

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7499354号
(P7499354)

(45)発行日 令和6年6月13日(2024.6.13)

(24)登録日 令和6年6月5日(2024.6.5)

(51)国際特許分類		F I			
<i>F 2 8 D</i>	<i>1/047(2006.01)</i>	<i>F 2 8 D</i>	<i>1/047</i>		<i>Z</i>
<i>H 0 5 K</i>	<i>7/20 (2006.01)</i>	<i>H 0 5 K</i>	<i>7/20</i>		<i>N</i>
<i>F 2 8 F</i>	<i>1/02 (2006.01)</i>	<i>F 2 8 F</i>	<i>1/02</i>		<i>Z</i>

請求項の数 12 (全14頁)

(21)出願番号	特願2022-566291(P2022-566291)	(73)特許権者	523380173 ヒタチ・エナジー・リミテッド HITACHI ENERGY LTD スイス、8050 チューリッヒ、プロ -ボベリ-シュトラッセ、5
(86)(22)出願日	令和3年3月26日(2021.3.26)	(74)代理人	110001195 弁理士法人深見特許事務所
(65)公表番号	特表2023-524485(P2023-524485 A)	(72)発明者	プロデュア, サミュエル カナダ、ジ・3・ベ 6・エヌ・1 ケベ ック州、サン-ブルノ-ドゥ-モンタル ビル、マッキントッシュ、1960
(43)公表日	令和5年6月12日(2023.6.12)	(72)発明者	アギルレ, ミゲル スペイン、14001 コルドバ、カレ /コンデ・デ・ゴンドマル、13、4- 9
(86)国際出願番号	PCT/EP2021/057936		
(87)国際公開番号	WO2021/219305		
(87)国際公開日	令和3年11月4日(2021.11.4)		
審査請求日	令和4年12月12日(2022.12.12)		
(31)優先権主張番号	20172413.5		
(32)優先日	令和2年4月30日(2020.4.30)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電気装置、パネルおよび熱交換器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ケーシング(14)と、

前記ケーシング(14)の内部に配置された発熱電気部品(18)と、

3次元格子セル構造体(22)を備える熱交換器(12)であって、前記3次元格子セル構造体(22)は誘電性の冷却流体(16)を、周囲流体(20)との熱交換のために前記ケーシング(14)の外側で前記ケーシング(14)から導き、前記電気部品(18)の冷却のために前記ケーシング(14)に向かって戻すように配置される、熱交換器(12)と

を備え、

前記3次元格子セル構造体(22)内に前記周囲流体(20)の流れを生成するように構成されたファン装置(38、40、68)をさらに備え、

前記ファン装置(38、40、68)は、少なくとも2つの異なる方向で前記3次元格子セル構造体(22)内に前記周囲流体(20)の流れを生成するように構成される、電気装置(10)。

【請求項2】

前記熱交換器(12)は複数の本体(52、60)を備え、各本体(52、60)は3次元格子セル構造体(22)または2次元格子構造体(62)を含む、請求項1に記載の電気装置(10)。

【請求項3】

各本体（５２、６０）は前記ケーシング（１４）に着脱可能に接続される、請求項２に記載の電気装置（１０）。

【請求項４】

各本体は２次元格子セル構造体（６２）を含むパネル（６０）である、請求項２または３に記載の電気装置（１０）。

【請求項５】

前記パネル（６０）は、前記３次元格子セル構造体（２２）を形成するようにスタック状に配置される、請求項４に記載の電気装置（１０）。

【請求項６】

前記３次元格子セル構造体（２２）は、三重周期的実質的極小曲面を含む、請求項１～５のいずれか１項に記載の電気装置（１０）。 10

【請求項７】

前記３次元格子セル構造体（２２）は、非平坦および流れ促進端部（４２）を備える、請求項１～６のいずれか１項に記載の電気装置（１０）。

【請求項８】

前記熱交換器（１２）は、並列に配置された２つの３次元格子セル構造体（２２）を備え、各３次元格子セル構造体（２２）は前記冷却流体（１６）を、周囲流体（２０）との熱交換のために前記ケーシング（１４）の前記外側で前記ケーシング（１４）から導き、前記電気部品（１８）の冷却のために前記ケーシング（１４）に向かって戻すように配置される、請求項１～７のいずれか１項に記載の電気装置（１０）。 20

【請求項９】

前記熱交換器（１２）は、前記３次元格子セル構造体（２２）を通して前記周囲流体（２０）を導くためのパイプ（４４）をさらに備える、請求項１～８のいずれか１項に記載の電気装置（１０）。

【請求項１０】

前記熱交換器（１２）は、前記３次元格子セル構造体（２２）の内側に案内構造体（４８）を備え、前記案内構造体（４８）は、前記３次元格子セル構造体（２２）の内側の画定された経路（５０）に沿って前記冷却流体（１６）を案内するように配置される、請求項１～９のいずれか１項に記載の電気装置（１０）。 30

【請求項１１】

前記３次元格子セル構造体（２２）を通る前記冷却流体（１６）の流れを生成するように構成されたポンプ装置（５８）をさらに備える、請求項１～１０のいずれか１項に記載の電気装置（１０）。 30

【請求項１２】

前記電気装置は、電力変圧器または分路リアクトルなどの高電圧静電誘導システムである、請求項１～１１のいずれか１項に記載の電気装置（１０）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

