

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6799014号
(P6799014)

(45) 発行日 令和2年12月9日 (2020. 12. 9)

(24) 登録日 令和2年11月24日 (2020. 11. 24)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/683 (2006. 01)	HO 1 L 21/68 R
HO 1 L 21/3065 (2006. 01)	HO 1 L 21/302 I O I G
HO 1 L 21/205 (2006. 01)	HO 1 L 21/205

請求項の数 16 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2017-563014 (P2017-563014)
(86) (22) 出願日	平成28年6月6日 (2016. 6. 6)
(65) 公表番号	特表2018-519661 (P2018-519661A)
(43) 公表日	平成30年7月19日 (2018. 7. 19)
(86) 国際出願番号	PCT/US2016/035970
(87) 国際公開番号	W02016/197083
(87) 国際公開日	平成28年12月8日 (2016. 12. 8)
審査請求日	令和1年5月29日 (2019. 5. 29)
(31) 優先権主張番号	62/171, 539
(32) 優先日	平成27年6月5日 (2015. 6. 5)
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)

(73) 特許権者	514212892
	ワトロウ エレクトリック マニユファク チャリング カンパニー アメリカ合衆国 63146 ミズーリ州 、セントルイス、ラックランド ロード 12001
(74) 代理人	100147485
	弁理士 杉村 憲司
(74) 代理人	230118913
	弁護士 杉村 光嗣
(74) 代理人	100169823
	弁理士 吉澤 雄郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高熱伝導率ウェハー支持ペDESTAL装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

静電チャック用の支持ペDESTAL装置であって、
内部キャビティを規定するベース筐体と、
前記ベース筐体の前記内部キャビティに近接して配置されたベース挿入体と、
前記内部キャビティ内に配置された少なくとも1つの流体経路とを具え、
前記流体経路は、
対応する複数の平行線状の冷却フィンによって分離された複数の平行線状の冷却流路と、

流体供給流路と、
流体戻り流路とを規定し、

前記流体供給流路が、前記支持ペDESTAL装置の中心部分から半径方向に、前記支持ペDESTAL装置の周囲の一部分に向かって延び、これにより、冷却流体が、前記流体供給流路を通り、次に前記流体経路の外周の周りに両円周方向に流れて前記複数の平行線状の冷却流路内へ流入して当該冷却流路を通り、前記流体戻り流路を通過して戻ることによって、前記流体経路を通過して流れて前記支持ペDESTAL装置を冷却することができる、支持ペDESTAL装置。

【請求項 2】

前記平行線状の冷却フィンが前記ベース挿入体の一部分である、請求項 1 に記載の支持ペDESTAL装置。

【請求項 3】

前記平行線状の冷却フィンが前記ベース筐体の一部分である、請求項 1 に記載の支持ペデスタル装置。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの流体経路が第 1 流体経路及び第 2 流体経路を含み、該第 1 流体経路が前記ベース挿入体内に形成され、該第 2 流体経路が前記ベース筐体内に形成され、前記第 1 流体経路及び前記第 2 流体経路の各々が、前記対応する複数の平行線状の冷却フィンによって分離された前記複数の平行線状の冷却流路、前記流体供給流路、及び前記流体戻り流路を規定し、前記第 1 流体経路及び前記第 2 流体経路の前記対応する複数の平行線状の冷却フィンが前記ベース筐体及び前記ベース挿入体の一部分である、請求項 1 に記載

10

【請求項 5】

前記ベース筐体と前記ベース挿入体とが別個の構成要素である、請求項 1 に記載の支持ペデスタル装置。

【請求項 6】

前記ベース筐体及び前記ベース挿入体を通して延びる複数の電極フィードスルーをさらに具えている、請求項 1 に記載の支持ペデスタル装置。

【請求項 7】

前記ベース筐体内または前記ベース挿入体内のいずれかに形成された凹部に配置された複数のスペーサをさらに具え、前記電極フィードスルーが前記スペーサを通して延びる、請求項 6 に記載の支持ペデスタル装置。

20

【請求項 8】

前記流体供給流路が前記冷却流路に平行な方向に延びる、請求項 1 に記載の支持ペデスタル装置。

【請求項 9】

前記流体戻り流路が、前記支持ペデスタル装置の前記周囲の他の部分から前記中心部分まで半径方向に延び、これにより、前記複数の平行線状の冷却流路を通った前記冷却流体が、次に前記流体経路の外周の周りに両円周方向に流れて前記流体戻り流路内へ流入する、請求項 1 に記載の支持ペデスタル装置。

【請求項 10】

30

流体入口及び流体出口が、前記支持ペデスタル装置の周囲領域の周りに形成されている、請求項 1 に記載の支持ペデスタル装置。

【請求項 11】

前記ベース挿入体が、前記ベース筐体の前記内部キャビティの内側面に接する外側面を規定する下部半径方向フランジを具えている、請求項 1 に記載の支持ペデスタル装置。

【請求項 12】

前記複数の冷却流路が同一の断面積を規定する、請求項 1 に記載の支持ペデスタル装置。

【請求項 13】

前記冷却流路が約 10 : 1 のアスペクト比を規定する、請求項 12 に記載の支持ペデスタル装置。

40

【請求項 14】

前記支持ペデスタル装置が、0.000171 /W以下の熱抵抗を規定する、請求項 1 に記載の支持ペデスタル装置。

【請求項 15】

前記ベース筐体と前記ベース挿入体との接触面が平面である、請求項 1 に記載の支持ペデスタル装置。

【請求項 16】

前記平行線状の冷却フィンが、前記支持ペデスタル装置全体にわたって異なる熱伝導率のゾーンを提供するような間隔及び幾何学的形状を規定する、請求項 1 に記載の支持ペデ

50

スタル装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体製造ツール内のウェハー支持装置に関するものであり、特にウェハー支持装置のウェハー支持ペデスタルに関するものである。

【背景技術】

【0002】

本節の記述は、本発明に関係する背景情報を提供するに過ぎず、従来技術を構成しないことがある。

【0003】

静電チャック（ESC：electrostatic chuck）は、プラズマエッチャ（プラズマエッチング装置）及びプラズマ堆積ツールのような半導体製造ツール内で使用されるウェハー支持装置である。特に、ESCは、圧力制御型処理チャンバ内で半導体を保持することができる。ウェハー、ESC、及びプロセスチャンバは、プロセスの過剰なエネルギーがESCアセンブリのような構成要素を通して除去される熱力学系となることができる。特に、ESCアセンブリは、例えばチャックベース内の内部流路を通して循環する冷却液を用いることによって、処理中のウェハーの温度を制御し維持することができる。

【0004】

ESCアセンブリは、ESC（支持基板）、基板、ヒータ、及び冷却プレートのような種々の構成要素または層を含むことができる。これらの層は積層の形に形成することができ、隣接する層どうしは熱伝導性エラストマー接着剤で一緒に結合される。

