



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 024 405 A1** 2007.11.29

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 024 405.2**

(22) Anmeldetag: **24.05.2006**

(43) Offenlegungstag: **29.11.2007**

(51) Int Cl.⁸: **D21C 5/02** (2006.01)

D21F 1/66 (2006.01)

D21H 21/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

Speth, Friedrich, 91074 Herzogenaurach, DE

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

US 65 21 134 B1

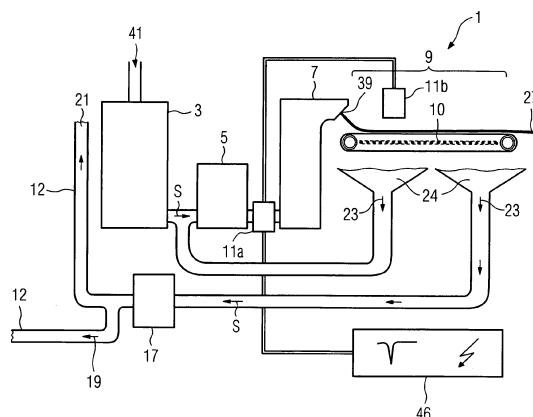
WO 06/1 34 127 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Reduzierung klebender Verunreinigungen bei der Papierherstellung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduzierung klebender Verunreinigungen in einem Ausgangsstoff (30) oder einem Zwischenprodukt (39) in wässriger Suspension oder in einem Kreislaufwasser (23) bei der Papierherstellung. Indem der Ausgangsstoff (30) oder das Zwischenprodukt (39) mit vorzugsweise nicht thermischem Plasma unter mindestens Atmosphärendruck in Kontakt gebracht wird, wird die Aufgabe, die klebenden Verunreinigungen ohne Zusatz oder mit einem stark reduzierten Einsatz von Hilfsstoffen zu vermeiden, gelöst.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduzierung klebender Verunreinigungen in einem Ausgangsstoff oder einem Zwischenprodukt bei der Papierherstellung.

[0002] Bei einem Recyclingvorgang von beispielsweise Altpapier als Ausgangsstoff gelangen aus dem Altpapier gelöste und feinstzerteilte „Stickies“ in eine Papierherstellungsanlage. „Stickies“ ist eine Bezeichnung für kleine Hotmelt- oder Klebstoff-Verunreinigungen, die später als Fehler im Papier oder in Pappe als beispielsweise störende Flecken auftreten. Insbesondere bei einer Altpapieraufbereitung wird das hierzu verwendete Wasser stark verunreinigt. Die klebenden Verunreinigungen in einem Faserstoff oder einer Faser-Suspension als Zwischenprodukt und in den allgemeinen Kreislaufwässern einer Papierherstellungsanlage neigen dazu, sich beispielsweise an Papiermaschinenbespannungen, wie Filzen und Sieben, sowie an Zylindern und Walzen abzulagern. Zusätzlich führen sie im letztendlich produzierten Papier zu Fehlstellen, die beispielsweise in der Weiterverarbeitung zu Störungen führen können oder deren Gebrauchswert einschränken.

[0003] Unter Zwischenprodukt sind Stoffe oder Güter zu verstehen, die bei der Papier- oder Kartonherstellung zwischen einem Ausgangsstoff und einem Endprodukt – dem heutigen Papier – entstehen oder erzeugt werden. Dies kann sowohl eine aufbereitete Stoffsuspension oder ein noch feuchtes Blatt Papier sein.

[0004] Diese klebenden Verunreinigungen stellen mittlerweile eines der größten Probleme bei der Wiederverwertung von Altpapier dar. Während so genannte Makro-Stickies mit Hilfe mechanischer Trennverfahren weitestgehend abgetrennt werden können, lassen sich so genannte Mikro-Stickies nur sehr schwer aus dem Wasserkreislauf entfernen. Mikro-Stickies sind so klein, dass sie auch ein Schlitzsieb mit ca. 100 µm Schlitzweite passieren können.

[0005] Aber auch Harze in Primärfaserstoffen, wie Zellstoffe und Holzstoffe sowie Papierhilfsmittel mit einem hydrophoben Charakter führen regelmäßig zu klebenden Ablagerungen an Maschinenteilen und Papiermaschinenbespannungen. Eine Neigung derartiger Inhaltsstoffe klebende Ablagerungen zu bilden hängt von chemischen und physikalischen Randbedingungen, wie z.B. einer Temperatur, einem pH-Wert, einer Konzentration an gelösten und feinstverteilten Substanzen sowie einer hydraulischen Beanspruchung ab.

[0006] Zur Reduzierung oder Vermeidung der Ablagerungen werden nach dem Stand der Technik folgende Methoden eingesetzt:

- Durch eine Zugabe mineralischer Adsorbentien, wie beispielsweise Talkum und Bentonite, können die klebenden Verunreinigungen maskiert und unschädlich gemacht werden,
- eine Zugabe kationischer Polymere, welche auch als ein Fixiermittel bezeichnet werden, zur Fixierung der klebenden Verunreinigungen an die Fasern der eingesetzten Faserstoffe, hierdurch werden Anhäufungen von klebrigen Verunreinigungen vermieden,
- eine Flockung und/oder eine Fällung sowie eine anschließende Abtrennung von suspendierten Substanzen nach einer Mikroflotation.

[0007] Die zuvor genannten Methoden zur Reduzierung klebender Verunreinigungen nutzen die Zugabe von Hilfsstoffen. Eine Methode diese Hilfsstoffe in einer geeigneten Menge zu dosieren ist nicht bekannt. In der Regel werden die Hilfsstoffe überdosiert, dies führt zu einer erhöhten Kostenbelastung und zu einer zusätzlichen Belastung der Produktionskreisläufe (Verunreinigungen).

[0008] Die zur Verringerung der klebenden Verunreinigungen eingesetzten Hilfsstoffe greifen weiterhin in einen Ladungshaushalt der Papierherstellungsanlage ein und verändern beispielsweise bestimmte Entwässerungseigenschaften der Faserstoffsuspension und eine Zurückhaltung bzw. Retention von Füll- und Feinstoffen auf dem Papiermaschinensieb. Dieses veränderte Verhalten schlägt sich letztendlich negativ in der Papierqualität nieder.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es ein Verfahren bereitzustellen, welches es ermöglicht, die klebenden Verunreinigungen ohne Zusatz oder mit einem stark reduzierten Einsatz von Hilfsstoffen zu vermeiden.

[0010] Die Aufgabe wird mit dem eingangs genannten Verfahren dadurch gelöst, dass der Ausgangsstoff oder das Zwischenprodukt in wässriger Suspension oder in einem Kreislaufwasser mit, vorzugsweise nicht thermischem, Plasma unter mindestens Atmosphärendruck in Kontakt gebracht wird. Durch eine Behandlung des Ausgangsstoffes oder des Zwischenproduktes, also der klebenden Verunreinigungen, wird eine Oberfläche der klebenden Verunreinigungen derart verändert, dass sie ihre klebenden Eigenschaften vermindern oder gänzlich verlieren. Dadurch wird mit Vorteil vermieden, dass die Verunreinigungen sich weiterhin an beispielsweise Bespannungen, Filzen, Walzen und in einer Trockenpartie ablagern.

