



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 289 339 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
05.03.2003 Patentblatt 2003/10

(51) Int Cl.7: **H05B 3/74**

(21) Anmeldenummer: **02018103.8**

(22) Anmeldetag: **13.08.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Luber, Thomas**
92256 Hahnbach (DE)
• **Zapf, Martin**
95473 Creussen (DE)

(30) Priorität: **28.08.2001 DE 10142045**
18.07.2002 DE 10232710

(74) Vertreter: **Leske, Thomas, Dr.**
Frohwitter, Patent-u. Rechtsanwälte,
Possartstrasse 20
81679 München (DE)

(71) Anmelder: **Cherry GmbH**
91275 Auerbach (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Erkennen einer räumlichen Annäherung elektrisch leitender Gegenstände und Verwendung der Vorrichtung als Kochgefässererkennungssystem**

(57) Die Erfindung umfasst ein Verfahren zum Erkennen einer räumlichen Annäherung eines elektrisch leitenden Gegenstandes mittels mindestens eines induktiv wirkenden Sensors (1), wobei der induktive Sensor (1), insbesondere Beschichtungssensor, in einen elektrischen Schwingkreis (10) eingebaut ist. Das Verfahren berücksichtigt eine temperaturbedingte Änderung ohne aufwändige Kompensation sowie die Grösse des parasitären ohmschen Widerstandes des Sensors (1) und bietet eine ökonomisch günstige Lösung.

Die Vorrichtung zum Durchführen des Erkennungsverfahrens umfasst einen elektrischen Reihenschwingkreis (10) mit einem induktiv wirkenden Sensor (1) oder Parallel-Schwingkreis (10) mit einem induktiv

wirkenden Beschichtungssensor (1) und eine Vorrichtung (2) zur Änderung der Resonanzfrequenz des elektrischen Schwingkreises (10) durch ein Signal, eine erste Quelle (3) eines ersten, periodischen Signals, eine zweite Quelle (4) eines zweiten Signals, wobei das zweite Signal zur Änderung der Resonanzfrequenz des elektrischen Schwingkreises (10) eingesetzt wird, eine Vorrichtung (6) zum Ermitteln des Resonanzzustandes in dem elektrischen Schwingkreis (10), während der elektrische Schwingkreis (10) mit dem ersten, periodischen Signal und dem zweiten Signal gespeist wird; und eine Vorrichtung (4) zum Analysieren des zweiten Signals anhand des ermittelten Resonanzzustandes im elektrischen Schwingkreis (10).

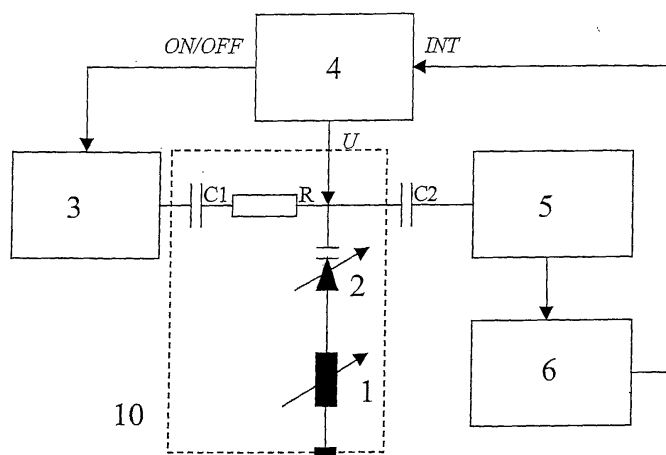


Fig. 1

EP 1 289 339 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erkennen einer räumlichen Annäherung elektrisch leitender Gegenstände sowie eine Verwendung der Vorrichtung als Kochgefäßerkennungssystem, insbesondere für Kochherde mit Glaskeramikkochfeldern. Der bevorzugte Anwendungsbereich als Kochgefäßerkennungssystem schließt jedoch anderweitige Anwendungsbereiche nicht aus. Die vorliegende Erfindung kann auch als induktiver Näherungsschalter eingesetzt werden. Sie ist ebenfalls denkbar zum Einsatz in Einzel- oder Mehrfachsaltern sowie in Schaltelementen, in denen statt eines stromleitenden Kontaktes ein mit einem Betätiger oder Schaltknopf oder Schaltknauf verbundenes leitfähiges Element und eine Erkennungsvorrichtung in einem geschlossenen oder offenen Gehäuse vereint sind.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind unterschiedliche Verfahren und Vorrichtungen zum Erkennen einer räumlichen Annäherung von elektrisch leitenden Gegenständen sowie zur Verwendung als Kochgefäßerkennungssysteme bekannt.

[0003] Aus den Druckschriften DE 196 46 826 A1 und DE 197 07 664 ist ein Sensorsystem bekannt, mit dem sowohl Temperatur — als auch Kapazitätsmessungen an der Kochstelle aus Glaskeramik möglich sind. Das Verfahren erlaubt eine temperaturkompensierte Topferkennung. Bei der Kapazitätsmessung des eingesetzten Kapazitätssensors können Änderungen durch Aufstellen des Kochtopfes auf die Kochstelle erzielt werden, wobei Messverfälschungen durch den Temperaturgang der Sensorkapazitäten kompensiert sind. Unmittelbar unterhalb der Kochstelle sind die Kapazitätssensoren angebracht und als Leiterbahn ausgebildet. Ein Leiterbahnsensor und eine Messleitung sind von zwei kreissegmentförmigen, inneren Ringelektroden und zwei kreissegmentförmigen, äußeren Ringelektroden umgeben. Der Leiterbahnsensor sowie auch die übrigen Sensoren bestehen aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff. Die Messleitung kann ebenfalls als Leiterbahnsensor ausgebildet sein. Die Kapazitätsmessungen zur Topferkennung und zur Bestimmung der Topfgröße und der Topfstellung werden zwischen dem Leiterbahnsensor und der Messleitung zu den beiden inneren Ringelektroden einerseits und zwischen dem Leiterbahnsensor und der Messleitung zu den beiden äußeren Ringelektroden andererseits durchgeführt. Die Elektroden bilden einen Kondensator, dessen Kapazität von der Elektrodenfläche, dem mittleren Abstand der Elektroden sowie vom Werkstoff zwischen den Elektroden abhängig ist. Mit der gemessenen Kapazität wird ein LC-Schwingkreis betrieben, der im Leerlauf mit einer Frequenz von ca. 2 MHz schwingt. Beim Aufstellen eines Topfes ändert sich die Dielektrizitätskonstante auf einen höheren Wert; dadurch sinkt die LC-Oszillatorfrequenz. Diese Frequenzminderung wird zur Topferkennung herangezogen.

[0004] Weiter offenbart die deutsche Offenlegungsschrift DE 30 02 623 den Einsatz von induktiven und kapazitiven Annäherungsschaltern in Glaskeramikkochfeldern zur Erkennung des Kochgeschirrs. Die DE 30 02 623 offenbart jedoch keine konkrete Ausführung für einen induktiven Annäherungsschalter.

