

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

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
7. Februar 2013 (07.02.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/017400 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F03B 13/14 (2006.01) *H01L 41/113* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/063888
- (22) Internationales Anmeldedatum:
16. Juli 2012 (16.07.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 080 120.0 29. Juli 2011 (29.07.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MICHALKE, Gabriele** [DE/DE]; Bauernwaldstr. 154, 70195 Stuttgart (DE). **HAGEMANN, Benjamin** [DE/DE]; Missenharter Weg 36/1, 70839 Gerlingen (DE). **GRAUER, Matthias** [DE/DE]; Neubergstr. 28, 97072 Würzburg (DE). **DENES, Istvan** [DE/DE]; Im Raisger 3, 71336 Waiblinge/Hohenacker (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**, Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FLEXIBLE STRUCTURE FOR GENERATING ELECTRICAL ENERGY FROM WAVE MOTIONS

(54) Bezeichnung : FLEXIBLE STRUKTUR ZUR ERZEUGUNG ELEKTRISCHER ENERGIE AUS WELLENBEWEGUNGEN

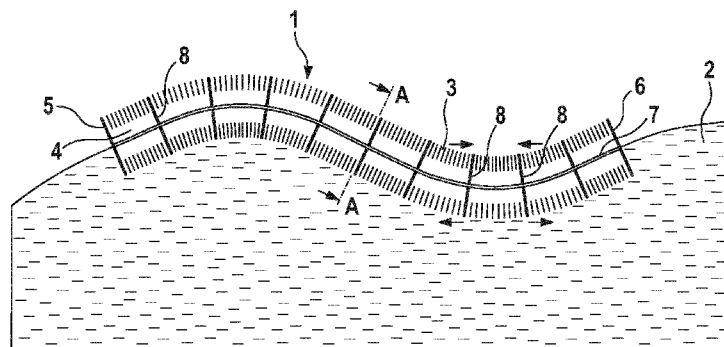


FIG. 1

(57) Abstract: Apparatus for generating electrical energy from the motion of waves, comprising at least one flexible, floating tube which is closed at both of its ends, characterized in that the flexible, floating tube comprises a wall which has at least one horizontal stack which extends in the longitudinal direction of the flexible, floating tube and comprises at least one layer comprising a layer of an electroactive polymer and at least one layer which functions as a flexible electrode, and also a method for generating electrical energy from wave motions, in which the flexible, floating tube is exposed to the wave motions, as a result of which sections of the stacks are expanded or compressed, and the layers of the electroactive polymers in the compressed sections are charged with the aid of control electronics, and then the excess electrical energy which results from the decompression of these sections and the associated separation of the charges in the electroactive polymer of this region is obtained by a capacitive discharging phase.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/017400 A2

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Vorrichtung zur Erzeugung elektrischer Energie aus der Bewegung von Wellen, umfassend mindestens ein flexibles, schwimmfähiges Rohr, das an seinen beiden Enden verschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, dass das flexible, schwimmfähige Rohr eine Wandung umfasst, die mindestens einen liegenden und sich in Längsrichtung des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs erstreckenden Stapel aufweist, der mindestens eine Lage, umfassend eine Schicht aus einem elektroaktiven Polymer und mindestens eine als flexible Elektrode fungierende Schicht, umfasst, sowie ein Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie aus Wellenbewegungen bei dem das flexible, schwimmfähige Rohr den Wellenbewegungen ausgesetzt wird, wodurch Abschnitte der Stapel gedehnt oder gestaucht werden, und die Lagen der elektroaktiven Polymere in den gestauchten Abschnitten mit Hilfe einer Steuerelektronik geladen werden und anschließend die sich aus der Entspannung dieser Abschnitte und der damit verbundenen Trennung der Ladungen im elektroaktiven Polymer dieses Bereichs resultierende überschüssige elektrische Energie durch eine kapazitive Entladungsphase gewonnen wird.

5 Beschreibung

Titel

Flexible Struktur zur Erzeugung elektrischer Energie aus Wellenbewegungen

10 Stand der Technik

Zur Gewinnung elektrischer Energie kann die Bewegungsenergie von Wellen genutzt werden. Eine Möglichkeit besteht beispielsweise darin, beweglich miteinander verbundene Schwimmkörper zu verwenden, deren Bewegung zueinander einen Generator antreibt. Derartige Vorrichtungen sind beispielsweise aus der Europäischen Patentschrift EP 1 115 976 B1 bekannt, mit der eine Vorrichtung zum Gewinnen von Energie aus Wellen beansprucht wird, die eine Vielzahl schwimmender Körperteile, die miteinander verbunden sind, um eine gegliederte Struktur zu bilden, beinhaltet, wobei jedes Paar angrenzender Körperteile mit dem anderen durch ein Kopplungsteil derartig verbunden ist, dass eine relative Drehbewegung der Körperteile erlaubt wird, wobei jedes Kopplungsteil ein Element beinhaltet, dass angepasst ist, um aus der relativen Drehbewegung der Körperteile Energie zu gewinnen, und wobei die Vorrichtung ferner ein Mittel beinhaltet, um der Achse der relativen Drehbewegung an jedem Kopplungsteil weg von der horizontalen und/oder vertikalen Richtung einen Rollschneidwinkel aufzuerlegen. Diese Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass sie variable Einschränkungsmittel beinhaltet, die an jedem Kopplungsteil bereitgestellt sind und die angepasst sind, um der relativen Drehung jedes Paares angrenzender Körperteile als Reaktion auf den vorherrschenden Seegang periodisch variierende Einschränkungen aufzuerlegen.

