

(19)



(11)

EP 4 325 536 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
21.02.2024 Patentblatt 2024/08

(21) Anmeldenummer: **23188066.7**

(22) Anmeldetag: **27.07.2023**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01F 41/02 ^(2006.01) **H01F 3/04** ^(2006.01)
H01F 1/147 ^(2006.01) **H01F 1/153** ^(2006.01)
H01F 27/02 ^(2006.01) **H01F 27/25** ^(2006.01)
H01F 27/26 ^(2006.01) **H01F 27/32** ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01F 3/04; H01F 1/147; H01F 1/14766;
H01F 1/15316; H01F 27/02; H01F 27/25;
H01F 27/266; H01F 27/324; H01F 41/0213

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

- **HUNDT, Harald**
63450 Hanau (DE)
- **BINKOFSKI, Johannes**
63450 Hanau (DE)
- **AUER, Alfred**
63450 Hanau (DE)
- **POLAK, Christian**
63450 Hanau (DE)

(30) Priorität: **29.07.2022 DE 102022119155**

(71) Anmelder: **Vacuumschmelze GmbH & Co. KG**
63450 Hanau (DE)

(72) Erfinder:
 • **SCHULZE, Axel**
63450 Hanau (DE)

(74) Vertreter: **Westphal, Mussnug & Partner,**
Patentanwälte mbB
Werinherstraße 79
81541 München (DE)

(54) **MAGNETKERN MIT SCHUTZGEHÄUSE**

(57) Es wird im Folgenden eine Vorrichtung beschrieben, die gemäß einem Ausführungsbeispiel einen Träger, der entlang einer Längsachse eine durchgehende Öffnung aufweist, sowie mindestens ein um den Träger zu einem Ringbandkern gewickeltes weichmagnetisches Band aufweist. Das Band ist dabei direkt auf den Träger gewickelt, sodass zwischen dem Ringbandkern und dem Träger kein Spiel vorhanden ist. Der Träger kann folglich als Teil des Gehäuses des Ringbandkerns dienen.

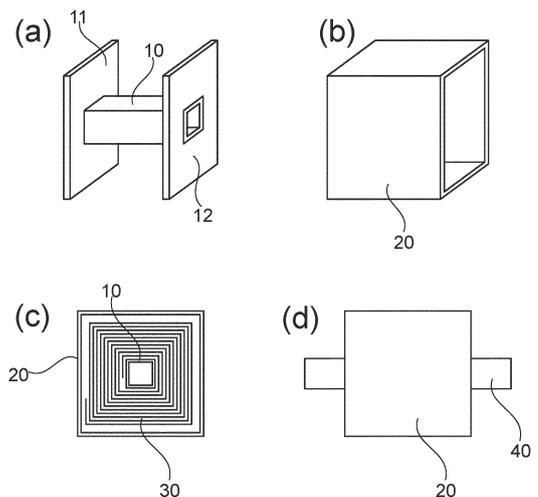


Fig. 1

EP 4 325 536 A2

Beschreibung**TECHNISCHES GEBIET**

5 **[0001]** Die vorliegende Beschreibung betrifft das Gebiet der Magnetkerne, induktive Bauelemente und Stromwandler.

HINTERGRUND

10 **[0002]** Für die Herstellung von induktiven Bauelementen wie z.B. Transformatoren, Drosseln, Stromwandlern, usw. werden Kerne aus kristallinen eisenbasierten Legierungen wie z.B. Silizium-Eisen, häufig auch amorphe und nanokristalline Legierungen eingesetzt. Auswahlkriterien für das Material des Magnetkerns sind eine hohe Permeabilität, eine geringe Koerzitivfeldstärke (Hc), geringe Verluste sowie eine hohe Linearität der Hystereseschleife.

15 **[0003]** Bei der Entwicklung von Magnetkernen aus amorphen und nanokristallinen Legierungen hat sich gezeigt, dass häufig eine Wärmebehandlung im Bereich von 300 bis 600°C nach der Kernherstellung (mittels Aufwickeln des magnetischen Bandmaterials) erfolgen muss, um die gewünschten Magneteigenschaften zu erreichen. Dafür hat sich eine Wärmebehandlung der gewickelten Kerne in einem Ofen etabliert. Nach der Wärmebehandlung ist ein Schutz der mechanisch empfindlichen Kerne z.B. durch eine Beschichtung oder ein Gehäuse notwendig. Diese Reihenfolge (erst Wickeln des Kerns, dann Wärmebehandeln) verhindert die Möglichkeit, das Bandmaterial direkt auf einen Kunststoffkörper zu wickeln, da der Kunststoff die Wärmebehandlung nicht überstehen würde. Die üblichen technischen Kunststoffe haben eine Temperaturbeständigkeit von etwa 120 bis 200 °C, die Wärmebehandlung erfolgt üblicherweise über 400°C.

20 **[0004]** Es sind Verfahren zur Herstellung von Magnetkernen bekannt, gemäß denen ein amorphes Band unter Zugspannung und durch einen Ofen durchlaufend wärmebehandelt wird, um so ein nanokristallines Bandmaterial zu erzeugen, aus denen anschließend ein Magnetkern (Ringbandkern) gewickelt wird. Die magnetischen Eigenschaften des nanokristallinen Bandes können unter anderem durch eine Steuerung der Zugspannung eingestellt werden. Ein solches Bandmaterial wird manchmal als Zina-Material bezeichnet (Zina = zugspannungsinduzierte Anisotropie).

25 **[0005]** Derartiges magnetisches Bandmaterial hat bereits die gewünschten magnetischen Eigenschaften, sodass nach dem Aufwickeln zu einem Magnetkern keine Wärmebehandlung mehr nötig ist, jedoch verliert das Band bei der Wärmebehandlung seine Duktilität und wird relativ spröde. Sprödes Bandmaterial kann bei der Herstellung von Magnetkernen Probleme bereiten, weil es leicht bricht.

30 **[0006]** Die Erfinder haben es sich zur Aufgabe gemacht, bestehende Konzepte zur Herstellung von gewickelten und in einem Gehäuse angeordneten Magnetkernen zu verbessern, sodass insbesondere auch vergleichsweise spröde Materialien verarbeitet werden können.

ZUSAMMENFASSUNG

35 **[0007]** Gelöst wird diese Aufgabe durch das Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 und 12 sowie die Vorrichtung gemäß Anspruch 14. Verschiedene Ausführungsbeispiele und Weiterentwicklungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

40 **[0008]** Es wird im Folgenden eine Vorrichtung beschrieben, die gemäß einem Ausführungsbeispiel einen Träger, der entlang einer Längsachse eine durchgehende Öffnung aufweist, sowie mindestens ein um den Träger zu einem Ringbandkern gewickeltes weichmagnetisches Band aufweist. Das Band ist dabei direkt auf den Träger gewickelt, sodass zwischen dem Ringbandkern und dem Träger kein Spiel vorhanden ist. Der Träger kann folglich als Teil des Gehäuses des Ringbandkerns dienen.

45 **[0009]** Des Weiteren wird ein Verfahren zur Herstellung eines Ringbandkerns beschrieben. Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst das Verfahren das Aufstecken eines Trägers (oder eines Teils davon), der entlang einer Längsachse eine durchgehende Öffnung aufweist, auf eine Welle; das Wickeln mindestens eines weichmagnetischen Bandes um den Träger zu mindestens einem Ringbandkern, indem die Welle gedreht wird; und das Abnehmen des Trägers samt Ringbandkern von der Welle.

