DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) **Wirtschaftspatent**

(19) **DD** (11) **230 565 A3**

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

4(51) **C 23 C 14/36**
C 23 C 14/34

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21)	WP C 23 C / 256 303 4	(22)	03.11.83	(45)	04.12.85

(71) siehe (72)
(72) Hartung, Johannes, Dipl.-Phys., 8051 Dresden, Kirschauer Straße 7; Goedicke, Klaus, Dipl.-Phys.; Heisig, Ullrich, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Schiller, Siegfried, Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Beister, Günther, Dipl.-Phys.; Hecht, Hans-Christian, Dipl.-Phys.; Hempel, Wolfgang, Dipl.-Phys.; Kühn, Gerhard, Dr.-Ing. Dipl.-Ing.; Spreitz, Volkmar, Dipl.-Ing., DD

(54) Plasmatron-Quelle

(57) Die Plasmatronquelle dient zum Beschichten von Substraten im Vakuum durch Hochratezerstäuben. Das Ziel ist die Verringerung des Herstellungsaufwandes. Die Aufgabe ist es, stabilen Betrieb bei niedrigem Arbeitsdruck und hoher Leistung zu erreichen, sowie eine hohe Ausnutzung des Targetmaterials. Erfindungsgemäß besteht das Magnetsystem aus einzelnen geraden Magnetsegmenten, die alle gleiche geometrische Form und Abmessungen haben. Das Magnetsystem ist magnetisch nicht gesättigt, und das Maximum der Tangentialkomponente der Magnetfeldstärke auf der Targetoberfläche in den gekrümmten Bereichen des Ringspaltes beträgt mindestens das 1,2fache dieses Wertes in den geraden Bereichen. Fig. 1

ISSN 0433-6461

9 Seiten

Plasmatronquelle

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft Plasmatronquellen zum Beschichten von Substraten im Vakuum durch Hochratezerstäuben, speziell solche mit langgestreckten planaren Targets.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Planare Plasmatronquellen enthalten das Zerstäubungsmaterial in Form des in der Regel wassergekühlten Targets. Das Magnetsystem ist meist aus Permanentmagneten aufgebaut, die einen in sich geschlossenen Ringspalt bilden. Eine zweckmäßige Konstruktion ist der Aufbau des Magnetsystems aus Permanentmagneten, einer weichmagnetischen Rückschlußplatte und Polschuhen. Vor Inbetriebnahme der Plasmatronquelle wird das Magnetsystem magnetisiert, das heißt die Permanentmagnete in magnetische Sättigung gebracht. Die Betriebsparameter einer Plasmatronquelle werden durch die Gestaltung des Magnetsystems beeinflußt.

Grenzen der bekanntgewordenen Plasmatronquellen betreffen die Stabilität der Strom-Spannungs-Kennlinie, den minimalen Arbeitsdruck und die Parameterkonstanz bei fortschreitender Targeterosion mit steigender Gebrauchsdauer. Bei langgestreckten Plasmatronquellen mit Targets, die ein Verhältnis Länge zu Breite von 10 und mehr haben, nehmen Instabilitäten der Strom-Spannungs-Kennlinie vor allem für niedrigen Arbeitsdruck und

hohe Leistungen zu. Bei z.B. 15 mm dicken Targets unterscheidet sich die Brennspannung zu Beginn und am Ende der Gebrauchsdauer bei sonst konstanten Bedingungen um mindestens den Faktor 2. Ebenso wird als Folge der Targeterosion ein Absinken der Zerstäubungsrate auf 0,6 ... 0,7 des Anfangswertes beobachtet, auch wenn die Leistung der Plasmatronquelle konstantgehalten, also im genannten Beispiel der Strom mindestens verdoppelt wird.

