



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 62 165 A1** 2006.12.28

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 62 165.2**

(22) Anmeldetag: **23.04.2003**

(43) Offenlegungstag: **28.12.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H03K 17/95** (2006.01)

(62) Teilung aus:
103 18 350.7

(71) Anmelder:
Werner Turck GmbH & Co. KG, 58553 Halver, DE

(74) Vertreter:
H.-J. Rieder und Partner, 42329 Wuppertal

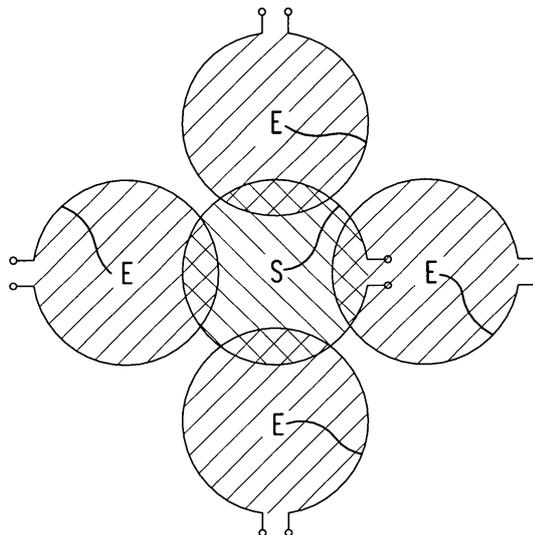
(72) Erfinder:
**Müller, Jens, 42477 Radevormwald, DE; Ehls,
Stefan, 58095 Hagen, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Induktiver Näherungsschalter**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen induktiven Näherungsschalter mit einer Sendespule (1) und einer in deren magnetischem Wechselfeld (H) derart angeordneten Empfangsspule (E), dass der vom magnetischen Wechselfeld (H) in der Empfangsspule eingeprägte magnetische Fluss (Φ) in der Schalt- oder Ruhestellung des Näherungsschalters Null oder nahe Null ist, wobei die Spulen (S, E) benachbart derart versetzt zueinander angeordnet sind, dass die aus der Spulenfläche (16) der Sendespule (S) austretenden Feldlinien (H), die die Spulenfläche (17) der Empfangsspule (E) in einer Richtung durchdringen, die Spulenfläche (17) der Empfangsspule (E) auch in Gegenrichtung durchsetzen. Die Peripherie der Sendespule (S) wird ringsum von einer Vielzahl miteinander verbundenen Empfangsspulen (E) überlappt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen induktiven Näherungsschalter gemäß Gattungsbegriff des Anspruches 1.

Stand der Technik

[0002] Ein Näherungsschalter wird von der DE 40 31 252 beschrieben. Dort wird die Sendespule von einer Oszillatorspule ausgebildet. Die Empfangsspule besteht aus zwei Teilspulen, die coaxial zur Oszillatorspule hinter bzw. vor derselben angeordnet sind. Indem die beiden Teilspulen der Empfangsspule mit gegensinnigem Wicklungssinn geschaltet sind, addieren sich die beiden magnetischen Spannungen, die von der Sendespule in den beiden Teilspulen induziert werden, zu Null. Dies hat die Folge, dass an den Klemmen der Empfangsspule eine Spannung Null oder nahe Null anliegt. Diese, in der DE 40 31 252 beschriebene Anordnung ist außerordentlich kritisch betreffend mechanische Deformationen, die beim Gebrauch oder bei einer Erwärmung des Näherungsschalters auftreten können. Dies hat Fehlschaltungen zur Folge und insbesondere eine Änderung des Schaltabstandes.

[0003] Weiter ist es bei Minensuchgeräten oder Metalldetektoren, die nach dem Transmitter-Receiver-Verfahren arbeiten, bekannt, die Sendespule von der Empfängerspule magnetisch zu entkoppeln. Als Entkopplung ist dort bekannt, die beiden Spulen senkrecht aufeinander anzuordnen, so dass möglichst wenig der von der Sendespule erzeugten Feldlinien durch die Spulenfläche der Empfängerspule gehen. Bei den TR-Detektoren wurde auch vorgeschlagen, die Sendespule und die Empfängerspule in einer Ebene anzuordnen und die Spulen so zu platzieren, dass die gegenseitige Beeinflussung möglichst gering ist. Als Sendespule werden dort unter anderem "Open Center Coils" verwendet, die in der Mitte eine mehrere Zentimeter große Öffnung haben. Ihre Durchmesser liegen etwa zwischen 20 und 25 cm. Für Tiefenortungszwecke liegen die Durchmesser sogar bei noch höheren Werten.

[0004] Anders als bei Metallsuchgeräten oder Minensuchgeräten ist es bei induktiven Näherungsschaltern von entscheidender Bedeutung, dass der Schaltabstand unkritisch gegenüber äußeren Beeinflussungen ist. Der Schaltabstand muss auch bei verschiedenen Betriebstemperaturen des Näherungsschalters konstant bleiben. Auch besitzen Näherungsschalter erheblich geringere Spulendurchmesser, als Minensuchgeräte. Die Spulendurchmesser dürfen dort in der Regel nicht mehr als 5 cm betragen. Oftmals sind sie noch kleiner.

[0005] Die DE 198 50 749 C1 offenbart einen Sensor, der bei Annäherung von Metallen anspricht. Die-

ser soll ein axial ausgerichtetes Spulensystem besitzen. Die Spulen sind dort auf Leiterplatten angeordnet.

