



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 05 137 T2 2004.07.22**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 144 713 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 05 137.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/30793**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 977 103.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/036701**

(86) PCT-Anmeldetag: **10.11.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **25.05.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.10.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **10.09.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.07.2004**

(51) Int Cl.7: **C23C 14/34**
C23C 14/35, H01J 37/34

(30) Unionspriorität:
442600 18.11.1999 US
688709 17.10.2000 US

(73) Patentinhaber:
Tokyo Electron Ltd., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
P.E. Meissner und Kollegen, 14199 Berlin

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH, DE, FR, GB, IT, LI, NL

(72) Erfinder:
RUSSELL, Andrew, Derrek, Scottsdale, US

(54) Bezeichnung: **MAGNETISCHE ANORDNUNG ZUR EFFIZIENTEN VERWENDUNG EINES TARGETS BEIM ZERSTÄUBEN EINES KEGELSTUMPFÖRMIGEN TARGETS**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Diese Anmeldung ist eine teilweise Fortsetzung der US-Patentanmeldung Serien-Nr. 09/442,600, die am 18. November 1999 eingereicht wurde, und die hierdurch ausdrücklich als Verweisquelle aufgenommen ist.

Gebiet der Erfindung:

[0002] Diese Erfindung betrifft die Magnetron-Kathodenzerstäubung und insbesondere eine Magnetron-Magnetgestaltung zur effizienten Ausnutzung eines Kathodenzerstäubungstargets.

Hintergrund der Erfindung

[0003] Eine Magnetron-Kathodenzerstäubung oder magnetisch verbesserte Kathodenzerstäubung umfaßt die Verwendung eines Kathodenzerstäubungstargets, um ein Beschichtungsmaterial zur Abscheidung aus der Dampfphase in einem Vakuum auf Substrate in einer Kammer bereitzustellen. Bei der Kathodenzerstäubung wird das Kathodenzerstäubungstarget mit einem negativen Potential erregt, um als eine Kathode in einem Glimmentladungssystem zu dienen. Bei der Magnetron-Kathodenzerstäubung erzeugen Magnete ein Magnetfeld in der Form eines magnetischen Tunnels mit einem geschlossenen Kreis über der Oberfläche des Kathodenzerstäubungstargets. Der magnetische Tunnel schließt Elektronen nahe der Oberfläche des Targets ein. Der Elektroneneinschluß läßt die Bildung eines Plasmas mit bedeutend niedrigeren Zünd- und Löschspannungen für einen gegebenen Prozeßdruck und bedeutend niedrigeren Zünd- und Löschdrücken für eine gegebene Kathodenspannung zu.

[0004] Ein herkömmlicher magnetischer Tunnel schließt nahe der Targetoberfläche sowohl thermische Elektronen als auch Sekundärelektronen ein. Thermische Elektronen werden von Sekundärelektronen durch ihren Ursprung unterschieden, der den Elektronen unterschiedliche Eigenschaften gibt. Thermische Elektronen werden durch eine ionisierende Kollision eines Atoms oder Ions mit einem anderen Elektron erzeugt. Thermische Elektronen sind sehr viel zahlreicher als Sekundärelektronen, haben jedoch eine sehr viel niedrigere Energie. Sekundärelektronen werden aus dem Target bei einem Aufprall durch ein Ion auf das Target emittiert.

[0005] Der Tunnel zwingt die Sekundärelektronen infolge des Einflusses der Komponente des Magnetfelds, die in der Querschnittsebene parallel zur nicht erodierten Targetoberfläche ist, in halbkreisförmige Kreisbahnen längs der Länge des magnetischen Tunnels. Die Komponente des Magnetfelds senkrecht zur nicht erodierten Targetoberfläche zwingt die Sekundärelektronen, die sich parallel zur Achse des Tunnels bewegen, dazu, sich lateral in der Querschnittsebene zur magnetischen Mittellinie des Tun-

nels hin zu bewegen, die die Linie auf der Oberfläche des Targets ist, wo das Magnetfeld senkrecht zur nicht erodierten Targetoberfläche null ist. Andererseits bewegen sich thermische Elektronen in der Querschnittsebene des Tunnels hin und her und bilden spiralförmige Kreisbahnen längs der Linien des magnetischen Flusses. Aufgrund ihrer niedrigen Mobilität senkrecht zu den magnetischen Flußlinien werden thermische Elektronen in den Bereich des Kathode eingeschlossenen Magnetische Spiegel, die durch die konvergierenden magnetischen Flußlinien am Rand des magnetischen Tunnels gebildet werden, reflektieren die thermischen Elektronen weiter von einer Seite zur anderen, da die niedrige Mobilität der thermischen Elektronen senkrecht zu den magnetischen Flußlinien sie sich weiter in spiralförmige Kreisbahnen um die Flußlinien bewegen läßt. Der Spiegeleffekt ist an den Rändern des magnetischen Tunnels am stärksten und verschwindet über der magnetischen Mittellinie des Tunnels, so daß die thermischen Elektronen sich horizontal in einer eindimensionalen Potentialwand bewegen, die an der magnetischen Mittellinie des Tunnels zentriert ist.

[0006] Die Elektroneneinschlußseigenschaften der Magnetron-Kathodenzerstäubung sind bei der Steigerung der Plasmadichte nahe der Targetoberfläche effektiv und machen die magnetisch verbesserte Kathodenzerstäubung sehr viel praktischer als die herkömmliche Diodenkathodenzerstäubung. Jedoch ist der herkömmliche magnetische Tunnel für eine niedrige Targetausnutzung verantwortlich, da die Konzentration der Elektronen nahe der magnetischen Mittellinie des Tunnels bewirkt, daß die Plasmadichte entsprechend konzentriert wird, was die Erosionsrate in diesem Bereich am höchsten macht. Ferner erodiert die Targetoberfläche in dem Bereich benachbart zur Mittellinie, wenn das Target erodiert, in noch stärkere Magnetfelder, was die Konzentration der Erosion beschleunigt. Zusätzlich erzeugt die konzentrierte Erosion ein V-förmiges Profil, das Sekundärelektronen von den gegenüberliegenden Wänden zur Mitte der Erosionskerbe umleitet, was das Plasma dort weiter konzentriert. Typischerweise hat die Ausnutzung eines Targets mit gleichmäßiger Dicke annähernd 25% betragen. Eine schlechte Targetausnutzung unterminiert die Wirtschaftlichkeit einer Dünnfilmabscheidung, indem sie die Anzahl der verbrauchten Targets und die Menge des ungenutzten Targetmaterials ebenso wie die Maschinenstillstandszeit erhöht, die zum Wechsel der Target erforderlich ist. Nicht erodierte Bereiche des Targets neigen nahe den Kanten des magnetischen Tunnels aufzutreten. Wo solche Bereiche vorhanden sind, neigen sie dazu, wieder niedergeschlagenes Material anzusammeln, das in die Bearbeitungskammer abblättert, um eine teilchenförmige Verunreinigung des Substrats zu erzeugen.

[0007] Es sind magnetische Tunnel eingesetzt worden, die unsymmetrische Formen aufweisen, die bezüglich des Targets gedreht werden, um das Erosi-

onsprofil zu manipulieren. Eine solche Rotation ist beim Erzielen einer verbesserten Filmgleichmäßigkeit auf dem Substrat, beim Erzielen einer höheren Targetausnutzung und beim Erodieren von Punkten auf dem Target nützlich, die andernfalls nicht erodiert hinterlassen würden, wenn der magnetische Tunnel statisch wäre. Diese rotierenden Anordnungen sind nur für runde planare Targets praktisch. Für rechteckige und ringförmige Targets sind nur statische magnetische Anordnungen praktisch gewesen.

