

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
27. Oktober 2011 (27.10.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2011/131172 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
C23C 14/24 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2011/000435

(22) Internationales Anmeldedatum:  
20. April 2011 (20.04.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2010 017 896.9  
21. April 2010 (21.04.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ALD VACUUM TECHNOLOGIES GMBH** [DE/DE]; Wilhelm-Rohn-Straße 35, 63450 Hanau (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HOTZ, Jürgen** [DE/DE]; Eduard-Vogel-Str. 102, 64839 Münster (DE).  
**SESERKO, Pavel** [DE/DE]; Hanauer Landstr. 56, 63791

Karlstein (DE). **WITTICH, Jörg** [DE/DE]; Waldstr. 16, 64853 Otzberg (DE). **SCHUHMAN, Gerhard** [DE/DE]; Andreasstr. 18, 63829 Krombach (DE). **SCHWAGMANN, Johannes** [DE/DE]; An der Weiher-tanne 14, 63607 Wächtersbach (DE). **LEMKE, Jürgen** [DE/DE]; Goethestr. 30, 69469 Weinheim (DE).

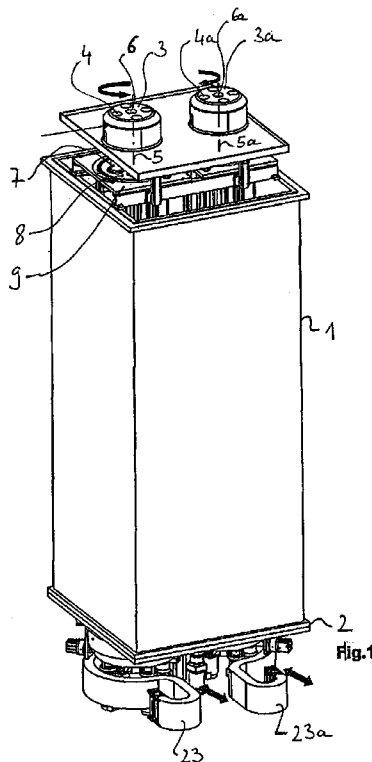
(74) Anwalt: **HEBING, Norbert**; Frankfurter Strasse 34, 61231 Bad Nauheim (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR COATING SUBSTRATES USING THE EB/PVD PROCESS

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM BESCHICHTEN VON SUBSTRATEN NACH DEM EB/PVD-VERFAHREN



(57) Abstract: An apparatus for coating substrates using the EB/PVD process is described. In said apparatus, multiple crucibles (4) are arranged in a circle in a crucible head (3) that can be rotated about a vertical axis. Each crucible (4) is connected by means of a single shaft (10) that has a lifting device in the form of a spindle drive (17). Said arrangement allows different materials to be allocated to the individual crucibles (4) such that multiple layers can be applied to a substrate, e.g. a turbine blade, in a single procedure by successively rotating the crucibles into an operating position (A) reached by an electrode beam. Since only one shaft (10) is associated with each crucible (4), the assembly is relatively compact. A dummy crucible (6) in the center of the crucible head (3) allows the electron beam to remain in a neutral position while the crucible head (3) is rotated.

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Vorrichtung zum Beschichten von Substraten nach dem EB/PVD-Verfahren beschrieben, bei der in einem um eine vertikale Achse drehbaren Tiegelkopf (3) mehrere Tiegel (4) auf einem Kreis angeordnet sind. Jeder Tiegel (4) ist über einen einzigen Schacht (10), der jeweils über eine Hubeinrichtung in Form eines Spindeltriebs (17) verfügt, verbunden. Diese Anordnung ermöglicht es, unterschiedliche Materialien den einzelnen Tiegeln (4) zuzuordnen, so dass in einem Arbeitsgang mehrere

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2011/131172 A2



**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

---

Schichten auf einem Substrat, z.B. einer Turbinenschaufel, aufgebracht werden können, indem die Tiegel nacheinander in eine Arbeitsposition (A) gedreht werden, die von einem Elektronenstrahl erreicht wird. Da jedem Tiegel (4) nur ein einziger Schacht (10) zugeordnet ist, ist die Anlage relativ kompakt. Ein Dummytiegel (6) im Zentrum des Tiegelkopfes (3) ermöglicht eine Ruheposition des Elektronenstrahles, während der Tiegelkopf (3) gedreht wird.

## Beschreibung

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

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Beschichten von Substraten mit Beschichtungsmaterial nach dem EB/PVD-Verfahren mit einer aus wenigstens zwei Tiegeln bestehenden Tiegelanordnung, wobei jeder Tiegel in einem ihm zugeordneten horizontal versetzbaren Gestell angeordnet ist und in jedem Gestell unterhalb des jeweiligen Tiegels 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 Karussells, das ein einheitliches Gestell für Tiegel bildet, sind zwei Paar Tiegel symmetrisch angeordnet, so dass durch eine 180°-Drehung des Karussells die Tiegel des einen Paares kreuzweise ihren Platz mit den Tiegeln des anderen Paares tauschen. Unterhalb eines jeden Tiegels befindet sich ein Revolver mit mehreren Schächten, in denen Materialstangen bevorratet werden. Jede Materialstange besteht aus mehreren kurzen vollzylindrischen Teilstücken. Ist eine Materialstange bis auf das letzte Teilstück aufgebraucht, wird dieses im Tiegel eingeklemmt, so dass sich der Revolver unter dem Tiegel soweit ungehindert drehen kann, bis sich wieder ein gefüllter Schacht des Revolvers unter dem Tiegel befindet. Die Hubeinrichtung schiebt die neue Materialstange gegen das im Tiegel verbliebene Teilstück, dessen Klemmung danach

...