[0011] Zweckmäßigerweise wird als Ausgangsstoff ein Altpapier verwendet. Insbesondere bei Altpapier treten nach der Auflösung, bedingt durch moderne Druckverfahren, neue wasserlösliche Farben, Glanzmittel, Bindemittel und verbesserten Klebstoff, bei-

spielsweise für die Kartonherstellung, in einer hohen Konzentration die klebrigen Verunreinigungen als zum Teil mikroskopisch kleine Stickies auf.

[0012] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens werden keine Hilfsstoffe zum Zweck der Reduzierung der klebenden Verunreinigungen zugesetzt. Kann der Einsatz von Hilfsstoffen gänzlich vermieden werden, so ist dies ein entscheidender Kosten- und Umweltvorteil.

[0013] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung werden Hilfsstoffe in einer Menge zugesetzt, die unter Berücksichtigung der Plasma-Applikation bemessen wird. Ist es nicht möglich gänzlich auf den Zusatz von Hilfsstoffen zu verzichten, so kann dennoch nur gerade so viel Hilfsstoff einem beispielsweise Siebwasser zugesetzt werden, dass bei quasi zeitgleicher Zugabe von Hilfsstoffen und der Plasma-Applikation, die klebenden Verunreinigungen eliminiert werden können.

[0014] Vorzugsweise wird der Ausgangsstoff oder das Zwischenprodukt im Herstellungsprozess vor einem Stoffauflauf mit dem Plasma appliziert. Später auftretende, beispielsweise Blattqualitätsprobleme wie Löcher und eine reduzierte Festigkeit werden hierdurch verringert.

[0015] Mit Vorteil wird der Ausgangsstoff oder das Zwischenprodukt an zumindest einer Stelle zwischen einer Altpapierauf Lösungsvorrichtung und dem Stoffauflauf mit Plasma appliziert. Wird die Oberfläche der fasrigen Materialien bereits unmittelbar nach der Altpapierauf Lösung mit Plasma behandelt, können die reduzierten oder gänzlich eliminierten klebrigen Verunreinigungen den folgenden Maschinenlauf nicht mehr beeinflussen.

[0016] Zweckmäßig ist es weiterhin, dass der Ausgangsstoff oder das Zwischenprodukt unmittelbar nach einer mechanischen Reinigungsstufe im Herstellungsprozess, insbesondere nach einer letzten Reinigungsstufe, bevor der Ausgangsstoff oder das Zwischenprodukt für den Stoffauflauf verdünnt wird, mit Plasma appliziert wird. Maschinenlaufprobleme durch eine Ablagerung der klebenden Verunreinigungen und dadurch verursachte Abrisse einer Papierbahn, eine reduzierte Maschinengeschwindigkeit und eine hohe Stillstandszeit wegen der Reinigung der Ablagerungen werden somit verringert oder vermieden.

[0017] Die bereits erwähnten Blattqualitätsprobleme werden mit besonderem Vorteil dadurch reduziert, dass direkt nach einem Aufspritzen einer Suspension auf ein Sieb, die Suspension mit dem kalten Plasma appliziert wird.

[0018] Eine weitere Steigerung der späteren Quali-

tätseigenschaften des beispielsweise herzustellenden Papiers wird dadurch erreicht, dass das Plasma auf einen fließfähigen Vorhang aus der Suspension appliziert wird.

[0019] Für ein gutes Ergebnis ist es zweckmäßig, 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.

[0020] In einer besonderen Ausgestaltung werden bei dem Verfahren zur Erzeugung des Plasmas zwischen Elektroden Hochspannungsimpulse mit einer Dauer von weniger als 10 μ s erzeugt.

[0021] Je nach Zusammensetzung des Ausgangsstoffes oder des Zwischenproduktes kann es zweckmäßig sein, zur Erzeugung des Plasmas Hochspannungsimpulse mit einer Dauer von 100 ns bis 1 μ s zu verwenden.

[0022] In einer bevorzugten Ausgestaltung werden im Plasma Radikale erzeugt, die auf den Ausgangsstoff oder auf das Zwischenprodukt einwirken. Die Erzeugung von Radikalen als chemisch aktive Substanzen wirkt sich vorteilhaft auf die Reduzierung klebender Verunreinigungen aus.

[0023] Weitere bevorzugte Ausgestaltungsmerkmale ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen.

[0024] Mehrere Ausführungsbeispiele sowie weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgend beschriebenen Zeichnung, in deren

[0025] [Fig. 1](#) eine Papierherstellungsanlage mit Wasserkreisläufen,

[0026] [Fig. 2](#) eine Stoffaufbereitungsanlage,

[0027] [Fig. 3](#) eine Darstellung (Schnitt) einer Anordnung zur Erzeugung von Radikalen in Koronaplasmen in einer wässrigen Lösung oder in Luft: Parallelplatten- oder Rohranordnung mit Draht, dem eine gepulste Hochspannung überlagert wird,

[0028] [Fig. 4](#) eine Prinzipdarstellung von Impulsen zur Erzeugung von Radikalen in Koronaentladungen in Luft oder wässrigen Medien bei Einsatz kurzer (typisch kleiner 1 μ s) Hochspannungsimpulse mit hoher Impulswiederholrate,

[0029] [Fig. 5](#) bis [Fig. 10](#) 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),

[0030] [Fig. 11](#) eine hybride Entladung, wobei sich

eine Elektrode vollständig oberhalb einer wässrigen Lösung befindet, wogegen die zweite Elektrode in die wässrige Lösung eingetaucht ist,

[0031] [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,

[0032] [Fig. 13](#) eine gepulste Entladung im oberflächennahen Raum der wässrigen Lösung,

[0033] [Fig. 14](#) ein gepulstes Koronaentladungssystem mit koaxialem Draht-Rohr, mit eingepulsten, feinstverteilten Gasblasen, so dass im Entladungsbe- reich feinste Gasperlen vorhanden sind und eine Streamerbildung vorwiegend in den Gasblasen abläuft, veranschaulicht ist.

