



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 049 287 A1** 2006.12.28

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 049 287.8**

(22) Anmeldetag: **14.10.2005**

(43) Offenlegungstag: **28.12.2006**

(51) Int Cl.⁸: **D21F 1/00** (2006.01)

H05H 1/46 (2006.01)

D21C 9/10 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2005 028 023.4 16.06.2005

(71) Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

**Figalist, Helmut, Dr., 91080 Spardorf, DE;
Hartmann, Werner, Dr., 91085 Weisendorf, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 198 36 669 A1

DE 699 18 708 T2

DE 698 27 523 T2

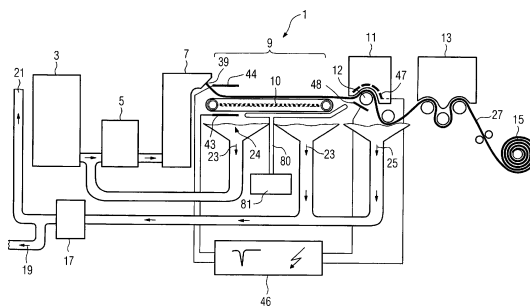
WO 2004/1 01 891 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Siebvorrichtung für die Herstellung von Papier und Verfahren zur Behandlung unverwobener Faserstoffe**

(57) Zusammenfassung: Es ist eine Siebvorrichtung (9) beschrieben zum Entziehen von Trägerflüssigkeit aus einer Faser-Suspension (39) bei der Herstellung von Papier (27), Pappe oder Karton. Um die Verarbeitungsgeschwindigkeit bei der Papierherstellung zu steigern, weist die Siebvorrichtung (9) eine über, in oder unter einem Siebbereich angeordnete erste Elektrode (43) auf, welche mit einem Hochspannungsimpulsgenerator (46) verbunden ist, wobei in der Faser-Suspension (39) oder in ihrer unmittelbaren Umgebung ein Plasma erzeugbar ist. Dadurch wird auch die Reißfestigkeit des Papiers (27) erhöht.



Beschreibung

[0001] Siebvorrichtung für die Herstellung von Papier und Verfahren zur Behandlung unverwobener Faserstoffe

[0002] Die Erfindung betrifft eine Siebvorrichtung zum Entziehen von Trägerflüssigkeit aus einer Faser-Suspension bei der Herstellung von Papier, Pappe oder Karton.

[0003] Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Behandlung unverwobener Faserstoffe in einer Suspension, insbesondere als Pulpe oder Faserbrei, während die Suspension gesiebt oder ihr Trägerflüssigkeit entzogen wird, vorzugsweise zum Betrieb der Siebvorrichtung nach der Erfindung.

[0004] In einer Papierherstellungsanlage oder in Teilen einer Papierherstellungsanlage verlässt die Faser-Suspension einen Stoffauflauf und gelangt von dort auf ein, vorzugsweise umlaufendes, Sieb (Langsieb oder Siebzylinder). Auf dem Sieb wird das Blatt bis zu einem Trockengehalt von vorzugsweise 16 bis 25 % entwässert. Während der Entwässerung treten zwei verschiedene Arten einer Blattbildung auf: Filtration und Eindickung. Die Filtration ist ein scharfer Übergang zwischen einer schon gebildeten Fasermatte und der darüber liegenden Faser-Suspension. Bei der Eindickung nimmt die Konzentration von Faserstoffen von oben nach unten hin stetig zu. Eine Festigkeit des Blattes nimmt mit zunehmender Entwässerung zu. Papierfasern bestehen vorzugsweise aus zahlreichen Zelluloseketten mit vielen OH-Gruppen. Die Festigkeit des Papiers entsteht über dazwischen liegende Wassermoleküle, die die Fasern über Wasserstoffbrücken miteinander verbinden. Die Anzahl der Wasserstoffbrücken kann durch Pressung oder leichte Streckung gesteigert werden, z.B. in einer Pressenpartie.

Stand der Technik

[0005] Aus WO 2004/101891 A1 ist ein Verfahren zur Behandlung von Papier nach abgeschlossener Blattbildung mit Plasma bekannt.

[0006] Aus DE 198 36 669 A1 ist ein Verfahren zur Oberflächen-Vorbehandlung am festen Papier nach abgeschlossener Blattbildung bekannt.

Aufgabenstellung

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, um die Verarbeitungsgeschwindigkeit bei der Papierherstellung zu steigern.

[0008] Die vorrichtungsbezogene Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, dass über, in oder

unter einem Siebbereich der Siebvorrichtung mindestens eine erste Elektrode angeordnet ist, welche mit einem Hochspannungs-Impulsgenerator verbunden ist, wobei in der Faser-Suspension oder in ihrer unmittelbaren Umgebung ein Plasma erzeugbar ist.

[0009] Durch die Behandlung der Fasern auf dem Sieb, vorzugsweise vor der eigentlichen Blattbildung, mit einem, vorzugsweise kalten Koronaplasma, wird die molekulare Struktur der Faseroberflächen verändert. Dadurch werden folgende positive Effekte erzielt:

- Erhöhung der Festigkeit des Blattes noch vor einer Pressenpartie,
- Beseitigung von, farbigen "Molekülgruppen" (insbesondere Lignin und restlichen Farbstoffmolekülen aus dem Kreislaufwasser) an der Oberfläche und eine zeitgleiche Aufhellung des Papiers.

[0010] Insbesondere durch die Erhöhung der Festigkeit des Blattes können bei der Papierherstellung höhere Verarbeitungsgeschwindigkeiten erzielt werden. Ebenso wird die Wahrscheinlichkeit von Papierrissen reduziert. Im Bereich der Siebvorrichtung wird die Faser-Suspension noch vor abgeschlossener Blattbildung mit Vorteil im Hinblick auf die späteren Materialeigenschaften mit Plasma behandelt.

[0011] Zweckmäßig ist, dass das Plasma in einem Abstand von kleiner als 20 cm, vorzugsweise kleiner als 10 cm, vorzugsweise kleiner als 5 cm, von der Faser-Suspension erzeugt wird. Durch die direkte Behandlung der Faser-Suspension, vorzugsweise Zellstofffasern, mit kaltem Plasma werden vorzugsweise im Gasraum der Faser-Suspension bestimmte Radikale erzeugt. Diese Radikale begünstigen eine Festigkeitssteigerung des Papiers.

[0012] Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist, dass ein Sieb als eine Elektrode hergerichtet ist. Durch die Behandlung mit vorzugsweise kaltem Plasma auf dem Sieb entstehen zu einem frühen Zeitpunkt im Blatt mehr Wasserstoffbrückenbindungen als ohne die Plasmabehandlung. Die Festigkeit des Blattes auf dem Sieb nimmt daher weiter zu. Die früher erreichte Festigkeit des Blattes reduziert die Gefahr von Papierrissen weiter.

