

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 768 680 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

16.04.1997 Patentblatt 1997/16

(51) Int. Cl.⁶: **H01B 13/06**

(21) Anmeldenummer: **96115883.9**

(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 19538190**

(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 Drahts (1) weist einen als elektrischen Leiter dienenden metallischen Kern (2), der von wenigstens einer elektrisch nicht leitenden Schicht (3, 4, 5, 6) umgeben ist. Vor dem Auftragen der Schichten (3, 4, 5, 6) wird der Kern (2) gereinigt. Anschließend wird der Kern (2) direkt oder unter Zwischenfügen einer Zwischenschicht (3) mit wenigstens einem Überzug (4) aus einem einphasigen organisch/anorganischen Copolymer beschichtet.

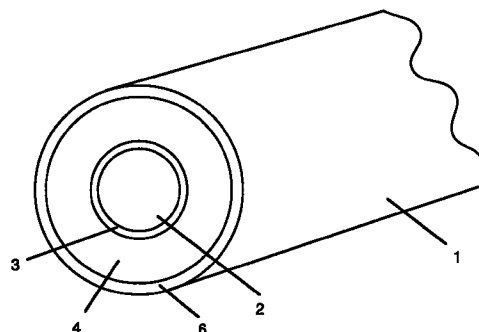


Fig. 1

EP 0 768 680 A2

Beschreibung

Die Erfindung bezieht auf einen Draht mit einem als elektrischen Leiter dienenden metallischen Kern, sowie auf ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Drahtes gemäß dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 13.

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 die Lösungsmittel stark toxisch sind. Die Polymere selbst sind nur wenig beständig gegenüber Teilentladungen, die ab einer bestimmten Feldstärke an der Drahtoberfläche auftreten.

Der Erfindung liegt deshalb 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 offenbart.

Ein Draht, der die in der Aufgabe gestellten Anforderungen erfüllt, ist in Patentanspruch 13 offenbart.

Der erfindungsgemäße Draht weist einen, den elektrischen Leiter bildenden Kern auf, der direkt oder unter Zwischenfügen einer Zwischenschicht von einem Überzug umgeben ist. Dieser weist den Vorteil auf, daß er gegen Teilentladungen beständig ist, die während des Betriebs der Drähte mit einem Inverter auftreten. 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 des Überzugs wird der Kern gereinigt und gegebenenfalls einer Wärmebehandlung unterzogen. Hierbei werden unter anderem Oxidschichten entfernt, so daß die Haftfestigkeit der nachfolgenden Schichten auf dem Kern verbessert werden. Um die Haftfestigkeit und die Verbindung der nachfolgenden Schichten mit dem Kern weiter zu verbessern, kann auf den Kern zunächst eine Zwischenschicht in Form eines Epoxidharzes, eines Polyamids oder eines Polyvinylacetals in einer vorgegebenen Dicke, die nicht größer als 10 µm ist, aufgetragen werden. Falls zwischen dem Kern und den aufzutragenden Schichten auf Grund einer geeigneten Wahl der Werkstoffe eine ausreichende Haftfestigkeit zu erwarten ist, kann auf die Zwischenschicht verzichtet werden. Bei Verwendung einer Zwischenschicht wird auf diese dann der Überzug aufgetragen. Für die Ausbildung des Überzugs wird erfindungsgemäß ein organisch/anorganisches Copolymer verwendet. Es hat sich gezeigt, daß organisch modifizierte keramische Werkstoffe, hierfür am besten geeig-

