

(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 2015/115256 A1

- (51) 国際特許分類:
F28F 21/04 (2006.01) *C04B 38/00* (2006.01)
B01D 53/86 (2006.01) *F01N 3/24* (2006.01)
B01D 53/94 (2006.01) *F28D 21/00* (2006.01)
B01J 35/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/051446
- (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 2014-013447 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

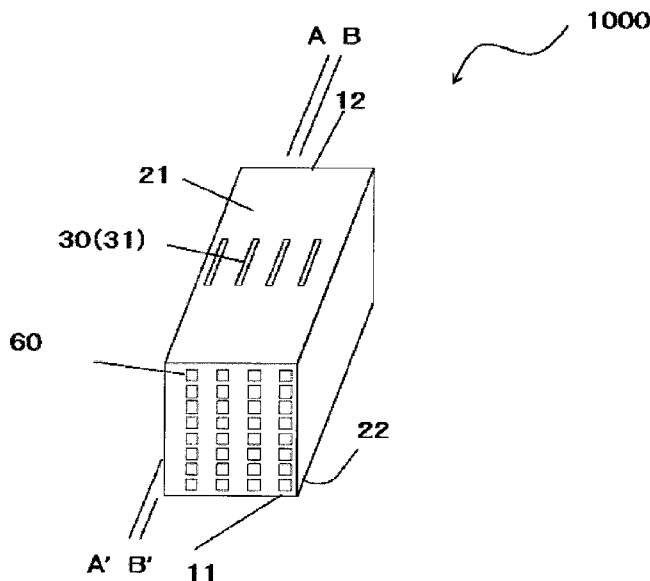
斐郡揖斐川町北方 1-1 イビデン株式会社大垣北事業場内 Gifu (JP). 久保 修一(KUBO Syuichi); 〒5010695 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1-1 イビデン株式会社大垣北事業場内 Gifu (JP).

- (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),

[続葉有]

(54) Title: HEAT EXCHANGER

(54) 発明の名称: 熱交換器



(57) Abstract: Provided is a heat exchanger that uses a honeycomb structure for which a new function can be imparted to the honeycomb structure, and the flow of a new fluid can be handled. This heat exchanger (1000) has a first end surface (11), a second end surface (12), a first side wall (21), and a second side wall (22), and has multiple flow paths (60) extending from the first end surface (11) to the second end surface (12) and partitioned by inner walls (50). Connecting holes (30) have a first aperture (31), which is formed in the first side wall (21) or the second side wall (22), and a second aperture (32), which is formed in multiple inner walls (50) opposing the first apertures (31), and connects multiple flow paths (60). The flow paths (60) having a first aperture (31) or a second aperture (32) have a sealed part (70) on the first end surface (11) and the second end surface (12) respectively, thereby forming first spaces (41). The other flow paths (60) form second spaces (42) extending from the first end surface (11) to the second end surface (12). The first spaces (41) and the second spaces (42) are isolated from each other by the inner walls (50). A catalyst layer (43) is supported on the inner surface of the first spaces (41) or the second spaces (42), thereby imparting a function of purifying harmful gases included in an exhaust gas.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/115256 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, 添付公開書類:
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

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うことのできるハニカム構造体を用いた熱交換器を提供する。熱交換器 1000 は、第 1 端面 11 と第 2 端面 12 と第 1 側壁 21 と第 2 側壁 22 とを有し、内壁 50 によって仕切られ第 1 端面 11 から第 2 端面 12 に延びる複数の流路 60 を有する。接続孔 30 は、第 1 側壁 21 または第 2 側壁 22 に形成された第 1 の開口 31 と、第 1 の開口 31 に対向する複数の内壁 50 に形成され複数の流路 60 を接続する第 2 の開口 32 とを有する。第 1 の開口 31 または第 2 の開口 32 を有する流路 60 は、第 1 端面 11 および第 2 端面 12 にそれぞれ封止部 70 を有し、第 1 の空間 41 を構成する。その他の流路 60 は、第 1 端面 11 から第 2 端面 12 に延びる第 2 の空間 42 を構成する。第 1 の空間 41 と、第 2 の空間 42 は内壁 50 で互いに隔離されている。そして、第 1 の空間 41 または第 2 の空間 42 の内面に触媒層 43 を担持したので、排気ガス中に含まれている有害ガスを浄化する機能を付与することができる。

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を用いた熱交換器に関する。

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を用いた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うことのできるハニカム構造体を用いた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を用いた熱交換器において、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前記内壁に形成され複数の前記流路を接続する第2の開口と、からなる接続孔を有し、前記第1の開口または前記第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の開口または前記第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第1の空間を構成するとともに、前記第1の開口および前記第2の開口のない前記流路は、前記第1端面から前記第2端面に延びる第2の空間を構成し、前記第1の空間と、前記第2の空間とは前記内壁で互いに隔離されているとともに、前記第1の空間または前記第2の空間の内面に触媒層を有することを特徴とする。

[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を用いた熱交換器によれば、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のできる。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。

[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] また、第 1 の空間または第 2 の空間の内面に触媒層を有するので、排気ガス中に含まれている有害ガスを浄化する機能を付与することができる。さらに、温度の低い排気ガスを熱交換によって加熱することにより効率良く有害ガスを浄化する機能を付与することもできる。

[0012] さらに、本発明の熱交換器は、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ことを特徴とする。

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。

[0013] （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ことを特徴とする。

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。

[0014] （３）前記第１の空間は、複数の前記接続孔を有することを特徴とする。

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] （４）前記熱交換器は、前記接続孔を前記第１側面および前記第２側面にそれぞれ有することを特徴とする。

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] （５）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の開口の長さは、前記第２の開口の長さよりも長いことを特徴とする。

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] (6) 複数の前記第2の開口は、前記第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。

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] (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の開口の長さおよび、複数の前記第2の開口の長さは、いずれも等しいことを特徴とする。

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の開口の長さおよび、複数の第2の開口の長さが、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] (8) 前記接続孔は5層以上の前記第2の開口が積み重なっていることを特徴とする。

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] (9) 前記接続孔は、10層以上の前記第2の開口が積み重なっていることを特徴とする。

本発明の熱交換器は、10層以上の第2の開口を積み重ねることによって第1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] (10) 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。

本発明の熱交換器は、ハニカム構造体が炭化珪素、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を用いた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、第1の空間または第2の空間の内面に触媒層を有するので、排気ガス中に含まれている有害ガスを浄化する機能を付与することができる。さらに、温度の低い排気ガスを熱交換によって加熱することにより効率良く有害ガスを浄化する機能を付与することもできる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本発明に係る第1実施形態の熱交換器の斜視図である。

[図2] (a) は本発明に係る第1実施形態の熱交換器の変形例の斜視図であり、(b) は別の変形例の斜視図である。

[図3]本発明に係る第1実施形態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] (a) ~ (e) は、本発明に係る第1実施形態の熱交換器の接続孔の変形例の断面図であり、図3(a)相当図である。

[図5] (a) ~ (c) は、本発明に係る第1実施形態の熱交換器の変形例の斜視図である。

[図6]図5(a) ~ (c) 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'および図5(b)のF-F'断面図である。

[図7] (a) は本発明に係る第2実施形態の熱交換器の斜視図であり、(b) は本発明に係る第2実施形態の熱交換器の変形例の斜視図である。

[図8] (a) ~ (c) は本発明に係る第2実施形態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' および図7 (b) のJ-J' 断面図である。

[図9] (a) および(b) は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る。

[図10] 本発明に係る熱交換器の接続孔の製造方法の別の例を示す説明図である。

[図11] (a) および(b) は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工程図である。

[図12] (a) および(b) は本発明に係る熱交換器の接続孔の製造方法の別の例を示す工程図である。

[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場合、(b) は流路内に失透ガラスが挿入されている場合、(c) は流路内に水が入れている場合である。

[図14] 本発明に係るハニカム構造体を用いた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場合、(b) は流路内に失透ガラスが挿入されている場合、(c) は流路内に水が入れている場合である。

[図15] (a) は本発明に係る実施例のハニカム構造体を用いた熱交換器の外観写真であり、(b) はその説明図である。

[図16] (a) は本発明に係る実施例のハニカム構造体を用いた熱交換器の接続孔の断面写真であり、(b) はその説明図である。

[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]本発明に係る第3実施形態の熱交換器の斜視図である。

[図19]本発明に係る第3実施形態の熱交換器の断面図であり、(a)は図18のK-K'断面図、(b)は図18(b)のL-L'断面図である。

[図20]本発明に係る第4実施形態の熱交換器の斜視図である。

[図21]本発明に係る第4実施形態の熱交換器の断面図であり、(a)は図20のK-K'断面図、(b)は図20(b)のL-L'断面図である。

[図22]本発明に係る第5実施形態の熱交換器の斜視図である。

[図23]本発明に係る第5実施形態の熱交換器の断面図であり、(a)は図22のK-K'断面図、(b)は図22(b)のL-L'断面図である。

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を用いた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を用いた熱交換器において、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前記内壁に形成され複数の前記流路を接続する第2の開口と、からなる接続孔を有し、前記第1の開口または前記第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 の開口または前記第 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第 1 の空間を構成するとともに、前記第 1 の開口および前記第 2 の開口のない前記流路は、前記第 1 端面から前記第 2 端面に延びる第 2 の空間を構成し、前記第 1 の空間と、前記第 2 の空間とは前記内壁で互いに隔離されているとともに、前記第 1 の空間または前記第 2 の空間の内面に触媒層を有する。

[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。

[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。

また、第 1 の空間または第 2 の空間の内面に、触媒層を有するので、排気ガス中に含まれている有害ガスを浄化する機能を付与することができる。さらに、温度の低い排気ガスを熱交換によって加熱することにより効率良く有害ガスを浄化する機能を付与することもできる。

[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、前記熱交換器は、前記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] 本発明の熱交換器では、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。

[0034] 本発明の熱交換器では、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側面および前記第２側面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の開口は、スリット状に構成され、前記第１の開口の長さは、前記第２の開口の長さよりも長いことが好ましい。

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。

本明細書において、開口の長さとは、流路の方向の長さである。

[0038] 本発明の熱交換器は、複数の前記第２の開口は、前記第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の開口の長さおよび、複数の前記第２の開口の長さは、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の開口の長さおよび、複数の第２の開口の長さが、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] 本発明の熱交換器では、前記接続孔は5層以上の前記第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] 本発明の熱交換器では、前記接続孔は、10層以上の前記第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、10層以上の第2の開口を積み重ねることによって第1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] 本発明の熱交換器では、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、本発明の実施形態について、説明する。

第1実施形態及び第2実施形態では、主に触媒層を形成する前のハニカム構造体について説明する。

[0049] 第1実施形態は、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] 第2実施形態は、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。4つの独立した空間が第1の空間を構成し、4×8の独立した流路32本が第2の空間を構成する。

[0051] 第3実施形態ないし第5実施形態は、第1の空間または第2の空間の内面に、触媒層を有する熱交換器である。

[0052] <第1実施形態>

第1実施形態の熱交換器について、図を用いながら説明する。

図1は本発明に係る第1実施形態の熱交換器の斜視図である。図2は本発明に係る第1実施形態の熱交換器の変形例の斜視図である。図3は本発明に係る第1実施形態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は本発明に係る第1実施形態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は本発明に係る第1実施形態の熱交換器の変形例の斜視図である。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。

[0053] 第1実施形態の熱交換器（1000）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に接する8本の流路60のうち、交互になるように接続孔30を4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。

[0054] 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1000の第1側壁21に接する8本の流路60のうち、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に接する8本の流路60のうち、交互になるように4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。

[0055] 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。図4（a）は、断面形状がV字状である接続孔30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。図4（b）は、第1の開口31および第2の開口32の片側が垂直になるように揃った接続孔30

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30の断面が台形である。図4(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。図4(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50を共有する接続孔30を示す。図4(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。

[0056] 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60のハニカム、八角形と四角形の流路60の組合せのハニカムなど特に限定されない。

[0057] 本実施形態の熱交換器1000は、ハニカム状のセラミックの第1側壁21または第2側壁22に接続孔30を形成することにより得ることができる。第1の開口31および第2の開口32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。

[0058] 本実施形態の熱交換器1000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

一光 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 MCS 300 型レーザー加工機を利用することができる。

[0059] 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 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 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 93 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。

[0060] <第 2 実施形態>

第 2 実施形態の熱交換器について、図を用いながら説明する。

なお、前述した第 1 実施形態に係る熱交換器 (1000) と共通する部位には同じ符号を付して、重複する説明を省略することとする。

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

[0061] 第 2 実施形態のハニカム構造体 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 31 および第 2 の開口 32 を有する流路 60 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。

[0062] また第 1 の開口 31 および第 2 の開口 32 のない流路 60 は、第 1 端面 1

1 から第2端面12に延びる第2の空間42を構成し、第1の空間41と第2の空間42は内壁50で互いに隔離されている。第1の空間41は、第1側壁21および第2側壁22の側に接続孔30を有している。第1の空間41は4つの独立した空間で構成され、4×8の独立した32本の流路60が第2の空間42を構成する。

第1の空間41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42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41と第2の空間42は内壁50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50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。

