

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7525612号
(P7525612)

(45)発行日 令和6年7月30日(2024.7.30)

(24)登録日 令和6年7月22日(2024.7.22)

(51)国際特許分類		F I			
H 0 5 K	3/42 (2006.01)	H 0 5 K	3/42	6 1 0 C	
H 0 5 K	3/18 (2006.01)	H 0 5 K	3/18	G	
H 0 5 K	3/26 (2006.01)	H 0 5 K	3/26	F	

請求項の数 9 (全9頁)

(21)出願番号	特願2022-540238(P2022-540238)	(73)特許権者	000006633
(86)(22)出願日	令和3年7月21日(2021.7.21)		京セラ株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/027274		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(87)国際公開番号	WO2022/024907	(74)代理人	110003029
(87)国際公開日	令和4年2月3日(2022.2.3)		弁理士法人ブナ国際特許事務所
審査請求日	令和5年1月20日(2023.1.20)	(72)発明者	梅原 幹裕
(31)優先権主張番号	特願2020-128334(P2020-128334)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(32)優先日	令和2年7月29日(2020.7.29)		京セラ株式会社内
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(72)発明者	久保 善則
			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
		審査官	齊藤 健一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 回路基板およびその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

対向する主面である第1主面と第2主面とを貫通する複数のビアホールを有する絶縁基板と、前記ビアホールを充填した金属とを有する回路基板の製造方法であって、

前記絶縁基板に、前記ビアホールまたは前記第2主面のみに開口する非貫通穴を形成する穴形成工程と、

前記ビアホールまたは前記非貫通穴を前記金属で充填する充填工程と、

少なくともいずれかの前記主面の前記金属を研磨して、前記金属と前記絶縁基板との間に1 μ m以上10 μ m以下の段差を形成する第1研磨工程と、

めっきによって、前記金属の研磨面を被覆する被覆工程と、

前記第1主面と前記第2主面との前記金属を、前記金属と前記絶縁基板との間の段差が1 μ m以下となるよう研磨する第2研磨工程と、

を含有する、回路基板の製造方法。

【請求項2】

前記充填工程において、前記金属をめっきによって形成する、請求項1に記載の回路基板の製造方法。

【請求項3】

前記穴形成工程において、前記第1主面と前記第2主面を貫通する前記ビアホールを形成し、

前記第1主面にシード層を形成するシード層形成工程と、電気めっきによって前記ビア

10

20

ホールの前記第 1 主面側を前記金属で閉塞させる閉塞工程とを実施した後に、
電気めっきによって前記充填工程を実施する、請求項 2 に記載の回路基板の製造方法。

【請求項 4】

前記穴形成工程において、前記非貫通穴を形成し、
前記非貫通穴の内壁にシード層を形成するシード層形成工程を実施した後に、
電気めっきによって前記充填工程を実施する、請求項 1 に記載の回路基板の製造方法。

【請求項 5】

前記絶縁基板は、セラミックまたは単結晶からなる、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の回路基板の製造方法。

【請求項 6】

対向する主面である第 1 主面と第 2 主面とを貫通する複数のビアホールを有する絶縁基板と、前記ビアホールを充填する金属を有し、
前記金属は、前記主面よりも低い位置に表面が位置している金属と、前記表面の全体を被覆する金属とを有し、

前記主面よりも低い位置に表面が位置している金属および前記表面の全体を被覆する金属はめっき金属であり、

前記表面の全体を被覆する金属は前記主面よりも低い位置に表面が位置している金属よりも緻密で硬く、

前記主面と前記表面の全体を被覆する金属の表面との段差が $1 \mu\text{m}$ 以下である、回路基板。

【請求項 7】

前記表面の全体を被覆する金属の厚みは $0.1 \mu\text{m}$ 以上である、請求項 6 に記載の回路基板。

【請求項 8】

前記主面と前記表面の全体を被覆する金属の表面の算術平均粗さ R_a がともに $0.3 \mu\text{m}$ 以下で、かつ差が $0.2 \mu\text{m}$ 以下である、請求項 6 または 7 に記載の回路基板。

