

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6856976号
(P6856976)

(45) 発行日 令和3年4月14日(2021.4.14)

(24) 登録日 令和3年3月23日(2021.3.23)

(51) Int. Cl.	F I
B 6 4 D 37/06 (2006.01)	B 6 4 D 37/06
B 6 4 D 37/30 (2006.01)	B 6 4 D 37/30
B 6 4 G 1/14 (2006.01)	B 6 4 G 1/14
B 6 4 G 1/40 (2006.01)	B 6 4 G 1/40 2 0 0
F 1 7 C 3/04 (2006.01)	F 1 7 C 3/04 D

請求項の数 11 外国語出願 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-235395 (P2015-235395)
 (22) 出願日 平成27年12月2日(2015.12.2)
 (65) 公開番号 特開2016-117478 (P2016-117478A)
 (43) 公開日 平成28年6月30日(2016.6.30)
 審査請求日 平成30年11月28日(2018.11.28)
 (31) 優先権主張番号 14/570, 370
 (32) 優先日 平成26年12月15日(2014.12.15)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(73) 特許権者 500520743
 ザ・ボーイング・カンパニー
 The Boeing Company
 アメリカ合衆国、60606-2016
 イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド
 ド・プラザ、100
 (74) 代理人 110002077
 園田・小林特許業務法人
 (72) 発明者 エンブラー, ジョナサン ディー.
 アメリカ合衆国 イリノイ 60606,
 シカゴ, ノース リバーサイド プラ
 ザ 100

前置審査

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 容器断熱アセンブリ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

容器壁(104)、及び

前記容器壁に結合された断熱アセンブリ、を備える容器(102)であって、前記断熱アセンブリは、

確率的発泡材料、

複数のノードにおいて相互連結される複数のトラス部材を備え、前記発泡材料と前記複数のトラス部材とが接触するように前記発泡材料内に封じ込められるマイクロトラス構造であって、前記複数のトラス部材の各々のトラス部材は、第1の端部と、当該第1の端部とは反対側にある第2の端部とを有する、マイクロトラス構造、及び

前記複数のトラス部材のうちいずれか1つのトラス部材の第1の端部と第2の端部との間で前記複数のトラス部材から斜めに延伸し、前記マイクロトラス構造と前記発泡材料との接着を促進する複数の接着特徴を備える、容器(102)。

【請求項2】

前記複数のトラス部材の各々のトラス部材は実質的に中空である、請求項1に記載の容器(102)。

【請求項3】

前記発泡材料は、前記中空のトラス部材内に散布され、前記複数のトラス部材の隣接するトラス部材間に散布される、請求項2に記載の容器(102)。

【請求項4】

前記複数のトラス部材の各々のトラス部材は実質的に中実である、請求項 1 に記載の容器 (1 0 2) 。

【請求項 5】

前記容器は、低温推進剤 (1 0 8) の備蓄を収容するように構成された推進剤のタンクを備える、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の容器 (1 0 2) 。

【請求項 6】

前記容器壁は材料の中実シートを備える、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の容器 (1 0 2) 。

【請求項 7】

前記容器壁は、上端壁 (3 0 6) 、下端壁 (3 0 4) 、並びに前記上端壁及び前記下端壁及び複数の支持体 (3 0 8) が複数の空洞 (3 1 0) を画定するように前記上端壁及び前記下端壁の間を延伸する前記複数の支持体を備え、前記発泡材料及び前記マイクロトラス構造は、前記複数の空洞のうちの少なくとも 1 つ及び前記複数の空洞に隣接する前記上端壁に結合される、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の容器 (1 0 2) 。

10

【請求項 8】

前記発泡材料を保護するように構成された熱的保護層 (5 2 8) を更に備え、前記熱的保護層は前記断熱アセンブリの最も外側の層を備える、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の容器 (1 0 2) 。

【請求項 9】

前記断熱アセンブリに結合された選択的な浸透性薄膜 (5 2 6) を更に備え、前記薄膜は、前記薄膜を通る流体の流れを可能にし、前記薄膜を通る固体粒子の通過を妨げるように構成される、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の容器。

20

【請求項 1 0】

断熱アセンブリを製造する方法であって、前記方法は、

複数のノードにおいて相互連結された複数のトラス部材を有するマイクロトラス構造を製造することであって、前記複数のトラス部材の各々のトラス部材は、第 1 の端部と、当該第 1 の端部とは反対側にある第 2 の端部とを有する、マイクロトラス構造を製造すること、及び

前記複数のトラス部材のうちいずれか 1 つのトラス部材の第 1 の端部と第 2 の端部との間で、複数の接着特徴が前記マイクロトラス構造から斜めに延伸するように、当該複数の接着特徴を前記複数のトラス部材に結合させること、

30

前記マイクロトラス構造を容器 (1 0 2) の壁 (1 0 4) に結合させること、及び

発泡材料に対して構造的なコアを提供するために、前記マイクロトラス構造が前記発泡材料内に封じ込められるように、前記発泡材料を前記マイクロトラス構造及び前記容器に付けることを含み、前記複数の接着特徴により、前記マイクロトラス構造と前記発泡材料との接着が促進される、方法。

【請求項 1 1】

前記マイクロトラス構造を製造することは、

足場を製造すること、

前記足場を材料で被覆すること、及び

前記足場を除去すること、によって、

40

中空のマイクロトラス構造を製造することを含む、請求項 1 0 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

関連出願の相互参照

本出願は、2014年8月26日に提出された米国仮特許出願 62 / 0 4 2 , 2 3 2 に対する優先権を主張する。

【0 0 0 2】

本開示は、概して、低温推進剤の容器と共に使用される断熱アセンブリに関し、特に、

50

マイクロトラス (micro truss) で補強された低温発泡体を含んだ断熱アセンブリに関する。

【背景技術】

【0003】

航空宇宙輸送体の設計は、一般的に、発射/離陸及び操縦力 (maneuvering power) の両方の要求を満たすために様々な推進剤を利用する。ほとんどのミッション、特に、発射/離陸の要求に対して必要とされる推進剤の量は、しばしば、厳しい設計上の制約を生み出し、輸送体のサイズの大部分が推進剤を運ぶために用いられることを必要とし得る。低温推進剤の使用は、推進剤がそれらの室温での気体状態よりもむしろ液体の状態で維持されることを可能にする。このことは、より多くの量の推進剤がより小さい容器内に貯蔵されることを可能にする。今度は、このことが、航空宇宙輸送体の設計機能を改良する。

10

【0004】

スペースシャトルの外部容器などの使い捨て用発射システムのための現在の低温推進剤の容器の技術は、スプレーオン発泡体 (spray on foam) による断熱を使用する。しかしながら、この技術は、一般的に、マルチミッション飛行環境に関連する強度及び再利用性の要件を満たさない。使い捨て用発射システムは、しばしば、民間航空機及び再使用可能な宇宙船などの再使用可能輸送体の設計に統合されるものとして適切ではないと考えられている。例えば、再使用可能輸送体の設計は、しばしば、そのような輸送体が発射、軌道上、及び再突入を通して低温推進剤の容器を運ぶことを要求する。低温断熱 (cryo insulation) は、発射台の低温蒸発損を低減し、地上サービス、発射、軌道上、及び再突入の間に推進剤の容器を熱的に保護することが要求される。それに加えて、低温断熱は繰り返される熱サイクルに耐えるために十分にロバストでなければならぬ。