[0013] Zweckmäßig ist, dass mindestens eine zweite Elektrode zur Plasmaerzeugung vorhanden ist. Eine Anordnung von mindestens zwei Elektroden ermöglicht eine beidseitige Behandlung der Faser-Suspension bzw. des ungepressten Blattes.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Elektroden in unmittelbarer Nähe von einem Saugkammerbereich, insbesondere einem Nasssaugbereich oder einem Flachsaugbereich, angeordnet. Vorteilhafterweise erfolgt die Plasmabehandlung des noch ungepressten Faserbreis

auf dem Sieb in den Saugkammerbereichen (Flachsauger, Nasssauger). Dadurch wird eine radikalenhaltige Luft aus einem Plasmareaktorbereich oberhalb des Siebes durch den Faserbrei bzw. die Faser-Suspension hindurchgesaugt und es entsteht eine besonders innige Verbindung zwischen radikalenhaltiger Luft und der Faseroberfläche.

[0015] Zweckmäßig ist dabei, falls die erste Elektrode und die zweite Elektrode derart in unmittelbarer Nähe von dem Saugkammerbereich angeordnet sind, dass die Faser-Suspension zwischen den Elektroden geführt ist. Eine beidseitige Behandlung der Faser-Suspension verbessert das Behandlungsergebnis, welches mittels der erfindungsgemäßen Siebvorrichtung erreicht wird.

[0016] Vorzugsweise sind die Elektroden derart hergerichtet, dass eine Gasentladung durch die Elektroden oder an den Elektroden vorbei, insbesondere durch die Faser-Suspension hindurch, saugbar ist.

[0017] Weiterhin kann die Vorrichtung mit einem Mittel zum Einleiten von Gas, insbesondere Luft oder Sauerstoff, vorzugsweise reinem Sauerstoff oder Sauerstoff mit beispielsweise Edelgas als Trägergas, zwischen oder in die unmittelbare Nähe der Elektroden ausgestaltet sein. Durch diese vorteilhafte Anordnung werden, vorzugsweise fein verteilte Luftblasen oder Sauerstoff oder Sauerstoff mit einem Trägergas wie z.B. Argon, in die Faser-Suspension eingeströmt. Mit Hilfe dieses eingeströmten Gases und der gleichzeitigen Behandlung mit Plasma wird die spätere Reißfestigkeit des Papiers weiter erhöht.

[0018] Zweckmäßig ist ferner, dass mindestens eine Elektrode als Platte ausgestaltet ist. Bei einer vorzugsweise fließenden Suspension, insbesondere ein herabfallender Vorhang aus Suspension, kann eine Elektrodenanordnung mit zwei Platten mit Vorteil für ein beidseitiges Applizieren von Plasma auf den Suspensions-Vorhang genutzt werden.

[0019] Weitere Ausgestaltungsmerkmale der Siebvorrichtung, insbesondere der Elektrodenanordnungen der Siebvorrichtung, sind durch die Patentansprüche 10 bis 16 wiedergegeben.

[0020] Nach der verfahrensseitigen Maßgabe der Erfindung ist vorgesehen, dass die Suspension mit vorzugsweise nichtthermischen, großflächigem Plasma unter mindestens Atmosphärendruck in Kontakt gebracht, dass Plasma in unmittelbarer Nähe zur Suspension erzeugt oder in der Suspension oder in unmittelbarer Umgebung der Suspension eine Gasentladung, insbesondere eine Koronaentladung, unter mindestens Atmosphärendruck erzeugt wird.

[0021] Bei der Behandlung der rohen noch weitgehend ungebundenen Papieroberfläche mit kaltem

Plasma kurz vor dem Sieb, auf dem Sieb oder unmittelbar danach, beispielsweise im ersten Teil der Pressenpartie, werden bestimmte Radikale erzeugt (z.B. $\text{OH}^\cdot$, $\text{HOO}^\cdot$, O , O_3), welche mit der Papieroberfläche und insbesondere der Faser-Suspension chemisch reagieren.

[0022] Weitere bevorzugte Verfahrensmerkmale sind durch die Patentansprüche 18 bis 54 beschrieben. Diesen liegen u.a. folgende Überlegungen zu Grunde:

[0023] Radikale können unter anderem auch bleichende chemische Reaktionen auslösen, insbesondere freier Sauerstoff O , insbesondere auch ein Hydroxyl-Radikal $\text{OH}^\cdot$, insbesondere Ozon O_3 , als auch freie funktionelle Gruppen wie z.B. OH -Gruppen, CO-OH -Gruppen. Diese funktionalen Gruppen wiederum sind maßgeblich daran beteiligt, insbesondere die Bindungsfestigkeit der Fasern untereinander zu erhöhen, wodurch sich eine Reißfestigkeit des Papiers und damit die mögliche Verarbeitungsgeschwindigkeit weiter verbessert.

[0024] Vorzugsweise wird bei einer simultanen Erzeugung von Radikalen eine Reihe von unterschiedlich oxidierenden und funktionalisierenden Radikalen in einer Gasphase erzeugt und dazu verwendet, im ungesprenten Blatt, noch auf dem Sieb oder unmittelbar danach im ersten Teil einer Pressenpartie diese Fasern mit Radikalen zu behandeln.

[0025] Insbesondere soll diese Behandlung bei einem Gehalt an Trägerflüssigkeit von 75 % bis zu über 98 % eingesetzt werden. Die Festigkeit des Papiers und damit die maximale mögliche Arbeitsgeschwindigkeit wird dadurch schon frühzeitig erhöht. Des Weiteren lassen sich durch diese Art der Behandlung auch die an der Oberfläche liegenden farbigen Stoffe bleichen, beispielsweise werden das anhaftende Lignin oder Farbstoffreste oxidativ entfärbt.

[0026] Radikale werden in Gasentladungen dadurch erzeugt, dass energiereiche Elektronen mit Molekülen zusammenstoßen und diese dadurch dissoziieren oder anregen und so zur Radikalenbildung führen. Bei der Dissoziation werden unmittelbar Radikale freigesetzt, während bei der Anregung durch anschließende strahlende Übergänge UV-Licht erzeugt wird, welches wiederum mit vorzugsweise Luft- und Wassermolekülen reagiert und diese dissoziiert. Um ausreichend energiereiche Elektronen im Bereich von ca. 5 eV (Elektronenvolt) bis > 15 eV zu erhalten, werden extrem hohe elektrische Felder benötigt. Diese hohen Feldstärken treten insbesondere am Kopf von sogenannten Streamern auf. Streamer sind Entladungskanäle, die sich im Aufbau befinden und sich aufgrund der angelegten hohen externen Feldstärken ausbilden. Ein Aufbau solcher Streamer findet innerhalb weniger 10 ns statt und geht dann

schnell in einen thermischen Durchschlagskanal über. Da in einem thermischen Durchschlagskanal keine energiereichen Elektronen gebildet werden, ist es unter anderem das Ziel, diese thermischen Durchschläge zu vermeiden oder auf ein Minimum zu reduzieren. Um eine gute Energieeffizienz der Erzeugung von vorzugsweise Radikalen in Gasen zu erhalten, ist es daher erforderlich, mit sehr kurzen Hochspannungseinzelimpulsen zu arbeiten. Vorzugsweise ist die Pulsdauer deutlich kürzer als es einer Aufbauzeit eines vollständigen Durchschlages im jeweiligen Medium entspricht.

