



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 768 679 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.04.1997 Patentblatt 1997/16

(51) Int. Cl.⁶: **H01B 13/06**

(21) Anmeldenummer: **96115881.3**

(22) Anmeldetag: **04.10.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB GR IT LI NL PT

(30) Priorität: **13.10.1995 DE 19538189**

(71) Anmelder: **ABB
PATENT GmbH
D-68309 Mannheim (DE)**

(72) Erfinder:
• **Börner, Gunter, Dr.
69242 Mühlhausen (DE)**

- **Puhr-Westerheide, Jörg, Dr.
69488 Birkenau (DE)**
- **Huber, Robert, Dr.
68775 Ketsch (DE)**
- **Völker, Wolfgang
68766 Hockenheim (DE)**
- **Nienburg, Hans, Dr.
69121 Heidelberg (DE)**

(74) Vertreter: **Rupprecht, Klaus, Dipl.-Ing. et al
c/o ABB Patent GmbH,
Postfach 10 03 51
68128 Mannheim (DE)**

(54) **Draht und Verfahren zu seiner Herstellung**

(57) Der erfindungsgemäße Draht (1) weist einen als elektrischen Leiter dienenden metallischen Kern (2) auf, der von wenigstens einer elektrisch nicht leitenden Schicht (4, 5, 6) umgeben ist. Der Kern (2) wird vor dem Auftragen der Schichten (4, 5, 6) gereinigt. Anschließend wird darauf eine Innenschicht (4) aus einem reinen organischen Polymer und nachfolgend mindestens ein Überzug (5) aus einem einphasigen organisch/anorganischen Copolymer aufgebracht.

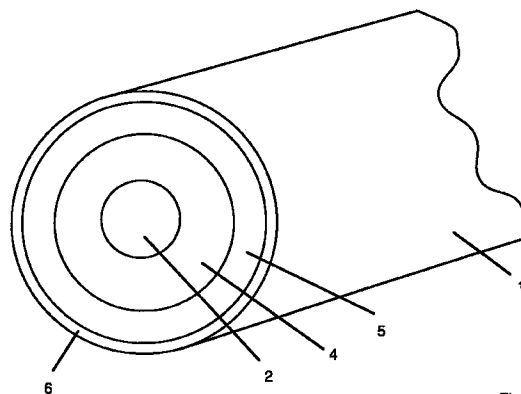


Fig. 1

EP 0 768 679 A2

Beschreibung

Die Erfindung bezieht auf einen Draht mit einem als elektrischen Leiter dienenden metallischen Kern, sowie auf ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Drahts gemäß dem Oberbegriff der Patentansprüche 1, 6 und 15.

Drähte dieser Art kommen beispielsweise bei der Herstellung von Niederspannungsmotoren zum Einsatz, und sind dann erforderlich, wenn diese von Umrichtern gespeist werden. Die bis jetzt verwendeten Drähte weisen einen metallischen Kern auf, der von einem Lack überzogen ist. Die hierfür verwendeten Lacke bestehen aus rein organischen Polymeren in Form von Polyestern, Polyamiden, Polyamid-Imiden oder Polyurethanen, die zur Ausbildung der Lacke in Phenol oder Kresol gelöst werden. Von Nachteil hierbei ist, daß diese Lösungsmittel stark toxisch sind. Diese Polymere selbst sind nur wenig beständig gegenüber Teilentladungen, die ab einer bestimmten Feldstärke an der Drahtoberfläche auftreten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Draht zu schaffen, der gegenüber Teilentladungen beständig ist, sowie ein Verfahren aufzuzeigen, mit dem ein solcher Draht einfach, kostengünstig und zugleich umweltverträglich hergestellt werden kann.

Ein Verfahren, mit dem ein solcher Draht hergestellt werden kann, ist in Patentanspruch 1 bzw. 6 offenbart.

Ein Draht, der die in der Aufgabe gestellten Anforderungen erfüllt, ist in Patentanspruch 15 offenbart.

