



(10) **DE 10 2011 083 052 A1** 2013.03.21

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 083 052.9**

(22) Anmeldetag: **20.09.2011**

(43) Offenlegungstag: **21.03.2013**

(51) Int Cl.: **G01N 27/22 (2011.01)**

(71) Anmelder:
Hauni Maschinenbau AG, 21033, Hamburg, DE

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Seemann & Partner, 20095,
Hamburg, DE**

(72) Erfinder:
**Schröder, Dierk, Dr., 22399, Hamburg, DE;
Schreiber, Peter, 21465, Reinbek, DE; Khan,
Rafael, 22041, Hamburg, DE**

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

DE 10 2004 063 228	B4
DE 000002428567	A1
DE 25 00 299	A1
DE 10 95 525	A
DE 18 06 746	U

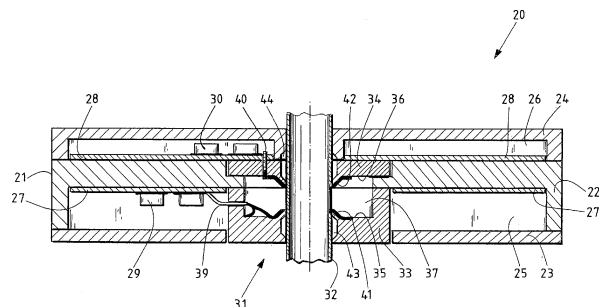
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Kapazitive HF-Strangmessvorrichtung und Messverfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (20), insbesondere zur kapazitiven Bestimmung wenigstens einer Eigenschaft eines Materialstrangs oder mehrerer Materialstränge der Tabak verarbeitenden Industrie, umfassend ein Gehäuse (21) mit wenigstens einem Messkondensator (31), der durch einen Materialstrang durchsetzbar ist und der mit einem HF-Spannungssignal beaufschlagbar ist. Die Erfindung betrifft weiter eine entsprechende Maschine (1) der Tabak verarbeitenden Industrie sowie ein Messverfahren zur kapazitiven Bestimmung wenigstens einer Eigenschaft eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie, der durch einen Messkondensator (31) gefördert wird, der an einem ersten Anschluss mit einem ersten HF-Spannungssignal einer Frequenz f aus einer ersten HF-Spannungsquelle (50) beaufschlagt wird.

Die erfindungsgemäße kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (20) zeichnet sich dadurch aus, dass eine oder mehrere genauigkeitsbestimmende elektronische Komponenten (29, 30) im Gehäuse (21) angeordnet sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine kapazitive HF-Strangmessvorrichtung, insbesondere zur kapazitiven Bestimmung wenigstens einer Eigenschaft eines Materialstrangs oder mehrerer Materialstränge der Tabak verarbeitenden Industrie, umfassend ein Gehäuse mit wenigstens einem Messkondensator, der durch einen Materialstrang durchsetzbar ist und der mit einem HF-Spannungssignal beaufschlagbar ist, eine entsprechende Maschine der Tabak verarbeitenden Industrie sowie ein Messverfahren zur kapazitiven Bestimmung wenigstens einer Eigenschaft eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie, der durch wenigstens einen Messkondensator gefördert wird, der an einem ersten Anschluss mit einem ersten HF-Spannungssignal einer Frequenz f aus einer ersten HF-Spannungsquelle beaufschlagt wird.

[0002] Die Erfindung betrifft insbesondere das Gebiet der Strangbildung und Strangverarbeitung in der Tabak verarbeitenden Industrie, also die Erzeugung von Zigarettensträngen und Filtersträngen in Strangmaschinen. Beispielsweise wird ein Zigarettenstrang erzeugt, indem zunächst Tabak auf einen Strangförderer aufgeschauert wird, der Tabakstrang mit einem Umhüllungspapierstreifen umhüllt wird und anschließend von dem Tabakstrang Zigaretten mehrfacher Gebrauchslänge abgelängt werden. Das Bilden des Tabak- oder Filterstrangs und das anschließende Schneiden bzw. Ablängen des Strangs erfolgt mit hoher Geschwindigkeit. Typisch sind bei heutigen Zigaretten- und Filterherstellungsmaschinen Stranggeschwindigkeiten von 10 m/s, wobei bei 100 mm Abschnittslänge ein Schnitttakt von 100 pro Sekunde folgt.

[0003] Die Qualität der Zigaretten hängt vom Zustand des Tabaks im Zigarettenstrang ab. Aus diesem Grund ist vorgesehen, die Feuchtigkeit und die Dichte des Tabaks im Zigarettenstrang zu messen und insbesondere die Dichte zu regeln. Weiterhin wird im Falle von plötzlichen und kurzzeitigen Signalschwankungen auf das Vorhandensein von Fremdkörpern geschlossen, wobei die entsprechenden Strangabschnitte nachfolgend ausgesondert werden.

[0004] Dies geschieht in modernen Zigarettenherstellungsmaschinen mit der Hilfe von Mikrowellenmesseinrichtungen, die wenigstens ein Mikrowellen-Resonatorgehäuse aufweisen, durch das der Tabakstrang hindurchgeführt wird.

[0005] Auch die Messung von Strangeigenschaften bei deutlich niedrigeren Frequenzen ist bekannt. So ist aus DE 10 2004 063 228 B4 eine Messvorrichtung zur Bestimmung einer dielektrischen Eigenschaft, insbesondere der Feuchte und/oder Dich-

te, eines Produkts, insbesondere von Tabak, Baumwolle oder einem anderen Faserprodukt, mit einem Messkondensator, einer Einrichtung zur Erzeugung eines Hochfrequenzfeldes in dem Messkondensator, das durch ein Produkt, das in einem Messvolumen der Messvorrichtung angeordnet ist, beeinflusst wird, bekannt. Es ist außerdem eine Schaltungseinrichtung umfasst, die zur Bestimmung geeigneter Messgrößen des von dem Produkt beeinflussten Hochfrequenzfeldes eingerichtet ist. Die Schaltungseinrichtung ist bei der verwendeten Messfrequenz des Hochfrequenzfeldes nicht resonant ausgebildet und die Messung beruht auf der Ausbreitung einer laufenden Hochfrequenzwelle in dem Messkondensator. Die Schaltungseinrichtung ist zur Bestimmung zweier wechselseitig unabhängiger, von der Amplitude und der Phase der von dem Produkt beeinflussten Hochfrequenzwelle abhängiger Messgrößen eingerichtet.

[0006] Gemäß diesem Stand der Technik, wie auch in der vorliegenden Erfindung, bedeutet der Begriff „Hochfrequenz“ bzw. „HF“ grundsätzlich, in Abgrenzung vom Mikrowellenbereich, Frequenzen unterhalb von 100 MHz. In der Regel beträgt die Frequenz mehr als 10 kHz, vorzugsweise mehr als 100 kHz. Weiter vorzugsweise beträgt die Frequenz wenigstens 1 MHz, insbesondere für Tabak, weiter vorzugsweise mehr als 5 MHz, da zu niedrigeren Frequenzen hin eine hinreichend genaue Messung nur in einem zunehmend eingeschränkten Messbereich möglich ist.

[0007] Aus DE 10 2004 063 229 B4 ist außerdem eine weitere Messvorrichtung auf der Grundlage eines HF-Messkondensators offenbart, mit der Fremdkörper in einem Produkt, insbesondere in Tabak, Baumwolle oder einem anderen Faserprodukt, erkannt werden.

[0008] Allgemein wird bei einer typischen kapazitiven Messung ein Anschluss des Messkondensators an ein Massepotential angeschlossen. Mit dem anderen Anschluss des Messkondensators wird eine Wechselspannungsquelle verbunden und der Strom gemessen, der über die Messkapazität gegen das Massepotential fließt. Werden auf diese Weise Strom und Spannung an der Messkapazität nach Betrag und Phase bestimmt, können der Betrag der Messkapazität und der Verlustfaktor prinzipiell bestimmt werden. Bei vergleichsweise großen zu messenden Messkapazitäten ist dieses Messverfahren über einen weiten Frequenzbereich gut geeignet.

[0009] Sollen sehr kleine Messkapazitäten, die ca. 1 pF oder weniger betragen, gemessen werden, kommt ein unerwünschter Effekt zum Tragen, der die Messung nach diesem Verfahren ungenau werden lässt. Da sich bei der Anordnung gemäß DE 10 2004 063 228 B4 und DE 10 2004 063 229 B4 Streukapazitäten, die typischerweise in der Größenordnung von einigen pF (Pikofarad) liegen, prinzipiell

nicht vermeiden lassen, wird neben dem Strom, der über die Messkapazität fließt, zusätzlich der Strom gemessen, der über die Streukapazitäten fließt. Da sich diese beiden Ströme nicht sauber trennen lassen, ist eine ungenaue Messung von kleinen Messkapazitäten die Folge. Aufgrund der geometrischen Gegebenheiten am Filter- und Zigarettenstrang beträgt die zu bestimmende Messkapazität deutlich unter 1 pF. Dieser Wert soll zudem sehr hoch aufgelöst werden. Außerdem soll der Verlustfaktor mit hoher Genauigkeit bestimmt werden.

[0010] Um dieses Problem mit den Streukapazitäten zu umgehen, wird der Messkondensator gemäß DE 10 2004 063 228 B4 und DE 10 2004 063 229 B4 in einer Operationsverstärkerschaltung als Differenzier- oder Integrierglied betrieben. Da der eine Anschluss der Messkapazität in dieser Anordnung niederohmig an eine Spannungsquelle angeschlossen ist, der andere Anschluss der Messkapazität aber infolge der Gegenkopplung des Operationsverstärkers virtuell auf Massepotential gehalten wird, können die Einflüsse der Streukapazitäten in diesen Anordnungen deutlich reduziert werden. Mit dieser Schaltung werden derzeit Messkapazitäten herab zu ca. 1 pF und bis zu Frequenzen von ca. 100 KHz gemessen. Außerhalb dieses Bereichs ist die Genauigkeit des darin beschriebenen Verfahrens eingeschränkt.

[0011] Der Erfindung liegt in Anbetracht dieses Standes der Technik die Aufgabe zugrunde, eine kapazitive Strangmessvorrichtung und ein Messverfahren zur Verfügung zu stellen, mit denen eine Messung der Kapazität eines Messkondensators bei Materialsträngen der Tabak verarbeitenden Industrie mit weiter verbesserter Genauigkeit und bei höheren HF-Frequenzen, als dies bislang möglich war, ermöglicht werden.

[0012] Diese Aufgabe wird durch eine kapazitive HF-Strangmessvorrichtung, insbesondere zur kapazitiven Bestimmung wenigstens einer Eigenschaft eines Materialstrangs oder mehrerer Materialstränge der Tabak verarbeitenden Industrie, umfassend ein Gehäuse mit wenigstens einem Messkondensator, der durch einen Materialstrang durchsetzbar ist und der mit einem HF-Spannungssignal beaufschlagbar ist, gelöst, die dadurch weitergebildet ist, dass eine oder mehrere genauigkeitsbestimmende elektronische Komponenten im Gehäuse angeordnet sind.

[0013] Ein Materialstrang der Tabak verarbeitenden Industrie ist im Rahmen der Erfindung insbesondere ein Tabakstrang oder ein Filterstrang. Eine zu bestimmende Eigenschaft eines Materialstrangs ist im Rahmen der Erfindung insbesondere eine Feuchte und/oder Dichte des Materialstrangs und/oder die Masse eines Zusatzstoffes und/oder eine Masse und/oder Position eines in den Materialstrang eingebetteten Elements bzw. Körpers.

[0014] Die Erfindung beruht auf dem Grundgedanken, dass genauigkeitsbestimmende elektronische Komponenten von äußeren Störeinflüssen abgeschirmt werden, indem sie im Gehäuse der kapazitiven HF-Strangmessvorrichtung angeordnet werden. Es wird ein konsequenter Aufbau mit weitgehender Integration der Messkomponenten in das Gehäuse der Strangmessvorrichtung vorgenommen, so dass diese einerseits über sehr kurze Signalwege mit dem Messkondensator verbunden sind und weitere Leitungsverbindungen eingespart werden. Dies kommt der Signalqualität zugute.

[0015] Das HF-Messsystem mit dem Messkondensator und den Schaltungskomponenten ist außerdem in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht, so dass es gegenüber äußeren Störeinflüssen als Einheit abgeschirmt wird, wenn das Gehäuse metallisch oder metallisiert ist. Außerdem befindet sich die Elektronik mit dem Messkondensator und dem Gehäuse im thermischen Gleichgewicht, so dass die Messsignale auch nicht durch Temperaturunterschiede zwischen Messkondensator und elektronischen Komponenten negativ beeinflusst werden.

[0016] In einer bevorzugten Weiterbildung weist das Gehäuse ein Material mit geringer Temperaturexpansion auf und/oder ist eine Temperaturregeleinrichtung in und/oder am Gehäuse ausgebildet, mittels der die Temperatur des Gehäuses im Wesentlichen auf einem konstanten vorbestimmten oder vorbestimmbaren Wert haltbar ist. Somit werden zusätzlich zu einer passiven oder aktiven Bewahrung der Geometrie des Messkondensators und des Gehäuses durch Auswahl eines Materials mit geringem Temperaturkoeffizienten oder durch aktive Temperaturregelung weitere Maßnahmen zur Stabilisierung der Messung umgesetzt und werden Einflüsse ausgeschaltet, die die Stabilität negativ beeinflussen können und deshalb zu einer Beeinträchtigung der Messgenauigkeit führen würden. Dies betrifft auch die im Gehäuse angeordneten elektronischen Komponenten, die ebenfalls andernfalls externen Störeinflüssen ausgesetzt sind.