[0063] 本実施形態の熱交換器1000は、ハニカム状のセラミックの第1側壁21または第2側壁22に接続孔30を形成することにより得ることができる。第1の開口31および第2の開口32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。

[0064] 本実施形態の熱交換器1000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、ウォータージェット（水流82）を併用したレーザー光80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。

[0065] 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 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 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 93 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。

実施例

[0066] 本実施例では、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 30 を形成し、本発明に係るハニカム構造体（熱交換器）1000 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、34 mm × 34 mm × 130 mm 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（熱交換器）1000 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 50 の厚さは 0.25 mm、第 1 側壁 21 および第 2 側壁 22 の厚さは、0.3 mm である。流路 60 の大きさは、一辺が 1.14 mm の正方形である。

[0067] 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 30 を形成した。第 1 側壁 21 に面する 24 本の流路 60 のうち、交互となるよう 12 本の流路 60 に第 1 の開口 31 を形成し、さらに第 2 の開口 32 を形成することにより、12 個の接続孔 30 を形成した。接続孔 30 の底は、第 2 側壁 22 であり、全ての内壁 50 には第 2 の開口 32 が形成されている。第 1 の開

口 3 1 および第 2 の開口 3 2 と第 1 端面 1 1 との距離は 1 0 m m、第 1 の開口 3 1 は第 1 端面 1 1 から 4 0 m m の位置まで延び、最下層の第 2 の開口 3 2 は、第 1 端面 1 1 から 2 5 m m の位置まで延びている。第 2 の開口 3 2 は第 1 の開口 3 1 に向かって順に長くなり、接続孔 3 0 の断面は、台形である。また、第 1 の開口 3 1 の幅は、0. 6 m m である。

[0068] 詳しい加工方法は以下に説明する。接続孔 3 0 を形成する際、第 2 側壁 2 2 に面する流路 6 0 には、流路 6 0 よりも長い円形のガラス棒 9 1 を挿入し、その他の流路 6 0 には、台形の流域以外の部分まで円形のガラス棒 9 1 を挿入した。

次に第 1 側壁 2 1 に面する流路 6 0 に沿って牧野フライス社製 M C S 3 0 0 型レーザー加工機を用いて加工した。レーザーの波長は 5 3 2 n m、出力 8 0 W、水流 8 2 のノズル径は $\phi 8 0 \mu m$ 、走査速度は 3 0 0 m m / m i n で加工した。

[0069] このように加工して得られたハニカム構造体（熱交換器）1 0 0 0 を接続孔 3 0 に沿って切断し、接続孔 3 0 を確認した。図 1 6 に示すように接続孔 3 0 の断面は台形であり、内壁 5 0 は全て貫通し、第 1 の開口 3 1 が長さ 3 0 m m、最下層の第 2 の開口 3 2 が長さ 1 5 m m であった。

このように水流 8 2 を用いたレーザー加工機で接続孔 3 0 を形成できることが確認できた。ハニカム構造体（熱交換器）1 0 0 0 に接続孔 3 0 を形成する方法は水流 8 2 を用いたレーザー光 8 0 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 8 2 を併用することなく加工することができる。

[0070] また、接続孔 3 0 の大きさ、配置、数は適宜選択することができる。

[0071] <第 3 実施形態>

第 3 実施形態の熱交換器について、図を用いながら説明する。

なお、前述した第 1 実施形態に係る熱交換器（1 0 0 0）および第 2 実施形態に係る熱交換器（1 0 0 0）と共通する部位には同じ符号を付して、重複する説明を省略することとする。

図18は、本発明に係る第3実施形態の熱交換器の斜視図である。また、図19は、本発明に係る第3実施形態の熱交換器の断面図であり、(a)は図18のK-K'断面図、(b)は図18のL-L'断面図である。

[0072] 図18および図19(a)に示すように、第3実施形態の熱交換器(1000)では、第1の空間41の内面に触媒層43を有し、第2の空間42の内面には触媒層がない(図19(b)参照)。

触媒層43に担持される触媒活性成分としては、特に限定するものではないが、例えば、Pt、Rh、Pd、Ce、Cu、V、Fe、Au、Ag等の貴金属等が挙げられる。これらの中では、Ptが最も好適である。また、上記貴金属等は、単独で用いることができるが、2種以上を併用しても良い。

これらの触媒活性成分により、例えば排気ガス中に含まれるHC、COを浄化することができる。

[0073] 上記触媒層は、触媒活性成分のみからなっても良いが、触媒サポート材層に触媒活性成分が担持されたものであっても良い。触媒サポート材層は、例えば比表面積が大きく、ガスと触媒との接触面積を大きくする機能を有するものであることが好ましい。

上記触媒層を構成し、触媒活性成分を担持する触媒担体の材料としては、特に限定するものではないが、例えば、アルミナ、チタニア、シリカ、セリア、ジルコニア等を挙げることができる。中でも、耐熱性、化学的安定性の観点からアルミナが最も好適である。また、アルミナの中でもγ-アルミナは比表面積が高く触媒サポート材として好適に利用できる。

また、本発明の熱交換器1000には、本発明の目的を阻害しない範囲で、上記触媒活性成分のほかに、例えば、アルカリ金属、アルカリ土類金属等の触媒活性成分を担持しても良い。これらの触媒活性成分を用いることにより、排気ガス中に含まれるNO_xを浄化することができる。

[0074] 次に、上述した触媒層を形成する方法について説明する。なお、以下の説明においては、触媒サポート材層としてアルミナを用いる場合について説明するが、その他の触媒サポート材層を用いても同様である。

まず、アルミナに無機質バインダを添加して混合するとともに、粉碎して微粉体を作製する。アルミナとしては、例えば、 γ -アルミナを用いることができる。 γ -アルミナは、ゾル-ゲル法等により調整することができる。また、無機質バインダとしては、特に限定するものではないが、例えば、水和アルミナ等を用いることができる。

[0075] 次に、微粉体を純水と合わせ、スターラ等を用いて攪拌することで、スラリーを調製する。

そして、セラミックブロックであるハニカム構造体1000の内面にスラリーを吹き付けたり、スラリー中にハニカム構造体1000を浸漬し、いわゆるウォッシュコートすることによりスラリーを付着させる。

次いで、スラリーをウォッシュコートしたハニカム構造体1000を、所定の温度で乾燥、焼成することにより、ハニカム構造体1000の内面に触媒サポート材層を形成する。

[0076] また、別の担持方法によりハニカム構造体1000に触媒活性成分を担持する場合には、まず、触媒サポート材層となるアルミニウム含有金属化合物の溶液を調製する。

アルミニウム含有金属化合物の原料としては、金属無機化合物や金属有機化合物等の金属化合物を用いることができる。

金属無機化合物としては、例えば、 $Al(NO_3)_3$ 、 $AlCl_3$ 、 $AlOCl$ 、 $AlPO_4$ 、 $Al_2(SO_4)_3$ 、 Al_2O_3 、 $Al(OH)_3$ 等を用いることができる。なかでも、 $Al(NO_3)_3$ や $AlCl_3$ は、アルコール、水等の溶媒に溶解しやすく取り扱いが容易なので一層好ましい。

[0077] 金属有機化合物としては、例えば、金属アルコキシド、金属アセチルセトネート、金属カルボキシレート等を用いることができる。具体的には、 $Al(OC_2H_5)_3$ 、 $Al(OC_2H_3)_3$ 、 $Al(iso-OC_3H_7)_3$ 等を用いることができる。

溶媒としては、例えば、水、アルコール、ジオール、多価アルコール、エチレングリコール、エチレンオキシド、トリエタノールアミン、キシレン等

を用いることができる。これらの溶媒は、上記金属化合物の溶解を考慮して、少なくとも１種以上を混合して用いる。

また、上記溶液を調製する際に、塩酸、硫酸、硝酸、酢酸、フッ酸等の触媒を添加しても良い。さらに、アルミナの耐熱性を向上させるために、Li、K、Ca、Sr、Ba、La、Pr、Nd、Si、Zrの単体または化合物を上記金属化合物とともに添加しても良い。

[0078] 次に、上記アルミニウム含有金属化合物の溶液をゾルーゲル法により、ハニカム構造体１０００の所定の内面に含浸させる。このとき、上記溶液をハニカム構造体１０００の各セラミック粒子間の間隙である総ての気孔内に行き渡らせるため、例えば、容器内にハニカム構造体１０００を入れて上記溶液を満たして脱気する方法や、ハニカム構造体１０００の一方から上記溶液を流し込み、他方より脱気する方法等を採用することが望ましい。上記脱気する装置としては、例えば、アスピレータ、真空ポンプ等を用いることができる。

[0079] 次に、ハニカム構造体１０００を１２０～１７０℃で２時間程度加熱することで、上記溶液を蒸発除去してゲル化させてセラミック粒子表面に固定するとともに、余分な溶液を除去し、３００～５００℃程度に加熱することで仮焼成する。

次に、５０～１００℃１時間以上で熱水処理を行う。この熱水処理を行うことで、セラミック粒子の表面に形成したアルミナ薄膜が小繊維状（針状粒子）となって林立し、いわゆる植毛構造を呈して粗い表面の薄膜となる。

そして、５００～１０００℃、５～２０時間程度の条件で焼成することで、ハニカム構造体１０００の内面に触媒サポート材層を形成する。

[0080] 次に、上記いずれかの方法により形成した触媒サポート材層に触媒活性成分を担持させることにより触媒層を形成し、本実施形態の熱交換器１０００を製造することができる。

上記触媒活性成分を担持させる方法としては、特に限定されず、例えば、含浸法、蒸発乾固法、平衡吸着法、インシピアント・ウェットネス法あるいは

はスプレー法等が挙げられる。また、触媒活性成分をどのような形態で担持させても良い。担持する際の触媒活性成分の形態は、金属、合金などの微粉末のほか、化合物などが利用できる。化合物としては、金属錯体などが挙げられる。これらの形態の触媒活性成分が分散あるいは溶解した液体を用いて担持させることができる。

尚、触媒活性成分の担持は、触媒サポート材層を形成した後に行ったが、担持する工程は特に限定されず、触媒サポート材層の原料である微粉体と水に更に触媒活性成分を加え、触媒サポート材層の形成と同時に担持しても良い。

[0081] 以上説明したように、第3実施形態の熱交換器では、ハニカム構造体1000の第1の空間41に触媒層43を担持することにより、第1の空間41を通る排気ガスが冷却される前に、排気ガス中に含まれている有害ガスを浄化する機能を付与することができる。また、温度の低い排気ガスを熱交換によって加熱することにより効率良く有害ガスを浄化する機能を付与することもできる。

なお、図19(a)においては、第1の空間41における全ての流路60の上下左右の全面に触媒層43を設けた場合を示したが、これに限らない。例えば、所定の流路60のみに設けても良いし、所定の面のみに設けることも可能である。

また、第1の空間41の形状は、図19(a)に示すものに限定されず、種々の形状の第1の空間41を採用することができる。

[0082] <第4実施形態>

第4実施形態の熱交換器について、図を用いながら説明する。

なお、前述した第1実施形態に係る熱交換器(1000)ないし第3実施形態に係る熱交換器(1000)と共通する部位には同じ符号を付して、重複する説明を省略することとする。

図20は、本発明に係る第4実施形態の熱交換器の斜視図である。また、図21は、本発明に係る第4実施形態の熱交換器の断面図であり、(a)は

図20のK-K'断面図、(b)は図20のL-L'断面図である。

[0083] 図20および図21(b)に示すように、第4実施形態の熱交換器(1000)では、第2の空間42の内面に触媒層43を有しており、第1の空間41の内面には触媒層を有していない(図21(a)参照)。

なお、担持される触媒層43および触媒活性成分の担持方法等については、前述した第3実施形態の場合と同様なので、説明は省略する。

[0084] 以上説明したように、第4実施形態の熱交換器では、ハニカム構造体1000の第2の空間42に触媒層43を有しているので、第2の空間42を流れる排気ガスが冷却される前に、排気ガス中に含まれている有害ガスを浄化する機能を付与することができる。また、温度の低い排気ガスを熱交換によって加熱することにより効率良く有害ガスを浄化する機能を付与することもできる。

なお、図21(b)においては、第2の空間42における全ての流路60の上下左右の全面に触媒層43を設けた場合を示したが、これに限らない。例えば、所定の流路60のみに設けても良いし、所定の面のみに設けることも可能である。

また、第1の空間41の形状は、図21(a)に示すものに限定されず、種々の形状の第1の空間41を採用することができる。

[0085] <第5実施形態>

第5実施形態の熱交換器について、図を用いながら説明する。

なお、前述した第1実施形態に係る熱交換器(1000)ないし第4実施形態に係る熱交換器(1000)と共通する部位には同じ符号を付して、重複する説明を省略することとする。

図22は、本発明に係る第5実施形態の熱交換器の斜視図である。また、図23は、本発明に係る第5実施形態の熱交換器の断面図であり、(a)は図22のK-K'断面図、(b)は図22のL-L'断面図である。

