(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 643 401 A2**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **94202512.3**

(51) Int. Cl.[6]: **H01C 7/13**

(22) Anmeldetag: **02.09.94**

(30) Priorität: **09.09.93 DE 4330534**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.03.95 Patentblatt 95/11

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB NL

(71) Anmelder: **Philips Patentverwaltung GmbH**
Wendenstrasse 35c
D-20097 Hamburg (DE)
(84) **DE**

(71) Anmelder: **PHILIPS ELECTRONICS N.V.**
Groenewoudseweg 1
NL-5621 BA Eindhoven (NL)
(84) **FR GB NL**

(72) Erfinder: **Comberg, Albert, Dr., c/o Philips Patentver.GmbH**
Wendenstrasse 35c
D-20097 Hamburg (DE)
Erfinder: **Waser, Rainer, Dr., c/o Philips Patentver.GmbH**
Wendenstrasse 35c
D-20097 Hamburg (DE)

(74) Vertreter: **Volmer, Georg, Dipl.-Ing. et al**
Philips Patentverwaltung GmbH,
Wendenstrasse 35c
D-20097 Hamburg (DE)

(54) Belastungsabhängige elektrische Präventivsicherung.

(57) Belastungsabhängige elektrische Präventivsicherung mit einer elektronischen Keramik (12) in einem Gehäuse (11) mit herausgeführten Verbindungsleitungen (14) zur Ermittlung mindestens einer ersten Belastungsart eines zu überwachenden Geräts,
wobei eine Keramik, kurz TDR-Keramik (12) genannt, eingesetzt ist, deren elektrisch isolierender Zustand abhängig von der Zeit als erster Belastungsart und einer zweiten Belastungsart in einen halbleitenden Zustand übergeht und daß infolgedessen bei Gleichspannungsversorgung U der TDR-Keramik (12) über Verbindungsleitungen (14) ein Stromanstieg das Auslösekriterium bildet, das bei vorbestimmbaren Bedingungen erfüllt ist und eine gewünschte Betriebszeit τ bestimmt.

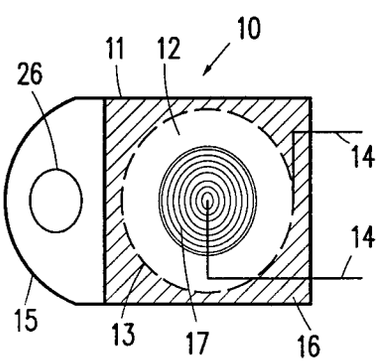

FIG. 1

EP 0 643 401 A2

Die vorliegende Erfindung betrifft eine belastungsabhängige elektrische Präventivsicherung entsprechend den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruches 1.

Für elektrische Schaltkreise sind Sicherungen bekannt. Sie dienen dem Schutz der elektrischen Schaltkreise und der mit diesen verbundenen Geräte und Maschinen, wenn unerwünschte, in der Regel nicht vorhergesehene, Belastungen an den Schaltkreisen auftreten, die zu deren Beschädigung führen können. Derartige Belastungen können Spannungsspitzen im Versorgungsnetz, Kurzschlüsse infolge unsachgemäßer Handhabung der Geräte, zu hohe Umgebungstemperaturen oder zu hohe Umgebungsfeuchten, etc. sein. Entsprechend kommen Schmelzsicherungen, Thermistoren oder Humistoren allein oder in Kombination miteinander zum Einsatz. Derartige Sicherungen werden im folgenden auch kurz Belastungssicherungen genannt.

Zur Begrenzung von Überspannungen in elektrischen Schaltkreisen ist beispielsweise aus der EP-B1-0 137 044 ein Varistor bekannt, bei dem die elektrischen Eigenschaften einer halbleitenden Strontiumtitanatkeramik ausgenutzt werden. Elektrische Eigenschaften verschiedener keramischer Kristalle sind beispielsweise aus dem Aufsatz von R. Waser mit dem Titel "dc Electrical Degradation of Perovskite-Type Titanates: II, Single Crystals" bekannt, veröffentlicht im J. Am. Ceram. Soc.73 (6) 1654-62 (1990).

In manchen Fällen soll es jedoch gar nicht erst zum Ansprechen einer Sicherung kommen. Vielmehr soll das elektrische Gerät mit dem elektrischen Schaltkreis ganz gezielt, nach einer gewissen Betriebs- oder Belastungsdauer, vorsorglich also präventiv abgeschaltet werden. Solche Situationen treten häufig dort auf, wo Maschinen aus Sicherheitsgründen nach bestimmten Belastungsintervallen gewartet werden müssen. Beispiele für derartige Maschinen sind Automobil- oder Flugzeugmotoren. Die Notwendigkeit, ein Gerät vorsorglich abzuschalten, kann aber auch dann gegeben sein, wenn zu vermuten ist, daß das Gerät in naher Zukunft defekt wird und ein Ersatz des Gerätes im noch funktionierenden Zustand einfacher oder kostengünstiger als im defekten Zustand ist. Auch gibt es Geräte, wie z.B. Beleuchtungsquellen, bei denen eine bestimmte Eigenschaft, nämlich deren Helligkeit mit zunehmender Betriebsdauer in einer solchen Weise nachläßt, daß das Gerät auszuwechseln ist, obwohl es bezüglich anderer Eigenschaften, wie dem elektrischen Widerstand durchaus noch funktionsfähig ist. Derartige Sicherungen werden nachfolgend auch kurz Präventivsicherungen genannt.

