



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 650 338 A5

⑤① Int. Cl.4: G 01 N 27/22
G 01 R 27/26

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

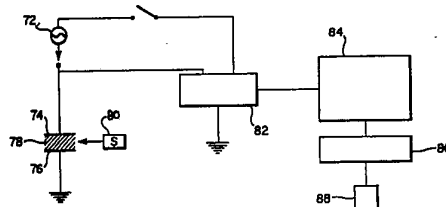
⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

②① Gesuchsnummer:	3393/80	⑦③ Inhaber:	Georgetown University, Washington/DC (US)
②② Anmeldungsdatum:	01.11.1978	⑦② Erfinder:	Gregory, William D., Vienna/VA (US) Capots, Larry H., Annandale/VA (US) Morelli, Luigi, Sterling/VA (US) Muhlke, John, III, Bethesda/MD (US) Nolan, Thomas A., jun., Chevy Chase/MD (US)
③① Priorität(en):	01.11.1977 US 847425	⑦④ Vertreter:	Rebmann-Kupfer & Co., Zürich
②④ Patent erteilt:	15.07.1985	⑧⑥ Europäische Anmeldung:	EP 78300577.0 (En)
④⑤ Patentschrift veröffentlicht:	15.07.1985	⑧⑦ Europäische Veröffentlichung:	EP 0 001 919 (En) 16.05.1979

⑤④ **Verfahren zur Identifizierung der Bestandteile eines Stoffes, der mindestens einen hoch-dielektrischen Bestandteil enthält und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.**

⑤⑦ Der zu identifizierende, nicht-homogene Stoff (S) wird auf seine Leitfähigkeit und/oder Kapazität abgetastet, indem er zwischen zwei Platten (74, 76) hindurchgebracht wird, die Teile eines kapazitiv reagierenden, elektrischen Netzwerkes sind. An die beiden Platten (74, 76) wird eine Wechselspannung von einer Frequenz angelegt, bei welcher für den interessierenden Stoff in früheren Tests ein vorbestimmter Leitfähigkeits- bzw. Kapazitätswert gemessen wurde.

Die Erfindung ist anwendbar zur Aufspürung von Sprengstoffen, bestehend aus Sprengstoffmolekülen mit hoher Dielektrizitätskonstante und aus inertem Füllstoff, z.B. Sägemehl, mit niedriger Dielektrizitätskonstante; oder zur Bestimmung der Relativmengen von Erde und Wasser in einer entsprechenden Mischung. Die Stoffe können in geschlossenen Behältern, z.B. in Briefen oder Paketen, bei hohen Prüfgeschwindigkeiten und mit Sofort-Ergebnissen geprüft werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Identifizierung der Bestandteile eines Stoffes, der mindestens einen hoch-dielektrischen Bestandteil enthält, dadurch gekennzeichnet, dass

a) die Leitwerteigenschaft des Stoffes (60; S) abgetastet wird, indem dieser zwischen zwei Platten (58; 74; 76; 102, 104), welche einen Teil eines kapazitiv reagierenden elektrischen Netzwerkes bilden, hindurchgebracht wird, und

b) eine Wechselspannung an den zwei Platten (58; 74; 76; 102, 104) angelegt wird, bei einer Frequenz, bei welcher der Leitwert des interessierenden Stoffes einen höheren als einen vorbestimmten Wert hat.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Frequenzwert zwischen 10 Hz und 150 Hz verwendet wird.

3. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Leitwert des Stoffes (60; S) darauf geprüft wird, ob er grösser als 1×10^{-2} Nano-Siemens ist.

4. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere, verschiedene Wechselspannungs-Frequenzwerte zur Entwicklung einer Kennkurve nacheinander angelegt werden, und dass diese Kennkurve mit anderen Kennkurven verglichen wird, die von nachfolgenden Proben erhalten werden, die zwischen die zwei Platten eingeführt werden.

5. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die wirklichen ohmschen und kapazitiven Widerstandskomponenten aus dem Verlust ermittelt werden, welcher auftritt, wenn der Stoff (60; S) zwischen die zwei Platten (58; 74; 76; 102, 104) eingeführt wird.

6. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Daten relativ zur Änderungsrate des Leitwerts, sowie zur Grösse des Leitwerts, wenn die Änderungsrate auf Null fällt, ermittelt werden, damit Informationen über die Volumenkonzentration und die Gesamtmenge des dielektrischen Bestandteiles im Stoff (60; S) erhalten werden.

7. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Frequenzwert zwischen 20 und 150 kHz verwendet wird, damit versteckte Explosivstoffe aufspürbar werden.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Patentanspruch 1, gekennzeichnet durch

a) eine zwei Platten aufweisende kapazitive Baueinheit (58; 74, 76; 102, 104; 112) zur Erzeugung eines kapazitiven Ausgangssignals und zur Erzeugung einer Änderung in der Kapazität, wenn ein hoch-dielektrischer Bestandteil in physikalischer Verbindung damit angeordnet wird,

b) eine kapazitiv reagierende Baueinheit (54; 82; 96; 118), die verbunden ist mit der kapazitiven Baueinheit (58; 74, 76; 102, 104; 112), um deren Kapazitätsänderung zu bestimmen, und

c) eine Wechselspannung erzeugende Baueinheit (52; 72; 90; 110), an die die kapazitive Baueinheit (58; 74, 76; 102, 104; 112) angeschlossen ist, um ein elektrisches Ausgangssignal zu erzeugen, das den Kapazitätswert der kapazitiven Baueinheit (58; 74, 76; 102, 104; 112) wiedergibt.

9. Vorrichtung nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die kapazitive Baueinheit (58; 74, 76; 102, 104; 112) einen Kapazitätswert aufweist, und ihre Platten (74, 76; 102, 104) genügend weit räumlich voneinander getrennt sind, damit der zu prüfende Stoff (60; S) dazwischen durchgeführt werden kann.

10. Vorrichtung nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die kapazitiv reagierende Baueinheit ein Zeitglied (54) beinhaltet, an welches die kapazitive Baueinheit (58) angeschlossen ist.

11. Vorrichtung nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Alarmbaueinheit (70; 80) mit der kapazitiv

reagierenden Baueinheit (54; 82) in einer Schaltung verbunden ist und dass die Alarmbaueinheit aktivierbar ist, wenn die Änderung des Leitwerts der kapazitiven Baueinheit (58; 74, 76) einen vorbestimmten Wert übersteigt.

12. Vorrichtung nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die kapazitiv reagierende Baueinheit einen Tondekoder (68) aufweist.

