



(11)

EP 1 523 748 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
23.04.2008 Patentblatt 2008/17

(51) Int Cl.:
H01F 3/14 (2006.01) **H01F 27/02** (2006.01)
H01F 27/32 (2006.01) **H01F 17/00** (2006.01)
H01F 27/22 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03787700.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2003/002447

(22) Anmeldetag: **21.07.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/017338 (26.02.2004 Gazette 2004/09)

(54) INDUKTIVES BAUELEMENT UND VERWENDUNG DES BAUELEMENTS

INDUCTIVE COMPONENT AND USE OF SAID COMPONENT

COMPOSANT INDUCTIF ET UTILISATION DE CELUI-CI

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **19.07.2002 DE 10232952**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.04.2005 Patentblatt 2005/16

(73) Patentinhaber: **SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **HONSBERG-RIEDL, Martin
83317 Teisendorf (DE)**

• **OTTO, Johann
83646 Bad Tölz (DE)**
• **WOLFGANG, Eckhard
81379 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 193 057 WO-A-91/09441
DE-A- 1 439 441 DE-A- 3 438 144
DE-A- 3 700 488 DE-A- 10 042 283
DE-A- 19 854 902 US-A- 1 876 451
US-A- 3 617 966 US-A- 4 546 210
US-A- 4 885 445 US-B1- 6 259 347

EP 1 523 748 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein induktives Bauelement zur Bildung eines magnetischen Kreises, aufweisend mindestens eine Drahtwicklung und mindestens einen Kern mit einem ferromagnetischen Kernmaterial, wobei der Kern zur Unterbrechung des magnetischen Kreises einen Spalt und mindestens einen weiteren Spalt aufweist und die Spalte jeweils eine Spaltweite aufweisen, die mindestens 1,0 mm beträgt. Daneben wird eine Verwendung des Bauelements angegeben.

[0002] Aus DE 198 84 902 A1 ist ein eingangs beschriebenes induktives Bauelement bekannt. Das Induktive Bauelement ist ein Transformator.

[0003] US 4 885 445 A beschreibt einen Transformator, der für Hochfrequenzanwendungen geeignet ist. Bei dem Transformator sind Luftspalte für den Kern vorgesehen, die mit elektrisch isolierenden Material befüllt sind.

[0004] Aus EP 0 193 057 A2 ist ein induktives Bauelement in Form eines Transformators für einen Fernsehempfänger bekannt. Der Kern weist Luftspalte mit einer Spaltweite von etwa 1 mm auf.

[0005] Ein elektronisches Vorschaltgerät (EVG) wird als elektronischer Spannungs- und/oder Stromwandler im Beleuchtungsbereich eingesetzt. EVGs weisen mindestens ein induktives Bauelement auf. Das induktive Bauelement ist beispielsweise eine Drosselspule oder ein Transformator. Das induktive Bauelement verfügt über eine Drahtwicklung. Die Drahtwicklung weist eine Anzahl von Windungen eines elektrischen Leiters zur Erzeugung eines magnetischen Flusses durch den in dem Leiter fließenden Strom auf. Die Drahtwicklung dient auch der Erzeugung einer Spannung durch Änderung der magnetischen Induktion in der Drahtwicklung. Zur Vergrößerung der magnetischen Induktion und zur Verringerung eines magnetischen Streuverlusts befindet sich die Drahtwicklung meist auf einem Kern mit ferromagnetischem Material. Das ferromagnetische Kernmaterial ist beispielsweise ein Ferrit. Der Kern sorgt für einen möglichst geschlossenen magnetischen Kreis.

[0006] Diese EVGs werden zunehmend miniaturisiert. Die Miniaturisierung betrifft insbesondere ein induktives Bauelement der EVGs. Eine kleine Baugröße eines induktiven Bauelements lässt sich bei einem gleichbleibenden Leistungsdurchsatz durch eine höhere Schaltfrequenz erreichen. Eine höhere Schaltfrequenz führt aber zu einer Erhöhung der elektrischen Verluste und damit zu einer Erniedrigung der Güte des induktiven Bauelements. Die Güte ist ein Maß einer elektrischen Qualität des induktiven Bauelements. Infolge der sinkenden Güte kann es bei einer zunehmenden Miniaturisierung des induktiven Bauelements insbesondere bei einer hohen Wechselspannung, mit der das induktive Bauelement betrieben wird, zu einer unzulässig hohen Betriebstemperatur kommen.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein induktives Bauelement bereitzustellen, das eine hohe Güte auch bei einer hohen anliegenden Wechselspannung aufweist.

[0008] Die Aufgabe wird gelöst durch ein induktives Bauelement zur Bildung eines magnetischen Kreises, aufweisend mindestens eine Drahtwicklung und mindestens einen Kern mit einem ferromagnetischen Kernmaterial, wobei der Kern zur Unterbrechung des magnetischen Kreises einen Spalt und mindestens einen weiteren Spalt aufweist und die Spalte jeweils eine Spaltweite aufweisen, die mindestens 1,0 mm beträgt. Das induktive Bauelement ist dadurch gekennzeichnet, dass die Spaltweite (9) aus dem Bereich von einschließlich 2,0 mm bis einschließlich 10 mm ausgewählt ist. Es resultiert ein relativ weiter Gesamtspace, der auf mindestens zwei Spalte aufgeteilt ist.

[0009] Ein Spalt ist eine gewünschte Unterbrechung des magnetischen Kreises. Vorzugsweise ist dabei über eine gesamte Ausdehnung des Spalts die Spaltweite annähernd gleich. Die Ausdehnung ist beispielsweise eine Breite, eine Länge oder ein Radius des Spalts. Der Spalt weist zur Unterbrechung des magnetischen Kreises zumindest teilweise ein nicht-ferromagnetisches Material auf. Das nicht-ferromagnetische Material ist beispielsweise ein diamagnetisches oder paramagnetisches Material. Erfindungsgemäß wird der magnetische Kreis an mindestens zwei Stellen unterbrochen. Die Unterbrechung erfolgt durch die Spalte. Die Spaltweiten führen dazu, dass der magnetische Kreis in einer Länge von mindestens 2 x 2,0 mm unterbrochen ist. Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass trotz einer Ansteuerung des induktiven Bauelements mit einer Wechselspannung von mehreren hundert Volt aufgrund dieser Spalte eine relativ hohe Güte Q erzielbar ist. Daher ist eine kleinere Baugröße des induktiven Bauelements im Vergleich zu einem induktiven Bauelement mit anders ausgestalteten Spalten möglich.

[0010] In einer besonderen Ausgestaltung besteht der Kern aus mindestens zwei Teilen, die an den Spalten einander gegenüberliegend angeordnet und durch die Spaltweiten voneinander beabstandet sind.

[0011] Vorzugsweise ist mindestens einer der Spalte ein Luftspalt. Dies bedeutet, dass der durch den Spalt festgelegte Zwischenraum des Kerns Luft enthält. Das nicht-ferromagnetische Material des Spalts ist Luft. Es kann aber auch ein anderes nicht-ferromagnetisches, gasförmiges Material im Luftspalt angeordnet sein. Dem gegenüber ist auch ein nicht-ferromagnetisches festes oder flüssiges Material denkbar. Dieses Material ist beispielsweise ein Polymerwerkstoff. Vorteilhaft ist beispielsweise die Verwendung eines Klebstoffs, mit dem die Teile des Kerns zusammengeklebt sind. Der Klebstoff führt nicht nur zu einer Unterbrechung des magnetischen Kreises. Er führt auch zu einem stoffschlüssigen Kontakt zwischen den Teilen des Kerns.

