



Veröffentlichungsnummer: **0 548 606 A2**

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

Anmeldenummer: **92120542.3**

Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01C 7/02, H01C 7/10, H01B 1/24**

Anmeldetag: **02.12.92**

Priorität: **21.12.91 DE 4142523**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**30.06.93 Patentblatt 93/26**

Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE FR GB IT LI**

Anmelder: **ASEA BROWN BOVERI AG**

**CH-5401 Baden(CH)**

Erfinder: **Greuter, Felix, Dr.**  
**Im Tobelacher 11**  
**CH-5406 Baden-Rütihof(CH)**  
 Erfinder: **Schüler, Claus, Dr.**  
**Gemeindestrasse 4**  
**CH-8967 Widen(CH)**  
 Erfinder: **Strümpfer, Ralf, Dr.**  
**Parkstrasse 29**  
**CH-540 Baden(CH)**

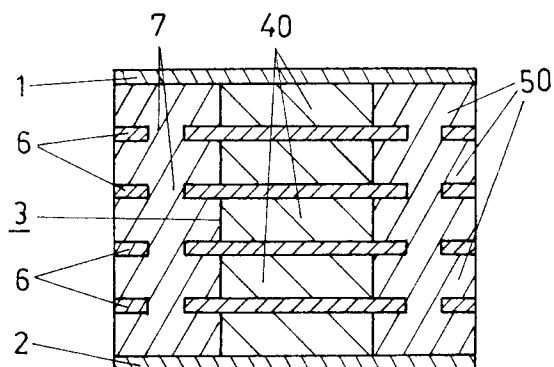
Vertreter: **Kaiser, H. Dr. et al**  
**ABB Management AG Abt. TEI**  
**CH-5401 Baden (CH)**

**Widerstand mit PTC - Verhalten.**

Der elektrische Widerstand weist einen zwischen zwei Kontaktanschlüssen (1, 2) angeordneten Widerstandskörper (3) auf. Dieser Widerstandskörper enthält ein Element (5) mit PTC- Verhalten, das unterhalb einer materialspezifischen Temperatur einen zwischen den beiden Kontaktanschlüssen (1, 2) verlaufenden elektrisch leitenden Pfad bildet.

Der Widerstand soll einfach und kostengünstig sein, sich dennoch durch eine hohe Nennstromtragfähigkeit auszeichnen und vor lokalen und gesamten Überspannungen geschützt sein.

Dies wird dadurch erreicht, dass der Widerstandskörper (3) zusätzlich ein Varistorverhalten aufweisendes Material enthält. Das Varistormaterial ist unter Bildung mindestens eines Varistors (Scheibe 40) parallel zu mindestens einem Teilabschnitt des elektrisch leitenden Pfades geschaltet und ist mit dem den mindestens einen Teilabschnitt bildenden Teil des PTC- Materials in innigen elektrischen Kontakt gebracht. Die Parallelschaltung von Element mit PTC - Verhalten und Varistor kann sowohl durch einen mikroskopischen Aufbau wie auch durch eine makroskopische Anordnung realisiert werden.



**Fig.4**

## TECHNISCHES GEBIET

Bei der Erfindung wird ausgegangen von einem elektrischen Widerstand mit einem zwischen zwei Kontaktanschlüssen angeordneten Widerstandskörper, welcher ein PTC - Verhalten aufweisendes Material enthält, das unterhalb einer materialspezifischen Temperatur mindestens einen zwischen den beiden Kontaktanschlüssen verlaufenden elektrisch leitenden Pfad bildet.

## STAND DER TECHNIK

Ein Widerstand der zuvor genannten Art ist schon seit langem Stand der Technik und ist beispielsweise in DE 2 948 350 C2 oder US 4 534 889 A beschrieben. Ein solcher Widerstand enthält einen Widerstandskörper aus einem keramischen oder polymeren Material, welches PTC - Verhalten aufweist und unterhalb einer materialspezifischen Grenztemperatur elektrischen Strom gut leitet. PTC - Material ist beispielsweise eine Keramik auf der Basis von dotiertem Bariumtitanat oder ein elektrisch leitfähiges Polymer, etwa ein thermoplastisches, semikristallines Polymer, wie Polyäthylen, mit beispielsweise Russ als leitfähigem Füllstoff. Beim Überschreiten der Grenztemperatur erhöht sich der spezifische Widerstand des Widerstandes auf der Basis eines PTC - Materials sprunghaft um viele Größenordnungen.

