

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Anmeldenummer: GM 47/2023
(22) Anmeldetag: 20.09.2023
(24) Beginn der Schutzdauer: 15.02.2025
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2025

(51) Int. Cl.: **H10K 71/12** (2023.01)
H10K 71/15 (2023.01)

(56) Entgegenhaltungen:

JP 2004273678 A
US 2005005848 A1
US 2009159880 A1
WO 2013149678 A1
WO 2013164761 A1
US 2017018372 A1
US 2017279062 A1
WO 2020212953 A1
EP 3796408 A1
WO 2021130713 A1
WO 2021229553 A1
WO 2022246120 A1
WO 2022246124 A1
EP 4199126 A1
WO 2023111919 A1
WO 2023156923 A1
GB 2441701 A

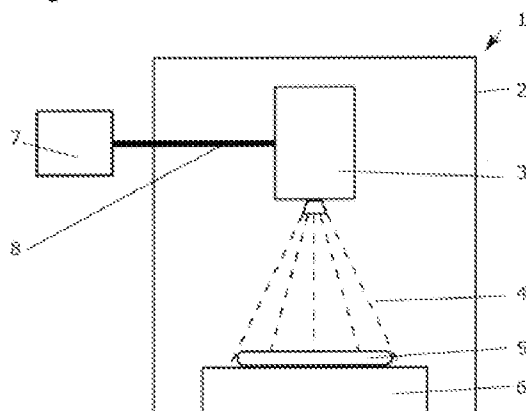
(73) Gebrauchsmusterinhaber:
EV Group E. Thallner GmbH
4782 St. Florian am Inn (AT)

(72) Erfinder:
Rimböck Johanna
4782 St. Florian am Inn (AT)
Gasiorowski Jacek
4782 St. Florian am Inn (AT)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung von großflächigen dünnen Schichten an Substraten mittels chemisch reaktiver Sprühbeschichtung**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und Vorrichtung (1) zur Erzeugung von großflächigen dünnen Schichten an Substraten (5) mittels chemisch reaktiver Sprühbeschichtungen aus direkt nicht sprühbarem Material. dabei werden homogene Schichtdicken unter 30nm erzeugt.

Fig. 1



Beschreibung

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERZEUGUNG VON GROßFLÄCHIGEN DÜNNEN SCHICHTEN AN SUBSTRATEN MITTELS CHEMISCH REAKTIVER SPRÜHBESCHICHTUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung gemäß den nebengeordneten Gebrauchsmusteransprüchen.

[0002] In der Halbleiterindustrie werden Beschichtungen verwendet, insbesondere um Maskierungen herzustellen oder um Bauteileigenschaften bspw. mit funktionellen Schichten zu beeinflussen.

[0003] Für die Erzeugung der Schichten werden Beschichtungsverfahren angewendet. Der üblichen Technologien der Halbleiterindustrie, wie Aufgießen, Laminieren, Rakeln, Siebdruck oder Aufschleudern sind bei insbesondere großen, nicht kreisrunden Substraten technologische und physikalische Grenzen gesetzt.

[0004] Um die immer größer werdenden Substrate, insbesondere Paneele strukturieren und/oder zu funktionalisieren, werden Technologien wie Gasphasenabscheiden (engl. physical vapor deposition, PVD oder Chemical vapor deposition, CVD) sowie Sprühbeschichtung verwendet.

[0005] Im Stand der Technik sind die erwähnten Beschichtungsverfahren allgemein beschrieben. Bei PVD wird ein Medium in einer Vakuumkammer in eine Gasphase überführt (insbesondere durch lokale thermische Energieeinwirkung wie Heizung, Elektronenstrahl, Laserstrahl), zum zu beschichtenden Substrat geführt, wo das Beschichtungsmaterial kondensiert und somit das Substrat beschichtet. Insbesondere eignet sich PVD zur Herstellung von Metallbeschichtungen an Substraten.

[0006] Bei CVD wird an der erhitzten Oberfläche eines Substrates aufgrund einer chemischen Reaktion aus der Gasphase eine Feststoffkomponente abgeschieden. Dazu muss das Beschichtungsmaterial in einer chemischen Reaktion in zumindest eine flüchtige Verbindung der Schichtkomponenten und in eine, bei einer bestimmten Reaktionstemperatur feste Schicht reagieren. Für eine bessere Kontrolle der Reaktionen wird in der Regel in einer Vakuumkammer bei Vakuum die Beschichtung durchgeführt.

[0007] Das Verfahren der chemischen Gasphasenabscheidung zeichnet sich durch mindestens eine chemische Reaktion in der Vakuumkammer, bevorzugt auf der Oberfläche des zu beschichtenden Substrates aus. An dieser Reaktion müssen mindestens eine gasförmige Ausgangsverbindung (Edukt) und mindestens zwei Reaktionsprodukte, davon mindestens eines in der festen Phase, beteiligt sein.

[0008] Bei bekannten Sprühbeschichtungsverfahren wird ein gerichteter Strahl eines insbesondere mit Lösungsmittel versetzten Beschichtungsmaterials auf einem Substrat als gerichteter Sprühnebel aufgetragen. In weiteren Ausführungsformen kann einem Trägergasstrom das Beschichtungsmaterial zugeführt werden. Zur Erzeugung vom feinsten Sprühnebel kann das Beschichtungsmaterial Trägergasstrom-Gemisch mit Ultraschallzerstäuber weiter vereinheitlicht werden.

[0009] Im Stand der Technik werden Schichtdicken in Submikrometer-Dicke offenbart. Ein naher Stand der Technik offenbart, wie US20100090199A1, dass Schichtdicken ab 30 Nanometer Dicke bis Mikrometer-Dicke möglich sind.

[0010] Im Vergleich der Beschichtungsverfahren (Aufschleudern, Rakeln, etc.) bezüglich der Kosten, der benötigten Materialmenge für eine Flächeneinheit ist die Sprühbeschichtung ein kostengünstiges Verfahren, denn prinzipbedingt wird die verschwendete Materialmenge bis zu etwa 90% reduziert. Dadurch sinkt der Materialkonsum, welche wiederum die Kosten der Beschichtung reduziert.

[0011] Des Weiteren hat sich gezeigt, dass mittels Sprühbeschichtung strukturierte Substrate, welche Topographien mit hohem Seitenverhältnis, sog. aspect ratio (Verhältnis der Strukturhöhe

zur Strukturbreite) besitzen, ebenfalls praktisch fehlerfrei beschichtet werden können.

[0012] Ein Problem besteht mit neuartigen Werkstoffen, wessen Eigenschaften als Beschichtungsmaterialien vorteilhaft sind, jedoch nicht mittels Schleuderbeschichtung oder Sprühbeschichtung auftragbar sind, weil sie insbesondere mit Luftsauerstoff zu unerwünschten Produkten reagieren bzw. oxidieren oder in hygroskopischen Reaktionen unerwünschte Produkte ausbilden.

[0013] Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Beschichtung von Substratoberflächen zu offenbaren, welche mittels Sprühbeschichtung insbesondere 0 nm bis unter 30 nm gleichmäßig dicke, homogene Schichten erzeugt, dadurch gekennzeichnet, dass die erzeugte Schicht mit einem chemisch reaktiven Sprühbeschichtungsverfahren hergestellt wird.

[0014] Das erfindungsgemäße Verfahren regelt insbesondere die folgenden Parameter der chemischen Reaktoren für eine chemisch reaktive Sprühbeschichtung für homogene Schichtdicken:

- Reaktionstemperatur, und/oder
- Reaktionsgeschwindigkeit, und/oder
- Reaktionsstrom, und/oder
- Durchfluss, und/oder
- Konzentration der Edukte, und/oder
- Umgebungsbedingungen insbesondere Kammeratmosphäre, Kammerdruck.

[0015] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Sprühdüse für insbesondere elektrochemische Reaktionen für die Beschichtung von Substraten.

[0016] Die Erfindung betrifft weiterhin Verfahren zur insbesondere elektrochemischen Sprühbeschichtung von Substraten.

[0017] Eine erste erfindungsgemäße Ausführungsform der Vorrichtung für die Sprühbeschichtung von Substraten beinhalten

- zumindest einen Sprühkopf, welcher
 - = zumindest einen Eingang für Medienzufuhr beinhaltet und
 - = zumindest eine, für chemische Reaktionen geeignete, insbesondere kontinuierlich arbeitende Reaktionskammer beinhaltet, sowie
 - = eine, mit der Reaktionskammer direkt fluidisch verbundene zumindest eine Sprühdüse beinhaltet, und
- zumindest ein Managementsystem für Fluide, insbesondere für Gase und für Lösungsmittel, und
- eine hermetisch von der Umgebung abschließbare Sprühkammer mit insbesondere vollständig kontrollierbarer Atmosphäre und/oder Druckverhältnissen und/oder Temperatur und/oder Strömungsgeschwindigkeiten und
- zumindest eine Bewegungsvorrichtung für den Sprühkopf, und
- eine Substrathalterung für die Festhaltung des Substrates, in besonderen Ausführungen mit insbesondere integrierter Temperierung (Heiz- und/oder Kühlvorrichtung des Substrats) und/oder elektrostatische Halterung für die chemische Reaktionen, und
- einer Substratpositionierungsvorrichtung zum Bewegen des Substrates insbesondere in die und/oder in der Bearbeitungsposition
- optional weitere Komponenten, insbesondere
 - = die Messsysteme und
 - = die Energie- sowie Medienversorgung (CDA, Vakuum, Prozessgase, Reaktionsedukte, Kühlwasser, etc.)
 - = Steuer- und/oder Regeleinheit als Computer und/oder als FPGA ausgeführt.

[0018] Weiterhin ist für ein erfindungsgemäßes Verfahren ein Substrat unerlässlich. Somit kann ein Substrat als Teil der erfindungsgemäßen Vorrichtung betrachtet werden, damit die erfindungsgemäßen Verfahren durchgeführt werden können.

[0019] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung beinhaltet zumindest einen Sprühkopf. Eine zweite, bevorzugte Ausführungsform der Vorrichtung kann mehr als einen Sprühkopf beinhalten.

[0020] Es ist erfindungsgemäß in einer Ausführungsform der Vorrichtung möglich, dieselben chemischen Reaktionen mit mehreren Sprühköpfen durchzuführen.