net sind. Für die Ausbildung des auf den Kern aufzutragenden Überzugs werden die organisch modifizierten keramischen Werkstoffe in Alkoholen oder in Essigestern gelöst. Diese Lösungsmittel haben den Vorteil, daß sie deutlich weniger toxisch sind als Phenole und Kresole, die für Standardlacke verwendet werden. In besonderen Fällen können auch lösungsmittelfreie organisch modifizierte keramische Werkstoffe für die Ausbildung der Überzüge verwendet werden. Erfindungsgemäß weisen die auf einem Kern auszubildenden Überzüge eine Dicke zwischen 10 µm und 70 µm auf. Die Überzüge lassen sich nach dem Auftragen mittels Wärme aushärten. Die Aushärtung kann auch mittels UV-, Laser-, Elektronen- oder IR-Strahlung erfolgen. In diesem Fall ist jedoch die zusätzliche Verwendung eines zusätzlichen Photoinitiators erforderlich. Die Aushärtung kann jedoch auch mittels Wärme und Strahlung durchgeführt werden. Ein Deckschicht aus Paraffin bildet die äußerste Schicht des erfindungsgemäßen Drahts.

Bei einer anderen Ausführungsform des Drahts wird auf den metallischen Kern, der in gleicher Weise hergestellt wird wie oben beschrieben, direkt oder unter Zwischenfügen einer Zwischenschicht ein Überzug in Form eines organisch modifizierten keramischen Werkstoffs aufgetragen, der gegenüber Teilentladung beständig ist. Im Anschluß daran wird auf den vorzugsweise nur teilweise ausgehärteten Überzug eine zusätzliche Isolierschicht aus Polyester, Polyamid, Polyamid-Imid oder Polyurethan aufgetragen. Die Isolierschicht wird vorzugsweise zusammen mit dem Überzug 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 gekennzeichnet.

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 Herstellungsform.

Der in Fig. 1 dargestellte Draht 1 wird im wesentlichen durch einen Kern 2 aus Metall und einem Überzug 4 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. Um die Haftfestigkeit und die Verbindung der nachfolgenden Schichten mit dem Kern 2 zu verbessern, wird auf diesen zunächst eine Zwischenschicht 3 in Form eines Epoxidharzes, eines Polyamids oder eines Polyvinylacetats in einer Dicke zwischen 1µm und 10µm aufgetragen. Falls zwischen dem Kern und den aufzutragenden Schichten auf Grund einer geeigneten Wahl der Werkstoffe eine ausreichende Haftfestigkeit zu erwarten ist, kann auf die Zwischenschicht verzichtet werden. Bei Verwendung einer Zwischenschicht 3 wird auf diese dann der Überzug 4 aufgetragen. Für die Ausbildung des Überzugs 4 wird erfindungsgemäß ein einphasiges organisch/anorganisches Copolymer verwendet. Es hat sich gezeigt, daß organisch modifizierte keramische Werkstoffe hierfür am besten geeignet sind. Bei dem in Fig. 1 gezeigten Draht wird der Überzug aus einem Thioetheracrylsilan gefertigt. Hierfür werden Tris (2-hydroxyethyl)isocyanurat-triacrylat und 3-Mercaptopropylmethyldimethoxysilan sowie 10 bis 70 Mol% Tetraethoxysilan bezogen auf das Thioetheracrylsilan als Ausgangskomponenten für die anorganische Kondensation verwendet. Dieses einphasige organisch/anorganische Copolymer ist in der EP-A-0450624 und der EP-A-0451709 ausführlich beschrieben. Für die Ausbildung des Überzugs 4 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 Zwischenschicht 3 aufgetragen. Das Auftragen wird so oft wiederholt, bis der Überzug 4 die gewünschte Dicke aufweist. Diese sollte bei dem fertigen Überzug 4 zwischen 10 µm und 70µm betragen. Der Überzug 4 wird anschließend während einer zeitlich definierten Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 300°C und 600°C ausgehärtet. Die Aushärtung des Überzugs 4 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 4. Für die Ausbildung des Überzugs 4 können auch andere organisch modifizierte keramische Werkstoff verwendet werden. Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht auf die Verwendung von Thioetheracrylsilan beschränkt. Auf den ausgehärteten Überzug 4 wird anschließend noch eine Deckschicht 6 aufgetragen, welche die Wickelbarkeit des Drahts verbessert. Für die Ausbildung der Deckschicht 6 wird vorzugsweise Paraffin verwendet. Die Dicke der Deckschicht 6 wird kleiner 1µm gewählt. Die Teilentladungsstabilität wurde an erfindungsgemäßen Drahten mit einem Kerndurchmesser von 0,315mm und