13. Vorrichtung nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die kapazitiv reagierende Baueinheit einen Detektor (82) und einen Zähler (84) aufweist.

14. Vorrichtung nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die kapazitiv reagierende Baueinheit eine abgeglichene Brückenschaltung mit einem Detektor (96) im neutralen Zweig aufweist und die beiden Platten (102, 104) in einem der Brückenarme enthalten sind und ein veränderlicher Widerstand (98) und ein Kondensator (100) in dem benachbarten Brückenarm enthalten sind.

15. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Patentanspruch 1, gekennzeichnet durch

a) eine zwei Platten aufweisende kapazitive Baueinheit (58; 74, 76; 102, 104, 112) zur Erzeugung eines Leitfähigkeitsausgangssignals und zur Erzeugung einer Änderung in der Leitfähigkeit, wenn ein hoch-dielektrischer Bestandteil in physikalischer Verbindung damit angeordnet wird,

b) eine kapazitiv reagierende Baueinheit (54; 82; 96; 118), die verbunden ist mit der kapazitiven Baueinheit, um die Änderung der Leitfähigkeit der kapazitiven Baueinheit (58; 74, 76; 102, 104; 112) zu bestimmen und

c) eine Wechselspannung erzeugende Baueinheit (52; 72; 90; 110), an die die kapazitive Baueinheit (58; 74, 76; 102, 112) angeschlossen ist, um ein elektrisches Ausgangssignal zu erzeugen, das den Leitfähigkeitswert der kapazitiven Baueinheit wiedergibt.

16. Vorrichtung nach Patentanspruch 15, gekennzeichnet durch

a) eine kapazitiv reagierende Baueinheit (54; 82; 96; 118), verbunden mit der kapazitiven Baueinheit zur Kapazitätsänderung der kapazitiven Baueinheit (58; 74; 76; 102, 104; 112), und

b) die Wechselspannung erzeugende Baueinheit (52; 72; 90; 110), die auch ein elektrisches Ausgangssignal erzeugen, das den Kapazitätswert der kapazitiven Baueinheit wiedergibt.

17. Vorrichtung nach Patentanspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass

a) die kapazitive Baueinheit (102, 104; 112) in eine Brückenschaltung geschaltet ist,

b) eine Detektoreinheit (96) dazu parallel geschaltet ist, und

c) die Detektoreinheit eine Rechneinheit beinhaltet, welche sequentielle Daten erhält und diese bezüglich zuvor gespeicherter Daten analysiert.

18. Vorrichtung nach Patentanspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass

a) die kapazitive Baueinheit mindestens zwei in Serie geschaltete kapazitive Elemente (122, 114) aufweist, dass weiter

b) die kapazitiv reagierende Baueinheit mit diesen kapazitiven Elementen (122, 114) zur Auswertung der Kapazitätsänderung aus der kapazitiven Baueinheit verbunden ist, wobei

c) die kapazitiv reagierende Baueinheit eine Detektorbaueinheit (118) und eine zwischen den kapazitiven Elementen (122, 114) angeschlossene Spannungsbaueinheit (116) aufweist zur Umwandlung von durch die kapazitiven Elemente (122, 114) erzeugtem Strom in eine Ausgangsspannung, und dass

d) die Wechselspannung erzeugende Baueinheit (110) über die die kapazitive Baueinheit angeschlossen ist, zur Erzeugung eines abgeglichenen elektrischen Ausgangssignals, das den Kapazitätswert der kapazitiven Baueinheit darstellt.

19. Vorrichtung nach Patentanspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die kapazitive Baueinheit drei räumlich getrennte Platten mit einem umgebenden Schutzring aufweist, der an der mittleren Platte angeordnet ist, wobei die mittlere Platte mit der Spannungsbaueinheit verbunden ist, um den durch die kapazitive Baueinheit erzeugten Strom in eine Ausgangsspannung umzusetzen.

20. Vorrichtung nach Patentanspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die kapazitive Baueinheit in einer abgeglichenen Brückenschaltung angeschlossen ist, die Spannungsbaueinheit (116) zur Umwandlung von durch die kapazitive Baueinheit erzeugten Strom zwischen den kapazitiven Elementen (112, 114) angeschlossen ist und die Detektorbaueinheit (118) an die Spannungsbaueinheit (116) angeschlossen ist, wobei die Detektorbaueinheit (118) eine Baueinheit zur Durchführung einer Fouriertransformationsanalyse von Phasen- und Amplitudendaten aufweist, die von der kapazitiven Baueinheit erzeugt werden.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Identifizierung der Bestandteile eines Stoffes, der mindestens einen hoch-dielektrischen Bestandteil enthält. Die Erfindung betrifft ebenfalls eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Die unter Diskussion stehenden Stoffe sind Mischungen aus zwei oder mehreren Bestandteilen mit voneinander jeweils sehr unterschiedlicher elektrischer Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante. Derart zusammengesetzte Stoffe werden wegen ihrer elektrischen Eigenschaften oft als «nicht-homogen» bezeichnet. Beispiele dieser Art von Stoffen sind Sprengstoffe, die aus den eigentlichen Sprengstoffmolekülen mit hoher Dielektrizitätskonstante und aus inertem Füllstoff, wie z.B. Sägemehl bzw. -staub, mit verhältnismässig niedriger Dielektrizitätskonstante zusammengesetzt sind; ein weiteres Beispiel stellt eine Mischung von Erde und Wasser dar, welche zwar in der Konsistenz einheitlich erscheinen mag, aber trotzdem haben Erde und Wasser deutlich verschiedene elektrische Charakteristika.

Weitere Beispiele sind Wasser und aufgeschlammte Stoffe oder sogar auch durchwachsenes Fleisch, bei dem die Bestandteile mageres Muskelgewebe und Fettgewebe sind.

Seit langem besteht der Bedarf für ein schnelles, zerstörungsfreies Verfahren mit Bestandteilen nicht-homogener Stoffe leicht identifizierbar und/oder ihre Eigenschaften feststellbar sind. Zwei unmittelbare Anwendungsgebiete für ein solches Verfahren sind die Aufspürung von Briefbomben und die Analyse von Erde.

Bezüglich der Sicherheitsüberwachung ist die Möglichkeit, Sprengstoffe in kleine Umschläge zu verpacken und mit der Post zu versenden, ein seit langem bestehendes Sicherheitsproblem. Bezüglich der Analyse von Erde besteht der Bedarf für einen schnellen Bodentest auf dem Feld, der z.B. Informationen zum Feuchtigkeitsgehalt oder zu mechanischen Eigenschaften liefert.