[0021] In einer weiteren erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es erfindungsgemäß möglich, mehrere Sprühköpfe für die Verfahren notwendigen, unterschiedlichen chemischen Reaktionen zu betreiben, welche in Synergieeffekt die benötigte Schicht und/oder benötigten Schichten auf dem Substrat erzeugen.

[0022] In weiteren Ausführungen der Vorrichtung ist es erfindungsgemäß denkbar, Sprühköpfe mit unterschiedlichen chemischen Reaktionen gruppiert oder nach einem Muster zu betreiben. Mit anderen Worten werden bspw. drei Sprühköpfe mit einer chemischen Reaktion A betrieben und drei Sprühköpfe mit einer chemischen Reaktion B betrieben. Dann sind Gruppen wie AA-BB-AB oder AAA-BBB oder ABABAB sowie alle möglichen Kombinationen bzw. Permutationen erfindungsgemäß möglich. Die Gruppierung der Sprühköpfe erfolgt mit dem Ziel, eine gute Durchmischung der Edukte und eine hohe Materialausbeute des Produktes zu erreichen.

[0023] Es ist erfindungsgemäß möglich, dass die Sprühköpfe mit standardisierten Verbindungselementen mit der Vorrichtung verbunden sind, sodass ein automatischer Wechsel des Sprühkopfes insbesondere zur Wartung möglich ist. Es ist erfindungsgemäß ebenfalls möglich, die Sprühköpfe für jeweils eine chemische Reaktion zu optimieren, sodass für die Sprühbeschichtung von Substraten mit mehreren chemischen Reaktionen die Sprühköpfe ausgetauscht werden.

[0024] Alle Ausführungsformen der Sprühköpfe werden für die Erfordernisse der chemischen Reaktionen ausgelegt. Mit anderen Worten wird die Funktionalität der Sprühköpfe zumindest teilweise von der chemischen Reaktion der chemisch reaktiven Sprühbeschichtung festgelegt, sodass insbesondere die Teile der Sprühköpfe, welche mit den Medien für die Sprühbeschichtung in Kontakt kommen können, so ausgewählt und/oder so ausgebildet werden, dass die Sprühköpfe in der chemischen Reaktion nicht teilnehmen oder Teile des Sprühkopfes als Katalysator für die chemische Reaktion oder chemischen Reaktionen dienen.

[0025] Mit anderen Worten werden die Sprühköpfe auf die Durchführung der jeweiligen chemischen Reaktion der Sprühbeschichtung ausgelegt.

[0026] Es werden insbesondere folgende Merkmale des Sprühkopfes gemäß den beabsichtigten chemischen Reaktionen errechnet und/oder festgelegt:

- Material der des Sprühkopfes, insbesondere
 - = Temperaturbeständigkeit des Sprühkopfes zwischen 70 Kelvin und 700 Kelvin.
 - = chemische Beständigkeit auf Lösungsmittel,
 - = Werkstoff mit möglichst niedrigem Dampfdruck, sodass die Querkontaminationen minimiert werden, sowie Korrosionsbeständigkeit bei den Betriebsbedingungen der chemischen Reaktionen,
 - = physikalische Beständigkeit auf abrasiv wirkende Partikel, insbesondere Nanopartikel,
 - = elektrische Leitfähigkeit des Sprühkopfes, insbesondere der Reaktionskammer, kann mittels Beschichtung in der Reaktionskammer sowie in den Leitungen beeinflusst werden.
- Material und/oder Beschichtung der medienführenden Teile des Sprühkopfe, insbesondere
 - = Temperaturbeständigkeit der medienführenden Teile des Sprühkopfes zwischen 70

- Kelvin bis 700 Kelvin, bevorzugt zwischen 200 Kelvin und 500 Kelvin,
- = chemische Beständigkeit auf Lösungsmittel,
 - = Werkstoff mit möglichst niedrigem Dampfdruck, sodass die Querkontaminationen minimiert werden, sowie Korrosionsbeständigkeit bei den Betriebsbedingungen der chemischen Reaktionen.
 - = physikalische Beständigkeit auf abrasiv wirkende Partikel, insbesondere Nanopartikel.
 - = elektrische Leitfähigkeit der medienführenden Teile der Reaktionskammer kann mittels Beschichtung in der Reaktionskammer sowie in den Leitungen beeinflusst werden,
 - = Adhäsionsfähigkeit zu den Reaktionsedukten und Reaktionsprodukten insbesondere in den medienführenden Teilen des Sprühkopfes sollen minimal sein, um ein Verklumpen oder Verstopfen des Sprühkopfes zu verhindern. Ein weiterer Vorteil der möglichst niedrigen Adhäsionsfähigkeit ist die Selbstreinigung des Sprühkopfes. In einer Ausführungsform des Sprühkopfes wird der Sprühkopf mit Druckluft zur Reinigung ausgeblasen. Eine weitere Ausführungsform des Sprühkopfes kann zur Selbstreinigung eine Spülung mit Lösungsmittel mit einem anschließenden Ausblasen verwendet werden.
- Größe und Geometrie und Auslegung des Sprühkopfes sowie
 - Größe und Geometrie und Auslegung der Reaktionskammer wird so ausgelegt, dass damit
 - = der beabsichtigte Ort der chemischen Reaktion bestimmt wird, und
 - = die Durchlaufzeit im Sprühkopf limitiert wird, denn sie wirkt wie ein physikalischer Begrenzer für den Massenstrom und/oder Volumenstrom der Medien der chemischen Reaktion.

[0027] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung beinhaltet zumindest eine Bewegungsvorrichtung für zumindest einen Sprühkopf. Für eine effektive Beschichtung des Substrats wird eine Relativbewegung zwischen dem Sprühkopf, insbesondere dem Sprühstrahl, und dem Substrat mittels der Bewegungsvorrichtung für den Sprühkopf erzeugt. Jeder Punkt auf der Substratoberfläche kann mit dem Sprühstrahl zumindest aus der normalen Richtung, bevorzugt aus einer angewinkelten Sprühkopfposition angesteuert werden. Dabei werden sowohl der Abstand als auch der Neigungswinkel des Sprühstrahls bezüglich des Substrats variiert. Die Trajektorien des Sprühstrahls auf dem Substrat können jede technisch sinnvolle Bahn abfahren. Insbesondere vorteilhaft sind kontinuierliche Linienmuster und/oder unterbrochene Linienmuster, sodass die Sprühbeschichtung mit einem Füllfaktor kleiner 100% durchgeführt wird. 100% Füllfaktor bedeutet eine kontinuierliche Sprühbeschichtung, 0% Füllfaktor würde keine Sprühbeschichtung bedeuten, bezogen auf die Beschichtungszeit und/oder Beschichtungsfläche. Die Verwendung des Füllfaktors ist von der Homogenität der Beschichtung unabhängig. Damit kann ein Materialersparnis erzielt werden und/oder eine nicht-kontinuierliche chemische Reaktion zur Beschichtung verwendet werden.

[0028] Die Bewegungsvorrichtung für den Sprühkopf kann in einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung eine Spiralbahn oder konzentrische Kreise als Trajektorie für den Sprühstrahl verwenden.

[0029] In einer bevorzugten Weiterbildung der Spiralbahn für den Sprühstrahl kann auch der relative Abstand des Sprühkopfes, insbesondere der Sprühdüse und des Substrates während des Beschichtungsvorgangs insbesondere kontinuierlich geändert werden.

[0030] Ziel aller Relativbewegungen zwischen Substrat und Sprühkopf ist eine optimale Beschichtung mit hoher Homogenität zu erzeugen.

[0031] Die Bewegungsvorrichtung für den Sprühkopf kann in jeder Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung den relativen Abstand und/oder den Winkel des Sprühkopfes vom

Substrat insbesondere kontinuierlich von 1 mm bis 500 mm bzw. bis 90° Halbwinkel vom Flächennormalen des Substrats entsprechend des verwendeten Verfahrens einstellen und halten und/oder dynamisch verändern.

[0032] In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform der Bewegungsvorrichtung für den Sprühkopf ist ein Anfahren von diskreten Positionen und eine punktförmige Beschichtung des Substrates besonders vorteilhaft. Bei der Verwendung von mehreren Sprühköpfen insbesondere mit voneinander unterschiedlichen Edukten können somit lokal geänderte Konzentrationen der Beschichtungswerkstoffe in der Beschichtung gezielt erzeugt werden. Solche Beschichtungsverfahren ähneln einer lokalen Dotierung der Substratoberfläche. Um diesen Effekt erzielen zu können wird zumindest ein Sprühkopf eine Beschichtung der Substratoberfläche erzeugen und dazu optimal bewegt und ein weiterer Sprühkopf die Substratoberfläche insbesondere gezielt lokal und kleinflächig beschichten.

[0033] Es können so insbesondere abgestufte Beschichtungen in einem Beschichtungsverfahren erzeugt werden. Dabei ist es für die Vorrichtung irrelevant, ob die Beschichtung aus einem Beschichtungsmaterial oder aus lokal unterschiedlichen Beschichtungsmaterialien hergestellt wird. Die Optimierung des Beschichtungsverfahrens für eine homogene oder gezielt inhomogene Beschichtung ist dem Fachmann bekannt. Abgestufte Beschichtungen oder gezielt inhomogene Beschichtungen können insbesondere vorteilhaft für die Vorbereitung für das Ätzen von Strukturen verwendet werden, um die Selektivität oder die Ätzzeit gezielt zu beeinflussen. Besonders vorteilhaft kann das erfindungsgemäße Beschichtungsverfahren als Alternative zu Lithographie mit verschiedenen Masken für die Herstellung einer Schicht verwendet werden.

[0034] Zur Herstellung einer lokal inhomogenen Beschichtung wird zumindest ein Sprühkopf näher zum Substrat bei der Erzeugung der Beschichtung bewegt als für eine großflächige homogene Beschichtung. Insbesondere für die Beschichtung von Kanten oder Unterätzungen oder tiefe Strukturen des Substrats wird die Bewegungsvorrichtung den Sprühkopf neigen und/oder um zumindest zwei voneinander unabhängige Achsen neigen: Der Sprühkopf wird genickt und gerollt.

[0035] Redundant ausgeführte Bewegungsvorrichtungen für die sechs möglichen Bewegungsfreiheitsgrade der Relativbewegung zwischen dem Substrat und zumindest eines Sprühkopfes können zur besseren Erreichbarkeit eines jeden Punktes auf dem Substrat verwendet werden. Dadurch kann die Zeit des Verfahrens zur Beschichtung bei gleichbleibenden Ergebnissen reduziert werden. Dies führt zum erhöhten Durchsatz und steigert die Produktivität der Vorrichtung.