Wichtige Komponenten solcher Präventivsicherungen sind Betriebsstundenzähler, Kilometerzähler oder Durchflußmesser. Im allgemeinen wird ein Zählerstand dazu verwandt, ein optisches oder akustisches Warnsignal auszulösen, so daß eine Abschaltung von Hand oder mittels einer Steuereinheit vorgenommen werden kann. Präventivsicherungen, deren Auslösung ausschließlich von der verstrichenen Zeit abhängt, werden nachfolgend auch kurz zeitabhängige Präventivsicherungen genannt.

In vielen Fällen sind jedoch Präventivsicherungen vorteilhaft, deren Auslösen durch eine Kombination oder bestimmte Konstellation von gemessenen physikalischen Größen verursacht wird. Es werden dann logisch miteinander verschaltete Präventivsicherungen verwandt. Häufig soll neben der Betriebsdauer auch die akkumulierte Belastung einer Maschine während ihrer Betriebsdauer als Entscheidungskriterium für etwaige Wartungsintervalle herangezogen werden. Dies ist beispielsweise bei Automobilmotoren der Fall. Zur Ermittlung der Wartungsintervalle genügt es in der Regel nicht, den Kilometerstand allein zu überwachen. Vielmehr ist es erforderlich, ebenso die zeitlich akkumulierte Motorleistung zu registrieren. Denn infolge von Verkehrsstaus ist es denkbar, daß der Motor über längere Zeit bei nicht drehender Tachowelle betrieben wird.

Die Belastung von Motoren steht oft auch in direktem Verhältnis zur Betriebstemperatur der Motoren. D.h., je heißer der Motor ist, desto höher ist seine Belastung. Aus diesem Grund sind Präventivsicherungen von Vorteil, die gleichzeitig die Betriebsdauer, wie auch die zeitlich akkumulierte Betriebstemperatur und somit die zeitlich akkumulierte Betriebsbelastung als Auslösekriterium benutzen. Derartige Präventivsicherungen werden nachfolgend auch belastungsgesteuerte Präventivsicherungen genannt. Im Stand der Technik wird dieses Problem durch Präventivsicherungen gelöst, die mit einer Kombination von entsprechenden Individualmeßgebern für die Temperatur und die Zeit ausgerüstet sind. Jeder einzelne der individuellen Meßgeber ist jedoch auch mit einem Ausfallrisiko behaftet. Somit ist das Ausfallrisiko der zusammengesetzten Präventivsicherung größer als das Ausfallrisiko jeder der Einzelkomponenten. Hinzu kommt der im Vergleich zu einer Einzelkomponente erhöhte Montageaufwand.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine belastungsabhängige elektrische Präventivsicherung zu schaffen, die bereits als Einzelkomponente mehrere Belastungsarten erfassen kann, einfach aufgebaut ist und somit das Ausfallrisiko und den Montageaufwand minimiert.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1 gelöst.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die erfindungsgemäße Präventivsicherung weist eine elektronische Keramik mit Elektroden innerhalb eines Gehäuses und mit herausgeführten Verbindungs- bzw. Anschlußleitung für die Elektroden auf. Die eingesetzte elektronische Keramik, nachfolgend kurz TDR (Time Dependent Resistor)-Keramik genannt, hat erfindungsgemäß einen zeitabhängigen Widerstand, der in Abhängigkeit von der Zeit von einem quasi isolierenden Zustand in einen halbleitenden Zustand übergeht, was das Auslöschkriterium darstellt. Beim Betrieb der erfindungsgemäßen Präventivsicherung ist eine Gleichspannung über die Verbindungsleitungen an die TDR-Keramik anzulegen und der Stromanstieg am Ende der Betriebszeit zu registrieren und entsprechend auszuwerten. Bei konstanter Temperatur des zu überwachenden Geräts kann erfindungsgemäß nach einer vorbestimmbaren Anzahl von Betriebsstunden eine Auslösung der Präventivsicherung erreicht werden.

Erfindungsgemäß läßt sich die Betriebszeit τ der TDR-Keramik in definierter Weise sowohl von der Temperatur T, als auch von der angelegten Gleichspannungsversorgung U und dem Abstand d der Elektroden auf oder in der TDR-Keramik steuern. Dabei hat sich überraschend folgende Gesetzmäßigkeit gezeigt:

$$\tau = A\,(U/U_o)^{n1}\,(d/d_o)^{n2}\,\exp\,(E_A/kT)$$

In dieser Gleichung sind der Vorfaktor A, die Exponenten n_1 und n_2, sowie die Aktivierungsenergie E_A materialabhängige Konstanten. U_0 und d_0 bezeichnen die Spannungs- bzw.

