind. Das sich zwischen zwei Polen ausbildende Feldlinienmuster hat in der Nähe der Scheibenmagnete vorwiegend radiale Komponenten. Wird ein solches System in den Hohlraum des zylinderförmigen Körpers der erfindungsgemäßen Gasentladungsröhre gebracht, so stehen die abwechselnd Nord-Süd-polarisierten Feldlinien vorwiegend senkrecht zu den wirksamen Elektronenbahnen im Ringspalt-Entladungsraum und der ablenkende Vektor steht rechtwinkelig zur Hauptflußrichtung der Elektronen. Durch die periodisch ändernde Polarität des Feldes bilden sich beispielsweise auch mäanderförmige Bahnkrümmungen aus. An Stelle der Permanentmagnet-Scheiben können auch Feldspulen oder Elektromagnete eingesetzt werden (gegensinnige Wicklung bzw. Schaltung). Damit wird der Nachteil ausgeschaltet, daß die Feldstärke von Permanentmagneten oder Spulen mit Eisenkern bei hohen Betriebstemperaturen geschwächt werden.

Da der Gasentladungsraum in der erfindungsgemäßen Gasentladungsröhre eine Außenfläche (vom Entladungsgefäß gebildet) und eine Innenfläche (vom Verdrängerrohr gebildet) besitzt, deren Abmessungen sich nicht wesentlich voneinander unterscheiden, ergibt sich grundsätzlich auch die Möglichkeit, den nach dem Röhreninneren gerichteten Teil der Strahlung durch eine Verspiegelung des zylinderförmigen Körpers (Verdrängerrohr) nach außen zu lenken. Die Wirkung einer solchen Verspiegelung ist in hohem Maße abhängig von der Breite des Ringspalt und damit von der Schichtdicke des Plasmas. Die reflektierte Strahlung muß nämlich die Plasmaschicht in ihrer ganzen Dicke durchdringen und erleidet dabei eine von vielen Parametern abhängige Absorption. Mit ähnlichem Ziel kann vorgesehen sein, daß das Führungsrohr, das die Permanentmagnete aufnimmt, an seiner Außenfläche poliert und damit reflektierend ausgeführt ist.

Die Anwendungsmöglichkeiten der erfindungsgemäßen Gasentladungsröhre sind vielfältig und keineswegs nur auf die Erzeugung von Linienstrahlung beschränkt. Wenn am Röhrenkörper

(Entladungsgefäß und/oder Verdrängerrohr) eine Leuchtstoffschicht angebracht ist, dann ist die erfindungsgemäße Gasentladungsröhre eine hocheffiziente Leuchtstoffröhre. Auch die unterschiedlichsten Baugrößen sind anwendbar und reichen von kleinen bis zu großvolumigen Aggregaten. Die erfindungsgemäße Gasentladungsröhre ist im Hoch-, Mittel und Niederdruckbereich verwendbar.

Bevorzugte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Gasentladungsröhre sind Gegenstand der übrigen Unteransprüche.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen Gasentladungsröhre ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele. Es zeigt

Fig. 1 im Längsschnitt eine erste Ausführungsform einer Gasentladungsröhre,

Fig. 2 die Gasentladungsröhre aus Fig. 1 in Schrägansicht mit teilweise durchbrochenem Entladungsgefäß,

Fig. 3 schematisch die Anordnung von Magneten in der Gasentladungsröhre aus Fig. 1 und

Fig. 4 in Schrägansicht eine zweite Ausführungsform einer Gasentladungsröhre.

Die in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen der Gasentladungsröhre beziehen sich auf eine Hochleistungsröhre zur Emission von UVC-Strahlung mit der Wellenlänge 254 Nm. Derartige Gasentladungsröhren sind vorwiegend zur Wasserentkeimung und anderen Sterilisierungszwecken ausgelegt. Auch dient diese Strahlung zur Anregung der Fluoreszenzschicht in herkömmlichen Leuchtstoffröhren. Die Strahlung der Wellenlänge 254 Nm ist im Verhältnis zu den übrigen Emissionen im optischen Spektralbereich dominierend, so daß praktisch ein Linienstrahler vorliegt.

