

(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  
14. September 2017 (14.09.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/153356 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

C23C 16/54 (2006.01) C23C 16/458 (2006.01)  
C23C 16/455 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/055224

(22) Internationales Anmeldedatum:  
6. März 2017 (06.03.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
294/16 7. März 2016 (07.03.2016) CH

(71) Anmelder: FOFITEC AG [CH/CH]; Hembrunnstrasse 4, 5695 Dottikon (CH).

(72) Erfinder: FISCHER, Jules; Oberholzstrasse 61, 8966 Oberwil-Lieli (CH). BERNHARD, Andreas; Aarauerstrasse 41, 5600 Lenzburg (CH).

(74) Anwalt: RENTSCH PARTNER AG; Fraumünsterstrasse 9, Postfach, 8022 Zürich (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: DEVICE FOR DEPOSITING THIN LAYERS

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG ZUR ABSCHIEDUNG DÜNNER SCHICHTEN

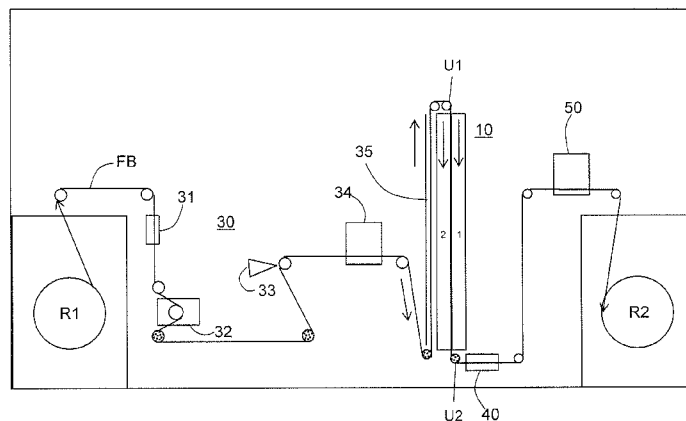


Fig.1

(57) Abstract: The subject of the invention is a device for depositing thin layers on a substrate (FB) by way of at least two self-limiting surface reactions (ALD/MLD), wherein the device has a coating plate (1) and a counterpart plate (2) arranged opposite the latter and likewise in the form of a coating plate, wherein the coating plate has a plurality of supply regions and discharge regions for reaction gas and flushing gas and the counterpart plate has at least one supply region for flushing gas or air, wherein means (R1, R2; U1, U2) are provided for also moving two of the film webs through between the two plates, and wherein the supplied gases form gas cushions which support the at least one film web against the two plates on passing through the latter and keep said film web at a distance therefrom. The two plates are mounted so as to be movable with respect to one another at a variable distance determined by the pressure of the gas cushions with respect to an opposing force, and are formed, at least in a supply region, in a porous manner for gas to escape in a manner distributed extensively over this region.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2017/153356 A1



---

Gegenstand der Erfindung ist eine Vorrichtung zur Abscheidung dünner Schichten durch wenigstens zwei selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen (ALD/MLD) auf einem Substrat (FB), wobei die Vorrichtung eine Beschichtungsplatte (1) und eine dieser gegenüberliegend angeordnete, ebenfalls als Beschichtungsplatte ausgebildete Gegenplatte (2) aufweist, wobei die Beschichtungsplatte mehrere Zuführungsbereiche und Ableitungsbereiche für Reaktions- und Spülgas und die Gegenplatte mindestens einen Zuführungsbereich für Spülgas oder Luft aufweist, wobei Mittel (R1, R2; U1, U2) vorhanden sind, auch zwei die Folienbahnen zwischen den beiden Platten hindurch zu bewegen und wobei die zugeführten Gase Gaskissen bilden, welche die mindestens eine Folienbahn beim Durchlauf zwischen den beiden Platten gegen diese abstützen und auf Abstand von ihnen halten. Die beiden Platten sind in einem variablen, durch den Druck der Gaskissen gegenüber einer Gegenkraft bestimmten Abstand gegeneinander beweglich montiert und in zumindest einem Zuführungsbereich porös für einen flächig über diesen Bereich verteilten Gasaustritt ausgebildet.

## VORRICHTUNG ZUR ABSCHIEDUNG DÜNNER SCHICHTEN

## TECHNISCHES GEBIET

5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Abscheidung dünner Schichten durch wenigstens zwei selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen auf einem Substrat, wobei die Vorrichtung eine Beschichtungsplatte und eine dieser gegenüberliegend angeordnete Gegenplatte aufweist, wobei Mittel vorhanden sind, das Substrat zwischen den beiden Platten hindurch zu bewegen, wobei die Beschichtungsplatte  
10 mehrere, von dem Substrat überfahrene Zuführungsbereiche und Ableitungsbereiche für Reaktions- und Spülgas und die Gegenplatte mindestens einen Zuführungsbereich für Spülgas oder Luft aufweist, und wobei die zugeführten Gase Gaskissen bilden, welche das Substrat beim Durchlauf zwischen den beiden Platten gegen diese abstützen und auf Abstand von ihnen halten.

## 15 STAND DER TECHNIK

Selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen der betrachteten Art sind insbesondere die sogenannte "Atomic Layer Deposition" (ALD) oder auch die sogenannte "Molecular Layer Deposition" (MLD). Zur Abscheidung wird die zu beschichtende Oberfläche hierbei nacheinander mit verschiedenen, miteinander aber nicht mit sich  
20 selbst reagierenden, sogenannten Prekursoren oder mit Prekursoren enthaltenden Reaktionsgasen in Kontakt gebracht. Dazwischen wird jeweils mit einem Inertgas gespült. Indem jedes einzelne Reaktionsgas nicht mit sich selbst reagiert sind die Teilreaktionen selbstbegrenzend. Das Schichtwachstum ist dadurch bei jeder Teilreaktion auch bei beliebig langer Zeit auf nur eine Monolage begrenzt.

25 Bei den Reaktionsgasen kann es sich im Fall von ALD um Trimethylaluminium (TMA) einerseits sowie um Wasserdampf ( $H_2O$ ) andererseits handeln. Als Spülgas kommt Stickstoff ( $N_2$ ) in Frage. Die hiermit erzielbare  $AlO_x$ -Schicht ist bei ausreichender Qualität und Dicke als transparente Barrierschicht für sogenannte Organic Light Emitting Diodes (OLEDs) geeignet, um diese gegen Wasserdampf und Luft-  
30 sauerstoff zu schützen. Dabei wird hinsichtlich Wasserdampf ( $H_2O$ ) eine sogenannte Water-Vapor-Transmission-Rate (WVTR) kleiner als  $10^{-6} \text{ g m}^{-2} \text{ Tag}^{-1}$  und

hinsichtlich Sauerstoff ( $O_2$ ) eine sogenannte Oxygen-Transmission-Rate (OTR) kleiner als  $10^{-5} \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ Tag}^{-1} \text{ bar}^{-1}$  bei zumindest  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  und 50 % rel. Feuchte verlangt. Dazu sollte die Dicke der Barrierschicht etwa 25 nm betragen, wobei sie vorzugsweise mit anderen anorganischen und/oder organischen Schichten kombiniert wird. Um eine Dicke von 25 nm  $AlO_x$  zu erreichen, sind ca. 150-400 Beschichtungszyklen erforderlich. Für diese Verwendung sollte das Substrat ebenfalls transparent sein.

Die eingangs genannte Vorrichtung beruht auf dem Prinzip des sogenannten «Spatial ALD», wobei das Substrat relativ zu einem Beschichtungskopf bewegt wird, aus welchem zeitgleich aber räumlich getrennt die Reaktions- und Spülgase gegen das Substrat kontinuierlich ausströmen. Einen guten Überblick über diese Technologie, ihre Funktionsweise, ihre Entwicklung sowie ihre Anwendungsmöglichkeiten bietet der Artikel «Poodt, P. et al. (2012). Spatial atomic layer deposition: a route towards further industrialization of atomic layer deposition. Journal of Vacuum Science and Technology. A: Vacuum, Surfaces, and Films, 30(1), 010802-1/11. [010802]. DOI: 10.1116/1.3670745.

Danach wurden als Substrate zunächst vor allem sogenannte Wafer verwendet, was spezielle Vorrichtungen für deren Transport relativ zum Beschichtungskopf erforderte. Da es hierbei auf die Einhaltung eines nur geringen Abstandes zwischen dem Beschichtungskopf und den Substraten ankommt, wurde auf vorbekannte Lösungen aus ähnlichen Beschichtungstechnologien wie beispielsweise in US 4,587,002 B2 beschrieben zurückgegriffen. Hierbei werden die Substrate gegenüber dem Beschichtungskopf (oder umgekehrt dieser gegenüber den Substraten) auf Gaskissen, die sich durch den Druck der aus dem Beschichtungskopf ausströmenden Gase ausbilden, auf Abstand gehalten. Die Substrate werden teilweise sogar durch die Gaskissen transportiert.

Aus WO 2012/005577 A1 ist eine Vorrichtung zur Abscheidung von  $AlO_x$ -Schichten mittels ALD Technik auf Substraten in Form von Wafern bekannt, die einzeln zwischen einer Beschichtungsplatte und einer dieser gegenüberliegend angeordneten Gegenplatte hindurch bewegt werden. Die Beschichtungsplatte weist entlang

der Bewegungsrichtung der Wafer mehrere, von diesen überfahrene Zuführungsbereiche für Reaktions- und Spülgas auf. Diese sind in Gruppen entsprechend den oben genannten Beschichtungszyklen angeordnet. Die Gegenplatte ist mit mehreren Zuführungsbereichen für Spülgas versehen. Zusammen mit Seitenwänden bilden die beiden Platten einen Tunnel, wobei in den Seitenwänden Ableitungsbereiche für Reaktions- und Spülgas vorgesehen sind. Die über die beiden Platten zugeführten Gase strömen im Tunnel dadurch quer zur Laufrichtung der Substrate. Die zugeführten Gase bilden Gaskissen, welche die Substrate beim Durchlauf zwischen den beiden Platten gegen diese abstützen und auf Abstand von ihnen halten. Als Mittel, um die Substrate zwischen den beiden Platten hindurch zu bewegen, dienen Druckunterschiede in Bewegungsrichtung der Substrate auf einander folgenden Zonen. In einer Ausführungsform gemäss WO 2016/072850 A2 sind quer zur Laufrichtung der Substrate mit Zuführungsöffnungen abwechselnd Saugöffnungen vorhanden, durch welche die Substrate zusätzlich in Drehung versetzt werden können. Beide Platten sind dabei als Beschichtungsplatten ausgebildet.

Aus WO 2014/193234 A1 ist eine Vorrichtung der eingangs genannten Art bekannt, bei welcher ebenfalls Substrate in Form von Wafern einzeln zwischen einer Beschichtungsplatte und einer dieser gegenüberliegend angeordneten Gegenplatte hindurch bewegt werden. Die Beschichtungsplatte weist entlang der Bewegungsrichtung der Wafer mehrere, von diesen überfahrene Zuführungs- und Ableitungsbereiche für Reaktions- und Spülgas auf. Die Gegenplatte ist mit mehreren Zuführungs- und Ableitungsbereichen für Spülgas versehen. Die über die beiden Platten zugeführten Gase strömen sowohl in als auch entgegen der Bewegungsrichtung der Wafer. Die zugeführten Gase bilden Gaskissen, welche die Substrate beim Durchlauf zwischen den beiden Platten gegen diese abstützen und auf Abstand von ihnen halten. Als Mittel, um die Wafer zwischen den beiden Platten hindurch zu bewegen, dienen äussere, nicht weiter beschriebene Transportelemente.

Die aus WO 2013/151430 A1 bekannte Vorrichtung unterscheidet sich von der aus WO 2014/193234 A1 bekannten dadurch, dass die Gegenplatte wie die Beschichtungsplatte ausgebildet ist. Da die eingesetzten Reaktionsgase bei der ALD-

Technologie nicht miteinander in Kontakt kommen dürfen, lässt man sie aus räumlich voneinander beabstandeten, meist schlitzförmigen Kanälen gegen das Substrat ausströmen. Für die Ausbildung ausreichend tragfähiger Gaskissen, wird es in US 7,789,961 B2 für unverzichtbar gehalten, dass zwischen den einzelnen Gas-Zuführungs- und Ableitungskanälen ausreichend breite Zonen mit geschlossener Oberfläche vorhanden sind, wobei diese Zonen anteilmässig mehr als 75% und sogar bis zu 95% ausmachen.

Zum Erreichen einer gleichmässigeren Verteilung der zugeführten Gase auf die Substrate und zur Erzeugung eines gewissen Rückstaudrucks wird in US 7,789,961 B2 auch der Einsatz eines Diffusors vorgeschlagen. Der Rückstaudruck soll sich günstig auf die Ausbildung der erwähnten Gaskissen auswirken. Zur Erhöhung des Rückstaudrucks wird poröses Material in Erwägung gezogen, welches zur Gasverteilung jedoch nichts beiträgt, wenn es in engen Kanälen des Diffusors eingebettet ist oder wie bevorzugt keine Querströmung zulässt, oder jedenfalls nicht viel beiträgt, wenn es wie ebenfalls bevorzugt als so dünne Schicht verwendet wird, dass keine nennenswerte Querströmung darin stattfinden kann. Die horizontale Verteilung findet zwischen einer Vielzahl von gestapelten Platten mit zueinander im Wesentlichen parallelen Oberflächen statt. Die Strömung ist innerhalb der Platten senkrecht zu deren Fläche und zwischen den Platten parallel dazu. Wenn poröses Material z.B. die "nozzle plate 142" ersetzt, ist die Strömung innerhalb des porösen Materials folglich ebenfalls senkrecht zu deren Fläche.

In WO 2011/056521 A1, einer späteren Anmeldung der gleichen Anmelderin, wird im Zusammenhang mit dem Diffusor poröses Material nicht mehr erwähnt. Dafür werden dort Abstützmassnahmen für bahnförmige, flexible Substrate vorgeschlagen, mit denen verhindert werden soll, dass die flexiblen Substrate durch Druckunterschiede in den Gaskissen zwischen immer noch schlitzförmigen Zuführungs- und Ableitungskanälen verbogen werden. Auch sind zwischen den einzelnen Gas-Zuführungs- und Ableitungskanälen nach wie vor Zonen mit geschlossener Oberfläche vorhanden.

Gemäss dem vorerwähnten Artikel von Poodt, P. et al. besteht ein Bedarf an ALD-Vorrichtungen, mit welchen flexible Bahnen in einem Rolle-zu Rolle-Prozess wirtschaftlich günstig beschichtet werden können. Aus WO 2014/123415 A1 ist eine Vorrichtung bekannt mit einer von einer Folienbahn auf einem Teilumfang umlaufenden, rotierenden Beschichtungstrommel. Die Beschichtungstrommel weist mehrere, von der Folienbahn überfahrene Zuführungs- und Ableitungsbereiche für Reaktions- und Spülgas auf. Die über die Zuführungsbereiche zugeführten Gase strömen hierdurch überwiegend in oder gegen die Laufrichtung der Folienbahn zu den Ableitungsbereichen. In den Zuführungsbereichen wird die Folienbahn, so wie dies grundsätzlich schon in der älteren DE 10339262 A1 beschrieben ist, auf einem Gaskissen auf Abstand von der Oberfläche der Beschichtungstrommel gehalten. In einzelnen Ausführungsbeispielen ist eine äussere Abdeckung vorhanden. Der Abstand der Folienbahn von der Beschichtungstrommel ergibt sich aus der Stärke des erwähnten Gaskissens einerseits und der Bahnspannung in Verbindung mit der Krümmung der Folienbahn andererseits. Die Zuführungs- und Ableitungsbereiche sind wieder in Gruppen entsprechend den oben genannten Beschichtungszyklen angeordnet. Wenn die Beschichtungstrommel rotiert, kommen pro Umlauf der Folienbahn die einzelnen Zuführungs- und Ableitungsbereiche bzw. die aus mit diesen gebildeten Gruppen jeweils mehrfach zum Einsatz. Zur Zu- und Abführung der Reaktions- und Spülgase in bzw. aus der rotierenden Trommel sind aufwendige Anschlüsse zwischen gegeneinander bewegten Teilen erforderlich.

Aus DE 203 09 429 U1 ist eine Abzugsvorrichtung einer Schlauchfolienextrusionsanlage mit einer Wendestange bekannt, welche ein Trägerrohr mit einer Mantelfläche umfasst, die als luftdurchlässige, mikroporöse Schicht ausgebildet ist. Als mögliche Schichtdicken sind 0,5 – 2 mm und als mögliche mittlere Porengrössen 5 bis 100 Mikrometer angegeben.

Auch aus DE 19902936 A1 sind Vorrichtungen zum berührungslosen Führen und Behandeln einer laufenden Folienbahn bekannt. In einer Ausführungsform gleitet die Folienbahn auf einem Gaskissen über eine ebene, mikroporöse und dadurch gasdurchlässige, an eine Gaszufuhr angeschlossene Wand bzw. Leitfläche.

Ob die vorstehend erwähnten, geringen Transmissionsraten durch eine Beschichtung erreicht werden, wurde bislang an Mustern getrennt (offline) vom Beschichtungsprozess mit speziellen Apparaturen durchgeführt, wobei lange Messzeiten erforderlich waren.

## 5 DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Die Erfindung stellt sich unter anderem die Aufgabe, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art hinsichtlich Anwendungsbereich und Performance zu verbessern. Sie soll insbesondere hohe Produktionsraten ermöglichen und bei konstruktiv einfachem Aufbau wirtschaftlich in der Anschaffung sowie im Betrieb sein.

10 Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, welche demnach dadurch gekennzeichnet ist, dass die Mittel dazu ausgebildet sind, als Substrat auch zwei Folienbahnen in Anlage aneinander in gerader Ausrichtung zwischen den beiden Platten hindurch zu bewegen. Die Beschichtungsplatte und die Gegenplatte sind in zumindest einem Zuführungsbereich porös  
15 für einen flächig über diesen Bereich verteilten Gasaustritt ausgebildet. Die Gegenplatte ist ebenfalls als Beschichtungsplatte ausgebildet und weist entlang der Laufrichtung der mindestens einen Folienbahn mehrere Zuführungs- und Ableitungsbereiche für Reaktions- und Spülgas auf. Die beiden Platten sind in einem variablen, durch den Druck der Gaskissen gegenüber einer Gegenkraft bestimmten Abstand  
20 gegeneinander beweglich montiert.

Indem die Gegenplatte ebenfalls als Beschichtungsplatte ausgebildet und mehrere Zuführungs- und Ableitungsbereiche für Reaktions- und Spülgas aufweist, kann die erfindungsgemäße Vorrichtung zur doppelseitigen Beschichtung einer Folienbahn oder auch zur einseitigen Beschichtung von zwei Folienbahnen in Anlage aneinander  
25 eingesetzt werden. Soweit im Folgenden der Einfachheit wegen lediglich eine Folienbahn erwähnt wird, können damit auch zwei Folienbahnen oder, wie dies noch erläutert wird, zwei Abschnitte einer Folienbahn gemeint sein.

Wie die aus WO 2014/123415 A1 bekannte Vorrichtung ist die erfindungsgemäße Vorrichtung damit zur Beschichtung einer Folienbahn im Durchlauf ausgebildet und nicht auf individuelle Wafer oder dergleichen beschränkt. Die schon mit  
30

der aus WO 2014/123415 A1 bekannten Vorrichtung erzielten Vorteile werden durch die erfindungsgemässe Vorrichtung dadurch zumindest auch erreicht. Indem die Folienbahn in gerader Ausrichtung durch die erfindungsgemässe Vorrichtung bewegt wird, ist ihre Positionierung relativ zu den beiden Platten jedoch unabhängig von ihrer Bahnspannung. Das macht die Bahnführung stabiler und weniger stör-  
5 anfällig als die Bahnführung um eine Beschichtungstrommel. Die beanspruchte Bewegung der Folienbahn zwischen den beiden Platten hindurch ist zudem viel einfacher realisierbar als der Antrieb der Wafer bei der aus WO 2012/005577 A1 bekannten Vorrichtung insbesondere durch Druckunterschiede in Laufrichtung aufeinanderfolgenden Zonen. Die beiden Platten der erfindungsgemässen Vorrichtung  
10 können (bis auf ihre Beweglichkeit hinsichtlich ihres gegenseitigen Abstandes) stillstehend montiert werden, wodurch der erhebliche konstruktive Aufwand entfällt, der für die Rotation der Beschichtungstrommel bei der aus WO 2014/123415 A1 bekannten Vorrichtung erforderlich ist. Vor allem aber sind für die Zuführung und  
15 die Ableitung der Reaktions- und Spülgase keine aufwendigen Anschlüsse zwischen gegeneinander bewegten Teilen erforderlich. Der gegenseitigen Beweglichkeit der Platten kann durch flexible Gaszu- und -ableitungen an einer der Platten Rechnung getragen werden. Durch poröse Ausbildung der Beschichtungsplatte und der Gegenplatte in zumindest einem Zuführungsbereich für einen flächig über diesen  
20 Bereich verteilten Gasaustritt wird das sich dort ausbildende Gaskissen ausserordentlich robust, was sich ebenfalls günstig und stabilisierend auf die kontaktlose Bahnführung zwischen den Platten auswirkt. In der porösen Schicht bildet sich ein weitgehend isotroper Staudruck. Das robuste Gaskissen erlaubt es auch, den Abstand zwischen der Folienbahn und der Beschichtungs- und/oder der Gegenplatte  
25 sehr klein, insbesondere kleiner als 100  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise sogar kleiner als 50  $\mu\text{m}$ , zu wählen. Je geringer der Abstand desto grösser ist bei gleichem Gasfluss die Strömungsgeschwindigkeit des Spülgases in Richtung eines benachbarten oder angrenzenden Zuführungsbereichs für Reaktionsgas. Eine hohe Strömungsgeschwindigkeit ist günstig für die Effektivität des Spülens mit dem Spülgas. Dadurch können die  
30 Zuführungsbereiche in Laufrichtung der Folienbahn insbesondere für Spülgas kurz ausgebildet werden. Dies erlaubt wiederum die Unterbringung einer grossen Anzahl von Gruppen auf der Länge der Beschichtungsplatte. Da hierdurch zudem die

unerwünschte Vermischung unterschiedlicher Reaktionsgase beispielsweise durch Diffusion eines Reaktionsgases entgegen der Spülgasströmung erschwert wird, muss zwischen benachbarten Zuführungsbereichen für unterschiedliche Reaktionsgase auch weniger intensiv mit Spülgas gespült werden. Ein weiterer Vorteil der porösen Oberfläche besteht darin, dass auch bei quer zur Laufrichtung der Folienbahn langen Zuführungsbereichen ein gleichmässiger Gasaustritt realisierbar ist. Und auch dadurch bedingt, dass die beiden Platten in einem variablen, durch den Druck der Gaskissen gegenüber einer Gegenkraft bestimmten Abstand gegeneinander beweglich montiert sind, kann dieser Abstand und damit ihre Abstände gegenüber der Folienbahn mit den vorgenannten Vorteilen äusserst gering eingestellt werden. Dickenvariationen der Folienbahn werden automatisch und verzögerungsfrei ausgeglichen, nachfolgend als robustes Gaskissen bezeichnet. Der gegenseitige Abstand der beiden Platten sollte sich über deren Fläche hinweg möglichst einheitlich einstellen, daher sollten gewisse Verwinkelungen der Platten gegeneinander und damit eine Beweglichkeit in drei Achsen zum automatischen Ausgleich von Dickenvariationen der durchlaufenden Folienbahn möglich sein.

