

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
14. August 2008 (14.08.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/095660 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01F 27/28 (2006.01) H01F 27/26 (2006.01)
H01F 27/32 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/000835

(22) Internationales Anmeldedatum:
1. Februar 2008 (01.02.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 006 005.1 7. Februar 2007 (07.02.2007) DE

(71) Anmelder und

(72) Erfinder: HANSER, Volker, W. [DE/DE]; Zollstrasse 2,
77694 Kehl (DE).

(74) Anwalt: KLUNKER, SCHMITT, NILSON, HIRSCH;
Winzererstrasse 106, 80797 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

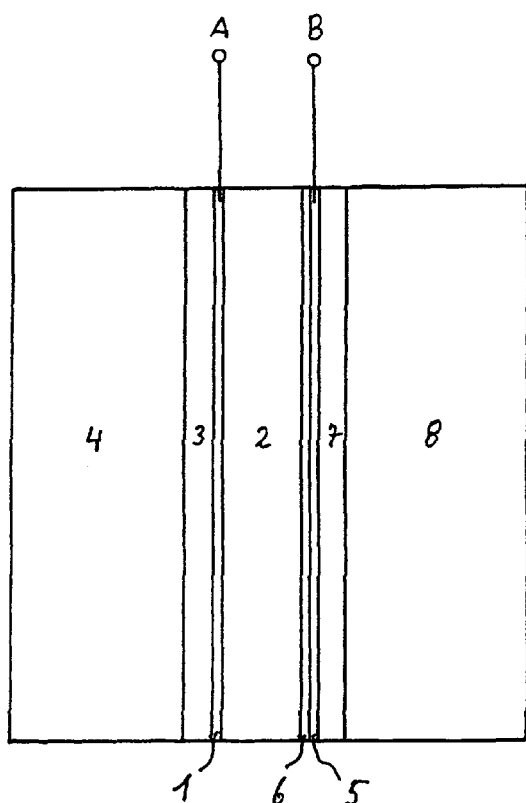
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: TRANSFORMER

(54) Bezeichnung: TRANSFORMATOR

Figur 1



(57) Abstract: A transformer (10) with an insulation arrangement between a high voltage winding (4) and a low voltage winding (8) for potential isolation, or an insulation arrangement for potential isolation between a high voltage winding (4) and a low voltage winding (8) of a transformer, has a layered structure, comprising inner insulation (2; 2a, 2b) between the high voltage winding (4) and the low voltage winding (8), which are adjoined by at least one semiconductive layer (6, 6a, 6b). In this way, the dimensions of a transformer can be reduced, and, in addition, partial discharges towards the outside can be reduced or entirely suppressed.

(57) Zusammenfassung: Ein Transformator (10) mit einer Isolationsanordnung zwischen einer Oberspannungswicklung (4) und einer Unterspannungswicklung (8) zur Potentialtrennung, bzw. eine Isolationsanordnung zur Potentialtrennung zwischen einer Oberspannungswicklung (4) und einer Unterspannungswicklung (8) eines Transformators, weist einen Schichtaufbau auf, umfassend eine innere Isolation (2; 2a, 2b) zwischen Oberspannungswicklung (4) und Unterspannungswicklung (8), an die wenigstens eine halbleitende Schicht (6, 6a, 6b) angrenzt. Auf diese Art können die Abmessungen eines Transformators reduziert werden, außerdem können Teilentladungen nach außen hin reduziert beziehungsweise ganz unterbunden werden.

WO 2008/095660 A1



MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

Transformator

5 Die Erfindung bezieht sich auf einen Transformator mit einer Spannungsisolati-
on zwischen einer Oberspannungswicklung und einer Unterspannungswick-
lung zur Potentialtrennung. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf einen
Hochspannungstransformator, insbesondere auf die Isolation zur Potentialtren-
nung, zwischen der Oberspannungswicklung und der Unterspannungswick-
10 lung. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Isolationsanordnung zur Potentialt-
rennung zwischen einer Oberspannungswicklung und einer Unterspannungs-
wicklung eines Transformators.

Hochspannungstransformatoren werden zur Anpassung an verschiedene
15 Spannungsebenen benötigt. Zum Beispiel transformiert ein Ofentransformator
in Ölausführung eine Spannung von 110 kV auf eine Spannung von 1,5 kV, ein
Netztransformator in Ölausführung eine Spannung von 110 kV auf 0,4 kV und
ein Verteilungstransformator in Trockenausführung eine Spannung von 33 kV
auf 0,4 kV. Die Leistungen für solche Transformatoren beginnen bei ca. 0,4 Me-
20 gawatt und können bis über 100 Megawatt betragen.

Ein Problem besteht darin, dass bei Hochspannungstransformatoren im Lei-
stungsbereich, ab einer Spannung von 36 kV eine Ölisolation notwendig wird,
beziehungsweise bei einer Trockenisolation unter 36 kV, große Luftabstände
25 zwischen der Oberspannungswicklung und Unterspannungswicklung einzuhal-
ten sind oder ein sehr teurer Komplettverguss mit Gießharz erforderlich wird.
Bei der Verwendung von bekannten Trockenisolationen findet bei hohen Span-
nungen an der Oberfläche der Isolation eine Teilentladung statt, welche die Be-
triebssicherheit des Transformators einschränkt, beziehungsweise den Bau un-
30 möglich macht.

Es sind heute keine Hochspannungstransformatoren im hohen Leistungsbe-
reich bekannt, welche oberhalb von 36 kV ohne eine Ölisolierung auskommen.
Trockentransformatoren werden ohne Ölisolierung bis zu einer Spannung von
35 36 kV gebaut. Dies sind Gießharztransformatoren bei denen ein Gießharz zur

Isolation benutzt wird. Weiterhin sind Isolationsmaterialien mit einem mehrschichtigen Aufbau bekannt. Diese weisen jedoch keine elektrisch leitenden Schichten mit definiertem Potential in Kombination mit Isolationsschichten und halbleitenden Schichten auf. Weiterhin gibt es reine Trockentransformatoren
5 bis 20 kV, jedoch mit dem Nachteil, sehr große Luftabstände zu benötigen, dies bedingt wiederum große Abmessungen und ist sehr teuer.