[0027] Eine gepulste Koronaentladung direkt oberhalb des Papiers oder an der Faser-Suspension unter Benutzung extrem kurzer Hochspannungsimpulse von weniger als 10 μ s, insbesondere typisch von 1 μ s, und besonders vorteilhaft deutlich geringer als 1 μ s, mit Spannungen von einigen kV bis zu über 100 kV, abhängig von einem Abstand der Elektroden zum Papier oder zur Faser-Suspension und der Eigenschaften des Papiers, wird mit Vorteil, hinsichtlich der Qualitätseigenschaften, auf das Papier oder die Faser-Suspension appliziert. Insbesondere hat sich die Verwendung von derartig kurzen Hochspannungsimpulsen als besonders vorteilhaft gezeigt, wogegen die Verwendung von Radiofrequenz-(RF-) oder Mikrowellenimpulsen oder von Hochspannungseinzelimpulsen mit mehr als 10 μ s Dauer, wie in WO 2004/101891 A1 beschrieben, weit weniger effizient ist. Der Grund liegt vermutlich in einem schnellen Übergang von einem Streamer zum Durchschlag bei Atmosphärendruck, insbesondere bei Vorhandensein von geometrischen Irregularitäten an der Papieroberfläche, wie z.B. einzelne Fasern, an denen das elektrische Feld erheblich überhöht ist.

[0028] Befindet sich die Papierbahn oder die Faser-Suspension zwischen den zur Streamerentladung benutzten Elektroden, so ist dies besonders vorteilhaft, da das Papier oder die Faser-Suspension dadurch teilweise als eine dielektrische Barriere wirkt. Durch die dielektrische Barriere lässt sich der Übergang vom Streamer zum Durchschlag besser kontrollieren.

Ausführungsbeispiel

[0029] 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

[0030] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung einer Papierherstellungsanlage mit einer Siebvorrichtung nach der Erfindung, einer Pressenvorrichtung und ei-

ner Veredelungs- und/oder Trockenanlage,

[0031] [Fig. 2](#) 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,

[0032] [Fig. 3](#) eine Prinzipdarstellung von Impulsen zur Erzeugung von Radikalen in Koronaentladungen in Luft oder wässrigen Medien bei Einsatz kurzer (typisch < 1 μ s) Hochspannungsimpulse mit hoher Impulswiederholrate, und

[0033] [Fig. 4](#) bis [Fig. 9](#) Elektrodenanordnungen und Elektrodensysteme zur Erzeugung von Koronaentladungen: Platte-Platte-, Platte-Draht-Platte-, koaxiale Draht-Rohr-, Spitze-Platte-, Mehrfachspitzen-Platte-, Gitter-Platte (Rohr)-, Gitter-Gitter-Anordnungen.

[0034] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung einer Papierherstellungsanlage **1**, wie sie in heutigen Papierfabriken eingesetzt wird. Ihre 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 Faser-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** 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.

[0035] 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** werden ebenfalls unter Zugabe von Wasser in einem Fasertrog **35** aufgelöst. Papierfremde Bestandteile werden über verschiedene Sortieraggregate ausgeschleust (hier nicht dargestellt). In der Stoffzentrale **3** erfolgt je nach gewünschter Papiersorte die Mi-

schung der verschiedenen Rohstoffe. Hier werden auch Füll- und Hilfsstoffe zugegeben, die der Verbesserung der Papierqualität und der Erhöhung der Produktivität dienen.

[0036] 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.

[0037] 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** 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.

[0038] Für eine Behandlung der Faser-Suspension **39** nach dem erfindungsgemäßen Verfahren sind zwischen dem Stoffauflauf **7** und dem Anfangsbereich der Siebvorrichtung **9** nach der Erfindung eine erste Elektrode **43** unter der Siebvorrichtung **9** und eine zweite Elektrode **44** über der Siebvorrichtung **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 Hochspannungsimpulsgenerator **46** verbunden. Mit Hilfe dieses Hochspannungsimpulsgenerators **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 typisch ca. 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.

[0039] Um die Behandlungswirkung, welche das kalte großflächige Plasma auf die Faser-Suspension **39** ausübt, zu unterstützen wird 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 der nur wenige Sekunden im Behandlungsbereich zwischen den Elektroden **43** und **44** verweilenden Faser-Suspension eine erhöhte Festigkeit bei der späteren Blattbildung erzielt.

[0040] 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 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 der Plasmabehandlungsbereich über den Gasverteiler **81** mit der Gasleitung **80** mit einem Sauerstoff-Argon-Gemisch angeströmt.

[0041] Der Pressvorgang verdichtet das Papiergefüge, die Festigkeit wird nochmals erhöht und eine Oberflächengüte wird entscheidend beeinflusst. Durch die Behandlung des gepressten Papiers mit kaltem Plasma, insbesondere mit den erzeugten Radikalen, wird die molekulare Struktur der Papieroberfläche weiter verändert. Zusätzlich zur Festigkeit des Papiers **27** wird eine Bedruckbarkeit verbessert.

[0042] 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.

[0043] 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 Elektrodensysteme, 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 Streamer zum Durchschlag unterdrücken lässt.

[0044] 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. Neben einer Festigkeitssteigerung lösen diese Radikale eine bleichende chemische Reaktion aus. Der Hochspannungsimpulsgenerator **46** wird derart betrieben, dass er Hochspannungsimpulse mit einer Dauer von typisch 1 $\mu\text{Sek.}$ 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. einigen 10 kV bis über 100 kV. Die Hochspannungsimpulse werden der DC-Spannung überlagert und bilden so eine Gesamtamplitude von typisch ca. 100 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. Für die Elektroden **47** und **48** wird der Hochspannungsimpuls-generator derart betrieben, dass er Hochspannungsimpulse mit einer Dauer von typisch 0,1 μs bis zu einigen wenigen μs erzeugt.

[0045] [Fig. 2](#) zeigt als weiteres Ausführungsbeispiel eine Schnittdarstellung einer Anordnung zur Erzeugung von Radikalen. In der Mitte der Anordnung ist eine Hochspannungselektrode **50** angeordnet. Der Außenmantel der Anordnung ist als eine Gegenelektrode **51** hergerichtet. In der Anordnung befindet sich eine zu siebende 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.

[0046] In [Fig. 3](#) ist der applizierte Spannungsverlauf der Hochspannungsimpulse dargestellt. Ein erster Impuls **66** und ein zweiter Impuls **67**, mit je einer Impulsbreite **62**, weisen einen Abstand von einer Puls-wiederholzeit **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 typisch 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** weisen eine Pulsbreite **62** von kleiner 1 μs auf, wobei die einzelnen Impulse **66**, **67** eine steil ansteigende Flanke mit einer Anstiegszeit **64** und einer weniger steil abfallende Flanke aufweisen. Die Impulswiederholzeit **63** liegt typischer Weise zwischen 10 μs und 100 ms.

[0047] 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.

[0048] [Fig. 4](#) bis [Fig. 9](#) zeigen Beispiele für Elektrodensysteme zur Erzeugung von Korona-Entladungen in vorzugsweise wässrigen Medien. In [Fig. 4](#) 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 Hochspannungsimpuls-generator **46** verbunden. Die zweite Platte **70b** bildet die Gegenelektrode und steht als geerdete Elektrode mit dem Hochspannungsimpuls-generator **46** in Verbindung.

[0049] Eine entsprechende Anordnung mit speziell ebenen Plattenelektroden ist in [Fig. 5](#) 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 Hochspannungsimpuls-generators **46** verbunden. Die geerdeten Platten **70a**, **70c** stehen ebenfalls mit dem Hochspannungsimpuls-generator in Verbindung.

