

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2018-520296

(P2018-520296A)

(43) 公表日 平成30年7月26日 (2018.7.26)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)	
F O 3 G	7/06	(2006.01)	F O 3 G	7/06	D
F O 1 N	5/02	(2006.01)	F O 1 N	5/02	B
			F O 3 G	7/06	F

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2017-568064 (P2017-568064)	(71) 出願人	516357166 エクサジン リミテッド EXERGYN LIMITED アイルランド、ダブリン 11、グラスネ ヴィン、オールド フィングラス ロード 、 ディシーユー クリーンテック イノ ヴェーション キャンパス DCU Cleantech Innov ation Campus, Old Fi nglas Road, Glasnevi n, Dublin 11, IRELAN D
(86) (22) 出願日	平成28年6月30日 (2016.6.30)	(74) 代理人	100169904 弁理士 村井 康司
(85) 翻訳文提出日	平成30年2月23日 (2018.2.23)		
(86) 国際出願番号	PCT/EP2016/065310		
(87) 国際公開番号	W02017/001562		
(87) 国際公開日	平成29年1月5日 (2017.1.5)		
(31) 優先権主張番号	1511466.3		
(32) 優先日	平成27年6月30日 (2015.6.30)		
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エネルギー回収装置における SMAバンドルワイヤの最適化

(57) 【要約】

本発明は、コアを画定するよう互いに実質的に平行に位置する複数のワイヤとして配置された複数の形状記憶合金 (SMA) もしくは負熱膨張性 (NTE) 要素を備え、この複数のワイヤは、温度変化に応じて実質的に同時に活性化されるように、異なる寸法を有するように選択されている、エネルギー回収装置を提供する。

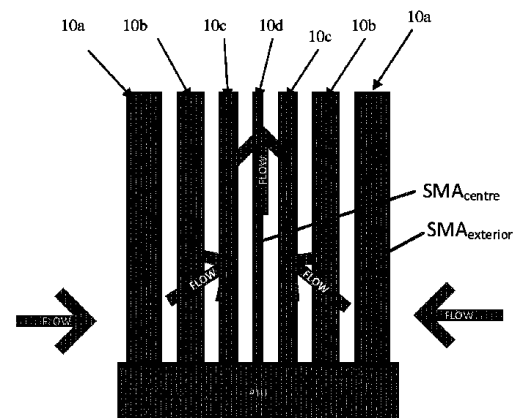


Figure 3

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コアを画定するよう互いに実質的に平行に位置する複数のワイヤとして配置された複数の形状記憶合金 (SMA) もしくは負熱膨張性 (NTE) 要素を備え、前記複数のワイヤは、異なる寸法を有するように選択され、温度変化に応じて実質的に同時に活性化される、エネルギー回収装置。

【請求項 2】

前記コアの中央寄りに位置するワイヤほど、コアの外側寄りに位置するワイヤに比べて小さい直径を有する、請求項 1 に記載のエネルギー回収装置。

【請求項 3】

前記ワイヤ径は、前記コアのいずれの点においても流体の流れ特性に適應するように、かつ他のワイヤに対する流れの影響およびバンドルを貫通する際の流れのエネルギー損失を考慮して選択され、前記複数のワイヤについて均一の活性時間が達成される、請求項 2 に記載のエネルギー回収装置。

【請求項 4】

前記複数のワイヤの少なくとも 1 本は一端にてテーパ状になっている、先行する請求項のいずれかに記載のエネルギー回収装置。

【請求項 5】

少なくとも 1 本のワイヤの活性化が、マルテンサイト状態からオーステナイト状態への変態を含む、先行する請求項のいずれかに記載のエネルギー回収装置。

【請求項 6】

エネルギー回収装置で使用するコアであって、前記コアは互いに実質的に平行に位置する複数のワイヤを備え、前記ワイヤは異なる寸法を有するよう選択され、前記ワイヤは温度変化に応じて実質的に同時に活性化されるコア。

