



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 743 669 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
20.11.1996 Patentblatt 1996/47

(51) Int. Cl.⁶: **H01J 27/14**, **H01J 37/08**

(21) Anmeldenummer: **96107544.7**

(22) Anmeldetag: **11.05.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB LI

(30) Priorität: **16.05.1995 BY 95024295**
24.08.1995 DE 19531141

(71) Anmelder: **VTD Vakuumtechnik Dresden GmbH**
D-01257 Dresden (DE)

(72) Erfinder:
• **Falz, Michael**
01169 Dresden (DE)

- **Wilberg, Rüdiger**
01259 Dresden (DE)
- **Suprjanovitsch, Wladimir F.**
220101 Minsk (BY)
- **Kasinski, Nikolai K.**
22090 Minsk (BY)
- **Tomal, Wladimir St.**
BY 220013 Minsk (BY)

(74) Vertreter: **Pätzelt, Peter, Dipl.-Ing.**
Patentanwalt
Güntzstrasse 31
01069 Dresden (DE)

(54) **Ionenquelle**

(57) Die Erfindung betrifft eine Ionenquelle, insbesondere zur Erzeugung von Ionenstrahlen für die ionen-gestützte Abscheidung von Schichten im Vakuum, z. B. zur Herstellung von optischen Schichten mit hohen Gebrauchseigenschaften, wie Mehrfach-Interferenz-schichten.

Die erfindungsgemäße Ionenquelle weist ein vorzugsweise zylindrisches Gehäuse (1) auf, in dem eine Anode (2), eine Magnetfeldquelle, insbesondere eine Magnetspule (3), und zwischen beiden ein Blendensystem eines Gasleitsystems angeordnet sind. Die Katode (12) befindet sich außerhalb des Gehäuses (1) und außerhalb der optischen Linie zwischen der Anode (2) und der Ionenstrahl-Austrittsöffnung (6), vorzugsweise auf der Gehäuseabdeckung (10). Die Anode (2) hat die Form einer ringförmigen wassergekühlten Rohranode, deren innerer Durchmesser größer ist, als der Durchmesser der Ionenstrahl-Austrittsöffnung (6). Das Gasblendensystem besteht aus einem zur Anode (2) gerichteten kreisringförmigem Blendenring (5) und einer zur Magnetspule gerichteten zentrischen Blendenplatte (4).

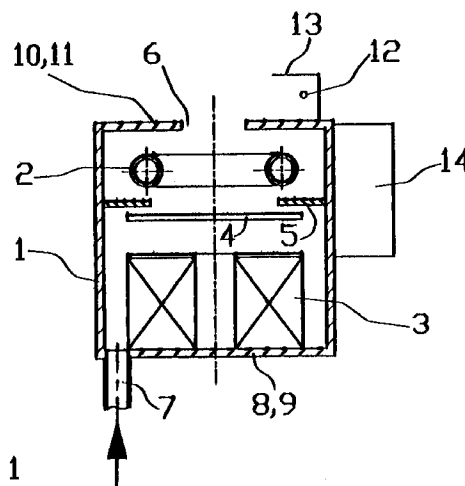


Fig. 1

EP 0 743 669 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Ionenquelle, insbesondere zur Erzeugung von Ionenstrahlen für die ionengestützte Abscheidung von Schichten im Vakuum, z. B. zur Herstellung von optischen Schichten mit hohen Gebrauchseigenschaften, wie Mehrfach-Interferenzschichten.

Zur Herstellung von optischen Schichten mittels Schichtabscheidung im Vakuum sind nach dem Stand der Technik im wesentlichen die Verfahren ohne Ionenunterstützung und die Verfahren mit Ionenunterstützung bekannt. Bei bekannten Beschichtungstechnologien zur Herstellung optischer Schichten ohne Ionenunterstützung ist eine Erwärmung der Substrate bis auf Temperaturen von ca. 300°C notwendig. Derartige Temperaturen sind erforderlich, damit die optischen Schichten ausreichende mechanische Eigenschaften, wie z. B. Härte, Abriebfestigkeit usw. sowie die notwendigen Brechzahlen aufweisen. Der technologische Prozeß ist bei derartigen Verfahren wegen der erforderlichen Erwärmung der Substrate vor dem Beschichtungsprozeß und zur Abkühlung der Substrate nach der Beschichtung relativ zeitaufwendig. Die abgeschiedenen Schichten weisen in der Regel eine poröse, stabförmige Struktur auf, die Wasserdampf aus der Atmosphäre absorbiert, was zu unerwünschten Erscheinungen, wie eine Verschiebung des Transmissionsbandes von Schichten für optische Filter oder eine Veränderung der Spektralkurven der Schichten im Laufe der Zeit, der sogenannten Alterung der Schichten, führt.