BESTÄTIGUNGSKOPIE

aufgehoben wird. Da das nachgeschobene Material dem Material des verbliebenen Teilstückes entsprechen muss, kann ein Revolver nur mit Materialstangen aus einem Material gefüllt werden. Somit können bei der bekannten Vorrichtung nur zwei unterschiedliche Materialien zum Bedampfen genutzt werden, die jeweils den Tiegeln eines Paares zugeführt werden. Damit wird zwar jedem Tiegel ein relativ großer Vorrat an Material zur Verfügung gestellt, eine Beschichtung der Substrate mit mehr als zwei unterschiedlichen Materialien ist aber nicht möglich. Die Hubeinrichtung besteht aus Spindelantrieben, die an der Wand der Vakuumkammer befestigt sind, in denen die Vorrichtung angeordnet ist.

Die Erfindung beruht auf der Aufgabe, eine kompakte Anlage zu schaffen, mit denen gegebenenfalls auch mehr als zwei Schichten auf einem Substrat aufgebracht werden können.

Zur Lösung des Problems sieht daher die Erfindung vor, dass jedem Tiegel genau ein Schacht und genau eine Hubeinrichtung zugeordnet ist und dass die Hubeinrichtungen und der jeweils zugehörige Schacht auf dem dem Tiegel zugehörigen Gestell angeordnet sind und mit diesen seitlich versetzt werden.

Diese erfindungsgemäße Vorrichtung hat den Vorteil, dass eine nur von der Größe der Vakuumkammer begrenzte, ansonsten beliebige Anzahl von Tiegeln, deren Schächte mit unterschiedlichem Material bestückt sein können, zur Verfügung gestellt werden. Anstelle eines Tiegels, der mittels eines Revolvers mit mehreren Schächten gekoppelt werden kann, sieht die vorliegende Erfindung vor, dass jedem Schacht ein eigener Tiegel zugeordnet ist.

Die Tiegel können beliebig linear oder drehend versetzt werden, da die zugehörigen Hubeinrichtungen jeweils mit versetzt werden. Im Stand der Technik bestand insofern eine Einschränkung, da die Hubeinrichtungen am Gehäuse der Vakuumkammer fest angeordnet sind, und somit die Tiegel eine definierte Position einnehmen müssen, damit die Hubeinrichtungen die Materialstangen des jeweils aktuellen Tiegels erreichen können.

Grundsätzlich können die Gestelle beliebig angeordnet werden, z. B. ist eine kettenförmige Anordnung möglich, wobei jedes Gestell einen Antrieb aufweist, um es horizontal zu versetzen. Vorzugsweise sind die Gestelle aber Teilbereiche eines Karussells, das um eine vertikale Achse drehbar ist und vorzugsweise mit einem zentralen Antrieb versehen ist.

Die Tiegel sind vorzugsweise um die vertikal ausgerichtete Achse des Karussells herum angeordnet, so dass jeweils ein Tiegel durch eine Drehung des Karussells in eine bestimmte, von der Elektronenkanone erreichbare Arbeitsposition gedreht werden kann.

Ein einfacher Aufbau wird erreicht, wenn das Karussell einen oberen Drehteller und einen unteren Drehteller aufweist, wobei der untere Drehteller vakuumdicht im Boden der Vakuumkammer gelagert ist. Dabei werden die Antriebswellen für die Hubeinrichtung durch den unteren Drehteller vakuumdicht hindurchgeführt, so dass sich die Motoren für die einzelnen Antriebswellen außerhalb der Vakuumkammer befinden.

Die Schächte werden im einfachsten Fall durch in einem Kreis angeordnete Käfigstangen gebildet, die sich zwischen dem 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.

Auf dem oberen Drehteller, der in einem Zwischenboden der Vakuumkammer drehbar gelagert ist, ist auf Hohlzylindern aufliegend ein Tiegelkopf angeordnet, in dessen Oberseite die Tiegel eingelassen sind. Die Hohlzylinder bilden jeweils eine Verlängerung der Schächte. Der Tiegelkopf ist mit Kühlkanälen versehen, die an einen Kühlwasseranschluss angeschlossen sind. Die Kühlwasserzufuhr erfolgt durch den unteren Drehteller.

Unterhalb der Oberkante des Tiegelkopfes und oberhalb des oberen Drehtellers befindet sich eine Blende, die sich über den Querschnitt der Vakuumkammer erstreckt und die gegebenenfalls gekühlt werden kann.

Im Tiegelkopf befindet sich ein weiterer Tiegel, der über keine Materialstangenzufuhr verfügt und als Dummytiegel bezeichnet wird. In diesen Tiegel wird ein zu verdampfendes Material eingebracht. Dies ermöglicht es, den Elektronenstrahl in eine Ruhe- oder Zwischenposition zu bringen, die für das weiter unten beschriebene Verfahren benötigt wird.

Die Schächte können nun mit unterschiedlichen Materialien gefüllt werden, wobei ein Material, das für die Beschichtung der Substrate häufiger benötigt wird als andere, auch in zwei oder mehr Schächten angeordnet werden kann. Die einzelnen Schichten können nun nachfolgend aufgebracht werden, indem das Karussell und damit der Tiegelkopf jeweils soweit gedreht wird, dass sich der Tiegel mit dem aktuell zu verdampfenden Material in einer Arbeitsposition befindet, in der er vom Elektronenstrahl

...

erreicht wird, das heißt, sich nicht im Schatten der Substrate und deren Halter befindet.

