

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6878613号
(P6878613)

(45) 発行日 令和3年5月26日(2021.5.26)

(24) 登録日 令和3年5月6日(2021.5.6)

(51) Int. Cl. F I
 H O 1 Q 15/20 (2006.01) H O 1 Q 15/20
 B 6 4 G 1/66 (2006.01) B 6 4 G 1/66 C

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2019-549991 (P2019-549991)	(73) 特許権者	506097081
(86) (22) 出願日	平成29年10月30日(2017.10.30)		株式会社Q P S 研究所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2017/039088		福岡県福岡市中央区天神一丁目15番35号
(87) 国際公開番号	W02019/087236	(74) 代理人	100114188
(87) 国際公開日	令和1年5月9日(2019.5.9)		弁理士 小野 誠
審査請求日	令和2年5月13日(2020.5.13)	(74) 代理人	100119253
			弁理士 金山 賢教
		(74) 代理人	100124855
			弁理士 坪倉 道明
		(74) 代理人	100129713
			弁理士 重森 一輝
		(74) 代理人	100137213
			弁理士 安藤 健司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リフレクタ、展開アンテナ、及び宇宙航行体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

断面が円形状、楕円形状又は多角形状に形成されるハブと、
 折り畳み時に前記ハブの外周側に面する内側面と、前記内側面の反対側の面となる外側面とをそれぞれ有する複数のリブであって、各リブの内側面と各リブに隣接するリブの外側面、又は、各リブの外側面と各リブに隣接するリブの内側面が、部分的に重なり合うように前記ハブの外周に巻きついて折り畳まれ、前記ハブに接続される末端からその反対側に位置する先端に向かってパラボラ形状に展開される複数のリブと、

前記複数のリブの各々の間に架設される電波を反射可能な面状体と、

を含み、

前記複数のリブの各々は、互いに重ね合わされた少なくとも2枚の平板によって形成され、

前記複数のリブの各々は、

前記リブが前記ハブの外周に巻きつくように折り畳まれる際に前記リブが折れ曲がる方向を規制するための複数の規制部材であって、前記末端と前記先端との間に所定の間隔で、前記2枚の平板に挟まれて配置される複数の規制部材を含む、リフレクタ。

【請求項 2】

前記複数のリブの各々は、弾性を有し、折り畳まれた状態から前記弾性によって展開する、請求項1に記載のリフレクタ。

【請求項 3】

前記複数のリブの各々は、前記面状体が架設される上面を有し、
前記複数の規制部材の各々は、前記上面に対して垂直又は略垂直な方向に配置される、
請求項 1 又は請求項 2 に記載のリフレクタ。

【請求項 4】

前記複数のリブの各々は、前記ハブの外周に沿うように、前記末端において前記ハブに
接続される、請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のリフレクタ。

【請求項 5】

前記複数のリブの各々は、前記末端から前記先端に向かうにつれて、前記ハブの中心軸
に沿う方向の高さが低くなるように形成される、請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載
のリフレクタ。

10

【請求項 6】

前記複数のリブの各々は、内側面及び外側面が前記ハブの中心軸に対して略平行になる
ように前記ハブに接続される、請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載のリフレクタ。

【請求項 7】

前記面状体は、金属メッシュによって形成される、請求項 1 から請求項 6 のいずれかに
記載のリフレクタ。

【請求項 8】

前記複数のリブの各々は、各リブの前記内側面と各リブの前記外側面が部分的に重なり
合うように前記ハブの外周に巻き付いて折り畳まれる、請求項 1 から請求項 7 のいずれか
に記載のリフレクタ。

20

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載のリフレクタと、
前記リフレクタの面状体に電波を照射するための輻射器と、
を含む展開アンテナ。

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載のリフレクタと、
前記リフレクタの面状体に電波を照射するための輻射器と、
前記電波によって送信するための情報を生成する制御装置と、
前記輻射器及び前記制御装置の駆動に必要な電力を供給するための電源装置と、
を含む宇宙航行体。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、リフレクタ、並びに当該リフレクタを用いた展開アンテナ及び宇宙航行体に
関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、人工衛星等の宇宙航行体に搭載される展開アンテナ用のリフレクタは、可搬
型アンテナ用や衛星搭載アンテナ用のリフレクタに代表されるように、移動中や未使用時
にはコンパクトに収納され、使用時に展開して通信に用いられる。例えば、特許文献 1 に
は、アンテナ反射面として機能するケーブルネットワークを展開トラスで支持する展開ア
ンテナにおいて、スライドヒンジを用いて、展開トラスを収納・展開できるようにしたこ
とが記載されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2005 - 086698 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0004】

そこで、上記のような技術を踏まえ、本開示では、様々な実施形態により、より簡便な方法で展開可能なリフレクタ、並びに当該リフレクタを用いた展開アンテナ及び宇宙航行体を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の一態様によれば、「断面が円形状、楕円形状又は多角形状に形成されるハブと、折り畳み時に前記ハブの外周側に面する内側面と、前記内側面の反対側の面となる外側面とをそれぞれ有する複数のリブであって、各リブの内側面と各リブに隣接するリブの外側面、又は各リブの外側面と各リブに隣接するリブの内側面が部分的に重なり合うように前記ハブの外周に巻きついて折り畳まれ、前記ハブに接続される末端からその反対側に位置する先端に向かってパラボラ形状に展開される複数のリブと、前記複数のリブの各々の間に架設される電波を反射可能な面状体と、を含むリフレクタ」が提供される。

10

【0006】

本開示の一態様によれば、「リフレクタと、前記リフレクタの面状体に電波を照射するための輻射器と、を含む展開アンテナ」が提供される。

【0007】

本開示の一態様によれば、「リフレクタと、前記リフレクタの面状体に電波を照射するための輻射器と、前記電波によって送信するための情報を生成する制御装置と、前記輻射器及び前記制御装置の駆動に必要な電力を供給するための電源装置と、を含む宇宙航行体」が提供される。

20

【発明の効果】

【0008】

本開示の様々な実施形態によれば、より簡便な方法で展開可能なリフレクタ、並びに当該リフレクタを用いた展開アンテナ及び宇宙航行体を提供することができる。

【0009】

なお、上記効果は説明の便宜のための例示的なものであるにすぎず、限定的なものではない。上記効果に加えて、または上記効果に代えて、本開示中に記載されたいかなる効果や当業者であれば明らかな効果を奏することも可能である。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、本開示の第1実施形態に係る宇宙航行体1の構成を示す図である。

