

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5871794号
(P5871794)

(45) 発行日 平成28年3月1日 (2016.3.1)

(24) 登録日 平成28年1月22日 (2016.1.22)

(51) Int.Cl.
B 6 4 D 15/16 (2006.01)

F I
B 6 4 D 15/16

請求項の数 16 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2012-510794 (P2012-510794)	(73) 特許権者	515307917
(86) (22) 出願日	平成22年5月12日 (2010.5.12)		ティーエムシー エアロスペース インコ
(65) 公表番号	特表2012-526705 (P2012-526705A)		ーボレイテッド
(43) 公表日	平成24年11月1日 (2012.11.1)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 90
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/001408		024 ロス アンジェルス ウィルシャ
(87) 国際公開番号	W02011/002481		ー ブールバード 10850 第6 フ
(87) 国際公開日	平成23年1月6日 (2011.1.6)		ロア
審査請求日	平成25年5月13日 (2013.5.13)	(74) 代理人	100147485
(31) 優先権主張番号	61/216,107		弁理士 杉村 憲司
(32) 優先日	平成21年5月13日 (2009.5.13)	(74) 代理人	100192924
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 石井 裕充
(31) 優先権主張番号	12/658,304	(72) 発明者	リチャード アレクサンダー オルソン
(32) 優先日	平成22年2月5日 (2010.2.5)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92
(33) 優先権主張国	米国 (US)		028 フォールブルック レイク ツリ
			ー ドライブ 3514
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 航空機およびその他の用途のための電気除去式除氷装置を備える物品および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電気除去式除氷装置用アクチュエータを備える物品であって、
第1導電素子を含み、前記第1導電素子の第1端部における電気入力部に接続された第1サブアセンブリと、
第2導電素子を含み、前記第2導電素子の第1端部における電気出力部に接続された第2サブアセンブリと、
前記第1サブアセンブリの前記第1導電素子の第2端部を対応する前記第2サブアセンブリの前記第2導電素子の第2端部に接続することにより前記電気入力部から前記電気出力部への導電パスを形成する導電性コネクタとを備え、
前記コネクタが前記第1サブアセンブリの前記第2端部の前記第2サブアセンブリの前記第2端部に対する動作を可能にするよう構成され、
前記第1サブアセンブリおよび前記第2サブアセンブリが、導電性ループに電流が流れる際、前記第1サブアセンブリおよび前記第2サブアセンブリのそれぞれの少なくとも一部が、前記第1サブアセンブリおよび前記第2サブアセンブリ内の電流により形成された磁界によって互いに離隔されるような向きで設置され、
外板が内殻および前記内殻に装着された支持構造を囲み、内表面および外表面を有する外板の前記内表面が前記内殻に取り付けられ、前記支持構造が第1支持構造および第2支持構造を有し、アクチュエータが前記第1支持構造と前記第2支持構造の間に設置される
物品。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の物品であって、前記第 1 サブアセンブリおよび前記第 2 サブアセンブリの少なくともいずれかが、概ね並列に配列された複数の導電素子を備える物品。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の物品であって、前記コネクタが、対をなす導電素子の第 2 端部同士を接続する複数のコネクタの 1 つであり、各対が前記第 1 サブアセンブリからの導電素子および前記第 2 サブアセンブリからの導電素子を備える物品。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の物品であって、対をなす導電素子の第 1 端部同士を接続する複数の第 2 コネクタをさらに備え、各対が前記第 1 サブアセンブリからの導電素子および前記第 2 サブアセンブリからの導電素子を備える物品。

10

【請求項 5】

請求項 1 に記載の物品であって、前記コネクタがフレキシブルな撚り合わせ航空機ワイヤおよび U 字形ループからなる群から選択される物品。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の物品であって、前記コネクタの長軸が前記導電素子の長軸に平行または垂直のいずれかである物品。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の物品であって、前記第 1 サブアセンブリおよび前記第 2 サブアセンブリの各端部が封止された物品。

20

【請求項 8】

請求項 1 に記載の物品であって、前記物品が航空機である物品。

【請求項 9】

方法であって、

電気除去式除氷装置用アクチュエータを備える物品を、第 1 支持構造と第 2 支持構造の間に設置する工程であって、外板が内殻および前記内殻に装着された支持構造を囲み、内表面および外表面を有する外板の前記内表面が前記内殻に取り付けられ、前記支持構造が前記第 1 支持構造および前記第 2 支持構造を有する、工程と、

前記物品内で電流を誘導する工程とを含み、

前記物品が、

30

第 1 導電素子を含み、前記第 1 導電素子の第 1 端部における電気入力部に接続された第 1 サブアセンブリと、

第 2 導電素子を含み、前記第 2 導電素子の第 1 端部における電気出力部に接続された第 2 サブアセンブリと、

前記第 1 サブアセンブリの前記第 1 導電素子の第 2 端部を対応する前記第 2 サブアセンブリの前記第 2 導電素子の第 2 端部に接続することにより前記電気入力部から前記電気出力部への導電パスを形成する導電性コネクタとを備える前記電気除去式除氷装置用のアクチュエータを備え、

前記コネクタが前記第 1 サブアセンブリの前記第 2 端部の前記第 2 サブアセンブリの前記第 2 端部に対する動作を可能にするよう構成され、

40

前記第 1 サブアセンブリおよび前記第 2 サブアセンブリが、導電性ループに電流が流れる際、前記第 1 サブアセンブリおよび前記第 2 サブアセンブリのそれぞれの少なくとも一部が、前記第 1 サブアセンブリおよび前記第 2 サブアセンブリ内の電流により形成された磁界によって互いに離隔されるような向きで設置される方法。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の物品であって、前記第 1 サブアセンブリが、概ね並列に積み重ねて配列された複数の導電素子を備える物品。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の物品であって、前記第 2 サブアセンブリが、概ね並列に積み重ねて配列された複数の導電素子を備える物品。

50

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載の物品であって、前記コネクタが、対をなす導電素子の第 2 端部同士を接続する複数のコネクタの 1 つであり、各対が前記第 1 サブアセンブリからの導電素子および前記第 2 サブアセンブリからの導電素子を備える物品。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載の物品であって、対をなす導電素子の第 1 端部同士を接続する複数の第 2 コネクタをさらに備え、各対が前記第 1 サブアセンブリからの導電素子および前記第 2 サブアセンブリからの導電素子を備える物品。

【請求項 1 4】

請求項 1 に記載の物品であって、前記コネクタが、前記第 1 サブアセンブリおよび前記第 2 サブアセンブリと同程度の幅を有する、複数の導電経路の 1 つおよび単一の導電経路から選択される物品。

10

【請求項 1 5】

請求項 1 に記載の物品であって、前記コネクタが、前記第 1 サブアセンブリおよび前記第 2 サブアセンブリが離隔する際に、前記第 1 サブアセンブリおよび前記第 2 サブアセンブリの間に内側に引き込まれないように構成される物品。

【請求項 1 6】

請求項 1 に記載の物品であって、前記コネクタの長さが、少なくとも前記第 1 サブアセンブリおよび前記第 2 サブアセンブリが離隔する際の距離である物品。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、概して、飛行中航空機の除氷などの分野に関し、より詳しくは、航空機およびその他の用途のための電気除去式除氷装置およびその構成要素に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

