



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 198 56 607 C 1

51 Int. Cl.⁷:
H 01 L 39/16
H 02 H 9/02
H 01 L 23/29

21 Aktenzeichen: 198 56 607.7-33
22 Anmeldetag: 8. 12. 1998
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 2. 3. 2000

DE 198 56 607 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

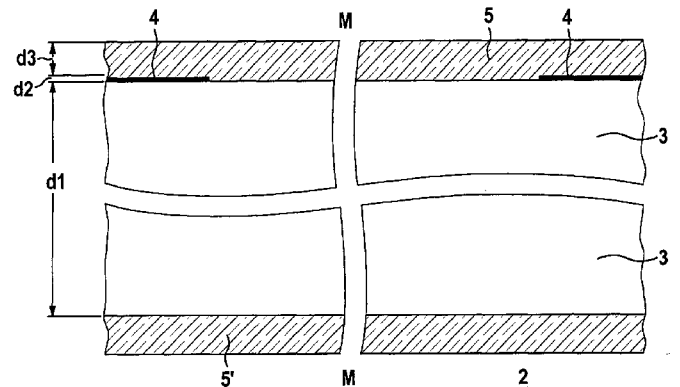
72 Erfinder:
Heismann, Björn, Dipl.-Phys., 91052 Erlangen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	195 20 205 A1
US	32 91 758
EP	03 86 473 B1
EP	05 23 374 A1
EP	04 88 275 A2
EP	03 45 767 A1
WO	96 10 269 A1

54 Resistive Strombegrenzungseinrichtung mit mindestens einer von einer isolierenden Schicht abgedeckten Leiterbahn unter Verwendung von Hoch-T_c-Supraleitermaterial

57 Die Strombegrenzungseinrichtung (2) enthält mindestens eine Leiterbahn (4) mit Hoch-T_c-Supraleitermaterial auf einem Trägerkörper (3). Die Leiterbahn soll dabei mit einer Deckschicht (5) aus einem isolierenden Kunststoffmaterial versehen sein, das einen die Wärmeleitfähigkeit erhöhenden Füllstoff enthält. Die Dicke (d3) der Deckschicht (5) soll dabei größer als die Dicke (d2) der Leiterbahn (4) sein.



DE 198 56 607 C 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine resistive Strombegrenzungseinrichtung mit mindestens einer für einen vorgegebenen Nennstrom ausgelegten Leiterbahn, die metalloxi-

disches Hoch- T_c -Supraleitermaterial enthält, auf einem Trägerkörper angeordnet ist und mit einer Deckschicht aus einem zumindest weitgehend isolierenden Material versehen ist. Eine derartige Strombegrenzungseinrichtung geht aus der DE 195 20 205 A1 hervor.

In elektrischen Wechselstromversorgungsnetzen können Kurzschlüsse und elektrische Überschläge nicht mit Sicherheit vermieden werden. Dabei steigt der Wechselstrom im betroffenen Stromkreis sehr schnell, d. h. in der ersten Halbwelle, auf ein Vielfaches seines Nennwertes an, bis er durch geeignete Sicherungs- und/oder Schaltmittel unterbrochen wird. Als Folge davon treten in allen betroffenen Netzkomponenten, wie Leitungen und Sammelschienen, Schaltern und Transformatoren, erhebliche thermische sowie mechanische Belastungen durch Stromkräfte auf. Da diese kurzzeitigen Lasten mit dem Quadrat des Stromes zunehmen, kann eine sichere Begrenzung des Kurzschlußstromes auf einen niedrigeren Spitzenwert die Anforderungen an die Belastungsfähigkeit dieser Netzkomponenten erheblich reduzieren. Dadurch lassen sich Kostenvorteile erzielen, etwa beim Aufbau neuer als auch beim Ausbau bestehender Netze, indem durch einen Einbau von Strombegrenzungseinrichtungen ein Austausch von Netzkomponenten gegen höher belastbare Ausführungsformen vermieden werden kann.

