

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP C 23 C / 352 065 7

(22) 23.04.87

(45) 03.01.90

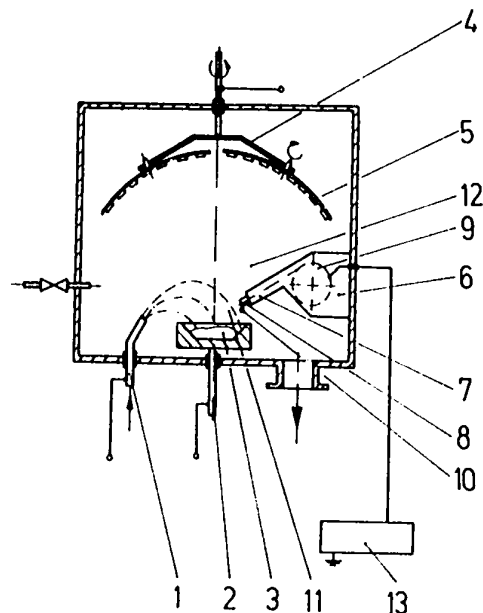
(71) VEB Hochvakuum Dresden, Niedersiedlitzer Straße 63, Dresden, 8017, DD

(72) Schulze, Dietmar, Dipl.-Phys.; Wilberg, Rüdiger, Dipl.-Ing.; Schröde, Frank, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys., DD

(54) Nachfütterungseinrichtung für Bogenentladungsverdampfer

(55) Vakuumbeschichtung, Bogenentladungsverdampfer, Nachfütterungseinrichtung, Plasma

(57) Die Erfindung dient zur Nachfütterung von gleichartigem, wie von verschiedenartigem Verdampfungsmaterial in den Verdampfertiegel (3) eines Bogenentladungsverdampfers, ohne daß es zu einer unkontrollierten Bogenentladung zum nachgefütterten Material kommt. Erfindungsgemäß wird dazu über entsprechend isolierte Mittel das nachzufütternde Material, mit regelbarer Geschwindigkeit und positivem Potential gegenüber dem Floatingpotential des Plasmas, in das äußere Plasma der positiven Säule (12) und vertikal oberhalb des Verdampfertiegels (3) eingeführt. Figur



Patentanspruch

1. Nachfütterungseinrichtung für Bogenentladungsverdampfer, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das nachzufütternde Verdampfungsmaterial drahtförmig mit einem gegenüber dem Floatingpotential des Plasmas positiven Potential mittels bekannter Vorschubeinrichtungen durch eine elektrisch isolierende Austrittsdüse zugeführt wird, wobei sich die Austrittsöffnung der Austrittsdüse (8) innerhalb des äußeren Plasmas (12) der positiven Säule der Bogenentladung und vertikal oberhalb des Verdampfertiegels (3) des Bogenentladungsverdampfers befindet.
2. Nachfütterungseinrichtung nach Anspruch 1 , d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß für die Geschwindigkeit der Vorschubeinrichtung und das positive Potential Regeleinrichtungen vorhanden sind.

