

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑳ Anmeldenummer: 79101673.6

⑤① Int. Cl.²: **H 01 F 27/24**
H 01 F 1/16, C 22 B 1/00

㉒ Anmeldetag: 31.05.79

③① Priorität: 06.06.78 DE 2824749

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.12.79 Patentblatt 79/25

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT

⑦① Anmelder: VACUUMSCHMELZE GMBH
Bereich Verträge und Patente Grüner Weg 37 Postfach
109
D-6450 Hanau 1(DE)

⑦② Erfinder: Boll, Richard, Dr.
Kreuzstrasse 25
D-6052 Mühlheim(DE)

⑦② Erfinder: Köster, Hans-Jürgen, Dipl.-Phys.
In den Krehwiesen 9
D-6458 Rodenbach(DE)

⑦② Erfinder: Hilzinger, Hans-Reiner, Dr.
Thomas-Mann-Strasse 6
D-6457 Maintal 2(DE)

⑤④ Induktives Bauelement und Verfahren zu seiner Herstellung.

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein induktives Bauelement, auf dessen elektrisch leitende Wicklung Band (4) aus weichmagnetischem Material aufgewickelt ist. Erfindungsgemäß besteht das Band (4) aus einer amorphen Legierung. Geeignet sind sowohl amorphe Legierungen mit einer Magnetostriktion nahe bei Null als auch Legierungen mit größerer Magnetostriktion. Bei Verwendung der letzteren kann das Bauelement nach dem Aufwickeln des amorphen weichmagnetischen Bandes auf die zunächst hergestellte und isolierte elektrisch leitende Wicklung einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 150 und 400°C zur mechanischen Entspannung des Bandes unterzogen werden.

Erfindungsgemäß ausgestaltete Bauelemente können beispielsweise als Transformatoren, Drosseln oder Wandler Anwendung finden.

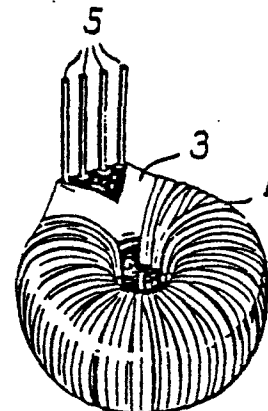


Fig. 1

VACUUMSCHMELZE GMBH
Hanau

Unser Zeichen
VP 78 P 9555 BRD

5 Induktives Bauelement und Verfahren
zu seiner Herstellung

Die Erfindung betrifft ein induktives Bauelement, auf
dessen elektrisch leitende Wicklung Band aus weichmagne-
10 tischem Material aufgewickelt ist.

Übliche induktive Bauelemente haben einen weichmagneti-
schen Kern, der beispielsweise aus Band gewickelt oder
aus Blechen geschichtet sein kann, und eine auf diesen
15 Kern aufgebrachte elektrische Wicklung. Bei Ringband-
kernen wird die Wicklung meist in Form eines Toroids
auf den Kern aufgewickelt. Schnittbandkerne oder Kerne
aus geschichteten und gegebenenfalls geklebten Blech-
paketen können in die fertige Wicklung eingeschoben
20 werden.

Kb/Bz / 5.6.1978

Es sind jedoch auch bereits induktive Bauelemente, beispielsweise Transformatoren, Drosseln und Wandler, bekannt, bei denen der bandförmige Kernwerkstoff aus weichmagnetischem Material auf die vorgefertigte elektrische
5 Wicklung aufgewickelt ist. Dabei wird in der Regel der bandförmige Kernwerkstoff zunächst vor dem Aufbringen auf die Wicklung auf einen ähnlichen Durchmesser vorgewickelt, wie er später auf die Wicklung zu liegen kommt, anschließend zur Beseitigung der mechanischen Spannungen
10 wärmebehandelt und schließlich, gegebenenfalls nach nochmaligem Umwickeln, auf die Wicklung aufgewickelt.

Der fertige Wickelkern, der die Form eines Ringbandkerns besitzt, umschließt dann jeweils einen seiner
15 Bandbreite entsprechenden Teil der elektrischen Wicklung (DE-PS 711 770, 722 211, 727 073, 729 918, 737 787 und 915 588). Obwohl beim Wickeln die Krümmungsänderung der Bänder auf ein Mindestmaß beschränkt wird, ist nicht zu vermeiden, daß sich die magnetischen Eigen-
20 schaften beim Wickeln nach der Wärmebehandlung verschlechtern. Die Verschlechterung kann bei Silizium-Eisen-Legierungen noch in tragbaren Grenzen gehalten werden, bei den magnetisch hochwertigen Nickel-Eisen-Legierungen muß jedoch eine bedeutende Qualitätsmin-
25 derung in Kauf genommen werden (R. Bauer, "Der Meßwandler", Berlin/Göttingen/Heidelberg (Springer-Verlag), 1953, Seite 55, Absatz 3).

Aufgabe der Erfindung ist es, ein induktives Bauelement, auf dessen elektrisch leitende Wicklung Band aus
30 weichmagnetischem Material aufgewickelt ist, weiter zu verbessern.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß das Band aus weichmagnetischem Material aus einer amorphen Legierung besteht.

