

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 955 644 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
10.11.1999 Patentblatt 1999/45

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **H01C 7/108**, H01C 1/14,  
H01C 17/28

(21) Anmeldenummer: **99810304.8**

(22) Anmeldetag: **13.04.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

- **Hagemeister, Michael**  
8002 Zürich (CH)
- **Kluge, Wolfgang, Dr.**  
5405 Baden-Dättwil (CH)

(30) Priorität: **06.05.1998 DE 19820134**

(74) Vertreter: **Kaiser, Helmut, Dr. et al**  
**ABB Business Services Ltd.,**  
**Intellectual Property (SLE-I),**  
**Haselstrasse 16 / Bldg 699**  
**5401 Baden (CH)**

(71) Anmelder: **ABB RESEARCH LTD.**  
**8050 Zürich (CH)**

(72) Erfinder:  
• **Greuter, Felix, Dr.**  
**5406 Baden-Rütihof (CH)**

(54) **Verfahren zum Herstellen eines Varistors auf Basis eines Metalloxids und ein nach diesem Verfahren hergestellter Varistor**

(57) Das Verfahren dient dem Herstellen eines Varistors, der einen zylinderförmigen Widerstandskörper (1) aus einem Werkstoff auf der Basis von Metalloxid sowie zwei jeweils auf einer von zwei parallel zueinander ausgerichteten Stirnflächen des zylinderförmigen Widerstandskörpers (1) angeordnete Elektroden (2, 3) aufweist. Dabei wird in einem ersten Verfahrensschritt auf beide Stirnflächen bis an deren als Kante ausgebildeten Aussenrand (9) eine Schicht aus Elektrodenmaterial aufgetragen. In einem zweiten Verfahrensschritt wird ein vom Aussenrand (9) begrenzter und bis auf die Stirnfläche des Widerstandkörpers (1) geführter Kreisring (4) mit einer Breite von ca. 10 bis 500 µm aus der Elektrode entfernt oder der Widerstandskörper (1) und Elektrode am Aussenrand abgeschrägt (5').

Das Verfahren ermöglicht eine einfache und wirtschaftliche Fertigung eines Varistors.

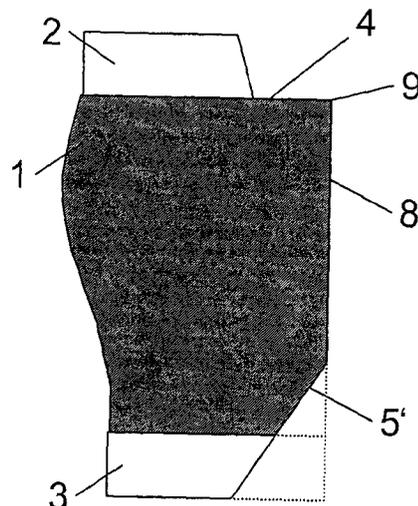


Fig. 5

**EP 0 955 644 A2**

## Beschreibung

### TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Bei der Erfindung wird ausgegangen von einem Verfahren zum Herstellen eines Varistor nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1. Die Erfindung betrifft auch einen nach diesem Verfahren hergestellten Varistor.

**[0002]** Ein nach dem obengenannten Verfahren hergestellter Varistor wird in Mittel- oder Hochspannungsanlagen für Mess-, Schutz- oder Steueraufgaben eingesetzt. Er weist einen zwischen zwei parallel ausgerichteten Elektroden angeordneten, zylinderförmigen Widerstandskörper aus einer Sinterkeramik oder einem mit einem keramischen Sintergranulat mit Varistorverhalten hochgefüllten Polymer auf. Die Sinterkeramik resp. das keramische Sintergranulat besteht im allgemeinen aus einem gezielt mit ausgewählten Metallen, wie Bi, Sb, Co und Mn, dotierten Zinkoxid.

**[0003]** Der Varistor wird bevorzugt in Überspannungsableitern verwendet und muss so spezifiziert sein, dass er durch Blitzeinschläge oder Schalthandlungen entstehende hochenergetische Stromimpulse schadlos führen kann. Solche Stromimpulse werden im Zuge des Fertigungsprozesses an die Elektroden des Varistors gelegt, um deren Hochstromfestigkeit zu überprüfen.