Aus der DE 17 63 515 A ist ein Hochspannungstransformator bekannt, bei dem in einem Schichtaufbau der Hochspannungs isolation eine elektrisch leitende
10 Schicht auf Oberspannungspotential und eine weitere elektrisch leitende Schicht auf Unterspannungspotential gelegt ist. Aufgrund der Potentialverhältnisse kommt es dabei auf der Oberfläche der mit der Unterspannung beaufschlagten Schicht zu Teilentladungen, die die Isolation zerstören.

15 Eine Aufgabe der Erfindung ist es, eine Isolationsanordnung zur Potentialtrennung zwischen der Oberspannungswicklung und Unterspannungswicklung eines Transformators bzw. einen Transformator mit einer entsprechenden Isolationsanordnung zu schaffen, welche bei höheren Spannungen, z.B. oberhalb von 36 kV, ohne eine Öl isolation auskommt, beziehungsweise mit welcher die Luft-
20 abstände bei geringeren Spannungen, z.B. unterhalb von 36 kV, reduziert werden können.

Die Erfindung betrifft einen Transformator gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Isolationsanordnung gemäß
25 den Merkmalen des Patentanspruchs 21. Ausgestaltungen und vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf einen Transformator mit einer Isolationsanordnung zwischen einer Oberspannungswicklung und einer Unterspannungswicklung zur Potentialtrennung, die einen Schichtaufbau aufweist,
30 umfassend eine innere Isolation zwischen Oberspannungswicklung und Unterspannungswicklung, an die wenigstens eine halbleitende Schicht angrenzt.

Weiterhin bezieht sich die Erfindung insbesondere auf eine Isolationsanordnung zur Potentialtrennung zwischen einer Oberspannungswicklung und einer
35

Unterspannungswicklung eines Transformators, die einen Schichtaufbau aufweist, umfassend eine innere Isolation zur Anordnung zwischen Oberspannungswicklung und Unterspannungswicklung des Transformators, an die wenigstens eine halbleitende Schicht angrenzt.

5

Der Vorteil der Erfindung besteht darin, dass es ermöglicht wird, einen Transformator oberhalb einer relativ hohen Spannung, z.B. von 36 kV, ohne eine risikobehaftete Ölausführung zu realisieren beziehungsweise bei relativ geringen Spannungen, z.B. unterhalb von 36 kV, die Teilentladung und die Luftabstände zu verkleinern und somit die Abmessungen des Transformators zu reduzieren. Insbesondere können Teilentladungen nach außen hin wesentlich reduziert beziehungsweise ganz unterbunden werden.

10

In einer Ausführungsform kann die innere Isolation an einer ersten und zweiten Seite, die insbesondere gegenüberliegende Seiten sind, an jeweils eine halbleitende Schicht angrenzen.

15

In einer weiteren Ausführungsform umfasst der Transformator eine erste elektrisch leitende Schicht, die auf ein erstes definiertes Potential gelegt ist und die zwischen der Oberspannungswicklung und der inneren Isolation angeordnet ist. Insbesondere ist die erste elektrisch leitende Schicht auf ein erstes definiertes Potential gelegt, welches der Oberspannung der Oberspannungswicklung gleich oder zumindest nahe ist.

20

In einer weiteren Ausführungsform umfasst der Transformator alternativ oder zusätzlich eine zweite elektrisch leitende Schicht, die auf ein zweites definiertes Potential gelegt ist und die zwischen der Unterspannungswicklung und der inneren Isolation angeordnet ist. Insbesondere ist die zweite elektrisch leitende Schicht auf ein zweites definiertes Potential gelegt, welches der Unterspannung der Unterspannungswicklung gleich oder zumindest nahe ist.

25

30

Die elektrisch leitenden Schichten können von einer externen Spannungsquelle, welche eine Strombegrenzung aufweisen kann, oder von den Wicklungsspannungen des Transformators versorgt werden.

35

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst der Transformator eine erste innere Isolation zwischen Oberspannungswicklung und Unterspannungswicklung, an die wenigstens eine erste halbleitende Schicht angrenzt, und eine zweite innere Isolation zwischen Oberspannungswicklung und Unterspannungswicklung, an die wenigstens eine zweite halbleitende Schicht angrenzt.

In dieser Ausführungsform kann eine erste elektrisch leitende Schicht vorgesehen sein, die auf ein erstes definiertes Potential gelegt ist und die zwischen der Oberspannungswicklung und der ersten inneren Isolation angeordnet ist, außerdem eine zweite elektrisch leitende Schicht, die auf ein zweites definiertes Potential gelegt ist und die zwischen der ersten inneren Isolation und der zweiten inneren Isolation angeordnet ist, sowie eine dritte elektrisch leitende Schicht, die auf ein drittes definiertes Potential gelegt ist und die zwischen der Unterspannungswicklung und der zweiten inneren Isolation angeordnet ist.

Insbesondere ist die erste elektrisch leitende Schicht auf ein erstes definiertes Potential gelegt, welches der Oberspannung der Oberspannungswicklung gleich oder zumindest nahe ist, und die dritte elektrisch leitende Schicht auf ein drittes definiertes Potential gelegt, welches der Unterspannung der Unterspannungswicklung gleich oder zumindest nahe ist. Die zweite elektrisch leitende Schicht ist vorzugsweise auf näherungsweise die Hälfte des gesamten Potentialunterschieds zwischen Oberspannungswicklung und Unterspannungswicklung gelegt. Die erste und dritte elektrisch leitende Schicht kann durch eine jeweilige Isolationsschicht von der Ober- bzw. Unterspannungswicklung isoliert sein.

In einer Ausgestaltung der Erfindung ist die erste elektrisch leitende Schicht gefolgt von der ersten inneren Isolation, gefolgt von der ersten halbleitenden Schicht und der zweiten elektrisch leitenden Schicht, gefolgt von der zweiten inneren Isolation, gefolgt von der zweiten halbleitenden Schicht und der dritten elektrisch leitenden Schicht.

Eine solche erfindungsgemäße Anordnung kann grundsätzlich modulartig auf mehrere innere Isolationen mit jeweiligen halbleitenden Schichten erweitert

werden. Mit anderen Worten, kann der Schichtaufbau in Reihe geschaltet werden. Auf diese Art sind auch 2, 3, 5 usw. aufeinanderfolgende Schichten möglich. So umfasst beispielsweise eine weitere Ausgestaltung eine Anordnung, bei der die dritte elektrisch leitende Schicht gefolgt ist von einer dritten inneren Isolation, gefolgt von einer dritten halbleitenden Schicht und einer vierten elektrisch leitenden Schicht, die auf ein viertes definiertes Potential gelegt ist, welches der Unterspannung gleich oder zumindest nahe ist. Entsprechend sind die zweite und dritte elektrisch leitende Schicht auf ein jeweiliges Zwischenpotential zwischen Ober- und Unterspannung gelegt, beispielsweise auf zwei Drittel bzw. ein Drittel des gesamten Potentialunterschieds zwischen Oberspannungswicklung und Unterspannungswicklung.