[0050] [Fig. 6](#) zeigt eine Draht-Rohr-Anordnung als Elektrodensystem. In eine zylinderförmige Elektrode **72** ragt mittig eine Hochspannungselektrode **71** hinein. Wie in [Fig. 5](#) 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.

[0051] [Fig. 7](#) 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.

[0052] [Fig. 8](#) zeigt eine Elektrodensystemanordnung, welche 3 Platten **70a**, **70d** und **70e** umfasst. Die erste Platte **70a**, welche als Hochspannungse-

lektrode mit dem Hochspannungsimpulsgenerator **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 Hochspannungsimpulsgenerator **46** in Verbindung steht, hat die Platte **70e** über dem Plattenverbinder **70f** ebenfalls die Funktion einer geerdeten Gegenelektrode.

[0053] **Fig. 9** zeigt ein Elektrodensystem als Gitter-Gitter-Anordnung. Analog zur **Fig. 4** 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 Hochspannungsimpulsgenerator **46** verbunden. Das zweite Gitter **75b** bildet die geerdete Gegenelektrode und steht mit dem Hochspannungsimpulsgenerator **46** in Verbindung.

[0054] Eine hybride Entladung, wobei sich eine Elektrode **75a** vollständig außerhalb einer zu behandelnden Faser-Suspension **39** befindet und eine zweite Elektrode **75b** ganz oder teilweise in der Faser-Suspension **39** eingetaucht ist, wird mit einer alternativen Anordnung, bei welcher das Sieb als Elektrode **75a** ausgestaltet ist, erzeugt. Das Sieb ist als eine Gitterelektrode ausgeführt und bildet die Hochspannungselektrode, welche mit dem Hochspannungsimpulsgenerator **46** in Verbindung steht. Auch die geerdete Gegenelektrode **76b** ist als eine Gitterelektrode ausgeführt und steht mit dem Hochspannungsimpulsgenerator **46** in Verbindung.

[0055] Um gepulste Entladungen im oberflächennahen Gasraum über der Faser-Suspension **39** zu erzeugen ist eine weitere Elektrodenanordnung möglich. Eine Hochspannungselektrode umfassend mehrere elektrisch miteinander verbundene Stabelektroden ist im oberflächennahen Gasraum der Faser-Suspension **39** derart angeordnet, dass ihre Stäbe parallel zur Oberfläche verlaufen. Eine geerdete Gegenelektrode ist als massive Platte ausgeführt und in über die ganze Fläche verteilten äquidistanten Abständen zur Hochspannungselektrode angeordnet.

Patentansprüche

1. Siebvorrichtung (**9**) zum Entziehen von Trägerflüssigkeit aus einer Faser-Suspension (**39**) bei der Herstellung von Papier (**27**), Pappe oder Karton, **dadurch gekennzeichnet**, dass über, in oder unter einem Siebbereich der Siebvorrichtung (**9**) mindestens eine erste Elektrode (**43**) angeordnet ist, welche mit einem Hochspannungsimpulsgenerator (**46**) verbunden ist, wobei in der Faser-Suspension (**39**) oder in ihrer unmittelbaren Umgebung ein Plasma erzeugbar ist.

2. Siebvorrichtung (**9**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma in einem Abstand von kleiner als 20 cm, vorzugsweise kleiner als 10 cm, vorzugsweise kleiner als 5 cm, von der Faser-Suspension (**39**) erzeugt wird.

3. Siebvorrichtung (**9**) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Sieb (**10**) als eine Elektrode hergerichtet ist.

4. Siebvorrichtung (**9**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine zweite Elektrode (**44**) zur Plasmaerzeugung vorhanden ist.

5. Siebvorrichtung (**9**) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden (**43**, **44**) in unmittelbarer Nähe von einem Saugkammerbereich (**24**), insbesondere einem Nasssaugbereich oder einem Flachsaugbereich, angeordnet sind.

6. Siebvorrichtung (**9**) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Elektrode (**43**) und die zweite Elektrode (**44**) derart in unmittelbarer Nähe von dem Saugkammerbereich (**24**) angeordnet sind, dass die Faser-Suspension (**39**) zwischen den Elektroden (**43**, **44**) geführt ist.

7. Siebvorrichtung (**9**) nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden (**43**, **44**) derart hergerichtet sind, dass eine Gasentladung durch die Elektroden oder an den Elektroden vorbei, insbesondere durch die Faser-Suspension (**39**) hindurch, saugbar ist.

8. Siebvorrichtung (**9**) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch ein Mittel (**81**) zum Einleiten von Gas, insbesondere Luft oder Sauerstoff, vorzugsweise reinem Sauerstoff oder Sauerstoff mit beispielsweise Edelgas als Trägergas, zwischen oder in die unmittelbare Nähe der Elektroden (**43**, **44**).

9. Siebvorrichtung (**9**) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Elektrode als Platte (**70a**, **70b**) ausgestaltet ist.

10. Siebvorrichtung (**9**) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Elektrode als Draht (**71**) ausgestaltet ist.

11. Siebvorrichtung (**9**) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Elektrode als ein Drahtgeflecht, insbesondere als ein Draht-Gitter (**75a**, **75b**), ausgestaltet ist.

12. Siebvorrichtung (**9**) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Elektrode als ein Gitter (**75a**, **75b**), insbesondere

sondere als eine Anordnung von sich rechtwinklig oder schräg kreuzenden Rundstäben und/oder Flachleisten, vorzugsweise als ein Sieb (**10**), ausgestaltet ist.

13. Siebvorrichtung (**9**) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Elektrode eine oder mehrere Spitze(n) (**73**) aufweist.

14. Siebvorrichtung (**9**) nach einem der Ansprüche 4 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden als mindestens zwei gegenüberstehende, vorzugsweise parallel zueinander verlaufende, Platten (**70a**, **70b**) angeordnet sind.

15. Siebvorrichtung (**9**) nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden als mindestens zwei gegenüberstehende, vorzugsweise parallel zueinander verlaufende, Gitter (**75a**, **75b**) angeordnet sind.

16. Siebvorrichtung (**9**) nach einem der Ansprüche 3 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden derart angeordnet sind, dass zwischen zwei über mindestens einen Plattenverbinder (**70f**) miteinander verbundenen Platten (**70d**, **70e**), welche die erste Elektrode bilden, ein Draht (**71**) oder ein Gitter (**75a**) als zweite Elektrode angeordnet ist.

17. Verfahren zur Behandlung unverwobener Faserstoffe in einer Suspension, insbesondere als Pulpe oder Faserbrei, während die Suspension gesiebt oder ihr Trägerflüssigkeit entzogen wird, vorzugsweise zum Betrieb der Siebvorrichtung nach der Erfindung, dadurch gekennzeichnet, dass die Suspension mit, vorzugsweise nichtthermischem, großflächigem Plasma unter mindestens Atmosphärendruck in Kontakt gebracht, das Plasma in unmittelbarer Nähe zur Suspension erzeugt oder in der Suspension oder in unmittelbarer Umgebung der Suspension eine Gasentladung, insbesondere eine Koronaentladung, unter mindestens Atmosphärendruck erzeugt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma in einem Abstand von kleiner als 20 cm, vorzugsweise kleiner als 10 cm, vorzugsweise kleiner als 5 cm, von der Suspension erzeugt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Suspension für die Herstellung von Papier, Pappe oder Karton geeignet ist.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass als Suspension ein feuchtes oder nasses Blatt verwendet wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis

20, 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 µs erzeugt werden.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma bzw. die Gasentladung vor und/oder während der Blattbildung an die Suspension appliziert wird, insbesondere beim Durchlauf durch oder über eine Siebvorrichtung (**9**).