Das Problem der Abschattung tritt auf, weil die Elektronenkanone oberhalb der Beschichtungszone, in denen sich die zu beschichtenden Substrate befinden, angeordnet ist. Da die Substrate und deren Halter die Beschichtungszone weitgehend ausfüllen, verbleibt nur ein beschränkter Raum zur Führung des Elektronenstrahls.

Bei einem Wechsel der Tiegelposition tritt nun das folgende Problem auf: Die Drehung des Tiegelkopfes benötigt einige Zeit. Dabei kann der Strahl dem Tiegel nicht in abgeschattete Bereiche folgen, so dass der Strahl so lang auf außerhalb der Tiegel liegende Bereiche des Tiegelkopfes gerichtet ist, bis der nächste Tiegel in seinen Einwirkungsbereich gelangt. Um Beschädigungen dieser Bereiche wenigstens zu minimieren, wird der Strahl defokussiert, so dass die eingetragene Strahlenergie gering bleibt. Trotz dieser Maßnahmen können Beschädigungen aber nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Erfindungsgemäß wird daher der Elektronenstrahl während der Drehung des Tiegelkopfes auf den im Zentrum des Tiegelkopfes angeordneten Dummytiegel gerichtet, der auch bei einer Drehung des Tiegelkopfes stets im Wirkungsbereich des Elektronenstrahls liegt. Die Ablenkbewegung erfolgt sehr schnell und deutlich schneller als die Drehbewegung des Tiegelkopfes, so dass der Elektronenstrahl sich nur kurzzeitig auf außerhalb der Tiegel liegende Bereiche des Tiegelkopfes befindet und damit der Energieeintrag in die Oberfläche des Tiegelkopfes so gering bleibt, dass Beschädigungen nicht zu erwarten sind.

Ein weiteres Problem besteht darin, dass das Material im neuen Tiegel, das heißt in dem Tiegel, der sich nach ei-

...

ner Drehung des Tiegelkopfes in der Arbeitsposition befindet, noch kalt ist. Um ein zu rasches Aufheizen des Materials zu verhindern, bei dem es zu einer zu vermeidenden Spritzerbildung kommen würde, wird in der Regel die Strahlenergie gemindert. Dies hat aber den Nachteil, dass der Energieeintrag in die Beschichtungszone insgesamt verringert wird, so dass die Temperatur darin sinkt und damit auch die Temperatur der Substrate, was wiederum die Schichtqualitäten negativ beeinflusst.

Es besteht daher das Problem, einerseits den Energieeintrag in das zu verdampfende Material nur langsam erhöhen zu dürfen und gleichzeitig die Temperatur der Substrate zu halten.

Zur Lösung des Problems sieht daher die Erfindung vor, dass die Vorrichtung einen Tiegel mit einem Dummymaterial aufweist und dass der Elektronenstrahl bei einem Wechsel auf einen neuen Tiegel alternierend zwischen dem neuen Tiegel und dem Dummytiegel hin und her bewegt wird, wobei der Elektronenstrahl, wenn er sich auf dem Dummytiegel befindet, gegebenenfalls defokussiert ist.

Dadurch bleibt der Energieeintrag des Strahles in die Beschichtungszone konstant, so dass eine Temperaturänderung nicht zu erwarten ist. Gleichzeitig bleibt durch den alternierenden Wechsel zwischen dem neuen Tiegel und dem Dummytiegel der Energieeintrag in den neuen Tiegel zunächst gering, so dass es nicht zu Spritzerbildungen kommt.

Die Steuerung des Energieeintrags in den neuen Tiegel kann auch dadurch erfolgen, dass der Elektronenstrahl im Bereich des neuen Tiegels zunächst defokussiert ist und mit jeder Periode der alternierenden Bewegung stärker fokussiert wird. Des Weiteren kann auch mit jeder Periode

die Verweildauer auf dem neuen Tiegel erhöht werden, bis sie vollständig ist, also keine alternierende Bewegung mehr vollzogen wird.

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

Fig.1 eine Gesamtansicht der Vorrichtung,

Fig.2 eine Detaildarstellung eines unteren Drehtellers,

Fig.3 eine Sicht von unten auf die Vorrichtung und

Fig.4 eine Sicht von oben auf die Vorrichtung.

Die Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung, die in einer Vakuumkammer 1 angeordnet ist, deren unterer Teil dargestellt ist: Die Unterseite der im Querschnitt rechteckigen Vakuumkammer 1 ist durch eine Bodenplatte 2 geschlossen. Auf das offene obere Ende des unteren Teils der Vakuumkammer 1 ist eine nicht dargestellte Kondensationshaube vakuumdicht aufgesetzt. Die Haube 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.

Eine Substrataufnahme besteht z. B. aus zwei länglichen, horizontal verlaufenden Haltern, an denen nebeneinander mehrere Substrate gehalten sind. Der Elektronenstrahl kann dann 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 in die

...

Vertikalebene hinein gedreht werden, damit sie vom Elektronenstrahl erreicht werden können.

Im vorliegenden Beispiel sind zwei erfindungsgemäße Vorrichtungen nebeneinander angeordnet. Es liegen somit zwei gleich aufgebaute Tiegelköpfe 3, 3a vor, die unterhalb der Beschichtungszone nebeneinander angeordnet sind. Die doppelte Anordnung 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. Da die Vorrichtungen identisch aufgebaut sind, wird im Folgenden nur eine Vorrichtung näher beschrieben.