Ein Aspekt der Erfindung besteht insbesondere in einer Hochspannungsisolation zur Potentialtrennung, die einen festverbundenen Schichtaufbau aufweist, mit einer elektrisch leitenden Schicht, elektrisch verbunden oder isoliert zur Oberspannung, wobei bei einer isolierten Ausführung die elektrisch leitende Schicht auf ein definiertes Potential gelegt wird, welches der Oberspannung nahe liegt, gefolgt von einer inneren Isolation, gefolgt von einer halbleitenden Schicht zur Verhinderung von Teilentladungen an der Oberfläche der Isolation und einer weiteren elektrisch leitenden Schicht, verbunden oder isoliert zur Unterspannung, wobei bei einer isolierten Ausführung die elektrisch leitende Schicht auf ein definiertes Potential gelegt wird, welches der Unterspannung nahe liegt.

Die elektrisch leitenden Schichten können von einer externen Spannungsquelle, welche eine Strombegrenzung aufweisen kann, oder von den Wicklungsspannungen des Transformators versorgt werden.

Bei sehr hohen Spannungen kann der Schichtaufbau mehrfach in Reihe geschaltet werden, wobei die elektrisch leitenden Schichten von einer Spannungsquelle auf ein definiertes Potential gelegt werden. Beispielsweise wird bei einer Oberspannung von 60 kV die erste leitende Schicht auf das Potential der Unterspannung von 400 Volt, die zweite elektrisch leitende Schicht auf 30 kV und die dritte leitende Schicht auf 60 kV gelegt.

Durch die elektrisch leitenden Schichten mit einem definierten Potential, besteht praktisch kein Potentialunterschied mehr zu benachbarten Wicklung. Der Spannungsverlauf der Oberspannungswicklung ist gleich dem Spannungsverlauf der zur Oberspannung gehörenden elektrisch leitenden Schicht, beziehungsweise liegt diesem Spannungsverlauf bei einer isolierten Ausführung
5 nahe. Das gleiche gilt für die Unterspannung.

Die elektrisch leitenden Schichten können, je nach Anwendungsfall, mit der Ober- bzw. Unterspannungswicklung elektrisch leitend verbunden sein
10 und/oder mit einer externen Spannungsquelle verbunden sein. Hierzu können auch Spannungsteiler, Transformatoren oder ähnliches verwendet werden, die direkt oder indirekt mit der Ober- bzw. Unterspannungswicklung gekoppelt sind. Solche Komponenten können den Spannungsbetrag der jeweiligen elektrisch leitenden Schicht gegenüber der Ober- bzw. Unterspannungswicklung
15 verändern oder, bei gleichem Spannungsbetrag, eine Leistungsentkopplung zur Ober- bzw. Unterspannungswicklung sicherstellen.

Die Isolationsanordnung kann durch ihren Aufbau bedingt, im Gegensatz zu den üblichen Luftabständen, sehr dünn ausgelegt werden. Weiterhin wird
20 durch die halbleitende Schicht eine Teilentladung an der Oberfläche der Isolations verhindert.

Je nach Anwendungsfall kann der Widerstand der halbleitenden Schicht für alle Werte, welche zwischen dem Widerstand eines elektrischen Leiters, z.B. Kupfer, und dem eines elektrischen Nichtleiters, z. B. Silikon, ausgelegt werden.
25 Eine günstige Variante für die halbleitende Schicht ist das Aufsprühen einer dünnen Kohleschicht mit einem definierten Widerstand. Dieser kann beispielsweise zwischen $0,1\ \Omega$ und $1\ \text{M}\Omega$ betragen, insbesondere $2\ \Omega$ bis $10\ \text{k}\Omega$, beispielsweise näherungsweise $5\ \text{k}\Omega$.

30 Eine weitere Variante besteht darin, dass die Spannungsisolation mit Ihrem Schichtaufbau sehr stabil ausgebildet wird, so dass sie einen Wicklungsträger für die Aufnahme der Spannungswicklung selbst bilden kann, wobei der Wicklungsträger der Oberspannung im Inneren eine elektrisch leitende Schicht aufweist, diese das gleiche Potential wie die Oberspannungswicklung besitzt, be-
35

ziehungsweise diesem durch eine Isolation getrennt nahe liegt, nach außen hin eine innere Isolation gefolgt von einer halbleitenden Schicht und einer weiteren elektrisch leitenden Schicht realisiert wird, wobei das Potential dieser elektrisch leitenden Schicht gleich dem Potential der Unterspannung ist, beziehungsweise diesem durch eine Isolation getrennt nahe liegt, und die Schichten fest und ohne Lufteinschlüsse miteinander verbunden sind.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Spannungs isolation bei sehr hohen Potentialunterschieden in Reihe zu schalten. Dabei ist die Oberspannungswicklung elektrisch mit der ersten elektrisch leitenden Schicht verbunden oder isoliert zur Oberspannung, wobei bei einer isolierten Ausführung die elektrisch leitende Schicht auf ein definiertes Potential gelegt wird, welches der Oberspannung nahe liegt, danach folgt die erste innere Isolation, danach die erste halbleitende Schicht, danach eine weitere elektrisch leitende Schicht, welche auf ein definiertes Potential gelegt wird, zum Beispiel die Hälfte des gesamten Potentialunterschiedes, danach eine dritte elektrisch leitende Schicht, danach eine zweite innere Isolation, danach eine zweite halbleitende Schicht, danach eine vierte elektrisch leitende Schicht, welche mit der Unterspannungswicklung elektrisch verbunden ist, beziehungsweise eine Isolierung zu der vierten elektrisch leitenden Schicht besteht. Bei einer Isolierung zur Unterspannung wird die vierte elektrisch leitende Schicht auf ein definiertes Potential gelegt, welches der Unterspannung nahe liegt.