50 **[0010]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel umfasst das Verfahren das Aufstecken eines ersten Teils eines Trägers, der entlang einer Längsachse eine durchgehende Öffnung aufweist, auf eine Welle; das Wickeln eines ersten weichmagnetischen Bandes um den ersten Teil des Trägers zu einem ersten Ringbandkern, indem die Welle gedreht wird; das Abnehmen des ersten Teils des Trägers samt dem ersten Ringbandkern von der Welle; das Aufstecken eines zweiten Teils eines Trägers; das Wickeln eines zweiten weichmagnetischen Bandes um den zweiten Teil des Trägers zu einem zweiten Ringbandkern, indem die Welle gedreht wird; das Abnehmen des zweiten Teils des Trägers samt dem zweiten Ringbandkern von der Welle; und das Zusammenfügen des ersten und zweiten Teils des Trägers samt der der darauf gewickelten Ringbandkerne, wobei der erste und der zweite Teil des Trägers koaxial zueinander liegen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0011] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele anhand von Abbildungen näher erläutert. Die Darstellungen sind nicht zwangsläufig maßstabsgetreu und die Ausführungsbeispiele sind nicht nur auf die dargestellten Aspekte beschränkt. Vielmehr wird Wert darauf gelegt, die den Ausführungsbeispielen zugrunde liegenden Prinzipien darzustellen. In den Abbildungen zeigt:

Figur 1 illustriert ein erstes Ausführungsbeispiel eines gewickelten Kerns mit Gehäuse

Figur 2 zeigt als zweites Ausführungsbeispiel eine Modifikation des Beispiels aus Fig. 1

Figur 3 illustriert ein drittes Ausführungsbeispiel eines gewickelten Kerns mit Gehäuse.

Figur 4 illustriert ein viertes Ausführungsbeispiel eines gewickelten Kerns mit Gehäuse, wobei zwei Gehäuseteile mittels Snap-in-Verbindung aneinander gehalten werden.

Figur 5 zeigt als fünftes Ausführungsbeispiel eine Modifikation des Beispiels aus Fig. 3.

Figur 6 zeigt ein induktives Bauelement mit einem Kern gemäß Fig. 4 und einer darum gewickelten Spule.

Figur 7 ist eine Querschnittsdarstellung durch einen gewickelten Magnetkern, dessen Ende aufgrund der Federwirkung des Bandes absteht und ein Abwickeln des Bandes durch das Gehäuse verhindert wird.

Figur 8 zeigt einen Träger auf einer Wickelwelle in einer Ansicht in axialer Richtung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0012] Die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele ermöglichen es, einen gewickelten Kern aus einem weichmagnetischen Band herzustellen, nachdem das Band wärmebehandelt wurde, und damit finale magnetischen Eigenschaften besitzt. Das Band wird dann direkt auf einen Träger gewickelt. Nach der Herstellung des Kerns durch Aufwickeln des Bandes bleibt der Kern auf dem Träger, der gleichzeitig ein Teil des Gehäuses des Magnetkerns bildet. Der Gehäuse wird komplettiert durch mindestens ein zweites Gehäuseteil (Außenhülle), das über den Magnetkern geschoben wird. Der Träger und die Außenhülle sind dabei so ausgestaltet, dass sie ein geschlossenes Gehäuse für den auf dem Träger befindlichen Magnetkern bilden. Das Gehäuse kann in diesem Fall ein kleineres Volumen beanspruchen als ein Gehäuse, in das ein nach dem Wickeln wärmebehandelter Kern eingesetzt wird, da die notwendigen Montagespalte entfallen. Des Weiteren wird die Montage des Kerns vereinfacht und als Folge ein wirtschaftliches Fertigungsverfahren zu geringeren Kosten ermöglicht.

[0013] Besonders wirtschaftlich ist die Montage, wenn die Außenhülle (Gehäuseteil) so klein dimensioniert ist, dass keine Befestigung des Endes des gewickelten Bandes erforderlich ist. Dabei ist das Aufspringen der äußeren Lage des gewickelten Kerns so gering, dass das keine signifikante Veränderung seiner magnetischen Eigenschaften zur Folge hat. Das hier beschriebene Konzept zur Herstellung eines Magnetkerns ist insbesondere für Bänder aus vergleichsweise sprödem magnetischem Material (z.B. unter Zugspannung im Durchlaufofen wärmebehandelte nanokristalline Bänder) geeignet. Da der Träger, auf den das Band gewickelt wird, gleichzeitig ein Teil des Kerngehäuses bildet, ist kein Abziehen des gewickelten Kerns von einer Wickelwelle notwendig, was leicht zum Brechen des spröden Bandes führen könnte. Auch das Handhaben des gewickelten Kerns bei den weiteren Fertigungsschritten (auch vor dem Verschließen des Gehäuses) wird durch die hier beschriebenen Konzepte sicherer und einfacher.

[0014] Je nach Anwendung kann die Anordnung des Magnetkerns in einem geschlossenen Gehäuse eine wesentliche Voraussetzung zur Weiterverarbeitung sein wie z.B. für die Bewicklung des Kerns mit einem Leiter (um eine Spule herzustellen). Dabei kann auch die elektrische Isolation eine Rolle spielen, da der Magnetkern aus Metall eine Verkürzung der Luft- und Kriechstrecke zwischen zwei auf dem Kern angeordneten Wicklungen darstellt. Wenn gemäß den hier beschriebenen Ausführungsbeispielen, der Magnetkern direkt auf einen Träger gewickelt ist, der anschließend ein Teil des Gehäuses des Kerns bildet, entfallen wie erwähnt die andernfalls notwendigen Montagespalte (d.h. zwischen dem Ringbandkern und dem Träger ist kein Spiel vorhanden), weshalb mehr Magnetvolumen bei gleichem Bauraum möglich ist als bei herkömmlichen Konzepten. Ist in einer Anwendung die Isolation nicht erforderlich, kann die Außenhülle des Gehäuses weggelassen werden und der Träger, auf den der Magnetkern gewickelt ist, bildet ein offenes Gehäuse.

[0015] Das weichmagnetische Band kann aus einer Eisenlegierung oder einer Kobaltlegierung bestehen. In manchen Ausführungsbeispielen besteht das Band aus einer Eisenlegierung, die durch die Formel $\text{Fe}_{100-a-b-c-d-x-y-z}\text{Cu}_a\text{N}_b\text{M}_c\text{T}_d\text{Si}_x\text{B}_y\text{Z}_z$ beschrieben wird. Dabei bezeichnet M ein oder mehrere Elemente aus der Gruppe der Elemente Mo-

EP 4 325 536 A2

lybdän (Mo), Tantal (Ta) oder Zirkon (Zr), T bezeichnet ein oder mehrere Elemente aus der Gruppe der Elemente Vanadium (V), Mangan (Mn), Chrom (Cr), Kobalt (Co) oder Nickel (Ni) und Z ein oder mehrere Elemente aus der Gruppe der Elemente Kohlenstoff (C), Phosphor (P) oder Germanium (Ge). Die Indizes a, b, c, d, x, y, und z sind in Atom-% angegeben und erfüllen die folgenden Bedingungen:

5

$$0 \leq a < 1,5,$$

10

$$0 \leq b < 2,$$

$$0 \leq (b + c) < 2,$$

15

$$0 \leq d < 5,$$

20

$$10 < x < 18,$$

$$5 < y < 11$$

und

25

$$0 \leq z < 2.$$

[0016] Die Legierung kann bis zu 1 Atom-% an Verunreinigungen aufweisen.

