

(19)



(11)

**EP 3 599 092 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**24.07.2024 Patentblatt 2024/30**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

**B41F 15/08** <sup>(2006.01)</sup>      **B41F 17/18** <sup>(2006.01)</sup>  
**B41J 3/407** <sup>(2006.01)</sup>      **B41J 11/00** <sup>(2006.01)</sup>  
**B41M 5/00** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **19182132.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

(22) Anmeldetag: **25.06.2019**

**B41J 3/40733; B05B 7/20; B05B 13/0235;**  
**B05B 13/0242; B41J 3/4073; B41J 11/0015**

(54) **VERFAHREN ZUM AUFBRINGEN EINER FUNKTIONS-SCHICHT AUF EINEN BEHÄLTER**

METHOD FOR DEPOSITING A FUNCTIONAL LAYER ON A CONTAINER

PROCÉDÉ D'APPLICATION D'UNE COUCHE FONCTIONNELLE SUR UN RÉCIPIENT

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

• **Lauterbach, Florian**  
**93073 Neutraubling (DE)**

(30) Priorität: **27.07.2018 DE 102018212623**

(74) Vertreter: **Grünecker Patent- und Rechtsanwälte  
PartG mbB**  
**Leopoldstraße 4**  
**80802 München (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**29.01.2020 Patentblatt 2020/05**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 1 148 036**      **EP-A2- 2 799 241**  
**WO-A1-2017/194656**      **DE-A1-102013 110 125**  
**DE-A1- 102013 215 637**      **JP-A- 2018 024 559**  
**US-B1- 10 016 997**

(73) Patentinhaber: **Krones AG**  
**93073 Neutraubling (DE)**

(72) Erfinder:

• **Cong, Yifang**  
**93073 Neutraubling (DE)**

**EP 3 599 092 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Behandeln einer Oberfläche eines Behälters gemäß Anspruch 1 und eine Behälterbehandlungsmaschine zum Behandeln einer Oberfläche eines Behälters gemäß Anspruch 9.

## Stand der Technik

**[0002]** In der Verpackungsindustrie, insbesondere in der Getränkeverarbeitenden Industrie kommen häufig Behälter auf Kunststoffbasis, insbesondere PET und andere Materialien wie Glas oder Metall, zum Einsatz. Soll die äußere Oberfläche dieser Behälter bedruckt oder anderweitig bearbeitet werden, muss sichergestellt werden, dass die aufzubringenden Materialien auch an der Oberfläche des Behälters haften. Da die Eigenschaften (physikalisch und/oder chemisch) der Oberfläche von Behältern abhängig vom verwendeten Material sind und auch bei einem gegebenen Behälter nicht homogen sind, wurden in der Vergangenheit verschiedene Möglichkeiten angegeben, die Eigenschaften der Oberfläche des Behälters mit Hinblick auf eine Benetzung mit Drucktinten oder anderen Materialien zu verbessern.

**[0003]** So schlägt die EP 2 089 234 B1 ein Verfahren vor, bei dem auf den Behälter zunächst eine Grundierung und dann ein Druckbild mit Hilfe digitaler Techniken aufgebracht wird. Die Grundierung kann zur Verbesserung der Hafteigenschaften der darauf aufgetragenen Drucktinte vorgegeben sein.

**[0004]** Es erweist sich jedoch als problematisch, dass auch die Grundierung auf der Oberfläche des Behälters haften muss und ihre Zusammensetzung daher abhängig vom Behältermaterial ist, was auch Einfluss auf die Hafteigenschaften der auf die Grundierung aufgetragenen Drucktinte haben kann.

**[0005]** Andererseits schlägt die EP 1 148 036 B1 vor, die Oberfläche eines Behälters zunächst mit Hilfe von Brennern zu oxidieren und anschließend eine haftvermittelnde Funktions-Schicht auf die oxidierte Oberfläche mittels Flammenpyrolyse aufzubringen, wobei hierbei insbesondere siliziumhaltige Materialien zum Einsatz kommen. Aufgrund der vielen unterschiedlichen Verfahrensschritte, die zur Vorbehandlung der Oberfläche des Behälters nötig sind, wird die Vorbehandlung des Behälters komplex und ist darüber hinaus ebenfalls stark abhängig von dem zugrundeliegenden Behältermaterial. Außerdem besteht bei diesen Verfahren die Gefahr, dass die Behälteroberfläche Verkohlungen erleidet.

**[0006]** Weiterhin sind inzwischen Verfahren bekannt, bei denen Oberflächen, insbesondere Kunststoffoberflächen mittels eines reinen atmosphärischen Plasmas behandelt werden. Das Plasma tritt dabei als verformter Bogen aus einer Düse aus. Die räumliche Ausdehnung des Plasmastrahls senkrecht zur Bewegungsrichtung ist üblicherweise klein, sodass die Oberfläche in mehreren Abschnitten behandelt werden muss. Weiterhin ist bei

diesem Verfahren bisher problematisch, dass die Behälter konturiert sind, also eine von einer im wesentlichen glatten Oberfläche abweichende Oberflächenform (beispielsweise mit Rillen) aufweisen. Da der Plasmastrahl nur eine geringe Schärfentiefe bzw. Wirkbreite besitzt, war bisher nur das Behandeln von Behältern mit glatter Oberfläche im Wesentlichen ohne Konturierung möglich.

**[0007]** Die JP 2018 024559 A offenbart ein Verfahren zur Produktion einer oberflächenbehandelten, mit Harz beschichteten Glasflasche, umfassend einen Schritt, durch welchen sich eine Harzschicht auf zumindest einem Teil einer äußeren Flaschenoberfläche formt, um eine mit Harz beschichtete Flasche zu erhalten; und einen Schritt, in dem eine Oberfläche der Harzschicht der beschichteten Glasflasche einer Behandlung durch eine Flamme unterzogen wird, welche durch das Verbrennen einer Gasmischung aus Kohlenwasserstoff, Sauerstoff und einer siliziumhaltigen Verbindung erhalten wird, damit sich eine Silikat-Schicht auf der Oberfläche der Harzschicht formt.

**[0008]** Die Erfindung der EP 2 799 241 A2 betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Direktbedrucken von Kunststoffbehältern, wobei in einem ersten Schritt eine Zwischenschicht mit Hilfe einer ersten Vorrichtung auf den zu bedruckenden Behälter aufgebracht wird und in einem zweiten Schritt der Behälter in bestimmten Bereichen mit Hilfe einer zweiten Vorrichtung bedruckt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenschicht eine Verbindung mit dem Behälter und der Druckschicht eingeht, die unlöslich in wässrigen Lösungen mit einem pH-Wert zwischen 3 und 10 und gut löslich in wässrigen Lösungen mit einem pH-Wert in einem Bereich kleiner als 3 und/oder größer als 10 ist; und ein Recyclingverfahren für einen mit einer Zwischenschicht versehenen Kunststoffbehälter.

**[0009]** In der US 10 016 997 B1 wird ein Drucker offenbart, der mit einem Oberflächenbehandlungssystem ausgestattet ist, welches eine Haltevorrichtung zum sicheren Halt eines Gegenstands in der Haltevorrichtung sowie eine Mehrzahl an Vorrichtungen zur Oberflächenbehandlung enthält, wobei jede Vorrichtung zur Oberflächenbehandlung den Gegenstand auf eine andere Weise behandelt als die übrigen Vorrichtungen zur Oberflächenbehandlung, sodass der Drucker eine breite Palette an Materialien zum Direktdruck auf dem Gegenstand behandeln kann.

**[0010]** Die DE 10 2013 110125 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Oberflächenvorbehandlung eines dreidimensionalen Körpers zur Vorbereitung einer dreidimensionalen Oberfläche des Körpers für ein Bedrucken, bei dem die zu bedruckende Oberfläche zur Säuberung und/oder zur Anpassung an die Oberflächenspannung des Druckmaterials relativ zu einer Oberflächenbehandlungseinrichtung bewegt wird, um die gesamte zu bedruckende Oberfläche zu behandeln. Dabei ist vorgesehen, dass der dreidimensionale Körper in einer Transportstrecke einer Transporteinrichtung der Oberflächenbehandlung unterzogen wird.

**[0011]** Die DE 10 2013 215637 A1 beschreibt eine Vorrichtung zum Bedrucken von Behältern, umfassend wenigstens eine Transportstrecke in der Behälter transportiert werden können und eine Vielzahl von Druckmodulen zum Bedrucken der Behälter, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Druckmodule Digitaldruckmodule sind und sich hinsichtlich ihrer Digitaldrucktechnik unterscheiden und ein entsprechendes Verfahren.

### Aufgabe

**[0012]** Ausgehend vom bekannten Stand der Technik besteht die zu lösende technische Aufgabe daher darin, ein Verfahren und eine Behälterbehandlungsmaschine anzugeben, die eine Verbesserung der Benetzbarkeit der Oberfläche eines Behälters erreichen, jedoch gleichzeitig weniger spezielle Ansprüche hinsichtlich der Komplexität des durchgeführten Verfahrens bzw. der Behälterbehandlungsmaschine stellen.

### Lösung

**[0013]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Verfahren nach Anspruch 1 und die Behälterbehandlungsmaschine zum Behandeln einer Oberfläche eines Behälters nach Anspruch 9 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen erfasst.

**[0014]** Das erfindungsgemäße Verfahren zum Behandeln einer Oberfläche eines Behälters, wie einer Flasche, in der Verpackungsindustrie umfasst, dass auf eine nicht oxidierte Oberfläche des Behälters in einer Behälterbehandlungsmaschine eine Funktions-Schicht aufgebracht wird.

**[0015]** Die Funktions-Schicht ist eine Schicht, die auf die Oberfläche des Behälters aufgebracht wird, bevor der Behälter mit einem Druckbild oder überhaupt Drucktinte benetzt wird. Das Aufbringen der Funktions-Schicht umfasst dabei keine Verfahren, die einen digitalen Druck einer solchen Funktions-Schicht erfordern.

**[0016]** Die nicht oxidierte Oberfläche des Behälters ist als solche Oberfläche zu verstehen, die nicht in einem vorangegangenen Verfahrensschritt durch eine oxidierende Flamme oder andere Verfahren, die die Molekülgruppen an der Oberfläche des Behälters oxidieren würden, behandelt wurde.

