

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5694144号
(P5694144)

(45) 発行日 平成27年4月1日 (2015. 4. 1)

(24) 登録日 平成27年2月13日 (2015. 2. 13)

(51) Int. Cl.

B 6 4 C 3 / 5 4 (2006. 01)

F I

B 6 4 C 3 / 5 4

請求項の数 15 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2011-509526 (P2011-509526)	(73) 特許権者	503455363
(86) (22) 出願日	平成21年4月16日 (2009. 4. 16)		レイセオン カンパニー
(65) 公表番号	特表2011-520689 (P2011-520689A)		アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O
(43) 公表日	平成23年7月21日 (2011. 7. 21)		2 4 5 1 ウォルサム ウィンター スト
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/040762		リート 8 7 0
(87) 国際公開番号	W02009/140021	(74) 代理人	100108855
(87) 国際公開日	平成21年11月19日 (2009. 11. 19)		弁理士 蔵田 昌俊
審査請求日	平成24年4月2日 (2012. 4. 2)	(74) 代理人	100091351
(31) 優先権主張番号	12/120, 273		弁理士 河野 哲
(32) 優先日	平成20年5月14日 (2008. 5. 14)	(74) 代理人	100088683
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 埋設されたスプリングを有する形状変化構造部材

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

形状変化構造部材 (12) であって、
前記形状変化構造部材 (12) は、
少なくとも 5 % の歪みで弾性変形が可能な形状変化構造材料 (14) と、
前記形状変化構造材料中に埋設された 1 以上のスプリング (40、42) と、
を具備しており、
前記形状変化構造材料は、ガラス転移温度または相転移温度を超えて加熱されることにより軟化し、
前記形状変化構造材料が前記ガラス転移温度または相転移温度を超えるとときに、前記 1
以上のスプリングは、前記形状変化構造材料を所望の形状にするまたは維持するように前
記形状変化構造材料に対する構造的支援を与え、
前記形状変化構造部材 (12) は、スケルトンをさらに具備しており、
前記スケルトンは、前記形状変化構造材料内にあり、前記形状変化構造材料を支持し、
前記形状変化構造材料に歪みを加える力を与える、形状変化構造部材 (12) 。

【請求項 2】

前記形状変化構造材料は、前記形状変化構造部材を通して実質的に連続的である請求項
1 記載の形状変化構造部材。

【請求項 3】

前記形状変化構造材料は、固体のポリマー材料である請求項 1 または 2 記載の形状変化

構造部材。

【請求項 4】

前記形状変化構造材料は、発泡材料である請求項 1 または 2 記載の形状変化構造部材。

【請求項 5】

前記発泡材料は、ポリマー発泡材料である請求項 4 記載の形状変化構造部材。

【請求項 6】

前記ポリマー発泡材料は、形状記憶ポリマー発泡材料である請求項 5 記載の形状変化構造部材。

【請求項 7】

前記発泡材料は、超弾性金属発泡材料であり、

10

前記超弾性金属発泡材料は、金属合金を含んでいる請求項 4 記載の形状変化構造部材。

【請求項 8】

前記発泡材料は、少なくとも 300% の歪みにおいて弾性変形できる請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項記載の形状変化構造部材。

【請求項 9】

前記 1 以上のスプリングは、コイルスプリングを含んでいる請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項記載の形状変化構造部材。

【請求項 10】

前記 1 以上のスプリングの軸方向の長さは、前記形状変化構造材料が拡張および収縮される方向にある請求項 9 記載の形状変化構造部材。

20

【請求項 11】

前記 1 以上のスプリングは、1 対のコイルスプリングを含んでいる請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項記載の形状変化構造部材。

【請求項 12】

前記 1 対のコイルスプリングのうちの少なくとも一方のコイルスプリングは、形状記憶金属合金から作られている請求項 11 記載の形状変化構造部材。

【請求項 13】

前記 1 対のコイルスプリングのうちの両者のコイルスプリングは形状記憶金属合金から作られており、

前記 1 対のコイルスプリングは異なる形状記憶転移温度を有する請求項 11 記載の形状変化構造部材。

30

【請求項 14】

前記 1 対のコイルスプリングは同心であり、

前記 1 対のコイルスプリングのうちの一方のコイルスプリングが、前記 1 対のコイルスプリングのうちの他方のコイルスプリングの内部にある請求項 11 記載の形状変化構造部材。