[0036] Der Sprühkopf einer erfindungsgemäßen Vorrichtung beinhaltet zumindest einen Eingang. Eingänge sind die Koppelstellen der Vorrichtung zwischen den Medienzuleitungen der Vorrichtung zum Sprühkopf. Die interne Kopplung im Sprühkopf vom Eingang leitet das Medium in die Reaktionskammer. Bevorzugt haben die erfindungsgemäßen Sprühköpfe zumindest zwei Eingänge. Eingänge sind mit anderen Worten die medienführenden Teile eines jeweiligen Sprühkopfes für zumindest ein Medium. Die Eingänge führen das Medium oder die Medien in die Reaktionskammer des Sprühkopfes. Sie werden erfindungsgemäß soweit standardisiert, dass ein automatischer Wechsel der Sprühköpfe in einer Vorrichtung ermöglicht wird. Dazu wird bevorzugt ein Roboter mit entsprechendem Greifwerkzeug und Greifarm verwendet.

[0037] In einer ersten Ausführungsform des Sprühkopfs einer erfindungsgemäßen Vorrichtung wird er als n:1-Sprühkopf ausgeführt, wobei er n Eingänge für Medien und genau eine Sprühdüse besitzt. „n“ kann eine natürliche Zahl, bspw. 1, 2, 3 und mehr sein. Die Anzahl der Medienzuführungen hängt von der beabsichtigten chemischen Reaktion ab.

[0038] In einer zweiten Ausführungsform des Sprühkopfs einer erfindungsgemäßen Vorrichtung wird als n:m Sprühkopf ausgeführt, wobei er n Eingänge für Medien und m Sprühdüsen besitzt. „n“ und „m“ können natürliche Zahlen, bspw. 1, 2, 3 und mehr sein. Bevorzugt gilt, dass m größer gleich n ist. Die Anzahl der Eingänge und Sprühdüsen hängt von der beabsichtigten chemischen Reaktion ab. In einem n:m Sprühkopf wird also das Reaktionsprodukt aus der zumindest einen Reaktionskammer des Sprühkopfes in m Sprühdüsen geleitet.

[0039] In der erfindungsgemäßen Vorrichtung können die Sprühköpfe mit zweckdienlich mit unterschiedlich ausgebildeten Reaktionskammern hergestellt sein. Folgende Auslegungsparameter können insbesondere variiert werden:

- Anzahl der Reaktionskammern eines erfindungsgemäßen Sprühkopfs, und/oder
- Anzahl der Eingänge und der Ausgänge eines erfindungsgemäßen Sprühkopfs, und/oder
- Geometrie der Reaktionskammer eines erfindungsgemäßen Sprühkopfs, und/oder
- Beschichtung der Reaktionskammer eines erfindungsgemäßen Sprühkopfs.

[0040] In der Reaktionskammer des Sprühkopfs in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer ersten Ausführungsform läuft zumindest eine chemische Reaktion zur Herstellung des Beschichtungsmaterials für die nanometerdicke Beschichtung eines Substrats ab. In bevorzugten Ausführungsformen der Reaktionskammer laufen insbesondere kontinuierliche geregelte chemische Reaktionen ab.

[0041] In einer weiteren Ausführungsform des Sprühkopfs einer erfindungsgemäßen Vorrichtung wird in der Reaktionskammer die chemische Reaktion initiiert. Nach dem Austritt des Beschichtungsmediums aus der Sprühdüse läuft die chemische Reaktion während des Sprühvorgangs und/oder auf dem beschichteten Substrat ab.

[0042] In einer weiteren Ausführungsform des Sprühkopfs einer erfindungsgemäßen Vorrichtung werden in der Reaktionskammer des Sprühkopfs die Komponenten zur chemischen Reaktion gemischt, es startet jedoch keine chemische Reaktion in dieser Ausführungsform in der Reaktionskammer. In dieser Ausführungsform ist die Reaktionskammer eigentlich eine Mischkammer für die Reaktionsedukte. Erfindungsgemäß läuft in dieser Ausführungsform die chemische Reaktion insbesondere außerhalb des Sprühkopfes bei der Sprühbeschichtung und/oder auf dem Substrat ab.

[0043] In einer weiteren Ausführungsform der Reaktionskammer des Sprühkopfs einer erfindungsgemäßen Vorrichtung können die chemischen Reaktionen zumindest teilweise in der Reaktionskammer ablaufen. Beispielsweise kann eine chemische Reaktion zu 90% in der Reaktionskammer ablaufen und 10% der Reaktion läuft entweder in der Sprühdüse und/oder auf dem Weg zum Substrat und/oder auf dem Substrat ab.

[0044] Eine weitere mögliche Unterteilung der erfindungsgemäßen Ausführungsformen der Reaktionskammer des Sprühkopfes wird in der folgenden Liste aufgeführt:

[0045] - aktiv geregelte, mit zugeführter Energie agierende Reaktionskammer, wobei sie insbesondere mit elektrischer Energie, insbesondere Spannung beaufschlagt wird, sodass im Medium durch den fließenden elektrischen Strom eine aktiv beeinflusste chemische Reaktion abläuft, insbesondere für exotherme elektrochemische Reaktionen und/oder

[0046] - lokal temperierte Reaktionskammer mit insbesondere lokaler Heizung, sodass im Medium durch den Wärmefluss eine aktiv beeinflusste chemische Reaktion abläuft. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist in der Reaktionskammer ein Temperaturgradient mittels lokaler Heizung einstellbar oder mittels Kühlung die benötigte Reaktionstemperatur und/oder Temperaturgradient einstellbar für endotherme oder exotherme chemische Reaktionen und/oder

[0047] - lokal temperierte und mit Elektroden ausgeführte Reaktionskammer, bei welcher die chemische Reaktion mit festgelegtem Temperaturprofil und elektrischer Spannung geregelt werden kann und/oder

[0048] - passiv turbulent mischende Reaktionskammer, bei welcher die chemische Reaktion ohne aktive Steuerung oder Regelung in der Reaktionskammer abläuft, und/oder

[0049] Passiv turbulent mischende Reaktionskammer mit lokaler Temperierung und/oder elektrischer Energiezufuhr und/oder

[0050] -aktiv turbulent mischende, aktiv geregelte Reaktionskammer mit lokaler Temperierung und/oder elektrischer Energiezufuhr.

[0051] In der Reaktionskammer wird die aktive Mischung mit einem Mischelement durchgeführt.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Reaktionskammer wird dazu ein Piezo-Mischer verwendet, welcher das Medium in der Reaktionskammer turbulent vermischt, sodass vorhandene Tröpfchen der Edukte verkleinert werden.

[0052] Die Reynolds-Zahl der Reaktionskammer des Sprühkopfes einer erfindungsgemäßen Vorrichtung kann bei der Auslegung der Reaktionskammer approximiert werden. Dazu werden die Parameter der Geometrie der Reaktionskammer, die Merkmale der Strömung der Sprühmedien (insbesondere in Abhängigkeit vom Massenstrom, und/oder vom Volumenstrom, und/oder Strömungsgeschwindigkeit) berechnet, sodass daraus die Strömungsverhältnisse (laminar, gemischt oder turbulent) in einer frühen Phase der Auslegung der Reaktionskammer bestimmbar sind. Durch den iterativen Entwurf der Auslegung der Reaktionskammer werden somit die jeweilige chemisch reaktive Sprühbeschichtungen optimiert.

[0053] Für die Durchführung von chemischen Reaktionen werden die Reaktionskammer des Sprühkopfes der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgelegt. Insbesondere für eine lokalisiert ablaufende chemischen Reaktion wird eine laminare Strömung in der Reaktionskammer bevorzugt erzeugt. Für eine effektive Durchmischung in der Reaktionskammer kann eine turbulente Strömung vorteilhaft ausgelegt werden.

[0054] Es ist vorteilhaft die Reaktionskammer eines Sprühkopfs einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in Zonen zu unterteilen. Die Zonen werden insbesondere mit zusätzlichen Strömungsleitetelementen und/oder mit der Auslegung der Geometrie der Reaktionskammer erzeugt. In den unterschiedlichen Zonen der Reaktionskammer können in Abhängigkeit der vorherrschenden, insbesondere stabilen Strömungsverhältnissen

- eine effektive Durchmischung mit turbulenter Strömung und/oder
- eine kontrollierte lokale chemische Reaktion mit laminarer Strömung und/oder
- eine laminare Strömung des reaktiven Beschichtungsmaterials durch die Sprühdüse zum Substrat zu erzeugen.

[0055] Es ist vorteilhaft den Sprühkopf einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere die Reaktionskammer mit Sensoren und/oder Aktuatoren zu versehen, welche insbesondere durch die Verstellung von beweglichen Strömungsleitetelementen die Strömungsverhältnisse in der Reaktionskammer aktiv regelnd verstellen.

- Die Mischung der Medien, und/oder
- die thermischen Verhältnisse und/oder
- elektrische Verhältnisse

beeinflussen die chemische Reaktion zur Erzeugung der Beschichtung auf dem Substrat.

[0056] Die Auslegung der thermischen Verhältnisse der Reaktionskammer beinhalten folgende Parameter die Position und die Temperatur und die Temperaturverteilung und die Eingangsleistung der Heizung bzw. Temperierung der Reaktionskammer, welche insbesondere für die Eliminierung eines Lösungsmittels, und/oder Initiierung der chemischen Reaktion verwendet werden können.

[0057] Da die Geometrie der Reaktionskammer und insbesondere die Anzahl und/oder Material und/oder die Platzierung der Elektroden die Effektivität der chemischen Reaktionen beeinflusst, optimiert der chemische Ingenieur insbesondere rechnergestützt iterativ die Auslegung der Reaktionskammer auf die chemische Reaktion.

[0058] Die Sprühdüse verbindet die Reaktionskammer eines Sprühkopfs einer erfindungsgemäßen Vorrichtung als Ausgang mit der Umwelt, sodass die Reaktionsprodukte in Richtung Substrat durch die Sprühdüse den Sprühkopf verlassen.