【請求項 9】

前記主面と前記ビアホールとの接続部分のロールオフの幅が $1 \mu\text{m}$ 以下である、請求項 6 ~ 8 のいずれかに記載の回路基板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回路基板およびその製造方法に関し、特に、絶縁性基板の両主面を貫通して導通するビア金属およびその形成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

電子部品の小型化、高密度化に伴って、3 次元的回路を形成するために、絶縁基板の両主面に形成された配線を、両主面を貫通するビア金属によって接続した回路基板が用いられている。ビア金属は、絶縁性基板にビアホールを形成してから金属で充填する方法、または、絶縁性基板の第 1 主面から形成した非貫通穴を金属で充填してから第 2 主面を研磨してビア金属を露出させる方法で形成される。ビアホールまたは非貫通穴を金属で充填する方法として、めっきによる方法と、金属粒子を含むペーストを焼成する方法とが用いられる（特許文献 1 ~ 3）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2015 - 43391 号公報

【文献】特開 2006 - 66658 号公報

【文献】特開 2001 - 291946 号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】**【0004】**

本開示に係る回路基板の製造方法は、対向する主面である第1主面と第2主面とを貫通する複数のビアホールを有する絶縁基板と、ビアホールを充填した金属とを有する回路基板の製造方法である。本開示に係る回路基板の製造方法は、絶縁基板に、ビアホールまたは前記第2主面のみに開口する非貫通穴を形成する穴形成工程と；ビアホールまたは非貫通穴を前記金属で充填する充填工程と；少なくともいずれかの主面の金属を研磨して、前記金属と前記絶縁基板との間に段差を形成する第1研磨工程と；めっきによって、金属の研磨面を被覆する被覆工程と；第1主面と第2主面との金属を研磨する第2研磨工程とを含有する。

10

【0005】

さらに、本開示の回路基板は、対向する主面である第1主面と第2主面とを貫通する複数のビアホールを有する絶縁基板と、ビアホールを充填する第2金属層と、第2金属の表面全体を被覆する第3金属層とを有する。

【図面の簡単な説明】**【0006】**

【図1】本開示の第1の実施形態を示す概略図である。

【図2】本開示の回路基板の概略断面図である。

【図3】本開示の第2の実施形態を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0007】

ビア金属の形成方法のうち、ペーストを用いた方法は、比較的高温での焼成が必要である。そのため、焼成後の収縮による熱応力が、変形やクラックの原因となる。特に、焼成温度がビア金属の融点以上の場合は、相変態に伴う収縮の影響も加わる。焼成温度が金属の融点以下の場合、金属は多孔質状となる。その結果、金属中に多くのボイドまたはガラス成分が含まれるとともに、研磨面の表面粗さを小さくすることが難しくなる。

【0008】

めっきによる方法は、比較的低温での形成が可能で、変形やクラックが生じにくい。ボイドの少ない緻密な金属が形成でき、研磨面の表面粗さも小さくしやすい。しかし、ビアホールの内壁面から成長した金属が合流する中心線付近にボイドが形成されやすい。

30

【0009】

特許文献3では、ペーストでビアを充填し、めっきで被覆する方法も提案されている。しかし、ペースト焼成で形成したビア金属は、上述のような課題がある。さらに、多く存在するボイドにめっき液が残留し、以降の工程または製品の特性に悪影響を与える恐れがある。

【0010】

本開示によれば、緻密で、表面にボイドが少ないビア金属を有し、変形やクラックが生じにくい回路基板を提供することができる。

【0011】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。回路基板10は、対向する2つの主面2（第1主面2aと第2主面2b）を貫通するビアホール3を有する絶縁基板1と、ビアホール3を充填するビア金属4（以下、単に「金属4」と記載する場合がある）とを有する。絶縁基板1の主面2とビア金属4の表面はほぼ同じ高さに加工され、主面2上にビア金属4と接続される配線金属（不図示）が配置される。

