

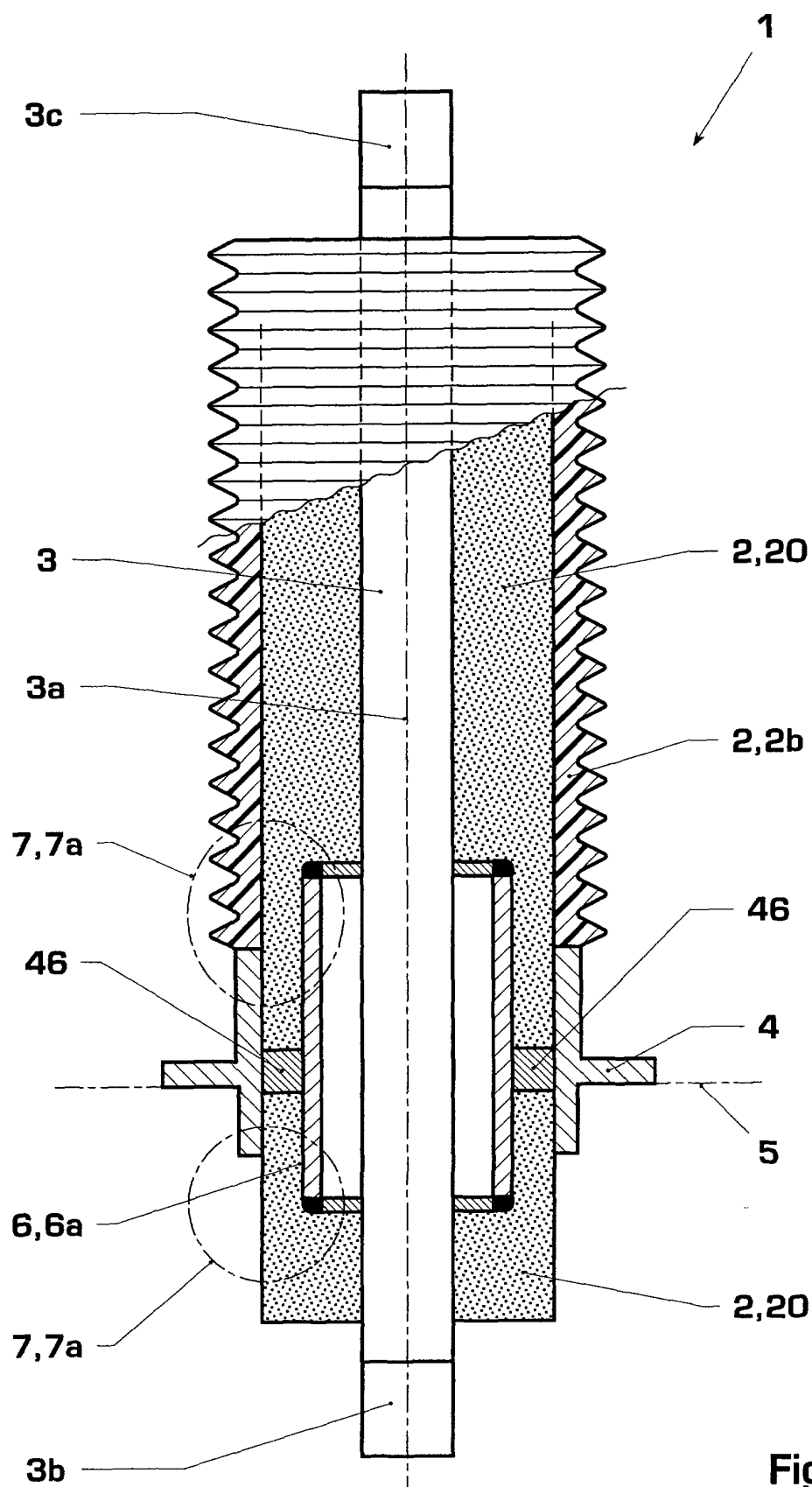


Fig. 1b

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Hoch- oder Mittelspannungstechnik, insbesondere auf elektrische Isolations- und Anschlusstechnik für geerdete Hochspannungsapparate. Sie geht aus von einer dielektrischen Durchführung und einem elektrischen Hochspannungsapparat gemäss Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche.

STAND DER TECHNIK

[0002] Die Erfindung nimmt auf einen Stand der Technik Bezug, wie er aus der WO 02/065486 A1 bekannt ist. Dort wird ein Hochspannungsisolator z. B. aus Porzellan oder Verbundwerkstoff mit einer Beschichtung aus Feldsteuermaterial (FGM) offenbart. Die feldsteuernde Beschichtung besteht aus Varistorpulver, z. B. aus dotiertem Zinkoxid (ZnO), das in einer Polymermatrix eingebettet ist. Die FGM-Beschichtung dient zur Vergleichsmässigung der Feldverteilung an der Isolatoroberfläche und ist so verteilt, dass ein Teil des Materials sowohl mit der Erdelektrode als auch mit der Hochspannungselektrode in elektrischem Kontakt steht. Dabei kann auch die FGM-Beschichtung die Isolatorlänge nur teilweise abdecken und in den feldbelasteten Elektrodenregionen konzentriert angeordnet sein. Die FGM-Beschichtung kann auf der Isolatoroberfläche aufgebracht sein, kann dort in eine Abschirmung eingearbeitet sein oder kann durch eine wetterfeste, elektrisch isolierende Schutzschicht nach aussen abgeschirmt sein. Eine Vergleichsmässigung der kapazitiven Feldbelastung kann durch alternierende horizontale Streifen oder Bänder aus FGM-Beschichtung und Isolatormaterial realisiert werden.

[0003] Bei Porzellanisolatoren kann die FGM-Beschichtung in Form einer Glasur oder eines Farbanstrichs aufgebracht oder in einen Brei oder in Ton gemischt, auf den Porzellanisolator aufgebracht und dort zu einer Glasur oder einer Keramikschicht gebrannt werden. Alternativ kann die Matrix für die FGM-Beschichtung ein Polymer, ein Klebstoff, eine Gussmasse oder ein Mastix oder ein Gel sein.

[0004] In der EP 1 042 756 wird ein glasfaserverstärktes Isolatorrohr offenbart, das auf der Innenfläche und gegebenenfalls auch Aussenfläche mit einem Harz imprägniert ist, welches einen partikelförmigen Füllstoff mit Varistoreigenschaften, insbesondere Zinkoxid, aufweist. Das GFK-Rohr kann durch Wickeln eines Glasfasernetzes hergestellt werden, das zumindest an den äusseren Schichten mit dem varistorgefüllten Harz imprägniert wird.

[0005] Im Buch "The Electric Power Engineering Handbook" von L. L. Grigsby, CRC Press und IEEE Press, Boca Raton (2001) werden im Kapitel 3.13, "Electrical Bushings" von L. B. Wagenaar, S. 3-171 bis

3-184 verschiedene Typen elektrischer Durchführungen offenbart. Insbesondere wird in Fig. 3.151 eine Durchführung mit einer erdseitigen, innerhalb des Isolatorrohrs angeordneten Abschirmelektrode angegeben. Durch die Abschirmelektrode wird im Bereich des erdseitigen Montageflansches eine Feldsteuerung derart erreicht, dass die stark feldbelastete Zone am Übergang von Flansch zu Isolator feldentlastet wird. Derartige innenliegende Abschirmelektroden sind in druckgasisolierten Durchführungen, z. B. in SF₆-isolierten oder luftisolierten Durchführungen, insbesondere für Hochspannungsniveau zwingend vorhanden. Innenliegende Abschirmelektroden sind auch für feststoffisolierte Durchführungen bekannt. Die Abschirmelektroden führen jedoch zu grossen Durchmessern der Durchführungen. Zudem werden mit Abschirmelektroden nur relativ inhomogene Feldsteuerungen im Vergleich zu Kondensator-Durchführungen mit Öl- oder Harz-imprägniertem Papier erreicht. Dies muss durch grössere Bauhöhen für die Durchführungen kompensiert werden.

[0006] In der Broschüre von ABB Power Technology Products AB, "SF₆-air bushings, type GGA", Technical Guide, 1996-03-30 werden dielektrische Durchführungen offenbart, die mit internen Abschirmelektroden am Erdflansch und für höhere Spannungsniveaus zusätzlich auch am spannungsseitigen Flansch ausgerüstet sind.