30 **[0017]** In manchen Ausführungsbeispielen besteht das Band aus einer Kobaltlegierung, die durch die Formel $\text{Co}_{100-a-b-c-d-x-y-z}\text{Fe}_a\text{Cu}_b\text{M}_c\text{T}_d\text{Si}_x\text{B}_y\text{Z}_z$ beschrieben wird. Dabei bezeichnet M ein oder mehrere Elemente aus der Gruppe der Elemente Niob (Nb), Molybdän (Mo), und Tantal (Ta), T bezeichnet ein oder mehrere Elemente aus der Gruppe der Elemente Mangan (Mn), Vanadium (V), Chrom (Cr), und Nickel (Ni) und Z ein oder mehrere Elemente aus der Gruppe der Elemente Kohlenstoff (C), Phosphor (P) und Germanium (Ge). Die Indizes a, b, c, d, x, y, und z sind in Atom-%
35 angegeben und erfüllen die folgenden Bedingungen:

$$1,5 < a < 15,$$

40

$$0,1 < b < 1,5,$$

$$1 \leq c < 5,$$

45

$$0 \leq d < 5,$$

50

$$12 < x < 18$$

$$5 < y < 8,$$

55

$$0 \leq z < 2$$

[0018] Die Legierung kann bis zu 1 Atom-%, vorzugsweise bis zu 0,5 Atom-% an Verunreinigungen aufweisen.

[0019] Wie erwähnt kann das Band wärmebehandelt sein, wobei die Wärmebehandlung unter Zugspannung erfolgt, um gewünschte magnetische Eigenschaften zu erzielen (Zina-Material). In manchen Ausführungsbeispielen weist das weichmagnetische Band ein nanokristallines Gefüge auf, insbesondere ein nanokristallines Gefüge, bei dem zumindest 50 Volumen-% der Körner eine mittlere Größe von weniger als 100 nm aufweisen.

[0020] Das weichmagnetische Band kann eine Hystereseschleife mit einem zentralen linearen Bereich, ein Remanenzverhältnis, J_r/J_s von Remanenz (J_r) zu Sättigungsinduktion (J_s) von weniger als 0,1, und ein Verhältnis H_c/H_a von Koerzitivfeldstärke (H_c) zu Anisotropiefeldstärke (H_a) von weniger als 0,1 aufweisen. Die Permeabilität des Ringbandkerns kann im Bereich von 40 bis 10000 liegen.

[0021] In Fig. 1 illustriert ein Ausführungsbeispiel eines geeigneten Trägers zur Herstellung eines Magnetkerns mit Gehäuse. Diagramm (a) der Fig. 1 zeigt den Träger 10, der im Wesentlichen die Form eines hohlen Prismas (allgemein ein Zylinder mit beliebiger Grundfläche) aufweist, an dessen Enden Seitenwände 11 und 12 angeordnet sind. Das Innenloch verläuft durch das Prisma entlang seiner Längsachse. Im dargestellten Beispiel ist das Prisma ein Quader mit annähernd quadratischer Grundfläche. Es sind jedoch auch anders geformte Grundflächen möglich. Im Falle einer Kreisform hat der Träger 10 die Form eines Kreiszyllinders. Die Seitenwände 11 und 12 und der Mittelteil (das hohle Prisma) sind ein integrales Bauelement und kann z.B. aus Kunststoff gefertigt sein (z.B. mittels Spritzguss).

[0022] Diagramm (b) der Fig. 1 illustriert eine zu dem Träger 10 aus Diagramm (a) passende Außenhülle 20. Diese hat im vorliegenden Beispiel ebenfalls eine Quaderform und deren Innenabmessungen sind so gewählt, dass sie genau zu den Außenabmessungen der Seitenwände 11 und 12 des Trägers 10 passen, sodass die Außenhülle 20 über den Träger 20 geschoben werden kann. Im zusammengebauten Zustand bilden die Teile 10 (mit Seitenwänden 11 und 12) und 20 ein geschlossenes Gehäuse.

[0023] Bevor der Gehäuseteil 20 über den Träger 10 geschoben wird, wird ein weichmagnetisches Band um den Träger 10 gewickelt, um einen gewickelten Magnetkern 30 herzustellen. Die Länge des Trägers 10 ist so dimensioniert, dass das weichmagnetische Band genau zwischen die beiden Seitenwände 11 und 12 passt. Nachdem das Band zu dem Kern aufgewickelt wurde, kann die Außenhülle 20 über den bewickelten Träger geschoben werden, wodurch der gewickelte Kern allseitig von dem Gehäuse umschlossen wird. Der Träger 10 bildet wie eingangs erwähnt ein Teil des Gehäuses. Diagramm (c) der Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch den Magnetkern 30 samt Gehäuse (Teile 10, 20), wobei die Schnittebene senkrecht zu der Längsachse des Trägers 10 liegt. Diagramm (d) der Fig. 1 zeigt eine Seitenansicht des im Gehäuse angeordneten Magnetkerns, wobei ein Leiter 40 durch das Innenloch des Trägers 10 durchgeführt ist.

[0024] Fig. 2 illustriert ein weiteres Beispiel eines hohlen Prismas bzw. eines Hohlzylinders 10 allerdings bestehend aus zwei Teilen 10a 10b und mit einer Teilung entlang der Längsachse. Die Seitenwand 11 und der Teil 10a sind ein integrales Bauelement. Das gleiche gilt für die Seitenwand 12 und den Teil 10b. Die Teile 10a und 10b können identisch und symmetrisch in Bezug auf die Längsachse des Trägers 10 sein. Koaxial zusammengesetzt bilden die Teile 10a und 10b einen Träger, der im Wesentlichen gleich aussieht wie der Träger in Fig. 1, Diagramm (a). Die Außenhülle 20 aus Fig. 2 ist im Wesentlichen gleich wie die in Fig. 1, Diagramm (b). In einem Ausführungsbeispiel ist nur um den Teil 10a ein Kern gewickelt und der Teil 10b komplettiert den Träger 10 in axialer Richtung. In diesem Fall kann der Teil 10b entlang der Längsachse kürzer sein als der Teil 10a. In einem anderen Ausführungsbeispiel wird sowohl um den Teil 10a als auch um den Teil 10b jeweils ein Ringbandkern gewickelt. Anschließend werden die bewickelten Teile 10a, 10b wie im linken Teil der Fig. 2 dargestellt aneinandergesetzt und anschließend mit dem Teil 20 zu einem Gehäuse verbunden. In diesem Fall befinden sich zwei Ringbandkerne in dem Gehäuse. Diese Konzept lässt sich auch auf drei oder mehr Kerne erweitern.

