

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 8 月 6 日(06.08.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/115258 A1

- (51) 国際特許分類:
F28D 21/00 (2006.01) F28F 21/04 (2006.01)
C04B 38/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/051449
- (22) 国際出願日: 2015 年 1 月 21 日(21.01.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-013446 2014 年 1 月 28 日(28.01.2014) JP
- (71) 出願人: イビデン株式会社 (IBIDEN CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒5038604 岐阜県大垣市神田町 2 丁目 1
番地 Gifu (JP).
- (72) 発明者: 大石 真(OISHI Shin); 〒5010695 岐阜県
揖斐郡揖斐川町北方 1-1 イビデン株式会社大
垣北事業場内 Gifu (JP). 高木 俊(TAKAGI
Takashi); 〒5010695 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1
-1 イビデン株式会社大垣北事業場内 Gifu (JP).
古賀 祥啓(KOGA Yoshihiro); 〒5010695 岐阜県揖
斐郡揖斐川町北方 1-1 イビデン株式会社大垣
北事業場内 Gifu (JP). 久保 修一(KUBO Syuichi);
〒5010695 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1-1 イ
ビデン株式会社大垣北事業場内 Gifu (JP).

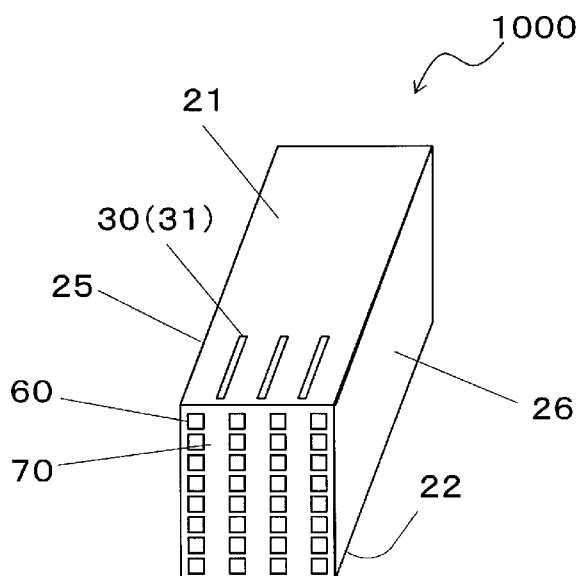
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: HEAT EXCHANGER

(54) 発明の名称: 熱交換器



(57) Abstract: A heat exchanger comprising a ceramic honeycomb structure having at least a first end surface, a second end surface, a first side wall, and a second side wall, and having multiple flow paths portioned by inner walls and extending from the first end surface to the second end surface, with heat being exchanged between first spaces and second spaces existing in the interior of the honeycomb structure. In addition, the honeycomb structure has connecting holes comprising a first aperture, which is formed in the first side wall or the second side wall, and a second aperture, which is formed in multiple inner walls opposing the first aperture, and connects multiple flow paths. The flow paths having a first aperture or a second aperture have a sealed part on the first end surface and the second end surface respectively, and the flow paths having a first aperture or a second aperture are connected by the connecting holes, thereby forming the first space, and the flow paths not having the first aperture and the second aperture form the second spaces, which extend from the first end surface to the second end surface. The first spaces and the second spaces are partitioned from each other by the inner walls. The connecting holes are not formed in the outermost flow path, of the multiple flow paths facing the first side wall or the second side wall.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/115258 A1



少なくとも第1端面と第2端面と第1側壁と第2側壁とを有し、内壁によって仕切られ第1端面から第2端面に延びる複数の流路を有するセラミック製のハニカム構造体からなり、当該ハニカム構造体の内部に有する第1の空間と第2の空間との間で熱交換をする熱交換器において、第1側壁または第2側壁に形成された第1の開口と、第1の開口に対向する複数の内壁に形成され複数の流路を接続する第2の開口と、からなる接続孔を有し、第1または第2の開口を有する流路は第1端面および第2端面にそれぞれ封止部を有し、第1または第2の開口を有する流路は接続孔で接続されることにより第1の空間を構成するとともに第1の開口および第2の開口のない流路は、第1端面から第2端面に延びる第2の空間を構成し、第1の空間と、第2の空間は内壁で互いに隔離されている。接続孔は、第1側壁または第2側壁が面する複数の流路のうち、最も外側の流路には形成されていない。

明 細 書

発明の名称 : 熱交換器

技術分野

[0001] 本発明は、セラミック製のハニカム構造体からなる熱交換器に関する。

背景技術

[0002] ハニカム構造体は、内部が内壁によって仕切られた多数の流路で構成されている。ハニカム構造体の流路を流体が通過する際に、内壁を介して熱、物質などを移動させることができるので、熱交換器として広く利用されている。

[0003] 中でもセラミック製のハニカム構造体は、耐熱性、化学的安定性に優れるので、高い温度、腐食性環境下で使用される熱交換器に用いられている。

特許文献1には、内側を貫流する流体と外側に存在する流体との間で熱量の交換を行わせる多孔質炭化珪素焼結体製のエレメントを備えた高温用熱交換器であって、前記エレメントは長手方向に延びた複数のセルを有するハニカム構造体であることを特徴とした高温用熱交換器が記載されている。このようなハニカム構造体を用いた熱交換器によれば強度に優れると共に、温度の異なる流体間での熱量の交換を効率良く行わせることができることが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平6－345555号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] セラミックがハニカム構造体に用いられるのは、材料を構成する原子が共有結合で強く結合し、高強度、耐熱性、耐腐食性を有しているからである。一方、このような共有結合の特長によって、セラミック材料は、硬く、脆い材料となる。

このため、セラミック製のハニカム構造体は、押出成形など単純な成形方法によって製造され、一方向に流路が並んだ単純な形状である。このような形状であるため、ハニカム構造体を適用する部品は一方向に並んだ流路を前提に設計され、ハニカム構造体を用いた熱交換器の設計の自由度は小さい。

[0006] 本発明では、このような従来のセラミック製のハニカム構造体からなる熱交換器の適用範囲を超え、ハニカム構造体に新しい機能を付与し、新しい流体の流れを扱いことのできるハニカム構造体からなる熱交換器を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 前記課題を解決するための本発明の熱交換器は、少なくとも第1端面と第2端面と第1側壁と第2側壁とを有し、内壁によって仕切られ前記第1端面から前記第2端面に延びる複数の流路を有するセラミック製のハニカム構造体からなり、当該ハニカム構造体の内部に有する第1の空間と第2の空間との間で熱交換をする熱交換器において、前記第1側壁または前記第2側壁に形成された第1の開口と、前記第1の開口に対向する複数の内壁に形成され複数の流路を接続する第2の開口と、からなる接続孔を有し、前記第1または第2の開口を有する前記流路は前記第1端面および前記第2端面にそれぞれ封止部を有し、前記第1または第2の開口を有する前記流路は前記接続孔で接続されることにより前記第1の空間を構成するとともに、第1の開口および第2の開口のない前記流路は、第1端面から第2端面に延びる前記第2の空間を構成し、前記第1の空間と、前記第2の空間は前記内壁で互いに隔離されている。

ここで、前記接続孔は、前記第1側壁または前記第2側壁が面する複数の前記流路のうち、最も外側の流路には形成されていない。

[0008] 本発明の熱交換器は、第1端面から第2端面に向かって流路が延びている。また、ハニカム構造体の側面は、第1側壁と第2側壁を有し、第2側壁は、第1側壁の反対に位置する。

[0009] 本発明のハニカム構造体からなる熱交換器によれば、従来の一方向に流路

の延びたハニカム構造体とは異なり、ハニカム構造体を横切る方向に流体の流れをつくることができる。また、このようなハニカム構造体は、第1の開口および第1の開口の内側に第2の開口が形成されているので、最外周に位置する流路のみならず、内側の流路にも流体の流れをつくることができる。また、第2の開口は第1の開口に対向する位置に形成されているので、第2の開口の内側の流路との流体の移動を最短距離で行うことができ、効率良く流体が流れることができる熱交換器を提供することができる。

また、接続孔は、第1側壁または第2側壁が面する複数の流路のうち、最も外側の流路には形成されていない。したがって、接続孔とハニカム構造体の外界とは少なくとも一層の接続孔を有していない流路を隔てていることとなる。つまり、接続孔と外界との間は、側壁および流路を構成する2枚の大きな壁と、個々の流路を隔て、2枚の大きな側壁と交差する小さな内壁で隔てられた一層の熱交換器構造となり、熱交換器の外側からの力に対し強度を確保し、ひび割れ等の破損を防止し易くなる。

[0010] また、本発明の熱交換器は、セラミックからなるので、耐熱性、耐蝕性を備え、高強度であるので、高温環境下あるいは腐食性環境下など過酷な環境下でも流体を扱うことができる。

さらに、本発明の熱交換器は、第1の空間が、第1端面および第2端面にそれぞれ封止部を有することによって、第1の空間に第1端面および第2端面側からの流体の侵入を防止することができる。さらに第1の空間は、第2の空間と内壁によって隔てられるため、第1の空間を流れる流体（第1の流体）と第2の空間を流れる流体（第2の流体）とが直接接することない。このため、内壁に伝熱、濾過などの機能を保有させることができる。

[0011] さらに、本発明のハニカム構造体は、以下の態様であることが望ましい。

（1）前記熱交換器は、前記接続孔を複数有する。

本発明の熱交換器は、接続孔を複数有することによって、より多くの流体をハニカム構造体の流路を横切る方向に流体を流すことができる。

[0012] （2）前記接続孔は、前記第1側壁または前記第2側壁が面する複数の前記

流路に交互に形成されている。

本発明の熱交換器は、接続孔が前記第 1 側壁または前記第 2 側壁が面する複数の前記流路に交互に形成されていることにより、ハニカム構造体の流路を横切る方向への流れを交互の流路に配置することができる。このため、流路に沿って流れる流体（第 2 の流体）と、流路を横切る方向に流れる流体（第 1 の流体）を隔てる内壁の面積を大きくとることができる。

[0013] （3）前記第 1 側壁または前記第 2 側壁が面する複数の前記流路の数は奇数である。

接続孔が前記第 1 側壁または前記第 2 側壁が面する複数の前記流路のうち最も外側の流路には形成されることなく、交互に形成するためには、前記第 1 側壁または前記第 2 側壁が面する複数の流路の数が奇数であると、効率良く交互に配置することができる。

[0014] （4）前記第 1 の空間は、複数の前記接続孔を有する。

本発明の熱交換器は、第 1 の空間に複数の接続孔を有することにより、複数の接続孔が、第 1 の空間を流れる流体の入口と出口となることができる。第 1 の空間に複数の接続孔により入口と出口を設けることによって、第 1 の空間を流れる流体（第 1 の流体）を連続的に使用することができる。

[0015] また、第 1 の空間に複数の接続孔を有することにより、内壁を通過する熱量を大きくする効果もある。第 1 の空間と第 2 の空間を隔てる内壁を通過する熱量は、第 1 の空間と第 2 の空間の温度差に比例する。第 1 の空間を流れる流体に入口から入り出口への流れを形成することにより、常に新しい第 1 の流体を供給し、内壁に温度差が生させ移動する熱量を大きくすることができる。

[0016] （5）前記熱交換器は、前記接続孔を前記第 1 側壁および前記第 2 側壁にそれぞれ有することが好ましい。

本発明の熱交換器は、接続孔を第 1 側壁および第 2 側壁にそれぞれ有することにより、入口と出口を結ぶ第 1 の流体の流れる距離が、どの流路を通っても同等にすることができる。このため、内壁全体に第 1 の流体を行き渡ら

せることができるので効率良く熱移動または物質移動のできる熱交換器を提供することができる。

[0017] (6) 前記第1の開口および前記第2の開口は、スリット状に構成され、前記第1の開口の長辺の長さは、前記第2の開口の長辺の長さよりも長い。

本発明の熱交換器は、第1の開口および第2の開口をスリット状に構成することによって、細長い流路の横から効率良く流体を供給することができる。さらに第1の開口を第2の開口よりも大きくすることによって、熱交換器全体の強度低下への影響を小さくしながら第1の開口における第1の流体の抵抗を小さくすることができ、圧力損失を効率良く低減させることができる。

[0018] (7) 複数の前記第2の開口は、第1の開口に向かって順に長くなっている。

本発明の熱交換器は、第2の開口は、第1の開口に向かって順に長くなるように構成することによって、ハニカム構造体の強度低下への影響を小さくしながら、第1の開口における第1の流体の抵抗を小さくすることができ、圧力損失をさらに効率良く低減させることができる。

[0019] (8) 前記第1の開口および第2の開口は、スリット状に構成され、前記第1の開口の長辺の長さおよび、複数の前記第2の開口の長辺の長さは、いずれも等しい。

本発明の熱交換器は、第1の開口および第2の開口が、スリット状に形成され、第1の開口の長辺の長さおよび、複数の第2の開口の長辺の長さが、いずれも等しくなるように構成することにより、第1の開口および第2の開口で形成される接続孔の容積を大きくすることができる。接続孔の容積を大きくすることによって、接続孔につながるそれぞれの流路で発生する抵抗に応じて効率良く第1の流体を分配することができる。

[0020] (9) 前記接続孔は5層以上の第2の開口が積み重なっている。

本発明の熱交換器は、5層以上の第2の開口を積み重ねることによって第1の側壁側から数えて6個目の流路に第1の流体を供給することができる。

このような構成にすることによって、第１の空間と第２の空間を隔てる内壁の面積を大きくすることができる。

[0021] (１０) 前記接続孔は、１０層以上の第２の開口が積み重なっている。

本発明の熱交換器は、５層以上の第２の開口を積み重ねることによって第１の側壁側から数えて１１個目の流路に第１の流体を供給することができる。このような構成にすることによって、第１の空間と第２の空間を隔てる内壁の面積をさらに大きくすることができる。

[0022] (１１) 前記セラミックは、炭化珪素、シリコン含浸した炭化珪素、アルミナ、コーゼライト、窒化珪素、窒化アルミニウムまたはジルコニアのいずれかよりなる。