[0017] Mit der Temperaturregelung bzw. der Auswahl von Materialien mit niedrigem Temperaturexpansionskoeffizienten und der Integration der elektronischen Komponenten in das Gehäuse treten mechanische Spannungen bei Temperaturänderungen nicht oder nur noch in geringem Maße auf. Solche Effekte bewirken Setzerscheinungen, die im Laufe des Betriebs der Messeinrichtung zu Genauigkeitseinbußen führen. Durch Kräfte, die beispielsweise durch Schraubverbindungen verursacht werden, treten daher im Laufe der Zeit infolge von Maschinenvibrationen Setzerscheinungen oder Drift auf, die zu einer Lageveränderung der Kondensatorflächen des Messkondensators führen können sowie in der Folge zu einer Änderung der Messkapazität. Außer-

dem dehnen sich infolge der Temperaturdifferenz zwischen der Montage bei Raumtemperatur und dem Betrieb bis zu ca. 65 °C Messkondensator und andere Komponenten um mehrere hundertstel Millimeter unterschiedlich aus, was an den Verbindungsstellen entsprechende mechanische Spannungen zur Folge hat, die ebenfalls zu Setzerscheinungen bzw. Drift führen.

[0018] Insofern elektronische Komponenten im Gehäuse integriert sind und einen anderen Temperaturausdehnungskoeffizienten aufweisen als das Gehäuse selbst, ist die Verbindung dieser Komponenten mit dem Gehäuse vorzugsweise dergestalt, dass unterschiedliche Wärmeausdehnungen durch die Weichheit der Verbindung ausgeglichen werden und nicht zu einer Verspannung und Verformung des Gehäuses selbst führen. Gleichzeitig betrifft eine Temperaturregelung, d. h. eine Konstanthaltung der Temperatur, nicht nur das Gehäuse, sondern auch die Messelektronik, was wiederum eine Konstanz der Arbeitsweise der elektrischen Komponenten sicherstellt und hilft, Drift zu vermeiden.

[0019] Vorzugsweise sind als genauigkeitsbestimmende elektronische Komponenten wenigstens eine HF-Spannungsquelle und/oder eine Operationsverstärkerschaltung und/oder eine Regelvorrichtung und/oder eine Auswertevorrichtung im Gehäuse angeordnet. Somit sind als elektronische Komponenten HF-erzeugende Komponenten und/oder Messkomponenten umfasst.

[0020] Vorteilhafterweise weist das Gehäuse ein oder mehrere voneinander in Bezug auf HF-Streufilter abgeschirmte Kammern auf, in denen jeweils eine oder mehrere genauigkeitsbestimmende elektronische Messkomponenten angeordnet sind. Dadurch wird in den Kammern eine gegenseitige Beeinflussung verschiedener elektronischer Komponenten weitgehend unterdrückt. So wird die mit der Streuung einhergehende negative Beeinflussung der Messgenauigkeit dadurch erheblich unterdrückt, dass die primären Messschaltungskomponenten in einer Kammer bzw. in jeweils einzelnen Kammern untergebracht sind, die die Störung von Schaltungskomponenten in benachbarten Kammern weitgehend verhindern. So wird vorzugsweise beispielsweise die Einheit, mit der HF-Spannungen generiert werden, von den Messeinheiten und Auswerteeinheiten in getrennten Kammern abgeschirmt.

[0021] Wenn vorzugsweise das Gehäuse einen Grundkörper und einen oder mehrere Deckel umfasst, die zu dem Gehäuse zusammensetzbar sind, wobei insbesondere die Kammer oder die Kammern als Aussparungen im Grundkörper und/oder in dem Deckel oder den Deckeln ausgebildet sind, ist eine einfach herzustellende und kompakte Bauweise des Gehäuses verwirklicht. Der Grundkörper und der

oder die Deckel sind auf einfache Weise herstellbar und miteinander verbindbar.

[0022] Ebenfalls vorzugsweise ist die Kammer oder sind die Kammern als Aussparungen im Grundkörper und/oder in dem oder den Deckeln ausgebildet, wobei zwischen den Kammern und/oder zwischen der Kammer und dem Messkondensator Zwischenwände angeordnet sind. Die Zwischenwände kapseln die einzelnen Kammern und damit die darin angeordneten elektronischen Komponenten voneinander ab und verhindern so eine gegenseitige Beeinflussung bzw. ein Übersprechen von Signalen.

[0023] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist eine Kammer vorgesehen, in der insbesondere eine Spannungsversorgung und/oder eine Temperaturregeleinrichtung angeordnet sind. Damit sind weitere Komponenten für den Betrieb und die Versorgung sowohl der HF-Strangmessvorrichtung als auch der Spannungsquelle und der Messkomponenten in die erfindungsgemäße HF-Strangmessvorrichtung integriert und bilden eine kompakte Einheit.

[0024] Durch die Kompaktheit der Messvorrichtung werden lange Signallaufwege, Kabelverbindungen, zusätzliche Verbindungsstellen und weitere Schwachstellen im Signalverlauf eingespart, so dass durch die Einsparung an Kontaktstellen die Signalqualität und die Messqualität erhöht wird.

[0025] Vorteilhafterweise sind im Grundkörper oder im ersten Deckel zwei oder mehr Ebenen von Kammern angeordnet. Dies dient einer weiteren Kompaktifizierung der Vorrichtung. Es ist auch möglich, Kammern in verschiedenen Ebenen im Grundkörper und im ersten Deckel anzuordnen. So ist es beispielsweise erfindungsgemäß umfasst, in einer Kammer in einer Ebene im ersten Deckel einen Teil einer Auswerteelektronik anzuordnen, während in einer weiteren Kammer, die in einer weiteren Ebene im ersten Deckel oder im Grundkörper darüber einen weiteren Teil der Mess- und gegebenenfalls auch der Auswerteelektronik anzuordnen. Es ist hierbei ausdrücklich erfindungsgemäß umfasst, dass die mehreren Ebenen von Kammern nur im Grundkörper, nur im ersten Deckel oder auf den Grundkörper und den ersten Deckel verteilt angeordnet sind.

[0026] Vorteilhafterweise weisen der Grundkörper und der erste Deckel, insbesondere auch die Abdeckung, insbesondere auch der zweite Deckel, ein oder mehrere Materialien mit im Wesentlichen gleicher, insbesondere geringer, Temperatureausdehnung auf, wobei insbesondere ein Temperatureausdehnungskoeffizient des oder der Materialien einen Wert von $25 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ nicht übersteigt, insbesondere im Wesentlichen kleiner ist als $2,0 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$, insbesondere kleiner als $0,1 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$. Das Material Invar hat beispielsweise einen Temperatureausdehnungskoeffizienten

enten von etwa $2,0 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$. Die Glaskeramik Zerodur® hat einen Temperatureausdehnungskoeffizienten von weniger als $0,1 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$. Bei Verwendung eines nichtleitenden Kunststoffmaterials, glaskeramischen Materials oder keramischen Materials sind die Wandflächen innerhalb des Gehäuses und der Kammern mit einer metallischen Schicht, beispielsweise Gold, überzogen, um die Ausbreitung von HF-Strahlung nach außerhalb des Kondensators bzw. der Kammern zu verhindern.

[0027] Wegen ihrer guten spanenden Bearbeitungsmöglichkeiten werden auch Aluminium und einige wärmebeständige Kunststoffe mit einem relativ geringen Temperatureausdehnungskoeffizienten, wie beispielsweise Polyetheretherketon (PEEK) oder Polybenzimidazol (PBI) als bevorzugtes Material für das Gehäuse vorgeschlagen. Aluminium hat beispielsweise einen Temperatureausdehnungskoeffizienten von $23,8 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$, für PEEK werden von den Herstellern Werte von $17 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ bis $25 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ angegeben. Auch PBI hat einen vergleichbaren Temperatureausdehnungskoeffizienten von $25 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$. Eine Kombination der genannten Werkstoffe Aluminium, PEEK und PBI ist für bestimmte Anwendungsfälle aufgrund der sehr ähnlichen Temperatureausdehnungskoeffizienten ebenfalls vorteilhaft, beispielsweise bei einer gegebenenfalls notwendigen Kombination von leitenden und nichtleitenden Materialien.

[0028] Eine weitere Verbesserung der Temperaturkonstanz ist gegeben, wenn das Gehäuse ein gut wärmeleitendes Material aufweist oder von einem gut wärmeleitenden Material umgeben ist. Ein gut wärmeleitendes Material ist beispielsweise Aluminium. Das gut wärmeleitende Material dient der Übertragung und dem Ausgleich von Wärme bzw. der Temperatur des Gehäuses und der darin aufgenommenen elektronischen Komponenten. Andererseits ist beispielsweise Zerodur® ein schlecht wärmeleitfähiges Material, so dass ein aus Zerodur® hergestelltes Gehäuse für einen Temperatureausgleich ein gut wärmeleitendes Material beinhalten oder davon umgeben sein kann.

[0029] Um Verformungen des Gehäuses, auch aufgrund externer Einflüsse, zu minimieren, ist das Gehäuse im Wesentlichen an mechanisch weichen Verbindungselementen, insbesondere Schrauben, Bolzen oder Stehbolzen, aufgehängt, die thermische und/oder mechanische Verspannungen aufnehmen.

[0030] Vorzugsweise weist ein Schutzrohr aus einem nichtleitenden Material, insbesondere Kunststoff, insbesondere PEEK, durch den der Materialstrang durch den Messkondensator führbar ist, innerhalb der Messzone und/oder im Gehäuse eine geringe Wandstärke auf als außerhalb des Gehäuses und/oder ist im Gehäuse enger toleriert als außerhalb des Gehäuses. Ein solches Schutzrohr wird

auch als Tubus bezeichnet. Für die Verwendung von PEEK spricht neben seiner Eigenschaft als Nichtleiter auch die hohe Temperaturbeständigkeit. Da das Schutzrohr mit dem Tabakstrang oder Filterstrang während deren Herstellung in Berührung kommen kann, spricht für die Verwendung von PEEK ferner, dass dieser Kunststoff in einigen Varianten der Richtlinie der Europäischen Union für Kunststoffe mit Lebensmittelkontakt und den entsprechenden Vorgaben der U.S. FDA (US-amerikanische Food and Drug Administration) entspricht.

[0031] Da auch über den Tubus unzulässige Kräfte auf das Gehäuse übertragen werden können, ist vorzugsweise außerhalb des Gehäuses ein langes Stück des Tubus vorgesehen, das weit toleriert ist, so dass die Kräfte, die sich auf diesem Stück infolge von geringen Lageverschiebungen ergeben können, minimal sind. Die im Gehäuseinneren bzw. in der Messzone verringerte Wandstärke des Tubus erhöht die Empfindlichkeit der Mikrowellenmessung in diesem Bereich.

[0032] Der Aufbau des erfindungsgemäßen Systems erlaubt den Einsatz sowohl in Einstrangmaschinen als auch in Zweistrangmaschinen oder Mehrstrangmaschinen, so dass nur noch ein Typ von HF-Strangmessvorrichtung für alle Maschinentypen benötigt wird. Hierbei werden die Abmessungen, insbesondere die Strangabstände einer Zweistrangmaschine berücksichtigt.

[0033] Der Aufbau des erfindungsgemäßen Systems erlaubt zudem in vorteilhafter Weise den Einsatz als so genanntes Zweifrequenzen-Tandemsystem. Hierbei werden je Materialstrang zwei im Wesentlichen baugleiche Systeme, insbesondere unmittelbar, hintereinander angeordnet, wobei die beiden Systeme bei abweichenden Frequenzen betrieben werden. Die Abweichung beträgt insbesondere einen Faktor 10 oder mehr.

[0034] Somit entsteht eine bauraumsparende und kostensparende Lösung, um verschiedene Mess- und/oder Prüfaufgaben zeitgleich oder nahezu zeitgleich zu lösen, beispielsweise Dichte-, Masse- und/oder Feuchtemessung des Materialstrangs, Bestimmung der Masse eines gleichmäßig verteilten eingebundenen flüssigen oder festen Zusatzstoffes und/oder die Erkennung von Fremdkörpern und/oder von in den Materialstrang systematisch eingebrachten Pellets oder Kapseln hinsichtlich der Position, insbesondere bei gleichzeitiger Bestimmung der lokalen Masse beispielsweise der Pellets oder Kapseln.

[0035] Durch den neuen erfindungsgemäßen Aufbau wird im Vergleich zum Stand der Technik eine höhere Systemstabilität erreicht. Hierdurch müssen Korrekturen der Messkalibrierung sowie Reparaturen seltener durchgeführt werden. Außerdem wird die

Messgenauigkeit verbessert. Durch die höhere Stabilität und die selteneren Ausfälle werden die Betreuungskosten reduziert. Durch eine Standardisierung werden außerdem Konstruktions- und Serienbetreuungskosten reduziert.

[0036] Die strangweise Trennung der erfindungsgemäßen Systeme und der interne Aufbau verhindern nachhaltig eine gegenseitige Signalbeeinflussung zwischen den Systemen beider Materialstränge.

[0037] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird in einer Alternative oder Weiterbildung von eigenständigem erfinderischen Rang auch durch eine kapazitive HF-Strangmessvorrichtung, insbesondere zur kapazitiven Bestimmung wenigstens einer Eigenschaft eines Materialstrangs oder mehrerer Materialstränge der Tabak verarbeitenden Industrie, umfassend ein Gehäuse mit wenigstens einem Messkondensator, der durch einen Materialstrang durchsetzbar ist und der mit einem HF-Spannungssignal beaufschlagbar ist, insbesondere wie vorstehend beschrieben, dadurch gelöst, dass der Messkondensator zwei einander gegenüberliegende, insbesondere kreisringförmige, Kondensatorflächen aufweist, die jeweils zentrale Durchtrittsöffnungen für einen Materialstrang aufweisen, wobei wenigstens eine der beiden Kondensatorflächen in einem ringförmigen Bereich um die Durchtrittsöffnung herum in einen umlaufenden und radial nach innen überstehenden Kragen mündet oder als ein in einem ringförmigen Bereich um die Durchtrittsöffnung herum umlaufender und radial nach innen überstehender Kragen ausgebildet ist, dessen innere Öffnung eine Durchtrittsöffnung für den Materialstrang bildet und der eine von dem Zwischenraum zwischen den Kondensatorflächen abgewandte Rückseite aufweist, an der sich der Innendurchmesser des Gehäuses gegenüber dem Durchmesser der Durchtrittsöffnung unter Bildung einer ringförmigen Hinterdrehung öffnet.

