

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Patent
aufrechterhalten nach
§ 12 Abs. 3 ErstrG

(12) **PATENTSCHRIFT**
(11) **DD 278 221 B5**

(51) Int. Cl.⁵: C23 C 14/54
H05 H 1/40

DEUTSCHES PATENTAMT

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Aufrechterhaltung kann Einspruch eingelegt werden

(21) Aktenzeichen:	(22) Anmeldetag:	(44) Veröff.-tag der DD-Patentschrift:	(45) Veröff.-tag der Aufrechterhaltung:
DD C 23 C / 323 420 2	19. 12. 88	25. 04. 90	11. 11. 93

(30) Unionspriorität:

(72) Erfinder: Pätzelt, Peter, 01257 Dresden, DE; Hermann, Horst, 01219 Dresden, DE; Schulze, Dietmar, Dipl.-Phys., 01099 Dresden, DE; Wilberg, Rüdiger, Dipl.-Ing., 01309 Dresden, DE
(73) Patentinhaber: VTD Vakuumtechnik Dresden GmbH, Edgar-Andre-Str. 66, 01257 Dresden, DE
(74) Vertreter: Pätzelt, P., Pat.-Anw., Dresden

(54) Verfahren zur Zündung einer axialen Hohlkatoden-Bogenentladungsverdampferanordnung

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE-PS 2 823 876 CH-PS 471 521

Patentanspruch:

1. Verfahren zur Zündung einer axialen Hohlkatoden-Bogenentladungs- Verdampferanordnung, insbesondere für größere Abstände zwischen Anode und Katode, **gekennzeichnet dadurch**, daß beim Erreichen der erforderlichen Temperatur der aktiven Zone der Hohlkatode (2) zwischen Anode und Katode ein oder mehrere koaxiale Magnetfelder aufgebaut werden und daß unmittelbar nach dem Zünden der Bogenentladung die Kathodenheizung abgeschaltet und das Magnetfeld abgebaut wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß das starke Magnetfeld ab Erreichen einer Temperatur, die 75% der normalen Zündtemperatur der Hohlkatode (2) beträgt, aufgebaut wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß das starke Magnetfeld durch kurzzeitige Überbelastung der Magnetspule aufgebaut wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zündung einer axialen Hohlkatoden-Bogenentladungs-Verdampferanordnung, insbesondere für größere Abstände zwischen der Anode und Katode. Die Erfindung ist überall dort anwendbar, wo aufgrund der Anlagengeometrie die Hohlkatode vorteilhafterweise axial zur Anode, d. h. in der Regel vertikal über dem anodischen Verdampfertiegel angeordnet werden soll und deren Abstände zueinander so groß sind, daß eine normale Hohlkatoden-Bogenentladung nicht mehr gezündet werden kann.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Die Anwendung des Hohlkatoden-Bogenentladungs-Verdampfers hat innerhalb der PVD-Verfahren industrielle Bedeutung erlangt. Ihr Vorteil besteht insbesondere darin, daß die Hohlkatoden-Bogenentladungs-Verdampfer neben der Verdampfung des Anodenmaterials eine intensive Plasmaerzeugung gewährleisten und damit das Verdampfungsmaterial zu einem hohen Anteil ionisieren. Der Grad der Ionisation der verdampften Materialmenge und die Aktivierung der Reaktionsparameter ist dabei so optimal eingestellt, daß eine hohe Haftfestigkeit und zweckmäßige Orientierung der Gitterstruktur der Schicht erreicht werden. Das ist die Grundlage dafür, daß die Schichtabscheidung auf negativ vorgespannten Substraten mit hoher Haftfestigkeit erfolgt und im Falle der reaktiven Schichtabscheidung eine gute Reaktion der beteiligten Elemente erzielt wird.

Ein weiterer Vorteil ist die relativ kompakte Bauart, die es auch gestattet, die Katode unmittelbar neben der Anode anzuordnen, so daß der Bogen mit einer magnetfeldgesteuerten 180°-Umlenkung brennt. Problematisch ist jedoch die Zündung der Hohlkatoden-Bogenentladung, wenn die Abstände zwischen Anode und Katode zu groß werden. Das ist immer dann der Fall, wenn aus anlagenspezifischen Bedingungen heraus die Hohlkatode, z. B. im oberen Teil einer technischen Beschichtungsanlage angeordnet werden soll, während die Anode am Kammerboden angeordnet ist.

Aus der DE-PS 2823876 ist bekannt, daß bei einer Niedervolt-Glühkatoden-Bogenentladungs-Verdampfung mit axialer Anordnung von Glühkatode und Anodentiegel eine gesonderte Glühkatodenkammer ausgebildet wird, die zur Anode hin eine Öffnung zum Durchtritt des Elektronenstromes aufweist. Zum Zwecke der Zündung der Bogenentladung wird die Glühkatode aufgeheizt und nach Erreichen der erforderlichen Emissionstemperatur wird kurzzeitig an den Teil der Glühkatodenkammer, der die Öffnung zur Anode aufweist, die Anodenspannung angelegt. Damit zündet die Bogenentladung und ein Plasma wird ausgebildet. Dieses wiederum ermöglicht nach Umschalten der Anodenspannung von der Glühkatodenkammer auf den Tiegel, daß die Bogenentladung zwischen der Glühkatode und dem Anodentiegel weiterbrennt.

Nachteilig ist hierbei, daß die Glühkatodenkammer konstruktiv die Beschichtungskammer verändert. Ein einfaches Nachrüsten in vorhandene Anlagen ist nicht möglich. Des weiteren ist die zusätzliche Stromversorgung der Glühkatodenkammer mit Anodenpotential mit erheblichen Aufwand verbunden.