[0008] Für kegelstumpfförmige Targets und andere ringförmige Targets, die andere Systemkomponenten aufweisen, die in der Mitte des Targets angeordnet sind, haben die Magnetron-Anordnungen des Stands der Technik keine hohe Targetausnutzung geliefert. Während magnetisch verbesserte Kathodenzerstäubung die Kathodenzerstäubung zu einer praktischen und wirtschaftlich lebensfähigen Technik zur Abscheidung dünner Filme gemacht hat, ist ihr volles wirtschaftliches Potential im Fall von statischen magnetischen Anordnungen nicht verwirklicht worden.

[0009] Folglich bleibt eine Notwendigkeit, eine Magnetgestaltung bereitzustellen, die eine hohe Targetausnutzung mit kegelstumpfförmigen und anderen ringförmigen Targets erzeugt.

Zusammenfassung der Erfindung

[0010] Die Erfindung stellt eine Kathodenzerstäubungsvorrichtung, wie im Anspruch 1 und 5 definiert, ebenso wie einen Magnetaufbau, wie im Anspruch 12 definiert, und ein Verfahren bereit, wie im Anspruch 13 definiert.

[0011] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, für eine verbesserte Ausnutzung und vollflächige Erosion eines kegelstumpfförmigen Targets in einer Magnetron-Kathodenzerstäubungsvorrichtung zu sorgen. Eine besondere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, für eine verbesserte Ausnutzung eines ringförmigen Targets zu sorgen, ohne die Verfügbarkeit des Volumens innerhalb der Öffnung in der Mitte des Targets für die Verwendung durch andere Hardware, wie zum Beispiel einer ICP-Quelle einzuschränken.

[0012] Gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung wird eine Kathodenzerstäubungsvorrichtung, die ein kegelstumpfförmiges oder ähnliches ringförmiges Kathodenzerstäubungstarget aufweist, mit einem Magnetron-Magnetaufbau bereitgestellt, der bewirkt, daß die Erosion des Targets sich von der Mitte des Targetkreisrings zu inneren und äußeren Bereichen bewegt, wenn das Target erodiert. Der Magnetaufbau ist hinter dem Target angeordnet, um ein plasmaeinschließendes Magnetfeld über dem Target in der Form eines ringförmigen Tunnels auf der Oberfläche des ringförmigen Targets zu erzeugen, das die Öffnung in der Targetmitte umgibt. Die Wände des Targets bilden einen abgestumpften Kegel, der zum Beispiel mit etwa 35° zur Ebene der mittleren Öffnung geneigt ist.

[0013] In einer Ausführungsform der Erfindung erzeugen drei Permanentmagnetringe drei magnetische Tunnel. Die relativen Beiträge der drei Tunnel erzeugen den Effekt magnetischer Flußlinien, die parallel zur Oberfläche des Targets verlaufen. Für ein dünnes Target, und an einem gewissen Punkt eines bestimmten Teils der Lebensdauer von dickeren Targets, wechselwirken ein innerer magnetischer Tunnel und ein äußerer magnetischer mit einem mittleren magnetischen Haupttunnel, um einen resultierenden magnetischen Fluß parallel zur Oberfläche der nicht erodierten Targets zu erzeugen. Bei solchen dickeren Targets ist früh in der Lebensdauer des Targets ein mittlerer Haupttunnel vorherrschend, um den mittleren Radius des ringförmigen Targets längs der Targetmittellinie zu erodieren, und später in der Lebensdauer des Targets sind innere und äußere Tunnel vorherrschend, um Bereiche benachbart zu den inneren und äußeren Rändern des Targetkreisrings zu erodieren und die Erosionskerbe einwärts und auswärts der Targetmittellinie in derselben Weise auszubreiten, als bliebe der Fluß während der gesamten Lebensdauer des Targets parallel zur nicht erodierten Targetoberfläche.

[0014] In der bevorzugten Ausführungsform ist eine Kathodenzerstäubungsvorrichtung eine physikalische Ionisationsdampfabscheidungsvorrichtung, die eine Vakuumbearbeitungskammer, einen Substrathalter in der Bearbeitungskammer zum Halten eines Substrats zur Bearbeitung, einen ringförmigen Magnetron-Kathodenzerstäubungs-Kathodenaufbau mit einer mittleren Öffnung und eine induktiv gekoppelte Plasmaquelle hinter einem dielektrischen Fenster in der mittleren Öffnung aufweist. Der Magnetron-Kathodenaufbau weist ein kegelstumpfförmiges Kathodenzerstäubungstarget auf, das eine kegelförmige Kathodenzerstäubungsinnenfläche aufweist, die dem Substrathalter gegenüberliegt, wobei sich die Außenkante des Targets näher am Substrathalter befindet als die Innenkante. Ein kegelstumpfförmiger Magnetaufbau ist hinter und parallel zum Kathodenzerstäubungstarget angeordnet. Der Magnetaufbau ist dazu eingerichtet, einen magnetischen Haupttunnel, der magnetische Feldlinien aufweist, die sich über einen Hauptabschnitt der Kathodenzerstäubungsfläche erstrecken und die Mittellinie der Kathodenzerstäubungsfläche überspannen, einen inneren magnetischen Tunnel, der magnetische Feldlinien aufweist, die sich zwischen der Targetinnenkante und der Mittellinie erstrecken, und einen äußeren magnetischen Tunnel zu erzeugen, der magnetische Feldlinien aufweist, die sich vorwiegend zwischen der Außenkante und der Mittellinie des Targets erstrecken. Die Magnetfelder der drei Tunnel wechselwirken in einer Weise, die dazu führt, einen resultierenden magnetischen Fluß zu erzeugen, der verhältnismäßig parallel zur Targetoberfläche verläuft. Für Targets, die dicker sind, neigt dieser resultierende Fluß dazu, früh in der Lebensdauer des Targets einen Bogen über die Targetmittellinie zu bilden,

bei einem bestimmten Teil der Lebensdauer des Targets flacher zu werden und allmählich und fortschreitend die Form zweier Tunnel anzunehmen, einer innerhalb der Targetmittellinie und einer außerhalb der Targetmittellinie. Auf diese Weise wird dort, wo am Anfang der Lebensdauer des Targets die Erosion des Targets an der Mittellinie mit einer größeren Rate vor sich geht, später in der Lebensdauer des Targets eine ausgleichende Erosion zu den inneren und äußeren Kanten des Targets stattfinden, so daß die Targetausnutzung über die gesamte Lebensdauer des Targets gleichmäßig ist.

[0015] Die relativen Stärken der Magnetfelder sind derart, daß durch den magnetischen Fluß eingeschlossenes Plasma, das dadurch geformt wird, an der Mittellinie eine größere Targeterosionsrate als an dessen inneren und äußeren Bereichen erzeugt, wenn das Target nicht erodiert ist, die sich kontinuierlich und fortschreitend an der Mittellinie zu einer kleineren Targeterosionsrate als an dessen inneren und äußeren Bereichen ändert, wenn das Target erodiert. Dieser Effekt ist für dickere Targets größer. An einem gewissen Punkt der Lebensdauer des Targets verläuft der magnetische Fluß parallel zu dem, was die Oberfläche des Targets war, bevor das Target erodierte. Für sehr dünne Targets kann diese Flußform während der gesamten Lebensdauer des Targets vorhanden sein. Für dünne ebenso wie für dicke Targets sind die flache Form des magnetischen Flusses oder eine fortschreitende Abflachung des magnetischen Flusses das Ergebnis der relativen Beiträge der Magnetringe, die die drei magnetischen Tunnel erzeugen.