Im Zuge der bisherigen technischen Entwicklung von Plasmatronquellen wurde eine Reihe von Fortschritten durch Maßnahmen wie Einführung einer Relativbewegung von Target und Magnetsystem (DE-PS 27 07 144), Veränderung des Magnetfeldes mit steigender Gebrauchsdauer des Targets mittels zusätzlicher Spulen im Ringspalt (DD-PS 200 804) und durch Aufbau des Magnetsystems aus Hauptmagneten und Hilfsmagneten (DE-OS 30 04 546) erreicht. Diese Maßnahmen bedingen z.T. erhebliche technische Aufwendungen für langgestreckte Plasmatronquellen großer Abmessungen. Die Wirksamkeit der genannten Maßnahmen wird auch in dem Maße begrenzt, wie in einzelnen Bereichen des Ringspaltes abweichende Entladungsbedingungen herrschen, z.B. an den Enden langgestreckter Plasmatronquellen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Beseitigung der Mängel am Stand der Technik und die Verringerung des Aufwandes bei der Herstellung der Plasmatronquellen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Plasmatronquelle mit langgestrecktem planarem Target zu schaffen, die sich durch hohe Stabilität des Betriebes auch bei niedrigem Arbeitsdruck und höherer Leistung auszeichnet, die eine geringe Änderung der Entladungsspannung und der Zerstäubungsrate mit steigender Gebrauchsdauer des Targets bei gleichzeitig hoher Materialausnutzung des Targets besitzt.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe für eine Plasmatronquelle mit langgestrecktem planaren Target und Permanent-Magnetsystem, bestehend aus Polschuhen, Rückschlußplatte und Magnetsegmenten, dadurch gelöst, daß die Magnetsegmente in den geraden und den gekrümmten Bereichen des Ringspaltes gleiche geometrische Form und Länge besitzen, wobei die Länge dem 1,5- bis 2fachen der Ringspaltbreite und deren Abstand untereinander in Richtung des Ringspaltes etwa der Ringspaltbreite entspricht. Das Permanent-Magnetsystem ist magnetisch nicht gesättigt, und das Maximum der Tangentialkomponente der Magnetfeldstärke auf der Targetoberfläche in den gekrümmten Bereichen des Ringspaltes beträgt mindestens das 1,2fache, vorzugsweise jedoch das 1,5fache dieses Wertes in den geraden Bereichen der Leitbahn.

Der Aufbau des Magnetsystems in der angegebenen Art führt einerseits nicht zu einer Verringerung der Tangentialkomponente der magnetischen Feldstärke im Ringspalt zwischen je zwei Magnetsegmenten, ermöglicht andererseits jedoch, durch unterschiedliche Magnetisierung benachbarter Magnetsegmente die Einstellung unterschiedlicher Maximalwerte für die Tangentialkomponente der Magnetfeldstärke. Bisherige Bemühungen zur Verbesserung von Plasmatronquellen langgestreckter Bauart waren darauf gerichtet, die Tangentialkomponente des Magnetfeldes längs des Ringspaltes zu homogenisieren. Dazu wurden z.B. das Magnetvolumen je Leitbahnlänge in den gekrümmten Bereichen erhöht oder in diesen Bereichen speziell geformte Polschuhe benutzt. Die erfindungsgemäße Lösung geht im Gegensatz dazu davon aus, gezielt höhere Werte für den Maximalwert der Tangentialkomponente des Magnetfeldes in gekrümmten Bereichen der Leitbahn zu schaffen.

Es zeigte sich, daß auf diese Weise das insbesondere für niedrigen Entladungsdruck und hoher Entladungsleistung von verschiedenen Autoren beschriebene und auch selbst beobachtete Abreißen der Entladung nicht auftritt.

Vorbehalte gegen den Einsatz nicht in magnetischer Sättigung befindlicher Permanent-Magnetsysteme hinsichtlich der Instabilität des magnetischen Arbeitspunktes sind unter den genannten

Bedingungen der erfindungsgemäßen Lösung nicht begründet. Der Betrieb des Magnetsystems im nicht gesättigten Zustand führt aufgrund eines günstigen Verlaufes der Magnetfeldstärke quer zum Ringspalt zu einer hohen Materialausnutzung des Targets. Eine wesentlich geringere Veränderung wichtiger Parameter wie Entladungsspannung und Zerstäubungsrate der erfindungsgemäßen Plasmatronquellen gegenüber denen bekannter Bauart ist einem im Mittel über dem Ringspalt verbreiteten Erosionsprofil zuzuschreiben.