Kinetische Energie lässt sich auch mit Hilfe elektroaktiver Polymere (EAP) in elektrische Energie umwandeln. Dazu sind sich wiederholende Zyklen der Verformung und Entspannung des elektroaktiven Polymers erforderlich. Elektroaktive Polymere zeichnen sich dadurch aus, dass sie ihre Form durch das Anlegen einer elektrischen Spannung ändern. Aufgrund dessen finden elektroaktive Po-

lymere Verwendung als Aktoren. Alternativ dazu ermöglichen EAPs einen Betrieb als Generator, bei dem eine direkte Umwandlung mechanischer Dehnungsenergie in elektrische Energie erfolgt. Die Umwandlung erfolgt auf kapazitiver Basis durch Verschieben von Ladungen. Bei der Energiegewinnung mittels elektroaktiver Polymere wird der Generator, umfassend zwei nachgiebige Elektroden, zwischen denen das elektroaktive Polymer eingebracht ist, aufgrund äußerer Krafteinwirkung gedehnt. Im Zustand maximaler Dehnung des elektroaktiven Polymergenerators wird die Anordnung mit elektrischen Ladungen unterhalb der Durchbruchfeldstärke beaufschlagt. Bei Verringerung der äußeren Krafteinwirkung entspannt sich der Generator aufgrund der elastischen Wirkung des Polymers. In dieser Phase erhöht sich die im Generator gespeicherte Energie. Dieser Vorgang stellt die eigentliche Umwandlung der mechanischen Bewegung in die elektrische Energie dar. Sobald der Generator vollständig relaxiert ist, wird die Anordnung entladen, wodurch der Generator wieder seine Ausgangslänge erreicht. Der Energiegewinnungszyklus kann erneut beginnen.

Offenbarung der Erfindung

Mit der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung zur Erzeugung elektrischer Energie aus der Bewegung von Wellen beziehungsweise zur Umwandlung kinetischer Energie in elektrische Energie bereitgestellt, die keine hydraulische Übertragung der Wellenbewegung an einen Hydraulikmotor benötigt, sondern die elektroaktive Polymere für die Stromerzeugung nutzt. Mit der vorliegenden Erfindung wird ferner eine Methode zur Erzeugung elektrischer Energie aus der Bewegung von Wellen bereitgestellt, bei der die Bewegungsenergie mit Hilfe elektroaktiver Polymere in elektrische Energie umgewandelt wird.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst mindestens ein flexibles, schwimmfähiges Rohr, das an beiden Enden verschlossen ist, so dass hohle Struktur ausgebildet wird. Das Rohr zeichnet sich dadurch aus, dass es eine Wandung umfasst, die mindestens einen liegenden und sich in Längsrichtung des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs (1, 12, 21, 40) erstreckenden Stapel aufweist, der mindestens eine Lage, umfassend eine Schicht aus einem elektroaktiven Polymer und mindestens eine als flexible Elektrode fungierende Schicht, umfasst. Die Schicht aus elektroaktivem Polymer und die Elektrodenschicht(en) einer jeden

Lage stehen in direktem Kontakt miteinander. Die Elektrodenschichten können metallisch oder aus leitfähigen Polymeren gebildet sein.

Bei einer Ausführungsform weist die Wandung des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs mehrere parallel zueinander verlaufende, liegende Stapel auf. Bei Ausführungsformen mit mehreren parallel zueinander verlaufenden Stapeln, sind diese Stränge für Wasser und/ Gas undurchlässig miteinander verbunden. Die Verbindung kann beispielsweise durch Verkleben oder Verschweißen benachbarter Stränge miteinander erfolgen. Die Stränge können aber auch in ein anderes Material, vorzugsweise ein Polymer, eingebettet sein.

Gemäß einer Ausführungsform weist der mindestens eine Stapel mehrere unmittelbar aufeinander folgende Lagen auf, von denen jede Lage aus einer Schicht eines elektroaktiven Polymers und einer als flexible Elektrode fungierenden Schicht aufgebaut ist. Bei dieser Ausführungsform weist der mindestens eine Stapel mehrere zweischichtige Lagen auf, so dass die Elektrodenschicht der einen Lage auch mit der Schicht aus elektroaktivem Polymer der nächsten Lage des Stapels in Kontakt steht und somit die zweite Elektrode für das elektroaktive Polymer der darauf folgenden Lage ist.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform weist der mindestens eine Stapel mehrere Lagen auf, von denen jede Lage aus einer zwischen zwei als flexible Elektroden fungierenden Schichten angeordneten Schicht eines elektroaktiven Polymers aufgebaut ist, wobei aufeinander folgende Lagen durch mindestens eine Isolierschicht voneinander getrennt sind. Bei dieser Ausführungsform weist der mindestens eine Stapel mehrere dreischichtige Lagen auf, bei denen eine Schicht elektroaktiven Polymers auf beiden Flächen von jeweils einer Elektrodenschicht flankiert wird. Die Elektrodenschichten benachbarter Lagen sind durch mindestens eine dazwischen angeordnete Isolierschicht, beispielsweise aus einem nicht leitfähigen Polymer, elektrisch nicht leitend voneinander getrennt. Diese Ausführungsform bietet den besonderen Vorteil, dass durch die Materialauswahl für die Isolierschichten und deren Dicke die Flexibilität der erfindungsgemäßen Vorrichtung einstellbar ist.

Bei den Stapeln kann es sich um Stapel aus aufeinander folgende, separate Lagen eines nicht leitfähigen Polymers und eines elektroaktiven Polymers handeln.

