

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 710 826 A1

(19)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(51) Int. Cl.: C23C 16/455 (2006.01)
C23C 16/52 (2006.01)
C23C 16/00 (2006.01)
G01N 15/08 (2006.01)

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00310/15

(71) Anmelder:
Fofitec AG, Hembrunnstrasse 4
5605 Dottikon (CH)

(22) Anmeldedatum: 06.03.2015

(72) Erfinder:
Jules Fischer, 8966 Oberwil-Lieli (CH)
Andreas Bernhard, 5600 Lenzburg (CH)

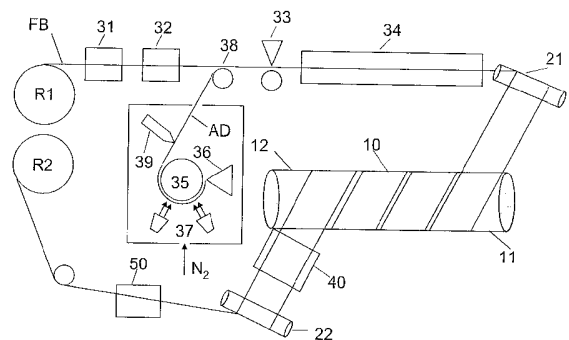
(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.09.2016

(74) Vertreter:
Rentsch Partner AG,
Fraumünsterstrasse 9, Postfach 2441
8022 Zürich (CH)

(54) **Vorrichtungen und Verfahren zur Abscheidung dünner Schichten auf einer laufenden Folienbahn sowie Folienbahn oder Zuschnitte daraus.**

(57) Gegenstand der Erfindung sind Vorrichtungen und Verfahren zur Abscheidung dünner Schichten durch wenigstens zwei selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen (ALD/MLD) auf einer laufenden Folienbahn (FB), wobei die Vorrichtung mindestens einen Beschichtungszylinder (10) sowie Bahnlenkungsmittel (21, 22) aufweist. Der Beschichtungszylinder (10) ist stillstehend montiert, wird von der Folienbahn (FB) in mehreren schraubenförmigen Windungen umwunden und weist mehrere Zuführungs- und Ableitungsbereiche für Reaktions- und Spülgas auf. In zumindest einigen Zuführungsbereichen ist die Oberfläche des Beschichtungszylinders (10) porös für einen flächig über diese Bereiche verteilten Gasaustritt ausgebildet.

Gegenstand der Erfindung ist auch eine Folienbahn (FB) oder sind Zuschnitte daraus, welche mit einer inline aus einem flüssigen Material erzeugten Abdeckung versehen und/oder mit einem inline gemessenen OTR-, NTR- oder WVTR-Wert beschriftet beziehungsweise codiert ist/sind.



Beschreibung**TECHNISCHES GEBIET**

[0001] Die Erfindung betrifft Vorrichtungen und Verfahren zur Abscheidung dünner Schichten durch wenigstens zwei selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen unter erhöhter Temperatur auf einer unter Zugspannung stehenden, laufenden Folienbahn, wobei die Vorrichtung mindestens einen Beschichtungszyylinder aufweist. Die Erfindung betrifft auch solche Beschichtungsverfahren sowie eine Folienbahn oder Zuschnitte daraus.

STAND DER TECHNIK

[0002] 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 selbst reagierenden Reaktionsgasen (Prekursoren) 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.

[0003] 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 Dicke unter anderem als transparente Barrierschicht für sogenannte Organic Light Emitting Diodes (OLEDs) geeignet. Dazu sollte ihre Dicke 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 die Folienbahn ebenfalls transparent sein.

[0004] Aus WO 2014/123 415 A1 ist eine Vorrichtung bekannt mit einer Beschichtungstrommel sowie Bahnlenkungsmitteln die dazu ausgebildet sind, die Folienbahn der Beschichtungstrommel zuzuführen und nach mehreren, schraubenförmigen Windungen von dieser wieder abzunehmen. Die Beschichtungstrommel weist dabei entlang der schraubenförmigen Windungen mehrere Zuführungs- und Ableitungsbereiche für Reaktions- und Spülgas auf. In den Zuführungsbereichen wird die Folienbahn auf einem Gaskissen auf Abstand von der Oberfläche der Beschichtungstrommel gehalten. Die Zuführungs- und Ableitungsbereiche sind in mehreren Gruppen entsprechend den vorgenannten Reaktionszyklen angeordnet. Während der Beschichtung rotiert die Beschichtungstrommel, wodurch pro Umlauf der Folienbahn um die Beschichtungstrommel die einzelnen Zuführungs- und Ableitungsbereiche bzw. die aus mit diesen gebildeten Gruppen jeweils mehrfach zum Einsatz kommen. Mit einer ähnlichen, auch aus WO 2014/123 415 A1 bekannten Vorrichtung mit einer ebenfalls rotierenden Beschichtungstrommel, um einen Teilumfang von welcher die Folienbahn jedoch parallel geführt ist, werden bei einer Bahngeschwindigkeit von circa 1 m/min und einer Drehzahl der Beschichtungstrommel von 60 U/min pro Umlauf circa 360 Zyklen erreicht. Zur Zu- und Abführung der Reaktions- und Spülgase in bzw. aus der rotierenden Trommel sind aufwendige Anschlüsse zwischen gegeneinander bewegten Teilen erforderlich. Zur Abdeckung des Spaltes zwischen benachbarten, sich nicht überdeckenden Windungen der Folienbahn erwähnt WO 2014/123 415 A1 eine dem Spalt folgende Abschirmstruktur in Form einer reinigbaren Linerstruktur oder einer verlorenen Struktur, sowie gegebenenfalls zusätzlich eine Absaugung in der Abschirmstruktur zur Entfernung entweichender Prozessgase.

[0005] Aus DE 10 2008 005 659 B4 ist ein Umlenkelement für flexibles Flachmaterial bekannt mit einer Leitwand, die eine konvex gekrümmte Leitfläche definiert. Die Leitwand ist von Luftausblaskanälen durchsetzt, die über Luftausblasöffnungen zu der Leitfläche ausmünden und die zum Ausblasen von Druckluft vorgesehen sind, die über der Leitfläche ein tragendes Luftpolster für das Flachmaterial bilden. Dabei ist die Leitfläche von einem mikroporösen Wandabschnitt gebildet.

[0006] Wie vorstehend ausgeführt, kann mit TMA und H_2O als Prekursoren sowie mit N_2 als Spülgas in einem ALD-Prozess eine AlO_x -Barrierschicht für OLEDs auf der Folienbahn hergestellt werden. Die entsprechende Barrierschicht soll die OLEDs vor allem gegen Wasserdampf und Luftsauerstoff 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 25 °C und 60% rel. Feuchte verlangt. Zur Messung dieser Transmissions- bzw. Gasbarrierenwerte müssen sogenannte steady-state-Bedingungen vorherrschen, unter denen die Barriere mit dem zu messenden Gas gesättigt ist. Nach dem Beschichtungsprozess kann allein das Erreichen der steady-state-Bedingung für Wasserdampf einige Zeit in der Größenordnung von bis zu mehreren Wochen in Anspruch nehmen. Die Messung der Transmissions- bzw. Gasbarrieren-Werte wurde bisher stets an Mustern getrennt (offline) vom Beschichtungsprozess durchgeführt.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0007] Die Erfindung stellt sich unter anderem die Aufgabe, eine Vorrichtung der aus WO 2014/123 415 A1 bekannten Art zu verbessern. Die erfindungsgemässe Vorrichtung soll bei konstruktiv einfacherem Aufbau höhere Produktionsraten ermöglichen und dadurch wirtschaftlicher in der Anschaffung sowie im Betrieb sein. Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, welche demnach mindestens einen Beschichtungszyylinder sowie Bahnlenkungsmittel aufweist, welche dazu ausgebildet sind, die Folienbahn dem Beschichtungszyylinder zuzuführen und nach mehreren, schraubenförmigen Windungen von diesem wieder abzunehmen, wobei der Beschichtungszyylinder entlang der

schraubenförmigen Windungen mehrere Zuführungs- und Ableitungsbereiche für Reaktions- und Spülgas aufweist, und wobei die Folienbahn in den Zuführungsbereichen auf einem Gaskissen auf Abstand von der Oberfläche des Beschichtungszylinders gehalten wird. Diese Vorrichtung ist erfindungsgemäss dadurch gekennzeichnet, dass der Beschichtungszylinder stillstehend montiert ist, dass die Länge des Beschichtungszylinders grösser als sein Durchmesser ist, und dass die Oberfläche des Beschichtungszylinders in den Zuführungsbereichen porös für einen flächig über die Zuführungsbereiche verteilten Gasaustritt ausgebildet ist.

[0008] Indem der Beschichtungszylinder stillstehend montiert ist, entfällt der erhebliche konstruktive Aufwand, der für die Rotation der bekannten Beschichtungstrommel erforderlich ist wie beispielsweise eine Lagerung. Vor allem aber sind die für die Zufuhr- und die Ableitung der Reaktions- und Spülgase keine aufwendigen Anschlüsse am Beschichtungszylinder zwischen gegeneinander bewegten Teilen erforderlich.

[0009] Indem der Beschichtungszylinder stillstehend montiert ist, kommen pro Umlauf der Folienbahn um den Beschichtungszylinder die einzelnen Zuführungs- und Ableitungsbereiche bzw. die aus mit diesen gebildeten Gruppen jeweils nur einmal zum Einsatz. Die dadurch gegenüber der bekannten, rotierenden Beschichtungstrommel reduzierte Anzahl an Zyklen kann jedoch einerseits durch eine mehrere schraubenförmige Umschlingungen ermöglichende Länge des Beschichtungszylinders sowie andererseits durch eine Erhöhung der Anzahl von Zuführungs- und Ableitungsbereichen und damit von Gruppen pro Umfang durch Verringerung der Ausdehnung der Zuführungs- und Ableitungsbereiche erreicht werden. Eine grosse Länge des Beschichtungszylinders ist auf Grund von dessen stillstehender Montage konstruktiv ohne besonderen Aufwand möglich. Dasselbe gilt für einen grossen Durchmesser.

[0010] Wie bei der bekannten Vorrichtung wird die Folienbahn bei der Erfindung entgegen ihrer Zugspannung in den Zuführungsbereichen auf einem Gaskissen auf Abstand von der Oberfläche des Beschichtungszylinders gehalten. Dort wo die Oberfläche des Beschichtungszylinders in den Zuführungsbereichen porös ausgebildet ist, ergibt sich ein robustes Gaskissen mit einem gleichmässig über diese Zuführungsbereiche verteilten Gasaustritt durch einen sich in der porösen Schicht ausbildenden isotropen Staudruck. Durch diskrete Zuführungen in sonst undurchlässigen Oberflächen wie bei der Beschichtungstrommel gemäss WO 2014/123 415 A1 ist dies nicht erreichbar. Das sich ausbildende robuste Gaskissen erlaubt es auch, den Abstand zwischen Zylinderoberfläche und Folienbahn sehr klein zu wählen. Dadurch können die Zuführungsbereiche in Laufrichtung der Folienbahn kürzer ausgebildet werden und die Anzahl von Gruppen pro Umfang auf dem Beschichtungszylinder erhöht werden. Da hierdurch die unerwünschte Vermischung unterschiedlicher Prekursororgase erschwert wird, muss zwischen benachbarten Zuführungsbereichen für unterschiedliche Prekursororgase auch weniger intensiv mit Spülgas gespült werden. Ein weiterer Vorteil der porösen Oberfläche besteht darin, dass auch bei in Axialrichtung des Beschichtungszylinders langen Zuführungsbereichen ein gleichmässiger Gasaustritt realisierbar ist.

[0011] Bevorzugt ist die Oberfläche des Beschichtungszylinders in allen Zuführungsbereichen porös ausgebildet. Nicht erforderlich ist, dass der gesamte Bereich zwischen zwei Ableitungsbereichen porös ausgebildet ist. Wenn nur ein Teil dieses Bereichs für einen Gasaustritt porös und der restliche Teil mit kompakter Oberfläche dicht ausgebildet ist, kann dies die Ausnutzung insbesondere von zugeführten Prekursorgasen erhöhen. Einzelne Zuführungsbereiche könnten sogar nur mit Schlitzten ausgeführt sein. Das kann insbesondere für die Zuführung von Prekursoren mit geringem Dampfdruck wie solchen für MLD-Beschichtungen vorteilhaft sein.

[0012] Weiter bevorzugt wird die Folienbahn auch in den Ableitungsbereichen auf einem Gaskissen auf Abstand von der Oberfläche des Beschichtungszylinders gehalten, indem in der Gasableitung ein kleiner, definierter Staudruck erzeugt wird.

[0013] In WO 2014/123 415 A1 umfassen die Bahnlenkungsmittel Umlenkwalzen, die einen wesentlich kleineren Durchmesser aufweisen als die rotierende Beschichtungstrommel und in geringem Abstand zu dieser angeordnet sind. Dadurch wird die Folienbahn im Ein- und Auslaufbereich stark gekrümmt und wegen ihrer Steifheit verstärkt gegen den Beschichtungszylinder gedrückt. Um dies auszugleichen und eine Berührung der Folie mit dem Beschichtungszylinder zu verhindern, sind in Fig. 19 der WO 2014/123 415 A1 im Ein- und Auslaufbereich Bernoulli-Sauger eingesetzt. Dieser zusätzliche Aufwand kann bei der vorliegenden Erfindung trotz Verwendung von ebenfalls umlenkenden Bahnlenkungsmitteln durch das robuste Gaskissen und/oder durch nachteilsfrei grössere Beabstandung der Bahnlenkungsmittel vom Beschichtungszylinder vermieden werden.

[0014] Bei erforderlichen Änderungen des Ein- oder Auslaufwinkels der Folienbahn wird diese mit Vorteil durch ein Bahnlenkungsmittel mit konvexem Gasleitkissen berührungsfrei abgelenkt. Wird nur eine Umlenkung senkrecht nach oben oder unten zur Folienbahn erforderlich, genügt eine günstigere drehende Walze sofern nicht die beschichtete Seite berührt wird.

[0015] Auf dem Beschichtungszylinder kann die Folienbahn mit oder ohne gegenseitige Überlappung der einzelnen Windungen geführt sein.

[0016] Bei Führung der Folienbahn mit gegenseitiger Überlappung der Windungen kommt eine der beiden äusseren Windungen zwangsläufig unterhalb der angrenzenden Windung zu liegen. Es liegt hier eigentlich eine «Unterlappung» vor. Um die Folienbahn dort auf den Beschichtungszylinder zuzuführen oder von diesem wegzuführen bedarf es eines speziell ausgebildeten Zylinderendstücks zur doppelten Ablenkung mit seitlicher Verwinkelung der Folienbahn innerhalb des übrigen Beschichtungszylinderdurchmessers.

[0017] Durch die gegenseitige Überlappung der Windungen ergibt sich zudem ein stufiger Versatz der Windungen im Überlappungsbereich, der mehrfach grösser als der vorstehend angesprochene, bevorzugt geringe Abstand zwischen der

Folienbahn und der Oberfläche des Beschichtungszyinders sein kann. Zur Verhinderung einer Berührung zwischen der Folienbahn und dem Beschichtungszyinder im Überlappungsbereich braucht es ein ausreichend tragfähiges Gaskissen, wie es durch die Porosität der Oberfläche des Beschichtungszyinders in den Zuführungsbereichen gefördert wird.

[0018] Bei Führung der Folienbahn ohne gegenseitige Überlappung der Windungen verbleibt zwischen diesen ein umlaufender Spalt. Dabei kann es erforderlich sein, Mittel vorzusehen, um ein Entweichen von Prekursor- und/oder Spülgas aus dem Spalt in die Umgebung zu vermeiden oder zumindest zu vermindern. Insbesondere ist das Entweichen von Prekursorgas meist kritisch. So ist beispielsweise TMA pyrophor, ätzend und reagiert heftig mit Wasser.

[0019] Zur Abdichtung des Spaltes kann auf dem Beschichtungszyinder wie bei WO 2014/123 415 A1 eine mit der Folienbahn mitlaufende Abdeckung vorgesehen sein, die entlang einer Längskante der Folienbahn den abzudeckenden Spalt überragt. Dabei kann die Abdeckung auf ihrer dem Beschichtungszyinder zugewandten Seite mit einer Klebschicht oder einer klebenden Oberfläche zur nicht-permanenten Verbindung mit der Folienbahn versehen sein.

[0020] Die Abdeckung kann in Form einer Bahn von einer Rolle abgerollt, vor dem Beschichtungszyinder mit der Folienbahn zusammengeführt, nach dem Beschichtungszyinder von der Folienbahn getrennt und auf einer weiteren Rolle wieder aufgerollt werden.

