



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **257 552 A3**4(51) C 23 C 14/34
H 01 C 17/12

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21)	WP C 23 C / 286 298 5	(22)	20.01.86	(45)	22.06.88
(71)	Forschungsinstitut Manfred von Ardenne, Zeppelinstraße 7, Dresden, 8051, DD				
(72)	Heisig, Ullrich, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Goedicke, Klaus, Dipl.-Phys.; Hartung, Johannes, Dipl.-Phys.; Müller, Albrecht, Dipl.-Phys.; Knuth, Thomas, Dipl.-Ing.; Partzsch, Joachim, Dipl.-Ing.; Liebergeld, Horst; Bauer, Reinhardt, Dipl.-Ing., DD				
(54)	Einrichtung zur statistischen Beschichtung von Widerstandskörpern durch Plasmatronspattern				

(57) Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur statistischen Beschichtung von Widerstandskörpern durch Plasmatronspattern und dient der Herstellung von axialen Widerständen. Das Ziel ist die Reproduzierbarkeit der elektrischen Parameter von Charge zu Charge. Die Aufgabe ist das Erreichen enger Toleranzen der Widerstandsschichten. Erfindungsgemäß sind in einer Trommelanlage mit innen angeordneter Plasmatronquelle im Drehkorb die zu beschichtenden Widerstandskörper als Schüttgut eingebracht. Im Drehkorb sind radial zwischen dem Schüttgut und der Plasmatronquelle Kondensationsbleche über die gesamte Drehkorblänge angeordnet. Die Kondensationsbleche sind so bemessen, daß der ebene Teil der Oberfläche des zylindersegmentförmigen Bereiches mit Ausnahme der Randzonen vom Dampfstrom beaufschlagt wird.

Patentanspruch:

Einrichtung zur statistischen Beschichtung von Widerstandskörpern durch Plasmatron Sputtern, bestehend aus einem Drehkorb zur Aufnahme der Widerstandskörper als Schüttgut in einem zylindersegmentförmigen Bereich und einer im Drehkorb angeordneten Plasmatronquelle, **dadurch gekennzeichnet**, daß in dem Drehkorb (1) radial Kondensationsbleche (3) zwischen der Plasmatronquelle (4) und den Widerstandskörpern (2) angeordnet sind, deren Länge gleich der inneren Länge des Drehkorbes (1) ist, daß die Breite und der Abstand der Kondensationsbleche (3) so gewählt ist, daß nur der praktisch ebene Teil des zylindersegmentförmigen Bereiches vom Teilchenstrom und nicht die streifenförmigen Randzonen außerhalb desselben vom Teilchenstrom (5) beaufschlagt werden, und daß die Gesamtfläche der Kondensationsbleche (3) groß gegen die Targetfläche der Plasmatronquelle (4), vorzugsweise dreimal so groß ist und mindestens 10% der Oberfläche der Gesamtheit aller zu beschichtenden Widerstandskörper (2) ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung dient der Beschichtung von Körpern, insbesondere aus Keramik, mit einer Widerstandsschicht zur Herstellung von axialen Widerständen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Das allseitige Aufbringen einer Schicht auf Widerstandskörpern, vorzugsweise auf zylindrischen Körpern, erfolgt durch statistische Beschichtung.