### STAND DER TECHNIK

**[0004]** Verfahren der eingangs genannten Art zum Herstellen von Varistoren sind in DE 34 05 834 C2 sowie EP 0 494 507 A1 angegeben. Dabei wird jeweils ein zylinderförmiger, keramischer Widerstandskörper auf der Basis von Zinkoxid hergestellt und auf den beiden zueinander parallelen, ebenen Stirnflächen des Widerstandskörpers je eine Elektrode aufgetragen.

**[0005]** Bei dem in DE 34 05 834 C2 beschriebenen Verfahren, werden am Widerstandskörper in den Randbereichen beider Stirnflächen umlaufende Stufen abgeschliffen. Danach wird der Widerstandskörper die Umfangsfläche und die Stufen bedeckend mit einem Isolationsmaterial versehen. Anschliessend werden die Stirnflächen und ein Teil des auf den Stufen angebrachten Isolationsmaterials abgeschliffen. Schliesslich werden dann die Elektroden aus Metall die mit dem Isolationsmaterial gefüllten Stufen teilweise überlappend aber nicht ganz bis zum Rand der Stirnfläche reichend auf die Stirnflächen aufgetragen. Dieses Verfahren ist sehr aufwendig und zudem Fehleranfällig, da es beim Auftragen des Elektrodenmaterials zu Metallspritzer im Bereich des Randes kommen kann, die zu dielektrischen Ueberschlägen bei Hochfeldbeanspruchung führen können. Zudem entstehen wegen der unvollständigen Elektrodenüberdeckung im Widerstandskörper lokale Überhöhungen der Stromdichte resp. des elektrischen Feldes, welche die Spannungsfestigkeit eines derart ausgeführten Varistors herabsetzen.

**[0006]** Bei dem in EP 0 494 507 A1 beschriebenen Verfahren, werden die Elektroden jeweils bis an den Rand der Stirnflächen des Widerstandskörpers angebracht. Da sich bei einem solchen Varistor jede der beiden Elektroden über die gesamte Stirnfläche des Widerstandskörpers erstreckt, bildet sich beim kurzzeitigen Führen eines grossen Stromes in seinem Inneren ein homogenes elektrisches Feld aus. Hierdurch werden eine gleichmässige Stromdichte und somit auch eine gleichmässige Aufheizung des Varistors erreicht. Da der ungeschützte Widerstandskörper im Bereich der Aussenränder der Stirnflächen Kanten und Spitzen aufweist, und da das an die Aussenränder geführte Elektrodenmaterial in die Mantelfläche des Widerstandskörpers gelangen kann, wird auf der Mantelfläche des Widerstandskörpers ein Ring aus einem Polymer mit hoher Dielektrizitätskonstante und mit hoher Temperaturbeständigkeit positioniert. Dieser Ring sorgt dafür, dass das elektrische Feld in der Mantelfläche herabgesetzt wird und so unerwünschte Überschläge vermieden werden. Auch ein solches Verfahren zur Herstellen von Varistoren ist sehr kostspielig und aufwendig.

### KURZE DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0007]** Der Erfindung, wie sie in den Patentansprüchen definiert ist, liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art, zum raschen und wirtschaftlichen Herstellen eines Varistor anzugeben. Zugleich soll ein nach diesem Verfahren hergestellter Varistor sowohl eine hervorragendes Energieaufnahmevermögen, als auch einen einfachen Aufbau aufweisen.

**[0008]** Das erfindungsgemässe Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass es für eine Serienfertigung geeignet ist und dass damit Varistoren mit grossem Energieaufnahmevermögen und hoher Hochstromfestigkeit rasch und wirtschaftlich gefertigt werden können.