**[0017]** Wird die Funktions-Schicht auf eine solche nicht oxidierte Oberfläche aufgebracht, können vorangestellte Verfahrensschritte, die die Oberfläche des Behälters bereits oxidieren oder anderweitig bearbeiten, ausgelassen werden, sodass das gesamte Verfahren weniger komplex ist, jedoch gleichzeitig durch die Bildung der Funktions-Schicht auf der Oberfläche des Behälters eine gute Benetzbarkeit durch Drucktinten gewährleistet wird. Insbesondere kann so erreicht werden, dass eine einheitliche Funktions-Schicht auf verschiedenste Substrate aufgebracht wird, womit eine für alle Behältersorten (Substrate) einheitliche, bedruckbare Oberfläche ge-

schaffen wird. Der Entwicklungsaufwand für Druckfarben, die auf verschiedensten Substraten angewendet werden können, kann somit ganz entfallen oder zumindest erheblich reduziert werden.

5 **[0018]** Das Aufbringen der Funktions-Schicht erfolgt mittels Flammenpyrolyse, wobei ein bevorzugt gasförmiger Precursor der Flamme beigemischt wird, der auf und/oder mit der Oberfläche des Behälters die Funktions-Schicht bildet.

10 **[0019]** In einer Ausführungsform umfasst die Behälterbehandlungsmaschine zwei Flammenpyrolyse-Einrichtungen, wobei die nicht oxidierte Oberfläche des Behälters bei Anwesenheit eines Precursors beflammt wird und die Funktions-Schicht zumindest in dem Bereich auf  
15 der nicht oxidierten Oberfläche aufgebracht wird, der von den Flammenpyrolyse-Einrichtungen beflammt wird. Der beflammbare Bereich der Oberfläche ist dabei der Bereich, der unmittelbar mit der von den Flammenpyrolyse-Einrichtungen erzeugten Flamme in Kontakt steht.

20 **[0020]** Der Precursor ist in dieser Ausführung als Gas oder Tröpfchen in die Flamme oder die Flammenpyrolyse-Einrichtungen selbst einbringbar, sodass er in dem Bereich der Flamme auch auf die Oberfläche des Behälters trifft und dort durch chemische Reaktionen auf der  
25 Oberfläche eine haftende Funktions-Schicht bildet. Dabei versteht es sich, dass der ursprünglich in die Flamme eingebrachte Precursor chemisch nicht mehr identisch zu dem Material, das die "Funktions-Schicht" bildet, sein muss. In jedem Fall wird die Funktions-Schicht jedoch  
30 zumindest zum Teil durch den Precursor gebildet.

**[0021]** Die erfindungsgemäße Ausführungsform umfasst zwei Flammenpyrolyse-Einrichtungen und die Behälter werden in einer Transporteinrichtung transportiert, die die Behälter an den Flammenpyrolyse-Einrichtungen  
35 in Transportrichtung vorbei transportiert, wobei die Flammenpyrolyse-Einrichtungen in Transportrichtung nacheinander angeordnet sind und die nicht oxidierte Oberfläche des Behälters nacheinander beflammen, wobei die Flammenpyrolyse-Einrichtungen so ausgerichtet  
40 sind, dass eine erste Flammenpyrolyse-Einrichtung die Flamme in eine erste Richtung ausbringt und eine zweite Flammenpyrolyse-Einrichtung die Flamme in eine zweite Richtung ausbringt. Da der Beflammung mit dem Precursor vorgeschaltete Oxidationsprozesse entfallen,  
45 kann durch diese Ausführungsform ein möglichst schnelles Beflammen der Oberfläche des Behälters mit dem Precursor erfolgen, wobei gleichzeitig die Schichtdicke der Funktions-Schicht vorteilhaft eingestellt und vergrößert werden kann.

50 **[0022]** Es kann vorgesehen sein, dass die Behälterbehandlungsmaschine eine Plasmadüse umfasst, wobei die Oberfläche des Behälters mit einem den Precursor enthaltenden Plasma beaufschlagt wird und die Funktions-Schicht zumindest in dem Bereich auf der nicht oxidierten Oberfläche aufgebracht wird, die von der Plasmadüse mit dem Plasma beaufschlagt wird.

**[0023]** Bei dem Plasma handelt es sich bevorzugt um ein Niedertemperaturplasma. Durch die Verwendung

von Plasma bei niedrigerer Temperatur kann die Funktions-Schicht praktisch zerstörungsfrei auf der Oberfläche des Behälters aufgebracht werden, wodurch versehentliche Beschädigungen und auch Verkohlungen der Oberfläche des Behälters vermieden werden können.

**[0024]** In einer Weiterbildung dieser Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Behälter entlang seiner Längsachse bewegt wird, während die Plasmadüse die Oberfläche des Behälters mit dem Plasma beaufschlagt. Da der Wirkungsbereich der Plasmadüse üblicherweise klein im Vergleich zu den Abmessungen der Oberfläche des Behälters ist, kann mit dieser Ausführungsform die Beaufschlagung der gesamten Oberfläche des Behälters realisiert werden.

**[0025]** Weiterhin kann vorgesehen sein, dass der Behälter um eine Achse (insbesondere seine Längsachse) gedreht wird, während die Funktions-Schicht auf die nicht oxidierte Oberfläche aufgebracht wird. Auf diese Weise kann ferner eine Rundumbeschichtung mit der Funktions-Schicht erfolgen.

**[0026]** Ferner kann vorgesehen sein, dass die Bewegung des Behälters relativ zur Plasmadüse so gesteuert wird, dass der Abstand der mit dem Plasma beaufschlagten Oberfläche von der Plasmadüse stets konstant oder im Wesentlichen konstant ist. Dies kann umfassen, dass der Behälter sowohl entlang einer Achse (insbesondere seiner Längsachse) bewegt wird und/oder (gleichzeitig) rotiert. Weiterhin kann der Behälter in einer Ebene senkrecht zu der Achse translatorisch bewegt werden, sodass beispielsweise der Abstand der Achse zur Plasmadüse verändert wird. Dies ist insbesondere bei nicht runden Behältern (Behältern mit nicht rundem Querschnitt) und konturierten Behältern vorteilhaft, auch um Kollisionen mit der Plasmadüse zu vermeiden.

**[0027]** Dass der Abstand der Oberfläche zur Plasmadüse nur "im Wesentlichen" konstant ist bedeutet, dass insbesondere bei Embossings oder erhabenen Texten auf der Oberfläche des Behälters oder Erhebungen/Vertiefungen auf der Oberfläche, die nur eine geringe räumliche Ausdehnung besitzen, eine Anpassung des Abstands zwischen Oberfläche und Behälter nicht erfolgt sofern die Ausdehnung dieser Erhebungen/Vertiefungen, Embossings, erhabenen Texte in Richtung der Plasmadüse wesentlich kleiner ist als der Abstand der übrigen Oberfläche zur Plasmadüse (beispielsweise kleiner als 20% oder kleiner als 10% oder kleiner als 2% als der Abstand zwischen der übrigen Oberfläche und der Plasmadüse).

**[0028]** In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Abstand der nicht oxidierten Oberfläche, die von der Flammenpyrolyse-Einrichtung beflammt wird, oder die von der Plasmadüse mit Plasma beaufschlagt wird, zur Flammenpyrolyse-Einrichtung oder zur Plasmadüse konstant bleibt, während der Behälter relativ zur Flammenpyrolyse-Einrichtung oder zur Plasmadüse gedreht wird. Bei nicht runden Behältern kann so sichergestellt werden, dass das Aufbringen der Funktions-Schicht über die gesamte Oberfläche unter möglichst gleichen Bedin-

gungen erfolgt.

**[0029]** Der Precursor kann weiterhin wenigstens eines von Silizium, metallorganische Verbindungen, Titan, siliziumhaltige Verbindungen umfassen. Diese können zuverlässig auf der Oberfläche von Behältern aufgebracht werden und können dessen Eigenschaften bezüglich Benetzung mit Drucktinten positiv beeinflussen.

**[0030]** Die erfindungsgemäße Behälterbehandlungsmaschine zum Behandeln einer Oberfläche eines Behälters, wie einer Flasche, in der Verpackungsindustrie, umfasst eine Transporteinrichtung zum Transportieren der Behälter entlang einer Transportrichtung und zwei Flammenpyrolyse-Einrichtungen, die angeordnet und ausgebildet sind, eine Oberfläche eines Behälters, der in der Transporteinrichtung transportiert wird, zu beflammen und eine Funktions-Schicht aufzubringen und ist dadurch gekennzeichnet, dass die Flammenpyrolyse-Einrichtungen beide auf derselben Seite der Transporteinrichtung angeordnet sind und wobei die Flammenpyrolyse-Einrichtungen in Transportrichtung nacheinander angeordnet und so ausgerichtet sind, dass eine erste Flammenpyrolyse-Einrichtung die Flamme in eine erste Richtung ausbringt und eine zweite Flammenpyrolyse-Einrichtung die Flamme in eine zweite Richtung ausbringt.

**[0031]** Diese spezielle Anordnung der Flammenpyrolyse-Einrichtungen erleichtert den Zugang zu denselben und vereinfacht auch die Konstruktion der für das Einbringen des Precursors in die Flammen notwendigen Leitungen, da diese nicht um die gesamte Behälterbehandlungsmaschine herum geführt werden müssen, sondern lediglich auf einer Seite vorgesehen sein müssen.

**[0032]** Es versteht sich, dass die erste Richtung und die zweite Richtung zumindest so vorgesehen sein müssen, dass die Flamme in Richtung der Transporteinrichtung so ausgebracht wird, dass ein in ihr befindlicher Behälter, der an den Flammenpyrolyse-Einrichtungen vorbei transportiert wird, auch durch die Flammen beflammt werden kann. Durch die Anordnung der Flammenpyrolyse-Einrichtungen auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass auch die gesamte Oberfläche des Behälters beflammt, bevorzugt homogen beflammt wird.

**[0033]** In einer Weiterbildung dieser Ausführungsform sind die erste Richtung und die zweite Richtung parallel zueinander. Diese Ausführungsform erlaubt gleichzeitig unterschiedliche Bereiche eines an den Flammenpyrolyse-Einrichtungen vorbei bewegten Behälters zu beflammen, was die Gesamtdauer zum Aufbringen einer Funktions-Schicht mit vorgegebener Dicke reduzieren kann.

