



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 199 17 618 B4** 2004.04.29

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **199 17 618.3**  
(22) Anmeldetag: **19.04.1999**  
(43) Offenlegungstag: **04.05.2000**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **29.04.2004**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **G01N 27/22**  
**F02D 35/02**

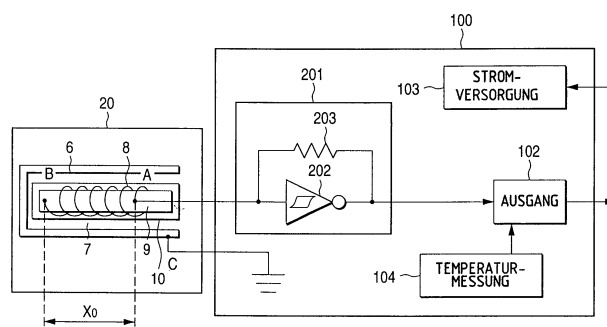
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:  
**10-298448 20.10.1998 JP**  
(71) Patentinhaber:  
**Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP**  
(74) Vertreter:  
**HOFFMANN · EITLE, 81925 München**

(72) Erfinder:  
**Yasui, Katsuaki, Tokio/Tokyo, JP; Ono, Mitsuhiro, Tokio/Tokyo, JP; Nagano, Susumu, Tokio/Tokyo, JP**  
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**US 52 55 656**

(54) Bezeichnung: **Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit und zugehöriges Verfahren**

(57) Hauptanspruch: Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit, welches aufweist:  
eine erste Elektrode, die aus einem Leiter besteht, der in Form eines länglichen Zylinders gewickelt ist;  
eine zweite Elektrode, die von der zylindrischen Oberfläche der ersten Elektrode um eine vorbestimmte Entfernung beabstandet angeordnet ist;  
einen Einlaßabschnitt zum Einlassen einer Meßflüssigkeit zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode;  
eine Impulssignalerzeugungsvorrichtung zum Anlegen eines Impulssignals an eine Übertragungsleitung, die aus der ersten Elektrode, der zweiten Elektrode, und dem Einlaßabschnitt besteht;  
eine Impulssignalmeßvorrichtung zur Messung des Impulssignals, nachdem sich das Impulssignal über die Übertragungsleitung ausgebreitet hat; und  
eine Meßvorrichtung für die Dielektrizitätskonstante zur Messung der Dielektrizitätskonstante der Meßflüssigkeit auf der Grundlage eines Zeitraums zwischen der Erzeugung und der Erfassung des Impulssignals.



## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante, welches zur Messung der Dielektrizitätskonstanten einer Flüssigkeit oder eines Fluids dient, um die Eigenschaften der Flüssigkeit festzustellen, und betrifft ein Verfahren, welches ein derartiges Meßgerät verwendet, und betrifft insbesondere ein Gerät zur Messung des Alkoholanteils eines Alkoholmischkraftstoffes, der in einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs verwendet wird, und ein zugehöriges Verfahren.

## Stand der Technik

[0002] Seit einigen Jahren werden Kraftfahrzeuge entwickelt, um die Verwendung alternativer Kraftstoffe zu fördern, welche einen Kraftstoff (Brennstoff) verwenden können, der dadurch hergestellt wird, daß ein Alkohol wie Methanol, Ethanol usw. mit Benzin gemischt wird. Bei der Steuerung oder Regelung einer Brennkraftmaschine, welche einen Alkoholmischkraftstoff verwenden kann, müssen das Luft/Kraftstoffverhältnis der Brennkraftmaschine, der Zündzeitpunkt und dergleichen entsprechend der Alkoholkonzentration in dem Kraftstoff geändert werden, um die Auspuffgase zu reinigen, oder eine ausreichende Brennkraftmaschinenleistung zu erzielen, anders als in einem Fall, in welchem eine Brennkraftmaschine gesteuert oder geregelt wird, die nur Benzin einsetzen kann. Da sich die Dielektrizitätskonstante des Alkoholmischkraftstoffs entsprechend der Alkoholkonzentration ändert, kann die Alkoholkonzentration durch Messung der Dielektrizitätskonstanten festgestellt werden. Zu diesem Zweck wurde im Stand der Technik beispielsweise das Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante vorgeschlagen, welches in dem US-Patent Nr. 5,255,656 beschrieben ist.

[0003] Dieses Gerät wird nachstehend unter Bezugnahme auf die **Fig. 8, 9 und 10** beschrieben. **Fig. 8** ist eine Aufsicht, teilweise weggeschnitten, welche ein Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante nach dem Stand der Technik zeigt. **Fig. 9** ist eine Querschnittsansicht, welche das Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante nach dem Stand der Technik zeigt. **Fig. 10** ist ein Blockschaltbild, welches die Schaltungsausbildung des Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante nach dem Stand der Technik zeigt.

[0004] In **Fig. 8** ist mit dem Bezugszeichen **301** ein Eingangsrohr bezeichnet, in welches der Kraftstoff eingegeben wird **302** bezeichnet ein Auslaßrohr zum Ausstoßen des Kraftstoffs **303** bezeichnet einen Sensorabschnitt, und **304** bezeichnet eine Sensorschaltungskammer (teilweise weggelassen), in welcher eine Sensorschaltung **400** zur Verarbeitung von Signalen von dem Sensorabschnitt **303** vorgesehen ist. In **Fig. 9** bezeichnet das Bezugszeichen **305** eine Außenwand des Sensorabschnitts **303**, hergestellt aus Harz, und **306** bezeichnet eine Elektrode, die aus Doppelschichten aus Kupfer und Nickel besteht, die durch Plattieren hergestellt werden, und auf der gesamten Innenoberfläche der Außenwand **305** vorgesehen ist. Das Bezugszeichen **307** bezeichnet eine Kammer, die mit dem Kraftstoff gefüllt wird, und das Bezugszeichen **308** einen zylindrischen Spule, die koaxial zur Innenoberfläche der Außenwand **305** vorgesehen ist, und die Induktivität **L0** aufweist. Diese zylindrische Spule arbeitet als Elektrode, und weist einen Kondensator mit der Kapazität **C0** auf, welche die Summe der Streukapazität, die zwischen den Spulenwicklungen vorhanden ist, und der Kapazität bildet, die zwischen der Elektrode **308** und der Elektrode **306** vorhanden ist.

[0005] In **Fig. 10** ist die Elektrode **306** elektrisch an Masse der Sensorschaltung **400** angeschlossen. Beide Enden der zylindrischen Spule **308** sind mit der Resonatorschaltung **401** verbunden, die einen CMOS-Inverter aufweist. Ein Ausgang der Resonatorschaltung **401** ist an eine Ausgangsschaltung **402** angeschlossen. Mit dem Bezugszeichen **403** ist eine Stromversorgungsschaltung bezeichnet, welche dazu dient, eine konstante, stabilisierte Spannung an die gesamte Sensorschaltung zu liefern, und das Bezugszeichen **404** bezeichnet eine Temperaturmeßschaltung, die einen Thermistor aufweist, der zur Durchführung der Temperaturkompensation vorgesehen ist.

[0006] Als nächstes wird der Betriebsablauf beschrieben. Die Induktivität **L0** der zylindrischen Spule **308** und die Streukapazität **C0** bilden eine Parallelresonanzschaltung, welche eine Resonanz bei einer Resonanzfrequenz **Fr** aufweist, die sich ergibt aus

$$Fr = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L0 C0}} \quad \dots (1)$$

[0007] Da die Resonanzschaltung **401** so ausgebildet ist, daß sie eine Rückkopplung bei der Resonanzfrequenz **Fr** durchführt, wird die Schwingung bei der Resonanzfrequenz aufrechterhalten. Diese Resonanzfrequenz wird durch die Ausgangsschaltung **402** geteilt, und dann an ein Brennkraftmaschinensteuer- oder -regelgerät (nicht gezeigt) übertragen.

[0008] Wenn der Kraftstoff in die Kammer **7** eingefüllt wird, ändert sich die Streukapazität **C0** infolge der Dielektrizitätskonstanten, und ändert sich die Resonanzfrequenz entsprechend, wie dies aus Gleichung (1) her-

vorgeht. Daher kann die Dielektrizitätskonstante des Kraftstoffs dadurch festgestellt werden, daß die Resonanzfrequenz gemessen wird. Da die Dielektrizitätskonstante von Benzin bzw. Methanol den Wert von etwa 2 bzw. etwa 32 aufweisen, in einem Methanolmischkraftstoff, wirkt sich eine Änderung der Methanolkonzentration wesentlich auf die Änderung der Dielektrizitätskonstante des Kraftstoffs aus. Wenn daher die Dielektrizitätskonstante des Kraftstoffs festgestellt werden kann, kann das Alkoholmischverhältnis festgestellt werden, so daß eine entsprechende Motorsteuerung oder Motorregelung erzielt werden kann.

[0009] Da das Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante nach dem Stand der Technik allerdings den folgenden Aufbau aufweist, sind Schwierigkeiten aufgetreten, die nachstehend erläutert werden.

[0010] Da der Sensor **3** keine großen Abmessungen aufweist, unter Berücksichtigung der Anbringbarkeit als Motorsteuergerät für ein Kraftfahrzeug ist die Größe der vorhandenen Streukapazität begrenzt. Bei dem voranstehend geschilderten Stand der Technik beträgt die Streukapazität C0 der zylindrischen Spule **308** nur 26 pF. Im Gegensatz hierzu weist der Eingangsabschnitt eine Streukapazität von vernachlässigbarer Größe auf. Wenn beispielsweise die Spannung an der Anschlußklemme der zylindrischen Spule **308** in irgendeine integrierte Schaltung (IC) eingegeben wird, so ist bei jeder IC eine Eingangskapazität von einigen pF vorhanden. Darüber hinaus gibt es den Fall, wenn die Leitungen auf dem Schaltungssubstrat vorgesehen sind, in welchem eine Kapazität von einigen pF nur durch die Leitungen erzeugt wird. Diese Streukapazität am Eingangsabschnitt der Sensorschaltung **400** wird parallel zur Streukapazität C0 der zylindrischen Spule **308** der Schaltung zugeführt, wodurch die Streukapazität C0 entsprechend geändert wird, und sich dementsprechend auch die Resonanzfrequenz Fr des Sensors ändert.

[0011] Darüber hinaus stellt eine derartige Streukapazität keine kontrollierte und stabile Kapazität dar, und ändert sich daher leicht infolge von Einflüssen der Umgebungstemperatur und von Alterungserscheinungen. Es hat daher das Problem gegeben, daß eine derartige Streukapazität einen Faktor darstellt, der Fehler im Sensorausgangssignal hervorruft.

[0012] Damit die zylindrische Spule **308** als Induktivität in der Schaltung einsetzen kann, also als Schaltungselement zur Erzeugung einer Spannung, die proportional zur zeitlichen Ableitung des Stroms ist, der durch das Element fließt, zwischen beiden Klemmen des Elements, müssen beide Klemmen der zylindrischen Spule **308** an die Sensorschaltung **400** angeschlossen werden. Dies führt zu der Schwierigkeit, daß die Anzahl an Anschlußklemmen ansteigt.

[0013] Weiterhin ergab sich die Schwierigkeit, daß infolge der Tatsache, daß mindestens einige elektronische Bauteile erforderlich sind, um die Resonatorschaltung auszubilden, die Abmessungen der Schaltung zunehmen.

### Aufgabenstellung

[0014] Die vorliegende Erfindung wurde zur Überwindung der voranstehend geschilderten Schwierigkeiten entwickelt, und ein Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit oder eines Fluids, welches mit einem einfachen Aufbau eine hohe Genauigkeit erreichen kann.

[0015] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit oder eines Fluids, welches die Dielektrizitätskonstante mit hoher Genauigkeit messen kann, so daß keine Signalreflexion hervorgerufen wird.