20

【0005】

少なくとも幾つかの既知の低温断熱は、推進剤の容器の外装に適用され、発泡断熱層から成り得る。しかしながら、そのような発泡体は、概して、低温及び機械的負荷の組み合わせに晒されたときに、それら自身が亀裂をもたらす、推進剤の容器壁から薄く裂け、及び/又は断裂する (材料の断片がより大きな本体から分離される、しばしば剥離と呼ばれる状態) 傾向を有するので適切ではない。それ故、少なくとも幾つかの既知の低温断熱は、亀裂、薄い裂け、及び剥離を低減するために、発泡層に機械的な補強を提供するハニカム形コアを含む。しかしながら、そのようなハニカム材料は、実質的に、再使用可能航空宇宙輸送体の重量を増加させ、付加的な推進剤の消費及びより高い費用をもたらす。

30

【0006】

本明細書中の開示が提示されるのは、これらの及び他の事項に関してである。

【発明の概要】

【0007】

一側面では、容器が提供される。容器は、容器壁、及び容器壁に結合された断熱アセンブリを含む。断熱アセンブリは、確率的発泡材料 (stochastic foam material)、及び発泡材料内に封じ込められたマイクロトラス構造を含む。マイクロトラス構造は、複数のノード (node) において相互連結された複数のトラス部材を含む。各々のトラス部材は、発泡材料に対してマイクロトラス構造が構造的なコアを提供するように、発泡材料と接触する。

40

【0008】

別の側面では、航空宇宙輸送体が提供される。航空宇宙輸送体は、推進剤の備蓄を保持するように構成された内部容積を画定する容器壁を含んだ容器を含む。航空宇宙輸送体は、また、容器壁に結合された補強された断熱アセンブリも含む。断熱アセンブリは、マイクロトラス構造が発泡材料に対して構造的なコアを提供するように、確率的発泡材料、及び発泡材料内に封じ込められたマイクロトラス構造を含む。

【0009】

50

更に別の側面では、断熱アセンブリを製造する方法が提供される。方法は、複数のノードにおいて相互連結され、かつマイクロトラス構造を容器の壁に結合させる複数のトラス部材を有するマイクロトラス構造を製造することを含む。方法は、また、発泡材料に対して構造的なコアを提供するために、マイクロトラス構造が発泡材料内に封じ込められるように、発泡材料をマイクロトラス構造及び容器壁に付けることを含む。

【0010】

既に説明した特徴、機能、及び利点は、本開示の様々な実施形態で独立に実現することが可能であるか、以下の説明及び図面を参照してさらなる詳細が理解され得る更に別の実施形態で組み合わせることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】例示的な航空機の製造及び保守方法を示す流れ図である。

【図2】例示的な航空機のブロック図である。

【図3】例示的な低温推進剤の容器アセンブリを含んだ例示的な航空宇宙輸送体の図である。

【図4】図3で示された低温推進剤の容器の断面図であり、推進剤の容器の外装表面に結合された例示的な断熱アセンブリを示している。

【図5】推進剤の容器の内装表面に結合された図4で示された断熱アセンブリを示す、代替的な低温推進剤の容器アセンブリの断面図である。

【図6】図4及び図5で示された例示的な断熱アセンブリの断面図である。

【図7】図6で示された断熱アセンブリと共に使用され得る例示的なマイクロトラス構造の斜視図である。

【図8】図4及び図5で示された低温推進剤の容器アセンブリと共に使用され得る代替的な断熱アセンブリの断面図である。

【図9】図4及び図5で示された低温推進剤の容器アセンブリと共に使用され得る別の代替的な断熱アセンブリの断面図である。

【図10】図4及び図5で示された低温推進剤の容器アセンブリと共に使用され得る更に別の代替的な断熱アセンブリの断面図である。

【図11】図4及び図5で示された低温推進剤の容器アセンブリと共に使用され得る更に別の代替的な断熱アセンブリの断面図である。

【図12】図11で示された断熱アセンブリを製造する例示的な方法の流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

説明される実施形態は、その中に封じ込められたマイクロトラス構造を有する低温断熱アセンブリに関する。様々な実施形態では、トラス構造は、ノードから延伸し支持構造に取り付けられた複数の部材を含む。特定の実施形態では、トラス部材は中空である。中空及び中実のトラスの実施形態の両方に関して、発泡材料は、マイクロトラスが低温断熱の構造的なコアを提供するように、マイクロトラスの周りに付けられる。

【0013】

図1を参照すると、本開示の実施態様が、航空機の製造及び保守方法10の文脈において、かつ(図2で示される)航空機12を介して説明され得る。製造前段階では、仕様及び設計14を含んで、航空機12のデータが製造プロセスの間に使用され得、機体に関連する他の材料が調達16され得る。製造段階では、航空機12の構成要素及びサブアセンブリの製造18並びにシステムインテグレーション20が行われ、その後、航空機12はその認可及び納品22のプロセスに入る。機体の認可が上手く完了すると、航空機12は運航24に供され得る。顧客により運航される間に、航空機12は定期的な整備及び保守26がスケジュールリングされ、それは、例えば、改造、再構成、及び/又は改修なども含み得る。代替的な実施態様では、製造及び保守方法10が航空機以外の輸送体を介して実施され得る。

【0014】

10

20

30

40

50

航空機の製造及び/又は保守方法10に関連する各々の部分及びプロセスは、システムインテグレーター、第三者、及び/又はオペレーター（例えば顧客）によって実行又は完了され得る。本明細書の目的のために、システムインテグレーターは、限定しないが、任意の数の航空機製造者及び主要システムの下請業者を含み、第三者は、限定しないが、任意の数のベンダー、下請業者、及び供給業者を含み、かつオペレーターは、航空会社、リース会社、軍事団体、サービス機関などであり得る。

【0015】

図2で示されるように、方法10を介して製造された航空機12は、複数のシステム30及び内装32を有する機体28を含むことができる。高レベルのシステム30の例は、推進システム34、電気システム36、油圧システム38、及び/又は環境システム40のうちの1以上を含む。任意の数の他のシステムも含まれ得る。

10

【0016】

本明細書中で具現化される装置及び方法は、方法10の任意の1以上の段階において用いられ得る。例えば、製造プロセス18に対応する構成要素又はサブアセンブリは、航空機12の運航中に製造される構成要素又はサブアセンブリに類似の方式で作製又は製造される。また、1以上の装置の実施態様、方法の実施態様、又はそれらの組み合わせは、例えば、航空機12の組み立てを実質的に効率化するか、及び/又は航空機12のコストを削減することにより、製造段階18及び20で利用することができる。同様に、装置の実施態様、方法の実施態様、又はそれらの組み合わせのうちの1以上を、航空機12の保守又は整備の間に、例えば、スケジューリングされた整備及び保守26の間に利用することができる。