[0005] Eine konkrete Realisierung eines induktiven Annäherungsschalters ist aus der deutschen Patentschrift DE 197 00 753 bekannt. Die DE 197 00 753 offenbart ein Erkennungssystem mit zweischleifigen induktiven Sensoren, wobei die erste Schleife des Sensors zum Erzeugen eines magnetischen Prüf-Wechselfeldes und die zweite Schleife zum Erfassen des von der ersten Schleife erzeugten Magnetfeldes dient. Ein wesentlicher Nachteil des Erkennungssystems gemäß DE 197 00 753 besteht darin, dass die Topferkennungssignale durch den Temperatureinfluß auf die Sensoren verändert werden, was wegen der hohen Temperaturen von bis zu 600°C zu einer nachteiligen Ungenauigkeit der Erkennungsfunktion führen kann.

[0006] Einen anderen Lösungsweg bieten einschleifige induktive Geschirr- bzw. Topferkennungssysteme. Solche Systeme sind zum Beispiel aus DE 38 04 170, US 5 424 512, DE 40 04 129, EP 0 849 976 bekannt, wobei die technische Realisierung der zugehörigen Sensorschleifen in den Druckschriften DE 40 39 501, DE 40 38 017, DE 195 27 825 und DE 196 03 845 vorgeschlagen wird. Allen oben genannten Systemen ist gemeinsam, daß das Detektieren der räumlichen Annäherung anhand der Messung einer Frequenzänderung erfolgt. Diese Methode besitzt eine geringe Auflösung. Die nach dieser Methode gebauten Systeme reagieren darüberhinaus störanfällig auf geringste Änderungen der Sensorgüte und auf Veränderungen der Umgebungstemperatur der Elektronik.

[0007] Aus dem Gebiet der Metalldetektoren und der induktiven Näherungsschalter (Elektor Verlag, Gangelt, 1977: 300 Schaltungen, 10. Auflage, Seite 214, Nr. 265) ist es bekannt, dass eine einfache Auswertungsschaltung darin besteht, eine induktiv wirkende Sensorschleife in einen Oszillatorschwingkreis einzubauen, dessen Resonanzfrequenz durch die Sensoränderung bestimmt wird.

[0008] Aus US 5 424 512 sind weiterhin ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erkennen des Vorhandenseins eines Kochgefäßes auf einer Glaskeramikkochplatte bekannt, wobei eine Sensorspule in Verbindung mit einem Colpitts-Oszillator betrieben wird. Der Colpitts-Oszillator ist nach in der Fachliteratur herrschender Meinung (vgl. etwa Tietze/Schenk "Halbleiterschaltungstechnik", Springer Verlag, ISBN 3-540-56184-6, 10. Auflage, Kapitel 15.1.4 auf Seite 463) mit einer LC-Parallel-Beschaltung zu versehen. In dem Erkennungssystem gemäß US 5 424 512 wird auf "Topf" oder "kein Topf" detektiert. Die US 5 424 512 lässt offen, ob die im Erkennungssystem eingesetzte Sensorspule einen Teil des Oszillatorschwingkreises darstellt. Weiterhin geht aus der Beschreibung der US 5 424 512 nicht

hervor, welche Funktionsprinzipien für die Erkennung angewandt werden. Darüber hinaus ist die in US 5 424 512 beschriebene Elektronik sehr aufwendig aufgebaut und damit sehr teuer.

[0009] In der europäischen Patentschrift EP 0 469 189 wird vorgeschlagen, die Sensorspule, die als Luftspule unterhalb des Glaskeramikkochfeldes ausgebildet ist, in einen Oszillator-Schwingkreis einzubauen. Von einer Frequenzänderung wird ein Erkennungssignal für das Vorhandensein des Topfes abgeleitet. Ein ähnliches System wird in der deutschen Offenlegungsschrift DE 40 04 129 A1 vorgeschlagen, wobei der Sensor Teil eines Schwingkreises ist, dessen Schwingfrequenz sich in Abhängigkeit von der Beeinflussung der Sensorinduktivität ändert.

[0010] Ein wesentlicher Nachteil beider Verfahren gemäß EP 0 469 189 B2 und DE 40 04 129 A1 besteht darin, daß eine Verringerung der Induktivität L um z.B. 10% durch einen aufgesetzten Topf eine Erhöhung der Frequenz um lediglich 5,4% zur Folge hat, was zu einer erheblichen Beeinträchtigung des Auflösungsvermögens des Erkennungsverfahrens führt.

[0011] Während in der EP 469 189 also eine Luftspule unterhalb der Glaskeramik vorgesehen ist, liegt in der EP 442 275 eine induktive Schleife in der Heizisolierung des Kochfelds. In der EP 788 293 ist eine Schleife aus Runddraht beschrieben. In dieser Sensorschleife hat der Runddraht einen Durchmesser zwischen 1 und 4 mm, vorzugsweise etwa 2 mm, und besteht aus einem wärmebeständigen und nicht magnetisierbaren Material (Stahl). Zur Erzielung eines kleinen Erdungswiderstands (vorzugsweise kleiner als 0,1 Ohm) und zur Erzielung des hierfür erforderlichen sehr geringen ohmschen Widerstands des Sensors wird dieser Runddraht entsprechend dick ausgeführt. Als weitere Materialien (ausser der Stahl-Legierung) werden auch Kupfer mit einem hochleitfähigen Überzug aus Silber oder ein Heizleitermaterial mit der Werkstoffnummer 2.4869 diskutiert.

[0012] In der DE 100 33 361 ist ein induktiver Sensor als denkbar bezeichnet, der als eine Induktivitätsmatrix aufgebaut ist. Dazu wird in jedem Kreuzungspunkt der Matrix eine vorzugsweise mäanderförmige oder eine spiralförmige Wicklung aufgebracht. Dies kann durch eine Technologie geschehen, bei der das leitfähige Material aus Draht besteht oder als Leitpaste in einem Siebdruckprozeß aufgebracht wird oder als leitfähiges Polymer ausgebildet ist (die als Leiterbahnen ausgebildeten Leiter der Matrix können galvanisch aufgebracht sein). Hierdurch bekommt der Kreuzungspunkt eine zusätzliche Induktivität; durch Anlegen einer Hochfrequenzspannung werden die Induktivitätsänderungen bzw. die Wirbelstromverluste wirksam. Um die Empfindlichkeit des Kreuzungspunktes zu erhöhen, ist es zweckmäßig, den Kreuzungspunkt als Schwingkreis auszugestalten. Abgesehen davon, dass die Ausbildung jedes Matrixkreuzungspunktes als Schwingkreis sehr aufwändig ist, ist das induktive Element nicht direkt unterhalb der Glas-

keramik aufgebracht.

[0013] Aus der DE 100 23 179 ist ein induktiver Sensor bekannt, der auf dem Prinzip der Dämpfung eines Schwingkreises in Folge von Wirbelstromverlusten in Metallen, die sich im magnetischen Streufeld einer vielwindigen Sensorspule befinden, beruht. Außerdem wird dort die Schrift DE 197 00 753 zitiert, deren Sensoren aus je einer einwindigen Spule für einen Sender und einen Empfänger bestehen, die kreisförmig konzentrisch in der Kochzone angeordnet sind. Dabei können die Spulen als auf einer Tragplatte, insbesondere einer Glaskeramik-Kochplatte, aufgebrachte Leiterbahnen ausgebildet sein. Ferner sind aus dieser Schrift Temperatursensoren bekannt, die direkt auf der Glaskeramik aufgebracht sind und eine Änderung des elektrischen Widerstands messen. Die Trennung der mit denselben Sensoren erfassten Signale für Topferkennung und Temperaturmessung erfolgt durch Verwendung und Auskoppelung von Wechselspannungen unterschiedlicher Frequenzen. So wird die Topferkennung mit 10 MHz bis 17 MHz betrieben. Das transformatorische Wirkungsprinzip erfordert eine Senderschleife und eine Empfängerschleife.