本発明の熱交換器は、炭化珪素、シリコン含浸した炭化珪素、アルミナ、コーゼライト、窒化珪素、窒化アルミニウムまたはジルコニアのいずれかよりなることにより、耐熱性、耐食性を備え、高強度な熱交換器を提供することができる。

発明の効果

[0023] 本発明によれば、熱交換器を構成するハニカム構造体の内壁によって形成される流路のみならず、流路を横切る方向に流体の流れを引き出すことができるので、従来のセラミック製のハニカム構造体からなる熱交換器にない新しい機能を付与することができる。また、接続孔とハニカム構造体の外界との間に少なくとも一層の流路を隔てているため、強度を確保し、ひび割れ等の破損を防止し易くなる。

図面の簡単な説明

[0024] [図１]本発明に係る実施形態１の熱交換器の斜視図。

[図２]本発明に係る実施形態１の熱交換器の変形例の斜視図。

[図３]本発明に係る実施形態１の熱交換器の断面図であり、(a)は、図１のＡ－Ａ'断面図、(b)は図１のＢ－Ｂ'断面図である。

[図４]本発明に係る実施形態１の熱交換器の接続孔の変形例の断面図である。

図１のＡ－Ａ'の断面図に相当する。

[図5]本発明に係る実施形態1の熱交換器の変形例の斜視図。

[図6]図5の熱交換器の変形例の断面図であり、(a)は図5(a)のC-C'断面図、(b)は図5(b)のE-E'断面図、(c)は図5(a)のD-D'断面図および図5(b)のF-F'断面図である。

[図7](a)は本発明に係る実施形態2の熱交換器の斜視図。(b)は本発明に係る実施形態2の熱交換器の変形例の斜視図。

[図8]本発明に係る実施形態2の熱交換器の断面図であり、(a)は図7(a)のG-G'断面図、(b)は図7(b)のI-I'断面図、(c)は図7(a)のH-H'断面図、および図7(b)のJ-J'断面図である。

[図9]本発明に係る熱交換器の接続孔の製造方法の一例を示す説明図であり、接続孔は長さの同じスリット状の第1および第2の開口によって構成される。

[図10]本発明に係る熱交換器の接続孔の製造方法の一例を示す説明図であり、接続孔はスリット状であり、第1の開口は第2の開口よりも長く、第2の開口は第1の開口に向かって順に長くなっている。

[図11]本発明に係る熱交換器の接続孔の製造方法の一例を示す説明図であり、接続孔はスリット状であり、第1の開口は第2の開口よりも長く、第2の開口は第1の開口に向かって順に長くなっている。

[図12]本発明に係る熱交換器の接続孔の製造方法の一例を示す説明図であり、接続孔はスリット状であり、第1の開口は第2の開口よりも短く、第2の開口は第1の開口に向かって順に短くなっている。

[図13]本発明に係る熱交換器の接続孔を、レーザー光によって製造する方法の一例を示す説明図であり、(a)は、流路内に曲面を有する光透過性のある棒が挿入されている。(b)は、流路内に失透ガラスが挿入されている。(c)は、流路内に水が入れている。

[図14]本発明に係るハニカム構造体よりなる熱交換器の接続孔を、水流(ウォータージェット)によって導かれたレーザー光によって製造する方法の一例を示す説明図であり、(a)は、流路内に曲面を有する光透過性のある棒

が挿入されている。(b)は、流路内に失透ガラスが挿入されている。(c)は、流路内に水が入られている。

[図15]本発明に係る実験例のハニカム構造体よりなる熱交換器の外観写真(a)およびその説明図(b)である。

[図16]本発明に係る実験例のハニカム構造体よりなる熱交換器の接続孔の断面写真(a)およびその説明図(b)である。

[図17]図1の断面図である図3の切断位置、および切断方向を詳しく示す説明図である。

[図18]本発明に係る実施形態3の熱交換器の斜視図。

発明を実施するための形態

[0025] 本明細書において、ハニカム構造体の断面は、流路に沿って接続孔の深さ方向に切断された断面を示す。例えば、図17に図1の断面図である図3の切断位置が詳しく記載されている。図1の断面図である図4、図5の断面図である図6、図7の断面図である図8も同様に断面図が作成されている。

本発明の熱交換器のハニカムのパターン、大きさは特に限定されない。本実施形態では、 8×8 の格子状の流路を有するハニカム構造体よりなる熱交換器について説明したが、例えば六角形状の流路のハニカム、八角形と四角形の流路の組合せのハニカムなど特に限定されない。

[0026] 本発明の熱交換器の形状は、特に限定されない。六面体、六角柱などの角柱の他円柱なども適用できる。円柱の場合、側面のうち、一群の接続孔の形成されている領域を第1側壁、その反対側の領域を第2側壁と定義できる。

[0027] 本発明の熱交換器は、少なくとも第1端面と第2端面と第1側壁と第2側壁とを有し、内壁によって仕切られ前記第1端面から前記第2端面に延びる複数の流路を有するセラミック製のハニカム構造体からなり、当該ハニカム構造体の内部に有する第1の空間と第2の空間との間で熱交換をする熱交換器において、前記第1側壁または前記第2側壁に形成された第1の開口と、前記第1の開口に対向する複数の内壁に形成され複数の流路を接続する第2の開口と、からなる接続孔を有し、前記第1または第2の開口を有する前記

流路は前記第 1 端面および前記第 2 端面にそれぞれ封止部を有し、前記第 1 または第 2 の開口を有する前記流路は前記接続孔で接続されることにより前記第 1 の空間を構成するとともに、第 1 の開口および第 2 の開口のない前記流路は、第 1 端面から第 2 端面に延びる前記第 2 の空間を構成し、前記第 1 の空間と、前記第 2 の空間は前記内壁で互いに隔離されている。

ここで、前記接続孔は、前記第 1 側壁または前記第 2 側壁が面する複数の前記流路のうち、最も外側の流路には形成されていない。

[0028] 本発明の熱交換器のハニカム構造体は、第 1 端面から第 2 端面に向かって流路が延びている。また、ハニカム構造体の側面は、第 1 側壁と第 2 側壁を有し、第 2 側壁は、第 1 側壁の反対に位置する。

[0029] 本発明の熱交換器によれば、従来の一方向に流路の延びたハニカム構造体とは異なり、ハニカム構造体を横切る方向に流体の流れをつくることができる。また、このような熱交換器は、第 1 の開口および第 1 の開口の内側に第 2 の開口が形成されているので、最外周に位置する流路のみならず、内側の流路にも流体の流れをつくることができる。また、第 2 の開口は第 1 の開口に対向する位置に形成されているので、第 2 の開口の内側の流路との流体の移動を最短距離で行うことができ、効率良く流体が流れることができるハニカム構造体を提供することができる。

さらに、接続孔とハニカム構造体の外界とは少なくとも一層の流路を隔てていることとなる。つまり、接続孔と外界との間は、側壁および流路を構成する 2 枚の大きな壁と、個々の流路を隔て 2 枚の大きな壁と交差する小さな内壁で隔てられた一層のハニカム構造となり、ハニカム構造体の外側からの力に対し強度を確保し、ひび割れ等の破損を防止し易くなる。

[0030] さらに本発明の熱交換器は、セラミックからなるので、耐熱性、耐蝕性を備え、高強度であるので、高温環境下あるいは腐食性環境下など過酷な環境下でも流体を扱うことができる。

[0031] 本発明の熱交換器は、第 1 の空間が、第 1 端面および第 2 端面にそれぞれ封止部を有することによって、第 1 の空間に第 1 端面および第 2 端面側から

の流体の侵入を防止することができる。さらに第１の空間は、第２の空間と内壁によって隔てられるため、第１の空間を流れる流体（第１の流体）と第２の空間を流れる流体（第２の流体）とが直接接することない。このため、内壁に伝熱、濾過などの機能を保有させることができる。

[0032] 本発明の熱交換器は、特に限定されないが、接続孔を複数有することが好ましい。

本発明の熱交換器は、接続孔を複数有することによって、より多くの流体をハニカム構造体の流路を横切る方向に流体を流すことができる。

[0033] 本発明の熱交換器は、前記接続孔が、前記第１側壁または前記第２側壁が面する複数の前記流路に交互に形成されていることが好ましい。

本発明の熱交換器は、接続孔が前記第１側壁または前記第２側壁が面する複数の前記流路に交互に形成されていることにより、ハニカム構造体の流路を横切る方向への流れを交互の流路に配置することができる。このため、流路に沿って流れる流体（第２の流体）と、流路を横切る方向に流れる流体（第１の流体）を隔てる内壁の面積を大きくとることができる。

前記第１側壁または前記第２側壁が面する複数の前記流路の数は奇数であることが望ましい。接続孔が前記第１側壁または前記第２側壁が面する複数の前記流路に最も外側の流路には形成することなく、交互に形成するためには、前記第１側壁または前記第２側壁が面する複数の流路の数が奇数であると、効率良く交互に配置することができる。

[0034] 本発明の熱交換器は、前記第１の空間は、複数の前記接続孔を有することが好ましい。

本発明の熱交換器は、第１の空間に複数の接続孔を有することにより、複数の接続孔が、第１の空間を流れる流体の入口と出口となることができる。第１の空間に複数の接続孔により入口と出口を設けることによって、第１の空間を流れる流体（第１の流体）を連続的に供給することができる。

[0035] また、第１の空間に複数の接続孔を有することにより、内壁を通過する熱量を大きくする効果もある。第１の空間と第２の空間を隔てる内壁を通過す

る熱量は、第１の空間と第２の空間の温度差に比例する。第１の空間を流れる流体に入口から入り出口への流れを形成することにより、常に新しい第１の流体を供給し、内壁に温度差が生させ移動する熱量を大きくすることができる。

[0036] 本発明の熱交換器は、前記接続孔を前記第１側壁および前記第２側壁にそれぞれ有することが好ましい。

本発明の熱交換器は、接続孔を第１側壁および第２側壁にそれぞれ有することにより、入口と出口を結ぶ第１の流体の流れる距離が、どの流路を通っても同等にすることができる。このため、内壁全体に第１の流体を行き渡らせることができるので効率良く熱移動または物質移動のできるハニカム構造体を提供することができる。

[0037] 本発明の熱交換器は、前記第１の開口および前記第２の開口が、スリット状に構成され、前記第１の開口の長辺の長さは、前記第２の開口の長辺の長さよりも長いことが好ましい。

本発明のハニカム構造体は、第１の開口および第２の開口をスリット状に構成することによって、細長い流路の横から効率良く流体を供給することができる。さらに第１の開口を第２の開口よりも大きくすることによって、ハニカム構造体全体の強度低下への影響を小さくしながら、第１の開口における第１の流体の抵抗を小さくすることができ、圧力損失を効率良く低減させることができる。

[0038] 本発明の熱交換器は、複数の前記第２の開口は、第１の開口に向かって順に長くなっていることが好ましい。

本発明の熱交換器は、第２の開口は、第１の開口に向かって順に長くなるように構成することによって、ハニカム構造体の強度低下への影響を小さくしながら、第１の開口における第１の流体の抵抗を小さくすることができ、圧力損失をさらに効率良く低減させることができる。

[0039] 本発明の熱交換器は、前記第１の開口および第２の開口は、スリット状に構成され、前記第１の開口の長辺の長さおよび、複数の前記第２の開口の長

辺の長さは、いずれも等しいことが好ましい。

本発明の熱交換器は、第１の開口および第２の開口が、スリット状に形成され、第１の開口の長辺の長さおよび、複数の第２の開口の長辺の長さが、いずれも等しくなるように構成することにより、第１の開口および第２の開口で形成される接続孔の容積を大きくすることができる。接続孔の容積を大きくすることによって、接続孔につながるそれぞれの流路で発生する抵抗に応じて効率良く第１の流体を分配することができる。

[0040] 本発明の熱交換器の前記接続孔は５層以上の第２の開口が積み重なっているが好ましい。

本発明の熱交換器は、５層以上の第２の開口を積み重ねることによって第１の側壁側から数えて６個目の流路に第１の流体を供給することができる。このような構成にすることによって、第１の空間と第２の空間を隔てる内壁の面積を大きくすることができる。

また、５層以上の第２の開口を積み重ねることにより形成される接続孔の径または幅と深さとのアスペクト比は正方形の流路であれば６以上となり、深い位置にある流路を接続孔でつなぐことができる。

[0041] 本発明の熱交換器の前記接続孔は、１０層以上の第２の開口が積み重なっていることが好ましい。

本発明の熱交換器は、５層以上の第２の開口を積み重ねることによって第１の側壁側から数えて１１個目の流路に第１の流体を供給することができる。このような構成にすることによって、第１の空間と第２の空間を隔てる内壁の面積をさらに大きくすることができる。

また、１０層以上の第２の開口を積み重ねることにより形成される接続孔の径または幅と深さとのアスペクト比は正方形の流路であれば１１以上となり、さらに深い位置にある流路を接続孔でつなぐことができる。

[0042] 本発明の熱交換器のセラミックは、炭化珪素、シリコン含浸した炭化珪素、アルミナ、コージェライト、窒化珪素、窒化アルミニウムまたはジルコニアのいずれかよりなることが好ましい。

本発明の熱交換器は、炭化珪素、シリコン含浸した炭化珪素、アルミナ、コージェライト、窒化珪素、窒化アルミニウムまたはジルコニアのいずれかよりなることにより、耐熱性、耐食性を備え、高強度なハニカム構造体を提供することができる。

熱交換器に用いる場合、炭化珪素、シリコンを含浸した炭化珪素、窒化アルミニウム、窒化珪素を用いることが望ましい。これらのセラミックは熱伝導率が高く、熱交換器として好適である。

[0043] 本発明の熱交換器は、ハニカム状のセラミックの第1側壁または第2側壁に接続孔を形成することにより得ることができる。第1および第2の開口を形成することにより得ることができる。ハニカム状のセラミックに第1側壁または第2側壁にレーザー加工によって接続孔を形成することができる。レーザー加工に用いるレーザー加工機は特に限定されない。広く使用される高出力のレーザー光を用いることによってハニカム状のセラミックを加工することができる。レーザー加工機のレーザー光の波長、出力は、ハニカム状のセラミックに応じて適宜選択することができる。