[0006] Die JP 06045904 bzw. die EP 0 276 113 befassen sich mit gattungsgemäßen kontaktlosen Schaltern, bei denen sich die Sendespule und die Empfangsspule bereichsweise derart überlappen, dass die aus der Spulenfläche der Sendespule austretenden Feldlinien die Spulenfläche der Empfangsspule in beiden Richtungen durchdringen, indem die Feldlinien die Spulenfläche der Empfangsspule nicht nur in der einen, sondern auch in der Gegenrichtung durchdringen, hat dies zur Folge, dass der magnetische Fluss in der Empfangsspule insgesamt Null oder nahe Null ist. Das in der Sendespule erzeugte magnetische Wechselfeld induziert in einer Schaltfahne aus einem Metall elektrische Wirbelströme. Das von der Sendespule ausgesandte magnetische Feld induziert aber sowohl bei fehlendem Auslöser als auch beim Schaltfeld befindlichen Auslöser so gut wie keine Spannung in der Empfangsspule. Dies bedeutet, dass die Empfangsspule nur das magnetische Wechselfeld empfängt, welches von den im Auslöser induzierten Wirbelströmen erzeugt wird. Dadurch ist die Empfangsspule sehr empfindlich. Lediglich aus der Pegeländerung der in der Empfangsspule induzierten Spannung kann das Schaltsignal erzeugt werden.

Aufgabenstellung

[0007] Ausgehend von dem zuletzt genannten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen gattungsgemäßen Näherungsschalter dahingehend weiterzubilden, dass der Schaltabstand weitestgehend unkritisch gegenüber Temperaturschwankungen und mechanischen Beeinflussungen des Spulenträgers ist.

[0008] Gelöst wird die Aufgabe durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung.

[0009] Der Anspruch 1 sieht zunächst und im Wesentlichen vor, dass eine Sendespule mit einer Empfangsspule mit mehreren Wicklungen zusammenwirkt. Die Spulen sind nahe und benachbart derart versetzt zueinander angeordnet, dass die aus der Spulenfläche der Sendespule austretenden Feldlinien, die die Spulenfläche der Empfangsspulenordnung in einer Richtung durchdringen, die Spulenfläche der Empfangsspulenordnung auch in Gegenrichtung durchdringen. Dies hat zur Folge, dass der magnetische Fluss in den Empfangsspulen insgesamt Null oder nahe Null ist. Das in der Sendespule erzeugte magnetische Wechselfeld induziert in einer Schaltfahne aus einem Metall elektrische Wirbelströme. Das von der Sendespule ausgesandte magnetische Feld induziert aber sowohl bei fehlendem Auslöser als auch bei im Schaltabstand befindlichem

Auslöser so gut wie keine Spannung in der Empfangsspulenordnung. Dies bedeutet, dass die Empfangsspulenordnung nur das magnetische Wechselfeld empfängt, welches von den im Auslöser induzierten Wirbelströmen erzeugt wird. Dadurch ist die Empfangsspule sehr empfindlich. Lediglich aus der Pegeländerung der in der Empfangsspule induzierten Spannung kann das Schaltsignal erzeugt werden. Da die beiden Spulen jetzt nicht mehr axial weit voneinander entfernt sein müssen und bevorzugt auf eine Mehrteiligkeit der Spule völlig verzichtet werden kann, ist der Schaltabstand nicht mehr kritisch gegenüber mechanischen Deformationen oder Temperaturänderungen. In einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass beide Spulen auf einer gemeinsamen Leiterplatte angeordnet sind. Die eine Spule kann auf der Vorderseite und die andere Spule auf der Rückseite der Leiterplatte angeordnet sein. Da derartige Leiterplatten eine außerordentlich geringe Temperatúrausdehnung besitzen, ist die gewünschte Temperaturstabilität gewährleistet. Der Schaltabstand ist darüber hinaus auch unkritisch gegenüber Deformationen, da sich eine Verbiegung der Leiterplatte auf beide Seiten in gleichem Maße auswirkt. Dies ist insbesondere dann gegeben, wenn die eine Spule ringförmig von der anderen Spule überlappt wird. Es ist dabei von Vorteil, wenn insbesondere die Sendespule eine spiralförmige Wicklung aufweist. Diese Wicklung erstreckt sich dann z.B. nahezu über die gesamte Spulenfläche. Die Spulenfläche der Empfangsspulenordnung erstreckt sich über die gesamte Peripherie der Sendespule ringsum. Dies ergibt eine Rotationssymmetrie. Die Wicklungen dieser Spule können sich auch in gewisser Weise über die Spulenfläche verteilen. Die Spulen sind Flachspulen, deren Wicklungen von Leiterbahnen auf einer Leiterplatte ausgebildet sind. Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Wechselspannung eines die Sendespule betreibenden Oszillators mit dem insbesondere verstärkten Empfangssignal der Empfängerspulenordnung gemischt wird. Dies hat zur Folge, dass das von der Empfängerspulenordnung empfangene Signal nicht nur gleichgerichtet wird. Es werden auch Wechselfeld-Störfelder ausgefiltert. Ferner kann vorgesehen sein, dass das Ausgangssignal des Mixers mit einem Tiefpassfilter geglättet und anschließend verstärkt wird. Das dadurch erzeugte Gleichspannungssignal wird von einer Auswerteschaltung in bekannter Weise ausgewertet. Sind die beiden Spulen derart aufeinander abgestimmt und örtlich justiert, dass im Normalfall ein geringer magnetischer Fluss in der Empfangsspule eine Wechselspannung induziert, so kann die Auswerteschaltung auf einen Nulldurchgang des Pegels reagieren. In einer anderen Variante ist vorgesehen, dass die Wechselspannung, die in der Empfangsspule induziert wird, von einem Verstärker verstärkt wird. Dieses Verstärkerausgangssignal wird auf den Schwingkreis, von dem die Sendespule ein Teil ist, geschaltet. Diese Rückkopplung bewirkt, dass die

Schwingung des Oszillators von der Lage des Auslösers abhängt. Es sind grundsätzlich zwei Betriebsarten möglich. In einer ersten Betriebsart schwingt der Oszillator bei nicht angenähertem Auslöser zufolge eines geringen in der Empfangsspulenordnung induzierten Wechselfeldes. Durch Annähern des Auslösers wird bei Erreichen des Schaltabstandes dieses Feld derart gestört bzw. verringert, dass die Schwingung des Oszillators bei Erreichen des Schaltabstandes aufhört. In einer zweiten Betriebsart setzt die Schwingung erst bei Erreichen des Schaltabstandes ein.