40

【0012】

本開示の回路基板10の製造方法は、絶縁基板1に、両方の主面2に開口するビアホール3、または第2主面2bのみに開口する非貫通穴6を形成する穴形成工程と；ビアホール3または非貫通穴6を金属4で充填する充填工程と；少なくともいずれかの主面2の金属4を研磨して、前記金属と前記絶縁基板との間に段差を形成する第1研磨工程と；めっきによって、金属4の研磨面を被覆する被覆工程と；第1主面2aと第2主面2bとの金

50

属 4 を研磨する第 2 研磨工程とを有するので、金属 4 は緻密で表面にポイドが少ないものとなり、変形やクラックが生じにくい回路基板 10 を提供することができる。

【0013】

図 1 は、本開示の第 1 の実施形態を示す概略図である。第 1 の実施形態は、絶縁基板 1 にビアホール 3 を形成する穴形成工程（図 1 A）と；第 1 主面 2 a にシード層 5 を形成するシード層形成工程（図 1 B）と；電気めっきによって、ビアホール 3 の第 1 主面 2 a 側を第 1 金属層 4 a で閉塞させる閉塞工程（図 1 C）と；電気めっきによって、ビアホール 3 を第 2 金属層 4 b で充填する充填工程（図 1 D）と；主面 2 のいずれかの金属 4 を研磨して、金属 4 と絶縁基板 1 との間に段差を形成する第 1 研磨工程（図 1 E）と；めっきによって、金属 4 の研磨面を第 3 金属層 4 c で被覆する被覆工程（図 1 F）と；第 1 主面 2 a と第 2 主面 2 b との金属 4 を研磨する第 2 研磨工程（図 1 G）とを有する。第 1 の実施形態では、金属 4 は、第 1 金属層（閉塞層）4 a と第 2 金属層（充填層）4 b と第 3 金属層（被覆層）4 c とを有する。図 1 では第 1 研磨工程で片方の主面 2（第 2 主面 2 b）を研磨し、第 2 工程で両方の主面 2 を研磨する実施形態を示している。

10

【0014】

絶縁基板 1 は、セラミック、単結晶などからなり、例えばサファイアからなる。サファイアとはアルミナの単結晶のことである。絶縁基板 1 の寸法は、例えば、直径が 50 mm 以上 200 mm 以下、厚みが 0.2 mm 以上 1.0 mm 以下である。

【0015】

図 1 A に示すように、ビアホール 3 は、ドリルなどによる機械的加工、レーザ加工、エッチングなどの公知の方法で形成される。穴加工後に、加工によって生じた結晶欠陥や応力を緩和させるための熱処理を行ってもよい。ビアホール 3 の直径は、例えば 100 μm 以上 500 μm 以下である。

20

【0016】

金属 4 の材質は特に限定されない。銀、銅、金およびそれらを主成分とする合金は、電気伝導率が高いので好適である。白金族元素、チタン、ニオブ、タンタルおよびそれらを主成分とする合金は、耐食性が高いので好適である。第 3 金属層 4 c は、電気めっきにより形成される。第 1 金属層 4 a と第 2 金属層 4 b も、電気めっきにより形成するのが好ましいが、金属成分を含むペーストを充填、焼成して形成してもよい（その場合、第 1 金属層 4 a の形成は不要である）。