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Suspension beidseitig mit dem Plasma in Kontakt gebracht bzw. mittels der Gasentladung behandelt wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma bzw. die Gasentladung zum Bleichen der Suspension, der Pulpe (**39**) oder des Faserbreis, insbesondere in einem Kocher, in einem Bleichbehältnis (**37**) oder in einer Zuleitung, verwendet wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Suspension, die Pulpe (**39**) oder der Faserbrei, mit zumindest einer Elektrode zur Erzeugung des Plasmas bzw. der Gasentladung in Kontakt gebracht wird.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma bzw. die Gasentladung in der Suspension erzeugt wird.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Gehalt an Trägerflüssigkeit, insbesondere Wasser, in der Suspension im Bereich zwischen 40% und 99,9 %, vorzugsweise im Bereich zwischen 80% und 98% und insbesondere im Bereich zwischen 85% und 98%, liegt.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass im Plasma oder mittels der Gasentladung Radikale (**59**) erzeugt werden, die auf die Faserstoffe einwirken.

29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass für verschiedene Zustände von Suspensionen in einem Papier-, Karton- oder Pappe-Herstellungsprozess, insbesondere an unterschiedlichen Prozessstufen, Radikale (**59**) unterschiedlicher Art oder Zusammensetzung verwendet werden.

30. Verfahren nach Anspruch 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Suspension innerhalb einer Prozessstufe in einem Papier- oder Karton-Herstellungsprozess Radikalen (**59**) unterschiedlicher Art oder Zusammensetzung ausgesetzt wird,

vorzugsweise zeitlich nacheinander folgend.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass als Radikale (59) Ozon (O₃), Wasserstoffperoxid (H₂O₂), Hydroxyl-Radikale (OH), HO₂ und/oder HO₂- erzeugt werden.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass beim Bleichen in der Suspension oder in der Pulpe (39) oder in dem Faserbrei das Plasma oder die Gasentladung derart appliziert wird, dass als Radikale (59) vermehrt Ozon (O₃) und/oder Wasserstoffperoxid (H₂O₂) gebildet wird.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass beim Sieben und/oder in/im flächig verteilter/n Suspension oder Pulpe (39) oder Faserbrei oder im sich bildenden oder gebildeten, noch ungepressten Blatt das Plasma oder die Gasentladung derart appliziert wird, dass als Radikale (59) vermehrt Hydroxyl (OH), HO₂ und/oder HO₂- gebildet wird.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 33, 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.

35. Verfahren nach Anspruch 34, 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.

36. Verfahren nach Anspruch 34 oder 35, 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.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 35 oder 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Konzentration bzw. die Eigenschaft "online" gemessen wird.

38. Verfahren nach einem der Ansprüche 34 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass zur Regelung die Amplitude (U) der Hochspannungsimpulse (66, 67) bei konstanter Wiederholrate (63) verändert wird.

39. Verfahren nach einem der Ansprüche 34 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass zur Regelung die Wiederholrate (63) der Hochspannungsimpulse (66, 67) bei konstanter Amplitude (U) verändert wird.

40. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass die Suspension, die Pulpe (39) oder der Faserbrei, vorzugsweise zum Bleichen, im plasmabeaufschlagten Bereich mit Sauerstoff angereichert wird.

41. Verfahren nach einem der Ansprüche 34 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass In der Suspension, der Pulpe (39) oder in dem Faserbrei, vorzugsweise zum Bleichen, eine Hochspannungs-Impulsdauer (62) von weniger als 100 ns verwendet wird.

42. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass flächig verteilte/r Suspension, Pulpe (39) oder Faserbrei oder sich bildendes oder gebildetes, noch ungepresstes Blatt, insbesondere beim Sieben, im plasmabeaufschlagten Bereich von einer mit Wasserdampf angereicherten Atmosphäre umgeben wird.

43. Verfahren nach einem der Ansprüche 34 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass an flächig verteilte/r Suspension, Pulpe (39) oder Faserbrei oder sich bildendem oder gebildeten, noch ungepresstem Blatt, insbesondere beim Sieben, eine Hochspannungs-Impulsdauer (62) von 100ns bis 1µs verwendet wird.

44. Verfahren nach einem der Ansprüche 34 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass bei flächig verteilte/r Suspension, Pulpe (39) oder Faserbrei oder sich bildendem oder gebildeten, noch ungepresstem Blatt, insbesondere beim Sieben, eine Hochspannungs-Amplitude (U) entsprechend mindestens dem zweifachen Wert, vorzugsweise mindestens dem dreifachen Wert, einer Korona-Einsatzspannung an die Elektroden angelegt wird.

45. Verfahren nach einem der Ansprüche 34 bis 44, 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.

46. Verfahren nach einem der Ansprüche 34 bis 45, dadurch gekennzeichnet, dass eine Impulswiederholrate (63) zwischen 10 Hz und 5 kHz, insbesondere von 10kHz, verwendet wird.

47. Verfahren nach einem der Ansprüche 34 bis 46, 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.

48. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 47, dadurch gekennzeichnet, dass Hochspannungsimpulse (66, 67) mit einer Dauer (62) von weniger als

3 μ s, vorzugsweise von weniger als 1 μ s, vorzugsweise von weniger als 500 ns, angewendet werden.

49. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 48, dadurch gekennzeichnet, dass ein homogenes, großvolumiges Plasma mit hoher Leistungsdichte erzeugt wird, ohne dass es zu Plasmaeinschnürungen oder Durchschlägen kommt.

50. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 49, dadurch gekennzeichnet, dass eine DC-Spannung von solcher Höhe eingesetzt wird, dass im Plasma nur in Verbindung mit überlagerten Hochspannungsimpulsen eine stabile DC-Koronaentladung gebildet wird.