【請求項 7】

コアを画定するよう互いに実質的に平行に位置する複数のワイヤとして配置された複数の形状記憶合金 (SMA) もしくは負熱膨張性 (NTE) 要素を備えるエネルギー回収装置を作成する方法であって、異なる寸法を有する複数のワイヤを選択するステップと、温度変化に応じて実質的に同時に活性化されるように前記複数のワイヤを位置付けるステップとを含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、エネルギー回収の分野に関し、特に、そのための、形状記憶合金 (Shape-memory Alloy (SMA)) または負熱膨張性 (負熱膨張性 (NTE)) 材料の使用に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に 100 度未満とされる低位熱は、工業プロセス、発電および輸送用途における著しい廃棄エネルギー流の代表である。このような廃棄の流れを回収および再利用することが望ましい。この目的のために提案された技術の一例として熱電発電機 (Thermoelectric Generator (TEG)) がある。ただ残念なことに TEG は比較的高価である。このエネルギー回収のために提案されている別の大掛かりな実験的取り組みとして形状記憶合金の使用が挙げられる。

【0003】

形状記憶合金 (SMA) は元の冷間鍛造時の形状を「覚えている」合金であり、一旦変形しても加熱されれば変形前の形状に戻る性質がある。この材料は軽量で固体状であり、液圧、空圧、およびモーターに基づくシステムなどの従来型アクチュエータの代替物となりうる。

【0004】

10

20

30

40

50

形状記憶合金のタイプは主として3つあり、銅-亜鉛-アルミニウム-ニッケル合金、銅-アルミニウム-ニッケル合金、およびニッケル-チタン（NiTi）合金であるが、SMAは例えば亜鉛、銅、金および鉄を合金化することによっても作り出せる。

【0005】

このような材料による記憶は、1970年代初期から熱回収プロセスで、特に熱からエネルギーを運動として回収するSMAエンジンの構築により、その利用が採用あるいは提案されてきた。エネルギー回収装置に関連する最近の刊行物には、本発明の譲受人に譲渡されたPCT公開公報WO2013/087490が含まれる。望ましいのは、効率的な方法でSMAまたはNTE材料の収縮を機械的な力に変換することである。これは、決して簡単な作業ではなく、通常は複雑であり、また相当なエネルギー損失を伴う。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

したがって、エネルギー回収装置における改善システムおよび方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明によれば、添付の特許請求の範囲に記載しているように、コアを画定するよう互いに実質的に平行に位置する複数のワイヤとして配置された複数の形状記憶合金（SMA）もしくは負熱膨張性（NTE）要素を備え、当該複数のワイヤは、異なる寸法を有するように選択され、これにより温度変化に応じて実質的に同時に活性化される、エネルギー回収装置が提供される。

20

【0008】

一実施形態において、コアの中央寄りに位置するワイヤほど、コアの外側寄りに位置するワイヤに比べて小さい直径を有する。

【0009】

一実施形態において、ワイヤ径は、コアのいずれの点においても流体の流れ特性に適応するように、かつ他のワイヤに対する流れの影響およびバンドルを貫通する際の流れのエネルギー損失を考慮して、複数のワイヤについて均一の活性時間が達成されるように選択される。

30

【0010】

一実施形態において、複数のワイヤの少なくとも1本は一端にてテーパ状になっている。

【0011】

別の実施形態において、エネルギー回収装置で使用されるコアが提供され、当該コアは互いに実質的に平行に位置する複数のワイヤを備え、温度変化に応じて実質的に同時に活性化されるように、当該複数のワイヤは寸法が異なるように選択されている。

【0012】

一実施形態において、少なくとも1本のワイヤの活性化はマルテンサイトからオーステナイトへの組織の変態を含む。

40

【0013】

別の実施形態において、コアを画定するよう互いに実質的に平行に位置する複数のワイヤとして配置された複数の形状記憶合金（SMA）もしくは負熱膨張性（NTE）要素を備えるエネルギー回収装置を作成する方法が提供され、当該方法は、温度変化に応じて実質的に同時に活性化されるように、異なる寸法を有する複数のワイヤを選択し、位置付けることを含む。

