

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6496368号  
(P6496368)

(45) 発行日 平成31年4月3日(2019.4.3)

(24) 登録日 平成31年3月15日(2019.3.15)

(51) Int. Cl.	F 1
F 2 8 F 21/02 (2006.01)	F 2 8 F 21/02
F 2 8 F 21/08 (2006.01)	F 2 8 F 21/08 Z
F 2 8 D 7/16 (2006.01)	F 2 8 D 7/16 A

請求項の数 11 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2017-155648 (P2017-155648)	(73) 特許権者	598111021
(22) 出願日	平成29年8月10日 (2017.8.10)		ロッキード マーティン コーポレイション
(62) 分割の表示	特願2013-552678 (P2013-552678) の分割		アメリカ合衆国、メリーランド州 20817、ベセスダ、ロックリッジ ドライブ 6801
原出願日	平成24年2月3日 (2012.2.3)	(74) 代理人	100086380
(65) 公開番号	特開2017-215139 (P2017-215139A)		弁理士 吉田 稔
(43) 公開日	平成29年12月7日 (2017.12.7)	(74) 代理人	100103078
審査請求日	平成29年9月7日 (2017.9.7)		弁理士 田中 達也
(31) 優先権主張番号	13/365,456	(74) 代理人	100130650
(32) 優先日	平成24年2月3日 (2012.2.3)		弁理士 鈴木 泰光
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100135389
(31) 優先権主張番号	61/439,562		弁理士 臼井 尚
(32) 優先日	平成23年2月4日 (2011.2.4)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発泡体フィン付き熱交換器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の熱交換ユニットの形成を含む熱交換器の作成方法であって、  
前記複数の熱交換ユニットにおける各熱交換ユニットの形成は、押出し処理により複数の内部流路を有する金属製プレートを形成し、その際に、各内部流路が前記金属製プレートの第一端部から第二端部まで当該金属製プレートを完全に貫通して延びるものであり、しかも前記金属製プレートが接合部を有しないものとする、及び、前記金属製プレートの第一主面に複数のフィンを接合することを含んでおり、  
前記複数の熱交換ユニットを相互に隣接して配置して管束を形成し、その際に隣接する熱交換ユニットが相互に接合されないようにし、

第一群の開口部が形成された第一フェースシートを、当該第一群の開口部が前記金属製プレートの複数の内部流路と整列するように、当該金属製プレートの第一端部に摩擦撻拌溶接により接合し、

第二群の開口部が形成された第二フェースシートを、当該第二群の開口部が前記金属製プレートの複数の内部流路と整列するように、当該金属製プレートの第二端部に摩擦撻拌溶接により接合する、ことを含む熱交換器の作成方法。

【請求項2】

流体の流入口及び流出口を有するハウジングを前記熱交換ユニットの周りに配置し、  
前記第一フェースシート及び前記第二フェースシートを前記ハウジングに対して封止することをさらに含む、請求項1に記載の熱交換器の作成方法。

## 【請求項 3】

前記複数の熱交換ユニットのうちの少なくとも一つは、他の熱交換ユニットよりも内部流路の数が多くなるようにし、

前記複数の熱交換ユニットを相互に隣接するように積層して熱交換ユニット積層体を形成し、その際に、内部流路の数の多い熱交換ユニットが積層体の中央側に位置し、内部流路の数の少ない熱交換ユニットが積層体の端側に位置するようにし、

前記第一群の開口部が形成された前記第一フェースシートを、当該第一群の開口部が前記積層体の複数の内部流路と整列するように、当該金属製プレートの第一端部に摩擦撹拌溶接により接合する、請求項 1 に記載の熱交換器の作成方法。

## 【請求項 4】

前記フィンがグラファイト発泡体から作製されており、前記複数のフィンを前記金属製プレートの第一主面に接合することは、前記グラファイト発泡体を接着剤にて前記金属製プレートの第一主面に接合することを含む、請求項 1 に記載の熱交換器の作成方法。

## 【請求項 5】

前記フィンは多孔性の構造を有するグラファイト発泡体から作成されており、前記フィンは、当該フィンの第一端から第二端まで延びる一定幅の複数の流路を形成している、請求項 1 に記載の熱交換器の作成方法。

## 【請求項 6】

前記フィンは多孔性の構造を有するグラファイト発泡体から作成されており、前記フィンは、当該フィンの第一端から第二端まで延びるとともに、相互に交差する一定幅の複数の流路を形成している、請求項 1 に記載の熱交換器の作成方法。

## 【請求項 7】

前記複数のフィンを前記金属製プレートの第一主面に接合することは、前記複数のフィンを前記金属製プレートの第一主面に蝸付けすることを含む、請求項 1 に記載の熱交換器の作成方法。

## 【請求項 8】

前記複数のフィンを前記金属製プレートの第一主面に接合することは、前記金属製プレートの第一端部及び第二端部がフィンを含まない拡張部を有するように、前記複数のフィンを前記金属製プレートの第一主面に接合することを含む、請求項 1 に記載の熱交換器の作成方法。

## 【請求項 9】

前記各フィンは、隣接する熱交換ユニットに接触する平坦な端面を有している、請求項 1 に記載の熱交換器の作成方法。

## 【請求項 10】

流体を前記熱交換ユニットの軸心に交差する方向に流動させる複数の邪魔板を前記熱交換ユニットに配置することをさらに含む、請求項 1 に記載の熱交換器の作成方法。

## 【請求項 11】

金属発泡体を加工して前記複数のフィンを形成することをさらに含む、請求項 1 に記載の熱交換器の作成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【関連出願の表示】

## 【0001】

本出願は、米国仮出願番号61/439562、出願日2011年2月4日の優先権を主張し、その全体の内容は、参照によって本明細書に組み込まれる。

## 【技術分野】

## 【0002】

本開示内容は一般に熱交換器に関し、より詳細には熱伝導性発泡体材料から作製されたフィンを用いる熱交換器に関する。

## 【背景技術】

## 【0003】

10

20

30

40

50

熱交換器は、単相、複相又は二相用途内の流体の間の熱伝達用の多くの異なる種類のシステム内で用いられる。プレートフィン、プレートフレーム、及びシェル&チューブ熱交換器を含む多くの異なる種類の熱交換器が知られている。プレートフィン熱交換器内では、第一流体又はガスがプレートの方の側を通過し、第二流体又はガスがプレートの他方の側を通過する。第一流体及び/又は第二流体は、プレートの方の側に取り付けられたフィンとの間の通路に沿って流動し、フィン及びプレートを介して、第一流体及び第二流体の間で熱エネルギーが伝達される。チタン、高合金鋼、銅及びアルミニウム等の材料が、プレート、フレーム、及びフィンに一般に用いられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】EP 2 1 2 4 0 0 9 A

【特許文献2】EP 1 5 5 3 3 7 9 A

【特許文献3】US 2 0 1 0 / 0 0 6 2 7 3 A

【発明の概要】

【0005】

本明細書は、熱伝達性を改善するために、熱伝導性発泡体材料からなるフィンを用いる熱交換器に関する。発泡体フィン、プレートフィン熱交換器、プレートフレーム熱交換器又はシェル&チューブ熱交換器を含むが、それらには限定されない任意の種類の熱交換器内で使用できる。本明細書で説明される発泡体フィンを用いる熱交換器は、非常に効率的で、安価に構成でき、耐腐食性である。説明される熱交換器は、低熱駆動力用途、発電用途、並びに冷蔵及び低温等の非発電用途を含むが、それらには限定されない様々な用途で使用できる。フィン、グラファイト発泡体又は金属発泡体を含むが、それらには限定されない任意の熱伝導性発泡体材料から作製できる。更に、フィン、グラファイト発泡体フィン、金属発泡体フィン、及び/又は金属(例えばアルミニウム)フィンの組合せであってもよい。