[0012] In einer weiteren Ausgestaltung weist die Drahtwicklung einen Innenbereich und einen Außenbereich auf und die Spalte des Kerns sind im Innenbereich und/oder im Außenbereich der Drahtwicklung angeordnet. Beispielsweise

ist ein Spalt im Innenbereich und zwei Spalte im Außenbereich angeordnet. Vorzugsweise zeichnen sich die Spalte im Außenbereich durch die im Wesentlichen gleiche Spaltweite aus. Dabei kann es auch sein, dass der Spalt im Innenbereich der Drahtwicklung eine deutlich höhere Spaltweite aufweist, als die beiden Spalte im Außenbereich. Vorzugsweise sind aber die Spaltweiten aller Spalte im Wesentlichen gleich.

[0013] Der Kern kann unsymmetrisch sein. Dies bedeutet, dass er durch Anwendung einer Symmetrioperation nicht in sich selbst überführt werden kann. In einer weiteren Ausgestaltung ist der Kern im Wesentlichen symmetrisch. Im Wesentlichen bedeutet, dabei, dass es Abweichungen bezüglich einer exakten Symmetrie geben kann. Darüber hinaus bedeutet im Wesentlichen, dass die Symmetrie solche Bestandteile des Kerns betrifft, die für die Funktion und die Eigenschaften des Kerns hauptsächlich verantwortlich sind. Der symmetrische Kern geht durch Spiegelung an einem Punkt (Symmetriezentrum), an einer Geraden (Symmetrieachse) oder einer Ebene (Symmetrieebene) in sich über. Beispielsweise sind die genannten Symmetrieelemente im Innenraum der Drahtwicklung angeordnet. Das Symmetrieelement ist beispielsweise eine Symmetrieebene, die senkrecht zu einer Wicklungsachse der Drahtwicklung angeordnet ist. Die Wicklungsachse der Drahtwicklung ist gegeben durch eine Richtung, in der der Draht aufgewickelt ist. Der Kern besteht beispielsweise aus zwei Teilen, die durch die Spiegelung an der Symmetrieebene jeweils ineinander übergeführt werden. Die Symmetrieebene enthält dazu vorzugsweise auch die Spalte und der Kern besteht aus zueinander spiegelbildlich geformten Teilen. Beispielsweise verfügt der Kern über eine RM6- oder damit vergleichbare Kernform. Diese Kernformen sind eine Kombination einer E-Kernform mit einer Topf-Kernform.

[0014] Insbesondere weist das gesamte Bauelement aus Drahtwicklung und Kern einen im Wesentlichen symmetrischen Aufbau auf. Dies bedeutet, dass nicht nur der Kern, sondern auch die Drahtwicklung im Wesentlichen symmetrisch aufgebaut sind. Beispielsweise können Drahtwicklung und Kern durch eine Spiegelung an einer gemeinsamen Spiegelebene in sich selbst überführt werden. Im Wesentlichen symmetrisch bedeutet dabei, dass durchaus auch Abweichungen von der Symmetrie vorstellbar sind. Diese Abweichungen betreffen beispielsweise eine Anzahl oder eine Form der Windungen der Drahtwicklung, eine Form des Kerns sowie eine Anordnung von Drahtwicklung und Kern zueinander.

[0015] Insbesondere ist das Kernmaterial des Kerns hochfrequenztauglich. Vorzugsweise ist das Kernmaterial ein Ferrit in Form eines M33-Kernmaterials mit einer Grenzfrequenz von etwa 10 MHz. Dieses Kernmaterial weist Mangan und Zink auf. Ebenso ist ein K1, K6 oder K12-Kernmaterial denkbar. Diese Kernmaterialien weisen Nickel und Zink auf. Das K6-Kernmaterial weist beispielsweise eine Grenzfrequenz von 7 MHz auf.

[0016] In einer besonderen Ausgestaltung weist die Drahtwicklung eine Hochfrequenzlitze mit einer Vielzahl von voneinander elektrisch isolierten Einzeldrähten auf. Eine Litze ist ein aus vielen Metallfäden (Einzeldrähten) gewundener oder geflochtener Draht. Bei einer Hochfrequenzlitze sind die Einzeldrähte gegeneinander isoliert, um Verluste durch Skineneffekt und Wirbelströme zu reduzieren. Dadurch wird im Vergleich zu einer Litze mit nicht voneinander isolierten Einzeldrähten bei gleichem Querschnitt ein niedrigerer Hochfrequenzverlustwiderstand erzielt. Insbesondere weisen die Einzeldrähte zumindest einen aus dem Bereich von einschließlich 10 μm bis einschließlich 50 μm ausgewählten Einzeldrahtdurchmesser aus. Insbesondere ist die Vielzahl aus dem Bereich von einschließlich 5 bis einschließlich 100 ausgewählt. Vorzugsweise ist die Vielzahl aus dem Bereich von einschließlich 10 bis einschließlich 30 ausgewählt. Beispielsweise sind 10 und mehr Einzeldrähte zu einer Hochfrequenzlitze angeordnet. Damit lassen sich Drahtwicklungen mit einer relativ großen Oberfläche und damit mit einem relativ niedrigen Hochfrequenzverlustwiderstand bereitstellen.

[0017] Insbesondere ist das induktive Bauelement eine Drosselspule oder ein Transformator. Eine Drosselspule ist für Gleichstrom durchlässig. Dagegen wird Wechselstrom durch die Drosselspule begrenzt. Die Drosselspule weist für einen Strom hoher Frequenz einen hohen elektrischen Blindwiderstand auf. Der Transformator besteht aus mindestens zwei Drahtwicklungen. Es können aber auch mehr als zwei Drahtwicklungen zum Transformator angeordnet sein. Alternativ dazu besteht der Transformator aus einer Drahtwicklung, die durch einen elektrischen Abgriff in zwei Teile unterteilt ist.

[0018] Um die bereits durch die beschriebene strukturelle Maßnahme erzielbare hohe Güte weiter zu erhöhen, wird das induktive Bauelement zudem gekühlt. Dazu ist gemäß einer besonderen Ausgestaltung mindestens eine Kühlvorrichtung zum Kühlen der Drahtwicklung vorhanden, die mindestens einen Verbundwerkstoff mit mindestens einem Polymerwerkstoff und mindestens einem thermisch leitfähigen Füllstoff aufweist.

[0019] Mit Hilfe der Kühlvorrichtung kann die in der Drahtwicklung im Betrieb des induktiven Bauelements entstehende Wärme effizient abgeleitet wird. Durch das effiziente Ableiten der Wärme kommt es zu einer relativ geringen Temperaturerhöhung der Drahtwicklung. Die geringe Temperaturerhöhung führt zu einer relativ geringen Erhöhung des elektrischen Widerstands in der Drahtwicklung. Es resultiert eine im Vergleich zu einer ungekühlten Drahtwicklung erhöhte Güte des induktiven Bauelements.

[0020] Der Verbundwerkstoff besteht vorzugsweise aus einem elektrisch isolierenden beziehungsweise elektrisch schlecht leitenden Polymerwerkstoff mit einem thermisch leitfähigen und elektrisch schlecht leitenden Füllstoff. Der Polymerwerkstoff kann ein natürliches und/oder künstliches Polymer aufweisen. Das natürliche Polymer ist beispielsweise Kautschuk. Das künstliche Polymer ist ein Kunststoff.