**[0034]** In einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass die erste und zweite Flammenpyrolyse-Einrichtung verschiedene Abstände zur Transporteinrichtung besitzen. Dies kann insbesondere beim Beflammen von Behältern mit nicht rundem Querschnitt vorteilhaft sein.

**[0035]** In einer alternativen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die erste und zweite Richtung einen Winkel  $\alpha$  miteinander einschließen, der gegeben ist durch  $\alpha = \beta + \gamma$ , wobei  $\beta$  und  $\gamma$  die von der ersten und der zweiten

Richtung mit einer Ebene senkrecht zur Transportrichtung eingeschlossenen Winkel sind. Unterschiedliche Anforderungen mit Hinblick auf das Beflammen der Oberfläche des Behälters können so realisiert werden.

**[0036]** In einer Weiterbildung dieser Ausführungsform

ist  $\beta = \gamma = \frac{\alpha}{2}$  und der Abstand  $d$  der ersten und zweiten Flammenpyrolyse-Einrichtung zur Transporteinrichtung und der Abstand  $e$  der Flammenpyrolyse-Einrichtungen

zueinander stehen in der Beziehung  $\frac{e}{2d} \geq \tan \frac{\alpha}{2}$

. Die Flammenpyrolyse-Einrichtungen sind in dieser Ausführungsform so angeordnet, dass ein Bereich der Oberfläche des mit der Funktions-Schicht zu beaufschlagenden Behälters gleichzeitig von beiden Flammenpyrolyse-Einrichtungen aus unterschiedlichen Richtungen beflammt wird. Dies erhöht die Ausbringrate des Precursors zum Bilden der Funktions-Schicht auf der Oberfläche und kann gleichzeitig sicherstellen, dass auch im Schattenbereich der ersten Flamme liegende Bereiche der Oberfläche durch die zweite Flamme beaufschlagt werden.

**[0037]** Weiterhin kann vorgesehen sein, dass die Transporteinrichtung eine Drehvorrichtung umfasst, die ausgebildet ist, einen von der Transporteinrichtung transportierten Behälter während der Beaufschlagung durch die Flammenpyrolyse-Einrichtungen so zu drehen, dass der Abstand der mit der Flamme beaufschlagten Oberfläche von der Flammenpyrolyse-Einrichtung stets gleich ist. Damit können die geometrischen Eigenschaften beim Beaufschlagen der Behälter mit der Funktions-Schicht auch bei nicht runden Behältern konstant bleiben.

**[0038]** Es kann alternativ auch eine Behälterbehandlungsmaschine vorgesehen sein, die eine Transporteinrichtung zum Transportieren der Behälter entlang einer Transportrichtung und eine Plasmadüse umfasst, wobei die Plasmadüse ausgebildet ist, eine nicht oxidierte Oberfläche des Behälters mit einem einen Precursor enthaltenden Plasma zu beaufschlagten, um eine Funktions-Schicht auf der Oberfläche des Behälters abzuschneiden.

### Kurze Beschreibung der Figuren

**[0039]**

Fig. 1 schematische Darstellung einer Behälterbehandlungsmaschine gemäß einer Ausführungsform

Fig. 2a-c schematische Darstellung verschiedener Ausführungsformen mit Flammenpyrolyse-Einrichtungen

Fig. 3 schematische Darstellung einer Ausführungsform mit Plasmadüse

### Ausführliche Beschreibung

**[0040]** Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Behälterbehandlungsmaschine 100 gemäß einer Ausführungsform, wie sie in der Verpackungsindustrie, insbesondere der Getränkeverarbeitenden Industrie zum Einsatz kommen kann. Die Behälterbehandlungsmaschine kann auf diverse Weisen ausgebildet sein. In der hier dargestellten Ausführungsform ist sie als linear arbeitende Behälterbehandlungsmaschine ausgebildet, die eine Transporteinrichtung 110 umfasst, welche Behälter 130 durch die Behälterbehandlungsmaschine transportiert. Dabei kann es sich um ein Förderband oder andere Einrichtungen zum Transport der Behälter handeln. Anstelle eines Transportbandes kann auch eine Transporteinrichtung vorgesehen sein, die die Behälter hängend transportiert. Beispielsweise kann eine Transporteinrichtung durch die Behälterbehandlungsmaschine führen, die eine Reihe von Halterungen umfasst, die die Behälter im Bereich des üblicherweise vorgesehenen Tragrings beispielsweise mit Hilfe von Klammern halten. In diesem Fall kann vorteilhaft auch vorgesehen sein, dass die Behälter von den Halterungen gedreht werden können.

**[0041]** Alternativ kann auch eine Reihe von Drehtellern zusammen mit ihnen zugeordneten Zentriereinrichtungen vorgesehen sein, die durch die Behälterbehandlungsanlage geführt werden. In einem solchen Fall ist eine Ausführungsform der Behälterbehandlungsmaschine 100 besonders vorteilhaft, die als Transporteinrichtung ein Karussell umfasst, an dessen Peripherie die Drehteller und Zentriereinrichtungen angeordnet sind. Anstelle der Drehteller und Zentriereinrichtungen kommen aber auch hier Transporteinrichtungen in Betracht, die die Behälter hängend transportieren.

**[0042]** In jedem Fall ist erfindungsgemäß eine Vorrichtung 101 im Bereich der Behälterbehandlungsmaschine vorgesehen, die eine Funktions-Schicht auf die Behälter 130 aufbringen kann, sodass sie beschichtet werden. Diese Behälter treten danach als Behälter 131 aus der Behälterbehandlungsmaschine 100 aus. Bei den Behältern kann es sich um Behälter handeln. Diese können beispielsweise aus PET bestehen oder dieses umfassen. Auch andere in der Verpackungsindustrie verwendete Kunststoffe für Behälter können hier zum Einsatz kommen. Ferner ist auch eine Behandlung von Glasbehältern oder metallischen Behältern entsprechend der Erfindung möglich.

**[0043]** Optional kann eine weitere Behälterbehandlungseinheit 121 in der Behälterbehandlungsmaschine vorgesehen sein, die die Behälter einem weiteren Behandlungsschritt (beispielsweise das Aufbringen von Drucktinte oder Ähnliches) zuführt, sodass aus den zunächst nur mit der Funktions-Schicht versehenen Behältern 131 die bearbeiteten Behälter 132 hergestellt werden, die anschließend aus der Behälterbehandlungsmaschine abgeführt werden können.

**[0044]** Der Vorrichtung 101 können mehrere zusätzliche Einrichtungen 102 zugeordnet sein, beispielsweise

eine Steuereinheit oder ein Vorlagebehälter, in dem Material, das als Precursor dienen soll, in gasförmiger oder flüssiger Form vorgehalten wird. Die Vorrichtung 101 ist allgemein so ausgebildet, dass sie das Precursor-Material ausbringen kann und zusätzlich erreicht wird, dass sich das Precursor-Material in Form einer Schicht auf der Oberfläche der Behälter 130 absetzt und sich mit der Oberfläche der Behälter durch chemische Reaktionen verbindet.

**[0045]** Besonders bevorzugt kommen hier Materialien zum Einsatz, die auf Silizium basieren und auf der Oberfläche der Behälter 130 eine Siliziumoxidschicht bilden. Auch andere Materialien, umfassend organische Verbindungen oder metallorganische Verbindungen, die organische Verbindungen mit einem metallischen Anteil darstellen, kommen hier in Betracht. Genauso können als Precursor Verbindungen auf Titanbasis oder allgemein siliziumhaltige Verbindungen vorgesehen sein.

**[0046]** Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass vor dem Aufbringen des Precursors auf die Oberfläche des Behälters keine absichtliche Oxidation des Behältermaterials und insbesondere der Oberfläche, auf die der Precursor aufgebracht werden soll, erfolgt. Dazu zählt insbesondere, dass keine Oxidation der Oberfläche des Behälters stromauf der Vorrichtung 101 mit Hilfe von Flammeneinwirkung und von Sauerstoff erfolgt.

**[0047]** Dazu werden die Parameter, unter denen der Precursor auf die Oberfläche des Behälters aufgebracht wird, so gewählt, dass der Precursor auch mit einer nicht absichtlich oxidierten Oberfläche des Behälters eine beständige Verbindung eingehen kann, sodass der Precursor bzw. die mit ihm gebildete Funktions-Schicht eine beständige Verbindung mit der Oberfläche des Behälters eingehen und als Grundlage für das Aufbringen von Drucktinten oder Ähnlichem dienen kann.

**[0048]** Entsprechend dem gewählten Gas-Luft-Verhältnis kann die Menge des oxidierenden Sauerstoffs und der Hydroxyl-Radikale in der Flamme (bzw. wie unten beschrieben dem Plasma) eingestellt werden. Ferner können so bei Verwendung von siliziumbasierten Precursoren auch ausreichend hochreaktive, schichtbildende Siliziumspezies in der Flamme (dem Plasma) entstehen. Durch die Berührung mit der Oberfläche des Behälters bildet die oberste (oder die oberen) Molekülschicht auf der Behälteroberfläche Carbonyl-, Carboxyl-, bzw. Hydroxyl-Gruppen, die mit den Siliziumspezies sehr gut chemisch binden.

**[0049]** Die Vorrichtung 101 kann unterschiedlich realisiert werden, besonders bevorzugt sind jedoch Flammenpyrolyse-Einrichtungen und Plasmadüsen.

**[0050]** Dazu zeigen die Fig. 2a - c Ausführungsformen, bei denen die Behälterbehandlungsmaschine 100 als konkrete Realisierung der Vorrichtung 101 wenigstens zwei, auf derselben Seite der Transporteinrichtung 110 angeordnete Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252 umfasst. Die Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252 sind allgemein so angeordnet, dass sie auf einen in der Transporteinrichtung 110 entlang der Transport-

richtung 295 transportierten Behälter 130 Flammen 261 und 262 ausbringen können, sodass die Oberfläche des Behälters beflammt, also mit der Flamme beaufschlagt wird. In dieser Flamme enthalten bzw. mit ihr transportiert wird das Precursor-Material bzw. der Precursor, der insbesondere durch die hohe thermische Energie im Bereich der Flammen 261 und 262 Verbindungen mit der Oberfläche des Behälters eingeht und somit eine Funktions-Schicht auf der Oberfläche des Behälters aufbaut. Der Precursor kann den einzelnen Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252 beispielsweise aus dem Vorlagebehälter (siehe Bezugszeichen 102 in der Fig. 1) zugeführt werden. Das Precursor-Material, das der Flammenpyrolyse-Einrichtung 251 zugeführt wird, muss dabei nicht identisch zu dem Precursor-Material sein, das der Flammenpyrolyse-Einrichtung 252 zugeführt wird.