【0006】

一実施形態では、熱交換ユニットは、互いに対面する面を含む対向する第一及び第二プレートを含み、複数のフィンが、第一及び第二プレート間に配置されている。各フィンは、第一プレートの面に接続されて熱的に接触している第一端部と、第二プレートの面に接続されて熱的に接触している第二端部と、を備えている。フィンは、概して第二端部から第一端部まで延びている複数の流路を画定し、前記フィンは、グラファイト発泡体又は金属発泡体を含んでいる。第一及び第二プレートは、例えば金属等の熱伝導材料から作製され、フィンは、グラファイト発泡体又は金属発泡体を含んでいても、それから基本的に構成、又は構成されてもよい。

【0007】

別の実施形態では、熱交換ユニットは、プレートの第一主面上に配置された複数のフィンを含んでいる。各フィンは、第一主面に接続されて熱的に接触している第一端部と、第一主面から離間している第二端部と、を備えている。フィンは、概して第二端部から第一端部まで延びている複数の流路を画定し、前記フィンは、グラファイト発泡体又は金属発泡体を含んでいても、それから基本的に構成されてもよい。

【0008】

別の実施形態では、プレートフィン熱交換ユニットは、対向する第一及び第二主面と、対向する第一及び第二端部と、を含むプレート又はフレームと、第一端部から第二端部まで前記プレート又はフレームを貫通して延びている複数の内部流路と、を含んでいる。内部流路は、第一及び第二主面を貫通して延びていない。更に、プレートフィン熱交換ユニットは、第一主面上に配置されている複数のフィンを含み、各フィンは、第一主面に接続されて熱的に接触している第一端部と、第一主面から離間している第二端部と、を備え、前記フィンは、前記第二端部から第一端部まで概して延びている複数の流路を画定し、前記フィンは、グラファイト発泡体又は金属発泡体を含んでいる。フレームは、金属から

10

20

30

40

50

作製してもよく、フィン、グラファイト発泡体又は金属発泡体を含んでいても、それから基本的に構成されてもよい。

【0009】

プレートフィン熱交換器の一実施形態は、ハウジングと、第一流体用の第一流入口及び第一流出口と、第二流体用の第二流入口及び第二流出口と、前記ハウジング内に配置されるプレートフィン熱交換ユニットと、を含んでいてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本明細書で説明される熱交換器の一実施形態を示す図である。

【図2A】図1に示した熱交換器の管束の一端を示す拡大図である。

10

【図2B】図2Aの管束の一端を示す側面図である。

【図3】プレートフィン熱交換ユニットの別の実施形態を示す図である。

【図4】プレートフィン熱交換ユニットの更に別の実施形態を示す図である。

【図5】プレートフィン熱交換ユニットの更に別の実施形態を示す図である。

【図6】図1の熱交換器内で利用可能なプレートフィン管束の別の例を示す図である。

【図7A】邪魔板付きのプレートフィン管束を用いるシェル&チューブ熱交換器を示す図である。

【図7B】図7Aの円7Bに含まれる部分の拡大図である。

【図7C】シェル内の流路を示す図7Aの熱交換器の側面図である。

【図7D】管束の通路用のスロット付き半円形邪魔板の一例を示す図である。

20

【図7E】図7Dと同様であるが、管束を取り除いた図である。

【図8A】邪魔板付きプレートフィン管束を用いるシェル&チューブ熱交換器の別の例を示す図である。

【図8B】図8Aの円8B内に含まれる部分の拡大図である。

【図8C】シェル内の流路を示す図8Aの熱交換器の側面図である。

【図8D】管束の通路用のスリット付き円形邪魔板の一例を示す図である。

【図8E】図8Dと同様であるが、管束を取り除いた図である。

【図9】シェル内の複数のプレートフィン管束の典型的な構成を示す図である。

【図10】プレートフィン熱交換ユニットの別の実施形態を示す図である。

【図11】熱交換ユニットの別の実施形態を示す図である。

30

【図12】積層型熱交換ユニットの一実施形態を示す図である。

【図13】積層型熱交換ユニットの別の実施形態を示す図である。

【図14A-M】説明した熱交換ユニットと共に使用可能なフィン構成の追加の実施例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以降の記述では、熱伝達を改善するために、グラファイト発泡体から作製されたフィンを用いる熱交換器の例を説明する。フィンは、熱交換を促進するグラファイト発泡体又は他の種類の発泡体材料を含むことも、それから基本的に構成、又は構成されることもできる。グラファイト発泡体フィンは、プレートフィン熱交換器、プレートフレーム熱交換器又はシェル&チューブ熱交換器を含むが、それらには限定されない任意の種類の熱交換器内で使用できる。

40

【0012】

前記説明は、グラファイト発泡体フィンに着目しているが、前記フィンは代替的に金属発泡体からも作製できる。いくつかの実施形態では、フィンは、アルミニウムフィン等の金属フィンであってもよい。更に、いくつかの実施形態では、熱交換器及び熱交換ユニットは、グラファイト発泡体フィン、金属発泡体フィン及び/又は金属(アルミニウム等)のフィンの組合せを含むことができる。

【0013】

本明細書の例で説明される流体は、液体又は蒸気/ガスであってもよく、流体の一方又

50

は両方は、熱伝達中、それらの相を維持でき（例えば、液体又は蒸気のままである）、又は相を変化できる（例えば、液体が蒸気になる、蒸気が液体になる等）。

【0014】

図1は、ハウジング102と、第一流体108用の第一流入口104及び第一流出口106と、第二流体114用の第二流入口110及び第二流出口112と、を含むシェル&チューブ熱交換器100の一実施形態を示している。熱交換器100は、二つの流体が熱交換器100を介して流動する際、第一流体108と第二流体114の間で熱を交換するように構成されている。

【0015】

熱交換器100は、ハウジング102の内側に配置されたプレートフィン管束116を含み、管束116は、一つ以上のプレートフィン熱交換ユニット118から作製される。熱交換ユニット118は、第一流体108が流動できる流路120を画定し、更に第二流体114が、第一流体108とは別個に流動できる流路126を画定する。

【0016】

各熱交換ユニット118は、プレート124に接続され、熱的に接触している複数のフィン122から構成されている。以降で更に詳しく説明するように、各プレート124は、側面プレート及び中間プレートによって分離された対の対向するプレートを含み、それらは共に流路126を画定する。フィン122は、対向するプレートの一方の外面に適切に取り付けられている。

【0017】

フィン122は、例えば、用途及び熱伝達要件に依存する任意の数の構成を取ることができる。例えば、図1に示した実施形態では、フィン122は、複数の領域123a、123b、123cに分離できる。各領域は、所定の熱伝達機能を行うように調整される。例えば、気化器用途では、領域123aは、流体の一つを予備加熱するように機能する予備加熱領域として構成でき、領域123bは、液体蒸気伝達用の二相遷移領域として構成でき、領域123cは、蒸気が、ハウジングから流動する前に、蒸気への遷移を最大化する蒸気領域として構成できる。フィン122は、領域内に分離されるだけでなく、各領域のフィンの設計、構成及び材料は、その領域で必要な所定の作業を行うのに役立つように変更できる。図1は、三つの領域を示しているが、フィン122は、より少ない又はより多い数の領域に分離できる。更に、フィンを領域内に分離する必要はなく、代わりに各熱交換