**[0009]** Das erfindungsgemässe Verfahren ist durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet:

**[0010]** Auf jede der beiden Stirnflächen des Widerstandskörpers wird eine bis an deren Aussenrand geführte Schicht aus Elektrodenmaterial aufgebracht, und es wird entweder ein vom Aussenrand begrenzter und bis auf die Stirnfläche des Widerstandskörpers geführter Kreisring von ca. 10 bis ca. 500 µm Breite aus der Schicht entfernt, oder es werden der Widerstandskörper und gegebenenfalls auch die Schicht aus Elektrodenmaterial am Aussenrand abgeschrägt.

**[0011]** Gegenüber Verfahren zum Herstellen von Varistoren nach dem Stand der Technik, bei denen beim Aufbringen der Elektrodenmaterialschichten unvermeidlich auftretende Metallisierungsfehler mit sehr komplizierten und kostspieligen Prozessen zu vermeiden versucht werden, werden diese beim erfindungsgemässen Verfahren nachträglich entfernt.

**[0012]** Das grosse Energieaufnahmevermögen und die hohe Hochstromfestigkeit der mit dem erfindungs-

gemässen Verfahren hergestellten Varistoren sind zum einen dadurch bedingt, dass durch möglichst nahe an den als Kante ausgebildeten Aussenrand der Stirnflächen geführte Elektroden Inhomogenitäten im elektrischen Feld und in der Stromdichte im Varistor beim Auftreten eines hochenergetischen Stromimpulses weitgehend vermieden werden. Solche Inhomogenitäten können durch metallisierte Kantendefekte oder durch Metallspritzer hervorgerufen werden, welche über die Kante hinaustreten. Durch einen schmalen elektrodenfreien Rand bzw. durch eine Abschrägung wird zwar der ideale, homogene Zustand mit an die Kanten geführten Elektroden geringfügig gestört, aber die grossen Inhomogenitäten (metallisierte Randdefekte, welche zum Versagen führen) werden effizient eliminiert.

Zum anderen ist dies auch eine Folge einer geeigneten Ausbildung der hohen dielektrischen Belastungen ausgesetzten Oberfläche des Varistors zwischen den beiden Elektroden. Diese Oberfläche kann in einer ersten bevorzugten Ausführungsform des Varistors seine zylinderförmige Mantelfläche und zwei sich daran anschliessende, weniger als 500 µm breite kreisringförmige Abschnitte seiner Stirnflächen umfassen. In einer bevorzugten zweiten Ausführungsform enthält die Oberfläche unmittelbar bis zum Rand der Elektroden geführte Abschrägungen, die in die zylinderförmige Mantelfläche des Varistors übergehen.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0013]** Bevorzugte Ausführungsbeispiele von mit dem erfindungsgemässen Verfahren hergestellten Varistoren und die damit erzielbaren weiteren Vorteile werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigt:

Fig. 1 eine Aufsicht auf einen axial geführten Schnitt durch einen Teil eines Varistors,

Fig. 2 eine Aufsicht auf einen axial geführten Schnitt durch einen Teil einer ersten Ausführungsform des nach dem erfindungsgemässen Verfahren hergestellten Varistors während seiner Fertigung,

Fig. 3 eine Aufsicht auf einen axial geführten Schnitt durch einen Teil einer zweiten Ausführungsform des nach dem erfindungsgemässen Verfahren hergestellten Varistors während seiner Fertigung,

Fig. 4 eine Aufsicht auf einen axial geführten Schnitt durch einen Teil einer dritten Ausführungsform des nach dem erfindungsgemässen Verfahren hergestellten Varistors während seiner Fertigung, und

Fig. 5 eine Aufsicht auf einen axial geführten Schnitt

durch einen Teil einer vierten Ausführungsform des nach dem erfindungsgemässen Verfahren hergestellten Varistors.