また、近年利用されるようになったウォータージェットの水流を併用したレーザー加工機を利用するとより効率良く加工することができる。ウォータージェットの水流を併用したレーザー加工法は、ウォータージェットの水流中にレーザー光を導き、全反射させながら加工点に導くことができ、レーザー光が拡散することなく、細い水流中を通過するので、焦点の深度が深く、レーザー光だけの加工機よりも高い加工性能を有している。

[0044] 本発明の熱交換器は、高い加工性能のウォータージェットの水流を併用したレーザー加工機を用いて、接続孔の底を貫通させることなく加工することによって得ることができる。

接続孔の底を残して加工するには、レーザー光を所定の箇所で散乱させ、光エネルギーを分散させることにより実現できる。所定の箇所に光拡散媒体を挿入することによりそれより下側ではレーザー光が弱められ、加工することができない。光拡散媒体は光を分散させることができれば特に限定されな

い。例えば、ガラス棒などの曲面を有する光透過性のある棒、失透ガラス、気泡を内部に有するガラス、水などが利用できる。光透過性のある物質は、レーザー光で加熱されることがない上に、曲面で光が散乱されるので、レーザー光の加工の能力を低下させることができ、貫通させることなく接続孔の底を残して加工することができる。

[0045] また、失透ガラスは、表面が曲面でなくても内部が相分離しているので、光が散乱しやすく、レーザー光の加工の能力を低下させることができ、貫通させることなく底を形成することができる。また、水を所定の箇所に充填することにより接続孔の底を残して加工することができる。水を充填すると、ウォータージェットの水流との混合および加工により加熱された水の沸騰により、大量の気泡を発生させる。このため、充填された水の中でレーザー光が急速に減衰し、接続孔の底を残して加工することができる。なお、水を充填していない場合でも、レーザー光とともに水流によって水が供給されるが、水流に用いられる水は量が少なくレーザー光がセラミックを加工する箇所（加工点）近傍で速やか飛散するので、レーザー光を弱めるほど区間に気泡を形成することができない。

[0046] 本発明の熱交換器は、様々な接続孔の変形例があるが、形状に応じてレーザー光を、傾斜させたり、走査することにより加工することができる。

[0047] また、レーザー光を走査しながら加工する際に、それぞれの流路に挿入する光拡散媒体の長さを適宜変更することにより目的の形状の接続孔を形成することもできる。

本発明の熱交換器の封止部はどのように形成してもよく特に限定されない。例えば、内壁を構成する材料と同じセラミック材料からなる栓を挿入してもよい。例えば、ハニカム構造体が炭化珪素、窒化珪素、シリコン含浸した炭化珪素からなる場合は、シリコンの粉末を接着材として栓に塗布したのち、焼成しても良い。シリコンが熔融し、接着材として機能する。

また、例えば、無機バインダと有機バインダと無機粒子の混合したペーストを注入し、焼成することによって得ることもできる。無機バインダは、ア

ルミナゾル、シリカゾルなどが利用でき、有機バインダは、ポリビニールアルコール、フェノール樹脂などが利用でき、無機粒子は炭化珪素、アルミナ、コージェライト、窒化珪素、窒化アルミニウム、ジルコニアなどが利用できる。

[0048] 次に、本発明の実施形態 1、実施形態 2 について、説明する。

[0049] 実施形態 1 は、第 1 の空間を構成する流路の第 1 端面および第 2 端面に封止部を有し、第 1 側壁に接続孔が形成され第 1 の空間を構成するとともに、第 2 の空間の第 1 端面および第 2 端面が開放している熱交換器である。

[0050] 実施形態 2 は、以下形態の熱交換器である。

第 1 側壁が面する複数の流路のうち最も外側の流路以外に交互に接続孔が形成され、接続孔の底は第 2 端面まで達している。なお、接続孔は第 2 端面を貫通していない。第 1 の開口および第 2 の開口を有する流路の第 1 端面および第 2 端面はそれぞれ封止部を有することにより、第 1 の空間を構成している。

また第 1 の開口および第 2 の開口のない流路は、第 1 端面から第 2 端面に延びる第 2 の空間を構成し、第 1 の空間と第 2 の空間は内壁で互いに隔離されている。第 1 の空間は、第 1 側壁および第 2 側壁の側に接続孔を有している。3つの独立した空間が第 1 の空間を構成し、5×8の独立した流路40本が第 2 の空間を構成する。

[0051] <実施形態 1>

実施形態 1 の熱交換器について、図を用いながら説明する。

図 1 は本発明に係る実施形態 1 の熱交換器の斜視図。図 2 は本発明に係る実施形態 1 の熱交換器の変形例の斜視図。図 3 は本発明に係る実施形態 1 の熱交換器の断面図であり、(a) は、図 1 の A-A' 断面図、(b) は図 1 の B-B' 断面図である。図 4 は本発明に係る実施形態 1 の熱交換器の接続孔の変形例の断面図である。図 1 の A-A' の断面図に相当する。図 5 は本発明に係る実施形態 1 の熱交換器の変形例の斜視図。図 6 は図 5 の熱交換器の変形例の断面図であり、(a) は図 5 (a) の C-C' 断面図、(b) は

図5 (b) のE-E' 断面図、(c) は図5 (a) のD-D' 断面図および図5 (b) のF-F' 断面図である。

[0052] 実施形態1の熱交換器は、図1に示すように、 8×8 の流路を有するハニカム構造体1000 (熱交換器) の第1側壁21に面する8本の流路60のうち、最も外側の流路以外に、交互になるように接続孔30を3本有している。図3 (a) に示すように、それぞれの接続孔30は、第1側壁21に形成された第1の開口31および内壁50に形成された複数の第2の開口32により構成される。図3 (a) に示されるように第1の開口31および第2の開口32は、スリット状の形状であり、第1の開口31および第2の開口32の長さは同一である。図3 (b) に示されるように、接続孔30の形成されている列の隣の列の断面は、内壁50に孔を有していない。

[0053] 実施形態1のハニカム構造体1000 (熱交換器) は第1側壁21が面する複数の流路60に交互に接続孔30が形成され、接続孔30の底は第2側壁22まで達している。なお、接続孔30は第2側壁22を貫通していない。第1の開口および第2の開口を有する流路の第1端面11および第2端面12にはそれぞれ封止部70を有することにより、第1の空間41を構成している (図3 (a) 参照)。

[0054] また第1の開口および第2の開口のない流路は、第1端面11から第2端面12に延びる第2の空間42を構成し (図3 (b) 参照)、第1の空間と第2の空間は内壁で互いに隔離されている。第1の空間は、第1側壁および第2側壁の側に接続孔を有している。第1の空間は4つの独立した空間で構成され、 4×8 の独立した流路32本が第2の空間を構成する。

[0055] 接続孔30の位置、形状、数は特に限定されない。図2および図5は、接続孔30の位置、表面形状の異なる変形例である。図2 (a) は1個のスリット状の接続孔30を有するハニカム構造体1000 (熱交換器) を示し、図2 (b) は、第1側壁21が面する流路60の一部にスリット状の接続孔30が形成されている。いずれの接続孔30もスリット状に形成されている。図5 (a) は、 8×8 の流路60を有するハニカム構造体の第1側壁21

に面する8本の流路60のうち、最も外側の流路以外に、交互になるように4個の円形の接続孔30を有するハニカム構造体1000（熱交換器）を示している。図5（b）は、8×8の流路を有するハニカム構造体1000（熱交換器）の第1側壁21に面する8本の流路60のうち、最も外側の流路以外に、交互になるように3つの群の接続孔30を有し、1つの群の接続孔30は、円形の接続孔30が5個で構成されるハニカム構造体1000（熱交換器）である。図5（c）は、1個の円形の接続孔30を有するハニカム構造体1000（熱交換器）を示す。

[0056] 接続孔30の深さ方向の形状も特に限定されない。図4は、接続孔30の変形例を示し、接続孔30の流路方向の断面図であり、図1のA-A'断面を示す。（a）は、断面形状がV字状である接続孔を示し、第1の開口31が第2の開口32よりも長く、複数の第2の開口32が第1の開口31に向かって順に長くなるように構成されている。（b）は、第1および第2の開口の片側が垂直になるように揃った接続孔を示し、第1の開口31が第2の開口32よりも長く、複数の第2の開口32が第1の開口31に向かって順に長くなるように構成され接続孔の断面が台形である。（c）は、第1の開口31および第2の開口32の長さが同一で第1側壁21および第2側壁22を貫通した接続孔30を示す。（d）は、第1側壁21および第2側壁22から接続孔30が形成され、それぞれ底となる内壁を共有する接続孔30を示す。（e）は、内部の方が大きい接続孔30を示し、第1の開口31が第2の開口32よりも短く、複数の第2の開口32が第1の開口31に向かって順に短くなるように構成されている。

[0057] ハニカム構造体1000（熱交換器）のハニカムのパターン、大きさは特に限定されない。本実施形態では、8×8の格子状の流路60を有するハニカム構造体1000（熱交換器）について説明したが、例えば六角形状の流路のハニカム、八角形と四角形の流路の組合せのハニカムなど特に限定されない。

[0058] 本実施形態のハニカム構造体（熱交換器）は、ハニカム状のセラミックの

第1側壁または第2側壁に接続孔を形成することにより得ることができる。
第1および第2の開口を形成する方法は、図9に示すように第2側壁22に面する流路60に光拡散媒体90を挿入し、レーザー光80を走査することによって加工することができる。接続孔30の形状によっては、図10のように光拡散媒体の挿入する長さを適宜変えることによって目的の形状の接続孔30を得ることができる。また、図11、図12に示されるようにレーザー光80を適宜傾斜させながら走査することにより、目的の形状の接続孔30を得てもよい。

[0059] 本実施形態のハニカム構造体1000（熱交換器）は、光拡散媒体90を挿入することによって接続孔30の底を残して加工することができる。図13、図14は、光拡散媒体90によってレーザー光80が拡散する様子を示している。図13（a）、（b）、（c）は、レーザー光80のみ、図14（a）、（b）、（c）は、レーザー光80と水流82との複合による加工を示している。レーザー光80と水流82との複合した加工機は、例えば牧野フライス社製MCS300型レーザー加工機を利用することができる。

[0060] 図13（a）、図14（a）は、光拡散媒体90にガラス棒91を用いた説明図であり、ガラスの凸面によるレーザー光80の拡散によって接続孔30の底を残して加工することができる。

図13（b）、図14（b）は、光拡散媒体90に失透ガラス91を用いた説明図であり、ガラス内部の乱反射によってレーザー光80を拡散させ接続孔30の底を残して加工することができる。

図13（c）、図14（c）は、光拡散媒体90に水93を用いた説明図であり、加工による熱、水の乱流によって発生した気泡の乱反射によってレーザー光80を拡散させ接続孔30の底を残して加工することができる。

[0061] ＜実施形態2＞

実施形態2の熱交換器について、図を用いながら説明する。

図7（a）は本発明に係る実施形態2の熱交換器の斜視図。（a）は本発明に係る実施形態2の熱交換器の変形例の斜視図。図8は本発明に係る実施

形態２の熱交換器の断面図であり、（ａ）は図７（ａ）のＧ－Ｇ’断面図、（ｂ）は図７（ｂ）のＩ－Ｉ’断面図、（ｃ）は図７（ａ）のＨ－Ｈ’断面図、および図７（ｂ）のＪ－Ｊ’断面図である。

[0062] 実施形態２のハニカム構造体１０００（熱交換器）は第１側壁２１が面する複数の流路６０のうち、最も外側の流路以外に交互に接続孔３０が形成され、接続孔３０の底は第２側壁２２まで達している。なお、接続孔３０は第２側壁２２を貫通していない。第１の開口および第２の開口を有する流路の第１端面１１および第２端面１２にはそれぞれ封止部７０を有することにより、第１の空間４１を構成している（図８（ａ）、（ｂ）参照）。

[0063] また第１の開口および第２の開口のない流路は、第１端面１１から第２端面１２に延びる第２の空間４２を構成し（図８（ｃ）参照）、第１の空間と第２の空間は内壁で互いに隔離されている。第１の空間は、第１側壁および第２側壁の側に接続孔を有している。第１の空間は３つの独立した空間で構成され、５×８の独立した流路４０本が第２の空間を構成する。

第１の空間は、第１側壁２１から、第２側壁２２への（およびその逆の）流体の流れを作ることができる。また第２の空間は、第１端面１１から、第２端面１２への（およびその逆の）流体の流れを作ることができる。第１の空間と第２の空間は内壁で隔てられているので、互いに混ざり合うことがなく、内壁を通じて熱量の移動をさせることができる。この効果は熱交換器として好適に利用することができる。

[0064] 本実施形態のハニカム構造体（熱交換器）は、ハニカム状のセラミックの第１側壁または第２側壁に接続孔を形成することにより得ることができる。第１および第２の開口を形成する方法は、図９に示すように第２側壁２２に面する流路６０に光拡散媒体９０を挿入し、レーザー光８０を走査することによって加工することができる。接続孔の形状によっては、図１０のように光拡散媒体９０の挿入する長さを適宜変えることによって目的の形状の接続孔を得ることができる。また、図１１、図１２に示されるようにレーザー光８０を適宜傾斜させながら走査することにより、目的の形状の接続孔を得て

もよい。

[0065] 本実施形態のハニカム構造体（熱交換器）は、光拡散媒体を挿入することによって接続孔の底を残して加工することができる。図13、図14は、光拡散媒体90によってレーザー光が拡散する様子を示している。図13（a）、（b）、（c）は、レーザー光のみ、図14（a）、（b）、（c）は、ウォータージェットを併用したレーザー光による加工を示している。ウォータージェットを併用したレーザー加工機は、牧野フライス社製MCS300型レーザー加工機を利用することができる。

[0066] 図13（a）、図14（a）は、光拡散媒体90にガラス棒91を用いた説明図であり、ガラスの凸面によるレーザー光80の拡散によって接続孔の底を残して加工することができる。

図13（b）、図14（b）は、光拡散媒体90に失透ガラス92を用いた説明図であり、ガラス内部の乱反射によってレーザー光80を拡散させ接続孔の底を残して加工することができる。