Es trifft zu, dass beide dieser Stoffe Bestandteile mit unterschiedlichem Leitfähigkeitsverhalten bzw. -charakteristika haben, die bei bestimmten Frequenzbereichen nicht linear sind. Diese Tatsache kann zur Identifizierung und Analyse solcher Stoffe benutzt werden.

Demgemäss ist es Aufgabe der Erfindung, ein zerstörungsfreies Verfahren der erwähnten Art für nichthomogene Stoffe zu schaffen, bei welchen zumindest eines der Bestandteile eine hohe Dielektrizitätskonstante aufweist. Aufgabe der Erfindung ist es ebenfalls eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen.

Ein Verfahren zur Lösung dieser Aufgabe ist durch die im Patentanspruch 1 aufgeführten Merkmale gekennzeichnet.

Ausführungsbeispiele des Verfahrens besitzen die Merkmale der Ansprüche 2 bis 7. Je eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist in den Ansprüchen 8 und 15 beansprucht.

Die Erfindung besitzt folgende Vorteile. Die Stoffe können in geschlossenen Behältern, z.B. in Paketen oder Briefen auf ihre Bestandteile, über ihre elektrischen Eigenschaften geprüft werden. Es können hohe Prüfgeschwindigkeiten verwendet und Sofort-Ergebnisse erzielt werden. Es können Bestandteile mit hohen Dielektrizitätskonstanten identifiziert und Informationen über die Konzentration der Bestandteile im Stoff erzielt werden. Es kann auch der Feuchtigkeitsgehalt inhomogener Stoffe, z.B. der Erde bestimmt werden.

Nachstehend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Kurven, die die Leitfähigkeit als Funktion der Frequenz darstellen, und veranschaulicht das Leitwert-Verhalten einiger Sprengstoffe im Vergleich zu anderen Stoffen;

Fig. 2 eine graphische Darstellung vom Leitwert als Funktion der Frequenz für einige Sprengstoffe und Nicht-Explosivstoffe, welche den höheren Leitwertpegel von Sprengstoffen veranschaulicht;

Fig. 3 ein Diagramm der Kapazität als Funktion der Frequenz, welches Kurven für einige Sprengstoffe und Nicht-Explosivstoffe zeigt;

Fig. 4 ein Vektordiagramm für einen typisch kapazitiven Bestandteil, das sowohl die kapazitive als auch die Widerstandskomponente zeigt, die beide von Interesse sind;

Fig. 5 die Kurvendarstellung typischer Kurven für Sprengstoffe, die die Leitwertkurve als Funktion der Frequenz darstellt;

Fig. 6 einen Schaltkreis zur Erkennung der Leitwertänderung, welcher ein Zeitglied und einen Tondecoder aufweist;

Fig. 7 einen anderen Schaltkreistyp, der die Leitwertänderungen bestimmen kann und bei welchem ein Detektor und ein Zähler verwendet werden;

Fig. 8 ein Blockschaltbild eines Brückenschaltkreises, welcher zur Bestimmung der Leitwertänderungen verwendet werden kann;

Fig. 9 ein Blockschaltbild eines weiteren Brückenschaltkreises, welcher zur Bestimmung der Leitwertänderungen verwendet werden kann.

Die Figuren 1 und 2 zeigen Kurven des Leitwerts als Funktion der Frequenz für Umschläge, die Sprengstoffe und nichtexplosive Stoffe enthalten. Diese Kurven ergaben sich beim Anordnen eines Umschlags zwischen zwei flachen, räumlich voneinander getrennten Platten, die ein kapazitives Element bilden und Teile eines elektronischen Schaltkreises für die Leitwertbestimmung sind.

Die Kurve 10 in Fig. 1 ist für das Sprengstoffgemisch PETN (= Pentrit-Pentaerythrit-Tetranitrat) und zeigt Kapazitätswerte für Frequenzen bis zu 50 kHz. Es ist bemerkenswert, dass der Leitwert für PETN sehr schnell bis 0.3 Nano-Siemens ansteigt und dann beinahe konstant bleibt.

Die ausgezogene Kurve 12 ist für einen Briefumschlag mit dem Sprengstoffgemisch C, das einen höheren Leitwertpegel aufweist als die beiden gestrichelten Linien 14 und 16, die die entsprechenden Kurven für Umschläge mit dem Inhalt Plexiglas bzw. Papier sind.

Fig. 2 zeigt ebenfalls Kurven von Leitwert als Funktion der Frequenz, wobei die ausgezogenen Linien für explosive Substanzen und die gestrichelten Linien für nichtexplosive Substanzen gelten. Es wird hierbei darauf hingewiesen, dass der Massstab für die Leitwerte bei dieser Darstellung grösser als in der Darstellung gemäss Fig. 1 ist. Dieser Massstab zeigt deutlicher den höheren Leitwertpegel für das Sprengstoffgemisch C in Kurve 18 und für Dynamit in Kurve 19. Kurve 20 ist für Plexiglas in einem Briefumschlag und ist niedriger als die Kurven 18 und 19. Kurve 22 hat einen noch niedrigeren

Leitwert und bezieht sich auf einen Briefumschlag, der sowohl Papier als auch Münzen enthält. Kurve 24 bezieht sich auf einen ebenen Briefumschlag mit Papier, und die Kurve 26 auf einen Briefumschlag, der Papier und zwei Kreditkarten enthält.

Diese Figuren zeigen die grossen Leitwertänderungen von Sprengstoffen als eine Funktion der Frequenz für Sprengstoffe, insbesondere für PETN und Dynamit. Bezüglich des Sprengstoffgemisches C ist ebenfalls erwähnenswert, dass es für diesen Stoff eine grosse Leitwertänderung im unteren Frequenzbereich gibt, wie in Fig. 2 dargestellt. Andererseits zeigen nicht-explosive Stoffe eine viel geringere Leitwertänderung bei Änderungen in der Frequenz.

Explosive Stoffe sind Mischungen eines Sprengstoffes mit einem Bindemittel. Der Sprengstoff hat sehr hohe dielektrische Eigenschaften und weist eine grosse nicht lineare Verlustkomponente über einen Frequenzbereich bis zu ungefähr 15 kHz auf.