einer Dicke der auf den Kern aufgetragenen Schichten von 17µm, sowie an Drahten, die nach bekannten Verfahren hergestellt sind, gemessen. Die Prüfungen erfolgte 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. Fig. 3 zeigt die Weibull-Verteilung der Lebensdauer der getesteten Drähte unter Teilentladungsbedingungen mit 1130V Peakspannung. Wie Fig. 3 zu entnehmen ist, ist die mittlere Lebensdauer der erfindungsgemäßen Drähte etwa um einen Faktor 60 größer als die Lebensdauer der Drähte, die nach bekannten Verfahren hergestellt sind.

Fig. 2 zeigt eine Variante des in Fig. 1 dargestellten Drahts. Der Unterschied zwischen beiden Drahten 1 besteht lediglich in einer zusätzlichen Isolierschicht 5, die unmittelbar auf die Oberfläche des Überzugs 4 aufgetragen ist. Gleiche Bauteile sind deshalb mit gleichen Bezugszeichen versehen. 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 behandelten Kern 2 wird direkt oder unter Zwischenfügen einer Zwischenschicht 3 der Überzug 4 aufgetragen. Die Ausbildung des Überzugs 4 erfolgt auch hierbei in der gleichen Weise wie in der zu Fig. 1 gehörenden Beschreibung erläutert. Abweichend von dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 wird der Überzug 4 hierbei während der Wärmebehandlung nur teilweise ausgehärtet. Im Anschluß daran wird auf den Überzug 4 die Isolierschicht 5 aus Polyester, Polyamid, Polyamid-Imid oder Polyurethan aufgetragen. Die Isolierschicht 5 wird zusammen mit dem Überzug 3 während einer zeitlich definierten Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 300 °C und 600 °C vollständig ausgehärtet. Dadurch, daß die Isolierschicht auf den nur teilweise ausgehärteten Überzug aufgetragen wird, kann eine festere und beständigere Verbindung zwischen beiden Schichten 4 und 5 erreicht werden. Nach dem Aushärten von Überzug 4 und Isolierschicht 5 wird auf diese ebenso wie bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1 eine Deckschicht 6 beispielsweise aus Paraffin aufgetragen. Hiermit können dynamische und statische Kräfte reduziert werden, die beispielsweise beim Wickeln solcher Drähte 1 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 (3, 4, 5, 6) umgeben ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern (2) gereinigt und anschließend direkt oder unter Zwischenfügen einer Zwischenschicht (3) mit wenigstens einem Überzug (4) aus einem einphasigen organisch/anorganischen Copolymer beschichtet und der Überzug (4) daraufhin ausgehärtet 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 Dampfatmosfera durch einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 300°C und 600°C gereinigt und im Anschluß daran direkt oder unter Zwischenfügen einer Zwischenschicht (3) mit dem Überzug (4) aus einem einphasigen organisch/anorganischen Copolymer versehen wird. 5
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß auf den gereinigten Kern (2) direkt oder unter Zwischenfügen einer Zwischenschicht (3) eine Lösung bestehend aus einem organisch modifizierten keramischen Werkstoff und wenigstens einem Alkohol oder einem Essigsäureester zur Ausbildung des Überzugs (4) ein oder mehrfach aufgetragen wird. 10 15