図13（c）、図14（c）は、光拡散媒体90に水93を用いた説明図であり、加工による熱、水の乱流によって発生した気泡の乱反射によってレーザー光80を拡散させ接続孔の底を残して加工することができる。

[0067] <実施形態3>

実施形態3の熱交換器について、図を用いながら説明する。

図18は本発明に係る実施形態3の熱交換器の斜視図である。

[0068] 実施形態3のハニカム構造体1000（熱交換器）は、実施形態2と同様、第1側壁21が面する複数の流路60に交互に接続孔30が形成され、接続孔30の底は第2側壁22まで達している。しかしながら、接続孔30は第1側壁21および第2側壁22が面する複数の流路のうち、最も外側の流路には形成されていない。結果的に、接続孔30が、第1の開口31および第2の開口32を有さない少なくとも一層の流路60を隔てて、内側に形成されている。第1側壁21および第2側壁22が面する複数の流路は奇数の7本であり、そのうち接続孔が形成されているのは3本である。

[0069] 側壁 25、26 が接続孔に接していると、側壁 25、26 が薄板となってしまうため、強度の確保が困難となり、ひび割れ等の破損の発生の可能性が高くなる。一方、図 18 の構成によれば、第 1 の開口 31 および第 2 の開口 32 を含む接続孔 30 が、側壁 25、26 の最外面から必ず一層以上の流路を確保した上で形成される。一層以上の流路は、ハニカム構造となるため、側壁 25、26 と第 1 の開口 31 および第 2 の開口 32（接続孔 30）との間でのひび割れ等の破損が発生し難くなり、ハニカム構造体 1000（熱交換器）の強度が確保される。

[0070] 側壁 25 または 26 の最外面から最も近い第 1 の開口 31（および第 2 の開口 31、接続孔 30）は、側壁 25、26 の最外面からから見て、第 1 の開口 31 および第 2 の開口 32 を有さない二つ以上の流路 60 を隔てて形成することもできる。

[0071] <実験例>

本実験例では、実際に多孔質の炭化珪素からなるハニカム状のセラミックに台形の断面を有する接続孔を形成し、本発明に係るハニカム構造体（熱交換器）を製造した結果について、図 15、図 16 を用いて説明する。

24×24 個、計 576 個の正方形の流路 60 を有し、34mm×34mm×130mm の炭化珪素からなるハニカム状のセラミックを用いて、本発明に係るハニカム構造体 1000（熱交換器）を製作した。なお、長手方向の端面は、流路の開口を有し、第 1 端面 11 および第 2 端面 12 である。第 1 端面 11 および第 2 端面 12 以外の 4 つの面は側壁であり、そのうち接続孔 30 を形成する面が第 1 側壁 21、その反対側の面が第 2 側壁 22 となる。内壁の厚さは 0.25mm、第 1 および第 2 の側壁の厚さは、0.3mm である。流路の大きさは、一辺が 1.14mm の正方形である。

[0072] 図 15 に示すように、このハニカム状のセラミックに接続孔を形成した。第 1 側壁に面する流路 24 本の内、交互となるよう 12 本の流路に第 1 の開口を形成し、さらに第 2 の開口を形成することにより、12 個の接続孔 30 を形成した。すなわち、両端の接続孔のうち一方は、第 1 側壁 21 の面する

流路のうち最も外側の流路に形成され、もう一方は第1側壁21の面する流路のうち最も外側の流路の1つ内側に形成される。接続孔30の底は、第2側壁22であり、全ての内壁には第2の開口が形成されている。第1の開口および第2の開口と第1端面との距離は10mm、第1の開口31は第1の端面11から40mmの位置まで延び、最下層の第2の開口32は、第1の端面11から25mmの位置まで延びている。第2の開口32は第1の開口31に向かって順に長くなり、接続孔30の断面は、台形である。また、第1の開口の幅は、0.6mmである。

[0073] 詳しい加工方法は以下に説明する。接続孔を形成する際、第2側壁22に面する流路には、流路よりも長い円形のガラス棒を挿入し、その他の流路には、前記台形の流域以外の部分まで円形のガラス棒を挿入した。

次に第1側壁に面する流路に沿って牧野フライス社製MCS300型レーザー加工機を用いて加工した。レーザーの波長は532nm、出力80W、水流82のノズル径は $\phi 80\mu\text{m}$ 、走査速度は300mm/minで加工した。

[0074] このように加工して得られたハニカム構造体1000（熱交換器）を接続孔30に沿って切断し、接続孔30を確認した。図16に示すように接続孔30の断面は台形であり、内壁50は全て貫通し、第1の開口31が長さ30mm、最下層の第2の開口32が長さ15mmであった。

このように水流を用いたレーザー加工機で接続孔を形成できることが確認できた。ハニカム構造体1000（熱交換器）に接続孔30を形成する方法は水流82を用いたレーザー光に限定されず、時間をかけ、高出力のレーザー加工機であれば、水流を併用することなく加工することができる。

[0075] また、接続孔30の大きさ、配置、数は適宜選択することができる。

[0076] 次に、交互に列となっている接続孔の側面から、手で力を加えた。第一側壁21の面する流路のうち最も外側の流路に形成された接続孔側の側壁は容易にクラックが入ったが、もう一方の第一側壁21の面する流路のうち最も外側の流路の1つ内側に形成された接続孔側はクラックが入らなかった。こ

のような結果から、接続孔が、第１側壁または第２側壁が面する複数の流路のうち、最も外側の流路には形成されていないハニカム構造体は、高い強度を持つことが確認された。

産業上の利用可能性

[0077] 本発明の熱交換器は、内燃機関、燃焼炉などの熱交換器として利用することができる。

符号の説明

- [0078]
- １１ 第１端面
 - １２ 第２端面
 - ２１ 第１側壁
 - ２２ 第２側壁
 - ３０ 接続孔
 - ３１ 第１の開口
 - ３２ 第２の開口
 - ４１ 第１の空間
 - ４２ 第２の空間
 - ５０ 内壁
 - ６０ 流路
 - ７０ 封止部
 - ８０ レーザー光
 - ８２ 水流（ウォータジェット）
 - ８５ レーザー源
 - ９０ 光拡散媒体
 - ９１ ガラス棒
 - ９２ 失透ガラス
 - ９３ 水
 - １０００ ハニカム構造体（熱交換器）

請求の範囲

- [請求項1] 少なくとも第1端面と第2端面と第1側壁と第2側壁とを有し、内壁によって仕切られ前記第1端面から前記第2端面に延びる複数の流路を有するセラミック製のハニカム構造体からなり、当該ハニカム構造体の内部に有する第1の空間と第2の空間との間で熱交換をする熱交換器であって、
- 前記第1側壁または前記第2側壁に形成された第1の開口と、前記第1の開口に対向する複数の内壁に形成され複数の流路を接続する第2の開口と、からなる接続孔を有し、
- 前記第1または第2の開口を有する前記流路は前記第1端面および前記第2端面にそれぞれ封止部を有し、前記第1または第2の開口を有する前記流路は前記接続孔で接続されることにより前記第1の空間を構成するとともに、
- 第1の開口および第2の開口のない前記流路は、第1端面から第2端面に延びる前記第2の空間を構成し、
- 前記第1の空間と、前記第2の空間は前記内壁で互いに隔離されており、
- 前記接続孔は、前記第1側壁または前記第2側壁が面する複数の前記流路のうち、最も外側の流路には形成されていないことを特徴とするハニカム構造体からなる熱交換器。
- [請求項2] 前記熱交換器は、前記接続孔を複数有することを特徴とする請求項1に記載の熱交換器。
- [請求項3] 前記接続孔は、前記第1側壁または前記第2側壁が面する複数の前記流路に交互に形成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の熱交換器。
- [請求項4] 前記第1側壁または前記第2側壁が面する複数の前記流路の数は奇数であることを特徴とする請求項3に記載の熱交換器。
- [請求項5] 前記第1の空間は、複数の前記接続孔を有する請求項1～4のいづ

れか一項に記載の熱交換器。

[請求項6] 前記熱交換器は、前記接続孔を前記第1側壁および前記第2側壁にそれぞれ有することを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の熱交換器。

[請求項7] 前記第1の開口および前記第2の開口は、スリット状に構成され、
前記第1の開口の長辺の長さは、前記第2の開口の長辺の長さよりも長いことを特徴とする請求項1～6のいずれか一項に記載の熱交換器。

[請求項8] 複数の前記第2の開口は、第1の開口に向かって順に長くなっていることを特徴とする請求項7に記載の熱交換器。

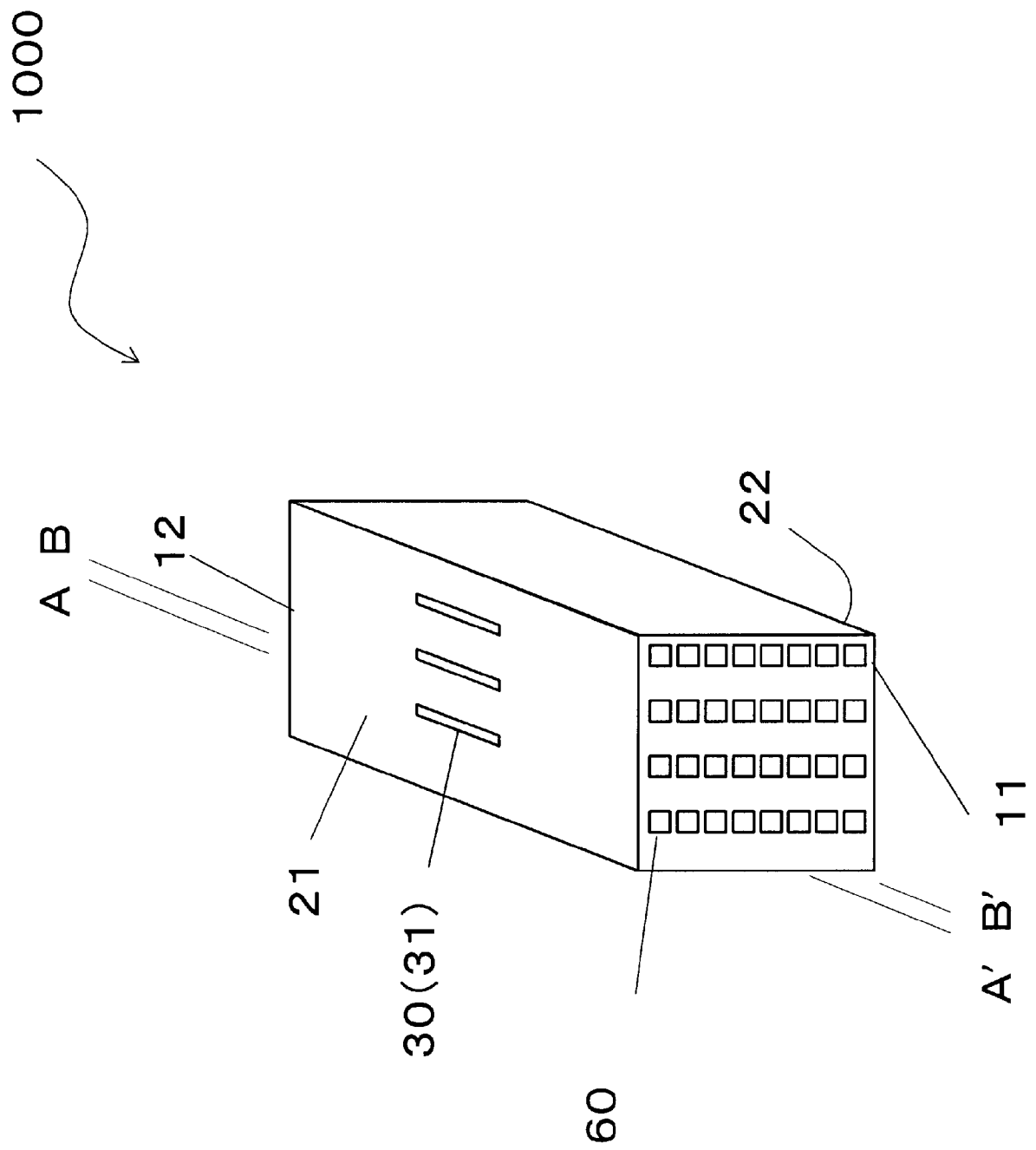
[請求項9] 前記第1の開口および第2の開口は、スリット状に構成され、
前記第1の開口の長辺の長さおよび、複数の前記第2の開口の長辺の長さは、いずれも等しいことを特徴とする請求項1～8のいずれか一項に記載の熱交換器。

[請求項10] 前記接続孔は5層以上の第2の開口が積み重なっていることを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の熱交換器。

