

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑰ Anmeldenummer: 79200056.4

⑤① Int. Cl. 2: **H 01 J 1/28, H 01 J 1/14**

⑱ Anmeldetag: 02.02.79

③① Priorität: 05.05.78 CH 4890/78

⑦① Anmelder: **BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie, CH-5401 Baden (CH)**

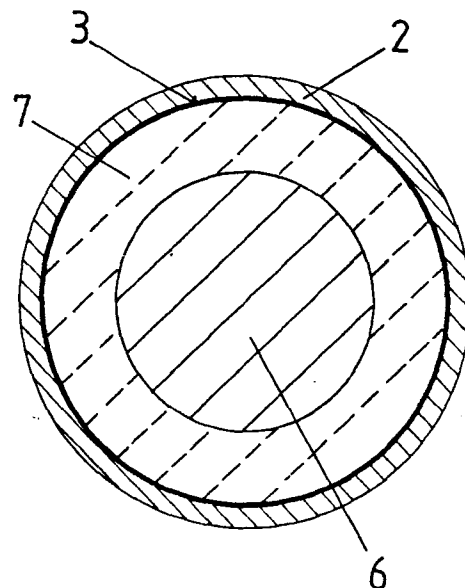
④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: 14.11.79
Patentblatt 79/23

⑦② Erfinder: **Buxbaum, Charley, Dipl.-Ing., Weite Gasse 34, CH-5400 Baden (CH)**

③④ Benannte Vertragsstaaten: **DE FR GB NL**

⑤④ **Glühkathode.**

⑤⑦ Reaktions-Glühkathode des Diffusions-Nachlieferungstyps auf der Basis eines aktivierten und mit einem diffusionsfördernden Zusatz für die Aktivierungssubstanz dotierten Hochtemperatur-Trägermetalls, welche eine die Eigendiffusion dieses Zusatzes in unerwünschte Richtung hemmende Sperrschicht aufweist.



EP 0 005 279 A2

Glühkathode

Die Erfindung betrifft eine Glühkathode auf der Basis eines
hochschmelzenden Trägermetalls, einer als Oxyd eines Metalls
der Gruppe IIb vorliegenden Aktivierungssubstanz, eines als
Karbid des Trägermetalls vorliegenden Reduktionsmittels und
5 eines die Diffusion der Aktivierungssubstanz an die wirk-
same Oberfläche fördernden Zusatzes.

Glühkathoden für Elektronenröhren sind in der Technik in
zahlreichen Ausführungsformen und Werkstoffkombinationen be-
kannt. Sie reichen von den klassischen Oxydkathoden mit
10 tiefer Betriebstemperatur und geringer Emissionstromdichte
aber langer Lebensdauer bis zu komplizierten Vielstoffsy-
stemen insbesondere der Gattung der sogenannten Reaktions-
kathoden. Unter letzteren werden vor allem die mit chemischer
Umsetzung und Nachlieferung der Aktivierungssubstanz aus dem
15 Innern arbeitenden und eine verhältnismässig hohe Betriebs-
temperatur aufweisenden Kathodenmaterialien des Typs $W/W_2C/$
 ThO_2 ("thorierte Wolframkathoden") eingesetzt. Sie zeichnen
sich durch lange Lebensdauer bei mässiger Emissionsstrom-
dichte aus. Es konnte ferner gezeigt werden, dass die Aus-
20 trittsarbeit der Elektronen durch Hinzufügen eines Platin-
metalls zum vorgenannten System gesenkt und dessen Emissions-
eigenschaften verbessert werden können (z.B. DE-OS 1 614 541).
Es sind ausserdem noch andere Werkstoffkombinationen bekannt,
welche bei mittlerer Lebensdauer eine Steigerung der Emissions-
25 stromdichte erlauben, worunter vor allem die Systeme $Mo/Mo_2C/$
 La_2O_3 (nach DE-AS 2 344 936) und $Mo/Mo_2C/La_2O_3/Pt$ -Metall und
ähnliche (nach DE-AS 2 454 569) genannt seien. Es sind ausser-
dem Glühkathoden bekannt, welche auf der Basis von aus Pul-
vermischungen eines hochschmelzenden Metalls mit einem Pla-

tinmetall hergestellten porösen Sinterkörpern aufgebaut sind, deren Poren mit einem die Aktivierungssubstanz enthaltenden Material ausgefüllt sind (z.B. DE-OS 2 727 187). Derartige Kathoden zeichnen sich vor allem durch hohe
5 Emissionsstromdichte bei verhältnismässig niedrigen Betriebstemperaturen aus.

