

(19)



(11)

EP 1 701 802 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
26.12.2007 Patentblatt 2007/52

(51) Int Cl.:
B05B 17/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05700704.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2005/000041

(22) Anmeldetag: **05.01.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2005/065843 (21.07.2005 Gazette 2005/29)

(54) **HOCHFREQUENZZERSTÄUBUNGSVORRICHTUNG**

HIGH FREQUENCY SPRAYING DEVICE

DISPOSITIF DE PULVERISATION HAUTE FREQUENCE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

- **RATHENOW, Jörg**
49610 Quakenbrück (DE)
- **ASGARI, Soheil**
80796 München (DE)

(30) Priorität: **05.01.2004 DE 102004001095**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.09.2006 Patentblatt 2006/38

(74) Vertreter: **Hansen, Norbert**
Maiwald Patentanwalts GmbH
Elisenhof
Elisenstraße 3
80335 München (DE)

(73) Patentinhaber: **CINVENTION AG**
65203 Wiesbaden (DE)

(72) Erfinder:

- **KUNSTMANN, Jürgen**
65812 Bad Soden (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 4 328 088 **US-A- 4 153 201**
US-A- 4 655 393 **US-A- 5 451 260**
US-A1- 2003 161 937

EP 1 701 802 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen eine zum Zerstäuben einer Beschichtungsflüssigkeit geeignete Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung, welche mit einer Trocknungsvorrichtung ausgestattet ist, um die auf dem zu beschichtenden Körper mit Hilfe der Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung aufgebrauchte Beschichtungsflüssigkeit zu trocknen und/oder zu vernetzen, wobei die Vorrichtung ferner einen Substrathalter aufweist, der geeignet ist, den zu beschichtenden Körper während des Beschichtungsvorgangs ständig in einer für die Beschichtung geeigneten Position zu halten. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine solche Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung, die die Beschichtungsflüssigkeit nicht mittels einer druckbeaufschlagten Düse zerstäubt, sondern die die Beschichtungsflüssigkeit kraftlos ohne Luftinduzierung mit Hilfe eines zu hochfrequenten Schwingungen anregbaren Resonanzkörpers zu einem Sprühnebel zerstäubt. Erfindungsgemäß sind auch solche Vorrichtungen umfasst, in welche für den Beschichtungsvorgang eine Bewegung des Substrates und/oder der Zerstäubereinrichtung erfolgt.

[0002] Die hochfrequenten Schwingungen, zu denen der Resonanzkörper angeregt wird, können beispielsweise in einem elektromechanischen Wandler, mittels piezokeramischer Elemente erzeugt werden, die zu elektrischen Schwingungen angeregt wurden. Diese mit Hilfe der piezokeramischen Elemente erzeugten mechanischen Schwingungen können anschließend verstärkt zu dem Resonanzkörper weitergeleitet werden. Mit diesen mechanischen hochfrequenten Schwingungen kann ein kontinuierlich auf den Resonanzkörper aufgebraachter Beschichtungsflüssigkeitsfilm zu Kapillarwellen angeregt werden, so dass sich an den sich an den Kapillarwellen ausbildenden Schwingungsbäuchen feine Tröpfchen abschnüren, wodurch ein Zerstäubungs- oder Sprühnebel gebildet wird.

[0003] Mögliche Anwendungsgebiete für derartige drucklose Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung lassen sich beispielsweise im Bereich der Luft- oder Warenbefeuchtung, der Mikroelektronik, der Medizintechnik etc. finden. Ferner können sich derartige drucklose Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtungen als sehr geeignet für die Be- oder Entgasung von Flüssigkeiten erweisen. Ebenso können sich die genannten Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtungen zur Aufgabe von Trennmitteln und/oder zur Flüssigkeitszugabe bei Füll- und Mischvorgängen eignen.

[0004] Besondere Bedeutung kommt diesen Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtungen jedoch im Bereich der Medizintechnik zu, um beispielsweise medizinische Implantate wie beispielsweise Knochen- und Gelenkschrauben, Herzklappenprothesen und filigrane Substrate, insbesondere Gefäßstützen, wie beispielsweise Stents, dünn und homogen mit einer Beschichtungsflüssigkeit zu beschichten. Mit der erfindungsgemäßen Vor-

richtung lassen sich beispielsweise geschlossene Schichtdicken von etwa 1 nm bis etwa 1 mm, ggf. auch mehr, erzielen. Bevorzugte Schichtdicken liegen bei 1 nm bis 100 µm, besonders bevorzugt bei 1 nm bis 10 µm, z.B. 1 nm bis 1 µm oder 10 nm bis 1 µm und insbesondere bevorzugt bei 1 nm bis 10 nm.

[0005] Derartige Stents werden beispielsweise benötigt, um die mittels einer Ballondilatation geweitete Herzkranzarterie eines Herzinfarktpatienten dauerhaft gegen erneuten Wiederverschluss zu schützen. Um die Herzkranzarterie dauerhaft gegen Wiederverschluss zu schützen, werden meist nach einer erfolgreichen Ballondilatation derartige Stents, die z.B. die Form eines scherenförmigen hohlzylindrischen Drahtgeflechts besitzen, das mit einem Lockenwickler vergleichbar ist, in das Herzkranzgefäß eingepasst, wodurch in vielen Fällen der Wiederverschluss des Gefäßes verhindert oder zumindest zeitlich hinausgezögert werden kann.

[0006] Damit diese Stents, wie auch andere medizinische Implantate oder sonstige zu beschichtenden Körper, die im Folgenden kumulativ als Substrate bezeichnet werden, vom menschlichen Organismus nicht abgestoßen werden, ist es erforderlich, diese Substrate mit einer geeigneten Beschichtung zu versehen, die vom menschlichen oder tierischen Körper nicht abgestoßen werden. Zur Beschichtung dieser häufig sehr feinen und filigranen Substrate kann bevorzugt beispielsweise die zuvor bereits erwähnte Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung verwendet werden.

[0007] Eine Zerstäubungsvorrichtung, die geeignet ist, eine Beschichtungsflüssigkeit kraftlos ohne Luftinduzierung zu zerstäuben ist beispielsweise aus dem US-Patent mit der Nr. 4,655,393 bekannt. Der hieraus bekannte Ultraschallzerstäuber besteht im Wesentlichen aus zwei über eine Flanschverbindung in Längsrichtung miteinander verbundenen Röhren, wobei zwischen die beiden aneinander grenzenden Flansche der beiden Röhren ein Antriebselement zwischengeschaltet ist, um die Zerstäubungseinheit zu Schwingungen im Ultraschallbereich anzuregen. An der Rückseite des Ultraschallzerstäubers schließt sich ein Zufuhrschlauch an, um die Zerstäubungsvorrichtung mit Beschichtungsflüssigkeit zu beschicken. An der Vorderseite des Zerstäubers springt die vorderseitige Röhre in ihrem Durchmesser zurück, wodurch ein weiteres massives Rohrstück mit kleinerem Durchmesser gebildet wird. Dieses weitere Rohrstück weitet sich im Querschnitt betrachtet einer Kreisbahn gehorchend in Richtung der Vorderseite der Zerstäubungsvorrichtung auf und endet in einer ebenen Zerstäuberspitze.

[0008] Die ebene Zerstäuberspitze und der innere Hohlraum der vorderen Röhre der Zerstäubungsvorrichtung sind über mehrere dünne geradlinige Kapillarröhren verbunden, um die Zerstäuberspitze mit einem zu hochfrequenten Schwingungen angeregten Beschichtungsmittel zu beaufschlagen. Diese feinen Röhren enden jedoch stumpf und ohne jeglichen kontinuierlichen Vorgang in der ebenen Spitze der Zerstäubungsvorrichtung.

Dieser diskontinuierliche Übergang zwischen den Röhren und der ebenen Spitze führt jedoch im Betrieb dieser Zerstäubungsvorrichtung zu einem unregelmäßigen Sprühbild, und insbesondere zu einer unregelmäßigen Tröpfchengröße in dem erzeugten Sprühnebel. Insbesondere werden durch diesen diskontinuierlichen Übergang auch Tropfen mit größerem Durchmesser verursacht, die sich zunächst an der Spitze der Zerstäubungsvorrichtung ansammeln und sich bei einer bestimmten Größe von der Zerstäuberspitze infolge der Wirkung der Schwerkraft ablösen. Dies ist unterem anderem ein Grund dafür, weshalb die aus der US 4,655,393 bekannte Zerstäubungsvorrichtung nur in vertikaler Ausrichtung mit nach oben zeigender Sprühspitze oder in horizontaler Ausrichtung verwendet werden soll. Im Falle, dass das zu beschichtende Substrat jedoch unterhalb dieser Zerstäubungsvorrichtung angeordnet werden sollte, oder auch bei sehr dünnen, gleichmäßigen Beschichtungen, kommt es häufig vor, dass sich größere Tropfen von der Sprühspitze abnabeln und auf das Substrat tropfen und dieses somit für die weitere Verwendung unbrauchbar machen.

[0009] Ein weiteres Problem bei der Beschichtung von Substraten besteht ferner darin, dass derartige Substrate üblicherweise zunächst in einem ersten Schritt beschichtet werden, wobei sie von einem ersten Substrathalter gehalten werden, um mit Hilfe einer Sprühhvorrichtung beschichtet zu werden. Anschließend muss jedoch das Substrat normalerweise von diesem ersten Substrathalter abgenommen werden, um zur Trocknung und/oder Härtung beispielsweise in einen Trocknungs- ofen eingebracht zu werden. Dieses Abnehmen von dem Substrathalter erweist jedoch problematisch, da beim Abnehmen des Substrats von dem ersten Substrathalter sehr leicht der frisch aufgebraachte und noch nicht ausgehärtete Beschichtungsfilm beschädigt werden kann, wodurch das Substrat ebenfalls für die weitere Verwendung unbrauchbar werden würde.

[0010] Ein weiteres Problem beim Beschichten von Substraten mit einer Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung wie sie beispielsweise aus der US 4,655,393 bekannt ist, besteht ferner darin, dass der von solch einer Zerstäubungsvorrichtung erzeugte Sprühnebel lediglich durch die pro Zeiteinheit der Zerstäubungsvorrichtung zugeführten Beschichtungsflüssigkeit und durch die Anregungsfrequenz moduliert werden kann. Eine weitere Beeinflussung der Sprühcharakteristik beispielsweise zur Aufweitung oder Verengung des Sprühstrahls oder zur Beschleunigung des Sprühnebels, um diesem eine bestimmte Richtung zu verleihen, ist jedoch nicht möglich.

[0011] US 2003/0161937 offenbart eine Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung gemäß des ersten Teils des Anspruchs 1.

[0012] Ausgehend von der zuvor beschriebenen Problematik, die beim Beschichten eines Substrats mit beispielsweise einer Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung entstehen kann, liegt der vorliegenden Erfindung

somit die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung zum Beschichten filigraner Substrate zur Verfügung zu stellen, die nicht mit dem Nachteil der Tropfenbildung an der Zerstäuberspitze behaftet ist, so dass sie auch mit nach unten gerichtetem Resonanzkörper betrieben werden kann. Ferner soll mit der vorliegenden Erfindung das zuvor beschriebene Problem gelöst werden, dass beim Abnehmen der Substrate von dem Substrathalter entsteht, um diese beispielsweise zum Härten in einen Trocknungs- ofen einbringen zu können. Außerdem soll eine Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung bereitgestellt werden, die es erlaubt, den Sprühstrahl nicht nur durch Einstellen der Beschichtungsflüssigkeitsmenge sowie der Zerstäuberfrequenz zu beeinflussen, sondern die es darüber hinaus erlaubt, den Sprühstrahl zu beschleunigen oder den Sprühkegel aufzuweiten oder zu verjüngen.

[0013] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung werden diese Aufgaben und Probleme erstmals mit einer Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung zum Zerstäuben einer Beschichtungsflüssigkeit und zum Beschichten eines Substrats gelöst, die eine zu hochfrequenten Schwingungen anregbare Zerstäubungseinheit aufweist, welche die ihr zugeführte Beschichtungsflüssigkeit zu einem Sprühnebel zerstäubt und welche ferner mit einem positionierbaren Substrathalter ausgestattet ist, der das zu beschichtende Substrat während des gesamten Zerstäubungs- und Beschichtungsvorgangs in einer für die Beschichtung günstigen Position innerhalb des von der Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung erzeugten Sprühnebels hält, wodurch es ermöglicht wird, das Substrat mit dem erzeugten Sprühnebel gleichmäßig zu benetzen und dünne, homogene Schichten aufzubringen.