PTC - Widerstände können daher als Überlastschutz von Schaltkreisen eingesetzt werden. Wegen ihrer beschränkten Leitfähigkeit, kohlenstoffgefüllte Polymere weisen beispielsweise einen spezifischen Widerstand grösser  $1 \Omega \text{cm}$  auf, sind sie in ihrer praktischen Anwendung im allgemeinen auf Nennströme bis ca. 8 A bei 30 V und bis ca. 0,2 A bei 250 V beschränkt.

In J. Mat. Sci. 26(1991) 145ff. sind PTC - Widerstände auf der Basis eines mit Boriden, Siliciden oder Carbiden gefüllten Polymers mit sehr hoher spezifischer Leitfähigkeit bei Raumtemperatur angegeben, welche als Strombegrenzende Elemente auch in Leistungsschaltkreisen mit Strömen von beispielsweise 50 bis 100 A bei 250 V einsetzbar sein sollen. Derartige Widerstände sind jedoch kommerziell nicht verfügbar und können daher ohne beträchtlichen Aufwand nicht realisiert werden.

Bei allen PTC - Widerständen bestimmt die Dicke des zwischen Kontaktanschlüssen befindlichen Widerstandsmaterials zusammen mit der Spannungsfestigkeit dieses Materials die Grösse der vom Widerstand im hochohmigen Zustand gehaltenen Spannung. Bei einem schnellen Übergang vom nieder- in den hochohmigen Zustand werden jedoch - insbesondere bei Stromkreisen mit hoher Induktivität - grosse Überspannungen induziert.

Diese können nur dann wirksam abgebaut werden, wenn der PTC-Widerstand gross dimensioniert wird. Dies führt zwangsläufig entweder zu einer erheblichen Reduktion seiner Stromtragfähigkeit oder zu einem unannehmbar grossen Bauelement. Darüber hinaus kann es passieren, dass der PTC-Widerstand bei Überlast an lokal vorgegebenen Stellen, wie etwa in der Mitte zwischen den Kontaktanschlüssen, heisser wird als an anderen Orten und somit an diesen Stellen früher in den hochohmigen Zustand schaltet als an den nicht erhitzten Orten. Es fällt dann die gesamte am PTC - Widerstand anliegende Spannung über eine relativ kleine Distanz am Ort des höchsten Widerstandes ab. Die damit verbundene hohe elektrische Feldstärke kann dann zu Durchschlägen und zur Beschädigung des PTC - Widerstandes führen.

## KURZE DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Der Erfindung, wie sie in Patentanspruch 1 angegeben ist, liegt die Aufgabe zugrunde, einen Widerstand mit PTC - Verhalten zu schaffen, welcher einfach und kostengünstig ist und sich dennoch durch hohe Nennstromtragfähigkeit und hohe Spannungsfestigkeit auszeichnet.

Der erfindungsgemässe Widerstand besteht aus kommerziell erhältlichen Elementen, wie mindestens einem Varistor auf der Basis von  $\text{ZnO}$ ,  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{SiC}$  oder  $\text{BaTiO}_3$ , und mindestens einem Element aus PTC - Material, und ist einfach aufgebaut. Er kann daher nicht nur vergleichsweise kostengünstig hergestellt werden, sondern kann zugleich auch klein dimensioniert sein. Dies ist dadurch bedingt, dass die durch einen Abschaltvorgang des erfindungsgemässen Widerstandes induzierten Überspannungen vom Varistor abgeleitet werden, und daher das die Überspannungen induzierende PTC - Element nur auf die Durchbruchspannung des Varistors ausgelegt sein muss.

Ausserdem werden auch lokal auftretende Überspannungen durch den Varistor abgeleitet. Hierbei ist es von besonderem Vorteil, dass aufgrund der innigen Kontaktierung von Varistor und PTC - Material der Varistor über kleine Distanzen eine niedrigere Durchbruchspannung besitzt als über seine gesamte Länge.

