

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 576 836 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93108622.7**

(51) Int. Cl.⁵: **H01C 7/02**

(22) Anmeldetag: **28.05.93**

(30) Priorität: **29.06.92 DE 4221309**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.01.94 Patentblatt 94/01

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB IT LI SE

(71) Anmelder: **ABB RESEARCH LTD.**

CH-8050 Zürich(CH)

(72) Erfinder: **Greuter, Felix, Dr.**
Im Tobelacher 11
CH-5406 Baden-Rüti(hof)(CH)
Erfinder: **Schüler, Claus, Dr.**
Gemeindestrasse 4
CH-8967 Widen(CH)
Erfinder: **Strümpfer, Ralf, Dr.**
Parkstrasse 29
CH-5400 Baden(CH)

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

(54) Strombegrenzendes Element.

(57) Das strombegrenzende Element besteht aus einem zwischen zwei Kontaktanschlüssen (1, 2) angeordneten elektrischen Widerstandskörper (3). Dieser Widerstandskörper (3) enthält ein PTC-Verhalten aufweisendes erstes Widerstandsmaterial. Unterhalb einer Grenztemperatur besitzt das erste Widerstandsmaterial einen geringen spezifischen Kaltwiderstand und mindestens einen zwischen den beiden Kontaktanschlüssen (1, 2) verlaufenden stromführenden Pfad. Oberhalb der Grenztemperatur besitzt das erste Widerstandsmaterial einen verglichen mit seinem spezifischen Kaltwiderstand grossen spezifischen Heisswiderstand.

Ein solches strombegrenzendes Element soll sich trotz einfachen und kostengünstigen Aufbaus durch homogenes Schaltvermögen und und hohe Nennstromtragfähigkeit auszeichnen.

Dies wird dadurch erreicht, dass der Widerstandskörper (3) zusätzlich zweites Widerstandsmaterial enthält mit einem spezifischen Widerstand, der zwischen dem spezifischen Kalt- und dem spezifischen Heisswiderstand des ersten Widerstandsmate-

rials liegt, und dass das zweite Widerstandsmaterial mit dem ersten Widerstandsmaterial in innigen elektrischen Kontakt gebracht ist und mindestens einen parallel zu mindestens einem Teilabschnitt des mindestens einen stromführenden Pfades geschalteten Widerstand bildet.

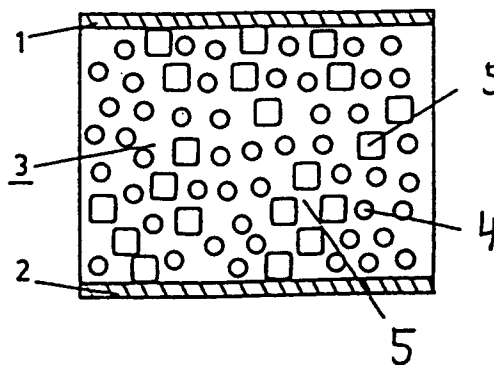


Fig.1

EP 0 576 836 A2

TECHNISCHES GEBIET

Bei der Erfindung wird ausgegangen von einem strombegrenzenden Element mit einem zwischen zwei Kontaktanschlüssen angeordneten elektrischen Widerstandskörper, welcher PTC-Verhalten aufweisendes erstes Widerstandsmaterial enthält, das unterhalb einer ersten Temperatur einen geringen spezifischen Kaltwiderstand besitzt und mindestens einen zwischen den beiden Kontaktanschlüssen verlaufenden, stromführenden Pfad bildet, und das oberhalb der ersten Temperatur einen verglichen mit seinem spezifischen Kaltwiderstand grossen spezifischen Heisswiderstand besitzt.

STAND DER TECHNIK

Widerstände mit PTC-Verhalten sind schon seit langem Stand der Technik und sind beispielsweise in DE 2 948 350 C2 oder US 4 534 889 A beschrieben. Solche Widerstände enthalten jeweils 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 im Prinzip auch in Leistungsschaltkreisen mit Strömen von beispielsweise 50 bis 100 A bei 250 V einsetzbar sein könnten. Derartige Widerstände sind jedoch kommerziell nicht verfügbar und können daher ohne beträchtlichen Aufwand nicht realisiert werden.

Wird ein PTC-Widerstand als strombegrenzendes Schutzelement in einem für grosse Betriebsströme und grosse Betriebsspannungen ausgelegten elektrischen Netzwerk eingesetzt, so wird beim Auftreten eines Kurzschlusses während des Ab-

schaltvorganges im PTC-Widerstand beträchtliche Energie umgesetzt. Dies kann insbesondere dann, wenn der Schaltvorgang im PTC-Widerstand inhomogen erfolgt, dazu führen, dass der PTC-Widerstand etwa in der Mitte zwischen den Kontaktanschlüssen lokal überhitzte Bereiche, sogenannter "hot spots", bildet. In den überhitzten Bereichen schaltet der PTC-Widerstand früher in den hochohmigen Zustand als an nicht erhitzten Stellen. 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, ein strombegrenzendes Element mit PTC-Verhalten zu schaffen, welches sich trotz einfachen und kostengünstigen Aufbaus durch homogenes Schaltvermögen und hohe Nennstromtragfähigkeit auszeichnet.