[0014] Aus der DE 40 04 450 ist ein induktiver Nahrungsschalter bekannt, mit einer von einem einstellbaren Oszillator gespeisten Induktionsspule und einem der Induktionsspule näherbaren Betätigungsorgan. Die Induktionsspule ist Teil eines Resonanzkreises, an den eine mindestens einen Amplitudendetektor aufweisende Auswerteschaltung angeschlossen ist. Dieser Resonanzkreis bildet eine Serienresonanz. Im Betätigungsorgan ist ein weiterer Resonanzkreis (Parallelresonanz) mit der gleichen Resonanzfrequenz angeordnet. Die Induktivitäten der beiden Resonanzkreise sind magnetisch gekoppelt.

[0015] Aus der DE 36 00 055 ist ein Verfahren zur Messung des Abstandes eines Ortungsobjekts mit magnetischen Eigenschaften bekannt. Die Messung erfolgt mit Hilfe eines induktiven Abstandsdetektors. Der Abstandsdetektor wird mit einem Signal gespeist, das einen dreieckförmigen Wellenverlauf aufweist. Eine Störung dieser Signalform ist das Mass für den Abstand. Zur Erzeugung des Signals speist ein Oszillator einen Serienresonanzkreis.

[0016] Beim Aufbau von Parallelresonanzoszillatoren wird im Stand der Technik davon ausgegangen, dass die ohmsche Komponente des Widerstands einer Sensorschleife, wie in Patentschrift DE 199 30 830 beschrieben, vernachlässigt werden kann. Dies ist in der Praxis jedoch nicht der Fall. Bei Verwendung von kostengünstigen, temperaturstabilen und damit langlebigen Materialien haben Sensorschleifen einen temperaturbeeinflussten Widerstand, der für den Einsatzfall als Sensor in einem Kochherd nicht unerheblich ist. Die frei im Strahlheizkörper liegenden Sensorschleifen erreichen oft Temperaturen von bis zu 600°C.

[0017] Um den Verdrahtungsaufwand zu reduzieren, ist es vorteilhaft, die Sensorschleifen nicht wie im Stand

der Technik auf dem oder im Heizkörper zu montieren, sondern aus leitfähigem Material als Beschichtung direkt auf der Glaskeramikunterseite aufzubringen. Hierzu wird auf einen Prospekt der Firma Schott "CERAN Sensor mit Multifunktion" verwiesen. So ausgebildete Sensoren haben im Stand der Technik den Nachteil, dass sie je nach Beschichtungsmaterial, Schleifendurchmesser und Leiterbreite einen zu hohen Widerstand aufweisen, der sich dann noch mit der Temperatur ändert. Nach der Spezifikation der Firma Schott hat eine beschichtete Leiterbahn (die Sensorstruktur besteht aus in Kohlenstoff eingelagerten Goldpartikeln, Schichtdicke 9 μ , Schichtbreite 2 mm) typischerweise einen längenspezifischen Widerstand von 60 Ohm/m. Für einen Topferkennungssensor wird eine Leiterbahnschleife/Leiterschleife benötigt, deren Länge etwa einem Topfumfang von 40 cm entspricht. Daraus ergibt sich für den ohmschen Widerstand der Sensorschleife ein Wert von etwa 24 Ohm. Dieser ohnehin zu hohe Wert unterliegt erheblichen Schwankungen durch hohe Herstellungstoleranzen und durch die im Betrieb auftretenden Temperaturänderungen. Diese Widerstandsänderungen führen insbesondere bei einem Parallelresonanzoszillator zu einer nicht unerheblichen Frequenzverschiebung und damit zu einer negativen Beeinflussung der Funktion des Sensors. Für die oben beschriebenen bekannten Funktionsprinzipien sind die bekannten Beschichtungssensoren daher nicht verwendbar.

[0018] Ein weiterer Nachteil der oben beschriebenen Schaltungen ist der hohe Aufwand, der zusätzlich betrieben werden muss, um die Elektronik temperaturstabil zu machen. Wenn Hochfrequenzverstärker eingesetzt werden, ist eine Temperaturkompensation nur mit einem erheblichen Aufwand an Energie oder an zusätzlichen Schaltungskomponenten möglich.

[0019] Das Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erkennen einer räumlichen Annäherung elektrisch leitender Gegenstände vorzustellen, mittels eines in einem elektrischen Schwingkreis eingebauten induktiv wirkenden Sensors, wobei das Verfahren und die Vorrichtung eine temperaturbedingte Veränderung des ohmschen Widerstandes des Sensors ohne zusätzlichen Aufwand berücksichtigt. Es ist des weiteren ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine vorteilhafte Anwendung eines solchen temperaturstabilen Erkennungssystems und -verfahrens anzugeben.

[0020] Diese Aufgabe wird durch eine Kochstelle mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Anspruch 26 gelöst.

[0021] Die Erfindung wird anhand von in den Figuren 1 bis 4 dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Diese Figuren zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm einer bevorzugten Form des erfindungsgemäßen Erkennungssystems mit einem induktiv wirkenden Sensor,

Fig. 2 ein Blockdiagramm einer bevorzugten Form des erfindungsgemäßen Erkennungssystems mit mehreren induktiv wirkenden Sensoren;

Fig. 3 ein Blockdiagramm einer modifizierten Form des Erkennungssystems gemäß Fig. 2;

Fig. 4 ein Blockdiagramm einer weiteren Form des erfindungsgemäßen Erkennungssystems mit einem induktiv wirkenden Beschichtungssensor in einem Parallelresonanzoszillator.

[0022] Fig. 1 zeigt ein Blockdiagramm einer bevorzugten Form des erfindungsgemäßen Erkennungssystems mit einem induktiv wirkenden Sensor. Eine erste, z.B. Hochfrequenz-Spannungs- oder Stromquelle 3 erzeugt ein periodisches, z.B. ein sinusförmiges elektrisches Signal, wobei das Signal eine feste Frequenz f (z.B. in den Bereichen der Hochfrequenz zwischen 3 — 30 MHz oder der VHF-Frequenz zwischen 30 — 300 MHz nach DIN40015) aufweisen kann. Bei den VHF-Frequenzen werden die Elektronikbauteile jedoch teuer. Am Ausgang der Quelle 3 wird ein Oszillator-Schwingkreis 10 angeschlossen. Der Oszillator-Schwingkreis 10 ist als Reihenresonanzkreis ausgeführt und kann z.B. aus einem Widerstand R , einer Kapazitätsdiode 2 und einem induktiv wirkenden Sensor 1 bestehen. Die Kapazitätsdiode 2 kann auch eine normale Diode sein, da auch die normale Diode ihre Sperrschichtkapazität in Abhängigkeit von der angelegten Spannung ändert.

