

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 80100644.6

(51) Int. Cl.³: H 01 F 7/22

(22) Anmeldetag: 07.02.80

(30) Priorität: 23.02.79 DE 2907083

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.09.80 Patentblatt 80/18

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH FR GB

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** Berlin
und München
Postfach 22 02 61
D-8000 München 22(DE)

(72) Erfinder: **Weisse, Hanns-Jörg**
Marienbader Strasse 52
D-8520 Erlangen(DE)

(72) Erfinder: **Wohlleben, Karl, Dr.**
Markweg 15
D 8520 Erlangen(DE)

(54) **Magnetwicklung mit stabilisierten Supraleitern.**

(57) Die Erfindung betrifft eine Magnetwicklung mit Windungen aus stabilisierten Supraleitern, die jeweils mehrere unisolierte supraleitende Leiterteile und normalleitendes Material zur Stabilisierung enthalten, in der zwischen den Supraleitern benachbarter Windungen jeweils mindestens ein Isolationselement angeordnet ist. Entsprechende bekannte Magnetwicklungen haben jedoch nur einen begrenzten Packungsfaktor, da der Anteil an Querschnitt des Stabilisierungsmaterials und Isolationsmaterials im Vergleich zum supraleitenden Material verhältnismäßig groß ist. Die Erfindung sieht deshalb vor, daß das Isolationselement (17) zumindest einen Teil des Stabilisierungsmaterials (18) für einen benachbarten Supraleiter (16) enthält, d.h. das Stabilisierungsmaterial des Supraleiters ist zumindest teilweise in das Isolationselement (17) integriert. Die Magnetwicklung kann insbesondere Supraleiter (16) enthalten, deren supraleitende Eigenschaften durch eine in-situ-Glühung entsprechender Leitervorprodukte in der Magnetwicklung gebildet sind (Fig. 2).

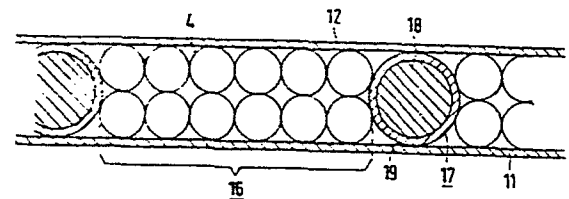


FIG 2

EP 0 014 915 A1

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 79 P 7 5 0 8 EUR

5 Magnetwicklung mit stabilisierten Supraleitern

Die Erfindung bezieht sich auf eine Magnetwicklung mit Windungen aus stabilisierten Supraleitern, die jeweils mehrere unisolierte supraleitende Leiter-
10 teile und normalleitendes Material zur Stabilisierung enthalten, in der zwischen Supraleitern benachbarter Windungen jeweils mindestens ein Isolations-
element angeordnet ist.

15 Eine entsprechende Magnetwicklung ist beispielsweise aus "Proc. of the 6th Int. Conf. on Magn. Techn." (MT-6), Bratislava, CSSR, 29.8. - 2.9.1977, Seiten 996 bis 1001 bekannt.

20 Das supraleitende Material der Leiter dieser bekannten Magnetwicklung kann insbesondere eine intermetallische Verbindung vom Typ A_3B mit A15-Kristallstruktur wie beispielsweise Nb_3Sn oder V_3Ga sein. Solche Leiter