[0025] In dem in Fig. 3, Diagramm (a), dargestellten Beispiel hat der Träger 10 die Form eines Hohlzylinders mit ovaler Grundfläche. Anders als in den vorherigen Beispielen sind die Seitenwände 11 (in Fig. 3 nicht zu sehen weil verdeckt) und 12 kein Bestandteil des Trägers 10, sondern der Außenhülle 20, welche entlang der Längsachse in die Teile 20a und 20b geteilt ist. Die Teile 20a und 20b können gleich sein, jeweils die Form einer Halbschale haben, und sie bilden zusammengesetzt die Außenhülle 20. Nach dem Bewickeln des Trägers 10 mit dem weichmagnetischen Band 30 können die Teile 20a und 20b über den auf dem Träger 10 angeordneten Kern 30 geschoben werden, wobei die Teile 20a und 20b zusammen mit dem Träger 10 den gewickelten Kern 30 vollständig umschließen. Die Kontur der Öffnungen in den Seitenflächen 11 und 12 ist im Wesentlichen kongruent mit der Außenkontur des Trägers 10, sodass die Teile 20a und 20b auf das Ende des Trägers 10 geschoben werden können, um das Gehäuse abzuschließen. Fig. 3, Diagramm (b), zeigt einen Querschnitt durch den Kern 30 samt Gehäuse. Auch in diesem Beispiel kann der Träger 10 in zwei oder mehr Teile geteilt sein, und um jeden Teil kann ein separater Kern gewickelt werden. Anschließend werden die Träger entlang der Längsachse aneinandergesetzt, und nach dem Fertigstellen des Gehäuses sind in diesem die Kerne (koaxial) nebeneinander angeordnet.

[0026] In dem in Fig. 4 dargestellten Beispiel hat der Träger 10 die Form eines Hohlzylinders mit kreisrunder Grundfläche, wobei eine Seitenwand 11 mit dem Hohlzylinder verbunden ist. Die gegenüberliegende Seitenwand 12 ist mit der Außenhülle 20 verbunden (siehe Fig. 4, Diagramm (b)). Fig. 4, Diagramm (c), zeigt den Zusammenbau des Gehäuses anhand einer Längsschnittdarstellung. In dem dargestellten Beispiel wird die Außenhülle 20 (mit Seitenwand 12) von

rechts nach links über den um den Träger 10 gewickelten Kern 30 geschoben. Dabei wird das rechte Ende des Trägers 10 in die korrespondierende Öffnung der Seitenwand 12 geschoben, wobei das Ende des Trägers 10 und die Kontur der Öffnung der Seitenwand 12 so geformt sind, dass der Träger 10 in der Öffnung der Seitenwand 12 einrasten kann. Das heißt die beiden Teile werden mittels einer Snap-in-Verbindung aneinander befestigt. Ähnliches gilt in Bezug auf die Außenkontur der Seitenwand 11 und dem korrespondierenden Ende der Außenhülle 20, die ebenfalls so gestaltet sind, dass die Seitenwand 11 am Ende der Außenhülle einrastet. Auf dieser Weise können die Außenhülle und der Träger mit Hilfe der Seitenwände 11 und 12 formschlüssig aneinander gehalten werden. Gleichzeitig wird das Gehäuse um den Kern 30 geschlossen. In anderen Beispielen können die Gehäuseteile auch verklebt oder (z.B. mittels Ultraschallschweißen) verschweißt werden.

[0027] Das Beispiel aus Fig. 5 kann als Modifikation des Beispiels aus Fig. 3 betrachtet werden. Im dargestellten Beispiel wird die Außenhülle 20 aus zwei Teilen 20a, 20b gebildet, wobei die Seitenwand 11 mit dem Teil 20a verbunden ist und die Seitenwand 12 mit dem Teil 20b verbunden ist. Seitenwand und Außenhülle können jeweils ein integrales Bauelement bilden. Die Seitenwände 11 und 12 haben jeweils eine Öffnung, die über ein Ende des zylindrischen Trägers 10 geschoben werden können.

[0028] Anders als in dem Beispiel aus Fig. 3, weist der Träger 10 aus Fig. 5 in der Mitte einen umlaufenden Steg 15 auf, dessen Außenkontur so ausgestaltet sein kann, dass die Innenkontur der Außenhüllenteile 20a, 20b an dem Steg 15 einrasten können (Snap-in-Verbindung). In diesem Fall können auf dem Träger 10 zwei koaxial angeordnete Kerne 30a, 30b gewickelt werden, ein Kern links des Stegs 15 und ein weiterer Kern rechts des Stegs 15. Die beiden Kerne 30a und 30b können aus dem gleichen Material oder aus verschiedenen Materialien mit unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften bestehen. Die Kontur der Querschnittsfläche des Trägers 10 ist in Fig. 5 nicht zu sehen. Es versteht sich, dass die Querschnittsfläche des Trägers 10 eine beliebige Form haben kann wie z.B. eine Kreisform wie in dem Beispiel aus Fig. 4, oder eine quadratische Form, wie in dem Beispiel aus Fig. 1.

[0029] Fig. 6 illustriert ein Beispiel eines induktiven Bauelements mit einem Magnetkern 30 inkl. Gehäuse gemäß Fig. 4 und einer um den Kern 30 gewickelten Spule, z.B. eine Drossel. Die Spule kann aus isoliertem Kupferdraht bestehen. In einem anderen Beispiel können zwei oder mehr Spulen um den Kern gewickelt werden, beispielsweise um einen Transformator oder einen Stromwandler herzustellen.

[0030] Fig. 7 ist eine Querschnittsdarstellung (Schnittebene normal zur Längsachse A), beispielsweise ein Querschnitt durch den in Fig. 4 dargestellten Kern. Das zum Magnetkern aufgewickelte Band ist nur schematisch dargestellt. Die innerste Lage (Windung) ist mit 3.1 bezeichnet, die vorletzte Lage (Windung) ist mit 3.N-1 bezeichnet und die äußerste, letzte Lage mit 3.N. Die Bandlagen des Kerns sind in Fig. 7 nicht komplett dargestellt. Es ist wünschenswert, dass der Abstand d (das Spiel) zwischen der äußersten Lage 3.N und der Innenseite der Außenhülle 20 möglichst klein ist. Wenn die äußerste Lage 3.N des Bandes nicht an der darunter liegenden Lage 3.N-1 befestigt ist (z.B. mittels eines Klebebands oder Punktschweißen), kommt (aufgrund der Federwirkung des Bandes) es in einem Winkelbereich α zu einem Abstehen der letzten Lage, wobei der Winkelbereich α umso kleiner ist, je kleiner der Abstand d ist.

[0031] In Abb. 7 ist im Schnitt die Ausführung eines Kerns dargestellt, bei dem die äußeren Bandlagen nicht fixiert wurden, bei dem also ein geringfügiges Aufspringen der spiralförmigen Wicklung des Kerns erfolgt. Der Abstand d zwischen äußerster Bandlage des Kerns und der Innenwand des Gehäuses muss möglichst gering gewählt werden, dass der Bereich in dem es zu einem Luftspalt zwischen den Bandlagen des Kerns kommt (Winkel- α) nicht zu groß wird. In der Praxis ist es möglich, das Spiel d so klein zu machen, dass die letzte Bandlage 3.N nicht befestigt werden muss und das Abstehen des Bandendes im Winkelbereich α die magnetischen Eigenschaften des Kerns nicht nennenswert beeinflusst. Das heißt, die effektive Permeabilität und damit die Induktivität des Ringbandkerns ändert sich durch das Abstehen des Bandendes im Winkelbereich α nicht nennenswert. Insbesondere verringert sich die Induktivität des Ringbandkerns durch das Abstehen des Bandendes im Winkelbereich α um nicht mehr als 10%. Es versteht sich, dass die Induktivität in der Regel eine Spule charakterisiert, die um den Kern gewickelt ist, wobei die Induktivität von der Windungszahl der Spule abhängt. Man kann jedoch auch für einen Magnetkern eine Induktivität definieren, wenn die Windungszahl N auf einen Normwert wie z.B. $N=1$ gesetzt wird.