[0010] Die Wicklungen der Empfangsspulenordnung haben den gleichen Wicklungssinn und überlappen die Sendespule bereichsweise. Sie überlappen die Sendespule ringsum.

Ausführungsbeispiel

[0011] Die Erfindung wird nachfolgend anhand beigefügter Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

[0012] [Fig. 1](#) das Grundprinzip des erfindungsgemäßen Näherungsschalters anhand der beiden Spulen und eines von der Sendespule erzeugten magnetischen Feldes;

[0013] [Fig. 2](#) eine Darstellung gemäß [Fig. 1](#) in der Spulenebene,

[0014] [Fig. 3](#) eine alternative Spulenordnung in der Draufsicht,

[0015] [Fig. 4](#) ein Schnitt gemäß der Linie IV-IV in der [Fig. 3](#),

[0016] [Fig. 5](#) ein Schaltungsbeispiel,

[0017] [Fig. 6](#) ein zweites Schaltungsbeispiel,

[0018] [Fig. 7](#) ein drittes Schaltungsbeispiel,

[0019] [Fig. 8](#) eine weitere alternative Spulenordnung,

[0020] [Fig. 9](#) eine weitere alternative Spulenordnung,

[0021] [Fig. 10](#) eine weitere alternative Spulenordnung und

[0022] [Fig. 11](#) eine Spulenordnung mit einer Abgleichschaltung.

[0023] Die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) zeigen die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Anordnung einer Empfangsspule E und einer Sendespule S. Die Sendespule S ist eine Flachspule mit einer Spulenfläche **16**. Auch die Empfangsspule E ist eine Flachspule

mit einer Spulenfläche **17**. Bei der Darstellung in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) sind die Wicklungen **15**, **14** der beiden Spulen E, S auf den Spulenumfang konzentriert. Von der mit einem Wechselstrom von mehreren Megahertz betriebenen Sendespule S wird ein magnetisches Wechselfeld H erzeugt. In diesem magnetischen Wechselfeld H liegt die Spulenfläche **17** der Empfangsspule. Die Spulen E und S liegen sehr dicht beieinander. Sie sind nur einige Millimeter voneinander entfernt. Ihr Spulendurchmesser ist wesentlich größer als ihr Abstand. Der Abstand der beiden Spulen beträgt vorzugsweise 1 mm oder weniger als 1 mm. Die Spulenfläche **17** der Empfangsspule E ist so gegenüber dem magnetischen Wechselfeld H angeordnet, dass die Feldlinien, die aus der Spulenfläche **16** entstammen und durch die Spulenfläche **17** der Empfangsspule hindurchgehen, durch die Spulenfläche **17** der Empfangsspule auch wieder zurücktreten. Dies hat zur Folge, dass der in der Empfangsspule erzeugte magnetische Fluss, also das Flächenintegral über das magnetische Wechselfeld H dort gleich Null oder nahe Null ist. Dies hat den Erfolg, dass die in der Empfangsspule induzierte Spannung gleich Null oder sehr gering ist, wenn ansonsten keine weiteren Wechselfelder vorhanden sind.

[0024] Bei dem in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dargestellten Beispiel befinden sich die Wicklungen der beiden Spulen S und E jeweils auf den voneinander wegweisenden Seiten einer Leiterplatte. Eine der beiden Spulen kann auch in einer Mittelebene einer mehrschichtigen Leiterplatte angeordnet sein. Dort hat die Wicklung **15** der Sendespule einen spiralförmigen Verlauf. Die Spirale **15** erstreckt sich über die gesamte kreisscheibenförmige Spulenfläche **16**. Die Empfängerspule besitzt auch eine spiralförmig verlaufende Wicklung **14**. Auch diese Wicklung wird von einer Leiterbahn **13** ausgebildet.

[0025] Bei der Empfangsspule konzentrieren sich die Wicklungen **13**, **14** auf den Umfangsbereich der Spulenfläche **17**. Die Kontur der Spulenfläche **17** der Empfangsspule E entspricht dort einem Ring, der eine Öffnung besitzt. Die Spulenfläche **17** der Empfangsspule erstreckt sich somit nur über die Peripherie der Sendespule S. Das Zentrum der Sendespule S wird nicht von der Empfangsspule E überlappt.

[0026] Bei der in [Fig. 5](#) dargestellten Schaltung bezeichnet die Bezugsziffer **3** einen Oszillator, der die Sendespule mit einer hochfrequenten Wechselspannung versorgt. Diese Sendespule S kann aber auch Teil eines Oszillators **3** sein. Mit Bezugsziffer **4** ist dort ein Anzeiger bezeichnet, der die Wechselspannung, die in der Empfangsspule E induziert ist, anzeigt. Der Anzeiger ist vorzugsweise ein Digitalanzeiger, der lediglich das Erreichen des Auslösers des Schaltabstandes anzeigt.