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Lösung 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 auf. 20 25 30
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, daß der organisch modifizierte keramische Werkstoff so oft aufgetragen wird bis der Überzug (4) eine Dicke zwischen 10 µm und 70 µm aufweist. 35
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ausbildung des Überzugs (4) ein organisch modifizierter keramischer Werkstoff in Form eines Thioetheracrylatsilans verwendet wird. 40
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Überzug (4) 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 wird. 45 50
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Überzug (4) aus einem lösungsmittelfreien organisch modifizierten keramischen Werkstoff bei einer Temperatur zwischen 70°C und 130°C oder einem lösungsmittelfreien oligomeren organisch modifizierten keramischen Werkstoff gebildet wird. 55
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Zwischenschicht (3) in Form eines Epoxidharzes, eines Polyamids oder eines Polyvinylacetals auf den Kern (4) in einer Dicke zwischen 1 µm und 10 µm aufgetragen wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Kern (2) ein Überzug (4) in Form eines organisch modifizierten keramischen Werkstoffs aufgetragen und im Anschluß daran auf den Überzug (4) eine Isolierschicht (5) in Form von Polyestern, Polyamiden, Polyamid-Imiden oder Polyurethanen aufgebracht wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10 dadurch gekennzeichnet, daß der Überzug (4) vor dem Auftragen der Isolierschicht (5) nur teilweise ausgehärtet und zusammen mit der Isolierschicht (5) während einer zeitlich definierten Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 300°C und 600°C vollständig ausgehärtet wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Überzug (4) oder die Isolierschicht (5) eine Deckschicht (6) aus Paraffin mit einer Dicke < 1 µm als letzte nach außen begrenzende Schicht aufgetragen wird.
13. Draht mit einem als elektrischen Leiter dienenden metallischen Kern (2), der von wenigstens einer elektrisch nicht leitenden Schicht (3, 4, 5, 6) umgeben ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern (2) einen definierten Querschnitt aufweist und aus einem sehr gut elektrisch leitenden Metall gefertigt ist, und daß der Kern (2) direkt oder unter Zwischenfügen einer Zwischenschicht (3) mit wenigstens einem Überzug (4) aus einem organisch/anorganischen Copolymer beschichtet ist.
14. Draht nach Anspruch 13, 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) direkt oder unter Zwischenfügen einer Zwischenschicht ein Überzug (4) in Form eines organisch modifizierten keramischen Werkstoffs in Form eines Thioetheracrylatsilans aufgetragen ist.
15. Draht nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenschicht (3) aus einem Epoxidharz, einem Polyamid oder einem Polyvinylacetal besteht und 1 µm bis 10 µm dick auf den Kern (2) aufgetragen ist.