Zudem sorgt die relativ hohe Wärmeleitfähigkeit der im Varistor befindlichen Keramik für eine Homogenisierung der Temperaturverteilung im erfindungsgemässen Widerstand. Hierdurch wird der Gefahr einer lokalen Überhitzung wirksam entgegengetreten und die Nennstromtragfähigkeit trotz kleiner Dimensionierung ganz wesentlich erhöht.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung und die damit erzielbaren weiteren Vorteile werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

In den Zeichnungen sind Ausführungsbeispiele der Erfindung vereinfacht dargestellt, und zwar zeigen die Figuren 1 bis 7 jeweils eine Aufsicht auf einen Schnitt durch jeweils eine von sieben bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemässen Widerstandes mit PTC - Verhalten.

## WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Die in den Figuren 1 bis 7 dargestellte Widerstände enthalten jeweils einen zwischen zwei Kontaktanschlüssen 1, 2 angeordneten Widerstandskörper 3. Bei den Ausführungsformen gemäss den Figuren 1 und 2 ist der Widerstandskörper 3 aus zwei oder mehreren flächenhaften und vorzugsweise jeweils als Platte ausgebildeten Elementen aufgebaut. Eines dieser Elemente ist ein Varistor 4, welcher vorzugsweise aus einer Keramik auf der Basis eines Metalloxids, wie etwa  $\text{ZnO}$ , oder eines Titanates, wie etwa  $\text{SrTiO}_3$  oder  $\text{BaTiO}_3$ , oder eines Carbides, wie etwa  $\text{SiC}$ , gebildet ist. Der Varistor 4 ist mit beiden Anschlüssen 1, 2 kontaktiert und weist eine Durchbruchspannung auf, die oberhalb der Nennspannung des elektrischen Systems liegt, in der der Widerstand eingesetzt wird. Das andere 5 der beiden Elemente besteht aus PTC - Material und kann von einem thermo- oder duroplastischen Polymer oder aber auch von einer Keramik gebildet sein. Entsprechend dem Varistor 4 ist auch das PTC - Element 5 mit beiden Anschlüssen 1, 2 kontaktiert. Varistor 4 und PTC - Element 5 weisen über ihre gesamte flächenhafte Ausdehnung eine gemeinsame Auflagefläche auf. An dieser Auflagefläche sind beide Elemente in innigen elektrischen Kontakt zueinander gebracht.

Diese Widerstände werden bevorzugt wie folgt hergestellt: Zunächst werden nach einem in der Varistortechnik üblichen Verfahren, wie etwa durch Pressen oder Giessen und nachfolgendes Sintern, ca. 0,5 bis 2 mm dicke Platten aus einer Varistor - Keramik hergestellt. Mit einem Schermischer wird aus Epoxidharz und einem elektrisch leitfähigen Füllstoff, wie beispielsweise  $\text{TiC}$ , PTC - Material auf der Basis eines Polymers hergestellt. Dieses wird mit einer Dicke von 0,5 bis 4 mm auf eine zuvor hergestellte plattenförmige Varistor - Keramik gegossen. Gegebenenfalls ist es möglich, die aufgegossene Schicht mit einer weiteren Varistor - Keramik abzudecken und die zuvor beschriebenen Verfahrensschritte sukzessive zu wiederholen. Dies führt zu einem Stapel, in dem entsprechend einer Multilayer - Anordnung wechselweise aufeinanderfolgend Schichten aus Varistor- und PTC - Material angeordnet sind. Das Epoxidharz wird sodann bei Temperaturen zwischen 60 und 140 °C unter Bildung des Widerstandskörpers 3 ausgehärtet.

Anstelle eines duroplastischen PTC - Polymers kann auch ein thermoplastisches PTC - Polymer eingesetzt werden. Dieses wird zunächst zu dünnen Platten oder Folien extrudiert, welche nach Zusammenbau mit der plattenförmigen Varistor - Keramik anschliessend zum Widerstandskörper 3 heissverpresst werden.

