



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 780 881 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.06.1997 Patentblatt 1997/26

(51) Int. Cl.⁶: **H01J 65/04**, H01J 61/30,
H01J 61/35, H01J 61/12,
H01J 61/04

(21) Anmeldenummer: **96117127.9**

(22) Anmeldetag: **25.10.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **20.12.1995 DE 19547519**

(71) Anmelder: **Heraeus Noblelight GmbH**
63450 Hanau (DE)

(72) Erfinder:
• **Smolka, Ernst, Dr.**
67346 Speyer (DE)
• **Dietz, Klaus-Jürgen, Dr.**
65195 Wiesbaden (DE)

• **Schilling, Franz**
63477 Maintal (DE)
• **Schnabl, Anke**
63546 Hammersbach (DE)
• **Herter, Beate**
70563 Stuttgart (DE)

(74) Vertreter: **Kühn, Hans-Christian**
c/o Heraeus Holding GmbH
Abt. Schutzrechte
Heraeusstrasse 12-14
63450 Hanau (DE)

(54) **Elektrodenlose Entladungslampe**

(57) Eine elektrodenlose Niederdruck-Entladungslampe (1), insbesondere Deuteriumlampe, weist einen zylindersymmetrischen Blendenkörper (2) auf, der an seinen Stirnseiten (8,9) jeweils einen Hohlraum (4,5) enthält; die beiden Hohlräume (4,5) sind durch eine Bohrung (7) miteinander verbunden, welche als Blendenöffnung dient, um das mittels Einkoppelung eines hochfrequenten elektromagnetischen Feldes im Inneren erzeugte Plasma zwecks Intensitätserhöhung der abgegebenen Strahlung einzuschnüren. Beide Stirnseiten (8,9) des zylindersymmetrischen Blendenkörpers (2) sind mit einer hermetischen Abdichtung versehen, von denen wenigstens eine als Austrittsfenster (11) ausgebildet ist; in einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt die Einkoppelung des elektromagnetischen Feldes auf kapazitivem Wege durch auf den Stirnflächen befindliche Elektroden (13,14), die wenigstens eine Öffnung (15) für den Austritt der Strahlung aufweisen, sofern sie benachbart zu einem Austrittsfenster (11) angeordnet sind.

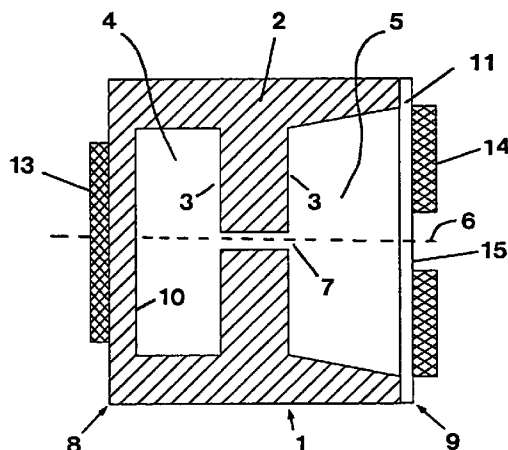


Fig. 1

EP 0 780 881 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine elektrodenlose Niederdruckentladungslampe, in deren Lampenkolben ein Plasma durch Einkoppelung eines hochfrequenten elektromagnetischen Feldes gebildet ist und durch das Plasma erzeugte Strahlung aus dem Kolben entlang einer vorgegebenen Strahlungsachse austritt, wobei im Bereich des Plasmas ein verengter Teil des Lampenkolbens als durchgehende Bohrung entlang der Austrittsachse vorgesehen ist.

Aus der DE-OS 41 20 730 ist eine elektrodenlose Niederdruckentladungslampe bekannt, in deren Lampenkolben ein Plasma durch Einkoppelung eines hochfrequenten elektromagnetischen Feldes gebildet wird und durch das Plasma erzeugte Strahlung aus dem Kolben heraustritt; dabei ist im Bereich des Plasmas ein Blendenkörper aus hochtemperaturbeständigem Werkstoff angeordnet, welcher eine Öffnung zur Einschnürung des Plasmabereiches enthält, wobei der Blendenkörper eine optische Achse durch die Öffnung aufweist, entlang derer die Strahlung austritt. Um bei der Plasmaeinschnürung im Hochfrequenzfeld genügend hohe Strahlungsflüsse und Strahldichten zu erzielen, müssen die Werkstoffe hohe Wandbelastungen vertragen, so daß sie sich bei Temperaturen von mehr als 1500° Kelvin nicht zersetzen, schmelzen, Verunreinigungen freigeben oder gar in Folge des Thermochocks beim Ein- und Ausschalten der Lampen zerspringen.