【図面の簡単な説明】

【0014】

本発明は、添付の図面を参照しながら、単に例示的に示される実施形態についての以下の記載によってより明確に理解されるものである。

50

【図 1】図 1 は公知のエネルギー回収システムを示す。

【図 2】図 2 はコアを構成する複数のワイヤ、および異なる温度での流体流入力学の結果として起こる不均一なワイヤ活性化を示す。

【図 3】図 3 は本発明の第 1 の実施形態に係り、ワイヤバンドルの中央に向かうにつれて直径サイズが減少するコア S M A ワイヤを示す。

【図 4】図 4 は本発明の第 2 の実施形態に係り、その直径幅が流体入口から出口にかけて減少する複数のテーパ付きコア S M A ワイヤを示す。

【図 5】図 5 は図 3 および図 4 で説明したコアにおけるテーパリングおよびワイヤ径減少の組み合わせを示す。

【発明を実施するための形態】

10

【0015】

本発明は、形状記憶合金 (S M A) もしくは負熱膨張性 (N T E) 材料を使用して低位熱から動力を生成することのできる、目下開発中の熱回収システムに関する。

【0016】

以下、エネルギー回収装置の公知の例示的な実施態様を図 1 を参照して説明する。図 1 は、参照番号 1 で示す S M A エンジンを採用したエネルギー回収装置を示している。この S M A エンジン 1 は S M A 活性コアを備える。S M A 活性コアは、固定された第 1 の点でクランプした、すなわち留めた S M A 材料から成る。この S M A 材料は、反対側の端部において、駆動機構 2 にクランプ、すなわち留められている。このように、第 1 の点がアンカーとなり、第 2 の点は駆動機構 3 を牽引しながらも自由に移動可能である。浸漬チャンバ 4 は S M A エンジンを収容するようになっており、かつ、S M A エンジンの加熱および/または冷却を可能とするように流体で順次充填されるようになっている。したがって、熱が S M A コアに加えられれば自在に収縮する。好適には、S M A コアは複数の平行なワイヤ、リボンまたはシート状の S M A 材料を備える。本発明の説明において用語「ワイヤ」を使用するが、これには、コアとして作用可能であれば任意適当な長さの S M A または N T E 材料を意味するよう、広義に解釈が与えられるべきであることは理解されよう。

20

【0017】

一般に、このようなコアは 4 % 程度たわむ。したがって、1 m の長さの S M A 材料を使用する場合、およそ 4 c m の線形移動が利用可能と予測できる。当然のことながら、この移動から生じる力は、使用するワイヤの質量に依存する。このようなエネルギー回収装置は、本発明の譲受人に譲渡された P C T 公開公報 W O 2 0 1 3 / 0 8 7 4 9 0 に記載されており、その内容を参照により本明細書に包含する。

30

【0018】

このような用途では、こうした材料を熱源に暴露することで、その収縮をとらえて、利用可能な機械的動作へと変換する。ニッケル-チタン合金 (N i T i) がこのようなエンジンの動作要素に有用な材料であることは証明されている。この合金は周知の形状記憶合金であり、異業種にわたり多くの使用例がある。本発明の説明において、任意適当な S M A もしくは N T E 材料をいずれも使用可能であることは理解されよう。

【0019】

作動コア内におけるこのような (複数のワイヤとして提供される) 合金の収縮および伸長から、ピストンおよび伝達機構を介して力が生成される。したがって、特定の構成要件、および必要な S M A 材料の質量に応じて、長尺の S M A もしくは N T E ワイヤの複数本を一緒に用い、互いを実質的に平行に配置することにより単一のコアを形成する。好ましくは、複数の形状記憶合金 (S M A) あるいは負熱膨張性 (N T E) 要素を、コアもしくはコアエンジンを画定するように、互いに実質的に平行に位置する複数の長尺ワイヤとして配置する。これは、図 1 を参照して説明される S M A エンジン 1 と等価なものである。