- 2 - VPA 79 P 7 5 0 8 EUR

- haben gute Supraleitungseigenschaften, zeichnen sich durch hohe kritische Werte aus und sind deshalb besonders für Supraleitungsmagnetwicklungen zum Erzeugen starker Magnetfelder geeignet. Neben
- 5 den genannten Binärverbindungen sind auch Ternärverbindungen wie beispielsweise Niob-Aluminium-Germanium $\text{Nb}_3\text{Al}_{0,8}\text{Ge}_{0,2}$ für Leiter solcher Magnetwicklungen besonders interessant.
- 10 Diese intermetallischen Verbindungen sind jedoch im allgemeinen sehr spröde, so daß ihre Herstellung in einer beispielsweise für Magnetspulen geeigneten Form mit Schwierigkeiten verbunden ist. Es sind deshalb besondere Verfahren entwickelt worden, mit
- 15 denen Supraleiter mit dieser A15-Kristallstruktur in Form langer Drähte oder Bänder hergestellt werden können. Bei diesen Verfahren, die insbesondere eine Herstellung von sogenannten Vielkernleitern ermöglichen, wird beispielsweise eine erste Komponente,
- 20 die ein drahtförmiges, duktiles Element der herzustellenden intermetallischen Verbindung ist, mit einer Hülle umgeben, die aus einem duktilen Trägermetall und einer die übrigen Elemente der Verbindung enthaltenden Legierung besteht. Beispielsweise wird
- 25 ein Niob- oder Vanadium-Draht mit einer Hülle aus einer Kupfer-Zinn-Bronze bzw. einer Kupfer-Gallium-Bronze umgeben. Man kann auch eine Vielzahl solcher Drähte in eine Matrix aus der Legierung einlagern. Der so gewonnene Aufbau aus diesen beiden Komponenten
- 30 wird dann einer querschnittsverringenden Bearbeitung unterzogen. Dadurch erhält man ein langes drahtförmiges Gebilde, wie es für Spulen benötigt wird, ohne daß Reaktionen auftreten, die den Leiter verspröden würden. Nach der Querschnittsverringering wird dann das
- 35 aus einem oder mehreren Drahtkernen und dem umgebenden

- 3 - VPA 79 P 7508 EUR

Matrixmaterial bestehende Leitervorprodukt eines
Supraleiters einer Glühbehandlung derart unterzogen,
daß die gewünschte supraleitende Verbindung mit A15-
Kristallstruktur durch eine Reaktion des Kernmaterials
5 mit dem in der umgebenden Matrix enthaltenen weiteren
Element der Verbindung gebildet wird. Das in der
Matrix enthaltene Element diffundiert dabei in das
aus dem anderen Element der Verbindung bestehende
Kernmaterial ein (vgl. deutsche Offenlegungsschrift
10 20 44 660).

Supraleitende ~~Magnetwicklungen~~ aus solchen Supralei-
tern werden im allgemeinen nach zwei verschiedenen
Verfahren hergestellt. Bei dem ersten Verfahren, das
15 auch als "react first-wind then-Verfahren" bezeichnet
wird, wickelt man auf einen provisorischen Wickel-
körper ein Leitervorprodukt des herzustellenden
Supraleiters auf und setzt es dann der erforderlichen
Glühbehandlung zur Bildung der gewünschten supralei-
20 tenden Verbindung aus. Daran anschließend wird der
so hergestellte Supraleiter wieder von dem
provisorischen Wickelkörper abgewickelt und kann
weiterverarbeitet werden. Dabei besteht, insbesondere
beim Wickeln von Magnetwicklungen, allgemein die Gefahr,
25 daß die spröden intermetallischen Verbindungen des
Leiters aufgrund unzulässiger Verformung des Leiters
beschädigt und ihre supraleitenden Eigenschaften
dementsprechend beeinträchtigt werden.

30 Diese Gefahren bestehen bei dem zweiten Verfahren
zur Herstellung der supraleitenden Verbindung aus dem
Leitervorprodukt nicht. Bei diesem Verfahren, das
auch als "wind-and-react-Technik" bezeichnet wird,
bewickelt man zunächst den Spulenkörper des mit der
35 Wicklung zu versehenen Magneten mit dem noch nicht

- 4 - VPA 79 P 7 5 0 8 EUR

durchreagierten Leitervorprodukt des Supraleiters und setzt dann den gesamten so bewickelten Magneten der Diffusionsglühung aus. Diese Glühung wird auch als "in-situ"-Glühung bezeichnet. Bei dieser Ver-
5 fahrungsweise werden alle Schwierigkeiten der Verarbeitung eines spröden Leitermaterials vermieden. Auch ist es so möglich, Spulen mit kleinen Innendurchmessern mit noch verhältnismäßig dicken Leitern zu fertigen. Bei diesem Verfahren müssen je-
10 doch alle zum Bau der Spule verwendeten Materialien die für die Diffusionsglühung erforderlichen hohen Temperaturen, die beispielsweise im Falle von Niob-Zinn bei 700°C liegen können, mehrere Stunden lang aushalten.

