

## **Beschreibung**

### **Vorrichtung zum Beschichten von Substraten nach dem EB/PVD-Verfahren**

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Beschichten von Substraten mit einem Beschichtungsmaterial nach dem EB/PVD-Verfahren mit einer aus wenigstens zwei in einer Horizontalebene versetzt zueinander angeordneten Tiegeln bestehenden Tiegelanordnung, die in einem horizontal versetzbaren Gestell angeordnet sind, wobei in dem Gestell unterhalb eines jeden Tiegels wenigstens ein Schacht zur Aufnahme einer aus dem Beschichtungsmaterial bestehenden Materialstange angeordnet ist, und mit mindestens einer Hubeinrichtung, mit deren Hilfe eine in dem Schacht angeordnete Materialstange durch den Boden des Tiegels in den Tiegel einführbar ist, um dort durch den Beschuss mit einem Elektronenstrahl aus einer Elektronenkanone verdampft zu werden.

Eine derartige Anordnung ist bekannt. Am Kopf eines Drehgestells sind zwei Paar Tiegel symmetrisch angeordnet, so dass durch eine 180°-Drehung des Drehgestells die Tiegel des einen Paares kreuzweise ihren Platz mit den Tiegeln des anderen Paares tauschen. Unterhalb eines jeden Tiegels befindet sich ein Karussell mit mehreren Schächten, in denen Materialstangen bevorratet werden. Jede Materialstange besteht aus mehreren kurzen vollzylindrischen Teilstücken. Ist eine Materialstange im Tiegel bis auf das letzte Teilstück aufgebraucht, wird dieses im Tiegel eingeklemmt, so dass sich das Karussell unter dem Tiegel soweit ungehindert drehen kann, bis sich wieder ein gefüllter Schacht des Karussells unter dem Tiegel befindet. Die Hubeinrichtung schiebt die neue Materialstange gegen das im Tiegel verbliebene Teilstück, dessen Klemmung

...

danach aufgehoben wird. Da das nachgeschobene Material dem Material des verbliebenen Teilstückes entsprechen muss, wird ein Karussell mit Materialstangen aus einem Material bestückt.

Die Hubeinrichtung in der bekannten Vorrichtung besteht aus Spindelantrieben, die an der Wand der Vakuumkammer befestigt sind, in der die Vorrichtung angeordnet ist.

Die Anordnung von insgesamt vier Tiegeln mit den zugehörigen Karussells auf einem Gestell schafft eine Anordnung, die insbesondere bei einer großen Beladung mit Material nur in einem großen Einbauraum auf einer Hochachse drehbar gelagert werden kann. Die außen um das Gestell angeordneten Hubeinrichtungen vergrößern den Einbauraum nochmals, so dass eine große Vakuumkammer zur Verfügung gestellt werden muss

Die Erfindung beruht auf der Aufgabe, eine kompakte Anlage zu schaffen, die auch bei einer hohen Beladung mit Material störungsfrei arbeitet.

Zur Lösung des Problems sieht daher die Erfindung vor, dass jedem Tiegel ein Hubeinrichtung zugeordnet ist, die in dem Gestell angeordnet ist, und dass das Gestell in Richtung des Versatzes der Tiegel linear verschiebbar ist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat den Vorteil, dass eine lineare Führung bei gleicher Präzision ist weniger Einbauraum benötigt als eine Drehanordnung, so dass auch die Hubeinrichtungen auf dem Gestell angeordnet werden können. Sie stehen damit in einem festen räumlichen Verhältnis zu den Karussells, so dass ein präzises Zusammenwirken der Hubeinrichtung mit dem jeweils zugeordneten Karussell gewährleistet ist.

...

Die Karussells können nun mit unterschiedlichen Materialien für verschiedene Substratschichten gefüllt werden. Die einzelnen Schichten werden sukzessive aufgebracht, indem das Gestell linear verschoben wird, so dass sich jeweils der Tiegel mit dem aktuell zu verdampfenden Material in einer Arbeitsposition befindet, in der er von einem Elektronenstrahl erreichbar ist. Die Lage der Arbeitsposition ist begrenzt, da sich große Teile der Oberseite des Gestells mit dem Tiegel im Schatten der Substrate und deren Halter befinden.