【請求項 15】

付加的な複数の対の同心コイルスプリングをさらに具備し、

前記複数の対の同心コイルスプリングは前記形状変化構造材料内の異なる位置で前記形状変化構造材料を支持する請求項 14 記載の形状変化構造部材。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は再構成可能な構造部材の分野に関する。

【背景技術】

【0002】

本願は 2 つの同一出願人による同時出願、即ち “Structure with Reconfigurable Polymer Material” (US 12 / 120, 271 号) と、 “Shape-Changing Structure with Superelastic Foam Material” (PCT / US 2009 / 040760 号) とに関連する。これらの両出願はここでは全体的に参考文献として含まれている。

50

【 0 0 0 3 】

金属の発泡材料は骨置換のような静的構造で使用されている。

【 0 0 0 4 】

形状記憶ポリマー材料は構造、コンポーネント、ハードウェアのモーフィングまたは形状変化に使用されている。形状記憶合金とは異なって、形状記憶ポリマーは形状変換期間中、最も弱い力以外の力を克服するのに十分ではない。形状記憶ポリマー材料が所望の形状からゆがむことを阻止するための構造的支持体を開発する試みがなされている。しかしながらこれは実際に実現されることができ形状変化を深刻に限定することが分かっている。

【 0 0 0 5 】

形状記憶ポリマー材料の使用分野で改良の余地があることが認識されよう。

【発明の概要】

【 0 0 0 6 】

本発明の 1 特徴によれば、形状変化構造部材 (12) であって、

形状変化構造部材 (12) は、

少なくとも 5 % の歪みで弾性変形が可能な形状変化構造材料 (14) と、

形状変化構造材料中に埋設された 1 以上のスプリング (40、42) と、

を具備しており、

形状変化構造材料は、ガラス転移温度または相転移温度を超えて加熱されることにより軟化し、

形状変化構造材料がガラス転移温度または相転移温度を超えるときに、1 以上のスプリングは、形状変化構造材料を所望の形状にするまたは維持するように形状変化構造材料に対する構造的支持を与え、

形状変化構造部材 (12) は、スケルトンをさらに具備しており、

スケルトンは、形状変化構造材料内にあり、形状変化構造材料を支持し、形状変化構造材料に歪みを加える力を与える、形状変化構造部材 (12) が提供される。

【 0 0 0 7 】

本発明の別の特徴によれば、形状変化構造材料は、形状変化構造部材を通して実質的に連続的である、形状変化構造部材が提供される。

【 0 0 0 8 】

本発明のさらに別の特徴によれば、形状変化構造材料は、固体のポリマー材料である、形状変化構造部材が提供される。

【 0 0 0 9 】

前述および関連する結末を実現するため、本発明は以下十分に説明され、特に請求項で指摘されている特徴を有している。以下の説明および添付図面は本発明の詳細なある例示的な実施形態で説明されている。しかしながらこれらの実施形態は本発明の原理が使用されることのできる種々の方法の幾つかを示している。本発明のその他の目的、利点、優れた特徴は図面を伴って考慮するとき本発明の以下の詳細な説明から明白になるであろう。

【 0 0 1 0 】

添付図面では、実寸大である必要はない。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】翼が収縮された構造で示されている本発明の 1 実施形態による 1 つの構造部材、即ち拡張可能な翼の斜視図である。

【図 2】拡張された構造における図 1 の翼を示す図である。

【図 3】基礎をなす拡張可能なスケルトンを示すため形状変化材料が除去されている図 1 の翼を示す図である。

【図 4】下に位置する拡張可能なスケルトンセグメントを示すために形状変化材料が除去されている拡張された構造における図 1 の翼を示す図である。

【図 5】図 1 の翼で使用するための 1 つのスプリング構造を示す断面図である。

【図 6】図 5 のスプリング構造の部分を示す斜視図である。

【図 7】本発明の 1 実施形態による構造部材の部品の可能な機能関係を示している図である。

【図 8】図 1 の翼で使用するための第 2 のスプリング構造を示す断面図である。

【図 9】図 1 の翼で使用するための第 2 のスプリング構造を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