Nach der DE-OS 41 20 730 wird vorzugsweise Bornitrit als Werkstoff für den Blendenkörper eingesetzt.

Als problematisch erweist sich die Wärmeabführung aus dem Bereich des Blendenkörpers, in dem das Plasma eingeschnürt wird, aufgrund des ihn umgebenden Lampenkolbens; im Zuge zunehmender Miniaturisierung von Strahlenquellen erweist sich die bekannte Entladungslampe hinsichtlich ihres Aufbaus als verhältnismäßig aufwendig.

Weiterhin ist aus der GB-PS 10 03 873 eine elektrodenlose Hochfrequenz-Entladungsspektrallampe bekannt, welche einen hohlförmig abgeschlossenen Lampenkolben aus lichtdurchlässigem Werkstoff enthält, wobei der Lampenkolben in zwei Teile aufgeteilt ist, die mittels einer kapillaren Durchführung miteinander verbunden sind und wobei elektromagnetische Anordnungen zur Erregung einer Entladung innerhalb des im Kolben befindlichen Metalldampfes vorgesehen sind. Die Einkoppelung der elektromagnetischen Energie zur Entladung wird über eine den Lampenkolben umgebende Spulenanordnung aufrechterhalten, wobei die eigentliche Zündung über äußere Elektroden erfolgt.

Als problematisch erweisen sich nach der GB-PS die erheblichen Zündprobleme, so daß zusätzliche Elektroden im Außenbereich des Lampenkolbens vorgesehen werden müssen, die die Zündung einleiten; eine gerichtete Abstrahlung entlang einer bevorzugten Strahlenachse ist dabei nicht vorgesehen.

Auch handelt es sich um einen verhältnismäßig auf-

wendigen Aufbau, welcher insbesondere bei kleinen Bauausführungen, wie sie bei zunehmender Miniaturisierung gewünscht werden, im Wege steht.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Niederdruck-Entladungslampe, insbesondere eine Niederdruck-Gasentladungslampe mit kontinuierlichem Spektrum mit möglichst hoher Strahldichte bei hoher Strahlungsstabilität zu realisieren; weiterhin soll ein einfacher mechanischer Aufbau auch bei kleinen geometrischen Abmessungen erzielt werden, um sie ggf. als Lichtquelle bei Spektralphotometern und HPLC-Detektoren einzusetzen, insbesondere soll ein Spektralbereich der Wellenlänge λ von 200 - 350 nm mit hoher Strahlungsstabilität erzielt werden.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Als vorteilhaft erweist sich insbesondere bei Gasentladungslampen die große spektrale Bandbreite im Kontinuum der abgegebenen Strahlung sowie die fehlende Beeinträchtigung der Lampenatmosphäre durch eingebrachtes Elektrodenmaterial; weiterhin ermöglicht der einfache geometrische Aufbau eine sehr geringe Baugröße, so daß ggf. eine Aufbringung der Strahlenquelle auf eine Leiterplatte ermöglicht wird.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Ansprüchen 2 bis 12 angegeben.

Als besonders vorteilhaft erweist sich die Möglichkeit, eine Entladungslampe mit zwei sich gegenüberliegenden Strahlenaustrittsfenstern entlang der optischen Achse vorzusehen, da mit Hilfe einer zusätzlichen Strahlenquelle die entlang der optischen Achse geführte Strahlung in ihrem Spektrum ergänzt werden kann; auf diese Weise ist es beispielsweise möglich, zusätzliche Anteile des sichtbaren und/oder infraroten Spektrums der mit der erfindungsgemäßen Entladungslampe erzeugten UV-Strahlung zu überlagern.

Im folgenden ist der Gegenstand der Erfindung anhand der Figuren 1 bis 5 näher erläutert.