【0005】

図1に示すように、代表的なウェハー支持装置は一般に冷却プレート1を含み、冷却プレート1は、冷却流体を循環させるための螺旋状の冷却流路を含む。螺旋状の冷却流路2は、冷却プレート1の周囲部分にある入口3、及び冷却プレート1の中心部分に隣接した出口4を含む。冷却流体は、まず冷却プレート1の周囲部分に沿って循環し、次に、次第に冷却プレート1の中心部分に向かって循環する。しかし、螺旋状の冷却経路を有する代表的なESCアセンブリでは、入口3から出口4までの流路が比較的長い。さらに、冷却流体の温度は、常に、冷却プレート1の中心部分に隣接するほど高く、周囲部分に隣接するほど低い。従って、代表的なESCアセンブリは、当該ESCアセンブリ上に支持されるウェハーに均一かつ迅速な冷却をもたらすことに欠けている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許第7178353号明細書

【特許文献2】米国特許第7415835号明細書

【特許文献3】米国特許出願公開第2010/0076611号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一形態では、半導体製造ツールの静電チャック用の支持ペデスタル装置が提供される。この支持ペデスタル装置は、内部キャビティを規定するベース筐体と、ベース筐体の内部キャビティ内に配置されたベース挿入体と、内部キャビティ内に配置された少なくとも1つの流体経路とを含む。流体経路は、対応する複数の平行線状の冷却フィンによって分離された複数の平行線状の冷却流路、流体供給流路、及び流体戻り流路を規定する。冷却流体は、流体供給通路を通過し、複数の平行線状の冷却流路を通過し、流体戻り流路を通過して戻ることによって流体経路を通して流れて、支持ペデスタル装置を冷却することができる。他の形態では、流体経路がベース挿入体と一体に形成されている。さらに他の形態では、流体経路がベース筐体内に形成されている。さらに他の形態では、第1流

10

20

30

40

50

体経路がベース挿入体内に形成され、第2流体経路がベース筐体内に形成されている。

【0008】

他の形態では、静電チャック用の支持ペDESTAL装置が、対応する複数の平行線状の冷却フィンによって分離された平行線状の冷却流路と、流体供給流路と、流体戻り流路とを含む。冷却流体は、流体供給流路を通り、複数の平行線状の冷却流路を通り、流体戻り流路を通過して戻るように流れて支持ペDESTAL装置を冷却する。

【0009】

さらに他の形態では、支持ペDESTAL装置を製造する方法が提供される。この方法は：ベース筐体及びベース挿入体を用意するステップと、複数の直線状のフィンをベース挿入体内に形成して複数の直線状の冷却流路を規定するステップであって、複数の直線状の冷却流路は一方向のみに延びて互いに流体連通するステップと；ベース挿入体をベース筐体に結合するステップとを含む。

10

【0010】

本発明の他の形態では、ウェハー支持ペDESTALの熱伝導率を向上させ熱質を低減する方法が提供される。一形態では、この方法は：冷却流体を、流体供給流路を通してウェハー支持ペDESTALの中心部分へ指向させるステップと；冷却流体を半径方向外向きに指向させるステップと；冷却流体を周囲の双方向に指向させるステップと；冷却流体を、平行線状の冷却流路を通して指向させるステップと；冷却流体を周囲の双方向に指向させるステップと；冷却流体を、流体戻り流路を通して半径方向内向きにウェハー支持ペDESTALの中心部分へ指向させるステップとを含む。他の形態では、冷却流体を指向させるための供給ポート及び戻りポートを支持ペDESTAL装置の周囲に配置することができる。

20

【0011】

本発明の追加的な態様は、部分的に以下の説明より明らかになり、部分的に以下に指摘されている。本発明の種々の態様は、個別に、あるいは互いに組み合わせて実現することができることは明らかである。また、以下の詳細な説明及び図面は、本発明の特定の好適な形態を示しているが、例示目的のみを意図しており、本発明の範囲を限定するものとして解釈すべきでない。

【0012】

本発明をより良く理解することができるために、その種々の形態を一例として挙げて、添付した図面を参照しながら以下に説明する。

30

【0013】

本明細書中に説明する図面は例示目的に過ぎず、いかなる形でも本発明の範囲を限定することを意図していない。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】従来技術のウェハー支持アセンブリの概略図である。

【図2】本発明の原理により構成した支持ペDESTAL装置の上面図である。

【図3】図2の線3-3に沿って切断した支持ペDESTAL装置の断面図であり、電極フィードスルー及びその固定部材は明瞭にするために取り除いている。

【図4】図3の支持ペDESTAL装置の細部Aの拡大図である。

40

【図5】本発明の教示により構成したベース筐体の断面図である。

【図6】本発明の原理により構成した支持ペDESTAL装置のベース挿入体の透視図である。

【図7】図6のベース挿入体の上面図である。

【図8】図7の線8-8に沿って切断したベース挿入体の断面図である。

【図9】図8のベース挿入体の細部Bの拡大図である。

【図10】本発明の原理により構成した支持ペDESTAL装置の他の上面図である。

【図11】図10の線11-11に沿って切断した支持ペDESTAL装置の断面図である。

【図12】図10の線12-12に沿って切断した支持ペDESTAL装置の断面図である。

【図13】本発明の原理による支持ペDESTAL装置を製造する方法の流れ図である。

50

【図 1 4】本発明の原理によりベース挿入体を通る凹部を形成するステップを示す図であり、図 1 4 A はベース挿入体の上面図であり、図 1 4 B はベース挿入体の断面図であり、図 1 4 C は図 1 4 B の部分 D の拡大図である。

【図 1 5】図 1 5 ~ 1 7 は、本発明の原理によりベース挿入体内に流体供給流路及び流体戻り流路を形成するステップを示す図であり、図 1 5 はベース挿入体の上面図である。

【図 1 6】図 1 5 ~ 1 7 は、本発明の原理によりベース挿入体内に流体供給流路及び流体戻り流路を形成するステップを示す図であり、図 1 6 は線 6 - 6 に沿って切断したベース挿入体の断面図である。

【図 1 7】図 1 5 ~ 1 7 は、本発明の原理によりベース挿入体内に流体供給流路及び流体戻り流路を形成するステップを示す図であり、図 1 7 は線 7 - 7 に沿って切断したベース挿入体の断面図である。

10

【図 1 8】図 1 8 A 及び 1 8 B は、本発明の原理によりベース挿入体内に複数の冷却流路を形成するための複数のフィンを形成するステップを示し、図 1 8 A はベース挿入体の上面図であり、図 1 8 B は、図 1 8 A の線 8 - 8 に沿って切断したベース挿入体の断面図である。

【図 1 9 A】図 1 9 A ~ 1 9 C は、本発明の原理によりベース挿入体の凹部に複数のフィードスルー・スペーサを固定するステップを示す図であり、図 1 9 A はベース挿入体の上面図である。

