



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 648 690 A5

⑤① Int. Cl. 4: H 01 J 37/04
H 01 J 37/34

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

// C 23 C 14/34

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑲ Gesuchsnummer: 7637/80

⑦③ Inhaber:
Balzers Aktiengesellschaft, Balzers (LI)

⑳ Anmeldungsdatum: 14.10.1980

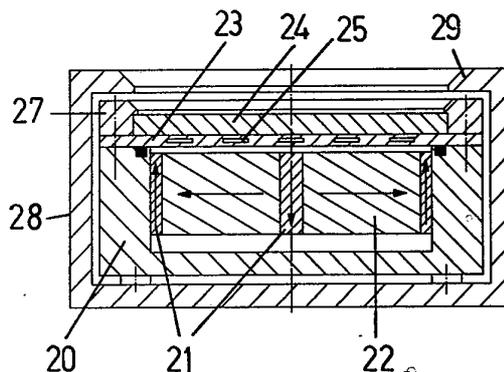
㉔ Patent erteilt: 29.03.1985

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 29.03.1985

⑦② Erfinder:
Wegmann, Urs, Balzers (LI)

⑤④ **Kathodenanordnung zur Abstäubung von Material von einem Target in einer Kathodenzerstäubungsanlage.**

⑤⑦ Auf der Rückseite des Targets (24) sind zur Erhöhung der Zerstäubungsrate Magnete (21, 22) angeordnet. Um auch von dickeren Targets oder solchen aus ferromagnetischem Material mit hinreichender Rate abstäuben zu können, sind äussere, einen Rahmen bildende hochenergetische Magnete (21) mit einer Energiedichte von wenigstens 40 kJ pro m³ vorgesehen, wobei die Magnetisierungsrichtungen der beiden Magnete bzw. Magnetsätze miteinander einen Winkel zwischen 45° und 90° einschliessen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Kathodenanordnung zur Abstäubung von Material von einem Target in einer Kathodenzerstäubungsanlage mit einem auf der von der zu zerstäubenden Fläche abgewandten Seite des Targets rahmenförmig angeordneten Magneten und mit einem innerhalb des rahmenförmigen Magneten befindlichen weiteren Magneten, dessen Magnetisierungsrichtung zur Magnetisierungsrichtung des rahmenförmigen Magneten einen Winkel zwischen 45° und 90° einschliesst, dadurch gekennzeichnet, dass der rahmenförmige Magnet (2, 13, 21) aus einem permanentmagnetischen Material mit einer Energiedichte von wenigstens 40 kJ pro m^3 und der weitere Magnet (3, 12, 22) aus einem solchen mit einer Energiedichte von weniger als 40 kJ pro m^3 besteht.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Unterschied der Energiedichte der beiden magnetischen Materialien wenigstens 10 kJ/m^3 beträgt.

3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des rahmenförmigen Magneten (2, 21) zusätzlich zu dem Magneten (3, 22) aus niederenergetischem Material ein weiterer, zentral angeordneter Magnet (6, 21) mit einer Energiedichte von mehr als 40 kJ/m^3 angeordnet ist.

4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetisierungsrichtung des Magneten aus dem hochenergetischen Material mit der Magnetisierungsrichtung der Magnete aus dem niederenergetischen Material einen Winkel von 90° einschliesst.

5. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Magnetanordnung und Target (1, 11, 24) relativ zueinander bewegbar sind.

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kathodenanordnung zur Abstäubung von Material von einem Target in einer Kathodenzerstäubungsanlage mit einem auf der zu zerstäubenden Fläche abgewandten Seite des Targets rahmenförmig angeordneten Magneten.