Insbesondere betrifft die Erfindung noch folgende weitere Aspekte:

Eine Ausgestaltung umfasst einen Hochspannungstransformator mit einer Hochspannungs isolation zwischen einer Oberspannungswicklung und einer Unterspannungswicklung zur Potentialtrennung, die einen festverbundenen Schichtaufbau aufweist, umfassend oder bestehend aus einer elektrisch leitenden Schicht, die auf ein definiertes Potential gelegt ist, welches der Oberspannung gleich oder zumindest nahe ist, gefolgt von einer inneren Isolation, gefolgt von einer halbleitenden Schicht und einer weiteren elektrisch leitenden Schicht, die auf ein definiertes Potential gelegt ist, welches der Unterspannung gleich oder zumindest nahe liegt.

Die elektrisch leitende Schicht und/oder die weitere elektrische leitende Schicht kann mit der Oberspannungswicklung bzw. der Unterspannungswicklung elektrisch leitend verbunden sein. Die elektrisch leitende Schicht und/oder die weitere elektrische leitende Schicht kann von der Oberspannungswicklung bzw. der Unterspannungswicklung elektrisch isoliert sein. Die innere Isolation kann beidseitig eine halbleitende Schicht aufweisen. In einer weiteren Ausgestaltung weist die elektrische leitende Schicht und/oder die weitere elektrisch leitende Schicht eine Isolation zur Oberspannungswicklung bzw. zur Unterspannungswicklung auf.

In einer Ausführungsform bildet der Schichtaufbau einen Wicklungsträger zur Aufnahme der Oberspannungswicklung.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung umfasst einen Hochspannungstransformator mit einer Hochspannungs isolation zwischen einer Oberspannungswicklung und einer Unterspannungswicklung zur Potentialtrennung, die einen festverbundenen Schichtaufbau aufweist, umfassend oder bestehend aus einer ersten elektrisch leitenden Schicht, die auf ein definiertes Potential gelegt ist, welches der Oberspannung gleich oder zumindest nahe ist, gefolgt von einer ersten inneren Isolation, gefolgt von einer ersten halbleitenden Schicht und einer zweiten elektrisch leitenden Schicht, die auf ein zweites definiertes Potential gelegt ist, gefolgt von einer zweiten inneren Isolation, gefolgt von einer zweiten halbleitenden Schicht und einer dritten elektrisch leitenden Schicht, die auf ein drittes definiertes Potential gelegt ist, gefolgt von einer dritten inneren Isolation, gefolgt von einer dritten halbleitenden Schicht und einer vierten elektrisch leitenden Schicht, die auf ein viertes definiertes Potential gelegt ist, welches der Unterspannung gleich oder zumindest nahe ist. Hierbei kann die zweite elektrisch leitende Schicht auf die Hälfte des gesamten Potentialunterschieds zwischen Oberspannungswicklung und Unterspannungswicklung gelegt werden.

Der Spulenkörper bzw. Wicklungsträger zur Aufnahme der Oberspannungswicklung ist in einer Variante um den Transformatorkern drehbar, so dass elektrisch leitendes Material sowie Isolationsmaterial aufgespult werden kann. Dabei wird der Spulenkörper extern angetrieben.

Die elektrisch leitenden Schichten werden in einer weiteren Variante von einer externen Spannungsquelle versorgt, so dass eine Strombegrenzung möglich ist. Diese ist aber nicht zwingend notwendig.

5

Der Spulenkörper bzw. Wicklungsträger zur Aufnahme der Oberspannungswicklung kann vorgefertigt und geteilt sein oder einstückig direkt um den Ringkern gefertigt werden können.

10 Die kompakte Isolation kann auch als Zylinder zwischen der Oberspannungswicklung und Unterspannungswicklung angebracht werden, wobei ein Luftabstand etwa in Form eines Luftspalts zwischen der Oberspannungswicklung sowie zwischen der Unterspannungswicklung sein kann.

15 Seitenflansche des Spulenkörpers können in einer Ausführungsform eine reibschlüssige beziehungsweise formschlüssige Oberfläche besitzen.

Nachstehend wird die Erfindung anhand der in der Zeichnung dargestellten Figuren, die schematisch Ausführungsformen der Erfindung darstellen, näher erläutert. Es zeigen:

20

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform eines Transformators mit einer Isolationsanordnung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung,

25

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform eines Transformators mit einer Isolationsanordnung gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung,

30 Fig. 3 eine schematische Querschnittsdarstellung eines beispielhaften Wickelvorgangs der Oberspannungswicklung einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Transformators auf einen Wicklungsträger in Form eines Ringkerns.

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform eines Transformators mit einer Isolationsanordnung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Der Transformator ist der Übersichtlichkeit halber nur grob schematisch dargestellt. Zwischen einer einer Oberspannungswicklung 4 und einer
5 Unterspannungswicklung 8 ist eine Isolationsanordnung angeordnet. Diese kann gemäß den Prinzipien der Erfindung unterschiedlich ausgestaltet sein, wobei eine Variante in Figur 1 dargestellt ist. Insbesondere ist der erfindungsgemäße Schichtaufbau, der beispielsweise festverbunden ist, nicht auf die im
10 folgenden beschriebene Schichtenfolge beschränkt, sondern kann in sich verändert und auch modularartig je nach Anwendungsfall erweitert werden. Bei den in den Figuren erläuterten Ausführungsbeispielen handelt es sich um jeweils einen Hochspannungstransformator, bei dem die Vorteile der Erfindung besonders zutage treten. Die Erfindung und ihre Vorteile sind jedoch grundsätzlich auf vielfältige Arten von Transformatoren, insbesondere auch im Mittel- oder
15 Niederspannungsbereich, anwendbar.

Figur 1 zeigt einen Transformator 10 mit einer Isolationsanordnung zwischen einer Oberspannungswicklung 4 und einer Unterspannungswicklung 8 zur Potentialtrennung zwischen der Ober- und Unterspannung. Die Isolationsanordnung weist einen Schichtaufbau auf, welcher eine innere Isolation 2 des Transformators umfasst. Weiterhin ist eine Isolationsschicht 3 zwischen der Oberspannungswicklung 4 und einer ersten elektrisch leitenden Schicht 1 angeordnet. Hierbei ist die erste elektrisch leitende Schicht 1 auf ein definiertes Potential A gelegt, welches gleich dem Potential der Oberspannungswicklung 4 ist
20 oder diesem nahe kommt. Somit besteht kein wesentlicher Potentialunterschied zwischen der elektrisch leitenden Schicht 1 und der Oberspannungswicklung 4. Die innere Isolation 2 bildet die eigentliche Isolationsschicht zur Potentialtrennung und umfasst oder besteht aus zum Beispiel Silikon oder einem anderen geeigneten nichtleitendem Material. Auf die innere Isolation 2 folgt
30 eine halbleitende Schicht 6, zum Beispiel mit oder aus einem kohlehaltigen Material. Damit wird die Teilentladung auf der Oberfläche der inneren Isolation 2 nach außen hin unterbunden. Eine weitere elektrisch leitende Schicht 5 ist mit dem Potential B verbunden, welches dem Potential der Unterspannungswicklung 8 gleich ist oder, von diesem getrennt durch eine Isolationsschicht 7, nahe
35 liegt. Weiterhin folgt die Isolationsschicht 7 und danach die Unterspannungs-

wicklung 8. Die Schichten 3, 1, 2, 6, 5 und 7 sind fest miteinander verbunden und bilden eine Einheit.