30

【0017】

ペーストを用いた金属の形成は、比較的高温での焼成が必要で、焼成後の収縮による熱応力が変形やクラックの原因となる。焼成温度が金属の融点以下の場合、金属はポイドを多く含む多孔質となるとともに、研磨面の表面粗さ（算術平均粗さ）が大きくなる。めっきによる金属 4 の形成は、比較的低温での形成が可能で、変形やクラックが生じにくい。ポイドの少ない緻密な金属 4 が形成でき、研磨面の表面粗さも小さくしやすい。後述のように、金属 4 の主要部分となる第 2 金属層 4 b をめっきで形成することで、クラックや変形を低減できる。金属 4 の表面となる第 3 金属層 4 c をめっきで形成することで、緻密で、所望の表面粗さの表面を得ることができる。ポイドの多いペースト焼成金属上へのめっきは、めっき液の残留の懸念があるのに対し、ポイドの少ないめっき金属上へのめっきはそのような懸念が低減される。

40

【0018】

めっきの方法のうち、電気めっきは成膜レートが大きく、生産性に優れる。絶縁基板 1 に金属 4 を直接電気めっきはできない。そのため、図 1 B に示すように、無電解めっきや蒸着などの方法で、シード層 5 を絶縁基板 1 の第 1 主面 2 a 上に形成する。シード層 5 は、例えばニッケル、チタン、クロム、パラジウムなどからなる。

【0019】

シード層 5 を起点として、金属 4 を電気めっきで形成する。まず、シード層 5 を陰極とし、第 1 主面 2 a 側に陽極（金属ソース）を配置する。そして、図 1 C に示すように、第 1 金属層（閉塞層）4 a を形成し、ビアホール 3 の第 1 主面 2 a 側を閉塞させる（閉塞工

50

程)。ビアホール3を完全に閉塞させなくても、開口面積がビアホール3の断面積の半分以上程度になるまで閉塞させればよい。

【0020】

次に、第1金属層4aを陰極とし、第2主面2b側に陽極を配置する。そして、図1Dに示すように、第2金属層(充填層)4bを形成してビアホール3を金属4で充填する(充填工程)。第2金属層4bの成膜速度は、第1金属4aの成膜速度よりも大きいと、生産性の観点から好適である。例えば、電気めっき時の電流密度を高くすることで、成膜速度を大きくすることができる。

【0021】

充填層4bは、ビアホール3内を厚み方向(第1主面2aから第2主面2bに向かう方向)に成長するとともに、径方向(内壁面から中心線に向かう方向)にも成長する。そのため、成長した金属4が合流する中心線付近にはボイドが形成されやすい。回路基板10において、金属4の表面に、ボイドが開気孔となって存在していたり、表面近くに閉気孔として存在していると、回路基板10を用いた製品の製造工程において、配線電極の剥離の原因となる。さらに、製造工程で使用する薬液などが残留して、製品への悪影響の原因となる。

10

【0022】

次に、ラッピング装置などを用いて、第2主面2bを研磨して、図1Eに示すように、第2主面2bから突出した金属4を除去する(第1研磨工程)。金属4は、アルミナなどのセラミック、サファイアなどの酸化物単結晶などからなる絶縁基板1と比べて柔らかく研磨されやすい。そのため、研磨後の主面2と金属4とは段差L1を形成する(金属4の表面の方を低くする)ことができる。段差L1の大きさは、研磨砥粒の材質、形状、粒度、スラリーのpH、加工圧、加工時間などの各種条件で調整できる。研磨後の金属4の表面(すなわち第2金属層4bと第3金属層4cとの界面)は、非研磨面と比べて、平坦で、均一な表面粗さを有する。次に、金属4の研磨面側に陽極を配置して、図1Fに示すように、第3金属層4cを形成して研磨面を被覆する(被覆工程)。第1研磨工程で片面のみを研磨した場合は、陽極は片面のみに配置するとよい。第3金属層4cは第2金属層4bよりも、緻密つまりボイドが少ないことが好ましい。第3金属層4bの成膜速度は、第2金属4bの成膜速度よりも小さいと、金属層4の表面がより緻密な膜で被覆されるので好適である。例えば、電流密度を低くすることで、成膜速度を小さくすることができる。