5 Amorphe Metallegierungen lassen sich bekanntlich dadurch herstellen, daß man eine entsprechende Schmelze so rasch abkühlt, daß ein Erstarren ohne Kristallisation eintritt. Die Legierungen können dabei gleich in Form dünner Bänder gewonnen werden, deren Dicke bei-
10 spielsweise einige hundertstel Millimeter und deren Breite mehrere Millimeter betragen kann. Von den kristallinen Legierungen lassen sich die amorphen Legierungen durch Röntgenbeugungsmessungen unterscheiden. Im Gegensatz zu kristallinen Materialien, die charakteristische scharfe Beugungslinien zeigen, verändert
15 sich bei amorphen Metallegierungen die Intensität im Röntgenbeugungsbild nur langsam mit dem Beugungswinkel, ähnlich wie dies auch bei Flüssigkeiten oder gewöhnlichem Glas der Fall ist.

20

Je nach den Herstellungsbedingungen können die amorphen Legierungen vollständig amorph sein oder ein zweiphasiges Gemisch des amorphen und des kristallinen Zustandes umfassen. Im allgemeinen versteht man unter einer
25 "amorphen Metallegierung" eine Legierung, die zu wenigstens 50 %, vorzugsweise zu wenigstens 80 %, amorph ist.

Für jede amorphe Metallegierung gibt es eine charakteristische Temperatur, die sogenannte Kristallisationstemperatur. Erhitzt man die amorphe Legierung auf oder
30 über diese Temperatur, so geht sie in den kristallinen Zustand über. Bei Wärmebehandlungen unterhalb der Kristallisationstemperatur bleibt dagegen der amorphe
35 Zustand erhalten.

Die bislang bekannten weichmagnetischen amorphen Metallegierungen haben die Zusammensetzung $M_y X_{1-y}$, wobei M wenigstens eines der Metalle Eisen, Kobalt und Nickel, und X wenigstens eines der sogenannten glasbildenden Elemente Bor, Kohlenstoff, Silizium und Phosphor bedeutet und y zwischen etwa 0,60 und 0,95 liegt. Zusätzlich zu den Metallen M können die amorphen Legierungen auch noch weitere Metalle, insbesondere Titan, Zirkon, Hafnium, Vanadin, Niob, Tantal, Chrom, Molybdän, Wolfram, Mangan, Palladium, Platin, Kupfer, Silber oder Gold enthalten, während zusätzlich zu den glasbildenden Elementen X oder gegebenenfalls auch an Stelle von diesen die Elemente Aluminium, Gallium, Indium, Germanium, Zinn, Arsen, Antimon, Wismut oder Beryllium vorhanden sein können (vgl. zum Beispiel DE-OS 25 46 676, 25 53 003, 26 05 615, 26 28 362 und 27 08 151).

Allgemein gilt bei weichmagnetischen amorphen Legierungen, daß sie bezüglich ihrer magnetischen Eigenschaften gegen Verformungen, wie sie etwa beim Aufwickeln des Bandes auf eine elektrisch leitende Wicklung auftreten, weniger empfindlich sind als Bänder aus kristallinen weichmagnetischen Legierungen.

Speziell eine Reihe von kobalthaltigen amorphen Legierungen, wie sie etwa aus der DE-OS 25 46 676 und der DE-OS 27 08 151 bekannt sind, haben eine Magnetostriktion, die nahe bei Null liegt. Diese Legierungen können vorzugsweise die Zusammensetzung $Co_a Fe_b Ni_c Si_d B_e P_f C_g Al_h$ haben, wobei

$$0,3 \leq a \leq 0,8$$

$$0 \leq b \leq 0,1$$

$$0 \leq c \leq 0,4$$

$$0 \leq d \leq 0,3$$

$$0 \leq e \leq 0,3$$

$$0 \leq f \leq 0,25$$

$$0 \leq g \leq 0,15$$

$$5 \quad 0 \leq h \leq 0,1$$

sowie

$$a + b + c + d + e + f + g + h = 1,$$

$$0,6 \leq a + b + c$$

$$0,1 \leq d + e + f + g + h$$

- 10 ist. Die magnetischen Eigenschaften dieser Legierungen sind gegen Verformungen sehr unempfindlich. Bänder aus solchen Legierungen können daher nach vorheriger Wärmebehandlung oder gegebenenfalls auch völlig ohne Wärmebehandlung auf die elektrisch leitende Wicklung aufgewickelt werden.
- 15

Andere weichmagnetische amorphe Legierungen, insbesondere solche der Zusammensetzung $\text{Fe}_a\text{Ni}_b\text{Me}_c\text{P}_d\text{B}_e\text{Si}_f\text{C}_g\text{Al}_h$, wobei Me eines oder mehrere der Metalle Kobalt, Chrom,

- 20 Molybdän, Titan, Vanadin, Kupfer bedeutet und

$$0,1 \leq a \leq 0,9$$

$$0 \leq b \leq 0,6$$

$$0 \leq c \leq 0,4$$

$$0 \leq d \leq 0,25$$

$$25 \quad 0 \leq e \leq 0,3$$

$$0 \leq f \leq 0,3$$

$$0 \leq g \leq 0,15$$

$$0 \leq h \leq 0,1$$

sowie

$$30 \quad a + b + c + d + e + f + g + h = 1,$$

$$0,6 \leq a + b + c$$

$$0,1 \leq d + e + f + g + h$$

ist, haben zwar keine verschwindende Magnetostriktion.