Das bedeutet, dass der mindestens eine Stapel nicht einstückig ausgebildet ist. In einer anderen Ausführungsform können die Lagen als einstückiges Bauelement ausgebildet sein, beispielsweise durch eine entsprechende Faltung eines Folienstreifens aus elektroaktiven Polymer und/oder eines Elektrodenstreifens, zum Beispiel durch eine Leporellofaltung dieses Streifens.

Bei einer alternativen Ausführungsform wird das flexible, schwimmbfähige Rohr aus mindestens einem helikal gewundenen Streifen gebildet, der eine Schicht elektroaktiven Polymers und mindestens eine Elektroden Schicht umfasst, wobei die Schicht des elektroaktiven Polymers vorzugsweise in Form von voneinander getrennten Ringsegmenten ausgebildet ist. Alternativ kann der helikal gewundene Streifen eine Schicht elektroaktiven Polymers umfassen, die zwischen zwei Elektroden Schichten angeordnet ist, sowie eine Isolierschicht auf zumindest einer Seite des Streifens. Bei dieser Ausführungsform sind die aufeinander folgenden Windungen der Helix fest und wasser- und/oder gasundurchlässig miteinander verbunden, so dass sie die Wandung des sich ergebenden flexiblen Röhrs ausbilden, wobei die hintereinander angeordneten Segmente aus elektroaktivem Polymer einen Stapel ausbilden.

Die Anzahl der Ringsegmente pro Windung der Helix (entsprechend 360°) kann variieren. In einer Ausführungsform kann jede Windung zwei Segmente aufweisen. Mit dieser Ausführungsform ist es möglich, die Bewegung der Helix in einer Ebene zur Stromgewinnung zu nutzen. Vorzugsweise weist jede Windung der Helix mehr als zwei Ringsegmente auf, besonders bevorzugt 4 Ringsegmente. Jede Windung der Helix kann auch 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 oder mehr Ringsegmente aus elektroaktivem Polymer aufweisen. Mehr als 2 Ringsegmente aus elektroaktivem Polymer pro Windung der Helix ermöglicht eine Nutzung der Wellenbewegung, unabhängig von deren Richtung.

Vorzugsweise weisen alle Windungen der Helix die gleiche Anzahl an Ringsegmenten aus elektroaktivem Polymer auf. Die Zahl der Ringsegmente pro Windung in der zylindrischen Struktur kann aber auch in Bezug zueinander variieren.

Unabhängig von der Ausgestaltung der Wand der Rohre sind die Rohre nicht offen, sondern an ihren beiden, einander gegenüberliegenden Enden verschlossen. In einer Ausführungsform sind die Rohre mit Platten verschlossen, die auf die En-

den des Rohrs über der jeweiligen Öffnung angeordnet sind. Durch den Verschluss des flexiblen Rohr wird ein Hohlraum im Inneren ausgebildet, der dem Rohr sein Schwimmfähigkeit verleiht.

5 In einer Ausführungsform weist das flexible, schwimmfähige Rohr ein flexibles Rückgrat in seinem Hohlraum auf. Das Rückgrat erstreckt sich im Wesentlichen über die gesamte Länge des Hohlraums und besteht aus einem flexiblen Material, das sich an die Wellenbewegung anpassen kann. Bei dem Rückgrat kann es sich um einen Stab, ein Seil oder ein dünnes Rohr handeln. Das Rückgrat im Inneren des flexiblen, schwimmfähigen Rohr verhindert ein Knicken oder Verziehen des flexiblen, schwimmfähigen Rohr bei großen Belastungen.

10 Bei einer bevorzugten Ausführungsform weist das flexible, schwimmfähige Rohr Abstandshalter auf, die in bestimmten Abständen zueinander entlang der Längsrichtung des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs angeordnet sind. Die Abstandshalter halten das Rückgrat im Inneren des flexiblen, schwimmfähigen Rohr auf im Wesentlichen den gleichen Abstand zur Wandung des Rohrs.

15 In einer alternativen oder zusätzlichen Ausführungsform weist das flexible, schwimmfähige Rohr Ringe auf, die das flexible, schwimmfähige Rohr umgeben oder die zwischen zwei Lagen der Stapel in die Wandung des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs integriert sind. Die Ringe sind in bestimmten Abständen zueinander entlang der Längsrichtung des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs angeordnet. Die Ringe können aus einem Metall, vorzugsweise aus Stahl, besonders bevorzugt aus rostfreiem Stahl, oder aus einem Polymer bestehen. Mit der Anordnung der Ringe in bestimmten Abständen entlang der Längsachse des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs kann ein Knicken oder Verziehen des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs vermieden werden.

20 Bei einer weiteren oder zusätzlichen Ausführungsform ist der Hohlraum des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs mit einem Gas, einem Gasgemisch oder einer Flüssigkeit gefüllt. Beispielsweise kann es sich bei der Flüssigkeit um Seewasser handeln. Vorzugsweise steht die Füllung des Hohlraums unter Druck, so dass die von außen auf die Struktur einwirkenden Kräfte, die zu einem Knicken oder Verziehen des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs führen können, zumindest teilweise ausgeglichen werden. Die hohle, zylinderförmige Struktur kann mindestens ein

Ventil aufweisen, mit dem der Druck der Füllung eingestellt bzw. kontrolliert werden kann.