**[0051]** Grundsätzlich können die Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252 beliebig, insbesondere beliebig beabstandet zueinander angeordnet sein. Sie sind erfindungsgemäß lediglich so angeordnet, dass sie beide auf derselben Seite der Transporteinrichtung und in Transportrichtung nacheinander angeordnet sind und jeweils ein Beflammen der Oberfläche des Behälters 130 realisieren können. Dazu sind sie bevorzugt in einem Abstand  $d$  zum Transportband bzw. zu der Oberfläche eines darin transportierten Behälters 130 angeordnet, der so groß ist, dass die von der jeweiligen Flammenpyrolyse-Einrichtung erzeugte Flamme die Oberfläche des Behälters beflammen kann. Typische Abstände liegen im Bereich einiger cm, bis zu 15 cm.

**[0052]** So wird ein möglichst großer Bereich der Oberfläche des Behälters 130 durch die jeweilige Flammenpyrolyse-Einrichtung beflammt. Dies wiederum kann die gesamte zum Aufbringen der Funktions-Schicht auf der Oberfläche des Behälters benötigte Zeit reduzieren, wenn auch noch der Behälter um seine Rotationsachse  $R$  (hier senkrecht zur Bildebene verlaufend) gedreht wird, während er entlang der Transporteinrichtung transportiert wird. Abhängig von der vorgesehenen Schichtdicke, aber auch abhängig von der Transportgeschwindigkeit der Behälter in der Transporteinrichtung 110, kann entweder vorgesehen sein, dass die Behälter nicht in Transportrichtung 295 bewegt werden, sondern sie von den Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252 beaufschlagt werden oder dass die Bewegung der Behälter 130 entlang der Transporteinrichtung 110 in Richtung 295 kontinuierlich erfolgt, während sie beispielsweise um ihre eigene Achse gedreht werden.

**[0053]** In der in Fig. 2a dargestellten Ausführungsform sind die Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252 bezüglich einer Ebene 290, die senkrecht auf der Transportrichtung 295 steht, angeschrägt, sodass sie mit dieser den Winkel  $\beta$  für die Flammenpyrolyse-Einrichtung 251 und den Winkel  $\gamma$  für die Flammenpyrolyse-Einrichtung 252 einschließen. Diese Winkel sind in der hier dargestellten Ebene gemessen, also in einer Ebene parallel zur durch die Transportrichtung 295 definierten Transportebene. Bei Verwendung eines Förderbandes für die

Behälter entspricht diese Transportebene gerade der durch das Förderband definierten Ebene.

**[0054]** Die Winkel  $\beta$  und  $\gamma$  können nach Zweckmäßigkeit gewählt werden. Es ist jedoch besonders vorteilhaft, wenn die letztlich durch die Winkel  $\beta$  und  $\gamma$  definierten Ausbringrichtungen (auch Austrittsrichtungen genannt) der Flammen 261 und 262 so ausgebildet sind, dass sich beide Richtungen kreuzen, wie dies in Fig. 2a dargestellt ist.

**[0055]** Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der von den Ausbringrichtungen der Flammen 261 und 262 (hier gestrichelt dargestellt) eingeschlossene Winkel sich aus  $\alpha = \beta + \gamma$  ergibt.

**[0056]** Der Schnittpunkt der beiden Richtungen kann dabei relativ zu der Transporteinrichtung an einer beliebigen Stelle gewählt werden. Bevorzugt ist es jedoch, wenn der Schnittpunkt nicht in dem Bereich liegt, in dem die Flammen auch auf die Oberfläche des Behälters auftreffen. Dazu kann in einer besonders bevorzugten Ausführungsform vorgesehen sein, dass die Winkel  $\beta$  und  $\gamma$

gleich groß sind, sodass insbesondere  $\frac{\alpha}{2} = \beta = \gamma$  gilt.

In einem solchen Fall ist das Verhältnis zwischen dem Abstand  $e$  der Austrittsöffnungen in den Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252 zum Abstand  $d$  (genauer zur Projektion des Abstands  $d$  in die Ebene senkrecht zur Transportrichtung) zwischen Oberfläche des Behälters 130 (bzw. zum Rand der Transporteinrichtung 110) und den Austrittsöffnungen in den Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252 bevorzugt so, dass gilt

$$\frac{e}{2d} \geq \tan \frac{\alpha}{2}$$

**[0057]** So wird gewährleistet, dass der Schnittpunkt der Richtungen, in denen die Flammen aus den Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252 austreten, entweder auf oder kurz hinter (in Bewegungsrichtung der Flammen) der Oberfläche des Behälters 130 liegt. Dies kann besonders dann von Vorteil sein, wenn durch die Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252 unterschiedliche Materialien als Precursor ausgebracht werden, die zusammen auf der Oberfläche des Behälters eine beständige Funktions-Schicht bilden. In diesem Fall kann sichergestellt werden, dass eine möglicherweise erwünschte chemische Reaktion dieser beiden Materialien erst unmittelbar bei Auftreffen auf die Oberfläche des Behälters eintritt und damit in Anwesenheit des Behältermaterials erfolgt, was das Abscheiden der finalen Funktions-Schicht begünstigen kann.

**[0058]** Fig. 2b zeigt eine alternative Ausführungsform, bei der die Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252 derart zueinander angeordnet sind, dass die Austrittsrichtungen der Flammen aus den Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252 parallel zueinander sind, die Flammenpyrolyse-Einrichtungen jedoch gegebenenfalls in einem Abstand  $L$  senkrecht zur Transportrichtung angeordnet sind. Die Flammenpyrolyse-Einrichtungen sind ferner in Transportrichtung 295 nacheinander angeord-

net. Bevorzugt ist hier eine Ausführungsform, bei der die in Transportrichtung erste Flammenpyrolyse-Einrichtung 251 um den Abstand  $L$  näher an der Transporteinrichtung angeordnet ist, als die in Transportrichtung folgende Flammenpyrolyse-Einrichtung 252. Durch diese Ausführung kann zunächst eine intensive Beflammung der Oberfläche des Behälters 130 durch die Flamme 261 erfolgen. Da die statistische Verteilung der die Funktions-Schicht bildenden Moleküle des Precursors aufgrund der hohen Konzentration in der Nähe der Ausbringöffnung aus der Flammenpyrolyse-Einrichtung 251 merklichen Schwankungen unterliegen kann, kann es hier zu Abweichungen in der Schichtdicke kommen. Diese können auch zu einer Schichtdicke der Funktions-Schicht führen, die geringer als eine Mindestschichtdicke ist.

**[0059]** Hierzu kann die in Transportrichtung nachfolgende Flammenpyrolyse-Einrichtung 252, die in größerem Abstand zur Oberfläche des Behälters angeordnet ist, eine gleichmäßigere Verteilung von Precursor-Material auf der Oberfläche bewirken, sodass zumindest Abweichungen in der Schichtdicke derart, dass die resultierende Schichtdicke geringer als eine Mindestschichtdicke ist, vermieden werden. Zu diesem Zweck kann auch die Durchflussmenge oder Konzentration von Precursor-Material in der zweiten Flamme 262 so gesteuert werden, dass allein durch die zweite Flamme die Schichtdicke, die sich auf der Oberfläche des Behälters bildet, 50 % oder gar 75 % der Mindestschichtdicke entspricht.

**[0060]** Die Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252 können derart beabstandet zueinander sein, dass durch sie nicht gleichzeitig ein Beflammen unterschiedlicher Bereiche der Oberfläche des Behälters 130 bewirkt wird. Insbesondere kann der Abstand zwischen der ersten Flammenpyrolyse-Einrichtung 251 und der zweiten Flammenpyrolyse-Einrichtung 252 15cm bis 30 cm oder mehr betragen, sodass zunächst ein Beflammen der Oberfläche des Behälters durch die erste Flammenpyrolyse-Einrichtung 251 erfolgt und anschließend der Behälter weiter transportiert wird, ohne dass ein Beflammen erfolgt. Während dieser Zeit kann ein kurzes Auskühlen der Oberfläche des Behälters erfolgen, sodass seine Temperatur sinkt und Verkohlungen durch das Beaufschlagen mit der zweiten Flammenpyrolyse-Einrichtung 252 vermieden werden.

**[0061]** Die Ausführungsform gemäß der Fig. 2b erlaubt auch den Einsatz verschiedener Precursor-Materialien zum Bilden eines Zwei-Schicht-Systems aus Funktions-Schichten derart, dass durch die erste Flammenpyrolyse-Einrichtung eine erste Schicht aufgebracht wird, die aus einem ersten Precursor-Material besteht und durch die zweite Flammenpyrolyse-Einrichtung 252 ein zweites Precursor-Material aufgebracht wird, das eine zweite Funktions-Schicht über der ersten Funktions-Schicht bildet. Durch diese Ausführung kann hinsichtlich bestimmter chemischer oder physikalischer Eigenschaften ein Gradient in der Schichtstruktur ausgehend von der Oberfläche bis zur letzten Funktions-Schicht, bevor eine Druckschicht oder Ähnliches aufgebracht wird, gebildet

werden. Diese Ausführung ist nicht auf lediglich zwei Funktions-Schichten begrenzt, sondern kann auch das Aufbringen mehrerer Funktions-Schichten auch mit verschiedenen Dicken und/oder in verschiedenen Bereichen der Oberfläche des Behälters umfassen.

**[0062]** In der in Fig. 2c dargestellten Ausführungsform sind zusätzlich zu den zwei Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252 auf der einen Seite der Transporteinrichtung 110 zwei weitere Flammenpyrolyse-Einrichtungen 271 und 272 vorgesehen, die auf der bezüglich des Behälters gegenüberliegenden Seite der Transporteinrichtung angeordnet sind. In der in Fig. 2c dargestellten Ausführungsform sind die Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251, 252 und 271 und 272 als an einer durch die Transportrichtung 295 definierten Ebene im Prinzip gespiegelt dargestellt. Das bedeutet insbesondere, dass in der dargestellten Ausführungsform die in Transportrichtung des Behälterstroms angeordneten Flammenpyrolyse-Einrichtungen 252 und 272 jeweils weiter von der Transporteinrichtung beabstandet sind, als die in Transportrichtung zuerst angeordneten Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 271.