16. Draht nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Kern (2) ein Überzug (4) in Form eines organisch modifizierten keramischen Werkstoffs aufgetragen ist, und daß unmittelbar auf den Überzug (4) eine Isolierschicht (5) in Form von Polyestern, Polyamiden, Polyamid-
imiden oder Polyurethanen aufgebracht ist. 5
17. Draht nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß eine Deckschicht (6) aus Paraffin mit einer Dicke $< 1\mu\text{m}$, als letzte nach außen begrenzen-
de Schicht auf den Überzug (4) oder die Isolierschicht (5) aufgetragen ist. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

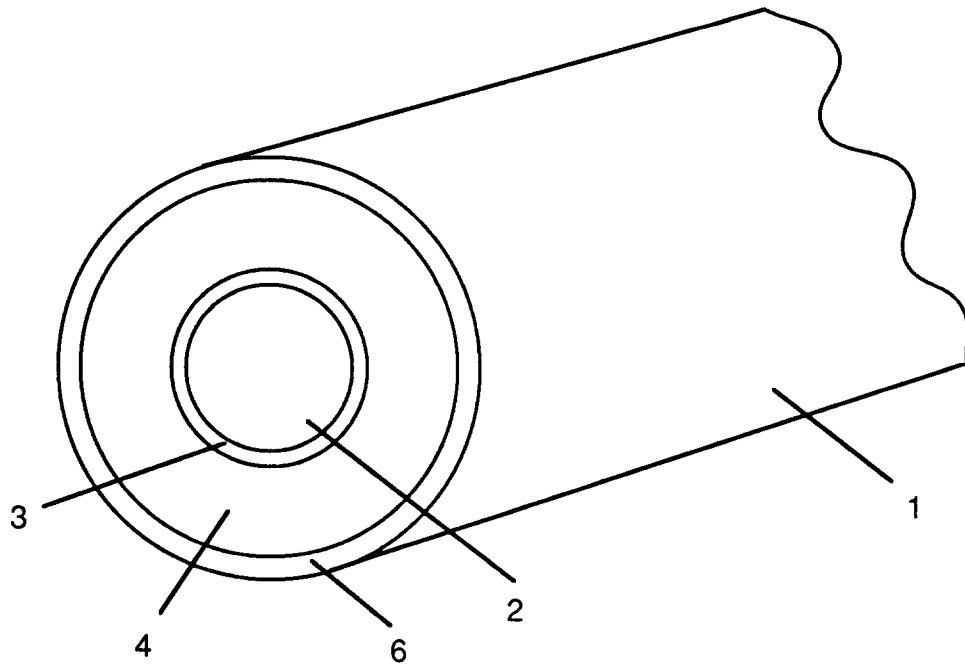


Fig. 1

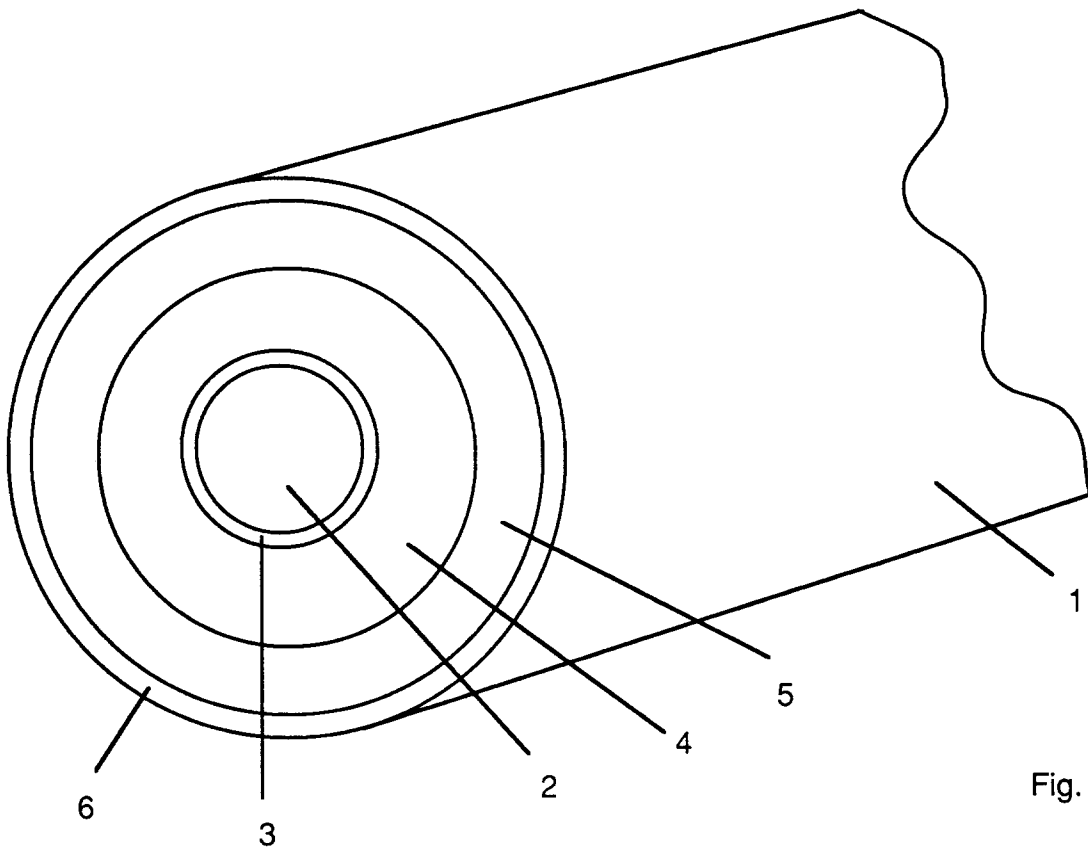


Fig. 2

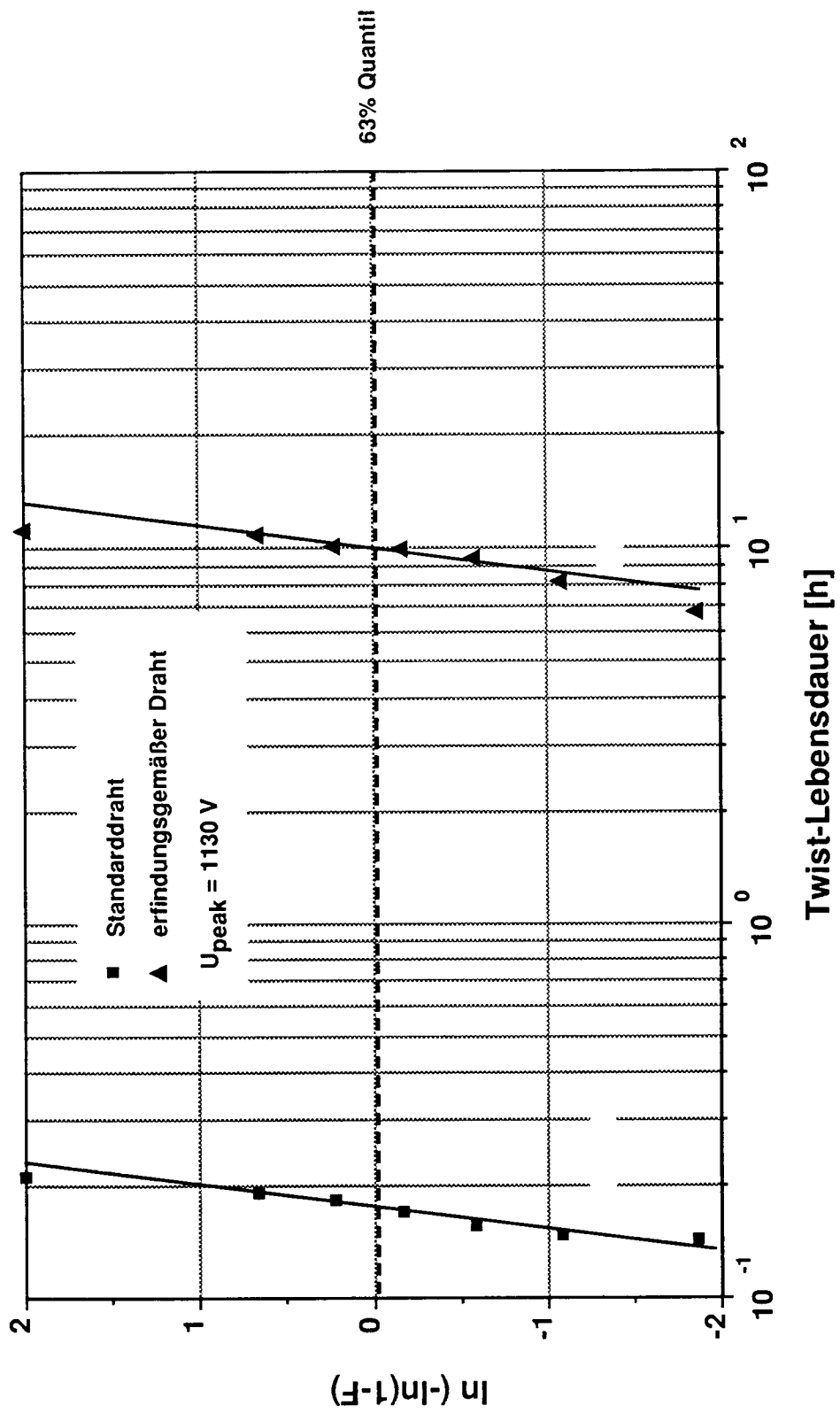


Fig. 3