Anordnungen dieser Art sind zwar bekannt, z.B. aus USP 4 166 018, wobei zur Erzielung einer möglichst hohen Plasmadichte vor der zu zerstäubenden Fläche die Magnetanordnung derart ausgestaltet wurde, dass ein möglichst grosser Teil der magnetischen Kraftlinien durch die Targetplatte hindurch aus der Vorderseite derselben austrat und wieder in diese zurückkehrte. Jede Kraftlinie bildete also einen Bogen vor der zu zerstäubenden Fläche, und die Anordnung wurde ferner so getroffen, dass die Gesamtheit der bogenförmigen Kraftlinien einen in sich geschlossenen Tunnel darstellte, in welchem beim Zerstäubungsbetrieb das Plasma eingeschlossen war. Die Abstäubung kam vor allem im Bereich der von diesem Tunnel bedeckten Fläche des Targets zustande. Der Wirkungsgrad der Zerstäubung konnte auf diese Weise ganz wesentlich gesteigert werden, aber es blieb immer noch ein Nachteil, dass die Abstäubung ungleichmässig erfolgte und dass deshalb die Targetplatten schon ersetzt werden mussten, bevor sie vollständig verbraucht waren. Bei den hohen Preisen vieler Targetmaterialien bedeutete das einen ziemlichen Verlust.

Um eine bessere Ausnützung zu erreichen, wurde schon vorgeschlagen, mehrere verschiedene Magnetsätze hinter der Targetplatte so anzuordnen, dass die zur Fläche derselben parallele Magnetfeldkomponente über einem möglichst grossen Teil der Targetfläche möglichst gross war; es hat sich nämlich gezeigt, dass die Abstäubungsrate hauptsächlich von dieser Parallelkomponente des magnetischen Feldes abhängt.

Aus USP 4 180 450 ist bekannt, auf der Rückseite der Targetplatte ausser einem ersten Magnet oder Magnetsatz wei-

tere Magnete so anzuordnen, dass deren Magnetisierungsrichtung zur Magnetisierungsrichtung der ersten Magnete einem Winkel zwischen 45° und 90° einschliesst. Damit konnte zwar eine gleichmässige Abtragung bei den meisten Targetmaterialien erzielt werden, doch hat sich gezeigt, dass es auch mit dieser, sowie mit anderen bekannten Anordnungen kaum möglich ist, magnetisierbare Materialien, z.B. Nickel oder gar Eisen zu zerstäuben. Dies ist deshalb so schwierig, weil das magnetisierbare Target die magnetischen Kraftlinien weitgehend kurzschliesst und im Entladungsbereich vor dem Target das magnetische Feld dann fehlt, so dass keine genügend starke Entladung in diesem Bereich unterhalten werden kann. Die Dicke der Targets aus magnetisierbaren Materialien nach bekanntem Stand der Technik ist im besten Fall auf einige Zehntel mm begrenzt.

Diese Begrenzung ergibt sich durch die zur Verfügung stehende magnetische Energie in wirksamen Bereich. Für die Zerstäubung ferromagnetischer Materialien muss diese nämlich so hoch sein, dass das Target magnetisch gesättigt werden kann, um genügend Feldlinien hindurchtreten zu lassen; die durchtretenden Feldlinien sollten in einem Abstand von einigen Millimetern vor der zu zerstäubenden Fläche eine zu dieser parallele Magnetfeldkomponente von mindestens $0,01 \text{ Vs/m}^2$ ergeben.

Es ist naheliegend und schon vorgeschlagen worden, dieses Problem durch eine entsprechende Verstärkung der Magnete zu lösen. Nach dem heutigen Stand der Technik kommt dafür nur Permanentmagnetmaterial aus teuren Speziallegierungen in Frage. Bauteile aus solchen Materialien sind deshalb aufwendig, sind auch nicht leicht zu bearbeiten und wegen der äusserst grossen Kraftwirkungen schwierig zu einem System zusammenzubauen und zu halten.

Eine weitere Unzulänglichkeit zeigen bekannte magnetfeldunterstützte Zerstäubungseinrichtungen hinsichtlich dickerer Targets und zwar auch dann, wenn die Targets nicht aus magnetischen Materialien bestehen. Auch in diesem Falle resultiert wegen der grösseren Dicke eine nur ungenügende magnetische Parallelfeldstärke auf der Target-Vorderseite, wodurch höhere Zünd- und Brennspannungen notwendig werden, um genügend hohe Plasmadichten und damit hohe Zerstäubungsraten zu erreichen. Es wurde versucht, das Problem unter Beibehaltung der geometrischen Konfiguration der Magnetanordnung und der Feldverteilung wiederum dadurch zu lösen, dass alle Magnete der Anordnung einfach entsprechend verstärkt wurden, was im Prinzip zwar möglich ist, aber, wie gesagt, einen wesentlich höheren Aufwand bedeutet.