**[0063]** Dies ist so nicht zwingend. Die Flammenpyrolyse-Einrichtungen können auch entsprechend den bisher beschriebenen Ausführungsformen in gleichem Abstand angeordnet sein und müssen auch nicht parallel zueinander bezüglich der Ausbringrichtung der Flammen angeordnet sein. Die Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252, sowie 271 und 272 können auch analog zur Fig. 2a angeordnet sein. Dabei müssen die Winkel, die die jeweiligen Flammenpyrolyse-Einrichtungen miteinander einschließen, nicht gleich sein, sondern können sich für die Einrichtungen 251 und 252 von denen der Einrichtungen 271 und 272 unterscheiden.

**[0064]** Ebenso kann vorgesehen sein, dass auf der einen Seite der Transporteinrichtung lediglich eine weitere Flammenpyrolyse-Einrichtung (beispielsweise 271) vorgesehen ist, während auf der anderen Seite der Transporteinrichtung 110 die Flammenpyrolyse-Einrichtungen 251 und 252 und gegebenenfalls weitere Flammenpyrolyse-Einrichtungen angeordnet sind. Wie in Fig. 2c ebenfalls dargestellt, können die Flammenpyrolyse-Einrichtungen in Transportrichtung auch versetzt zueinander angeordnet sein. Es sind jedoch auch Ausführungsformen denkbar, bei denen die Anordnungen der Flammenpyrolyse-Einrichtungen auf der einen Seite der Transporteinrichtung (beispielsweise 251 und 252) lediglich auf die andere Seite der Transporteinrichtung gespiegelt wird. Sämtliche mit Bezug auf Fig. 2c beschriebenen Ausführungsformen können je nach Zweckmäßigkeit verwendet werden, um entweder eine schnellere und gleichmäßigere Behandlung oder auch spezielle Behandlungen zu gewährleisten. Dies kann insbesondere bei nicht rotationssymmetrischen oder nicht wenigstens eine Symmetrieachse aufweisenden Behältern (allgemein nicht runden Behältern) von Vorteil sein.

**[0065]** Während dies hier nicht im Detail dargestellt ist, können auch mehrere Flammenpyrolyse-Einrichtungen

übereinander (senkrecht zur Transportebene der Behälter in der Transporteinrichtung) angeordnet sein. Diese können entweder identische Ausbringrichtungen aufweisen und/oder voneinander verschiedene Ausbringrichtungen besitzen. Dies kann beispielsweise durch Verkippungen der Flammenpyrolyse-Einrichtungen gegeneinander erreicht werden. Insbesondere können sich die Ausbringrichtungen von Flammenpyrolyse-Einrichtungen in einer ersten Ebene von denen in einer zweiten Ebene unterscheiden. Diese Ausführungsform ist mit jeder der in den Fig. 2a bis 2c beschriebenen Varianten kombinierbar. Insbesondere kann jede der Varianten in Fig. 2a bis 2c als Darstellung einer Ebene von Flammenpyrolyse-Einrichtungen aufgefasst werden, wobei weitere aus der Bildebene hinaustretende Ebenen von Flammenpyrolyse-Einrichtungen ebenfalls entsprechend Ausführungsformen gemäß Fig. 2a bis 2c möglich sind.

**[0066]** Insbesondere können die so in einer Richtung senkrecht zur Transportrichtung angeordneten Flammenpyrolyse-Einrichtungen gleichzeitig unterschiedliche Bereiche des Behälters, insbesondere Bereiche in unterschiedlicher Höhe (gemessen bezüglich einer Transportebene, in der die Behälter transportiert werden) beflammen, um die Funktions-Schicht abzuscheiden.

**[0067]** Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform, bei der eine Plasmadüse genutzt wird, um einen Behälter mit dem Precursor zu beaufschlagen und eine Funktions-Schicht auf der Oberfläche des Behälters aufzubringen.

**[0068]** Die Plasmadüse 341, die bevorzugt auch eine Dosiereinrichtung für Precursor-Material zum Bilden der Funktions-Schicht umfasst, ist dabei so angeordnet, dass sie ein Plasma 342, das zumindest auch das Precursor-Material umfasst, auf die Oberfläche 130 des in einer Transporteinrichtung vor der Plasmadüse 341 entlang bewegten Behälters aufbringen kann.

**[0069]** Bevorzugt wird die Transporteinrichtung in dieser Ausführungsform zumindest durch einen Standteller 343, auf dem der Behälter stehend angeordnet ist, gebildet. Wie bereits mit Bezug auf Fig. 1 beschrieben, kann ferner vorgesehen sein, dass jedem Standteller 343 eine Zentriereinrichtung (hier nicht dargestellt), beispielsweise in Form von Klammern zugeordnet ist, die den Behälter am Tragring oder einem anderen Bereich umgreifen und so stabilisieren kann.

**[0070]** Besonders bevorzugt ist der Teller 343 als Drehteller ausgebildet, sodass er eine Rotation des Behälters 130 auf dem Teller 343 um die Rotationsachse R, die bevorzugt mit der Längsachse des Behälters zusammenfallen kann, durchführen kann. So kann durch die Plasmadüse 341 der Precursor auf dem gesamten Umfang des Behälters 130 aufgebracht werden.

**[0071]** Da die Plasmadüse 341 vergleichsweise nahe an der Oberfläche des Behälters angebracht ist (wenige mm bis wenige cm), erstreckt sich der Bereich, auf dem durch die Plasmadüse 341 das Plasma 342 in Längsrichtung auf den Behälter 130 aufgebracht werden kann, nur auf einen geringen Ausschnitt in Längsrichtung, der dem Maß der Dispersion des Plasmas 342 nach Verlas-

sen der Plasmadüse 341 entspricht. Da jedoch die gesamte Oberfläche des Behälters mit einer typischen Länge von mindestens 7 cm, insbesondere ca. 10mm bis 200mm und selten sogar mehr, in Richtung der Rotationsachse mit dem Precursor-Material beschichtet werden sollte, kann vorgesehen sein, dass zusätzlich zu der Rotation auch eine Translationsbewegung parallel zur Rotationsachse R durchgeführt wird. Diese Translationsbewegung kann entweder von dem Behälter auf dem Drehteller 343 (beispielsweise in Zusammenarbeit mit einer geeigneten Zentriereinrichtung) durchgeführt werden oder die Plasmadüse 341 kann parallel zur Rotationsachse bewegt werden. Auch Kombinationen hiervon sind denkbar.

**[0072]** Um sicherzustellen, dass auch die gesamte Oberfläche des Behälters mit dem Plasma beaufschlagt wurde und so eine ausreichende Funktions-Schicht gebildet wird, können mehrere Plasmadüsen 341 in Transportrichtung nacheinander angeordnet sein, wobei jede dieser Plasmadüsen Plasma auf die Oberfläche des Behälters ausbringt, um eine Funktions-Schicht zu bilden.

**[0073]** Dabei kann vorgesehen sein, dass jede der Düsen nur einen bestimmten Winkelbereich, aber dafür die gesamte Länge des Behälters mit Plasma beschichtet oder jede der Düsen die Funktions-Schicht entlang des gesamten Umfangs während einer vollen Drehung des Behälters um seine Rotationsachse R aufbringt, jedoch jeweils nur einen bestimmten Bereich in Längsrichtung (also parallel zur Rotationsachse) mit dem Plasma beaufschlagt. Dabei kann auch vorgesehen sein, dass ein Überlapp zwischen den durch die einzelnen Plasmadüsen beschichteten Bereichen erfolgt, sodass zumindest kein Bereich auf der Oberfläche des Behälters verbleibt, der nicht mit einem Plasma beschichtet wurde.

**[0074]** Alternativ kann das Beaufschlagen der Oberfläche des Behälters mit dem Plasma mit einem Überlapp auch durch eine Plasmadüse allein erreicht werden. So kann die Plasmadüse einen ersten Bereich (in Längsrichtung und/oder Rotationsrichtung) mit Plasma beaufschlagen und anschließend einen zweiten Bereich, der teilweise mit dem ersten überlappt, beaufschlagen.

**[0075]** Da die Behälter zu der Plasmadüse 341 üblicherweise kaum beabstandet sind (auf wenige mm bis 1 cm), kann auch vorgesehen sein, dass die Plasmadüse 341 in mehreren Raumrichtungen, insbesondere "vor und zurück" in der dargestellten Doppelpfeilrichtung 344 bewegt werden kann, sodass sie zum Behälter 130 hin oder vom Behälter 130 wegbewegt werden kann. Auch ein Verkippen der Plasmadüse 341 entlang des Doppelpfeils 345 (also ein Verkippen in einer zur Transportrichtung senkrechten Ebene) kann vorgesehen sein, um in Längsrichtung gekrümmte Bereiche des Behälters zuverlässig zu erreichen.

**[0076]** Ferner kann eine Steuereinheit vorgesehen sein, die geeignete Ausrichtmittel zum Ausrichten und/oder Bewegen der Plasmadüse 341 abhängig von der Form des Behälters 130 so steuert, dass der Abstand der Plasmadüse 341 zur Oberfläche des Behälters 130

konstant ist, während der Behälter 130 relativ zur Plasmadüse 341 um die Rotationsachse R gedreht wird und/oder parallel zur Rotationsachse R bewegt wird.

**[0077]** Zur Bestimmung des Abstands kann ein Abstandssensor, beispielsweise eine Laserdiode oder ein ähnlicher optischer Sensor, vorgesehen sein. Ebenso kann vorgesehen sein, dass beispielsweise in einem der Behälterbehandlungsmaschine zugeordneten Speicher gespeicherte Daten über die Behälterform genutzt werden, um zu bestimmen, wie groß der Abstand der Oberfläche des Behälters zur Plasmadüse bei einer bestimmten Position des Behälters ist. Zusätzlich oder alternativ kann ein 3D-Scan-Verfahren eingesetzt werden, um entweder einmalig bei Übernahme des Behälters in die Behälterbehandlungsmaschine oder mehrmals, ggf. sogar kontinuierlich die Position, und/oder Form und/oder aktuelle Abmessungen des Behälters und damit den Abstand zur Plasmadüse zu bestimmen.

