

(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6月25日(25.06.2015)



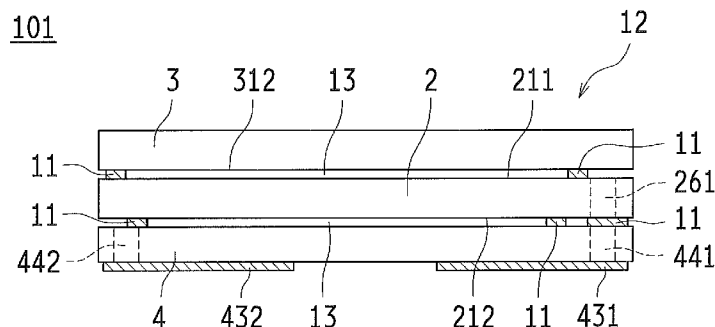
(10) 国際公開番号
WO 2015/093300 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/02 (2006.01) *H03B 5/32* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/082105
- (22) 国際出願日: 2014年12月4日(04.12.2014)
- (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 2013-264219 2013年12月20日(20.12.2013) JP
特願 2013-265924 2013年12月24日(24.12.2013) JP
特願 2014-008801 2014年1月21日(21.01.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社大真空(DAISHINKU CORPORATION) [JP/JP]; 〒6750194 兵庫県加古川市平岡町新在家字鴻野1389番地 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 飯塚 実(IIZUKA, Minoru); 〒6750194 兵庫県加古川市平岡町新在家字鴻野1389番地 株式会社大真空内 Hyogo (JP). 古城 琢也(KOJO, Takuya); 〒6750194 兵庫県加古川市平岡町新在家字鴻野1389番地 株式会社大真空内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人あーく特許事務所 (ARC PATENT ATTORNEYS' OFFICE); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満4丁目14番3号 Osaka (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).

(54) Title: PIEZOELECTRIC OSCILLATION DEVICE

(54) 発明の名称: 圧電振動デバイス

[図1]



(57) Abstract: [Problem] To provide a piezoelectric oscillation device of a sandwich structure, which can be free from gas generation and is able to be reduced in height and size. [Solution] A crystal oscillator (101) is provided with a crystal diaphragm (2), a first sealing member (3) and a second sealing member (4). The first sealing member (3) is provided with a sealing-side first bonding pattern (321) to be bonded with the crystal diaphragm (2), and the second sealing member (4) is provided with a sealing-side second bonding pattern (421) to be bonded with the crystal diaphragm (2). One main surface (211) of the crystal diaphragm (2) is provided with an oscillation-side first bonding pattern (251) to be bonded with the first sealing member (3), and the other surface (212) of the crystal diaphragm (2) is provided with an oscillation-side second bonding pattern (252) to be bonded with the second sealing member (4). The sealing-side first bonding pattern (321) and the oscillation-side first bonding pattern (251) are diffusion bonded with each other, and the sealing-side second bonding pattern (421) and the oscillation-side second bonding pattern (252) are diffusion bonded with each other.

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【課題】ガスの発生を無くし、さらに低背化や小型化が可能なサンドイッチ構造の圧電振動デバイスを提供する。【解決手段】水晶振動子 101 には、水晶振動板 2 と第 1 封止部材 3 と第 2 封止部材 4 とが設けられている。第 1 封止部材 3 には、水晶振動板 2 に接合するための封止側第 1 接合パターン 321 が形成され、第 2 封止部材 4 には、水晶振動板 2 に接合するための封止側第 2 接合パターン 421 が形成され、水晶振動板 2 の一主面 211 には、第 1 封止部材 3 に接合するための振動側第 1 接合パターン 251 が形成され、水晶振動板 2 の他主面 212 には、第 2 封止部材 4 に接合するための振動側第 2 接合パターン 252 が形成されている。封止側第 1 接合パターン 321 と振動側第 1 接合パターン 251 とが拡散接合され、封止側第 2 接合パターン 421 と振動側第 2 接合パターン 252 とが拡散接合される。

明 細 書

発明の名称：圧電振動デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、圧電振動デバイスに関する。

背景技術

[0002] 近年、各種電子機器の動作周波数の高周波化や、パッケージの小型化（特に低背化）が進んでいる。そのため、高周波化やパッケージの小型化に伴って、圧電振動デバイス（例えば水晶振動子等）も高周波化やパッケージの小型化への対応が求められている。

[0003] この種の圧電振動デバイスでは、その筐体が直方体のパッケージで構成されている。このパッケージは、ガラスからなる第1封止部材および第2封止部材と、水晶からなり両主面に励振電極が形成された水晶振動板とから構成され、第1封止部材と第2封止部材とが水晶振動板を介して積層して接合され、パッケージの内部に配された水晶振動板の励振電極が気密封止されている（例えば、特許文献1）。以下、このような圧電振動デバイスの積層形態をサンドイッチ構造という。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-235511号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、この特許文献1に示す水晶振動子では、第1封止部材と第2封止部材と水晶振動板との接合に、金属ペースト封止材を用いている。ここでいう金属ペースト封止材は、電極膜などに比べて厚みがあり、低背化に向いていない。また、金属ペースト封止材を用いた接合の場合、必ず高温で加熱して溶融接合することになり、加熱溶融の際にガスが発生する。このガスがパッケージ内部に存在することにより振動特性が劣化する。さらに、金属ペ

ースト封止材は、幅広い形状で水晶振動板などに形成されるので、金属ペースト封止材を配する領域を確保する必要があり、パッケージの小型化の妨げとなる。

[0006] そこで、上記課題を解決するために、本発明は、ガスの発生を無くし、さらに低背化や小型化が可能なサンドイッチ構造の圧電振動デバイス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] 上記の目的を達成するため、本発明にかかる圧電振動デバイスは、基板の一主面に第1励振電極が形成され、前記基板の他主面に前記第1励振電極と対になる第2励振電極が形成された圧電振動板と、前記圧電振動板の前記第1励振電極を覆う第1封止部材と、前記圧電振動板の前記第2励振電極を覆い、外部に電氣的に接続する外部端子が設けられた第2封止部材と、が設けられ、前記第1封止部材と前記圧電振動板とが接合され、前記第2封止部材と前記圧電振動板とが接合されて、前記第1励振電極と前記第2励振電極とを含む前記圧電振動板の振動部を気密封止した内部空間が形成された圧電振動デバイスにおいて、前記圧電振動板の一主面には、前記第1封止部材に接合するための振動側第1接合パターンが形成され、前記振動側第1接合パターンは、前記一主面上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜と、前記下地PVD膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜とからなり、前記圧電振動板の他主面には、前記第2封止部材に接合するための振動側第2接合パターンが形成され、前記振動側第2接合パターンは、前記他主面上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜と、前記下地PVD膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜とからなり、前記第1封止部材には、前記圧電振動板に接合するための封止側第1接合パターンが形成され、前記封止側第1接合パターンは、前記第1封止部材上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜と、前記下地PVD膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜とからなり、前記第2封止部材には、前記圧電振動板に接合するための封止側第2接合パターンが形成

され、前記封止側第2接合パターンは、前記第2封止部材上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜と、前記下地PVD膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜とからなり、前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが拡散接合され、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが拡散接合されたことを特徴とする。

[0008] 本発明にかかる圧電振動デバイスによれば、サンドイッチ構造の圧電振動デバイスにおいて、ガスの発生を無くし、さらに低背化や小型化が可能となる。

[0009] 従来の技術では、別途、Au-Sn等の金属ペースト封止材を印刷やメッキ等で形成する必要があるが、本発明では、前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが拡散接合され、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが拡散接合されるので、別途、金属ペースト封止材を用いる必要がなく、コスト低減に寄与することが可能となる。さらに本発明によれば、真空蒸着やスパッタリング、イオンプレーティング、MBE、レーザーアブレーションなどのPVD法（例えば、フォトリソグラフィ等の加工におけるパターンニング用の膜形成法）により下地PVD膜や電極PVD膜を形成するので、従前のメッキを使った複数回の膜形成と異なり、一括して膜形成を行い、製造工数を減らすことが可能となり、コスト低減に寄与することが可能となる。

[0010] また、現在、圧電振動デバイスのパッケージの小型化が行われており、そのため、異極となるパターン（電極パターン）や端子（電極パッド）が干渉して短絡するなどの不具合を防止しながらAu-Sn等の金属ペースト封止材を印刷することは難しい。これに対して、本発明では、金属ペースト封止材を用いずに、夫々前記下地PVD膜と前記電極PVD膜との積層構造となった前記封止側第1、2接合パターンと前記振動側第1、2接合パターンとを用いるので、容易に異極となるパターンや端子が干渉して短絡するなどの不具合を防止しながらパターン形成を行うことが可能となる。

- [0011] また、従来の技術では、上記の通り、別途、Au-Sn等の金属ペースト封止材を用いるが、この金属ペースト封止材を用いた接合の場合、必ず高温で加熱して溶融接合することになり、加熱溶融の際にガスが発生する。このガスを無くす技術は現在開発されておらず、加熱溶融接合の際に内部空間内へのガス侵入は避けられない。これに対して、本発明によれば、前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが拡散接合され、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが拡散接合されるので、ガスの発生を抑え、ガスが前記内部空間内に存在することによる振動特性の劣化を防止することが可能となる。なお、当該拡散接合の際に、220℃などの常温よりも高い温度をかける場合もあるが、金属ペースト封止材を用いた接合のように高温（例えば、280℃以上）をかけることはない。
- [0012] また、本発明によれば、前記封止側第1、2接合パターンと前記振動側第1、2接合パターンとが、夫々前記下地PVD膜と前記電極PVD膜との積層構造となるので、パターンや端子の幅を細くして細線化することが可能となり、その結果、パターンの引き回しが原因となるパッケージの小型化の妨げを解消すること可能となる。具体的には、本発明によれば、Au-Sn等の金属ペースト封止材による接合を用いた圧電振動デバイスでは実現不可能なパターンや端子の細線化が可能となる。
- [0013] また、本発明によれば、前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが拡散接合され、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが拡散接合されるので、高温の加熱溶融接合を行うことはない。そのため、圧電振動デバイスを外部回路などの外部部材に半田などを用いて接合する際に、接合箇所において再溶融することがなく、リフローや製品の使用環境などにおいて接合状態が変化することはない。
- [0014] 前記構成において、前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが常温拡散接合され、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが常温拡散接合されてもよい。
- [0015] この場合、前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンと

が常温拡散接合され、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが常温拡散接合されるので、ガスが発生するのを抑え、ガスが前記内部空間内に存在することによる振動特性の劣化を防止するのに好適である。また、接合箇所において再溶融することがなく、接合状態が変化することはない。

[0016] 前記構成において、前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが、常温以上230℃未満の温度下で拡散接合され、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが、常温以上230℃未満の温度下で拡散接合されてもよい。

[0017] この場合、前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが常温以上230℃未満の温度下で拡散接合され、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが常温以上230℃未満の温度下で拡散接合されるので、ガスが発生するのを抑えながら、接合を良好にすることが可能となる。

[0018] 前記構成において、前記圧電振動板の一主面に形成された前記第1励振電極と前記振動側第1接合パターンとは同一厚みを有し、前記第1励振電極と前記振動側第1接合パターンとの表面が同一金属からなり、前記圧電振動板の他主面に形成された前記第2励振電極と前記振動側第2接合パターンとは同一厚みを有し、前記第2励振電極と前記振動側第2接合パターンとの表面が同一金属からなってもよい。

[0019] 前記圧電振動板の一主面に形成された前記第1励振電極と前記振動側第1接合パターンとは同一厚みを有し、前記第1励振電極と前記振動側第1接合パターンとの表面が同一金属からなり、前記圧電振動板の他主面に形成された前記第2励振電極と前記振動側第2接合パターンとは同一厚みを有し、前記第2励振電極と前記振動側第2接合パターンとの表面が同一金属からなるので、前記第1励振電極と前記振動側第1接合パターンとの金属膜の形成を一度で済ませることが可能となり、また前記第2励振電極と前記振動側第2接合パターンとの金属膜の形成を一度で済ませることが可能となる。その結

果、前記第1励振電極と前記振動側第1接合パターンとの金属膜を同一にし、前記第2励振電極と前記振動側第2接合パターンとの金属膜を同一にすることが可能となる。

[0020] 前記構成において、前記振動側第1接合パターンと前記振動側第2接合パターンとでは、前記下地PVD膜が単一の材料からなり、前記電極PVD膜が単一の材料からなり、前記下地PVD膜よりも前記電極PVD膜の方が厚くてもよい。

[0021] この場合、前記下地PVD膜を構成する単一の材料が、前記電極PVD膜に拡散するのを防止することが可能となる。

[0022] 前記構成において、前記第2封止部材では、前記圧電振動板に面しない外方の主面には、外部と電氣的に接続するための外部端子が形成され、前記外部端子は、前記外方の主面上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜と、下地PVD膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜とからなり、前記振動側第1接合パターンと前記振動側第2接合パターンと前記封止側第1接合パターンと前記封止側第2接合パターンとの各前記下地PVD膜の厚みに対して、前記外部端子の前記下地PVD膜の厚みが厚くてもよい。

[0023] 前記振動側第1接合パターンと前記振動側第2接合パターンと前記封止側第1接合パターンと前記封止側第2接合パターンとの各前記下地PVD膜の厚みに対して、前記外部端子の前記下地PVD膜の厚みが厚いので、前記第1封止部材と前記第2封止部材と前記圧電振動板との接合を安定させながら、前記外部端子では外部と電氣的に接続するため（例えば、半田実装など）、下地PVD膜を外部と電氣的に接続するために有効に利用することが可能となる。なお、前記振動側第1接合パターンと前記振動側第2接合パターンと前記封止側第1接合パターンと前記封止側第2接合パターンと前記外部端子との各前記下地PVD膜の厚みを同じとした場合、前記外部端子を用いた外部との電氣的に接続（例えば、半田実装など）を行うことができない。

[0024] 前記構成において、前記電極PVD膜には、Auが用いられてもよい。

- [0025] 前記電極PVD膜にAuが用いられるので、前記振動側第1接合パターンと前記振動側第2接合パターンと前記封止側第1接合パターンと前記封止側第2接合パターンとの各表面を酸化させ難くし、前記振動側第1接合パターンと前記振動側第2接合パターンと前記封止側第1接合パターンと前記封止側第2接合パターンとの接合前処理に高度な特殊前処理が不要となる。その結果、製造コストを抑えることが可能となる。ここでいう製造前処理に関して、本構成によれば、雰囲気環境を例えば、超高真空などにしなくてもよい。
- [0026] 前記構成において、前記振動側第1接合パターンと前記振動側第2接合パターンと前記封止側第1接合パターンと前記封止側第2接合パターンは、非Snパターンであってもよい。
- [0027] 前記振動側第1接合パターンと前記振動側第2接合パターンと前記封止側第1接合パターンと前記封止側第2接合パターンは、非Snパターンであるので、接合時に高温加熱を必要としなく、高温加熱接合による不具合（再溶解）がない。
- [0028] すなわち、本構成によれば、別途、金属ペースト封止材を用いることができなく、コスト低減に寄与することが可能となる。さらに本発明によれば、真空蒸着やスパッタリング、イオンプレーティング、MBE、レーザーアブレーションなどのPVD法（例えば、フォトリソグラフィ等の加工におけるパターンニング用の膜形成法）により下地PVD膜や電極PVD膜を形成するので、コスト低減に寄与することが可能となる。
- [0029] また、Snを用いない非Snパターンによれば、パターンの細線化が可能となり、異極となるパターンや端子が干渉して短絡するなどの不具合が生じない。
- [0030] 前記構成において、前記振動側第1接合パターンと前記振動側第2接合パターンと前記封止側第1接合パターンと前記封止側第2接合パターンには、Cuが含まれてもよい。
- [0031] 前記振動側第1接合パターンと前記振動側第2接合パターンと前記封止側

第1接合パターンと前記封止側第2接合パターンには、Cuが含まれるので、製造時（接合時、加圧などの外力が発生することによる衝撃時など）や使用時（落下などの外力が発生することによる衝撃時、はんだ実装時など）の応力緩和に寄与することが可能となる。つまり、本構成によれば、機械的強度が向上する。

[0032] 前記下地PVD膜にCrを用いた場合（例えば、Cr+Ag-Cu+Au）、Crが前記電極PVD膜に拡散するのを、Cuを前記下地PVD膜に含むことで抑制することが可能となる。その結果、Crを用いた層を厚くしても、Crが前記電極PVD膜に拡散するのを抑制することが可能となり、Crを用いた層を厚くすることができて製造ばらつきを抑えることが可能となる。実際に、Crの層を $0.2\mu\text{m}$ としてもCrが前記電極PVD膜に拡散するのを抑制することが可能となる。

[0033] また、前記下地PVD膜にCrを用いた場合（例えば、Cr+Ag-Cu+Au）、抵抗加熱蒸着に好適である。

[0034] 前記構成において、前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが加圧拡散接合され、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが加圧拡散接合されてもよい。

[0035] 本構成によれば、前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが加圧拡散接合され、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが加圧拡散接合されるので、加圧することで接合箇所を確保し易くなり、高温加熱を用いずに拡散接合のみによる接合をさらに良好に行うことが可能となる。

[0036] 前記構成において、前記第1封止部材と前記第2封止部材には、曲げ剛性（断面二次モーメント×ヤング率）が $1000\text{ [N}\cdot\text{mm}^2]$ 以下の材料が用いられてもよい。

[0037] 前記第1封止部材と前記第2封止部材には、曲げ剛性（断面二次モーメント×ヤング率）が $1000\text{ [N}\cdot\text{mm}^2]$ 以下の絶縁（脆性）材料が用いられているので、接合に必要な変形量を満たすことが可能となる。そのため、例

例えば、前記第1励振電極や前記第2励振電極などの電極表面を、通常の接合に必要な1nm以下の表面粗さ(Ra)に成形しなくても、上記の範囲内の曲げ剛性とすることで、拡散接合を行うことが可能となる。

[0038] 前記構成において、別途接着剤などの接合専用材を用いずに、前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが加圧拡散接合され、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが加圧拡散接合されてもよい。

[0039] 別途接合専用材を用いずに、前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが加圧拡散接合され、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが加圧拡散接合されるので、小型化、特に低背化に寄与することが可能となり、接合専用材を用いた場合は、低背化の限界があるが、この限界を超えた低背化を可能とする。

[0040] 前記構成において、前記第2封止部材において、前記圧電振動板に面しない外方の主面には、外部と電氣的に接続するための外部端子が形成され、前記外部端子は、前記外方の主面上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜と、下地PVD膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜とからなり、前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが拡散接合された接合パターンの厚みは、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが拡散接合された接合パターンの厚みと同じで、外部と電氣的に接続した前記外部端子の厚みと異なってもよい。

[0041] 本構成によれば、拡散接合時に前記下地PVD膜の拡散を確実に防ぐことが可能となり、さらに前記第1封止部材、前記第2封止部材、及び前記圧電振動板への各前記下地PVD膜の接合強度を高めることが可能となる。その上で、前記外部端子では外部と電氣的に接続するため（例えば、半田実装など）、前記下地PVD膜を外部と電氣的に接続するために有効に利用することが可能となる。

[0042] 前記構成において、前記第2封止部材に、前記内部空間の外方に配された貫通孔が形成され、前記内部空間の内方には前記貫通孔が形成されなくても

よい。

- [0043] 前記第2封止部材において前記内部空間の外方に配された前記貫通孔が形成されるので、前記貫通孔の影響が前記内部空間に及ぶことなく、前記貫通孔が前記内部空間の内方に配された構成に比べて、前記貫通孔が原因となる気密不良を避けることが可能となる。
- [0044] また、本構成と異なり、貫通孔を内部空間内に配置した場合、内部空間の気密を確保する必要がある、内部空間内の貫通孔を金属等により埋める工程が必要となる。これに対して、本構成によれば、貫通孔が前記内部空間の外方に形成されるので、前記振動側第1接合パターンと前記振動側第2接合パターンと前記封止側第1接合パターンと前記封止側第2接合パターンとのパターン形成と同じ工程で配線パターンの引き回しが可能となり、製造コストを抑えることが可能となる。
- [0045] 前記構成において、前記第1封止部材に形成された前記封止側第1接合パターンと、前記第2封止部材に形成された前記封止側第2接合パターンとは、平面視において重畳しなくてもよい。
- [0046] 前記封止側第1接合パターンと前記封止側第2接合パターンとが平面視において重畳しないので、封止側第1接合パターンと前記封止側第2接合パターンとによって浮遊容量が発生するのを防止することが可能となる。
- [0047] 前記構成において、前記圧電振動板の一主面及び他主面には、前記第1封止部材及び第2封止部材に封止接合するための振動側第1接合パターン及び振動側第2接合パターンが夫々形成され、前記圧電振動板に形成された前記振動側第1接合パターン及び前記振動側第2接合パターンに比べて、前記第1封止部材に形成された前記封止側第1接合パターン、及び前記第2封止部材に形成された前記封止側第2接合パターンでは、幅が広くてもよい。
- [0048] パッケージの小型化により、前記振動側第1接合パターンと前記振動側第2接合パターンとの接合用パターンの幅は狭くなる。特に、振動領域を可能な限り広く確保することによって、不要振動モードとのカップリングを防ぐことが可能となるので、接合用パターンの幅を狭くする必要がある。一方、

前記第1封止部材や前記第2封止部材は、振動部よりも寸法制約が緩いため、前記封止側第1接合パターンと前記封止側第2接合パターンとの接合用パターンの幅を広くすることが可能となり、その結果、接合時の位置合わせ精度の自由度を高めることが可能となる。

[0049] 前記構成において、前記第1封止部材では、一主面に発振回路素子が設けられ、他主面が前記圧電振動板の前記一主面に接合されてもよい。

[0050] 本構成によれば、前記発振回路素子を設けるためのスペースを前記圧電振動板に設けなくてもよく、パッケージの低背化を行うことが可能となる。

[0051] また、前記第1封止部材の一主面に形成する前記発振回路素子用のパターンを変えるだけで任意の発振条件に対応させることが可能となる。

[0052] また、前記発振回路素子の裏面にマーキングが可能となり、前記第1封止部材に透明材料を用いた場合であっても特殊マーキングが不要となる。

[0053] また、従来の技術では、前記第1封止部材や前記圧電振動板などに凹部を設けて、前記発振回路素子を必ず前記凹部に実装していたため、圧電振動デバイスの外形は必ず前記発振回路素子よりも大きくなっていた。しかしながら、本構成によれば、前記第1封止部材では、前記一主面に前記発振回路素子が設けられ、前記他主面が前記圧電振動板の前記一主面に接合されるので、前記発振回路素子のサイズと当該圧電振動デバイスのサイズとを同じにすることが可能とあり、小型化及び低背化に有利である。

[0054] 前記構成において、前記第1封止部材と前記圧電振動板とは、 $1.00\mu\text{m}$ 以下のギャップを有し、前記第2封止部材と前記圧電振動板とは、 $1.00\mu\text{m}$ 以下のギャップを有してもよい。

[0055] 本構成によれば、当該圧電振動デバイスのパッケージの高さにバラつきが生じない。例えば、本構成と異なり、ギャップが $1\mu\text{m}$ より大きくなるSn接合材のような金属ペースト封止材を用いた場合、金属ペースト封止材をパターン（前記振動側第1接合パターン、前記振動側第2接合パターン、前記封止側第1接合パターン、前記封止側第2接合パターン）上に形成する際の高さにバラつきが生じる。また、接合後においても、形成されたパターン（

前記振動側第1接合パターン、前記振動側第2接合パターン、前記封止側第1接合パターン、前記封止側第2接合パターン)の熱容量分布により均一なギャップにならない。そのため、従来の技術では、第1封止部材、第2封止部材、圧電振動板の3枚の部材が積層された構造の場合、これら3枚の部材でのギャップ差が生じる。その結果、積層された3枚の部材は、平行を保たない状態で接合されてしまう。特に、この問題は低背化に伴い顕著になる。これに対して、本構成では、上限が $1.00\mu\text{m}$ に設定されているため、前記第1封止部材、前記第2封止部材、前記圧電振動板の3枚の部材を、平行に保った状態で積層させて接合することが可能となり、本構成は低背化に対応可能である。

[0056] 前記構成において、前記振動側第1接合パターンは、前記第1励振電極に接続され、前記振動側第2接合パターンは、前記第2励振電極に接続され、前記第2励振電極は、前記外部端子のうち前記第1励振電極に接続された一外部端子に重畳せず、前記外部端子のうち前記第2励振電極に接続された他外部端子に重畳することとし、前記第1封止部材と前記圧電振動板とは、 $1.00\mu\text{m}$ 以下のギャップを有し、前記第2封止部材と前記圧電振動板とは、 $1.00\mu\text{m}$ 以下のギャップを有してもよい。

[0057] 本構成によれば、サンドイッチ構造の圧電振動デバイスにおいて励振電極と外部端子とが重畳した構成であっても浮遊容量が発生するのを抑制することが可能となる。

[0058] 具体的には、前記振動側第1接合パターンは前記第1励振電極に接続され、前記振動側第2接合パターンは前記第2励振電極に接続され、前記第2励振電極は、前記外部端子のうち前記第1励振電極に接続された一外部端子に重畳せず、前記外部端子のうち前記第2励振電極に接続された他外部端子に重畳するので、前記第2励振電極と、前記第2励振電極に対して同極となる前記他外部端子とは重畳しても浮遊容量が発生することがなく、さらに、前記第2励振電極が、前記第2励振電極に対して異極となる前記一外部端子と重畳して浮遊容量が発生するのを抑えながら、サンドイッチ構造の圧電振動

デバイスの小型化を図ることが可能となる。

[0059] 前記構成において、前記第2封止部材では、前記圧電振動板に面しない主面に、回路基板に直接合する外部端子が形成されたファンクション部に拡散接合するための接続端子が形成され、前記接続端子は、前記圧電振動板に面しない主面上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜と、前記下地PVD膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜とからなることとしてもよい。

[0060] 本構成によれば、VCXO、SPXO、TCXO、OCXO、車載用X'tal等の任意の機能を有する圧電振動デバイスとすることができるので、圧電振動デバイスの機能の自由度を高めることが可能となる。

[0061] また、本構成によれば、前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが拡散接合され、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが拡散接合され、前記第1封止部材もしくは前記第2封止部材において、前記圧電振動板に面しない主面に前記ファンクション部に拡散接合するための前記接続端子が形成されるので、高温加熱によって前記圧電振動板と前記第1封止部材と前記第2励振電極とが接合されるものではなく、接合時の高温加熱によって前記接続端子の劣化を引き起こすことはない。

発明の効果

[0062] 本発明にかかる圧電振動デバイスによれば、サンドイッチ構造の圧電振動デバイスにおいて、ガスの発生を無くし、低背化や小型化が可能となる。

図面の簡単な説明

[0063] [図1]図1は、本発明の水晶振動子の第1実施形態にかかる各構成を示した概略構成図である。

[図2]図2は、本発明の水晶振動子における第1封止部材の概略平面図である。

[図3]図3は、本発明の水晶振動子における第1封止部材の概略裏面図である。

[図4]図4は、本発明の水晶振動子における水晶振動板の概略平面図である。

[図5]図5は、本発明の水晶振動子における水晶振動板の概略裏面図である。

[図6]図6は、本発明の水晶振動子における第2封止部材の概略平面図である。

。

[図7]図7は、本発明の水晶振動子における第2封止部材の概略裏面図である。

。

[図8]図8は、本発明の水晶振動子における第2実施形態であって、第2励振電極と、一接続端子及び他接続端子との重畳関係を示した図である。

[図9]図9は、本発明の水晶振動子における第2実施形態であって、第2励振電極と、一接続端子及び他接続端子との重畳関係を示した第2封止部材の変形例の概略裏面図である。

[図10]図10は、本発明の水晶振動子における第3実施形態にかかる各構成を示した概略構成図である。

[図11]図11は、本発明の水晶振動子における第3実施形態にかかる第1封止部材の概略裏面図である。

[図12]図12は、本発明の水晶振動子における第3実施形態にかかる第2封止部材の概略裏面図である。

[図13]図13は、本発明の水晶振動子におけるファンクション部の概略平面図である。

[図14]図14は、本発明の水晶振動子におけるファンクション部の概略裏面図である。

[図15]図15は、本発明の水晶振動子におけるファンクション部の変形例の概略平面図である。

[図16]図16は、本発明の水晶振動子におけるファンクション部の変形例の概略平面図である。

[図17]図17は、本発明の水晶振動子におけるファンクション部の変形例の概略裏面図である。

[図18]図18は、本発明の水晶振動子における第2封止部材の変形例の概略

裏面図である。

[図19]図19は、本発明の水晶振動子におけるファンクション部の変形例の概略平面図である。

[図20]図20は、本発明の水晶振動子におけるファンクション部の変形例の概略裏面図である。

[図21]図21は、本発明の水晶振動子におけるファンクション部の変形例の概略平面図である。

[図22]図22は、本発明の水晶振動子におけるファンクション部の変形例の概略裏面図である。

[図23]図23は、本発明の水晶振動子における第3実施形態の配線状態を示す斜視図である。

[図24]図24は、本発明の水晶発振器における第1実施形態にかかる各構成を示した概略構成図である。

[図25]図25は、本発明の水晶発振器における第1封止部材の概略平面図である。

[図26]図26は、本発明の水晶発振器における第1封止部材の概略裏面図である。

[図27]図27は、本発明の水晶発振器における水晶振動板の概略平面図である。

[図28]図28は、本発明の水晶発振器における水晶振動板の概略裏面図である。

[図29]図29は、本発明の水晶発振器における第2封止部材の概略平面図である。

[図30]図30は、本発明の水晶発振器における第2封止部材の概略裏面図である。

[図31]図31は、本発明の水晶発振器の第2実施形態にかかる各構成を示した概略構成図である。

[図32]図32は、本発明の水晶発振器の第2実施形態にかかる第2封止部材

の概略裏面図である。

[図33]図 3 3 は、本発明の水晶発振器におけるファンクション部の概略平面図である。

[図34]図 3 4 は、本発明の水晶発振器におけるファンクション部の概略裏面図である。

[図35]図 3 5 は、本発明の水晶発振器におけるファンクション部の変形例の概略構成図である。

[図36]図 3 6 は、本発明の水晶発振器におけるファンクション部の変形例の概略裏面図である。

発明を実施するための形態

[0064] 以下、圧電振動を行う圧電振動デバイスとして、水晶振動子を適用した 3 つの実施形態について、図面を参照しながら説明する。

[0065] ー水晶振動子の第 1 実施形態ー

本実施の形態にかかる水晶振動子 1 0 1 では、図 1 に示すように、水晶振動板 2（本発明でいう圧電振動板）と、水晶振動板 2 の第 1 励振電極 2 2 1（図 4 参照）を覆い、水晶振動板 2 の一主面 2 1 1 に形成された第 1 励振電極 2 2 1 を気密封止する第 1 封止部材 3 と、この水晶振動板 2 の他主面 2 1 2 に、水晶振動板 2 の第 2 励振電極 2 2 2（図 5 参照）を覆い、第 1 励振電極 2 2 1 と対になって形成された第 2 励振電極 2 2 2 を気密封止する第 2 封止部材 4 が設けられている。

[0066] この水晶振動子 1 0 1 では、水晶振動板 2 と第 1 封止部材 3 とが接合され、水晶振動板 2 と第 2 封止部材 4 とが接合されてサンドイッチ構造のパッケージ 1 2 が構成される。

[0067] そして、水晶振動板 2 を介して第 1 封止部材 3 と第 2 封止部材 4 とが接合されることで、パッケージ 1 2 の内部空間 1 3 が形成され、このパッケージ 1 2 の内部空間 1 3 に、水晶振動板 2 の両主面 2 1 1，2 1 2 に形成された第 1 励振電極 2 2 1 及び第 2 励振電極 2 2 2 を含む振動部 2 3 が気密封止されている。なお、内部空間 1 3 は、図 1 に示すようにパッケージ 1 2 の平面

視一端側（平面視左側）に偏って位置する。

[0068] 本実施の形態にかかる水晶振動子 101 は、1.0×0.8mmのパッケージサイズであり、小型化と低背化とを図ったものである。また、小型化に伴い、本パッケージ 12 では、キャストレーションを形成せずに、貫通孔（第 1 貫通孔 261，第 2 貫通孔 441，第 3 貫通孔 442 参照）を用いて電極の導通を図っている。

[0069] 次に、上記した水晶振動子 101 の各構成について図 1～7 を用いて説明する。なお、ここでは、水晶振動板 2 と第 1 封止部材 3 と第 2 封止部材 4 が接合されていないそれぞれ単体として構成されている各部材について説明を行う。

[0070] 水晶振動板 2 は、図 4，5 に示すように、圧電材料である水晶からなり、その両主面（一主面 211，他主面 212）が平坦平滑面（鏡面加工）として成形されている。

[0071] また、水晶振動板 2 の両主面 211，212（一主面 211，他主面 212）に一对の（対となる）励振電極（第 1 励振電極 221，第 2 励振電極 222）が形成されている。そして、両主面 211，212 には、一对の第 1 励振電極 221，第 2 励振電極 222 を平面視（図 4，5 参照）で囲うように 2 つの切り欠き部 24（貫通形状）が形成されて振動部 23 が構成されている。切り欠き部 24 は、平面視凹形状体 241（1 つの平面視長方形の両端から 2 つの長方形がそれぞれ直角方向に延出して成形された 3 つの平面視長方形からなる平面視体）と、平面視長形状体 242 となり、平面視凹形状体 241 と平面視長形状体 242 との間が、第 1 励振電極 221 及び第 2 励振電極 222 を外部端子（一接続端子 431，他接続端子 432；下記参照）に引き出すための引出電極（第 1 引出電極 223，第 2 引出電極 224）を配する導通路 213 となっている。電極パターンに関して、一对の第 1 励振電極 221，第 2 励振電極 222 夫々から引き出された第 1 引出電極 223，第 2 引出電極 224 は、振動側第 1 接合パターン 251 及び振動側第 2 接合パターン 252 を介して、第 2 封止部材 4 に形成された外部端子（

一接続端子 4 3 1, 他接続端子 4 3 2) に電氣的に接続されている。

[0072] この水晶振動板 2 では、両主面 2 1 1, 2 1 2 の振動部 2 3 に沿った外方に、振動部 2 3 を囲むように第 1 封止部材 3 と第 2 封止部材 4 とを接合するための振動側封止部 2 5 がそれぞれ設けられている。振動側封止部 2 5 は、図 4, 5 に示すように両主面 2 1 1, 2 1 2 の平面視左側に偏って位置する。