Das strombegrenzende Element nach der Erfindung besteht aus leicht handhabbaren Elementen, wie einem Widerstand mit PTC-Verhalten und einem Widerstand mit linearem, nichtlinearem oder PTC-Verhalten, und ist einfach aufgebaut. Es kann daher nicht nur vergleichsweise kostengünstig hergestellt werden, sondern kann zugleich auch klein dimensioniert sein. Durch Integration eines oder mehrerer parallel zum PTC-Widerstand angeordneter linearer, nichtlinearer oder gegebenenfalls PTC-Verhalten aufweisender Widerstände wird eine Entlastung des die Schaltfunktion ausführenden PTC-Widerstandes erreicht. Zugleich wird das unerwünschte Auftreten von "hot spots" dadurch unterdrückt, dass der zu begrenzende Strom in den parallel zum PTC-Widerstand geschalteten Widerstand kommutiert. Dadurch werden ein homogenes Schaltverhalten und eine Erhöhung der zulässigen Energiedichte erreicht.

Lokal auftretende Überspannungen können in einfacher und an die jeweiligen Bedingungen angepasster Weise durch äussere Zusatzbeschaltungen mit Kondensatoren, Varistoren und/oder linearen Widerständen begrenzt werden.

Durch die Integration des Parallelwiderstandes wird zugleich die im PTC-Widerstand erzeugte Wärmeenergie rascher weggeleitet und so die Nennstromtragfähigkeit des strombegrenzenden Elementes nach der Erfindung erheblich gesteigert. Wenn der Parallelwiderstand aus einem Material hoher Wärmeleitfähigkeit besteht, sorgt er zudem für eine Homogenisierung der Temperaturverteilung im erfindungsgemässen Widerstand. Hierdurch wird der Gefahr einer lokalen Überhitzung

besonders wirksam entgegengetreten.

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 3 sowie 5 bis 9

jeweils eine Aufsicht auf einen Schnitt durch jeweils eine von acht bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemässen strombegrenzenden Elementes,

Fig.4

eine Aufsicht auf einen längs IV-IV geführten Schnitt durch die Ausführungsform gemäss Fig.3, und

Fig.10

eine Aufsicht auf einen längs X-X geführten Schnitt durch die Ausführungsform gemäss Fig.9.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Die in den Figuren 1 bis 10 dargestellten strombegrenzenden Elemente enthalten jeweils einen zwischen zwei Kontaktanschlüssen 1, 2 angeordneten Widerstandskörper 3. Mit dem Bezugszeichen 4 gekennzeichnete Teilwiderstandskörper enthalten erstes Widerstandsmaterial mit PTC-Verhalten. Dieses Widerstandsmaterial besitzt unterhalb einer ersten Temperatur einen geringen spezifischen Kaltwiderstand und bildet nach Einbau in ein durch Strombegrenzung zu schützendes elektrisches Netz mindestens einen zwischen den beiden Kontaktanschlüssen 1, 2 verlaufenden und vorzugsweise Nennstrom führenden Pfad. Oberhalb der ersten Temperatur weist das Widerstandsmaterial einen verglichen mit seinem spezifischen Kaltwiderstand grossen spezifischen Heisswiderstand auf.

Mit dem Bezugszeichen 5 gekennzeichnete Teilwiderstandskörper sind von einem zweiten Widerstandsmaterial mit einem spezifischen Widerstand gebildet, der zwischen dem spezifischen Kalt- und dem spezifischen Heisswiderstand des die Teilwiderstandskörper 4 bildenden ersten Widerstandsmaterials liegt. Das die Teilwiderstandskörper 5 bildende Widerstandsmaterial ist in innigen elektrischen Kontakt mit dem die Teilwiderstandskörper 4 bildenden Widerstandsmaterial gebracht und bildet mindestens einen parallel zu mindestens einem Teilabschnitt des Nennstrom führenden Pfades geschalteten Widerstand.

Der parallel zum stromführenden Pfad geschaltete Widerstand aus zweitem Widerstandsmaterial

ist mehrfach grösser als der Kaltwiderstand des ersten Widerstandsmaterials. Vorzugsweise beträgt die Grösse des Widerstandes aus zweitem Widerstandsmaterial etwa das $3 \cdot 10^4$ -fache der Grösse des Kaltwiderstandes des ersten Widerstandsmaterials und weist mit Vorteil selber PTC-Verhalten auf.

Der Widerstandskörper 3 kann wie in Fig.1 dargestellt ist, eine vorzugsweise von einem Polymer, wie einem Duro- oder Thermoplast, gebildete Matrix aufweisen. In diese Matrix sind unter Bildung der Widerstandsmaterialien der Teilwiderstandskörper 4, 5 Füllstoffe eingebettet. Diese Füllstoffe können in Form von Pulver, Fasern und/oder Plättchen vorliegen. Besonders zu bevorzugen sind hierbei als Füllstoffe Kurzfasern oder Plättchen, da dann eine zum Erreichen des PTC-Verhaltens besonders niedrige Perkolkationskonzentration eingehalten werden kann.

In Fig.1 sind die in den Teilwiderstandskörpern 4 vorgesehenen Füllstoffe als Kreise und die in den Teilwiderstandskörpern 5 vorgesehenen Füllstoffe als Quadrate gekennzeichnet. Im Normalbetrieb bildet der im Teilwiderstandskörper 4 vorgesehene Füllstoff durch den Widerstandskörper 3 hindurchgehende Strompfade und bewirkt zugleich den PTC-Effekt. Das Material der Teilwiderstandskörper 5 hingegen bildet je nach Zugabemenge lokal oder durch den ganzen Widerstandskörper 3 hindurchperkolierende Pfade aus, in die bei Zunahme des Widerstandes der Strompfade während eines Strombegrenzungsvorganges Strom kommutieren und somit die unerwünschte Ausbildung überhitzter Bereiche in den PTC-Verhalten aufweisenden Teilwiderstandskörpern 4 verhindert werden kann.