Bei Verfahren zur Abscheidung optischer Schichten mit Ionenunterstützung werden die angeführten Mängel weitgehend vermieden. Optische Schichten, die unter Ioneneinfluß abgeschieden werden, weisen Brechzahlen auf, die nahe den von Kompaktmaterial liegen. Die Schichten sind nahezu porenfrei und dicht in der Struktur. Den atmosphärischen Einwirkungen gegenüber sind die Schichten weitgehend stabil.

Von besonderer Bedeutung ist es, daß ionengestützte Abscheidungsverfahren keine gesonderte Erwärmung der Substrate erforderlich machen, was die Produktivität von entsprechenden Beschichtungsanlagen wesentlich erhöht.

Die Verfahren zur ionengestützten Schichtabscheidung nutzen verschiedene Typen von Ionenquellen, z.B. Penningquellen, Quellen mit Beschleunigungsgittern sowie ohne und mit Zusatzmagnetfeld an der Stirnseite u.a.

Die US 48 62 032 beschreibt eine Ionenquelle zur Erzeugung eines niederenergetischen Ionenstrahles im Stirnmagnetfeld. Die Ionenquelle weist innerhalb eines Gehäuses eine Spule, eine zylindrische Anode, eine Katode sowie eine Vorrichtung zur Einleitung und Verteilung des Arbeitsgases für die Ionenausbildung auf. Die Polen des Magnetsystems befinden sich auf den beiden axialen Seiten des Gehäuses, wobei ein

Magnetfeld erzeugt wird, das von der Anode zur Katode gerichtet ist.

Die Anode besitzt eine zentrische konische Bohrung, deren größerer Durchmesser sich in Richtung der Substrate befindet. Der Durchmesser der Ionenstrahl-Austrittsöffnung im Gehäuse, die zu den Substraten hin gerichtet ist, ist größer als der große Durchmesser der konischen Bohrung in der Anode. Dadurch kann unerwünscht zerstäubtes Material der Anode vom Ionenstrahl ungehindert zur optischen Schicht auf den Substraten befördert werden.

Die Anode wird nicht gekühlt. Das kann, bereits bei niedrigen zugeführten Leistungen und auch ohne Dauerbetrieb, zu gefährlichen Überhitzungen der Konstruktionselemente der Ionenquelle führen. In der Folge kommt es zur erhöhten Gasfreisetzung, was das Arbeitsvakuum verschlechtert und die Kennwerte der optischen Schichten negativ beeinflusst.

Der Gasverteiler ist innerhalb des Gehäuses der Ionenquelle in Form einer Platte mit einer Reihe von Bohrungen ausgeführt und befindet sich zwischen der Magnetspule und der Anode. Das Gas wird durch eine Öffnung im Gehäuse nahe der Magnetspule eingeleitet.

Ein Teil des Gases tritt durch Bohrungen des Gasverteilers und über einen ringförmigen Spalt in die konische Bohrung der Anode auf der Seite mit dem kleinen Durchmesser ein. Da das Magnetfeld hier am stärksten ist, werden hohe Plasmadichten erreicht, und es kann durch Abstäubungseffekte zu einer unerwünscht starken Erosion des Gasverteilers und der Anode kommen.

Der andere Teil des Gases strömt zwischen den Innenwänden der Quelle und speziellen Ringen, zwischen denen die Anode befestigt ist, durch das Gehäuse. Dabei umgeht dieses Gas die Zone der Gasionisation, was zu einer uneffektiven Ausnutzung des Arbeitsgases bei der Plasmaerzeugung und im Endeffekt zur Erhöhung des Arbeitsdruckes in der Vakuumkammer führt. Durch die Regelung des Spaltes zwischen den Ringen und der Innenwand des Gehäuses der Ionenquelle wird die Brennspannung der Gasentladung eingestellt.