Zusammen erlauben die genannten Massnahmen im Vergleich mit der aus WO 2014/123415 A1 bekannten Vorrichtung eine wesentlich höhere Bahngeschwindigkeit mit entsprechend höheren Produktionsraten sowie einen geringeren Spülgasverbrauch.

Bei den Reaktionsgasen kann es sich im Fall von ALD um Trimethylaluminium (TMA) einerseits sowie um Wasserdampf ( $H_2O$ ) andererseits zur Erzeugung einer  $AlO_x$ -Schicht handeln. Als Spülgas kommt Stickstoff ( $N_2$ ) in Frage. Alternativ zu einer  $AlO_x$ -Schicht kann beispielsweise auch ein  $AlO_x$ - $TiO_2$ -Nanolaminat erzeugt werden, wobei  $TiCl_4$  als  $TiO_2$ -Prekursor eingesetzt werden kann.

Bevorzugt sind die Beschichtungsplatte und die Gegenplatte in allen Zuführungsbereichen porös ausgebildet. Einzelne Zuführungsbereiche könnten jedoch auch mit Schlitzten und/oder Löchern ausgeführt sein. Das kann insbesondere für die Zuführung von Reaktionsgasen mit geringem Dampfdruck wie solchen für MLD-Be-

schichtungen vorteilhaft sein. Zudem lassen sich die Schlitze und/oder Löcher einfacher reinigen als das poröse Material, wodurch allfällige Ablagerungen, beispielsweise aufgrund thermischer Zersetzung eines Reaktionsgases, eher tolerierbar sind.

Weiter bevorzugt kann die Folienbahn auch in den Ableitungsbereichen auf einem Gaskissen auf Abstand von der Oberfläche der Beschichtungsplatte gehalten werden, indem in der Gasableitung ein kleiner, definierter Staudruck erzeugt wird. Die Ableitungsbereiche sind bevorzugt als Schlitze ausgeführt, weil Schlitze gegenüber beispielsweise Löchern wegen der durchgehenden Ableitung eine wirksamere Trennung von Zuführ- und Spülbereichen ergeben.

Die erfindungsgemässe Vorrichtung ist vorzugsweise zur Beschichtung von Folienbahnen bis zu einer Breite von 200 cm geeignet und damit durch inline oder nachträgliches Teilen der Bahn auch für Standardbreiten von beispielsweise 30 bis 50 cm. Die gesamte Vorrichtung ist weiter vorzugsweise für eine Bahngeschwindigkeit der Folienbahn bis zu 120 m/min ausgebildet. Für einen ALD-Prozess der erwähnten Art sind Bahngeschwindigkeiten im Bereich 20 m/min bis 80 m/min geeignet.

Wegen der zumindest bei ALD-Beschichtungen kurzen Reaktionszeit der Reaktionsgase braucht die Ausdehnung der Zuführungsbereiche in Laufrichtung der Folienbahn selbst bei solchen Bahngeschwindigkeiten nur 5 mm bis 30 mm, insbesondere 10 mm bis 20 mm, zu betragen. Die Ausdehnung der Ableitungsbereiche in Laufrichtung der Folienbahn braucht sogar nur 0.3 mm bis 1.5 mm, insbesondere 0.5 mm bis 1 mm, zu betragen. Dies gilt insbesondere, wenn der Abstand zwischen der Folienbahn und der Beschichtungsplatte kleiner als 100  $\mu\text{m}$  gehalten wird.

Weitere bevorzugte Ausbildungen der erfindungsgemässen Vorrichtung sind in den abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet.

Vorzugsweise ist an der Beschichtungsplatte pro Gasart jeweils nur ein Gasanschluss vorhanden, der mit den zugehörigen Zuführungs- oder Ableitungsbereichen der Beschichtungsplatte durch Kanäle in der Beschichtungsplatte in Verbindung steht.

Wenn Ableitungsbereiche in Laufrichtung der Folienbahn jeweils nur angrenzend an ein Paar von Zuführungsbereichen vorhanden sind, wobei der in Laufrichtung

der Folienbahn jeweils vordere Zuführungsbereich des Paares von Zuführungsbereichen vorzugsweise ein Zuführungsbereich für Spülgas und der hintere vorzugsweise ein Zuführungsbereich für Reaktionsgas ist, ergibt sich eine verbesserte Ausnutzung der Zuführungsbereiche für Spülgas. Bei der bevorzugten Reihenfolge unterstützt die Bewegung der Folienbahn zudem die Spülgasteilströmung in Richtung des in Folienlaufrichtung nachfolgend angrenzenden Zuführungsbereichs für Reaktionsgas.

Die Trennung der verschiedenen Reaktionsgase kann trotz der jeweils nur angrenzend an ein Paar von Zuführungsbereichen vorhandenen Ableitungsbereiche dadurch gewährleistet werden, dass die Zuführungsbereiche für Spülgas in Laufrichtung der Folienbahn länger bemessen werden als die jeweils angrenzenden Zuführungsbereiche für Reaktionsgas und/oder dadurch, dass das Spülgas mit einem höheren Druck als die Reaktionsgase zugeführt wird.

Soweit Zuführungsbereiche porös für einen flächig über diese Bereiche verteilten Gasaustritt ausgebildet sind, bildet das poröse Material vorzugsweise eine unmittelbar an den Spalt zwischen den beiden Platten angrenzende Schicht. Diese kann und sollte sich über praktisch die gesamte Fläche des jeweiligen Zuführungsbereichs erstrecken und damit zumindest nahe bis an benachbarte Ableitungsbereiche oder einen angrenzenden Zuführungsbereich. Gegenüber ihrer flächenmässigen Ausdehnung (in Laufrichtung der Folienbahn typisch im Bereich von 1 – 2 cm) kann die Dicke dieser porösen Schicht wesentlich geringer sein (typisch etwa 1 mm). Sie bildet damit nur eine vergleichsweise dünne Oberflächenschicht der insgesamt wesentlich dickeren, sie tragenden und bevorzugt formstabilen Platte. Dabei erfolgt die Gaszufuhr zu der porösen Schicht vom Innern der Platte aus durch Kanäle beispielsweise in Form von Bohrungen und sich diesen anschliessenden, sich längs der Zuführungsbereiche erstreckenden Nuten. Um eine ausreichend gleichmässige Querverteilung des aus den Nuten in die poröse Schicht strömende Gas in der porösen Schicht zu erzielen, können pro Zuführungsbereich mehrere Nuten parallel nebeneinander vorgesehen werden. Dabei kann der Abstand der Nuten voneinander und/oder von den Rändern der porösen Schicht etwa fünffach grösser als die Breite der Nuten bemessen werden. Die Porengrösse des porösen Materials der

Schicht könnte 10 – 20 Mikrometer betragen. Der Strömungswiderstand eines derartigen porösen Materials ist so hoch, dass der Druckabfall des zugeführten Gases in der porösen Schicht wesentlich grösser ist als der Druckabfall im Gaskissen. Das wiederum hat zur Folge, dass der aus der porösen Schicht verteilt austretende Gasstrom vergleichsweise stabil ist und durch Veränderungen oder Störungen der Strömungsverhältnisse im Spalt zwischen den Platten (beispielsweise beim Durchlauf eines Splices, wo zwei Folienbahnen auf Stoss mit einem Klebstreifen miteinander verbunden sind) nur wenig beeinflusst wird. Das Gaskissen ist dadurch robust und dies mit besonderem Vorteil auf der gesamten Fläche der porösen Schicht. Bei schmalen Schlitz für die Gaszufuhr gemäss dem Stand der Technik mit angrenzenden geschlossenen Oberflächen bis hin zu den nächsten Ableitungsbereichen können sich Gaskissen zwar ebenfalls ausbilden, doch ist deren Robustheit, sofern überhaupt vorhanden, im Wesentlichen beschränkt auf den unmittelbaren Schlitzbereich.

Wie bereits erwähnt, erlauben die Robustheit der Gaskissen und die Montage der beiden Platten in einem variablen, durch den Druck der Gaskissen gegenüber einer Gegenkraft bestimmten Abstand, diesen Abstand durch geeignete Einstellung des Drucks für die Gaszufuhr sehr gering zu halten. Dadurch erhöht sich natürlich die Gefahr, dass es zum Beispiel bei Dickenvariationen der Folienbahn zu unerwünschten Berührungen derselben mit den Platten kommt. Dickenvariationen werden häufig verursacht durch Fremdstoffe wie Folienschnipsel, Verdickungen von Vorbeschichtungen, Markierzettel in Rollenrändern, umgelegte und in der Rolle eingewickelte Folienränder, unsachgemässe Rollenklebestellen von Lieferanten durch überlappte anstatt stumpf gestossene Folien wie auch zwei anstatt nur eine Klebebahn oder zu dicke Klebebahn. Besonders kritisch ist dies bei gestuften Verdickungen wie bei den erwähnten Splices. In dieser Hinsicht ist der flächig verteilte Gasaustritt aus der porösen Schicht gegenüber dem Gasaustritt aus einem schmalen Schlitz von erheblichem Vorteil. Im ersteren Fall ergibt sich unmittelbar ab Kontakt der Verdickung mit dem flächig wirksamen, robusten Gaskissen eine Druckerhöhung darin, durch welche sofort eine Abstandsvergrösserung zwischen den Platten eingeleitet wird, die im günstigen Fall unerwünschte Berührungen der Verdickung mit den

Platten verhindert. Im zweiten Fall tritt dieser Effekt dagegen erst auf, wenn die Verdickung den schmalen Schlitz erreicht hat, wobei es im Bereich der vorgelagerten geschlossenen Oberfläche zu einem Zusammenbruch des dort nicht robusten Gas-kissens und zu einer Berührung gekommen sein kann. Im Rahmen der erfindungs-  
5 gemässen Ausbildung ist es deshalb nicht lediglich bevorzugt, wenn alle Zufüh-  
rungsbereiche möglichst grossflächig porös ausgebildet sind, sondern diese Ausbil-  
dung sollte zumindest auch im Einlaufbereich, wo die Folienbahn zwischen die Plat-  
ten eintritt und dort möglichst sogar bis zu den Plattenkanten vorhanden sein.

Als weiter unterstützende Massnahme zur Verhinderung von Berührungen kann  
10 der Einlaufbereich zusätzlich nach Art einer Mundöffnung ausgebildet sein. Dabei  
sind die beiden Platten dort etwas abgeschrägt, so dass ein für die Verdickung kri-  
tischer, durch einen vorgelagerten, dünneren Folienbahnabschnitt verursachter,  
geringerer Plattenabstand erst nach einer gewissen Laufstrecke erreicht wird. Eine  
einlaufende Verdickung kann dadurch schon vor Erreichen des gegebenenfalls für  
15 sie zu geringen Plattenabstands im Einlaufbereich eine Vergrösserung dieses Ab-  
standes bewirken. Sofern gewünscht ist, dass die Laufrichtung der Folienbahn in-  
vertiert werden kann, kann auch im Auslaufbereich eine Mundöffnung vorgesehen  
werden. Diese Mundöffnung im Auslaufbereich bewirkt zudem, dass sich der Plat-  
tenabstand verzögert wieder auf den normalen Wert einstellt, wenn eine Verdi-  
20 ckung aus dem Plattenpaar ausläuft.

Soweit aneinander angrenzende Zuführungsbereiche porös für einen flächig über  
diese Bereiche verteilten Gasaustritt ausgebildet sind, können zur Gastrennung zwi-  
schen solchen Bereichen und/oder gegenüber angrenzenden Ableitungsbereichen  
Trennwände vorgesehen werden. Um in diesem Fall grössere Abstände zwischen  
25 den durch die Trennwände getrennten Bereichen zu vermeiden, können die Trenn-  
wände sich nach aussen hin verjüngen und beispielsweise einen trapezförmigen o-  
der spitzen Querschnitt aufweisen. In diesem Fall ist das poröse Material in pflan-  
nenartigen Vertiefungen eingebettet. Da eine gewisse Vermischung zumindest von  
Spülgas mit einem Reaktionsgas in der Regel jedoch tolerabel ist, brauchen sich ent-  
30 sprechende Trennwände nicht unbedingt bis nach aussen zu erstrecken, sondern  
könnten bereits unterhalb der jeweiligen porösen Oberflächen enden. Das poröse

Material von aneinander angrenzenden Zuführungsbereichen wäre in diesem Fall teilweise in gegenseitiger Berührung und würde sich entsprechend durchgehend über die beiden Zuführungsbereiche hinweg erstrecken. An der Grenze zu einem Ableitungsbereich könnte in diesem Fall eine geringe Menge an zugeführtem Gas  
5 direkt in diesen austreten. Gegebenenfalls kann auf Trennwände zwischen den porösen Materialien von aneinander angrenzenden Zuführungsbereichen oder gegenüber Ableitungsbereichen ganz verzichtet werden. Im Hinblick auf eine gegebenenfalls erforderliche spätere Bearbeitung der porösen Oberflächen beispielsweise durch Schleifen sind durchgängige poröse Oberflächen ohne sie begren-  
10 zende oder daraus gar hervorstehende Trennwände aus einem anderen Material jedenfalls von Vorteil. Spülgas könnte bei einer solchen Ausbildung gegenüber einem angrenzend zugeführten Reaktionsgas mit höherem Druck zugeführt werden. Das lässt sich auch erreichen oder unterstützen, indem die Dicke der porösen Schicht für die Spülgaszuführung dünner als die für die Zuführung des Reaktions-  
15 gases ausgebildet wird. Durch Variation dieser Dicken innerhalb der einzelnen Zuführungsbereiche kann das weiter optimiert werden.

Der Raum zwischen den beiden Platten ist bei der erfindungsgemässen Vorrichtung seitlich bevorzugt offen. Von daher und im Hinblick darauf, dass Reaktionsgas wie TMA möglichst nicht in die Umgebung entweichen sollte, ist es vorteilhaft, in der  
20 Beschichtungsplatte quer zur Laufrichtung der Folienbahn beidseits angrenzend an wenigstens einen Zuführungsbereich für ein Reaktionsgas jeweils einen Ableitungsbereich für das Reaktionsgas vorzusehen.

Aus dem gleichen Grund und um die Folienbahn auch ihren Randbereichen gut abzustützen ist es bevorzugt, dass die Beschichtungsplatte quer zur Laufrichtung der  
25 Folienbahn beidseits wenigstens eines Zuführungsbereichs für ein Reaktionsgas jeweils noch einen, von der Folienbahn überfahrenen Zuführungsbereich für Spülgas aufweist.

Wie eingangs erwähnt, können zur Erzielung einer ausreichenden Barrieredicke mehrere hundert Beschichtungszyklen erforderlich sein. Um die jeweils erforderliche  
30 Anzahl Beschichtungszyklen zu erreichen, kann die Folienbahn einer erfin-

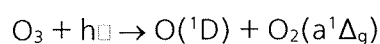
5 dungsgemässen Vorrichtung mehrfach hintereinander zugeführt werden. Alternativ oder zusätzlich könnten mehrere erfindungsgemässe Vorrichtungen mit Paaren von Beschichtungs- und Gegenplatten in Serie hintereinander betrieben werden. Dabei kann vorgesehen sein, dass die mehreren Paare von Beschichtungs- und Gegenplatten in Serie sowie vorzugsweise in einem Stapel angeordnet und Bahnumlenkungsmittel vorhanden sind, um die Folienbahn den einzelnen Paaren nacheinander zuzuführen. Bei einer Anordnung im Stapel ergibt sich eine äusserst kompakte Bauweise.

10 Die Beschichtungsplatte und die ebenfalls als Beschichtungsplatte ausgebildete Gegenplatte sind bevorzugt hinsichtlich ihrer Zuführungs- und Ableitungsbereiche deckungsgleich ausgebildet.

15 Die erfindungsgemässe Vorrichtung ist ausser zur doppelseitigen Beschichtung einer Folienbahn oder zur einseitigen Beschichtung von zwei Folienbahnen in Anlage aneinander mit besonderem Vorteil auch zur doppelten Beschichtung nur einer Seite einer Folienbahn verwendbar, sofern die Folienbahn nach einem ersten Durchlauf zwischen den beiden Platten mit geeigneten Bahnwendemitteln gewendet und den beiden Platten Rücken an Rücken mit einem im ersten Durchlauf befindlichen Teil der Folienbahn für einen zweiten Durchlauf zwischen den beiden Platten erneut zugeführt wird.

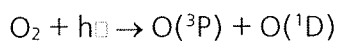
20 Über beide, als Beschichtungsplatten ausgebildete Platten müssen nicht die gleichen Reaktionsgase zugeführt werden. Beispielsweise könnte über eine der beiden Platten  $\text{AlO}_x$  und über die andere  $\text{TiO}_2$  beschichtet werden. Vor allem in einem solchen Fall könnten die Zuführungs- und Ableitungsbereiche beider Platten unterschiedlich und nicht deckungsgleich ausgebildet sein.

25 In einer Ausführungsform ist mindestens einem Zuführungsbereich in der Beschichtungsplatte der erfindungsgemässen Vorrichtung eine UV-Lampe zugeordnet. Mit dieser können in dort zugeführtem, ozonhaltigem Gas Sauerstoff-Radikale  $\text{O}(^1\text{D})$  als Reaktionsgas aus dem Ozon ( $\text{O}_3$ ) erzeugt werden nach der Reaktionsgleichung:



Sofern in einem nachfolgenden Zuführungsbereich ein metallhaltiges Reaktionsgas zugeführt wird, kann dieses mit den erzeugten Sauerstoff-Radikalen unter Bildung eines Metalloxids reagieren. Vorzugsweise ist die UV-Lampe eine Amalgam-Lampe (Niederdruck-Quecksilberdampf Lampe), welche UVC-Strahlung und/oder VUV-Strahlung mit Wellenlängen von 254nm und/oder 185nm emittiert. Bei dieser Ausführungsform muss das ozonhaltige Gas beispielsweise aus sauerstoffhaltigem Gas mit einem Ozongenerator extern erzeugt werden. Die erwähnte 185nm Strahlung ist für die Ozonphotolyse weniger geeignet als die 254nm Strahlung, kann aber den Prozess durch die Spaltung von adsorbierten und gegebenenfalls teiloxidierten Prekursor-molekülen unterstützen. Der Vorteil der Verwendung von Sauerstoff-Radikalen O(<sup>1</sup>D) anstelle von H<sub>2</sub>O als Prekursor ist vor allem, dass die Desorption von H<sub>2</sub>O als dem langsamsten, die Prozessgeschwindigkeit begrenzenden Teilschritt entfällt. Ausserdem ergibt sich eine höhere Dichte der erzeugten Schicht bei niedrigerer Prozesstemperatur und ein grösseres Schichtwachstum pro Beschichtungszyklus.

Anstatt aus extern erzeugtem, ozonhaltigem Gas können Sauerstoff-Radikale O(<sup>1</sup>D) als Reaktionsgas auch lokal aus zugeführtem, sauerstoffhaltigem Gas durch Einsatz einer VUV-Lampe erzeugt werden:



Vorzugsweise ist die VUV-Lampe eine 172nm Xe<sub>2</sub>\*-Excimerlampe. Auch die 172nm Strahlung kann den Prozess durch die Spaltung von adsorbierten und gegebenenfalls teiloxidierten Prekursor-molekülen unterstützen. Bei dieser Ausführungsform entfällt der erwähnte Ozongenerator. Eine weitere Möglichkeit zur lokalen Erzeugung von Sauerstoff-Radikalen aus zugeführtem, sauerstoffhaltigem Gas ist der Einsatz einer Plasmaquelle. Eine solche könnte auch andere Radikale erzeugen, beispielsweise H-Radikale aus H<sub>2</sub> zur Abscheidung metallischer Schichten oder N-Radikale aus N<sub>2</sub> oder NH<sub>3</sub> zur Abscheidung von Nitrid-Schichten.