15 Eine supraleitende Magnetwicklung muß außerdem gegen eine irreversible Schädigung im Falle eines unbeabsichtigten Überganges vom supraleitenden in den normalleitenden Zustand geschützt werden. Hierzu
20 wird im allgemeinen die in der Wicklung gespeicherte Feldenergie in einen außerhalb der Wicklung liegenden ohmschen Widerstand ausgekoppelt, in dem dann die Energie verbraucht wird (vgl. "Cryogenics", Juni 1964, Seiten 153 bis 165). Als Schutzmaßnahme bei einem
25 solchen, auch als "Quench" bezeichneten Übergang wird im allgemeinen normalleitendes Material hoher elektrischer Leitfähigkeit wie z.B. aus Kupfer oder Aluminium in die Wicklung eingebracht. Mit diesem als Stabilisierung bezeichneten normalleitenden Material
30 kann gewährleistet werden, daß die Energiefreisetzung bei einem Quench verlangsamt wird, wodurch der in der Wicklung umgesetzte Energiebetrag vermindert und schließlich durch ohmsche Erwärmung und Wärmeleitung der Übergang in den normalleitenden Zustand
35 schnell auf die gesamte Wicklung ausgedehnt wird.

Es kann so die Energiefreisetzung in einem einzigen Punkt verhindert werden.

Die Stabilisierung kann z.B. bei monolithischen Supraleitern in den Leiter integriert sein oder bei Leiterseilen bzw. Flechtleitern aus besonderen Stabilisierungssträngen bestehen, die in entsprechender Anzahl gemeinsam mit supraleitenden Einzelleitern verseilt bzw. verflochten sind (vgl. "Kerntechnik", 20. Jahrgang, 1978, Heft 6, Seiten 253 bis 261).

Der zur Stromleitung im Betriebszustand der Magnetwicklung erforderliche supraleitende Leiterquerschnitt des Leiters, der auch als "aktiver" Leiterquerschnitt bezeichnet wird, ist durch den Querschnitt des normalleitenden Stabilisierungsmaterials entsprechend begrenzt. Außerdem sind in einer Magnetwicklung zwischen Leitern in benachbarten Windungen und Lagen Isolations-
teile erforderlich, die das Querschnittsverhältnis zwischen supraleitendem Material in der Wicklung zu nicht-supraleitendem Material weiter vermindern. Dieses als Packungsfaktor bezeichnetes Verhältnis ist somit entsprechend klein.

Dieser Packungsfaktor einer supraleitenden Magnetwicklung wird noch verkleinert, falls Supraleiter vorgesehen werden sollen, die noch sogenannte Diffusionsbarrieren in Form von Schichten aus geeigneten Materialien wie z.B. Tantal enthalten. Mit diesen Diffusionsbarrieren soll verhindert werden, daß bei der Reaktionsglühung von Leitervorprodukten zur Ausbildung der supraleitenden Eigenschaften eine Reaktionskomponente wie beispielsweise Zinn in das Stabilisierungsmaterial diffundiert und so die elektrische Leitfähigkeit dieses Materials beeinträchtigt und außerdem

- 6 - VPA 79 P 7 5 0 8 EUR

zur Bildung der supraleitenden Verbindung des Leiters fehlt. Durch den für die Diffusionsbarrieren erforderlichen Materialquerschnitt wird somit der "aktive" Leiterquerschnitt weiter verringert.

5

Der sogenannte "passive" Leiterquerschnitt ist außerdem noch durch Kupferschichten, die unter Umständen auf den Tantalschichten als Ziehhilfen aufgetragen werden müssen und die bei der Reaktionsglühung durch

10 Eindiffundieren einer Reaktionskomponente wie beispielsweise des Zinn beeinträchtigt werden, sowie durch alle nicht unbedingt erforderlichen Isolationsmaterialien vergrößert.

15 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, eine supraleitende Magnetwicklung anzugeben, die einen verhältnismäßig großen Packungsfaktor hat. Insbesondere soll die Magnetwicklung auch Supraleiter enthalten können, deren supraleitende Eigenschaften nach der
20 wind-and-react-Technik erst in der Wicklung gebildet werden.

Diese Aufgabe wird für die Magnetwicklung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das
25 Isolationselement zumindest einen Teil des Stabilisierungsmaterials für einen benachbarten Supraleiter enthält.