Grundsätzlich kann die erfindungsgemäße Gasentladungsröhre mit ähnlicher oder identer Bauform durch Veränderung der Parameter für Gasfüllung und Fremdelementzusatz zur Erzeugung anderer optischer Frequenzen und damit für andere Anwendungsgebiete ausgebildet werden.

Ein zylindrisches, an den Enden erweitertes Entladungsgefäß 1 und ein konzentrisch darin befestigtes, als zylinderförmiger Körper ausgebildetes Verdrängerrohr 2 bestehen aus etwa 1 mm starken, hochtransparenten Quarzrohren mit einer für den Spektralbereich 254 nm hohen Durchlässigkeit. An den schwach gekrümmten Stirnflächen 3 des Entladungsgefäßes 1 sind jeweils vier symmetrisch auf einem Umfangskreis angesetzte kurze Rohrstutzen 6 aus ebensolchem Material angeordnet. Die Rohrstutzen 6 sind achsengleich und spiegelgleich. Zwischen dem Verdrängerrohr 2 und dem Entladungsgefäß 1 befindet sich ein konzentrischer, schmaler Ring-Spaltraum 7, der über den größten Teil der Baulänge der Gasentladungsröhre den gleichen

Querschnitt besitzt. Gegen die Enden zu und etwa zwei Rohrdurchmesser davon entfernt erweitert sich das Entladungsgefäß 1 konisch um über einen etwa einen Rohrdurchmesser langen, zylindrischen Teil 8 in die leicht gewölbten Stirnflächen 3 überzugehen. Im Innenraum 9 der erweiterten Röhrenteile 8 sind die Elektroden 4, 5 vorgesehen, die durch die an den Stirnflächen angesetzten Rohrstutzen 6 geführt sind. Die Elektroden 4, 5 sind dotierte Stufenelektroden aus Wolfram, wie sie für Gasentladungsröhren allgemein verwendet werden. Die Elektroden 4, 5 ragen vollständig in den Kathodenraum 9 und sind nahe der Innenseite der Stirnflächen 3 an Stromzuführungsdrähten 10 befestigt.

Alle Teile des Entladungsgefäßes 1, des Verdrängerrohres 2, die an den Stirnflächen 3 angesetzten Rohrstutzen 6 und die durch letztere hindurchgehenden Stromzuführungen 10 mit darauf montierten Elektroden 4, 5 sind miteinander vakuumdicht verschmolzen.

An einer beliebigen Stelle des zum Kathodenraum 9 erweiterten Entladungsgefäßes 1 befindet sich ein dünnes, angeschmolzenes Kapillarrohr (Pumprohr) aus Quarz, das nach dem Evakuieren und Füllen abgetrennt wird. Dieses hat Verbindung zum Volumen des Entladungsraumes. Das Pumprohr ist in der Zeichnung nicht dargestellt.

Im Inneren des an seinen Enden offenen Verdrängerrohres 2 ist herausnehmbar ein Magnetsystem 11 angeordnet, das aus scheibenförmigen Permanentmagneten 12 mit dazwischenliegenden Eisenscheiben 13 als Abstandhalter besteht. Die Magnete 12 sind mit jeweils gleichnamig zugekehrter Polung und den dazwischen befindlichen, kleinen Eisenscheiben 13 in einem (in der Zeichnung nicht dargestellten) Führungsrohr aus Aluminium gestapelt und in diesem durch Einbördelung der Rohrkanten gesichert. Das Führungsrohr ist an seiner Außenfläche metallisch blank und damit reflektierend ausgeführt.

Von den Elektroden 4 und 5, die im Ausführungsbeispiel vorzugsweise dotierte Stufenelektroden aus Wolframdraht sind und die bis ca. 3,5 Ampere pro Kathode belastbar sind, gehören zwei einander achsensymmetrisch gegenüberliegende Elektroden zu einem "korrespondierenden Elektrodenpaar" 14 zusammen.

Als Gasfüllung zum Betrieb als UVC-Hochleistungsröhre kommt reines Argon zur Anwendung (die Verwendung von Xenon ist grundsätzlich oder auch als Beimischung möglich, im Normalfall aber nicht erforderlich). Der Fülldruck für Argon beträgt etwa 150 Paskal (1,5 mbar). Er sollte so niedrig als möglich sein, jedoch noch einwandfreie Zündung der Röhre gewährleisten und kann je nach der Dimension einer Röhre variiert werden.