[関連出願の相互参照]

本出願は、2009 年 5 月 13 日に提出された米国仮特許出願第 61 / 216, 107 号の利益を主張するものである。

【0 0 0 3】

30

「電気除去式除氷装置」は「電気機械除去式除氷装置」とも称される。この除氷装置は電氣的に発生させた機械的動作によって、機体表面や他の除氷対象物に堆積した氷を篩い落とす。これに関し航空機の場合、氷は空力特性を劇的に変化させ大惨事を起こしうるため、除氷が重要な作業であるであるということを思い出すべきである。除氷装置はこうした懸念を軽減させる。

【0 0 0 4】

航空機の除氷を行うために、一般的な電気除去式除氷装置は「アクチュエータ」と呼ばれる電気機械式変換器を備え、それらは様々な機体構造（例えば、翼の前縁、水平・垂直安定板、およびエンジン吸気口）の外板の下に設置される。飛行中の氷形成に対応して、機載電子制御系はこうしたアクチュエータに大電流パルス（例えば、8000 アンペアのミリ秒間持続するパルスを 30～90 秒間隔で）を流し、これにより機体構造の外板に衝撃波を発生させる機械的動作を引き起こす。衝撃波により、外板に堆積した氷は除去される。アクチュエータは外板の内側に衝撃を与え、この動作により外板に衝撃波が発生し、外板の外側に堆積した氷は衝撃波により篩い落とされる。

40

【0 0 0 5】

こうした従来の電気除去式除氷アクチュエータには、銅その他の導電性材料のストリップまたはリボンを含むものもあり、これらは近接して離間した並列配置で機体外板の下に装着される。上記のように電流が流れると、除氷衝撃波を起こすようストリップが勢いよく互いから離れる。アクチュエータの導電性ストリップは、細長いマルチターンループに包まれた銅リボンの形状のものもある（例えば、マルチターンコイル）。銅リボンは、例

50

えば幅0.25インチ～1.50インチ、厚み0.020インチ～0.040インチのサイズで、およそ1～8フィートの長さの細長い多層ループに巻かれ、ループの端で銅リボン自体が巻き返されている。成形されたポリウレタンのブロックにより、ループ両端の2個の折り返し端を封止し、銅リボンの誘電体コーティングにより、隣接する巻き線間のショートを防ぐ。

【0006】

銅リボンループと機載電子制御系の相互接続により、ループの前半部（ループの第1の折り返し端から反対側の第2の折り返し端まで）を第1の方向に流れ、ループの後半部（ループの第2の折り返し端から第1の折り返し端まで）を反対の第2の方向に流れる電流パルスが生じる。このように電流パルスが流れると、ループの前半部および後半部を互いに反発させる強い力が生じる。この反発作用により、前半部および後半部が互いから離れる相対動作が引き起こされ（例えば、およそ0.08インチ～0.50インチ分）、機械的動作の振動として機体外板に伝わる。この機械的振動により除氷衝撃波が生じる。

10

【0007】

上記のようなタイプの従来のアクチュエータは多くの点で効果的であるが、克服すべき欠点もある。まず、外板への衝撃が十分な除氷に必要な程度に満たない場合がある。アクチュエータの動作は、しばしば望ましいレベルよりも弱い。さらに、ループ端が疲労破壊を受けやすいということがある。これらおよび以下の詳述により明らかにするその他の理由により、上述した欠点を克服する、より優れたアクチュエータアセンブリが必要とされている。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上記に鑑み、本発明は上記問題を軽減する電気除去式除氷アクチュエータを提供することを主要な目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

封止されたループ端が固定され、相対的に移動不可能（折り返し部において基本的に半径0）であることにより、性能が多少低下し、疲労破壊が起こるという認識に基づき、本発明は、2個の機械的に独立したループサブアセンブリからなる導電性ループを備えるアクチュエータアセンブリを設けることにより上記の目的を達成する。2個のうち第1のループサブアセンブリは導電性ループの第1の部分となし、その中で電流は第1の方向に流れる。2個のうち第2のループサブアセンブリは導電性ループの第2の部分となし、その中で電流は反対の第2の方向に流れる。

30

【0010】

第1および第2のサブアセンブリの端部は、フレキシブルコネクタにより電氣的に相互接続されている。その結果、第1および第2のサブアセンブリ（すなわち、導電性ループの第1の部分および第2の部分）は封止された端部による制限を受けることなく離隔することができ、変位が制限されない。また、封止された端部が従来受けていた疲労破壊も回避することができる。つまり、本発明の発明者は、従来技術のアクチュエータは、機械的出力エネルギーを、アクチュエータの折り返し端における非生産的な変形および応力に転じさせていたため、結果としてアクチュエータ動作の強度が要求を満たさない場合があり、また、ループ端が前述の疲労破壊を受けやすかったということを発見した。

40

【0011】

本発明は、より広く言えば、氷を対象物から除去する装置を提供し、飛行中の航空機の外板からの除氷が重要な用途の一つである。請求項に記載のより厳密な表現を用い、さらに使用される用語を借りると、本発明により構成された、電気除去式除氷装置の一部として対象物に衝撃を与えるための装置は、アクチュエータと呼ばれるアセンブリを備える。アクチュエータは導電性ループ内で接続される複数の導電素子を含み、アクチュエータは、ループ内を流れる電流パルスにより生じるループの動作に対応してループが対象物に衝

50

撃を与えることが可能な位置で支持構造に設置される。

【0012】

アクチュエータの第1のサブアセンブリ部は、「第1の端部」および「第2の端部」と呼ばれる2個の対向する終端をもつ、ループの導電性の第1の素子を含む。当該第1の素子は第1のパスに沿って第1の端部と第2の端部間に延在し、当該第1の素子は電流パルス第1の方向に伝える手段として機能する。アクチュエータの第2のサブアセンブリ部は、「第3の端部」および「第4の端部」と呼ぶ2個の対向する終端をもつ、ループの導電性の第2の素子を含む。当該第2の素子は、第1のパスから離間しこれに概ね並列する第2のパスに沿って第3の端部と第4の端部間に延在し、当該第2の素子は電流パルスを、第1の方向に略反対の第2の方向に伝える手段として機能する。

10

【0013】

本発明の主要な面によると、導電性ループを形成するよう第1および第2の素子の終端のそれぞれを電氣的に相互接続するための手段が提供される。この手段は、少なくとも、第4の端部に対する第2の端部の動作を妨げることなく第2の端部および第4の端部を電氣的に相互接続する第1のコネクタを含む。第1のコネクタは、第2の端部および第4の端部に接続される細長いフレキシブルな導電性の第1の導体（例えば、長い撚り合わせ航空機ワイヤからなるジャンパ）を含む。

【0014】

前述の説明は一对の素子および1個のコネクタのみに焦点を当てているが、本発明により構成されるアクチュエータは、1個のマルチターンループにつき複数の素子対およびコネクタを含むことが好ましい。換言すると、第1のサブアセンブリは互いに概ね並列に延在する第1の複数の導電素子（例えば、3個または4個）を含むことが好ましい。同様に、第2のサブアセンブリは、互いに概ね並列に延在する第2の複数の導電素子を含む。これらの素子の端部は相互接続され、上述した細長いフレキシブルコネクタを用いて細長いループを形成する。