[0023] Der Sensor 1 wird dabei als Leiterbahn/Leiter in Form einer induktiv wirkenden Schleife ausgeführt, wobei die induktiv wirkende Schleife auch mehrere Windungen besitzen kann. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel hat die induktiv wirkende Schleife nur eine Windung und wird durch eine Beschichtung auf der Unterseite des Glaskeramikkochfelds gebildet. Eine bevorzugte Grundrissgeometrie der Sensorschleife 1 entnimmt der Fachmann aus dem Patent US 6 184 501, das sich im Besitz der gleichen Anmelderin befindet. Wichtig ist, dass bei der vorliegenden Erfindung nur diejenigen geometrischen Beschichtungsstrukturen benötigt werden, die in der US 6 184 501 als Sensorschleifen bezeichnet werden, während die dort als Antriebsschleifen bezeichneten Strukturen bei der vorliegenden Erfindung nicht benötigt werden. Diese erhebliche Vereinfachung der Beschichtungsstruktur rührt daher, dass die vorliegende Erfindung als Auswerteprinzip die Verstimmung eines elektrischen LC-Schwingkreises heranzieht, anstatt nach Art eines Transformators die magnetische Kopplung zweier Induktivitäten auszuwerten. Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung ist also, dass eine Schleife direkt unterhalb (oder auch innerhalb) der Glaskeramik angeordnet und mit einem Schwingkreis kombiniert ist.

[0024] Der Grundriss der Sensorschleife 36, 38, 44 gemäß Fig. 2 der US 6 184 501 eignet sich für ein ein-

teiliges Kochfeld. Dieser Sensor ist auf der Unterseite der Glaskeramik durch eine Siebdrucktechnik aufgebracht. Das Material wird anschließend eingebrannt, um die erforderliche Haftung an der Glaskeramik zu erzielen. Die elektrische Leitfähigkeit wird durch den Gehalt an Goldpartikeln (oder eines anderen Edelmetalls) in einem Kohlenstoffsubstrat bestimmt. Durch einen weiteren Prozess, sogenanntes Aufgalvanisieren, lässt sich die Schichtdicke der Sensorstruktur, die einige Mikrometer beträgt, erhöhen und der ohmsche Widerstand bei Bedarf erniedrigen. Durch den nass-chemischen Prozess des Aufgalvanisierens wird beispielsweise Gold an den schon vorhandenen Sensorstrukturen abgeschieden und die Schichtdicke selektiv dort erhöht, wo es nötig ist.

[0025] In dieser Technologie werden die ohmschen Eigenschaften der Beschichtung durch den sogenannten spezifischen Wirkstand angegeben, bei dem es sich um einen längenspezifischen Widerstand handelt. Bei einer bekannten Glaskeramik der Firma Schott, die mit einer Sensorstruktur bedruckt ist, ist dieser spezifische Widerstand mit 60 Ohm/m angegeben. Allerdings erlaubt es die bekannte Technologie nicht, den spezifischen Widerstand genau zu realisieren, d.h. es ist mit hohen Fertigungstoleranzen zu rechnen. Eine induktive Sensorschleife auf dieser Basis, also auf der Basis eines relativ hohen und ungenauen Werts des spezifischen Widerstands, wird bei dem erfindungsgemäßen Erkennungssystem durch eine Ausbildung des elektrischen Schwingkreises als resonanzkompensierter Reihenschwingkreis berücksichtigt. Eine Modellrechnung für den parasitären ohmschen Widerstand der Sensorschleife 1 ergibt in diesem Fall einen Wert von etwa 27 Ohm, der für den resonanzkompensierten Reihenschwingkreis unschädlich ist (Modellrechnung: Der spezifische Widerstand der Beschichtung beträgt bei einer Leiterbahnbreite von 2-3 mm und bei einer Schichtdicke von einigen Mikrometern etwa 60 Ohm/m; die Sensorschleife hat für einen Topfdurchmesser von 145 mm eine Länge von etwa 455 mm; dies ergibt einen parasitären ohmschen Widerstand von 60 Ohm/m mal 0,455 m ist gleich etwa 27 Ohm.) Der Grundriss der inneren Sensorschleife 60, 64, 70 und der äußeren Sensorschleife 62, 64, 76 gemäß der Fig. 3 der US 6 184 501 eignet sich für ein zweiteiliges Kochfeld mit einer inneren Heizzone und einer äußeren Heizzone. Für die Herstellung der Sensorschleifen gilt das oben Gesagte; insbesondere nimmt der parasitäre ohmsche Widerstand der inneren Sensorschleife entsprechend dem kleineren Topfdurchmesser ab. Ebenfalls für ein zweiteiliges Kochfeld eignet sich der Grundriss der inneren Sensorschleife 116, 114 und der äußeren Sensorschleife gemäß der Fig. 6 der US 6 184 501.

[0026] Wenn der induktive Beschichtungssensor erfindungsgemäß mit einem Parallelresonanzkreis kombiniert wird, so wird sein parasitärer ohmscher Widerstand auf einen Wert von etwa 6 bis 8 Ohm, vorzugsweise weniger als 3 Ohm, herabgedrückt. Hierfür sieht

die Erfindung verschiedene technologische Massnahmen vor, die einzeln oder in Verbindung miteinander eingesetzt werden können. Die Breite der Leiterbahn kann beispielsweise von 2 bis 3 mm auf etwa 4 mm aufgeweitet werden. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird der spezifische Widerstand durch das genannte Aufgalvanisieren von Gold (oder eines anderen Edelmetalls) herabgesetzt. In Frage kommen alternativ auch verbesserte Beschichtungsmaterialien, die bei konventionellen Beschichtungsdicken (also ohne Aufgalvanisieren) einen spezifischen Widerstand von etwa 15 Ohm/mm erreichen. Gleichzeitig kann der Parallelresonanzkreis, in dem die Sensorschleife als induktives Element wirkt, mit einer höheren Resonanzfrequenz arbeiten. Beispielsweise kann das erste, periodische Signal eine von etwa 2 MHz auf etwa 30 MHz erhöhte Betriebsfrequenz aufweisen, so dass die induktive Komponente größer als die ohmsche Komponente wird.

[0027] Der Serienresonanzkreis gemäß Fig. 1 kann über einen Kondensator C1 von der Spannungsquelle 3 gleichspannungsentkoppelt werden. Die über der Kapazitätsdiode 2 und der Sensorschleife 1 anliegende Spannung wird über einen weiteren Kondensator C2 von dem Gleichspannungsanteil befreit und kann mit einer Vorrichtung zum Verstärken der Amplitude des entnommenen Signals, z.B. mit einem Verstärker 5, verstärkt werden. Vom Hochfrequenzsignal wird die Amplitude gemessen. Eine Vorrichtung zum Ermitteln des Amplitudenverlaufs bzw. einer Vorzeichenumkehr, die z.B. in Form eines Differenzierers 6 ausgeführt werden kann, ermittelt die Umkehr (von "+" über "0" nach "-" und umgekehrt!) der Amplitude des Signals während der Zeit und verstärkt sie, um sie dann an einen Mikroprozessor 4 weiterzugeben.