Das Problem der Abschattung tritt auf, weil die Elektronenkanone nur oberhalb einer Beschichtungszone, die oberhalb der Tiegel liegt und in denen sich die zu beschichtenden Substrate befinden, angeordnet werden kann. Da die Substrate und deren Halter die Beschichtungszone weitgehend ausfüllen, verbleibt nur ein beschränkter Raum zur Führung des Elektronenstrahls bis zu den Tiegeln. Eine Substrataufnahme besteht z. B. aus zwei länglichen, horizontal verlaufenden Haltern, an denen nebeneinander mehrere Substrate gehalten sind. Der Elektronenstrahl kann daher nur in einer Vertikalebene bewegt werden, die zwischen den zwei Haltern liegt. Bereiche seitlich dieser Ebene werden durch die Substrataufnahmen abgeschattet. Aus diesem Grund müssen die einzelnen Tiegel, um in ihre Arbeitsposition zu gelangen, in die Vertikalebene hinein verschoben werden, damit sie vom Elektronenstrahl erreicht werden können.

Wird das Gestell von einer Endposition in die andere Endposition um eine Wegstrecke, die dem Versatz der Tiegel einer Tiegelanordnung entspricht, linear verfahren, so nimmt der eine Tiegel die Arbeitsposition des anderen Tiegels ein, so dass dieser nun vom Strahl der Elektronenkanone erreichbar ist.

...

Vorzugsweise ist die Tiegelanordnung eine von zwei Tiegelanordnungen, wobei die Tiegel von beiden Tiegelanordnungen denselben Versatz aufweisen, so dass in der Arbeitsposition Material aus jeweils zwei Tiegeln verdampft werden kann.

Um genügend Material zur Verfügung stellen zu können, ohne dass die Vakuumkammer geöffnet werden braucht, ist jedem Tiegel ein Karussell mit mehreren Schächten zugeordnet, wobei jedes Karussell um eine Hochachse drehbar im Gestell gelagert ist.

Ein einfacher und kompakter Aufbau wird erreicht, wenn die Vorrichtung in einer Vakuumkammer angeordnet ist, wobei die Antriebswellen für die Hubeinrichtungen durch eine Wand der Vakuumkammer vakuumdicht hindurchgeführt sind, so dass sich die Motoren zum Antrieb der einzelnen Hubeinrichtungen außerhalb der Vakuumkammer befinden.

Die Motoren sind ortsfest an der Vakuumkammer angebracht. Damit in jeder Position des Gestells ein Drehmoment auf die Hubeinrichtung übertragen werden kann, weist jede Drehmoment übertragende Verbindung zwischen einem Motor und der dazugehörigen Hubeinrichtung einen teleskopartig ausziehbaren Abschnitt auf.

Die Schächte werden im einfachsten Fall durch in einem Kreis angeordnete Käfigstangen gebildet, die sich zwischen einem oberen und unteren Drehteller erstrecken.

Die Hubeinrichtungen, die als Spindelantriebe ausgebildet sind, besitzen jeweils einen seitlich abstehenden Ausleger, der in den zugehörigen, von Käfigstangen gebildeten Schacht eingreift.

...

Um zwischen den Schächten eines Gestells wechseln zu können, ist an der Oberseite des Gestells für jeden Tiegel eine Zuführungshülse angeordnet, durch die hindurch eine Materialstange durch den Tiegelboden in den Tiegel einführbar ist. Jede Zuführungshülse ist mit einer Klemmeinrichtung zum Halten der Materialstange in der Zuführungshülse ausgestattet.

Im Folgenden soll anhand eines Ausführungsbeispiels die Erfindung näher erläutert werden. Dazu zeigen:

Fig.1 eine Gesamtansicht der Vorrichtung, bei der sich ein Gestell mit Tiegeln in einer vorderen Position befindet, und

Fig.2 eine Gesamtansicht derselben Vorrichtung, bei der sich das Gestell mit Tiegeln in einer hinteren Position befindet.

Die erfindungsgemäße Anordnung besteht aus einem Gestell 1 mit einer rechteckförmigen Rahmenstruktur, das zwischen zwei Rahmen 2 linear in Richtung des Doppelpfeils verfahrbar angeordnet ist. Jeder Rahmen besteht aus einem Vertikalbalken 3, der über seine Länge an einer hier nicht dargestellten Tür einer Vakuumkammer 4 befestigt ist, sowie aus einem Querbalken 5, der von der Tür horizontal absteht, und einem zwischen dem Vertikal- und dem Querbalken 3, 5 schräg verlaufenden Stützbalken 6. Auf der Oberseite des Querbalkens 5 befindet sich eine Führungsschiene 7.