Längeneinheit. Durch Variation der Keramik kann insbesondere der Faktor A um einige Größenordnungen verändert und gezielt eingestellt werden.

Die erfindungsgemäße Präventivsicherung wird, wie aus der vorgenannten Gleichung ersichtlich, auch von der Temperatur des zu überwachenden Geräts beeinflußt. Erfindungsgemäß ist somit also eine äußerst einfache belastungsabhängige elektrische Präventivsicherung angegeben, die sowohl von der Betriebszeit als auch der Temperatur eines zu überwachenden Geräts beeinflußt wird und quasi automatisch eine Verknüpfung beider Meßgrößen als Auslösekriterium verwendet.

Es ist jedoch auch denkbar, daß die Temperatur des zu überwachenden Geräts kein geeignetes Auslösekriterium darstellt. Erfindungsgemäß ist dann auf einfache Weise der TDR-Keramik eine Eigenheizung zuzuordnen, die durch einen Kaltleiter, nachfolgend kurz PTC-Element genannt, gebildet sein kann.

Für die vorliegende Erfindung kann jede bekannte elektronische Keramik, deren elektrischer Widerstand unter Gleichspannung ein zeitabhängiges Verhalten zeigt, verwendet werden. Derartige TDR-Keramiken sind beispielsweise aus J. Am. Ceram. Soc.73 (6) 1654-62 (1990) und der dort zitierten Literatur bekannt. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, die dotierten und undotierten Erdalkalititanate vom Perowskit-Typ, wie $CaTiO_3$,$SrTiO_3$ oder $BaTiO_3$ zu verwenden. Dabei können zur Dotierung die Erdalkali-Ionen durch 0,9 -1,1 atm% Alkali-Ionen wie Natriumionen oder Kaliumionen ersetzt werden. Eine andere Möglichkeit der Dotierung, die alternativ oder zusammen mit der ersten Möglichkeit angewendet werden kann, ist die Dotierung des Titans durch Akzeptorionen, wie Magnesium, Aluminium, Vanadin, Chrom, Mangan, Eisen, Nickel oder Kobalt in einer Menge von 0,1 bis 3 atm%.

Beispielsweise kann die TDR-Keramik aus Strontiumcarbonat, Titandioxid und Nickelhydroxocarbonat hergestellt werden, mit einer Zusammensetzung von $SrTi_{1,01}Ni_{0,001}O_3$. Die Ausgangspulver wurden zuvor gemahlen, bei 950 bis 1100 °C kalziniert, erneut gemahlen, verpreßt und bei 1480 °C für zwei Stunden in Sauerstoff gesintert. Anschließend wurde die TDR-Keramik in Scheiben von bis zu einigen Millimetern Dicke geschnitten und beidseitig durch Aufdampfen oder Einbrennen mit einer geeigneten Metallpaste mit Elektroden versehen. Als Metalle sind Silber, Gold, Platin, Palladium oder andere Edelmetalle bzw. Legierungen zwischen diesen Metallen geeignet. Diese elektrodierte Keramikscheibe kann, um zu einer rein zeitgesteuerten Präventivsicherung zu gelangen, entweder einseitig oder beidseitig in thermischen Kontakt mit dem PTC-Element gebracht werden.

Das PTC-Element kann aus den bekannten PTC-Keramiken bestehen. Diese sind z.B. Keramiken aus reinem $BaTiO_3$ oder feste Lösungen von $BaTiO_3$ mit $0 < \text{atm\%}\ PbTiO_3 < 50$ und/oder $0 < \text{atm\%}\ SrTiO_3 < 50$. Beispielsweise kann das PTC-Element aus 70 atm% $BaTiO_3$ und 30 atm% $PbTiO_3$ bestehen und damit eine Curietemperatur T_c von etwa 260 °C haben. Andere PTC-Keramiken auf der Basis von $BaTiO_3$ sind mit 0,1 bis 0,3 atm% Lanthan, Yttrium, Wismut, Antimon, Tantal oder Niob dotiert. Der thermische Kontakt kann durch eine dünne Al_2O_3- bzw. AlN-Scheibe oder ein dünnes Glimmerplättchen vermittelt werden, auf dem die Keramiken mittels eines temperaturbeständigen Klebers fixiert werden. Die Elektroden des PTC-Elements sind ebenfalls aus dem Gehäuse herausgeführt und können mit den anderen herausgeführten Leitungen entweder galvanisch getrennt oder unter Weglassen der Glimmerscheibe mit dem dann entstehenden gemeinsamen Masseanschluß nach außen geführt werden. Im Betrieb wird das PTC-Element durch eine angelegte Gleichspannung etwa auf die Curietemperatur aufgeheizt. Die Widerstand-Temperatur-Kennlinie des

PTC-Elements führt in der bekannten weise zu einer Selbststabilisierung der Temperatur. Die Betriebszeit τ der TDR-Keramik hängt nun nach der oben genannten Gleichung von der Spannung ab.