Die Vorrichtung umfasst ferner eine Steuerelektronik, d. h. mindestens einen elektronischen Schaltkreis, mit der zwischen unterschiedlichen Abschnitten eines Stapels hin- und her geschaltet werden kann, um die für die mit Hilfe von elektroaktiven Polymeren erfolgende Stromgewinnung aus Wellenbewegung erforderliche Initialladung für eine Lage aus elektroaktivem Polymer oder für die Lagen aus elektroaktivem Polymer in einem Abschnitt des flexiblen, schwimmfähigen Rohr bereitzustellen.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform werden unterschiedliche Stapel aus aufeinander folgenden Lagen und/oder unterschiedliche Abschnitte des selben Stapels oder unterschiedlicher Stapel durch die Steuerelektronik derart miteinander verbunden, dass ein Teil der in der Entladungsphase der elektroaktiven Polymere eines Stapelabschnitts erzeugten elektrischen Energie für die Initialladung der sich in der Ladungsphase befindlichen Lagen aus elektroaktivem Polymer eines anderen Abschnitts verwendet werden kann.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht mit ihrem flexiblen, schwimmfähigen Rohr eine bessere Anpassung ihrer Bewegung an die Wellenbewegung als starre, gelenkig miteinander verbundene Schwimmkörper. Dadurch wird eine Stromerzeugung mit Hilfe von elektroaktiven Polymeren möglich, auch bei relativ geringem Wellengang. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann am Meeresboden verankert und über ein für Strom leitfähiges Kabel mit dem Land verbunden werden.

Die vorliegende Erfindung erstreckt sich auf ein Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie aus der Bewegung von Wellen, d. h. aus der Bewegungsenergie der Wellen, insbesondere auf ein Verfahren, bei dem die erfindungsgemäße Vorrichtung verwendet wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren schwimmt das flexible, schwimmfähige Rohr auf dem Wasser, vorzugsweise auf dem Meer, und wird den Wellenbewegungen ausgesetzt. Dabei wird das flexible, schwimmfähige Rohr in den Bereichen der Wellentäler und der Wellenkämme durch das eigene Gewicht gebogen.

In Folge dessen werden Abschnitte der Stapel gedehnt oder gestaucht. Im Bereich des Wellentals werden die im Wasser befindlichen Stapelabschnitte gedehnt und die ihnen gegenüber liegenden, der Wasseroberfläche abgewandten Stapelabschnitte gestaucht. Im Bereich des Wellenkamms werden dagegen die im Wasser befindlichen Stapelabschnitte gestaucht und die ihnen gegenüber liegenden, der Wasseroberfläche abgewandten Stapelabschnitte gedehnt. Durch die fortwährenden Wellenbewegungen unterliegen alle Stapel, Stapelabschnitte und Lagen aus elektroaktivem Polymer einem sich ständig wiederholenden Zyklus aus Stauchung und Dehnung. Diese Zyklen werden zur Erzeugung elektrischer Energie genutzt.

Die Erzeugung der elektrischen Energie beziehungsweise die Stromgewinnung mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung umfasst folgende Phasen:

1. einige Abschnitte der Stapel mit den dort angeordneten Lagen aus elektroaktivem Polymer werden gestaucht;
2. die Lagen der elektroaktiven Polymere in diesen gestauchten Abschnitten werden mit Hilfe einer Steuerelektronik geladen;
3. die gestauchten Abschnitte der Stapel entspannen sich und die Ladungen in den Lagen aus elektroaktivem Polymer werden durch den zunehmenden Abstand der mit den Lagen verbundenen Elektroden getrennt; und
4. die überschüssige elektrische Energie der elektroaktiven Polymere wird durch eine kapazitive Entladungsphase gewonnen.

Das Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie aus Wellenbewegungen zeichnet sich dadurch aus, dass das mindestens eine flexible, schwimmfähige Rohr einer Vorrichtung, umfassend mindestens ein flexibles, schwimmfähiges Rohr, das an seinen beiden Enden verschlossen ist und eine Wandung umfasst, die mindestens einen liegenden und sich in Längsrichtung des Rohres erstreckenden Stapel aufweist, der mindestens eine Lage, umfassend eine Schicht aus einem elektroaktiven Polymer und mindestens eine als flexible Elektrode fungierende Schicht, umfasst, den Wellenbewegungen von Wasser ausgesetzt wird, wobei Abschnitte der Stapel gedehnt oder gestaucht werden, und die Lagen der elektroaktiven Polymere in den gestauchten Abschnitten mit Hilfe einer Steuerelektronik geladen werden und anschließend die sich aus der Entspannung dieser Abschnitte und der damit verbundenen Trennung der Ladungen im elektroak-

tiven Polymer dieses Bereichs resultierende überschüssige elektrische Energie durch eine kapazitive Entladungsphase gewonnen wird.

Die Erfindung wird nachfolgend mit Bezug auf die Abbildungen und konkreten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass weder die Abbildungen noch die zur Erläuterung verwendeten konkreten Ausführungsformen als die Erfindung hierauf beschränkend angesehen werden sollen. Die Erfindung wird ausschließlich durch die Ansprüche bestimmt.

Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung ein flexibles, schwimmfähiges Rohr 1 einer erfindungsgemäßen Vorrichtung im Längsschnitt. Das flexible, schwimmfähige Rohr 1 schwimmt auf dem Wasser 2. Das flexible, schwimmfähige Rohr 1 umfasst eine im Wesentlichen kreisrunde Zylinderwand 3, die im Wesentlichen aus parallel zueinander verlaufenden Strängen 9 besteht, von denen jeder aus einem Stapel aus aufeinander folgenden Lagen, umfassend eine Schicht eines elektroaktiven Polymers, aufgebaut ist, und die einen Hohlraum 4 begrenzen. Das flexible, schwimmfähige Rohr 1 ist an seinen beiden Enden, in Bezug auf seine Längsausdehnung, verschlossen, beispielsweise durch eine erste Platte 5 an einem seiner Enden und durch eine zweite Platte 6 an seinem anderen, dem ersten Ende gegenüberliegenden zweiten Ende. Die beiden Platten 5, 6 begrenzen den Hohlraum 4 an den Enden des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs 1. Das flexible, schwimmfähige Rohr 1 weist ein Rückgrat 7 auf, das sich im Wesentlichen über die gesamte Länge des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs 1 erstreckt und im Zentrum des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs 1 verläuft, bezogen auf den kreisförmigen Querschnitt. Das flexible, schwimmfähige Rohr 1 weist ferner Abstandshalter 8 auf, die in regelmäßigen Abständen entlang der Längsachse des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs 1 angeordnet sind und das Rückgrat auf einen im Wesentlichen gleichbleibenden Abstand zur Zylinderwand 3 hält.