Ausführungsbeispiel

Die zugehörigen Zeichnungen zeigen in

Fig. 1: einen Ausschnitt einer Plasmatronquelle,

Fig. 2: einen Ausschnitt des Feldlinienverlaufes.

In Fig. 1 ist das Permanent-Magnetsystem einer Plasmatronquelle schematisch dargestellt, wobei die Targetmaße 2400 mm x 160 mm betragen, die Targetdicke beträgt 15 mm. Das Permanent-Magnetsystem besteht aus Polschuhen 1, einer Rückschlußplatte 2 und Magnetsegmenten 3 aus gebräuchlichen hartmagnetischen Werkstoffen, z.B. AlNiCo. Die Magnetsegmente 3 in den geraden Bereichen des Ringspaltes 4 haben die gleiche geometrische Form wie die Magnetsegmente 3 in den gekrümmten Bereichen des Ringspaltes 4. Sie haben trapezförmigen Querschnitt; eine Höhe h von 30 mm und eine Länge l von 70 mm. Die Länge entspricht damit dem 1,75fachen der Ringspaltbreite b, die 40 mm beträgt. Der Abstand a dieser Segmente untereinander in Richtung des Ringspaltes 4 beträgt 40 mm, er entspricht damit der Ringspaltbreite a. Gegenüber den im allgemeinen angewandten Magnetsystemen mit kompaktem Aufbau ist die Gesamtlänge der Magnetsegmente 3 also wesentlich kleiner als die Länge der Polschuhe 1.

In Fig. 2 ist das mit diesem Magnetsystem erzeugte Magnetfeld veranschaulicht, indem die Richtung der Feldlinien 5 in der Ebene der Targetoberfläche 6 dargestellt ist. Zur Magnetisierung dient eine übliche Magnetisierungseinrichtung, die z.B. aus einer Stoßentladungs-Kondensatorbatterie, einer Magnetisierungsspule, die beim Magnetisieren in den Ringspalt 4 des

Magnetsystems eingebracht wird, und weichmagnetischen Rückschlußplatten 2, die die Polschuhe 1 kurzschließen, besteht. Nach dem Magnetisieren entsteht ein Magnetfeld, dessen Tangentialkomponente quer zum Ringspalt 4 am Polschuh 1 Null ist, beim Fortschreiten quer zum Ringspalt 4 ansteigt, ein Maximum etwa in Ringspaltmitte durchläuft und mit weiterem Fortschreiten wieder abfällt, bis es am gegenüberliegenden Polschuh 1 den Wert Null erreicht. Entsprechend der Erfindung ist die Magnetisierung des Magnetsystems so ausgeführt, daß das Magnetsystem unterhalb des Wertes seiner magnetischen Sättigung wirkt. Einzelne Bereiche des Systems, d.h. die Bereiche der getrennten Magnetsegmente 3, sind unterschiedlich stark magnetisiert. Das Maximum 7 der Tangentialkomponente in den gekrümmten Bereichen des Ringspaltes 4 beträgt im Beispiel 240 Oerstedt $\hat{=}$ 19 kAm^{-1}. Es ist um den Faktor 1,5 höher als das Maximum 8 der Tangentialkomponente der Feldstärke in den geraden Bereichen, welches 160 Oerstedt $\hat{=}$ 12,7 kAm^{-1} beträgt. Im gesamten geraden Bereich ist dieser Wert etwa homogen, der Übergang zwischen den Werten 7 und 8 erfolgt in einem Bereich von 20 ... 30 mm. Die besagte Feldstärkeverteilung wird z.B. dadurch hergestellt, daß nach einer Magnetisierung des gesamten Systems in einem oder mehreren Magnetisierungsschritten die Bereiche mit gekrümmten Ringspalt 4 gezielt nachmagnetisiert werden, z.B. dadurch, daß dabei nur in diesen Bereichen weichmagnetische Rückschlußplatten 2 benutzt werden. Eine Plasmatronquelle der beschriebenen Art ist in einem weiten Arbeitsdruckbereich (0,05 ... 1 Pa Argon) stabil betriebsfähig. Sie zeichnet sich durch eine hohe Ausnutzung für das Targetmaterial und konstante Betriebsparameter aus. Bei stark erodiertem Target am Ende der Gebrauchsdauer sinken Entladungsspannung und Zerstäubungsrate nur um maximal 10 Prozent gegenüber den entsprechenden Werten am Anfang der Gebrauchsdauer des Targets trotz der großen Targetdicke von 15 mm.