[0086] 図22、図23(a)および(b)に示すように、第5実施形態の熱交換器(1000)では、第1の空間41の内面および第2の空間42の内面に

触媒層 4 3 を有している。

なお、触媒層 4 3 および触媒活性成分の担持方法等については、前述した第 3 実施形態の場合と同様なので、説明は省略する。

[0087] 以上、説明したように、第 5 実施形態の熱交換器では、ハニカム構造体 1 0 0 0 の第 1 の空間 4 1 および第 2 の空間 4 2 に触媒層 4 3 を有しているので、第 1 の空間 4 1 または第 2 の空間 4 2 を流れる排気ガスが冷却される前に、排気ガス中に含まれている有害ガスを浄化する機能を付与することができる。また、温度の低い排気ガスを熱交換によって加熱することにより効率良く有害ガスを浄化する機能を付与することもできる。

なお、図 2 3 (a) および (b) においては、第 1 の空間 4 1 および第 2 の空間 4 2 における全ての流路 6 0 の上下左右の全面に触媒層 4 3 を設けた場合を示したが、これに限らない。例えば、所定の流路 6 0 のみに設けても良いし、所定の面のみに設けることも可能である。

また、第 1 の空間 4 1 の形状は、図 2 3 (a) に示すものに限定されず、種々の形状の第 1 の空間 4 1 を採用することができる。

産業上の利用可能性

[0088] 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

[0089] 1 1 第 1 端面
1 2 第 2 端面
2 1 第 1 側壁
2 2 第 2 側壁
3 0 接続孔
3 1 第 1 の開口
3 2 第 2 の開口
4 1 第 1 の空間
4 2 第 2 の空間

- 4 3 触媒層
- 5 0 内壁
- 6 0 流路
- 7 0 封止部
- 8 0 レーザー光
- 8 2 水流（ウォータージェット）
- 8 5 レーザー源
- 9 0 光拡散媒体
- 9 1 ガラス棒
- 9 2 矢透ガラス
- 9 3 水
- 1 0 0 0 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を用いた熱交換器において、
- 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前記内壁に形成され複数の前記流路を接続する第2の開口と、からなる接続孔を有し、
- 前記第1の開口または前記第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の開口または前記第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第1の空間を構成するとともに、
- 前記第1の開口および前記第2の開口のない前記流路は、前記第1端面から前記第2端面に延びる第2の空間を構成し、
- 前記第1の空間と、前記第2の空間とは前記内壁で互いに隔離されているとともに、前記第1の空間または前記第2の空間の内面に触媒層を有することを特徴とする熱交換器。
- [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の空間は、複数の前記接続孔を有することを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の熱交換器。
- [請求項5] 前記熱交換器は、前記接続孔を前記第1側面および前記第2側面にそれぞれ有することを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の熱交換器。
- [請求項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 の開口の長さは、前記第 2 の開口の長さよりも長いことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の熱交換器。

[請求項 7] 複数の前記第 2 の開口は、前記第 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 6 に記載の熱交換器。

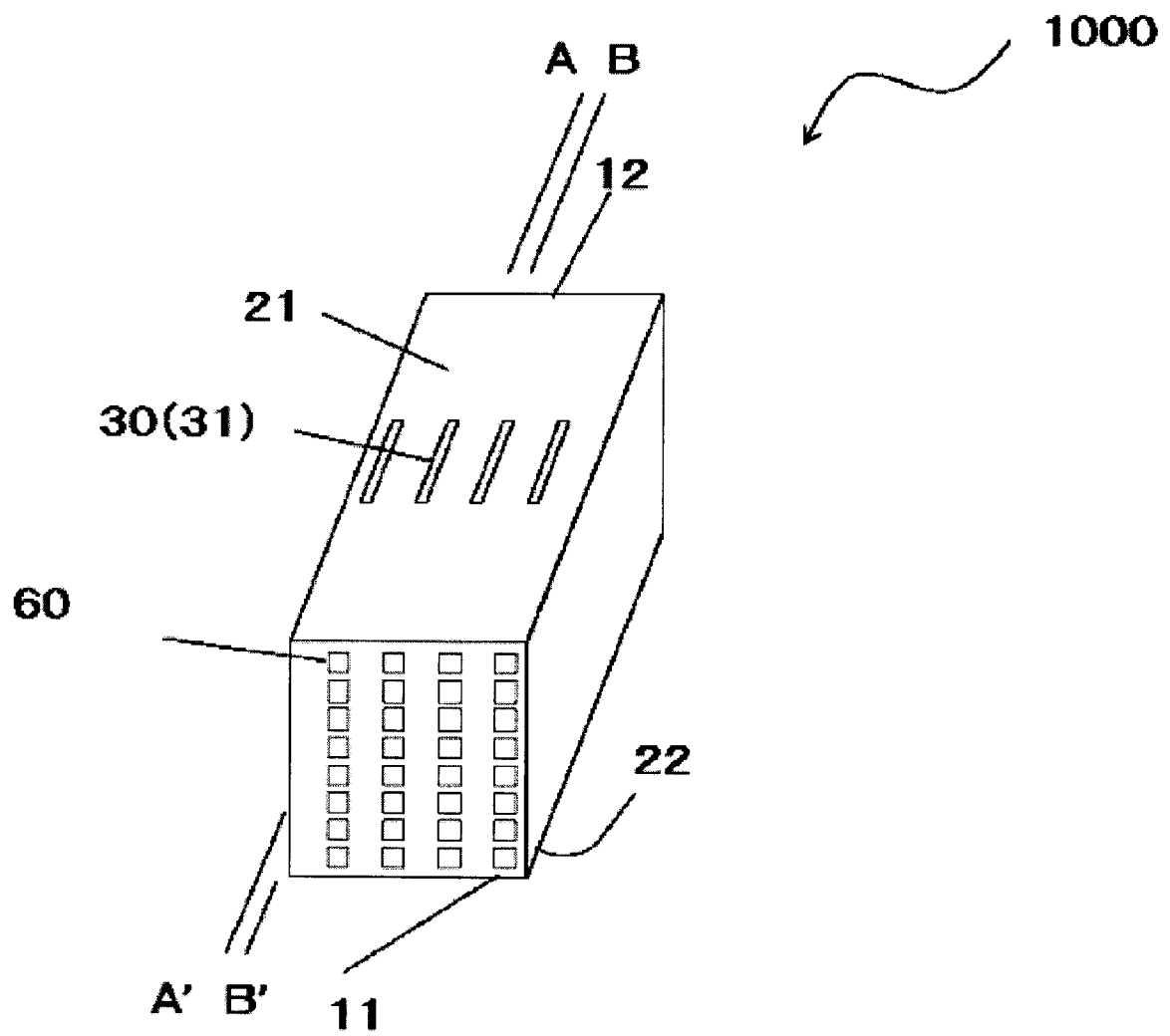
[請求項 8] 前記第 1 の開口および前記第 2 の開口は、スリット状に構成され、前記第 1 の開口の長さおよび、複数の前記第 2 の開口の長さは、いずれも等しいことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の熱交換器。

[請求項 9] 前記接続孔は 5 層以上の前記第 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 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載の熱交換器。

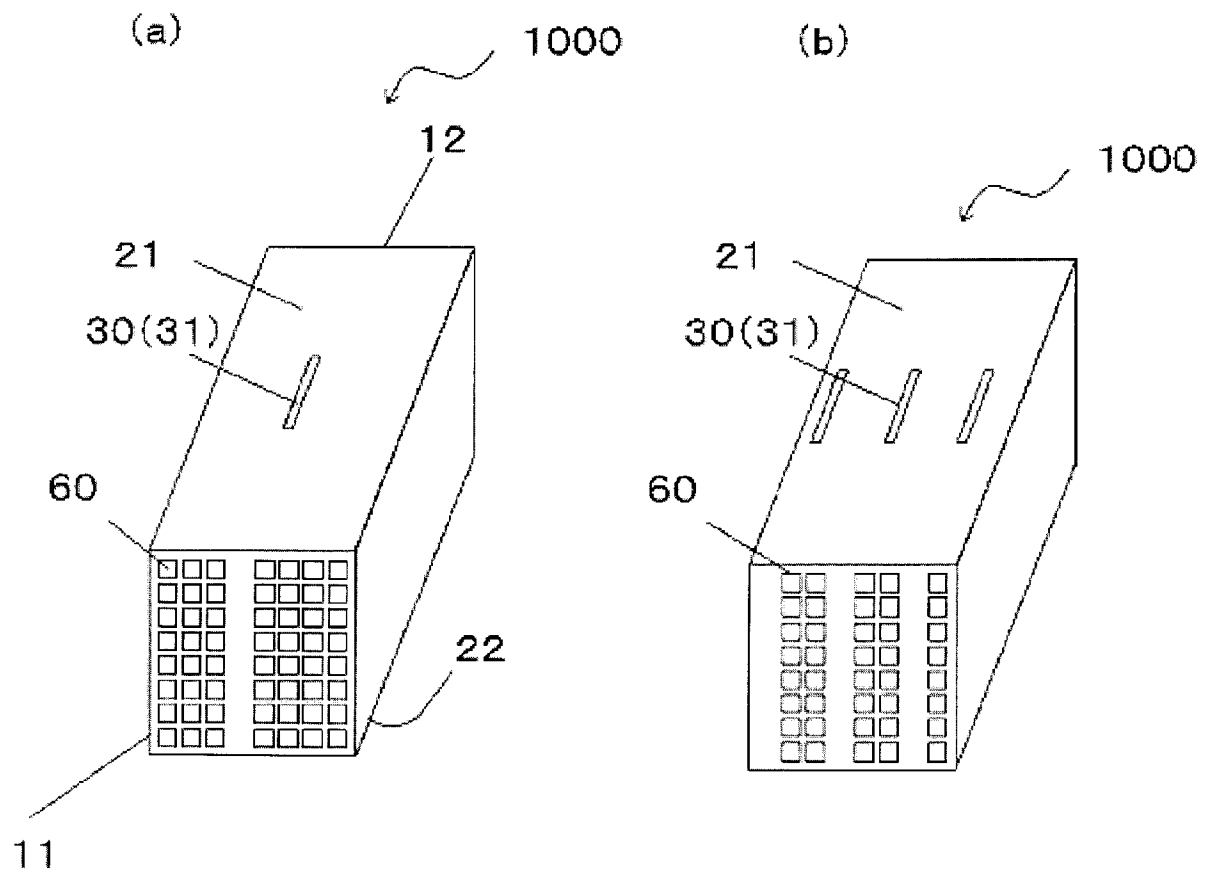
[請求項 10] 前記接続孔は、10 層以上の前記第 2 の開口が積み重なっていることを特徴とする請求項 9 に記載の熱交換器。

[請求項 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ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 10 のいずれか 1 項に記載の熱交換器。

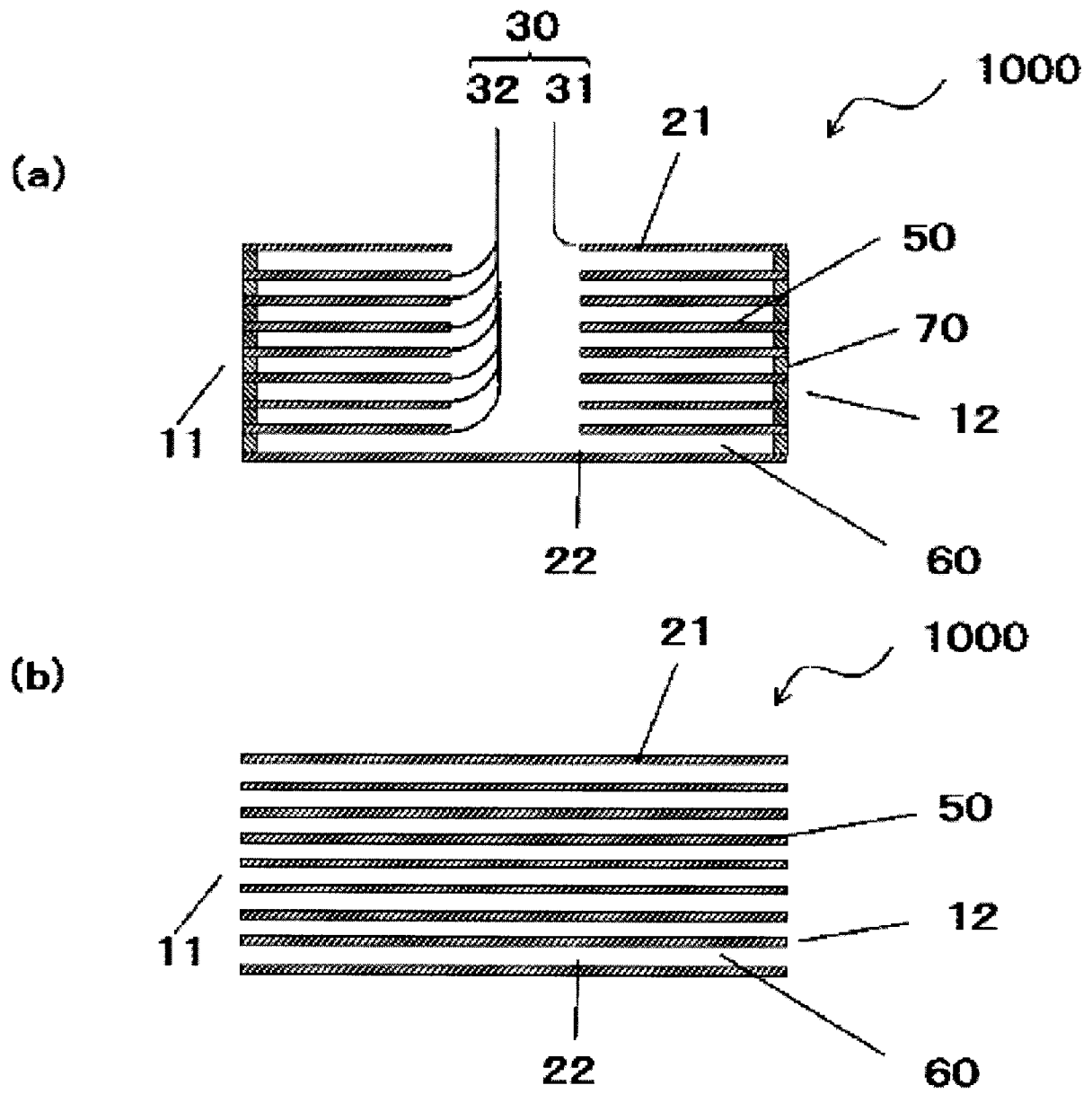
[図1]