[0073] この水晶振動板 2 の一主面 2 1 1 の振動側封止部 2 5 に、第 1 封止部材 3 に接合するための振動側第 1 接合パターン 2 5 1 が形成され、第 1 励振電極 2 2 1 は振動側第 1 接合パターン 2 5 1 に繋がる。また、水晶振動板 2 の他主面 2 1 2 の振動側封止部 2 5 に、第 2 封止部材 4 に接合するための振動側第 2 接合パターン 2 5 2 が形成され、第 2 励振電極 2 2 2 は振動側第 2 接合パターン 2 5 2 に繋がる。内部空間 1 3 は、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 および振動側第 2 接合パターン 2 5 2 の内方（内側）に形成されることになる。

[0074] 水晶振動板 2 の一主面 2 1 1 には、第 1 封止部材 3 を接合させるための振動側第 1 接合パターン 2 5 1 が形成され、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 は、一主面 2 1 1 上に物理的气相成長させて形成された下地 P V D 膜 2 5 1 1 と、下地 P V D 膜 2 5 1 1 上に物理的气相成長させて積層形成された電極 P V D 膜 2 5 1 2 とからなる。また、水晶振動板 2 の他主面 2 1 2 には、第 2 封止部材 4 を接合させるための振動側第 2 接合パターン 2 5 2 が形成され、振動側第 2 接合パターン 2 5 2 は、他主面 2 1 2 上に物理的气相成長させて形成された下地 P V D 膜 2 5 2 1 と、下地 P V D 膜 2 5 2 1 上に物理的气相成長させて積層形成された電極 P V D 膜 2 5 2 2 とからなる。つまり、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 とは、同一構成からなり、複数の層が両主面 2 1 1, 2 1 2 の振動側封止部 2 5 上に積層して構成され、その最下層側から T i 層（もしくは C r 層）と A u 層とが蒸着形成されている。このように、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 とでは、下地 P V D 膜 2 5 1 1, 2 5 2 1 が単一の材料

(Ti (もしくはCr)) からなり、電極PVD膜2512, 2522が単一の材料(Au) からなり、下地PVD膜2511, 2521よりも電極PVD膜2512, 2522の方が厚い。また、水晶振動板2の一主面211に形成された第1励振電極221と振動側第1接合パターン251とは同一厚みを有し、第1励振電極221と振動側第1接合パターン251との表面(主面)が同一金属からなり、水晶振動板2の他主面212に形成された第2励振電極222と振動側第2接合パターン252とは同一厚みを有し、第2励振電極222と振動側第2接合パターン252との表面(主面)が同一金属からなる。また、振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252は、非Snパターンである。なお、同一主面上において同一金属で同一厚みの構成であって、振動側第1, 2接合パターン251, 252と振動側(第1励振電極221, 第2励振電極222)とを比較した場合、最上層(少なくとも露出している面)の金属(電極PVD膜2512, 2522等)が同一であれば、その下地金属(下地PVD膜2511, 2521)の種類や厚みが異なっても接合を行うことは可能である。また、振動側第1接合パターン251及び封止側第2接合パターン252では、それぞれ電極PVD膜2512, 2522が平面視うろこ状体の表面となる。ここでいううろこ状体とは、活性化されて微視的に個片状体となった金属が畳敷のように重ね合わされて、平面視において隙間が無い(もしくは殆どない)形態のことをいう。

[0075] また、水晶振動板2には、図4, 5に示すように、第1貫通孔261が形成され、第1貫通孔261を介して、第1励振電極221に繋がった振動側第1接合パターン251が他主面212側に引き出されている。第1貫通孔261は、内部空間13の外方に配され、図4に示すように両主面211, 212の平面視他端側(平面視右側)に偏って位置し、第1貫通孔261は内部空間13の内方に形成されない。ここでいう内部空間13の内方とは、接合材11上を含まずに厳密に接合材11の内周面の内側のことをいう。

[0076] 第1封止部材3には、曲げ剛性(断面二次モーメント×ヤング率)が10

00 [N・mm²]以下の材料が用いられている。具体的には、第1封止部材3は、図2、3に示すように、1枚のガラスウエハから形成された直方体の基板であり、この第1封止部材3の他主面312（水晶振動板2に接合する面）は平坦平滑面（鏡面加工）として成形されている。

[0077] この第1封止部材3の他主面312には、水晶振動板2を接合させるための封止側第1封止部32が設けられている。封止側第1封止部32は、図3に示すように第1封止部材3の他主面312の平面視左側に偏って位置する。

[0078] 第1封止部材3の封止側第1封止部32に、水晶振動板2を接合させるための封止側第1接合パターン321が形成されている。封止側第1接合パターン321は、第1封止部材3の封止側第1封止部32上の全ての位置において同一幅とされる。

[0079] この封止側第1接合パターン321は、第1封止部材3上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜3211と、下地PVD膜3211上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜3212とからなる。なお、本実施の形態では、下地PVD膜3211には、Ti（もしくはCr）が用いられ、電極PVD膜3212にはAuが用いられている。また、封止側第1接合パターン321は、非Snパターンである。具体的には、封止側第1接合パターン321は、複数の層が他主面312の封止側第1封止部32上に積層して構成され、その最下層側からTi層（もしくはCr層）とAu層とが蒸着形成されている。また、封止側第1接合パターン321では、電極PVD膜3212が平面視うろこ状体の表面となる。

[0080] 第2封止部材4には、曲げ剛性（断面二次モーメント×ヤング率）が1000 [N・mm²]以下の材料が用いられている。具体的には、第2封止部材4は、図6に示すように、1枚のガラスウエハから形成された直方体の基板であり、この第2封止部材4の一主面411（水晶振動板2に接合する面）は平坦平滑面（鏡面加工）として成形されている。

[0081] この第2封止部材4の一主面411には、水晶振動板2に接合するための

封止側第2封止部42が設けられている。封止側第2封止部42は、図6に示すように第2封止部材4の一主面411の平面視左側に偏って位置する。

[0082] また、第2封止部材4の他主面412（水晶振動板2に面しない外方の主面）には、外部に電氣的に接続させる一对の外部端子（一接続端子431，他接続端子432）が形成されている。一接続端子431は、振動側第1接合パターン251を介して第1励振電極221に電氣的に直接接続され、他接続端子432は、振動側第2接合パターン252を介して第2励振電極222に電氣的に直接接続される。一接続端子431，他接続端子432は、図7に示すように第2封止部材4の他主面412の平面視長手方向両端にそれぞれ位置する。これら一对の外部端子（一接続端子431，他接続端子432）は、他主面412上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜4311，4321と、下地PVD膜4311，4321上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜4312，4322とからなる。また、上記の振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252と封止側第1接合パターン321と封止側第2接合パターン421との各下地PVD膜2511，2521，3211，4211の厚みに対して、外部端子（一接続端子431，他接続端子432）の下地PVD膜4311，4321の厚みが厚い。また、一接続端子431及び他接続端子432は、第2封止部材4の他主面412のうち1／3以上の領域をそれぞれ占めている。

[0083] また、第2封止部材4の封止側第2封止部42には、水晶振動板2を接合させるための封止側第2接合パターン421が形成されている。封止側第2接合パターン421は、第2封止部材4の封止側第2封止部42上の全ての位置において同一幅とされる。

[0084] この封止側第2接合パターン421は、第2封止部材4上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜4211と、下地PVD膜4211上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜4212とからなる。なお、本実施の形態では、下地PVD膜4211には、Ti（もしくはCr）が用いられ、電極PVD膜4212にはAuが用いられている。また、封止側

第2接合パターン421は、非Snパターンである。具体的には、封止側第2接合パターン421は、複数の層が他主面412の封止側第2封止部42上に積層して構成され、その最下層側からTi層（もしくはCr層）とAu層とが蒸着形成されている。また、封止側第2接合パターン421では、電極PVD膜4212が平面視うるこ状体の表面となる。

[0085] また、第2封止部材4には、図1，6，7に示すように、2つの貫通孔（第2貫通孔441と第3貫通孔442）が形成されている。第2貫通孔441及び第3貫通孔442は、内部空間13の外方に配され、図6，7に示すように第2貫通孔441は両主面（一主面411，他主面412）の平面視右側に偏って位置し、第3貫通孔442は、平面視左上側に位置し、第2貫通孔441及び第3貫通孔442は、内部空間13の内方に形成されない。ここでいう内部空間13の内方とは、接合材11上を含まずに厳密に接合材11の内周面の内側のことをいう。そして、水晶振動板2の第1貫通孔261と第2貫通孔441を介して、水晶振動板2の第1励振電極221に繋がった振動側第1接合パターン251と一接続端子431とが導通される。第3貫通孔442および封止側第2接合パターン421を介して、水晶振動板2の第2励振電極222に繋がった振動側第2接合パターン252が、他接続端子432に導通される。

[0086] 上記構成からなる水晶振動子101では、従来の技術のように別途接着剤などの接合専用材を用いずに、水晶振動板2と第1封止部材3とが振動側第1接合パターン251及び封止側第1接合パターン321を重ね合わせた状態で拡散接合され、水晶振動板2と第2封止部材4とが振動側第2接合パターン252及び封止側第2接合パターン421を重ね合わせた状態で拡散接合されて、図1に示すサンドイッチ構造のパッケージ12が製造される。なお、振動側第1接合パターン251及び封止側第1接合パターン321自身が拡散接合後に生成される接合材11となり、振動側第2接合パターン252及び封止側第2接合パターン421自身が拡散接合後に生成される接合材11となる。本実施の形態では、拡散接合を常温で行っている。ここでいう

常温は、 5°C ～ 35°C のことをいう。この常温拡散接合により下記効果（ガスの発生抑制と接合良好）を有するが、これは共晶半田の融点である 183°C よりも低い値であって好適な例である。しかしながら、常温拡散接合だけが下記効果を有するものではなく、常温以上 230°C 未満の温度下で拡散接合されていればよい。特に、 200°C 以上 230°C 未満の温度下において拡散接合することで、Pbフリー半田の融点である 230°C 未満であり、さらにAuの再結晶温度（ 200°C ）以上となるので、接合部分の不安定領域を安定化できる。また本実施の形態ではAu-Snといった接合専用材を使用していないため、メッキガス、バインダーガス、金属ガス等のガスの発生がない。よってAuの再結晶温度以上にすることができる。

[0087] また、ここで製造されたパッケージ12では、上記の通り、拡散接合により封止側第1接合パターン321と振動側第1接合パターン251とが接合され、封止側第2接合パターン421と振動側第2接合パターン252とが接合されているが、この接合以外に、封止側第1接合パターン321と振動側第1接合パターン251とが加圧拡散接合され、封止側第2接合パターン421と振動側第2接合パターン252とが加圧拡散接合されてもよい。この場合、加圧することで接合箇所を確保し易くなり（接合面積を実質的に増やすことができ）、高温加熱を用いずに拡散接合のみによる接合をさらに良好に行うことができる。

[0088] また、ここで製造されたパッケージ12では、第1封止部材3と水晶振動板2とは、 $1.00\mu\text{m}$ 以下のギャップを有し、第2封止部材4と水晶振動板2とは、 $1.00\mu\text{m}$ 以下のギャップを有する。つまり、第1封止部材3と水晶振動板2との間の接合材11の厚みが、 $1.00\mu\text{m}$ 以下であり、第2封止部材4と水晶振動板2との間の接合材11の厚みが、 $1.00\mu\text{m}$ 以下（具体的には、本実施の形態のAu-Au接合では $0.15\mu\text{m}$ ～ $1.00\mu\text{m}$ ）である。なお、比較として、Snを用いた従来の金属ペースト封止材では、 $5\mu\text{m}$ ～ $20\mu\text{m}$ となる。

[0089] また、封止側第1接合パターン321と振動側第1接合パターン251と

が拡散接合された接合パターンの厚みは、封止側第2接合パターン421と振動側第2接合パターン252とが拡散接合された接合パターンの厚みと同じで、外部と電氣的に接続した外部端子（一接続端子431，他接続端子432）の厚みと異なる。

[0090] また、ここで製造されたパッケージ12では、図1～7に示すように、内部空間13が平面視左側に偏って位置する。また、第1封止部材3に形成された封止側第1接合パターン321と、第2封止部材4に形成された封止側第2接合パターン421とは、平面視において重畳しない。具体的には、封止側第1接合パターン321内における平面視領域が、封止側第2接合パターン421内における平面視領域より広い。なお、本実施の形態では、封止側第1接合パターン321内における平面視領域が、封止側第2接合パターン421内における平面視領域より広いが、これに限定されるものでなく、封止側第2接合パターン421内における平面視領域が、封止側第1接合パターン321内における平面視領域より広くてもよい。しかしながら、第2封止部材に、一接続端子431，他接続端子432を形成しているため、封止側第1接合パターン321内における平面視領域が、封止側第2接合パターン421内における平面視領域より広く、配線パターンの引き回し（導通経路の確保）が容易になり、さらに配線パターンの引き回し領域（導通確保領域）を多くとることが可能となる。

[0091] また、水晶振動板2に形成された振動側第1接合パターン251及び振動側第2接合パターン252に比べて、第1封止部材3に形成された封止側第1接合パターン321、及び第2封止部材4に形成された封止側第2接合パターン421は、幅が広い。

[0092] 上記したように、本実施の形態にかかる水晶振動子101によれば、サンドイッチ構造の水晶振動子101において、ガスの発生を無くし、さらに低背化や小型化ができる。

[0093] 従来の技術では、別途、Au-Sn等の金属ペースト封止材を印刷やメッキ等で形成する必要があるが、本実施の形態では、封止側第1接合パターン

３２１と振動側第１接合パターン２５１とが拡散接合され、封止側第２接合パターン４２１と振動側第２接合パターン２５２とが拡散接合されるので、別途、金属ペースト封止材を用いる必要がなく、コスト低減に寄与することができる。さらに本実施の形態によれば、真空蒸着やスパッタリング、イオンプレーティング、ＭＢＥ、レーザーアブレーションなどのＰＶＤ法（例えば、フォトリソグラフィ等の加工におけるパターンニング用の膜形成法）により下地ＰＶＤ膜２５１１，２５２１，３２１１，４２１１，４３１１，４３２１や電極ＰＶＤ膜２５１２，２５２２，３２１２，４２１２，４３１２，４３２２を形成するので、従前のメッキを使った複数回の膜形成と異なり、一括して膜形成を行い、製造工数を減らすことができ、コスト低減に寄与することができる。

[0094] また、現在、圧電振動デバイスのパッケージの小型化が行われており、そのため、異極となるパターン（電極パターン）や端子（電極パッド）が干渉して短絡するなどの不具合を防止しながらＡｕ－Ｓｎ等の金属ペースト封止材を印刷することは難しい。これに対して、本実施の形態によれば、金属ペースト封止材を用いずに、夫々下地ＰＶＤ膜２５１１，２５２１，３２１１，４２１１と電極ＰＶＤ膜２５１２，２５２２，３２１２，４２１２との積層構造となった封止側第１，２接合パターン３２１，４２１と振動側第１，２接合パターン２５１，２５２とを用いるので、容易に異極となるパターンや端子が干渉して短絡するなどの不具合を防止しながらパターン形成を行うことができる。

[0095] また、従来の技術では、上記の通り、別途、Ａｕ－Ｓｎ等の金属ペースト封止材を用いるが、この金属ペースト封止材を用いた接合の場合、必ず高温で加熱して溶融接合することになり、加熱溶融の際にガスが発生する。このガスを無くす技術は現在開発されておらず、加熱溶融接合の際に内部空間内へのガス侵入は避けられない。これに対して、本実施の形態によれば、封止側第１接合パターン３２１と振動側第１接合パターン２５１とが拡散接合され、封止側第２接合パターン４２１と振動側第２接合パターン２５２とが拡

散接合されるので、ガスの発生を抑え、ガスが内部空間 1 3 内に存在することによる振動特性の劣化を防止することができる。なお、当該拡散接合の際に、220℃などの常温よりも高い温度をかける場合もあるが、金属ペースト封止材を用いた接合のように高温（例えば、280℃以上）をかけることはない。

[0096] また、本実施の形態によれば、封止側第 1, 2 接合パターン 3 2 1, 4 2 1 と振動側第 1, 2 接合パターン 2 5 1, 2 5 2 とが、夫々下地 PVD 膜 2 5 1 1, 2 5 2 1, 3 2 1 1, 4 2 1 1 と電極 PVD 膜 2 5 1 2, 2 5 2 2, 3 2 1 2, 4 2 1 2 との積層構造となるので、パターンや端子の幅を細くして細線化することが可能となり、その結果、パターンの引き回しが原因となるパッケージの小型化の妨げを解消することができる。具体的には、本実施の形態によれば、Au-Sn 等の金属ペースト封止材による接合を用いた圧電振動デバイスでは実現不可能なパターンや端子の細線化ができる。

[0097] また、本実施の形態によれば、封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と振動側第 1 接合パターン 2 5 1 とが拡散接合され、封止側第 2 接合パターン 4 2 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 とが拡散接合されるので、高温の加熱溶融接合を行うことはない。そのため、水晶振動子 1 0 1 を外部回路などの外部部材に半田などを用いて接合する際に、接合箇所において再溶融することがなく、リフローや製品の使用環境などにおいて接合状態が変化することはない。

[0098] また、封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と振動側第 1 接合パターン 2 5 1 とが常温拡散接合され、封止側第 2 接合パターン 4 2 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 とが常温拡散接合されるので、ガスが発生するのを抑え、ガスが内部空間 1 3 内に存在することによる振動特性の劣化を防止するのに好適である。また、接合箇所において再溶融することがなく、接合状態が変化することはない。

[0099] また、封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と振動側第 1 接合パターン 2 5 1 とが常温以上 230℃未満の温度下で拡散接合され、封止側第 2 接合パターン

４２１と振動側第２接合パターン２５２とが常温以上２３０℃未満の温度下で拡散接合されるので、ガスが発生するのを抑えながら、接合を良好にすることができる。

[0100] また、水晶振動板２の一主面２１１に形成された第１励振電極２２１と振動側第１接合パターン２５１とは同一厚みを有し、第１励振電極２２１と振動側第１接合パターン２５１との表面（主面）が同一金属からなり、水晶振動板２の他主面２１２に形成された第２励振電極２２２と振動側第２接合パターン２５２とは同一厚みを有し、第２励振電極２２２と振動側第２接合パターン２５２との表面（主面）が同一金属からなるので、第１励振電極２２１と振動側第１接合パターン２５１との金属膜の形成を一度で済ませることが可能となり、また第２励振電極２２２と振動側第２接合パターン２５２との金属膜の形成を一度で済ませることが可能となる。その結果、第１励振電極２２１と振動側第１接合パターン２５１との金属膜を同一にし、第２励振電極２２２と振動側第２接合パターン２５２との金属膜を同一にすることが可能となる。

[0101] 振動側第１接合パターン２５１と振動側第２接合パターン２５２とでは、下地ＰＶＤ膜２５１１，２５２１が単一の材料からなり、電極ＰＶＤ膜２５１２，２５２２が単一の材料からなり、下地ＰＶＤ膜２５１１，２５２１よりも電極ＰＶＤ膜２５１２，２５２２の方が厚いので、下地ＰＶＤ膜２５１１，２５２１を構成する単一の材料が、電極ＰＶＤ膜２５１２，２５２２に拡散するのを防止することが可能となる。

[0102] 振動側第１接合パターン２５１と振動側第２接合パターン２５２と封止側第１接合パターン３２１と封止側第２接合パターン４２１との各下地ＰＶＤ膜２５１１，２５２１，３２１１，４２１１の厚みに対して、外部端子（一接続端子４３１，他接続端子４３２）の下地ＰＶＤ膜４３１１，４３２１の厚みが厚いので、第１封止部材３と第２封止部材４と水晶振動板２との接合を安定させながら、外部端子（一接続端子４３１，他接続端子４３２）では外部と電氣的に接続するため（例えば、半田実装など）、下地金属（（一接

続端子 4 3 1, 他接続端子 4 3 2) の下地 P V D 膜 4 3 1 1, 4 3 2 1) を外部と電氣的に接続するために有効に利用することが可能となる。なお、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 と封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と封止側第 2 接合パターン 4 2 1 と外部端子 (一接続端子 4 3 1, 他接続端子 4 3 2) との各下地 P V D 膜 2 5 1 1, 2 5 2 1, 3 2 1 1, 4 2 1 1, 4 3 1 1, 4 3 2 1 の厚みを同じとした場合、外部端子 (一接続端子 4 3 1, 他接続端子 4 3 2) を用いた外部との電氣的に接続 (例えば、半田実装など) を行うことができない。

[0103] 電極 P V D 膜 2 5 1 2, 2 5 2 2, 3 2 1 2, 4 2 1 2 に A u が用いられるので、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 と封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と封止側第 2 接合パターン 4 2 1 との各表面を酸化させ難くし、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 と封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と封止側第 2 接合パターン 4 2 1 との接合前処理に高度な特殊前処理が不要となる。その結果、製造コストを抑えることができる。ここでいう製造前処理に関して、本構成によれば、雰囲気環境を例えば、超高真空などにしなくてもよい。

[0104] 振動側第 1 接合パターン 2 5 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 と封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と封止側第 2 接合パターン 4 2 1 は、非 S n パターンであるので、接合時に高温加熱を必要としなく、高温加熱接合による不具合 (再溶融) がない。

[0105] すなわち、本実施の形態によれば、別途、金属ペースト封止材を用いることがなく、コスト低減に寄与することができる。さらに本実施の形態によれば、真空蒸着やスパッタリング、イオンプレーティング、M B E、レーザーアブレーションなどの P V D 法 (例えば、フォトリソグラフィ等の加工におけるパターンニング用の膜形成法) により下地 P V D 膜 2 5 1 1, 2 5 2 1, 3 2 1 1, 4 2 1 1 や電極 P V D 膜 2 5 1 2, 2 5 2 2, 3 2 1 2, 4 2 1 2 を形成するので、コスト低減に寄与することができる。

[0106] また、S n を用いない非 S n パターンによれば、パターンの細線化が可能

となり、異極となるパターンや端子が干渉して短絡するなどの不具合が生じない。

[0107] また、下地PVD膜2511, 2521, 3211, 4211にCrを用いた場合、抵抗加熱蒸着に好適である。

[0108] また、第1封止部材3と第2封止部材4には、曲げ剛性（断面二次モーメント×ヤング率）が1000 [N・mm²] 以下の絶縁（脆性）材料が用いられているので、接合に必要な変形量を満たすことが可能となる。そのため、例えば、第1励振電極221や第2励振電極222などの電極表面を、通常の接合に必要な1nm以下の表面粗さ（Ra）に成形しなくても、上記の範囲内の曲げ剛性とすることで、拡散接合を行うことが可能となる。

[0109] また、別途接合専用材を用いずに、封止側第1接合パターン321と振動側第1接合パターン251とが加圧拡散接合され、封止側第2接合パターン421と振動側第2接合パターン252とが加圧拡散接合されるので、小型化、特に低背化に寄与することが可能となり、接合専用材を用いた場合は、低背化の限界があるが、この限界を超えた低背化を可能とする。

[0110] また、封止側第1接合パターン321と振動側第1接合パターン251とが拡散接合された接合パターンの厚みは、封止側第2接合パターン421と振動側第2接合パターン252とが拡散接合された接合パターンの厚みと同じで、外部と電氣的に接続した外部端子（一接続端子431, 他接続端子432）の厚みと異なるので、拡散接合時に下地PVD膜2511, 2521, 3211, 4211の拡散を確実に防ぐことができ、さらに第1封止部材3、第2封止部材4、及び水晶振動板2への各下地PVD膜2511, 2521, 3211, 4211の接合強度を高めることが可能となる。その上で、外部端子（一接続端子431, 他接続端子432）では外部と電氣的に接続するため（例えば、半田実装など）、下地PVD膜4311, 4321を外部と電氣的に接続するために有効に利用することが可能となる。

[0111] また、第2封止部材4において内部空間13の外方に配された貫通孔（第2貫通孔441, 第3貫通孔442）が形成されるので、貫通孔（第2貫通

孔 4 4 1, 第 3 貫通孔 4 4 2) の影響が内部空間 1 3 に及ぶことなく、貫通孔 (第 2 貫通孔 4 4 1, 第 3 貫通孔 4 4 2) が内部空間 1 3 の内方に配された構成に比べて、貫通孔 (第 2 貫通孔 4 4 1, 第 3 貫通孔 4 4 2) が原因となる気密不良を避けることができる。

[0112] また、本実施の形態と異なり、貫通孔を内部空間内に配置した場合、内部空間の気密を確保する必要がある、内部空間内の貫通孔を金属等により埋める工程が必要となる。これに対して、本実施の形態によれば、貫通孔 (第 2 貫通孔 4 4 1, 第 3 貫通孔 4 4 2) が内部空間 1 3 の外方に形成されるので、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 と封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と封止側第 2 接合パターン 4 2 1 とのパターン形成と同じ工程で配線パターンの引き回しができ、製造コストを抑えることができる。

[0113] また、封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と封止側第 2 接合パターン 4 2 1 とが平面視において重畳しないので、封止側第 1 接合パターンと封止側第 2 接合パターン 4 2 1 とによって浮遊容量が発生するのを防止することができる。

[0114] また、パッケージの小型化により、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 との接合用パターンの幅は狭くなる。特に、振動領域を可能な限り広く確保することによって、不要振動モードとのカップリングを防ぐことが可能となるので、接合用パターンの幅を狭くすることが望まれる。一方、第 1 封止部材 3 や第 2 封止部材 4 は、振動部 2 3 よりも寸法制約が緩いため、封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と封止側第 2 接合パターン 4 2 1 との接合用パターンの幅を広くすることができ、その結果、接合時の位置合わせ精度の自由度を高めることができる。

[0115] また、本実施の形態によれば、水晶振動子 1 0 1 のパッケージの高さにバラつきが生じない。例えば、本実施の形態と異なり、封止部材 (本実施の形態でいう第 1 封止部材 3, 第 2 封止部材 4) と水晶振動板 2 とのギャップが $1\ \mu\text{m}$ より大きくなる S n 接合材のような金属ペースト封止材を用いた場合

、金属ペースト封止材をパターン（振動側第1接合パターン251、振動側第2接合パターン252、封止側第1接合パターン321、封止側第2接合パターン421）上に形成する際の高さにバラつきが生じる。また、接合後においても、形成されたパターン（振動側第1接合パターン251、振動側第2接合パターン252、封止側第1接合パターン321、封止側第2接合パターン421）の熱容量分布により均一なギャップ（本実施の形態でいう第1封止部材3と水晶振動板2とのギャップや、本実施の形態でいう第2封止部材4と水晶振動板2とのギャップ）にならない。そのため、従来の技術では、第1封止部材、第2封止部材、圧電振動板の3枚の部材が積層された構造の場合、これら3枚の部材間での各々ギャップに差が生じる。その結果、積層された3枚の部材は、平行を保てない状態で接合されてしまう。特に、この問題は低背化に伴い顕著になる。そこで、本実施の形態では、ギャップの上限が $1.00\mu\text{m}$ に設定されているため、第1封止部材3、第2封止部材4、水晶振動板2の3枚の部材を平行に保った状態で積層して接合することができ、本実施の形態は低背化に対応できる。

[0116] なお、本実施の形態では、第1封止部材3及び第2封止部材4にガラスを用いているが、これに限定されるものではなく、水晶を用いてもよい。

[0117] また、本実施の形態では、圧電振動板に水晶を用いているが、これに限定されるものではなく、圧電材料であれば他の材料であってもよく、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム等であってもよい。

[0118] また、本実施の形態では、接合材11として、Ti（もしくはCr）とAuを用いているが、これに限定されるものではなく、接合材11を例えばNiとAuとから構成してもよい。

[0119] また、本実施の形態では、振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252と封止側第1接合パターン321と封止側第2接合パターン421に、Ti（もしくはCr）とAuが含まれているが、これに限定されるものではなく、Cu（Cu単体かCu合金）が含まれてもよい。この場合、製造時（接合時、加圧などの外力が発生することによる衝撃時など）や

使用時（落下などの外力が発生することによる衝撃時、はんだ実装時など）の応力緩和に寄与することができる。つまり、振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252と封止側第1接合パターン321と封止側第2接合パターン421にCuが含まれることにより機械的強度が向上する。

[0120] また、下地PVD膜2511、2521、3211、4211にCrを用いた場合、Crが電極PVD膜2512、2522、3212、4212に拡散するのを、Cuを下地PVD膜2511、2521、3211、4211に含むことで抑制することができる。その結果、Crを用いた層を厚くしても、Crが電極PVD膜2512、2522、3212、4212に拡散するのを抑制することができ、Crを用いた層を厚くすることができて製造ばらつきを抑えることができる。実際に、Crの層を0.2 μ mとしてもCrが電極PVD膜2512、2522、3212、4212に拡散するのを抑制することができる。

[0121] また、本実施の形態では、第2封止部材4が1枚のガラスウエハから成形された直方体の基板であるが、これに限定されるものではなく、ガラスウエハから成形された2つの直方体であってもよい。この場合、1つの直方体の基板に、封止側第2接合パターン421と第3貫通孔442と他接続端子432とを形成し、この基板により気密封止を行い、もう一方の直方体の基板に、第2貫通孔441と一接続端子431を形成する構成となる。本構成によれば、一对の外部端子（一接続端子431、他接続端子432）を完全に分離させることができ、短絡を防ぐことができる。また、ガラスウエハではなく、金属材料により2つの直方体の第2封止部材4を成形した場合、さらに第3貫通孔442を形成する必要もなく、貫通孔の数を少なくして小型化に寄与できる。

[0122] また、本実施の形態では、図1～7に示すような第1引出電極223、第2引出電極224を形成しているが、これに限定されるものではなく、第1引出電極223、第2引出電極224の任意の位置の最上層にCrを用い、

さらに第1引出電極223、第2引出電極224と振動側第1接合パターン251、振動側第2接合パターン252との間に隙間があってもよい。特に、隙間は、振動側封止部25上に設けられることが好ましい。このような構成とすることで、製造工程において加熱溶融接合を行う前までは、第1引出電極223、第2引出電極224と、振動側第1接合パターン251、振動側第2接合パターン252とが電気接続されないことになる。その結果、振動検査を行う検査工程において励振電極（第1励振電極221、第2励振電極222）のみを対象とした様々な検査を行うことができ、振動検査の自由度が増す。

[0123] ー水晶振動子の第2実施形態ー

次に、水晶振動子の第2実施形態について説明する。なお、便宜上、第1実施形態の水晶振動子と共通の構成については、第1実施形態で説明した図面を参照し、同一符号を付して説明する。

[0124] 本実施形態の水晶振動子101では、振動側第1接合パターン251は、第1励振電極221に接続され、振動側第2接合パターン252は、第2励振電極222に接続された構成において、図8に示すように、第2励振電極222は、他接続端子432に重畳し、一接続端子431に重畳しない。また、ここで製造された水晶振動子101の内部空間13は、図1、3～6に示すように、平面視左側に偏って位置する。

[0125] また、第2封止部材4には、内部空間13の外方に配された貫通孔（第2貫通孔441、第3貫通孔442）が形成され、内部空間13の内方には貫通孔（第2貫通孔441、第3貫通孔442）が形成されていない。

[0126] 上記したように、本実施の形態によれば、サンドイッチ構造の水晶振動子101において励振電極と外部端子とが重畳した構成（本実施の形態では、第2励振電極222と他接続端子432）であっても浮遊容量が発生するのを抑制することができる。

[0127] 具体的には、振動側第1接合パターン251は第1励振電極221に接続され、振動側第2接合パターン252は第2励振電極222に接続され、第

2 励振電極 2 2 2 は、他接続端子 4 3 2 に重畳し、一接続端子 4 3 1 に重畳しないので、第 2 励振電極 2 2 2 と、第 2 励振電極 2 2 2 に対して同極となる他接続端子 4 3 2 とは重畳しても浮遊容量が発生することがなく、さらに、第 2 励振電極 2 2 2 が、第 2 励振電極 2 2 2 に対して異極となる一接続端子 4 3 1 と重畳して浮遊容量が発生するのを抑えながら、サンドイッチ構造の水晶振動子 1 0 1 の小型化を図ることができる。

[0128] また、第 2 封止部材 4 において内部空間 1 3 の外方に配された貫通孔（第 2 貫通孔 4 4 1，第 3 貫通孔 4 4 2）が形成されるので、第 2 貫通孔 4 4 1，第 3 貫通孔 4 4 2 の影響が内部空間 1 3 に及ぶことなく、第 2 貫通孔 4 4 1，第 3 貫通孔 4 4 2 が内部空間 1 3 の内方に配された構成に比べて、第 2 貫通孔 4 4 1，第 3 貫通孔 4 4 2 が原因となる気密不良を避けることができる。

[0129] また、本実施の形態と異なり、貫通孔を内部空間内に配置した場合、内部空間の気密を確保する必要がある、内部空間内の貫通孔を金属等により埋める工程が必要となる。これに対して、本実施の形態によれば、貫通孔（第 2 貫通孔 4 4 1，第 3 貫通孔 4 4 2）が内部空間 1 3 の外方に形成されるので、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 と封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と封止側第 2 接合パターン 4 2 1 とのパターン形成と同じ工程で配線パターンの引き回しができ、製造コストを抑えることができる。

[0130] また、内部空間 1 3 は、平面視一端側（本実施の形態では平面視左側）に偏って位置するので、平面視他端側（本実施の形態では平面視右側）に貫通孔（第 2 貫通孔 4 4 1）や電極パターンを形成し易くなり、内部空間 1 3 に配された第 1 励振電極 2 2 1 及び第 2 励振電極 2 2 2 に影響が及ぶ電極パターンの形成を容易にすることができる。さらに、内部空間 1 3 の気密封止に影響が及ぶ貫通孔（第 2 貫通孔 4 4 1，第 3 貫通孔 4 4 2）の配置を容易にすることもできる。

[0131] また、第 1 封止部材 3 に、全ての位置において同一幅とされた封止側第 1

接合パターン 3 2 1 が形成され、第 2 封止部材 4 に、全ての位置において同一幅とされた封止側第 2 接合パターン 4 2 1 が形成され、第 2 封止部材 4 に、内部空間 1 3 の外方に配された貫通孔（第 2 貫通孔 4 4 1，第 3 貫通孔 4 4 2）が形成されるので、パターンの幅が異なることによってパターンの幅の広い方に接合材 1 1 が流れるのを抑制することができ、その結果、水晶振動板 2 への第 1 封止部材 3 及び第 2 封止部材 4 の接合状態を安定させることができる。さらに、第 2 封止部材 4 において内部空間 1 3 の外方に配された貫通孔（第 2 貫通孔 4 4 1，第 3 貫通孔 4 4 2）が形成されるので、貫通孔（第 2 貫通孔 4 4 1，第 3 貫通孔 4 4 2）の影響が内部空間 1 3 に及ぶことなく、貫通孔（第 2 貫通孔 4 4 1，第 3 貫通孔 4 4 2）が内部空間 1 3 の内方に配された構成に比べて、貫通孔（第 2 貫通孔 4 4 1，第 3 貫通孔 4 4 2）が原因となる気密不良を避けることができる。