[0027] Bei dem in der [Fig. 6](#) dargestellten Schal-

tungsbeispiel wird die Sendespule S von einem Oszillator **3** mit einer Wechselspannung versorgt. Das Wechselspannungssignal des Oszillators **3** wird auch in einem Mischer **5** eingekoppelt. In den Mischer wird ebenfalls das von einem Verstärker **4** erzeugte Empfangssignal der Empfangsspule E eingekoppelt. Der Mischer liefert ein selektiv gleich gerichtetes Eingangssignal des Verstärkers **4**. Es werden nur solche Signale gleichgerichtet und über den Mischer übertragen, die frequenzgleich zum Oszillatorsignal liegen. Diese wechselnde Gleichspannung wird über einen Tiefpassfilter geglättet. Das geglättete Signal wird über einen Verstärker verstärkt und in bekannter Weise in einer Auswerteschaltung **9** ausgewertet. Die Auswerteschaltung **9** kann einen Schwellwertschalter aufweisen. Es ist aber auch vorgesehen, dass ein Nulldurchgang zur Erzeugung eines Schaltsignales führt.

[0028] Bei dem in [Fig. 7](#) dargestellten Ausführungsbeispiel wird ein Oszillator **3**, dessen Spule die Sendespule S ist, von einem Verstärker **8** betrieben, dessen Eingangssignal das Ausgangssignal der Empfangsspule E ist. Diese Schaltung kann so betrieben werden, dass bei nicht angenähertem Auslöser in der Empfangsspule eine geringe Wechselspannung induziert wird. Über den Verstärker **5** wird aufgrund dieser Wechselspannung **5** der Oszillator **3** betrieben. Ein durch die Annäherung eines Auslösers erzeugtes Gegenfeld führt zum Zusammenbruch des in der Empfangsspule induzierten Wechselspannungssignals. Dies hat zur Folge, dass der Oszillator **3** im Schaltzustand nicht schwingt. Diese Schaltung kann aber auch genau anders herum betrieben werden. Sie schwingt dann erst bei angenähertem Auslöser.

[0029] In der [Fig. 8](#) ist eine alternative Spulenordnung gezeigt. Eine zentrale kreisförmige Sendespule ist von insgesamt vier ebenfalls kreisförmigen Wicklungen einer Empfangsspule E umgeben. Jede der vier Wicklungen E überlappt einen Peripherieabschnitt der zentralen Sendespule S. Die in [Fig. 9](#) dargestellte Spulenordnung entspricht im Wesentlichen der in [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dargestellten Spulenordnung, anders als dort besitzt die Empfangsspule E aber einen Peripherieabschnitt, der die Spulenfläche der Sendespule nicht überlappt. Die in der Zeichnung schräg zur Radialrichtung verlaufende Striche, die mit der Bezugsziffer **18** gekennzeichnet sind, symbolisieren einzelnen Leiterbahnen zum Abschirmen. Diese Leiterbahnabschnitte sind mit ihrem radial einwärtsgerichteten Ende einer nicht dargestellten Extra-Leiterbahn verbunden, die auf Masse liegt. Das in der [Fig. 10](#) dargestellte Ausführungsbeispiel besitzt zwei D-förmige Spulen E, S, die spiegelbildlich zueinander angeordnet sind und sich im Bereich des D-Steges überlappen. Diese Spule hat zufolge des länglichen Überlappungsbereiches eine achssymmetrische Charakteristik.

[0030] Bei dem in [Fig. 11](#) dargestellten Ausführungsbeispiel wird das Empfangssignal der Empfängerspule E über einen Spannungsteiler, z. B. Potentiometer **10** abgegriffen. Das abgegriffene Signal wird einem Verstärker zugeleitet, der die Sendespule S bestromt. Hier überlappen sich die Spulenflächen der Sendespule S und der Empfangsspule E. Der Spannungsteiler ermöglicht den Abgleich der Kopplung zwischen Sende- und Empfangsspule. Die Kopplung der Spulen wird so eingestellt, dass das System gerade schwingt. Bei Annäherung mit einem von einem Blech ausgebildeten Auslöser wird das Sendefeld geschwächt. Die Schwingung reißt ab. Auch hier ist eine umgekehrte Funktion möglich. Der Oszillator schwingt bei Annähern des Auslösers an.

Patentansprüche

1. Induktiver Näherungsschalter mit einer Sendespule (**1**) und einer in deren magnetischem Wechselfeld (H) derart angeordneten Empfangsspule (E), dass der vom magnetischen Wechselfeld (H) in der Empfangsspule eingeprägte magnetische Fluss (Φ) in der Schalt- oder Ruhestellung des Näherungsschalters Null oder nahe Null ist, wobei die Spulen (S, E) benachbart derart versetzt zueinander angeordnet sind, dass die aus der Spulenfläche (**16**) der Sendespule (S) austretenden Feldlinien (H), die die Spulenfläche (**17**) der Empfangsspule (E) in einer Richtung durchdringen, die Spulenfläche (**17**) der Empfangsspule (E) auch in Gegenrichtung durchsetzen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Peripherie der Sendespule (S) ringsum von einer Vielzahl miteinander verbundenen Empfangsspulen (E) überlappt wird.

2. Induktiver Näherungsschalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Spule (S, E) von einer spiralförmigen Leiterbahn (**12**) einer Leiterplatte gebildet ist.

3. Induktiver Näherungsschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wechselfrequenz eines die Sendespule (S) betreibenden Oszillators (**3**) mit dem insbesondere verstärkten Empfangssignal der Empfangsspule (E) gemischt (**5**) wird.

4. Induktiver Näherungsschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangssignal des Mischers (**5**) mit einem Tiefpassfilter (**7**) geglättet und verstärkt wird.

5. Induktiver Näherungsschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem von einem Verstärker (**5**) verstärkten Empfangssignal der Empfangsspule (E) ein Oszillator (**3**) der Sendespule (S) betrieben wird.

6. Induktiver Näherungsschalter nach einem der

vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an den Klemmen der Empfangsspule (E) ein Signal über einen Spannungsteiler (**10**) abgegriffen wird, welches verstärkt in die Sendespule (S) eingespeist wird.