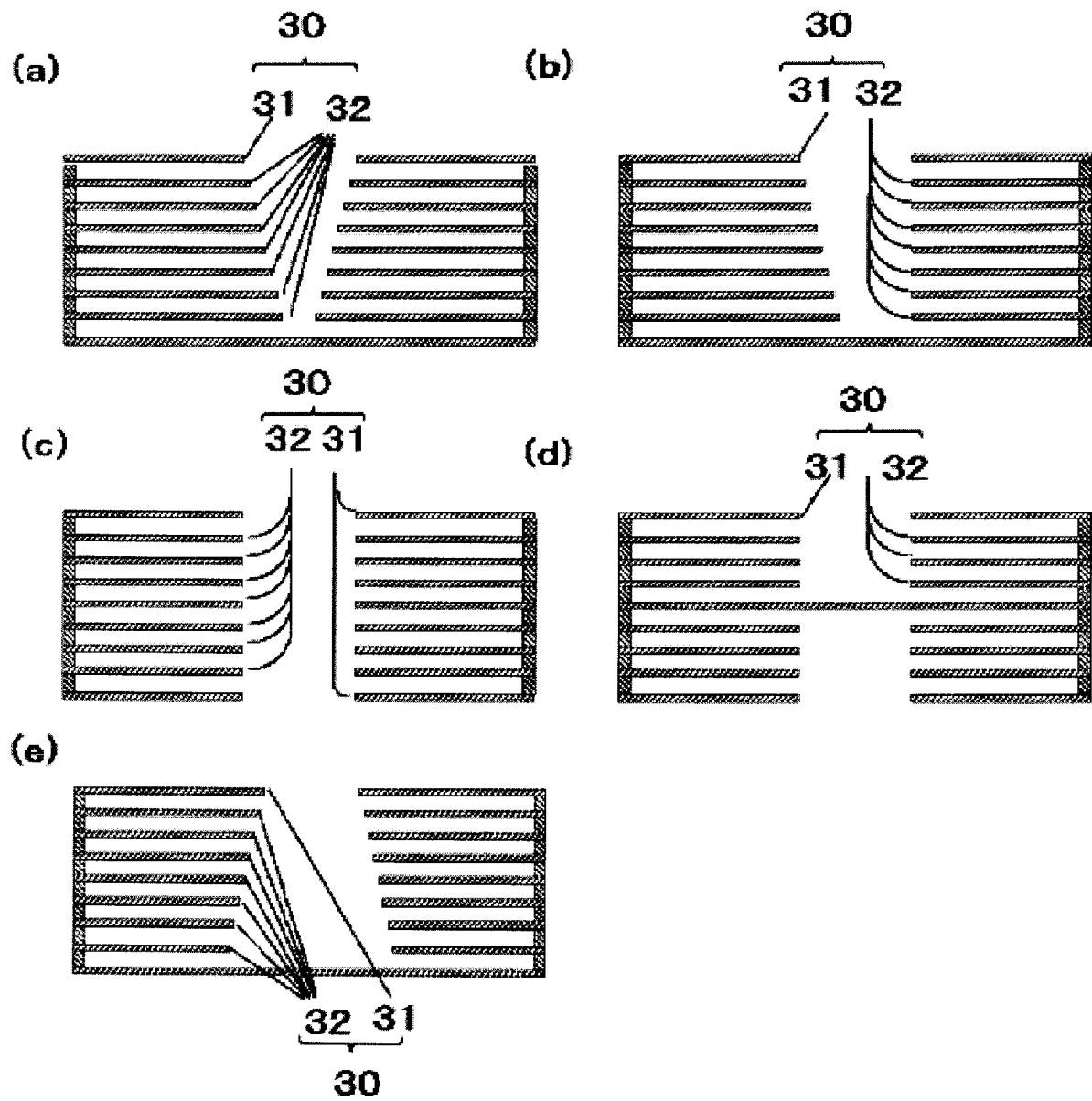
[図2]



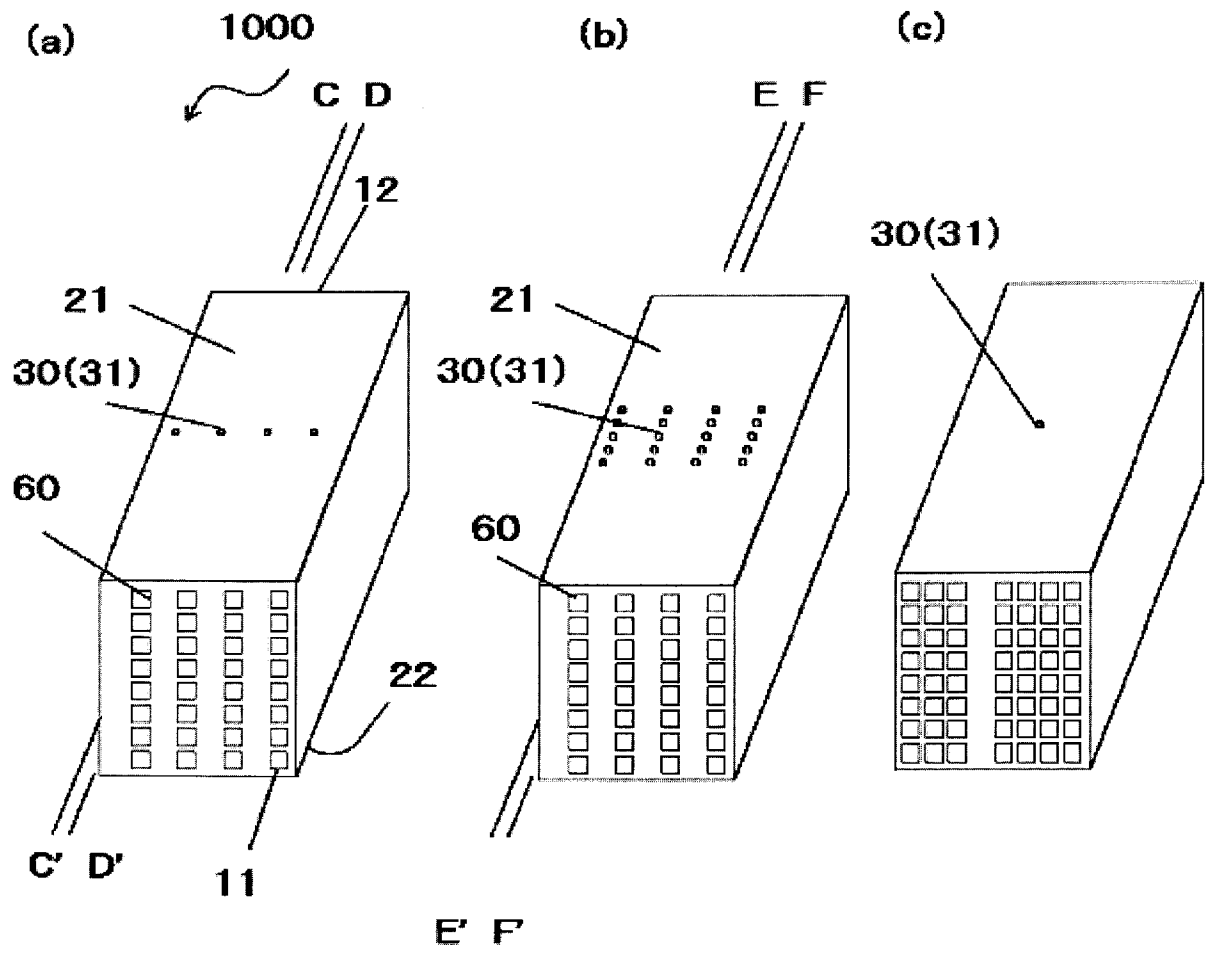
[図3]



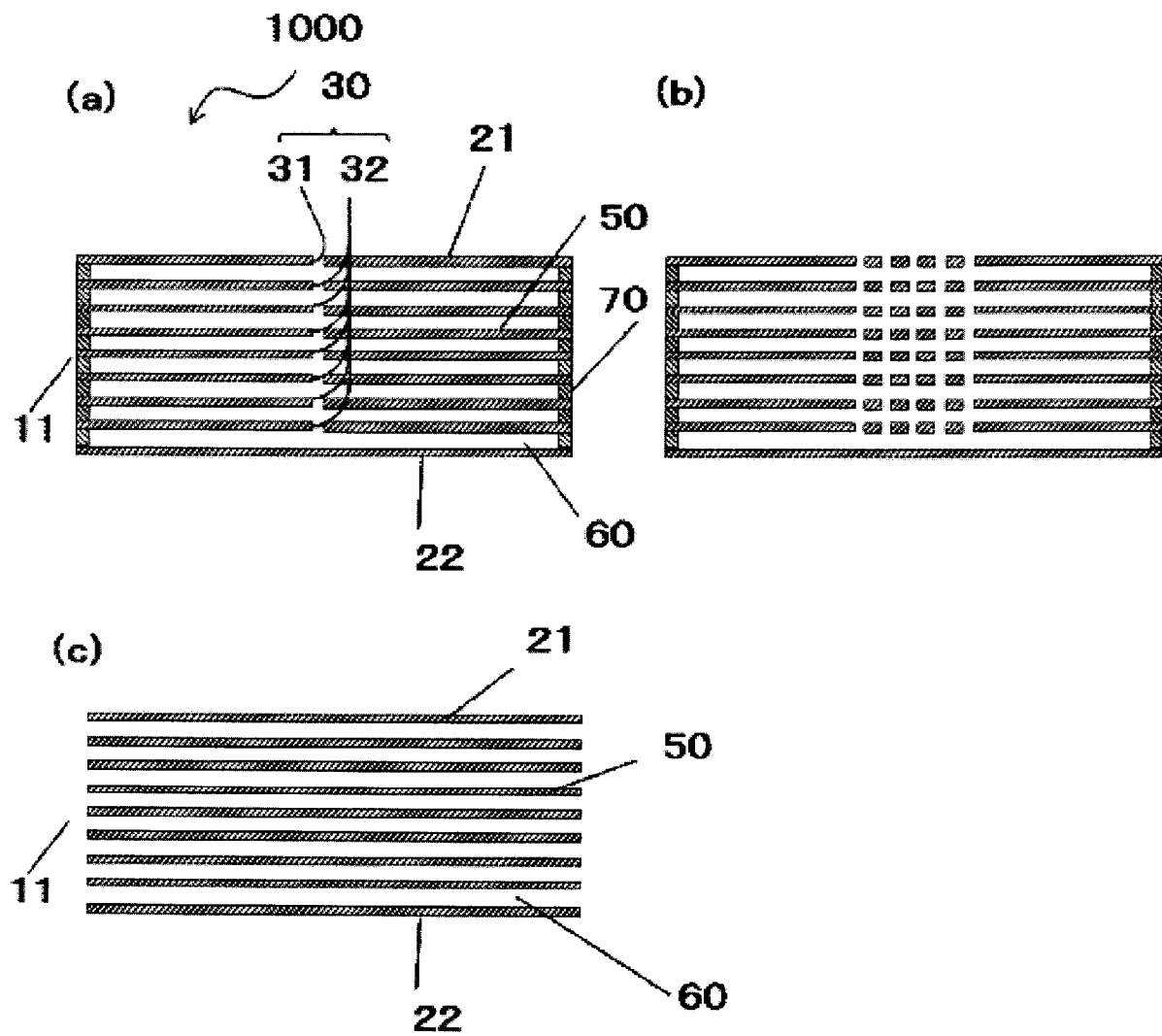
[図4]