[0021] Der Polymerwerkstoff bildet dabei als Basismaterial des Verbundwerkstoffes eine Matrix, in die der Füllstoff

eingebettet ist. Dabei können mehrere Füllstoffe vorhanden sein. Der Füllstoff kann bzw. die Füllstoffe können pulverförmig oder faserförmig sein. Ein Durchmesser eines Füllstoffpartikels ist aus dem μm -Bereich ausgewählt, der von 100 nm bis 100 μm reicht. Ein Füllgrad des Füllstoffes im Polymerwerkstoff ist dabei vorzugsweise so gewählt, dass eine Koagulationsgrenze überschritten wird. Unterhalb der Koagulationsgrenze ist die Wahrscheinlichkeit dafür sehr gering, dass sich einzelne Füllstoffpartikel berühren. Dies führt zu einem relativ niedrigen spezifischen Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten. Wenn die Koagulationsgrenze überschritten wird, berühren sich die Füllstoffpartikel mit relativ großer Wahrscheinlichkeit. Daraus ergibt sich ein relativ hoher spezifischer Wärmeleitfähigkeitskoeffizient des Verbundwerkstoffs.

[0022] Der Füllstoff ist thermisch leitfähig und vorzugsweise auch elektrisch isolierend bzw. elektrisch schlecht leitend. Dies führt dazu, dass das induktive Bauelement auch mit einer relativ hohen Betriebsspannung betrieben werden kann. Beispielsweise beträgt die Betriebsspannung bis zu 2000 V. Der Verbundwerkstoff ist auch bei einer Betriebsspannung in dieser Größenordnung durchschlagsfest. Als thermisch leitfähiger und gleichzeitig elektrisch isolierender beziehungsweise elektrisch schlecht leitender Füllstoff eignet besonders ein keramischer Werkstoff. Ein keramischer Werkstoff mit den genannten Eigenschaften ist beispielsweise Aluminiumoxid (Al_2O_3).

[0023] Zu einem effizienten Abtransport von Wärme, die im Betrieb des induktiven Bauelements in der Drahtwicklung entsteht, ist der Verbundwerkstoff der Kühlvorrichtung vorzugsweise direkt mit der Drahtwicklung verbunden. Ein Wärmetransport von der Drahtwicklung weg erfolgt durch Wärmeleitung.

[0024] In einer besonderen Ausgestaltung weist die Kühlvorrichtung mindestens eine Folie mit dem Verbundwerkstoff auf, die mit der Drahtwicklung in direktem, thermisch leitfähigen Kontakt steht. Die Folie und die Drahtwicklung sind derart verbunden, dass eine Wärmeleitung von der Drahtwicklung zur Folie hin stattfinden kann. Die Folie und die Drahtwicklung berühren sich einander. Eine Foliendicke (Folienstärke) der Folie beträgt beispielsweise 0,22 mm. In Abhängigkeit vom Verbundwerkstoff (Art des Polymerwerkstoffes, Art und Füllgrad des Füllstoffes, etc.) ist dabei ein spezifischer Wärmeleitfähigkeitskoeffizient λ vom 0,15 K/Wm bis hin zu 6,5 K/Wm erreichbar. Die Spannungsfestigkeit kann trotz der relativ geringen Foliendicke dabei 1 kV bis 6 kV betragen.

[0025] Um eine effiziente Wärmeableitung durch die Kühlvorrichtung zu gewährleisten, wird insbesondere eine weiche Folie mit dem Verbundwerkstoff verwendet. Die Folie ist plastisch und/oder elastisch verformbar. Die Drahtwicklung kann näherungsweise formschlüssig in die Folie eingebettet sein. Eine thermische Kontaktfläche zwischen der Folie und der Drahtwicklung, über die die Wärmeleitung stattfindet, ist dabei besonders groß.

[0026] In einer besonderen Ausgestaltung weist die Kühlvorrichtung mindestens eine Vergussmasse auf, die mindestens einen weiteren Verbundwerkstoff mit mindestens einem weiteren Polymerwerkstoff und mindestens einem weiteren thermisch leitfähigen Füllstoff aufweist und die mit der Drahtwicklung und/oder der Folie in direktem, thermisch leitfähigen Kontakt steht. Der Verbundwerkstoff und der weitere Verbundwerkstoff können gleich oder verschieden sein. Gleiches gilt für einzelne Komponenten des Verbundwerkstoffs und des weiteren Verbundwerkstoffs. Die Drahtwicklung und/oder die Folie sind zum Teil oder ganz in die Vergussmasse mit dem weiteren Verbundwerkstoff eingebettet. Da der weitere Verbundwerkstoff thermisch leitfähig ist und durch das Einbetten ein nahezu kompletter Formschluss zwischen Gussmasse und Drahtwicklung bzw. Folie vorliegt, kann die Wärme von der Drahtwicklung und der Folie über die Gussmasse sehr effizient abgeleitet werden. Durch die Verwendung der Vergussmasse kommt es darüber hinaus zu einer homogenen Temperaturverteilung innerhalb des induktiven Bauelements. Die Drahtwicklung des Bauelements wird homogen gekühlt. Dies trägt ebenfalls zu einer erhöhten Güte des induktiven Bauelements bei.

[0027] Sowohl bei der Folie als auch bei der Vergussmasse ist es möglich, dass zwischen Vergussmasse, Folie und Drahtwicklung Zwischenräume (Hohlräume) vorhanden sind, die mit Luft gefüllt sind und daher zu einer thermischen Isolierung der Vergussmasse, Folie und der Drahtwicklung voneinander beitragen. Eine effiziente Ableitung von Wärme ist aufgrund der Zwischenräume nicht möglich. In einer besonderen Ausgestaltung weist daher ein zwischen der Folie und der Drahtwicklung und/oder zwischen dem Verguss und der Drahtwicklung vorhandener Zwischenraum ein thermisch leitfähiges Material zur thermischen Überbrückung des Zwischenraums auf. Der Zwischenraum ist vorzugsweise vollständig mit dem thermisch leitfähigen Material ausgefüllt. Dies führt zu einer verbesserten Wärmeableitung von der Drahtwicklung weg. Vorzugsweise wird dazu ein thermisch leitfähiges Material verwendet, das zusätzlich elektrisch isolierend ist. Das thermisch leitfähige Material ist daher insbesondere aus der Gruppe Ö1, Paste, Wachs und/oder Klebstoff ausgewählt. Mit diesen thermisch leitfähigen und gleichzeitig elektrisch isolierenden Materialien ist gewährleistet, dass auch bei Verwendung von hohen Betriebsspannungen eine dafür notwendige Spannungsfestigkeit gegeben ist.

[0028] Die Kühlvorrichtung des induktiven Bauelements ist derart ausgestaltet, dass die in der Drahtwicklung im Betrieb des induktiven Bauelements entstehende Wärme effizient nach außen abgeführt werden kann. Dazu wird für einen Weitertransport der Wärme vom Verbundwerkstoff der Kühlvorrichtung weg gesorgt. Der Weitertransport der Wärme erfolgt beispielsweise durch Konvektion. Dazu wird an der Kühlvorrichtung mit dem Verbundwerkstoff ein Fluid vorbeigeleitet, das die Wärme aufnehmen kann. Das Fluid ist beispielsweise eine Flüssigkeit oder ein Gas bzw. Gasgemisch.

[0029] Vorzugsweise erfolgt der Weitertransport der Wärme durch Wärmeleitung. In einer besonderen Ausgestaltung ist daher bei dem induktiven Bauelement die Folie mit dem Verbundwerkstoff und/oder die Vergussmasse mit dem Verbundwerkstoff mit einer Wärmesenke durch eine Wärmeleitung thermisch leitend verbunden. Mit Hilfe der wärme-

senke wird dafür gesorgt, dass im Betrieb des induktiven Bauelements ein möglichst kleiner Temperaturunterschied zwischen der Drahtwicklung, der Kühlvorrichtung und der Wärmesenke vorhanden ist. Dazu ist die Wärmesenke vorzugsweise derart ausgestaltet, dass sie eine große Wärmemenge aufnehmen kann. Die Wärmekapazität der Wärmesenke ist groß. Denkbar ist auch, dass bei der Wärmesenke für einen effizienten Abtransport der Wärme gesorgt ist.