Mit supraleitenden Strombegrenzungseinrichtungen vom resistiven Typ kann in an sich bekannter Weise der Stromanstieg nach einem Kurzschluß auf einen Wert von wenigen Vielfachen des Nennstromes begrenzt werden; darüber hinaus ist eine solche Begrenzungseinrichtung kurze Zeit nach Abschaltung wieder betriebsbereit. Sie wirkt also wie eine schnelle, selbstheilende Sicherung. Dabei gewährleistet sie eine hohe Betriebssicherheit, da sie passiv wirkt, d. h. autonom ohne vorherige Detektion des Kurzschlusses und ohne aktive Auslösung durch ein Schaltsignal arbeitet.

Resistive supraleitende Strombegrenzungseinrichtungen der eingangs genannten Art bilden eine seriell in einen Stromkreis einzufügende supraleitende Schaltstrecke. Dabei wird der Übergang mindestens einer supraleitenden Leiterbahn vom praktisch widerstandslosen kalten Betriebszustand unterhalb der Sprungtemperatur T_c des Supraleitermaterials in den normalleitenden Zustand über T_c (sogenannter "Quench") hinaus ausgenutzt, wobei der nun vorhandene elektrische Widerstand R_n der Leiterbahn den Strom auf eine akzeptable Höhe $I = U/R_n$ begrenzt. Die Erwärmung über die Sprungtemperatur T_c geschieht durch Joule'sche Wärme in dem Supraleiter der Leiterbahn selbst, wenn nach Kurzschluß die Stromdichte j über den kritischen Wert j_c des Supraleitermaterials ansteigt, wobei das Material auch unterhalb der Sprungtemperatur T_c bereits einen endlichen elektrischen Widerstand annimmt. Im begrenzenden Zustand oberhalb der Sprungtemperatur T_c fließt in dem Stromkreis ein vorteilhaft verminderter Reststrom so lange weiter, bis der Stromkreis z. B. mittels eines zusätzlichen mechanischen Trennschalters völlig unterbrochen wird.

Supraleitende Strombegrenzungseinrichtungen mit bekannten metalloxi-

Strombegrenzung geschieht dabei in hinreichend kurzer Zeit, so daß der Spitzenwert eines Kurzschlußstromes auf einen Bruchteil des unbegrenzten Stromes, etwa auf den 3- bis 10-fachen Wert des Nennstromes begrenzt werden kann.

Der supraleitende Strompfad sollte dabei in wärmeleitendem Kontakt mit einem Kühlmittel stehen, das ihn in verhältnismäßig kurzer Zeit nach einer Überschreitung der kritischen Stromdichte j_c in den supraleitenden Betriebszustand wieder zurückzuführen vermag.

Mit der aus der eingangs genannten DE-A-Schrift zu entnehmenden Strombegrenzungseinrichtung sind entsprechende Anforderungen weitgehend zu erfüllen. Die bekannte Strombegrenzungseinrichtung weist einen Trägerkörper aus einem elektrisch isolierenden Material, wie z. B. aus Y-stabilisiertem ZrO_2 oder aus Glas, auf, auf dem unmittelbar oder über eine Zwischenschicht ein metalloxi-

disches HTS-Material in Form einer zumindestens einer Leiterbahn strukturierten Schicht aufgebracht ist. Die Leiterbahn kann dabei insbesondere als Mäander gestaltet sein (vgl. EP 0 523 374 A1). An ihren Enden ist die Leiterbahn mit weiteren Leitern zur Einspeisung bzw. Abnahme des zu begrenzenden Stromes kontaktierbar. Darüber hinaus kann bei der bekannten Strombegrenzungseinrichtung zum Schutz ihres HTS-Materials gegen Umwelteinflüsse wie Feuchtigkeit zumindest das Supraleitermaterial noch mit einer isolierenden Schicht abgedeckt sein.

Es sind auch Ausführungsformen von Strombegrenzungseinrichtungen unter Verwendung von HTS-Material bekannt, bei denen die Leiterbahnen mit normalleitendem

Material abgedeckt sind, die als sogenannter Shunt-Widerstand dienen (vgl. EP 0 345 767 A1).