Die DE-PS 2823876 weist weiterhin konzentrisch außerhalb der Beschichtungskammer Magnete auf, die eine unkontrollierte Ablenkung des Elektronenstromes von der Katode zur Anode verhindern sollen. Auf den Zündmechanismus haben diese Magnete keinen Einfluß.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung verfolgt das Ziel, die bekannten Hohlkatoden-Bogenentladungs-Verdampfer auch in Anlagen zu nutzen, die einen größeren axialen Abstand von Anode zu Katode erfordern.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, daß bei relativ geringem technischen Aufwand eine sichere Zuendung einer Hohlkatoden-Bogenentladung zwischen Anode und Katode mit größerem axialen Abstand gestattet.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß beim Erreichen der erforderlichen Temperatur der aktiven Zone der Hohlkatode zwischen Katode und Anode kurzzeitig ein oder mehrere koaxiale Magnetfelder aufgebaut werden, und daß unmittelbar nach dem Zünden der Bogenentladung die Kathodenheizung und die magnetfelderregenden Ströme abgeschaltet werden. Durch den Aufbau von koaxialen Magnetfeldern zwischen Katode und Anode während der thermischen Emission von Elektroden aus der Katode und der Erzeugung eines Hohlkatoden-Glimmentladungs-Plasmas wird eine Einschnürung dieses Plasmas erzwungen. Diese führt zu einer Erhöhung der axialen Ladungsträgerkonzentration und ermöglicht den Umschlag in den Bogenentladungstyp. Ohne die kurzzeitige Plasmaeinschnürung kommt es bei den für die Bogenentladungsdämpfer üblichen Werten der Zündspannung von $< 80\text{ V}$ lediglich zu der Hohlkatoden-Glimmentladung, die keine nennenswerte Verdampfung von Anodenmaterial hervorruft. Nach der Zündung der Bogenentladung muß das Magnetfeld wieder abgeschaltet werden, damit das Plasma nicht weiter so gebündelt auf die Anode auftritt, denn das führt zu einer unerwünscht heftigen örtlichen Verdampfung mit starker Spritzerbildung. Es ist vorteilhaft, das Magnetfeld nicht erst bei Erreichen der Emissionstemperatur zuzuschalten, sondern ab einer Temperatur, die um etwa 25% niedriger liegt, damit die Zündung zum frühest möglichen Zeitpunkt erfolgt. Da nur kurzzeitig ein Magnetfeld erforderlich ist, kann das Magnetfeld mittels einer relativ kleinen Magnetspule aufgebaut werden, die dann kurzzeitig die Herstellung eines starken Magnetfeldes gestattet. Im Dauerbetrieb wäre für ein gleiches Feld, z. B. eine Verstärkung der Wicklung oder Kühlung der Spule notwendig. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es bei geringem technischen Aufwand gut möglich auch zwischen relativ weit auseinanderliegender Anode und Katode eine Bogenentladung zu zünden.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

Die zugehörige Zeichnung zeigt schematisch eine Beschichtungsanlage mit vertikaler Anoden-Katoden-Anordnung. In einer Beschichtungskammer 1 ist oben die Hohlkatode 2 und axial darunter am Kammerboden der anodische Verdampfertiegel 3 angeordnet. Mit 4 sind Substrate bzw. Substrathalterungen angedeutet. Eine zentrale Stromversorgungseinheit 5 beinhaltet alle erforderlichen Stromquellen. Zur Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind zwei Magnetspulen 6 koaxial zur Bogenentladungsstrecke zwischen Verdampfertiegel 3 und Hohlkatode 2 derart angeordnet, daß sich ein im wesentlichen homogenes Magnetfeld koaxial zur axialen Verbindungslinie Katode–Anode ausgebildet.

Zur erfindungsgemäßen Verfahrensführung der Zündung der Hohlkatoden-Bogenentladung wird erst die Beschichtungskammer 1 evakuiert und danach über die Hohlkatode 2 Argon als Trägergas der Entladung eingelassen. Der Druck in der Beschichtungskammer 1 wird auf 10^{-1} Pa eingeregelt. Danach wird durch den Heizdraht 7 der Hohlkatode 2 ein Heizstrom von 180 A geleitet, der die aktive Zone der Hohlkatode 2 in etwa 30 s auf die Zündtemperatur von 2400°C aufheizt. Kurz vor Erreichen dieser Temperatur wird 25 s nach Zuschalten des Heizstromes ein Strom durch die beiden in Reihe geschalteten Magnetspulen 6 geschickt. Dieser Strom liegt etwa bei 250% des Dauerstromes der Magnetspulen 6. Damit wird ein starkes gebündeltes Magnetfeld erzeugt, welches in der Achse der Spule bis zu 10^3 A/m beträgt. Die vom Heizdraht 7 und auch bereits von der Hohlkatode 2 selbst emittierten Elektroden werden damit unmittelbar nach der Hohlkatode 2 bis vor den Verdampfertiegel 3 stark gebündelt und gelangen so mit hoher Dichte auf einen Punkt der Oberfläche des zu verdampfenden Materials, und es bildet sich unmittelbar eine Bogenentladung aus. Sobald der Bogenstrom fließt, wird sowohl der Heizstrom des Heizdrahtes 7, wie auch der Stromfluß in den Magnetspulen 6 abgeschaltet. Wenn die Bogenentladung einmal gezündet ist, sind ausreichend Ladungsträger vorhanden, die den Bogen selbständig weiterbrennen lassen und da keine Einschnürung durch Magnetfelder mehr erfolgt, verteilt sich der Bogen auch über die gesamte Anoden-Verdampfertiegeelfläche. Die Verdampfung verläuft gleichmäßig und regelbar ohne Spritzerbildung.