Der erfindungsgemäße Draht weist einen, den elektrischen Leiter bildenden Kern auf, der von wenigstens einer Innenschicht und mindestens einem darauf aufgetragenen Überzug umgeben ist. Hierdurch wird erreicht, daß der Draht gegen Teilentladungen beständig ist, so daß er besonders gut für den Einsatz in elektrischen Geräten geeignet ist, die von Invertern gespeist werden. Der Kern des Drahtes wird aus Kupfer, Silber, Aluminium, Zink, Zinn oder einer Legierung aus zwei oder mehreren dieser Metalle hergestellt. Zusätzlich wird er mit einem runden oder rechteckigen Querschnitt versehen. Vor dem Auftragen der Innenschicht wird der Kern durch Wärmebehandlung gereinigt. Hierbei werden unter anderem Oxidschichten entfernt, so daß die Haftfestigkeit der nachfolgenden Schichten auf dem Kern verbessert wird. Anschließend wird auf den Kern die Innenschicht aus einem rein organischen Polymer in Form von Polyester, Polyamid, Polyamid-Imid oder Polyurethan aufgetragen. Auf diese Innenschicht wird dann der Überzug aufgebracht. Für die Ausbildung dieses Überzugs wird erfindungsgemäß ein organisch/anorganisches Copolymer verwendet. Es hat sich gezeigt, daß organisch modifizierte keramische Werkstoffe hierfür am besten geeignet sind, da sie besonders gut gegen Teilentladung beständig sind. Der Überzug wird erfindungsgemäß aus einem organisch modifizierten keramischen Werkstoff gefertigt, der hierfür in einem Alkohol oder einem Essigester gelöst wird. Lösungsmittel in Form von Alkoholen oder Essigestern

sind wesentlich weniger toxisch als Phenole und Kresole, die als Lösungsmittel bei der Herstellung von Schichten aus reinen organischen Polymeren verwendet werden. In besonderen Fällen können auch lösungsmittelfreie organisch modifizierte keramische Werkstoffe für die Ausbildung der Überzüge verwendet werden. Die Aushärtung von Schichten aus organisch modifizierten keramischen Werkstoffen erfolgt mittels Wärme. Sie kann jedoch auch mittels UV-, Laser-, Elektronen- oder IR-Strahlung erfolgen. In diesem Fall ist jedoch die zusätzliche Verwendung eines Photoinitiators erforderlich. Die Aushärtung kann zudem auch mittels Wärme und Strahlung durchgeführt werden. Ein Deckschicht aus Paraffin bildet die äußerste Schicht des erfindungsgemäßen Drahts, die nach dem Aushärten auf den Überzug aufgetragen wird.

Bei einer anderen Ausführungsform des Drahts wird auf den metallischen Kern, der in gleicher Weise hergestellt wird wie oben beschrieben, eine Innenschicht aus einem organisch modifizierten keramischen Werkstoff aufgetragen, der wie bereits oben erwähnt gegenüber Teilentladung beständig ist. Diese Innenschicht wird in gleicher Weise aus dem gleichen Werkstoff wie der oben beschriebene Überzug hergestellt. Im Anschluß daran wird auf die vorzugsweise nur teilweise ausgehärtete Innenschicht ein Überzug aus Polyester, Polyamid, Polyamid-Imid oder Polyurethan aufgetragen. Dieser Überzug wird vorzugsweise zusammen mit der Innenschicht während einer Wärmebehandlung vollständig ausgehärtet. Hierdurch wird eine festere und beständigere Verbindung zwischen dem Überzug und der Isolierschicht erzielt. Nach dem Aushärten von Überzug und Isolierschicht wird auf diese ebenfalls eine Deckschicht aus Paraffin aufgetragen. Hiermit lassen sich dynamische und statische Kräfte reduzieren, die beispielsweise beim Wickeln der Drähte auftreten.

Weitere erfindungswesentliche Merkmale sind in den Unteransprüchen offenbart.

