

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2016-46430
(P2016-46430A)

(43) 公開日 平成28年4月4日(2016. 4. 4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H05K 1/02 (2006.01)	H05K 1/02 F	5E322
H05K 7/20 (2006.01)	H05K 7/20 C	5E338
H01L 23/36 (2006.01)	H01L 23/36 C	5F136
H01L 23/40 (2006.01)	H01L 23/40 A	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2014-170592 (P2014-170592)	(71) 出願人 000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(22) 出願日 平成26年8月25日 (2014. 8. 25)	(72) 発明者 八山 俊一 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内
	Fターム(参考) 5E322 AA05 AA11 AB08 AB11 BA03 DA00 5E338 AA02 AA18 BB63 BB71 BB75 CC01 CD11 EE01 EE02 5F136 BB04 BC02 CB07 DA27 EA14 FA03 FA16 FA17 FA18 FA52

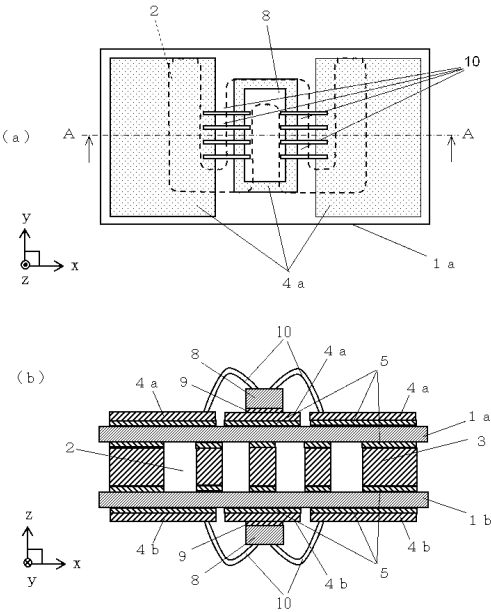
(54) 【発明の名称】 回路基板、および電子装置

(57) 【要約】

【課題】 剥離が生じにくく冷却効果を向上させること
ができる回路基板および電子装置を提供することにある。

【解決手段】 第1絶縁基板1aと、第2絶縁基板1b
と、第1絶縁基板1aと第2絶縁基板1bとで挟まれて
おり、流路2を有する第1金属板3と、第1絶縁基板1
aの上面に設けられた第2金属板4aと、第2絶縁基板
1bの下面に設けられた第3金属板4bと、を有してお
り、流路2は、第1絶縁基板1aの下面と、第2絶縁基
板1bの上面と、第1金属板3の内壁とで囲まれている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 絶縁基板と、
第 2 絶縁基板と、
前記第 1 絶縁基板と前記第 2 絶縁基板とで挟まれており、流路を有する第 1 金属板と、
前記第 1 絶縁基板の上面に設けられた第 2 金属板と、
前記第 2 絶縁基板の下面に設けられた第 3 金属板と、
を有しており、
前記流路は、前記第 1 絶縁基板の下面と、前記第 2 絶縁基板の上面と、前記第 1 金属板
の内壁とで囲まれている
ことを特徴とする回路基板。

10

【請求項 2】

前記第 1 金属板は、
第 1 金属層と、
第 2 金属層と、
前記第 1 金属層と前記第 2 金属層とで挟まれた第 3 金属層と、を有しており、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の回路基板。

【請求項 3】

前記流路中に柱が形成されている
ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の回路基板。

20

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の回路基板と、
該回路基板に搭載された電子部品と、
を含んでいる電子装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、回路基板、および電子装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、パワーモジュールまたはスイッチングモジュール等の例えば I G B T (Insulate
d Gate Bipolar Transistor) などの電子部品が搭載された電子装置に用いられる回路
基板として、例えば、流路が設けられた第 1 金属板が 2 つの絶縁基板で挟まれており、こ
れらの絶縁基板にそれぞれ回路層となる金属板が形成されたものが用いられる。

30

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 8 6 7 4 7 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】**

40

【0004】

しかしながら、上述した従来の回路基板では、第 1 金属板の流路は中空状に第 1 金属板
内に設けられていたので、第 1 金属板の上下面と、絶縁基板との接合面積が広がった。よ
って、第 1 金属板と絶縁基板との熱膨張差に起因する応力により剥がれが発生しやすかつ
た。