Die Stabilisierung des Leiters, der beispielsweise ein
30 monolithischer Leiter mit in einem Matrixmaterial eingebetteten supraleitenden Filamenten oder ein Leiterseil aus mehreren Einzelleitern, die jeweils ein oder mehrere supraleitende Adern enthalten, sein kann, ist somit teilweise oder vollständig aus dem eigentlichen
35 Leiterquerschnitt in die Windungsisolation verlegt. Die

- 7 - VPA 79 P 7 5 0 8 EUR

damit verbundenen Vorteile bestehen insbesondere darin, daß der von dem normalleitenden Material bisher ausgefüllte Leiterquerschnitt nunmehr auch für supraleitende Leiterteile zur Verfügung steht, d.h. daß der "aktive" 5 Leiterquerschnitt entsprechend vergrößert ist. Außerdem ist auch der Stabilisierungsgrad der Magnetwicklung gegenüber einer entsprechend aufgebauten Magnetwicklung, bei der die Windungsisolation kein Stabilisierungsmaterial enthält, erhöht.

10

Das Stabilisierungsmaterial ist somit innerhalb des Isolationselementes angeordnet. Der an die Dimensionen der benachbarten Supraleiter angepaßte Querschnitt des Isolationselementes ist nämlich im allgemeinen für eine 15 betriebssichere Isolation zwischen Leitern benachbarter Windungen nicht vollständig erforderlich. Somit kann der Anteil des "passiven" Leiterquerschnitts an Isoliermaterial entsprechend verringert sein.

20 Das in die Isolationsteile integrierte Stabilisierungsmaterial kann außerdem vorteilhaft für eine induktive Energieauskopplung aus der Magnetwicklung herangezogen werden.

25 Außerdem wird im Falle einer Imprägnierung der Magnetwicklung das Trainingsverhalten der Wicklung günstig beeinflusst, da bei einem hohen Packungsfaktor entsprechend geringe Anteile an Imprägniermittel zur Fixierung der Leiter der Magnetwicklung erforderlich sind.

30

Gemäß einer Weiterbildung der Magnetwicklung nach der Erfindung können vorteilhaft die supraleitenden Eigenschaften ihrer Supraleiter durch eine in-situ-Glühung entsprechender Leitervorprodukte in der Magnetwicklung 35 gebildet sein. Für solche Leiter sind nämlich keine Diffusionsbarrieren und zusätzlichen Kupferschichten

- 8 - VPA 79 P 7 5 0 8 EUR

als Ziehhilfe erforderlich, da das Stabilisierungsmaterial keinen direkten Kontakt mit dem Material des Leiters hat. Damit ergibt sich neben einer Einsparung von Material- und Fertigungskosten vor allem eine Reduzierung des passiven Leiterquerschnitts und somit eine Erhöhung der effektiven Stromdichte im Leiter und in der Wicklung.

Die Isolationsteile für solche in-situ zu glühenden Magnetwicklungen können insbesondere aus Glas, Quarz oder Keramik sein. Diese Materialien halten nämlich die zur Ausbildung der supraleitenden Eigenschaften der Supraleiter erforderlichen Wärmebehandlung ohne weiteres aus.

Bei einem Verfahren zur Herstellung einer solchen Magnetwicklung wird vorteilhaft eine auf ihren Isolations teilen aufgebrachte Schlichte unmittelbar vor der in-situ-Glühung vollständig aus der Wicklung entfernt. Es kann so bei der Glühung die Entstehung graphithaltiger Rückstände, die zu einer Isolationsverschlechterung führen, vermieden werden.

Weitere Ausbildungen der Magnetwicklung nach der Erfindung sind in den übrigen Unteransprüchen gekennzeichnet.

Anhand der schematischen Zeichnung wird nachfolgend die Erfindung noch weiter erläutert. Dabei ist in Figur 1 ein Teil einer Magnetwicklung mit einem bekannten Supraleiter angedeutet, während in Fig. 2 ein entsprechender Supraleiter für eine Magnetwicklung gemäß der Erfindung dargestellt ist.