[0032] Fig. 8 zeigt in einer Seitenansicht einen kreiszylindrischen Träger 10 (mit Seitenwand 12). Der Träger 10 kann im Wesentlichen so gestaltet sein, wie der Träger aus Fig. 1, Diagramm (a), mit dem Unterschied, dass der mittlere Teil des Trägers 10 (ohne die Seitenwände 11, 12) einen kreisförmigen Querschnitt aufweist (anstatt eines quadratischen Querschnitts). Zum Bewickeln mit einem weichmagnetischen Band 30 zur Herstellung eines Kerns ist der Träger 10 auf eine Welle 1 aufgesteckt. Um eine leicht lösbare, formschlüssige Verbindung zwischen Welle 1 und Träger 10 zu gewährleisten, kann die Welle 1 einen Vorsprung 2 aufweisen, der in eine entsprechende Nut im Innenloch des Trägers eingeführt wird, wenn der Träger 10 auf die Welle 1 aufgesteckt wird. Es sind auch andere formschlüssige Verbindungen (z.B. eine Passfeder) möglich.

[0033] Im Folgenden werden einige der hier beschriebenen Ausführungsbeispiele zusammengefasst. Es handelt sich dabei nicht um eine abschließende Aufzählung technischer Merkmale, sondern lediglich um eine exemplarische Zusammenfassung.

[0034] Ein Ausführungsbeispiel betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Ringbandkerns. Das Verfahren umfasst

das Aufstecken eines Trägers auf eine Welle (vgl. Fig. 8), wobei der Träger entlang einer Längsachse eine durchgehende Öffnung aufweist, in die die Welle eingeführt werden kann. Das Verfahren umfasst weiter das Wickeln (mindestens) eines weichmagnetischen Bandes um den Träger zu (mindestens) einem Ringbandkern, indem die Welle gedreht wird. Nach dem Wickelvorgang wird der Träger von der Welle abgenommen. In manchen Ausführungsbeispielen umfasst

das Verfahren weiter das Einschließen des Ringbandkerns in einem Gehäuse, indem mindestens ein Gehäuseteil (siehe z.B. Fig. 1, 2 und 4, Außenhülle 20, sowie Fig. 3 und 5, Gehäuseteile 20a, 20b) über den Ringbandkern geschoben und mit dem Träger verbunden wird, wobei der Träger selbst einen Teil des Gehäuses bildet.

[0035] In den hier beschriebenen Beispielen weist jener Teil des Trägers, um den das weichmagnetische Band gewickelt ist, die Form eines Hohlzylinders auf. Der Hohlzylinder kann einen kreisförmigen (vgl. Fig. 4), ovalen (vgl. Fig. 3) oder rechteckigen (vgl. Fig. 1) Querschnitt aufweisen. Zylinder mit rechteckigem oder quadratischem Querschnitt werden auch als Prismen bezeichnet. Der Träger kann aus einem Isolator (z.B. einem Kunststoff) oder einem unmagnetischen Metall bestehen.

[0036] Der Träger, auf dem sich der Ringbandkern befindet und/oder des mindestens eine Gehäuseteil (z.B. die Außenhülle 20, vgl. Fig 4), der über den Ringbandkern geschoben wird, weist mindestens eine Seitenwand auf, welche im Wesentlichen rechtswinklig zu einer Längsachse des Trägers liegt. Die Seitenwände ermöglichen ein geschlossenes Gehäuse für den Ringbandkern. In dem in Fig. 1 dargestellten Beispiel sind beide Seitenwände an dem Träger angeordnet, in dem in Fig. 4 dargestellten Beispiel ist eine Seitenwand ein Teil des Trägers und die andere Seitenwand ein Teil der Außenhülle. In dem in Fig. 3 dargestellten Beispiel sind beide Seitenwände Teile der (zweitteiligen) Außenhülle. Die einzelnen Gehäuseteile (Träger und Außenhülle) können formschlüssig, z.B. mittels Snap-in-Verbindungen (Rastverbindungen) aneinander montiert werden, um ein geschlossenes Gehäuse zu bilden. Als Alternative zur formschlüssigen Verbindung kommt Kleben oder Ultraschallschweißen zur Verbindung der Gehäuseteile in Betracht.

[0037] In einem Ausführungsbeispiel wird vor dem Wickeln der Anfang des weichmagnetischen Bandes auf dem Träger fixiert wird, beispielsweise mittels Klebstoff oder Klebeband. Ein Fixieren des Bandendes an der darunterliegenden Bandlage ist nicht unbedingt nötig. Das Bandende welches aufgrund der Federwirkung des Bandes abstehen kann, wird von der Innenseite des Gehäuses gehalten und sichert den Ringbandkern vor dem Abwickeln. Das Spiel zwischen Gehäuse und Ringbandkern muss entsprechend klein dimensioniert werden.

[0038] Ein weiteres Ausführungsbeispiel betrifft eine Vorrichtung mit einem Träger, der entlang einer Längsachse eine durchgehende Öffnung aufweist, und mindestens einen um den Träger zu einem Ringbandkern gewickeltes weichmagnetisches Band. Das weichmagnetische Band ist direkt auf den Träger gewickelt, sodass zwischen dem Ringbandkern und dem Träger kein Spiel vorhanden ist. Die Vorrichtung kann mindestens ein Gehäuseteil aufweisen, das den Ringbandkern umgibt und mit dem Träger so verbunden ist, dass das mindestens ein Gehäuseteil zusammen mit dem Träger ein geschlossenes Gehäuse um den Ringbandkern bildet. In einem Ausführungsbeispiel wurde das weichmagnetische Band vor dem Wickeln wärmebehandelt, wobei während der Wärmebehandlung durch Aufbringen einer Zugspannung die gewünschten magnetischen Eigenschaften eingestellt wurden.

[0039] Die hier beschriebenen technischen Merkmale der einzelnen Ausführungsbeispiele lassen sich - sofern es sich nicht um sich gegenseitig ausschließende Alternativen handelt - zu weiteren Ausführungsbeispielen kombinieren.

Patentansprüche

1. Verfahren, das folgendes umfasst:

Aufstecken eines Trägers (10), der entlang einer Längsachse (A) eine durchgehende Öffnung aufweist, oder eines Teils des Trägers (10), auf eine Welle (1);

Wickeln mindestens eines weichmagnetischen Bandes um den Träger (10) zu mindestens einem Ringbandkern (30), indem die Welle (1) gedreht wird; und

Abnehmen des Trägers (10) samt Ringbandkern (30) von der Welle (1).

2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, das weiter aufweist:

Einschließen des Ringbandkerns (30) in einem Gehäuse, indem mindestens ein Gehäuseteil (20, 20a, 20b) über den Ringbandkern (30) geschoben und mit dem Träger (10) verbunden wird, wobei der Träger (10) selbst ein weiteres Gehäuseteil bildet.