Die Kapazitätswerte sind proportional zu der Dielektrizitätskonstante der zwischen den Platten eingebrachten Probe. Wie aus dem in Fig. 3 gezeigten Verlauf der Kapazität als Funktion der Frequenz zwischen etwa 100 Hz und 50 kHz ersichtlich, haben die mit durchgezogenen Linien dargestellten Sprengstoffe eine Dielektrizitätskonstante, die eine geringe Frequenzabhängigkeit aufweist, so dass die Kapazität wesentlich höhere Werte aufweist als die der in gepunkteten Linien dargestellten nicht-explosiven Proben. Die Kurve 28 bezieht sich auf den Sprengstoff PETN und Kurve 30 auf den Sprengstoff Compound C. Die Kurven 32 bzw. 34 zeigen die Ergebnisse von Umschlägen, die nur Plexiglas bzw. zwei Kreditkarten enthalten haben.

In Fig. 4 ist die Bedeutung dieser Eigenschaft nicht-homogener Stoffe mit einem hohen dielektrischen Element dargestellt. Der elektrische Vektor 36 stellt den grossen Verlust über den Platten des Kondensators dar, der eine Kapazitätskomponente 40 und eine Widerstandskomponente 38 hat. Die Kapazitätskomponente enthält die Information über die Dielektrizitätskonstante. Die Widerstandskomponente liefert die Grundinformation bezüglich des Widerstandswertes für den Verlust. Für eine bestimmte Probe, die zwischen die Platten des kapazitiven Elements eingebracht wird, erhält man für jede Frequenz bis zu 50 kHz verschiedene Messwerte. Mit der Widerstandskomponente kann ein Wert für den Widerstand bei jeder Frequenz erhalten werden. Der Leitwert ist nur der Kehrwert von diesem Wert.

Es wurde festgestellt, dass Sprengstoffe nicht-lineare Leitwertkurven haben. Sie sind Mischungen von instabilen Sprengstoffgemischen mit grossen Dielektrizitätskonstanten und von inerten Füllstoffen, wie z.B. Sägemehl, die nicht solche Eigenschaften haben.

Die Leitwertkurve für jeden Sprengstoff ist unterschiedlich.

In Fig. 5 ergibt die Änderung des Leitwerts als eine Funktion des Logarithmus der Frequenz eine in etwa S-förmige Kurve. Die interessierenden Faktoren sind der Grad, mit welchem der Leitwert mit der Frequenz ansteigt, und der Punkt, für den der Leitwert den maximalen Wert erreicht. Die Änderungsrate dieser Kurven ist eine Funktion der Volumenkonzentration des hoch dielektrischen Stoffes (Sprengstoffes) in dem Füllstoff. Der Wert der Kurve, wo die Änderungsrate null wird, steht in Beziehung zur Menge des Bestandteils mit hohen dielektrischen Eigenschaften, sowie zu dessen Volumenkonzentration.

Bei der Kurve gemäss Fig. 5 hat der untere Abschnitt 42 einen allmählichen Anstieg bis zum mittleren Abschnitt 44 und einen Kurvenabflachungsabschnitt 46. Der mittlere Abschnitt 44 der Kurve zwischen den gestrichelten Linien 48 und 50 zeigt die Änderungsrate des Leitwerts als Funktion der

Frequenz. Dieser Teil der Kurve steht in Beziehung zur Konzentration des hoch dielektrischen Bestandteils in der Mischung.

Der Abflachungspunkt der Kurve bei dem oberen Abschnitt 46 steht sowohl zur Volumenkonzentration als auch zur Menge des Materials in Beziehung.

Es wurde festgestellt, dass jede Art von Material seine eigene charakteristische Leitwertkurve hat und daher verschiedene Arten von Materialien voneinander unterschieden werden können, wenn verschiedene Referenzkurven einmal festgelegt worden sind. Diese charakteristischen Leitwertkurven, d.h. Kennkurven machen es möglich, dass ein geschlossenes Paket, wie z.B. ein Umschlag, ohne geöffnet zu werden abgetastet und sowohl Art als auch Menge des Materials in dem Umschlag oder Paket festgestellt wird.

Es gibt eine Anzahl elektrischer Schaltungen, mit denen die Leitfähigkeitscharakteristika von nicht-homogenen Stoffen, die dielektrische Bestandteile enthalten, ausgenutzt werden können. Eine dieser Schaltungen ist in Fig. 6 dargestellt. Diese Schaltung ist besonders bei der Prüfung von Briefen verwendbar, die möglicherweise Sprengstoffe enthalten.

Eine Eingangsleitung 52 ist parallel mit einem Zeitglied 54 und einer Leitung verbunden, die einen Widerstand 56 und ein kapazitives Element 58 enthält. Das kapazitive Element 58 besteht aus zwei parallelen, räumlich voneinander getrennten Platten, zwischen denen ein verschlossener Brief 60 durchgeführt wird. Der Widerstand 56 und der Kondensator 58 bilden ein R-C-Glied, das auf das Zeitglied 54 einwirkt, wenn der Wert des kapazitiven Elementes 58 verändert wird. Diese Änderung findet statt bei der Einführung eines Briefes 60, welcher ein hochdielektrisches Material enthält. Insoweit als das kapazitive Element keinen reinen Leitwert darstellt, ist die äquivalente Schaltung dieses Elements ein Kondensator mit Parallelwiderstand. Die Spannungskomponente ist dann im wesentlichen wie in Fig. 4, in welcher die bestimmende Grösse für den Vektor die kapazitive Komponente ist.

Der Sprengstoff verursacht eine grosse Änderung des Leitfähigkeitswerts und ändert deshalb das Frequenzgangssignal des Zeitgliedes 54. Wenn zwischen den Platten des kapazitiven Elements 58 nichts eingeführt ist, hat die Taktgeberfrequenz einen bestimmten Wert. Dieses Ausgangssignal wird durch das Widerstandsnetzwerk 62 und 64 geführt und durch den Kondensator 66 mit dem Tondekoder 68 gekoppelt. Der Tondekoder ist auf diese Frequenz abgestimmt, welche mit 6 dargestellt ist. Falls die beiden Frequenzen aufeinander abgestimmt sind, ist der Ausgang des Frequenzdekoders hoch.

Wenn jedoch ein Material, das einen Substanztyp mit hoher Dielektrizitätskonstante (Sprengstoff) enthält, zwischen die Platten gebracht wird, ändert sich die Kapazität des Elements 58. Dies geschieht wegen der Änderung in der Dielektrizität, welche durch das dielektrisch hohe Material verursacht wird. Weil die äquivalente Schaltung eine Kapazität und einen Parallelwiderstand darstellt, sind deshalb Vektormessungen zur Bestimmung sowohl der kapazitiven als auch der ohmschen Widerstandskomponenten (Fig. 4) von Interesse. Die genaue Messung der ohmschen Widerstandskomponente, welche dem Reziprokwert des Leitwerts entspricht, ergibt die Grösse des Leitwerts.