【0018】

図1において、フィン122は、対角直線構成を備えるように示されている。他の構成のフィンも可能であり、以降で詳しく説明する。流路120は、熱伝達ユニット118のプレート124上のフィン122によって画定される。フィン122とプレート124は、熱伝導材料から作製される。

【0019】

図1、2A及び2Bに示したように、管束116のプレート124の端部は、一方の端部において第一フェースシート128に固定され、対向端部において第二フェースシート130に固定されている。フェースシート128、130は、ハウジング102に対して密閉され、第二流体114は、通路126内に流入し、ハウジング102の内部空間を流動する流体108とは別個に流出端部112から流出する。流入口104と流出口106はフェースシート128、130の間のハウジング上に配置し、第一流体108は流路120を流動する際、フェースシート128、130の間に収容されるようにする。

【0020】

各熱交換ユニット118の通路126は、第二流入口110における第一フェースシート128から及びそこを介して、第二流出口112における第二フェースシート130まで及びそこを介して延びている。通路126は、第一流体108から第二流体114を流体的に分離するように構成され、二つの流体の混合を防ぐ。しかし、各熱交換ユニット1

10

20

30

40

50

118は、流体108、114の間で熱交換を行うように構成されている。例えば、第二流体114が、第一流体108より高い温度であれば、各熱交換ユニット118は、プレート124及びフィン122を介して通路126内を流動する第二流体114から、流路120内を流動し、フィンと接触している第一流体108に熱を伝達するように構成されている。同様に、第一流体が、第二流体114より高温である場合、熱は、第一流体からフィン及びプレート124を介して、第二流体に伝達される。図7A～E及び図8A～Eについて以降で更に議論するように、管束116上で邪魔板を用いて、ハウジング102内の流体108の特定のパターンの流動を確保できる。

#### 【0021】

図2Aと2Bは、熱交換器100の第二流入口側における管束116の端部132の拡大上面斜視図及び側面図を各々示している。各プレート124は、通路126の流入口と流出口の各々を画定する各端部に、拡張部133を備えている。フェースシート130に接続されている端部の拡張部は、図1で視認できる。プレート124の拡張部133は、第一フェースシート128に取り付けられ、分離通路126に別個の流入口を画定する。同様に拡張部は、同様の方法で他方の端部において第二フェースシート130に取り付けられ、通路126用の別個の流出口を画定する。

#### 【0022】

熱交換ユニット118の拡張部133は、接合、蝟付け、溶接、及び/又は他の適切な取り付け方法によって、フェースシート128、130に取り付けられてもよい。一実施形態では、フェースシート128、130の拡張部133は、摩擦攪拌溶接(FSW)によって取り付けられる。

#### 【0023】

FSWは、同じ材料の接合要素用の既知の方法である。巨大な摩擦が前記要素に提供され、融点より低い温度まで接合領域の近傍を加熱する。これは、隣接する領域を軟化させるが、材料は固体状態のままであるので、元の材料特性が保持される。溶接ラインに沿っての移動又は攪拌は、前記要素からの軟化材料を後縁に向かって押し進め、隣接領域を溶融し、溶接部を形成する。FSWは、端部接合部における異なる金属の間の接触によるガルバニック腐食を低減又は除去する。更に、得られる溶接は、接合領域の材料の材料特性を保持している。FSWについての追加の情報は、米国特許出願公開番号2009/0308582、発明の名称「熱交換器」、出願日2009年6月15日に開示されており、参照によって本明細書に組み込まれる。

#### 【0024】

フェースシート128、130は、熱交換ユニット118のプレート124と同じ材料から形成される。プレート124及びフェースシート128、130を形成する際の使用に適した材料は、船舶用アルミニウム合金、アルミニウム合金、アルミニウム、チタン、ステンレス鋼、銅、青銅、プラスチック、及び熱伝導性高分子を含むが、それらには限定されない。

#### 【0025】

本明細書で説明されるフィンは、発泡体材料から部分的に又は全体的に作製できる。一例では、フィンは、発泡体材料で基本的に構成又は構成できる。発泡体材料は、独立気泡、開放気泡、粗い多孔性の網状構造、及び/又はそれらの組合せを備えていてもよい。一実施形態では、発泡体は、金属発泡体材料であってもよい。一実施形態では、金属発泡体は、アルミニウム、銅、青銅又はチタン発泡体を含んでいる。別の実施形態では、発泡体は、グラファイト発泡体であってもよい。一実施形態では、フィンは、例えば、アルミニウム、チタン、銅又は青銅等の金属を含んでいない。一実施形態では、フィンは、開放多孔性構造を備えているグラファイト発泡体のみから作製される。更に、いくつかの実施形態では、熱交換器及び熱交換ユニットは、グラファイト発泡体フィン、金属発泡体フィン及び/又は金属(アルミニウム等)のフィンの組合せを含むことができる。

#### 【0026】

図2Bに示されているように、拡張部133によって形成される間隙134は、フィン

10

20

30

40

50

122とフェースシート128の間に設けられる。同様の間隙は、対向端部に設けられる。従って、間隙134において、管束116は、フィン122を欠いているように示されている。拡張部133は、フェースシート128を貫通し、フェースシート128への取付けを容易にする。

#### 【0027】

管束116は、共に積層される複数の熱交換ユニット118から形成されている。熱交換ユニットが積層されると、プレート124によって画定される通路126は、管束116を介して、流入口110から流出口112に流動する流体114用の流路のアレイを構成する。更に、流体108用の流路120は、フィン122とプレート124の間に画定される。図2Bから明らかなように、管束116内の熱交換ユニット118の中間のものに対して、中間のプレート124のフィン122の自由端を隣接するプレートに取り付け、熱交換ユニット118の積層体が一体的なユニットを構成するようにする。しかし、熱交換ユニット118は、管束内に共に一体的に取り付けられる必要はないが、そうすると、いくつかの理由で、熱交換ユニットを交換する必要がある場合に熱交換ユニットの取替えが容易になる。

#### 【0028】

図1に示した熱交換ユニット118のフィン122は、対角直線構成を備えている。図3～6は、プレートフィン管束内で使用可能なプレートフィン熱交換ユニットの追加の実施形態を示している。図3～6の熱交換ユニットは、プレート124と同様のプレート150及び発泡体フィンを含むという点で、熱交換ユニット118と同様である。しかし、フィンの構成は異なっている。図3～6は、プレート150の追加の詳細も示している。

#### 【0029】

図3～6では、複数のフィンをプレート150に接合し、第一及び第二流体の流動の間に熱伝達路を形成する。フィン及びプレート150は、例えば、接着結合、溶接、蝟付け、エポキシ、及び/又は機械的取り付けを用いて接合できる。接着結合を用いる場合、接着剤は熱伝導性であってもよい。接着剤の熱伝導性は、高伝導性グラファイト発泡体の索を組み込むことによって増大でき、プレートの表面と接触している索、及び索の周りの基材を構成する接着剤は、索をプレートに緊密に接触させる。更に索は、剪断、剥離及び引張り負荷に対する抵抗を増大させることによって、接合強度を向上させる。

#### 【0030】

プレート150は、図3を参照しながら説明するが、図4～6内のプレート150も、同様に構成されていると理解される。図3を参照すると、プレート150は、側面プレート156、158及び複数の中間プレート160によって互いに分離されている第一プレート152と第二対向プレート154を含んでいる。プレート152、154、側面プレート156、158及び中間プレート160は、全体としてフレームを画定する。第一プレート152と第二プレート154は、互いに対向している内部対向面を備え、前記対向面に対して、側面プレート156、158と中間プレート160を固定する。プレート152、154、側面プレート156、158及び中間プレート160は、フレームを介して第一端部164から第二端部166まで延びている複数の内部流路162を画定する。内部流路162は、プレート152、154又はその第一及び第二対向主面を介しては延びていない。プレート150は、押出し処理によって形成されてもよく、前記押出し処理では、プレート150は、単一材料の単一ユニットであるように形成される。従って、プレート150を、任意のガルバニックセル及び/又はガルバニック接合を備えないように形成できる。