【図 1 9 B】図 1 9 A ~ 1 9 C は、本発明の原理によりベース挿入体の凹部に複数のフィードスルー・スペーサを固定するステップを示す図であり、図 1 9 B は、図 1 9 A の線 9 - 9 に沿って切断したベース挿入体の断面図である。

20

【図 1 9 C】図 1 9 A ~ 1 9 C は、本発明の原理によりベース挿入体の凹部に複数のフィードスルー・スペーサを固定するステップを示す図であり、図 1 9 C は図 1 9 B の部分 E の拡大図である。

【図 2 0】本発明の原理により、空間充填材料を、ベース挿入体の冷却流路内、流体供給流路内、及び流体戻り流路内に付加するステップを示す図である。

【図 2 1】図 2 1 A ~ 2 1 D は、本発明の原理によりベース挿入体をベース筐体に結合するステップを示す図であり、図 2 1 A はベース挿入体の上面図であり、図 2 1 B は、図 2 1 A の線 1 0 - 1 0 に沿って切断したベース挿入体の断面図であり、図 2 1 C は、図 2 1 A の線 1 1 - 1 1 に沿って切断したベース挿入体の断面図であり、図 2 1 D は、図 2 1 C の部分 F の拡大図である。

30

【図 2 2】本発明の原理による支持ペデスタル装置の熱伝導率を向上させ熱質量を低減する方法の流れ図である。

【図 2 3】本発明の教示により構成した支持ペデスタル装置の熱抵抗の改善を測定するために配置した実験用の設置を、一般的装置と比較した概略図である。

【図 2 4】熱抵抗定数を測定するための熱回路の概略図である。

【図 2 5】一般的装置の熱負荷の多数回の増加全体にわたる温度変化を示すデータを、本発明の支持ペデスタル装置と比較した表である。

【図 2 6】図 2 5 の表によって提供されるデータ点のグラフである。

【図 2 7】本発明の教示により構成した、ベース筐体内に形成された冷却フィンを有する支持ペデスタル装置の代案形態を示す図である。

40

【図 2 8】本発明の教示により構成した、ベース筐体内に形成された、ベース筐体内及びベース挿入体内の両方に形成された冷却フィンを有する支持ペデスタル装置の他の代案形態を示す図である。

【図 2 9】本発明の教示により構成したペデスタル装置の筐体及びベースのさらに他の形態の部分断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

詳細な説明

以下の説明は事実上の例示に過ぎず、本発明、あるいは本発明の用途または利用法を限

50

定することは意図していない。例えば、本発明の以下の形態は、半導体処理において使用されるチャック用の支持アセンブリ、場合によっては静電チャックに指向したものである。しかし、本明細書中に提供する支持アセンブリ及びシステムは、種々の用途に用いることができ、半導体処理用途に限定されないことは明らかである。

【0016】

図2～5に示すように、静電チャック用の支持ペDESTAL装置10は、一般に、ベース筐体12、及びベース筐体12の下に配置されたベース挿入体14を含む。ベース挿入体14は、ベース筐体12とは別個の構成要素にすることができ、あるいはベース筐体12と一体に形成することができる。支持ペDESTAL装置10は、電極フィードスルー（貫通給電線）（図示せず）を受け入れるための、ベース筐体12及びベース挿入体14の両方を通るフィードスルー・ホール（貫通孔）16を規定する。複数のフィードスルー（貫通）スパーサ20が、ベース筐体12とベース挿入体14との間に設けられて、ベース筐体12及びベース挿入体14のフィードスルー・ホール16に整列したスルーホール（貫通孔）59を規定する。支持ペDESTAL装置10は、静電チャックのようなウェハー支持装置の下に取り付けられるように構成されている。ベース筐体12は、主領域24、及び主領域24を包囲する周囲領域26を含む。主領域24は処理領域として機能する。支持ペDESTAL装置10は、ウェハー支持装置及びウェハー支持装置上のウェハーの温度を制御するための改善された冷却特徴部分を含み、これについては以下でより詳細に説明する。

【0017】

ベース筐体12は、ベース挿入体14を中に受け入れるための内部キャビティ22を規定する。主領域24はフィードスルー・ホール16を規定する。周囲領域26は複数の取り付け孔30を規定し、取り付け孔30を通してネジ（図示せず）を挿入してベース筐体12をベース挿入体14に取り付ける。主領域24は周囲領域26より一段高い。内部キャビティ22は、ベース筐体12の内側面32及び上面35によって規定される。本発明の一形態では、少なくとも1つの位置決め用凹部34が、ベース筐体12の内側面32から掘り込まれている。

【0018】

図6～9を参照すれば、ベース挿入体14は、プレート体36、プレート体36から上向きに延びる複数の直線状フィン38、及び少なくとも1つの位置決め用フランジ40を含む。2つの位置決め用フィン40を示しているが、ベース筐体12の位置決め用凹部34に合わせるための位置決め用フランジ40を1つだけ用いることができることは明らかである。プレート体36は外側面44を有し、外側面44はベース筐体12の内部キャビティ22の内側面32に接する。複数の直線状フィン38は複数の上面46を有し、ベース挿入体14をベース筐体12に結合すると、複数の上面46は内部キャビティ22の上面35に接するか近づく。複数の取り付け孔41を、ベース筐体12の取り付け孔30と位置を合わせて、ベースプレート14周囲部分に形成することができる。

【0019】

一形態では、複数の直線状フィン38が互いに平行であり、第1方向Xに第1距離D1（図9）だけ間隔をおいている。従って、「平行線状」とは、特徴部分どうしが幾何学的にほぼ平行であり、直交する方向に互いに間隔をおくか、あるいは直線状の特徴部分どうしが互いに平行に延びることを意味するものと解される。複数の直線状フィン38は、第2方向Yに延びて、隣接する直線状フィン38間に複数の直線冷却流路42を形成する。複数の直線冷却流路42は、第2方向Yに延び、対応する複数の直線状冷却フィン38によって分離される。少なくとも4つの直線状フィンは、第1距離D1よりも大きい第2距離D2だけ間隔をおいて、流体供給流路50及び流体戻り流路52を規定する。

【0020】

ベース挿入体14は複数の凹部54をさらに規定し、複数の凹部54は同じサイズにも異なるサイズにもすることができる。凹部54の少なくとも1つは、流体供給流路50内に形成されて入口55を規定する。凹部54の少なくとも1つは、流体戻り流路52内に形成されて出口56を規定する。図7には、1つの凹部54が流体供給流路50内に形成

10

20

30

40

50

されて入口 5 5 を形成し、2 つの凹部 5 4 が流体戻り流路 5 2 内に形成されて出口 5 6 を形成して、循環した冷却流体がペDESTAL 支持装置 1 0 から出ることを促進することが示されている。他の形態では、本発明の範囲内に留まりつつ、入口 5 5 及び出口 5 6 を、周囲領域 2 6 の周りに形成するか、あるいは挿入体 1 4 全体中の他の位置に形成することができる。