Auf der Oberseite des Gestells 1 sind zwei Platten 8, 9 geschraubt, auf denen jeweils eine vordere und eine hintere Führungshülse 10, 11 befestigt ist. Auf den Führungshülsen 10, 11 befinden sich hier nicht näher dargestellte vordere und hintere Tiegel zur Aufnahme des zu

...

verdampfenden Materials. Dieses wird in Stangenform durch die Führungshülsen 10, 11 und durch den Boden des zugehörigen Tiegels von unten in den Tiegel eingeführt. Ein vorderer und ein hinterer Tiegel bilden jeweils eine Tiegelanordnung, wobei die Tiegel einer Tiegelanordnung jeweils mit unterschiedlichen Materialien bestückt werden können.

Oberhalb der Tiegel befindet sich eine hier nicht dargestellte Kondensationshaube, die ebenfalls an der hier nicht dargestellten Tür der Vakuumkammer befestigt ist. Die Kondensationshaube umschließt eine Beschichtungszone, in der die Substrate an drehbaren Haltern angeordnet sind, die hier ebenfalls nicht dargestellt sind. Die drehbaren Halter erlauben es, die Substrate in einer Verdampfungswolke zu drehen, so dass sie allseitig beschichtet werden.

Innerhalb des Gestells 1 - was in der Fig. 1 gut zu erkennen ist - befindet sich unterhalb einer jeden Führungshülse 10, 11 ein Karussell 12 mit mehreren Schächten 13, in denen das zu verdampfende Material in Form von Materialstangen bevorratet wird. Die Schächte 13 sind konzentrisch zu einer Hochachse 14 angeordnet, so dass immer ein Schacht 13 eines Gestells 1 unter die jeweils zugehörige Führungshülse 10, 11 bzw. Tiegel gestellt werden kann. Die Karussells 12 bestehen jeweils aus einem oberen und einem unteren Drehteller 15, 16, zwischen denen Käfigstangen 17 angeordnet sind, die die Schächte 13 begrenzen.

Jede Führungshülse 10, 11 weist eine seitliche Öffnung 18 auf, in der ein Klemmstück 19 mittels eines Linearantriebs 20 einführbar ist. Dies erlaubt es, eine Materialstange in der Führungshülse 10, 11 festzuklemmen.

...

In den Seitenbereichen des Gestells 1 befinden sich vier Hubeinrichtungen 21 (zwei auf jeder Seite), die mit dem Gestell 1 verfahrbar sind und jeweils einem Karussell 12 zugeordnet sind. Da sowohl die Karussells 12 als auch die Hubeinrichtungen 21 auf dem Gestell 1 angeordnet sind, ist ihre räumliche Zuordnung unverändert, so dass die Hubeinrichtungen 21 präzise in die Schächte 13 zum Anheben der dort vorhandenen Materialstangen eingreifen können.

Um das Gestell 1 hin- und herfahren zu können, besitzt es an den oberen Kanten Rollen, die hier nicht näher dargestellt sind und die in die Führungsschienen 7 eingreifen. Die Kraft zum Verschieben des Gestells 1 wird von einem Motor 22 erzeugt, der an der Außenseite einer Tür der Vakuumkammer 4 befestigt ist und mit einem am Gestell 1 befestigten Spindelantrieb 23 verbunden ist.

Auch die Hubeinrichtungen sind Spindelantriebe, die über weitere Motoren 24 einzeln angetrieben werden. Diese Motoren 24 sind ebenfalls außen an der Tür angebracht und sind mit den Hubeinrichtungen 21 über mehrere Antriebswellen 25 und Umlenker 26 verbunden. Damit das Gestell 1 gegenüber den fest angeordneten Motoren 24 bewegt werden kann, ist jeweils eine Antriebswelle als Teleskopwelle 27 ausgebildet, die unmittelbar über Kardangelenke 28 an den jeweiligen Motor 24 anschließt.

Die Fig. 1 zeigt nun das Gestell 1 in einer hinteren, von der Tür entfernten Position und Fig. 2 das Gestell 1 in einer vorderen, der Tür nahen Position. Bei der in der Fig. 1 dargestellten Position befinden sich die beiden hinteren Führungshülsen 11 und damit die zugehörigen hinteren Tiegel in den Arbeitspositionen.

...

In der in Fig. 2 dargestellten Position des Gestells nahe der Tür befinden sich die vorderen Tiegel in derselben Arbeitsposition.

Die Tiegel, die sich jeweils in den Arbeitspositionen befinden, sind von den Elektronenstrahlen der Elektronenkanonen, die sich oberhalb des Rahmens befinden, zu erreichen.