Bei derartigen Strombegrenzungseinrichtungen besteht ein technisches Problem in der Abfuhr der während eines Schaltprozesses lokal in den Supraleiter- und/oder Metallschichten deponierten thermischen Energie: Als Hauptwärmespeicher während der Schaltphase dient hierbei der die Leiterbahn tragende Trägerkörper, während der Wärmeübergang vom Material der Leiterbahn zu einem Reservoir des Kühlmittel wie insbesondere LN_2 gering ist und sich zudem durch Bildung eines Gasfilms an der Oberfläche weiter verschlechtert. Es zeigt sich auch, daß sich zwischen noch supraleitenden und bereits geschalteten und damit sich vor der Kühlmitteltemperatur auf höhere Temperaturniveaus aufheizenden Leiterbahnbereichen in der ersten Schaltphase vor dem merklichen Einsetzen einer Wärmediffusion Temperaturgradienten von mehr als 100 K/mm ausbilden. Dabei stellen letztendlich die lokal vom Schichtsystem der Leiterbahnen tolerierbaren Temperaturgradienten die materialspezifische Grenze für eine maximal zu schaltende elektrische Leistung dar.

Darüber hinaus weist flüssiger Stickstoff (LN_2) bzw. der sich durch die Erhitzung bildende Stickstoffgasfilm zusätzlich eine im Vergleich zu einem Festkörper deutlich geringere Spannungsfestigkeit auf, die mit zunehmender Schaltleistung bei zugleich möglichst optimaler Flächennutzung durch Minimierung der Zwischenräume zwischen einzelnen Leiterbahnteilen wie z. B. bei einer Mäanderform von besonderer Bedeutung ist.

Aufgrund der vorstehend skizzierten kühltechnischen Probleme sah man sich deshalb bisher gezwungen, die Schaltleistung solcher Strombegrenzungseinrichtungen auf einem verhältnismäßig niedrigen Wert begrenzt zu halten.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, die Strombegrenzungseinrichtung mit den eingangs genannten Merkmalen dahingehend auszugestalten, daß sie für vergleichsweise höhere Schaltleistungen eingesetzt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst,

daß das Material der Deckschicht ein Kunststoff mit mindestens einem die Wärmeleitfähigkeit erhöhenden Füllstoff ist und zumindest der der Oberfläche der mindestens einen Leiterbahn zugeordnete Teil der Deckschicht eine Dicke hat, die größer ist als die Dicke der Leiterbahn.

Die mit dieser Ausgestaltung der Strombegrenzungseinrichtung verbundenen Vorteile sind insbesondere darin zu sehen, daß das Ausmaß von Temperaturgradienten in der Leiterbahn reduziert wird und so eine räumliche Homogenisierung des Phasenübergangs bewirkt wird. Darüber hinaus wird mit der auf der Vorder- und gegebenenfalls auf der Rückseite des Aufbaus der Strombegrenzungseinrichtung befindlichen Deckschicht der Aufbau insgesamt mechanisch stabilisiert. Durch geeignete Wahl der Kunststoff- und Füllstoffmaterialien läßt sich ferner eine hinreichend hohe Spannungsfestigkeit gewährleisten.

Eine derartige einen isolierenden Festkörper darstellende Deckschicht fungiert nämlich während des Schaltvorganges als zusätzlicher Wärmepuffer für die in der Leiterbahn deponierte thermische Energie. Gefüllte Kunststoffmaterialien weisen zudem gegenüber einem flüssigen und vor allen Dingen gasförmigen, turbulent strömenden Kühlmittel wie LN_2 deutlich bessere Wärmeleit-, Wärmespeicher- und Wärmeübergangskoeffizienten auf und verfügen zudem über die erwähnte hohe mechanische Stabilität. Als Folge der verbesserten Wärmeabfuhr aus der Leiterbahn in den aufgebrachten Puffer aus dem Deckschichtmaterial werden lokale Bereiche der Leiterbahnen während der ersten Millisekunde des Schaltvorganges weniger stark erwärmt; d. h. die Temperaturgradienten werden entsprechend reduziert. Somit fällt der lokale Widerstandsbeitrag geringer aus und der stärkere Stromanstieg wird dazu genutzt, Bahnbereiche mit höherem j_c zeitlich früher und bei geringeren anliegenden Nominalspannungen in den resistiven Zustand zu schalten. Im Resultat wird der zur Strombegrenzung nötige Widerstand vermehrt durch die Zunahme von schaltender Fläche denn durch Materialerhitzung erzeugt und somit das Schichtsystem thermisch sowie mechanisch weniger belastet.