Figur 1 zeigt schematisch einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Gas-Entladungslampe mit einem elektrisch isolierenden Blendenkörper mit einseitigem Strahlenaustritt, wobei eine kapazitive Einkoppelung der Energie vorgesehen ist.

Figur 2 zeigt eine modifizierte Ausführungsform der in Figur 1 dargestellten Lampe mit zweiseitigem Strahlenaustritt.

Figur 3 zeigt schematisch die Anordnung einer kapazitiv angeregte Gas-Entladungslampe zusammen mit der elektrischen Schaltungsanordnung im Blockschaltbild.

Figur 4 zeigt das Spektrum einer erfindungsgemäßen Entladungslampe mit Deuteriumfüllung.

Figur 5 zeigt eine weitere Ausführungsform der Entladungslampe mit einem metallischen Entladungs-

körper im Längsschnitt.

Gemäß Figur 1 weist die Lampe 1 einen zylindersymmetrischen Blendenkörper 2 auf, dessen Innenraum durch eine Blende 3 in zwei Teilräume 4 und 5 aufgeteilt ist. Beide Teilräume sind über eine entlang der Zylinderachse 6 verlaufenden Blendenöffnung 7 miteinander verbunden. Die beiden Teilräume 4 und 5 sind jeweils an den Stirnseiten 8 und 9 des Blendenkörpers 2 abgeschlossen, wobei Stirnseite 8 mittels einer Abdeckung 10 aus dem Werkstoff des Blendenkörpers verschlossen ist, Stirnseite 9 jedoch ein Austrittsfenster 11 aus einem für die erzeugte Strahlung strahlungsdurchlässigem Werkstoff aufweist, durch das die Strahlung entlang der Achse 6 austritt. Beide Stirnseiten 8 und 9 sind jeweils mit außen aufgebrachten Elektroden 13, 14 versehen, über die die Anregung durch kapazitive Einkoppelung der Energie in das Innere der Lampe 1 so erfolgt, daß in den Teilräumen 4, 5 sowie im Bereich der Blendenöffnung 7 ein Plasma erzeugt wird, das zur Intensitätserhöhung in Blendenöffnung 7 eingeschnürt wird. Die flächenhaft ausgebildete kreisringförmige Elektrode 14 ist entlang der Achse 6 mit einer dem Austrittsfenster 11 benachbart angeordneten Strahlenaustrittsöffnung 15 versehen.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird als Werkstoff für den Blendenkörper Aluminiumoxid eingesetzt, während das Strahlenaustrittsfenster 11 aus Quarzglas besteht; die Verbindung zwischen Fenster 11 und Blendenkörper 2 wird mit Hilfe von Glaslot erstellt, wobei ein hermetisch dichter Abschluß durch Wärmebehandlung vorliegt; es ist jedoch auch möglich, eine dicht abgeschlossene Verbindung zwischen Austrittsfenster 11 und Blendenkörper durch Aufschmelzen von Übergangsgläsern, vorzusehen. Die Blende weist eine Bohrung bzw. Blendenöffnung 7 mit einem Durchmesser von 0,1 bis 6 mm auf und hat eine Länge von 0,01 bis 90 mm. Das Entladungsgefäß der Lampe 1 ist mit Deuterium bei einem Kaltfülldruck von 1 bis 100 mbar gefüllt. Der Außendurchmesser des Gesamtsystems aus Elektrode, Entladungsgefäß und Blende liegt im Bereich von 5 bis 80 mm.

In einer weiteren Ausführungsform wird als Werkstoff für den Blendenkörper Aluminiumnitrit eingesetzt; neben Quarzglas ist es auch möglich, Glas oder Saphir als Werkstoff des Austrittsfensters einzusetzen. Innerhalb der Lampe füllt Blende 3 ein möglichst großes Volumen des aus Teilräumen 4 und 5 bestehenden Innenraumes aus. Innerhalb der Lampe 1 können sowohl der rückwärtige Teil des Blendenkörpers 2 als auch die Blende 3 verspiegelt werden und als Reflektor dienen, wobei dies beispielsweise durch Auskleidung der Oberflächen mit einer reflektierenden Keramik oder durch eine metallische Beschichtung bzw. Metallisierung der Oberfläche möglich ist.