20

【0017】

本明細書で使用される用語「航空機」は、飛行機、無人機(UAV)、グライダー、ヘリコプター、宇宙船、再使用可能発射輸送体、及び/又は空域を移動する任意の他の物体を含み得るが、それらに限定されるものではない。更に、代替的な実装態様では、本明細書に記載された航空機の製造及び保守方法を、任意の製造及び/又は保守作業において使用することができる。

【0018】

図3は、本開示による少なくとも1つの低温推進剤のタンク又は容器102を有する(図1及び図2で示された)方法10における航空機12などの例示的な航空宇宙輸送体100を示す。一実施態様では、輸送体100は宇宙へ向かうミッションで使用される再使用可能発射輸送体である。別の適切な実施態様では、輸送体100は水素燃料の旅客機などの大気内で使用される輸送体である。概して、推進剤の容器102は多種多様な航空宇宙輸送体100で利用されることができ、示される輸送体は例示目的のみのためのものであることが理解されるべきである。更に、輸送体100は、図3に示される単一の推進剤の容器102以上のものを含み得る。しかしながら、輸送体100内の推進剤の容器102の数及び配置は特定用途向けに考慮されたものであることが理解されるべきである。

30

【0019】

図4は、低温推進剤の容器102の断面図である。例示的な実施態様では、容器102は、低温推進剤108の備蓄を収容するように構成された内部容積106を画定する容器壁104を含む。低温推進剤108の備蓄は、推進剤108が蒸発損又は相変化を妨げるために適切な温度範囲内に維持されるように、熱的に保護されるべきである。本明細書で使用されるように、「低温」又は「cryo」という用語は、標準的な圧力の下で、摂氏約160度(華氏256度)以下で沸騰する液体状の任意の物質を言及するために使用される。容器102内に収容され得る低温推進剤の非限定的な実施例は、酸素、窒素、及び水素を含む。容器102は、また、ヘリウムも収容し得る。推進剤の容器102の壁104に結合された補強された断熱アセンブリ又は補強された低温発泡体116を用いて、推進剤108をそのような温度範囲に維持するためのユニークなアプローチが、本明細書で開示される。一実施態様では、図4で示されるように、補強された低温発泡体116は壁104の外装表面112に結合される。代替的には、図5で示されるように、補強され

40

50

た低温発泡体 116 は壁 104 の内装表面 114 に結合される。付加的に、補強された低温発泡体 116 は、推進剤の容器壁 104 の両表面 112 及び 114 に結合され得る。更に、補強された低温発泡体 116 は、容器壁 104 の幾つかの領域内の表面 112、及び容器壁 104 の他の領域内の表面 114 に結合され得る。

【0020】

図 6 は、断熱アセンブリ 110 の断面図である。例示的な実施態様では、断熱アセンブリ 110 は、補強された低温発泡層 116 及び支持構造 122 を含む。低温発泡層 116 は、支持構造 122 の上端面 120 に結合された下端面 118 を含む。より具体的には、支持構造 122 の上端面 120 は、(図 4 及び図 5 で示された)推進剤の容器 102 の壁 104 の外装表面 112 又は内装表面 114 のうちの 1 つである。図 6 で示されるように、支持構造 122 は、炭素複合材強化ポリマー材料などの材料の中実シートから作られる。代替的に、支持構造 122 は、ポリマー、セラミック、金属、又はそれらの任意の組み合わせなどの任意の材料から作られるが、それらに限定されるものではない。更に、支持構造 122 は図 6 では実質的に平坦な部材として示されているが、支持構造 122 は、支持構造が少なくとも 1 つの曲率半径を画定するように、曲げられ得る。

10

【0021】

例示的な実施態様では、補強された低温発泡体 116 は、確率的発泡材料 126 によって封じ込められたマイクロトラス構造 124 を含む。発泡材料 126 は、オープンセル又はクローズドセルのいずれかであり得、ポリウレタン、ポリスチレン、ポリイミド、ポリ塩化ビニル、シリコン、又はそれらの任意の組み合わせなどの材料から作られる。マイクロトラス構造 124 は、発泡材料 126 に対して構造的なコアを提供し、発泡材料 126 からの強度要件を除去するか低減させることによって、断熱アセンブリ 110 によって利用され得る発泡材料の範囲を広げるために利用され得る。以下に詳細に説明されるように、発泡材料 126 は、マイクロトラス構造 124 の各々のトラス部材 128 の周りに注がれるか又は噴霧されるかのいずれかである。代替的に、発泡材料 126 は、本明細書で説明される低温発泡層 116 の動作を容易にする任意の方式で、マイクロトラス構造 124 のトラス部材 128 に付けられる。

20

【0022】

図 6、及び発泡材料 126 なしの断熱アセンブリ 110 を示す図 7 で示されるように、マイクロトラス構造 124 は、ノード 130 を画定する対応する端部において互いに交差する複数のトラス部材 128 を含む。例示的な実施態様では、マイクロトラス 124 がユニットセルの半分の繰り返しから成るように、ノード 130 は低温発泡体 116 の下端面 118 及び上端面 132 のみにおいて位置決めされる。本明細書で使用されるように、「ユニットセル」という用語は、それらから全体のマイクロトラス構造 124 が 3 次元内の繰り返しによって構築され得る、最も小さいグループのトラス部材 128 及びノード 130 を表すことを意味する。代替的に、マイクロトラス構造 124 は、マイクロトラス 124 が本明細書で説明される断熱アセンブリ 110 の動作を容易にするために必要とされるだけ多くのユニットセルを画定するように、表面 118 及び 132 の間の複数のノード 130 を含み得る。

30

【0023】

図 6 及び図 7 で示されるように、例示的な実施態様では、トラス部材 128 は、発泡材料 126 が、個々のトラス部材 128 の間で延伸するのみならず、各々のトラス部材 128 の内装 134 内で溝を掘られるような、薄肉で中空の構造である。一実施態様では、トラス部材 128 の間の発泡材料 126、及び中空の部材 128 の範囲内の発泡材料 126 は、同じ材料である。別の実施態様では、マイクロトラスで補強された低温発泡体 116 は、より密度が高くより強い発泡材料が中空のトラス部材 128 の内側に満たされ、かつより密度の低い発泡材料がトラス部材 128 の周り及び間で満たされた場合に、重量当たりのより高い強度を獲得することができる。代替的に、図 8 で示されるように、代替的な断熱アセンブリ 200 は、発泡材料 126 を有する低温発泡層 202、及び実質的に中空のトラス部材 206 を含んだマイクロトラス構造 204 を含む。別の代替的な実施態様で

40

50

は、発泡材料 1 2 6 は、中空のトラス部材 1 2 8 の外側のみに付けられ、中空の部材 1 2 8 の範囲内に付けられず、又は中空の部材 1 2 8 の範囲内のみに付けられ、部材 1 2 8 の外側には付けられない。