[0132] なお、本実施の形態では、図 8 に示すように、第 2 励振電極 2 2 2 は、他接続端子 4 3 2 に重畳し、一接続端子 4 3 1 に重畳しない構成としているが、これに限定されるものではなく、図 9 に示す第 2 励振電極 2 2 2 と、一接続端子 4 3 1 及び他接続端子 4 3 2 との重畳関係であってもよい。

[0133] 具体的には、上記の実施の形態と同様に、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 は第 1 励振電極 2 2 1 に直接接続され、振動側第 2 接合パターン 2 5 2 は第 2 励振電極 2 2 2 に直接接続されている。この構成において、図 9 に示すように、第 2 励振電極 2 2 2 は、一接続端子 4 3 1 及び他接続端子 4 3 2 に重畳し、第 2 励振電極 2 2 2 では、他接続端子 4 3 2 に重畳する部分に比べて一接続端子 4 3 1 に重畳する部分が小さい。

[0134] 上記の通り、図 9 に示す本実施の他の形態にかかる水晶振動子 1 0 1 によれば、サンドイッチ構造の水晶振動子 1 0 1 において励振電極と外部端子とが重畳した構成であっても浮遊容量が発生するのを抑制することができる。

[0135] 具体的には、図 9 に示すように、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 は第 1 励振電極 2 2 1 に接続され、振動側第 2 接合パターン 2 5 2 は第 2 励振電極 2 2 2 に接続され、第 2 励振電極 2 2 2 は、一接続端子 4 3 1 及び他接続端子

4 3 2 に重畳し、第 2 励振電極 2 2 2 では、他接続端子 4 3 2 に重畳する部分に比べて一接続端子 4 3 1 に重畳する部分が小さいので、第 2 励振電極 2 2 2 と、第 2 励振電極 2 2 2 に対して同極となる他接続端子 4 3 2 とは重畳しても浮遊容量が発生することがなく、さらに、第 2 励振電極 2 2 2 が、第 2 励振電極 2 2 2 に対して異極となる一接続端子 4 3 1 と重畳することで発生する浮遊容量の量を抑えたサンドイッチ構造の水晶振動子 1 0 1 の小型化を図ることができる。

[0136] また、図 9 に示すように、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 は第 1 励振電極 2 2 1 に接続され、振動側第 2 接合パターン 2 5 2 は第 2 励振電極 2 2 2 に接続され、第 2 励振電極 2 2 2 は、一接続端子 4 3 1 及び他接続端子 4 3 2 に重畳し、一接続端子 4 3 1 において、第 2 励振電極 2 2 2 に重畳する部分が小さいので、第 2 励振電極 2 2 2 に対して同極となる他接続端子 4 3 2 とは重畳しても浮遊容量が発生することがなく、さらに第 2 励振電極 2 2 2 と一接続端子 4 3 1 とが重畳することで発生する浮遊容量の量を抑えたサンドイッチ構造の水晶振動子 1 0 1 の小型化を図ることができる。

[0137] ー水晶振動子の第 3 実施形態ー

次に、水晶振動子の第 3 実施形態について説明する。なお、便宜上、第 1 実施形態の水晶振動子と共通の構成については、第 1 実施形態で説明した図面を参照し、同一符号を付して説明する。本実施の形態にかかる水晶振動子 1 0 1 は、回路基板 6 1 に電氣的に接続され、回路基板 6 1 における発振の基となるものであり、図 1 0 に示すように、水晶振動板 2（本発明でいう圧電振動板）と、水晶振動板 2 の第 1 励振電極 2 2 1（図 4 参照）を覆い、水晶振動板 2 の一主面 2 1 1 に形成された第 1 励振電極 2 2 1 を気密封止する第 1 封止部材 3 と、この水晶振動板 2 の他主面 2 1 2 に、水晶振動板 2 の第 2 励振電極 2 2 2（図 5 参照）を覆い、第 1 励振電極 2 2 1 と対になって形成された第 2 励振電極 2 2 2 を気密封止する第 2 封止部材 4 が設けられている。

[0138] この水晶振動子 1 0 1 では、水晶振動板 2 と第 1 封止部材 3 とが接合され

、水晶振動板 2 と第 2 封止部材 4 とが接合されてサンドイッチ構造のパッケージ 1 2 が構成される。そして、水晶振動板 2 を介して第 1 封止部材 3 と第 2 封止部材 4 とが接合されることで、パッケージ 1 2 の内部空間 1 3 が形成され、このパッケージ 1 2 の内部空間 1 3 に、水晶振動板 2 の両主面 2 1 1、2 1 2 に形成された第 1 励振電極 2 2 1 及び第 2 励振電極 2 2 2 を含む振動部 2 3 が気密封止されている。なお、内部空間 1 3 は、図 1 0 に示すようにパッケージ 1 2 の平面視一端側（平面視左側）に偏って位置する。このサンドイッチ構造のパッケージ 1 2 にファンクション部 7 が設けられて、機能拡張型的水晶振動子 1 0 1 となる。

[0139] 本実施の形態にかかる水晶振動子 1 0 1 は、1.0×0.8mm のパッケージサイズであり、小型化と低背化とを図ったものである。また、小型化に伴い、本パッケージ 1 2 では、キャストレーションを形成せずに、貫通孔（第 1 貫通孔 2 6 1、第 2 貫通孔 4 4 1、第 3 貫通孔 4 4 2 参照）を用いて電極の導通を図っている。

[0140] 次に、上記した水晶振動子 1 0 1 の各構成について図 2、4～6、10～12 を用いて説明する。なお、ここでは、水晶振動子 1 0 1 の構成部材が接合されていないそれぞれ単体として構成されている各部材について説明を行う。

[0141] 水晶振動板 2 は、図 4、5 に示すように、圧電材料である水晶の基板からなり、その両主面（一主面 2 1 1、他主面 2 1 2）が平坦平滑面（鏡面加工）として成形されている。

[0142] また、水晶振動板 2 の両主面 2 1 1、2 1 2（一主面 2 1 1、他主面 2 1 2）に一对の（対となる）励振電極（第 1 励振電極 2 2 1、第 2 励振電極 2 2 2）が夫々形成されている。そして、両主面 2 1 1、2 1 2 には、一对の第 1 励振電極 2 2 1、第 2 励振電極 2 2 2 を平面視（図 4、5 参照）で囲うように 2 つの切り欠き部 2 4（貫通形状）が形成されて振動部 2 3 が構成されている。切り欠き部 2 4 は、平面視凹形状体 2 4 1（1 つの平面視長方形の両端から 2 つの長方形がそれぞれ直角方向に延出して成形された 3 つの平

面視長方形からなる平面視体)と、平面視長方形形状体242となり、平面視凹形状体241と平面視長方形形状体242との間が、第1励振電極221及び第2励振電極222を、ファンクション部7の外部端子(第1外部電極端子721、第2外部電極端子722;下記参照)に引き出すための引出電極(第1引出電極223、第2引出電極224)が配される導通路213となっている。電極パターンに関して、一对の第1励振電極221、第2励振電極222夫々から引き出された第1引出電極223、第2引出電極224は、振動側第1接合パターン251、振動側第2接合パターン252を介して、第2封止部材4に形成された接続端子(一接続端子431、他接続端子432)に電氣的に接続される。そして、接続端子(一接続端子431、他接続端子432)は、ファンクション部7に形成された外部端子(第1外部電極端子721、第2外部電極端子722)に電氣的に接続される。

[0143] この水晶振動板2では、両主面211、212の振動部23に沿った外方に、振動部23を囲むように第1封止部材3と第2封止部材4とを接合するための振動側封止部25がそれぞれ設けられている。振動側封止部25は、図4、5に示すように両主面211、212の平面視左側に偏って位置する。

[0144] この水晶振動板2の一主面211の振動側封止部25に、第1封止部材3に接合するための振動側第1接合パターン251が形成され、第1励振電極221は振動側第1接合パターン251に繋がる。また、水晶振動板2の他主面212の振動側封止部25に、第2封止部材4に接合するための振動側第2接合パターン252が形成され、第2励振電極222は振動側第2接合パターン252に繋がる。内部空間13は、振動側第1接合パターン251および振動側第2接合パターン252の内方(内側)に形成されることになる。

[0145] 水晶振動板2の一主面211には、第1封止部材3を接合させるための振動側第1接合パターン251が形成され、振動側第1接合パターン251は、一主面211上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜2511

と、下地PVD膜2511上に物理的气相成長させて積層形成された電極PVD膜2512とからなる。また、水晶振動板2の他主面212には、第2封止部材4を接合させるための振動側第2接合パターン252が形成され、振動側第2接合パターン252は、他主面212上に物理的气相成長させて形成された下地PVD膜2521と、下地PVD膜2521上に物理的气相成長させて積層形成された電極PVD膜2522とからなる。なお、物理的气相成長させて形成した膜によれば、湿式メッキの電解メッキや無電解メッキと異なり、表面粗さが無く気密性を確保することができ、また、表面粗さが無く拡散接合を行うことができる。

[0146] 上記の通り、振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252とは、同一構成からなり、複数の層が両主面211、212の振動側封止部25上に積層して構成され、その最下層側からTi層（もしくはCr層）とAu層とが蒸着形成されている。このように、振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252とでは、下地PVD膜2511、2521が単一の材料（Ti（もしくはCr））からなり、電極PVD膜2512、2522が単一の材料（Au）からなり、下地PVD膜2511、2521よりも電極PVD膜2512、2522の方が厚い。また、水晶振動板2の一主面211に形成された第1励振電極221と振動側第1接合パターン251とは同一厚みを有し、第1励振電極221と振動側第1接合パターン251との表面（主面）が同一金属からなり、水晶振動板2の他主面212に形成された第2励振電極222と振動側第2接合パターン252とは同一厚みを有し、第2励振電極222と振動側第2接合パターン252との表面（主面）が同一金属からなる。また、振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252は、非Snパターンである。なお、同一主面上において同一金属で同一厚みの構成であって、振動側第1、2接合パターン251、252と振動側（第1励振電極221、第2励振電極222）とを比較した場合、最上層（少なくとも露出している面）の金属（電極PVD膜2512、2522等）が同一であれば、その下地金属（下地PVD膜2

５１１、２５２１）の種類や厚みが異なっても接合を行うことは可能である。また、振動側第１接合パターン２５１及び封止側第２接合パターン２５２では、それぞれ電極ＰＶＤ膜２５１２、２５２２が平面視うるこ状体の表面となる。ここでいううるこ状体とは、活性化されて微視的に個片状体となった金属が畳敷のように重ね合わされて、平面視において隙間が無い（もしくは殆どない）形態のことをいう。

[0147] また、水晶振動板２には、図４、５に示すように、第１貫通孔２６１が形成され、第１貫通孔２６１を介して、第１励振電極２２１に繋がった振動側第１接合パターン２５１が他主面２１２側に引き出されている。第１貫通孔２６１は、内部空間１３の外方に配され、図４に示すように両主面２１１、２１２の平面視他端側（平面視右側）に偏って位置し、第１貫通孔２６１は内部空間１３の内方に形成されない。ここでいう内部空間１３の内方とは、接合材１１上を含まずに厳密に接合材１１の内周面の内側のことをいう。

[0148] 第１封止部材３には、曲げ剛性（断面二次モーメント×ヤング率）が１０００〔 $\text{N} \cdot \text{mm}^2$ 〕以下の材料が用いられている。具体的には、第１封止部材３は、図２、１１に示すように、１枚のガラスウエハから形成された直方体の基板であり、この第１封止部材３の他主面３１２（水晶振動板２に接合する面）は平坦平滑面（鏡面加工）として成形されている。

[0149] この第１封止部材３の他主面３１２には、水晶振動板２に接合するための封止側第１封止部３２が設けられている。封止側第１封止部３２は、図１１に示すように第１封止部材３の他主面３１２の平面視左側に偏って位置する。

[0150] 第１封止部材３の封止側第１封止部３２に、水晶振動板２に接合するための封止側第１接合パターン３２１が形成されている。封止側第１接合パターン３２１は、第１封止部材３の封止側第１封止部３２上の全ての位置において同一幅とされる。

[0151] この封止側第１接合パターン３２１は、第１封止部材３上に物理的气相成長させて形成された下地ＰＶＤ膜３２１１と、下地ＰＶＤ膜３２１１上に物

理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜3212とからなる。なお、本実施の形態では、下地PVD膜3211には、Ti（もしくはCr）が用いられ、電極PVD膜3212にはAuが用いられている。また、封止側第1接合パターン321は、非Snパターンである。具体的には、封止側第1接合パターン321は、複数の層が他主面312の封止側第1封止部32上に積層して構成され、その最下層側からTi層（もしくはCr層）とAu層とが蒸着形成されている。また、封止側第1接合パターン321では、電極PVD膜3212が平面視うろこ状体の表面となる。

[0152] 第2封止部材4には、曲げ剛性（断面二次モーメント×ヤング率）が1000[N・mm²]以下の材料が用いられている。具体的には、第2封止部材4は、図6に示すように、1枚のガラスウエハから形成された直方体の基板であり、この第2封止部材4の一主面411（水晶振動板2に接合する面）は平坦平滑面（鏡面加工）として成形されている。

[0153] この第2封止部材4の一主面411には、水晶振動板2に接合するための封止側第2封止部42が設けられている。封止側第2封止部42は、図6に示すように第2封止部材4の一主面411の平面視左側に偏って位置する。

[0154] また、第2封止部材4の他主面412（水晶振動板2に面しない外方の主面）には、ファンクション部（図13参照）に電氣的に接続可能な一対の接続端子（一接続端子431、他接続端子432）が形成されている。なお、ファンクション部7には、下記の通り、回路基板61に直接合する外部端子（第1外部電極端子721、第2外部電極端子722）が形成されている。

[0155] 一接続端子431は、振動側第1接合パターン251を介して第1励振電極221に電氣的に直接接続され、他接続端子432は、振動側第2接合パターン252を介して第2励振電極222に電氣的に直接接続される。図12に示すように一接続端子431は、第2封止部材4の他主面412の平面視長手方向一端側の一部に配置され、他接続端子432は、他端側の角部に配置されている。なお、ファンクション部7を後述するインダクタンス部74とする場合は、図18に示すように一接続端子431を平面視長手方向の

短辺に沿って配置されている。これら一対の接続端子（一接続端子431、他接続端子432）は、他主面412上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜4311、4321と、下地PVD膜4311、4321上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜4312、4322とからなる。また、接続端子（一接続端子431、他接続端子432）の下地PVD膜4311、4321は、上記の振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252と封止側第1接合パターン321と封止側第2接合パターン421との各下地PVD膜2511、2521、3211、4211に対して同様の厚みを有する。

[0156] また、第2封止部材4の封止側第2封止部42には、水晶振動板2を接合させるための封止側第2接合パターン421が形成されている。封止側第2接合パターン421は、第2封止部材4の封止側第2封止部42上の全ての位置において同一幅とされる。

[0157] この封止側第2接合パターン421は、第2封止部材4上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜4211と、下地PVD膜4211上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜4212とからなる。なお、本実施の形態では、下地PVD膜4211には、Ti（もしくはCr）が用いられ、電極PVD膜4212にはAuが用いられている。また、封止側第2接合パターン421は、非Snパターンである。具体的には、封止側第2接合パターン421は、複数の層が他主面412の封止側第2封止部42上に積層して構成され、その最下層側からTi層（もしくはCr層）とAu層とが蒸着形成されている。また、封止側第2接合パターン421では、電極PVD膜4212が平面視うるこ状体の表面となる。

[0158] また、第2封止部材4には、図6、10、12に示すように、2つの貫通孔（第2貫通孔441と第3貫通孔442）が形成されている。第2貫通孔441及び第3貫通孔442は、内部空間13の外方に配され、図6、12に示すように第2貫通孔441は両主面（一主面411、他主面412）の平面視右側に偏って位置し、第3貫通孔442は、平面視左上側に位置し、

第2貫通孔441及び第3貫通孔442は、内部空間13の内方に形成されない。ここでいう内部空間13の内方とは、接合材11上を含まずに厳密に接合材11の内周面の内側のことをいう。そして、水晶振動板2の第1貫通孔261と第2貫通孔441を介して、水晶振動板2の第1励振電極221に繋がった振動側第1接合パターン251と一接続端子431とが導通される。第3貫通孔442および封止側第2接合パターン421を介して、水晶振動板2の第2励振電極222に繋がった振動側第2接合パターン252が、他接続端子432に導通される。

[0159] 上記構成からなる水晶振動子101では、従来の技術のような別途接着剤などの接合専用材を用いずに、水晶振動板2と第1封止部材3とが振動側第1接合パターン251及び封止側第1接合パターン321を重ね合わせた状態で拡散接合され、水晶振動板2と第2封止部材4とが振動側第2接合パターン252及び封止側第2接合パターン421を重ね合わせた状態で拡散接合されて、サンドイッチ構造のパッケージ12が製造される。このサンドイッチ構造のパッケージ12は、流通可能な形態となっている。なお、振動側第1接合パターン251及び封止側第1接合パターン321自身が拡散接合後に生成される接合材11となり、振動側第2接合パターン252及び封止側第2接合パターン421自身が拡散接合後に生成される接合材11となる。本実施の形態では、拡散接合を常温で行っている。ここでいう常温は、5℃～35℃のことをいう。この常温拡散接合により下記効果（ガスの発生抑制と接合良好）を有するが、これは共晶半田の融点である183℃よりも低い値であって好適な例である。しかしながら、常温拡散接合だけが下記効果を有するものではなく、常温以上230℃未満の温度下で拡散接合されていればよい。特に、200℃以上230℃未満の温度下において拡散接合することで、Pbフリー半田の融点である230℃未満であり、さらにAuの再結晶温度（200℃）以上となるので、接合部分の不安定領域を安定化できる。また本実施の形態ではAu-Snといった接合専用材を使用していないため、メッキガス、バインダーガス、金属ガス等のガスの発生がない。よっ

てAuの再結晶温度以上にすることができる。

[0160] また、ここで製造されたパッケージ12では、上記の通り、拡散接合により封止側第1接合パターン321と振動側第1接合パターン251とが接合され、封止側第2接合パターン421と振動側第2接合パターン252とが接合されているが、この接合以外に、封止側第1接合パターン321と振動側第1接合パターン251とが加圧拡散接合され、封止側第2接合パターン421と振動側第2接合パターン252とが加圧拡散接合されてもよい。この場合、加圧することで接合箇所を確保し易くなり（接合面積を実質的に増やすことができ）、高温加熱を用いずに拡散接合のみによる接合をさらに良好に行うことができる。

[0161] また、ここで製造されたパッケージ12では、第1封止部材3と水晶振動板2とは、 $1.00\mu\text{m}$ 以下のギャップを有し、第2封止部材4と水晶振動板2とは、 $1.00\mu\text{m}$ 以下のギャップを有する。つまり、第1封止部材3と水晶振動板2との間の接合材11の厚みが、 $1.00\mu\text{m}$ 以下であり、第2封止部材4と水晶振動板2との間の接合材11の厚みが、 $1.00\mu\text{m}$ 以下（具体的には、本実施の形態のAu-Au接合では $0.15\mu\text{m}\sim 1.00\mu\text{m}$ ）である。なお、比較として、Snを用いた従来の金属ペースト封止材では、 $5\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ となる。

[0162] また、ここで製造されたパッケージ12では、図2、4～6、10～12に示すように、内部空間13が平面視左側に偏って位置する。また、第1封止部材3に形成された封止側第1接合パターン321（図11参照）と、第2封止部材4に形成された封止側第2接合パターン421（図6参照）とは、平面視において重畳しない。具体的には、封止側第1接合パターン321内における平面視領域が、封止側第2接合パターン421内における平面視領域より広い。なお、本実施の形態では、封止側第1接合パターン321内における平面視領域が、封止側第2接合パターン421内における平面視領域より広いが、これに限定されるものでなく、封止側第2接合パターン421内における平面視領域が、封止側第1接合パターン321内における平面

視領域より広くてもよい。しかしながら、第2封止部材4に、一接続端子431、他接続端子432を形成しているため、封止側第1接合パターン321内における平面視領域が、封止側第2接合パターン421内における平面視領域より広く、配線パターンの引き回し（導通経路の確保）が容易になり、さらに配線パターンの引き回し領域（導通確保領域）を多くとることが可能となる。

[0163] また、水晶振動板2に形成された振動側第1接合パターン251及び振動側第2接合パターン252に比べて、第1封止部材3に形成された封止側第1接合パターン321、及び第2封止部材4に形成された封止側第2接合パターン421は、幅が広い。

[0164] 本実施の形態では、上記の通り製造されたパッケージ12に対して、回路基板61に直接合する外部端子が形成されたファンクション部7（図13参照）が設けられて、様々な用途の水晶振動子101（機能拡張型的水晶振動子101）となる。具体的には、第2封止部材4とファンクション部7とが、接続端子（一接続端子431、他接続端子432）と内部電極端子（第1内部電極端子711、第2内部電極端子712）を重ね合わせた状態で拡散接合されて機能拡張型的水晶振動子101が製造される。そして、図10に示すように、機能拡張型的水晶振動子101が回路基板61に流動性導電接合材62を用いて直接合されるとともに電氣的に接続される。なお、ここで製造された機能拡張型的水晶振動子101では、第2封止部材4とファンクション部7とは、 $1.00\mu\text{m}$ 以下のギャップを有する（具体的には、本実施の形態のAu-Au接合では $0.15\mu\text{m}\sim 1.00\mu\text{m}$ ）。なお、比較として、Snを用いた従来の金属ペースト封止材では、 $5\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ となる。

[0165] ファンクション部7の一主面701（振動部23に面する内方の主面）は、図13に示すように、第2封止部材4に形成された接続端子（一接続端子431、他接続端子432）に直接合し、第2封止部材4に電氣的に接続する内部電極端子（第1内部電極端子711、第2内部電極端子712）と、

後述する素子と電氣的に接続する内部電極端子（第３内部電極端子７１３、第４内部電極端子７１４）が形成されている。第１内部電極端子７１１は、一接続端子４３１に電氣的に直接接続され、第２内部電極端子７１２は、他接続端子４３２に電氣的に直接接続されている。これら内部電極端子（第１内部電極端子７１１、第２内部電極端子７１２、第３内部電極端子７１３、第４内部電極端子７１４）は、一主面７０１上に物理的気相成長させて形成された下地ＰＶＤ膜７１１１、７１２１、７１３１、７１４１と、下地ＰＶＤ膜７１１１、７１２１、７１３１、７１４１上に物理的気相成長させて積層形成された電極ＰＶＤ膜７１１２、７１２２、７１３２、７１４２とからなる。また、内部電極端子（第１内部電極端子７１１、第２内部電極端子７１２、第３内部電極端子７１３、第４内部電極端子７１４）の下地ＰＶＤ膜７１１１、７１２１、７１３１、７１４１は、上記の振動側第１接合パターン２５１と振動側第２接合パターン２５２と封止側第１接合パターン３２１と封止側第２接合パターン４２１と接続端子（一接続端子４３１、他接続端子４３２）の各下地ＰＶＤ膜２５１１、２５２１、３２１１、４２１１、４３１１、４３２１に対して同等の厚みを有する。

[0166] また、ファンクション部７の他主面７０２（振動部２３に面しない外方の主面）には、図１４に示すように、回路基板６１に直接合するとともに電氣的に接続される外部端子（第１外部電極端子７２１、第２外部電極端子７２２、第３外部電極端子７２３、第４外部電極端子７２４）が形成されている。外部端子（第１外部電極端子７２１、第２外部電極端子７２２、第３外部電極端子７２３、第４外部電極端子７２４）は、内部電極端子（第１内部電極端子７１１、第２内部電極端子７１２、第３内部電極端子７１３、第４内部電極端子７１４）にファンクション部用貫通孔７０３を介して電氣的に直接接続されている。これら外部端子（第１外部電極端子７２１、第２外部電極端子７２２、第３外部電極端子７２３、第４外部電極端子７２４）は、他主面７０２上に物理的気相成長させて形成された下地ＰＶＤ膜７２１１、７２２１、７２３１、７２４１と、下地ＰＶＤ膜７２１１、７２２１、７２３

1、7 2 4 1上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜7 2 1 2、7 2 2 2、7 2 3 2、7 2 4 2とからなる。また、上記の振動側第1接合パターン2 5 1と振動側第2接合パターン2 5 2と封止側第1接合パターン3 2 1と封止側第2接合パターン4 2 1と接続端子（一接続端子4 3 1、他接続端子4 3 2）の各下地PVD膜2 5 1 1、2 5 2 1、3 2 1 1、4 2 1 1、4 3 1 1、4 3 2 1の厚みに対して、外部端子（第1外部電極端子7 2 1、第2外部電極端子7 2 2、第3外部電極端子7 2 3、第4外部電極端子7 2 4）の下地PVD膜7 2 1 1、7 2 2 1、7 2 3 1、7 2 4 1の厚みが厚い。

[0167] また、上記のパッケージ1 2における封止側第1接合パターン3 2 1と振動側第1接合パターン2 5 1とが拡散接合された接合パターンの厚みは、封止側第2接合パターン4 2 1と振動側第2接合パターン2 5 2とが拡散接合された接合パターンの厚みと同じで、外部と電氣的に接続した外部端子（第1外部電極端子7 2 1、第2外部電極端子7 2 2、第3外部電極端子7 2 3、第4外部電極端子7 2 4）の厚みと異なり、外部端子（第1外部電極端子7 2 1、第2外部電極端子7 2 2、第3外部電極端子7 2 3、第4外部電極端子7 2 4）が他のパターンよりも厚い。

[0168] 図1 3、1 4に示すファンクション部7は、温測素子部7 3が設けられたものである。ここでいう温測素子部7 3は、サーミスタやダイオード等が用いられる。温測素子部7 3は、第3内部電極端子7 1 3及び第4内部電極端子7 1 4を介して電氣的に接続されている。このファンクション部7によれば、従前の小型の水晶振動子1 0 1では温測素子を設けることができなかったが、本構成によれば、小型化された水晶振動子1 0 1であっても温測素子を設けることができる。

[0169] なお、上記の通り、図1 3、1 4に示すファンクション部7は、温測素子部7 3が設けられたものであるが、ファンクション部7では、温測素子部7 3を設けたものに限定されるものではなく、任意の機能を備え、外部端子を形成していれば、ファンクション部7の形態は限定されない。例えば、図1

5～17に示すようなファンクション部7であってもよい。なお、図15～17に示すいずれのファンクション部であっても、外部端子（第1外部電極端子721、第2外部電極端子722、第3外部電極端子723、第4外部電極端子724）は、内部電極端子（第1内部電極端子711、第2内部電極端子712、第3内部電極端子713、第4内部電極端子714）と電氣的に直接接続されている。

[0170] 図15に示すファンクション部7は、図13の温測素子部73に代えて、ヒータ素子を備えたヒータ部77が設けられたものである。図示例では、ヒータ部77は内部電極端子間を蛇行する形状としているが、この形状に限られず、一主面701の略全面にわたる方形形状であってもよい。

[0171] 図16、17に示すファンクション部7には、衝撃吸収用のエポキシ基板が用いられている。この場合、車載搭載用圧電振動デバイスとして用いることができ、衝撃環境に厳しい条件であってもエポキシ基板が衝撃を吸収し、振動部23に衝撃の影響が及ばない。なお、図16、17に示すエポキシ基板に、図13に示す温測素子部73、図15に示すヒータ部77、後述する図19、20に示すインダクタンス部74を設けても良い。

[0172] 図19、20に示すファンクション部7は、L素子のインダクタンス部74が設けられたものである。インダクタンス部74は、L素子用貫通孔741を用いて薄膜の導電パターンを基板に巻回したものである。このファンクション部7によれば、水晶振動子101の小型化に伴って低下する容量を増加させることが可能となる。

[0173] なお、ファンクション部7をインダクタンス部74とする場合は、他主面702に設けられたインダクタンス部74と回路基板61との接触を避けるため、図20、21に示すようにファンクション部7の下に、インダクタンス部74と回路基板61との接触を避けるファンクション部7を設けることが好ましい。つまり、ファンクション部7を積層させることが好ましい（図23参照）。

[0174] なお、上記の通り、図20、21に示すファンクション部7は、インダク

タンス部 7 4 が設けられたものであるが、ファンクション部 7 では、インダクタンス部 7 4 を設けたものに限定されるものではなく、任意の機能を備え、外部端子を形成していれば、ファンクション部 7 の形態は限定されない。例えば、図 1 3 ~ 1 7 に示すようなファンクション部 7 であってもよい。なお、図 1 3 ~ 1 7 に示すいずれのファンクション部 7 であっても、外部端子（第 1 外部電極端子 7 2 1、第 2 外部電極端子 7 2 2、第 3 外部電極端子 7 2 3、第 4 外部電極端子 7 2 4）は、内部電極端子（第 1 内部電極端子 7 1 1、第 2 内部電極端子 7 1 2、第 3 内部電極端子 7 1 3、第 4 内部電極端子 7 1 4）と電氣的に直接接続されている。

[0175] 上記したように、本実施の形態にかかる水晶振動子 1 0 1 によれば、接続端子（一接続端子 4 3 1、他接続端子 4 3 2）が第 2 封止部材 4 に形成されているので、インダクタンス部 7 4（L 素子）を備えた水晶振動子 1 0 1 や、温測素子部 7 3（温測素子）を備えた水晶振動子 1 0 1、ヒータ部 7 7（ヒータ素子）を備えた水晶振動子 1 0 1、車載用 X' t a l の水晶振動子 1 0 1 等の様々な用途に対応することができる。

[0176] また、本実施の形態によれば、接続端子（一接続端子 4 3 1、他接続端子 4 3 2）に、流動性導電接合材 6 2（P b フリー半田や導電性接着剤等）を直に接合させることができない。これは、接続端子（一接続端子 4 3 1、他接続端子 4 3 2）の下地 P V D 膜 4 3 1 1、4 3 2 1 が物理的気相成長させて薄く形成したものであり、拡散接合に適しているが、高温加熱を必須要件とする接合（半田接合等）に適していないためである。そのため、本実施の形態では、外部部材となる回路基板 6 1 に流動性導電接合材 6 2 を介して、接続端子（一接続端子 4 3 1、他接続端子 4 3 2）を直接合させることはできない。

[0177] 上記理由により、接続端子（一接続端子 4 3 1、他接続端子 4 3 2）に流動性導電接合材 6 2 を直に接合させることはないので、本実施の形態によれば、接続端子（一接続端子 4 3 1、他接続端子 4 3 2）が流動性導電接合材 6 2 に喰われることはない。そのため、接続端子（一接続端子 4 3 1、他接

続端子 4 3 2) が流動性導電接合材 6 2 に喰われる量を考慮せずに接続端子 (一接続端子 4 3 1、他接続端子 4 3 2) を薄く形成することができ、その結果、水晶振動子 1 0 1 の低背化を図ることができる。

[0178] また、本実施の形態によれば、封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と振動側第 1 接合パターン 2 5 1 とが拡散接合され、封止側第 2 接合パターン 4 2 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 とが拡散接合され、第 2 封止部材 4 において、水晶振動板 2 に面しない他主面 4 1 2 にファンクション部 7 に拡散接合するための接続端子 (一接続端子 4 3 1、他接続端子 4 3 2) が形成されるので、高温加熱によって水晶振動板 2 と第 1 封止部材 3 と第 2 励振電極 2 2 2 とが接合されず、接合時の高温加熱によって接続端子 (一接続端子 4 3 1、他接続端子 4 3 2) の劣化を引き起こさない。

[0179] また、ファンクション部 7 が第 2 封止部材 4 に拡散接合され、ファンクション部 7 に外部端子 (第 1 外部電極端子 7 2 1、第 2 外部電極端子 7 2 2、第 3 外部電極端子 7 2 3、第 4 外部電極端子 7 2 4) が形成されるので、水晶振動板 2 を回路基板 6 1 に搭載する際にファンクション部 7 を介在させることができ、その結果、回路基板 6 1 の材質と水晶振動子 1 0 1 の構成材質の熱膨張係数差によって不具合 (例えば、接合はんだのクラック断線等) が起こるのを防止することができ、水晶振動子 1 0 1 の信頼性が極めて向上する。つまり、現在の回路基板 6 1 であるガラエポ基板に水晶振動子 1 0 1 を接合した場合であっても、回路基板 6 1 の材質と水晶振動子 1 0 1 の構成材質の熱膨張係数差によって生じる不具合 (接合はんだのクラック断線などの問題) は発生しない。

[0180] また、本実施の形態によれば、水晶振動子 1 0 1 のパッケージの高さにバラつきが生じない。例えば、本実施の形態と異なり、封止部材 (本実施の形態でいう第 1 封止部材 3、第 2 封止部材 4) と水晶振動板 2 とファンクション部 7 とのギャップが $1\ \mu\text{m}$ より大きくなる Sn 接合材のような金属ペースト封止材を用いた場合、金属ペースト封止材をパターン (振動側第 1 接合パターン 2 5 1、振動側第 2 接合パターン 2 5 2、封止側第 1 接合パターン 3

2 1、封止側第2接合パターン4 2 1)上に形成する際の高さにバラつきが生じる。また、接合後においても、形成されたパターン(振動側第1接合パターン2 5 1、振動側第2接合パターン2 5 2、封止側第1接合パターン3 2 1、封止側第2接合パターン4 2 1)の熱容量分布により均一なギャップ(本実施の形態でいう第1封止部材3と水晶振動板2とのギャップや、本実施の形態でいう第2封止部材4と水晶振動板2とのギャップ、本実施の形態でいう第2封止部材4とファンクション部7とのギャップ)にならない。そのため、例えば、従来の技術では、第1封止部材、第2封止部材、圧電振動板の3枚の部材が積層された構造の場合、これら3枚の部材間での各々ギャップに差が生じる。その結果、積層された3枚の部材は、平行を保てない状態で接合されてしまう。特に、この問題は低背化に伴い顕著になる。これに対して、本実施の形態では、ギャップの上限が $1.00\mu\text{m}$ に設定されているため、パッケージ12においては第1封止部材3、第2封止部材4、水晶振動板2の3枚の部材(さらに、機能拡張型的水晶振動子101によれば、第1封止部材3、第2封止部材4、水晶振動板2、ファンクション部7の4枚又はそれ以上の部材)を平行に保った状態で積層して接合することができ、本実施の形態は低背化に対応できる。