[0016] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit oder eines Fluids, welches in Bezug auf Störungen unempfindlich ist.

[0017] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit oder eines Fluids, welches nicht auf Umgebungsänderungen reagiert.

[0018] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit oder eines Fluids, welches die Dielektrizitätskonstante in kurzer Zeit messen kann.

[0019] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Meßverfahrens für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit oder eines Fluids, welches einfach eine hohe Genauigkeit erzielen kann.

[0020] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Meßverfahrens für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit oder eines Fluids, welches die Dielektrizitätskonstante mit hoher Genauigkeit messen kann, so daß keine erneute Reflexion eines Signals verursacht wird.

[0021] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Meßverfahrens für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit oder eines Fluids, welches nicht auf Umgebungseinflüsse reagiert.

[0022] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Meßverfahrens für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit oder eines Fluids, welches die Dielektrizitätskonstante in kurzer Zeit messen kann.

[0023] Gemäß einer Zielrichtung der vorliegenden Erfindung wird ein Meßgerät für die Dielektrizitätskonstan-

te einer Flüssigkeit (dieser Begriff wird nachstehend sowohl für eine Flüssigkeit als auch allgemein für ein Fluid verwendet), welches eine erste Elektrode aufweist, die aus einem Leiter besteht, der wie ein länglicher Zylinder aufgewickelt ist eine zweite Elektrode, die um eine vorbestimmte Entfernung von der zylindrischen Oberfläche der ersten Elektrode getrennt ist einen Einführungsabschnitt zum Einführen einer Meßflüssigkeit zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode; eine Impulssignalerzeugungsvorrichtung zum Anlegen eines Impulssignals an eine Übertragungsleitung, die aus der ersten Elektrode, der zweiten Elektrode, und dem Einlaßabschnitt besteht; eine Impulssignalmeßvorrichtung zur Messung des Impulssignals, nachdem sich das Impulssignal über die Übertragungsleitung ausgebreitet hat und eine Meßvorrichtung für die Dielektrizitätskonstante zur Messung der Dielektrizitätskonstanten der Meßflüssigkeit auf der Grundlage eines Zeitraums von der Erzeugung bis zur Erfassung des Impulssignals.

[0024] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung ist die erste Elektrode so ausgebildet, daß sie einen länglichen Zylinder aufweist, dessen Verhältnis von Länge zum Durchmesser größer als 4 ist.

[0025] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Eingangsimpedanz der Impulssignalmeßvorrichtung, gesehen von der Seite der Übertragungsleitung aus, so eingestellt, daß sie in einem Bereich liegt, der von der Hälfte bis zum Doppelten einer charakteristischen Impedanz der Übertragungsleitung reicht.

[0026] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung weist die erste Elektrode eine Isolierbeschichtung mit vorbestimmter Dicke zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode auf, und ist die Dicke der Isolierbeschichtung so gewählt, daß keine wesentliche Reflexion des Impulssignals an der Impulssignalmeßvorrichtung hervorgerufen wird.

[0027] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine Filtervorrichtung zumindest entweder bei der Impulssignalerzeugungsvorrichtung oder bei der Impulssignalmeßvorrichtung vorgesehen.

[0028] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Filtervorrichtung als Filter zweiter Ordnung oder als Filter höherer Ordnung ausgebildet.

[0029] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Zeit, die zur Ausbreitung des Impulssignals über die Übertragungsleitung erforderlich ist, so groß gewählt, daß diese Zeit durch eine Änderung einer Ausbreitungsverzögerungszeit nicht wesentlich beeinflusst wird, wenn die Impulssignalerzeugungsvorrichtung ein Befehlssignal empfängt, und dann auf das Befehlssignal reagiert, oder durch eine Änderung der Ausbreitungsverzögerungszeit, wenn die Impulssignalmeßvorrichtung das Impulssignal empfängt, nachdem sich das Impulssignal über die Übertragungsleitung ausgebreitet hat, und dann auf das Impulssignal reagiert.

[0030] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Kern oder Joch, der bzw. das aus magnetischem Material besteht, zumindest entweder bei der ersten Elektrode oder bei der zweiten Elektrode vorgesehen.

[0031] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Temperaturcharakteristik der Permeabilität des Kerns oder des Jochs so gewählt, daß sie jener der Dielektrizitätskonstanten der Meßflüssigkeit entgegengesetzt ist.

[0032] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung weist die zweite Elektrode ein Schutzteil auf.

[0033] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Ende der ersten Elektrode mit der Impulssignalerzeugungsvorrichtung verbunden, und liegt das andere Ende der ersten Elektrode offen oder ist an einen Konstantspannungsabschnitt angeschlossen, und mißt die Meßvorrichtung für die Dielektrizitätskonstante die Dielektrizitätskonstante der Meßflüssigkeit auf der Grundlage eines Zeitraums, in welchem das Impulssignal, welches von der Impulssignalerzeugungsvorrichtung erzeugt wird, von einem Ende der ersten Elektrode eingegeben und dann am anderen Ende reflektiert wird, um zurückzukehren.

[0034] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung bestehen die Impulssignalerzeugungsvorrichtung und die Impulssignalmeßvorrichtung aus einem Schmidt-Inverter.

[0035] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Ende der ersten Elektrode an die Impulssignalerzeugungsvorrichtung angeschlossen, und ist das andere Ende der ersten Elektrode an die Impulssignalmeßvorrichtung angeschlossen, und mißt die Meßvorrichtung für die Dielektrizitätskonstante die Dielektrizitätskonstante der Meßflüssigkeit auf der Grundlage eines Zeitraums, in welchem das von der Impulssignalerzeugungsvorrichtung erzeugte Impulssignal von einem Ende der ersten Elektrode aus eingegeben wird, und dann das andere Ende erreicht.

[0036] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung bestehen die Impulssignalerzeugungsvorrichtung und die Impulssignalmeßvorrichtung aus einem Inverter.

[0037] Gemäß einer weiteren Zielrichtung der vorliegenden Erfindung wird ein Meßverfahren für die Dielekt-

rizitätskonstante einer Flüssigkeit zur Verfügung gestellt, welches folgende Schritte umfaßt: Bereitstellung einer ersten Elektrode, die aus einem Leiter hergestellt wird, der wie ein länglicher Zylinder gewickelt wird, und einer zweiten Elektrode, die so zur Verfügung gestellt wird, daß sie von einer zylindrischen Oberfläche der ersten Elektrode um eine vorbestimmte Entfernung getrennt ist Ausbildung einer Signalübertragungsleitung als verteilte konstante Schaltung durch die erste Elektrode, der zweiten Elektrode, und eine Meßflüssigkeit, die zwischen beide Elektroden zugeführt wird und Messung der Dielektrizitätskonstante der Meßflüssigkeit auf der Grundlage eines Ereignisses, so daß sich eine Ausbreitungsrate des Signals, welches sich über die Übertragungsleitung ausbreitet, entsprechend einem Einfluß, der durch die Dielektrizitätskonstante der Meßflüssigkeit beeinflusst wird, auf eine Konstante der verteilten konstanten Schaltung ändert.

[0038] Bei dem Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Meßvorrichtung zur Messung eines Signals zur Verfügung gestellt, welches sich über die Übertragungsleitung ausbreitet, und wird eine Differenz zwischen einer charakteristischen Impedanz der Übertragungsleitung und einer Eingangsimpedanz der Meßvorrichtung so eingestellt, daß das Signal nicht wesentlich an einem Eingangsabschnitt der Meßvorrichtung reflektiert wird.

[0039] Bei dem Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Kanalbreitenbegrenzungsvorrichtung für eine Kanalbreite der Meßflüssigkeit zur Verfügung gestellt, die zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode zugegeben wird, und begrenzt die Kanalbreitenbegrenzungsvorrichtung die Änderung der charakteristischen Impedanz der Übertragungsleitung, die durch die Änderung der Dielektrizitätskonstanten der Meßflüssigkeit hervorgerufen wird.

[0040] Bei dem Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Zeit, die zur Ausbreitung des Impulssignals über die Übertragungsleitung erforderlich ist, groß eingestellt, und zwar in solchem Ausmaß, daß die Zeit nicht wesentlich durch eine Änderung der Ausbreitungsverzögerungszeit beeinträchtigt wird, wenn die Impulssignalerzeugungsvorrichtung ein Befehlssignal empfängt und dann auf das Befehlssignal reagiert, oder durch eine Änderung der Ausbreitungsverzögerungszeit, wenn die Impulssignalmeßvorrichtung das Impulssignal empfängt, nachdem sich das Impulssignal über die Übertragungsleitung ausgebreitet hat, und dann auf das Impulssignal reagiert.

[0041] Bei dem Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Ausbreitungsrate des Signals berechnet, welches sich über die Übertragungsleitung ausgebreitet hat, auf der Grundlage eines Zeitraums, in welchem das Impulssignal, welches von der Impulssignalerzeugungsvorrichtung erzeugt wird, von einem Ende der ersten Elektrode eingegeben wird, und dann an dem anderen Ende reflektiert wird, um zurückzukehren.

[0042] Bei dem Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Ausbreitungsrate des Signals berechnet, welches sich über die Übertragungsleitung ausgebreitet hat, auf der Grundlage eines Zeitraums, in welchem das Impulssignal, welches von der Impulssignalerzeugungsvorrichtung erzeugt wird, von einem Ende der ersten Elektrode eingegeben wird, und dann das andere Ende erreicht.

#### Ausführungsbeispiel

[0043] Die Erfindung wird nachstehend anhand zeichnerisch dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt:

[0044] **Fig. 1** ein Blockschaltbild eines Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0045] **Fig. 2** ein Schaltbild einer Äquivalenzschaltung einer Übertragungsleitung des Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0046] **Fig. 3A bis 3D** Diagramme, welche das Verhalten einer Spannungswelle bei der Übertragung über die Übertragungsleitung des Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen;

[0047] **Fig. 4** eine Darstellung einer gemessenen Signalform der Spannungswelle an einem Eingangspunkt der Übertragungsleitung des Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0048] **Fig. 5** ein Schaltbild einer Oszillatorschaltung eines Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0049] **Fig. 6** ein Blockschaltbild einer Übertragungsleitung eines Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0050] **Fig. 7** ein Schaltbild einer Oszillatorschaltung eines Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0051] **Fig. 8** eine Aufsicht, teilweise weggeschnitten, eines Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante nach dem Stand der Technik;

[0052] **Fig. 9** eine Querschnittsansicht des Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante nach dem Stand der

Technik; und

[0053] **Fig. 10** ein Blockschaltbild einer Schaltung des Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante nach dem Stand der Technik.

#### AUSFÜHRUNGSFORM 1

[0054] **Fig. 1** zeigt schematisch als Blockschaltbild ein Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In **Fig. 1** bezeichnet das Bezugszeichen **8** eine erste Elektrode, die auf einem Isolierspulenkörper **9** aufgewickelt ist, so daß ein länglicher Zylinder entsteht. Die erste Elektrode **8** wird aus einem emaillierten Kupferdraht hergestellt, der in Form einer länglichen zylindrischen Spule aufgewickelt wird. Die zylindrische Spule weist eine Länge  $X_0 = 32,5$  mm und einen Außendurchmesser von 5,9 mm auf. Das Bezugszeichen **10** bezeichnet eine Isolierbeschichtung zur Abdeckung der ersten Elektrode **8**. Das Bezugszeichen **6** bezeichnet eine zweite Elektrode, die auf einer konzentrischen Achse angeordnet ist, die von einer Innenoberfläche des länglichen Zylinders der ersten Elektrode **8** um eine konstante Entfernung beabstandet angeordnet ist. Die zweite Elektrode **6** dient darüber hinaus bei dieser Anordnung als Metallgehäuse. Die zweite Elektrode **6** ist an Masse einer Sensorschaltung **100** angeschlossen. Das Bezugszeichen **7** bezeichnet eine Kammer, die durch die erste Elektrode **8** und die zweite Elektrode **6** ausgebildet wird, und mit einer Meßflüssigkeit gefüllt wird. Die Kammer **7** hat die Funktion als Einlaßabschnitt zum Einlassen der Meßflüssigkeit zwischen der ersten Elektrode **8** und der zweiten Elektrode **6**. Die erste Elektrode **8**, die zweite Elektrode **6**, und die Kammer **7** bilden eine Übertragungsleitung **20**, über welche sich eine Spannungswelle als Impulssignal ausbreitet.