Ist das eingesetzte PTC - Material eine Keramik, so können die flächenhaften Elemente 4, 5 aus Varistor- und PTC - Keramik durch Verkleben mittels eines elektrisch anisotrop leitenden Elastomers miteinander verbunden werden. Zwecks Bildung des innigen elektrischen Kontaktes zwischen den unterschiedlichen Keramiken sollte dieses Elastomer eine hohe Klebkraft aufweisen. Zudem sollte dieses Elastomer nur in Richtung der Normalen der flächenhaften Elemente elektrisch leitend sein. Ein derartiges Elastomer ist beispielsweise aus J.Applied Physics 64(1984) 6008 bekannt.

Die Widerstandskörper 3 können nachfolgend durch Schneiden zerteilt werden. Die solchermaßen hergestellten Widerstandskörper können beispielsweise eine Länge von 0,5 bis 20 cm und Stirnflächen von beispielsweise 0,5 bis 10  $\text{cm}^2$  aufweisen. Die Stirnflächen der Sandwich - Struktur aufweisenden Widerstandskörper 3 werden etwa durch Lappen und Polieren geglättet und können etwa durch Auflöten mit einem niedrigschmelzenden Lot oder durch Aufkleben mit einem leitfähigen Kleber mit den Kontaktanschlüssen 1, 2 verbunden werden.

Der erfindungsgemässe Widerstand leitet während des Betriebs eines ihn aufnehmenden Systems normalerweise Strom. Der Strom fliesst hierbei in einem zwischen den Kontaktanschlüssen 1 und 2 verlaufenden elektrisch leitenden Pfad des PTC - Element 5. Erhitzt sich das PTC - Element 5 wegen eines Überstromes so stark, dass das PTC - Element sprunghaft seinen Widerstand um viele Grössenordnungen erhöht, so wird der Überstrom schlagartig unterbrochen und wird hierbei im PTC - Element 5 eine Überspannung induziert. Der Varistor 4 ist in seiner gesamten Länge parallel zum gesamten PTC - Element 5 und damit auch zu dessen, den Überstrom führenden Strompfad geschaltet. Sobald die Überspannung die Durchbruchspannung des Varistor 4 übertrifft, wird der Überstrom parallel durch den Varistor 4 abgeleitet, und so die Überspannung begrenzt. Das PTC - Element 5 muss daher nur auf die Durchbruchspannung des Varistors 4 ausgelegt sein. Lokal auftretende Überspannungen werden ebenfalls über den Varistor 4 abgeleitet, welcher auf kleine Distanzen eine entsprechend erniedrigte Durchbruchspannung besitzt. Die vergleichsweise hohe Wärmeleitfähigkeit der Varistor - Keramik sorgt zugleich für eine Homogenisierung der Temperaturverteilung im PTC - Element 5, wodurch in diesem

Element lokale Überhitzungen vermieden werden. Darüber hinaus trägt die hohe Wärmeabfuhr in den Varistor dazu bei, die Nennstromtragfähigkeit des Widerstandes nach der Erfindung gegenüber einem PTC - Widerstand nach dem Stand der Technik erheblich zu vergrössern.

In Fig.3 ist ein rohrförmig gestalteter und längs seiner Rohrachse geschnittener Widerstand nach der Erfindung dargestellt. Dieser Widerstand enthält einen Varistor 4 und zwei PTC - Elemente 5. Der Varistor 4 und die PTC - Elemente sind jeweils Hohlzylinder und bilden zusammen mit ringförmigen Kontaktanschlüssen einen rohrförmigen Widerstand. Dieser Widerstand kann mit Vorteil aus einer hohlzylindrischen Varistorkeramik hergestellt werden, welche in einer zylindrischen Giessform auf der Innen- und auf der Mantelfläche mit einem polymeren PTC - Vergussmasse, etwa auf der Basis eines Epoxidharzes, überzogen wird. Anstelle einer hohlzylindrischen kann auch eine vollzylindrische Varistorkeramik eingesetzt werden. Ein mit einem solchen Varistor ausgestatteter Widerstand ist besonders einfach herzustellen, wohingegen ein als Rohr ausgebildeter Widerstand eine besonders gute Wärmeableitung durch Konvektion aufweist und besonders gut mit einer Flüssigkeit gekühlt werden kann. Wird anstelle eines duromeren Polymeren ein thermoplastisches Polymer als PTC - Material verwendet, so kann das PTC - Material direkt auf den Zylinder oder den Hohlzylinder extrudiert werden.

