

(19)



(11)

EP 1 891 265 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
27.05.2009 Patentblatt 2009/22

(51) Int Cl.:
D21C 9/00 *(2006.01)* **D21C 9/10** *(2006.01)*
D21H 25/04 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **06763617.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2006/063049

(22) Anmeldetag: **09.06.2006**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2006/134075 (21.12.2006 Gazette 2006/51)

(54) **VERFAHREN ZUR BEHANDLUNG EINES PROZESSGUTES MIT GROSSFLÄCHIGEM PLASMA**
METHOD FOR TREATING A PROCESS MATERIAL WITH LARGE SURFACE PLASMA
PROCEDE POUR TRAITER UN PRODUIT AU MOYEN D'UN PLASMA A GRANDE SURFACE

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

(30) Priorität: **16.06.2005 DE 102005028046**
14.10.2005 DE 102005049274

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.02.2008 Patentblatt 2008/09

(73) Patentinhaber: **SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **HARTMANN, Werner
91085 Weisendorf (DE)**
• **FIGALIST, Helmut
91080 Spardorf (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-20/04101891 DE-A1- 19 836 669
FR-A- 2 711 680 US-A- 3 806 404

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1999, Nr.
14, 22. Dezember 1999 (1999-12-22) & JP 11
247098 A (TOPPAN PRINTING CO LTD), 14.
September 1999 (1999-09-14)**

EP 1 891 265 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Behandlung eines Prozessgutes, wobei das Prozessgut mit, vorzugsweise nichtthermischem, großflächigem Plasma, vorzugsweise bei mindestens Atmosphärendruck, in Kontakt gebracht, das Plasma in unmittelbarer Nähe zu dem Prozessgut erzeugt oder in dem Prozessgut oder in unmittelbarer Umgebung eine Gasentladung, insbesondere eine Koronaentladung, vorzugsweise bei mindestens Atmosphärendruck, erzeugt wird.

[0002] Die Behandlung von Prozessgütern zieht meist auf eine Veränderung einer molekularen Struktur des Prozessgutes, insbesondere seiner Oberfläche, ab. Beispielsweise müssen in der Papierindustrie oder in der Textilindustrie Prozessgüter, z.B. ganze Papierbahnen oder ganze Textilbahnen, durch Applizieren mit bestimmten Substanzen behandelt werden. Am Beispiel von Papier werden dadurch folgende Effekte erzielt:

- Beseitigung von, "farbigen" Molekülgruppen, dadurch wird eine Aufhellung des Papiers zumindest im Oberflächenbereich erzielt,
- Erhöhung der Absorptionsfähigkeit für eine Druckfarbe,
- Erhöhung der Festigkeit des Papiers.

[0003] Bei Textilien und Kunststoffen wird die Behandlung von Oberflächen bereits mit nichtthermischen, "kalten" Plasmen technisch durchgeführt, um durch eine Oberflächenfunktionalisierung die Färbbarkeit und/oder die Bedruckbarkeit zu verbessern oder auch bestimmte andere Eigenschaften wie beispielsweise Flammenschutz, Wasserabweisung oder Wasseranziehung gezielt zu steuern.

[0004] Aus DE 198 36 669 A1 ist ein Verfahren zur Oberflächen-Vorbehandlung von Papier oder Karton mit Plasma bekannt.

[0005] Aus WO 2004/101891 A1 und FR-A-2711680 sind Verfahren zur Oberflächenbehandlung von Papier und verbundenen Fasern mit Plasma bekannt.

[0006] Behandlungsverfahren, wie sie beispielsweise in der Papierindustrie zur Beherrschung der heute sehr hohen Prozessgeschwindigkeiten nötig sind, sind bisher nicht bekannt.

[0007] Es ist Aufgabe der Erfindung ein Behandlungsergebnis, welches durch die Behandlung eines Prozessgutes mit Plasma erzielt wird, zu verbessern und/oder die Effektivität der Plasmaerzeugung zu steigern.

[0008] Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass zur Erzeugung des Plasmas bzw. der Gasentladung zwischen Elektroden Hochspannungsimpulse mit einer Dauer von weniger als 10 μ s erzeugt werden. Die Verwendung von derartig kurzen Hochspannungs-Einzelimpulsen hat sich als besonders vorteilhaft gezeigt, wogegen die Verwendung von Radiofrequenz-(RF) oder Mikrowellenimpulsen oder Hochspannungs-Einzelimpulsen mit mehr als 10 μ s Dauer weit weniger effizient ist. Um eine gute En-

ergieeffizienz der Erzeugung von Plasma und dessen positive Effekte, sowohl in Gasen als auch in Flüssigkeiten, zu erhalten, wird daher vorzugsweise, mit sehr kurzen Hochspannungsimpulsen gearbeitet. Die Pulsdauer sollte deutlich kürzer sein, als es einer Aufbauzeit der vollständigen Durchschlagszeit im jeweiligen Medium entspricht.

[0009] Gemäß der Erfindung wird im Gegensatz zur bekannten Vorgehensweise bei Textilien und Kunststoffen nicht mit einem Niederdruckplasmareaktor gearbeitet, was wegen der nötigen Vakuumerzeugung sehr aufwendig ist, sondern es wird Atmosphärendruck appliziert.

[0010] Vorzugsweise ist das Prozessgut ein unverworbener Faserstoff in einer Suspension, insbesondere Fasern oder Pulpe, ein herzustellendes Papier, ein herzustellender Karton, eine herzustellende Pappe, deren Ausgangsmaterialien zur Herstellung, und/oder deren Zwischenprodukte während der Herstellung, insbesondere ein feuchtes oder trockenes und/oder ungepresstes Blatt.

[0011] Vorzugsweise wird das Plasma in einem Abstand von kleiner als 20 cm, vorzugsweise kleiner als 10 cm, vorzugsweise kleiner als 5 cm, von dem Prozessgut erzeugt. Um ein gutes Behandlungsergebnis, beispielsweise ein Bleichen einer Papierbahn, zu erzielen ist es von Vorteil, das Plasma in der unmittelbaren Umgebung des Prozessgutes zu erzeugen.

[0012] Zweckmäßig ist, dass das Prozessgut beidseitig mit dem Plasma in Kontakt gebracht bzw. mittels der Gasentladung behandelt wird. Die beidseitige Behandlung des Prozessgutes mit Plasma ermöglicht eine hohe Behandlungseffizienz und eine vorzugsweise hohe Eindringtiefe von beispielsweise aggressiven Trägerstoffen in das Prozessgut.

[0013] Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist, dass das Plasma bzw. die Gasentladung zum Bleichen des Prozessgutes, insbesondere in einem Kocher, in einem Bleichbehälter oder in einer Leitung, verwendet wird. Wird das Verfahren beispielsweise innerhalb eines Verbindungselementes oder einer Zuleitung, welche für den Transport des Prozessgutes hergerichtet ist, angewendet, so kann das Verfahren zur Behandlung des Prozessgutes auf vorteilhafter Weise während des Transportes des Prozessgutes bereits angewendet werden und somit wird eine Prozesszeit weiter verkürzt.

[0014] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung wird das Prozessgut mit zumindest einer Elektrode zur Erzeugung des Plasmas bzw. der Gasentladung in Kontakt gebracht.

[0015] Zweckmäßigerweise wird das Verfahren auf verschiedene Arten bzw. Zustände von Prozessgütern angewendet. Bei einer bevorzugten Anwendung liegt der Gehalt an Trägerflüssigkeit, insbesondere Wasser, in dem Prozessgut im Bereich zwischen 40 % und 99,9 %, vorzugsweise im Bereich zwischen 80 % und 98 % und insbesondere im Bereich zwischen 85 % und 98 %. Mit der Anwendung des erfindungsgemäßen-Verfahrens in-

nerhalb einer Trägerflüssigkeit können auf vorteilhafte Weise chemische Reaktionen, welche das Behandlungsergebnis hervorrufen, besonders effizient erzeugt werden.

[0016] Vorzugsweise werden im Plasma oder mittels der Gasentladung Radikale erzeugt, die auf das Prozessgut einwirken. Diese Radikale bewirken eine chemische Reaktion, beispielsweise mit einer bleichenden Wirkung, welche zur Erreichung des Behandlungsziels den Behandlungsprozess effektiv unterstützen.

[0017] Mit besonderem Vorteil werden für verschiedene Zustände des Prozessgutes in einem Papier-, Karton- oder Pappe-Herstellungsprozess, insbesondere an unterschiedlichen Prozessstufen, Radikale unterschiedlicher Art oder Zusammensetzung verwendet.

[0018] Besonders bevorzugt und zweckmäßig ist es, dass das Prozessgut innerhalb einer Prozessstufe in einem Papier- oder Karton-Herstellungsprozess, Radikalen unterschiedlicher Art oder Zusammensetzung ausgesetzt wird, vorzugsweise zeitlich nacheinander folgend. Mit Vorteil wird so ein optimales Behandlungsergebnis Schritt für Schritt erzielt.

[0019] Zweckmäßig ist es, dass als Radikale Ozon, Wasserstoffperoxid, Hydroxyl, HO_2 und/oder HO_2^- erzeugt werden.

[0020] Auf vorteilhafte Weise wird beim Bleichen des Prozessgutes das Plasma oder die Gasentladung derart appliziert, dass als Radikale vermehrt Ozon und/oder Wasserstoffperoxyd gebildet werden.

[0021] Ausgehend von der Verwendung unterschiedlicher Art oder Zusammensetzung von Radikalen an unterschiedlichen Prozessstufen, ist es vorteilhaft, dass beim Sieben und/oder am flächig verteilten Prozessgut das Plasma oder die Gasentladung derart appliziert wird, dass als Radikale vermehrt Hydroxyl, HO_2 und/oder HO_2^- gebildet wird.

[0022] Auf vorteilhafte Weise wird eine Erzeugungsrate der Radikale und/oder die Zusammensetzung der erzeugten Radikale durch Beeinflussung einer Amplitude, einer Impulsdauer und/oder einer Impulswiederholrate der Hochspannungsimpulse gesteuert. Da neben der Art und Zusammensetzung der Radikale auch die Konzentration der Radikale durch einen elektrischen Prozess erzeugt wird und damit in Echtzeit sehr gut steuerbar ist, ist ein solches Verfahren sehr wirtschaftlich und kann innerhalb kürzester Zeit für unterschiedliche Behandlungsergebnisse nachgeregelt werden, z.B. im Kontext mit selbst lernfähigen Algorithmen.

[0023] Zweckmäßig ist, dass zur Steuerung und Regelung der Erzeugungsrate und/oder der Art der erzeugten Radikale eine Konzentration der erzeugten Radikale gemessen wird. In einem vorzugsweise für die Plasmaerzeugung verwendeten Regelverfahren oder Regelkreis wird die Konzentration der Radikale als Istwert genutzt.

