

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5479472号
(P5479472)

(45) 発行日 平成26年4月23日 (2014. 4. 23)

(24) 登録日 平成26年2月21日 (2014. 2. 21)

(51) Int. Cl. F I
FO3B 13/18 (2006.01) FO3B 13/18
FO3B 13/12 (2006.01) FO3B 13/12

請求項の数 6 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2011-520108 (P2011-520108)	(73) 特許権者	505275837
(86) (22) 出願日	平成21年7月16日 (2009. 7. 16)		シングル・ブイ・ムアリングス・インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2011-529153 (P2011-529153A)		SINGLE BUOY MOORING S, INC.
(43) 公表日	平成23年12月1日 (2011. 12. 1)		スイス、ツェー・ハー 1723 マーリー、ルート・ドゥ・フリブール、5、ピィ・オウ・ボックス・152
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/050866	(74) 代理人	110001195
(87) 国際公開番号	W02010/011562		特許業務法人深見特許事務所
(87) 国際公開日	平成22年1月28日 (2010. 1. 28)	(72) 発明者	ポラック, ジャック
審査請求日	平成24年2月7日 (2012. 2. 7)		アメリカ合衆国、93010 カリフォルニア州、カマリロ、ラ・スエン・ドライブ、10
(31) 優先権主張番号	12/503, 585		
(32) 優先日	平成21年7月15日 (2009. 7. 15)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	61/191, 162		
(32) 優先日	平成20年9月5日 (2008. 9. 5)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波エネルギーコンバータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

海の波伝播方向に沿って移動する海波から電気を生成するための波エネルギーコンバータ (93) であって、当該海は、海面 (20) と、海底 (18) と、海面より下の前記海波の半波長内に位置する波エネルギー領域とを有し、

チューブの中心線 (14) に沿って延在し、前記チューブの中心線に沿って離間された前記チューブの異なるセクション (50) を直線から異なる鉛直方向に異なる量ずらすことができるように屈曲可能な細長いチューブ (12) を備え、前記チューブは、主として水平に離間された対向端部 (30, 32) を有し、前記チューブは前記海に浮遊し、さらに、

連続的なチューブ状の形状に巻かれ、前記チューブの壁を形成する S S M (合成伸縮性材) 材料 (44, 60, 62) のシート (44) を含み、かつ前記シートの対向する面に位置する一対の電極 (46, 48) も含む装置を備え、前記装置は、前記シートが異なる量伸張されると前記電極上で電気を生成し、チューブを曲げると前記装置の伸張および伸張の弛緩が生じ、前記装置は、前記電極に連結されて電気を伝える導電体 (55) を含む、波エネルギーコンバータ。

【請求項 2】

前記チューブの長さに沿って離間された複数の電力取出システムを備え、各電力取出システムは、前記導電体のうちの 1 つを含み、

前記ある量の S S M 材料は、異なる量伸張されると電気を生成する、前記チューブの長

さに沿って離間された複数の量の S S M 材料を含み、各量の S S M 材料は、前記電力取出システムのうち少なくとも一つに接続され、さらに、

前記電力取出システムに接続され、前記電力取出システムの出力を合算するための手段を備える、請求項 1 に記載のコンバータ。

【請求項 3】

前記波エネルギーコンバータの出力電圧が個々の電力取出システムの最大電圧上昇に連続的に近くなるように接続された、複数の連続して設置された E A P（電気活性ポリマー）電力取出システムを備える、請求項 1 に記載のコンバータ。

【請求項 4】

下端が海底に接続され、上端が前記チューブに接続された少なくとも 1 本の係留ライン（16）を備え、

前記係留ラインおよび前記チューブは、部分的にのみ海に沈んで位置するように前記チューブを保持するように構成され、静かな海では、前記中心線より上に位置する前記チューブの上端が海面より上に位置する、請求項 1 に記載のコンバータ。

