



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 3 866 488 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.08.2021 Patentblatt 2021/33

(21) Anmeldenummer: **21156825.8**

(22) Anmeldetag: **12.02.2021**

(51) Int Cl.:

H04R 9/04 (2006.01)

H04R 11/02 (2006.01)

H04R 7/16 (2006.01)

H04R 9/06 (2006.01)

H04R 9/02 (2006.01)

(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 MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **14.02.2020 DE 102020000957**

(71) Anmelder: **Universität Stuttgart
70174 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:

- **Grisin, Benjamin
70180 Stuttgart (DE)**
- **Falk, Gerd
70372 Stuttgart (DE)**

(74) Vertreter: **Müller-Boré & Partner
Patentanwälte PartG mbB
Friedenheimer Brücke 21
80639 München (DE)**

(54) FEDERELEMENT, KÖRPERSCHALLWANDLER, LAUTSPRECHER UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DES FEDERELEMENTS

(57) Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Federelement, insbesondere für einen Körperschallwandler, umfassend: eine Vielzahl von Endlosfasern, die in einem Strang angeordnet sind, wobei der Strang in einer Matrix aus einem Matrixmaterial eingebettet ist, wobei die Matrix den Strang in einer vorbestimmten oder vorbestimmbaren und einem Gleichgewichtszustand

des Federelements entsprechenden Grundanordnung fixiert, und wobei das Federelement im Wesentlichen entlang des Strangs wärmeabführend ist. Weitere Aspekte betreffen einen Körperschallwandler, einen Lautsprecher, ein Verfahren zur Herstellung des Federelements und eine Verwendung eines oder mehrerer Stränge aus einer Vielzahl von Endlosfasern für ein Federelement.



Figur 10

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Federelement insbesondere für einen Körperschallwandler, einen Körperschallwandler, einen Lautsprecher, ein Verfahren zur Herstellung eines Federelements sowie eine Verwendung eines oder mehrerer Stränge von Endlosfasern für ein Federelement.

[0002] Körperschallwandler bzw. Exciter, wie zum Beispiel in DE 10 2006 031 433 B4 oder in DE 10 2016 118 545 A1 beschrieben, insbesondere ihre Induktionsspulen, werden im Betrieb sehr warm. Das beeinträchtigt die Leistung der Körperschallwandler. Körperschallwandler werden wünschenswerterweise bei einer konstanten Temperatur von zum Beispiel höchstens 60°C betrieben. Herkömmlicherweise wird die Kühlung in Körperschallwandlern dadurch erzielt, dass bedingt durch die Bauweise der Körperschallwandler Luft die Induktionsspule umströmen kann. Dies führt dazu, dass derartige Körperschallwandler hinsichtlich ihrer Baugröße nicht verkleinert werden können. Alternativ kommen zum Kühlen auch flüssige Medien wie Ferroflüssigkeiten zum Einsatz, die sich im Spalt zwischen Spule und Magnet befinden. Ferroflüssigkeiten sind jedoch sehr teuer, wodurch die Herstellungskosten herkömmlicher Körperschallwandler sehr hoch sind.

[0003] Außerdem sind die in Körperschallwandlern eingesetzten Federelemente im Betrieb hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt, wodurch es zu Materialermüdungen in den Federelementen kommt. Herkömmlicherweise kommen in Körperschallwandlern Metall-, Spritzguss- oder kurzfaserverstärkte Spritzgussfedern zum Einsatz. Letztere haben den Nachteil, dass sie hohe Steifigkeiten aufweisen.

[0004] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein mechanisch widerstandsfähiges Federelement bereitzustellen, das einfach, kompakt und kostengünstig gefertigt werden kann und wodurch eine effiziente und zielgerichtete Kühlung, insbesondere eines Körperschallwandlers, erreicht werden kann.

[0005] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den entsprechenden abhängigen Patentansprüchen.

[0006] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Federelement, insbesondere für einen Körperschallwandler, umfassend: eine Vielzahl von Endlosfasern, die in einem Strang angeordnet sind, wobei der Strang in einer Matrix aus einem Matrixmaterial eingebettet ist, wobei die Matrix den Strang in einer vorbestimmten oder vorbestimmbaren und einem Gleichgewichtszustand des Federelements entsprechenden Grundanordnung fixiert, und wobei das Federelement im Wesentlichen entlang des Strangs wärmeabführend ist.

[0007] Vorzugsweise umfasst die Vielzahl von Endlosfasern Kohlenstofffasern. Die Vielzahl von Endlosfasern kann auch eine Vielzahl von Kohlenstofffasern sein. Insbesondere kann jede Endlosfaser der Vielzahl von End-

losfasern eine Kohlenstofffaser sein.

[0008] Vorteilhafterweise weisen die Federelemente gemäß der Erfindung geringere Steifigkeiten und damit verringerte Materialermüdungserscheinungen auf, wodurch die Lebenszeit eines solchen Federelements in etwa 35 Jahre oder mehr betragen kann.

[0009] Der Erfinder hat erkannt, dass so ein besonders vorteilhaftes, bruchfestes und elastisches Federelement insbesondere durch die Verwendung von Endlosfasern konstruiert werden kann. Außerdem kann das Federelement in eine durch die Grundanordnung des Strangs vorgegebene Richtung entlang der Fasern, d. h. in Faserlängsrichtung, Wärme abführen. Dadurch kann eine effiziente Kühlung insbesondere einer Induktionsspule eines Körperschallwandlers erreicht werden.

[0010] Der Erfinder hat weiterhin erkannt, dass ein derartiges Federelement in eine durch die Grundanordnung des Strangs vorgegebene Richtung entlang der Fasern, d. h. in Faserlängsrichtung, elektrisch leitfähig ist. Dadurch kann eine elektrische Stromzufuhr der Induktionsspule des Körperschallwandlers über das Federelement ohne weitere Verkabelungen bereitgestellt werden.

[0011] Ferner kann das Federelement einfacher und kostengünstiger gefertigt werden. Durch den Einsatz des Federelements insbesondere in Körperschallwandlern können Körperschallwandler kompakter und mit geringerem Gewicht gefertigt werden. Insbesondere kann das Gewicht eines Körperschallwandlers an einen zur Schwingung anzuregenden Körper angepasst werden.

[0012] Im Rahmen dieser Beschreibung ist unter "Grundanordnung" eine Anordnung bzw. Form des Strangs zu verstehen, die der Strang und insbesondere das Federelement im Gleichgewichtszustand bzw. im unbelasteten Zustand des Federelements einnimmt und aus der der Strang bei Krafeinwirkung auf das Federelement rückstellfähig ausgelenkt werden kann. Die Grundanordnung kann auch als Gleichgewichtsanordnung bezeichnet werden.

[0013] Im Rahmen dieser Beschreibung ist unter "Strang" ein Bündel von Endlosfasern zu verstehen.

[0014] Im Rahmen dieser Beschreibung sind unter "Endlosfasern" Fasern zu verstehen, die eine bestimmte Mindestlänge in Abgrenzung zu Kurz- und/oder Langfasern aufweisen. Kurzfasern haben eine Länge kleiner als 1 mm. Langfasern haben eine Länge größer gleich 1 mm und kleiner als 10 mm. Vorzugsweise haben die Endlosfasern der Vielzahl von Endlosfasern eine Länge größer oder größer gleich 10 mm, insbesondere 20 mm. Insbesondere hat jede Endlosfaser der Vielzahl von Endlosfasern eine Länge größer oder größer gleich 10 mm, insbesondere 20 mm. Die Endlosfasern der Vielzahl von Endlosfasern können auch eine Länge größer oder größer gleich 3 cm, insbesondere 50 cm, haben. Insbesondere kann jede Endlosfaser der Vielzahl von Endlosfasern eine Länge größer oder größer gleich 3 cm, insbesondere 50 cm, haben.

[0015] Vorzugsweise hat die Vielzahl von Endlosfasern, insbesondere jede der Vielzahl von Endlosfasern,

eine Höchstlänge von etwa 100 mm. Die Vielzahl von Endlosfasern, insbesondere jede der Vielzahl von Endlosfasern, kann eine Höchstlänge von genau 100 mm haben. Die Vielzahl von Endlosfasern, insbesondere jede der Vielzahl von Endlosfasern, kann auch eine Höchstlänge von 20 bis 40 cm, 60 bis 80 cm oder 100 cm haben. Dem Namen nach kann die Höchstlänge der Endlosfasern im Prinzip endlos oder unbegrenzt sein. Folglich kann die Höchstlänge der Endlosfasern der Vielzahl von Endlosfasern die Höchstlänge von 1 m übersteigen. Die Höchstlänge kann sogar 10 m und größer sein.

[0016] Vorzugsweise haben 95 bis 98 Prozent der Endlosfasern der Vielzahl von Endlosfasern die gleiche Länge. Insbesondere haben 99 Prozent der Endlosfasern der Vielzahl von Endlosfasern die gleiche Länge. Weiter vorzugsweise haben alle Endlosfasern der Vielzahl von Endlosfasern die gleiche Länge. Das Federelement kann auch Endlosfasern unterschiedlicher Längen umfassen.

[0017] Vorzugsweise entspricht die Länge des in der Grundanordnung fixierten Strangs in etwa der Länge der Vielzahl von Endlosfasern, insbesondere jeder der Vielzahl von Endlosfasern. Die Länge des in der Grundanordnung fixierten Strangs kann genau der Länge der Vielzahl von Endlosfasern, insbesondere der Länge jeder der Vielzahl von Endlosfasern, entsprechen. Innerhalb der Endlosfasern können Unterbrechungen, zum Beispiel Risse oder Brüche, auftreten, sodass die Länge des Strangs mit der Länge von 95 bis 98 Prozent, insbesondere 99 Prozent, der Endlosfasern der Vielzahl von Endlosfasern übereinstimmen kann. Die Länge des Strangs kann in etwa mit der längsten Endlosfaser der Vielzahl von Endlosfasern übereinstimmen.

[0018] Vorzugsweise umfasst das Bündel ausschließlich Kohlenstofffasern oder das Bündel besteht ausschließlich aus Kohlenstofffasern.

[0019] Kohlenstofffasern haben den Vorteil, dass sie entlang einer ihrer Längsrichtungen bzw. in axialer Richtung sehr gute wärmeleitende und stromleitende Eigenschaften haben.

[0020] Die Vielzahl von Endlosfasern kann aber auch Glasfasern oder eine Mischung aus Kohlenstoff- und Glasfasern umfassen oder die Vielzahl von Endlosfasern kann ausschließlich aus Glasfasern bestehen oder eine Mischung aus Kohlenstoff- und Glasfasern sein. Die Vielzahl von Endlosfasern kann ein Hybridgarn sein. Die Vielzahl von Endlosfasern können auch pechbasierte Kohlenstofffasern sein.

[0021] Die Endlosfasern können zum Beispiel HTS- und/oder UMS- und/oder UHT und/oder IMS-Fasern, etc. sein, die z.B. bei der Firma NGF, Toho Tenax, SGL Carbon oder Zolltek herkömmlich erworben werden können.

[0022] Die Vielzahl von Endlosfasern, die mindestens zwei Endlosfasern aufweisen kann, ist in einem Strang angeordnet.