Die Lebensdauererwartung der vorgenannten Kathoden ist in Anbetracht der meist noch als relativ hoch anzusehenden Betriebstemperaturen für viele Anwendungszwecke ungenügend.
10 Bei den ein Platinmetall als diffusionsfördernden Zusatz enthaltenden Kathodenwerkstoffen (z.B. System $\text{Mo}/\text{Mo}_2\text{C}/\text{La}_2\text{O}_3/\text{Pt}$) hat sich nun gezeigt, dass sowohl Lebensdauer wie Emissionsvermögen der monoatomaren Aktivatorschicht massgebend von der Konzentration bzw. Lebensdauer des diffusionsfördernden
15 Zusatzes in der wirksamen Oberflächenschicht bzw. Randzone der Kathode abhängt. Der Bestand einer dichten Schicht dieses Zusatzes ist einesteils von dessen Abdampfmass an der Oberfläche, andernteils von dessen Diffusionsgeschwindigkeit ins Innere des Kathodenkörpers abhängig. Beide Faktoren sind
20 stark temperaturabhängig, so dass der Kathodenlebensdauer schlussendlich auch von dieser Seite her Grenzen gesetzt sind. Bei den herkömmlichen Reaktionskathoden wird die Funktionsfähigkeit durch den ins Innere des Trägermetalls diffundierten und nicht kontrollierbaren Anteil an diffusionsförderndem Zusatz vorzeitig beeinträchtigt, so dass
25 sich der Vorrat des letzteren in der Oberflächenschicht frühzeitig erschöpft.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Glühkathode zu entwickeln, welche unabhängig von Form und Herstellungsverfahren sowie Gefügebeschaffenheit bei hoher Emissionsstromdichte eine optimale Werkstoffausnutzung ermöglicht
30

- 3 -

und eine möglichst hohe Lebensdauer selbst unter den härtesten Betriebsbedingungen gewährleistet.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass bei der eingangs definierten Glühkathode zur Herabsetzung der Eigendiffusion des besagten diffusionsfördernden Zusatzes von der wirksamen Kathodenoberfläche weg ins Innere auf der der wirksamen Oberfläche abgewandten Seite der den diffusionsfördernden Zusatz enthaltenden oder durch letzteren gebildeten Schicht eine weitere Schicht eines für den besagten Zusatz diffusionshemmenden Stoffes vorgesehen ist.

Der der Erfindung zugrunde liegende Leitgedanke beruht auf der Erkenntnis, dass die Temperaturabhängigkeit der Eigendiffusion des diffusionsfördernden Zusatzes (beispielsweise Platin) ins Innere des Trägermetalls (beispielsweise Molybdän) wesentlich steiler verläuft als die Temperaturabhängigkeit des entsprechenden Abdampfmasses. Mit anderen Worten, der von der beschichteten Oberfläche in den Kathodenkörper hineindiffundierende prozentuale Anteil des Zusatzes ist umso höher, je höher die Betriebstemperatur ist. Es geht also gerade bei den zur Erlangung einer hohen Emissionsstromdichte geforderten höheren Betriebstemperaturen ein unverhältnismässig grosser Prozentsatz an diffusionsförderndem Zusatz für die Kathodenoberfläche verloren. Andererseits hat sich gezeigt, dass die Konzentration dieses, die Diffusion der Aktivierungssubstanz im Gefüge des Trägermetalls fördernden Zusatzes wesentlich kleiner gewählt werden darf, als bisher angenommen wurde. Die Lebensdauer der Kathode kann daher durch Einschaltung einer zusätzlichen, die Eigendiffusion des Zusatzes nach dem Innern des Körpers hemmenden Schicht wesentlich erhöht werden.