20

30

【0023】

このように、より緻密なまたはボイドの少ない第3金属層4cで金属4の表面を被覆することで、金属4の表面の開気孔や表面近傍の閉気孔による、その後の工程や素子性能への悪影響を低減することができる。第3金属層4cは第2金属層4bよりも、硬い(例えばビッカース硬さが高い)と、主面2との段差を小さくしたり、表面粗さ小さくしたりしやすい。第3金属層4cは第2金属層とは、構成する金属元素が異なっていたり、構成する金属元素の組成が異なっていたりしてもよい。第2金属層4b、第3金属層4cの硬さ、緻密さ、構成元素の組成は、層内で連続的(直線的または曲線的)または不連続な段階的に変化していてもよい。これにより、金属層4の物性(例えば熱膨張係数や伝導率など)を連続的または段階的に調整しつつ、第2金属層4bよりも緻密で硬い第3金属層4cを形成することができる。

40

【0024】

第1研磨工程後の金属4(第2金属層4b)の表面と主面2との段差L1は、第2研磨工程後の金属4(第3金属層4c)の表面と主面2との段差L1よりも大きいことが好ましい。これによって、第3金属層4cは、第2金属層4bの表面のボイドを被覆するだけでなく、第2金属層4bの表面全体を被覆することができる。第1研磨工程後の金属4の表面と主面2との段差L1は1 μ m以上10 μ m以下である(金属4の表面が主面2よりも1~10 μ m低くなっている)とよい。

【0025】

第3金属層4cは、第2金属層4bの表面のボイドを十分に被覆するための厚みが必要

50

である。段差 L 1 を $1\ \mu\text{m}$ 以上とすることで、この後の被覆工程で第 2 金属層 4 b の表面および、表面に露出したポイドを第 3 金属層 4 c で被覆することができる。緻密な第 3 金属層 4 c を製膜するために、第 3 金属層 4 c の成膜速度は小さくなりやすい。金属層 4 を生産性良く形成するためには、第 3 金属層 4 c は薄い方が好ましい。段差 L 1 を $10\ \mu\text{m}$ 以下とすることで、この後の被覆工程で形成する第 3 金属層 4 c の厚みを小さくすることができる。第 1 研磨工程で適切な大きさの段差 L 1 を形成することにより、第 2 金属層 4 b の表面のポイドを被覆するのに必要で十分な厚みの第 3 金属層 4 c を形成することができる。例えば、研磨加工時の押圧力を大きくしたり、加工時間を長くしたりすることで、研磨後の金属 4 の表面と主面 2 との段差 L 1 を大きくすることができる。第 1 研磨工程後の第 2 金属層 4 b の表面（研磨面）の算術平均粗さ R a が、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $0.5\ \mu\text{m}$ 以下程度であれば、この後形成する第 3 金属層 4 c との密着力が高いのでよい。

10

【0026】

第 2 主面 2 b に対して第 1 研磨工程と被覆工程を実施した後、さらに、第 1 主面 2 a に第 1 研磨工程を実施して、第 1 主面 2 a から突出した金属 4 とシード層 5 とを除去し、第 2 主面 2 b に被覆工程を実施して、金属 4 の第 1 主面 2 a 側と第 2 主面 2 b 側の両方に第 3 金属層 4 c を形成してもよい。第 2 主面 2 b 側の被覆工程において、各ビアホール 3 の金属 4 同士を第 3 金属層 4 c で接続するように被覆すると、第 2 主面 2 b 側の被覆工程で金属 4 への通電が容易となる。第 1 主面 2 b の研磨（シード層 5 の除去）後、各ビアホール 3 中の金属 4 に通電することが難しい場合は、無電解めっきで被覆工程を実施してもよいし、主面 2 のいずれかに通電用の金属膜を形成してから電気めっきしてもよい。第 1 研磨工程で、両面ラッピング装置を用いて両方の主面 2 を研磨加工して、主面 2 から突出した金属 4 とシード層 5 を除去した後、被覆工程で、両方の主面 2 に第 3 金属層 4 c を形成してもよい。