Die Katode befindet sich auf der anderen Seite der Entladungszone und ist als offene Wolframwendel ausgeführt, die sich innerhalb der Zone der Ausbreitung des Ionenstrahles befindet. Die Katode erzeugt durch thermische Elektronenemission die Elektronen für die Gasionisation und gleichzeitig für die Neutralisation des Ionenstrahls.

Dabei ist die Wolframwendel eine Quelle für Wolframatome durch thermische Verdampfung und auch durch Zerstäubung im Ionenstrahl der Ionenquelle, da sich die Wolframwendel unmittelbar in der Zone des Ionenstrahls mit hoher Dichte befindet. Durch diesen Mechanismus ist die Katode eine zusätzliche Quelle für Verunreinigungen in den ionengestützt abgeschiedenen Schichten, insbesondere bei optischen Schichten. Des weiteren wird die Lebensdauer der Katode verkürzt und die Betriebsparameter müssen häufig nachgeregelt werden, damit die Emissionsfähigkeit erhalten bleibt.

Die dargestellten Quellen für Verunreinigungen bei der ionengestützten Schichtabscheidung nach dem Stand der Technik sind bei einfachen, auch einfachen optischen, Beschichtungen meist unkritisch. Bei hochwertigen Schichtabscheidungen, insbesondere bei Mehrfach-Schichten mit 15 bis 30 und mehr $\lambda/4$ -Schichten sowie Beschichtungszeiten von über zwei Stunden, führen derartige Verunreinigungen zu fehlerhaften Schichten. Z. B. wächst der Absorptionskoeffizient für optische Schichten im UV Bereich in Folge der Verunreinigungen der Schichten durch Metallatome von Bauelementen der Ionenquelle stark an.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Ionenquelle zu schaffen, die in industriellen Vakuumanlagen zur Herstellung ionengestützt abgeschiedener Schichten mit hoher Reinheit, insbesondere von optischen Schichten, z. B. Mehrfach-Interferenzschichten, eingesetzt werden kann. Die Abstäubung von Material der Ionenquelle soll derart vermindert werden, daß der Einbau entsprechender Atome in die Schichten weitgehend vermieden wird. Die abgeschiedenen Schichten sollen eine nahezu porenfreie und dichte Struktur aufweisen und stabil gegenüber atmosphärischen Einwirkungen sein. Die erforderlichen Substrattemperaturen sollen niedrig und die Stabilität der technologischen Parameter der Ionenquelle hoch sein.

Die Erfindung löst die Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1. Eine Weiterbildung der Erfindung ist im Unteranspruch gekennzeichnet.

Die erfindungsgemäße Ionenquelle weist danach ein Gehäuse auf, welches einen im wesentlichen abgeschlossenen Raum umschließt, in dem ein Magnetsystem integriert ist, eine Anode und eine Gasleiteinrichtung für ein Arbeitsgas vorhanden. Der Ionenstrom verläßt die Ionenquelle strahlförmig aus der koaxialen Ionenstrahl-Austrittsöffnung in Richtung der Substrate.

Von besonderer Bedeutung ist die Ausbildung der Anode und deren geometrische Anordnung zur Ionenstrahl-Austrittsöffnung und zur außerhalb des Gehäuses angeordneten Katode.

Diese spezifische Lösung unterbindet weitgehend die Verunreinigung der ionengestützt abgeschiedenen Schichten mit unerwünscht zerstäubten Materialteilchen der Ionenquelle. Die Gasleiteinrichtung mit einem Gaseinlaß und einem Blendensystem soll eine intensive Ionisierung des Gasstromes an der Anode bewirken.

Die Ionenquelle zeichnet sich u. a. dadurch aus, daß die Anode einen Innendurchmesser aufweist, der größer als der Durchmesser der Ionenstrahl-Austrittsöffnung ist. Dadurch wird der direkte Weg von abgestäubten Materialteilchen von der Anode zu den Substraten im wesentlichen unterbrochen und derartige Teilchen können nicht in den eigentlichen Arbeitsbereich des Ionenstrahls am Substrat gelangen. Von besonderer Bedeutung ist auch die Anordnung der Katode, die außerhalb der Ausbreitzzone des Ionenstrahles montiert und von allen Seiten abge-

schirmt ist, ausgenommen der Seite, die dem Ionenaustritt aus der Ionenquelle zugewandt ist.