形状変化構造部材は適切な発泡体材料、例えば少なくとも 300% の歪みで耐えることができるポリマー発泡体または少なくとも 5% の歪みに耐えることができる金属合金発泡体のような形状変化材料を有する、1 以上のコイルスプリングのようなスプリングは形状変化材料の構造的支持を行う。スプリングはまた形状変化材料の拡張及び収縮のための力を与えるためにも使用される。スプリングは一方が他方の内部にある同心スプリングの対を含むことができる。同心スプリングは形状変化材料を支持し、および/または材料の形状変化を助ける下側に位置するスケルトン構造を包囲していてもよい。同心スプリングは下に位置するスケルトン構造の周囲に巻かれても巻かれなくてもよい。多数のスプリングまたはスプリングの対は真っ直ぐまたは湾曲されたスチールの部片のようなシート金属コネクタを使用して共に結合されることができる。

10

【0013】

図 1 および 2 は形状変化構造の 1 例、即ち可変の翼長を有する翼 10 の 2 つの構造を示している。翼 10 は複数の形状変化部材 12、ここでは翼 10 の部分を有する。形状変化翼セグメント 12 はそれらの形状を変化するために膨張および収縮されることができる。図 1 はセグメント 12 がそれぞれ体積において増加され翼長の方向に長くされている第 1 の（拡張された）構造における翼 10 を示している。図 2 は部材 12 が翼長の方向で長さの減少された第 2 の（収縮された）構造における翼 10 を示している。

20

【0014】

部材 12 はそれぞれ形状変化材料 14 を有している。形状変化材料はここでは少なくとも 5% の歪みで弾性変形が可能な材料として規定されている。ポリマー発泡体のようなあるタイプの形状変化材料は少なくとも 300% または 400% の歪みのような非常に大きい歪みにおける弾性変形が可能である。形状変化材料 14 は 1 以上の方向で膨張及び収縮可能であり、材料の体積を変化する発泡体材料であってもよい。形状変化材料 14 はここで使用されるときは実質的に空隙のない材料を示す子愛材料であってもよい。

30

【0015】

形状変化材料は固体形態においては、発泡体および/またはゲルのいずれかの形状記憶ポリマー材料であることができる。以下さらに詳細に説明するように、ポリマー材料は電磁界により作用される粒子中に混合されてもよい。

【0016】

代わりに形状変化材料は超弾性金属合金発泡体材料 14 であってもよい。時折擬弾性と呼ばれる超弾性は固体材料が相変換を受けて材料の弾性率（ヤング率）の減少を生じる状態を指している。機械的に負荷されるとき、超弾性材料は 5 乃至 10% または（より狭めると）6 乃至 8% の範囲の歪みのような非常に高い歪みへ可逆的に変形されることができる。超弾性発泡材料は適切な金属合金発泡体であってもよい。超弾性金属発泡材料を生成する適切な金属合金の 1 例はニチノールのようなニッケルチタニウム合金である。ニチノールは重量で 55% のニッケルであってもよいが、他の比率が使用されてもよい。他の可能性として、銅および亜鉛の合金を含んでおり、アルミニウムを有しても有しなくてもよい。さらに、超弾性発泡体の材料は代わりに適当な金属ガラスであってもよい。部材 12 の超弾性金属発泡体は発泡体が拡張された状態にあるとき、理論密度の 10 乃至 20% 程の低い密度を有することができる。その他の適当な発泡体密度が使用されてもよいことが認識されよう。

40

【0017】

形状変化部材 12 は形状変化プロセスを通して連続的な途切れのない状態である連続的な

50

外部表面16を有している。構造10の形状変化プロセスはしたがって1つのディスクリートな部分が別の部分に関して全体として動く構造的動作と区別される。連続的な外部表面が翼においてより良好な空気力学的特性を提供できるので、形状変化プロセス期間の連続的な外部表面の維持が翼において有効である。連続的な外部表面を維持する形状変化はここでは「モーフィング」と呼ばれることができる。