Jeder Tiegelkopf 3 besitzt vier Tiegel 4, die gleichmäßig verteilt auf einem Kreis um eine vertikal verlaufende Drehachse 5 der Vorrichtung angeordnet sind. Inmitten der Tiegel 4, vorzugsweise in der Drehachse 5, befindet sich ein weiterer Tiegel, nämlich ein Dummytiegel 6, der mit einem Dummymaterial versehen ist, das nicht der Beschichtung dient.

Der Tiegelkopf 3 ist auf vier Hohlzylindern 7 gelagert, die vertikal aufgestellt auf einem oberen Drehteller 8 angeordnet sind, der wiederum in einem Zwischenboden 9 in der Vakuumkammer drehbar gelagert ist. Die Hohlzylinder 7 bilden jeweils den oberen Abschnitt eines Schachtes 10, durch den jedem Tiegel 4 zu verdampfendes Material von unten zugeführt wird.

Des Weiteren ist, wie in der Figur 2 zu sehen ist, ein unterer Drehteller 11 im Boden der Vakuumkammer 1 angeordnet und ist dazu vakuumdicht in einem in der Bodenplatte 2 angeordneten Flansch 12 gelagert. Zwischen dem oberen und dem unteren Drehteller 8, 11 verläuft eine zentrale Säule 13. Auf einem im unteren Teil der Säule 13

...

vorhandenen Absatz sitzt eine Scheibe 14 mit vier randoffene Ausnehmungen 15, die mit den Hohlzylindern 7 auf dem oberen Drehteller 8 fluchten. Zu beiden Seiten einer jeden Ausnehmung 15 befinden sich Käfigstangen 16, die zusammen mit der zentralen Säule 13 einen Schacht 10 bilden. Es sind somit insgesamt vier Schächte 10 gebildet, die jeweils seitlich von zwei Käfigstangen 16 und rückwärtig von einer dritten Käfigstange begrenzt sind.

In den Schächten 10 wird das den Tiegeln 4 zuzuführende Material in Form von Vollzylindern aufeinander gestapelt, um eine Materialstange zu bilden, die von unten durch den zugehörigen Hohlzylinder 7 in den jeweiligen Tiegel 4 eingeführt wird. Der unterste Vollzylinder der Materialstange sitzt zunächst auf den Rand der Ausnehmung 15 auf.

Zwischen den jeweils radial außen liegenden Randbereichen des oberen und unteren Drehtellers 8, 11 ist parallel zu jedem Schacht jeweils eine Hubeinrichtung in Form eines Spindelantriebs 17 vorgesehen, dessen Spindelwelle durch den unteren Drehteller 11 über eine vakuumdichte Drehdurchführung nach außen geführt ist, wo sich für jeden Spindeltrieb 17 ein an der Unterseite des Drehtellers 11 befestigter Motor 18 befindet.

An jeder Spindelmutter ist ein nach innen gerichteter Ausleger 19 angeordnet, auf dem sich ein nach oben ragender Stift 20 befindet, der durch die randoffene Ausnehmung 15 in der Scheibe 14 in den zugehörigen Schacht 10 eingeführt werden kann. Die Länge des Stiftes 20 entspricht dabei der Länge der Hohlzylinder 7, so dass die Stifte 20 in den Tiegelkopf ragen, wenn der zugehörige Ausleger 19 vollständig nach oben gefahren ist. Dies erlaubt es, auch noch den kleinsten Rest an Material zu verdampfen.

Die Säule 13 ist durch den unteren Drehteller 11 hindurchgeführt und dient sowohl der Zuleitung von Kühlwasser zum Tiegelkopf 3 als auch der Durchführung von elektrischer Energie und elektrischen Signalen von und zu hier nicht näher dargestellten Sensoren in der Vakuumkammer 1. Dazu besitzt sowohl der innen liegende als auch der außen liegende Abschnitt der Säule 13 entsprechende Anschlüsse, die innerhalb der Säule miteinander in Verbindung stehen. Mit 21 ist ein innerer Wasseranschluss und mit 22 ein äußerer Wasseranschluss bezeichnet. Die Verbindung des inneren Wasseranschlusses 21 zu den Kühlkanälen im Tiegelkopf 3 erfolgt über hier nicht näher dargestellte Rohrleitungen.

Wie Figur 3 entnommen werden kann, werden die Motoren 18 an den beiden unteren Drehtellern 11, 11a über aufwickelbare Medienanschlüsse 23, 23a mit Strom versorgt, über die auch die Datenerfassung der oben erwähnten Sensoren erfolgt.

Der untere Drehteller 11 wird von einem Zahnriemen 24 angetrieben, der über eine seitlich angeordnete und von einem Motor 25 angetriebene Rolle 26 verläuft und von einem Zahnriemenspanner 27 unter Spannung gehalten wird. Der Antrieb für den anderen Drehteller 11a ist identisch aufgebaut.

Gemäß Fig. 4 befinden sich die Tiegelköpfe 3, 3a der beiden Vorrichtungen in einer Ausdehnung einer gemeinsamen Blende 28, die verhindert, dass Material in die darunter liegenden Vorrichtungen gelangen kann, was zu Schäden führen könnte. Die Blende 28 ist so installiert, dass sie bei abgenommener Kondensationshaube zum Reinigen leicht entfernt werden kann.