Als Fremdelementzusatz für die Erzeugung einer 254 nm Resonanz-Linienstrahlung kommt rein-

stes Quecksilber zur Anwendung. Die Quecksilberdosierung ist außergewöhnlich gering und wird je nach Baugröße der Röhre anfangs empirisch ermittelt, da eine teilweise Diffusion von Quecksilber in die Quarzwandungen des Röhrenkörpers eintritt und die errechnete Menge dann für die Entladung nicht wirklich verfügbar ist.

Für die Verwendung der Gasentladungsröhre als Hochleistungsröhre in anderen Spektralbereichen sind gegebenenfalls Füllgas, Fülldruck, Fremdelement, in jedem Fall aber Dosierungsmenge zu variieren.

Die für das Auspumpen und Füllen erforderlichen Arbeitsschritte, Techniken und Hilfsmittel sind die gleichen wie auch sonst in der Herstellung von Gasentladungslampen üblich. Sie bedürfen keiner näheren Beschreibung mit Ausnahme von zwei Punkten:

Das Entgasen, Ausglühen und Formieren der Elektroden muß für alle Elektroden gleichzeitig erfolgen, da sich ansonsten Ausgasungsprodukte einer heißen Kathode an einer nicht aktiven und daher kalten Kathode niedersetzen. Zur Durchführung dieser Arbeiten ist ein gesondertes Gerät erforderlich, das für jedes korrespondierende Elektrodenpaar einen getrennten Versorgungskreis in phasengleicher Schaltung bereithält.

Wegen der außerordentlich geringen Dosierung werden gegebenenfalls neutrale Trägersubstanzen verwendet, denen die Quecksilbermenge als "Verunreinigung" in entsprechender Menge zugefügt wurde. Als Ausführungsbeispiel kann Quarzmehl dienen, welches in einem evakuierten Reaktionsgefäß aus Quarz nach Zugabe der vorgesehenen Menge Quecksilber unter Vakuum abgeschmolzen und in einem Glühofen einige Zeit erwärmt wird. Das Quecksilber geht in die Gasform über, durchdringt das Quarzmehl, um beim späteren Abkühlungsvorgang gleichmäßig an den Quarzkörnern zu kondensieren.

Jedes korrespondierende Elektrodenpaar der insgesamt acht Elektroden 4, 5 wird über einen unabhängigen Schaltkreis mit Strom versorgt. Die einzelnen Kreise sind phasengleich und parallel geschaltet. Die durch die Entladung fließende Gesamtstromstärke ist die Summe der vier Einzelstromstärken.

Wird Überlagerungszündhilfe angestrebt, so ist nur ein Schaltkreis damit auszurüsten. Zündet ein Elektrodenpaar, so ist die damit einhergehende Ionisierung der Gasfüllung Starthilfe für alle übrigen Elektrodenpaare.

Die Baugröße der Röhre und die verwendete Gesamtstromstärke bestimmen deren durchschnittliche Betriebstemperatur. Für hohe Strahlleistungen liegt diese in Bereichen von etwa 300 °C. Die geringe Quecksilbermenge liegt im kalten Zustand der Röhre fast ausschließlich in Gasform vor und

folgt bei Erwärmung der Röhre nur anfangs der Dampfdruckkurve, anschließend jedoch der allgemeinen Gasgleichung und dem Gay-Lussac'schen Gesetz. Dies allerdings nicht präzise, da hierzu ein Volumen mit unveränderlicher Gasmenge erforderlich ist. Mit steigender Temperatur des Entladungsgefäßes werden jedoch aus der Gefäßwand eindiffundierte Quecksilbermengen freigegeben, welche die Gasmenge erhöhen.

Die Entladung für Hochleistung beginnt mit geringster Strahlung und wird erst ab einer Röhrentemperatur von 180 °C intensiver, da die Wände dann die gebundenen Quecksilbermoleküle freigeben. Im Durchschnitt ist volle Leistung nach 7-10 min gegeben.

Exakte Bauweise des Ringspaltes 7 vorausgesetzt, hat auch ein einziges, korrespondierendes Elektrodenpaar eine gleichmäßige Ringentladung zur Folge. Die Strahlung auf jener Röhrenlängsseite welche die direkte Verbindungslinie der Elektroden beinhaltet ist aber meist bevorzugt (mit freiem Auge nicht erkennbar). Diese Unregelmäßigkeit wird durch die rotationssymmetrische Anordnung der vier Elektrodenpaare und deren Mehrfachentladung ausgeglichen.