[0021] Vor dem Beschichtungszyinder ab und nach diesem wieder aufgerollt wird bevorzugt jedoch auch die Folienbahn, in welchem Fall die erfindungsgemässe Vorrichtung mit einer entsprechenden Ab- und Aufrollung versehen sein muss. Im Hinblick auf die auf dem Beschichtungszyinder abgeschiedenen dünnen und dadurch empfindlichen Schichten kann es dabei zudem erforderlich sein, die Folienbahn mit einer die Beschichtung schonenden, sie quasi polsternden Bahn als Zwischenlage aufzurollen. Diese kann für diesen Zweck extra zugeführt werden. Wesentlich rationeller ist es jedoch, dafür die Abdeckung zu verwenden, zumal oder sofern diese bereits mit der Folienbahn verbunden ist. Dass die Abdeckung gegenüber der Folienbahn seitlich versetzt ist, stört nicht, solange der Versatz nicht allzu gross ist. Der Versatz kann zudem für Markierungen auf der dadurch freien Gegenkante der Folienbahn oder als Griffflasche genutzt oder später abgetrennt werden. Grundsätzlich könnte die Abdeckung auch schon von vornherein zusammen mit der Folienbahn versetzt oder bündig aufgerollt sein, wodurch auch die Zuführung der Abdeckung vor der Beschichtungszyinder entfallen würde.

[0022] Damit die auf dem Beschichtungszyinder abgeschiedenen dünnen und dadurch empfindlichen Schichten beim Aufrollen der Folienbahn zusammen mit der Abdeckung nicht beschädigt werden, muss die Abdeckung auf ihrer der Beschichtung zugewandten Seite ausreichend weich oder mit einer ausreichend weichen Oberfläche oder Oberflächenschicht versehen sein. Hierzu geeignet ist wiederum eine nicht-permanent haftende Klebschicht oder klebrige Oberfläche.

[0023] Die Abdeckung kann eine Kernschicht umfassen, welche vor allem zu ihrer Reissfestigkeit beiträgt und die beidseitig mit Klebschichten versehen ist. Sie kann jedoch auch eine im Wesentlichen homogene Schicht mit klebrigen Oberflächen sein.

[0024] Bei der Abdeckung kann es sich auch um eine sogenannte Clingfolie handeln, welche keinen Klebstoff enthält, aber aufgrund einer geeigneten Oberflächenstrukturierung dennoch eine gewisse Klebrigkeit gegenüber glatten Oberflächen aufweist. Die Klebrigkeit kommt dabei aufgrund von Van-der-Waals-Wechselwirkungen zwischen beiden Oberflächen zustande. Im Tierreich ermöglicht es derselbe Typ von Klebrigkeit Geckos senkrechte Flächen zu erklimmen.

[0025] In besonders rationeller Weise kann die Abdeckung AD inline während des Durchlaufs der Folienbahn durch die erfindungsgemässe Vorrichtung aus einer flüssigen Masse erzeugt werden, wobei die erfindungsgemässe Vorrichtung in diesem Fall mit den dazu geeigneten Mitteln zu versehen wäre. Auch dabei ist es möglich, die Abdeckung als mehrschichtige Bahn mit einer tragenden, ausreichend reissfesten Kernschicht zu erzeugen. Bevorzugt wird die Abdeckung dabei jedoch in Form einer einzigen homogenen Schicht, die insgesamt sowohl die nötige Reissfestigkeit als auch die beidseitig nicht-permanente Haftung aufweist, hergestellt.

[0026] Gegenstand der Erfindung ist insofern gemäss Anspruch 14 auch eine mit durch wenigstens zwei selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen (ALD/MLD) abgeschiedenen dünnen Schichten sowie mit einer solchen inline hergestellten Abdeckung versehene Folienbahn oder Zuschnitte daraus.

[0027] Zur Abdichtung des Spaltes kann auch vorgesehen sein, den Spalt durch Aufbringen einer Raupe aus einer wachsartigen Masse oder einem Hotmelt-Material bei laufender Bahn auf dem Zylinder zu schliessen.

[0028] Zur Abdichtung des Spaltes kann auch ein rohrförmiger Mantel vorgesehen sein, welcher den Beschichtungszyinder sowie die Folienbahn umschliesst. Dieser Mantel kann anstelle einer mitlaufenden Abdichtung oder mit einer mitlaufenden Abdichtung zusammen eingesetzt werden. Um das «Einfädeln» der Folienbahn zu erleichtern, kann vorgesehen sein, dass sich der Mantel auf- und zuklappen lässt. Der Mantel kann auf der inneren, dem Beschichtungszyinder zugewandten Seite, über wenigstens einen Zuführungsbereich für Spülgas verfügen. Dieser kann schraubenförmig entlang des Spaltes verlaufen. Falls über den Mantel kein Spülgas zugeführt wird, kann es dazu kommen, dass die vom Beschichtungszyinder abgewandte Rückseite der Folienbahn im Randbereich ebenfalls in geringem Mass beschichtet wird, was aber meist tolerierbar ist. Wenn der Beschichtungszyinder von der Folienbahn mit nur zwei Windungen umschlungen würde, könnten die aus dem Spalt austretenden Gase in Axialrichtung wegströmen. Wenn mehr als zwei Windungen vorhanden sind, wird eine Strömung in Axialrichtung durch die verschiedenen Austrittsstellen gegenseitig blockiert und es bleibt eine Strömung entlang des Spaltes. Sofern Abieitungsbereiche den Spalt kreuzen und bei einem ausreichend grossen Überschuss an Spülgas werden die Prekursoren ohne Vermischung untereinander in die Ableitungsbereiche gespült.

Wenn der Abgasmantel die Windungen der Folienbahn FB am Anfang und am Ende des Beschichtungszyinders überragt und zudem auf einem überragenden, schraubenförmigen Streifen entlang der Kante der Folienbahn FB bei der ersten und letzten Windung vom Beschichtungszyinder her Spülgas zugeführt wird, kann auch ein stirnseitiger Austritt von Prekursoren verhindert werden. Der Mantel kann auch zur thermischen Isolation des Zylinders von seiner Umgebung dienen.

[0029] Der Beschichtungszyinder kann so ausgebildet sein, dass in Laufrichtung der Folienbahn auf ihm benachbarte Zuführungsbereiche wahlweise mit demselben oder mit verschiedenen Reaktions- oder Spülgas/en beschickbar sind. So kann alternativ zu einer AlO_x -Schicht beispielsweise auch ein $\text{AlO}_x\text{-TiO}_2$ -Nanolaminat erzeugt werden, wobei TiCl_4 als TiO_2 -Prekursor eingesetzt werden kann.

[0030] Die Ausdehnung der Zuführungsbereiche in Laufrichtung der Folienbahn kann unterschiedlich sein. Insbesondere kann die Ausdehnung von Zuführungsbereichen für Spülgas grösser als die Ausdehnung von Zuführungsbereichen für Reaktionsgas sein.

[0031] Es kann vorgesehen sein, für die Zuführungsbereiche für Spülgas einen grösseren Gasdruck bzw. einen grösseren Volumenstrom pro Fläche der porösen Oberflächenschicht einzustellen.

[0032] Eine besonders einfache Ausbildung des Beschichtungszyinders ergibt sich, wenn sich Zuführungs- und Ableitungsbereiche in Axialrichtung des Beschichtungszyinders mit konstanter Ausdehnung in dessen Umfangsrichtung vorzugsweise über den grössten Teil von dessen Länge erstrecken.

[0033] Zuführungsbereiche für Reaktionsgase und/oder für Spülgas könnten sich in Axialrichtung des Beschichtungszyinders auch abwechseln. Ein sehr langer Beschichtungszyinder kann aus mehreren Abschnitten zusammengesetzt sein. Dabei kann beispielsweise ein mittlerer Zylinderabschnitt zur Erzeugung einer flexiblen MLD-Zwischenschicht genutzt werden.

[0034] So wie die Folienbahn sich schraubenförmig um den Beschichtungszyinder windet, können zumindest abschnittsweise sich schraubenförmig entlang des Beschichtungszyinders erstreckende Ableitungsbereiche für Reaktions- und Spülgas und/oder Zuführungsbereiche für Spülgas vorhanden sein. Dadurch ist es gegebenenfalls möglich, auf eine Abdeckung des Spaltes zwischen benachbarten, sich nicht überdeckenden Windungen der Folienbahn zu verzichten. Die Voraussetzung dafür ist eine stillstehende Montage des Beschichtungszyinders. Bei einer rotierenden Trommel gemäss WO 2014/123 415 A1 würden Zuführungsbereiche für Spülgas entlang des Spaltes zwischen benachbarten, sich nicht überdeckenden schraubenförmigen Windungen der Folienbahn relativ zu diesem Spalt bewegt, was deren Funktion verunmöglichen würde.

[0035] Die Vorrichtung kann mehrere Beschichtungszyinder umfassen. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Folienbahn nacheinander über alle Beschichtungszyinder geführt wird, um so im gleichen Durchlauf der Folienbahn eine grosse Schichtdicke zu erhalten. Es könnte aber auch vorgesehen sein, dass die Folienbahn nur einem oder mehreren ausgewählten von ihnen zuführbar ist. Letzteres macht insbesondere Sinn, wenn wenigstens zwei der Beschichtungszyinder hinsichtlich zumindest einiger Zuführungs- oder Ableitungsbereiche unterschiedlich ausgebildet sind. Es könnte auch vorgesehen sein, einen der Beschichtungszyinder, über den die Folienbahn geführt ist, zumindest zeitweise quasi auszuschalten, indem auf ihm keine Reaktionsgase zugeführt werden, die Folienbahn auf Spülgas-Gaskissen aber dennoch auf Abstand von der Zylinderoberfläche gehalten wird.

[0036] Der Beschichtungszyinder kann, indem er stillstehend montiert ist, eine grosse Länge aufweisen, die eine Vielzahl von Umschlingungen erlaubt. Insbesondere kann die Länge des Beschichtungszyinders 4-fach bis 20-fach, insbesondere 6-fach bis 14-fach, grösser sein als sein Durchmesser und/oder 2 m bis 20 m, insbesondere 3 m bis 8 m, betragen.

[0037] Die erfindungsgemässe Vorrichtung ist vorzugsweise zur Beschichtung von Folienbahnen bis zu einer Breite von 150 cm, insbesondere für Folienbahnen mit Standardbreiten von 30 bis 50 cm geeignet und/oder für eine Bahngeschwindigkeit der Folienbahn bis zu 120 m/min ausgebildet.

[0038] Bei diesen Dimensionierungen lässt sich der Beschichtungszyinder 3-fach bis 20-fach mit der Folienbahn umschlingen. Bevorzugt sind 5 bis 12 Umschlingungen.

[0039] Wegen der zumindest bei ALD-Beschichtungen kurzen Reaktionszeit der Reaktionsgase braucht die Ausdehnung der Zuführungsbereiche in Laufrichtung der Folienbahn oder in Umfangsrichtung des Beschichtungszyinders nur 5 mm bis 30 mm, insbesondere 8 mm bis 12 mm, zu betragen. Die Ausdehnung der Ableitungsbereiche in Laufrichtung der Folienbahn oder in Umfangsrichtung des Beschichtungszyinders braucht sogar nur 0.5 mm bis 2 mm, insbesondere 0.8 mm bis 1.1 mm, zu betragen. Dies gilt insbesondere, wenn der Abstand zwischen der Folienbahn und der Zylinderoberfläche kleiner als 100 μm gehalten wird.

[0040] Vorzugsweise sind die Zuführungs- und Ableitungsbereiche entlang der schraubenförmigen Windungen oder in Umfangsrichtung des Beschichtungszyinders in mehreren, ebenfalls vorzugsweise gleichmässig verteilten Gruppen angeordnet. Für eine als Barrierschicht geeignete ALD-Beschichtung können die Gruppen in Laufrichtung der Folienbahn oder in Umfangsrichtung des Beschichtungszyinders einen ersten Zuführungsbereich für einen ersten Prekursor wie beispielsweise TMA, einen zweiten Zuführungsbereich für ein Spülgas wie beispielsweise N_2 , einen dritten Zuführungsbereich für einen zweiten Prekursor wie beispielsweise H_2O sowie einen vierten Zuführungsbereich wieder für ein Spülgas wie für N_2 aufweisen. Zumindest zwischen den Zuführungsbereichen sind dann jeweils Ableitungsbereiche für die genannten

Gase vorzusehen. Mit den vorgenannten bevorzugten Bemessungen können auf einem Beschichtungszyylinder bis zu 70 Gruppen für entsprechend viele Beschichtungszyklen ausgebildet sein.

[0041] Um die für die Abscheidung unter erhöhter Temperatur gegenüber Umgebungstemperatur erforderliche Temperatur zu erreichen, kann vorgesehen sein, dass der Beschichtungszyylinder und/oder das Reaktions- und/oder das Spülgas vorzugsweise auf eine Temperatur von 60 °C bis 150 °C heizbar ist/sind, wobei die Temperaturbeständigkeit des für die Folienbahn verwendeten Kunststoffmaterials hier limitierend wirkt.

[0042] Wie dies bei Vorrichtungen der betrachteten Art meist der Fall ist, kann die erfindungsgemässe Vorrichtung mit einer Abrollung und einer Aufrollung für die Folienbahn zur Ausführung der Beschichtung in einem Rolle-zu-Rolle-Verfahren ausgebildet sein. Insbesondere hierbei kann dann auch vorgesehen sein, dass die Laufrichtung der Folienbahn auf dem Beschichtungszyylinder und über die Bahnlenkungsmittel umkehrbar ist, so dass dieselbe Folienbahn ohne Rollenwechsel in mehreren Durchläufen beschichtbar ist.

[0043] Die Erfindung stellt sich weiter die Aufgabe, hinsichtlich der Überprüfung der Barriereigenschaften wesentliche Verbesserungen zu erreichen. Sie erreicht dies gemäss Anspruch 15 mit einer Vorrichtung zur Abscheidung dünner Schichten durch wenigstens zwei selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen (ALD/MLD) unter erhöhter Temperatur auf einer laufenden Folienbahn, wobei die Vorrichtung mindestens einen Beschichtungszyylinder aufweist, insbesondere einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–13, und welche demnach dadurch gekennzeichnet ist, dass sie eine von der durch die Beschichtung noch erhitzten Folienbahn durchlaufende Messvorrichtung zur Ermittlung der Sauerstoff- oder Stickstoffdurchlässigkeit der Folienbahn und vor allem der auf ihr abgeschiedenen dünnen Schichten umfasst. Die Stickstoffdurchlässigkeit, d.h. Transmissionswert für Stickstoff wird im Folgenden als NTR-Wert bezeichnet.

[0044] Zwischen den Barrierewerten für verschiedene Gase gibt es zwar keine allgemeingültige Korrelation; zwei verschiedene Barrieren können beispielsweise identische OTR-Werte aber verschiedene WTVR-Werte aufweisen oder umgekehrt. Für eine bestimmte Barriere aus bestimmten Materialien mit einer bestimmten Schichtabfolge korrelieren diese Werte aber zumindest soweit miteinander, dass die Messung nur eines dieser Werte zur Qualitätskontrolle oder für Optimierungszwecke ausreichend sein kann. Die jeweilige Korrelation ist dann durch Vergleichsmessungen zu ermitteln. Aus einem mit der erfindungsgemässen Vorrichtung ermittelten OTR-Wert lässt sich somit meist ein zugehöriger WTVR-Wert ermitteln. Entsprechendes gilt für den NTR-Wert.

[0045] Für die Ermittlung des OTR-Wertes oder des NTR-Wertes macht sich die Erfindung den Umstand zu Nutze, dass die Folienbahn und ihre Beschichtung unmittelbar nach dem Abscheiden der Schichten bereits zu einem gewissen Grad vorkonditioniert sind. So ist die Folienbahn vor der Beschichtung durch ihre Lagerung in der Regel mit Stickstoff und Sauerstoff aus der Luft gesättigt. Während des ALD-Prozesses auf dem Beschichtungszyylinder ist die Folienbahn mit ihrer Aussenseite weiterhin mit Luft in Kontakt, während auf ihrer dem Beschichtungszyylinder zugewandten Innenseite Spül- oder Prekursor-gase jeweils ohne Sauerstoffanteil vorhanden sind.

[0046] Obwohl die Folienbahn vor der Messung bereits zu einem gewissen Grad vorkonditioniert ist, wird der ermittelte OTR-Wert beziehungsweise NTR-Wert zumindest bei höherer Bahngeschwindigkeit vom an sich gewünschten steady-state-Wert um einen bestimmten, konstanten Faktor abweichen. Durch eine Vergleichsmessung bei stehender Folienbahn kann dieser Faktor jedoch ermittelt werden.

[0047] Die gegenüber Umgebungstemperatur erhöhte Temperatur, unter der die Beschichtung im ALD/MLD-Prozess aufgebracht wird und die die Folienbahn und die Beschichtung während der Messung noch aufweist, ist schliesslich günstig für die Messung, da hierbei die zu messende Transmission ebenfalls erhöht ist, was die Anforderungen an die Messzeit und die Messgenauigkeit reduziert.

[0048] Die Beschichtung braucht für die Messung die für eine voll ausgebildete Barrierschicht geforderte Dicke und/oder Anzahl unterschiedlicher Schichten noch nicht erreicht zu haben. Eine geringere, insbesondere nur halb so grosse Dicke – die erst auf einem weiteren Beschichtungszyylinder oder auf demselben Beschichtungszyylinder in einem weiteren Abschnitt oder Durchlauf vervollständigt wird – ist hierbei sogar von Vorteil, weil dadurch die Barriere weniger dicht und die Anforderungen an die Messzeit und die Messgenauigkeit hierdurch ebenfalls geringer sind. Günstig für die Messung des OTR-Wertes ist es beispielsweise, wenn dieser Wert in der Grössenordnung zwischen 10^{-1} und 10^{-4} cm⁻² Tag⁻¹ bar⁻¹ bei 100 °C und circa 1% rel. Feuchte liegt.