- Sie sprechen jedoch bereits auf eine Entspannungsglühung bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen von etwa 150 bis 400°C an. Die Ummagnetisierungsverluste bei hohen Frequenzen, beispielsweise bei 20 kHz, sind bei diesen
- 5 Legierungen nach der Wärmebehandlung verhältnismäßig niedrig. Bei Verwendung solcher Legierungen kann daher das Bauelement nach dem Aufwickeln des amorphen weichmagnetischen Bandes auf die vorgefertigte elektrisch leitende, mit einer Isolation versehene Wicklung einer
- 10 Wärmebehandlung zwischen 150 und 400°C unterzogen werden, sofern auch die übrigen für das Bauelement verwendeten Werkstoffe bei diesen Temperaturen beständig sind.
- 15 Besonders günstig ist es, die elektrisch leitende Wicklung ringförmig auszubilden und das Band aus der amorphen Legierung derart toroidförmig aufzuwickeln, daß es die elektrisch leitende Wicklung weitgehend umschließt. Besonders eignen sich hierzu amorphe Bänder mit nicht
- 20 zu großer Breite, beispielsweise mit einer Breite von bis zu 5 mm, wie sie leicht unmittelbar aus der Schmelze hergestellt werden können. Diese Bänder können dann in einer oder mehreren Lagen ähnlich auf die vorgefertigte elektrisch leitende Wicklung aufgebracht werden,
- 25 wie beispielsweise bei herkömmlichen induktiven Bauelementen die elektrisch leitende Wicklung auf einen vorgefertigten Ringbandkern aufgewickelt wird. Die Bauart hat ferner den Vorteil, daß das toroidförmig aufgewickelte weichmagnetische amorphe Band ähnlich wie ein
- 30 Schalenkern gleichzeitig als magnetische Schirmung wirkt.

Die elektrisch leitende Wicklung kann vorteilhaft aus Aluminium hergestellt werden, wodurch sich gegenüber Kupfer eine erhebliche Gewichtsersparnis ergibt. Außerdem lassen sich dabei die einzelnen Windungen durch
5 eine Eloxalschicht an ihrer Oberfläche in einfacher Weise temperaturbeständig gegeneinander isolieren. Insbesondere bei größeren Bauelementen kann man natürlich auch Folien, beispielsweise aus Kunststoffen mit entsprechender Temperaturbeständigkeit, zur Isolation
10 verwenden.

Falls es auf eine Gewichtsersparnis nicht entscheidend ankommt, kann man natürlich für die elektrisch leitende Wicklung auch Kupfer verwenden, beispielsweise mit temperaturbeständigem Lack oder einer Glasfaserumspinnung
15 isoliert.

Besonders günstig kann man die elektrisch leitende Wicklung aus Bandmaterial, vorzugsweise Aluminiumband,
20 herstellen, das dann ähnlich gewickelt werden kann wie Ringbandkerne bei einem üblichen Bauelement. Bei einer solchen Bandwicklung läßt sich ein besonders hoher Füllfaktor und damit eine besonders kompakte Bauart erzielen.

25 Vorzugsweise wählt man für die elektrisch leitende Wicklung einen etwa rechteckigen Querschnitt mit einem Seitenverhältnis der zur Wickelachse parallelen zu der zur Wickelachse senkrechten Seite von etwa 2,5:1 bis 1:1.

30 Die Wicklung kann auch aus mehreren elektrisch voneinander getrennten Teilwicklungen bestehen, beispielsweise der Primär- und Sekundärwicklung eines Transformators oder Übertragers.

- Um eine hohe Leistung bei möglichst kleinem Materialeinsatz zu erzielen, ist es besonders vorteilhaft, für die mit einer toroidförmigen Wicklung aus weichmagnetischem Band versehene elektrisch leitende ringförmige
- 5 Wicklung einen etwa quadratischen Querschnitt zu wählen. Ferner ist es zweckmäßig, das Wickelpaket aus weichmagnetischem Band so dick zu machen, daß der halbe Durchmesser des Wickelloches der elektrisch leitenden Wicklung von weichmagnetischem Material ausgefüllt ist.
- 10 Ferner sollten die Füllfaktoren der beiden Wicklungen möglichst groß gewählt werden, wenn bei vorgegebener Maximalleistung des Bauelementes ein möglichst kleines Bauvolumen erzielt werden soll. Die maximale Leistung, bezogen auf die Volumeneinheit, nimmt nämlich mit wach-
- 15 senden Füllfaktoren zu. Bei einer Wicklung aus Aluminiumband lassen sich etwa Füllfaktoren bis zu 0,9 erreichen, bei der weichmagnetischen toroidförmigen Wicklung etwa Füllfaktoren bis zu 0,3. Um gleichzeitig auch eine möglichst hohe maximale Leistung, bezogen auf das
- 20 Gewicht, zu erreichen, ist es ferner vorteilhaft, das Verhältnis von Außendurchmesser zu Innendurchmesser der elektrisch leitenden Wicklung zwischen etwa 1,3 und 3,5, vorzugsweise zwischen 1,5 und 2,5, zu wählen. Im Vergleich zu herkömmlichen Bauelementen läßt sich dabei
- 25 auch teures weichmagnetisches Material auf Kosten von billigerem Leitermaterial einsparen. Unter den vorstehend angegebenen Voraussetzungen für die geometrische Gestaltung des Bauelementes nimmt nämlich bei den anmeldungsgemäßen Bauelementen mit wachsendem Verhältnis
- 30 zwischen Außen- und Innendurchmesser der elektrisch leitenden Wicklung die pro Leistungseinheit erforderliche Menge an weichmagnetischem Material ab und die entsprechende Menge an Leitermaterial zu. Bei herkömm-

lichen Bauelementen, beispielsweise bei einem mit einer toroidförmigen elektrisch leitenden Wicklung versehenen Ringbandkern, ist dies umgekehrt.