#### 【0031】

フィン170は、プレート152の外側向きの第一主面172上に配置され、各フィン170は、プレート152の面172に接続され、熱的に接触している第一端部を備えている。更に、各フィン170は、面172から間隙を介している第二端部を備えている。流路は、フィン、及びフィンの第二端部から第一端部まで一般に延びている面172によって画定される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 2 】

図3では、フィン170は、細長い、直線状の長方形の形状として示されている。更に、フィン170は、他の熱交換ユニットと積層したとき、管束を構成するために、別の熱交換ユニットのプレート又はフレームの面と積層させるための実質的に平坦な上部を備えている。フィン170は、フィンを通ずる流体の所望の又は主要な流動方向に一般に平行に延びている。しかし、フィン170は、例えば、流動方向から0°から90°未満の、主要な流体の流動方向に対して任意の適切な角度で配置することもできる。

## 【 0 0 3 3 】

図4は、図3の熱交換ユニットと同様の熱交換ユニットを示しており、プレート150上に菱形のフィンを備え、前記フィンは、別の熱交換ユニットのプレート又はフレームの面と積層させるための実質的に平坦な上面を備えている。

10

## 【 0 0 3 4 】

図5は、図3の熱交換ユニットと同様の熱交換ユニットを示しており、フィンは、交差波状菱形構成を備え、別の熱交換ユニットのプレート又はフレームの表面と積層するために、実質的に平坦な上部を備えている。

## 【 0 0 3 5 】

「X」°の交差波状菱形構成は、本明細書では、上部斜視図から見たとき、フィンの第一直線部と、前記フィンの第二直線部が、実質的に菱形の孔を構成する十字構成で設けられることを意味するために用いられている。Xに対する数値は、フィンを上から見たとき、第一及び第二直線部の交差部における直角を示している。Xに対する値は、約0~90°未満の任意の範囲であってもよい。

20

## 【 0 0 3 6 】

図14A Mでは、以降で議論するように、他の構成のフィンも可能である。更に、フィンは、プレート150の片側のみから延びていることには限定されない。例えば、二つの隣接する対向プレートが、他方の対向プレートに向かって延びている各発泡体フィンを用意することもできると考えられる。対向プレート上のフィンは、それらの間に小さな間隙を備えた指状に共に適合できる。必要に応じて、固定分離体を設けて、フィンと分離して保持できる。

## 【 0 0 3 7 】

図6は、図1のハウジング102等の、シェル内に配置可能なプレートフィン管束200の別の実施形態を示している。管束200は、所望の構成と共に積層された複数の熱交換ユニットによって形成されている。図の実施形態では、管束200は、単一の流路204を画定するプレート202と、前記プレートの上面の複数の発泡体フィン206とからなる熱交換ユニットを含んでいる。プレート202は、流路204を画定する非円形の管を基本的に形成する。更に、管束200は、複数の流路204を画定する中央プレート208と、プレート208の逆向き外側対向面上の発泡体フィン210、212からなる中央熱交換ユニットを含んでいる。更に、管束200は、単一の流路204を画定するプレート202の別のものと、前記プレートの下面の複数の発泡体フィン206からなる下側熱交換ユニットを含んでいる。使用中、熱交換ユニットは積層体内に共に固定されて管束を構成し、前記管束は、対向端部において、図1、2A及び2Bに対して、上で議論したものと同様にフェースシートに固定されている。

30

40

## 【 0 0 3 8 】

管束200は、シェル内で単独で用いることも、シェル内の他の管束と共に配置することもできる。更に、他の構成の管束も可能である。例えば、図9は、シェル224内に配置された複数の別個のプレートフィン管束222を備えているシェル&チューブ熱交換器220を示している。各管束222は、流体の流路を画定する複数のプレート226と、前記プレート間に配置される発泡体フィン228を含んでいる。管束222は、一つの管束222の側面と、次の隣接する管束の側面との間の距離として定義される水平ピッチPを備え、互いに間隙を介して配置される。更に、管束は、水平ピッチと同じか又は異なる垂直ピッチを備えることもできる。当業者には明らかなように、管束の数、各管束のサイ

50

ズ、及び管束のピッチは、特定の用途の熱交換器の要件に部分的に基づいて変更できる。

【 0 0 3 9 】

図 7 A ~ C は、邪魔板 3 0 4 を備えたプレートフィン管束 3 0 2 を用いるシェル&チューブ熱交換器 3 0 0 を示している。図の実施形態では、管束 3 0 2 は、図 6 の管束 2 0 0 と同様である。しかし、邪魔板 3 0 4 は、図 1 のプレートフィン管束 1 1 6、又は図 9 のプレートフィン管束 2 2 2 と共に用いることも、任意のプレートフィン管束構成と共に用いることもできる。

【 0 0 4 0 】

邪魔板 3 0 4 は、シェルに管束 3 0 2 を支持するために、及び前記シェル内の流体の所望の流動パターンを形成するために役立つプレートを含んでいる。任意の所望の流動パターンを実現するために、任意の種類又は構成の邪魔板を使用できる。邪魔板 3 0 4 は、例えばアルミニウム等の、邪魔板 3 0 4 の作業の実現に適した任意の材料から作製できる。

【 0 0 4 1 】

図の実施形態では、邪魔板 3 0 4 は、実質的に半円形の形状であり、シェルの内面に適合する外縁 3 0 6 を含み、外縁 3 0 6 とシェルの間の流体の流動を防止又は最小化する。更に、邪魔板 3 0 4 は、スロット 3 0 8 を含み、設置中、前記スロットを介して、管束の様々な部品を挿入できる。

【 0 0 4 2 】

図 7 A ~ C では、邪魔板は、交互に 1 8 0 ° の場所において、管束 3 0 2 上の間隙を介した場所に配置される。その結果、図 7 C の矢印によって示されているように、邪魔板 3 0 4 は、管束 3 0 2 の軸に対して交差流方向に流体を流動させる（つまり、側面間の流動）。邪魔板 3 0 4 の特定の場所、間隔、及び形状は、シェル内で実現したい流動パターンの種類に部分的に著しく依存して変更できる。

【 0 0 4 3 】

図 7 D ~ E は、管束の通路用のスロットを備えた半径形の邪魔板を示しており、図 7 E の矢印は、前記邪魔板を通過する流体の流路の概要を示している。

【 0 0 4 4 】

図 8 A ~ C は、邪魔板 3 2 2 と共に、図 7 A ~ C のプレートフィン管束 3 0 2 を用いるシェル&チューブ熱交換器 3 2 0 の別の例を示している。邪魔板 3 2 2 は、切欠き領域 3 2 4 と固体領域 3 2 6 を備えている一般に円形のプレートを含んでいる。邪魔板は、交互に配置し、一つの邪魔板の切欠き領域が、次の隣接する邪魔板の固体領域と交互になるようにする。その結果、図 8 C の矢印によって示される流動パターンとなり、流体が、一つの邪魔板の切欠き領域 3 2 4 を介して流動し、次の邪魔板の切欠き領域 3 2 4 に流動する際（つまり、側面上部側面又は渦巻き流）、管束 3 0 2 の軸に一般に平行で、流動方向に小さな変化を備えている流動となる。