zugehörig 1 Blatt Zeichnung

Nachfütterungseinrichtung für Bogenentladungsverdampfer

Einsatzgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Nachfütterungseinrichtung für Bogenentladungsverdampfer, wie sie zur plasmagestützten Schichtabscheidung (ionplating) eingesetzt werden. Die Nachfütterung betrifft dabei sowohl gleichartiges Material wie auch verschiedenartiges.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Nachfütterungseinrichtungen sind in der Vakuumbeschichtungs-technik allgemein bekannt. Für den Einsatz derartiger Einrichtungen innerhalb eines Plasmarumes sind jedoch eine Vielzahl grundsätzlich nicht geeignet bzw. mit sehr hohem Aufwand verbunden. Für große Verdampfungsmengen hat sich vor allem die kontinuierliche Drahtzuführung zum Verdampfer durchgesetzt. Bei Elektronenstrahlverdampfern erfolgt das oft von unten durch den Verdampfertiegel hindurch (JP 58-39913, C 23 C 13/12 oder JP 60-92470, C 23 C 14/30). In ähnlicher Weise erfolgt die Nachfütterung auch bei induktiver Verdampfung (US 4,406,252, C 23 C 13/12 oder EP 68087, C 23 C 13/12). Diese, für die Verdampfung großer Materialmengen sehr effektive Form ist auf jeweils ein Material begrenzt. Metallegierungen, deren Komponenten unterschiedliche Dampfdrücke besitzen, sind auf diese Weise nicht mit der eingestellten Zusammensetzung verdampfbar. Zur Zuführung der einzelnen Legierungskomponenten wurden deshalb Drahtfütterungseinrichtungen (Schiller, Heisig: Bedampfungstechnik, Verlag Technik 1975) eingesetzt, bei denen das Verdampfungs material bzw. einzelne Komponenten desselben in Drahtform von oben oder seitlich bis in den

heißen Teil (Tiegel) des Verdampfungssystems nachgeführt werden. Auf diese Weise ist eine kontinuierliche Verdampfung auch mehrerer Komponenten möglich, wobei allerdings die Zusammensetzung der legierten Schicht nur in geringen Umfang variiert werden kann, insbesondere dann, wenn es sich um Komponenten mit unterschiedlichen Dampfdrücken handelt. Allen dargestellten Varianten ist gemeinsam, daß das nachgeführte Metall das Potential des Tiegels annimmt und entweder auf Masse liegt oder entsprechend mit teilweise hohem Aufwand von diesem isoliert werden muß. Dies betrifft natürlich auch die Vorrats-einrichtungen und Antriebssysteme.

Für Bogenentladungsverdampfer sind keine konkreten Nachfütterungseinrichtungen bekanntgeworden. In der DE-OS 3413 891, C 23 C 14/30 wird ein Verfahren und eine Vorrichtung für das Verdampfen von Material aus einer Vakuumbogenentladung beschrieben, bei der die Anode selbst verdampft wird und damit ständig nachgeführt werden muß. Nach Zündung der Bogenentladung, evtl. mittels einer Zündelektrode, die die Katode berührt, erzeugt das verdampfte Material der Anode gleichzeitig das Brennmedium. Auch bei dieser Einrichtung wird grundsätzlich nur ein Material zugeführt. Problematisch ist die Beherrschung des geschmolzenen Materials. Da keine entsprechende Halteeinrichtung vorhanden ist, muß der Bogen so gesteuert werden, daß das Anodenmaterial unmittelbar nach dem Aufschmelzen auch verdampft wird. Die Prozeßführung, insbesondere die Einstellung einer bestimmten Verdampfungsrate ist mit dieser Einrichtung sehr kompliziert.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung hat das Ziel mittels der plasmagestützten Beschichtungstechnik lange Beschichtungszyklen zu realisieren und die Abscheidung von Misch- oder Mehrfachschichten zu ermöglichen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Nachfütterungseinrichtung für Bogenentladungsverdampfer zu schaffen, mit der gleiches oder unterschiedliches Material dem Tiegel zugeführt werden kann.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß das nachzufütternde Material drahtförmig innerhalb des äußeren Plasmas der positiven Säule der Bogenentladung mit einem gegenüber dem Floatingpotential des Plasmas positivem Potential beaufschlagt und vertikal oberhalb des Anodentiegels der Bogenentladungseinrichtung zugeführt wird. Die Zuführung erfolgt dabei über isolierte Austrittsdüsen.

Die Isolation des drahtförmigen Verdampfungsmaterials gegenüber der Austrittsdüse erfolgt in bekannter Weise durch Keramikelemente innerhalb eines optisch dichten Labyrinthsystems. Die Isolation gegenüber allen weiteren Halterungs- und Führungselementen kann durch übliche isolierende Materialien innerhalb eines metallischen Abschirmbehälters erfolgen. Die Zuführung des positiven Potentials erfolgt mittels einer gesonderten regelbaren Spannungsquelle.