Die Wärmesenke ist beispielsweise ein Kühlkörper aus einem Material, das sich durch eine hohe thermische Leitfähigkeit auszeichnet. Zum Aufrechterhalten des Wärmegradienten kann der Kühlkörper durch Konvektion gekühlt werden.

[0030] Das induktive Bauelement wird gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung in einem elektronischen Vorschaltgerät verwendet, bei dem eine elektrische Eingangsleistung in eine elektrische Ausgangsleistung umgewandelt wird. Eingangsleistung und Ausgangsleistung sind normalerweise unterschiedlich. Insbesondere wird dabei das Bauelement mit einer Wechselspannung mit einer Frequenz aus dem Bereich von einschließlich 100 kHz bis einschließlich 200 MHz betrieben. Dieser Frequenzbereich wird als Hochfrequenzbereich bezeichnet.

[0031] In einer besonderen Ausgestaltung wird eine Wechselspannung von bis zu 2000 Volt verwendet. Es hat sich gezeigt, dass sich mit Hilfe der Spalte auch bei einigen hundert Volt mit einer Frequenz von einigen MHz eine hohe Güte erzielen lässt. Dies führt dazu, dass das induktive Bauelement miniaturisiert werden kann und trotzdem ein hoher Leistungsdurchsatz bei hoher Güte und niedrigen inneren Verlusten erreicht werden kann. Das induktive Bauelement kann somit als ein miniaturisiertes HF-HV (Hochfrequenz-Hochvolt)-Bauelement bezeichnet werden.

[0032] Das induktive Bauelement kann auch in einem Zündtrafo zum Zünden einer Entladungslampe eingesetzt werden. Zum Zünden der Entladungslampe wird die Entladungslampe über eine elektrische Schaltung mit einer hohen Wechselspannung (Initialspannung) angesteuert. In einer weiteren Ausgestaltung wird daher ein Spannungspuls mit einer Wechselspannung von bis zu 40 kV verwendet. Das Bauelement wird mit dieser hohen Wechselspannung kurzzeitig innerhalb weniger μm (Zünddauer) angesteuert.

[0033] Anhand mehrerer Ausführungsbeispiele und der dazugehörigen Figuren wird die Erfindung näher vorgestellt. Die Figuren sind schematisch und stellen keine maßstabsgetreuen Abbildungen dar.

Figur 1 zeigt ein induktives Bauelement von der Seite.

Figur 2 zeigt ein Gütespannungsdiagramm des induktiven Bauelements.

Figuren 3a und 3b zeigen eine RM-Bauform des Kerns des induktiven Bauelements von oben und im Querschnitt entlang der Verbindungslinie I-I.

Figuren 4 bis 6 zeigen das induktive Bauelement aus Figur 1 mit jeweils einer Kühlvorrichtung in einem seitlichen Querschnitt.

Figur 7 zeigt einen Ausschnitt des induktiven Bauelements mit der Kühlvorrichtung in einem seitlichen Querschnitt.

[0034] Das induktive Bauelement 1 ist ein HF-HV-(Hochfrequenz-Hochvolt)Transformator (Figur 1). Das Bauelement 1 weist eine Drahtwicklung 3 und einen Kern 4 auf. Die Drahtwicklung zeichnet sich durch eine Wicklungsachse 12 aus, entlang der der Draht der Drahtwicklung 3 gewickelt ist. Die Drahtwicklung 3 ist eine Hochfrequenzlitze 14 mit 30 Einzeldrähten. Der Drahtdurchmesser eines Einzeldrahtes beträgt etwa 30 μm . Der Kern 4 ist ein Ferritkern und besteht aus einem M33-Kernmaterial. Der Kern weist eine RM6-Kernform auf (Figuren 3a und 3b). Der Kern ist eine Kombination einer E-Kernform und einer Topf-Kernform mit einer mittigen Bohrung 15. Der Kern 4 weist einen kernmittigen Spalt 7 auf, der um die mittige Bohrung 15 im Innenbereich 10 der Drahtwicklung 3 angeordnet ist. Zwei weitere Spalte 8 sind im Außenbereich 11 der Drahtwicklung 3 in jeweils einem der Kernschenkel 6 des Kerns 4 angeordnet. Alle drei Spalte 7 und 8 sind Luftspalte. Die Spaltweiten der Spalte 7 und 8 sind mit jeweils etwa 3 mm im Wesentlichen gleich.

[0035] Der Kern ist im Wesentlichen symmetrisch. Er besteht aus zwei zur Spiegelebene 13 spiegelsymmetrisch angeordneten Teilen 5, die an den Spalten 7 und 8 einander gegenüberliegend angeordnet und durch die Spaltweiten 9 voneinander beabstandet sind. Die Spiegelebene 13 befindet sich in den drei Spalten 7 und 8. Durch die Anordnung ist aber nicht nur der Kern 4, sondern auch die Drahtwicklung 3 im Wesentlichen symmetrisch angeordnet. Es resultiert ein induktives Bauelement, das im Wesentlichen zur Spiegelebene 13 symmetrisch ist.

[0036] Das in Figur 2 gezeigte Gütespannungsdiagramm ist bei einer Primärinduktivität des HF-HV-Transformators 1 von 24 μH und einer Frequenz von 2,7 MHz mit Hilfe des Kreisresonanzverfahrens gemessen. Deutlich zu sehen ist, dass auch bei einer effektiven Wechselspannung ($U_L[V_{\text{eff}}]$) von mehreren hundert Volt eine relativ hohe Güte des Bauteils erzielbar ist. Die hohe Güte ist trotz hoher Frequenz bei einer kleinen Baugröße, wie sie bei einer RM6-Kernform gegeben ist, erzielbar.

[0037] Die Drahtwicklung 3 des miniaturisierten HF-HV-Transformators wird gemäß weiterer Ausführungsformen gekühlt. Dazu ist eine Kühlvorrichtung 20 zum Kühlen der Drahtwicklung 3 vorhanden.

[0038] Gemäß einer ersten Ausführungsform weist die Kühlvorrichtung 20 eine Folie 21 mit einem thermisch leitenden Verbundwerkstoff. Das Basismaterial des Verbundwerkstoffs ist ein thermisch und elektrisch schlecht leitender Polymerwerkstoff. In dem Polymerwerkstoff ist ein Füllstoff mit hoher thermischer und niedriger elektrischer Leitfähigkeit eingebettet. Die Folie 21 weist eine Foliendicke von etwa 0,22 mm auf. Der spezifische Wärmeleitfähigkeitskoeffizient λ beträgt etwa 4 K/Wm. Die elektrische Spannungsfestigkeit reicht bis etwa 6 kV.

[0039] Die Hochfrequenzlitze 14 der Drahtwicklung 3 und die Folie 21 sind um einen an die RM6-Kernform angepassten Wickelkörper 30 gewickelt. Dabei sind die Folie 21 und die Drahtwicklung 3 derart um den Wickelkörper 30 angeordnet, dass sich die Hochfrequenzlitze 14 der Drahtwicklung 3 und die Folie 21 ausgehend vom Wickelkörper 30 in radialer Richtung abwechseln (Figuren 4 und 5). Die verwendete Folie 21 dient als Zwischenisolationsschicht der Hochfrequenzlitze 14 der Drahtwicklung 3. Es resultiert ein effizienter Wärmeleitpfad 24 von der Drahtwicklung 3 weg in der radialen Richtung. Entlang dem Wärmeleitpfad 24 wird Wärme, die im Betrieb des induktiven Bauelements 1 in der Hochfrequenzlitze 14 entsteht, effizient abgeleitet.