【0018】

図3および4は構造10のスケルトン30を示している。このスケルトン30は形状変化材料14の下にあり、または他の方法でそれを支持する1以上の剛性部材を含んでいる。スケルトン30は適切な金属のような適切な剛性材料から作られることができる。スケルトン30はそれ自体その長さを変化することを可能にするためのアクチュエータを設けることによって、または部品を相互に関して滑動することによって形状を変化することができる。このような付勢は水力、電気モーターまたは圧電電気材料の使用等によって任意の種々の力で行われることができる。連続的な表面を設けることは多くの状況において、例えば航空機および他の移動ビークルのドラッグを減少させるために望ましいことが認識されよう。スケルトン30は形状変化材料14のための支持を与えることができ、および/または材料が「ソフト」状態にあるときに形状変化材料14の形状を変化するために形状変化材料14上に歪みを加えるための力を与えるために使用されることができる。

【0019】

構造10中の種々の部材は個々、または実質的に同時に拡張/引込まれることができる。形状変化部材12は、個々に拡張及び収縮されることのできるセグメントに分割されることができる。セグメントは加熱および/または電磁力の供給のための導電性プレートとしても作用する構造的支持を行うことができるリブ32(図1および2)により広げられることができる。翼の長さの変化は航空機の速度に関する特性を最適化するために行われることができる。より長い翼は長期間の低速度の飛行に適することができ、より短い翼は高速度の飛行に適することができる。

【0020】

スケルトン30に加えて、形状変化材料14はその材料14内に埋設された1以上のコイルスプリングにより支持または強化されることができる。さらに、スプリングは材料14を拡張または収縮するために力を与える補助を行うことができる。さらに一般的には、スプリングは形状変化材料の形状の変化を助けることができる。幾つかの可能なスプリング構造について以下説明する。

【0021】

図5および6はスケルトン30を包囲し収容する1対の同心コイルスプリング40と42を示している。コイルスプリング40と42は形状変化材料14が拡張及び収縮されると共に(スケルトン30の拡張/収縮方向に沿った)方向で軸方向の(縦方向の)長さを有する。スプリング40と42はそのスプリング40と42が埋設されている形状変化材料14に構造的支持体を与える。スプリング40と42は多量に弾性的に拡張および収縮(それらの長さを変化)するように構成されることができることが認識されよう。スプリング40と42は係数4または5で弾性的な長さ拡張が可能である。スプリング40と42はリブ32(図1)のような形状変化部材14の対向面上の構造部材に固定される。

【0022】

スプリング40と42の一方または両者は固体または金属発泡体であってもよい形状記憶合金から作られることができる。1タイプの形状記憶特性は材料が加熱され冷却されるとき、ある温度において本質的に相を変化する材料変態結晶構造を含んでいる。これは材料が材料の冷却及び形状変化後にそれに続く加熱により回復されることのできるある形状を「学習」することを可能にする。他の形状記憶材料は形状記憶特性をトリガーするために磁力のような他の力に依存する。形状記憶特性は材料が存在できる種々の結晶構造間の転移に依存する。例えば、材料は加熱及び冷却されながら、ある温度でオーステナイトとマルテンサイトとの間で転移できる。材料形状は材料ウエルを高温のオーステナイト相へ加熱し、材料をその位置に保持することによって設定される。その後、材料の冷却は低温のマ

10

20

30

40

50

ルテンサイト相への転移を生じる。材料はマルテンサイト相でさらに自由に変形されることができる。オーステナイト相へ転移するようにその後材料が加熱されるとき、材料はオーステナイト相において高温になったときに前もってそれに設定された形状に自発的に戻る。

【0023】

さらに、スプリング40および/または42の金属合金材料は、材料が転移温度を通過するとき、高い弾性率の「強化された」（「スチフ」または「ハード」）状態から低い弾性率の「リラックスされた」または（比較的）「ソフトな」状態へ転移されることができる。相変換が生じる転移温度は金属材料が合金にされるかその他の方法で形成される態様によって、および金属材料が加熱処理される態様によって操作されることができる。転移温度はしたがって発泡材料周辺の環境温度より高い選択された温度に設定されることができる。代わりに転移温度は材料の通常の動作温度または材料周辺の環境の温度よりも低く設定されることができる。