**[0078]** Besonders bevorzugt ist das von der Plasmadüse 341 ausgebrachte Plasma ein Niedertemperaturplasma.

**[0079]** Weiterhin kann vorgesehen sein, dass ein Bereich in der Behälterbehandlungsmaschine, in dem der Behälter mit Plasma beaufschlagt wird, einen Unterdruck aufweist, insbesondere ein Vakuum mit einem Druck von weniger als  $10^{-4}$  bar. So kann die Dispersion des von der Plasmadüse 341 ausgebrachten Plasmas reduziert werden.

**[0080]** Ferner kann vorgesehen sein, dass innerhalb des Behälters 130 eine Elektrode eingebracht wird und die Plasmadüse 341 als Gegenelektrode funktioniert, sodass zwischen der in den Behälter 130 eingebrachten Elektrode und der Plasmadüse 341 eine Potentialdifferenz entsteht und die Oberfläche des Behälters polarisiert wird, wobei die Polarisation so gewählt ist, dass zumindest die in dem Plasma enthaltenen Precursor eine Beschleunigung in Richtung zur Oberfläche des Behälters 130 erfahren. Sind die in dem Plasma enthaltenen Precursor beispielsweise negativ geladen, so sollte die Oberfläche des Behälters und damit die Elektrode im Behälter 130 positiv sein, um den Precursor anzuziehen. Entsprechend ist die Elektrode negativ geladen, wenn der Precursor im Plasma 342 positiv geladen ist.

**[0081]** Die im Rahmen der Erfindung eingesetzten Plasmadüsen können Plasmadüsen sein, die bereits im Handel erhältlich sind. Da diese entsprechend des beschriebenen Verfahrens betrieben werden können, sind auch keine oder nur geringe strukturelle Modifikationen an solchen Plasmadüsen nötig, um sie zusammen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren anzuwenden.

**[0082]** Unabhängig davon, ob Flammenpyrolyse-Einrichtungen gemäß den in Bezug auf Fig. 2 beschriebenen Ausführungsformen werden oder Plasmadüsen gemäß der in Fig. 3 beschriebenen Ausführungsform verwendet, kann vorgesehen sein, dass die Behälter in der Transportebene senkrecht zur Transportrichtung und senkrecht zu einer vorgesehenen Rotationsachse R in eine Richtung s bewegt werden können, sodass der Abstand

der Oberfläche des Behälters, die entweder durch die Flammenpyrolyse-Einrichtung beflammt wird oder von der Plasmadüse mit Plasma beaufschlagt wird, zur Flammenpyrolyse-Einrichtung oder zur Plasmadüse konstant ist. Dies ist insbesondere bei nicht runden Behältern von Vorteil, da so unerwünschte Kollisionen mit den Flammenpyrolyse-Einrichtungen und den Plasmadüsen, aber auch eine zu starke Erhitzung, besonders bei Verwendung von Flammenpyrolyse-Einrichtungen, verhindert werden können.

**[0083]** Um diese Steuerung zu realisieren, wird bevorzugt ein Abstand des Behälters zur Flammenpyrolyse-Einrichtung oder zur Plasmadüse in einer Ausgangsposition bestimmt. Werden die Behälter von einem Standteller und einer Zentriereinrichtung eingespannt oder von Halterungen gehalten, kann diese Bestimmung durch einen in einem internen Speicher der Behälterbehandlungsmaschine oder einer ihr zugeordneten Steuereinheit gespeicherten Wert ersetzt werden. Die Bewegung des Behälters in Richtung  $s$  wird dann so gesteuert, dass der Abstand  $k$  der Oberfläche des Behälters zur Flammenpyrolyse-Einrichtung und/oder zur Plasmadüse konstant ist. Da bei Drehung des Behälters sich der Abstand  $r$  der Oberfläche zur Rotationsachse  $R$  bezüglich einer vorgegebenen  $s$  Richtung ändern kann (bei Behältern mit nicht rundem Querschnitt), wird zur Steuerung der Lage des Behälters entlang der Richtung  $s$  die Steuereinheit die Transporteinrichtung so steuern, dass die Lageänderung  $\Delta s = \Delta r = r_0 - r(\varphi)$  die Lageänderung des gesamten Behälters und auch der Rotationsachse  $R$  bezüglich eines festgelegten Nullpunktes entlang der Richtung  $s$  ist.

**[0084]** Dabei ist  $r_0$  ein beliebiger Referenzwert.  $r_0$  kann auch null sein oder als  $r_0 = k$  festgelegt werden.  $r(\varphi)$  gibt den Abstand eines Punktes auf der Oberfläche des Behälters zur Rotationsachse  $R$  in Abhängigkeit des Drehwinkels, gemessen entlang der Verbindungslinie zwischen Rotationsachse und Flammenpyrolyse-Einrichtung und/oder Plasmadüse, des Behälters an.

**[0085]** Durch diese Bewegung wird erreicht, dass ein Punkt der Oberfläche, der gerade von der Flammenpyrolyse-Einrichtung oder der Plasmadüse beaufschlagt wird, stets den vorgegebenen Abstand  $k$  zur Flammenpyrolyse-Einrichtung oder zur Plasmadüse besitzt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Behandeln einer Oberfläche eines Behälters, wie einer Flasche, wobei auf eine nicht oxidierte Oberfläche des Behälters in einer Behälterbehandlungsmaschine (100) eine Funktions-Schicht aufgebracht wird, wobei das Verfahren mit einer Behälterbehandlungsmaschine nach einem der Ansprüche 9 bis 14 durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Behälterbehandlungsmaschine (100) eine Flammenpyrolyse-

Einrichtung (251, 252) umfasst, wobei die nicht oxidierte Oberfläche des Behälters bei Anwesenheit des Precursors von der Flammenpyrolyse-Einrichtung beflammt wird und die Funktions-Schicht zumindest in dem Bereich auf der nicht oxidierten Oberfläche aufgebracht wird, der von der Flammenpyrolyse-Einrichtung beflammt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Behälterbehandlungsmaschine (100) zwei Flammenpyrolyse-Einrichtungen (251, 252) umfasst, und die Behälter in einer Transporteinrichtung (110) transportiert werden, die die Behälter an den Flammenpyrolyse-Einrichtungen in Transportrichtung vorbei transportiert,

wobei die Flammenpyrolyse-Einrichtungen (251, 252) in Transportrichtung nacheinander angeordnet sind und die nicht oxidierte Oberfläche des Behälters nacheinander beflammen; und/oder

wobei die Flammenpyrolyse-Einrichtungen (251, 252) auf gegenüberliegenden Seiten der Transporteinrichtung (110) angeordnet sind und den Behälter gleichzeitig beflammen; und/oder

wobei die Flammenpyrolyse-Einrichtungen (251, 252) auf der gleichen Seite der Transporteinrichtung (110) angeordnet sind und den Behälter gleichzeitig beflammen;

und/oder

wobei die Flammenpyrolyse-Einrichtungen übereinander in einer Richtung senkrecht zur Transportrichtung der Behälter angeordnet sind und die Flammenpyrolyse-Einrichtungen voneinander verschiedene Bereiche des Behälters gleichzeitig beflammen.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Behälterbehandlungsmaschine (100) eine Plasmadüse (341) umfasst, wobei die Oberfläche des Behälters mit einem den Precursor enthaltenden Plasma (342) beaufschlagt wird und die Funktions-Schicht zumindest in dem Bereich auf der nicht oxidierten Oberfläche aufgebracht wird, die von der Plasmadüse mit dem Plasma beaufschlagt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Behälter entlang seiner Längsachse bewegt wird, während die Plasmadüse (341) die Oberfläche des Behälters mit dem Plasma beaufschlagt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Behälter um eine Achse gedreht wird, während die Funktions-Schicht auf die nicht oxidierte Oberfläche aufgebracht wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei der Abstand der nicht oxidierten Oberfläche, die von der Flammenpyrolyse-Einrichtung (251, 252) be-

flammt wird oder die von der Plasmadüse (341) mit Plasma beaufschlagt wird, zur Flammenpyrolyse-Einrichtung (251, 252) oder zur Plasmadüse konstant bleibt, während der Behälter relativ zur Flammenpyrolyse-Einrichtung (251, 252) oder zur Plasmadüse gedreht wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Precursor wenigstens eines von Silizium, metallorganische Verbindungen, Titan, siliziumhaltige Verbindungen umfasst.
9. Behälterbehandlungsmaschine (100) zum Behandeln einer Oberfläche eines Behälters, wie einer Flasche in der Getränkeverarbeitenden Industrie, wobei die Behälterbehandlungsmaschine eine Transporteinrichtung (110) zum Transportieren der Behälter entlang einer Transportrichtung und zwei Flammenpyrolyse-Einrichtungen (251, 252) umfasst, die angeordnet und ausgebildet sind, eine Oberfläche eines Behälters, der in der Transporteinrichtung (110) transportiert wird, zu beflammen und eine Funktionsschicht aufzubringen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flammenpyrolyse-Einrichtungen (251, 252) beide auf derselben Seite der Transporteinrichtung angeordnet sind und wobei die Flammenpyrolyse-Einrichtungen (251, 252) in Transportrichtung nacheinander angeordnet sind und so ausgerichtet sind, dass eine erste Flammenpyrolyse-Einrichtung die Flamme in eine erste Richtung ausbringt und eine zweite Flammenpyrolyse-Einrichtung die Flamme in eine zweite Richtung ausbringt.
10. Behälterbehandlungsmaschine nach Anspruch 9, wobei die erste Richtung und die zweite Richtung parallel zueinander sind.
11. Behälterbehandlungsmaschine nach Anspruch 10, wobei die erste und zweite Flammenpyrolyse-Einrichtung verschiedene Abstände zur Transporteinrichtung besitzen.
12. Behälterbehandlungsmaschine nach Anspruch 9, wobei die erste und die zweite Richtung einen Winkel  $\alpha$  miteinander einschließen, der gegeben ist durch  $2\alpha = \beta + \gamma$ , wobei  $\beta$  und  $\gamma$  die von der ersten und der zweiten Richtung mit einer Ebene senkrecht zur Transportrichtung eingeschlossenen Winkel sind.
13. Behälterbehandlungsmaschine nach Anspruch 11, wobei  $\beta = \gamma = \alpha$  ist und der Abstand  $d$  der ersten und zweiten Flammenpyrolyse-Einrichtung zur Transporteinrichtung und der Abstand  $e$  der Flammenpyrolyse-Einrichtungen zueinander in der Beziehung  $\frac{e}{2d} \geq \tan \frac{\alpha}{2}$  stehen.