An eine derartige Sperrschicht wird die Bedingung gestellt, dass sie im übrigen die chemisch-thermodynamischen Gleichgewichte sowie die entsprechende Reaktionskinetik der beteiligten Stoffe nicht in ungünstiger Weise beeinflusst.

5 Insbesondere darf sie die Diffusion der Aktivierungssubstanz an die Kathodenoberfläche nicht beeinträchtigen. Die Sperrschicht darf ferner mit dem diffusionsfördernden Zusatz keine derartige Legierung eingehen, welche die Aktivierungssubstanz chemisch-physikalisch verändern und deren

10 Diffusion an die Kathodenoberfläche herabsetzen könnte.

Den oben genannten Bedingungen genügen vor allem Elemente, deren Korngrenzendiffusion im Innern des Kathodenkörpers kleiner ist als diejenige des gleichzeitig zur Anwendung kommenden diffusionsfördernden Zusatzes für die jeweilige

15 Aktivierungssubstanz. Darüber hinaus werden sich diejenigen Elemente in vorteilhafter Weise auswirken, deren Dampfdruck bei der Betriebstemperatur niedriger ist als der Dampfdruck des gleichzeitig verwendeten diffusionsfördernden Zusatzes. Besteht letzterer beispielsweise aus Platin

20 oder einer hauptsächlich dieses Metall enthaltenden Legierung, so können für die Sperrschicht vor allem die Elemente Hafnium, Rhenium, Ruthenium, Osmium oder Iridium sowie Legierungen dieser Elemente wie auch eine Palladium/Rhenium-Legierung Verwendung finden. Es kann ganz allgemein gesagt

25 werden dass, falls der diffusionsfördernde Zusatz aus einem Platinmetall besteht, für die Sperrschicht ein anderes Platinmetall oder ein sonstwie geeignetes Metall mit niedrigerem Dampfdruck genommen werden kann.

Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den

30 durch Figuren näher erläuterten Ausführungsbeispielen.

- 5 -

Dabei zeigt:

Fig. 1 den Querschnitt durch ein als Kathode wirkendes Sinterplättchen,

Fig. 2 den Querschnitt durch einen Kathodendraht mit schichtweisem Aufbau der Aktivierungssubstanz,

Fig. 3 den Querschnitt durch einen Kathodendraht mit diffusionsförderndem Zusatz als Zwischenschicht,

Fig. 4 den Querschnitt durch einen Kathodendraht mit diffusionsförderndem Zusatz als Kern,

Fig. 5 den Querschnitt durch einen Kathodendraht mit feinverteiltem diffusionsförderndem Zusatz in der Kernzone,

Fig. 6 ein Diagramm der Lebensdauer in Funktion der Dicke des diffusionsfördernden Zusatzes für einen rundgehämmerten Kathodendraht mit und ohne Sperrschicht.

Ausführungsbeispiel 1:

Siehe Fig. 1:

98 % Molybdänpulver wurden mit 2 % Lanthanoxydpulver gemischt, gepresst und gesintert. Vom wärmebehandelten Sinterkörper wurde ein Plättchen abgetrennt, seine Oberfläche poliert und auf elektrolytischem Wege mit Rhenium beschichtet. Die Dicke der Sperrschicht betrug durchschnittlich 5μ und kann in den Grenzen von 1 bis 20μ variieren. Hierauf wurde das Plättchen mit einer Platinschicht von 10μ Dicke versehen, die ebenfalls elektrolytisch aufgebracht wurde. Diese Oberflächenschicht kann vorteilhafterweise

- 6 -

1 bis 50 μ dick sein. Das Sinterplättchen wurde hierauf in einem Benzol-Wasserstoffgemisch karburiert.