Da sich die Ladezeit des kapazitiven Elements 58 in dem R-C-Glied des Zeitglieds ändert, ändert sich auch das Ausgangssignal des Zeitglieds. Die Grösse dieser Differenz ist gross genug, um die Bandbreite des Tondekoders zu übersteigen. Das Ausgangssignal des Tondekoders wird kleiner und der für die Erfassung solcher Änderungen vorgesehene Alarmstromkreis 70 wird aktiviert.

Die Werte können so gewählt werden, dass die Empfindlichkeit der Schaltung so geändert wird, dass sie den abzutast-

stenden Gegenständen angepasst wird. Die angegebene Schaltung kann gewünschtenfalls leicht durch Änderung der Bandbreite des Dekoders 68 geändert werden.

Die durch die Leitung 52 an die Schaltung angelegte Frequenz liegt zwischen 30 und 50 kHz bei Sprengstoffen. Dies ist anhand der Figuren 1 und 3 ersichtlich, wo das höhere Leitfähigkeits- und Kapazitätsverhalten bei Sprengstoffen leicht erkennbar ist.

Die Schaltung reagiert auch schnell. Wenn sie zum Beispiel als Briefbombendetektor verwendet wird, können in der Grössenordnung von 700 bis 1000 Stück pro Minute abgetastet werden.

Wenn die Identifizierung von Sprengstoffen gefordert ist, dann muss eine charakteristische Kennkurve aus Werten bei mehreren Frequenzen erzeugt werden. Der einfache Briefbombendetektor arbeitet bei einer einzigen Frequenz, bei welcher der Leitwertpegel oder die Kapazitätsänderung (der Verlust) zur Bestimmung des Vorhandenseins von irgendeinem Sprengstoff verwendet wird, da alle Leitwtergebnisse hoch sind.

Die Platten des kapazitiven Elements 58 können beim Einsatz als Briefbombendetektor ungefähr die Grösse eines Briefumschlags haben. Die tatsächlich verwendeten Platten waren aus dünnem Metall in einer Grösse von 76,2 mm Breite und 279,4 mm Länge und parallel voneinander entfernt in einem Abstand von 12,7 mm angeordnet.

Der Phasenwinkel zwischen der an die Schaltung angelegten Frequenz und der an das kapazitive Element 58 angelegten Frequenz ist auch von Bedeutung. Um genaue Ergebnisse zu erhalten, sollten diese Frequenzen innerhalb von $0,5^\circ$ in Phase sein oder auf diesen Wert korrigiert werden. Um deutliche und genaue Ableser-Ergebnisse zu erhalten, ist es weiterhin wesentlich, dass ein sehr stabiles Oszillatorsignal verwendet wird.

Ein anderer Schaltkreis zur Erkennung von Stoffen mit Bestandteilen hoher Dielektrizität ist in Fig. 7 angegeben. Die Wechselspannungsquelle 72 ist über ein kapazitives Element mit räumlich voneinander getrennten Platten 74, 76 verbunden, die einen dazwischenliegenden Luftspalt 78 aufweisen. Die mit S bezeichnete Probe 80 wird zwischen den Platten bewegt und die Änderung der Kapazität wird in dem Detektor 82 erfasst. Üblicherweise darf der Strom die Kondensatorplatten 74 und 76 aufladen, bis der Spannungsabfall über den Platten einen vorgewählten Wert überschreitet. In diesem Augenblick unterbricht der Detektor den Strom, so dass die Ladung zwischen den Platten bis zu einem gegebenen Pegel abfällt, welcher dann den Detektor veranlasst, die Stromquelle in die Leitung zurückzuverbinden, um den Kondensator wieder aufzuladen. Mit dieser Anordnung wirkt der Detektor als ein Wechselspannungsgenerator, der ein Signal abgibt, dessen Periode von der Ladung und Entladung des kapazitiven Elements abhängt.

Wenn der zu untersuchende Gegenstand zwischen die Platten 74 und 76 gebracht wird, ändert sich die Kapazität des Elementes und dies wiederum ändert das Ausgangssignal des Detektorschaltkreises 82, das zum Zähler 84 führt. Der Zähler 84 gibt ein Signal an den Komparator 86 und falls die Differenz genügend gross ist, liefert der Komparator 86 ein Signal an den Alarmkreis 88, der aktiviert wird.

Die Schaltung ist eine schnell reagierende Schaltung, die einfach zu konstruieren ist. Der Nachteil dabei ist, dass da die Zeitkonstante des Kondensators das Produkt sowohl der Widerstands- als auch der Kapazitätskomponente ist, diese Komponentenwerte im allgemeinen nicht leicht bestimmt werden können.

Fig. 8 zeigt eine Brückenschaltung, die mit einem Sinuswellengenerator 90 betrieben wird. Brückenelemente 92 und 94 sind abgegliche Impedanzen, die mit einem Detektor 96

verbunden sind. Der Detektor ist auf Null, wenn die Brücke abgeglichen ist. Der veränderliche Widerstand 98 und der veränderliche Kondensator 100 sind mit der Impedanz Z1, die als Element 92 gezeigt ist, aneinandergesetzt. Sie stellen auch den Äquivalenzschaltkreis des kapazitiven Elements, das aus den parallelen, räumlich voneinander angeordneten Platten 102 und 104 besteht, im verbleibenden Zweig der Brücke dar.

Die veränderlichen Elemente 98 und 100 steuern wirksam die Nullposition des Detektors 96. Eine Probe, zwischen die Platten 102 und 104 eingeführt, kann die Brücke aus dem Gleichgewicht bringen und ein erneutes Gleichgewicht kann durch gustierung der Bauelemente 98 und 100 hergestellt werden. Durch diese Gustierung werden die durch die Probe hervorgerufenen Widerstands- und Kapazitätswerte erhalten.

Wieder soll bemerkt werden, dass einige Aufmerksamkeit auf die Phasenbeziehung der angelegten Wechselspannung gerichtet werden muss. Diese Schaltung ist wirksam für die Bestimmung der Kennkurven verschiedener Sprengstoffe verschiedenen Frequenzen, wenn deren Identifikation verlangt ist. Es muss aber beachtet werden, dass, wenn aufeinanderfolgend Frequenzen für die Bestimmung von Kennkurven erzeugt werden, Zeit erforderlich ist, um die manuelle oder in einer anderen Weise zu erfolgende Gustierung des variablen Widerstandes und des Kondensators durchzuführen, um damit den Wiederabgleich der Brücke zu bewerkstelligen.