[0059] Die Sprühdüse beeinflusst die Form und/oder die Richtung und/oder die Geschwindigkeit und/oder das Temperaturprofil und/oder den Aggregatzustand des Reaktionsproduktes. Insbesondere erzeugt die Sprühdüse einen Sprühnebel, welche das Beschichtungsmaterial fürs Substrat beinhaltet.

[0060] Die Sprühdüse des Sprühkopfs einer erfindungsgemäßen Vorrichtung kann aus

- Metall und/oder deren Legierungen, und/oder
- Keramik, und/oder
- Elastomer oder Polymer und/oder
- Glas hergestellt sein.

[0061] In besonders vorteilhafter Ausführungsformen des Sprühkopfes bestehen die medienführenden Teile des Sprühkopfes, insbesondere die Eingänge und die Verbindungskanäle und die Reaktionskammer und die Sprühdüse aus einem, für die Edukte und für das zumindest eine Reaktionsprodukt inertem Material.

[0062] In besonders vorteilhaften Ausführungsformen der Sprühdüse des Sprühkopfs einer erfindungsgemäßen Vorrichtung wird sie ähnlich einer Lavaldüse ausgeführt. Dadurch kann das ausströmende Medium mit dem Inneren der Sprühdüse durch die überhöhte Ausströmungsgeschwindigkeit des Mediums aus der Sprühdüse keinen fluidischen Kontakt aufbauen. Diese Ausführungsform ist besonders vorteilhaft bei der Verwendung von zünd- und/oder gasförmig oder fein vernebelt explosionsfähigem Reaktionsprodukten und/oder Zwischenprodukten, welche für die Beschichtung des Substrats verwendet werden.

[0063] Mit anderen Worten ist im Falle einer spontanen Entzündung des Sprühstrahls außerhalb der Sprühdüse kein Flammenrückschlag durch die Sprühdüse in die Reaktionskammer des Sprühkopfs möglich. Für das Handling der besonders explosionsfähigen oder feuergefährlichen Reaktionsprodukten wird der Sprühkopf mit einer zusätzlichen Flammenrückschlagsicherung ausgestattet.

[0064] Erfindungsgemäß beinhaltet die Vorrichtung zur Sprühbeschichtung von Substraten zumindest ein Managementsystem für die Medien. Die Medien sind Gase und/oder Flüssigkeiten und/oder feste Edukte und Hilfsstoffe des Beschichtungsmaterials, welche insbesondere geregelt in die Reaktionskammer des Sprühkopfs geleitet werden.

[0065] Das Managementsystem kann als eine Steuerung oder bevorzugt eine Regelung ausgeführt sein. Insbesondere kann das Managementsystem als Computer oder FPGA mit entsprechenden Sensoren ausgestattet sein, damit die Medien in den Sprühkopf geregelt geleitet und/oder zugeführt werden. Die generalisierte Regelungsaufgabe des Managementsystem für Medien bedeutet, dass Volumenströme und/oder Massenströme und/oder Strömungsgeschwindigkeiten und/oder Homogenität der Medien gemessen und insbesondere in Echtzeit geregelt für die jeweilige chemische Reaktion optimiert dem Sprühkopf zugeführt werden.

[0066] Das Managementsystem für die Medien kann Fluide oder fluidisierte Festkörper in den Sprühkopf befördern. Als Fluide werden inerte oder reaktive Gase oder Flüssigkeiten als Edukte oder als Lösungsmittel für die chemische Reaktion verstanden. Als fluidisierte Festkörper werden insbesondere Nanopartikel in Lösungsmittel oder in Gasströmung verstanden, welche mit Hilfe des Managementsystems für die Medien in den Sprühkopf transportiert werden.

[0067] In einer Ausführungsform der Vorrichtung zur Sprühbeschichtung von Substraten kann das Managementsystem für Medien die lokale Atmosphäre in der Sprühkammer der Vorrichtung regeln. Die Herstellung einer lokalen Atmosphäre kann insbesondere in einer vollständig gasdicht gekapselten Vorrichtung, insbesondere in einer gasdicht verschließbaren Kammer, insbesondere in der Sprühkammer erzeugt werden. Zur Beeinflussung und/oder Einstellung einer lokalen Atmosphäre in der Sprühkammer werden Medien, insbesondere Gase und/oder Gasgemische und/oder leicht flüchtige Flüssigkeiten gezielt in die Sprühkammer der Vorrichtung in die Nähe des Substrates eingebracht, sodass eine lokale, insbesondere homogene, für die chemische Reaktion vorteilhafte Atmosphäre hergestellt wird. Das Managementsystem für die Medien kann dabei mit der Absaugung der Vorrichtung abgestimmt betrieben werden.

[0068] Die erfindungsgemäße Vorrichtung beinhaltet für die Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens eine Absaugung (engl. exhaust). Die Absaugung saugt die überschüssigen Edukte und/oder die überschüssigen Reaktionsprodukte und/oder Lösungsmittel und/oder Trägergase erfindungsgemäß aus der Vorrichtung, insbesondere aus der unmittelbaren Nähe des

Substrats ab. Die Absaugung wird insbesondere geregelt betrieben. Die Absaugung kann insbesondere als Teilsystem des Managementsystems für Medien sein, damit der Medienzufuhr in den Sprühkopf und ein Medienabfuhr insbesondere synchronisiert miteinander ablaufen. Die Absaugung ist ein Teil der Regelungskette, welche eine lokale Atmosphäre erzeugt, um die chemische reaktive Beschichtung optimiert herzustellen.

[0069] Die Absaugung wird geregelt betrieben, wobei die Regelgröße ein Volumenstrom der Absaugung ist, mit welcher die lokale Gleichmäßigkeit der Beschichtung kontrolliert, bevorzugt sogar eingestellt werden kann. Die Absaugung wird so ausgelegt, dass die abgesaugte Strömung bevorzugt laminar ist, um eine Inhomogenität der Schicht zu vermeiden. Die Absaugung erzeugt insbesondere in der lokalen Umgebung des prozessierten Substrates, insbesondere kontinuierlich einen Gasstrom. Damit wird insbesondere bei einer entsprechenden Kapselung der Vorrichtung die Gaszusammensetzung und/oder die Gaskonzentration und/oder der Wasserdampfgehalt der lokalen Atmosphäre geregelt eingestellt. Die Mittels Absaugung hergestellte lokale Atmosphäre kann insbesondere zumindest arm an Sauerstoff sein, bevorzugt für die chemische Reaktion der Beschichtung ausreichend frei vom Sauerstoff sein. Mit anderen Worten wird mittels Managementsystem der Medien und mit der Absaugung die lokale Atmosphäre so eingestellt, dass der Sauerstoffgehalt der lokalen Atmosphäre keine messbaren negativen Effekte an der Sprühbeschichtung mehr verursachen kann.

[0070] Entsprechend der jeweiligen chemischen Reaktion wird die Gaszusammensetzung der lokalen Atmosphäre mittels regelten Zufuhrs und der Absaugung eingestellt und während des reaktiven Sprühbeschichtungsvorgangs konstant gehalten.

[0071] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung kann die Gaszusammensetzung der lokalen Atmosphäre an der chemischen Reaktion teilnehmen und/oder als Regelgröße für die chemische Reaktion mit verwendet werden.

[0072] Diese bevorzugte Ausführungsform der Vorrichtung ist insbesondere bei dynamisch ablaufenden chemischen Reaktionen vorteilhaft, denn mit der gezielten Veränderung des abgesaugten Volumenstroms mittels der Absaugung kann ein weiterer Parameter für die Reaktionsdynamik beeinflusst, insbesondere optimiert werden.

[0073] Mit anderen Worten kann die Absaugung geregelt betrieben werden, sodass der abgesaugte Volumenstrom während des chemisch reaktiven Sprühbeschichtungsvorgangs veränderlich sein kann.

[0074] Für den kostengünstigen Betrieb der Vorrichtung und für eine sichere und effiziente Ausbeute der chemischen Reaktion kann zumindest ein Teil der Vorrichtung insbesondere gasdicht von der Umgebung, oder Labor, oder Reinraum oder weiteren Teile der Vorrichtung abtrennbar ausgeführt werden. Die chemisch reaktive Sprühbeschichtung kann somit in einer, für die chemische Reaktion vorteilhaften, lokalen Atmosphäre erfolgen.

[0075] Die Kapselung der Vorrichtung kann mit dem Managementsystem für Medien geregelt betrieben werden, sodass die Substrate für Be- bzw. Entladen zugänglich sein können und für die Dauer der chemischen Reaktionen eine lokale Atmosphäre erzeugt wird.

[0076] Die Kapselung der Vorrichtung bildet eine Kammer, welche gasdicht von der Umgebung abtrennbar ist, aus. Weiterhin hält die Kapselung der Vorrichtung die lokale Atmosphäre in der Kammer insbesondere mittels des Managementsystem für Medien und der Absaugung in der Kammer der Vorrichtung.

[0077] Das Managementsystem für Medien und die Absaugung und die Kapselung der Vorrichtung können die lokale Atmosphäre in einer Ausführungsform der Vorrichtung mittels Verdrängung der normalen Atmosphäre herstellen. Die normale Atmosphäre der Außenwelt wird mit den regelten zugeführten Medien verdünnt und geändert, sodass die gewünschte Zusammensetzung der lokalen Atmosphäre erzeugt wird. In einer anderen Ausführungsform der Vorrichtung kann die lokale Atmosphäre mit Absaugung der normalen Atmosphäre und Auffüllen mit der gewünschten Atmosphäre erzeugt werden.

[0078] Das Zusammenwirken der Kapselung der Vorrichtung und die Absaugung der Vorrichtung und das Managementsystem für Medien können eine unerwünschte Oxidierung und/oder eine unerwünschte Nitridierung und/oder eine unerwünschte Wasseradsorption der Oberflächen, insbesondere des zu beschichtenden Substrats und/oder die Erzeugung einer entzündlichen und/oder explosiven Mischung in der Kammer verhindern. Alternativ dazu kann in der Kammer durch die gekapselte Ausführungsform zumindest das Volumen eines entzündlichen Mediums minimiert werden. In einer weiteren Ausführungsform der Kammer kann die Temperatur unter dem Flammpunkt des entzündlichen Mediums gehalten werden. In einer weiteren, möglichen Ausführungsform der Vorrichtung kann die Konzentration des entzündlichen Mediums unter den kritischen Wert der Selbstzündung, bevorzugt unter der Entzündbarkeit gehalten werden.