[0055] Ein Punkt A ist eine Eingangsklemme der ersten Elektrode **8** für das Impulssignal, und ist an eine Oszillatorschaltung **201** in einer Sensorschaltung **100** angeschlossen. Ein Punkt B ist ein Endpunkt der ersten Elektrode **8** und ist elektrisch geöffnet. Obwohl die erste Elektrode **8** als Spule ausgebildet ist, kann sie daher nicht wie beim Stand der Technik als Induktivität arbeiten, sondern arbeitet nur als eine der Elektroden, welche die Übertragungsleitung bilden. Die Oszillatorschaltung **201** weist einen Schmidt-Inverter **202** und einen Lastwiderstand **203** von 1 K $\Omega$  auf. Eine Anschlußklemme des Schmidt-Inverters **202** dient als Impulssignalerzeugungsvorrichtung. Eine Eingangsklemme des Schmidt-Inverters **202** dient als Impulssignalmeßvorrichtung, welche die Spannungswelle ist, nachdem sie über die Übertragungsleitung übertragen wurde. Ein Ausgang des Schmidt-Inverters **202** ist an eine Ausgangsschaltung **201** angeschlossen. Das Bezugszeichen **103** bezeichnet eine Stromversorgungsschaltung **103** zum Liefern einer stabilisierten konstanten Spannung von 5 V an die gesamte Sensorschaltung. Das Bezugszeichen **104** bezeichnet eine Temperaturmeßschaltung **104**, die mit einem Thermistor versehen ist, um eine Temperaturkompensation der Flüssigkeit durchzuführen.

[0056] Nunmehr wird nachstehend das Betriebsprinzip der ersten Ausführungsform erläutert.

[0057] Wie voranstehend geschildert bildet das Gerät nach dem Stand der Technik eine LC-Parallelresonatorschaltung. Da sich der Kapazitätswert der Resonatorschaltung entsprechend der Dielektrizitätskonstante des Kraftstoffs ändert, kann das Gerät die Dielektrizitätskonstante des Kraftstoffs dadurch messen, daß sich die Resonanzfrequenz entsprechend ändert.

[0058] Im Gegensatz hierzu arbeitet das in **Fig. 1** dargestellte Gerät nicht auf der Grundlage eines Resonanzeffekts wie das Gerät beim Stand der Technik, sondern verwendet eine verteilte konstante Schaltung, in welcher Induktivitäten und Kondensatoren mit konstanter linearer Dichte verteilt sind, als Übertragungsleitung. Anders ausgedrückt wird, wenn die Übertragungsleitung, die aus der verteilten konstanten Schaltung besteht, als Signalausbreitungsweg verwendet wird, die Ausbreitungsrate, mit welcher sich das Signal über die Übertragungsleitung ausbreitet, durch die Konstanten der verteilten konstanten Schaltung beeinflusst. **Fig. 2** zeigt schematisch eine Äquivalenzschaltung der Übertragungsleitung **20** des Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante gemäß **Fig. 1**. Die Übertragungsleitung **20** bildet die verteilte konstante Schaltung, in welcher die Induktivitäten und die Kondensatoren mit konstanter linearer Dichte verteilt angeordnet sind.

[0059] Der Induktivitätswert der verteilten konstanten Schaltung in **Fig. 2** wird durch die erste Elektrode **8** festgelegt, und stellt einen bereits bekannten Wert dar. Eine Kapazität der verteilten konstanten Schaltung wird zwischen der ersten Elektrode **8** und der zweiten Elektrode **6** verteilt. Diese Kapazität bildet einen Kondensator, der als Elektroden die erste Elektrode **8** und die zweite Elektrode **6** aufweist. In diesem Fall wird der Alkoholkraftstoff als die Meßflüssigkeit zwischen den beiden Elektroden des Kondensators eingefüllt. Der Alkoholkraftstoff dient als dielektrische Substanz für den Kondensator. Die Beziehung zwischen der Kapazität und der Dielektrizitätskonstante des Kondensators ist wohlbekannt, nämlich

$$C = \epsilon \cdot \frac{S}{l} \quad \dots (2)$$

[0060] In Gleichung (2) bezeichnet C die Kapazität,  $\epsilon$  die Dielektrizitätskonstante, S die Fläche der Elektrode, und l die Entfernung zwischen den Elektroden. Da die Fläche S der Elektrode und die Entfernung l zwischen

den Elektroden festliegen, wird die Kapazität C allein durch die Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$  der Meßflüssigkeit geändert.

[0061] Daher wird die Konstante der verteilten konstanten Schaltung in der Übertragungsleitung **20** ebenfalls geändert, wenn sich die Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$  der Meßflüssigkeit ändert, so daß auch die Ausbreitungsrate des Signals geändert wird, welches über die Übertragungsleitung **20** übertragen wird.

[0062] Dies führt dazu, daß die Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$  der Meßflüssigkeit gemessen werden kann, wenn die Ausbreitungsrate des Signals gemessen werden kann, welches sich über die Übertragungsleitung **20** ausbreitet. Da die Dielektrizitätskonstante des Alkohols in dem Alkoholmischkraftstoff als Meßflüssigkeit im Vergleich zu jener des Benzins extrem groß ist, wirkt sich in diesem Fall eine Änderung der Alkoholkonzentration deutlich als Änderung der Dielektrizitätskonstanten des Alkoholmischkraftstoffs aus. Aus diesem Grund kann die Alkoholkonzentration ebenfalls festgestellt werden, wenn die Dielektrizitätskonstante des Alkoholmischkraftstoffs festgestellt wird, wodurch diese Information für die Brennkraftmaschinensteuerung eingesetzt werden kann.

[0063] Als nächstes wird nachstehend die erste Ausführungsform genauer erläutert.

[0064] In **Fig. 2** ist, da die erste Elektrode **8** so gewickelt ist, daß die längliche zylindrische Spule entlang der Richtung der X-Achse ausgebildet wird, die Induktivität über die Übertragungsleitung **20** entlang der Richtung der X-Achse verteilt. Da die erste Elektrode **8** und die zweite Elektrode **6** einander gegenüberliegen, so daß dazwischen die Meßflüssigkeit angeordnet ist, ist gleichzeitig die Kapazität über die Übertragungsleitung **20** entsprechend der Dielektrizitätskonstanten der Meßflüssigkeit entlang der Richtung der X-Achse verteilt.

[0065] Es ist wesentlich, daß die erste Elektrode **8** in Form einer zylindrischen Spule gewickelt ist. Wenn das Längenverhältnis (Länge/Durchmesser) der ersten Elektrode klein ist, kann die Übertragungsleitung **20** nicht die verteilte konstante Schaltung ausbilden. Dies führt dazu, daß wie beim Stand der Technik die Übertragungsleitung **20** als Äquivalenzschaltung dargestellt werden muß, bei welcher die Induktivität L0 und die Kapazität C0, die beide eine punktförmige Konstante bilden, parallel geschaltet sind. Zusätzlich wirkt sich, daß der Endpunkt der ersten Elektrode **8** geöffnet ist, die Induktivität nicht aus, und arbeitet die Übertragungsleitung **20** als reiner Kondensator. Daher kann der gewünschte Betrieb der Übertragungsleitung **20** nicht erzielt werden. Jedoch kann, wie dies durch die Äquivalenzschaltung in **Fig. 2** dargestellt ist, die verteilte konstante Schaltung, bei welcher die Induktivität und die Kapazität mit konstanter linearer Dichte verteilt sind, dadurch ausgebildet werden, daß die erste Elektrode **8** als zylindrische Spule ausgebildet wird. Daher beträgt als Ergebnis unserer Versuche das gewünschte Längenverhältnis mehr als 4 oder 5.

[0066] Anders ausgedrückt stellt die in **Fig. 2** dargestellte Äquivalenzschaltung eine Übertragungsleitung dar, die einer Äquivalenzschaltung elektronischer Bauteile zur Verzögerung des Impulssignals entspricht, also einer Verzögerungsleitung. Eine derartige Äquivalenzschaltung kann die Welle sich mit vorbestimmter Ausbreitungsrate ausbreiten lassen.

[0067] Als nächstes werden verschiedene Werte der verteilten konstanten Schaltung erläutert.

[0068] Zur Vereinfachung wird angenommen, daß der elektrische Widerstand der ersten Elektrode **8** gleich 0 (Null) ist, daß die zylindrische Form eine ausreichende Länge hat, um die verteilte konstante Schaltung auszubilden, daß die Induktivitätslineardichte pro Längeneinheit in Richtung der X-Achse gleich  $\rho$  (H/m) beträgt, die Kapazitätslineardichte gleich  $\sigma$  (F/m), die Lineardichte der Ladung, die pro Längeneinheit angesammelt wird, gleich  $q$  (C/m) ist, der Strom gleich  $I$  (A), die Spannung gleich  $V$  (V), eine Position gleich  $x$  (m) ist, und die Zeit  $t$  (Sekunden) ist, dann ergibt sich folgende Gleichung (3)

$$q = -\int \partial I / \partial x \cdot dt \quad \dots (3)$$

[0069] Dies ergibt sich aus der Kontinuitätsbedingung. Weiterhin ergibt sich aus der Kapazitätsgleichung die Gleichung (4)

$$\partial V / \partial x = -\rho \cdot \partial I / \partial t \quad \dots (4)$$

[0070] Weiterhin ergibt sich aus der Induktivitätsgleichung die Gleichung (5)

$$\partial V / \partial x = -\rho \cdot \partial I / \partial t \quad \dots (5)$$

[0071] Eliminiert man  $q$  und  $I$  unter Verwendung der Gleichungen (3) bis (5), dann ergibt sich Gleichung (6)

$$\frac{\partial^2 V}{\partial t^2} = \frac{1}{\rho\sigma} \cdot \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} \quad \dots (6)$$

[0072] Da Gleichung (6) eine Wellengleichung der Spannungswelle darstellt, sieht man, daß sich die Spannungswelle über diese Übertragungsleitung mit einer Ausbreitungsrate  $U$  ausbreiten kann, die durch Gleichung (7) ausgedrückt wird.

$$U = 1/\sqrt{\rho\sigma} \quad \dots (7)$$

[0073] Nunmehr wird angenommen, daß die Induktivität der gesamten Übertragungsleitung gleich  $L_0$  ist, und die Kapazität der gesamten Übertragungsleitung gleich  $C_0$ , so ergibt sich ein Zeitraum  $T_p$ , der erforderlich ist, damit die Impulswelle über die Übertragungsleitung gelangt, folgendermaßen

$$\begin{aligned} T_p &= X_0 / U \\ &= X_0 \times \sqrt{\rho\sigma} = X_0 \times \sqrt{\frac{L_0}{X_0} \cdot \frac{C_0}{X_0}} = \sqrt{L_0 \cdot C_0} \quad \dots (8) \end{aligned}$$

da  $L_0 = \rho \times X_0$ ,  $C_0 = \sigma \times X_0$  ist.

[0074] Die charakteristische Impedanz  $Z_0$  läßt sich folgendermaßen ausdrücken

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\rho}{\sigma}} \quad \dots (9)$$

[0075] Bei dieser Ausführungsform ergeben sich, wenn Ethanol in die Kammer **7** eingefüllt wird, folgende Meßwerte.