[0049] Unter diesen Umständen kann die Messvorrichtung zudem grossflächig, beispielsweise den grössten Teil der Breite der Folienbahn erfassend, ausgebildet sein. Der erhaltene Messwert beinhaltet in diesem Fall nicht lediglich eine Aussage über die Qualität der Beschichtung auf einer kleinen, willkürlich ausgewählten Fläche, wie dies bei der erwähnten offline Messung von Mustern der Fall ist, sondern stellt eine Mittelung über einen Grossteil der Nutzfläche dar. Die Länge der Messvorrichtung in Laufrichtung der Folienbahn hängt in erster Linie von der zu erreichenden Messempfindlichkeit ab.

[0050] Da die Messzeit wesentlich kürzer sein kann als die für einen Durchlauf einer Folienbahn üblicher Länge, d.h. von 500 m–2000 m, benötigte Zeit, ist es möglich, die laufende Folienbahn noch vor ihrer üblichen Wiederaufrollung mit dem ermittelten Wert zu beschriften und/oder zu codieren. Entsprechend sieht die Erfindung zusätzlich zur Messvorrichtung noch Mittel zur Beschriftung und/oder Codierung der laufenden Folienbahn mit wenigstens einem der ermittelten oder daraus abgeleiteten Sauerstoff, Stickstoff- und/oder Wasserdampfdurchlässigkeitswerte vor. Die Beschriftung und/oder Codierung kann zum Beispiel drucktechnisch, prägetechnisch, stanzttechnisch, per Laser oder durch eine andere

Veränderung von Materialeigenschaften erfolgen. Sie kann von Auge direkt und/oder nur mit einem geeigneten Hilfsmittel auslesbar sein. Von Auge auslesbar kann sie insbesondere in einem Randbereich sein, der in einem späteren Verarbeitungsschritt abgetrennt wird. Nur mit Hilfsmitteln erkennbare Markierungen oder Codierungen können dagegen auch in Nutzbereichen auf der gesamten Fläche der Folienbahn verteilt angeordnet sein.

[0051] Gegenstand der Erfindung ist in diesem Fall gemäss Anspruch 17 auch die entsprechend beschriftete und/oder codierte Folienbahn.

[0052] Gegenstand der Erfindung ist schliesslich auch noch ein Verfahren gemäss Anspruch 18 zur Abscheidung dünner Schichten durch wenigstens zwei selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen (ALD/MLD) unter erhöhter Temperatur auf einer unter Zugspannung stehenden, laufenden Folienbahn, insbesondere unter Verwendung einer Vorrichtung nach einem der vorangehenden Vorrichtungsansprüche. Dabei wird die Folienbahn einem mit Zuführungs- und Ableitungsbereichen für Reaktions- und Spülgas versehenen Beschichtungszyylinder zugeführt und nach mindestens fünf schraubenförmigen Windungen von diesem wieder abgenommen. In den Zuführungsbereichen wird die Folienbahn entgegen ihrer Zugspannung auf einem Gaskissen auf Abstand von der Oberfläche des Beschichtungszyinders gehalten. Während der Beschichtung steht der Beschichtungszyylinder still. Zumindest in einigen der Zuführungsbereiche wird das Gas für die Gaskissen durch eine porös ausgebildete Oberfläche des Beschichtungszyinders flächig verteilt zugeführt.

[0053] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen weiter erläutert.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0054] Es zeigen jeweils nur schematisch:

- Fig. 1 eine erfindungsgemässe Vorrichtung mit einem stillstehenden, von einer zu beschichtenden Folienbahn mehrfach schraubenförmig umwundenen Beschichtungszyylinder;
- Fig. 2 a)–e) zeigen verschiedene, mögliche Strukturen der Oberfläche von Beschichtungszyindern für eine Vorrichtung nach der Erfindung;
- Fig. 3 in einem Querschnitt (I–I) den Aufbau eines Beschichtungszyinders gemäss Fig. 2a;
- Fig. 4 eine Rolle, auf welcher die Folienbahn FB zusammen mit einer Abdeckung aufgerollt ist;
- Fig. 5 die Abdichtung des Spaltes zwischen zwei benachbarten, sich nicht überdeckenden Windungen einer Folienbahn auf einem Beschichtungszyylinder mittels einer über dem Spalt aufgebrachten Raupe;
- Fig. 6 einen Beschichtungszyylinder, auf dem die Windungen der Folienbahn mit gegenseitiger Überlappung verlaufen sowie einen Zusatzzyylinder am Unterlappungsende,
- Fig. 7 einen Beschichtungszyylinder mit nachgeordneter Messvorrichtung zur Messung eines OTR-Wertes oder eines NTR-Wertes an der vom Beschichtungszyylinder ablaufenden Folienbahn;
- Fig. 8 eine Ausführungsform einer OTR- oder NTR-Messvorrichtung;
- Fig. 9 den Beschichtungszyylinder und die Messvorrichtung von Fig. 8 in einer Aufsicht;
- Fig. 10 eine andere Ausführungsform nur einer OTR-Messvorrichtung;
- Fig. 11 einen Beschichtungszyylinder mit nachgeordneter OTR- oder NTR-Messvorrichtung gemäss einer weiteren Ausführungsform; und
- Fig. 12 einen in einen Zylinder integrierte OTR- oder NTR-Messvorrichtung.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0055] 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 stillstehend montierter Beschichtungszyylinder 10 für eine ALD und/oder MLD-Beschichtung der Folienbahn FB, welcher von dieser in mehreren schraubenförmigen Windungen umschlungen wird. Lage und Verlauf der Windungen der Folienbahn FB auf dem Beschichtungszyylinder 10 wird bestimmt durch Bahnlenkungsmittel, von denen Umlenkzyylinder 21 und 22 dargestellt sind. Die Bahnlenkungsmittel sorgen für eine winkelgenaue Folienbahnzu- und -wegführung. Auf dem Beschichtungszyylinder 10 wird die Folienbahn FB entgegen ihrer Bahnspannung resultierend aus der von Abrollung und Aufrollung resp. zusätzlich vorhandenen Bahnzugsmitteln auf Gaskissen auf Abstand von dessen Oberfläche gehalten. In Laufrichtung der Folienbahn FB vor dem Beschichtungszyylinder 10 sind verschiedene Aggregate 30 zur Vorbereitung der Folienbahn FB vorhanden. Diese umfassen ein Aggregat 31 zur Partikelreinigung zum Beispiel in Form einer weichen, adhäsiven Gummiwalze oder eines Airblades,

ein Aggregat 32 zur Oberflächenbehandlung zwecks Haftungsverbesserung wie Coronaentladung, Plasmabehandlung oder Ultraviolettbestrahlung sowie ein Aggregat 33 zum Aufbringen einer Flüssigbeschichtung. Dem Aggregat 33 zur Flüssigbeschichtung schliesst sich eine Trocknungsstrecke 34 zu deren Abtrocknung und/oder thermischen oder strahlungs-technischen Vernetzung an. Bei der Flüssigbeschichtung kann es sich um einen sogenannten Vorplanarisierer und Primer für die nachfolgend auf dem Beschichtungszylinder 10 abzuschneidenden Schichten handeln. Dem Beschichtungszylinder 10 unmittelbar nachgeordnet, d.h. noch vor der dem Umlenkzylinder 22, ist eine Messvorrichtung 40. Vor der Rolle R2 ist noch eine mit der Messvorrichtung 40 datentechnisch verbundene Vorrichtung 50 zur Beschriftung und/oder Codierung der Folienbahn FB vorhanden. Die in Fig. 1 mit 35–39 bezeichneten Teile betreffen die optionale in-line Herstellung einer Abdeckung AD und werden im Zusammenhang damit erst weiter unten behandelt.

[0056] Der Beschichtungszylinder 10 ist deutlich länger als sein Durchmesser, beispielsweise 3-fach bis 20-fach, insbesondere 5-fach bis 14-fach. Absolut kann sein Durchmesser 20 cm bis 200 cm, insbesondere 40 cm bis 100 cm, und seine Länge insbesondere 3 m bis 6 m betragen. Um diese Länge zu erreichen, kann der Beschichtungszylinder 10 aus mehreren Längsabschnitten zusammengesetzt sein. Vorzugsweise wird die Länge der einzelnen Längsabschnitte so gewählt, dass auf jedem Längsabschnitt eine ganzzahlige Anzahl Umschlingungen für eine bestimmte Folienbahnbreite Platz findet. Auch die beidseitigen Endabschnitte 11 und 12 können zwecks geeigneter Gestaltung der Ein- und Auslaufzonen der Folienbahn FB als lösbare Abschnitte ausgebildet sein. Bei diesen Bemessungen des Beschichtungszylinders 10 kann die Folienbahn FB eine Breite bis 150 cm aufweisen. Meist liegen die Breiten der Folienbahn FB jedoch im Bereich zwischen 30 cm und 50 cm. Konkret könnte ein Beschichtungszylinder von 480 cm Länge und mit einem Durchmesser von 50 cm mit einer 45 cm breiten Folienbahn 9 mal komplett umschlungen sein, d.h. mit einem Gesamtumschlingungswinkel von 3240°. Die gesamte Vorrichtung kann für eine Bahngeschwindigkeit der Folienbahn FB bis zu 120 m/min ausgebildet sein. Für einen ALD-Prozess der erwähnten Art sind Bahngeschwindigkeiten im Bereich 20 m/min bis 80 m/min geeignet.

[0057] Wie in Fig. 1 dargestellt, weisen die Umlenkzylinder 21 und 22 einen gegenüber dem Beschichtungszylinder 10 vergleichsweise kleinen Durchmesser auf, wodurch die Folienbahn FB je nach ihrer Eigensteifigkeit zwischen dem Beschichtungszylinder 10 und den Umlenkwalzen 21 oder 22 etwas gekrümmt verlaufen kann. Ein dadurch verursachter, unerwünschter Kontakt der Folienbahn mit dem Beschichtungszylinder 10 kann jedoch durch das robuste Gaskissen auf dem Beschichtungszylinder 10 und/oder durch eine geeignet grosse Bemessung des Abstands zwischen dem Beschichtungszylinder 10 und den Umlenkwalzen 21 oder 22 vermieden werden. Im Gegensatz zu der in WO 2014/123 415 A1 vorgestellten Anordnung der Umlenkwalzen führt hier eine Vergrößerung des Abstands zwischen dem Beschichtungszylinder 10 und den Umlenkwalzen 21 und 22 nicht zu einer kleineren Umschlingung.

[0058] Bei der Vorrichtung von Fig. 1 könnten auch mehrere Beschichtungszylinder vorgesehen sein, denen die Folienbahn FB nacheinander oder zumindest teilweise alternativ zuführbar ist. Durch das Hintereinanderschalten von zwei Beschichtungszylindern könnte insbesondere die für eine voll ausgebildete Barrierschicht für OLEDs erforderliche Dicke in nur einem Durchlauf der Folienbahn FB erreicht werden. Da hierbei üblicherweise zwischen den auf den beiden Beschichtungszylindern abgeschiedenen Teilbarrieren eine sogenannte Planarisierungsschicht als Flüssigbeschichtung aufgebracht wird, müssten zwischen den beiden Beschichtungszylindern zusätzliche Aggregate zum Aufbringen dieser Planarisierungsschicht beispielsweise entsprechend den Aggregaten 33 und 34 vorgesehen sein.

[0059] Die Vorrichtung von Fig. 1 wird vorzugsweise in einem Reinraum aufgestellt und betrieben.

[0060] Die Fig. 2a–2e zeigen Strukturen der Oberfläche von Beschichtungszylindern wie des Beschichtungszylinders 10 von Fig. 1 mit verschiedenen Geometrien von Zuführungs- und Ableitungsbereichen für Reaktions- und Spülgas. Die an sich gekrümmte Oberfläche ist in die Zeichenebene abgewickelt. Die Länge der Beschichtungszylinder ist verkürzt. Auch ist die Breite der Zuführungs- und Ableitungsbereiche in Umfangsrichtung gedehnt. Dadurch sind von den tatsächlich vorhandenen jeweils nur wenige Zuführungs- und Ableitungsbereiche dargestellt. Lage und Verlauf der Windungen der Folienbahn FB sind durch darüber gelegte Trapeze angedeutet, wobei von den beispielsweise neun tatsächlich vorhandenen Windungen jeweils nur drei dargestellt sind. Die in den Fig. 2a–2e dargestellten Strukturen sind insbesondere für den erwähnten ALD-Prozess zur Barrierenherstellung mit TMA als erstem Prekursorgas, Wasserdampf als zweitem Prekursorgas und Stickstoff als Spülgas geeignet. Die Zuführungsbereiche für TMA sind nach rechts und diejenigen für Wasserdampf nach links schraffiert. Die Zuführungsbereiche für Stickstoff sind mit einem zweidimensionalen Punktmuster versehen. Die Ableitungsbereiche sind durch Punktreihen markiert entsprechend darin vorhandener Abflussöffnungen. Die Zuführungsbereiche für Prekursorgas wechseln sich jeweils mit Zuführungsbereichen für Spülgas ab. Die in Folienlaufrichtung dargestellten Bereiche TMA, N₂, H₂O, N₂ bilden bei dem betrachteten ALD-Prozess eine Gruppe zur Abscheidung einer Atomlage.

[0061] Fig. 3 zeigt einen möglichen Aufbau eines Beschichtungszylinders 10 mit einer Oberflächenstruktur gemäss Fig. 2a im Querschnitt (I–I). Auch hier ist die Breite der Zuführungs- und Ableitungsbereiche in Umfangsrichtung wieder gedehnt, so dass deutlich weniger als bevorzugt vorhandene Zuführungs- und Ableitungsbereiche über den Umfang verteilt dargestellt sind. Wie in Fig. 2 sind die Zuführungsbereiche für TMA nach rechts und diejenigen für Wasserdampf nach links schraffiert. Die Zuführungsbereiche für Stickstoff sind mit einem zweidimensionalen Punktmuster versehen. Der Beschichtungszylinder weist ein Rohr 10.1 als tragende Grundstruktur auf. In dem mit 13 bezeichneten Zuführungsbereich ist eine von dem Rohr 10.1 getragene Oberflächenschicht 13.1 des Beschichtungszylinders 10 offenporig porös ausgeführt und erstreckt sich in Umfangsrichtung zwischen zwei Ableitungsbereichen 15. Gespeist wird der Zuführungsbereich 13 von einem sich entlang der Innenwand des Rohres 10.1 in Axialrichtung erstreckenden Zuführungskanal 14.1. Dieser steht

in Radialrichtung durch die Rohrwandung hindurch über vorzugsweise mehrere, in Axialrichtung verteilt angeordnete Verbindungen 14.2 mit einer sich ebenfalls in Axialrichtung erstreckenden Verteilungsnut 14.3 auf der Rohraussenseite unterhalb der porösen Oberflächenschicht 13.1 in Verbindung. Die Nut 14.3 gewährleistet die Verteilung des zugeführten Gases in Axialrichtung unterhalb und in der porösen Oberflächenschicht allenfalls auch ohne die Verbindungen 14.1 und 14.2. Die Dicke der Oberflächenschicht 13.1 kann 0.5 mm–5 mm betragen und die Gas-Durchlässigkeit je cm^2 Mantelfläche beispielsweise bei 0,2 bar–2 bar im Bereich von 1 mL min^{-1} – 100 mL min^{-1} liegen. Ein geeignet poröses Material lässt sich durch Sintern erzeugen. Die Ableitungsbereiche 15 sind gegenüber den Zuführungsbereichen 13 etwas vertieft in Form von Gräben ausgebildet und stehen über eine Sammelnut 16.3 sowie vorzugsweise ebenfalls mehreren, in Axialrichtung verteilt angeordneten Verbindungen 16.2 mit Ableitungskanälen 16.1 in Verbindung, welche die kompatiblen Abgase gebündelt aus dem Zylinder der Entsorgung zuleiten. H_2O und TMA beispielsweise sind zusammen hochreaktiv und müssen trotz Verdünnung in N_2 getrennt abgeführt werden. Entsprechend sind in Fig. 3 mehrere Ableitungskanäle 16.1 vorhanden.

[0062] Bevorzugt sind alle Zuführungs- und Ableitungsbereiche wie die vorstehend beschriebenen 13 und 15 ausgebildet. Zumindest hinsichtlich eines der Zuführungsbereiche kann es jedoch günstiger sein, nicht den gesamten Bereich zwischen zwei Ableitungsbereichen 15 porös auszubilden, so wie dies bei dem Zuführungsbereich 17 dargestellt ist. Hier ist die poröse Oberflächenschicht 17.1 schmaler ausgebildet. Zumindest ein Zuführungsbereich könnte auch nur mit einem Schlitz 18.1 ausgeführt sein, zum Beispiel für MLD-Prekursoren mit niederem Dampfdruck, so wie dies bei dem Zuführungsbereich 18 dargestellt ist.