技術分野

本開示は、一般に、電気装置用の熱交換器に関する。特に、熱交換器を備える電気装置、熱交換器用のパネル、および複数のパネルを備える熱交換器が提供される。 40

【背景技術】

【０００２】

背景

電力変圧器に使用される変圧器油は、放熱器または冷却器などの冷却装置によって冷却されることが多い。これらの冷却装置は、変圧器の設置面積のかなりの部分を構成することが多い。

【０００３】

米国特許出願公開第２０２００３３０７０Ａ１号は、エンクロージャと、エンクロージ 50

ャ内の極小曲面構造体とを含む熱交換器を開示している。エンクロージャは、第1の入口、第1の出口、第2の入口、および第2の出口を含む。極小曲面構造体は、エンクロージャ内の第1の容積と第2の容積とを分離する。第1の入口および第1の出口は、第1の容積と流体連通し、第2の入口および第2の出口は、第2の容積と流体連通する。第1および第2の容積は、互いに混合することから分離される。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

概要

本開示の1つの目的は、発熱電気部品と熱交換器とを備える電気装置を提供することであり、この電気装置は、電気部品の冷却を改善することを可能にする。

10

【0005】

本開示のさらなる目的は、熱交換器を備える電気装置であって、簡単なメンテナンスを可能にする電気装置を提供することである。

【0006】

本開示のさらに別の目的は、熱交換器を備える電気装置であって、コンパクトな設計を有する電気装置を提供することである。

【0007】

本開示のさらに別の目的は、熱交換器を備える電気装置であって、軽量の電気装置を提供することである。

20

【0008】

本開示のさらに別の目的は、熱交換器を備える電気装置であって、必要とする誘電性の冷却流体が少量である電気装置を提供することである。

【0009】

本開示のさらに別の目的は、熱交換器を備える電気装置であって、前述の目的のいくつかまたはすべてを組み合わせて解決する電気装置を提供することである。

【0010】

本開示のさらに別の目的は、前述の目的のうちの1つ、いくつか、またはすべてを解決する熱交換器用のパネルを提供することである。

【0011】

本開示のさらに別の目的は、前述の目的のうちの1つ、いくつか、またはすべてを解決する電気装置用の熱交換器を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0012】

一態様によれば、ケーシングと、ケーシングの内部に配置された発熱電気部品と、3次元格子セル構造体を備える熱交換器であって、3次元格子セル構造体は誘電性の冷却流体を、周囲流体との熱交換のためにケーシングの外側でケーシングから導き、電気部品の冷却のためにケーシングに向かって戻すように配置される、熱交換器とを備える電気装置が提供される。

【0013】

3次元格子セル構造体は、熱伝達のために露出される表面積を増加させる。したがって、熱伝達効率は、3次元格子セル構造体によって改善される。これにより、電気部品の冷却効率も向上する。熱交換器の高い熱伝達効率のために、冷却流体の量も比較的少なくすることができる。3次元格子セル構造体は、良好な混合環境および低い圧力降下の増加をさらに提供する。

40

【0014】

3次元格子セル構造体は、熱交換器のコンパクトな設計をさらに可能にする。結果として、電気装置もよりコンパクトにすることができる。あるいは、電気装置は、同じ設置面積でより強力にすることができる。

【0015】

50

さらに、3次元格子セル構造体によって、電気装置をより軽くすることができる。これにより、輸送コストが削減される。3次元格子セル構造体はまた、電気装置をより容易に製造することを可能にする。

【0016】

3次元格子セル構造体は、3つの異なる方向の各々に周期パターンを含んでもよい。各周期パターンは、少なくとも3つの周期を含んでもよい。方向は、実質的に直交していてもよいし、直交していてもよい。3次元格子セル構造体は、複数のセルを含む。セルは、2つまたは3つの方向に実質的に直交して、または直交して配置されてもよい。

【0017】

3次元格子セル構造体は、内部格子セル構造体容積を画定してもよい。内部格子セル構造体容積は、連続でも不連続でもよい。したがって、内部格子セル構造体容積は、冷却流体のための連続ラビリンスネットワークを形成してもよく、または冷却流体のためのいくつかの並列ラビリンスネットワークを形成してもよい。いずれの場合でも、内部格子セル構造体容積は、ケーシングの内部と流体連通してもよい。

10

【0018】

3次元格子セル構造体は、外部格子セル構造体容積を画定してもよい。外部格子セル構造体容積は、連続でも不連続でもよい。したがって、外部格子セル構造体容積は、周囲流体のための連続ラビリンスネットワークを形成してもよく、または周囲流体のためのいくつかの並列ラビリンスネットワークを形成してもよい。いずれの場合でも、外部格子セル構造体容積は、周囲流体と流体連通してもよい。

20

【0019】

冷却流体は、誘電油などの誘電性の液体であり得る。周囲流体は、周囲空気または水であり得る。

【0020】

ケーシングおよび3次元格子セル構造体は、冷却流体のための回路を画定してもよい。熱交換器は、1つまたは複数の入口および1つまたは複数の出口を備えてもよい。この場合、3次元格子セル構造体は、1つまたは複数の入口と1つまたは複数の出口との間に流体的に配置されてもよい。各入口および各出口は、ケーシングと3次元格子セル構造体との間に流体的に配置されてもよい。入口は、出口よりも測地的に高く配置されてもよい。

【0021】

ケーシングは、複数の壁を備えてもよい。3次元格子セル構造体は、壁の1つに埋め込まれてもよい。代替的または追加的に、3次元格子セル構造体は、壁の1つに溶接またはボルト締めされてもよい。

30

【0022】

熱交換器は複数の本体を備えてもよく、各本体は3次元格子セル構造体または2次元格子セル構造体を含む。各本体は、一体的に形成されてもよい。例えば、各本体は、積層造形されてもよい。積層造形の一例は、3D印刷である。