[0076]

$X_0 = 32,5 \text{ mm}$ ,  $L_0 = 29,5 \text{ } \mu\text{H}$ ,  $C_0 = 25,2 \text{ pF}$

[0077] Wenn die Gleichungen (7) bis (9) unter Verwendung dieser Werte berechnet werden, ergeben sich folgende Werte

$\rho = 908 \text{ } \mu\text{H/m}$ ,  $\sigma = 775 \text{ pF/m}$ ,  $U = 1190 \text{ km/sec}$ ,

$T_p = 27 \text{ ns}$ ,  $Z_0 = 1080 \text{ } \Omega$

[0078] Als nächstes wird der Betriebsablauf bei der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nachstehend unter Bezugnahme auf die **Fig. 3A** bis **3D** erläutert. Die **Fig. 3A** bis **3D** sind Diagramme, die das Verhalten der Spannungswelle bei der Übertragung über die Übertragungsleitung **20** darstellen.

[0079] Das Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante gemäß der ersten Ausführungsform arbeitet in der folgenden Sequenz.

[0080] Wenn die Spannung an einem Punkt **A** kleiner ist als eine untere Schwellenspannung des Schmidt-Inverters **202** zum Zeitpunkt  $t = 0$ , so steigt das Ausgangssignal des Schmidt-Inverters **202** von  $0 \text{ V}$  auf die Versorgungsspannung **5V** an, nachdem eine Verzögerungszeit  $T_d$  von etwa  $3,5 \text{ ns}$  für die Ausbreitung bei dem Schmidt-Inverter **202** abgelaufen ist.

[0081] Der Schmidt-Inverter **202** bildet eine Impulsspannungserzeugungsvorrichtung.

[0082] Da die charakteristische Impedanz  $Z_0$  der Übertragungsleitung etwa  $1 \text{ k}\Omega$  beträgt, wird die Versorgungsspannung durch den Lastwiderstand **203** mit  $1 \text{ k}\Omega$  und die charakteristische Impedanz  $Z_0$  der Übertragungsleitung **20** geteilt, so daß sich etwa  $2,5 \text{ V}$  als Spannung am Punkt **A** ergeben. Wie später noch genauer erläutert wird, wird die Spannung an dem Punkt **A** auf diesen Wert gehalten, bis die reflektierte Welle zum Punkt **A** zurückkehrt. Der Eingangsstrom, der in die Übertragungsleitung **20** fließt, wird etwa  $2,5 \text{ mA}$ , was sich durch Teilen der Spannung am Punkt **A** durch die charakteristische Impedanz ergibt. Da der Eingang des Schmidt-Inverters **202** nicht eine obere Schwellenspannung überschreitet, wird zu diesem Zeitpunkt das Ausgangssignal des Schmidt-Inverters **202** auf  $5 \text{ V}$  gehalten.

[0083] Wie in **Fig. 3A** gezeigt ist, ist eine Stufenspannungswelle ein Impulssignal, welches eine Amplitude



von 2,5 V aufweist. Ein derartiges Impulssignal breitet sich als einfallende Spannungswelle vom Punkt A zum Punkt B mit einer Rate von  $U = 1190 \text{ km/sec}$  aus. Zu diesem Zeitpunkt weisen die rechte Seite bzw. die linke Seite der Vorderkante der Stufenspannungswelle den gleichmäßigen Wert von 2,5 V bzw. 0 V auf. Im Idealfall kann sich die Stufenspannungswelle ausbreiten, während ihre rechteckige Vorderkante auf einem Winkel von 90 Grad gehalten wird. Tatsächlich ist die Vorderkante der Stufenspannungswelle entsprechend der Ausbreitung geneigt ausgebildet, wie in **Fig. 3A** dargestellt.

[0084] Nachdem seit Erzeugung der Stufenspannung ein Zeitraum  $T_p$  vergangen ist, gelangt die Vorderkante der Stufenspannungswelle zum Endpunkt B an einem Zeitpunkt  $t_1 (= T_d + T_p = 3,5 + 27 = 30,5 \text{ ns})$ . Eine derartige Spannungswelle hat solche Eigenschaften, daß sich ihre Ausbreitung fortsetzt, wenn die charakteristische Impedanz der Übertragungsleitung einen im wesentlichen identischen Wert aufweist, jedoch dort reflektiert wird, wenn die charakteristische Impedanz der Übertragungsleitung an einem bestimmten Ort ansteigt. Da der Punkt B ein offenes Ende darstellt, entspricht er einer Impedanz von unendlich. Daher wird, wie in **Fig. 3B** gezeigt, an dem Punkt B die reflektierte Welle von 2,5 V erzeugt, und breitet sich dann vom Punkt B nach rechts aus. Dies führt dazu, daß die Spannung gleichmäßig den Wert von 5 V in einem Bereich annimmt, in welchem die reflektierte Welle und die einfallende Welle einander überlagert werden, also auf der linken Seite der Vorderkante der reflektierten Welle, wogegen die Spannung gleichmäßig den Wert von 2,5 V auf der rechten Seite der Vorderkante annimmt. Die Vorderkante der Spannungswelle ist weiter geneigt.

[0085] Die Vorderkante der reflektierten Welle erreicht den Punkt A zu einem Zeitpunkt  $t_2 (= T_d + 2T_p = 3,5 \times 25 = 57,7 \text{ ns})$ . Zu diesem Zeitpunkt sinkt, da die Spannung am Punkt A den Wert von 5 V annimmt, so daß die obere Schwellenspannung des Schmidt-Inverters **202** überschritten wird, die Ausgangsspannung des Schmidt-Inverters **202** von 5 V auf 0 V ab, zu einem Zeitpunkt  $t_3 (= 2T_d + 2T_p = 2 \times 3,5 + 2 \times 27 = 61 \text{ ns})$ , der durch die Verzögerungszeit  $T_d$  für die Ausbreitung beim Schmidt-Inverter **202** verzögert ist, wodurch der Einfall der Spannungswelle beendet ist. Der Schmidt-Inverter **202** bildet eine Impulssignalmeßvorrichtung. Es wird deutlich, daß der Schmidt-Inverter **202** weiter die einfallende Welle mit einer Spannung von 2,5 V ausgibt, die sich vom Punkt A nach links hin ausbreitet, bis zu diesem Zeitpunkt für  $T_d + 2T_p = 57,5 \text{ ns}$ .

[0086] Da ein Widerstand von 1 K $\Omega$  als Lastwiderstand **203** ausgewählt ist, kann in Bezug auf die reflektierte Welle, unter Berücksichtigung von 1080  $\Omega$  als charakteristischer Impedanz  $Z_0$  die Übertragungsleitung 20 die Impedanzanpassung im wesentlichen aufrechterhalten werden. Daher tritt selten eine derartige Situation auf, daß dann, wenn sie den Punkt A erreicht, die reflektierte Welle eine erneute Reflexion am Punkt A hervorruft.

[0087] Wenn sich das Ausgangssignal des Schmidt-Inverters **202** von 5 V auf 0 V ändert, um so die Stufenspannungswelle zu beenden, so breitet sich die Hinterkante der einfallenden Welle nach links aus, wie in **Fig. 3C** gezeigt ist. Zu diesem Zeitpunkt nimmt die Spannung gleichmäßig den Wert von 5 V an der linken Seite der Hinterkante der einfallenden Welle an, wogegen die Spannung gleichmäßig den Wert von 2,5 V auf der rechten Seite der Hinterkante annimmt, da nur die reflektierte Welle übrigbleibt. Wie die Vorderkante der Stufenspannungswelle ist auch die Hinterkante in Bezug auf die Ausbreitung geneigt angeordnet.

[0088] Nachdem die Hinterkante der Eingangswelle am Punkt B reflektiert wurde, breitet sie sich nach rechts aus, wie in **Fig. 3D** gezeigt ist.

[0089] Wenn die Hinterkante der Eingangswelle reflektiert wird, und dann zum Punkt A zum Zeitpunkt  $t_4$  zurückkehrt ( $= 2T_d + 4T_p = 2 \times 3,5 + 4 \times 27 = 115 \text{ ns}$ ), wird die Spannung der gesamten Übertragungsleitung einschließlich des Punktes A gleichmäßig zu 0 V.

[0090] Da die Spannung am Punkt A niedriger ist als die untere Schwellenspannung des Schmidt-Inverters **202**, wenn sie den Wert von 0 V annimmt, ändert sich die Ausgangsspannung des Schmidt-Inverters **202** von 0 V auf 5 V, nach der Verzögerungszeit  $T_d$  (3,5 ns) für die Ausbreitung bei dem Schmidt-Inverter **202**. Danach werden die voranstehenden Operationen wiederholt.

[0091] Es wird darauf hingewiesen, daß dann, wenn die Dielektrizitätskonstante des Alkoholmischkraftstoffs groß ist, infolge einer hohen Alkoholkonzentration, die Ausbreitungszeit  $T_p$  des Impulssignals über die Übertragungsleitung lang wird, da die Kapazität  $C_0$  erhöht wird, wie berechnet durch Gleichung (8).

[0092] Wie voranstehend wird bei der ersten Ausführungsform der folgende Zeitraum  $T$  wiederholt, und ergibt sich die Schwingungsfrequenz  $F$  folgendermaßen.

$$T = 2T_d + 4T_P = 2T_d + 4\sqrt{L_0 \cdot C_0} = 115 \mu\text{sec} \quad \dots (10)$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{T} \\ &= 1 / (2T_d + 4\sqrt{L_0 \cdot C_0}) \\ &= 1 / (2T_d + 4\sqrt{\rho \sigma}) = 8.7 \text{ MHz} \quad \dots (11) \end{aligned}$$

[0093] Hierbei ist die Schwingungsfrequenz  $F$  ein Wert, welcher der Ausbreitungsgeschwindigkeit zugeordnet ist, nämlich der Geschwindigkeit der Signalausbreitung über die verteilte konstante Schaltung. Wie voranstehend erwähnt bezeichnet, da es sich bei der ersten Ausführungsform um die verteilte konstante Schaltung handelt, die Schwingungsfrequenz  $F$  nicht die Resonanzfrequenz beim Stand der Technik. Insbesondere besteht das Wesen des Resonanzeffektes darin, daß keine Signalverzögerung auftritt, und offensichtlich wird bei der ersten Ausführungsform kein Resonanzeffekt hervorgerufen, da die Verzögerung von  $2T_d$  vorhanden ist, wie aus Gleichung (10) hervorgeht.

[0094] Diese Verzögerung von  $2T_d$  tritt infolge der Ausbreitungsverzögerung des Schmidt-Inverters **202** auf. Der Schmidt-Inverter **202** bildet bei der ersten Ausführungsform eine Resonanzverhinderungsvorrichtung.

[0095] **Fig. 4** zeigt eine gemessene Signalform der Spannungswelle am Punkt A als Eingangsklemme der Übertragungsleitung des Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der ersten Ausführungsform. Bei dieser gemessenen Signalform tritt eine Signalform auf, welche die voranstehende Erläuterung unterstützt, abgesehen davon, daß die Schwingung bei einer Frequenz von 8,2 MHz auftritt, was geringfügig niedriger ist als der Wert, der durch die voranstehende Berechnung berechnet wird, und daß die Neigung der Signalform geringfügig größer ist.

[0096] Wenn der Kraftstoff in die Kammer **7** eingefüllt wird, ändert sich die Induktivitätslineardichte  $\rho$  selten, jedoch ändert sich die Kapazitätslineardichte  $\sigma$  entsprechend der Dielektrizitätskonstanten des Alkoholmischkraftstoffs. Zu diesem Zeitpunkt ändert sich die Oszillatorfrequenz  $F$  gemäß Gleichung (10). Daher können die Spannungswellenausbreitungsrate über die Übertragungsleitung, die Dielektrizitätskonstante des Kraftstoffs, und das Alkoholmischverhältnis erfaßt werden, durch Messung der Schwingungsfrequenz  $F$ , so daß eine entsprechende Brennkraftmaschinensteuerung durchgeführt werden kann.