【 0 0 2 4 】

中空のトラス部材 1 2 8 を有するマイクロトラス 1 2 4 は、概して、中実のトラス部材 2 0 6 を有するマイクロトラス 2 0 4 よりも重量が軽いので、中空のトラス部材 1 2 8 は、概して、中実のトラス部材 2 0 6 よりも好適である。更に、等価な質量及びユニットセルの寸法のマイクロトラス構造に対して、中空のマイクロトラス 1 2 4 は、中実のトラス部材 2 0 6 を有するマイクロトラス 2 0 4 よりも、トラス部材 1 2 8 から確率的発泡体 1 2 6 内の任意のポイントまでの最大距離が短い。中空のトラス部材 1 2 8 は、より少ない 10
質量を有し、また、マイクロトラス構造 1 2 4 の熱伝導率を低減させる。しかしながら、断熱アセンブリの全体の重量よりも機械的な負荷がより懸念される実施態様では、その場合に、中実のトラス部材 2 0 6 を有するマイクロトラス構造 2 0 4 が好適であり得る。

【 0 0 2 5 】

一実施形態では、中空のトラス部材 1 2 8 は、近似的に 1 . 0 ミリメートル (m m) (0 . 0 3 9 インチ (i n .)) と近似的に 1 2 . 0 m m (0 . 4 7 2 インチ) との間の範囲内にある直径を有する。代替的に、トラス部材 1 2 8 は、本明細書で説明される断熱アセンブリ 1 1 0 の動作を容易にする任意の直径を有し得る。更に、マイクロトラス構造 1 2 4 内のトラス部材 1 2 8 の密度は、近似的に立方フット当たり 0 . 1 0 ポンド (l b . / f t . ³) (立方メートル当たり 1 . 6 0 キログラム (k g / m ³)) と、近似的に 1 20
. 0 1 l b . / f t . ³ (1 6 . 0 1 k g / m ³) との間の範囲内にある。代替的に、マイクロトラス構造 1 2 4 は、本明細書で説明される断熱アセンブリ 1 1 0 の動作を容易にする任意の密度を有し得る。付加的に、補強された低温発泡層 1 1 6 は、近似的に 1 2 . 7 m m (0 . 5 インチ) と、近似的に 5 0 . 8 m m (2 . 0 インチ) との間の範囲内にある厚さを含む。代替的に、低温発泡層 1 1 6 は、本明細書で説明される断熱アセンブリ 1 1 0 の動作を容易にする任意の厚さを有し得る。

【 0 0 2 6 】

図 7 で示されるように、各々のトラス部材 1 2 8 は、実質的に円形の断面の輪郭を含む。代替的に、各々のトラス部材 1 2 8 の断面の輪郭は、涙型、円形、又は翼型のうちの 1 つに形作られる。更に、各々のトラス部材 1 2 8 は、上端面 1 3 2 に近い第 1 の端部 1 3 30
6、及び下端面 1 1 8 に近い第 2 の端部 1 3 8 を含む。一実施態様では、各々のトラス部材 1 2 8 の断面形状及び / 又は断面領域が、表面 1 3 2 と表面 1 1 8 との間で変化するように、端部 1 3 6 が、第 2 の端部 1 3 8 とは異なる断面形状及び / 又は断面領域を有し得る。更に、種々の断面の輪郭及び直径が、マイクロトラス構造 1 2 4 の種々の領域内で使用され得る。

【 0 0 2 7 】

例示的な実施態様では、マイクロトラス構造 1 2 4 は、セラミック材料、金属、合金、ポリマー材料、又はそれらの任意の組み合わせのうちの少なくとも 1 つから製造される。代替的に、マイクロトラス 1 2 4 は、本明細書で説明される断熱アセンブリ 1 1 0 の動作を容易にする任意の材料から作られ得る。断熱アセンブリ 1 1 0 の一実施態様は、マイクロ 40
トラス 1 2 4 を製造するために、ポリマー材料、より具体的には、パリレンポリマー材料を利用する。ポリマーは、セラミック及び金属と比較して熱伝導率が相対的に低いので、好ましい材料である。

【 0 0 2 8 】

更に、マイクロトラス 1 2 4 は、任意の数の方法を使用して製造され得る。一方法では、実質的に中実のポリマー足場 (p o l y m e r s c a f f o l d) が、自己伝搬性のフォトポリマー導波路 (s e l f p r o p a g a t i n g p h o t o p o l y m e r w a v e g u i d e)、ステレオリソグラフィ、及び射出成形などの製造プロセスを使用して形成されるが、それらに限定されるものではない。足場は、その後、トラス部材 1 2 8 を形成するために被覆材料を用いて被覆される。一実施形態では、被覆材料はポリ 50

マーであるが、上述の断熱アセンブリ 1 1 0 の動作を容易にする任意の材料であり得る。一旦、被覆されると、足場は、化学的な又は熱的な処理を使用して処理されて溶かされ、ポリマー被覆材料から成る中空のトラス部材 1 2 8 を残す。

【 0 0 2 9 】

別の実施態様では、中空のマイクロトラス 1 2 4 は、被覆のための足場の製造を必要とすることなしに付加的な製造プロセスを使用して直接的に製造される。直接的な付加的製造は、被覆プロセスを排除して、突起などの付加的な表面の特徴が、発泡体の接着性を高めるためにトラス部材 1 2 8 に形成されることを可能にするが、それに限られるものではない。

【 0 0 3 0 】

図 9 は、(図 3 で示された) 航空宇宙輸送体 1 0 0 と共に使用され得る代替的な断熱アセンブリ 3 0 0 の断面図である。断熱アセンブリ 3 0 0 は、断熱アセンブリ 1 1 0 が実質的に中実の支持構造に結合された補強された低温発泡層 1 1 6 を含み、断熱アセンブリ 3 0 0 がサンドウィッチ支持構造 3 0 2 に結合された実質的に類似な低温発泡層 1 1 6 を含むという点を除いて、(図 6 で示された) 断熱アセンブリ 1 1 0 に実質的に類似する。そのようにして、断熱アセンブリ 1 1 0 及び 3 0 0 の両方に共通の要素は、図 6 で使用された参照番号が付されている。

【 0 0 3 1 】

支持構造 3 0 2 は、複数の空洞 3 1 0 がそれらの間で画定されるように、複数の支持体 3 0 8 によって分離された下端壁 3 0 4 及び上端壁 3 0 6 を含む。より具体的には、各々の空洞 3 1 0 は、下端壁 3 0 4、上端壁 3 0 6、及び隣接する支持体 3 0 8 のペアによって画定される。上端壁 3 0 6 は、低温発泡層 1 1 6 の下端面 1 1 8 に結合された上端面 3 1 2 を含む。一実施形態では、空洞 3 1 0 は、空気又は別の断熱材で満たされ、(図 2 で示された) 低温推進剤 1 0 8 の備蓄と外部環境との間に断熱の付加的な層を提供する。