[0014] Gemäß einer alternativen Ausführungsform kann auch die gesamte Zerstäubungseinheit an einem Substrat entlangbewegt werden, oder ein beweglich angeordnetes Substrat mit einer beweglich angeordneten Zerstäubungseinheit vorgesehen werden.

[0015] Um auch dem eingangs beschriebenen Problem entgegen zu wirken, das beim Abnehmen der frisch beschichteten Substrate entsteht, weist die Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung ferner mindestens eine Wärmequelle auf, die geeignet ist, die auf dem Substrat gebildete Sprühnebelschicht zu trocknen, ohne das Substrat von dem Substrathalter abnehmen zu müssen. Dies bringt somit den mit der vorliegenden Erfindung erreichbaren Vorteil mit sich, dass das frisch beschichtete Substrat zum Trocknen nicht von dem Substrathalter abgenommen werden muss, so dass die Gefahr, das frisch beschichtete Substrat bzw. den frisch aufgebraachten Beschichtungsfilm zu beschädigen, ausgeräumt werden kann.

[0016] Wie bereits eingangs erläutert wurde, umfasst die Zerstäubungseinheit einen Ultraschallzerstäuber, der dazu geeignet ist, eine der Zerstäubungseinheit zugeführte Beschichtungsflüssigkeit in einen feinen Sprühnebel zu zerstäuben. Zur Erzeugung der hochfrequenten

Ultraschallwellen besitzt der Ultraschallzerstäuber beispielsweise ein piezokeramisches Element, das elektrische Wellen in mechanische Wellen umwandelt, wodurch eine dem Ultraschallzerstäuber drucklos zugeführte Beschichtungsflüssigkeit Kapillarwellen ausbildet, an deren Schwingungsbäuchen feinste Tröpfchen abgeschnürt werden. Um die Beschichtungsflüssigkeit möglichst gleichmäßig und kontinuierlich der Zerstäuberspitze der Zerstäubungseinheit zuzuführen, von welcher die zu Schwingungen angeregte Beschichtungsflüssigkeit abgenebelt wird, weist die Zerstäubungseinheit einen sich trompetenförmig aufweitenden Resonanzkörper auf. Dieser kapillarartige oder sich trompetenförmig aufweitende Resonanzkörper schwingt mitsamt dem Ultraschallzerstäuber in der angeregten Frequenz, so dass die dem Resonanzkörper zugeführte Beschichtungsflüssigkeit auf der Oberfläche des Resonanzkörpers ebenfalls in der angeregten Frequenz mitschwingt und die bereits erwähnten Kapillarwellen ausbildet.

[0017] Um den sich trompetenförmig aufweitenden Resonanzkörper gleichmäßig und kontinuierlich mit Beschichtungsflüssigkeit zu versorgen, ist der sich trompetenförmig aufweitende Resonanzkörper mit einer Kapillarröhre verbunden, über die die Innenfläche des Resonanzkörpers mit Beschichtungsflüssigkeit versorgt wird. Damit sich vom Austritt der Beschichtungsflüssigkeit aus der Kapillarröhre und beim Übergang auf die Innenfläche des Resonanzkörpers keine Diskontinuitäten ergeben, bindet die Kapillarröhre derart in ein Mundstück des sich trompetenförmig aufweitenden Resonanzkörpers ein, so dass das Ende der Kapillarröhre ohne Sprünge oder Stufen in den Resonanzkörper übergeht. Beim Austritt der Beschichtungsflüssigkeit aus der Kapillarröhre verteilt sich diese somit auf der sich konzentrisch und trompetenförmig aufweitenden Innenfläche des Resonanzkörpers in einem dünnen Film.

[0018] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann der sich trompetenförmig aufweitende Resonanzkörper die Form eines Horns besitzen, das sich beispielsweise im Schnitt betrachtet einer Traktrix-Funktion, einer Exponential-Funktion oder einer Klotoiden-Funktion, um nur einige zu nennen, gehorchend aufweitet. Um die Zerstäubungsfläche des Resonanzkörpers zu vergrößern, kann sich an das zuvor beschriebene Horn des Resonanzkörpers beispielsweise ein trichterförmiger Abschnitt anschließen. Ebenfalls ist es möglich, die Aufweitung des Horns des Resonanzkörpers soweit zu führen, bis der Krümmungsradius des Horns parallel zu der in den Resonanzkörper eingebundenen Kapillarröhre liegt. In diesem Falle könnte das Horn an seiner Außenöffnung in einer Lochscheibe nach außen fortgesetzt werden, deren einziges Loch dann mit der Hornöffnung zusammenfällt. Ein durch eine derartige Vergrößerung des Resonanzkörpers erreichbarer Vorteil kann darin bestehen, dass die gesamte Menge an Beschichtungsflüssigkeit, die dem Resonanzkörper über die Kapillarröhre zugeführt wird, vernebelt wird. Durch die Vergrößerung des Resonanzkörpers kann somit sichergestellt werden,

dass sich an dem Resonanzkörper keine nicht zerstäubten Reste der Beschichtungsflüssigkeit ansammeln, die ansonsten unzerstäubt an einem Rand des Resonanzkörpers in Folge der Schwerkraft abtropfen.

[0019] Um ferner die Ablösung großer Beschichtungsflüssigkeitstropfen am Resonanzkörper zu vermeiden oder um Unterschiede in der Schichtdicke des sich auf der Innenfläche des Horns ausbildenden Beschichtungsflüssigkeitsfilms zu vermeiden, wird der Resonanzkörper, der wie zuvor ausgeführt wurde in eine kreisrunde Lochscheibe übergeht, idealer Weise mittels einer steuerbaren, pulsationsfreien Dosierpumpe mit Beschichtungsflüssigkeit beaufschlagt. Zwar erweisen sich Dosierungsmengen von 0,1 bis 100 ml/min und vorzugsweise 0,5 ml/min als für den zuvor im medizintechnischen Bereich erwähnten Einsatz der Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung als vorteilhaft, jedoch kann die Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung selbstverständlich auch mit anderen Dosierungsmengen betrieben werden, wobei Volumenströme von bis zu 50 l pro Stunde ohne weiteres realisierbar sind, oder von geringfügigen Mengen in der Größenordnung von beispielsweise 1 µl/min.

[0020] Um ein möglichst optimales Sprühbild ohne Ablösung unerwünschter Tropfen zu erhalten, werden die einzelnen Dimensionen der erfindungsgemäßen Vorrichtung aufeinander abgestimmt, wobei auch der Volumenstrom des Beschichtungsmittels sowie dessen Zähigkeit zu berücksichtigen sind. So erweist es sich für die üblichen Einsatzzwecke im medizinischen Bereich normalerweise als geeignet, den lichten Durchmesser der Kapillarröhre im Bereich zwischen 0,01 und 15 mm zu wählen. Für die üblichen zur Beschichtung medizinischer Substrate geeigneten Beschichtungsflüssigkeiten sollte der Durchmesser der Kapillarröhre vorzugsweise im Bereich zwischen 0,3 mm und 0,5 mm, insbesondere jedoch zu etwa 0,4 mm gewählt werden. In entsprechender Weise ist der Durchmesser des sich aufweitenden Resonanzkörpers abzustimmen, wobei sich für den Durchmesser der zuvor beschriebenen Lochscheibe zwischen 1 und 100 mm als geeignet erwiesen haben. Im Bereich der Medizintechnik haben sich jedoch insbesondere Durchmesser für die Lochscheibe im Bereich zwischen 3 und 30 mm und insbesondere in der Größenordnung von 8 mm als vorteilhaft erwiesen.

[0021] Um das Sprühbild der erfindungsgemäßen Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung einzustellen, kann der erzeugte Sprühnebel mit einem steuerbaren Luft- oder Inertgasstrahl moduliert werden, wobei der Inertgasstrahl gleichzeitig den Ex-Schutz der Vorrichtung sicherstellt. Der Luft- oder Inertgasstrahl zur Modulation des Sprühbildes wird erzeugt, indem die gesamte Zerstäubungseinheit einschließlich des Ultraschallzerstäubers von einem einseitig geöffneten Gehäuse umhaust ist, das einen Anschluss für eine steuerbare Inertgaszufuhr, sowie selbstverständlich einen Anschluss für die Beschichtungsflüssigkeit aufweist, sodass das über den Inertgasanschluss des Gehäuses in den Gehäuseinnenraum zugeführte Inertgas an der einen Öffnung des Ge-

häuses gebündelt und strahlartig austreten kann, wodurch der zur Modulation des Sprühbildes erforderliche Inertgasstrahl erzeugt wird.

[0022] Indem der Resonanzkörper des Ultraschallzerstäubers entweder unmittelbar in der einen Öffnung des Gehäuses oder in der mittelbaren Umgebung der Öffnung des Gehäuses angeordnet ist, kann durch den erzeugten Inertgasstrahl das Sprühbild der Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung moduliert werden. So kann beispielsweise durch die Steuerung der Inertgaszufuhr der natürliche Volumenstrom des Sprühnebels beschleunigt werden. Ferner kann durch den erzeugten Inertgasstrahl der Sprühstrahl gerichtet und stabilisiert werden, wodurch auch eine Veränderung der Aufweitung des Sprühkegels ermöglicht wird. So kann beispielsweise infolge der Inertgas-Unterstützung der Sprühkegel des zerstäubten Beschichtungsmaterials im Bereich zwischen 0 bis 180° variiert werden, wobei für kleinere Bauteile, wie beispielsweise die im Bereich der Medizintechnik anzutreffenden Substrate, Sprühstrahlkegel mit einem Winkel von ungefähr 30° bevorzugt werden.

[0023] Um die Sprühstrahlcharakteristik noch besser beeinflussen zu können, kann die eine Öffnung des Gehäuses eine Inertgasdüse aufweisen, durch die das über die Inertgaszufuhr bereitgestellte Inertgas als Trägermedium zur Sprühstrahlkonditionierung des Sprühnebels entströmt. Diese Düse kann beispielsweise als ein sich aufweitender Trichter ausgebildet sein, der sich von der Öffnung des Gehäuses nach außen aufweitet oder verjüngt. Durch den in diesem sich aufweitenden oder verjüngenden Trichter angeordneten Resonanzkörper des Ultraschallzerstäubers wird zwischen dem Trichter und dem Resonanzkörper ein Ringspalt gebildet, durch den das dem Innenraum des Gehäuses zugeführte Inertgas entweichen kann. Die Breite dieses Ringspalts kann beispielsweise durch Verfahren des Resonanzkörpers in Längsrichtung des Trichters oder durch Variieren des Aufweitungswinkels des Trichters variiert werden, wodurch eine weitere Beeinflussung der Sprühstrahlcharakteristik möglich ist.

[0024] So kann im Gegensatz zu bekannten druckbeaufschlagten Sprühdüsen die Charakteristik des erzeugten Sprühstrahls auf mehrere unterschiedliche Weisen beeinflusst werden. Beispielsweise kann der Sprühstrahl neben der Veränderungen des Volumenstroms der Beschichtungsflüssigkeit über eine Einstellung der Arbeitsfrequenz der Zerstäubungseinheit im Ultraschallbereich zwischen 20 kHz bis 3 MHz, vorzugsweise 20 bis 200 kHz, verändert werden. Eine weitere Möglichkeit zur Variesierung der Sprühstrahlcharakteristik besteht ferner darin, die Energiezufuhr der Zerstäubungseinheit zu verändern, die üblicherweise im Bereich zwischen ungefähr 0,01 bis 100 W liegt. Eine vierte Möglichkeit zur Sprühstrahlveränderung besteht, wie bereits zuvor beschrieben darin, den Sprühstrahl über ein Einstellen der Inertgaszufuhr zu dem Gehäuse, in dem die Zerstäubungseinheit untergebracht ist, zu beeinflussen. Eine weitere Möglichkeit zur Beeinflussung der Sprühstrahlcharakteristik besteht wie ebenfalls bereits angesprochen wurde

darin, den Sprühstrahl über eine Variation des Ringspalts zu beeinflussen, der sich zwischen dem Resonanzkörper und dem sich in Anschluss an die eine Öffnung des Gehäuses aufweitenden Trichters ergibt.

[0025] Weiterhin bestehen hier die Möglichkeiten, die bereits aus der Lackiertechnik bekannt sind, wie z.B. Verdünnung, Lösemittelauswahl, Entfernung der Düse vom Substrat, Additive, um das Spritzbild zu optimieren.