Ohne das PTC-Element liegt, wie bereits erwähnt, die zeit- und temperaturabhängige Präventivsicherung vor. Das PTC-Element kann z.B. durch eine Metallasche o.dgl. ersetzt werden. Die Betriebszeit dieser Präventivsicherung hängt dann neben der Spannung U und der Dicke d vom integralen Temperaturverlauf an der Kontaktstelle des zu überwachenden Geräts ab.

Um die Betriebszeit der bereits genannten Präventivsicherung mit einem PTC-Element von bislang einigen Stunden auf einige tausend Stunden zu erhöhen, ist die TDR-Keramik aus $SrTi_{1,01}Ni_{0,001}O_3$ bei 1340 °C sechs Stunden zu sintern und anschließend bei 1280 °C unter 200 bar Argon heiß zu pressen und bei 800 °C für acht Stunden in Sauerstoff nachzutempern.

Die Betriebszeit τ kann überdies mit Hilfe der Sintertemperatur über einen großen Bereich variiert werden, in dem dem Ausgangspulver nach dem Kalzinieren und Malen ein Mol.% Bariumtitanatsilikat ($Ba_2Si_2TiO_8$) zugegeben wurde.

Die TDR-Keramik kann überdies als Vielschichtstruktur mit einem Abstand d der Innenelektroden zwischen einigen zehn bis 100 µm ausgebildet sein, was den Betrieb mit äußerst kleinen Spannungen ermöglicht. Der Exponent n_2 hat dann Werte von 1 bis 1,1.

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf eine Zeichnung näher erläutert. Darin zeigt:

- Fig. 1 die Draufsicht auf eine erfindungsgemäße elektrische Präventivsicherung,
- Fig. 2 den qualitativen Verlauf des Isolationswiderstands über der Zeit einer erfindungsgemäßen TDR-Keramik,
- Fig. 3 eine erfindungsgemäße Präventivsicherung im Schnitt mit PTC-Element und getrenntem Masseanschluß, und
- Fig. 4 eine erfindungsgemäße Präventvsicherung im Schnitt mit PTC-Element und gemeinsamem Masseanschluß.

Fig. 1 zeigt eine Draufsicht einer erfindungsgemäßen elektrischen Präventivsicherung 10. Die Präventivsicherung 10 weist ein Gehäuse 11 auf, welches eine im Inneren des Gehäuses 11 befindliche TDR-Keramik 12 und einen ggf. vorhandenen PTC-Kaltleiter 13 vollständig umschließt. Verbindungsleitungen 14, die zu den Elektroden 17 der TDR-Keramik 12 bzw. des PTC-Elements 13 führen, sind aus dem Gehäuse 11 herausgeführt. Sie führen zu einer Spannungsquelle und/oder Auswerteinheit. Das Gehäuse 11 kann zur Montage an ein zu überwachendes Gerät mit einer anbaubaren Anschlußfläche 15 mit einer Durchgangsbohrung 26 versehen sein, die gleichzeitig auch als Verlängerung der unteren Abschlußplatte des Gehäuses 11 ausgeführt sein kann. Das Gehäuse 11 kann aus beliebigem Material, vorzugsweise aber aus Kupfer hergestellt sein. Dies betrifft insbesondere die Anschlußfläche 15. Das Gehäuse 11 selbst kann würfel- oder quaderförmig sein. Da die im Inneren befindliche TDR-Keramik 12 und das ggf. vorhandene PTC-Element 13 eine zylindrische Form mit kreisförmiger Grundfläche haben, ist der verbleibende Hohlraum des Gehäuses 11 mit Glaswolle 16 ausgepolstert. Ferner ist in Fig. 1 eine Elektrode 17 der TDR-Keramik 12 zu erkennen.

Fig. 2 zeigt den qualitativen Verlauf des Isolationswiderstands R über der Zeit t der erfindungsgemäß zum Einsatz kommenden TDR-Keramik 12. Der dargestellte Kurvenverlauf 18 für $SrTi_{1,01}Ni_{0,001}O_3$ entspricht etwa dem, der bei einer konstanten Temperatur von T 260 °C, einer Spannung U von 80 V und einem Abstand d von 0,5 mm entspricht, wobei zunächst ein Isolationswiderstand 19 von 10^8 Ω vorherrscht, der dann nach etwa zwei Stunden auf einen Wert von ca. 10^5 Ω im Bereich 20 zurückgeht.

Diese Abhängigkeit, daß sich also die Betriebszeit τ in definierter Weise sowohl von der Temperatur, als auch von der angelegten Spannung und dem Abstand d der Elektroden 17 auf oder in der TDR-Keramik steuern läßt, entspricht überraschenderweise dem folgenden und auch schon eingangs genannten empirischen Gesetz:

$$\tau = A\,(U/U_o)^{n1}\,(d/d_o)^{n2}\,\exp\,(E_A/kT)$$

In dieser Gleichung sind der Vorfaktor A, die Exponenten n_1 und n_2, sowie die Aktivierungsenergie E_A materialabhängige Konstanten. U_0 und d_0 bezeichnen die Spannungs- bzw. Längeneinheit. Durch die Variation der Keramik kann insbesondere der Faktor A um einige Größenordnungen geändert und gezielt eingestellt werden, wodurch die absteigende Flanke 21 des Kurvenverlaufs 18 in Fig. 2 auf der Zeitskala nach rechts bzw. links verschoben werden kann.