Nach Anspruch 2 kann die Ionenquelle mit einer zusätzlichen Magnetfeldquelle ausgerüstet sein, die sich außerhalb des Gehäuses der Anode koaxial zur Hauptmagnetfeldquelle befindet, wobei die Richtung der Felder übereinstimmen.

Die Erfindung soll nachstehend an zwei Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

Die Zeichnung zeigt in Figur 1 schematisch eine erfindungsgemäße Ionenquelle nach einem Ausführungsbeispiel I in einem Seitenschnitt.

Figur 2 zeigt eine Draufsicht von Figur 1.

Figur 3 zeigt als Ausführungsbeispiel II eine Variante der Ausführung der Ionenquelle nach Ausführungsbeispiel I mit einer zusätzlichen Magnetspule.

Ausführungsbeispiel I

Die in Figur 1 und 2 dargestellt Ionenquelle weist in einem Gehäuse 1 eine Anode 2, eine Magnetspule 3 und zwischen beiden ein Blendensystem, bestehend aus einer Blendenplatte 4 und einem Blendenring 5, auf. Der von der Anode 2 ausgehende Ionenstrahl verläßt die Ionenquelle über die Ionenstrahl-Austrittsöffnung 6.

Die Anode 2 ist aus einem ringförmig gebogenen dünnwandigen Rohr aus rostfreiem Stahl hergestellt. Der Innendurchmesser der Anode 2 ist größer als der Durchmesser der Ionenstrahl-Austrittsöffnung 6. Das Rohr der ringförmigen Anode 2 wird im Betrieb von Kühlwasser durchflossen, wodurch sehr effektiv die Wärme von der Anode 2 abgeführt werden kann. Überhitzungen aufgrund der Entladungsprozesse werden vermieden. Die Leistung der Ionenquelle kann somit wesentlich erhöht werden.

Die spezielle Ausbildung der Anode 2 und des Blendensystems führt zu einer Verringerung der Plasmadichte über der Blendenplatte 4. Die Zerstäubung der metallischen Blendenplatte 4, als Hauptquelle von Verunreinigungen der ionengestützt abgeschiedenen Schichten beim Stand der Technik, wird dadurch vermieden oder wesentlich gesenkt. In ähnlicher Weise bewirkt die geometrische Anordnung und Ausbildung der Anode 2, mit ihrer Lage außerhalb der Zone mit starkem Magnetfeld, und die Verringerung der Oberfläche, die zum Entladungsgebiet gerichtet ist, nur im geringen Maße eine Erosion durch die Entladungsprozesse. Des weiteren wird das direkte Auftreffen von zerstäubten Materialteilchen der Anode 2 auf die Substrate und damit die Verunreinigung der ionengestützt abgeschiedenen Schichten durch die als Blende wirkende Ionenstrahl-Austrittsöffnung 6 behindert.

Die Einleitung des Arbeitsgases in die Ionenquelle erfolgt über einen Gaseinlaß 7 am Boden 8 des Gehäuses im Bereich der Magnetspule 3. Durch das große Volumen des Gehäuseinneren mit der Magnetspule 3 wird die Gasströmung beruhigt und das strömende Gas kühlt gleichzeitig die Magnetspule 3.

Die Zuführung des Arbeitsgases in den Entladungsraum mit der Anode 2 erfolgt gleichmäßig über den gesamten Umfang des Ringspaltes zwischen der Blendenplatte 4 und dem Blendenring 5. Das Blendensystem bewirkt, daß ein gleichmäßiger Strom des Arbeitsgases konzentriert in den Innenbereich zwischen der Anode 2 und der Ionenstrahl-Austrittsöffnung 6, dem Entladungsgebiet der Ionenquelle, geleitet wird. Der Blendenring 5 ist im wesentlichen gasdicht an der Innenwand des Gehäuses 1 befestigt. Die Blendenplatte 4 ist über Isolatoren derart auf Abstand zum Blendenring 5 gehalten, daß das Arbeitsgas das Blendensystem ohne Wirbelbildung in das Entladungsgebiet der Ionenquelle gelangt. Die Gestaltung der Anode 2 beeinflußt die Gleichmäßigkeit des Arbeitsgasstromes nicht.