40

【0020】

複数のワイヤを有するコアの問題として、図 2 に示すように、コア内でのワイヤの加熱が不均一となることが挙げられる。一実施形態において、本発明は、S M A バンドルにわたる応力分布の不均衡に対処するものである。この不均衡は、S M A コアへの入口から流

50

体がコアを通過して上に移動するときに流体力学の結果として起きる。図示のように、 $t = 0$ の時点で、SMAワイヤは冷たい状態にある。高温の流体がコアに入ると、コアの外側端部のワイヤが最初に加熱される一方、中央側に位置するワイヤは $t = 1$ の時点で冷たい状態のままである。 $t = 2$ の時点では、外側のワイヤは状態が変化し活性化されるものの、中央側のワイヤについては依然として冷たい状態に置かれる。 $t = 3$ の時点でも、全てのワイヤが活性化される訳ではない。流体力学により起こる最終的結果は、(バンドルの上方での比較的層状の流れに比して)乱流が生じやすい入口では対流熱伝達係数が大きいために、バンドル外側のSMAワイヤがバンドル内側のワイヤより前に活性化するということであり、バンドル外側のワイヤが最も早く影響を受けるという事実である。本発明は、この問題を克服することを目的とする。

10

【0021】

第1の実施形態

一実施形態において、コアを構成するワイヤバンドルの中央に向かって比例的に直径が減少するSMAワイヤが使用される。

【0022】

図3は、本発明の第1の実施形態を示す。ワイヤバンドル10a、10b、10c、10dがコアを構成しており、そのコアSMAのワイヤ径が中央に向けて減少している。SMAのワイヤがオーステナイト開始(A_s)温度を上回るように加熱されると、ワイヤはマルテンサイトからオーステナイトへの変態を開始する。ワイヤの加熱速度は、バンドル全体の材料特性や過渡流動特性などの他の要因もある中で、ワイヤの体積に対するワイヤ表面積の関数である。

20

【0023】

ワイヤは、その直径が大きくなるにつれて体積に対する表面積の比が減少するため、オーステナイト状態となって活性化するまでに長い加熱時間を要することになる。他のワイヤへの流れの影響とバンドルを貫通する際の流れのエネルギー損失を考慮し、SMAワイヤバンドルの任意点での流れの特性と一致するようにSMAワイヤのワイヤ径を選択すれば、コア内のすべてのワイヤの活性時間を均一にすることができる。これにより、あらゆるクッション要件の最小化を達成することでより効率的なパワーストロークがもたらされ、活性化中のより均一な応力分布が可能となる。

【0024】

流体を流動させるために、バンドル長に沿って多数の流体流入点を有するSMAコア、または高密度SMAバンドルの外側に大きな空隙を設けたSMAコアであれば、SMAバンドル全体の長さによりバンドルの外側における熱伝達率が中央側に比較して高まるため、エネルギー回収システムは良好に動作する。

30

【0025】

第2の実施形態

一実施形態において、コアを構成するSMAワイヤは、流体入口から出口に向かってテーパ状の寸法決めされている。

【0026】

図4は、複数のテーパ付きコアSMAワイヤのサイズが流体入口から出口に向かって小さくなる、本発明の第2の実施形態を示す。この構成は、流れ特性の関数として、ワイヤへの熱伝達率の変化の影響を均衡させることを目指している。一実施形態において、流体は、コアを上昇するにつれてより層状に流れるのに比較すると、コアへの流入点にてチャンバに入る際にはその流れの乱れが大きく、ワイヤと実質的に垂直に相互作用する。そしてコア内の上方へと向きを変える。

40

【0027】

乱流領域では、対流熱伝達係数がより大きいため、ワイヤの加熱は、流体がコアをさらに上昇して層流領域で起こる加熱よりも速い。

【0028】

したがって、予測される熱伝達特性に応じてワイヤにテーパを付けることにより、コア

50

全長にわたって均一な活性化率を達成することができ、結果的に、連結される伝達機構において必要となりそうな補正が少ない、より滑らかなパワーストロークプロファイルが得られる。