[0181] なお、本実施の形態では、第1封止部材3及び第2封止部材4にガラスを用いているが、これに限定されるものではなく、水晶を用いてもよい。

[0182] また、本実施の形態では、第2封止部材4にファンクション部7を接合しているが、これに限定されるものではなく、第1封止部材3にファンクション部7を接合してもよい。

[0183] また、本実施の形態では、圧電振動板に水晶を用いているが、これに限定されるものではなく、圧電材料であれば他の材料であってもよく、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム等であってもよい。

[0184] また、本実施の形態では、接合材11として、Ti(もしくはCr)とAuを用いているが、これに限定されるものではなく、接合材11を例えばNiとAuとから構成してもよい。

[0185] また、本実施の形態では、全ての貫通孔では、貫通孔の内壁面に導電膜が形成されているが、これに限定されるものではなく、貫通孔を導電材料によって埋めてもよい。

[0186] また、本実施の形態では、振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252と封止側第1接合パターン321と封止側第2接合パターン421に、Ti（もしくはCr）とAuが含まれているが、これに限定されるものではなく、Cu（Cu単体かCu合金）が含まれてもよい。この場合、製造時（接合時、加圧などの外力が発生することによる衝撃時など）や使用時（落下などの外力が発生することによる衝撃時、はんだ実装時など）の応力緩和に寄与することができる。つまり、振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252と封止側第1接合パターン321と封止側第2接合パターン421にCuが含まれることにより機械的強度が向上する。

[0187] また、下地PVD膜2511、2521、3211、4211にCrを用いた場合、Crが電極PVD膜2512、2522、3212、4212に拡散するのを、Cuを下地PVD膜2511、2521、3211、4211に含むことで抑制することができる。その結果、Crを用いた層を厚くしても、Crが電極PVD膜2512、2522、3212、4212に拡散するのを抑制することができ、Crを用いた層を厚くすることができて製造ばらつきを抑えることができる。実際に、Crの層を0.2 μ mとしてもCrが電極PVD膜2512、2522、3212、4212に拡散するのを抑制することができる。

[0188] また、本実施の形態では、第2封止部材4が1枚のガラスウエハから成形された直方体の基板であるが、これに限定されるものではなく、ガラスウエハから成形された2つの直方体であってもよい。この場合、1つの直方体の基板に、封止側第2接合パターン421と第3貫通孔442と他接続端子432とを形成し、この基板により気密封止を行い、もう一方の直方体の基板に、第2貫通孔441と一接続端子431を形成する構成となる。本構成に

よれば、一对の接続端子（一接続端子431、他接続端子432）を完全に分離させることができ、短絡を防ぐことができる。また、ガラスウエハではなく、金属材料により2つの直方体の第2封止部材4を成形した場合、さらに第3貫通孔442を形成する必要もなく、貫通孔の数を少なくして小型化に寄与できる。

[0189] また、本実施の形態では、図2、4～6、10～12に示すような第1引出電極223、第2引出電極224を形成しているが、これに限定されるものではなく、第1引出電極223、第2引出電極224の任意の位置の最上層にCrを用い、さらに第1引出電極223、第2引出電極224と振動側第1接合パターン251、振動側第2接合パターン252との間に隙間があってもよい。特に、隙間は、振動側封止部25上に設けられることが好ましい。このような構成とすることで、製造工程において加熱溶融接合を行う前までは、第1引出電極223、第2引出電極224と、振動側第1接合パターン251、振動側第2接合パターン252とが電気接続されないことになる。その結果、振動検査を行う検査工程において励振電極（第1励振電極221、第2励振電極222）のみを対象とした様々な検査を行うことができ、振動検査の自由度が増す。

[0190] なお、図16、17に示すファンクション部7には、ガラエポ基板が用いられていてもよい。ガラエポ基板を用いる場合、ガラエポ基板上に形成された電極では、先の実施形態で説明した拡散接合が困難であるので、Auバンプによって電極が形成される。Auバンプによって電極が形成されると、ファンクション部7（ガラエポ基板）と回路基板61とのはんだ接合が可能となる。接合に用いられる実装はんだはガラエポ基板との熱膨張係数差が小さいので、実装時のはんだクラックの発生を抑制することができる。よって、信頼性が高い圧電振動デバイスとすることができるので、車載搭載用に用いることができる。なお、ガラエポ基板に、図13に示す温測素子部73や、図15に示すヒータ部77や、図19、20に示すインダクタンス部74を設けても良い。

[0191] また、本発明は、下記するような水晶発振器（図 2 4 参照）であってもよい。以下、圧電振動を行う圧電振動デバイスとして水晶発振器に本発明を適用した 2 つの実施形態について説明する。なお、便宜上、上記の水晶振動子 1 0 1 と共通の構成について同一符号を付す。また、共通の構成によって生じる作用効果も図 1 に示す水晶振動子 1 0 1 と同様であり、以下の説明では省略する。

[0192] ー水晶発振器の第 1 実施形態ー

本実施の形態にかかる水晶発振器 1 0 2 では、図 2 4 に示すように、水晶振動板 2（本発明でいう圧電振動板）と、水晶振動板 2 の第 1 励振電極 2 2 1（図 2 7 参照）を覆い、水晶振動板 2 の一主面 2 1 1 に形成された第 1 励振電極 2 2 1 を気密封止する第 1 封止部材 3 と、この水晶振動板 2 の他主面 2 1 2 に、水晶振動板 2 の第 2 励振電極 2 2 2（図 2 8 参照）を覆い、第 1 励振電極 2 2 1 と対になって形成された第 2 励振電極 2 2 2 を気密封止する第 2 封止部材 4 と、第 1 封止部材に搭載された圧電振動素子以外の電子部品素子（本実施の形態では 1 C 5）と、が設けられている。

[0193] この水晶発振器 1 0 2 では、水晶振動板 2 と第 1 封止部材 3 とが接合され、水晶振動板 2 と第 2 封止部材 4 とが接合されてサンドイッチ構造のパッケージ 1 2 が構成される。

[0194] そして、水晶振動板 2 を介して第 1 封止部材 3 と第 2 封止部材 4 とが接合されることで、パッケージ 1 2 の内部空間 1 3 が形成され、このパッケージ 1 2 の内部空間 1 3 に、水晶振動板 2 の両主面 2 1 1，2 1 2 に形成された第 1 励振電極 2 2 1 及び第 2 励振電極 2 2 2 を含む振動部 2 3 が気密封止されている。なお、内部空間 1 3 は、図 2 4 に示すようにパッケージ 1 2 の平面視一端側（平面視左側）に偏って位置する。

[0195] 本実施の形態にかかる水晶発振器 1 0 2 は、1.2 × 1.0 mm のパッケージサイズであり、小型の低背化を図ったものである。また、小型化に伴い、本パッケージ 1 2 では、キャストレーションを形成せずに、貫通孔（第 4 貫通孔 2 6 2 ～第 1 8 貫通孔 4 4 6）を用いて電極の導通を図っている。

[0196] 次に、上記した水晶発振器 102 の各構成について図 24～30 を用いて説明する。なお、ここでは、水晶振動板 2 と第 1 封止部材 3 と第 2 封止部材 4 が接合されていないそれぞれ単体として構成されている各部材について説明を行う。

[0197] 水晶振動板 2 は、図 27、28 に示すように、圧電材料である水晶からなり、その両主面（一主面 211、他主面 212）が平坦平滑面（鏡面加工）として成形されている。

[0198] また、水晶振動板 2 の両主面 211、212（一主面 211、他主面 212）に一对の（対となる）励振電極（第 1 励振電極 221、第 2 励振電極 222）が形成されている。そして、両主面 211、212 には、一对の第 1 励振電極 221、第 2 励振電極 222 を囲うように 2 つの切り欠き部 24（貫通形状）が形成されて振動部 23 が構成されている。切り欠き部 24 は、平面視凹形状体 241（1 つの平面視長方形の両端から 2 つの長方形夫々が、長方形の長手方向に対して直角方向に延出して成形された 3 つの平面視長方形からなる平面視体）と、平面視長形状体 242 となり、平面視凹形状体 241 と平面視長形状体 242 との間が、第 1 励振電極 221 及び第 2 励振電極 222 を外部端子（下記参照）に引き出すための引出電極（第 1 引出電極 223、第 2 引出電極 224）を配する導通路 213 となっている。電極パターンに関して、一对の第 1 励振電極 221、第 2 励振電極 222 夫々から引き出された第 1 引出電極 223、第 2 引出電極 224 は、振動側第 1 接合パターン 251 及び振動側第 2 接合パターン 252 を介して、第 1 封止部材 3 に形成された電極パターン 33 に電氣的に接続されている。

[0199] この水晶振動板 2 では、両主面 211、212 の振動部 23 に沿った外方に、振動部 23 を囲むように第 1 封止部材 3 と第 2 封止部材 4 とを接合するための振動側封止部 25 がそれぞれ設けられている。振動側封止部 25 は、図 27、28 に示すように両主面 211、212 の平面視左側に偏って位置する。

[0200] この水晶振動板 2 の一主面 211 の振動側封止部 25 には、第 1 封止部材

3を接合させるための振動側第1接合パターン251が形成され、第1励振電極221は振動側第1接合パターン251に繋がる。振動側第1接合パターン251は、一主面211上に物理的气相成長させて形成された下地PVD膜2511と、下地PVD膜2511上に物理的气相成長させて積層形成された電極PVD膜2512とからなる。また、水晶振動板2の他主面212の振動側封止部25には、第2封止部材4を接合させるための振動側第2接合パターン252が形成され、第2励振電極222は振動側第2接合パターン252に繋がる。振動側第2接合パターン252は、他主面212上に物理的气相成長させて形成された下地PVD膜2521と、下地PVD膜2521上に物理的气相成長させて積層形成された電極PVD膜2522とからなる。内部空間13は、振動側第1接合パターン251および振動側第2接合パターン252の内方（内側）に形成されることになる。

[0201] 振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252とは、同一構成からなり、複数の層が両主面211, 212の振動側封止部25上に積層して構成され、その最下層側からTi層（もしくはCr層）とAu層とが蒸着形成されている。このように、振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252とでは、下地PVD膜2511, 2521が単一の材料（Ti（もしくはCr））からなり、電極PVD膜2512, 2522が単一の材料（Au）からなり、下地PVD膜2511, 2521よりも電極PVD膜2512, 2522の方が厚い。また、水晶振動板2の一主面211に形成された第1励振電極221と振動側第1接合パターン251とは同一厚みを有し、第1励振電極221と振動側第1接合パターン251との表面（主面）が同一金属からなり、水晶振動板2の他主面212に形成された第2励振電極222と振動側第2接合パターン252とは同一厚みを有し、第2励振電極222と振動側第2接合パターン252との表面（主面）が同一金属からなる。また、振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252は、非Snパターンである。なお、同一主面上において同一金属で同一厚みの構成であって、振動側第1, 2接合パターン251, 2

５２と振動側（第１励振電極２２１，第２励振電極２２２）とを比較した場合、最上層（少なくとも露出している面）の金属（電極ＰＶＤ膜２５１２，２５２２等）が同一であれば、その下地金属（下地ＰＶＤ膜２５１１，２５２１）の種類や厚みが異なっても接合を行うことは可能である。また、振動側第１接合パターン２５１及び封止側第２接合パターン２５２では、それぞれ電極ＰＶＤ膜２５１２，２５２２が平面視うるこ状体の表面となる。ここでいううるこ状体とは、活性化されて微視的に個片状体となった金属が畳敷のように重ね合わされて、平面視において隙間が無い（もしくは殆どない）形態のことをいう。

[0202] また、水晶振動板２には、図２７，２８に示すように、貫通孔（第４貫通孔２６２，第５貫通孔２６３，第６貫通孔２６４，第７貫通孔２６５，第８貫通孔２６６）が形成され、第４貫通孔２６２を介して、第２励振電極２２２に繋がった振動側第２接合パターン２５２が一主面２１１側に引き出されている。また、第５貫通孔２６３は、第１封止部材３の第１０貫通孔３４２及び第２封止部材４の第１５貫通孔４４３に繋がるものであり、ＩＣ５を第１接続端子４３３に導通するための導通路である。また、第６貫通孔２６４は、第１封止部材３の第１１貫通孔３４３及び第２封止部材の第１６貫通孔４４４に繋がるものであり、ＩＣ５を第２接続端子４３４に導通するための導通路である。また、第７貫通孔２６５は、第１封止部材３の第１２貫通孔３４４及び第２封止部材の第１７貫通孔４４５に繋がるものであり、ＩＣ５を第３接続端子４３５に導通するための導通路である。また、第８貫通孔２６６は、第１封止部材３の第１３貫通孔３４５及び第２封止部材の第１８貫通孔４４６に繋がるものであり、ＩＣ５を第４接続端子４３６に導通するための導通路である。これら第４貫通孔２６２，第５貫通孔２６３，第６貫通孔２６４，第７貫通孔２６５，第８貫通孔２６６は、内部空間１３の外方に形成されている。また、第４貫通孔２６２，第５貫通孔２６３，第６貫通孔２６４，第７貫通孔２６５，第８貫通孔２６６は、内部空間１３の内方に形成されない。ここでいう内部空間１３の内方とは、接合材１１上を含まずに

厳密に接合材 1 1 の内周面の内側のことをいう。

- [0203] 第 1 封止部材 3 には、曲げ剛性（断面二次モーメント×ヤング率）が 1 0 0 0 [N・mm²] 以下の材料が用いられている。具体的には、第 1 封止部材 3 は、図 2 5, 2 6 に示すように、1 枚のガラスウエハから形成された直方体の基板であり、この第 1 封止部材 3 の他主面 3 1 2（水晶振動板 2 に接合する面）と一主面 3 1 1（IC 5 を搭載する面）は平坦平滑面（鏡面加工）として成形されている。
- [0204] この第 1 封止部材 3 の他主面 3 1 2 には、水晶振動板 2 に接合するための封止側第 1 封止部 3 2 が設けられている。封止側第 1 封止部 3 2 は、図 2 6 に示すように第 1 封止部材 3 の他主面 3 1 2 の平面視左側に偏って位置する。
- [0205] 第 1 封止部材 3 の封止側第 1 封止部 3 2 に、水晶振動板 2 に接合するための封止側第 1 接合パターン 3 2 1 が形成されている。封止側第 1 接合パターン 3 2 1 は、第 1 封止部材 3 の封止側第 1 封止部 3 2 上の全ての位置において同一幅とされる。
- [0206] この封止側第 1 接合パターン 3 2 1 は、第 1 封止部材 3 上に物理的気相成長させて形成された下地 PVD 膜 3 2 1 1 と、下地 PVD 膜 3 2 1 1 上に物理的気相成長させて積層形成された電極 PVD 膜 3 2 1 2 とからなる。なお、本実施の形態では、下地 PVD 膜 3 2 1 1 には、Ti（もしくはCr）が用いられ、電極 PVD 膜 3 2 1 2 にはAuが用いられている。また、封止側第 1 接合パターン 3 2 1 は、非Snパターンである。具体的には、封止側第 1 接合パターン 3 2 1 は、複数の層が他主面 3 1 2 の封止側第 1 封止部 3 2 上に積層して構成され、その最下層側からTi層（もしくはCr層）とAu層とが蒸着形成されている。また、封止側第 1 接合パターン 3 2 1 では、電極 PVD 膜 3 2 1 2 が平面視うるこ状体の表面となる。
- [0207] また、第 1 封止部材 3 の一主面 3 1 1 には、発振回路素子である IC 5 を搭載する搭載パッドを含む 6 つの電極パターン 3 3 が形成されている。これら 6 つの電極パターン 3 3 は、それぞれ個別に第 9 貫通孔 3 4 1, 第 1 0 貫

通孔 3 4 2, 第 1 1 貫通孔 3 4 3, 第 1 2 貫通孔 3 4 4, 第 1 3 貫通孔 3 4 5, 第 1 4 貫通孔 3 4 6 に導かれている。なお、第 1 0 貫通孔 3 4 2, 第 1 1 貫通孔 3 4 3, 第 1 2 貫通孔 3 4 4, 第 1 3 貫通孔 3 4 5 は、発振器用導通を図るための貫通孔であり、第 9 貫通孔 3 4 1 (第 2 励振電極 2 2 2 の導通を図るための貫通孔), 第 1 4 貫通孔 3 4 6 (第 1 励振電極 2 2 1 の導通を図るための貫通孔) は、水晶振動板 2 用導通を図るための貫通孔である。

[0208] 第 2 封止部材 4 には、曲げ剛性 (断面二次モーメント $\times$ ヤング率) が 1 0 0 0 [N $\cdot$ m m²] 以下の材料が用いられている。具体的には、第 2 封止部材 4 は、図 2 9, 3 0 に示すように、1 枚のガラスウエハから形成された直方体の基板であり、この第 2 封止部材 4 の一主面 4 1 1 (水晶振動板 2 に接合する面) は平坦平滑面 (鏡面加工) として成形されている。

[0209] この第 2 封止部材 4 の一主面 4 1 1 には、水晶振動板 2 に接合するための封止側第 2 封止部 4 2 が設けられている。封止側第 2 封止部 4 2 は、図 2 9 に示すように第 2 封止部材 4 の一主面 4 1 1 の平面視左側に偏って位置する。

[0210] また、第 2 封止部材 4 の他主面 4 1 2 (水晶振動板 2 に面しない外方の主面) には、外部に電氣的に接続する 4 つの外部端子 (第 1 接続端子 4 3 3, 第 2 接続端子 4 3 4, 第 3 接続端子 4 3 5, 第 4 接続端子 4 3 6) が設けられている。第 1 接続端子 4 3 3, 第 2 接続端子 4 3 4, 第 3 接続端子 4 3 5, 第 4 接続端子 4 3 6 は、4 つの角部にそれぞれ位置する。これら外部端子 (第 1 接続端子 4 3 3, 第 2 接続端子 4 3 4, 第 3 接続端子 4 3 5, 第 4 接続端子 4 3 6) は、他主面 4 1 2 上に物理的気相成長させて形成された下地 PVD 膜 4 3 3 1, 4 3 4 1, 4 3 5 1, 4 3 6 1 と、下地 PVD 膜 4 3 3 1, 4 3 4 1, 4 3 5 1, 4 3 6 1 上に物理的気相成長させて積層形成された電極 PVD 膜 4 3 3 2, 4 3 4 2, 4 3 5 2, 4 3 6 2 とからなる。また、上記の振動側第 1 接合パターン 2 5 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 と封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と封止側第 2 接合パターン 4 2 1 との各下地 PVD 膜 2 5 1 1, 2 5 2 1, 3 2 1 1, 4 2 1 1 の厚みに対して、外部端

子（第1接続端子433，第2接続端子434，第3接続端子435，第4接続端子436）の下地PVD膜4331，4341，4351，4361の厚みが厚い。

[0211] また、第2封止部材4の封止側第2封止部42に、水晶振動板2に接合するための封止側第2接合パターン421が形成されている。封止側第2接合パターン421は、第2封止部材4の封止側第2封止部42上の全ての位置において同一幅とされる。

[0212] この封止側第2接合パターン421は、第2封止部材4上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜4211と、下地PVD膜4211上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜4212とからなる。なお、本実施の形態では、下地PVD膜4211には、Ti（もしくはCr）が用いられ、電極PVD膜4212にはAuが用いられている。また、封止側第2接合パターン421は、非Snパターンである。具体的には、封止側第2接合パターン421は、複数の層が一主面411の封止側第2封止部42上に積層して構成され、その最下層側からTi層（もしくはCr層）とAu層とが蒸着形成されている。また、封止側第2接合パターン421では、電極PVD膜4212が平面視うるこ状体の表面となる。

[0213] また、第2封止部材4には、図24，29，30に示すように、4つの貫通孔（第15貫通孔443，第16貫通孔444，第17貫通孔445，第18貫通孔446）が形成されている。これら第15貫通孔443，第16貫通孔444，第17貫通孔445，第18貫通孔446は、内部空間13の外方に配され、第15貫通孔443，第16貫通孔444，第17貫通孔445，第18貫通孔446は、内部空間13の内方に形成されない。

[0214] 上記構成からなる水晶発振器102では、従来の技術のように別途接合専用材を用いずに、水晶振動板2と第1封止部材3とが振動側第1接合パターン251及び封止側第1接合パターン321を重ね合わせた状態で拡散接合され、水晶振動板2と第2封止部材4とが振動側第2接合パターン252及び封止側第2接合パターン421を重ね合わせた状態で拡散接合されて、図

24に示すサンドイッチ構造のパッケージ12が製造される。なお、振動側第1接合パターン251及び封止側第1接合パターン321自身が拡散接合後に生成される接合材11となり、振動側第2接合パターン252及び封止側第2接合パターン421自身が拡散接合後に生成される接合材11となる。本実施の形態では、拡散接合を常温（5℃～35℃）で行っている。しかしながら、常温拡散接合だけに限定されるものではなく、常温以上230℃未満の温度下で拡散接合されていればよい。特に、200℃以上230℃未満の温度下において拡散接合することで、Pbフリー半田の融点である230℃未満であり、さらにAuの再結晶温度（200℃）以上となるので、接合部分の不安定領域を安定化できる。また本実施の形態ではAu-Snといった接合専用材を使用していないため、メッキガス、バインダーガス、金属ガス等の発生がない。よってAuの再結晶温度以上にすることができる。

[0215] また、ここで製造されたパッケージ12では、上記の通り、拡散接合により封止側第1接合パターン321と振動側第1接合パターン251とが接合され、封止側第2接合パターン421と振動側第2接合パターン252とが接合されているが、この接合以外に、封止側第1接合パターン321と振動側第1接合パターン251とが加圧拡散接合され、封止側第2接合パターン421と振動側第2接合パターン252とが加圧拡散接合されてもよい。この場合、加圧することで接合箇所を確保し易くなり（接合面積を実質的に増やすことができ）、高温加熱を用いずに拡散接合のみによる接合をさらに良好に行うことができる。

[0216] また、ここで製造されたパッケージ12では、第1封止部材3と水晶振動板2とは、1.00μm以下のギャップを有し、第2封止部材4と水晶振動板2とは、1.00μm以下のギャップを有する。つまり、第1封止部材3と水晶振動板2との間の接合材11の厚みが、1.00μm以下であり、第2封止部材4と水晶振動板2との間の接合材11の厚みが、1.00μm以下（具体的には、本実施の形態のAu-Au接合では0.15μm～1.00μm）である。なお、比較として、Snを用いた従来の金属ペースト封止

材では、 $5\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ となる。

[0217] また、封止側第1接合パターン321と振動側第1接合パターン251とが拡散接合された接合パターンの厚みは、封止側第2接合パターン421と振動側第2接合パターン252とが拡散接合された接合パターンの厚みと同じで、外部と電氣的に接続した外部端子（第1接続端子433，第2接続端子434，第3接続端子435，第4接続端子436）の厚みと異なる。

[0218] また、ここで製造されたパッケージ12では、図24に示すように、内部空間13が平面視左側に偏って位置する。また、第1封止部材3に形成された封止側第1接合パターン321と、第2封止部材4に形成された封止側第2接合パターン421とは、平面視において重畳しない。具体的には、封止側第1接合パターン321内における平面視領域が、封止側第2接合パターン421内における平面視領域より広い。なお、本実施の形態では、封止側第1接合パターン321内における平面視領域が、封止側第2接合パターン421内における平面視領域より広いが、これに限定されるものでなく、封止側第2接合パターン421内における平面視領域が、封止側第1接合パターン321内における平面視領域より広くてもよい。しかしながら、第2封止部材に、外部端子（第1接続端子433，第2接続端子434，第3接続端子435，第4接続端子436）を形成しているため、封止側第1接合パターン321内における平面視領域が、封止側第2接合パターン421内における平面視領域より広くなる。したがって、配線パターンの引き回し（導通経路の確保）が容易になり、さらに配線パターンの引き回し領域（導通確保領域）を多くとることができる。

[0219] また、水晶振動板2に形成された振動側第1接合パターン251及び振動側第2接合パターン252に比べて、第1封止部材3に形成された封止側第1接合パターン321、及び第2封止部材4に形成された封止側第2接合パターン421の幅が広い。

[0220] また、本実施の形態では、IC5を設けるためのスペースを水晶振動板2に設けなくてもよく、パッケージの低背化を行うことができる。また、第1

封止部材 3 の一主面に形成する IC 5 用のパターンを変えるだけで任意の発振条件に対応させることができる。また、IC 5 の裏面にマーキングが可能となり、第 1 封止部材 3 に透明部材料を用いた場合であっても特殊マーキングが不要となる。また、従来の技術では、第 1 封止部材 3 や水晶振動板 2 などに凹部を設けて、前記発振回路素子を必ず前記凹部に実装していたため、圧電振動デバイスの外形は必ず発振回路素子よりも大きくなっていた。しかしながら、本実施の形態によれば、第 1 封止部材 3 では、一主面 3 1 1 に IC 5 が設けられ、他主面 3 1 2 が水晶振動板 2 の一主面 2 1 1 に接合されるので、IC 5 のサイズと水晶発振器 1 0 2 のサイズとを同じにすることができ、小型化及び低背化に有利である。

[0221] 上記の通り、本実施の形態にかかる水晶発振器 1 0 2 によれば、上記のサンドイッチ構造の水晶振動子 1 0 1 と同様に、ガスの発生を無くし、さらに低背化や小型化ができる。さらに、上記のサンドイッチ構造の水晶振動子 1 0 1 と同様の構成については同様の作用効果を有する。

[0222] また、水晶振動板 2 に形成された振動側第 1 接合パターン 2 5 1 及び振動側第 2 接合パターン 2 5 2 に比べて、第 1 封止部材 3 に形成された封止側第 1 接合パターン 3 2 1、及び第 2 封止部材 4 に形成された封止側第 2 接合パターン 4 2 1 は、幅が広い。

[0223] なお、本発明は、その精神や主旨または主要な特徴から逸脱することなく、他のいろいろな形で実施することができる。そのため、上述の実施の形態はあらゆる点で単なる例示にすぎず、限定的に解釈してはならない。本発明の範囲は特許請求の範囲によって示すものであって、明細書本文には、なんら拘束されない。さらに、特許請求の範囲の均等範囲に属する変形や変更は、全て本発明の範囲内のものである。

[0224] 例えば、上記の本実施の形態にかかる水晶発振器 1 0 2 では、外部端子を第 1 接続端子 4 3 3、第 2 接続端子 4 3 4、第 3 接続端子 4 3 5、第 4 接続端子 4 3 6 の 4 端子としているが、これに限定されるものではなく、外部端子を 6 端子や 8 端子といった任意の端子のものについても本発明を適用する

ことができる。

[0225] ー水晶発振器の第2実施形態ー

次に、水晶発振器の第2実施形態について説明する。なお、便宜上、第1実施形態の水晶発振器と共通の構成については、第1実施形態で説明した図面を参照し、同一符号を付して説明する。本実施の形態にかかる水晶発振器102は、回路基板61に電氣的に接続され、回路基板61における発振の基となるものであり、図31に示すように、水晶振動板2（本発明でいう圧電振動板）と、水晶振動板2の第1励振電極221（図27参照）を覆い、水晶振動板2の一主面211に形成された第1励振電極221を気密封止する第1封止部材3と、この水晶振動板2の他主面212に、水晶振動板2の第2励振電極222（図28参照）を覆い、第1励振電極221と対になって形成された第2励振電極222を気密封止する第2封止部材4と、第1封止部材に搭載された圧電振動素子以外の電子部品素子（本実施の形態ではIC5）と、が設けられている。

[0226] この水晶発振器102では、水晶振動板2と第1封止部材3とが接合され、水晶振動板2と第2封止部材4とが接合されてサンドイッチ構造のパッケージ12が構成される。そして、水晶振動板2を介して第1封止部材3と第2封止部材4とが接合されることで、パッケージ12の内部空間13が形成され、このパッケージ12の内部空間13に、水晶振動板2の両主面211、212に形成された第1励振電極221及び第2励振電極222を含む振動部23が気密封止されている。なお、内部空間13は、図31に示すようにパッケージ12の平面視一端側（平面視左側）に偏って位置する。このサンドイッチ構造のパッケージ12にファンクション部7が設けられて、機能拡張型的水晶発振器102となる。

[0227] 本実施の形態にかかる水晶発振器102は、1.2×1.0mmのパッケージサイズであり、小型の低背化を図ったものである。また、小型化に伴い、本パッケージ12では、キャストレーションを形成せずに、貫通孔（第4貫通孔262～第18貫通孔446）を用いて電極の導通を図っている。

- [0228] 次に、上記した水晶発振器 102 の各構成について図 25～29、31、32 を用いて説明する。なお、ここでは、水晶発振器 102 の構成部材が接合されていないそれぞれ単体として構成されている各部材について説明を行う。
- [0229] 水晶振動板 2 は、図 27、28 に示すように、圧電材料である水晶の基板からなり、その両主面（一主面 211、他主面 212）が平坦平滑面（鏡面加工）として成形されている。
- [0230] また、水晶振動板 2 の両主面 211、212（一主面 211、他主面 212）に一对の（対となる）励振電極（第 1 励振電極 221、第 2 励振電極 222）が夫々形成されている。そして、両主面 211、212 には、一对の第 1 励振電極 221、第 2 励振電極 222 を囲うように 2 つの切り欠き部 24（貫通形状）が形成されて振動部 23 が構成されている。切り欠き部 24 は、平面視凹形状体 241（1 つの平面視長方形の両端から 2 つの長方形夫々が、長方形の長手方向に対して直角方向に延出して成形された 3 つの平面視長方形からなる平面視体）と、平面視長形状体 242 となり、平面視凹形状体 241 と平面視長形状体 242 との間が、第 1 励振電極 221 及び第 2 励振電極 222 を、ファンクション部 7 の外部端子に引き出すための引出電極（第 1 引出電極 223、第 2 引出電極 224）が配される導通路 213 となっている。電極パターンに関して、一对の第 1 励振電極 221、第 2 励振電極 222 夫々から引き出された第 1 引出電極 223、第 2 引出電極 224 は、振動側第 1 接合パターン 251 及び振動側第 2 接合パターン 252 を介して、第 1 封止部材 3 に形成された電極パターン 33 に電氣的に接続される。
- [0231] この水晶振動板 2 では、両主面 211、212 の振動部 23 に沿った外方に、振動部 23 を囲むように第 1 封止部材 3 と第 2 封止部材 4 とを接合するための振動側封止部 25 がそれぞれ設けられている。振動側封止部 25 は、図 27、28 に示すように両主面 211、212 の平面視左側に偏って位置する。

[0232] この水晶振動板 2 の一主面 2 1 1 の振動側封止部 2 5 に、第 1 封止部材 3 に接合するための振動側第 1 接合パターン 2 5 1 が形成され、第 1 励振電極 2 2 1 は振動側第 1 接合パターン 2 5 1 に繋がる。振動側第 1 接合パターン 2 5 1 は、一主面 2 1 1 上に物理的気相成長させて形成された下地 P V D 膜 2 5 1 1 と、下地 P V D 膜 2 5 1 1 上に物理的気相成長させて積層形成された電極 P V D 膜 2 5 1 2 とからなる。また、水晶振動板 2 の他主面 2 1 2 の振動側封止部 2 5 に、第 2 封止部材 4 に接合するための振動側第 2 接合パターン 2 5 2 が形成され、第 2 励振電極 2 2 2 は振動側第 2 接合パターン 2 5 2 に繋がる。振動側第 2 接合パターン 2 5 2 は、他主面 2 1 2 上に物理的気相成長させて形成された下地 P V D 膜 2 5 2 1 と、下地 P V D 膜 2 5 2 1 上に物理的気相成長させて積層形成された電極 P V D 膜 2 5 2 2 とからなる。なお、物理的気相成長とは、乾式メッキの一つであり、湿式メッキの電解メッキや無電解メッキと異なり、表面粗さが無く気密性を確保することができ、また、表面粗さが無く拡散接合を行うことができる。内部空間 1 3 は、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 および振動側第 2 接合パターン 2 5 2 の内方（内側）に形成されることになる。

[0233] 上記の通り、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 とは、同一構成からなり、複数の層が両主面 2 1 1、2 1 2 の振動側封止部 2 5 上に積層して構成され、その最下層側から T i 層（もしくは C r 層）と A u 層とが蒸着形成されている。このように、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 とでは、下地 P V D 膜 2 5 1 1、2 5 2 1 が単一の材料（T i（もしくは C r））からなり、電極 P V D 膜 2 5 1 2、2 5 2 2 が単一の材料（A u）からなり、下地 P V D 膜 2 5 1 1、2 5 2 1 よりも電極 P V D 膜 2 5 1 2、2 5 2 2 の方が厚い。また、水晶振動板 2 の一主面 2 1 1 に形成された第 1 励振電極 2 2 1 と振動側第 1 接合パターン 2 5 1 とは同一厚みを有し、第 1 励振電極 2 2 1 と振動側第 1 接合パターン 2 5 1 との表面（主面）が同一金属からなり、水晶振動板 2 の他主面 2 1 2 に形成された第 2 励振電極 2 2 2 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 とは

同一厚みを有し、第2励振電極222と振動側第2接合パターン252との表面（主面）が同一金属からなる。また、振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252は、非Snパターンである。なお、同一主面上において同一金属で同一厚みの構成であって、振動側第1、2接合パターン251、252と振動側（第1励振電極221、第2励振電極222）とを比較した場合、最上層（少なくとも露出している面）の金属（電極PVD膜2512、2522等）が同一であれば、その下地金属（下地PVD膜2511、2521）の種類や厚みが異なっても接合を行うことは可能である。また、振動側第1接合パターン251及び封止側第2接合パターン421では、それぞれ電極PVD膜2512、2522が平面視うるこ状体の表面となる。ここでいううるこ状体とは、活性化されて微視的に個片状体となった金属が畳敷のように重ね合わされて、平面視において隙間が無い（もしくは殆どない）形態のことをいう。

[0234] また、水晶振動板2には、図27、28に示すように、貫通孔（第4貫通孔262、第5貫通孔263、第6貫通孔264、第7貫通孔265、第8貫通孔266）が形成され、第4貫通孔262を介して、第2励振電極222に繋がった振動側第2接合パターン252が一主面211側に引き出されている。また、第5貫通孔263は、第1封止部材3の第10貫通孔342及び第2封止部材4の第15貫通孔443に繋がるものであり、IC5を第1接続端子433及び第1内部電極端子711を介して第1外部電極端子721に導通させるための導通路である。また、第6貫通孔264は、第1封止部材3の第11貫通孔343及び第2封止部材の第16貫通孔444に繋がるものであり、IC5を第2接続端子434及び第2内部電極端子712を介して第2外部電極端子722に導通させるための導通路である。また、第7貫通孔265は、第1封止部材3の第12貫通孔344及び第2封止部材の第17貫通孔445に繋がるものであり、IC5を第3接続端子435及び第3内部電極端子713を介して第3外部電極端子723に導通させるための導通路である。また、第8貫通孔266は、第1封止部材3の第13