3. Das Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2,

wobei jener Teil des Trägers (10), um den das weichmagnetische Band gewickelt ist, die Form eines Hohlzylinders aufweist, beispielsweise mit einem kreisförmigen, ovalen oder rechteckigen Querschnitt.

4. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3,

EP 4 325 536 A2

wobei ein äußeres Ende des gewickelten Bandes nicht an einer darunterliegenden Lage des Bandes befestigt ist, sondern von einer Innenseite des mindestens einen Gehäuseteils (20, 20a, 20b) gehalten wird, sodass der Ringbandkern (30) gegen ein Abwickeln des weichmagnetischen Bandes gesichert ist, und
wobei insbesondere ein Spiel zwischen dem Ringbandkern (30) und der Innenseite des mindestens einen Gehäuseteils (20, 20a, 20b) so klein ist, dass sich die effektive Permeabilität und damit die Induktivität des Ringbandkern (30) durch das Absteigen des Endes des gewickelten Bandes um nicht mehr als 10% verringert.

5
10
5. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4,

wobei der Träger (10) aus einem unmagnetischem, elektrisch nicht leitfähigem Material, insbesondere einem Kunststoff, besteht, oder
wobei der Träger (10) aus einem unmagnetischem Metall, beispielsweise Aluminium, Magnesium oder Zink, besteht.

15
6. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 5, soweit rückbezogen auf Anspruch 2,

wobei der Träger (10) und/oder das mindestens eine Gehäuseteil (20, 20a, 20b), das über den Ringbandkern (30) geschoben wird, mindestens eine Seitenwand (11, 12) aufweist, welche im Wesentlichen rechtswinklig zu einer Längsachse des Trägers (10) liegt,
wobei insbesondere der mindestens eine Gehäuseteil (20, 20a, 20b) und der Träger (10) mittels Snap-in-Verbindungen oder mittels Kleben oder mittels Ultraschallschweißen aneinander montiert werden.

20
7. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6,

wobei vor dem Wickeln der Anfang des weichmagnetischen Bandes auf dem Träger fixiert wird, beispielsweise mittels Klebstoff oder Klebeband.

25
8. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7,

wobei die durchgehende Öffnung des Trägers (10) und die Welle (1) so gestaltet sind, dass der Träger (10) formschlüssig an der Welle (1) gehalten wird.

30
9. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8,

wobei das weichmagnetische Band aus einer Legierung



besteht und wobei

40
M eines oder mehrere der Elemente Mo, Ta oder Zr,
T eines oder mehrere der Elemente V, Mn, Cr, Co oder Ni und
Z eines oder mehrere der Elemente C, P oder Ge ist, und

wobei a, b, c, d, x, y, z in Atom-% angegeben sind, und a, b, c, d, x, y, z die folgenden Bedingungen erfüllen:

45
$$0 \leq a < 1,5,$$

50
$$0 \leq b < 2,$$

$$0 \leq (b + c) < 2,$$

55
$$0 \leq d < 5,$$

$$10 < x < 18,$$

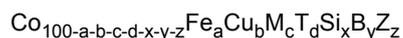
EP 4 325 536 A2

$$5 < y < 11$$

und

$$0 \leq z < 2,$$

und die Legierung zu bis zu 1 Atom-% an Verunreinigungen aufweist, oder wobei das weichmagnetische Band aus einer Legierung



besteht und wobei

M eines oder mehrere der Elemente Nb, Mo, und Ta,
T eines oder mehrere der Elemente Mn, V, Cr und Ni, und
Z eines oder mehrere der Elemente C, P oder Ge ist, und

wobei a, b, c, d, x, y, z in Atom-% angegeben sind, und a, b, c, d, x, y, z die folgenden Bedingungen erfüllen:

$$1,5 < a < 15,$$

$$0,1 < b < 1,5,$$

$$1 \leq c < 5,$$

$$0 \leq d < 5,$$

$$12 < x < 18$$

$$5 < y < 8,$$

$$0 \leq z < 2$$

und die Legierung bis zu 1 Atom-%, bevorzugt bis zu 0,5 Atom-% an Verunreinigungen aufweist.

10. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9,

wobei das weichmagnetische Band ein nanokristallines Gefüge aufweist, bei dem zumindest 50 Volumen-% der Körner eine mittlere Größe kleiner als 100 nm aufweisen, wobei das weichmagnetische Band insbesondere eine Hystereseschleife mit einem zentralen linearen Teil, ein Remanenzverhältnis, J_r / J_s , $< 0,1$, und ein Verhältnis H_c / H_a von Koerzitivfeldstärke, H_c , zu Anisotropiefeldstärke, H_a , von weniger als 0,1 aufweist,

11. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das weichmagnetische Band unter Zugspannung wärmebehandelt wurde.

12. Verfahren, das folgendes umfasst:

Aufstecken eines ersten Teils eines Trägers (10a), der entlang einer Längsachse (A) eine durchgehende Öffnung

aufweist, auf eine Welle (1);

Wickeln eines ersten weichmagnetischen Bandes um den ersten Teil des Trägers (10) zu einem ersten Ringbandkern (30), indem die Welle (1) gedreht wird;

Abnehmen des ersten Teils des Trägers (10) samt dem ersten Ringbandkern (30) von der Welle (1);

5 Aufstecken eines zweiten Teils eines Trägers (10b);

Wickeln eines zweiten weichmagnetischen Bandes um den zweiten Teil des Trägers (10b) zu einem zweiten Ringbandkern, indem die Welle (1) gedreht wird;

Abnehmen des zweiten Teils des Trägers (10b) samt dem zweiten Ringbandkern von der Welle (1); und

10 Zusammenfügen des ersten und zweiten Teils des Trägers (10a, 10b) samt der der darauf gewickelten Ringbandkerne, wobei der erste und der zweite Teil des Trägers (10a, 10b) koaxial zueinander liegen.

13. Das Verfahren gemäß Anspruch 12, das weiter aufweist:

Einschließen der Ringbandkerne in einem Gehäuse, indem mindestens ein Gehäuseteil (20, 20a, 20b) über die Ringbandkerne geschoben und mit den beiden Teilen (10a, 10b) des Trägers (10) verbunden wird, wobei der Träger (10) selbst ein weiteres Gehäuseteil bildet.

15

14. Eine Vorrichtung, die folgendes aufweist:

einen Träger (10), der entlang einer Längsachse (A) eine durchgehende Öffnung aufweist,

20

mindestens ein um den Träger (10) zu einem Ringbandkern (30) gewickeltes weichmagnetisches Band,

wobei das Band direkt auf den Träger (10) gewickelt ist, sodass zwischen dem Ringbandkern (30) und dem Träger kein Spiel vorhanden ist.

15. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 14, die weiter aufweist: mindestens ein Gehäuseteil (20, 20a, 20b), das den Ringbandkern (30) umgibt und mit dem Träger (10) so verbunden ist, dass das mindestens ein Gehäuseteil (20, 20a, 20b) zusammen mit dem Träger (10) ein geschlossenes Gehäuse um den Ringbandkern bildet.