[0079] Weiterhin kann das Zusammenwirken der Kapselung der Vorrichtung und die Absaugung der Vorrichtung und das Managementsystem für Medien der Vorrichtung eine lokale Atmosphäre erzeugen, welche zumindest als Hauptkomponente bevorzugt eine gesättigte Atmosphäre aus Argon und/oder Wasserstoff und/oder Stickstoff und/oder Lösungsmittel des Beschichtungsmaterials beinhaltet. Es können die Partialdrücke des jeweiligen Gases der Sättigung entsprechen. Mit der Kapselung der Vorrichtung kann insbesondere eine effiziente chemische Reaktion begünstigt werden.

[0080] Die erfindungsgemäße Vorrichtung beinhaltet zumindest eine Regelungseinheit, welche bevorzugt als Rechner mit Datenspeicher und Datenanalyseeinheit ausgeführt ist.

[0081] Die Aufgabe der Regelungseinheit beinhaltet die Durchführung der erfindungsgemäßen Verfahren, und/oder die Verwaltung der Medien, und/oder das Führen von automatisierten Protokollen des Vorrichtungszustandes.

[0082] Bevorzugt kann die Regelungseinheit die chemischen Reaktionen der erfindungsgemäßen Sprühbeschichtung mit Regelung des Managementsystems für Medien und/oder mit der Regelung der chemischen Reaktion in der Reaktionskammer, insbesondere mit einer Regelung elektrischer Kenngrößen (Spannung an den Elektroden, und/oder Spannungsverlauf während des Betriebs der Reaktionskammer, und/oder elektrischer Strom an den Elektroden, Verlauf des elektrischen Stromes durch die Reaktionskammer) die Beschichtung des Substrats durchführen, bevorzugt optimiert durchführen.

[0083] Die Regelungseinheit synchronisiert die voneinander unabhängigen Verfahrensschritte für die optimale Verwendung der Vorrichtung sowie für die schonende Bearbeitung der Substrate (Beschleunigung der Substrate minimieren, Stöße vermeiden, Materialkonsum optimieren, usw.)

[0084] Wenn die Regelungseinheit mit Bausteinen für adaptive Regelungen ausgestattet ist und/oder über sog. Künstliche Intelligenz verfügt, können durch maschinelles Lernen die Sprühbeschichtungsparameter effizienter eingestellt und nachgeregelt werden.

[0085] In einem ersten erfindungsgemäßen Verfahren wird eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur chemisch reaktiven Beschichtung mindestens eines Substrates verwendet.

[0086] Als vorbereitende Verfahrensschritte werden alle Verfahrensschritte bis zum Transport des Substrats in die erfindungsgemäße Vorrichtung verstanden. Darunter fallen insbesondere:

[0087] Vorbehandlung des Substrats, insbesondere Konditionierung und/oder Behandlung des Substrats mit Lösungsmittel zur Reinigung und/oder Plasmabehandlung zum Aufräumen der Substratoberfläche und/oder Abtragung von organischen Verunreinigungen und/oder Oxidation bzw. Reduktion der Substratoberfläche und/oder elektrostatische Behandlung des Substrats und/oder Erzeugung einer insbesondere atomar oder molekular dünner Haftvermittlerschicht.

[0088] In einem ersten Verfahrensschritt wird das Substrat in die Beschichtungskammer transportiert. Der Transport erfolgt bevorzugt mit einer automatisierten Bewegungsvorrichtung, einem Transportroboter.

[0089] In einem zweiten Verfahrensschritt wird das Substrat auf einem Substrathalter abgelegt und/oder befestigt.

[0090] In einem dritten Verfahrensschritt wird die Beschichtungskammer der Vorrichtung gasdicht geschlossen und die Beschichtungskammer insbesondere mehrmals mit Inertgas gespült und anschließend evakuiert, damit die Luftfeuchtigkeit und/oder der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre reduziert wird.

[0091] In einem vierten Verfahrensschritt wird die Beschichtungskammer der Vorrichtung für die vorgegebene chemische Reaktion konditioniert: für den Anfangszustand der chemischen Reaktion vorgegebene Gaszusammensetzung wird mittels Managementsystem für Fluide eingestellt. Dabei können flüchtige Lösungsmittel als Aerosol oder feiner Nebel ebenfalls in die Reaktionskammer dosiert werden.

[0092] In einem fünften Verfahrensschritt wird die Substrat- sowie die Reaktionskammertemperatur und die Betriebstemperatur des Sprühkopfes eingestellt und insbesondere automatisiert überprüft.

[0093] In einem sechsten Verfahrensschritt wird der Sprühkopf in eine definierte Anfangsposition gebracht, bei welchem aus der Sprühdüse austretender Materialstrom das Substrat nicht trifft.

[0094] In einem siebten Verfahrensschritt wird die chemisch reaktive Beschichtung durch die Dosierung der Edukte des Beschichtungsmaterials, bei Bedarf eines Trägergases und des Lösungsmittels gestartet. Die Beschichtungsreaktion wird insbesondere auf einem Sensorarray gerichtet gestartet, welcher mittels Temperatur- und/oder Strömungssensor und/oder Drucksensor die Reaktion kontrolliert.

[0095] In einem achten Verfahrensschritt wird das Substrat insbesondere vollflächig beschichtet. Bei der Beschichtungsreaktion kann die Atmosphäre und/oder Temperatur der Beschichtungskammer zielgerichtet, insbesondere geregelt geändert werden. Es ist ebenfalls möglich, die Temperatur des Substrathalters und/oder des Substrats entsprechend der vorgegebenen Reaktionskinematik anzupassen.

[0096] In einem neunten Verfahrensschritt wird die chemisch reaktive Beschichtung des Substrates fertiggestellt.

[0097] In einem zehnten Verfahrensschritt wird der Sprühkopf, insbesondere die Sprühdüse mit dem Lösungsmittel des Beschichtungsmaterials gespült, um die Sprühdüse für eine weitere Reaktion zu konditionieren.

[0098] In einem elften Verfahrensschritt wird die Beschichtungskammer in einen, für Substrat und Umwelt sicheren Zustand gebracht. Insbesondere werden Lösungsmittel abgesaugt, und/oder die Beschichtungskammer wird mit Inertgas (Argon oder Stickstoff bspw.) gespült, um insbesondere flüchtige Reaktionsprodukte oder überschüssiges Lösungsmittel zu entfernen.

[0099] In einem zwölften Verfahrensschritt wird das Substrat nach Öffnen der Beschichtungskammer der Vorrichtung aus der Beschichtungskammer in den Transportbehälter transportiert.

[00100] In einem erfindungsgemäßen, alternativen, kontinuierlich arbeitenden Beschichtungsverfahren werden die Substrate bevorzugt chargenweise zugefügt. So werden mehrere Substrate nacheinander oder nebeneinander beschichtet und die Beschichtungsreaktion wird erst nach Beschichtung der gesamten Charge beendet.

[00101] Die wichtigsten Parameter für eine chemisch reaktive Beschichtung zumindest eines Substrats beinhalten folgende intensive oder extensive Kenngrößen:

[00102] -Designparameter der Vorrichtung, ausgelegt auf die chemische Reaktion:

[00103] =Anzahl der Sprühköpfe: ein Sprühkopf, bevorzugt zwei Sprühköpfe, besonders bevorzugt drei Sprühköpfe, ganz besonders bevorzugt vier Sprühköpfe, im optimalen Fall fünf Sprühköpfe. In weiteren Ausführungsformen der Vorrichtung bis zu zehn Sprühköpfe.

[00104] =Anzahl der Eingänge des Sprühkopfes mindestens ein Gasanschluss und mindestens ein Anschluss für zumindest ein Reaktionsedukt, bevorzugt mehrere Eingänge für Reaktionsedukte.

[00105] =Anzahl der Ausgänge des Sprühkopfes (Sprühdüsen): zumindest eine Sprühdüse, mehrere Sprühdüsen bis etwa 10 Stücke sind technisch einfach umzusetzen.

[00106] =elektrische Parameter der Reaktionskammer wie Spannung- oder Strom, elektrische Leitfähigkeit des Mediums ist gekoppelt zur jeweiligen beabsichtigten chemischen Reaktion, so dass die Angabe von verallgemeinerten Parameterbereiche möglich sind: elektrische Spannung größer 1 nV bis 100 kV, elektrischer Strom größer 1 nA bis 100 kA.

[00107] -Trärgase oder Gasmischungen, welche bevorzugt geringfügige Reaktivität in der chemischen Reaktion aufweisen, besonders bevorzugt in der chemischen Reaktion inert sind, insbesondere Edelgase beinhalten wie Helium und/oder Argon und/oder Xenon. Weitere Gase oder Gasmischungen können als Trärgase verwendet werden, welche Stickstoff, insbesondere mit Reinheit besser 4.5, besonders bevorzugt besser 5.0 im optimalen Fall besser 6.0, im idealen Fall mit 7.0 beinhalten. Weitere Gase als Trärgase können Kohlenstoffdioxid beinhalten, insbesondere mit Reinheit besser 4.5, besonders bevorzugt besser 5.0 im optimalen Fall besser 6.0. In anderen Ausführungsformen können Gasmischungen insbesondere in Prüfgasmischungsqualität verwendet werden, insbesondere Kohlenstoffdioxid in Stickstoff insbesondere mit 15% Kohlenstoffdioxid und restlichem Stickstoff als Trärgase für empfindliche chemische Reaktionen verwendet werden. In weiteren Ausführungsformen können Trärgase Standard Prozessgase wie CDA sein.

[00108] Da die Trärgase die Edukte sowie die Produkte der chemischen Reaktion zur Herstellung des Beschichtungsmaterials für die chemisch reaktive Beschichtung des Substrats befördern wird über 50%, bevorzugt über 70%, besonders bevorzugt über 95% des bewegten Gasvolumens aus dem Trärgas bestehen. Die Menge des verwendeten Trärgases ist bevorzugt größer 0,1 sccm, besonders bevorzugt größer 1 sccm, ganz besonders bevorzugt größer 10 sccm, im optimalen Fall größer 100 sccm. Zur verwendeten Trärgasmenge korreliert die Strömungsgeschwindigkeit des Trärgases. Sowohl die Zusammensetzung des Trärgases oder der Trärgasmischung als auch die Temperatur wird an die jeweilige chemische Reaktion angepasst. Die Temperatur des Trärgases kann bevorzugt zwischen 77 Kelvin und 600 K eingestellt werden. In besonders bevorzugten Ausführungsformen kann das Trärgas eine katalytische Wirkung für die chemische Reaktion aufweisen.