【0021】

図 9 を参照すれば、一形態では、複数の流路 4 2 が同一の長方形の断面積を規定する。本発明の一形態では、直線状フィン 3 8 の高さ L が、隣接するフィン 3 8 間の距離 $D1$ よりも大きく、これにより冷却流路 4 2 の各々が約 $10:1$ のアスペクト比 ($L:D1$) を有する。フィン 3 8 及び冷却流路 4 2 の数及びサイズは、用途における冷却の要求に応じて変化させることができ、従って、本明細書中に例示する種々の形態は本発明の範囲を限定するものとして解釈するべきでないことは明らかである。例えば、フィン 3 8 の方向 / 配向は、これらのフィンが必ずしも互いに平行でないようにすることができ、そして隣接するフィン 3 8 に対して異なる角度にすることができる。これに加えて、フィン 3 8 の間隔及び幾何学的形状は、支持ペDESTAL 装置 1 0 の全体にわたって異なる熱伝導率のゾーンを提供するように設定することができる。さらに、フィン 3 8 は一定でない断面積を有することができ、あるいは、本明細書に例示する長方形の形状以外に形状を代えることができる。こうした変形例は本発明の範囲内に入るものとして解釈するべきである。

【0022】

流体供給流路 5 0、流体戻り流路 5 2、及び冷却流路 4 2 が合同で、冷却流体が支持ペDESTAL 装置 1 0 の内部を流れることを可能にするための流路を規定する。冷却流路 4 2 及び流体供給流路 5 0 及び流体戻り流路 5 2 は、支持ペDESTAL 装置 1 0 の内部にある。冷却流体は普遍的な冷媒源から到来することができ、こうした冷媒源は、ウェハー処理システム (図示せず) 内の他のツール及びチャンバにも冷却流体を供給する。冷却流体を水または流体の相変化媒体として、熱伝達効率及び冷却効率、及び応答性を改善することができる。

【0023】

より具体的には、流体供給流路 5 0 はベース挿入体 1 4 の中心部分 C から半径方向に延びる。流体は入口 5 5 を通って流体供給流路 5 0 に入り、流体戻り流路 5 2 内を半径方向外向きに指向され、ベース挿入体 1 4 の周囲に沿って流体戻り流路 5 2 から離れるように両円周方向に (即ち、反対向きの円周方向 A 及び B に) 指向される。冷却流体が流体供給流路 5 0 から離れるように両円周方向に指向される間に、冷却流体の一部は直線冷却流路 4 2 に入って第 2 方向 Y に流れる。直径上に互いに対向する位置決め用フランジ 4 0 に流体が到達した後に、流体は両円周方向に流体戻り流路 5 2 に向けて指向される。流体供給流路 5 0 から両円周方向に流れる流体の 2 本の流れと、複数の直線冷却流路 4 2 を通って流れる複数本の流れとは流体戻り流路 5 2 で合流し、そして流体戻り流路 5 2 内を半径方向内向きにベース挿入体 1 4 の中心部分 C に向けて指向されて、出口 5 6 を通って支持ペDESTAL 装置 1 0 を出る。

【0024】

本発明は、種々の支持ペDESTAL 装置及び動作の方法を、熱管理及び冷却を改善して提供して、特に静電チャック用に、処理面におけるより均一な温度条件を維持する。一般に、本明細書中に例示する内部の流れの構成に加えて、流体の流量を増加させることは、入口から出口までの冷却流体の温度上昇の低減を可能にする。増加した流量は、冷却フィンの存在により生じる圧力損失に対応することができる。支持ペDESTAL 装置 1 0 は、表面積を増加させた一般的なウェハー支持装置に比べて増加した対流を可能にする。本発明の一形態では、支持ペDESTAL 装置 1 0 のフィン 3 8 間の溝は、例えば機械的操作による材料の除去によって形成される。このことは、熱質量が低減されたより応答性の良い熱負荷を可能にする。本明細書中に例示する幾何学的形状、及び流体の流量の増加により、背圧を低減しつつ流路インピーダンスも低減される。

【0025】

図10～12を参照すれば、ベース筐体12は、ベース挿入体14のプレート体36の外側面44とベース筐体12の内側面との接触面に沿って、及び直線状フィン38の上面46とベース筐体12の内部キャビティ22の上面35との接触面に沿って、ベース挿入体14にろう付けすることができ、これについては以下で図21A～21Dに関連してより詳細に説明する。

【0026】

複数の電極フィードスルー（図示せず）を取り付けるための複数のフィードスルー・スペーサ20が凹部54内に配置されている。フィードスルー・スペーサ20はアルミニウム材料製であり、ネジ58によってベース挿入体14のベースプレート36に取り付けられている。フィードスルー・スペーサ20は、各々が（図3及び4に示す）スルーホール59を含むことができ、スルーホール59は、支持ペダスタル装置10内に形成されたフィードスルー・ホール16と同軸に整列して、電極フィードスルー（図示せず）を挿入することができる。換言すれば、フィードスルー・スペーサ20の各々は、電極フィードスルーを受け入れるためのスルーホール59、及びネジ58を受け入れるためのネジ穴を規定する。

10

【0027】

図13を参照すれば、支持ペダスタル装置10を製造する方法100が、ステップ102における、内部キャビティ22を規定するベース筐体12、及び一段高い主体部分43と周囲部分45を含むベース挿入体14を用意することから始まる。ベース筐体12及びベース挿入体14は、インベストメント（焼き流し）鋳造または積層造形によって一体に形成することができる。ベース挿入体14の周囲部分45は、一段高い主体部分43を包囲する。

20

【0028】

次に、図14A～14Cも参照すれば、一形態では、ステップ104において、ベース挿入体14を機械加工して複数の凹部54を形成する。凹部54は、ベース挿入体14の主体部分43を通して延びて、互いに等しいサイズにすることもサイズを変化させることもできる。

【0029】

次に、ステップ106では、ベース挿入体14を機械加工して、流体供給流路50及び流体戻り流路52を形成する。図15～17に示すように、流体供給流路50及び流体戻り流路52は、ベース挿入体14の中心部分Cに隣接して形成された2つの直線状スロットの形態であり、これらのスロットは第1方向X（即ち、半径方向）に沿って互いにオフセットし（ずれ）、第2方向Yに沿って延びる。流体供給流路50と流体戻り流路52とは互いに平行であり、凹部54の少なくとも1つにより流体連通する。流体供給流路50内及び流体戻り流路52内の凹部54は、流路のそれぞれ入口55及び出口56として機能する。随意的に、一段高い主体部分24を機械加工して周囲部分45を拡大し、これにより一対の半径方向のフランジ40が、ベース挿入体14の直径上に第1方向Xに沿って形成される。図14Aには示していないが、（図9Aに示す）取り付け孔41を周囲部分45内に形成することができることは明らかである。