[0023] Vorzugsweise ist der Strang im Wesentlichen unterbrechungsfrei. "im Wesentlichen unterbrechungs-

frei" bedeutet im Rahmen dieser Beschreibung, dass der Strang bzw. das Bündel von Endlosfasern keine Unterbrechungsstellen aufweist und sich der Strang nahezu durchgehend, abgesehen von wenigen Stellen, erstrecken kann. Der Strang bzw. das Bündel kann auch vollständig unterbrechungsfrei sein.

[0024] Der Strang kann auch in einer Vielzahl von Windungen der Vielzahl von Endlosfasern angeordnet sein.

[0025] Auch die einzelnen Endlosfasern, die den Strang bilden, sind vorzugsweise im Wesentlichen unterbrechungsfrei in dem Strang bzw. innerhalb des Strangs bzw. zu dem Strang angeordnet. Es ist auch möglich, dass die einzelnen Endlosfasern keine Unterbrechungsstellen aufweisen und sich nahezu durchgehend, abgesehen von wenigen Stellen, erstrecken. Die einzelnen Endlosfasern können auch vollständig unterbrechungsfrei sein.

[0026] Vorteilhafterweise kann durch einen im Wesentlichen unterbrechungsfreien Strang von Endlosfasern und/oder im Wesentlichen unterbrechungsfreie einzelne Endlosfasern eine verbesserte Wärmeabführung und Stromleitung des Federelements gewährleistet werden.

[0027] Die Endlosfasern können auch mittels Schäfung in dem Strang bzw. innerhalb des Strangs bzw. zu dem Strang angeordnet sein oder die Endlosfasern können geschäftet sein. Die Überlappungslänge geschäfteter Endlosfasern kann zum Beispiel zwischen 5 mm und 10 mm sein.

[0028] Vorteilhafterweise kann durch Schäfung der Endlosfasern der Querschnitt des Federelements in Längsrichtung variiert werden und somit die mechanischen, thermischen und elektrischen Eigenschaften des Federelements abschnittsweise den technischen Gegebenheiten angepasst werden.

[0029] Vorzugsweise enthält der Strang bzw. das Bündel 500 oder mehr Endlosfasern, bevorzugt 1000 oder mehr Endlosfasern. Der Strang kann einen Querschnitt aufweisen, wobei der Querschnitt eine Fläche zwischen etwa 0,4 mm² und etwa 40 mm² hat. Der Querschnitt des Strangs kann zum Beispiel kreisförmig oder polygonal ausgebildet sein.

[0030] Vorzugsweise sind zumindest zwei Endlosfasern der Vielzahl von Endlosfasern in dem Strang im Wesentlichen gleich ausgerichtet. Besonders bevorzugt sind zumindest zwei Endlosfasern der Vielzahl von Endlosfasern in dem Strang entlang der Längsrichtung im Wesentlichen gleich ausgerichtet. Insbesondere sind zumindest zwei Endlosfasern der Vielzahl von Endlosfasern in dem Strang parallel zueinander angeordnet. Ferner können alle Endlosfasern der Vielzahl von Endlosfasern in dem Strang parallel zueinander angeordnet sein. Insbesondere können die zumindest zwei Endlosfasern oder alle Endlosfasern der Vielzahl von Endlosfasern in einem Längenvolumenelement des Strangs parallel zueinander angeordnet sein.

[0031] Als "Längenvolumenelement" wird im Rahmen dieser Beschreibung das infinitesimale Volumenelement

des Strangs bezeichnet, das sich durch die mathematische Beziehung $dV = A \, dl$ bei konstanter Querschnittsfläche definieren lässt, wobei A die Querschnittsfläche des Strangs und dl eine infinitesimale Länge des Strangs ist. Das infinitesimale Volumenelement dV beschreibt einen infinitesimal dünnen Schnitt des Strangs. Die Querschnittsfläche kann auch funktional vom Ort (x, y, z) abhängen als Funktion $A(x, y, z)$.

[0032] Das Federelement kann auch mehrere Stränge aufweisen. Vorzugsweise sind die Stränge miteinander verbunden. Besonders bevorzugt sind die Stränge durch die Matrix miteinander verbunden.

[0033] Für das Federelement gemäß dem ersten Aspekt wird der Strang in die Matrix aus dem bestimmten Matrixmaterial eingebettet und mittels dieser in der Grundanordnung, die der Anordnung bzw. Form des Strangs und somit auch des Federelements im Gleichgewichtszustand bzw. im unbelasteten Zustand des Federelements entspricht, fixiert. Matrixmaterialien können zum Beispiel Kunststoffe wie Epoxidharz, Thermoplaste oder ähnlich geeignete Stoffe oder Silizium sein.

[0034] Die Matrix dient dazu, Kräfte auf die Endlosfasern zu übertragen.

[0035] Vorzugsweise sind die Stränge mittels des Matrixmaterials miteinander verbunden.

[0036] Vorteilhafterweise verleiht die Matrix dem Strang und damit den Endlosfasern die notwendige Formgebung, insbesondere mechanische Stabilität bzw. Statik und Flexibilität bzw. Elastizität, für ein Federelement. Ohne die Matrix könnten die Eigenschaften der Endlosfasern nicht für ein Federelement genutzt werden. Durch das Einbetten in die Matrix weist das Federelement eine hohe Zugfestigkeit, insbesondere aufgrund der Zugfestigkeit von Endlosfasern wie zum Beispiel Kohlenstofffasern, entlang des Strangs auf und das Federelement kann in einer Richtung, die von der Längsrichtung des Strangs abweicht, wie zum Beispiel quer zum Strang, rückstellfähig aus der Grundanordnung bzw. aus dem Gleichgewichtszustand des Federelements ausgelenkt werden, d. h. federn.

[0037] Vorzugsweise ist die Grundanordnung des Strangs im Wesentlichen planar. Das bedeutet, dass der Strang in der Grundanordnung eine planare bzw. in einer Ebene liegende Struktur annimmt. Alternativ kann der Strang derart in der Grundanordnung fixiert sein, dass sich der Strang entlang einer Längsrichtung bzw. Axialrichtung des Strangs horizontal und/oder vertikal erstreckt. Beispielsweise kann der Strang spiralförmig ausgebildet sein.

[0038] Im Falle, dass sich der Strang entlang seiner Axialrichtung in einer Gerade horizontal erstreckt, bezogen auf ein erdfestes Koordinatensystem, kann das Federelement quer zum Strang, zum Beispiel vertikal, rückstellfähig ausgelenkt werden und federn.

[0039] Vor der Fixierung des Strangs in der Grundanordnung kann der Strang mittels Legens angeordnet werden sein. Alternativ kann der Strang mittels Stickens auf einem Substrat angeordnet worden sein. Das Substrat

kann insbesondere ein Kohlenstoffvlies oder ein Glasfaservlies oder einen Verbund- bzw. Mischstoff umfassen bzw. sein. Der Strang kann ferner mittels des "Tailored Fiber Placement"-Verfahrens (TFP) angeordnet werden sein.

[0040] Vorteilhafterweise kann durch das kontrollierbare bzw. kontrollierte Anordnen mittels Legens, Stickens, etc. die Richtung, in die das Federelement wärmeabführend sein soll, festgelegt und/oder eingestellt werden. Die Anordnung, insbesondere die Grundanordnung, des Strangs ist maßgeblich für die Richtung, in die Wärme über das Federelement abgeführt werden kann.

[0041] Der Strang kann oder die Stränge können auch mittels Webens, Wickelns oder Klebens angeordnet werden.

[0042] Vorzugsweise ist die Vielzahl von Endlosfasern in die Matrix mittels Infiltration mit dem Matrixmaterial eingebettet. Mittels Infiltration kann insbesondere jede Endlosfaser der Vielzahl von Endlosfasern von dem Matrixmaterial umgeben werden bzw. sein.

[0043] Vorteilhafterweise kann mittels Infiltration der Faservolumengehalt des Federelements erhöht werden. Unter "Faservolumengehalt" ist im Rahmen dieser Beschreibung das Volumenverhältnis von Endlosfasern zu Matrixmaterial zu verstehen. Ein Faservolumengehalt nahe Eins ermöglicht eine Verbesserung der mechanischen und thermischen Eigenschaften des Federelements.

[0044] Vorzugsweise weist das Federelement einen Faservolumengehalt von 1 : 1, d. h. 50 % Fasern und 50 % Matrixmaterial, auf. Weiter bevorzugt weist das Federelement einen Faservolumengehalt von 5 : 6, d. h. ungefähr 55 % Fasern und ungefähr 45 % Matrixmaterial, auf. Noch weiter bevorzugt weist das Federelement einen Faservolumengehalt von 3 : 2, d. h. 60 % Fasern und 40 % Matrixmaterial, auf.

[0045] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft einen Körperschallwandler, umfassend: ein Anbindungselement, ein Magnetfeld erzeugendes Element, einen Schwingkörper zur Übertragung von Schwingungen basierend auf einem elektromagnetischen Eingangssignal auf einen Körper, und das Federelement gemäß dem ersten Aspekt, wobei das Federelement mit dem Anbindungselement derart verbunden ist, dass der Schwingkörper relativ zu dem Anbindungselement schwingungsfähig ist.

[0046] Vorteilhafterweise kann aufgrund des Federelements auf einfache und kostengünstige Weise ein langlebiger und kompakter Körperschallwandler mit geringem Gewicht bereitgestellt werden. Ferner kann der Körperschallwandler wegen der guten Wärmeabführeigenschaften bzw. Kühleigenschaften des Federelements bei konstanter Temperatur arbeiten und Überhitzung kann vermieden werden. Außerdem kann durch die Kühlungswirkung des Federelements das Gewicht des Körperschallwandlers, insbesondere des Schwingkörpers, an den zur Schwingung anzuregenden Körper angepasst werden und bietet so einen zusätzlichen Freiheitsgrad in

der Konstruktion des Körperschallwandlers. Vorteilhaftweise kann insbesondere ein voluminöser und massiver Kühlkörper, wie er bei herkömmlichen Lautsprechern regelmäßig eingesetzt werden muss, vermieden werden. Besonders bevorzugt kann vollständig auf einen dedizierten Kühlkörper verzichtet werden.

[0047] Weiter vorteilhafterweise kann das Federelement wie bereits oben beschrieben die elektrische Stromzufuhr gewährleisten, wodurch der Körperschallwandler ohne weitere Verkabelungen im Inneren, die die Induktionsspule mit Strom versorgen, auskommen kann.

[0048] Mittels des Anbindungselements wird der Körperschallwandler mit dem Körper verbunden bzw. an den Körper angebunden. Diese Verbindung bzw. Anbindung kann zum Beispiel mittels Klebens erfolgen. Das Anbindungselement kann ebenfalls, wie das Federelement, einen oder mehrere in einer Matrix aus einem Matrixmaterial eingebettete Stränge aus einer Vielzahl von Endlosfasern umfassen. Das Anbindungselement kann aber auch aus einem oder mehreren in einer Matrix aus einem Matrixmaterial eingebetteten Strängen aus einer Vielzahl von Endlosfasern bestehen. Das Anbindungselement und das Federelement können miteinander verbunden sein. Ferner können das Anbindungselement und das Federelement einteilig ausgebildet sein.

[0049] Vorteilhafterweise kann das Anbindungselement, insbesondere umfassend Kohlenstoffendlosfasern, die Kühlung des Körperschallwandlers weiter verbessern und Schall besonders auf den Körper übertragen.

[0050] Vorzugsweise weist der Körperschallwandler ein Gehäuse auf. Das Gehäuse kann im Wesentlichen zylindrisch ausgebildet sein. Das Gehäuse kann aus einem nicht magnetisierbaren Werkstoff, insbesondere Metall, geformt sein. Das Gehäuse kann außerdem einen Anschluss zum Einspeisen des elektromagnetischen Eingangssignals aufweisen.