[0007] In der DE 198 44 409 wird ein Isolator gezeigt, der insbesondere für dielektrische Durchführungen geeignet ist. Der Isolator umfasst wie üblich einen Isolatorkörper aus Porzellan oder Verbundwerkstoff und eine Beschirmung aus Porzellan oder Silikon. Die Beschirmung weist eine variable Isolatorschirmdicke auf. Zur Feldentlastung in einem Isolatorendbereich ist wiederum die bekannte Schirmelektrode zwischen Isolatorkörper und Stromleiter vorhanden. Es wird nun vorgeschlagen, in dem stark feldbelasteten Bereich, wo die Schirmelektrode endet, eine erhöhte Anzahl von Isolatorschirmen anzubringen. Durch die erhöhte Isolatorschirmdicke wird eine verbesserte Feldentlastung im Endbereich der Schirmelektrode erreicht.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte dielektrische Durchführung sowie einen elektrischen Hochspannungsapparat und eine elektrische Schaltanlage mit einer solchen Durchführung anzugeben. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0009] Die Erfindung besteht in einer dielektrischen Durchführung, insbesondere einer Hochspannungsdurchführung für einen elektrischen Hochspannungsapparat, umfassend einen Isolatorteil mit einem ersten Montageflansch und einem zweiten Montageflansch zur Montage der Durchführung, wobei innerhalb der Durchführung in einer Feldbelastungszone im Bereich des ersten Montageflansches eine für ein gewünschtes Span-

nungsniveau erforderliche Abschirmelektrode weggelassen ist und stattdessen zum Zwecke der Feldsteuerung in der Feldbelastungszone ein nichtlinear elektrisches und/oder dielektrisches Feldsteuerelement am Isolatorflansch im Bereich des ersten Montageflansches vorhanden ist. Durch die Erfindung kann also eine nach herkömmlichem technischen Verständnis für ein vorgebbares Spannungsniveau notwendig vorhandene Abschirmelektrode weggelassen werden. Dadurch werden vielfältige Vorteile erreicht. Durch Weglassen der bisher notwendig vorhandenen inneren Abschirmelektrode können dielektrische Durchführungen dünner, d. h. mit reduziertem Durchmesser gebaut werden. Die Grenzspannung, ab welcher eine konische Verbreiterung zum Erdflansch hin wirtschaftlicher ist, kann zu höheren Spannungsniveaus verschoben werden. Zylindrische Durchführungen sind günstiger herzustellen als konische. Die Gefahr elektrischer Überschläge zwischen benachbarten Durchführungen ist reduziert und benachbarte Phasen können räumlicher näher zueinander oder zur Erde angeordnet werden. Schliesslich wird durch die erfindungsgemässe Feldentlastung durch Feldsteuermaterial im Flanschbereich eine bessere Feldsteuerung erreicht als durch die herkömmlich verwendete Abschirmelektrode. Die Durchführungen können deshalb auch kürzer gebaut werden. Insbesondere bei Pulsbelastung wird das E-Feld nämlich nicht mehr im Bereich der Abschirmelektrode während der ganzen Pulsdauer konzentriert, sondern kann sich als Welle entlang dem Feldsteuerelement ausbreiten und dabei abbauen. Zudem sind die maximalen Feldstärken reduziert.

[0010] In einem ersten Ausführungsbeispiel ist das Feldsteuermaterial hinsichtlich seiner nichtlinear elektrischen und/oder dielektrischen Eigenschaften, seiner geometrischen Gestalt und seiner Anordnung am Isolatorflansch zur dielektrischen Entlastung der Feldbelastungszone ohne Abschirmelektrode für alle Betriebszustände, insbesondere für Stossspannungen, ausgelegt. Das Feldsteuerelement kann somit auch die kritischsten Feldbelastungszustände ohne Abschirmelektrode oder Abschirmelektroden meistern.

[0011] In Anspruch 3 werden Designkriterien zur elektrischen Auslegung des Feldsteuermaterials angegeben, durch die eine vorteilhafte Feldsteuerung realisierbar ist.

[0012] In Anspruch 4 und 5 werden Designkriterien zur geometrischen Auslegung des Feldsteuerelements angegeben, durch die mit wenig Materialaufwand eine vorteilhafte Feldsteuerung erreichbar ist. Insbesondere kann eine minimal erforderliche Länge des Feldsteuerelements entlang der Längsausdehnung des Isolatorflansches gemäss Anspruch 5 festgelegt werden. Dadurch wird erreicht, dass sich die Feldbelastung insbesondere bei Stossspannung als Wanderwelle entlang dem Feldsteuerelement ausbreitet und dabei soweit abbaut, dass sich bei Erreichen des entfernten Endes des Feldsteuermaterials keine schädlichen Feldstärken mehr ausbil-

den können.

[0013] Anspruch 6 gibt an, wie mit dem Feldsteuerelement auf einfache Weise Gleichstrom-Durchführungen gebaut werden können.

[0014] Das Ausführungsbeispiel gemäss Anspruch 7 hat den Vorteil, dass insbesondere die höchsten Feldbelastungen im Bereich des Erdflansches mit dem Feldsteuermaterial beherrschbar sind.

[0015] Die Ausführungsbeispiele gemäss Anspruch 8 und 9 haben den Vorteil, dass beide Flanschregionen durch die Feldsteuermaterialien unabhängig voneinander vor Überschlägen oder Teilentladungen geschützt sind.

[0016] Anspruch 10a gibt verschiedene radiale Positionen zur Anordnung des Feldsteuermaterials am Isolatorflansch an. Anspruch 10b hat den Vorteil, dass ein herkömmliches GFK-Rohr (glasfaserverstärkter Kunststoff) oder ein herkömmlicher Porzellanisolator durch ein selbsttragendes FGM-Rohr (Feldsteuermaterial-Rohr) ersetzbar ist.

[0017] Anspruch 11 gibt vorteilhafte Materialkomponenten für das Feldsteuerelement an.

[0018] Ansprüche 12 und 13 betreffen einen elektrischen Hochspannungsapparat und eine elektrische Schaltanlage umfassend eine erfindungsgemässe Durchführung mit den oben genannten Vorteilen.

[0019] Weitere Ausführungen, Vorteile und Anwendungen der Erfindung ergeben sich aus abhängigen Ansprüchen sowie aus der nun folgenden Beschreibung und den Figuren.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0020]

- Fig. 1a, 1b zeigen im Querschnitt konventionelle Hochspannungsdurchführungen gemäss Stand der Technik;
- Fig. 2a-2d zeigen im Querschnitt Ausführungsformen einer FGM-Durchführung für ein GFK-Rohr mit Silikonbeschichtung und einer durchgehenden FGM-Beschichtung
- Fig. 2a einer erdseitigen FGM-Beschichtung
- Fig. 2b je einer unabhängigen erdseitigen und hochspannungsseitigen FGM-Beschichtung und
- Fig. 2d einer innenseitigen und aussenseitigen FGM-Beschichtung;
- Fig. 3a-3b zeigen im Querschnitt und in Draufsicht Ausführungsformen einer FGM-Durchführung für einen Porzellanisolator mit innenseitiger und optional aussenseitiger FGM-Beschichtung;
- Fig. 4 zeigt im Querschnitt eine Ausführungsform für ein selbsttragendes Feldsteuerelement mit einer Silikonbeschichtung;
- Fig. 5 zeigt für Blitzstosstests berechnete elek-

trische Oberflächen-Feldverteilungen $E(x)$ als Funktion der Ortskoordinate x entlang der Durchführung und als Funktion der Zeit für konventionelle Durchführungen (a, b, c) und für eine erfindungsgemässe FGM-Durchführung (D, E, F, G); und

Fig. 6 zeigt eine unvorteilhafte Feldverteilung $E(x)$ bei zu kurzer Länge oder zu grosser Leitfähigkeit der FGM-Beschichtung.

[0021] In den Figuren sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0022] Fig. 1a zeigt eine herkömmliche gasisolierte dielektrische Durchführung 1, insbesondere eine Hochspannungsdurchführung 1 für einen elektrischen Hochspannungsapparat. Die Durchführung 1 umfasst einen Isolator 2; 2a, 2b mit einem ersten erdseitigen Montageflansch 4 zur Montage der Durchführung 1 an einem geerdeten Gehäuse 5 eines elektrischen Apparats (nicht dargestellt) und einen zweiten spannungsseitigen Montageflansch 8 zur Montage der Durchführung 1 an einem Hochspannungsteil (nicht dargestellt). Der Isolator 2; 2a, 2b weist im Inneren einen Gasraum 20 für ein Isolationsgas 20 auf. Der Gasraum 20 enthält ein dielektrisch isolierendes Gas 20, z. B. Luft, Druckluft, Stickstoff, SF_6 oder ähnliches Gas. Es kann auch ein Isolationsraum 20 zur Aufnahme einer Isolationsflüssigkeit 20 vorhanden sein. Die gasisolierte Durchführung 1 ist also hohl, typischerweise hohlzylindrisch, mit einer Achse 3a, zur Aufnahme eines elektrischen Teils 3 oder mindestens eines elektrischen Stromleiters 3 im Gasraum 20. Die Durchführung 1 dient in der Regel zum Anschluss des gekapselten elektrischen Apparats auf Erdpotential 5 an ein Hoch- oder Mittelspannungsnetz. Bekanntermassen ist eine innenliegende Abschirmelektrode 6, 6a notwendigerweise vorhanden, um in der feldbelasteten Zone 7, 7a am unteren Erdflansch 4 eine Feldentlastung zu erreichen und Teilentladungen und Überschläge zu vermindern oder zu vermeiden. Die Abschirmelektrode 6, 6a steht typischerweise in elektrischem Kontakt 46 mit dem Erdflansch 4. Sie ragt in den Gasraum 20 hinein und verjüngt sich im allgemeinen konisch nach oben. Sie bestimmt den Durchmesser der Durchführung 1 im Erdflanschbereich 4. Gestrichelt angedeutet ist eine weitere Abschirmelektrode 6, 6b, die in der feldbelasteten Zone 7, 7b am oberen spannungsseitigen Flansch 8 angeordnet sein kann. Auch diese ist oftmals konisch nach unten verjüngt und dient zur Feldsteuerung in der Feldbelastungszone 7, 7b.