7. Induktiver Näherungsschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendespule (S) auf der einen Breitseite einer Leiterplatte (**11**) und die Empfangsspulenordnung (E) auf der anderen Breitseite der Leiterplatte (**11**) angeordnet ist.

8. Induktiver Näherungsschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenfläche der Sendespule (S) kreisförmig ist.

9. Induktiver Näherungsschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangsspulen (E) jeweils eine kreisförmige Spulenfläche besitzen.

10. Induktiver Näherungsschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch vom Zentrum der Sendespule (S) gleich entfernte Empfangsspulen (E).

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

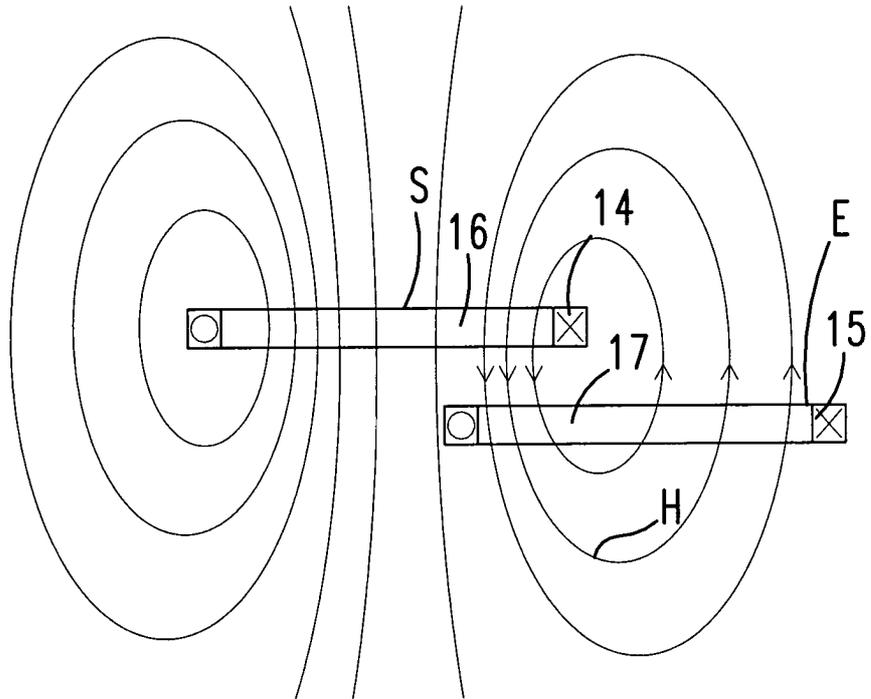


Fig. 2

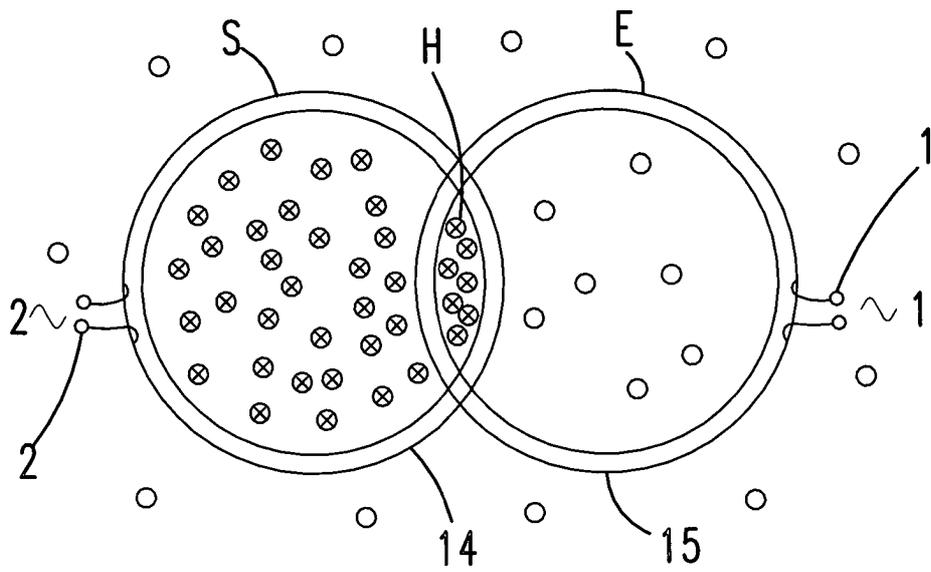


Fig. 3

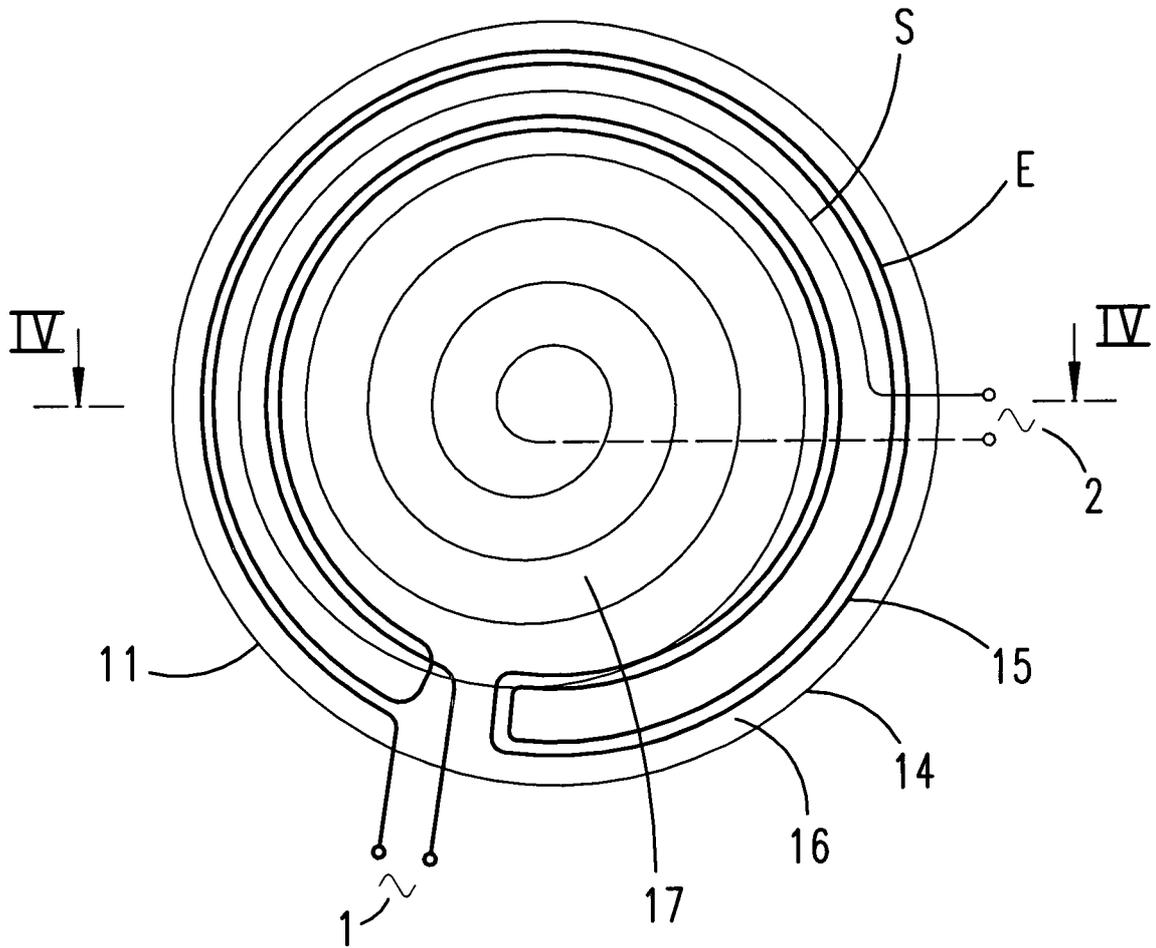


Fig. 4

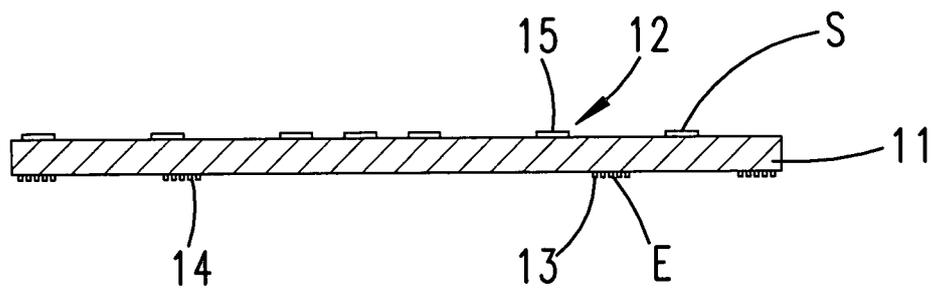


Fig. 5

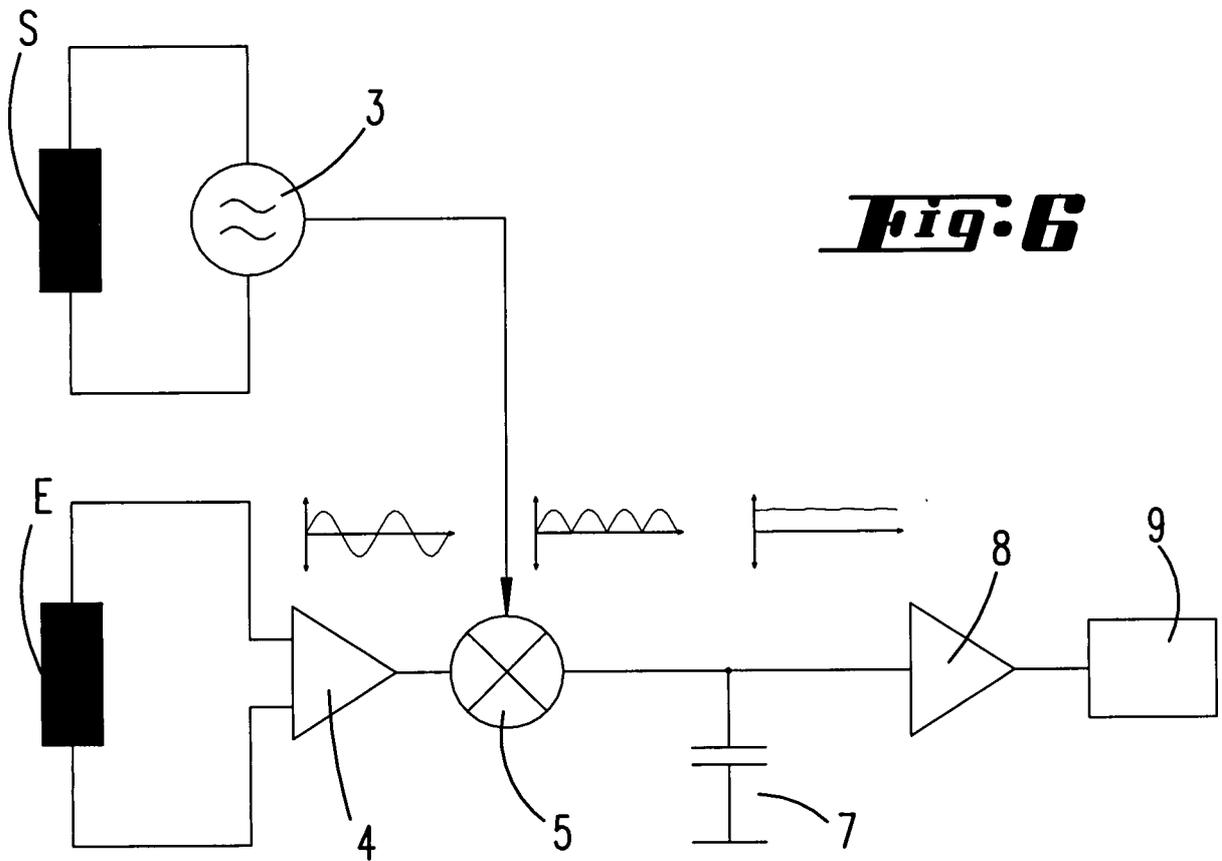
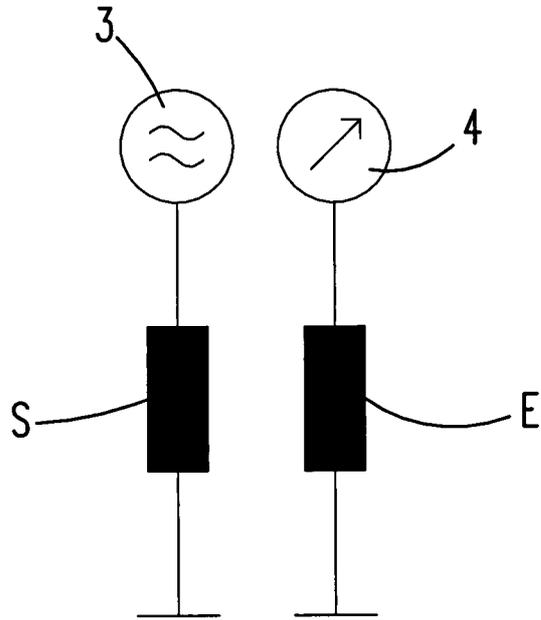