【図2】図2は、本開示の第1実施形態に係る宇宙航行体1の構成を示すブロック図である。

【図3】図3は、本開示の第1実施形態に係る展開アンテナ10の構成を示す図である。

【図4a】図4aは、本開示の第1実施形態に係るリブ140の構成を示す側面図である。

【図4b】図4bは、本開示の第1実施形態に係るリブ140の構成を説明するための図である。

40

【図4c】図4cは、本開示の第1実施形態に係るリブ140の構成を示す断面図である。

【図4d】図4dは、本開示の第1実施形態に係るリブ140の他の構成を示す断面図である。

【図5a】図5aは、本開示の第1実施形態に係るハブ130の構成を示す斜視図である。

【図5b】図5bは、本開示の第1実施形態に係るハブ130の構成を上面から示す拡大図である。

【図6a】図6aは、本開示の第1実施形態に係るリブ140とハブ130との取付構造を示す図である。

50

【図 6 b】図 6 b は、本開示の第 1 実施形態に係るリブ 1 4 0 とハブ 1 3 0 との折り畳み構造を示す図である。

【図 6 c】図 6 c は、本開示の第 1 実施形態に係るリブ 1 4 0 とハブ 1 3 0 との折り畳み構造を説明するための図である。

【図 7】図 7 は、本開示の第 1 実施形態に係るリブ 1 4 0 の折り畳みを説明するための図である。

【図 8】図 8 は、本開示の第 1 実施形態に係るリブ 1 4 0 の展開を説明するための図である。

【図 9】図 9 は、本開示の第 2 実施形態に係るリブ 1 4 0 の構成を示す図である。

【図 1 0 a】図 1 0 a は、本開示の第 3 実施形態に係るリブ 1 4 0 の構成を示す図である

10

【図 1 0 b】図 1 0 b は、本開示の第 3 実施形態に係るリブ 1 4 0 の構成を示す図である

【図 1 1】図 1 1 は、本開示の第 4 実施形態に係るリブ 1 4 0 の構成を示す側面図である

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 1】

添付図面を参照して本開示の様々な実施形態を説明する。なお、図面における共通する構成要素には同一の参照符号が付されている。

【0 0 1 2】

20

< 第 1 実施形態 >

1. 宇宙航行体 1 の構成

図 1 は、本開示の第 1 実施形態に係る宇宙航行体 1 の構成を示す図である。図 1 によると、宇宙航行体 1 は、宇宙空間において宇宙航行体 1 そのものの航行の制御や宇宙航行体 1 の動作や姿勢の制御を行う制御ユニット 3 0 0 と、宇宙空間において制御ユニット 3 0 0 や輻射器 1 1 0 を含む様々な構成要素を駆動するための電力を供給する電源ユニット 2 0 0 と、宇宙航行体 1 と地上又は他の宇宙航行体との間で情報の送受信を行うための通信ユニット 1 0 0 とを含む。

【0 0 1 3】

図 2 は、本開示の第 1 実施形態に係る宇宙航行体 1 の構成を示すブロック図である。宇宙航行体 1 は、図 2 に示す構成要素の全てを備える必要はなく、一部を省略した構成をとることも可能であるし、他の構成要素を加えることも可能である。例えば、宇宙航行体 1 は、複数の電源ユニット 2 0 0 及び / 又は複数の通信ユニット 1 0 0 を搭載することも可能である。

30

【0 0 1 4】

図 2 によると、宇宙航行体 1 は、メモリ 3 1 0、プロセッサ 3 2 0 及びセンサ 3 3 0 を含む制御ユニット 3 0 0 と、電源制御回路 2 1 0、バッテリー 2 2 0 及びソーラーパネル 2 3 0 を含む電源ユニット 2 0 0 と、通信制御回路 1 7 0、送信器 1 7 1、受信機 1 7 2、輻射器 1 1 0、反射器 1 2 0 を含む通信ユニット 1 0 0 とを含む。これらの各構成要素は、制御ライン及びデータラインを介して互いに電氣的に接続される。

40

【0 0 1 5】

メモリ 3 1 0 は、RAM、ROM、不揮発性メモリ、HDD 等から構成され、記憶部として機能する。メモリ 3 1 0 は、本実施形態に係る宇宙航行体 1 の様々な制御のための指示命令をプログラムとして記憶する。また、メモリ 3 1 0 は、一例として、カメラ（図示しない）で撮像された宇宙航行体 1 の外部の画像や、宇宙航行体 1 の制御のために必要な様々なセンサ 3 3 0 における検出情報などが適宜記憶される。

【0 0 1 6】

プロセッサ 3 2 0 は、メモリ 3 1 0 に記憶されたプログラムに基づいて宇宙航行体 1 の制御を行うとともに、通信ユニット 1 0 0 を介して地上基地や他の宇宙航行体に送信するための情報を生成する。

50

【 0 0 1 7 】

センサ 330 は、一例として、宇宙航行体 1 の進行や姿勢の制御に必要なジャイロセンサ、加速度センサ、位置センサ、速度センサ等、宇宙航行体 1 の外部環境を観測するための温度センサ、照度センサ、赤外線センサ等、宇宙航行体 1 の内部環境を計測するための温度センサ、照度センサ等を含みうる。検出された情報・データは適宜メモリ 310 に記憶され、プロセッサ 320 による制御に用いられ、通信ユニット 100 を介して地上の基地に送信される。

【 0 0 1 8 】

電源制御回路 210 は、バッテリー 220 に接続されバッテリー 220 からの電力の充放電を制御する。バッテリー 220 は、電源制御回路 210 からの制御を受けて、ソーラーパネル 230 で生成された電力を充電するとともに、制御ユニット 300 等の各駆動系に対して供給する電力を蓄積する。

10

【 0 0 1 9 】

通信制御回路 170 は、接続された輻射器 110 を介して、地上基地や他の宇宙航行体に対して情報を送受信するために、変調や復調などの処理を行う。変調された信号は、送信器 171 において高周波の無線周波数に変換されたのち増幅され、輻射器 110 を介して反射器 120 の反射面に放射される。本実施形態においては、輻射器 110 から放射された高周波信号は副鏡である副リフレクタ 122 で一旦反射され、さらに主鏡であるリフレクタ 121 によって外部へ放射される。一方、外部から受信した高周波信号は、逆の経路を通じて受信機 172 で受信され、通信制御回路 170 において復調される。なお、反射器 120 は、移動時や未使用時にはコンパクトに収納される一方で、使用時に展開される。また、本実施形態においては、展開アンテナには、少なくとも輻射器 110 及び反射器 120 を含む。

20

【 0 0 2 0 】

2. 展開アンテナ 10 の構成

図 3 は、本開示の第 1 実施形態に係る展開アンテナ 10 の構成を示す図である。図 3 によると、本実施形態においては、展開アンテナ 10 は、主には図 1 に図示された輻射器 110 及び反射器 120 から構成される。具体的には、展開アンテナ 10 は、輻射器 110 と、輻射器 110 に対して所定の角度をもって対向するように配置され、輻射器 110 から放射される電波を主反射鏡であるリフレクタ 121 に反射するための副リフレクタ（副鏡）122 と、副リフレクタ 122 の鏡面に対向するように配置され、副リフレクタ 122 により反射された電波をさらに反射して外部へ電波を放射する主反射鏡であるリフレクタ 121 と、副リフレクタ 122 を支持するための支持部材 180 と、を含む。展開アンテナ 10 は、ハブ 130 が宇宙航行体 1 の台座 190 に固定されることにより、宇宙航行体 1 に設置される。

30

【 0 0 2 1 】

リフレクタ 121 は、ハブ 130、複数のリブ 140、面状体 150、ケース 160 等を含む。リフレクタ 121 は、上記のとおり主反射鏡として機能するために、その反射面がパラボラ（放物）形状に形成されている。

【 0 0 2 2 】

ハブ 130 は、展開アンテナ 10 の中心部のアンテナ軸 X（ハブ 130 の中心軸 X ともいう）に設けられる。ハブ 130 は、一例としては、プラスチック等の誘電体や、チタン、ステンレス等の金属により円柱状に形成される。ハブ 130 は、その外周面 131a 上にリブ取付部 133 が設けられ、複数のリブ 140 が所定の間隔で放射状に配設される。