[0026] Ferner besteht die Möglichkeit flächige Beschichtungen auszuführen, wobei beispielsweise mehrere Düsen kaskadenartig nebeneinander angeordnet werden können. Hier kann dann entsprechend das flächige Substrat mittels eines Förderbandes an den Düsen vorbeigeführt werden bzw. die Düsen über das stehende Substrat geführt werden.

[0027] Es kann ferner bevorzugt sein, die Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung mit einer oder mehreren Vorrichtungen zu versehen oder an ihr vorzusehen, welche die Einstellung der Temperatur des Inertgases und/oder der Beschichtungsflüssigkeit und/oder der Beschichtungskammer insgesamt erlaubt, beispielsweise eine geregelte oder ungeregelte Vorrichtung zur Temperierung der inertisierten Luft in dem Auftragsystem, wobei hier folgende Wirkungsprinzipien zur Anwendung kommen können: Wärmetauscherverfahren in der Apparatur zur Kühlung oder Beheizung der Ultraschalldüse, des Inertisierungsgases oder der Beschichtungslösungen oder beliebiger Kombinationen davon.

[0028] Das heißt, dass es in einem Beschichtungsprozess oder beim Beschichten eines Substrates mit einer Beschichtungsflüssigkeit vorteilhaft sein kann, dass für das Beschichtungsmedium, die Beschichtungsflüssigkeit oder Dispersion, welche in verschiedenen Aggregatzuständen auftreten können, während des gesamten Prozesses konstante, homogene und gleich bleibende Zustände herrschen. Das bedeutet beispielsweise, dass sich die Temperatur der Beschichtungsflüssigkeit auf dem Weg von einem Vorratsbehälter zu einer Zerstäubungseinheit im Wesentlichen nicht verändert. Diese gleich bleibenden Zustände oder Temperaturbedingungen könnten beispielsweise gestört werden, wenn es in Folge von zugeführter Energie bei der Benutzung von beispielsweise einem Ultraschallspritzkopf zu einer Erwärmung des Spritzkopfes oder der Zerstäubungseinheit kommt. Diese Erwärmung könnte an die aufzubringende Beschichtungsflüssigkeit weitergegeben werden und die Beschichtungsflüssigkeit erwärmen.

[0029] Es könnte dabei beispielsweise vorkommen, dass an der erwärmten Zerstäubungseinheit, der Schmelzpunkt von, in einer Beschichtungsflüssigkeit enthaltenen, Partikeln erreicht würde. Dadurch könnte es zu einem Schmelzen der Partikel und zu einem Verkleben der Zerstäubungseinheit bzw. des Ultraschallspritzkopfes kommen. Dies hätte eine schlechte Qualität des Auftrags- bzw. Beschichtungsergebnisses zur Folge.

[0030] Außerdem könnte es vorkommen, dass ein, in

einer Beschichtungsflüssigkeit vorhandenes, Lösungsmittel verfrüht, also noch vor der Auftragung, verdunsten könnte. Diese verfrühte Verdunstung könnte, sofern nicht erwünscht, ebenfalls eine schlechte Qualität des Auftragungs- und Beschichtungsergebnisses zur Folge haben.

[0031] Daher kann es von Vorteil sein, über den gesamten Verteilungsweg oder -prozess eines Gases oder einer Beschichtungsflüssigkeit, konstante Temperaturen einzustellen.

[0032] Eine im Wesentlichen konstante Temperatur kann z.B. erreicht werden, indem ein überhitzter Bereich, beispielsweise eine überhitzte Zerstäubungsdüse mittels einer Temperatureinstelleinrichtung heruntergekühlt wird. Oder aber dadurch, dass beispielsweise ein Zuleitungssystem, eine Luft- bzw. Gaszufuhr, Röhre, insbesondere Kapillarröhre oder ein anderes Verteilungssystem für eine Beschichtungsflüssigkeit oder für, in einem Lösungsmittel gelöste, Partikel, erwärmt wird. Die Erwärmung könnte nötig sein, wenn das Verteilungssystem durch einen kälteren Bereich führt. Durch das Abkühlen des Verteilungssystems könnte auch die transportierte Beschichtungsflüssigkeit abgekühlt werden. Dadurch könnte die unter normalen Bedingungen flüssige Flüssigkeit einen zäh-flüssigen Zustand annehmen und den Transport behindern. Ein Erhitzen des Verteilungssystems kann indirekt auch das transportierte Medium bzw. die Beschichtungsflüssigkeit erwärmen und so die Temperatur der Beschichtungsflüssigkeit beeinflussen. Ebenso ist eine direkte Beeinflussung der Temperatur der Beschichtungsflüssigkeit möglich.

[0033] Beispielsweise kann eine Heizwendel oder ein Wärmetauscher an dem Verteilungssystem angebracht sein oder von der Beschichtungsflüssigkeit umspült werden und so, beispielsweise auch über eine Steuerung oder Regelung, für die Regulierung der Temperatur sorgen, indem entweder Wärme zugeführt oder entzogen wird. Möglich sind auch Wärmezufuhr über Infrarot-Systeme oder induktive Systeme.

[0034] Es ist in bestimmten Ausführungsformen im Gegensatz zu dem Konstanthalten der Temperatur der Beschichtungsflüssigkeit vorteilhaft, gezielt an verschiedenen Stellen des Verteilungssystems unterschiedliche Temperaturen bereitzustellen. Während im oben beschriebenen Fall das Interesse besteht, einen möglichst geringen Temperaturgradienten zu haben, ist im letztgenannten Fall ein Temperaturgradient erwünscht. Dies ist beispielsweise bei Beschichtungen, insbesondere Beschichtungsflüssigkeiten, oder Dispersionen vorteilhaft, deren Partikel in Verbindung mit einem Lösungsmittel gut transportabel sind.

[0035] Daneben kann es in bestimmten Ausführungsformen für das Beschichten von Vorteil sein, wenn die Partikel in ungelöster Form vorliegen, wozu das Lösungsmittel entfernt werden muss. Zu der Entfernung des Lösungsmittels kann eine Temperaturerhöhung eingesetzt werden. Die Temperaturerhöhung, beispielsweise in einer erfindungsgemäßen Zerstäubungseinheit,

insbesondere in einem Resonanzkörper oder einer Röhre lässt das Lösungsmittel verdunsten oder verdampfen, so dass am Spritzkopf oder der Zerstäubungseinheit oder dem Schallkopf die Partikel in ungelöster Form vorliegen.

[0036] Die Beschichtungsflüssigkeit kann also in dieser Ausführungsform der Erfindung von einem Vorratsbehälter bis zu einer Zerstäubungseinheit unter Temperaturen transportiert werden, die die Partikel in dem Lösungsmittel gelöst lassen. Dadurch kann der Transport leichter erfolgen. Die erhöhte Temperatur der Zerstäubungseinheit lässt dann das Lösungsmittel im Bereich der Zerstäubungseinheit oder im Bereich des Ultraschallzerstäuber verdunsten, so dass die zu dem Ultraschallzerstäuber oder Schallkopf transportierten Partikel in ungelöster Form vorliegen. Dadurch können sie besser aufgetragen werden.

[0037] Für andere Einsatzfälle bzw. Beschichtungsflüssigkeiten oder Dispersionen können wiederum andere Temperaturgradienten vorteilhaft sein. Diese Temperaturgradienten können mittels Temperatureinstelleinrichtungen und mittels einer Prozesstemperatursteuerung die die vorgebbaren Bedingungen für einen Beschichtungsprozess steuern, eingestellt werden.

[0038] Ebenfalls kann erfindungsgemäß ferner bevorzugt ein Einfluss auf die Temperatur bzw. die Beschichtungseigenschaft der Beschichtungsflüssigkeit oder eine Ausbreitfähigkeit von einer Beschichtungsflüssigkeit oder von ihr gebildete Tröpfchen oder Partikel genommen werden, in dem die Temperatur eines in einen Luftstrom beigefügten Inertgases angepasst wird. Die Anpassung kann dabei direkt oder indirekt erfolgen.

[0039] Ferner kann es erfindungsgemäß bevorzugt sein einen Raum oder Bereich um das Substrat oder ggf. die Beschichtungskammer entsprechend ganz oder teilweise zu temperieren. Hierzu kann ein heißer Sprühnebel, der sich aus zerstäubten heißen Partikeln gebildet hat, mit einem gekühlten Inertgas vermischt oder in einer gekühlten Beschichtungskammer verteilt werden, so dass er abkühlt, wodurch beispielsweise die Haftfähigkeit der Partikel auf einem Substrat verbessert wird.

[0040] Damit lässt sich Einfluss auf die Temperatur der inertisierten Luft oder des inertisierten Gases, d.h. des Gemisches aus Beschichtungsflüssigkeit mit Inertgas bzw. mit Luft, nehmen.

[0041] Je mehr Temperatureinstelleinrichtungen verteilt über das Verteilungssystem der Beschichtungsflüssigkeit oder des Inertgases, der Luft oder in der Beschichtungskammer vorhanden sind, umso genauer können sich Temperaturgradienten anpassen lassen und umso flexibler können Bedingungen für einen Beschichtungsprozess eingestellt werden.

[0042] Außerdem ist es möglich und ggf. bevorzugt, die Einstellungen mit einem Mikroprozessor zu koppeln und so bestimmte Prozessmuster zu speichern und verschiedene Temperatureinstelleinrichtungen zu koordinieren insbesondere zu regeln.

[0043] Um ein für den jeweiligen Einsatzzweck opti-

males Sprühbild zu erhalten, werden die zuvor erläuterten Komponenten, die zur Veränderung der Sprühstrahlcharakteristik beitragen können, über einen Mikroprozessor gesteuert. So wird der durch die Dosierpumpe erzeugte Volumenstrom der Beschichtungsflüssigkeit als auch die Arbeitsfrequenz und die Energiezufuhr des Ultraschallzerstäubers mit einem Mikroprozessor gesteuert. Dieser Mikroprozessor wird ebenfalls dazu verwendet, um die Inertgaszufuhr zur Sprühstrahlkonditionierung der Menge nach zu steuern. Über den Mikroprozessor können die einzelnen Faktoren, die das Sprühbild beeinflussen können, in Abhängigkeit voneinander eingestellt werden.

[0044] Zwar kann bereits allein mit dem im vorhergehenden beschriebenen erfindungsgemäßen Ultraschallzerstäuber das Beschichtungsergebnis für ein zu beschichtendes Substrat wesentlich verbessert werden, jedoch kann dieses für sich betrachtete, bereits zufriedenstellende Ergebnis noch weiter verbessert werden, indem das zu beschichtende Substrat während des Beschichtungsvorgangs mit einem Substrathalter ständig in einer für die Beschichtung günstigen Position innerhalb des Sprühnebels gehalten wird. Vorzugsweise ist dieser Substrathalter geeignet, das von dem Substrathalter gehaltene Substrat im Bereich des erzeugten Sprühnebels drei unterschiedlichen translatorischen sowie drei unterschiedlichen rotatorischen Bewegungsfreiheitsgraden zu unterziehen. Insbesondere kann das Substrat mit dem Substrathalter im Bereich des Sprühnebels in drei unterschiedlichen Koordinatenrichtungen verfahren werden und um seine eigene Achse gedreht werden, wodurch eine sehr gleichmäßige Beschichtung des Substrats mit Beschichtungsflüssigkeit ermöglicht wird.

[0045] Gemäß noch einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung kann das mit der erfindungsgemäßen Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung erzielbare Beschichtungsergebnis eines Substrats ferner dadurch verbessert werden, dass im Gegensatz zu bekannten Beschichtungsverfahren das Substrat im Anschluss an den Beschichtungsvorgang zur Trocknung nicht von dem Substrathalter abgenommen werden muss, um beispielsweise in einem Trocknungs-Ofen gehärtet zu werden, sondern indem die Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung selbst eine Trocknungsvorrichtung umfasst, die geeignet ist, die auf dem Substrat gebildete Sprühnebel-schicht zu trocknen bzw. zu härten oder zu vernetzen. Mit Hilfe dieser Trocknungsvorrichtung ist es beispielsweise möglich, bereits während des Beschichtungsvorgangs gleichzeitig mit dem Aufbringen des Beschichtungsfilms auf dem Substrat dieselbe zu trocknen.