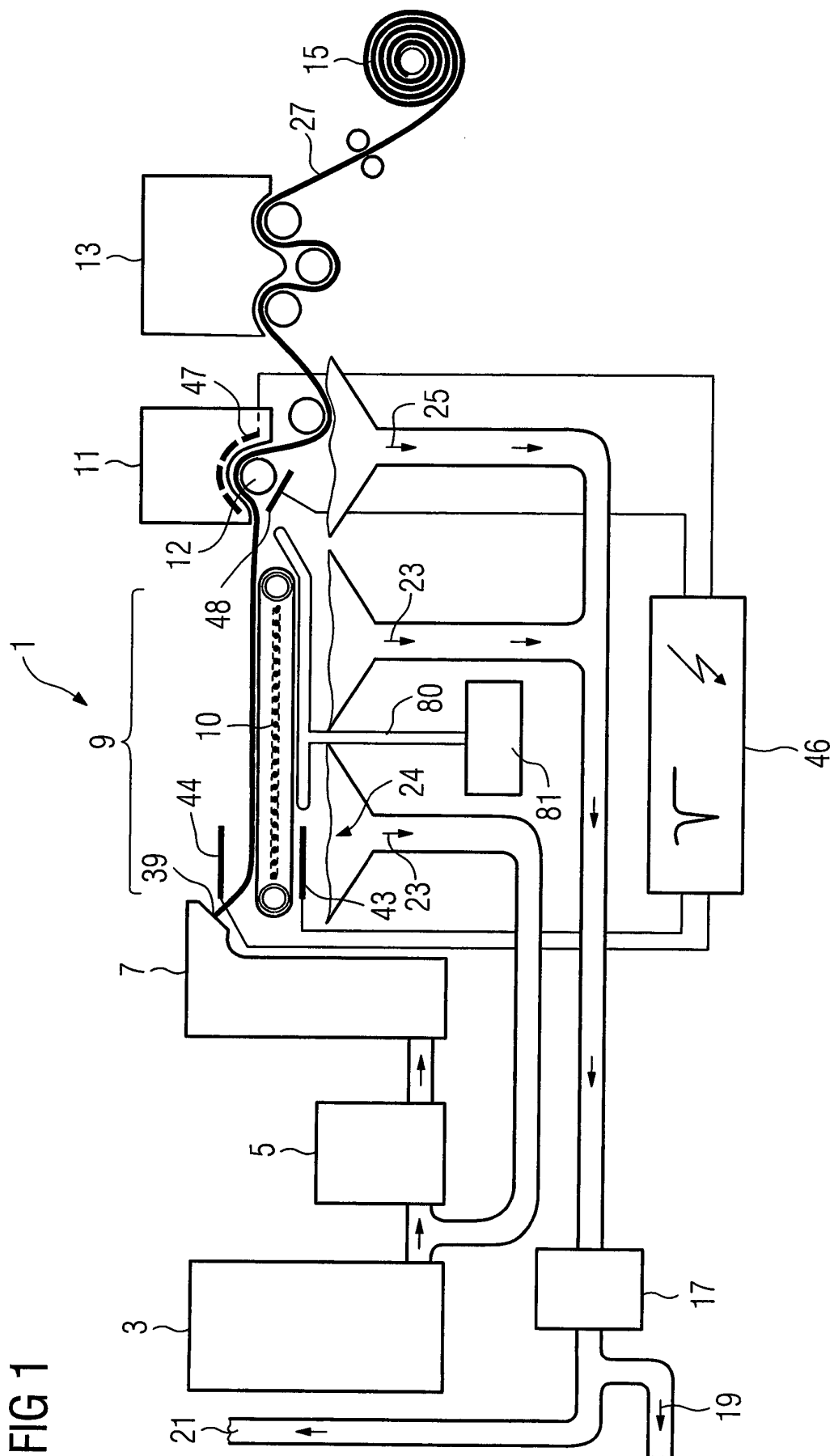
51. Verfahren nach Anspruch 50, dadurch gekennzeichnet, dass die eingesetzte DC-Spannung unter der für einen stabilen Betrieb ohne uHochspannungs-Impulsüberlagerung liegt.

52. Verfahren nach Anspruch 50 oder 51, dadurch gekennzeichnet, dass die eingesetzte Gesamtamplitude (DC-Spannung + Impulsamplitude) über der statischen Durchbruchspannung der Elektrodenanordnung liegt.

53. Verfahren nach einem der Ansprüche 50 bis 52, dadurch gekennzeichnet, dass die eingesetzte Gesamtamplitude dem zwei- bis fünffachen der statischen Durchbruchspannung der Elektrodenanordnung entspricht.

54. Verfahren nach einem der Ansprüche 50 bis 53, dadurch gekennzeichnet, dass die Amplitude (U) der Hochspannungsimpulse zwischen 10% und 1000% der eingesetzten DC-Spannung beträgt.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen



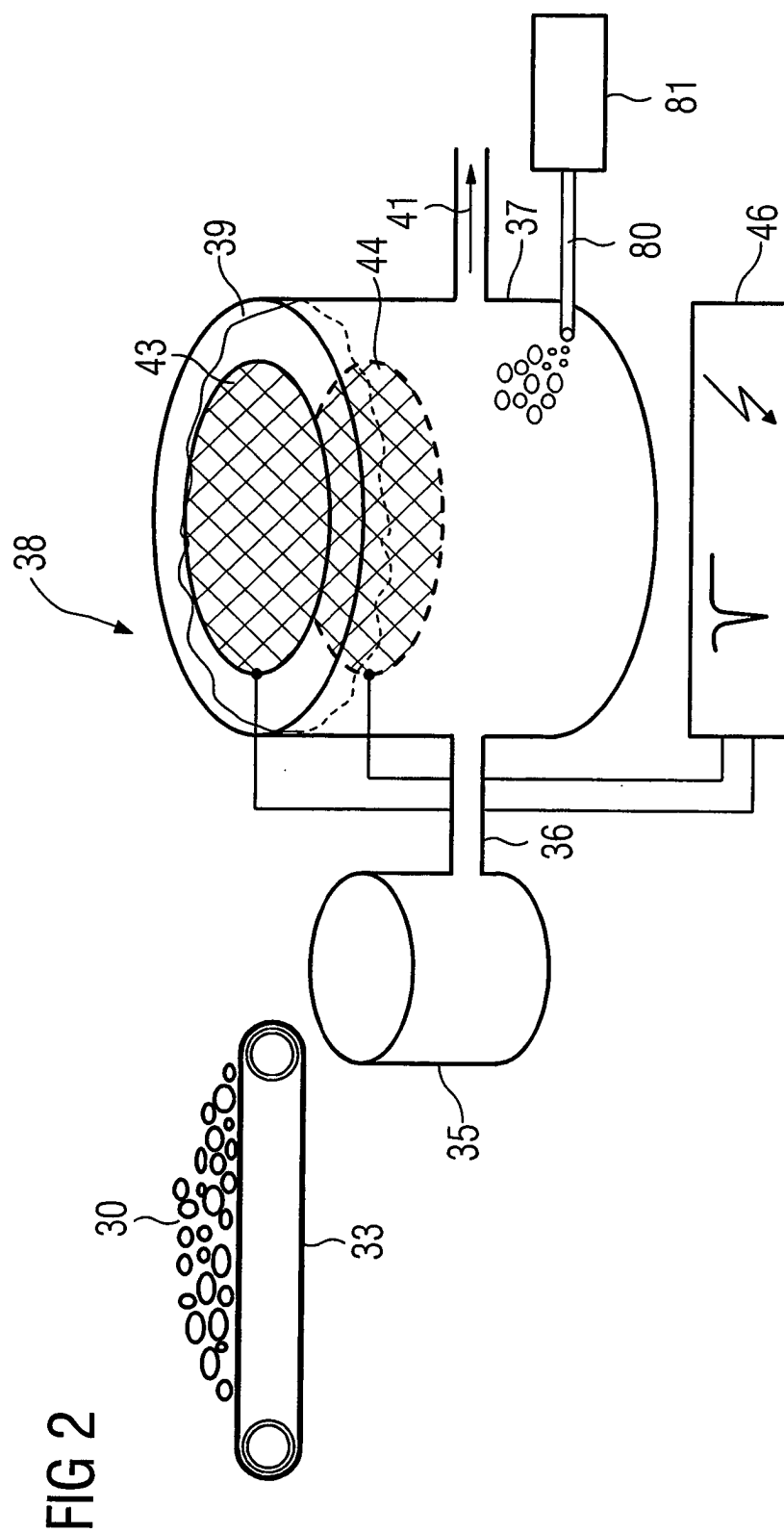


FIG 3

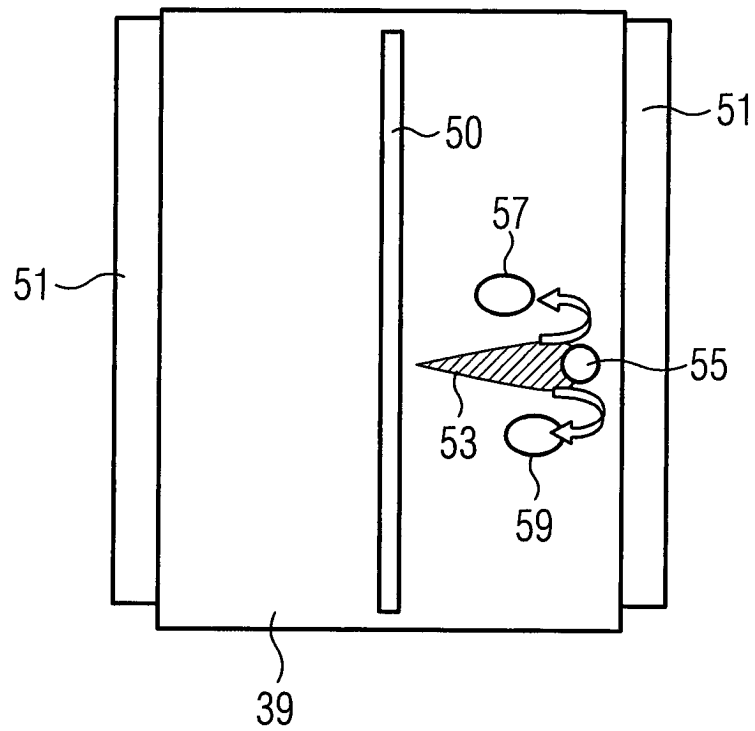


FIG 4

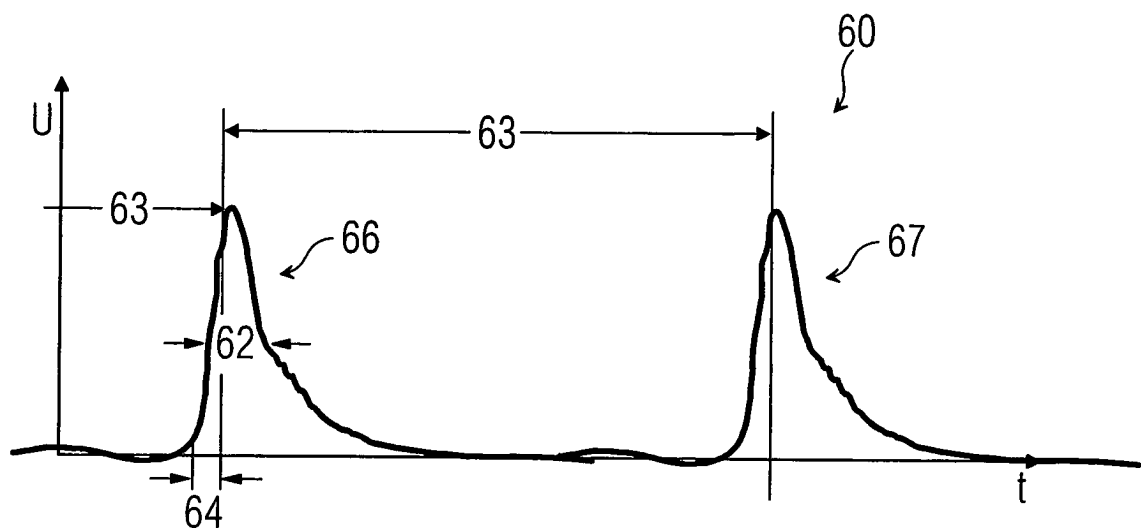


FIG 5

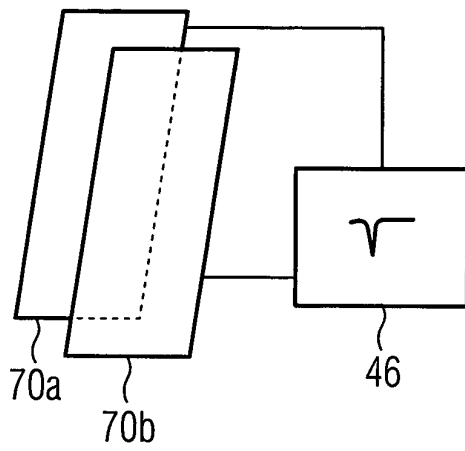


FIG 6

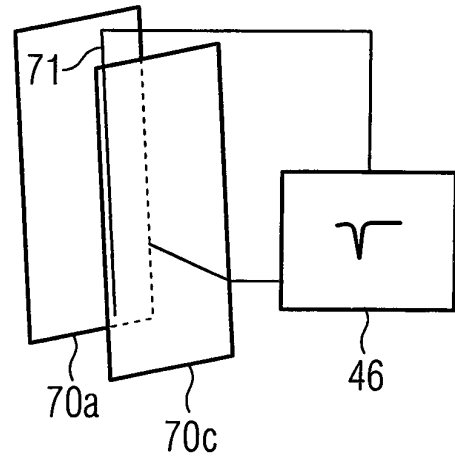


FIG 7

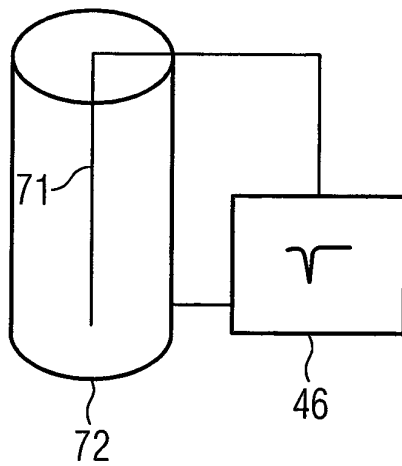


FIG 8