Die Figur 4 zeigt eine Draufsicht auf zwei nebeneinander angeordnete erfindungsgemäße Vorrichtungen. Man erkennt zwei nebeneinander liegende Tiegelköpfe 3, 3a mit je vier Tiegeln 4, 4a und einem fünften im Zentrum liegenden Dummytiegel 6, 6a, der nicht über einen Schacht versorgt wird. Die Arbeitspositionen A der Tiegel 4, 4a liegen in einer Vertikalebene V unmittelbar gegenüber. Arbeitsposition ist die Position der Tiegel, auf die der jeweilige Elektronenstrahl gerichtet ist, um das sich im Tiegel befindende Material aufheizen und verdampfen zu können.

Die zu beschichtenden Substrate sind links und rechts der Vertikalebene V, die durch die beiden Arbeitspositionen A definiert ist, angeordnet, so dass die Bahn der Elektronenstrahlen in der Vertikalebene nicht behindert wird. Je nachdem, welches Material verdampft werden soll, wird einer der Tiegel 4, 4a, dessen Schacht mit dem entsprechenden Material bestückt ist, in die zugehörige Arbeitsposition A gedreht. Dazu wird jeweils die gesamte Vorrichtung um die vertikale Drehachse gedreht, indem die unteren Drehteller 11, 11a synchron angetrieben werden.

Während einer solchen Drehung kann der Elektronenstrahl auf den mittleren Dummytiegel 6 geleitet werden und ruht dort in einer Ruheposition, solange der Tiegelkopf 3 gedreht wird. Sobald sich ein neuer Tiegel 4 aus dem Tiegelkreis in der Arbeitsposition A befindet, wird der Elektronenstrahl in die Arbeitsposition A zurückgeleitet. Entsprechendes gilt für den anderen Tiegelkopf 3a.

Der Wechsel von der Ruheposition zur Arbeitsposition A braucht nicht in einem Schritt zu erfolgen, sondern kann durch eine alternierende Bewegung zwischen der Ruhe- und der Arbeitsposition erfolgen, da ein zu starker Eintrag von Energie in das noch kalte Material des neuen Tiegels zu Spritzerbildungen führen würde. Der Wechsel erfolgt

so, dass in jeder Periode der alternierenden Bewegung die Dauer, mit der der Elektronenstrahl auf den neuen Tiegel in der Arbeitsposition A verbleibt, vergrößert wird. Des Weiteren kann auch seine Fokussierung gesteuert werden. Befindet sich der Elektronenstrahl im Dummytiegel 6, ist er defokussiert. Da bei einer Defokussierung der Elektronenstrahl seine Energie flächig und nicht punktuell einbringt, wird das Material nur wenig verdampft, so dass der Dummytiegel 6 keine Materialnachführung benötigt.

Weil während des Drehwechsels der Tiegel 4 als auch beim Aufheizen des neuen Tiegels der Elektronenstrahl nicht unterbrochen wird, kann stets dieselbe Energiemenge durch den Elektronenstrahl in den Tiegelkopf 3 und damit in die Beschichtungszone eingebracht werden, so dass die Temperatur darin aufrechterhalten bleibt. Dies betrifft auch die Substrate selbst, so dass die Beschichtungsqualität, die auch von der Temperatur beeinflusst wird, nicht beeinträchtigt ist.

**Bezugszeichenliste**

- 1 Vakuumkammer
- 2 Bodenplatte
- 3 Tiegelkopf
- 4 Tiegel
- 5 Drehachse
  
- 6 Dummytiegel
- 7 Hohlzylinder
- 8 obere Drehteller
- 9 Zwischenboden
  
- 10 Schacht
- 11 untere Drehteller
- 12 Flansch
- 13 Säule
- 14 Scheibe
- 15 Ausnehmungen
  
- 16 Käfigstangen
- 17 Spindelantrieb
- 18 Motor
- 19 Ausleger
- 20 Stift
  
- 21 Wasseranschluss
- 22 Wasseranschluss
- 23 Medienanschluss
- 24 Zahnriemen
- 25 Motor
  
- 26 Rolle
- 27 Zahnriemenspanner
- 28 Blende

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Beschichten von Substraten mit einem Beschichtungsmaterial nach dem EB/PVD-Verfahren mit einer aus wenigstens zwei Tiegeln (4) bestehenden Tiegelanordnung, wobei jeder Tiegel (4) in einem ihm zugeordneten horizontal versetzbaren Gestell angeordnet ist und in jedem Gestell unterhalb des jeweiligen Tiegels (4) ein Schacht (10) zur Aufnahme einer aus dem Beschichtungsmaterial bestehenden Materialstange angeordnet ist, und mit mindestens einer Hubeinrichtung, mit deren Hilfe eine in dem Schacht (10) angeordnete Materialstange durch den Boden des Tiegels (4) in den Tiegel (4) einführbar ist, um dort durch den Beschuss mit einem Elektronenstrahl aus einer Elektronenkanone verdampft zu werden, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Tiegel (4) genau ein Schacht (10) und genau eine Hubeinrichtung zugeordnet ist und dass die Hubeinrichtungen und der jeweils zugehörige Schacht (10) auf dem dem Tiegel (4) zugehörigen Gestell angeordnet sind und mit diesen seitlich versetzt werden.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gestelle Teilbereiche eines Karussells sind, das um eine vertikale Achse drehbar angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Tiegeln (4) um die vertikal ausgerichtete Achse des Karussells herum angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Karussell einen oberen Drehteller (8) und einen unteren Drehteller (11) aufweist, wobei der