[0097] Im einzelnen wird in **Fig. 1** die Schwingungsfrequenz  $F$ , die von der Oszillatorschaltung **201** gemessen wird, der Ausgangsschaltung **102** zugeführt, und wird dann in dieser in einem vorbestimmten Verhältnis geteilt. Zusätzlich zur Schwingungsfrequenz  $F$  wird auch Temperaturinformation in Bezug auf die gemessene Flüssigkeit von der Temperaturmeßschaltung **104** an die Ausgangsschaltung geschickt.

[0098] Die Beziehung zwischen der Alkoholkonzentration in dem Alkoholmischkraftstoff und der Schwingungsfrequenz  $F$  ist nicht immer konstant, sondern weist eine Temperaturabhängigkeit auf. Daher teilt die Ausgangsschaltung **102** die Schwingungsfrequenz  $F$  auf, und korrigiert die Ausgangsfrequenz auf der Grundlage der Temperatur der Meßflüssigkeit, und gibt diese Werte dann zu einer Brennkraftmaschinensteuervorrichtung (nicht dargestellt) aus, die aus einem Mikrocomputer oder dergleichen besteht.

[0099] Die Brennkraftmaschinensteuervorrichtung vergleicht die geteilte Schwingungsfrequenz, die von der Ausgangsschaltung **102** erhalten wird, mit der Frequenz, die vorher experimentell festgestellt wurde, auf der Grundlage der Alkoholkonzentration, berechnet die gewünschte Information wie beispielsweise die erfaßte Alkoholkonzentration, die Dielektrizitätskonstante und dergleichen in dem Alkoholmischkraftstoff, und setzt dann derartige Information bei der Luft/Kraftstoffverhältnisregelung, der Zündzeitpunktregelung und dergleichen ein.

[0100] Bei der ersten Ausführungsform ist die Ausgangsschaltung so ausgelegt, daß sie Information in Bezug auf die Schwingungsfrequenz ausgibt, die entsprechend der Temperatur der Meßflüssigkeit korrigiert wurde. Allerdings kann die Ausgangsschaltung **102** auch eine Schaltung zur Berechnung der Dielektrizitätskonstanten auf der Grundlage der Schwingungsfrequenz aufweisen, oder eine Schaltung zur Berechnung der Alkoholkonzentration.

[0101] Bei der ersten Ausführungsform ist der Wert des Lastwiderstands **203** so gewählt, daß die Impedanzanpassung zwischen dem Lastwiderstand **203** und der charakteristischen Impedanz  $Z_0$  der Übertragungsleitung **20** aufrechterhalten werden kann, so daß keine erneute Reflexion hervorgerufen wird, wenn das Impulssignal, welches sich über die Übertragungsleitung ausgebreitet hat, in die Impulserfassungsschaltung hineingelangt.

[0102] Es ist erwünscht, daß der Wert dieses Lastwiderstands so eingestellt wird, daß er nicht von der Hälfte der charakteristischen Impedanz  $Z_0$  der Übertragungsleitung **20** abweicht.

[0103] Da sich jedoch die charakteristische Impedanz  $Z_0$  der Übertragungsleitung **20** ändert, wie durch Gleichung (9) angegeben ist, entsprechend der Kapazitätslineardichte  $\sigma$ , also der Dielektrizitätskonstanten der Meßflüssigkeit in der Kammer **7**, ist es grundsätzlich unmöglich, ständig perfekt die Impedanzanpassung zwischen der charakteristischen Impedanz  $Z_0$  und dem Lastwiderstand **203** aufrechtzuerhalten.

[0104] Wenn sich jedoch die Dielektrizitätskonstante der Meßflüssigkeit in dem Meßbereich ändert, tritt kein wesentlicher Einfluß auf, wenn die charakteristische Impedanz  $Z_0$  der Übertragungsleitung **20** so eingestellt ist, daß sie nicht von der Hälfte des Lastwiderstands **203** abweicht.

[0105] Bei der zweiten Ausführungsform ist eine Kanalbreite für die Meßflüssigkeit, die zwischen der ersten Elektrode **8** und der zweiten Elektrode **6** fließt, so beschränkt, daß sie enger ist, durch Erhöhung der Dicke einer Isolierbeschichtung **10**. Die Isolierbeschichtung **10** dient dazu, eine Kanalbreitenbegrenzungsvorrichtung bereitzustellen, zur Einschränkung der Kanalbreite für die Meßflüssigkeit.

[0106] Hierbei wirken die Isolierbeschichtung **10** und die Meßflüssigkeit als die dielektrische Substanz zwischen der ersten Elektrode **8** und der zweiten Elektrode **6**. In diesem Fall ist die Kapazität zwischen beiden Elektroden äquivalent zu einer Reihenschaltung einer Kapazität **1** unter Verwendung der Isolierbeschichtung **10** als dielektrischer Substanz und einer Kapazität **2** unter Verwendung der Meßflüssigkeit als dielektrischer Substanz. Die Kapazität ergibt sich folgendermaßen.

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{\epsilon_1 \frac{S_1}{l_1}} + \frac{1}{\epsilon_2 \frac{S_2}{l_2}} \quad \dots (12)$$

[0107] Hierbei betrifft der erste Term auf der rechten Seite die Kapazität **1** unter Verwendung der Isolierbeschichtung **10** als dielektrischer Substanz, und der zweite Term der rechten Seite die Kapazität **2** unter Verwendung der Meßflüssigkeit als dielektrischer Substanz.

[0108] Die Kapazität **1** bei der voranstehenden Gleichung (12) ist ein fester Wert. Wenn der Raum zwischen beiden Elektroden beinahe vollständig durch die Dicke der Isolierbeschichtung **10** eingenommen wird, wird der Wert der Kapazität, der zwischen beiden Elektroden hervorgerufen wird, kaum beeinflusst, selbst wenn sich der Wert der Kapazität **1** des ersten Terms der rechten Seite wesentlich ändert, infolge einer Änderung der Dielektrizitätskonstanten der Meßflüssigkeit.

[0109] Daher kann eine Änderung der Kapazität, die zwischen beiden Elektroden vorhanden ist, und durch die Änderung der Dielektrizitätskonstanten der Meßflüssigkeit hervorgerufen wird, dadurch unterdrückt werden, daß die Dicke der Isolierbeschichtung erhöht wird.

[0110] Daher kann eine Änderung der charakteristischen Impedanz dadurch verringert werden, daß die Kanalbreite für die Meßflüssigkeit eingeschränkt wird, und kann eine erneute Reflexion des Impulssignals an der Impulsmeßvorrichtung unterdrückt werden, nachdem sich das Impulssignal über die Übertragungsleitung **20** ausgebreitet hat.

[0111] Bei der zweiten Ausführungsform wird die Kanalbreite für die Meßflüssigkeit dadurch eingeschränkt, daß die Dicke der Isolierbeschichtung **10** geändert wird. Diese Einschränkung ist hierauf nicht begrenzt, und es kann jede geeignete Vorrichtung eingesetzt werden, die dazu führt, daß die Kanalbreite für die Meßflüssigkeit entlang der Entfernung zwischen beiden Elektroden eingeschränkt wird.

### AUSFÜHRUNGSFORM 3

[0112] **Fig. 5** ist ein Schaltbild einer Oszillatorschaltung eines Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante gemäß der ersten Ausführungsform tritt, wie durch die in **Fig. 4** dargestellte Meßsignalfrequenz angedeutet, üblicherweise ein normaler Betrieb auf, jedoch gibt es den Fall, daß eine quasi-stabile Schwingung einer anderen Frequenz hervorgerufen wird, die höher ist als die voranstehend angegebene Fundamentalfrequenz, nämlich wenn starkes Rauschen einwirkt. Dies liegt daran, daß die Ausgangsspannungssignalfrequenz des Schmidt-Inverters stufenförmig ist, und so sehr hochfrequente Bestandteile enthält, wobei derartige sehr hochfrequente Bestandteile die unerwünschte stehende Welle über der Übertragungsleitung **20** erzeugen.

gen.

[0113] Dies wird bei dem Meßgerät und Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante gemäß der vorliegenden Erfindung wesentlich. Genauer gesagt wird, wie im Zusammenhang mit der ersten Ausführungsform beschrieben wurde, die Messung der Dielektrizitätskonstanten dadurch durchgeführt, daß die Ausbreitung des Impulssignals von seinem Anstieg bis zu seinem Absinken erfaßt wird. Wenn daher Rauschen in dem Zeitraum zwischen der Erzeugung des Impulssignals und dem Absinken des Impulssignals auftritt, besteht die Möglichkeit, daß ein derartiges Impulssignal fehlerhaft als sehr kurzer Impuls erfaßt wird, wodurch ein Fehler bei der Messung der Dielektrizitätskonstanten hervorgerufen wird.

[0114] Daher können bei der dritten Ausführungsform, wie in **Fig. 5** gezeigt ist, derartige hochfrequente Bestandteile absorbiert werden, da der Oszillatorschaltung ein Filter zugefügt wird.

[0115] In **Fig. 5** ist die Ausgangsseite des Schmidt-Inverters **202** mehrstufig ausgebildet. Die Ausgangsseite des Schmidt-Inverters **202** bildet in **Fig. 2** ein Filter zweiter Ordnung.

[0116] Bei der dritten Ausführungsform kann eine Schwingung bei einer anderen Frequenz als der Fundamentalfrequenz sehr wirksam verhindert werden, wenn das Filter, welches an der Eingangsseite oder der Ausgangsseite des Schmidt-Inverters **202** vorgesehen ist, als Filter höherer Ordnung ausgebildet ist, beispielsweise als Filter zweiter Ordnung oder höherer Ordnung.

[0117] Wenn ein Filter höherer Ordnung verwendet wird, kann es nicht geschehen, daß die Vorderkante oder Hinterkante des Impulssignals zu stark abgerundet wird. Dies führt dazu, daß die Dielektrizitätskonstante mit hoher Genauigkeit festgestellt werden kann.

#### AUSFÜHRUNGSFORM 4

[0118] Wie voranstehend anhand der Gleichungen (10) und (11) erläutert hat die Verzögerungszeit  $T_d$  bei der Ausbreitung des Schmidt-Inverters **202** einen Einfluß auf die Schwingungsfrequenz  $F$ . Da jedoch  $T_d$  bei Änderungen der Temperatur und Änderungen infolge von Alterungseffekten nicht stabil ist, wird eine Änderung der Schwingungsfrequenz  $F$  hervorgerufen. Um daher den Einfluß instabiler Änderungen von  $T_d$  zu verringern, ist es wirksam die Zeit  $T_d$  zu vergrößern, also die Zeit, welche das Impulssignal benötigt, um durch die Übertragungsleitung hindurchzugehen, und zwar soweit wie möglich, durch Erhöhung der Induktivitätslineardichte  $p$  oder der Kapazitätslineardichte  $\sigma$  der Übertragungsleitung.

[0119] Als eine Vorgehensweise zur Erhöhung der voranstehend geschilderten Zeit  $T_p$  kann magnetisches Material verwendet werden.

[0120] **Fig. 6** ist ein schematisches Blockschaltbild, welches eine Übertragungsleitung **20** eines Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. In **Fig. 6** bezeichnet das Bezugszeichen **31** einen Kern, der aus einem weichmagnetischen Material besteht, und in dem Spulenkörper **9** angebracht ist, und bezeichnet das Bezugszeichen **32** ein Joch, welches ebenfalls aus weichmagnetischem Material besteht, und an der Außenseite der ersten Elektrode **8** vorgesehen ist. Die Induktivitätslineardichte  $p$  der Übertragungsleitung **20** kann dadurch vergrößert werden, daß dieser Kern und dieses Joch vorgesehen werden, um so die Zeit  $T_p$  zu verlängern.