10

【0024】

スプリング40と42の両者が形状記憶合金から作られる場合、スプリング40と42は例えばその2つのスプリング40と42の合金の異なる組成を有することによって異なる転移温度を有するように設定されることができる。異なる転移温度を有する形状記憶合金の使用はスプリング40と42が形状変化部材12の形状変化材料14を拡張及び収縮するための双方向アクチュエータとして作用することを可能にする。スプリング40と42の温度の変化はそのスプリング40と42の弾性率（ヤング率）を個々に変化する。さらに、加熱は、スプリング40と42の形状記憶特性を、形状変化材料14の対向面上のリブ32（図1および2）のような選択的に別々のまたは結合されたプレートにさせるために使用される。

20

【0025】

スプリング40と42はそのスプリング40と42とのうちの一方だけが形状記憶金属合金で作られていても双方向アクチュエータとして作用できる。スチールのような通常の材料から作られたスプリングは動作温度範囲にわたってそのスチフネスを顕著に変化しない。形状記憶合金から作られるスプリングは転移温度を通過するときにそのスチフネスを大きく変化させる。形状記憶合金材料のスプリングは形状記憶合金が転移温度よりも低いそのスチフまたはハード状態にあるときに通常の材料のスプリングの弾性率を超える弾性率を有するように構成されることができる。形状記憶合金材料スプリングは転移温度を超えてその形状記憶合金がそのソフト状態にあるときに通常の材料スプリングの弾性率よりも低い弾性率を有するように構成されることができる。したがって形状記憶合金のスプリングは転移温度よりも低い材料14の成形において主要であり、通常の材料のスプリングは転移温度を超える場合に主要である可能性がある。

30

【0026】

スプリング40および/または42の形状記憶合金は任意の種々の既知の形状記憶材料であってもよい。適切な材料の1例はニチノールである。スプリング40および/または42の金属合金は形状変化材料14中の（存在する場合）金属合金と同じであっても異なってもよい。

【0027】

別の代替手段として、スプリング40と42の両者は通常の材料から作られることができることが認識されよう。このような状況では、スプリング40と42は構造的支援のみを与え、材料14の拡張または収縮の付勢に使用されない。この代替として、スプリング40と42は単一のコイルスプリングにより置換されることができる。

40

【0028】

スプリング40と42の一方または双方は囲んでいる形状変化材料14の電氣的加熱に使用されることができる。加熱は材料14を軟化し、例えば材料14にガラス転移温度または相転移温度を超えさせるために使用されることができる。電氣的加熱はまた加熱されたスプリングの形状記憶合金を転移温度より高い温度にするために使用されることができる。

【0029】

50

スプリング40と42は形状変化材料14の1以上のディスクリットなセグメントを横切って延在することができる。前述したように、スプリング40と42は形状変化材料に隣接又はその内部でリブ40、41のような構造部材に取り付けられることができる。

【0030】

図7を参照すると、形状変化材料14は固体または発泡体の形状記憶ポリマー材料52であることができる。知られているように、形状記憶ポリマー材料及び他の材料はこれらがそれらの形状を変化するためにガラス転移温度またはプラスチック温度を超えて加熱されることができる。しかしながらそれを行うとき、それに作用する幾らかの力に依然として抵抗できる形状記憶ポリマー材料52を有することが望ましい。ロードに抵抗できるこの能力は形状記憶ポリマー材料52が形状の変化を可能にするために軟化するように十分に加熱されるとき大きく減少される。例えば形状変化期間中、形状記憶ポリマー発泡体のヤング率は比較的 low、それ故ポリマー材料は大きなロードをもつことができない。材料の抵抗ロードを有するように、この状態にあるとき材料のステイフネスを増加するための幾つかの機構が必要とされる。スプリング40と42(図5)は1つのこのような機構を提供する。

10

【0031】

さらに、形状制御電磁界システム58はポリマー材料52の形状を維持するのに助けるために使用されることができる。電磁界システム58は電磁源60と1対の電磁素子62と64を含んでいる。図7に示されているように、電磁素子62と64は形状記憶ポリマー材料52の両側に存在することができる。電磁素子の広範囲の数、サイズ、構造素子が可能であることが認識されよう。例えば電磁素子62と64はプレートまたはワイヤであることができる。別の例として、電気素子はポリマー材料52に埋設される金属ホイル素子であってもよい。電磁素子は材料52内又はその近くの任意の種々の位置に位置されてもよいことが認識されよう。