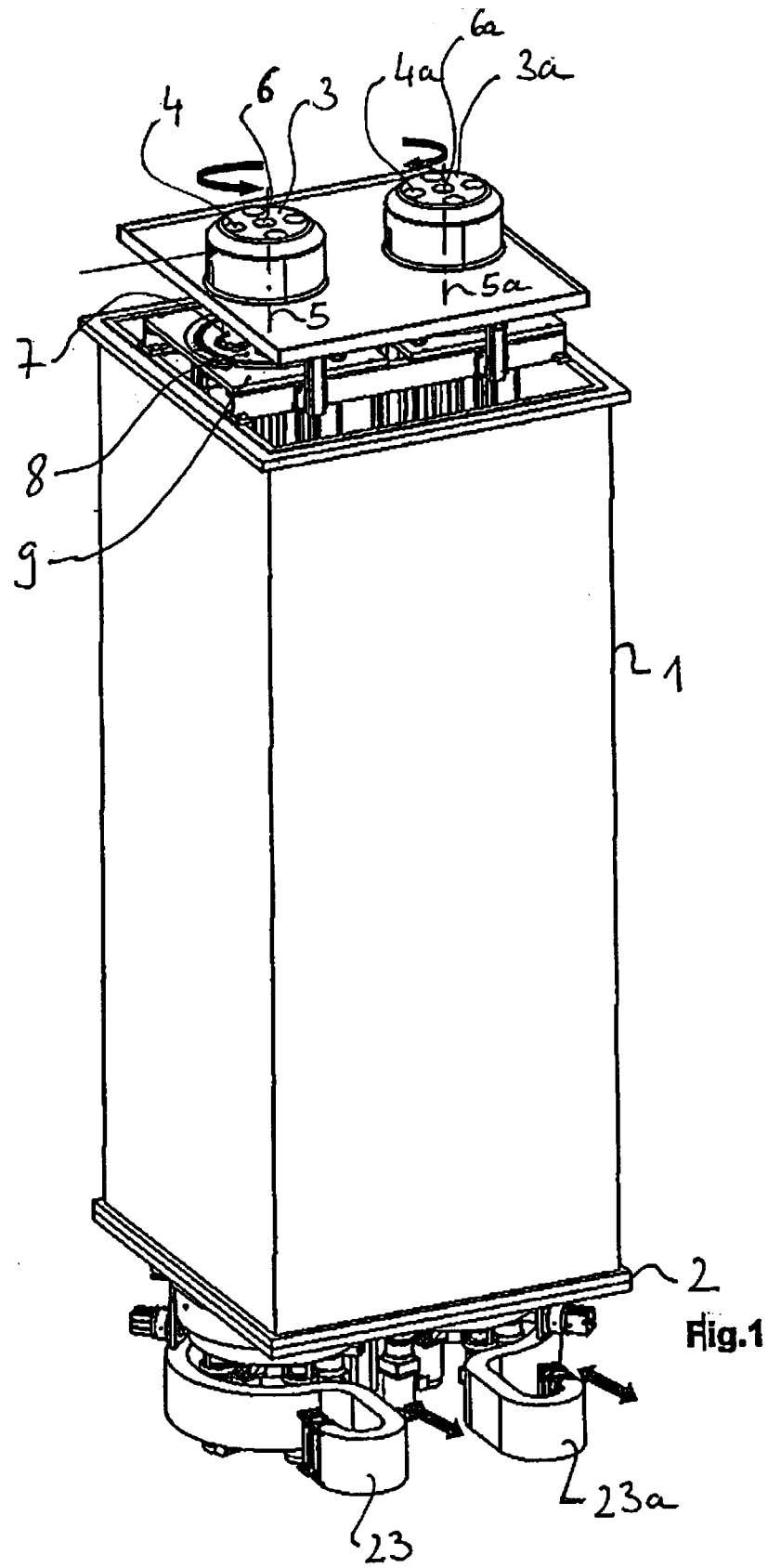
...

untere Drehteller (11) vakuumdicht im Boden der Vakuumkammer (1) gelagert ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebswellen für die Hubeinrichtungen durch den unteren Drehteller (11) vakuumdicht hindurchgeführt sind, so dass sich die Motoren (18) für die einzelnen Antriebswellen außerhalb der Vakuumkammer (1) befinden.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schächte (10) durch in einem Kreis angeordnete Käfigstangen (16) gebildet sind, die sich zwischen dem oberen und unteren Drehteller (8, 11) erstrecken.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubeinrichtungen, die als Spindelantriebe (17) ausgebildet sind, jeweils einen seitlich abstehenden Ausleger (19) besitzen, der in den durch die Käfigstangen (16) gebildeten Schacht (10) eingreift.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Tiegelpopf (3) zur Aufnahme der Tiegel (4) auf dem oberen Drehteller (8), der in einem Zwischenboden (9) der Vakuumkammer (1) gelagert ist, mittels Hohlzylinder (7), die eine Fortsetzung der Schächte (10) bilden, aufgestellt ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Tiegelpopf (3) mit Kühlkanälen versehen ist, die an einen Kühlwasseranschluss (21) angeschlossen sind, wobei die Kühlwasserzufuhr über den unteren Drehteller (11) erfolgt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich unterhalb der Oberkante des Tiegelkopfes (3) und oberhalb des oberen Drehtellers (8) eine Blende (28) befindet, die sich über den Querschnitt der Vakuumkammer (1) erstreckt.
11. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich im Tiegelkopf (3) ein weiterer Tiegel (6) befindet, der über keine Materialstangenzufuhr verfügt.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass in diesem weiteren Tiegel (6) ein zu verdampfendes Material eingebracht ist.
13. Verfahren zum Betreiben einer Vorrichtung zum Beschichten von Substraten mit einem Beschichtungsmaterial nach dem EB/PVD-Verfahren mit einer aus wenigstens zwei Beschichtungsmaterial enthaltenden Tiegeln bestehenden Tiegelanordnung, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zusätzlich einen Dummytiegel aufweist, und dass der Elektronenstrahl bei einem Wechsel auf einen neuen Tiegel aus der Tiegelanordnung zunächst auf den Dummytiegel gelenkt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektronenstrahl bei einem Wechsel auf einen neuen Tiegel aus der Tiegelanordnung zwischen dem neuen Tiegel und dem Dummytiegel hin und her bewegt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektronenstrahl defokussiert wird, wenn er sich auf dem Dummytiegel befindet.