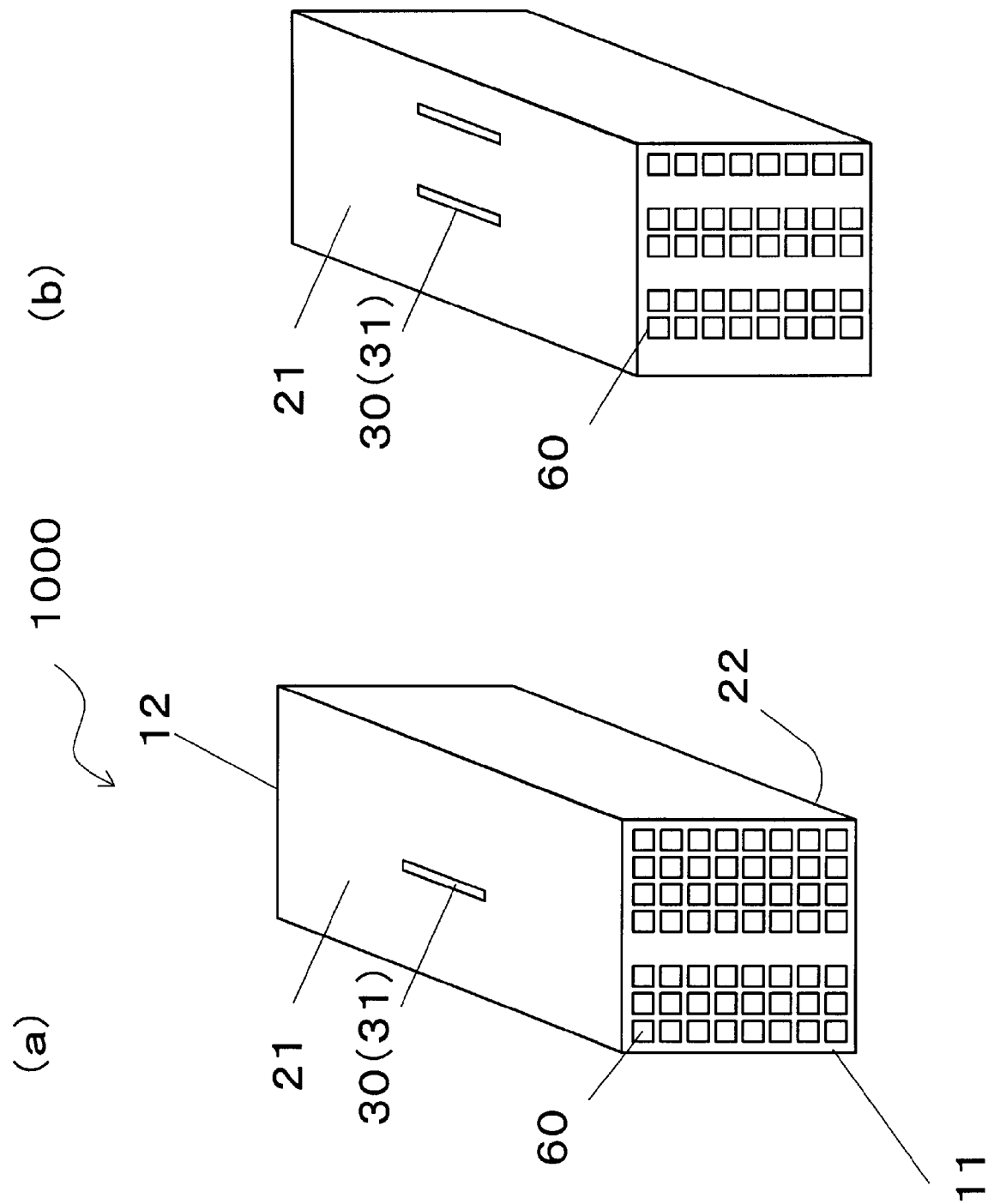
[請求項11] 前記接続孔は、10層以上の第2の開口が積み重なっていることを特徴とする請求項10に記載の熱交換器。

[請求項12] 前記セラミックは、炭化珪素、シリコン含浸した炭化珪素、アルミナ、コージェライト、窒化珪素、窒化アルミニウムまたはジルコニアのいずれかよりなることを特徴とする請求項1～11のいずれか一項に記載の熱交換器。

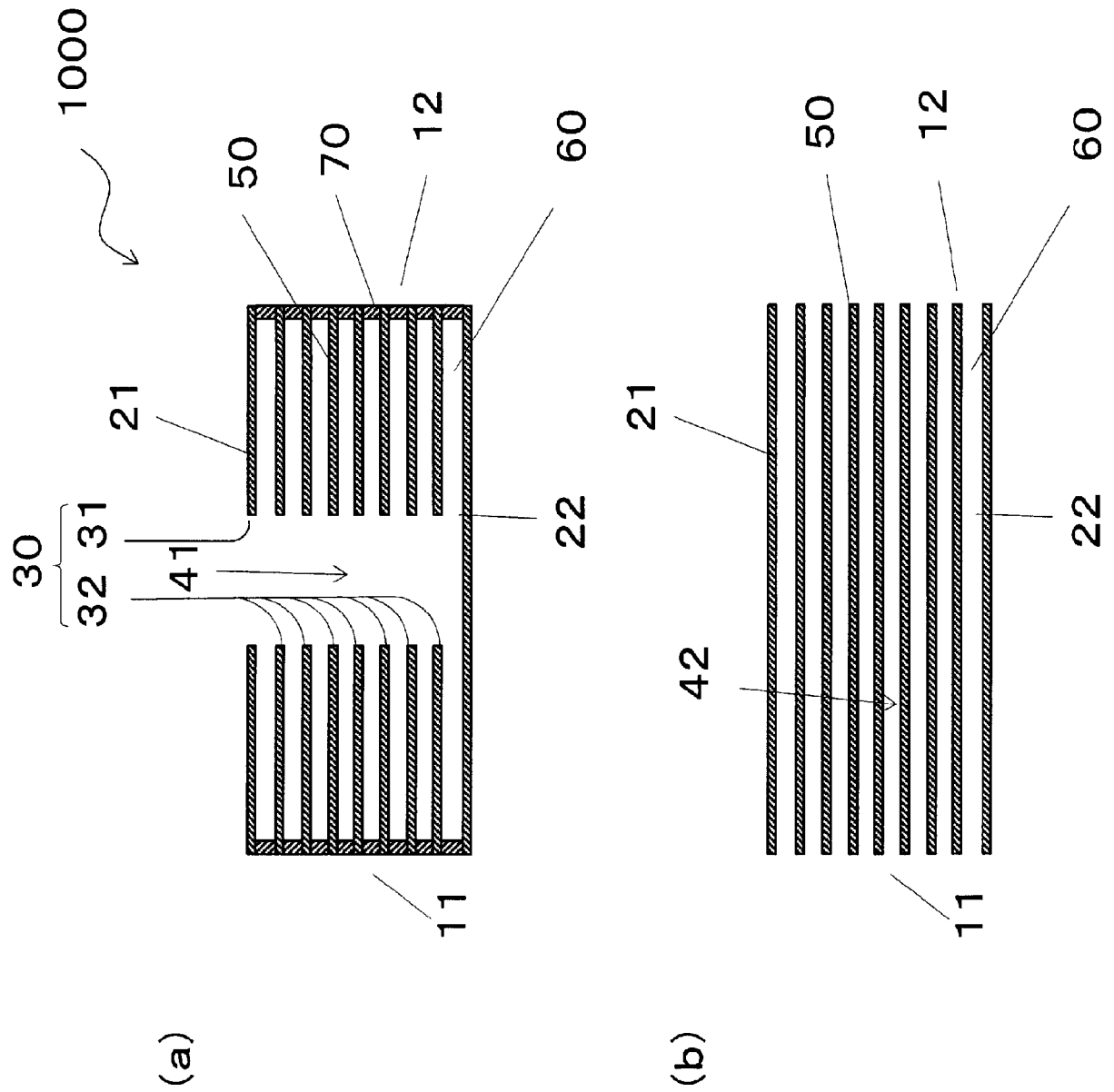
[図1]



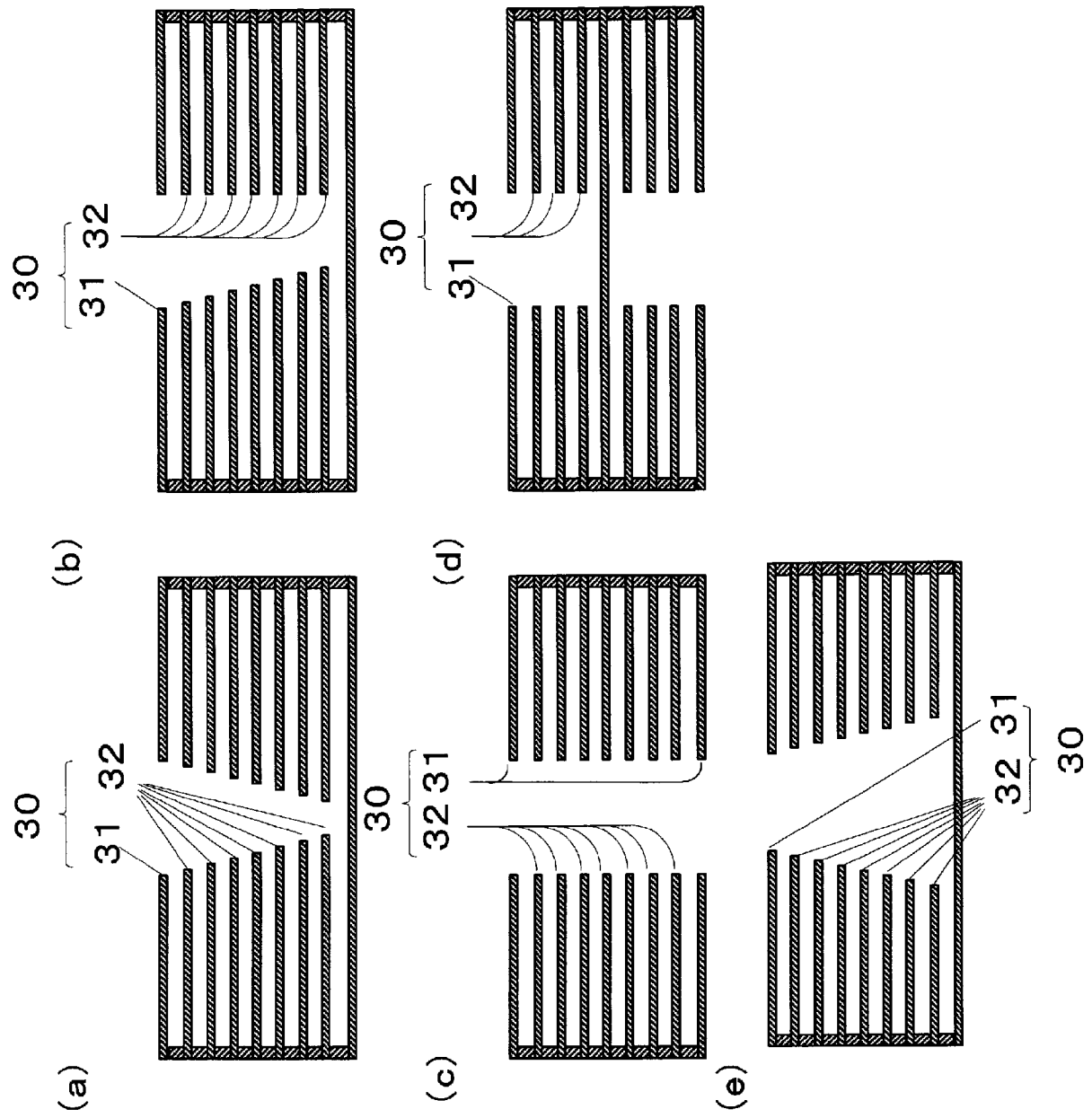
[図2]



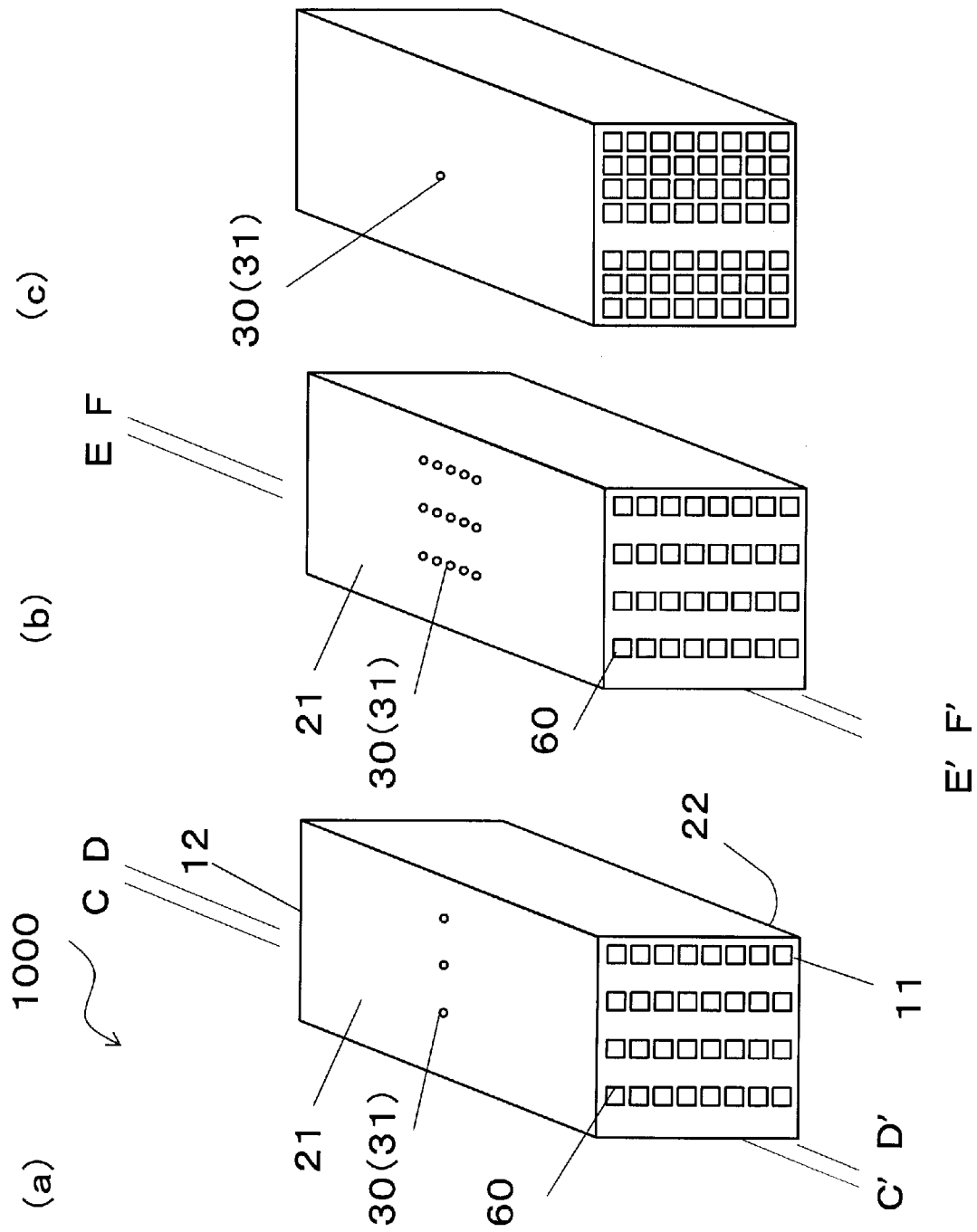
[図3]