[0034] Einander entsprechende Teile sind in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 14](#) mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0035] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung einer Papierherstellungsanlage 1, wie sie in heutigen Papierfabriken eingesetzt wird. Im Verhältnis von ca. 1:100 mit Wasser verdünnt, werden Faserstoffe oder fasrige Materialien zusammen mit Hilfsstoffen auf eine Siebvorrichtung 9 mit einem Sieb 10 aufgebracht. Die fasrigen Materialien lagern sich auf dem Sieb 10 neben- und aufeinander ab. Ein Kreislaufwasser 23 kann mittels mehrerer Saugkammerbereiche 24 abfließen oder abgesaugt werden und in einen Kreislauf des Kreislaufwassers 23 in Strömungsrichtung S zurückgeführt werden. Als Ausgangsstoff erreichen beispielsweise Altpapier 30 und in der Regel auch Zellstoff in trockener Form die Papierfabrik, während Holzstoff normalerweise im gleichen Werk erzeugt und als Faser-/Wasser-Mischung, also einer Suspension aus unverwobenen Faserstoffen, in eine Stoffzentrale 3 gepumpt wird. Das Altpapier 30 wird ebenfalls unter Zugabe von Wasser in einem Faser-trog oder in einer Altpapieraufösevorrichtung 35 aufgelöst (siehe [Fig. 2](#)). Papierfremde Bestandteile werden über verschiedene Sortieraggregate ausgeschleust (hier nicht dargestellt). Das derart aufgelöste Altpapier 30 gelangt über eine Zuführung 41 in die Stoffzentrale 3. In der Stoffzentrale 3 erfolgt je nach gewünschter Papiersorte die Mischung der verschiedenen Rohstoffe. Hier werden auch Füll-, Hilfsstoffe und Komplementärfarben zugegeben, die der Verbesserung der Papierqualität und der Erhöhung der Produktivität dienen. Unerwünschte klebende Verunreinigungen, die sich bereits in der Stoffaufbereitungsanlage 38 ([Fig. 2](#)) gelöst haben, führen bereits in der Stoffzentrale 3 zu unerwünschten Ablagerungen.

[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] Das Altpapier 30 ([Fig. 2](#)) wird also als Ausgangsstoff zur Papierherstellung in der Papierherstellungsanlage 1 verwendet, weist aber klebende Verunreinigungen auf, welche es erfindungsgemäß zu eliminieren gilt.

[0038] Für eine Behandlung des Ausgangsstoffes oder des aufgelösten Altpapiers in einem Kreislaufwasser 23 ist in der Papierherstellungsanlage 1 zwischen einem Sortierer 5 und einem Stoffauflauf 7 im Rohrleitungssystem ein Plasmareaktor 11a angeordnet.

[0039] Zur Reduzierung der klebenden Verunreinigungen im Kreislaufwasser 23 ist der erste Plasmareaktor 11a in das Rohrsystem integriert. Für die Integration in ein Rohrsystem wird eine Anordnung nach [Fig. 3](#) verwendet.

[0040] Ein zweiter Plasmareaktor 11b ist oberhalb der Siebvorrichtung 9 derart angeordnet, dass ein auf das Sieb 10 gespritztes Zwischenprodukt 39 oder eine Pulpe mit dem Plasma in Kontakt kommt. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass vorzugsweise an den angegebenen Stellen die Plasmareaktoren 11a, 11b zum einen im Rohrsystem des Kreislaufwassers 23 und zum anderen über der Siebvorrichtung 9 die klebenden Verunreinigungen neutralisiert werden. Ein Hochspannungsimpulsgenerator 46 ist über Hochspannungsleitungen jeweils einzeln mit den Plasmareaktoren 11a und 11b verbunden. Der Plasmareaktor 11a weist zwei Elektroden auf, wie in [Fig. 3](#) dargestellt. Der Plasmareaktor 11b weist ebenfalls zwei Elektroden auf, die Ausgestaltung ist, abweichend zum Plasmareaktor 11a ähnlich der in [Fig. 13](#) dargestellten Anordnung. Das Grundprinzip ist jedoch jeder Ausgestaltungsform von Plasmareaktoren oder allgemein Elektrodenanordnung gleich.

[0041] Der Hochspannungsimpulsgenerator 46 erzeugt mittels Hochspannungsimpulsen 66, 67 ([Fig. 4](#)) ein Plasma zwischen den Elektroden der Reaktoren. Da eine Spannungsfestigkeit von Wasser, insbesondere von Wasser hoher Leitfähigkeit, wie sie das Kreislaufwasser 23 aufweist, sehr gering ist, mit abnehmender Dauer der Spannungsbelastung jedoch drastisch zunimmt, werden kurze Impulse mit Impulsdauern von typisch 10 µs, in einigen Anwendungsfällen von nur 1 µs, benötigt. In der Papierindustrie typische Werte für die Leitfähigkeit des Kreislaufwassers 23 sind 4 bis 5 ms/cm.

[0042] [Fig. 3](#) zeigt als eine besondere Ausgestal-

tungsform den aus [Fig. 1](#) bekannten Plasmareaktoren **11a**. Die Vorrichtung in [Fig. 3](#) ist zur Durchleitung des Kreislaufwasser **23** in Strömungsrichtung S und gleichzeitiger Plasmaerzeugung in einem Behandlungsvolumen ausgestaltet. In der Mitte eines Behandlungsvolumens ist eine Hochspannungselektrode **50** angeordnet. Der Außenmantel des Behandlungsvolumens ist als eine Gegenelektrode **51** hergerichtet. In dem Behandlungsvolumen befindet sich das zu behandelnde Kreislaufwasser **23**. Zwischen den Elektroden **50** und **51** ist ein Streamer **53** dargestellt. Radikale **59** werden in Streamern dadurch erzeugt, dass energiereiche Elektronen mit Molekülen zusammenstoßen und diese dadurch dissoziieren oder anregen. Bei der Dissoziation werden unmittelbar die 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.

[0043] [Fig. 2](#) zeigt mit einem zweiten Anwendungsbeispiel eine Stoffaufbereitungsanlage **38**. Ein Altpapier **30** wird über ein Transportband **33** in die Altpapierauflösevorrichtung **35** befördert. In der Altpapierauflösevorrichtung **35** wird das Altpapier **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 Pulpe **39** angeordnet.

[0044] Die zweite Elektrode **44** ist im Inneren des Bleichtroges **37** angeordnet und wird damit vollständig von der Pulpe **39** bedeckt. Zwischen den beiden Elektroden **43** und **44** wird mittels des Hochspannungsimpulsgenerators **46** ein großflächiges kaltes Plasma erzeugt.

[0045] Durch eine direkte Behandlung der Pulpe **39** mit dem kalten Plasma werden in der Pulpe **39** vorzugsweise die Radikale $\text{OH}^\cdot$, $\text{HOO}^\cdot$, $\text{O}^\cdot$, O_3 erzeugt. Diese Radikale lösen eine chemische Reaktion aus, welche die in der Pulpe enthaltenen klebrigen Verunreinigungen als auch Harze aus Primärfaserstoffen derart in ihrer Oberflächenstruktur verändert, dass sie nicht mehr kleben. Der Hochspannungsimpulsgenerator **46** wird derart betrieben, dass er Hochspannungsimpulse mit einer Dauer von $1\ \mu\text{s}$ zwischen den Elektroden **43** und **44** erzeugt. Eine für die Erzeugung von Radikalen und Ozon in der Zellstoffascher-Suspension notwendige DC-Spannung liegt bei ca. einigen 10 kV bis 100 kV. Die Hochspannungsimpulse werden der DC-Spannung überlagert und bilden so eine Gesamtamplitude von einigen 10 kV bis über 100 kV. Durch die frühe Behandlung der Pulpe **39** mit einer kalten elektrischen Entladung, also dem Plasma, werden die Radikale in-situ erzeugt. So können große Gesamtmengen von Radikalen in die Pul-

pe **39** eingebracht werden. Die Radikale werden zudem feinstverteilt in der Suspension erzeugt, so dass auch der bisherige nötige Aufwand zur Mischung von Chemikalien mit der Suspension reduziert werden kann.