- 5 Anhand einiger Figuren und Beispiele soll die Erfindung noch näher erläutert werden:

Figur 1 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bauelementes in Draufsicht.

10

Figur 2 zeigt das Bauelement nach Figur 1 schematisch im Querschnitt.

- 15 Figur 3 zeigt das Verhältnis von Masse zu Leistung in Abhängigkeit vom Verhältnis des Außendurchmessers zum Innendurchmesser der elektrisch leitenden Wicklung für ein Bauelement gemäß Figuren 1 und 2 sowie Vergleichskurven für ein herkömmliches Bauelement.

- 20 Figur 4 zeigt das Verhältnis von Masse zu Leistung und das Verhältnis von Volumen zu Leistung in Abhängigkeit vom Verhältnis des Außendurchmessers zum Innendurchmesser der elektrisch leitenden Wicklung für ein Bauelement gemäß Figuren 1 und 2 sowie Vergleichskurven
25 für ein herkömmliches Bauelement.

Figur 5 zeigt schematisch im Querschnitt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bauelementes.

- 30 Im folgenden Ausführungsbeispiel wird anhand der Fig. 1 und 2 ein Transformator näher erläutert, dessen ringförmige, in zwei Teilwicklungen, nämlich eine Primär- und eine Sekundärwicklung, unterteilte elektrisch

leitende Wicklung einen quadratischen Querschnitt hat und von einer Wicklung aus weichmagnetischem, amorphem Band toroidförmig umgeben ist.

- 5 Der Transformator ist ausgelegt für eine Primärspannung (Rechteckspannung) von 300 V, eine Sekundärspannung von 48 V und eine übertragbare Leistung von 670 W bei einer Frequenz von 20 kHz. Die Umgebungstemperatur soll 60°C betragen, die zugelassene Übertemperatur 60 K. Die Um-
- 10 magnetisierungsverluste der weichmagnetischen Wicklung betragen 28 W/kg.

Ausgehend von den Arbeitsbedingungen wurden für den Transformator folgende geometrischen Daten festgelegt:

- 15 Innendurchmesser des Transformators $d_o = 1,4 \text{ cm}$
 Außendurchmesser des Transformators $d_w = 7,9 \text{ cm}$
 Höhe des Transformators $h_w = 3,4 \text{ cm}$
 Innendurchmesser der elektrisch leitenden Wicklung $d_1 = 2,8 \text{ cm}$
- 20 Außendurchmesser der elektrisch leitenden Wicklung $d_2 = 6,8 \text{ cm}$
 Höhe der elektrisch leitenden Wicklung $h_2 = 2,0 \text{ cm}$
 magnetischer Eisenquerschnitt $0,9 \text{ cm}^2$
 wirksamer Leiterquerschnitt $3,4 \text{ cm}^2$
 mittlere Eisenweglänge $15,1 \text{ cm}$
- 25 mittlere elektrische Windungslänge $9,8 \text{ cm}$.

- Im einzelnen wurde der Transformator aufgebaut aus einer Primärwicklung 1 mit 122 Windungen aus 0,08 mm dickem und 18 mm breitem Aluminiumband und einer Sekun-
- 30 därwicklung 2 mit 20 Windungen aus 0,45 mm dickem und 18 mm breitem Aluminiumband. Als Isolation wurde zwischen die Windungen eine 19 mm breite, 0,2 mm dicke

Polyimidfolie eingelegt, die in Figur 2 aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit nicht eigens dargestellt ist. Der Füllfaktor, der aus den beiden Teilwicklungen 1 und 2 bestehenden Wicklung, die einen quadratischen Querschnitt besitzt, ist etwa 0,85. Das Verhältnis von Außendurchmesser d_2 zu Innendurchmesser d_1 der Wicklung ist 2,4.

Als Deckisolation der elektrisch leitenden Wicklung 1, 2 dient wiederum eine Polyimidfolie 3, die beispielsweise durch Tiefziehen auf die Wicklung aufgebracht werden kann.

Um die so isolierte Wicklung 1, 2 wurden dann 900 Windungen 4 aus 2 mm breitem und 0,05 mm dickem Band aus der weichmagnetischen amorphen Legierung $\text{Fe}_{0,40}\text{Ni}_{0,40}\text{P}_{0,14}\text{B}_{0,06}$ derart herumgewickelt, daß sie die elektrisch leitende Wicklung 1, 2 toroidförmig umschließen. Lediglich die Stelle, an der die elektrischen Anschlüsse 5 der Primärwicklung 1 und der Sekundärwicklung 2 herausgeführt sind, ist nicht von der weichmagnetischen Wicklung überdeckt. Zur Sicherung der weichmagnetischen Wicklung kann das freie Ende des amorphen Bandes einfach unter eine benachbarte Windung gesteckt werden. Die weichmagnetische Wicklung, deren Füllfaktor etwa 0,2 beträgt, füllt etwa den halben Durchmesser d_1 des Wickelloches der elektrisch leitenden Wicklung aus.

