



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 291 783 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983

5(51) C 23 C 14/50

in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

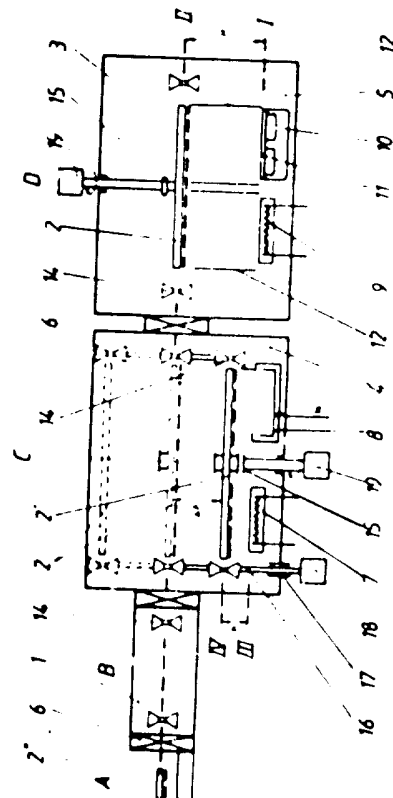
DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD C 23 C / 337 581 7	(22)	05.02.90	(44)	11.07.91
(71)	Forschungsinstitut Manfred von Ardenne, Zeppelinstraße 7, O - 8051 Dresden, DE				
(72)	Heisig, Ullrich, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Goedicke, Klaus, Dipl.-Phys.; Rumberg, Heinz; Student, Hans-Jochen, Dipl.-Ing.; Knoblauch, Hans-Jürgen; Heine, Andreas, Dipl.-Ing.; Jarzak, Wolfgang, Dr.-Ing. Dipl.-Ing., DE				
(73)	Forschungsinstitut Manfred von Ardenne, O - 8051 Dresden; Kombinat VEB Elektronische Bauelemente, O 1530 Teltow, DE				
(54)	Zerstaubungseinrichtung mit rotierendem Substratträger				

(55) Zerstaubungseinrichtung; Substratträger; Prozeßkammer; Beschichten; Zerstaubungsquellen; Heizer; Substratvorbehandlung; Desorptionsheizung; inverse Ätzeinrichtung; Hubeinrichtung; Schleuse

(57) Die Zerstaubungseinrichtung dient zum Beschichten von Substratträgern auf schleusbaren Substratträgern und besteht aus mehreren Modulen für die verschiedenen Prozeßschritte. Erfindungsgemäß sind in der Prozeßkammer zum Beschichten die Zerstaubungsquellen und ein Heizer in einer Ebene I angeordnet und im Abstand darüber die Substrate auf einer Ebene II. Der Substratträger ist linear bewegbar und stationär drehbar. In der Prozeßkammer zur Substratvorbehandlung ist eine Desorptionsheizung und eine inverse Ätzeinrichtung in gleicher Ebene I wie die Zerstaubungsquellen angeordnet. In einer Ebene IV, deren Abstand geringer ist wie zwischen den Ebenen I und II, bewegen sich die Substrate. Dieser Substratträger ist in einer zweietagigen Hubeinrichtung gehalten. Die Hubhöhe ist so groß, daß sich in ihrer oberen Stellung die untere Etage in der Ebene II befindet, die dem Lineartransport der Substratträger durch alle Module und der Schleuse dient. Figur



Patentansprüche:

1. Zerstäubungseinrichtung mit rotierendem Substraträger, bestehend aus mehreren Modulen, wie einer Schleusenkammer und mindestens zwei Prozeßkammern, aus drei von Modul zu Modul linear bewegbaren Substraträgern und zwischen den Modulen angeordneten Ventilen, **dadurch gekennzeichnet**, daß in den Prozeßkammern (5) für das Beschichten Zerstäubungsquellen (10) und Heizer (9) in einer Ebene (I) und die Substraträger (2) im Abstand (H) in einer Ebene (II) linear bewegbar und drehbar angeordnet sind, daß zwischen den Ebenen (I; II) Plasmaschirme (12) und Strahlenschutzschirme (13) angeordnet sind, daß in der Prozeßkammer zur Substratvorbehandlung (4) eine Desorptionsheizung (7) und eine sogenannte inverse Ätzeinrichtung (8) in einer Ebene (III), die annähernd der Ebene (I) in der Prozeßkammer (5) entspricht, angeordnet sind und daß über der Ebene (III) im Abstand (h), der kleiner als die Hälfte des Abstandes (H) ist, ein Substraträger (2) angeordnet ist, daß in der Prozeßkammer für die Substratvorbehandlung (4) eine zweietagige Hubeinrichtung (15) mit einer Hubhöhe (Δh) so angeordnet ist, daß in deren oberer Stellung die unterste Etage mit der Ebene (II) zum Lineartransport der Substraträger (2) gleich ist.
2. Zerstäubungseinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abstand (h) zwischen der Ebene (III) und Ebene (IV) ein Drittel des Abstandes (H) ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Zerstäubungsanlage zur Vakuumbeschichtung von Substraten auf schleusbaren Substraträgern.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Produktive Zerstäubungsanlagen sind mit mindestens einer Vakuumschleuse, Prozeßkammern, in denen sich Zerstäubungsquellen, Heizquellen und im allgemeinen Ätzeinrichtungen befinden, sowie mit Beschickungseinrichtungen ausgestattet. Hohe Produktivität wird z. B. durch Anlagen mit zwei Schleusenkammern zum Eingeben bzw. Ausgeben von schleusbaren Substraträgern und quasi-in-line-Transport der Substraträger von Modul zu Modul erreicht. Dabei können mehrere Substraträger zeitparallel in der Anlage bearbeitet werden. Solche Anlagen erfordern durch die große Zahl der Module einen hohen Aufwand.