貫通孔 3 4 5 及び第 2 封止部材の第 1 8 貫通孔 4 4 6 に繋がるものであり、
I C 5 を第 4 接続端子 4 3 6 及び第 4 内部電極端子 7 1 4 を介して第 4 外部
電極端子 7 2 4 に導通させるための導通路である。これら第 4 貫通孔 2 6 2
、第 5 貫通孔 2 6 3、第 6 貫通孔 2 6 4、第 7 貫通孔 2 6 5、第 8 貫通孔 2
6 6 は、内部空間 1 3 の外方に形成されている。また、第 4 貫通孔 2 6 2、
第 5 貫通孔 2 6 3、第 6 貫通孔 2 6 4、第 7 貫通孔 2 6 5、第 8 貫通孔 2 6
6 は、内部空間 1 3 の内方に形成されない。ここでいう内部空間 1 3 の内方
とは、接合材 1 1 上を含まずに厳密に接合材 1 1 の内周面の内側のことをい
う。

[0235] 第 1 封止部材 3 には、曲げ剛性（断面二次モーメント×ヤング率）が 1 0
0 0 [N・mm²] 以下の材料が用いられている。具体的には、第 1 封止部材
3 は、図 2 5、2 6 に示すように、1 枚のガラスウエハから形成された直方
体の基板であり、この第 1 封止部材 3 の他主面 3 1 2（水晶振動板 2 に接合
する面）と一主面 3 1 1（I C 5 を搭載する面）は平坦平滑面（鏡面加工）
として成形されている。

[0236] この第 1 封止部材 3 の他主面 3 1 2 には、水晶振動板 2 に接合するための
封止側第 1 封止部 3 2 が設けられている。封止側第 1 封止部 3 2 は、図 2 6
に示すように第 1 封止部材 3 の他主面 3 1 2 の平面視左側に偏って位置する
。

[0237] 第 1 封止部材 3 の封止側第 1 封止部 3 2 に、水晶振動板 2 に接合するた
めの封止側第 1 接合パターン 3 2 1 が形成されている。封止側第 1 接合パ
ターン 3 2 1 は、第 1 封止部材 3 の封止側第 1 封止部 3 2 上の全ての位置にお
いて同一幅とされる。

[0238] この封止側第 1 接合パターン 3 2 1 は、第 1 封止部材 3 上に物理的気相成
長させて形成された下地 P V D 膜 3 2 1 1 と、下地 P V D 膜 3 2 1 1 上に物
理的気相成長させて積層形成された電極 P V D 膜 3 2 1 2 とからなる。なお
、本実施の形態では、下地 P V D 膜 3 2 1 1 には、T i（もしくは C r）が
用いられ、電極 P V D 膜 3 2 1 2 には A u が用いられている。また、封止側

第1接合パターン321は、非Snパターンである。具体的には、封止側第1接合パターン321は、複数の層が他主面312の封止側第1封止部32上に積層して構成され、その最下層側からTi層（もしくはCr層）とAu層とが蒸着形成されている。また、封止側第1接合パターン321では、電極PVD膜3212が平面視うろこ状体の表面となる。

[0239] また、第1封止部材3の一主面311には、発振回路素子であるIC5を搭載する搭載パッドを含む6つの電極パターン33が形成されている。これら6つの電極パターン33は、それぞれ個別に第9貫通孔341、第10貫通孔342、第11貫通孔343、第12貫通孔344、第13貫通孔345、第14貫通孔346に導かれている。なお、第10貫通孔342、第11貫通孔343、第12貫通孔344、第13貫通孔345は、発振器用導通を図るための貫通孔であり、第9貫通孔341（第2励振電極222の導通を図るための貫通孔）、第14貫通孔346（第1励振電極221の導通を図るための貫通孔）は、水晶振動板2用導通を図るための貫通孔である。

[0240] 第2封止部材4には、曲げ剛性（断面二次モーメント×ヤング率）が1000[N・mm²]以下の材料が用いられている。具体的には、第2封止部材4は、図29、32に示すように、1枚のガラスウエハから形成された直方体の基板であり、この第2封止部材4の一主面411（水晶振動板2に接合する面）は平坦平滑面（鏡面加工）として成形されている。

[0241] この第2封止部材4の一主面411には、水晶振動板2に接合するための封止側第2封止部42が設けられている。封止側第2封止部42は、図29に示すように第2封止部材4の一主面411の平面視左側に偏って位置する。

[0242] また、第2封止部材4の他主面412（水晶振動板2に面しない外方の主面）には、回路基板61に直接合する外部端子が形成されたファンクション部（図33、34参照）に電氣的に接続可能な4つの接続端子（第1接続端子433、第2接続端子434、第3接続端子435、第4接続端子436）が形成されている。第1接続端子433、第2接続端子434、第3接続

端子435、第4接続端子436は、4つの角部にそれぞれ形成されている。これら接続端子（第1接続端子433、第2接続端子434、第3接続端子435、第4接続端子436）は、他主面412上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜4331、4341、4351、4361と、下地PVD膜4331、4341、4351、4361上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜4332、4342、4352、4362とからなる。また、接続端子（第1接続端子433、第2接続端子434、第3接続端子435、第4接続端子436）の下地PVD膜4331、4341、4351、4361は、上記の振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252と封止側第1接合パターン321と封止側第2接合パターン421との各下地PVD膜2511、2521、3211、4211と同様の厚みを有する。

[0243] また、第2封止部材4の封止側第2封止部42には、水晶振動板2に接合するための封止側第2接合パターン421が形成されている。封止側第2接合パターン421は、第2封止部材4の封止側第2封止部42上の全ての位置において同一幅とされる。

[0244] この封止側第2接合パターン421は、第2封止部材4上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜4211と、下地PVD膜4211上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜4212とからなる。なお、本実施の形態では、下地PVD膜4211には、Ti（もしくはCr）が用いられ、電極PVD膜4212にはAuが用いられている。また、封止側第2接合パターン421は、非Snパターンである。具体的には、封止側第2接合パターン421は、複数の層が一主面411の封止側第2封止部42上に積層して構成され、その最下層側からTi層（もしくはCr層）とAu層とが蒸着形成されている。また、封止側第2接合パターン421では、電極PVD膜4212が平面視うるこ状体の表面となる。

[0245] また、第2封止部材4には、図31～33に示すように、4つの貫通孔（第15貫通孔443、第16貫通孔444、第17貫通孔445、第18貫

通孔 4 4 6) が形成されている。これら第 1 5 貫通孔 4 4 3、第 1 6 貫通孔 4 4 4、第 1 7 貫通孔 4 4 5、第 1 8 貫通孔 4 4 6 は、内部空間 1 3 の外方に配され、第 1 5 貫通孔 4 4 3、第 1 6 貫通孔 4 4 4、第 1 7 貫通孔 4 4 5、第 1 8 貫通孔 4 4 6 は、内部空間 1 3 の内方に形成されない。

[0246] 上記構成からなる水晶発振器 1 0 2 では、従来の技術のような別途接合専用材を用いずに、水晶振動板 2 と第 1 封止部材 3 とが振動側第 1 接合パターン 2 5 1 及び封止側第 1 接合パターン 3 2 1 を重ね合わせた状態で拡散接合され、水晶振動板 2 と第 2 封止部材 4 とが振動側第 2 接合パターン 2 5 2 及び封止側第 2 接合パターン 4 2 1 を重ね合わせた状態で拡散接合されて、図 3 1 に示すサンドイッチ構造のパッケージ 1 2 が製造される。なお、振動側第 1 接合パターン 2 5 1 及び封止側第 1 接合パターン 3 2 1 自身が拡散接合後に生成される接合材 1 1 となり、振動側第 2 接合パターン 2 5 2 及び封止側第 2 接合パターン 4 2 1 自身が拡散接合後に生成される接合材 1 1 となる。本実施の形態では、拡散接合を常温 (5℃～35℃) で行っている。しかしながら、常温拡散接合だけに限定されるものではなく、常温以上 230℃未満の温度下で拡散接合されていればよい。特に、200℃以上 230℃未満の温度下において拡散接合することで、Pb フリー半田の融点である 230℃未満であり、さらに Au の再結晶温度 (200℃) 以上となるので、接合部分の不安定領域を安定化できる。また本実施の形態では Au-Sn という接合専用材を使用していないため、メッキガス、バインダーガス、金属ガス等の発生がない。よって Au の再結晶温度以上にすることができる。

[0247] また、ここで製造されたパッケージ 1 2 では、上記の通り、拡散接合により封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と振動側第 1 接合パターン 2 5 1 とが接合され、封止側第 2 接合パターン 4 2 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 とが接合されているが、この接合以外に、封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と振動側第 1 接合パターン 2 5 1 とが加圧拡散接合され、封止側第 2 接合パターン 4 2 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 とが加圧拡散接合されてもよい。この場合、加圧することで接合箇所を確保し易くなり (接合面積を実質的に増

やすことができ）、高温加熱を用いずに拡散接合のみによる接合をさらに良好に行うことができる。

[0248] また、ここで製造されたパッケージ 12 では、第 1 封止部材 3 と水晶振動板 2 とは、 $1.00\mu\text{m}$ 以下のギャップを有し、第 2 封止部材 4 と水晶振動板 2 とは、 $1.00\mu\text{m}$ 以下のギャップを有する。つまり、第 1 封止部材 3 と水晶振動板 2 との間の接合材 11 の厚みが、 $1.00\mu\text{m}$ 以下であり、第 2 封止部材 4 と水晶振動板 2 との間の接合材 11 の厚みが、 $1.00\mu\text{m}$ 以下（具体的には、本実施の形態の Au-Au 接合では $0.15\mu\text{m}\sim 1.00\mu\text{m}$ ）である。なお、比較として、Sn を用いた従来の金属ペースト封止材では、 $5\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ となる。

[0249] また、ここで製造されたパッケージ 12 では、図 31 に示すように、内部空間 13 が平面視左側に偏って位置する。また、第 1 封止部材 3 に形成された封止側第 1 接合パターン 321 と、第 2 封止部材 4 に形成された封止側第 2 接合パターン 421 とは、平面視において重畳しない。具体的には、封止側第 1 接合パターン 321 内における平面視領域が、封止側第 2 接合パターン 421 内における平面視領域より広い。なお、本実施の形態では、封止側第 1 接合パターン 321 内における平面視領域が、封止側第 2 接合パターン 421 内における平面視領域より広いが、これに限定されるものでなく、封止側第 2 接合パターン 421 内における平面視領域が、封止側第 1 接合パターン 321 内における平面視領域より広くてもよい。しかしながら、第 2 封止部材に、接続端子（第 1 接続端子 433、第 2 接続端子 434、第 3 接続端子 435、第 4 接続端子 436）を形成しているため、封止側第 1 接合パターン 321 内における平面視領域が、封止側第 2 接合パターン 421 内における平面視領域より広くなる。したがって、配線パターンの引き回し（導通経路の確保）が容易になり、さらに配線パターンの引き回し領域（導通確保領域）を多くとることができる。

[0250] また、水晶振動板 2 に形成された振動側第 1 接合パターン 251 及び振動側第 2 接合パターン 252 に比べて、第 1 封止部材 3 に形成された封止側第

1 接合パターン 3 2 1、及び第 2 封止部材 4 に形成された封止側第 2 接合パターン 4 2 1 の幅が広い。

[0251] また、本実施の形態では、IC 5 を設けるためのスペースを水晶振動板 2 に設けなくてもよく、パッケージの低背化を行うことができる。また、第 1 封止部材 3 の一主面 3 1 1 に形成された IC 5 用のパターンを変えるだけで任意の発振条件に対応させることができる。また、IC 5 の裏面にマーキングが可能となり、第 1 封止部材 3 に透明部材料を用いた場合であっても特殊マーキングが不要となる。また、従来の技術では、第 1 封止部材 3 や水晶振動板 2 などに凹部を設けて、IC 5 を必ず凹部に実装していたため、圧電振動デバイスの外形は必ず IC 5 よりも大きくなっていた。しかしながら、本実施の形態によれば、第 1 封止部材 3 では、一主面 3 1 1 に IC 5 が設けられ、他主面 3 1 2 が水晶振動板 2 の一主面 2 1 1 に接合されるので、IC 5 のサイズと水晶発振器 1 0 2 のサイズとを同じにすることができ、小型化及び低背化に有利である。

[0252] また、水晶振動板 2 に形成された振動側第 1 接合パターン 2 5 1 及び振動側第 2 接合パターン 2 5 2 に比べて、第 1 封止部材 3 に形成された封止側第 1 接合パターン 3 2 1、及び第 2 封止部材 4 に形成された封止側第 2 接合パターン 4 2 1 は、幅が広い。

[0253] 本実施の形態では、上記の通り製造されたパッケージ 1 2 に対して、回路基板 6 1 に直接合する外部端子（第 1 外部電極端子 7 2 1、第 2 外部電極端子 7 2 2、第 3 外部電極端子 7 2 3、第 4 外部電極端子 7 2 4、第 5 外部電極端子 7 2 5、第 6 外部電極端子 7 2 6）が形成されたファンクション部 7（図 3 3、3 4 参照）が設けられており、ファンクション部 7 に搭載された素子によって様々な用途の水晶発振器 1 0 2（機能拡張型の水晶発振器 1 0 2）となる。具体的には、第 2 封止部材 4 とファンクション部 7 とが、接続端子（第 1 接続端子 4 3 3、第 2 接続端子 4 3 4、第 3 接続端子 4 3 5、第 4 接続端子 4 3 6）と内部電極端子（第 1 内部電極端子 7 1 1、第 2 内部電極端子 7 1 2、第 3 内部電極端子 7 1 3、第 4 内部電極端子 7 1 4）を重ね

合わせた状態で拡散接合されて機能拡張型の水晶発振器 102 が製造される。そして、図 31 に示すように、機能拡張型の水晶発振器 102 が回路基板 61 に流動性導電接合材 62 を用いて直接合されるので、水晶振動子 101、IC5、ファンクション部 7 に搭載された素子はそれぞれ、回路基板 61 と電氣的に接続される。なお、ここで製造された機能拡張型の水晶発振器 102 では、第 2 封止部材 4 とファンクション部 7 とは、 $1.00\mu\text{m}$ 以下のギャップを有する（具体的には、本実施の形態の Au-Au 接合では $0.15\mu\text{m}\sim 1.00\mu\text{m}$ ）。なお、比較として、Sn を用いた従来の金属ペースト封止材では、 $5\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ となる。

[0254] ファンクション部 7 の一主面 701（振動部 23 に面する内方の主面）は、図 33 に示すように、第 2 封止部材 4 に形成された接続端子（第 1 接続端子 433、第 2 接続端子 434、第 3 接続端子 435、第 4 接続端子 436）に直接合し、第 2 封止部材 4 に電氣的に接続する内部電極端子（第 1 内部電極端子 711、第 2 内部電極端子 712、第 3 内部電極端子 713、第 4 内部電極端子 714）と、素子（例えば、ヒータ素子、温調素子、L 素子など）を接続する第 5 内部電極端子 715 及び第 6 内部電極端子 716 が形成されている。第 1 内部電極端子 711 は、第 1 接続端子 433 に電氣的に直接接続され、第 2 内部電極端子 712 は、第 2 接続端子 434 に電氣的に直接接続され、第 3 内部電極端子 713 は、第 3 接続端子 435 に電氣的に直接接続され、第 4 内部電極端子 714 は、第 4 接続端子 436 に電氣的に直接接続されている。これら内部電極端子（第 1 内部電極端子 711、第 2 内部電極端子 712、第 3 内部電極端子 713、第 4 内部電極端子 714、第 5 内部電極端子 715、第 6 内部電極端子 716）は、一主面 701 上に物理的気相成長させて形成された下地 PVD 膜 7111、7121、7131、7141、7151、7161 と、下地 PVD 膜 7111、7121、7131、7141、7151、7161 上に物理的気相成長させて積層形成された電極 PVD 膜 7112、7122、7132、7142、7152、7162 とからなる。また、内部電極端子（第 1 内部電極端子 711、第 2

内部電極端子 7 1 2、第 3 内部電極端子 7 1 3、第 4 内部電極端子 7 1 4、第 5 内部電極端子 7 1 5、第 6 内部電極端子 7 1 6) の下地 P V D 膜 7 1 1 1、7 1 2 1、7 1 3 1、7 1 4 1、7 1 5 1、7 1 6 1 は、上記の振動側第 1 接合パターン 2 5 1 と振動側第 2 接合パターン 2 5 2 と封止側第 1 接合パターン 3 2 1 と封止側第 2 接合パターン 4 2 1 と接続端子 (第 1 接続端子 4 3 3、第 2 接続端子 4 3 4、第 3 接続端子 4 3 5、第 4 接続端子 4 3 6) の各下地 P V D 膜 2 5 1 1、2 5 2 1、3 2 1 1、4 2 1 1、4 3 3 1、4 3 4 1、4 3 5 1、4 3 6 1 に対して同等の厚みを有する。

[0255] また、ファンクション部 7 の他主面 7 0 2 (振動部 2 3 に面しない外方の主面) には、図 3 4 に示すように、回路基板 6 1 に直接合するとともに電氣的に接続される 6 つの外部端子 (第 1 外部電極端子 7 2 1、第 2 外部電極端子 7 2 2、第 3 外部電極端子 7 2 3、第 4 外部電極端子 7 2 4、第 5 外部電極端子 7 2 5、第 6 外部電極端子 7 2 6) が形成されている。第 1 外部電極端子 7 2 1 は、第 1 内部電極端子 7 1 1 にファンクション部用貫通孔 7 0 3 を介して電氣的に直接接続され、第 2 外部電極端子 7 2 2 は、第 2 内部電極端子 7 1 2 にファンクション部用貫通孔 7 0 3 を介して電氣的に直接接続され、第 3 外部電極端子 7 2 3 は、第 3 内部電極端子 7 1 3 にファンクション部用貫通孔 7 0 3 を介して電氣的に直接接続され、第 4 外部電極端子 7 2 4 は、第 4 内部電極端子 7 1 4 にファンクション部用貫通孔 7 0 3 を介して電氣的に直接接続され、第 5 外部電極端子 7 2 5 は、第 5 内部電極端子 7 1 5 にファンクション部用貫通孔 7 0 3 を介して電氣的に直接接続され、第 6 外部電極端子 7 2 6 は、第 6 内部電極端子 7 1 6 にファンクション部用貫通孔 7 0 3 を介して電氣的に直接接続されている。これら 6 つの外部端子 (第 1 外部電極端子 7 2 1、第 2 外部電極端子 7 2 2、第 3 外部電極端子 7 2 3、第 4 外部電極端子 7 2 4、第 5 外部電極端子 7 2 5、第 6 外部電極端子 7 2 6) は、他主面 7 0 2 上に物理的気相成長させて形成された下地 P V D 膜 7 2 1 1、7 2 2 1、7 2 3 1、7 2 4 1、7 2 5 1、7 2 6 1 と、下地 P V D 膜 7 2 1 1、7 2 2 1、7 2 3 1、7 2 4 1、7 2 5 1、7 2 6 1 上に物

理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜7212、7222、7232、7242、7252、7262とからなる。また、上記の振動側第1接合パターン251と振動側第2接合パターン252と封止側第1接合パターン321と封止側第2接合パターン421と接続端子（第1接続端子433、第2接続端子434、第3接続端子435、第4接続端子436）と内部電極端子（第1内部電極端子711、第2内部電極端子712、第3内部電極端子713、第4内部電極端子714、第5内部電極端子715、第6内部電極端子716）との各下地PVD膜2511、2521、3211、4211、4331、4341、4351、4361、7111、7121、7131、7141、7151、7161に対して、外部端子（第1外部電極端子721、第2外部電極端子722、第3外部電極端子723、第4外部電極端子724、第5外部電極端子725、第6外部電極端子726）の下地PVD膜7211、7221、7231、7241、7251、7261は厚い。

[0256] また、上記のパッケージ12における封止側第1接合パターン321と振動側第1接合パターン251とが拡散接合された接合パターンの厚みは、封止側第2接合パターン421と振動側第2接合パターン252とが拡散接合された接合パターンの厚みと同じで、外部と電氣的に接続した外部端子（第1外部電極端子721、第2外部電極端子722、第3外部電極端子723、第4外部電極端子724、第5外部電極端子725、第6外部電極端子726）の厚みと異なり、外部端子（第1外部電極端子721、第2外部電極端子722、第3外部電極端子723、第4外部電極端子724、第5外部電極端子725、第6外部電極端子726）が他のパターンよりも厚い。

[0257] 図33、34に示すファンクション部7は、ヒータ素子を備えたヒータ部77が設けられたものである。ヒータ部77は、ファンクション部7の一主面701上に蛇行した電極膜を形成したものであり、ヒータ部77の電極膜の一端が第5内部電極端子715に電氣的に接続され、ヒータ部77の電極膜の他端が第6内部電極端子716に電氣的に接続されている。このファン

クション部 7 によれば、TCXO と OCXO との中間特性を有することができる。なお、本実施形態のヒータ部 77 は、内部電極端子間を蛇行する形状であるが、この形状に限られず、一主面 701 の略全面にわたる方形形状であってもよい。

[0258] なお、上記の通り、図 33、34 に示すファンクション部 7 は、ヒータ素子を備えたヒータ部 77 が設けられたものであるが、ファンクション部 7 は、ヒータ部 77 を設けたものに限定されるものではなく、任意の機能を備え、外部端子を形成していれば、ファンクション部 7 の形態は限定されない。例えば、上述したような温測素子部 73 が設けられたものや（図 13 参照）、L 素子のインダクタンス部 74 が設けられたものや（図 19、20 参照）、ファンクション部 7 の基板が、エポキシ基板、ガラス基板であっても、同様の作用効果を有する。また、水晶発振器 102 では、ファンクション部 7 の基板がセラミック基板であってもよく、この場合、回路基板 61 に流動性導電接合材 62 を介して機能拡張型的水晶発振器 102 を接合した際に、流動性導電接合材 62 の這い上がりを確認することができる。

[0259] なお、上記の本実施の形態にかかる水晶発振器 102 では、外部端子を第 1 外部電極端子 721、第 2 外部電極端子 722、第 3 外部電極端子 723、第 4 外部電極端子 724、第 5 外部電極端子 725、第 6 外部電極端子 726 の 6 端子としているが、これに限定されるものではなく、外部端子が 4 端子や 8 端子といった任意の端子のものについても本発明を適用することができる。

[0260] さらに、他の具体例として図 35、36 に示すように、6 つの外部電極端子 765 は、ファンクション部 7 の他主面 702 に形成されており、ファンクション部 7 の一主面 701 には、パッケージ 12 が接合され、さらに、パッケージ 12 に隣接して、任意の電子部品素子 8 が接合されていてもよい。電子部品素子 8 には、サーミスタを用い、温度補償回路を追加してもよい。また、電子部品素子 8 に、第 1 封止部材 3 と第 2 封止部材 4 と水晶振動板 2 とからなるパッケージ 12 を用い、複数のタイミングデバイスを使用しても

よい。この場合、１つの基板（ファンクション部７）上に複数のパッケージ１２を搭載することができ、その結果、図２９に示すように、Vccの外部電極端子７６５とGNDの外部電極端子７６５の共通化を図ることができ、高密度実装を図ることができる。

[0261] 上記の通り、本実施の形態にかかる水晶発振器１０２によれば、上記のサンドイッチ構造の水晶振動子１０１と同様の作用効果を有する。つまり、本実施の形態にかかる水晶発振器１０２によれば、VCXO、SPXO、TCXO、OCXO等の様々な用途に対応することができる。このように、VCXO、SPXO、TCXO、OCXO等の任意の機能を有する水晶発振器１０２とすることができるので、水晶発振器１０２の機能の自由度を高めることができる。

[0262] また、第１封止部材３の一主面３１１にIC５が設けられ、他主面３１２に封止側第１接合パターン３２１が形成されるので、一主面３１１に封止側第１接合パターン３２１を形成することなく、IC５から引き回し形成する発振回路パターンのパターンニングを簡易化させることができ、その結果、様々な特性のIC５を搭載することができる。また、IC５および発振回路パターンの引き回しを簡易化することができるので、低背化に寄与する。特に、従来のパッケージ型の構造では、発振回路素子の平面視サイズよりも必ず大きいパッケージが必要であったが、本実施の形態によれば、IC５のサイズと同等の平面視サイズにすることができ、小型化もできる。また、発振回路パターンのパターンニング変更を行うだけで、様々な特性のIC５を搭載することができ、様々な用途に対応させた多品種の生産を行う場合であっても、水晶振動板２と第２封止部材４とを共通化することができ、製造コスト削減に寄与する。

[0263] また、第１封止部材３、第２封止部材４、及び水晶振動板２には、透明部材が用いられているので、通常マーキングができないが、第１封止部材３の一主面３１１にIC５が設けられるので、IC５を用いてマーキングが可能となる。

[0264] なお、本発明は、その精神や主旨または主要な特徴から逸脱することなく、他のいろいろな形で実施することができる。そのため、上述の実施の形態はあらゆる点で単なる例示にすぎず、限定的に解釈してはならない。本発明の範囲は特許請求の範囲によって示すものであって、明細書本文には、なんら拘束されない。さらに、特許請求の範囲の均等範囲に属する変形や変更は、全て本発明の範囲内のものである。

[0265] 例えば、上記の通り、2つの本実施の形態では、サンドイッチ構造の圧電振動デバイスを用いているが、サンドイッチ構造の圧電振動デバイスに限定されるものではなく、圧電振動板自体を気密封止するリッドとベースとから構成されるパッケージ構造の圧電振動デバイスにも適用可能である。

[0266] この出願は、2013年12月20日に日本で出願された特願2013-264219号、2013年12月24日に日本で出願された特願2013-265924号、2014年1月21日に日本で出願された特願2014-008801号に基づく優先権を請求する。これに言及することにより、その全ての内容は本出願に組み込まれるものである。

産業上の利用可能性

[0267] 本発明は、圧電振動板の基板の材料に水晶を用いた水晶振動デバイス（水晶振動子や水晶発振器等）に好適である。

符号の説明

- [0268] 101 水晶振動子
102 水晶発振器
11 接合材
12 パッケージ
13 内部空間
2 水晶振動板
211 一主面
212 他主面
213 導通路

- 2 2 1 第1励振電極
- 2 2 2 第2励振電極
- 2 2 3 第1引出電極
- 2 2 4 第2引出電極
- 2 3 振動部
- 2 4 切り欠き部
 - 2 4 1 平面視凹形状体
 - 2 4 2 平面視長方形形状体
- 2 5 振動側封止部
 - 2 5 1 振動側第1接合パターン
 - 2 5 1 1 下地PVD膜
 - 2 5 1 2 電極PVD膜
 - 2 5 2 振動側第2接合パターン
 - 2 5 2 1 下地PVD膜
 - 2 5 2 2 電極PVD膜
- 2 6 1 第1貫通孔
- 2 6 2 第4貫通孔
- 2 6 3 第5貫通孔
- 2 6 4 第6貫通孔
- 2 6 5 第7貫通孔
- 2 6 6 第8貫通孔
- 3 第1封止部材
 - 3 1 1 一主面
 - 3 1 2 他主面
 - 3 2 封止側第1封止部
 - 3 2 1 封止側第1接合パターン
 - 3 2 1 1 下地PVD膜
 - 3 2 1 2 電極PVD膜

3 3 電極パターン

3 4 1 第9貫通孔

3 4 2 第10貫通孔

3 4 3 第11貫通孔

3 4 4 第12貫通孔

3 4 5 第13貫通孔

3 4 6 第14貫通孔

4 第2封止部材

4 1 1 一主面

4 1 2 他主面

4 2 封止側第2封止部

4 2 1 封止側第2接合パターン

4 2 1 1 下地PVD膜

4 2 1 2 電極PVD膜

4 3 1 一接続端子

4 3 1 1 下地PVD膜

4 3 1 2 電極PVD膜

4 3 2 他接続端子

4 3 2 1 下地PVD膜

4 3 2 2 電極PVD膜

4 3 3 第1接続端子

4 3 3 1 下地PVD膜

4 3 3 2 電極PVD膜

4 3 4 第2接続端子

4 3 4 1 下地PVD膜

4 3 4 2 電極PVD膜

4 3 5 第3接続端子

4 3 5 1 下地PVD膜

- 4 3 5 2 電極 P V D 膜
- 4 3 6 第 4 接続端子
- 4 3 6 1 下地 P V D 膜
- 4 3 6 2 電極 P V D 膜
- 4 4 1 第 2 貫通孔
- 4 4 2 第 3 貫通孔
- 4 4 3 第 1 5 貫通孔
- 4 4 4 第 1 6 貫通孔
- 4 4 5 第 1 7 貫通孔
- 4 4 6 第 1 8 貫通孔
- 5 I C
- 6 1 回路基板
- 6 2 流動性導電接合材
- 7 ファンクション部
- 7 0 1 一主面
- 7 0 2 他主面
- 7 0 3 ファンクション部用貫通孔
- 7 1 1 第 1 内部電極端子
- 7 1 1 1 下地 P V D 膜
- 7 1 1 2 電極 P V D 膜
- 7 1 2 第 2 内部電極端子
- 7 1 2 1 下地 P V D 膜
- 7 1 2 2 電極 P V D 膜
- 7 1 3 第 3 内部電極端子
- 7 1 3 1 下地 P V D 膜
- 7 1 3 2 電極 P V D 膜
- 7 1 4 第 4 内部電極端子
- 7 1 4 1 下地 P V D 膜

- 7 1 4 2 電極 P V D 膜
- 7 1 5 第 5 内部電極端子
- 7 1 5 1 下地 P V D 膜
- 7 1 5 2 電極 P V D 膜
- 7 1 6 第 6 内部電極端子
- 7 1 6 1 下地 P V D 膜
- 7 1 6 2 電極 P V D 膜
- 7 2 1 第 1 外部電極端子
- 7 2 1 1 下地 P V D 膜
- 7 2 1 2 電極 P V D 膜
- 7 2 2 第 2 外部電極端子
- 7 2 2 1 下地 P V D 膜
- 7 2 2 2 電極 P V D 膜
- 7 2 3 第 3 外部電極端子
- 7 2 3 1 下地 P V D 膜
- 7 2 3 2 電極 P V D 膜
- 7 2 4 第 4 外部電極端子
- 7 2 4 1 下地 P V D 膜
- 7 2 4 2 電極 P V D 膜
- 7 2 5 第 5 外部電極端子
- 7 2 5 1 下地 P V D 膜
- 7 2 5 2 電極 P V D 膜
- 7 2 6 第 6 外部電極端子
- 7 2 6 1 下地 P V D 膜
- 7 2 6 2 電極 P V D 膜
- 7 3 温測素子部
- 7 4 インダクタンス部
- 7 4 1 L 素子用貫通孔

7 6 5 外部電極端子

7 7 ヒータ部

8 電子部品素子

請求の範囲

[請求項1]

基板の一主面に第1励振電極が形成され、前記基板の他主面に前記第1励振電極と対になる第2励振電極が形成された圧電振動板と、

前記圧電振動板の前記第1励振電極を覆う第1封止部材と、

前記圧電振動板の前記第2励振電極を覆い、外部に電氣的に接続する外部端子が設けられた第2封止部材と、が設けられ、

前記第1封止部材と前記圧電振動板とが接合され、前記第2封止部材と前記圧電振動板とが接合されて、前記第1励振電極と前記第2励振電極とを含む前記圧電振動板の振動部を気密封止した内部空間が形成された圧電振動デバイスにおいて、

前記圧電振動板の一主面には、前記第1封止部材に接合するための振動側第1接合パターンが形成され、前記振動側第1接合パターンは、前記一主面上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜と、前記下地PVD膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜とからなり、

前記圧電振動板の他主面には、前記第2封止部材に接合するための振動側第2接合パターンが形成され、前記振動側第2接合パターンは、前記他主面上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜と、前記下地PVD膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜とからなり、

前記第1封止部材には、前記圧電振動板に接合するための封止側第1接合パターンが形成され、前記封止側第1接合パターンは、前記第1封止部材上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜と、前記下地PVD膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜とからなり、

前記第2封止部材には、前記圧電振動板に接合するための封止側第2接合パターンが形成され、前記封止側第2接合パターンは、前記第2封止部材上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜と、前

記下地 P V D 膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極 P V D 膜とからなり、

前記封止側第 1 接合パターンと前記振動側第 1 接合パターンとが拡散接合され、前記封止側第 2 接合パターンと前記振動側第 2 接合パターンとが拡散接合されたことを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項2] 請求項 1 に記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記封止側第 1 接合パターンと前記振動側第 1 接合パターンとが常温拡散接合され、前記封止側第 2 接合パターンと前記振動側第 2 接合パターンとが常温拡散接合されたことを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項3] 請求項 1 または 2 に記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記封止側第 1 接合パターンと前記振動側第 1 接合パターンとが、常温以上 230℃未満の温度下で拡散接合され、前記封止側第 2 接合パターンと前記振動側第 2 接合パターンとが、常温以上 230℃未満の温度下で拡散接合されたことを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項4] 請求項 1 乃至 3 のうちいずれか 1 つに記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記圧電振動板の一主面に形成された前記第 1 励振電極と前記振動側第 1 接合パターンとは同一厚みを有し、前記第 1 励振電極と前記振動側第 1 接合パターンとの表面が同一金属からなり、

前記圧電振動板の他主面に形成された前記第 2 励振電極と前記振動側第 2 接合パターンとは同一厚みを有し、前記第 2 励振電極と前記振動側第 2 接合パターンとの表面が同一金属からなることを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項5] 請求項 1 乃至 4 のうちいずれか 1 つに記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記振動側第 1 接合パターンと前記振動側第 2 接合パターンとでは、前記下地 P V D 膜が単一の材料からなり、前記電極 P V D 膜が単一

の材料からなり、前記下地 P V D 膜よりも前記電極 P V D 膜の方が厚いことを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項6] 請求項 1 乃至 5 のうちいずれか 1 つに記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記第 2 封止部材において、前記圧電振動板に面しない外方の主面には、外部と電氣的に接続するための外部端子が形成され、前記外部端子は、前記外方の主面上に物理的気相成長させて形成された下地 P V D 膜と、下地 P V D 膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極 P V D 膜とからなり、