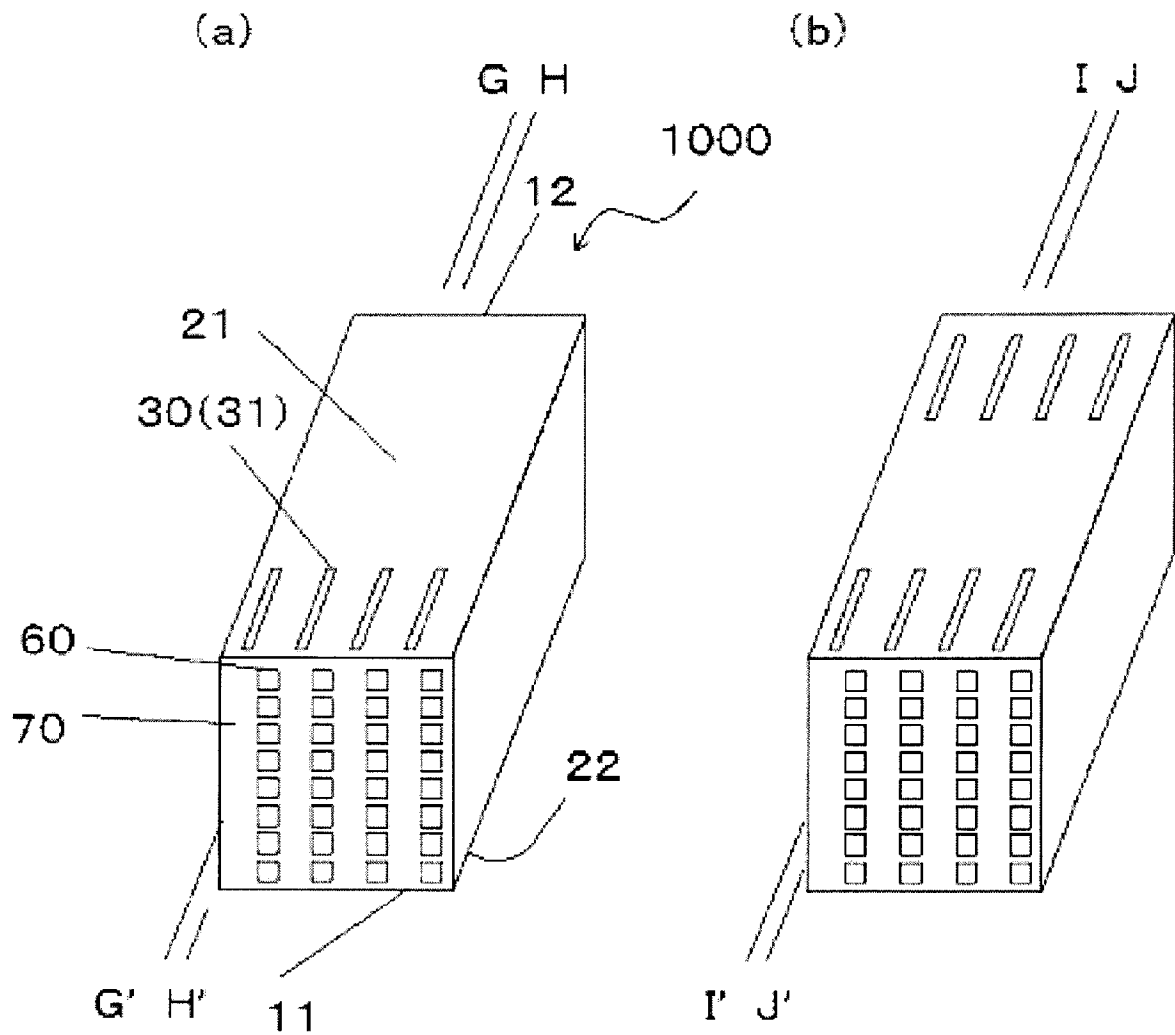
[図5]



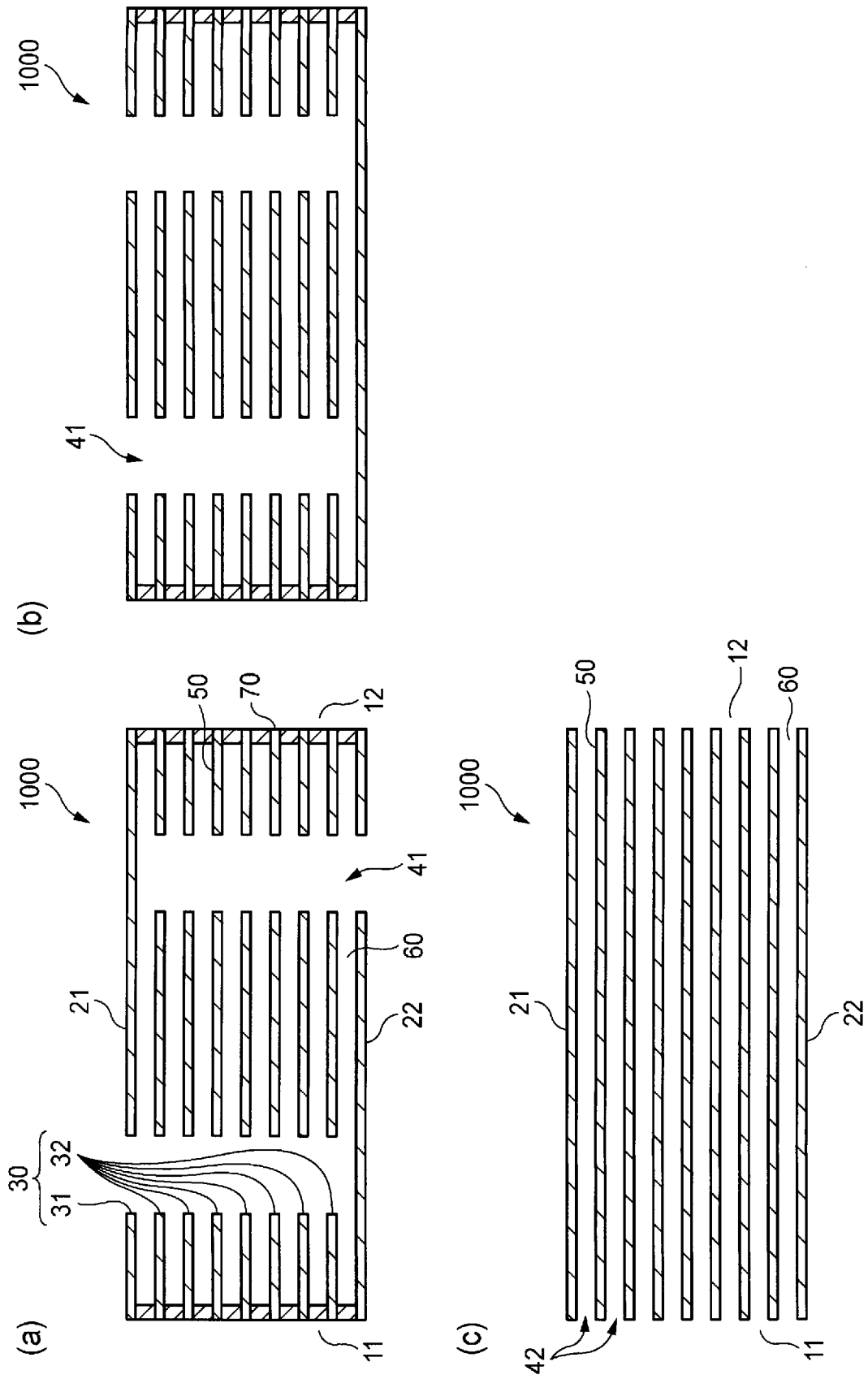
[図6]



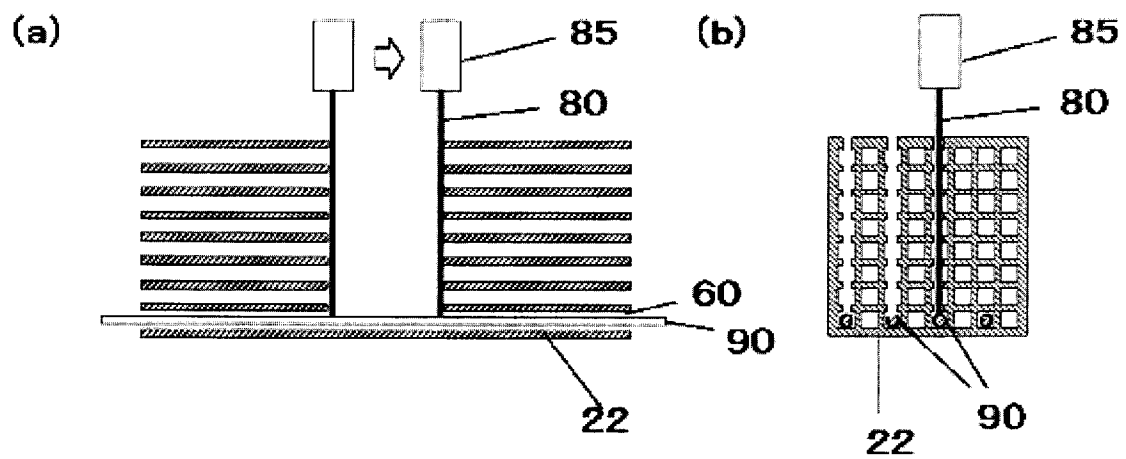
[図7]



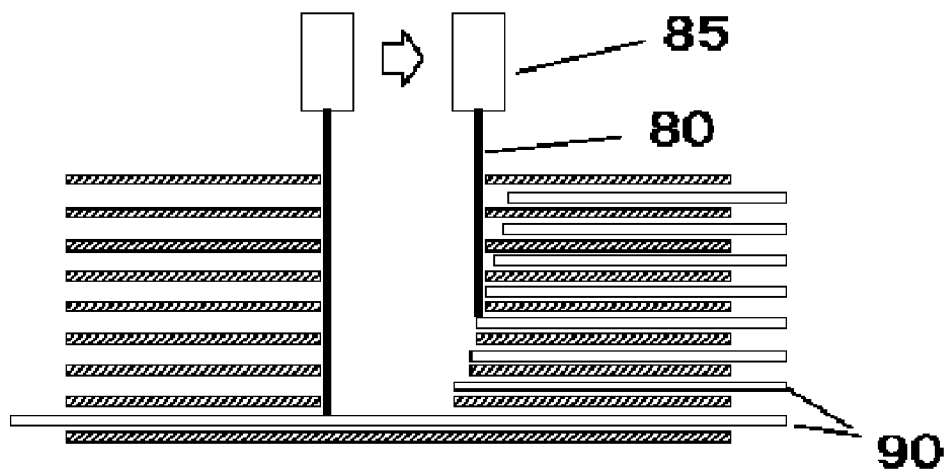
[図8]



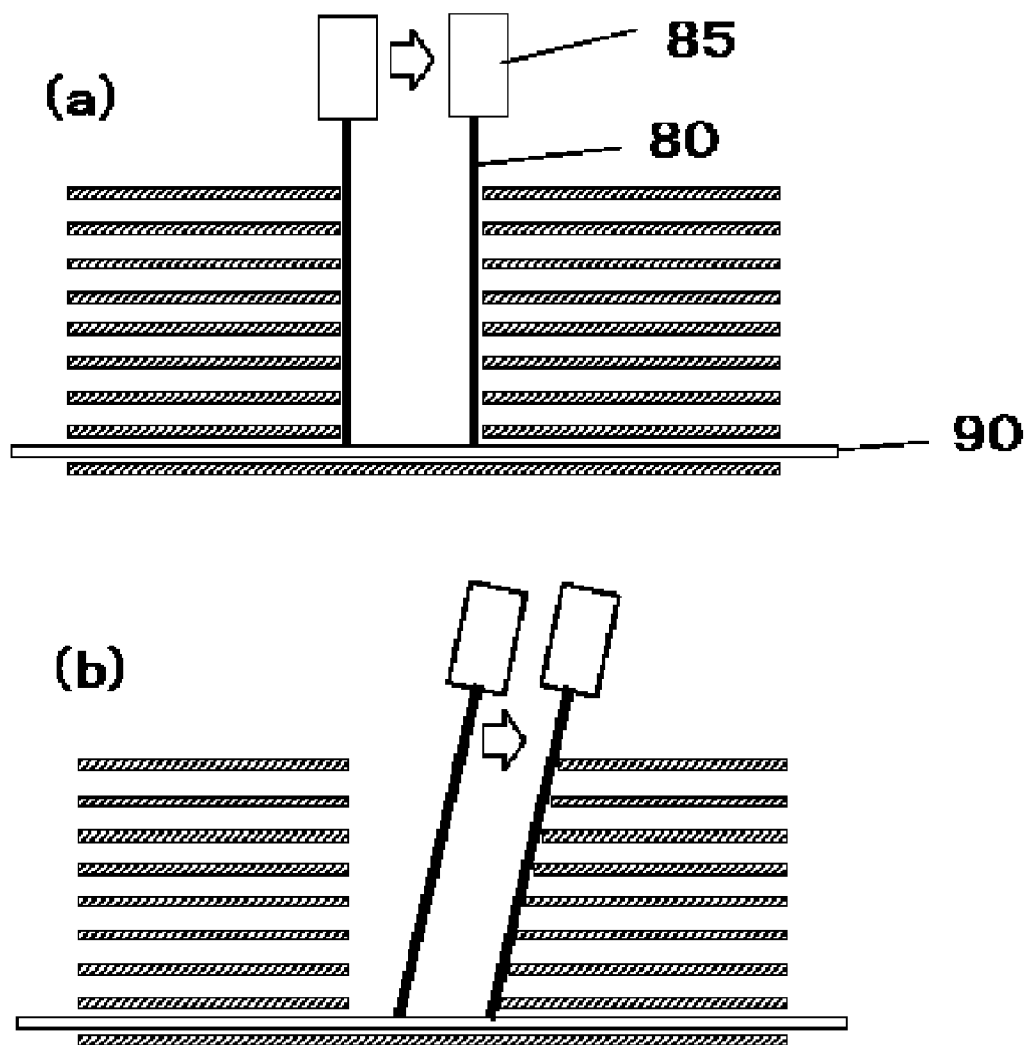
[図9]