Erfindungsanspruch

Plasmatronquelle mit langgestrecktem planarem Target und Permanent-Magnetsystem aus Polschuhen, Rückschlußplatte und Magnetsegmenten, gekennzeichnet dadurch, daß die Magnetsegmente (3) in den geraden und den gekrümmten Bereichen des Ringspaltes (4) gleiche geometrische Form haben, daß sie eine Länge besitzen, die dem 1,5- bis 2fachen der Ringspaltbreite (b) und deren Abstand (a) untereinander in Richtung des Ringspaltes (4) etwa der Ringspaltbreite (b) entspricht, daß das Permanent-Magnetsystem magnetisch nicht gesättigt ist und daß das Maximum der Tangentialkomponente der Magnetfeldstärke auf der Targetoberfläche in den gekrümmten Bereichen des Ringspaltes (4) mindestens das 1,2fache, vorzugsweise jedoch das 1,5fache dieses Wertes in den geraden Bereichen der Leitbahn beträgt.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

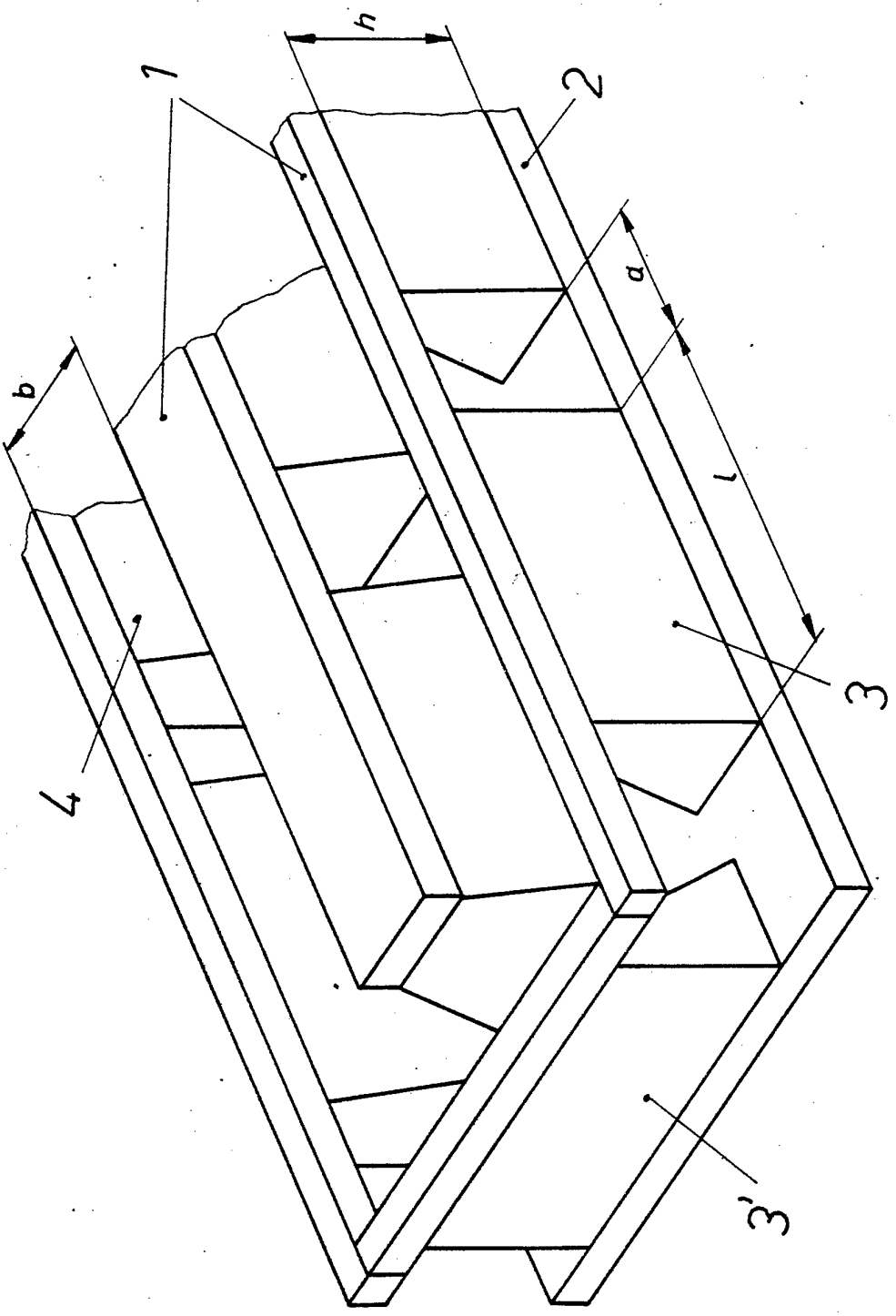


Fig.1

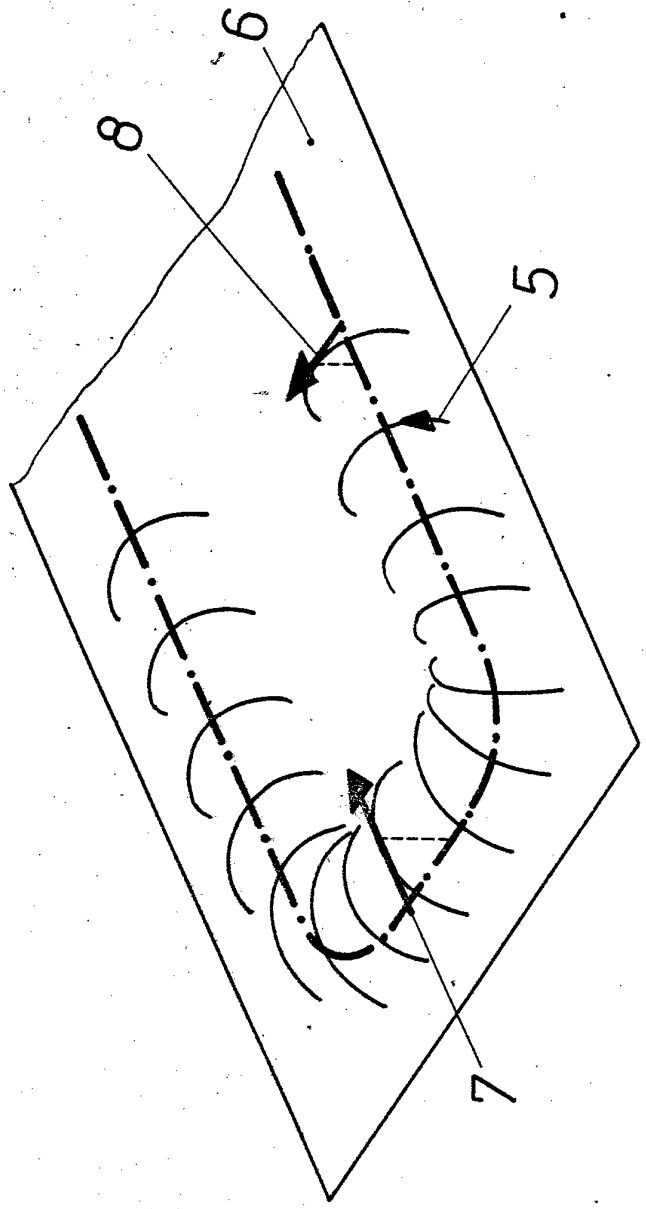


Fig. 2