[0046] Für eine weitere Steigerung der Reduzierung der klebenden Verunreinigungen wird in den Bleichtrog **37** über eine Gasleitung **80** ein Sauerstoff-Argon-Gemisch, welches in einem Gasverteiler **81** aufbereitet wurde, eingeleitet.

[0047] In [Fig. 4](#) ist der verwendete Spannungsverlauf der Hochspannungsimpulse dargestellt. Ein erster Impuls **66** und ein zweiter Impuls **67**, mit je einer Impulsdauer **62**, weisen einen Abstand von einer Impulswiederholrate **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 einer Gleichspannung kann mit der dargestellten Abszisse zusammen fallen. Die dargestellte Impulsspannung U kann also vorzugsweise einer Gleichspannung überlagert werden, die ist stark von der Leitfähigkeit des jeweiligen wässrigen Mediums abhängig. Die Impulse **66** und **67** weisen eine Impulsdauer **62** von kleiner $1\ \mu\text{s}$ auf, wobei die einzelnen Impulse **66**, **67** vorzugsweise eine stark ansteigende Flanke mit einer Anstiegszeit **64** besitzen, welche deutlich geringer ist als die Impulsdauer **62**. Die zu dem Impuls **66** oder **67** gehörende abfallende Flanke ist weniger stark ausgeprägt. Die Impulswiederholzeit **63** liegt typischer Weise zwischen $10\ \mu\text{s}$ und 100 ms.

[0048] Die einzelnen Impulse **66**, **67** haben eine solche Gesamtamplitude, dass über eine vorgegebene Gleichspannung hinaus eine vorgegebene Energiedichte erreicht wird. Wie erwähnt, ist dabei meist die Impulsanstiegszeit **64** kurz im Vergleich zur Impulsabfallzeit. 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.

[0049] [Fig. 5](#) bis [Fig. 10](#) zeigen weitere Beispiele für Elektrodensysteme zur Erzeugung von Plasma und/oder Korona-Entladungen in vorzugsweise wässrigen Medien, insbesondere zur alternativen Verwendung bei den vorgenannten Ausführungsbeispielen. 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 Hochspannungsimpulsgenerator **46** in Verbin-

dung.

[0050] 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 **46** in Verbindung.

[0051] [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 Hochspannungsimpulsgenerator **46** verbunden. Die zylinderförmige Elektrode **72**, welche vorzugsweise als ein Drahtgeflecht ausgestaltet ist, ist geerdet und steht mit dem Hochspannungsimpulsgenerator **46** in Verbindung.

[0052] [Fig. 8](#) zeigt eine Spitze-Platte-Anordnung als Elektrodensystem. Die beispielsweise drei Spitzen **73** sind über eine Hochspannungsleitung mit dem Hochspannungsimpulsgenerator **46** verbunden. Die Spitzen **73** sind rechtwinklig zu einer geerdeten Plattenelektrode **74** angeordnet. Der Abstand der Spitze-nelektroden **73** zu der Plattenelektrode **74** ist einstellbar und kann somit für unterschiedliche Prozessbedingungen angepasst werden.

[0053] [Fig. 9](#) zeigt eine Elektrodensystemanordnung, welche 3 Platten **70a**, **70d** und **70e** umfasst. Die erste Platte **70a**, welche als Hochspannungselektrode 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.

[0054] [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 Hochspannungsimpulsgenerator **46** verbunden. Das zweite Gitter **75b** bildet die geerdete Gegenelektrode und steht ebenfalls mit dem Hochspannungsimpulsgenerator **46** in Verbindung.

[0055] Eine hybride Entladung, wobei sich eine Elektrode **75a** vollständig außerhalb des zu behan-

delnden wässrigen Mediums befindet und eine zweite Elektrode **76b** ganz oder teilweise in das wässrige Medium eingetaucht ist, wird mit der Anordnung in [Fig. 11](#) erzeugt. Die Elektrode **76a** ist bei diesem weiteren Ausführungsbeispiel für einen Plasmareaktor als eine Gitterelektrode ausgeführt und steht mit dem Hochspannungsimpulsgenerator **46** in Verbindung. Auch die geerdete Gegenelektrode **76b** ist als eine Gitterelektrode ausgeführt.

[0056] In [Fig. 12](#) ist als weiteres Ausführungsbeispiel zu den aus [Fig. 1](#) bekannten Plasmareaktor **11a** ein Rohr, vorzugsweise ein Rohr zum Transport des Kreislaufwassers **23** ([Fig. 1](#)) in Strömungsrichtung **S**, mit einer Außenwand **77** in einem Schnitt dargestellt. Es wird eine Platten- oder Gitteranordnung mit gekrümmten Oberflächen zur Anpassung an die Außenwand bzw. einer Gefäßwand **77** als eine Elektrode verwendet. Eine Vielfachdrahtelektrode **79** ist als eine konzentrische Elektrode, dem Verlauf der Außenwand **77** folgend angeordnet und steht mit dem Hochspannungsimpulsgenerator **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 Hochspannungsimpulsgenerator **46** in Verbindung stehen.

[0057] Um gepulste Entladungen im oberflächennahen Gasraum beispielsweise über dem Sieb **10** oder über dem Kreislaufwasser **23** zu erzeugen ist in [Fig. 13](#) als weiteres Ausführungsbeispiel eine spezielle Elektrodenanordnung dargestellt. Das Kreislaufwasser **23** wird in diesem Fall in einem nach oben offenen Kreislaufwasserkanal **40** geführt. Eine Hochspannungselektrode **50** umfasst mehrere elektrisch miteinander verbundene Stabelektroden und ist im oberflächennahen Gasraum des Kreislaufwassers **23** derart angeordnet, dass ihre Stäbe parallel zur Oberfläche des Kreislaufwassers **23** verlaufen. Eine geerdete Gegenelektrode **51** ist als massive Platte ausgeführt und verläuft parallel zu den über die ganze Fläche der Hochspannungselektrode **50** in äquidistanten Abständen verteilten Stabelektroden. Auch eine Wand des Kreislaufwasserkanals **40** könnte alternativ als Gegenelektrode ausgeführt sein.