Als Deckschichtmaterial werden vorteilhaft bei Raumtemperatur oder bei erhöhter Temperatur aushärtbare, mit dem Füllstoff versehene Isoliermaterialien gewählt, die insbesondere Kunstharze auf Epoxidharzbasis sind. Solche Materialien sind verhältnismäßig leicht und porenfrei auf der Oberfläche der Leiterbahn bzw. des Aufbaus aus Leiterbahn und Trägerkörper aufzubringen und dort auszuhärten.

Vorteilhaft wird der Anteil an Füllstoffmaterial in dem Kunststoffmaterial zwischen 5 und 60 Vol.-% gewählt, falls elektrisch leitendes Füllmaterial vorgesehen ist. Im Fall einer Verwendung von elektrisch nicht-leitendem Füllmaterial kann der Anteil bis 80 Vol.-% betragen. Damit sind nicht nur eine hinreichend mechanische Stabilität des Aufbaus aus Deckschicht und darunterliegender Leiterbahn, sondern auch eine besonders gute Wärmeabfuhr zu gewährleisten.

Vorteilhaft werden als Füllstoffmaterialien mindestens ein Material aus der Gruppe Cu, Ag, Al, deren Legierungen, Metalloxide, insbesondere Al_2O_3 oder Y_2O_3 oder CuO vorgesehen. Mit diesen Materialien ist eine besonders gute Wärmeabfuhr an das kryogene Kühlmittel zu erreichen. Unter dem Gesichtspunkt einer hinreichenden Spannungsfestigkeit sind dabei Füllstoffmaterialien aus elektrisch nicht-leitendem Material besonders geeignet.

Im allgemeinen sollte die mittlere Dicke der Deckschicht zwischen 10 μm und 1 mm liegen. Damit ist zum einen eine hinreichende Kühlung der supraleitenden Leiterbahn möglich; zum anderen wird dem Gesichtspunkt der mechanischen Stabilität hinreichend Rechnung getragen.

Die Materialauswahl für die Deckschicht und insbesondere für die Füllstoffe wird vorteilhaft so gewählt, daß eine

Spannungsfestigkeit der Deckschicht bei Betriebstemperatur des Supraleitermaterials von mindestens 15 kV/mm, vorzugsweise mindestens 20 kV/mm eingehalten wird. Mit an sich gängigen Füllstoffmaterialien und Kunststoffmaterialien sind derartige Werte der Spannungsfestigkeit ohne weiteres zu erreichen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Strombegrenzungseinrichtung gehen aus den übrigen abhängigen Ansprüchen hervor.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird nachfolgend auf die Zeichnung Bezug genommen. Dabei zeigen jeweils schematisch

deren Fig. 1 einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Strombegrenzungseinrichtung sowie

deren Fig. 2 einen Ausschnitt aus einer weiteren Ausführungsform einer solchen Strombegrenzungseinrichtung.