【0005】

また、中空状の流路では、流路の断面積の大きさが十分ではないので、第 1 金属板の冷
却効果が不十分であった。

【0006】

本発明の目的は、前記の問題を鑑みて、第 1 金属板が絶縁基板から剥離することを抑制

50

しつつ、冷却効果を向上させることができる回路基板、および電子装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一つの態様の回路基板は、第1絶縁基板と、第2絶縁基板と、前記第1絶縁基板と前記第2絶縁基板とで挟まれており、流路を有する第1金属板と、前記第1絶縁基板の上面に設けられた第2金属板と、前記第2絶縁基板の下面に設けられた第3金属板と、を有しており、前記流路は、前記第1絶縁基板の下面と、前記第2絶縁基板の上面と、前記第1金属板の内壁とで囲まれていることを特徴とする。

【0008】

本発明の一つの態様の電子装置は、上記の回路基板と、該回路基板に搭載された電子部品とを含んでいる。

【発明の効果】

【0009】

本発明の回路基板によれば、流路は、第1絶縁基板の下面と、第2絶縁基板の上面と、第1金属板の内壁とで囲まれているので、流路の分だけ第1金属板の上下面の表面積を減ずることができる。よって、第1金属板と、第1絶縁基板および第2絶縁基板との熱膨張差を抑制することができる。従って、剥がれの発生を抑制できる。

【0010】

また、流路が中空である場合と比較して、流路の断面積を大きくできるので、冷却効果が向上する。

【0011】

本発明の電子装置によれば、上述の回路基板を有することから、第1金属板の第1絶縁基板および第2絶縁基板からの剥離を抑制することができるとともに、冷却効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】(a)は本発明の実施形態の回路基板および電子装置の上面図であり、(b)は(a)のA-A線での断面図である。

【図2】(a)は、図1の回路基板の下面図であり、(b)は、図1の回路基板の側面図であり、(c)は、(b)のB-B線での断面図である。

【図3】(a)～(c)は、本発明の実施形態の回路基板の他の例を示す断面図である。

【図4】(a)～(d)は、本発明の実施形態の回路基板の製造工程の例を示す断面図である。

【図5】(a)は本発明の実施形態の回路基板の他の例を示す上面図であり、(b)は(a)のA-A線での断面図であり、(c)は下面図である。

【図6】図5(b)のB-B線での断面図である。

【図7】本発明の実施形態の回路基板および電子装置の他の例を示す側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照して本発明の実施形態における回路基板および電子装置について説明する。なお、図面において、回路基板および電子装置は、仮想のxyz空間内に設けられており、xy平面上に載置されている。また、本実施形態における上方、上面、上部とは仮想のz軸の正方向を示しており、下方、下面、下部とは仮想のz軸の負方向を示している。

【0014】

図1、2に示す例においては、回路基板は、第1絶縁基板1aと、第2絶縁基板1bと、第1金属板3と、第2金属板4aと、第3金属板4bとを備えている。また、図1、2に示す例において、電子装置は、回路基板と、電子部品8とを備えている。

【0015】

10

20

30

40

50

第1絶縁基板1a、第2絶縁基板1bは、電気絶縁材料からなり、例えば、酸化アルミニウム質セラミックス、ムライト質セラミックス、炭化ケイ素質セラミックス、窒化アルミニウム質セラミックス、または窒化ケイ素質セラミックス等のセラミックスからなる。これらセラミック材料の中では放熱性に影響する熱伝導性の点に関して、炭化ケイ素質セラミックス、窒化アルミニウム質セラミックス、または窒化ケイ素質セラミックスが好ましく、強度の点に関して、窒化ケイ素質セラミックスまたは炭化ケイ素質セラミックスが好ましい。

【0016】

第1絶縁基板1a、第2絶縁基板1bが窒化ケイ素質セラミックスのように比較的強度の高いセラミック材料からなる場合、第1～第3金属板と第1絶縁基板1a、第2絶縁基板1bとの熱膨張率差に起因する熱応力により第1絶縁基板1a、第2絶縁基板1bにクラックが入る可能性が低減されるので、小型化を図りつつより大きな電流を流すことができる回路基板を実現することができる。