Den Aufbau der Kathode zeigt Fig. 1 im Schnitt. 1 stellt den aus Trägermetall (z.B. Molybdän) und Aktivierungssubstanz bestehenden Sinterkörper dar, welcher in einer Fassung 4 aus einem Hochtemperatur-Werkstoff (z.B. ebenfalls Molybdän) gehalten und von einem Heizwendel 5 aus mittelbar erwärmt wird. Die Sperrschicht 3 aus diffusionshemmendem Stoff (beispielsweise Rhenium) befindet sich auf der wirksamen Seite der Kathode, direkt unterhalb der Oberflächenschicht 2 aus Platinmetall.

Die Kathode kann auch direkt beheizt ausgeführt werden, wodurch der Heizwendel 5 und die Fassung 4 in Wegfall kommen bzw. durch andere Bauelemente ersetzt sind. Dabei kann der Sinterkörper auch eine andere als die in der Figur skizzierte Form aufweisen.

Ausführungsbeispiel 2:

Siehe Fig. 2:

99 % Molybdänpulver und 1 % Lanthanoxydpulver wurden zur Herstellung einer Hülle gemischt, gepresst und gesintert und anschliessend mechanisch zu einem Hohlzylinder verarbeitet. Zur Herstellung eines Kerns wurden 97 % Molybdänpulver mit 3 % Lanthanoxydpulver nach dem gleichen Verfahren zu einem Stab verarbeitet. Letzterer wurde mit der Hülle zusammengefügt und durch Rundhämmern auf einen kleineren Durchmesser reduziert. Hierauf wurde der auf diese Weise hergestellte Draht von 3 mm Durchmesser in einem Benzol-Wasserstoffgemisch karburiert, zunächst mit einer galvanisch abgeschiedenen Rheniumschicht von 5 μ Dicke und zum Schluss mit einer 10 μ dicken Platinschicht versehen.

- 7 -

Fig. 2 zeigt den Querschnitt durch einen derartigen Kathodendraht mit schichtweisem Aufbau der Aktivierungssubstanz. Die Kernzone 6 des Trägermetalls (z.B. Molybdän) ist mit einem verhältnismässig hohen Gehalt an Aktivierungssubstanz (z.B. Lanthanoxyd) dotiert. An die Kernzone 6 schliesst sich die Randschicht mit niedrigem Gehalt an Aktivierungssubstanz an. Darauf folgt die Sperrschicht 3 aus diffusionshemmendem Stoff (z.B. Rhenium) und zu äusserst die Oberflächenschicht 2 aus Platinmetall (im vorliegenden Fall Platin).

Ausführungsbeispiel 3:

Siehe Fig. 3:

Nach dem unter Beispiel 2 angegebenen Verfahren wurde je ein Kern und eine Hülle hergestellt, wobei beide die gleiche Konzentration an Aktivierungssubstanz Lanthanoxyd von 3 % aufwiesen. Vor dem Zusammenfügen wurde der Kern mit einer elektrolytisch abgeschiedenen Rheniumschicht von 20 μ Dicke und einer Platinschicht von 100 μ Dicke versehen. Die Schichtdicken können zwischen 5 μ und 50 μ bzw. 20 μ und 200 μ variieren. Hierauf wurde der Körper zunächst durch Rundhämmern auf einen Durchmesser von 3 mm und dann durch Ziehen auf einen solchen von 1 mm heruntergebracht und anschliessend karburiert. Der Draht wurde zum Schluss mit je einer galvanisch aufgetragenen Rhenium- und Platinschicht von 3 μ bzw. 15 μ versehen.