30

【0030】

次に、図18A及び18Bに示すように、ステップ108では、ベース挿入体14の一段高い主体部分43を機械加工して、流体供給流路50及び流体戻り流路52に平行な直線状フィン38を形成する。直線状フィン38は互いに平行であり、第2方向Yに沿って延び、第1方向Xに沿った所定距離だけ間隔をおいている。このため、複数の冷却流路42が、隣接する直線状フィン38間に規定されて、直線状フィン38によって分離される。

40

【0031】

図19A～19Cに示すように、ステップ110では、複数のフィードスルー・スペーサ20を凹部54内に配置してベース挿入体14に固定する。複数のフィードスルー・スペーサ20は、複数の凹部54に対応し、ネジ58によってベース挿入体14に固定する

50

ことができる。フィードスルー・スペーサ 20 は、ネジ 58 を挿入されるネジ穴を含む。フィードスルー・スペーサ 20 は、支持ペDESTAL 装置 10 のスルーホール 16 と整列した（図 3 及び 4 に示す）、電極フィードスルーを通すことを可能にするためのスルーホール 59 も規定する。フィードスルー・スペーサ 20 は、電極フィードスルーを保護するようにも機能し、冷却流体が電極フィードスルーに接触することを防止する。

【0032】

次に、ステップ 112 では、空間充填材料 60 を、冷却流路 42 内、流体供給流路 50 内、及び流体戻り流路 52 内に充填し、これに続くステップ 114 では、直線状フィン 38 の上面 46 を機械研磨する。図 20 に示すように、空間充填材料 60 は、冷却流路 42、流体供給流路 50、流体戻り流路 52、及び凹部 54 内のフィードスルー・スペーサ 20 が占めていない部分を含むあらゆる開放空間内に充填される。空間充填材料 60 は、その後の機械研磨ステップにおいて発生する塵埃及び残留物がベース挿入体 14 内の開放空間に入ることを防止する。空間充填材料 60 は、パラフィンワックスのような犠牲充填材料とすることができる。この目的に適した他のあらゆる材料を用いることができる。空間充填材料 60 は、後に、とりわけベース挿入体 14 をベース筐体 12 に結合した後に、熱的または機械的手段によって除去することができる。機械研磨のステップは、直線状フィン 38 の上面 46 の平面性を保証して、直線状フィン 38 の上面 46 がベース筐体 12 の内部キャビティ 22 の上面 35 に結合される改善された結合を保証する。

【0033】

最後に、ステップ 116 では、フィードスルー・スペーサ 20 付きのベース挿入体 14 を、ベース筐体 12 とベース挿入体 14 との接触面に沿ってベース筐体 12 に結合する。図 21A ~ 21D に示すように、ベース挿入体 14 をベース筐体 12 の内部キャビティ 22 内に挿入し、ベース挿入体 14 のプレート体 36 がベース筐体 12 の内部キャビティ 22 の内側面 32 に接して、これらの間に第 1 接触面 61 を規定し、直線状フィン 38 の上面 46 がベース筐体 12 の内部キャビティ 22 の上面 35 に接して、これらの間に第 2 接触面 63 を規定する（図 21B ~ 21D に示す）。ベース筐体 12 は、第 1 及び第 2 接触面 61 及び 63 に沿ってベース挿入体 14 にろう付けすることができる。上記結合は、複数の直線状フィン 38 の上面 46 上、及びベース挿入体 14 のプレート体 36 の外側面 44 上にろう付け材を配置し、加熱し、そして硬化させることによって実現することができる。

【0034】

図 22 を参照すれば、支持ペDESTAL 装置 10 の熱伝導率を向上させ熱質量を低減する方法 120 が、ステップ 122 における、冷却流体を、支持ペDESTAL 装置 10 の中心部分に隣接した入口 55 を通して流体供給流路 50 に指向させることから始まる。次に、ステップ 124 では、冷却流体を、流体供給流路 50 内の半径方向外向きに指向させる。次に、ステップ 126 では、冷却流体を、流体供給流路 50 から離れるように両円周方向に指向させ、これに続くステップ 128 では、冷却流体を、互いに平行な複数の直線冷却流路 42 を通るように指向させる。ステップ 130 では、冷却流体を、流体戻り流路 52 に向けて両円周方向に指向させ続ける。次に、ステップ 132 では、冷却流体を、流体戻り流路 52 内の半径方向内向きに、支持ペDESTAL 装置 10 の中心部分 C へ指向させる。最後に、冷却流体を、出口 56 を通って支持ペDESTAL 装置 10 から離れるように指向させる。冷却流体は水とすることができ、あるいは流体相変化媒体を含んで、熱伝達効率及び冷却効率、及び応答性を改善することができる。本発明の範囲から逸脱することなしに、あらゆる冷却流体を使用することができる。

【0035】

図 23 ~ 図 26 を参照すれば、本発明の支持ペDESTAL 装置に関連する熱消散（熱散逸）の利点を測定するための実験を実行した。支持ペDESTAL 装置 10 を配置して、熱負荷 Q1 に晒した。図示するように一対の熱電対 TC₁ 及び TC₂ を配置して、チラー（冷却装置）220 によって供給される冷却流体の温度増加を測定した。TC₁ は、図示するように流体供給流路 50 の入口の前に配置した。流量計 230 も、冷却流体を供給するチラー

10

20

30

40

50

220と供給流路50との間に配置した。流体が装置10を通過して直線状フィン38によって形成される流路42内に入る間に、流体は熱負荷 Q_1 から熱を吸収する。加熱された流体は戻り流路52を通過してチラー220に戻り、戻り流路52には他方の熱電対 TC_2 が配置されている。熱電対 TC_1 及び TC_2 の両者を、流量計230と共にデータ収集装置210に結合して、温度情報を収集して、改善された性能を測定した。一般的なペDESTAL装置を用いて同様な試験を実行し、これにより比較を行うことができる。

【0036】

図24に示す熱回路は、熱流量 Q を知って装置10全体にわたる温度降下を測定することによって熱抵抗定数 R を測定することができる方法を例示する。図25の表及び図26のグラフは、本発明による冷却フィンを持つ装置10と一般的なペDESTAL装置との比較を示す。装置の温度変化を異なる熱負荷流量 Q にわたって測定して、装置の種類毎に R の値を計算することができる。この実験によれば、一般的なペDESTAL装置は 0.000520 /Wの熱抵抗を示したのに対し、本発明による冷却フィンを持つ改良形のペDESTAL装置は 0.000171 /Wの熱抵抗を生み出した。従って、30%の熱伝達の増加が、本発明によるペDESTAL装置10を用いて得られた。