#### 5 WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

**[0014]** In allen Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen auch gleichwirkende Teile. Das Bezugszeichen 1 bezieht sich auf einen Widerstandskörper aus einer Varistorverhalten aufweisenden, zum Stand der Technik zählenden Keramik, die wie folgt hergestellt wurde:

10 Ca. 97 Mol% Zn, ca. 0,5 Mol% Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ca. 1,0 Mol% Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ca. 0,5 Mol% Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ca. 0,5 Mol% MnO<sub>2</sub>, ca. 0,5 Mol% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und weitere Metalloxidzusätze wurden  
15 in einer Kugelmühle gemischt und zu einer homogenen Pulvermischung mit Partikeldurchmessern zwischen ca. 1 und ca. 5 µm gemahlen. Die Pulvermischung wurde in destilliertem Wasser aufgeschlämmt. Die Aufschlammung wurde in einem Sprühtrockner in ein rieselfähiges, trockenes Granulat übergeführt. Die durchschnittliche Grösse der dabei erzeugten Körner lag bei  
20 ca. 100 µm. Aus dem Granulat wurden zylinderförmige Presskörper geformt, aus denen bei einer Temperatur von ca. 1200°C während ca. 2 h zylinderscheibenförmige Widerstandskörpern von ca. 38 mm Durchmesser  
25 und ca. 20 mm Länge gesintert wurden.

**[0015]** Auf den Stirnseiten des Widerstandskörpers 1 sind Elektroden 2 und 3 aus Elektrodenmaterial, wie insbesondere Aluminium, angeordnet. Zur Herstellung der  
30 Elektroden 2 und 3 wird auf jede der beiden Stirnflächen zunächst eine bis an den Aussenrand 9 der Stirnfläche geführte Schicht aus Elektrodenmaterial aufgebracht (Fig. 1). Mit Vorteil wird das Elektrodenmaterial etwa durch Flammgespritzen oder durch Lichtbogenauftrag aufgesprüht. Es entstehen so verhältnismässig poröse  
35 Schichten von typischerweise ca. 50 -150 µm Dicke. Es wurden zwanzig derart ausgebildete Varistoren hergestellt. Von diesen zwanzig wurden acht unverändert beibehalten und dienten in nachfolgend beschriebenen Versuchen zu Vergleichszwecken.

**[0016]** Von den verbleibenden zwölf Varistoren wurden sechs entsprechend der Ausführungsform nach Fig. 2 modifiziert. Zu diesem Zweck wurde ein vom Aussenrand 9 begrenzter und bis auf die Stirnfläche des Widerstandskörpers geführter Kreisring 4 mit einer Dicke  
45 d aus der Schicht entfernt. Weitere sechs Varistoren wurden entsprechend der Ausführungsform nach Fig. 3 modifiziert. Bei dieser Ausführungsform wurden der Widerstandskörper 1 und die Schicht aus Elektrodenmaterial am Aussenrand abgeschrägt. Es entstand so eine konische Abschrägung 5 der Mantelfläche, welche mit der Stirnfläche einen stumpfen Winkel von vorzugsweise 100° bis 120°, gegebenenfalls bis zu 150° bildet. Das Entfernen des Kreisrings 4 oder das Abschrägen wird  
50 mit Vorteil durch Schneiden mit einem vorzugsweise mit einem abrasiven Pulver beladenen Gas - oder Flüssigkeitsstrahl 6 ausgeführt.

**[0017]** Zum Entfernen des Kreisrings 4 nach Fig. 2

wird der Gas - oder Flüssigkeitsstrahl 6 schräg von oben auf die Elektrode 2 geführt. Es kann so in einfacher Weise ein Kreisring mit geringer Dicke d im Bereich der Stirnfläche entfernt werden. Das Entfernen des Kreisringes wird nach dem Auftragen der Elektroden ausgeführt. Ein poröses Elektrodenmaterial kann besonders wirksam vom Gas- oder Flüssigkeitsstrahl 6 angegriffen und - ohne dielektrisch unerwünschte Löcher oder Risse zu hinterlassen - entfernt werden. Um dielektrisch gute Eigenschaften einhalten zu können, sollte der Kreisring höchstens 500 µm, vorzugsweise höchstens 300 µm, vom Aussenrand 9 der das Elektrodenmaterial tragenden Stirnfläche entfernt sein. Mit einem geringen Abstand von mindestens 10 µm, vorzugsweise mindestens 20 µm, ist sichergestellt, dass Inhomogenitäten der Elektroden bzw. Elektrodenmaterialabtrag die dielektrische Festigkeit des Varistors nicht herabsetzen können.