Die Schaltung gemäss Fig. 8 kann auch als kalibrierter Brückendetektorschaltkreis verwendet werden. Eine bekannte Probe wird zwischen die Platten 102 und 104 eingeführt, wodurch der Spannungsabgleich der Brücke gestört wird. Die Quadrantenkomponenten der bei unabgeglichener Brücke vorhandenen Spannungen werden registriert und mit den auf die Probe zurückzuführenden bekannten Kapazitäts- und Widerstandsänderungen verglichen. Wenn diese Werte nicht mit bekannten Werten übereinstimmen, dann werden die bekannten Werte zusammen mit den registrierten Werten als ein Satz kalibrierter Zahlen benutzt, um weitere Spannungswerte zu korrigieren, um so die richtigen Widerstands- und Kapazitätswerte zu erhalten.

Die für eine bekannte Probe bei verschiedenen Frequenzen erhaltenen Leitwertdaten liefern eine Leitwertkennkurve, die gespeichert und nachfolgend mit einer unbekannten Probe verglichen werden kann, die zwischen die Platten 102 und 104 geschoben wird.

Der Detektorschaltkreis kann entweder ein Vektor-Voltmeter, ein Wechselstrom-Voltmeter, einen phasenempfindlichen Detektor oder einen Digital-Rechner enthalten.

Was die Identifizierung des Typs eines dielektrischen Bestandteils oder Sprengstoffs anbelangt, wird darauf hingewiesen, dass eine Anzahl Frequenzen an die Brücke gelegt werden müssen, um wirksame Daten zu erhalten, und diese können dann mit den früher erhaltenen, gespeicherten Kennkurven für die verschiedenen Arten von Stoffen verglichen werden.

Zur Durchführung dieser Aufgabe wird ein Rechner verwendet, da es notwendig ist, die bei den verschiedenen Frequenzen sequentiell erhaltenen Datenzahlen zu speichern, und sie mit früher gespeicherten Daten zu vergleichen. Diese Technik könnte entweder ein vergleichendes Verfahren verwenden oder an ein Signalpegel- oder ein Signalcharakteristikverfahren angepasst werden.

Was das System anbelangt, wurde festgestellt, dass Daten erhalten werden können, die die Lage eines Sprengstoffs in einem Paket angeben, lediglich durch Beobachtung und Änderung der Kapazität und des Leitwerts des Pakets, während sich dieses zwischen den Platten hindurchbewegt.

Ein Bezugspunkt, wie z.B. die Geschwindigkeit eines Umschlags im Laufe seiner seitlichen Durchführung, oder eine Zeitbasis können verwendet werden, um den Punkt abzuta-

sten, an welchem sich die Kapazitäts- oder Leitwerte ändern. Die Analyse dieser Daten macht es möglich, die Lage des Sprengstoffs in dem Umschlag oder Paket leicht zu bestimmen.

Wie oben angedeutet, kann der Detektorschaltkreis einen phasenempfindlichen Detektor oder einen Digitalrechner enthalten. Es ist jedoch möglich, dieselben Ergebnisse zu erhalten, indem man die Technik der Fouriertransformationen anwendet, etwa mit Hilfe eines digitalen Fouriertransformationssystems, wie etwa eines Digitalrechners, oder durch Verwendung einer analogen Fouriertransformationstechnik, wie etwa eines Adaptivfilters. Die individuellen, bezüglich den verschiedenen Frequenzenphasen-sensitiven Detektoren können auch durch einen Breitbandverstärker ersetzt werden, der es zusammen mit einem genauen, als Taktgeber dienenden Generator ermöglicht, die Fouriertransformationstechnik zu verwenden. Die Daten können dann in festen Zeitintervallen untersucht und mit den Standard-Fouriertransformationstechniken in einem Rechner, z.B. einem Minirechner, analysiert werden. Vorteilhafterweise ist es möglich, zu diesem Zweck denselben Rechner zu verwenden, der im Zusammenhang mit der Identifikation der Art eines dielektrischen Bestandteiles oder eines Sprengstoffs vorangehend erwähnt wurde.

Fig. 9 zeigt eine Brückenschaltung, in welcher der Signalgenerator 110 ein Vielfach-Frequenz-Signalgenerator mit einem abgeglichenen Ausgang ist. Typischerweise hat der Generator einen Frequenzbereich von ca. 100 Hz bis 100 kHz. Der Generator selbst ist geerdet und an die kapazitiven Elemente 112, 114 angeschlossen. In der in Fig. 9 gezeigten Schaltung besteht jeder Kondensator 112, 114 aus zwei räumlich voneinander getrennten parallelen Platten. In der Praxis werden bevorzugt drei parallele, räumlich voneinander getrennte Platten verwendet, die üblicherweise aus dem gleichen Material, wie z.B. Aluminium oder einem anderen passenden leitenden Material, hergestellt sind und mit einem Schutzring, der um die Mittelplatte herum angeordnet ist. Diese letztere Anordnung verhält sich wie zwei in Reihe angeordnete, kapazitive Elemente. Die Brückenelemente 120, 122 sind Impedanzen, die parallel zu den kapazitiven Elementen 112, 114 liegen. Die Impedanzen 120, 122 sind vorteilhaft Präzisionsmetallfilm-Widerstände, die so genau wie möglich aufeinander abgeglichen sind. Anfänglich werden die Impedanzen 120, 122 so abgeglichen, dass sich zu allen Zeiten die Potentialwerte an den Punkten E und F immer auf Null aufsummieren. Das heisst, wenn das Potential bei E gleich V_e und das Potential bei Punkt F gleich V_f ist, dann ist die gewünschte Bedingung erreicht, wenn $V_e = -V_f$ ist. Der Verstärker 116 ist zwischen den kapazitiven Elementen 112, 114 angeschlossen und kann den Strom der Brückenschaltung in ein Spannungsausgangssignal umsetzen, das dann von dem Detektor 118 festgestellt werden kann. Wie oben erwähnt, kann dazu entweder ein phasenempfindlicher Detektor oder ein Fouriertransformationssystem vorgesehen sein.

Obwohl es möglich ist, einen Widerstand statt des Verstärkers 116 zu verwenden, um den Strom in ein Spannungsausgangssignal umzusetzen, ist die Verwendung des Verstärkers besser, da er sehr empfindlich auf den Strom ist und den Schaltkreis nicht belastet. Darüber hinaus hilft der Verstärker 116, ein ausgeglichenes Potential zwischen den Punkten H und G der Schaltung aufrechtzuerhalten. Die kapazitiven Ele-

6

mente 112, 114 werden justiert, bevor eine Probe zwischen die Platten gelegt wird, um eine Ausgangsspannung von Null zu haben. Dies kann durch Bewegung einer der Platten des kapazitiven Elements in Bezug auf einen gewählten Abstand der Platte oder Platten des anderen kapazitiven Elements erreicht werden. Das andere kapazitive Element wird dann als Detektor benutzt.