20

【発明の効果】

【0015】

このように、本発明は、従来技術の性能および疲労破壊の問題を低減する電気除去式除氷アクチュエータを提供する。性能を向上させることにより、さらなる軽量化および設計自由度がもたらされる。以下の説明図および詳述により、本発明の前述した、または他の目的、特徴、および効果がより明らかになる。

30

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】一般的なアクチュエータ配置を示す機体前縁構造の概略図である。前縁構造およびアクチュエータは説明のために短縮して示され、図中、様々な空間的關係を説明するために用いるXYZ直交座標系を含む。

【図2a】アクチュエータ実装の詳細の一部を示す、前縁部分を拡大した断面図である。

【図2b】異なるアクチュエータ配置を示す、図2aと同様の前縁部分の断面図である。

【図2c】複数のアクチュエータを示す、図2aと同様の前縁部分の断面図である。

【図3】導電性ループの前半部および後半部の相対動作を制限する封止端部をもつアクチュエータの斜視図である。

40

【図4】フレキシブルコネクタ（すなわち、ジャンパ線）により相互接続された2個の離隔されたサブアセンブリからなる導電性ループを含む、本発明により構成されたアクチュエータの第1実施形態の斜視図である。

【図5】第2タイプのフレキシブルコネクタを含む、本発明により構成されたアクチュエータの第2実施形態の斜視図である。

【図6】第3タイプのフレキシブルコネクタを含む、本発明により構成されたアクチュエータの第3実施形態の斜視図である。

【図7a】アクチュエータの実装構造を拡大した断面図である。

【図7b】電流パルスが流れている間の離隔されたアクチュエータの前半部および後半部

50

(すなわち、第1および第2のサブアセンブリ)を示す、図7aと同様の拡大した断面図である。

【図8】4周巻きの導電性ループを含む、本発明により構成されたアクチュエータの第4実施形態の斜視図である。

【図9】複数のアクチュエータのうち、軸方向に延伸する配置で設けられた複数のアクチュエータ対の1組を示す、航空機ジェットエンジン吸気口の一部の径方向断面図である。

【図10】軸方向に延伸する配置の複数のアクチュエータを示す航空機ジェットエンジン吸気口の概略図である。

【図11】円周方向に延伸する配置の複数のアクチュエータを示す航空機ジェットエンジン吸気口の概略図である。

【図12】様々な点をさらに詳しく示す、第1実施形態のアクチュエータの概略図である。

【図13a】導電性ループをなす様々な素子の終端を電氣的に相互接続するために用いられるフレキシブルコネクタの概略図である。

【図13b】導電性ループをなす2個のサブアセンブリの相対動作に対応しうるよう、コネクタを弾性変形させて示した以外は図13aと同様の概略図である。

【図14】従来技術のコネクタにおける単位長当たりのより強い駆動力を示す図である。

【図15】アクチュエータ部の単位長当たりの磁力を簡略化して示す図である。

【図16a】アクチュエータ電流を幅広のストリップに分配する発明のコネクタにおける単位長当たりのより低い駆動力を示す図である。

【図16b】アクチュエータ電流を複数の離隔された導体に分配する発明のコネクタにおける単位長当たりのより低い駆動力を示す。

【発明を実施するための形態】

【0017】

図面の図1は電気除去式除氷装置10の概略図である。一般的に、装置10は電子制御系11(すなわち、機載の電気除去式除氷制御系)と、機体前縁構造14(すなわち、翼の前縁部、安定板、またはその他の機体構造)の外板13に衝撃を与えうる位置に搭載されたアクチュエータ12とを含む。航空機の各種表面は「外板」(例えば、アルミニウムまたは複合材料の板)からなり、「支持構造」(例えば、アルミニウムまたは複合材料のフレーム)に取り付けられる。また、装置10は外板に形成された氷(図示せず)を取り除くよう動作する。アクチュエータ12は制御系11からの電子パルスに反応して前縁構造14の外板13(すなわち、外板13の内側表面13A)に衝撃を与え、これにより外板13の外側表面13Bに形成された氷を取り除く衝撃波を外板13に発生させる。

【0018】

図2a、2bおよび2cは、アクチュエータの実装例を示す。図2aでは、アクチュエータ12は、接着またはその他の適切な方法で外板13の内側表面13Aおよび半剛体内殻15Aに装着されている。内殻15Aは接着または他の適切な方法で前縁構造14に取り付けられている。前縁構造14は、剛性を増す「せん断ウェブ(shear web)」と呼ばれるウェブ構造16A(例えば、軽量、剛性の複合材料)を含み、これによりアクチュエータ12と参照番号17Aで表される内側表面13Aの他の部位との間に力を伝達する。図2bは、内殻15Bに接着される、第1および第2のウェブ構造16Bおよび16C間のアクチュエータ12Aを示す。第1および第2のウェブ構造16Bおよび16Cは、アクチュエータ12Aと内側表面13Aのほぼ対向する部位17Bおよび17Cとの間に力を伝達する。図2cは複数のアクチュエータを示す。第1および第2のアクチュエータ12Bおよび12Cは、(内側表面13Aの対向する部位17Dおよび17Eにおいて)内側表面13Aおよびウェブ構造16Dをもつ内殻15Cに接着される。他の実装構造を採用して除氷する対象物に衝撃波を与えることもできる。

【0019】

図3は従来技術により構成されたアクチュエータ20を示す。アクチュエータ20は接

10

20

30

40

50

続部 22 で電子制御系（図示せず）に接続され、細長いループ 21 に包まれた導電性リボンを含む。ループ 21 はアクチュエータ 20 の両端の第 1 および第 2 の封止端部 23 および 24 で折り返されている。ループ 20 の第 1 の区間 21A は、矢印 25 で示される第 1 の方向に電気パルスを伝導し、ループ 20 の第 2 の区間 21B は、矢印 26 で示される反対の第 2 の方向に電気パルスを伝導する。このように電流パルスが流れることによって、矢印 27 および 28 で示されるように、第 1 および第 2 の区間 21A および 21B は互いから遠ざかる。この動作は、氷除去のために航空機の外板またはその他の除氷対象物に衝撃を与える。

【0020】

上記の説明を念頭に置いた上で図 4 について説明する。図 4 は、本発明により構成された、航空機に搭載される電気除去式除氷装置の一部として航空機の外板に衝撃を与えるための装置を示す。装置はアクチュエータ 30 として図示され、導電素子 31A、31B および 31C を含む第 1 のサブアセンブリ 31、ならびに、導電素子 32A、32B および 32C を含む第 2 のサブアセンブリ 32 を備える。第 1 および第 2 のサブアセンブリ 31 および 32 の導電素子は、動作発生電気パルスを伝えるマルチターン導電性ループ（すなわちマルチターンコイル）で接続され、これにより従来技術のアクチュエータ 20 の第 1 および第 2 の封止端部 23 および 24 の使用を回避し、第 1 および第 2 のサブアセンブリ 31 および 32 の端部のより自由な動作を許容する。その結果、アクチュエータ性能が改善され、疲労破壊が防止される。