Die in Fig. 4 gezeigte Ausführungsform entspricht hinsichtlich Material und Bauform weitgehend jenen der Ausführungsform der Fig. 1 bis 3.

Bei der Ausführungsform von Fig. 4 sind am Verdrängerrohr 2 aus dünnen Quarzleisten bestehende schraubenlinienförmige Rippen (Drallstege) 15 befestigt. Die freien Ränder der Drallstege 15 haben keine feste Verbindung mit der Innenwand des Entladungsgefäßes 1, sondern sind auf geringen Toleranzabstand von dieser bemessen. Der Drallwinkel beträgt im gezeigten Ausführungsbeispiel 180°.

Der Abstand der Kanten der Drallstege 15 zur Wand des Entladungsgefäßes 1 läßt einen Gasdruck-Ausgleich zu, stellt aber für das Plasma der Gasentladung einen relativ hohen elektrischen Widerstand dar, da dort die mittlere freie Elektronenweglänge sehr eingeschränkt ist. Die Entladung folgt demnach den zwischen den Drallstegen 15 befindlichen Freifeldern 16 des Ringspaltes 7. Diese stellen nun nicht die kürzeste Verbindung zwischen zwei achsial-symmetrisch gegenüberliegenden Elektroden 4, 5 dar.

Korrespondierende Elektroden 4, 5 sind im Ausführungsbeispiel von Fig. 4 stets jene, die am Beginn und am Ende eines Drallfeldes 16 angeordnet sind. Bei vier Elektrodenpaaren ist der Drallwinkel daher stets ein Vielfaches von 90°.

Die geometrische Wegverlängerung der Entladungsstrecke bei gleichbleibender Rohrlänge erhöht die Wahrscheinlichkeit von Elektronenstoßanregungen. Die Breite des Entladungsweges ist eingeschränkt und die relative Stromdichte daher hö-



her. Die Wirkung des Ringspaltes 7 wird so verstärkt.

Bei der Ausführungsform von Fig. 4 liegen korrespondierende Elektrodenpaare einander nicht achsensymmetrisch gegenüber.

Die übrigen Ausgestaltungen der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Gasentladungsröhre entsprechen jener von Fig. 1, wobei auch das anhand der Fig. 1 bis 3 beschriebene Magnetsystem 11 verwendet werden kann. Dabei ist zu berücksichtigen, daß starke Ablenkwirkungen aufgrund des Magnetsystems 11 zu einer erhöhten Temperatur der Drallstege 15 und der Gasentladungsröhre insgesamt führen.

### Ansprüche

1. Gasentladungsröhre, bestehend aus einem zylindrischen und vorzugsweise für Wellenlängen von mehr als 180 nm durchlässigen Entladungsgefäß (1) und mit an den Enden des Entladungsgefäßes (1) gasdicht eingeschmolzenen, insbesondere thermoemissiven Elektroden (4, 5) und in dem coaxial ein hohler, zylinderförmiger Körper (2) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß sich der hohle, zylinderförmige Körper (2) als Verdrängerrohr über die gesamte Länge des Entladungsgefäßes (1) erstreckt und in seinem Hohlraum Magnetfeld-erzeugende Einrichtungen enthält, die den bei der Gasentladung auftretenden Elektronenfluß im zwischen dem Verdrängerkörper (2) und dem Entladungsgefäß (1) verbleibenden, ringförmigen Entladungsraum (7) in wegverlängernde Bahnkrümmungen zwingen.