【0023】

各本体はケーシングに着脱可能に接続されてもよい。これにより、組立て時間が短縮され、修理が容易になる。例えば、残りの本体を交換せずに、本体のうちの1つを交換してもよい。交換が必要な1つの理由は、漏れであり得る。

40

【0024】

各本体は2次元格子セル構造体を含むパネルであってもよい。2次元格子セル構造体は、2つの異なる方向の各々に周期パターンを含んでもよい。各周期パターンは、少なくとも3つの周期を含んでもよい。方向は、実質的に直交していてもよいし、直交していてもよい。

【0025】

パネルは、3次元格子セル構造体を形成するようにスタック状に配置されてもよい。この場合、隣接するパネルのセルは整列またはオフセットされてもよい。あるいは、各本体は、パイプ形状などの細長い形状であってもよい。

50

【 0 0 2 6 】

3次元格子セル構造体は、三重周期的極小曲面TPMSなどの三重周期的実質的極小曲面を含んでもよい。TPMSは、例えばシュワルツP曲面を含み得る。三重周期的実質的極小曲面は、TPMSに類似しているが、TPMSと呼ばれる要件を満たさない曲面であってもよい。

【 0 0 2 7 】

3次元格子セル構造体は、非平坦および流れ促進端部を備えてもよい。端部は、例えば、円錐または半球であってもよい。各端部は、3次元格子セル構造体のそれぞれのセルを閉じてもよい。

【 0 0 2 8 】

熱交換器は、並列に配置された2つの3次元格子セル構造体を備えてもよく、各3次元格子セル構造体は冷却流体を、周囲流体との熱交換のためにケーシングの外側でケーシングから導き、電気部品の冷却のためにケーシングに向かって戻すように配置されてもよい。この場合、熱交換器は、複数の入口および複数の出口を備えてもよい。入口および出口の各対は、1つの3次元格子セル構造体に関連付けられてもよい。各3次元格子セル構造体は、関連する入口と出口との間に流体的に配置されてもよい。

【 0 0 2 9 】

熱交換器は、3次元格子セル構造体を通して周囲流体を導くためのパイプをさらに備えてもよい。この場合、周囲流体は、パイプの内側および外側の両方で3次元格子セル構造体を通して流れ得る。すなわち、周囲流体は、パイプの内側および外部格子セル構造体容積の内側の両方を流れ得る。これにより、冷却流体と周囲流体との間の熱伝達がさらに増加する。パイプは、3次元格子セル構造体のセルを通して延在してもよい。

【 0 0 3 0 】

代替として、パイプは、2相冷却剤を含むヒートパイプであってもよい。この場合、ヒートパイプの内面は、毛細管構造体を備えてもよい。3次元格子セル構造体の外側のヒートパイプのセクションは凝縮器領域を構成してもよく、3次元格子セル構造体の内側のヒートパイプのセクションは蒸発器領域を構成してもよい。冷却流体に隣接するヒートパイプの蒸発器領域において、2相冷却剤は、冷却流体から熱を吸収して蒸発する。蒸気は、ヒートパイプの内側であるが毛細管構造の外側で、3次元格子セル構造体の外側のヒートパイプの低温凝縮器領域に移動し、そこで蒸気は凝縮して液体に戻り、毛細管構造体によって吸収される。次いで、液体は、毛細管構造体の内側を凝縮器領域から蒸発器領域に戻るよう移動する。

【 0 0 3 1 】

熱交換器は、3次元格子セル構造体の内側に案内構造体を備えてもよく、案内構造体は、3次元格子セル構造体の内側の画定された経路に沿って冷却流体を案内するように配置される。経路は、3次元格子セル構造体の実質的に全体または全体を通過してもよい。経路は蛇行経路であってもよい。案内構造体は、複数のプレートを備えてもよい。

【 0 0 3 2 】

電気装置は、3次元格子セル構造体を通る冷却流体の流れを生成するように構成されたポンプ装置をさらに備えてもよい。これにより、熱交換がさらに向上する。ポンプ装置は、1つまたは複数のポンプを備えてもよい。あるいは、電気装置は、自然対流によるのみ、すなわち冷却流体を循環させるための機械的補助なしに冷却流体を循環させるように構成されてもよい。

【 0 0 3 3 】

電気装置は、3次元格子セル構造体内に周囲流体の流れを生成するように構成されたファン装置をさらに備えてもよい。これにより、熱交換がさらに向上する。ファン装置は、3次元格子セル構造体を通る周囲流体の流れを生成するように構成されてもよい。ファン装置は、1つまたは複数のファンを備えてもよい。

【 0 0 3 4 】

ファン装置は、少なくとも3つの異なる方向など、少なくとも2つの異なる方向で3次

10

20

30

40

50

元格子セル構造体内に周囲流体の流れを生成するように構成されてもよい。方向は、実質的に直交していてもよいし、直交していてもよい。

【0035】

電気装置は、電力変圧器または分路リアクトルなどの高電圧静電誘導システムであってもよい。本明細書で使用される場合、高電圧は、少なくとも100kVなどの少なくとも30kVであり得る。電気装置は、主に電力変圧器として説明されるが、電気装置は電力変圧器に限定されない。

【0036】

さらなる態様によれば、熱交換器用のパネルが提供され、パネルは、入口と、出口と、入口と出口との間に流体的に配置された2次元格子セル構造体とを備える。パネルは、本開示による任意の種類のものであってもよい。