Weiterhin ist es möglich, den Blendenkörper so auszugestalten, daß er in Austrittsrichtung entlang der Strahlenachse 6 mit einer reflektierenden Oberfläche in axialsymmetrischer Reflektorgeometrie, wie z.B. in

Form eines Hohlkegels bzw. Hohlkegelstumpfes oder in Form von Paraboloiden, bzw. Hyperboloiden, ausgebildet ist.

Weiterhin ist es möglich, als Werkstoff für den Blendenkörper Bornitrit, Thoriumoxid, Berylliumoxid oder polykristalline Diamanten einzusetzen, wobei diese Werkstoffe hohe thermische Wandbelastungen überstehen und bei Temperaturen von mehr als 1500° Kelvin ohne Beeinträchtigung bzw. Deformation überstehen.

Figur 2 zeigt eine Lampe 1 mit einem zylindersymmetrischen Blendenkörper 2', der im Gegensatz zu dem Blendenkörper der Figur 1 an seinen beiden Stirnseiten 8 und 9 entlang seiner optischen Achse 6 jeweils eine Öffnung aufweist, wobei entlang der durch die Blendenöffnung 7 führenden Zylinderachse 6 die beiden Stirnseiten 8 und 9 jeweils durch ein Strahlenaustrittsfenster 11 und 12 hermetisch dicht abgeschlossen sind; auf den Strahlenaustrittsfenstern befinden sich jeweils die Elektroden 13, 14, welche entlang der Strahlerachse 6 mit Öffnungen 15, 16 zum Strahlenaustritt versehen sind. Auch hier können, wie bereits anhand Figur 1 beschrieben, die Teilräume 4 und 5 mit einer reflektierenden Innenoberfläche versehen sein, darüberhinaus ist es auch möglich, den beiden Teilräumen 4 und 5 eine Reflektorgeometrie z.B. in Form eines Hohlkegels, bzw. Hohlkegelstumpfes oder der Innenfläche eines Paraboloiden zuzuordnen.

Als besonders vorteilhaft erweist sich, daß mittels der in Figur 2 dargestellten Anordnung entlang einer Strahlenachse 6 mehrere Lampen angeordnet werden können, wobei sich durch Überlagerung der aus den einzelnen Lampen austretenden Strahlung eine Erhöhung der Strahlungsintensität erzielen läßt.

Gemäß Figur 3 ist zur elektrischen Ansteuerung die in dem Blockschaltbild dargestellte Schaltungsanordnung vorgesehen; die unter Ziffer 1 symbolisch dargestellte Lampe weist an ihren Stirnseiten 8, 9 jeweils eine Elektrode 13, 14 auf, die über ein elektrisches Ansteuernetzwerk 17 und einen Richtkoppler 18 von einem Generator 19 - d.h. mittels der Elektroden 13, 14 - kapazitiv angeregt wird. Der Generator 19 steht für die Abgabe von Leistungen im Bereich von 10 bis 100 Watt zur Verfügung, wobei die obere Frequenzgrenze bei ca. 2,45 Gigahertz, die untere bei 0,01 MHz liegt. Der Richtkoppler 18 dient lediglich zur Auskopplung eines Meßsignals zur Optimierung des Ansteuernetzwerkes 17.

In der Praxis wird der Generator 19 im Frequenzbereich von 0,01 bis 2450 Megahertz betrieben, wobei zur Durchführung von Messungen der zwischen Ansteuernetzwerk 17 und Generator 19 liegende Richtkoppler 18 mit einem Vektor-Voltmeter 20 verbunden ist.

Als vorteilhaft erweist sich in der Praxis der Betrieb der Lampe im Frequenzbereich 500 bis 2450 Megahertz, wobei sich die Reaktanz der Lampe der Impedanz der Zuleitung mit üblichem Wellenwiderstand von z.B. 50 Ω annähert, so daß nur geringe Verluste auftreten. Prinzipiell können jedoch zur Ansteuerung der Lampe beliebige Frequenzen eingesetzt werden, wobei bei

niedrigeren Frequenzen, z.B. im Bereich von 100 KHz bis 500 MHz eine direkte Anpassung der Generatorausgangsimpedanz möglich ist, so daß auch hier geringe Verluste auftreten.