[0024] Eine weitere Steigerung der gezielten Einflussnahme wird dadurch erreicht, dass zur Steuerung und Regelung der Erzeugungsrate oder der Zusammensetzung der erzeugten Radikale eine Eigenschaft der Sus-

pension, vorzugsweise eine Qualitätseigenschaft, insbesondere dessen Opazität, Glanz, Weiße, Fluoreszenz oder Farbpunkt, gemessen wird. Anhand der Ergebnisse der Messung der Qualitätseigenschaften erhält man eine Rückmeldung, welche es gestattet den Behandlungsprozess optimal zu steuern.

[0025] Zweckmäßiger Weise wird bevorzugt die Konzentration bzw. die Eigenschaft "online" zu gemessen. Dies ist im Hinblick auf ein automatisiertes Verfahren, vorzugsweise mit Automatisierungskomponenten und Sensoren, besonders vorteilhaft, da die Reaktion auf eine sich verändernde Qualitätseigenschaft quasi zeitgleich erfolgt.

[0026] Zweckmäßiger Weise wird zur Regelung die Amplitude der Hochspannungsimpulse bei konstanter Wiederholrate verändert.

[0027] In einer weiteren zweckmäßigen Ausgestaltung wird zur Regelung die Wiederholrate der Hochspannungsimpulse bei konstanter Amplitude verändert.

[0028] Eine weitere Steigerung des Behandlungsergebnisses wird dadurch erreicht, dass das Prozessgut, vorzugsweise zum Bleichen, im plasmabeaufschlagten Bereich mit Sauerstoff angereichert wird.

[0029] Liegt das Prozessgut als Suspension oder Pulpe oder als Faserbrei vor, so ist es besonders vorteilhaft im Hinblick auf das Behandlungsergebnis, dass, vorzugsweise zum Bleichen, eine Hochspannungs-Impulsdauer von weniger als 100 ns verwendet wird. Sind beispielsweise die Elektroden einer Bleichvorrichtung komplett im Inneren der Suspension angeordnet, ist es aufgrund der hohen Leitfähigkeit der Suspension sehr vorteilhaft mit kleinen Hochspannungs-Impulsdauern zu arbeiten. Je höher die Leitfähigkeit, beispielsweise der Suspension, desto mehr können "ohmsche Verluste" bei zu langen Impulsdauern auftreten.

[0030] Weiterhin ist es im Sinne eines optimalen Behandlungsergebnisses zweckmäßig, dass flächig verteiltes Prozessgut, insbesondere beim Sieben, im plasmabeaufschlagten Bereich von einer mit Wasserdampf angereicherten Atmosphäre umgeben wird.

[0031] Vorzugsweise wird für flächig verteiltes Prozessgut, insbesondere Pulpe oder Faserbrei oder sich bildendes oder gebildetes, noch ungespresstes Blatt, insbesondere beim Sieben, eine Hochspannungsimpulsdauer von 100 ns bis 1 μs verwendet.

Wie bereits erwähnt kommt es bei Suspensionen mit hoher Leitfähigkeit zu "ohmschen"-Verlusten; es ist daher von Vorteil Impulse mit einer geringen Impulsdauer und einer hohen Flankensteilheit zu verwenden.

[0032] Vorzugsweise für Suspensionen mit extrem hoher Leitfähigkeit ist es zweckmäßig, dass Hochspannungsimpulse mit einer Dauer von weniger als 3 μs , vorzugsweise von weniger als 1 μs , vorzugsweise von weniger als 500 ns, angewendet werden. Die Verwendung kurzer Impulse hat zum einen den Vorteil, dass der größte Anteil der Impulsenergie nicht als ohmscher Anteil in Wärme umgewandelt wird und zum anderen eine Streamerentladung mit effizienter Radikalenerzeugung ge-

neriert wird.

[0033] Weiterhin ist es besonders vorteilhaft, dass für flächig verteiltes Prozessgut, insbesondere für Pulpe oder Faserbrei oder sich bildendes oder gebildetes, noch ungepresstes Blatt, insbesondere beim Sieben, die Amplitude entsprechend mindestens dem zweifachen Wert, vorzugsweise mindestens dem dreifachen Wert, einer Korona-Einsatzspannung an die Elektroden angelegt wird.

[0034] Zweckmäßig ist außerdem, dass zur Erzeugung des Plasmas bzw. der Korona-Entladung eine Gleichspannungs-Korona-Entladung erzeugt wird und der Gleichspannungs-Korona-Entladung die Hochspannungsimpulse überlagert werden. Die Überlagerung der Hochspannungsimpulse mit einer Gleichspannung hat den besonderen Vorteil, dass die energiereichen Hochspannungsimpulse bereits von einem sehr hohen Energieniveau starten können.

[0035] Bevorzugt ist ferner, dass eine Impulswiederholrate zwischen 10 Hz und 5 kHz, insbesondere aus dem Bereich von 10Hz bis 10kHz, verwendet wird.

[0036] Für die bereits erwähnte Automatisierung des Verfahrens ist es vorteilhaft, dass die Leistungseinkopplung elektrischer Energie in das Plasma vorwiegend über die Regelung von Amplitude, Impulsdauer, und Impulswiederholrate der überlagerten Hochspannungsimpulse gesteuert wird.

[0037] In einer bevorzugten Anwendung des Verfahrens wird ein homogenes, großvolumiges Plasma mit hoher Leistungsdichte erzeugt, ohne dass es zu Plasmaeinschnürungen oder Durchschlägen kommt. Durch die Erzeugung eines "stabilen" Plasmas kann die Erzeugungsrate hoch und konstant gehalten werden, kommt es hingegen zu Plasmaeinschnürungen oder Durchschlägen so sinkt die Erzeugungsrate wieder.

[0038] Zweckmäßig ist es auch, falls eine DC-Spannung von solcher Höhe eingesetzt wird, dass im Plasma in Verbindung mit überlagerten Hochspannungsimpulsen eine stabile DC-Korona-Entladung gebildet wird.

[0039] Dabei ist es besonders vorteilhaft, dass die eingesetzte Gesamtamplitude (DC-Spannung + Impulsamplitude) über der statischen Durchbruchspannung der Elektrodenanordnung liegt.

[0040] Weiterhin entspricht vorzugsweise die eingesetzte Gesamtamplitude dem zwei- bis fünffachen der statischen Durchbruchspannung der Elektrodenanordnung.

[0041] Besonders zweckmäßig ist, falls die Amplitude der Hochspannungsimpulse zwischen 10 % und 1000 % der eingesetzten DC-Spannung beträgt.

[0042] Für eine gleichmäßige Verteilung des Plasmas auf dem Prozessgut ist es zweckmäßig, dass eine Gasströmung senkrecht zu der Elektrodenanordnung erzeugt wird.

[0043] Alternativ ist es möglich, dass eine Gasströmung parallel zu der Elektrodenanordnung erzeugt wird.

[0044] Bevorzugte, jedoch keinesfalls einschränkende Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nunmehr

anhand der Zeichnung näher erläutert. Zur Verdeutlichung ist die Zeichnung nicht maßstäblich ausgeführt, und gewisse Merkmale sind nur schematisiert dargestellt. Einander entsprechende Teile sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen. Im Einzelnen zeigt die

- FIG 1 eine schematische Darstellung einer Papierherstellungsanlage mit einer Siebvorrichtung, einer Pressenvorrichtung und einer Veredelungs- und/oder Trockenanlage,
- FIG 2 eine Bleichvorrichtung,
- FIG 3 eine Darstellung (Schnitt) einer Anordnung zur Erzeugung von Radikalen in Koronaplasmen in Pulpe oder Luft: Parallelplatten- oder Rohranordnung mit Draht, dem eine gepulste Hochspannung überlagert wird,
- FIG 4 eine Prinzipdarstellung von Impulsen zur Erzeugung von Radikalen in Koronaentladungen in Luft oder wässrigen Medien bei Einsatz kurzer (typisch < 1 µs) Hochspannungsimpulse mit hoher Impulswiederholrate,
- FIG 5 bis FIG 10 Elektrodenanordnungen und Elektrodensysteme zur Erzeugung von Koronaentladungen: Platte-Platte-, Platte-Draht-Platte-, koaxiale Draht-Rohr-, SpitzePlatte-, Mehrfachspitzen-Platte-, Gitter-Platte (Rohr)-, Gitter-Gitter-Anordnungen,
- FIG 11 eine hybride Entladung, wobei sich eine Elektrode vollständig oberhalb des Mediums auf dem Sieb befindet, wogegen die zweite Elektrode durch das Sieb selbst gebildet wird,
- FIG 12 eine Platten- oder Gitteranordnung mit gekrümmten Oberflächen zur Anpassung an Gefäßwände bzw. Nutzung derselben als Elektrode, konzentrische Elektroden in Rohrform zur Nutzung der vorhandenen Verrohrung oder Türme für die Pulpe als Reaktorgefäß,
- FIG 13 eine gepulste Entladung im oberflächennahen Gasraum über Stoffauflauf auf dem Sieb mit Vielfachdraht Platte-Anordnung, und
- FIG 14 ein gepulstes Koronaentladungssystem mit koaxialem Draht-Rohr, mit eingeperlten, feinstverteilten Gasblasen, so dass im Entladungsbereich feinste Gasperlen vorhanden sind und eine Streamerbildung vorwiegend in den Gasblasen abläuft.

[0045] FIG 1 zeigt eine schematische Darstellung einer komplexen Papierherstellungsanlage 1, wie sie in heutigen Papierfabriken eingesetzt wird. Deren Konstruktion und die Kombination unterschiedlicher Aggregate werden von der Art der zu erzeugenden Papier-, Karton- und Pappesorten sowie der eingesetzten Rohstoffe bestimmt. Die Papierherstellungsanlage 1 hat eine räumliche Ausdehnung von ungefähr 10 m in der Breite und ungefähr 120 m in der Länge. Pro Minute produziert die Papierherstellungsanlage bis zu 1400 m Papier 27.

Es dauert nur wenige Sekunden vom ersten Auftreffen der Suspension oder der Pulpe 39 auf die Siebvorrichtung 9 bis zum fertigen Papier 27, welches letztendlich in einer Aufrollung 15 aufgerollt wird. Im Verhältnis 1:100 mit Wasser verdünnt, werden die Faserstoffe 30 (siehe FIG 2) zusammen mit Hilfsstoffen auf die Siebvorrichtung 9 mit dem Sieb 10 aufgebracht. Die Fasern lagern sich auf dem Sieb 10 neben- und aufeinander ab. Das Siebwasser 23 kann mittels mehrerer Saugkammerbereiche 24 abfließen oder abgesaugt werden. Auf diese Weise entsteht ein gleichmäßiger Faserverbund, der durch mechanischen Druck in einer Pressenvorrichtung 11 und mit Hilfe von Dampfwärme weiter entwässert wird. Der gesamte Papierherstellungsprozess unterteilt sich dabei im Wesentlichen in die Bereiche Stoffaufbereitung, Papiermaschine, Veredelung und Ausrüstung.