[0016] Vorzugsweise werden die Anordnung und Stärken der Magnetringe für spezifische Targets optimiert. Wo zum Beispiel ein Target sehr dünn ist, werden die relativen Beiträge des Haupttunnels und der inneren und äußeren Tunnel so eingestellt, daß die resultierenden magnetischen Fußlinien parallel zur Targetoberfläche verlaufen. Für dickere Targets werden die relativen Beiträge des Haupttunnels und der inneren und äußeren Tunnel so eingestellt, daß die resultierenden magnetischen Fußlinien einen Tunnel an der Targetoberfläche bilden, der am Anfang der Targetlebensdauer ähnlich zu jenem einer herkömmlichen magnetischen Anordnung ist, wenn jedoch das Target erodiert, wird die Form der Flußlinien flach, um das Plasma nicht zusammendrücken. Wenn das Target weiter erodiert, werden die inneren und äußeren Tunnel dem Plasma ausgesetzt, wenn die Targetoberfläche in diese Tunnel zurückweicht, was zu einer höheren Plasmadichte nahe den inneren und äußeren Kanten des ringförmigen kegelförmigen Targets führt.

[0017] Der kegelstumpfförmige Magnetaufbau weist vorzugsweise einen inneren Pol einer ersten Polarität und einen äußeren Pol einer zweiten Polarität auf, die den ersten magnetischen Tunnel durch ein erstes Magnetfeld erzeugen, das sich zwischen dem inneren und äußeren Pol erstreckt. Der Magnetaufbau

weist vorzugsweise ferner einen inneren-mittleren Pol der zweiten Polarität und einen äußeren-mittleren Pol der ersten Polarität auf, die ein entgegengesetztes Magnetfeld erzeugen, das dem ersten Magnetfeld auf der Mittellinie des Targets entgegenwirkt, so daß die resultierende Stärke des ersten und des entgegengesetzten Magnetfelds auf der Mittellinie abnimmt, wenn die Kathodenzerstäubungsfläche in das Target erodiert. Vorzugsweise erzeugen der innere Pol und der innere-mittlere Pol den inneren magnetischen Tunnel, der aus magnetischen Feldlinien gebildet wird, die sich zwischen dem inneren und inneren-mittleren Pol erstrecken, die unter dem magnetischen Haupttunnel über dem ringförmigen inneren Bereich liegen, während der äußere Pol und der äußere-mittlere Pol den äußeren magnetischen Tunnel erzeugen, der aus magnetischen Feldlinien gebildet wird, die sich zwischen dem äußeren und dem äußeren-mittleren Pol unter dem magnetischen Haupttunnel über dem ringförmigen äußeren Bereich erstrecken.

[0018] Der bevorzugte Magnetaufbau besteht aus Permanentmagneten in der Form von mehreren, vorzugsweise drei keisförmigen Magnetringen, die in einem Kegel hinter und parallel zum kegelförmigen Kathodenzerstäubungstarget angeordnet sind. Die Ringe bestehen vorzugsweise aus einzelnen quadratischen Magneten, die in einer kegelstumpfförmigen Form angeordnet sind, wobei sich ihre Polarachsen senkrecht zum Umfang der Ringe erstrecken. Die drei Ringe weisen einen inneren, einen äußeren und einen dazwischenliegenden Magnetring auf. Die Polarachsen der Magnete des inneren und des dazwischenliegenden Rings sind parallel zum Kegel und jene des äußeren Rings sind senkrecht zum Kegel orientiert. Ein Joch aus magnetisch permeablen Material liegt hinter dem Kegel und verbindet die inneren und äußeren Magnetringe magnetisch miteinander.

[0019] Die vorliegende Erfindung verbessert die Ausnutzung von kegelstumpfförmigen Targets von früher etwa 25% auf einen Bereich von 50–60%. Die Erosion eines kegelförmigen Targets wird über den gesamten Bereich der Kathodenzerstäubungsfläche des Targets aufrechterhalten, wodurch die Produktion einer teilchenförmigen Verunreinigung der Kathodenzerstäubungskammer vermieden wird.

[0020] Diese und andere Aufgaben und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung leichter deutlich werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0021] **Fig. 1** ist ein schematisches Diagramm einer physikalischen Ionisationsabscheidungsrichtung, die die Prinzipien der vorliegenden Erfindung verkörpert.

[0022] **Fig. 2** ist ein vergrößertes Querschnittsdiagramm durch den Kathodenaufbau der **Fig. 1**.

[0023] **Fig. 3** ist eine perspektivische Ansicht des Magneton-Magnetaufbaus der **Fig. 1** und **2**.

Detaillierte Beschreibung

[0024] **Fig. 1** veranschaulicht eine Kathodenzerstäubungsbeschichtungsvorrichtung, insbesondere eine physikalische Ionisationsabscheidungs- (IPVD)-Vorrichtung 10 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die IPVD-Vorrichtung 10 weist eine Vakuumkammer 11 auf, die durch eine Kammerwand 12 begrenzt wird. Die Kammer 11 ist mit einer physikalischen Ionisationsdampfabscheidungs- (IPVD-) Quelle 13 zur Lieferung von Beschichtungsmaterial in Dampfform in das Volumen der Kathodenzerstäubungskammer 11 und zum Ionisieren des Kathodenzerstäubungsmaterialdampfes versehen.

[0025] Die Kammer 11 weist eine Mittelachse 15 auf, die sich durch die Mitte der Quelle 13 erstreckt. Ein Wafer-Halter 17 ist ebenfalls in der Kammer 11 an deren Ende gegenüberliegend der Quelle 13 und auf der Achse 15 zentriert zum Hatten eines Substratwafers 18 vorgesehen, der auf der Achse 15 zentriert ist und der IPVD-Quelle 13 während der Bearbeitung gegenüberliegt. Andere Komponenten der IPVD-Vorrichtung 10 werden in der US-Patentanmeldung Serien-Nr. 09/442,500 genauer beschrieben, die oben aufgeführt wird. Die allgemeinen Konzepte der Quelle 13 werden im US-Patent Nr. 6,080,287 beschrieben, das hierdurch ausdrücklich als Verweisquelle aufgenommen wird.

[0026] Die IPVD-Quelle 13 weist einen Magnetron-Kathodenzerstäubungs-Kathodenaufbau 20 auf, der in seiner Form ringförmig ist und eine Öffnung 21 in dessen Mitte aufweist, die konzentrisch mit der Achse 15 ist. In der Öffnung 21 auf der Achse 15 ist ein HF-Quellenaufbau 22 zentriert, der hochdichtes, induktiv gekoppeltes Plasma (ICP) in der Kammer 11 erregt. Der Kathodenaufbau 20 weist ferner ein kegelförmiges oder abgestumpftes kegelförmiges Kathodenzerstäubungstarget 25 auf, das eine kegelförmige Kathodenzerstäubungsfläche 26 auf dessen Innenseite aufweist, die einem Substrat auf dem Halter 17 gegenüberliegt und zur Achse 15 hin geneigt ist.

[0027] In Kathodenzerstäubungs-Beschichtungsprozessen wird das Beschichtungsmaterial, aus dem das Target 25 besteht, durch ein Bombardement mit positiven Ionen aus einem Hauptkathodenzerstäubungsplasma, das in einem Prozeßgas, wie Argon gebildet wird, in der Kammer 11 verdampft, die auf einem Unterdruck oder Vakuum gehalten wird, das typischerweise kleiner als 100 mTorr ist. In IPVD-Systemen werden Atome oder winzige Teilchen des Materials, die aus dem Target 25 durch das Ionenbombardement herausgerissen werden, durch ein sekundäres Plasma oder ICP ionisiert.