10

【0017】

第1絶縁基板1a、第2絶縁基板1bの厚みは、薄い方が熱伝導性の点ではよく、例えば約0.1mm～1mmであり、回路基板の大きさまたは用いる材料の熱伝導率または強度に応じて選択すればよい。

【0018】

第1絶縁基板1a、第2絶縁基板1bは、例えば窒化ケイ素質セラミックスからなる場合であれば、窒化ケイ素、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、および酸化イットリウム等の原料粉末に適当な有機バインダー、可塑剤、および溶剤を添加混合して泥漿物に従来周知のドクターブレード法またはカレンダーロール法を採用することによってセラミックグリーンシート（セラミック生シート）を形成し、次にこのセラミックグリーンシートに適当な打ち抜き加工等を施して所定形状となすとともに、必要に応じて複数枚を積層して成形体となし、しかる後、これを窒化雰囲気等の非酸化性雰囲気にて1600～2000の温度で焼成することによって製作される。

20

【0019】

図1、2に示す例においては、第1金属板3は、第1絶縁基板1aと第2絶縁基板1bとで挟まれており、流路2を有する。また、第2金属板4aは、第1絶縁基板1aの上面に設けられており、第3金属板4bは、第2絶縁基板1bの下面に設けられている。

30

【0020】

図1(b)に示す例のように、流路2は、第1絶縁基板1aの下面と、第2絶縁基板1bの上面と、第1金属板3の内壁とで囲まれているので、流路2の分だけ第1金属板3の上下面の表面積を減ずることができる。従って、第1金属板3と、第1絶縁基板1a、第2絶縁基板1bとの接合面積を減ずることができる。よって、第1金属板3と、第1絶縁基板1aおよび第2絶縁基板1bとの間で熱応力が発生することを抑制することができる。従って、剥がれの発生を抑制できる。また、流路2が中空である場合と比較して、第1金属板3の厚み方向に流路2の断面積を大きくできるので、冷却効果が向上する。

【0021】

図1、図2に示す例では、流路2が蛇行している。この場合には、広範囲にわたって冷却効果を発揮できるので好ましい。

40

【0022】

また、図1(a)に示す例では、流路2が電子部品8と重なっている。この場合には、流路2が、第1絶縁基板1aを挟んで、電子部品8の直下に位置することとなる。よって、電子部品8で発生した熱を効率的に放熱することができる。

【0023】

また、同様に、回路層である第2金属板4a、第3金属板4bで発生した熱を放熱する観点から、流路2は第2金属板4a、第3金属板4bと重なっていることが好ましい。

【0024】

図2(b)に示す例のように、流路2の出入り口は、開口7である。図2(b)に示す

50

例において、開口 7 は上下の第 1 絶縁基板 1 a、第 2 絶縁基板 1 b まで達していない。開口 7 は、第 1 金属板 1 の側面に中空状に設けられている。これにより、第 1 金属板 1 の側面における開口 7 の周辺を接合領域として、口金等を接合しやすくなる。この口金により、流路 2 への流体の流入、又は流路 2 からの流体の流出を容易とすることができる。

【 0 0 2 5 】

第 1 金属板 3、第 2 金属板 4 a、第 3 金属板 4 b は平板形状であり、その厚みは、例えば、20 ~ 600 μ m である。第 1 金属板 3、第 2 金属板 4 a、第 3 金属板 4 b は、銅板であれば、電気抵抗が低く高熱伝導性を有するので、回路基板を構成する部材として好ましい。

【 0 0 2 6 】

第 1 金属板 3、第 2 金属板 4 a、第 3 金属板 4 b が銅板である場合、銅板は例えば無酸素銅であることが好ましい。銅板として無酸素銅を用いた場合には、銅板と第 1 絶縁基板 1 a、第 2 絶縁基板 1 b とを接合材 5 で接合する際に、銅板表面が銅中に存在する酸素によって酸化されることが低減されるとともに、接合材 5 との濡れ性が良好となるので、第 1 絶縁基板 1 a、第 2 絶縁基板 1 b との接合強度が向上する。

【 0 0 2 7 】

図 1、2 に示す例においては、第 1 金属板 3、第 2 金属板 4 a、第 3 金属板 4 b は、接合材 5 を介して第 1 絶縁基板 1 a、第 2 絶縁基板 1 b の主面に設けられている。