[0051] Das elektromagnetische Eingangssignal kann zum Beispiel mittels eines optischen Kabels, Koaxialkabels, etc. oder drahtlos über Funk, Bluetooth, WLAN, etc. von einer Audioquelle übertragen werden. Der Anschluss kann eine Eingangsbuchse am Gehäuse umfassen bzw. sein oder eine Empfangsantenne umfassen bzw. sein. Der Anschluss kann auch einen elektrischen Anschluss umfassen, um den Körperschallwandler mit Spannung bzw. elektrischer Energie zu versorgen.

[0052] Das Federelement kann zum Beispiel mittels Klebens oder einer anderen geeigneten Verbindungs-technik oder während des Einbettens des Strangs in die Matrix mit dem Gehäuse verbunden werden.

[0053] Vorzugsweise umfasst das Magnetfeld erzeugende Element eine Spule. Insbesondere ist das Magnetfeld erzeugende Element eine Spule. Alternativ oder zusätzlich kann das Magnetfeld erzeugende Element einen Permanentmagneten umfassen, insbesondere kann das Magnetfeld erzeugende Element ein Permanentmagnet sein.

[0054] Vorzugsweise ist der Schwingkörper ein Per-

manentmagnet. Alternativ oder zusätzlich kann der Schwingkörper eine Spule umfassen, insbesondere sein. Der Schwingkörper kann aus einem Material gebildet sein, in dem durch ein äußeres Magnetfeld elektrische Wirbelströme induziert werden können.

[0055] Der Körper kann zum Beispiel eine schwungsfähige Platte, insbesondere eine Membran, Glasplatte oder Metallplatte, sein. Der Körper kann eine Folie sein. Der Körper kann auch aus einem weichen und/oder geeignet gespannten Material wie zum Beispiel Leder, Papier, Karton, etc. sein.

[0056] Wie bereits oben erwähnt kann das Federelement Kohlenstofffasern umfassen. Kohlenstofffasern haben außerdem die vorteilhafte Eigenschaft, dass sie Töne sehr schnell übertragen, da die Schallgeschwindigkeit für Kohlenstofffasern bis zu 18000 Meter pro Sekunde betragen kann.

[0057] Ein weiterer Aspekt betrifft einen Lautsprecher, umfassend: den Körperschallwandler gemäß der Erfindung, und einen Körper.

[0058] Vorteilhafterweise kann aufgrund der kompakten, leichten und kostengünstigen Bauweise des Körperschallwandlers ein kompakter, leichter und kostengünstiger Lautsprecher realisiert werden, der beispielsweise im Flugzeugbau eingesetzt werden kann. Ferner hat der Lautsprecher aufgrund des Körperschallwandlers weniger Leistungseinbußen durch oder während des Betriebs des Lautsprechers, da die Anfälligkeit für Überhitzungen reduziert werden kann und die mechanischen Bauteile, insbesondere das Federelement des Körperschallwandlers, ermüdungsärmer und langlebiger sind. Außerdem kann durch die Kühlungswirkung des Federelements das Gewicht des Lautsprechers, insbesondere des Schwingkörpers des Körperschallwandlers, an den zur Schwingung anzuregenden Körper angepasst werden und bietet so einen zusätzlichen Freiheitsgrad in der Konstruktion des Lautsprechers.

[0059] Vorzugsweise ist der Körper eine schwungsfähige Platte, insbesondere eine Membran, Glasplatte oder Metallplatte. Der Körper kann eine Folie sein. Der Körper kann auch aus einem weichen und/oder geeignet gespannten Material wie zum Beispiel Leder, Papier, Karton, etc. sein.

[0060] Ein weiterer Aspekt betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Federelements, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: Anordnen eines Strangs aus einer Vielzahl von Endlosfasern, Einbetten des Strangs in einer Matrix aus einem Matrixmaterial, und Fixieren des Strangs in einer vorbestimmten und einem Gleichgewichtszustand des Federelements entsprechenden Grundanordnung mittels der Matrix.

[0061] Vorteilhafterweise kann mit dem Verfahren ein leichtes, langlebiges und kostengünstiges Federelement mit geringeren Steifigkeiten und somit verringerten Materialermüdungserscheinungen bereitgestellt werden. Ferner können mit dem Verfahren während der Fertigung des Federelements die Kühleigenschaften des Federelements, insbesondere die Richtung, in die das Federelement

lement Wärme abführen kann, vorbestimmt bzw. eingesetzt werden.

[0062] Außerdem kann das Federelement in eine durch die Grundaufteilung des Strangs vorgegebene Richtung Wärme abführen, wodurch eine effiziente Kühlung insbesondere der Induktionsspule eines Körperschallwandlers erreicht werden kann.

[0063] Das Verfahren kann das Federelement gemäß dem ersten Aspekt erzeugen. Demnach gilt das Erläuterte, insbesondere die beschriebenen Ausführungsformen und Merkmale, auch hinsichtlich des in Bezug auf das Verfahren genannten Federelements.

[0064] Vorzugsweise schließt das Anordnen des Strangs ein Legen des Strangs oder ein Stickern des Strangs auf einem Substrat ein. Wie bereits erwähnt kann das Substrat ein Kohlenstoffvlies oder ein Glasvlies oder einen Verbund- bzw. Mischstoff umfassen, insbesondere sein. Das Substrat kann ein Kohlenstoffgewebe oder ein Glasfasergewebe oder ein Gewebe umfassend Kohlenstofffasern und/oder Glasfasern sein.

[0065] Der Strang kann auch durch Wickeln, Weben oder Kleben angeordnet werden.

[0066] Vorzugsweise schließt das Anordnen des Strangs ein, dass der Strang im Wesentlichen unterbrechungsfrei angeordnet werden kann. Mit anderen Worten kann der Strang nahezu durchgehend bis auf wenige Unterbrechungsstellen angeordnet werden. Der Strang kann aber auch komplett durchgehend, kontinuierlich, insbesondere ohne Unterbrechung in einem Schritt angeordnet werden.

[0067] Mehrere Stränge können auch geschäftet angeordnet werden bzw. durch Schäften angeordnet werden.

[0068] Vorzugsweise schließt das Einbetten des Strangs ein Infiltrieren der Vielzahl von Endlosfasern mit dem Matrixmaterial ein. Das Einbetten kann insbesondere ein Umgeben der Vielzahl von Endlosfasern mit dem Matrixmaterial einschließen. Mit anderen Worten kann das Einbetten umfassen, dass der Strang vollständig mit dem Matrixmaterial durchtränkt ist, so dass jede Endlosfaser der Vielzahl von Endlosfasern von der Matrix bzw. dem Matrixmaterial umgeben ist.

[0069] Vorzugsweise schließt das Fixieren ein Aushärten des Matrixmaterials ein. Beispielsweise kann das Matrixmaterial, in das der Strang eingebettet wird, flüssiger Kunststoff oder flüssiges Silizium umfassen bzw. sein. Das flüssige Matrixmaterial kann für die Einbettung des Strangs über den Strang geschickt und/oder gegossen werden.

[0070] Ein weiterer Aspekt betrifft eine Verwendung eines oder mehrerer Stränge aus einer Vielzahl von Endlosfasern für ein wärmeabführendes Federelement gemäß der Erfindung.

[0071] Vorteilhafterweise kann durch die Verwendung eines oder mehrerer Stränge aus einer Vielzahl von Endlosfasern, wie bereits oben beschrieben, ein leichtes, mechanisch widerstandsfähiges und kostengünstiges Federelement bereitgestellt werden. Obendrein kann

das Federelement durch die Verwendung von Endlosfasern derart gestaltet werden, dass das Federelement bedingt durch die Anordnung bzw. Orientierung des oder der Stränge von Endlosfasern in eine vorbestimmbare Richtung Wärme und Schall leiten und abführen kann.

[0072] Die Verwendung kann die Erzeugung bzw. Herstellung des Federelements gemäß dem ersten Aspekt zum Ziel haben. Demnach gilt das Erläuterte, insbesondere die beschriebenen Ausführungsformen und Merkmale des Federelements, auch hinsichtlich der Verwendung des genannten Federelements.

[0073] Es folgt die Beschreibung der Figuren, die der Veranschaulichung einiger Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dienen. Es versteht sich, dass einzelne Merkmale zu weiteren Ausführungsformen kombiniert werden können.

[0074] Es zeigen:

Figur 1(a) und 1(b) schematische Skizzen zu zwei Beispielen des Anordnens eines oder mehrerer Stränge aus der Vielzahl von Endlosfasern,

Figur 2(a), 2(b) und 2(c) fotografische Aufnahmen zu drei weiteren Beispielen des Anordnens eines oder mehrerer Stränge aus der Vielzahl von Endlosfaser,

Figur 3 eine schematische Skizze zu einer Ausführungsform eines Federelements gemäß eines Aspekts,

Figur 4 eine schematische Skizze zum Wärmefluss durch einen Strang aus einer Vielzahl von Endlosfasern,

Figur 5 eine schematische Skizze eines Querschnitts einer möglichen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Körperschallwandlers,

Figur 6 eine schematische Skizze eines Querschnitts einer weiteren möglichen Ausführungsform eines Körperschallwandlers gemäß eines Aspekts,

Figur 7 eine schematische Skizze zu einer Ausführungsform eines Lautsprechers gemäß eines Aspekts,

Figur 8 eine schematische Skizze zum veränderlichen Querschnitt in einem erfindungsgemäßen endlosfaserverstärkten Federelement,

Figur 9 eine Explosionsansicht des Körperschallwandlers aus Figur 5,

Figur 10 eine fotografische Aufnahme einer weiteren möglichen Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Körperschallwandlers, und

Figur 11 eine fotografische Aufnahme eines Körperschallwandlers gemäß dem Stand der Technik.

[0075] **Figur 1** zeigt zwei Beispiele (a) und (b) für das Anordnen eines oder mehrerer Stränge 14 aus einer Vielzahl von Endlosfasern 12. In den vorliegenden Beispielen (a) und (b) sind die Endlosfasern 12 Kohlenstofffasern. In beiden Beispielen (a) und (b) sind die Stränge 14 mittels Stickens auf einem Substrat 18 angeordnet. Das Substrat 18 ist in beiden Beispielen (a) und (b) ein

Kohlefaservlies. Das Substrat 18 kann auch ein Glasfaservlies sein.

[0076] Beispiel (a) zeigt eine Dreizack- bzw. Krähenfußanordnung eines oder mehrerer Stränge 14. Die gezeigte Anordnung kann durch einen durchgehenden, unterbrechungsfreien Strang 14 realisiert sein. Der Strang 14 kann sich aber auch, wie in Beispiel (a) gezeigt, in drei oder mehr Stränge 14 aufteilen bzw. gabeln, wobei die Stränge miteinander verbunden sind.

[0077] Beispiel (b) zeigt eine Kreisanordnung eines Strangs 14 aus Endlosfasern 12. Der Strang 14 in Beispiel (b) ist kontinuierlich und ohne Unterbrechungen, abgesehen von einem Anfangs- und Endpunkt (hier nicht gezeigt), die hier zusammenfallen, auf dem Substrat 18 angeordnet.