In Anlagen mit nur einer Vakuumschleuse werden die Substrate auf unterschiedlichen Substraträgern zeitlich nacheinander bearbeitet, denn es kann sich jeweils nur ein Substraträger in der Anlage befinden. Eine solche Anlage läßt nur dann die zeitparallele Bearbeitung von mehreren Substraträgern zu, wenn sie mit Einrichtungen versehen ist, die den linearen Transport der Substraträger von Modul zu Modul und den linearen Rücktransport der Substraträger in zwei unterschiedlichen Ebenen in allen Modulen ermöglicht. Diese Lösung führt zu einem großen Volumen jeder der Kammern und zu hohem Aufwand für das Transportsystem. Es ist auch vorgeschlagen worden, den linearen Transport der Substraträger von Modul zu Modul zwar in nur einer Ebene durchzuführen, aber den Rücktransport der Substraträger durch Hubeinrichtungen in der Schleuse und jeder der Prozeßkammern zu ermöglichen, wodurch in jedem Modul zwei Transportebenen für die Substraträger verwirklicht werden. Auch diese Lösung ist technisch aufwendig. Beide Lösungsvarianten haben weiter den Nachteil, daß durch die Einrichtung zur Transportumkehr bzw. durch die Hubeinrichtungen insbesondere im Bereich der Zerstäubungsquellen Partikel erzeugt werden, die zu Defekten in den Schichten führen und deren Eigenschaften dadurch verschlechtern. Technische Schwierigkeiten bei beiden Lösungen ergeben sich auch, weil die in den Prozeßkammern zur Begrenzung des Plasmas beim Zerstäuben, zur Eingrenzung der Wärmestrahlung beim Heizen und zur Vermeidung der wechselseitigen Verunreinigung mehrerer Zerstäubungsquellen erforderlichen Plasmaschirme und Strahlungsschutzbleche mit den Einrichtungen zur Gestaltung der Umkehr bzw. des Hubes für die Substraträger kollidieren und deshalb nicht ausgeführt oder stark eingeschränkt werden müssen. Daraus resultieren auch drastische verfahrenstechnische Nachteile, z. B. Verschmutzung der Schichten.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung hat das Ziel, die Mängel am Stand der Technik zu beseitigen und eine Zerstäubungsanlage zu schaffen, die bei relativ geringem apparativen Aufwand eine hohe Produktivität besitzt.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Zerstäubungsanlage mit rotierendem Substraträger zu schaffen, die nur eine Schleusenkammer besitzt und die zeitparallele Behandlung von zwei Substraträgern gestattet. Es sollen keine zusätzlichen Einrichtungen für den Rücktransport der Substraträger in den Prozeßkammern für die Vakuumbeschichtung erforderlich sein.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einer modularen Zerstäubungsanlage, bestehend aus einer Schleusenkammer, mindestens zwei Prozeßkammern, dreischleusbaren, von Modul zu Modul linear bewegbaren und in den Prozeßkammern drehbaren Substraträgern, deren Substrate vorzugsweise von unten behandelt werden, und zwischen den Prozeßkammern angeordneten Ventilen, dadurch gelöst, daß in der oder den Prozeßkammern für das Beschichten die Zerstäubungsquellen und die Heizquellen für die Heizung der Substrate in einer Ebene I angeordnet sind. Diese Ebene wird durch die Targetoberfläche der Zerstäubungsquellen und die Heizelemente der Heizer gebildet. In der bzw. den Prozeßkammern für das Beschichten wird eine Ebene II durch die Lage der Substrate bestimmt, die etwa mit der Ebene übereinstimmt, in der auch der Lineartransport der Substraträger von Modul zu Modul erfolgt. Der Arbeitsabstand H für das Beschichten und das Heizen während der Beschichtung ist also der Abstand zwischen den Ebenen I und II. Zwischen den Ebenen I und II sind im Bereich der Zerstäubungsquellen Plasmaschirme angeordnet, mit deren Hilfe das Plasma und der Dampfstrom begrenzt und eine gegenseitige Verschmutzung der Zerstäubungsquellen untereinander vermieden wird. Im Bereich der Heizer sind Strahlungsschutzschirme zwischen den Ebenen I und II angeordnet, um den Wärmestrom auf den erforderlichen Substratbereich zu begrenzen. In der Prozeßkammer für die Substratvorbehandlung (Vorbehandlungskammer) ist eine inverse Ätzeinrichtung und eine Heizquelle zum Desorptionsheizen in einer Ebene III angeordnet, die etwa der Ebene I in der bzw. den Prozeßkammern für das Beschichten entspricht. Die Ebene III in der Vorbehandlungskammer wird durch die Oberkante der Ätzelektrode der inversen Ätzeinrichtung und die Heizelemente der Heizquelle bestimmt. Die Teilprozesse Ätzen und Desorptionsheizen zur Vorbehandlung der Substrate werden mit einem Arbeitsabstand h der Substrate von der Ebene III ausgeführt. Dieser Abstand h ist kleiner als die Hälfte des Abstandes H , vorzugsweise kleiner als ein Drittel des Abstandes H . Mit dieser Bemessung wird bei der Vorbehandlung der Substrate im Ätzprozeß gewährleistet, daß sich die elektrische Gasentladung aus dem Inneren der Ätzelektrode nicht in die gesamte Prozeßkammer ausdehnt, sondern auf den Substratbereich begrenzt wird, der durch die Öffnung der Ätzelektrode vorgegeben ist. Eine Instabilität der elektrischen Entladung und Verschmutzungen der Substrate durch Ätzprodukte, die von Teilen oder Adsorbaten der Prozeßkammer herrühren, werden dadurch wirksam verhindert. Es wird weiterhin erreicht, daß das Desorptionsheizen weitgehend auf den Bereich der Substrate begrenzt bleibt und weitere Teile der Substraträger und der Prozeßkammer nur minimal thermisch belastet sind. Damit wird die Bildung störender Desorbate vermieden. In der Vorbehandlungskammer ist eine zweietagige Hubeinrichtung mit der Hubhöhe Δh angeordnet, die gleich dem Abstand zwischen den zwei Etagen ist. In der oberen Lage der Hubeinrichtung wird in der oberen Etage ein Substraträger gehalten, während in der unteren Etage ein Substraträger linear bewegt werden kann. In der unteren Lage der Hubeinrichtung kann in der oberen Etage ein Substraträger linear bewegt und in der unteren Etage ein Substraträger zum Zwecke der Vorbehandlung der Substrate gedreht werden. Die Hubeinrichtung gewährleistet, daß die Vorbehandlung der Substrate mit dem Arbeitsabstand h und der Lineartransport der Substraträger von Modul zu Modul in der Ebene II stattfinden. Es gilt $\Delta h + h = H$. Mit dieser Hubeinrichtung werden nicht nur die beiden unterschiedlichen Arbeitsabstände h beim Vorbehandeln der Substrate und H beim Beschichten verwirklicht, sondern in Kombination mit dem Lineartransport auch der Rücktransport der Substraträger in einer einheitlichen Ebene in allen Modulen durch „Rangieren“ von zwei Substraträgern in der Vorbehandlungskammer erreicht. Mit der beschriebenen Einrichtung wird deshalb die hohe Produktivität, die durch zeitparallele Bearbeitung von zwei Paletten in der Zerstäubungsanlage verbunden ist, mit den beschriebenen Verfahrensvorteilen verbunden. Eine andere Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, daß die Beschichtung nicht wie beschrieben von unten nach oben gerichtet ist, sondern z. B. von oben nach unten. In diesem Fall ist die Einrichtung sinngemäß abzuwandeln. Zum Beispiel tauschen die Lagen und Etagen des besagten Hubrahmens ihre Funktion.