【請求項 5】

前記チューブ装置（70）は、前記長さに垂直な水平方向の幅（72）と、鉛直方向の高さ（74）とを有するマットレス形状であり、

前記幅（72）は、前記高さ（74）の複数倍大きい、請求項 1 に記載のコンバータ。

【請求項 6】

海の波伝播方向（D）に沿って移動する海波から電気を生成するための波エネルギーコンバータであって、当該海は、海面と海底とを有し、

チューブの中心線に沿って延在するチューブを含み、かつ直線から異なる鉛直方向に異なる量ずらすことができるように屈曲可能な細長いチューブ装置（110）を備え、前記チューブは、主として水平に離間された対向端部（124, 126）を有し、

前記チューブ装置は、チューブを形成する S S M（合成伸縮性材）材料のシートと、前記シートの対向する面の一对の電極（46, 48）とを含み、前記チューブ装置は、前記チューブが異なる量伸張されると前記電極において電気を生成し、前記電極に連結された少なくとも一つの導電体を含み、

前記チューブは明確に浮力を有し、水中の場所から前記チューブの対向端部へと延在し、かつ静かな海面位（112）より下に前記チューブを保持する一对の係留ライン（120, 122, 123）を含む、波エネルギーコンバータ。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

発明の背景

海波エネルギーは海面に集中しており、海面から深くなるにつれて指数関数的に減衰する。深海波については、エネルギーの減衰は、半波長と等しい深さ（波エネルギー領域の底部）での残存波エネルギーが表面のエネルギーの 5 % 以下となるようなものである。海波からエネルギーを、特に電気の形態で抽出するためのシステムが開発されている。

【0002】

E A P（electro active polymers：電気活性ポリマー、たとえば P V D F またはポリ塩化ビニル、エレクトレット等）などの近年開発された S S M（synthetic stretchable material：合成伸縮性材）によれば、引伸ばされたり伸び量が変わったりすると電気が生成される。このような S S M 材は、ペルリン（Pelrine）による米国特許第 6, 768, 246 号、パイ（Pei）による米国特許第 6, 812, 624 号、およびイシド（Ishido）による米国特許公開第 2001/10029401 号に記載されている。簡単かつ効率的なシステムを用いて海波から電気エネルギーを生成すれば有意義であろう。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

10

20

30

40

50

発明の一実施例によれば、SSM（合成伸縮性材）を効率的に用いて、海波から電気エネルギーを生じさせるためのシステムが提供される。一システムにおいて、屈曲可能なチューブ、特に弾性材料からなるチューブが海面に位置し、チューブは海面に浮遊する。チューブは細長く、少なくとも部分的に波伝播の方向と平行に延在する。波は弾性チューブに隆起を生じさせ、隆起はチューブの長さに沿って伝播する。SSM材料の帯がチューブの中心線の周りに延在し、隆起が帯を通り過ぎるにつれて伸張および弛緩し、電気を生成する。

【0004】

波もチューブを屈曲させる。波を機械的および／または電氣的エネルギーに変換するためのいくつかのSSM電力取出システム（PTO）が、チューブの長さに沿って離間される。SSM材料のシートがPTO同士の間チューブの中心線と平行に延在し、SSMシートは、チューブの上部および底部に位置する。波の曲線に従うようにチューブを屈曲させると、SSMシートの伸張が繰り返し増減し、それによってSSMシートに電気を生成させる。

10

【0005】

SSM材料を有する多数のチューブは、波エネルギー抽出区域に位置する。チューブは、短い電気ケーブルによって互いに接続され、チューブは海底に係留される。複数のチューブの出力は、電圧が適度にしか変動しない電力を生じさせる電子回路に送出される。

【0006】

別のシステムでは、弾性チューブは海波の谷の水位に位置し、大部分の時間、海波の下に位置するように係留される。波の頂より下の水圧が増大すると、チューブの対応する箇所が圧縮されるが、波の谷より下に位置するチューブ箇所は圧縮されないままである。チューブの断面の変動を用いて、SSM材料のシートを伸張および弛緩させる。

20

【0007】

発明の新規な特徴は、添付の請求項に詳細に記載されている。発明は、添付の図面と合せて読まれると以下の説明から最もよく理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】波中に位置して示される、本発明の波力発電システムの側面図である。