【0037】

図27～28を参照すれば、本発明によるペDESTAL支持装置の追加的な形態が示され、これらは、挿入体の代わりに筐体内にフィンが形成され(図27)、あるいは筐体内及び挿入体内の両方にフィンが形成されている。図27では、代案の支持ペDESTAL装置300が、ベース挿入体314を受けるためのベース筐体312を含む。ベース挿入体314は内部キャビティ322を規定する。ベース筐体312は、冷却流路342を形成する直線状フィン338を、(前に図示した)供給流路及び戻り流路と共に含む。冷却流路342は、ベース筐体312の上方にある処理面の熱管理用の冷却流体を受け入れるように構成されている。フィン338が、筐体312内、及び上述したようにろう付けされた接触面内に形成されていることにより、ろう付けされた接触面は筐体の上面からさらに離れるように移動し(即ち、フィン338の底部に向けて移動し、フィン338は底部で挿入体314の内側に合し)、これにより熱抵抗の潜在的発生源を移動させる。

【0038】

さらに他の形態では、図28に示すように、支持ペDESTAL装置400が示されている。この変形例では、冷却流路442を形成する冷却フィン438を有するベース筐体412が提供される。ベース筐体412はベース挿入体414を受けるように構成されている。ベース挿入体414Aも、流路442Aを形成する冷却フィン438Aを含む。ベース筐体412と組み合わせると、冷却フィン438及び438Aは、前述したように冷却流体が装置400を通過することを可能にするための冷却流路442及び442Aを形成する。

【0039】

図29を参照すれば、ベース筐体及びベース挿入体の他の形態が支持ペDESTAL装置500として例示されている。支持ペDESTAL装置500は、前述したようにフィン538を有するベース筐体502を含むが、ベース挿入体504はフィンを含まない。一形態では、ベース筐体502がろう付け線510に沿ってベース挿入体504にろう付けされ、このことは、前述したように熱抵抗の潜在的発生源を筐体502の最上部から離れるように移動させる。「挿入体」とは、前に例示したようにベースが必然的にベース筐体のキャビティ内に挿入されなければならないことを意味するものとして解釈するべきでなく、図29に示すように平面の接触面を有する構成を含むことができることは明らかである。従って、本発明の範囲内に留まりつつ、筐体及びベースは平面にすることができ、さもなければ互いに同一平面をなすことができ、または一方を他方の内部に挿入することができ、あるいはこれら2つの構成要素と一緒に固定するためのロック特徴部分を有することができる。

【0040】

さらに他の形態では、二相流体を供給して冷却流路を通して流し、二相流体が追加的な

10

20

30

40

50

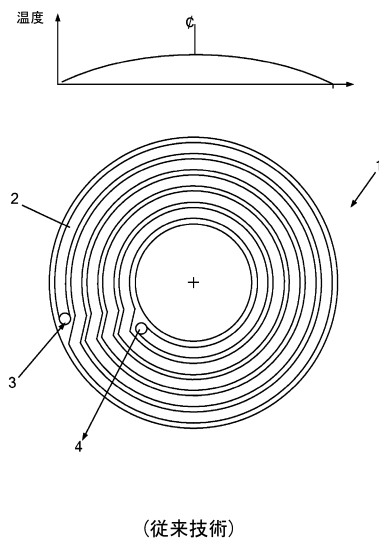
加熱または熱伝導性を本発明の支持ペデスタル装置にもたらしように二相流体の圧力を制御する。こうしたシステムは、例えば米国特許第 7 1 7 8 3 5 3 号明細書（特許文献 1）及び米国特許第 7 4 1 5 8 3 5 号明細書（特許文献 2）、及び米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 0 7 6 6 1 1 号明細書（特許文献 3）にも、より詳細に記載され、それらの内容は全文を参照することによって本明細書に含める。一般に、これらのシステムでは、加圧冷媒を凝縮液として、及び気体状態としても供給する。凝縮液は膨張して蒸気混合物になり、気体冷媒が加わって、その圧力によって決まる目標温度に達する。従って、温度補正は気体の圧力調整によって非常に迅速に行うことができる。

【 0 0 4 1 】

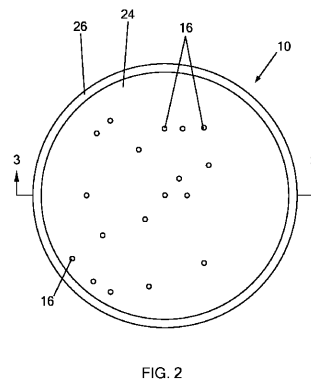
なお、本発明は、例として説明し図示した実施形態に限定されない。多種多様な変更を説明しており、それより多数が当業者の知識の一部である。本発明及び本願の保護の範囲から出ることなしに、これら及び他の変更、並びに技術的等価物による置換を、説明及び図面に追加することができる。

10

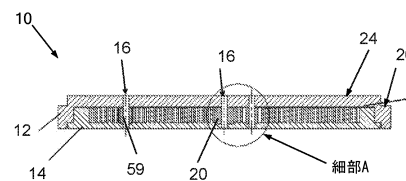
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



【図 4】

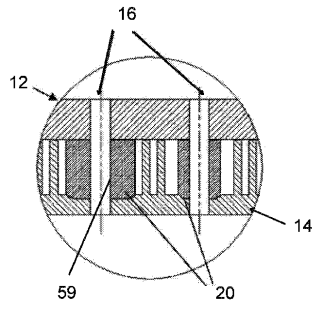


FIG. 4

【図 6】

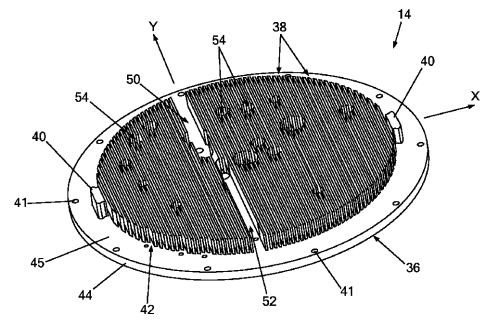


FIG. 6

【図 5】

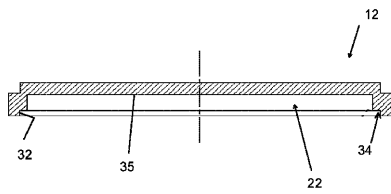


FIG. 5

【図 7】

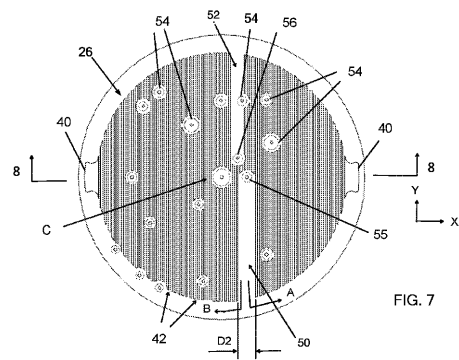
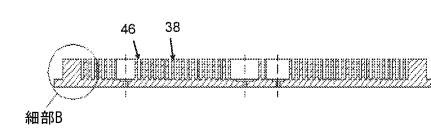