10

【0037】

さらなる態様によれば、電気装置のための熱交換器が提供され、熱交換器は本開示による複数のパネルを備え、パネルは、3次元格子セル構造体を形成するようにスタック状に配置される。隣接するパネルのセルは、整列またはオフセットされてもよい。

【0038】

各パネルは、2次元格子セル構造体を備えてもよい。2次元格子セル構造体は、2つの異なる方向の各々に周期パターンを含んでもよい。各周期パターンは、少なくとも3つの周期を含んでもよい。方向は、実質的に直交していてもよいし、直交していてもよい。

【0039】

図面の簡単な説明

本開示のさらなる詳細、利点、および態様は、図面と併せて以下の実施形態から明らかになるであろう。

20

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】熱交換器を備える電気装置の側面図を概略的に示す図である。

【図2】図1の熱交換器の3次元格子セル構造体の部分斜視図を概略的に示す図である。

【図3】熱交換器のさらなる例を備える電気装置の側面図を概略的に示す図である。

【図4】図3の熱交換器の部分斜視図を概略的に示す図である。

【図5】熱交換器のさらなる例を備える電気装置の側面図を概略的に示す図である。

30

【図6】熱交換器のさらなる例を備える電気装置の側面図を概略的に示す図である。

【図7】熱交換器のさらなる例を備える電気装置の側面図を概略的に示す図である。

【図8】図7の熱交換器のパネルの斜視図を概略的に示す図である。

【図9】図8のパネルの正面図を概略的に示す図である。

【図10】熱交換器のさらなる例を備える電気装置の側面図を概略的に示す図である。

【図11】図10の電気装置の正面図を概略的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0041】

詳細な説明

以下では、熱交換器を備える電気装置、熱交換器用のパネル、および複数のパネルを備える熱交換器について説明する。同じまたは類似の参照番号は、同じまたは類似の構造的特徴を示すために使用される。

40

【0042】

図1は、熱交換器12を備える電力変圧器10の側面図を概略的に示す。電力変圧器10は、電気装置の一例である。電力変圧器10は、ケーシング14を備える。ケーシング14は、誘電油16を収容する。誘電油16は誘電性の冷却流体の一例である。

【0043】

電力変圧器10は、電気部品18をさらに備える。電気部品18は、ケーシング14の内部に配置される。電気部品18は、油16に浸漬される。電気部品18は、電力変圧器10の動作中に熱を発生する。電気部品18は、例えば、電力変圧器10の巻線であって

50

もよい。

【 0 0 4 4 】

図 1 は、ケーシング 1 4 の外側の周囲空気 2 0 をさらに示す。空気 2 0 は、大気であってもよい。空気 2 0 は、周囲流体の一例である。

【 0 0 4 5 】

熱交換器 1 2 は、3次元格子セル構造体 2 2 を備える。3次元格子セル構造体 2 2 は、複数のセル 2 4 を含む。この例の3次元格子セル構造体 2 2 は、細長いシュワルツ P 曲面を有する三重周期的実質的極小曲面を含む。3次元格子セル構造体 2 2 は、例えば、3D印刷されてもよい。

【 0 0 4 6 】

3次元格子セル構造体 2 2 は、内部格子セル構造体容積 2 6 および外部格子セル構造体容積 2 8 を画定する。内部格子セル構造体容積 2 6 および外部格子セル構造体容積 2 8 は、2つの別個のネットワークを構成する。ケーシング 1 4 の内部からの油 1 6 は、内部格子セル構造体容積 2 6 に出入りすることができる。空気 2 0 は、外部格子セル構造体容積 2 8 に出入りすることができる。この例では、内部格子セル構造体容積 2 6 および外部格子セル構造体容積 2 8 の各々は連続である。

【 0 0 4 7 】

したがって、3次元格子セル構造体 2 2 は油 1 6 を、ケーシング 1 4 からケーシング 1 4 の外側に導き、ケーシング 1 4 に向かって戻すように構成される。3次元格子セル構造体 2 2 は、油 1 6 と空気 2 0 との間の熱交換のための大きな表面積を含む。試験は、熱交換器 1 2 が非常に高い熱伝達係数を有することを示している。これにより、放熱器の数を減らすことができる。熱交換のための大きな表面積にもかかわらず、3次元格子セル構造体 2 2 はまたコンパクトである。

【 0 0 4 8 】

熱交換器 1 2 は、入口 3 0 および出口 3 2 を備える。入口 3 0 および出口 3 2 の各々は、ケーシング 1 4 と3次元格子セル構造体 2 2 との間に流体的に配置される。入口 3 0 は、出口 3 2 よりも測地的に高く配置されてもよい。

【 0 0 4 9 】

図 1 に示すように、ケーシング 1 4 および3次元格子セル構造体 2 2 は、ケーシング 1 4、入口 3 0、3次元格子セル構造体 2 2 および出口 3 2 を含む油 1 6 のための回路を画定する。図 1 では、油 1 6 は、矢印で示すように、電力変圧器 1 0 の動作中に時計回り方向にこの回路を流れる。すなわち、油 1 6 は、電気部品 1 8 によって加熱される。次いで、高温の油 1 6 は、入口 3 0 を通って3次元格子セル構造体 2 2 に入る。次いで、内部格子セル構造体容積 2 6 内の高温の油 1 6 は、外部格子セル構造体容積 2 8 内の空気 2 0 との熱交換によって冷却される。次いで、低温の油 1 6 は、出口 3 2 を通って3次元格子セル構造体 2 2 を出る。その後、電気部品 1 8 は、低温の油 1 6 によって冷却される。