前記振動側第 1 接合パターンと前記振動側第 2 接合パターンと前記封止側第 1 接合パターンと前記封止側第 2 接合パターンとの各前記下地 P V D 膜の厚みに対して、前記外部端子の前記下地 P V D 膜の厚みが厚いことを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項7] 請求項 1 乃至 6 のうちいずれか 1 つに記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記電極 P V D 膜には、A u が用いられたことを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項8] 請求項 1 乃至 7 のうちいずれか 1 つに記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記振動側第 1 接合パターンと前記振動側第 2 接合パターンと前記封止側第 1 接合パターンと前記封止側第 2 接合パターンは、非 S n パターンであることを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項9] 請求項 1 乃至 8 のうちいずれか 1 つに記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記振動側第 1 接合パターンと前記振動側第 2 接合パターンと前記封止側第 1 接合パターンと前記封止側第 2 接合パターンには、C u が含まれたことを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項10] 請求項 1 乃至 9 のうちいずれか 1 つに記載の圧電振動デバイスにお

いて、

前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが加圧拡散接合され、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが加圧拡散接合されたことを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項11] 請求項1乃至10のうちいずれか1つに記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記第1封止部材と前記第2封止部材には、曲げ剛性（断面二次モーメント×ヤング率）が1000 [N・mm²] 以下の材料が用いられたことを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項12] 請求項1乃至11のうちいずれか1つに記載の圧電振動デバイスにおいて、

接合専用部材を用いずに、前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが加圧拡散接合され、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが加圧拡散接合されたことを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項13] 請求項1乃至12のうちいずれか1つに記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記第2封止部材において、前記圧電振動板に面しない外方の主面には、外部と電氣的に接続するための外部端子が形成され、前記外部端子は、前記外方の主面上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜と、下地PVD膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜とからなり、

前記封止側第1接合パターンと前記振動側第1接合パターンとが拡散接合された接合パターンの厚みは、前記封止側第2接合パターンと前記振動側第2接合パターンとが拡散接合された接合パターンの厚みと同じで、外部と電氣的に接続した前記外部端子の厚みと異なることを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項14] 請求項1乃至13のうちいずれか1つに記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記第2封止部材に、前記内部空間の外方に配された貫通孔が形成され、前記内部空間の内方には前記貫通孔が形成されていないことを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項15] 請求項1乃至14のうちいずれか1つに記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記第1封止部材に形成された前記封止側第1接合パターンと、前記第2封止部材に形成された前記封止側第2接合パターンとは、平面視において重畳しないことを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項16] 請求項1乃至15のうちいずれか1つに記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記圧電振動板の一主面及び他主面には、前記第1封止部材及び第2封止部材に封止接合するための振動側第1接合パターン及び振動側第2接合パターンが夫々形成され、前記圧電振動板に形成された前記振動側第1接合パターン及び前記振動側第2接合パターンに比べて、前記第1封止部材に形成された前記封止側第1接合パターン、及び前記第2封止部材に形成された前記封止側第2接合パターンの幅が広いことを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項17] 請求項1乃至16のうちいずれか1つに記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記第1封止部材では、一主面に発振回路素子が設けられ、他主面が前記圧電振動板の前記一主面に接合されたことを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項18] 請求項1乃至17のうちいずれか1つに記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記第1封止部材と前記圧電振動板とは、 $1.00\mu\text{m}$ 以下のギャップを有し、前記第2封止部材と前記圧電振動板とは、 $1.00\mu\text{m}$

以下のギャップを有することを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項19]

請求項1に記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記振動側第1接合パターンは、前記第1励振電極に接続され、前記振動側第2接合パターンは、前記第2励振電極に接続され、

前記第2励振電極は、前記外部端子のうち前記第1励振電極に接続された一外部端子に重畳せず、前記外部端子のうち前記第2励振電極に接続された他外部端子に重畳することとし、

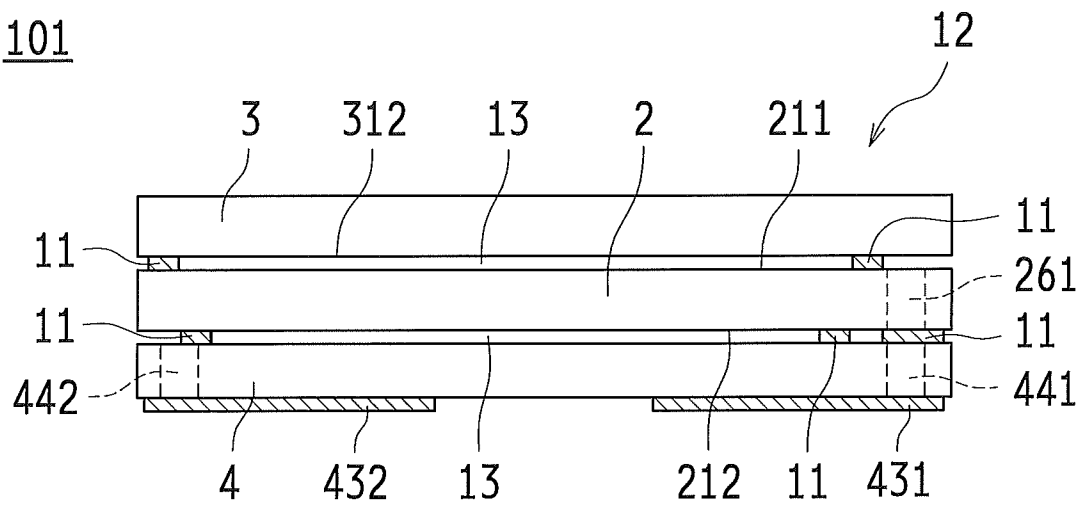
前記第1封止部材と前記圧電振動板とは、 $1.00\mu\text{m}$ 以下のギャップを有し、前記第2封止部材と前記圧電振動板とは、 $1.00\mu\text{m}$ 以下のギャップを有することを特徴とする圧電振動デバイス。

[請求項20]

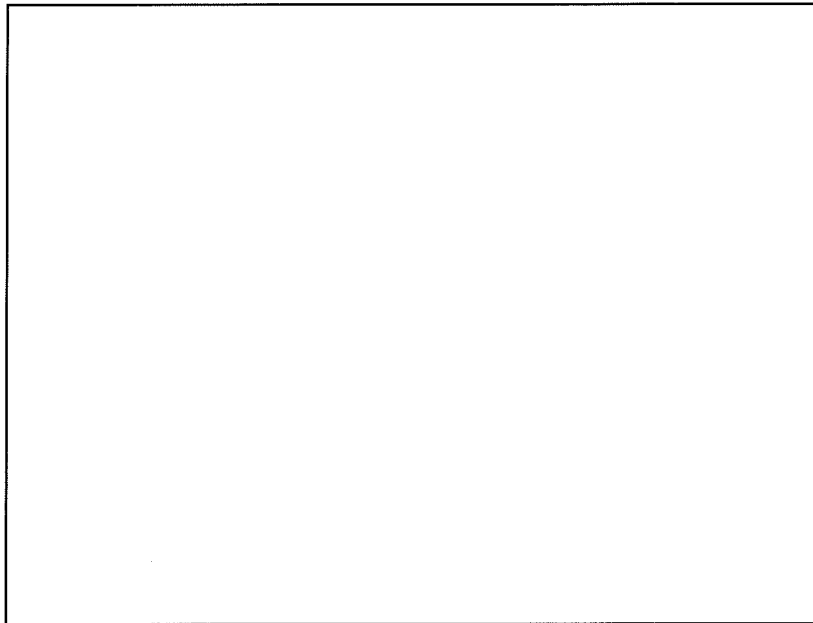
請求項1に記載の圧電振動デバイスにおいて、

前記第2封止部材では、前記圧電振動板に面しない主面に、回路基板に直接合する外部端子が形成されたファンクション部に拡散接合するための接続端子が形成され、前記接続端子は、前記圧電振動板に面しない主面上に物理的気相成長させて形成された下地PVD膜と、前記下地PVD膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極PVD膜とからなることを特徴とする圧電振動デバイス。

[図1]

101

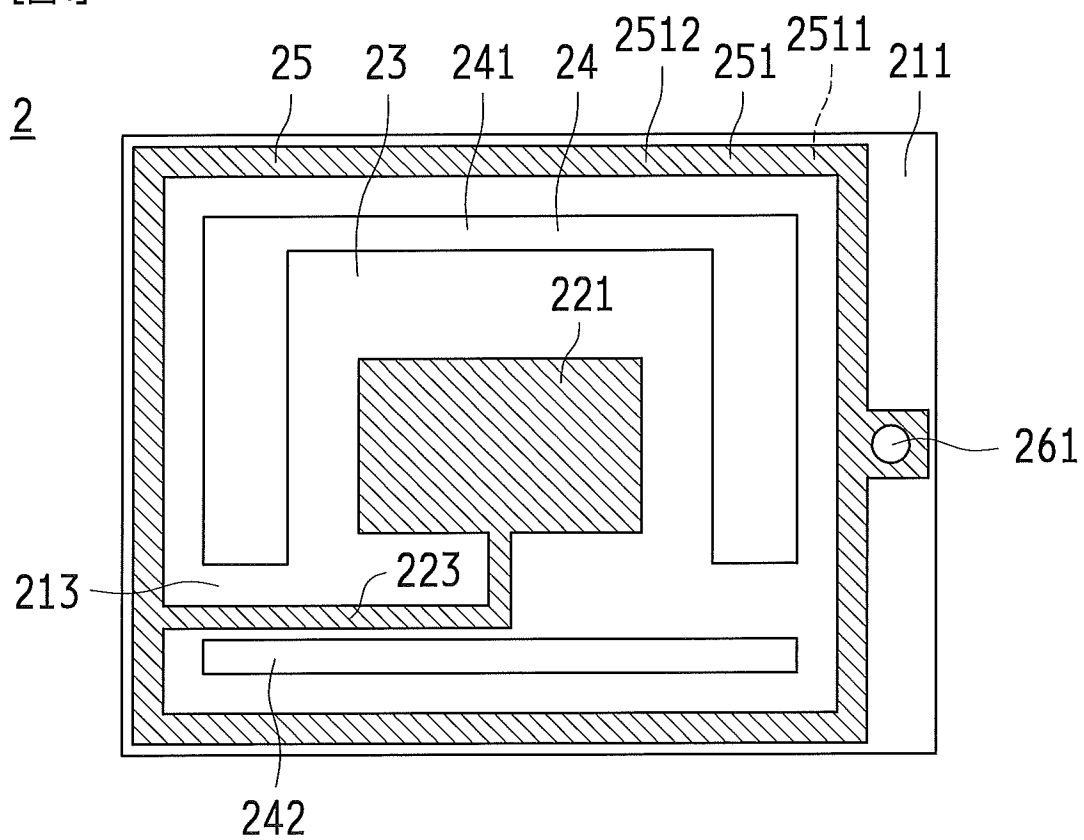
[図2]

3

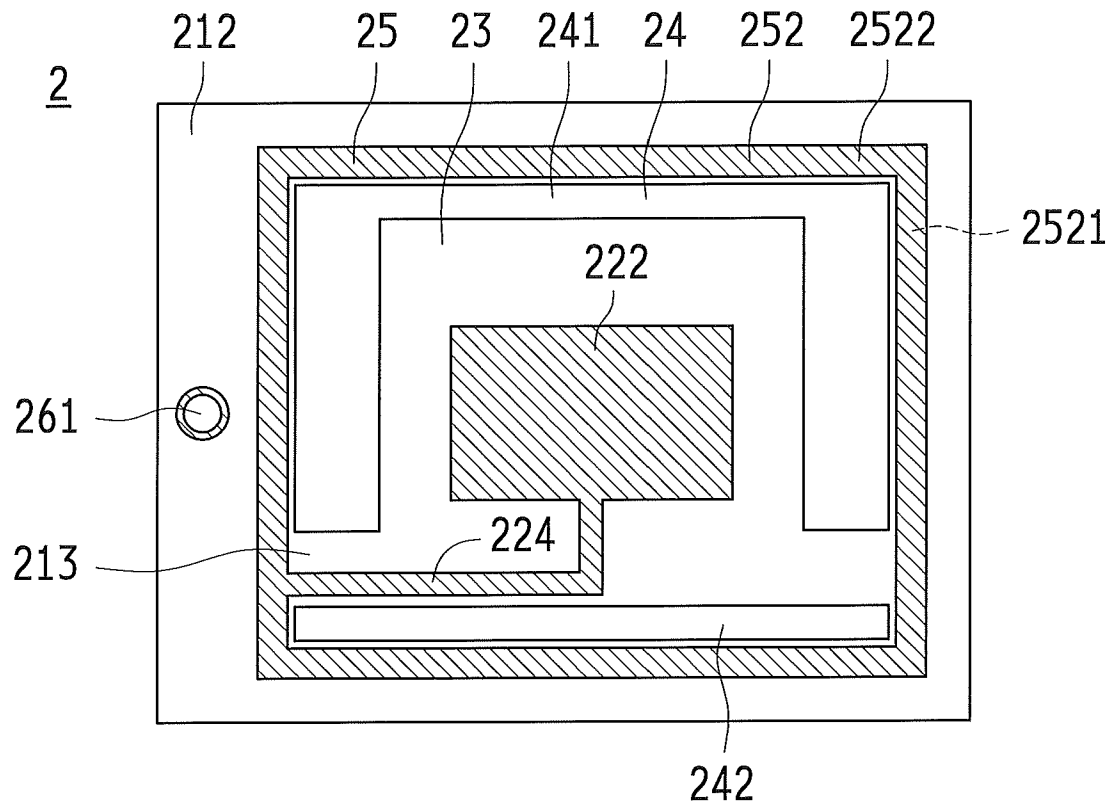
3



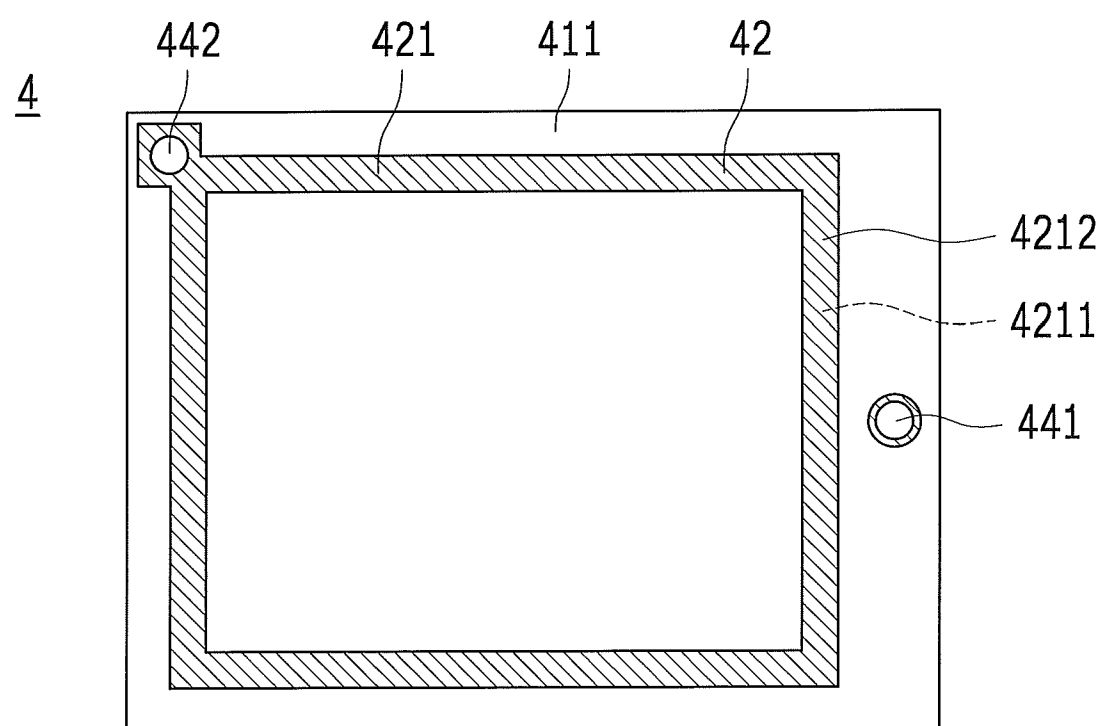
2



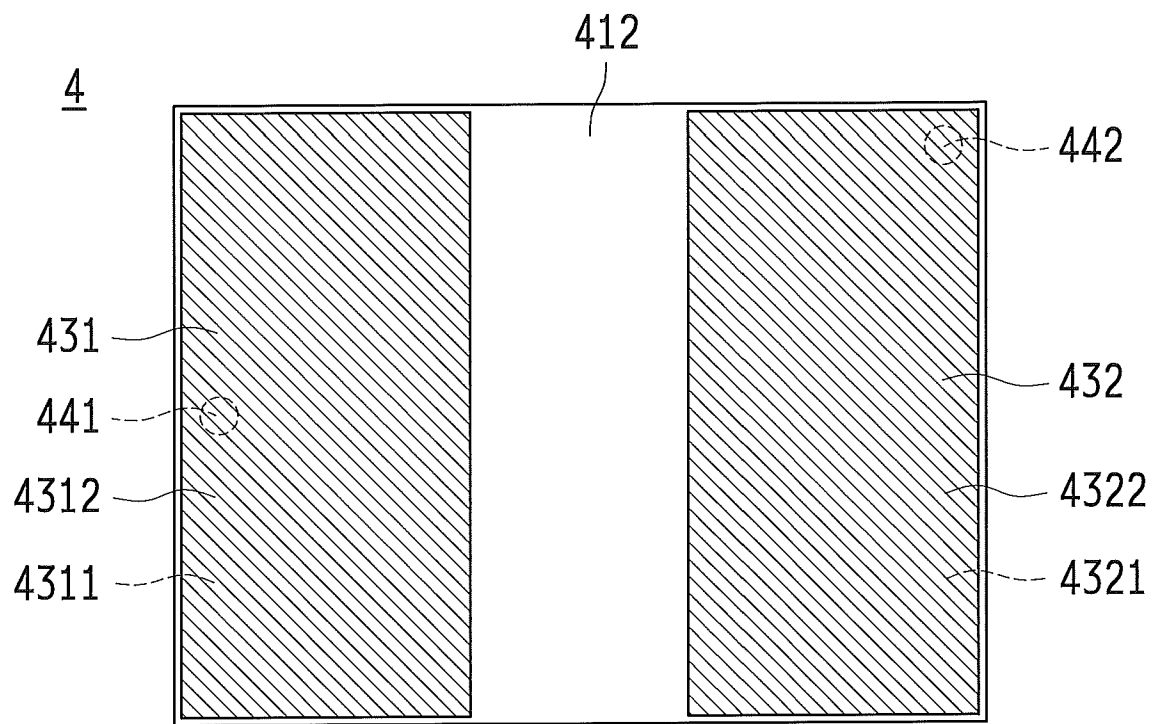
[図5]



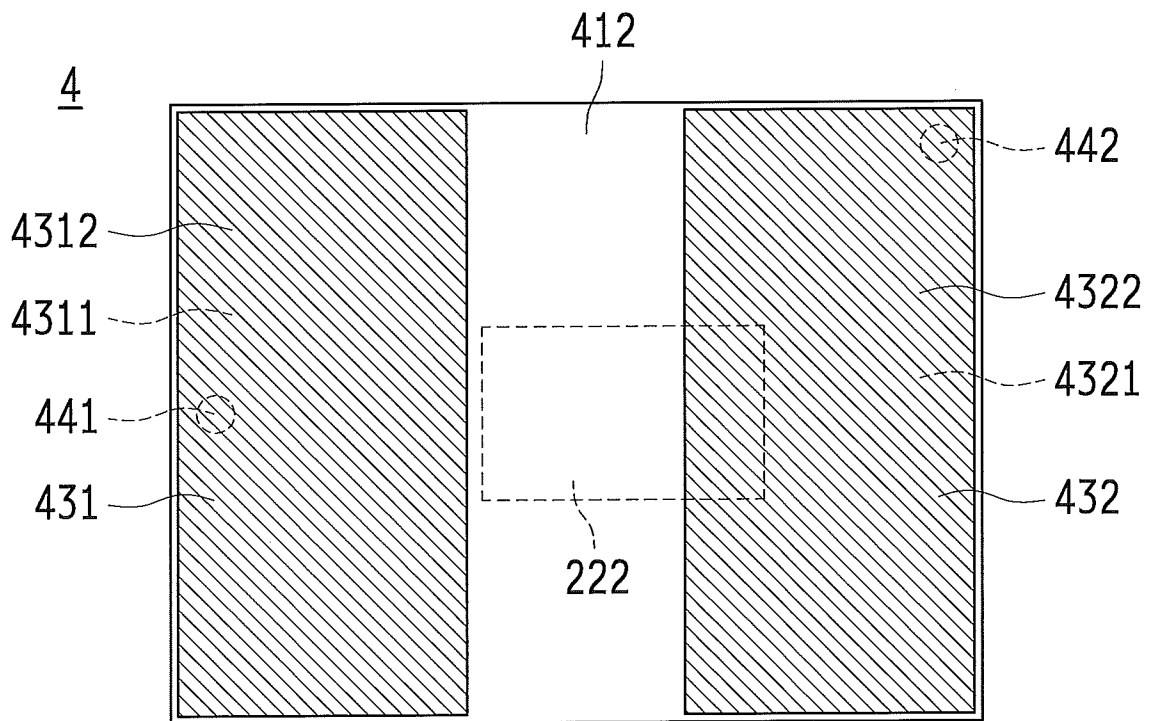
[図6]



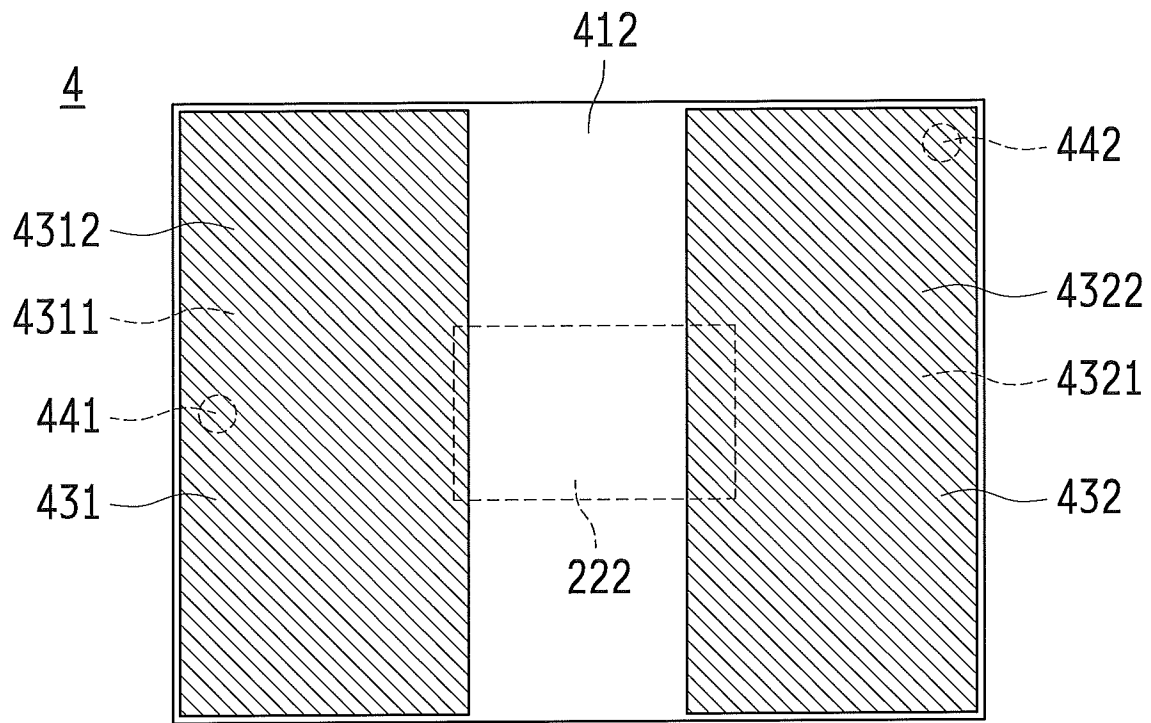
[図7]



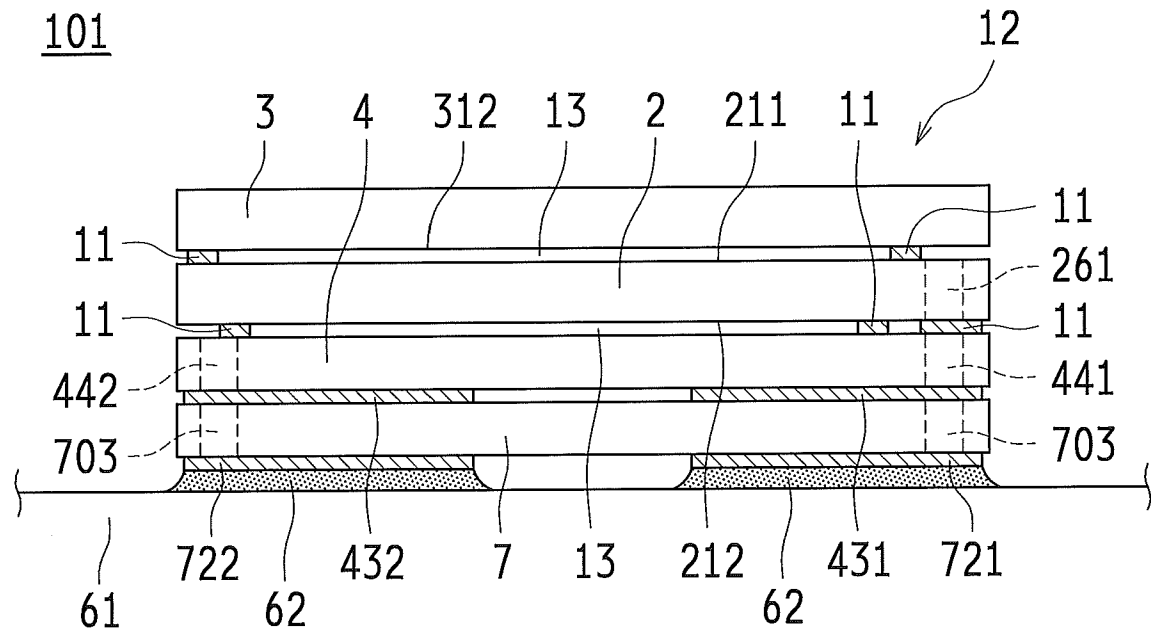
[図8]



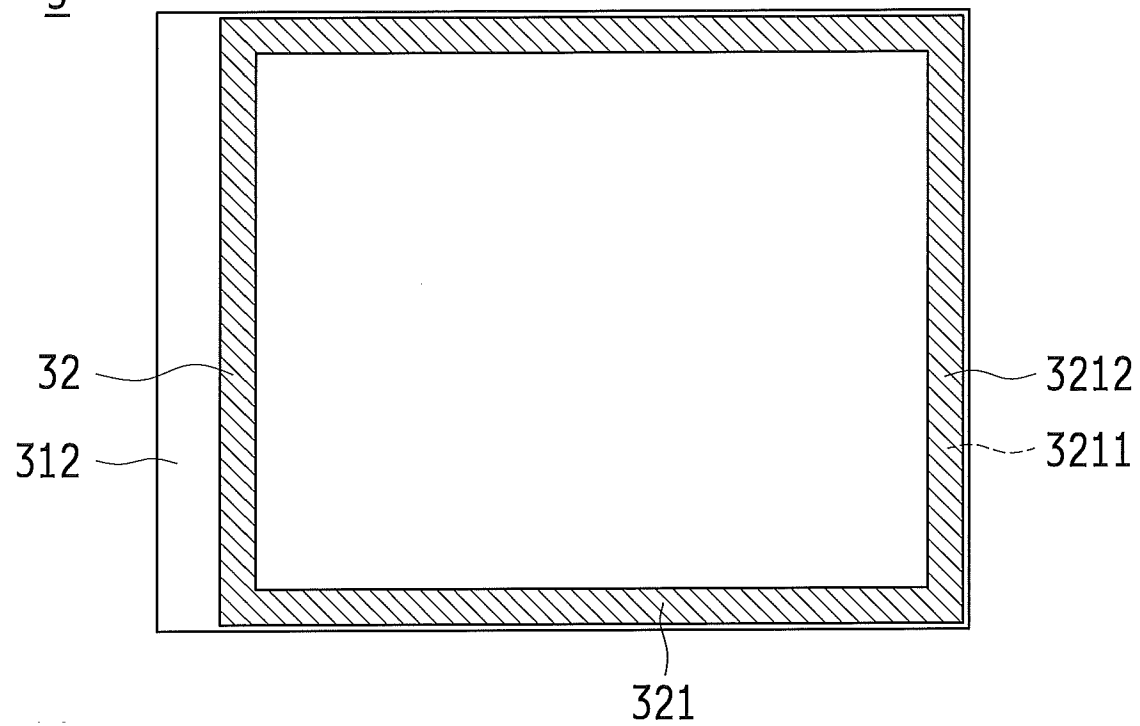
[図9]



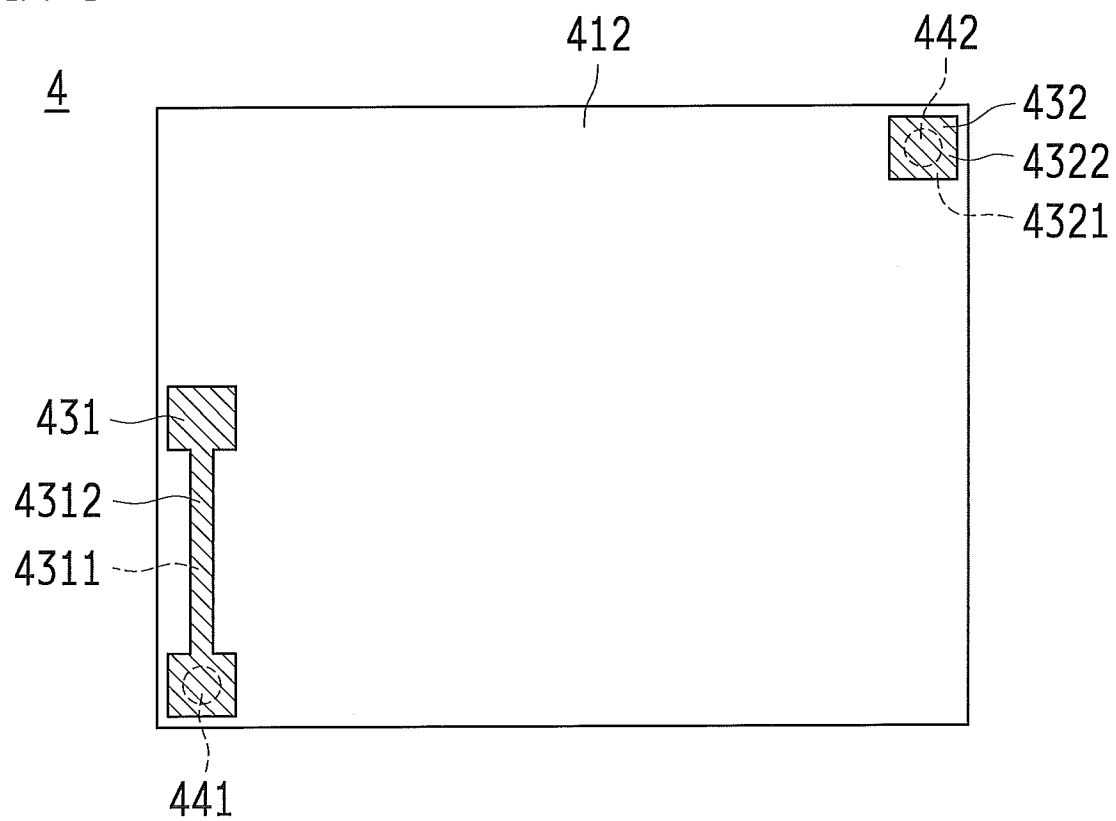
[図10]



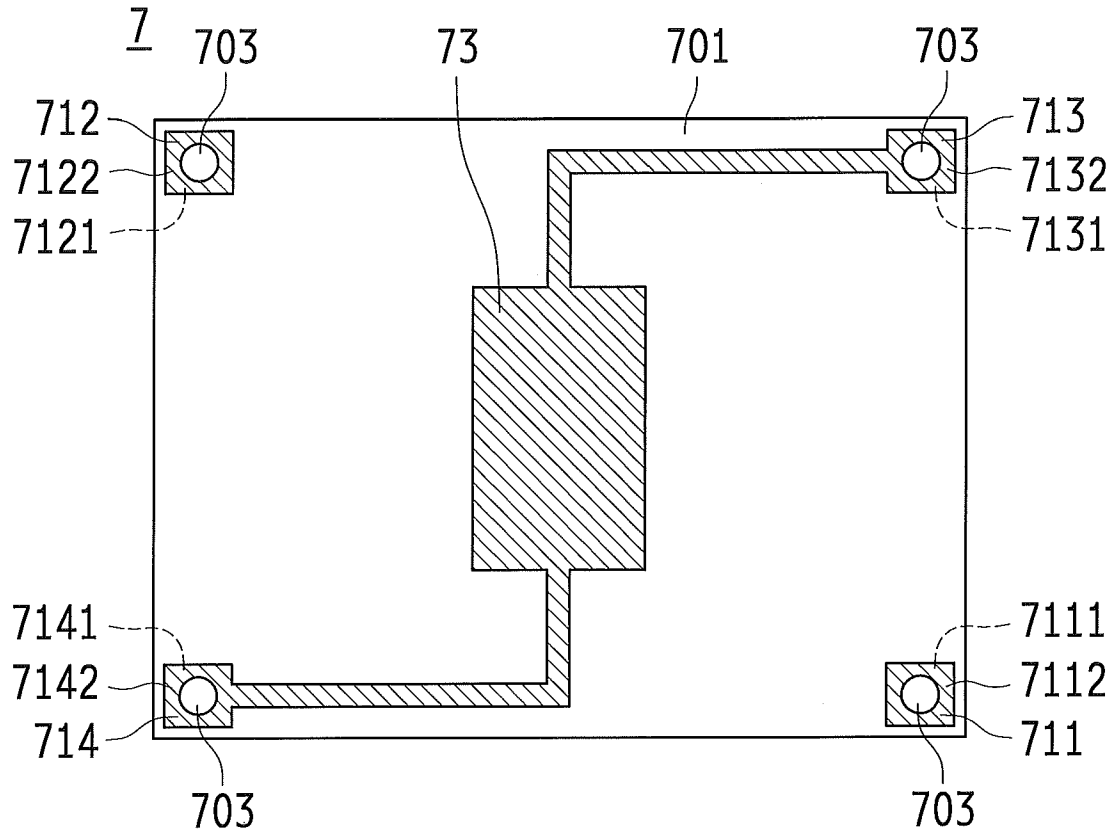
[図11]