【 0 0 3 2 】

図 1 0 は、(図 3 で示された) 航空宇宙輸送体 1 0 0 と共に使用され得る更に別の断熱アセンブリ 4 0 0 の断面図である。断熱アセンブリ 4 0 0 は、(図 6 で示された) 断熱アセンブリ 1 1 0 の補強された低温発泡層 1 1 0 が実質的に中実の支持構造 1 2 2 の上端面 1 2 0 に結合され、断熱アセンブリ 4 0 0 がサンドウィッチ支持構造 4 0 2 内に結合された補強された低温発泡層 1 1 6 を含むという点を除いて、(図 6 で示された) 断熱アセンブリ 1 1 0 に実質的に類似する。そのようにして、断熱アセンブリ 1 1 0 及び 4 0 0 の両方に共通の要素は、図 6 で使用された参照番号が付されている。

【 0 0 3 3 】

支持構造 4 0 2 は、複数の空洞 4 1 0 がそれらの間で画定されるように、複数の支持体 4 0 8 によって分離された内側壁 4 0 4 及び外側壁 4 0 6 を含む。より具体的には、各々の空洞 4 1 0 は、内側壁 4 0 4、外側壁 4 0 6、及び隣接する支持体 4 0 8 のペアによって画定される。低温発泡層 1 1 6 は、壁 4 0 4 及び 4 0 6 の間の空洞 4 1 0 内に結合される。より具体的には、低温発泡体 1 1 6 のストリップ (s t r i p) は、隣接する支持体 4 0 8 の間で画定された各々の空洞 4 1 0 内に結合される。断熱アセンブリ 4 0 0 は、また、外側壁 4 0 6 の上端面 4 1 2 に結合された低温発泡体 1 1 6 の付加的な層を含み得、(図 4 で示された) 低温推進剤 1 0 8 の備蓄と外部環境との間の更なる断熱を提供する。

【 0 0 3 4 】

図 1 1 は、(図 3 で示された) 航空宇宙輸送体 1 0 0 と共に使用され得る別の代替的な断熱アセンブリ 5 0 0 の断面図である。例示的な実施態様では、断熱アセンブリ 5 0 0 は、下端面 5 0 4 及び上端面 5 0 6 を含んだ補強された低温発泡層 5 0 2 を含む。低温発泡層 5 0 2 は、低温発泡層 5 0 2 が、(図 6 で示された) 発泡材料 1 2 6 に実質的に類似する確率的発泡材料の範囲内に位置決めされた (図 6 で示された) マイクロトラス構造 1 2 4 に実質的に類似する中空のマイクロトラス構造 5 0 8 を含むという点において、(図 6 で示された) 低温発泡層 1 1 6 に実質的に類似する。マイクロトラス 1 2 4 に類似して、マイクロトラス 5 0 8 は、ノード 5 1 4 が

10

20

30

40

50

低温発泡層 5 0 2 の下端面 5 0 4 及び上端面 5 0 6 においてのみ位置決めされるように、ノード 5 1 4 を画定するように対応する端部において互いに交差する複数のトラス部材 5 1 4 を含む。

【 0 0 3 5 】

例示的な実施態様では、低温発泡層 5 0 2 の下端層 5 0 4 は、支持構造 5 1 8 の上端面 5 1 6 に機械的に結合され、支持構造 5 1 8 は（図 6 で示された）支持構造 1 2 2 に実質的に類似する。一実施態様では、接着剤 5 2 0 は、接着剤 5 2 0 がマイクロトラス 5 0 8 と支持構造 5 1 8 との間で機械的に接触する点の周りにおいてのみ塗られるように、選択的にノード 5 1 4 に塗られるペースト接着剤である。代替的に、接着剤 5 2 0 は、フィルム接着剤、補強されたフィルム接着剤、又は噴霧接着剤であり得る。更に、一実施態様では、接着剤 5 2 0 はエポキシ又はポリウレタン接着剤である。代替的に、接着剤 5 2 0 は、マレイミド、ビスマレイミド、ベンズオキサジン、シアン酸エステル、フェノール類、ポリイミド、又はそれらの任意の組み合わせなどの接着材料であるが、それらに限定されるものではない。

10

【 0 0 3 6 】

図 1 1 で示されるように、補強された低温発泡層 5 0 2 は、マイクロトラス 5 0 8 と確率的ポリマー発泡体 5 1 0 との間の接着のための付加的な領域を提供する複数の接着特徴 5 2 2 を含む。一実施態様では、接着特徴 5 2 2 は、発泡体 5 1 0 が複数の方向において補強されるように、マイクロトラス 5 0 8 と位置合わせされないマイクロトラス部材 5 1 2 上の繊維又は突起である。代替的に、接着特徴 5 2 2 は、発泡体 5 1 0 を機械的に補強するために、中空のトラス部材 5 1 2 の内部、及びトラス部材 5 1 2 の間のうちのいずれかで散布されたガラス繊維又は炭素繊維などの充填材であるが、それらに限定されるものではない。

20

【 0 0 3 7 】

断熱アセンブリ 5 0 0 は、また、補強された低温発泡層 5 0 2 の上端面 5 0 6 に結合された密封剤 5 2 4 を含む。一実施態様では、密封剤 5 2 4 は、接着剤を含み得るポリウレタン系のポリマーであり、表面 5 0 6 にブラシかけ又は噴霧することによって低温発泡層 5 0 2 に付けられる。代替的に、密封剤 5 2 4 は、任意の材料から作られ得、任意の方式で低温発泡層 5 0 2 に付けられる。低温発泡体 5 0 2 が（図 5 で示された）推進剤の容器壁 1 0 4 の内装表面 1 1 4 に結合される実施態様では、密封剤 5 2 4 は、抑制薄膜として働き、（図 5 で示された）推進剤 1 0 8 の備蓄を低温発泡体 5 0 2 から孤立させる。低温発泡体 5 0 2 が（図 4 で示された）外装表面 1 1 2 に結合される実施態様では、密封剤 5 2 4 は、飛行中に経験される粒子の衝突から低温推進剤 1 0 8 の備蓄を保護することを促進する。そのような実施態様では、密封剤 5 2 4 は、また、材料の任意の後続の層との改良された結合を可能にする一様な外側表面を生成し得る。

30

【 0 0 3 8 】

一実施態様では、断熱アセンブリ 5 0 0 は、また、密封剤層 5 2 4 に結合された浸透性薄膜 5 2 6 を含む。代替的に、断熱アセンブリ 5 0 0 は密封剤 5 2 4 を含み得ず、薄膜 5 2 6 は補強された低温発泡層 5 0 2 の上端面 5 0 6 に結合され得る。薄膜 5 2 6 は、そこを通る流体（気体及び液体）の流れを可能にするが、固体粒子の通過は妨げる選択的な浸透性薄膜である。薄膜 5 2 6 の使用は、外部粒子が低温発泡体 5 0 2 に衝突することを妨げ、低温発泡体 5 0 2 の壊れた粒子が離れていくことを妨げる、付加的な障壁を生成することによって付加的な保護を提供する。一実施態様では、薄膜 5 2 6 は、支持構造 5 1 8 と類似する材料から形成され、それは、炭素繊維又はグラファイト繊維の緩い織物であるが、（図示せぬ）複数の微細孔を有する。