【 0 0 4 5 】

図 8 D ~ E は、管束を通過させることができる切欠きを備えた円形邪魔板を示しており、図 8 E の矢印は、前記邪魔板を通過する流体の流路の概要を示している。

【 0 0 4 6 】

本明細書で説明される発泡体フィン、流路を画定するプレートに固定されていることには限定されない。図 1 0 は、菱形構成のフィン 3 5 2 を備えているプレートフィン熱交換ユニット 3 5 0 の一実施形態を示している。フィン 3 5 2 は、プレート 3 5 4 に接合され、第一流体と第二流体の間の熱伝達路を形成する。フィン 3 5 2 とプレート 3 5 4 は、接合、溶接、蝟付け、エポキシ、及び/又は機械的取り付けを用いて接合できる。

【 0 0 4 7 】

菱形のフィン 3 5 2 は、上面斜視図から見たとき、菱形の端面 3 5 6 を備え、前記端面は、例えば、別の熱交換ユニット 3 5 0 のプレートの面等の、別の面と積層及び接触させるために実質的に平坦である。フィン 3 5 2 は、プレート 3 5 4 の主面 3 5 8 上に配置され、各フィン 3 5 2 は、プレート 3 5 4 の面 3 5 8 に接続され、熱的に接触している第一端部 3 6 0 を備えている。各フィン 3 5 2 は、プレート 3 5 4 の面 3 5 8 から間隙を介し

10

20

30

40

50

た第二端 3 6 2 を備え、前記端部 3 6 2 は、端面 3 5 6 を画定する。流体の流路 3 6 4 は、フィン 3 5 2 及びプレート 3 5 4 によって画定される。

【 0 0 4 8 】

当業者には明らかなように、フィン 3 5 2 のアスペクト比（つまり、端面 3 5 6 の長辺と短辺の比率）、高さ、幅、間隔及び他の寸法パラメータは、用途及び所望の熱伝達特性に部分的に依存して変更できる。

【 0 0 4 9 】

図 1 1 は、プレートフィン熱交換ユニット 6 0 0 の別の実施形態を示している。熱交換ユニット 6 0 0 は、複数のフィン 6 0 6 によって分離されている第一プレート 6 0 2 と、第二プレート 6 0 4 を含んでいる。フィン 6 0 6 は、第一プレート 6 0 2 と第二プレート 6 0 4 に熱的に接触している。フィン 6 0 6 は、流体の流動用の複数の流路を画定する。更に、図 1 1 に示した熱交換ユニット 6 0 0 の実施形態は、側面プレート 6 0 8、6 1 0 を含み、第一及び第二プレート 6 0 2、6 0 4 と側面プレート 6 0 8、6 1 0 が共に、フレーム 6 1 2 を画定し、フィン 6 0 6 は、フレーム 6 1 2 の内側に配置されるようにする。別の実施形態では、フィン 6 0 6 は、フレーム 6 1 2 の外側に配置され、第一、第二、又は両方のプレート 6 0 2、6 0 4 に接続される。別の実施形態では、フィン 6 0 6 は、フレーム 6 1 2 の内側と外側の両方に配置される。

【 0 0 5 0 】

図 1 2 は、図 1 1 に示した複数のプレートフィン熱交換ユニット 6 0 0 から構成されている熱交換積層体 6 2 0 を示している。前記ユニット 6 0 0 は、隣接するレベルに対して各レベルを 90°回転させて互いに積層される。従って、積層体は、一方向に一つ以上の流路 6 3 4 を画定し、流路 6 3 4 に対して約 90°の別の方向に延びている一つ以上の流路 6 3 6 を画定する。図の実施例では、ユニット 6 0 0 を配置し、流路 6 3 4、6 3 6 が、交差流パターンで互いに交互になるようにする。第一流体は、流路 6 3 4 を介して導くことができるが、第二流体は、交差流の関係で前記第一流体と熱交換するための流路 6 3 6 を介して導くことができる。積層されたとき、各ユニット 6 0 0 は、隣接するユニット 6 0 0 を備えたプレート 6 0 2、6 0 4 を共有でき、又は各ユニット 6 0 0 は、それ自体のプレート 6 0 2、6 0 4 を備えることができる。

【 0 0 5 1 】

図 1 3 は、ユニット 6 0 0 を配置し、各ユニットによって画定される流体の流路 6 4 4、6 4 6 が、互いに平行になるようにする熱交換積層体 6 4 0 を示している。第一流体は、流路 6 4 4 を介して導くことができるが、第二流体は、前記第一流体と熱交換するための流路 6 4 6 を介して導くことができる。流路 6 4 4、6 4 6 内の流体は、同じ方向に流動することも（平行又は並流）、又は矢印 6 4 8 によって示されているように、逆方向に流動することもできる（逆行流）。

【 0 0 5 2 】

図の実施例のプレートは、長方形又は正方形のプレートである。しかし、フィンは、円形、楕円形、三角形、菱形、又はそれらの任意の組合せを含むが、それらには限定されない任意の形状のプレートと共に使用でき、前記フィンは、（図 3 ~ 5 又は 1 0 と同様に）プレート上に配置することも、又は（図 1 1 ~ 1 3 と同様に）プレートの間に配置することも、シェル内で用いることも、シェル無しで用いることもできる。例えば、発泡体フィンは、円形のプレートの間に配置でき、前記プレートは、米国特許 7013963 に開示されている種類の熱交換器の、シェル内に配置されている。

【 0 0 5 3 】

図 1 4 A M は、本明細書で説明される熱交換ユニットと共に使用可能なフィン構成の別の実施形態を示している。図 1 4 A M のフィン構成の全ての実施形態では、アスペクト比、間隔、高さ、幅等の、フィンの様々な寸法パラメータは、前記フィン及び熱交換ユニットの用途及び所望の熱伝達特性に部分的に依存して変更できる。

【 0 0 5 4 】

図 1 4 A は、フィン 4 0 0 が邪魔板オフセット構成で配置されている、フィン 4 0 0 の

10

20

30

40

50

平面図を示している。図14Bは、フィン402がオフセット構成で配置されている、フィン402の別の実施形態の平面図を示している。上から見たとき、各フィン402は、正方形、長方形、円形、楕円形、三角形、菱形、又はそれらの任意の組合せの形状を備えてもよいが、それらには限定されない。図14Cは、フィン404が三角波構成で配置されている、フィン404の別の実施形態の平面図を示している。矩形波、正弦波、ノコギリ波、及びノコギリ又はそれらの組合せ等の、他の種類の波構成も可能である。

【0055】

図14Dは、フィン406がオフセット山形構成で配置されている、フィン406の別の実施形態の平面図を示している。図14Eは、フィン408が長方形の直線構成で配置されている、フィン408の一実施形態の平面図を示している。図14Fは、フィン410が湾曲波構成で配置されている、フィン410の一実施形態の平面図を示している。湾曲波構成の一例は、正弦波構成である。

10

【0056】

フィンの構成は、上から見たとき、流体の流動方向を必ずしも画定する必要はない。図14A～Fを参照すると、フィンを介した流体の流動方向は、上から下、下から上、右から左、左から右、及びそれらの任意の方向であってもよいことを当業者は理解できる。

【0057】

図14Gは、熱交換ユニットのプレートによって画定される面に垂直な方向において、長方形の断面形状を備えているフィン412を示している。図14Hは、熱交換ユニットのプレートによって画定される面に垂直な方向において、三角形の断面形状を備えているフィン414を示している。