[0038] Diese erfindungsgemäße Lösung beruht auf dem Grundgedanken, dass durch die Verwendung eines umlaufenden und radial nach innen überstehenden Kragens sowie der Hinterdrehung hinter dem Kragen anstelle der zuvor verwendeten rohrförmigen Erstreckung eine gezielte Beeinflussung der Feldgeometrie im Bereich des Materialstrangs erfolgt, wodurch das Feld tiefer und stärker gebündelt als bisher in den Materialstrang eindringt. Unter einer Hinterdrehung wird im Rahmen der Erfindung ein ringförmiger Hohlraum um den Materialstrang im Kondensatorgehäuse verstanden.

[0039] Der Kragen stellt eine Potentialspitze dar, von dem viele Feldlinien ausgehen. Da der Kragen mit seiner Kante nach innen, also zum Materialstrang hin, gerichtet ist, verlaufen die Feldlinien gebündelt in den Materialstrang hinein und dringen somit auch

tiefer in den Materialstrang ein als dies mit einer rohrförmigen Erstreckung, die parallel zum Materialstrang ausgerichtet ist, möglich ist. Gleichzeitig bündelt die Rückseite des jeweiligen Kragens die zurücklaufenden Feldlinien, so dass die Erstreckung des Hauptteils des elektromagnetischen Wechselfeldes in Längsrichtung des Materialstrangs sehr viel stärker gebündelt ist als dies zuvor der Fall war. Die Rückseite des Kragens zwingt die Feldlinien zurück, so dass sie sich nicht weit in die Durchtrittsöffnungen für den Materialstrang hinein erstrecken können. Vorzugsweise weisen beide Kondensatorflächen entsprechende Kragen auf.

[0040] Der oder die Kragen mit den entsprechenden Hinterdrehungen sorgen gleichzeitig dafür, dass die Eindringtiefe des HF-Strahlungsfeldes in den Materialstrang erhöht wird und dass die Erstreckung des HF-Strahlungsfeldes in Strangrichtung stark begrenzt wird. Damit wird sowohl die Ortsauflösung als auch die Sensitivität für die Strangmasse bzw. für Fremdkörper im Zentrum des Stranges erhöht.

[0041] Erfindungsgemäß wird unter einem nach innen überstehenden Kragen ein Kragen oder eine flächige umlaufende Verlängerung der jeweiligen Kondensatorfläche verstanden, die gegenüber dem weiteren Verlauf des Gehäuses außerhalb des Messkondensators weiter nach innen vorsteht als die Innenwand des weiteren Gehäuses, so dass sich die ringförmige Hinterdrehung jenseits des Kragens ergibt. Die Kondensatorfläche kann auch vollständig als Kragen ausgebildet sein. Auch diese Maßnahme sorgt für eine Bündelung der Feldlinien auf dem Kragen und dafür, dass wenige Feldlinien von der Innenfläche der Hinterdrehung ausgehen.

[0042] Vorzugsweise wird die Hinterdrehung oder werden die Hinterdrehungen in axialer Richtung, also in Strangrichtung, durch einen oder mehrere radial nach innen überstehende Gehäuseabschnitte abgeschlossen. Dies dient einerseits zur verbesserten Verhinderung eines HF-Strahlungsfeldaustritts aus dem Gehäuse und andererseits der mechanischen Stützung des Materialstrangs bzw. eines Schutzrohrs für den Materialstrang. Dabei ist die Hinterdrehung radial nach innen üblicherweise durch ein Schutzrohr abgeschlossen.

[0043] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass der Kragen oder die Kragen eine im Querschnitt gerade oder gebogene ringförmig um die Durchtrittsöffnung herum laufende Fläche bildet oder bilden. Durch die geeignete Wahl der Geometrie des Kragens lassen sich Parameter wie Größe des Kondensatorspaltes, Ausrichtung des Feldes und Begrenzung der Ausbreitung des HF-Strahlungsfeldes in Strangrichtung sehr flexibel festlegen. Eine vorteilhafterweise abgerundete Endkante vereinigt besonders viele Feldlinien, so dass eine starke Bündelung des HF-Strahlungsfeldes

an den abgerundeten Kanten auftritt. Damit werden auch besonders viele Feldlinien in den Materialstrang hineinprojiziert.

[0044] Zwischen der Kondensatorfläche und der Vorderseite des Kragens ist ein Winkel eingeschlossen. Damit ein solcher Kragen in Richtung auf den Materialstrang, also nach innen, übersteht, muss dieser Winkel größer als 90° sein. Ein Winkel von 180° bedeutet, dass der Kragen die Kondensatorfläche fortsetzt. Im Fall, dass der Winkel zwischen 90° und 180° ist, ist der Kondensatorspalt am Ort des Kragens verschmälert. Ein Winkel von 180° ergibt eine maximale Projektion des HF-Wellenfeldes in Zentrum des Materialstrangs hinein. Bei einer bevorzugten Auswahl des Winkels von etwa 135° weisen die Kragen aufeinander zu, so dass eine starke Bündelung des HF-Feldes erreicht wird und verhindert wird, dass das HF-Feld sich in Strangrichtung weiter ausbreitet. Vorzugsweise verlängert der Kragen die Kondensatorfläche oder eine Endfläche oder schließt einen Winkel mit der Kondensatorfläche oder Endfläche von mehr als 90° , insbesondere bis zu 225° , insbesondere zwischen 120° und 150° , ein. Im Falle einer Kondensatorelektrode, bei der nur der Kragen elektrisch leitend ist, ist eine ähnliche Geometrie vorteilhaft, bei der ein entsprechender Winkel gegenüber entweder einer Endfläche oder, um 90° gedreht, gegenüber der Strangrichtung eingestellt ist. In einem Fall, in dem die Kondensatorelektrode nur durch einen Kragen gebildet ist, ersetzt die nicht metallisierte Endfläche die metallisierte Kondensatorfläche.

[0045] Vorzugsweise sind beide Kondensatorflächen mit entsprechenden Kragen und Hinterdrehungen ausgebildet. Die Länge der Hinterdrehungen in Strangrichtung ist vorzugsweise wenigstens so lang wie der Kondensatorspalt. Die Tiefe der Hinterdrehung beträgt vorzugsweise wenigstens ein Zehntel, ferner vorzugsweise wenigstens ein Fünftel oder mehr der Länge des Kondensatorspalts. Diese Werte stellen sicher, dass das HF-Feld sich im Kondensatorspalt bündelt und nicht wesentlich in Strangrichtung aus dem Messkondensator austritt.

[0046] In einer vorteilhaften Weiterbildung verläuft ein Schutzrohr für den Materialstrang durch die Durchtrittsöffnungen und den Messkondensator, wobei die Wandstärke des Schutzrohrs auf den durch den Messkondensator verlaufenden Abschnitt geringer ist als außerhalb des Messkondensators. Dies betrifft insbesondere den Abschnitt des Schutzrohrs, der zwischen den Kragenkanten, also im Kondensatorspalt, verläuft. Das Schutzrohr besteht vorzugsweise aus einem nichtleitenden Material mit kleiner Dielektrizitätskonstante und geringem Verlustfaktor, wie beispielsweise PEEK, das insbesondere für HF-Strahlung weitgehend transparent ist. Dies wird dadurch gefördert, dass im Bereich des Kondensatorspaltes die Wandstärke reduziert ist.

[0047] Bei der zuvor beschriebenen HF-Strangmessvorrichtung mit kompakter Bauweise und/oder mit Kragen versehenen Kondensatorflächen bzw. Kondensatorelektroden ist vorzugsweise vorgesehen, dass wenigstens eine Kondensatorelektrode einen Träger oder ein Trägersubstrat aus nichtleitendem Material aufweist, insbesondere aus Kunststoff oder Keramiksubstrat, dessen Kondensatorfläche metallisiert ist. Die Träger sind auf dem, insbesondere metallischen, Grundkörper vorzugsweise angeordnet. Der Grundkörper bzw. das Gehäuse weisen entsprechende Aufnahmen für die Kondensatorelektroden auf, mit denen die nichtleitenden Träger und damit die Kondensatorflächen in genauer definierten Positionen angeordnet und gehalten werden. Die Metallisierung besteht vorzugsweise aus einer Schicht eines Metalls, das hinreichend gut leitend und vorzugsweise korrosionsbeständig ist. Die Leitfähigkeit sollte insbesondere mehr als 15 S/m betragen.

[0048] Entsprechende nichtleitende bzw. nichtmetallische Trägermaterialien sind im Rahmen der Erfindung insbesondere Keramik oder wärmebeständige Kunststoffe mit einem relativ geringen Temperaturausdehnungskoeffizienten wie PEEK oder PBI oder andere geeignete Kunststoffe. Der Begriff der metallisierten Kondensatoroberfläche ist in diesem Zusammenhang weit gefasst zu verstehen und umfasst im Rahmen der Erfindung sowohl eine aufgedampfte Metallschicht als auch eine geklebte folienartige Beschichtung als auch insbesondere beispielsweise einen kreisförmigen, formschlüssig eingebetteten Metallring. Ein solcher, insbesondere konischer, Metallring kann an einen Kragen anschließen oder selbst den Kragen bilden.

[0049] Ein Anschluss einer Kondensatorfläche ist vorzugsweise durch den nichtmetallischen Träger oder das Trägersubstrat der Kondensatorelektrode geführt. Unter dem Begriff des Trägers der Kondensatorelektrode wird ebenfalls ein Trägersubstrat verstanden.

[0050] In einer alternativen Ausgestaltung ist ebenfalls vorzugsweise ein Teil der Außenfläche des Trägers oder des Trägersubstrats, der nicht Teil der Kondensatorfläche ist, zur Verbindung mit einem Massepotential wenigstens teilweise metallisiert, wobei eine oder mehrere weitere Flächen zur Durchführung eines Anschlusses oder zur Trennung der Kondensatorfläche von dem auf Massepotential zu legenden oder gelegten Teil der Außenfläche von der Metallisierung freigehalten ist oder sind. Die Metallisierung und das Anlegen von Massepotential an der restlichen Fläche des Trägers bzw. Substrates dienen der Abschirmung. Der Kontakt der metallisierten weiteren Fläche des Trägers bzw. des Substrats mit dem Grundkörper bzw. dem Gehäuse bringt diese Komponenten auf ein gemeinsames Massepotential. Wenn

die Deckel vorzugsweise metallisch oder metallisch ausgekleidet sind, ist das Gehäuse insgesamt gegen Störeinflüsse von außen abgeschirmt.

[0051] In einer vorteilhaften Ausbildung ist eine Kondensatorfläche einer Kondensatorelektrode als Kragen ausgebildet, der in oder auf einem Träger oder Trägersubstrat gehalten ist und von einem nichtleitenden Bereich des Trägers umgeben ist. In diesem Fall wird die Kondensatorfläche des Messkondensators im Wesentlichen, bis auf Zuleitungen, ausschließlich vom Kragen gebildet, wobei angrenzende Flächen des Trägers oder Trägersubstrats nicht metallisiert sind. Die elektrische Zuführung kann in Form einer oder mehrerer Speichen radial von außen ausgebildet sein oder den Träger und/oder das Substrat durchdringen. Ein solcher Kragen kann als konischer Ring ausgebildet sein und im Träger formschlüssig eingebettet sein.

[0052] Um den Betrieb in einer Zweistrangmaschine mit wenigen Zentimeter voneinander beabstandeten Materialsträngen zu ermöglichen, ist vorzugsweise vorgesehen, dass der Abstand der Mittelachse des Schutzrohres bzw. der Durchtrittsöffnung zu wenigstens einer parallel verlaufenden Seitenwand des Gehäuses weniger als 24 mm, insbesondere weniger als 20 mm, beträgt.

[0053] In einer alternativen Ausbildung oder Weiterbildung von eigenständigem Rang wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe auch durch eine kapazitive HF-Strangmessvorrichtung zur kapazitiven Bestimmung wenigstens einer Eigenschaft eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie gelöst, mit einem Messkondensator, durch den der Materialstrang förderbar ist und der mit einem HF-Spannungssignal beaufschlagt oder beaufschlagbar ist, insbesondere erfindungsgemäß wie vorstehend beschrieben, wobei ein erster Anschluss des Messkondensators mit einer ersten HF-Spannungsquelle verbunden ist, die zur Erzeugung eines HF-Spannungssignals der Frequenz f ausgebildet ist, die dadurch weitergebildet ist, dass ein zweiter Anschluss des Messkondensators, insbesondere über einen Widerstand, mit einer zweiten HF-Spannungsquelle verbunden ist, die zur Erzeugung eines HF-Spannungssignals der Frequenz f ausgebildet ist, wobei die zweite HF-Spannungsquelle mit der ersten HF-Spannungsquelle bezüglich Frequenz und Phasenlage synchronisiert ist, wobei der zweite Anschluss des Messkondensators mit einem Eingang eines Verstärkers verbunden ist, wobei ein Ausgang des Verstärkers mit einem Eingang einer Regelvorrichtung verbunden ist, die ausgebildet ist, die erste HF-Spannungsquelle und/oder die zweite HF-Spannungsquelle in Amplitude und Phase des ersten HF-Spannungssignals und/oder des zweiten HF-Spannungssignals so zu steuern, dass der zweite Anschluss des Messkondensators virtuell auf Mas-

sepotential bzw. auf virtueller Masse gehalten wird. Diese erfindungsgemäße Ausbildung kann mit den zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Ausbildungen der HF-Strangmessvorrichtung kombiniert sein oder werden.

[0054] Die Grundidee hierbei ist, dass der zweite Anschluss des Messkondensators wiederum auf einer virtuellen Masse gehalten wird, wodurch die Einflüsse von Streukapazitäten unterdrückt werden, da diese die HF-Spannungsquellen belasten, sich jedoch nicht auf die Messkapazität auswirken. Anders als im Stand der Technik gemäß DE 10 2004 063 228 B4 und DE 10 2004 063 229 B4 wird der Verstärker oder Operationsverstärker jedoch nicht in einer Integrier- oder Differenzierschaltung betrieben, sondern in einer Beschaltung als Nulldetektor, indem sein Ausgang einer Regelvorrichtung zugeführt wird, die eine der HF-Spannungsquellen oder beide HF-Spannungsquellen derart in Amplitude und/oder Phase regelt, dass der zweite Anschluss des Messkondensators auf der virtuellen Masse gehalten wird. Die Regelparameter aus der Regelvorrichtung dienen in diesem Fall zur Bestimmung der gewünschten Messgrößen des Messkondensators und damit des Materialstrangs.