Der im ersten Widerstandsmaterial vorgesehene Füllstoff enthält elektrisch leitende Teilchen in Form von Kohlenstoff und/oder eines Metalls, wie beispielsweise Nickel, und/oder mindestens eines Borids, Silizids, Oxids und/oder Carbids, wie etwa TiC_2 , TiB_2 , $MoSi_2$ oder V_2O_3 , jeweils in undotierter oder dotierter Form.

Der im zweiten Widerstandsmaterial vorgesehene Füllstoff enthält mindestens eine dotierte halbleitende Keramik, etwa auf der Basis von ZnO , SnO_2 , $SrTiO_3$, TiO_2 , SiC , $YBa_2Cu_3O_{7-x}$, ein Metallgranulat, einen intrinsisch elektrisch leitenden oder durch feinen Füllstoff elektrisch leitend gemachten Kunststoff und/oder Kurz- oder Langfasern.

Die Konzentration und die geometrischen Abmessungen des in den Teilwiderstandskörpern 5 vorgesehenen Füllstoffs ist so bemessen, dass lokal jeweils eine Stromkommutierung von einem Teilwiderstandskörper 4 auf einen Teilwiderstandskörper 5 erfolgen kann. Der in den Teilwiderstandskörpern 5 vorgesehene Füllstoff kann, braucht aber nicht notwendigerweise durchgehende Strompfade zu bilden. Der Anteil des die Teilwiderstandskörper

4 bildenden Füllstoffs kann zwischen 15 und 50 Vol% und derjenige des die Teilwiderstandskörper 5 bildenden Füllstoffs zwischen 5 und 40 Vol% betragen, wobei die die Füllstoffe einbettende Polymermatrix einen Anteil von 20-60 Vol% am Widerstandskörper 3 haben sollte.

Wenn der Füllstoff eines Teilwiderstandskörpers aus einem paramagnetischen oder ferromagnetischen Material besteht, können die Partikel beim Aushärten der Polymermatrix oder in der Schmelze der Polymermatrix mit einem starken magnetischen Feld ausgerichtet werden. Das Feld verläuft dabei in Richtung von Kontaktanschluss 1 nach Kontaktanschluss 2. Es bilden sich so als Strompfade wirkende Ketten aus, die überwiegend aus dem Füllstoff der einen oder der anderen Teilwiderstandskörper bestehen.

Durch die Integration von Parallelwiderständen in den Widerstand mit PTC-Verhalten wird dieser Widerstand bei der Ausübung von Schaltfunktionen erheblich entlastet. Der Zusatz des Parallelwiderstandes bewirkt zwar oberhalb der Sprungtemperatur des Widerstandes mit PTC-Verhalten eine Reduktion des spezifischen Gesamtwiderstandes des strombegrenzenden Elementes von typischerweise $10^8 \Omega\text{cm}$ auf einen deutlich niedrigeren Wert, welcher mit Vorteil etwa das 3 bis 10^4 -fache des Kaltwiderstandes des Widerstandes mit PTC-Verhalten betragen kann. Hierdurch kann aber der abzuschaltende Strom bereits ausreichend begrenzt und der den Strom führende Schaltkreis mechanisch aufgetrennt werden.

Je nach Anwendungsfall kann zusätzlich eine Beschaltung mit einem externen Parallelwiderstand, Varistor oder Kondensator vorgesehen sein. In jedem Fall werden jedoch durch das strombegrenzende Element nach der Erfindung unerwünschte "hot spots" in den Teilwiderstandskörpern 4 mit PTC-Verhalten unterdrückt, das Schaltverhalten homogenisiert und die zulässige Energiedichte beim Schaltvorgang erhöht. Zugleich wird ein Teil der in den Teilwiderstandskörpern 4 erzeugten Wärme durch die Teilwiderstandskörper 5 abgeleitet. Hierdurch wird die Nennstromtragfähigkeit des strombegrenzenden Elementes nach der Erfindung gegenüber einem strombegrenzenden Element ohne parallelgeschaltete Widerstände erheblich gesteigert.

Das Widerstandsmaterial der Teilwiderstandskörper 5 weist im allgemeinen lineares oder aber auch nichtlineares Verhalten auf, kann aber gegebenenfalls entsprechend dem in den Teilwiderstandskörpern 4 vorgesehenen Widerstandsmaterial ebenfalls PTC-Verhalten aufweisen. Weist das Widerstandsmaterial PTC-Verhalten auf, so liegt die Sprungtemperatur gleich oder höher als diejenige des in den Teilwiderstandskörpern 4 enthaltenen Widerstandsmaterials. Hierdurch wird ein zeit-

lich verzögertes Abschalten in zwei Stufen erreicht. Beim Abschalten induktiver Netze werden so Überspannungen reduziert, da zunächst eine rasche Teilbegrenzung des Stromes und erst dann eine vollkommene Strombegrenzung erfolgt.