[0078] Alternativ können die Stränge 14 der Beispiele (a) und (b) auch auf einen Untergrund gelegt bzw. abgelegt werden und dadurch angeordnet werden. Zum Beispiel können die Stränge 14 in eine Gussform gelegt bzw. in einer Gussform abgelegt werden. Vorzugsweise sind die Stränge ohne mit einem Substrat verbunden zu sein auf dem Untergrund gelegt.

[0079] Die Stränge 14 können aber auch gewebt, geklebt oder gewickelt werden und so auf einem Untergrund oder einem Substrat 18 angeordnet werden.

[0080] Die **Figuren 2(a), 2(b) und 2(c)** zeigen drei weitere Beispiele für das Anordnen mittels Stickens wie in Figur 1(a) und 1(b). Die Figuren 2(a), 2(b) und 2(c) stellen Fotografien echter Anordnungsmuster dar, die sich nicht als schwarz-weiße Strichzeichnungen darstellen lassen.

[0081] **Figur 3** zeigt auf der linken Seite ein fertiges Federelement 10 in seiner Grundanordnung bzw. Gleichgewichtsanordnung. Um zu der gezeigten Spiralförmigen Form des Federelements 10 zu gelangen, wird zum Beispiel ein Strang 14 aus einer Vielzahl von Endlosfasern 12 auf ein Substrat 18, wie zum Beispiel ein Kohlefaservlies oder ein Glasfaservlies, gestickt. Das über den angeordneten Strang 14 hinaus überstehende Substrat 18 kann bereits jetzt oder auch später entfernt werden und der verbleibende auf dem Substrat 18 angeordnete Strang samt verbliebenem Substrat 18 wird in der gewünschten Grundanordnung bzw. Gleichgewichtsanordnung angeordnet bzw. derart geformt, dass der Strang 14 samt dem verbliebenen Substrat 18 die Grundanordnung bzw. Gleichgewichtsanordnung annimmt. Der Strang 14 kann zum Beispiel mittels einer Gussform, Schablone oder einer ähnlichen formgebenden Struktur in die gewünschte Grundanordnung bzw. Gleichgewichtsanordnung gebracht werden.

[0082] Der in Form gebrachte Strang 14 wird nun in einer Matrix 16 eingebettet. Das kann dadurch geschehen, dass der Strang 14 von einem Matrixmaterial wie flüssigem Kunststoff (zum Beispiel Epoxidharz) infiltriert wird, sodass möglichst jede einzelne Endlosfaser 12 in dem Strang 14 von dem Matrixmaterial umgeben wird.

[0083] Anschließend wird das Matrixmaterial ausgehärtet, wodurch der Strang 14 in der gewünschten Grundanordnung fixiert wird und das fertige Federelement

10 in der gewünschten Gleichgewichtsanordnung entsteht.

[0084] Zur weiteren Veranschaulichung ist auf der rechten Seite der Figur 3 ein Schnitt (kleines Volumenelement) des spiralförmigen Federelements 10 gezeigt. Der Schnitt zeigt, wie der Strang 14 vollständig in der Matrix 16 eingebettet ist. Der Faservolumengehalt liegt bei etwa 80 %. Die einzelnen Endlosfasern 12 sind in dem gezeigten Schnitt bzw. innerhalb des gezeigten Volumenelements in Längsrichtung des Strangs 14 parallel zueinander angeordnet.

[0085] Das Federelement 10 (linke Seite der Figur 3) weist bedingt durch die Grundanordnung des Strangs 14 zwei im Wesentlichen voneinander unterschiedliche Richtungen R1 und R2 auf. In Richtung R1 kann das Federelement 10 rückstellfähig schwingen bzw. federn. In Richtung R2, die in Axialrichtung bzw. in Längsrichtung des fixierten Strangs 14 verläuft, kann das Federelement über die Endlosfasern 12 Wärme und auch Schall leiten und/oder abführen.

[0086] Die Richtungen R1 und R2 sind für die gezeigte Ausführungsform des Federelements 10 näherungsweise orthogonal zueinander.

[0087] **Figur 4** zeigt beispielhaft den Wärmefluss durch einen Strang 14 aus einer Vielzahl von Endlosfasern 12, insbesondere Kohlenstofffasern, und wie die Wärme über den Strang 14 hinweg abgeführt werden kann.

[0088] **Figur 5** zeigt einen Querschnitt einer möglichen Ausführungsform eines Körperschallwandlers 20, der das Federelement 10 gemäß einem Aspekt aufweist. Figur 5 dient ferner dazu, dass erfinderische Konzept zu verdeutlichen.

[0089] Der Körperschallwandler 20 weist eine Wärme- und Schallleitungstruktur bzw. ein Anbindungselement 22, eine Anbindungsfläche 29, einen Magneten als Schwingkörper 26, eine Spule als Magnetfeld erzeugendes Element 24, ein Alublech 25 und eine Wärme- und Federstruktur bzw. ein Federelement 10 gemäß der Erfindung auf.

[0090] Der Körperschallwandler 20 ist zylindrisch ausgebildet und weist eine mittig und axial angeordnete Durchgangsoffnung auf. Der Magnet 26 weist einen ringförmigen Spalt auf, der im Gleichgewichtszustand des Federelements 10 bzw. im ausgeschalteten Zustand des Körperschallwandlers 30 die Spule 24 vollständig aufnehmen kann. Zwischen der Spule 24 und dem Anbindungselement 22, welches sich ebenfalls in den ringförmigen Spalt erstreckt, ist ein Alublech 25 bzw. Alublech 25 angeordnet und verbindet die Spule 24 und das Anbindungselement 22.

[0091] Das Federelement 10 erstreckt sich im Wesentlichen in radialer Richtung und verbindet das Anbindungselement 22 und den schwingbar gelagerten Magneten 26.

[0092] Über eine Anbindungsfläche 29 ist das Anbindungselement 22 des Körperschallwandlers 20 zum Beispiel mittels Klebens an einem schwingbaren Körper 28,

zum Beispiel einer Membran, angeordnet.

[0093] Zur Erzeugung von Körperschall ist in der gezeigten Ausführungsform das Anbindungselement 22 mit dem Körper 28 über die Anbindungsfläche 29 verklebt. Der Körper 28 kann hierbei zum Beispiel auch eine schwingungsfähige Membran, wie sie üblicherweise für Lautsprecher verwendet wird, oder dünne Platte sein. Die Platte kann zum Beispiel aus Glas, Metall oder Karton sein. Der Körper 28 kann auch Bestandteil einer Fahrzeuginnen- und/oder -außenverkleidung, eines Möbelstücks, einer Wand, einer Wandverkleidung, usw. sein.
[0094] Fließt elektrischer Strom aufgrund eines elektromagnetischen Eingangssignals (Audiosignal) durch die Spule 24, so wechselwirkt das Magnetfeld der Spule 24 mit dem Magnetfeld des Permanentmagneten bzw. des Schwingkörpers 26 und der Schwingkörper 26 wird in Richtung R1 je nach Polung der Magnetfelder zueinander unter Verformung des Federelements 10 von der Spule 24 weg bewegt oder zu ihr hin bewegt. Nach einer kurzen Einschwingphase überträgt der Schwingkörper 26 dem Eingangssignal entsprechende Schwingungen, also ein Audiosignal, über das Anbindungselement 22 auf den Körper 28. Der Körper 28 überträgt das Audiosignal dann an das umgebende, schallleitende Medium, welches zum Beispiel Luft sein kann.

[0095] Durch den Stromfluss durch die Spule 24 wird die Spule 24 zunehmend heißer. Die Wärme wird über das erfindungsgemäße Federelement 10 in Richtung R2 von der Spule 24 abgeführt. Dadurch kann bewerkstelligt werden, dass der Körperschallwandler 20 bei konstanter Temperatur arbeiten kann. Alternativ oder zusätzlich kann die Wärme über das Anbindungselement 22 radial nach außen abgeführt werden.

[0096] **Figur 6** zeigt einen Querschnitt einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Körperschallwandlers 20.

[0097] Die gezeigte Ausführungsform des Körperschallwandlers 20 weist zudem ein metallisches Gehäuse 23 auf. An einer Innenseite des Gehäuses 23 ist der Magnet bzw. der Schwingkörper 26 angebracht. Der Schwingkörper 26 ist ein Permanentmagnet. Das Gehäuse 23 kann ferner optional einen Anschluss 30 aufweisen, über den ein elektromagnetisches Eingangssignal, das Audiosignale von einer Audioquelle beinhaltet, in den Körperschallwandler 20 zur Umwandlung in Körperschall eingespeist werden kann. Der Anschluss 30 kann zum Beispiel eine Empfangsantenne für Funksignale sein.

[0098] Das Magnetfeld erzeugende Element 24 ist eine Spule 24, durch die dem eingespeisten Eingangssignal entsprechend ein elektrischer Strom fließt, der ein homogenes Magnetfeld im Inneren der Spule erzeugt.

[0099] Die Spule 24 ist über das Federelement 10, das sich zum Beispiel aus mehreren sternförmig angeordneten Strängen 14, wie zum Beispiel in Beispiel (a) der Figur 1 gezeigt, zusammensetzt, mit der Innenwand des Gehäuses 23 rückstellfähig verbunden oder gekoppelt, wodurch das Gehäuse 23 federnd gelagert ist.

[0100] Die Spule 24 ist mit einem Verbindungselement 22 mit einem (nicht gezeigten) Körper 28 verbindbar. Insbesondere kann das Verbindungselement 22 geklebt, verschweißt oder auf eine andere herkömmliche Art mit dem (nicht gezeigten) Körper verbunden sein. Insbesondere ist das Verbindungselement 22 relativ zu dem Gehäuse 23 bewegbar, so dass das Gehäuse 23 und das Verbindungselement relativ zueinander schwingen können.

[0101] Die Funktionsweise des gezeigten Körperschallwandlers 20 ist die gleiche wie bei der Ausführungsform in Figur 5 mit dem Unterschied, dass der Magnet 26 und das Gehäuse 23 zum Schwingen angeregt werden durch die Spule 24.

[0102] **Figur 7** zeigt eine Ausführungsform eines Lautsprechers 40 gemäß eines Aspekts.

[0103] Der Lautsprecher 40 weist den Körperschallwandler 20 wie in Figur 6 beschrieben und den Körper 28 auf.

[0104] Der beschriebene Körperschallwandler 20 und der Lautsprecher 40 sind aufgrund des Federelements 10 besonders langlebig, ermüdungssarm, leicht und kompakt und können während des Betriebs über das Federelement 10 und/oder über das Verbindungselement 22 effizient gekühlt werden.

[0105] **Figur 8** zeigt die Variabilität des Querschnitts eines erfindungsgemäßen Federelements 10. Einerseits kann der Querschnitt durch Schäftung einzelner Stränge 14, insbesondere einzelner Endlosfasern 12, erreicht werden. Andererseits kann der Querschnitt durch die Menge an Matrixmaterial lokal verändert werden.

[0106] **Figur 9** zeigt eine schematische Explosionsansicht des Körperschallwandlers 20 aus Figur 5. Das Federelement 10 ist hier nicht gezeigt.

[0107] **Figur 10** zeigt zwei fotografische Aufnahmen einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Körperschallwandlers 20. Die Aufnahmen lassen sich nicht als schwarz-weiße Strichzeichnungen darstellen.