Der Blendenring 5 befindet sich außerhalb des Gebietes des Magnetfeldes, und es entsteht keine Gasentladung zwischen diesem und der Anode 2.

Die Magnetspule 3 ist zentrisch am Boden 8 des Gehäuses 1 angeordnet und das Gehäuse 1 wirkt als Teil des Magnetsystems, wobei der Boden 8 ein erster Pol 9 ist und die Gehäuseabdeckung 10 mit der Ionenstrahl-Austrittsöffnung 6 ist der zweite Pol 11.

Die Katode 12, ein Wolframwendel, befindet sich im Ausführungsbeispiel auf der Gehäuseabdeckung 10 und außerhalb des Gehäuses 1 der Ionenquelle. Die Katode 12 ist dabei in paralleler Lage zur Gehäuseabdeckung 10 außerhalb der optischen Linie zwischen der Anode 2 und der Ionenstrahl-Austrittsöffnung 6 angeordnet und mit einem Schirm 13 derart abgedeckt, daß lediglich die dem Ionenstrahl zugewandte Seite offen ist. Seitlich am Gehäuse 1 befindet sich noch eine Abdeckung 14, die die nicht näher dargestellte Kühlwasserzuführung und die Stromzuführung zur Anode 2 abdeckt.

Die Katode 12 befindet sich damit außerhalb der Zone der Ausbreitung der Ionenstrahlen und wird somit keiner direkten Erosion durch auftreffende Ionen unterworfen. Auf diese Weise wird die Standzeit der Katode 12 wesentlich verlängert.

Der Schirm 13 über Katode 12 verhindert vor allem das Entweichen von Wolframatomen aus der Katode 12 und die nachfolgende Verunreinigung der abgeschiedenen Schichten mit diesen.

Die Anordnung der Katode 12, das Vorhandensein des Schirmes 13 und die Lage zur Anode 2 sichert die Aufrechterhaltung einer stabilen thermischer Elektronenemission und die Ausbildung einer Plasmaentladung zwischen der Katode 12 und der Anode 2, in deren Folge unter der Wirkung des Magnetfeldes, insbesondere am zweiten Pol 11 an der Ionenstrahl-Austrittsöffnung 6, ein Ionenstrahl in Richtung der Substrate erzeugt wird.

Der Arbeitsdruck in der Vakuumanlage kann während des ionengestützten Beschichtungsprozesses im erforderlichen Maße niedrig gehalten werden.

Zwischen dem Schirm 13 und der Wasserzuführung sowie der Zuführung des positiven Anodenpotenti-

als wird ein dunkler Katodenraum erzeugt, der vor dem Entstehen einer unerwünschten Gasentladung zwischen den Zuführungen und dem Gehäuse der Vakuumkammer (negatives Potential) schützt.

Ausführungsbeispiel II

In Figur 3 ist als Ausführungsbeispiel II eine Variante der Ionenquelle nach Ausführungsbeispiel I (gleiche Positionsnummern) dargestellt, bei der eine zweite Magnetspule 15 außerhalb des Gehäuses 1 der Ionenquelle coaxial zur Magnetspule 3 und axial im Bereich der Anode 2 angeordnet ist. Mit dieser Lösung wird das Magnetfeld weiter verstärkt und es ist möglich den technologischen Prozeß der ionengestützten Abscheidung von optischen Mehrschichten bei niedrigeren Drücken (bis zweifach) durchzuführen. Die Magnetspule 15 verstärkt insbesondere das Magnetfeld im oberen Bereich der Entladungszone und ermöglicht die zusätzliche Ionisierung des Arbeitsgases.