【図2】図1のチューブの断面図である。

30

【図3】図2のチューブの一部分のより詳細な図である。

【図4】図1のシステムで使用するための別の横断面形状のチューブの等角図である。

【図5】相互接続された電気出力を有するチューブからなるチューブ区域の等角図である。

。

【図6】図1に示した種類の1本のチューブからの出力を示すグラフである。

【図7】切換回路の簡略化した模式図である。

【図7A】図1のチューブの別々の電力取出装置の出力を示すグラフである。

【図7B】加算した図7Aの出力を示すグラフである。

【図8】チューブがほぼ完全に海中に沈められて位置する、発明の別の実施例の波力発電システムの側面図である。

40

【図9】図8のチューブの断面図である。

【図10】端部が閉じられた弾性チューブの側面図である。

【図11】波の方向に対するチューブ軸の方向を示す、システムの平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

好ましい実施例の説明

海面波の高さは変化するものであり、通常の穏やかな状態では、波の高さが1メートルを下回り、波の周期が7秒未満となる。波の高さが1～4メートルであり、波の周期が10～15秒であれば通常の海面状態である。10年ごとに起こるような大きな嵐では波の高さが4メートルを上回り、波の周期が18秒を超える。平均海面高度は、波の頂と谷と

50

の中間点である。

【0010】

図11は、波の方向Dと、細長いチューブ12およびその軸26の方向とを示す。チューブ軸と波伝播方向Dとの角度Bは最小であることが好ましい（Bは45°以下であることが好ましい）が、（反対方向に）80°と大きくてもよい。

【0011】

図1は、海波から電気を生成するためのシステム10を示し、システム10は、弾性チューブ壁と主として水平な中心線14とを有する細長いチューブ12を含むコンバータ93を含む。チューブは係留ライン16によって係留され、係留ライン16は海底18に延在し、チューブを少なくとも部分的に海波動の方向Dと平行に延在させ、かつ海面20に浮遊させる。波22がチューブの長さを通過するにつれて、チューブは、波動に従う傾向がある隆起24を生じさせる。図2は、チューブが水28で充填されていることを示し、チューブの対向端部は開かれており、チューブは弾性の壁29を有する（50, 000 p s i未満のヤング弾性率）。チューブは、空気充填フロート34などによって海面に浮遊するように構成される。チューブの対向端部30および32は、開かれていても閉じられていてもよい。隆起24は、10%を超えるが概して50%未満だけチューブの断面を膨張させる。チューブの壁は図3に示すような構造を有し、図3は、ゴムもしくはポリウレタンなどの弾性材料のチューブ外側誘電壁層40および内側誘電壁層42と、電圧が印加された状態で伸張されるか、または伸張された状態から弛緩されると電気を生成するSSM（合成伸縮性材）材料の中間層44とを示している。一対の電極46および48が中間層の対向面上に位置する。出願人は、SSM材料としてEAP（電気活性ポリマー）を使用することを好む。SSM材料から生成された電力は、海底に延在する部分56と、海底に沿って発電所まで延在する別の部分58とを有する電力ケーブル54に、導電体55を介して送出される。

【0012】

一層のSSM材料のみを使用する代わりに、出願人は、（各SSM層の対向面に一対の電極を有する）複数の層44および45を使用することができる。複数の層は、らせん状に巻かれた長い層で構成することができる。

【0013】

隆起24がチューブに沿ったある箇所を通過すると、SSM層44は伸張され、次いで弛緩され、電流を生成する。したがって、波がチューブの長さに沿って通過し、チューブの中心線に沿って移動する隆起を生成するたびに、チューブは電流を生成する。

【0014】

波がチューブ12の長さに沿って通過すると、チューブの長さに沿って離間されたチューブのセクション50は、波の頂の正弦曲率（sinusoidal curvature）に従って上下動する。チューブは、チューブの上部が海面より上に位置する状態で、海面20に浮遊する。静かな海であれば海水位は52にあり、チューブは、チューブの上部が海面より上に位置する状態で真っ直ぐかつ水平となる。海波がある場合は、波の谷より上に位置するチューブのセクションは、自重で水中に沈む。逆に、波の頂より下に位置するチューブのセクションは、チューブセクションの上部を海面より上に配置させる傾向がある浮力によって、水中で上昇する。このすべてにより、チューブは波の曲率に従う。