【 0 0 2 8 】

例えば、接合材 5 は、A g - C u 系のものが用いられる。この接合材 5 は、第 1 絶縁基板 1 a、第 2 絶縁基板 1 b に対して濡れることにより強固に接合させるために、例えば、チタン、ハフニウムおよびジルコニウムのうち少なくとも 1 種の活性金属材料を含有している。また、この接合材 5 は、例えば、I n、S n のうち少なくとも 1 つを有していてもよい。なお、この接合材 5 の厚みは、例えば約 5 ~ 100 μ m 程度であればよい。

【 0 0 2 9 】

また、第 1 金属板 3、第 2 金属板 4 a、第 3 金属板 4 b が銅板であり、接合材 5 が銅成分を有する場合には、接合材 5 および第 1 金属板 3、第 2 金属板 4 a、第 3 金属板 4 b の両部材の接合部において互いの部材中の銅成分が拡散し合うことによって拡散層が形成されるので、接合材 5 および第 1 金属板 3、第 2 金属板 4 a、第 3 金属板 4 b が互いに強固に接合されることとなり好ましい。

【 0 0 3 0 】

また、図 1、2 に示す例において、中央部の第 2 金属板 4 a、第 3 金属板 4 b の上面には接合材 9 を介して電子部品 8 が実装されており、この電子部品 8 は、他の第 2 金属板 4 a、第 3 金属板 4 b に、ボンディングワイヤ 1 0 等の導電性接続材によって接続される。このように、図 1、2 に示す例において、第 2 金属板 4 a、第 3 金属板 4 b は、回路導体として機能している。また、第 2 金属板 4 a、第 3 金属板 4 b は、回路基板に搭載される電子部品 8 のマウント用の金属部材、接地導体用の金属部材としても用いることができる。

【 0 0 3 1 】

また、図 1、2 に示している、第 1 絶縁基板 1 a と第 2 絶縁基板 1 b とで挟まれた第 1 金属板 3 は、流路 2 を有しており、主に放熱板として用いられる。この流路 2 には、開口 7 から出入りする流体（例えば、水、空気など）が流れており、これによって放熱効果が発揮される。

【 0 0 3 2 】

電子部品 8 は、例えば、トランジスタ、C P U (Central Processing Unit) 用の L S I (Large Scale Integrated circuit)、I G B T (Insulated Gate Bipolar Transistor)、または M O S - F E T (Metal Oxide Semiconductor - Field Effect Transistor) 等の半導体素子である。

【 0 0 3 3 】

電子部品 8 を第 2 金属板 4 a、第 3 金属板 4 b に接合する接合材 9 は、例えば、金属ま

10

20

30

40

50

たは導電性樹脂等からなる。金属から成る接合材 9 は、例えば、半田、金 - スズ (Au - Sn) 合金、またはスズ - 銀 - 銅 (Sn - Ag - Cu) 合金等である。導電性樹脂から成る接合材 9 は、例えば、Ag エポキシ樹脂等の熱伝導率の高い接着剤等である。

【0034】

なお、第 2 金属板 4 a、第 3 金属板 4 b 表面に、めっき法によってめっき膜を形成しても良い。この構成によれば、接合材 9 との濡れ性が良好となるので電子部品 8 を第 2 金属板 4 a、第 3 金属板 4 b の表面に強固に接合することができる。めっき膜は、導電性および耐食性が高い金属を用いれば良く、例えば、ニッケル、コバルト、銅、若しくは金、またはこれらの金属材料を主成分とする合金材料が挙げられる。めっき膜の厚みは、例えば 1.5 ~ 10 μm であれば良い。

10

【0035】

また、めっき膜は内部にリンを含有することが好ましい。例えば、ニッケル - リンのアモルファス合金のめっき膜であれば、ニッケルめっき膜の表面酸化を抑制して接合材等の濡れ性等を長く維持することができるので好ましい。また、ニッケルに対するリンの含有量が 8 ~ 15 質量 % 程度であると、ニッケル - リンのアモルファス合金が形成されやすくなって、めっき膜に対する接合材等の接着強度を更に向上させることができる。