[0023] Fig. 1b zeigt ein Beispiel einer feststoffisolierten Durchführung 1 gemäss Stand der Technik. Hier ist der Isolator 2, 2b als im Inneren vollvolumig gefüllter Harz-Körper 2 mit einer optionalen Beschirmung 2b ausgeführt. Der Isolator 2, 2b weist also im Inneren

einen Isolationsraum für ein Feststoffisolationsmaterial 20 auf. 3b und 3c bezeichnen die Stromanschlüsse. Der Isolator 2, 2b umgreift den Stromleiter 3. Zur Feldsteuerung ist wiederum eine Abschirmelektrode 6, 6a in der Feldbelastungszone 7, 7a am Erdflansch 4 vorhanden und ist mit dieser über eine Kontaktierung 46 elektrisch leitend verbunden.

[0024] Fig. 2a-2d und Fig. 3a-3b zeigen Ausführungsbeispiele für eine gasisolierte oder feststoffisolierte oder anderweitige isolierte dielektrische Durchführung 1', bei der erfindungsgemäss mindestens eine Abschirmelektrode 6; 6a, 6b ohne Einbusse an dielektrischer Festigkeit oder Zuverlässigkeit weggelassen wurde. Statt der Abschirmelektrode 6; 6a, 6b ist nämlich zum Zwecke der Feldsteuerung in der Feldbelastungszone 7; 7a, 7b ein nichtlinear elektrisches und/oder dielektrisches Feldsteuerelement 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s am Isolator 2; 2a, 2b; 2c im Bereich des ersten Montageflansches 4 vorhanden. Das Feldsteuerelement 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s dient anstelle der früher im Isolator 2; 2a, 2b; 2c angeordneten Abschirmelektrode 6; 6a, 6b zur dielektrischen Entlastung der Feldbelastungszone 7; 7a, 7b. Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele diskutiert.

[0025] Gemäss Fig. 2a ist das Feldsteuerelement 9 zur dielektrischen Entlastung der Feldbelastungszone 7 so ausgelegt, dass die Flanschregion 7 stressentlastet ist. Hierfür ist das Feldsteuerelement 9 in einer Zwischenschicht 22 zwischen dem GFK-Rohr (glasfaserverstärktem Kunststoff- und insbesondere Epoxy-Rohr) 2a und der Silikonbeschirmung 2b in Form einer zylindermantelförmigen Beschichtung 9 angeordnet. Insbesondere kann das Feldsteuerelement 9 durch irgendeinen bekannten Herstellungs- oder Verarbeitungsprozess, z. B. Giessen, Spritzen, Wickeln, Extrusion o. ä., auf die Aussenseite des GFK-Rohrs 2a aufgebracht sein.

[0026] Bevorzugt weist das Feldsteuerelement 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s auf: nichtlinear elektrische Varistoreigenschaften und insbesondere eine kritische Feldstärke, die ein Varistor-Schaltverhalten des Feldsteuerelements 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s charakterisiert; und/oder eine hohe Dielektrizitätskonstante ϵ , insbesondere $\epsilon > 30$, bevorzugt $\epsilon > 40$ und besonders bevorzugt $\epsilon > 50$.

[0027] Mit Vorteil steht das Feldsteuerelement 9 in elektrischem Kontakt mit dem ersten Montageflansch 4 und erstreckt sich über eine vorgebbare Länge l entlang einer Längserstreckung x des Isolator 2; 2a, 2b. Es weist eine vorgebbare Dicke d oder Dickenverteilung $d(l)$ als Funktion der Länge l auf. Bevorzugt ist seine Länge l grösser oder gleich einem Verhältnis einer maximalen zu prüfenden Stossspannung, insbesondere einer Blitzstossspannung, zu der kritischen elektrischen Feldstärke. Diese Designüberlegung gilt mit Vorteil für alle Ausführungsbeispiele, wo die Abschirmelektrode 6a im Erdflanschbereich 7a durch das Feldsteuerelement 9; 9a; 9i, 9o ersetzt ist.

[0028] Gemäss Fig. 2b ist das Feldsteuermaterial 9,

9i auf einer Innenseite 21 des GFK-Rohrs 2a angeordnet und kann dort zusätzlich auch Oberflächenladungen abzubauen helfen. Die Länge l_1 ist hier beispielhaft so gewählt, dass die Feldsteuerschicht 9, 9i nicht in elektrischem Kontakt mit dem Gegenflansch 8 steht.

[0029] Gemäss Fig. 2c kann neben dem Feldsteuerelement 9; 9a ein weiteres Feldsteuerelement 9; 9b vorhanden sein, das ebenfalls geeignete nichtlinear elektrische und/oder dielektrische Eigenschaften, insbesondere solche wie zuvor für das Feldsteuerelement 9; 9a beschrieben, aufweist und das zusätzlich in einer Feldbelastungszone 7, 7b im Bereich des zweiten Montageflansches 8 über eine vorgebbare Länge l_1 ; l_2 und Dicke d oder $d(l_2)$ am Isolatorsteil 2; 2a, 2b vorhanden ist. Insbesondere dient das weitere Feldsteuerelement 9; 9b als Ersatz für eine Abschirmelektrode 6b im Bereich des zweiten, hier des oberen, Montageflansches 8. Hier ist beispielhaft wieder eine Anordnung des Feldsteuerelements 9; 9a inklusive des weiteren Feldsteuerelements 9; 9b in der Zwischenschicht 22 gewählt. Bevorzugt steht das weitere Feldsteuerelement 9; 9b in elektrischem Kontakt mit dem zweiten Montageflansch 8 und/oder ist das weitere Feldsteuerelement 9; 9b durch eine feldsteuermaterialfreie Zone, die sich entlang der Längserstreckung des Isolatorsteils 2; 2a, 2b erstreckt, vom Feldsteuerelement 9; 9a im Bereich des ersten Montageflansches 4 getrennt.

[0030] Gemäss Fig. 2d kann zugleich ein erstes Feldsteuerelement 9; 9o in der Zwischenschicht 22 zwischen GFK-Rohr 2a und Beschirmung 2b und ein zweites Feldsteuerelement 9, 9i auf der Innenseite 21 des GFK-Rohrs 2a im Erdflanschbereich 7a vorhanden sein. Dadurch wird eine weiter verbesserte Feldsteuerung erreicht. Das erste integrierte und das zweite innenliegende Feldsteuerelement 9o, 9i können aus gleichem oder anderem Feldsteuermaterial und insbesondere Varistormaterial hergestellt sein. Die zugehörigen Dicken d_o , d_i und Längen l_o , l_i können individuell ausgelegt sein. Beispielhaft ist $d_i > d_o$ und $l_i < l_o$ gewählt.

[0031] Fig. 3a und Fig. 3b zeigen ein Isolatorsteil 2, 2c aus einem Porzellan-Hohlisolator 2c, der auf der Innenseite 21 mit der Feldsteuerschicht 9, 9i ausgestattet ist. Optional kann zusätzlich auch auf der Aussenseite 23 eine Feldsteuermaterialbeschichtung 9o, z. B. in disjunkten horizontalen Streifen 9o, bevorzugt zwischen Isolatorschirmen 2c und insbesondere im unteren Erdflanschbereich 7a, vorhanden sein. Insgesamt kann also das Feldsteuermaterial 9; 9a, 9b; 9i, 9o in einer Beschichtung oder auch massiven Gestalt vorhanden sein, die auf einer Innenseite 21 und/oder integriert in einer Zwischenschicht 22 zwischen Bestandteilen 2a, 2b des Isolatorsteils 2; 2a, 2b und/oder auf einer Aussenseite 23 des Isolatorsteils 2; 2a, 2b; 2c angeordnet ist.