Bei den Ausführungsformen gemäss den Figuren 2 bis 4 ist der Widerstandskörper 3 aus zwei oder mehreren flächenhaften und vorzugsweise jeweils als Platte ausgebildeten Teilwiderstandskörpern 4, 5 aufgebaut. Der in Fig.2 dargestellte Teilwiderstandskörper 5 ist bzw. die in den Figuren 3 und 4 dargestellten Teilwiderstandskörper 5 sind mit beiden Anschlüssen 1, 2 kontaktiert. Die Teilwiderstandskörper 5 weisen im Normalbetrieb des strombegrenzenden Elementes einen mehrfach höheren Widerstand als die Teilwiderstandskörper 4 auf. Entsprechend den Teilwiderstandskörper 5 sind auch die Teilwiderstandskörper 4 mit beiden Anschlüssen 1, 2 kontaktiert. Die Teilwiderstandskörper 4 und 5 weisen über ihre gesamte flächenhafte Ausdehnung gemeinsame Auflageflächen auf. An diesen Auflageflächen sind die Teilwiderstandskörper 4, 5 in innigen elektrischen Kontakt zueinander gebracht.

Die Widerstandskörper 3 können wie folgt hergestellt werden: Zunächst werden nach einem bei der Herstellung von Widerständen üblichen Verfahren, wie etwa durch Pressen oder Giessen und nachfolgendes Sintern, ca. 0,5 bis 2 mm dicke Platten aus einer elektrisch leitend dotierten Keramik hergestellt. Mit einem Schermischer wird aus Epoxidharz und einem elektrisch leitfähigen Füllstoff, wie beispielsweise 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 Keramik gegossen. Gegebenenfalls ist es möglich, die aufgegossene Schicht mit einer weiteren 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 den beiden verschiedenen Widerstandsmaterialien angeordnet sind. Das Epoxidharz wird so dann bei Temperaturen zwischen 60 und 180 °C unter Bildung des Widerstandskörpers 3 ausgehärtet.

Besonders geeignet ist ein Teilwiderstandskörper 5 aus einem Widerstandsmaterial, welches hohe Zugfestigkeit und/oder hohe Elastizität aufweist, da dann in jedem Fall Wärmespannungen vermieden werden, die durch das starke Erhitzen des Widerstandsmaterials mit PTC-Verhalten hervorgerufen werden können. Als Material hierfür kommen beispielsweise ein gefülltes Elastomer oder Thermoplast oder ein Drahtgewebe infrage.

Wie aus Fig.4 ersichtlich ist, können die aus zweitem Widerstandsmaterial gebildeten Teilwider-

standskörper 5 über die Teilwiderstandskörper 4 rippenförmig hervorstehen. Die vorstehenden Teile der Teilwiderstandskörper 5 wirken dann als Kühlrippen und bewirken eine besonders gute Ableitung der in den Teilwiderstandskörpern 4 erzeugten Wärme.

Anstelle eines duroplastischen PTC-Polymers kann auch ein thermoplastisches PTC-Polymer als Widerstandsmaterial für die Teilwiderstandskörper 4 eingesetzt werden. Dieses wird zunächst zu dünnen Platten oder Folien extrudiert, welche beim Zusammenbau mit den Teilwiderstandskörpern 5 zum Widerstandskörper 3 heissverpresst werden.

Sind die eingesetzte beiden Widerstandsmaterialien jeweils eine Keramik, so können die flächenhaften Teilwiderstandskörper 4, 5 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 cm² 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 oder durch Heisspressen mit den Kontaktanschlüssen 1, 2 verbunden werden.

Das strombegrenzende Element gemäss den Figuren 2 bzw. 3 und 4 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 eines Teilwiderstandskörpers 4. Erhitzt sich der Teilwiderstandskörper 4 wegen eines Überstromes so stark, dass er sprunghaft seinen Widerstand um viele Grössenordnungen erhöht, so wird der Überstrom begrenzt. Da die Teilwiderstandskörper 5 auf ihrer gesamten Länge innigen elektrischen Kontakt mit den Teilwiderstandskörpern 4 haben und parallel zu deren Überstrom führenden Strompfaden geschaltet sind, werden hierbei stark überhitzte, inhomogene Bereiche in den Teilwiderstandskörper 4 mit PTC-Verhalten vermieden. Vor der Bildung derartiger inhomogener Bereiche kommutiert zumindestens ein Teil des abzuschaltenden Stroms in die Teilwiderstandskörper 5 aus zweitem Widerstandsmaterial. Die vergleichsweise hohe Wärmeleitfähigkeit der Teilwi-

derstandskörper 5 sorgt zugleich für eine Homogenisierung der Temperaturverteilung in den Teilwiderstandskörpern 4, wodurch in diesem Teilen die Gefahr lokaler Überhitzungen zusätzlich verringert wird. Darüber hinaus trägt die hohe Wärmeabfuhr in den Teilwiderstandskörpern 5 dazu bei, die Nennstromtragfähigkeit des strombegrenzenden Elementes nach der Erfindung gegenüber derjenigen eines strombegrenzenden Elementes nach dem Stand der Technik erheblich zu vergrössern.