**[0018]** Beim Abschrägen nach Fig.3 wird der Gas - oder Flüssigkeitsstrahl 6 schräg von unten an den Widerstandskörper 1 und die Elektrode 2, geführt. Es ist dann sichergestellt, dass das abgeschrägte Elektrodenmaterial nicht an die konische Abschrägung 5 der Mantelfläche gelangen kann und die dielektrischen Eigenschaften des Varistors beeinträchtigt. Anstelle einen Gas - oder Flüssigkeitsstrahl 6 zu benutzen, kann die Abschrägung auch durch Abschleifen erzeugt werden. In einer Prüfvorrichtung wurden die zwanzig Varistoren jeweils mit mehrern annähernd rechteckigen Stromimpulsen von 2 ms Dauer und mit einer Amplitude von mehreren 100 A belastet. Danach wurden die Probewiderstände durch Augenschein begutachtet. Hierbei wurde festgestellt, dass von den acht Varistoren gemäss Fig.1 die Hälfte einen Defekt erlitten hatten, wohingegen die gemäss den Figuren 2 und 3 ausgeführten Varistoren vollauf funktionsfähig geblieben waren.

**[0019]** Fig.4 zeigt einen Varistor während der Fertigung bei dem eine Kombination der Verfahren gemäss Fig.2 und Fig.3 angewendet wird, in dem zuerst gemäss Fig.2 der Kreisring 4 abgetragen wird und anschliessend gemäss Fig.3 die konische Abschrägung 5 vorgenommen wird.

**[0020]** Für die zweite Seite des Varistors kann entweder das gleiche Verfahren wie für die erste Seite angewendet werden (Fig.2, Fig.3, und Fig.4), oder aber eines der anderen beiden Verfahren (Fig.5).

Bezugszeichenliste

**[0021]**

- |       |   |
|-------|---|
| 1     | Widerstandskörper                       |
| 2, 3  | Elektroden                              |
| 4     | Kreisring                               |
| 5, 5' | konische Abschrägungen der Mantelfläche |
| 6     | Gas - oder Flüssigkeitsstrahl           |
| 8     | Mantelfläche                            |
| 9     | Aussenrand                              |

d Kreisringdicke

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Herstellen eines Varistors, der in einem elektrischen Feld vorgegebener Grösse mit mindestens einem hochenergetischen Stromimpuls definierter Amplitude, Form und Dauer belastbar ist, und der einen zylinderförmigen Widerstandskörper (1) aus einem Werkstoff auf der Basis von Metalloxid sowie zwei jeweils auf einer von zwei parallel zueinander ausgerichteten Stirnflächen des zylinderförmigen Widerstandskörpers (1) angeordnete Elektroden (2, 3) aufweist, bei dem zuerst der Widerstandskörper hergestellt und danach mit den Elektroden (2, 3) versehen wird, dadurch gekennzeichnet, dass auf die beiden Stirnflächen eine bis an deren als Kante ausgebildeten Aussenrand (9) geführte Schicht (2, 3) aus Elektrodenmaterial aufgebracht wird, und dass anschliessend je ein vom Aussenrand (9) begrenzter und bis auf die Stirnfläche des Widerstandskörpers (1) geführter Kreisring (4) mit einer Breite von ca. 10 bis ca. 500 µm aus der Schicht (2, 3) mit Elektrodenmaterial entfernt wird und/ oder der Widerstandskörper (1) am Aussenrand (9) abgeschrägt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Entfernen des Kreisrings (4) oder das Abschrägen durch Schneiden mit einem gegebenenfalls mit einem abrasiven Pulver beladenen Gas- oder Flüssigkeitsstrahl (6) ausgeführt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Abschrägen durch Abschleifen ausgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Elektrodenmaterial aufgesprüht wird.
5. Varistor, hergestellt nach einem Verfahren der Ansprüche 1 bis 4, der in einem elektrischen Feld vorgegebener Grösse mit mindestens einem hochenergetischen Stromimpuls definierter Amplitude, Form und Dauer belastbar ist, und der einen zylinderförmigen Widerstandskörper (1) aus einem Werkstoff auf der Basis von Metalloxid aufweist sowie zwei jeweils auf einer von zwei parallel zueinander ausgerichteten ersten und zweiten Stirnflächen des zylinderförmigen Widerstandskörpers (1) angeordnete Elektroden (2, 3), dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (2, 3) der ersten und/ oder zweiten Stirnfläche bis auf mindestens 500 µm und bis auf höchstens 10 µm an den als Kante ausgebildeten Aussenrand (9) dieser Stirnfläche ge-

führt ist.