Die Erfindung wird nachfolgend an Hand von schematischen Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Draht im Schnitt,
- Fig. 2 eine Variante des erfindungsgemäßen Drahts,
- Fig. 3 die Weibull-Verteilung der Lebensdauer von Drähten unterschiedlicher Herstellungsformen.

Der in Fig.1 dargestellte Draht 1 wird im wesentlichen durch einen Kern 2 aus Metall, eine Innenschicht 4, einen Überzug 5 und eine Deckschicht 6 gebildet. Der Kern 2 kann aus Kupfer, Silber, Aluminium, Zink, Zinn oder einer Legierung aus zwei oder mehreren dieser Metalle hergestellt werden. Zusätzlich wird er mit einem runden oder rechteckigen Querschnitt versehen. Anschließend wird der Kern gereinigt, indem er in einer Dampf-atmosphäre einer Wärmebehandlung bei einer

Temperatur zwischen 300°C und 600°C unterzogen wird. Daraufhin wird auf dem Kern 2 eine Innenschicht 4 mit einer Dicke zwischen 10 µm und 60 µm ausgebildet. Hierfür wird eine Lösung aus einem reinen organischen Polymer gebildet, wobei als Lösungsmittel ein Phenol oder ein Kresol verwendet wird. Als Polymer wird vorzugsweise Polyester, Polyamid, Polyamid-Imid oder Polyurethan verwendet. Die Verwendung solcher Schichten als Überzug von Drähten ist bereits seit langem bekannt. Nach dem Aushärten dieser Innenschicht 4 wird auf diese ein Überzug 5 aufgebracht, der durch ein einphasiges organisch/anorganisches Copolymer gebildet wird. Vorzugsweise wird dafür ein organisch modifizierter keramischer Werkstoff in Form eines Thioetheracrylsilan verwendet. Hierfür werden beispielsweise Tris (2-hydroxyethyl)isocyanurat-triacrylat und 3-Mercaptopropylmethyldimethoxysilan und 10 bis 70 Mol% Tetraethoxysilan bezogen auf das Thioetheracrylsilan als Ausgangskomponenten für die anorganische Kondensation verwendet. Dieser organisch modifizierte keramische Werkstoff ist in der EP-A-0450624 und der EP-A-0451709 ausführlich beschrieben. Für die Ausbildung des Überzugs 5 wird aus dem organisch modifizierten keramischen Werkstoff und einem Essigsäureester in Form von Butyacetat oder 2-Ethoxyethylacetat eine Lösung gebildet. Der Lösung können noch 10 bis 50 Gew% SiO₂ bezogen auf die Menge des verwendeten organisch modifizierten keramischen Werkstoffs zur Erhöhung des anorganischen Anteils beigemischt werden. Das SiO₂ weist eine Teilchengröße zwischen 50 und 100 nm auf. Diese Lösung wird mit Hilfe eines bekannten Beschichtungsverfahrens auf die Innenschicht 4 aufgetragen. Das Auftragen wird so oft wiederholt, bis der Überzug 5 die gewünschte Dicke aufweist. Der fertige Überzug 5 sollte eine Dicke zwischen 5 µm bis 50 µm aufweisen. Der Überzug 5 wird anschließend während einer zeitlich definierten Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 300°C und 600°C ausgehärtet. Die Aushärtung des Überzugs 5 kann auch mittels UV-, Laser-, Elektronen- oder IR-Strahlung erfolgen. In diesem Fall ist jedoch die Verwendung eines zusätzlichen Photoinitiators erforderlich. Eine Kombination von Wärme und Strahlung ermöglicht ebenfalls die Aushärtung des Überzugs 5. Für die Ausbildung des Überzugs 5 können auch andere organisch modifizierte keramische Werkstoffe verwendet werden. Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht auf die Verwendung von Thioetheracrylsilan beschränkt. Auf den ausgehärteten Überzug 5 wird anschließend noch eine Deckschicht 6 aufgetragen, welche die Wickelbarkeit des Drahts 1 verbessert. Für die Ausbildung der Deckschicht 6 wird vorzugsweise Paraffin verwendet. Die Dicke der Deckschicht 6 wird kleiner 1 µm gewählt.