【0036】

次に、本発明の図 1 に示す例の実施形態に係る回路基板の製造方法について説明をする。

【0037】

まず、例えば、第 1 金属板 3、第 2 金属板 4 a となる金属板母材を、それぞれ第 1 絶縁基板 1 a の上下面に配置し、第 3 金属板 4 b となる金属板母材を、第 2 絶縁基板 1 b の下面に配置する。なお、金属板母材の配置前に、第 1 絶縁基板 1 a の両主面に、また、第 2 絶縁基板 1 b の下面に、接合材 5 を予め所定の位置に例えばスクリーン印刷等の方法で所定の形状に塗布する。

20

【0038】

次に、加熱処理によって、第 1 金属板 3、第 2 金属板 4 a となる金属板母材を第 1 絶縁基板 1 a に接合させ、第 3 金属板 4 b となる金属板母材を第 2 絶縁基板 1 b に接合させる。この工程では、積層体を、真空炉内に載置し、真空状態において 830 程度で熱処理を行う。

30

【0039】

次に、エッチング処理によって、各金属板母材に、回路層や流路 2 を形成する。金属板として残したい領域にレジストを形成し、例えば、塩化第二鉄をエッチング液としてエッチング処理を行えばよい。

【0040】

次に、第 1 金属板 3、第 2 金属板 4 a が形成された第 1 絶縁基板 1 a を、上述した方法と同様に、接合材 5 によって、第 3 金属板 4 b が形成された第 2 絶縁基板 1 b に接合させる。なお、金属板母材の配置前に、第 2 絶縁基板 1 b の上面に、接合材 5 を予め所定の位置に例えばスクリーン印刷等の方法で所定の形状に塗布する。

【0041】

以上のようにして、図 1、図 2 に示す例の回路基板を形成することができる。

40

【0042】

次に、図 3 (a) ~ (c) を用いて、本発明の他の実施形態の例を説明する。図 3 (a) ~ (c) は、それぞれ本発明の実施形態の回路基板の他の例を示す断面図である。

【0043】

図 3 (a) に示す例においては、第 1 金属板 3 は、第 1 金属層 3 a と、第 2 金属層 3 b と、第 1 金属層 3 a と第 2 金属層 3 b とで挟まれた第 3 金属層 3 c と、を有している。この構成によって、図 1 に示す例に比較して、流路 2 の形成時に設計の自由度が高まる。

【0044】

また、第 1 金属層 3 a、第 2 金属層 3 b は、例えば銅層であり、第 3 金属層 3 c は、銀

50

、銅を主成分とするろう材層である。この第3金属層3cは、第1金属層3a、第2金属層3bを互いに接合させる機能を有する。

【0045】

図3(b)に示す例においては、第1金属層3aに形成された流路2と第2金属層3bに形成された流路2とは、上下で位置がずれている。これによって、全体の流路2の表面積を増大させることができ、冷却効果を向上させることができる。

【0046】

図3(c)に示す例においては、第1金属層3a、第2金属層3bにおいて、流路2の幅が絶縁基板から離れるに従って狭くなっている。これにより、第1金属板3において、厚み方向中央部は流路2の幅が狭くなり、第1絶縁基板1aおよび第2絶縁基板1b側では流路2の幅が広がる。よって、流路2の絶縁基板側の表面積が増大するので、冷却効果が向上する。また、中央部は流路2の幅が狭いので、第1金属層3aと第2金属層3bの接合面積を十分大きく確保できるので接合強度が向上する。

【0047】

次に、図4を用いて、本発明の図3(a)に示す例の実施形態に係る回路基板の製造方法について説明する。

【0048】

(1)まず、第1工程として、図4(a)に示すように、第2金属板4a、第1金属層3aとなる金属板母材3a'、4a'の主面を第1絶縁基板1aの主面上に配置する。なお、本工程においては、金属板母材の配置前に、第1絶縁基板1aの両主面に接合材5を予め所定の位置に例えばスクリーン印刷等の方法で所定の形状に塗布する。この接合材5は、例えば、銀、銅を主成分とし、さらにTiを含み、In、又はSnによって融点を790程度に調整したものが用いられる。