20

【0032】

電界システム58は形状記憶ポリマー材料52の形状を制御するための電界および/または磁界を与えることができる。したがって電磁素子62と64はキャパシタプレートのような電気素子であってもよい。代わりに、電磁素子62と64はコイルのような磁界素子であってもよい。

【0033】

電磁素子62と64は形状記憶ポリマー材料52の固有の特性に作用できる。例えば電磁界システムは形状記憶ポリマー材料52の誘電定数に作用する電界を設定できる。

30

【0034】

形状記憶ポリマー材料52は、その中に散在され電磁界システム58により作用される粒子66を有することができる。粒子66は電磁界システム58により設定される磁界によって作用されるときに力を受ける磁気粒子であってもよい。磁気粒子はマグネタイト粒子であってもよい。電界に応答する粒子は圧電電気材料粒子であってもよい。その誘電率を増加するための形状記憶ポリマー材料52に対する添加物は、チタン酸塩またはチタニウム化合物を含むことができる。高い誘電率を有する種類の適切な粒子はこの目的では有用である。粒子66はミクロンサイズからナノサイズの粒子であることができる。

【0035】

電磁界システム58は材料を軟化してその形状を変化するために形状記憶ポリマー材料52を加熱するために使用されることができる。代わりに又はさらに1以上の別々の加熱素子68が形状記憶ポリマー材料52を加熱するために使用されることができる。前述したように、スプリング40と42(図5)は別の抵抗加熱素子として使用されることができる。

40

【0036】

広範囲の種々の適切な添加物がポリマーを形状記憶ポリマーにするために使用されることができることが認識されよう。ガラスの転移温度と形状記憶ポリマー材料のその他の特性は添加物のタイプと量により制御されることができる。形状記憶ポリマー材料のその他の特性はその材料が露出される化学的またはその他の環境に対する適切さであることができる。形状記憶ポリマー材料52はポリウレタンベースの材料またはエポキシベースの材料であってもよい。シアン酸エステルベースの材料も使用されることができる。発泡材料は

50

ニート樹脂材料よりも非常に大きい歪み容量を有する利点を有している。しかしながら、発泡材料の剛性は固体材料よりも小さいことが認識されよう。ニート樹脂のポアソン比は約 0.4 乃至 0.5 である。これは所望の外部モールドラインに形状記憶ポリマー材料を保持するための力が幾らか加えられない限り、翼長の変化による発泡材料 12 の大きな横方向の拡張及び収縮を生じる。形状記憶ポリマー発泡体のポアソン比は 0.1 よりも小さくてもよい。

【0037】

電磁界システム 58 は材料 52 の形状変化を起こすために使用されることができ、ことが認識されよう。また、前述したように電磁界システムは超弾性の金属発泡体材料のような他のタイプの材料と共に使用されることができ。

10

【0038】

図 8 は第 1 の同心コイルスプリング対 80 が翼の前縁 84 で形状変化材料 14 内に位置されている別のスプリング構成を示している。第 2 の同心スプリング対 90 は翼 10 の後縁 94 で形状変化材料 14 内に位置されている。スプリング対 80、90 はスケルトン 30 の外部に位置され、それらの軸が図 8 の平面に垂直に配向されるように巻かれている。各スプリング対 80 と 90 の一方又は双方は形状記憶合金材料を含むことができる。スプリング対 80 と 90 は構造支持が翼 10 で最も必要とされる場所に有効に位置される。スプリング対はしたがって均一な構造支持を与えるのにさらに効率的であろう。さらに、スプリング対 80 と 90 が抵抗ヒータとして使用されるとき、より小さいスプリングアセンブリ 80、90 はより良好でより均一な加熱を有効に与えることができる。