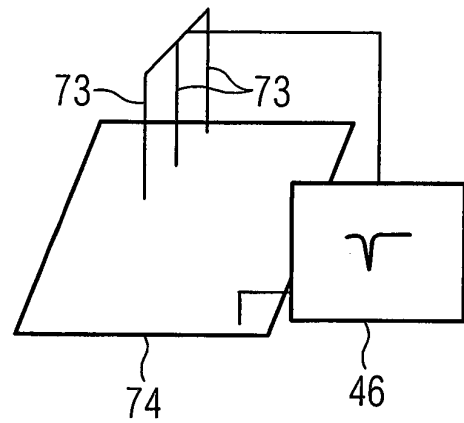


FIG 9

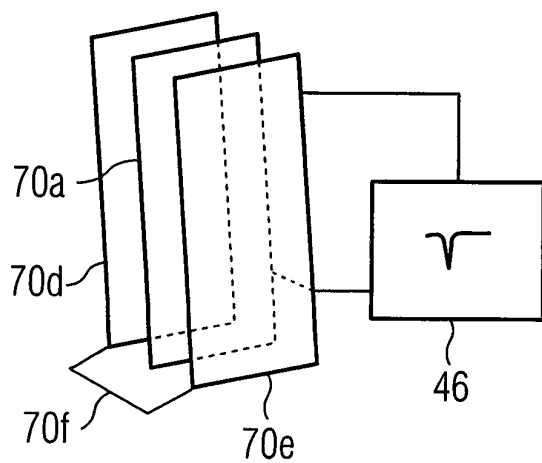


FIG 10

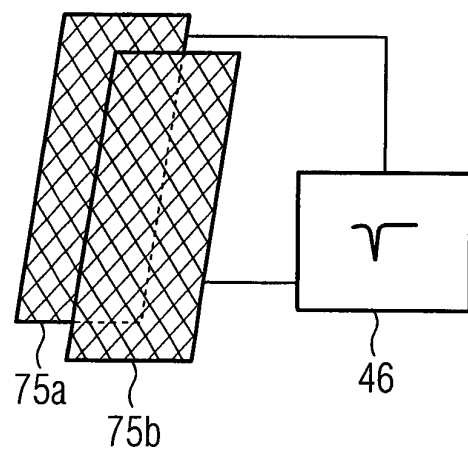


FIG 11

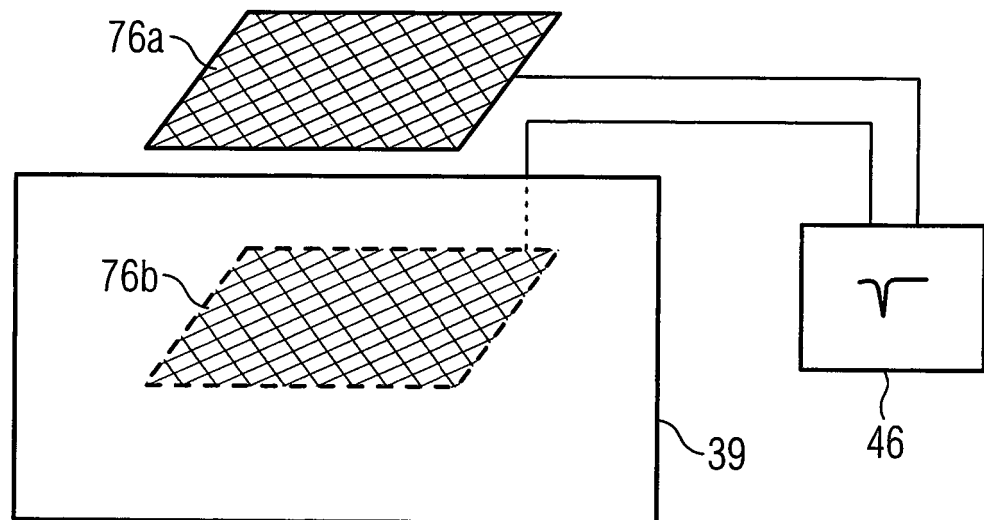


FIG 12

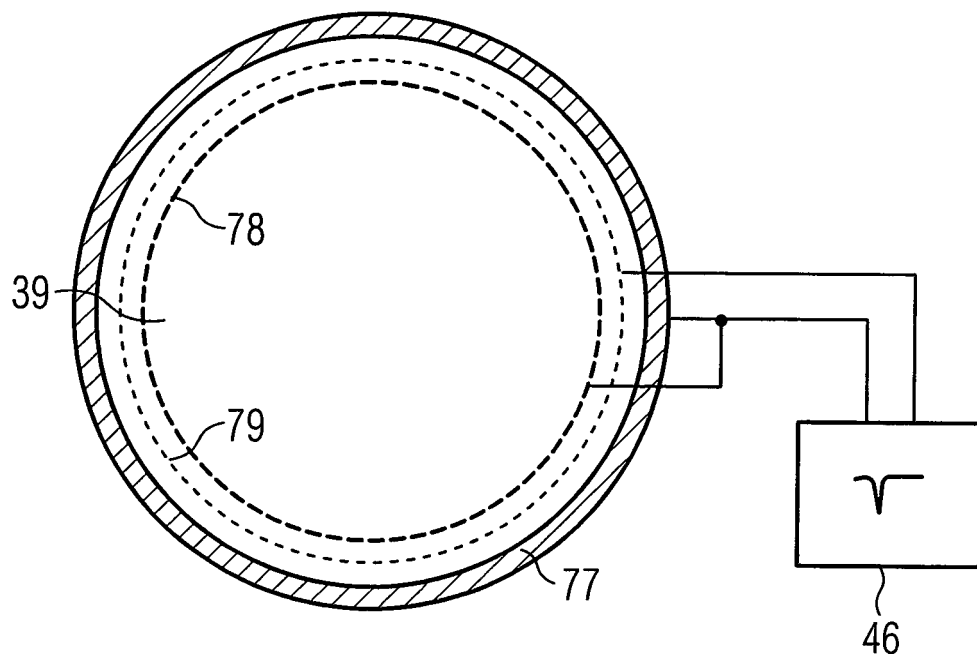


FIG 13

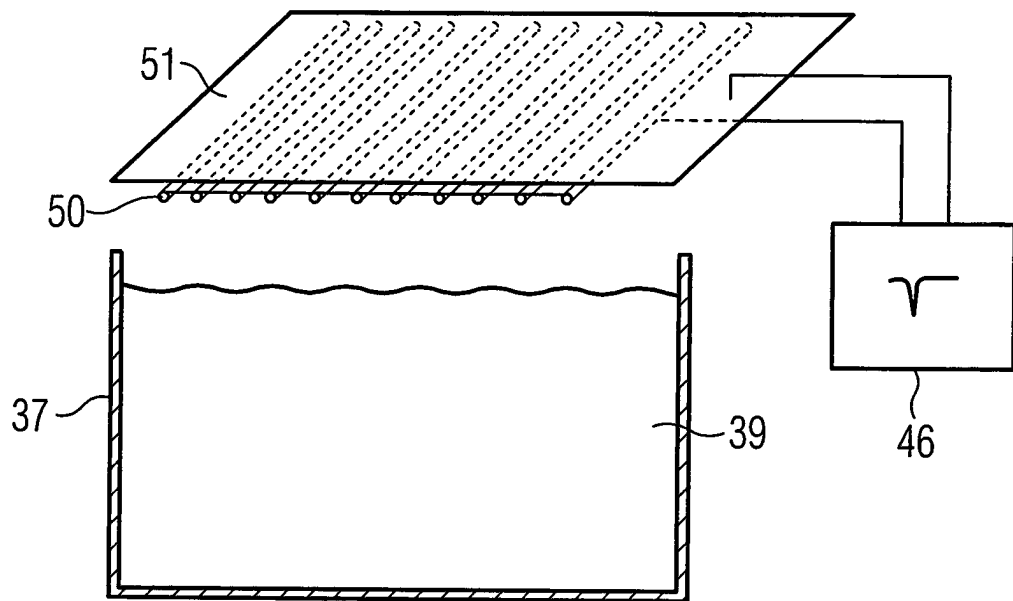


FIG 14