25

30

35

40

45

50

55

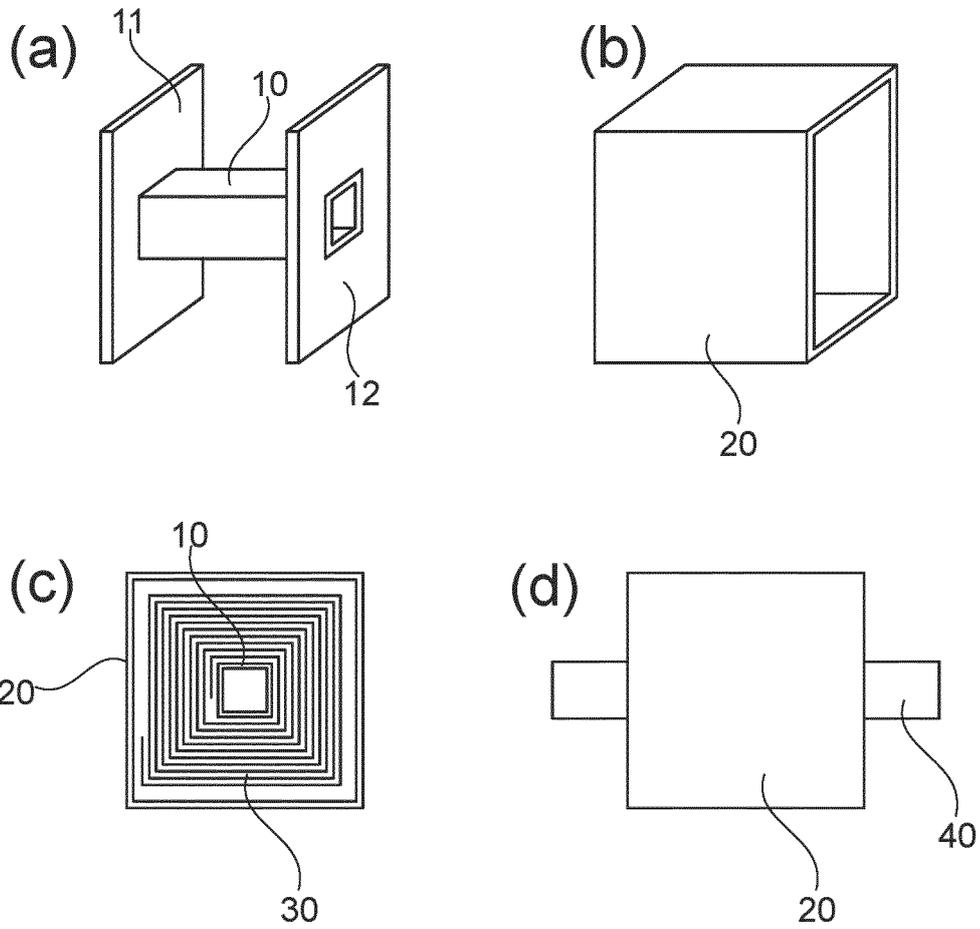


Fig. 1

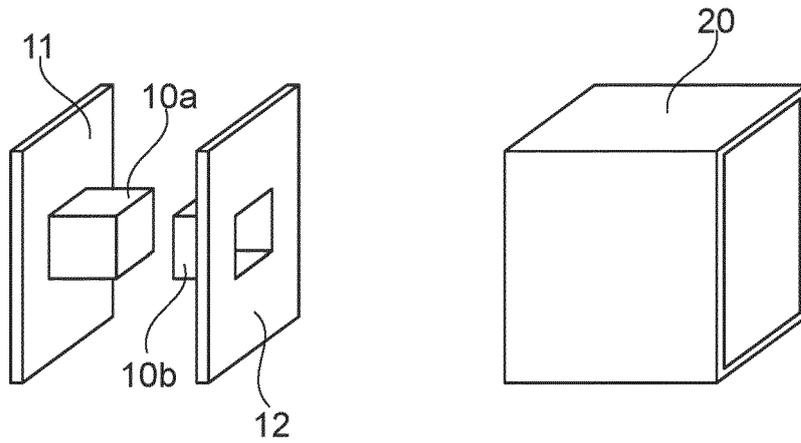


Fig. 2

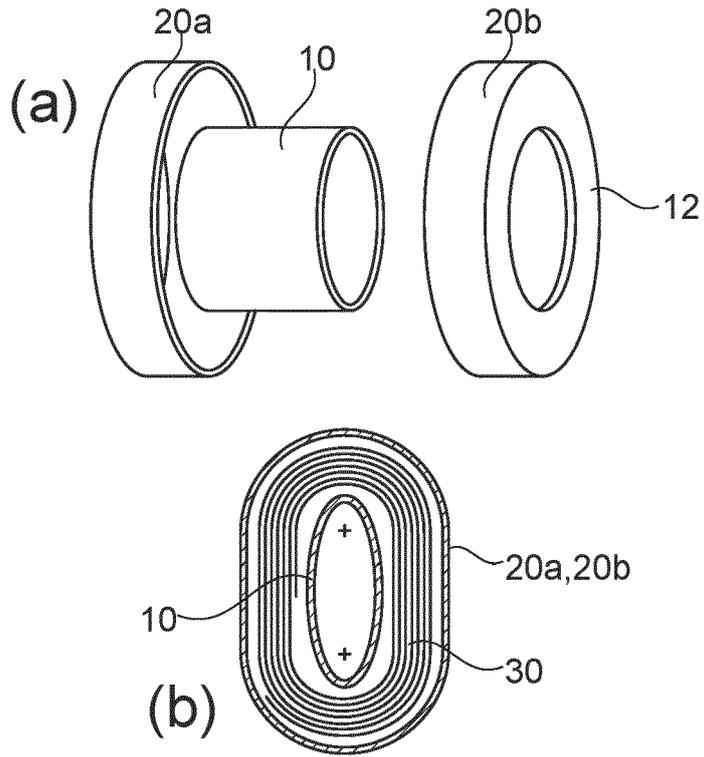


Fig. 3

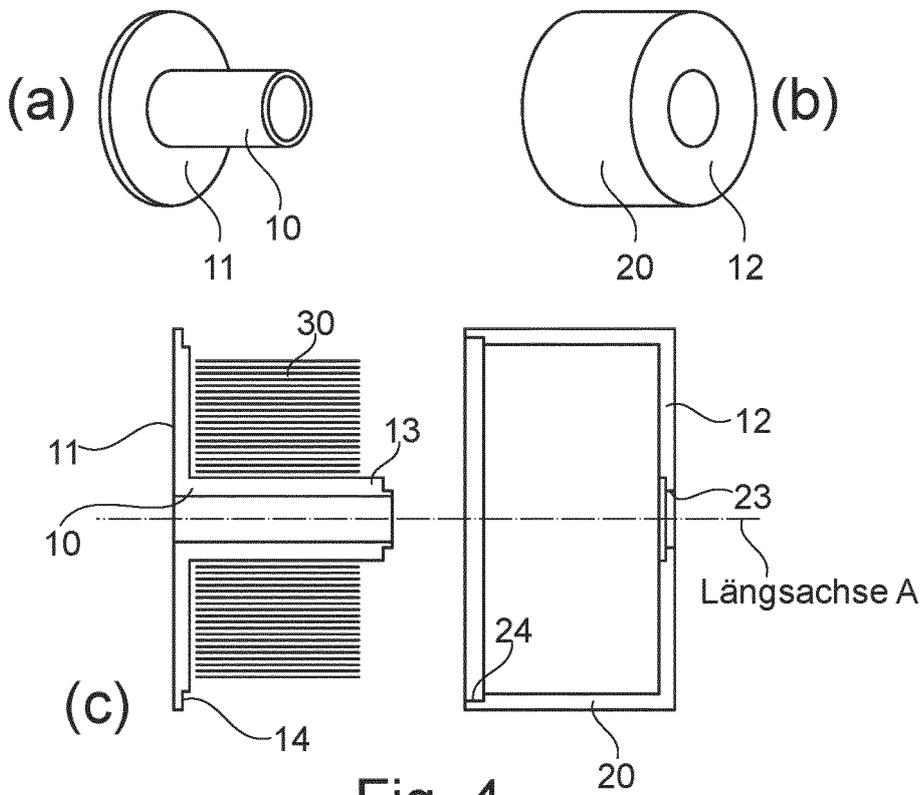