[0063] Die im Innern des Beschichtungszyinders 10 verlaufenden Kanäle 14.1 und 16.1 können über wenigstens eine seiner Stirnseiten nach aussen geführt sein. Durch geeignetes zusammenfassen lässt sich ihre Anzahl im Beschichtungszyinder 10 und damit die Anzahl von Anschlüssen am Beschichtungszyinder gegebenenfalls reduzieren. Je differenzierter diese Kanäle jedoch ausgeführt sind, umso individueller lässt sich der Beschichtungszyinder 10 mit gegebenenfalls unterschiedliche Gasen und für unterschiedliche Beschichtungsaufgaben einsetzen. Eine besonders einfache Ausführung ergibt sich, wenn die Gase an einer oder beiden Stirnseiten des Beschichtungszyinders direkt in die Verteilungsnuten 14.3 eingespeist und/oder über die Sammelnuten 16.3 abgeführt werden können. In diesem Fall kann auf Kanäle und Verbindungen nach der Art 14.1, 14.2 beziehungsweise 16.1/16.2 gegebenenfalls überhaupt verzichtet werden.

[0064] In den Zuführungsbereichen 13, 17 wird das Gas unter Überdruck gegenüber Umgebungsdruck zugeführt zur Überwindung des durch die porösen Oberflächenschichten verursachten Staudruckes, wodurch sich unter der Folienbahn FB ein Gaskissen ausbildet, das sie auf Abstand von der Oberfläche des Beschichtungszyinders 10 hält. Für den betrachteten ALD-Prozess ist es günstig, wenn dieser Abstand möglichst gering, insbesondere kleiner als $100 \mu\text{m}$ ist. Wegen der porösen Ausbildung der Oberflächenschicht 13.1, 17.1 tritt das Gas gleichmässig verteilt in den Zuführungsbereichen 13, 17 aus, was die Ausbildung eines stabilen und gut tragfähigen Gaskissens mit der gewünscht geringen Dicke wesentlich begünstigt. Der erforderliche Überdruck ist abhängig von der offenen, das heisst der durchflusswirksamen oder sogenannten effektiven Porosität der Gaszuführungsbereiche, der Bahnspannung der Folienbahn FB und von allfälligen Erschwerissen wie beispielsweise einer sich überlappenden Folienbahn FB. Damit das zugeführte Gas zu den Ableitungsbereichen 15 fliesst, braucht es in Richtung auf diese hin einen Druckabfall. Um die Folienbahn FB jedoch auch dort auf Abstand von der Oberfläche des Beschichtungszyinders 10 zu halten, kann ein leichter Überdruck gegenüber Umgebungsdruck eingestellt werden.

[0065] Die Ausdehnung der Zuführungsbereiche 13 in Laufrichtung der Folienbahn oder in Umfangsrichtung des Beschichtungszyinders kann beispielsweise 5 mm bis 30 mm, insbesondere 8 mm bis 12 mm, betragen. Demgegenüber kann die Ausdehnung der Ableitungsbereiche 15 in diesen Richtungen wesentlich geringer sein und beispielsweise lediglich 0.5 mm bis 2 mm, insbesondere 0.8 mm bis 1.1 mm, betragen.

[0066] Mit diesen und den bereits erwähnten Bemessungen des Beschichtungszyinders 10 können beispielsweise 30 Gruppen der vorgenannten Art auf dem Umfang des Beschichtungszyinders 10 angeordnet sein. Bei 9 vollen Windungen passiert die Folienbahn FB bei ihrem Umlauf um Beschichtungszyinder 10 in diesem Fall 270 Gruppen, was entsprechend vielen Beschichtungszyklen beziehungsweise abgeschiedenen Atomlagen entspricht. Wie eingangs erwähnt, können für OLEDs zwei anorganische Barrierschichten von je bis zu 400 Beschichtungszyklen vorgesehen sein. Mit einer erfindungsgemässen Vorrichtung gemäss Fig. 1 lässt sich diese Anzahl in zwei Durchläufen der Folienbahn FB oder, mit Umkehr ihrer Laufrichtung, sogar ohne Rollenwechsel in einem Vor- und einem Rücklauf erreichen. Wie erwähnt könnte die Vorrichtung auch mit mehreren Beschichtungszyindern 10 in Serie zur Erzielung der erforderlichen Anzahl Beschichtungszyklen in nur einem Durchlauf der Folienbahn FB ausgerüstet sein.

[0067] Die Zuführungs- 13, 17, 18 und Ableitungsbereiche 15 brauchen in Folienlaufrichtung oder in Umfangsrichtung des Beschichtungszyinders 10 nicht einheitlich gleich breit und auch nicht gleichmässig verteilt angeordnet zu sein. Insbesondere könnten die Zuführungsbereiche 13 für Spülgas in Umfangsrichtung breiter als diejenigen für Prekursorgase sein. Es könnte auch vorgesehen sein, die einzelnen Zuführungsbereiche 13, 17, 18 wahlweise an unterschiedliche Gasquellen anschliessbar auszubilden. Dabei könnten beispielsweise zwei benachbarte Zuführungsbereiche jeweils mit Spülgas beschickt und dadurch die wirksame Ausdehnung der Zuführungsbereiche für Spülgas in Folienlaufrichtung bei Bedarf verdoppelt werden. Oder es könnte die Anzahl Gruppen auf dem Beschichtungszyinder 10 variiert werden. Der Beschichtungszyinder 10 könnte dabei auch im Rahmen anderer ALD- oder MLD-Prozesse verwendet werden, für die eine andere Abfolge von Prekursor- und Spülgas erforderlich ist.

[0068] In allen Fig. 2a) bis 2e) verlaufen die Windungen der Folienbahn FB auf dem Beschichtungszyylinder 10 ohne gegenseitige Überlappung, so dass zwischen benachbarten Windungen ein Spalt verbleibt. Bei der Ausführungsform von Fig. 2a erstrecken sich die Zuführungs- und Ableitungsbereiche jeweils durchgängig in Axialrichtung über die Länge des Beschichtungszyinders 10, jedenfalls etwa soweit wie dieser von der Folienbahn FB bedeckt wird. Sie kreuzen somit auch den Spalt zwischen benachbarten Windungen. Als Mittel zur Verhinderung oder zumindest Verminderung eines Gasaustritts aus dem Spalt ist in Fig. 2b) eine mit der Folienbahn FB auf dem Beschichtungszyylinder 10 mitlaufende Abdeckung AD vorhanden. Dabei ist die Abdeckung AD mittig zum Spalt angeordnet und überdeckt benachbarte Windungen der Folienbahn FB jeweils gleich breit. Meist wird es jedoch genügen und vorteilhafter sein, wenn die Abdeckung AD unsymmetrisch zum Spalt angeordnet, mit der Folienbahn FB klebend verbunden und gegenüber dieser seitlich nur leicht um wenige Zentimeter versetzt angeordnet ist.

[0069] Möglich wäre es, die Abdeckung AD von einer separaten Rolle abzurollen, vor dem Beschichtungszyylinder 10 mit der Folienbahn FB zusammenzuführen und nach dem Umlauf um den Beschichtungszyylinder 10 unter Lösen der Klebeverbindung von der Folienbahn FB wegzuführen und wieder aufzurollen. Im Hinblick auf die auf dem Beschichtungszyylinder 10 aufgetragene Beschichtung, die wie bereits erwähnt sehr empfindlich sein kann, ist es jedoch bevorzugt, die Abdeckung AD zumindest auf der Folienbahn FB zu belassen und zusammen mit dieser auf der Rolle R2 aufzurollen. Die Abdeckung AD könnte aber auch schon auf der Rolle R1 vorhanden sein und während des gesamten Prozesses eine Einheit in Form eines Laminats mit der Folienbahn bilden.

[0070] Fig. 4 zeigt eine Rolle R2 entsprechend der Rolle R2 von Fig. 1 auf welcher die Folienbahn FB zusammen mit der Abdeckung AD aufgerollt ist. Die Abdeckung AD weist auf einer Hilfsträgerbahn HB vorderseitig eine erste Klebschicht K1 und rückseitig eine zweite Klebschicht K2 auf. Die erste Klebschicht K1 ist mit der auf dem Beschichtungszyylinder 10 äusseren Seite der Folienbahn FB ablösbar in Kontakt. Die zweite Klebschicht K2 ist mit der auf dem Beschichtungszyylinder 10 inneren Seite der Folienbahn FB beziehungsweise mit einer auf dieser vorhandenen Beschichtung B ebenfalls ablösbar in Kontakt. Zur Polsterung der Beschichtung B weist die zweite Klebschicht K2 eine vorzugsweise mindestens 1.5-fach geringere Härte als die Folienbahn FB auf. Bei der Folienbahn FB kann es sich, insbesondere wenn sie als OLED-Träger dienen soll, um eine Polyesterfolie, eine Polyethylenaphthalatfolie oder eine Polycarbonatfolie mit einer Dicke von 50 µm–200 µm handeln.

[0071] Auf dem Beschichtungszyylinder 10 muss die Abdeckung AD zur Überdeckung des Spaltes gegenüber der Folienbahn seitlich versetzt sein. Auf den Rollen R1 oder R2 kann das ebenfalls so der Fall sein. Möglich wäre aber auch eine Randbündigkeit der beiden Lagen auf einer oder beiden Rollen R1, R2, in welchem Fall es erforderlich wäre, die Folienbahn FB und die Abdeckung AD vor und/oder hinter dem Beschichtungszyylinder 10 seitlich gegeneinander zu versetzen. Da hierbei allfällig Klebeverbindungen zwischen den beiden Lagen gelöst und wieder hergestellt werden müssen, wären die entsprechenden Klebeschichten als repositionierbare Haftkleber auszuführen.

[0072] Für eine spätere Weiterverarbeitung der beschichteten Folienbahn beispielsweise zu OLEDs sind die beiden nicht-permanent haftenden Klebschichten K1, K2 ebenfalls von Vorteil. Bei dieser Anwendung werden Zuschnitte der Folienbahn FB auf einer Glasplatte als temporärem Träger mittels der beidseitig klebenden Abdeckung AD aufgeklebt. Nach dem Aufbau der OLED-Schichten werden die Zuschnitte der Folienbahn von der Glasplatte abgelöst, wobei die Abdeckung AB jeweils auf der Glasplatte zurückbleibt, weil übliche Haftkleber wie die bevorzugt für die Klebschichten K1, K2 verwendeten an Glas stärker haften als an Folienmaterial, insbesondere wenn es sich dabei um Polyester handelt. Schliesslich wird auch die Abdeckung von der Glasplatte abgelöst, so dass die Glasplatte erneut verwendet werden kann. Damit sich die Abdeckung als Ganzes in einem Stück ablösen lässt, braucht es eine gewisse Reißfestigkeit. Diese sollte bei circa 35 µm Dicke, bezogen auf eine Streifenbreite von 50 mm, mindestens 20 N betragen. Falls es sich bei der Abdeckung AB um eine Hotmelt-Mischung handelt, welche bei Raumtemperatur nicht ausreichend klebrig ist, kann diese unter Wärmezufuhr auf die Glasplatte laminiert werden.

[0073] Bevorzugt erfolgt die Verhinderung oder zumindest Verminderung eines Gasaustritts aus dem Spalt zwischen den Windungen in die Umgebung mittels einer Abdeckung AD, die mit vergleichbar grosser Fläche wie die Folienbahn FB inline während des Durchlaufs der Folienbahn FB durch die erfindungsgemässe Vorrichtung aus einer flüssigen, vernetzbaren Harzmasse erzeugt wird. Wie bereits erwähnt, zeigt Fig. 1 hierzu geeignete Mittel 35-39 angeordnet zwischen den Einheiten 32 und 33. Diese Mittel umfassen eine rotierende Beschichtungswalze 35, auf welche das Material für die Abdeckung AD aus einer Düse 36 gegossen/extrudiert wird. Sofern sich die Walze 35 gut benetzen lässt, kann das flüssige Material auch beispielsweise mit einer Rakel auf sie aufgebracht werden. Noch auf der Beschichtungswalze 35 wird die Masse mit UV-Licht aus UV-Strahlern 37 vernetzt, so dass eine selbsttragende Bahn entsteht. Diese wird mit einer weiteren Walze 38 mit der Folienbahn FB zusammengeführt. Zuvor kann sie mit Schneidmitteln 39 randseitig noch geeignet beschnitten und begradigt werden. Da Sauerstoff für die Vernetzung nachteilig ist, kann die Bestrahlung in einer Kammer unter einem Inertgas wie beispielsweise Stickstoff ausgeführt werden. Bei dem Material für die Abdeckung AD kann es sich auch um eine thermoplastisch verformbare sogenannte Hotmelt-Mischung handeln, welche nach dem Auftragen keiner Vernetzung bedarf. In diesem Fall können die UV-Strahler 37 weggelassen, dafür würde die Walze 35 als Kühlwalze ausgeführt.

[0074] Sofern die Folienbahn FB zusammen mit der Abdeckung AD wie vorbeschrieben zur Weiterverarbeitung zu OLEDs unter Hochvakuum vorgesehen ist, sollte die inline hergestellte Abdeckung AD möglichst wenig ausgasen. Diese Anforderung ist durch den Einsatz einer vernetzbaren Harzmasse anstatt eines lösemittelbasierten Systems weitgehend erfüllt.

bar. Zudem sollte die Harzmasse zur UV-Licht Vernetzung möglichst wenig sogenannte Fotoinitiatoren enthalten, da auch diese zur Ausgasung beitragen. Durch Ausführen der Vernetzung unter Inertgas kann die Konzentration an Fotoinitiatoren erheblich reduziert werden, da die Behinderung der Vernetzung durch die sogenannte Sauerstoff-Inhibierung entfällt. Zudem kann durch Verwendung spezieller UV-C-Strahler weitgehend oder gar ganz auf Fotoinitiatoren verzichtet werden. Dabei wird kurzwellige UV-Strahlung unterhalb von circa 230 nm Wellenlänge zur direkten Bildung von Radikalen an den Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen der vernetzbaren Acrylat-Gruppen genutzt. Als UV-C-Strahler können entsprechend optimierte Mitteldruck-Quecksilberdampflampen und/oder Excimer-Laser eingesetzt werden. Zur fotoinitiator-freien Vernetzung könnten auch Elektronenstrahler (electron beam, EB) eingesetzt werden. Ferner kann die Anordnung der Mittel zur Erzeugung der Abdeckung AD inline in der Vorrichtung von Fig. 1 in Laufrichtung der Folienbahn FB vor der Trocknungsstrecke 34 zusätzlich dazu beitragen, allfällige Ausgasungen aus der Abdeckung in der Trocknungsstrecke 34 noch zu entfernen.

[0075] Eine Differenzierung hinsichtlich der Eigenschaften «reissfest» in einer Schicht und «klebrig» an den Oberflächen wie bei der Abdeckung von Fig. 4 lässt sich auch bei der inline-Herstellung der Abdeckung AD durch Aufbringen zweier oder mehrerer unterschiedliche Harzmassen mittels einer Mehrfachdüse wie z.B. einer sogenannten Kaskadendüse auf die Beschichtungswalze 35 erzielen. Bei der Verwendung mehrerer unterschiedlicher Harzmassen kann eine Schicht auch gezielt für die gewünschte stärkere Haftung zur Glasplatte als zur Folienbahn FB, wie oben beschrieben, vorgesehen sein. Zusätzlich können dabei unterschiedliche UV-Strahler eingesetzt werden, wobei durch eine erste Bestrahlung die Oberfläche relativ weich und klebrig belassen wird, während mit einem anderen Strahlertyp spezifisch eine Fotoinitiator enthaltende Schicht weiter vernetzt und gehärtet wird. So kann beispielsweise eine auf eine hohe UV-C-Intensität hin optimierte Mitteldruck-Quecksilberdampflampe zur Vernetzung der Oberfläche, und ein UV-LED-Strahler zur Vernetzung der Kernschicht eingesetzt werden.

[0076] Für die vorliegende betrachtete Anwendung ist es jedoch nicht erforderlich, die Eigenschaften «reissfest» und «klebrig» unterschiedlichen, diskreten Schichten zuzuordnen. Sofern das die Klebrigkeit vermittelnde Material selbst «film-artig» und ausreichend selbsttragend ist, kann es gegebenenfalls die Funktion «reissfest» mit übernehmen. In diesem Fall braucht die Abdeckung aus nur einer einzigen, homogenen Schicht zu bestehen, die sowohl die nötige Reissfestigkeit als auch die erwünschte Klebrigkeit im Sinne einer nicht-permanenten Haftung aufweist. Für die inline erzeugte Abdeckung ist dies die bevorzugte Ausführungsform.

[0077] Es kann auch vorgesehen sein, die der Walze 35 zugewandte Seite der Kleberschicht nach ihrer Trennung von der Walze 35 mittels zusätzlicher UV-Strahler 37 stärker zu vernetzen. Auch möglich wäre eine Bestrahlung der Kleberschicht aus der Walze heraus hindurch. Dazu müsste der Walzenmantel aus einem transparenten Material wie beispielsweise Quarzglas gefertigt sein.