Das Rohr 1 ist schwimmfähig und so flexibel, dass es sich der Bewegung des Wassers 2 an seiner Oberfläche, d. h. der Wellentopographie, anpassen kann. Dabei werden Abschnitte des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs 1 gebogen, wobei die Wandbereiche der gebogenen Abschnitte, die einen geringeren Radius als das Rückgrat in dem selben Abschnitt haben, gestaucht sind und die diesen Bereichen gegenüber liegenden Bereiche des selben gebogenen Abschnitts, die einen größeren Radius als das Rückgrat in dem selben Abschnitt haben, gedehnt

sind, bezogen auf die gestreckt geradlinige Ruhelage des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs 1. Ein gestauchter Bereich wird in Figur 1 durch die aufeinander zeigenden schwarzen Pfeile angedeutet, und ein gedehnter Bereich wird durch die beiden schwarzen, voneinander weg zeigenden Pfeile angezeigt.

5

Figur 2 ist ein schematischer Querschnitt durch ein flexibles, schwimmfähiges Rohr 1 gemäß Figur 1 entlang der Linie A-A und veranschaulicht, dass die Wand des Rohrs im Wesentlichen aus parallel zueinander verlaufenden Strängen 9 aufgebaut ist, die für Wasser und/oder Gas undurchlässig miteinander verbunden sind. Der Abstandshalter 8 kann aus einem mit Bohrungen versehenen Ring 10 bestehen, wobei die Stränge durch die Bohrungen laufen. Der Abstandshalter weist mindestens eine Strebe auf, die sich von der Innenseite der Rohrwand bis zum Rückgrat 7 erstreckt. Vorzugsweise weist der Abstandshalter mehrere Streben 11 auf, besonders bevorzugt 2, 3, 4, 5, 6 oder 8 Querstreben, die sich vom Innenrand des Rings 10 bis zum Rückgrat 7 erstrecken.

10

15

Die Figuren 3 und 4 zeigen eine andere Ausführungsform des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei Figur 4 einen Querschnitt durch das in Figur 3 im Längsschnitt dargestellte flexible, schwimmfähige Rohr 12 entlang der Linie B-B zeigt. Das auf dem Wasser 2 schwimmende flexible, schwimmfähige Rohr 1 weist eine im Wesentlichen kreisrunde Wand 13 auf, die im Wesentlichen aus den parallel zueinander verlaufenden Strängen 9 aufgebaut ist und die einen Hohlraum 14 begrenzen. Das Rohr 12 ist an seinen beiden Enden, in Bezug auf seine Längsausdehnung, durch eine erste Platte 15 an einem Ende und durch eine zweite Platte 16 am gegenüberliegenden Ende verschlossen. Die beiden Platten 15, 16 begrenzen den Hohlraum 14 an den Enden der Struktur 12.

20

25

Das Rohr 12 weist ferner Ringe 20 auf, die mit Bohrungen versehen sind, durch deren Wand die Stränge 9 laufen, und die in regelmäßigen Abständen zueinander entlang des Rohrs 12 angeordnet sind.

30

Die Figuren 5 und 6 zeigen eine andere Ausführungsform des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei Figur 6 einen Querschnitt durch das in Figur 5 im Längsschnitt dargestellte flexible, schwimmfähige Rohr 21 entlang der Linie C-C zeigt. Bei dieser Ausführungsform

35

wird der Hohlraum 24, durch die im wesentlichen parallel zueinander verlaufenden Stränge 9, die aus Stapeln aufeinander folgender Lagen, umfassend eine Schicht eines elektroaktiven Polymers, gebildet werden und in ein weiteres Material 23 eingebettet sind, sowie durch die an den entgegengesetzten des Rohrs 21 angeordneten Platten 25 und 26 begrenzt. Der Hohlraum 24 ist mit einem Fluid 27 gefüllt, also einem Gas, Gasgemisch oder einer Flüssigkeit, vorzugsweise Wasser, besonders bevorzugt Meerwasser.

Figur 7 veranschaulicht den möglichen Aufbau eines Stapels 30 aus aufeinander folgenden Lagen. Bei dieser Ausführungsform ist der Stapel 30 in einer schlauchartigen Hülle 31 angeordnet. Der Stapel 30 besteht aus einer regelmäßigen Abfolge übereinander liegender Schichten aus einem elektroaktiven Polymer 32 und einer Elektrodenschicht 33 wobei die Schichten aus elektroaktivem Polymer einerseits und die Elektrodenschichten andererseits nicht als vollständig voneinander getrennte Schichten vorliegen, sondern an einem Außenbereich des Stapels 30 miteinander verbunden und somit einstückig ausgebildet sind, so dass die Schichten reißverschlussartig ineinander „verzahnte“ sind.