In dem in Fig. 1 als Querschnitt dargestellten Ausschnitt aus einer Magnetwicklung ist ein Supraleiter mit annähernd rechteckigem Querschnitt ersichtlich, der beispielsweise dem aus der Veröffentlichung

- 9 - VPA 79 P 7508 EUR

"Kerntechnik", 1978, Seite 260 bekannten Leiter entspricht. Dieser Leiter enthält zwei Lagen aus jeweils sechs nebeneinanderliegenden Leitersträngen, die jeweils etwa gleiche, beispielsweise kreisförmige Querschnittsflächen haben. Acht der mit 4 bezeichneten Leiterstränge sind supraleitende Einzelleiter, deren supraleitende Eigenschaften erst nach dem Aufbau der Magnetwicklung mit einem entsprechenden Leiter- vorprodukt in-situ in der Magnetwicklung durch eine Wärmebehandlung erzeugt werden. Jeder Einzelleiter enthält eine Vielzahl von in einer Matrix eingebetteten supraleitenden Adern, die miteinander verdreht sein können. Die vier übrigen, mit 5 bezeichneten Leiterstränge des Supraleiters 2 enthalten jeweils einen sich entlang des Stranges erstreckenden inneren Bereich 6 aus einem Stabilisierungsmetall, beispielsweise aus Kupfer, der von einer diffusionshemmenden Schicht 7, beispielsweise aus Tantal, umschlossen ist. Diese Schicht 7 ist ihrerseits von einer Außenschicht 8 aus dem Stabilisierungsmetall umgeben. Die acht supraleitenden Einzelleiter 4 sind mit den Stabilisierungsleitern 5 derart zu einem Flachleiter verseilt, daß jeder Strang 4 mit einem Strang 5 in Berührung steht. Das Flachseil ist im allgemeinen zur Kalibrierung auf einen kompakten Rechteckquerschnitt warmgewalzt (vgl. DE-OS 27 36 157). Die damit verbundenen Deformationen der einzelnen Leiterstränge 4 und 5 wurden jedoch in der Figur der Übersichtlichkeit halber weggelassen.

30

Dieser Flachseil-Supraleiter 2 ist innerhalb der Magnetwicklung gegenüber entsprechenden, in der Figur nur angedeuteten Supraleitern 9 und 10 von benachbarten Wicklungslagen jeweils durch eine Lagenisolation 11 bzw. 12 getrennt. Diese Lagen-

35

- 10 - VPA 79 P 7 5 0 8 EUR

isolationen können für in-situ zu glühende Magnetwicklungen vorteilhaft aus Quarzgeweben bestehen.

Außerdem ist der Supraleiter 2 in derselben Wicklungslage von dem Supraleiter 13 einer benachbarten Windung durch ein Isolationselement 14, beispielsweise einen Glasfaden, getrennt. Entsprechende Isolationselemente sind deshalb jeweils zwischen den einander zugewandten Längsseiten benachbarter Supraleiter angeordnet. Ihr Durchmesser ist dabei zweckmäßig gleich dem gegenseitigen Abstand der Lagenisolationen 11 und 12.

Eine aus solchen Supraleitern 2 und Glasfäden 14 aufgebaute Magnetwicklung hat jedoch einen verhältnismäßig begrenzten Packungsfaktor. Sowohl der Querschnitt des Isolationselementes 14 als auch im Betriebsfalle der Querschnitt der Stabilisierungsleiter 5 sind nämlich als passive Leiterquerschnitte anzusehen.

Gemäß der Erfindung ist deshalb vorgesehen, daß das ganze Stabilisierungsmaterial des Supraleiters nicht in dem Flachseil geführt wird, sondern zumindest teilweise in das Isolationselement verlegt ist, das zur Isolation zwischen Supraleitern in benachbarten Windungen einer gemeinsamen Wicklungslage dient. Eine entsprechende Ausführungsform eines solchen Leiters und Isolationselementes ist in Fig. 2 als Querschnitt veranschaulicht. Der mit 16 bezeichnete Flachseilleiter soll die gleichen Leiterdimensionen wie der Leiter 2 gemäß Fig. 1 haben. Er enthält nunmehr zwölf in zwei Lagen angeordnete supraleitende Einzelleiter 4; d.h.