Fig. 6

Fig. 7

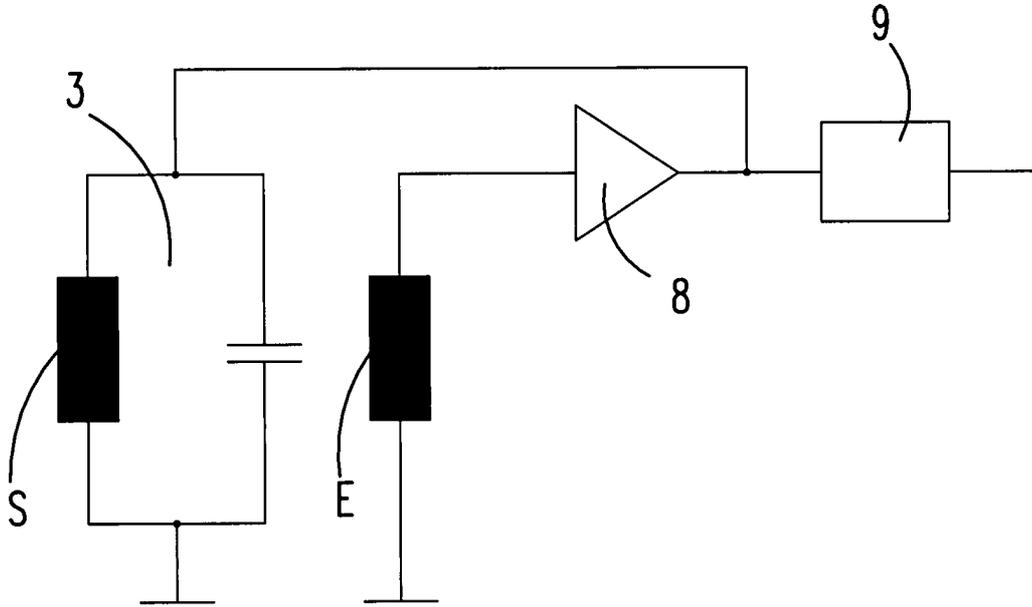


Fig. 8

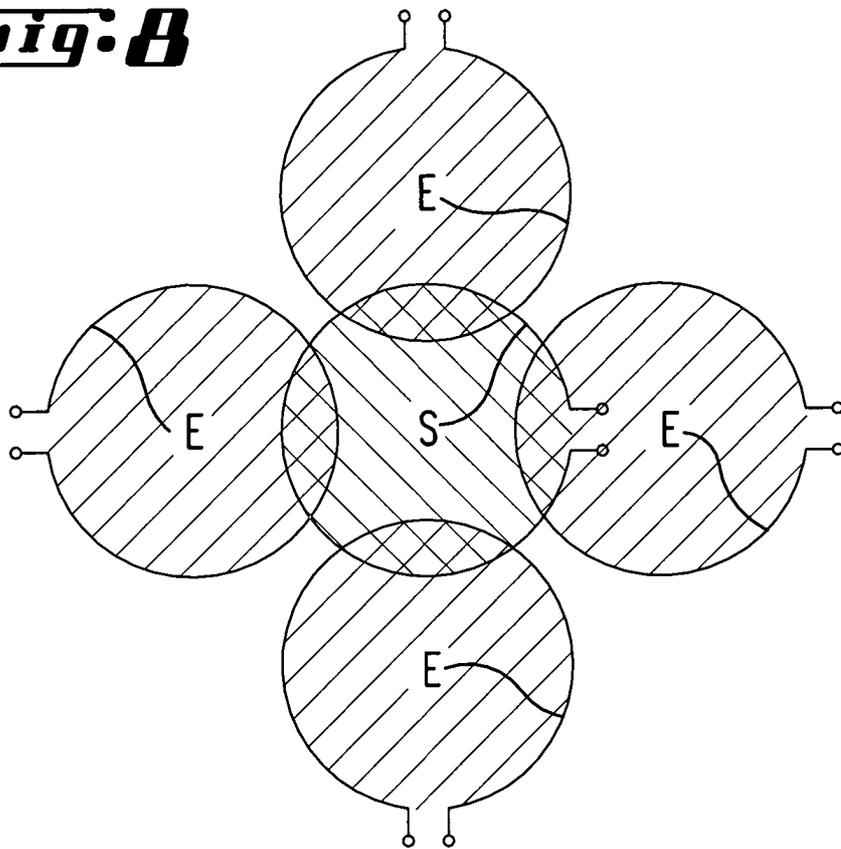