6. Varistor, hergestellt nach einem Verfahren der Ansprüche 1 bis 4, der in einem elektrischen Feld vorgegebener Grösse mit mindestens einem hochenergetischen Stromimpuls definierter Amplitude, Form und Dauer belastbar ist, und der einen zylinderförmigen Widerstandskörper (1) aus einem Werkstoff auf der Basis von Metalloxid aufweist sowie zwei jeweils auf einer von zwei parallel zueinander ausgerichteten ersten und zweiten Stirnflächen des zylinderförmigen Widerstandskörpers (1) angeordnete Elektroden (2, 3), dadurch gekennzeichnet, dass der Widerstandskörper (1) eine von der Elektrode (2, 3) der ersten und/ oder zweiten Stirnfläche auf seine Mantelfläche (8) geführte konische Abschrägung (5, 5') aufweist.
7. Varistor, hergestellt nach einem Verfahren der Ansprüche 1 bis 4, der in einem elektrischen Feld vorgegebener Grösse mit mindestens einem hochenergetischen Stromimpuls definierter Amplitude, Form und Dauer belastbar ist, und der einen zylinderförmigen Widerstandskörper (1) aus einem Werkstoff auf der Basis von Metalloxid aufweist sowie zwei jeweils auf einer von zwei parallel zueinander ausgerichteten ersten und zweiten Stirnflächen des zylinderförmigen Widerstandskörpers (1) angeordnete Elektroden (2, 3), dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (2, 3) der ersten und/ oder zweiten Stirnfläche bis auf mindestens 500 µm und bis auf höchstens 10 µm an den als Kante ausgebildeten Aussenrand (9) dieser Stirnfläche geführt ist, und dass der Widerstandskörper (1) eine von dieser Stirnfläche auf seine Mantelfläche (8) geführte konische Abschrägung (5, 5') aufweist.
8. Varistor, hergestellt nach einem Verfahren der Ansprüche 1 bis 4, der in einem elektrischen Feld vorgegebener Grösse mit mindestens einem hochenergetischen Stromimpuls definierter Amplitude, Form und Dauer belastbar ist, und der einen zylinderförmigen Widerstandskörper (1) aus einem Werkstoff auf der Basis von Metalloxid aufweist sowie zwei jeweils auf einer von zwei parallel zueinander ausgerichteten ersten und zweiten Stirnflächen des zylinderförmigen Widerstandskörpers (1) angeordnete Elektroden (2, 3), dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (2) der ersten Stirnfläche bis auf mindestens 500 µm und bis auf höchstens 10 µm an den als Kante ausgebildeten Aussenrand (9) dieser Stirnfläche geführt ist und dass der Widerstandskörper (1) eine von der Elektrode (3) der zweiten Stirnfläche auf seine Mantelfläche (8) geführte konische Abschrägung (5') aufweist.
9. Varistor nach den Ansprüchen 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die konische Abschrägung (5, 5') mit der zugeordneten Stirnfläche einen stumpfen Winkel bildet.
10. Varistor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel 100° bis 150°, vorzugsweise bis 100° bis 120° beträgt.