Die statistische Beschichtung von Körpern mit Widerstandsschichten erfolgt seit einiger Zeit durch Plasmatron Sputtern in Anlagen mit Drehkorb. Dazu ist im Inneren des Drehkorbes eine Plasmatroneinrichtung angeordnet, die eine nach außen, d. h. auf die Innenwand des Drehkorbes gerichteten Dampfstrom erzeugt. Zum Zwecke der Beschichtung wird ein bestimmtes Volumen von Widerstandskörpern als Schüttgut in den Drehkorb eingegeben, die sich in einem zylindersegmentförmigen Bereich befinden. Diese Anordnung der Widerstandskörper bleibt auch erhalten, wenn zum Zwecke des Mischens der Widerstandskörper der Drehkorb beim Sputtern um seine Achse gedreht wird. Da beim Drehen sich immer andere Widerstandskörper und in veränderte Lage in der praktisch ebenen Oberfläche des zylinderförmigen Segmentes, die Beschichtungsfläche ist, aufhalten, werden nach einer bestimmten Beschichtungszeit die Widerstandskörper allseitig beschichtet. Probleme bei dieser Art der Beschichtung ergeben sich bei der von Charge zu Charge reproduzierbaren Herstellung von Widerstandsschichten mit gezielten, engtolerierten Werten der elektrischen Parameter, wie Flächenwiderstand, Temperaturkoeffizient und Stabilität, die u. a. vom Startdruck und von den Partialdruckbedingungen reaktiver Gase in der Sputteranlage abhängen. Es sind verfahrenstechnische Maßnahmen bekannt, um dieses Ziel bei der Herstellung von Widerstandsschichten auf ebenen Substraten zu erreichen. So ist vorgeschlagen worden, die Rückwirkung störender Restgaskomponenten auf das Target, was zu Schwankungen der erzielten Werte der elektrischen Parameter führt, durch eine Schlitzblende zwischen Target und Substraten zu vermeiden (DD-PS 142 568). Die Nutzung dieser Lehre für die statistische Beschichtung führt jedoch wegen der durch die Schlitzblende eingeschränkten Apertur des Dampfstromes des gesputterten Widerstandsmaterials zur Verringerung der effektiven Fläche, in der sich momentan zu beschichtende Widerstandskörper befinden. Das hat zur Folge, daß zur Erzielung eines bestimmten Flächenwiderstandes die Sputterzeit verlängert und damit die Produktivität herabgesetzt wird. Wird zur Kompensation der Reduzierung der effektiven Fläche die Sputterrate erhöht, so reduziert sich bei gegebener Sputterzeit die Anzahl der Sputtervorgänge der statistischen Schichtabscheidung für jeden Widerstandskörper, was eine kritische Erhöhung der Streuung der Flächenwiderstände zur Folge hat. Auch die Einführung des Gettersputterns (DD-PS 203 335) zur Reduzierung bzw. Stabilisierung der Restgaspartialdrücke im Interesse der Schichtabscheidung mit gezielten elektrischen Parametern hat bei der statistischen Beschichtung von Widerstandskörpern nur eine begrenzte Wirkung. Aus Produktivitätsgründen ist die entgasende Gesamtoberfläche der zu beschichtenden Widerstandskörper zusätzlich auch die Oberfläche des durch Heizen zu entgasenden Drehkorbes groß gegen die ökonomisch anwendbaren Getterflächen.