【0021】

図示するように、導電素子 31A、31B、31C、32A、32B および 32C は、フレキシブルコネクタ 33、34、35、36 および 37 により相互接続される。図 4 のコネクタ 33～37 は、撚り合わせ航空機ワイヤからなるジャンパ線の形をとる。ワイヤ 38 および 39 は、アクチュエータを機載電子制御系（図 4 には示さない）に接続する。請求項の表現で言うと、コネクタ 33～37 は、素子の各終端を電氣的に相互接続する手段として機能し、これにより導電性ループを形成する。コネクタ 33～37 ならびにワイヤ 38 および 39 は、はんだ付けまたは他の適切な方法で素子 31A～32C の端部に接続される。コネクタ 33～37 は U 字形のループをなし、各 U 字形ループは中間部分でつながる 2 個の細長い脚部分をもち、細長い脚部分は、中間部分が第 1 および第 2 のサブアセンブリ 31 および 32 の相対動作を制限する作用を最小限にするレバーとして機能する。

【0022】

図 5 は本発明により構成された装置の第 2 実施形態を示す。この装置はアクチュエータ 40 として図示され、多くの点においてアクチュエータ 30 と類似している。便宜上、アクチュエータ 40 の部品を示す参照番号は、アクチュエータ 30 の同様のまたは関連する部品を示す参照番号に 10 ずつ足したものとする。アクチュエータ 40 は、第 1 および第 2 のサブアセンブリ 41 および 42 と、複数の導電素子の端部を相互接続してループをなすコネクタ 43～47 と、アクチュエータ 40 を機載電子制御系（図示せず）に接続するワイヤ 48 および 49 とを含む。ただし、アクチュエータ 30 と異なり、アクチュエータ 40 のコネクタ 43～47 は、U 字形構造の導電性リボン（例えば、幅および厚さにおいて第 1 および第 2 のサブアセンブリ 41 および 42 の導電素子のリボン構造に類似する）の一部である。各々の U 字形コネクタ 43～47 は、中間部につながる 2 個の脚を備え、2 個の細長い脚部分は、中間部分が第 1 および第 2 のサブアセンブリ 41 および 42 の相対動作を制限する作用を最小限にするレバーとして機能する。

【0023】

図 6 は本発明により構成された装置の第 3 実施形態を示す。この装置はアクチュエータ 50 として図示され、多くの点においてアクチュエータ 40 と類似している。便宜上、アクチュエータ 50 の部品を示す参照番号は、アクチュエータ 40 の同様のまたは関連する部品を示す参照番号に 10 ずつ足したものとする。アクチュエータ 50 は、第 1 および第 2 のサブアセンブリ 51 および 52、ならびに、複数の導電素子の端部を相互接続してル

ープをなすコネクタ 53～55を含む。コネクタ 46および 47、ならびに、ワイヤ 48 および 49 の対応部品は説明の便宜上、図 6 には示さない。

【0024】

コネクタ 43～47 の長手軸が導電性ループの長手方向に並列するアクチュエータ 40 と異なり、図 6 のコネクタ 53～55 の長手軸は、長手軸が導電性ループの長手方向に直角になる向きで配置される。このコネクタの向きは、アクチュエータ 50 全体の長さを減少させるための配置においては重要である。図 6 は、またコネクタ 55 の寸法 56 を示す。寸法 56 は、コネクタ 55 の中間部 55C が、接続する素子端部から離れている距離である。寸法 56 は、コネクタ材料内のすべての応力が材料の設計限界で許容される範囲内となるような寸法とすべきである。

10

【0025】

次に図 7a および図 7b は、航空機の外板 60 と内殻 61 との間に設置されたアクチュエータ 50 を拡大した断面図である（図 2a における配置といくつかの点において類似する）。図 7a は、導電性ループ内に電流パルスが流れていないアクチュエータ 50 の電圧非印加状態を示し、図 7b は導電性ループ内に電流パルスが流れているアクチュエータ 50 の電圧印加状態を示す。第 1 のサブアセンブリ 51 は接着剤 51A でウェブ構造 51B に接着され、ウェブ構造 51B は接着剤 51C で外板 60 に接着される。第 2 のサブアセンブリ 52 は接着剤 52A で内殻 61 に接着される。電圧非印加状態では、第 1 および第 2 のサブアセンブリ 51 および 52 は互いに接触している。図 7b に示す電圧印加状態では、第 1 および第 2 のサブアセンブリ 51 および 52 は、矢印 62 で示されるように離隔され（例えば、0.08 インチ～0.50 インチ分）、これにより外板 60 に除氷衝撃波を引き起こす。

20

【0026】

図 8 は本発明により構成されたアクチュエータアセンブリの第 4 実施形態を示す。これはアクチュエータ 70 として図示され、それぞれが 4 個の導電素子をもつような第 1 および第 2 のサブアセンブリ 71 および 72 を含む。また、サブアセンブリ 71 および 72 は、封止末端部 71A、71B、72A および 72B を備える。封止末端部 71A、71B、72A および 72B は、例えば、2 個の導電素子を接続するコネクタ 73 などで接続される。従来技術のアクチュエータの封止端部とは異なり、封止末端部 71A、71B、72A および 72B は、サブアセンブリ 71 および 72 の相互に対する動作を制限しない。

30

【0027】

図 9、10 および 11 はジェットエンジン吸気口の前端部分内に設置されるアクチュエータを示す。図 9 において、第 1 および第 2 のアクチュエータ 81 および 82 は、ジェットエンジン吸気口の前部 83 に設置されている。アクチュエータ 81 および 82 は、上述したアクチュエータ 30、40、50 および 70 に概ね類似しており、それぞれ、封止端部により制限されることなく衝撃波を生成することを目的として相対的に動作するよう配置されるループをなす第 1 および第 2 のサブアセンブリを含む。アクチュエータ 81 は第 1 および第 2 のサブアセンブリ 81A および 81B を含み、アクチュエータ 82 は第 1 および第 2 のサブアセンブリ 82A および 82B を含む。図 10 において、複数のアクチュエータ 84 は、円形の前端部分 85 に軸方向に延伸するように設置される。表示の便宜上、1 個のアクチュエータ 84 のみに符号をつける。図 11 において、複数のアクチュエータ 86 が、円形の前端部分 87 に円周方向に延伸するように設置される様子が概略的に示される。1 個のアクチュエータ 86 のみに符号をつけて示す。

40

【0028】

図 12 は本発明の電気除去式除氷装置 100 の概略図である。装置 100 は、航空機の機体外板 103 と機体支持構造 104 との間に搭載される第 1 および第 2 の導電性サブアセンブリ 101 および 102 をもつアクチュエータアセンブリを備え、サブアセンブリ 101 および 102 は機載電子制御系 105 に接続されるマルチターン導電性ループをなす。制御系 105 は、XY 平面において矢印 106 で示されるように第 1 および第 2 のサブアセンブリ 101 および 102 を離隔させる動作発生電流パルスをアクチュエータサブア

50

センブリ 101 および 102 に供給する。これにより、矢印 107 で示されるように機体支持構造 104 に対し、また矢印 108 で示されるよう機体外板 103 に対し、各サブアセンブリを強く押しつけ、機械的エネルギーのパルスにより機体外板 103 に除氷衝撃波を引き起こす。