[0055] Vorzugsweise weist die Regelvorrichtung oder eine Auswertevorrichtung einen oder mehrere Analog-Digital-Wandler auf, dem oder denen zur Messung der jeweiligen HF-Spannung das erste HF-Spannungssignal und/oder das zweite HF-Spannungssignal zugeführt wird oder werden. Somit erfolgt eine weitere Bestimmung von Messgrößen direkt anhand der digitalisierten Spannungssignale, zusätzlich zu der indirekten Messung über die Regelparameter.

[0056] Vorzugsweise ist oder sind die Regelvorrichtung und/oder eine, insbesondere nachgeordnete, Auswertevorrichtung ausgebildet, aus einer momentanen Phase und einer momentanen Amplitude des ersten HF-Spannungssignals und/oder des zweiten HF-Spannungssignals eine momentane Messkapazität und/oder einen momentanen Verlustfaktor des vom Materialstrang durchsetzten Messkondensators und/oder wenigstens eine Eigenschaft des Materialstrangs zu ermitteln.

[0057] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auch durch eine Maschine der Tabak verarbeitenden Industrie, insbesondere Strangmaschine zur Herstellung wenigstens eines Tabakstrangs oder Filterstrangs, mit wenigstens einer erfindungsgemäßen, vorstehend beschriebenen, kapazitiven HF-Strangmessvorrichtung gelöst.

[0058] Vorzugsweise weist die Maschine wenigstens zwei kapazitive HF-Strangmessvorrichtungen auf, wobei die HF-Strangmessvorrichtungen unmit-

telbar hintereinander angeordnet sind und die Durchtrittsöffnungen der HF-Strangmessvorrichtungen für den Materialstrang fluchtend zueinander ausgerichtet sind, wobei die Betriebsfrequenzen der beiden HF-Strangmessvorrichtungen voneinander abweichen, insbesondere um wenigstens einen Faktor 10, oder wobei die HF-Strangmessvorrichtungen im Wesentlichen unmittelbar nebeneinander angeordnet sind und die Durchtrittsöffnungen der HF-Strangmessvorrichtungen für zwei Materialstränge parallel zueinander ausgerichtet sind und in einer, insbesondere horizontalen, Ebene angeordnet sind, wobei insbesondere die wenigstens zwei HF-Strangmessvorrichtungen mit derselben Frequenz betrieben werden. So werden an einem Materialstrang unabhängig voneinander gleichartige Messungen bei verschiedenen HF-Frequenzen ermöglicht, oder es werden Messungen an Zweistrangmaschinen ermöglicht.

[0059] Vorteilhafterweise ist die Maschine zur Herstellung von zwei Materialsträngen ausgebildet und weist vier kapazitive HF-Strangmessvorrichtungen auf, wobei an jedem Materialstrang jeweils zwei HF-Strangmessvorrichtungen unmittelbar hintereinander angeordnet sind und die Durchtrittsöffnungen der HF-Strangmessvorrichtungen für den jeweiligen Materialstrang fluchtend zueinander ausgerichtet sind, wobei jeweils die Betriebsfrequenzen der beiden HF-Strangmessvorrichtungen an jeweils einem Materialstrang voneinander abweichen, insbesondere um wenigstens einen Faktor 10.

[0060] Weiter wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe durch ein Messverfahren zur kapazitiven Bestimmung wenigstens einer Eigenschaft eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie, gelöst, der durch wenigstens einen Messkondensator gefördert wird, der an einem ersten Anschluss mit einem ersten HF-Spannungssignal einer Frequenz f aus einer ersten HF-Spannungsquelle beaufschlagt wird, das dadurch weitergebildet ist, dass ein zweiter Anschluss des Messkondensators, insbesondere über einen Widerstand, mit einem zweiten HF-Spannungssignal der Frequenz f aus einer zweiten HF-Spannungsquelle beaufschlagt wird, wobei die zweite HF-Spannungsquelle mit der ersten HF-Spannungsquelle bezüglich Frequenz und Phasenlage der erzeugten HF-Spannungssignale synchronisiert sind, wobei der zweite Anschluss des Messkondensators mit einem Eingang eines Verstärkers verbunden ist, wobei ein Ausgangssignal des Verstärkers einer Regelvorrichtung zugeführt wird, mittels der die erste HF-Spannungsquelle und/oder die zweite HF-Spannungsquelle in Amplitude und Phase des ersten HF-Spannungssignals und/oder des zweiten HF-Spannungssignals so gesteuert wird, dass der zweite Anschluss des Messkondensators virtuell auf Massepotential gehalten wird.

[0061] Bei den zu messenden Eigenschaften handelt es sich insbesondere um eine Feuchte, Dichte und/oder Masse des Strangmaterials, um eine Feuchte, Dichte und/oder Masse eines Zusatzstoffes und/oder eine Masse und/oder Position von im Strang eingebetteten Elementen. Im Strang eingebettete Elemente können Fremdkörper sein, die zu einem Ausschuss von Strangabschnitten oder daraus abgelängten Materialstäben führen, oder Elemente, die dem Materialstrang im Herstellungsprozess hinzugefügt worden sind. Das Strangmaterial ist ein Tabakstrang oder ein Filterstrang.

[0062] Wie zuvor beschrieben nutzt das Messverfahren einen Verstärker, insbesondere einen Operationsverstärker, insbesondere Präzisionsverstärker, dazu, den zweiten Anschluss des Messkondensators auf eine virtuelle Masse zu legen und in der Art eines Nullkomparators oder Nulldetektors zu beschalten bzw. zu betreiben, dessen Ausgang anzeigt, ob der zweite Anschluss des Messkondensators auf dem Massepotential liegt oder nicht. Die Regelung der HF-Spannungsquelle und/oder HF-Spannungsquellen erfolgt so, dass dieser zweite Anschluss des Messkondensators auf dem Massepotential, das heißt auf virtueller Masse, gehalten wird.

[0063] Dieses Messverfahren ist im Wesentlichen unabhängig von der HF-Frequenz f zuverlässig betreibbar. Im Rahmen der Geschwindigkeit dieses Regelkreises sind Änderungen der Regelparameter auf Änderungen der dielektrischen Eigenschaften des Materialstrangs zurückzuführen, während Beiträge von Streukapazitäten herausfallen. Auf diese Weise ist es möglich, Kapazitätsänderungen des Messkondensators, der vom Materialstrang durchsetzt ist, von deutlich unterhalb einem pF zu bestimmen, bis herunter zu einem Zehntel pF oder weniger. Dies ist auch möglich bei HF-Frequenzen von 5 MHz bis 10 MHz oder darüber.

[0064] In einer vorteilhaften Weiterbildung werden die erste HF-Spannung und/oder die zweite HF-Spannung mit einem oder mehreren Analog-Digital-Wandlern gemessen und/oder erfasst. Hierdurch wird die Messung erweitert und somit direkter und robuster.

[0065] Weiter vorzugsweise wird oder werden aus einer momentanen Phase und einer momentanen Amplitude des ersten HF-Spannungssignals und/oder des zweiten HF-Spannungssignals eine momentane Messkapazität und/oder ein momentaner Verlustfaktor des vom Materialstrang durchsetzten Messkondensators und/oder wenigstens eine Eigenschaft des Materialstrangs ermittelt.

[0066] Vorzugsweise ist oder sind das erste HF-Spannungssignal und/oder das zweite HF-Spannungssignal der Frequenz f ein spektral reines sinus-

förmiges Signal oder spektral reine sinusförmige Signale. Entsprechend sind die HF-Spannungsquellen zur Erzeugung spektral reiner Signale ausgebildet.

[0067] In einer bevorzugten Weiterbildung wird zur kapazitiven Bestimmung von wenigstens zwei Eigenschaften eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie der Materialstrang durch zwei erfindungsgemäße oben beschriebene kapazitive HF-Strangmessvorrichtungen gefördert, wobei die Frequenzen der in den beiden HF-Strangmessvorrichtungen verwendeten HF-Spannungssignale voneinander abweichen, insbesondere um wenigstens einen Faktor 10.

[0068] Ebenfalls vorzugsweise werden zur kapazitiven Bestimmung von wenigstens jeweils einer Eigenschaft zwei Materialstränge durch jeweils eine erfindungsgemäße, oben beschriebene kapazitive HF-Strangmessvorrichtung gefördert, wobei die Frequenzen der in den beiden HF-Strangmessvorrichtungen verwendeten HF-Spannungssignale im Wesentlichen gleich sind, wobei insbesondere die zu bestimmende Eigenschaft der beiden Materialstränge im Wesentlichen simultan oder gleichzeitig ermittelt werden.

[0069] Mit den erfindungsgemäßen HF-Strangmessvorrichtungen bzw. der erfindungsgemäßen HF-Strangmessvorrichtung, der Maschine und dem Messverfahren gemäß der Erfindung ist es möglich, mit sehr hoher Präzision auch bei höheren HF-Frequenzen Eigenschaften eines mit hoher Geschwindigkeit geförderten Materialstrangs zu erfassen, wobei die zu den einzelnen Erfindungsgegenständen genannten Merkmale, Vorteile und Eigenschaften allein oder in Kombination miteinander auch für die weiteren Erfindungsgegenstände gelten. Verschiedene Merkmale, die allein bereits die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe lösen, sind vorteilhafterweise auch in Kombination miteinander zu bringen.

[0070] Weitere Merkmale der Erfindung werden aus der Beschreibung erfindungsgemäßer Ausführungsformen zusammen mit den Ansprüchen und den beigefügten Zeichnungen ersichtlich. Erfindungsgemäße Ausführungsformen können einzelne Merkmale oder eine Kombination mehrerer Merkmale erfüllen.

[0071] Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, wobei bezüglich aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich auf die Zeichnungen verwiesen wird. Es zeigen:

[0072] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung einer Zigarettenherstellungsmaschine des Typs „PROTOS“ der Anmelderin,

[0073] [Fig. 2](#) eine schematische Querschnittsdarstellung durch eine erfindungsgemäße kapazitive HF-Strangmessvorrichtung,

[0074] [Fig. 3](#) eine schematische Detaildarstellung eines Keramiks substrats mit Kondensatorfläche,

[0075] [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung eines weiteren Keramiks substrats mit Kondensatorfläche,

[0076] [Fig. 5](#) eine schematische Detaildarstellung eines Keramiks substrats mit einem Kragen als Kondensatorfläche,

[0077] [Fig. 6](#) eine schematische Darstellung eines weiteren Keramiks substrats mit einem Kragen als Kondensatorfläche,

[0078] [Fig. 7](#) eine schematische Schaltungsanordnung einer erfindungsgemäßen HF-Strangmessvorrichtung,

[0079] [Fig. 8](#) eine weitere schematische Schaltungsanordnung einer erfindungsgemäßen HF-Strangmessvorrichtung und

[0080] [Fig. 9](#) eine weitere schematische Schaltungsanordnung einer erfindungsgemäßen HF-Strangmessvorrichtung.

[0081] In den Zeichnungen sind jeweils gleiche oder gleichartige Elemente und/oder Teile mit denselben Bezugsziffern versehen, so dass von einer erneuten Vorstellung jeweils abgesehen wird.

[0082] In [Fig. 1](#) ist eine Zigarettenherstellungsmaschine des Typs „PROTOS“ aus dem Hause der Anmelderin schematisch dargestellt, die in einer „L-förmigen“ Konfiguration aus einer Zweistrangmaschine **2** und einer Filteransetzmaschine **3** zusammengesetzt ist. In [Fig. 1](#) ist die Maschine **1** mit geschlossenen Verdeckblechen dargestellt, Einzelheiten sind der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt.

[0083] Im Folgenden werden einige Stationen der Zigarettenherstellung übersichtsmäßig vorgestellt. Der Herstellungsprozess zweier endloser Tabakstränge beginnt in der Zweistrangmaschine **2** in einer zweisträngigen Verteilereinheit **4** mit einem Vorverteiler **5**, der unter anderem einen Steilförderer und zwei Stauschächte sowie weitere bekannte Komponenten umfasst. Darin wird loses Tabakmaterial zu einem ersten und einem parallel verlaufenden zweiten Strangförderer **6** gefördert und von unten auf die Strangförderer aufgeschauert, so dass sich zwei Tabakstränge ausbilden, die mittels Saugluft an den Strangförderern **6** gehalten werden. An den Strangförderern **6** hängend wird das Tabakmaterial in Richtung auf eine erste und eine zweite Formateinheit **8** gefördert. Dort werden die noch offenen Tabakstränge jeweils

in einer Umhüllungspapiereinheit **7** mit Umhüllungspapierstreifen umwickelt, die an einer Längskante beleimt werden. Anschließend werden die Tabakstränge in den beiden Formateinheiten **8** zu zwei endlosen geschlossenen Tabaksträngen mit rundem Querschnitt geformt und die Verleimung der Umhüllungspapierstreifen verfestigt.

[0084] Nach der Formung der Tabakstränge werden diese durch eine Messvorrichtung **9** mit einer oder mehreren Messeinheiten zur Messung von Eigenschaften des jeweiligen Tabakstrangs geführt. So wird etwa das Umhüllungspapier optisch inspiziert und die Strangfeuchte und -dichte gemessen. Die Steuerung der Zweistrangmaschine **2** erfolgt von einer Steuerkonsole **11** aus.