[0028] Die Schaltung funktioniert wie folgt. Die erste Signalquelle 3 läuft immer auf der temperaturstabilen Frequenz f . Die Resonanzfrequenz f_r des Serienresonanzkreises 10 bestehend aus einem Widerstand R, einer Kapazitätsdiode 2 und einer induktiv wirkenden Sensorschleife 1 kann durch einen aufgestellten elektrisch leitenden Gegenstand, etwa durch einen Kochtopf oder eine Bratpfanne, sowie durch eine weitere Stellgröße, etwa durch eine Vorspannung U, variiert werden. Die Kapazitätsdiode 2 wirkt dabei als Kondensator, dessen Größe von der Vorspannung U abhängig ist, wobei die Vorspannung U wiederum von einer zweiten Quelle elektrischer Signale (unabhängig von der ersten Quelle 3) vorgegeben werden kann. Diese zweite Quelle der elektrischen Signale kann z.B. in Verbindung mit dem Mikroprozessor 4 ausgeführt werden.

[0029] Wird nun ohne einen aufgestellten Topf die Kapazitätsdiode 2 mit einer Dreiecks- oder Sägezahn-schwingung (oder auch mit einem abklingenden RC-Spannungsverlauf), jedenfalls mit einem Spannungssignal sehr niedriger Frequenz bzw. mit einer Quasi-Gleichspannung vorgespannt, wird bei einer bestimmten Vorspannung U_m die Resonanzfrequenz f_r des Serienresonanzkreises identisch mit der Frequenz

der ersten Quelle 3 sein. Dabei erreicht die Spannungsamplitude des Hochfrequenzanteils, der über der Kapazitätsdiode 2 und über der induktiv wirkenden Sensorschleife 1 liegt, ein Minimum.

[0030] Die Vorspannung U wird beim Dreieckssignal linear von 0V bis zu einer maximalen Spannung U_{max} erhöht. Von 0V bis U_m sinkt die Amplitude des Signals in dem Oszillator-Schwingkreis 10 bis zu einem Punkt, in dem die Serienresonanz f_r sich der Frequenz f der Quelle 3 stark annähert bzw. angleicht. Steigert man die Vorspannung U nach U_m weiter, so erhöht sich die Amplitude des Signals in dem Oszillator-Schwingkreis 10 wieder. Im Minimum findet also eine Vorzeichenumkehr der Amplitudenänderung statt. Diese wird durch die Vorrichtung 6 ermittelt und als Impulssprung an den INT Eingang des Mikroprozessors 4 weitergegeben. Der Mikroprozessor 4 speichert den Wert U_m, an dem der Impulssprung auftritt.

[0031] Wird nun ohne einen aufgestellten Topf die Kapazitätsdiode 2 mit einer Dreiecks- oder Sägezahn-schwingung (oder auch mit einem abklingenden RC-Spannungsverlauf), jedenfalls mit einem Spannungssignal sehr niedriger Frequenz bzw. mit einer Quasi-Gleichspannung vorgespannt, so wird bei einer bestimmten Vorspannung U_m die Resonanzfrequenz f_r des Serienresonanzkreises identisch mit der ersten Quelle 3 sein. Dabei erreicht die Spannungsamplitude des Hochfrequenzanteils, der über der Kapazitätsdiode 2 und über der induktiv wirkenden Sensorschleife 1 liegt, ein Minimum.

[0032] Die Vorspannung U wird bei einem Dreieckssignal linear von 0V bis zu einer maximalen Spannung U_{max} erhöht. Von 0V bis U_m sinkt die Amplitude des Signals in dem Oszillator-Schwingkreis 10 bis zu einem Punkt, in dem die Serienresonanz f_r sich der Frequenz f der Quelle 3 stark annähert bzw. angleicht. Steigert man die Vorspannung U nach U_m weiter, so erhöht sich die Amplitude des Signals in dem Oszillator-Schwingkreis 10 wieder. Im Minimum findet also eine Vorzeichenumkehr der Amplitudenänderung statt. Diese wird durch die Vorrichtung 6 ermittelt und als Impulssprung an den INT-Eingang des Mikroprozessors 4 weitergegeben. Der Mikroprozessor 4 speichert den Wert U_m, an dem der Impulssprung auftritt.

[0033] Wird nun ein Topf aufgesetzt, ändert sich die Induktivität der Sensorschleife 1 (sie wird durch die Wirbelstromverluste im metallischen Topfboden kleiner) und damit auch die Resonanzfrequenz f_r (sie wird höher). Beim nächsten Dreieckvorspannungssignal wird das Amplitudenminimum bei einer geringeren Spannung U_t erreicht. Die Spannungsdifferenz U_m-U_t ist - einen etwa linearen Spannungs-Kapazitätsverlauf der Kapazitätsdiode 2 vorausgesetzt - direkt proportional zur Änderung der Induktivität der Sensorschleife 1. Damit kann von der Änderung der Spannung U linear auf die Änderung des Sensorinduktivitätswertes geschlossen werden.

[0034] Bei der Auswahl der Kapazitätsdiode 2 ist dar-

auf zu achten, dass ihr einstellbarer Kapazitätsbereich so groß ist, dass die Resonanzfrequenz f_r bei Sensorschleifen mit einem großen Durchmesser (großer Induktivität L) und einem kleinen Durchmesser (geringer Induktivität L) immer noch die Frequenz der Quelle 3 erreicht. Falls nötig, kann der Bereich durch Parallelschalten einer Festkapazität erhöht werden. Denkbar ist weiterhin eine Messbereichserweiterung durch Zuschalten einer Parallelkapazität mittels eines MOSFETs oder eines Analogmultiplexers oder mittels eines Hochfrequenztransistors, z.B. BFS 17 oder ähnliches.

[0035] Ein erheblicher Vorteil der Schaltung nach Fig. 1 besteht in der Messgenauigkeit des Systems über den erforderlichen Elektroniktemperaturbereich von -20 bis 105° C. Selbst wenn sich die Verstärkungsfaktoren des Verstärkers 5 um +/- 20% verändern, so geht in die Messung nur die Vorzeichenumkehr der Amplitudenänderung ein, die stets bei der Resonanzfrequenz f_r erfolgt.

[0036] Ändert sich der parasitäre ohmsche Widerstand der Sensorspule 1 temperaturbedingt, so hat das anders als beim Parallelkreis (vgl. das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4) bei dem Serienresonanzkreis keinen Einfluss auf die Resonanzfrequenz. Nach einem Lehrbuch (Tietze/Schenk "Halbleiterschaltungstechnik", Springer Verlag, ISBN 3-540-56184-6, 10. Auflage, Kapitel 2.7 auf Seite 22) ist die Resonanzfrequenz eines Serienresonanzkreises stabil und hängt exakt nur von Kapazitäts- (C) und Induktivitätswerten (L) des Serienresonanzkreises ab.

[0037] Einzig auf die Kapazitätsdiode hat die Temperatur einen störenden Einfluss. Die Kapazität ändert sich bis zu 3%. Dies kann ausgeglichen werden, wenn in den Spannungspfad eine Diode in Flussrichtung geschaltet wird, deren Kniespannung einen Temperaturgang aufweist, der über eine höhere Vorspannung U die Kapazitätsveränderung kompensiert.