Für selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen wie ALD oder MLD ist in der Regel eine gegenüber Umgebungstemperatur erhöhte Prozesstemperatur günstig. Zur Einhaltung der jeweils gewünschten Prozesstemperatur beispielsweise im Bereich

von 80 - 120 °C kann es erforderlich sein, geeignet temperierte Reaktions- und/oder Spülgase zuzuführen und/oder die Beschichtungs- und/oder die Gegenplatte zu temperieren. Damit auch die Folienbahn bereits bei ihrem Eintritt in den Spalt zwischen den beiden Platten eine geeignete Temperatur aufweist, können zu ihrer

5 Erhitzung geeignete Mittel in ihrer Laufrichtung den beiden Platten vorgeordnet sein. Diese Mittel umfassen vorzugsweise eine mit Heissluft-Zuführungen und/oder IR-Strahlern bestückte Aufheizstrecke. Die Folienbahn kann auf der Aufheizstrecke auf eine höhere Temperatur als die Prozesstemperatur erhitzt werden, um beispielsweise die Trägerfolie und/oder die Planarisierungsschicht zu trocknen oder

10 um eine mögliche Abkühlung der Folienbahn zwischen der Aufheizstrecke und dem Einlauf zwischen die ersten beiden Platten auszugleichen. Wenn mehrere Plattenpaare in Serie oder in einem Stapel angeordnet sind, können jedem Plattenpaar Mittel zur Erhitzung der Folienbahn in deren Laufrichtung vorgeordnet sein. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann weiter mit einer von der Folienbahn durchlaufenden

15 Messvorrichtung versehen sein, welche nur einer Beschichtungs- und Gegenplatte oder nur einer Vorbeschichtungs- und Vorbeschichtungsgegenplatte nachgeordnet ist zur inline Ermittlung von Sauerstoff- oder Stickstoff-Transmissionsraten (OTR- oder NTR) der beim Durchlauf zwischen diesen Platten abgeschiedenen dünnen Schichten. Die Messvorrichtung ist dabei vorzugsweise datentechnisch verbunden mit einer in Laufrichtung der Folienbahn weiter hinten angeordneten Vorrichtung zur Beschriftung und/oder Codierung der Folienbahn (FB) mit den ermittelten OTR- oder NTR-Werten. Diese Daten könnten alternativ oder zusätzlich auch elektronisch zusammen mit einer Laufmeterkennung gespeichert werden (u.a. auf

20 mobilen Speichern und z. B. in der Folienhülse abgelegt werden), so dass sie bei der Weiterverarbeitung der beschichteten Folienbahn oder bei sonstigem Bedarf abrufbar sind.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist vorzugsweise Teil einer Anlage, bei welcher die Folienbahn von einer ersten Rolle abgerollt und nach ihrer Beschichtung auf einer zweiten Rolle wieder aufgerollt wird. Da ALD- oder MLD-Beschichtungen mit

30 Dicken im Nanometerbereich sehr empfindlich gegenüber mechanischen Belastungen sind, ist es an sich bekannt, die beschichtete Folienbahn zusammen mit einer schützenden Zwischenlage (sog. Interleave) aufzurollen, die von einer weiteren

Abrollung zugeführt wird. Dabei ist die Zwischenlage in der Regel jedoch mit den in ihrer Umgebung vorhandenen Gasen sowie auch mit Wasser gesättigt. Gemäss einer Weiterbildung der Erfindung sind Mittel vorgesehen, um die Zwischenlage inline aus einer formlosen Masse im gleichen Durchlauf wie die Beschichtung der Folienbahn zu erzeugen. Dabei kann die Zwischenlage praktisch wasserfrei hergestellt und durch Einlagerung von Gettern für Wassermoleküle in das Material der Zwischenschicht sogar mit der Funktionalität ausgestattet werden, durch Aufnahme von Wassermolekülen die beschichtete Folienbahn auf der Rolle bis zu ihrer Weiterverarbeitung trocken zu halten oder sogar zusätzlich zu trocknen. Um die Funktion der Getter sicherzustellen muss das Material der Zwischenlage durchlässig für Wassermoleküle sein.

Alternativ oder zusätzlich zu einer Zwischenlage, die bei der Weiterverarbeitung der beschichteten Folienbahn wieder entfernt wird, kann auf einer ALD- oder MLD-Beschichtung eine Schutzschicht (Top Coat) ebenfalls inline im gleichen Durchlauf mit der ALD- oder MLD-Beschichtung aufgetragen werden, die bei der Weiterverarbeitung der beschichteten Folienbahn auf dieser verbleibt. Sie bildet bei der Weiterverarbeitung der Folienbahn dann die Basis für allfällig weitere auf ihr aufgebrachte Schichten wie insbesondere OLED-Schichten. Auch die Schutzschicht kann Getter für Wassermoleküle enthalten. Sofern die ALD- oder MLD-Beschichtung als transparente Barrierschicht für OLEDs dienen soll, müssen auch diese transparent sein. Entsprechend noch einer Weiterbildung der Erfindung sind deshalb Mittel vorgesehen, um die Schutzschicht inline aus einer formlosen Masse im gleichen Durchlauf mit der ALD- oder MLD-Beschichtung zu erzeugen. Da die Schutzschicht Teil eines Endprodukts wie beispielsweise einer OLED wird, ist es vorteilhaft, wenn die Schutzschicht zusätzlich zu einem Getter für Wasser- auch einen Getter für Sauerstoffmoleküle enthält. Damit die Aufnahmekapazität der Getter nicht erschöpft wird, bevor ein fertiges Endprodukt vorliegt, müssen die Getter in ausreichender Menge vorhanden sein und die Getter enthaltende Folienbahn muss ausreichend vor einem Zutritt von Luftfeuchte und Luftsauerstoff geschützt werden. Innerhalb einer Rolle sind die Getter weitgehend geschützt, da ein Zutritt von Luft nur an der Stirnseite der Rolle erfolgen kann was durch eine entsprechend ausgelegte Schutzverpackung der Rolle oder Zuschnitte zu verhindern ist. Der Umfang der Rolle wird durch die

ebenfalls auf der Folienbahn vorhandenen, durch ALD/MLD erzeugten dünnen Schichten geschützt.

Alternativ oder zusätzlich zu Gettern für Wasser- und/oder Sauerstoffmoleküle kann die Schutzschicht elektrisch leitfähig sein, um später eine transparente Anode  
5 beispielsweise einer OLED zu bilden. Falls die Schutzschicht Getter enthalten und elektrisch leitfähig sein soll, werden bevorzugt zwei separate Schichten aufgebracht, wobei die zuerst aufgebrachte Schicht Getter enthält und die nachfolgend aufgebrachte Schicht elektrisch leitfähig ist.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezug-  
10 nahme auf die Zeichnungen weiter erläutert.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Es zeigen jeweils nur schematisch:

- Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemässen Vorrichtung mit einer Beschichtungsplatte und einer dieser gegenüberliegend angeordneten Gegenplatte, mit Aufroll- und Abrollmitteln und verschiedenen Zusatzaggregaten;  
15
- Fig. 2 unter a) und b) in Teilquerschnitten Details von zwei möglichen Ausführungsformen der Beschichtungs- und einer Gegenplatte mit porös ausgebildeten Zuführungsbereichen für einen flächig über diese Bereiche verteilten Gasaustritt;  
20
- Fig. 3 unter a) eine Aufsicht auf eine Gruppe von Zuführungs- und Ableitungsbereichen für Reaktions- und Spülgas einer Beschichtungsplatte zur Ausführung eines ALD-Beschichtungszyklus und unter b) einen Querschnitt dieser Gruppe;
- 25 Fig. 4 unter a) eine Aufsicht auf eine anders gestaltete Gruppe von Zuführungs- und Ableitungsbereichen für Reaktions- und Spülgas einer Beschichtungsplatte zur Ausführung eines ALD-Beschichtungszyklus und unter b) einen Querschnitt dieser Gruppe;

- Fig. 5 einen Querschnitt einer Gruppe von Zuführungs- und Ableitungsbereichen für Reaktions- und Spülgas einer Beschichtungsplatte zur Ausführung eines ALD-Beschichtungszyklus mit einer einem Zuführungsbereich für ein Reaktionsgas zugeordneten UV-Lampe;
- 5 Fig. 6 einen Querschnitt einer Gruppe von Zuführungs- und Ableitungsbereichen für Reaktions- und Spülgas einer Beschichtungsplatte zur Ausführung eines ALD-Beschichtungszyklus mit einer einem Zuführungsbereich für ein Reaktionsgas zugeordneten Plasmaquelle;
- Fig. 7 einen Querschnitt einer Gruppe von Zuführungs- und Ableitungsbereichen für Reaktions- und Spülgas einer Beschichtungsplatte zur Ausführung eines ALD-Beschichtungszyklus mit einer einem Zuführungsbereich für ein Reaktionsgas zugeordneten anderen Plasmaquelle;
- 10
- Fig. 8 unter a) mehrere Paare von Beschichtungs- und Gegenplatten, denen eine Folienbahn in Serie zugeführt ist und unter b) dieselben Paare in einem geöffneten Zustand;
- 15
- Fig. 9 unter a) mehrere Paare von in einem Stapel angeordneten Beschichtungs- und Gegenplatten, denen eine Folienbahn in Serie zugeführt ist und unter b) dieselben Paare mit einem Paar in einem geöffneten Zustand;
- 20 Fig. 10 ein Plattenpaar bei dem auch die Gegenplatte als Beschichtungsplatte ausgeführt ist;
- Fig. 11 perspektivisch ein Plattenpaar mit zwei Beschichtungsplatten, wobei Bahnlenkungsmittel vorgesehen sind, durch welche die Folienbahn nach einem ersten Durchlauf durch das Plattenpaar gewendet für eine
- 25 Weiterbeschichtung zugeführt wird;
- Fig. 12 perspektivisch vier in einem Stapel angeordnete Plattenpaare jeweils mit Beschichtungsplatten, denen eine Folienbahn in Serie zugeführt ist und Bahnwendemittel vorgesehen sind, über welche die Folienbahn

den vier Paaren nach einem ersten seriellen Durchlauf gewendet für eine Weiterbeschichtung zugeführt wird;

- Fig. 13 eine Stapelanordnung mit drei Plattenpaaren durch die zwei Folienbahnen oder zwei Teile einer Folienbahn in Serie durchlaufen, wobei jeweils separate Umlenkwalzen für die beiden Bahnen zwischen den Plattenpaaren vorgesehen sind;
- 5
- Fig. 14 eine gegenüber Fig. 1 erweiterte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Vorrichtung mit vier Plattenpaaren von in einem Stapel angeordneten Beschichtungsplatten für einen doppelten Durchlauf der Folienbahn, wobei eine Messvorrichtung den zwischen dem ersten und dem zweiten Plattenpaar angeordnet ist;
- 10
- Fig. 15 eine Ausführungsform einer erfindungsgemässen Vorrichtung mit vier Paaren von in einem Stapel angeordneten Beschichtungsplatten für einen doppelten Durchlauf der Folienbahn, wobei eine Messvorrichtung zwischen einem Paar für eine einseitige Vorbeschichtung und dem Stapel angeordnet ist;
- 15
- Fig. 16 eine Ausführungsform einer erfindungsgemässen Vorrichtung mit sieben Paaren von jeweils einzeln horizontal angeordneten Beschichtungsplatten für einen doppelten Durchlauf der Folienbahn, wobei eine Messvorrichtung zwischen dem dritten und dem vierten Plattenpaar angeordnet ist; und
- 20
- Fig. 17 eine Ausführungsform der Messvorrichtung mit einer Messplatte und einer Gegenmessplatte unter a) in einer Aufsicht auf die Innenseite der Messplatte und unter b) in einem Querschnitt.

25

#### WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Die Vorrichtung von Fig. 1 weist eine Rolle R1 für eine Abrollung und eine Rolle R2 für eine Aufrollung einer Folienbahn FB in einem Rolle-zu-Rolle-Verfahren auf.

Kernstück der Vorrichtung ist ein Plattenpaar 10 mit einer Beschichtungsplatte 1

- und einer Gegenplatte 2 für eine ALD oder MLD-Beschichtung der Folienbahn. Die Folienbahn läuft zwischen zwei Umlenkwalzen U1, U2 gerade gestreckt durch einen Spalt zwischen den beiden Platten 1, 2 durch ohne diese zu berühren, indem sie auf Gaskissen auf Abstand von deren Oberfläche gehalten wird. In Laufrichtung der Folienbahn vor dem Plattenpaar 1, 2 sind verschiedene Aggregate 30 zur Vorbereitung der Folienbahn für ihre ALD oder MLD-Beschichtung vorhanden. Diese umfassen ein Aggregat 31 zur Partikelreinigung zum Beispiel in Form einer weichen, adhäsiven Gummiwalze oder eines Air-blades, ein Aggregat 32 zur Oberflächenbehandlung zwecks Haftungsverbesserung wie Coronaentladung, Plasmabehandlung oder Ultraviolettbestrahlung sowie ein Aggregat 33 zum Aufbringen einer Beschichtung. Dieses kann eine sogenannte Breitschlitzdüse umfassen. Dem Aggregat 33 zur Beschichtung schliesst sich eine Trocknungsstrecke 34 zu deren Abtrocknung und/oder thermischen oder strahlungstechnischen Vernetzung an. Bei der Beschichtung kann es sich um einen sogenannten Vorplanarisierer und Primer handeln. Als weiteres Aggregat zur Vorbereitung der Folienbahn für ihre Beschichtung ist auch noch ein Heizkanal 35 vorhanden, der beispielsweise mit Heissluft-Zuführungen und/oder mit IR-Strahlern bestückt ist, um die Folienbahn auf eine für ihre Beschichtung günstige Prozesstemperatur aufzuheizen.
- Dem Plattenpaar 1, 2 in Fig. 1 nachgeordnet ist eine Messvorrichtung 40, die datentechnisch mit einer in Laufrichtung der Folienbahn weiter hinten angeordneten Vorrichtung 50 zur Beschriftung und/oder Codierung der Folienbahn in Verbindung steht. Diese beiden Vorrichtungen werden weiter unten noch näher beschrieben.
- Die Vorrichtung von Fig. 1 wird vorzugsweise in einem Reinraum aufgestellt und betrieben, was durch den in Fig. 1 eingezeichneten Rahmen angedeutet ist. Zumindest die mit einem Punktmuster versehenen Umlenkwalzen sind sogenannte Luftwalzen mit einer porösen Oberflächenschicht, aus der gereinigte Luft oder Stickstoff unter Ausbildung eines Gaskissens ausströmt, das die Folienbahn entgegen ihrer Bahnspannung auf Abstand hält und insofern kontaktlos umlenkt.

Figur. 2a und Fig. 2b zeigen im Schnitt jeweils zwei kurze, sich gegenüberliegende Abschnitte von zwei, in Laufrichtung der Folienbahn FB an sich wesentlich längeren Platten 1, 2. In Fig. 2a ist unten eine Beschichtungsplatte 1 und oben eine Gegenplatte 2 dargestellt. Die an den von der Folienbahn FB durchlaufenen Spalt 11 zwischen den beiden Platten 1, 2 angrenzenden Oberflächen dieser Platten sind plan ausgebildet. Die Beschichtungsplatte 1 weist mehrere Zuführungsbereiche für Reaktions- und Spülgas auf, welche durch pfannenartige Vertiefungen gebildet werden, die mit einem offenporigen, porösen Sintermaterial ausgefüllt sind. Eine dieser pfannenartigen Vertiefungen ist mit 12 bezeichnet. Mit Gas gespeist werden die pfannenartigen Vertiefungen 12 über Kanäle, von denen einer mit 13 bezeichnet ist. Die Verbindung zwischen den Kanälen 13 und den pfannenartigen Vertiefungen 12 ist durch schmale Nuten 14 im Boden der pfannenartigen Vertiefungen 12 hergestellt. Zur Überwindung des durch das poröse Material verursachten Staudruckes wird das Gas mit einem gewissen Überdruck zugeführt. Unterhalb und in dem porösen Material verteilt sich das zugeführte Gas und tritt gleichmässig verteilt aus diesem in den Spalt 11 aus. Gegenüber der Folienbahn bildet sich ein diese stützendes Gaskissen. Zur Ableitung der über die Zuführungsbereiche zugeführten Gase sind Ableitungsbereiche vorhanden, welche als Nuten ausgeführt sind, von denen eine mit 15 bezeichnet ist. Die Nuten 15 münden in weitere Kanäle, von denen einer mit 16 bezeichnet ist. Damit das zugeführte Gas zu den Ableitungsbereichen fließt, braucht es in Richtung auf diese hin einen gewissen Druckabfall. Ableitungsbereiche sind in Fig. 2a nur zwischen jeweils einem Paar von Zuführungsbereichen vorhanden, könnten aber auch beidseits von jedem einzelnen Zuführungsbereich vorgesehen sein. Bei einer Gruppe von vier Zuführungsbereichen, könnten sogar drei Ableitungsbereiche vorgesehen sein. Durch die schrägen Ränder der mit porösem Material ausgefüllten pfannenartigen Vertiefungen 12 ergeben sich zwischen aneinander angrenzenden Zuführungsbereichen im Querschnitt spitz zulaufende Trennwände, die eine Vermischung der zugeführten Gase im porösen Material verhindern. Gegen die Ableitungsbereiche hin verhindern die Pfannenränder, dass zugeführtes Gas aus dem porösen Material direkt in diese gelangen kann. Unter Inkaufnahme einer gewissen Vermischung und/oder eines gewissen Gasverlustes

könnten die Trennwände auch niedriger, d.h. nicht bis an die Oberfläche des porösen Materials reichend oder auch ganz weggelassen werden. Es ergäbe sich in diesem Fall eine mehr oder weniger durchgehende poröse Schicht wie dies bei der Gegenplatte von Fig. 2a der Fall ist.

5 Trotz der Trennwände und insbesondere wegen der sich in Fig. 2a nach aussen hin verjüngenden Form grenzen die Zuführungsbereiche in Fig. 2a (wie dies generell bevorzugt ist) praktisch unmittelbar aneinander bzw. an ihre jeweils benachbarten  
Ableitungsbereiche. Es gibt dadurch keine oder allenfalls nur sehr kleine nicht porös  
ausgebildete Zonen zwischen diesen Bereichen, wie der Stand der Technik gemäss  
10 US 7,789,961 B2 sie für unverzichtbar hält. Die Druckverteilung in den sich ausbildenden Gaskissen ist dadurch wesentlich homogener und lokale Druckspitzen, die zu einer Ausbeulung der Folienbahn führen könnten, werden vermieden. Die Gegenplatte 2 von Fig. 2a weist wenigstens einen, sich über mehrere Zuführungs- und  
Ableitungsbereiche der Beschichtungsplatte 1 erstreckenden Zuführungsbereich  
15 für ein Gas auf, wobei auch dieser Zuführungsbereich unter Verwendung von porösem Material in einer pfannenartigen Vertiefung 17 ausgebildet ist. Auch aus diesem porösen Material tritt das zugeführte Gas gleichmässig verteilt aus und bildet ein Gaskissen gegenüber der Folienbahn. Die beidseitigen Gaskissen halten die Folienbahn auf Abstand von den Oberflächen der beiden Platten 1, 2, so dass die Folienbahn kontaktlos zwischen ihnen durchläuft. Einer der Speisekanäle für die Ver-  
20 sorgung des mindestens einen Zuführungsbereichs mit Gas in der Gegenplatte 2 ist mit 18 bezeichnet.

Bei der erfindungsgemässen Vorrichtung ist bei nur einem Plattenpaar die Gegenplatte oder bei mehreren Plattenpaaren mindestens eine Gegenplatte ebenfalls als  
25 Beschichtungsplatte ausgebildet. Eine solche Ausbildung ergibt sich aus Fig. 2a durch Ausbildung der Gegenplatte 2 als Beschichtungsplatte entsprechend der Beschichtungsplatte 1.

Die in Laufrichtung der Folienbahn ersten vier Zuführungsbereiche von Fig. 2a sind zusammen mit den beiden dargestellten Ableitungsbereichen als eine Gruppe ins-  
30 besondere für einen ALD-Beschichtungszyklus unter Verwendung von TMA und H<sub>2</sub>O als Reaktionsgase und von N<sub>2</sub> als Spülgas geeignet. Die Beschichtungsplatte 1

ist mit einer Vielzahl solcher Gruppen versehen, wobei in der Teildarstellung von Fig. 2a von der nachfolgenden Gruppe lediglich noch zwei Zuführungsbereiche dargestellt sind. Für den betrachteten ALD-Prozess kann die Ausdehnung der Zuführungs- und Ableitungsbereiche in Laufrichtung der Folienbahn wie oben bereits angegeben bemessen sein. Mit diesen Bemessungen lassen sich auf einer Länge von 5 1 - 3 m in Laufrichtung der Folienbahn 10 - 100 Gruppen für entsprechend viele ALD-Beschichtungszyklen unterbringen. Die bevorzugte Länge der beiden Platten 1, 2 beträgt 1m mit 20 Gruppen.

Fig. 2b zeigt in einer Fig. 2a entsprechenden Darstellung ein Plattenpaar mit zwei als Beschichtungsplatten ausgebildeten Platten 1, 2, welche zudem, wie dies für die meisten Anwendungen bevorzugt ist, deckungsgleich bzw. spiegelbildlich zueinander ausgebildet sind. Diese Ausführungsform eignet sich für eine beidseitige Beschichtung einer Folienbahn, oder wie dargestellt, zur jeweils nur einseitigen Beschichtung von zwei Folienbahnen, die in flächiger Anlage aneinander zwischen 15 den beiden Beschichtungsplatten durchlaufen. Der dargestellte Ausschnitt der Platten 1, 2 umfasst hier den Einlaufbereich, in welchem eine erweiterte Mundöffnung ausgebildet ist und in dem Spülgas zugeführt wird. Die in Folienlaufrichtung nachfolgenden Zuführungsbereiche sind wie in Fig. 2a wieder paarweise angeordnet, wobei spitz zulaufende Trennwände zwischen ihnen jedoch niedriger als in Fig. 2a, 20 d.h. nicht bis an die Oberfläche des porösen Materials reichend, ausgebildet sind.

Der Einlaufbereich ist in Folienlaufrichtung länger als die nachfolgenden Zuführungsbereiche bemessen, wird andererseits im Beispiel von Fig. 2b aber auch nur wie diese von einem Kanal 13 und über Nuten 14 gespeist. Um eine ausreichend gleichmässige Verteilung des zugeführten Spülgases in der porösen Schicht beider 25 Platten 1, 2 zu erzielen könnte die Anzahl Kanäle 13 und/oder Nuten 14 im Einlaufbereich natürlich erhöht werden. Ggf. weitere Kanäle 13 und vor allem Nuten 14 könnten wegen der grösseren Länge des Einlaufbereichs aber auch senkrecht zu den dargestellten vorgesehen werden, wie dies jeweils durch eine strichlierte Linie unterhalb der porösen Schichten in beiden Platten 1, 2 angedeutet ist.