[0032] Gemäss Fig. 4 übernimmt das Feldsteuermaterial 9; 9s eine mechanisch tragende Funktion. Bevorzugt übernimmt das Feldsteuermaterial 9; 9s im Isolatorsteil 2; 2b die ausschliessliche mechanisch selbsttragende Funktion, so dass ein herkömmliches selbsttra-

gendes Kunststoffrohr 2a entfallen kann. Ein solches Feldsteuermaterial-Isolatorrohr 2; 2b inklusive 9s ist besonders einfach im Aufbau und besonders dünn im Durchmesser.

[0033] Für Gleichstromanwendungen soll das Feldsteuerelement 9; 9i, 9s gemäss Fig. 2a, Fig. 3a und Fig. 4 am Isolatorsteil 2; 2a, 2b; 2c vollflächig und entlang einer Längserstreckung x des Isolatorsteils 2; 2a, 2b; 2c durchgehend vorhanden sein und sowohl mit dem ersten Montageflansch 4; 8 als auch mit dem zweiten Montageflansch 8; 4 in elektrischem Kontakt stehen.

[0034] Eine bevorzugte Materialwahl für die Feldsteuermaterialien 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s umfasst eine Matrix, die mit Mikrovaristorpartikeln und/oder Partikeln hoher Dielektrizitätskonstante gefüllt ist. Als Mikrovaristorpartikel kommen beispielsweise dotierte ZnO-Partikel, TiO_2 -Partikel oder SnO_2 -Partikel in Frage. Hohe Dielektrizitätskonstante weisen z. B. $BaTiO_3$ -Partikel oder TiO_2 -Partikel auf. Im Falle von ZnO-Mikrovaristorpartikeln werden diese typischerweise in einem Temperaturbereich von 800 °C bis 1200 °C gesintert. Nach einem Aufbrechen und gegebenenfalls Sieben des Sinterprodukts weisen die Mikrovaristorpartikel eine typische Teilchengrösse von kleiner als 125 μm auf. Die Matrix wird anwendungsspezifisch gewählt und kann z. B. ein Epoxy, Silikon, EPDM, Thermoplast, thermoplastisches Elastomer oder Glas umfassen. Die Befüllung der Matrix mit Mikrovaristorpartikeln kann beispielsweise zwischen 20 Volumen% und 60 Volumen% betragen.

[0035] Fig. 5 zeigt Berechnungen der E-Feldverteilung $E(x)$, normiert auf ein maximales E-Feld E_0 , als Funktion der Längenortsordinate x des Isolatorsteils 2 und der Zeit, dargestellt durch sukzessive Momentaufnahmen a, b, c für eine herkömmliche Durchführung 1 mit Abschirmelektrode 6 gemäss Fig. 1 und D, E, F, G für eine erfindungsgemässe Durchführung 1'. Die Berechnungen wurden für eine SF_6 170 kV Durchführung mit GFK-Rohr 2a und Silikonbeschirmung 2b gemäss herkömmlichem Aufbau 1 oder erfindungsgemäsem Aufbau 1' gemacht. In Fig. 5 ist die elektrische Feldstärke $E(x)$ an der Grenzfläche Silikon - Luft während oder kurz nach Anlegen einer Blitzstossspannung dargestellt, mit Zeitverzögerungen von 0,5 μs / 2,2 μs / 20 μs für die Kurven a, b, c und 0,5 μs / 1,0 μs / 5 μs / 20 μs für die Kurven D, E, F, G. Man erkennt deutlich, dass durch das neue Design der Durchführung 1' die E-Feldspitzen vermieden werden und zu jedem Zeitpunkt eine homogenere E-Feldverteilung erreicht wird. Zudem sind die Bereiche erhöhter Feldstärke nicht mehr ortsfest, was sich vorteilhaft auf das dielektrische Verhalten der Durchführung 1' auswirkt. Mit Hilfe der Feldberechnungen und der nichtlinear elektrischen und/oder dielektrischen Eigenschaften des Feldsteuerelements 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s kann das Feldsteuerungs-Design der Durchführung 1' optimiert werden.

[0036] Fig. 6 zeigt eine ungenügende Auslegung, wobei das Feldsteuerelement 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s eine zu hohe elektrische Leitfähigkeit aufweist oder die Länge

l ; l_1 , l_2 zu kurz gewählt ist. Dadurch breitet sich das E-Feld entlang der Feldsteuerschicht 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s aus, wird dabei aber nicht abgebaut, so dass am Ende der Feldsteuerschicht 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s gleichwohl wieder eine Feldüberhöhung auftritt, die zu Teilentladungen, Überschlügen oder Durchschlägen führen kann. Wird andererseits eine zu niedrige elektrische Leitfähigkeit des Feldsteuermaterials 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s gewählt, so kann das E-Feld nicht effektiv kontrolliert oder gesteuert werden. Für eine optimale Auslegung eines varistorartigen Feldsteuerelements 9; 9a; 9i, 9o; 9s im Erdflanschbereich 7, 7a kann die einfache, aber wirkungsvolle Regel angegeben werden, dass die Feldsteuerelementlänge l ; l_1 , l_2 grösser oder gleich einem Verhältnis einer Stossspannung zu der kritischen elektrischen Feldstärke zu wählen ist, die das Varistor-Schaltverhalten des Feldsteuerelements 9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s charakterisiert.

[0037] Verwendungen der erfindungsgemässen dielektrischen Durchführung 1' betreffen u.a. den Einsatz als Durchführung 1' in einem elektrischen Hochspannungsapparat, insbesondere einem Trenner, Freiluft-Leistungsschalter, Vakuumschalter, Dead Tank Breaker, Stromwandler, Spannungswandler, Transformator, Leistungskondensator oder Kabelendverschluss oder in einer elektrischen Schaltanlage für Hoch- oder Mittelspannung. Gegenstand der Erfindung ist auch ein elektrischer Hochspannungsapparat, insbesondere ein Trenner, Freiluft-Leistungsschalter, Dead Tank Breaker, Stromwandler, Spannungswandler, Transformator, Leistungskondensator oder Kabelendverschluss, bei dem eine dielektrische Durchführung 1' wie zuvor beschrieben vorhanden ist. Ebenso wird eine elektrische Schaltanlage, insbesondere eine Hoch- oder Mittelspannungsschaltanlage, umfassend einen solchen elektrischen Hochspannungsapparat beansprucht.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0038]

- 1 Konventionelle Hochspannungsdurchführung
- 1' FGM-Hochspannungsdurchführung
- 2 Selbsttragender Isolator
- 20 Isolation (fest, flüssig, gelartig, gasförmig), Epoxy, Schaumstoff, Öl, Luft, SF_6
- 21 Innenseite des Isolatorteils
- 22 Zwischenschicht des Isolatorteils
- 23 Aussenseite des Isolatorteils
- 2a GFK-Rohr (glasfaserverstärkter Kunststoff), glasfaserverstärktes Epoxy-Rohr
- 2b Aussenisolator, Beschirmung, Silikon-Beschirmung
- 2c Porzellanisolator
- 3 Stromleiter (auf Hochspannungspotential)
- 3a Mittelachse
- 3b Stromanschluss
- 3c Stromanschluss

- 4 Flansch (geerdet), Erdflansch
- 46 Kontaktierung zwischen Flansch und Abschirmelektrode
- 5 Gehäuse von Hochspannungsapparat
- 5 6 Abschirmelektrode
- 6a Abschirmelektrode, Erdungselektrode
- 6b Abschirmelektrode, Hochspannungselektrode
- 7 Stark feldbelastete Zone
- 7a Feldbelastungszone im Erdflanschbereich
- 10 7b Feldbelastungszone im Hochspannungsflanschbereich
- 8 Hochspannungsflansch
- 9 Feldsteuerndes Material, FGM, Varistormaterial, feldsteuernde Beschichtung
- 15 9a FGM im Erdflanschbereich
- 9b FGM im Hochspannungsflanschbereich
- 9i FGM auf Isolator-Innenfläche
- 9o FGM auf Isolator-Aussenfläche
- 9s selbsttragendes feldsteuerndes Isolatorrohr
- 20 a konventionelle Durchführung, nach 0,5 μs
- b konventionelle Durchführung, nach 2,2 μs
- c konventionelle Durchführung, nach 20 μs
- D FGM-Durchführung, nach 0,5 μs
- 25 E FGM-Durchführung, nach 1,0 μs
- F FGM-Durchführung, nach 5 μs
- G FGM-Durchführung, nach 20 μs
- d, d(l) Dicke der feldsteuernden Beschichtung oder des feldsteuernden Rohrs
- 30 d_i, d_o Dicke der feldsteuernden Innenschicht oder Aussenschicht
- l Länge der feldsteuernden Beschichtung oder des feldsteuernden Rohrs
- l₁, l₂ Länge der feldsteuernden Beschichtung im Erdflanschbereich oder Hochspannungsflanschbereich
- 35 E(x) elektrische Feldverteilung entlang Hochspannungsdurchführung
- E_o maximales elektrisches Feld, Normierungsfeld
- 40 x Ortskoordinate entlang Längserstreckung der FGMDurchführung