40

【 0 0 2 3 】

リブ 140 は、複数のリブ 140 - 1 ~ 140 - n を含む。各リブ 140 は、ハブ 130 を中心として所定の間隔で、ハブ 130 の外周に放射状に配設される。各リブ 140 の反射鏡面となる側の上面 141a はパラボラ形状に形成される。そして、パラボラ形状に形成された上面 141a 上に面状体 150 が架設される。リブ 140 は、一例としては、ステンレスバネ鋼や、GFRP (Glass Fiber Reinforced Pl

50

astics)、CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics)等の複合材料により形成されるパネ材であり、弾性を有する。

【0024】

なお、リブ140は、本実施形態においては、全部で24本のリブにより構成されている。しかし、リブ140は、展開アンテナの展開時の面積、用いるリブの材質・強度等に応じて、偶数や奇数に関係なくその本数を変更することが可能である。また、本実施形態においては、リブ140は所定の間隔で配設したが、当該間隔は、すべてのリブ140において一定の間隔としてもよいし、一部のみ間隔を密にしてもよいし、非規則的であってもよい。

【0025】

リブ140とともにリフレクタ121を構成する面状体150は、互いに隣接する一対のリブ140間に架設される。面状体150は、電波を反射可能な材料により、全体としてパラボラ形状になるように形成される。面状体150は、一例としては、モリブデン、金、又はそれらの組み合わせにより形成される金属の網状体(金属メッシュ)により形成される。本実施形態においては、面状体150は略三角形の金属メッシュをリブ140の数に応じて用意し、各金属メッシュを縫合し、リブ140のパラボラ形状に形成された上面141aに架設される。

【0026】

ここで、本実施形態においては、面状体150は、ハブ130の中心軸Xに向かう方向に対してはそれほど大きな張力を有していないものの、当該方向に垂直な方向に対しては一定の張力を有する。したがって、リブ140が展開してリフレクタ121が完全に開いた状態となった時には、その張力によって隣接するリブ140が互いに引っ張り合うことで、隣接するリブ140の間隔を保持することが可能となる。

【0027】

なお、本実施形態においては、面状体150は、互いに隣接する一対のリブ140間に、一つの面状体150が架設されている。しかし、一つの面状体150が、必ずしも一対のリブ140間に架設される必要はなく、連続する3つ以上のリブ140に渡って架設されるようにしてもよい。また、面状体150には、折り畳み形状の再現性をより確実にするために、予め所定の折り目を付けるようにしてもよい。また、面状体150は、リブ140への取付部分、すなわち各辺150a及び150b又はその付近ではパラボラ形状をしているが、その他の位置においてもパラボラ形状をなすかそれに近い形状をなすことが好ましい。このような場合、展開アンテナの開成時において面状体150に一定以上の張力を維持することが可能となる。

【0028】

ケース160は、ハブ130の外周に沿って、所定の間隔で開閉可能に配置される。ケース160は、閉成時にハブ130の外周面形状に沿うように、水平断面が円弧である瓦形状に形成される。そして、その閉成時には、ハブ130の外周とケース160との間に所定の幅の空間を形成し、その空間内に、ハブ130に巻き付けるように折り畳まれた各リブ140が収納される。

【0029】

各ケース160には、それぞれ開放機構161を介してハブ130に配設される。開放機構161は、制御ユニット300のプロセッサ320による展開指示又は閉成指示を受けて、ケース160を機構的に開閉する。開閉機構には、一例として、ウォームギアを介したモーターが利用される。

【0030】

なお、ケース160は、展開アンテナの折り畳み時、すなわち、リブ140の収納時にリブ140の弾性力によって展開してしまうのを規制するために用いるものである。したがって、本実施形態においては、配置されるケース160の個数は、リブ140の展開を規制できれば、何個でもよい。また、その形状もハブ130の外周面形状に沿うように瓦形状にしたが、上記規制ができれば、いずれの形状でもよい。

10

20

30

40

50

【0031】

3. リブ140の構成

図4aは、本開示の第1実施形態に係るリブ140の構成を示す側面図である。具体的には、図4aは、図3に示すリブ140の側面図を示す。図4aによると、リブ140は、電波の反射鏡面となる側の上面141a、上面141aに対して反対側の面となる下面141b、上面141a及び下面141bをそれぞれ接続し、ハブ130へ巻き付けるように折り畳まれたときにハブ130の外周側に面する内側面141c、及びその反対側の面となる外側面141dを有する、横長の薄板平板形状である。リブ140は、ハブ130に接続される末端部142aからその反対側の先端部142bに向かって、上面141aがパラボラ形状に形成される。リブ140は、例えばステンレスバネ鋼や、GFRP (Glass Fiber Reinforced Plastics)、CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics)等の複合材料により形成されるバネ材で構成される。また、リブ140の末端部142aには、ハブ130に固設するために、厚み方向に貫通する取付孔143(図4aでは4個)が形成される。

10

【0032】

本実施形態においては、リブ140は、所定の間隔で規制部材144を有する。規制部材144は、一定の厚みを有し、高強度で高剛性を有する部材であって、特に、リブ140を折り畳む方向、すなわちハブ130の中心軸に対して垂直な方向からの荷重に対して剛性を有する。規制部材144は、一例としては、上記剛性を確保するためのハニカム構造を有し、好ましくは直方体に形成される。なお、その形状は、直方体に限定するものではなく、いかなる形状であってもよい。規制部材144は、リブ140の末端部142aから先端部142bにかけて、所定の間隔で、接着剤や溶接等の公知方法により、リブ140の内側面141c又は外側面141dに固着される。このとき、各規制部材144は、固着される位置のリブ140の上面141aに対して垂直か略垂直な方向に固着される。

20

【0033】

なお、本実施形態においては、規制部材144は、内側面141c又は外側面141dのいずれかに固着するようにしたが、その両面に固着するようにしてもよい。また、配置する間隔も、先端部142bに向かうほど配置の間隔が狭くないように配置してもよいし、広くなるように配置してもよいし、常に一定の間隔で配置してもよい。

30

【0034】

規制部材144は、リブ140がハブ130の外周に巻きつくように折り畳まれる際に、リブ140が折れ曲がる方向を規制するための部材である。すなわち、本実施形態においては、各規制部材144は、直方体に形成され、当該規制部材144が配置された位置において、リブ140の上面141a及び/又は下面141bに対して垂直又は略垂直に配置される側面144a及び144bを有する。

【0035】

図4bは、本開示の第1実施形態に係るリブ140の構成を説明するための図である。具体的には、図4bは、リブ140に配置される規制部材144の機能を説明するための図である。図4aのリブ140は、上記のとおり、上面141a及び/又は下面141bに対して垂直又は略垂直に配置される規制部材144を有する。しかし、図4bのリブ140は、上面141a及び/又は下面141bに対して垂直又は略垂直な方向ではなく、ハブ130の中心軸Xに対して平行な方向に配置された規制部材144を有する。したがって、各規制部材144によって挟まれた領域においては、リブ140をハブ130に巻き付けるように折り畳む際に、ハブ130の中心軸Xに対して平行に配置された側面144aに沿って(線分C-C'に沿った方向)、すなわち中心軸Xに対して平行な方向に折れ曲がりやすくなる。その結果、図6cに示すように、リブ140は、ハブ130に対して螺旋状(リブ140が形成する回転面に対して垂直成分のある方向へ上昇する曲線状)、すなわちリブ140の末端部142aから先端部142bに向かって徐々に高くなるように巻き付けられる。そのため、ハブ130は一定以上の高さを要することとなる。