[0078] Zur Verhinderung oder zumindest Verminderung eines Gasaustritts ($\text{TMA}/\text{H}_2\text{O}/\text{N}_2$) aus dem Spalt zwischen den Windungen in die Umgebung (L) kann auch vorgesehen sein, den Spalt durch Aufbringen einer Raupe RP aus einer wachsartigen Masse oder einem Hotmelt-Material bei laufender Bahn auf dem Beschichtungszyylinder 10 zu schliessen, wie dies Fig. 5 für den Stossbereich zweier Windungen zeigt. Die Raupe RP muss sich nicht unbedingt rückstandsfrei von der Folienbahn FB wieder lösen lassen. Ihre Entfernung ist auch durch nachfolgendes, randseitiges Beschneiden der Folienbahn FB möglich. Durch reversierendes seitliches Versetzen der Folienbahn FB um die Breite der Raupe RP könnte diese sogar vor dem Beschneiden aufgerollt werden. Es gibt auch für die Raupenbildung geeignete, zumeist mit einer Heisskanaldüse aufgetragene Materialien, die zwar in heissem Zustand eine gute Verbindung mit dem Untergrund eingehen, nach Abkühlen aber keine oder eine nur gering klebende Oberfläche haben und beim wieder Abrollen nach einem Aufrollen ein rückstandsfreies Ablösen erlauben. Es könnte auch eine Folienkante trennender behandelt sein als die andere, so dass die Raupe RP beim Verlassen des Beschichtungszyinders 10 auf der anderen Folienkante verbleibt. In einem zweiten Durchlauf bzw. auf einem zweiten Beschichtungszyylinder 10 könnte die Raupe RP in diesem Fall nochmals die Abdichtfunktion übernehmen.

[0079] Zur Verhinderung oder zumindest Verminderung eines Gasaustritts aus dem Spalt zwischen den Windungen kann alternativ auch vorgesehen sein, auf den Spalt kreuzende Zuführungsbereiche zu verzichten, wie dies Fig. 2c) zeigt. Die Zuführungsbereiche erstrecken sich in Fig. 2c) nach wie vor in Axialrichtung, sind jedoch etwa auf die Breite der Windungen der Folienbahn FB begrenzt und entsprechend im Spaltbereich unterbrochen. Die Unterbrechungen folgen dem Spalt schraubenförmig um den Beschichtungszyylinder 10. Da das Austreten von Spülgas wie Stickstoff in die Umgebung in der Regel unkritisch ist, sind die Zuführungsbereiche für Spülgas in Fig. 2c) nicht unterbrochen sondern durchgehend, den Spalt kreuzend ausgebildet. Das könnte sogar auch für die Zuführungsbereiche eines der Prekursorgase so vorgesehen sein, insbesondere wenn es sich bei diesem um Wasserdampf handelt.

[0080] Bei der Ausführungsform von Fig. 2d) sind die Zuführungsbereiche für Spülgas zusätzlich in den Spaltbereich zwischen den unterbrochenen Zuführungsbereichen für Prekursorgase hinein ausgedehnt, so dass sich ein entlang des Spaltes durchgehender, schraubenförmiger Zuführungsbereich für Spülgas ergibt. Das austretende Spülgas behindert zusätzlich das Eindringen von Prekursorgas in den Spaltbereich, indem es den verfügbaren Raum dort primär ausfüllt.

[0081] Als noch weiteres oder anderes Mittel zur Verhinderung oder zumindest Verminderung eines Gasaustritts aus dem Spalt können seitlich entlang der Kanten der Folienbahn, jedoch noch unter dieser liegend zumindest abschnittsweise Ableitungsbereiche vorgesehen sein, wie dies Fig. 2e) zeigt. Die entsprechenden Ableitungsbereiche sind in Fig. 2e) nur

abschnittsweise bei den Zuführungsbereichen für die Prekursorgase TMA und Wasserdampf vorhanden, könnten sich aber auch durchgängig über die gesamte Spaltlänge erstrecken oder auch nur bei den Zuführungsbereichen für eines der Prekursorgase vorgesehen sein, im betrachteten Beispiel insbesondere wieder bei den Zuführungsbereichen für TMA. Günstigerweise stehen die seitlichen Ableitungsbereiche mit angrenzenden, axialen verlaufenden Ableitungsbereichen in Verbindung, so dass die jeweiligen Zuführungsbereiche allseitig von Ableitungsbereichen umschlossen sind und in diesen quasi Inseln bilden.

[0082] Zur Abdichtung des Spaltes kann schliesslich auch, alternativ oder zusätzlich zu den vorbeschriebenen Mitteln und Massnahmen, ein rohrförmiger Mantel 19 vorgesehen sein, welcher den Beschichtungszyylinder 10 sowie die Folienbahn FB umschliesst. Im unteren Teil von Fig. 3 ist ein solcher Mantel teilweise dargestellt und mit 19 bezeichnet. Der Mantel 19 ist auf seiner inneren, dem Beschichtungszyylinder 10 zugewandten

[0083] Seite zwecks flächig verteilter Zuführung für Spülgas mit einer offenporig porös ausgebildeten Schicht 19.1 versehen. Zugeführt wird das Spülgas über Nuten 19.2, wobei diese ein Verteilungsnetz bilden können. Ein Abschnitt der Folienbahn FB ist zwischen dem Beschichtungszyylinder 10 und dem Mantel 19 in Fig. 3 ebenfalls dargestellt.

[0084] In den Fig. 2a–2e verläuft die Folienbahn FB wegen ihres schraubenförmigen Verlaufs jeweils unter einem schrägen Winkel von beispielsweise etwa 70° gegenüber den sich in Axialrichtung erstreckenden Zuführungs- und Ableitungsbereichen. Grundsätzlich wäre es möglich, diese ebenfalls schraubenförmig auszubilden, was aber herstellungstechnisch aufwändig wäre. Eine Anordnung mit sich in Umfangsrichtung unter einem Winkel von 90° gegenüber der Axialrichtung erstreckenden, ringförmigen Zuführungs- und Ableitungsbereichen wäre jedoch ebenfalls einfach realisierbar.

[0085] Fig. 6 zeigt einen Beschichtungszyylinder 10, auf dem die Windungen der Folienbahn FB mit gegenseitiger Überlappung verlaufen, so dass zwischen benachbarten Windungen kein Spalt verbleibt. Dabei gibt es an einem Ende, in Fig. 6 dem linken, eine Überlappung der Windungen und am anderen Ende, in Fig. 6 dem rechten, zwingend eine Unterlapdöpfung der Windungen. Um die Folienbahn FB an diesem Ende zu- oder wegzuführen wird ein speziell ausgeformtes Endstück benötigt. In Fig. 6 ist dieses Endstück ein Zusatzzyylinder 20 mit reduziertem Durchmesser gegenüber dem Beschichtungszyylinder 10. Wie dieser ist er mit einer porösen Oberflächenschicht zur Ausbildung eines tragenden Gaskissens beispielsweise wieder aus Stickstoff versehen. Er wird am unterlappenden Ende des Beschichtungszyinders 10 befestigt und zwar so, dass der Mantel des Beschichtungszyinders 10 in einem Umfangspunkt bündig mit einem Umfangspunkt des Mantels des Zusatzzyinders 20 ist. Der Zusatzzyylinder 20 ist in diesem gemeinsamen Mantelumfangspunkt gegenüber der Achsrichtung des Beschichtungszyinders 10 nach aussen unter Ausbildung einer Kniekehle abgelenkt. Die Stirnseite des Beschichtungszyinders 10 ist unterlappungsseitig entsprechend dem Verlauf der äusseren Kante der Folienbahn FB schräg ausgebildet. Der Übergang der Folie vom Beschichtungs-10 zum Zusatzzyylinder 20 ist im Wesentlichen unterbrechungsfrei fließend ausgebildet. Gewisse Toleranzen in Form kleinerer Lücken im Übergangsbereich verkraften übliche Folien bei ausreichender Dimensionsstabilität. Bei der beschriebenen Ausbildung endet die diagonale Wicklung um den Beschichtungszyylinder 10 im gemeinsamen Umfangspunkt der beiden Zylindermäntel in der erwähnten Kniekehle. Der kleinere Durchmesser des Zusatzzyinders 20 lenkt die Folienbahn FB weg von der Mantelfläche in den inneren Durchmesserbereich des Beschichtungszyinders 10 und die Verwinkelung distanziert die auf dem Beschichtungszyylinder 10 überlappenden Folienkanten, so dass sich diese beim Kreuzen nicht mehr berühren.

[0086] Fig. 7. zeigt den Beschichtungszyylinder 10 mit der ihm nachgeordneten Messvorrichtung 40 zur Messung eines OTR-Wertes oder NTR-Wertes an der vom Beschichtungszyylinder 10 ablaufenden Folienbahn FB, wobei diese die Messvorrichtung 40 in Fig. 7 in gerader Ausrichtung durchläuft. Der Verlauf der Folienbahn FB entspricht hierbei etwa dem griechischen Buchstaben σ (klein-Sigma).

[0087] Bei einer ersten Ausführungsform der Messvorrichtung 40 gemäss Fig. 8 läuft die Folienbahn FB zwischen einer flachen Deckplatte 41 und einer flachen Messkammer 42 durch, wobei ihre auf dem Beschichtungszyylinder 10 innere, beschichtete Seite gegen die Messkammer 42 gerichtet ist. Die Deckplatte 41 weist eine poröse Oberflächenschicht auf, aus welcher Umgebungsluft L unter erhöhter Temperatur von beispielsweise 30°C – 150°C flächig verteilt gegen die Folienbahn FB ausströmt. Die Luft verlässt den Spalt zwischen der Deckplatte 41 und der Folienbahn FB nach allen Seiten. Wie dies in Fig. 9, in der die Deckplatte 41 weggelassen ist, zu sehen ist, weist die Messvorrichtung 40 rings um die Messkammer 42 einen Zuführungsbereich 43 auf mit einer ebenfalls porös ausgebildeten Oberflächenschicht für einen über diesen Bereich flächig verteilten Spülgasaustritt. Bei dem Spülgas kann es sich zur Messung des OTR-Wertes wieder um Stickstoff N_2 handeln, der jedoch hochrein sein sollte. Zur Messung des NTR-Wertes ist hochreines Argongas verwendbar. Die in Fig. 9 nicht dargestellte Deckplatte 41 schliesst vorzugsweise randseitig mit dem Zuführungsbereich 43 ab und steht dadurch wie dieser auf beiden Seiten über die seitlichen Kanten der Folienbahn FB etwas über. Der grösste Teil des Spülgases N_2 verlässt den Spalt zwischen dem Zuführungsbereich 43 und der Folienbahn FB nach aussen. Nur ein geringer Teil des Spülgases N_2 strömt in die Messkammer 42, da in dieser ein gewisser Druck herrscht, welcher sich durch Wechselwirkung mit dem umgebenden Gaskissen automatisch einstellt. Aus der Messkammer 42 wird pro Zeiteinheit eine geringe Menge Messgas entnommen, welche nur einen Bruchteil des Gasflusses zugunsten des Gaskissens darstellt. Damit ist der Einfluss des exakten Messgas-Stroms auf den Druck in der Messkammer 42 vernachlässigbar. Sowohl die Luft L auf der einen als auch das Spülgas N_2 auf der anderen Seite der Folienbahn FB werden unter Überdruck zugeführt und bilden Gaskissen. Gestützt durch diese Gaskissen und den Staudruck in der Messkammer 42 passiert die Folienbahn FB die Messvorrichtung 40 berührungslos zwischen der Deckplatte 41 und der Messkammer 42. In Laufrichtung der Folienbahn FB vor der Messkammer 42 ist der Zuführungsbereich 43 für Spülgas N_2 vorzugsweise breiter als

in Laufrichtung der Folienbahn FB hinter der Messkammer 42 ausgebildet und weiter vorzugsweise zusätzlich mit einem schlitzförmigen Ableitungsbereich 44 versehen. Dadurch sollen allfällig auf der Beschichtung der Folienbahn FB in der stationären Gas-Grenzschicht vorhandene Spuren von Sauerstoff beziehungsweise Stickstoff vor der Messkammer 42 noch weggespült werden. Das aus der Messkammer 42 entnommene Gas enthält somit praktisch nur Sauerstoff oder Stickstoff durch die Diffusion aus der über die Deckplatte 41 zugeführten, erhitzten Luft durch die Folienbahn FB und ihre Beschichtung. Mit einem Sauerstoff- oder Stickstoffsensor 45 wird der jeweilige Sauerstoff- oder Stickstoffgehalt in dem aus der Messkammer 42 entnommenen Gas ermittelt. Zur Regelung dieses Gasstroms kann dem Sensor 45 ein Gasflussregler nachgeschaltet sein. Der mit dem Sensor 45 gemessene Sauerstoff- oder Stickstoffgehalt entspricht dem gewünschten OTR-Wert beziehungsweise NTR-Wert oder bildet zumindest die Berechnungsbasis dafür.

[0088] In Fig. 9 ist die Messkammer 42 in Aufsicht etwa quadratisch und so bemessen, dass sie die Breite der Folienbahn FB weitgehend überdeckt. Bei einer quadratischen Messvorrichtung 40 ergibt sich ein günstiges Verhältnis zwischen der Fläche der Messkammer 42 und der Länge des sie umgebenden, quasi abdichtenden Zuführungsbereichs 43.

[0089] Wie in Fig. 8 dargestellt, kann die Messkammer 42 mit einem flachen Boden versehen sein, der einen gleichmässigen Abstand von Folienbahn FB aufweist. Dieser Abstand kann sehr gering im Bereich von nur 10 um bis 100 um bemessen sein. Das Spaltmass zwischen der porös ausgebildeten Oberflächenschicht im Zuführungsbereich 43 und der Folienbahn FB kann in diesem Fall etwa die Hälfte dieses Wertes betragen. Der Spalt zwischen der Deckplatte 41 und der Folienbahn FB kann demgegenüber etwas grösser sein wegen des hier grösseren Gasflusses.

[0090] Fig. 10 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Messvorrichtung 40, wobei diese jedoch nur zur Ermittlung des OTR-Wertes geeignet ist. Die Messvorrichtung von Fig. 10 unterscheidet sich von der Vorbeschriebenen gemäss Fig. 8 darin, dass bei ihr aus der Messkammer 42 zur Messung kein Gas entnommen wird. In Aufsicht kann die Messvorrichtung 40 von Fig. 11 Fig. 10 entsprechen. Der Boden der Messkammer 42 besteht hier aus oder ist versehen mit mindestens einer flächigen Membran 46 beispielsweise aus Zirkoniumoxid (ZrO_2). Unterhalb dieser Membran 46 ist ein Bereich 47 vorhanden, der von einem sauerstofffreien Referenzgas wie vorzugsweise wieder hochreinem Stickstoff durchströmt wird. In die Messkammer 42 durch die Folienbahn FB und ihre Beschichtung gelangter Sauerstoff diffundiert in anionischer Form durch die Membran 46 in den Referenzgasstrom, wobei in der Membran 46 zum Ladungsausgleich ein elektrischer Strom fliesst, der gemessen wird (amperometrische Messung). Er entspricht dem gewünschten OTR-Wert oder bildet zumindest die Berechnungsbasis dafür. Das den Bereich 47 durchströmende Referenzgas weist eine Temperatur im Bereich von 300 °C bis 800 °C auf, um die Membran 46 entsprechend aufzuheizen. Die Membran 46 kann auch durch eine elektrische Widerstandsheizung erhitzt sein. Eine hohe Membrantemperatur ist erforderlich, um eine ausreichende Mobilität der Sauerstoffionen in ihr zu gewährleisten. Eine grössere Aufheizung der Folienbahn FB und ihrer Beschichtung oder auch der Deckplatte 41 ist damit andererseits nicht verbunden. Von der Folienbahn FB und ihrer Beschichtung wird, zumindest wenn diese transparent sind, aus der von der Membran 46 abgestrahlten Wärme nur ein geringer Anteil absorbiert. Die poröse Oberfläche der Deckplatte 41 kann als Sintermetallschicht ausgebildet sein, so dass sie die von der Membran 46 ausgehende Wärmestrahlung zu einem grossen Teil reflektiert. Durch die aus der Deckplatte 41 austretende Luft wird die Folienbahn FB zudem mit starker Konvektion gekühlt. Die Temperatur der Deckplatte 41 kann dafür beispielsweise von 100 °C auf 50 °C reduziert werden, sodass die der Membran 46 zugewandte Seiten der Folienbahn FB auf circa 100 °C gekühlt wird. Messkammerseitig ist die Konvektion gering. Die Folienbahn FB hält sich bei den erwähnten Bahngeschwindigkeiten auch nur kurzzeitig im Bereich der Messkammer 42 auf. Falls sich die Folie aufgrund ihrer geringen Wärmeleitfähigkeit auf ihrer Unterseite dennoch zu stark erhitzen sollte, kann zwischen der Foliebahn FB und der Membran 46 eine Wärmeabschirmung angeordnet werden, welche die Konvektion bremst und die von der Membran 46 ausgehende Wärmestrahlung reflektiert, jedoch die Sauerstoffdiffusion nur unwesentlich behindert. Als Wärmeabschirmung kann beispielsweise ein sehr dünnes und feinmaschiges Edelstahlsieb 48 eingesetzt werden.