Bei der konkreten Gestaltung der Strombegrenzungseinrichtung nach der Erfindung wird von an sich bekannten Ausführungsformen ausgegangen (vgl. DE 195 20 205 A1 oder EP 0 523 374 A1). Die Strombegrenzungseinrichtung umfaßt deshalb mindestens einen auch als Substrat zu bezeichnenden Trägerkörper, gegebenenfalls wenigstens eine darauf abgeschiedene, auch als Puffer- oder Haftschrift anzusehende Zwischenschicht sowie mindestens eine auf dieser Zwischenschicht aufgebrachte Schicht aus einem HTS-Material. Für den Trägerkörper wird eine Platte oder ein Band oder eine sonstige Struktur aus einem metallischen oder elektrisch isolierenden Material mit einer an sich beliebigen Dicke und den für den jeweiligen Anwendungsfall geforderten Abmessungen verwendet. Als metallische Materialien kommen hierfür alle als Träger für HTS-Materialien bekannten elementaren Metalle oder Legierungen dieser Metalle in Frage. Beispielsweise sind Cu, Al oder Ag oder deren Legierungen mit einem der Elemente als Hauptkomponente oder Stähle wie spezielle NiMo-Legierungen geeignet. Solche Träger müssen im allgemeinen gegenüber dem HTS-Material mit einer Isolationsschicht überzogen sein. Als nicht-metallisches, elektrisch isolierendes Material für den Trägerkörper kommen Keramiken wie mit Y-stabilisiertes ZrO_2 (Abkürzung: "YSZ"), MgO, $SrTiO_3$ oder insbesondere Glasmaterialien in Frage. Die Zwischenschicht kann insbesondere zur Förderung eines texturierten Wachstums des HTS-Materials ausgewählt sein. Deshalb sind beispielsweise als Zwischenschichtmaterial YSZ, CeO_2 , YSZ + CeO_2 (als Doppelschicht), Pr_6O_{11} , MgO, Y + SN-dotiertes In_2O_3 (als Doppelschicht), $SrTiO_3$ oder $La_{1-x}Ca_xMnO_3$ geeignet.

Als HTS-Materialien kommen alle bekannten metalloxidischen Hoch- T_c -Supraleitermaterialien in Frage, die insbesondere eine Kühltechnik mit flüssigem Stickstoff (LN_2) erlauben. Entsprechende Materialien sind beispielsweise $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ bzw. $RBa_2Cu_3O_{7-x}$ (mit R = Seltenes Erdmetall), $HgBa_2CaCu_2O_{6+x}$, $HgBa_2Ca_2Cu_3O_{8+x}$, $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+x}$ oder $(Bi,Pb)_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10+x}$. Diese Materialien stellen nur Grundtypen dar; einzelne ihrer Komponenten können deshalb in an sich bekannter Weise durch geeignete andere Komponenten wenigstens teilweise ersetzt sein. Die aus diesem Material gebildete HTS-Schicht ist zu der mindestens einen Leiterbahn strukturiert. Die Schicht bzw. die Struktur aus dem HTS-Material kann außerdem mit wenigstens einer als Shuntwiderstand dienenden, elektrisch leitenden Schicht aus Metall versehen sein. Geeignete Shuntwiderstandsmaterialien sind solche, die mit dem HTS-Material keine unerwünschten Reaktionen eingehen. Beispiele hierfür sind Ag und Au sowie deren Legierungen mit weiteren Legierungspartnern. Darüber hinaus soll die Leiterbahn, die gegebenenfalls eine derartige metallische Shuntwiderstandsschicht besitzt, mit mindestens einer besonderen, zu-

mindest weitgehend elektrisch isolierenden Deckschicht aus einem Kunststoffmaterial und mit hinreichender Dicke abgedeckt sein. Die Dicke der Deckschicht sollte dabei größer, vorzugsweise mindestens dreimal so groß sein wie die Leiterbahn in dem entsprechenden Oberflächenbereich. Diese Abdeckung braucht nicht nur im Bereich der Leiterbahn vorhanden zu sein. Vielmehr kann sie sich auch auf die gesamte Oberfläche des Aufbaus der Strombegrenzungseinrichtung ein- oder beidseitig erstrecken.

Einen entsprechenden Aufbau einer Strombegrenzungseinrichtung oder eines Teils von derselben zeigt Fig. 1. Diese allgemein mit 2 bezeichnete Strombegrenzungseinrichtung enthält deshalb einen Trägerkörper 3 der Dicke d1, eine gegebenenfalls darauf angeordnete, in der Figur nicht ausgeführte dünne Zwischenschicht bzw. Pufferschicht sowie mindestens eine darauf aufgebrachte, aus einer HTS-Schicht der Dicke d2 gebildete Leiterbahn 4. An ihren Enden ist diese Leiterbahn mit nicht dargestellten Kontaktflächen versehen, an denen weitere Leiter zum Einspeisen bzw. Abführen eines zu begrenzenden Stromes anzuschließen sind. Eine zumindest im Bereich der Leiterbahn auf dieser abgeschiedene isolierende Deckschicht ist mit 5 bezeichnet und hat eine Dicke d3 (im Bereich der Leiterbahn). Diese Deckschicht kann, wie in der Figur dargestellt, auch den gesamten Aufbau abdecken. Wie ferner aus der Figur hervorgeht, kann auch die rückwärtige Seite des Aufbaus mit einer entsprechenden Deckschicht 5' versehen sein. Eine derartige Einbettung des Trägerkörpers beeinflusst die Schaltphase praktisch nicht; sie dient in erster Linie einer weiteren mechanischen Stabilisierung. Die Strombegrenzungseinrichtung 2 bzw. ihre mindestens eine Leiterbahn 4 wird von einem Kühlmittel M wie LN₂ auf der kryogenen Betriebstemperatur gehalten.