Ausführungsbeispiel

In der zugehörigen Zeichnung ist eine Zerstäubungsanlage, bestehend aus einer Vorbehandlungskammer und einer Prozeßkammer im Schnitt dargestellt.

Die Zerstäubungseinrichtung besteht aus vier Modulen A bis D, die Schleuse 1 als das Modul B, dem ein weiteres Modul A, die Beschickungseinrichtung, vorgelagert ist (nicht gezeichnet). An die Schleuse 1 zum Ein- und Ausschleusen der auf dem Substraträger 2 angebrachten Substrate 3 schließt sich die Vorbehandlungskammer 4, das Modul C, an, und daran eine Prozeßkammer 5 zum Beschichten der Substrate 3 als Modul D. Die Module A bis D sind mittels Ventilen 6, die das Durchschleusen von Substraten 3 ermöglichen, miteinander verbunden.

In der Vorbehandlungskammer 4 ist eine Desorptionsheizung 7 und eine Ätzeinrichtung 8 in Form einer Hohlanode (inverser Ätzer) zum HF-Ätzen angeordnet. In der Prozeßkammer 5 sind in bekannter Weise ein Heizer 9 und auf gleicher Ebene drei Zerstäubungsquellen (Plasmatron) 10 angeordnet, die sektorförmige Gestalt besitzen, um die Homogenität der Beschichtung bzw. Heizung für alle Substrate 3 zu sichern. Die Targets 11 der Plasmatrons 10 und die Heizer 9 bilden die Ebene I. Die Substrate 3 befinden sich in dieser Prozeßkammer 5 auf der Ebene II.