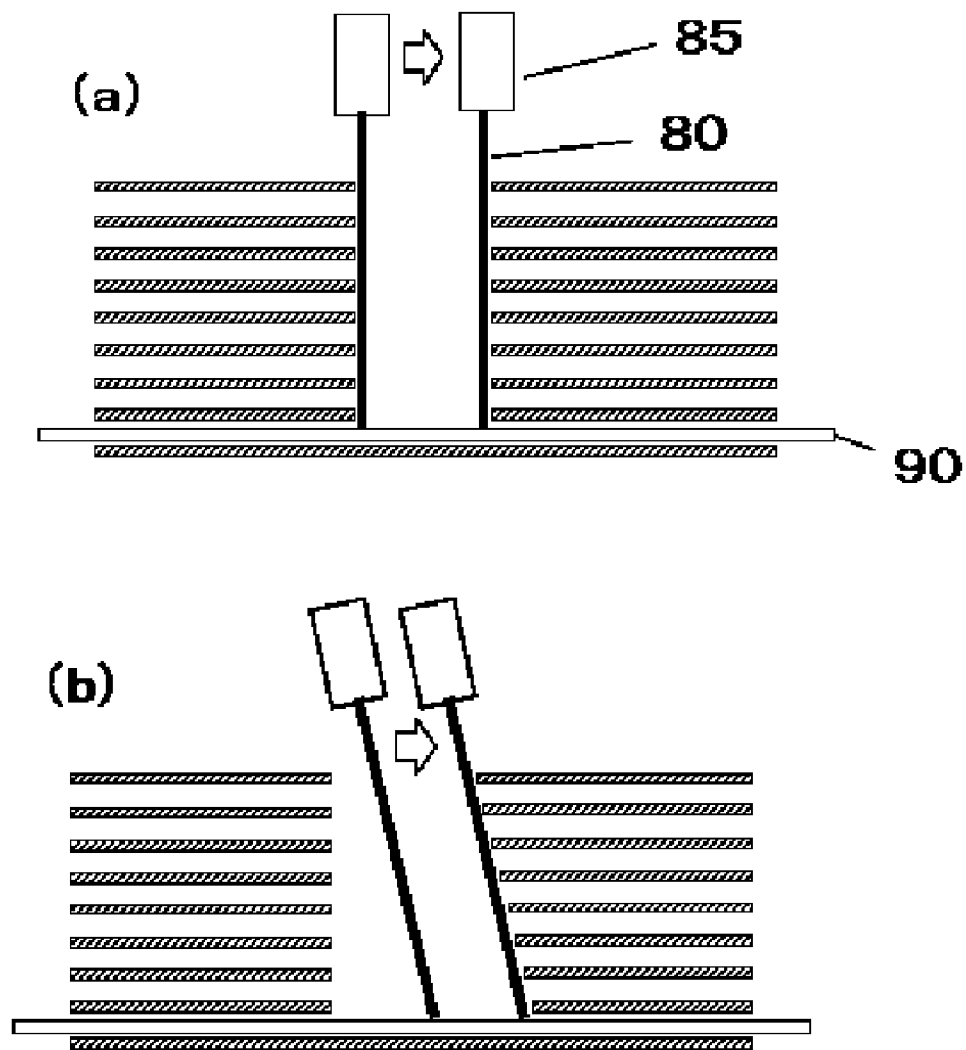
[図10]



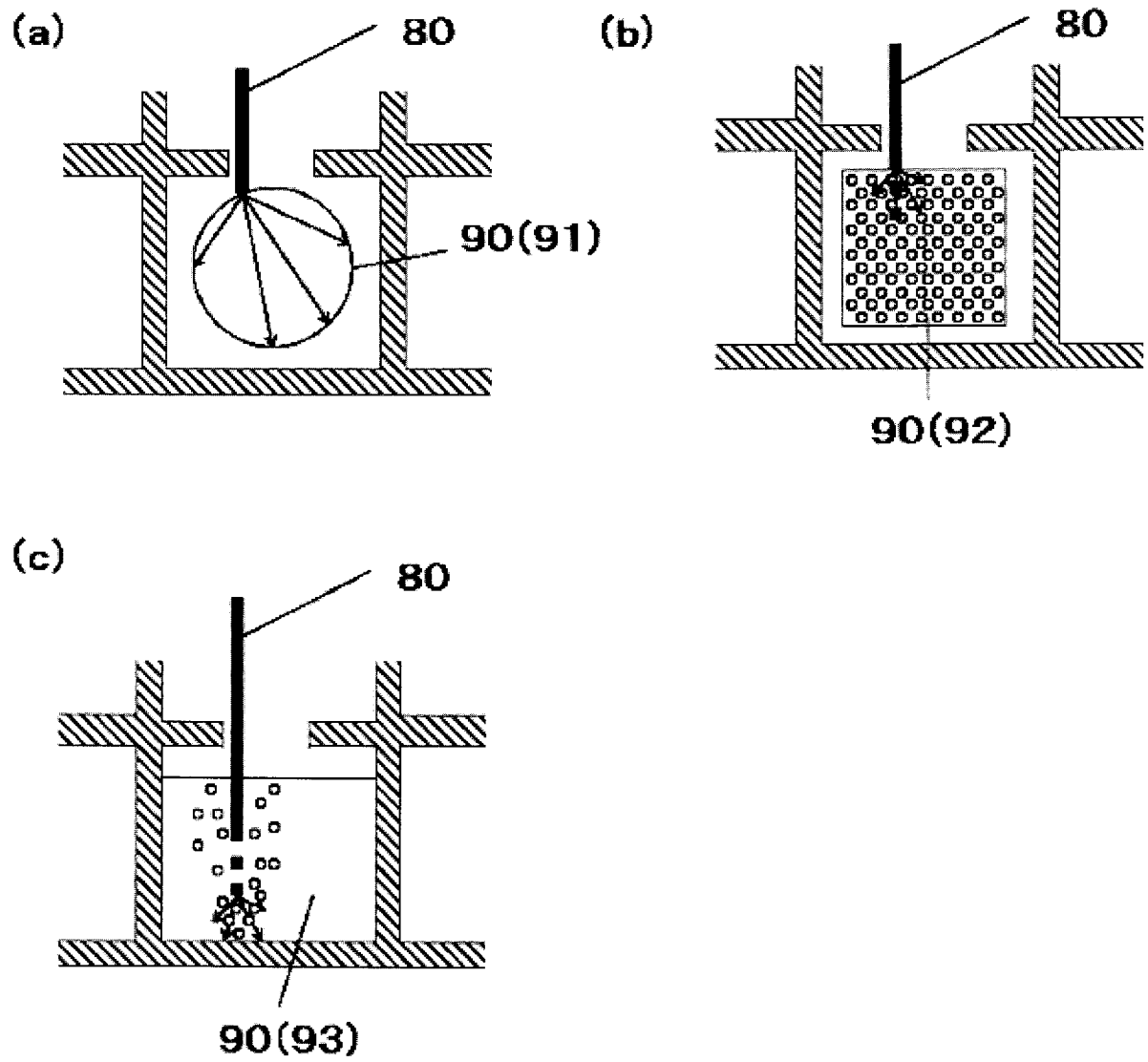
[図11]



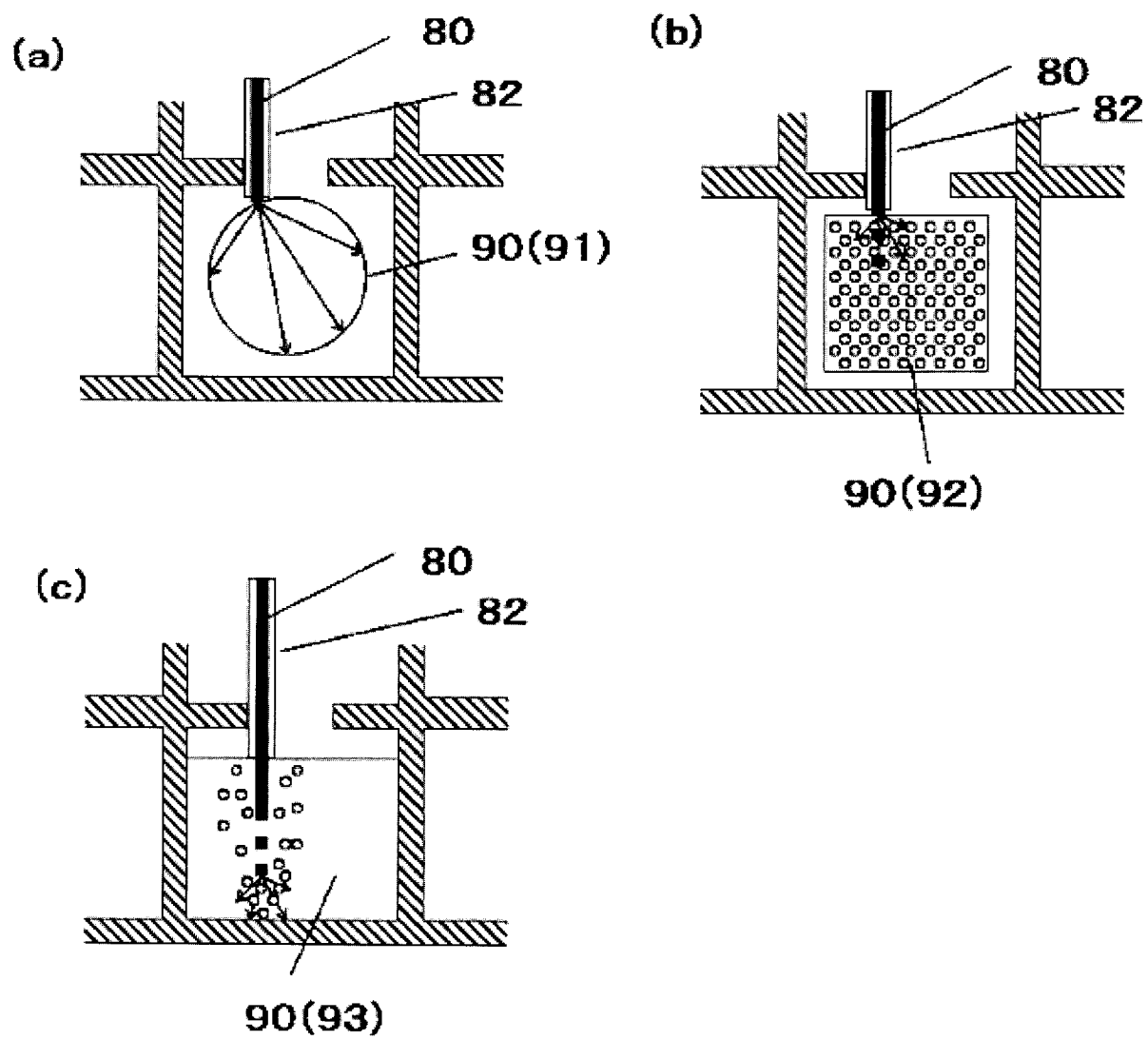
[図12]



[図13]



[図14]

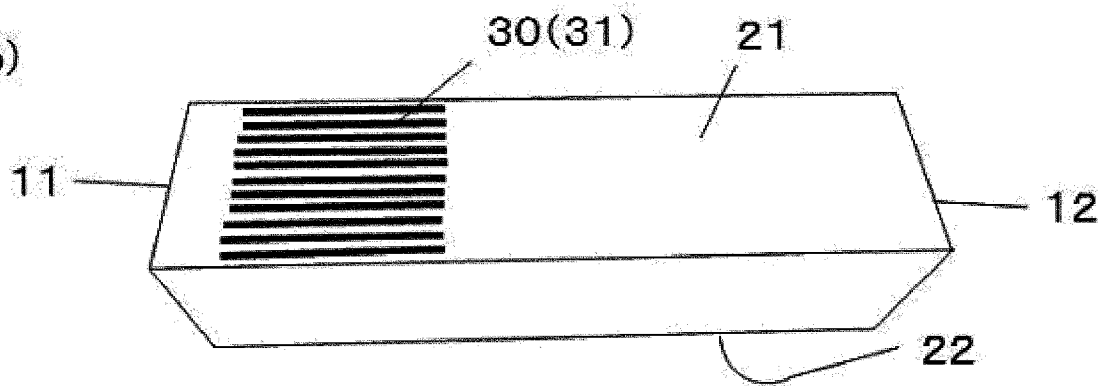


[図15]