[0058] [Fig. 14](#) zeigt mit einem letzten Ausführungsbeispiel ein gepulstes Plasma oder Korona-Entladungssystem in einer wässrigen Lösung in einem Gefäß, Behälter, Bottich oder Rohr. 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 Radikalerzeugung bzw. der

Erzeugung der chemisch aktiven Substanzen 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](#) erläuterten Streamer aus. Aufgrund der Streamerentladungen entstehen Oxidanzien **57**. Es werden also in dem Kreislaufwasser **23** bestimmte Radikale erzeugt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reduzierung klebender Verunreinigungen in einem Ausgangsstoff (**30**) oder einem Zwischenprodukt (**39**) bei der Papierherstellung, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ausgangsstoff (**30**) oder das Zwischenprodukt (**39**) in wässriger Suspension oder einem Kreislaufwasser (**23**) mit, vorzugsweise nicht thermischem, Plasma unter mindestens Atmosphärendruck in Kontakt gebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei als Ausgangsstoff (**30**) ein Altpapier (**30**) verwendet wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei keine Hilfsstoffe zum Zweck der Reduzierung der klebenden Verunreinigungen zugesetzt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei Hilfsstoffe in einer Menge zugesetzt werden, die unter Berücksichtigung der Plasma-Applikation bemessen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Ausgangsstoff (**30**) oder das Zwischenprodukt (**39**) im Herstellungsprozess vor einem Stoffauflauf (**7**) mit dem Plasma appliziert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Ausgangsstoff (**30**) oder das Zwischenprodukt (**39**) an zumindest einer Stelle zwischen einer Altpapierauflösungsvorrichtung (**35**) und dem Stoffauflauf (**7**) mit dem Plasma appliziert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Ausgangsstoff (**30**) oder das Zwischenprodukt (**39**) unmittelbar nach einer mechanischen Reinigungsstufe im Herstellungsprozess, insbesondere nach einer letzten Reinigungsstufe bevor der Ausgangsstoff (**30**) oder das Zwischenprodukt (**39**) für den Stoffauflauf (**7**) verdünnt wird, mit Plasma appliziert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei direkt nach einem Aufspritzen des Zwischenproduktes (**39**) auf ein Sieb (**10**), das Zwischenprodukt (**39**) mit dem Plasma appliziert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Plasma auf einen fließfähigen Vorhang aus dem Zwischenprodukt (**39**) appliziert wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Plasma mittels einer mit einem Hochspannungsimpulsgenerator (**46**) verbundenen Elektrode (**43**, **44**) erzeugt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei das Plasma in einem Abstand von kleiner als 20 cm, vorzugsweise kleiner als 10 cm, vorzugsweise kleiner als 5 cm, von dem Zwischenprodukt (**39**) erzeugt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 11, wobei zur Erzeugung des Plasmas zwischen Elektroden (**43**, **44**; **47**, **48**) Hochspannungsimpulse (**66**, **67**) mit einer Dauer (**62**) von weniger als 10 µs erzeugt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei zur Erzeugung des Plasmas Hochspannungsimpulse (**66**, **67**) mit einer Dauer (**62**) von 100 ns bis 1 µs verwendet werden.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei im Plasma Radikale (**59**) erzeugt werden, die auf den Ausgangsstoff (**30**) oder das Zwischenprodukt (**39**) einwirken.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei als Radikale (**59**) Ozon (O_3), Wasserstoffperoxyd (H_2O_2), OH, HO_2 und/oder HO_2^- erzeugt werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 oder 15, wobei eine Erzeugungsrate der Radikale (**59**) und/oder eine Zusammensetzung der erzeugten Radikale (**59**) durch eine Beeinflussung einer Amplitude (U), einer Impulsdauer (**62**) und/oder einer Impulswiederholrate (**63**) der Hochspannungsimpulse (**66**, **67**) gesteuert und/oder geregelt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei zur Steuerung und/oder Regelung der Erzeugungsrate und/oder der Art der erzeugten Radikale (**59**) eine Konzentration der erzeugten Radikale (**59**) gemessen wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Konzentration "online", insbesondere in Echtzeit, gemessen wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei die Impulswiederholrate (**63**) zwischen 10 Hz und 5 kHz, insbesondere zwischen 5 kHz und 10 kHz, eingestellt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, wobei eine Leistungseinkopplung elektrischer Energie in das Plasma vorwiegend über die Regelung der Amplitude (U), der Impulsdauer (**62**) und der Impulswiederholrate (**63**) der einer DC-Spannung überlagerten Hochspannungsimpulse gesteuert wird.

21. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei ein homogenes, großvolumiges Plasma mit hoher Leistungsdichte erzeugt wird, ohne dass es zu Plasmaeinschnürungen oder Durchschlägen kommt.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 oder 21, wobei die DC-Spannung mit einer Höhe eingesetzt wird, dass im Plasma nur in Verbindung mit den überlagerten Hochspannungsimpulsen eine stabile DC-Koronaentladung gebildet wird.