Diese grundsätzliche Einrichtung kann wie folgt eingesetzt werden. Wenn die Nachfütterung erfolgen soll, wird der Nachfütterungsdraht auf positives Potential gelegt und der Vorschub eingeschaltet. Mit dem Austritt des Verdampfungsmaterials aus der Austrittsdüse in das äußere Plasma der Bogenentladung wird das Verdampfungsmaterial zur Sonde im Plasma. Es erfolgt dadurch eine Extraktion von Elektronen des äußeren Plasmas auf die Sondenoberfläche. Bei hinreichend hohem positiven Potential handelt es sich um einen Elektronensättigungsstrom. Es wird dadurch möglich, die Energie der auf die Sonde auftreffenden Elektronen und damit die an der Sonde umgesetzte elektrische Leistung in weiten Grenzen mit dem

positiven Potential zu variieren. Die im äußeren Plasma einer Bogenentladungsverdampferanordnung üblichen Elektronenkonzentrationen führen bei einem Potential von + 30 ... 100 V gegenüber dem Floatingpotential zu Elektronenstromdichten von einigen $A\ cm^{-2}$. Dadurch erfolgt eine schnelle Erwärmung des drahtförmigen Verdampfungsmaterials, welches in der Folge schmilzt und in den Anodentiegel abtropft, ohne einen elektrischen Kontakt mit diesem zu besitzen. Das zugeführte Verdampfungsmaterial vermischt sich im heißen Anodentiegel mit dem darin befindlichen Material und verdampft.

Mittels bekannter Vorschubsysteme wird die Drahtnachführgeschwindigkeit geregelt. Bedingung dabei ist, daß kein Auftreffen des drahtförmigen Verdampfungsmaterials auf den Anodentiegel erfolgt, da sich dann sofort eine Bogenentladung auf den Tiegelpotential führenden Draht ausbildet und in unkontrollierbarer Weise der zugeführte Draht verdampfen würde. Der besondere Vorteil der erfindungsgemäßen Einrichtung besteht darin, daß die Verdampfung des Materials aus dem Anodentiegel mittels Bogenentladung weiterhin ungestört und regelbar, unabhängig von einer Materialzuführung, verläuft. Es darf somit nur soviel Draht nachgeführt werden, wie durch die Elektronenbeschußheizung zum Schmelzen und Abtropfen gebracht werden kann. Diese Geschwindigkeit ist durch geeignete Wahl des positiven Potentials in Abhängigkeit von der Art des Verdampfungsmaterials, der Drahtstärke sowie den Parametern des äußeren Plasmas der Bogenentladung variierbar.

Wenn beim konkreten Einsatz die "vertikal" über dem Verdampfertiegel der Bogenentladungseinrichtung vorgesehene Austrittsdüse stört, könnte diese auch seitlich verschoben werden, wenn gesichert wird, daß das senkrecht abtropfende Material dennoch über eine Zuführungsrinne der Verdampfungseinrichtung dem Verdampfertiegel zugeführt wird. Das Prinzip kann auch zur Vermeidung von unerwünschten Spratzern beim

Eintropfen in das Schmelzbad angewandt werden.

Wenn entsprechend der Aufgabenstellung verschiedene Materialien zugeführt werden sollen, dann ist es leicht möglich, entsprechend viele Zuführungseinrichtungen anzuordnen.