3

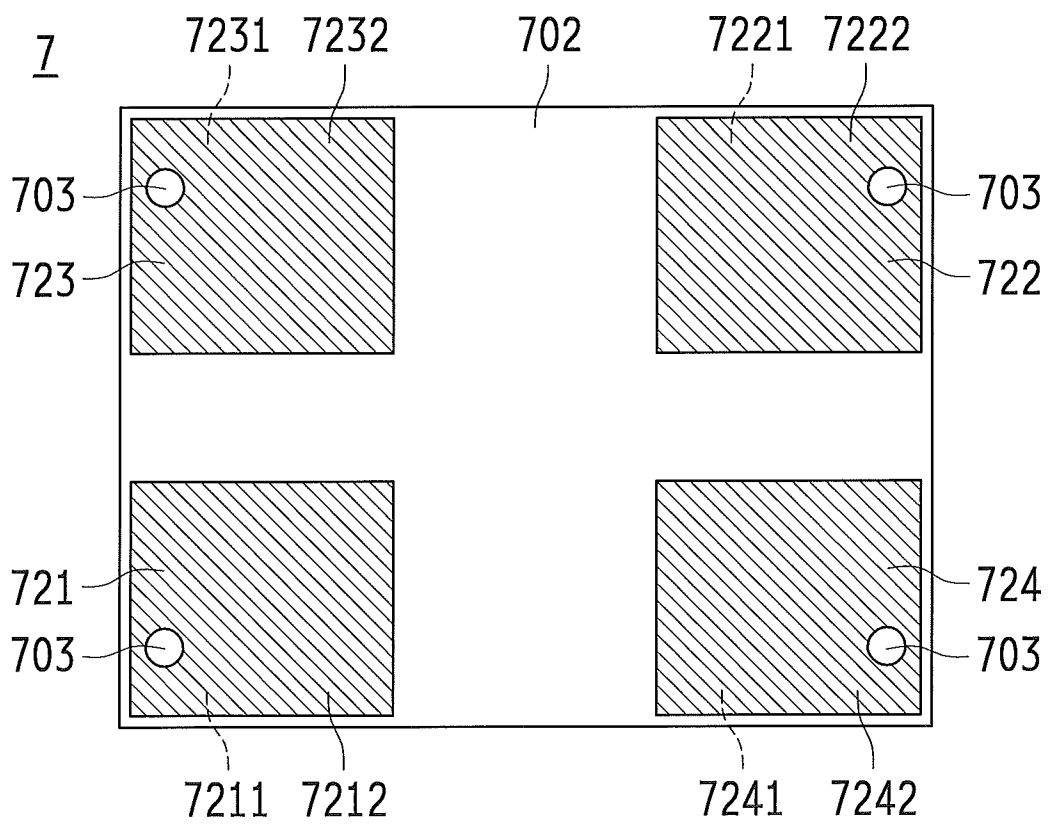
[図12]

4

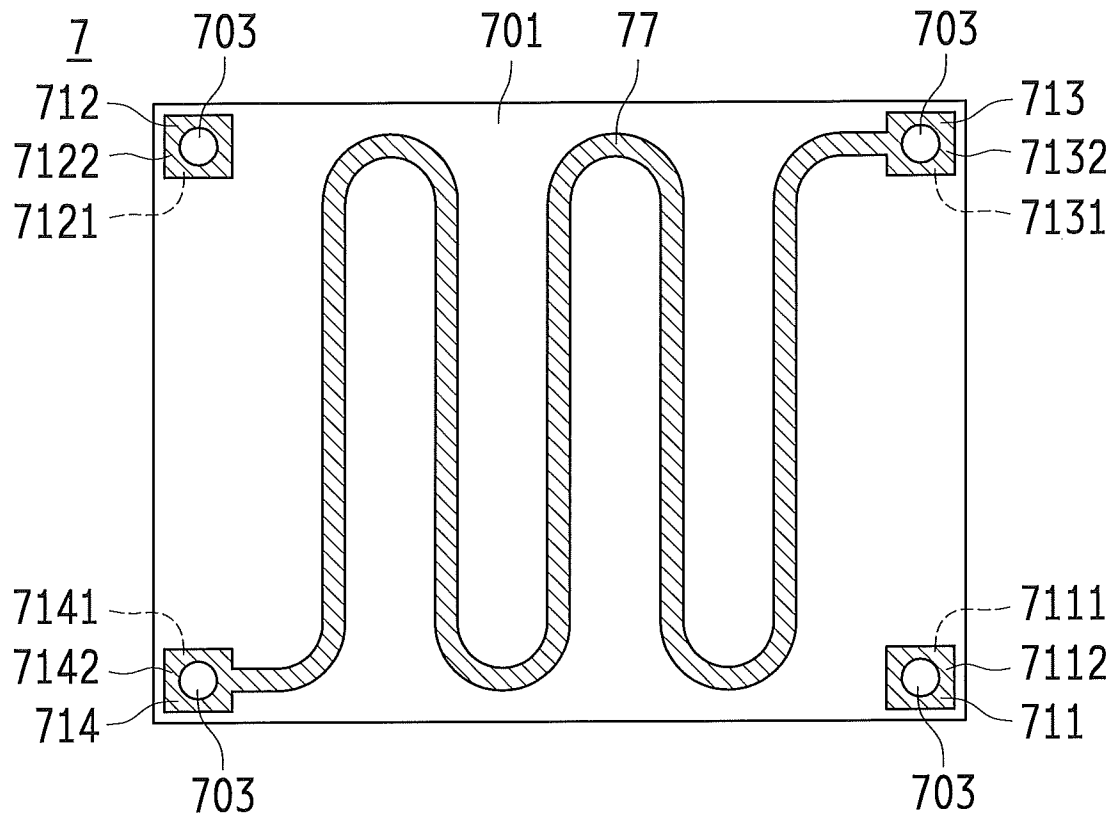
[図13]



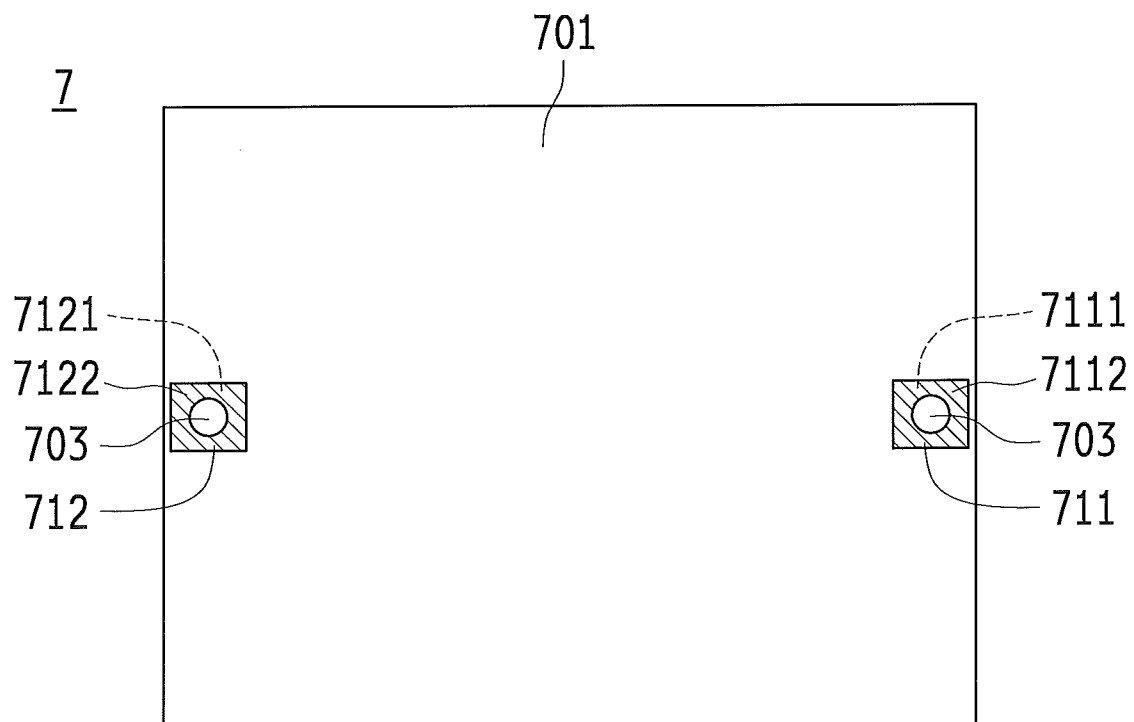
[図14]



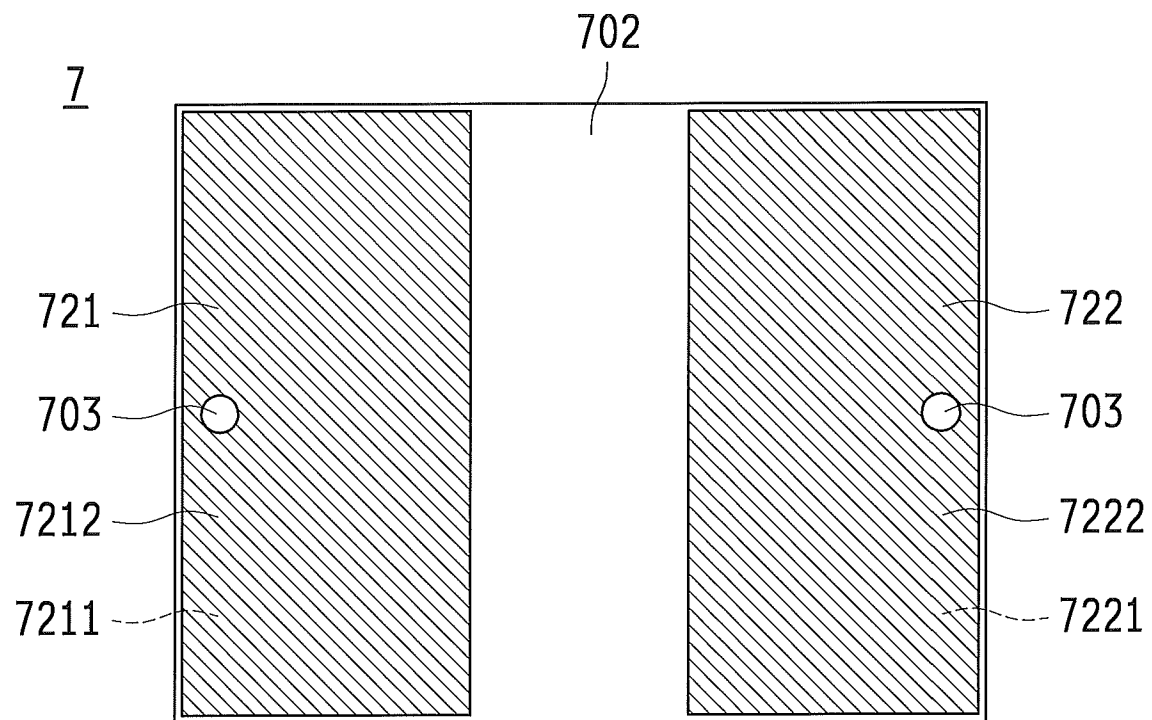
[図15]



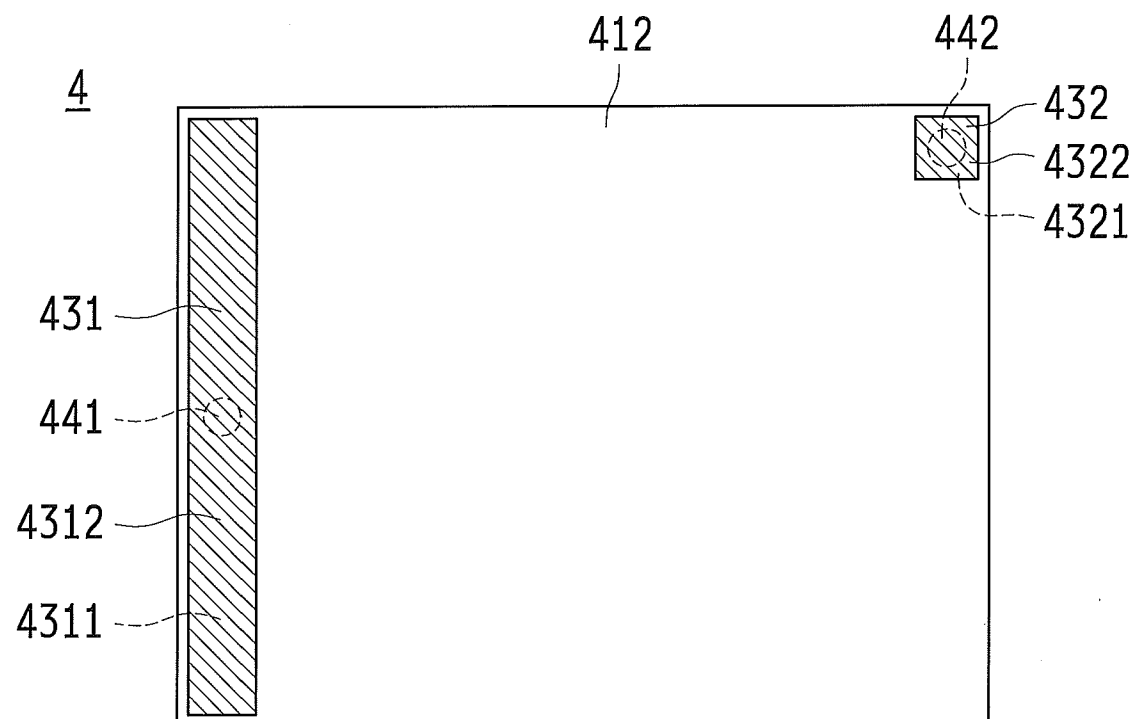
[図16]



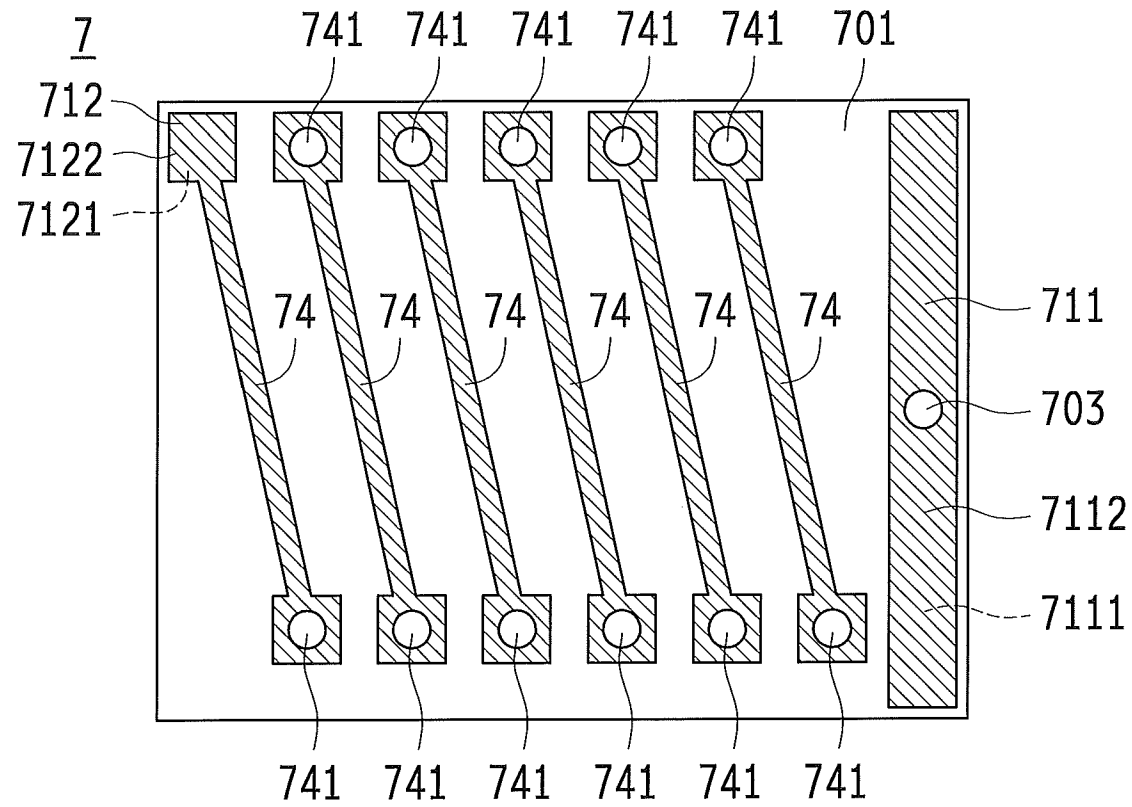
[図17]



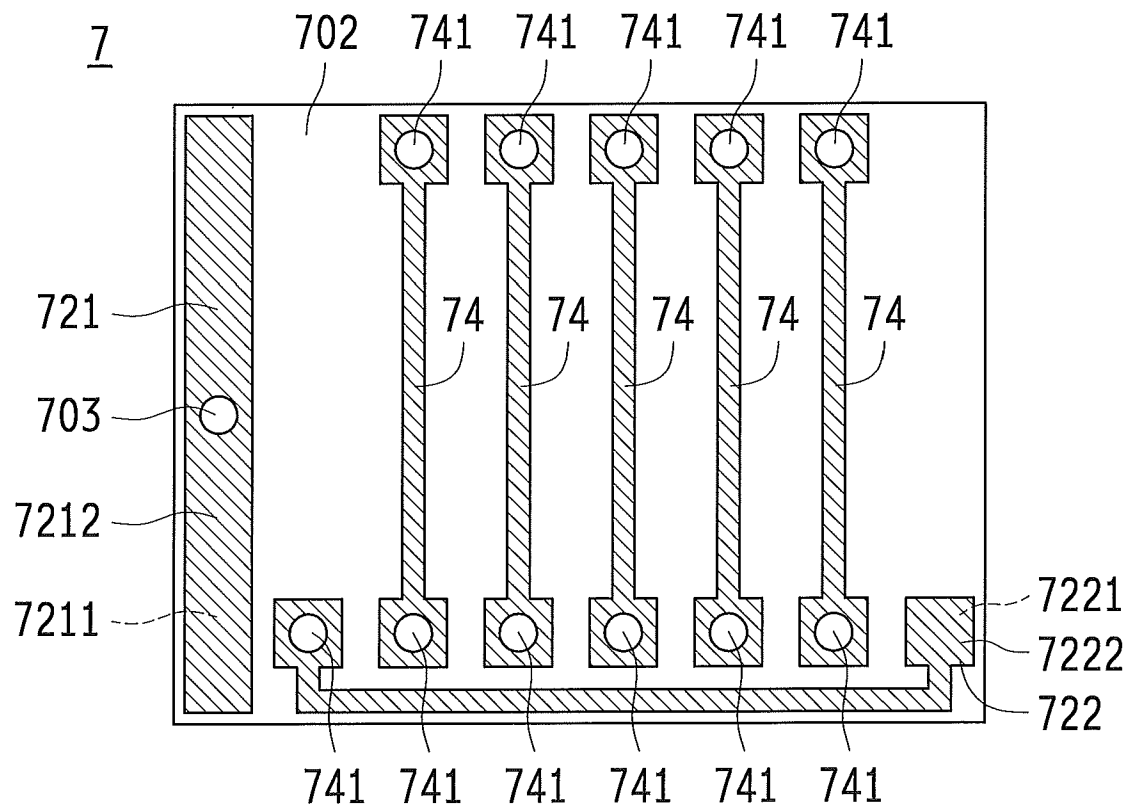
[図18]



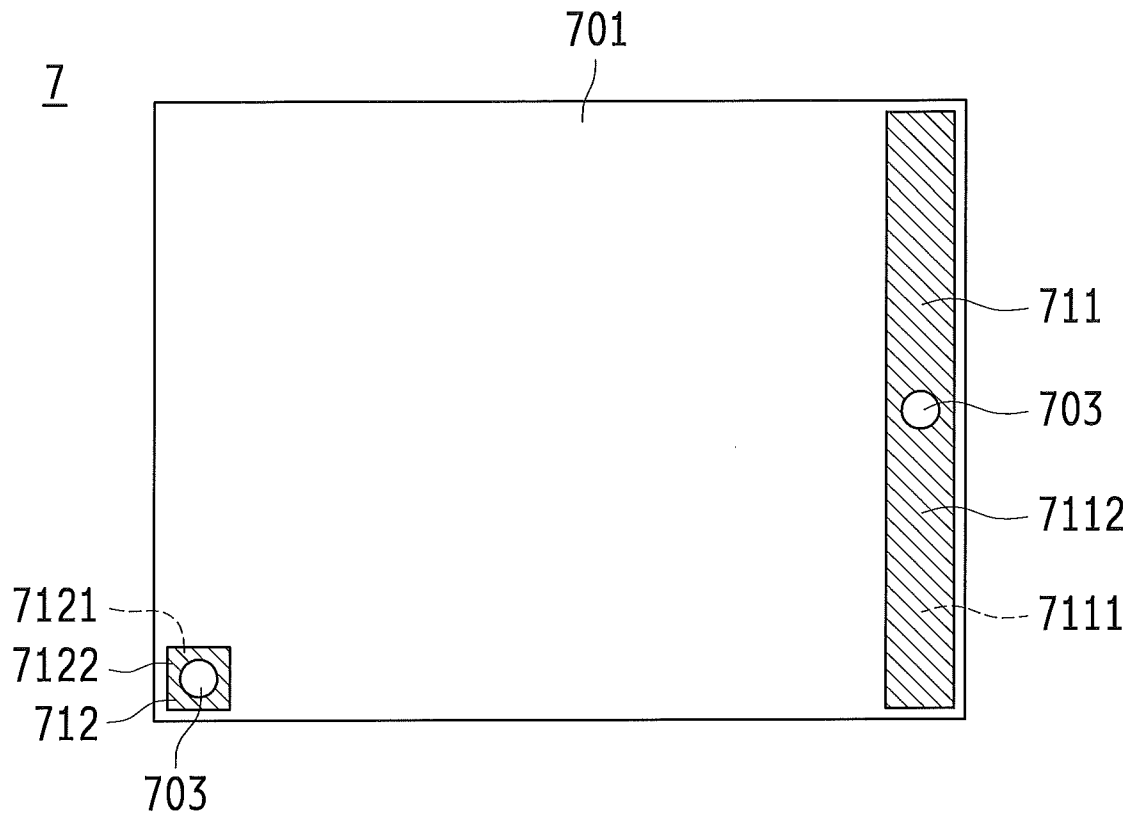
[図19]



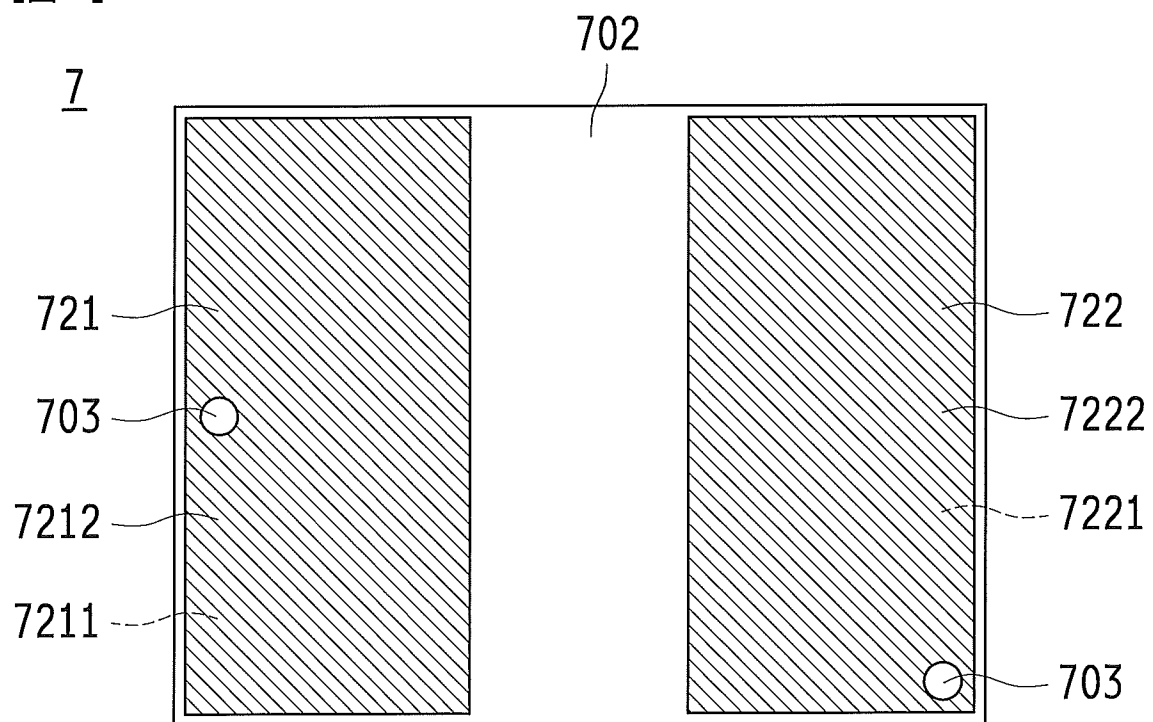
[図20]



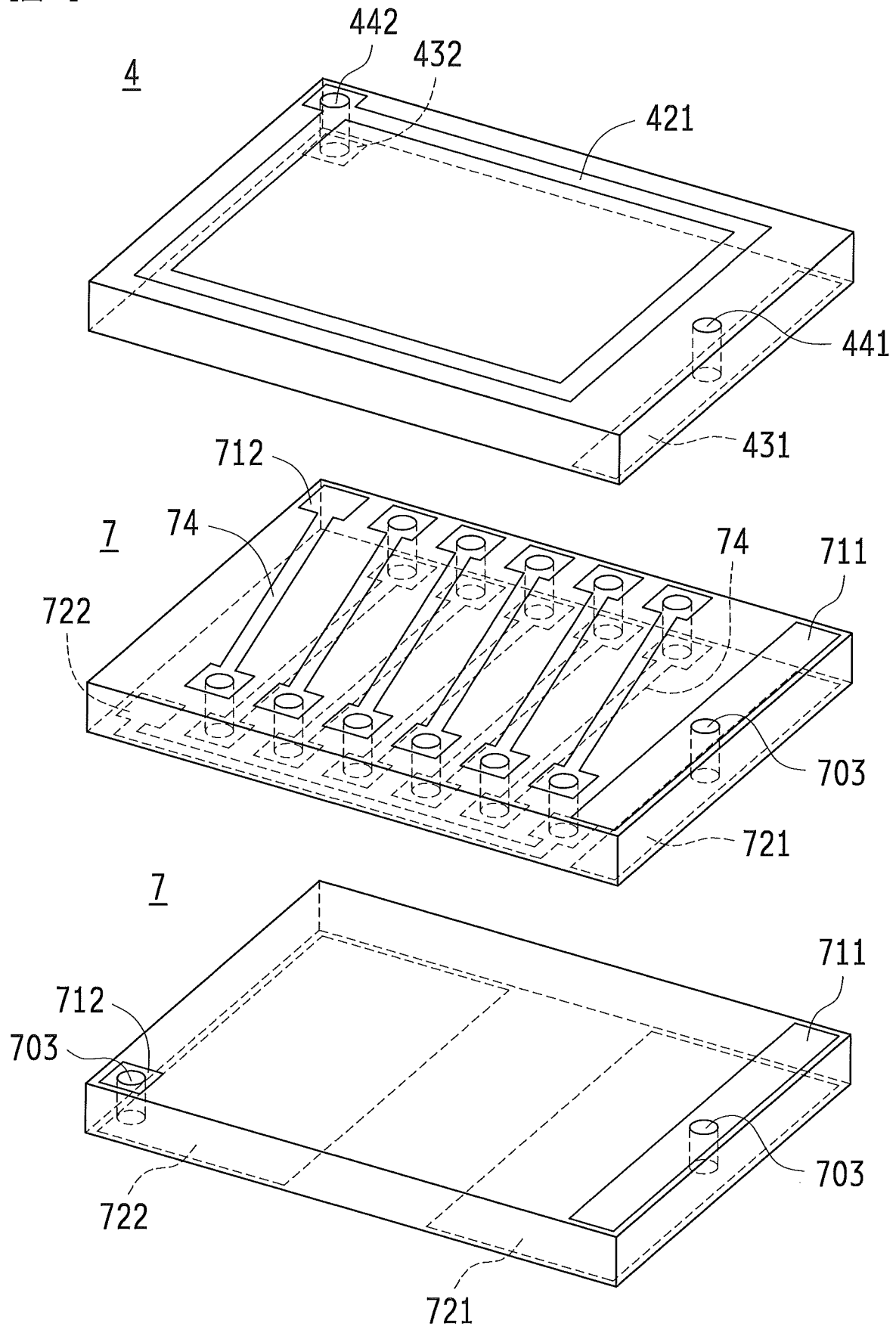
[図21]



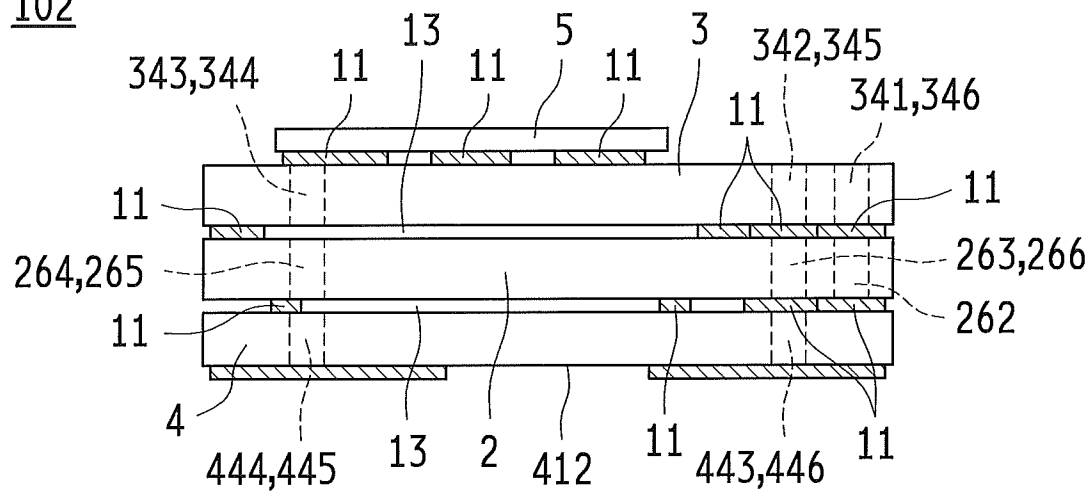
[図22]



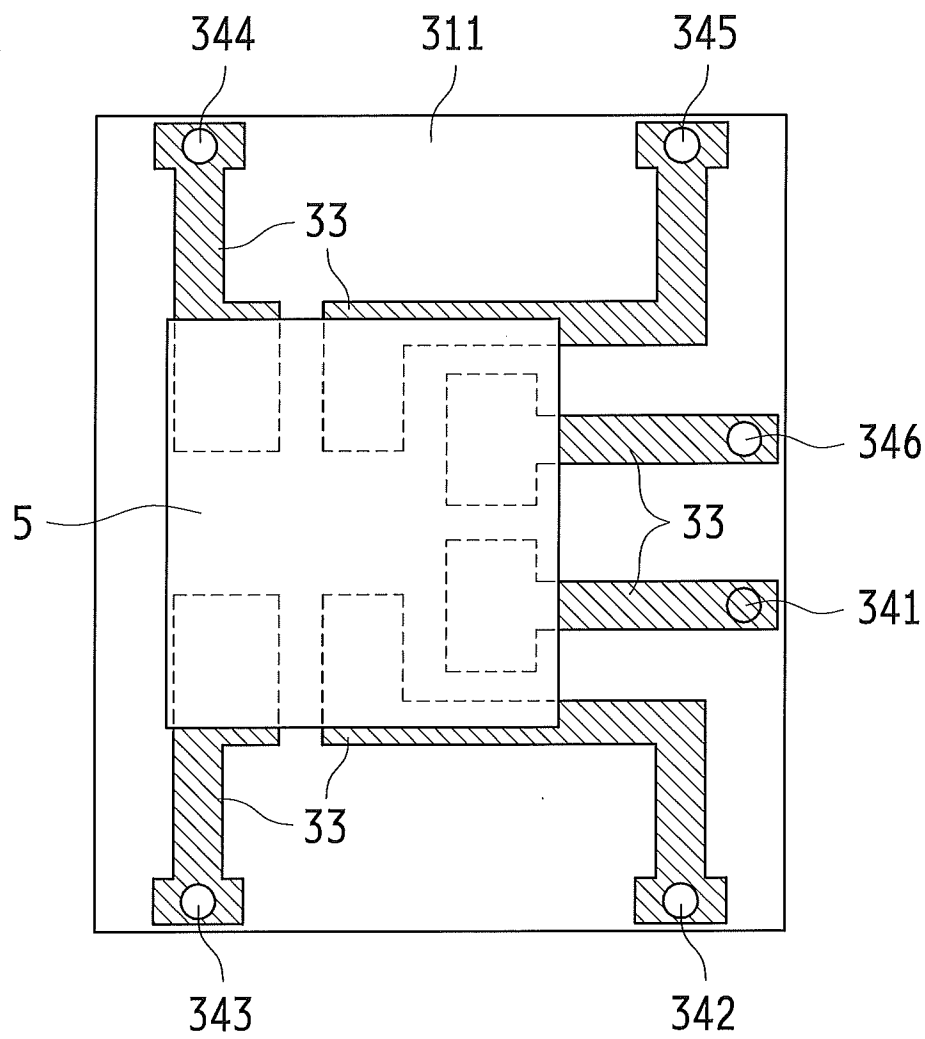
[図23]