[0040] Gemäß einer dazu alternativen Ausführungsform sind die Hochfrequenzlitze 14 der Drahtwicklung 3 und mehrere Folien 21 jeweils für sich radial zum Wickelkörper 30 ausgerichtet. Es ist eine Vielkammerlösung realisiert, die auch als Scheibenwicklung bezeichnet wird. Auch hier ist für eine effiziente Ableitung der Wärme über den Wärmeleitpfad 24 gesorgt.

[0041] Zur weiteren Ableitung der Wärme ist das induktive Bauelement 1 bzw. die Kühlvorrichtung 20 des induktiven Bauelements 1 in eine Vergussmasse 22 mit einem weiteren thermisch leitfähigen Verbundwerkstoff eingebettet (Figuren 4 und 6). Die Vergussmasse 22 ist mit einem Teil der Drahtwicklung 3 thermisch leitend direkt kontaktiert. Dies bedeutet, dass über eine thermische Kontaktfläche zwischen der Hochfrequenzlitze 14 der Drahtwicklung 3 und der Folie 21 bzw. den Folien 21 die Wärme über Wärmeleitung abgeleitet werden kann. Zum effizienten Ableiten der Wärme ist die Vergussmasse 22 mit der Wärmesenke 25 über Wärmeleitung thermisch leitend verbunden. Die Wärmesenke 25 ist eine Platine mit einem thermisch hochleitfähigen Material. Es resultiert im Betrieb des induktiven Bauelements eine relativ kleine Temperaturdifferenz zwischen der Drahtwicklung 3 und der Wärmesenke 25.

[0042] Alternativ zur Vergussmasse 22 erfolgt das weitere Ableiten der Wärme durch eine Ableitfinne 26 mit einem relativ hohen Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten (Figur 5). Über die Ableitfinne 26, die über eine Distanzkeramik 28 mit relativ hohem Wärmeleitkoeffizienten mit den Folien 21 verbunden ist, wird die Wärme von den Folien 21 bzw. der Drahtwicklung 3 in Richtung Wärmesenke 25 weitergeleitet.

[0043] Sowohl im Falle der Vergussmasse 22 als auch im Falle der Folie 21 können Zwischenräume 27 vorhanden sein, die die Effizienz verringern, mit der die Drahtwicklung 3 gekühlt wird (Figur 7). Diese Zwischenräume 27 werden gemäß einer weiteren Ausführungsform mit einer thermisch leitfähigen und elektrisch isolierenden beziehungsweise schlecht leitenden Paste gefüllt.

Patentansprüche

1. Induktives Bauelement (1) zur Bildung eines magnetischen Kreises, aufweisend mindestens eine Drahtwicklung (3) und mindestens einen Kern (4) mit einem ferromagnetischen Kernmaterial, wobei der Kern (4) zur Unterbrechung des magnetischen Kreises einen Spalt (7, 8) und mindestens einen weiteren Spalt (8, 7) aufweist und die Spalte (7, 8) jeweils eine Spaltweite (9) aufweisen, die mindestens 1,0 mm beträgt, **dadurch** gekennzeichnet, dass die Spaltweite (9) aus dem Bereich von einschließlich 2,0 mm bis einschließlich 10 mm ausgewählt ist.
2. Bauelement nach Anspruch 1, wobei der Kern (4) aus mindestens zwei Teilen (5) besteht, die an den Spalten (7, 8) einander gegenüber liegend angeordnet und durch die Spaltweiten (9) voneinander beabstandet sind.
3. Bauelement nach Anspruch 1 oder 2, wobei zumindest einer der Spalte (7, 8) ein Luftspalt ist.
4. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Spalte (7, 8) eine im Wesentlichen gleiche Spaltweite (9) aufweisen.
5. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Drahtwicklung (3) einen Innenbereich (10) und einen Außenbereich (11) aufweist und die Spalte (7, 8) des Kerns (4) im Innenbereich (10) und/oder im Außenbereich (11) der Drahtwicklung (3) angeordnet sind.
6. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Kern (4) im Wesentlichen symmetrisch ist.
7. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Kernmaterial des Kerns (4) hochfrequenztauglich ist.

EP 1 523 748 B1

8. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Drahtwicklung (3) eine Hochfrequenzlitze (14) mit einer Vielzahl von voneinander elektrisch isolierten Einzeldrähten aufweist.
- 5 9. -Bauelement nach Anspruch 8, wobei die Einzeldrähte zumindest einen aus dem Bereich von einschließlich 10 μm bis einschließlich 50 μm ausgewählten Einzeldrahtdurchmesser aufweisen.
- 10 10. Bauelement nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Vielzahl aus dem Bereich von einschließlich 5 bis einschließlich 100 ausgewählt ist.
11. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Bauelement eine Drosselspule oder ein Transformator ist.
12. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei mindestens eine Kühlvorrichtung (20) zum Kühlen der Drahtwicklung (3) vorhanden ist, die mindestens einen Verbundwerkstoff mit mindestens einem Polymerwerkstoff und mindestens einem thermisch leitfähigen Füllstoff aufweist.
- 15 13. Bauelement nach Anspruch 12, wobei die Kühlvorrichtung (20) mindestens eine Folie (21) mit dem Verbundwerkstoff aufweist, die mit der Drahtwicklung in direktem, thermisch leitfähigen Kontakt steht.
14. Bauelement nach Anspruch 12 oder 13, wobei die Kühlvorrichtung (20) mindestens eine Vergussmasse (22) aufweist, die mindestens einen weiteren Verbundwerkstoff mit mindestens einem weiteren Polymerwerkstoff und mindestens einem weiteren thermisch leitfähigen Füllstoff aufweist und die mit der Drahtwicklung (3) und/oder der Folie (21) in direktem, thermisch leitfähigen Kontakt steht.
- 20 15. Bauelement nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei ein zwischen der Folie (21) und der Drahtwicklung (3) und/oder der Vergussmasse (22) und der Drahtwicklung (3) vorhandener Zwischenraum (27) ein thermisch leitfähiges Material zur thermischen Überbrückung des Zwischenraums (27) aufweist.
- 25 16. Bauelement nach Anspruch 15, wobei das thermisch leitfähige Material aus der Gruppe Öl, Paste, Wachs und/oder Klebstoff ausgewählt ist.
- 30 17. Bauelement nach einem der Ansprüche 12 bis 16, wobei die Folie (21) mit dem Verbundwerkstoff und/oder die Vergussmasse (22) mit dem weiteren Verbundwerkstoff mit einer Wärmesenke (25) durch eine Wärmeleitung thermisch leitend verbunden ist.
- 35 18. Verwendung eines Bauelements nach einem der Ansprüche 1 bis 17 in einem elektronischen Vorschaltgerät, bei dem eine elektrische Eingangsleistung in eine elektrische Ausgangsleistung umgewandelt wird.
19. Verwendung nach Anspruch 18, wobei das Bauelement mit einer Wechselspannung mit einer Frequenz aus dem Bereich von einschließlich 100 kHz bis einschließlich 200 MHz betrieben wird.
- 40 20. Verwendung nach Anspruch 18 oder 19, wobei eine Wechselspannung bis zu 2000 V verwendet wird.
21. Verwendung nach Anspruch 18 oder 19, wobei ein Spannungspuls mit einer Wechselspannung von bis zu 40 kV verwendet wird.
- 45

Claims

- 50 1. An inductive component (1) for the formation of a magnetic circuit, comprising at least one wire winding (3) and at least one core (4) with a ferromagnetic core material, the core (4) comprising a gap (7, 8) and at least one further gap (8, 7) to interrupt the magnetic circuit, and the gaps (7, 8) each have a gap width (9) of at least 1.0 mm, **characterized in that** the gap width (9) is selected from the range from 2.0 mm to 10 mm, inclusive.
- 55 2. Component according to Claim 1, the core (4) comprising at least two parts (5) which are arranged opposed to each other across the gaps (7, 8) and separated from each other by the gap widths (9).
3. Component according to Claim 1 or 2, at least one of the gaps (7, 8) being an air gap.