[0091] Alternativ zur oben erwähnten amperometrischen Messung kann die Membran 46 in Fig. 10 auch stromlos zur potentiometrischen Messung eingesetzt werden. Hierbei wird die sich über der Membran 46 einstellende elektrische Spannung gemessen, die durch den Konzentrationsgradienten in der Membran verursacht wird. In diesem Fall muss eine Akkumulation von Sauerstoff in der Messkammer 42 verhindert werden. Dies lässt sich erreichen, indem ein konstant kleiner, kontrollierter Gasfluss aus der Messkammer 42 entnommen wird. Ebenfalls möglich wäre der Einsatz von mindestens zwei separaten Membranen in derselben Ebene, wobei mindestens eine zur potentiometrischen Messung, und mindestens eine andere zur Sauerstoffentfernung eingesetzt wird.

[0092] Fig. 11 zeigt den Beschichtungszyylinder 10 mit noch einer anderen, ihm nachgeordneten Messvorrichtung 40 zur Messung eines OTR- oder NTR-Wertes, wobei die Folienbahn FB in dieser Messvorrichtung 40 teilweise um einen Zylinder 49 läuft. Dieser entspricht funktional der Deckplatte 41 von Fig. 8 oder 10 und ist wie sie mit einer porösen Oberflächenschicht versehen, aus welcher Umgebungsluft unter erhöhter Temperatur flächig verteilt gegen die Folienbahn FB ausströmt. Durch die ausströmende Luft wird die Folienbahn FB auf einem Gaskissen entgegen ihrer Bahnspannung auf Abstand von der porösen Oberflächenschicht gehalten, was eine sehr genaue Positionierung der Folienbahn FB ermöglicht. Die Messkammer 42 ist entsprechend dem Zylinder 49 gekrümmt ausgebildet, könnte ansonsten aber wie die vorbeschriebenen Messkammern 42 ausgebildet sein einschliesslich der sie umgebenden Vorrichtungsteile, wobei dies in Fig. 11 nicht dargestellt ist. Indem die Position der Folienbahn FB durch das Gaskissen und ihre Bahnspannung festgelegt ist, braucht es hier keinen Überdruck in der Messkammer 42.

[0093] In Umkehrung der Verhältnisse von Fig. 11 könnte die Messkammer 42, so wie dies Fig. 12 zeigt, auch in einen Zylinder und damit vorzugsweise direkt in den Beschichtungszyylinder 10 integriert sein. Erhitzte Umgebungsluft wird dabei über eine ausserhalb des Zylinders angeordnete gekrümmte Deckplatte 41 zugeführt. Damit die Folienbahn FB im Bereich der Messkammer 42 nicht «durchhängt» muss in dieser ein Überdruck gegenüber Umgebungsdruck vorhanden sein. Ausserdem könnte die Messkammer 42 dazu in Laufrichtung der Folienbahn kürzer als bei den vorbeschriebenen Messkammern ausgebildet werden. Aus der Deckplatte 41 wird die erhitzte Luft drucklos zugeführt.

[0094] Sofern die Messkammer 42 in einem mittleren Abschnitt des Beschichtungszyinders integriert ist, kann diese eingesetzt werden, um den OTR- oder NTR-Wert einer dünnen ALD/MLD-Schicht zu messen, deren Schichtdicke beispielsweise nur die Hälfte der auf dem Beschichtungszyylinder insgesamt aufgetragenen Schichtdicke aufweist. Der Beschichtungsprozess würde also nach der halben Zylinderlänge zugunsten der Messkammer 42 unterbrochen und nach der Messkammer fortgesetzt.

[0095] Sofern die Messkammer 42 gemäss den Fig. 9–11 die Masse von 400 mm x 400 mm x 20 µm (10 µm Vertiefung gegenüber der porösen Oberfläche plus 10 µm Gaskissen) aufweist, verfügt sie über ein Volumen von 3.2 mL. Bei einer Gasentnahme von 1 LN/h bei 100 °C aus einer solchen Messkammer 42 dauert der Gasaustausch 8.4 sec. Bei einer Bahngeschwindigkeit von 32 m/min beträgt die örtliche Auflösung in Folienlaufrichtung 4.5 m, wobei die Trägheit des Sensors 45 in dieser Rechnung noch nicht berücksichtigt ist. Aus dem angenommenen Gasfluss von 1 L_N/h folgt andererseits für Sauerstoff eine erforderliche Nachweisgrenze von 7 ppb, um einen OTR-Wert von 10⁻³ g m⁻² Tag⁻¹ bar⁻¹ bei 100 °C messen zu können. Der hochreine Stickstoff muss dabei einen O₂-Gehalt kleiner als 7 ppb aufweisen. Die vorstehenden Zahlen sind nur beispielhaft und sollen nur ungefähr aufzeigen, in welchen Bereichen sich die Messung bewegt. Sauerstoff-Sensoren mit Nachweisgrenzen von 0.5 ppb sind auf dem Markt erhältlich. Stickstoff-Sensoren sind mit 10 ppb weniger empfindlich. Gegenüber Sauerstoff gewinnt man aber circa einen Faktor 10 wegen der höheren Stickstoffkonzentration in Luft, dem kleineren Molekulargewicht und der kleineren Molekülmasse. Zudem wird der gemessene NTR-Wert, im Gegensatz zum OTR-Wert, grösser sein als der steady-state Wert, weil Stickstoff im Beschichtungsprozess auf beiden Seiten der Folienbahn FB vorhanden ist.

[0096] Bei der Messkammer von Fig. 10 erfolgt die Diffusion entlang des Konzentrationsgradienten direkt durch die Membran 46 senkrecht zu deren Fläche, was die Wege zusätzlich verkürzt und sich günstig auf die Messzeit auswirkt. Bei der Ausführungsform von Fig. 11 können durch die Möglichkeit der sehr genauen Positionierung der Folienbahn FB die Abstände und mit ihnen das Volumen der Messkammer 42 noch kleiner als bei den Ausführungsformen von Fig. 8 und 10 ausgebildet werden, was ebenfalls den Zeitbedarf zur Messwertgewinnung verringert.

[0097] Falls ein Mantel zur Abdichtung des Spaltes zwischen den Windungen der Folienbahn FB auf dem Beschichtungszyylinder 10 eingesetzt wird, entfällt die für die OTR-Messung erwünschte Vorbehandlung mit Luftsauerstoff, da die Folienbahn FB beidseitig im Wesentlichen einer Stickstoffatmosphäre ausgesetzt ist. In diesem Fall wäre eine NTR-Messung vorzuziehen, oder die Messkammer 42 sollte im Anschluss an einen Trockner 34 angeordnet werden.

[0098] Der beim Passieren der Messvorrichtung 40 an der laufenden Folienbahn FB während der begrenzten Messzeit ermittelte OTR-Wert beziehungsweise NTR-Wert wird zumindest bei höherer Bahngeschwindigkeit vom an sich gewünschten steady-state Wert, dem er sich mit zunehmender Messzeit asymptotisch annähern würde, um einen bestimmten, konstanten Faktor abweichen. Durch eine Vergleichsmessung bei stehender Folienbahn kann dieser Faktor jedoch ermittelt werden.

[0099] Sofern durch Vergleichsmessungen an der jeweils beschichteten Folienbahn die Korrelation des OTR-Wertes oder des NTR-Wertes mit dem WVTR-Wert ermittelt wird, kann auch der WVTR-Wert berechnet werden.

[0100] Auf entsprechende Weise lassen sich durch Extrapolation sogar Angaben für «vollständige» Barriereschichten mit beispielsweise OTR-Werten kleiner als 10⁻⁵ cm³ m⁻² Tag⁻¹ bar⁻¹ oder WVTR-Werten kleiner als 10⁻⁶ m⁻² Tag⁻¹ gewinnen, indem die «vollständige» Barriereschicht durch Überlagerung von beispielsweise zwei nur «halben» Barriereschichten erzeugt wird, deren weit höhere Transmissionswerte jeweils separat gemessen und danach geeignet kombiniert werden. Die Werte für die «vollständige» Barriere können viel tiefer sein als die Werte für «halbe» Barrieren wenn zwischen den einzelnen Schichten Synergieeffekte bestehen. Möglich wäre die Messung zweier «halber» Barrieren dadurch, dass die zweite «halbe» Barriereschicht über die erste «halbe» Barriereschicht auf einer Seite randseitig überstehend aufgebracht wird. In diesem Fall müsste zumindest die Grösse der Messvorrichtung für die zweite «halbe» Barriereschicht auf das Mass des randseitigen Überstandes dieser «halben» Barriereschicht über die erste «halbe» Barriereschicht angepasst werden. Andererseits könnte bei zwei in Serie angeordneten Beschichtungszyindern der in Laufrichtung der Folienbahn erste Beschichtungszyylinder für die Messung der auf dem zweiten Beschichtungszyylinder aufgetragenen «halben» Barriereschicht eine gewisse Zeit durch Zufuhr nur von Spülgas aus allen Zuführungsbereichen «ausgeschaltet» werden. Nach Zuschalten des ersten Beschichtungszyinders kann die auf diesem aufgetragene erste «halbe» Barriere gemessen werden, bevor die Folienbahn auf den zweiten Beschichtungszyylinder aufläuft und mit der zweiten «halben» Barriere die «vollständige» Barriere entsteht. Hierbei könnten beide «halben» Barrieren über praktisch die gesamte Folienbahnbreite gemessen werden, wie dies Fig. 10 zeigt.

[0101] Mit der Vorrichtung 50, die mit der Messvorrichtung 40 datentechnisch verbunden ist, kann die Folienbahn FB 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, stanztechnisch, 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 FB über deren beschichtete Fläche verteilt beispielsweise in einem Raster von 100 mm x 100 mm oder entsprechend der anschließenden Weiterverarbeitung angebracht werden.

LISTE DER BEZUGSZEICHEN

[0102]

R1	Rolle für Abrollung
R2	Rolle für Aufrollung
FB	Folienbahn
AD	Abdeckung
RP	Raupe
HB	Hilfsträgerbahn
L	Luft
N ₂	Stickstoff/Spülgas
K1	erste Klebschicht
K2	zweite Klebschicht
B	Beschichtung
10	Beschichtungszyylinder
10.1	Rohr
11, 12	Endabschnitte
13	Zuführungsbereich
13.1	poröse Oberflächenschicht
14.1	Zuführungskanal
14.2	Verbindung
14.3	Verteilungsnut
15	Ableitungsbereiche
16.1	Ableitungskanal
16.2	Verbindung
16.3	Sammelnut
17	Zuführungsbereich
17.1	poröse Oberflächenschicht
18	Zuführungsbereich
18.1	Schlitz

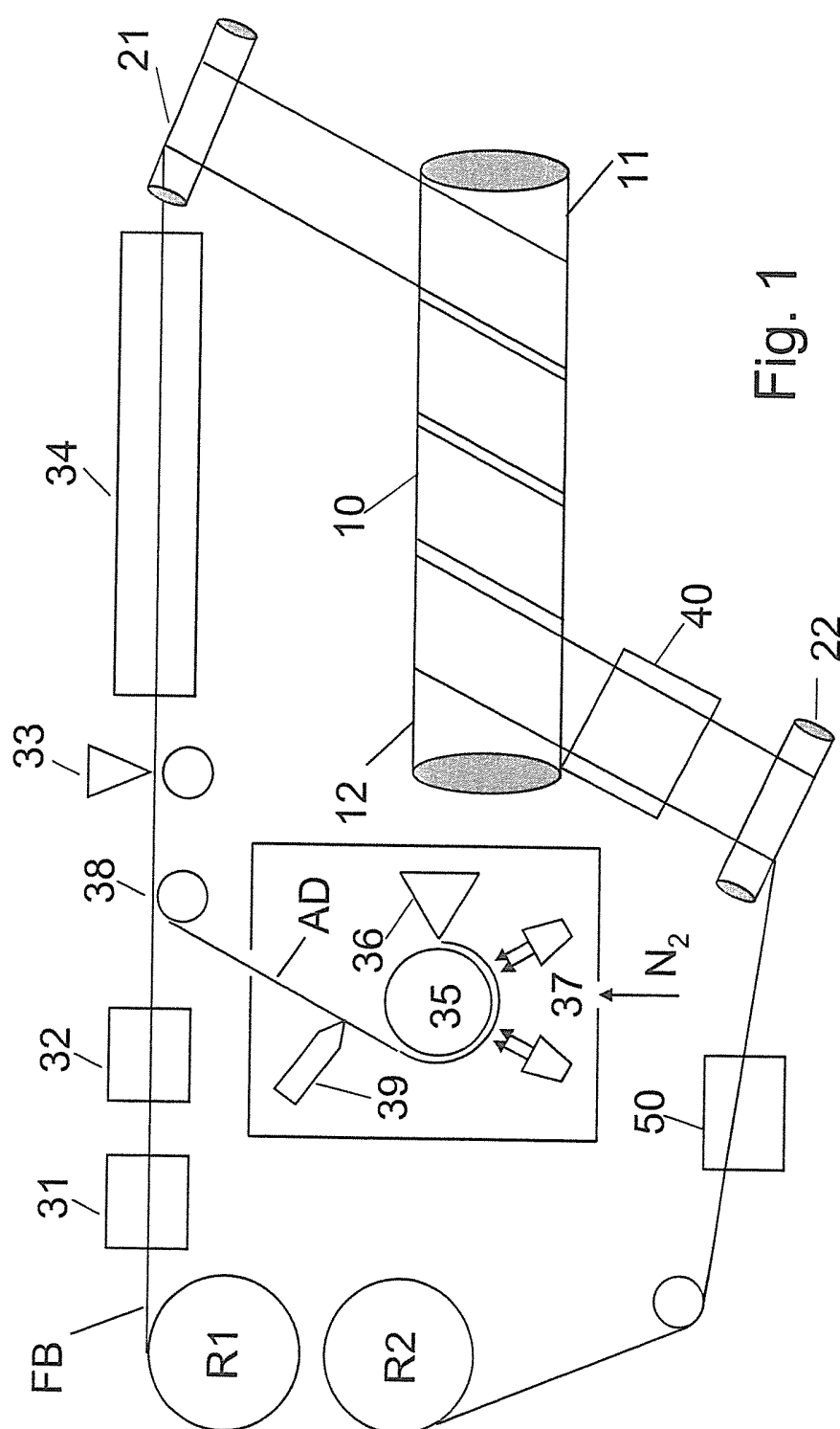
- 19 rohrförmiger Mantel
- 20 Zusatzzylinder
- 21 Umlenkzylinder
- 22 Umlenkzylinder
- 30 Aggregate
- 31 Partikelreinigung
- 32 Coronaentladung
- 33 Flüssigbeschichtung
- 34 Trocknungsstrecke
- 35 Beschichtungswalze
- 36 Breitschlitzdüse 36
- 37 UV-Strahler
- 38 Andruckwalze
- 39 Schneidmittel
- 40 OTR/NTR-Messvorrichtung
- 41 Deckplatte
- 42 Messkammer
- 43 Zuführungsbereich
- 44 Ableitungsbereich
- 45 Sauerstoff-/Stickstoffsensor
- 46 Membran
- 47 Referenzgasbereich
- 48 Edelstahlsieb
- 49 Zylinder
- 50 Beschriftung und/oder Codierung der Folienbahn