[0085] Ausgangs der Zweistrangmaschine **2** befindet sich eine Messer- und Übergabeeinheit **10**, in der die Stränge in einzelne Tabakstöcke mehrfacher Gebrauchslänge abgelängt werden, die einzelnen Tabakstöcke von einer längsaxialen in eine queraxiale Förderung umgelenkt werden und in die Filteransatzmaschine **3** überführt werden. Die Filteransatzmaschine **3** weist unter anderem auch eine Belagpapiereinheit **12** auf, von der Belagpapier abgezogen, geschnitten und beleimt wird. Nachfolgend werden die einzelnen Belagpapierblättchen in vorgesehenen Bereichen um die Tabakstöcke und Doppelfilterstopfen gewickelt, die dadurch miteinander verbunden werden. Abschließend werden die so produzierten Doppelzigaretten mittig geschnitten und einzeln abgefördert.

[0086] In [Fig. 2](#) ist eine erfindungsgemäße kapazitive HF-Strangmessvorrichtung **20** schematisch im Querschnitt dargestellt. Die Strangmessvorrichtung **20** weist ein Gehäuse **21** auf, das aus mehreren Komponenten, nämlich einem Grundkörper **22**, einem ersten Deckel **23** und einem zweiten Deckel **24** aufgebaut ist. Der Grundkörper **22** schließt mit dem ersten Deckel **23** eine Kammer **25** ein, in der Messelektronik angeordnet ist. Hierzu ist auf dem Grundkörper **22** eine Platine **27** angeordnet, auf der elektronische Bauteile **29**, beispielsweise einer HF-Spannungsquelle, angeordnet sind. Diese elektronischen Komponenten sind in der Kammer **25** vor externen Einflüssen geschützt. Die Grundkörper **22** und die Deckel **23**, **24** sind metallisch oder metallisiert ausgeführt.

[0087] Auf der gegenüberliegenden Seite schließt der zweite Deckel **24** mit dem Grundkörper **22** eine weitere Kammer **26** ein, die ebenfalls eine Platine **28** mit elektronischen Komponenten **30** aufweist, beispielsweise eine Mess- und Auswerteelektronik, ggf. auch eine Regelelektronik.

[0088] Im Zentrum des Gehäuses **21** ist ein Messkondensator **31** angeordnet, der zentral von einem Schutzrohr **32** eines Materialstrangs der Ta-

bak verarbeitenden Industrie, beispielsweise eines Filterstrangs oder Tabakstrangs durchsetzt ist. Der Messkondensator **31** weist zwei metallisierte Träger **33**, **34** auf, die jeweils eine ringförmige Kondensatorfläche **35**, **36** aufweisen, zwischen denen ein ringförmiger Kondensatorspalt **37** angeordnet ist. Die Träger **33**, **34** bestehen aus einem nichtleitenden Material. Bevorzugt sind dies Keramik oder Kunststoff, beispielsweise PEEK.

[0089] Die Kondensatorflächen **35**, **36** sind als Metallisierungen der Träger **33**, **34** ausgebildet. Durch die jeweiligen Träger **33**, **34** verlaufen Anschlussleitungen **39**, **40** zu den elektronischen Bauteilen **29**, **30** auf den Platinen **27**, **28** in den Kammern **25**, **26**.

[0090] Im radial nach innen weisenden Teil der ringförmigen Kondensatorflächen **35**, **36** gehen die Kondensatorflächen **35**, **36** in ringförmige Krage **41**, **42** über, die schräg gestellt und umlaufend ausgebildet sind. Diese Krage **41**, **42** weisen in [Fig. 2](#) abgerundete Kanten auf, so dass die Krage **41**, **42** wie Antennen wirken und Feldlinien in den Materialstrang hinein projizieren. Dies sorgt für eine verbesserte Durchdringung des Materialstrangs mit dem HF-Feld.

[0091] Außerhalb des Messkondensators **31** bzw. des Kondensatorspalts **37** schließen sich an die Krage **41**, **42** Hinterdrehungen **43**, **44** an, also ringförmige Hohlräume, die dafür sorgen, dass das elektrische Feld bzw. die elektrischen Feldlinien des HF-Feldes sich auf den Krage **41**, **42** jeweils konzentrieren. Dadurch wird eine Begrenzung des Feldes in Strangrichtung bewirkt, so dass die Ortsauflösung der Messung verbessert wird. Gleichzeitig wird durch die Projektion des HF-Feldes in den Materialstrang hinein durch die Anordnung der Krage **41**, **42** die Durchdringung des Materialstrangs verbessert, wodurch die Masse, Feuchte und das Vorhandensein von Fremdkörpern auch in der Mitte des Materialstrangs verbessert wird.

[0092] In [Fig. 3](#) ist der im Wesentlichen kreisförmige Träger **34** mit der Kondensatorfläche **36** im Detail dargestellt. Die mittlere Darstellung zeigt einen Querschnitt durch den Träger **34**, wobei an der Oberseite die Rückseite **34b** und an der Unterseite die Vorderseite **34a** mit der Kondensatorfläche **36** dargestellt ist. Ebenfalls ist in diesem Querschnitt der umlaufende Krage **42** sichtbar. Zentral weist der Träger **34** eine Durchtrittsöffnung **340** für den Materialstrang auf. Ebenfalls ist in dem Querschnitt die durchgeführte Anschlussleitung **40** erkennbar.

[0093] Im oberen Teil der [Fig. 3](#) ist eine Draufsicht auf die Rückseite **34b** im Ausschnitt gezeigt. Ein Großteil der Fläche der Rückseite **34b** ist als metallisierte Fläche **341** ausgebildet, wobei diese Fläche in zusammengebautem Zustand mit Masse verbunden ist. Innen schließt sich zunächst der ringförmige Krage **42** und dann die Durchtrittsöffnung **340** an. Auch

der Kragen **42** ist als metallisierte Fläche **341** ausgebildet. In der rechten Hälfte befindet sich in dem gezeigten Schnitt auch die Anschlussleitung **40**, um die herum ein Bereich als nicht-metallisierte Fläche **342** ausgebildet ist, so dass die auf Masse gelegte restliche Fläche **341** nicht leitend mit der Anschlussleitung **40** verbunden ist.

[0094] Im unteren Bereich von [Fig. 3](#) ist die Vorderseite **34a** des Trägers **34** im Ausschnitt gezeigt. Von innen nach außen weist diese zunächst die Durchtrittsöffnung **340** für einen Materialstrang auf, an den sich der Kragen **42**, der auch in diesem Fall als metallisierte Fläche **341** ausgebildet ist, anschließt. An den Kragen **42** schließt sich nach außen hin die Kondensatorfläche **36** an, die ebenfalls metallisiert ist. Es folgt ein nicht-metallisierter Flächenabschnitt **342**, mit dem die äußerste metallisierte Fläche **341** von der Kondensatorfläche **36** getrennt ist. Somit liegen der Kragen **42** und die Kondensatorfläche **36** auf einem anderen Potential als die restliche Metallisierung des Trägers **34**. Dabei handelt es sich bei der Kondensatorfläche **36** des Trägers **34** gemäß [Fig. 3](#) vorzugsweise um die Kondensatorfläche, die auf virtueller Masse gehalten wird.

[0095] Nur der zentrale Teil des kreisförmigen Trägers **34** mit Kragen **42** und Kondensatorfläche **36** liegt auf dem Potential der virtuellen Masse. Auch der Kragen **42** gehört dabei zur Kondensatorfläche **36**. Zwei ringförmige, nicht metallisierte Bereiche trennen diesen auf virtueller Masse liegenden metallisierten Bereich von dem Abschirmungsbereich, der auf einem echten Massepotential liegt.

[0096] [Fig. 4](#) zeigt schematische Detaildarstellungen des im Wesentlichen kreisförmigen Trägers **33** aus [Fig. 2](#). Ein Querschnitt durch den Träger **33** ist im unteren Teil von [Fig. 4](#) gezeigt, wobei in der linken Hälfte die Außenfläche dargestellt ist und in der rechten Hälfte das Querschnittsprofil gezeigt ist. Die Außenfläche ist größtenteils als metallisierte Fläche **331'**, das auf einem Massepotential liegt, ausgeführt, wobei ein Bereich um die Anschlussleitung **39** herum als nicht-metallisierte Fläche **332** ausgebildet ist, so dass die Anschlussleitung **39** nicht mit der Außenmetallisierung verbunden bzw. von dieser isoliert ist.

[0097] An der Innenseite im Profil ist der Träger **33** im Wesentlichen „L“-förmig. Dabei ist die Innenseite bzw. Vorderseite **33a** zuoberst dargestellt und die Rückseite **33b** an der unteren Seite. In dem Querschnitt ist auch der Kragen **41** deutlich erkennbar sowie die daran sich anschließende Hinterdrehung, die in diesem Fall im Träger **33** ausgebildet ist.

[0098] Im oberen Teil von [Fig. 4](#) ist eine Draufsicht auf die Vorderseite **33a** des Trägers **33** gezeigt.

[0099] Wie sowohl der oberen als auch der unteren Ansicht in [Fig. 4](#) zu entnehmen ist, weist der Träger **33** von innen nach außen fortschreitend zunächst eine Durchtrittsöffnung **330** für einen Materialstrang auf, an den sich zunächst der ringförmige Kragen **41** anschließt, der sowohl an seiner Vorderseite als auch an seiner Rückseite als metallisierte Fläche **331** ausgebildet ist. An den Kragen **41** schließt sich die Kondensatorfläche **35** an, die ebenfalls metallisiert ist. Auch der Kragen **41** bildet einen Teil der Kondensatorfläche **35**. Zu äußerst schließt sich dann in der Draufsicht die Oberfläche des Randes an, die ebenfalls metallisiert ist. Bei der Kondensatorfläche **35** handelt es sich vorzugsweise um diejenige, die mit einem HF-Spannungssignal beaufschlagt wird.

[0100] Im Querschnitt im unteren Teil von [Fig. 4](#) sind in Strangrichtung verschiedene Zonen zu unterscheiden. An die metallisierten Flächen **331** des Trägers **41** und der Kondensatorfläche **35** schließt sich in Richtung auf die Hinterdrehung eine Grundfläche der Hinterdrehung **43** an, die als nicht metallisierte Fläche **332** ausgebildet ist. Von hier gehen somit überhaupt keine elektrischen Feldlinien aus. Unterhalb der Hinterdrehung **43** schließt sich dann ein auf Masse liegender metallisierter Bereich **331'** an, der sich auch an der Rückseite **33b** fortsetzt, ebenso wie an der Außenseite.

[0101] An der Kante, an der die Kondensatorfläche **35** in eine Wand übergeht, setzt sich die metallisierte Fläche **331** ein wenig fort und endet in einer nicht-metallisierten ringförmigen Fläche **332**, die in [Fig. 4](#), untere Ansicht, nach oben hin in einen auf Masse liegenden metallisierten Teil **331'** übergeht, der mit der Oberseite der Wand verbunden ist und einen Teil der Abschirmung darstellt.

[0102] Im mittleren Teil von [Fig. 4](#) ist außerdem noch ein Detail aus dem oberen und dem unteren Teil der [Fig. 4](#) dargestellt, nämlich eine Draufsicht auf die Innenseite der Wand an der Stelle, wo die Anschlussleitung **39** den Träger **33** durchdringt. An dieser Stelle verläuft im Wesentlichen der nicht metallisierte Bereich **332**, der das Massepotential vom HF-Spannungsbereich mit den metallisierten Flächen **331** bzw. **331'** trennt. Der nicht-metallisierte Bereich **332** beschreibt um die Anschlussleitung **39** einen Bogen, so dass die Anschlussleitung **39** verbunden ist mit der metallisierten Fläche **331**, die mit einem HF-Spannungssignal beaufschlagt wird.

[0103] In den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) sind alternative Ausbildungen eines Trägers **33'** und eines Trägers **34'** dargestellt. Im Unterschied zu den Trägern **33**, **34** gemäß [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) weisen die Träger **33'**, **34'** als Kondensatorflächen **35'**, **36'** jeweils lediglich den jeweiligen Kragen **41'**, **42'** auf. Die Träger **33'**, **34'** sind nicht metallisiert. Die Kragen **41'**, **42'** sind als koni-

sche Ringe ausgebildet, die formschlüssig im Träger **33'**, **34'** eingebettet sind.

[0104] Der Kragen **42'** des Trägers **34'** in [Fig. 5](#) ist vorzugsweise auf virtueller Masse gehalten, der Kragen **41'** des Trägers **33'** in [Fig. 6](#) wird vorzugsweise mit einem HF-Spannungssignal beaufschlagt.

[0105] In [Fig. 5](#) ist außerdem zu sehen, dass eine Anschlussleitung **40'** von der Rückseite **34b'** zur Vorderseite **34a'** des Trägers **34'** geführt wird und dort mit dem Kragen **42'** verbunden ist. In gleicher Weise ist in [Fig. 6](#) eine Anschlussleitung **39'** von der Rückseite **33b'** des Trägers **33'** zur Vorderseite **33a'** geführt und dort mit dem Kragen **41'** verbunden. Der Träger **33'** bildet hinter dem Kragen **41'** eine Hinterdrehung **43** aus, die als nicht metallisierte Fläche **332** ausgebildet ist. Teile der Träger **33'**, **34'** können allerdings, ähnlich wie in [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigt, metallisiert sein, um durch Anlegen eines Massepotentials eine Abschirmung zu erzeugen.

[0106] Die in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) gezeigte Variante konzentriert das HF-Feld des Messkondensators wesentlich im Bereich des durch den Messkondensator geführten Materialstrangs.

[0107] In den [Fig. 7](#) bis [Fig. 9](#) sind erfindungsgemäße Schaltanordnungen für eine kapazitive HF-Strangmessvorrichtung, insbesondere gemäß [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#), dargestellt, die sich in wesentlichen Punkten gleichen.

[0108] In [Fig. 7](#) ist ein erstes Prinzip der Schaltungsanordnung gezeigt. Der Messkondensator **31** ist an einem ersten Anschluss mit der ersten HF-Spannungsquelle **50** verbunden. Eine Streukapazität **53** ergibt sich bei dieser Leitung gegenüber der Masse. Der zweite Anschluss des Messkondensators **31**, an dem ebenfalls über die entsprechenden Leitungen eine Streukapazität **54** zur Masse hin besteht, ist einerseits über einen Präzisionswiderstand **52** mit einer zweiten HF-Spannungsquelle **51** verbunden und andererseits mit einem Präzisionsverstärker **56** bzw. Präzisionsoperationsverstärker. Der zweite Anschluss des Messkondensators **31** ist mit einem Eingang des Präzisionsverstärkers **56** verbunden, so dass der Ausgang des Verstärkers **56** dann ein verschwindendes Signal ausgibt, wenn das Potential am zweiten Anschluss des Messkondensators **31** auf dem gleichen Potential wie das Massepotential liegt.