【 0 0 5 0 】

ケーシング 1 4 は、4つの側壁 3 4 と、上壁 3 6 とを備える。図 1 の例では、3次元格子セル構造体 2 2 は、側壁 3 4 の1つに埋め込まれてもよい。3次元格子セル構造体 2 2 は、例えば、側壁 3 4 に溶接またはボルト締めされてもよい。

【 0 0 5 1 】

電力変圧器 1 0 は、ファン装置をさらに備える。ファン装置は、前部ファン 3 8 および底部ファン 4 0 を備える。前部ファン 3 8 は、3次元格子セル構造体 2 2 内に水平方向に空気 2 0 を吹き込むように構成される。底部ファン 4 0 は、3次元格子セル構造体 2 2 内に鉛直方向に空気 2 0 を吹き込むように構成される。電力変圧器 1 0 の冷却効率は、ファン 3 8、4 0 の速度を調整することによって容易に調整することができる。ファン装置はまた、前部ファン 3 8 の送風方向に垂直なさらなる水平方向に空気 2 0 を送風するさらなるファン（図示せず）を備えてもよい。

【 0 0 5 2 】

3次元格子セル構造体 2 2 は、非平坦および流れ促進端部 4 2 をさらに備える。各端部

10

20

30

40

50

4 2 は、3次元格子セル構造体 2 2 のそれぞれのセル 2 4 を閉じる。

【0053】

図 2 は、図 1 の熱交換器 1 2 の 3次元格子セル構造体 2 2 の部分斜視図を概略的に示す。図 2 に示すように、3次元格子セル構造体 2 2 は、3つの直交する方向の各々に周期パターンを含む。各周期パターンは複数の周期を含む。セル 2 4 は、3方向に直交して配置されている。図 2 に示すように、この例の各非平坦および流れ促進端部 4 2 は、円錐の形状を有する。

【0054】

図 3 は、熱交換器 1 2 のさらなる例を含む電力変圧器 1 0 の側面図を概略的に示し、図 4 は、図 3 の熱交換器 1 2 の部分斜視図を概略的に示す。図 3 および図 4 をまとめて参照し、主に図 1 および図 2 との相違点について説明する。

10

【0055】

図 3 および図 4 の熱交換器 1 2 は、複数のパイプ 4 4 を備える。この例では、各パイプ 4 4 は直線状であり、鉛直に向けられている。パイプ 4 4 は、3次元格子セル構造体 2 2 を通して空気 2 0 を案内するように構成される。

【0056】

各パイプ 4 4 は、3次元格子セル構造体 2 2 全体を通して延在する。この例では、各パイプ 4 4 は、3次元格子セル構造体 2 2 のセル 2 4 を通って延在する。

【0057】

図 3 の熱交換器 1 2 は、マニホールド 4 6 をさらに備える。マニホールド 4 6 は、パイプ 4 4 に分岐している。底部ファン 4 0 は、マニホールド 4 6 を介してパイプ 4 4 を通して空気 2 0 を吹き付けるように構成されている。前部ファン 3 8 は、図 1 と同様に、3次元格子セル構造体 2 2 内に空気 2 0 を吹き込むように配置されている。したがって、図 3 では、油 1 6 と空気 2 0 との間の熱交換は、内部格子セル構造体容積 2 6 と外部格子セル構造体容積 2 8 との間、および内部格子セル構造体容積 2 6 とパイプ 4 4 との間の両方で行われる。このようにして、油 1 6 と空気 2 0 との間の熱伝達効率がさらに高められる。図 3 の熱交換器 1 2 はまた、簡単な構造を有する。

20

【0058】

図 3 および図 4 のパイプ 4 4 は、あるいは、2相冷却剤を含み内部毛細管構造を備えたヒートパイプとして構成されてもよい。この場合、パイプ 4 4 は、3次元格子セル構造体 2 2 のさらに外側に延在してもよい。

30

【0059】

図 5 は、熱交換器 1 2 のさらなる例を備える電力変圧器 1 0 の側面図を概略的に示す。主に図 1 および図 2 との相違点について説明する。

【0060】

図 5 の熱交換器 1 2 は、複数のプレート 4 8 をさらに備える。プレート 4 8 は、内部格子セル構造体容積 2 6 の内側に経路 5 0 を画定する。図 5 に示すように、経路 5 0 は、蛇行形状である。プレート 4 8 は、3次元格子セル構造体 2 2 の内部の油 1 6 を案内するための案内構造体の一例である。

【0061】

図 5 に示すように、プレート 4 8 は、油 1 6 を 3次元格子セル構造体 2 2 の遠位（ケーシング 1 4 に対して）領域に押し出す。これにより、プレート 4 8 は、3次元格子セル構造体 2 2 内の油 1 6 と空気 2 0 との間の熱伝達をさらに改善する。

40

【0062】

図 6 は、熱交換器 1 2 のさらなる例を備える電力変圧器 1 0 の側面図を概略的に示す。主に図 1 および図 2 との相違点について説明する。

【0063】

図 6 の熱交換器 1 2 は、複数の本体 5 2 を備える。各本体 5 2 は、3次元格子セル構造体 2 2 を備える。したがって、本体 5 2 は、油 1 6 のための複数の並列ネットワークを形成する。各 3次元格子セル構造体 2 2 は油 1 6 を、空気 2 0 との熱交換のためにケーシ