2. Gasentladungsröhre, bestehend aus einem zylindrischen und vorzugsweise für Wellenlängen von mehr als 180 nm durchlässigen Entladungsgefäß (1) und mit jeweils mehreren, an den Enden des Entladungsgefäßes gasdicht eingeschmolzenen, insbesondere thermoemissiven Elektroden (4, 5) und das ein ionisierbares, vorzugsweise unter Unterdruck stehendes Gas enthält und in dem eine Gasentladung stattfinden kann, dadurch gekennzeichnet, daß sich in dem Entladungsgefäß (1) ein hohler, zylinderförmiger Verdrängerkörper (2) befindet, der in seinem Inneren Magnetfeld-erzeugende Vorrichtungen (12) enthält, die den bei der Gasentladung im durch den Verdrängerkörper (2) ringförmig ausgebildeten, verbleibenden Entladungsraum (7) auftretenden Elektronenfluß in wegverlängernde Bahnkrümmungen zwingen, wobei durch mehrfache, symmetrisch ausgeführte Parallel-Entladungen zwischen den Elektroden (4, 5) im ringförmigen Entladungsraum (7) durch elektromagnetische Wechselwirkungen eine homogene Plasmakonfiguration hoher Gesamtstromdichte hervorgerufen wird.

3. Gasentladungsröhre, bestehend aus einem zylindrischen und vorzugsweise für Wellenlängen von mehr als 180 nm durchlässigen Entladungsgefäß (1), das in dem im Bereich der Endabschnitte (8) jeweils mehrere, gasdicht eingeschmolzene, insbesondere thermoemissive Elektroden (4, 5) angebracht sind und das mit einem ionisierbaren, vorzugsweise unter Unterdruck stehenden Gas gefüllt ist, in dem eine Gasentladung stattfinden kann, dadurch gekennzeichnet, daß sich im Entladungsgefäß (1), welches in seinem mittleren Abschnitt einen kleineren Durchmesser aufweist als im Bereich der Endabschnitte (8), ein konzentrisch angeordneter, hohler, zylinderförmig angeordneter Verdrängerkörper (2) befindet, der in seinem Inneren Magnetfeld-erzeugende Vorrichtungen (12) enthält, die in dem durch den Verdrängerkörper (2) im Bereich des durchmessergeringeren Abschnittes des Entladungsgefäßes (1) geschaffenen (Ringspalt)-Raum (7) ein vorwiegend radial verlaufendes Feldlinienmuster abwechselnder Polung hervorrufen, das die gleichzeitig erfolgenden, aber getrennt dargestellten Parallel-Entladungen zwischen den Elektroden (4, 5) homogenisiert und in radial zum Ringspalt Raum (7) verlaufende Bahnkrümmungen zwingt.

4. Gasentladungsröhre, bestehend aus einem zylindrischen und vorzugsweise für Wellenlängen von mehr als 180 nm durchlässigen Entladungsgefäß (1), das in dem im Bereich der Endabschnitte (8) jeweils mehrere, gasdicht eingeschmolzene, insbesondere thermoemissive Elektroden (4, 5) angebracht sind, und das mit einem ionisierbaren, vorzugsweise unter Unterdruck stehenden Gas gefüllt ist und in dem eine Gasentladung stattfinden kann, dadurch gekennzeichnet, daß sich ein als hohles Rohr ausgebildeter zylinderförmiger Verdrängerkörper (2) über die gesamte Länge des Entladungsgefäßes (1), welches in seinem mittleren Abschnitt einen kleineren Durchmesser aufweist als im Bereich der Endabschnitte (8), erstreckt, wobei im Hohlraum des Verdrängerkörpers (2) mit gleichsinnigen Polen einander benachbart ausgerichtete Magnete (12) angebracht sind, wobei zwischen dem Verdrängerkörper (2) und dem durchmessergeringeren Abschnitt des Entladungsgefäßes (1) ein (Ringspalt)-Raum (7) von geringer Querschnittsfläche gebildet wird, in dem durch gleichzeitig erfolgende, aber unabhängig voneinander hervorbrachte Parallel-Entladungen zwischen den Elektroden (4, 5) ein Plasma hoher Stromdichte durch elektromagnetische Wechselwirkung mit den Magneten (12) homogenisiert und in wegverlängernde Bahnkrümmungen gezwungen wird.