【0049】

また、図示しないが、第3金属板4b、第2金属層3bとなる金属板母材もまた、その主面を第2絶縁基板1bの主面上に配置しておく。

【0050】

(2)次に、第2工程として、加熱処理によって、金属板母材3a'、4a'を第1絶縁基板1aに接合させる。この工程では、第1工程で得られた積層体を、真空炉内に載置し、真空状態において830程度で熱処理を行う。これにより、接合材5が溶融し、冷却することで接合材5が固化し、金属板母材3a'、4a'が第1絶縁基板1aに接合される。

【0051】

また、第3金属板4b、第2金属層3bとなる金属板母材もまた、第2絶縁基板1bに接合させる。

【0052】

(3)次に、第3工程として、図4(a)、(b)に示すように、エッチング処理によって、金属板母材3a'、4a'における金属板非形成領域を除去し、金属板3a、4aを残すようにする。

【0053】

具体的には、図4(a)に示すように、金属板3a、4aとして残したい銅板形成領域にレジスト11を形成する。なお、エッチング液としては、例えば、塩化第二鉄を使用すればよい。なお、エッチングを行った後、レジスト11を除去するようにする。以上の工程によって、図4(b)に示すように、金属板3a、4aが接合された第1絶縁基板1aを得ることができる。

【0054】

また、同様の工程によって、第3金属板4b、第2金属層3bが接合された第2絶縁基板1bを得る。

【0055】

(4)次に、第4工程として、図4(c)に示すように、金属板3a、4aが接合され

10

20

30

40

50

た第 1 絶縁基板 1 a を、金属板 3 b、4 b が接合された第 2 絶縁基板 1 b に、第 3 金属層 3 c を介して配置する。

【 0 0 5 6 】

なお、本工程においては、配置前に、第 2 金属層 3 b 上に第 3 金属層 3 c となるペーストを予め所定の位置に例えばスクリーン印刷等の方法で所定の形状に塗布する。第 3 金属層 3 c となるペーストは、接合材 5 よりも融点を低く設定したものをを用いる。

【 0 0 5 7 】

(5) 次に、第 5 工程として、図 4 (c) に示すように、金属板 3 a、4 a が接合された第 1 絶縁基板 1 a を、金属板 3 b、4 b が接合された第 2 絶縁基板 1 b に、第 3 金属層 3 c を介して配置する。

10

【 0 0 5 8 】

以上のようにして、図 4 (d) に示す例の回路基板を形成することができる。

【 0 0 5 9 】

次に、図 5 を用いて、本発明の他の実施形態の例を説明する。図 5 は、本発明の実施形態の回路基板の他の例を示す図である。

【 0 0 6 0 】

図 5 に示す例において、流路 2 中に柱 1 2 が形成されている。この構成により、図 5 に示す例のように流路 2 の幅を大きくした場合であっても、絶縁基板 1 a、1 b 間を柱 1 2 が支えているため、回路基板の強度を維持することができる。よって、安全に流路 2 の幅を大きくすることができるので、冷却効果がさらに向上する。

20

【 0 0 6 1 】

なお、本発明の銅板等は上記実施の形態の例に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内であれば種々の変更は可能である。

【 0 0 6 2 】

例えば、図 1、図 2 では、開口 7 は中空状であったが、図 7 に示す例のように、開口 7 は上下の第 1 絶縁基板 1 a、第 2 絶縁基板 1 b に達していてもよい。この場合には、開口 7 から流出又は流入する流体の量を増大させることができる。

【 符号の説明 】

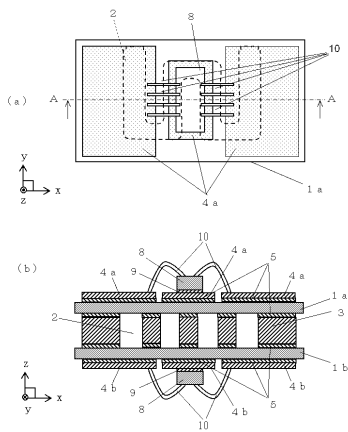
【 0 0 6 3 】

- 1 a . . . 第 1 絶縁基板
- 1 b . . . 第 2 絶縁基板
- 2 . . . 流路
- 3 . . . 第 1 金属板
- 3 a . . . 第 1 金属層
- 3 b . . . 第 2 金属層
- 3 c . . . 第 3 金属層
- 4 a . . . 第 2 金属板
- 4 b . . . 第 3 金属板
- 5 . . . 接合材
- 7 . . . 開口
- 8 . . . 電子部品
- 9 . . . 接合材
- 1 0 . . . ボンディングワイヤ
- 1 1 . . . レジスト
- 1 2 . . . 柱