Fig. 3 zeigt eine erfindungsgemäße Präventivsicherung 10 im Schnitt mit einem PTC-Element 13 und einem von der ebenfalls dargestellten TDR-Keramik 12 getrenntem Massenanschluß 22. Zwischen dem heizenden PTC-Element 13 und der TDR-Keramik 12 ist eine Glimmerscheibe 23 zur Isolation vorgesehen. Die Verbindungsleitungen 14 führen auf die jeweiligen Elektroden 17 der TDR-Keramik 12 und des PTC-Elements 13 und haben in der Fig. 3 von oben nach unten weisend eine Polarisatonsfolge von +-+-. Der Zwischenraum zwischen dem Gehäuse 11 und dem PCT-Element 13 und der TDR-Keramik 12 ist mit Glaswolle 16 ausgefüllt. Anstelle des PTC-Elements 13 kann, wie

bereits ausgeführt, der Boden des Gehäuses 11 mit einer in Fig. 3 nicht dargestellten Anschlußfläche 15 versehen sein und das Gehäuse 11 direkt unterhalb der TDR-Keramik 12 verschließen und mit dieser thermisch in Kontakt stehen.

Fig. 4 zeigt eine erfindungsgemäße Präventivsicherung 10 im Schnitt mit einem PTC-Element 13 und eine TDR-Keramik 12, die eine gemeinsamen Masseanschluß 24 und somit nur drei herausgeführte Verbindungsleitungen 14 haben, so daß sich eine Polarisationsfolge von +-+ ergibt. Die Präventivsicherung 10 gemäß dieser Fig. 4 entspricht ansonsten derjenigen, die in der Beschreibung zu Fig. 3 beschrieben wurde. Insoweit wird auf die Beschreibung zu Fig. 3 verwiesen.

Hinsichtlich der TDR-Keramik 12 ist noch darauf hinzuweisen, daß diese auch mit mehreren Elektroden 17 schichtweise aufgebaut sein kann.

Hinsichtlich der Herstellung bzw. der Zusammensetzungen der an sich aus dem eingangs genannten Stand der Technik bekannten Keramiken wird folgendes ausgeführt:
Eine Präventivsicherung 10 gemäß Fig. 3 wird aus einer akzeptordotierten Erdalkalititanatkeramik, z.B. Ni-dotieren Strontiumtitanatkeramik als TDR-Keramik 12 und einer herkömmlichen PTC-Keramik 13 auf der Basis von dotierten Bariumtitanaten bzw. Barium/Bleititanaten oder Barium/Strontiumtitanaten gebildet, die thermisch eng gekoppelt, elektrisch auch voneinander isoliert sein können.

Die TDR-Keramik 13 wird beispielsweise aus einer Mischung aus Strontiumcarbonat, Titandioxid und Nickelhydroxocarbonat hergestellt, welches zu einer Keramik der Zusammensetzung $SrTi_{1,01}Ni_{0,001}O_3$ führt. Die Ausgangspulver wurden gemahlen bei 950 bis 1100 °C kalziniert, erneut gemahlen, verpreßt und bei 1480 °C für 2 Stunden im Sauerstoffstrom gesintert. Anschließend wurde die TDR-Keramik 12 in Scheiben der Dicke d (mit d zwischen 0,1 und 2 mm) geschnitten. Die Elektroden 17 wurden beidseitig durch Aufdampfen oder durch Einbrennen einer geeigneten Metallpaste aufgebracht. Als Metalle sind Silber, Gold, Platin, Palladium oder andere Edelmetalle bzw. Legierungen zwischen diesen Metallen geeignet. Die elektrodierte Keramikscheibe wurde entweder einseitig oder beidseitig in thermischen Kontakt mit dem PTC-Element 13 gebracht, welches beispielsweise aus 70 % $BaTiO_3$ und 30 % $PbTiO_3$ besteht und damit eine Curietemperatur T_c von etwa 260 °C hat. Der thermische Kontakt kann durch eine dünne Al_2O_3- bzw. AlN-Scheibe oder Glimmerplättchen 23 vermittelt werden, auf denen die Keramiken 12, 13 mittels eines temperaturbeständigen Klebers 25 fixiert werden.

Wie in Fig. 3 und 4 dargestellt, können die elektrischen Zuleitungen 14 entweder galvanisch getrennt oder unter Weglassen der Glimmerscheibe 23 mit gemeinsamem Masseanschluß 24 nach außen geführt werden. Im Betrieb wird das PTC-Element 13 durch eine angelegte Gleichspannung etwa auf T_c aufgeheizt. Die Widerstands-Temperatur-Kennlinie des PTC-Element 13 führt in der bekannten Weise zu einer Selbststabilisierung der Temperatur. Die Auslösezeit, also die Betriebszeit τ der TDR-Keramik 12 hängt nach der genannten Gleichung von der Spannung U ab, wobei der Exponent n_1 für die hier aufgeführte TDR-Keramik 12 einen Wert von etwa -2 hat. Fig. 2 zeigt den Widerstand einer Keramikscheibe 12 mit einer Dikke d = 0,5 mm und einer Elektrodenfläche von etwa 200 mm^2. Bei der Temperatur T = 260 °C wird eine gewünschte Betriebszeit der Präventivsicherung von τ = 2 h bei einer Spannung von 80 V erreicht.