50

グ 1 4 の外側でケーシング 1 4 から導き、電気部品 1 8 を冷却するためにケーシング 1 4 に向かって戻すように構成される。

【 0 0 6 4 】

各本体 5 2 はケーシング 1 4 に着脱可能に接続可能である。電力変圧器 1 0 は、本体 5 2 のうちの 1 つが交換のために取り外された場合でも機能することができる。この場合、交換のために取り外された本体 5 2 への開口部を閉じる必要がある。1 つの本体 5 2 のみの交換は、より簡単で安価である。

【 0 0 6 5 】

しかしながら、本体 5 2 は、ケーシング 1 4 に直接接続可能である必要はない。図 6 に示すように、熱交換器 1 2 は、上部マニホールド 5 4 および下部マニホールド 5 6 を備える。上部マニホールド 5 4 は、各本体 5 2 の入口 3 0 に分岐している。各本体 5 2 の出口 3 2 は、下部マニホールド 5 6 によって合流している。各本体 5 2 は、上部マニホールド 5 4 および下部マニホールド 5 6 に着脱可能に接続可能である。

10

【 0 0 6 6 】

図 6 の電力変圧器 1 0 は、ポンプ 5 8 をさらに備える。ポンプ 5 8 は、ポンプ装置の一例を構成する。ポンプ 5 8 は、3 次元格子セル構造体 2 2 を通る油 1 6 の流れを選択的に増強するように構成される。電力変圧器 1 0 の冷却効率は、ポンプ 5 8 の速度を調整することによって容易に調整することができる。図 6 の例では、ポンプ 5 8 は、下部マニホールド 5 6 内、すなわち本体 5 2 の下流に配置されている。

【 0 0 6 7 】

図 6 の電力変圧器 1 0 は、複数の底部ファン 4 0 をさらに備える。各底部ファン 4 0 は、3 次元格子セル構造体 2 2 のうちの 1 つの下方に配置される。各 3 次元格子セル構造体 2 2 には、1 つの底部ファン 4 0 が関連付けられている。

20

【 0 0 6 8 】

図 7 は、熱交換器 1 2 のさらなる例を備える電力変圧器 1 0 の側面図を概略的に示す。熱交換器 1 2 は、複数のパネル 6 0 を備える。図 8 は、図 7 の熱交換器 1 2 のパネル 6 0 のうちの 1 つの斜視図を模式的に示し、図 9 は、図 8 のパネル 6 0 の正面図を模式的に示す。図 7 ~ 図 9 をまとめて参照し、主に図 6 との相違点について説明する。

【 0 0 6 9 】

パネル 6 0 は、本開示による本体のさらなる例である。各パネル 6 0 はケーシング 1 4 に着脱可能に接続可能である。各パネル 6 0 は、2 次元格子セル構造体 6 2 を備える。さらに、この例における各パネル 6 0 は、複数の孔 6 4 を備える。孔 6 4 は、セル 2 4 の間に配置される。

30

【 0 0 7 0 】

パネル 6 0 は、スタック状に配置されている。このようにして、パネル 6 0 は、3 次元格子セル構造体 2 2 をとともに形成する。パネル 6 0 間の距離は変化させることができ、例えば、熱伝達を改善するために最適化することができる。図 7 に示すように、各パネル 6 0 は、水平に向けられている。図 7 ~ 図 9 の例では、内部格子セル構造体容積 2 6 は不連続である。したがって、3 次元格子セル構造体 2 2 は、油 1 6 のための複数の並列ラビリンズネットワーク、すなわち各パネル 6 0 内の 1 つのネットワークを形成する。

40

【 0 0 7 1 】

孔 6 4 によって、外部格子セル構造体容積 2 8 は連続的である。しかしながら、例えばパネル 6 0 が板金製である場合、パネル 6 0 は孔 6 4 を備える必要はない。この場合、外部格子セル構造体容積 2 8 は、パネル 6 0 間で不連続である。

【 0 0 7 2 】

パネル 6 0 は、高密度構成で配置されている。この例では、パネル 6 0 は重なっている。すなわち、1 つのパネル 6 0 のセル 2 4 が、隣接するパネル 6 0 のセル 2 4 の間のそれぞれの空間に入り込む。したがって、隣接するパネル 6 0 のセル 2 4 はオフセットされる。

【 0 0 7 3 】

代替として、パネル 6 0 の非平坦端部 4 2 は、平坦な端部で置き換えられてもよい。こ

50

の場合、パネル 60 は、互いに向かい合ってコンパクトに配置することができ、隣接するパネル 60 のセル 24 をオフセットする必要はない。

【0074】

熱交換器 12 は、導管 66 をさらに備える。各パネル 60 の出口 32 は、導管 66 に接続されている。導管 66 は、ケーシング 14 に接続する前に（油 16 の流れ方向に見て）垂直から水平に移行する。ポンプ 58 は、導管 66 内、ここではその鉛直部分内に配置される。底部ファン 40 は、3次元格子セル構造体 22 と導管 66 の水平部分との間に垂直に配置される。

【0075】

図 8 および図 9 によるパネル 60 は、単なる 1 つの具体例である。特に、入口 30 および出口 32 の設計は変更され得る。

10

【0076】

図 10 は、熱交換器 12 のさらなる例を含む電力変圧器 10 の側面図を概略的に示し、図 11 は、図 10 の電力変圧器 10 の正面図を概略的に示す。図 10 および図 11 をまとめて参照し、主に図 7 との相違点について説明する。

【0077】

図 10 および図 11 で使用されるパネル 60 は、図 8 および図 9 と同じタイプである。図 10 および図 11 に示すように、各パネル 60 は、鉛直に向けられている。パネル 60 は、3次元格子セル構造体 22 をともに形成するようにスタック状に配置される。