45 Patentansprüche

- 1. Dielektrische Durchführung (1'), insbesondere Hochspannungsdurchführung (1') für einen elektrischen Hochspannungsapparat, umfassend einen Isolatorteil (2; 2a, 2b; 2c) mit einem ersten Montageflansch (4; 8) und einem zweiten Montageflansch (8; 4) zur Montage der Durchführung (1'), **dadurch gekennzeichnet, dass**
- 50 a) innerhalb der Durchführung (1') in einer Feldbelastungszone (7; 7a, 7b) im Bereich des ersten Montageflansches (4; 8) eine für ein gewünschtes Spannungsniveau erforderliche Ab-
- 55

schirmelektrode (6; 6a, 6b) weggelassen ist und

b) stattdessen zum Zwecke der Feldsteuerung in der Feldbelastungszone (7; 7a, 7b) ein nicht-linear elektrisches und/oder dielektrisches Feldsteuerelement (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) am Isolator-
 5 teil (2; 2a, 2b; 2c) im Bereich des ersten Montageflansches (4; 8) vorhanden ist.

2. Die Durchführung (1') nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Feldsteuerelement (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) hinsichtlich seiner nichtlinear elektrischen und/oder dielektrischen Eigenschaften, seiner geometrischen Gestalt und seiner An-
 10 ordnung am Isolator-
 15 teil (2; 2a, 2b; 2c) zur dielektrischen Entlastung der Feldbelastungszone (7; 7a, 7b) ohne Abschirmelektrode (6; 6a, 6b) für alle Betriebszustände, insbesondere für Stossspannungen, ausgelegt ist.

3. Die Durchführung (1') nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Feldsteuerelement (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) auf-
 20 weist:

- a) nichtlinear elektrische Varistoreigenschaften und insbesondere eine kritische Feldstärke, die ein Varistor-Schaltverhalten des Feldsteuer-
 25 elements (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) charakterisiert, und/oder
 30 b) eine hohe Dielektrizitätskonstante ϵ , insbesondere $\epsilon > 30$, bevorzugt $\epsilon > 40$ und besonders bevorzugt $\epsilon > 50$.

4. Die Durchführung (1') nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Feldsteuerelement (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) in elek-
 35 trischem Kontakt mit dem ersten Montageflansch (4; 8) steht, sich über eine vorgebbare Länge (l ; l_1 , l_2) entlang einer Längserstreckung (x) des Isolator-
 40 teils (2; 2a, 2b; 2c) erstreckt und eine vorgebbare Dicke (d) oder Dickenverteilung ($d(l)$) als Funktion der Länge (l ; l_1 , l_2) aufweist.

5. Die Durchführung (1') nach Anspruch 3a und 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Länge (l ; l_1 , l_2) grösser oder gleich einem Verhältnis einer maximalen zu prüfenden Stossspannung zu der kritischen elektrischen Feldstärke gewählt ist.

6. Die Durchführung (1') nach Anspruch 3a und optional Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Feldsteuerelement (9; 9i, 9s) für Gleichstromanwendungen am Isolator-
 55 teil (2; 2a, 2b; 2c) vollflächig und entlang einer Längserstreckung (x) des Isolator-
 60 teils (2; 2a, 2b; 2c) durchgehend vorhanden ist und sowohl mit dem ersten Montageflansch (4; 8) als auch mit dem zweiten Montageflansch (8; 4)

in elektrischem Kontakt steht.

7. Die Durchführung (1') nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- a) der erste Montageflansch (4) ein erdseitiger Montageflansch (4) zur Montage der Durchführung (1') an einem geerdeten Gehäuse (5) eines elektrischen Apparats ist und/oder
 b) der zweite Montageflansch (8) ein spannungsseitiger Montageflansch (8) zur Montage der Durchführung (1') an einem Hochspannungsteil ist und/oder
 c) der Isolator-
 65 teil (2; 2a, 2b; 2c) im Inneren einen Isolationsraum für ein Feststoffisolation-
 70 material (20) oder für eine Isolationsflüssigkeit (20) oder einen Gasraum für ein Isolationsgas (20) aufweist.

8. Die Durchführung (1') nach Anspruch 7a und 7b, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- a) ein weiteres Feldsteuerelement (9; 9b) vorhanden ist, das geeignete nichtlinear elektrische und/oder dielektrische Eigenschaften, insbesondere solche gemäss Anspruch 3, aufweist und in einer Feldbelastungszone (7; 7a, 7b) im Bereich des zweiten Montageflansches (8; 4) über eine vorgebbare Länge (l ; l_2) und Dicke (d , $d(l_2)$) am Isolator-
 75 teil (2; 2a, 2b; 2c) angeordnet ist und
 b) insbesondere dass das weitere Feldsteuerelement (9; 9b) als Ersatz für eine Abschirm-
 80 elektrode (6b) im Bereich des zweiten Montageflansches (8; 4) dient.

9. Die Durchführung (1') nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- a) das weitere Feldsteuerelement (9; 9b) in elektrischem Kontakt mit dem zweiten Montageflansch (8; 4) steht und/oder
 b) das weitere Feldsteuerelement (9; 9b) durch eine feldsteuermaterialfreie Zone, die sich entlang der Längserstreckung des Isolator-
 85 teils (2; 2a, 2b) erstreckt, vom Feldsteuerelement (9; 9a; 9i, 9o) im Bereich des ersten Montageflansches (4; 8) getrennt ist.

10. Die Durchführung (1') nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- a) das Feldsteuerelement (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) in einer Beschichtung oder massiven Gestalt vorhanden ist, die auf einer Innenseite (21) und/oder in einer Zwischenschicht (22) integriert zwischen Bestandteilen (2a, 2b) des Isolator-
 90 teils (2; 2a, 2b) und/oder auf einer Aussen-
 95 seite (23) des Isolator-
 100 teils (2; 2a, 2b) vorhanden ist.

seite (23), insbesondere dort in disjunkten horizontalen Streifen (9o), des Isolatorteils (2; 2a, 2b; 2c) vorhanden ist und/oder

b) das Feldsteuerelement (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) eine mechanisch tragende Funktion übernimmt und insbesondere dass das Feldsteuermaterial (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) im Isolatorteil (2; 2a, 2b; 2c) die ausschliessliche mechanisch selbsttragende Funktion übernimmt.

5

10

11. Die Durchführung (1') nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Feldsteuerelement (9; 9a, 9b; 9i, 9o; 9s) eine Matrix, insbesondere ein Epoxy, Silikon, EPDM, Thermoplast, thermoplastisches Elastomer oder Glas, umfasst und die Matrix

15

a) mit Mikrovaristorpartikeln, insbesondere dotierten ZnO-Partikeln, TiO₂-Partikeln oder SnO₂-Partikeln, gefüllt ist und/oder

20

b) mit Partikeln mit hoher Dielektrizitätskonstante, insbesondere mit BaTiO₃-Partikeln oder TiO₂-Partikeln, gefüllt ist.

12. Elektrischer Hochspannungsapparat, insbesondere Trenner, Freiluft-Leistungsschalter, Vakuumschalter, Dead Tank Breaker, Stromwandler, Spannungswandler, Transformator, Leistungskondensator oder Kabelendverschluss, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine dielektrische Durchführung (1') gemäss einem der vorangehenden Ansprüche vorhanden ist.

25

30

13. Elektrische Schaltanlage, insbesondere Hoch- oder Mittelspannungsschaltanlage, **gekennzeichnet durch** einen elektrischen Hochspannungsapparat nach Anspruch 12.