[0038] Das von der zweiten Quelle 4 vorgegebene elektrische Vorspannungssignal U muß nicht unbedingt ein im strengen Sinne periodisches Signal sein, bei dem alle Zyklen des Signals die gleiche Form bzw. die gleiche Dauer, Amplitude und den Zeit-Spannungsverlauf aufweisen. Es genügt, wenn das Vorspannungssignal U ein wiederholbares elektrisches Signal mit einem vorbestimmten Zeit-Spannungsverlauf (z.B. mit einem abklingenden RC-Zeit-Spannungsverlauf) ist. Um den Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung bzw. des Mikroprozessors 4 zu optimieren, ist es auch denkbar, in den Intervallen zwischen einzelnen Wiederholungen des zweiten elektrischen Signals eine Pause ohne elektrische Signale einzulegen. Die Optimierung kann u.a. dadurch erfolgen, dass der Mikroprozessor 4 in den Pausen zwischen einzelnen Wiederholungen auch zu anderen Zwecken (etwa zur Steuerung weiterer Vorrichtungen) eingesetzt werden kann.

[0039] Zum Anschluss mehrerer Sensorschleifen 11, 12, 13, 14 kann ein niedrigohmiger Analogmultiplexer S1 eingebaut werden, der ermöglicht, je nach vorgege-

bener Adresse Adr eine der Sensorspulen 11, 12, 13, 14 mit dem Resonanzkreis zu verbinden, wie dies in Fig. 2 gezeigt ist. Statt eines Analogmultiplexers oder statt Hochfrequenztransistoren ist auch der Einsatz von MOSFETs möglich.

[0040] Mit diesem Aufbau kann eine Referenzmessung zur Eliminierung des Temperatureinflusses auf die Kapazitätsdiode 2 durchgeführt werden. Dabei wird statt der Sensorspule 14 in Fig. 2 eine feste Induktivität eingebaut, die temperaturstabil ist. Ändert sich die Kapazität der Diode 2, so ändert sich im Betrieb auch die Stellgröße U für diese feste Induktivität. Diese temperaturbedingte Änderung kann dann von den Werten der übrigen Sensorspulen 11, 12 und 13 abgezogen und der Temperatureinfluss damit kompensiert werden. Verwendet man statt des Analogmultiplexers Hochfrequenztransistoren, dann können die feste Induktivität und eine Sensorinduktivität gleichzeitig parallel in den Sensorkreis eingeschaltet werden. Es ergibt sich eine Verringerung der effektiv im Stromkreis wirkenden Gesamtinduktivität, wodurch eine Anpassung der Vorrichtung an Sensoren mit größerer Induktivität erreicht werden kann.

[0041] Die Änderung des ohmschen Beiwertes R14(T) der Sensorspule 14 kann darüber hinaus zur Bestimmung der Temperatur herangezogen werden. Dafür kann die in Fig. 2 gezeigte Schaltung modifiziert werden (wie in Fig. 3 gezeigt). Die Widerstände R11(T), R12(T), R13(T)... R14(T) bezeichnen dabei den ohmschen Widerstand der Schleifen 11, 12, 13 und 14.

[0042] Bei abgeschalteter Signalquelle 3 wird von Stromquelle 33 ein Gleichstrom I eingeprägt, der in die über S1 und Adr angewählte Sensorschleife 14 gegen die Masse GND fließt. Über dem temperaturabhängigen Widerstandsbeiwert der Sensorschleife R14(T) ruft der Gleichstrom einen Spannungsabfall $U_{R14}(T)$ hervor. Für Gleichstrom beträgt der Spannungsabfall über der Induktivitätskomponente 14 0V. Damit kann über einen Schalter S2 der Spannungsabfall für den mit Adr vorgegebenen Sensor nach dem Vier- oder Dreidrahtmeßverfahren hochohmig abgegriffen werden, mit einem Verstärker 55 verstärkt und an den Mikroprozessor 4 als Analogwert weitergeleitet werden. Der Mikroprozessor 4 berechnet aus dem beim Basisabgleich gespeicherten 25° C-Messwert und dem aktuellen Messwert mittels der bekannten spezifischen Temperaturkoeffizienten die aktuelle Sensorschleifentemperatur T.

[0043] In dem in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der induktiv wirkende Beschichtungssensor als Teil eines Parallelresonanzkreises ausgebildet. Der Sensor ist als leitfähige Schicht auf der Ober- oder Unterseite der Glaskeramik aufgebracht. Die Kontaktierung kann über Federkontakte oder über leitfähig angeklebte Folienleitungen oder über angelötete Breitbandleitungen geschehen. Bekannte Leiterbahnen werden auf der Unterseite der Glaskeramik aufgebracht und haben üblicherweise eine Breite von 2 mm und eine Länge von ca. 1 m, was auf einen elektrischen Wider-

stand zwischen 40 und 200 Ohm hinausläuft. Die Güte der bekannten Sensoren ist daher sehr gering. Mit Beschichtungssensoren wurden deshalb bisher nur aufwendige Funktionsprinzipien wie das Prinzip der induktiven Kopplung angewandt. Der erfindungsgemäße Reihenresonanzkreis nach den Figuren 1 bis 3 schafft hier Abhilfe.

[0044] Neue Beschichtungsmaterialien und neue Beschichtungstechniken erlauben es nun auch, den Widerstand der Beschichtungsleiterbahnen erheblich zu reduzieren. Es ist möglich, bei einer Breite von 2 mm und einer Länge von 1 m nun Widerstände von maximal 3 Ohm zu realisieren. Derartige Sensorschleifen können direkt an die Auswerteelektronik angeschlossen werden, das heißt direkt auch in einem Parallelresonanzkreis verwendet werden. Die Topferkennung wird bei dieser Variante über eine Änderung der Oszillatorfrequenz verwirklicht.

[0045] L (Pot) stellt in Figur 4 eine Sensorschleife dar, deren Induktivität durch einen aufgestellten Topf verringert wird und damit in dem LC-Oszillatorkreis die Frequenz beeinflusst. CS ist beispielsweise eine feste Kapazität hoher Güte. Auch hier berechnet sich die Resonanzfrequenz nach $f_r \approx \frac{1}{2} \times \pi \times \sqrt{L \times C}$. Wird der Topf auf die induktive Sensorschleife abgestellt, so verringert sich durch die Wirbelstromverluste im Topfboden die Induktivität L der Schleife. Dies führt zu einer Erhöhung der Resonanzfrequenz f_r an der Basis des Transistors Q1. Dann kann über einen Zweipunktregler oberhalb der Grenzfrequenz f_g das Freigabesignal für die Energiezufuhr des Heizkörpers erzeugt werden.