In Fig.5 ist ein rohrförmig gestalteter und längs seiner Rohrachse geschnittener Widerstand nach der Erfindung dargestellt. Dieser Widerstand enthält einen der stromkommutation dienenden Teilwiderstandskörper 5 und zwei Teilwiderstandskörper 4 mit PTC-Verhalten. Die Teilwiderstandskörper 4, 5 sind jeweils Hohlzylinder und bilden zusammen mit ringförmigen Kontaktanschlüssen ein rohrförmiges strombegrenzendes Element. Dieses Element kann mit Vorteil aus einer hohlzylindrischen Keramik hergestellt werden, welche in einer zylindrischen Giessform auf der Innen- und auf der Mantelfläche mit einer polymeren PTC - Vergussmasse, etwa auf der Basis eines Epoxidharzes, überzogen wird. Anstelle einer hohlzylindrischen kann auch eine vollzylindrische Keramik eingesetzt werden. Ein mit einem solchen Teilwiderstandskörper 5 ausgestattetes strombegrenzendes Element ist besonders einfach herzustellen, wohingegen ein als Rohr ausgebildetes strombegrenzendes Element eine besonders gute Wärmeableitung durch Konvektion aufweist und besonders gut mit einer Flüssigkeit gekühlt werden kann. Wird anstelle eines duromeren Polymers ein thermoplastisches Polymer als PTC-Material verwendet, so kann das PTC-Material direkt auf den Zylinder oder den Hohlzylinder extrudiert werden. Wird als Widerstandsmaterial für den Teilwiderstandskörper 5 ein Polymer/Füllstoff-Komposit verwendet, beispielsweise eines mit einem hohen Füllgrad an C, SiC, ZnO und/oder TiO₂, so kann das strombegrenzende Element nach der Erfindung in besonders einfacher Weise durch Koextrusion hergestellt werden. Hierbei ist es auch möglich, einen Teilwiderstandskörper 5 zu schaffen, der lange koextrudierte Drähte oder Fasern, z.B. auf der Basis von Metall, Kohlenstoff oder Siliciumcarbid, aufweist. Der Teilwiderstandskörper 5 kann auch eine einfache Bewicklung mit einer leitenden Faser oder Draht sein. Bei dieser Ausführungsform der Erfindung wird eine besonders gute mechanische Stabilität erreicht.

Bei den Ausführungsformen gemäss den Figuren 6 bis 8 weist der Widerstandskörper 3 jeweils die Gestalt eines Vollzylinders mit übereinandergestapelten Teilwiderstandskörpern auf. Die Teilwiderstandskörper aus zweitem Widerstandsmaterial sind als kreisförmige Scheiben 50 oder als Ring-

körper 51 und die Teilwiderstandskörper 4 mit PTC-Verhalten sind in kongruenter Weise als Ringkörper 40 oder als kreisförmige Scheiben 41 ausgebildet. Im Gegensatz zu den vorhergehenden Ausführungsformen sind zusätzlich Kontaktscheiben 6 vorgesehen. Jeder als Scheibe 50 oder Ringkörper 51 ausgebildete Teilwiderstandskörper steht längs seines gesamten Umfanges in innigem elektrischem Kontakt mit einem als Ringkörper 40 oder Scheibe 41 ausgebildeten Teilwiderstandskörpern mit PTC-Verhalten. Jedes Teil 50, 51 und jedes mit ihm kontaktierte Teil 40, 41 ist entweder mit einem der beiden Kontaktanschlüsse 1, 2 und einer Kontaktscheibe 6 oder mit zwei Kontaktscheiben 6 kontaktiert. Die Ringkörper 50 oder die Scheiben 51 mit linearem Widerstandsverhalten bzw. die Ringkörper 40 oder die Scheiben 41 mit PTC-Verhalten sind so bei jeder der Ausführungsformen 6 bis 8 zwischen den Kontaktanschlüssen 1, 2 in Serie geschaltet.

Die strombegrenzenden Elemente nach den Figuren 6 bis 8 können wie folgt hergestellt werden: Aus pulverförmigem Keramikmaterial, wie etwa aus geeigneten Metalloxiden, können durch Pressen und Sintern die Scheiben 50 und Ringkörper 51 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 0,05 und 1 cm betragenden Dicke liegen. Die Scheiben 50 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 40 mit polymerem PTC-Material ausgegossen und der vergossene Stapel ausgehärtet. Ober- und Unterseite des Stapels werden anschliessend kontaktiert.

Bei derart hergestellten strombegrenzenden Elementen gewährleisten die metallenen Kontaktscheiben 6 einen geringen Übergangswiderstand in einem durch die jeweils in Serie geschalteten Scheiben 40 bzw. Ringkörper 41 gebildeten Strompfad. Auftretende Überspannungen können über den gesamten kreisförmigen Querschnitt der Scheiben 50 abgeleitet werden. Durch die mit PTC-Material ausgefüllten Löcher 7 wird der Gesamtwiderstand im Strompfad der als Ringkörper 40 ausgebildeten Teilwiderstandskörper mit PTC-Verhalten 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 50 ausgebildeter Teilwiderstands-

körper aus zweitem Widerstandsmaterial parallel zu einem als Ringkörper 40 ausgebildeten Teilwiderstandskörper mit PTC-Verhalten und damit parallel zu einem Teilabschnitt des die lokalen Überspannungen hervorrufenden Strompfades geschaltet ist.

Die Ringkörper 40 können auch aus Keramik gesintert sein. Ein Lochen 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. 8 ersichtlich ist, können die Teilwiderstandskörper aus zweitem Widerstandsmaterial als Ringkörper 51 und die Teilwiderstandskörper mit PTC-Verhalten als kreisförmige Scheiben 41 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 den Figuren 9 und 10 ist der Teilwiderstandskörper 5 zylindrisch ausgebildet und weist Durchgangsbohrungen 8, 9 von beispielsweise 1 bis 5 mm Durchmesser auf. Der Teilwiderstandskörper 5 besteht vorzugsweise aus einem Material, das eine hohe Zugfestigkeit aufweist und/oder elastisch ist. In die Durchgangsbohrungen 8 sind Teilwiderstandskörper 4 eingegossen, vorzugsweise solche auf Duromerbasis, wie etwa Epoxy, oder eingepresst, vorzugsweise solche auf Thermoplastbasis, wie etwa Polyäthylen. Die Durchgangsbohrungen 9 sind zu Kühlzwecken offen gehalten.