【0029】

第 1 のサブアセンブリ 101（参照番号 101 の破線で表される）は、XY 平面の Y 軸に直角な第 1 のパス 101D に沿って延伸する導電素子 101A、101B および 101C を備える。破線は、素子 101A、101B および 101C が第 1 のサブアセンブリ 101 の一部であることを示すためのものである。同様に、第 2 のサブアセンブリ 102 は第 1 のパス 101D に概ね並列する XY 平面上の第 2 のパス 102D に沿って延伸する導電素子 102A、102B および 102C を備える。第 1 のサブアセンブリ 101 の素子 101A、101B および 101C 内では、電流パルスは矢印 101E で示される第 1 の方向に流れ、第 2 のサブアセンブリ 102 の素子 102A、102B および 102C 内では、電流パルスは矢印 102E で示される反対の第 2 の方向に流れる。この電流の流れは、第 1 および第 2 のサブアセンブリを除氷の目的のために矢印 106 で示すように離隔させる。

【0030】

マルチターン導電性ループ（すなわちマルチターンコイル）は、以下の電気コネクタおよびアクチュエータ素子を含む：各素子 101A、101B および 101C の端部 116、117 および 118 のそれぞれを各素子 102C、102B および 102A の端部 119、120 および 121 のそれぞれに接続する 3 個のコネクタ 111、112 および 113、ならびに、各素子 101B および 101C の各対向端部 122 および 123 を、素子 102C および 102B の各対向端部 124 および 125 に接続する 2 個の対向コネクタ 114 および 115。ワイヤ 128 および 129 は、素子 101A および 102A の端部 126 および 127 を制御系 105 に接続する。コネクタは、マルチターン導電性ループ内に物理的な不連続（すなわち、電気的不連続に対する機械的不連続）を提供し、これにより設計者は、物理的に連続するループ構成に比べ、ループサブアセンブリ 101 および 102 の離隔に対し制限的でなく、アクチュエータの精密な構成に適したコネクタを指定することができ、アクチュエータの動作は向上する。換言すると、機械的不連続によりコネクタの機械特性を導電性ループの他の部分の機械特性と異ならせることができ、設計者がより制限的でないコネクタ機械特性を選択することにより、アクチュエータ動作が向上する。コネクタ 111～115 は、図 13a および 13b のコネクタ 130 として図示するように、フレキシブルなループの形態のジャンパ線である。コネクタ 130 は、第 1 および第 2 の細長い脚 130A および 130B ならびに中間部 130C をもつ。脚 130A および 130B は、中間部 130C から図 13a の寸法 131 で示される距離分だけ延伸し、中間部 130C は、脚に向かって図 13a の寸法 132 の距離分だけ延伸する円弧をなす。脚 130A および 130B の長さが中間部 130C の寸法と合わさって、中間部 130C は、接続される素子から、図 13a の寸法 133 で示される距離分だけ離れたところに位置することになる。

【0031】

寸法 133 は、コネクタ 130 が接続される第 1 および第 2 のサブアセンブリ 101 および 102 が動作時に離隔する距離の少なくとも 2 倍とし、こうした動作を著しく制限せず、コネクタ 130 が十分にフレキシブルであるようにすることが好ましい。コネクタ 130 が接続されるアクチュエータが電圧非印加状態である場合、図 13a に示すように、コネクタは弛緩状態にあり、その脚は図 13a の寸法 134 で示す分だけ離隔される。アクチュエータが電流パルスにより電圧を印加されている場合、コネクタ 130 は、図 13b の矢印 135 および 136 で示されるように、図 13b に示す形状に弾性的に変形する。

【0032】

このように、本発明は、従来技術の性能および疲労破壊の問題を低減する電気除去式除

10

20

30

40

50

氷アクチュエータを提供する。実施例を示し説明してきたが、一般的な当業者であれば、必ずしも本発明の趣旨および範囲から逸脱することなく、様々な変更、修正、置換えを行うことが可能である。装置およびアクチュエータは、飛行中の航空機の除氷以外の除氷用途に用いることも可能である。電気除去式除氷構造（E E D S : electro-expulsive de-icing structure）は、船載通信アンテナ、架橋用ケーブル等の用途には円形形状で、河川水路用鎖錠または船舶上部構造等の用途には平板形状で製造することができる。実施例を説明するために用いる専門用語は本発明を限定することを意図せず、各特定の用語は、同様の目的または機能を果たし、同様に作用するすべての技術的等価物を含むものとする。

【0033】

さらに、コネクタ応力は、コネクタ自体の内部で生じたアクチュエータの磁力の成分を低下させることにより低減することができる。コネクタで生成された駆動力をこのように意図的に低下させるためには、後述のように、駆動力を生成するアンペアターン密度を分散させ、互いに対向する電流パスの間の距離 d の長さを増加させる（図14参照）。これは本発明の着想についての変更ではなく、本発明の既出の特徴についての付加的な効果および目的として認識される。

【0034】

上記に基づくと、コネクタ応力を低減させる目的のためには、さらに、コネクタにより生成される導体の単位長当たりの機械的駆動力は、コネクタが取り付けられる各アクチュエータ素子よりも低いことが望ましい。特定のコネクタによっては、コネクタは、その構造に選択的または必須の他の特徴を含み、これにより、アクチュエータ動作の機械的結合がコネクタ自体の内部に望ましくない応力および疲労を引き起こす、従来技術により製造されたタイプの機械的応力を繰り返し受けた場合、信頼性の問題に対しコネクタが脆弱になりうる。本発明がアクチュエータ部材とコネクタとの間の機械的結合の影響を軽減するとはいえ、アクチュエータ部材内に機械的変位を生ずるのと同様の電流および磁力により、コネクタ自体の内部において機械的力および応力が同様に発生する。

【0035】

一般的に、アクチュエータの電流の所定のアンペアターンに対し、外形および対向する電流パス間の寸法の変位がアクチュエータ自体と同等のコネクタの場合、コネクタの単位長当たりに発生する機械的力は、アクチュエータ内で発生した単位長当たりの機械的力と同程度となる可能性がある。事実、実際にコネクタ内に発生する単位長当たりの機械的力はむしろアクチュエータよりも大きい可能性もあるが、これはコネクタ領域が、コネクタのカーブ付近の導体の動きを制限することにより駆動時の移動距離 d を制約するためである。

【0036】

図14は、従来技術のコネクタの、単位長当たりのより大きい駆動力を示す。上述のコネクタ設計は、機械的応力を良好に軽減することに加え、後述のようにコネクタ導線自体の内部に発生する駆動力を低減する。これは、本実施形態において、幅広のストリップまたは広く離隔された別個のワイヤとして構成されるコネクタによりコイル電流を分散させ、これによりコネクタワイヤにより誘起される好ましくない駆動力を低減させることにより達成される。距離 d 分だけ離隔される2本の直線ワイヤからなるアクチュエータの単位長当たりの磁力を求める計算式は、周知の電磁界理論により与えられる。

$$F_m = I^2 \times N^2 \times \mu_0 / d$$

ここで、

F_m : アクチュエータのワイヤの単位長あたりの力 [ニュートン毎メートル]