35

40

45

50

55

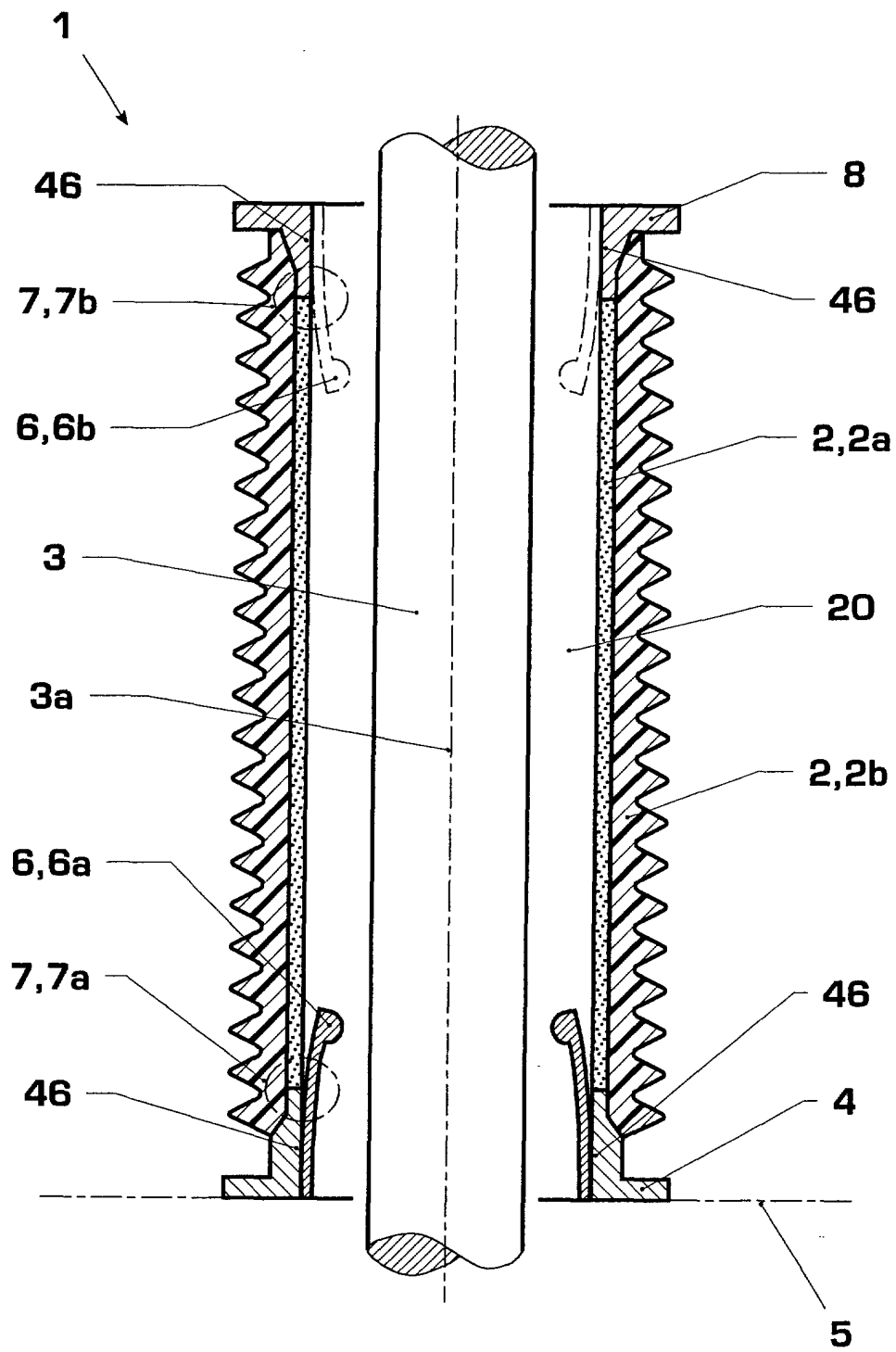
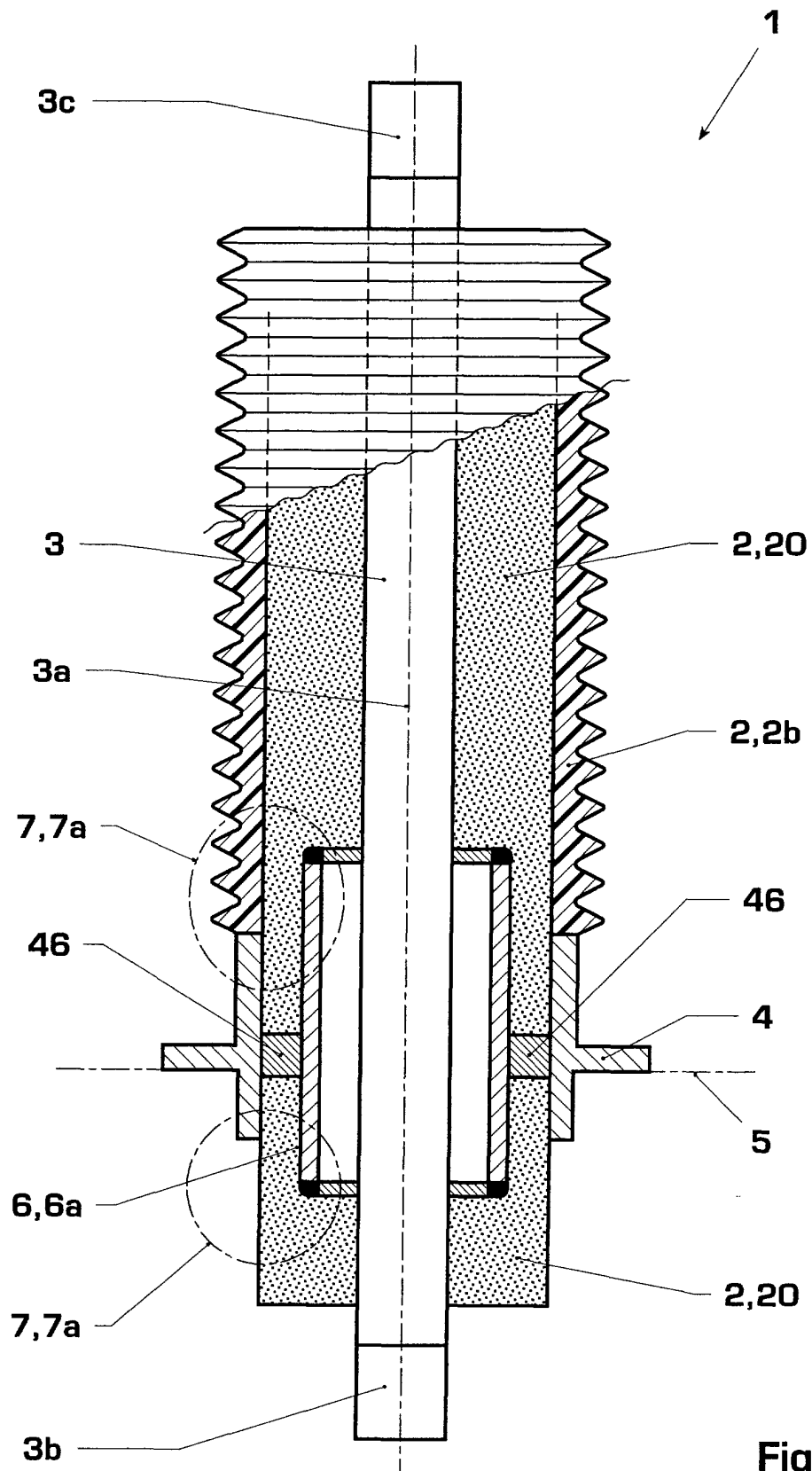