Es ist daher möglich, die Brücke zu Beginn in nur einem Arbeitsgang abzugleichen und keine weitere Abgleichung ist nötig, nachdem jede Testprobe in das zur Erkennung dienende kapazitive Element eingeführt worden ist. Gelegentlich kann die Testprobe ein so grosses Antwortsignal erzeugen, wenn es in das kapazitive Element eingeführt wird, dass die Ausgangsspannung des Verstärkers 116 seinen dynamischen Bereich übersteigt. In diesem Fall ist es möglich, das andere kapazitive Element zu benutzen, um die Ausgangsspannung durch Nullsetzung von mindestens einem Teil des Antwortsignals herabzusetzen, so dass der Verstärker wieder innerhalb seines dynamischen Bereiches arbeitet. Vorzugsweise kann das erreicht werden, indem eine im wesentlichen identische Probe in das andere kapazitive Element eingeführt wird. Wenn daher z.B. eine der Proben Metall enthält und die resultierende Ausgangsspannung den dynamischen Bereich des Verstärkers überschreitet, dann wird das Einsetzen einer Probe in das andere kapazitive Element, welche im wesentlichen identisch zu der ersten Probe ist, ausser dass diese Metall enthält, das Antwortausgangssignal bezüglich des gemeinsamen Materials teilweise zu Null machen und Informationen über das Metall liefern. Diese Information kann dann weiterverarbeitet werden und mit Standardkennkurven verglichen werden, indem ein Rechner verwendet wird, wie bereits oben beschrieben.

Die in Fig. 9 dargestellte Schaltung hat daher die Vorteile, dass erstens das System für jeden Testlauf nur einmal abgeglichen werden muss. Zweitens können kürzere Antwortzeiten erreicht werden, teilweise bedingt durch die Verwendung eines Verstärkers, welcher den Strom in eine Ausgangsspannung umwandelt. Drittens ist es möglich, grössere Plattenabstände zu verwenden, aufgrund der komplementären Natur der physikalischen Anordnung des kapazitiven Systems und der Verwendung eines Schutzringes. Dies ermöglicht die Untersuchung von Proben mit sehr verschiedenen Abmessungen.

Wenn grössere Proben zu untersuchen sind, dann ist es möglich, zwei oder drei Sätze von kapazitiven Elementen ähnlich dem Satz 112, 114 parallel zueinander anzuordnen und jeden Satz dann mit einem eigenen Verstärker und Detektor zu verbinden. Alternativ dazu können die Verstärker mit nur einem Detektor verbunden werden. Auf diese Weise ist eine grössere Empfindlichkeit mit einem System zu erreichen, das einfach einen Satz von Platten mit grösserem Oberflächenbereich verwendet.

Eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten dieser Technik und dieser Schaltungen betreffen die Qualitätskontrolle in Herstellungsprozessen, die Bodenanalyse auf Wassergehalt, die Analyse von Geweben auf Fettgehalt und die Mengenanalyse der Verunreinigungen in einer Flüssigkeit.

Bei letzterem Beispiel gibt es die Möglichkeit, die Ölmenge, den Schlammgehalt oder die Menge anderer Fremdstoffe in einer Wasserprobe zu bestimmen. Es ist ausserdem möglich, Rauschgifte, wie z.B. Heroin oder Kokain, in Paketen zu überwachen und zu prüfen.