[0028] Der Kathodenaufbau 20 weist einen Magnetron-Magnetaufbau 30 auf, der in den **Fig. 2** und **3** detaillierter dargestellt wird, der mehrere, vorzugsweise drei Magnetringe 31–33 enthält, die in einem Kegel 35 angeordnet sind, der parallel zum Target 20 auf

dessen Außenseite oder Rückseite liegt. Der Magnetaufbau 30 erzeugt einen magnetischen Tunnel, der Elektronen nahe der Oberfläche 26 des Targets 25 einfängt, um das Hauptkathodenzerstäubungsplasma aufrechtzuerhalten. Der Magnetaufbau oder Pack 30 weist ein Joch 36 aus Flußstahl oder einem anderen Material mit hoher magnetischer Permeabilität auf. Die Magnetringe 31–33 sind vorzugsweise eine kreisförmige Anordnung von Ringmagneten, die jeweils aus einer Reihe oder einer Anordnung diskreter quadratischer Magnetkomponenten bestehen, die in einer kegelförmigen Form in dem jeweiligen Ring angeordnet sind, wobei ihre Pole und Polarachsen in dieselbe Richtung in einer Radial-Axialebene des Kegels um jeden jeweiligen Ring orientiert sind. Es können kleine diskrete Magnete an dem Joch 36 befestigt sein, die dann als ein Rahmentragwerk für den Magnetaufbau dienen und die Form des Kegels 35 definieren können.

[0029] Die Polarachsen der Magnete des inneren Rings 31 sind parallel zur Targetoberfläche 26 orientiert. Das Joch 36 ist so geformt, daß die gesamte Polfläche der Magnete des inneren Rings 31, der in der Darstellung der Südpol S ist, sich in magnetischem Kontakt mit dem Joch 36 befindet, das heißt in physikalischen Kontakt mit ihm steht oder sich in nächster Nähe zu ihm befindet. Die Polarachsen der Magnete des äußeren Rings 33, die in der Darstellung Linien durch den Nordpol N und den Südpol S der Magnete des Rings 33 sind, sind senkrecht zur Targetoberfläche 26 orientiert, wobei sich die gesamte Polfläche der Magnete des äußeren Rings 33 in magnetischen Kontakt mit dem Joch 36 befindet. Die magnetischen Flußlinien 51 zwischen den Magnetringen 31, 33 bilden den magnetischen Haupttunnel 41.

[0030] Der mittlere Magnetring 32 ist annähernd auf halben Wege zwischen dem innersten oder N-Pol des inneren Magnetings 31 und der Mitte des äußeren Magnetings 33 angeordnet und definiert die effektive Position der Mittellinie 40 des magnetischen Haupttunnels 41. Die Magnete des Mittelrings 32 können sich, müssen jedoch nicht, in direkten physikalischen oder wesentlichen magnetischen Kontakt mit dem Joch 36 befinden. Die Polarachsen der Magnete des Mittelrings 32 sind hauptsächlich parallel zur Targetoberfläche 26 orientiert. Keine der Flächen eines Pols der Magnete des Mittelrings 32 befindet sich in Kontakt mit dem Joch 36. Die Polarachse der Magnete des Mittelrings 32 ist in die entgegengesetzte Richtung der Polarachse des inneren Rings 31 orientiert, was in **Fig. 2** gezeigt wird, wobei der S-Pol des mittleren Rings 32 dem S-Pol des inneren Rings 31 gegenüberliegt. Als solche bilden die magnetischen Flußlinien 52 zwischen der inneren Reihe 31 und der Mittelreihe 32 einen inneren magnetischen Nebentunnel 42 unter den Flußlinien 51, die den magnetischen Haupttunnel 41 bilden. Der innere Nebentunnel 42 beeinflusst die Erosion des Targets zum Ende der Lebensdauer des Targets 25 hin über einen

inneren ringförmigen Bereich **46** der Targetoberfläche **26**. Der magnetische Fluß oder die Feldlinien werden in **Fig. 2** in einer radialen Ebene dargestellt, die die Achse **15** enthält.

[0031] Die magnetischen Flußlinien **53** zwischen dem Mittelring **32** und dem Außenring **31** bilden einen äußeren magnetischen Nebentunnel **43** unter den Flußlinien **51**, die den Haupttunnel **41** bilden. Der äußere Nebentunnel **43** beeinflusst die Erosion des Targets zum Ende der Lebensdauer des Targets **25** hin über einen äußeren ringförmigen Bereich **47** der Targetoberfläche **26**. Magnetische Flußlinien **54** zwischen den Polen des Mittelrings **32** wirken den Flußlinien **51** entgegen, die den Haupttunnel **41** bilden, um die Wirkungen des Haupttunnels **41** zu reduzieren, wenn das Target **25** erodiert. Die kontinuierliche, fortschreitende Abflachung der Flußlinien **51**, die den Haupttunnel im Target **25** längs der Mittellinie **40** erzeugen, wird durch die kontinuierliche fortschreitende Zunahme des Beitrags der Flußlinien **52**, **53** verursacht, die jeweils die Nebentunnel **42**, **43** im Target **25** an den Bereichen **46**, **47** erzeugen. Es wird ein Nullpunkt **55**, wo sich entgegengerichtete Feldlinien der Magnetringe **31–33** auslöschen, in den resultierenden Magnetfeldern aus dem Magnetaufbau **40** vorhanden sind. Dieser Punkt befindet sich nahe der Mittellinie **40** nahe dem Mittenmagnetring **32**. Dieser Nullpunkt liegt während der gesamten Targetlebensdauer hinter der Targetoberfläche **26**.

[0032] Die Orientierung des inneren Rings **31** der Magnete parallel zur Oberfläche **26** des Targets **25** verbessert die Bildung des inneren magnetischen Tunnels **52** und läßt eine aggressivere Magnetfeldform für eine gegebene Targetbreite zu. Zusätzlich läßt die Orientierung der Polarachse des inneren Rings **31** parallel zur Targetoberfläche **26** eine größere Targeterosion nahe dem Innendurchmesser des Targets **25** zu. Dies lindert die Platzbeschränkungen an der mittleren Öffnung **21** der Quelle 13. Diese Vorteile ergeben sich, da die Magnete des inneren Rings **31** parallel zur Targetoberfläche orientiert sind, so daß die Bildung der Flußlinien des inneren magnetischen Tunnels aus den innersten Polen der Magnete des inneren Rings derart ist, daß sie sich schon zum entgegengesetzten Pol zurückdrehen, wenn sie aus den Magneten austreten, was es zuläßt, daß der innere Tunnel in einer kleineren Raummenge erzeugt wird, als wenn die Pole dieser inneren Magnete senkrecht zur Targetoberfläche orientiert wären, während eine größere Erosion an der Innenkante des Targets unterstützt wird, wodurch eine Teilchenerzeugung minimiert wird. Die Magnete des äußeren Rings sind senkrecht zur Targetoberfläche orientiert, um eine Schiefe der Flußlinien zu verhindern, und überragen die Außenkante des Targets, um eine vollflächige Erosion zu erzielen, wodurch zusätzlicher Platz an der Targetaußenkante in Anspruch genommen wird. Die Erfindung erreicht eine vorteilhafte Erosion, ohne zusätzlichen Platz an der Targetinnenkante zu benötigen.