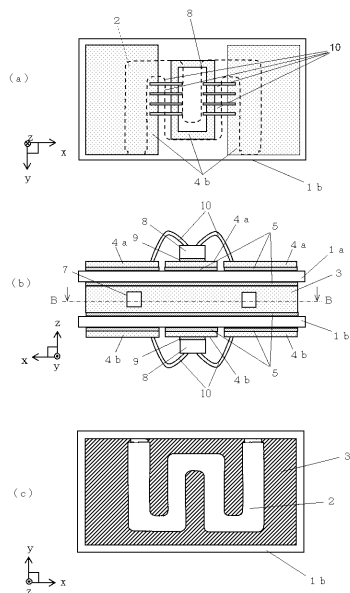
30

40

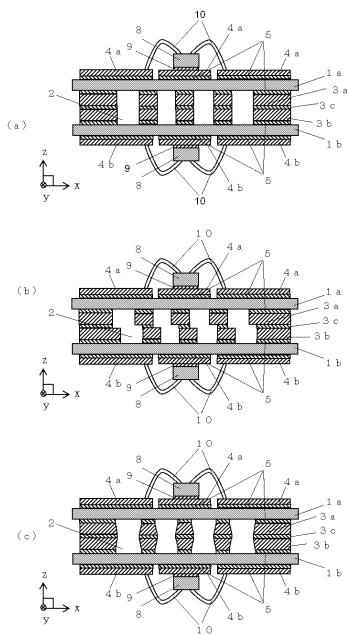
【図 1】



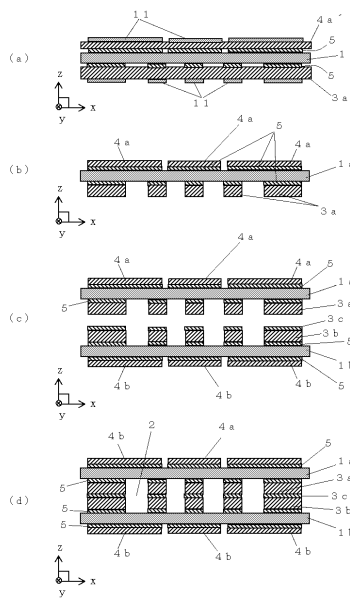
【図 2】



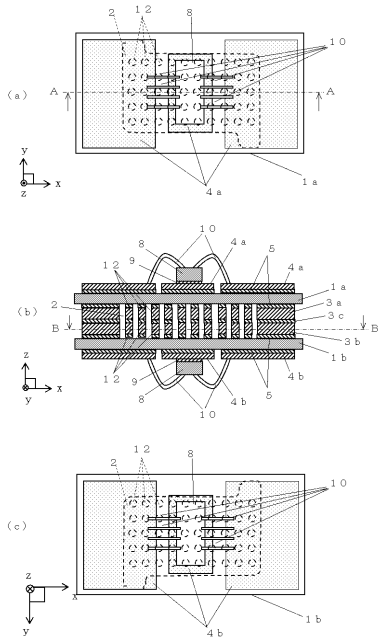
【図 3】



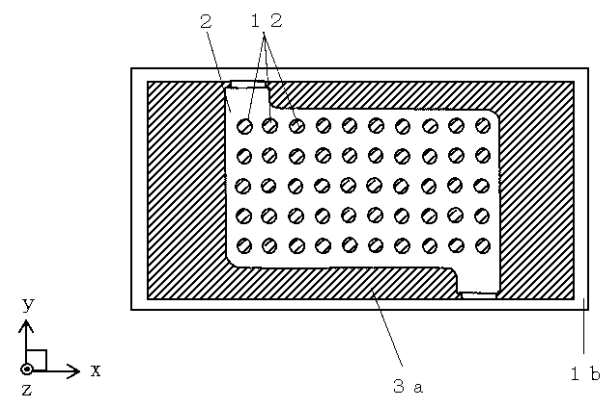
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