Um den Einfluß der Beschichtung von Widerstandskörpern in den streifenförmigen Randzonen auf die Streuung der elektrischen Parameter der Widerstandsschicht herabzusetzen, werden Blenden zur Ausblendung des in große Winkel gesputterten Dampfstromes des Widerstandsmaterials benutzt. Diese Verfahrensweise hat den Nachteil, daß dicke Schichten auf den Blenden aufwachsen, da sich diese Blenden beim Sputtern ständig im Dampfstrom befinden. Die Sputterquellen mit derartigen Blenden sind beim statistischen Beschichten schräg nach unten gerichtet. Abplatzende Teile der Schichten von den Blenden werden mit den Widerstandskörpern vermischt und beeinträchtigen die defektfreie Schichtabscheidung.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, die Mängel am Stand der Technik zu beseitigen und die Reproduzierbarkeit der elektrischen Parameter der hergestellten Widerstandsschichten zu verbessern.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zu schaffen, um beim Plasmatronensputtern von reaktiv wirkenden Widerstandsmaterialien in Drehkorbanlagen mit hohem Schüttvolumen von Widerstandskörpern und damit hoher Produktivität von Charge zu Charge und innerhalb der Chargen Widerstandsschichten mit engtolerierten Parametern zu erhalten. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe in einer Anlage zur statistischen Beschichtung von Widerstandskörpern mit einer Plasmatronquelle und einem Drehkorb zur Aufnahme der Widerstandskörper in einem zylindersegmentförmigen Bereich als Schüttgut dadurch gelöst, daß in dem Drehkorb dünne Kondensationsbleche radial angeordnet sind, deren Länge der inneren Länge des Drehkorbes entspricht. Die Breite der Kondensationsbleche ist so bemessen, daß sie sich zwischen der Targetoberfläche der Plasmatronquelle und den Widerstandskörpern befinden und der Abstand um so viel geringer ist, daß sich die Widerstandskörper ungehindert vorbeibewegen können. Die Breite und der Abstand der einzelnen Kondensationsbleche, die als Blenden und als Kondensationsfläche wirken, ist außerdem so gewählt, daß nur ein Teil des zylindersegmentförmigen Bereiches, und zwar der praktisch ebene Bereich, den das Schüttgut bildet, von Dampfteilchen beaufschlagt wird, d. h. die Widerstandskörper nur dort momentan beschichtet werden. Durch die Befestigung der Kondensationsbleche am Drehkorb erfolgt durch die Drehung des Korbes ein periodisches Hindurchbewegen der Kondensationsbleche durch den Beschichtungsraum. Die Frequenz der Periodendauer ist gleich der Zahl der Umdrehungen des Drehkorbes je Zeiteinheit. Durch die radiale Anordnung ist gewährleistet, daß in der Mitte des Beschichtungsraumes beide Normalen der Kondensationsbleche, also der Kondensationsflächen senkrecht zur Targetnormalen sind. Die gesamte der Targetoberfläche gegenüberstehende Oberfläche des zylindersegmentförmigen Bereiches mit Widerstandskörpern wird mit Ausnahme der streifenförmigen Randzonen beschichtet, auch wenn die besagten Kondensationsflächen durch den Beschichtungsraum bewegt werden. Ein Anteil des Dampfstromes wird infolge der Dampfstromdichteverteilung und der relativen Lage der Kondensationsbleche zur Plasmatroneinrichtung auf den Kondensationsblechen kondensiert. Dieser Anteil beträgt mindestens 10%, vorzugsweise mehr als 50% des erzeugten Dampfstromes.

Eine wesentliche Ursache der Schwankungen der elektrischen Parameter, insbesondere des Flächenwiderstandes in der Sputteranlage von Charge zu Charge und der Streuung innerhalb der Charge sind die Schwankungen der Höhe und der Zusammensetzung des Restgasdruckes insbesondere seiner reaktiven Bestandteile z. B. Wasser und Sauerstoff, aber auch Stickstoff. Diese Restgase bewirken beim Sputtern in reinem Argon eine störende und beim partiell reaktiven Sputtern in einem Argon-Reaktionsgasgemisch eine veränderliche Bedeckung der Targetoberfläche mit Reaktionsprodukten. Die Folge davon sind unkontrollierbare Schwankungen der Beschichtungsrate und damit unbeabsichtigte Änderungen bzw. Streuungen der elektrischen Parameter. Beim statistischen Beschichten von Widerstandskörpern sind diese Schwankungen bzw. Änderungen aus zwei Gründen besonders kritisch. Einerseits sind die Streuungen der elektrischen Parameter infolge der Art der Beschichtung bereits relativ hoch, andererseits sind die entgasenden Flächen bei produktiven Anlagen sehr groß. Bei 4l Schüttvolumen der Widerstandskörper sind in jeder Charge etwa 5 m² Widerstandskörperfläche zu entgasen, wie aus Produktivitätsgründen innerhalb weniger Minuten erfolgen muß.