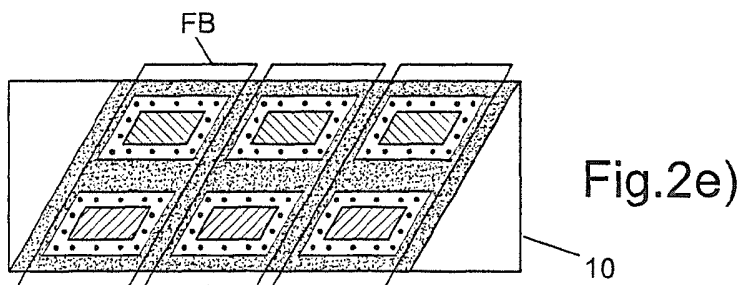
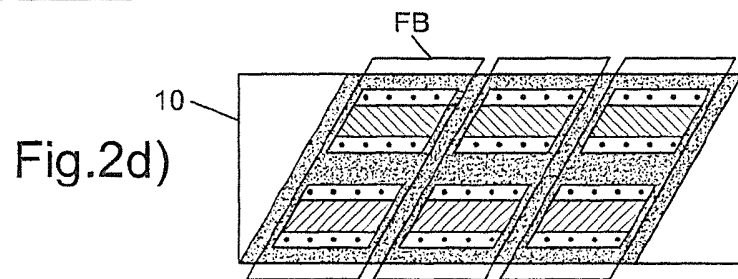
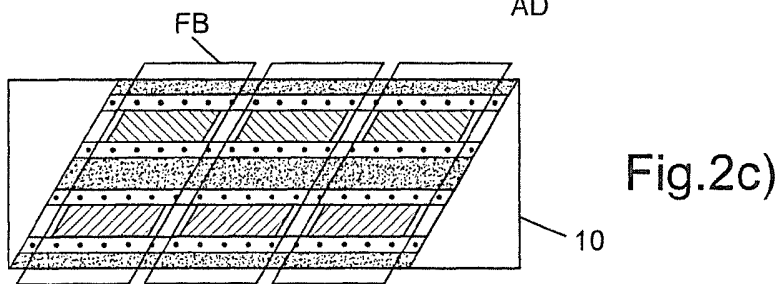
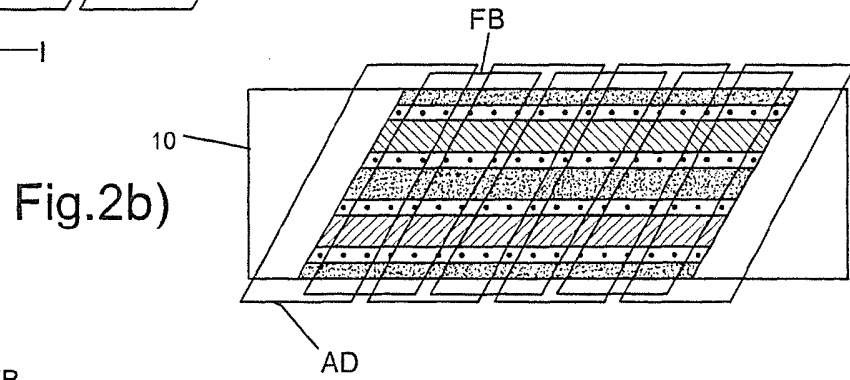
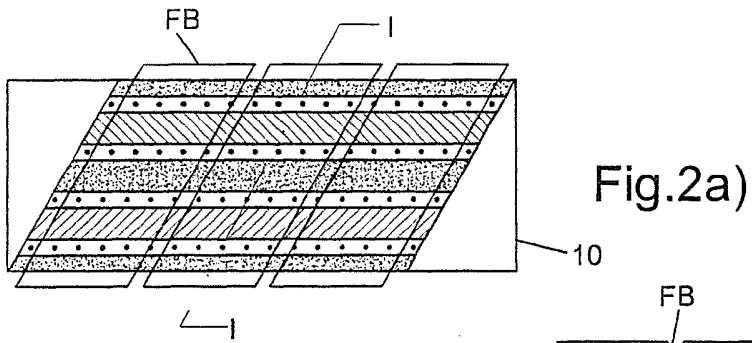
Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Abscheidung dünner Schichten durch wenigstens zwei selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen (ALD/MLD) unter erhöhter Temperatur auf einer unter Zugspannung stehenden, laufenden Folienbahn (FB), wobei die Vorrichtung mindestens einen Beschichtungszyylinder (10) sowie Bahnlenkungsmittel (21, 22) aufweist, wobei die Bahnlenkungsmittel (21, 22) dazu ausgebildet sind, die Folienbahn (FB) dem Beschichtungszyylinder (10) zuzuführen und nach mehreren, schraubenförmigen Windungen von diesem wieder abzunehmen, wobei der Beschichtungszyylinder (10) entlang der schraubenförmigen Windungen mehrere Zuführungs- und Ableitungsbereiche (13, 15, 17; 18) für Reaktions- und Spülgas aufweist, und wobei die Folienbahn (FB) in den Zuführungsbereichen (13, 17, 18) entgegen ihrer Zugspannung auf einem Gaskissen auf Abstand von der Oberfläche des Beschichtungszyinders (10) gehalten wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Beschichtungszyylinder (10) stillstehend montiert ist, dass die Länge des Beschichtungszyinders (10) grösser als sein Durchmesser ist, und dass die Oberfläche des Beschichtungszyinders (10) in zumindest einigen Zuführungsbereichen porös für einen flächig über diese Bereiche verteilten Gasaustritt ausgebildet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Folienbahn (FB) auch in den Ableitungsbereichen (15) auf einem Gaskissen auf Abstand von der Oberfläche des Beschichtungszyinders (10) gehalten wird.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in Laufrichtung der Folienbahn (FB) benachbarte Zuführungsbereiche (13, 17, 18) wahlweise mit demselben oder mit verschiedenen Reaktions- oder Spülgas/en beschickbar sind.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Zuführungsbereiche (13, 17, 18) in Laufrichtung der Folienbahn (FB) eine unterschiedliche Ausdehnung aufweisen.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass sich Zuführungs- und Ableitungsbereiche (13, 15, 17, 18) in Axialrichtung des Beschichtungszylinders (10) mit konstanter Ausdehnung in dessen Umfangsrichtung vorzugsweise über den grössten Teil von dessen Länge erstrecken.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–5, dadurch gekennzeichnet, dass sich Zuführungsbereiche (13, 17, 18) für Reaktionsgas und für Spülgas in Axialrichtung des Beschichtungszylinders (10) abwechseln.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass sich zumindest abschnittsweise schraubenförmig entlang des Beschichtungszylinders (10) erstreckende Ableitungsbereiche (15) für Reaktions- und Spülgas und/oder Zuführungsbereiche (13, 17, 18) für Spülgas vorhanden sind.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–7, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Beschichtungszylinder (10) vorhanden sind, denen die Folienbahn (FB) nacheinander oder zumindest teilweise alternativ zuführbar ist und wobei vorzugsweise wenigstens zwei der Beschichtungszylinder (10) hinsichtlich zumindest einiger Zuführungs- und Ableitungsbereiche (13, 15, 17, 18) unterschiedlich ausgebildet sind.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–8, dadurch gekennzeichnet:
dass die Länge des Beschichtungszylinders (10) 4-fach bis 20-fach, insbesondere 5-fach bis 14-fach, grösser als sein Durchmesser ist, und/oder
dass die Länge des Beschichtungszylinders (10) 2 m bis 20 m, insbesondere 3 m bis 10 m, beträgt, und/oder
dass die Ausdehnung der Zuführungsbereiche (13, 17, 18) in Laufrichtung der Folienbahn (FB) oder in Umfangsrichtung des Beschichtungszylinders (10) 5 mm bis 30 mm, insbesondere 8 mm bis 12 mm, beträgt, und/oder
dass die Ausdehnung der Ableitungsbereiche (15) in Laufrichtung der Folienbahn oder in Umfangsrichtung des Beschichtungszylinders 0.5 mm bis 2 mm, insbesondere 0.8 mm bis 1.1 mm, beträgt, und/oder
dass zumindest Gruppen von Zuführungs- und Ableitungsbereichen (13, 15, 17, 18) entlang der schraubenförmigen Windungen oder in Umfangsrichtung des Beschichtungszylinders (10) gleichmässig verteilt angeordnet sind, und/oder
dass der Beschichtungszylinder (10) und/oder das Reaktions- und/oder das Spülgas vorzugsweise auf eine Temperatur von 60 °C bis 150 °C heizbar ist, und/oder
dass sie zur Beschichtung von Folienbahnen (FB) mit einer Breite bis 150 cm, insbesondere mit einer Breite von 30 bis 50 cm geeignet ist, und/oder
dass sie für eine Bahngeschwindigkeit der Folienbahn (10) bis zu 120 m/min, insbesondere von 20 m/min bis 40 m/min, ausgebildet ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-9, dadurch gekennzeichnet, dass zur Abdichtung des Spaltes zwischen benachbarten, sich nicht überdeckenden Windungen der Folienbahn auf dem Beschichtungszylinder (10) eine den Spalt überdeckende Abdeckung (AD) mit der Folienbahn (FB) zumindest auf dem Beschichtungszylinder (10) mitläuft.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Abdeckung (AD) einen Träger (HB) umfasst, welcher zumindest auf seiner der Folienbahn (FB) auf dem Beschichtungszylinder (10) zugewandten Seite, vorzugsweise jedoch beidseitig, klebrig oder mit einer Klebschicht (K1, K2) zur nicht-permanenten Verbindung mit der Folienbahn (FB) versehen ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass sie Aufrollmittel (R2) umfasst, um die Folienbahn (FB) zusammen mit der Abdeckung (AD) auf sich selbst aufzurollen.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 - 13, dadurch gekennzeichnet, dass sie Mittel (35-38) umfasst, um die Abdeckung (AD) während des Durchlaufs der Folienbahn (FB) aus einer flüssigen Masse zu erzeugen und mit ihr zu verbinden.
14. Mit durch wenigstens zwei selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen (ALD/MLD) abgeschiedenen dünnen Schichten (B) sowie mit einer mit den Mitteln gemäss Anspruch 13 erzeugten Abdeckung (AD) versehene Folienbahn (FB) oder Zuschnitte daraus.
15. Vorrichtung zur Abscheidung dünner Schichten durch wenigstens zwei selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen (ALD/MLD) unter erhöhter Temperatur auf einer unter Zugspannung stehenden, laufenden Folienbahn (FB), wobei die Vorrichtung mindestens einen Beschichtungszylinder (10) aufweist, insbesondere Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–13, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine von der durch den Beschichtungsvorgang noch erhitzten Folienbahn (FB) durchlaufende Messvorrichtung (40) zur Ermittlung der Sauerstoff- oder Stickstoffdurchlässigkeit der Folienbahn (FB) und der auf ihr abgeschiedenen dünnen Schichten (B) umfasst.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass sie Mittel (50) zur Beschriftung und/oder Codierung der laufenden Folienbahn (FB) mit wenigstens einem der ermittelten oder daraus abgeleiteten Sauerstoff-, Stickstoff- und/oder Wasserdampfdurchlässigkeitswerte umfasst.

17. Mit durch wenigstens zwei selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen (ALD/MLD) abgeschiedenen dünnen Schichten (B) versehene sowie mit den Mitteln (40) gemäss Anspruch 16 ermittelten oder daraus abgeleiteten Sauerstoff-, Stickstoff-und/oder Wasserdampfdurchlässigkeitswerten beschriftete und/oder codierte Folienbahn (FB) oder Zuschnitte daraus.
18. Verfahren zur Abscheidung dünner Schichten durch wenigstens zwei selbstbegrenzende Oberflächenreaktionen (ALD/MLD) unter erhöhter Temperatur auf einer unter Zugspannung stehenden, laufenden Folienbahn (FB), insbesondere unter Verwendung einer Vorrichtung nach einem der vorangehenden Vorrichtungsansprüche, wobei die Folienbahn (FB) einem mit Zuführungs- und Ableitungsbereichen (13, 15, 17, 18) für Reaktions- und Spülgas versehenen Beschichtungszyylinder (10) zugeführt und nach mehreren schraubenförmigen Windungen von diesem wieder abgenommen wird, und wobei die Folienbahn (FB) in den Zuführungsbereichen (13, 17, 18) entgegen ihrer Zugspannung auf einem Gaskissen auf Abstand von der Oberfläche des Beschichtungszyinders (10) gehalten wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Beschichtungszyylinder (10) stillsteht, dass die Folienbahn (FB) mit mindestens fünf Windungen um den Beschichtungszyylinder (10) herumgeführt wird, und dass das Gas für die Gaskissen in zumindest einigen Zuführungsbereichen (13, 17) durch eine porös ausgebildete Oberflächenschicht (13.1, 17.1) des Beschichtungszyinders (10) flächig verteilt zugeführt wird.





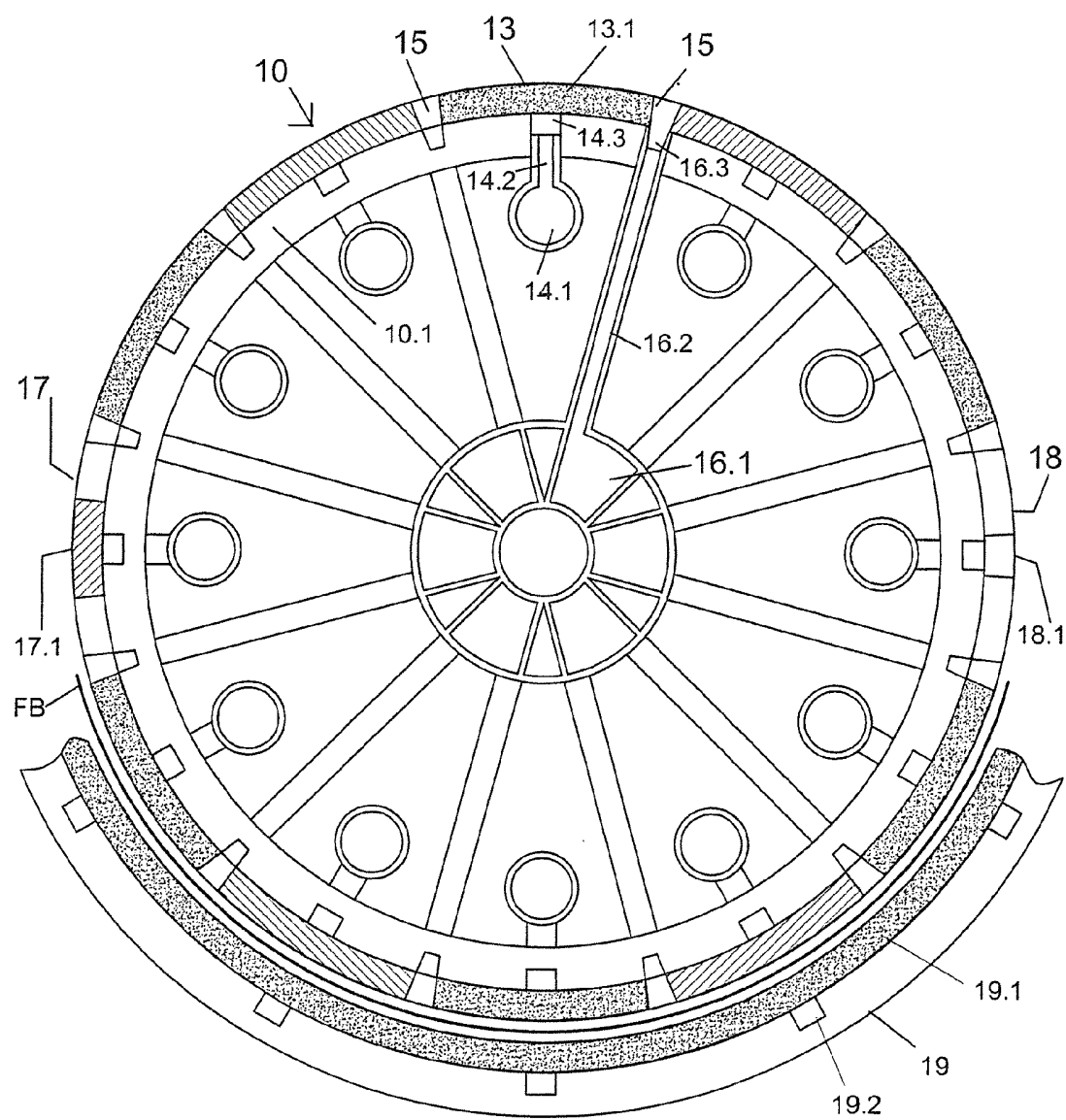
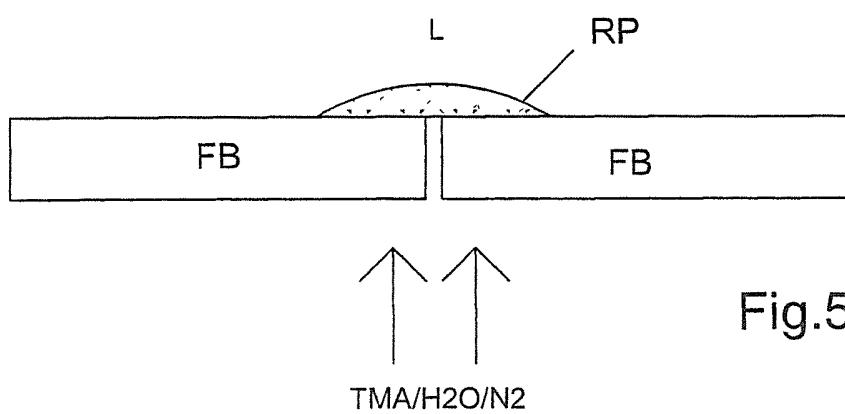
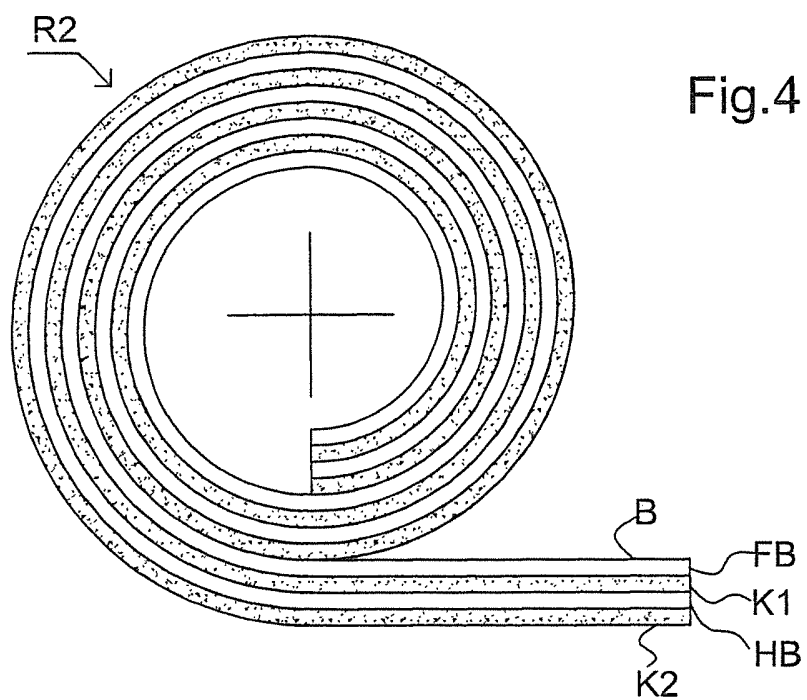
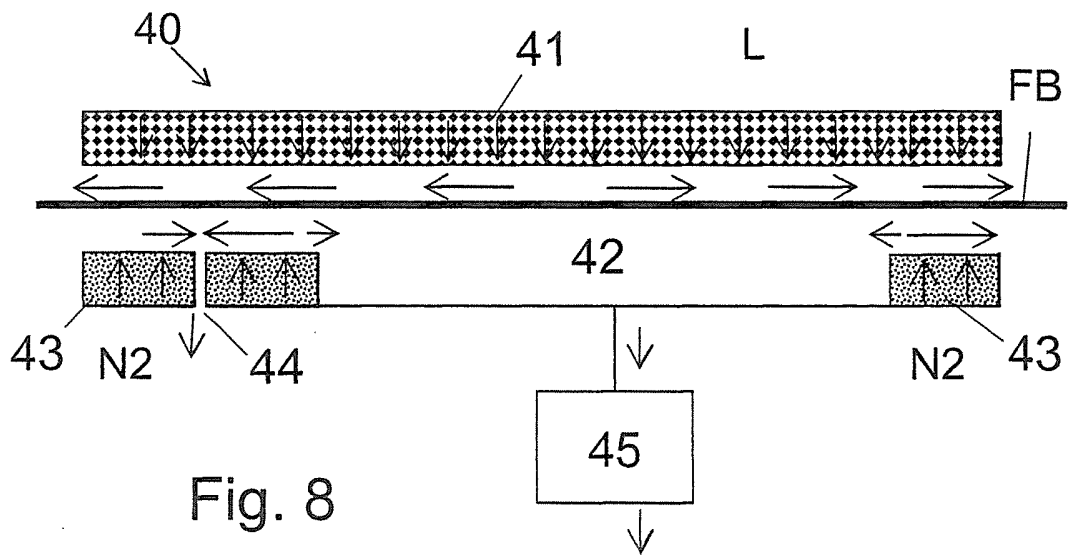
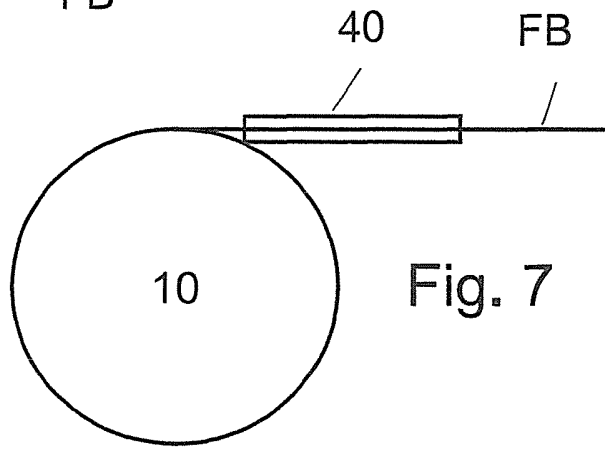
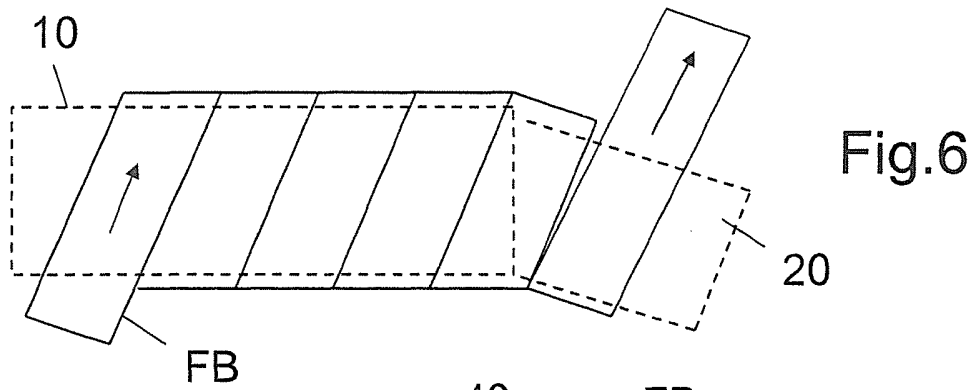