Patentansprüche

1. Kochstelle mit Glaskeramik, die zwecks Topferkennung einen induktiven Sensor aufweist,
 - dessen Induktivität sich durch Wirbelstromverluste im Topf oder Kochgefäß verändert,
 - der als Leiterbahn unterhalb oder oberhalb oder innerhalb der Glaskeramik mit einem vorbestimmten längenspezifischen Widerstand ausgeführt ist, und
 - der Teil eines Serienschwingkreises ist, auf dem die Auswerteschaltung für die Topferkennung aufbaut.
2. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Leiterbahn als beschichtete Leiterbahn ausgebildet ist.
3. Kochstelle mit Glaskeramik, die zwecks Topferkennung einen induktiven Sensor aufweist,
 - dessen Induktivität sich durch Wirbelstromverluste im Topf oder Kochgefäß verändert,
 - der als beschichtete Leiterbahn unterhalb oder

- oberhalb oder innerhalb der Glaskeramik mit einem vorbestimmten längenspezifischen Widerstand ausgeführt ist, und
- der Teil eines Parallelschwingkreises ist, auf dem die Auswerteschaltung für die Topferkennung aufbaut.
- 5
4. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der ohmsche Widerstand des induktiven Beschichtungssensors nicht mehr als 3 Ohm beträgt und der induktive Sensor Teil eines Parallelschwingkreises ist.
- 10
5. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der längenspezifische Widerstand des induktiven Beschichtungssensors nicht mehr als 15 Ohm pro Meter beträgt und der induktive Sensor Teil eines Serienschwingkreises ist.
- 15
6. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 1, 2 oder 5, **gekennzeichnet durch** eine Vorrichtung (2) zur Änderung der Resonanzfrequenz des Serienschwingkreises (10) **durch** ein elektrisches Signal,
- 20
- eine erste Quelle (3) eines ersten periodischen Signals,
 - eine zweite Quelle (4) eines zweiten Signals, wobei das zweite Signal zur Änderung der Resonanzfrequenz des Serienschwingkreises (10) eingesetzt wird,
 - eine Vorrichtung zum Ermitteln des Resonanzzustandes im Serienschwingkreis (10), während dieser mit den ersten und zweiten Signalen gespeist wird; und
 - eine Vorrichtung zum Analysieren des zweiten Signals anhand des ermittelten Resonanzzustands im Serienschwingkreis (10).
- 25
7. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (2) zur Änderung der Resonanzfrequenz des Serienschwingkreises (10) durch ein elektrisches Signal in Form eines kapazitiv wirkenden Elements (2) ausgeführt wird.
- 30
8. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das kapazitiv wirkende Element (2) eine Diode bzw. eine Kapazitätsdiode ist.
- 35
9. Kochstelle mit Glaskeramik nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor (1) in Form einer induktiven Schleife mit einer oder mehrere Windungen ausgeführt ist.
- 40
10. Kochstelle mit Glaskeramik nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- 45
- die Vorrichtung zum Ermitteln des Resonanzzustandes im Serienschwingkreis (10) eine Vorrichtung (6) zum Ermitteln der Vorzeichenumkehr der Amplitude eines vom Serienschwingkreis (10) entnommenen Signals aufweist.
11. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung zum Ermitteln des Resonanzzustandes im Serienschwingkreis (10) des weiteren eine Vorrichtung (5) zum Verstärken der Amplitude des vom Serienschwingkreis (10) entnommenen Signals aufweist.
12. Kochstelle mit Glaskeramik nach einem der Ansprüche 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (6) zum Ermitteln der Vorzeichenumkehr ein Rückkoppelungssignal an die Vorrichtung (4) zum Analysieren des zweiten elektrischen Signals liefert.
13. Kochstelle mit Glaskeramik nach einem der Ansprüche 5 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (4) zum Analysieren des zweiten elektrischen Signals ein Mikroprozessor ist.
14. Kochstelle mit Glaskeramik nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (6) zum Ermitteln der Vorzeichenumkehr ein Differenzierer ist.
15. Kochstelle mit Glaskeramik nach einem der Ansprüche 5 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Glaskeramik mit mehreren Sensoren (11, 12, 13, 14) ausgestattet ist.
16. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anschluss der Sensoren (11, 12, 13, 14) an den Serienschwingkreis mittels eines Multiplexers (S1) erfolgt.
17. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anschluss der Sensoren (11, 12, 13, 14) an den Serienschwingkreis mittels einer Vorrichtung mit mehreren HF-Transistoren erfolgt.
18. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedem Sensor (11, 12, 13, 14) eine Adresse (Adr) im Multiplexer (S1) oder in der Vorrichtung mit mehreren HF-Transistoren vorgegeben ist.
19. Kochstelle mit Glaskeramik nach einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einer der Sensoren (11, 12, 13, 14) durch eine temperaturstabile feste Induktivität (14) ersetzt wird, wobei die Messwerte aus dem Serienschwingkreis mit der festen Induktivität (14) für

eine Kalibrierung der verbliebenen Sensoren (11, 12, 13) verwendet werden.

20. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der induktive Sensor durch eine Siebdrucktechnik aufgebracht ist. 5
21. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 4 oder 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Leitfähigkeit durch den Gehalt an Goldpartikeln oder eines anderen Edelmetalls in einem Kohlenstoffsubstrat bestimmt ist. 10
22. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 4 oder 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schichtdicke des induktiven Sensors durch Aufgalvanisieren erhöht wird, wobei beispielsweise Gold an den schon vorhandenen Sensorstrukturen abgeschieden wird. 15
20
23. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 4 oder 20 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite der Leiterbahnen des induktiven Sensors weniger als 4 mm beträgt. 25
24. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 4 oder 20 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Betriebsfrequenz des Parallelresonanzkreises weniger als 30 MHz beträgt. 30
25. Kochstelle mit Glaskeramik nach Anspruch 4 oder 20 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** oberhalb einer Grenzfrequenz (fg) ein Zweipunktregler ein Freigabesignal für die Energiezufuhr des Heizkörpers erzeugt. 35
26. Verfahren zum Erkennen einer räumlichen Annäherung eines elektrisch leitenden Gegenstands mittels eines induktiv wirkenden Sensors, wobei der Sensor in einem Schwingkreis eingebaut ist, umfassend folgende Schritte: 40
 - Einspeisen eines ersten periodischen Signals in den Schwingkreis;
 - Änderung der Resonanzfrequenz (fr) des Schwingkreises durch Einspeisen eines zweiten Signals in den Schwingkreis; 45
 - Feststellen eines Resonanzzustands in dem Schwingkreis; und
 - Analysieren des zweiten Signals anhand des festgestellten Resonanzzustands in dem Schwingkreis. 50
27. Verfahren nach Anspruch 26, bei welchem der Sensor als beschichteter Sensor und der Schwingkreis als Serien- oder als Parallelschwingkreis ausgebildet werden. 55