Eine Präventivsicherung ohne PTC-Element 13 zum Heizen wird in gleicher Weise hergestellt, wie oben beschrieben. Anstelle der PTC-Keramiken 13 wird eine Anschlußlasche 15 angebracht (siehe Fig. 1), die es erlaubt, die Sicherung in engen, thermischen Kontakt mit dem zu überwachenden Gerät zu bringen.

Die Betriebszeit dieser Sicherung 10 hängt neben der Spannung U und der Dicke d vom integralen Temperaturverlauf an der Kontaktstelle des zu überwachenden Gerätes ab.

Eine Präventivsicherung mit oder ohne PTC-Element 13 zum Heizen kann in gleicher Weise hergestellt sein, wie oben beschrieben. Die Sinterbedingung kann jedoch in der Weise variiert werden, daß die TDR-Keramik 12 bei 1340 °C und 6 h gesintert wird. Anschließend wird die Keramik 12 bei 1280 °C unter 200 Bar Argon heißgepreßt und bei 800 °C für 8 Stunden in Sauerstoff nachgetempert.

Die Betriebszeit τ dieser Präventivsicherung 10 ist durch eine geänderte Mikrostruktur der Keramik 12 bei unveränderten Parametern etwa 1000-fach höher. Bei einer Dicke der Keramikscheibe 12 von d = 0,5 mm, einer Temperatur T = 200 °C und einer Spannung von 80 V ergibt sich eine Betriebszeit τ der Präventivsicherung von 2000 Stunden.

Eine Präventivsicherung 10 mit oder ohne PTC-Element 13 kann wie oben beschrieben hergestellt sein. Dem Ausgangspulver kann nach dem Kalzinieren und Mahlen 1mol% Bariumtitanatsilikat ($Ba_2Si_2TiO_8$) zugegeben werden. Dies erlaubt die Betriebszeit τ der Sicherung 10 mit Hilfe der Sintertemperatur über einen großen Bereich zu variieren. Bei einer Temperatur von 360 °C, einer Spannung 125 V und Scheibendicken von 1 mm ergibt beispielsweise eine Sinterung bei 1340 °C für 6 h eine Betriebszeit τ = 140 h, eine Sinterung bei 1380 °C für 6 h eine Betriebszeit τ = 28 h und eine Sinterung bei 1460 °C für 2 h eine Betriebszeit τ = 11 h.

Eine Präventivsicherung 10 mit oder ohne PTC-Element 13 kann wie oben beschrieben und bei verändertem Ausgangspulver gemäß vorstehendem Absatz hergestellt werden. Die TDR-Keramik 12 wird dabei als Vielschichtstruktur mit einem Abstand d der Innenelektroden zwischen etwa 15 und 100 µm ausgebilet. Dies erlaubt nach der genannten Gleichung den Betrieb mit kleinen Spannungen. Der Exponent n_2 ist etwa 1,0 bis 1,1.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Fig. 1, 2, 3 und 4 sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

Patentansprüche

1. Belastungsabhängige elektrische Präventivsicherung mit einer elektronischen Keramik in einem Gehäuse mit herausgeführten Verbindungsleitungen zur Ermittlung mindestens einer ersten Belastungsart eines zu überwachenden Geräts,
   dadurch gekennzeichnet, daß eine Keramik, kurz TDR-Keramik (12) genannt, eingesetzt ist, deren elektrisch isolierender Zustand abhängig von der Zeit als erster Belastungsart und einer zweiten Belastungsart in einen halbleitenden Zustand übergeht und daß infolgedessen bei Gleichspannungsversorgung U der TDR-Keramik (12) über Verbindungsleitungen (14) ein Stromanstieg das Auslösekriterium bildet, das bei vorbestimmbaren Bedingungen erfüllt ist und eine gewünschte Betriebszeit τ bestimmt.

2. Präventivsicherung nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet, daß sich die Betriebszeit τ, also das Erreichen des Auslösekriterium abhängig von der ersten und zweiten Belastungsart der Gleichspannungsversorgung U und einem Abstand d zwischen Elektroden 17 auf und/oder in der TDR-Keramik (12) verhält.

3. Präventivsicherung nach Anspruch 2,
   dadurch gekennzeichnet, daß aufgrund des keramischen Materials die erste Belastungsart eine Zeitabhängigkeit bewirkt und die zweite Belastungsart eine Temperaturabhängigkeit, die nach folgenden empirischen Gesetz in Zusammenhang stehen:

   $$\tau = A\,(U/U_o)^{n1}\,(d/d_o)^{n2}\,\exp\,(E_A/kT)$$

   Hierin sind der Vorfaktor A, die Exponenten n_1 und n_2, sowie die Aktivierungsenergie E_A materialabhängige Konstanten und U_0 und d_0 die Spannungs- bzw. Längeneinheit.