Bei den Ausführungsformen gemäss den Figuren 4 bis 6 weist der Widerstandskörper 3 jeweils die Gestalt eines Vollzylinders mit übereinandergestapelten Varistoren und PTC-Elementen auf. Die Varistoren sind als kreisförmige Scheiben 40 oder als Ringkörper 41 und die PTC - Elemente in kongruenter Weise als Ringkörper 50 oder als kreisförmige Scheiben 51 ausgebildet. Im Gegensatz zu den Ausführungsformen gemäss den Figuren 1 bis 3 sind zusätzlich Kontaktscheiben 6 vorgesehen. Jeder als Scheibe 40 oder Ringkörper 41 ausgebildete Varistor steht längs seines gesamten Umfanges in innigem elektrischem Kontakt mit einem als Ringkörper 50 oder Scheibe 51 ausgebildeten PTC - Element 5. Jeder Varistor und jedes mit ihm kontaktierte PTC - Element 5 ist entweder mit einem der beiden Kontaktanschlüsse 1, 2 und einer Kontaktscheibe 6 oder mit zwei Kontaktscheiben 6 kontaktiert. Die Varistoren bzw. die PTC - Elemente sind so bei jeder der Ausführungsformen 4 bis 6 zwischen den Kontaktanschlüssen 1, 2 in Serie geschaltet.

Die Widerstände nach den Figuren 4 bis 6 können wie folgt hergestellt werden:

Aus pulverförmigem Varistormaterial, wie etwa aus geeigneten Metalloxiden, können durch Pressen und Sintern die als Varistor 4 verwendeten Schei-

ben 40 und Ringkörper 41 hergestellt werden. Die Durchmesser der Scheiben können beispielsweise zwischen 0,5 und 5 cm und diejenigen der Ringkörper zwischen 1 und 10 cm bei einer beispielsweise zwischen 0,1 und 1 cm betragenden Dicke liegen. Die als Scheiben 40 ausgebildeten Varistoren 4 werden mit den dazwischenliegenden Kontaktscheiben 6 übereinandergestapelt. Die Kontaktscheiben 6 können hierbei im Randbereich beliebig geformte Löcher 7 aufweisen und können gegebenenfalls sogar als Gitter ausgebildet sein. Der Stapel wird in eine Giessform eingebracht. Der noch freie Raum zwischen den Kontaktscheiben 6 wird sodann unter Bildung der Ringkörper 50 mit polymerem PTC - Material ausgegossen und der vergossene Stapel ausgehärtet. Ober- und Unterseite des Stapels werden anschliessend kontaktiert.

Bei einem derart hergestellten Widerstand gewährleisten die metallenen Kontaktscheiben 6 einen geringen Übergangswiderstand in einem durch die jeweils in Serie geschalteten Scheiben 40 bzw. Ringkörper 50 gebildeten Strompfad. Auftretende Überspannungen können über den gesamten kreisförmigen Querschnitt der Scheiben 40 abgeleitet werden. Durch die mit PTC - Material ausgefüllten Löcher 7 wird der Gesamtwiderstand im Strompfad der als Ringkörper 50 ausgebildeten PTC - Elemente herabgesetzt. Lokale Überspannungen bei Überhitzungen im Widerstand werden bei dieser Ausführungsform besonders gut vermieden, da der Widerstand durch die Kontaktscheiben 6 in Teilabschnitte unterteilt ist, und da in jedem Teilabschnitt ein als Scheibe 40 ausgebildeter Varistor parallel zu einem als Ringkörper 50 ausgebildeten PTC - Element und damit parallel zu einem Teilabschnitt des die lokalen Überspannungen hervorrufenden Strompfades geschaltet ist.

Die PTC - Ringkörper 50 können auch aus Keramik gesintert sein. Ein Loch in der Kontaktscheiben 6 erübrigt sich dann. Der Kontaktwiderstand kann in diesem Fall durch Pressen oder Verlöten klein gehalten werden.