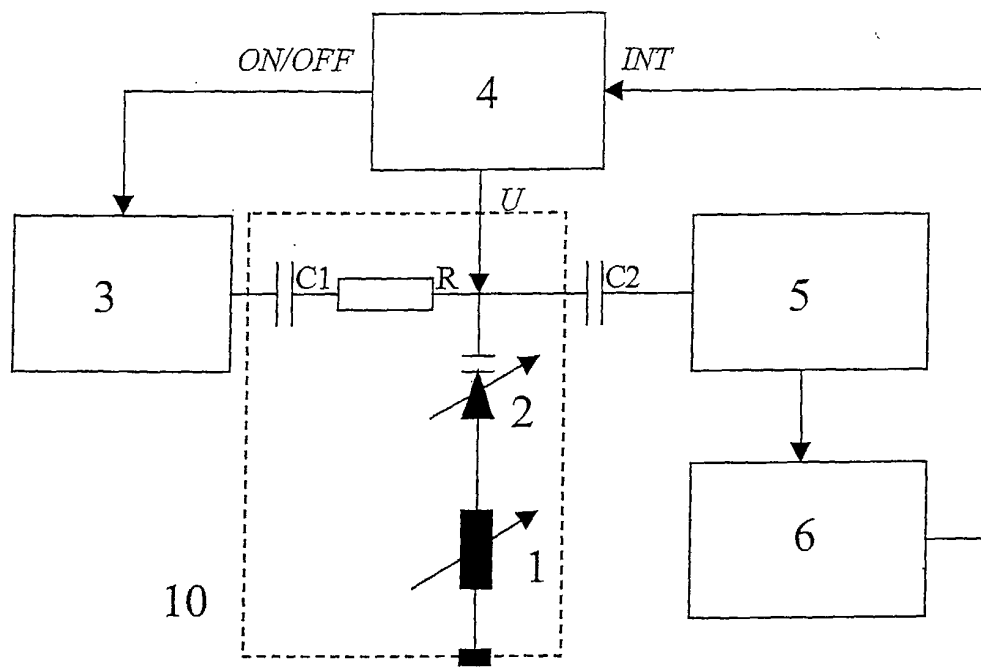


Fig. 1

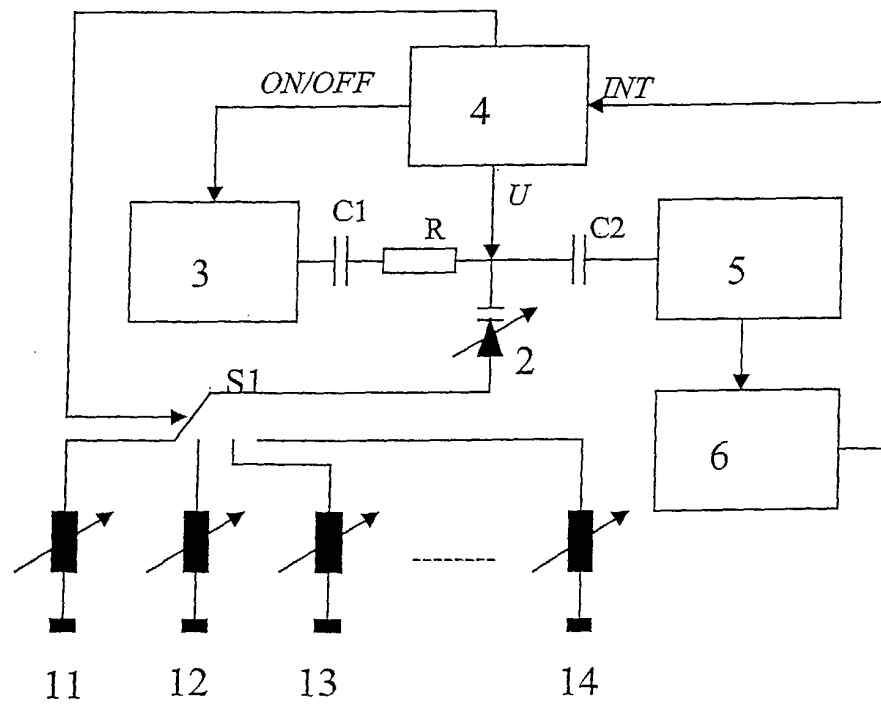


Fig. 2

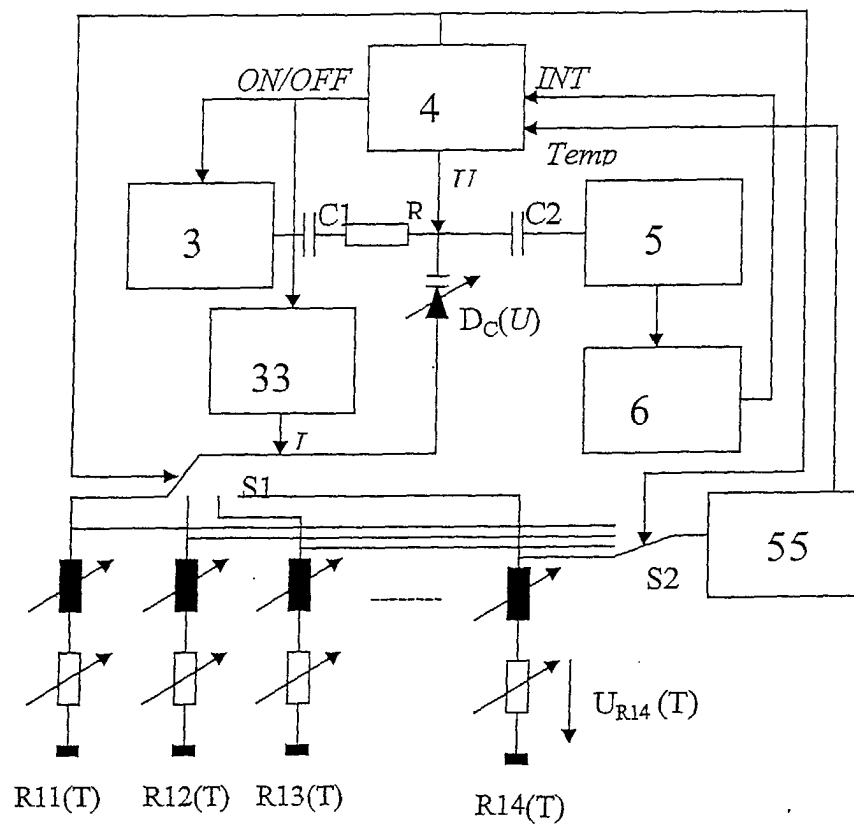


Fig. 3

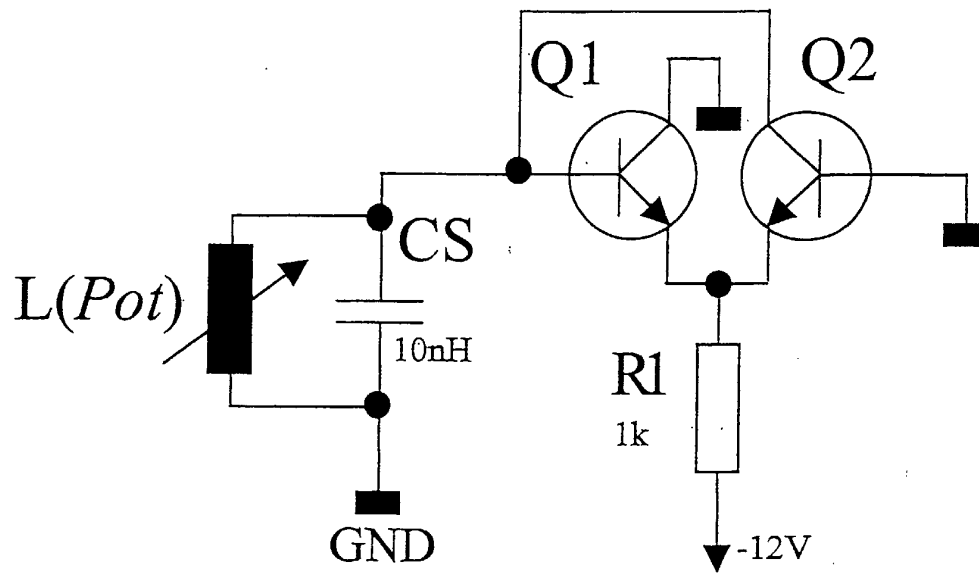


Fig. 4