- 11 - VPA 79 P 7 508 EUR

die Stabilisierungsstränge 5 des Leiters 2 gemäß Fig. 1 sind durch entsprechende supraleitende Einzelleiterstränge 4 ersetzt. Das mit 17 bezeichnete Isolationselement enthält bei gleichen Dimensionen wie der Glasfaden 14 nach Fig. 1 einen zentralen Kern 18 aus dem Stabilisierungsmaterial, der von einer Isolierschicht 19 umgeben ist. Diese Isolierschicht kann beispielsweise aus einem Quarzfaden gewickelt sein. Zur Beabstandung zwischen Supraleitern 16 und Isolierelementen 17 von entsprechenden Bauteilen in benachbarten Wicklungslagen dienen die Lagenisolationen 11 und 12 nach Fig. 1.

Diese Isolationsteile 11, 12, 19 für in-situ zu glühende Magnetwicklungen bestehen vorteilhaft aus Glas, Quarz oder Keramik und werden im allgemeinen als Vlies oder Gewebe zur Lagenisolation oder als Umspinnung bzw. Umflechtung oder als parallel zur Windung gelegter Faden zur Isolation benachbarter Windungen vorgesehen. Um diese im allgemeinen sehr spröden Materialien überhaupt handhaben zu können, sind auf ihnen schon bei der Herstellung sogenannte Schichten aufgetragen, welche die Kerbempfindlichkeit herabsetzen und den Zusammenhalt dieser Isolationsteile verbessern sollen. Die Schichten bestehen im allgemeinen aus besonderen Fetten und Stärke. Werden sie vor der Reaktionsglühung des Leitermaterials nicht beseitigt, so zersetzen sie sich bei der Glühung zu Graphit und verschlechtern somit die Isolationseigenschaften der Isolationsteile 11, 12, 19. Die aufgetragenen Schichten werden deshalb vorteilhaft unmittelbar vor der Reaktionsglühung der Leiter in der mit entsprechenden Leitervorprodukten aufgebauten Magnetwicklung aus der Wicklung entfernt. Hierzu kann beispielsweise ein enzymatisches Verfahren vorgesehen

sein, bei dem die in der Schlichte enthaltene Stärke mit Hilfe von Enzymen abgebaut und die Abbauprodukte z. B. mit Wasser ausgewaschen werden. Nach dieser prinzipiell bekannten Verfahrenstechnik wird beispielsweise nach

5 dem Wickeln der Spule und Abdichten des Spulenmantels die Wicklung zunächst bei erhöhter Temperatur, beispielsweise 80°C, mit einem geeigneten fettlösenden Mittel, z.B. einem chlorierten Kohlenwasserstoff wie Tri- oder Perchloräthylen oder Detergentien ent-

10 haltenden wäßrigen Lösungen einige Stunden lang ausgewaschen. Danach werden Lösungsmittelreste durch Ausheizen oder Evakuieren der Wicklung entfernt und die Wicklung auf die Entschlichtungstemperatur aufgeheizt. Bei Verwendung von Hochtemperatur-Entschlichtungsmitteln sind Temperaturen zwischen 95 und 120°C

15 geeignet (Entschlichtungsmittel "Enzylase HT", Firma Diamalt AG, D-8000 München). Nach dem Erreichen dieser Temperatur wird die ebenfalls aufgeheizte Entschlichtungslösung (beispielsweise 1 bis

20 5 g Enzylase HT pro Liter Wasser) unter Druck durch die Wicklung gepreßt, wobei zweckmäßigerweise der Dampfdruck der siedenden Lösung (z.B. etwa 1,4 bar bei 110°C) ausgenutzt wird. Nach dem Entschlichtungsvorgang während einer Zeit von unter 1 Stunde wird

25 die Entschlichtungslösung abgelassen und die Wicklung daran anschließend mit einem leichtflüchtigen, mit Wasser gut mischbaren Lösungsmittel wie z.B. Aceton oder Alkoholen gründlich ausgewaschen. Nach dem Trocknen und Entfernen der die Wicklung ab-

30 dichtenden Bandage kann die Spule in bekannter Weise reaktionsgeglüht werden. Da durch die geschilderte Verfahrensweise sowohl Fette als auch Stärke restlos entfernt werden, kann sich hierbei kein Graphit bilden, und die Isolationsfähigkeit der