Die Schichtenanordnung nach Figur 1 kann auch dahingehend variiert werden, dass die halbleitende Schicht 6 auf der anderen Seite der inneren Isolation 2 angeordnet ist, mithin auf der Oberspannungsseite der inneren Isolation 2, oder beidseitig auf gegenüberliegenden Seiten der inneren Isolation 2 eine halbleitende Schicht vorgesehen ist. Auch ist es in bestimmten Anwendungsfällen möglich, keines oder nur eines der Schichtenpaare 3,1 bzw. 5, 7 vorzusehen bzw. nur eine der elektrisch leitenden Schichten 1, 5 mit einer externen Spannungsquelle zu versorgen.

Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung einer anderen Ausführungsform eines Transformators mit einer Isolationsanordnung gemäß einer erweiterten Ausführungsform der Erfindung. Insbesondere zeigt Figur 2 einen Aufbau eines Transformators 20 mit zwei inneren Isolationen 2a und 2b zwischen Oberspannungswicklung 4 und Unterspannungswicklung 8 und einer externen Spannungsquelle SP. Der Transformator 20 umfasst eine erste elektrisch leitende Schicht 1, die auf ein erstes definiertes Potential A gelegt ist und die zwischen der Oberspannungswicklung 4 und der ersten inneren Isolation 2a angeordnet ist, eine zweite elektrisch leitende Schicht 5, die auf ein zweites definiertes Potential B gelegt ist und die zwischen der ersten inneren Isolation 2a und der zweiten inneren Isolation 2b angeordnet ist, sowie eine dritte elektrisch leitende Schicht 11, die auf ein drittes definiertes Potential C gelegt ist und die zwischen der Unterspannungswicklung 8 und der zweiten inneren Isolation 2b angeordnet ist. An die erste innere Isolation 2a grenzt eine erste halbleitende Schicht 6a an, an die zweite innere Isolation 2b eine zweite halbleitende Schicht 6b.

Der mehrschichtige Aufbau wird bei hohen Spannungen vorteilhaft, weil die Spannung von z.B. 60 kV innerhalb der Isolationsanordnung zur Hälfte aufgeteilt wird. Mit der externen Spannungsquelle SP wird z.B. an die erste elektrisch leitende Schicht 1 das Potential A von 60 kV, an die zweite elektrisch leitende Schicht 5 das Potential B von 30 kV und an die dritte elektrisch leitende Schicht 11 das Potential C von 0,4 kV angelegt. Die halbleitenden Schichten 6a und 6b dienen für einen definierten Potentialabbau. Die Isolationsschicht 7 bildet eine

Trennung zur Unterspannungswicklung 8 und die Isolationsschicht 3 eine Trennung zur Oberspannungswicklung 4 des Transformators 20.

Die Schichtenanordnung nach Figur 2 kann auch dahingehend variiert werden, dass die halbleitenden Schichten 6a, 6b jeweils auf der anderen Seite der inneren Isolation 2a bzw. 2b angeordnet sind, mithin auf der Oberspannungsseite der inneren Isolation 2a bzw. 2b, oder beidseitig auf gegenüberliegenden Seiten der jeweiligen inneren Isolation 2a, 2b eine halbleitende Schicht vorgesehen ist. Auch ist es in bestimmten Anwendungsfällen möglich, keines oder nur eines der Schichtenpaare 3,1 bzw. 11, 7 vorzusehen bzw. nur eine oder ausgewählte der elektrisch leitenden Schichten 1, 5, 11 mit einer externen Spannungsquelle zu versorgen. In bestimmten Fällen kann auch auf die elektrisch leitende Schicht 5 verzichtet werden.

Auch kann die Anordnung nach Figur 2 modulartig um weitere aufeinanderfolgende Schichten erweitert werden. Dies wird im folgenden ausgehend von Figur 2 ohne nähere zeichnerische Darstellung erläutert. Beispielsweise ist die dritte elektrisch leitende Schicht 11 gefolgt von einer dritten inneren Isolation, gefolgt von einer dritten halbleitenden Schicht und einer vierten elektrisch leitenden Schicht, die auf ein viertes definiertes Potential gelegt ist, welches der Unterspannung gleich oder zumindest nahe ist. In diesem Fall entspricht das Potential C einem geeigneten Zwischenpotential zwischen Ober- und Unterspannung, z.B. etwa einem Drittel des gesamten Potentialunterschieds (im obigen Zahlenbeispiel z.B. 20 kV), während das Potential B dann z.B. etwa zwei Drittel des gesamten Potentialunterschieds zwischen Ober- und Unterspannung entspricht (im obigen Zahlenbeispiel z.B. 40 kV). Die oben in Bezug auf Figur 1 und 2 beschriebenen Variationen können auch in dieser Ausführungsform Anwendung finden.

Figur 3 zeigt eine schematische Querschnittsdarstellung eines beispielhaften Wickelvorgangs der Oberspannungswicklung einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Transformators auf einen Wicklungsträger in Form eines Ringkerns 24. Insbesondere zeigt Figur 3 eine Anordnung, bei der zwei Wicklungsträger 21 mit jeweiligen erfindungsgemäßen Schichtaufbauten gleichzeitig bewickelt werden. Die Oberspannungs-Wicklungsträger 21 sind um den

Transformatorkern 24 drehbar und werden in Pfeilrichtung angetrieben, um die Wicklungsmaterialien aus elektrisch leitendem Material (hier Aluminiumflachband) 22 und Isolationsmaterial 23 auf die Wicklungsträger 21 aufzuspulen. Mehrere Oberspannungssegmente werden in Reihe geschaltet und bilden
5 die Oberspannungswicklung des Ringkerntransformators.