40

50

【 0 0 3 6 】

一方、再び図 4 a に戻り、本実施形態においては、上面 1 4 1 a 及び / 又は下面 1 4 1 b に対して垂直又は略垂直に配置される規制部材 1 4 4 を有する。したがって、図 4 b に示すリブ 1 4 0 とは異なり、各規制部材 1 4 4 によって挟まれた領域においては、リブ 1 4 0 をハブ 1 3 0 に巻き付けるように折り畳む際に、上面 1 4 1 a 及び / 又は下面 1 4 1 b に対して垂直又は略垂直な方向（線分 B - B ' に沿った方向）に折れ曲がりやすくなる。すなわち、各規制部材 1 4 4 によって、中心軸 X に平行な方向に折れ曲がるのが規制され、中心軸 X に平行な方向に折れ曲がりがたくなる。その結果、図 6 b に示すように、リブ 1 4 0 は、ハブ 1 3 0 の外周に沿って、リブ 1 4 0 の末端部 1 4 2 a の高さと同じか略同じ高さに先端部 1 4 2 b が位置するように、すなわち渦巻き状に折り畳まれる。そのため、ハブ 1 3 0 の高さを、リブ 1 4 0 の末端部 1 4 2 a の高さ h 1 と同程度まで抑制することが可能となる。

10

【 0 0 3 7 】

図 4 c は、本開示の第 1 実施形態に係るリブ 1 4 0 の構成を示す断面図である。具体的には、図 4 c は、図 4 a に示す線 A - A ' におけるリブ 1 4 0 の断面を示す図である。図 4 c を参照すると、リブ 1 4 0 は、ハブ 1 3 0 の中心軸 X に対して垂直な方向に伸延する上面 1 4 1 a 及び下面 1 4 1 b と、上面 1 4 1 a 及び下面 1 4 1 b を接続する内側面 1 4 1 c 及び外側面 1 4 1 d とによって構成される長形状の断面を有する。内側面 1 4 1 c は、ハブ 1 3 0 へ巻き付けるように折り畳まれたときにハブ 1 3 0 の外周側に向いた面であり、外側面 1 4 1 d は、外周側と同じ方向に向いた面である。なお、本実施形態においては、リブ 1 4 0 は、内側面 1 4 1 c から外側面 1 4 1 d に向かう厚み方向に薄く、上面 1 4 1 a から下面 1 4 1 b に向かう高さ方向に厚く形成される。リブ 1 4 0 は、弾性を有する各種パネ材から製造されるところ、このように構成することによって、軸 X に平行な上方向からの荷重に対しては一定の剛性を有する一方で、軸 X に垂直な方向からの荷重に対しては十分な可撓性を有することが可能となる。

20

【 0 0 3 8 】

図 4 d は、本開示の第 1 実施形態に係るリブ 1 4 0 の他の構成を示す断面図である。具体的には、図 4 d は、図 4 a に示す線 A - A ' におけるリブ 1 4 0 の断面の他の例を示す図である。図 4 d を参照すると、図 4 c の例と同様に、リブ 1 4 0 は、上面 1 4 1 a 及び下面 1 4 1 b と、内側面 1 4 1 c 及び外側面 1 4 1 d とを有する。さらに、リブ 1 4 0 は、軸 X に垂直な方向に湾曲した形状、すなわちコンベックステップのように幅方向に湾曲した形状を有する。より具体的には、リブ 1 4 0 は、内側面 1 4 1 c 側が窪み、外側面 1 4 1 d 側に突出した断面形状を有する。このような形状を有することによって、リブ 1 4 0 が折り畳まれた状態から完全に伸びた状態への遷移、及び完全に伸びた状態から折り畳まれた状態への遷移を容易にする。一方で、リブ 1 4 0 が、完全に伸びた状態から折り畳む方向とは逆方向へ折り曲げられるのを抑制することができる。

30

【 0 0 3 9 】

4 . ハブ 1 3 0 の構成

図 5 a は、本開示の第 1 実施形態に係るハブ 1 3 0 の構成を示す斜視図である。また、図 5 b は、本開示の第 1 実施形態に係るハブ 1 3 0 の構成を上面から示す拡大図である。図 5 a 及び図 5 b を参照すると、ハブ 1 3 0 は、全体として、断面が略円形状に形成される。なお、断面形状は、円形状に限らず、楕円形状であってもよいし、多角形状であってもよい。

40

【 0 0 4 0 】

ハブ 1 3 0 は、円柱状に形成された内周面 1 3 1 b と、多角柱（例えば、2 4 角柱）状に形成された外周面 1 3 1 a とを有する。外周面 1 3 1 a には、取り付けリブ 1 4 0 の数に応じて、平面状に形成されるリブ取付部 1 3 3 を有する。各リブ取付部 1 3 3 は、取り付けられるリブ 1 4 0 の取付孔 1 4 3 に対応する位置に、リブ取付孔 1 3 2 を有する。そして、リブ 1 4 0 の取付孔 1 4 3 とハブ 1 3 0 のリブ取付孔 1 3 2 は、ネジ等の公知の方法によって互いに固定される。

50

【 0 0 4 1 】

本実施形態においては、ハブ 1 3 0 は、ハブ 1 3 0 の中心軸に沿った方向において、高さ h_2 を有する。上記のとおり、本実施形態におけるリブ 1 4 0 は規制部材 1 4 4 の働きによって、渦巻き状に折り畳まれる。したがって、高さ h_2 は、リブ 1 4 0 の末端部 1 4 2 a における高さ h_1 と同じか略同じ高さに形成される。

【 0 0 4 2 】

本実施形態においては、24本のリブ 1 4 0 が用いられる。したがって、ハブ 1 3 0 は、その外周に沿って24個のリブ取付部 1 3 3 を含み、ハブ 1 3 0 の外周は全体として24角形状に形成されている。また、各リブ 1 4 0 は、その末端部 1 4 2 a がリブ取付部 1 3 3 の平面に沿うように配置される。したがって、各リブ 1 4 0 は、ハブ 1 3 0 の仮想上の外接円 D の地点 P (リブ取付部 1 3 3 のリブ 1 4 0 が伸延する方向における端部) における接線 E に沿って取り付けられるのではなく、当該接線 E から角度 (例えば、15度) だけリブ 1 4 0 が展開される方向へ、すなわちハブ 1 3 0 の中心軸 X とは反対の方向へ傾斜して取り付けられる。

10

【 0 0 4 3 】

5. ハブ 1 3 0 へのリブ 1 4 0 の取付構造及び折り畳み構造

図 6 a は、本開示の第 1 実施形態に係るリブ 1 4 0 とハブ 1 3 0 との取付構造を示す図である。なお、図 6 a においては、説明の便宜上、複数のリブ 1 4 0 の内の一つのリブ 1 4 0 - 1 とハブ 1 3 0 との取付構造を図示しているが、その他のリブ 1 4 0 - 2 ~ 1 4 0 - n についても同様の取付構造でハブ 1 3 0 に取り付けられる。