Figur 8 zeigt eine alternative Ausführungsform, bei der das flexible, schwimmfähige Rohr durch ein helikal gewundenen Streifen 42 gebildet wird. Der Streifen 42 umfasst eine Lage eines elektroaktiven Polymers. Die Windungen des Streifens 42 werden gas und/oder wasserdicht miteinander verbunden, so dass ein Rohr entsteht, bei dem das helikal gewundene Band die Wandung bildet, die einen Hohlraum 43 umschließt, wenn die einzelnen Windungen des Bandes 42 direkt aufeinander liegen.

Figur 9 zeigt einen Querschnitt durch eine Ausführungsform gemäß Figur 8 entlang der Linie D-D und zeigt eine Anordnung von 4 Segmenten (44, 45, 46, 47) aus elektroaktivem Polymer, die pro vollständiger Windung vorhanden sind, so dass bei einem aus diesem Streifen geformten Rohr vier parallel zueinander verlaufende Stapel aus hintereinander liegenden Schichten aus jeweils einem elektroaktiven Polymer und einer Elektrode gebildet werden.

5 Ansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung elektrischer Energie aus der Bewegung von Wellen, umfassend mindestens ein flexibles, schwimmfähiges Rohr (1, 12, 21, 40), das an seinen beiden Enden verschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, dass das flexible, schwimmfähige Rohr (1, 12, 21, 40) eine Wandung (3, 13, 23, 42) umfasst, die mindestens einen liegenden und sich in Längsrichtung des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs (1, 12, 21, 40) erstreckenden Stapel aufweist, der mindestens eine Lage, umfassend eine Schicht aus einem elektroaktiven Polymer und mindestens eine als flexible Elektrode fungierende Schicht, umfasst.
10
2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Stapel mehrere unmittelbar aufeinander folgende Lagen aufweist, von denen jede Lage aus einer Schicht eines elektroaktiven Polymers und einer als flexible Elektrode fungierenden Schicht aufgebaut ist.
15
3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Stapel mehrere Lagen aufweist, von denen jede Lage aus einer zwischen zwei als flexible Elektroden fungierenden Schichten angeordneten Schicht eines elektroaktiven Polymers aufgebaut ist, wobei aufeinander folgende Lagen durch mindestens eine Isolierschicht voneinander getrennt sind.
20
4. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das flexible, schwimmfähige Rohr (42) aus mindestens einem helikal gewundenen Streifen (42) gebildet wird, der eine Schicht eines elektroaktiven Polymers umfasst, wobei die Schicht des elektroaktiven Polymers vorzugsweise in Form von voneinander getrennten Segmenten (44, 45, 46, 47) ausgebildet ist.
25
5. Vorrichtung gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass jede Windung des helikal gewundenen Streifens (42) zwei oder mehr, vorzugsweise
30
- 35

3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 oder 12 Ringsegmente aus elektroaktivem Polymer aufweist.

- 5 6. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das flexible, schwimmfähige Rohr ein flexibles Rückgrat (7) aufweist, das sich im Hohlraum (4, 14, 24, 43) des Rohrs (1, 12, 21, 40) über im Wesentlichen die gesamte Länge des Hohlraums (4, 14, 24, 43) erstreckt.
- 10 7. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das flexible, schwimmfähige Rohr (1, 12, 21, 40) Abstandshalter (8) aufweist, die in bestimmten Abständen zueinander entlang der Längsrichtung des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs (1, 12, 21, 40) angeordnet sind und das Rückgrat (7) im Inneren des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs (1, 12, 21, 40) auf im Wesentlichen den gleichen Abstand zur Wandung (3, 13, 23, 42) des Rohrs (1, 12, 21, 40) halten.
- 15 8. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das flexible, schwimmfähige Rohr (1, 12, 21, 40) Ringe (20) aufweist, die in bestimmten Abständen zueinander entlang der Längsrichtung des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs (1, 12, 21, 40) angeordnet sind und das flexible, schwimmfähige Rohr (1, 12, 21, 40) umgeben oder die zwischen zwei Lagen der Stapel in die Wandung des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs (1, 12, 21, 40) integriert sind.
- 20 9. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlraum (4, 14, 24, 43) des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs (1, 12, 21, 40) mit einem Fluid (27) gefüllt ist, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die Gase, Gasgemische und Flüssigkeit umfasst.
- 25 10. Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie aus Wellenbewegungen, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine flexible, schwimmfähige Rohr (1, 12, 21, 40) einer Vorrichtung, umfassend mindestens ein flexibles, schwimmfähiges Rohr (1, 12, 21, 40), das an seinen beiden Enden verschlossen ist und eine Wandung (3, 13, 23, 42) umfasst, die mindestens einen liegenden und sich in Längsrichtung des flexiblen, schwimmfähigen Rohrs (1, 12, 21, 40) erstreckenden Stapel aufweist, der mindestens eine Lage, umfassend eine Schicht aus einem elektroaktiven Polymer und min-
- 30
- 35

5

destens eine als flexible Elektrode fungierende Schicht, umfasst, den Wellenbewegungen von Wasser (2) ausgesetzt wird, wobei Abschnitte der Stapel (9) gedehnt oder gestaucht werden, und die Lagen der elektroaktiven Polymere in den gestauchten Abschnitten mit Hilfe einer Steuerelektronik geladen werden und anschließend die sich aus der Entspannung dieser Abschnitte und der damit verbundenen Trennung der Ladungen im elektroaktiven Polymer dieses Bereichs resultierende überschüssige elektrische Energie durch eine kapazitive Entladungsphase gewonnen wird.