5. Gasentladungsröhre mit einem zylindrischen, mit vorzugsweise unter Unterdruck stehendem, ionisierbarem Gas gefüllten Entladungsgefäß (1) und mit an den Enden des Entladungsgefäßes (1) vor-



gesehenen Elektroden (4, 5), wobei im Inneren des Entladungsgefäßes (1) ein zylinderförmiger Körper (2) vorgesehen ist, und wobei das Entladungsgefäß (1) an seiner Innenfläche und/oder der zylindrischen Körper (2) an seiner Außenfläche gegebenenfalls eine Leuchtstoffschicht trägt, dadurch gekennzeichnet, daß sich der als hohles Rohr ausgebildete, im Entladungsgefäß (1) angeordnete, zylinderförmige Körper (2) als Verdrängerrohr, über die gesamte Länge des rohrförmigen Entladungsgefäßes (1) erstreckt, und daß das Entladungsgefäß (1) in seinem mittleren Abschnitt einen kleineren Durchmesser aufweist als im Bereich der Endabschnitte (8), in welchen die Elektroden (4, 5) vorgesehen sind.

6. Gasentladungsröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der zylindrische Körper (2) mit den endseitigen Stirnwänden (3) des Entladungsgefäßes (1), gasdicht verbunden ist.

7. Gasentladungsröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der Außenfläche des Verdrängerrohres (2) von der Innenfläche des durchmessergeringeren Abschnittes des Entladungsgefäßes (1) zwischen 1,0 und 1,5 mm beträgt.

8. Gasentladungsröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die endseitigen Stirnwände (3) des Entladungsgefäßes (1) ringförmig ausgebildet sind und daß das Verdrängerrohr (2) an seinen beiden Enden offen ist.

9. Gasentladungsröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Übergang zwischen dem durchmessergeringeren Endabschnitt (8) und dem durchmessergeringeren Abschnitt des Entladungsgefäßes (1) im wesentlichen kegelförmig ausgebildet ist.

10. Gasentladungsröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß im Körper (2) Magnete (12) vorgesehen sind, die im Abstand voneinander angeordnet und mit gleichsinnigen Polen einander benachbart ausgerichtet sind.

11. Gasentladungsröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete (12) Elektromagnete sind.

12. Gasentladungsröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete (12) Permanentmagnete sind.

13. Gasentladungsröhre nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Permanentmagnete (12) kreisrunde Magnetplättchen sind, die in Achsrichtung polarisiert sind.

14. Gasentladungsröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß zur Abstandhaltung der Magnete (12) voneinander Eisenscheiben (13) vorgesehen sind.

15. Gasentladungsröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete

(12) und die zwischen ihnen angeordneten Abstandhalter (13), in einem Führungsrohr aus einem nichtmagnetischen Metall, insbesondere Aluminium eingesetzt und durch eine Umbördelung der Enden des Metallrohres in diesen festgehalten sind.

16. Gasentladungsröhre nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Führungsrohr, das die Permanentmagnete aufnimmt, an seiner Außenfläche poliert und damit reflektierend ausgeführt ist.

17. Gasentladungsröhre nach Anspruch 5 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Führungsrohr, das die Magnete (12) aufnimmt, als kapazitive Zünd erleichterung an elektrischem Potential liegt.

18. Gasentladungsröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß im (Ringspalt-)Raum (7) zwischen dem durchmessergeringeren Abschnitt des Entladungsgefäßes (1) und dem als Verdrängerrohr vorgesehenen Körper (2) wenigstens eine schraubenlinienförmig ausgerichtete Rippe (15) vorgesehen ist.

19. Gasentladungsröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine Rippe (15) am Verdrängerrohr (2) befestigt ist.

20. Gasentladungsröhre nach Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine schraubenlinienförmig verlaufende Rippe (15) von der Innenfläche des Entladungsgefäßes (1) einen Abstand aufweist.

21. Gasentladungsröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere schraubenlinienförmig verlaufende Rippen (15) vorgesehen sind, und daß der Umschlingungswinkel der Rippen (15) ein der Zahl (n) der Elektrodenpaare (4, 5) entsprechendes Vielfaches von  $\frac{360}{n}$  ist.

22. Gasentladungsröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Rippen im Bereich des durchmessergeringeren Abschnittes des Entladungsgefäßes (1) vorgesehen sind.

23. Gasentladungsröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 22, bei der in jedem Endabschnitt (8) an den endseitigen Stirnwänden (3) des Entladungsgefäßes (1) befestigt, mehrere Elektroden (4, 5) vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (4, 5) eines Elektrodenpaares jeweils dem Raum (16) zwischen zwei Rippen (15) gegenüberliegend angeordnet sind.