Zum linearen Bewegen der Substraträger 2 durch die Module besitzen die Substraträger 2 Gleitschienen, und in den Modulen sind Rollen 14 zur Führung angeordnet. Zur Ausführung der Rotation der Substraträger 2 in der Prozeßkammer 5 und der Vorbehandlungskammer 4 sind außerhalb derselben Antriebe vorgesehen, die in die Kammern reichen und mittels Kupplungen 15 mit dem Substraträger 2 während der Prozesse verbunden werden. Diese Ebene I entspricht der Ebene I und II haben einen Abstand H . Er entspricht dem optimalen Arbeitsabstand zum Beschichten der Substrate 3. Im Beispiel, in dem ein aus drei metallischen Teilschichten bestehendes Kontaktschichtsystem auf Keramiksubstrate aufgebracht wird, beträgt der Abstand $H = 60\text{ mm}$. Zwischen den Ebenen I und II sind an sich bekannte wassergekühlte Plasmaschirme 12 bzw. ein hochreflektierender Strahlungsschutzschirm 13 so angeordnet, daß eine fast vollständige Begrenzung des Plasmas und des Dampfstromes beim Zerstäuben auf den Bereich zwischen der jeweiligen Zerstäubungsquelle 10 und den Substraten 3 erfolgt und die Wärmestrahlung ebenfalls weitgehend auf den Raum zwischen dem Heizer 9 und den Substraten 3 begrenzt ist. Eine gegenseitige Kontamination der Zerstäubungsquellen 10, die zu Verunreinigungen der Teilschichten führen würde, ist dadurch ebenso unterbunden wie eine vermeidbare thermische Belastung der Wände der Prozeßkammer 5 sowie der Antriebselemente. Diese Prozeßkammer 5 enthält damit nur die für den Beschichtungsprozeß funktionell unvermeidlichen Baugruppen, jedoch keinerlei weitere Vorrichtungen zum Heben oder Senken der Substraträger 2.

Die aktive Öffnung der Ätzeinrichtung 8 und die Heizelemente der Desorptionsheizung 7 liegen in der Ebene III, die etwa mit der Ebene I der Prozeßkammer 5 übereinstimmt. Während der Substratvorbehandlung sind die Substrate 3 auf dem rotierenden Substraträger 2 in der Ebene IV. Die Ebenen III und IV haben den Abstand h , der der Prozeßabstand für die Substratvorbehandlung ist. Im Beispiel beträgt $h = 15\text{ mm}$ und ist damit ein Viertel des Prozeßabstandes H während der Vakuumbeschichtung. Das Plasma des Sputterätzprozesses ist auf die Ätzeinrichtung 8 und den Substratbereich unmittelbar über der Ätzeinrichtung 8 begrenzt. Ätzung von Teilen des Substraträgers 2 oder der Vorbehandlungskammer 4 mit Ausnahme der Substraträger 3 wird auf diese Weise wirksam vermieden. Der geringe Prozeßabstand h sichert weiterhin eine geringe thermische Belastung der Vorbehandlungskammer 4 und ihrer Bestandteile während der Desorptionsheizung. Eine wesentliche Baugruppe der Zerstäubungseinrichtung ist eine Hubeinrichtung 16, die sich in der Vorbehandlungskammer 4 befindet. Sie dient dazu, um zwei Substraträger 2 in zwei Etagen übereinander aufzunehmen und vertikal zu bewegen. Mittels einer Vakuumdurchführung 17 und äußeren, zweckmäßigerweise pneumatisch betätigten Antriebselementen 18 kann die Hubeinrichtung 16 zwei unterschiedliche Lagen einnehmen, die sich um die Höhendifferenz Δh unterscheiden. Im Beispiel beträgt die Hubhöhe, die gleich der Höhendifferenz Δh beider Etagen ist, 50 mm . Die Hubeinrichtung 16 ist so gestaltet, daß in ihrer oberen Lage in der oberen Etage ein Substraträger 2 positioniert und in der unteren Etage ein Substraträger 2 positioniert und linear zu den benachbarten Modulen B und D bewegt werden kann. In der unteren Lage der Hubeinrichtung 16 kann dagegen ein Substraträger 2, der sich in der oberen Etage befindet, linear zu den benachbarten Modulen B und D bewegt und in der unteren Etage der Substraträger 2 gedreht werden. Dabei befindet er sich, wie bereits beschrieben, in der Ebene IV. Die technische Ausgestaltung der Hubeinrichtung 16 ist auf verschiedene Weise möglich. So wird die Drehbewegung des Substraträgers 2 zweckmäßig durch eine Klauen- oder Stift-Kupplung 15 erreicht, die selbsttätig mit dem Absenken der Hubeinrichtung 16 in Eingriff kommt und den Kraftschluß zum Drehantrieb herstellt. Beim Heben der Hubeinrichtung 16 wird diese Kupplung 15 wieder gelöst, sie wirkt nicht während des Lineartransportes der Substraträger 2. Zum Zweck des Lineartransportes werden in der Vorbehandlungskammer 4 Elemente betätigt, die den Kraftschluß zwischen dem Substraträger 2 und den getriebenen Rollen 14 herstellen. Dazu können bewegliche, pneumatisch angelenkte Rollen 14 dienen. Während des Hebens und Senkens der Hubeinrichtung 16 ist der Reibkraftschluß zwischen den Antriebsteilen für den Lineartransport und dem Substraträger 2 unterbrochen, d. h. besagte bewegliche Rollen 14 berühren den Substraträger 2 nicht. Nachfolgend wird die Möglichkeit der zeitparallelen Bearbeitung mehrerer Substraträger 2 in der Zerstäubungsanlage erläutert. Dazu wird ein bestimmter Zeitpunkt während des Gesamtprozesses betrachtet. Es befindet sich ein Substraträger 2 in der Prozeßkammer 5, die Substrate 3 werden beschichtet. Ein weiterer Substraträger 2' befindet sich in der Vorbehandlungskammer 4, in der unteren Etage der Hubeinrichtung 16, die sich in der unteren Lage befindet. Die Kupplung 15 verbindet den Substraträger 2 mit dem Drehantrieb 19, die Substrate 3 rotieren bei der Substratvorbehandlung. Ein weiterer Substraträger 2'' befindet sich in der Bereitstellungseinrichtung zur Bestückung mit Substraten 3 im Modul A vor der Schleuse 1.