4. Component according to one of Claims 1 to 3, the gaps (7, 8) having an essentially equal gap width (9).
5. Component according to one of Claims 1 to 4, the wire winding (3) comprising an inner region (10) and an outer region (11) and the gaps (7, 8) of the core (4) being arranged in the inner region (10) and/or in the outer region (11) of the wire winding (3).
6. Component according to one of Claims 1 to 5, the core (4) being essentially symmetrical.
7. Component according to one of Claims 1 to 6, the core material of the core (4) being capable of accepting high frequencies.
8. Component according to one of Claims 1 to 7, the wire winding (3) comprising a high-frequency braided wire (14) with a multiplicity of individual wires that are electrically insulated from one another.
9. Component according to Claim 8, the individual wires having at least an individual wire diameter that is selected from the range from 10 μm to 50 μm , inclusive.
10. Component according to Claim 8 or 9, the multiplicity being selected from the range from 5 to 100, inclusive.
11. Component according to one of Claims 1 to 10, the component being a choke coil or a transformer.
12. Component according to one of Claims 1 to 11, there being at least one cooling device (20) for cooling the wire winding (3), which device comprises at least one composite material with at least one polymer material and at least one thermally conductive filler.
13. Component according to Claim 12, the cooling device (20) comprising at least one film (21) with the composite material which is in direct, thermally conductive contact with the wire winding.
14. Component according to Claim 12 or 13, the cooling device (20) having at least one casting compound (22), which comprises at least one further composite material with at least one further polymer material and at least one further thermally conductive filler and which is in direct, thermally conductive contact with the wire winding (3) and/or the film (21).
15. Component according to one of Claims 12 to 14, an intermediate space (27) that is present between the film (21) and the wire winding (3) and/or between the casting compound (22) and the wire winding (3) comprising a thermally conductive material for thermally bridging the intermediate space (27).
16. Component according to Claim 15, the thermally conductive material being selected from the group comprising oil, paste, wax and/or adhesive.
17. Component according to one of Claims 12 to 16, the film (21) with the composite material and/or the casting compound (22) with the further composite material being connected in a thermally conducting manner by heat conduction to a heat sink (25).
18. Use of a component according to one of Claims 1 to 17 in an electronic ballast, in the case of which an electrical input power is converted into an electrical output power.
19. Use according to Claim 18, the component being operated with an AC voltage at a frequency from the range from 100 kHz to 200 MHz, inclusive.
20. Use according to Claim 18 or 19, an AC voltage of up to 2000 V being used.
21. Use according to Claim 18 or 19, a voltage pulse with an AC voltage of up to 40 kV being used.

Revendications

1. Composant (1) inductif pour la formation d'un circuit magnétique ayant au moins un enroulement (3) de fil métallique

et au moins un noyau (4) ayant un matériau de noyau ferromagnétique, le noyau (4) ayant pour interrompre le circuit magnétique une fente (7, 8) et au moins une autre fente (8, 7) et les fentes (7, 8) ayant respectivement une largeur (9) au moins égale à 1,0 mm, **caractérisé en ce que** la largeur (9) de fente est choisie dans la plage allant de 2,0 mm inclus à 10 mm inclus.

- 5 2. Composant suivant la revendication 1, dans lequel le noyau (4) est constitué d'au moins deux parties (5) qui sont disposées l'une en face de l'autre sur les fentes (7, 8) et qui sont mises à distance l'une de l'autre par les largeurs (9) de fente.
- 10 3. Composant suivant la revendication 1 ou 2, dans lequel au moins l'une des fentes (7, 8) est un entrefer.
4. Composant suivant l'une des revendications 1 à 3, dans lequel les fentes (7, 8) ont sensiblement la même largeur (9).
- 15 5. Composant suivant l'une des revendications 1 à 4, dans lequel l'enroulement (3) de fil métallique a une partie (10) intérieure et une partie (11) extérieure et les fentes (7, 8) du noyau (4) sont disposées dans la partie (10) intérieure et/ou dans la partie (11) extérieure de l'enroulement (3) de fil métallique.
6. Composant suivant l'une des revendications 1 à 5, dans lequel le noyau (4) est sensiblement symétrique.
- 20 7. Composant suivant l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le matériau du coeur (4) peut servir en haute fréquence.
8. Composant suivant l'une des revendications 1 à 8, dans lequel l'enroulement (3) de fil métallique a un cordon (14) de haute fréquence ayant une pluralité de fils métalliques individuels isolés électriquement les uns des autres.
- 25 9. Composant suivant la revendication 8, dans lequel les fils métalliques individuels ont au moins un diamètre dans la plage allant de 10 μ m compris à 50 μ m compris.
10. Composant suivant la revendication 8 ou 9, dans lequel la pluralité est choisie dans la plage allant de 5 compris à 100 compris.
- 30 11. Composant suivant l'une des revendications 1 à 10, dans lequel le composant est une bobine de self ou un transformateur.
12. Composant suivant l'une des revendications 1 à 11, dans lequel au moins un dispositif (20) de refroidissement est présent pour refroidir l'enroulement (3) de fil métallique, qui a au moins un matériau composite ayant au moins un matériau polymère et au moins une charge conductrice de la chaleur.
- 35 13. Composant suivant la revendication 12, dans lequel le dispositif (20) de refroidissement a au moins une feuille (21) ayant le matériau composite, feuille qui est en contact direct d'une manière conductrice de la chaleur avec l'enroulement de fil métallique.
- 40 14. Composant suivant la revendication 12 ou 13, dans lequel le dispositif (20) de refroidissement a au moins une composition (22) de scellement, qui a au moins un autre matériau composite ayant au moins un autre matériau polymère et au moins une autre charge conductrice de la chaleur et qui est en contact direct d'une manière conductrice de la chaleur avec l'enroulement (3) de fils et/ou avec la feuille (21).
- 45 15. Composant suivant l'une des revendications 12 à 14, dans lequel un espace (27) intermédiaire présent entre la feuille (21) et l'enroulement (3) de fil métallique et/ou la composition (22) de scellement et l'enroulement (3) de fil métallique a un matériau conducteur de la chaleur pour le pontage thermique de l'espace (27) intermédiaire.
- 50 16. Composant suivant la revendication 15, dans lequel le matériau conducteur de la chaleur est choisi dans le groupe d'une huile, d'une pâte, d'une cire et/ou d'un adhésif.
- 55 17. Composant suivant l'une des revendications 12 à 16, dans lequel la feuille (21) ayant le matériau composite et/ou la composition (22) de scellement ayant l'autre matériau composite est reliée d'une manière conductrice de la chaleur par conduction à un puits (25) de chaleur.
18. Utilisation d'un composant suivant l'une des revendications 1 à 17 dans un ballast électronique dans lequel une

EP 1 523 748 B1

puissance électrique d'entrée est transformée en une puissance électrique de sortie.

5 19. Utilisation suivant la revendication 18, dans laquelle le composant est alimenté en une tension alternative à une fréquence dans la plage allant de 100 kHz compris à 200 MHz compris.

20. Utilisation suivant la revendication 18 ou 19, dans laquelle on utilise une tension alternative allant jusqu'à 2 000 V.