Zur mechanischen Entspannung und zur Verbesserung der dynamischen Eigenschaften, insbesondere zur Herabsetzung der Ummagnetisierungsverluste, der weichmagnetischen Wicklung wurde der fertig gewickelte Transformator etwa eine Stunde lang bei einer Temperatur zwischen etwa 300 und 350°C an Luft geglüht und anschließend mit

einer Abkühlungsgeschwindigkeit von etwa 100 bis 250°C pro Stunde kontrolliert bis auf eine Temperatur unterhalb 200°C und weiter unkontrolliert abkühlen gelassen. Bei diesem Glühvorgang entsteht außerdem auf dem Band
5 aus der amorphen Legierung eine dünne Oxidschicht, die zur Isolation der einzelnen Windungen gegeneinander zum Zwecke der Vermeidung von Wirbelströmen ausreicht. Nach dem Glühen kann als zusätzlicher Schutz beispielsweise auf die weichmagnetische Wicklung noch eine Kunststoff-
10 folie aufgebracht werden.

Bei dem beschriebenen Transformator hat das Aluminium ein Gewicht von 138 g und das Band aus der amorphen Legierung ein Gewicht von 69 g. Das Gewicht des Magnetwerkstoffes ist demnach viel niedriger als das des Leiterwerkstoffes.
15

Daß sich bei den anmeldungsgemäßen Bauelementen mit wachsendem Verhältnis von Außen- zu Innendurchmesser
20 der elektrisch leitenden Wicklung teures weichmagnetisches Material auf Kosten von billigerem Leitermaterial einsparen läßt, ist aus Figur 3 zu ersehen.

In dieser Figur ist an der Ordinate das Verhältnis von
25 Masse bzw. Gewicht m zur Leistung P in g/W, an der Abszisse das Verhältnis von Außendurchmesser d_2 zu Innendurchmesser d_1 aufgetragen. Die durchgezogenen Kurven 11, 12 und 13 gelten für anmeldungsgemäße Bauelemente. Dabei ist vorausgesetzt, daß die elektrisch
30 leitende Wicklung aus Aluminium besteht und einen quadratischen Querschnitt und einen Füllfaktor von 0,85 besitzt und daß die weichmagnetische Wicklung aus amorphem Material toroidförmig ausgebildet ist, einen Füll-

faktor von 0,2 besitzt und die Hälfte des Durchmessers d_1 des Wickelloches der elektrisch leitenden Wicklung ausfüllt. Für den Magnetwerkstoff werden für die Eisenverluste 28 W/kg bei einer Induktion von 0,2 T und eine Frequenz von 20 kHz angenommen. Die Dimensionierungen beziehen sich auf eine Umgebungstemperatur von 60°C und eine Übertemperatur von 60 K.

Kurve 11 zeigt die Masse des weichmagnetischen Materials, Kurve 12 die Masse des elektrisch leitenden Materials und Kurve 13 die Gesamtmasse, jeweils bezogen auf die Leistung. Wie man bei einem Vergleich der Kurven 11 und 12 leicht sieht, ist bei Durchmesserverhältnissen d_2/d_1 oberhalb etwa 1,9 die Masse des erforderlichen Magnetmaterials kleiner als die Masse des erforderlichen Leitermaterials, jeweils bezogen auf die Leistung.

Die unterbrochen gezeichneten Kurven 14, 15 und 16 sind Vergleichskurven, die sich auf herkömmliche Bauelemente beziehen. Dabei ist vorausgesetzt, daß die weichmagnetische Wicklung ein Ringbandkern ist, der bezüglich Geometrie und Füllfaktor der elektrisch leitenden Wicklung der anmeldungsgemäßen Bauelemente entspricht, und daß die elektrisch leitende Wicklung aus Kupferdraht besteht und hinsichtlich Geometrie und Füllfaktor der weichmagnetischen Wicklung der anmeldungsgemäßen Bauelemente entspricht. Kurve 14 zeigt die Masse des weichmagnetischen Materials, Kurve 15 die Masse des Leitermaterials, Kurve 16 die Gesamtmasse, jeweils bezogen auf die Leistung, in Abhängigkeit vom Verhältnis des Außendurchmesser d_2 zum Innendurchmesser d_1 des Ringbandkernes. Man sieht aus einem Vergleich der Kurven 14 und 15, daß bei den herkömmlichen Bauelementen die Masse des Magnetmaterials

bezogen auf die Leistung zu- die Masse des Leitermaterials bezogen auf die Leistung dagegen abnimmt. Außerdem zeigt ein Vergleich der Kurven 13 und 16, daß bei gegebenem Durchmesser Verhältnis die Masse pro Leistung
5 bei den herkömmlichen Bauelementen erheblich größer ist als bei den anmeldungsgemäßen Bauelementen.

In Figur 4 sind die erwähnten Kurven 13 und 16 nochmals eingezeichnet. Außerdem enthält die Figur 4 noch zwei
10 weitere Kurven, von denen die Kurve 17 das Volumen V der anmeldungsgemäßen und die Kurve 18 das Volumen V der herkömmlichen Bauelemente jeweils bezogen auf die Leistung P in Abhängigkeit vom Durchmesser Verhältnis d_2/d_1 darstellt. Die vorausgesetzten Eigenschaften der
15 Bauelemente sind die gleichen wie bei Figur 3. Die Kurven 17 und 18 zeigen, daß bei gegebenem Durchmesser Verhältnis das Volumen pro Leistung bei den anmeldungsgemäßen Bauelementen etwas größer ist als bei den herkömmlichen Bauelementen. Im Hinblick auf die erheblichen
20 aus Figur 3 ersichtlichen Einsparungsmöglichkeiten an weichmagnetischem Material auf Kosten von Leitermaterial bei den anmeldungsgemäßen Bauelementen fällt dies jedoch nicht allzusehr ins Gewicht. Ferner ersieht man aus Fig. 4, daß bei Durchmesser Verhältnissen zwischen etwa 1,3
25 und über 3 hinaus bis etwa 3,5 bei den anmeldungsgemäßen Bauelementen sowohl die Masse als auch das Volumen/^{bezogen} auf die Leistung besonders niedrig sind. Günstig sind dabei insbesondere Durchmesser Verhältnisse zwischen etwa 1,5 und 2,5, wobei mit wachsendem Durchmesser Verhältnis der
30 bereits erwähnte Vorteil hinzukommt, daß weichmagnetisches Material eingespart werden kann.