[0108] Zusammenfassend kann durch die vorliegende Erfindung ein Federelement für einen Körperschallwandler bzw. einen Exciter bereitgestellt werden. Körperschallwandler sind hierbei Lautsprecher ohne Lautsprechermembran. Ein Körperschallwandler kann auf einer Montageplatte befestigt werden, so dass eine schwingfähige Masse Schwingungen auf die Platte übertragen kann. Die so angeregte Platte strahlt dann ein Musik- oder Sprachsignal ab. Körperschallwandler bzw. Exciter können besonders bei höheren Leistungen sehr warm werden und die Kühlung kann somit wichtig werden. Weiterhin kann Materialermüdung/Kriechen im Federelement (ein wichtiges Bauteil eines Exciters) verringert werden. Die Erfindung kann somit die Kühlung und die mechanischen Eigenschaften des Federelementes und damit auch eines Körperschallwandlers verbessern.

[0109] Das Federelement in dem Körperschallwandler kann aus zum Beispiel in einer Kunststoffmatrix eingebetteten Endlosfasern (Carbon- bzw. Kohlenstoff oder

Glasfasern; z. B. CFK) hergestellt werden. Bestimmte Endlosfasern, insbesondere Kohlenstofffasern, haben eine sehr gute Wärmeleitfähigkeit und mit einer geeigneten Faserorientierung kann der Wärmefluss auch gesteuert werden. Die mechanischen Eigenschaften können über einen veränderlichen Querschnitt der Federelemente durch Schäftung der Endlosfasern im endlosfaserverstärkten Federelement verbessert werden.

[0110] Die vorliegende Erfindung, insbesondere das Federelement, kann eine verbesserte Kühlung, eine Gewichtsreduzierung, ein geringes Kriech/Ermüdungsverhalten, einen geringeren Dämpfungsfaktor bei Endlosfasern, und somit einen höheren Wirkungsgrad im Hinblick auf einen Körperschallwandler realisieren.

[0111] Ferner kann durch die vorliegende Erfindung eine gezielte Beeinflussung des Wärmeflusses und eine gezielte Steuerung der mechanischen Eigenschaften bewerkstelligt werden.

[0112] Veränderliche Querschnitte des erfindungsgemäßen Federelements lassen sich über ihre Länge durch Schäftung eines oder mehrerer Stränge aus Endlosfasern des Federelements herbeiführen.

[0113] **Figur 11** zeigt unterschiedliche fotografische Ansichten eines im Stand der Technik bekannten Körperschallwandlers. Im gezeigten Körperschallwandler ist das Federelement als kurzfaser verstärkter Spritzguss hergestellt. Alternativ wird das Federelement aus Metall gestanzt.

[0114] Die Kühlung des gezeigten Körperschallwandlers wird über ein flüssiges Medium, welches sich im Spalt zwischen Sputte und Magnet befindet, oder über die freie Konvektion von Luft an der Spulenoberfläche erreicht.

[0115] Durch im Spritzguss hergestellte Federelemente kommt es durch Querschnittsänderungen zu Materialermüdungen. Dem wird im Stand der Technik durch das Verstärken des Spritzgusses mit Kurzfasern entgegengetreten. Allerdings hat der Erfinder erkannt, dass Kurzfasern den Nachteil haben, dass sie sich amorph anordnen und nicht gezielt ausrichtbar sind, um die mechanischen und wärmeabführenden Eigenschaften eines Federelements und somit eines Körperschallwandlers zu beeinflussen. Ferner haben kurzfaser verstärkte Federelemente hohe Steifigkeiten. Auf Basis dieser Erkenntnis werden mit der vorliegenden Erfindung insbesondere ein verbessertes Federelement, ein verbesserter Körperschallwandler und ein verbesserter Lautsprecher bereitgestellt.

Bezugszeichenliste

[0116]

- 10 Federelement
- 12 Endlosfaser
- 14 Strang
- 16 Matrix
- 18 Substrat

- | | |
|----|--------------------------------|
| 20 | Körperschallwandler |
| 22 | Anbindungselement |
| 23 | Gehäuse |
| 24 | Magnetfeld erzeugendes Element |
| 5 | 25 Alublech |
| 26 | Schwingkörper |
| 28 | Körper |
| 29 | Anbindungsfläche |
| 30 | Anschluss |
| 10 | 40 Lautsprecher |

Patentansprüche

- 15 1. Federelement (10), insbesondere für einen Körperschallwandler, umfassend:

eine Vielzahl von Endlosfasern (12), die in einem Strang (14) angeordnet sind,
wobei der Strang (14) in einer Matrix (16) aus einem Matrixmaterial eingebettet ist, wobei die Matrix (16) den Strang (14) in einer vorbestimmten oder vorbestimmbaren und einem Gleichgewichtszustand des Federelements (10) entsprechenden Grundanordnung fixiert, und
wobei das Federelement (10) im Wesentlichen entlang des Strangs (14) wärmeabführend ist.
- 20 2. Federelement (10) nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von Endlosfasern (12) Kohlenstofffasern umfasst, und/oder
wobei die Vielzahl von Endlosfasern (12) eine Mindestlänge von 10 mm hat.
- 25 3. Federelement (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Strang (14) im Wesentlichen unterbrechungsfrei ist, und/oder
wobei die Länge des in der Grundanordnung fixierten Strangs (14) der Länge der Vielzahl von Endlosfasern entspricht.
- 30 4. Federelement (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Vielzahl von Endlosfasern (12) in die Matrix (16) mittels Infiltration mit dem Matrixmaterial eingebettet ist, wobei insbesondere jede der Vielzahl von Endlosfasern (12) von dem Matrixmaterial umgeben ist.
- 35 5. Federelement (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei jede der Vielzahl von Endlosfasern (12) eine Länge größer oder größer gleich 10 mm, insbesondere 20 mm, hat.
- 40 6. Federelement (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Strang (14) 1000 Endlosfasern (12) enthält, und/oder
wobei der Strang (14) einen Querschnitt aufweist, der eine Fläche zwischen etwa 0,4 mm² und etwa

40 mm² hat.

7. Federelement (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zumindest zwei der Vielzahl von Endlosfasern (12), insbesondere alle der Vielzahl von Endlosfasern (12), im Wesentlichen parallel zu einander angeordnet sind. 5
8. Federelement (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Grundanordnung des Strangs (14) im Wesentlichen planar ist, oder wobei der Strang (14) derart in der Grundanordnung fixiert ist, dass sich der Strang (14) in der Grundanordnung im Wesentlichen horizontal und/oder vertikal erstreckt. 10 15
9. Federelement (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Matrixmaterial Kunststoff oder Silizium umfasst, und/oder wobei das Federelement (10) einen Faservolumen-gehalt von etwa 5 : 6, bevorzugt einen Faservolu-men gehalt von etwa 3 : 2, aufweist. 20
10. Federelement (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Strang (14) mittels Legens angeordnet ist, bevor die Matrix (16) den Strang (14) fixiert, oder wobei der Strang (14) mittels Stickens auf einem Substrat (18) angeordnet ist, bevor die Matrix (16) den Strang (14) fixiert. 25 30

11. Körperschallwandler (20), umfassend:

- ein Anbindungselement (22),
ein Magnetfeld erzeugendes Element (24),
einen Schwingkörper (26) zur Übertragung von Schwingungen basierend auf einem elektromagnetischen Eingangssignal auf einen Körper (28), und
das Federelement (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Federelement (10) mit dem Schwingkörper (26) derart verbunden ist, dass der Schwingkörper (26) relativ zu dem Anbindungselement (22) schwingungsfähig ist. 35 40 45

12. Lautsprecher (40), umfassend:

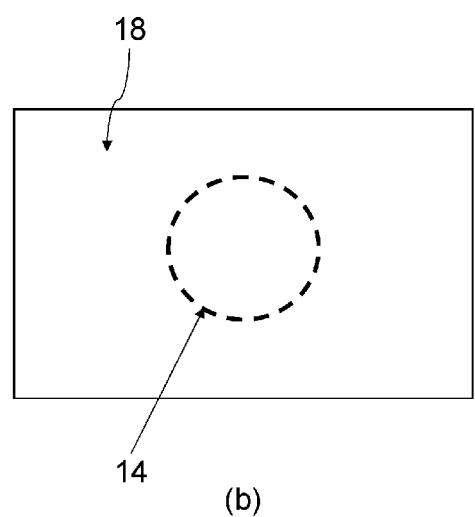
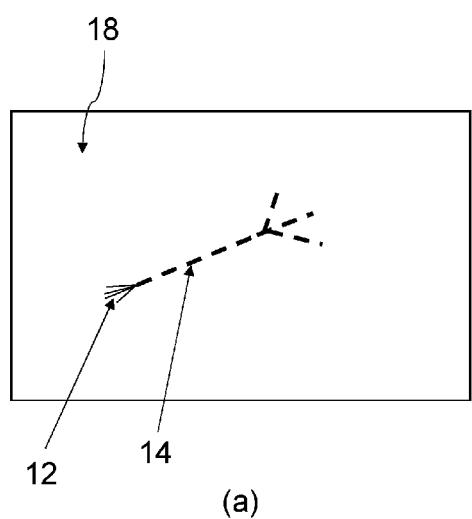
- den Körperschallwandler (20) nach Anspruch 11, und
einen Körper. 50

13. Verfahren zur Herstellung eines Federelements (10), wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: 55

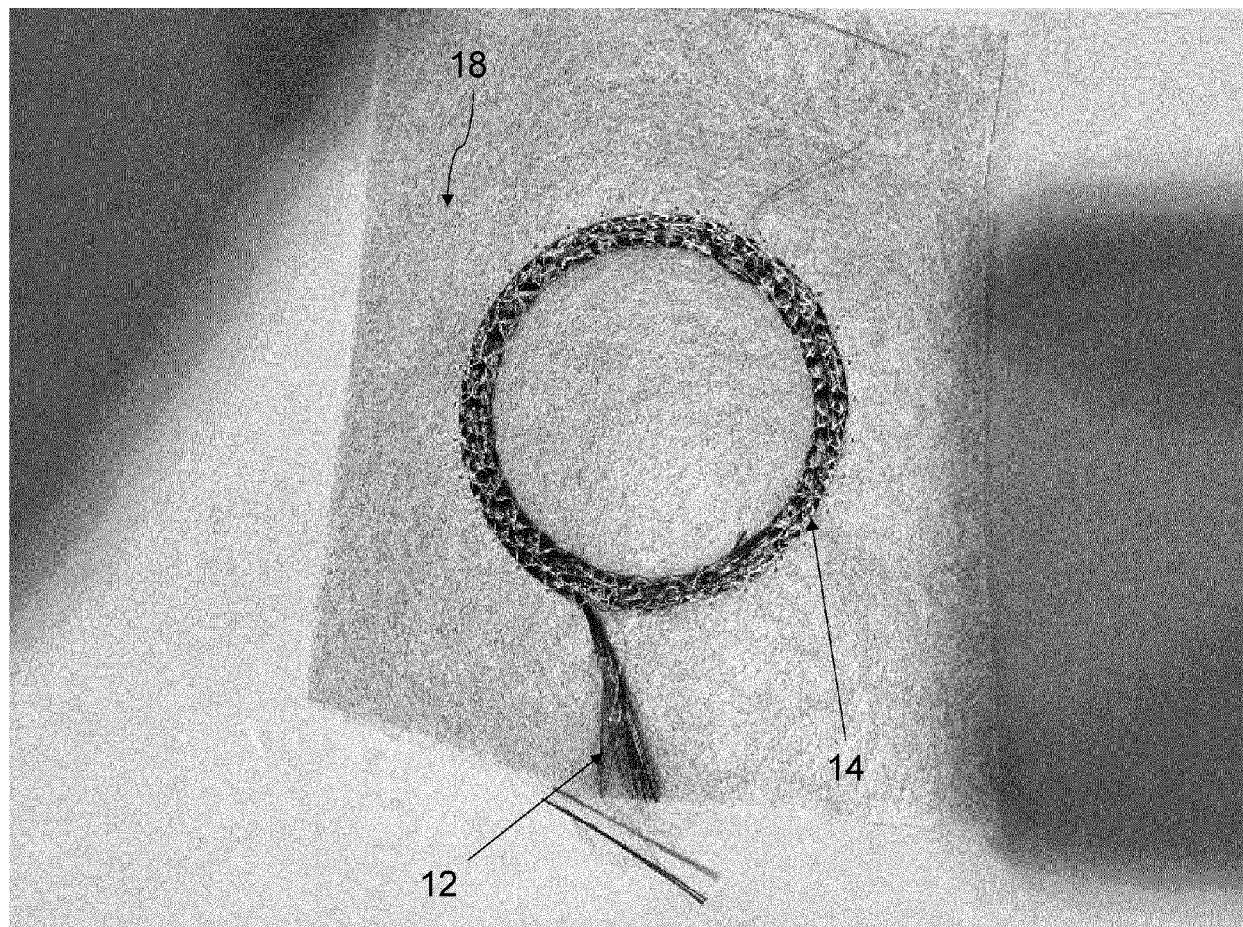
- Anordnen eines Strangs (14) aus einer Vielzahl von Endlosfasern (12),