20

【 0 0 4 4 】

ハブ 1 3 0 の外周面 1 3 1 a には、所定の間隔で配置される複数のリブ取付孔 1 3 2 (例えば、一つのリブ取付孔 1 3 2 は、4 個の孔を有する。) が形成される。このリブ取付孔 1 3 2 と、リブ 1 4 0 の末端部 1 4 2 a の取付孔 1 4 3 とは孔位置が対応しており、リブ 1 4 0 とハブ 1 3 0 の外周面 1 3 1 a とは、不図示のボルト等によりリブ 1 4 0 の外側から固定される。本実施形態においては、各リブ取付孔 1 3 2 は、外周面 1 3 1 a 上に平面状に形成されるリブ取付部 1 3 3 に設けられる。そして、リブ 1 4 0 の末端部 1 4 2 a 側の内側面 1 4 1 c が、リブ取付部 1 3 3 の平面に沿って固設される。

【 0 0 4 5 】

本実施形態においては、リブ 1 4 0 は、ハブ 1 3 0 の外周に沿うように、具体的には平面状のリブ取付部 1 3 3 に沿うように固設される。しかし、リブ 1 4 0 は、ハブ 1 3 0 の外周に沿うように、具体的にはハブ 1 3 0 の外周面 1 3 1 a の外接円の接線 E (図 5 b) に沿うように固設されてもよい。すなわち、ハブ 1 3 0 の中心軸に対して垂直に交わる方向に沿って固設されるものでなければ、ハブ 1 3 0 の外周面 1 3 1 a への取付角度は適宜設計することが可能である。さらに、ヒンジ機構やリブ 1 4 0 の末端部 1 4 2 a への補強 (いずれも、図示しない。) が必要となる可能性もあるが、ハブ 1 3 0 の中心軸に対して垂直に交わる方向にハブ 1 3 0 を取り付けるとも可能である。

30

【 0 0 4 6 】

図 6 b は、本開示の第 1 実施形態に係るリブ 1 4 0 とハブ 1 3 0 との折り畳み構造を示す図である。なお、図 6 b においては、説明の便宜上、複数のリブ 1 4 0 の内のリブ 1 4 0 - 1 及び 1 4 0 - 2 の折り畳み構造を示しているが、その他のリブ 1 4 0 - 3 ~ 1 4 0 - n についても同様である。

40

【 0 0 4 7 】

本実施形態において、リブ 1 4 0 - 1 及び 1 4 0 - 2 は、ハブ 1 3 0 の外周に沿って、末端部 1 4 2 a から先端部 1 4 2 b に向かって、巻き取られるように折り畳まれる。ここで、リブ 1 4 0 - 1 及び 1 4 0 - 2 は、それぞれハブ 1 3 0 の外周に沿うように固設される (図 6 a)。そのため、リブ 1 4 0 の末端部 1 4 2 a に、折り畳みによる大きな応力が発生せず、安定して収納することが可能となる。

【 0 0 4 8 】

リブ 1 4 0 は、図 4 a 及び図 4 b において説明したとおり、規制部材 1 4 4 によって、

50

リブ140-1及び140-2の末端部142aの高さと同じか略同じ高さに先端部142bが位置するように、すなわち渦巻き状(リブ140が形成する回転面に対して垂直方向の成分がないか、ほぼない状態で巻き付けられた状態)に折り畳まれる。そのため、単一のリブ(リブ140-1)のみに着目すると、図6bに示す通り、リブ140-1がハブ130に巻き付くように折り畳まれた際、リブ140-1の外側面141dと内側面141cとが、区間Rにおいて、部分的に重なり合うことになる。また、同様に、単一のリブ(リブ140-2)のみに着目すると、図6bに示す通り、リブ140-2がハブ130に巻き付くように折り畳まれた際、リブ140-2の外側面141dと内側面141cとが部分的に重なり合うことになる。なお、本実施形態においては、区間R以外の部分で、外側面141dと内側面141cとが重なりあっていないが、リブ140-1の長さによって、ハブ130の外周に複数回にわたって巻き付けられる。したがって、重なり合っている区間の長さは外周全体となっても良い。また、一方で、リブ140の長さがハブ130の外周よりも短い場合には、上記の部分的な重なりは形成されない場合もありうる。

10

【0049】

また、リブ140-1及び140-2がそれぞれ渦巻き状に折り畳まれる。そのため、リブ140-1とそれに隣接するリブ140-2に着目すると、リブ140-1の末端部142aの位置からリブ140-2の先端部140bの位置までの区間(区間S)において、リブ140-1及び140-2は互いに重なり合っただけでハブ130に巻き付けられる。したがって、当該区間Sにおいて、リブ140-1の外側面141dとリブ140-2の内側面141c、及びリブ140-2の外側面141dとリブ140-1の内側面141cとが、互いに部分的に重なり合うように巻き付けられる。

20

【0050】

図6cは、本開示の第1実施形態に係るリブ140とハブ130との折り畳み構造を説明するための図である。具体的には、図4bに示すリブ140をハブ130に巻き取るように折り畳んだ場合の構造を示す図である。この場合、リブ140は、ハブ130に対して螺旋状、すなわちリブ140の末端部142aから先端部142bに向かって徐々に高くなるように巻き付けられる。したがって、図6cに示す通り、リブ140の外側面141d及び内側面141cが重なり合うことなく、巻き付けられることとなる。

30

【0051】

6. リブ140の折り畳みと展開

図7は、本開示の第1実施形態に係るリブ140の折り畳みを説明するための図である。また、図8は、本開示の第1実施形態に係るリブ140の展開を説明するための図である。

【0052】

図7によると、各リブ140がハブ130の周囲に巻き取られ、これら巻き取られたリブ140を外側から囲むように複数のケース160が周囲に配設される。各ケース160は、水平断面が円弧である瓦形状をしており、これら複数のケース160が全体として円筒形を成すよう配設されている。すなわち、収納時には、複数のリブ140の各々はハブ130の外周方向に撓められ、末端部142aから先端部142bに向かってハブ130の周囲に巻き取られる。その後、複数のケース160による外部拘束が加えられる。リブ140は展開する方向に弾性を有するが、ケース160による外部拘束により、自身の弾性により勝手に展開することが規制される。

40

【0053】

図8には、各ケース160が、その下縁に設けられた開放機構161を中心に、ハブ130から離間するよう開放された状態が示されている。この開放は各ケース160の下部に設けた開放機構161により機構的に行われる。この開放機構161には、例えばウォームギアを介したモーターによりケース160の開傘を行う機構が用いられる。

【0054】

各ケース160が開放されると、各リブ140に対する各ケース160による外部拘束

50

が解除され、これらのリブ140自体の弾性的復元力により、リブ140が自動的に展開し始める。各リブ140の弾性的復元力による巻き戻しが完了すると、図8に示すようなリフレクタ121のパラボラ形状が形成される。すなわち、展開時には、各リブ140に対する複数のケース160による外部拘束を解除することで、各リブ140自体の弾性的復元力によって、他の部材による加重なしに、自動的に展開する。