Wie aus der Ausführungsform gemäss Fig. 6 ersichtlich ist, können die Varistoren als Ringkörper 41 und die PTC - Elemente als kreisförmige Scheiben 51 ausgebildet sein. Um bei dieser Ausführungsform bei der Verwendung eines polymeren PTC - Materials einen geringen Gesamtwiderstand zu erreichen, empfiehlt es sich, die Löcher 7 in einem zentralen Bereich der Kontaktscheiben 6 vorzusehen.

Bei der Ausführungsform gemäss Fig. 7 sind die Varistoren 4 in das PTC - Element 5 eingebaut. Eine solche Ausführungsform des erfindungsgemässen Widerstandes lässt sich dadurch erreichen, dass in ein PTC - Polymer neben einer elektrisch leitfähigen Komponente, wie z.B. C, TiB<sub>2</sub>, TiC, WSi<sub>2</sub> oder MoSi<sub>2</sub>, auch in ausreichender Men-

ge, beispielsweise 5 bis 30 Volumenprozent, Varistormaterial in Pulverform beigemischt wird. Die Partikelgrösse und die Durchbruchspannung des beigefügten in Fig.7 durch Quadrate markierten Varistormaterials kann über einen grossen Bereich eingestellt werden und ist auf die Partikelgrösse des in Fig. 7 durch Kreise markierten leitfähigen Füllstoffs des PTC - Elementes 5 abgestimmt. Das Varistormaterial kann z.B. durch Sintern eines Sprühgranulates, so wie es als Teilschritt in der Varistorfertigung auftritt, hergestellt werden. Die Partikeldurchmesser liegen typischerweise zwischen 5 und einigen hundert  $\mu\text{m}$ . Die Durchbruchspannung eines einzelnen Varistorpartikels kann dabei zwischen 6 V und einigen hundert Volt variiert werden. Die Formgebung des Komposits zum Widerstandskörper 3 kann durch Heisspressen oder durch Vergiessen mit anschliessendem Aushärten bei erhöhter Temperatur erfolgen. Nachfolgendes Aufbringen der Kontaktanschlüsse 1, 2 auf den Widerstandskörper 3 führt schliesslich zum Widerstand.

Der leitende Füllstoff bildet im Normalbetrieb des Widerstandes durch den Widerstandskörper hindurchgehende Strompfade aus und bewirkt zugleich den PTC - Effekt. Das Varistormaterial hingegen bildet je nach Zugabemenge lokal oder durch den ganzen Widerstandskörper 3 hindurch perkolierende Pfade aus, die Überspannung ableiten können.

Eine Kompositstruktur kann auch hergestellt werden durch Mischen von gesinterten oder gemahlten Granulatpartikeln einer PTC - Keramik mit keramischen Varistorpartikeln. Die gegenseitige Bindung und die elektrische Kontaktierung kann hierbei durch ein metallisches Lot sichergestellt werden. Der Volumenanteil dieses Lotes muss unterhalb der Perkulationsgrenze liegen, da nur so das PTC - und das Varistorverhalten des Widerstandes gleichzeitig gewährleistet sind.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

- |      |                                 |  |
|------|---------------------------------|--|
| 1, 2 | Kontaktanschlüsse               |  |
| 3    | Widerstandskörper               |  |
| 4    | Varistor                        |  |
| 5    | PTC - Element                   |  |
| 6    | Kontaktscheiben                 |  |
| 7    | Löcher                          |  |
| 40   | Scheiben aus Varistormaterial   |  |
| 41   | Ringkörper aus Varistormaterial |  |
| 50   | Ringkörper aus PCT - Material   |  |
| 51   | Scheiben aus PTC - Material     |  |

#### Patentansprüche

1. Elektrischer Widerstand mit einem zwischen zwei Kontaktanschlüssen (1, 2) angeordneten

Widerstandskörper (3), welcher ein PTC - Verhalten aufweisendes Material enthält, das unterhalb einer materialspezifischen Temperatur mindestens einen zwischen den beiden Kontaktanschlüssen (1, 2) verlaufenden elektrisch leitenden Pfad bildet, dadurch gekennzeichnet, dass der Widerstandskörper (3) zusätzlich ein Varistorverhalten aufweisendes Material enthält, und dass das Varistormaterial unter Bildung mindestens eines Varistors (4) parallel zu mindestens einem Teilabschnitt des mindestens einen elektrisch leitenden Pfades geschaltet ist und mit dem den mindestens einen Teilabschnitt bildenden Teil des PTC - Materials in innigen elektrischen Kontakt gebracht ist.