【0015】

図2は、チューブに沿って離間された64（図1）のPTO（電力取出装置）同士の間延在するSSM材料のシート60および62を示す。PTO64の対は、SSMシートの対向端部を支持し、シートによって生成される電気を受取る。シートの端部は、チューブの中心線14から離間された場所に位置する。チューブが海波の曲率に従って屈曲すると、シート60および62の一方が伸張され、予め伸張されていた場合には伸張が減少するときのように他方のシートが弛緩する。したがってシートは電流を生成する。シート60および62は、チューブの中心線の周りに巻かれ、かつ隆起がチューブに沿って通過すると電流を生成するSSM材料の層44に加えて（または代わりに）使用することができ

10

20

30

40

50

る。

【0016】

出願人が設計したチューブ12は、直径1メートル、長さ20メートルであった。

図4は、ややマットレス形状であって、水平幅72が高さ74の複数倍であるチューブ70を示す。波の方向が主として一定である場合、複数のラインでチューブを係留することができ、波の方向が変化する場合は、一本のライン80でチューブを係留することができる。チューブは、チューブのすべての部分が、チューブを通過する波より少距離だけ上を延在するように屈曲する。

【0017】

図5はチューブ区域90の一部分を例示し、チューブ区域90は、別個のライン94などで海底に固定されたチューブ92を各々が含む複数のエネルギーコンバータまたはコンバータ装置93を含む。コンバータはすべて、同じ近傍（隣接するチューブの100メートル以内、好ましくは50メートル以内）に位置する。別個の電力ケーブル54を設けて、各チューブのSSM材料によって生成された電気を伝えることが可能であるが、設置費用が上昇することになる。その代わり、出願人は、各々がWEC（波エネルギーコンバータ）チューブ同士の間延在し、かつ全体的に海底に沿って延在しない複数の短い連結ケーブル100を提供する。複数のチューブのうち一つだけが、海底に沿って発電所まで延在するケーブル54によって発電所に接続される。

【0018】

本発明では、一つのWEC（波エネルギーコンバータ）が本体の長さ（または幅）に沿った異なる箇所においていくつかのPTO（64、図1）に嵌合される。合成伸縮性材PTO（電力取出装置）の配置は、流入する海波によって順々に作動し、それによって多相電気信号を生じさせるようなものである。海波の作用によって、第一の合成伸縮性材PTOが伸張される。最大伸張に達すると、図6に示すバイアス電圧（Vb）に帯電される。海波がさらに移動して次のPTOを作動させた後、第一のPTOが弛緩し、次いで、弾性エネルギーから電位エネルギーへの変換によって、電圧が最大電圧（Vmax）に上昇する。同じメカニズムが、各PTOについて順に再現される。電荷があるPTOから除去されると、電圧は（回路のRC定数に関連する）既知の放電継続時間にVmaxからゼロに降下する。十分なPTOを有することによって、放電継続時間よりも速く、連続したPTOを切替えることが可能となる。そうすれば、主な出力電圧は、Vmax前後の極めて狭い制御可能な範囲内でのみ変動することになる。

【0019】

一実施例において、PTOは、変形可能なWEC（波エネルギーコンバータ）の長さに沿って波の伝播方向に（対象の波長の何分の一かだけ）規則的に離間される。この場合、切替順序は、WECの上流波側に配置される第一のPTOから始まり、下流波側に配置される最後のPTOへと漸進する。その結果、電圧の「電波」は、実際の海波と同じ速度でWECの長さに沿って伝播する。合成伸縮性材PTOが、あらゆる方向から到達する不規則な海波状態によってランダムに作動したとしても、同じ原理を当てはめることができる。出力電圧をほとんど一定に維持するために、パワーエレクトロニクスを用いて各PTOの帯電および放電の順序を最適化する。