Fig.3





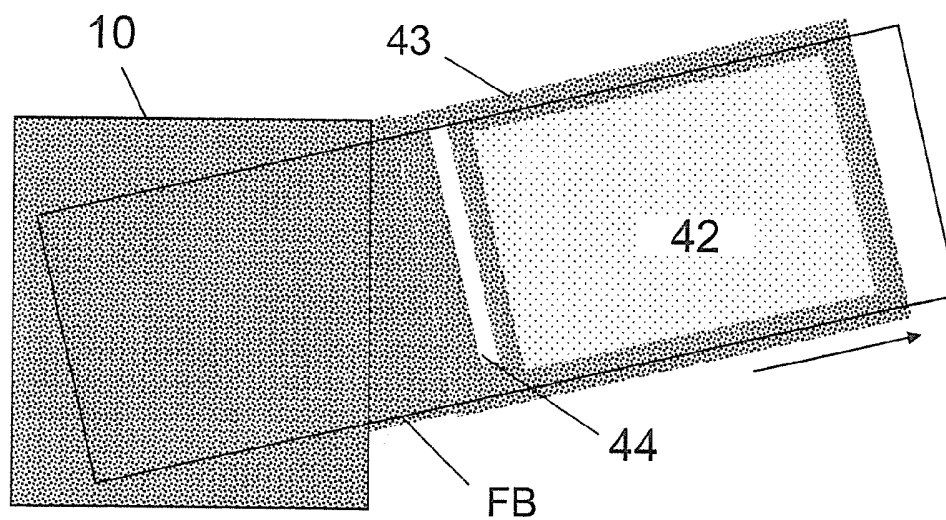


Fig. 9

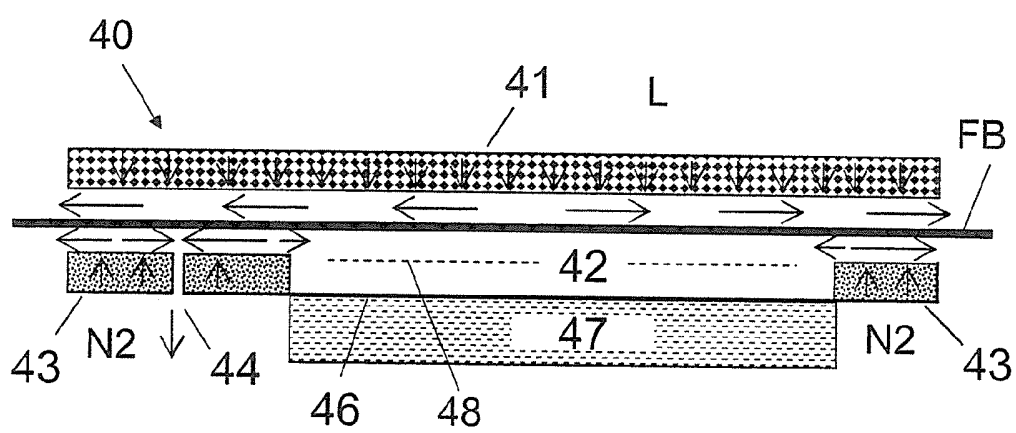
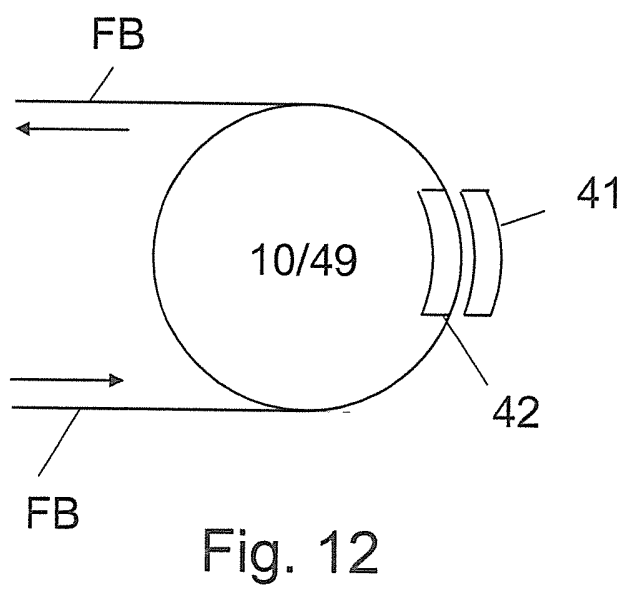
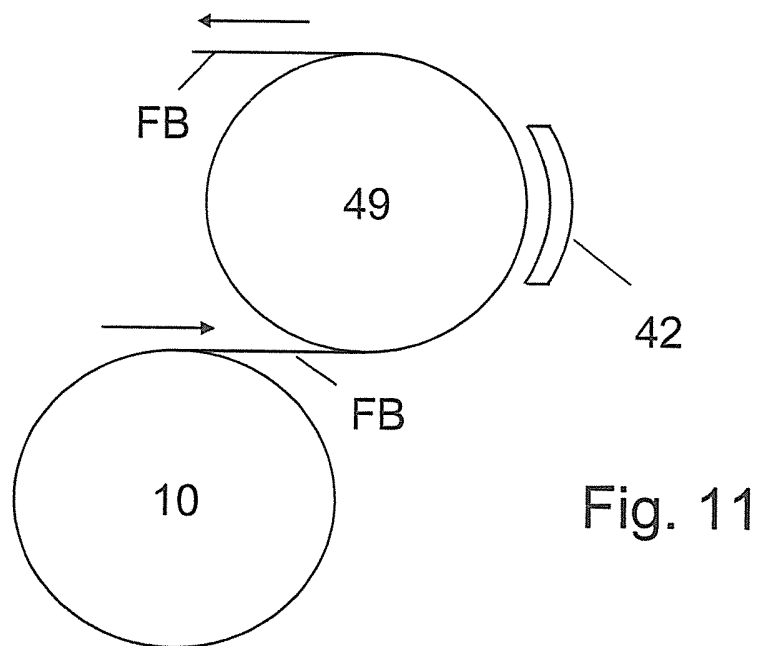


Fig. 10



TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE		COTE DU DOSSIER DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE	
		P10897CH00	
Demande nationale n°		Date du dépôt	
3102015		06-03-2015	
Pays du dépôt		Date de priorité revendiquée	
CH			
Déposant (Nom)			
Fofitec AG			
Date de la requête d'une recherche de type international		Numéro donné par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international	
30-07-2015		SN64014	
I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE (en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)			
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB			
C23C16/455;C23C16/54;C23C16/52			
II. DOMAINES RECHERCHES			
Documentation minimale consultée			
Système de classification		Symboles de la classification	
IPC		C23C	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents font partie des domaines consultés			
III. ☐ IL A ETE ESTIME QUE CERTAINES REVENDEICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)			
IV. ☒ ABSENCE D'UNITE DE L'INVENTION (Observations sur la feuille supplémentaire)			

Form PCT/ISA 201 A (11/2000)

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 3102015

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. C23C16/455 C23C16/54 C23C16/52
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Rechenstrichter Mindestprüfzeit (Klassifikationsystem und Klassifikationsymbole)

C23C

Rechenstriche, aber nicht zum Mindestprüfzeit gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche korrektierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank, und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN

Kategorie*	Beschreibung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG Siehe Ergänzungsblatt B ----- WO 2014/123415 A1 (TNO [NL]) 14. August 2014 (2014-08-14) * Zusammenfassung * * Seite 3, Zeile 22 - Seite 11, Zeile 11; Seite 31, Zeilen 6 - 16; Seite 33, Zeilen 14 - 23; Abbildungen 1,10,4,8 * * Seite 36, Zeile 14 - Seite 37, Zeile 2 * ----- -/-	1-13, 18

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anfang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besondere bedeutsam anzusehen ist

"E" offenes Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbereich genannten Veröffentlichung berichtigt werden soll, oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgelöst)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Demonstration, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis der Erfindung zugrundeliegenden Prinzipie oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann ähnlich aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindungsfähiger Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindungsfähiger Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fortschritt nahegelegt ist

"B" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des tatsächlichen Abschlusses der Recherche internationaler Art

21. Oktober 2015

Abschließendes Datum des Berichts über die Recherche internationaler Art

Name und Postanschrift der internationalen Rechercheinrichtung

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040
Fax (+31-70) 340-3016

Berechtigter Recherchenleiter

Schmidtbauer, H

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 3102015

C. (Fortsetzung): ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Seit. Angaben Nr.
A	PAUL POODY ET AL: "Review Article:Spatial atomic layer deposition: A route towards further industrialization of atomic layer deposition", JOURNAL OF VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY: PART A, AVS /AIP, MELVILLE, NY., US, Bd. 30, Nr. 1, 14. Dezember 2011 (2011-12-14), Seiten 10802-1, XP002666916, ISSN: 0734-2101, DOI: 10.1116/1.3670745 [gefunden am 2011-12-14] * Kapitel I. Introduction; Kapitel V.A. Spatial ALD for flexible electronics; Abbildung 11 *	1-13,18
A	DE 10 2012 207172 A1 (OSRAM GMBH [DE]) 31. Oktober 2013 (2013-10-31) * Absatz [0063] - Absatz [0082]; Abbildungen 1, 2 *	1-13,18
X	WO 2010/065966 A2 (LOTUS APPLIED TECHNOLOGY LLC) 10. Juni 2010 (2010-06-10)	17
A	* Absätze [0003] - [0004], [0018] - [0028], [0032] - [0034]; Abbildungen 2,3, *	15,16
X	GRÖNER: "Gas diffusion barriers on polymers using Al ₂ O ₃ atomic layer deposition", APPLIED PHYSICS LETTERS, Bd. 88, Nr. 5, 31. Januar 2006 (2006-01-31), Seiten 1-3, XP055018751, ISSN: 0003-6951	17
A	* das ganze Dokument *	15,16
A	MEYER J ET AL: "Al ₂ O ₃ /ZrO ₂ Nanolaminates as Ultrahigh Gas-Diffusion Barriers- A Strategy for Reliable Encapsulation of Organic Electronics", ADVANCED MATERIALS, WILEY - V C H VERLAG GMBH & CO. KGAA, DE, Bd. 21, Nr. 18, 19. Februar 2009 (2009-02-19), Seiten 1845-1849, XP002586026, ISSN: 0935-9648, DOI: 10.1002/ADMA.200803440 * das ganze Dokument *	15-17
A	US 2014/302232 A1 (MOSSO RONALD J [US] ET AL) 9. Oktober 2014 (2014-10-09) * Absätze [0002] - [0004], [0006], [0019], [0043], [0081] *	15,16
-/--		

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 3102015

C (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beiz. Anspruch Nr.
A	GEVELBER M ET AL: "Towards closed-loop control of CVD coating microstructure", MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING A: STRUCTURAL MATERIALS: PROPERTIES, MICROSTRUCTURES AND PROCESSING, ELSEVIER BV, NL, Bd. 209, Nr. 1-2, Mai 1996 (1996-05), Seiten 377-383, XP026740948, ISSN: 0921-5093, DOI: 10.1016/0921-5093(95)10092-X [gefunden am 1996-05-01] * Kapitel 1 - 2 *	15,16

2

Formblatt PCT/ISA/GG1 (Fortsetzung von Blatt 1) (Januar 2004)

Seite 3 von 3

**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

SN 64014
CH 3102015

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Ansprüche: 1-13, 15-18

stillstehend montierter Beschichtungszyylinder (10)
Messvorrichtung (40) für OTR oder NTR in Vorrichtung mit
Beschichtungszyylinder

1.1. Ansprüche: 15-17

Messvorrichtung (40) für OTR oder NTR in Vorrichtung mit
Beschichtungszyylinder

2. Anspruch: 14

Folienbahn (F8) mit Abdeckung (A0) erzeugt aus flüssiger
Masse

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 3102015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
WO 2014123415	A1	14-08-2014	EP 2765218 A1	13-08-2014
			TW 201437420 A	01-10-2014
			WO 2014123415 A1	14-08-2014
DE 102012207172	A1	31-10-2013	CN 104271798 A	07-01-2015
			DE 102012207172 A1	31-10-2013
			EP 2844784 A1	11-03-2015
			US 2015132872 A1	14-05-2015
			WO 2013164268 A1	07-11-2013
WO 2010065966	A2	10-06-2010	CN 102239278 A	09-11-2011
			EP 2364380 A2	14-09-2011
			JP 2012511106 A	17-05-2012
			KR 20110100618 A	14-09-2011
			US 2010143710 A1	10-06-2010
			WO 2010065966 A2	10-06-2010
US 2014302232	A1	09-10-2014	US 2011143019 A1	16-06-2011
			US 2014302232 A1	09-10-2014