[0046] Altpapier und in der Regel auch Zellstoff erreichen eine Papierfabrik in trockener Form, während Holzstoff normalerweise im gleichen Werk erzeugt und als Faser-/Wasser-Mischung, also einer Suspension aus unverwobenen Faserstoffen, in die Stoffzentrale 3 gepumpt werden. Altpapier und Zellstoff 30 (siehe FIG 2) werden ebenfalls unter Zugabe von Wasser in einem Fasertrug 35 (FIG 2) aufgelöst. Papierfremde Bestandteile werden über verschiedene Sortieraggregate ausgeschleust (hier nicht dargestellt). In der Stoffzentrale 3 erfolgt je nach gewünschter Papiersorte die Mischung der verschiedenen Rohstoffe. Hier werden auch Füll- und Hilfsstoffe zugegeben, die der Verbesserung der Papierqualität und der Erhöhung der Produktivität dienen.

[0047] Der Stoffauflauf 7 der Papierherstellungsanlage 1. verteilt die Faserstoff-Suspension gleichmäßig über die gesamte Siebbreite. Am Ende der Siebvorrichtung 9 enthält die Papierbahn 27 noch immer ca. 80 % Wasser.

[0048] Ein weiterer Entwässerungsprozess erfolgt durch mechanischen Druck in der Pressenvorrichtung 11. Dabei wird die Papierbahn 27 mittels eines saugfähigen endlosen Filztuches zwischen Walzen aus Stahl, Granit oder Hartgummi hindurchgeführt und dadurch entwässert. Das durch den Saugkammerbereich 24 aufgenommene Siebwasser 23 wird zu einem Teil zu einem Sortierer 5 zugeführt und zu einem anderen Teil zu einem Stofffänger 17 zurückgeführt. An die Pressenvorrichtung 11 schließt sich eine Trocknungsanlage 13 an. Das verbleibende Restwasser wird in der Trocknungsanlage 13 verdampft. Slalomartig durchläuft die Papierbahn 27 mehrere dampfbeheizte Trockenzylinder. Am Ende hat das Papier 27 eine Restfeuchte von wenigen Prozent. Der in der Trocknungsanlage 13 entstandene Wasserdampf wird abgesaugt und in eine nicht dargestellte Wärmerückgewinnungsanlage geführt.

[0049] Für eine Behandlung der Fasersuspension 39 als Prozessgut nach dem erfindungsgemäßen Verfahren sind bei einem ersten Ausführungsbeispiel zwischen dem Stoffauflauf 7 und dem Anfangsbereich der Siebvorrichtung 9 eine erste Elektrode 43 unter der Siebvorrichtung 9 und eine zweite Elektrode 44 über der Sieb-

vorrichtung 9 angeordnet. Die Elektroden 43 und 44 sind derart angeordnet, dass die flächig verteilte Faser-Suspension 39 zwischen ihnen verläuft. Damit zur Behandlung der Faser-Suspension 39 ein großflächiges Plasma unter Atmosphärendruck in unmittelbarer Nähe zu der Faser-Suspension 39 erzeugt werden kann, sind die Elektroden 43 und 44 mit einem Hochspannungsimpuls-generator 46 verbunden. Mit Hilfe dieses Hochspannungsimpuls-generators 46 wird zwischen den Elektroden 43 und 44 ein großvolumiges Plasma mit einem großen Querschnitt und mit hoher Leistungsdichte hergestellt. Hierbei ist eine Plasmadichte homogen über den Behandlungsbereich, welcher durch die Elektroden 43 und 44 abgedeckt wird, verteilt. Erfindungsgemäß wird dieses großvolumige Plasma mit hoher Leistungsdichte dadurch erzeugt, dass einer DC-Korona-Entladung intensive, kurz andauernde Hochspannungsimpulse mit einer hohen Impulswiederholrate von 1 kHz überlagert werden. Bei dieser Betriebsweise wird ein äußerst homogenes, großvolumiges Plasma mit einer hohen Leistungsdichte erzeugt, ohne dass es zu den bei DC-Korona-Entladungen bekannten Plasmaeinschnürungen kommt.

[0050] Um die Behandlungswirkung, welche das kalte großflächige Plasma auf die Faser-Suspension ausübt, zu unterstützen, wird gegebenenfalls mittels eines Gasverteilers 81 über eine Gasleitung 80 Sauerstoff mit Argon als Trägergas in den Behandlungsraum zwischen die Elektroden 43 und 44 eingeleitet. Mit Hilfe des Sauerstoff-Argon-Gemisches werden besonders vorteilhaft Hydroxyl-Radikale erzeugt. Hydroxyl-Radikale sind besonders aggressiv und oxidierend, dadurch wird an dem nur wenige Sekunden im Behandlungsbereich zwischen den Elektroden 43 und 44 verweilenden Prozessgut eine bleichende Wirkung erzielt.

[0051] In FIG 1 ist auch noch ein zweites Ausführungsbeispiel der Anwendung des Verfahrens nach der Erfindung dargestellt:

[0052] Analog zu dem zuvor beschriebenen wird mit einem Elektrodensystem 47, 48 in der Pressenvorrichtung 11 ein großflächiges Plasma zur Behandlung der Papierbahn 27 erzeugt, die hier das Prozessgut darstellt. Die erste Elektrode 47 in der Pressenvorrichtung 11 ist als eine halbrunde Gitterelektrode ausgeführt. Durch die halbrunde Ausgestaltung der Elektrode 47 kann sie dem Papierbahnverlauf über einer Transportrolle 12 folgen. Die zweite Elektrode 48 in der Pressenvorrichtung 11 ist als eine Plattenelektrode ausgestaltet und derart angeordnet, dass die Transportrolle 12 zwischen den Elektroden 47 und 48 geführt werden kann. Um auch hier die Radikalbildung im Plasma anzuregen, wird gegebenenfalls auch hier der Plasmabehandlungsbereich über den Gasverteiler 81 mit der Gasleitung 80 mit einem Sauerstoff-Argon-Gemisch angeströmt.

[0053] Der Pressvorgang verdichtet das Papiergefüge, eine Festigkeit erhöht sich und eine Oberflächengüte wird entscheidend beeinflusst. Durch die Behandlung des gepressten Papiers mit kaltem Plasma, insbesonde-

re mit den erzeugten Radikalen, wird die molekulare Struktur der Papieroberfläche weiter verändert. Die Festigkeit des Papiers 27 wird erhöht und eine Bedruckbarkeit verbessert.

[0054] Mit den vorbenannten Elektrodenanordnungen 43 und 44 sowie 47 und 48 ist es nach dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich die Papierbahn 27 zwischen Streamer-Entladungen zu führen. Ein Streamer ist eine spezielle Form einer sich linear fortbewegenden Plasmawolke oder ein in der Entwicklung befindlicher Entladungskanal, der sich aufgrund der angeregten hohen externen Feldstärke ausbildet. Ein Aufbau solcher Streamer findet innerhalb weniger 10 ns statt und geht sehr schnell in einen thermischen Durchschlagskanal über. Vorbenannte Anordnungen der Elektrodenysteme, wobei sich die Papierbahn 27 zwischen den zur Streamer-Entladung benutzten Elektroden befindet, ist besonders vorteilhaft, da das Papier 27 dadurch teilweise als eine dielektrische Barriere fungiert, wodurch sich der Übergang vom Streamerdurchschlag unterdrücken lässt.

[0055] FIG 2 zeigt eine als drittes Anwendungsbeispiel eine Bleichvorrichtung 38. Ein Rohstoff 30, insbesondere Zellstoff, - hier das Prozessgut - wird über ein Transportband 33 in einen Fasertrog 35 befördert. Im Fasertrog 35 wird der Rohstoff 30 mit Wasser versetzt und über eine Rohrleitung 36 in einen Bleichtrog 37 gepumpt. Eine erste Elektrode 43' und eine zweite Elektrode 44' sind jeweils als eine kreisförmige Gitterelektrode ausgeführt. Die erste Elektrode 43' ist im Gasraum der in den Bleichtrog 37 eingefüllten Zellstofffaser-Suspension 39 angeordnet. Die zweite Elektrode 44' ist im Inneren des Bleichtroges 37 angeordnet und wird damit vollständig von der Zellstofffaser-Suspension 39 bedeckt. Zwischen den beiden Elektroden 43' und 44' wird mittels des Hochspannungsimpulsgenerators 46 ein großflächiges kaltes Plasma erzeugt.

[0056] Durch eine direkte Behandlung der Zellstofffaser-Suspension 39 mit dem kalten Plasma werden in der Suspension 39 vorzugsweise die Radikale $\text{OH}^\cdot$, $\text{HOO}^\cdot$, O , O_3 erzeugt. Diese Radikale lösen eine bleichende chemische Reaktion aus. Der Hochspannungsimpulsgenerator 46 wird derart betrieben, dass er Hochspannungsimpulse mit einer Dauer von 1 μs zwischen den Elektroden 43' und 44' erzeugt. Eine für die Erzeugung von Radikalen und Ozon in der Zellstofffaser-Suspension notwendige DC-Spannung liegt bei ca. bei einigen 10 kV bis 100 kV. Die Hochspannungsimpulse werden der DC-Spannung überlagert und bilden so eine Gesamtamplitude von einigen 10 kV bis 500 kV. Durch die Behandlung der Zellstofffaser-Suspension 39 mit einer kalten elektrischen Entladung, also dem Plasma, werden die Radikale in-situ erzeugt. So können große Gesamtmen- gen von Radikalen in die Suspension 39 eingebracht werden. Die Radikale werden zudem feinst verteilt in der Suspension erzeugt, so dass auch der bisher nötige Aufwand zur Mischung von Chemikalien mit der Suspension reduziert werden kann.

[0057] Für eine weitere Steigerung des Bleichprozesses wird in den Bleichtrog 37 über eine Gasleitung 80 ein Sauerstoff-Argon-Gemisch, welches in einem Gasverteiler 81 aufbereitet wurde, eingeleitet.

[0058] FIG 3 zeigt als viertes Anwendungsbeispiel eine Schnittdarstellung eines Bleichgefäßes. In der Mitte des Bleichgefäßes ist eine Hochspannungselektrode 50 angeordnet. Der Außenmantel des Bleichgefäßes ist als eine Gegenelektrode 51 hergerichtet. In dem Bleichgefäß befindet sich eine Zellstofffaser-Suspension 39. Zwischen den Elektroden 50 und 51 ist ein Streamer 53 dargestellt. Radikale werden in Streamern dadurch erzeugt, dass energiereiche Elektronen mit Molekülen zusammenstoßen und diese dadurch dissoziieren oder anregen. Bei der Dissoziation werden unmittelbar Radikale 59 freigesetzt, während bei der Anregung durch einen anschließenden strahlenden Übergang UV-Licht erzeugt wird. Dieses erzeugte UV-Licht reagiert wiederum mit Wassermolekülen und dissoziiert diese.