4. Präventivsicherung nach Anspruch 3,
   dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (11) die in Glaswolle (16) eingebettete mit Elektroden (17) versehene TDR-Keramik (12) aufnimmt, deren elektrische Verbindungsleitungen (14) nach außen geführt sind und mindestens eine der mit je einer Elektrode (17) versehenen kreisrunden Querschnittsflächen thermisch beeinflußbar ist.

5. Präventivsicherung nach Anspruch 4,
   dadurch gekennzeichnet, daß die thermische Beeinflussung durch einen entsprechend angeordneten Verschluß mit einer Anschlußfläche (15) gebildet ist, über den die Präventivsicherung (10) mit dem zu überwachenden Gerät mechanisch und thermisch verbunden ist.

6. Präventivsicherung nach Anspruch 4,
   dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (11) in dem Abschnitt der TDR-Keramik (12), der thermisch beeinflußbar ist, eine Eigenheizung mit ebenfalls nach außen geführten Verbindungsleitungen (14) zur definierten Temperaturvorgabe aufweist.

7. Präventivsicherung nach Anspruch 6,
   dadurch gekennzeichnet, daß die Eigenheizung durch ein Kaltleiterkristall, kurz PTC-Element (13) genannt, gebildet wird, welches auf dotierten Bariumtitanaten und/oder Barium/Bleititanaten und/oder Barium/Strontiumtitanaten, z.B. 70 % $BatiO_3$ und 30 % $PbTiO_3$ basiert, und thermisch eng mit der TDR-Keramik (12) ein- oder mehrseitig gekoppelt ist und Elektroden (17) auf seinen kreisrunden Querschnittsflächen aufweist.

8. Präventivsicherung nach Anspruch 7,
   dadurch gekennzeichnet, daß der thermische Kontakt durch eine dünne Al_2O_3- oder AlN-Scheibe oder ein dünnes Glimmerplättchen (23) vermittelt wird, auf der einerseits die TDR-Keramik (12) und andererseits das PTC-Element (13) mittels eines temperaturbeständigen Klebers (25) fixert ist.

9. Präventivsicherung nach Anspruch 8,
   dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen Verbindungsleitungen (14) der TDR-Keramik (12) und des PTC-Elements (13) galvanisch getrennt nach außen aus dem Gehäuse (11) geführt sind und das PCT-Element (13) durch eine angelegte Gleichspannung auf etwa Curietemperatur T_c aufgeheizt ist.

10. Präventivsicherung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die TDR-Keramik (12) und das PTC-Element (13) mittels eines temperaturbeständigen Klebers (25) direkt aufeinander fixiert werden und deren Elektroden in diesem Bereich einen gemeinsamen Masseanschluß (24) bilden, so daß nur drei Verbindungsleitungen (14) aus dem Gehäuse geführt sind, und daß durch eine angelegte Gleichspannung das PTC-Element (13) auf Curietemperatur T_c aufgeheizt ist.

11. Präventivsicherung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die TDR-Keramik (12) aus einem undotiertem oder dotiertem Erdalkalititanat vom Perowskittyp hergestellt ist.

12. Präventivsicherung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die TDR-Keramik (12) aus einer Ni-dotierten Strontiumtitanatkeramik der Zusammensetzung $SrTi_{1,01}Ni_{0,001}O_3$ hergestellt ist.

13. Präventivsicherung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei vorgegebener GleichspannungsversorgungU, einem Exponenten n_1 von - 2 einer Dicke d der TDR-Keramik (12) von 0,5 mm und einer Elektrodenfläche von 200 mm^2 bei einer Temperatur T von 260 °C eine Betriebszeit τ von 2 Stunden bei einer Spannung von 80 V entsteht.

14. Präventivsicherung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die TDR-Keramik (12) Eigenschaften aufweist, die entstehen, wenn die Ausgangspulver gemahlen, bei 950 bis 1100 °C kalziniert, erneut gemahlen, verpreßt und bei 1480 °C für zwei Stunden gesintert, anschließend in Scheiben von 0,1 und 2 mm Dicke geschnitten und Elektroden (17) durch Aufdampfen oder Einbrennen einer Metallpaste aus Edelmetallen oder Legierungen derselben aufgebracht wurden.

15. Präventivsicherung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die TDR-Keramik (12), eine tausendfach höhere Betriebszeit τ aufweist, wenn sie bei 1340 °C und 6 Stunden gesintert und anschließend bei 1280 °C unter 200 bar Argon heißgepreßt und 8 Stunden bei 800 °C Sauerstoff nachgetempert wurde.

16. Präventivsicherung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß eine TDR-Keramik (12), derem Ausgangspulver nach dem Kalzinieren und Mahlen 1mol% Barimtitantatsilikat $Ba_2Si_2TiO_8$ zugegeben wurde bei einer Betriebstemperatur von 360 °C, einer Spannung von 125 V und einer Dicke von 1 mm und Sinterung für sechs Stunden bei 1340 °C eine Betriebszeit τ von 140 Stunden und bei einer Sinterung bei 1380 °C für sechs Stunden eine Betriebszeit τ von 28 Stunden und bei einer Sinterung von 1460 °C für zwei Stunden eine Betriebszeit von 11 Stunden ergibt.