Fig. 9

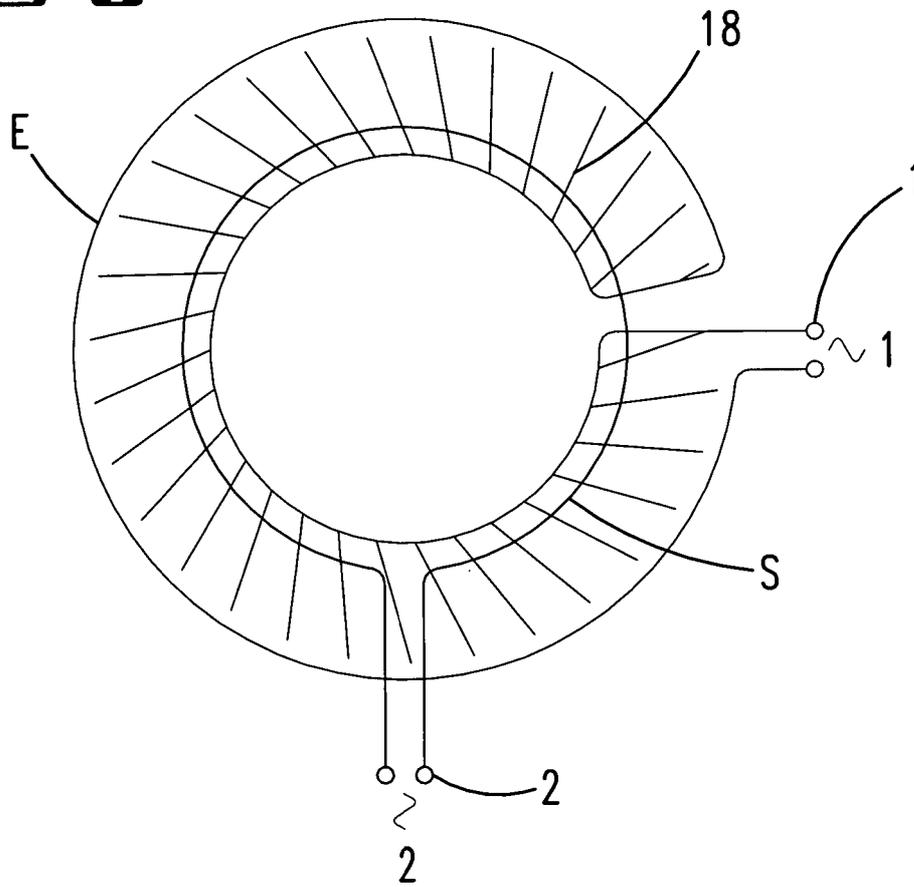


Fig. 10

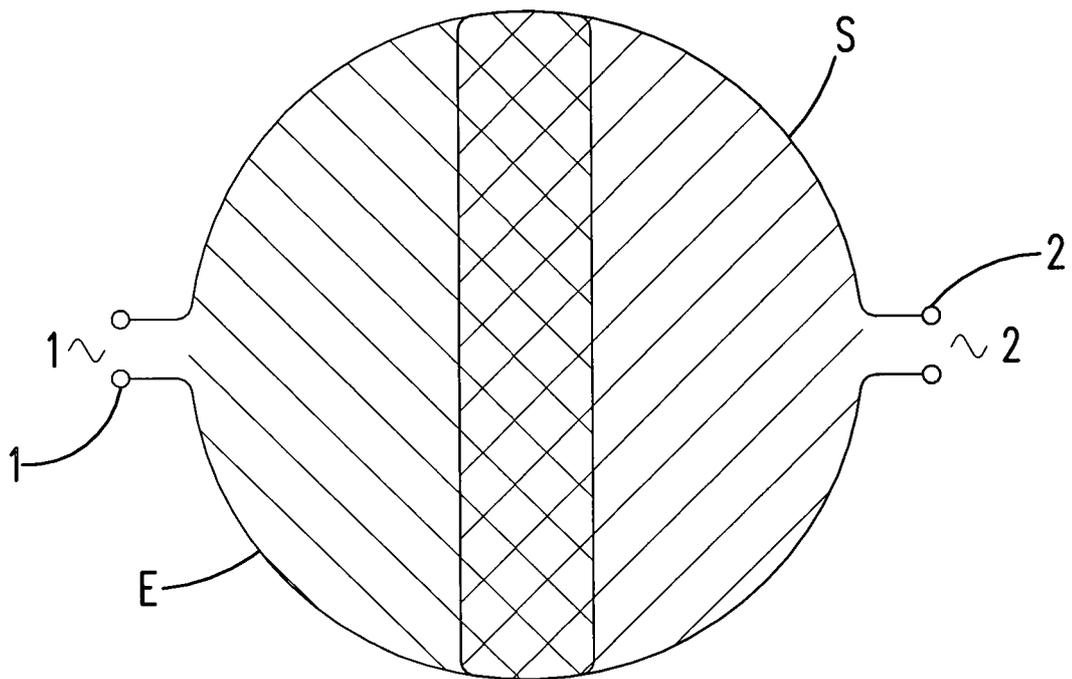


Fig. 11