Um allgemein eine gute Querverteilung des in das poröse Material strömenden Gases in den porösen Schichten zu erzielen sind in Fig. 2a und Fig. 2b pro Zuführungsbereich jeweils zwei zueinander parallele Nuten 14 vorgesehen, die mit den Kanälen 13 in Verbindung stehen. Die Nuten sind im Verhältnis zu den Kanälen 13 relativ schmal bemessen, wobei ihr gegenseitiger Abstand in den Darstellungen von Fig. 2a und Fig. 2b annähernd dem Durchmesser der Kanäle 13 entspricht. Sofern ein grösserer Abstand der Nuten 14 voneinander vorteilhaft wäre, könnte dies ohne gleichzeitige Vergrößerung des Durchmessers der Kanäle 13 durch eine gegeneinander winklige, zur porösen Schicht hin gespreizte Anordnung der Nuten 14 erreicht werden.

Vorzugsweise sind die Zuführungs- und Ableitungskanäle nicht einzeln aus der Beschichtungsplatte 1 herausgeführt, sondern innerhalb dieser so miteinander verbunden, sodass die Anzahl von Gasanschlüssen an der Beschichtungsplatte 1 wesentlich geringer ist. Besonders bevorzugt ist pro Gasart an der Beschichtungsplatte jeweils nur ein Gasanschluss vorhanden. Im Falle eines ALD-Beschichtungszyklus unter Verwendung von TMA und  $H_2O$  als Reaktionsgase und von  $N_2$  als Spülgas wären das fünf Anschlüsse, nämlich drei für die Zuführung dieser Gase sowie je ein Anschluss für die getrennte Ableitung der in den Ableitungsbereichen anfallenden TMA/ $N_2$  bzw.  $H_2O/N_2$  Abgase. Die Verbindungen zwischen Zuführungs- und Ableitungskanälen mit den jeweils dazugehörigen Anschlüssen werden bevorzugt innerhalb einer massiven Beschichtungsplatte realisiert durch verschiedene, auf unterschiedlichen Ebenen angeordnete Bohrungen.

Die Abstände der Folienbahn zu beiden Platten 1, 2 sollten wie oben bereits angegeben möglichst gering sein. Erreicht wird dies unter anderem dadurch, dass der Abstand der Beschichtungsplatte 1 von der Gegenplatte 2 variabel und durch den Druck der Gaskissen gegenüber einer Gegenkraft bestimmt ist. Eine geeignete Gegenkraft kann mechanisch, beispielsweise durch Druckfedern, oder pneumatisch oder hydraulisch aufgebracht werden, wobei eine Platte vorzugsweise ortsfest angeordnet ist. Bei horizontaler Anordnung kann das Gewicht der oberen Platte zur Gegenkraft zumindest beitragen.

Fig. 3a) zeigt eine Aufsicht auf den Bereich einer Gruppe von Zuführungs- und Ableitungsbereichen für Reaktions- und Spülgas einer Beschichtungsplatte 1 zur Ausführung eines ALD-Beschichtungszyklus und Fig. 3b) einen Querschnitt dieser Gruppe. In Laufrichtung der Folienbahn FB kann bzw. soll die Beschichtungsplatte 1 mit einer Vielzahl solcher Gruppen aneinander anschliessend versehen sein. Ein Zuführungsbereich für TMA als Reaktionsgas ist quer zur Laufrichtung der Folienbahn und einer für H<sub>2</sub>O als Reaktionsgas in Laufrichtung der Folienbahn schraffiert. Mit einem Punktmuster sind die Bereiche versehen, über die N<sub>2</sub> als Spülgas zugeführt wird. Die Ableitungsbereiche sind nicht schraffiert. Bis auf die Ableitungsbereiche sind alle Oberflächen porös für einen flächig gleichmässig verteilten Gasaustritt ausgebildet. Über die Gegenplatte 2 wird ebenfalls N<sub>2</sub> oder einfach gereinigte Umgebungsluft zugeführt. Der in Laufrichtung der Folienbahn erste Zuführungsbereich für Spülgas N<sub>2</sub> ist breiter als die drei nachfolgenden ausgebildet. Sofern die dargestellte Gruppe einer entsprechenden Gruppe auf der Beschichtungsplatte 1 nachfolgt, folgt der erste Zuführungsbereich für Spülgas N<sub>2</sub> auf einen Zuführungsbereich für H<sub>2</sub>O. Die Verbreiterung des ersten Zuführungsbereichs für Spülgas N<sub>2</sub> trägt dabei dem Umstand Rechnung, dass die Desorption von H<sub>2</sub>O gegenüber derjenigen von TMA ein langsamerer Prozess ist. Neben einer Verlängerung des Zuführungsbereichs für Spülgas N<sub>2</sub> zur H<sub>2</sub>O-Desorption z.B. um Faktor 2 könnte aber auch der Zuführungsbereich für H<sub>2</sub>O verlängert sein, denn je nach Temperatur und H<sub>2</sub>O-Konzentration kann anstelle der H<sub>2</sub>O-Desorption die Reaktion mit H<sub>2</sub>O geschwindigkeitsbestimmend sein. Die H<sub>2</sub>O-Konzentration sollte einerseits hoch sein, um eine hohe Reaktivität zu gewährleisten, andererseits verhindert eine Limitierung der H<sub>2</sub>O-Konzentration auf ca. 10%-relative Feuchte, dass ein H<sub>2</sub>O-Multilayer adsorbiert wird, welcher wiederum die H<sub>2</sub>O-Desorption verlangsamen würde. Bei einer Verlängerung der Zuführungsbereiche für H<sub>2</sub>O um z.B. Faktor 1.5 kann unter Beibehaltung der zugeführten Menge H<sub>2</sub>O und des Gasvolumenstroms pro Fläche die relative Feuchte von z.B. 15% auf 10% verringert werden. Der Verlängerungsfaktor kann also in einer bevorzugten Ausführungsform sowohl für den Zuführungsbereich für Spülgas N<sub>2</sub> zur H<sub>2</sub>O-Desorption, als auch für den Zuführungsbereich für H<sub>2</sub>O jeweils z.B. 1.5 betragen.

In Fig. 3 sind Ableitungsbereiche in Laufrichtung der Folienbahn jeweils angrenzend an jeden der beiden Zuführungsbereiche für Reaktionsgas TMA und H<sub>2</sub>O vorgesehen, wobei sich die in Fig. 3b) durch die Pfeile dargestellten Strömungen einstellen. Alle Gase strömen in und entgegen der Laufrichtung der Folienbahn zum jeweils  
5 nächstliegenden Ableitungsbereich. In Fig. 3a) sind Ableitungsbereiche quer zur Laufrichtung der Folienbahn nur jeweils angrenzend an den Zuführungsbereich für das Reaktionsgas TMA vorgesehen. Dadurch kann dessen Ausströmen aus dem Spalt zwischen den beiden Platten 1, 2 quer zur Laufrichtung der Folienbahn verhindert werden. Entsprechende Ableitungsbereiche sind am Zuführungsbereich für  
10 das Reaktionsgas H<sub>2</sub>O nicht vorgesehen, da das Austreten von Wasser in die Umgebung in der Regel unkritisch ist. Sollte das nicht der Fall sein oder bei Verwendung eines anderen Reaktionsgases könnten jedoch auch hier seitliche Ableitungsbereiche vorgesehen werden. Wie in Fig. 3a) schliesslich auch noch dargestellt ist, erstreckt sich der Zuführungsbereich für das Spülgas quer zur Laufrichtung der Folienbahn beidseits über diese hinaus, so dass die Folienbahn vollflächig auf einem  
15 Gaskissen abgestützt ist. Das gilt auch für die Gegenplatte 2, die vorzugsweise randseitig mit der Beschichtungsplatte 1 abschliesst.

Fig. 4a) zeigt eine Aufsicht auf eine anders gestaltete Gruppe von Zuführungs- und Ableitungsbereichen für Reaktions- und Spülgas einer Beschichtungsplatte 1 zur  
20 Ausführung eines ALD-Beschichtungszyklus und Fig. 4b) einen Querschnitt dieser Gruppe. Diese unterscheidet sich von der Ausführung gemäss Fig. 3 dahingehend, dass hier Ableitungsbereiche in Laufrichtung der Folienbahn FB jeweils nur angrenzend an ein Paar von Zuführungsbereichen vorhanden sind wie dies auch in Fig. 2 der Fall ist, wobei der in Laufrichtung der Folienbahn jeweils vordere Zuführungsbereich des Paares von Zuführungsbereichen ein Zuführungsbereich für Spülgas  
25 und der hintere ein Zuführungsbereich für Reaktionsgas ist. Das hat zur Folge, dass das Spülgas mehrheitlich entgegen der Laufrichtung der Folienbahn strömt, wohingegen die Reaktionsgase in Laufrichtung der Folienbahn strömen. Dadurch können die Zuführungsbereiche für Spülgas praktisch auf ihrer gesamten Länge, statt nur  
30 der halben Länge zur Desorption der Reaktionsgase ausgenutzt werden.

Die Halbierung der Anzahl Abgasschlitze erlaubt es, den Gasverbrauch für die Gaskissen zu verringern. Ferner werden die Reaktionsgase hierdurch besser ausgenutzt: Bei der Ausbildung gemäss Fig. 3 kann zum Beispiel TMA, das in der Nähe eines links angrenzenden Abgasbereichs ausströmt, in diesen gelangen, ohne mit  
5 der Folienbahn überhaupt in Kontakt gekommen zu sein.

Die Trennung der verschiedenen Reaktionsgase kann trotz der reduzierten Anzahl Ableitungsbereiche dadurch gewährleistet werden, dass der Spülgasdruck leicht höher als der Reaktionsgasdruck eingestellt wird. Ein kleiner Teil des Spülgases wird dadurch über den angrenzenden Zuführungsbereich für Reaktionsgas in einen ent-  
10 fernteren Ableitungsbereich strömen, was in Fig. 4b) durch einen kurzen Pfeil auch angedeutet ist. In gleicher Weise wirkt sich eine Dickenreduktion des porösen Materials im Zuführungsbereich für Spülgas aus oder eine gewisse Verlängerung der Zuführungsbereiche für Spülgas beispielsweise um 20% gegenüber den Zuführungsbereichen für die Reaktionsgase.

15 In Fig. 4 sind für eine effektivere Desorption des  $H_2O$  der an den Zuführungsbereich für TMA angrenzende Zuführungsbereich für Spülgas länger ausgebildet als der Zuführungsbereich für  $H_2O$  angrenzende Zuführungsbereich für Spülgas. Dies kann sinnvoll sein, wenn die Desorption von  $H_2O$  geschwindigkeitsbestimmend ist. Anders als bei einer Gruppe mit vier Ableitungsbereichen ist aber bei einer Gruppe mit  
20 zwei Ableitungsbereichen eine Verlängerung des Zuführungsbereichs für Spülgas  $N_2$  zur  $H_2O$ -Desorption alleine nur begrenzt sinnvoll, weil das zusätzlich zugeführte Spülgas teilweise in Folienlaufrichtung (in Fig. 4b nach rechts) strömt, ohne die gewünschte Spülwirkung in Richtung des links angrenzenden Ableitungsbereichs zu entfalten. Um einen Grossteil des zusätzlich zugeführten Spülgases nach links zu  
25 drücken, kann der angrenzende Zuführungsbereich für TMA verlängert werden, was für sich betrachtet aber nicht sinnvoll ist, da die Oberflächenreaktion mit TMA nicht geschwindigkeitsbestimmend ist. Bei einer Gruppe mit nur zwei Ableitungsbereichen sind deshalb bevorzugt alle Zuführungsbereiche gleich lang.

Grundsätzlich wäre es auch möglich, bei einer Gruppe mit vier Zuführungsbereichen für Reaktionsgas drei Ableitungsbereiche vorzusehen. Ergeben würde sich  
30 eine Struktur gemäss Fig. 3, bei welcher der Ableitungsbereich entweder zwischen

den vorderen beiden oder den hinteren beiden Zuführungsbereichen weglassen wird.

Fig. 5 zeigt einen Querschnitt einer Gruppe von Zuführungs- und Ableitungsbereichen für Reaktions- und Spülgas einer Beschichtungsplatte 1 mit gegenüberliegender Gegenplatte 2 zur Ausführung eines ALD-Beschichtungszyklus. Wie in Fig. 4 sind hier Ableitungsbereiche in Laufrichtung der Folienbahn FB jeweils nur angrenzend an ein Paar von Zuführungsbereichen vorhanden. In Laufrichtung der Folienbahn sollen mehrere solcher Gruppen aneinander anschliessend vorhanden sein. Einem Zuführungsbereich 21 für ein Reaktionsgas ist eine UV-Lampe 22 zugeordnet. Diese ist in einer Nut zwischen dem Zuführungsbereich 21 und einem Ableitungsbereich 23 angeordnet und erstreckt sich quer zur Laufrichtung der Folienbahn über deren Breite. Im Zuführungsbereich 21 wird ein ozonhaltiges Gas zugeführt, das in Laufrichtung der Folienbahn vollständig über die UV-Lampe hinweg zum Ableitungsbereich 23 strömt. Das Ozon ( $O_3$ ) in dem ozonhaltigen Gas wird vorzugsweise zentral für alle damit zu versorgenden Zuführungsbereiche in einem externen Ozongenerator (nicht dargestellt) aus sauerstoffhaltigem Gas erzeugt. Die UV-Lampe 22 erzeugt vorzugsweise UVC-Strahlung und/oder VUV-Strahlung mit einer Wellenlänge von 254nm und/oder 185nm. Mit dieser Strahlung werden aus dem Ozon in dem zugeführten und über die UV-Lampe 22 strömenden, ozonhaltigen Gas durch Photolyse Sauerstoff-Radikale  $O(^1D)$  erzeugt. Diese reagieren mit einem metallhaltigen Reaktionsgas unter Bildung eines Metalloxids, der im nachfolgenden Beschichtungszyklus in dem zweiten Zuführungsbereich der nachfolgenden Gruppe von Zuführungs- und Ableitungsbereichen (entsprechend dem zweiten Zuführungsbereich 24 der dargestellten Gruppe) zugeführt wird. Da die Sauerstoff-Radikale  $O(^1D)$  sehr kurzlebig sind, ist die UV-Lampe mit nur geringem Abstand von zum Beispiel 2 mm von der Folienbahn angeordnet. So kann ein ausreichend grosser Teil der erzeugten Radikale mit der Folienbahn in Kontakt kommen. Die UV-Lampe 22 kann rückseitig mit einem Reflektor versehen sein, um auch das nach hinten gegen die Beschichtungsplatte 1 abgestrahlte Licht auszunutzen. Durch Berührungskontakt mit der Beschichtungsplatte 1 könnte die UV-Lampe auch gekühlt werden.

Anstatt aus extern erzeugtem, ozonhaltigem Gas können Sauerstoff-Radikale  $O(^1D)$  als Reaktionsgas auch aus im Zuführungsbereich 17 zugeführtem, sauerstoffhaltigem Gas lokal durch Einsatz einer VUV-Lampe wie einer  $Xe_2^*$ -Excimerlampe anstelle der UV-Lampe 22 erzeugt werden.

- 5 Fig. 6 zeigt einen Querschnitt einer Gruppe von Zuführungs- und Ableitungsbereichen für Reaktions- und Spülgas entsprechend Fig. 5, wobei jedoch anstelle der UV- oder VUV-Lampe 22 zur Erzeugung von Sauerstoff-Radikalen eine Plasmaquelle 25 vorgesehen ist. Ein Plasma wird hierbei durch Oberflächenentladung (Surface Dielectric Barrier Discharge Plasma (SDBD)) direkt im Spalt zwischen der Plasmaquelle
- 10 25 und der Folienbahn FB erzeugt, was auf Grund kurzer Wege wiederum günstig im Hinblick auf die Kurzlebigkeit der Sauerstoff-Radikale ist. 25.1 und 25.2 bezeichnen Hochspannungselektroden, welche in einem Dielektrikum 25.3 eingebettet sind. 25.5 bezeichnet einen Kanal für eine Kühlflüssigkeit ebenfalls im Dielektrikum 25.3.
- 15 Fig. 7 zeigt einen Querschnitt einer Gruppe von Zuführungs- und Ableitungsbereichen für Reaktions- und Spülgas entsprechend Fig. 6, wobei jedoch anstelle der Plasmaquelle 25 eine Plasmaquelle 26 vorgesehen ist. Bei dieser wird das Plasma in einer Entladungszone in einem Spalt zwischen zwei angrenzenden Dielektrika 26.3 und 26.4 erzeugt. Die Hochspannungselektroden 26.1 und 26.2 sind mit Kühlkanälen 26.5 und 26.6 in den beiden Dielektrika eingebettet. Das sauerstoffhaltige
- 20 Gas wird hierbei nicht wie in Fig. 6 über einen angrenzenden Zuführungsbereich zugeführt, sondern strömt direkt durch den Spalt zwischen den beiden Dielektrika 26.3 und 26.4. Der Zuführungsbereich 21 von Fig. 6 entfällt dadurch, wobei dessen Platz für die etwas breitere Plasmaquelle 26 verwendet ist. Bei dieser Ausführungsform wird um den Preis längerer Wege vom Erzeugungsort der Radikale bis zur Folienbahn FB ein Ionenbeschuss der Folienbahn vermieden. Um die kurzlebigen Radikale dennoch schnell von der Entladungszone an die Folienbahn zu bringen, kann eine hohe Strömungsgeschwindigkeit eingestellt werden. Wegen der dadurch bedingt hohen Gasmenge kann als sauerstoffhaltiges Gas Luft verwendet
- 25 werden. Falls der Gasstrom durch die Entladungszone ausreichend hoch ist, kann auf eine anderweitige Kühlung der Elektrode verzichtet werden.
- 30

Beim Einsatz einer Plasmaquelle braucht es nicht unbedingt eine erhöhte Prozess-temperatur. Bevorzugt wird die Beschichtung nur leicht oberhalb der Umgebungstemperatur durchgeführt, sodass Heizmittel wie der Heizkanal 35 entfallen können bei gleichzeitig moderatem Aufwand für die Kühlung der Plasmaquellen.

- 5 Bei der erfindungsgemässen Vorrichtung können mehrere Paare von Beschichtungs- und Gegenplatten 1, 2 vorgesehen sein, denen die Folienbahn nacheinander zur Erzielung grösserer Schichtdicken zugeführt ist. Fig. 8a) zeigt eine Anordnung mit drei Paaren zur ALD-Beschichtung einer Folienseite, wobei die Beschichtungsplatten jeweils mit ALD und die Gegenplatten jeweils mit N<sub>2</sub> gekennzeichnet sind.
- 10 Die Folienbahn FB wird mittels Umlenkwalzen 61, 62 geeignet umgelenkt. Bei der dargestellten Anordnung ist die frisch beschichtete Seite der Folienbahn gegen die mit 61 bezeichneten Umlenkwalzen gerichtet. Zumindest diese sind als sogenannte Luftwalzen mit porösen Oberflächenschichten ausgebildet. Aus diesen ausströmendes Gas bildet gegenüber der Folienbahn Gaskissen, welche die Folienbahn tra-
- 15 gen und kontaktlos umlenken.

Für allfällige Reinigungsarbeiten der aktiven Oberflächen der Platten 1, 2 können diese beispielsweise in einer Rahmenkonstruktion gegeneinander beweglich montiert sein, so dass sie zur Erweiterung der Spalte 11 auseinander gefahren werden können in Stellungen wie sie Fig. 8b) zeigt. Hierbei bewegen sich die Umlenkwalzen

20 61, 62 vorzugsweise jeweils zusammen mit den Platten 1, 2, wie dies Fig. 8b) ebenfalls zeigt.

Fig. 9a) zeigt eine Anordnung auch wieder mit drei Plattenpaaren 1, 2, wobei diese jedoch besonders platzsparend in einem kompakten Stapel angeordnet sind. Hierbei ist es bevorzugt, wenn eine der Platten ortsfest montiert und die anderen Platten

25 gegenüber dieser beweglich montiert sind. Für allfällige Reinigungsarbeiten wird ein Spalt 11 nach dem anderen erweitert. Figur 9 zeigt den Stapel mit einem erweiterten Spalt 11. Bevorzugt ist hier vorgesehen, dass die Weite der Spalte 11 während des Durchlaufs der Folienbahn FB variabel ist und durch den Druck der Gaskissen gegen eine Gegenkraft bestimmt wird.

Anstelle von  $N_2$  kann in Fig. 8 und/oder Fig. 9 auch einfach gereinigte Luft über die Gegenplatten 2 zur Ausbildung der Gaskissen zugeführt werden.

Wenn die Gegenplatte 2 wie in Fig. 10 dargestellt erfindungsgemäss ebenfalls als Beschichtungsplatte 1 ausgebildet ist, wird die Folienbahn FB doppelseitig be-  
5 schichtet. Das kann für gewisse Anwendungsfälle günstig oder erforderlich sein. Führt man zwei Folienbahnen in Anlage aneinander gleichzeitig durch die Vorrichtung von Fig. 10, so werden jeweils nur deren Ausseiten beschichtet. Im Hinblick darauf, dass ein mehrfacher Durchlauf durch ein Plattenpaar 1, 2 zur Erzielung einer gewünschten Schichtdicke gegebenenfalls sowieso erforderlich ist, kann die  
10 Vorrichtung von Fig. 10 mit Bahnwendemitteln versehen werden, um die gleiche Folienbahn in nur einem Durchlauf doppelt durch sie durchzuführen. Weiter erfindungsgemäss kann auch hier vorgesehen sein, dass die Weite des Spaltes zwischen den beiden Platten während des Durchlaufs der Folienbahn FB variabel ist und durch den Druck der Gaskissen gegen eine Gegenkraft bestimmt wird.