[0109] Über ein Eingangssignal **60**, das aus dem Ausgang Verstärkers **56** in eine Regelvorrichtung **57** eingeführt wird, bestimmt die Regelvorrichtung **57** Regelparameter für die HF-Spannungsquelle **51**, die auf diese Weise so gesteuert wird, dass das HF-Signal, das aus dem zweiten Anschluss des Messkondensators **31** hinaustritt, kompensiert wird und somit

dieser zweite Anschluss des Messkondensators **31** auf einer virtuellen Masse **55** verbleibt.

[0110] Die ersten und zweiten HF-Spannungsquellen **50** und **51** sind synchronisiert und generieren beide ein HF-Signal der gleichen Frequenz f , beispielsweise zwischen 5 MHz und 10 MHz, und gleicher Phasenlage.

[0111] Die Anwesenheit des Materialstrangs im Messkondensator **31** führt dazu, dass sich die Messkapazität aufgrund der Dielektrizität des Strangmaterials ändert, insbesondere wenn sich die Masse und/oder Feuchte des Strangmaterials ändert. Eine solche Änderung führt dazu, dass sich das HF-Signal, das durch den Messkondensator **31** hindurchtritt, in Betrag und Phase ändert, so dass es von Betrag und Phase des von der zweiten HF-Signalquelle **51** generierten Signal unterscheidet und das Massepotential verlassen wird. Die Regelschleife regelt Amplitude und Phase der zweiten HF-Spannungsquelle so nach, dass das aus dem Messkondensator **31** austretende Signal wiederum kompensiert wird und auf diese Weise kontinuierlich die virtuelle Masse **55** aufrechterhalten wird. Die dabei angepassten Regelparameter werden verwendet, um die gewünschten Messdaten zu ermitteln und in einer Messdatenausgabe **63** auszugeben.

[0112] Die Schaltungsanordnung gemäß [Fig. 8](#) entspricht im Wesentlichen der aus [Fig. 7](#), wobei gemäß [Fig. 8](#) zusätzlich zu einer Regelung der Phase und/oder Amplitude des HF-Signals aus der zweiten HF-Spannungsquelle **51** auch noch Phase und/oder Amplitude des HF-Spannungssignals aus der ersten HF-Spannungsquelle **50** geregelt wird. Die Regelvorrichtung **57'** ist dazu mit beiden HF-Spannungsquellen **50**, **51** verbunden. In einer beispielhaften Ausführungsform wird dann beispielsweise in der HF-Spannungsquelle **50** nur die Phase und in der HF-Spannungsquelle **51** nur die Amplitude geändert. Auch andere Auswahlen von Regelparametern sind hierbei denkbar. Es kann auch ausschließlich eine Regelung der ersten HF-Spannungsquelle **50** erfolgen.

[0113] In [Fig. 9](#) ist eine weitere Alternative einer Schaltungsanordnung gemäß der Erfindung dargestellt, die sich von der aus [Fig. 7](#) darin unterscheidet, dass die Regelvorrichtung **57'** noch eine Analog-Digital-Wandlereinheit **64** aufweist, die mit Spannungssignalen **65**, **66** von den HF-Spannungsquellen **50**, **51** versorgt wird. Die Analog-Digital-Wandler messen in diesem Fall direkt das jeweilige HF-Signal aus den Generatoren, so dass sich eine zusätzliche direkte Messung ergibt, die die Messung weiter beschleunigt und verbessert. Auch in diesem Fall kann, analog zu [Fig. 8](#), eine Regelung der ersten HF-Spannungsquelle **50** zusätzlich oder alternativ erfolgen.

[0114] Alle genannten Merkmale, auch die den Zeichnungen allein zu entnehmenden sowie auch einzelne Merkmale, die in Kombination mit anderen Merkmalen offenbart sind, werden allein und in Kombination als erfindungswesentlich angesehen. Erfindungsgemäße Ausführungsformen können durch einzelne Merkmale oder eine Kombination mehrerer Merkmale erfüllt sein.

Bezugszeichenliste

1	Maschine
2	Zweistrangmaschine
3	Filteransetzmaschine
4	Verteilereinheit
5	Vorverteiler
6	Strangförderer
7	Umhüllungspapierereinheit
8	Formateinheit
9	Messvorrichtung
10	Messer- und Übergabeeinheit
11	Steuerkonsole
12	Belagpapierereinheit
20	kapazitive HF-Strangmessvorrichtung
21	Gehäuse
22	Grundkörper
23	erster Deckel
24	zweiter Deckel
25, 26	Kammer
27, 28	Platine
29, 30	elektronische Bauteile
31	Messkondensator
32	Schutzrohr
33, 33'	Träger
33a, 33a'	Vorderseite
33b, 33b'	Rückseite
34, 34'	Träger
34a, 34a'	Vorderseite
34b, 34b'	Rückseite
35, 35'	Kondensatorfläche
36, 36'	Kondensatorfläche
37	Kondensatorspalt
39, 39'	Anschlussleitung
40, 40'	Anschlussleitung
41, 41'	Kragen
42, 42'	Kragen
43, 44	Hinterdrehung
50	erste HF-Spannungsquelle
51	zweite HF-Spannungsquelle
52	Präzisionswiderstand
53, 54	Streukapazität
55	virtuelle Masse
56	Präzisionsverstärker
57, 57', 57''	Regelvorrichtung
60	Eingangssignal
61	Steuerleitung
62	Steuerleitung
63	Messdatenausgabe

64
65
66
330
331
331'
332
340
341
342

Analog-Digitalwandlereinheit
Spannungssignal
Spannungssignal
Durchtrittsöffnung
metallisierte Fläche
metallisierte Fläche auf Massepotential
nicht metallisierte Fläche
Durchtrittsöffnung
metallisierte Fläche
nicht metallisierte Fläche

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102004063228 B4 [[0005](#), [0009](#), [0010](#), [0054](#)]
- DE 102004063229 B4 [[0007](#), [0009](#), [0010](#), [0054](#)]

Patentansprüche

1. Kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (20), insbesondere zur kapazitiven Bestimmung wenigstens einer Eigenschaft eines Materialstrangs oder mehrerer Materialstränge der Tabak verarbeitenden Industrie, umfassend ein Gehäuse (21) mit wenigstens einem Messkondensator (31), der durch einen Materialstrang durchsetzbar ist und der mit einem HF-Spannungssignal beaufschlagbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine oder mehrere genauigkeitsbestimmende elektronische Komponenten (29, 30) im Gehäuse (21) angeordnet sind.

2. Kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (20) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (21) ein Material mit geringer Temperaturexpansion aufweist und/oder eine Temperaturregeleinrichtung in und/oder am Gehäuse (21) ausgebildet ist, mittels der die Temperatur des Gehäuses (21) im Wesentlichen auf einem konstanten vorbestimmten oder vorbestimmbaren Wert haltbar ist.

3. Kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (20) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (21) eine oder mehrere Kammern (25, 26) aufweist, in denen jeweils eine oder mehrere genauigkeitsbestimmende elektronische Messkomponenten (29, 30) angeordnet sind, insbesondere einer oder mehrere HF-Spannungsquellen, Auswertungsschaltungen und/oder Regelungsschaltungen.

4. Kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (21) einen Grundkörper (22) und einen oder mehrere Deckel (23, 24) umfasst, die zu dem Gehäuse (21) zusammensetzbar sind, wobei insbesondere die Kammer (25, 26) oder die Kammern (25, 26) als Aussparungen im Grundkörper (22) und/oder in dem Deckel (23, 24) oder den Deckeln (23, 24) ausgebildet sind.

5. Kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (20), insbesondere zur kapazitiven Bestimmung wenigstens einer Eigenschaft eines Materialstrangs oder mehrerer Materialstränge der Tabak verarbeitenden Industrie, umfassend ein Gehäuse (21) mit wenigstens einem Messkondensator (31), der durch einen Materialstrang durchsetzbar ist und der mit einem HF-Spannungssignal beaufschlagbar ist, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Messkondensator (31) zwei einander gegenüberliegende, insbesondere kreisringförmige, Kondensatorflächen (35, 35', 36, 36') aufweist, die jeweils zentrale Durchtrittsöffnungen (330, 340) für einen Materialstrang aufweisen, wobei wenigstens eine der beiden Kondensatorflächen (35, 35', 36, 36') in einem ringförmigen Bereich um die Durchtrittsöffnung (330, 340) herum in einen umlaufenden und radial nach innen überstehenden Kragen (41, 42) mün-

det oder als ein in einem ringförmigen Bereich um die Durchtrittsöffnung (330, 340) herum umlaufender und radial nach innen überstehender Kragen (41', 42') ausgebildet ist, dessen innere Öffnung eine Durchtrittsöffnung (330, 340) für den Materialstrang bildet und der eine von dem Zwischenraum (37) zwischen den Kondensatorflächen abgewandte Rückseite aufweist, an der sich der Innendurchmesser des Gehäuses (21) gegenüber dem Durchmesser der Durchtrittsöffnung unter Bildung einer ringförmigen Hinterdrehung (43, 44) öffnet.

6. Kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (20) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Hinterdrehung (43, 44) oder Hinterdrehungen (43, 44) in axialer Richtung durch einen oder mehrere radial nach innen überstehende Gehäuseabschnitte abgeschlossen wird oder werden.

7. Kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (20) nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Kragen (41, 41', 42, 42') eine im Querschnitt gerade oder gebogene ringförmig um die Durchtrittsöffnung (330, 340) herum laufende Fläche mit einer, insbesondere abgerundeten Endkante, bildet, wobei insbesondere der Kragen (41, 41', 42, 42') die Kondensatorfläche (35, 36) oder eine Endfläche (33a', 34a') verlängert oder einen Winkel mit der Kondensatorfläche (35, 36) oder Endfläche (33a', 34a') von mehr als 90°, insbesondere bis zu 225°, insbesondere zwischen 120° und 150°, einschließt.

8. Kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Kondensatorelektrode einen Träger (33, 33', 34, 34') oder ein Trägersubstrat aus nichtleitendem Material aufweist, insbesondere aus Kunststoff oder Keramiksubstrat, insbesondere aus PEEK oder PBI, dessen Kondensatorfläche metallisiert ist, insbesondere mit einer aufgedampften Metallschicht, einer geklebten folienartigen Beschichtung oder einem kreisförmigen, formschlüssig eingebetteten Metallring.

9. Kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (20) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Anschluss (39, 34', 40, 40') einer Kondensatorfläche (35, 35', 36, 36') durch den Träger (33, 33', 34, 34') oder das Trägersubstrat geführt ist.

10. Kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (20) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der Außenfläche (331, 331', 341) des Trägers (33, 33', 34, 34') oder des Trägersubstrats, der nicht Teil der Kondensatorfläche ist, zur Verbindung mit einem Massepotential wenigstens teilweise metallisiert ist, wobei eine oder mehrere weitere Flächen (332, 342) zur Durchführung eines Anschlusses (39, 39', 40, 40') oder zur Trennung der Kondensatorfläche (35, 35', 36, 36') von dem auf Massepoten-

tial zu legenden oder gelegten Teil der Außenfläche (**331**, **331'**, **341**) von der Metallisierung freigehalten ist oder sind.

11. Kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (**20**) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kondensatorfläche (**35'**, **36'**) einer Kondensatorelektrode als Kragen (**41'**, **42'**) ausgebildet ist, der in oder auf einem Träger (**33'**, **34'**) oder Trägersubstrat gehalten ist und von einem nichtleitenden Bereich des Trägers (**33'**, **34'**) umgeben ist.

12. Kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (**20**) zur kapazitiven Bestimmung wenigstens einer Eigenschaft eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie, mit einem Messkondensator (**31**), durch den der Materialstrang förderbar ist und der mit einem HF-Spannungssignal beaufschlagt oder beaufschlagbar ist, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei ein erster Anschluss des Messkondensators (**31**) mit einer ersten HF-Spannungsquelle (**50**) verbunden ist, die zur Erzeugung eines HF-Spannungssignals der Frequenz f ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Anschluss des Messkondensators (**31**), insbesondere über einen Widerstand (**52**), mit einer zweiten HF-Spannungsquelle (**51**) verbunden ist, die zur Erzeugung eines HF-Spannungssignals der Frequenz f ausgebildet ist, wobei die zweite HF-Spannungsquelle (**51**) mit der ersten HF-Spannungsquelle (**50**) bezüglich Frequenz und Phasenlage synchronisiert ist, wobei der zweite Anschluss des Messkondensators (**31**) mit einem Eingang eines Verstärkers (**56**) verbunden ist, wobei ein Ausgang des Verstärkers (**56**) mit einem Eingang einer Regelvorrichtung (**57**, **57'**, **57''**) verbunden ist, die ausgebildet ist, die erste HF-Spannungsquelle (**50**) und/oder die zweite HF-Spannungsquelle (**51**) in Amplitude und Phase des ersten HF-Spannungssignals und/oder des zweiten HF-Spannungssignals so zu steuern, dass der zweite Anschluss des Messkondensators (**31**) virtuell auf Massepotential (**55**) gehalten wird.

13. Kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (**20**) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelvorrichtung (**57''**) oder eine Auswertevorrichtung einen oder mehrere Analog-Digital-Wandler (**64**) aufweist, dem oder denen zur Messung der jeweiligen HF-Spannung das erste HF-Spannungssignal und/oder das zweite HF-Spannungssignal zugeführt wird oder werden.

14. Kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (**20**) nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelvorrichtung (**57**, **57'**, **57''**) und/oder eine, insbesondere nachgeordnete, Auswertevorrichtung ausgebildet ist oder sind, aus einer momentanen Phase und einer momentanen Amplitude des ersten HF-Spannungssignals und/oder des zweiten HF-Spannungssignals eine momentane Messkapa-

zität und/oder einen momentanen Verlustfaktor des vom Materialstrang durchsetzten Messkondensators (**31**) und/oder wenigstens eine Eigenschaft des Materialstrangs zu ermitteln.