Der erfindungsgemäße Isolationsschichtaufbau, der einen Wicklungsträger 21 (sogenannter Spulenkörper) zur Aufnahme der Oberspannungswicklung 4 bildet, kann vorgefertigt und geteilt sein oder einstückig direkt um den Transformator
10 kern 24 gefertigt sein.

Der Schichtaufbau kann als Zylinder zwischen der Oberspannungswicklung 4 und Unterspannungswicklung 8 angebracht sein, wobei mindestens ein Luftspalt (nicht dargestellt) zu Kühlungszwecken zwischen der Oberspannungswicklung und der Unterspannungswicklung vorhanden sein kann. Ein solcher
15 Luftspalt kann im Prinzip zwischen zwei beliebigen Schichten des Schichtaufbaus angeordnet sein, wird jedoch im allgemeinen relativ nahe an der Ober- und/oder Unterspannungswicklung angeordnet sein.

20 Der Wicklungsträger 21 kann Seitenflansche (nicht dargestellt) aufweisen, die eine reibschlüssige beziehungsweise formschlüssige Oberfläche besitzen. Dies wirkt sich vorteilhaft beim Aufwickelvorgang aus.

Patentansprüche

- 5 1. Transformator (10) mit einer Isolationsanordnung zwischen einer Oberspannungswicklung (4) und einer Unterspannungswicklung (8) zur Potentialtrennung, die einen Schichtaufbau aufweist, umfassend eine innere Isolation (2; 2a, 2b) zwischen Oberspannungswicklung (4) und Unterspannungswicklung (8), an die wenigstens eine halbleitende Schicht (6, 6a, 6b) angrenzt.
- 10 2. Transformator nach Anspruch 1, bei dem die innere Isolation (2, 2a, 2b) an einer ersten und zweiten Seite an jeweils eine halbleitende Schicht (6, 6a, 6b) angrenzt.
- 15 3. Transformator nach Anspruch 1 oder 2, weiterhin umfassend eine erste elektrisch leitende Schicht (1), die auf ein erstes definiertes Potential (A) gelegt ist und die zwischen der Oberspannungswicklung (4) und der inneren Isolation (2, 2a, 2b) angeordnet ist.
- 20 4. Transformator nach Anspruch 3, bei dem die erste elektrisch leitende Schicht (1) auf ein erstes definiertes Potential (A) gelegt ist, welches der Ober-
spannung der Oberspannungswicklung (4) gleich oder zumindest nahe ist.
- 25 5. Transformator nach Anspruch 3 oder 4, bei dem zwischen der ersten elektrisch leitenden Schicht (1) und der Oberspannungswicklung (4) eine erste Isolationsschicht (3) angeordnet ist.
- 30 6. Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, weiterhin umfassend eine zweite elektrisch leitende Schicht (5), die auf ein zweites definiertes Potential (B) gelegt ist und die zwischen der Unterspannungswicklung (8) und der inneren Isolation (2, 2a) angeordnet ist.
- 35 7. Transformator nach Anspruch 6, bei dem die zweite elektrisch leitende Schicht (5) auf ein zweites definiertes Potential (B) gelegt ist, welches der Unterspannung der Unterspannungswicklung (8) gleich oder zumindest nahe ist.

8. Transformator nach Anspruch 6 oder 7, bei dem zwischen der zweiten elektrisch leitenden Schicht (5) und der Unterspannungswicklung (8) eine zweite Isolationsschicht (7) angeordnet ist.

5

9. Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem der Schichtaufbau einen Wicklungsträger zur Aufnahme der Oberspannungswicklung (4) bildet.

10

10. Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 9, umfassend

- eine erste innere Isolation (2a) zwischen Oberspannungswicklung (4) und Unterspannungswicklung (8), an die wenigstens eine erste halbleitende Schicht (6a) angrenzt,

15

- eine zweite innere Isolation (2b) zwischen Oberspannungswicklung (4) und Unterspannungswicklung (8), an die wenigstens eine zweite halbleitende Schicht (6b) angrenzt.

11. Transformator nach Anspruch 10, weiterhin umfassend

20

- eine erste elektrisch leitende Schicht (1), die auf ein erstes definiertes Potential (A) gelegt ist und die zwischen der Oberspannungswicklung (4) und der ersten inneren Isolation (2a) angeordnet ist,

- eine zweite elektrisch leitende Schicht (5), die auf ein zweites definiertes Potential (B) gelegt ist und die zwischen der ersten inneren Isolation (2a) und der zweiten inneren Isolation (2b) angeordnet ist,

25

- eine dritte elektrisch leitende Schicht (11), die auf ein drittes definiertes Potential (C) gelegt ist und die zwischen der Unterspannungswicklung (8) und der zweiten inneren Isolation (2b) angeordnet ist.

12. Transformator nach Anspruch 11, bei dem

30

die erste elektrisch leitende Schicht (1) gefolgt ist von der ersten inneren Isolation (2a), gefolgt von der ersten halbleitenden Schicht (6a) und der zweiten elektrisch leitenden Schicht (5), gefolgt von der zweiten inneren Isolation (2b), gefolgt von der zweiten halbleitenden Schicht (6b) und der dritten elektrisch leitenden Schicht (11).

35

13. Transformator nach Anspruch 11 oder 12, bei dem die zweite elektrisch leitende Schicht (5) auf näherungsweise die Hälfte des gesamten Potentialunterschieds zwischen Oberspannungswicklung (4) und Unterspannungswicklung (8) gelegt ist.

5

14. Transformator nach Anspruch 12, bei dem die dritte elektrisch leitende Schicht (11) gefolgt ist von einer dritten inneren Isolation, gefolgt von einer dritten halbleitenden Schicht und einer vierten elektrisch leitenden Schicht, die auf ein viertes definiertes Potential gelegt ist, welches der Unterspannung gleich oder zumindest nahe ist.

10

15. Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 14, bei dem der Schichtaufbau einen Wicklungsträger zur Aufnahme der Oberspannungswicklung (4) bildet, der um einen Transformator Kern (24) drehbar ist, so dass elektrisch leitendes Material (22) sowie Isolationsmaterial (23) aufspulbar ist.

15

16. Transformator nach einem der Ansprüche 3 bis 15, bei dem wenigstens eine oder mehrere der elektrisch leitenden Schichten (1, 5, 11) von einer externen Spannungsquelle (SP) versorgt werden.