Die Teilentladungsstabilität wurde an erfindungsgemäßen Drähten mit einem Kerndurchmesser von 0,315mm und einer Gesamtdicke der Innenschicht und des Überzugs von 24 µm gemessen. Dabei weist die Innenschicht 4 eine Dicke von 15 µm und der Überzug

5 eine Dicke von 9 µm auf. Messungen wurden ebenfalls an Drähten durchgeführt, die nach bekannten Verfahren hergestellt sind. Die Prüfungen erfolgten an genormten Twistproben mit 23 Schlägen auf eine Länge von 12,5cm. Die Überprüfung der Teilentladungsstabilität erfolgte im Umrichterbetrieb bei einer Wiederholfrequenz der Umrichterpulse von 43,7 kHz und einer Pulsspannung von 1,2 kV bzw. 1,4 kV. Fig. 3 zeigt die Lebensdauer der getesteten Drähte unter Teilentladungsbedingungen in Abhängigkeit der Isolierdicke. Wie Fig. 3 zu entnehmen ist, ist die mittlere Lebensdauer der erfindungsgemäßen Drähte etwa um einen Faktor 34 größer als die Lebensdauer der Drähte, die nach bekannten Verfahren hergestellt sind.

Fig. 2 zeigt eine Variante des in Fig. 1 dargestellten Drahts 1. Dieser wird im wesentlichen durch einen Kern 2 aus Metall, eine Innenschicht 4, einen Überzug 5 und eine Deckschicht 6 gebildet. Der den elektrischen Leiter bildende Kern 2 des Drahts 1 wird in gleicher Weise und aus den gleichen Werkstoffen hergestellt, wie es in der Beschreibung zu Fig. 1 erläutert ist. Auf den gereinigten Kern 2 wird die Innenschicht 4 aufgetragen, die aus einem organisch/anorganischen Copolymer gefertigt wird. Um die Haftfestigkeit der Innenschicht 4 auf dem Kern 2 zu verbessern, kann auf dem gereinigten Kern 2 zunächst eine Zwischenschicht (hier nicht dargestellt) angeordnet werden. Diese wird vorzugsweise aus Epoxidharz, Polyamid oder Polyvinylacetal mit einer Dicke, die nicht größer als 10 µm ist, gebildet. Die Ausbildung der Innenschicht 4 erfolgt unter Verwendung der gleichen Werkstoffe und in gleicher Weise wie die Herstellung des in Fig. 1 dargestellten und in der zugehörigen Beschreibung erläuterten Überzugs 5. Es besteht die Möglichkeit, die Innenschicht 4 zunächst nur teilweise auszuhärten. Im Anschluß daran wird auf die Innenschicht 4 ein Überzug 5 aus Polyester, Polyamid, Polyamid-Imid oder Polyurethan aufgetragen. Der Überzug 5 wird dann zusammen mit der Innenschicht 4 während einer zeitlich definierten Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 300 °C und 600 °C vollständig ausgehärtet. Dadurch, daß der Überzug 5 auf die nur teilweise ausgehärtete Innenschicht 4 aufgetragen wird, kann eine festere und beständigere Verbindung zwischen beiden Schichten 4 und 5 erreicht werden. Nach dem Aushärten der beiden Schichten 4 und 5 wird auf diese ebenso wie bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1 eine Deckschicht 6 beispielsweise aus Paraffin aufgetragen. Hiermit werden dynamische und statische Kräfte reduziert, die beispielsweise beim Wickeln solcher Drähte auftreten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Drahts (1) mit einem als elektrischen Leiter dienenden metallischen Kern (2), der von wenigstens einer elektrisch nicht leitenden Schicht (4, 5, 6) umgeben ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern (2) gereinigt und anschließend darauf wenigstens eine Innen-