[00109] Das Lösungsmittel oder die Lösungsmittelmischung kann eine oder mehrere Komponenten der aufgeführten Listen beinhalten:

- Aprotisch-unpolare Lösungsmittel beinhalten, insbesondere Alkane, Alkene, Alkine, Aromaten mit aliphatischen und/oder aromatischen Substituenten, Ester, insbesondere von Carbonsäure, Ether, symmetrisch gebaute Moleküle, Kohlenstoffhaltige Lösungsmittel mit deren Sulfiden und/oder Oxiden, halogenierte Kohlenwasserstoffe, insbesondere perfluorierte Kohlenwasserstoffe, und/oder
- Aprotisch-polare Lösungsmittel beinhalten, insbesondere Ketone, Lactone, Lactame, Nitrile, Nitroverbindungen, tertiäre Karbonsäureamide, Harnstoffderivate, Sulfoxide, Sulfone, Kohlensäureester und/oder
- Protische Lösungsmittel beinhalten, insbesondere Wasser, kurzkettige Alkohole, primäre und sekundäre Amine, Carbonsäuren, primäre und sekundäre Amide, Mineralsäuren beinhalten, und/oder

1,1,1-Trichlorethan, 1,2-Dichlorethan (Ethylendichlorid), 1,4-Dioxan, 1-Butanol, 1-Butanol, 1-Decanol, 1-Octanol, 1-Pentanol (Amylalkohol), 1-Propanol, 2-Butanol, 2-Ethyl-1-butanol, 2-Ethylhexanol, 2-Methyl-1-propanol, 2-Methyl-2-propanol (tert-Butanol), 2-Octanol, 2-Propanol, 2-Propanol (Isopropylalkohol), 3-Methyl-1-butanol (Isoamylalkohol), 4-Methyl-2-pentanol (MIBC), Aceton, Acetonitril, Anilin, Anisol, Benzol, Benzonitril, Benzylalkohol, Brombenzol, Chinolin, Chlorbenzol, Chloroform, Cyclohexan, Cyclohexanol, DCM), Diacetonalkohol, Dibutylether, Diethylenglycol, Diethylether, Dimethylacetamid, Dimethylformamid, Dimethylsulfoxid, Eisessig, Essigsäureanhydrid, Essigsäureethylester, Ethanol, Ethanol, Ethylenglycol, Ethylenglycoldimethylether, Formamid, Hexanol, Methanol, Methanol, Methylenchlorid (Dichlormethan,, Methylethylketon (Bu-

tanon), n-Heptan, n- Hexan, Nitrobenzol, Nitromethan, N-Methyl-2-pyrrolidon (NMP), N-Methylformamid, n- Pentan, Petrolether/Leichtbenzin, Piperidin, Propanol, Propylencarbonat (4-Methyl-1,3- dioxol-2-on), Pyridin, Schwefelkohlenstoff, Sulfolan, tert-Amylalkohol, tert-Butanol, tert- Butylmethylether (MTBE), Tetrachlorethen, Tetrachlorkohlenstoff, Tetrahydrofuran, Tetrahydrofurfurylalkohol, Toluol, Trichlorethen, Triethylamin, Triethylenglycol, Triethylenglycoldimethylether (Triglyme), Wasser, γ -Butyrolacton.

[00110] Das spezifisch verwendete Lösungsmittel ist abhängig vom Materialsystem.

[00111] -Reaktionsedukt oder Reaktionsedukte der reaktiven chemischen Beschichtung können insbesondere folgende Materialien und/oder Materialklassen beinhalten: metalloorganische Perovskite, und/oder Nanopartikel, und/oder Quantumdots, und/oder leitfähige Polymere, und/oder feste Elektrolyte und/oder nicht lösbare anorganische Verbindungen und/oder magnetische Werkstoffe und/oder biokompatible Moleküle und/oder Sauerstoff.

[00112] Für die erfolgreiche Beschichtung ist es notwendig, dass sowohl die Reaktionsedukte als auch die Reaktionsprodukte eine Material Stabilität aufweisen: Die Edukte dürfen nicht vor Ablauf der chemischen Reaktion sich zersetzen oder nicht erwünschte Synthesevorgänge starten. Das Reaktionsprodukt als Beschichtungsmaterial benötigt eine Langzeitstabilität, welche für temporäre Schichten einen Zeitraum von mindestens mehr als eine Woche beträgt und für permanente Schichten mindestens bis zur Entsorgung des Produktes bzw. EOL-Zyklus in Jahren gemessen wird. Die zeitliche Stabilität und Verarbeitbarkeit der Edukte wird mit dem Parameter Topfzeit ausgedrückt. Für stabile Verfahren werden verhältnismäßig lange Topfzeiten von zumindest einigen Tagen benötigt, um die Substrate sicher und qualitativ hochwertig ohne Materialdegradation beschichten zu können. Ein weiterer Parameter für die erfolgreiche Beschichtung ist die Handlingzeit, für welche Grenzwerte größer einer Mikrosekunde bis insbesondere über einer Stunde jegliche Zeiten möglich sind. In dieser Handlingzeit können die Substratvor- und Nachbereitungszeiten inkludiert werden.

[00113] Die Temperatur sowie die Temperierung der Reaktionsedukte kann sowohl eine sicherheitstechnische Größe für die Beschichtungsvorrichtung sein als auch ein Verfahrensparameter für die entsprechende chemische Reaktion. Somit sind Temperaturen für die Reaktionsedukte ab 70 Kelvin bis insbesondere 320 Kelvin bevorzugt möglich.

[00114] =Ein weiterer Parameter für die Beschichtung ist die freie Flugzeit des gesprühten Beschichtungsmaterials zwischen Sprühdüse und Substrat, welche als Funktion der Strömungsgeschwindigkeiten sowie Geometrie und Abstände der Vorrichtung eingestellt wird.

[00115] =Für eine optimale Beschichtung des Substrats mit dem Ergebnis der chemischen Reaktion ist der Massen- und/oder Volumenstrom, im Verhältnis zum Trägergas ein wichtiger Parameter, um insbesondere die Konzentration der Stoffe in der Reaktionskammer kontrollieren und/oder einstellen zu können. Mit dem Massen- und/oder Volumenstrom des Sprühstrahls hängen die Strömungsverhältnisse des Sprühstrahls zusammen, welche mit der Reynolds-Zahl charakterisiert werden. Bevorzugt wird der Sprühstrahl auf eine niedrige Reynolds-Zahl ausgelegt, insbesondere unter 2000, besonders bevorzugt unter 1500, ganz besonders bevorzugt unter 1000, welche laminare Strömung charakterisiert.

[00116] Für eine erfolgreiche chemisch reaktive Beschichtung eines Substrats ist es notwendig, dass das Beschichtungsmaterial eine gute Zerstäubbarkeit größer 85% bevorzugt größer 90%, besonders bevorzugt größer 95%, im optimalen Fall größer 99,9% besitzt, unabhängig vom angewendeten Zerstäubungsart.

[00117] Für die gute Zerstäubbarkeit des Beschichtungsmaterials wird eine geringe Viskosität sowohl für die Edukte als auch für das Beschichtungsmaterial benötigt. Die Viskosität ist eine physikalische Eigenschaft, die stark temperaturabhängig ist. Die Viskosität nimmt im Allgemeinen mit zunehmender Temperatur ab. Bevorzugt liegt die Viskosität bei Raumtemperatur zwischen 10E6 mPa*s und 1 mPa*s, vorzugsweise zwischen 10E5 mPa*s und 1 mPa*s, noch bevorzugter zwischen 10E4 mPa*s und 1 mPa*s, am bevorzugtesten zwischen 10E3 mPa*s und 1 mPa*s.

[00118] =Für eine erfolgreiche Sprühbeschichtung eines Substrats sind die Haftungseigenschaften des Beschichtungsmaterials zum Substrat wichtig. Dazu werden gewöhnlich Kontaktwinkelmessungen vorgenommen. Es wird insbesondere ein hohes Maß an Hydrophilität des Beschichtungsmaterials zum Substrat bevorzugt, um eine homogene Beschichtung zu erreichen. Ein Maß für die Hydrophobizität bzw. Hydrophilität ist der Kontaktwinkel, der sich zwischen einem Testflüssigkeitstropfen, insbesondere Wasser, und der zu vermessenden Oberfläche ausbildet. Hydrophile Oberflächen verflachen den Flüssigkeitstropfen, da die Adhäsionskräfte zwischen der Flüssigkeit und der Oberfläche über die Kohäsionskräfte der Flüssigkeit dominieren und bilden daher niedrige Kontaktwinkel. Hydrophobe Oberflächen führen zu einer kugelförmigeren Gestalt des Flüssigkeitstropfens, da die Kohäsionskräfte der Flüssigkeit über die Adhäsionskräfte zwischen der Flüssigkeit und der Oberfläche dominieren.

[00119] Ein weiterer wichtiger Parameter für eine erfolgreiche chemisch reaktive Sprühbeschichtung eines Substrats ist die Kondensationsfähigkeit an Partikel und/oder Oberflächen. Dies kann in Prozent ausgedrückt werden und je höher der Wert ist desto besser ist die Sprühbeschichtung in dieser Eigenschaft. 0% Kondensationsfähigkeit würde keine Kondensation bedeuten, sodass die Sprühbeschichtung nicht an der Substratoberfläche kondensiert. 100% Kondensationsfähigkeit bedeutet, dass die Sprühbeschichtung vollständig an der Substratoberfläche kondensiert, sodass die Materialausbeute hoch sein kann, sodass keine Sprühbeschichtung verschwendet wird.

[00120] Für eine erfolgreiche chemisch reaktive Sprühbeschichtung eines Substrats ist die Einstellung der Konzentrationen der Reaktionsedukte und des Reaktionsproduktes und/oder Reaktionsprodukte in der Sprühkammer der Vorrichtung von Vorteil. Damit werden die partiellen Dampfdrücke der Reaktionsedukte bzw. Reaktionsprodukte eingestellt, worüber die chemischen Reaktionen gesteuert werden können.