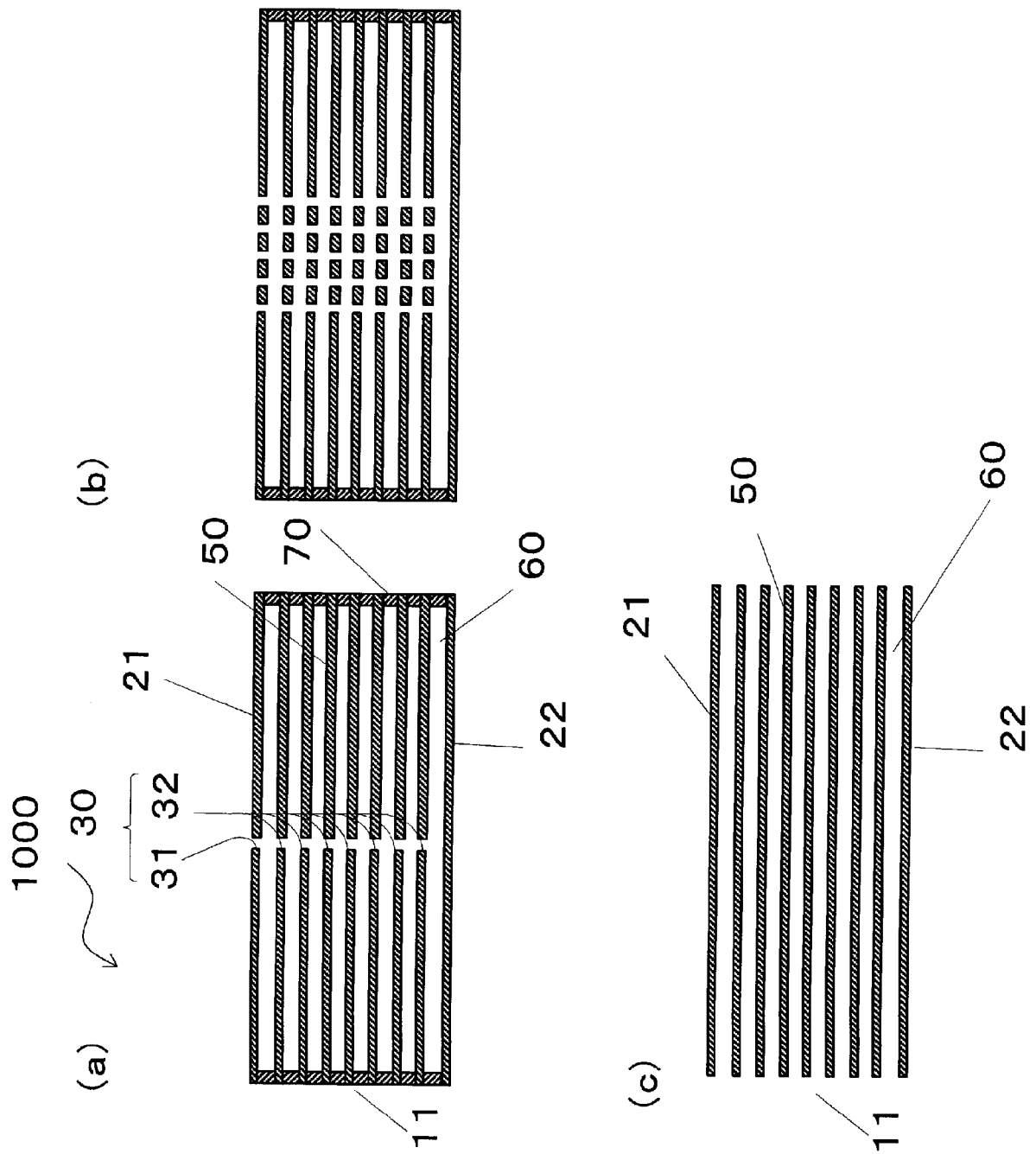
[図4]



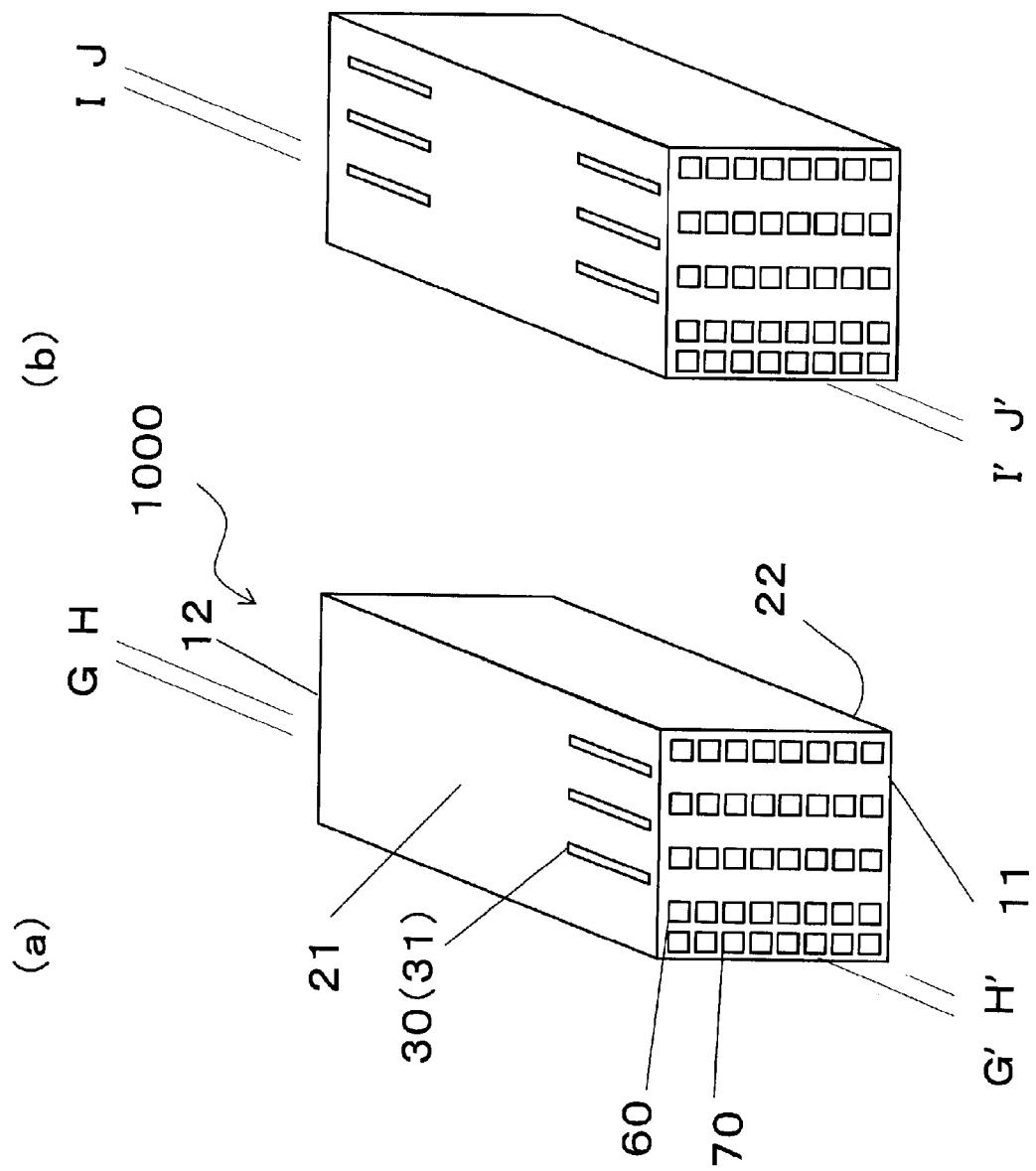
[図5]



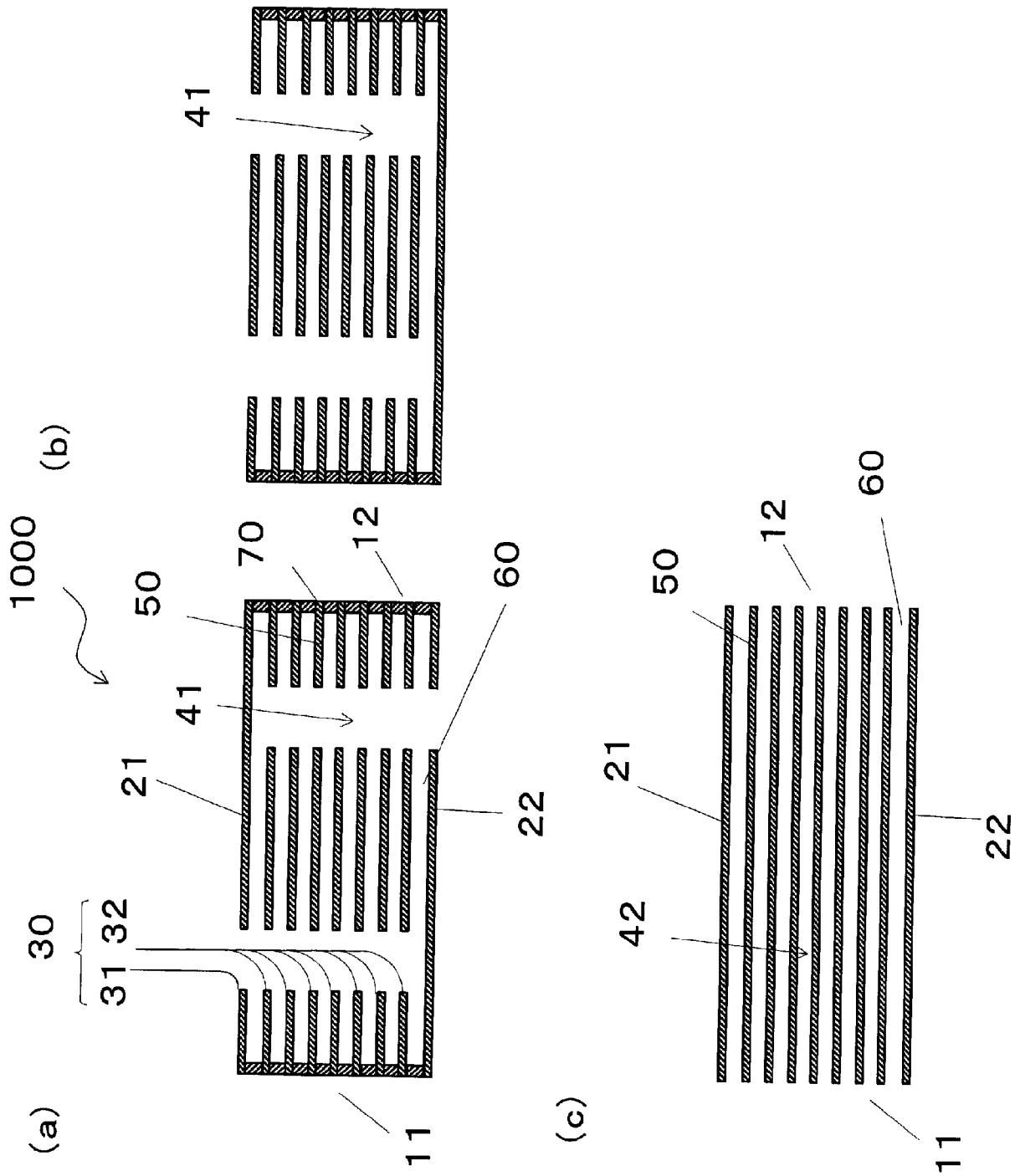
[図6]



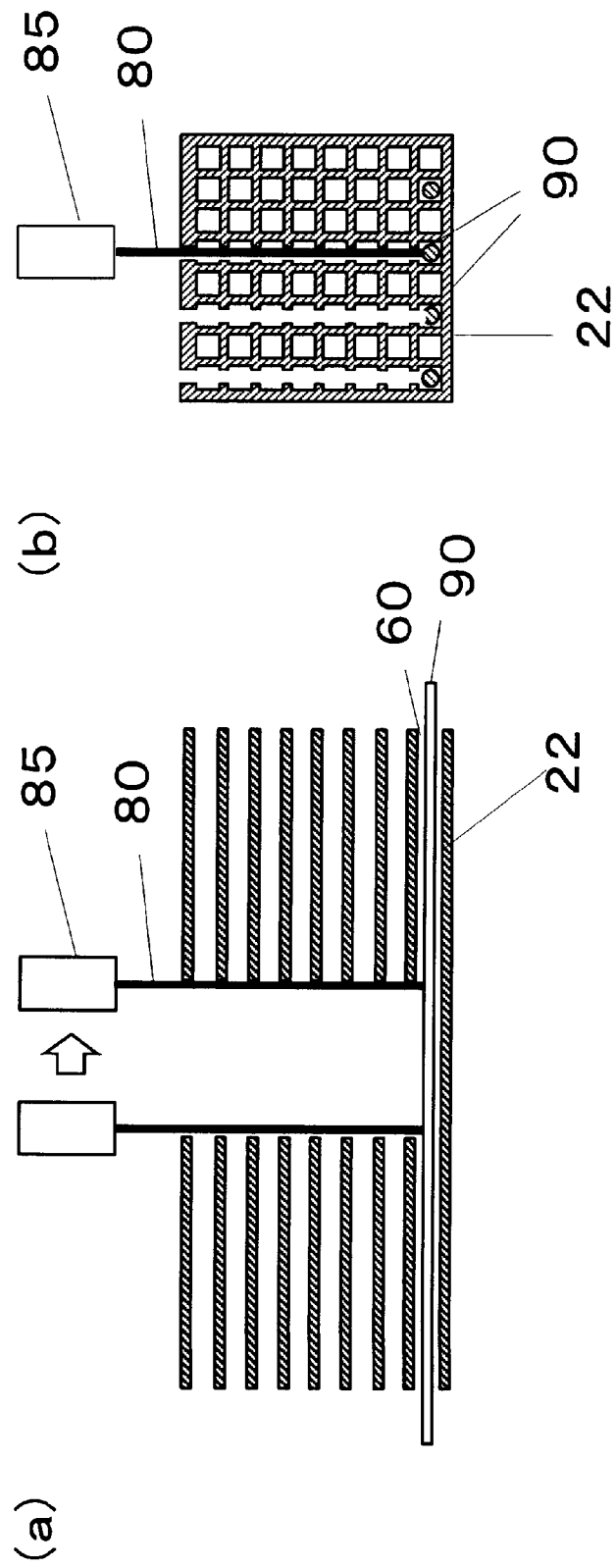
[図7]