In allen Ausführungsformen nach den Figuren 5-10 kann der Teilwiderstand 5 resp. 50, 51 selbst auch PTC-Verhalten aufweisen, genauso wie in den Ausführungsformen gemäss den Figuren 1-4.

Wird das strombegrenzende Element nach der Erfindung im Mittelspannungsbereich eingesetzt, d.h. insbesondere in Netzen mit Spannungen im Kilovoltbereich, so sollten seine Abmessungen senkrecht zum Stromfluss klein sein im Vergleich zu seiner Länge parallel zum Stromfluss. Wird das strombegrenzende Element nach der Erfindung im Niederspannungsbereich eingesetzt, d.h. insbesondere in Netzen mit Spannungen bis zu 1 Kilovolt, so sollten seine Abmessungen senkrecht zum Stromfluss gross sein im Vergleich zu seiner Länge parallel zum Stromfluss. Ist das strombegrenzende Element beispielsweise im wesentlichen zylindersymmetrisch ausgebildet, so weist es bei Einsatz für Spannungen im Kilovoltbereich einen im Vergleich zu seiner axialen Länge kleinen Durchmesser und bei Einsatz für Spannungen bis 1000 V einen im Vergleich zu seiner axialen Länge grossen Durchmesser auf.

BEZUGSZEICHENLISTE

- | | | |
|--------|-----------------------|----|
| 1, 2 | Kontaktanschlüsse | |
| 3 | Widerstandskörper | |
| 4, 5 | Teilwiderstandskörper | 5 |
| 6 | Kontaktscheiben | |
| 7 | Löcher | |
| 8, 9 | Durchgangsbohrungen | |
| 40, 51 | Ringkörper | |
| 41, 50 | Scheiben | 10 |

Patentansprüche

1. Strombegrenzendes Element mit einem zwischen zwei Kontaktanschlüssen (1, 2) angeordneten elektrischen Widerstandskörper (3), welcher PTC-Verhalten aufweisendes erstes Widerstandsmaterial enthält, das unterhalb einer ersten Temperatur einen geringen spezifischen Kaltwiderstand besitzt und mindestens einen zwischen den beiden Kontaktanschlüssen (1, 2) verlaufenden, stromführenden Pfad bildet, und das oberhalb der ersten Temperatur einen verglichen mit seinem spezifischen Kaltwiderstand grossen spezifischen Heisswiderstand besitzt, dadurch gekennzeichnet, dass der Widerstandskörper (3) zusätzlich zweites Widerstandsmaterial enthält mit einem spezifischen Widerstand, der zwischen dem spezifischen Kalt- und dem spezifischen Heisswiderstand des ersten Widerstandsmaterials liegt, und dass das zweite Widerstandsmaterial mit dem ersten Widerstandsmaterial in innigen elektrischen Kontakt gebracht ist und mindestens einen parallel zu mindestens einem Teilabschnitt des mindestens einen stromführenden Pfades geschalteten Widerstand bildet. 15 20 25 30
2. Strombegrenzendes Element nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der parallel zum stromführenden Pfad geschaltete Widerstand aus zweitem Widerstandsmaterial mehrfach grösser ist als der Kaltwiderstand des ersten Widerstandsmaterials. 35 40 45
3. Strombegrenzendes Element nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Grösse des Widerstandes aus zweitem Widerstandsmaterial etwa das $3 \cdot 10^4$ -fache der Grösse des Kaltwiderstandes des ersten Widerstandsmaterials ist. 50
4. Strombegrenzendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Widerstandskörper (3) eine Werkstoffmatrix aufweist, in welche unter Bildung des ersten und des zweiten Widerstandsmaterials mindestens zwei unterschiedliche Füllstoffe 55

fe eingebettet sind (Fig.1).

5. Strombegrenzendes Element nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Füllstoffe in Form von Pulver, Fasern und/oder Plättchen in eine Polymermatrix eingebettet sind.
6. Strombegrenzendes Element nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der im ersten Widerstandsmaterial vorgesehene Füllstoff elektrisch leitende Teilchen in Form von Kohlenstoff und/oder mindestens eines Metalles und/oder mindestens eines Borids, Silizids, Oxids und/oder Carbids enthält, und dass der im zweiten Widerstandsmaterial vorgesehene Füllstoff mindestens eine dotierte halbleitende Keramik, ein Metallgranulat, einen elektrisch leitenden Kunststoff und/oder Kurz- oder Langfasern enthält.
7. Strombegrenzendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Füllstoff des ersten und/oder zweiten Widerstandsmaterials zumindest teilweise aus para- oder ferromagnetischem Material besteht und aus erstem und/oder zweitem Widerstandsmaterial gebildete Ketten aufweist, welche längs der Feldlinien eines die Kettenbildung verursachenden magnetischen Feldes erstreckt sind.
8. Strombegrenzendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Widerstandsmaterial unterhalb einer zweiten Temperatur, welche gleich oder höher als die erste Temperatur ist, einen geringen spezifischen Kaltwiderstand und oberhalb der zweiten Temperatur einen verglichen mit seinem spezifischen Kaltwiderstand grossen spezifischen Heisswiderstand aufweist.
9. Strombegrenzendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass erstes und zweites Widerstandsmaterial jeweils mindestens einen mit beiden Kontaktanschlüssen (1, 2) kontaktierten Teilwiderstandskörper (4, 5) bilden.
10. Strombegrenzendes Element nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die aus erstem und zweitem Widerstandsmaterial gebildeten Teilwiderstandskörper (4, 5) jeweils als Platte ausgebildet sind, und dass aufeinanderfolgende Teilwiderstandskörper (4, 5) aus erstem und zweitem Widerstandsmaterial in Form eines Stapels angeordnet sind (Fig.2 bis 4).