FIG. 7

【図 8】



【図 11】

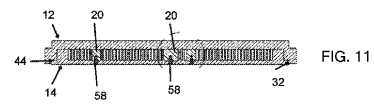
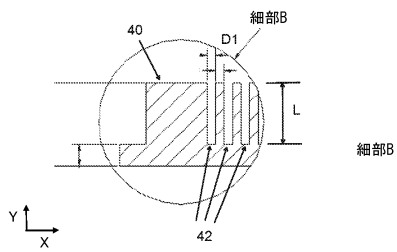


FIG. 11

【図 9】



【図 10】

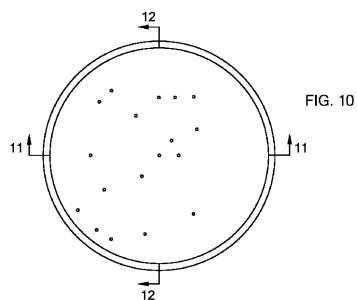
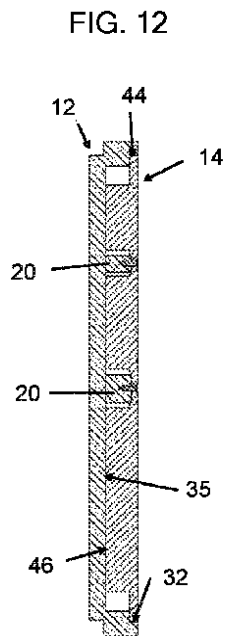
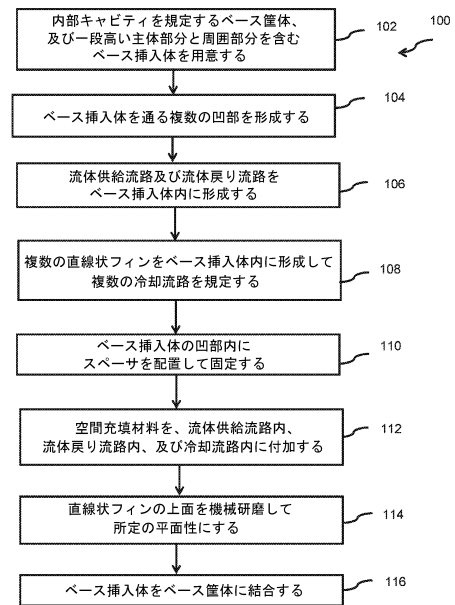


FIG. 10

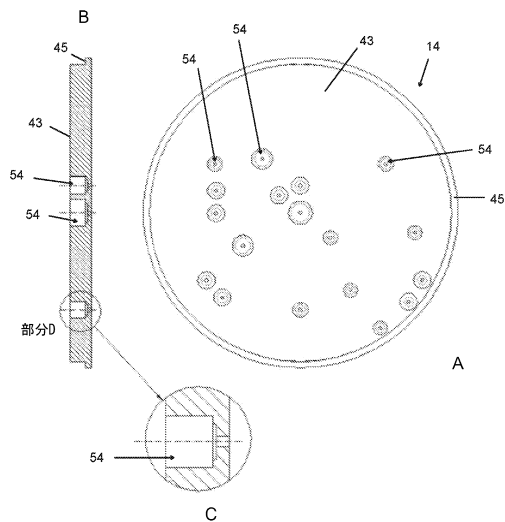
【図 12】



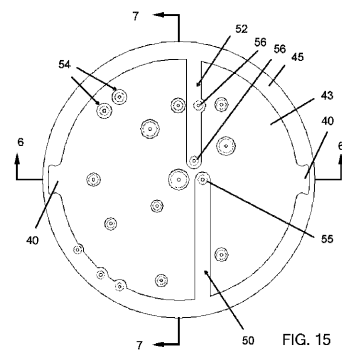
【図 13】



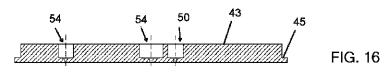
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【図 17】

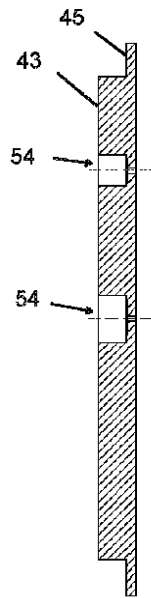


FIG. 17

【図 18 A】

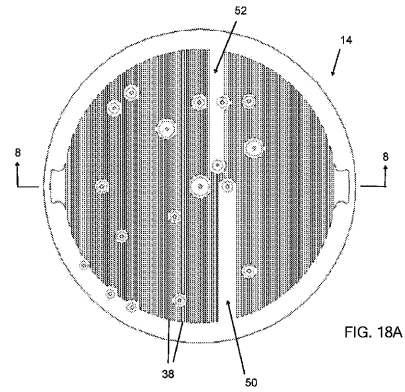


FIG. 18A

【図 18 B】

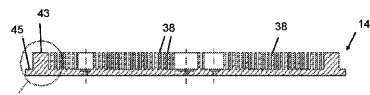


FIG. 18B

【図 19 A】

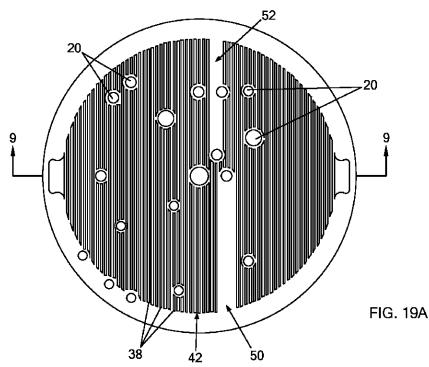


FIG. 19A

【図 19 C】

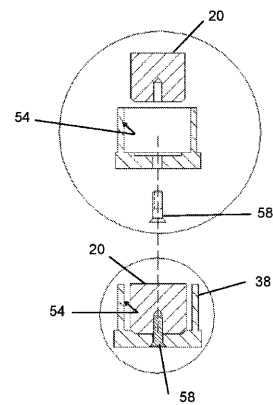
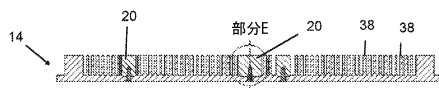