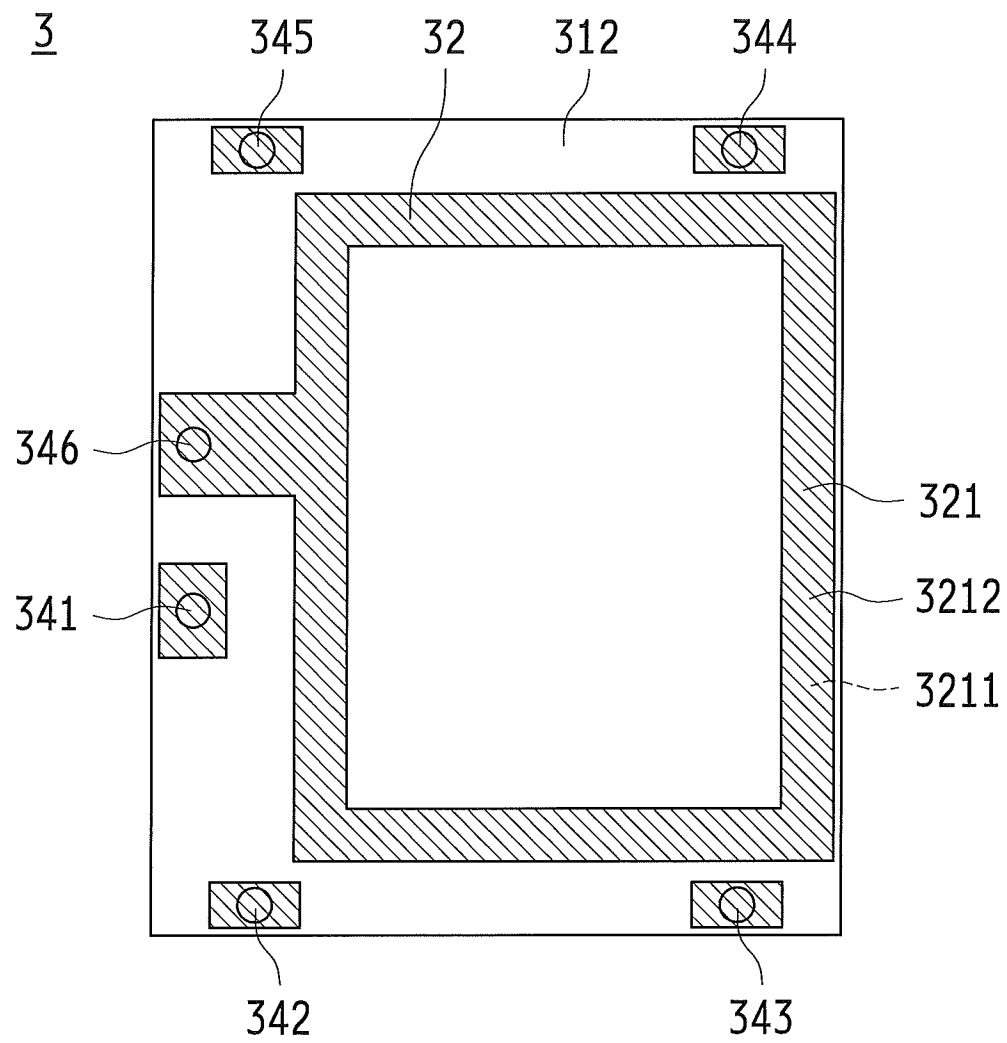
[図24]

102

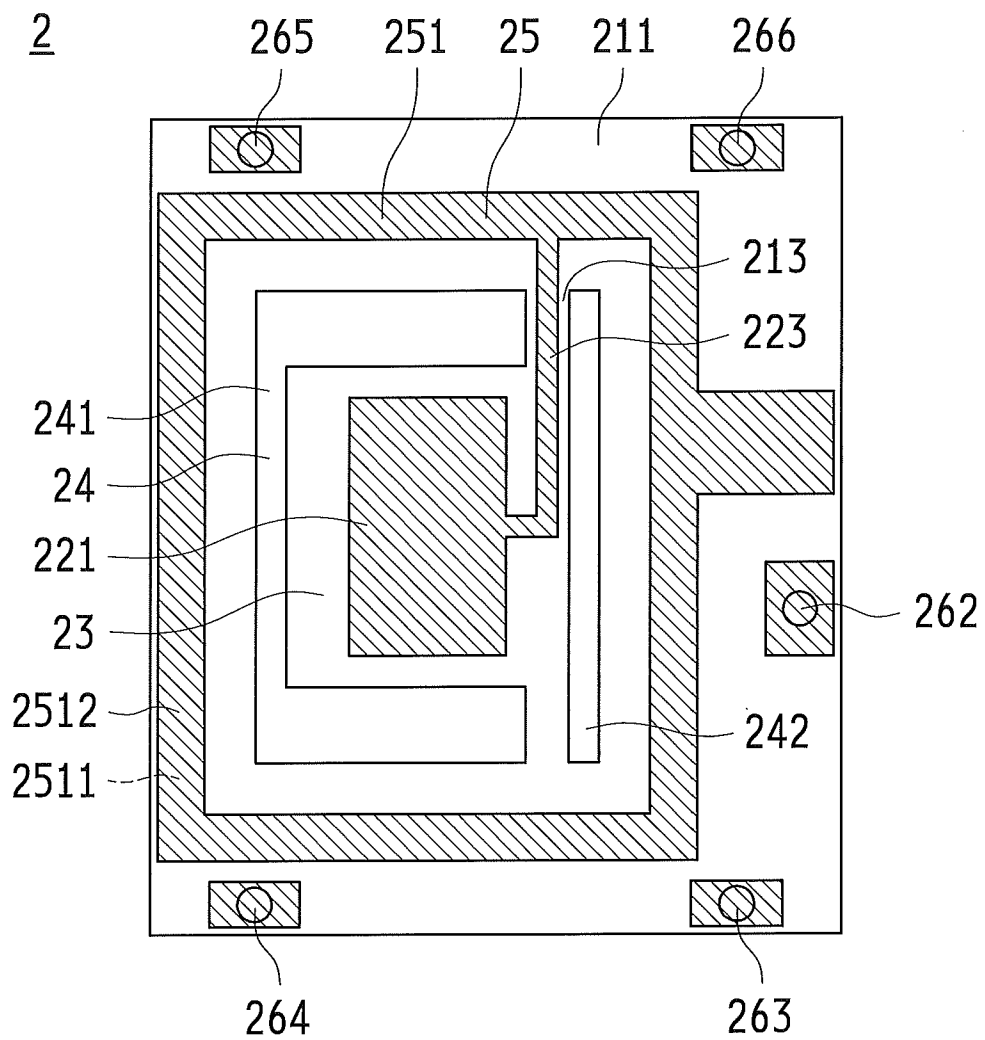
[図25]

3

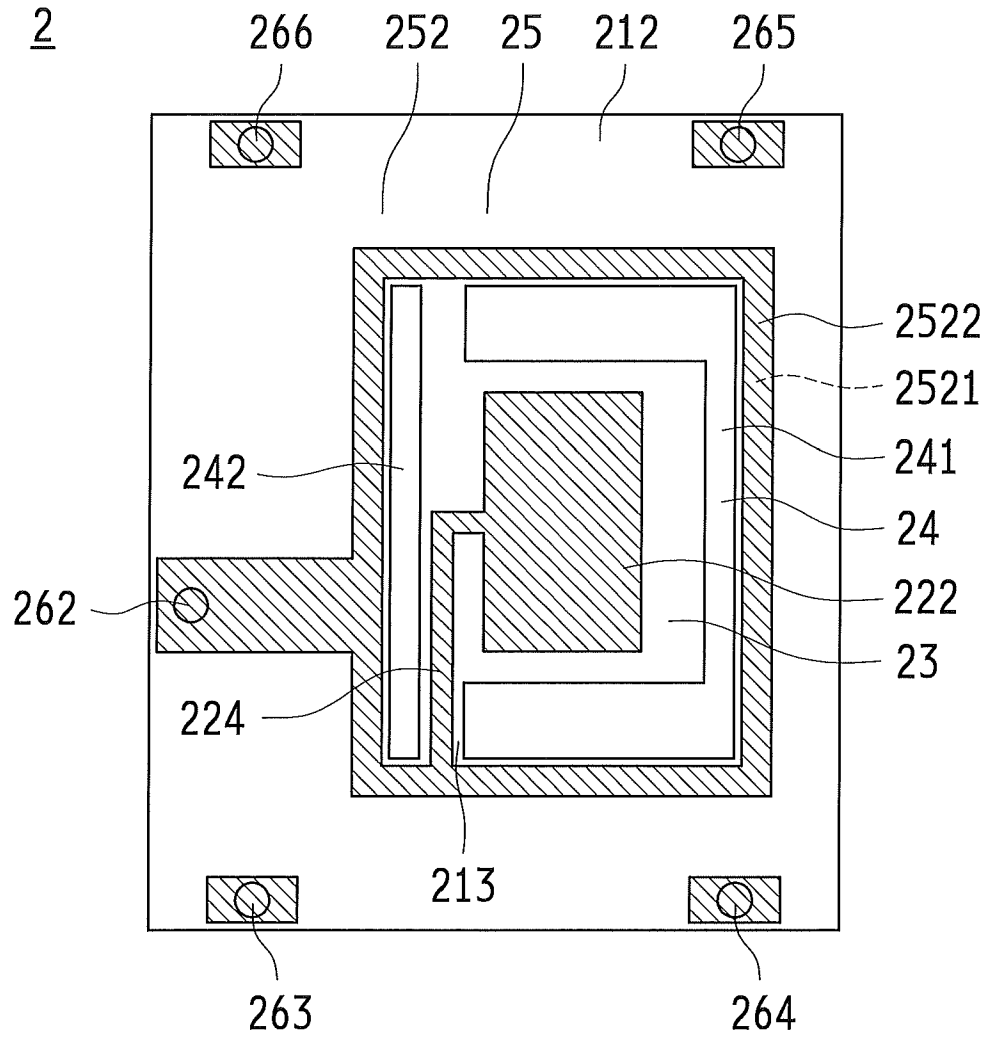
[図26]



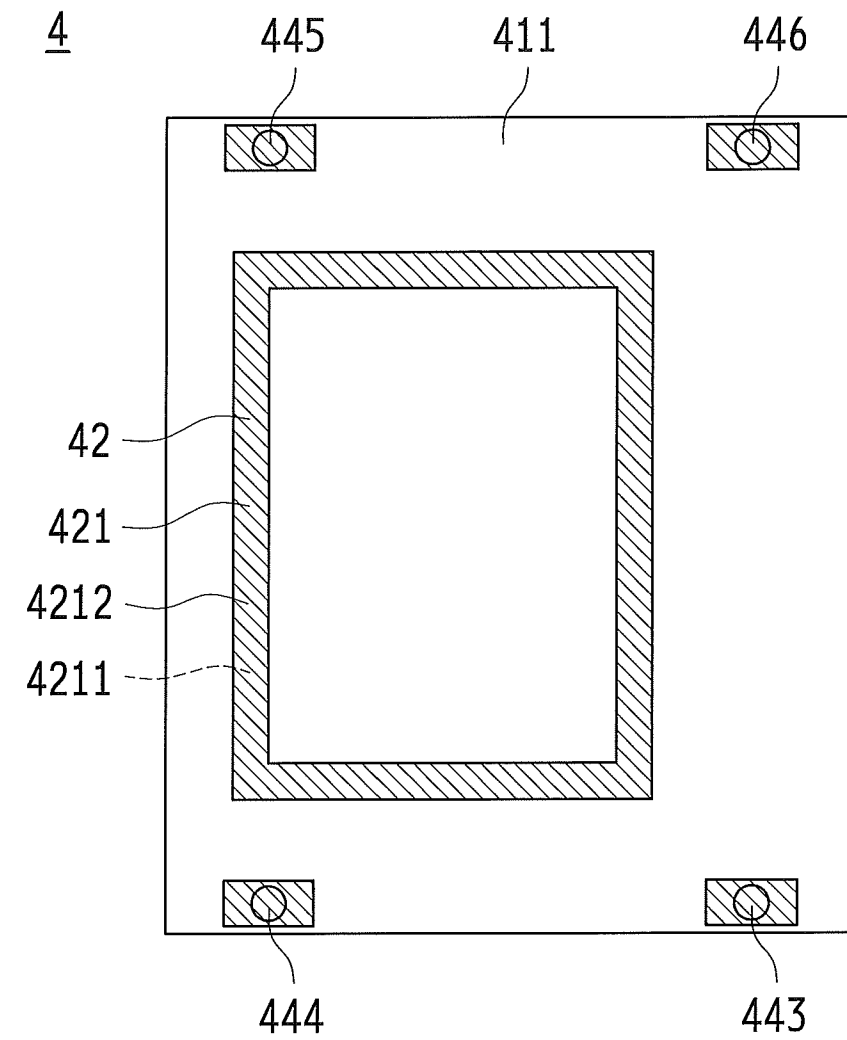
2



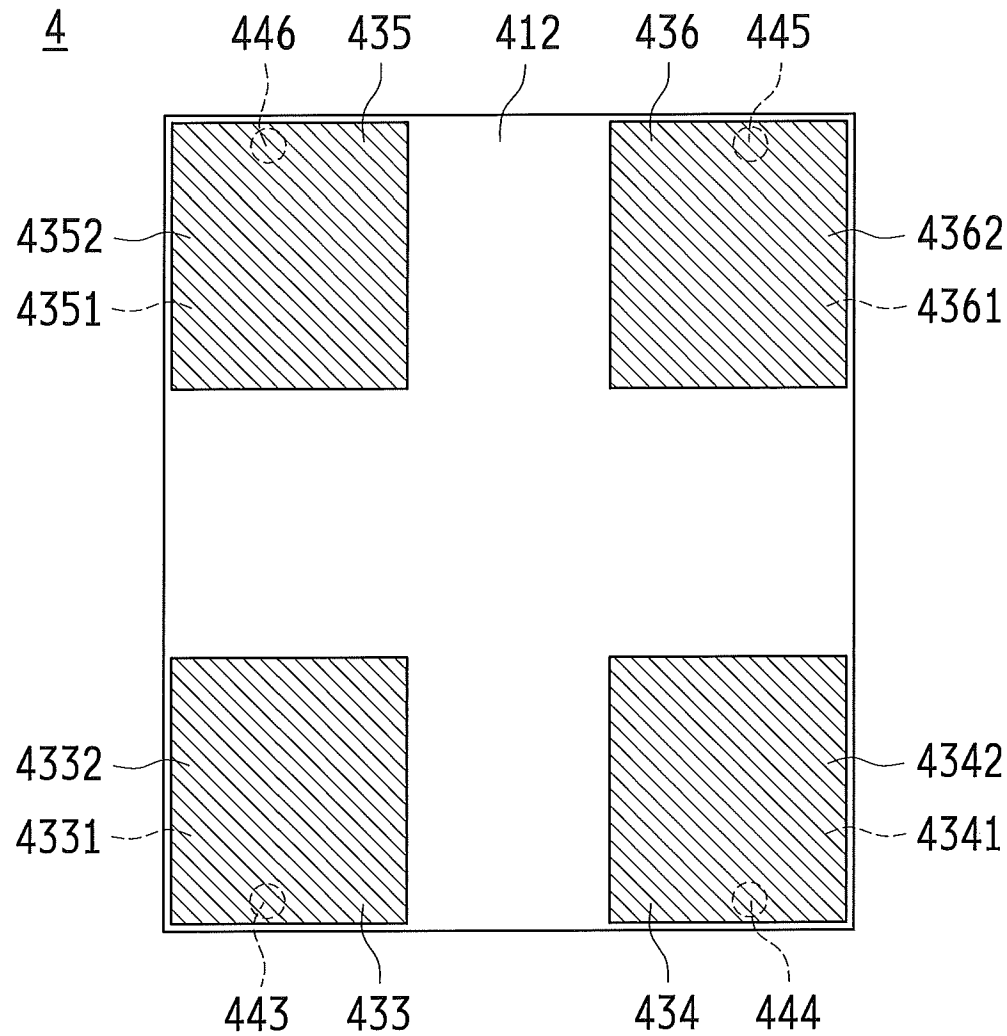
[図28]

2

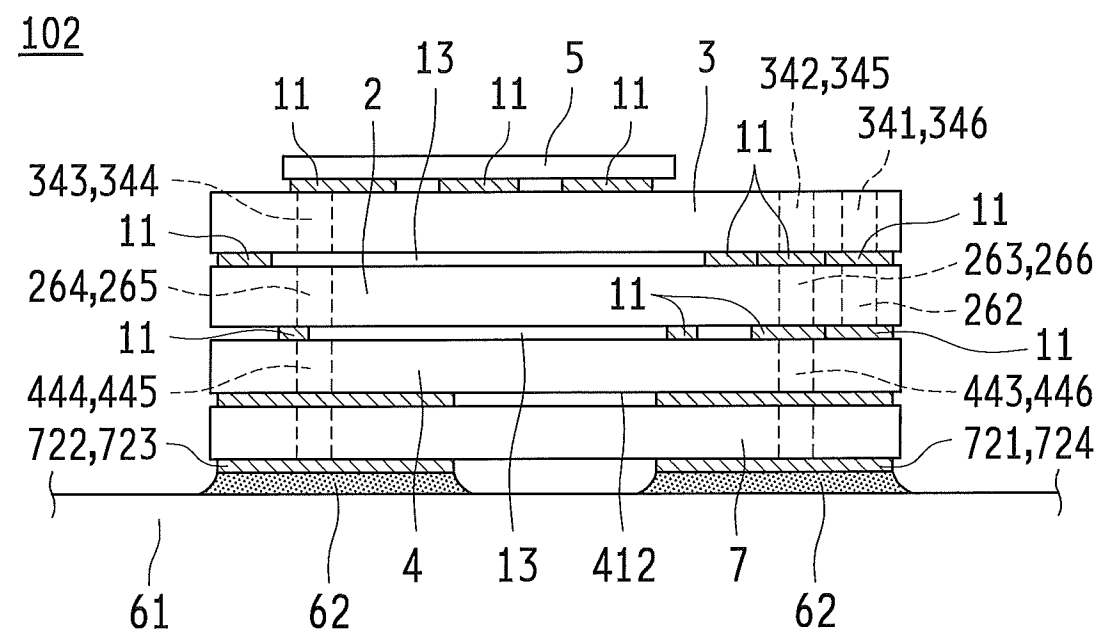
[図29]



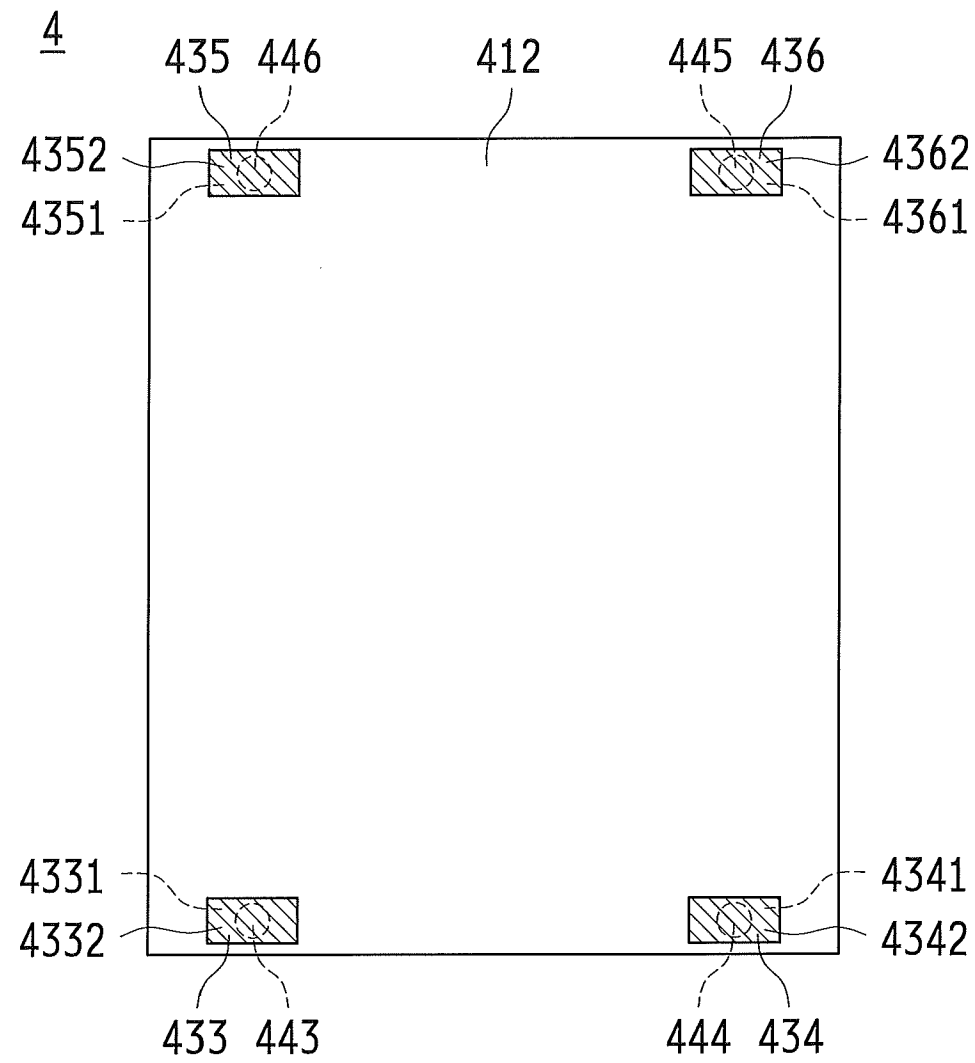
[図30]



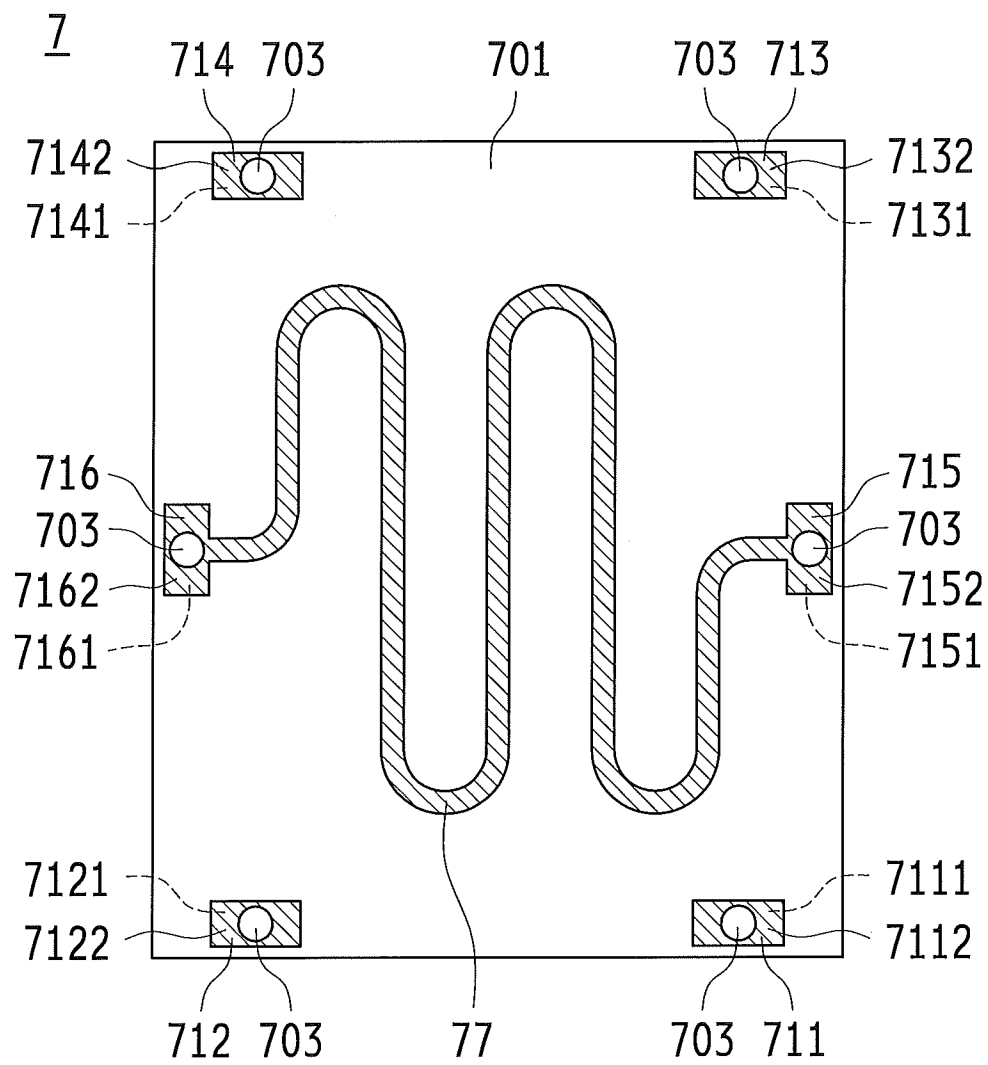
[図31]



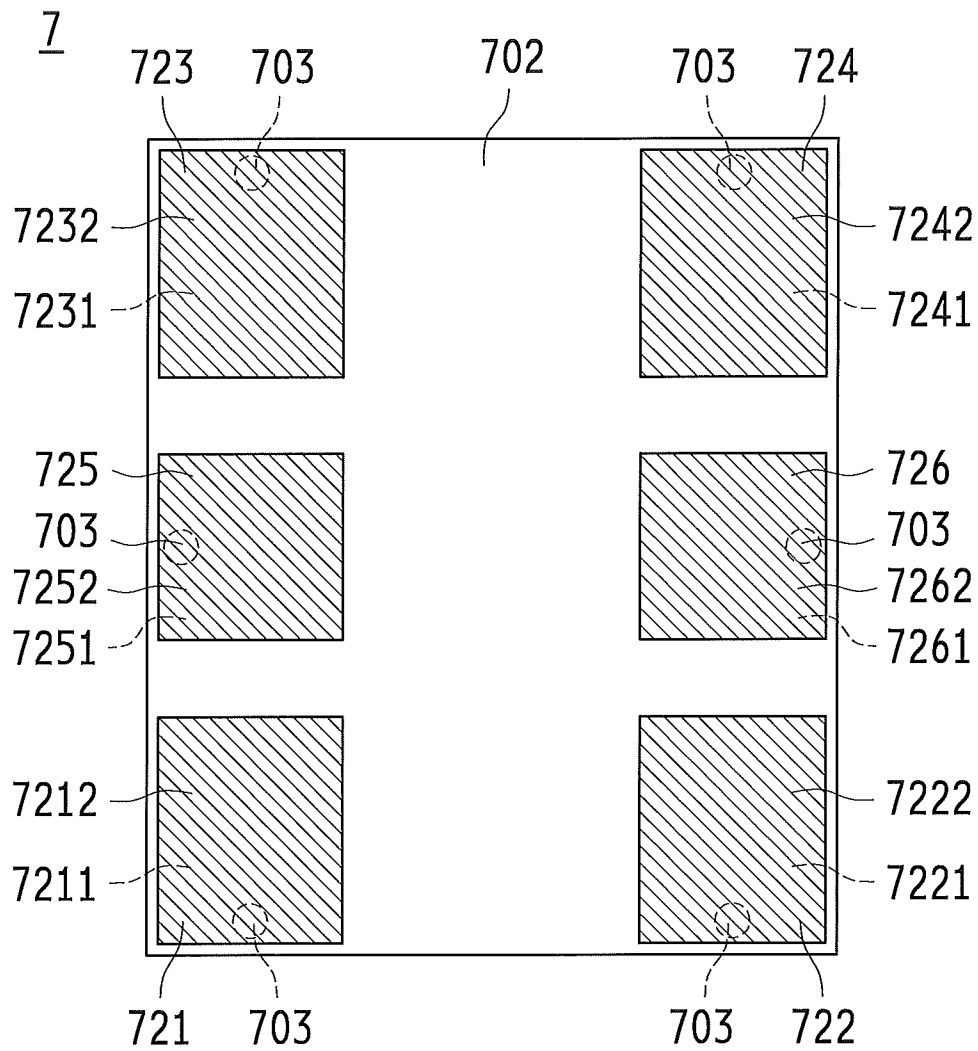
[図32]



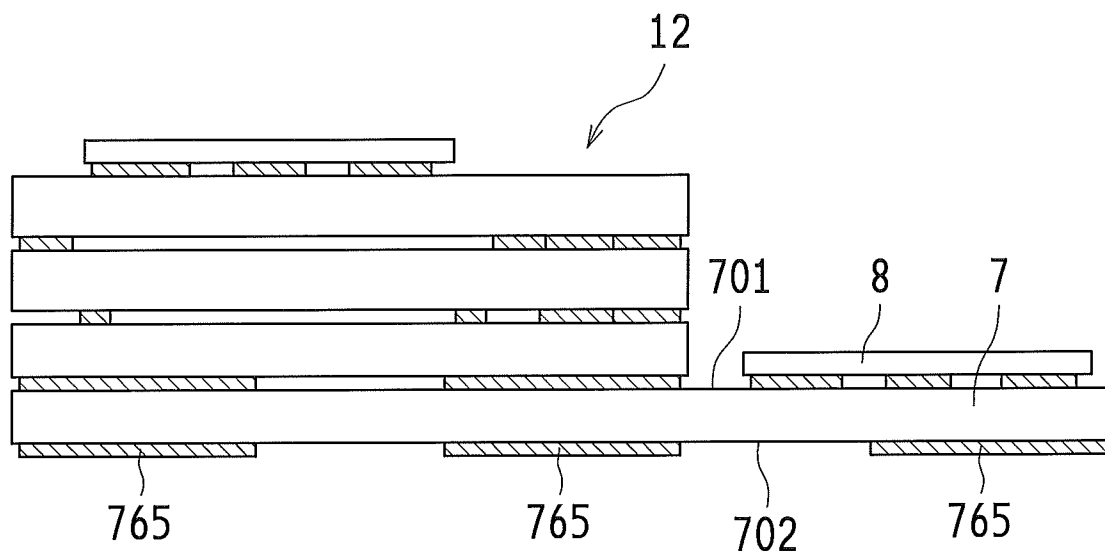
[図33]



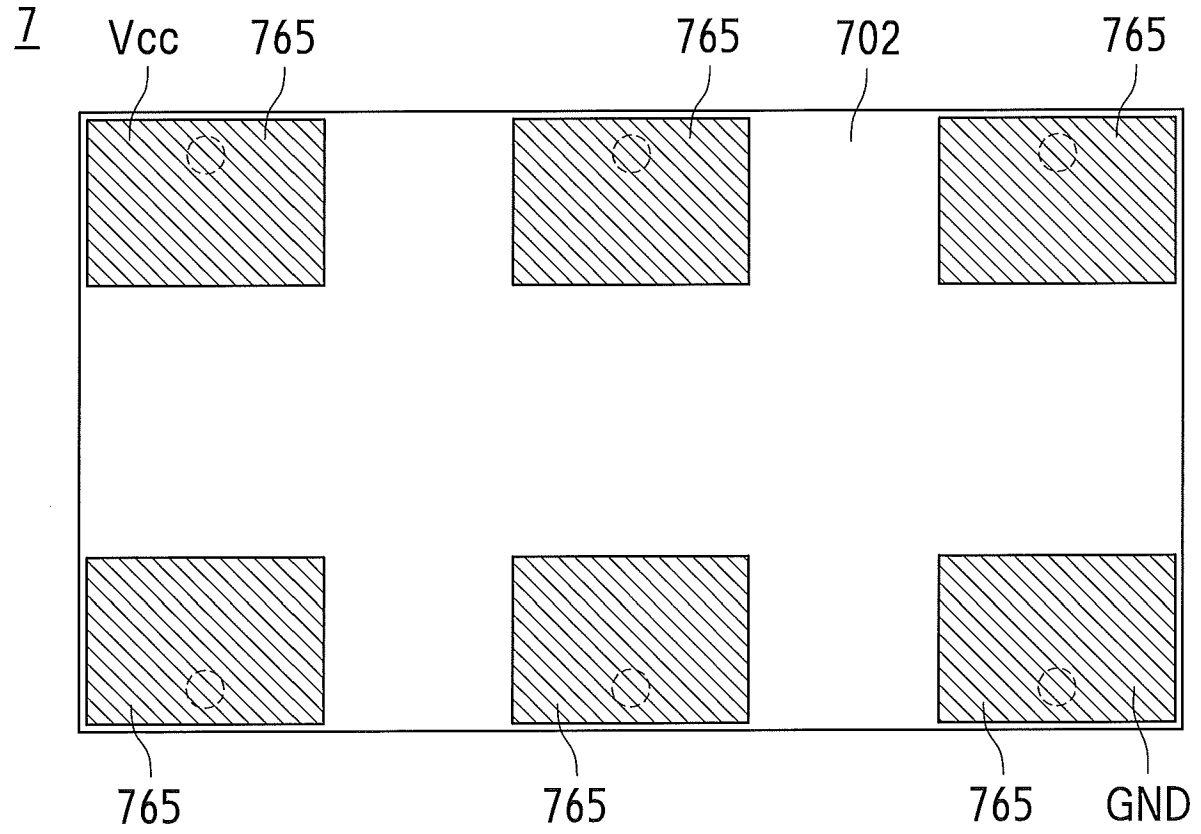
[図34]



[図35]



[図36]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/082105

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/02(2006.01)i, H03B5/32(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)

H03H9/02, H03B5/32

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	WO 2006/104265 A1 (Seiko Epson Corp.), 05 October 2006 (05.10.2006), pages 11 to 16; fig. 1 to 13	1-3, 5, 7-8, 10-12, 16, 18-20
Y	& US 2006/0255691 A1 & EP 1873914 A1	4, 9, 13-14, 17
A	& KR 10-2008-0003851 A & CN 101199113 A	6, 15
Y	JP 2010-252051 A (Seiko Epson Corp.), 04 November 2010 (04.11.2010), paragraph [0033] (Family: none)	4
Y	JP 2012-015779 A (Kyocera Kinseki Corp.), 19 January 2012 (19.01.2012), paragraph [0034] (Family: none)	9

☒ 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
15 January 2015 (15.01.15)

Date of mailing of the international search report
27 January 2015 (27.01.15)

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/JP2014/082105

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-267739 A (Seiko Instruments Inc.), 25 November 2010 (25.11.2010), paragraphs [0006], [0040] & US 2010/0290201 A1 & CN 101924530 A	13
Y	JP 2010-200118 A (Kyocera Kinseki Corp.), 09 September 2010 (09.09.2010), fig. 1 to 2 (Family: none)	14
Y	JP 2010-200230 A (Nihon Dempa Kogyo Co., Ltd.), 09 September 2010 (09.09.2010), fig. 1 (Family: none)	17

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H03H9/02(2006.01)i, H03B5/32(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. H03H9/02, H03B5/32			
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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 A Y	WO 2006/104265 A1（セイコーエプソン株式会社）2006.10.05, 第11-16頁, 図1-13 & US 2006/0255691 A1 & EP 1873914 A1 & KR 10-2008-0003851 A & CN 101199113 A JP 2010-252051 A（セイコーエプソン株式会社）2010.11.04, [0033]（ファミリーなし）		1-3, 5, 7-8, 10-12, 16, 18- 20 4, 9, 13-14, 17 6, 15 4
☒ 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 15.01.2015		国際調査報告の発送日 27.01.2015	
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） 橋本 和志 電話番号 03-3581-1101 内線 3576	

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 2012-015779 A (京セラキンセキ株式会社) 2012. 01. 19, [0034] (ファミリーなし)	9
Y	JP 2010-267739 A (セイコーインスツル株式会社) 2010. 11. 25, [0006], [0040] & US 2010/0290201 A1 & CN 101924530 A	13
Y	JP 2010-200118 A (京セラキンセキ株式会社) 2010. 09. 09, 図 1-2 (ファミリーなし)	14
Y	JP 2010-200230 A (日本電波工業株式会社) 2010. 09. 09, 図 1 (ファミリーなし)	17