10 21. Utilisation suivant la revendication 18 ou 19, dans laquelle on utilise une impulsion de tension ayant une tension alternative allant jusqu'à 40 kV.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

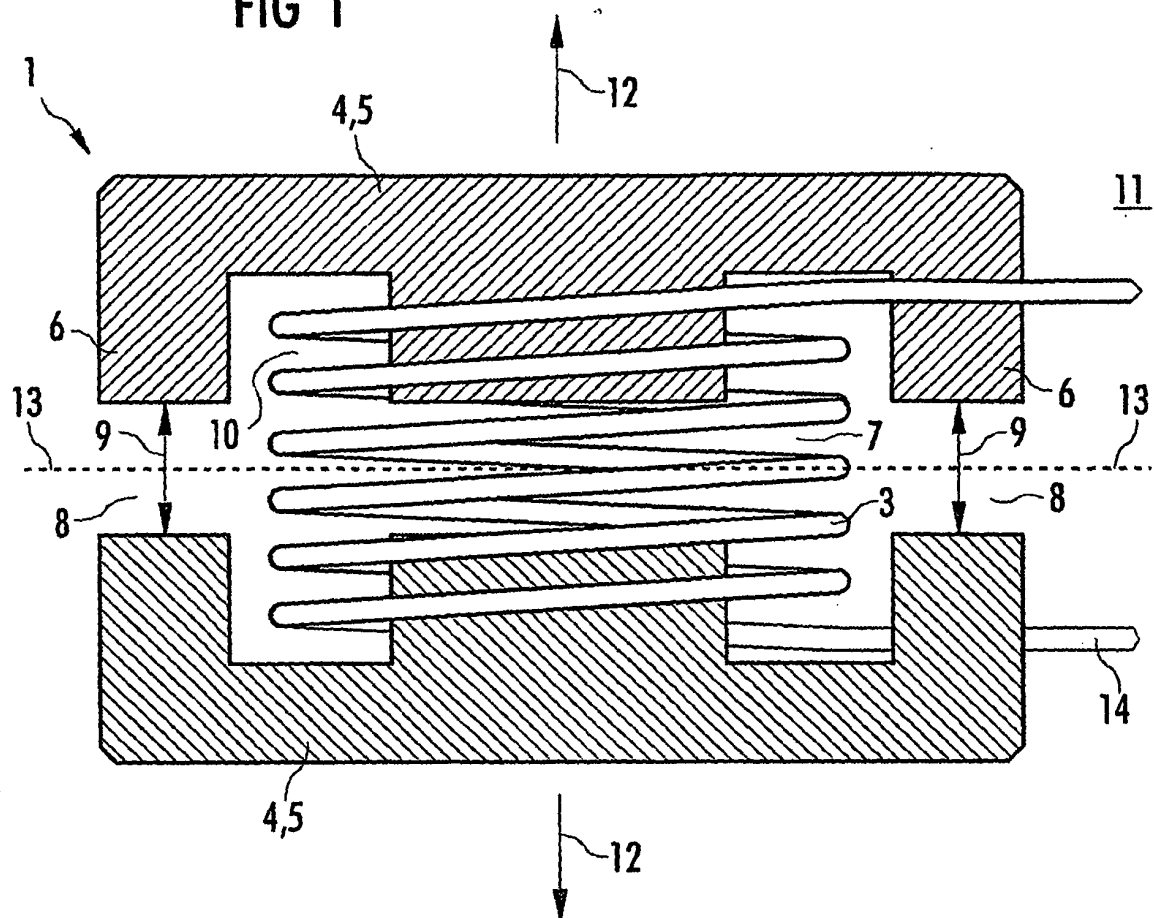


FIG 2

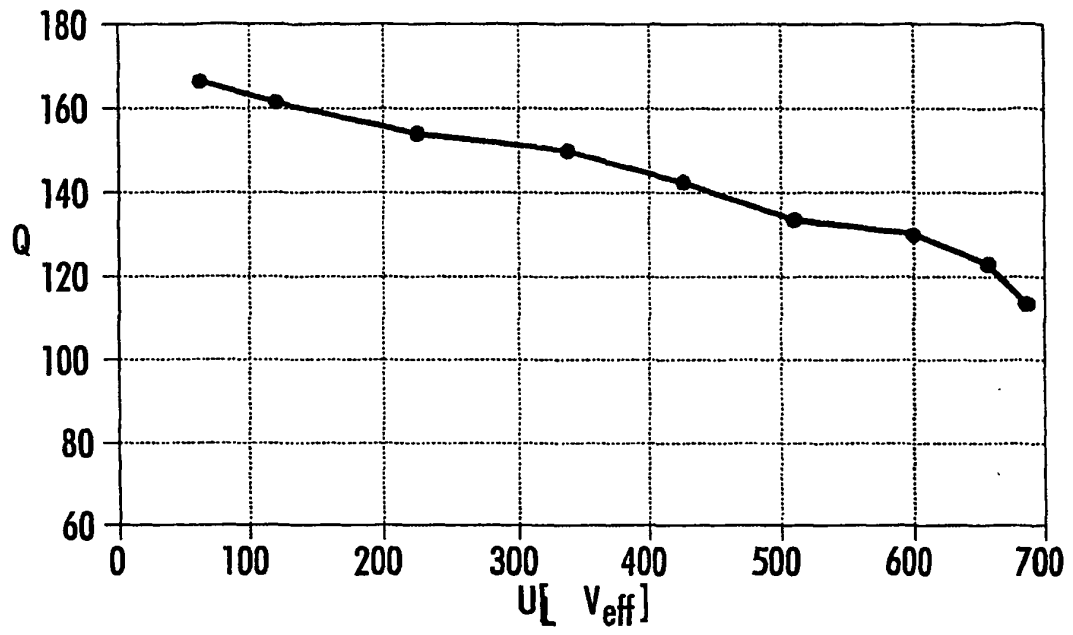


FIG 3A

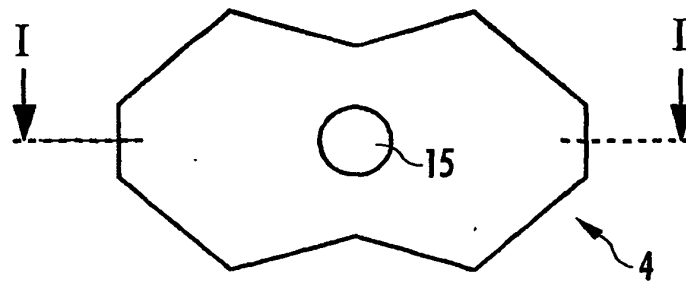


FIG 3B