Mit der erfindungsgemäßen Einrichtung wird das Einsatzgebiet der bekannten Hohlkatodenbogenverdampfer wesentlich erweitert. Mit relativ einfachen Mitteln können sehr große Verdampfungsmengen realisiert werden, es können aber auch beliebige Misch- und Mehrfachschichten realisiert werden. Ein besonderer Vorteil besteht auch bei der Verdampfung von Aluminium. Aus einem einfachen Bogenentladungsverdampfer kann Aluminium nur schwer oder gar nicht verdampft werden, da die isolierende Oxidhaut mittels der geringen Elektronenenergie (30 bis 50 eV) nicht durchbrochen wird. Bei Anwendung der Erfindung schmilzt der Aluminiumdraht und beim Auftreffen auf dem Tiegel wird der Tropfen derart zerschlagen, daß der Elektronenstrom an metallisch reines Aluminium gelangen kann, was zur intensiven Verdampfung führt.

Ausführungsbeispiel

Nachfolgend soll die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

Die zugehörige Zeichnung zeigt die erfindungsgemäße Einrichtung in schematischer Darstellung innerhalb einer Chargenanlage.

Innerhalb einer Vakuumkammer befinden sich eine Hohlkatoden-Bogenverdampfeinrichtung mit Katode 1 und Anode 2, wobei letztere den Verdampfertiegel 3 beinhaltet. Diesem Verdampfer gegenüber, in der Vakuumkammer oben, sind auf einem Planetenträger 4 die Substrate 5 angeordnet. Die erfindungsgemäße Nachfütterungseinrichtung 6 besitzt ein auf Masse liegendes Gehäuse 7 und die elektrisch isolierte Austrittsdüse 8,

durch welche von einer Vorratsrolle 9 das drahtförmige Nachfütterungsmaterial in den Plasmaraum austritt. Im Beispiel wird die gesamte Vorratsrolle 9 bei Bedarf mit einer Spannung beauftragt. Die Lage der Öffnung der Austrittsdüse 8, das heißt die Stelle, wo beim Betrieb das Verdampfungsmaterial, welches nachgefüttert wird, schmilzt und abtropft, ist so festgelegt, daß das abtropfende Material 10 in den äußeren Bereich des Verdampfertiegels 3 fällt. Im Beispiel befindet sich die Austrittsdüse 8 etwa 4 cm oberhalb des Verdampfertiegels und die Substrate 5 in einer mittleren Entfernung von 300 mm. Die auftretende Schatteneinwirkung durch die Austrittsdüse 8 auf den Planetenträgern 4 ist relativ gering und kann vernachlässigt werden. In der Zeichnung sind weiterhin angegeben mit 11 die positive Säule der Bogenentladung, 12 Bereich des äußeren Plasmas und mit 13 die Stromversorgungseinheit für die Vorratsrolle 9, einschließlich der Vorschubeinrichtung.

Beispielhaft kann mit dieser Einrichtung, zur Verbesserung des Korrosionswiderstandes von Titannitrid-Schichten auf schneidenden Werkzeugen mit hoher Wärmebelastung, eine Legierung der TiN-Schicht mit Aluminium realisiert werden. Dazu wird das Titan in bekannter Weise aus dem Verdampfertiegel 3 in einer reaktiven Atmosphäre verdampft und auf dem negativ vorgespannten Substraten 5 abgeschieden. Entsprechend der technologischen Vorgabe wird aus der Nachfütterungseinrichtung 6 durch die Austrittsdüse 8 Al-Draht in das äußere Plasma 12 eingeführt, wobei der Al-Draht (10) auf einem Potential von 60 V gegenüber Masse gelegt wird. Der Vorschub beträgt ca. 10 cm/s bei einem Drahtdurchmesser von 0,5 mm. Unter diesen Bedingungen werden aus dem äußeren Plasma Elektronen auf den austretenden Aluminiumdraht extrahiert, dieser erwärmt und je eine Drahtlänge von etwa 3 mm tropft als Schmelze in den darunter angeordneten Verdampfertiegel 3.

Dort wird das Aluminium innerhalb des ca. 2200 °C warmen Schmelzbades des Titan sofort verdampft und als Legierungsanteil am Substrat 5 innerhalb der TiN-Schicht abgeschieden.