Figur 4 zeigt als Kurve A die spektrale Energieverteilung über der Wellenlänge λ beim Einsatz der erfindungsgemäßen Strahlungsanordnung als Deuteriumlampe. Mit einer Halbwertsbreite von ca. 5 bis 8° entlang der Strahlenachse 6 ist die räumliche Abstrahlcharakteristik nach der Erfindung wesentlich stärker gerichtet, als dies bei herkömmlichen Deuteriumlampen mit einer Halbwertsbreite von über 36° der Fall ist. Der Bereich des Kontinuums weist bei ca. 220 nm ein Maximum auf, wobei die Emission im Bereich von ca. 180 nm bis ca. 360 nm linienfrei ist.

Gemäß Figur 5 ist es auch möglich, eine Entladungslampe mit einem Blendenkörper 2' aus einem hochtemperaturbeständigem Metall, wie beispielsweise Molybdän oder Wolfram einzusetzen; in diesem Fall ist der elektrisch leitende Blendenkörper zur Vermeidung eines Kurzschlusses gegenüber den Elektroden 13, 14 elektrisch isoliert, wobei die elektrische Isolation einer ersten Elektrode 13 durch einen ringförmigen Isolierkörper 22 beispielsweise aus hochtemperaturbeständigem Keramikmaterial, wie Aluminiumoxid oder Aluminiumnitrid erfolgt, während die zweite Elektrode 14 durch den elektrisch isolierenden Werkstoff des Austrittsfensters 11 gegenüber dem Blendenkörper isoliert ist. Die Befestigung und Abdichtung des Austrittsfensters und des Isolierkörpers erfolgen beispielsweise durch Gaslote. Auch diese Lampe kann entsprechend der DE-OS 41 20 730 mit Deuterium mit einem Kaltfülldruck von 1 bis 100 mbar, vorzugsweise bei 9 mbar betrieben werden. Die im Blendenkörper 2 befindliche Öffnung weist eine Länge im Bereich von 0,01 bis 90 mm auf, wobei die als Bohrung ausgeführte Blendenöffnung 7 einen Durchmesser im Bereich von 0,1 bis 6 mm enthält. In der Praxis ist trotz Erwartung von Wirbelstromfeldern im Blendenkörper 2 keine übermäßige Erwärmung festzustellen.

Patentansprüche

1. Elektrodenlose Niederdruckentladungslampe, in deren Lampenkolben ein Plasma durch Einkoppelung eines hochfrequenten elektromagnetischen Feldes gebildet ist und durch das Plasma erzeugte Strahlung aus dem Kolben entlang einer vorgegebenen Strahlungsachse austritt, wobei im Bereich des Plasmas ein verengter Teil des Lampenkolbens als durchgehende Bohrung entlang der Austrittsachse vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Lampenkolben einen zylindersymmetrischen Blendenkörper (2, 2') aufweist, der entlang der Strahlen-Achse (6) durch wenigstens ein als separates Bauteil aufgebrachtes, strahlungsdurchlässiges Austrittsfenster (11, 12) gasdicht abgeschlossen ist.
2. Entladungslampe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur kapazitiven Einkoppelung des elektromagnetischen Feldes der Blendenkörper (2, 2') entlang der Strahlen-Achse (6) jeweils an seinen Enden mit einer flächenhaften Elektrode (13, 14) versehen ist, wobei wenigstens eine der Elektroden (14) eine Öffnung in der Achse (6) des Strahlenaustritts enthält, die dem Austrittsfenster (11) benachbart angeordnet ist.
3. Entladungslampe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Blendenkörper (2, 2') eine Stirnseite mit Austrittsöffnung aufweist, wobei die der Austrittsöffnung abgewandte Stirnseite wenigstens auf ihrer Innenseite eine die erzeugte Strahlung reflektierende Oberfläche aufweist.
4. Entladungslampe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Blendenkörper (2, 2') eine durchgehende Bohrung durch beide Stirnseiten (8, 9) entlang der optischen Achse (6) mit einer jeweils durch eine der Elektroden (13, 14) geführten Öffnung (15, 16) aufweist, wobei jede der Öffnungen (15, 16) jeweils einem Strahlenaustrittsfenster (11, 12) benachbart angeordnet ist.
5. Entladungslampe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlenachse (6) entlang der Strahlenachse einer zusätzlichen Strahlungsquelle angeordnet ist, wobei durch Blendenöffnung (7) auch Strahlung der zusätzlichen Strahlungsquelle geführt wird.
6. Entladungslampe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Blendenöffnung (7) kreisförmig ausgebildet ist, wobei ihr Durchmesser im Bereich von 0,1 bis 6 mm liegt.
7. Entladungslampe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Blendenkörper (7) aus Aluminiumoxid, Aluminiumnitrid, Bornitrid besteht.
8. Entladungslampe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Blendenkörper (7) aus Thoriumoxid, Berylliumoxid oder polykristallinem Diamant besteht.
9. Entladungslampe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlen-Austrittsfenster (11, 12) aus Quarzglas, UV-durchlässigem Glas oder Saphir besteht.
10. Entladungslampe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Blendenkörper (2') aus hochtemperaturbeständigem Metall besteht, wobei zwischen den Elektroden (13, 14) und dem Blendenkörper (2') jeweils ein elektrisch isolierendes Bauelement als Austrittsfenster (11;