20

17. Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei dem der Schichtaufbau einen Wicklungsträger zur Aufnahme der Oberspannungswicklung (4) bildet, der vorgefertigt und geteilt ist oder einstückig direkt um einen Transformator Kern (24) gefertigt ist.

25

18. Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 17, bei dem der Schichtaufbau als Zylinder zwischen der Oberspannungswicklung (4) und Unterspannungswicklung (8) angebracht ist, wobei mindestens ein Luftspalt zwischen der Oberspannungswicklung und der Unterspannungswicklung vorhanden ist.

30

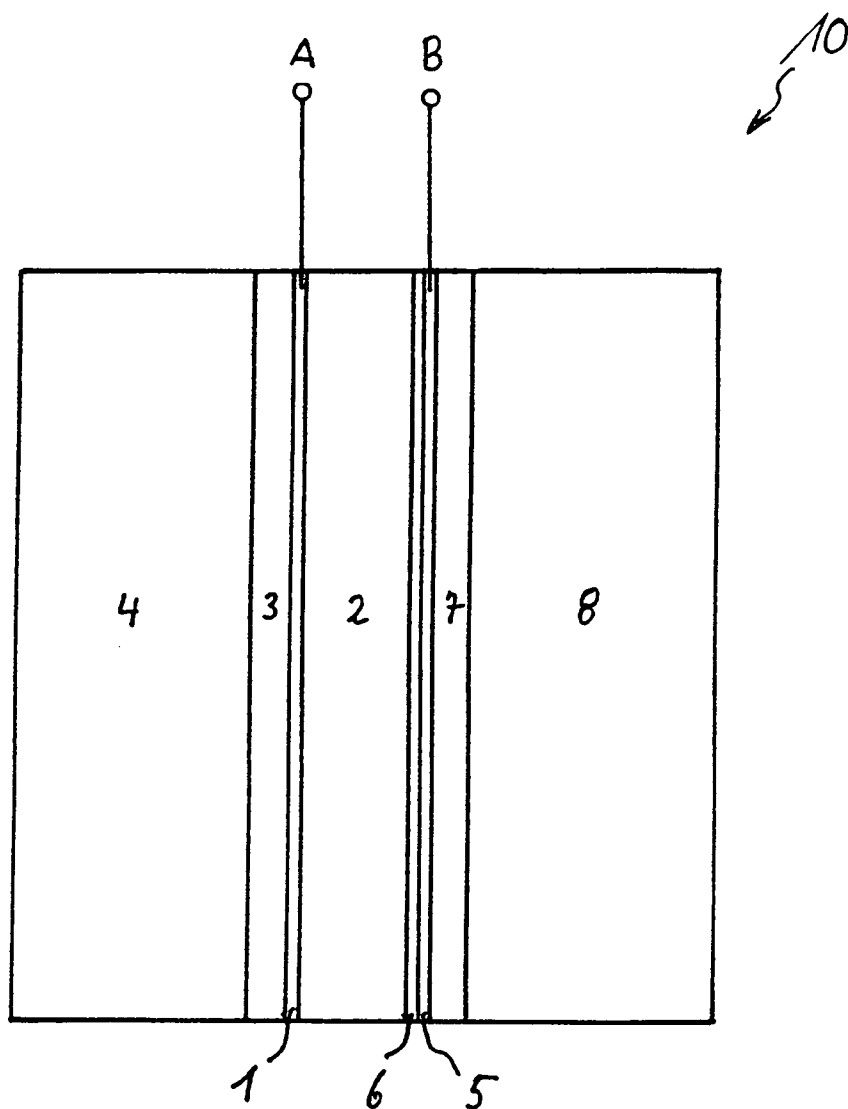
19. Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 18, bei dem der Schichtaufbau einen Wicklungsträger zur Aufnahme der Oberspannungswicklung (4) bildet, der Seitenflansche aufweist, die eine reibschlüssige beziehungsweise formschlüssige Oberfläche besitzen.

35

20. Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 19, der als Hochspannungstransformator ausgebildet ist, wobei die Isolationsanordnung als Hochspannungsisolation ausgebildet ist.

- 5 21. Isolationsanordnung zur Potentialtrennung zwischen einer Oberspannungswicklung (4) und einer Unterspannungswicklung (8) eines Transformators, die einen Schichtaufbau aufweist, umfassend eine innere Isolation (2; 2a, 2b) zur Anordnung zwischen Oberspannungswicklung (4) und Unterspannungswicklung (8) des Transformators, an die wenigstens eine halbleitende Schicht (6, 6a,
10 6b) angrenzt.