15 Fig. 11 zeigt Bahnwendemittel, um die gleiche Folienbahn in nur einem Durchlauf doppelt durch eine Vorrichtung gemäss Fig. 10 durchzuführen. In Fig. 11 passiert die Folienbahn FB von links kommend zum ersten Mal das horizontal angeordnete Beschichtungsplattenpaar 1, 1 und wird danach mit einer ersten Umlenkwalze 71 rechtwinklig zur Seite (in Fig. 11 nach oben) abgelenkt. Eine zweite Umlenkwalze  
20 72 bringt sie in Gegenlaufrichtung zu ihrer ursprünglichen Laufrichtung, so dass sie neben dem Beschichtungsplattenpaar 1, 1 vorbei zurückläuft. Mit einer dritten Umlenkwalze 73 erfolgt eine rechtwinklige Ablenkung der Folienbahn zur Seite zurück gegen ihren einlaufenden Teil (in Fig. 11 nach unten) bis sie nach einer vierten, rechtwinkligen Umlenkung mit einer Umlenkwalze 74 wieder in Flucht mit ihrem  
25 einlaufenden Teil kommt, sich aber immer noch in Gegenlaufrichtung bewegt. Mit einer fünften Umlenkwalze 75 wird sie schliesslich ohne seitliche Ablenkung um  $180^\circ$  umgelenkt, wonach sie zusammen mit ihrem einlaufenden Teil das Beschichtungsplattenpaar 1, 1 ein zweites Mal durchläuft. Danach läuft sie doppelt einseitig beschichtet in Fig. 11 geradeaus nach rechts weiter. Die Umlenkwalzen 71 – 74  
30 sind jeweils diagonal bezüglich der jeweiligen Laufrichtung der Folienbahn ausge-

richtet und weisen vorzugsweise denselben Durchmesser auf. Bei der ersten Umlenkung wird die Folienbahn um diesen Durchmesser nach oben und bei der zweiten Umlenkung um den gleichen Betrag nach unten zurück auf ihre ursprüngliche Höhe versetzt. Bei der dritten und der vierten Umlenkung erfolgt jeweils ein Versatz um diesen Betrag nach unten, so dass die Folienbahn unter ihren einlaufenden Teil gelangt. Der doppelte Versatz nach unten wird durch die fünfte Umlenkwalze 75 ausgeglichen, indem diese doppelt so dick wie die Umlenkwalzen 71 – 74 ausgebildet ist. Dadurch wird die Folienbahn auf ihre ursprüngliche Höhe und die ihres einlaufenden Teils angehoben. Durch die beschriebenen Umlenkungen erfolgt auch eine Wendung der Folienbahn, so sie beim zweiten Durchlauf Rücken-an-Rücken mit ihrem einlaufenden Teil zu liegen kommt. Indem die Folienbahn in Fig. 11 auf ihrer einen, zu beschichtenden Seite mit einem Streifenmuster versehen ist, lässt sich Ihre jeweilige Orientierung gut erkennen. Alle Umlenkwalzen 71 - 75 sind als poröse Luftwalzen für eine kontaktlose Umlenkung der Folienbahn ausgebildet.

Ein doppelter Durchlauf der Folienbahn ist auch möglich in Serie durch mehrere Plattenpaare bzw. einen Plattenstapel. Ein Beispiel mit vier Plattenpaaren zeigt Fig. 12 in einem Querschnitt. Die Folienbahn FB durchläuft in Fig. 12 von links kommend horizontal zunächst das unterste Plattenpaar und tritt nach dem Durchlauf durch die beiden mittleren Plattenpaare aus dem obersten Plattenpaar horizontal nach links laufend aus. Danach wird sie zunächst mit einer diagonal ausgerichteten Umlenkwalze 71' rechtwinklig zur Seite abgelenkt. Eine zweite Umlenkwalze 72' lenkt sie ohne seitliche Ablenkung rechtwinklig nach unten um, wonach sie den Plattenstapel sowie ihrem einlaufenden Teil passiert. Mit einer dritten Umlenkwalze 73' erfolgt eine weitere rechtwinklige Umlenkung ohne seitliche Ablenkung der Folienbahn zurück in Richtung auf ihren einlaufenden Teil hin. Danach wird sie mit einer vierten, diagonal ausgerichteten Umlenkwalze 74' rechtwinklig zu Seite so abgelenkt, dass sie in Flucht mit ihrem einlaufenden Teil kommt, sich aber noch in Gegenlaufrichtung zu diesem bewegt. Mit einer fünften Umlenkwalze 75' wird sie schliesslich um 180° umgelenkt, wonach sie zusammen und Rücken-an-Rücken mit ihrem einlaufenden Teil erneut in den Plattenstapel eintritt und diesen ein zweites Mal durchläuft.

Da die Umlenkwalzen 72' und 73' hier weder mit der beschichteten Seite der Folienbahn in Kontakt kommen noch diese zur Seite ablenken, können sie als Rollwalzen ausgeführt und mit der Folienbahn in Kontakt sein.

Fig. 13 zeigt im Querschnitt eine Stapelanordnung mit drei Plattenpaaren, wobei im Unterschied zu Fig. 9 hier alle Platten als Beschichtungsplatten ausgebildet sind, durch die zwei Folienbahnen oder zwei Teile einer Folienbahn in Serie durchlaufen. Zudem sind jeweils separate Umlenkwalzen 63, 64 für die beiden Bahnen oder Teilbahnen zwischen den Plattenpaaren vorgesehen. Dies trägt dem Umstand Rechnung, dass die jeweils äussere Bahn an den Umlenkungen einen längeren Weg als die jeweils innere Bahn zurücklegen muss. Indem separate Umlenkwalzen für die beiden Bahnen oder Teilbahnen vorgesehen sind, können allfällige Probleme mit der Bahnführung durch deren Längsverschiebungen gegeneinander vermieden werden. Die Umlenkwalzen 63, gegen welche die frisch beschichtete Seite der Folienbahn gerichtet ist, sind als Luftwalzen für eine kontaktlose Umlenkung ausgebildet.

Fig. 14 zeigt eine gegenüber Fig. 1 erweiterte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Vorrichtung mit vier Paaren von in einem Stapel angeordneten Beschichtungsplatten 1 - 8 für einen doppelten Durchlauf der Folienbahn FB wie vorstehend beschrieben. Die Messvorrichtung 40 ist hier zwischen dem ersten 1, 2 und dem zweiten Plattenpaar 3, 4 angeordnet, wobei die Folienbahn jedoch nur nach ihrem ersten Durchlauf durch dieses Plattenpaar 1, 2 die Messvorrichtung 40 durchläuft. Zur Ermöglichung einer einfachen Bahnführung an der Messvorrichtung 40 ist zwischen dem ersten 1, 2 und dem zweiten Plattenpaar 3, 4 ein Platzhalter 9 geordnet. Die beispielweise entsprechend Fig. 12 ausgeführte Rückführung und Wendung der Folienbahn für einen zweiten Durchlauf ist in Fig. 14 nicht näher dargestellt. Lediglich ein Abschnitt des rückgeführten Teils der Folienbahn ist mit FB' bezeichnet.

Nach ihrer Beschichtung im doppelten Durchlauf durch den Plattenstapel 1 - 8 passiert die Folienbahn im Ausführungsbeispiel von Fig. 14 weitere Aggregate 80 zur inline Erzeugung einer Schicht oder weiteren Beschichtung der Folienbahn, wobei diese grundsätzlich auch schon in Fig. 1 vorgesehen sein könnten.

Die mit den Aggregaten 80 erzeugte Schicht kann eine Zwischenlage (Interleave) sein, die zusammen mit der Folienbahn auf der Rolle R2 aufgerollt, bei deren Weitverarbeitung aber spätestens nach Herstellung des Endproduktes (z.B. OLED) wieder entfernt wird. Sie muss zu diesem Zweck von der Folienbahn ablösbar sein.

5 Eine solche Zwischenlage dient vor allem dazu, die dünnen und empfindlichen ALD- oder MLD-Schichten auf der Rolle R2 abzupolstern und gegen Beschädigungen zu schützen. Auf der Rolle kann die Folienbahn nämlich einem erheblichen Wicklungsdruck ausgesetzt sein. Die Zwischenlage kann aus einer formlosen, insbesondere flüssigen, vernetzbaren Harzmasse erzeugt werden, welche beispielsweise aus einer Breitschlitzdüse auf eine rotierende Beschichtungswalze gegossen

10 bzw. extrudiert wird. Noch auf der Beschichtungswalze kann die Masse mit UV-Licht vernetzt werden, so dass eine selbsttragende Bahn entsteht. Diese kann dann mit einer weiteren Walze mit der Folienbahn zusammengeführt werden. Bei dem Material für die Zwischenlage kann es sich auch um eine extrudierte, thermoplastisch verformbare sogenannte Hotmelt-Mischung handeln, welche nach dem Auftragen keiner Vernetzung bedarf. In diesem Fall kann die UV-Bestrahlung wegfallen, dafür müsste die Beschichtungswalze als Kühlwalze ausgeführt sein. Die Zwischenlage sowie die erwähnten zu ihrer Herstellung inline geeigneten Aggregate sind in Fig. 14 nicht dargestellt. Das zur Herstellung der Zwischenlage verwendete Material kann mit besonderem Vorteil auch mit Gettern für Wassermoleküle versehen sein, um dadurch die beschichtete Folienbahn auf der Rolle R2 bis zu ihrer Weiterverarbeitung trocknen zu halten oder sogar zusätzlich zu trocknen. Der Getter kann auch auf eine zusätzlich separat zugeführte Folienbahn (nicht gezeichnet) aufgebracht oder zwischen zwei zusätzlichen separat zugeführten Folienbahnen eingeschlossen werden.

25

Unter Umständen ist es schwierig, zwei Bahnen ohne mindestens eine leichte gegenseitige Haftwirkung miteinander zu wickeln. Deshalb ist es bevorzugt, wenn die Zwischenlage mit Haftwirkungen versehen ist, wie dies beispielsweise in WO 2015/132410 A1 beschrieben bekannt ist.

30 Die mit den Aggregaten 80 erzeugte Schicht kann andererseits eine mit der Folienbahn dauerhaft verbundene Schutzschicht für die ALD- oder MLD-Schichten sein,

die bei der Weiterverarbeitung der Folienbahn auf dieser verbleibt. In diesem Fall kann die mit den Aggregaten 80 erzeugte Schicht dauerhaft mit der Folienbahn verbunden sein und muss zudem auf die beschichtete Seite der Folienbahn aufgebracht werden, wie dies Fig. 14 auch zeigt. In Fig. 14 umfassen die Aggregate 80 entsprechend ein Aggregat 81 zum Aufbringen der Beschichtung auf die laufende Folienbahn beispielsweise wieder in Form einer Breitschlitzdüse, dem sich eine Trocknungsstrecke 82 zu deren Abtrocknung und/oder thermischen oder strahlungstechnischen Vernetzung anschliesst. Auch eine permanent mit der ALD- oder MLD-Schicht verbundene Schutzschicht kann Getter geeignet für Wasser und Sauerstoff enthalten.

Fig. 15 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemässen Vorrichtung wiederum mit vier Paaren von in einem Stapel angeordneten Beschichtungsplatten 1 - 8 für einen doppelten Durchlauf der Folienbahn FB wie in Fig. 14. Im Unterschied zu Fig. 14 ist die Messvorrichtung 40 hier jedoch zwischen einer Vorbeschichtungsplatte 91 und einer Vorbeschichtungsgegenplatte 92 und dem kompletten Stapel der acht Beschichtungsplatten 1 - 8 angeordnet. Die Gegenplatte liegt direkt am Rücken der Beschichtungsplatte 1 an. Der in Fig. 14 dort lokalisierte Heizkanal 35 ist gegen Folienlaufrichtung entsprechend verschoben. Die Vorbeschichtungsplatte 91 kann entsprechend einer der vorbeschriebenen Beschichtungsplatten 1 und die Vorbeschichtungsgegenplatte 92 wie eine Gegenplatte 2 ausgeführt sein. In letzterer wird bevorzugt Luft zur Ausbildung des Gaskissens verwendet.

Fig. 16 zeigt noch eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemässen Vorrichtung mit insgesamt sieben Paaren von einzeln paarweise nebeneinander sowie in vier Etagen beispielsweise in einem Gestell übereinander angeordneten Beschichtungsplatten 1 - 14 für einen doppelten Durchlauf der Folienbahn FB. Die einzelnen Paare von Beschichtungsplatten sind hier horizontal liegend ausgerichtet, wobei die unteren Platten jeweils ortsfest montiert und die oberen Platten gegenüber den unteren Platten in der Höhe jeweils beweglich sind. Unter dem Druck der sich unterhalb und oberhalb der Folienbahn FB ausbildenden Gaskissen werden die oberen Platten dynamisch angehoben bis die Folienbahn FB berührungsfrei zwischen ihnen

durchlaufen kann. Die Gegenkraft zur dynamischen Einstellung des Plattenabstandes wird hierbei vorzugsweise ausschliesslich durch das Gewicht der oberen Platten aufgebracht. Die Messvorrichtung 40 hier zwischen dem dritten und vierten Plattenpaar angeordnet, könnte aber auch anders positioniert sein, ja nachdem welche  
5 Dicke für die bereits entstandene Beschichtung gewünscht wird beziehungsweise günstig ist. Wie im Beispiel von Fig. 15 durchläuft die Folienbahn FB nur nach ihrem ersten Durchlauf die Messvorrichtung 40 und wird im weiten Durchlauf um sie herumgeführt. Die wiederum beispielweise entsprechend Fig. 12 ausgeführte Rückführung und Wendung der Folienbahn für ihren zweiten Durchlauf ist auch in Fig.  
10 16 nicht näher dargestellt. Lediglich ein Abschnitt des rückgeführten Teils der Folienbahn ist mit FB' bezeichnet.

Mit der gestrichelten Linie ist in Fig. 14, 15 und 16 jeweils eine Kapselung angedeutet zur thermischen Isolierung der Plattenstapel und des Heizkanals 35 sowie zur Absaugung von Spülgas. Eine entsprechende Kapselung könnte auch in Fig. 1  
15 vorgesehen sein.

Fig. 17 zeigt eine Ausführungsform einer Messvorrichtung 40, wie sie in den Figuren 1, 14, 15 und 16 vorzugsweise eingesetzt ist. Sie dient zur Ermittlung eines OTR-Wertes der zuvor beim Durchlauf durch das Plattenpaar 1,2 bzw. 91, 92 erzeugten ALD- oder MLD-Beschichtung. Die Messvorrichtung 40 weist ähnlich wie  
20 die Paare von Beschichtungs- und Gegenplatten 1, 2 zwei sich gegenüberliegende flache Platten auf, wobei die eine dieser Platten im Folgenden als Messplatte 41 und die andere als Gegenmessplatte 42 bezeichnet wird. Die Folienbahn FB läuft zwischen den beiden Platten 41, 42 in gerader Linie gestützt auf Gaskissen kontaktlos durch, wie dies in Fig. 16b) erkennbar ist. Ihre zuvor beim Durchlauf durch das Plattenpaar 1,2 bzw. 91, 92 beschichtete Seite ist dabei gegen die Messplatte 41 gerichtet. Beide Platten 41, 42 sind identisch ausgebildet und deckungsgleich angeordnet. Ihre Innenseiten weisen, wie dies in Fig. 16a) in Aufsicht auf die Innenseite der Messplatte 41 dargestellt ist, eine zentrale Messzone 43 auf, in der eine Samelnut 44 mit einer zentralen Entnahmeöffnung 45 ausgebildet sind. Allseitig umgeben ist die Messzone 43 von einem porös ausgebildeten Bereich 46 für die flächig  
30 verteilte Zuführung von Gas zur Ausbildung der Gaskissen. In dem Bereich 46 sind

in Laufrichtung der Folienbahn vor und hinter der Messzone 43 jeweils zwei, sich quer zu dieser Laufrichtung erstreckende Ableitungsbereiche vorhanden, von denen einer mit 47 bezeichnet ist. Die sich ergebenden Gasströmungen sind in Fig. 16b) durch Pfeile gekennzeichnet. In der Messplatte 41 wird als Gas für das Gaskissen hochreiner Stickstoff  $N_2$  zugeführt. In der der Gegenplatte 42 wird für das Gaskissen hingegen Umgebungsluft oder reiner Sauerstoff zugeführt. Aus den Messzonen wird jeweils eine im Vergleich dazu wesentlich geringere Gasmenge entnommen, so dass sich dort ein gewisser Staudruck ausbildet. Das aus der Messzone 43 der Messplatte 41 entnommene Gas wird als Messgas einem Sauerstoffsensor (nicht dargestellt) zugeführt und nachfolgend in die Umgebung entlassen. Parallel dazu wird eine entsprechende Menge des für das Gaskissen der Messplatte 41 im Bereich 46 zugeführten hochreinen Stickstoffs  $N_2$  zur Hintergrundmessung abgezweigt und einem weiteren Sauerstoffsensor (nicht dargestellt) zugeführt und nachfolgend ebenfalls in die Umgebung entlassen. Der von beiden Sauerstoffsensoren ermittelte Unterschied hinsichtlich des Sauerstoffgehalts in beiden Messgasen beruht auf der Sauerstoffdiffusion aus der über die Gegenmessplatte 42 zugeführten Umgebungsluft durch die beschichtete Folienbahn in das sauerstofffreie Stickstoffgas der Messplatte 41 und ist damit ein Mass für den gewünschten OTR-Wert.

Die Ermittlung des OTR-Wertes nach nur einem Durchlauf der Folienbahn durch das Plattenpaar 1, 2 oder das Plattenpaar 91, 92 ist vorteilhaft gegenüber der Ermittlung des OTR-Wertes nach einem gegebenenfalls sogar doppelten Durchlauf durch alle Plattenpaare 1 - 8, weil die hierbei erzeugte Barrierschicht noch nicht sehr dick ist und der OTR-Wert dadurch noch relativ gross ist. Entsprechend kann dieser Wert in relativ kurzer Messzeit im Durchlauf der Folienbahn durch die Messvorrichtung 40 direkt inline gemessen werden. Aus diesem Grund kann das Plattenpaar 91, 92 in Folienlaufrichtung, wie in Fig. 15 auch dargestellt, sogar kürzer als die Platten 1 - 8, beispielsweise weniger als halb so lang, bemessen werden. Die Anordnung der Messvorrichtung in Fig. 15 weist gegenüber der von Fig. 14 messtechnisch den Vorteil auf, dass durch die Verwendung von sauerstoffhaltiger Luft in der Gegenvorbeschichtungsplatte 92 die Folienbahn bezüglich  $O_2$  vorkonditioniert ist.

Der sich wahrscheinlich nach einem gegebenenfalls doppelten Durchlauf durch alle Plattenpaare 1 - 8 ergebende OTR-Wert lässt sich basierend auf offline durchgeführten Vergleichsmessungen durch Extrapolation ermitteln. Günstig wirkt sich hierbei aus, dass wahrscheinliche Undichtigkeiten der vollständigen Barriere insbesondere durch auf der Folienbahn vorhandene Fremdpartikel bereits an der noch unvollständigen Barriere erkennbar sind.

Mit der Messvorrichtung 40 von Fig. 16 lässt sich auch ein NTR-Wert ermitteln. In diesem Fall kann in der Messplatte 41 als Gas für das Gaskissen hochreines Argon zugeführt und anstelle von Sauerstoffsensoren müssen  $N_2$ -Sensoren eingesetzt werden. Die Gegenmessplatte würde in diesem Fall reinen Stickstoff  $N_2$  oder Luft zuführen.

Mit der Vorrichtung 50, die mit der Messvorrichtung 40 datentechnisch verbunden ist, kann die Folienbahn mit dem von der Messvorrichtung 40 ermittelten Messwert oder einer daraus abgeleiteten Angabe im gleichen Durchlauf beschriftet und/oder codiert werden. Dies kann drucktechnisch, prägetechnisch, stanzttechnisch, oder durch eine Veränderung von Materialeigenschaften beispielsweise mit einem Laser erfolgen. Mit Inkjet-Drucktechnik lässt sich die erforderliche Information zum Beispiel in Form eines 2D-Matrixcodes auf wenigen Quadratmillimetern unterbringen. Damit der Aufdruck nicht stört oder nicht einfach erkennbar ist, kann er mit transparenter oder fluoreszierender Tinte ausgeführt sein. Da bei der Weiterverarbeitung der beschichteten Folienbahn beispielsweise zu OLED-Strukturen nur jeweils relativ kurze Abschnitte von 40 - 50 cm der Folienbahn benötigt werden und diese nachfolgend sogar noch weiter unterteilt werden, ist es bevorzugt, jeden solchen Abschnitt oder sogar Teil mit mindestens einem Messwert zu versehen, selbst wenn ein verlässlicher Messwert nur an einem längeren Teilstück der Folienbahn ermittelt werden kann. Die Messwerte können einerseits in einer für eine spätere Weiterverarbeitung unkritischen Randzone, aber auch auf der nicht beschichteten Rückseite der Folienbahn über deren beschichtete Fläche verteilt beispielsweise in einem Raster von 100 mm x 100 mm oder entsprechend der anschließenden Weiterverarbeitung angebracht werden. Die Codierung kann auch so erfolgen, dass sie später automatisch auslesbar ist, beispielsweise durch berührungsloses Kodieren von in

einer Randzone dazu vorhandene Magnetstreifen oder von Transpondern. Die entsprechenden Daten könnten alternativ oder zusätzlich auch elektronisch zusammen mit einer Laufmeterkennung gespeichert werden (unter anderem auf mobilen Speichern und z. B. in der Folienhülle abgelegt werden), so dass sie bei der Weiter-

5 verarbeitung der beschichteten Folienbahn oder bei sonstigem Bedarf abrufbar sind.