I : ワイヤ内の電流 [アンペア]

N : 各脚内において並列する導体の数

d : 離隔距離 [メートル]

μ_0 : 電磁定数 $= 1.26 \times 10^{-7}$

【0037】

図15はアクチュエータ部分の単位長当たりの磁力を簡単に示す。式は簡略化されたも

のであり、有限の寸法のワイヤまたはストリップの場合を説明するものではないが、アクチュエータ力に対する離隔距離 d およびワイヤ電流の 2 乗の相対的な影響を説明する役割を果たす。より複雑な式を用いてワイヤ（またはストリップ）の断面寸法を計算に入れると、発生する力は少なくなる。例えば、半分の電流、つまり $1/2 \times I$ が流れる同一のワイヤ対からなるアクチュエータの力 F_{m2} の計算に同じ式を適用すると、力は以下のようにになる。

$$F_{m2} = I^2 \times 1/4 \times N^2 \times \mu_0 / d = F_m / 4$$

【0038】

仮に 2 個のこうしたアクチュエータが広く離隔され、電氣的に並列な回路において、2 個のアクチュエータに均一に分配された初期電流 I により駆動されたとすると、各々のアクチュエータは、初期電流の 2 分の 1 を流し、 $F_m / 4$ の力を発生させる。これらの 2 個のアクチュエータの力を合計すると、以下の力 F が生じる。

$$F = 2 \times F_m / 4 = F_m / 2$$

【0039】

同様の議論を、アクチュエータの電流のアンペアターンを 2 個より多い N 個の広く離隔した導体に分配する場合についても適用できる。これは、アクチュエータに生じる力をさらに対応して低下させる。そのため、アクチュエータ内の力は電流をより多くの導体に分配するか、または同等の方法として、アクチュエータを小さい円形断面のものではなく、幅広で平坦なストリップで構成することにより低減されることが推定される。より一般的には、各束が任意の断面形状 G をもち、平均離隔距離 d で離隔され、大きさが同じで反対の電流密度をもつ、互いに対向する導体束は、形状 G が最大または平均寸法において大きく、かつ／あるいは離隔距離 d が長い場合、任意の駆動電流 I に対し、より低い駆動力を呈する。

【0040】

図 16 a および図 16 b は、アクチュエータ電流を幅広のストリップ（図 16 a）および複数の離隔された導体（図 16 b）に分配する発明のコネクタにおける単位長当たりのより低い駆動力を示す。

【0041】

さらにコネクタに関し、本発明は 2 個の部材をもつ電磁アクチュエータに適用され、2 個の部材は互いに対向し、パス P （例えば、図 14 に示す、2 個の部材に概ね並列し、その中間に延伸する方向）に沿って配置される。2 個の部材はそれぞれ、1 個または好ましくは複数の並列する電氣的導体を含む。コネクタ端部は部材の電氣的導体を接続し、1 組または複数組の導体対のそれぞれの 2 個の導体間にアクチュエータ電流を伝え、各対の 2 個の導体は、2 個の対向する部材のそれぞれからの導体を 1 個含む。駆動力 F （例えば、図 14 に示す力 F_m ）は、2 個の部材間の電磁反応により、パス P に垂直な二方向に生成される。こうしたタイプの従来技術のアクチュエータは、パス P に概ね並列する方向に延伸し、実質的にパス P の少し先まで拡張して延伸するコネクタをもち、コネクタは延伸するパス P の領域内の実質的にきつく結びつけられた束に含まれる。駆動力 F が生成される際、力 F の方向のパスに沿ったアクチュエータ部材の離隔動作を許容するためには、コネクタがパス P に沿って収縮して内側方向に引き込まれることが必要となる。

【0042】

本発明の一実施形態は、パス P から実質的に異なる方向に延伸するよう製造され設置されるタイプのコネクタをもち、このコネクタにより、パス P に沿ってコネクタを内側に変形させることなく、力 F の方向にアクチュエータが拡張する応力が軽減される。このコネクタは、図 4 および 6 において、それぞれ、ワイヤのループおよび直交する幅広のフレキシブルなストリップのように見える。本発明の他の実施形態は、パス P の領域内の実質的にたるんだ束の中でパス P に沿った方向に延伸するよう製造され設置される他のタイプのコネクタをもち、すなわち、各々のコネクタループはパス P に沿って延伸し、このコネクタにより、束になったすべてのコネクタをパス P に沿って内側方向に同程度に引き込むことなく、力 F の方向にアクチュエータが拡張する応力が軽減される。このことも、コネク

10

20

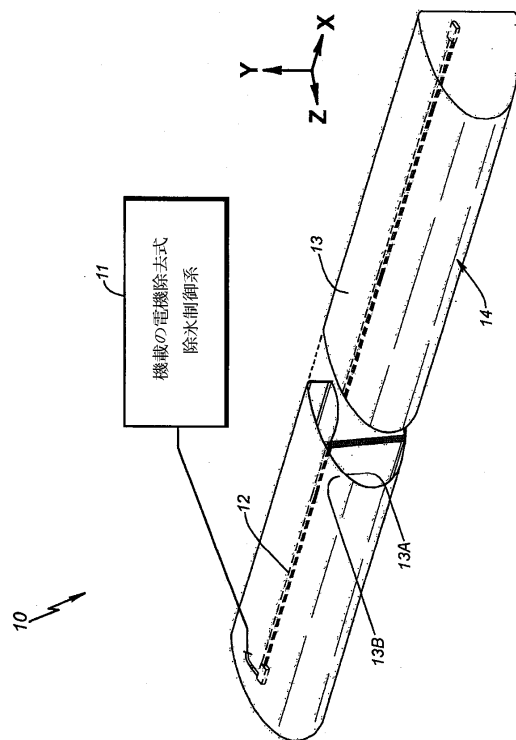
30

40

50

タ材料の疲労を、薄く効果的な屈曲ループ断面を維持しつつ軽減させる。これは、図5において、各アクチュエータコネクタのループをパスPに沿って延伸しているように見える。この二つの実施形態は本発明の趣旨及び範囲から逸脱することなく、任意に組み合わせることができる。