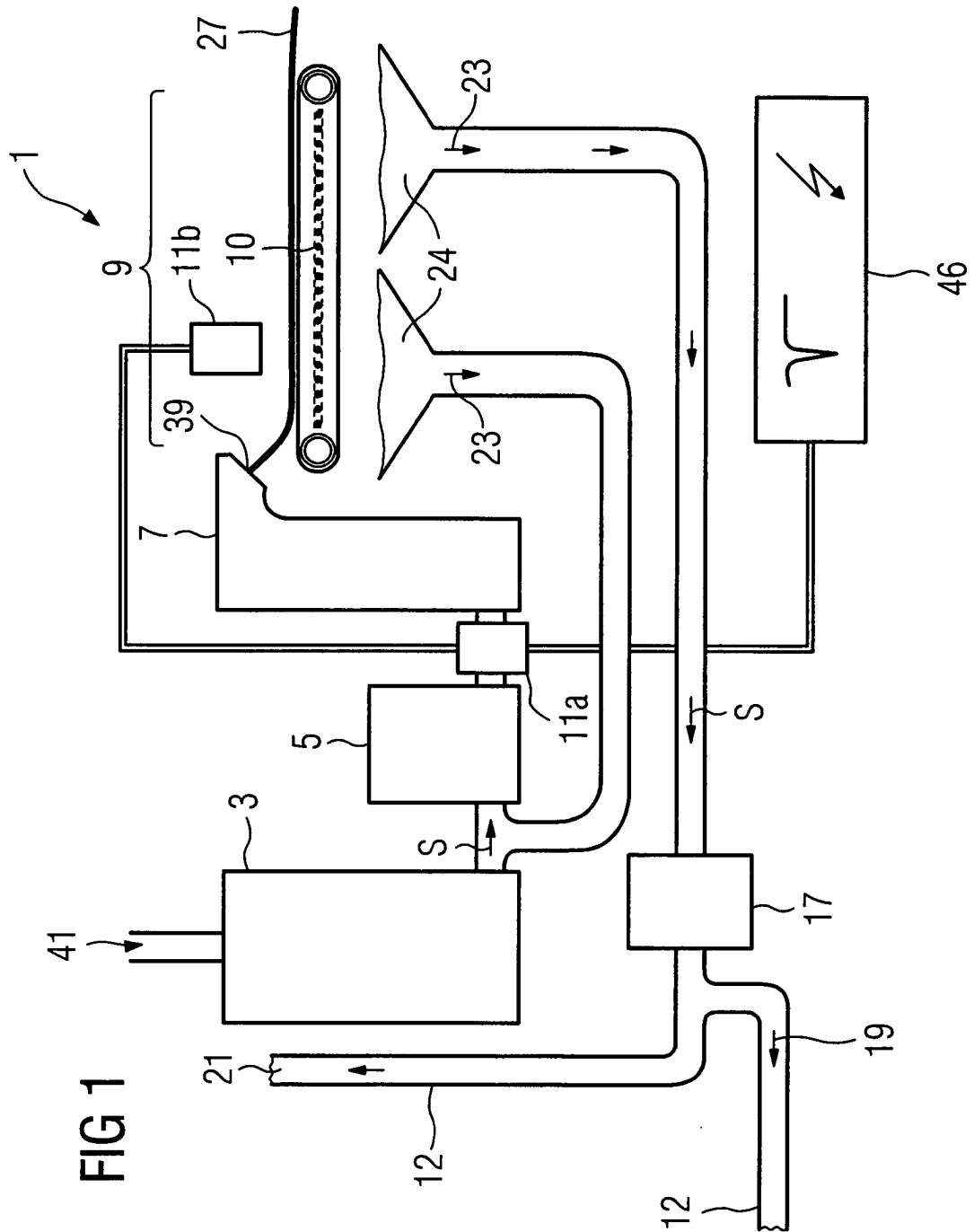
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 22, wobei die eingesetzte DC-Spannung unter einer Spannung für einen stabilen Betrieb ohne Hochspannungs-Impulsüberlagerung liegt.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 23, wobei eine eingesetzte Gesamtamplitude (DC-Spannung + Impulsamplitude) über einer statischen Durchbruchspannung der Elektrodenanordnung liegt.

25. Verfahren nach Anspruch 24, wobei die eingesetzte Gesamtamplitude dem zwei- bis fünffachen der statischen Durchbruchspannung der Elektrodenanordnung entspricht.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 25, wobei die Amplitude (U) der Hochspannungsimpulse zwischen 10% und 1000% der eingesetzten DC-Spannung beträgt.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen



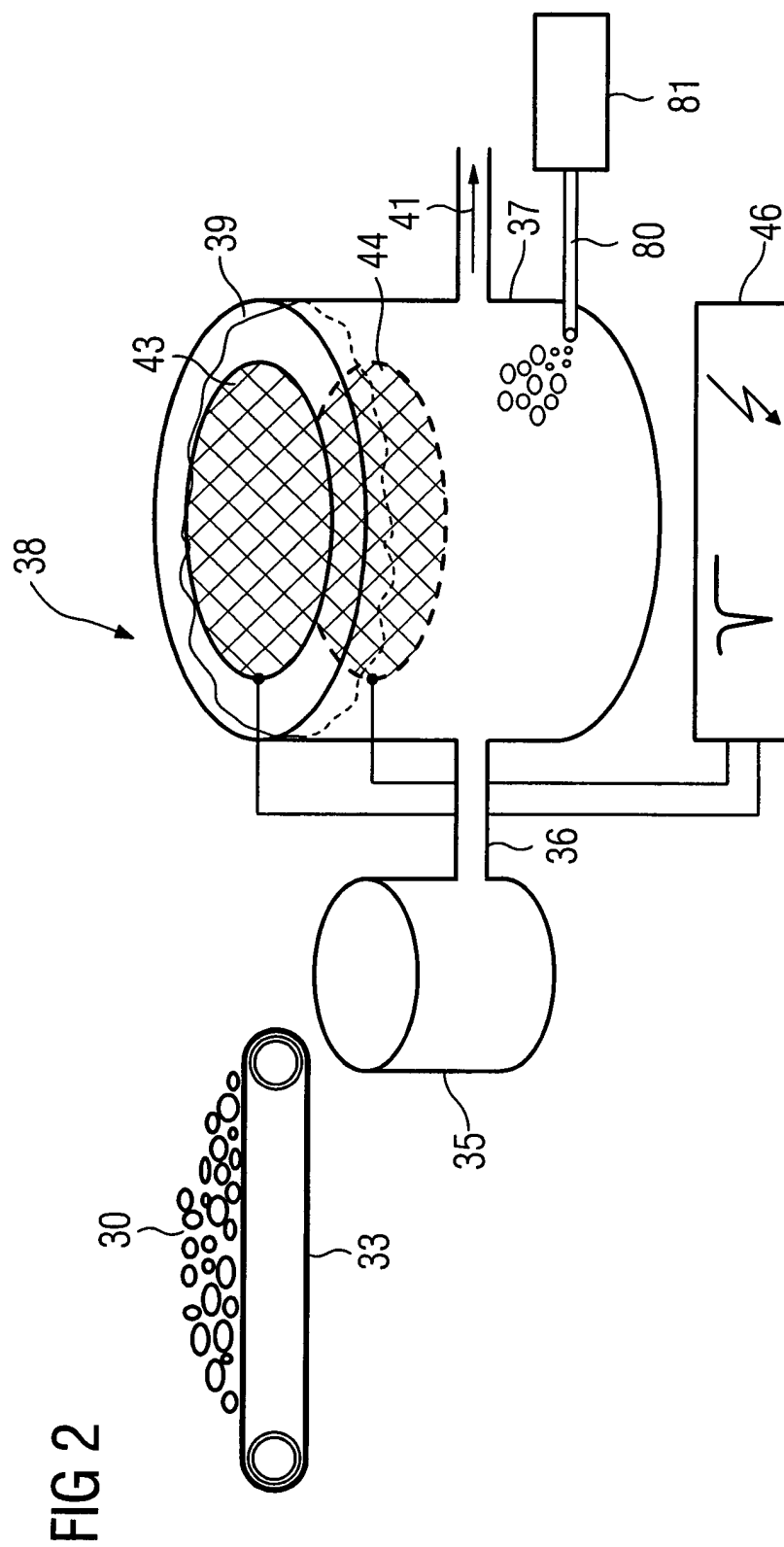


FIG 3

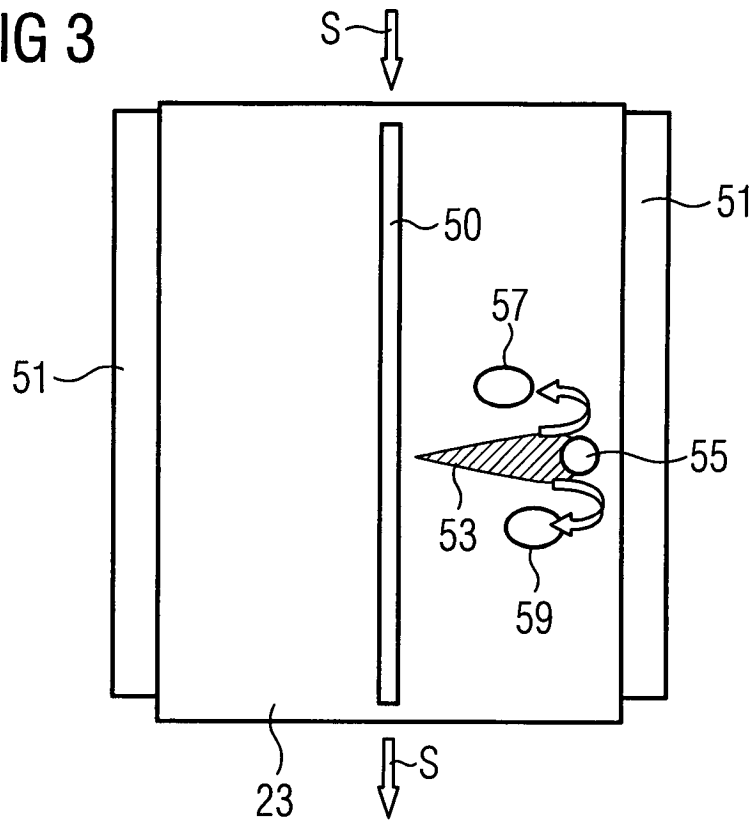


FIG 4

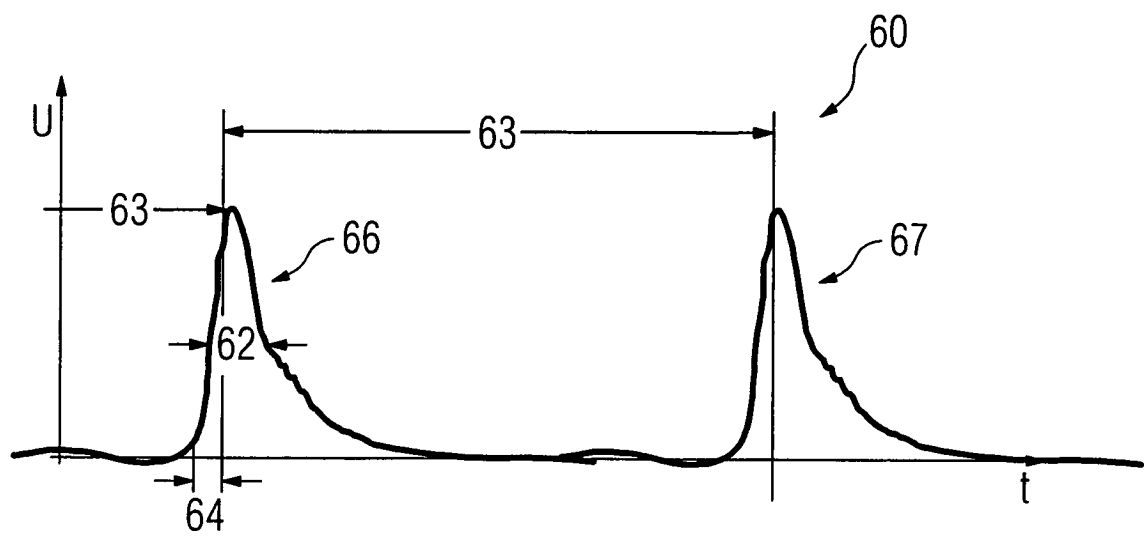


FIG 5

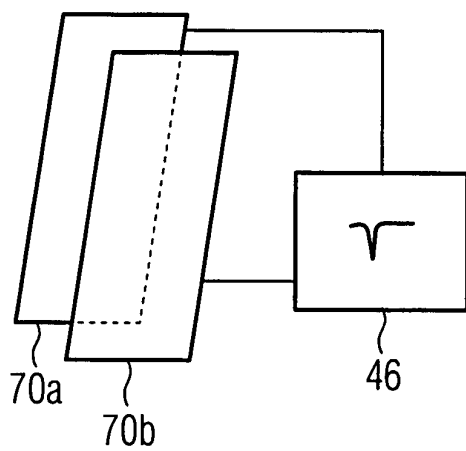


FIG 6

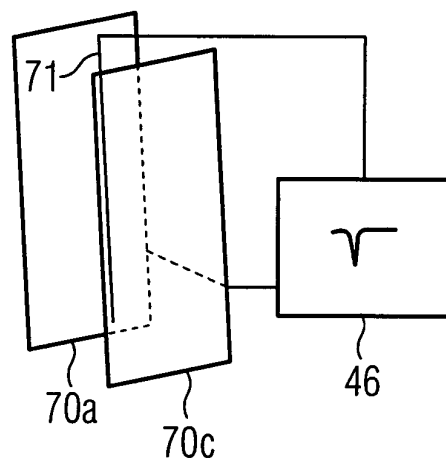


FIG 7

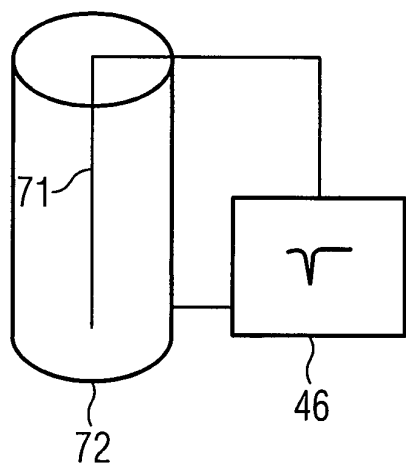


FIG 8