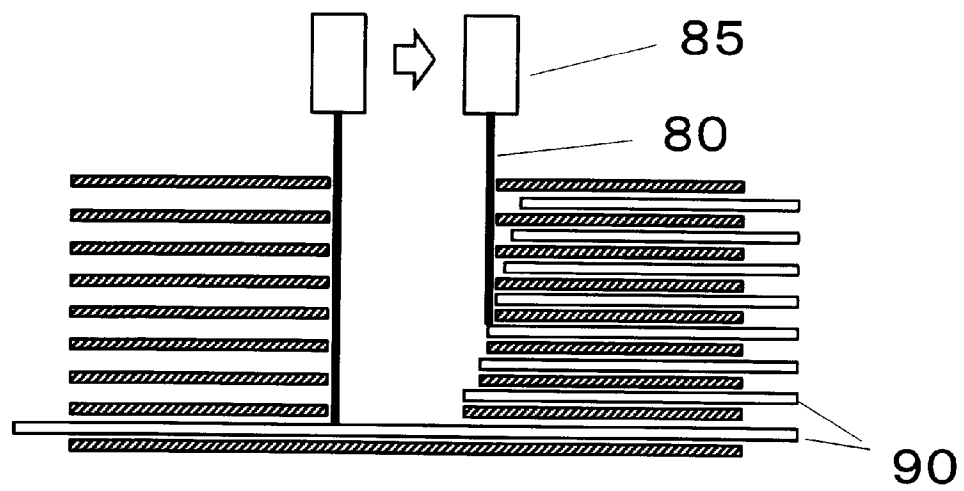
[図8]



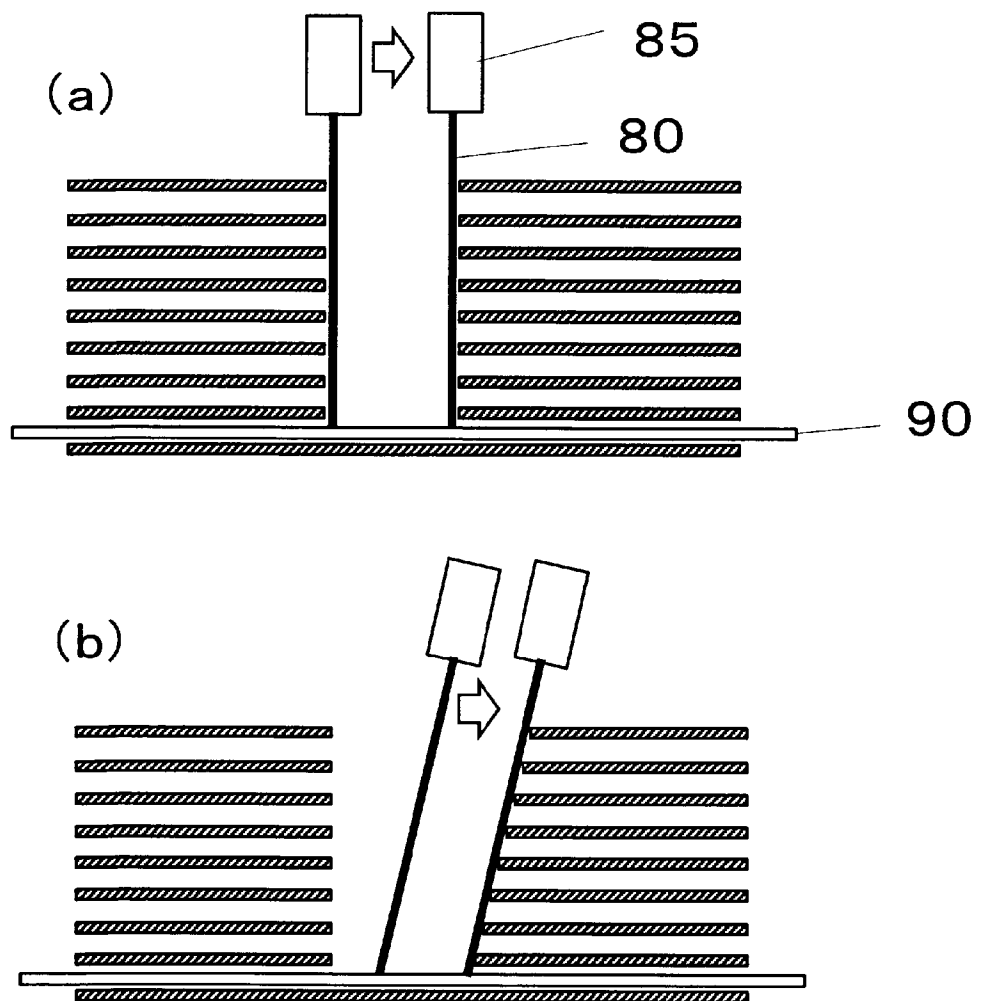
[図9]



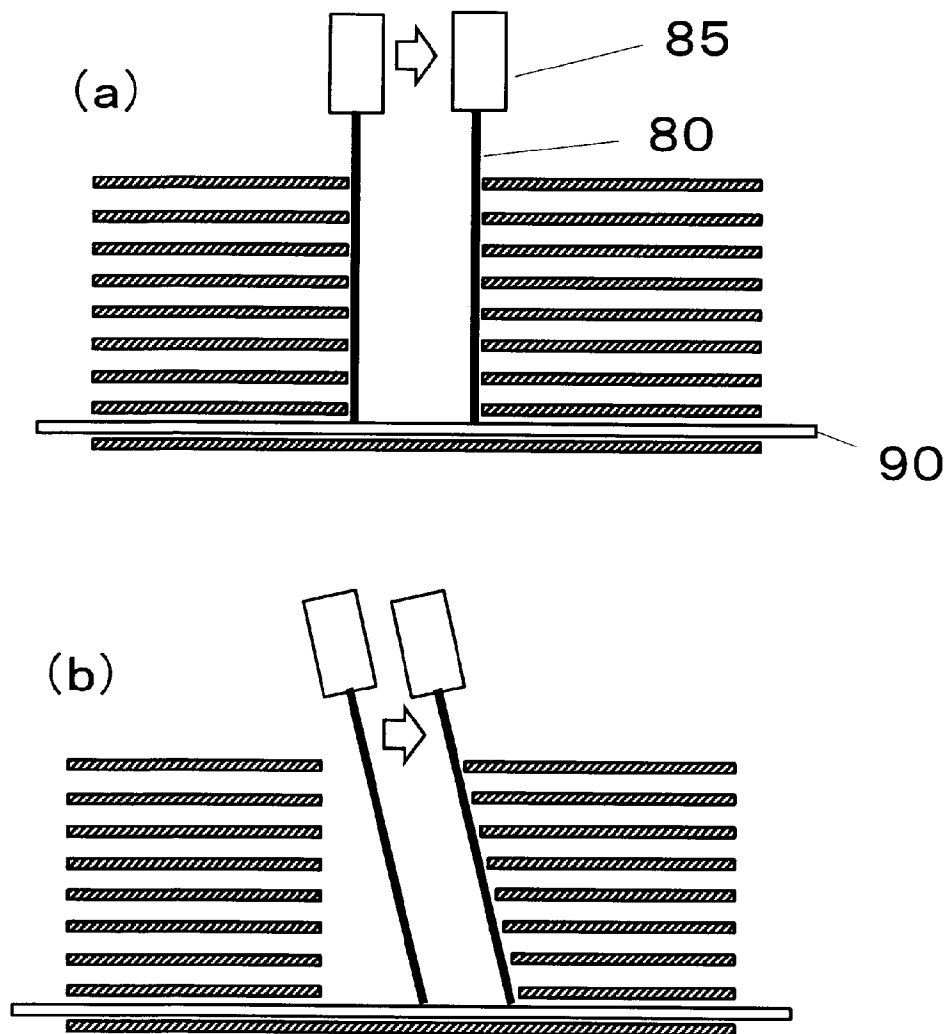
[図10]



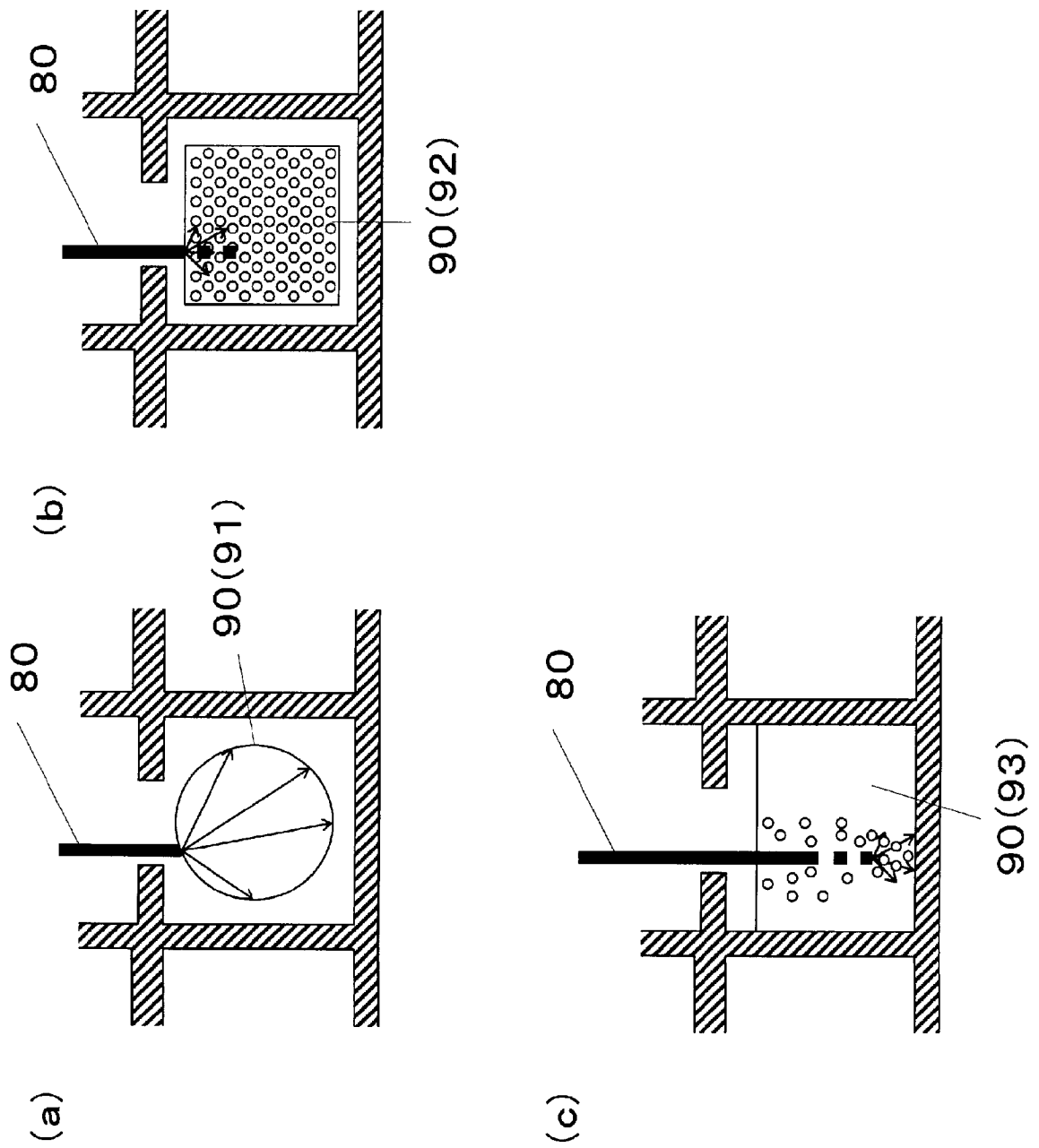
[図11]



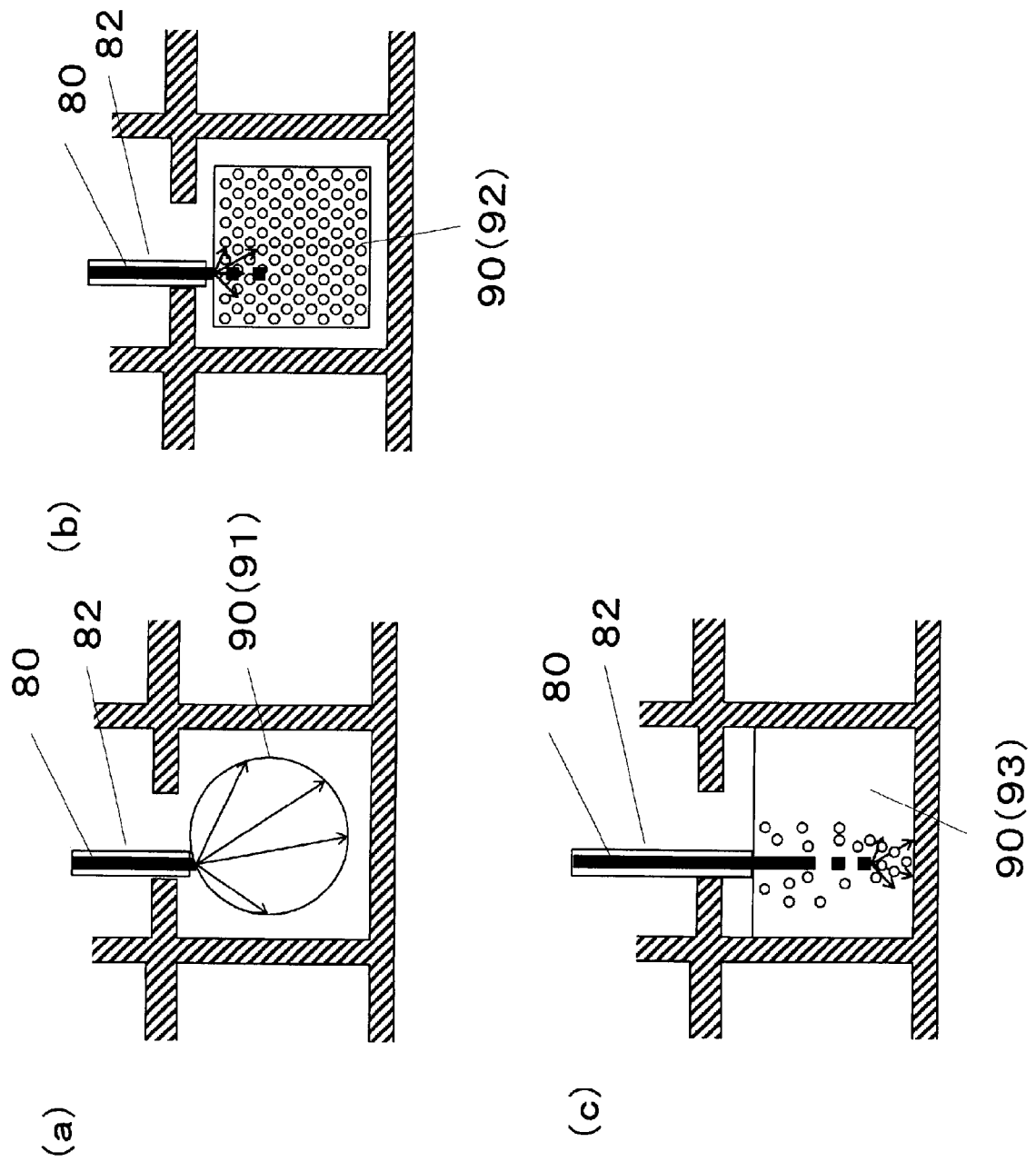
[図12]