Die vorliegende Erfindung stellt sich nun die Aufgabe, bei einer Anordnung zur kathodischen Abstäubung von Materialien, insbesondere auch ferromagnetischer Materialien, die Wirtschaftlichkeit zu verbessern, indem die Targetdicke und damit die zur Verfügung stehende Menge des in einem Arbeitsgang abstaubbaren Targetmaterials vergrössert werden können.

Wie aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels ersichtlich wird, erreicht man durch die durch den Anspruch 1 gekennzeichnete Erfindung eine wesentliche Erhöhung der zur Targetfläche parallelen, für den Wirkungsgrad der Zerstäubung massgebenden Komponente des magnetischen Feldes bei gleichzeitig guter Ausnützung des Targets, und zwar erreicht man dies überraschenderweise nicht durch eine gleichmässige Verstärkung aller Magnete der Anordnung, sondern durch eine entsprechende Verteilung magnetischen Materials von verschiedenem Energiegehalt. Weil dabei die Hälfte oder mehr des benötigten Magnetwerkstoffes niederenergetisch sein kann und daher wesentlich billiger zu stehen kommt, wird gleichzeitig eine ausserordentliche Einsparung auch beim Bau der neuen Anordnung erzielt.

In der anliegenden Zeichnung zeigt:

Figur 1 schematisch ein einfaches Ausführungsbeispiel, bei dem lediglich ein äusserer Rahmen aus hochenergetischem Magnetwerkstoff vorgesehen ist und die Magnetisierungsrichtung des innerhalb dieses Rahmens untergebrachten niederenergetischen Werkstoffes mit derjenigen des äusseren Magneten einen Winkel von 90° einschliesst;

Figur 2 eine ähnliche Anordnung, die jedoch zusätzlich noch einen zentralen weiteren Magneten aus hochenergetischem Werkstoff aufweist;

Figur 3 ein Diagramm zum Vergleich der Erfindung mit dem bekannten Stand der Technik;

Figur 4 das Schema eines weiteren Ausführungsbeispiels der Erfindung, bei dem die Feldrichtung des hochenergetischen und des niederenergetischen Materials miteinander einen Winkel von 45° einschliessen;

Figur 5 eine Anordnung zur Abstäubung von der Aussen-seite eines Rohres aus Targetmaterial;

Figur 6 eine Anordnung zur Abstäubung von der Innen-seite eines Rohres aus Targetmaterial und schliesslich

Figur 7 eine detaillierte konstruktive Ausführung eines sogenannten planaren Magnetrons mit einer ebenen gekühlten Targetplatte.

In den Figuren 1 und 2 bezeichnet 1 eine Platte aus dem zu zerstäubenden Materiale, z.B. eine 6 mm dicke Nickelplatte, wobei von einer (in der Zeichnung oberen) Seite derselben eine möglichst gleichmässige Abstäubung in einer Kathodenzerstäubungsanlage erreicht werden soll. Zu diesem Zweck sind auf der anderen (in der Zeichnung unteren) Seite der Platte 1 zwei Magneten bzw. Sätze von Magneten angeordnet und zwar ein erster Magnet oder Magnetsatz 2, welcher einen äusseren Rahmen bildet, dessen Magnetisierungsrichtung zu der zu zerstäubenden Fläche senkrecht steht, wie durch Pfeile und die Polzeichnungen N + S in den Figuren angedeutet ist; die Magnetisierungsrichtungen können auch umgekehrt werden.

Der bzw. die den äusseren Rahmen bildenden Magnete bestehen aus permanent magnetischem Material mit einer remanenten Energiedichte von wenigstens 40 kJ pro m^3 . Solche Materialien sind kommerziell erhältlich; z.B. besitzt eine bekannte Magnetlegierung bestehend aus seltenen Erden und Kobalt, mit einem Kunststoffbindemittel gepresst, eine remanente Energiedichte von 50 kJ pro m^3 , und der gleiche Magnetwerkstoff in massiver Form ohne Kunststoffbindemittel weist sogar eine remanente Energiedichte von über 100 kJ pro m^3 auf. Der Rahmen 2 kann z.B. ringförmig, oval oder rechteckig sein und er kann aus einem einzigen Stück bestehen oder aus mehreren Einzelmagneten zusammengefügt sein. Innerhalb des Rahmens 2 ist der zweite Magnet bzw. Magnetsatz 3 angeordnet, der eine Platte (Figur 1) bzw. einen Ring (Figur 2) bildet und aus niederenergetischem Magnetmaterial besteht, dessen Magnetisierungsrichtung, wie die Figuren durch die Pfeile und die Polbezeichnungen andeuten, mit der Magnetisierungsrichtung des äusseren Rahmens einen Winkel von 90° einschliesst und wobei die am äusseren Rand der Innenmagnete 3 liegenden Pole (N) und die dem Target zugewandten Pole der den Rahmen bildenden Aussenmagnete 2 gleichnamig sind, in der Zeichnung also beide Nordpole. Die Magnetisierungsrichtungen könnten auch umgekehrt werden, so dass beide Südpole sind.