2. Widerstand nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Varistor (4) mit beiden Kontaktanschlüssen (1, 2) kontaktiert ist.

3. Widerstand nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Varistor (4) sowie gegebenenfalls vorgesehene weitere Varistoren (4) jeweils eine flächenhafte Schicht aus Varistormaterial enthalten, dass das PTC - Material in Form einer oder mehrerer flächenhafter Schichten vorliegt, und dass wechselweise aufeinanderfolgend Schichten aus Varistor- und PTC-Material in Form eines Stapels angeordnet sind.

4. Widerstand nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Varistor (4) sowie gegebenenfalls vorgesehene weitere Varistoren (4) und das PTC - Material jeweils als Hohl- oder als Vollzylinder ausgebildet sind, und dass wechselweise aufeinanderfolgend mindestens ein Varistor (4) und mindestens ein Element (5) aus PTC - Material unter Bildung eines Rohrs oder eines Vollzylinders angeordnet sind.

5. Widerstand nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass das PTC - Material ein Polymer ist, welches unter Bildung des innigen elektrischen Kontaktes durch Aufgiessen auf einen benachbarten Varistor (4) und nachfolgendes Aushärten oder durch Auflegen als platten- oder folienartiges Element (5) auf einen benachbarten Varistor (4) und nachfolgendes Heissverpressen hergestellt ist.

6. Widerstand nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass das PTC-Material eine Keramik ist, welche unter Bildung des innigen elektrischen Kontaktes mittels eines elektrisch anisotrop leitenden Materials,

wie insbesondere eines Elastomers, auf einem benachbarten Varistor (4) befestigt ist.

durch den Widerstandskörper (3) hindurch perkolkierende Strompfade ausbildet (Fig.7).

7. Widerstand nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Varistor (4) mit einem ersten (1) der beiden Kontaktanschlüsse (1, 2) und einer Kontaktscheibe (6) und ein zweiter Varistor (4) entweder mit zwei Kontaktscheiben (6) oder einer Kontaktscheibe (6) und einem zweiten (2) der beiden Kontaktanschlüsse (1, 2) kontaktiert ist (Fig.4, 5, 6). 5  
10
8. Widerstand nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite Varistor (4) jeweils als kreisförmige Scheibe (40) ausgebildet sind, und dass diese Scheiben (40) jeweils von einem aus PTC - Material gebildeten Ringkörper (50) umgeben sind (Fig.4, 5). 15  
20
9. Widerstand nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite Varistor (4) jeweils als Ringkörper (41) ausgebildet sind, und dass diese Ringkörper (41) jeweils eine aus dem PTC- Material gebildete kreisförmige Scheibe (51) umgeben (Fig.6). 25
10. Widerstand nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktscheiben (6) mit PTC-Material aufgefüllte Löcher (7) aufweisen, durch welche die aus dem PTC - Material bestehenden Scheiben (51) oder Ringkörper (50) miteinander verbunden sind (Fig.4). 30  
35
11. Widerstand nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das PTC - Material ein duromeres oder thermoplastisches Polymer enthält, welches nach Erstellung eines die Kontaktscheiben (6) sowie den ersten und zweiten Varistor (4) enthaltenden Stapels unter Bildung der Ringkörper (50) oder der Scheiben (51) in den Stapel eingegossen oder heiss eingepresst ist. 40  
45
12. Widerstand nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die aus PTC - Material bestehenden Ringkörper (50) oder Scheiben (51) aus Keramik sind. 50
13. Widerstand nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Varistor (4) in Partikelform im Widerstandskörper (3) angeordnet ist und mit weiteren in Partikelform im Widerstandskörper (3) vorgesehenen Varistoren (4) nach Erreichen der von der Partikelgrösse und Materialbeschaffenheit abhängigen Durchbruchspannung lokal oder vollständig 55