Gemäß der Erfindung besteht die Deckschicht 5 (und gegebenenfalls 5') aus einem isolierenden Kunststoffmaterial das zudem insbesondere mit mindestens 5 Vol.-% eines Füllstoffmaterials gefüllt ist. Als isolierendes Kunststoffmaterial kommen insbesondere bei Raumtemperatur oder bei höheren Temperaturen aushärtbare, auch als Ein- oder Mehrkomponentenkleber verwendete Kunststoffe, wie z. B. Epoxidharze in Frage.

Weitere Beispiele geeigneter Kunststoffmaterialien gehen aus der EP 0 488 275 A2 oder der US 3 291 758 hervor. Diese Kunststoffmaterialien werden außerdem noch mit mindestens einem die Wärmeleitfähigkeit erhöhenden Füllstoff aus einem elektrisch leitenden oder insbesondere elektrisch nicht-leitenden Material gefüllt. Aus Gründen einer hohen Spannungsfestigkeit sind elektrisch nicht-leitende Füllstoffmaterialien zu bevorzugen. Deren Anteil liegt dabei im allgemeinen zwischen 5 und 80 Vol.-%. Besonders vorteilhaft ist dabei Al₂O₃ wegen seiner guten thermischen Leitfähigkeit (vgl. z. B. EP 0 386 473 B1). Bei Verwendung von elektrisch leitenden Füllstoffmaterialien liegt deren maximaler Anteil im allgemeinen bei vergleichsweise niedrigeren Werten, insbesondere zwischen 5 und 60 Vol.-%. Beispiele solcher Füllstoffmaterialien sind Cu, Al oder Ag sowie deren Legierungen. Neben dem erwähnten elektrisch nicht-leitenden Füllstoffmaterial Al₂O₃, z. B. in Form von Saphir, kommen insbesondere auch andere Metalloxide wie Y₂O₃ oder CuO in Frage. Die Dicke d3 der Deckschicht 5 bzw. 5' soll dabei zumindest im Bereich der Oberfläche der zugeordneten Leiterbahn 4 so gewählt sein, daß sie größer, vorzugsweise mindestens dreimal so groß wie die Dicke d1 der darunterliegenden Leiterbahn ist.

Gemäß einem konkreten Ausführungsbeispiel ist auf einem Trägerkörper 3 aus einem Aluminosilikat-Glasmaterial mit einer Dicke d1 = 0,4 mm eine HTS-Leiterbahn aus YBa₂Cu₃O_{7-x} der Dicke d2 = 1 µm aufgebracht. Dieser Auf-

bau ist beidseitig mit einer Deckschicht 5 bzw. 5' mit 10%iger Cu-Pulververfüllung und einer Dicke von 10 µm versehen. Die Spannungsfestigkeit dieser Schicht beträgt etwa 20 kV/mm.

Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt aus einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Strombegrenzungseinrichtung 12, deren Trägerkörper 3 beidseitig mit HTS-Leiterbahnen 4 bzw. 4' versehen ist. Entsprechende Ausführungsformen sind prinzipiell bekannt (vgl. z. B. WO 96/10269 A1). Der Trägerkörper besteht wiederum aus einem speziellen Glasmaterial, das beidseitig mit einer dünnen, beispielsweise 0,3 µm dicken Pufferschicht 13 bzw. 13' aus YSZ beschichtet ist. Auf diesen Pufferschichten befindet sich jeweils eine Leiterbahn 4 bzw. 4' aus einem HTS-Material wie z. B. Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+x}. Diese Leiterbahnen sind jeweils von einer dünnen, beispielsweise 0,5 µm dicken Shuntwiderstandsschicht 14 bzw. 14' aus einem normalleitenden Material, wie z. B. Au oder Ag, abgedeckt. Dieser Aufbau ist beidseitig mit einer z. B. 10 µm dicken Deckschicht 5 bzw. 5' aus dem besonderen isolierenden Kunststoffmaterial mit Füllstoffen überzogen.

Patentansprüche

1. Resistive Strombegrenzungseinrichtung mit mindestens einer für einen vorgegebenen Nennstrom ausgelegten Leiterbahn, die
 - metalloxidisches Hoch-T_c-Supraleitermaterial enthält,
 - auf einem Trägerkörper angeordnet ist
 und
 - mit einer Deckschicht aus einem zumindest weitgehend isolierenden Material versehen ist,**dadurch gekennzeichnet**, daß das Material der Deckschicht (5, 5') ein Kunststoff mit mindestens einem die Wärmeleitfähigkeit erhöhenden Füllstoff ist und zumindest der der Oberfläche der mindestens einen Leiterbahn (4, 4') zugeordnete Teil der Deckschicht (5, 5') eine Dicke (d3) hat, die größer ist als die Dicke (d2) der Leiterbahn.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Dicke (d3) der Deckschicht (5, 5'), die mindestens dreimal so groß ist wie die Dicke (d2) der zugeordneten Leiterbahn (4, 4').
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Deckschichtmaterial ein aushärtendes, gefülltes Isoliermaterial ist.
4. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein Kunststoffmaterial aus einem Kunstharz, insbesondere auf Epoxidharzbasis.
5. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein Füllstoffmaterial aus einem Material aus der Gruppe Cu, Ag, Al, deren Legierungen, Metalloxide, insbesondere Al₂O₃ oder Y₂O₃ oder CuO.
6. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Anteil an dem Füllstoffmaterial in dem Kunststoffmaterial zwischen 5 und 60 Vol.-% bei Verwendung eines elektrisch leitenden Füllstoffmaterials und zwischen 5 und 80 Vol.-% bei Verwendung eines elektrisch nicht-leitenden Füllstoffmaterials.
7. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine mittlere Dicke (d3) der Deckschicht (5, 5') zwischen 10 µm und 1 mm.
8. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Spannungsfestig-

keit der Deckschicht (**5, 5'**) bei Betriebstemperatur des Supraleitermaterials von mindestens 15 kV/mm, vorzugsweise mindestens 20 kV/mm.

9. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Deckschichten (**5, 5'**) aus dem gefüllten Kunststoffmaterial zu beiden Seiten des Aufbaus aus Trägerkörper (**3**) und mindestens einer Leiterbahn (**4, 4'**).