【 0 0 2 9 】

第 3 の実施形態

一実施形態において、熱伝達効果を埋め合わせるためにテーパ付けおよび S M A ワイヤ径の変化が利用される。

【 0 0 3 0 】

図 5 は、図 3 および図 4 で説明したコアにテーパリングとワイヤ径の減少とを組み合わせたものを示す。図示の構成は、図 3 および図 4 に示した構成の要素を組み合わせたものである。

10

【 0 0 3 1 】

直径は、入口での流れ特性を補償するように、外側の S M A ワイヤほど大きくなっているが、テーパ角度については、流体が内部のワイヤと相互作用する際の熱伝達の減少に対してバランスをとるように、ワイヤバンドルの中心、すなわちコアの中心に向けて小さくなっている。

【 0 0 3 2 】

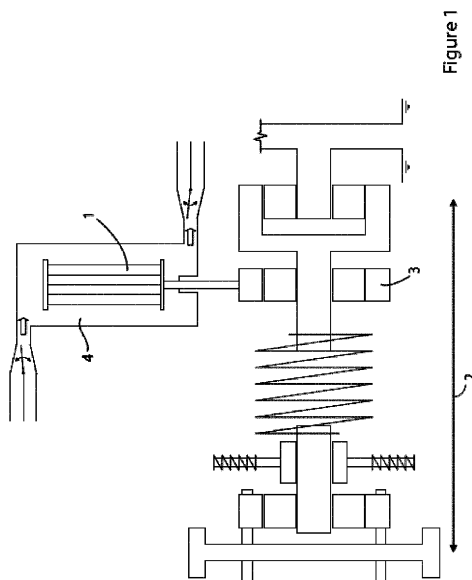
本明細書において、用語「備える、備えられ、備えている」またはそれらの語尾変化と、用語「含む、含まれ、含んでいる」またはそれらの語尾変化とは、完全に互換性があるとみなされ、あらゆる可能な限り広い解釈を与えられるべきであって、その逆もまた同様である。

20

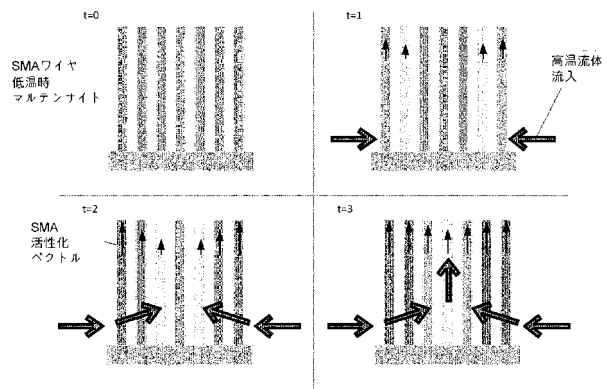
【 0 0 3 3 】

本発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、構造および詳細のいずれにおいても変更可能なものである。