14. Behälterbehandlungsmaschine nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei die Transporteinrichtung eine Drehvorrichtung umfasst, die ausgebildet ist, einen von der Transporteinrichtung transportierten Behälter während der Beaufschlagung durch die Flammenpyrolyse-Einrichtungen so zu drehen, dass der Abstand der mit der Flamme beaufschlagten Oberfläche zu den Flammenpyrolyse-Einrichtungen stets gleich ist.

#### Claims

1. A method for treating a surface of a container, such as a bottle, wherein a functional layer is applied to a non-oxidized surface of the container in a container treatment machine (100), wherein the method is carried out by a container treatment machine according to any one of claims 9 to 14.
2. The method according to claim 1, wherein the container treatment machine (100) comprises a flame pyrolysis device (251, 252), wherein the non-oxidized surface of the container is flamed by means of the flame pyrolysis device in the presence of the precursor and the functional layer is applied to the non-oxidized surface at least in the area flamed by means of the flame pyrolysis device.
3. The method according to claim 2, wherein the container treatment machine (100) comprises two flame pyrolysis devices (251, 252), and the containers are transported in a transport device (110) which transports the containers along the flame pyrolysis devices in the transport direction,
- wherein the flame pyrolysis devices (251, 252) are arranged consecutively in the transport direction and successively flame the non-oxidized surface of the container; and/or
- wherein the flame pyrolysis devices (251, 252) are arranged on opposite sides of the transport device (110) and simultaneously flame the container;
- and/or
- wherein the flame pyrolysis devices (251, 252) are arranged on the same side of the transport device (110) and simultaneously flame the container;
- and/or
- wherein the flame pyrolysis devices are arranged on top of each other in a direction perpendicular to the transport direction of the containers and the flame pyrolysis devices simultaneously flame different areas of the container.
4. The method according to claim 1, wherein the container treatment machine (100) comprises a plasma

- nozzle (341), wherein a plasma (342) containing the precursor is applied to the surface of the container and the functional layer is depleted at least in the area on the non-oxidized surface where the plasma is applied by means of the plasma nozzle.
5. The method according to claim 4, wherein the container is moved along its longitudinal axis while the plasma nozzle (341) applies the plasma to the surface of the container.
  6. The method according to any one of claims 1 to 5, wherein the container is rotated about an axis while the functional layer is applied to the non-oxidized surface.
  7. The method according to any one of claims 2 to 6, wherein the distance between the non-oxidized surface which is flamed by means of the flame pyrolysis device (251, 252) or to which plasma is applied by means of the plasma nozzle (341) and the flame pyrolysis device (251, 252) or the plasma nozzle, respectively, remains constant during rotation of the container relative to the flame pyrolysis device (251, 252) or the plasma nozzle, respectively.
  8. The method according to any one of claims 1 to 7, wherein the precursor comprises at least one of silicon, organometallic compounds, titanium, silicon-containing compounds.
  9. A container treatment machine (100) for treating a surface of a container, such as a bottle in the beverage processing industry, the container treatment machine comprising a transport device (110) for transporting the container along a transport direction and two flame pyrolysis devices (251, 252) arranged and adapted to flame a surface of a container transported in the transport device (110) and to apply a functional layer thereto, **characterized in that** the flame pyrolysis devices (251, 252) are arranged on the same side of the transport device and wherein the flame pyrolysis devices (251, 252) are arranged consecutively in the transport direction and are oriented such that a first flame pyrolysis device applies the flame in a first direction and a second flame pyrolysis device applies the flame in a second direction.
  10. The container treatment machine according to claim 9, wherein the first direction and the second direction are parallel to each other.
  11. The container treatment machine according to claim 10, wherein the first and second flame pyrolysis devices have different distances from the transport device.
  12. The container treatment machine according to claim 9, wherein said first and second directions enclose an angle  $\alpha$ , defined by  $2\alpha = \beta + \gamma$ , wherein  $\beta$  and  $\gamma$  are the angles enclosed by the first and the second direction, respectively, and a plane perpendicular to the transport direction.
  13. The container treatment machine according to claim 11, wherein  $\beta = \gamma = \alpha$  and wherein for the distance  $d$  of the first and second the flame pyrolysis device, respectively, from the transport device and the spacing  $e$  between the flame pyrolysis devices  $\frac{e}{2d} \geq \tan \frac{\alpha}{2}$  applies.
  14. The container treatment machine according to any one of claims 9 to 13, wherein the transport device comprises a rotating device adapted to rotate a container transported by the transport device during treatment by the flame pyrolysis devices such that the distance between the surface to which the flame is applied and the flame pyrolysis devices remains constant at all times.

## Revendications

1. Procédé de traitement d'une surface d'un récipient, tel qu'une bouteille, dans lequel une couche fonctionnelle est appliquée sur une surface non oxydée du récipient dans une machine de traitement de récipients (100), dans lequel le procédé est mis en œuvre avec une machine de traitement de récipients selon l'une des revendications 9 à 14.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la machine de traitement de récipients (100) comprend un dispositif de pyrolyse à flamme (251, 252), dans lequel la surface non oxydée du récipient est flambée par le dispositif de pyrolyse à flamme en présence du précurseur et la couche fonctionnelle est appliquée sur la surface non oxydée au moins dans la zone qui est flambée par le dispositif de pyrolyse à flamme.
3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel la machine de traitement de récipients (100) comprend deux dispositifs de pyrolyse à flamme (251, 252), et les récipients sont transportés dans un dispositif de transport (110) qui fait passer les récipients devant les dispositifs de pyrolyse à flamme dans la direction de transport, dans lequel les dispositifs de pyrolyse à flamme (251, 252) sont agencés successivement dans la direction de transport et flambent successivement la surface non oxydée du récipient ; et/ou

- dans lequel les dispositifs de pyrolyse à flamme (251, 252) sont agencés sur des côtés opposés du dispositif de transport (110) et flambent simultanément le récipient ; et/ou
- dans lequel les dispositifs de pyrolyse à flamme (251, 252) sont agencés du même côté du dispositif de transport (110) et flambent simultanément le récipient ;
- et/ou
- dans lequel les dispositifs de pyrolyse à flamme sont agencés les uns au-dessus des autres dans une direction perpendiculaire à la direction de transport des récipients et les dispositifs de pyrolyse à flamme flambent simultanément différentes zones du récipient.
4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la machine de traitement de récipients (100) comporte une buse à plasma (341), dans lequel la surface du récipient est exposée à un plasma (342) contenant le précurseur et la couche fonctionnelle est consommée au moins dans la zone sur la surface non oxydée, qui est exposée au plasma par la buse à plasma.
  5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel le récipient est déplacé le long de son axe longitudinal tandis que la buse à plasma (341) applique le plasma à la surface du récipient.
  6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel le récipient tourne autour d'un axe tandis que la couche fonctionnelle est appliquée sur la surface non oxydée.
  7. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6, dans lequel la distance entre la surface non oxydée qui est flambée par le dispositif de pyrolyse à flamme (251, 252) ou qui est exposée au plasma par la buse à plasma (341) et le dispositif de pyrolyse à flamme (251, 252) ou la buse à plasma reste constante pendant que le récipient tourne par rapport au dispositif de pyrolyse à flamme (251, 252) ou à la buse à plasma.
  8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel le précurseur comprend au moins un composant parmi le silicium, les composés organométalliques, le titane et les composés contenant du silicium.
  9. Machine de traitement de récipients (100) destinée à traiter une surface d'un récipient, tel qu'une bouteille dans l'industrie de transformation des boissons, dans laquelle la machine de traitement de récipients comprend un dispositif de transport (110) pour transporter les récipients selon une direction de transport et deux dispositifs de pyrolyse à flamme (251, 252), agencés et constitués pour flamber une surface d'un récipient transporté dans le dispositif de transport (110) et pour appliquer une couche fonctionnelle, **caractérisée en ce que** les dispositifs de pyrolyse à flamme (251, 252) sont tous deux agencés sur le même côté du dispositif de transport, et dans laquelle les dispositifs de pyrolyse à flamme (251, 252) sont agencés successivement dans la direction de transport et sont alignés de telle sorte qu'un premier dispositif de pyrolyse à flamme applique la flamme dans une première direction et qu'un deuxième dispositif de pyrolyse à flamme applique la flamme dans une deuxième direction.
  10. Machine de traitement de récipients selon la revendication 9, dans laquelle la première direction et la deuxième direction sont parallèles entre elles.
  11. Machine de traitement de récipients selon la revendication 10, dans laquelle les premier et deuxième dispositifs de pyrolyse à flamme se trouvent à des distances différentes du dispositif de transport.
  12. Machine de traitement de récipients selon la revendication 9, dans laquelle les première et deuxième directions présentent entre elles un angle  $\alpha$ , qui est donné par  $2\alpha = \beta + \gamma$ , où  $\beta$  et  $\gamma$  sont les angles constitués par les première et deuxième directions et un plan perpendiculaire à la direction de transport.
  13. Machine de traitement de récipients selon la revendication 11, dans laquelle  $\beta = \gamma = \alpha$  et la distance  $d$  entre les premier et deuxième dispositifs de pyrolyse à flamme et le dispositif de transport et la distance  $e$  entre les dispositifs de pyrolyse à flamme répondent à la relation 
$$\frac{e}{2d} \geq \tan \frac{\alpha}{2}.$$
  14. Machine de traitement de récipients selon l'une des revendications 9 à 13, dans laquelle le dispositif de transport comprend un dispositif rotatif qui est conçu pour faire tourner un récipient transporté par le dispositif de transport pendant le traitement par les dispositifs de pyrolyse à flamme, de telle sorte que la distance entre la surface exposée à la flamme et les dispositifs de pyrolyse à flamme reste constante.