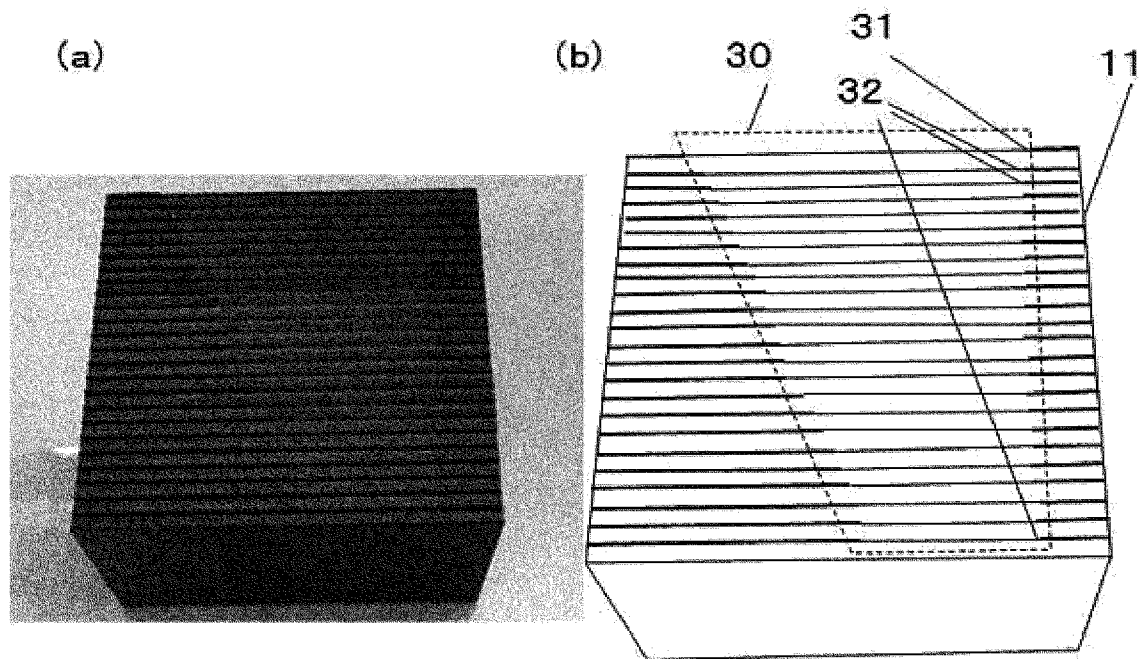
(a)



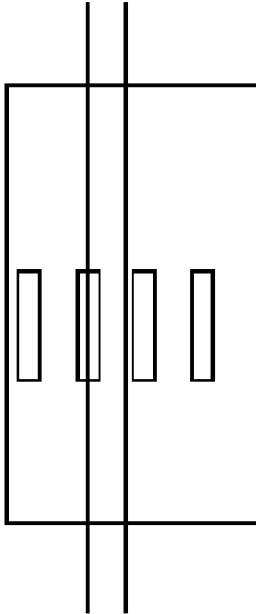
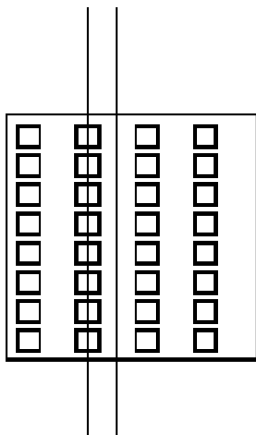
(b)



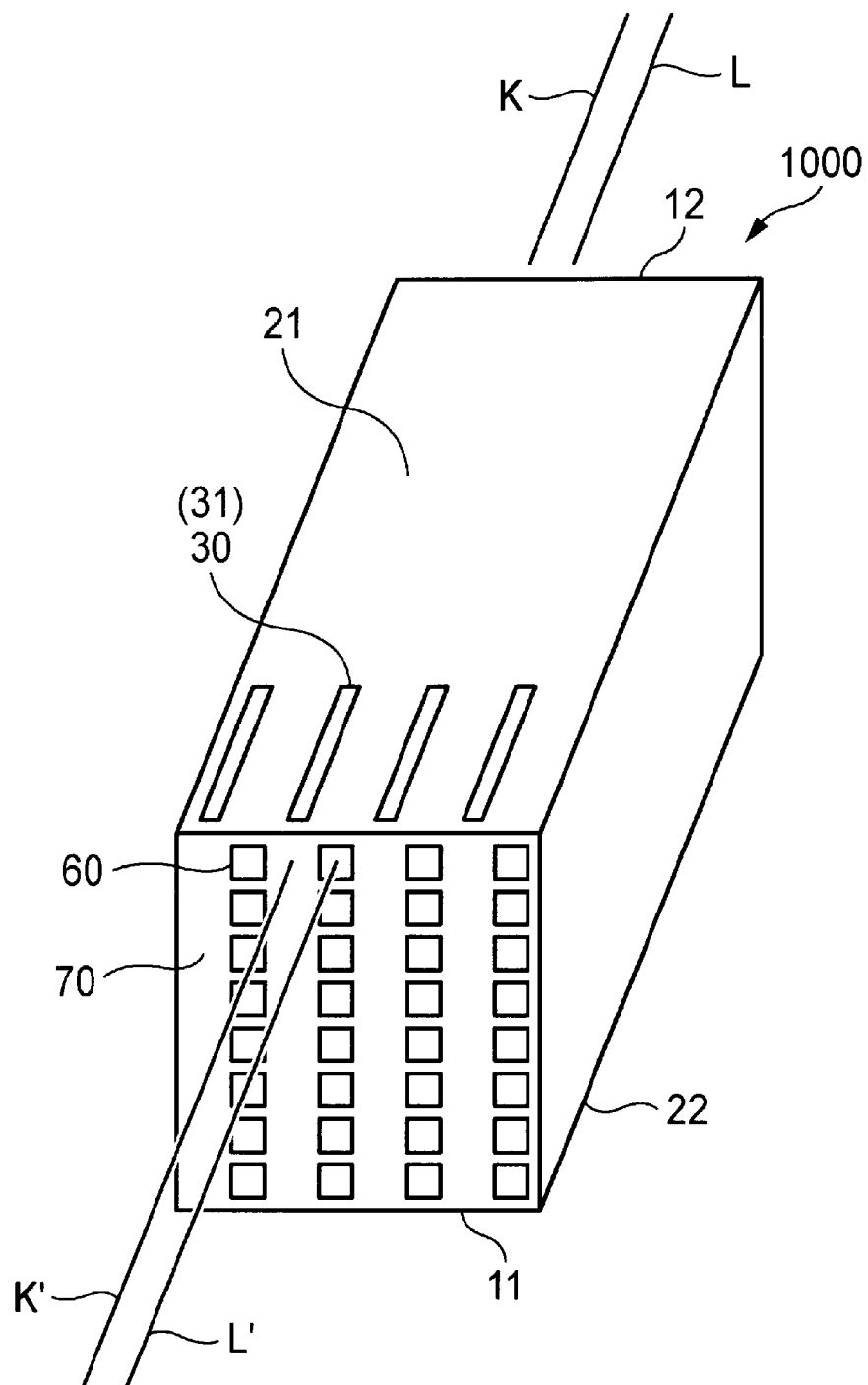
[図16]



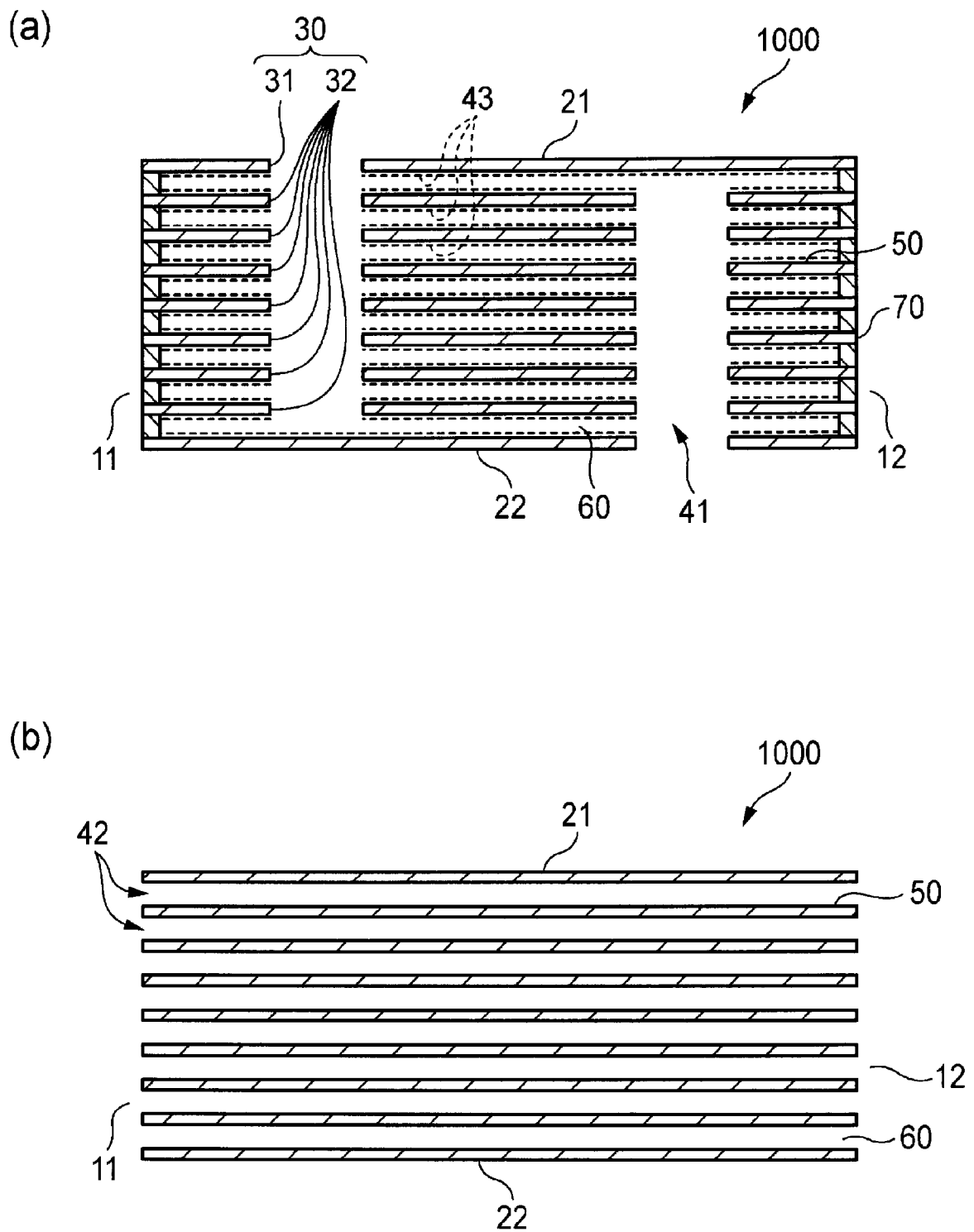
[図17]

A B**A' B'****A'' B''****A''' B'''**

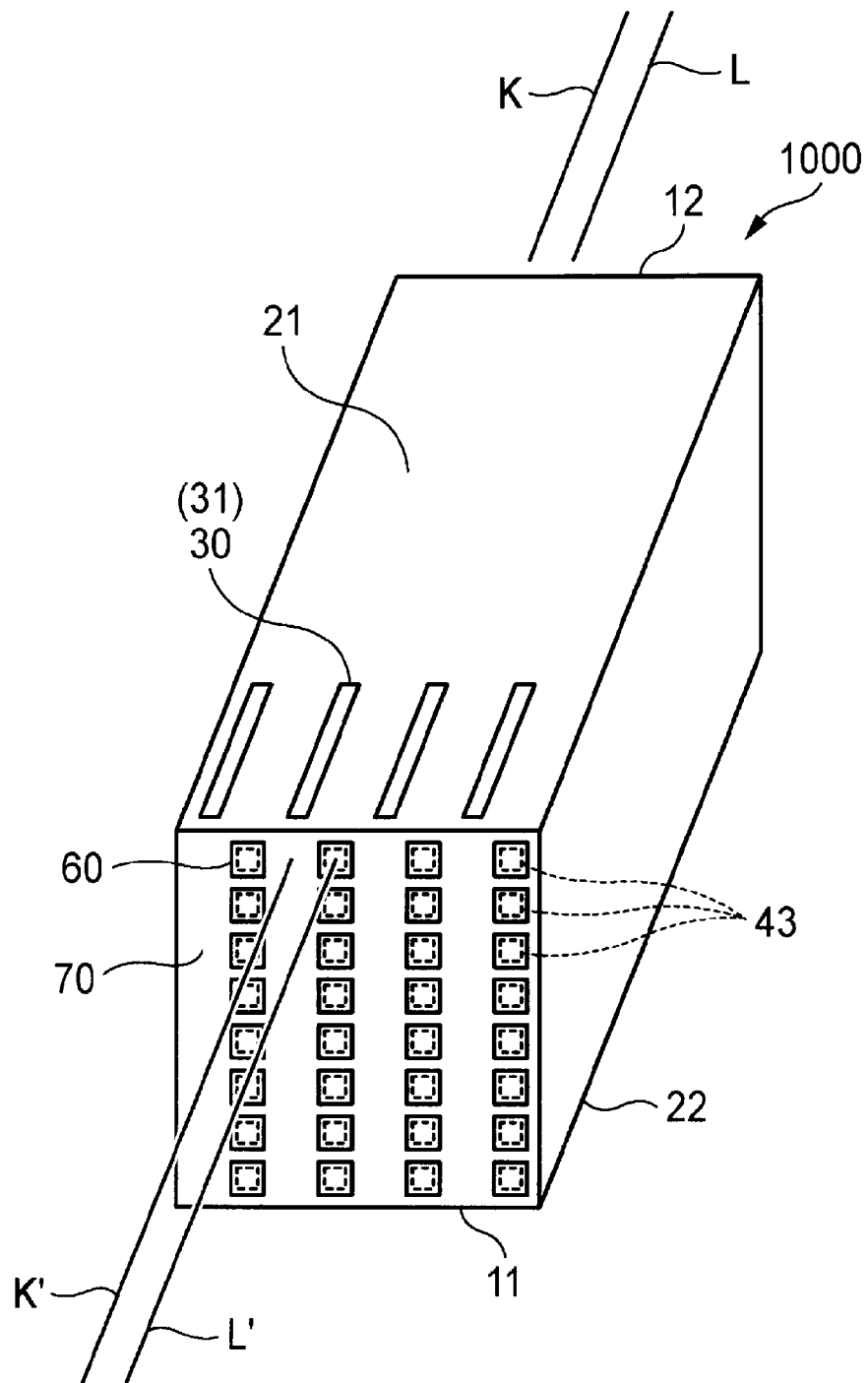
[図18]