【0055】

なお、展開に際して、リブ140は面外方向に対してはある程度の誤差を持って展開することが想定される。しかしながら、リブ140の面内形状は正確に元のパラボラ形状を示す。展開アンテナ10の鏡面精度は、軸X方向の誤差、すなわちリブ140の面内方向の位置誤差をもって評価され、リブ140の面外方向の位置誤差は大きな影響を与えない。これにより、展開によるアンテナ10の鏡面精度を確保することができる。

10

【0056】

以上、本実施形態に係るリフレクタ121によれば、各リブ140の折り畳み・展開は、各リブ140の弾性変形と復元力によって実現される。すなわち、リブ140の折り畳み・展開のための特段のメカニズムが不必要である。そのため、本実施形態によれば、簡易な構成により宇宙空間において容易に展開可能、且つ、展開後の所望のパラボラ形状を実現可能である。また、各リブ140は、ハブ130の外周に沿って配設される。したがって、各リブ140の収納時にリブ140の末端部142aに加わる応力を極力低減することが可能となる。さらに、各リブ140は、規制部材144を備えるため、折り畳み時に、螺旋状に折り畳まれるのが規制される。したがって、リブ140が巻き付けられるハブ130も最小限の高さで形成することが可能である。

20

【0057】

<第2実施形態>

第1実施形態では、リブ140に一枚の平板状の弾性部材を用いる場合について説明した。第2実施形態においては、リブ140として複数枚の平板（本実施形態では、平板140a及び140bの2枚）を用いる場合について説明する。なお、本実施形態は、以下で具体的に説明する点を除いて、第1実施形態における構成と同様である。したがって、それらの事項の詳細な説明は省略する。

【0058】

図9は、本開示の第2実施形態に係るリブ140の構成を示す図である。具体的には、図9は、第2実施形態に係るリブ140の斜視図を示す。図9によると、リブ140は、一对の平板140a及び140bから構成され、各平板140a及び140bは互いに重なり合うように固着される。このとき、平板140a及び140bは、その間に挟まれて配置された規制部材144を介して接着される。リブ140には、その末端部142aに、ハブ130に固設するための取付孔143が設けられる。また、リブ140は、平板140a及び140bが重ね合わされた状態で、全体として、第1実施形態と同様に、上面141a、下面141b、内側面141c、及び外側面141dを有する。リブ140は、ハブ130の外周に沿うようにハブ130に固設されるが、ハブ130の外周に向かう方向において可撓性を有する。一方、ハブ130に巻き取られた状態に置いては、展開する方向に弾性を有する。

30

40

【0059】

ここで、平板140a及び140bを接着する規制部材144は、第1実施形態と同様に、リブ140の折れ曲がる方向を規制するように働く。すなわち、図4a及び図4bで説明したのと同様に、各規制部材144によって、各規制部材の間の部分において折れ曲がりやすくなっているが、中心軸Xに平行な方向に折れ曲がるのが規制される。一方で、規制部材144によって、リブ140は、上面141a及び/又は下面141bに対して垂直又は略垂直な方向（線分B-B'に沿った方向）に折れ曲がりやすくなる。つまり、第1実施形態と同様に、ハブ130へ巻き付けると、その内側面141cと外側面141dが部分的に重なり合うように巻き付けられ、リブ140の高さを抑制することが可能となる。

50

【0060】

なお、本実施形態においてリブ140は、2枚の平板140a及び140bから構成したが、さらに平板を追加して3枚以上を重ね合わせることも可能である。また、その際、規制部材144は、すべての平板の間に配置する必要はなく、内側面141c側から外側面141d側に向かって、平板、平板、規制部材、平板の順番のように、一部の間にのみ配置するようにしてもよい。

【0061】

以上、第2実施形態に係るリフレクタ121によれば、各リブ140の折り畳み・展開は、各リブ140の弾性変形と復元力によって実現される。すなわち、リブ140の折り畳み・展開のための特段のメカニズムが不必要である。そのため、本実施形態によれば、簡易な構成により宇宙空間において容易に展開可能、且つ、展開後の所望のパラボラ形状を実現可能である。また、各リブ140は、ハブ130の外周に沿って配設される。したがって、各リブ140の収納時にリブ140の末端部142aに加わる応力を極力低減することが可能となる。さらに、各リブ140は、規制部材144を備えるため、折り畳み時に、螺旋状に折り畳まれるのが規制される。したがって、リブ140が巻き付けられるハブ130も最小限の高さで形成することが可能である。さらに、リブ140が平板140a及び140bの2枚構成になっているため、リブ140の剛性をさらに高めることが可能となる。

【0062】

<第3実施形態>

第1及び第2実施形態では、各リブ140が有する弾性によって展開し、また展開後面状体150が有する張力によって隣接するリブ140同士の間隔を保持するようにした。しかし、当該張力の影響によって、隣接するリブ140の間隔が本来あるべき間隔より小さくなり、半開きの状態となる可能性がある。そこで、第3実施形態においては、隣接するリブ140の間に補強リブ145を設けた。なお、本実施形態は、以下で具体的に説明する点を除いて、第1及び第2実施形態における構成と同様である。したがって、それらの事項の詳細な説明は省略する。

【0063】

図10a及び図10bは、本開示の第3実施形態に係るリブ140の構成を示す図である。具体的には、図10aは、リフレクタ121の各リブ140が展開している途中の状態を示す図である。また、図10bは、リフレクタ121の各リブ140が完全に展開した状態を示す図である。

【0064】

図10aによると、リブ140-1の先端部142bの外側面141dと、隣接するリブ140-2の先端部142bの内側面141cとの間に、L型フランジ146が対向するように配置される。そして、当該L型フランジ146の裏面に補強リブ145の両端部がそれぞれ固設されることで、各リブ140-1及び140-2の間に補強リブ145が配置される。

【0065】

補強リブ145は、バネ材からなる横長の平板である。一例としては、補強リブ145は、コンベックステープのように、幅方向に湾曲した形状を有する。なお、湾曲した態様で、長手方向に重ね合わせて用いることも可能である。

【0066】

リフレクタ121の折り畳み時には、図10aに示すとおり、補強リブ145はハブ130の中心軸X方向に撓められ、隣り合うリブ140の先端間の距離が短い状態で収納される。一方、展開時には、図10bに示すとおり、補強リブ145の弾性的復元力によって、隣り合うリブ140間の距離を強制的に保持することが可能となる。

【0067】

以上、第3実施形態に係るリフレクタ121によれば、各リブ140の折り畳み・展開は、各リブ140の弾性変形と復元力によって実現される。すなわち、リブ140の折り

10

20

30

40

50

畳み・展開のための特段のメカニズムが不必要である。そのため、本実施形態によれば、簡易な構成により宇宙空間において容易に展開可能、且つ、展開後の所望のパラボラ形状を実現可能である。また、各リブ140は、ハブ130の外周に沿って配設される。したがって、各リブ140の収納時にリブ140の末端部142aに加わる応力を極力低減することが可能となる。さらに、各リブ140は、規制部材144を備えるため、折り畳み時に、螺旋状に折り畳まれるのが規制される。したがって、リブ140が巻き付けられるハブ130も最小限の高さで形成することが可能である。さらに、補強リブ145を有するので、隣り合うリブ140間の間隔を一定に保持することが可能となる。