[0046] Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, indem das frisch beschichtete Substrat noch während des Beschichtungsvorgangs mit einem Wärmestrom beaufschlagt wird, der durch eine Wärmequelle erzeugt wird. Hierzu kann die Wärmequelle beispielsweise eine Heizung umfassen, die ihrerseits, ähnlich wie die Zerstäubungseinheit von einem einseitig geöffneten Hei-

zungsgehäuse umhaust ist, das zur Erzeugung eines Heißluftstromes eine steuerbare Inertgaszufuhr aufweist. Das dem Heizungsgehäuse zugeführte Inertgas erwärmt sich in dem Heizungsgehäuse und entströmt dem Heizungsgehäuse durch eine an der einen Öffnung des Heizungsgehäuses angeordneten Düse und kann mit Hilfe der Düse dem Substrat gezielt zugeführt werden.

[0047] Eine andere Möglichkeit zur Trocknung des auf dem Substrat gebildeten Beschichtungsfilms besteht darin, zunächst die Beschichtung des Substrats vollständig abzuschließen, und im Anschluss daran das vollständig beschichtete Substrat mit dem Substrathalter in den Bereich der Ausströmöffnung der Düse des Heizungsgehäuses zu bewegen, um so im Anschluss an den Beschichtungsvorgang die Trocknung bzw. Härtung des Beschichtungsfilms durchzuführen.

[0048] Selbstverständlich ist es ebenso möglich, anstelle der auf Wärmekonvektion beruhenden Trocknung den auf dem Substrat gebildeten Beschichtungsfilm direkt durch Bestrahlung, insbesondere mit Infrarotstrahlung zu trocknen. Diese Trocknung mittels Wärmebestrahlung kann sich insbesondere dadurch als vorteilhaft erweisen, dass die Wärmequelle zur Erzeugung der Wärmestrahlung außerhalb des Ex-Bereichs der Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung angeordnet werden kann. So kann beispielsweise zur Vermeidung von Querströmungen, wodurch ein homogenes Spritzbild üblicherweise negativ beeinflusst wird, die Wärmequelle zur Erzeugung einer Wärmestrahlung außerhalb eines Gehäuses angeordnet werden, in dem die Zerstäubungseinheit und der positionierbare Substrathalter angeordnet ist. Dieses Gehäuse schützt somit das mit der Zerstäubungseinheit erzeugte Sprühbild vor einer negativen Beeinflussung durch möglicherweise vorhandene Querströmungen, so dass das Beschichtungsergebnis und dessen Qualität durch das Gehäuse, das zumindest die Zerstäubungseinheit und den positionierbaren Substrathalter umgibt, noch weiter verbessert werden kann.

[0049] In diesem Gehäuse kann zusätzlich beispielsweise eine Absaugvorrichtung angeordnet werden, die geeignet ist das Overspray, also die Menge an zerstäubter Beschichtungsflüssigkeit, die an dem zu beschichtenden Substrat vorbeigesprüht wird, zu sammeln und abzusaugen, so dass dieses Overspray nicht verloren geht und beispielsweise der Zerstäubungseinheit erneut zur Zerstäubung zugeführt werden kann. Selbstverständlich kann auch diese Absaugvorrichtung sowie auch der Substrathalter über den bereits genannten Mikroprozessor gesteuert werden, so dass beispielsweise durch Manipulation des Absaugstromes und durch die Erzeugung eines Unterdruckes die Sprühcharakteristik der Zerstäubungsvorrichtung zusätzlich beeinflusst werden kann. Durch die Steuerung des Substrathalters mittels des Mikroprozessors ist es hingegen möglich, dass zu beschichtende Substrat in Abhängigkeit der übrigen Prozessparameter stets in einer optimalen Position im Bereich des erzeugten Sprühstrahls zu halten.

[0050] Darüber hinaus können statt oben erwähnter Wärmetrocknungsverfahren auch Gefriertrocknung, Vakuumtrocknung, oder Strömungstrocknung im Luft- oder Gasstrom mittels geeigneter Trocknungsvorrichtungen in den oben beschriebenen Anordnungen angewendet werden. Der Fachmann wird hierbei für jede Beschichtungs- bzw. Trocknungsaufgabe die geeignete Trocknungsvorrichtung auswählen.

[0051] Sofern im Rahmen der vorliegenden Erfindung von Trocknung, Härtung oder Vernetzung die Rede ist, so ist hierunter pauschal der Übergang der Beschichtungsflüssigkeit vom flüssigen in den festen Zustand zu verstehen, wobei im Einzelfall der auf dem Gebiet der Beschichtungstechnik bewanderte Fachmann jedoch die genaue Bedeutung dieses kumulativ zusammengefassten Bedeutungsinhaltes erschließen vermag.

[0052] Als Beschichtungsflüssigkeit kommen Emulsionen, Suspensionen und/oder Lösungen fester oder flüssiger Stoffe in geeigneten Lösemitteln in Frage. Beispielsweise lassen sich mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung Lösungen, Suspensionen, Dispersionen oder Emulsionen eines oder mehrerer Wirkstoffe oder Wirkstoffvorstufen in einem geeigneten Lösemittel zerstäuben, aber auch unverdünnte flüssige Wirkstoffe. Darüber hinaus können auch Lösungen, Emulsionen und/oder Suspensionen oder Dispersionen eines oder mehrerer polymerer oder nicht-polymerer organischer oder nicht-organischer Stoffe oder beliebiger Mischungen daraus, ggf. zusammen mit Vernetzern, sowie reagierende Mehrkomponentenverbindungen zerstäubt werden, letztere unter der Voraussetzung eines geeigneten Trocknungs-/Aushärtungsmechanismus oder einer ausreichenden Topfzeit, um eine Aushärtung innerhalb der Zerstäubungsvorrichtung zu vermeiden. Ferner ist es besonders bevorzugt solche Beschichtungsmaterialien zu verwenden, bereitgestellt aus Lösungen, Dispersionen, Suspensionen oder Emulsionen, welche Partikel enthalten, ausgewählt aus polymeren, nicht-polymeren, organischen oder anorganischen oder gemischt anorganisch-organischen oder Komposit-Partikeln oder beliebigen Gemischen daraus. Bevorzugte Partikel sind Mikro- und Nanopartikel. Beispiele für polymere Partikel sind PMMA, PLA, Proteine etc., nicht-polymere Partikel beispielsweise Metalle, Metalloxide, Metallcarbide, Metallnitride, Metalloxynitride, Metallcarbonitride, Metalloxycarbide, Metalloxynitride, Metalloxycarbonitride, Metallhydride, Metallalkoxide, Metallhalogenide, anorganischen oder organischen Metallsalzen, ferner bevorzugt magnetische Partikel, Beispiele hierfür sind - ohne andere auszuschließen - Eisen; Kobalt, Nickel, Mangan oder Mischungen davon, beispielsweise Eisen-Platin-Mischungen, oder als Beispiel für magnetische Metalloxide Eisenoxid und Ferrite. Beispiele für nicht-polymere Partikel sind ferner Russ-Spezies und weitere nanomorphe Kohlenstoffspezies wie Graphit, Diamant, Nanotubes, Fullerene und ähnliche. Besonders bevorzugt sind weiterhin Partikel, welche aus Solen und Gelen bereitgestellt werden.

[0053] Auch Schmelzen von thermoplastischen Be-

schichtungsstoffen, z.B. Teer, können verwendet werden. Darüber hinaus ist die Verwendung von Beschichtungsstoffen auf Basis von Farben und Lacken, organischen Polymeren, Duro- und Thermoplasten, mit Faserbestandteilen wie beispielsweise Zellulose, Glas-, Stein- oder Carbonfasern sowie Polymerfasern mit organischen und anorganischen Zuschlagstoffen, auch Katalysatoren, erfindungsgemäß bevorzugt. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung verwendbare und geeignete Beschichtungsstoffe sind in der DE 103 24 415 im Abschnitt mit der Überschrift "Polymerfilme" offenbart, und werden hiermit vollständig in die vorliegende Offenbarung einbezogen.

[0054] Unter dem Begriff "Wirkstoffe" werden erfindungsgemäß pharmakologisch wirksame Stoffe wie Arzneimittel, Medikamente, Pharmaka, aber auch Mikroorganismen, lebendes organisches Zellmaterial, Enzyme sowie auch biologisch verträgliche anorganische oder organische Stoffe verstanden. Mit dem Begriff "Wirkstoffvorstufen" werden Stoffe oder Stoffgemische bezeichnet, welche nach der Auftragung auf ein zu beschichtendes Implantat mittels thermischer, mechanischer oder chemischer bzw. biologischer Prozesse in Wirkstoffe der oben genannten Art umgewandelt werden.

[0055] Auch geschmolzene Wirkstoffe, oder in Schmelzen gelöste, suspendierte oder dispergierte Wirkstoffe können mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung aufgetragen werden, ferner solche, welche in besonderen suspendierbaren, dispergierbaren oder emulgierbaren Bereitstellungsformen vorliegen, beispielsweise in Polymeren eingekapselte Wirkstoffe. In einer spezifischen Ausführungsform wird die Verteilung der Beschichtungslösung oder von Komponenten der Beschichtungslösung, in besonderen Anwendungsformen auch die geometrische Orientierung, beispielsweise von Partikeln mit magnetischen Eigenschaften oder leitfähigen Eigenschaften, gezielt durch das Anoden- und Polplattensystem über magnetische oder dielektrische Wirkungsprinzipien beeinflusst, wobei die Ausführung des Anoden- und Polplattensystems ein- oder mehrkanalig erfolgt und in der räumlichen Ausrichtung veränderbar ist.

[0056] Des Weiteren kann in einer bevorzugten Ausführungsform ein Elektroden- bzw. elektrostatisches System mit zugehörigen Ansteuerungselektronik und Energieversorgung integraler Bestandteil der Vorrichtung sein, um mit variablen Magnet- und Ionisationsfeldern die Verteilung, Ladung, Ausrichtung und Morphologie von Beschichtungslösungen oder deren Bestandteilen gezielt zu beeinflussen.

[0057] Partikel, insbesondere bewegte bzw. fliegende Partikel oder Tröpfchen, werden beim Durchqueren von elektrischen oder magnetischen Feldern beeinflusst. In erfindungsgemäß bevorzugten Ausführungsformen werden sie beim Durchqueren von hierfür vorgesehenen elektrischen oder magnetischen Feldern elektrisch geladen oder ionisiert oder in einer sonstigen Art und Weise durch eine Wechselwirkung beeinflusst. Beispielsweise

kann sich auch die Ausrichtung von Partikeln zueinander verändern. Insbesondere bei erfindungsgemäß besonders bevorzugten ferrithaltigen Partikeln wird eine Änderung der Ausrichtung durch das Magnetfeld bewirkt.

[0058] Erfindungsgemäße Änderungen der Ausrichtung der aufzutragenden Partikel zueinander oder Ionisation der Partikel oder elektrische Ladung bewirken, dass eine besonders gleichmäßige Verteilung eines Beschichtungsfilms oder einer Beschichtungsflüssigkeit entsteht. Derartig orientierte Partikel, insbesondere Nanopartikel, können auf einem Substrat besser haften. Außerdem wird der erfindungsgemäße Trocknungsvorgang durch die gleichmäßige Ausrichtung und die Beeinflussung der Morphologie beschleunigt und verbessert werden.

[0059] Daher ist es von Vorteil, Beschichtungsflüssigkeiten, insbesondere von ihnen gebildete Sprühnebel oder Tröpfchen erfindungsgemäß bevorzugt mittels elektrischer oder magnetischer Felder zu beeinflussen. Dabei kann es sich bei den Feldern um elektro- oder magnetostatische Felder oder mit Frequenzmustern modulierte zeitvariante Felder handeln.

[0060] Die erfindungsgemäß bevorzugte Einwirkung der elektrischen oder magnetischen Felder kann während des Fluges der Teilchen oder des Sprühnebels stattfinden, kann aber auch während oder nach der Ablagerung auf dem Substrat stattfinden. Die Einwirkung von den elektrischen bzw. magnetischen Feldern kann gleichzeitig oder zeitversetzt erfolgen. Außerdem ist eine mehrkanalige, d.h. von mehreren erfindungsgemäß vorzusehenden Einrichtungen zur Erzeugung von elektrischen bzw. magnetischen Feldern hervorgerufene Einwirkung, die auch in verschiedenen räumlichen Ebenen wirken kann, in bestimmten Ausführungsformen besonders bevorzugt.