[0033] Der Haupttunnel **41**, der durch magnetische Feldlinien zwischen dem inneren Magnetring **31** und dem äußeren Magnetring **33** erzeugt wird, beeinflusst die Targeterosion am Anfang der Lebensdauer eines Targets. Für dickere Targets wird das Plasma in eine Erosionskerbe längs der Oberfläche **26** des Targets **25** auf einer kreisförmigen Mittellinie **40** auf der Targetoberfläche **26** an einem Zwischenradius des ringförmigen Targets **25** eingeschlossen. Später in der Targetlebensdauer solcher dickerer Targets, wenn die Oberfläche **26** erodiert und in die Mitte des Targets **25** längs der Mittellinie **40** zurückweicht, werden die Feldlinien, die den Tunnel **41** bilden, längs der Mittellinie **40** infolge des Effekts des entgegenwirkenden Magnetfelds des mittleren Magnetrings **32** und des Effekts der inneren und äußeren Tunnel allmählich auf die Form des magnetischen Haupttunnels abgeflacht. Die relativen Einflüsse der Erosionsprofile der magnetischen Tunnel sind derart, daß das Plasma, das durch die jeweiligen Tunnel eingeschlossen ist, an der Mittellinie **40** eine größere Targeterosionsrate als an den inneren und äußeren Bereichen **46**, **47** erzeugt, wenn ein dickes Target **25** nicht erodiert ist. Dieses Verhältnis ändert sich kontinuierlich und fortschreitend an der Mittellinie **40** zu einer kleineren Targeterosionsrate als an den inneren und äußeren Bereichen **46**, **47**, wenn das Target erodiert. Die inneren bzw. äußeren magnetischen Tunnel **52**, **53** verteilen zum Ende der Targetlebensdauer hin die Targeterosion zu den inneren und äußeren Rändern des Targetkreisrings. Die Erosionskerbe verbreitert sich dadurch, wenn das Target erodiert, was zu einer gleichmäßigeren Targeterosion und dadurch zu einer erhöhten Targetmaterialausnutzung führt.

[0034] Die Magnetpacks enthalten eine Anzahl von (nicht gezeigten) Löchern, die parallel zur Achse **15** gebohrt sind und eine Durchföhrung für Wasser und Gleichstrom zum Target **25** tragen. Der Magnetaufbau **30** ist mit einem harten Polymerüberzug, wie Polyurethan überzogen, oder in nicht magnetische, metallische oder Kunststoffumhüllungsstücke eingeschlossen, die an das Magnetpack **30** geklebt sind. Der Überzug verhindert, daß die Magnete der Ringe **31–33** und das Joch **36** in Luft oxidiert werden, und verhindert außerdem, daß die Magnete der Ringe **31–33**, die aus einer gesinterten Ausführung bestehen können, eine verunreinigende Teilchenquelle werden. Kühlwasser zum Target **25** kann durch (nicht gezeigte) Stumpfaufbauten durch das Joch **36** geschickt werden.

[0035] Während die obige Beschreibung und die beigefügten Zeichnungen verschiedene Ausführungsformen der Erfindung darlegen, wird es Fachleuten klar sein, daß Zusätze und Modifikationen vorgenommen werden können, ohne die Prinzipien der Erfindung zu verlassen.

[0036] Beansprucht wird:

Patentansprüche

1. Zerstäubungsvorrichtung, umfassend eine Vakuumbearbeitungskammer, einen Substratträger in der Bearbeitungskammer zum Tragen eines Substrats zur Bearbeitung, eine Magnetron-Zerstäubungs-Kathodenanordnung mit einem kegelstumpfförmigen Zerstäubungstarget, das eine innere konische Zerstäubungsfläche hat, die dem Substratträger gegenüberliegt, und einen Innenrand, einen Außenrand, der sich näher an dem Substratträger befindet als der Innenrand, und eine Mittellinie zwischen dem Innen- und dem Außenrand davon hat, und eine kegelstumpfförmige Magnetanordnung, die sich hinter und parallel zu dem Zerstäubungstarget befindet, wobei die Magnetanordnung konfiguriert ist zum Erzeugen eines ersten magnetischen Tunnels, der erste, sich entlang radialer Ebenen erstreckende Magnetfeldlinien hat, die einen Großteil der Zerstäubungsfläche über der Mittellinie der Zerstäubungsfläche überspannen, eines zweiten magnetischen Tunnels, der zweite Magnetfeldlinien hat, die sich entlang der radialen Ebenen erstrecken und zum Unterstützen der ersten Magnetfeldlinien über einem ringförmigen inneren Bereich der Zerstäubungsfläche hauptsächlich zwischen dem Innenrand und der Mittellinie davon über dem inneren Bereich der Zerstäubungsfläche ausgerichtet sind, und einen dritten magnetischen Tunnel, der dritte Magnetfeldlinien hat, die sich entlang der radialen Ebenen erstrecken und zum Unterstützen der ersten Magnetfeldlinien über einem ringförmigen äußeren Bereich der Zerstäubungsfläche hauptsächlich zwischen dem Außenrand und der Mittellinie davon über dem äußeren Bereich der Zerstäubungsfläche ausgerichtet sind, wobei die magnetischen Felder dergestalt sind, dass dadurch eingeschlossenes Plasma eine Targeterosionsrate erzeugt, die an der Mittellinie größer ist als an den inneren und äußeren Bereichen, wenn das Target nicht erodiert ist, und das sich mit zunehmender Targeterosion kontinuierlich und fortschreitend auf eine Targeterosionsrate ändert, die an der Mittellinie kleiner ist als an dem inneren und dem äußeren Bereich.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die kegelstumpfförmige Magnetanordnung einen inneren Pol einer ersten Polarität und einen äußeren Pol einer zweiten Polarität aufweist, wobei der erste magnetische Tunnel von einem ersten Magnetfeld erzeugt wird, das sich zwischen dem inneren und dem äußeren Pol erstreckt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, bei der die kegelstumpfförmige Magnetanordnung ferner einen inneren zentralen Pol der zweiten Polarität und einen äußeren zentralen Pol der ersten Polarität hat, wobei ein dem ersten Magnetfeld entgegengerichtetes Magnetfeld auf der Mittellinie des Targets erzeugt wird, sodass der resultierende, von dem ersten und dem

umgekehrten Magnetfeld erzeugte Fluss an der Mittellinie beim Erodieren der Zerstäubungsfläche in das Target abgeflacht wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der der innere Pol und der innere zentrale Pol den zweiten magnetischen Tunnel erzeugen, der von zweiten Magnetfeldlinien gebildet wird, die sich zwischen dem inneren und dem inneren zentralen Pol unter dem ersten magnetischen Tunnel über einem ringförmigen inneren Bereich der Zerstäubungsfläche hauptsächlich zwischen dem Innenrand und der Mittellinie davon erstrecken, und der äußere Pol und der äußere zentrale Pol den dritten magnetischen Tunnel erzeugen, der von dritten Magnetfeldlinien gebildet wird, die sich zwischen dem äußeren und dem äußeren zentralen Pol unter dem ersten magnetischen Tunnel über einem ringförmigen äußeren Bereich der Zerstäubungsfläche hauptsächlich zwischen dem Außenrand und der Mittellinie davon erstrecken.