Durch diese Anordnung wird erreicht, dass der magnetische Kraftfluss im Aussenraum sich im wesentlichen im Bereich der Targetscheibe schliesst, die magnetischen Streuverluste also gering bleiben. Auch wenn das Target aus magnetisierbarem Material wie z.B. Nickel besteht und also ein Teil des magnetischen Flusses dadurch kurzgeschlossen wird, bildet der restliche, durch die Targetplatte hindurchgreifende Teil des magnetischen Flusses vor der zu zerstäu-

benden Targetfläche ein Feld mit einer genügend starken Parallelkomponente aus.

Die in den Figuren 1 und 2 schematisch dargestellten Anordnungen können in einer üblichen Kathodenzerstäubungsanlage angeordnet werden, wobei eine negative Hochspannung von einigen hundert Volt an die bei der Zerstäubung als Kathode zu betreibende Targetplatte anzulegen ist und die positive Seite der Spannungsquelle in bekannter Weise entweder an einer separaten, z.B. stab- oder ringförmigen Anode liegt, oder auch einfach mit der Wand der Zerstäubungskammer verbunden wird.

In Figur 2 ist im Zentrum der Targetscheibe noch ein weiterer Hochenergiemagnet 6 vorgesehen, dessen Magnetisierungsrichtung derjenigen der äusseren Magneten 1 entgegengesetzt ist. Durch diesen zusätzlichen Hochenergiemagneten erreicht man eine weitere Vergrösserung des magnetischen Flusses, so dass noch dickere Targets als mit der Vorrichtung nach Figur 1 zerstäubt werden können.

In dem Diagramm der Figur 3 gibt die Ordinate die magnetische Induktion parallel zur Targetfläche in ca. 16 mm Abstand vom Magnetsystem in Vs/m^2 an und zwar in Abhängigkeit vom Abstand des Messpunktes von einer durch das Zentrum der Targetplatte gedachten Achse. Die Kurve 7 bezieht sich dabei auf eine bekannte Anordnung, wie sie eingangs erwähnt wurde. Damit wurde, wie aus dem Diagramm ersichtlich, in einer Zone von ca. 2 bis 3,5 cm Abstand von der Plattenmitte eine parallele magnetische Flussdichte von 0.025 Vs/m^2 erzielt. Wurden bei dieser Anordnung dann anstelle der bisher üblichen, niederenergetischen Magnete Hochenergiemagnete 2 eingesetzt, dann ergab sich eine etwas stärkere Parallelkomponente von ca. 0.03 Vs/m^2 . Dagegen konnte mit einer erfindungsgemässen Anordnung, die entsprechend der Figur 2 aufgebaut war, eine wesentlich höhere Flussdichte von 0.06 Vs/m^2 erreicht werden. Die Anordnung nach Figur 2 ermöglicht daher, wesentlich dickere Targets zu zerstäuben.

Weitere Untersuchungen haben gezeigt, dass je nach Material und Dicke der Targetplatte eine von 90° abweichende gegenseitige Orientierung der magnetischen Richtungen der niederenergetischen Innen- gegenüber den hochenergetischen Aussenmagneten vorteilhaft sein kann, um eine noch bessere Ausnutzung des Targetmaterials zu erzielen.

In Figur 4 ist der Fall einer 45° -Orientierung schematisch dargestellt, mit Magnetisierungsrichtungen, wie die Pfeile anzeigen.