1 / 4

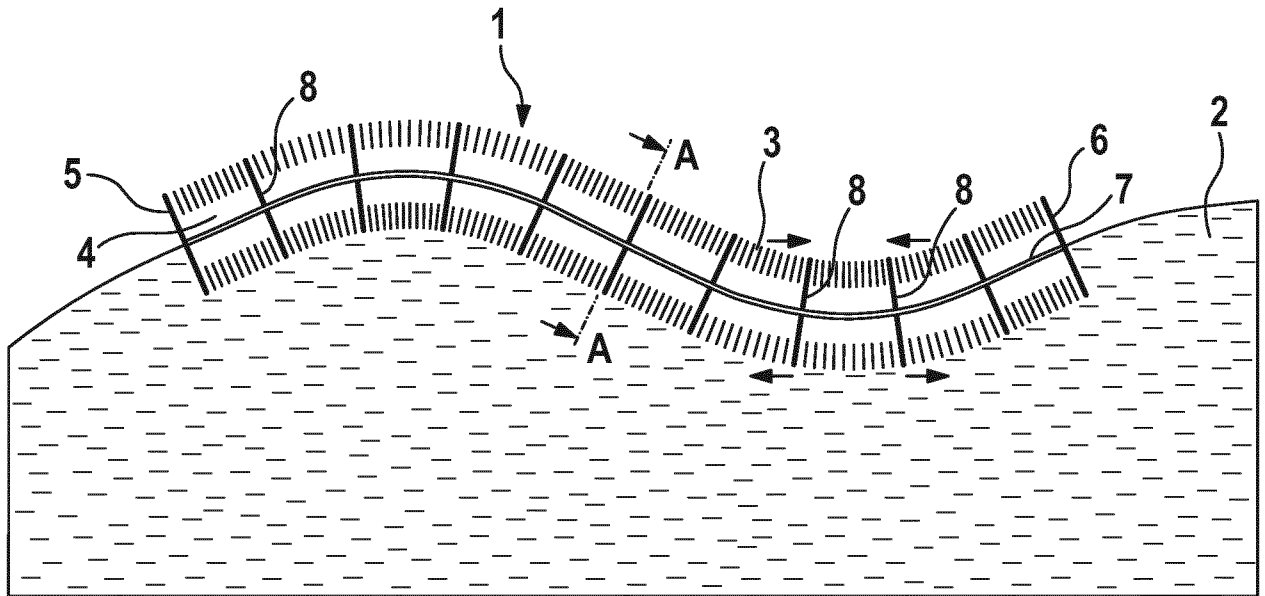


FIG. 1

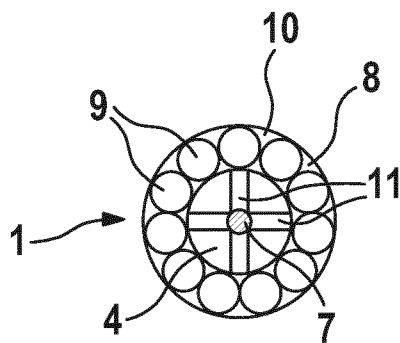


FIG. 2

2 / 4

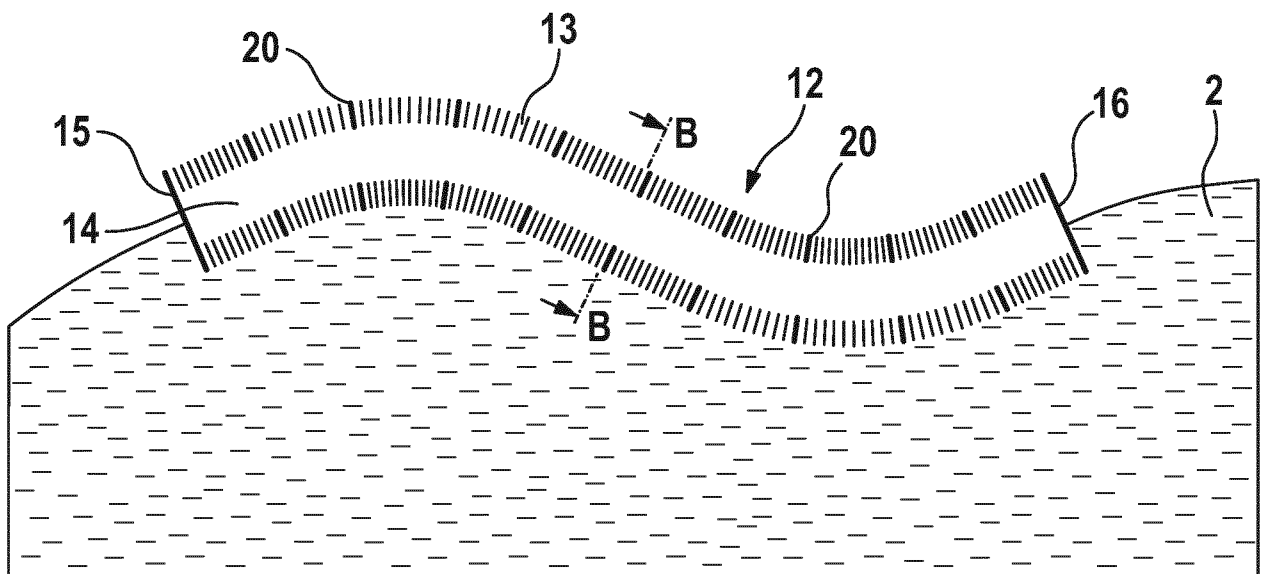


FIG. 3

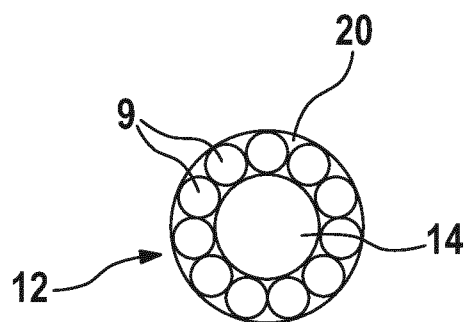


FIG. 4

3 / 4