Patentansprüche

1. Ionenquelle mit einem vorzugsweise zylindrischen Gehäuse (1), in dem eine Anode (2), eine axiale Magnetfeldquelle, insbesondere eine Magnetspule (3), und zwischen beiden ein Blendensystem eines Gasleitsystems angeordnet sind, derart daß die Magnetspule (3) zentrisch am Boden (8) des einen axialen Endes des Gehäuses (1) so angeordnet ist, daß das Magnetfeld zur Anode (2) hin divergiert und die Anode (2) sich außerhalb der Zone des starken Magnetfeldes befindet, wobei das andere axiale Ende des Gehäuses (1) aus einer scheibenförmigen Gehäuseabdeckung (10) mit einer zentrischen Ionenstrahl-Austrittsöffnung (6) besteht, die Anode (2) die Form einer ringförmigen wassergekühlten Rohranode aufweist, deren innerer Durchmesser größer ist als der Durchmesser der dadurch als Blende wirkenden Ionenstrahl-Austrittsöffnung (6), und das Gasleitsystem im Boden (8) oder im Gehäusemantel und nahe der Magnetspule (3) einen Gaseinlaß (7) für ein Arbeitsgas aufweist und das Gasblendensystem aus einem zur Anode (2) gerichteten kreisringförmigen Blendenring (5), der im wesentlichen gasdicht an der inneren Wand des Gehäuses (1) befestigt ist, und aus einer zur Magnetspule gerichteten zentrischen Blendenplatte (4) besteht, und einer Katode (12), die sich außerhalb des Gehäuses (1) und außerhalb der optischen Linie zwischen der Anode (2) und der Ionenstrahl-Austrittsöffnung (6), vorzugsweise auf der Gehäuseabdeckung (10), befindet.
2. Ionenquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß außerhalb des Gehäuses (1) im axialen Bereich der Anode (2) und coaxial zur Magnetspule (3) innerhalb des Gehäuses (1) eine zusätzliche Magnetspule (15) vorhanden ist, wobei

die Magnetfelder gleichgerichtet sind und über das Gehäuse (1) zusammenwirken.

5

10

15

20

25

30

35

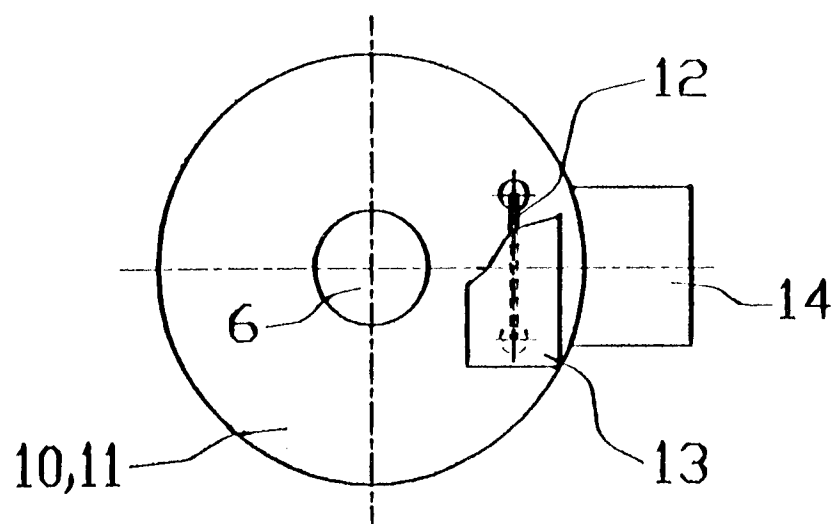
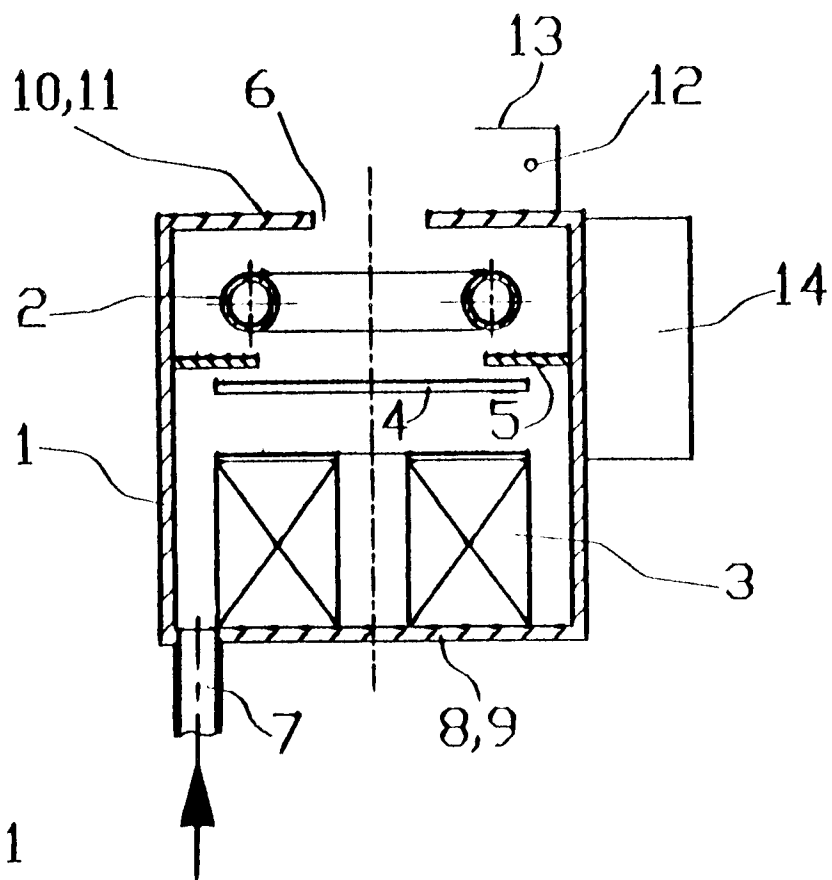
40