20

【0058】

図14Iは、熱交換ユニットのプレートによって画定される面に垂直な方向に、ピン状の形状を備えているフィン416を示している。ピン状の形状は、本明細書では、シャフト部と拡大された頭部を備えている形状を意味するために用いられ、前記頭部は、シャフト部の断面積より大きな断面積を備えている。しかし、ピン状の形状は、拡大された頭部を備えていないシャフト部だけを備えている形状を含むこともできる。上から見たとき、フィン416は、正方形、長方形、円形、楕円形、三角形、菱形、又はそれらの任意の組合せを含むが、それらには限定されない形状を備えていてもよい。フィン416は、例えば、ピン状の形状を形成するために発泡体を押印することによって形成できる。

30

【0059】

図14Jは、オフセットされた長方形のフィンを備えているフィン418を示している。図14Kは、波状の起伏している形状のフィン420を示している。図14Lは、フィン422の主方向に沿って画定される通路の間の流体の交差流を可能とするルーバ面424を備えているフィン422を示している。図14Mは、フィンの主方向に沿って画定される通路の間の流体の交差流を可能にする貫通孔428を備えているフィン426を示している。

【0060】

本明細書で説明される様々なフィン構成は、熱交換器内の流動様式、面積及び流路等の要素、並びに前記熱交換器の用途に基づいて、互いに組み合わせて、及び本明細書で説明される任意の熱交換ユニット内で用いてもよいことを、当業者は理解できる。

40

【0061】

本明細書で説明される熱交換器は、海洋熱エネルギー変換等の低熱駆動力用途、発電用途、及び冷蔵や低温等の非発電用途を含むが、それらには限定されない任意の数の用途で使用できる。

【0062】

本明細書で説明される熱交換器は全て、次のように動作する。第一流体が、プレートのフィン側のフィンを介して流動し、前記フィンと接触している。同時に、第二流体が、前記プレートの逆側に存在している。第二流体は、第一流体に対して主に逆方向で、第一流体と同じ方向で、第一流体の流動方向に対して交差流方向で、又はそれに対して任意の角

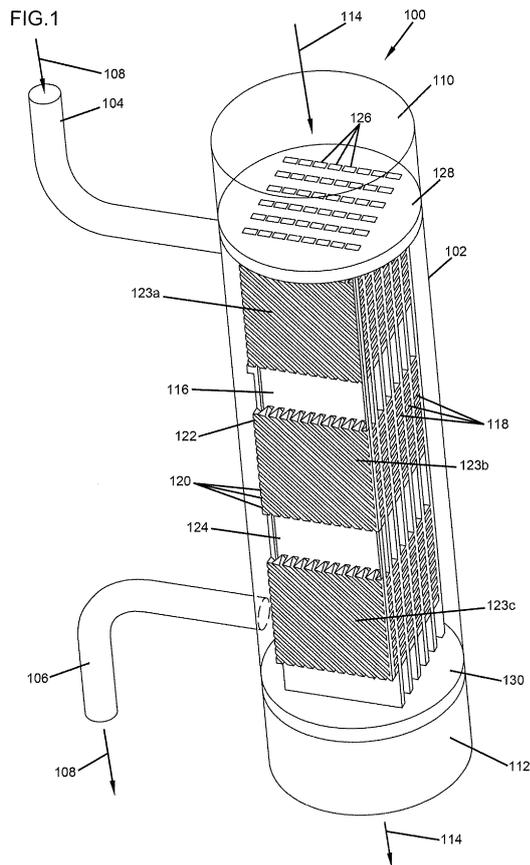
50

度で流動できる。第一及び第二流体は、異なる温度であり、従って、第一及び第二流体の間で熱が交換される。用途に応じて、第一流体は、第二流体より高い温度であってもよく、その場合、フィン及びプレートを通じて、第一流体から第二流体に熱が伝達される。もしくは、第二流体は、第一流体より高い温度であってもよく、その場合、プレート及びフィンを通じて、第二流体から第一流体に熱が伝達される。

【0063】

本出願で開示される例は、全ての点において、例示的であり、限定的ではないものと考えられる。本発明の範囲は、上記の説明によってではなく、添付の請求項によって示されており、前記請求項の等価物の意味及び範囲内にある全ての変更は、本明細書に含まれるものとする。

【図1】



【図2A】

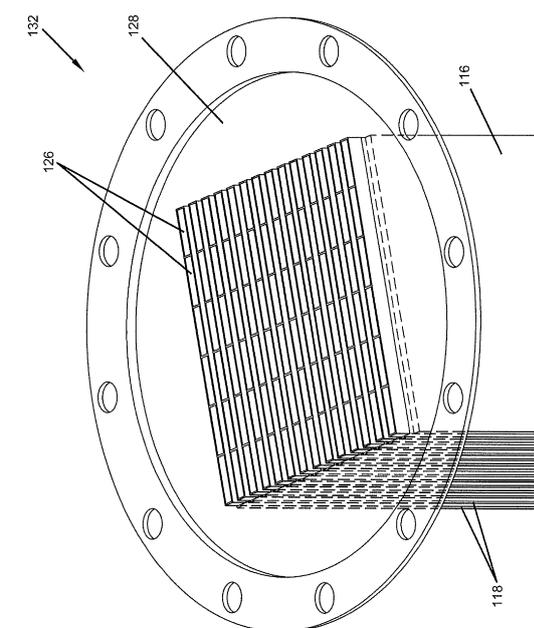


FIG.2A

【 図 2 B 】

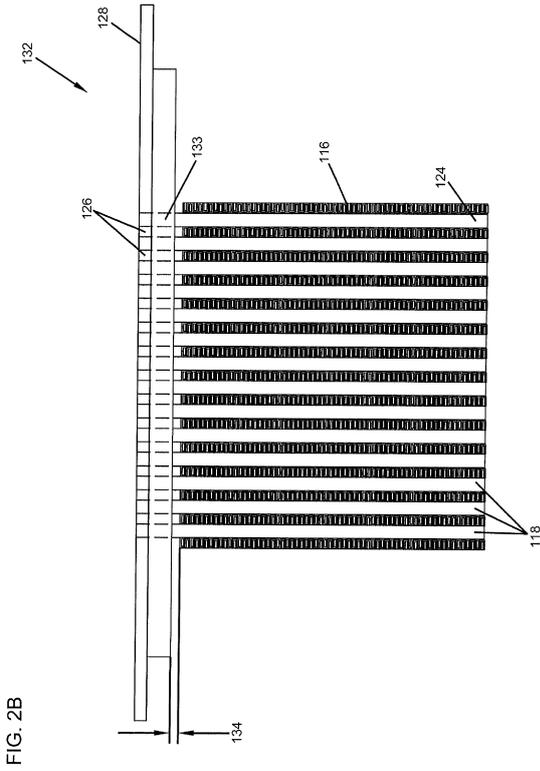
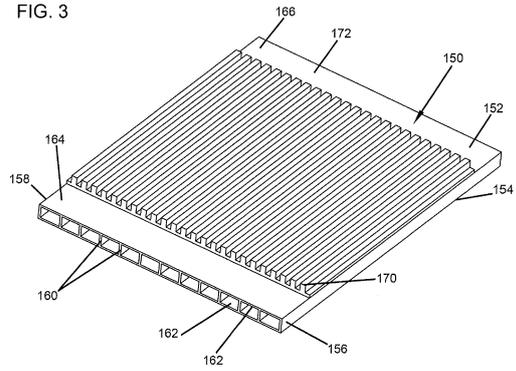