Nach Abschluß der zeitparallel für die Substraträger 2; 2'; 2'' ablaufenden Teilprozesse des Beschichtungszyklus wird das Ventil 6 zwischen den Modulen C und D geöffnet. Substraträger 2 wird mittels des Lineartransportes in der Ebene II in die obere Etage der abgesenkten Hubeinrichtung 16 des Modul C übergeben. Danach wird die Hubeinrichtung 16 in ihre obere Lage gebracht. Der Substraträger 2' wird dabei um die Höhe Δh aus der Ebene IV in die Ebene II gehoben und in den Modul D überführt, wo die Beschichtung erfolgen soll. Während des Lineartransportes des Substraträgers 2' wird der in der oberen Etage der Hubeinrichtung 16 befindlichen Substraträger 2 ebenfalls um Δh gehoben, als Voraussetzung für das Rangieren der beiden Substraträger 2; 2'. Nach Schließen des Ventils 6 zwischen den Modulen C und D wird die Hubeinrichtung 16 abgesenkt und das Ventil 6 zwischen den Modulen B und C geöffnet. Danach kann der weitere Rücktransport des Substraträgers 2' in den Modul B und anschließend in die Beschickungseinrichtung, Modul A, erfolgen. Nun kann der Substraträger 2'' in die Anlage geschleust und bei geöffnetem Ventil 6 und der in die obere Lage gebrachten Hubeinrichtung 16 in deren untere Etage überführt werden. Nach dem Senken der Hubeinrichtung 16 und dem selbsttätigen Betätigen der Kupplung 15 erfolgt in Modul C die Vorbehandlung der Substrate 3 des Substraträgers 2''. Zur gleichen Zeit erfolgt im Modul D die Substratbeschichtung für den Substraträger 2', während von Substraträger 2 im Modul A die Substrate 3 entnommen werden und eine Neubestückung stattfindet.