45

50

55

5



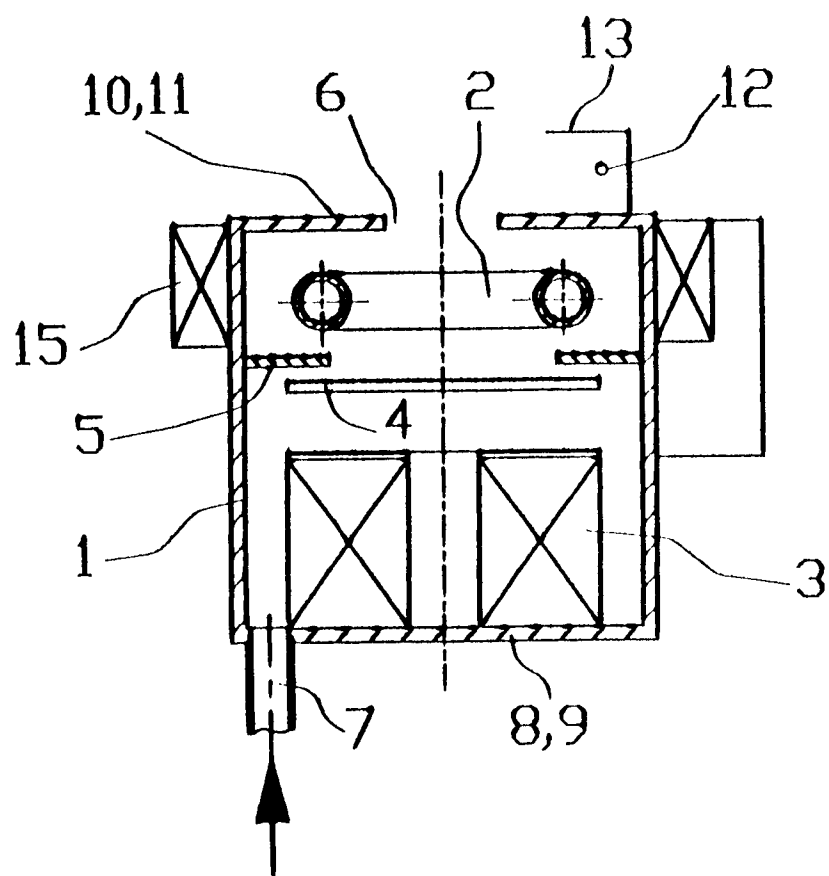


Fig. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 96 10 7544

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, Bd. 35, Nr. 3, 1.August 1992, Seiten 345-346, XP000326293 "SUPERCONDUCTING MAGNETIC HALL EFFECT ION SOURCE" * das ganze Dokument *	1	H01J27/14 H01J37/08
D,A	US-A-4 862 032 (KAUFMAN HAROLD R ET AL) 29.August 1989 * Spalte 3, Zeile 18 - Zeile 58 *	1	
A	EP-A-0 541 309 (ARKHIPOV BORIS A ;BISHAEV ANDREY M (RU); GAVRIUSHIN VLADIMIR M (RU) 12.Mai 1993 * Spalte 5, Zeile 18 - Zeile 36 *	1,2	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			H01J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 28.August 1996	Prüfer Hulne, S
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)