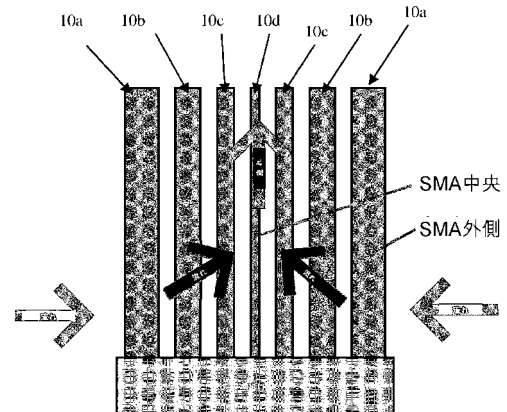
【 図 1 】



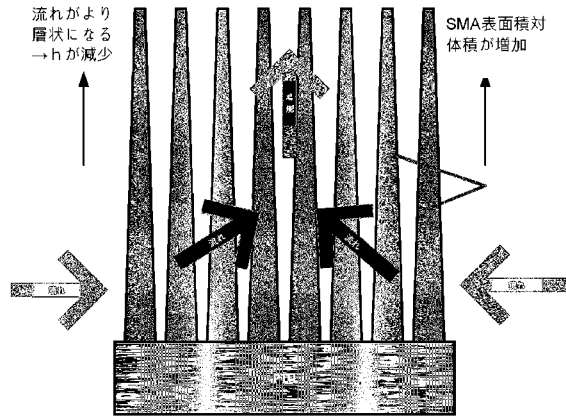
【 図 2 】



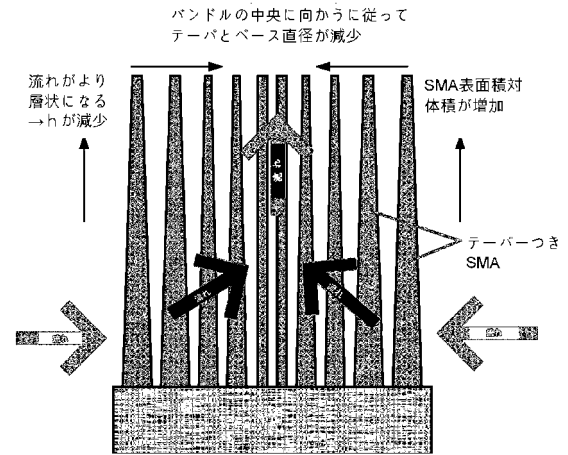
【 図 3 】



【図 4】



【図 5】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/065310

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F03G7/06

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F03G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2012 202396 A1 (DYNALLOY INC [US]; GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 30 August 2012 (2012-08-30) abstract figures 1,5,6 paragraphs [0005], [0031], [0042], [0103], [0108] -----	1-7
X	EP 1 130 257 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 5 September 2001 (2001-09-05) abstract figures 1-5 paragraph [0027] ----- -/--	1,6,7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 October 2016

Date of mailing of the international search report

24/10/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Giorgini, Gabriele

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/065310

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 306 415 A (HOCHSTEIN PETER A ET AL) 22 December 1981 (1981-12-22) abstract column 3, lines 35-45 column 4, lines 45-65 figure 4	1,6,7
A	----- US 2012/017582 A1 (LEWIS GARRETT [US] ET AL) 26 January 2012 (2012-01-26) the whole document	1-7
A	----- US 2011/120113 A1 (ALEXANDER PAUL W [US] ET AL) 26 May 2011 (2011-05-26) the whole document -----	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/065310

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102012202396 A1	30-08-2012	NONE	
EP 1130257 A2	05-09-2001	DE 60111095 D1 DE 60111095 T2 EP 1130257 A2 EP 1520984 A2 EP 1520985 A2 JP 3851509 B2 JP 2001304095 A KR 20010087231 A US 2005150223 A1	07-07-2005 27-10-2005 05-09-2001 06-04-2005 06-04-2005 29-11-2006 31-10-2001 15-09-2001 14-07-2005
US 4306415 A	22-12-1981	NONE	
US 2012017582 A1	26-01-2012	US 2012017582 A1 WO 2012012002 A1	26-01-2012 26-01-2012
US 2011120113 A1	26-05-2011	CN 102094775 A DE 102010051799 A1 DE 102010051985 A1 US 2011120113 A1 US 2011120119 A1	15-06-2011 22-06-2011 21-07-2011 26-05-2011 26-05-2011

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(74)代理人 100139549

弁理士 原田 泉

(72)発明者 リチャード ブラックバーン

アイルランド, ダブリン 11, グラスネヴィン, オールド フィングラス ロード, ディシーユ
ー クリーンテック イノベーション キャンパス, エクサジン リミテッド内

(72)発明者 バリー カレン

アイルランド, ダブリン 11, グラスネヴィン, オールド フィングラス ロード, ディシーユ
ー クリーンテック イノベーション キャンパス, エクサジン リミテッド内

(72)発明者 ケビン オトゥール

アイルランド, ダブリン 11, グラスネヴィン, オールド フィングラス ロード, ディシーユ
ー クリーンテック イノベーション キャンパス, エクサジン リミテッド内