[0121] Normalerweise weist die Dielektrizitätskonstante der Flüssigkeit eine Temperaturabhängigkeit auf. Wenn jedoch der Kern und das Joch eingesetzt werden, bei denen die Temperaturcharakteristik der Permeabilität entgegengesetzt zur Temperaturcharakteristik der Dielektrizitätskonstanten der Meßflüssigkeit verläuft, kann der Einfluß der Temperaturänderung auf die Dielektrizitätskonstante der Flüssigkeit ausgeschaltet werden.

#### AUSFÜHRUNGSFORM 5

[0122] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante gemäß der ersten bis vierten Ausführungsform wird die Umlaufzeit der Spannungswelle über die Übertragungsleitung dadurch gemessen, daß die Reflexion der Spannungswelle benutzt wird, die an dem Endpunkt der Übertragungsleitung auftritt. Dieses Verfahren ist äußerst geeignet zur Verbesserung der Meßgenauigkeit der Dielektrizitätskonstanten, da sich das Impulssignal vorwärts und rückwärts über die Übertragungsleitung bewegt, und daher die Zeit, die für die Ausbreitung erforderlich ist, sehr lang gewählt werden kann, im Vergleich zur Verzögerungszeit  $T_d$  für die Ausbreitung bei dem Schmidt-Inverter **202**.

[0123] Wenn jedoch die Länge  $X_0$  der Spule der ersten Elektrode **6** ausreichend groß gewählt wird, oder eine ausreichende Meßgenauigkeit dadurch zur Verfügung gestellt wird, daß das Joch, der Kern usw. bei der vierten Ausführungsform hinzugefügt werden, so kann auch die Ausbreitungszeit erfaßt werden, die für einen einmaligen Durchlauf durch die Übertragungsleitung benötigt wird, so daß keine Reflexion des Impulssignals hervorgerufen wird.

[0124] **Fig. 7** ist ein Schaltbild einer Oszillatorschaltung eines Meßgeräts für die Dielektrizitätskonstante gemäß der fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Diese Schaltung ähnelt der Schaltung gemäß

der zweiten Ausführungsform, die in **Fig. 5** gezeigt ist, unterscheidet sich jedoch in der Hinsicht, daß die Spannung, die der Eingangsklemme des Schmidt-Inverters **202** zugeführt wird, der als die Impulssignalmeßvorrichtung dient, von dem Punkt B des Ausgangsendes der Übertragungsleitung **20** abgenommen wird, statt von dem Punkt A am Eingangsende.

[0125] Wenn das Ausgangssignal des Schmidt-Inverters **202** von 0 V auf 5 V ansteigt, breitet sich die Spannungswelle als das Impulssignal von dem Punkt A zum Punkt B aus, wodurch die Spannung an der Eingangsklemme des Schmidt-Inverters **202** die Schwellenspannung überschreitet. Zu diesem Zeitpunkt steigt das Ausgangssignal des Schmidt-Inverters **202** an. Dann sinkt die Spannungswelle von 5 V auf 0 V ab, um sich vom Punkt A zum Punkt B auszubreiten, wodurch die Spannung an der Eingangsklemme des Schmidt-Inverters **202** dazu veranlaßt wird, auf unterhalb der Schwellenspannung abzusinken. Daher steigt das Ausgangssignal des Schmidt-Inverters **202** von 0 V auf 5 V an. Die Ausbreitungsrate der Spannungswelle kann dadurch erfaßt werden, daß diese Wiederholungsfrequenz gemessen wird, und dies führt dazu, daß die Dielektrizitätskonstante der Meßflüssigkeit gemessen werden kann, wie bei den voranstehenden Ausführungsformen.

[0126] Bei der fünften Ausführungsform kann, obwohl sich das Impulssignal über die Übertragungsleitung **20** nur in eine Richtung ausbreitet, die Dielektrizitätskonstante der Meßflüssigkeit ähnlich wie in jenem Fall gemessen werden, in welchem sich das Impulssignal in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung ausbreitet.

[0127] Bei der fünften Ausführungsform kann ein normaler Inverter statt des Schmidt-Inverters verwendet werden.

[0128] Anders ausgedrückt muß bei den voranstehenden Ausführungsformen, wenn versucht wird, das Impulssignal in die Impulssignalmeßvorrichtung einzugeben, ohne eine erneute Reflexion, nachdem es sich über die Übertragungsleitung **20** ausgebreitet hat, zuerst die Impedanzanpassung zwischen der Übertragungsleitung **20** und dem Lastwiderstand **203** durchgeführt werden. Dann wird das Impulssignal von einem Verbindungspunkt (Punkt A) zwischen der Übertragungsleitung **20** und dem Lastwiderstand **203** abgenommen. Daher wird die Spannung an dem Punkt A auf die Hälfte (**2,5V**) der Versorgungsspannung verringert, bis die reflektierte Welle zum Punkt B der ersten Elektrode seit der Erzeugung des Impulssignals durch den Inverter zurückkehrt. Da eine Änderung des Ausgangswertes des Inverters während dieses Zeitraums bei den voranstehenden Ausführungsformen nicht wünschenswert ist, muß beispielsweise ein Schmidt-Inverter vorgesehen werden, dessen Ausgangsspannung nicht die obere Schwellenspannung von beispielsweise 2,5 V überschreitet.

[0129] Da sich bei der fünften Ausführungsform das Impulssignal über die Übertragungsleitung **20** nur in einer Richtung ausbreitet, kann im Gegensatz die Anschlußklemme des Inverters an dem Punkt A der Übertragungsleitung **20** angeschlossen werden, und kann gleichzeitig die Eingangsklemme des Inverters an den Punkt B der Übertragungsleitung **20** angeschlossen werden.

[0130] Daher kann ein normaler Inverter verwendet werden, dessen obere oder untere Schwellenspannung auf die Nähe von 2,5 V in Bezug auf die Versorgungsspannung von 5 V eingestellt ist.

[0131] Da ein normaler Inverter eine kürzere Verzögerungszeit für die Ausbreitung im Vergleich zum Schmidt-Inverter aufweist, kann in diesem Fall die Dielektrizitätskonstante der Meßflüssigkeit schneller erfaßt werden.

[0132] Zwar ist bei den voranstehenden Ausführungsformen die zweite Elektrode nicht mit einem Schutzteil abgedeckt, jedoch kann die zweite Elektrode durch ein Schutzteil abgedeckt werden, wenn ein Schutz in Bezug auf elektrische Isolierung und Korrosion erforderlich ist.

[0133] Wenn sich das Impulssignal in Hin- und Herrichtung über die Übertragungsleitung bei den voranstehenden Ausführungsformen ausbreitet, wird der Punkt B der ersten Elektrode **8** als die offene Anschlußklemme gewählt. Allerdings kann der Punkt B der ersten Elektrode **8** an einen Konstantspannungsabschnitt angeschlossen werden, beispielsweise die Stromversorgungsklemme, Masse, usw. Kurz gefaßt werden die charakteristische Impedanz der Übertragungsleitung **20** und die Impedanz am Punkt B in solchem Ausmaß unterschiedlich gewählt, daß die Reflexion des Signals hervorgerufen werden kann.

[0134] Wie voranstehend geschildert ist bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung ein Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit vorgesehen, welches eine erste Elektrode aufweist, die aus einem Leiter besteht, der in Form eines länglichen Zylinders aufgewickelt ist, eine zweite Elektrode, die innerhalb einer zylindrischen Oberfläche vorgesehen ist, und von der zylindrischen Oberfläche der ersten Elektrode um eine vorbestimmte Entfernung beabstandet ist, ein Einlaßabschnitt zum Einlassen einer Meßflüssigkeit zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode, eine Impulssignalerzeugungsvorrichtung zum Anlegen eines Impulssignals an eine Übertragungsleitung, die aus der ersten Elektrode, der zweiten Elektrode und dem Einlaßabschnitt besteht, eine Impulssignalmeßvorrichtung zum Messen des Impulssignals, nachdem sich das Impulssignal über die Übertragungsleitung ausgebreitet hat, und eine Meßvorrichtung für die Dielektrizitätskonstante zur Messung der Dielektrizitätskonstanten der Meßflüssigkeit auf der Grundlage eines Zeitraums zwischen der Erzeugung und Erfassung des Impulssignals. Daher kann ein Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit zur Verfügung gestellt werden, mit welchem eine hohe Genauigkeit bei einem einfachen Aufbau erzielt wird.

[0135] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein derartiges Meßgerät zur Verfügung gestellt werden, welches die Dielektrizitätskonstante mit hoher Genauigkeit mißt, so daß keine erneute Reflexion eines Signals hervorgerufen wird.

[0136] Mit dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein derartiges Meßgerät zur Verfügung gestellt werden, welches unempfindlich in Bezug auf Störungen ist.

[0137] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein derartiges Meßgerät zur Verfügung gestellt werden, welches unabhängig von Umgebungseinflüssen ist.

[0138] Bei dem Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein derartiges Meßgerät zur Verfügung gestellt werden, welches die Dielektrizitätskonstante in kurzer Zeit messen kann.

[0139] Bei dem Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein derartiges Verfahren zur Verfügung gestellt werden, welches einfach eine hohe Genauigkeit erzielen kann.

[0140] Bei dem Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein derartiges Verfahren zur Verfügung gestellt werden, welches die Dielektrizitätskonstante mit hoher Genauigkeit messen kann, so daß keine Reflexion eines Signals hervorgerufen wird.

[0141] Bei dem Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein derartiges Verfahren zur Verfügung gestellt werden, welches unabhängig von Umgebungseinflüssen ist.

[0142] Bei dem Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein derartiges Verfahren zur Verfügung gestellt werden, welches die Dielektrizitätskonstante in kurzer Zeit messen kann.

### Patentansprüche

1. Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit, welches aufweist:  
eine erste Elektrode, die aus einem Leiter besteht, der in Form eines länglichen Zylinders gewickelt ist;  
eine zweite Elektrode, die von der zylindrischen Oberfläche der ersten Elektrode um eine vorbestimmte Entfernung beabstandet angeordnet ist;  
einen Einlaßabschnitt zum Einlassen einer Meßflüssigkeit zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode;  
eine Impulssignalerzeugungsvorrichtung zum Anlegen eines Impulssignals an eine Übertragungsleitung, die aus der ersten Elektrode, der zweiten Elektrode, und dem Einlaßabschnitt besteht;  
eine Impulssignalmeßvorrichtung zur Messung des Impulssignals, nachdem sich das Impulssignal über die Übertragungsleitung ausgebreitet hat; und  
eine Meßvorrichtung für die Dielektrizitätskonstante zur Messung der Dielektrizitätskonstante der Meßflüssigkeit auf der Grundlage eines Zeitraums zwischen der Erzeugung und der Erfassung des Impulssignals.

2. Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Elektrode als länglicher Zylinder ausgebildet ist, dessen Verhältnis von Länge zum Durchmesser größer als 4 ist.

3. Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Eingangsimpedanz der Impulssignalmeßvorrichtung, gesehen von der Seite der Übertragungsleitung aus, auf einen Bereich zwischen der Hälfte und dem Doppelten der charakteristischen Impedanz der Übertragungsleitung eingestellt ist.

4. Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Elektrode eine Isolierbeschichtung mit vorbestimmter Dicke zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode aufweist, und daß die Dicke der Isolierbeschichtung so gewählt ist, daß keine wesentliche Reflexion des Impulssignals an der Impulssignalmeßvorrichtung hervorgerufen wird.

5. Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Filtervorrichtung zumindest entweder bei der Impulssignalerzeugungsvorrichtung oder der Impulssignalmeßvorrichtung vorgesehen ist.

6. Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtervorrichtung als Filter zweiter Ordnung oder Filter höherer Ordnung ausgebildet ist.

7. Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulsspannungserzeugungsvorrichtung eine Zeit, die zur Ausbreitung des Impulssignals über die Übertragungsleitung erforderlich ist, so groß einstellt, daß die Zeit nicht wesentlich durch eine Änderung einer Ausbreitungsverzögerungszeit beeinflusst wird, wenn die Impulssignalerzeugungsvorrichtung ein Befehlssignal empfängt und dann auf das Befehlssignal reagiert, oder durch eine Änderung der Ausbreitungsverzögerungszeit, wenn die Impulssignalmeßvorrichtung das Impulssignal empfängt, nachdem sich das Impulssignal über die Übertragungsleitung ausgebreitet hat, und dann auf das Impulssignal reagiert.

8. Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kern oder ein Joch aus magnetischem Material zumindest bei entweder der ersten Elektrode oder der zweiten Elektrode vorgesehen ist.

9. Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperaturcharakteristik der Permeabilität des Kerns oder des Jochs entgegengesetzt zur Temperaturcharakteristik der Dielektrizitätskonstanten der Meßflüssigkeit verläuft.

10. Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Elektrode ein Schutzteil aufweist.

11. Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ende der ersten Elektrode mit der Impulssignalerzeugungsvorrichtung verbunden ist, und das andere der ersten Elektrode offenliegt, oder mit einem Konstantspannungsabschnitt verbunden ist, und daß die Meßvorrichtung für die Dielektrizitätskonstante die Dielektrizitätskonstante der Meßflüssigkeit auf der Grundlage eines Zeitraums mißt, in welchem das Impulssignal, welches von der Impulssignalerzeugungsvorrichtung erzeugt wird, von einem Ende der ersten Elektrode eingegeben und dann an dem andere Ende reflektiert wird, um zurückzukehren.

12. Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulssignalerzeugungsvorrichtung und die Impulssignalmeßvorrichtung aus einem Schmidt-Inverter bestehen.

13. Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ende der ersten Elektrode an die Impulssignalerzeugungsvorrichtung angeschlossen ist, und das andere Ende der ersten Elektrode an die Impulssignalmeßvorrichtung angeschlossen ist, und daß die Meßvorrichtung für die Dielektrizitätskonstante die Dielektrizitätskonstante der Meßflüssigkeit auf der Grundlage eines Zeitraums mißt, in welchem das Impulssignal, welches von der Impulssignalerzeugungsvorrichtung erzeugt wird, von einem Ende der ersten Elektrode eingegeben wird, und dann das andere Ende erreicht.

14. Meßgerät für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulssignalerzeugungsvorrichtung und die Impulssignalmeßvorrichtung aus einem Inverter bestehen.

15. Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit mit folgenden Schritten:  
Ausbildung einer Signalübertragungsleitung als verteilte konstante Schaltung durch eine erste Elektrode die aus einem Leiter besteht, der in Form eines länglichen Zylinders gewickelt ist, eine zweite Elektrode die getrennt von einer zylindrischen Oberfläche der ersten Elektrode um eine vorbestimmte Entfernung vorgesehen ist, und eine Meßflüssigkeit, die zwischen beiden Elektroden zugeführt wird; und  
Messung der Dielektrizitätskonstanten der Meßflüssigkeit auf der Grundlage eines Ereignisses, daß sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Signals, welches sich über die Übertragungsleitung ausbreitet, ändert, entsprechend einem Einfluß, der durch die Dielektrizitätskonstante der Meßflüssigkeit beeinflusst wird, auf eine Konstante der verteilten konstanten Schaltung.

16. Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine Meßvorrichtung zum Messen eines Signals vorgesehen wird, das sich über die Übertragungsleitung ausbreitet, und daß die Differenz zwischen einer charakteristischen Impedanz der Übertragungsleitung und einer Eingangsimpedanz der Meßvorrichtung so eingestellt wird, daß das Signal an einem Eingangsabschnitt der Meßvorrichtung nicht wesentlich reflektiert wird.

17. Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kanalbreitenbegrenzungsvorrichtung für eine Kanalbreite der Meßflüssigkeit, die zwischen

der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode zugeführt wird, vorgesehen wird, und daß die Kanalbreitenbegrenzungsvorrichtung eine Änderung der charakteristischen Impedanz der Übertragungsleitung begrenzt, die durch eine Änderung der Dielektrizitätskonstanten der Meßflüssigkeit hervorgerufen wird.

18. Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine Zeit, die zur Ausbreitung des Impulssignals über die Übertragungsleitung erforderlich ist, so groß gewählt ist, daß die Zeit nicht wesentlich durch eine Änderung einer Ausbreitungsverzögerungszeit beeinflusst wird, wenn die Impulssignalerzeugungsvorrichtung ein Befehlssignal empfängt und dann auf das Befehlssignal reagiert, oder durch eine Änderung der Ausbreitungsverzögerungszeit, wenn die Impulssignalmeßvorrichtung das Impulssignal empfängt, nachdem sich das Impulssignal über die Übertragungsleitung ausgebreitet hat, und dann auf das Signal reagiert.

19. Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ausbreitungsgeschwindigkeit des Signals, welches sich über die Übertragungsleitung ausgebreitet hat, berechnet wird auf der Grundlage eines Zeitraums, in welchem das Impulssignal, welches von der Impulssignalerzeugungsvorrichtung erzeugt wird, von einem Ende der ersten Elektrode zugeführt wird, und dann an dem anderen Ende reflektiert wird, um zurückzukehren.

20. Meßverfahren für die Dielektrizitätskonstante einer Flüssigkeit nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ausbreitungsgeschwindigkeit des Signals, welches sich über die Übertragungsleitung ausgebreitet hat, auf der Grundlage eines Zeitraums berechnet wird, in welchem das Impulssignal, welches von der Impulssignalerzeugungsvorrichtung erzeugt wird, von einem Ende der ersten Elektrode zugeführt wird, und dann das andere Ende erreicht.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen



FIG. 1

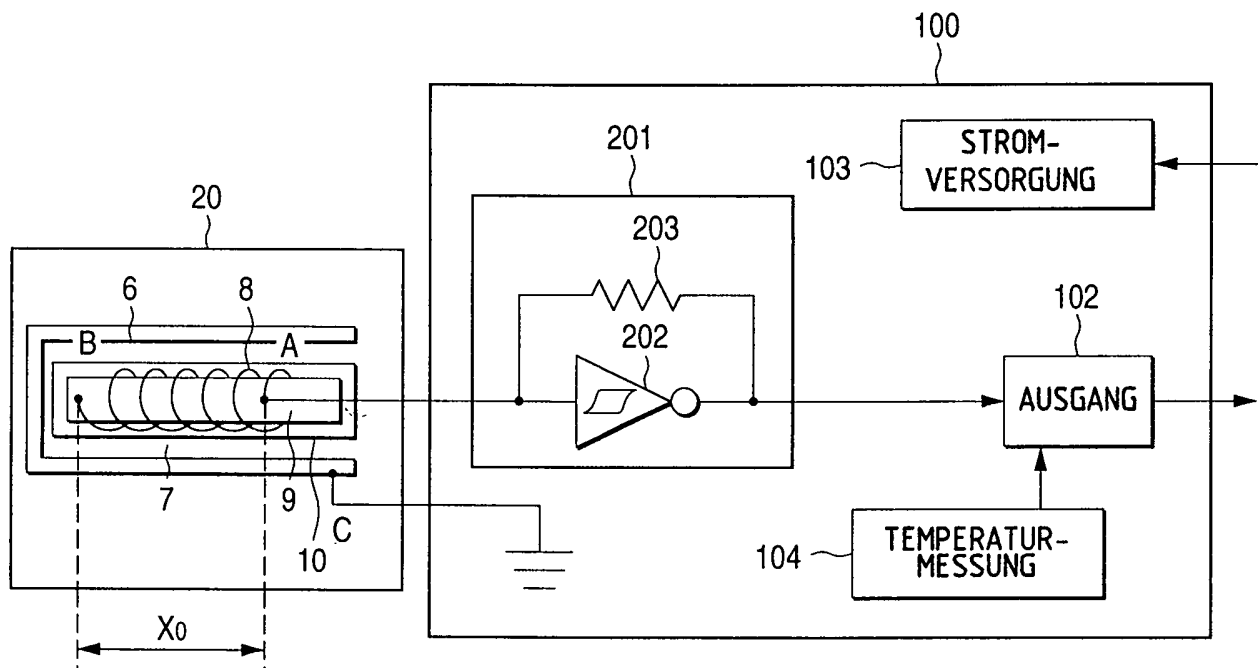


FIG. 2

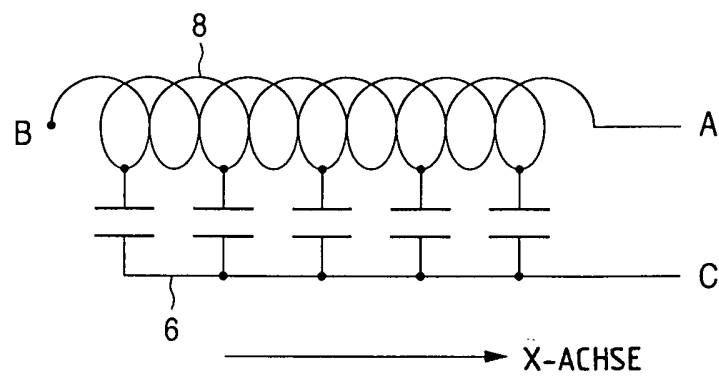


FIG. 3A

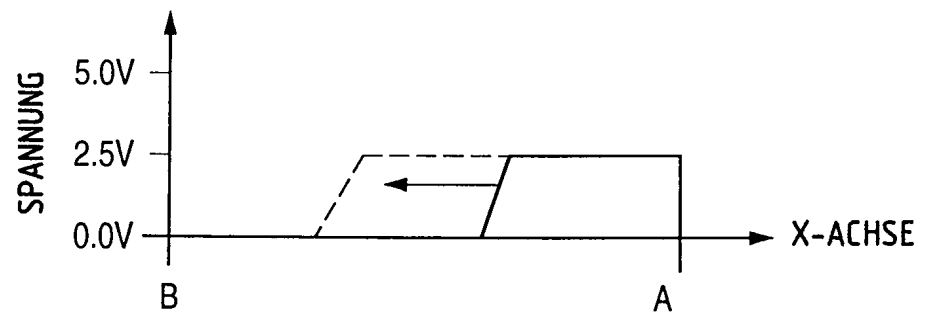


FIG. 3B

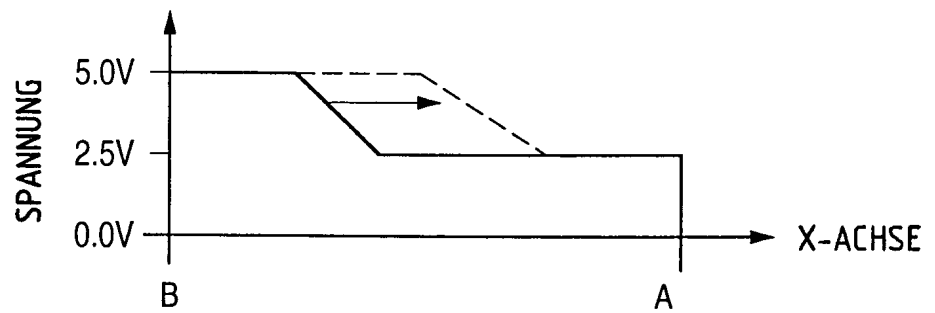


FIG. 3C

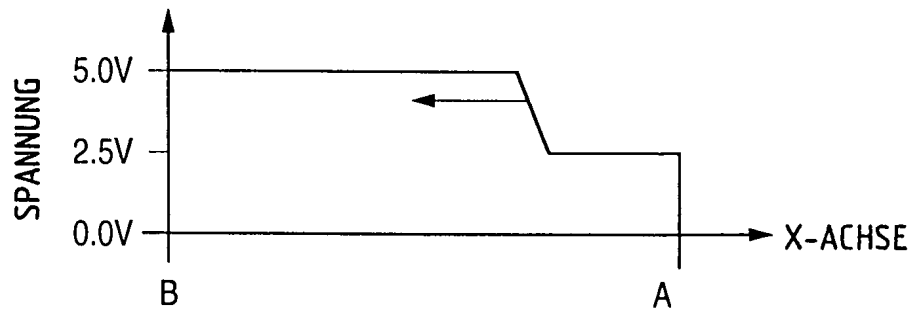


FIG. 3D

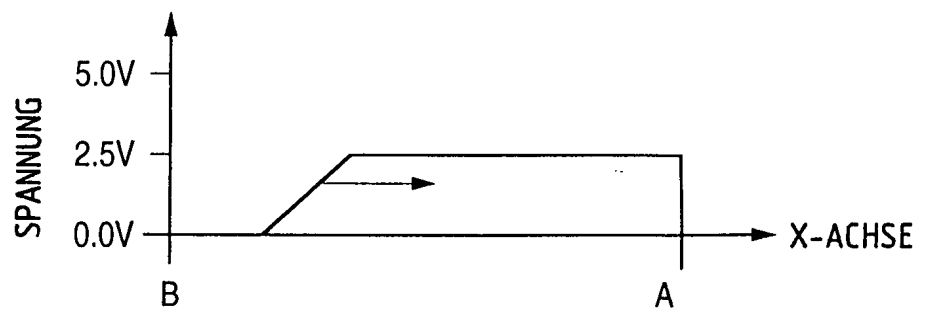


FIG. 4

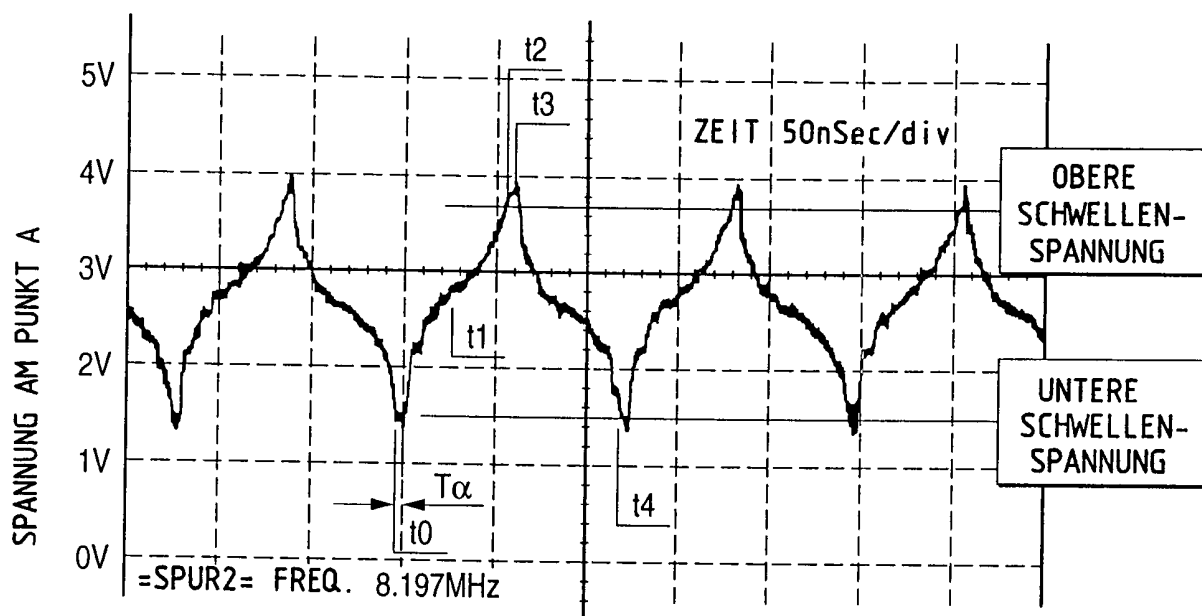
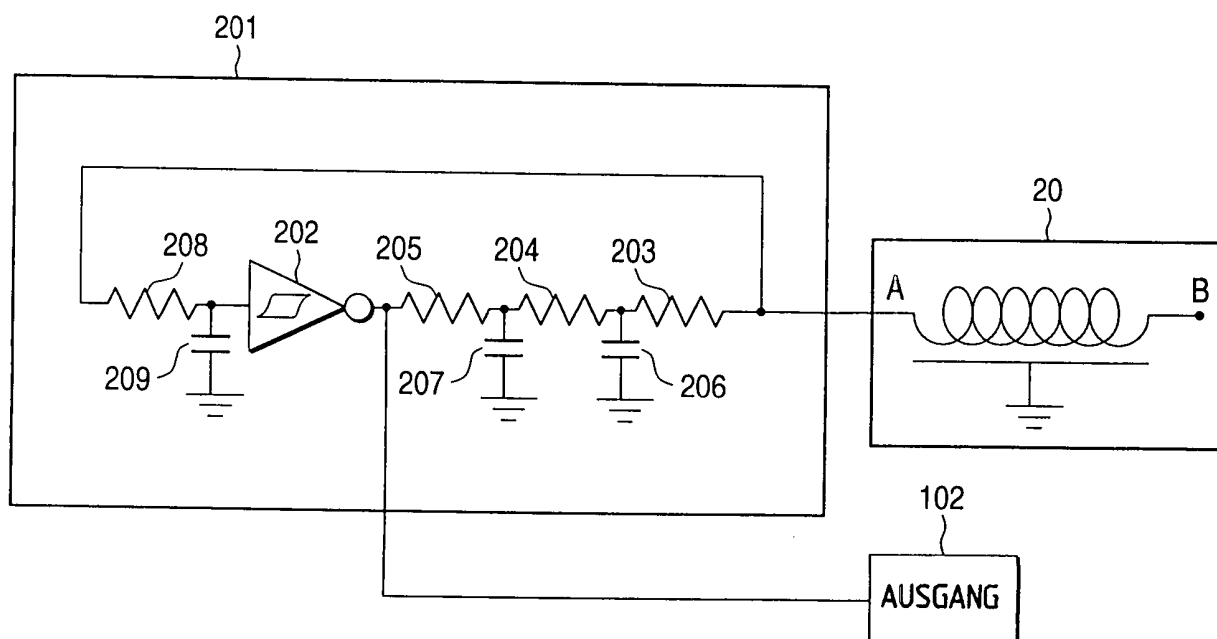


FIG. 5



**FIG. 6**

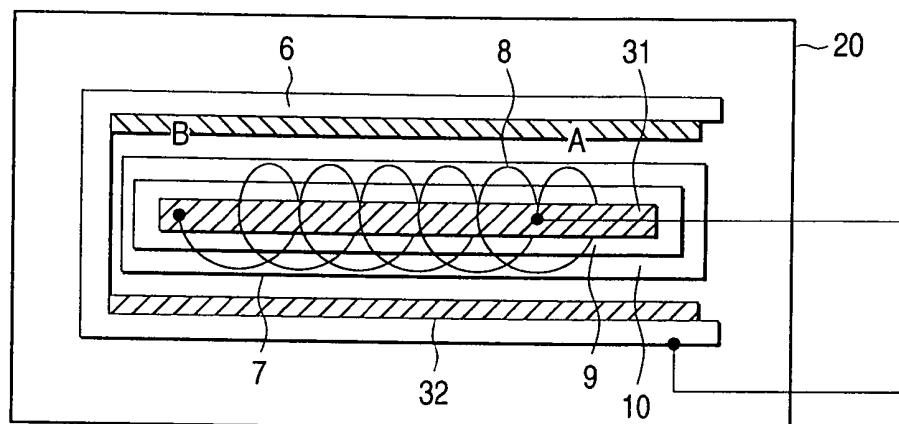


FIG. 7

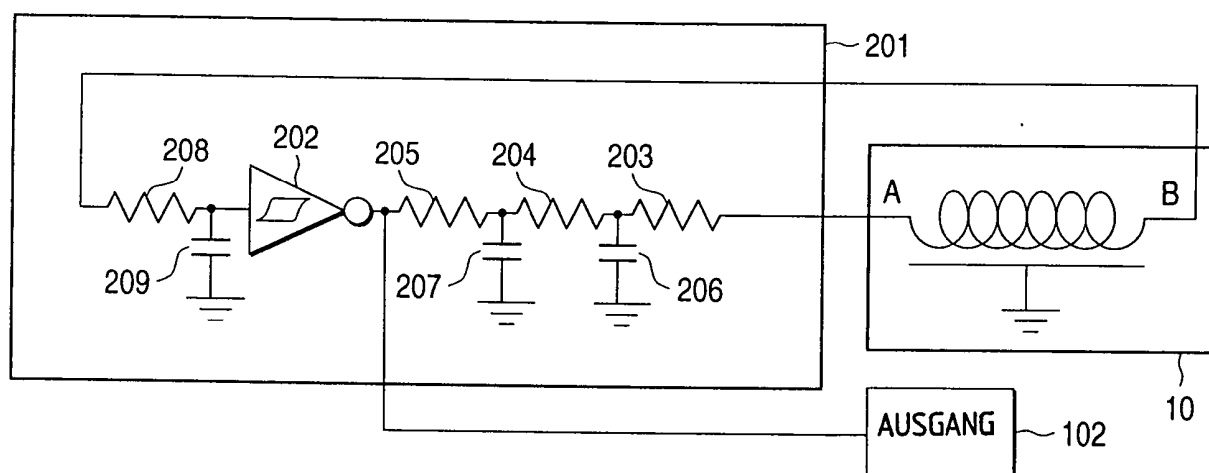
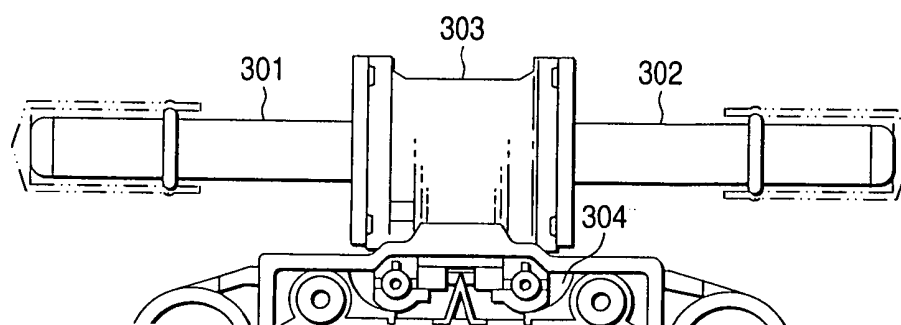
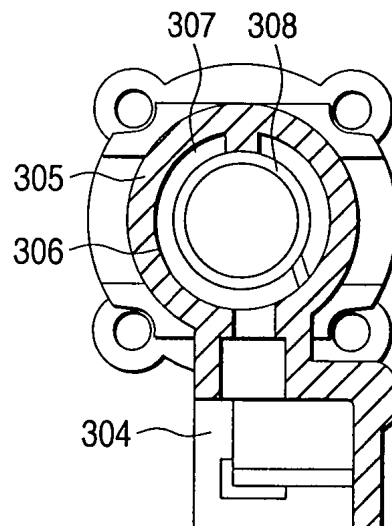


FIG. 8

## STAND DER TECHNIK



**FIG. 9**  
**STAND DER TECHNIK**



**FIG. 10**  
**STAND DER TECHNIK**