[00121] -Für die erfolgreiche reaktive chemische Sprühbeschichtung eines Substrats können folgende Substratparameter insbesondere mit den folgenden Wertebereichen eine wesentliche Rolle fürs Prozessergebnis sein:

[00122] =Die Temperatur des Substrats bevorzugt zwischen 253 Kelvin und 600 Kelvin, besonders bevorzugt zwischen 273 Kelvin und 300 Kelvin.

[00123] =Bewegung des Substrats insbesondere an einem Substrathalter befestigt in x, y, z-Richtungen und um zumindest einer Rotationsachse.

[00124] =Es hat sich in einer Ausführungsform des Verfahrens als vorteilhaft erwiesen, das Substrat elektrostatisch für die Sprühbeschichtung aufzuladen, sodass insbesondere geladene Reaktionsprodukte eine zusätzliche Anziehungskraft in Richtung des Substrats bei der Beschichtung erhalten.

[00125] =Für einige chemisch reaktive Beschichtungen ist es vorteilhaft das zu beschichtende Substrat in einer Vorbehandlung mit Haftvermittler bzw. Reaktionsinitiator in Kontakt zu bringen, bevor die chemisch reaktive Beschichtung aufs Substrat aufgesprüht wird.

[00126] Für die Qualitäts- und Ergebniskontrolle des fertigen Substrats können insbesondere folgende Parameter betrachtet werden:

[00127] =Schichtdicke der aufgesprühten Schicht bevorzugt zwischen 1 nm und 100 nm, besonders bevorzugt zwischen 3 nm und 50 nm, im optimalen Fall zwischen 5 nm und 10 nm.

[00128] =Schichtdickenvariation bzw. Gleichmäßigkeit, Winkelabhängigkeit der Gleichmäßigkeit der Sprühbeschichtung, auch bei nicht-ebenen Flächen und/oder Seitenwänden zwischen 1 nm und 10 nm, bevorzugt zwischen 1 nm und 5 nm, besonders bevorzugt zwischen 1 nm und 3 nm,

[00129] =Verhältnis der Beschichtungsdicke für aufeinander normal stehende Flächen (insbesondere Boden zu Seitenwand) im Idealfall 1:1, Boden zu Seitenwand 2:1, bevorzugt 3:2.

[00130] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen.

[00131] In den Figuren sind gleiche Bauteile oder Bauteile mit der gleichen Funktion mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[00132] Fig. 1. Schematische Strukturskizze einer ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform einer chemisch reaktiven Sprühbeschichtungsvorrichtung 1,

[00133] Fig. 2. Schematische Strukturskizze einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform eines Teils einer chemisch reaktiven Sprühbeschichtungsvorrichtung 1.

[00134] Fig. 1. zeigt eine schematische Strukturskizze einer ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform einer chemisch reaktiven Sprühbeschichtungsvorrichtung 1 In der insbesondere gasdicht abgedichteten Kapselung der Vorrichtung 2 wird der Sprühkopf 3 mit nicht dargestellter Bewegungsvorrichtung, Reaktionskammer, Sprühdüse bewegbar und positionierbar, insbesondere geregelt positionierbar für die Herstellung einer Beschichtung befestigt. Unterschiedliche Sprühhaltungen des Sprühstrahls 4 werden mit den gestrichelten Linien angedeutet. Das Substrat 5 befindet sich auf einem Substrathalter 6. Der Substrathalter 6 kann das Substrat insbesondere mit einer nicht dargestellten Bewegungsvorrichtung rotieren, kippen, Taumelbewegungen für die Erhöhung der Gleichmäßigkeit der chemisch reaktiven Beschichtung durchführen sowie die Temperatur des Substrats während der Beschichtung wie vorgegeben ändern oder halten. Für die chemisch reaktive Beschichtung wird aus dem schematisch angedeuteten Reaktionsedukthalter 7 über den Medienzufuhr 8 in den Sprühkopf 3 befördert und das Substrat 5 mit dem Sprühstrahl 4 beschichtet. Außerdem kann der Substrathalter 6 über Hebe- und/oder Ladepins für die Automatisierung der Vorrichtung beinhalten. Eine vorteilhafte Weiterbildung des Substrathalters beinhaltet eine integrierte Flipvorrichtung für das Substrat 5, damit die erstellte Beschichtung bei der Entnahme des Substrates 5 aus der Kapselung der Vorrichtung 2 in eine Gravitationsrichtung zeigt, sodass Partikel nicht auf die Beschichtung fallen können.

[00135] Für die Entnahme des Substrats 5 aus der Vorrichtung 1 ist es vorteilhaft, die freien elektrostatischen Ladungen aus dem Substrat 5 insbesondere mit Erdung, über einem metallischen Kontakt oder mit Reibungsentladung abzuleiten.

[00136] Fig. 2. Zeigt eine schematische Strukturskizze einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform eines Teils einer chemisch reaktiven Sprühbeschichtungsvorrichtung 1. Dargestellt ist eine erfindungsgemäß vorteilhafte Ausführungsform eines Sprühkopfes 3' mit bbeinem ersten Medienzufuhr 8' für ein erstes Edukt für die chemisch reaktive Beschichtung und ein weiterer Medienzufuhr 8'' für mindestens ein weiteres Edukt für die chemisch reaktive Beschichtung. Unterschiedliche Richtungen des Sprühstrahl 4 werden angedeutet. In dieser Ausführungsform des Sprühkopfes wird der Sprühstrahl 4 mit einem Trägergas über einem Trägergaszufuhr 9 unterstützt aus dem Sprühkopf 3' zum nicht dargestellten Substrat geleitet.

[00137] Die Anwendung des Trägergases 9 entscheidet bei den unterschiedlichen Sprühköpfen 3, 3' nicht darüber, ob eine Zerstäubung der Edukte bzw. des Reaktionsproduktes mittels elektromechanische Schwingzerstäuber, insbesondere mittels Piezozerstäuber erfolgen kann.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 chemisch reaktive Sprühbeschichtungsvorrichtung
- 2 Kapselung der Vorrichtung
- 3, 3' Sprühkopf mit Reaktionskammer, Zuleitungen, Versorgungs- sowie Bewegungsvorrichtungen
- 4 chemisch reaktiver Sprühbeschichtungsstrahl
- 5 Substrat
- 6 Substrathalter
- 7 Reaktionsedukthalter inkl. Temperierung, und Sensoren, und Medienbeförderungsvorrichtung
- 8, 8', 8'' Medienzufuhr
- 9 Zuleitung für Trägergas

Ansprüche

1. Verfahren zur Sprühbeschichtung von Substratoberflächen für die Erzeugung von Schichten, mit den folgenden Schritten, insbesondere mit dem folgenden Ablauf:
 - Befestigung eines Substrats (5) auf einem Substrathalter (6),
 - Schließen der Beschichtungskammer (2) der Vorrichtung (1) und insbesondere Spülen der Beschichtungskammer (2) mit Inertgas mit anschließender Evakuierung, wobei die Luftfeuchtigkeit und/oder der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre reduziert wird,
 - Einstellen der Bedingungen in der Beschichtungskammer (2), wobei für die Beschichtungsreaktion die Atmosphäre und/oder Temperatur der Beschichtungskammer (2) zielgerichtet verändert werden können, insbesondere geregelt werden können,
 - Bewegen des Sprühkopfs (3, 3') in eine definierte Anfangsposition seitlich des Substrats, wobei aus der Sprühdüse austretender Materialstrom (4) das Substrat nicht treffen kann, anschließendes Starten der chemisch reaktiven Beschichtung durch die Dosierung der Edukte des Beschichtungsmaterials in den Sprühkopf (3,3'), wobei Trägergas und/oder Lösungsmittel insbesondere zeitgleich dosiert werden,
 - geregeltes Zuführen der Medien in den Sprühkopf (3, 3') mit dem Managementsystem für Medien, insbesondere in Echtzeit, wobei die Regelung der Volumenströme und/oder Massenströme und/oder Strömungsgeschwindigkeiten und/oder Homogenität der Medien erfolgt und für die jeweilige chemische Reaktion optimiert werden,
 - Verfahren des Sprühkopfs (3, 3') für die Beschichtung des Substrats (5), wobei Schichtdicken zwischen 0 nm bis 30 nm erzeugt werden und wobei insbesondere gleichmäßig dicke, homogene Schichten erzeugbar sind,
 - Beenden der Dosierung der Edukte zum Stoppen der chemisch reaktiven Beschichtung,
 - Spülen der Beschichtungskammer (3, 3'), wobei für Substrat (5) und Umwelt sicherer Zustand hergestellt wird und wobei insbesondere Lösungsmittel und/oder Lösungsmittelreste abgesaugt werden, und wobei flüchtige Reaktionsprodukte und/oder überschüssiges Lösungsmittel entfernt werden,
 - Öffnen der Beschichtungskammer (2) der Vorrichtung (1) und Entnahme des prozessierten Substrats (5) aus der Beschichtungskammer (2).
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Konditionierung der Beschichtungskammer der Vorrichtung (1) für die vorgegebene chemische Reaktion vorgenommen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei für die Konditionierung der Beschichtungskammer (2) für den Anfangszustand der chemischen Reaktion eine vorgegebene Gaszusammensetzung mittels Managementsystem für Fluide eingestellt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei insbesondere flüchtige Lösungsmittel als Aerosole und/oder feiner Nebel in die Reaktionskammer (2) dosiert werden können.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Substrat- und/oder die Reaktionskammertemperatur und/oder der Betriebstemperatur des Sprühkopfes (3, 3') eingestellt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Starten der Beschichtungsreaktion mit einem, insbesondere auf einem Sensorarray gerichteten Strahl des Beschichtungsmaterials (4) kontrolliert werden kann und wobei die Zustandsparameter der chemischen Reaktion insbesondere mittels Temperatur- und/oder Strömungssensoren und/oder Drucksensoren erfasst werden können.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei nach der Beschichtung des Substrats (5) der Sprühkopf (3, 3') in eine definierte Endposition, wo aus der Sprühdüse austretender Materialstrom (4) das Substrat (5) nicht treffen kann verfahren wird und der Sprühkopf (3, 3'), insbesondere mit Lösungsmittel des Beschichtungsmaterials gespült wird, wobei die chemische Reaktion gestoppt wird.