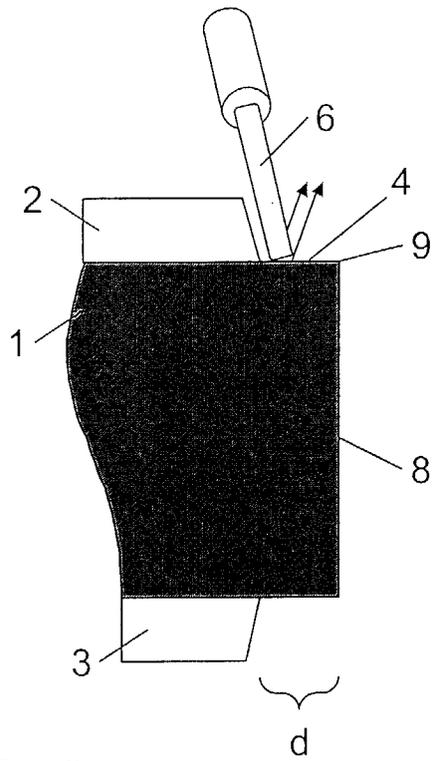
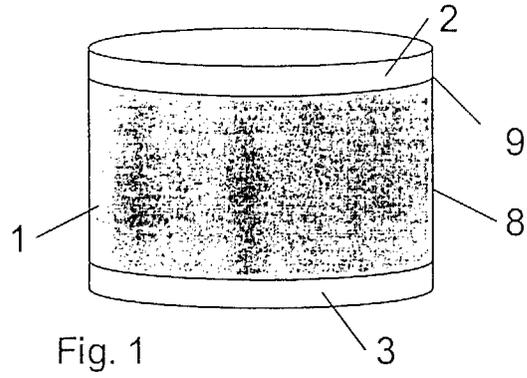


Fig. 2

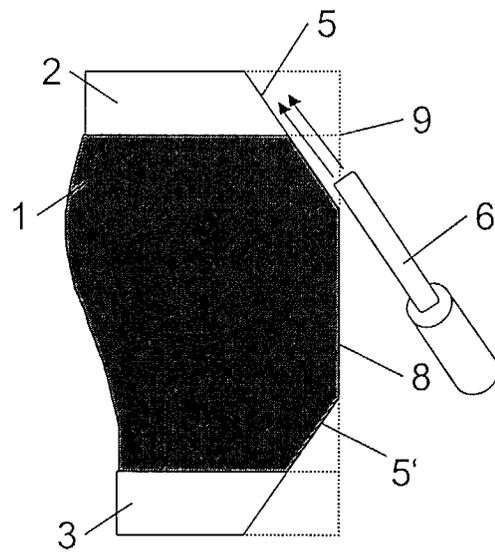


Fig. 3

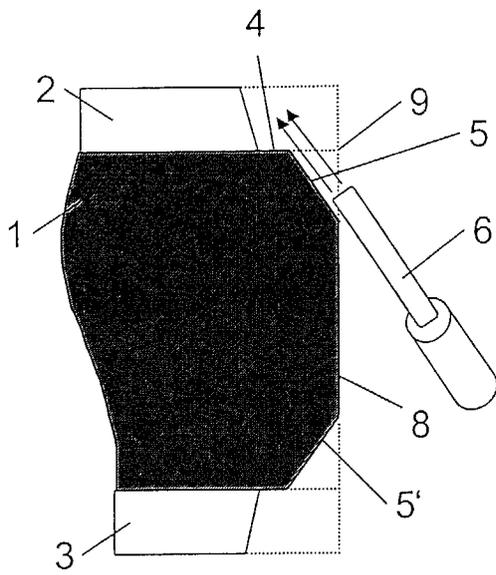


Fig. 4

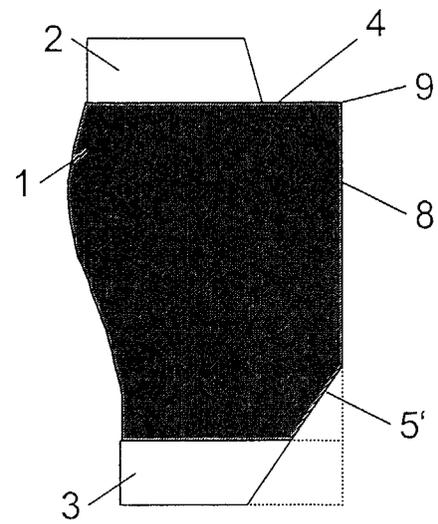


Fig. 5