15. Maschine (**1**) der Tabak verarbeitenden Industrie, insbesondere Strangmaschine zur Herstellung wenigstens eines Tabakstrangs oder Filterstrangs, mit wenigstens einer kapazitiven HF-Strangmessvorrichtung (**20**) nach einem der Ansprüche 1 bis 14.

16. Maschine (**1**) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine (**1**) wenigstens zwei kapazitive HF-Strangmessvorrichtungen (**20**) aufweist, wobei die HF-Strangmessvorrichtungen (**20**) unmittelbar hintereinander angeordnet sind und die Durchtrittsöffnungen (**330**, **340**) der HF-Strangmessvorrichtungen (**20**) für den Materialstrang fluchtend zueinander ausgerichtet sind, wobei die Betriebsfrequenzen der beiden HF-Strangmessvorrichtungen (**20**) voneinander abweichen, insbesondere um wenigstens einen Faktor 10, oder wobei die HF-Strangmessvorrichtungen (**20**) im Wesentlichen unmittelbar nebeneinander angeordnet sind und die Durchtrittsöffnungen (**330**, **340**) der HF-Strangmessvorrichtungen (**20**) für zwei Materialstränge parallel zueinander ausgerichtet sind und in einer, insbesondere horizontalen, Ebene angeordnet sind, wobei insbesondere die wenigstens zwei HF-Strangmessvorrichtungen (**20**) mit derselben Frequenz betrieben werden.

17. Maschine (**1**) nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine (**1**) zur Herstellung von zwei Materialsträngen ausgebildet ist und vier kapazitive HF-Strangmessvorrichtungen (**20**) aufweist, wobei an jedem Materialstrang jeweils zwei HF-Strangmessvorrichtungen (**20**) unmittelbar hintereinander angeordnet sind und die Durchtrittsöffnungen (**330**, **340'**) der HF-Strangmessvorrichtungen (**20**) für den jeweiligen Materialstrang fluchtend zueinander ausgerichtet sind, wobei jeweils die Betriebsfrequenzen der beiden HF-Strangmessvorrichtungen (**20**) an jeweils einem Materialstrang voneinander abweichen, insbesondere um wenigstens einen Faktor 10.

18. Messverfahren zur kapazitiven Bestimmung wenigstens einer Eigenschaft eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie, der durch wenigstens einen Messkondensator (**31**) gefördert wird, der an einem ersten Anschluss mit einem ersten HF-Spannungssignal einer Frequenz f aus einer ersten HF-Spannungsquelle (**50**) beaufschlagt wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Anschluss des Messkondensators (**31**), insbesondere über einen Widerstand (**52**), mit einem zweiten HF-Spannungssignal der Frequenz f aus einer zweiten HF-Spannungsquelle (**51**) beaufschlagt wird, wobei die zweite HF-Spannungsquelle (**51**) mit der ersten HF-

Spannungsquelle (50) bezüglich Frequenz und Phasenlage der erzeugten HF-Spannungssignale synchronisiert sind, wobei der zweite Anschluss des Messkondensators (31) mit einem Eingang eines Verstärkers (56) verbunden ist, wobei ein Ausgangssignal des Verstärkers (56) einer Regelvorrichtung (57, 57', 57'') zugeführt wird, mittels der die erste HF-Spannungsquelle (50) und/oder die zweite HF-Spannungsquelle (51) in Amplitude und Phase des ersten HF-Spannungssignals und/oder des zweiten HF-Spannungssignals so gesteuert wird, dass der zweite Anschluss des Messkondensators (31) virtuell auf Massepotential (55) gehalten wird.

19. Messverfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass das erste HF-Spannungssignal und/oder das zweite HF-Spannungssignal mit einem oder mehreren Analog-Digital-Wandlern (64) gemessen und/oder erfasst werden.

20. Messverfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass aus einer momentanen Phase und einer momentanen Amplitude des ersten HF-Spannungssignals und/oder des zweiten HF-Spannungssignals eine momentane Messkapazität und/oder ein momentaner Verlustfaktor des vom Materialstrang durchsetzten Messkondensators (31) und/oder wenigstens eine Eigenschaft des Materialstrangs ermittelt wird oder werden.

21. Messverfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass zur kapazitiven Bestimmung von wenigstens zwei Eigenschaften eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie der Materialstrang durch zwei kapazitive HF-Strangmessvorrichtungen (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 14 gefördert wird, wobei die Frequenzen der in den beiden HF-Strangmessvorrichtungen (20) verwendeten HF-Spannungssignale voneinander abweichen, insbesondere um wenigstens einen Faktor 10.

22. Messverfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass zur kapazitiven Bestimmung von wenigstens jeweils einer Eigenschaft zwei Materialstränge durch jeweils eine kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 14 gefördert werden, wobei die Frequenzen der in den beiden HF-Strangmessvorrichtungen (20) verwendeten HF-Spannungssignale im Wesentlichen gleich sind, wobei insbesondere die zu bestimmende Eigenschaft der beiden Materialstränge im Wesentlichen simultan oder gleichzeitig ermittelt werden.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