## LISTE DER BEZUGSZEICHEN

	R1	Rolle für Abrollung
	R2	Rolle zur Aufrollung
10	FB, FB'	Folienbahn
	U1, U2	Umlenkwalzen
	1 - 8	Beschichtungs- und Gegenplatten
	10	Plattenpaar
	11	Spalt
15	12	pfannenartige Vertiefungen
	13	Kanäle zur Gaszuführung
	14	Verbindungsnuten
	15	Nuten zur Gasableitung
	16	Kanäle zur Gasableitung
20	17	pfannenartige Vertiefung
	18	Speisekanäle
	21	Zuführungsbereich 21 für ein Reaktionsgas
	22	UV-Lampe
	23	Ableitungsbereich
25	24	zweiter Zuführungsbereich
	25	Plasmaquelle
	25.1, 25.2	Hochspannungselektrode
	25.3	Dielektrikum
	25.5	Kanal für Kühlflüssigkeit
30	26	Plasmaquelle
	26.3, 26.4	Dielektrika

	26.1, 26.2	Hochspannungselektrode
	26.5, 26.6	Kühlkanäle
	30	Aggregate
	31	Aggregat zur Partikelreinigung
5	32	Aggregat zur Oberflächenbehandlung
	33	Aggregat zum Aufbringen einer Beschichtung
	34	Trocknungsstrecke
	35	Heizkanal
	40	Messvorrichtung
10	41	Messplatte
	42	Gegenmessplatte
	43	Messzone
	44	Sammelnut
	45	Entnahmeöffnung
15	46	poröser Bereich
	47	Ableitungsbereiche
	50	Vorrichtung zur Beschriftung und/oder Codierung der Folienbahn
	61, 62	Umlenkwalzen
	63, 64	Umlenkwalzen
20	71 - 75	Umlenkwalzen
	71' - 75'	Umlenkwalzen
	80	Aggregate
	81	Aggregat 81 zum Aufbringen der Beschichtung
	82	Trocknungsstrecke
25	91	Vorbeschichtungsplatte
	92	Vorbeschichtungsgegenplatte

## PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Abscheidung dünner Schichten durch wenigstens zwei selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen (ALD/MLD) auf einem Substrat (FB),

5 wobei die Vorrichtung mindestens eine Beschichtungsplatte (1) und mindestens eine dieser gegenüberliegend angeordnete Gegenplatte (2) aufweist,

wobei Mittel (R1, R2, U1, U2) vorhanden sind, das Substrat (FB) zwischen den beiden Platten (1, 2) hindurch zu bewegen,

wobei die Beschichtungsplatte (1) mehrere, von dem Substrat überfahrene  
10 Zuführungsbereiche (12) und Ableitungsbereiche (15) für Reaktions- und Spülgas und die Gegenplatte (2) mindestens einen Zuführungsbereich (17) für Spülgas oder Luft aufweist, und

wobei die zugeführten Gase Gaskissen bilden, welche das Substrat (FB) beim Durchlauf zwischen den beiden Platten (1, 2) gegen diese abstützen und auf Abstand von ihnen halten,  
15

dadurch gekennzeichnet,

dass die Mittel (R1, R2, U1, U2) dazu ausgebildet sind, als Substrat auch zwei Folienbahnen (FB) in Anlage aneinander in gerader Ausrichtung zwischen den beiden Platten (1, 2) hindurch zu bewegen,

20 dass die Beschichtungsplatte (1) und die Gegenplatte (2) in zumindest einem Zuführungsbereich (12, 17) porös für einen flächig über diesen Bereich verteilten Gasaustritt ausgebildet sind,

dass die Gegenplatte (2) ebenfalls als Beschichtungsplatte (1) ausgebildet und entlang der Laufrichtung der mindestens einen Folienbahn (FB) mehrere Zuführungs- und Ableitungsbereiche (12, 15) für Reaktions- und Spülgas aufweist,  
25 und

dass die beiden Platten (1, 2) in einem variablen, durch den Druck der Gas-  
kissen gegenüber einer Gegenkraft bestimmten Abstand gegeneinander beweglich  
montiert sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Be-  
5 schichtungsplatte (1) und die dieser gegenüberliegend angeordnete Gegenplatte  
(2) horizontal angeordnet sind und dass das Gewicht der oberen Platte zur Gegen-  
kraft zumindest beiträgt.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 -2, dadurch gekennzeichnet,  
dass an der Beschichtungsplatte (1) pro Gasart jeweils nur ein Gasanschluss vor-  
10 handen ist, der mit den zugehörigen Zuführungs- oder Ableitungsbereichen (12,  
15) der Beschichtungsplatte (1) durch Kanäle (13, 16) in der Beschichtungsplatte  
(1) in Verbindung steht.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 3, dadurch gekennzeichnet,  
dass Ableitungsbereiche (15) in Laufrichtung der mindestens einen Folienbahn  
15 (FB) jeweils nur angrenzend an ein Paar von Zuführungsbereichen (12) vorhanden  
sind, wobei der in Laufrichtung der Folienbahn (FB) jeweils vordere Zuführungsbe-  
reich des Paares von Zuführungsbereichen vorzugsweise ein Zuführungsbereich für  
Spülgas und der hintere vorzugsweise ein Zuführungsbereich für Reaktionsgas ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet,  
20 dass die Zuführungsbereiche (12) für Reaktions- und/oder Spülgas in Laufrichtung  
der mindestens einen Folienbahn (FB) eine unterschiedliche Ausdehnung aufwei-  
sen.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Beschichtungsplatte (1) quer zur Laufrichtung der mindestens einen Foli-  
25 enbahn (FB) beidseits wenigstens eines Zuführungsbereichs (12) für ein Reaktions-  
gas jeweils einen, von der mindestens einen Folienbahn (FB) überfahrenen Ablei-  
tungsbereich (15) für das Reaktionsgas und/oder einen Zuführungsbereich (12)  
für Spülgas aufweist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 6, dadurch gekennzeichnet,  
30 dass mehrere Paare von Beschichtungs- und Gegenplatten (1 - 8) in Serie sowie

vorzugsweise in einem Stapel angeordnet und Bahnlenkungsmittel (61, 62) vorhanden sind, um die mindestens eine Folienbahn (FB) den einzelnen Paaren nacheinander zuzuführen.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuführungs- und Ableitungsbereiche beider Platten (1, 1) deckungsgleich ausgebildet sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 8, dadurch gekennzeichnet, dass Bahnwendemittel (71-75) vorhanden sind, um eine Folienbahn (FB) nach einem ersten Durchlauf zwischen den beiden Platten (1, 1) zu wenden und den beiden Platten (1, 1) Rücken an Rücken mit einem im ersten Durchlauf befindlichen Teil der Folienbahn für einen zweiten Durchlauf zwischen den beiden Platten (1, 1) erneut zuzuführen.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 9, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einem Zuführungsbereich (21) einer Beschichtungsplatte (1) eine UV-Lampe (22), vorzugsweise eine UVC-Strahlung mit einer Wellenlänge von 254nm erzeugende UV-Lampe, oder eine VUV-Lampe (22), bevorzugt eine Xe<sub>2</sub>\*-Excimerlampe mit 172 nm Wellenlänge, zugeordnet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 10, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einem Zuführungsbereich in einer Beschichtungsplatte eine Plasmaquelle (25; 26) zugeordnet ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 11, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Erhitzung und/oder zur Trocknung der Folienbahn (FB) der Beschichtungs- und Gegenplatte (1, 2) in Laufrichtung der mindestens einen Folienbahn (FB) vorgeordnet sind, wobei diese Mittel vorzugsweise einen mit Heissluft-Zuführungen und/oder mit IR-Strahlern bestückten Heizkanal (35) umfassen.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 12, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit einer von einer Folienbahn (FB) durchlaufenen Messvorrichtung (40) versehen ist, welche vorzugsweise nur einer Beschichtungs- und Gegenplatte (1,2) oder nur einer Vorbeschichtungs- und Vorbeschichtungsgegenplatte (91, 92)

nachgeordnet ist zur inline Ermittlung von OTR- oder NTR-Werten der beim Durchlauf zwischen diesen Platten (1, 2 ; 91, 92) abgeschiedenen dünnen Schichten und wobei vorzugsweise die Messvorrichtung (40) datentechnisch mit einer in Laufrichtung der Folienbahn (FB) weiter hinten angeordneten Vorrichtung (50) zur Beschriftung und/oder Codierung der Folienbahn (FB) mit den ermittelten OTR- oder NTR-Werten verbunden ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Raum zwischen den beiden Platten (1, 2) seitlich offen ist, so dass zugeführtes Reaktions- und/oder Spülgas in die Umgebung entweichen kann, wobei in der Umgebung vorzugsweise Atmosphärendruck vorherrscht.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 14, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (80) zur Herstellung einer für Wassermoleküle durchlässigen und mit Gettern für Wasser- und/oder Sauerstoffmoleküle versehenen Schutzschicht auf den dünnen, durch wenigstens zwei selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen (ALD/MLD) auf der mindestens einen Folienbahn (FB) erzeugten Schichten aus einer formlosen Masse inline mit der Erzeugung dieser dünnen Schichten im gleichen Durchlauf der mindestens einen Folienbahn vorhanden sind, wobei die Getter vorzugsweise transparent sind.