FIG. 2B

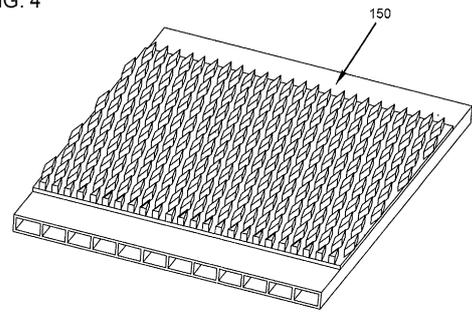
【 図 3 】

FIG. 3



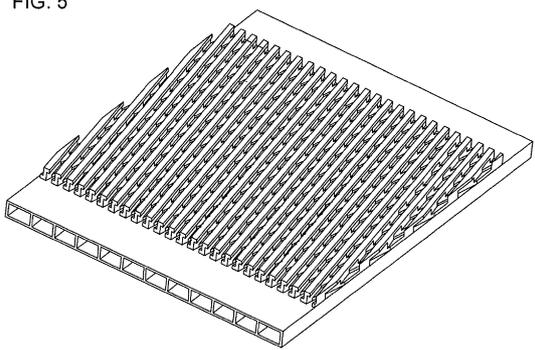
【 図 4 】

FIG. 4



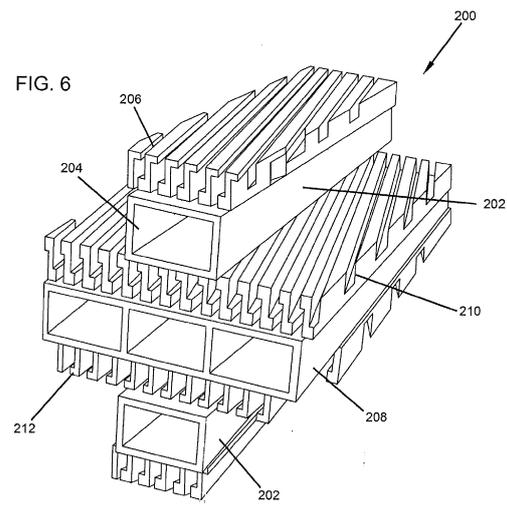
【 図 5 】

FIG. 5

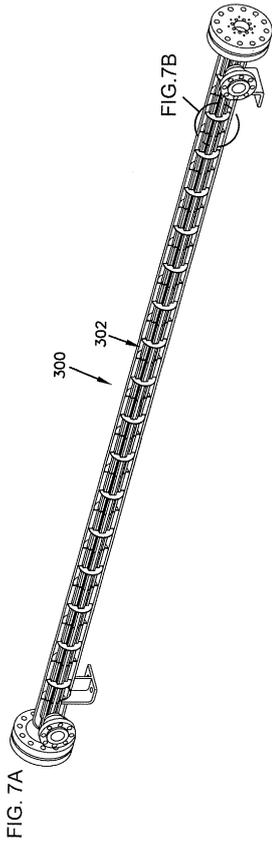


【 図 6 】

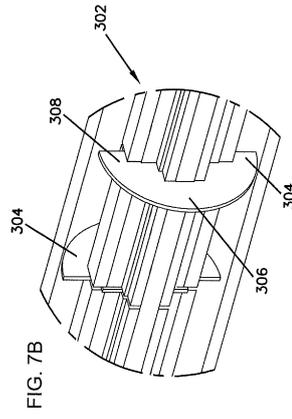
FIG. 6



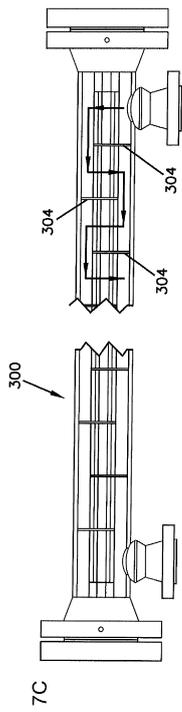
【 7 A 】



【 7 B 】

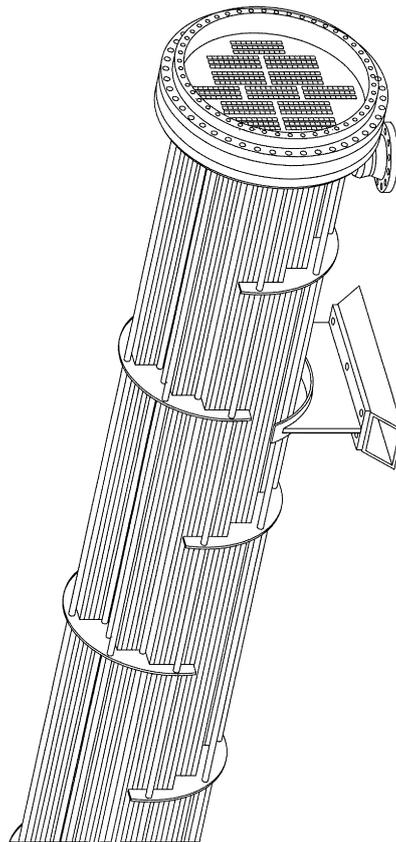


【 7 C 】



【 7 D 】

FIG. 7D



【 7 E 】

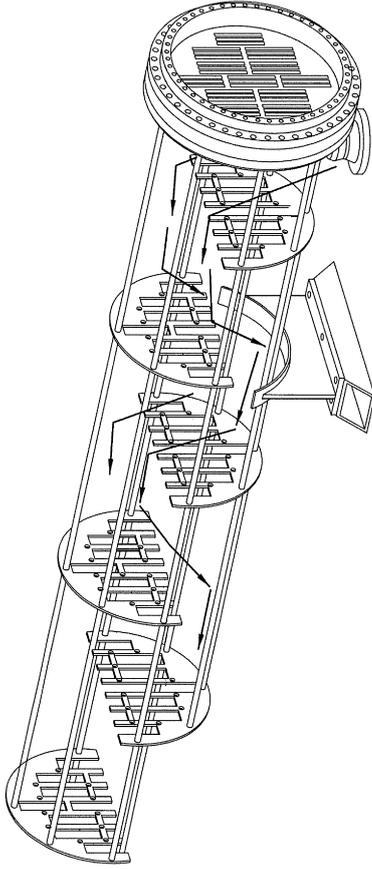


FIG. 7E

【 8 A 】

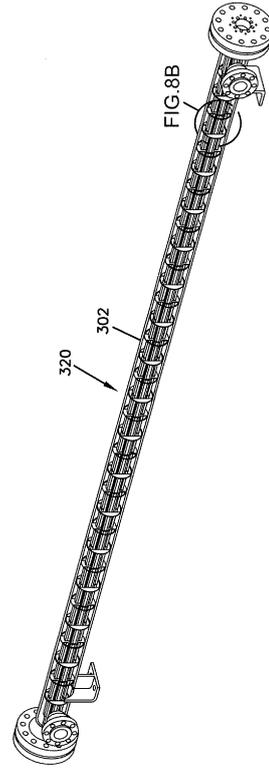


FIG. 8A

【 8 B 】

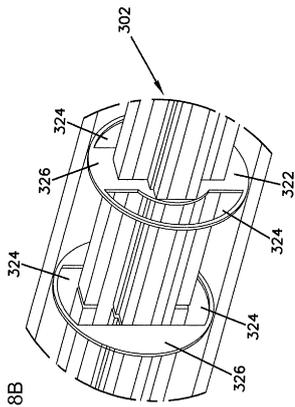


FIG. 8B

【 8 C 】

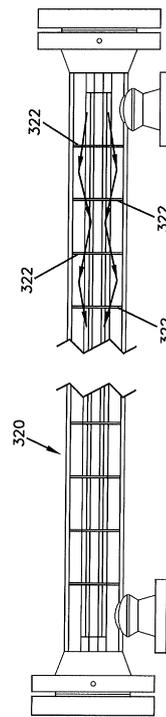


FIG. 8C

【 8 D 】

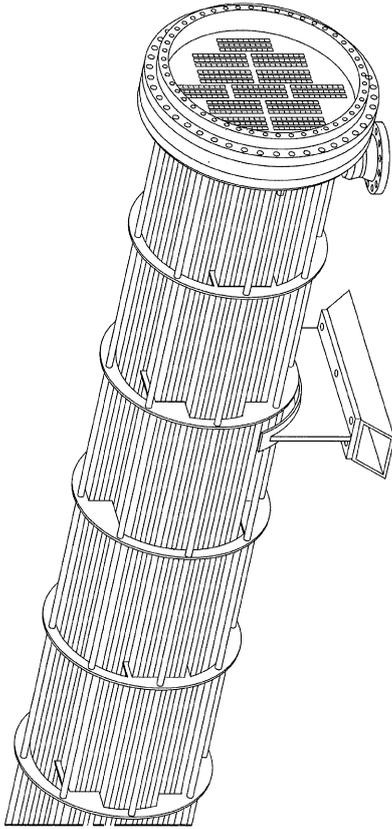


FIG. 8D

【 8 E 】

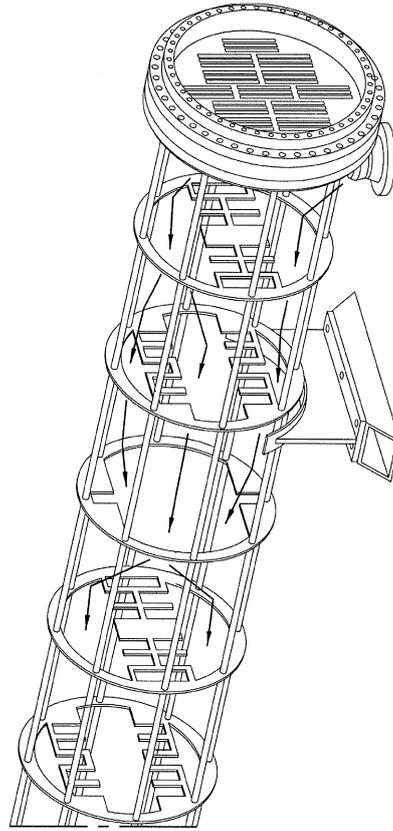


FIG. 8E

【 9 】

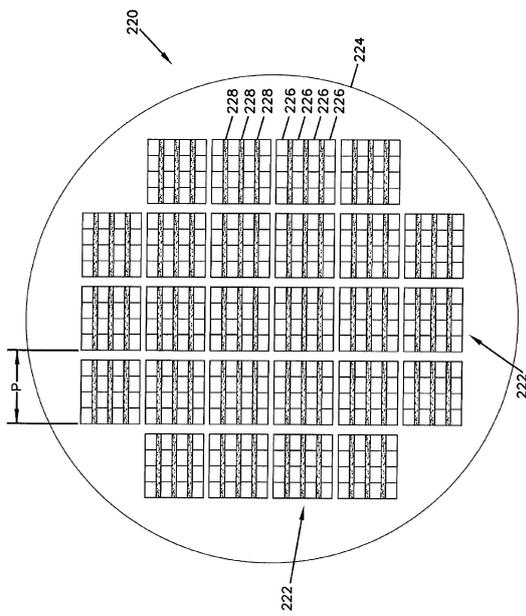


FIG. 9

【 10 】

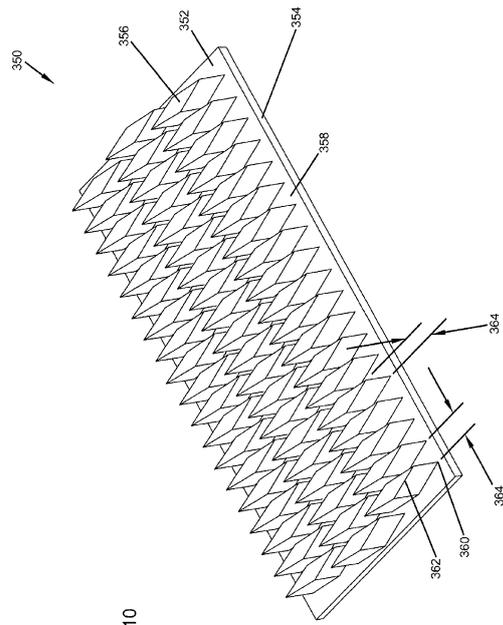