[0061] Hierzu lassen sich elektrische Felder mittels in der erfindungsgemäßen Vorrichtung geeignet angeordneten Elektroden-, Anoden- oder Polplattensystemen erzeugen. Diese können ggf. mit Hochspannung (HV) versorgt sein. Über die Form der Elektroden lässt sich der Feldverlauf und die Intensität beeinflussen.

[0062] Magnetische Felder lassen sich beispielsweise mittels in der erfindungsgemäßen Vorrichtung geeignet angeordneten Elektro- oder Permanentmagneten erzeugen. Auch bei den magnetischen Feldern wird die Intensität und der Feldverlauf über die Form der Magneten beeinflusst.

[0063] Vorteilhaft ist es, nicht nur elektro- bzw. magnetostatische Felder zu erzeugen. Die erfindungsgemäß bevorzugte Ansteuerung und Modulation der Felder mit bestimmten Frequenzmuster, oder eine zeitliche Variation der Intensität, kann das Benetzungsverhalten der Beschichtungsflüssigkeit bzw. die Art, wie sich der Sprühnebel auf dem Substrat niederschlägt beeinflussen.

[0064] Das erfindungsgemäß bevorzugte System zur Erzeugung eines kontinuierlichen oder zeitvarianten Magnetfeldes besteht aus einem Magneten, vorzugsweise

einem mittels Mikroprozessorsteuerung in Frequenz und Amplituden modulierbaren Elektromagneten, welcher über geometrisch vorteilhaft angeordnete Polschuhe verfügt. Ferner kann die ganze Anordnung per Mikroprozessorsteuerung in Bezug auf das zu beschichtende Substrat räumlich verändert werden. Das System zur Erzeugung eines modulierbaren NF-HF-Feldes besteht im Wesentlichen aus einer Mikroprozessorsteuerung zur Erzeugung von Frequenz- und Amplitudenmustern und zwei oder mehreren Elektroden, welche je nach Anwendungsfall räumlich veränderbar axial oder radial ausgerichtet sein können.

[0065] Geeignete Lösemittel für Beschichtungsflüssigkeiten in Form von Lösungen, Suspensionen oder Emulsionen sind beispielsweise Alkohole und/oder Ether und/oder Kohlenwasserstoffe wie Methanol, Ethanol, N-Propanol, Isopropanol, Butoxydiglycol, Butoxyethanol, Butoxyisopropanol, Butoxypropanol, n-Butylalkohol, t-Butyl-Alkohol, Butyleneglycol, Butyloctanol, Diethyleneglycol, Dimethoxydiglycol, Dimethylether, Dipropylenglycol, Ethoxydiglycol, Ethoxyethanol, Ethylhexandiol, Glycol, Hexanediol, 1,2,6-Hexanetriol, Hexylalkohol, Hexylenglycol, Isobutoxypropanol, Isopentylidol, 3-Methoxybutanol, Methoxydiglycol, Methoxyethanol, Methoxyisopropanol, Methoxymethylbutanol, Methoxy PEG-10, Methylal, Methyl-Hexylether, Methylpropanediol, Neopentylglycol, PEG-4, PEG-6, PEG-7, PEG-8, PEG-9, PEG-6-Methylether, Pentylenglycol, PPG-7, PPG-2-Buteth-3, PPG-2 Butylether, PPG-3 Butylether, PPG-2 Methylether, PPG-3 Methylether, PPG-2 Propylether, Propanediol, Propylenglycol, Propylenglycol-Butylether, Propylenglycol-Propylether, Tetrahydrofuran, Trimethylhexanol, Phenol, Benzol, Toluol, Xylol; sowie ferner auch Wasser, ggf. im Gemisch mit Dispersionshilfsmitteln, sowie Mischungen der obengenannten.

[0066] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann die Oberfläche des zu beschichtenden Gegenstandes teilweise, im Wesentlichen vollständig aber auch mehrfach beschichtet werden. Eine Mehrfachbeschichtung erfolgt durch mehrfaches Verwenden der Zerstäubungsvorrichtung in separaten Verfahrensschritten, wobei gegebenenfalls Trocknungsschritte nach jedem Beschichtungsvorgang angewendet werden können.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0067] Im Folgenden werden zum besseren Verständnis und zur weiteren Erläuterung der Erfindung Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben. Der Fachmann ist sich dabei dessen bewusst, dass alle im Folgenden beschriebenen Merkmale im Rahmen der vorliegenden Erfindung für alle beschriebenen und denkbaren Ausführungsformen und deren Kombinationen anwendbar und verallgemeinerbar sind.

Fig. 1 ist eine schematisierte Systemskizze der erfindungsgemäßen Hochfrequenzzerstäubungs-

- vorrichtung;
 Fig. 2 zeigt einen Schnitt durch den erfindungsgemäßen, sich trompetenförmig aufweitenden Resonanzkörper;
 Fig. 3 ist eine schematisierte Systemskizze einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung mit Temperatureinstelleinrichtungen, und Einrichtungen zur Erzeugung von elektrischen und magnetischen Feldern;

[0068] In den Figuren sind gleiche Teile mit übereinstimmenden Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0069] Die Fig. 1 zeigt eine exemplarische Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung in einer schematisierten Darstellung. Wie der Fig. 1 entnommen werden kann, umfasst die dort schematisch dargestellte Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung unter anderem eine Zerstäubungseinheit 1, die geeignet ist, eine ihr zugeführte Beschichtungsflüssigkeit zu zerstäuben. Die Zerstäubungseinheit 1 kann beispielsweise ein Ultraschallzerstäuber sein, der beispielsweise mit einem piezoelektrischen Element zu hochfrequenten Schwingungen angeregt werden kann. Die Zerstäubungseinheit 1 kann mit einer Präzisionsdosierpumpe 4 mit einer Beschichtungsflüssigkeit beaufschlagt werden, die in einem Vorratsbehälter 5 zur Bevorratung der Beschichtungsflüssigkeit vorgehalten wird. Wie der Fig. 1 entnommen werden kann, wird die Beschichtungsflüssigkeit aus dem Vorratsbehälter 5 mit der Präzisionspumpe 4 über ein Röhrensystem zu der Zerstäubungseinheit 1 gepumpt. Die auf diese Weise der Zerstäubungseinheit 1 zugeführte Beschichtungsflüssigkeit wird von der Zerstäubungseinheit 1 zu hochfrequenten Schwingungen angeregt und durch den durch die Präzisionsdosierpumpe 4 erzeugten kontinuierlichen Volumenstrom über die Kapillarröhre 17 weiter in Richtung des Resonanzkörpers 2 befördert. Anstelle die Beschichtungsflüssigkeit direkt mittels der Zerstäubungseinheit bereits beim Passieren derselben zu Schwingungen anzuregen ist es selbstverständlich auch möglich, lediglich den Resonanzkörper 2 anzuregen, welcher seinerseits dann die Beschichtungsflüssigkeit, sobald diese den Resonanzkörper 2 erreicht hat, zu Schwingungen anregt.

[0070] Der Resonanzkörper 2 einschließlich der Kapillarröhre 17 ist in der Fig. 2 in vergrößertem Maßstab dargestellt. Wie der Fig. 2 entnommen werden kann, bindet die Kapillarröhre 17 in den mit der Bezugsziffer 2 gekennzeichneten Resonanzkörper so ein, dass sich am Übergang zwischen dem Ende der Kapillarröhre 17 und der sich aufweitenden Innenfläche 4 des Resonanzkörpers 2 keine Diskontinuitäten oder Sprünge ergeben. Das mit Hilfe der Zerstäubungseinheit 1 zu hochfrequenten Schwingungen angeregte Beschichtungsmaterial wird über die Kapillarröhre 17 dem Resonanzkörper 2 zugeführt und verteilt sich anschließend an der Innenfläche des sich trompetenförmig aufweitenden Horns 18

des Resonanzkörpers 2 in einer dünnen Schicht und breitet sich weiter auf der Lochscheibe 22 aus, wie durch die Pfeile angedeutet ist.

[0071] Der seinerseits ebenfalls zu hochfrequenten Schwingungen angeregte Resonanzkörper 2 verstärkt die in die Beschichtungsflüssigkeit induzierten Schwingungen, wodurch sich in der Beschichtungsflüssigkeit, die sich auf dem trompetenförmig aufweitenden Horn 18 verteilt, konzentrische Kapillarwellen ausbilden. Infolge der Trägheit der Masse der zu Kapillarwellen angeregten Beschichtungsflüssigkeit, schnüren sich an den Schwingungsbäuchen der Kapillarwellen feinste Tröpfchen der Beschichtungsflüssigkeit ab, wodurch ein Sprühnebel gebildet wird.

[0072] Neben der vorteilhaften Ausgestaltung des Resonanzkörpers 2 mit dem trompetenförmig aufgeweiteten Horn 18 ist in der Fig. 2 ferner zum Vergleich der aus der US 4,655,393 bekannte Übergang zwischen der Zuführung zu der Zerstäubungsspitze und der Oberfläche derselben punktiert und mit der Bezugsziffer 19 gekennzeichnet angedeutet. Wie hieraus entnommen werden kann, weist der Übergang zwischen der Zuführung und der Oberfläche der Zerstäubungsspitze eine Diskontinuität in Form einer Kante auf, was dazu führt, dass sich die Beschichtungsflüssigkeit nicht gleichmäßig auf der Oberfläche der Zerstäubungsspitze ausbreiten kann. Dies wiederum bedingt, dass sich an dem kantenartigen Übergang unkontrolliert größere Tropfen ablösen, was zu der bereits zuvor erläuterten Verschlechterung des Beschichtungsergebnisses führt. Dieser Gefahr der Verschlechterung des Beschichtungsergebnisses infolge Ablösung größerer Tropfen zu begegnen, war jedoch unter anderem Ziel der vorliegenden Erfindung, welches unter anderem durch die in der Fig. 2 gezeigte sich kontinuierlich aufweitende Hornform des Resonanzkörpers 2 erreicht wird.

[0073] Wie der Fig. 1 weiter entnommen werden kann, kann die Zerstäubungseinheit 1 von einem einseitig geöffneten Gehäuse 16 umgeben sein. In der einen Öffnung des Gehäuses 16 ist der Resonanzkörper 2 angeordnet. An die eine Öffnung des Gehäuses 16 schließt sich direkt die Luftdüse/Gasdüse/Inertgasdüse 3 in Form eines sich aufweitenden Trichters an, so dass sich zwischen dem Zerstäuberteller des Resonanzkörpers 2 und dem sich aufweitenden Trichter der Inertgasdüse 3 ein Ringspalt ausbildet. Das Gehäuse 16, in dem die Zerstäubungseinheit 1 angeordnet ist, wird mit einem steuerbaren Inertgasvolumenstrom versorgt, der mittels des Steuerventils 12, das z.B. von dem Mikroprozessor 7 gesteuert wird, mengenmäßig eingestellt wird. Im bevorzugten Fall steuert der Mikroprozessor 7 ebenfalls die Arbeitsfrequenz der Zerstäubungseinheit 1 sowie den Volumenstrom der Präzisionsdosierpumpe 4, welche die Zerstäubungseinheit 1 mit Beschichtungsmittel aus dem Behälter 5 versorgt.

[0074] Das Inertgas, mit dem der Innenraum des Gehäuses 16 beaufschlagt wird, breitet sich in dem Gehäuse 16 aus und entströmt der einen Öffnung des Gehäuses

ses 16 durch den Ringspalt, der sich zwischen dem Zerstäuberteller des Resonanzkörpers 2 und dem sich aufweitenden Trichter der Inertgasdüse 3 bildet. Durch dieses Ausströmen des Inertgases aus dem Gehäuse 16 kann der Sprühnebel, der sich von dem zu hochfrequenten Schwingungen angeregten Resonanzkörper 2 abgesondert hat, in seinem Sprühbild moduliert werden. Insbesondere in Verbindung mit der Inertgasdüse 3 und dem durch den Ringspalt ausströmenden Inertgas kann das Sprühbild auf unterschiedliche Weisen verändert werden. So kann beispielsweise durch Veränderung des Inertgasstromes der Volumenstrom des Sprühstrahls beschleunigt oder durch Veränderung des Öffnungswinkels des Trichters der Inertgasdüse 3 der Sprühstrahl aufgeweitet oder verjüngt werden.