16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektronenstrahl im Bereich des neuen Tiegels zunächst defokussiert ist und mit jeder Periode der alternierenden Bewegung stärker fokussiert wird.
17. Verfahren nach Anspruch 14 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass mit jeder Periode die Verweildauer auf dem neuen Tiegel erhöht wird, bis sie vollständig ist und keine alternierende Bewegung mehr vollzogen wird.



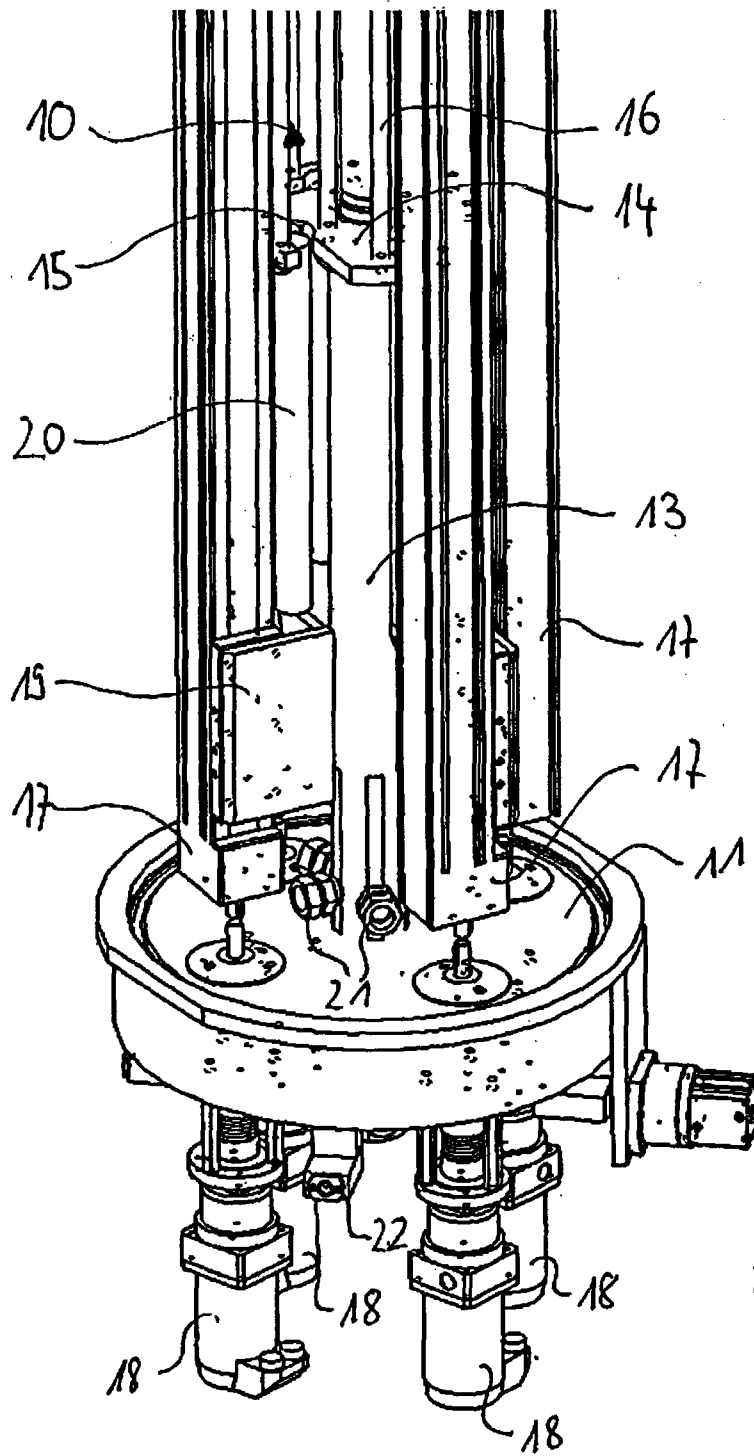
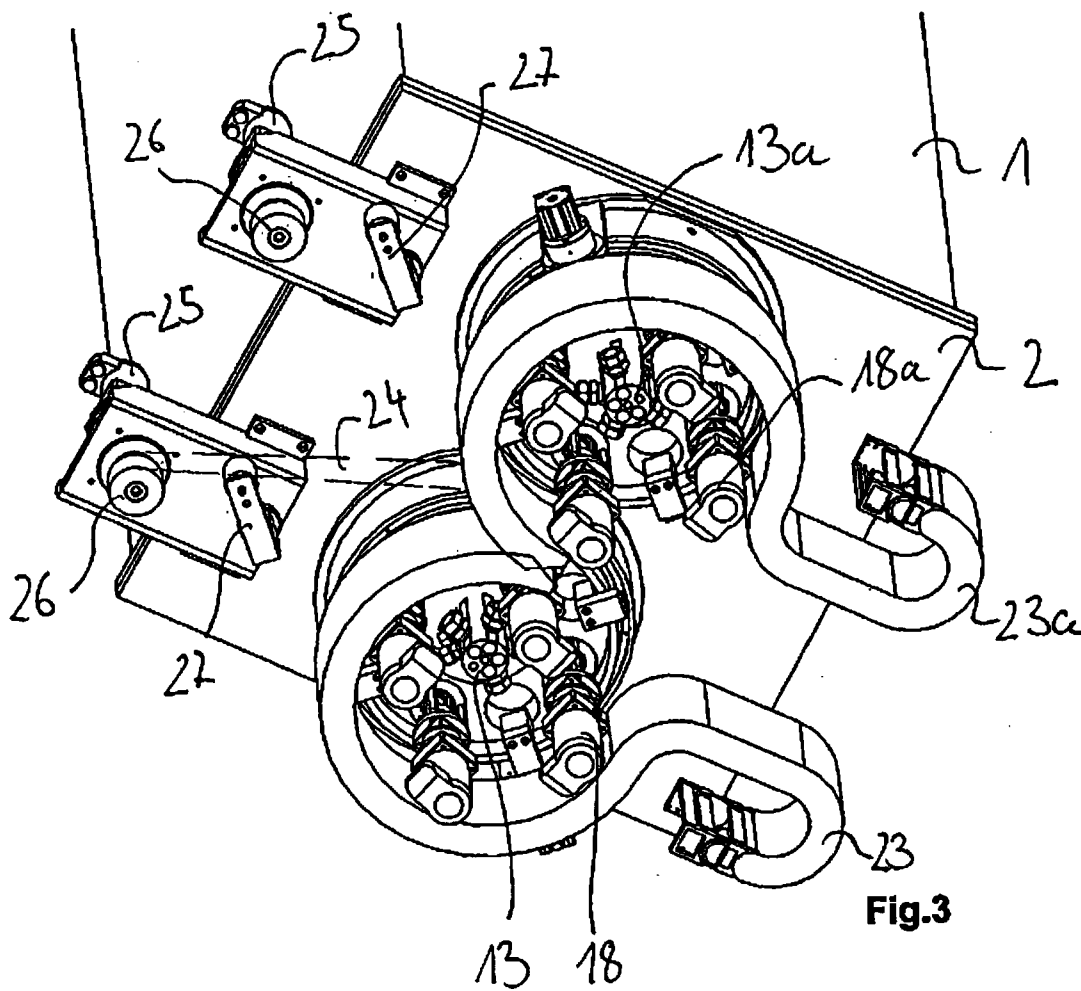