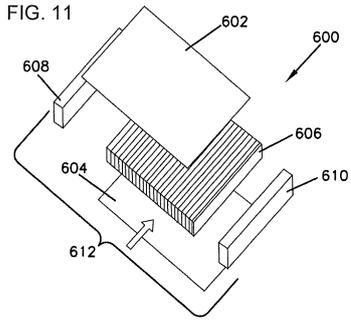
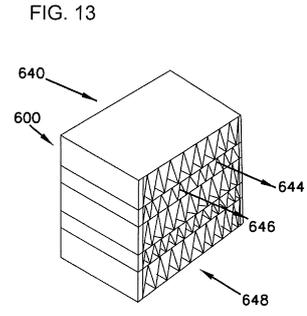


FIG. 10

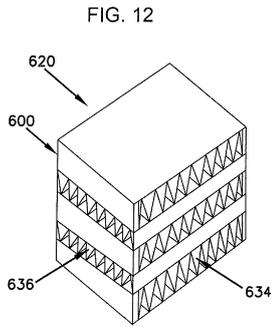
【 1 1 】



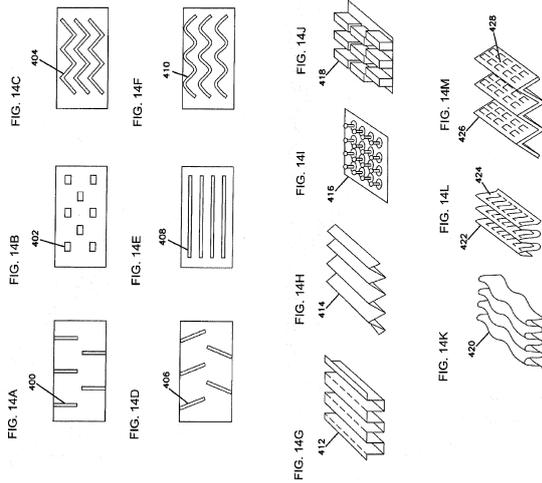
【 1 3 】



【 1 2 】



【 1 4 A - M 】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100161274  
弁理士 土居 史明
- (74)代理人 100168044  
弁理士 小淵 景太
- (74)代理人 100168099  
弁理士 鈴木 伸太郎
- (72)発明者 マウラー、スコット、エム  
アメリカ合衆国、バージニア州 20169、ハイマーケット、エリンブレア ループ 6070
- (72)発明者 ナガーニー、ニコラス、ジェイ  
アメリカ合衆国、バージニア州 20111、マナッサス ブルーインコート 7020
- (72)発明者 エラー、マイケル、アール  
アメリカ合衆国、ルイジアナ州 70130、ニューオーリンズ、カロンデレット 2222、ア  
パートメントG
- (72)発明者 クレット、ジェームズ、ダブリュー  
アメリカ合衆国、テネシー州 37931、ノックスビル、デル ミード ドライブ 10073

審査官 石黒 雄一

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0011570(US, A1)  
米国特許出願公開第2009/0308582(US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| F28F | 21/02 |
| F28F | 21/08 |
| F28D | 7/16  |