Der fertige Drahtquerschnitt ist aus Fig. 3 ersichtlich. 6 stellt die Kernzone mit hohem Gehalt an Aktivierungssubstanz und 8 die entsprechende, ebenfalls hoch dotierte Randschicht dar. Die Sperrschicht 10 aus diffusionshemmendem Stoff (beispielsweise Rhenium) befindet sich unmittelbar unter der Zwischenschicht 9 aus Platinmetall. Der Aufbau

- 8 -

der Oberflächenschichten 2 und 3 entspricht demjenigen der Fig. 2. Die Oberflächenschicht 2 aus Platinmetall kann gegebenenfalls im Anlieferungszustand auch fehlen, wobei zunächst die Sperrschicht 3 die Rolle des diffusionsfördernden Zusatzes in der Randzone übernimmt, bis genügend Platinmetall aus dem Innern an die Oberfläche diffundiert ist. Dank zahlreicher Legierungsbildungsmöglichkeiten zwischen 2 und 3 sind ohnehin weitere Werkstoffkombinationen mit unterschiedlich abgestuften Funktionen ausführbar.

10 Ausführungsbeispiel 4:

Siehe Fig. 4:

96 % Molybdänpulver und 4 % Lanthanoxydpulver wurden zur Herstellung eines Mantels gemischt, gepresst, gesintert und anschliessend mechanisch zu einem zylindrischen Stab mit einer Bohrung verarbeitet. In die Bohrung wurde ein Platindraht stramm passend eingeschoben und das Ganze durch Rundhämmern auf einen Durchmesser von 4 mm reduziert. Der auf diese Weise gefertigte Draht wurde nach dem unter Beispiel 2 angegebenen Verfahren mit einer Rheniumschicht von 8 μ Dicke und einer Platinschicht von 20 μ Dicke versehen und anschliessend karburiert.

In Fig. 4 ist der Querschnitt des Kathodendrahtes schematisch dargestellt. 11 stellt den Kern aus diffusionsförderndem Zusatz (Platinmetall, im vorliegenden Fall Platin) dar, während mit 12 der mit hohem Gehalt an Aktivierungssubstanz dotierte Mantel aus Trägermetall (hier Molybdän) bezeichnet ist. Die Oberflächenschicht 2 aus Platinmetall (Platin) liegt auf der Sperrschicht 3 aus diffusionshemmendem Stoff (Rhenium) auf.

- 9 -

Ausführungsbeispiel 5:

Siehe Fig. 5:

Nach dem unter Beispiel 2 angegebenen Verfahren wurde je ein Kern und eine Hülle hergestellt, wobei jedoch den pulverförmigen Ausgangsmaterialien für den Kern zusätzlich noch 0,5 % Platinmoor zugegeben wurde. Die Weiterverarbeitung erfolgte analog den in Beispiel 2 erwähnten Verfahrensschritten. Der mit einer $4\text{ }\mu$ dicken Rhenium- und einer $25\text{ }\mu$ dicken Platinschicht versehene rundgehämmerte Draht wies einen Durchmesser von 3,5 mm auf.

Fig. 5 zeigt den schichtweisen Aufbau eines derartigen Kathodendrahtes. Die Kernzone 13 des Trägermetalls (z.B. Molybdän) weist einen verhältnismässig hohen Gehalt an Aktivierungssubstanz (Lanthanoxyd) auf und ist überdies mit feinverteiltem Platin als diffusionsförderndem Zusatz dotiert. Die Randschicht 7 mit niedrigem Gehalt an Aktivierungssubstanz trägt ihrerseits die der Fig. 2 entsprechenden Oberflächenschichten 2 und 3.

In Fig. 6 ist ein Diagramm dargestellt, welches die Lebensdauer in Funktion der Schichtdicke des diffusionsfördernden Zusatzes für einen rundgehämmerten Kathodendraht gemäss Fig. 2 darstellt. Die Einflüsse der Sperrschicht sowie der Betriebstemperatur sind durch verschiedene Linienzüge gekennzeichnet. Die Kurven "a" und "b" beziehen sich auf eine Betriebstemperatur von 2050 K, die Kurven "c" und "d" auf eine solche von 1880°K. Auf der Abszisse ist die Schichtdicke des diffusionsfördernden Zusatzes (Platin) in μ im natürlichen, auf der Ordinate die Lebensdauer der Kathode in h im logarithmischen Massstab aufgetragen. "a" und "c" sind die Vergleichskurven für Glühkathoden ohne Sperrschicht,