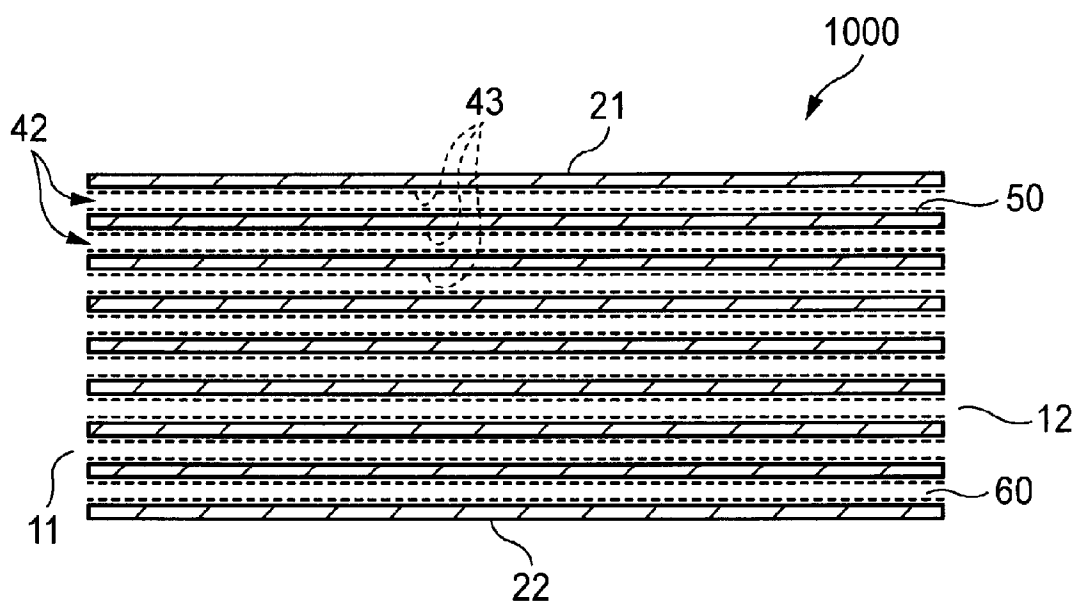
[図19]



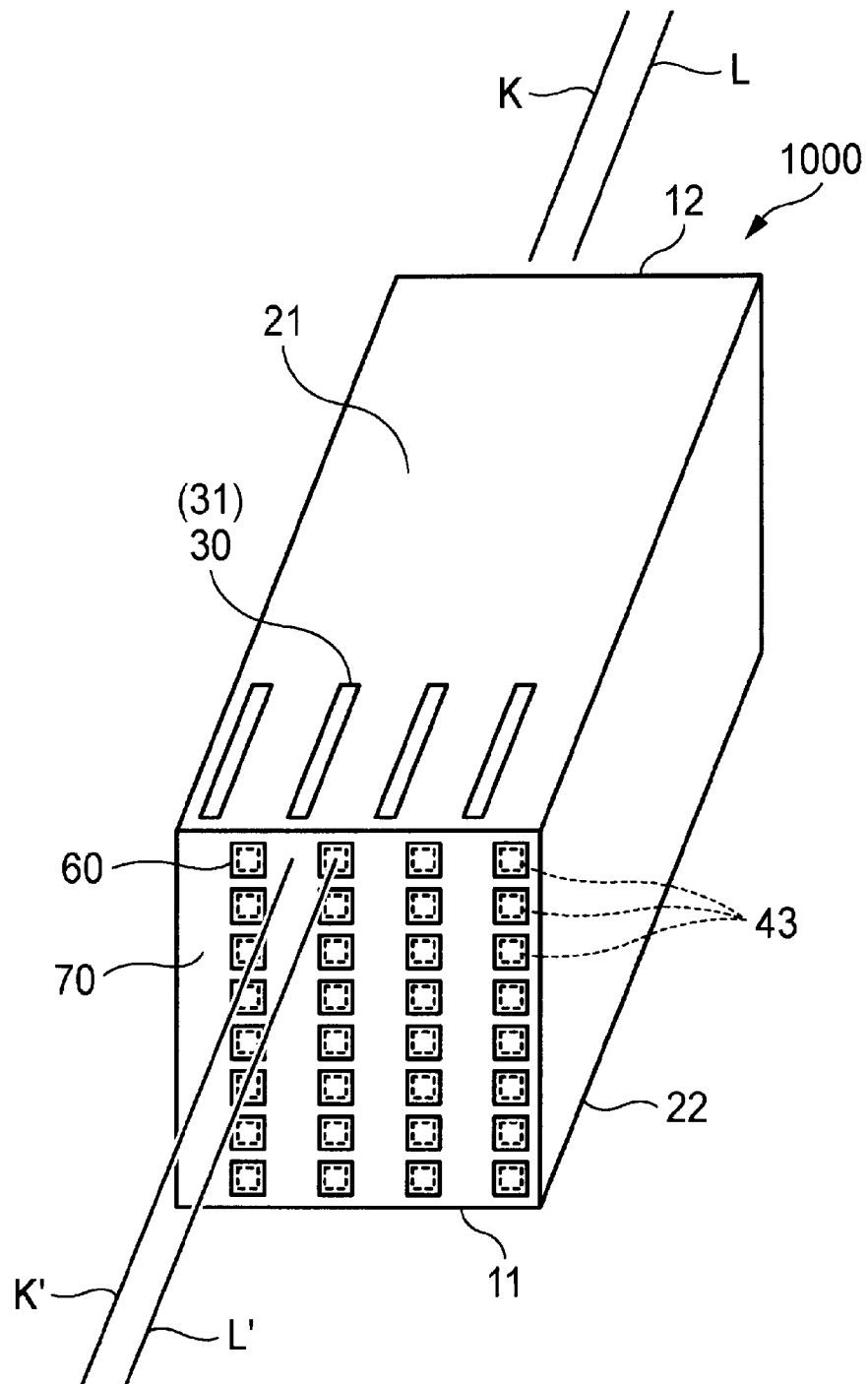
[図20]



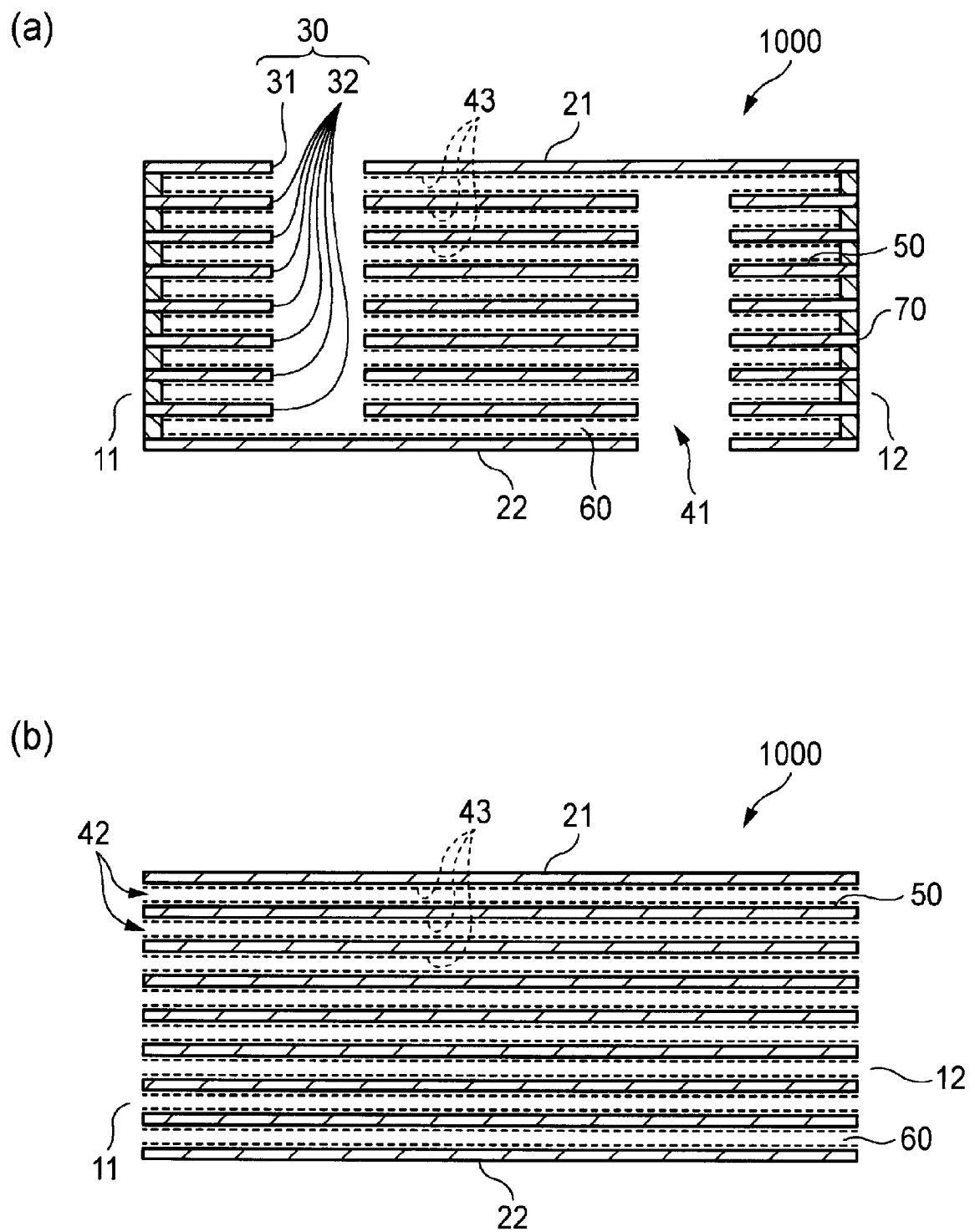
(a)



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/051446

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F28F21/04(2006.01)i, B01D53/86(2006.01)i, B01D53/94(2006.01)i, B01J35/04(2006.01)i, C04B38/00(2006.01)i, F01N3/24(2006.01)i, F28D21/00(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)

F28F21/04, B01D53/86, B01D53/94, B01J35/04, C04B38/00, F01N3/24, F28D21/00

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.
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	1-11
Y	JP 2010-271031 A (NGK Insulators, Ltd.), 02 December 2010 (02.12.2010), paragraph [0040] & US 2010/0270011 A1 & EP 2246539 A2	1-11

☒ 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/JP2015/051446

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)	8, 10
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	1-11
A	KR 885499 B1 26 February 2009 (26.02.2009), fig. 4, 5 & KR 10-2004-0006790 A	1-11
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	1-11
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	11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F28F21/04(2006.01)i, B01D53/86(2006.01)i, B01D53/94(2006.01)i, B01J35/04(2006.01)i, C04B38/00(2006.01)i, F01N3/24(2006.01)i, F28D21/00(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. F28F21/04, B01D53/86, B01D53/94, B01J35/04, C04B38/00, F01N3/24, F28D21/00

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
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	1-11

☒ 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 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 7 7

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	JP 2010-271031 A (日本碍子株式会社) 2010.12.02, 段落【0040】 & US 2010/0270011 A1 & EP 2246539 A2	1-11
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)	8, 10
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	1-11
A	KR 885499 B1 2009.02.26, 第4, 5図 & KR 10-2004-0006790 A	1-11
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	1-11
A	WO 2010/110238 A1 (株式会社 I H I) 2010.09.30, 段落[0001], [0019], [0029] & JP 5514190 B & US 2012/0048524 A1 & EP 2413079 A1 & CN 102439389 A	11