[0059] In FIG 4 ist der gemäß der Erfindung verwendete Spannungsverlauf der Hochspannungsimpulse dargestellt. Ein erster Impuls 66 und ein zweiter Impuls 67, mit je einer Impulsbreite 62 von weniger als 10 μs weisen einen Abstand von einer Pulswiederholzeit 63 auf. Auf der Abszisse ist die Zeit in ms und auf der Ordinate die Spannung in kV angegeben. Die Einheiten sind willkürlich gewählt. Ein Niveau von ca. 100 kV der DC-Spannung fällt mit der dargestellten Abszisse zusammen. Die dargestellte Impulsspannung ist also der DC-Spannung überlagert. Die Impulse 66 und 67 haben eine stark ansteigende Flanke mit einer Anstiegszeit 64 und einer weniger steil abfallende Flanke. Die Impulswiederholzeit 63 liegt typischer Weise zwischen 10 μs und 100 ms.

[0060] Dabei haben die einzelnen Impulse 66,67 eine solche Gesamtamplitude, dass über die vorgegebene Gleichspannung hinaus eine vorgegebene Energiedichte erreicht wird. Wie erwähnt, ist die Pulsanstiegszeit 64 dabei kurz im Vergleich zur Pulsabfallzeit. Durch eine solche Art der Impulse wird erreicht, dass elektrische Durchschläge, die zu räumlichen und zeitlichen Störungen in der homogenen Plasmadichteverteilung führen würden, vermieden werden.

[0061] FIG 5 bis FIG 10 zeigen weitere Beispiele für Elektrodenysteme zur Erzeugung von Korona-Entladungen in vorzugsweise wässrigen Medien, die bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Einsatz kommen können. In FIG 5 ist eine Platte-Platte-Anordnung von einer ersten Platte 70a als Elektrode und einer zweiten Platte 70b als Elektrode dargestellt. Die erste Platte 70a und die zweite Platte 70b sind parallel zu einander angeordnet. Die erste Platte 70a bildet die Hochspannungselektrode und ist über ein Hochspannungskabel mit dem Hochspannungsimpulsgenerator 46 verbunden. Die zweite Platte 70b bildet die Gegenelektrode und steht als geerdete Elektrode mit dem Hochspannungsimpuls-generator 46 in Verbindung.

[0062] Eine entsprechende Anordnung mit speziell

ebenen Plattenelektroden ist in FIG 6 dargestellt. Es sind wiederum zwei massive Plattenelektroden 70a und 70c im festen Abstand vorhanden, wobei mittig eine Hochspannungselektrode 71 verläuft. Bei dieser Platte-Draht-Platte-Anordnung ist die Hochspannungselektrode 71 als massiver Draht ausgeführt und mit dem Hochspannungsausgang des Hochspannungsimpulsgenerators 46 verbunden. Die geerdeten Platten 70a, 70c stehen ebenfalls mit dem Hochspannungsimpulsgenerator in Verbindung.

[0063] FIG 7 zeigt eine Draht-Rohr-Anordnung als Elektrodensystem. In eine zylinderförmige Elektrode 72 ragt mittig eine Hochspannungselektrode 71 hinein. Wie in FIG 6 ist die Hochspannungselektrode 71 als massiver Draht ausgeführt und mit dem Hochspannungsimpuls-generator 46 verbunden. Die zylinderförmige Elektrode 72, welche vorzugsweise als ein Drahtgeflecht ausgestaltet ist, ist geerdet und steht mit dem Hochspannungsimpuls-generator 46 in Verbindung.

[0064] FIG 8 zeigt eine Spitze-Platte-Anordnung als Elektrodensystem. Drei Spitzen 73 sind über eine Hochspannungsleitung mit dem Hochspannungsimpuls-generator 46 verbunden. Die Spitzen 73 sind rechtwinklig zu einer geerdeten Plattenelektrode 74 angeordnet. Der Abstand der Spitzenelektroden 73 zu der Plattenelektrode 74 ist einstellbar und kann somit für unterschiedliche Prozessbedingungen angepasst werden.

[0065] FIG 9 zeigt eine Elektrodensystemanordnung, welche 3 Platten 70a, 70d und 70e umfasst. Die erste Platte 70a, welche als Hochspannungselektrode mit dem Hochspannungsimpuls-generator 46 verbunden ist, ist mittig zwischen zwei massiven Platten 70d und 70e angeordnet. Die Platten 70a und 70b sind über einen Plattenverbinder 70f verbunden. Da die Platte 70d als geerdete Gegenelektrode mit dem Hochspannungsimpuls-generator 46 in Verbindung steht, hat die Platte 70e über dem Plattenverbinder 70f ebenfalls die Funktion einer geerdeten Gegenelektrode.

[0066] FIG 10 zeigt ein Elektrodensystem als Gitter-Gitter-Anordnung. Analog zur FIG 5 stehen sich hier ein erstes Gitter 75a und ein zweites Gitter 75b parallel gegenüber. Das erste Gitter 75a bildet hierbei die Hochspannungselektrode und ist mit dem Hochspannungsimpuls-generator 46 verbunden. Das zweite Gitter 75b bildet die geerdete Gegenelektrode und steht mit dem Hochspannungsimpuls-generator 46 in Verbindung.

[0067] Eine hybride Entladung, wobei sich eine Elektrode 75a vollständig außerhalb einer zu bleichenden Pulpe 39 befindet und eine zweite Elektrode 76b ganz oder teilweise in der Pulpe 39 eingetaucht ist, wird mit der Anordnung in FIG 11 erzeugt. Die Elektrode 76a ist bei diesem weiteren Anwendungsbeispiel als eine Gitterelektrode ausgeführt und steht mit dem Hochspannungsimpuls-generator 46 in Verbindung. Auch die geerdete Gegenelektrode 76b ist als eine Gitterelektrode ausgeführt.

[0068] In FIG 12 ist als weiteres Anwendungsbeispiel ein Bleichbottich mit einer Gefäßwand 77 in einer Drauf-

sicht dargestellt. Für den Bleichbottich wird eine Platten- oder Gitteranordnung mit gekrümmten Oberflächen zur Anpassung an die Gefäßwände bzw. Nutzung der Gefäßwände als Elektrode verwendet. Eine Vielfachdraht-elektrode 79 ist als eine konzentrische Elektrode, dem Verlauf der Gefäßwand 77 folgend angeordnet und steht mit dem Hochspannungsimpuls-generator 46 in Verbindung. Ihr stehen zwei Gegenelektroden gegenüber: Zum einen die Gefäßwand 77 und zum anderen eine Plattenelektrode 78. Die Hochspannungselektrode 79 ist zwischen der Gefäßwand 77 und der Plattenelektrode 78 berührungsfrei angeordnet. Die Gefäßwand 77 und die Plattenelektrode 78 sind elektrisch leitend miteinander verbunden und bilden somit die geerdeten Gegenelektroden, welche mit dem Hochspannungsimpuls-generator 46 in Verbindung stehen.

[0069] Um gepulste Entladungen im oberflächennahen Gasraum über der Pulpe 39 zu erzeugen ist in FIG 13 als weiteres Anwendungsbeispiel eine spezielle Elektrodenanordnung dargestellt. Eine Hochspannungselektrode 50 umfasst mehrere elektrisch miteinander verbundene Stabelektroden und ist im oberflächennahen Gasraum der Pulpe 39 derart angeordnet, dass ihre Stäbe parallel zur Oberfläche verlaufen. Eine geerdete Gegenelektrode 51 ist als massive Platte ausgeführt und in über die ganze Fläche verteilten äquidistanten Abständen zur Hochspannungselektrode 50 angeordnet.

[0070] FIG 14 zeigt mit einem letzten Ausführungsbeispiel ein gepulstes Corona-Entladungssystem in einer wässrigen Lösung oder Pulpe 39. Das Elektrodensystem ist analog zur FIG 3 als ein Koaxialdraht-Rohrelektrodensystem ausgebildet. Die Hochspannungselektrode 50 ist koaxial zu der Gegenelektrode 51, welche die Gefäßwand bildet, angeordnet. Zur Unterstützung der bleichenden Wirkung werden über eine Gasleitung 80 mittels eines Gasverteilers 81 feinste Gasperlen in den Entladungsbereich eingeleitet. In den Gasblasen 82 und 83 bilden sich vorzugsweise die zu FIG 3 erwähnten Streamer aus. Aufgrund der Streamerentladungen entstehen Oxidanzien 57. Es werden also in der Suspension bestimmte Radikale erzeugt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Behandlung eines Prozessgutes, wobei

- das Prozessgut mit, vorzugsweise nichtthermischem, großflächigem Plasma, vorzugsweise bei mindestens Atmosphärendruck, in Kontakt gebracht,
- das Plasma in unmittelbarer Nähe zu dem Prozessgut erzeugt oder in dem Prozessgut oder in unmittelbarer Umgebung eine Gasentladung, insbesondere eine Koronaentladung, vorzugsweise bei mindestens Atmosphärendruck, erzeugt wird,

- dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erzeugung des Plasmas bzw. der Gasentladung zwischen Elektroden (43, 44) Hochspannungsimpulse (66, 67) mit einer Dauer (62) von weniger als 10 μ s erzeugt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass das Prozessgut einen unverwobenen Faserstoff in einer Suspension, insbesondere Fasern oder Pulpe (39), ein herzustellendes Papier (27), ein herzustellender Karton, eine herzustellende Pappe, deren Ausgangsmaterialien (30) zur Herstellung, und/oder deren Zwischenprodukte während der Herstellung, insbesondere ein feuchtes oder trockenes und/oder ungespresstes Blatt, umfasst.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma in einem Abstand von kleiner als 20 cm, vorzugsweise kleiner als 10 cm, vorzugsweise kleiner als 5 cm, von dem Prozessgut erzeugt wird.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass das Prozessgut beidseitig mit dem Plasma in Kontakt gebracht bzw. mittels der Gasentladung behandelt wird.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma bzw. die Gasentladung zum Bleichen des Prozessgutes, insbesondere in einem Kocher, in einem Bleichbehälter (37) oder in einer Leitung, verwendet wird.
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass das Prozessgut, mit zumindest einer Elektrode (44) zur Erzeugung des Plasmas bzw. der Gasentladung in Kontakt gebracht wird.
 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass der Gehalt an Trägerflüssigkeit, insbesondere Wasser, in dem Prozessgut im Bereich zwischen 40% und 99,9 %, vorzugsweise im Bereich zwischen 80% und 98% und insbesondere im Bereich zwischen 85% und 98%, liegt.
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass im Plasma oder mittels der Gasentladung Radikale (59) erzeugt werden, die auf das Prozessgut einwirken.
 9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass für verschiedene Zustände des Prozessgutes in einem Papier-, Karton- oder Pappe-Herstellungsprozess, insbesondere an unterschiedlichen Prozessstufen, Radikale (59) unterschiedlicher Art. oder Zusammensetzung verwendet werden.
 10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, dass das Prozessgut innerhalb einer Prozessstufe in einem Papier- oder Karton-Herstellungsprozess, Radikale (59) unterschiedlicher Art oder Zusammensetzung ausgesetzt wird, vorzugsweise zeitlich nacheinander folgend.
 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass als Radikale (59) Ozon (O_3), Wasserstoffperoxid (H_2O_2), Hydroxyl (OH), HO_2 und/oder HO_2^- erzeugt werden.
 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass beim Bleichen des Prozessgutes das Plasma oder die Gasentladung derart appliziert wird, dass als Radikale (59) vermehrt Ozon (O_3) und/oder Wasserstoffperoxid (H_2O_2) gebildet wird.
 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass beim Sieben und/oder am flächig verteilten Prozessgut das Plasma oder die Gasentladung derart appliziert wird, dass als Radikale (59) vermehrt Hydroxyl (OH), HO_2 und/oder HO_2^- gebildet wird.
 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass eine Erzeugungsrate der Radikale (59) und/oder die Zusammensetzung der erzeugten Radikale (59) durch Beeinflussung einer Amplitude (U), einer Impulsdauer (62) und/oder einer Impulswiederholrate (63) der Hochspannungsimpulse (66,67) gesteuert wird.
 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass zur Steuerung und Regelung der Erzeugungsrate und/oder der Art der erzeugten Radikale (59) eine Konzentration der erzeugten Radikale (59) gemessen wird.
 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, dass zur Steuerung und Regelung der Erzeugungsrate oder der Zusammensetzung der erzeugten Radikale (59) eine Eigenschaft der Suspension, vorzugsweise eine Qualitätseigenschaft, insbesondere dessen Opazität, Glanz, Weisse, Fluoreszenz oder Farbpunkt, gemessen wird.
 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass die Konzentration bzw. die Eigenschaft "online" gemessen wird.
 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, dass zur Regelung die