11. Strombegrenzendes Element nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die aus zweitem Widerstandsmaterial bestehenden Platten unter Bildung von Kühlrippen über die aus erstem Widerstandsmaterial bestehenden Platten hinausragen (Fig.4). 5
12. Strombegrenzendes Element nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die aus erstem und zweitem Widerstandsmaterial gebildeten Teilwiderstandskörper (4, 5) jeweils als Hohl- oder Vollzylinder ausgebildet sind, und dass wechselweise aufeinanderfolgende Teilwiderstandskörper (4, 5) aus erstem und zweitem Widerstandsmaterial unter Bildung eines Rohrs oder eines Vollzylinders angeordnet sind (Fig.5). 10 15
13. Strombegrenzendes Element nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein aus zweitem Widerstandsmaterial gebildeter Teilwiderstandskörper (5) Durchgangsbohrungen (8) zur Aufnahme von Teilwiderstandskörpern (4) aus dem ersten Widerstandsmaterial aufweist (Fig. 9, 10). 20 25
14. Strombegrenzendes Element nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass zu Kühlzwecken offen gehaltene Durchgangsbohrungen (9) vorgesehen sind. 30
15. Strombegrenzendes Element nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Widerstandsmaterial eine Keramik ist, welche unter Bildung des innigen elektrischen Kontaktes mittels eines elektrisch anisotrop leitenden Materials, wie insbesondere eines Elastomers, auf einem benachbarten Teilwiderstandskörper befestigt ist. 35 40
16. Strombegrenzendes Element nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Widerstandsmaterial ein Polymer ist, welches unter Aufgiessen auf einen benachbarten Teilwiderstandskörper und nachfolgendes Aushärten oder durch Auflegen als platten- oder folienartiges Element auf einen benachbarten Teilwiderstandskörper und nachfolgendes Heissverpressen hergestellt ist. 45 50
17. Strombegrenzendes Element nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Widerstandsmaterial hohe Zugfestigkeit und/oder hohe Elastizität aufweist. 55
18. Strombegrenzendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet,

dass der Widerstandskörper (3) mindestens einen ersten und mindestens einen zweiten jeweils aus zweitem Widerstandsmaterial gebildeten Teilwiderstandskörper aufweist, von denen ein erster Teilwiderstandskörper mit einem ersten (1) der beiden Kontaktanschlüsse (1) und einer Kontaktscheibe (6) und ein zweiter Teilwiderstandskörper entweder mit zwei Kontaktscheiben (6) oder einer Kontaktscheibe (6) und einem zweiten (2) der beiden Kontaktanschlüsse kontaktiert ist (Fig.6 bis 8).

19. Strombegrenzendes Element nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite Teilwiderstandskörper jeweils als kreisförmige Scheibe (50) ausgebildet sind, und dass diese Scheiben (50) jeweils von einem aus erstem Widerstandsmaterial gebildeten Ringkörper (40) umgeben sind (Fig.6, 7).
20. Strombegrenzendes Element nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite Teilwiderstandskörper jeweils als Ringkörper (51) ausgebildet sind, und dass diese Ringkörper (51) jeweils eine aus dem ersten Widerstandsmaterial gebildete kreisförmige Scheibe (41) umgeben (Fig.8).
21. Strombegrenzendes Element nach einem der Ansprüche 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktscheiben (6) mit erstem Widerstandsmaterial aufgefüllte Löcher (7) aufweisen, durch welche die aus dem ersten Widerstandsmaterial bestehenden Scheiben (41) oder Ringkörper (40) miteinander verbunden sind (Fig.6).
22. Strombegrenzendes Element nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Widerstandsmaterial ein duromeres oder thermoplastisches Polymer enthält, welches nach Erstellung eines die Kontaktscheiben (6) sowie den ersten und zweiten Teilwiderstandskörper enthaltenden Stapels unter Bildung der Ringkörper (40) oder der Scheiben (41) in den Stapel eingegossen oder heiss eingepresst ist.
23. Strombegrenzendes Element nach einem der Ansprüche 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass die aus erstem Widerstandsmaterial bestehenden Ringkörper (40) oder Scheiben (41) aus Keramik sind.
24. Strombegrenzendes Element nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass es im wesentlichen zylindersymmetrisch ausgebildet ist und bei Einsatz für Spannungen im Kilovoltbereich einen im Vergleich zu seiner

axialen Länge kleinen Durchmesser und bei Einsatz für Spannungen bis 1000 V einen im Vergleich zu seiner axialen Länge grossen Durchmesser aufweist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