8. Vorrichtung (1) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Sprühbeschichtung von Substratoberflächen für die Erzeugung von Beschichtung, wobei die Vorrichtung (1) zumindest folgende Teile beinhaltet:
 - eine insbesondere gasdicht abschließbare Reaktionskammer (2), und
 - einen Substrathalter (6) für die Befestigung des zu beschichtenden Substrats (5), und
 - einen Sprühkopf (3, 3') für die Herstellung der chemisch reaktiven Beschichtung, und
 - ein Managementsystem für Fluide, zur Einstellung der Gaszusammensetzung in der Reaktionskammer,
 - Sensoren für die Erfassung der Substrat- und/oder der Reaktionskammertemperatur und/oder der Betriebstemperatur des Sprühkopfes, und
 - zumindest ein Positioniersystem für das Bewegen des Sprühkopfs, und
 - zumindest ein Sensor und/oder ein Sensorarray (7) zur Kontrolle und Einstellung der Beschichtungsreaktion, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schicht chemisch reaktiv herstellbar ist undwobei die Schichtdicke zwischen 0 nm und 30 nm liegt, und
wobei insbesondere gleichmäßig dicke, homogene Schichten erzeugbar sind.
9. Vorrichtung (1) nach Anspruch 8, wobei der Sprühkopf (3, 3') für die Beschichtung des Substrats bewegbar ist.
10. Vorrichtung (1) nach dem Anspruch 8 und/oder Anspruch 9, wobei zur Einstellung der Gaszusammensetzung in der Reaktionskammer ein Managementsystem für Fluide verwendet wird und wobei die Atmosphäre und/oder die Temperatur in der Beschichtungskammer (2) über die Gase regelbar ist.
11. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei die Temperatur der Reaktionskammer und/oder des Sprühkopfes mittels Heizelemente einstellbar, insbesondere regelbar sind.
12. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei das Positioniersystem für das Bewegen des Sprühkopfs (3, 3') Antriebe und/oder Führungen und/oder Weg- und/oder Winkelmesssysteme beinhaltet.
13. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Sensor und/oder ein Sensorarray einen auf dem Sensor richtbaren Strahl des Beschichtungsmaterials (4) analysieren kann, wobei die Zustandsparameter der chemischen Reaktion insbesondere mittels Temperatur- und/oder Strömungssensoren und/oder Drucksensoren erfassbar sind.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

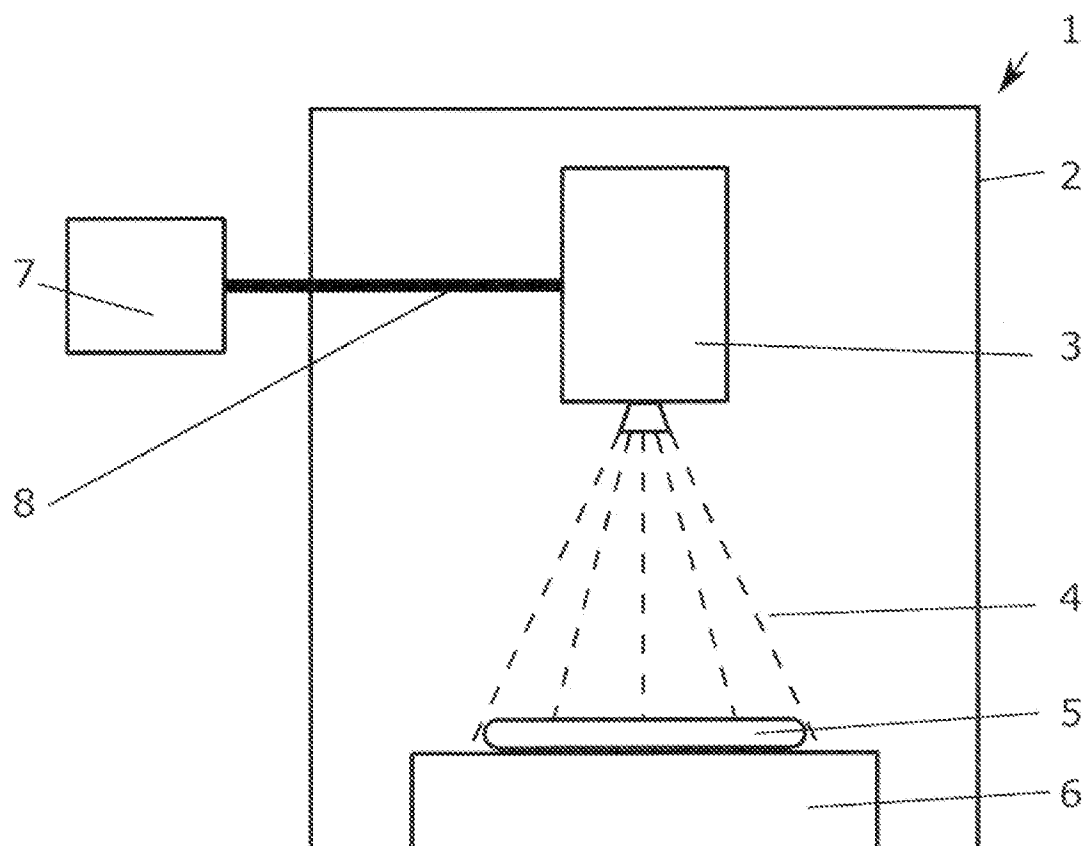
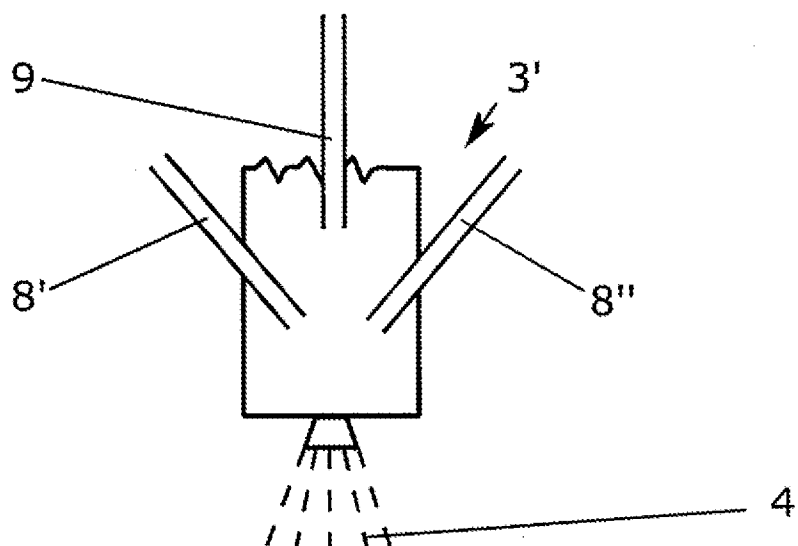


Fig. 2



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: H10K 71/12 (2023.01); H10K 71/15 (2023.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC: H10K 71/12 (2023.02); H10K 71/15 (2023.02)		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): H10K		
Konsultierte Online-Datenbank: WPIAP, EPODOC, PATENW, PATDEW, IEEEExplore, ScienceDirect		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 05.07.2024 eingereichten Ansprüchen 1-13 erstellt.		
Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	JP 2004273678 A (KONICA MINOLTA HOLDINGS) 30. September 2004 (30.09.2004) Englische Zusammenfassung und Abs. 0036-0038 der Beschreibung (übersetzt)[online][ermittelt am 16.05.2023] Ermittelt in <EPOQUE EPODOC Datenbank>	1-13
X	US 2005005848 A1 (YAMAZAKI et al.) 13. Januar 2005 (13.01.2005) Figuren; Zusammenfassung; Abs. 0146, 0181	1-13
X	US 2009159880 A1 (HONDA et al.) 25. Juni 2009 (25.06.2009) Figuren; Zusammenfassung; Abs. 0146, 0152	1-13
X	WO 2013149678 A1 (NOVALED) 10. Oktober 2013 (10.10.2013) Figuren; Zusammenfassung; Seite 8	1-13
X	WO 2013164761 A1 (BASF) 07. November 2013 (07.11.2013) Figuren; Zusammenfassung; Seite 46, Zeilen 11-20	1-13
X	US 2017018372 A1 (FUJIMURA SHINYA) 19. Januar 2017 (19.01.2017) Figuren; Zusammenfassung; Abs. 0068-0070	1-13
X	US 2017279062 A1 (YAN et al.) 28. September 2017 (28.09.2017) Figuren; Zusammenfassung; Abs. 0009-0012	1-13
X	WO 2020212953 A1 (OTI LUMIONICS) 22. Oktober 2020 (22.10.2020) Figuren; Zusammenfassung; Abs. 0100-0104	1-13
X	EP 3796408 A1 (KOREA INST SCI & TECH) 24. März 2021 (24.03.2021) Figuren; Zusammenfassung; Abs. 0046, 0066	1-13
X	WO 2021130713 A1 (OTI LUMIONICS) 01. Juli 2021 (01.07.2021) Figuren; Zusammenfassung; Abs. 0160-0163	1-13
Datum der Beendigung der Recherche: 22.07.2024		Seite 1 von 2
		Prüfer(in): MESA PASCASIO Johannes
^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „ älteres Recht “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungs- datum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend An- spruch
X	WO 2021229553 A1 (OTI LUMIONICS) 18. November 2021 (18.11.2021) Figuren; Zusammenfassung; Abs. 0261, 0262, 0883, 0887	1-13
X	WO 2022246120 A1 (SWIMC) 24. November 2022 (24.11.2022) Figuren; Zusammenfassung; Beschreibung zu Fig. 10	1-13
X	WO 2022246124 A1 (SWIMC) 24. November 2022 (24.11.2022) Figuren; Zusammenfassung; Seite 43, Zeile 20 - Seite 44, Zeile 8; Seite 48, Zeilen 13-24	1-13
X	EP 4199126 A1 (IMEC VZW) 21. Juni 2023 (21.06.2023) Figuren; Zusammenfassung; Abs. 0013-0017	1-13
X	WO 2023111919 A1 (OTI LUMIONICS) 22. Juni 2023 (22.06.2023) Figuren; Zusammenfassung; Abs. 0440, 1554	1-13
X	WO 2023156923 A1 (OTI LUMIONICS) 24. August 2023 (24.08.2023) Figuren; Zusammenfassung; Abs. 0332, 0989, 1067-1072	1-13
A	GB 2441701 A (KONICA MINOLTA HOLDINGS) 12. März 2008 (12.03.2008) Figuren; Zusammenfassung	1-13