【0020】

電圧を徐々に上げるために、作動しているPTOから作動していない別のPTOに放電させることも可能である。この処理は、電圧がVmaxに十分近くなるまで繰り返すことができる。これにより、WECシステムは、海波が小さい時でもVmaxに近い電圧を生成することができる。図7は、IGBT（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）などの電気制御スイッチ102を含む切替回路の簡略化した模式図である。図7Aは、異なるPTOの異なる時間における出力を表すグラフ104を示し、図7Bのグラフ106は、所与のレベルよりも高い出力を合算した時の合計グラフ104を表す。あるPTOから電荷が除去されると、電圧は、既知の放電継続時間中にVmaxからVminに降下する。十分なPTOを有することによって、出力電圧は、グラフ106に示した限度内で変動する。

【0021】

したがって、本発明は、伸張するにつれてエネルギーを生成するSSM（合成伸縮性材）を用いてエネルギーを吸収することによって電気を生成するためのシステムを提供する。本発明は、海の状態が穏やかでない時でも、システムによって生成された最大電圧に近い、連続した、かつおおむね一定の出力電圧を生成するためのシステムを提供する。

【0022】

図8および図9はチューブ110を例示し、中心線111は静かな海水位112より下に位置し、上部113は、システムが位置する海域で最も一般的な有用な波高の波の谷114の水位あたりに位置することが好ましい。チューブは明確に浮力を有し、一对の係留ライン120および122によって、海底より上の高さに維持される。出願人は、常に海流と平行に延在するようにチューブの方位を変化させるスィベル125に取付けられた係留ライン123も示す。チューブの対向端部124および126は閉じられており、チューブは、油などの比重が若干低い流体で少なくとも部分的に充填することができるものの、大部分は水128で充填される。波の頂130がチューブのセクション132上に位置する時、当該チューブセクションでの外側水圧が上昇し、その結果チューブセクションの直径が直径134に圧縮される。波の谷136がチューブのセクション140上に位置する時、当該セクションの直径は直径142に膨張する。出願人は、図9に示すように、水と限られた量の圧縮空気146とでチューブを充填することができる。加圧された空気によってチューブが明確に浮力を有するだけでなく、チューブの壁に予め応力をかけ、チューブ壁に向かい合って位置するSSM材料144に予め応力をかけることによって、チューブの初期直径が増大する。チューブは、図3に示した構造を有する。したがって、波の谷130があるチューブセクション上の位置に移動し当該チューブセクションの直径が縮むと、チューブのSSM材料144は張力の減少を経る。

【0023】

チューブ154の端部150および152（図10）が閉じられている実施例においては、チューブは伝播波モードでは（チューブの端部が開かれているときに機能するようには）機能せず、定常波モードで機能することになる。この挙動は、長さに沿って分散された合成伸縮性材PTO156を有するチューブに特に良く適する。これは、EAP材料などの選択されたSSM材料を大きく伸張することができることによってのみ可能である。定常波モードでは、共振モードを励起し、したがって波からチューブへの極めて高いエネルギー伝達を実現することが可能である（ばね質量系）。この実施例では、波はWECの先端上で跳ね返り、チューブの長さを往復し、したがって定常波を生じさせる。

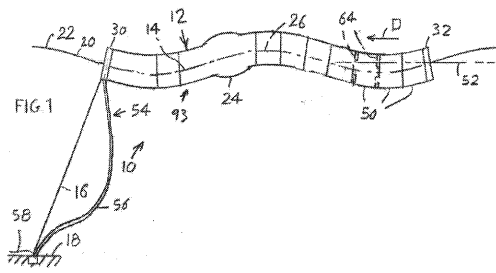
【0024】

したがって、出願人は、弾性のチューブ壁を有する浮力のあるチューブの使用によって海波から電気を生成するための簡単かつ信頼性の高いシステムを提供する。チューブは、海面に位置するように係留され、したがって海波がチューブ中またはチューブ上を通過するにつれて、チューブは変化を経る。一本のチューブは、チューブの上部が静かな海水位より上に位置する状態で浮遊し、したがってチューブは、チューブの長さに沿って通過する波の形状に従って屈曲する。チューブには、チューブの長さに沿って移動する隆起も生じる。別のチューブは、大部分の時間、海面より下に位置し、チューブの長さに沿って波が通過するにつれて直径の変化を経る。これらのチューブについて、伸張の変化を経ると電気を生成するSSM材料がチューブの壁に連結され、電気を生成するのに使用される。