Amplitude (U) der Hochspannungsimpulse (66,67) bei konstanter Wiederholrate (63) verändert wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass zur Regelung die Wiederholrate (63) der Hochspannungsimpulse (66,67) bei konstanter Amplitude (U) verändert wird. 5
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19,
dadurch gekennzeichnet, dass das Prozessgut, vorzugsweise zum Bleichen, im plasmabeaufschlagten Bereich mit Sauerstoff angereichert wird. 10
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20,
dadurch gekennzeichnet, dass vorzugsweise zum Bleichen, eine Hochspannungs-Impulsdauer (62) von weniger als 100 ns verwendet wird. 15
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21,
dadurch gekennzeichnet, dass flächig verteiltes Prozessgut, insbesondere beim Sieben, im plasmabeaufschlagten Bereich von einer mit Wasserdampf angereicherten Atmosphäre umgeben wird. 20
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22,
dadurch gekennzeichnet, dass für flächig verteiltes Prozessgut, insbesondere Pulpe (39) oder Faserbrei oder sich bildendes oder gebildetes, noch ungepresstes Blatt, insbesondere beim Sieben, eine Hochspannungs-Impulsdauer (62) von 100ns bis 1µs verwendet wird. 25
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23,
dadurch gekennzeichnet, dass Hochspannungsimpulse (66,67) mit einer Dauer (62) von weniger als 3 µs, vorzugsweise von weniger als 1 µs, vorzugsweise von weniger als 500 ns, angewendet werden. 30
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 24,
dadurch gekennzeichnet, dass für flächig verteiltes Prozessgut, insbesondere Pulpe (39) oder Faserbrei oder sich bildendes oder gebildetes, noch ungepresstes Blatt, insbesondere beim Sieben, die Amplitude (U) entsprechend mindestens dem zweifachen Wert, vorzugsweise mindestens dem dreifachen Wert, einer Korona-Einsatzspannung an die Elektroden angelegt wird. 35
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 25,
dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung des Plasmas bzw. der Korona-Entladung eine Gleichspannungs-Korona-Entladung erzeugt wird und der Gleichspannungs-Korona-Entladung die Hochspannungsimpulse (66,67) überlagert werden. 40
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 26,
dadurch gekennzeichnet, dass eine Impulswiederholrate (63) zwischen 10Hz und 5kHz, insbeson- 45

dere aus dem Bereich von 10Hz bis 10kHz, verwendet wird.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 27,
dadurch gekennzeichnet, dass die Leistungseinkopplung elektrischer Energie in das Plasma vorwiegend über die Regelung von Amplitude (U), Impulsdauer (62), und Impulswiederholrate (63) der überlagerten Hochspannungsimpulse gesteuert wird. 50
29. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 28,
dadurch gekennzeichnet, dass ein homogenes, großvolumiges Plasma mit hoher Leistungsdichte erzeugt wird, ohne dass es zu Plasmaeinschnürungen oder Durchschlägen kommt. 55
30. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 29,
dadurch gekennzeichnet, dass eine DC-Spannung von solcher Höhe eingesetzt wird, dass im Plasma in Verbindung mit überlagerten Hochspannungsimpulsen eine stabile DC-Koronaentladung gebildet wird.
31. Verfahren nach Anspruch 29,
dadurch gekennzeichnet, dass die eingesetzte DC-Spannung unter der für einen stabilen Betrieb ohne Hochspannungs-Impulsüberlagerung liegt.
32. Verfahren nach Anspruch 30 oder 31,
dadurch gekennzeichnet, dass die eingesetzte Gesamtamplitude (DC-Spannung + Impulsamplitude) über der statischen Durchbruchspannung der Elektrodenanordnung liegt.
33. Verfahren nach einem der Ansprüche 30 bis 32,
dadurch gekennzeichnet, dass die eingesetzte Gesamtamplitude dem zwei- bis fünffachen der statischen Durchbruchspannung der Elektrodenanordnung entspricht.
34. Verfahren nach einem der Ansprüche 30 bis 33,
dadurch gekennzeichnet, dass die Amplitude (U) der Hochspannungsimpulse zwischen 10% und 1000% der eingesetzten DC-Spannung beträgt.
35. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 34,
dadurch gekennzeichnet, dass eine Gasströmung senkrecht zu der Elektrodenanordnung (43,44) erzeugt wird.
36. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 35,
dadurch gekennzeichnet, dass eine Gasströmung parallel zu der Elektrodenanordnung (43,44) erzeugt wird.

Claims

1. Method for treating a process material, in which

- the process material is brought into contact with, preferably non-thermal, large-area plasma, preferably at atmospheric pressure at least,
- the plasma is produced in direct proximity to the process material or a gas discharge, in particular a corona discharge, is produced within the process material or in the immediate vicinity thereof, preferably at atmospheric pressure at least,

characterised in that to produce the plasma or gas discharge, high-voltage pulses (66, 67) with a duration (62) of less than 10 μ s are generated between electrodes (43, 44).

2. Method according to claim 1,

characterised in that the process material comprises a nonwoven fibrous material in a suspension, in particular fibres or pulp (39), a paper to be manufactured (27), a cardboard to be manufactured, a paperboard to be manufactured, their raw materials (30) for manufacture and/or their intermediate products during manufacture, in particular a wet or dry and/or unpressed sheet.

3. Method according to claim 1 or 2,

characterised in that the plasma is produced at a distance of less than 20 cm, preferably less than 10 cm, preferably less than 5 cm from the process material.

4. Method according to one of claims 1 to 3,

characterised in that the process material is brought into contact with the plasma or treated by means of the gas discharge on both sides.

5. Method according to one of claims 1 to 4,

characterised in that the plasma or gas discharge is used to bleach the process material, in particular in a digester, in a bleach container (37) or in a feed line.

6. Method according to one of claims 1 to 5,

characterised in that the process material is brought into contact with at least one electrode (44) for producing the plasma or gas discharge.

7. Method according to one of claims 1 to 6,

characterised in that the content of carrier liquid, in particular water, in the process material is in the range between 40% and 99.9%, preferably in the range between 80% and 98% and in particular in the range between 85% and 98%.

8. Method according to one of claims 1 to 7,

characterised in that radicals (59) are produced in the plasma or by means of the gas discharge and these act on the process material.

9. Method according to claim 8,

characterised in that radicals (59) of a different type or composition are used for different states of the process material in a paper, cardboard or paperboard manufacturing process, in particular at different process stages.

10. Method according to claim 8 or 9,

characterised in that the process material is exposed within a process stage in a paper or cardboard manufacturing process to radicals (59) of a different type or composition, preferably in temporal succession.

11. Method according to one of claims 8 to 10,

characterised in that the radicals (59) produced are ozone (O_3), hydrogen peroxide (H_2O_2), hydroxyl (OH), HO_2 and/or HO_2^- .

12. Method according to one of claims 8 to 11,

characterised in that during bleaching of the process material the plasma or gas discharge is applied in such a manner that the radicals (59) predominantly formed are ozone (O_3) and/or hydrogen peroxide (H_2O_2).

13. Method according to one of claims 8 to 12,

characterised in that during sieving and/or in the two-dimensionally distributed process material the plasma or gas discharge is applied in such a manner that the radicals (59) predominantly formed are hydroxyl (OH), HO_2 and/or HO_2^- .

14. Method according to one of claims 8 to 13,

characterised in that the rate of production of the radicals (59) and/or the composition of the radicals (59) produced is/are controlled by influencing an amplitude (U), a pulse duration (62) and/or a pulse repetition rate (63) of the high-voltage pulses (66, 67).

15. Method according to one of claims 8 to 14,

characterised in that a concentration of the radicals (59) produced is measured to control and regulate the production rate and/or type of radicals (59) produced.

16. Method according to one of claims 8 to 15,

characterised in that a property of the suspension, preferably a quality property, in particular its opacity, gloss, whiteness, fluorescence or colour locus, is measured to control and regulate the production rate or composition of the radicals (59) produced.

17. Method according to one of claims 15 to 16,
characterised in that the concentration or property is measured online.
18. Method according to one of claims 14 to 17,
characterised in that the amplitude (U) of the high-voltage pulses (66, 67) is changed at a constant repetition rate (63) for regulation purposes.
19. Method according to one of claims 14 to 18,
characterised in that the repetition rate (63) of the high-voltage pulses (66, 67) is changed at a constant amplitude (U) for regulation purposes.
20. Method according to one of claims 1 to 19,
characterised in that the process material is enriched with oxygen in the region to which plasma is applied, preferably for bleaching purposes.
21. Method according to one of claims 1 to 20,
characterised in that a high-voltage pulse duration (62) of less than 100 ns is used, preferably for bleaching purposes.
22. Method according to one of claims 1 to 21,
characterised in that two-dimensionally distributed process material, in particular during sieving, is surrounded by an atmosphere enriched with water vapour in the region to which plasma is applied.
23. Method according to one of claims 1 to 22,
characterised in that a high-voltage pulse duration (62) of 100 ns to 1 μ s is used for two-dimensionally distributed process material, in particular pulp (39) or fibrous stock or forming or formed, as yet unpressed sheet, in particular during sieving.
24. Method according to one of claims 1 to 23,
characterised in that high-voltage pulses (66, 67) with a duration (62) of less than 3 μ s, preferably of less than 1 μ s, preferably of less than 500 ns, are applied.
25. Method according to one of claims 14 to 24,
characterised in that the amplitude (U) corresponding to at least twice the value, preferably at least three times the value, of a corona threshold voltage is applied to the electrodes for two-dimensionally distributed process material, in particular pulp (39) or fibrous stock or forming or formed, as yet unpressed sheet, in particular during sieving.
26. Method according to one of claims 1 to 25,
characterised in that to produce the plasma or the corona discharge a DC voltage corona discharge is produced and the high-voltage pulses (66, 67) are superimposed on the DC voltage corona discharge.
27. Method according to one of claims 14 to 26,
characterised in that a pulse repetition rate (63) between 10 Hz and 5 kHz, in particular from the range from 10 Hz to 10 kHz, is used.
28. Method according to one of claims 14 to 27,
characterised in that the power injection of electrical energy into the plasma is predominantly controlled by way of the regulation of amplitude (U), pulse duration (62) and pulse repetition rate (63) of the superimposed high-voltage pulses.
29. Method according to one of claims 1 to 28,
characterised in that a homogeneous, large-volume plasma with a high power density is produced without plasma constrictions or breakdowns occurring.
30. Method according to one of claims 1 to 29,
characterised in that use is made of a DC voltage of such a height that in the plasma a stable DC corona discharge is formed in conjunction with superimposed high-voltage pulses.
31. Method according to claim 29,
characterised in that the DC voltage used lies below that for stable operation without high-voltage pulse superimposition.
32. Method according to claim 30 or 31,
characterised in that the total amplitude (DC voltage + pulse amplitude) used lies above the static breakdown voltage of the electrode arrangement.
33. Method according to one of claims 30 to 32,
characterised in that the total amplitude used corresponds to two to five times the static breakdown voltage of the electrode arrangement.
34. Method according to one of claims 30 to 33,
characterised in that the amplitude (U) of the high-voltage pulses is between 10% and 1000% of the DC voltage used.
35. Method according to one of claims 1 to 34,
characterised in that a gas flow is produced perpendicular to the electrode arrangement (43, 44).
36. Method according to one of claims 1 to 35,
characterised in that a gas flow is produced parallel to the electrode arrangement (43, 44).