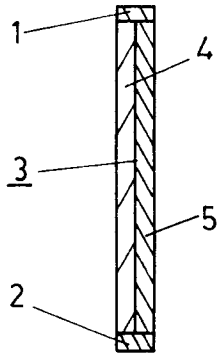


Fig. 1

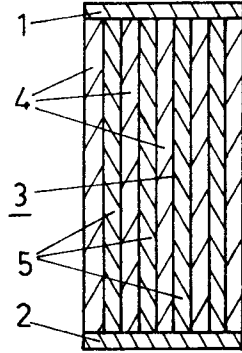


Fig. 2

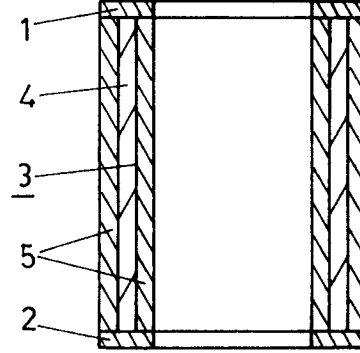


Fig. 3

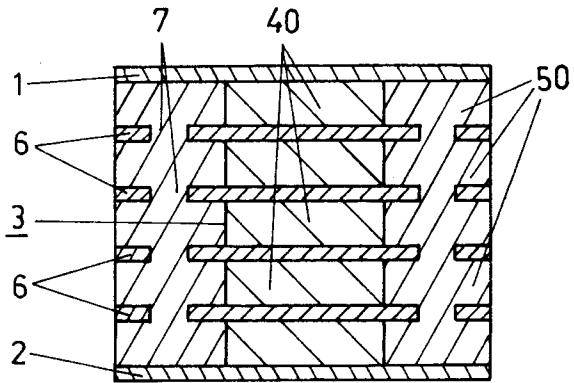


Fig. 4

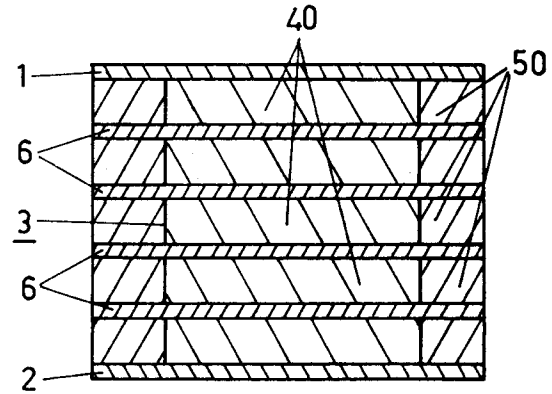


Fig. 5

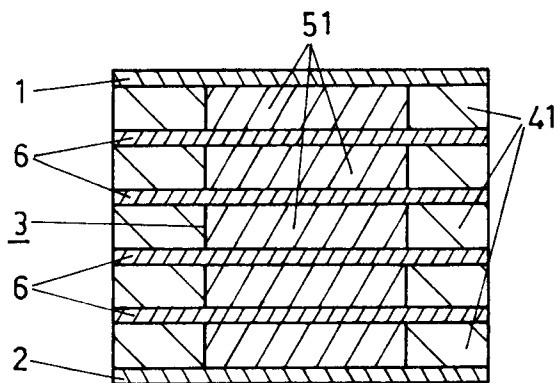


Fig. 6

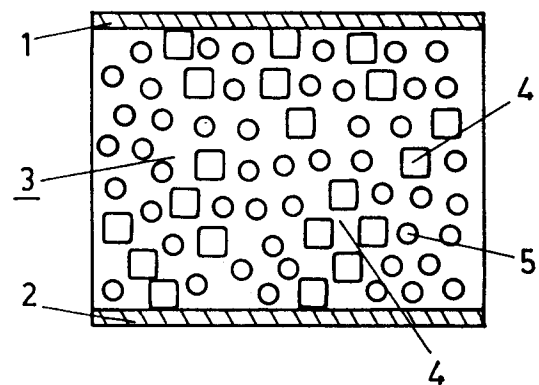


Fig. 7