[図13]



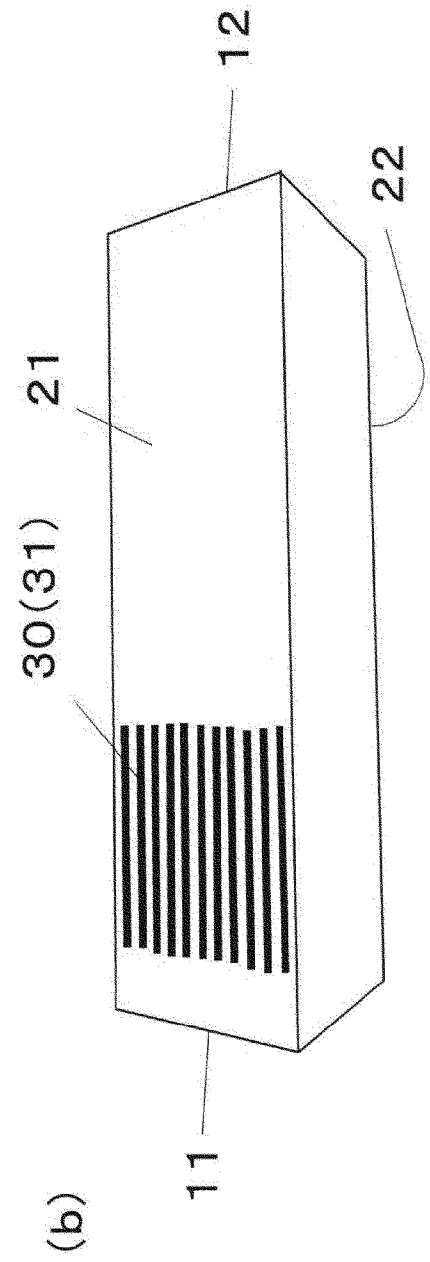
[図14]



[図15]

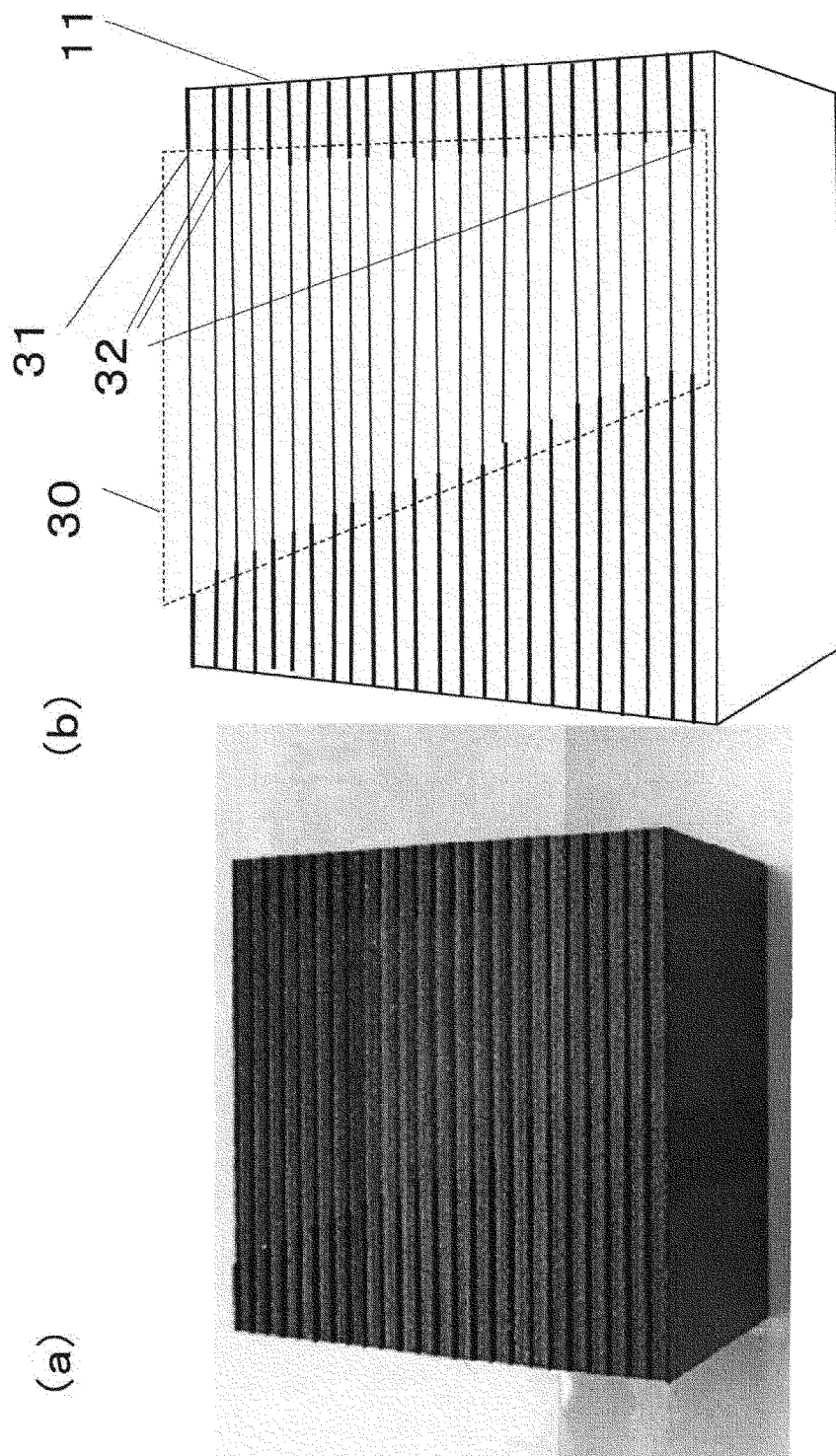


(a)



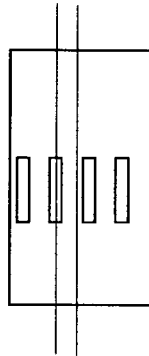
(b)

[図16]



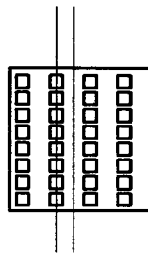
[図17]

A B



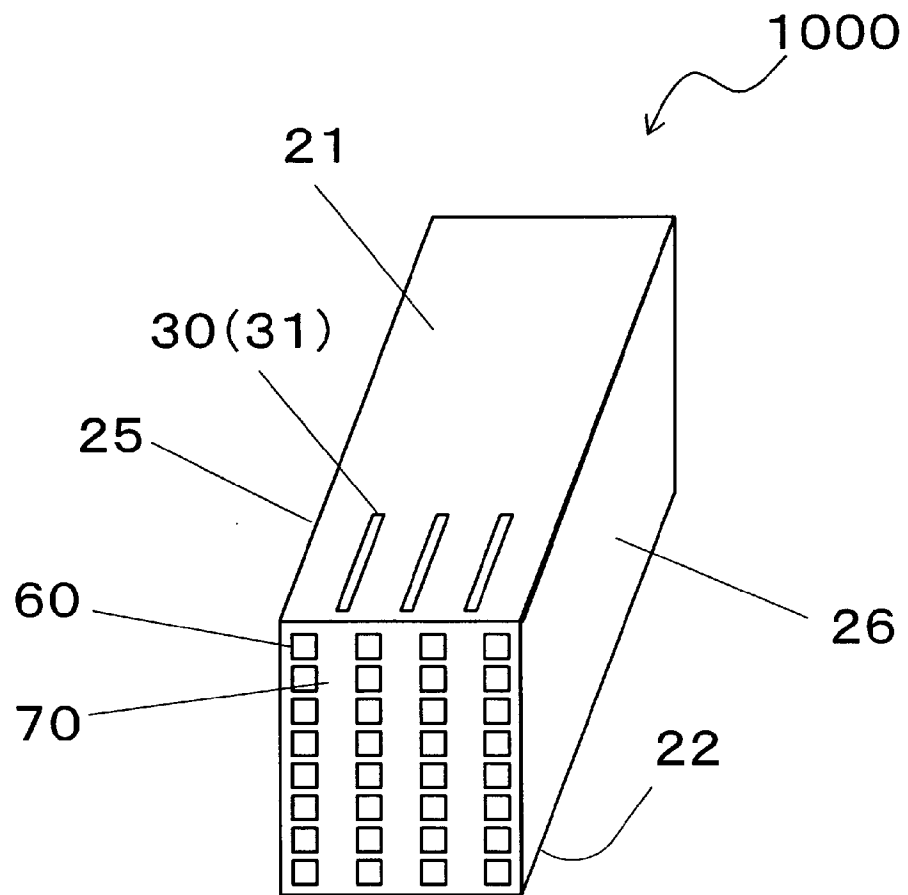
A' B'

A'' B''



A''' B'''

[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/051449

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F28D21/00(2006.01)i, C04B38/00(2006.01)i, F28F21/04(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F28D21/00, C04B38/00, F28F21/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 55-102891 A (Cera-ver), 06 August 1980 (06.08.1980), page 3, upper left column, line 10 to lower left column, line 18; page 4, upper left column, line 17 to upper right column, line 8; fig. 1, 3 & US 4271110 A & GB 2032609 A & DE 2937342 A & FR 2436958 A & BE 878683 A & NL 7907058 A & AU 5101379 A & SE 7907802 A & CA 1118988 A & IT 1121038 B & AU 531203 B	1-8, 10, 12 9, 11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 March 2015 (25.03.15)

Date of mailing of the international search report
07 April 2015 (07.04.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/051449

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 181845/1983 (Laid-open No. 91969/1985) (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 24 June 1985 (24.06.1985), page 3, line 18 to page 7, line 5; fig. 1 to 4 (Family: none)	9, 11
A	JP 60-141541 A (Nippon Soken, Inc.), 26 July 1985 (26.07.1985), page 7, lower right column, line 9 to page 8, upper right column, line 10; page 9, upper right column, line 1 to page 10, upper left column, line 2; fig. 7 to 13 & US 4746479 A	1-12
A	KR 885499 B1 26 February 2009 (26.02.2009), fig. 5 & KR 10-2004-0006790 A	1-12
A	US 4041591 A (CORNING GLASS WORKS), 16 August 1977 (16.08.1977), column 4, line 15 to column 5, line 4; column 6, lines 28 to 40; fig. 1 to 4 & JP 52-103058 A & GB 1566029 A & DE 2705123 A & FR 2342122 A	1-12
A	WO 2010/110238 A1 (IHI Corp.), 30 September 2010 (30.09.2010), paragraphs [0001], [0019], [0029] & JP 5514190 B & US 2012/0048524 A1 & EP 2413079 A1 & CN 102439389 A	12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F28D21/00(2006.01)i, C04B38/00(2006.01)i, F28F21/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F28D21/00, C04B38/00, F28F21/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 55-102891 A（セラヴェール） 1980.08.06, 第3頁左上欄第10行－左下欄第18行, 第4頁左上欄第17行－右上欄第8行, 第1, 3図 & US 4271110 A & GB 2032609 A & DE 2937342 A & FR 2436958 A & BE 878683 A & NL 7907058 A & AU 5101379 A & SE 7907802 A & CA 1118988 A & IT 1121038 B & AU 531203 B	1-8, 10, 12 9, 11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 5 . 0 3 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 4 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

松井 裕典

3 M

4 6 5 7

電話番号 03-3581-1101 内線 3377

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	日本国実用新案登録出願58-181845号(日本国実用新案登録出願公開60-91969号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(川崎重工業株式会社) 1985.06.24, 第3頁第18行―第7頁第5行, 第1―4図 (ファミリーなし)	9, 11
A	JP 60-141541 A (株式会社日本自動車部品総合研究所) 1985.07.26, 第7頁右下欄第9行―第8頁右上欄第10行, 第9頁右上欄第1行―第10頁左上欄第2行, 第7―13図 & US 4746479 A	1-12
A	KR 885499 B1 2009.02.26, 第5図 & KR 10-2004-0006790 A	1-12
A	US 4041591 A (CORNING GLASS WORKS) 1977.08.16, 第4欄第15行―第5欄第4行, 第6欄第28―40行, 第1―4図 & JP 52-103058 A & GB 1566029 A & DE 2705123 A & FR 2342122 A	1-12
A	WO 2010/110238 A1 (株式会社IHI) 2010.09.30, 段落[0001], [0019], [0029] & JP 5514190 B & US 2012/0048524 A1 & EP 2413079 A1 & CN 102439389 A	12