FIG. 19C

【図 19 B】



【図 20】

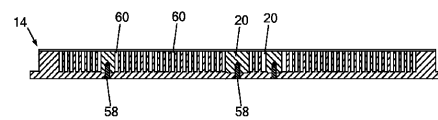
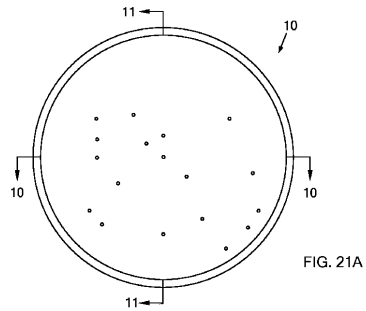
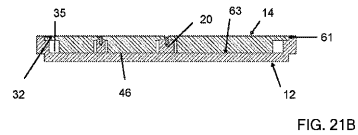


FIG. 20

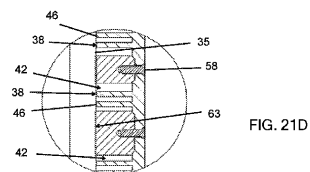
【図 2 1 A】



【図 2 1 B】

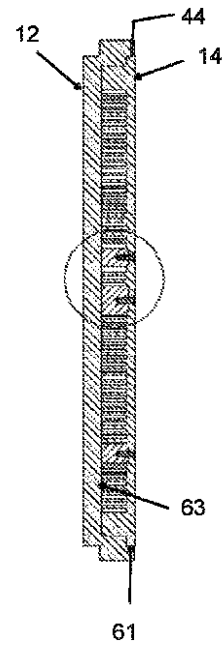


【図 2 1 D】

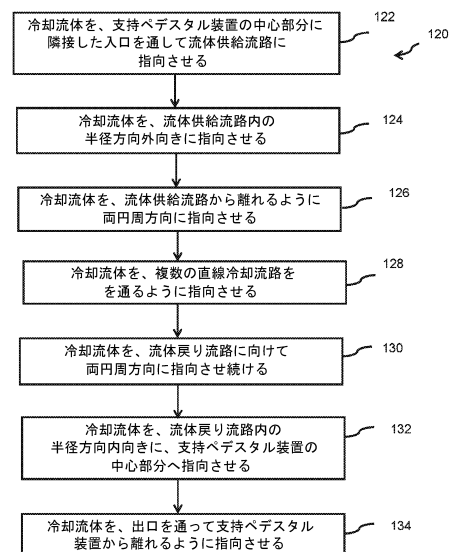


【図 2 1 C】

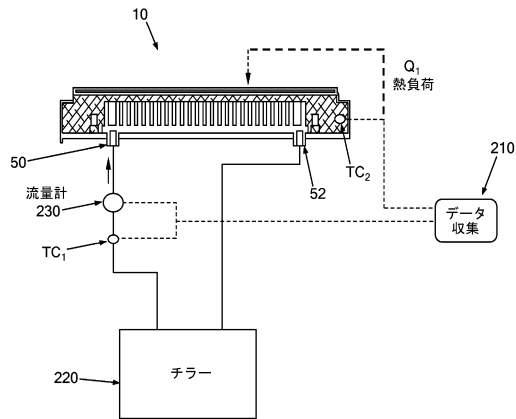
FIG. 21C



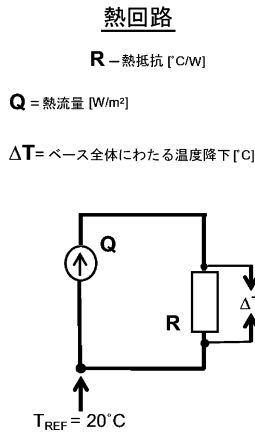
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】

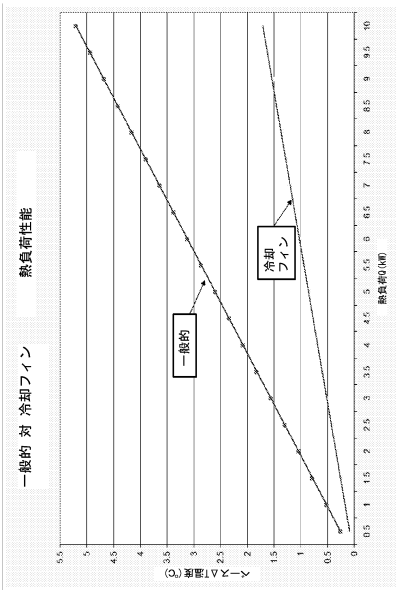


【図 2 5】

$\Delta T = Q \times R$ [°C]

Q (ワット)	一般的 ΔT (°C)	冷却フィン ΔT (°C)
500	0.26	0.0855
1000	0.52	0.171
1500	0.78	0.2565
2000	1.04	0.342
2500	1.3	0.4275
3000	1.56	0.513
3500	1.82	0.5985
4000	2.08	0.684
4500	2.34	0.7695
5000	2.6	0.855
5500	2.86	0.9405
6000	3.12	1.026
6500	3.38	1.1115
7000	3.64	1.197
7500	3.9	1.2825
8000	4.16	1.368
8500	4.42	1.4535
9000	4.68	1.539
9500	4.94	1.6245
10000	5.2	1.71

【図 2 6】



【 図 27 】

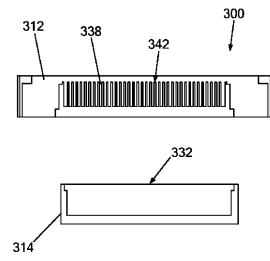


FIG. 27

【 図 29 】

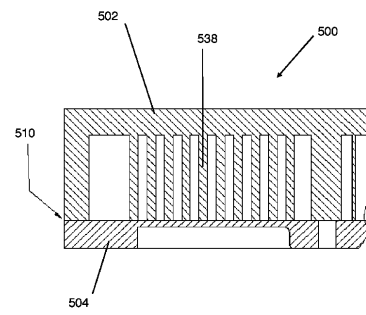


FIG. 29

【 図 28 】

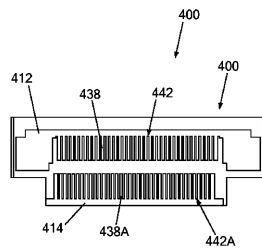


FIG. 28

フロントページの続き

- (72)発明者 ボリス アトラス
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 2 サンノゼ ロイヤル オーク コート 6 2 4
7
- (72)発明者 モハマド ノスラティ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 6 5 レッドウッドシティ カヌーコート 4 0 7
- (72)発明者 ケビン アール スミス
アメリカ合衆国 ミズーリ州 6 5 2 0 3 コロンビア カスケーズ・ドライブ 6 5 0 3
- (72)発明者 ケン エイムズ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 2 3 サンノゼ ロス・ハエコス・ドライブ 7 0 1
- (72)発明者 ケビン プタシエンスキ
アメリカ合衆国 ミズーリ州 6 3 3 6 8 オファロン アイリッシュ・ハウンド・ドライブ 2
2 0

審査官 宮久保 博幸

- (56)参考文献 特開2005-079539(JP,A)
特開2011-176275(JP,A)
特開2003-257943(JP,A)
特開2014-011313(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/683
H01L 21/205
H01L 21/3065