【図1】



【図2a】

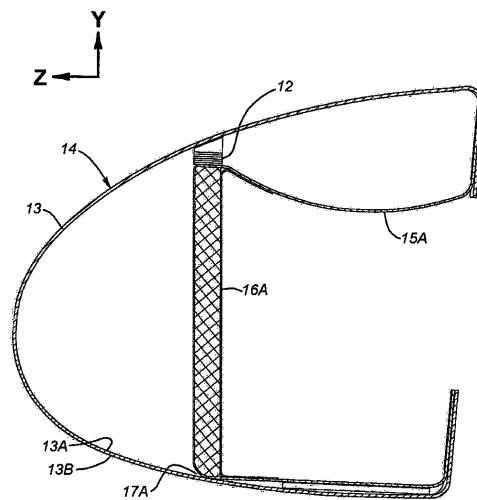


Fig. 2a

【図 2 b】

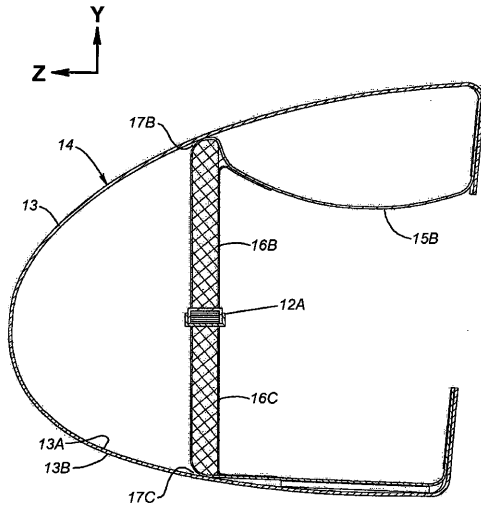


Fig. 2b

【図 2 c】

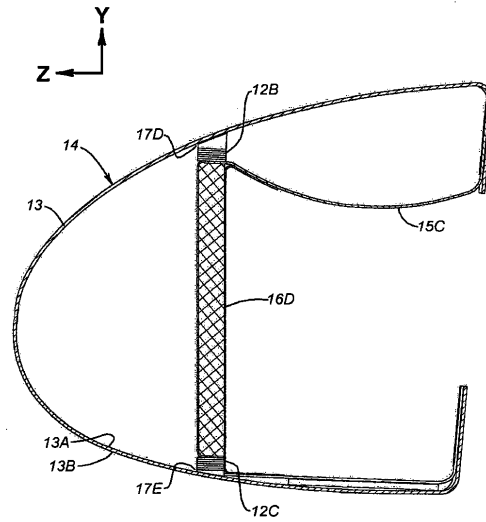
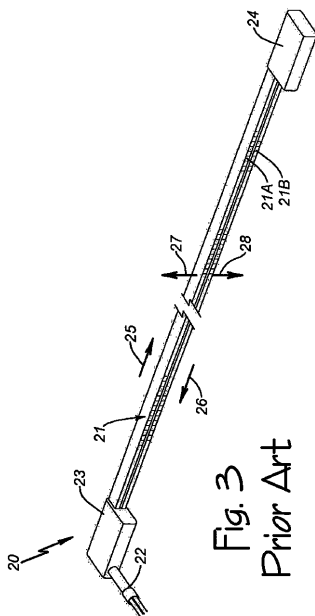


