



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1  
Patentgesetz der DDR  
vom 27. 10. 1983  
in Übereinstimmung mit den entsprechenden  
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) H 01 F 36/00

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

|      |                       |      |          |      |          |
|------|-----------------------|------|----------|------|----------|
| (21) | DD H 01 F / 342 788 7 | (22) | 06.06.89 | (44) | 12.12.91 |
| (31) | 8801474               | (32) | 08.06.88 | (33) | NL       |
|      | 8901126               |      | 03.05.89 |      |          |

(71) siehe (72)  
(72) Zielinski, Adolf H. A., de Sikkel 56 te, 5384 HS Heesch, NL  
(73) siehe (72)

(54) Verfahren zur Herstellung eines permanent-supraleitfähigen Materials

(55) Material, supraleitfähig, permanent; Wärmebehandlung; Schock, thermisch abkühlen; Zeit, extrem kurz  
(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines permanent-supraleitfähigen Materials, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wärmebehandlung in Form eines „thermischen Schocks“ durchgeführt wird, derart, daß das Material in einer extrem kurzen Zeit stark abgekühlt wird.

## Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung eines permanent-supraleitfähigen Materials, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wärmebehandlung in Form eines „thermischen Schocks“ durchgeführt wird, derart, daß das Material in einer extrem kurzen Zeit stark abgekühlt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmebehandlung, welche der Kristallisationsphase vorangeht, nach dem Glühen oder Backen des leitfähigen Materials derart stattfindet, daß das Material einem großen Temperaturabfall von oberhalb der Kristallisationstemperatur bis weit unter dieselbe ausgesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmebehandlung derart stattfindet, daß das Material einem großen Temperaturabfall ausgesetzt wird und daß während dieses Abkühlens die Polymerisations- oder Verfestigungsphase stattfindet.

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Leiters mit permanent-supraleitenden Eigenschaften, das heißt, eines elektrischen Leiters, welcher keinen ohmschen Widerstand aufweist.

## Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Bei starkem Herabkühlen eines elektrischen Leiters (zum Beispiel Kupfer) auf eine Temperatur von angenähert dem absoluten Nullpunkt, weist der Leiter keinen ohmschen Widerstand mehr auf.

Bei elektrisch leitfähigen Materialien, welche im allgemeinen aus Zusammensetzungen von verschiedenen Elementen in Kombination mit einem der „Seltene-Erden-Metalle“, wie zum Beispiel Yttrium-Barium-Kupferoxid ( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ) oder Lanthan-Strontium-Kupferoxid ( $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ), verschwindet der elektrische Widerstand schon bei angenähert 100° Kelvin.

Die verschiedenen chemischen Elemente, welche in einem speziellen Verhältnis im pulverförmigen Zustand gemischt werden, werden durch die Zuführung von thermischer Energie zu einem Ganzen zusammengefügt. Eine derartige Wärmebehandlung wird als „Glühen“ oder „Backen“ bezeichnet und wird bei einer verhältnismäßig hohen Temperatur (oberhalb der Kristallisationstemperatur) in einem Ofen durchgeführt. Häufig wird zusätzlich zu der Zuführung der thermischen Energie außerdem eine mechanische Energie in der Form eines mechanischen Drucks angewendet, wie zum Beispiel bei einem Sinterungsverfahren.

Nach dem Glühzustand wird der Ofen ausgeschaltet und es wird dem Material ermöglicht in dem Ofen sich über einen Zeitraum von einigen Stunden langsam abzukühlen (siehe IEEE Spectrum, Mai 1988, „Die Supraleitungen“, Arno Nöldechen, Econ-Verlag 1988, Düsseldorf, ISBN 3-430-17155-5).

Die gewöhnlichen Supraleiter, welche entsprechend dem bekannten Verfahren hergestellt werden, weisen den Nachteil auf, daß sie stark abgekühlt werden müssen, um supraleitfähige Eigenschaften zu erhalten und zu behalten, wodurch ihre weitverbreitete Einführung in die Industrie verhindert wurde, insbesondere bei der Anwendung bei bewegbaren Teilen, wie zum Beispiel dem Rotor eines Elektromotors.

## Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, den genannten Nachteil zu überwinden.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren für die Herstellung eines supraleitfähigen Materials zu schaffen, welches auch bei Raumtemperaturen supraleitfähige Eigenschaften aufweist, und welches folglich nicht abgekühlt werden muß.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Herstellung eines permanent-supraleitfähigen Materials gelöst, das dadurch gekennzeichnet ist, daß eine Wärmebehandlung in Form eines „thermischen Schocks“ durchgeführt wird, derart, daß das Material in einer extrem kurzen Zeit stark abgekühlt wird.

Diese Wärmebehandlung, welche der Kristallisationsphase vorangeht, findet nach dem Glühen oder Backen des leitfähigen Materials derart statt, daß das Material einem großen Temperaturabfall von oberhalb der Kristallisationstemperatur bis weit unter dieselbe ausgesetzt wird.

Die Wärmebehandlung kann auch derart stattfinden, daß das Material einem großen Temperaturabfall ausgesetzt wird und daß während dieses Abkühlens die Polymerisations- oder Verfestigungsphase stattfindet.

Der Vorteil derartiger „warmer“ oder permanenter Supraleiter besteht im weiten Bereich ihrer Anwendungsmöglichkeiten, insbesondere in elektrischen Anlagen, welche einen niedrigeren Verbrauch an elektrischer Energie aufweisen.

#### Ausführungsbeispiele

Das Verfahren zur Herstellung eines permanent-supraleitfähigen Materials entsprechend der Erfindung besteht in einem modifizierten Glühprozeß, welcher von dem Glühverfahren, welches bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt allgemein bekannt war, vollkommen verschieden ist.

Entsprechend der Erfindung muß das Material nach dem Glühprozeß, zum Beispiel bei 900°C, vor der Kristallisationsphase einer Wärmebehandlung ausgesetzt werden, welche am besten mit dem Ausdruck „thermischer Schock“ beschrieben wird.

Bei diesem wird das Material innerhalb von Millisekunden von einer Temperatur oberhalb der Kristallisationstemperatur (zum Beispiel 900°C) bis weit unterhalb des Erstarrungspunktes (zum Beispiel 50°K) abgekühlt. Dieses kann zum Beispiel dadurch erreicht werden, daß das Material in flüssigem Stickstoff oder einem anderen geeigneten Medium, welches die Wärme schnell ableiten kann, eingetaucht wird.

Bei der im vorangegangenen betrachteten Wärmebehandlung wird der Spin der Elektroden derart ausgerichtet, daß das Material bei Raumtemperatur keinen ohmschen Widerstand aufweist.

Nur wenn das Material angenähert auf die Curie-Temperatur erwärmt wird, verliert das Material seine supraleitfähigen Eigenschaften.

Abgesehen von metallischen leitfähigen Materialien kann das genannte Verfahren auch bei leitfähigen synthetischen Materialien Anwendung finden, wie zum Beispiel Polymeren auf der Grundlage von Jod und Polyazetaten. Hier muß der Abkühlungsprozeß (thermischer Schock) der Polymerisation oder der Verfestigungsphase vorausgehen.