Revendications

1. Procédé de traitement d'un produit du processus industriel, dans lequel

- on met le produit du processus industriel en contact avec un plasma de grande surface, de préférence non thermique, de préférence sous au moins la pression atmosphérique,
- on produit le plasma à proximité immédiate du produit du processus industriel ou on produit dans le produit du processus industriel, ou dans l'environnement immédiat, une décharge dans un gaz, notamment une décharge par effet couronne, de préférence sous au moins la pression atmosphérique,
- caractérisé en ce que**, pour la production du plasma ou de la décharge dans un gaz, on produit, entre les électrodes (43, 44), des impulsions (66, 67) de haute tension ayant une durée (62) de moins de 10 μ S.
2. Procédé suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** le produit du processus industriel comprend une matière fibreuse non-tissée en suspension, notamment des fibres ou de la pâte à papier (39), un papier (27) à fabriquer, un carton à fabriquer, un carton épais à fabriquer, leurs matières (30) de départ pour la fabrication et/ou leurs produits intermédiaires pendant la fabrication, notamment une feuille humide ou sèche et/ou non pressée.
 3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'on produit le plasma à une distance du produit du processus industriel plus petite que 20 cm, de préférence plus petite que 10 cm, de préférence plus petite que 5 cm.
 4. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'on met le produit du processus industriel en contact des deux côtés avec le plasma ou on le traite au moyen de la décharge dans un gaz.
 5. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'on utilise le plasma ou la décharge dans un gaz pour blanchir le produit du processus industriel, notamment dans un lessiveur, dans une cuve (37) de blanchiment ou dans un conduit.
 6. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'on met le produit du processus industriel en contact avec au moins une électrode (44) pour la production du plasma ou de la décharge dans un gaz.
 7. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la teneur en liquide porteur, notamment en eau, du produit du processus industriel est comprise entre 40 % et 99,9 %, de préférence entre 80 % et 98 % et notamment entre 85 % et 98 %.
 8. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** l'on produit, dans le plasma ou au moyen de la décharge dans un gaz, des radicaux (59) qui agissent sur le produit du processus industriel.
 9. Procédé suivant la revendication 8, **caractérisé en ce que** l'on utilise, pour divers états du produit du processus industriel dans un processus de fabrication de papier, de carton ou de carton épais, notamment à des stades différents du processus, des radicaux (55) de types différents ou de compositions différentes.
 10. Procédé suivant la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** l'on soumet, de préférence successivement dans le temps, le produit du processus industriel au sein d'un stade de processus dans un procédé de fabrication de papier ou de carton, à des radicaux (59) de types différents ou de compositions différentes.
 11. Procédé suivant l'une des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que** l'on produit comme radicaux (59) de l'ozone (O_3), du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), de l'hydroxyle (OH), HO_2 et/ou HO_2^- .
 12. Procédé suivant l'une des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce que** l'on applique, lors du blanchiment du produit du processus industriel, le plasma ou la décharge dans un gaz, de manière à former de manière augmentée comme radicaux (59), de l'ozone (O_3) et/ou du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2).
 13. Procédé suivant l'une des revendications 8 à 12, **caractérisé en ce que**, lors du tamisage et/ou alors que le produit du processus industriel est réparti à plat, on applique le plasma ou la décharge dans un gaz, de manière à former de manière augmentée, comme radicaux (59), de l'hydroxyle (OH), HO_2 et/ou HO_2^- .
 14. Procédé suivant l'une des revendications 8 à 13, **caractérisé en ce que** l'on règle un taux de production des radicaux (59) et/ou la composition des radicaux (59) produits en influant sur une amplitude (U), une durée (32) et/ou un taux (63) de répétition des impulsions (66, 67) de haute tension.
 15. Procédé suivant l'une des revendications 8 à 14, **caractérisé en ce que**, pour régler et réguler le taux de production et/ou le type des radicaux (59) produits, on mesure une concentration des radicaux (59) produits.
 16. Procédé suivant l'une des revendications 8 à 15, **caractérisé en ce que**, pour régler et réguler le taux de production et la composition des radicaux (59)

produits, on mesure une propriété de la suspension, de préférence une propriété de qualité, notamment son opacité, sa brillance, sa blancheur, sa fluorescence ou son point de couleur.

17. Procédé suivant l'une des revendications 15 à 16, **caractérisé en ce que** l'on mesure la concentration ou la propriété "online".
18. Procédé suivant l'une des revendications 14 à 17, **caractérisé en ce que**, pour la régulation, on modifie l'amplitude (U) des impulsions (66, 67) de haute tension, à taux (63) de répétition constant.
19. Procédé suivant l'une des revendications 14 à 18, **caractérisé en ce que**, pour la régulation, on modifie le taux (63) de répétition des impulsions (66, 67) de haute tension, à amplitude U constante.
20. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 19, **caractérisé en ce que** l'on enrichit en oxygène le produit du processus industriel, de préférence pour le blanchiment, dans la partie soumise au plasma.
21. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 20, **caractérisé en ce que** l'on utilise, de préférence pour le blanchiment, une durée (62) des impulsions de haute tension de moins de 100 ns.
22. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 21, **caractérisé en ce que** l'on entoure le produit du processus industriel réparti à plat, notamment lors du tamisage, dans la partie soumise au plasma, d'une atmosphère enrichie en vapeur d'eau.
23. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 22, **caractérisé en ce que** l'on utilise, pour du produit du processus industriel réparti à plat, notamment de la pâte à papier (39) ou de la bouillie de fibres, ou une feuille en formation ou formel, mais pas encore pressée, notamment lors du tamisage, une durée (62) des impulsions de haute tension de 100 ns à 1 μ S.
24. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 23, **caractérisé en ce que** l'on applique des impulsions (66, 67) de haute tension, ayant une durée (62) de moins de 3 μ s, de préférence de moins de 1 μ s, de préférence de moins de 500 ns.
25. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 24, **caractérisé en ce que** pour du produit du processus industriel réparti à plat, notamment de la pâte à papier (39) ou de la bouillie de fibres, ou une feuille en formation ou formée, mais pas encore pressée, notamment lors du tamisage, on applique aux électrodes, l'amplitude (U) correspondant au moins à deux fois, de préférence au moins à trois fois, une tension

de coupure d'effet couronne.

26. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 25, **caractérisé en ce que**, pour la production du plasma ou de la décharge par effet couronne, on produit une décharge à effet couronne en tension continue et on superpose les impulsions (66, 67) de haute tension à la décharge à effet couronne en tension continue.
27. Procédé suivant l'une des revendications 14 à 26, **caractérisé en ce que** l'on utilise un taux (63) de répétition des impulsions compris entre 10 Hz et 5 kHz, notamment dans la plage allant de 10 Hz à 10 kHz.
28. Procédé suivant l'une des revendications 14 à 27, **caractérisé en ce que** l'on règle l'injection de puissance d'énergie électrique dans le plasma, principalement par la régulation de l'amplitude (U), de la durée (62) et du taux (63) de répétition des impulsions de haute tension superposées.
29. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 28, **caractérisé en ce que** l'on produit un plasma homogène de grand volume et de grande densité de puissance, sans aller jusqu'à des pincements du plasma ou à des claquages.
30. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 29, **caractérisé en ce que** l'on utilise une tension en courant continu d'un niveau tel qu'il se forme, dans le plasma en liaison avec des impulsions de haute tension superposées, une décharge à effet couronne en courant continu, qui est stable.
31. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 29, **caractérisé en ce que** la tension en courant continu utilisée est plus basse que celle pour un fonctionnement stable sans superposition d'impulsions de haute tension.
32. Procédé suivant la revendication 30 ou 31, **caractérisé en ce que** l'amplitude globale utilisée (tension en courant continu + amplitude des impulsions) est supérieure à la tension statique de claquage de l'agencement d'électrodes.
33. Procédé suivant l'une des revendications 30 à 32, **caractérisé en ce que** l'amplitude globale utilisée correspond à deux à cinq fois la tension statique de claquage de l'agencement des électrodes.
34. Procédé suivant l'une des revendications 30 à 33, **caractérisé en ce que** l'amplitude (U) des impulsions de haute tension représente entre 10 % et 1 000 % de la tension en courant continu utilisée.

35. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 34,
caractérisé en ce que l'on produit un courant gazeux perpendiculairement à l'agencement (43, 44) des électrodes.

5

36. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 35,
caractérisé en ce que l'on produit un courant gazeux parallèlement à l'agencement (43, 44) des électrodes.