- 10 -

- auf der Basis von Molybdän als Trägermetall, Molybdänkarbid als Reduktionsmittel und Platin als diffusionsförderndem Zusatz. "b" und "d" stellen die entsprechenden Kurven für Glühkathoden mit einer zusätzlichen Rhenium-Sperrschicht von 5μ Dicke dar. Der Betriebsdruck der Elektronenröhre betrug $5 \cdot 10^{-4}$ Torr. Aus dem Kurvenvergleich geht hervor, dass die Lebensdauer durch die Rheniumbeschichtung durchschnittlich auf den 2,5-fachen Wert des ursprünglichen erhöht werden konnte.
- 10 Die Erfindung ist nicht auf die in den vorgenannten Beispielen erläuterten Ausführungsformen beschränkt. Sie lässt sich in vorteilhafter Weise auch auf andere als die oben beschriebenen Werkstoffkombinationen anwenden. Ausser dem System $\text{Mo}/\text{Mo}_2\text{C}/\text{La}_2\text{O}_3/\text{Pt}$ kommen vor allem auch die Systeme $\text{W}/\text{W}_2\text{C}/$
- 15 ThO_2/Ru und $\text{Ta}/\text{Ta}_2\text{C}/\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Pd}$ in Betracht. Die vorgeschlagene Sperrschicht lässt sich ganz allgemein auf alle Werkstoffkombinationen von mit einem diffusionsfördernden Zusatz dotierten Reaktionskathoden des Diffusions-Nachlieferungstyps anwenden, um eine unliebsame Eigendiffusion des Zusatzes in
- 20 eine unerwünschte Richtung zu verringern oder gänzlich zu unterbinden.

Durch die erfindungsgemässen neuen Glühkathoden wurden Bauelemente für Elektronenröhren geschaffen, die bei hoher Emissionsstromdichte beste Ausnutzung der verfügbaren Materialien ermöglichen und eine lange Lebensdauer gewährleisten. Die Sperrschicht gestattet, die chemisch-physikalischen Vorgänge weitgehend in die gewünschte Richtung zu dirigieren und unvorteilhafte Nebenerscheinungen im Betrieb wirksam einzuschränken.

25

BBC Aktiengesellschaft
Brown, Boveri & Cie.
Baden (Schweiz)

- 11 -

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Glühkathode auf der Basis eines hochschmelzenden Trägermetalls, einer als Oxyd eines Metalls der Gruppe IIb vorliegenden Aktivierungssubstanz, eines als Karbid des Trägermetalls vorliegenden Reduktionsmittels und eines
5 die Diffusion der Aktivierungssubstanz an die wirksame Oberfläche fördernden Zusatzes, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herabsetzung der Eigendiffusion des besagten diffusionsfördernden Zusatzes von der wirksamen Kathodenoberfläche weg ins Innere auf der der wirksamen Oberfläche
10 abgewandten Seite der den diffusionsfördernden Zusatz enthaltenden oder durch letzteren gebildeten Schicht (2) mindestens eine weitere Schicht (3, 10) eines für den besagten Zusatz diffusionshemmenden Stoffes vorgesehen ist.
- 15 2. Glühkathode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der diffusionshemmende Stoff bei der Betriebstemperatur der Kathode einen niedrigeren Dampfdruck aufweist als der diffusionsfördernde Zusatz.
- 20 3. Glühkathode nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass der diffusionsfördernde Zusatz aus einem Platinmetall oder einer Legierung von mindestens zwei Platinmetallen besteht und dass der diffusionshemmende Stoff aus einem anderen Platinmetall oder aus Hafnium oder Rhenium oder einer Legierung von mindestens zweien
25 der vorgenannten Elemente aufgebaut ist.
4. Glühkathode nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der diffusionshemmende Stoff aus mindestens einem der Elemente Hafnium, Rhenium, Ruthenium, Osmium oder

BBC Baden

- 12 -

Iridium besteht.