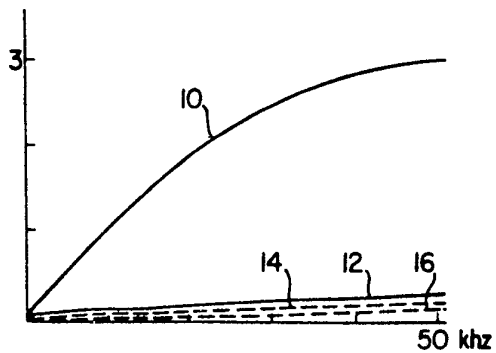


FIG. 1

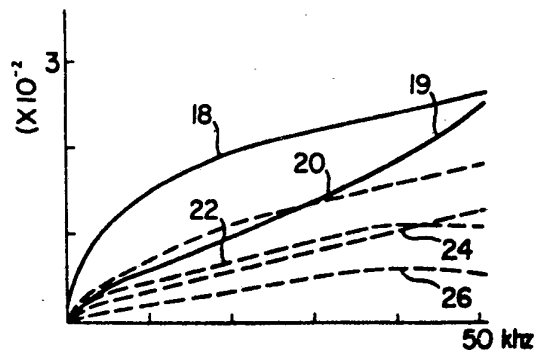


FIG. 2

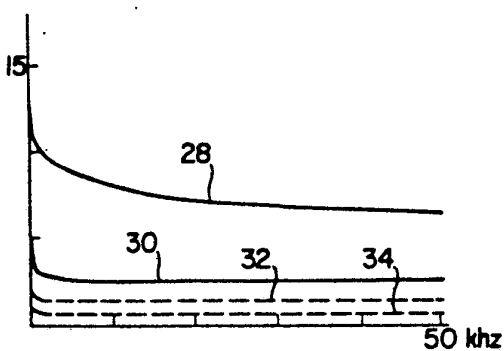


FIG. 3

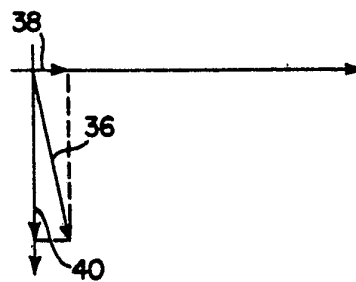


FIG. 4

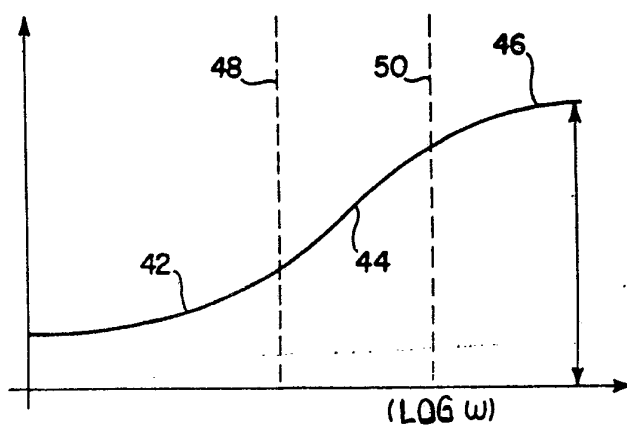


FIG. 5

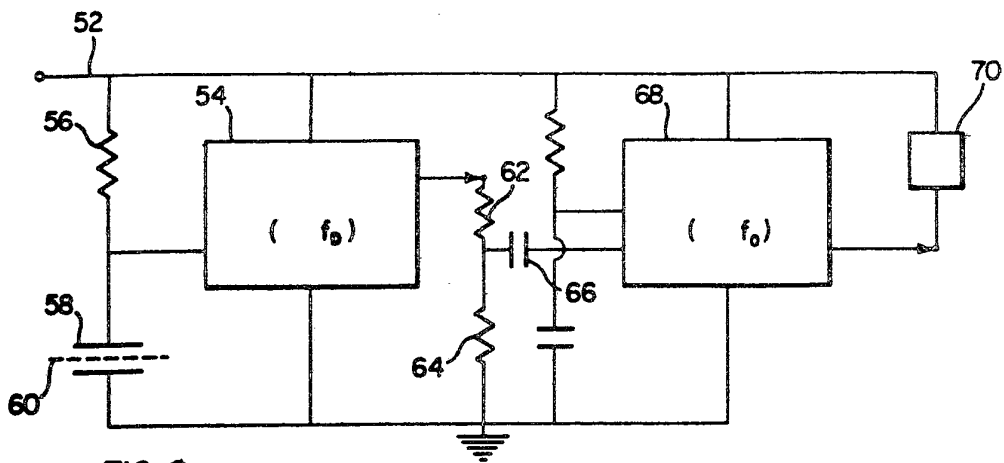


FIG. 6

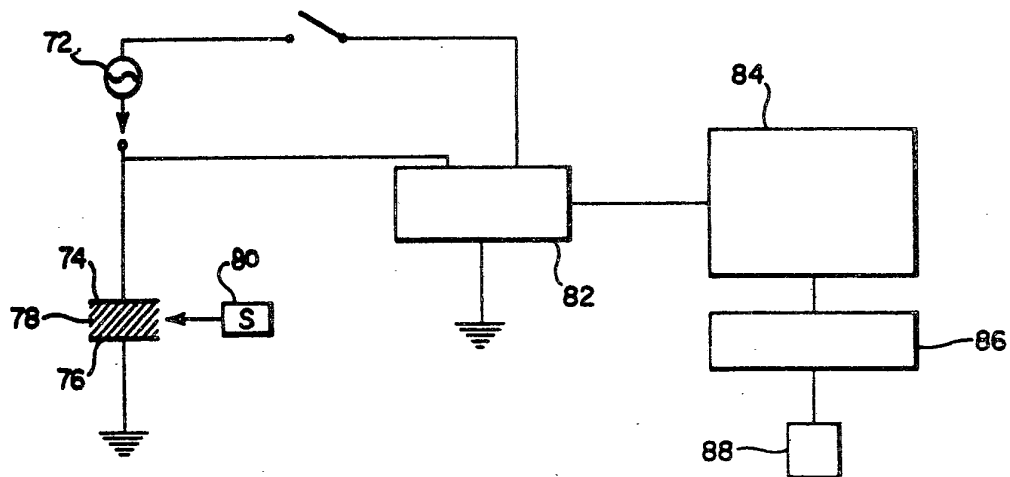


FIG. 7

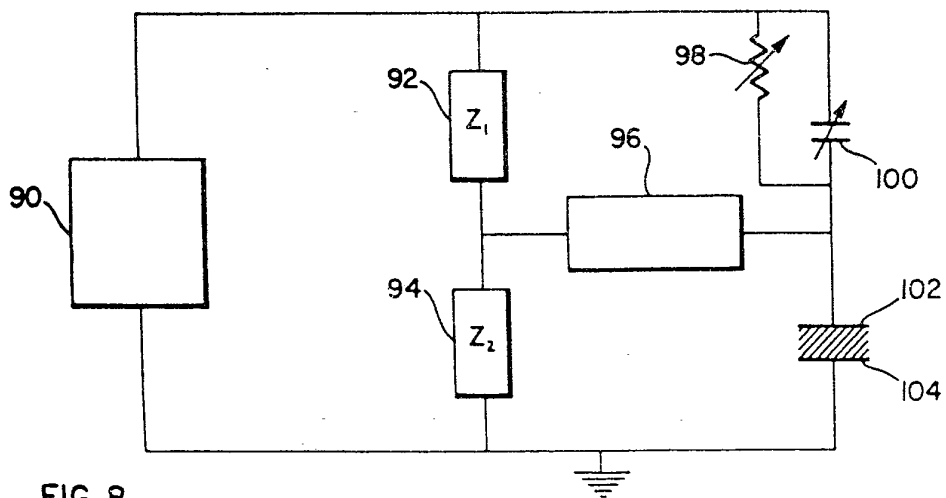


FIG. 8

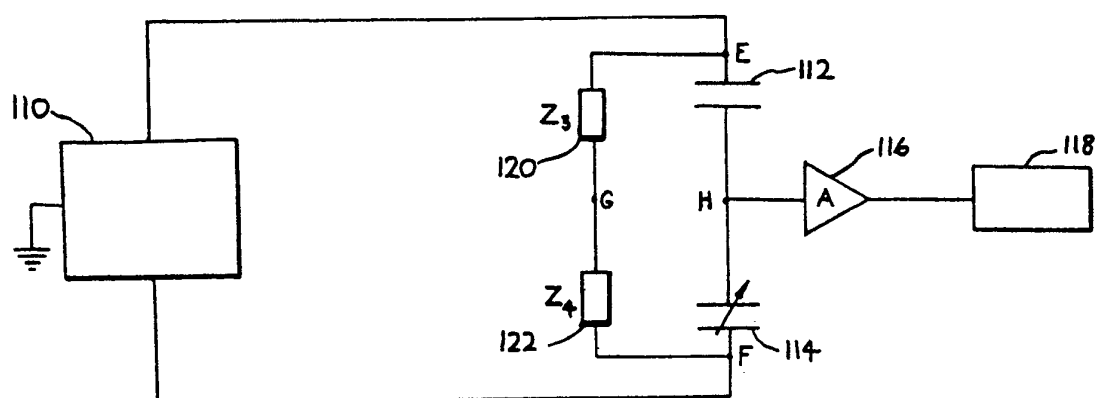


FIG. 9