Figur 1



Figur 2

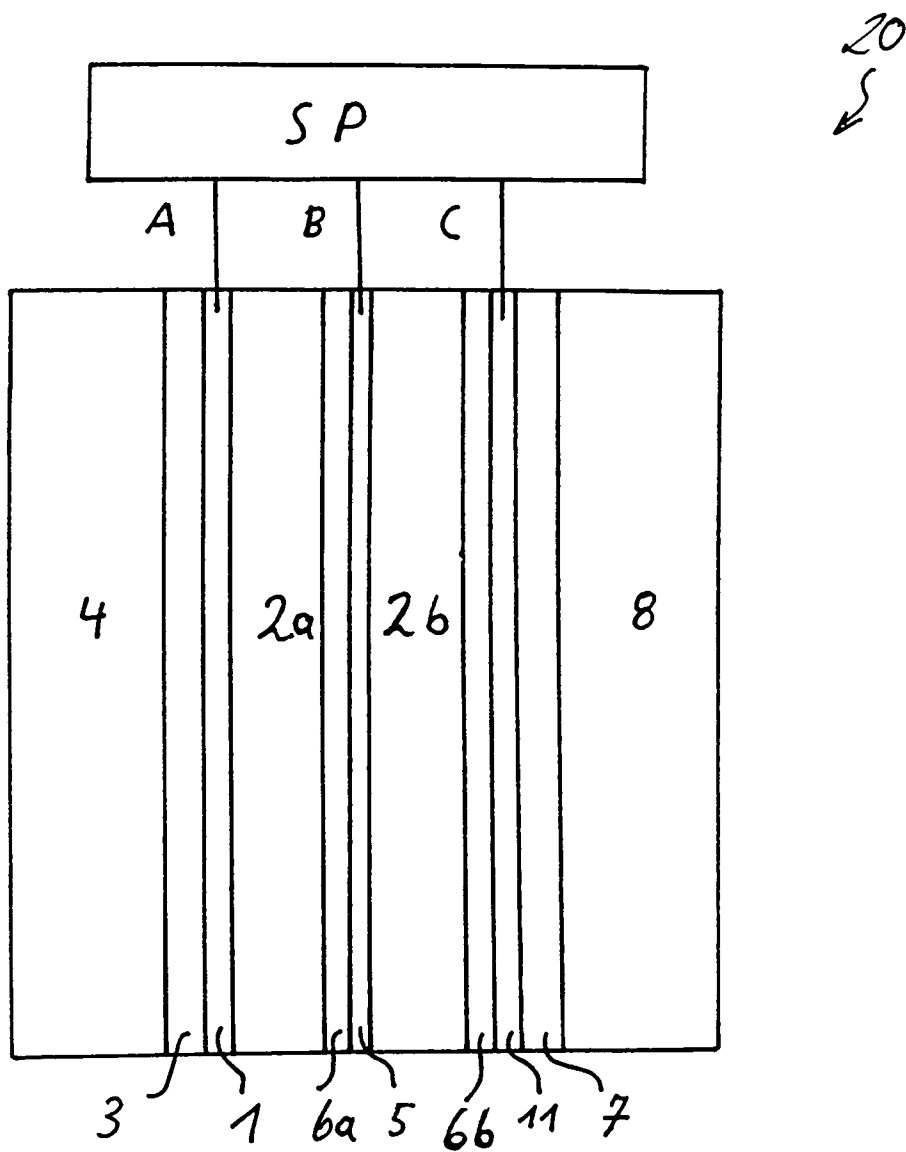
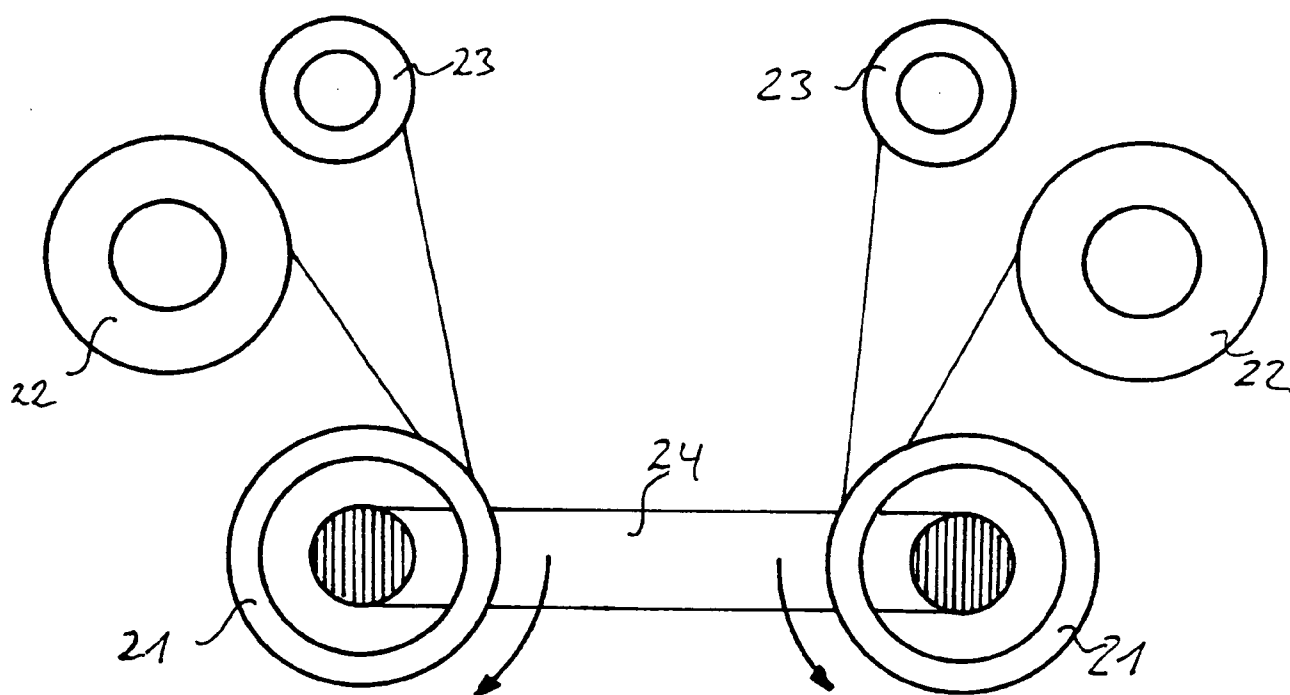


Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/000835

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01F27/28 H01F27/32
ADD. H01F27/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 052 659 A (TRANSFIX TOULON SOC NOUV [FR]) 15 November 2000 (2000-11-15) abstract paragraph [0010] - paragraph [0013]; figure 1	1-21
X	DE 21 50 214 A1 (TRANSFORMATOREN UNION AG) 12 April 1973 (1973-04-12) page 3, line 13 - page 4, line 21; figure 2	1-21
A	DE 17 63 515 A1 (MAY & CHRISTE GMBH) 30 December 1971 (1971-12-30) cited in the application	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 April 2008

Date of mailing of the international search report

16/04/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marti Almeda, Rafael

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/000835

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 1052659	A	15-11-2000	FR	2793599 A1	17-11-2000
DE 2150214	A1	12-04-1973	NONE		
DE 1763515	A1	30-12-1971	NONE		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/000835

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01F27/28 H01F27/32
ADD. H01F27/36

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 052 659 A (TRANSFIX TOULON SOC NOUV [FR]) 15. November 2000 (2000-11-15) Zusammenfassung Absatz [0010] - Absatz [0013]; Abbildung 1	1-21
X	DE 21 50 214 A1 (TRANSFORMATOREN UNION AG) 12. April 1973 (1973-04-12) Seite 3, Zeile 13 - Seite 4, Zeile 21; Abbildung 2	1-21
A	DE 17 63 515 A1 (MAY & CHRISTE GMBH) 30. Dezember 1971 (1971-12-30) in der Anmeldung erwähnt	

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
 - *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
 - *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
 - *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
 - *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
 - *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
 - *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
 - *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
 - *G* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
3. April 2008	16/04/2008
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Martí Almeda, Rafael

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/000835

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1052659	A	15-11-2000	FR 2793599 A1 17-11-2000
DE 2150214	A1	12-04-1973	KEINE
DE 1763515	A1	30-12-1971	KEINE