Werden erfindungsgemäß Kondensationsflächen für das von den entgasenden Widerstandskörpern ausgehende störende Restgas zwischen den sputternden Targetoberflächen und den Widerstandskörpern angeordnet, so wird ein wesentlicher Anteil dieser Gase dort und damit in der Rückwirkung auf die Targetoberfläche eliminiert. Die vorgeschlagene geometrische Anordnung gewährleistet einerseits, daß die im Beschichtungsraum angeordnete Gesamtkondensationsfläche möglichst groß ist, andererseits ein Anteil des Dampfstromes sich ungehindert vom Target zu den Widerstandskörpern ausbreiten kann. Zu den Widerstandskörpern gelangt Sputtermaterial, das in kleine Winkel zur Targetnormalen emittiert wird, während Sputtermaterial, das in große Winkel zur Targetnormalen emittiert wird, auf den Kondensationsflächen abgeschieden wird. Entsprechend dem Anteil des gesputterten Widerstandsmaterials, das auf den Kondensationsflächen zur Kondensation gebracht wird, wird zur Aufrechterhaltung einer vorgegebenen Beschichtungsrate die Sputterrate auf dem Target erhöht. Dies bewirkt die weitere Reduzierung der Rückwirkung des Restgases auf die Targetoberfläche durch Erhöhung der Sputterrate gegenüber der Rate der Belegung mit Reaktionsprodukten neben der Reduzierung der Partialdrücke durch die Kondensation von gesputtertem Widerstandsmaterial auf den Kondensationsflächen.

Durch die periodische Bewegung der Kondensationsflächen durch den Beschichtungsraum wird erreicht, daß die besagten Kondensationsflächen periodisch neu mit gesputtertem Widerstandsmaterial belegt werden. Sie wirken damit in dem anderen Raumbereich des Drehkorbes, der ca. 90% beträgt, als Getterflächen, um die Restgasbedingungen zu verbessern. Da der Wechsel des Aufenthaltes der Kondensationsflächen im Beschichtungsraum und in die anderen Raumbereiche periodisch erfolgt, sind sie in den anderen Raumbereichen auch stets effektiv wirkende Getterflächen, d. h. Kondensationsflächen mit frisch abgeschiedenem reaktiv wirkenden Material. Durch die periodische Bewegung der Kondensationsflächen durch den Beschichtungsraum, wobei nur 20%, vorzugsweise weniger als 10% der Kondensationsflächen momentan im Beschichtungsraum wirksam sind, wird außerdem erreicht, daß die auf den Kondensationsflächen abgeschiedenen Schichtdicken nur einen Bruchteil so dick werden, als solche an stationär angeordneten Blenden im Sputterraum.

Die Gesamtfläche der sich periodisch bewegenden Kondensationsflächen ist einerseits groß gegen die Targetfläche, vorzugsweise mehr als das Dreifache der Targetfläche, andererseits ist die besagte Gesamtfläche auch mindestens 10% der Oberfläche der Gesamtheit aller zu beschichtenden Widerstandskörper und die besagten Kondensationsflächen sind konstruktiv so ausgeführt, daß der von den Oberflächenelementen der sputternden Targets ausgehende Dampfstrom in seiner Gesamtapertur derartig begrenzt wird, daß er nicht auf die beiden streifenförmigen Randzonen der praktisch ebenen Oberfläche des zylindersegmentförmigen Bereiches auftrifft. Durch die periodisch bewegten Kondensationsflächen im Beschichtungsraum wird neben den bereits angegebenen Wirkungen erreicht, daß die Fläche in der gleichzeitig Widerstandskörper beschichtet werden, größer als die Targetoberflächen ist, obwohl die Apertur des von jedem Targetflächenelement ausgehenden Dampfstromanteils reduziert und bei vorgegebener Beschichtungsrate die Zerstäubungsrate erhöht ist.

Die Kondensationsflächen sind derart ausgeführt, daß nahezu die gesamte praktisch ebene Oberfläche des zylindersegmentförmigen Bereiches mit Ausnahme der Randzonen zu jedem Zeitpunkt des Beschichtungsprozesses durch den Dampfstrom beaufschlagt wird. Dies ist im Interesse kurzer Zykluszeiten erforderlich und bewirkt kleine Streuungen der Flächenwiderstandswerte. In diesen Randzonen ist die Dichte der Widerstandskörper gestört und führt zu kritischen Streuungen der Schichtparameter.