Fig. 2c

【図 3】

Fig. 3
Prior Art

【図 4】

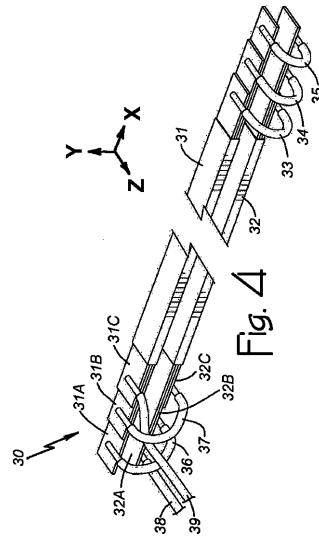


Fig. 4

【図 5】

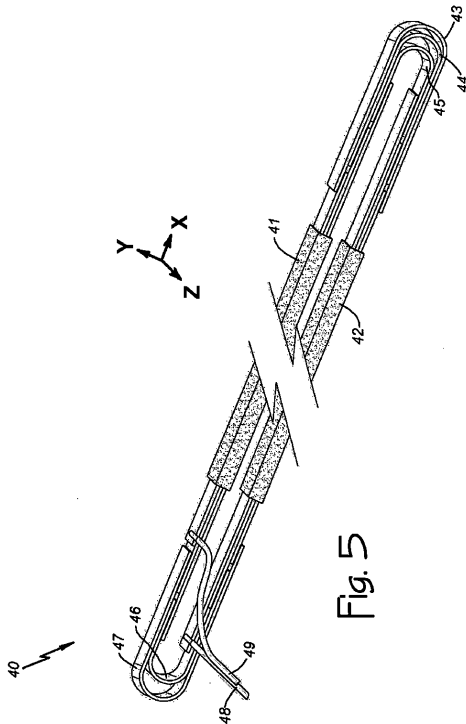


Fig. 5

【図 6】

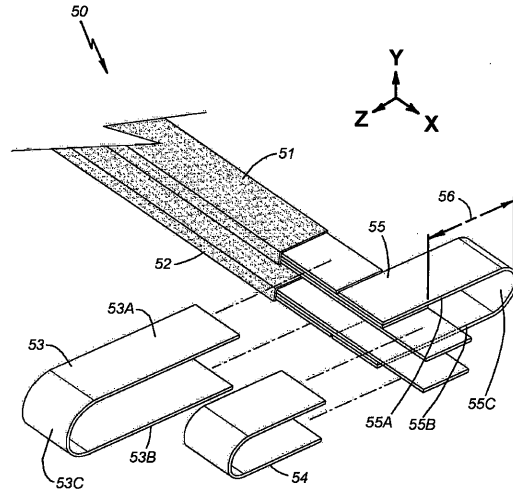


Fig. 6

【図 7 a】

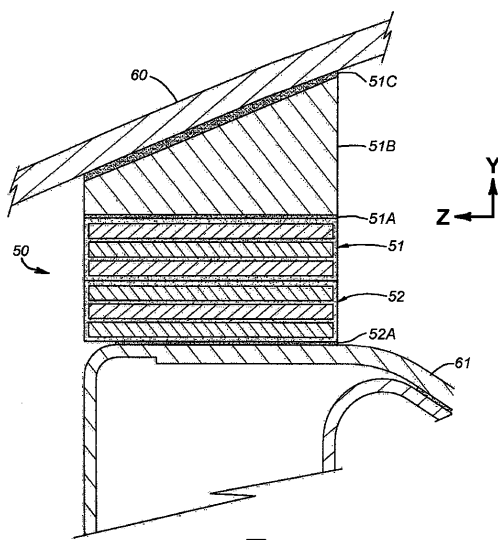


Fig. 7a

【図 7 b】

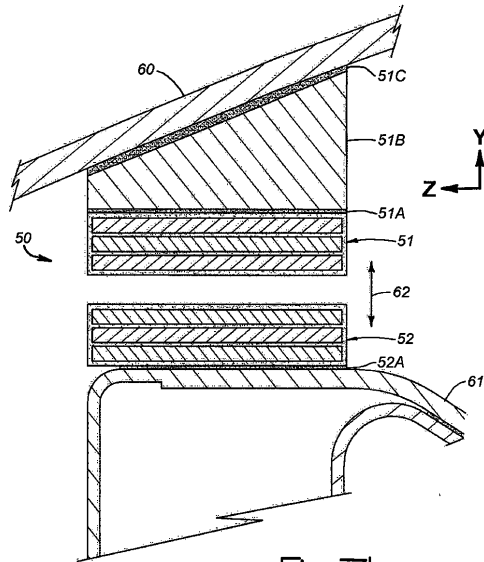


Fig. 7b

【図 8】

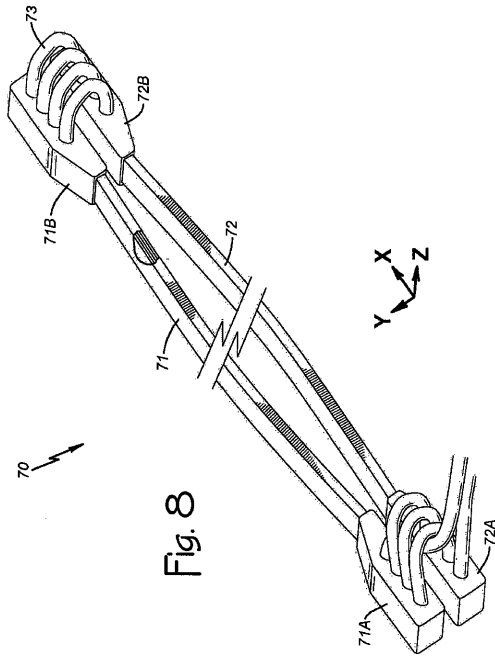


Fig. 8

【図 9】

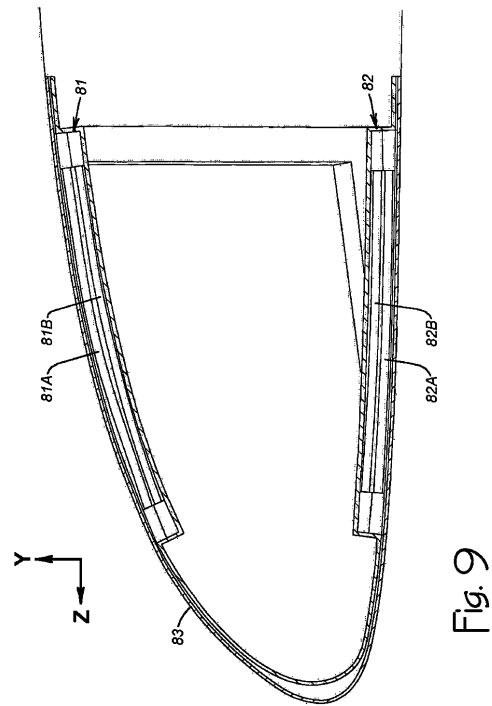
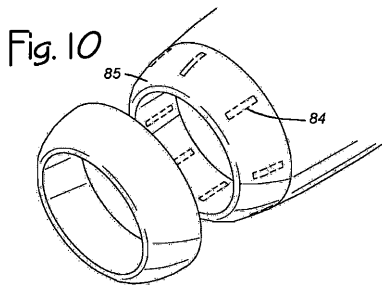
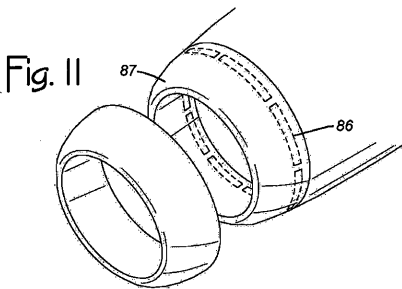


Fig. 9

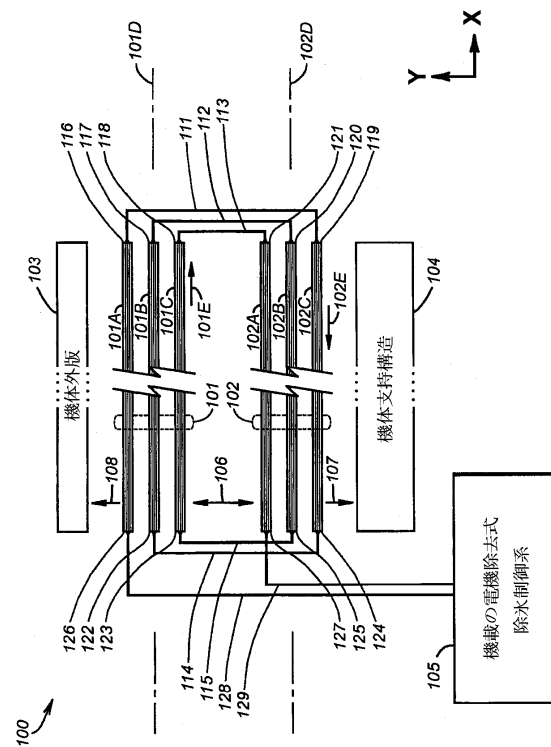
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 13 a】

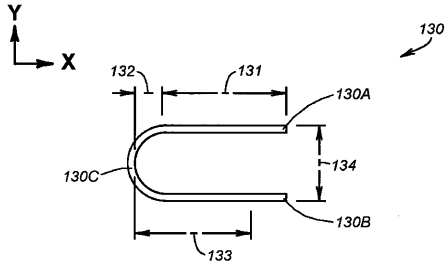


Fig. 13a

【図 13 b】

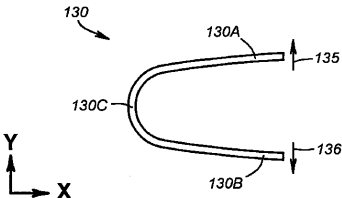


Fig. 13b

【図 14】

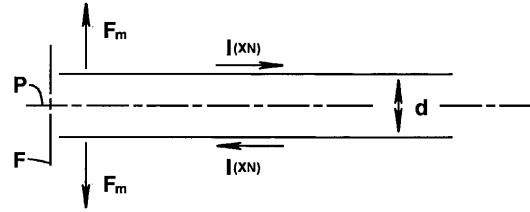
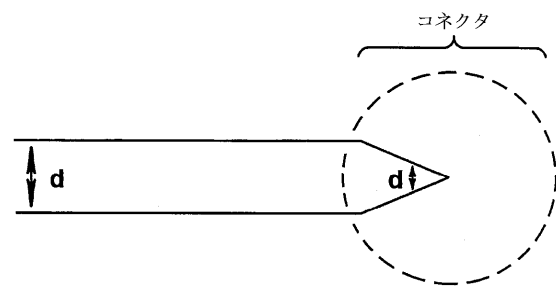
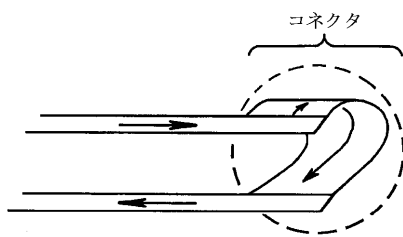


Fig. 14

【図 15】



【図 16 a】



【図 16 b】

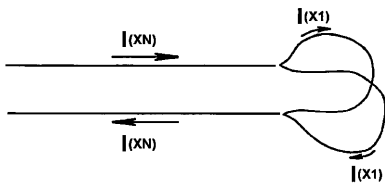


Fig. 16b

フロントページの続き

(72)発明者 マーク ロナルド ブリッジフォード

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 91701 アルタ ロマ フレスノ コート 6659

(72)発明者 マイケル エス バスケス

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92587 キャニオン レイク ロングホーン ドライブ
29778

審査官 畔津 圭介

(56)参考文献 特開平02-197498 (JP, A)

米国特許第06102333 (US, A)

米国特許第05326051 (US, A)

特開昭49-083198 (JP, A)

特開平03-208306 (JP, A)

米国特許出願公開第2010/0288882 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B64D 15/16