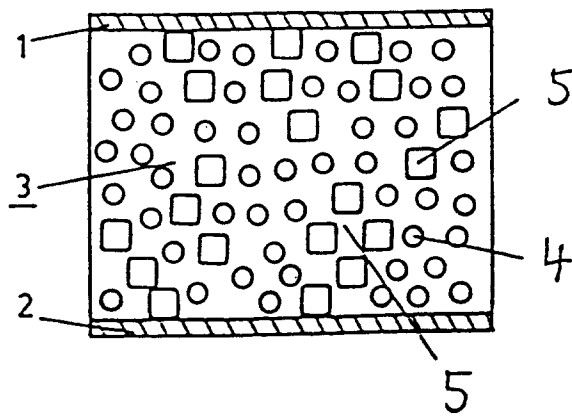


Fig.1

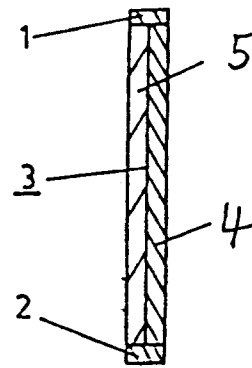


Fig.2

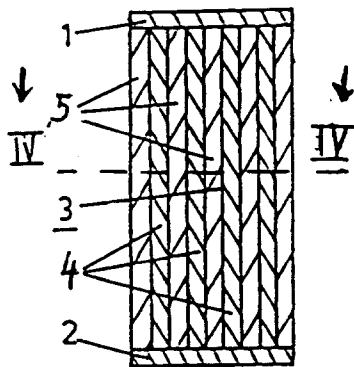


Fig.3

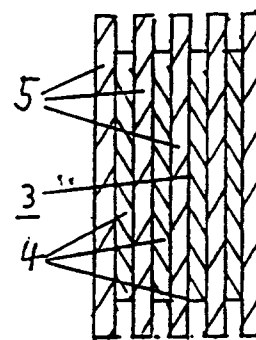


Fig.4

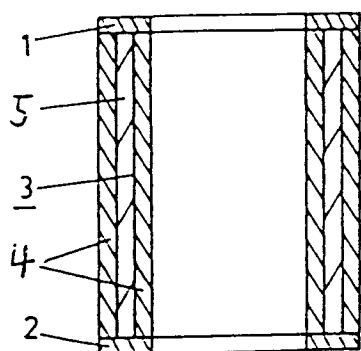


Fig. 5

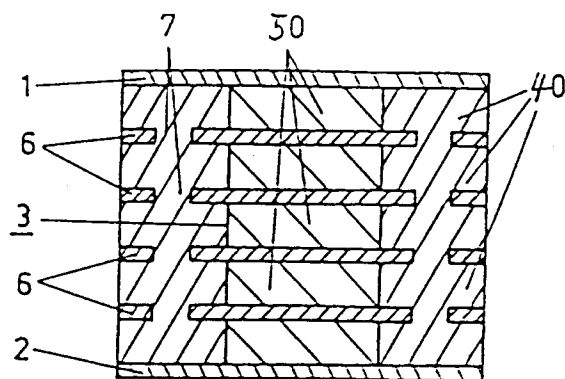


Fig. 6

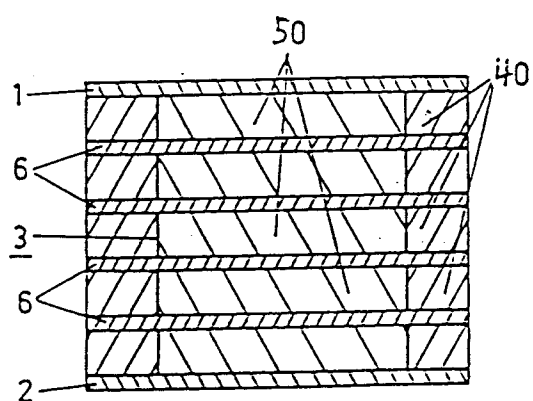


Fig. 7

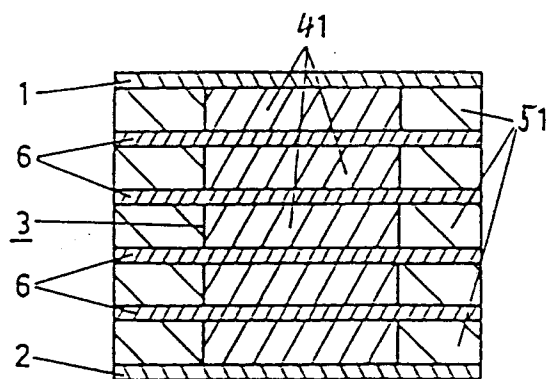


Fig. 8

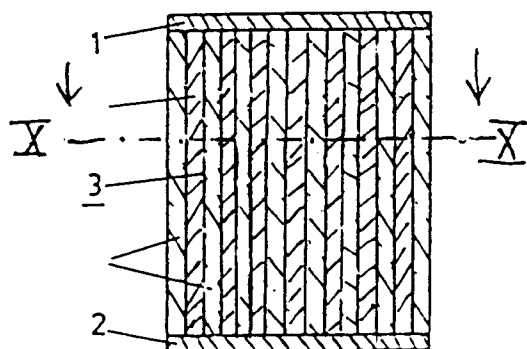


Fig. 9

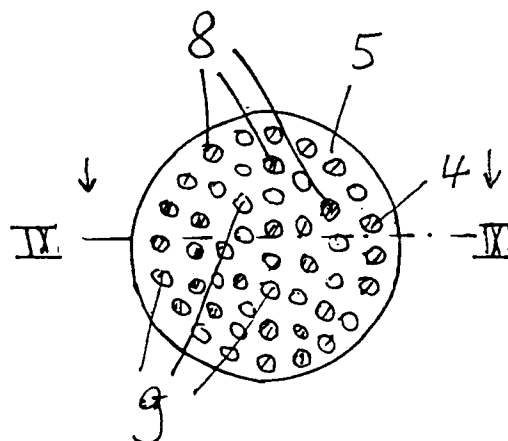


Fig. 10