【0078】

図 11 は、ファン装置が 2 つのさらなるファン 68 を備えることをさらに示す。各ファン 68 は、前部ファン 38 の送風方向に垂直な水平方向に 3次元格子セル構造体 22 内に空気 20 を吹き込むように配置される。

20

【0079】

以上、例示的な実施形態を参照して本開示を説明したが、本発明は上述したものに限定されないことが理解されよう。例えば、部品の寸法は必要に応じて変えることができることが理解されよう。したがって、本発明は、添付の特許請求の範囲によってのみ限定され得ることが意図される。

30

40

50

【 図面 】

【 図 1 】

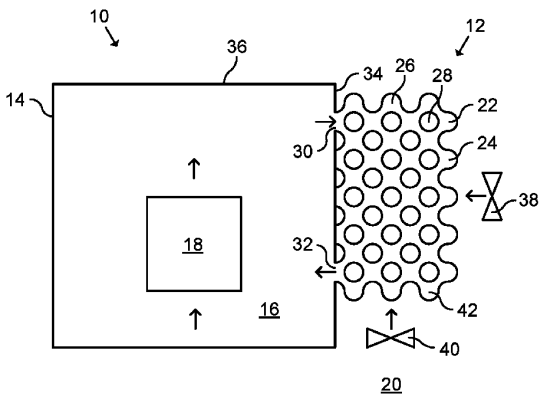


Fig. 1

【 図 2 】

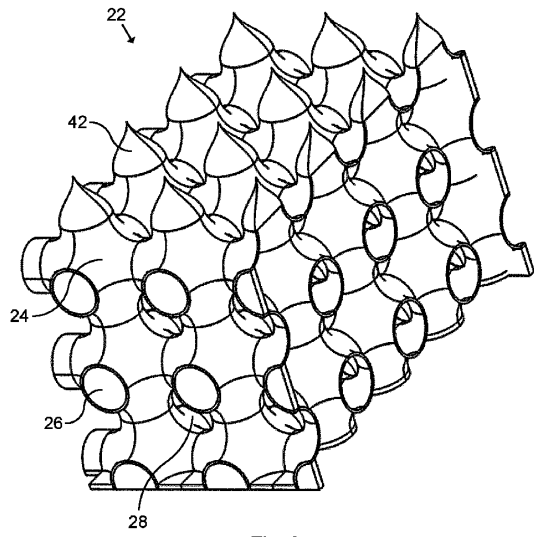


Fig. 2

【 図 3 】

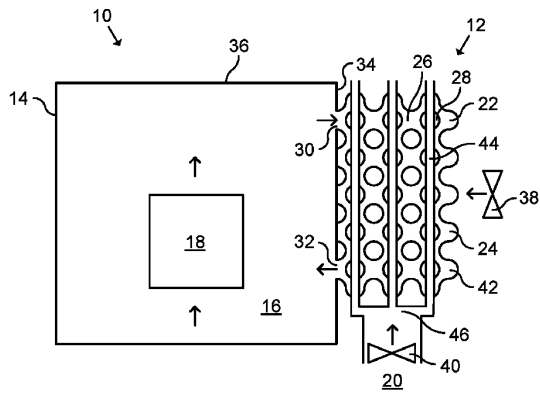


Fig. 3

【 図 4 】

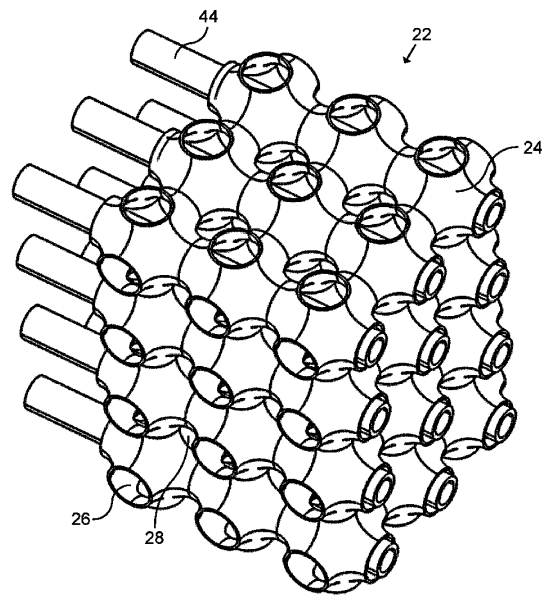


Fig. 4

10

20

30

40

50

【 図 5 】

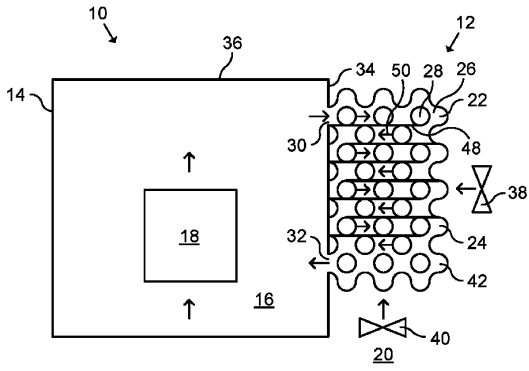


Fig. 5

【 図 6 】

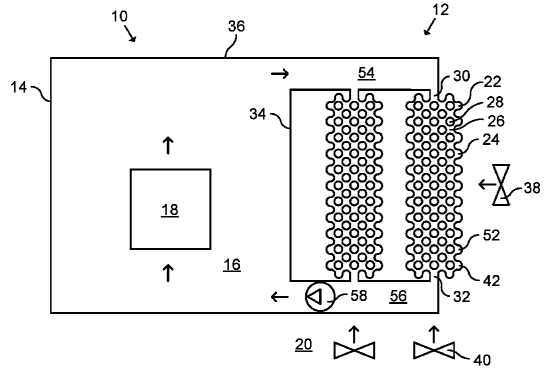


Fig. 6

【 図 7 】

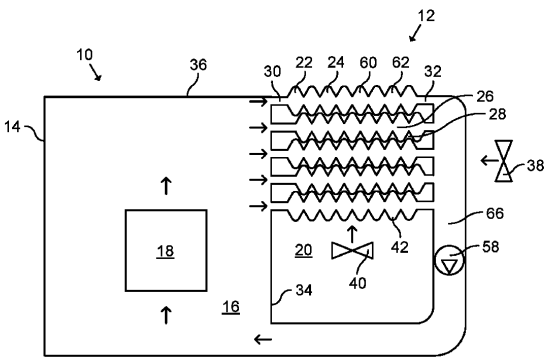


Fig. 7

【 図 8 】

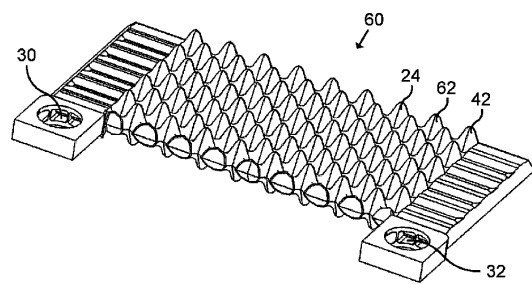


Fig. 8

10

20

30

40

50

【 図 9 】

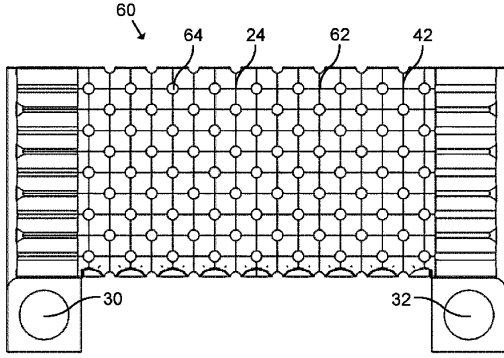


Fig. 9

【 図 1 0 】

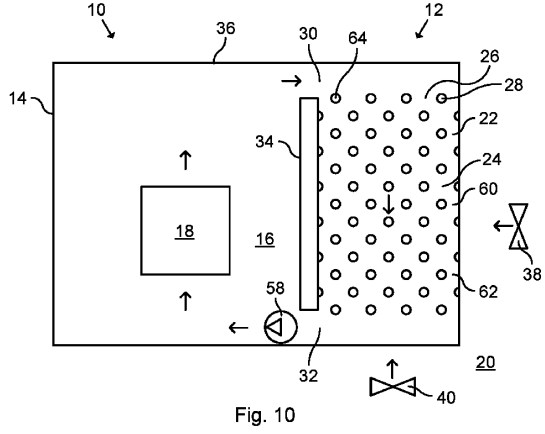