5. Vorrichtung, umfassend eine Magnetron-Zerstäubungs-Kathodenanordnung, wobei die Anordnung ein kegelstumpfförmiges Zerstäubungstarget mit einer inneren konischen Zerstäubungsfläche, einem kreisförmigen Innenrand, einem kreisförmigen Außenrand und einer kreisförmigen Erosionsmittellinie zwischen dem Innen- und dem Außenrand davon umfasst, und eine hinter und parallel zu dem Zerstäubungstarget befindliche kegelstumpfförmige Magnetanordnung, wobei die Magnetanordnung einen inneren Pol einer ersten Polarität und einen äußeren Pol einer zweiten Polarität hat, die einen ersten magnetischen Tunnel erzeugen, der aus einem sich zwischen dem inneren und dem äußeren Pol erstreckenden ersten Magnetfeld gebildet wird, wobei ein innerer zentraler Pol der zweiten Polarität und ein äußerer zentraler Pol der ersten Polarität ein dem ersten Magnetfeld entgegengerichtetes Magnetfeld auf der Mittellinie des Targets erzeugen, sodass der resultierende Fluss des ersten und des umgekehrten Magnetfelds an der Mittellinie beim Erodieren der Zerstäubungsfläche in das Target abgeflacht wird, wobei der innere Pol und der innere zentrale Pol einen zweiten magnetischen Tunnel erzeugen, der von zweiten Magnetfeldlinien gebildet wird, die sich zwischen dem inneren und dem inneren zentralen Pol unter dem ersten magnetischen Tunnel über einem ringförmigen Bereich der Zerstäubungsfläche hauptsächlich zwischen dem Innenrand und der Mittellinie davon erstrecken, und wobei der äußere Pol und der äußere zentrale Pol einen dritten magnetischen Tunnel erzeugen, der von dritten Magnetfeldlinien gebildet wird, die sich zwischen dem äußeren und dem äußeren zentralen Pol unter dem ersten magnetischen Tunnel über einem ringförmigen äußeren Bereich der Zerstäubungsfläche hauptsächlich zwischen dem Außenrand und der Mittellinie davon erstrecken, bei dem die relativen Beiträge der magnetischen Tunnel so sind, dass eingeschlossenes Plasma eine Target-

erosionsrate erzeugt, die an der Mittellinie größer ist als an den inneren und äußeren Bereichen, wenn das Target nicht erodiert ist, und das sich mit zunehmender Targeterosion kontinuierlich und fortschreitend auf eine Targeterosionsrate ändert, an der Mittellinie kleiner ist als an dem inneren und dem äußeren Bereich.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder Anspruch 5, bei der die Magnetanordnung ferner eine Mehrzahl von kreisförmigen magnetischen Ringen, die in einem Kegel hinter und parallel zu dem konischen Zerstäubungstarget angeordnet sind, wobei jeder Ring einen Umfang, einen Durchmesser und eine gemeinsame zentrale Achse durch die Mitte des Kegels und die Mitte des Targets hat, wobei die magnetischen Ringe jeweils einen ersten und einen zweiten Magnetpol und eine Polachse haben, die sich zwischen den Polen davon und perpendicular zu dem Umfang des Rings erstreckt, wobei die Mehrzahl von magnetischen Ringen einen inneren magnetischen Ring, bei dem der innere Pol den ersten Pol davon bildet, einen äußeren magnetischen Ring, bei dem der äußere Pol den zweiten Pol davon bildet, und einen magnetischen Zwischenring aufweist, bei dem der äußere zentrale Pol den ersten Pol davon bildet und der innere zentrale Pol den zweiten Pol davon bildet, wobei der Durchmesser des inneren magnetischen Rings kleiner ist als der des magnetischen Zwischenrings, der kleiner ist als der Durchmesser des äußeren magnetischen Rings, wobei die Polachsen der magnetischen Ringe ferner für den inneren magnetischen Ring parallel zu dem Kegel, wobei der erste Pol davon näher an der Achse liegt als der zweite Pol davon, für den magnetischen Zwischenring parallel zu dem Kegel, wobei der zweite Pol davon näher an der Achse liegt als der erste Pol davon, und für den äußeren magnetischen Ring perpendicular zu dem Kegel ausgerichtet ist, wobei der zweite Pol davon näher an der Achse liegt als der erste Pol davon, und ein Joch aus magnetisch permeablem Material aufweist, das sich hinter dem Kegel befindet und den zweiten Pol des inneren magnetischen Rings magnetisch mit dem ersten Pol des äußeren magnetischen Rings verbindet.

7. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder Anspruch 5, bei der die Magnetanordnung ferner eine Mehrzahl von kreisförmigen magnetischen Ringen aufweist, die in einem Kegel hinter und parallel zu dem konischen Zerstäubungstarget angeordnet sind, wobei jeder Ring einen Umfang, einen Durchmesser und eine gemeinsame zentrale Achse durch die Mitte des Kegels und die Mitte des Targets hat, wobei die magnetischen Ringe jeweils einen ersten und einen zweiten Magnetpol und eine Polachse haben, die sich zwischen den Polen davon und perpendicular zu dem Umfang des Rings erstreckt, wobei die Mehrzahl von magnetischen Ringen einen inneren magnetischen Ring, bei dem der innere Pol den ersten Pol davon

bildet, einen äußeren magnetischen Ring, bei dem der äußere Pol den zweiten Pol davon bildet, und einen magnetischen Zwischenring aufweist, bei dem der äußere zentrale Pol den ersten Pol davon bildet und der innere zentrale Pol den zweiten Pol davon bildet, wobei der Durchmesser des inneren magnetischen Rings kleiner ist als der des magnetischen Zwischenrings, der kleiner ist als der Durchmesser des äußeren magnetischen Rings.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die Magnetanordnung ferner eine Mehrzahl von kreisförmigen magnetischen Ringen aufweist, die in einem Kegel hinter und parallel zu dem konischen Zerstäubungstarget angeordnet sind, wobei jeder Ring einen Umfang, einen Durchmesser und eine gemeinsame zentrale Achse durch die Mitte des Kegels und die Mitte des Targets hat, wobei die magnetischen Ringe jeweils einen ersten und einen zweiten Magnetpol und eine Polachse haben, die sich zwischen den Polen davon und perpendicular zu dem Umfang des Rings erstreckt, wobei die Polachsen der magnetischen Ringe ferner für den inneren magnetischen Ring parallel zu dem Kegel, wobei der erste Pol davon näher an der Achse liegt als der zweite Pol davon, für den magnetischen Zwischenring parallel zu dem Kegel, wobei der zweite Pol davon näher an der Achse liegt als der erste Pol davon, und für den äußeren magnetischen Ring perpendicular zu dem Kegel ausgerichtet ist, wobei der zweite Pol davon näher an der Achse liegt als der erste Pol davon.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die Magnetanordnung ferner eine Mehrzahl von kreisförmigen magnetischen Ringen, die in einem Kegel hinter und parallel zu dem konischen Zerstäubungstarget angeordnet sind, wobei jeder Ring einen Umfang, einen Durchmesser und eine gemeinsame zentrale Achse durch die Mitte des Kegels und die Mitte des Targets hat, wobei die magnetischen Ringe jeweils einen ersten und einen zweiten Magnetpol und eine Polachse haben, die sich zwischen den Polen davon und perpendicular zu dem Umfang des Rings erstreckt, und ein Joch aus magnetisch permeablem Material aufweist, das sich hinter dem Kegel befindet und den zweiten Pol des inneren magnetischen Rings magnetisch mit dem ersten Pol des äußeren magnetischen Rings verbindet.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die Magnetanordnung ferner eine Mehrzahl von kreisförmigen magnetischen Ringen aufweist, die in einem Kegel hinter und parallel zu dem konischen Zerstäubungstarget angeordnet sind, wobei jeder Ring einen Umfang, einen Durchmesser und eine gemeinsame zentrale Achse durch die Mitte des Kegels und die Mitte des Targets hat, wobei die magnetischen Ringe jeweils einen ersten und einen zweiten Magnetpol und eine Polachse haben, die sich zwischen den Polen davon und perpendicular zu dem