10

15

20

25

30

35

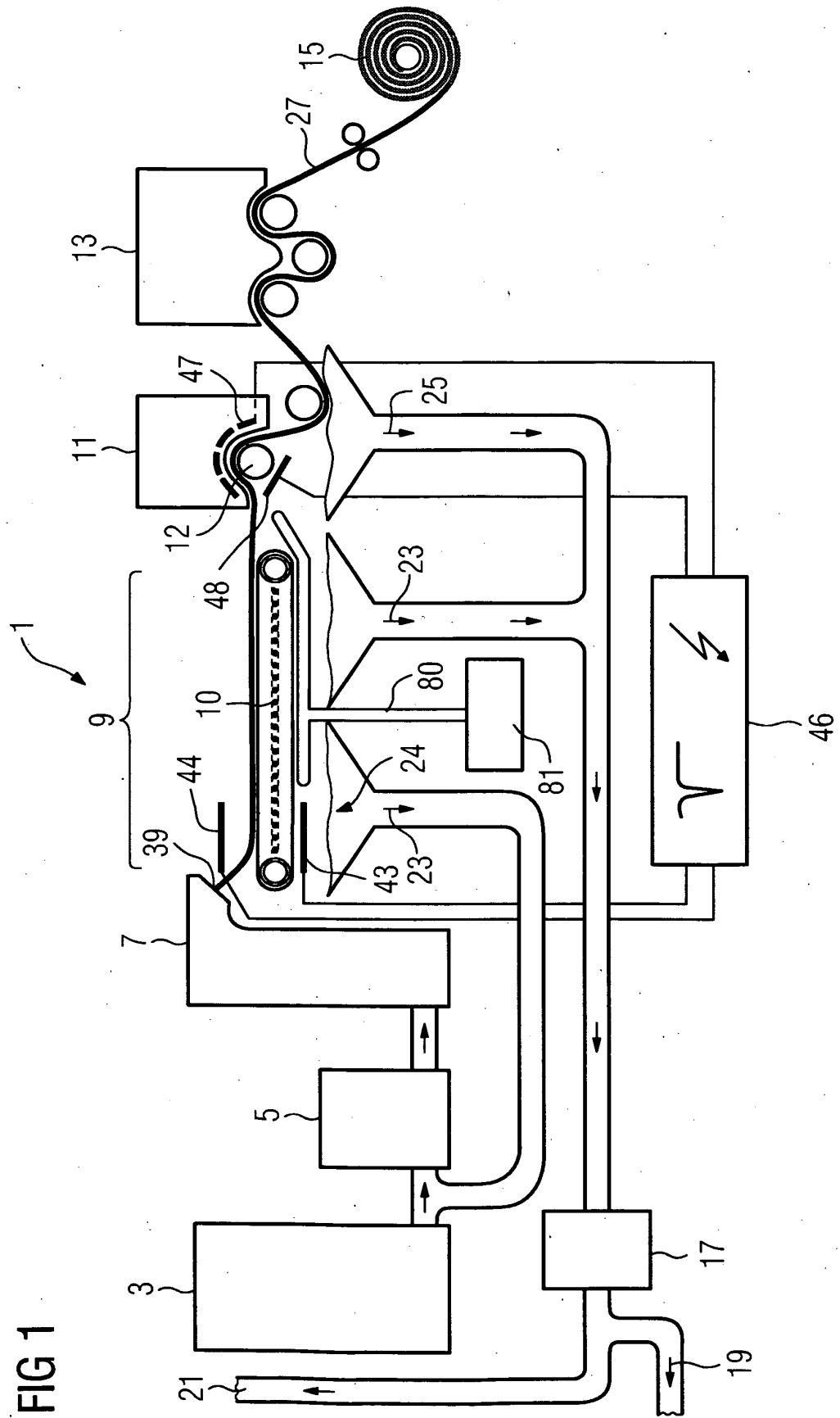
40

45

50

55

FIG 1



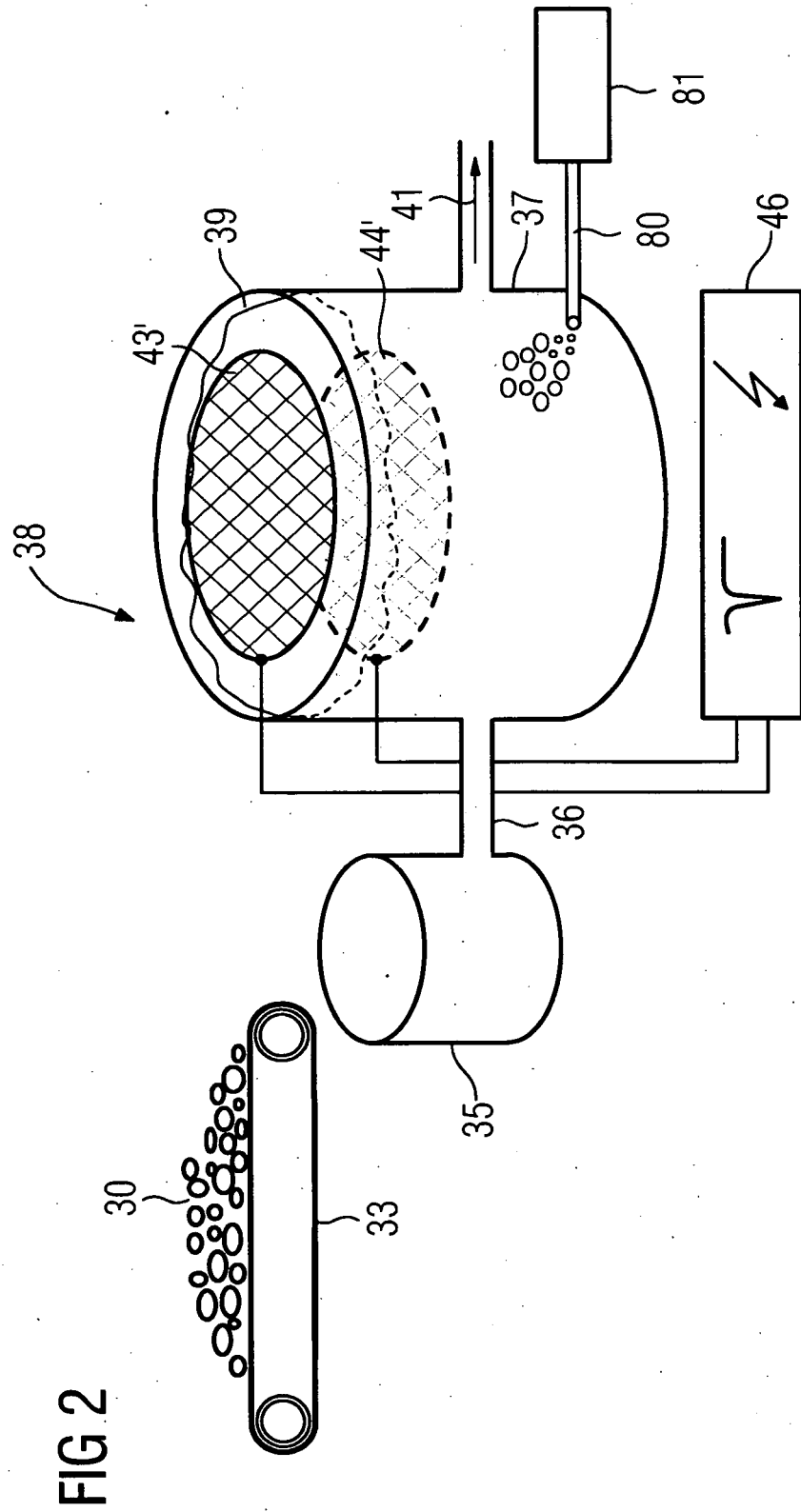


FIG 3

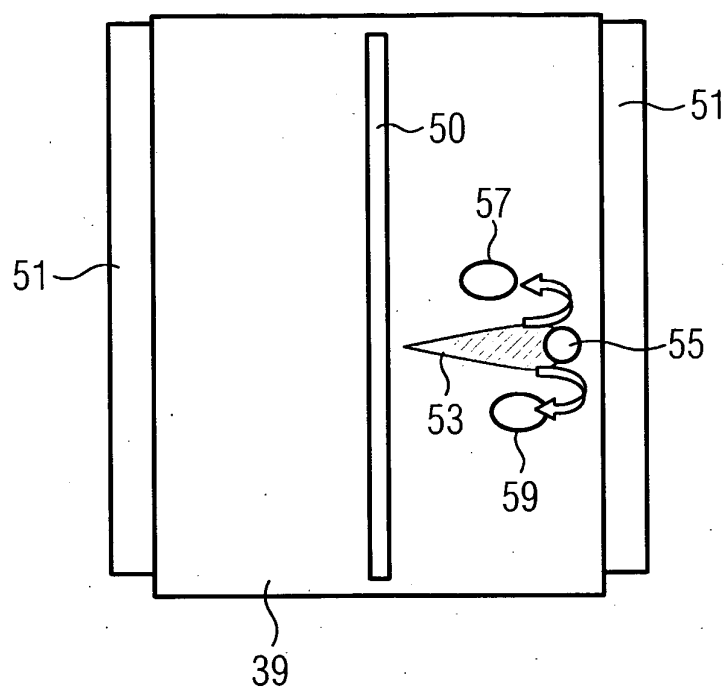


FIG 4

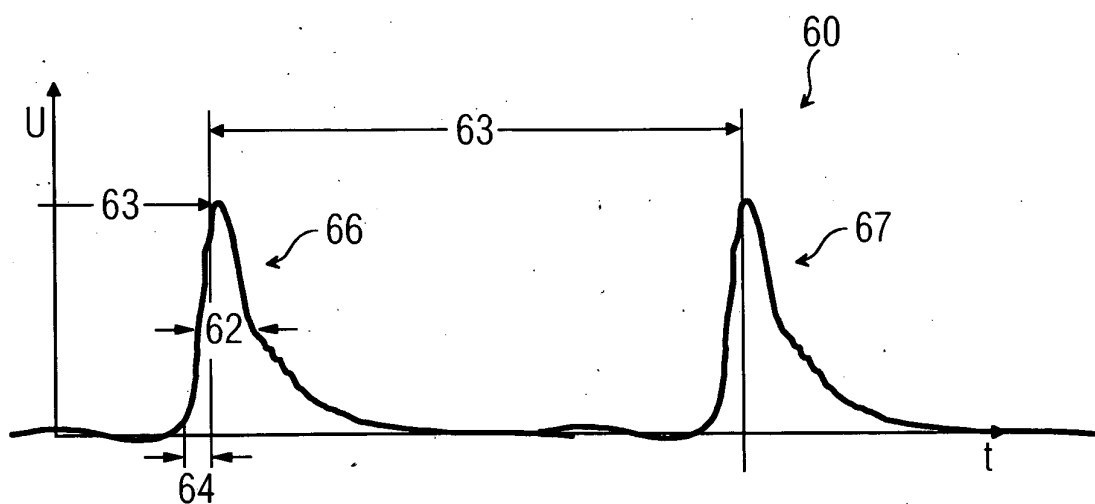


FIG 5

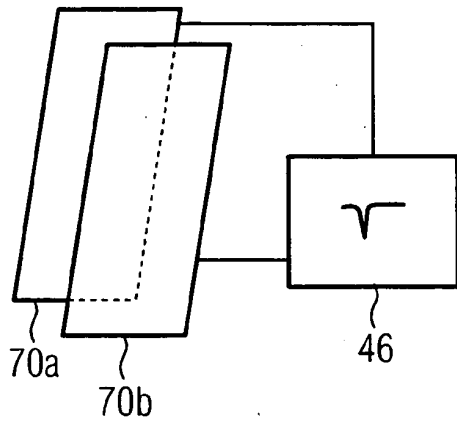


FIG 6

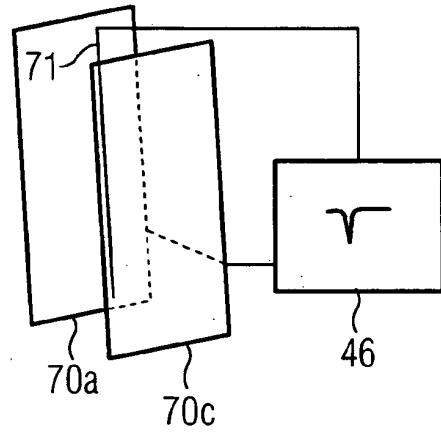


FIG 7

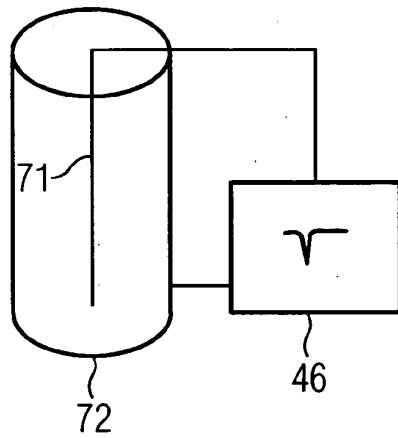


FIG 8

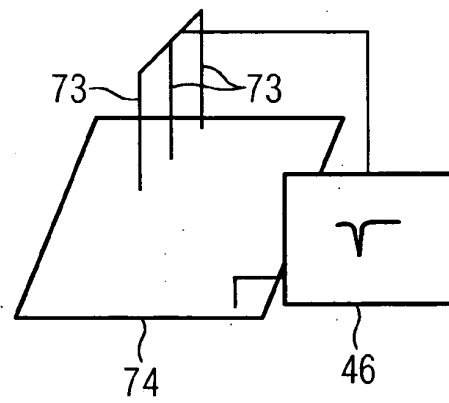