【0068】

<第4実施形態>

第1～第3実施形態では、末端部142a及び先端部142bにおいて高さが略同じであるリブ140を用いる場合について説明した。第4実施形態においては、末端部142aから先端部142bに向かうにつれて高さが徐々に低く形成されたリブ140を用いた。なお、本実施形態は、以下で具体的に説明する点を除いて、第1～第3実施形態における構成と同様である。したがって、それらの事項の詳細な説明は省略する。

【0069】

図11は、本開示の第4実施形態に係るリブ140の構成を示す側面図である。具体的には、図11によると、図4aで示したリブ140と同様に、リブ140は、電波の反射鏡面となる側の上面141a、上面141aに対して反対側の面となる下面141b、上面141a及び下面141bをそれぞれ接続し、ハブ130へ巻き付けるように折り畳まれたときにハブ130の外周側に面する内側面141c、及びその反対側の面となる外側面141dを有する、横長の薄板平板形状である。また、ハブ130に対して渦巻き状に折り畳むため、図4aで示したリブ140と同様に規制部材144を有する。

【0070】

ここで、リフレクタ121において、一般的に、末端部142aは、先端部142bに対して相対的に多くの荷重がかかる。したがって、本実施形態では、荷重がおおくかかる末端部142aにおいては、ハブ130の中心軸Xに沿う方向の高さが高く形成され、先端部142bに向かうにつれて徐々に低く形成される。具体的には、リブ140は、末端部142aでは高さ h_3 を有しているのに対し、先端部142bでは高さ h_3 よりも低い高さ h_4 を有している。なお、図11の例では、先端部142bに、図10a及び図10bで示す補強リブが取り付けられる。したがって、補強リブを取り付けるために、リブ140の先端は、高さ h_4 よりも若干高く（幅が広く）形成されている。

【0071】

以上、第4実施形態に係るリフレクタ121によれば、各リブ140の折り畳み・展開は、各リブ140の弾性変形と復元力によって実現される。すなわち、リブ140の折り畳み・展開のための特段のメカニズムが不必要である。そのため、本実施形態によれば、簡易な構成により宇宙空間において容易に展開可能、且つ、展開後の所望のパラボラ形状を実現可能である。また、各リブ140は、ハブ130の外周に沿って配設される。したがって、各リブ140の収納時にリブ140の末端部142aに加わる応力を極力低減することが可能となる。さらに、各リブ140は、規制部材144を備えるため、折り畳み時に、螺旋状に折り畳まれるのが規制される。したがって、リブ140が巻き付けられるハブ130も最小限の高さで形成することが可能である。

【0072】

<その他>

第1～第4実施形態においては、リフレクタ121に加えて副リフレクタ122を有するいわゆるカセグレン形式の展開アンテナ10について説明した。しかし、当該展開アンテナ10に限らず、グレゴリアン形式の展開アンテナであってもよいし、リフレクタ121の前面から電波を放射するパラボラ形状を有する展開アンテナであってもよい。

【0073】

また、リフレクタ121は、展開アンテナ10及び当該展開アンテナ10を含む宇宙航

10

20

30

40

50

行体 1 に対して用いたが、リフレクタ 1 2 1 又は展開アンテナ 1 0 を、他の用途に用いてもよい。例えば、航空機や自動車に設置して、移動式の通信装置として利用することも可能である。

【 0 0 7 4 】

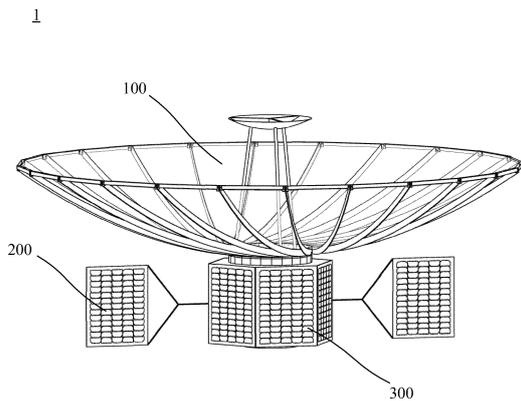
各実施形態で説明した各要素を適宜組み合わせるか、それらを置き換えて構成することも可能である。