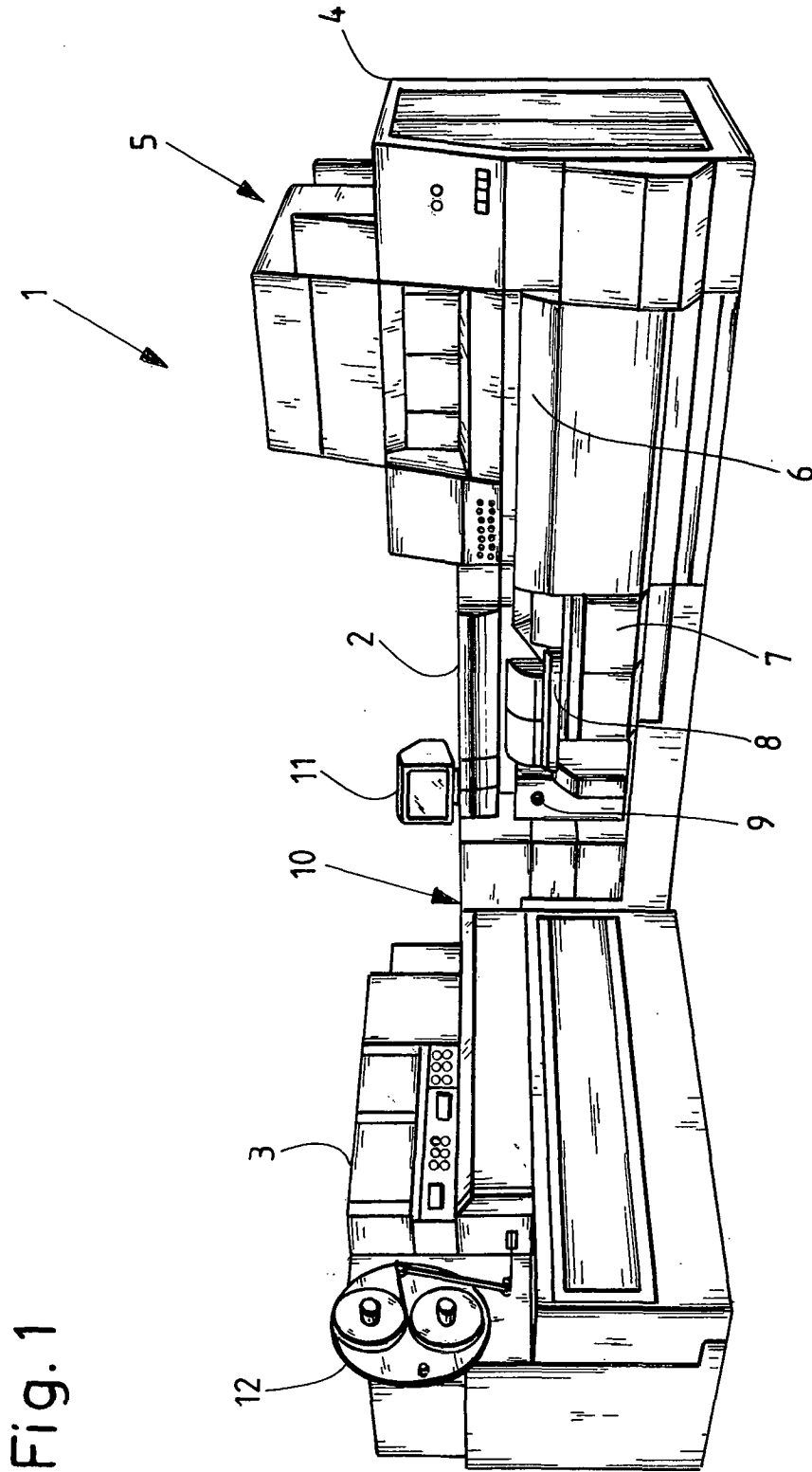


Fig. 1

Fig. 2

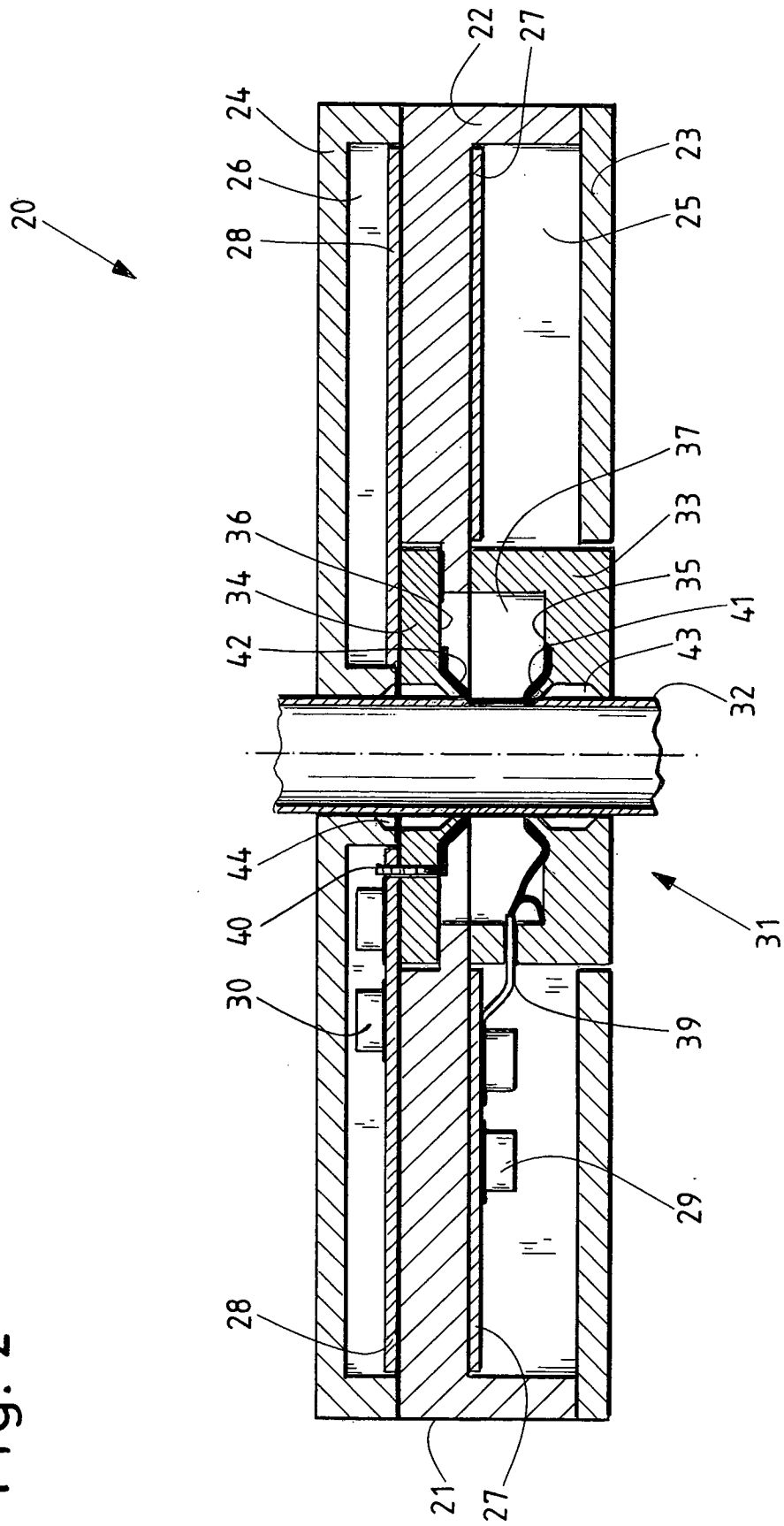


Fig. 3

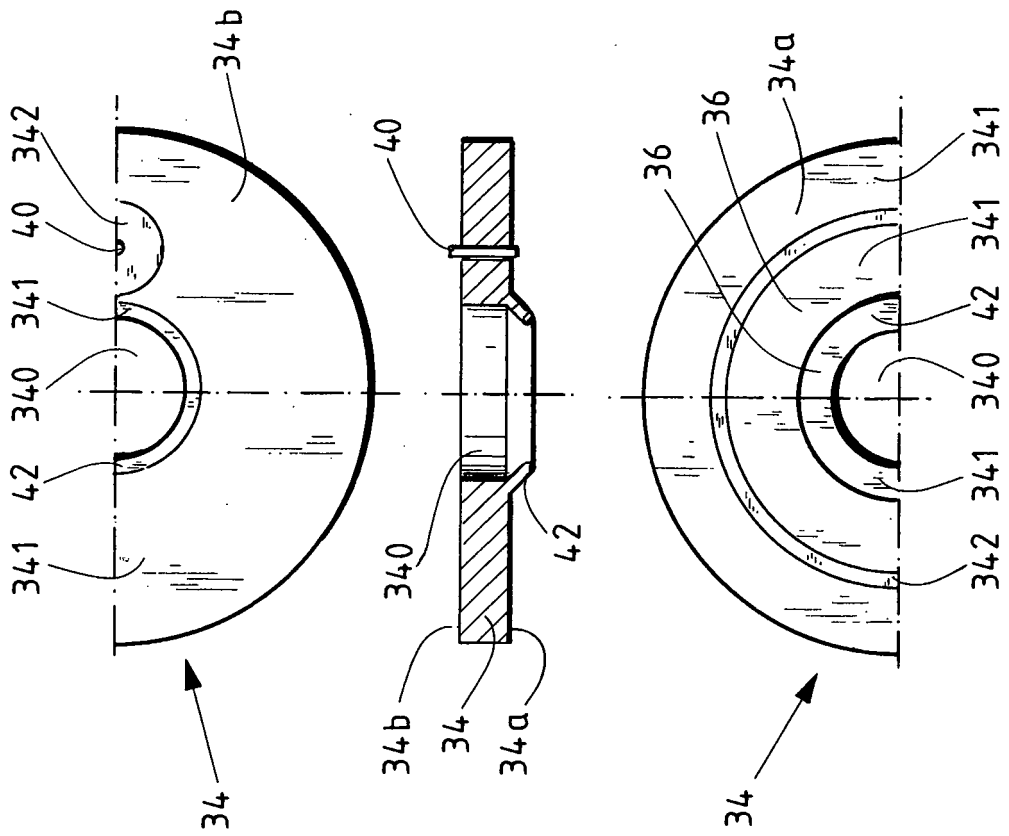


Fig. 4

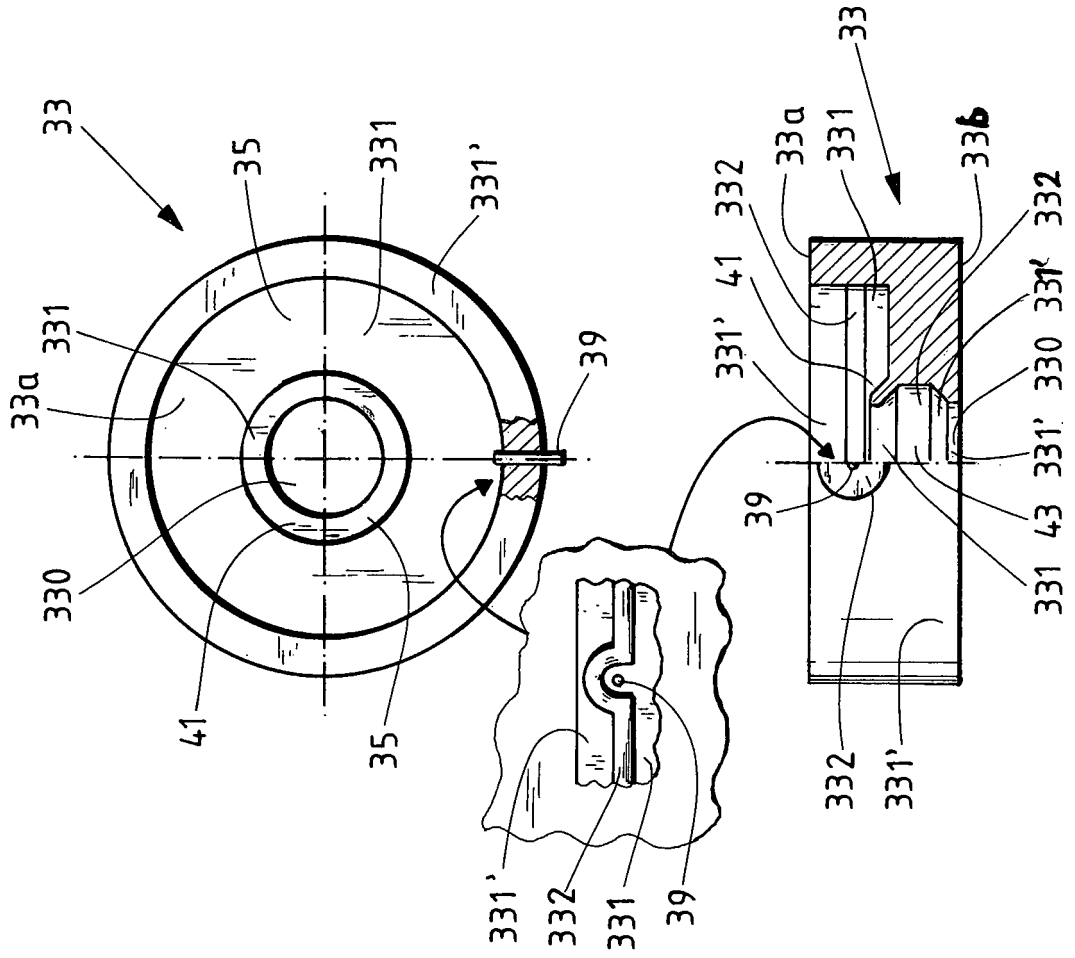


Fig. 5

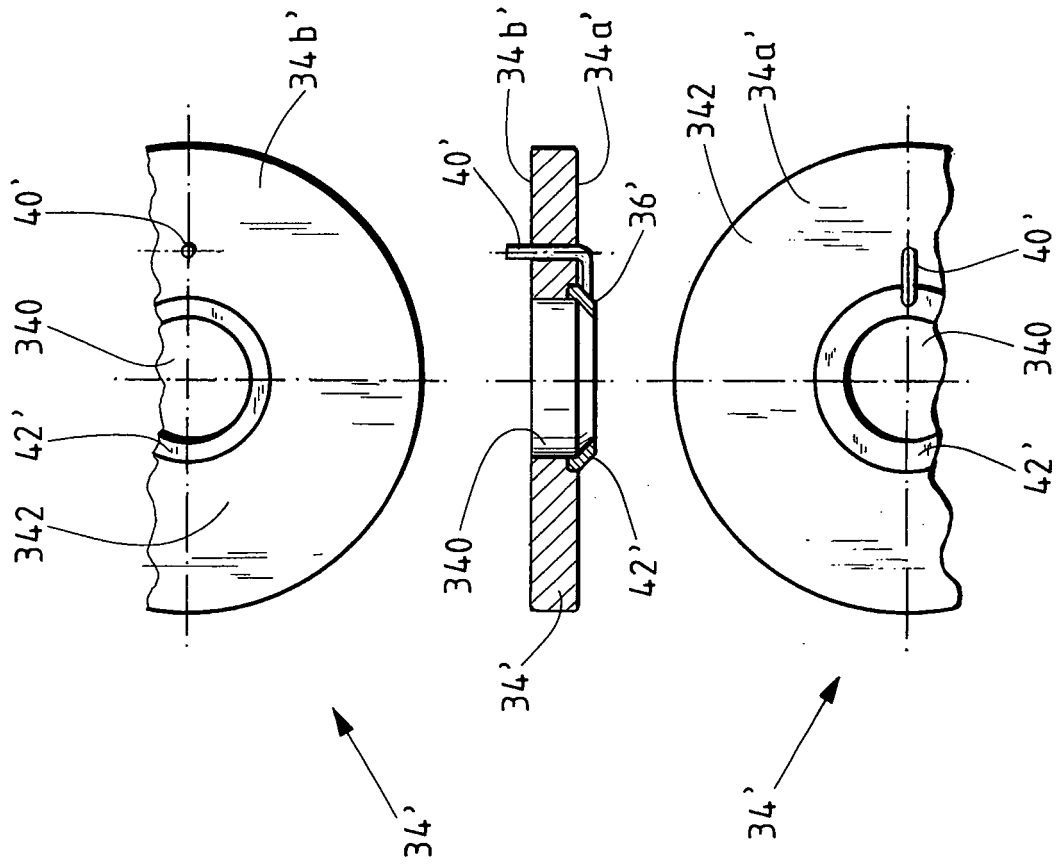


Fig. 6

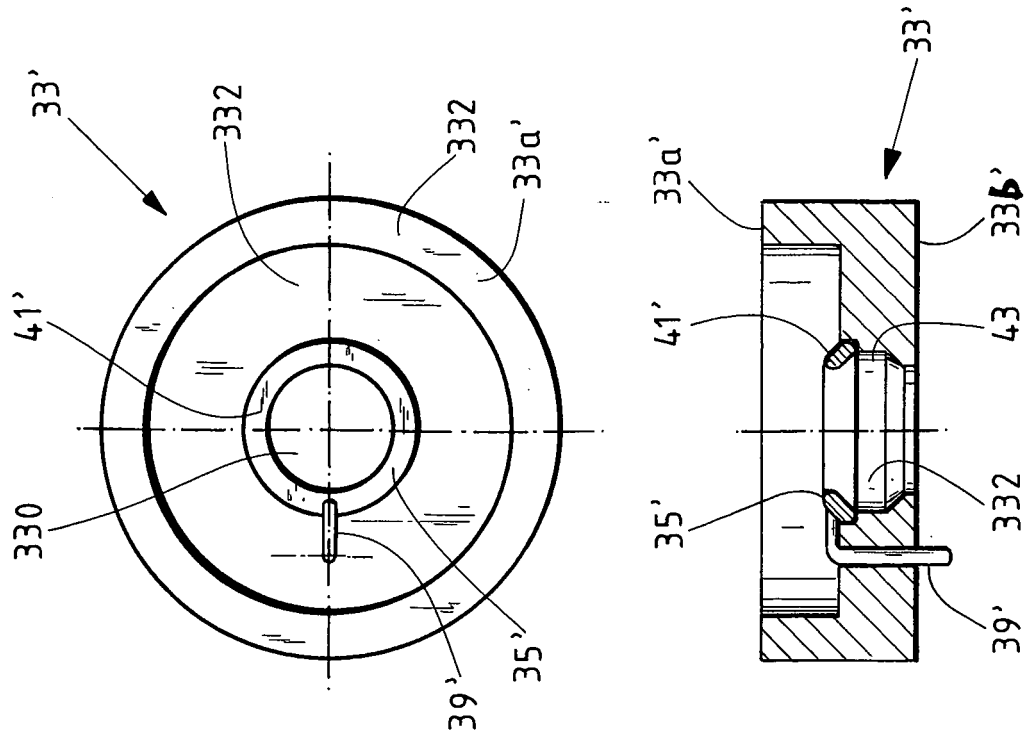


Fig. 7

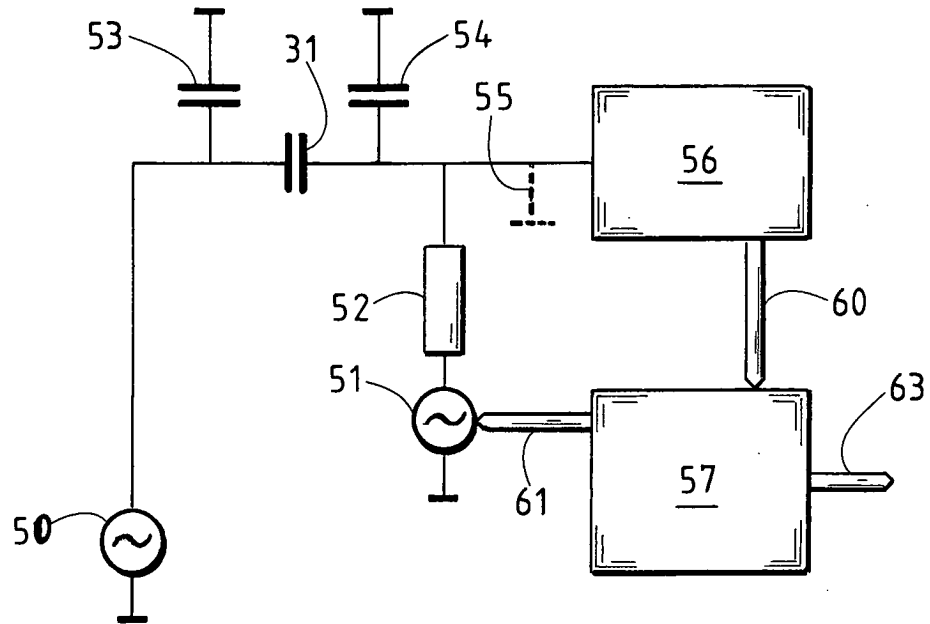


Fig. 8

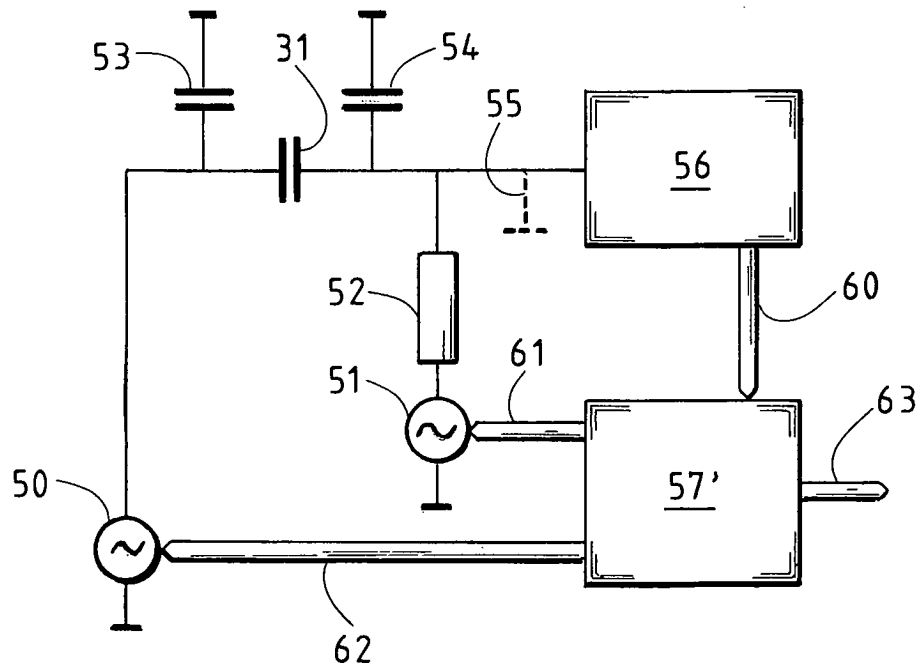


Fig. 9