Einbetten des Strangs (14) in einer Matrix (16) aus einem Matrixmaterial, und Fixieren des Strangs (14) in einer vorbestimmten und einem Gleichgewichtszustand des Federelements (10) entsprechenden Grundanordnung mittels der Matrix (16).

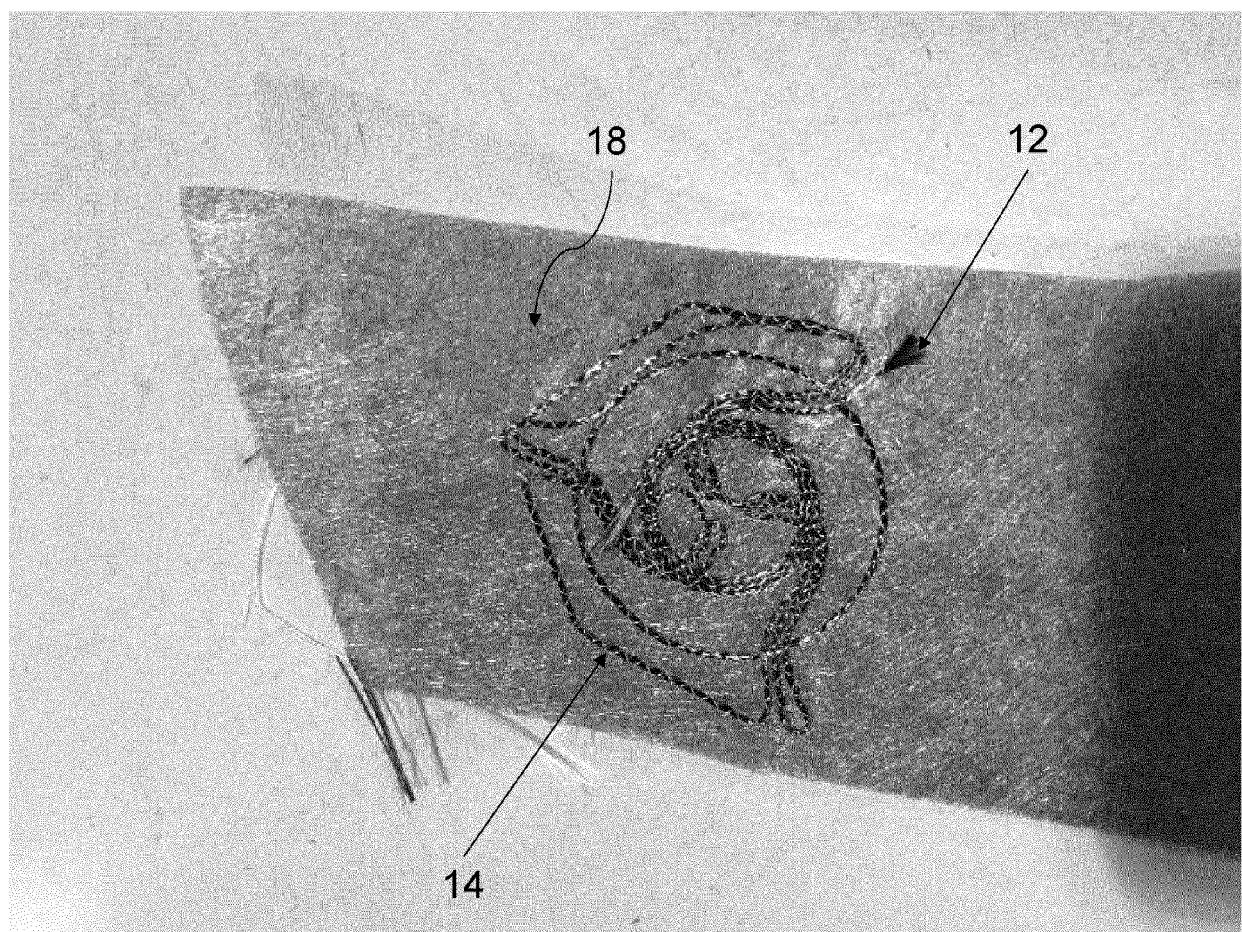
- 14. Verwendung eines oder mehrerer Stränge (14) aus einer Vielzahl von Endlosfasern (12) für ein Federelement (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10.**



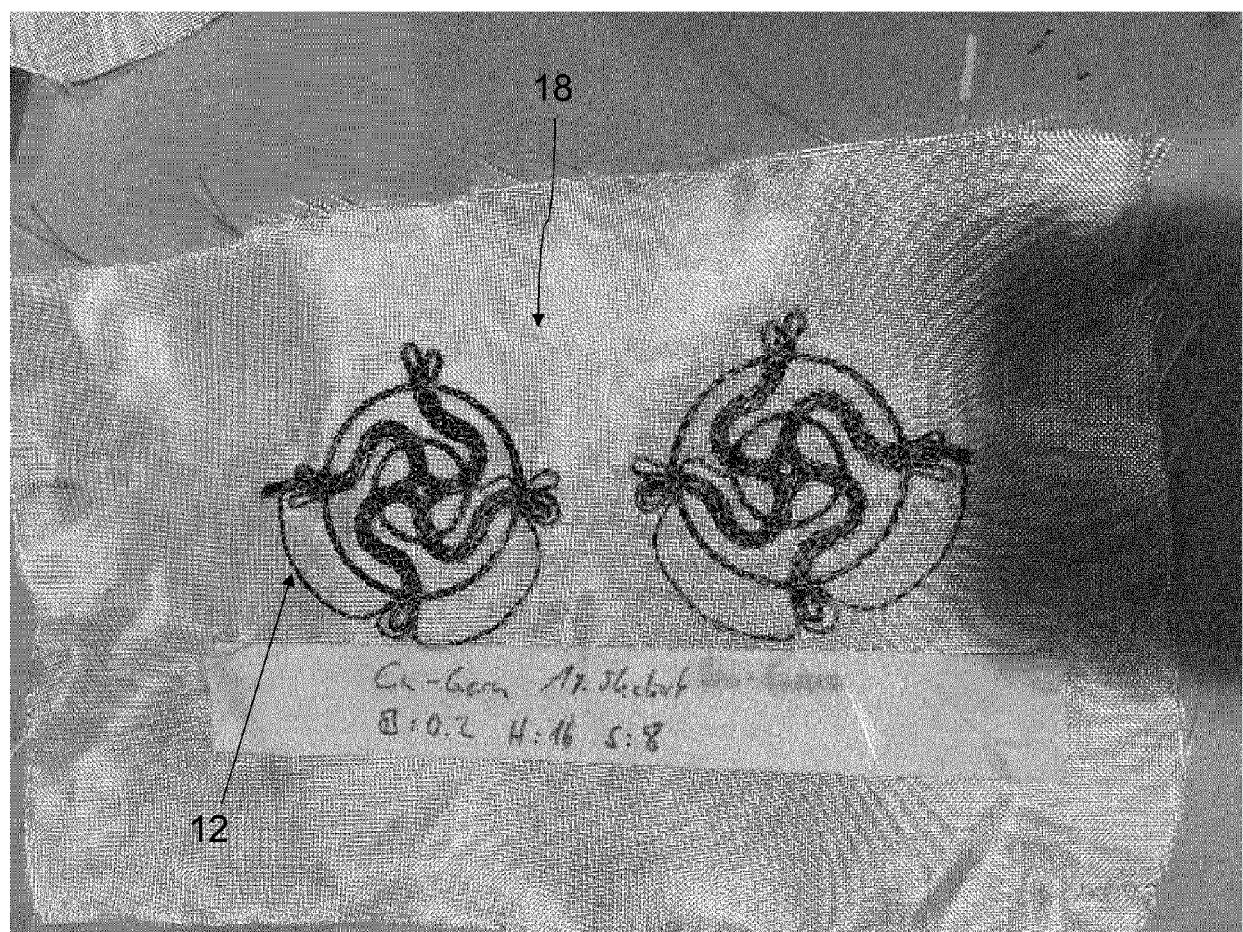
Figur 1



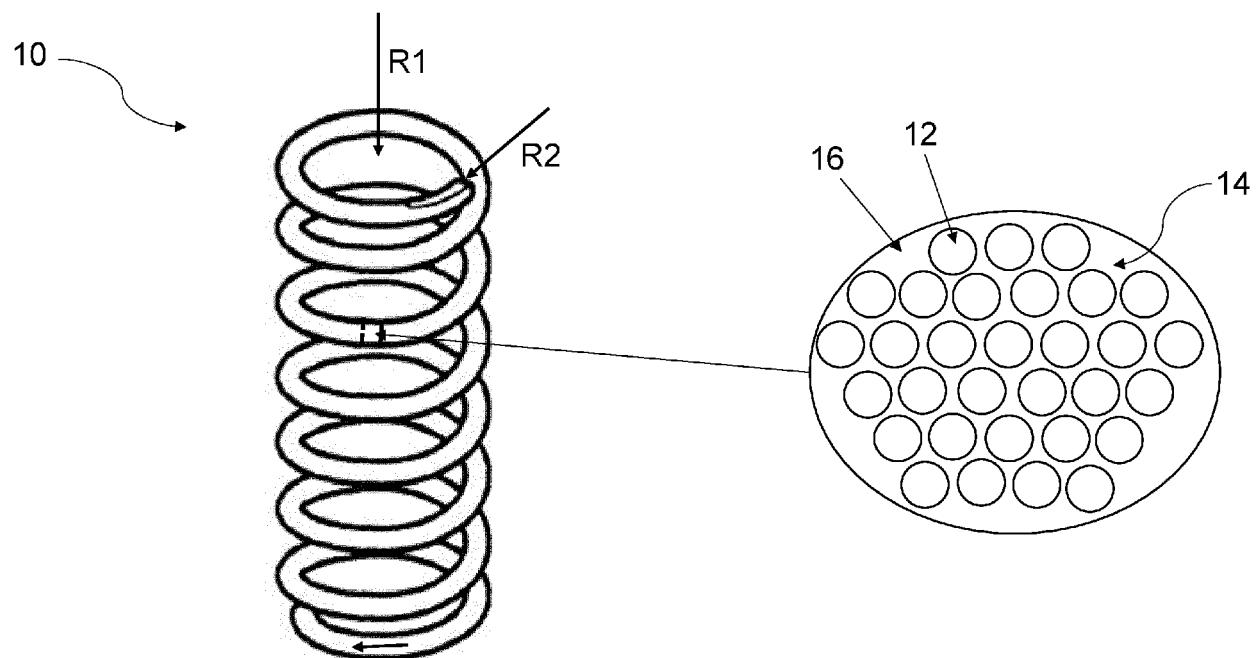
Figur 2(a)