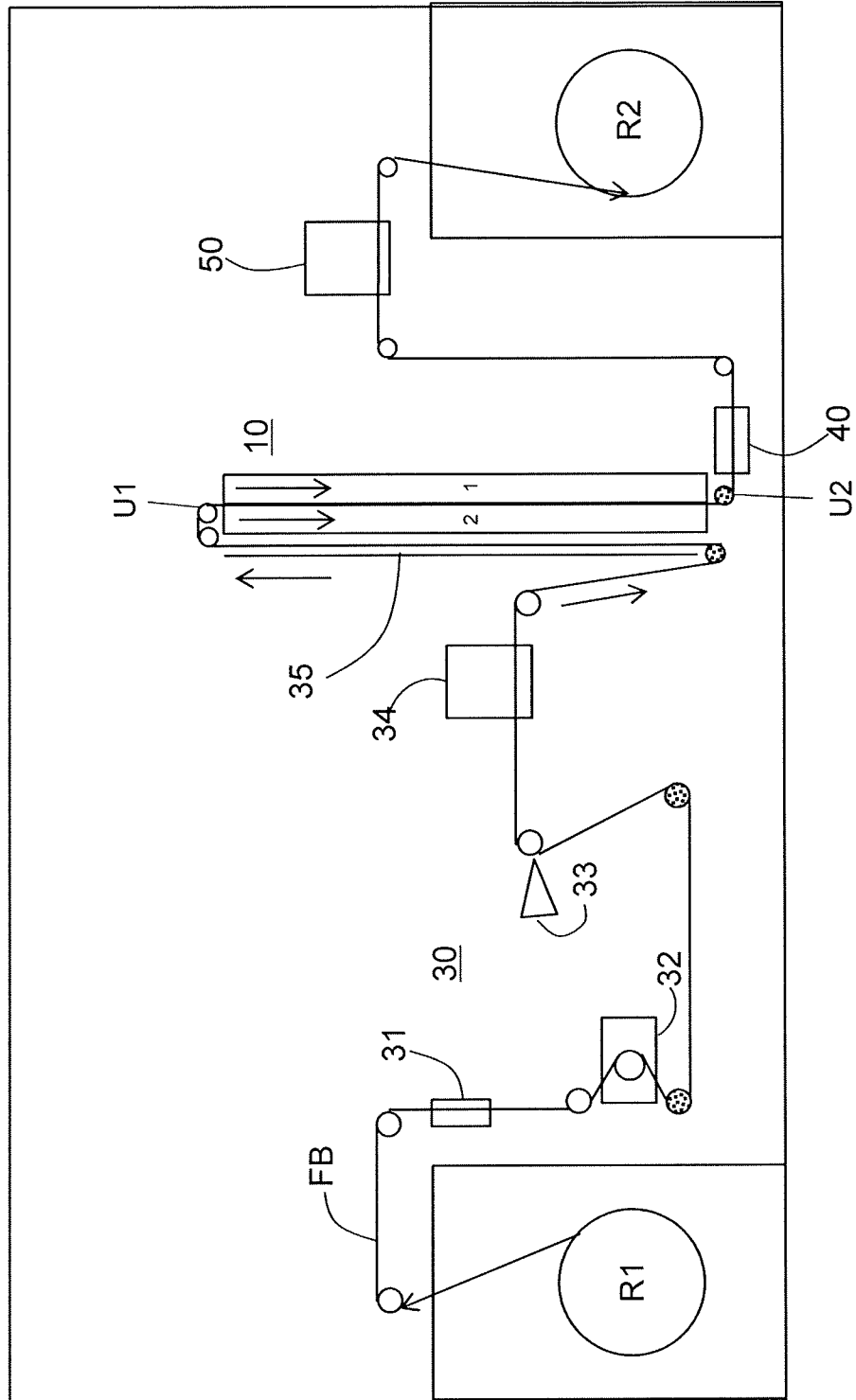


Fig.1

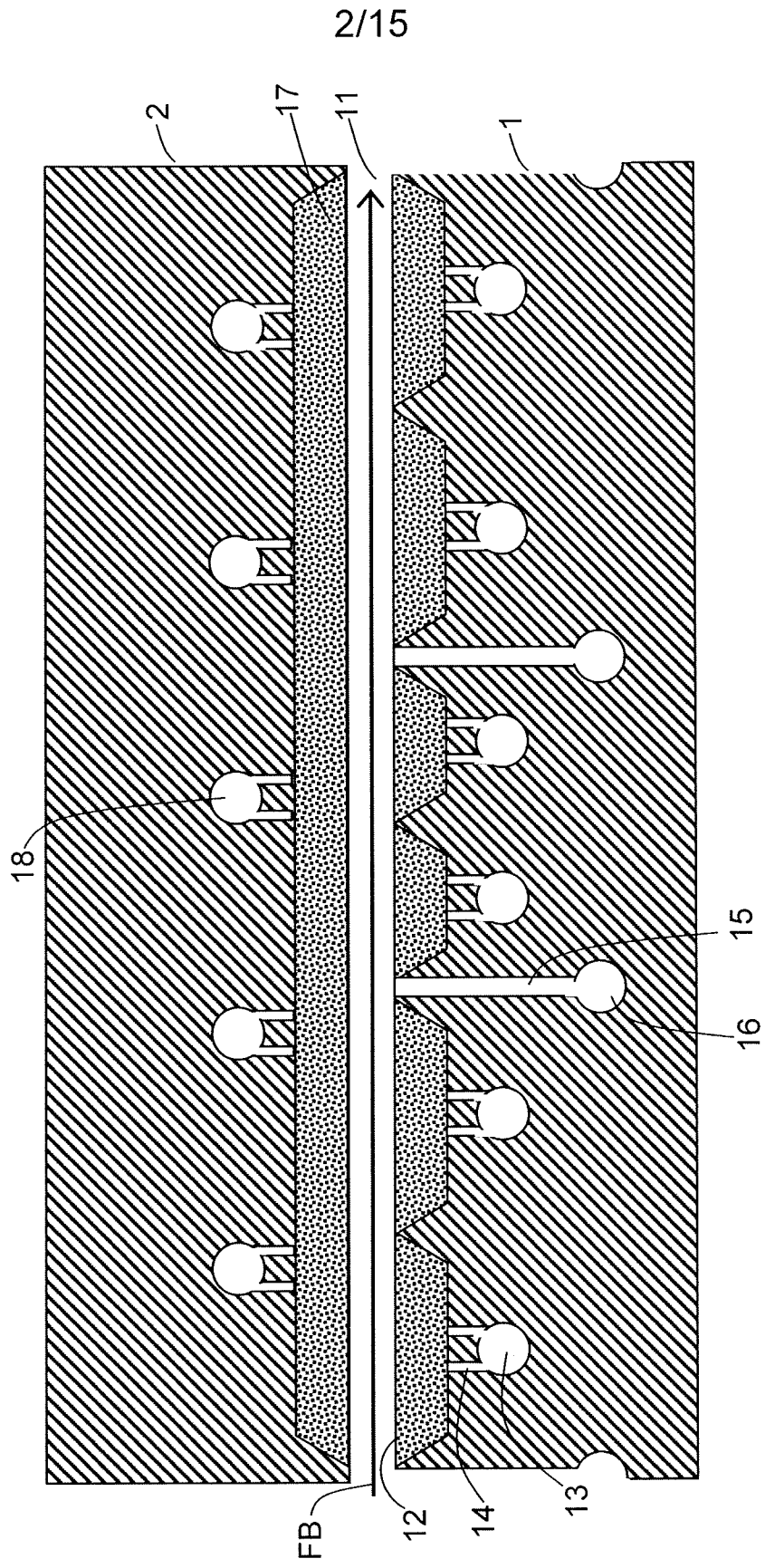


Fig. 2a

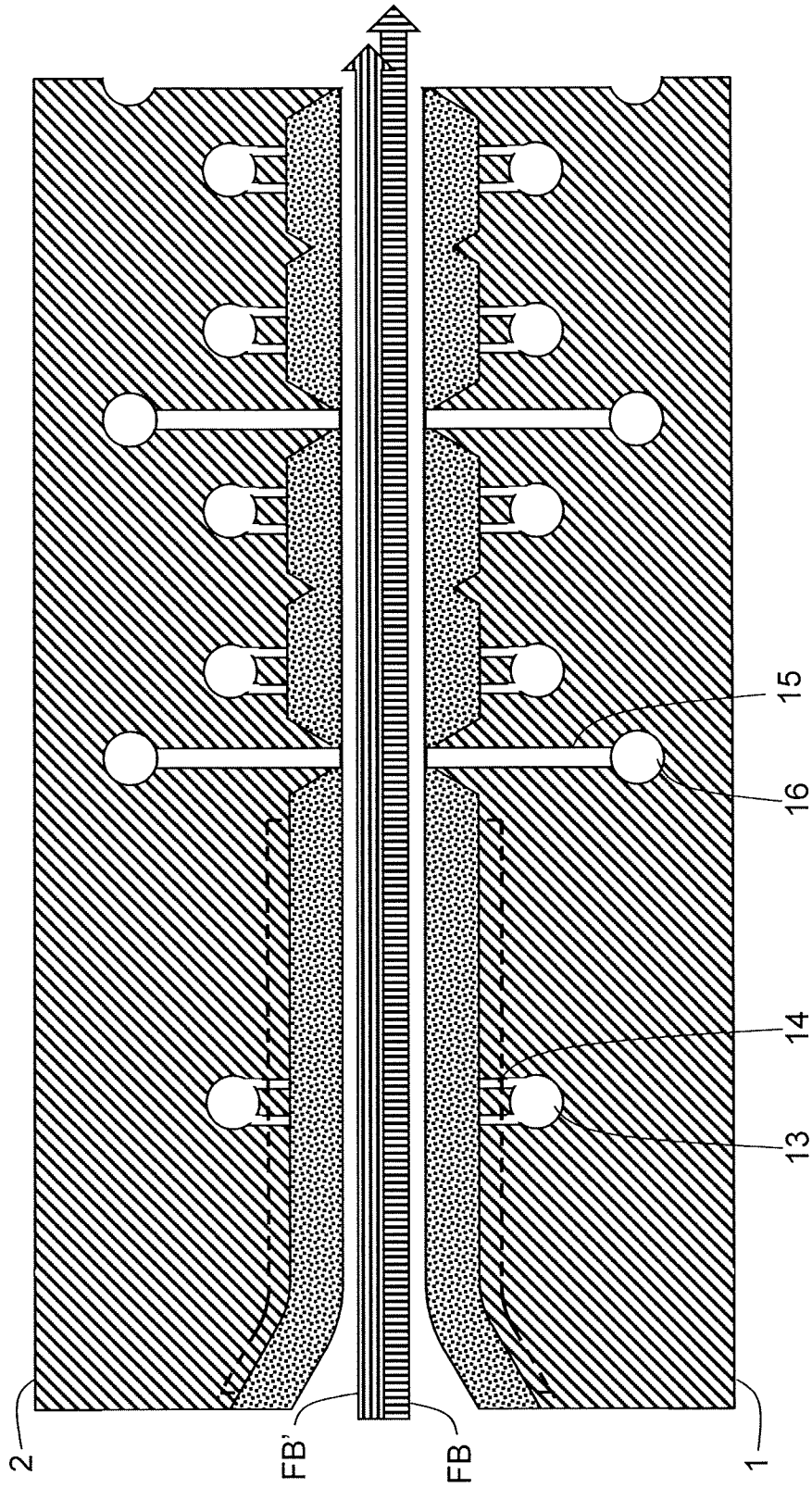


Fig. 2b

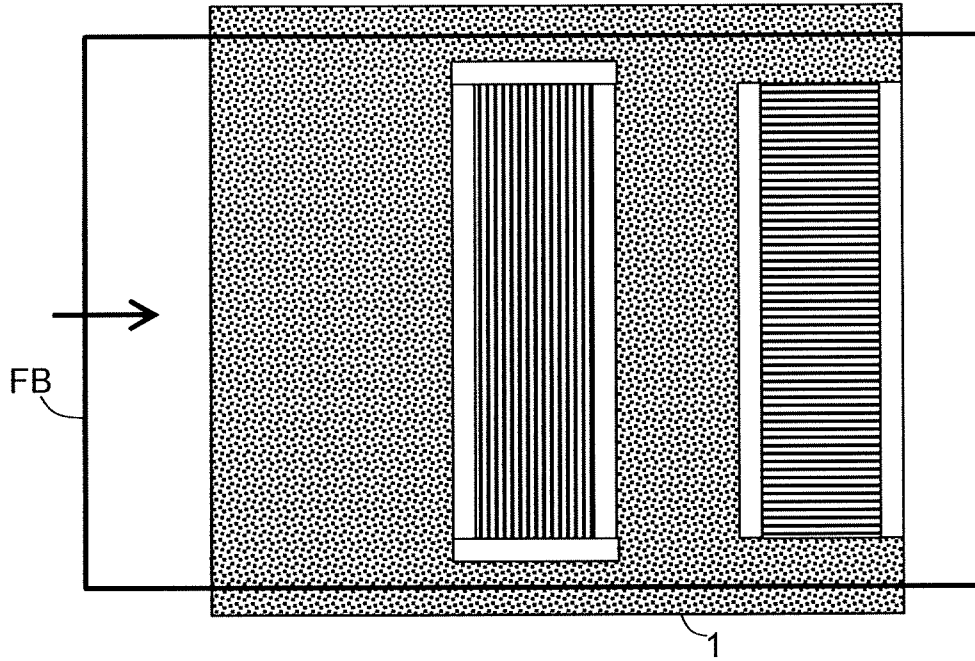


Fig. 3a

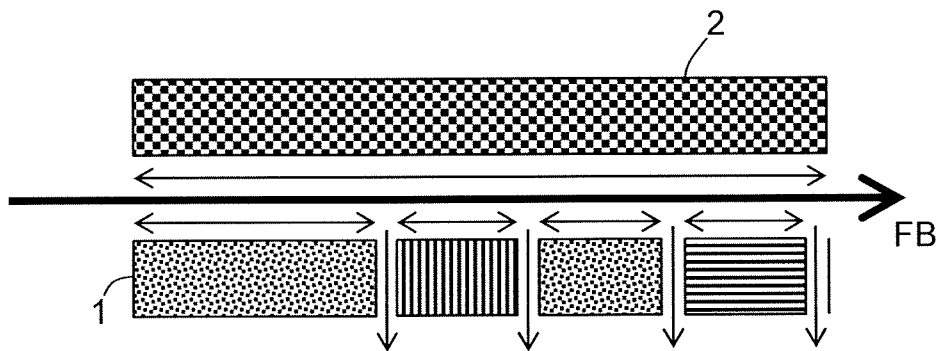


Fig. 3b

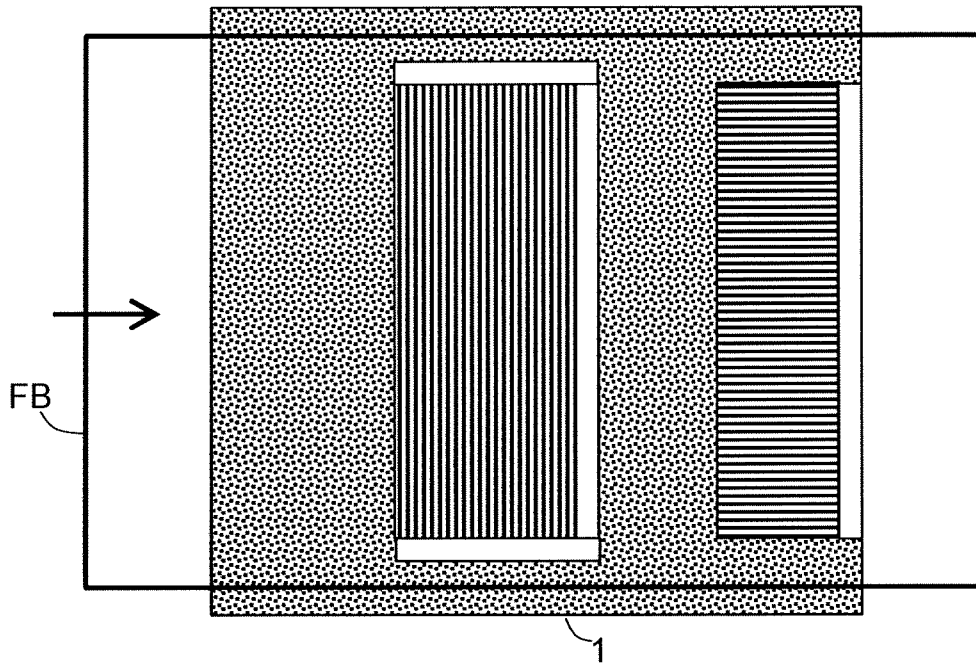


Fig. 4a

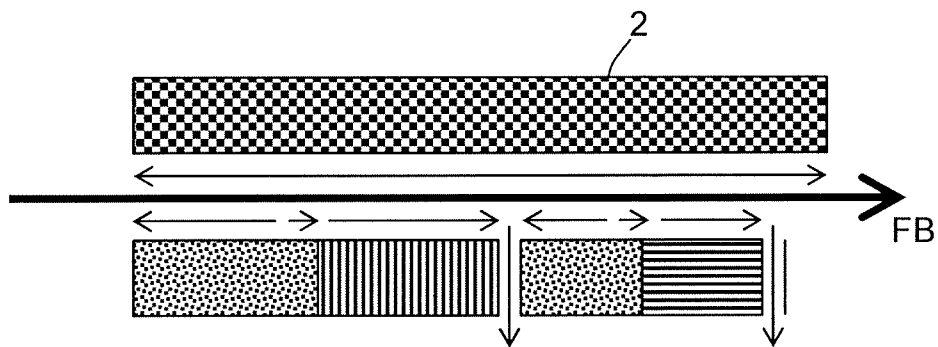


Fig. 4b

6/15

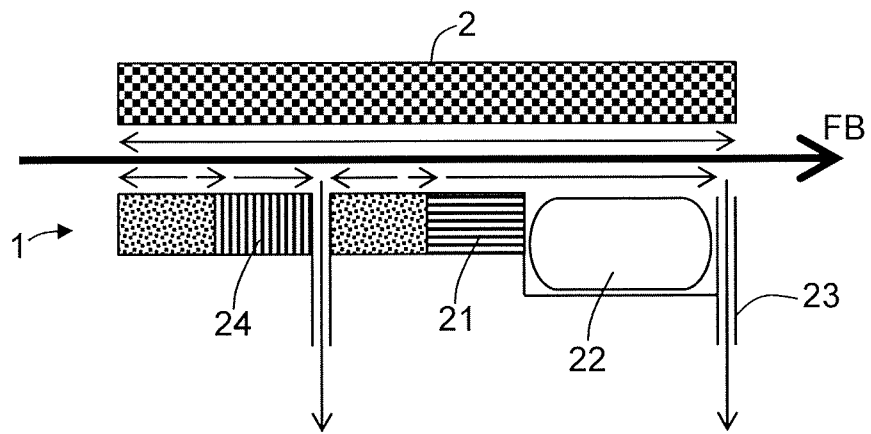


Fig. 5

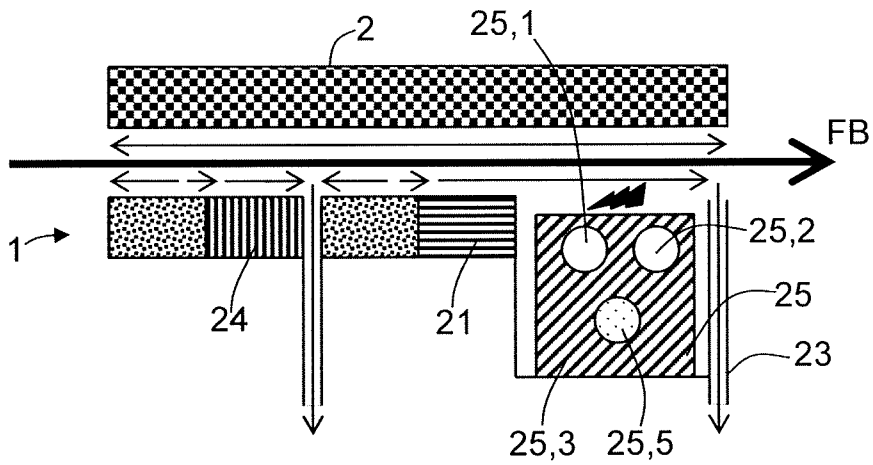


Fig. 6

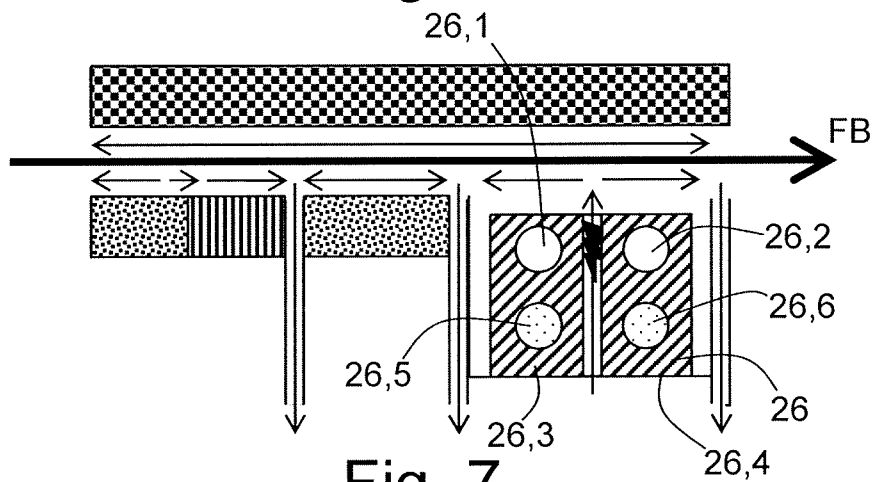


Fig. 7

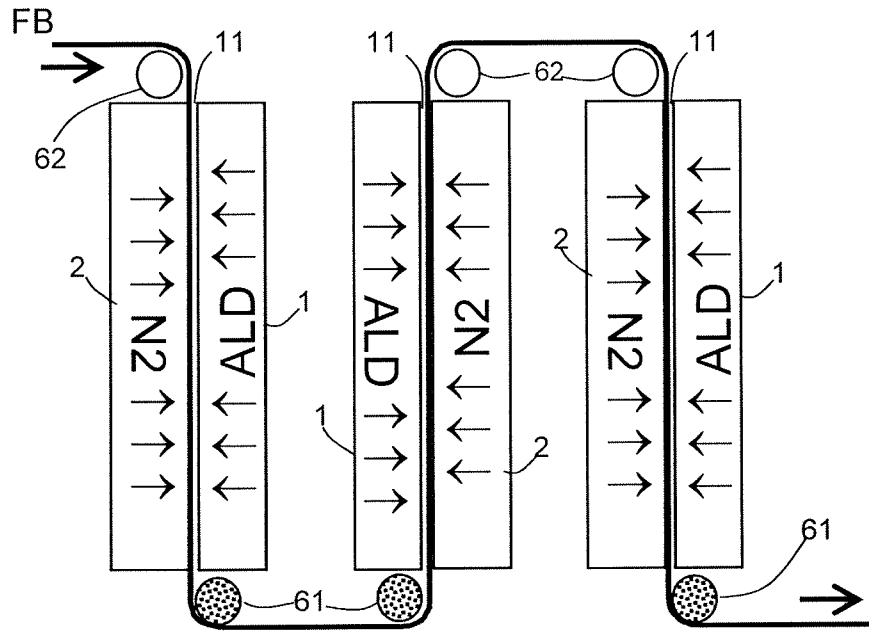


Fig. 8a

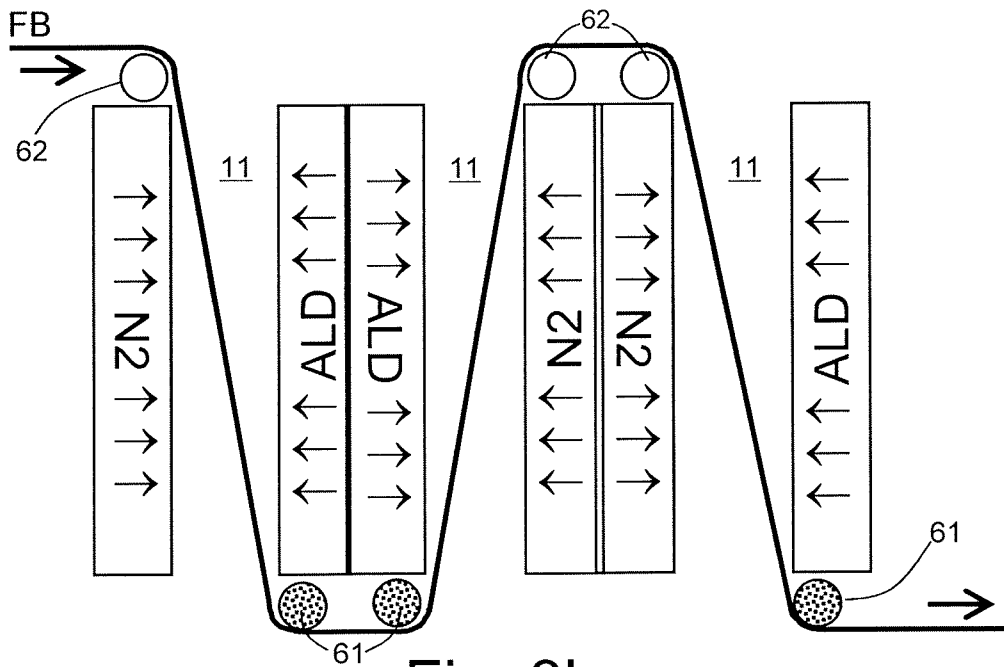
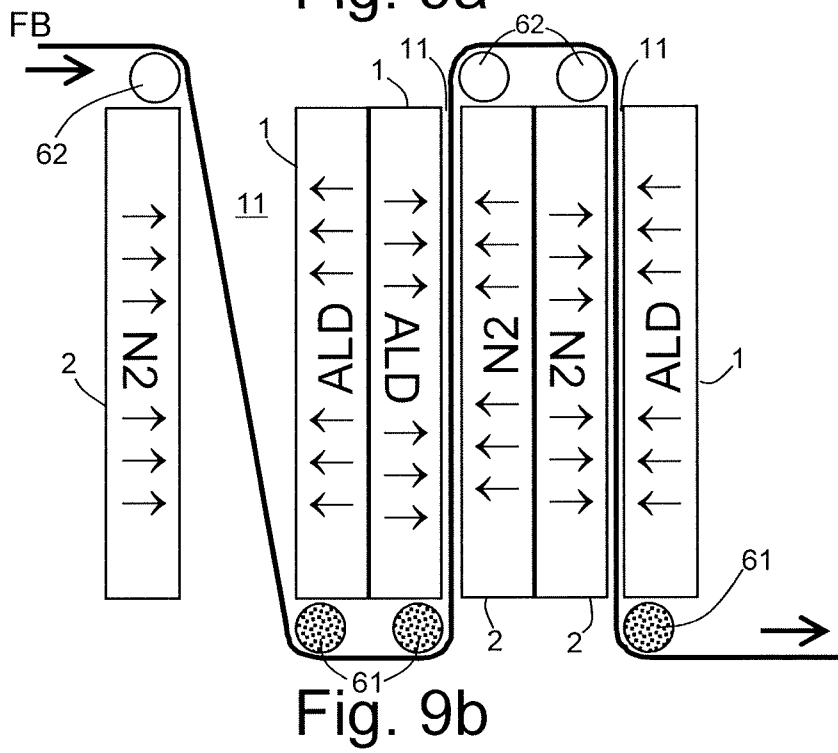
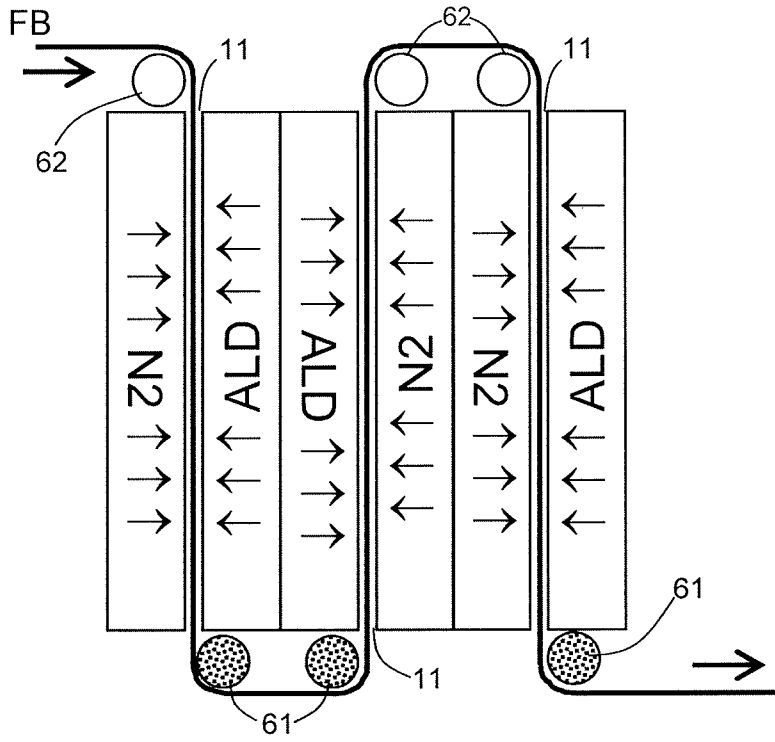