[0075] Unterhalb des Resonanzkörpers 2 der erfindungsgemäßen Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung wird das Substrat 14 von dem Substrathalter 8 mittels der zu dem Substrathalter gehörenden Werkstückspannvorrichtung 9 positioniert. Wie hier durch die Bezeichnungen x, y, z und r angedeutet wird, ist der Substrathalter 8 in der Lage, das Substrat 14 drei unterschiedlichen translatorischen Bewegungsrichtungen x, y und z sowie einer rotatorischen Bewegung r zu unterziehen. So kann das Substrat 14 mittels des Substralthalters 8 während des gesamten Beschichtungsvorgangs stets in einer geeigneten Stellung innerhalb des Sprühnebels gehalten und verfahren werden. Zur Überwachung der aktuellen Position des Substrats 14 und zur Veränderung der Position des Substrats 14 innerhalb des Sprühnebels wird der Substrathalter 8 beispielsweise ebenfalls von dem Mikroprozessor 7 gesteuert, mit dem sämtliche Vorgänge und Parameter der erfindungsgemäßen Vorrichtung überwacht werden.

[0076] Im Bereich unterhalb des Substrats 14 kann eine steuerbare Unterdruckabsaugung 10 zur weiteren Sprühstrahlkonditionierung sowie zur Absaugung des Oversprays angeordnet sein, deren zugehörige Absaugpumpe ebenfalls über den Mikroprozessor 7 gesteuert wird.

[0077] Die erfindungsgemäße in der Fig. 1 dargestellte Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung umfasst ferner eine Trocknungsvorrichtung 6, z. B. eine Wärmequelle, die zur Trocknung bzw. Härtung des frisch beschichteten Substrats 14 angeordnet ist. Die Trocknungsvorrichtung 6 umfasst beispielsweise eine vorzugsweise von dem Mikroprozessor 7 steuerbare Heizung, welche in einem einseitig geöffneten Gehäuse 20 untergebracht ist. Der Innenraum des einseitig geöffneten Gehäuses 20 wird wie das Gehäuse 16 der Zerstäubungseinheit 1 mit einem einstellbaren Inertgasvolumenstrom beaufschlagt, welcher über das Steuerventil 13 eingestellt wird. Das Steuerventil 13 kann seinerseits wiederum von dem Mikroprozessor 7 in Abhängigkeit der übrigen Prozessparameter gesteuert werden. Der diesem Gehäuse 20 zugeführte Inertgasvolumenstrom wird in dem Gehäuse 20 von der Heizung der Wärmequelle 6 erwärmt und entweicht durch die durch die Düse 21 gebildete Öffnung

des Gehäuses 20. Mit der so erzeugten Wärmeströmung kann das frisch beschichtete Substrat 14 getrocknet werden, wozu es jedoch aus der in der Figur 1 gezeigten Stellung in Richtung der Wärmequelle 6 bewegt werden müsste. Ebenfalls ist es jedoch möglich, die Düse 21 der Wärmequelle 6 so auszurichten, dass die auf das Substrat 14 frisch aufgetragenen Filmschichten sofort nach deren Aufbringen auf dem Substrat 14 beispielsweise in der in der Fig. 1 gezeigten Stellung getrocknet werden.

[0078] Um den Beschichtungsvorgang gegen möglicherweise vorhandene Querströmungen oder gegen Staub zu schützen, kann die Zerstäubungseinheit 1 einschließlich des sie umgebenden Gehäuses 16, die Trocknungsvorrichtung 6, die Unterdruckabsaugung 10 sowie selbstverständlich das Substrat 14 selbst, in dem hier punktiert schematisch dargestellten Gehäuse 11 angeordnet sein. Für den Fall, dass anstelle einer auf Trocknungsströmung basierenden Trocknungsvorrichtung 6 eine auf Wärmestrahlung basierende Wärmequelle 6 eingesetzt werden sollte, könnte eine solche auf Wärmestrahlung basierende Trocknungsvorrichtung 6 selbstverständlich auch außerhalb des Gehäuses 11 angeordnet werden, um das frisch beschichtete Substrat in dem Gehäuse 11 zu trocknen. In jedem Falle erübrigt sich durch den Einsatz der Trocknungsvorrichtung 6 ein Abnehmen des Substrats 14 von der Werkstückspannvorrichtung 9 des Substralthalters 8, um das Substrat 14 nach dem Beschichten zu trocknen, wodurch mögliche Beschädigungen der noch nicht getrockneten Beschichtung des Substrats 14 beim Abnehmen von der Werkstückspannvorrichtung 9 vermieden werden können.

[0079] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann in bestimmten Ausführungsformen für flächiges Beschichten von Substraten angepasst werden, indem kaskadenartig eine Vielzahl von Zerstäubern vorgesehen werden, und die Substrate auf Fördereinrichtungen daran entlanggeführt werden, oder eine Zerstäuber-Kaskade auf einer Fördereinrichtung an den Substraten entlanggeführt wird. Geeignete Fördereinrichtungen umfassen beispielsweise Förderbänder und dergleichen.

[0080] Fig. 3 basiert im Wesentlichen auf der Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung aus Fig. 1. Im Gegensatz zu Fig. 1 ist in Fig. 3 zusätzlich eine Prozesstemperatursteuereinrichtung 27 mit angeschlossener erster 23, 25, zweiter 24 und dritter 26 Temperatureinstelleinrichtung dargestellt. Die Prozesstemperatursteuereinrichtung 27 ist mit dem Mikroprozessor 7 verbunden und kann von diesem Mikroprozessor Einstellungen oder Vorgaben für Einstellungen für Bedingungen für einen Beschichtungsprozess erhalten. Dadurch lassen sich beispielsweise Temperaturgradienten einer Beschichtungsflüssigkeit in einem Vorratsbehälter 5 und an einer Zerstäubungseinheit 1 herstellen bzw. ausgleichen. Ob ein Temperaturgradient gewünscht wird oder verhindert werden soll hängt von dem als Beschichtungsflüssigkeit verwendeten Material bzw. dessen thermische Eigenschaft ab. Es lässt sich dadurch das Verhalten der Beschichtungsflüssigkeit während des Transportes bzw.

des Versprühens geeignet beeinflussen.

[0081] Die Temperatur der Beschichtungsflüssigkeit in dem Vorratsbehälter 5 lässt sich mittels erster Temperatureinstelleinrichtung 23 einstellen. Diese ist, wie die weitere erste 25, die zweite 24 und dritte 26 Temperatureinstelleinrichtung als eine Heizwendel dargestellt. Allerdings sind darunter auch andere Wärmequellen, wie Infrarotstrahler, Wärmetauscher, Wärmepumpen zu verstehen. Außerdem können sämtliche Temperatureinstelleinrichtungen auch zum Entzug von Wärme und der Kühlung dienen, wobei dann beispielsweise Kühlaggregate oder Lüfter eingesetzt werden können.

[0082] Während in Fig. 3 zwei erste Temperatureinstelleinrichtungen 23, 25 zur Beeinflussung der Temperatur der Beschichtungsflüssigkeit gezeichnet sind, können sich entlang des Verteilungssystem der Beschichtungsflüssigkeit, je nach Bedarf beliebig viele erste Temperatureinstelleinrichtungen befinden. Das Verteilungssystem umfasst im Wesentlichen den Vorratsbehälter 5, die Präzisionspumpe 4, die Zerstäubungseinheit 1 und ein Röhrensystem, das den Vorratsbehälter 5 mit der Präzisionspumpe 4 und die Präzisionspumpe 4 mit der Zerstäubungseinheit 1 verbindet. Insbesondere sind auch die Kapillarröhre 17 und der Resonanzkörper 2 umfasst. Jedes dieser Elemente des Verteilungssystems kann separat mit einer ersten Temperatureinstelleinrichtung versehen sein. Die Einwirkung der Temperatureinstelleinrichtungen kann direkt, also unmittelbar auf die Beschichtungsflüssigkeit erfolgen. Ein Beispiel für ein direktes Einwirken der ersten Temperatureinstelleinrichtung 23 auf die Beschichtungsflüssigkeit ist in Fig. 3 in dem Vorratsbehälter 5 gezeigt.

[0083] Indirekt wirkt eine Temperatureinstelleinrichtung, wie beispielsweise die erste Temperatureinstelleinrichtung 25 auf das Rohr zwischen Präzisionspumpe 4 und Zerstäubungseinheit 1 wirkt. Durch die Veränderung der Temperatur des Rohres wird indirekt die Temperatur der durch das Rohr fließenden Beschichtungsflüssigkeit beeinflusst.

[0084] Neben der Beeinflussung der Temperatur der Beschichtungsflüssigkeit über die ersten Temperatureinstelleinrichtungen 23 und 25, lässt sich über die zweite Temperatureinstelleinrichtung 24 die Temperatur des Inertgases in der Inertgaszufuhr 31 einstellen. Da das temperierte Inertgas, während es aus der Inertgasdüse 3 ausströmt und das Sprühbild des Sprühnebels moduliert, mit dem Sprühnebel in eine Wechselwirkung tritt, kann so auch die Temperatur des Sprühnebels, der sich von dem Resonanzkörper abgesondert hat, angepasst werden.

[0085] Auf das Ausbreitungsverhalten und das Beschichtungsverhalten des Sprühnebels auf dem Substrat hat ebenfalls die, in der Beschichtungskammer 32 vorherrschende Temperatur, einen Einfluß. Diese Temperatur kann auch das Verhalten der Beschichtung beim Trocknen der Beschichtung bestimmen. Außerdem kann durch die in der Beschichtungskammer 32 vorherrschende Temperatur Einfluss auf die Dicke der Beschichtung

insbesondere des Beschichtungsfilms auf dem Substrat genommen werden.

[0086] Ebenfalls in Fig. 3 ist eine Einrichtung 29 zur Erzeugung eines elektrischen Feldes gezeichnet. Diese weist zwei Elektroden auf, die mit einem Hochspannungsgenerator 28 (HV) verbunden sind. zwischen den Elektroden lässt sich beim Anlegen einer entsprechenden Spannung ein elektrisches Feld in dem Bereich zwischen der Zerstäubungseinheit 1 und dem Substrathalter 9 samt Substrat erzeugen. Dabei liegen das Substrat und ggf. auch mindestens ein Teil des Substrathalters 9 vollständig in dem elektrischen Feld, so dass das Feld auf den Sprühnebel beim Anhaften der versprühten Partikel auf dem Substrat wirkt.

[0087] Während in dem Bild ein einkanaliger Aufbau der Einrichtung zur Erzeugung eines elektrischen Feldes gezeigt ist, ist auch ein mehrkanaliger Aufbau möglich. Bei einem mehrkanaligen Aufbau sind mehrere Einrichtungen 29 zur Erzeugung eines elektrischen Feldes vorgesehen, die jeweils separat von dem HV Generator 28 angesteuert werden.

[0088] Der HV Generator 28 weist eine Verbindung zu dem Mikroprozessor 7 auf, über die er von dem Mikroprozessor gesteuert werden kann. So lassen sich neben elektrostatischen Feldern auch zeitlich variable elektrische Felder, mit über der Zeit veränderter Intensität bzw. verschiedene Frequenzmuster, realisieren.

[0089] Ähnlich wie das elektrische Feld, lässt sich mit der Einrichtung 30 zur Erzeugung eines magnetischen Feldes zwischen der Zerstäubungseinheit 1 und dem Substrathalter 9 samt Substrat ein magnetisches Feld erzeugen. Dieses kann magnetostatisch, d.h. konstant oder zeitvariant, d.h. über die Zeit veränderlich, sein. Die Modulation übernimmt hierbei der NF/HF Generator, der mit dem Mikroprozessor verbunden ist, von dem der NF/HF Generator Steuersignale erhält.

[0090] Auch für das magnetische Feld ist ein einkanaliger Aufbau gezeichnet, während ein mehrkanaliger Aufbau möglich ist.

[0091] Das Magnetfeld kann mittels eines Permanent- oder eines Elektromagnet hervorgerufen werden. In Fig. 3 ist ein Elektromagnet dargestellt. Ein U-förmiger Kern, beispielsweise ein Ferritkern, ist an seiner Unterseite, die dem Resonanzkörper 2 gegenüberliegende Seite, von einer elektrischen Spule umgeben. Angeregt von dem Stromfluss, der von dem NF/HF Generator in der Spule hervorgerufen wird, bilden sich zwischen den parallel verlaufenden Flanschen des Kerns magnetische Feldlinien aus, die den Raum zwischen den Flanschen mit einem Magnetfeld durchsetzen. Somit wird auch der Raum zwischen der Zerstäubungseinheit 1 und Substrat und ggf. mindestens Teilen des Substrathalters 9 mit einem Magnetfeld durchsetzt. Dieses Magnetfeld beeinflusst den sich auf das Substrat zu bewegendem Sprühnebel.