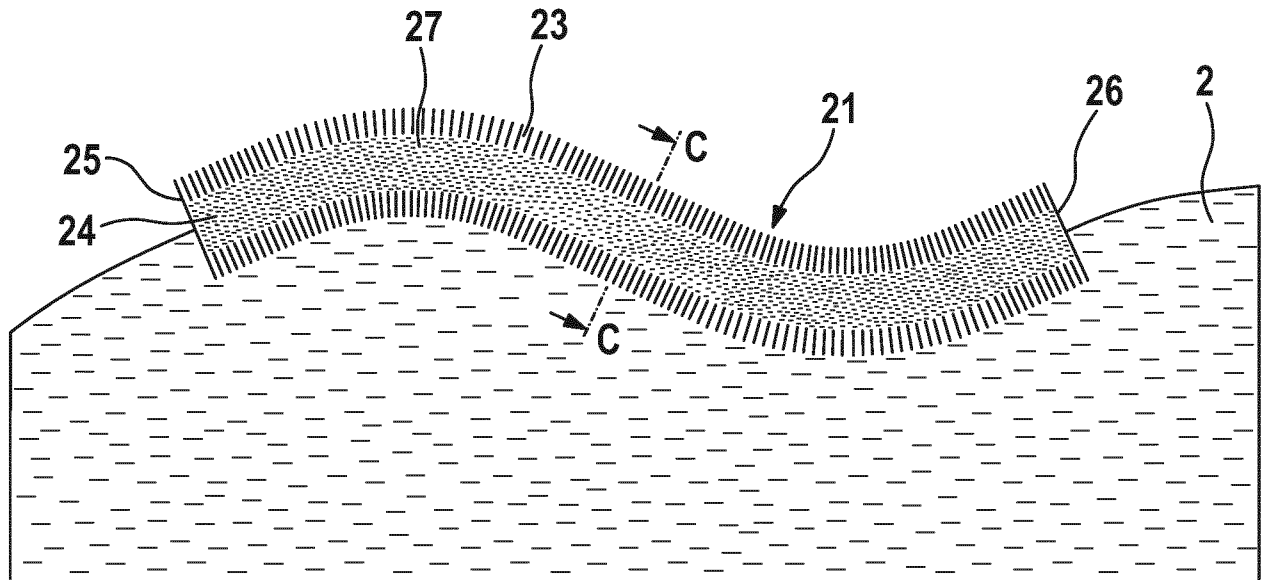


FIG. 5

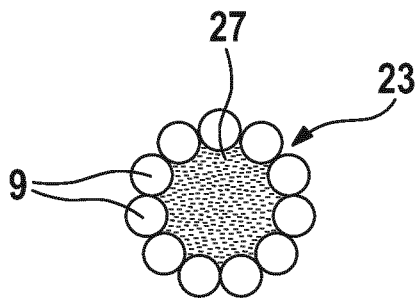


FIG. 6

4 / 4

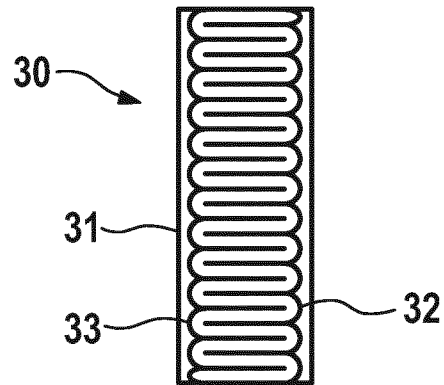


FIG. 7

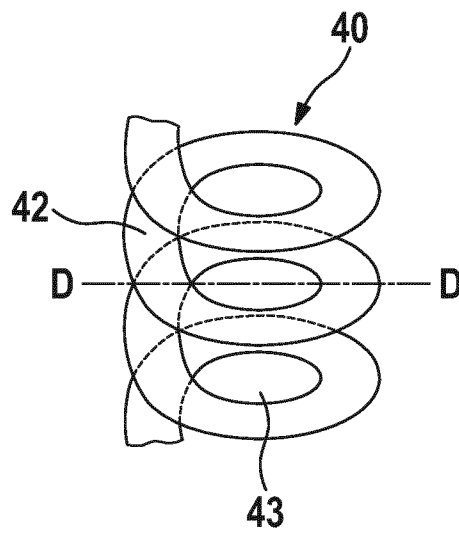


FIG. 8

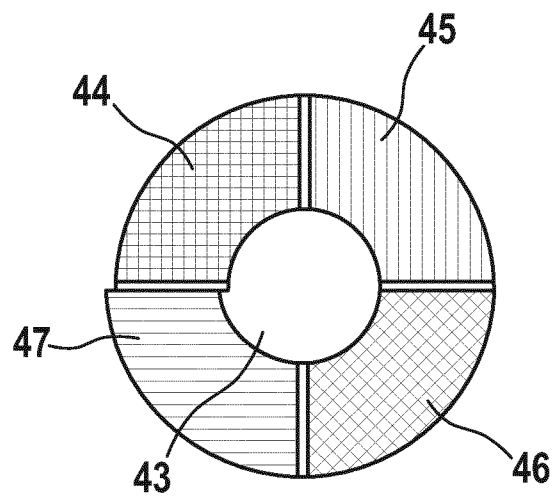


FIG. 9