Fig. 8b



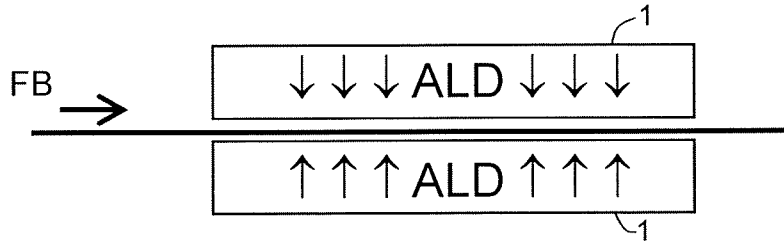


Fig. 10

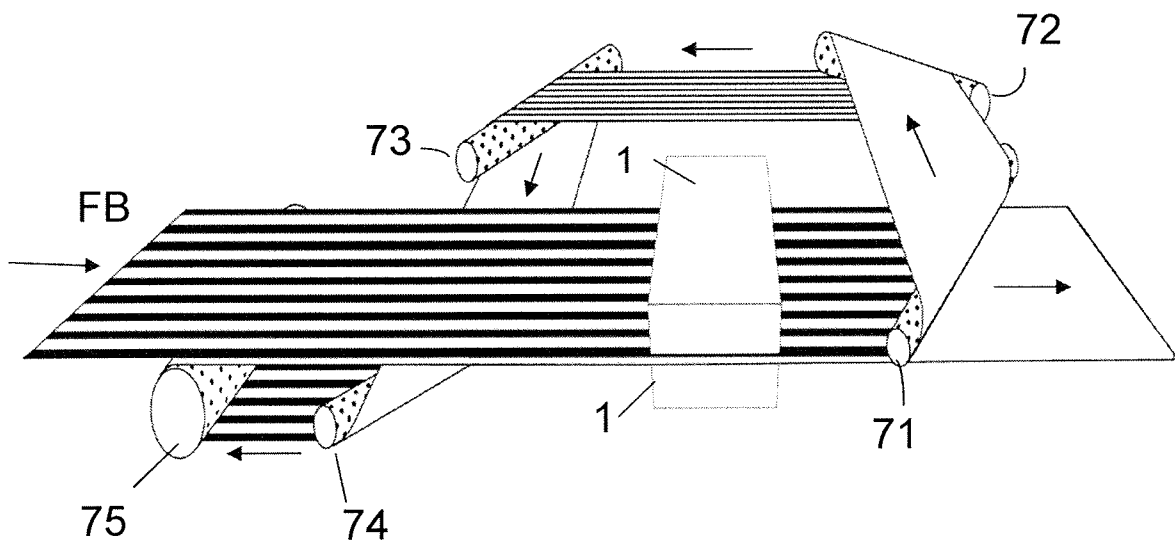


Fig. 11

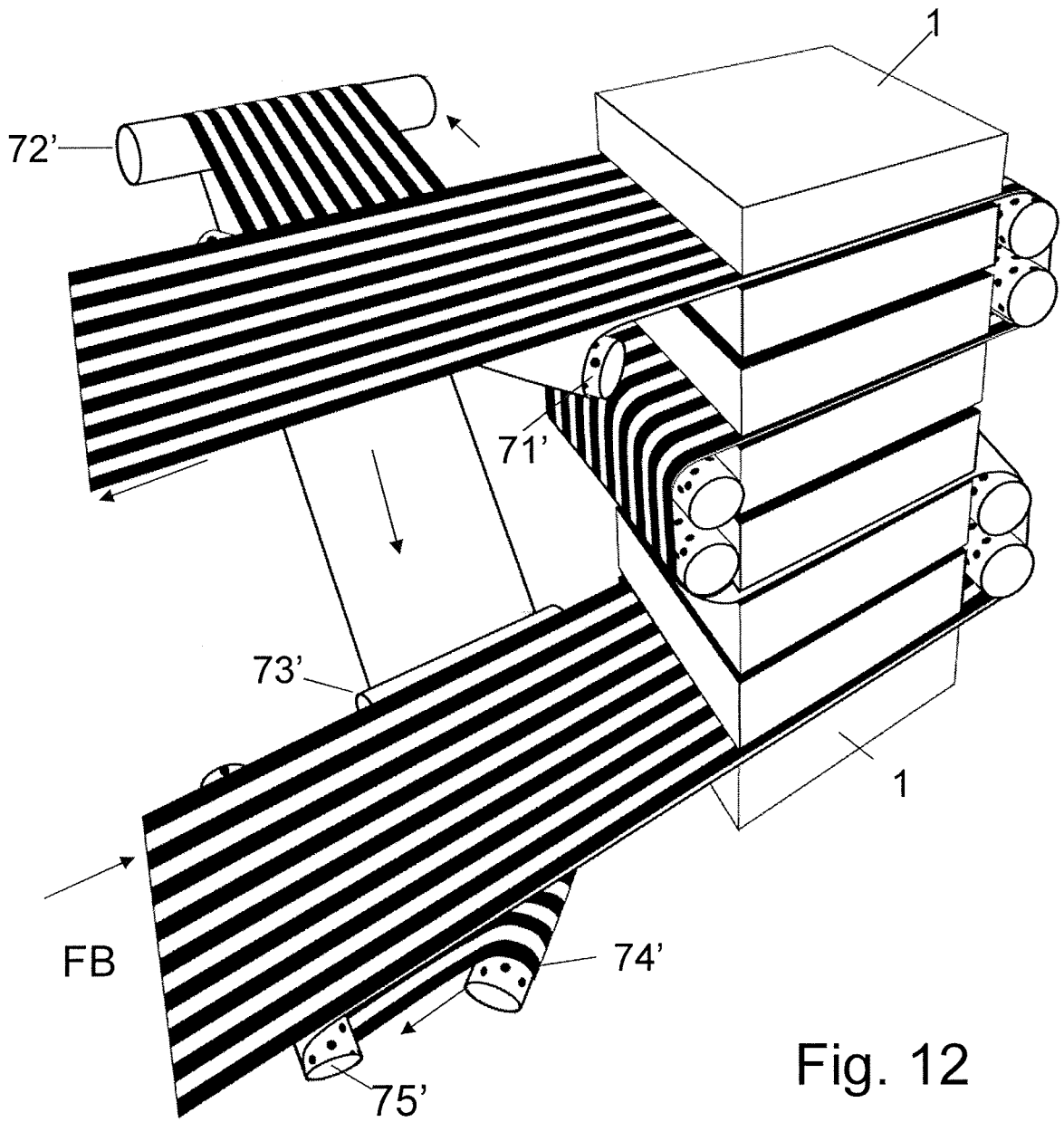


Fig. 12

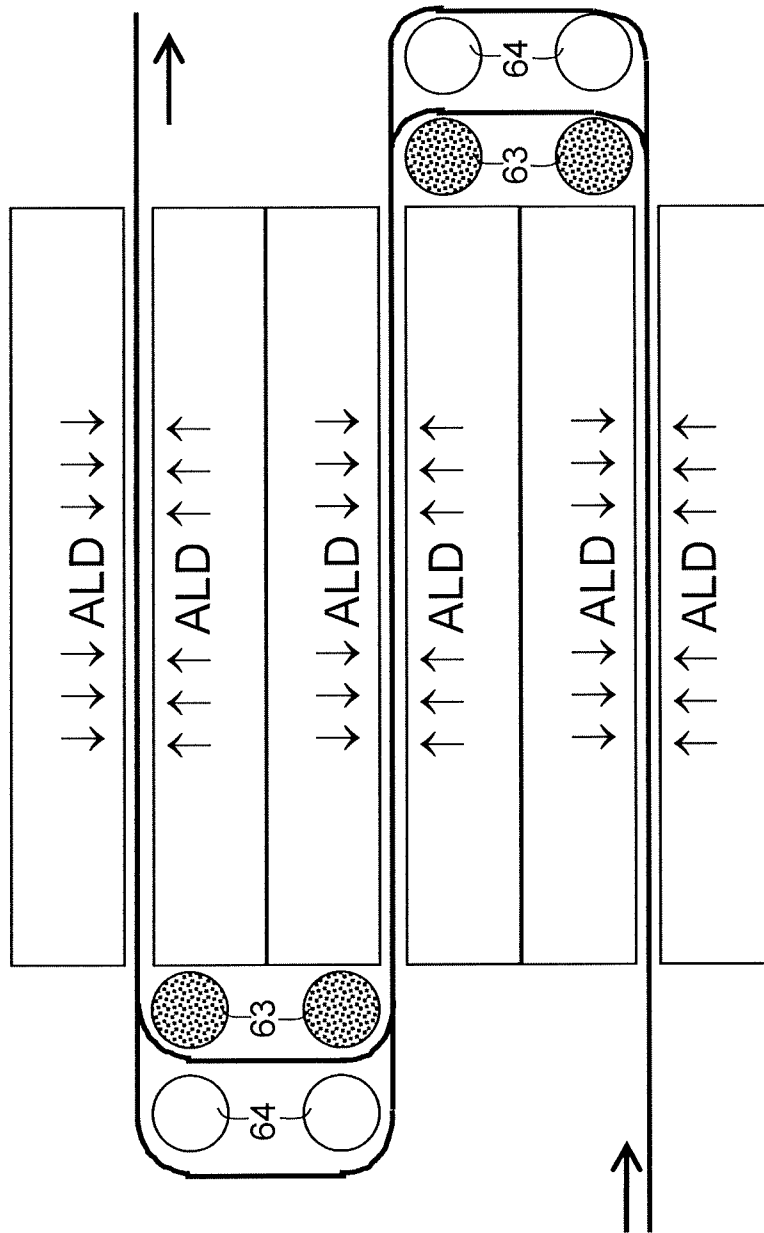


Fig. 13

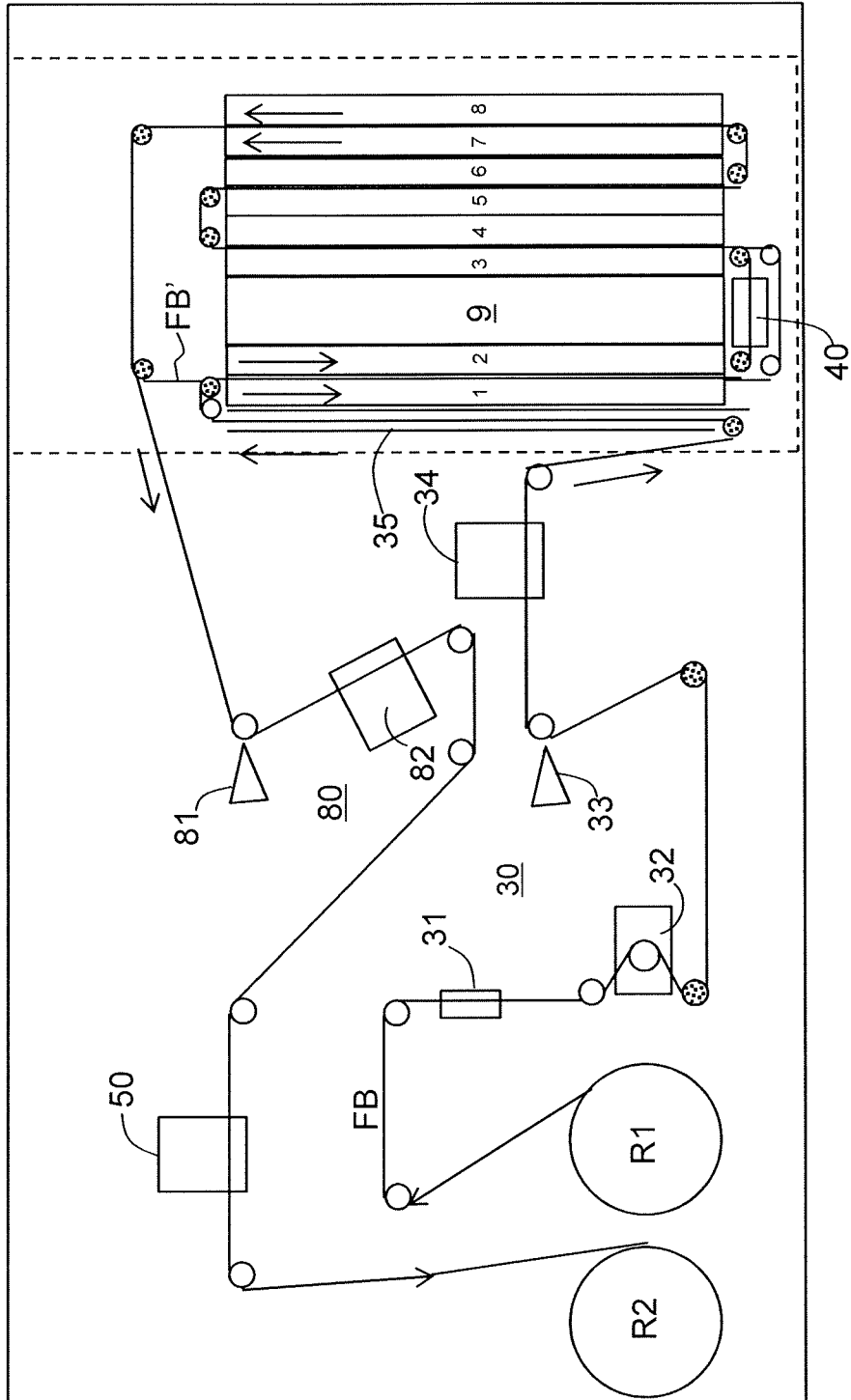


Fig.14

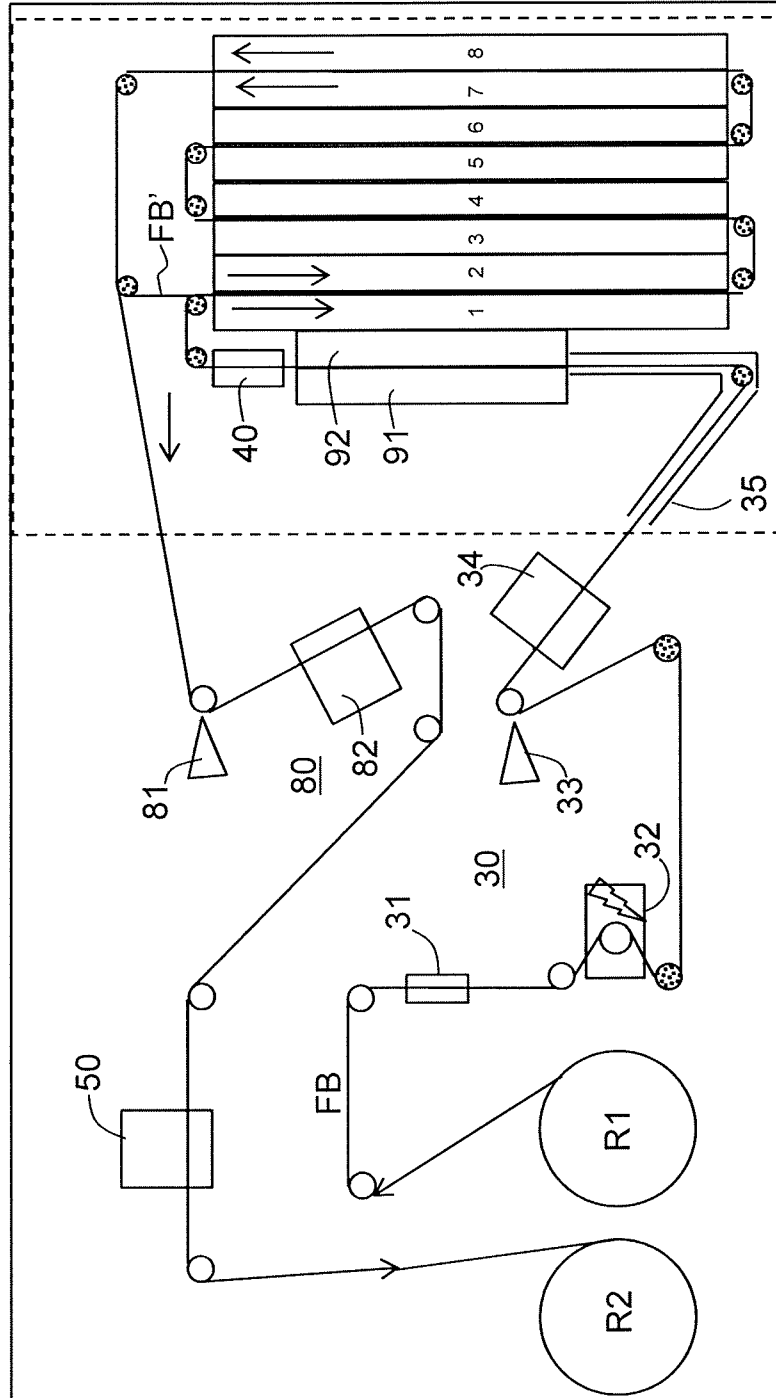


Fig.15

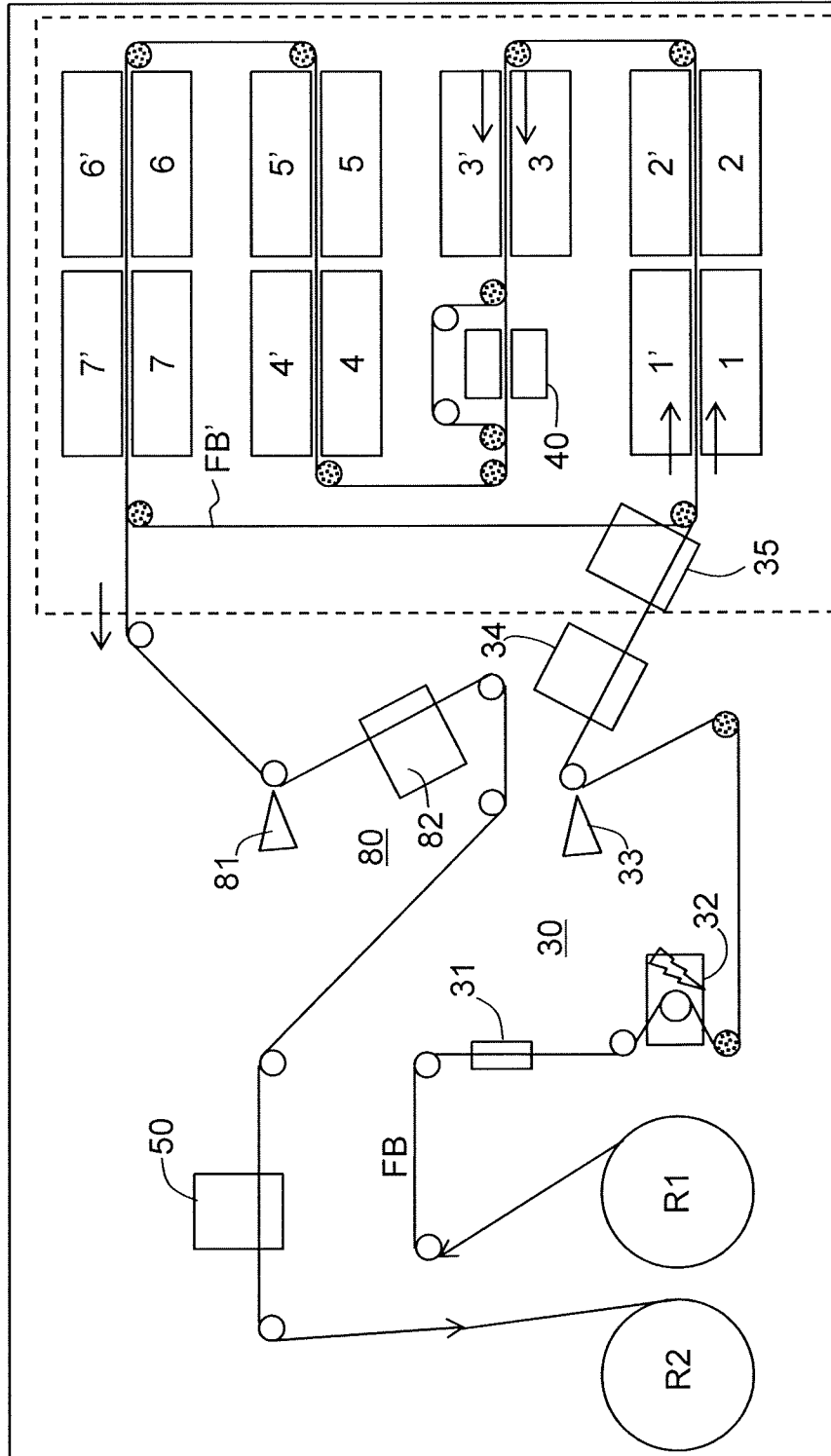


Fig.16

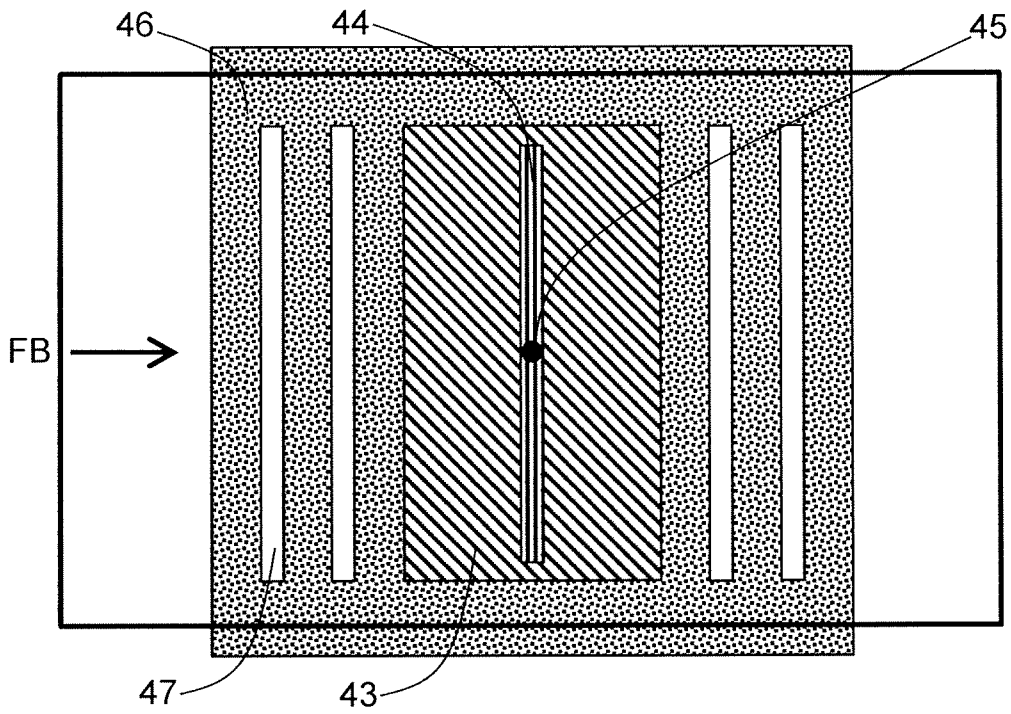


Fig. 17a

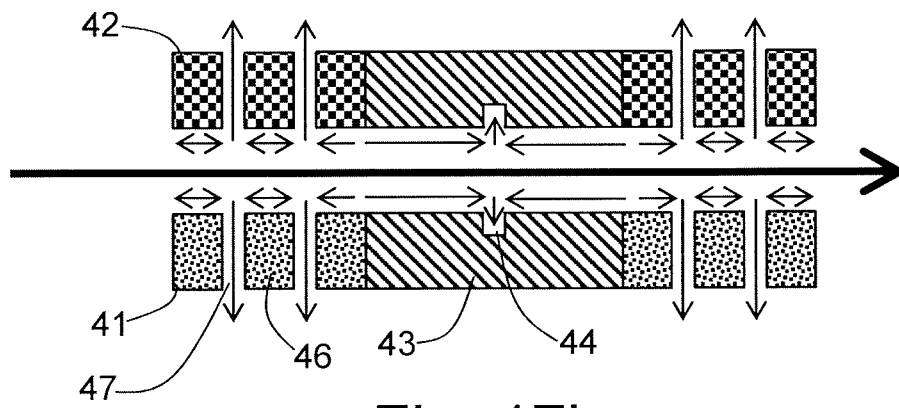


Fig. 17b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/055224

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. C23C16/54 C23C16/455 C23C16/458  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
C23C  
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal, IBM-TDB, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2009/081885 A1 (LEVY DAVID H [US] ET AL) 26 March 2009 (2009-03-26) paragraphs [0100] - [0102], [0140] - [0142], [0148], [0149] -----	1-15
Y	US 2008/166884 A1 (NELSON SHELBY F [US] ET AL) 10 July 2008 (2008-07-10) paragraphs [0060], [0135] - [0149] -----	1-15
Y	US 2011/076421 A1 (LEE SANG IN [US]) 31 March 2011 (2011-03-31) the whole document -----	7
Y	US 2015/275373 A1 (BAUER KLAUS-DIETER [DE] ET AL) 1 October 2015 (2015-10-01) paragraphs [0065], [0066]; figure 5 ----- -/--	9

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  7 April 2017	Date of mailing of the international search report  18/04/2017
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Ekhult, Hans

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/055224

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2011/049285 A1 (KINARD RICHARD DALE [US] ET AL) 3 March 2011 (2011-03-03) paragraphs [0012], [0111] - [0115] -----	15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2017/055224
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2009081885	A1	26-03-2009	CN 101809193 A	18-08-2010
			EP 2191037 A1	02-06-2010
			JP 2010541236 A	24-12-2010
			TW 200934886 A	16-08-2009
			US 2009081885 A1	26-03-2009
			WO 2009042044 A1	02-04-2009
-----				
US 2008166884	A1	10-07-2008	EP 2102383 A2	23-09-2009
			EP 2730674 A1	14-05-2014
			EP 2743372 A1	18-06-2014
			EP 2980271 A1	03-02-2016
			JP 5466019 B2	09-04-2014
			JP 2010515823 A	13-05-2010
			TW 200839028 A	01-10-2008
			US 2008166884 A1	10-07-2008
			US 2010248423 A1	30-09-2010
WO 2008085474 A2	17-07-2008			
-----				
US 2011076421	A1	31-03-2011	EP 2483441 A1	08-08-2012
			JP 5674794 B2	25-02-2015
			JP 2013506762 A	28-02-2013
			KR 20120056878 A	04-06-2012
			US 2011076421 A1	31-03-2011
			WO 2011041255 A1	07-04-2011
-----				
US 2015275373	A1	01-10-2015	DE 102012109251 A1	03-04-2014
			JP 2015535887 A	17-12-2015
			US 2015275373 A1	01-10-2015
			WO 2014049020 A2	03-04-2014
-----				
US 2011049285	A1	03-03-2011	US 2011049285 A1	03-03-2011
			WO 2011026072 A2	03-03-2011
-----				

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. C23C16/54 C23C16/455 C23C16/458 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C23C		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, IBM-TDB, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2009/081885 A1 (LEVY DAVID H [US] ET AL) 26. März 2009 (2009-03-26) Absätze [0100] - [0102], [0140] - [0142], [0148], [0149] -----	1-15
Y	US 2008/166884 A1 (NELSON SHELBY F [US] ET AL) 10. Juli 2008 (2008-07-10) Absätze [0060], [0135] - [0149] -----	1-15
Y	US 2011/076421 A1 (LEE SANG IN [US]) 31. März 2011 (2011-03-31) das ganze Dokument -----	7
Y	US 2015/275373 A1 (BAUER KLAUS-DIETER [DE] ET AL) 1. Oktober 2015 (2015-10-01) Absätze [0065], [0066]; Abbildung 5 ----- -/--	9
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
7. April 2017		18/04/2017
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Ekhult, Hans

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2011/049285 A1 (KINARD RICHARD DALE [US] ET AL) 3. März 2011 (2011-03-03) Absätze [0012], [0111] - [0115] -----	15

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/055224

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2009081885 A1	26-03-2009	CN 101809193 A	18-08-2010
		EP 2191037 A1	02-06-2010
		JP 2010541236 A	24-12-2010
		TW 200934886 A	16-08-2009
		US 2009081885 A1	26-03-2009
		WO 2009042044 A1	02-04-2009
-----			
US 2008166884 A1	10-07-2008	EP 2102383 A2	23-09-2009
		EP 2730674 A1	14-05-2014
		EP 2743372 A1	18-06-2014
		EP 2980271 A1	03-02-2016
		JP 5466019 B2	09-04-2014
		JP 2010515823 A	13-05-2010
		TW 200839028 A	01-10-2008
		US 2008166884 A1	10-07-2008
		US 2010248423 A1	30-09-2010
WO 2008085474 A2	17-07-2008		
-----			
US 2011076421 A1	31-03-2011	EP 2483441 A1	08-08-2012
		JP 5674794 B2	25-02-2015
		JP 2013506762 A	28-02-2013
		KR 20120056878 A	04-06-2012
		US 2011076421 A1	31-03-2011
		WO 2011041255 A1	07-04-2011
-----			
US 2015275373 A1	01-10-2015	DE 102012109251 A1	03-04-2014
		JP 2015535887 A	17-12-2015
		US 2015275373 A1	01-10-2015
		WO 2014049020 A2	03-04-2014
-----			
US 2011049285 A1	03-03-2011	US 2011049285 A1	03-03-2011
		WO 2011026072 A2	03-03-2011
-----			