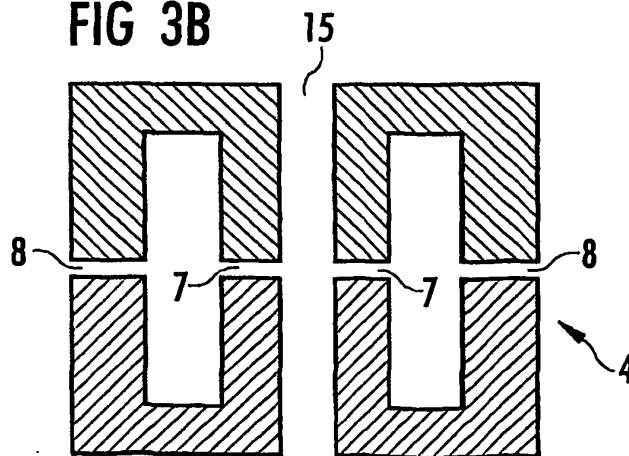


FIG 4

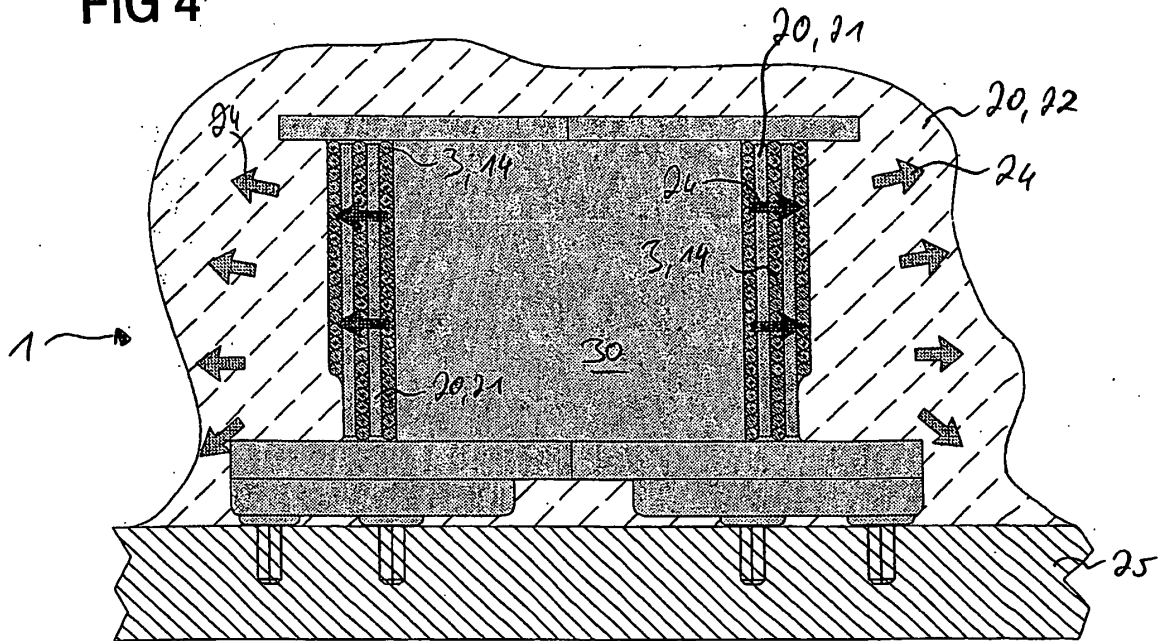


FIG 5

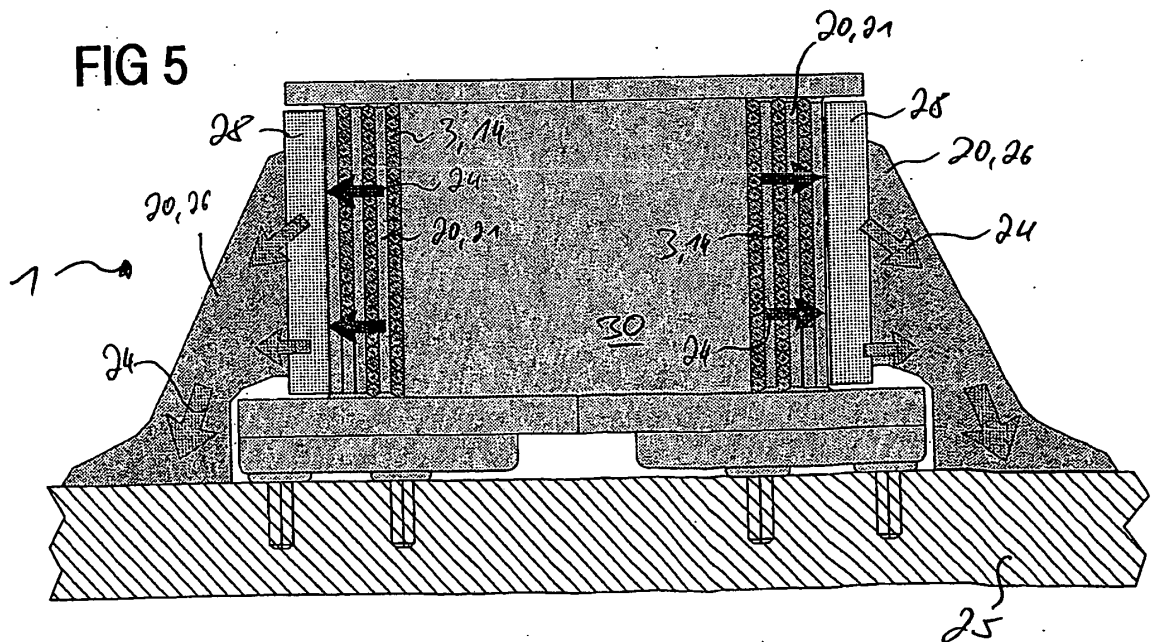


FIG 6

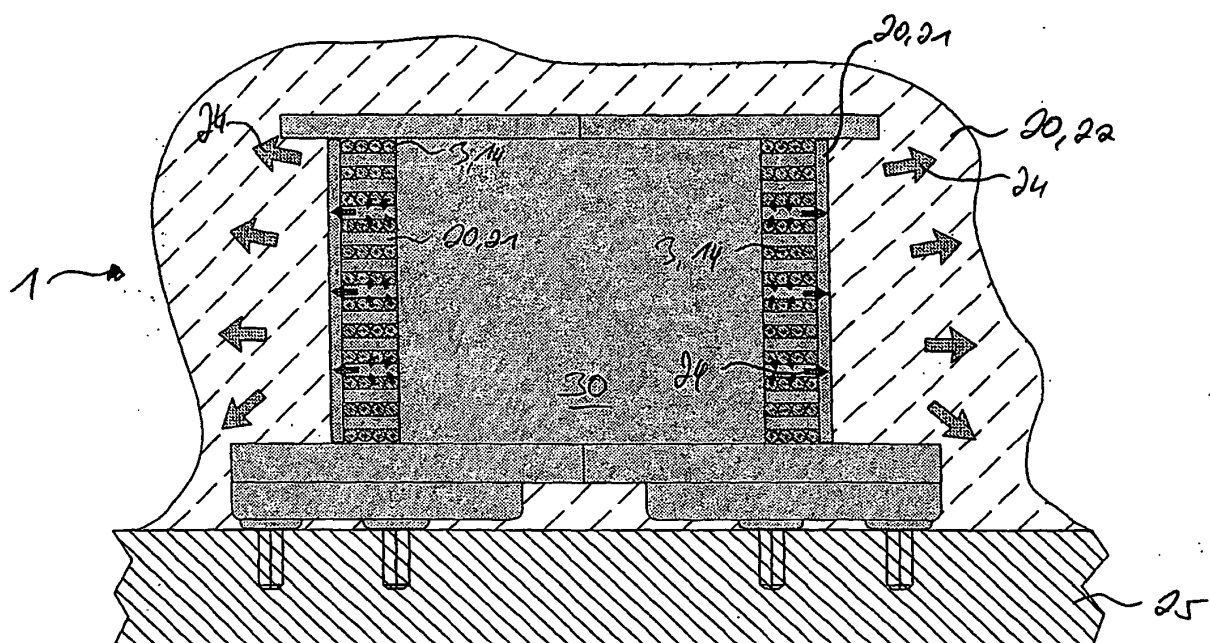
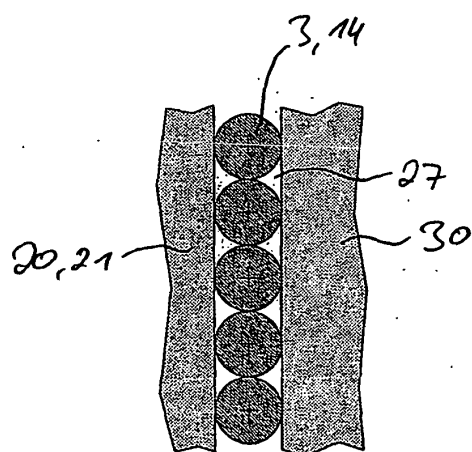


FIG 7



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19884902 A1 [0002]
- US 4885445 A [0003]
- EP 0193057 A2 [0004]