Ausführungsbeispiel

Die zugehörige Zeichnung zeigt im Prinzip eine Einrichtung zum statistischen Beschichten von Widerstandskörpern. In einem Rezipienten (nicht gezeichnet) befindet sich ein im Uhrzeigersinn drehender Drehkorb 1. Sein Durchmesser und seine Länge betragen 600 mm. Im Inneren befinden sich als Schüttgut keramische Widerstandskörper 2 von 2 mm $\varnothing$ und 7 mm Länge, in einem Volumen von 4 dm³. Durch die Rotation des Drehkorbes 1 stellt sich eine Normale der Oberfläche des Schüttgutes um einen Winkel von ca. 30°C im Uhrzeigersinn gegen die Vertikale ein. Die Höhe H des Schüttgutes beträgt dabei ca. 35 mm.

Zwischen den beiden Seitenwänden des Drehkorbes 1 sind radial in Richtung zur Drehachse dünne Bleche als Kondensationsbleche 3 angeordnet, die als Kondensationsflächen wirken. Diese Kondensationsbleche 3 haben eine Breite b von 30 mm und sind entsprechend dem lichten Maße des Drehkorbes 2600 mm lang. Der Abstand a zwischen den Kondensationsblechen 3 und der Schüttgutoberfläche dient dem Ausgleich von Schwankungen in der Füllhöhe und beträgt ca. 10 mm. Bei 60 Kondensationsblechen 3 über den Umfang verteilt ergibt sich ein Abstand zwischen jeweils zwei Kondensationsblechen 3 von 23,6 mm bei einem Abstand c zwischen Kondensationsblechen 3 und dem Target der Plasmatronquelle 4 von 50 mm und einem Abstand d zwischen Target und Drehkorbbinnenseite von 125 mm. Die Targetbreite beträgt 100 mm bei einer Länge von 550 mm. Die Targetnormale hat die gleiche Richtung wie die Oberflächennormale des Schüttgutes.

Die Kondensationsbleche 3 begrenzen den von der Plasmatronquelle 4 ausgehenden Dampfstrom 5 derart, daß vom Targetrand ausgehende Teilchen nur auf einer Breite von 225 mm auf die Oberfläche des Schüttgutes auftreffen. Durch die Rotation des Drehkorbes 2 werden die Kondensationsbleche 3 periodisch durch den Beschichtungsraum bewegt und dadurch auf den Oberflächen dieser Kondensationsbleche 3 ein Anteil von ca. 40 % des vom Target erzeugten Dampfstromes 5 zur Kondensation gebracht.

Diese Kondensationsflächen befinden sich ca. 9 % der Gesamtzeit für eine Umdrehung im Beschichtungsraum. Werden die periodisch bewegten Kondensationsbleche 3 so ausgeführt, daß der von den Oberflächenelementen der sputternden Targets ausgehende Dampfstrom 5 in seiner Gesamtapertur derartig begrenzt wird, daß er nicht auf die beiden streifenförmigen Randzonen der praktisch ebenen Oberfläche des zylindersegmentförmigen Bereiches auftrifft, so wird erreicht, daß der Dampfstrom 5 nicht auf Widerstandskörper 2 trifft, die nicht optisch dicht den Dampfstrom 5 gegen die Drehkorbbinnenwand füllen. Derartige Störungen der Anordnung der Widerstandskörper 2 ergeben sich in den besagten Randzonen durch die Bewegung des Drehkorbes 2 und durch die Wirkung von Leiteinrichtungen zur Verbesserung der Durchmischung der Widerstandskörper 2. Eine Beschichtung der Widerstandskörper 2 in diesen Randzonen führt infolge veränderter effektiv beschichteter Oberfläche der einzelnen Widerstände oder infolge veränderter Aufenthaltszeit in der momentan beschichteten Oberfläche zu kritischen Streuungen der elektrischen Parameter.

257 552