35 Isolationsteile bleibt erhalten.

- 13 - VPA 79 P 7 5 0 8 EUR

Im Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren wurde angenommen, daß die Magnetspulenwicklung gemäß der Erfindung zunächst aus noch unreaktierten Leitervorprodukten eines Supraleiters gewickelt und dann die
5 gesamte Magnetspulenwicklung in-situ gegläht wird, um so die erwünschten supraleitenden Materialien durch einem Diffusionsvorgang zu erhalten. Eine Magnetspulenwicklung gemäß der Erfindung kann jedoch ebenso gut auch aus bereits durchreagierten Leitern hergestellt werden. In diesem Falle bietet die
10 Verwendung von Aluminium als Stabilisierungsmaterial insbesondere den Vorteil eines kleinen ohmschen Widerstandes, eines verhältnismäßig geringen Magneto-
widerstandes und die Möglichkeit, durch Aufbringen
15 einer nichtleitenden Schicht, beispielsweise durch Bildung einer Aluminiumoxidschicht, eine besonders dünne Isolierschicht zu erhalten.

Die supraleitenden Leiterteile des Supraleiters für die
20 Magnetwicklung gemäß der Erfindung brauchen außerdem nicht supraleitende Adern von Einzelleitern zu sein. Vielmehr können sie auch supraleitende, in ein Matrixmaterial eingebettete Filamente eines monolithischen Supraleiters sein.

25

Gemäß der Figuren wurde ferner angenommen, daß die Isolation zwischen Supraleitern in benachbarten Windungen einer Wicklungslage durch strangförmige Isolationselemente (17) entsprechender Dicke erfolgt.
30 Sowohl aus Einzelleitern verseilte Leiter als auch monolithische Leiter können jedoch zur gegenseitigen Isolation auch von Isolationsteilen umgeben, beispielsweise umwickelt sein, wobei in diese Isolationsteile die Stabilisierung zumindest teilweise integriert ist.

Patentansprüche

1. Magnetwicklung mit Windungen aus stabilisierten
Supraleitern, die jeweils mehrere unisolierte supra-
5 leitende Leiterteile und normalleitendes Material
zur Stabilisierung enthalten, in der zwischen den
Supraleitern benachbarter Windungen jeweils mindestens
ein Isolationselement angeordnet ist, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß das Isolations-
10 element (17) zumindest einen Teil des Stabilisierungsmaterials (18) für einen benachbarten Supraleiter (16)
enthält.
2. Magnetwicklung nach Anspruch 1, d a d u r c h
15 g e k e n n z e i c h n e t , daß das Isolations-
element (17) einen zentralen Kern (18) aus dem
Stabilisierungsmaterial enthält, der von einer
Isolierschicht (19) umgeben ist.
- 20 3. Magnetwicklung nach Anspruch 2, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß das Isolations-
element (17) einen zentralen Aluminium-Kern (18)
und eine dünne Isolierschicht (19) aus Aluminiumoxid
enthält.
- 25 4. Magnetwicklung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
das Isolationselement (17) mit dem
Supraleiter (16) verbunden ist.
- 30 5. Magnetwicklung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
die Dicke des Isolationselementes (17) an die ent-
sprechende Dicke des benachbarten Supraleiters
35 (16) angepaßt ist.

- 15 - VPA 79 P 7508 EUR

6. Magnetwicklung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, daß
die supraleitenden Eigenschaften der Supraleiter (16)
durch eine in-situ-Glühung entsprechender Leitervor-
5 produkte in der Magnetwicklung gebildet sind.

7. Magnetwicklung nach Anspruch 6, gekennzeichnet -
zeichnet durch Isolationsteile (11, 12, 19)
aus Glas, Quarz oder Keramik.

10

(8. Verfahren zur Herstellung einer Magnetwicklung
nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine auf den Isolationsteilen
(11, 12, 19) aufgebrachte Schlichte unmittelbar vor
15 der in-situ-Glühung vollständig aus der Wicklung
entfernt wird.