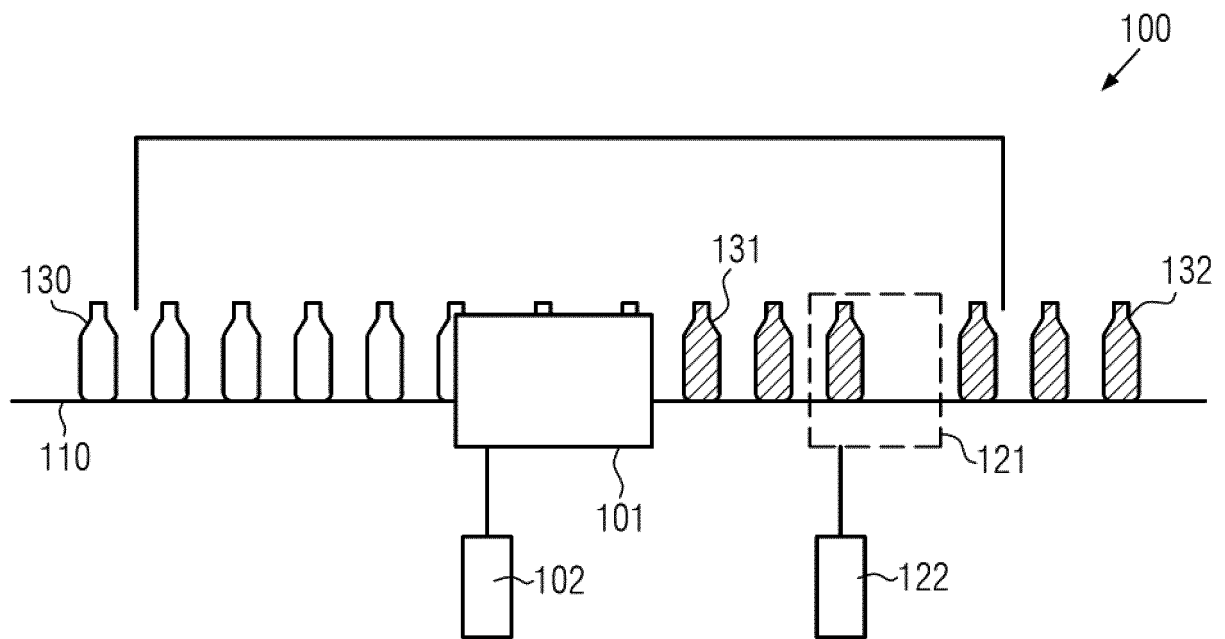


FIG. 1

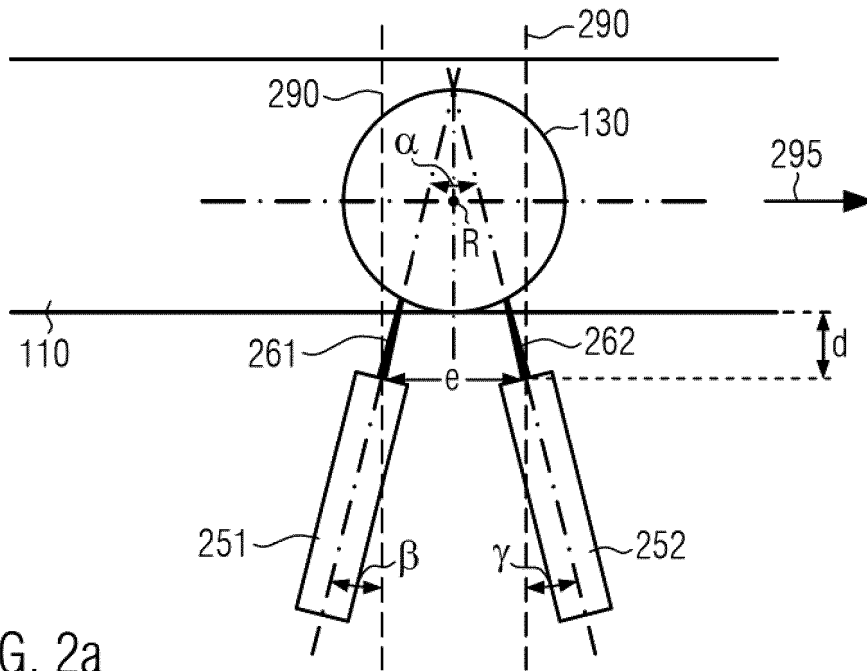


FIG. 2a

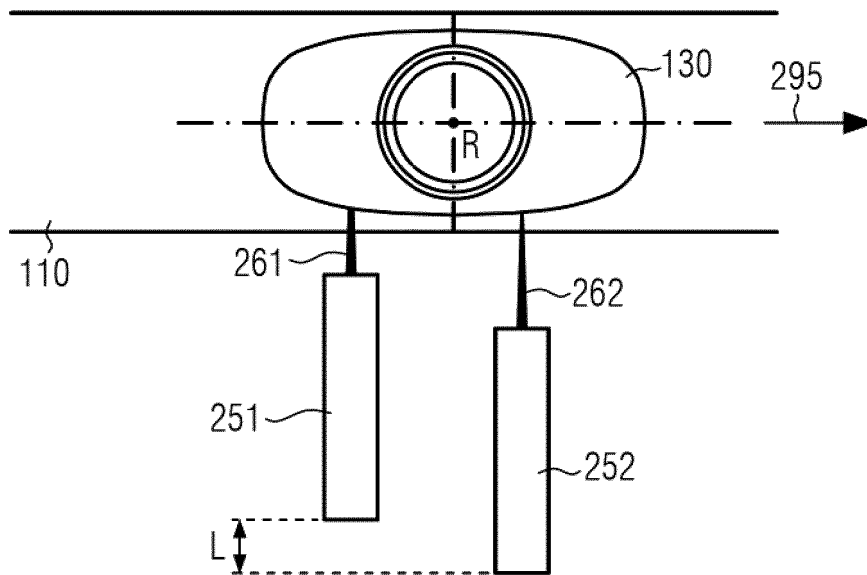


FIG. 2b

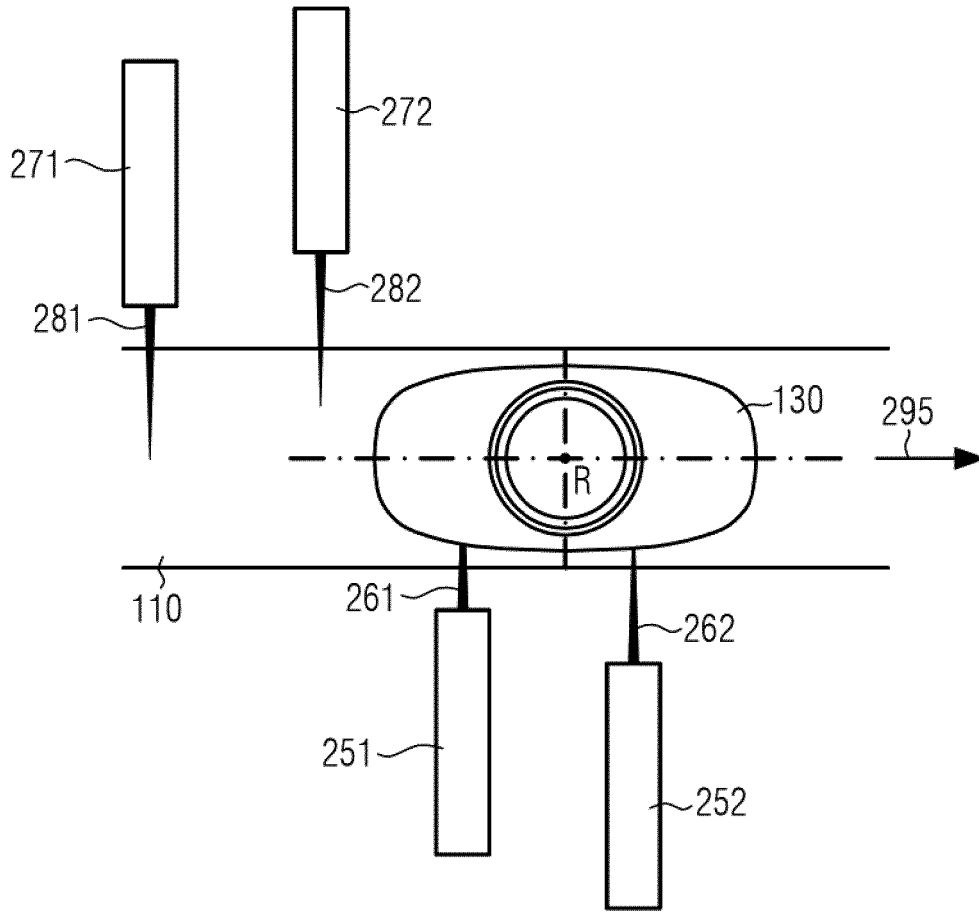


FIG. 2c

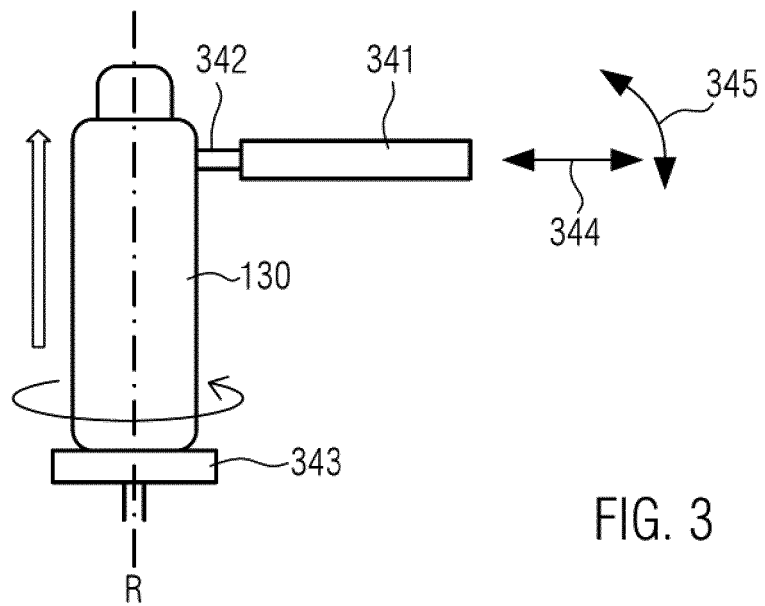


FIG. 3

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 2089234 B1 [0003]
- EP 1148036 B1 [0005]
- JP 2018024559 A [0007]
- EP 2799241 A2 [0008]
- US 10016997 B1 [0009]
- DE 102013110125 A1 [0010]
- DE 102013215637 A1 [0011]