40

【 0 0 3 9 】

低温発泡層 5 0 2 が推進剤の容器壁 1 0 4 の外装表面 1 1 2 に結合される実施態様では、断熱アセンブリ 5 0 0 は、また、薄膜 5 2 6 に結合された熱的保護層 5 2 8 を含み得る。代替的に、断熱アセンブリ 5 0 0 は、薄膜 5 2 6 を含み得ず、熱的保護層 5 2 8 は、密封剤 5 2 4 に結合され得、又は断熱アセンブリ 5 0 0 が密封剤 5 2 4 も薄膜 5 2 6 も含ま

50

ない実施態様では補強された低温発泡層502の上端面506に直接的に結合され得る。熱的保護層528は、再使用可能宇宙輸送体の再突入の間に、層502、524、及び526のいずれかなどの下側の層に対する熱的保護を提供する。熱的保護層528は、概して、複数のセラミックタイルを含む。代替的に、熱的保護層528は、少なくとも低温発泡層502に対する熱的保護を提供する任意の材料を含み得る。上述のように、断熱アセンブリ500は、少なくとも支持構造518及び補強された低温発泡層502を含み得るが、また、接着剤520、密封剤524、薄膜526、及び熱的保護層528の任意の組み合わせを含み得る。

【0040】

図12は、(図11で示された)断熱アセンブリ500を製造する例示的な方法600の流れ図である。方法600は、犠牲的なマイクロトラスの足場を製造すること602、及び足場を別の材料で被覆すること604を含み、被覆材料は足場の材料とは異なる。好ましくは、被覆材料はポリマーである。犠牲的な足場の一部は、その後、マイクロトラスの上端面及び下端面において被覆の一部を除去することによって露出される606。代替的に、被覆の任意の部分は、本明細書で説明される断熱アセンブリ500の動作を容易にする任意の方式で除去され得る。方法600は、また、化学的、熱的、音響的処理のうちの少なくとも1つを足場の露出された部分に適用することによって犠牲的な足場を除去すること608を含む。ステップ602、604、606、及び608が組み合わされて、(図6及び図11でそれぞれ示された)ノード130及び514などの複数のノードにおいて相互連結された(図6及び図11でそれぞれ示された)トラス部材128及び512などの複数のトラス部材を有する(図6及び図11でそれぞれ示された)マイクロトラス124及び508などの中空のマイクロトラス構造を製造する。

【0041】

方法600は、また、(図11で示された)接着剤520などの接着剤を、マイクロトラス、並びに(図6及び図11でそれぞれ示された)支持構造122及び518などの支持構造のうちの少なくとも1つに塗ること610を含む。上述されたように、一実施態様では、接着剤はマイクロトラスのノードに選択的に塗られるペースト接着剤である。代替的に、接着剤は、フィルム接着剤、補強されたフィルム接着剤、又は噴霧接着剤であり得る。更に、一実施態様では、接着剤はエポキシ又はポリウレタン接着剤である。代替的に、接着剤は、マレイミド、ビスマレイミド、ベンゾオキサジン、シアン酸エステル、フェノール類、ポリイミド、又はそれらの任意の組み合わせなどの接着材料であるが、それらに限定されるものではない。一旦、接着剤が塗られると、マイクロトラスは支持構造に結合される612。真空バッグなどの使用を介して、その後、圧力が適用され614、マイクロトラス及び支持構造を機械的に結合し、接着剤は時間乾燥(time drying)及び超音波設定(ultrasonic setting)などの任意の既知の方法を介して硬化される616が、それらに限定されるものではない。

【0042】

方法600は、更に、発泡材料に対して構造的なコアを提供するために、マイクロトラス構造が発泡材料内に封じ込められるように、発泡材料をマイクロトラス構造及び支持構造に付けること618を含む。発泡材料を付けること618は、組み合わされてマイクロトラス構造を形成する複数の中空のトラス部材の範囲内に発泡材料を噴霧すること又は注ぐことのうちの一つを含む。一旦、発泡材料が配置されると、発泡体及びマイクロトラスは組み合わされて、(図6及び図11でそれぞれ示された)層116及び502などの低温発泡層が形成され、(図11で示された)密封剤524などの密封剤層が、発泡体の(図11で示された)上端面506などの上端面に付けられる620。上述されたように、密封剤層は、一実施態様では、接着剤を含み得、(図3及び図5で示された)推進剤108の備蓄などの推進剤の備蓄を低温発泡体から孤立させるための抑制薄膜として働く、ポリウレタン系のポリマーである。

【0043】

代替的に、又は密封剤層を付けること620に加えて、(図11で示された)薄膜52

10

20

30

40

50

6などの選択的な浸透性薄膜が、低温発泡体又は密封剤のうちの1つに結合され得る622。上述のように、薄膜は、薄膜がそこを通る流体の流れを許容するが、固体粒子の通過を妨げるように、複数の微細孔を含んだ炭素繊維又はグラファイト繊維の緩い織物である。そのようにして、薄膜は、外部粒子が低温発泡体に衝突することを妨げることによって、低温発泡体に対する付加的な保護を提供する。

【0044】

一用途では、説明された実施形態は、航空宇宙輸送体のための断熱アセンブリの一部として利用され得る。説明された実施形態は、低温推進剤を収容する推進剤の容器に結合された補強された低温発泡材料を含んだ断熱アセンブリを対象とする。低温発泡材料は、マイクロトラス構造が発泡材料に対して構造的なコアを提供するように、確率的発泡材料、及び発泡材料内に封じ込められたマイクロトラス構造を含む。一実施形態では、マイクロトラス構造は、他の既知の内部支持システムよりも重量において軽い複数の実質的に中空の部材から成る。それ故、断熱アセンブリは、輸送体を推進するために必要とされる推進剤を少なくし、それ故、費用を安くする低減された重量を有する。更に、マイクロトラス構造自身が、安く製造でき、ハニカムコアなどの既知の内部支持システムよりも速い速度で製造され得る。更に、マイクロトラスコアを有する断熱アセンブリは、機械的及び熱的ストレスに対して既知の断熱アセンブリよりも高い耐性（剥離しにくい、変形しにくい）を提供する。

10

【0045】

更に、本開示は、以下の条項による実施形態を含む。

20

【0046】

条項1

容器壁、及び

前記容器壁に結合された断熱アセンブリを備え、前記断熱アセンブリは、

確率的発泡材料、及び

複数のノードにおいて相互連結された複数のトラス部材を備えたマイクロトラス構造を備え、前記マイクロトラス構造は、前記発泡材料が前記複数のトラス部材と接触するように、前記発泡材料内に封じ込められる、容器。