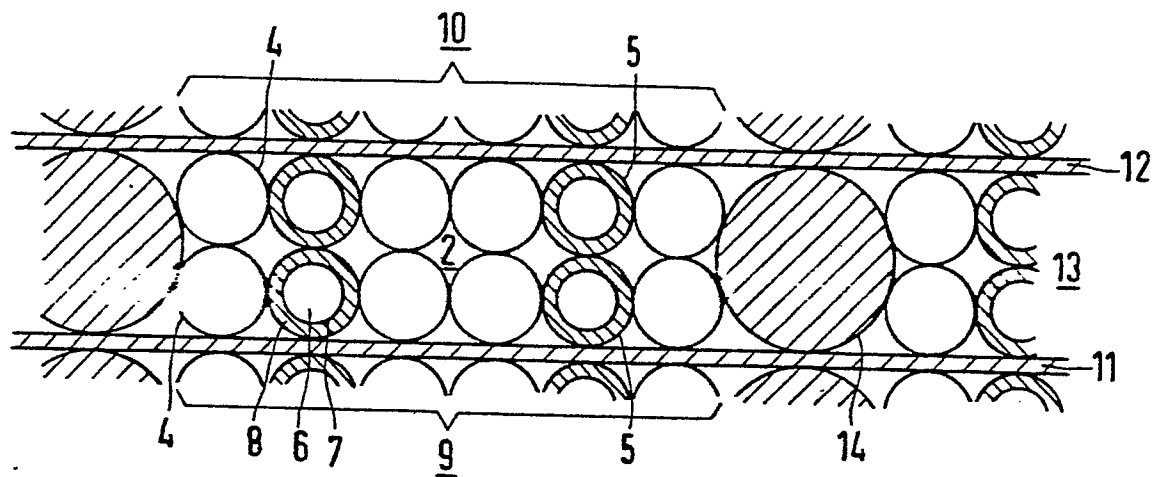


FIG 1

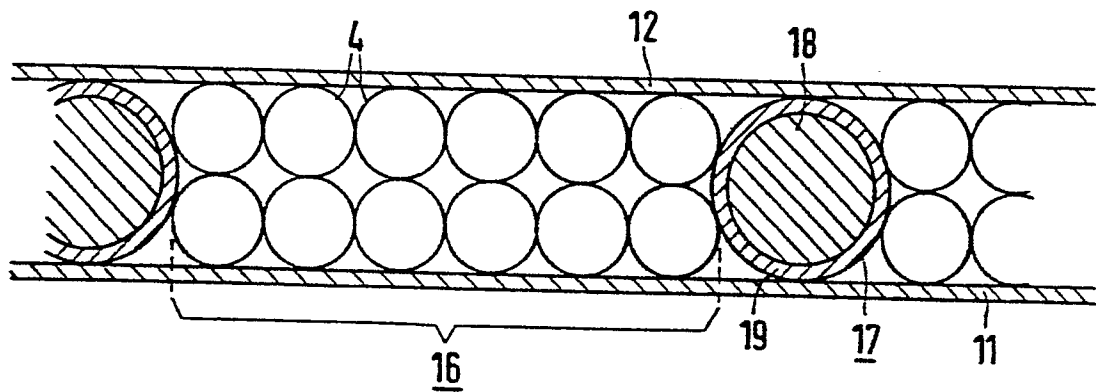


FIG 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 80 10 0644

0014915

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 3)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
	<u>DE - B - 1 564 762 (SIEMENS)</u> * Spalte 3, Zeile 68 bis Spalte 4, Zeile 13 *	1-5	H 01 F 7/22
	--		
	<u>DE - A - 2 040 298 (E. UMLAUF)</u> * Seite 7, Zeilen 8-11 *	1,2,4	
	--		
	<u>DE - A - 2 546 198 (IMPERIAL METAL INDUSTRIES)</u> * Seite 2, Zeile 14 bis Seite 4, Absätze 1-3 *	6,7	RECHERCHENBERICHT SACHGEBIETE, P. C
	--		H 01 F 7/22
A	<u>US - A - 3 363 207 (US ATOMIC ENERGY COMMISSION)</u>		
A	<u>US - A - 3 333 331 (GENERAL ELECTRIC)</u>		
A	<u>DE - E - 1 278 005 (SIEMENS)</u>		
A	<u>DE - A - 1 564 701 (SIEMENS)</u>		

			KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE
			X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
K	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.		
Recherchenor. Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 22-05-1980	Prüfer VANHULLE