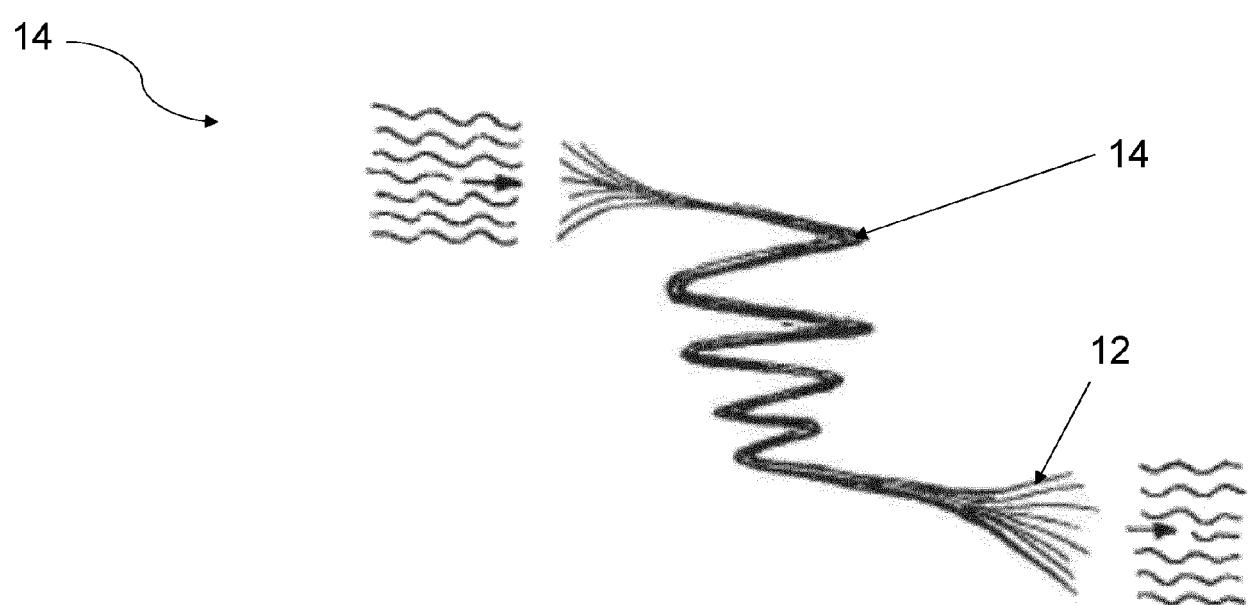
Figur 2(b)



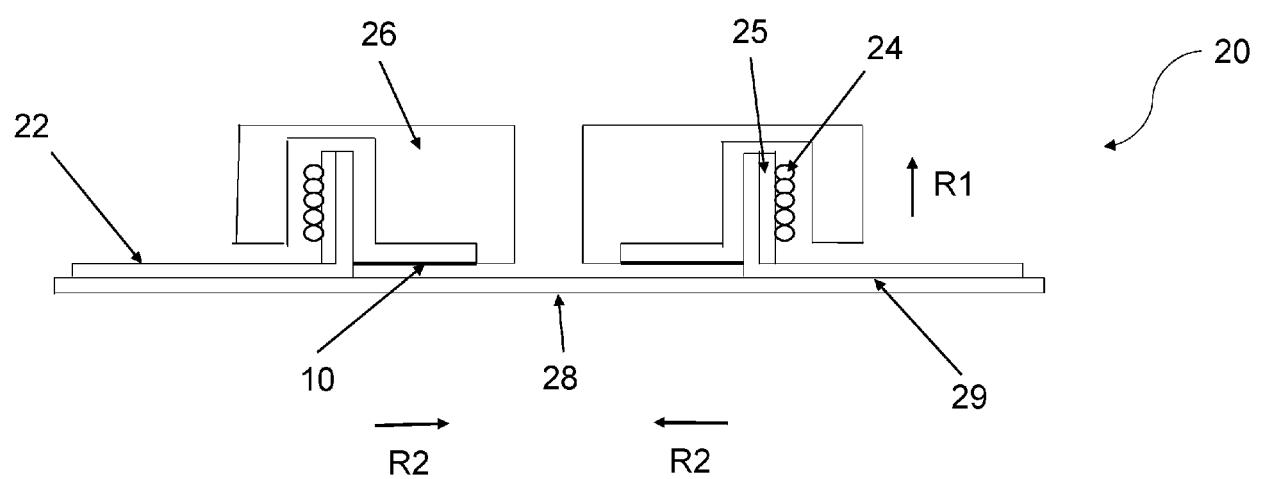
Figur 2(c)