Bislang wurden in den Ausführungsbeispielen nur Bauelemente beschrieben, bei denen die elektrisch leitenden Wicklungen den besonders günstigen quadratischen Querschnitt aufweisen. Die Erfindung ist hierauf jedoch
5 nicht beschränkt, vielmehr können die elektrisch leitenden Wicklungen auch andere Querschnittsformen besitzen. So kann der Querschnitt beispielsweise auch rechteckförmig sein, wobei jedoch das Verhältnis zwischen der zur Wickelachse parallelen und der zur Wickelachse senkrechten Seite, wie bereits erwähnt, vorzugsweise zwischen
10 2,5 : 1 und 1:1 liegen sollte.

Ferner kann insbesondere bei Bauelementen mit mehreren elektrisch leitenden Teilwicklungen die elektrisch leitende
15 Wicklung aus Teilen unterschiedlicher Höhe bestehen. Ein Ausführungsbeispiel hierfür ist schematisch in Figur 5 dargestellt. Die elektrisch leitende Wicklung besteht aus einer Primärwicklung 21 und zwei Sekundärwicklungen 22 und 23, beispielsweise aus Aluminiumband,
20 deren Höhe von außen nach innen abnimmt. Durch die Verringerung der Höhe der einzelnen Teilwicklungen nach innen ist im Wickelloch mehr Platz für die Wicklung 24 aus einem Band aus einer weichmagnetischen amorphen Legierung, so daß die Umrisslinien des Querschnitts der
25 weichmagnetischen Wicklung 24 sich stärker einem gerundeten Rechteck annähern als bei dem Bauelement gemäß Figur 3.

Patentansprüche

1. Induktives Bauelement, auf dessen elektrisch leitende
Wicklung Band aus weichmagnetischem Material aufgewickelt
5 ist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
das Band (4) aus einer amorphen Legierung besteht.
2. Induktives Bauelement nach Anspruch 1, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß das weichmagnetische
10 Band aus einer Legierung der Zusammensetzung

$$\text{Co}_a \text{Fe}_b \text{Ni}_c \text{Si}_d \text{B}_e \text{P}_f \text{C}_g \text{Al}_h$$
 besteht, wobei

$$0,3 \leq a \leq 0,8$$

$$0 \leq b \leq 0,1$$

$$0 \leq c \leq 0,4$$

 15
$$0 \leq d \leq 0,3$$

$$0 \leq e \leq 0,3$$

$$0 \leq f \leq 0,25$$

$$0 \leq g \leq 0,15$$

$$0 \leq h \leq 0,1$$

 20 sowie

$$a + b + c + d + e + f + g + h = 1$$

$$0,6 \leq a + b + c$$

$$0,1 \leq d + e + f + g + h$$

 ist.

25

3. Induktives Bauelement nach Anspruch 1, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß das weichmagnetische
Band (4) aus einer Legierung der Zusammensetzung $Fe_a Ni_b$
 $Me_c P_d B_e Si_f C_g Al_h$ besteht, wobei Me eines oder mehrere der
5 Metalle Kobalt, Chrom, Molybdän, Titan, Vanadin, Kupfer
bedeutet und

$$0,1 \leq a \leq 0,9$$

$$0 \leq b \leq 0,6$$

$$0 \leq c \leq 0,4$$

$$10 \quad 0 \leq d \leq 0,25$$

$$0 \leq e \leq 0,3$$

$$0 \leq f \leq 0,3$$

$$0 \leq g \leq 0,15$$

$$0 \leq h \leq 0,1$$

15 sowie

$$a + b + c + d + e + f + g + h = 1$$

$$0,6 \leq a + b + c$$

$$0,1 \leq d + e + f + g + h$$

ist.

20

4. Induktives Bauelement nach Anspruch 1 oder 3, g e -
k e n n z e i c h n e t d u r c h die ausschließliche
Verwendung von Werkstoffen, die bei Temperaturen zwi-
schen 150 und 400°C beständig sind.

25

5. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis
4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
die elektrisch leitende Wicklung (1,2) ringförmig aus-
gebildet und das amorphe weichmagnetische Band (4) to-
roidförmig derart auf die Wicklung (1,2) aufgewickelt
30 ist, daß es diese weitgehend umschließt.

6. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die elektrisch leitende Wicklung (1,2) aus Aluminium besteht.

5

7. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die elektrisch leitende Wicklung (1,2) einen etwa rechteckigen Querschnitt mit einem Seitenverhältnis der zur Wickelachse parallelen zu der zur Wickelachse senkrechten Seite von etwa 2,5 : 1 bis 1 : 1 besitzt.

8. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die elektrisch leitende Wicklung (1,2) aus Bandmaterial gewickelt ist.

9. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 5 bis 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die mit einer toroidförmigen Wicklung aus weichmagnetischem Band (4) versehene elektrisch leitende ringförmige Wicklung (1,2) einen etwa quadratischen Querschnitt besitzt.