Die Substrate können nun mit zwei unterschiedlichen Materialien schichtweise beschichtet werden, die jeweils in den Karussells 12 für die vorderen bzw. hinteren Tiegel bevorratet werden. Bei einem Wechsel zur nächsten Lage, die aus einem anderen Material bestehen als die vorhergehende, wird das Gestell 1 von der einen in die andere Endposition Verfahren, so dass die Tiegel mit dem nun benötigten Material sich in der Arbeitsposition befinden.

Die Anordnung von zwei Tiegelpaaren ist notwendig, um in der Beschichtungszone eine ausgedehnte Verdampfungswolke zu schaffen, in denen eine Vielzahl von kleinen Substraten, z. B. Turbinenschaufeln, gleichzeitig beschichtet werden können.

## Bezugszeichenliste

- 1 Gestell
- 2 Rahmen
- 3 Vertikalbalken
- 4 Vakuumkammer
- 5 Querbalken
  
- 6 Stützbalken
- 7 Führungsschiene
- 8 Platte
- 9 Platte
- 10 vordere Führungshülsen
  
- 11 hintere Führungshülsen
- 12 Karussell
- 13 Schächte
- 14 Hochachse
- 15 oberer Drehteller
  
- 16 unterer Drehteller
- 17 Käfigstangen
- 18 Öffnung
- 19 Klemmstücke
- 20 Linearantrieb
  
- 21 Hubeinrichtungen
- 22 Motor
- 23 Spindelantrieb
- 24 Motoren
- 25 Antriebswellen
  
- 26 Umlenker
- 27 Teleskopwellen
- 28 Kardangelenke

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Beschichten von Substraten mit einem Beschichtungsmaterial nach dem EB/PVD-Verfahren mit einer aus wenigstens zwei in einer Horizontalebene versetzt zueinander angeordneten Tiegeln bestehenden Tiegelanordnung, die in einem horizontal versetzbaren Gestell (1) angeordnet sind, wobei in dem Gestell (1) unterhalb eines jeden Tiegels wenigstens ein Schacht (13) zur Aufnahme einer aus dem Beschichtungsmaterial bestehenden Materialstange angeordnet ist, und mit mindestens einer Hubeinrichtung (21), mit deren Hilfe eine in dem Schacht (13) angeordnete Materialstange durch den Boden des Tiegels in den Tiegel einführbar ist, um dort durch den Beschuss mit einem Elektronenstrahl aus einer Elektronenkanone verdampft zu werden, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Tiegel eine Hubeinrichtung (21) zugeordnet ist, die in dem Gestell (1) angeordnet ist, und dass das Gestell (1) in Richtung des Versatzes der Tiegel linear verschiebbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Tiegelanordnung eine von zwei Tiegelanordnungen ist, wobei die Tiegel von beiden Tiegelanordnungen denselben Versatz aufweisen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Tiegel ein Karussell (12) mit mehreren Schächten (13) zugeordnet ist, wobei jedes Karussell (12) um eine Hochachse (14) drehbar in dem Gestell (1) gelagert ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung in einer

...

Vakuumkammer (4) angeordnet ist und dass Antriebswellen (25) für die Hubeinrichtungen (21) durch eine Wand der Vakuumkammer (4) vakuumdicht hindurchgeführt sind, so dass sich Motoren (24) zum Antrieb der einzelnen Hubeinrichtungen (21) außerhalb der Vakuumkammer (4) befinden.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass jede ein Drehmoment übertragende Verbindung zwischen den Motoren und den Hubeinrichtungen einen teleskopartig ausziehbaren Abschnitt aufweist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schächte (13) durch in einem Kreis angeordnete Käfigstangen (17) gebildet sind, die sich zwischen einem oberen und unteren Drehteller (15, 16) erstrecken.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubeinrichtungen (21), die als Spindelantriebe ausgebildet sind, jeweils einen seitlich abstehenden Ausleger besitzen, der in den durch die Käfigstangen (17) gebildeten Schacht (13) eingreift.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an der Oberseite des Gestells (1) für jeden Tiegel eine Zuführungshülse (10, 11) angeordnet ist, durch die hindurch eine Materialstange durch den Tiegelboden in den Tiegel einführbar ist, und dass jede Zuführungshülse (10, 11) mit einer Klemmeinrichtung zum Halten der Materialstange in der Zuführungshülse (10, 11) ausgestattet ist.