【0047】

条項2

前記複数のトラス部材の各々のトラス部材は実質的に中空である、条項1に記載の容器。

30

【0048】

条項3

前記発泡材料は、前記中空のトラス部材内に散布され、前記複数のトラス部材の隣接するトラス部材間に散布される、条項2に記載の容器。

【0049】

条項4

前記複数のトラス部材の各々のトラス部材は実質的に中実である、条項1に記載の容器。

40

【0050】

条項5

前記容器は、低温推進剤の備蓄を収容するように構成された推進剤のタンクを備える、条項1に記載の容器。

【0051】

条項6

前記容器壁は材料の中実シートを備える、条項1に記載の容器。

【0052】

条項7

前記容器壁は、上端壁、下端壁、並びに前記上端壁及び前記下端壁及び複数の支持体が

50

複数の空洞を画定するように前記上端壁及び前記下端壁の間を延伸する前記複数の支持体を備え、前記発泡材料及び前記マイクロラス構造は、前記複数の空洞内及び前記複数の空洞に隣接する前記上端壁のうちの少なくとも1つに結合される、条項1に記載の容器。

【0053】

条項8

前記発泡材料を保護するように構成された熱的保護層を更に備え、前記熱的保護層は前記断熱アセンブリの最も外側の層を備える、条項1に記載の容器。

【0054】

条項9

推進剤の備蓄を保持するように構成された内部容積を画定する容器壁を備えた容器、及び 10

前記容器壁に結合された補強された断熱アセンブリを備え、前記断熱アセンブリは、確率的発泡材料、及び

前記発泡材料内に封じ込められたマイクロラス構造を備え、前記マイクロラス構造は、前記発泡材料に対して構造的なコアを提供する、航空宇宙輸送体。

【0055】

条項10

前記容器壁は内装面及び外表面を含み、前記断熱アセンブリは、前記内装面及び前記外表面のうちの少なくとも1つに結合される、条項9に記載の航空宇宙輸送体。

【0056】

条項11

前記断熱アセンブリは、接着剤を使用して前記容器に結合される、条項9に記載の航空宇宙輸送体。 20

【0057】

条項12

前記断熱アセンブリは、前記マイクロラス構造に結合された複数の接着特徴を含み、前記複数の接着特徴は、前記マイクロラスと前記発泡材料との間に接着のための付加的な領域を提供する、条項9に記載の航空宇宙輸送体。

【0058】

条項13

前記断熱アセンブリに付けられた密封剤層を更に備え、前記密封材層は、前記断熱アセンブリを前記推進剤の備蓄から孤立させるように構成される、条項9に記載の航空宇宙輸送体。 30

【0059】

条項14

前記断熱アセンブリに結合された選択的な浸透性薄膜を更に備え、前記薄膜は、そこを通る流体の流れを可能にし、そこを通る固体粒子の通過を妨げるように構成される、条項9に記載の航空宇宙輸送体。

【0060】

条項15

断熱アセンブリを製造する方法であって、前記方法は、複数のノードにおいて相互連結された複数のトラス部材を有するマイクロラス構造を製造すること、 40

前記マイクロラス構造を容器の壁に結合させること、及び

発泡材料に対して構造的なコアを提供するために、前記マイクロラス構造が前記発泡材料内に封じ込められるように、前記発泡材料を前記マイクロラス構造及び前記容器に付けることを含む、方法。

【0061】

条項16

マイクロラス構造を製造することは、 50

足場を製造すること、
前記足場を材料で被覆すること、及び
前記足場を除去することによって、

中空のマイクロトラス構造を製造することを含む、条項 15 に記載の方法。

【0062】

条項 17

前記マイクロトラス構造を容器の壁に結合させることは、前記マイクロトラス構造及び前記容器壁のうちの少なくとも 1 つに接着剤を塗ることを更に含む、条項 15 に記載の方法。

【0063】

条項 18

前記複数のトラス部材は複数の中空のトラス部材を備え、発泡材料を前記マイクロトラス構造に付けることは、組み合わせられて前記マイクロトラス構造を形成する複数の中空のトラス部材内に前記発泡材料を噴霧すること又は注ぐことのうちの 1 つを更に含む、条項 15 に記載の方法。

【0064】

条項 19

密封剤を前記発泡材料の上端面に付けることを更に含み、前記密封剤は、前記容器内に收容された推進剤の備蓄から前記マイクロトラス構造及び前記発泡材料を孤立させるように構成される、条項 15 に記載の方法。

【0065】

条項 20

選択的な浸透性薄膜を、前記発泡材料の前記上端面又は前記密封剤のうちの 1 つに結合させることを更に含む、条項 19 に記載の方法。

【0066】

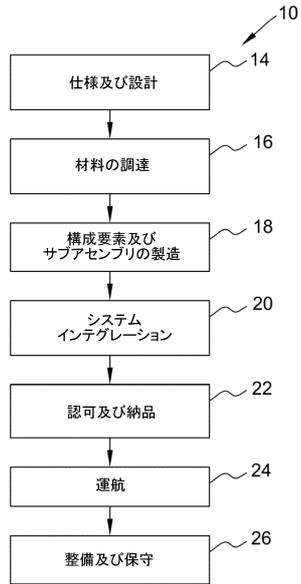
本明細書では、最良のモードを含め、様々な実施態様を開示する実施例を使用しているため、当業者は任意の機器やシステムの作成ならびに使用、及び組込まれた任意の方法の実施を含む実施態様を実行することができる。特許性の範囲は、特許請求の範囲によって画定され、当業者が想到する他の例も含み得る。このような他の例は、それらが特許請求の範囲の文言と異なる構要素を有する場合、あるいは、それらが特許請求の範囲の文言とわずかに異なる均等な構要素を有する場合は、特許請求の範囲の範囲内にあることを意図する。