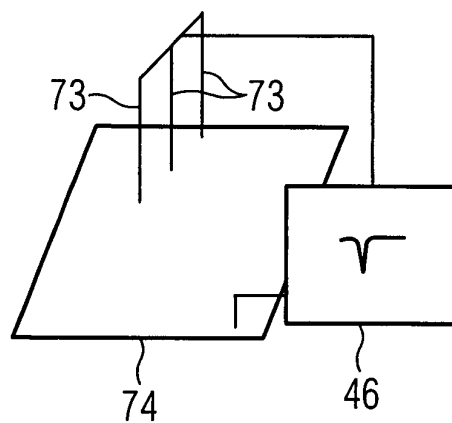


FIG 9

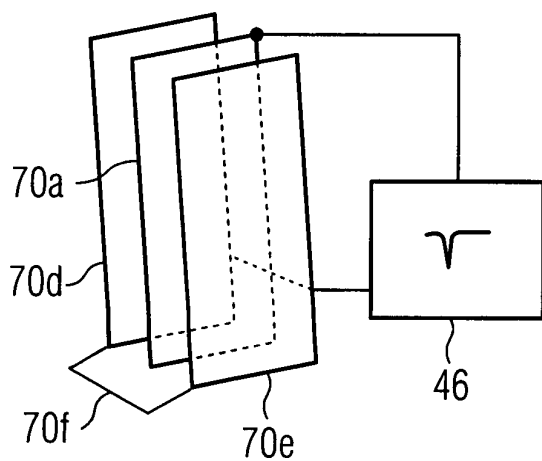


FIG 10

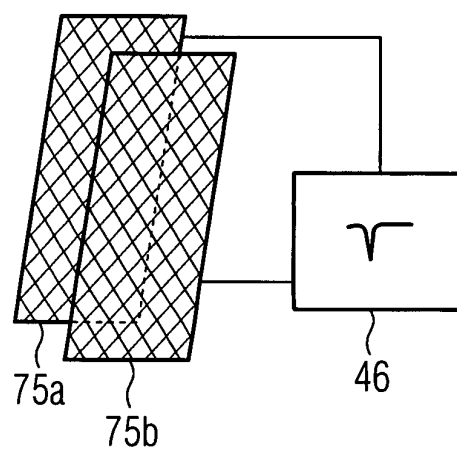


FIG 11

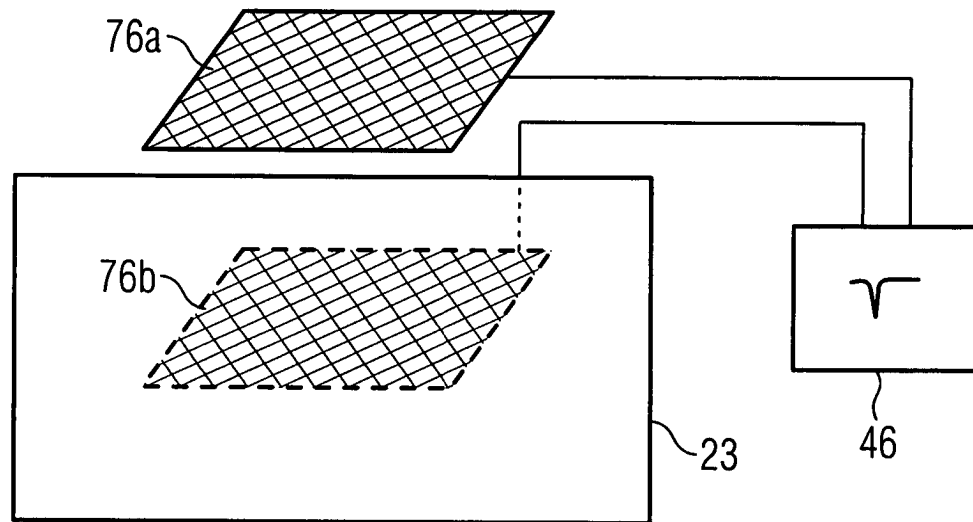


FIG 12

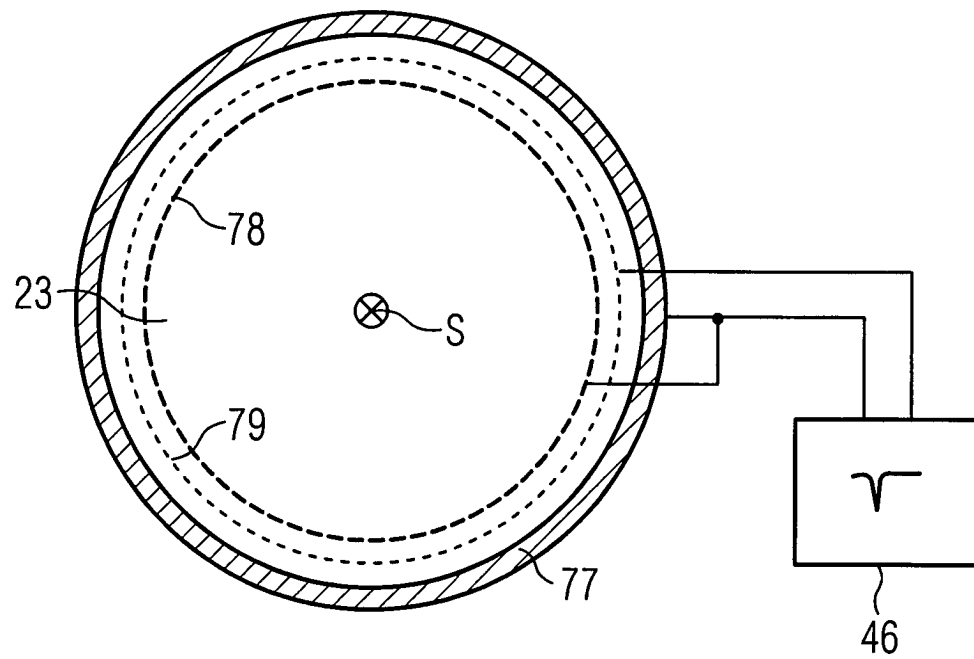


FIG 13

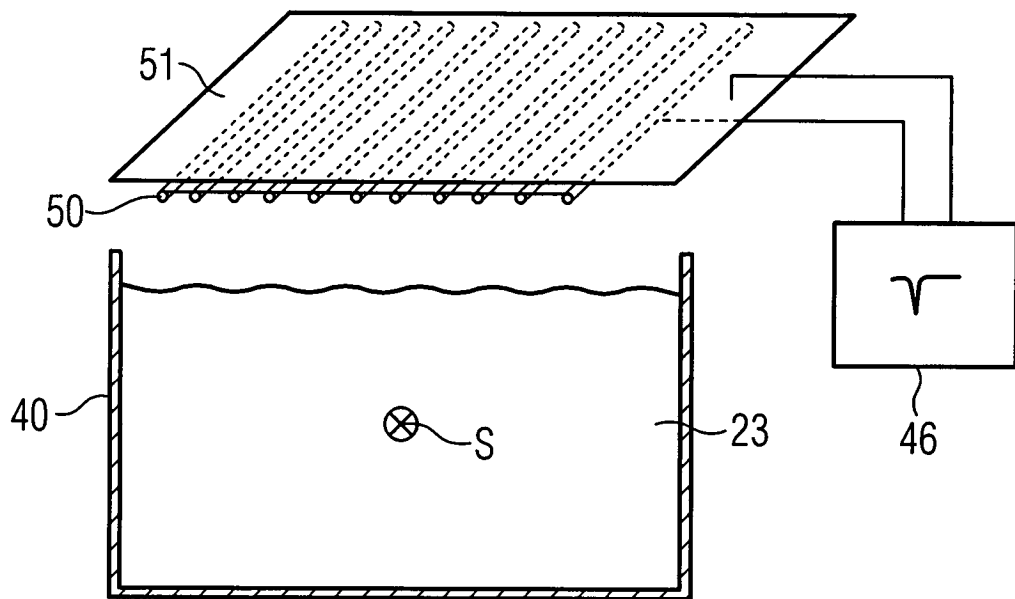


FIG 14