10. Induktives Bauelement nach Anspruch 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der halbe Durchmesser des Wickelloches der elektrisch leitenden Wicklung von weichmagnetischem Material ausgefüllt ist.

11. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 9 oder 10, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Füllfaktoren der elektrisch leitenden Wicklung (1,2) und der Wicklung aus amorphem weichmagnetischem Band (4) möglichst groß sind.

12. Induktives Bauelement nach Anspruch 11, d a - d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Verhältnis von Außen- zu Innendurchmesser der elektrisch leitenden Wicklung 1,3 bis 3,5 beträgt.

13. Induktives Bauelement nach Anspruch 12, d a - d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Verhältnis von Außen- zu Innendurchmesser der elektrisch leitenden Wicklung 1,5 bis 2,5 beträgt.

14. Verfahren zum Herstellen eines induktiven Bauelementes nach einem der Ansprüche 4 bis 13, wobei zunächst die elektrisch leitende Wicklung hergestellt und isoliert und anschließend das weichmagnetische Band auf die Wicklung aufgewickelt wird, d a - d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Bauelement nach dem Aufwickeln des amorphen weichmagnetischen Bandes (4) einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 150 und 400°C zur mechanischen Entspannung des Bandes unterzogen wird.

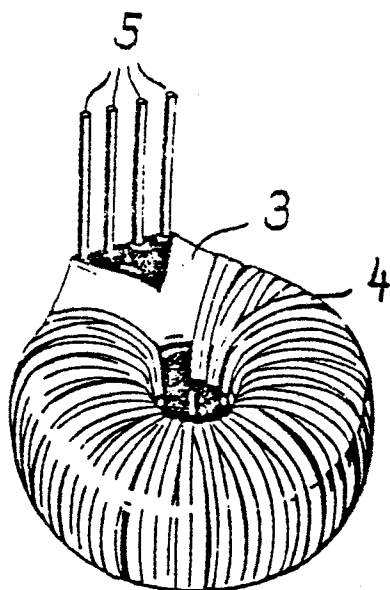


Fig. 1

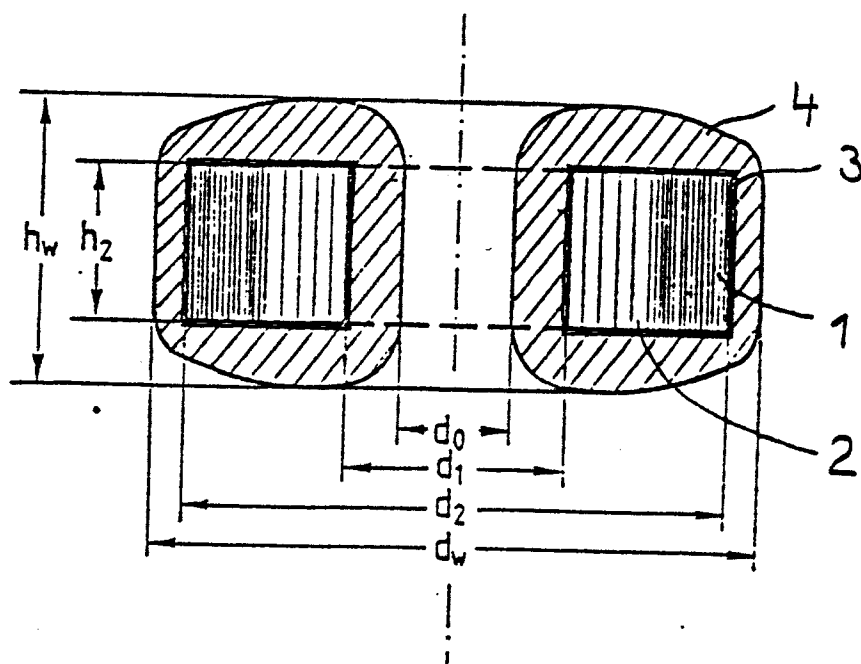


Fig. 2

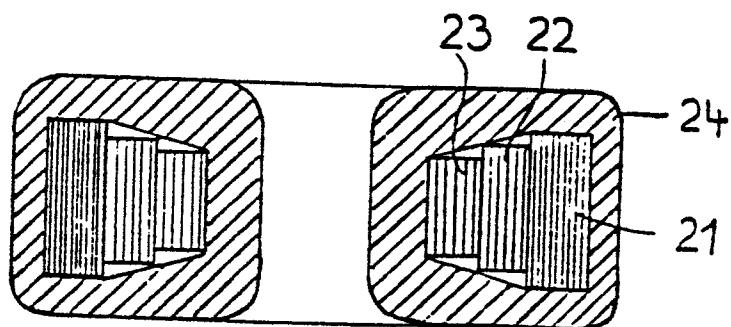


Fig. 5

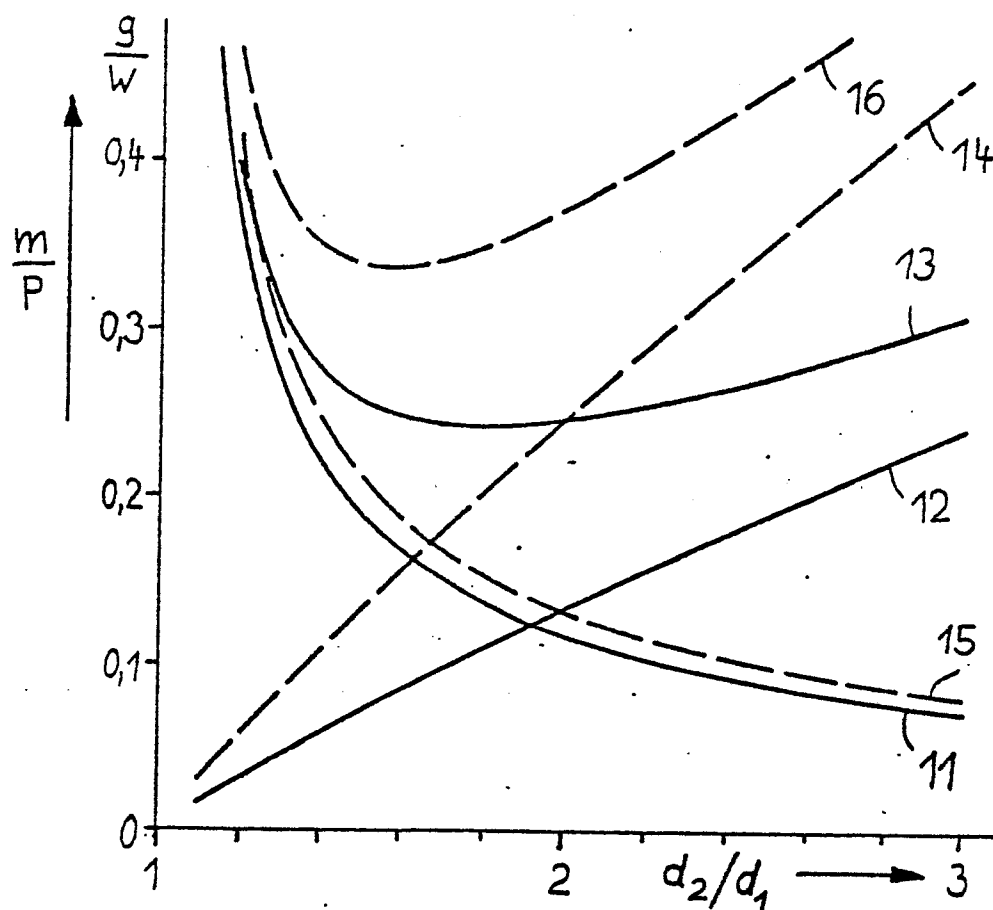


Fig. 3

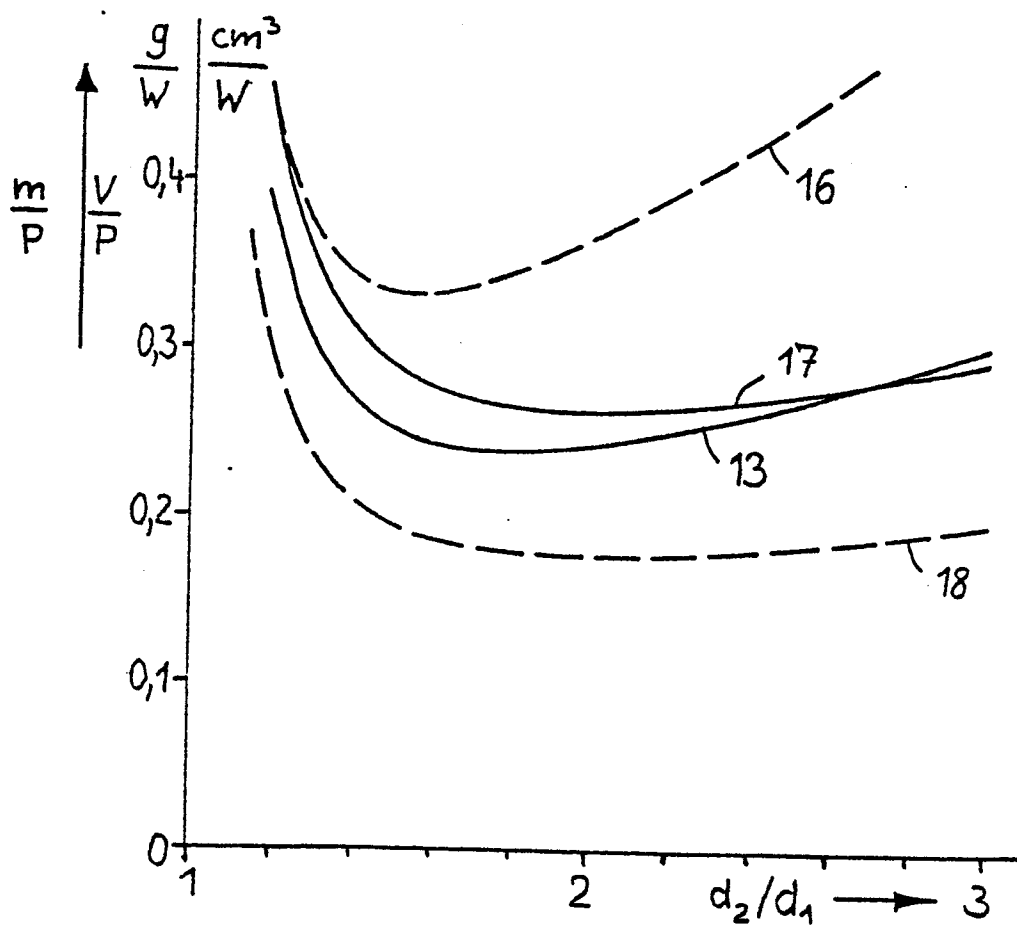


Fig. 4