17. Präventivsicherung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die TDR-Keramik (12) als Vielschichtstruktur mit einem Abstand d der Innenelektroden zwischen etwa 15 und 100 µm ausgebildet ist, wodurch sich ein Exponent n_2 von etwa 1,0 bis 1,1 einstellt.

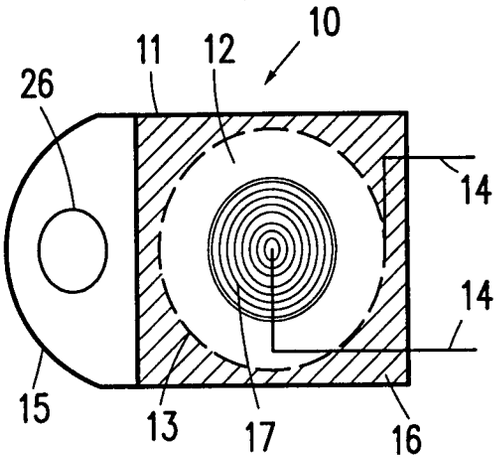

FIG. 1

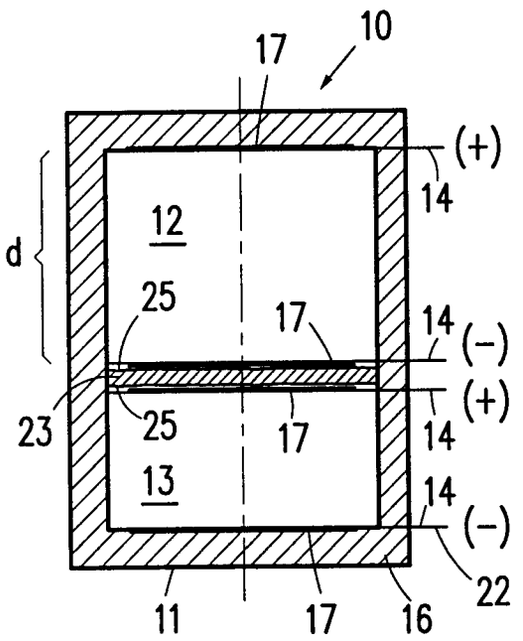

FIG. 3

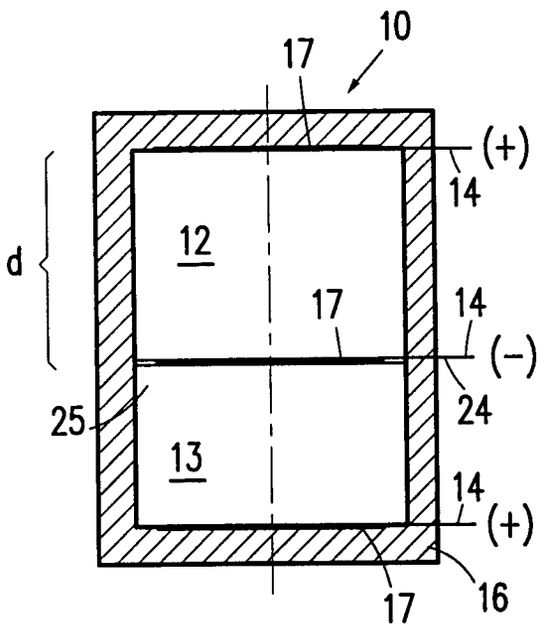

FIG. 4

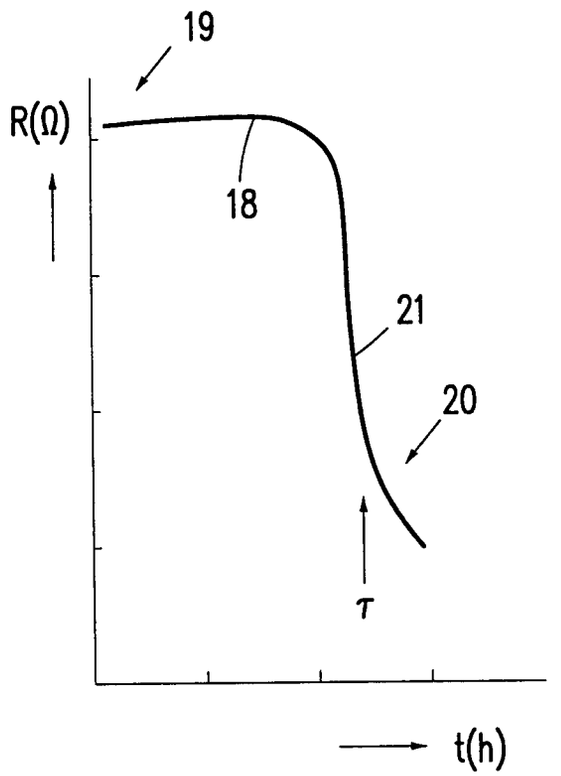

FIG. 2