【 符号の説明 】

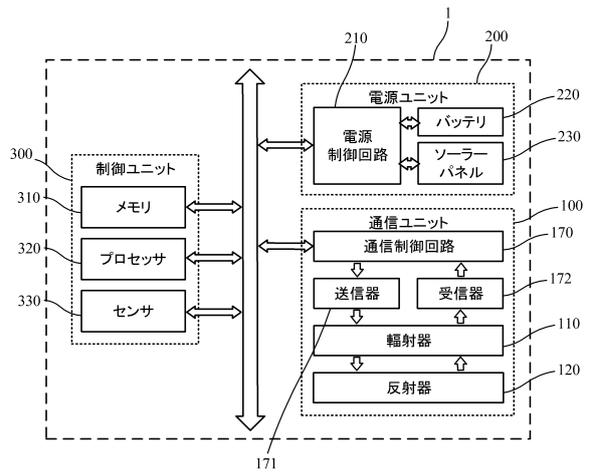
【 0 0 7 5 】

- 1 宇宙航行体
- 1 0 展開アンテナ
- 1 0 0 通信ユニット
- 2 0 0 電源ユニット
- 3 0 0 制御ユニット

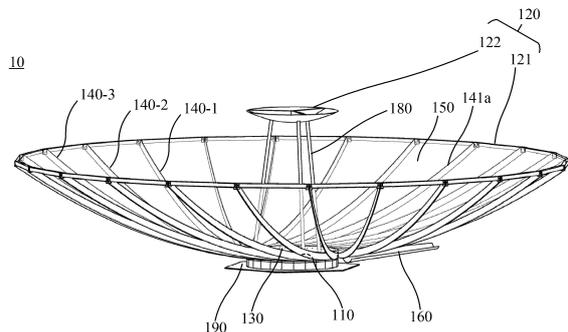
【 図 1 】



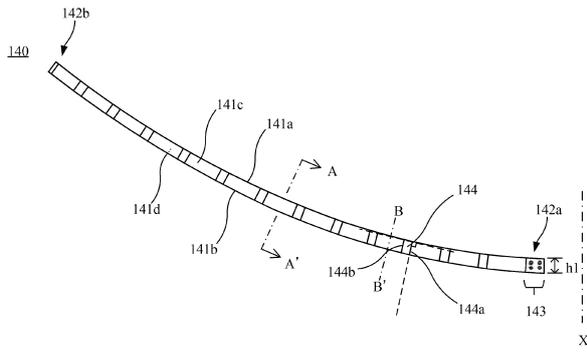
【 図 2 】



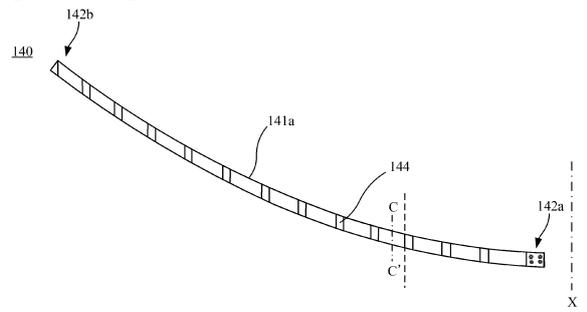
【 図 3 】



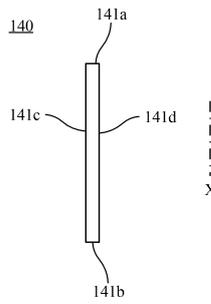
【 4 a】



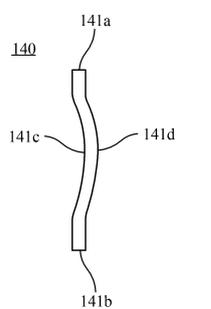
【 4 b】



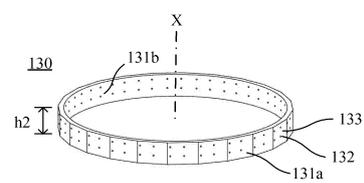
【 4 c】



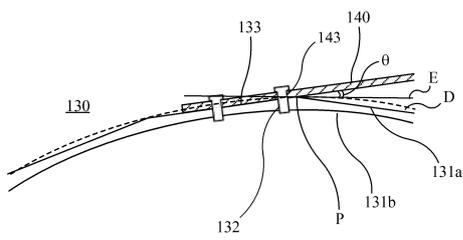
【 4 d】



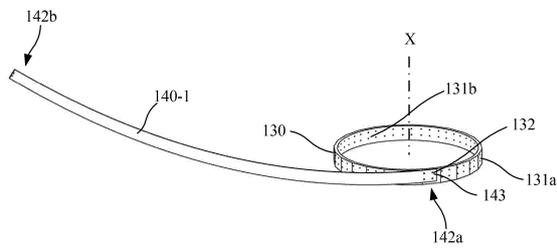
【 5 a】



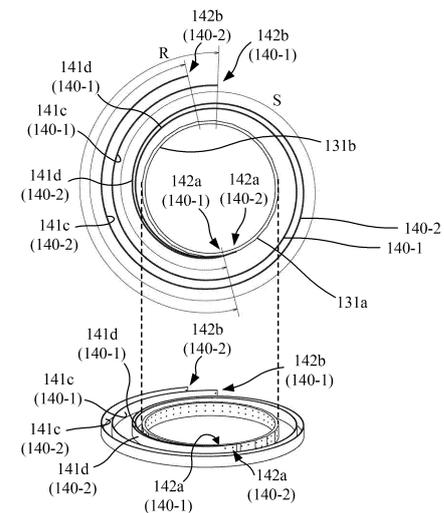
【 5 b】



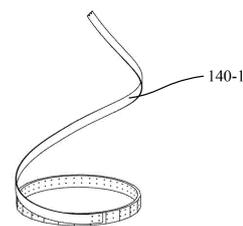
【 6 a】



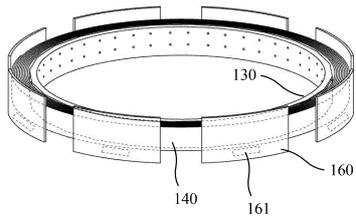
【 6 b】



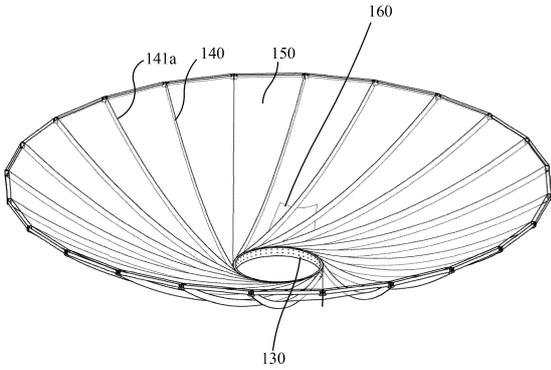
【 6 c】



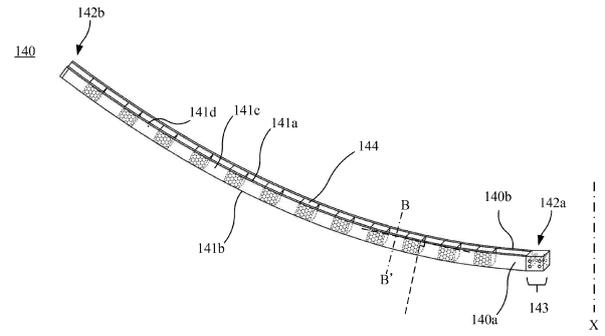
【図7】



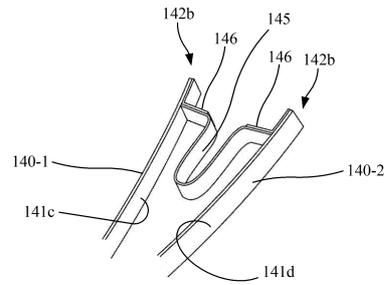
【図8】



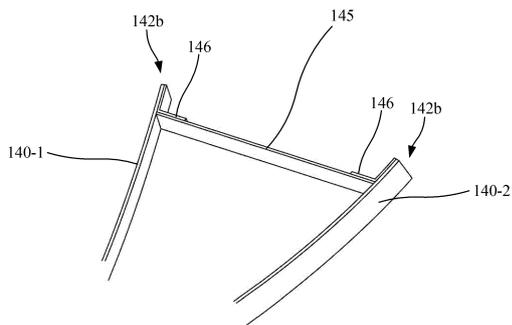
【図9】



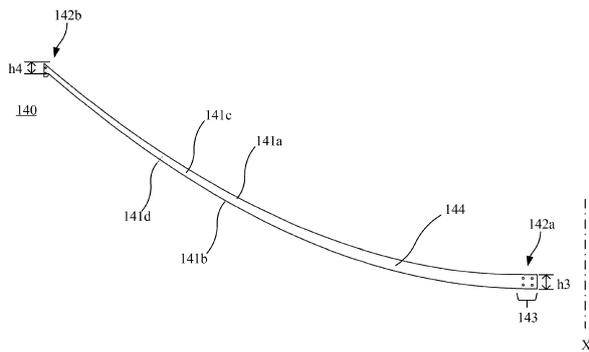
【図10a】



【図10b】



【図11】



フロントページの続き

- (74)代理人 100143823
弁理士 市川 英彦
- (74)代理人 100183519
弁理士 櫻田 芳恵
- (74)代理人 100196483
弁理士 川崎 洋祐
- (74)代理人 100203035
弁理士 五味淵 琢也
- (74)代理人 100185959
弁理士 今藤 敏和
- (74)代理人 100160749
弁理士 飯野 陽一
- (74)代理人 100160255
弁理士 市川 祐輔
- (74)代理人 100202267
弁理士 森山 正浩
- (74)代理人 100146318
弁理士 岩瀬 吉和
- (74)代理人 100127812
弁理士 城山 康文
- (72)発明者 大西 俊輔
福岡県福岡市中央区天神五丁目5番19号 株式会社Q P S 研究所内
- (72)発明者 八坂 哲雄
福岡県福岡市中央区天神五丁目5番19号 株式会社Q P S 研究所内
- (72)発明者 久能 和夫
福岡県福岡市中央区天神五丁目5番19号 株式会社Q P S 研究所内
- (72)発明者 古賀 洋平
福岡県福岡市中央区天神五丁目5番19号 株式会社Q P S 研究所内

審査官 岸田 伸太郎

- (56)参考文献 米国特許第03541569 (US, A)
米国特許第03217328 (US, A)
特許第6640351 (JP, B2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 Q 1 5 / 2 0
B 6 4 G 1 / 6 6