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

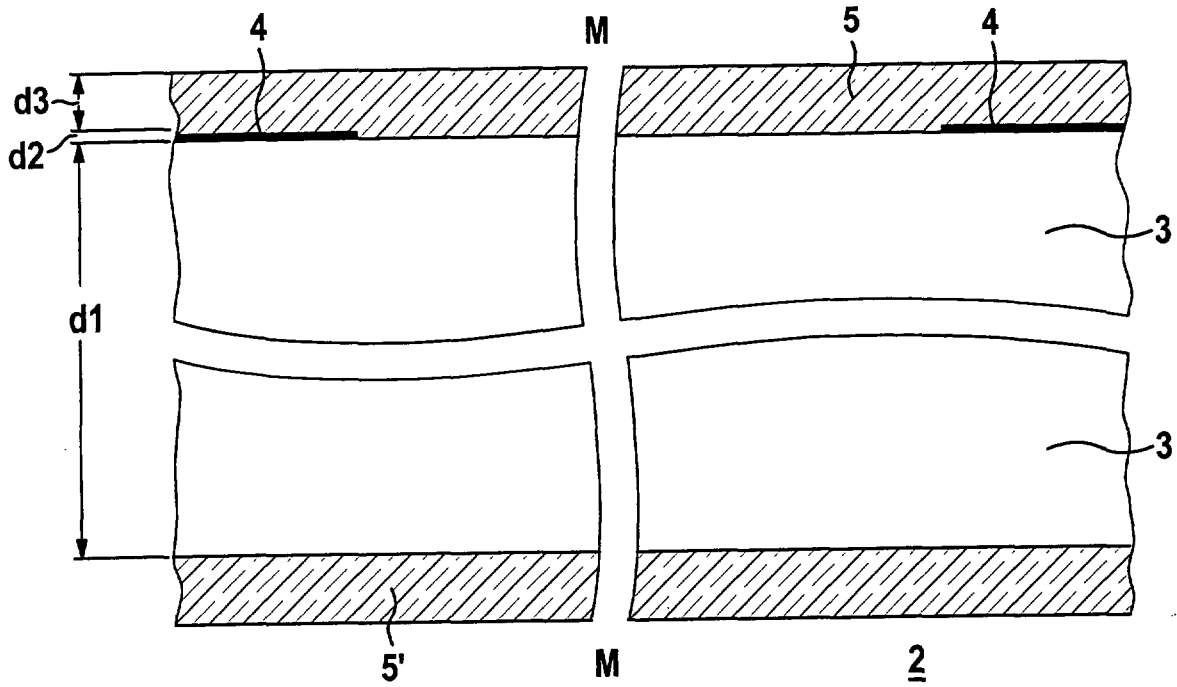


FIG 1

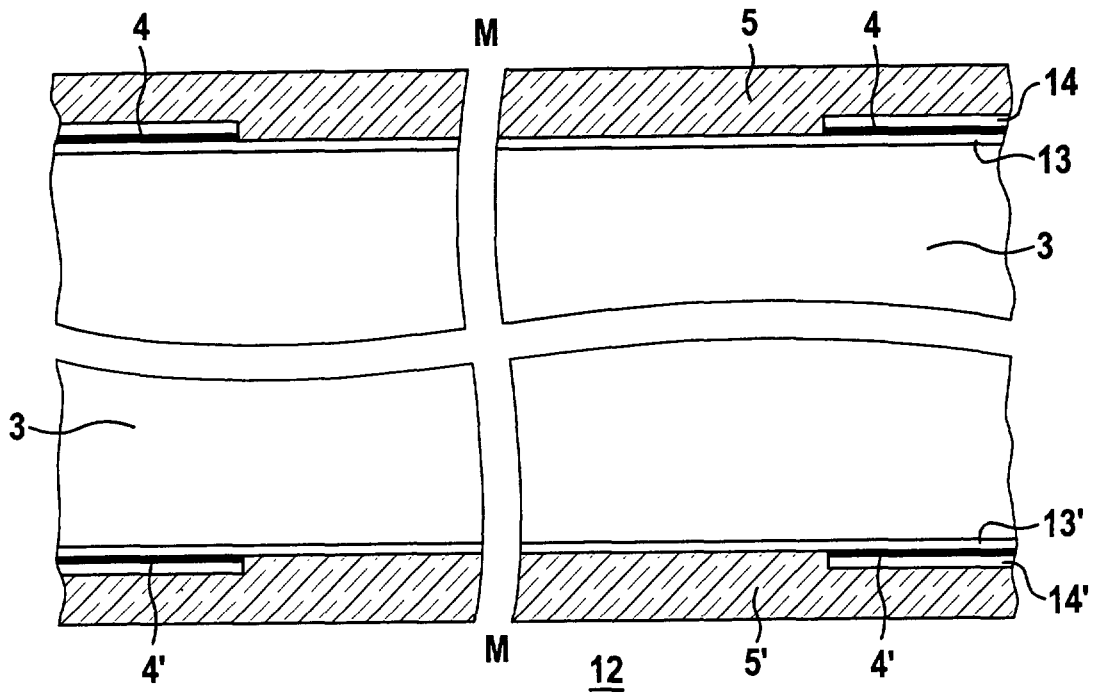


FIG 2