20

【0027】

最後に、ラッピング装置などを用いて両方の主面 2 を研磨し、図 1 G に示すように、主面 2 から突出した金属 4 を（シード層 5 が残っている場合はシード層 5 も）研磨して除去する（第 2 研磨工程）。両面ラッピング装置を用いて二つの主面 2 を同時に研磨加工すれば、生産性がよいので好適である。

【0028】

図 3 に本開示の回路基板 10 の主面 2 付近の概略断面図を示す。第 3 金属層 4 c は第 2 金属層 4 b の表面全体を被覆しているとよい。金属 4 の表面と主面 2 との段差 L 1 は $1\ \mu\text{m}$ 以下であるとよい。第 3 金属層 4 c の厚みは $0.1\ \mu\text{m}$ 以上であるとよい。絶縁基板 1 の主面 2 と金属 4 の算術平均粗さ R a がともに $0.3\ \mu\text{m}$ 以下で、且つその差が $0.2\ \mu\text{m}$ 以下であるとよい。これにより、配線金属との接続が良好で、断線しにくくなる。

30

【0029】

研磨加工の際、主面 2 のビアホール 3 近傍にはロールオフ（だれ）が生じる。ロールオフの幅 L 2 は、 $1\ \mu\text{m}$ 以下（つまり金属 4 の表面と主面 2 との段差 L 1 と同程度）であれば、主面 2 上と金属 4 上とで、配線金属が比較的緩やかな傾斜で接続するので、断線しにくい。

【0030】

図 2 は、本開示の第 2 の実施形態を示す概略図である。第 2 の実施形態は、絶縁基板 1 に、第 2 主面 2 b のみに開口する非貫通穴 6 を形成する穴形成工程（図 2 A）と；非貫通穴 6 の内壁にシード層 5 を形成するシード層形成工程（図 2 B）と；電気めっきによって、非貫通穴 6 を第 2 金属層 4 b で充填する充填工程（図 2 C）と；主面 2 の少なくともいづれかの金属 4 を研磨する第 1 研磨工程（図 2 D）と；めっきによって、金属 4 の研磨面を第 3 金属層 4 c で被覆する被覆工程（図 2 E）と；第 1 主面 2 a と第 2 主面 2 b の金属 4 を研磨する第 2 研磨工程（図 2 F）とを有する。

40

【0031】

第 2 の実施形態では、非貫通穴 6 の一方が閉塞しているため、第 1 金属層（閉塞層）4 a はない。金属 4 は、第 2 金属層（充填層）4 b と第 3 金属層（被覆層）4 c とを有する

50

。シード層 5 は非貫通穴 6 の内壁と第 2 主面 2 b に形成される。非開口側である（金属 4 が露出していない）、絶縁基板 1 の第 1 主面 2 a は、第 1 研磨工程または第 2 研磨工程で研磨し、金属 4 を露出させて、ビアホール 3 を形成する。その他の構成は第 1 の実施形態と基本的に同じである。図 2 では、第 1 研磨工程で両方の主面 2 を研磨する実施形態を示している。

【 0 0 3 2 】

第 1 の実施形態と同様にして主面 2 を貫通するビアホール 3 を形成した後、第 1 主面 2 a を樹脂等のマスクで被覆することで非貫通穴 6 とし、第 2 の実施形態と同様にして第 2 金属層 4 a と第 3 金属層 4 c を形成してからマスクを除去してもよい。第 1 の実施形態と同様にして第 1 主面 2 a を不完全に閉塞する第 1 金属層 4 a を形成した後、第 1 主面 2 a を樹脂などのマスクで被覆して完全に閉塞させ、第 2 金属層 4 a と第 3 金属層 4 c を形成してからマスクを除去してもよい。