12) oder als Isolierkörper (22) angeordnet ist.

11. Entladungslampe nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Füllung Deuterium mit einem Kaltfülldruck von 1 bis 100 mbar vorgesehen ist. 5
12. Entladungslampe nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (13, 14) an einem Hochfrequenz-Generator (19) angeschlossen sind, der eine Anregungsfrequenz im Bereich von 0,01 bis 2450 MHz erzeugt. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

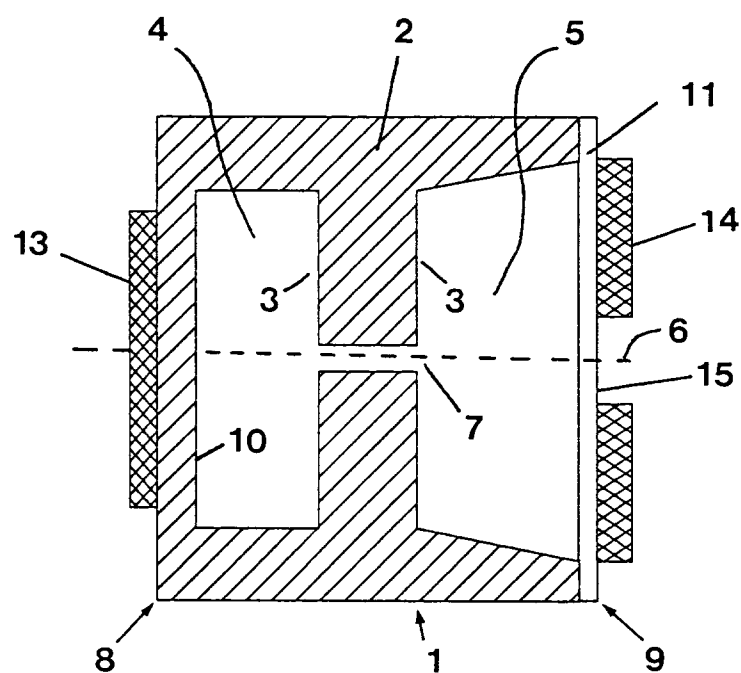


Fig. 1

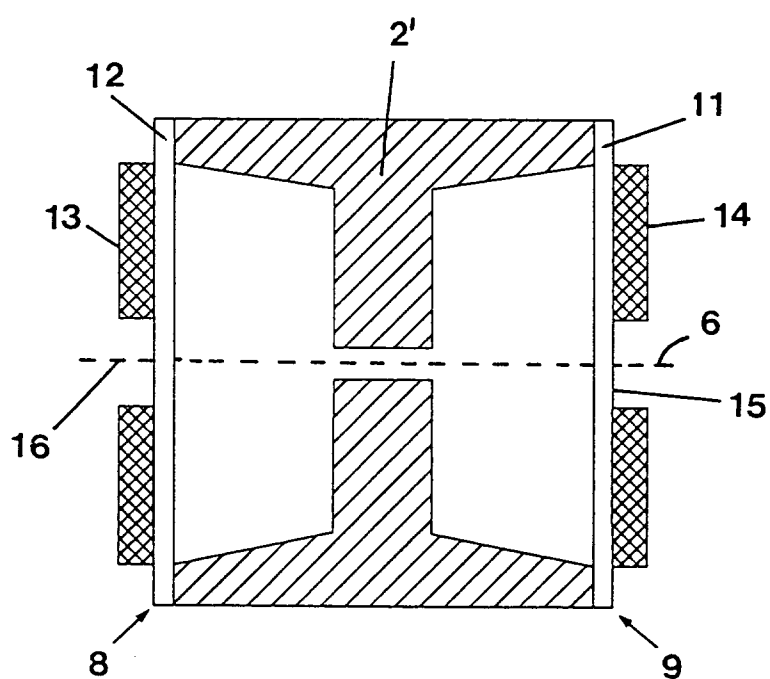


Fig. 2

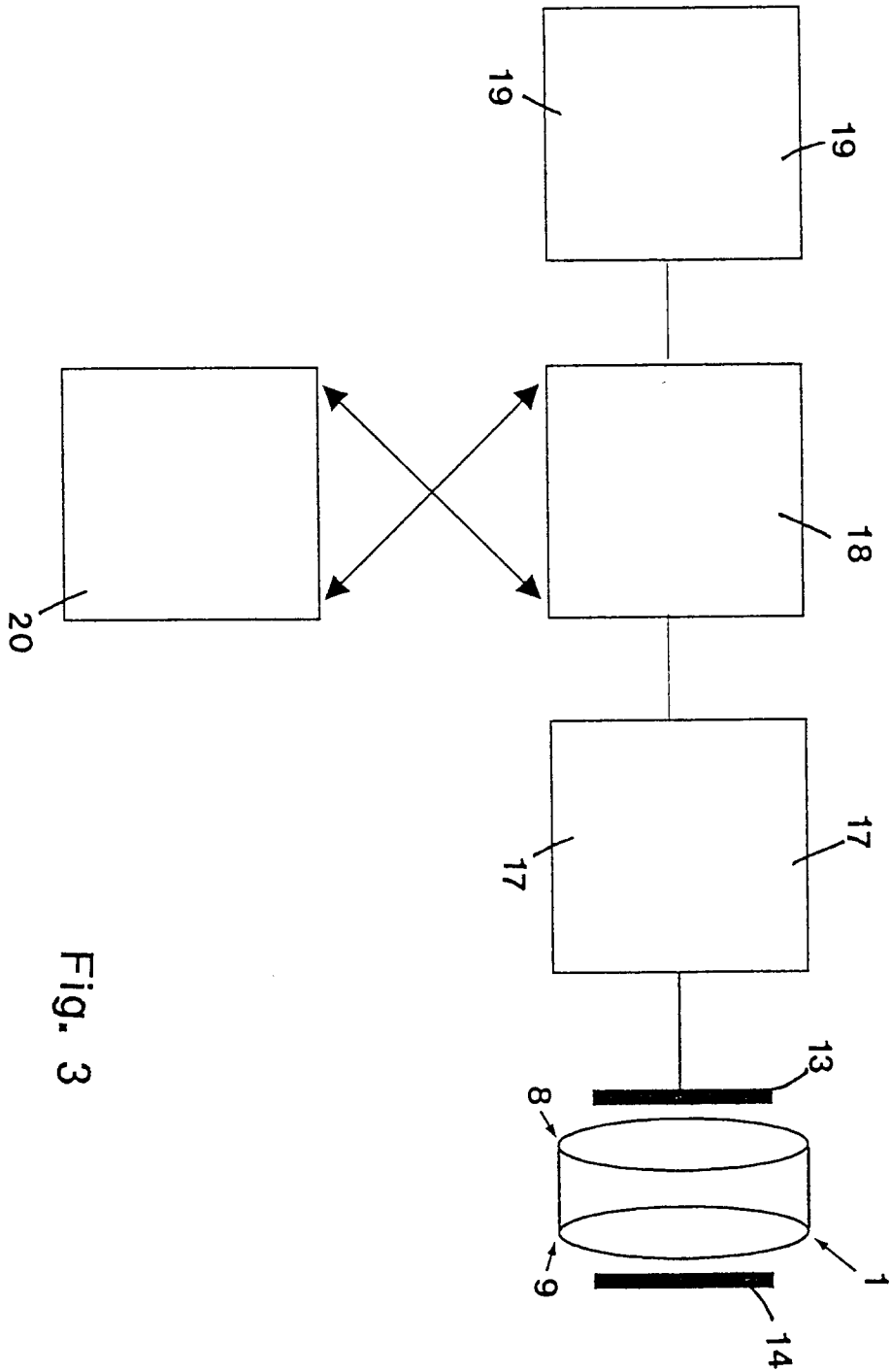


Fig. 3

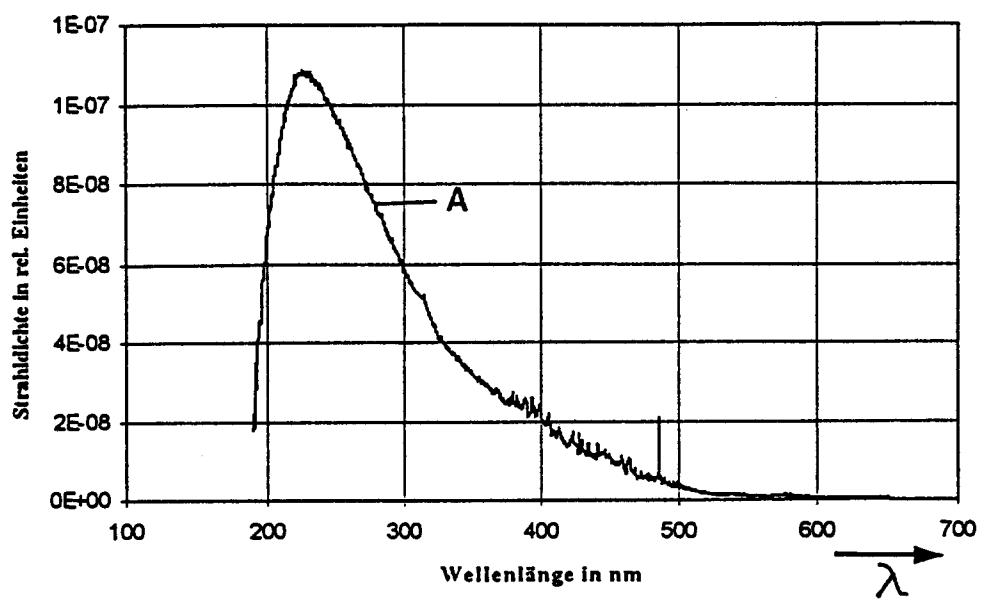


Fig. 4

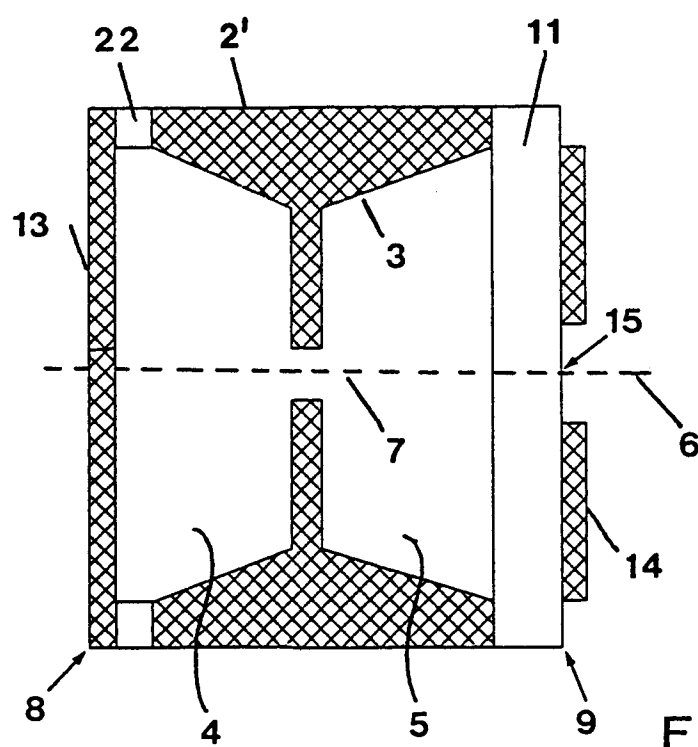


Fig. 5