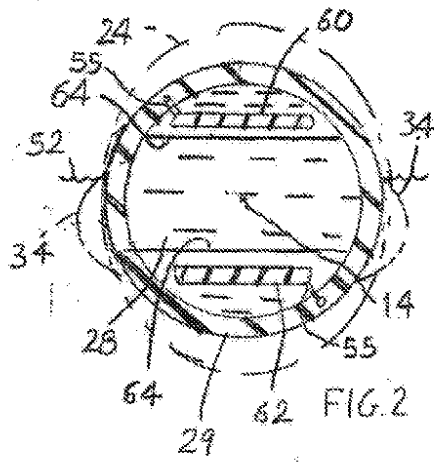
【0025】

発明の特定の実施例についてここに記載し例示したが、当業者は修正および変更容易に到達し得るものと認識され、したがってクレームはそのような修正および同等物を包含すると解釈されることが意図される。

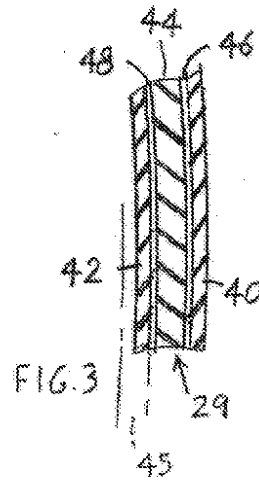
【図 1】



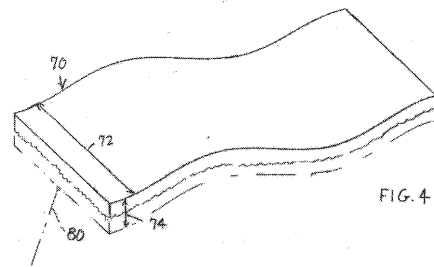
【図 2】



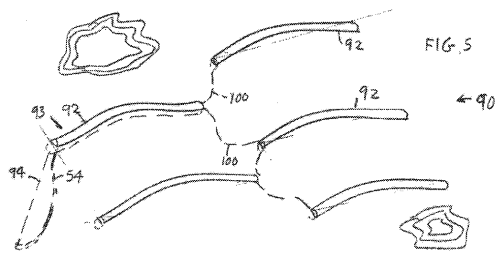
【図 3】



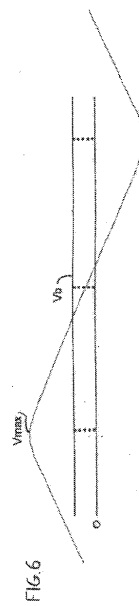
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 11】

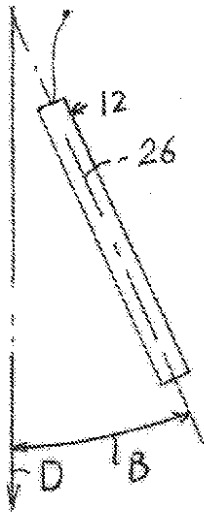


FIG. 11

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 61/135,729

(32)優先日 平成20年7月23日(2008.7.23)

(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 ジャン, フィリップ・エフ

フランス、エフー06300 ニース、ル・バルザック・デ、リュ・ドゥ・ドクトゥール・リシェ
ルミ、13

審査官 尾崎 和寛

(56)参考文献 米国特許第06424079 (US, B1)

国際公開第2007/088325 (WO, A1)

特表昭64-500450 (JP, A)

特開昭57-143172 (JP, A)

特開昭54-126847 (JP, A)

特開平07-145774 (JP, A)

特表2003-505865 (JP, A)

特表2010-525241 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F03B 13/12 - 13/18