[0092] Sowohl die Einrichtung 29 zur Erzeugung eines elektrischen Feldes als auch die Einrichtung 30 zur Erzeugung eines magnetischen Feldes, zumindest Teile

davon, können sich sowohl innerhalb des Gehäuses 11, also in der Beschichtungskammer 32 oder außerhalb davon befinden. Bei geeigneter Materialwahl für das Gehäuse 11 können das elektrische und magnetische Feld in das Gehäuse 11, also von außen in die Beschichtungskammer 32 wirken.

[0093] Befinden sich die Einrichtung 29 zur Erzeugung eines elektrischen Feldes als auch die Einrichtung 30 zur Erzeugung eines magnetischen Feldes komplett außerhalb des Gehäuses 11 kann es vorteilhaft bezüglich der Verschmutzung dieser Elemente sein.

Patentansprüche

1. Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung zum Zerstäuben einer Beschichtungsflüssigkeit und zum anschließenden Beschichten eines Substrats (14), mit

- einer zu hochfrequenten Schwingungen anregbaren Zerstäubungseinheit (1), die die ihr zugeführte Beschichtungsflüssigkeit zu einem Sprühnebel zerstäubt,
- einem positionierbaren Substrathalter (8, 9), der das zu beschichtende Substrat (14) ständig in einer für die Beschichtung günstigen Position innerhalb des Sprühnebels hält, wodurch das Substrat (14) mit dem Sprühnebel benetzt wird, und
- mindestens einer Trocknungsvorrichtung (6), die die so auf dem Substrat (14) gebildete Sprühnebelschicht trocknet;
- **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zerstäubungseinheit (1) einen trompetenförmigen Resonanzkörper (2) aufweist, wobei die Zerstäubungseinheit (1) von einem einseitig geöffneten Gehäuse (16) umhaust ist, wobei der Resonanzkörper (2) im Bereich der Öffnung des Gehäuses angeordnet ist;
- das Gehäuse (16) eine steuerbare Luft- oder Gaszufuhr (31) aufweist;
- die Luft- oder Gaszufuhr (31) als Inertgaszufuhr (31) ausgebildet ist, zur Zuführung von Inertgas zu dem Gehäuse;
- die eine Öffnung des Gehäuses (16) eine Inertgasdüse (3) aufweist, durch die das über die Inertgaszufuhr (31) bereitgestellte Inertgas als Trägermedium zur Sprühstrahlkonditionierung des Sprühnebels entströmt.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zerstäubungseinheit (1) relativ zum Substrat (14) bewegbar ist.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung einen Vorratsbehälter (5) zur Bevorratung der Beschichtungsflüssigkeit

umfasst.

4. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung eine erste Temperatureinstellungseinrichtung (23, 25) umfasst, wobei die erste Temperatureinstellungseinrichtung (23, 25) ausgebildet ist, eine Temperatur der Beschichtungsflüssigkeit anzupassen.

5. Vorrichtung gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Temperatureinstellungseinrichtung (23) in dem Vorratsbehälter (5) angeordnet ist.

6. Vorrichtung gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Temperatureinstellungseinrichtung (25) an der Zerstäubungseinheit (1) ausgebildet ist.

7. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung mindestens eine Einrichtung (29) zur Erzeugung eines elektrischen Feldes umfasst, wobei die Einrichtung zur Erzeugung eines elektrischen Feldes ausgebildet ist, ein elektrisches Feld zwischen der Zerstäubungseinheit (1) und mindestens einem Teil des Substralthalters (9) zu erzeugen.

8. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung mindestens eine Einrichtung (30) zur Erzeugung eines magnetischen Feldes umfasst, wobei die Einrichtung zur Erzeugung eines magnetischen Feldes ausgebildet ist, ein magnetisches Feld zwischen der Zerstäubungseinheit (1) und mindestens einem Teil des Substralthalters (9) zu erzeugen.

9. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung eine zweite Temperatureinstellungseinrichtung (24) umfasst, wobei die zweite Temperatureinstellungseinrichtung (24) ausgebildet ist, eine Temperatur des Inertgas anzupassen.

10. Vorrichtung gemäß Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Temperatureinstellungseinrichtung (24) an und/oder in der Inertgaszufuhr (31) ausgebildet ist.

11. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Inertgasdüse (3) einstellbar ist, um die Aufweitung des Sprühnebelstrahls im Bereich zwischen 0° und 180° zu variieren.

12. Vorrichtung gemäß einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das zu beschichtende Substrat (14) mit Hilfe des positionierbaren Substrathalters (8, 9) innerhalb des Sprühstrahls positionierbar ist. 5
13. Vorrichtung gemäß Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass der Substrathalter (8, 9) geeignet ist, dem Substrat (14) sechs unterschiedliche Bewegungsfreiheitsgrade zu verleihen. 10
14. Vorrichtung gemäß einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Trocknungsvorrichtung (6) eine Wärmequelle umfasst, vorzugsweise eine Heizung, die von einem einseitig geöffneten Heizungsgehäuse (20) umhaust ist, wobei das Heizungsgehäuse (20) zur Erzeugung eines Heißluftstromes eine steuerbare Inertgaszufuhr aufweist. 15
15. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass die Trocknungsvorrichtung (6) eine Infrarotwärmequelle umfasst. 20
16. Vorrichtung gemäß einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung ferner eine steuerbare Absaugvorrichtung (10) zum Absaugen des Oversprays und zur weiteren Sprühstrahlkonditionierung aufweist. 25
17. Vorrichtung gemäß einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Trocknungsvorrichtung (6), der Substrathalter (8), die Absaugvorrichtung (10) zum Absaugen des Oversprays, die Zerstäubungseinheit (1) sowie die Inertgaszufuhren zur Sprühstrahlkonditionierung und zur Heißluftstromerzeugung zur Erzielung eines optimalen Beschichtungsergebnisses von einer programmierbaren Steuereinheit gesteuert werden. 30
18. Vorrichtung gemäß einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Zerstäubungseinheit (1), der positionierbare Substrathalter (8,9) und die Absaugvorrichtung (10) von einem Gehäuse (11) umgeben sind. 35
19. Vorrichtung gemäß Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich die Trocknungsvorrichtung (6) von dem Gehäuse (11) umgeben ist. 40
20. Vorrichtung gemäß Anspruch 18 oder 19, 45

dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (11) eine Beschichtungskammer (32) ausbildet, wobei die Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung eine dritte Temperatureinstelleinrichtung (26) umfasst, wobei die dritte Temperatureinstelleinrichtung (26) ausgebildet ist, eine Temperatur der Beschichtungskammer (32) anzupassen.

21. Vorrichtung gemäß Anspruch 20
dadurch gekennzeichnet, dass die Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung eine Prozesstemperatursteuereinrichtung (27) umfasst, wobei die Prozesstemperatursteuereinrichtung (27) eine der ersten (23, 25) bis dritten (26) Temperatureinstelleinrichtung steuert, so dass für einen Beschichtungsprozess vorgebbare Bedingungen herrschen. 50
22. Verwendung einer Hochfrequenzzerstäubungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur ein- oder mehrfachen Beschichtung von Substraten mit einer homogenen Beschichtung von 1 nm bis 1 mm Dicke. 55

Claims

1. A high frequency atomising device for atomising a coating fluid and for subsequent coating of a substrate (14), having
- an atomising unit (1) that can be excited to generate high frequency vibrations, which unit atomises the coating fluid supplied to it to form a spray mist,
 - a positionable substrate holder (8, 9), which retains the substrate (14) to be coated constantly in a position favourable for coating inside the spray mist, as a result of which the substrate (14) is wetted with the spray mist, and
 - at least one drying device (6) which dries the spray mist coat then formed on the substrate (14);

characterized in that

- the atomising unit (1) has a trumpet-like-shaped resonance body (2), wherein the atomising unit (1) is enclosed by a housing (16) open on one side, wherein the resonance body (2) is arranged in the region of the opening of the housing;
- the housing (16) has a controllable air or gas supply (31);
- the air or gas supply (31) is designed as an inert gas supply (31) for feeding inert gas to the housing;
- one of the openings of the housing (16) has an inert gas nozzle (3), through which the inert gas

- supplied via the inert gas supply (31) escapes as a carrier medium for spray jet conditioning of the spray mist.
2. The device according to Claim 1, **characterised in that** the atomising unit (1) can be moved relative to the substrate (14). 5
 3. The device according to Claim 1 or 2, **characterised in that** the high frequency atomising device comprises a storage tank (5) for storing the coating fluid. 10
 4. The device according to any one of Claims 1 to 3, **characterised in that** the high frequency atomising device comprises a first temperature setting device (23, 25), wherein the first temperature setting device (23, 25) is designed to adapt a temperature of the coating fluid. 15
 5. The device according to Claim 4, **characterised in that** the first temperature setting device (23) is arranged in the storage tank (5). 20
 6. The device according to Claim 4, **characterised in that** the first temperature setting device (25) is formed on the atomising unit (1). 25
 7. The device according to any one of Claims 1 to 6, **characterised in that** the high frequency atomising device comprises at least one device (29) for generating an electrical field, wherein the device for generating an electrical field is designed to generate an electrical field between the atomising unit (1) and at least one part of the substrate holder (9). 30
35
 8. The device according to any one of Claims 1 to 7, **characterised in that** the high frequency atomising device comprises at least one device (30) for generating a magnetic field, wherein the device for generating a magnetic field is designed to generate a magnetic field between the atomising unit (1) and at least one part of the substrate holder (9). 40
 9. The device according to any one of Claims 1 to 8, **characterised in that** the high frequency atomising device comprises a second temperature setting device (24), wherein the second temperature setting device (24) is designed to adapt a temperature of the inert gas. 45
50
 10. The device according to Claim 9, **characterised in that** the second temperature setting device (24) is formed on and/or in the inert gas supply (31). 55
 11. The device according to any one of Claims 1 to 10, **characterised in that** the inert gas nozzle (3) can be set in order to vary the dispersal of the spray mist jet within the range of 0° to 180°.
 12. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the substrate (14) to be coated can be positioned by means of the positionable substrate holder (8, 9) inside the spray jet.
 13. The device according to Claim 27, **characterised in that** the substrate holder (8, 9) is suitable for imparting to the substrate (14) six different degrees of freedom of movement.
 14. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the drying device (6) comprises a heat source, preferably a heating system which is enclosed by a heating housing (20) open on one side, wherein the heating housing (20) has a controllable inert gas supply for generating a hot air flow.
 15. The device according to any one of Claims 1 to 13, **characterised in that** the drying device (6) comprise an infrared heat source.
 16. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the high frequency atomising device also has a controllable suction device (10) for sucking off the overspray and for further spray jet conditioning.
 17. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the drying device (6), the substrate holder (8), the suction device (10) for sucking off the overspray, the atomising unit (1) and the inert gas supply for spray jet conditioning and for hot air flow generation for achieving an optimum coating result, are controlled by a programmable control unit.
 18. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** at least the atomising unit (1), the positionable substrate holder (8, 9) and the suction device (10) are surrounded by a housing (11).
 19. The device according to Claim 18, **characterised in that** the drying device (6) is also surrounded by the housing (11).
 20. The device according to Claim 18 or 19, **characterised in that** the housing (11) forms a coating chamber (32), wherein the high frequency atomising device comprises a third temperature setting device (26), and wherein the third temperature setting device (26) is designed to adapt a temperature of the coating chamber (32).
 21. The device according to Claim 20, **characterised in that** the high frequency atomising device comprises a process temperature control device (27),

wherein the process temperature control device (27) controls one of the first (23, 25) to third (26) temperature setting device so that conditions that can be predetermined for a coating process prevail.

22. An application of a high frequency atomising device according to any one of the preceding claims for single or multiple coating of substrates with a homogeneous coating 1 nm to 1 mm thick.