FIG 9

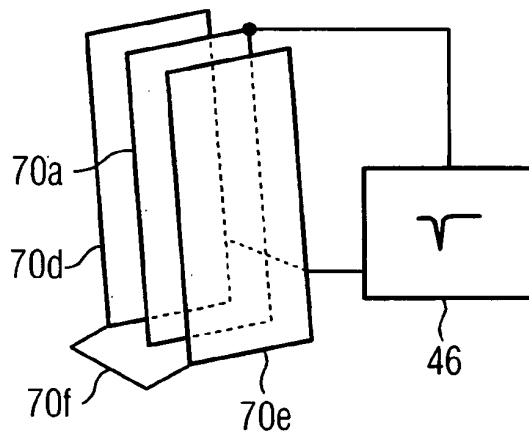


FIG 10

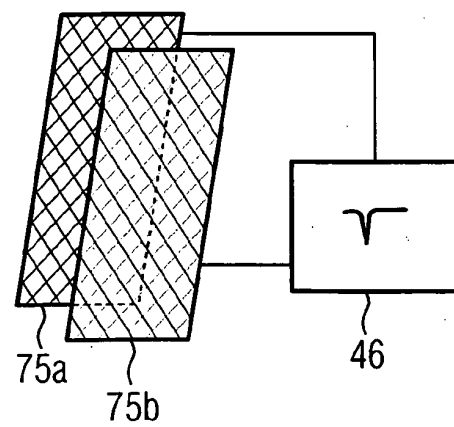


FIG 11

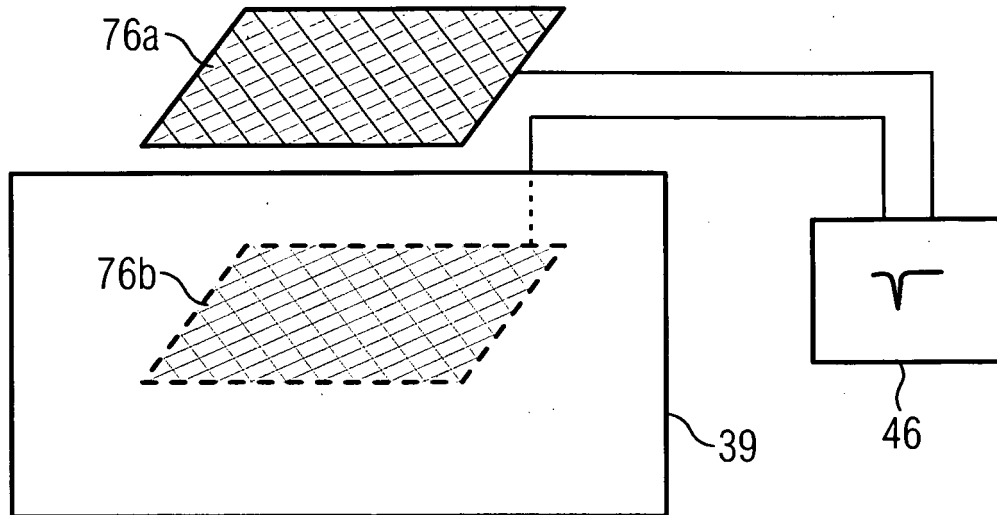


FIG 12

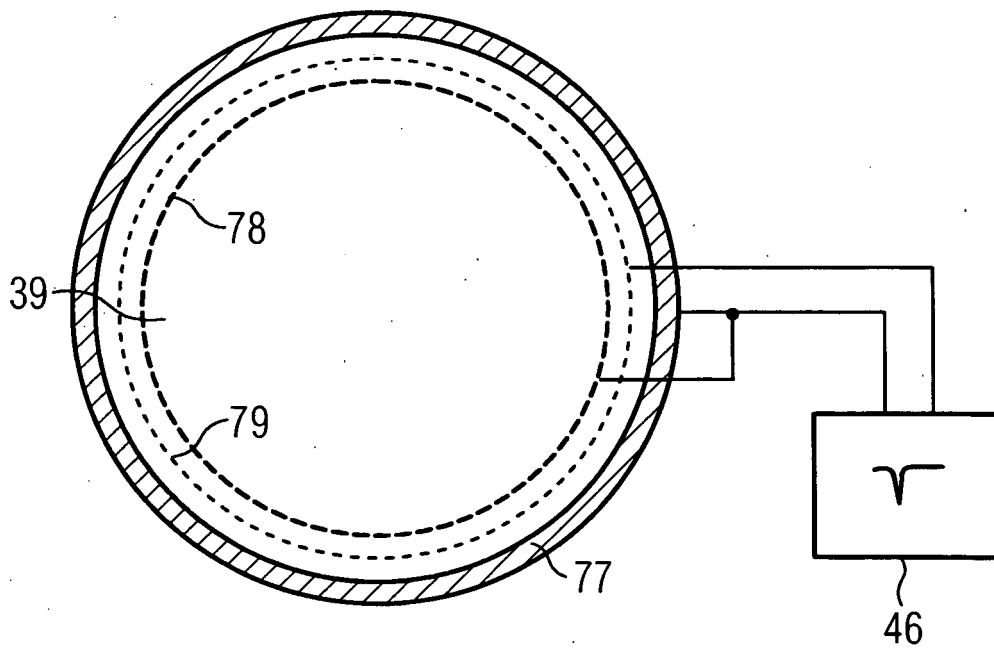


FIG 13

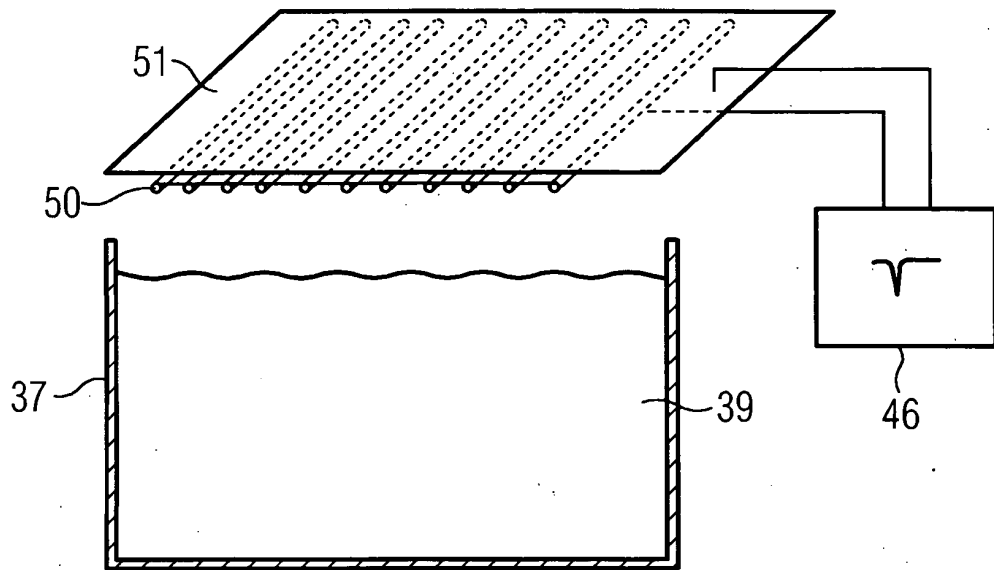
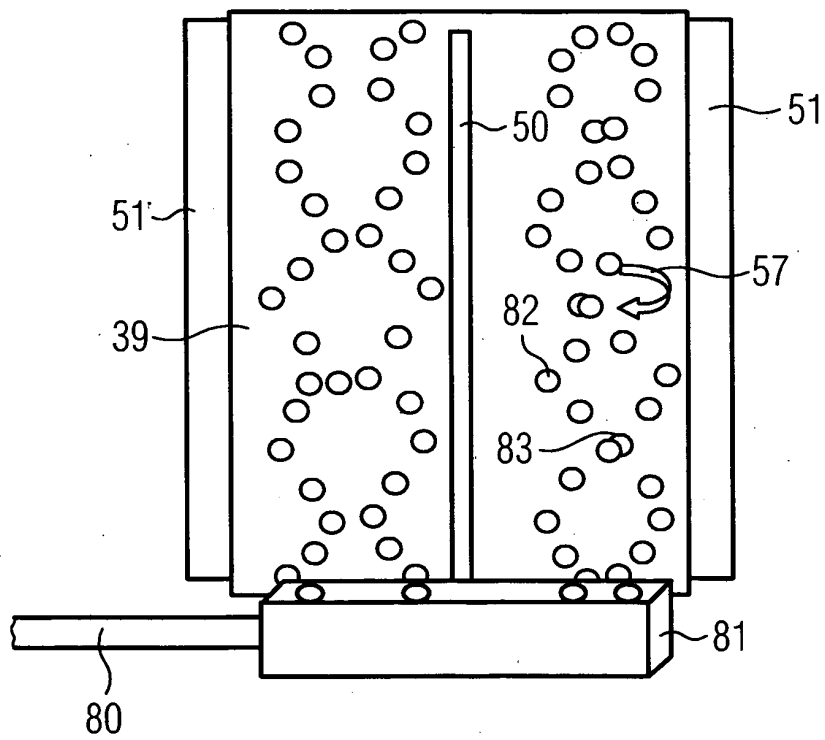


FIG 14



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

- DE 19836669 A1 [0004]
- WO 2004101891 A1 [0005]
- FR 2711680 A [0005]