10

【 0 0 3 3 】

本明細書において研磨加工とは、主面 2 よりも突出した金属 4 を削除して主面 2 を平坦化する加工を意味する。加工前後で表面粗さが大きくなる研削加工、機械的な加工と化学的な加工とを併用した C M P 加工なども、研磨加工に包含される。

【符号の説明】

【 0 0 3 4 】

- 1 絶縁基板
- 2 主面
- 2 a 第 1 主面
- 2 b 第 2 主面
- 3 ビアホール
- 4 ビア金属（金属）
- 4 a 第 1 金属層（閉塞層）
- 4 b 第 2 金属層（充填層）
- 4 c 第 3 金属層（被覆層）
- 5 シード層
- 6 非貫通穴
- 1 0 回路基板

20

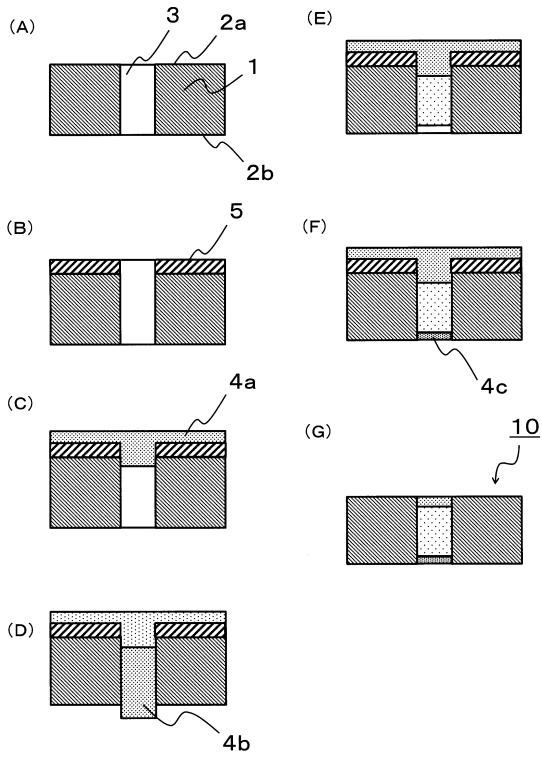
30

40

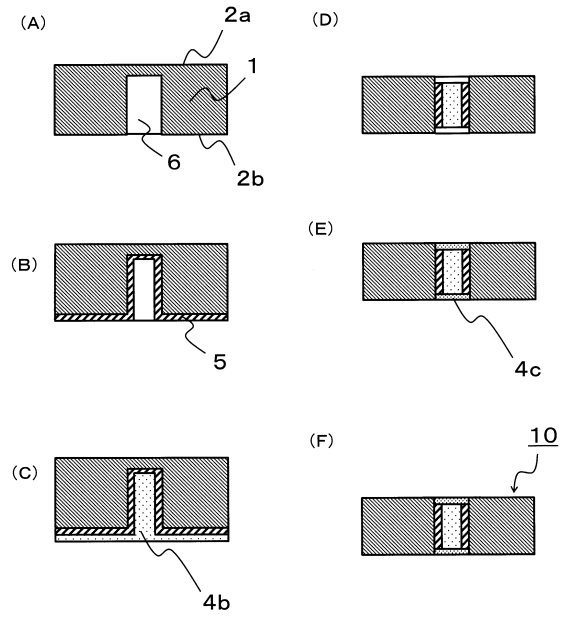
50

【図面】

【図 1】



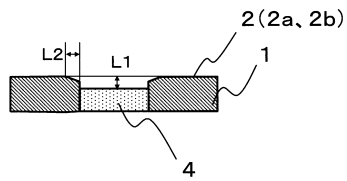
【図 2】



10

20

【図 3】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-21327(JP,A)
特開2015-41718(JP,A)
特開平5-315752(JP,A)
特開2005-310934(JP,A)
特開2001-274548(JP,A)
特開2017-98402(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 21/48
H01L 23/12 23/15
H05K 1/00 3/46