Fig. 1a



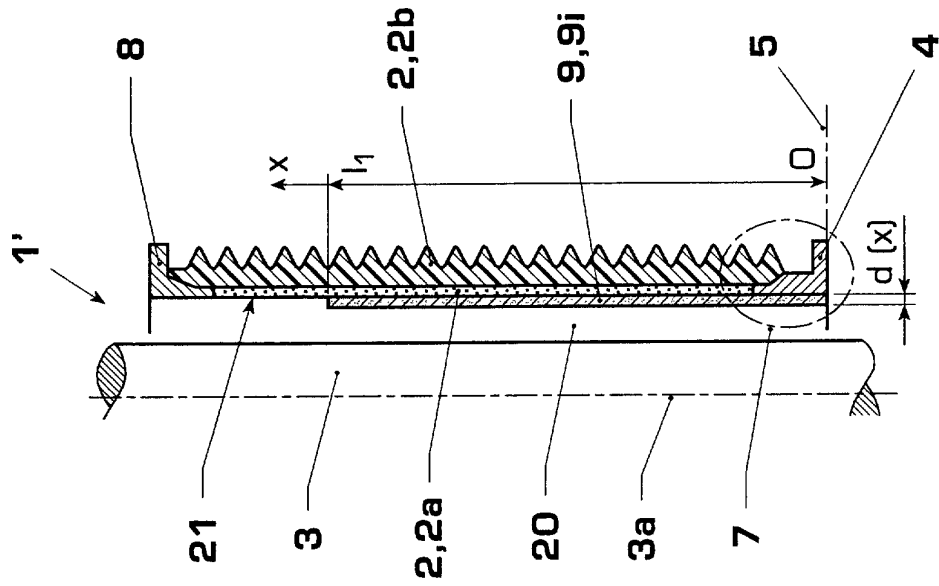


Fig. 2b

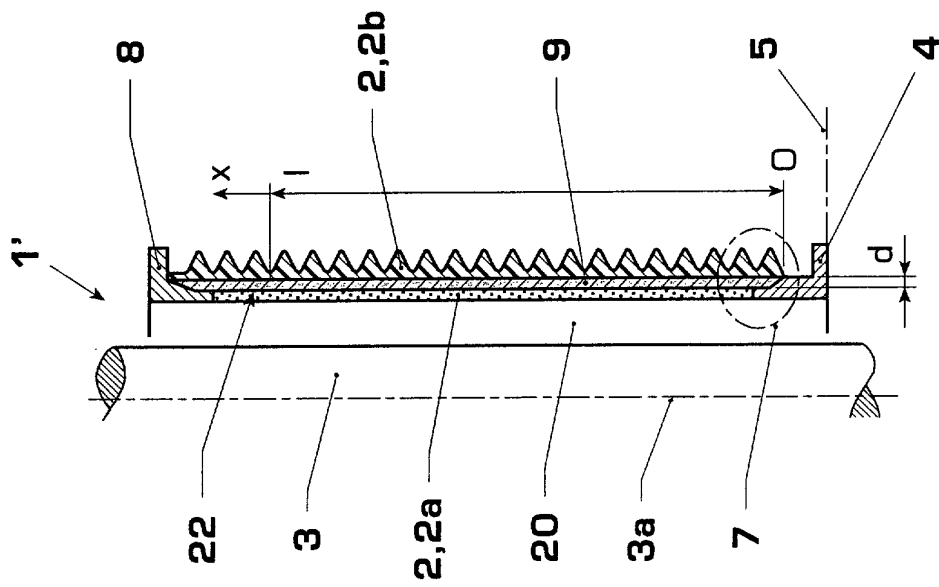


Fig. 2a

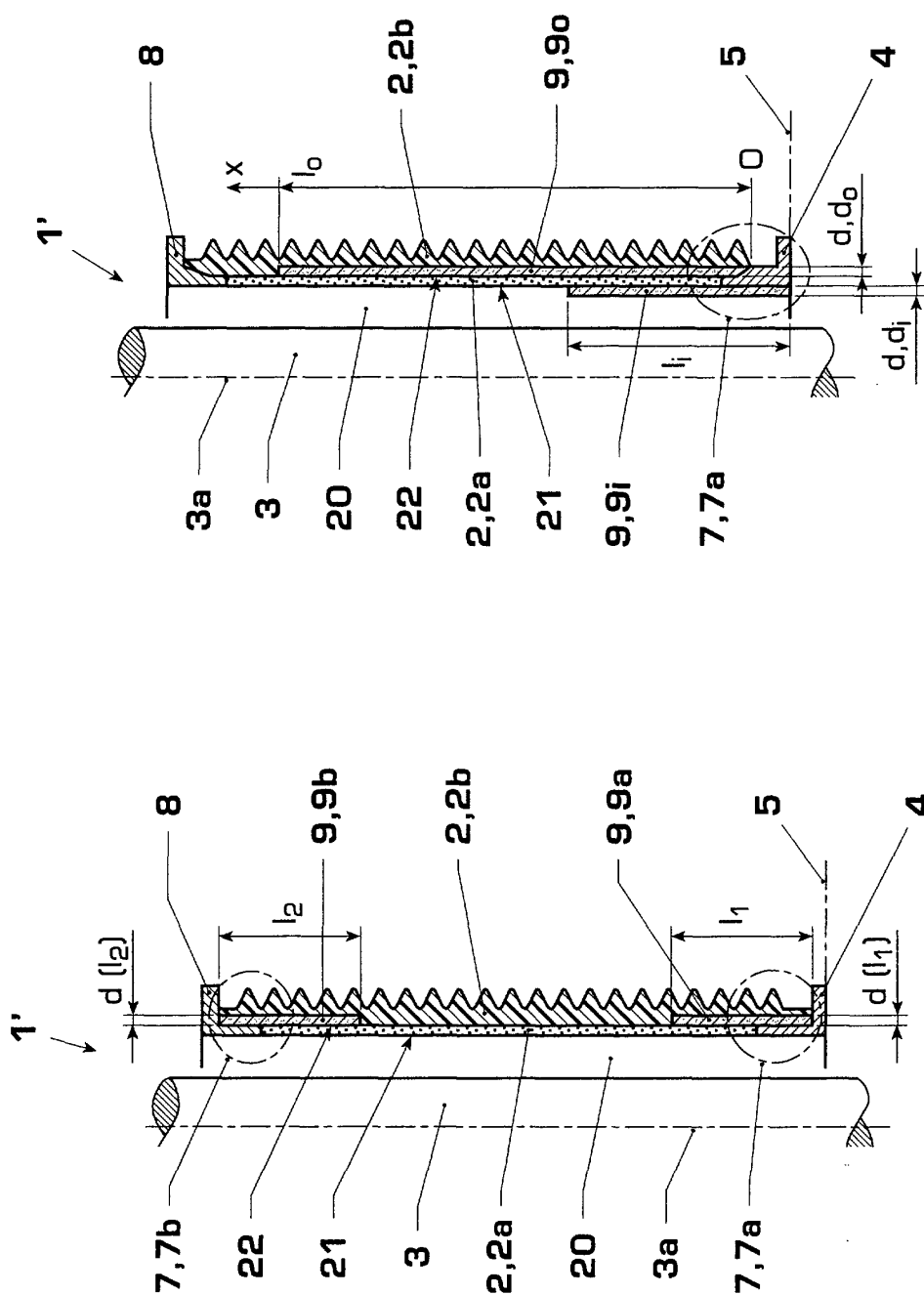


Fig. 2d

Fig. 2c

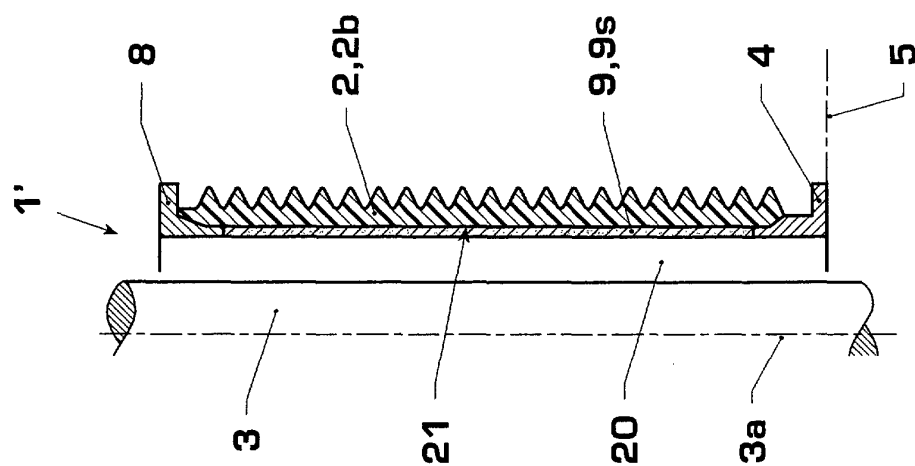


Fig. 4

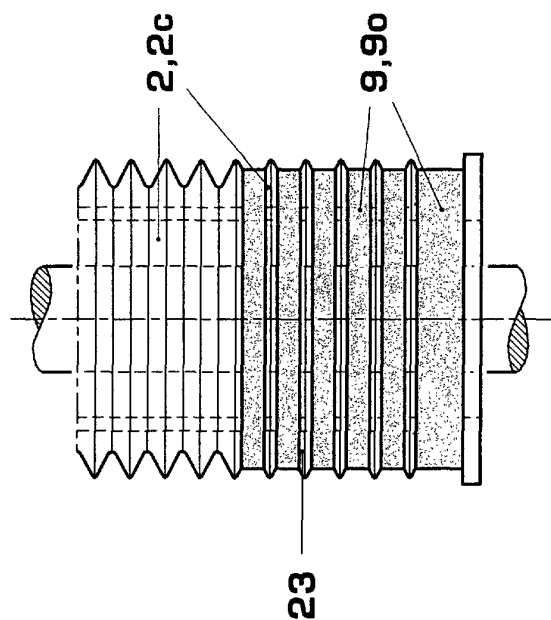


Fig. 3b

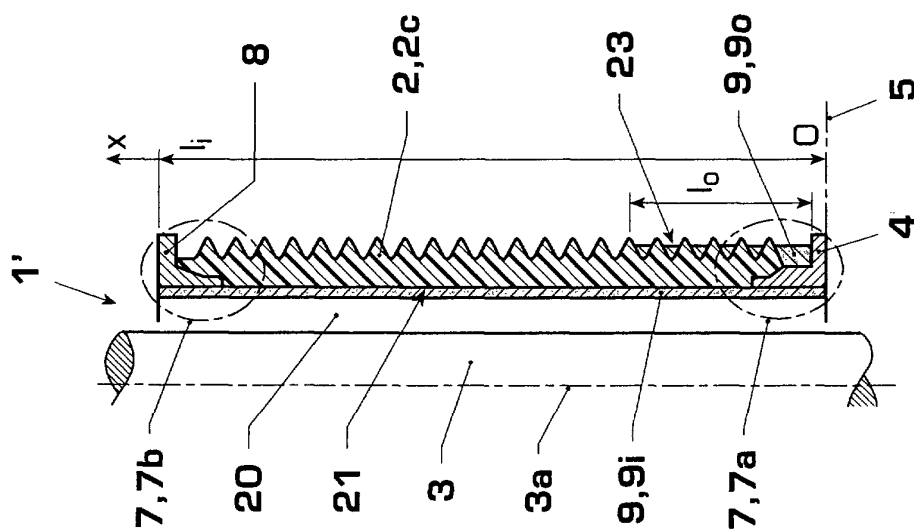


Fig. 3a

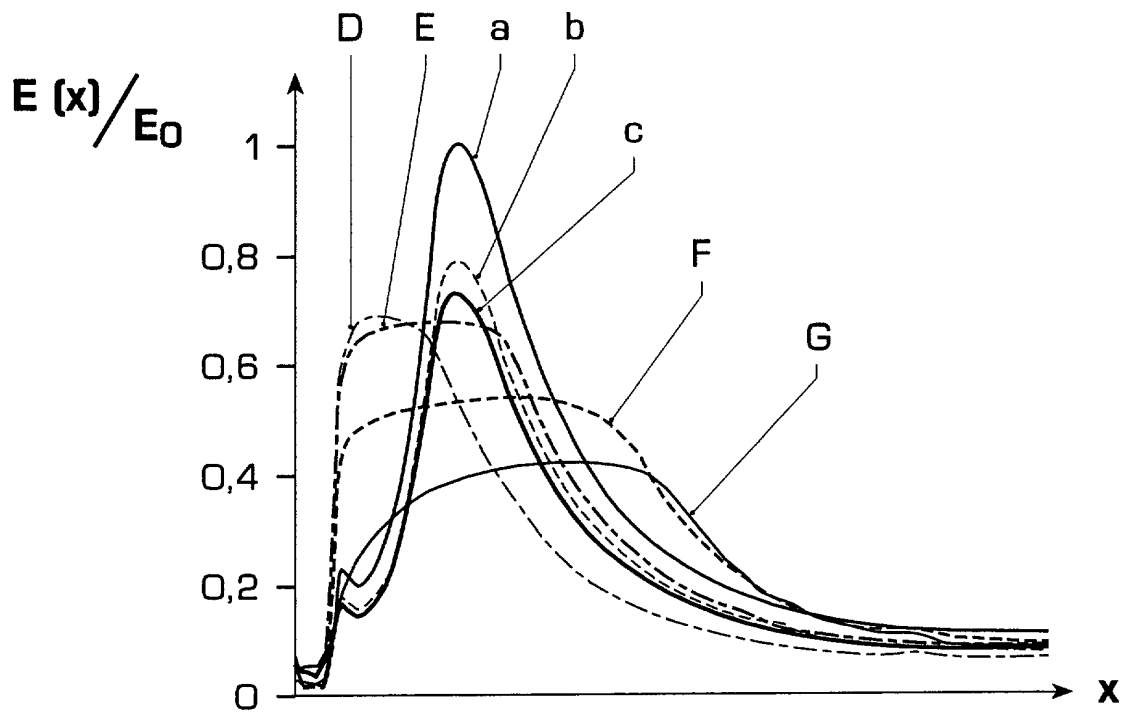


Fig. 5

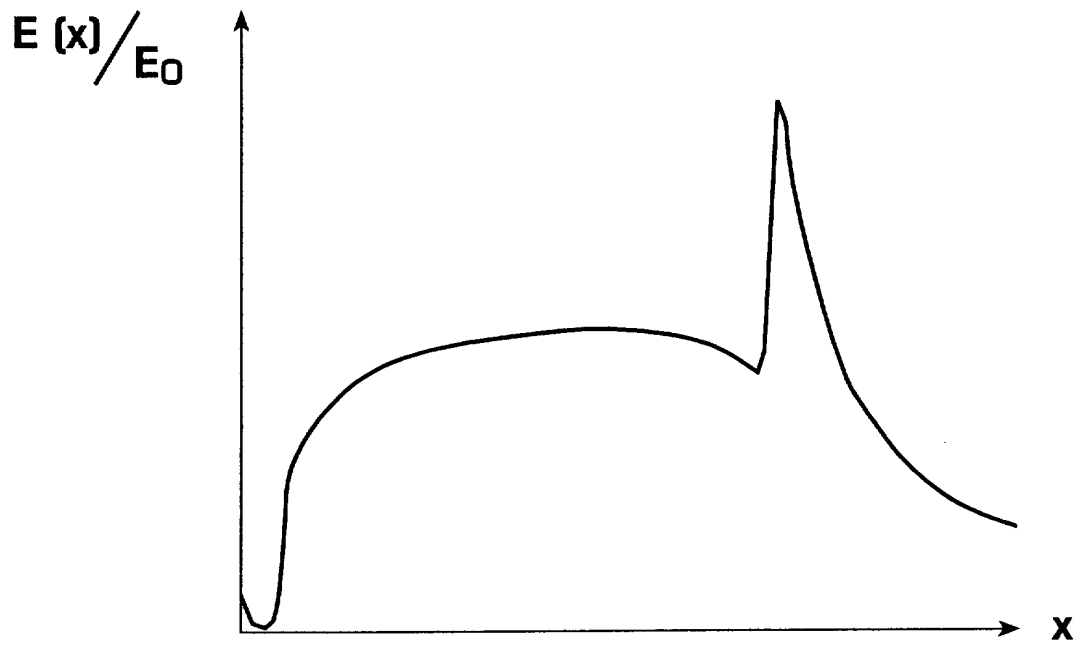


Fig. 6



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 04 40 5151

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 3 318 995 A (BUCKLEY RICHARD D ET AL) 9. Mai 1967 (1967-05-09) * Spalte 1, Zeile 15 - Zeile 39 * * Spalte 3, Zeile 38 - Zeile 40 * * Spalte 4, Zeile 7 - Zeile 43; Abbildung 1 * * Spalte 8, Zeile 45 - Zeile 50; Abbildung 3 *	1,3-5, 10-13	H01B17/28
Y	-----	6-10	
X	US 4 272 642 A (CLASSON AKE) 9. Juni 1981 (1981-06-09) * Spalte 1, Zeile 57 - Spalte 2, Zeile 15; Abbildungen 1,2 *	1,3,7	
X	----- GB 842 039 A (ASEA AB) 20. Juli 1960 (1960-07-20) * Seite 2, Zeile 47 - Zeile 106; Abbildungen 1,2 *	1,2,11	