Revendications

1. Dispositif de pulvérisation à haute fréquence pour la pulvérisation d'un liquide de revêtement et pour le revêtement d'un substrat (14) comprenant :

- une unité de pulvérisation (1) pouvant être excitée par des oscillations à haute fréquence, qui pulvérise le liquide de revêtement afin d'obtenir un brouillard de pulvérisation,
- un support de substrat positionnable (8, 9) qui maintient le substrat (14) à revêtir en permanence dans une position avantageuse pour le revêtement à l'intérieur du brouillard de pulvérisation, ce qui permet de mouiller le substrat (14) avec le brouillard de pulvérisation, et
- au moins un dispositif de séchage (6) qui sèche la couche de brouillard de pulvérisation ainsi formée sur le substrat (14) ;

caractérisé en ce que :

- l'unité de pulvérisation (1) comprend un corps de résonance (2) en forme de trompette, l'unité de pulvérisation (1) étant logée dans un boîtier (16) ouvert sur un côté, le corps de résonance (2) se trouvant au niveau de l'ouverture du boîtier ;
- le boîtier (16) comprend une alimentation en air ou en gaz (31) contrôlable ;
- l'alimentation en air ou en gaz (31) est conçue comme une alimentation en gaz inerte (31) pour l'introduction d'un gaz inerte dans le boîtier ;
- l'ouverture du boîtier (16) comprend une buse de gaz inerte (3) à travers laquelle le gaz inerte introduit par l'alimentation en gaz inerte (31) s'écoule en tant que fluide de support pour le conditionnement du faisceau de pulvérisation du brouillard.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'unité de pulvérisation (1) est mobile par rapport au substrat (14).
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le dispositif de pulvérisation à haute fréquence comprend un réservoir (5) pour le liquide de

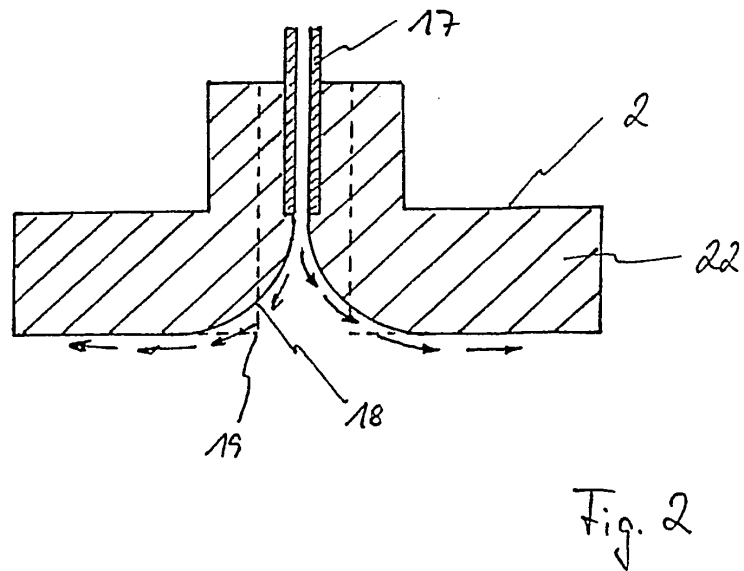
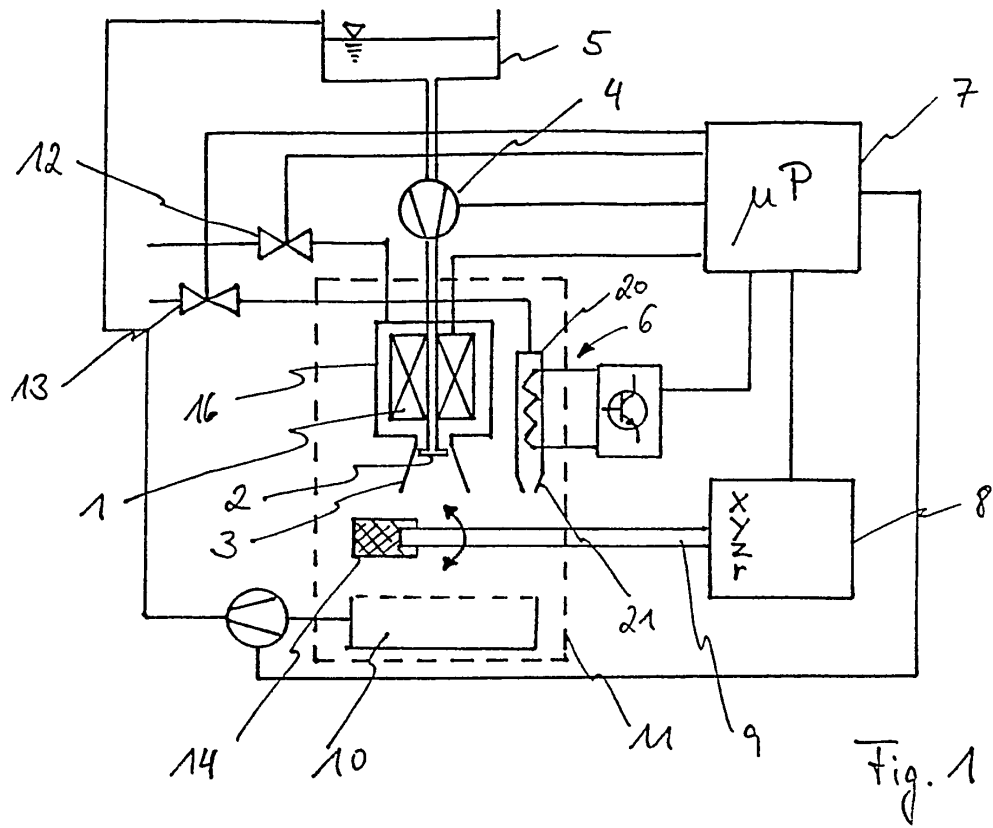
revêtement.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le dispositif de pulvérisation à haute fréquence comprend un premier dispositif de réglage de la température (23, 25), ce premier dispositif de réglage de la température (23, 25) étant conçu pour régler la température du liquide de revêtement.
5. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le premier dispositif de réglage de la température (23) se trouve dans le réservoir (5).
6. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le premier dispositif de réglage de la température (25) se trouve au niveau de l'unité de pulvérisation (1).
7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le dispositif de pulvérisation à haute fréquence comprend au moins un dispositif (29) permettant de produire un champ électrique, ce dispositif étant conçu pour la production d'un champ électrique entre l'unité de pulvérisation (1) et au moins une partie du support de substrat (9).
8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le dispositif de pulvérisation à haute fréquence comprend au moins un dispositif (30) permettant de produire un champ magnétique, ce dispositif étant conçu pour la production d'un champ magnétique entre l'unité de pulvérisation (1) et au moins une partie du support de substrat (9).
9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le dispositif de pulvérisation à haute fréquence comprend un deuxième dispositif de réglage de la température (24), ce deuxième dispositif de réglage de la température (24) étant conçu pour régler la température du gaz inerte.
10. Dispositif selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le deuxième dispositif de réglage de la température (24) se trouve sur et/ou dans l'alimentation en gaz inerte (31).
11. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la buse de gaz inerte (3) est réglable afin de faire varier l'angle d'ouverture du faisceau de brouillard de pulvérisation entre 0° et 180°.
12. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le substrat à revêtir (14) peut être positionné à l'intérieur du faisceau de pulvérisation à l'aide du support de substrat positionnable (8, 9).

13. Dispositif selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le support de substrat (8, 9) est conçu pour conférer au substrat (14) six degrés de liberté de mouvement différents. 5
14. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de séchage (6) comprend une source de chaleur, de préférence un dispositif de chauffage, qui est logé dans un boîtier de chauffage (20) ouvert sur un côté, le boîtier de chauffage (20) comprenant une alimentation en gaz inerte contrôlable afin de produire un flux d'air chaud. 10
15. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** le dispositif de séchage (6) comprend une source de chaleur infrarouge. 15
16. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de pulvérisation à haute fréquence comprend en outre un dispositif d'aspiration (10) contrôlable pour l'aspiration du brouillard de pulvérisation en excès et pour un conditionnement supplémentaire du faisceau de pulvérisation. 20 25
17. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de séchage (6), le support de substrat (8), le dispositif d'aspiration (10) pour l'aspiration du brouillard de pulvérisation en excès, l'unité de pulvérisation (1) ainsi que les alimentations en gaz inerte pour le conditionnement du faisceau de pulvérisation et pour la production d'un flux d'air chaud pour l'obtention d'un résultat de revêtement optimal, sont contrôlés par une unité de commande programmable. 30 35
18. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins l'unité de pulvérisation (1), le support de substrat positionnable (8, 9) et le dispositif d'aspiration (10) sont logés dans un boîtier (11). 40
19. Dispositif selon la revendication 18, **caractérisé en ce que** le dispositif de séchage (6) est également logé dans le boîtier (11). 45
20. Dispositif selon la revendication 18 ou 19, **caractérisé en ce que** le boîtier (11) forme une chambre de revêtement (32), le dispositif de pulvérisation à haute fréquence comprenant un troisième dispositif de réglage de la température (26), ce troisième dispositif de réglage de la température (26) étant conçu pour régler la température de la chambre de revêtement (32). 50 55
21. Dispositif selon la revendication 20, **caractérisé en ce que** le dispositif de pulvérisation à haute fréquence

ce comprend un dispositif de contrôle de la température du processus (27), ce dispositif de contrôle de la température du processus (27) contrôlant un des dispositifs de réglage de la température, du premier (23, 25) au troisième (26), de façon à déterminer préalablement les conditions du processus de revêtement.

22. Utilisation d'un dispositif de pulvérisation à haute fréquence selon l'une des revendications précédentes pour un revêtement simple ou multiple de substrats avec un revêtement homogène de 1 nm à 1 mm d'épaisseur.



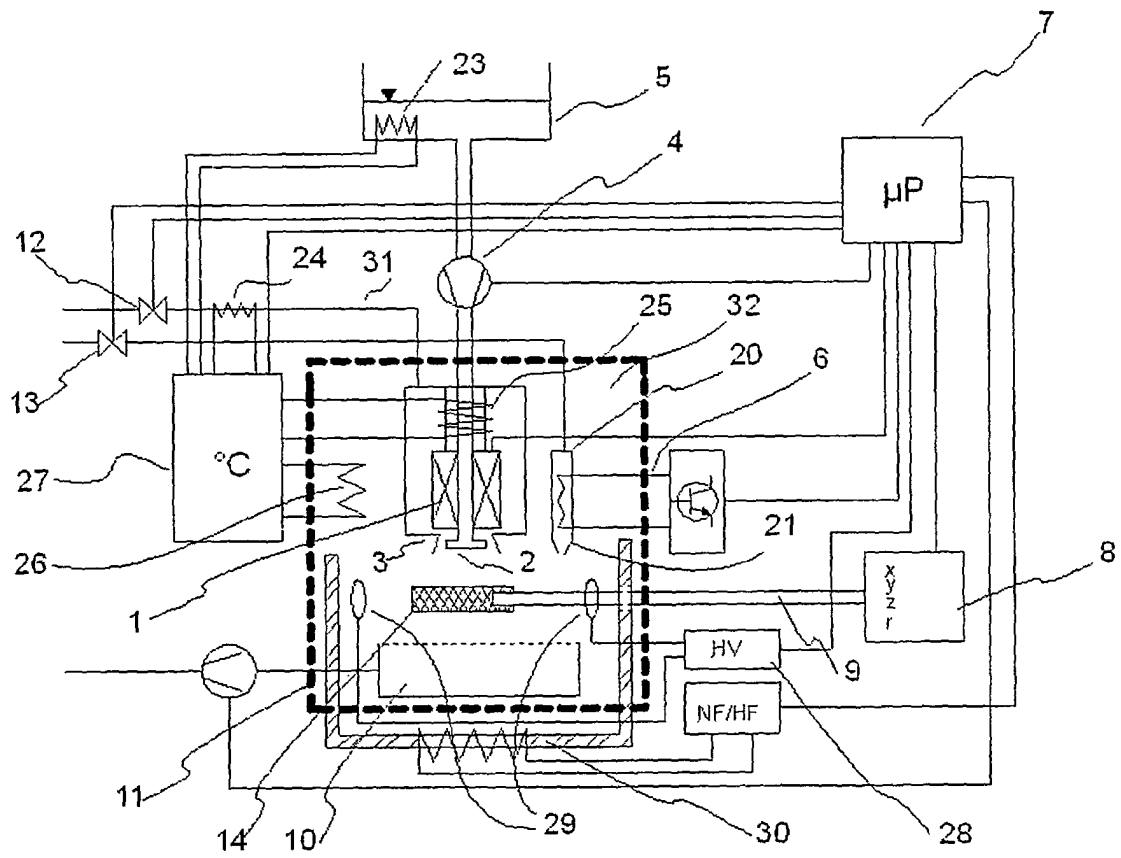


Fig. 3

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

- US 4655393 A [0007] [0008] [0010] [0072]
- US 20030161937 A [0011]
- DE 10324415 [0053]