20

【0039】

図 9 はスケルトン 30 の外部で形状変化材料 14 内の種々の位置に複数の同心コイルスプリング対 100、102、104、106、108 を有する翼 10 の別のスプリング構成を示している。スプリング対 100 - 108 は全てシート金属コネクタ 110 により連結されている。シート金属コネクタ 110 はスプリング対 100 - 108 の長さに沿った種々の縦（軸）位置における多数の支持体の 1 つであってもよい。シートスチールまたは別の適切な金属から作られることができるシート金属コネクタ 110 は構造支持翼 10 を与え、スプリング対 100 - 108 を相互に関して固定された位置に維持する。シート金属コネクタ 110 はリブ 32（図 1）の代わりに使用される代替の構造として作用することができる。

30

【0040】

スプリングまたはスプリング対 100 - 108 は形状記憶合金材料を有するスプリングを含むことができる。代わりにスプリング対 100 - 108 は全て単一金属の通常のスプリングであってもよい。

【0041】

前述の説明は単一型式の構造の拡張可能な翼 10 に関する。ここで説明されている概念は形状変化および/または再構成が所望される種々の他の構造に応用可能である。

【0042】

本発明をある 1 又は複数の好ましい実施形態に関して示し説明したが、等価の変更及び変形がこの明細書及び添付図面を読み理解すれば他の当業者により行われることが明白である。特に、前述の素子（コンポーネント、アセンブリ、装置、組成等）により行われる種々の機能に関して、（「手段」の参照を含めた）用語は特に指摘されていなければ、本発明のここで示された例示的な 1 又は複数の実施形態で機能を行う説明された構造に構造的に等価ではなくても、説明された素子の特定化された機能を行う任意の素子（即ち機能的に等価）に対応する。さらに、本発明の特別な特徴を幾つかの示された実施形態の 1 以上のものだけに関して前述したが、このような特徴は任意の所定又は特定の応用で所望及び有効であるように、他の実施形態の 1 以上の他の特性と組み合わせられることができる。

40

以下に、本願出願時の特許請求の範囲に記載された発明を付記する。

[1] 少なくとも 5 % の歪みで弾性変形が可能な形状変化構造材料（14）と、前記形状変化構造材料中に埋設された 1 以上のスプリング（40、42）とを具備しており

50

、前記 1 以上のスプリングは前記形状変化材料に対する構造的支持を行うように構成されている形状変化構造部材 (12)。

[2] 前記構造材料は、構造部材を通して実質的に連続的である前記 [1] に記載の構造部材。

[3] 前期構造材料は、固体のポリマー材料である前記 [1] または [2] に記載の構造部材。

[4] 前期構造材料は、発泡材料である前記 [1] または [2] に記載の構造部材。

[5] 前記発泡材料は、ポリマー発泡体である前記 [4] に記載の構造部材。

[6] 前記ポリマー発泡体は、形状記憶ポリマー発泡体である前記 [5] に記載の構造部材。

[7] 前記発泡材料は、超弾性金属発泡体である前記 [4] に記載の構造部材。

[8] 前記超弾性金属発泡体は、金属合金を含んでいる前記 [7] に記載の構造部材。

[9] 前記発泡体材料は、少なくとも 300 % の歪みにおいて弾性変形できる前記 [1] 乃至 [8] のいずれか 1 つに記載の構造部材。

[10] 前記 1 以上のスプリングは、コイルスプリングを含んでいる前記 [1] 乃至 [9] のいずれか 1 つに記載の構造部材。

[11] 前記 1 以上のスプリングの軸方向の長さは、前記形状変化材料が拡張および収縮される方向にある前記 [10] に記載の構造部材。

[12] 前記 1 以上のスプリングは、1 対のコイルスプリングを含んでいる前記 [1] 乃至 [9] のいずれか 1 つに記載の構造部材。

[13] 前記コイルスプリングの少なくとも 1 つは、形状記憶金属合金から作られている前記 [12] に記載の構造部材。

[14] 前記 1 対のコイルスプリングは形状記憶金属合金から作られている前記 [12] に記載の構造部材。

[15] 前記 1 対のコイルスプリングは異なる形状記憶転移温度を有する前記 [14] に記載の構造部材。

[16] 前記 1 対のコイルスプリングは同心であり、前記スプリングの一方が前記スプリングの他方の内部にある前記 [12] に記載の構造部材。

[17] さらに、同心コイルスプリングの付加的な対を具備し、前記 1 対のコイルスプリングは前記材料内の異なる位置で前記形状変化構造材料を支持する前記 [16] に記載の構造部材。