schicht (4) aus einem reinen organischen Polymer und nachfolgend mindestens ein Überzug (5) aus einem einphasigen organisch/anorganischen Copolymer aufgebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern (2) aus Kupfer, Silber, Aluminium, Zink, Zinn oder einer Legierung aus zwei oder mehreren dieser Metalle gefertigt und mit einem runden oder rechteckigen Querschnitt versehen wird, daß der Kern (2) anschließend in einer Dampfatmosphäre durch einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 300°C und 600°C gereinigt und daraufhin die Innenschicht (4) und im Anschluß daran der Überzug (5) aufgebracht wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet daß die Innenschicht (4) aus Polyester, Polyamid, Polyamid-Imid oder Polyurethan gebildet und nach dem Auftragen ausgehärtet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Überzug (5) aus einphasigen organisch/anorganischen Copolymeren in Form von organisch modifizierten keramischen Werkstoffen gebildet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Innenschicht (4) eine Lösung bestehend aus einem organisch modifizierten keramischen Werkstoff und wenigstens einem Alkohol oder einem Essigsäureester zur Ausbildung des Überzugs (5) ein oder mehrfach so aufgetragen wird, daß der Überzug (5) nach dem Aushärten eine Dicke zwischen 5 µm und 50 µm aufweist.
6. Verfahren zur Herstellung eines Drahts (1) mit einem als elektrischen Leiter dienenden metallischen Kern (2), der von wenigstens einer elektrisch nicht leitenden Schicht (4, 5, 6) umgeben ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern (2) gereinigt und anschließend darauf wenigstens eine Innenschicht (4) aus einem einphasigen organisch/anorganischen Copolymer und im Anschluß daran ein Überzug (5) aus einem reinen organischen Polymer aufgebracht wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenschicht (4) aus einphasigen organisch/anorganischen Copolymeren in Form von organisch modifizierten keramischen Werkstoffen gebildet und nach dem Auftragen teilweise oder vollständig ausgehärtet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Überzug (5) aus einem reinen organischen Polymer in Form von

Polyester, Polyamid, Polyamid-Imid oder ein Polyurethan gebildet und nach dem Auftragen ausgehärtet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß auf den gereinigten Kern (2) eine Lösung bestehend aus einem organisch modifizierten keramischen Werkstoff und wenigstens einem Alkohol oder einem Essigsäureester zur Ausbildung der Innenschicht(4) ein oder mehrfach so aufgetragen wird, daß der Innenschicht (4) nach dem Aushärten eine Dicke zwischen 10 µm und 60 µm aufweist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 und 6 bis 9 dadurch gekennzeichnet, daß zur Ausbildung der Innenschicht (4) oder des Überzugs (5) aus einem organisch modifizierten keramischen Werkstoff ein Thioetheracrylsilan verwendet wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 und 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Lösung zur Ausbildung der Innenschicht (4) oder des Überzugs (5) 10 bis 50 Gew% SiO₂ bezogen auf die Menge des verwendeten organisch modifizierten keramischen Werkstoffs zur Erhöhung des anorganischen Anteils beigemischt werden, und daß das SiO₂ eine Teilchengröße zwischen 50 und 100 nm aufweist.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 und 6 bis 11 dadurch gekennzeichnet, daß die aus einem organisch modifizierten keramischen Werkstoff gefertigten Innenschichten (4) oder Überzüge (5) thermisch während einer zeitlich definierten Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 300°C und 600°C oder unter Verwendung wenigstens eines Photoinitiators mittels UV-, Laser-, Elektronen- oder IR-Strahlung bzw. mittels Wärme und Strahlung ausgehärtet werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 und 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenschicht (4) und/oder der Überzug (5) aus einem lösungsmittelfreien organisch modifizierten keramischen Werkstoff bei einer erhöhten Temperatur zwischen 70°C und 130°C oder einem lösungsmittelfreien oligomeren organisch modifizierten keramischen Werkstoff gebildet wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 dadurch gekennzeichnet, daß auf den Überzug (5) eine Deckschicht (6) aus Paraffin mit einer Dicke < 1µm als letzte nach außen begrenzende Schicht aufgetragen wird.
15. Draht mit einem als elektrischen Leiter dienenden metallischen Kern (2), der von wenigstens einer elektrisch nicht leitenden Schicht (4, 5, 6) umge-

ben ist, dadurch gekennzeichnet, daß auf den gereinigten Kern (2) wenigstens eine Innenschicht (4) und darauf mindestens ein Überzug (5) aufgetragen ist.