Y,D	----- WO 99/33065 A (ASEA BROWN BOVERI ; WINDMAR DAN (SE)) 1. Juli 1999 (1999-07-01) * Seite 4, Absatz V * * Seite 7, Zeile 5 - Zeile 10 *	6,10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Y	----- US 6 534 721 B2 (HOEFNER ROLAND) 18. März 2003 (2003-03-18) * Spalte 3, Zeile 48 - Zeile 53 * * Spalte 6, Zeile 32 - Zeile 55; Abbildung 3 *	7-9	H01B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 16. Juli 2004	Prüfer Colombo, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

3
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 40 5151

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-07-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3318995	A	09-05-1967	KEINE	
US 4272642	A	09-06-1981	SE 429907 B	03-10-1983
			CH 648685 A5	29-03-1985
			DE 2934805 A1	27-03-1980
			JP 55039192 A	18-03-1980
			SE 7809619 A	14-03-1980
GB 842039	A	20-07-1960	KEINE	
WO 9933065	A	01-07-1999	AU 1992299 A	12-07-1999
			CA 2315652 A1	01-07-1999
			EP 1042756 A1	11-10-2000
			WO 9933065 A1	01-07-1999
US 6534721	B2	15-11-2001	DE 19856123 A1	06-07-2000
			WO 0034962 A1	15-06-2000
			EP 1141979 A1	10-10-2001
			JP 2002532823 T	02-10-2002
			US 2001040046 A1	15-11-2001

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82