Umfang des Rings erstreckt, wobei die Mehrzahl von magnetischen Ringen einen inneren magnetischen Ring, einen äußeren magnetischen Ring und einen magnetischen Zwischenring aufweist, wobei der Durchmesser des inneren magnetischen Rings kleiner ist als der des magnetischen Zwischenrings, der kleiner ist als der Durchmesser des äußeren magnetischen Rings.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die Magnetanordnung ferner eine Mehrzahl von kreisförmigen magnetischen Ringen, die in einem Kegel hinter und parallel zu dem konischen Zerstäubungstarget angeordnet sind, wobei jeder Ring einen Umfang, einen Durchmesser und eine gemeinsame zentrale Achse durch die Mitte des Kegels und die Mitte des Targets hat, wobei die magnetischen Ringe jeweils einen ersten und einen zweiten Magnetpol und eine Polachse haben, die sich zwischen den Polen davon und perpendicular zu dem Umfang des Rings erstreckt, wobei die Mehrzahl von magnetischen Ringen einen inneren magnetischen Ring, einen äußeren magnetischen Ring und einen magnetischen Zwischenring aufweist, wobei der Durchmesser des inneren magnetischen Rings kleiner ist als der des magnetischen Zwischenrings, der kleiner ist als der Durchmesser des äußeren magnetischen Rings, wobei die Polachsen der magnetischen Ringe ferner für den inneren magnetischen Ring parallel zu dem Kegel, wobei der erste Pol davon näher an der Achse liegt als der zweite Pol davon, für den magnetischen Zwischenring parallel zu dem Kegel, wobei der zweite Pol davon näher an der Achse liegt als der erste Pol davon, und für den äußeren magnetischen Ring perpendicular zu dem Kegel ausgerichtet ist, wobei der zweite Pol davon näher an der Achse liegt als der erste Pol davon, und ein Joch aus magnetisch permeablem Material aufweist, das sich hinter dem Kegel befindet und den zweiten Pol des inneren magnetischen Rings magnetisch mit dem ersten Pol des äußeren magnetischen Rings verbindet.

12. Magnetanordnung für eine Magnetron-Zerstäubungs-Kathodenanordnung mit einem konischen Zerstäubungstarget mit einer inneren konischen Zerstäubungsfläche, die von einem kreisförmigen Innenrand und einem kreisförmigen Außenrand begrenzt wird und eine kreisförmige Mittellinie auf der Zerstäubungsfläche zwischen dem Innen- und dem Außenrand davon hat, wobei die Magnetanordnung eine Mehrzahl von kreisförmigen magnetischen Ringen, die in einem Kegel angeordnet sind, um sich hinter und parallel zu dem konischen Zerstäubungstarget zu befinden, wobei jeder Ring eine gemeinsame zentrale Achse, einen Umfang und einen Durchmesser hat, wobei die magnetischen Ringe erste und zweite Magnetpole und Polachsen haben, die sich zwischen den betreffenden Polen davon und perpendicular zu den betreffenden Umfängen davon erstrecken, wobei die Mehrzahl von magnetischen Ringen einen inne-

ren magnetischen Ring, einen äußeren magnetischen Ring und einen magnetischen Zwischenring aufweist, wobei der Durchmesser des inneren magnetischen Rings kleiner ist als der des magnetischen Zwischenrings, der kleiner ist als der Durchmesser des äußeren magnetischen Rings, wobei die Polachsen der magnetischen Ringe ferner für den inneren magnetischen Ring parallel zu dem Kegel, wobei der erste Pol davon näher an der Achse liegt als der zweite Pol davon, für den magnetischen Zwischenring parallel zu dem Kegel, wobei der zweite Pol davon näher an der Achse liegt als der erste Pol davon, und für den äußeren magnetischen Ring perpendicular zu dem Kegel ausgerichtet ist, wobei der zweite Pol davon näher an der Achse liegt als der erste Pol davon, und ein Joch aus magnetisch permeablem Material aufweist, das sich hinter dem Kegel befindet und den zweiten Pol des inneren magnetischen Rings magnetisch mit dem ersten Pol des äußeren magnetischen Rings verbindet.

13. Zerstäubungsverfahren, umfassend Auflegen eines Substrats auf einen Träger in einem Vakuum in der Bearbeitungskammer, Aktivieren eines kegelförmigen Zerstäubungstargets zum Bilden eines Plasmas und Bestäuben von Material mit dem Plasma von einer inneren konischen Zerstäubungsfläche mit einer Mittellinie, die einen ringförmigen inneren Bereich der Zerstäubungsfläche umgibt, die von einem ringförmigen äußeren Bereich der Zerstäubungsfläche umgeben ist; Bereitstellen einer kegelförmigen Magnetanordnung hinter dem Zerstäubungstarget und damit Erzeugen eines ersten magnetischen Tunnels, der erste Magnetfeldlinien hat, die sich entlang radialer Ebenen erstrecken und einen Großteil der Zerstäubungsfläche überspannen, eines zweiten magnetischen Tunnels, der zweite Magnetfeldlinien hat, die sich entlang der radialen Ebenen erstrecken und zum Unterstützen der ersten Magnetfeldlinien über dem ringförmigen inneren Bereich der Zerstäubungsfläche ausgerichtet sind, und eines dritten magnetischen Tunnels, der dritte Magnetfeldlinien hat, die sich entlang der radialen Ebenen erstrecken und zum Unterstützen der ersten Magnetfeldlinien über dem ringförmigen äußeren Bereich der Zerstäubungsfläche ausgerichtet sind, wodurch ein effektiv flacher magnetischer Fluss in einem radialen Querschnitt über der Oberfläche des konischen Zerstäubungstargets erzeugt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem beim Erodieren des Targets der erste magnetische Fluss an der Erosionsfläche des Targets über der Mittellinie abgeflacht wird, während der zweite und der dritte magnetische Tunnel über dem inneren bzw. äußeren Bereich der Zerstäubungsfläche auftaucht und Plasma von den magnetischen Tunneln eingeschlossen wird, was eine Targeterosionsrate erzeugt, die anfänglich an der Mittellinie größer ist, als an dem inneren und äußeren Bereich und an der Mittellinie konti-

nuierlich und fortschreitend kleiner wird als an dem
inneren und äußeren Bereich.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