5. Glühkathode nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der diffusionsfördernde Zusatz aus Platin und der diffusionshemmende Stoff aus Rhenium besteht.
- 5 6. Glühkathode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägermetall Molybdän und das Reduktionsmittel Molybdänkarbid ist, dass die Aktivierungssubstanz aus Lanthanoxyd, der diffusionsfördernde Zusatz aus Platin oder einer Platinlegierung und der diffusionshemmende
10 Stoff aus Rhenium besteht.
7. Glühkathode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht des diffusionsfördernden Zusatzes eine Dicke von 1 bis 50 μ und diejenige des diffusionshemmenden Stoffes eine solche von 1 bis 20 μ aufweist.
- 15 8. Glühkathode nach Anspruch 1 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass sie in Form eines Sinterkörpers vorliegt, wobei der Gehalt an Aktivierungssubstanz im wesentlichen gleichmässig über den Trägermetallquerschnitt verteilt ist und die aktive Oberfläche mit einer Schicht eines
20 diffusionshemmenden Stoffes versehen ist, über welcher eine Schicht des diffusionsfördernden Zusatzes liegt.
9. Glühkathode nach Anspruch 1 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass sie in Form eines Drahtes, Bandes oder Bleches vorliegt, dass der Querschnitt bezüglich Konzentration
25 und/oder Anordnung der im Trägermetall eingelagerten Aktivierungssubstanz schichtweisen Aufbau besitzt, und dass der diffusionsfördernde Zusatz die Oberflächenschicht und/oder eine Zwischenschicht bildet, unter wel-

cher jeweils eine Schicht des diffusionshemmenden Stoffes
liegt.

1

2

1-

.

.