10

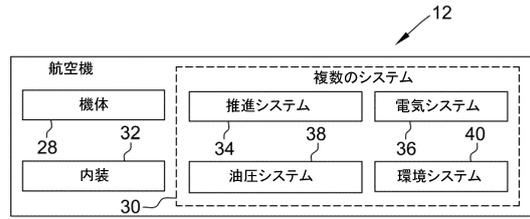
20

30

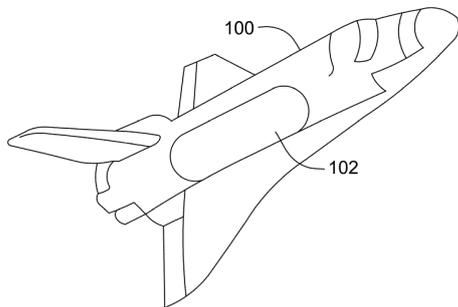
【図1】



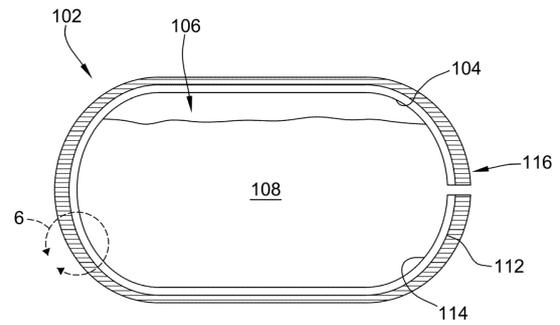
【図2】



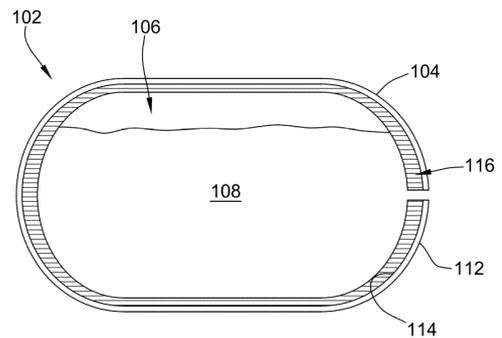
【図3】



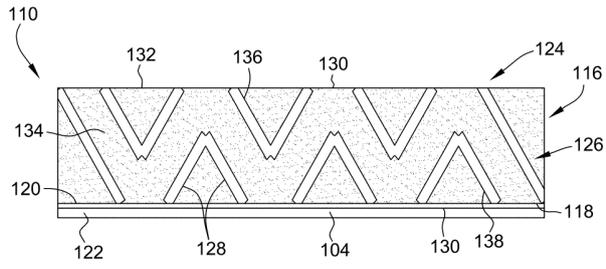
【図4】



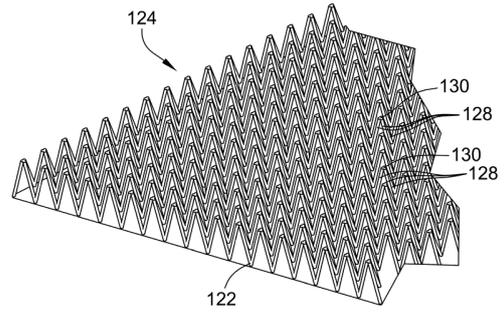
【図5】



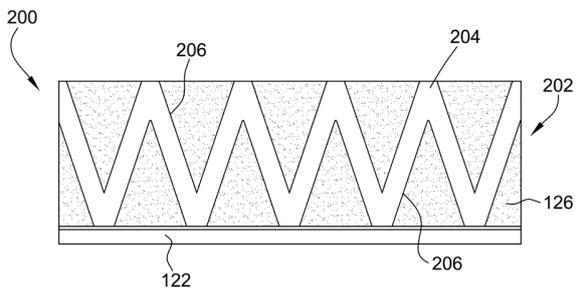
【 図 6 】



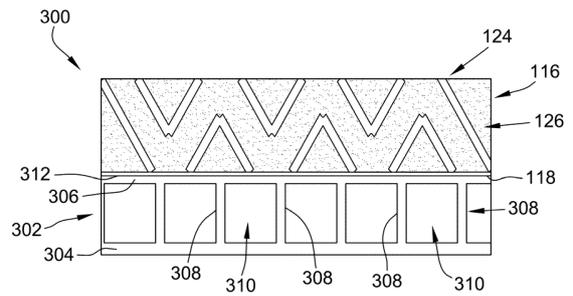
【 図 7 】



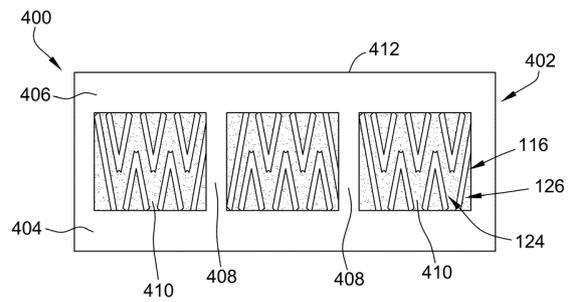
【 図 8 】



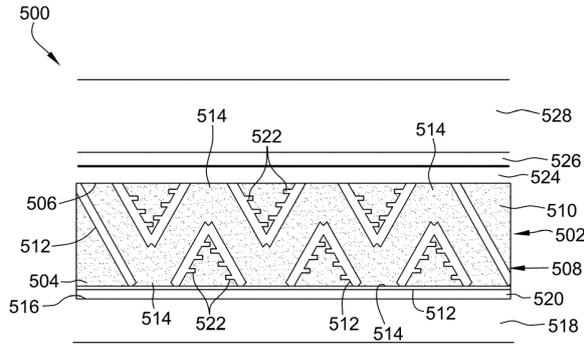
【 図 9 】



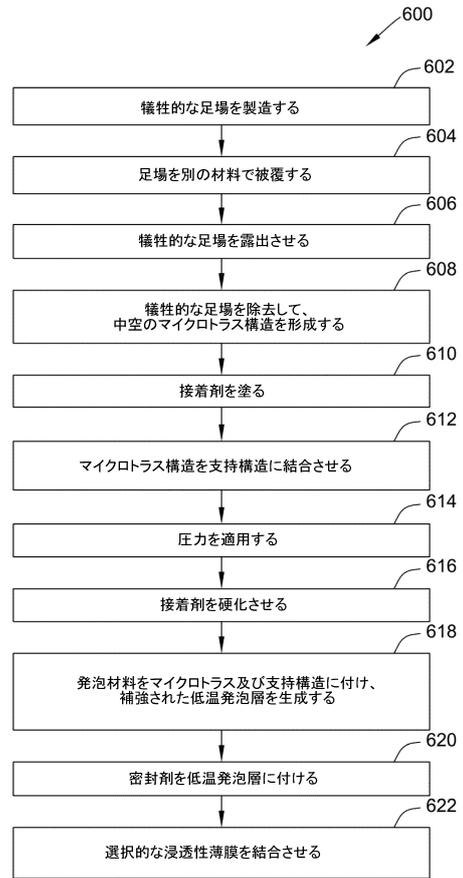
【 図 10 】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

- (51)Int.Cl. F I
B 3 2 B 5/18 (2006.01) B 3 2 B 5/18 1 0 1
- (72)発明者 ゲイナー, ティモシー レオ, ザ サード
 アメリカ合衆国 イリノイ 60606, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100
- (72)発明者 ローパー, クリストファー エス.
 アメリカ合衆国 イリノイ 60606, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100
- (72)発明者 シェードラー, トバイアス エー.
 アメリカ合衆国 イリノイ 60606, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100
- (72)発明者 フクシマ, ジェフリー デイル
 アメリカ合衆国 イリノイ 60606, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100
- (72)発明者 ハンド, マイケル レスリー
 アメリカ合衆国 イリノイ 60606, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100
- (72)発明者 チョン, キース ワイ.
 アメリカ合衆国 イリノイ 60606, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100
- (72)発明者 シューベルト, ランドル コリン
 アメリカ合衆国 イリノイ 60606, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100

審査官 志水 裕司

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2005/0089661(US, A1)
 特開2009-143540(JP, A)
 米国特許第07963085(US, B2)
 米国特許出願公開第2013/0143060(US, A1)
 米国特許第07879276(US, B2)
 米国特許第04774118(US, A)
 米国特許出願公開第2010/0323181(US, A1)
 米国特許第09194125(US, B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 4 G 1 / 1 4
 B 6 4 G 1 / 4 0
 B 3 2 B 1 / 0 0 - 7 / 1 4
 B 3 2 B 2 7 / 0 0 - 2 7 / 4 2
 F 1 7 C 3 / 0 4 - 3 / 0 6
 B 6 4 D 3 7 / 0 6
 B 6 4 D 3 7 / 3 0