Fig. 4

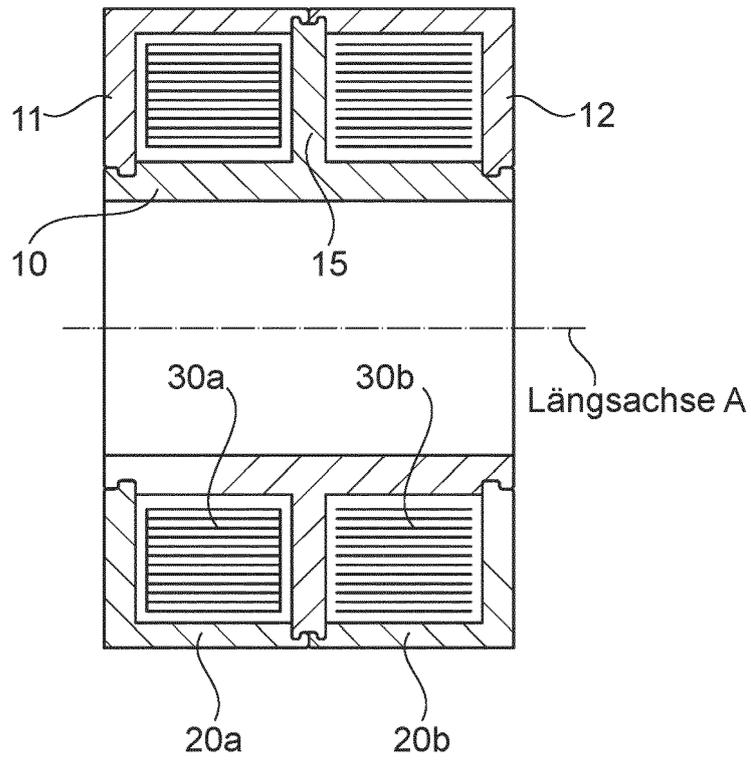


Fig. 5

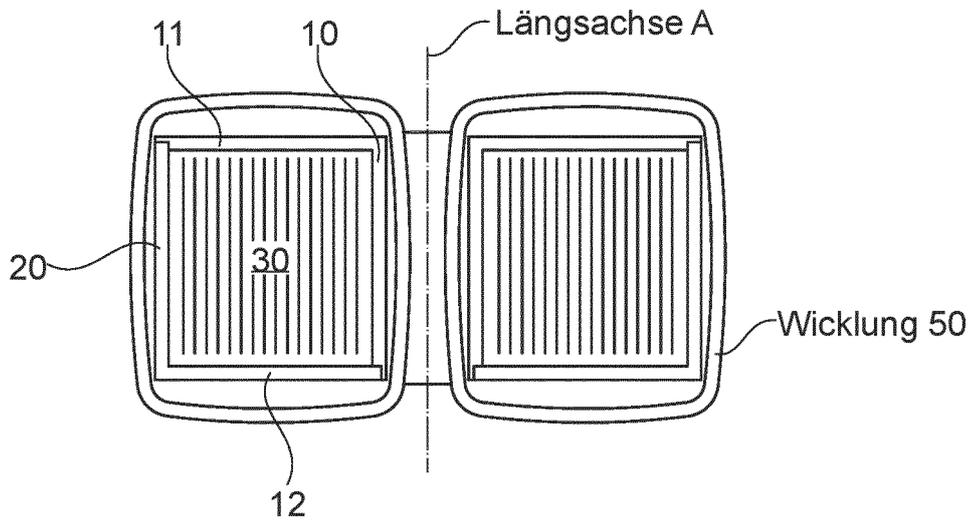


Fig. 6

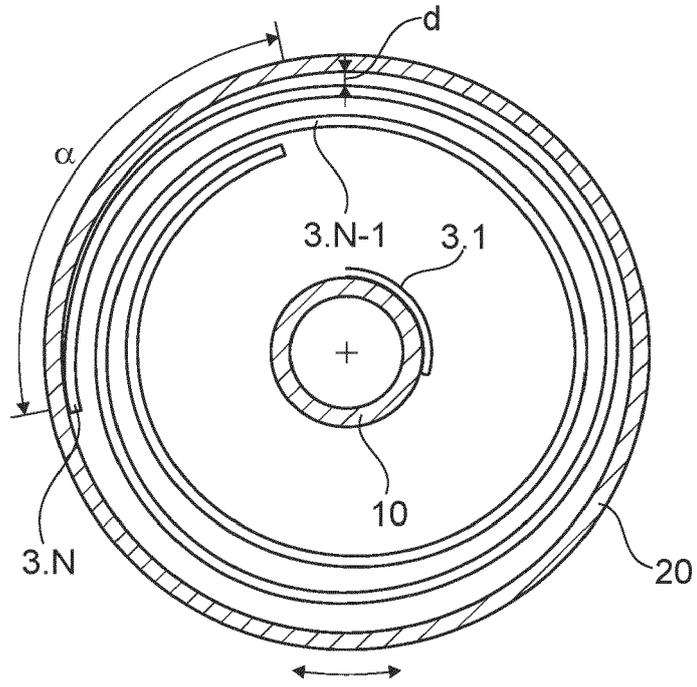


Fig. 7

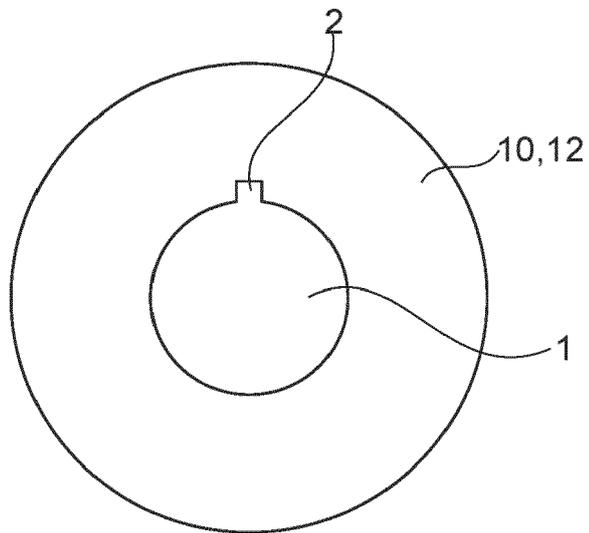


Fig. 8