Fig.2



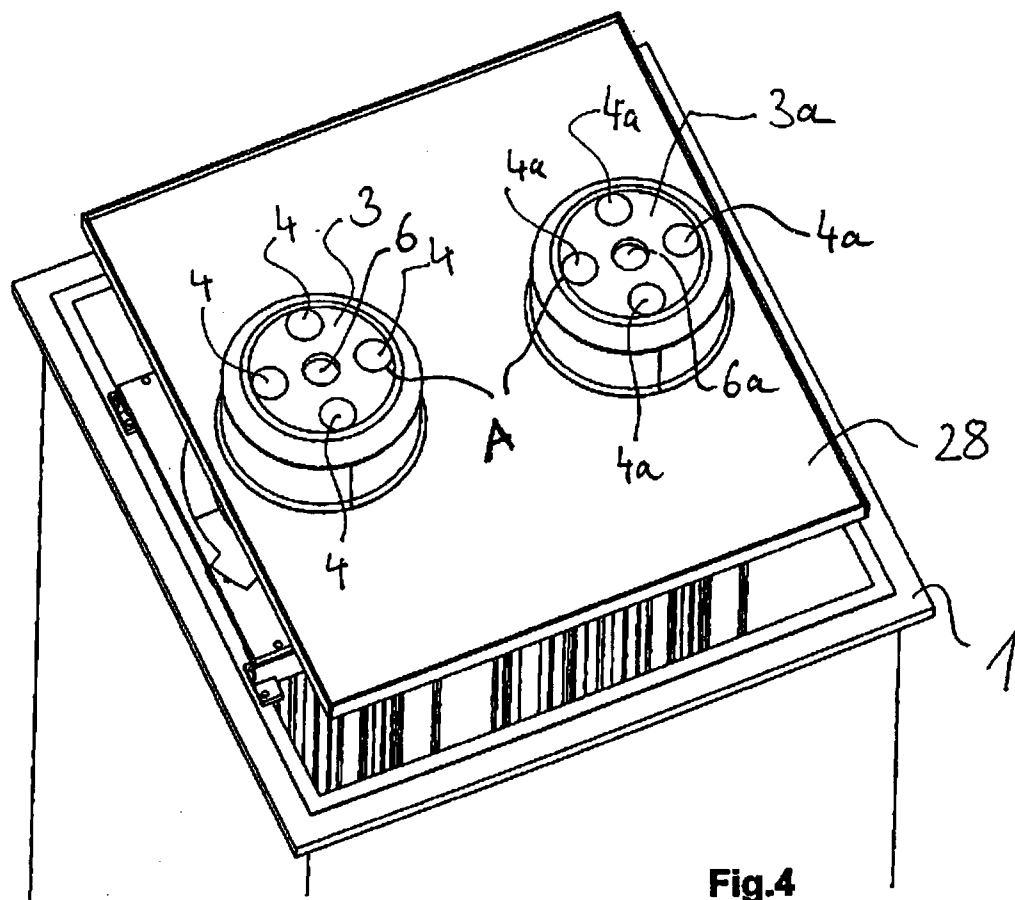


Fig.4