5

16. Draht nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern (2) aus Kupfer, Silber, Aluminium, Zink, Zinn oder einer Legierung aus zwei oder mehreren dieser Metalle gefertigt und mit einem runden oder rechteckigen Querschnitt versehen ist, und daß auf den Kern (2) eine Innenschicht (4) aus einem reinen organischen Polymer oder aus einem einphasigen organisch/anorganischen Copolymer aufgebracht und darauf mindestens ein Überzug (5) aus einem reinen organischen Polymer oder aus einem einphasigen organisch/anorganischen Copolymer aufgetragen ist. 10 15
17. Draht nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß als Innenschicht (4) oder als Überzug (5) ein einphasiges organisch/anorganisches Copolymer in Form eines organisch modifizierten keramischen Werkstoffs aufgetragen ist. 20 25
18. Draht nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß als Innenschicht (4) oder als Überzug (5) ein Polymer in Form von Polyestern, Polyamiden, Polyamid-Imiden oder Polyurethanen aufgetragen ist. 30
19. Draht nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß eine Deckschicht (6) aus Paraffin mit einer Dicke $< 1\mu\text{m}$, als letzte nach außen begrenzende Schicht auf den Überzug (5) aufgetragen ist. 35

40

45

50

55

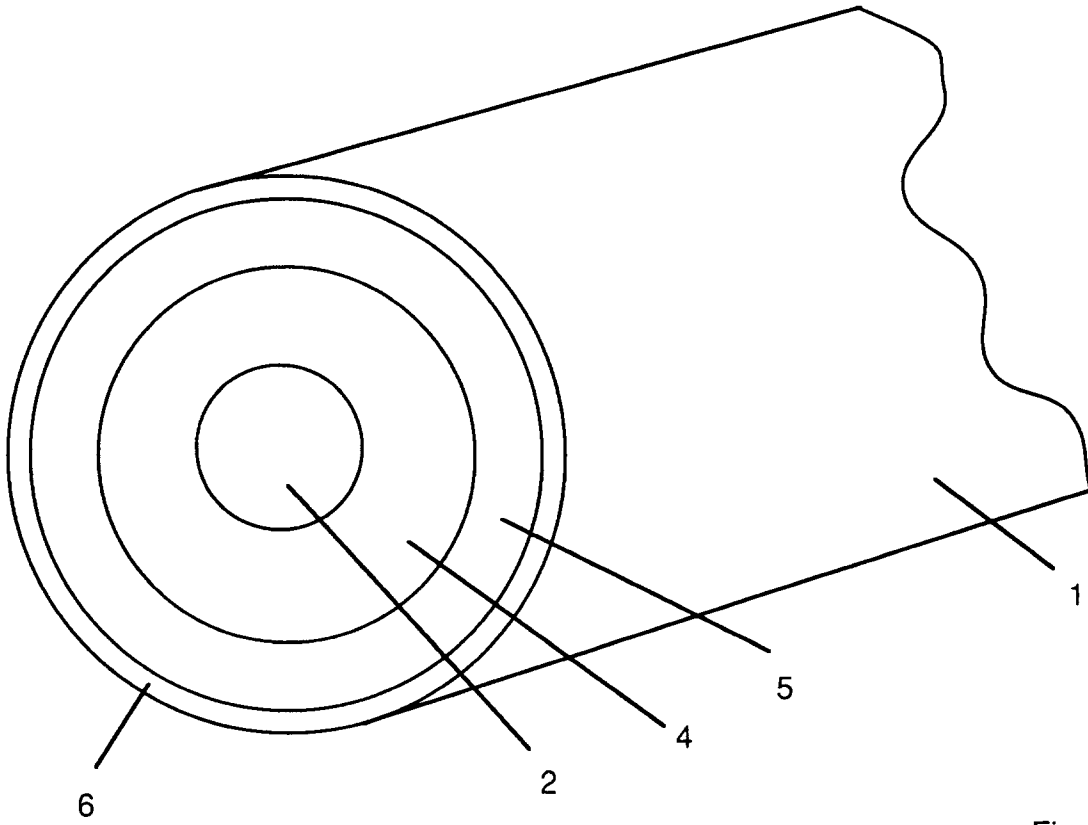


Fig. 1

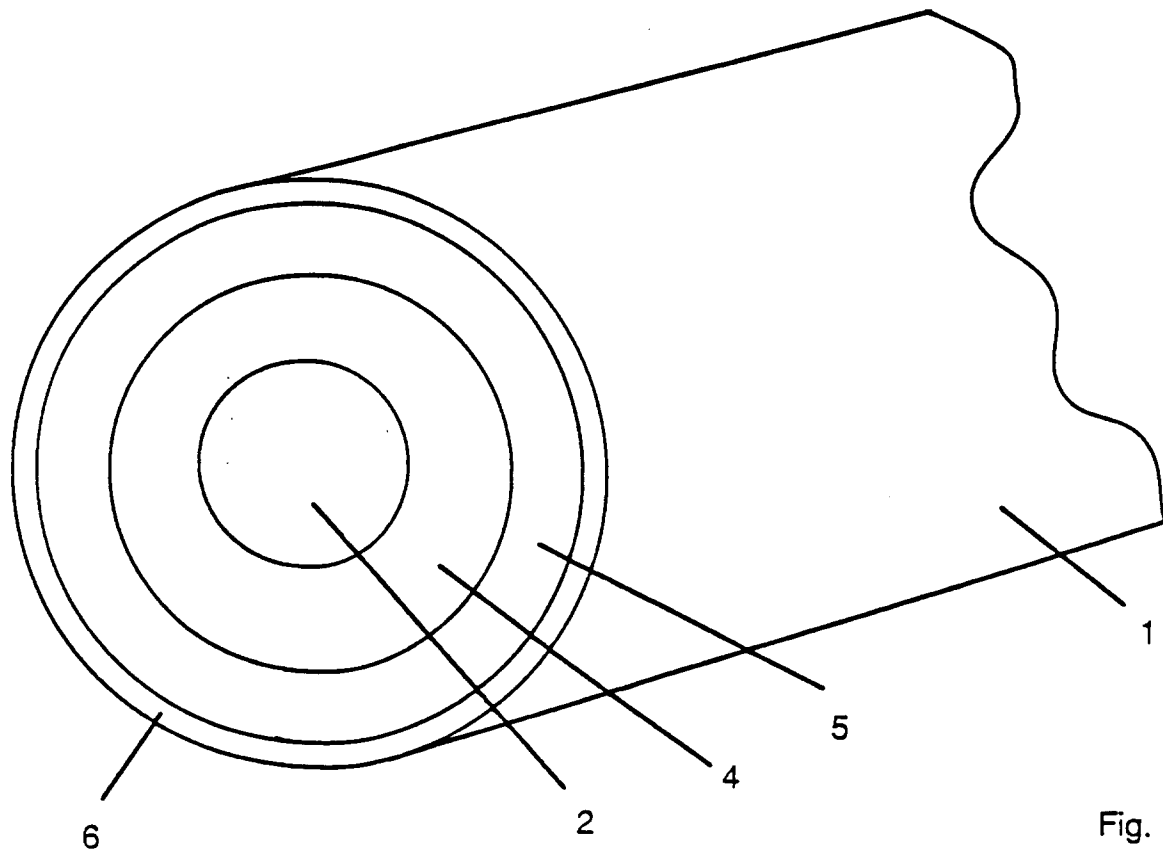


Fig. 2

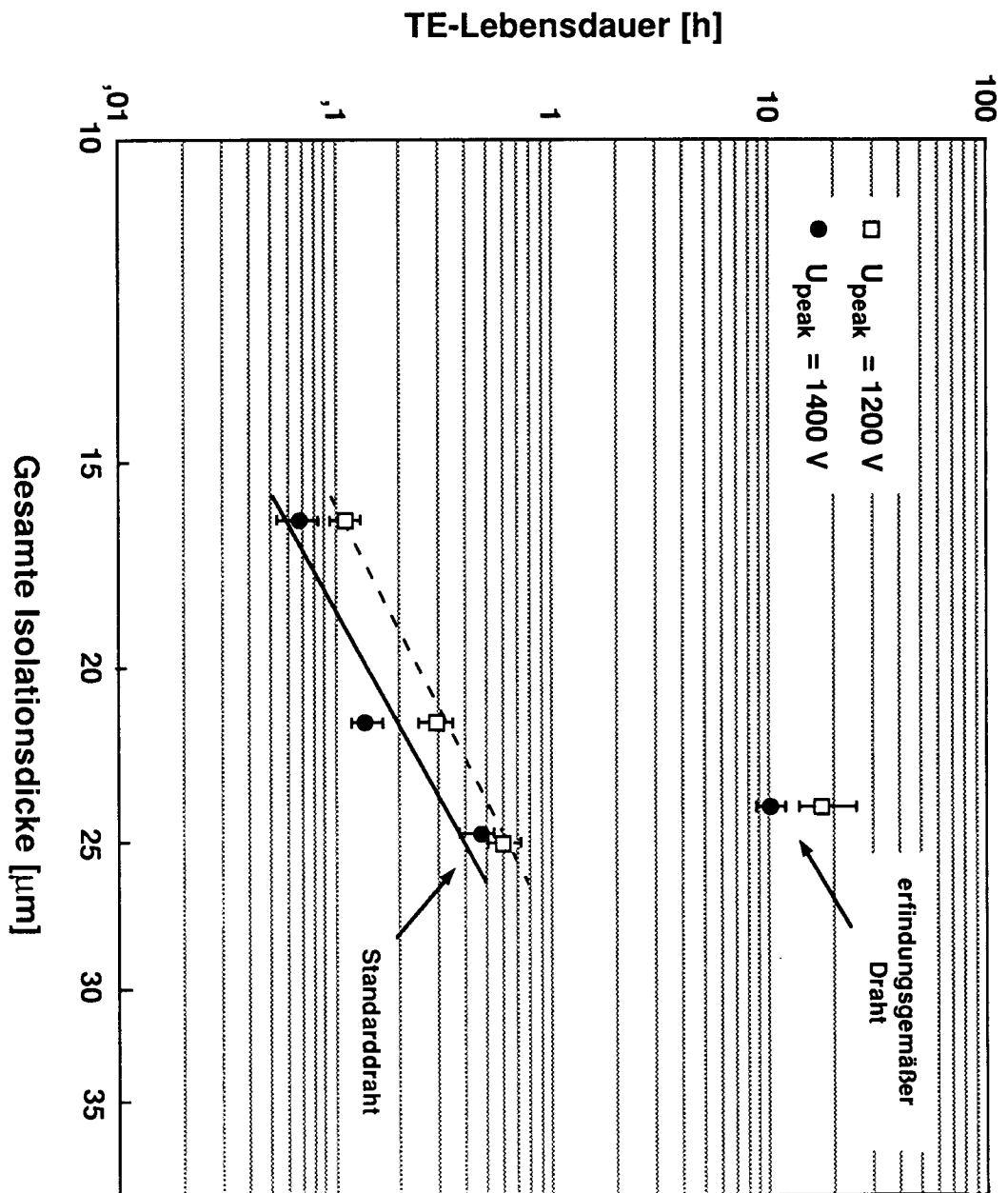


Fig. 3