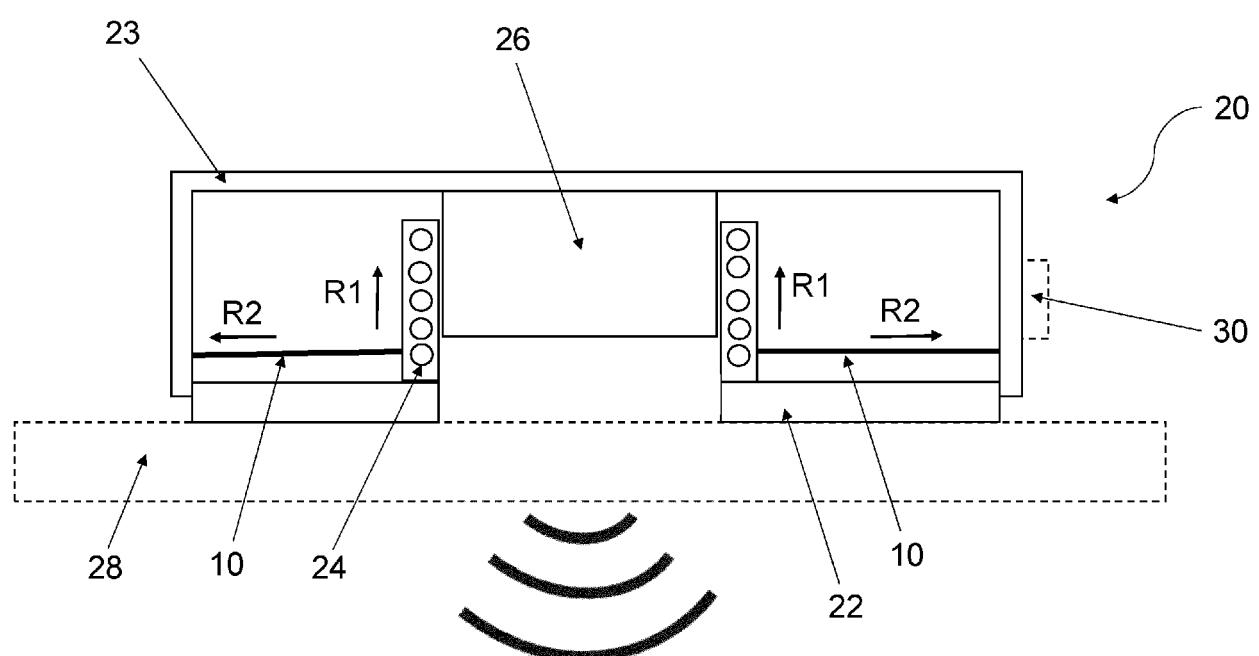
Figur 3



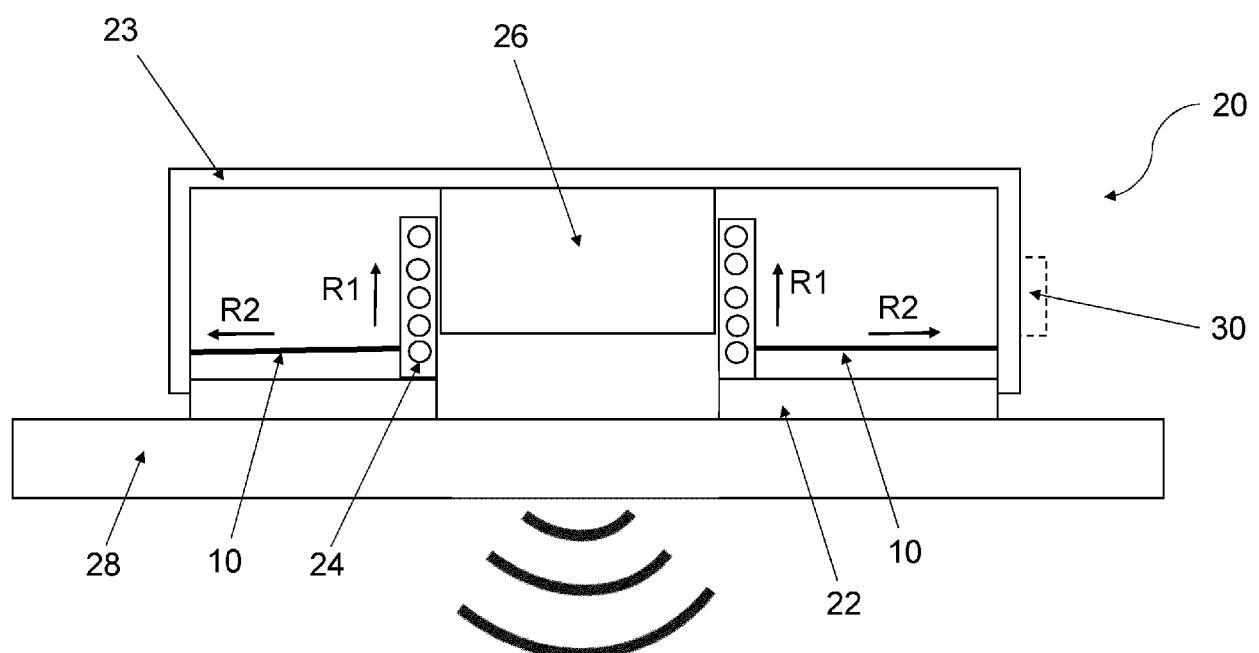
Figur 4



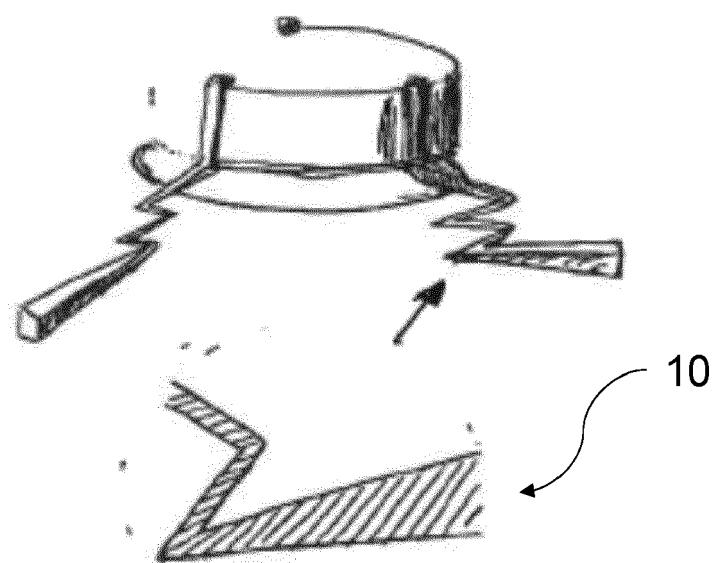
Figur 5



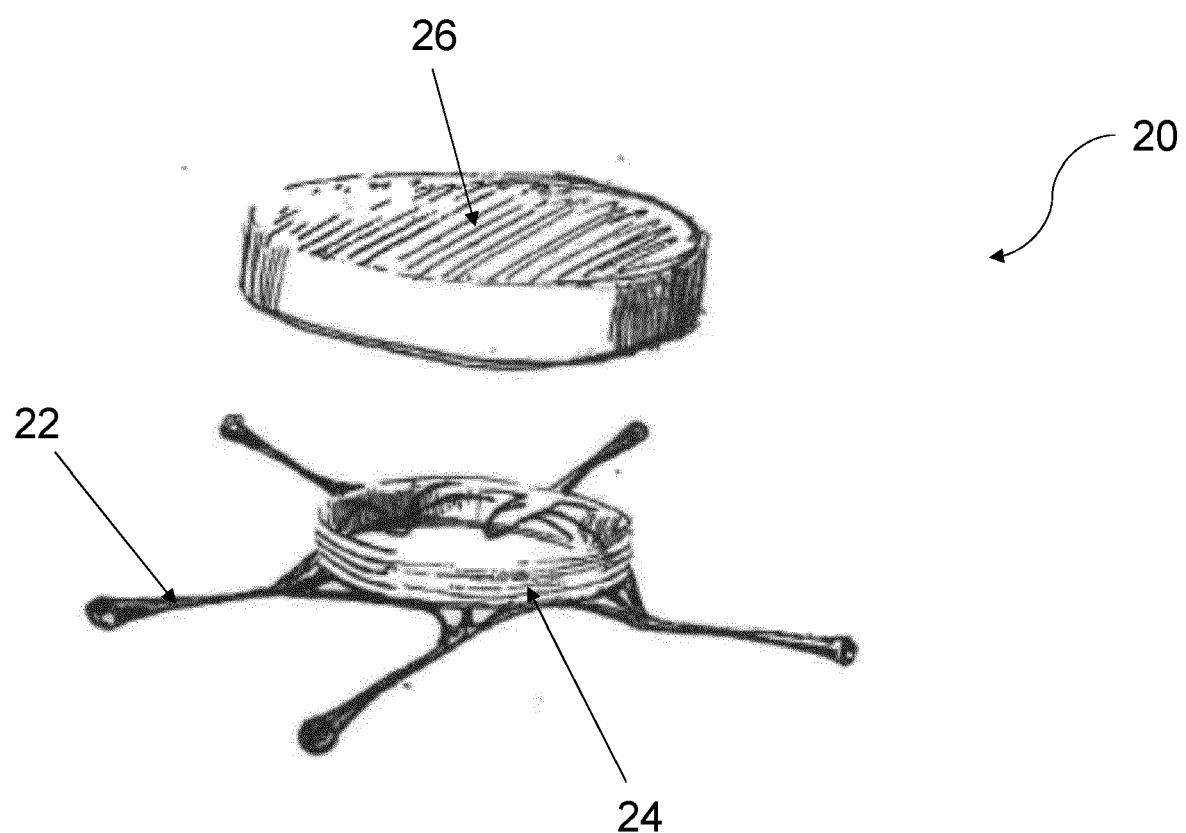
Figur 6



Figur 7

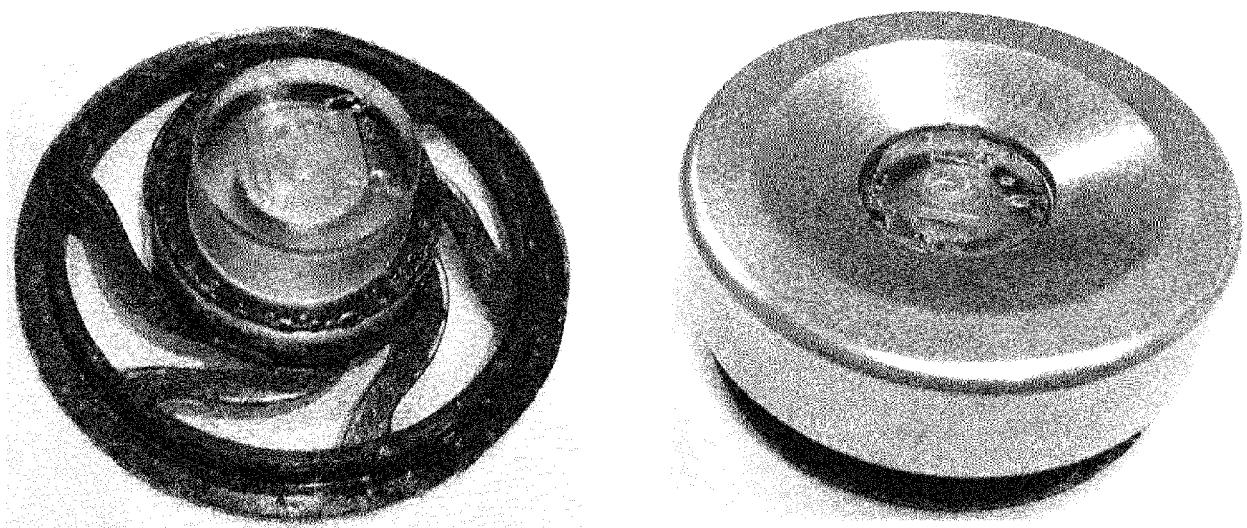


Figur 8

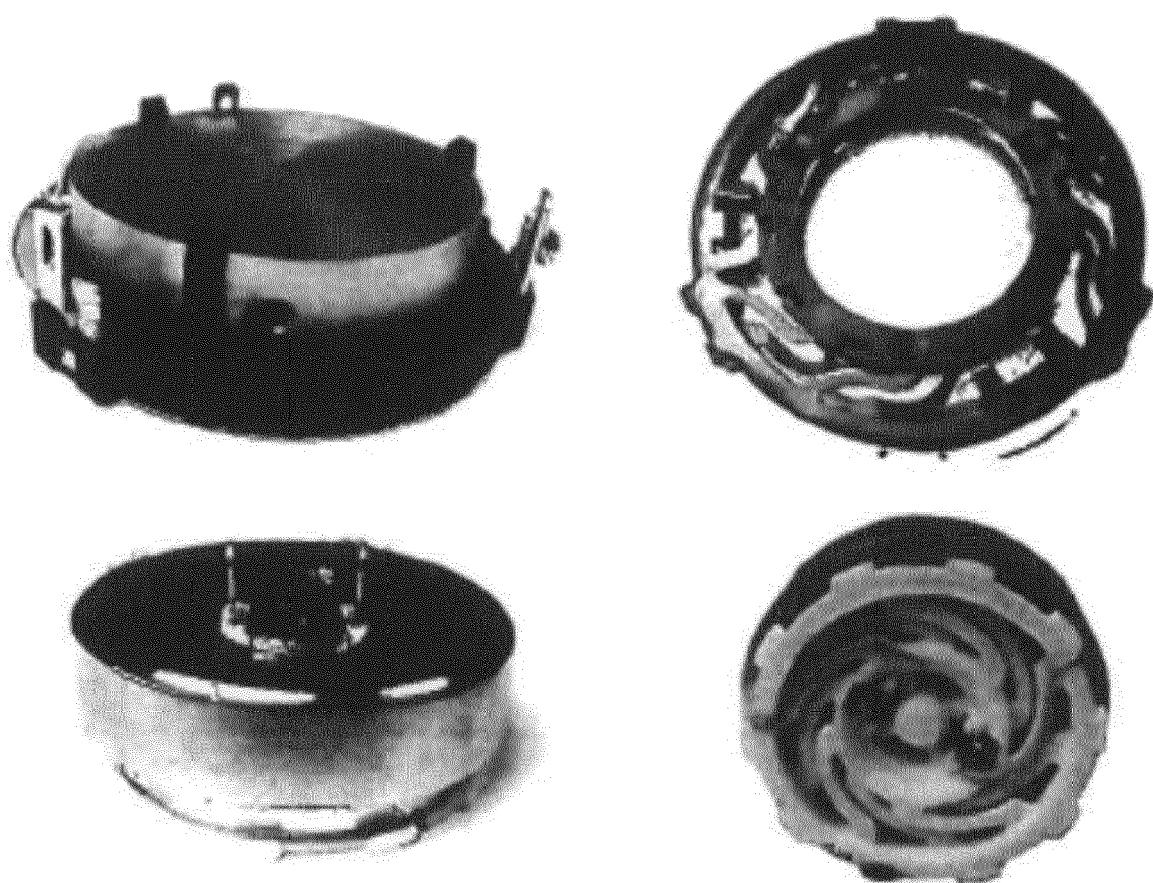


Figur 9

EP 3 866 488 A1



Figur 10



Figur 11
(Stand der Technik)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 21 15 6825

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	X	EP 1 715 720 A1 (PIONEER CORP [JP]; PIONEER TOHOKU CORP [JP]) 25. Oktober 2006 (2006-10-25) * Absätze [0038], [0039]; Abbildung 1 *	1-10,13, 14	INV. H04R9/04 H04R11/02 H04R7/16 H04R9/06 H04R9/02
15	X	WO 00/13463 A1 (CYTEC TECH CORP [US]) 9. März 2000 (2000-03-09)	1-10,13, 14	
	Y	* Seite 6, Zeile 4 - Zeile 6 * * Seite 12, Zeile 2 - Zeile 7 * * Seite 13, Zeile 30 - Seite 14, Zeile 11 * * Seite 15, Zeile 11 - Zeile 13 * * Seite 18, Zeile 34 - Seite 19, Zeile 3 * * Abbildungen 1-5 *	11,12	
20				
25	Y	DE 10 2016 111872 A1 (HEINEN ARNO [DE]) 4. Januar 2018 (2018-01-04) * Absatz [0001] * * Absätze [0030], [0031], [0034]; Abbildungen 1, 2a, 2b *	11,12	
				RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
30				H04R
35				
40				
45				
50	1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
		Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
		Den Haag	14. Mai 2021	Betgen, Benjamin
		KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		
		X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
		Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
		A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
		O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
		P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 21 15 6825

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-05-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	EP 1715720 A1 25-10-2006	EP JP JP US	1715720 A1 4795712 B2 2006303971 A 2006249327 A1	25-10-2006 19-10-2011 02-11-2006 09-11-2006	
20	WO 0013463 A1 09-03-2000	AU EP TW WO	5346399 A 1116412 A1 453130 B 0013463 A1	21-03-2000 18-07-2001 01-09-2001 09-03-2000	
25	DE 102016111872 A1 04-01-2018	DE EP	102016111872 A1 3264794 A1	04-01-2018 03-01-2018	
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

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

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 102006031433 B4 [0002]
- DE 102016118545 A1 [0002]