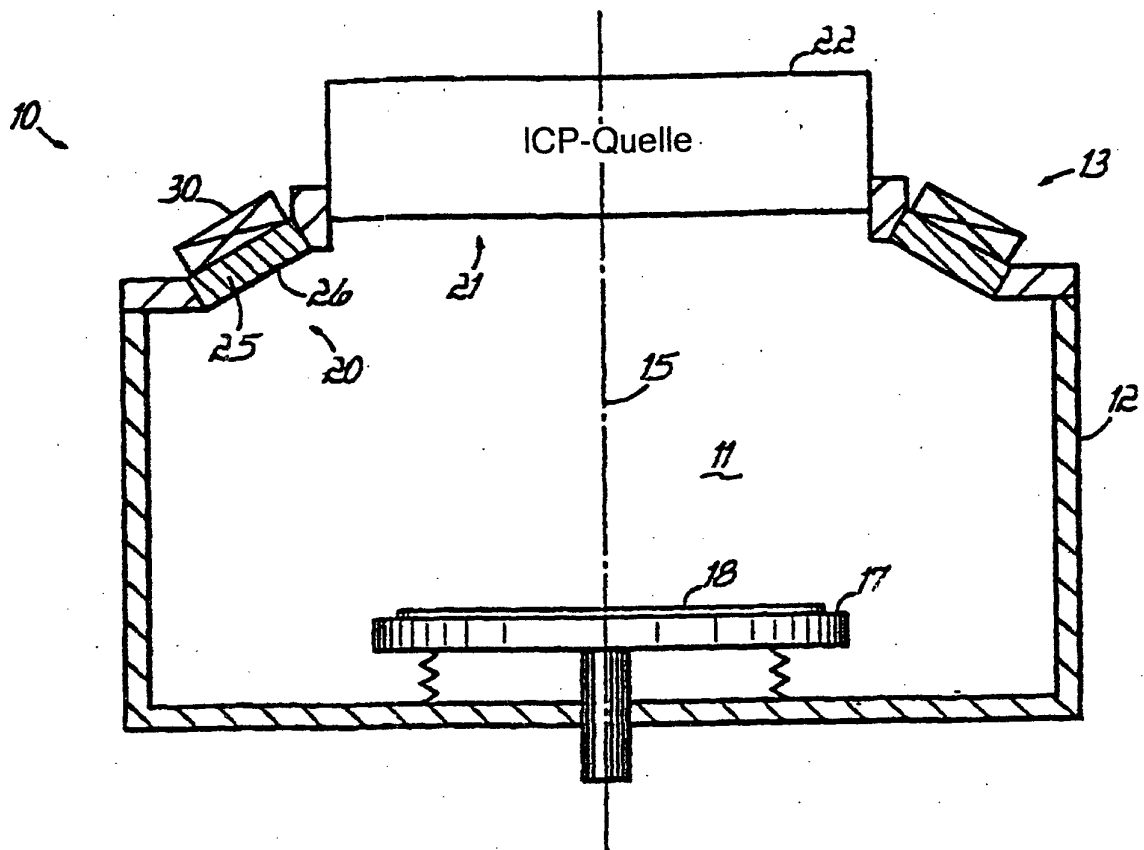


FIG. 1

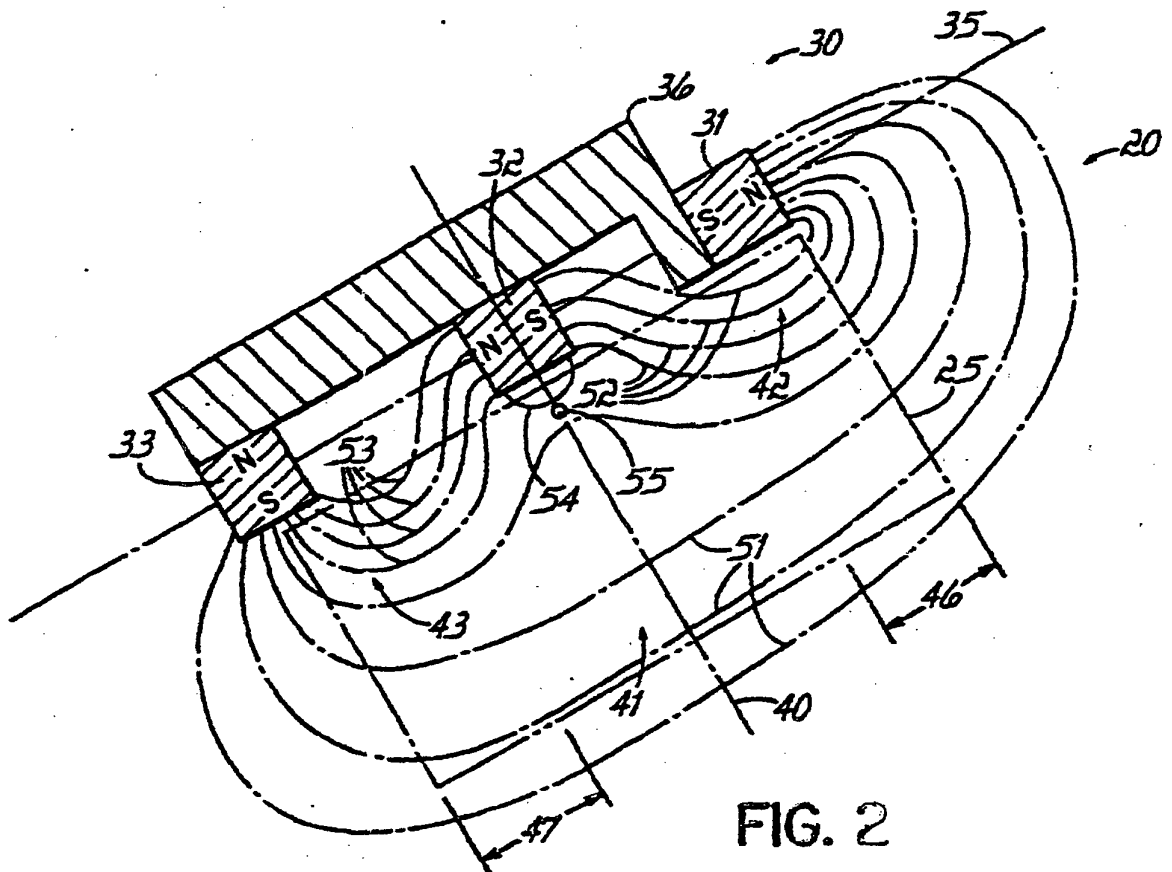


FIG. 2

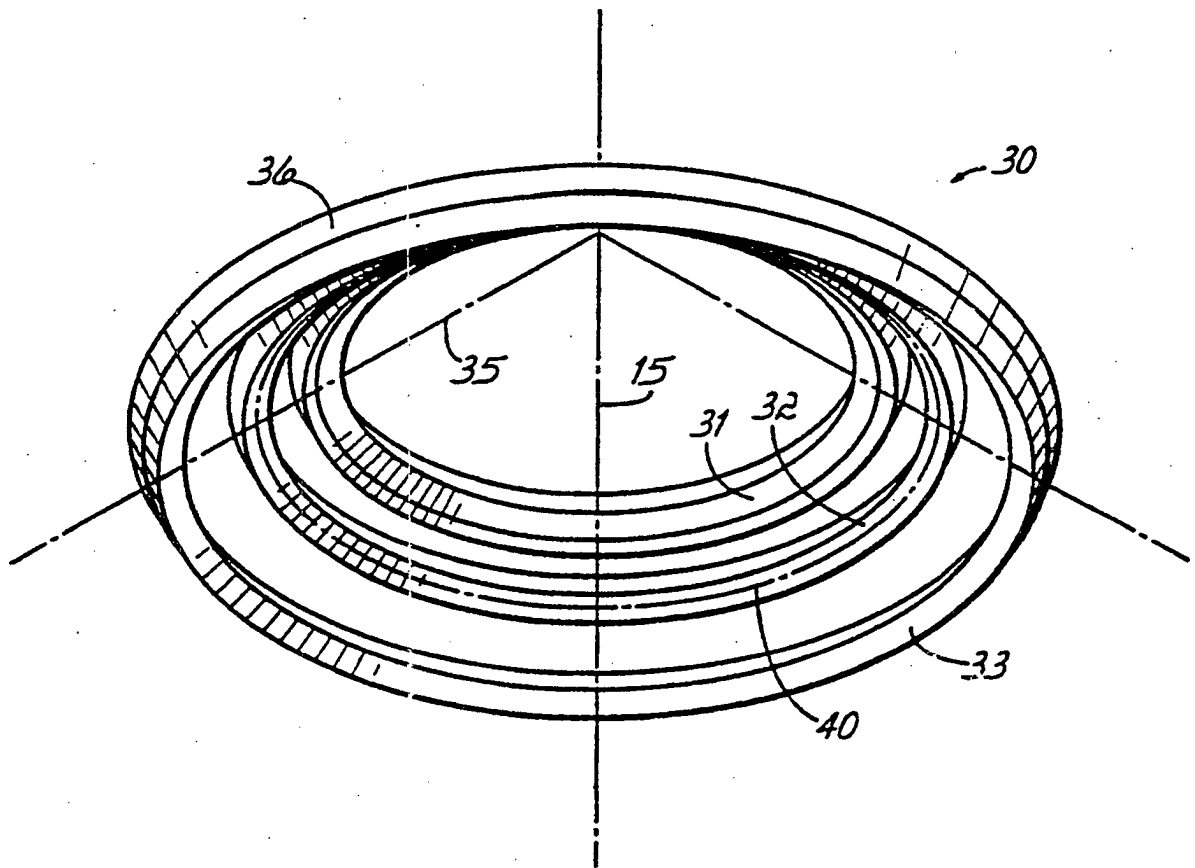


FIG. 3