Die Erfindung ist nicht auf die Abstände von ebenen Targetflächen beschränkt. In den Figuren 5 und 6 sind zwei Fälle dargestellt, die zeigen, wie eine Abstäubung von zylindrischen Flächen möglich ist. In diesen beiden Figuren bezeichnet 11 ein rohrförmiges Target, dessen Aussenseite (Figur 5) bzw. Innenseite (Figur 6) einer Zerstäubung unterworfen werden soll. Hiezu sind auf der jeweils nicht zu zerstäubenden anderen Seite des Targets, also innerhalb (Figur 5) bzw. ausserhalb (Figur 6) des Rohres, ringförmige niederenergetische Magnete 12 und hochenergetische radial magnetisierte Magnete 13 angeordnet, wobei die Magnetisierungsrichtungen der beiden Magnetsysteme miteinander einen Winkel zwischen 45° und 90° einschliessen; in den Figuren 5 und 6 ist der Fall für 90° gezeichnet. Im übrigen kann eine derartig aufgebaute zylindrische Kathodenanordnung in analoger Weise in einer Zerstäubungsanlage betrieben werden, wie obenstehend für den Fall einer ebenen Targetplatte beschrieben.

Figur 7 zeigt wieder eine Anordnung mit ebener Targetplatte. Dabei bezeichnet 20 eine Haltevorrichtung für eine Magnetanordnung ähnlich derjenigen der Figur 2, die aus den hochenergetischen äusseren Magneten 21 und den niederenergetischen Innenmagneten 22 aufgebaut ist. Die

Magnete sind durch eine Kühlplatte 23 abgedeckt, welche ihrerseits die Targetplatte 24 trägt. Zur Kühlung der letzteren weist die Platte 23 Kanäle 25 auf, durch welche beim Betrieb ein Kühlmittel hindurchgeleitet werden kann. An ihrem Umfang wird die Targetplatte von einem Ring 27 umfasst, der zusammen mit der Platte 23 auf der Halterung 20 aufgeschraubt ist. Für den Betrieb ist eine nichtgezeichnete Spannungszuführung zur Targetplatte 24 vorzusehen. Die Halte-

5
rung 20 ist von dem Gehäuse umgeben, welches mit seiner Öffnung 29 lediglich die Vorderseite der Targetfläche für eine Abstäubung freigibt. Der Abstand zwischen den Innenwänden des Gehäuses 28 und der Aussenseite der Halterung 20 muss in bekannter Weise kleiner als die mittlere freie Weglänge der Elektroden beim Entladungsdruck bemessen werden.

FIG. 1

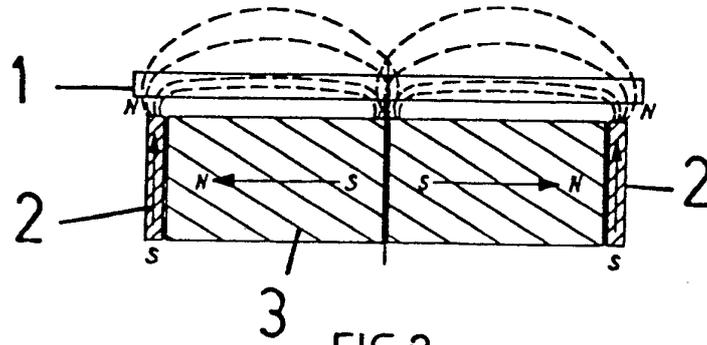


FIG. 2

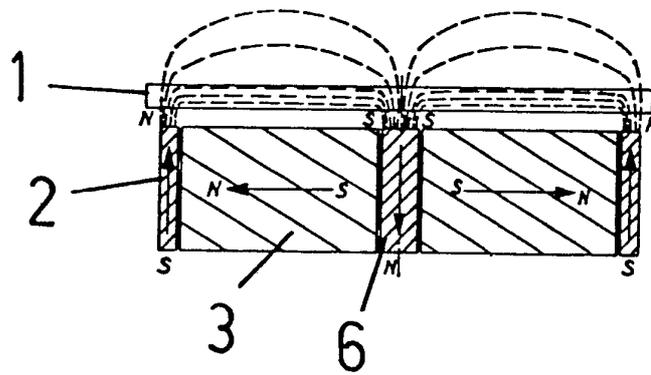


FIG. 3