S

-

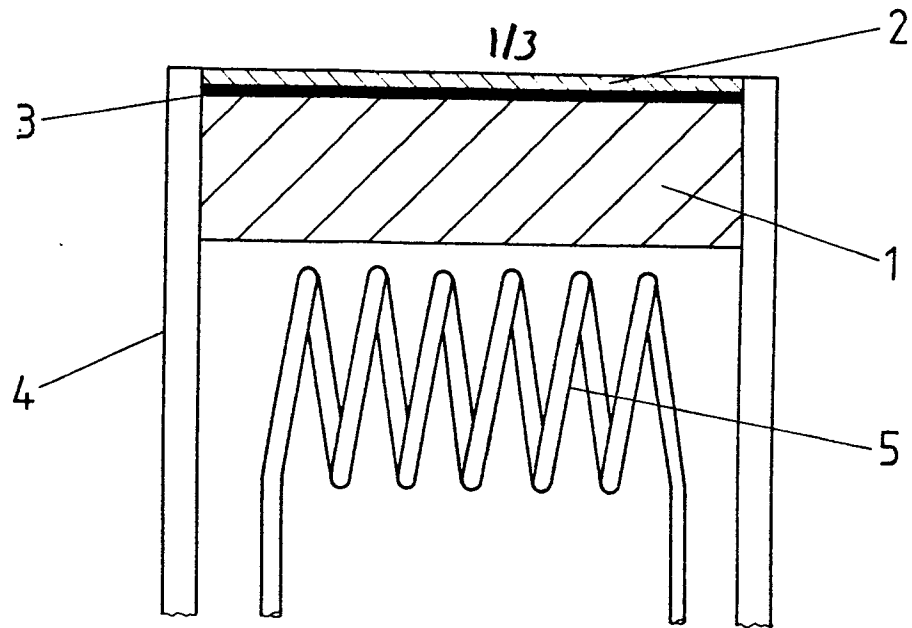


FIG. 1

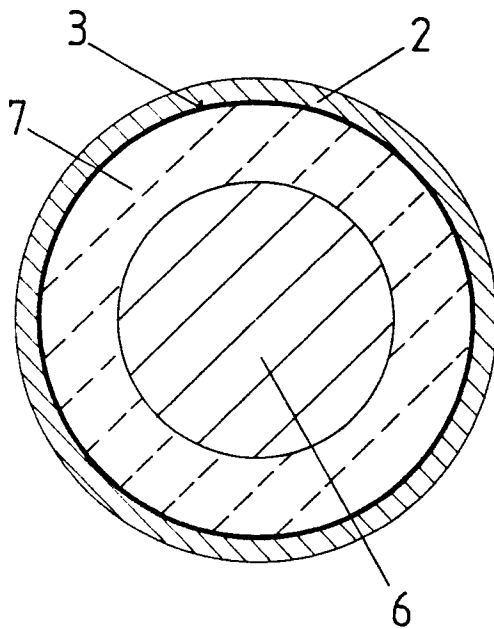


FIG. 2

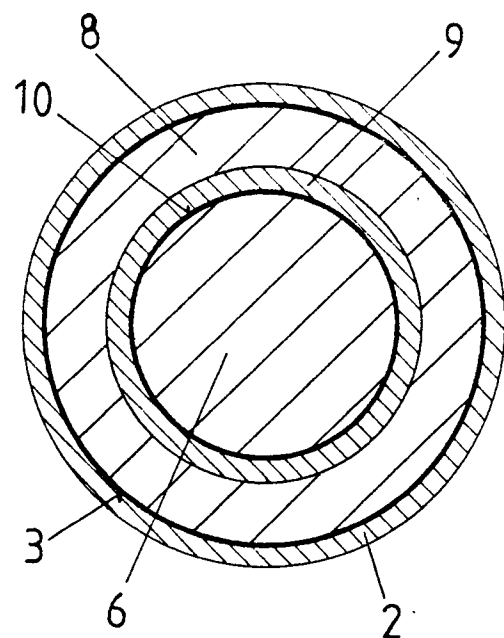


FIG. 3

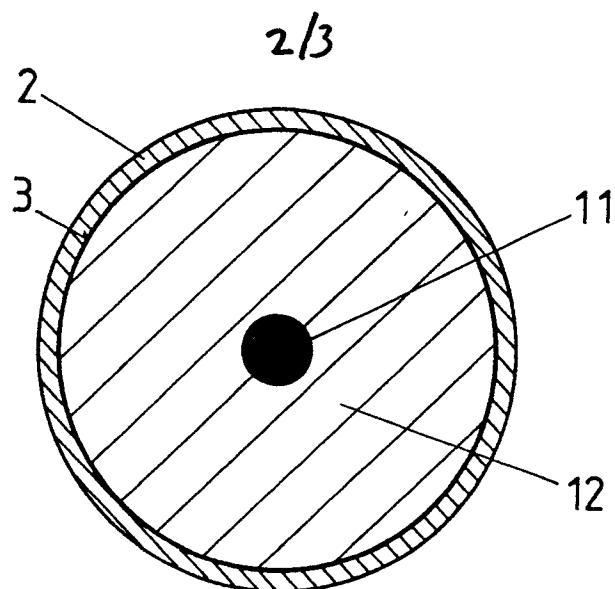


FIG. 4

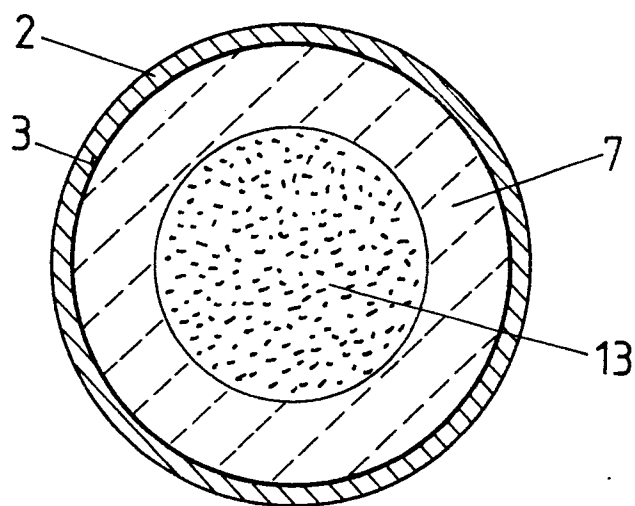


FIG. 5

3/3
FIG. 6