[18] 複数の同心コイルスプリングの対は金属コネクタにより相互に接続されている前記 [17] に記載の構造部材。

[19] 前記構造は拡張可能な翼である前記 [1] 乃至 [18] のいずれか 1 つに記載の構造部材。

[20] 拡張及び収縮されるように構成されている形状変化材料と、
前記形状変化材料中に埋設されている 1 対の同心スプリングとを具備し、
前記スプリングは前記形状変化材料が拡張および収縮される方向に軸方向の長さを有し

、
前記スプリングは前記形状変化材料に対する構造支持を与えている拡張可能な航空機翼

。

10

20

30

40

【図 1】

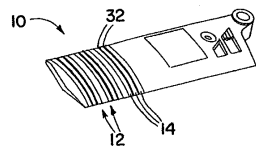


FIG. 1

【図 2】

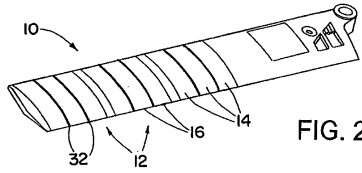


FIG. 2

【図 3】

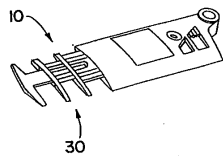


FIG. 3

【図 5】

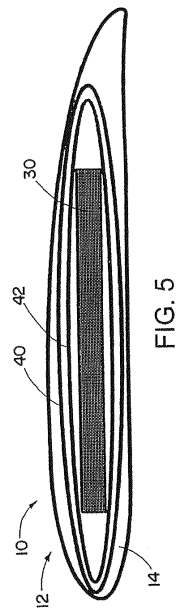


FIG. 5

【図 4】

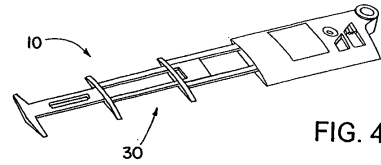


FIG. 4

【図 6】

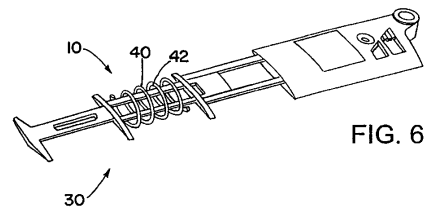


FIG. 6

【図 7】

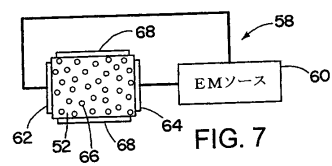
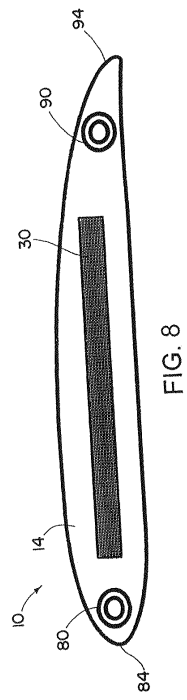
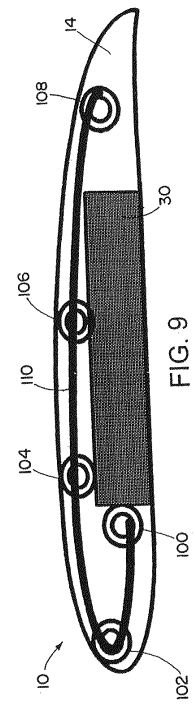


FIG. 7

【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (72)発明者 サー、デイビッド・アール。
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92881、コロナ、モーニング・スター・ドライブ 2817
- (72)発明者 サンダーソン、テリー・エム。
アメリカ合衆国、アリゾナ州 85745、タクソン、エヌ・サーキュロ・ザガラ 837

審査官 芦原 康裕

- (56)参考文献 国際公開第2007/077620(WO, A1)
国際公開第2007/001392(WO, A2)
米国特許第06834835(US, B1)
米国特許第06056237(US, A)
特開平09-084491(JP, A)
特開2006-158600(JP, A)
実開平04-020898(JP, U)
特開2001-118478(JP, A)
特開平07-137669(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B64C 3/54