Fig. 10

【 図 1 1 】

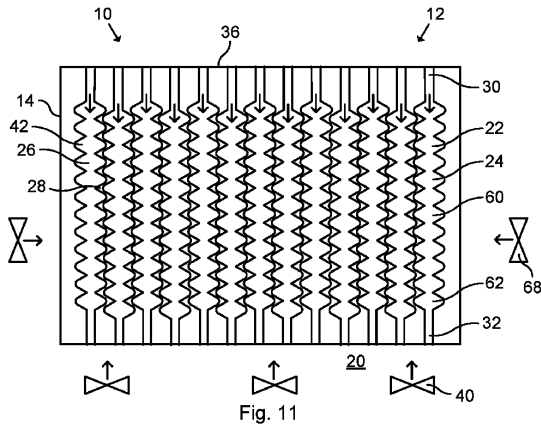


Fig. 11

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 ベル・フィディラ, レバイ
スウェーデン、7 2 4 7 6 ベステルオース、シナルスベーゲン、5
- (72)発明者 トーレンス, フレデリック
スウェーデン、4 3 1 6 3 メンダール、カルコンガタン、1 2
- (72)発明者 サンド, ウルフ
スウェーデン、7 2 4 6 3 ベステルオース、アスガタン、6・ツェー
- (72)発明者 マレクサイーディ, サイド
カナダ、エヌ・2・ブイ 2・エム・5 オンタリオ州、ウォータールー、コロンビア・フォレスト
・ブルバード、7 0 3

審査官 磯部 賢

- (56)参考文献 特表2 0 0 3 - 5 2 4 8 9 3 (J P , A)
米国特許出願公開第2 0 2 0 / 0 0 3 3 0 7 0 (U S , A 1)
特開平0 5 - 0 6 7 8 9 0 (J P , A)
米国特許出願公開第2 0 1 3 / 0 0 5 8 0 4 2 (U S , A 1)
米国特許出願公開第2 0 1 8 / 0 2 7 0 9 8 7 (U S , A 1)
米国特許出願公開第2 0 1 8 / 0 1 8 7 9 8 4 (U S , A 1)

- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- | | | | |
|---------|-----------|---|-------------|
| F 2 8 D | 1 / 0 0 | - | 2 1 / 0 0 |
| F 2 8 F | 1 / 0 0 | - | 9 9 / 0 0 |
| H 0 5 K | 7 / 2 0 | | |
| H 0 1 L | 2 3 / 3 4 | - | 2 3 / 4 7 3 |