

(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  
2024年11月28日(28.11.2024)



(10) 国際公開番号

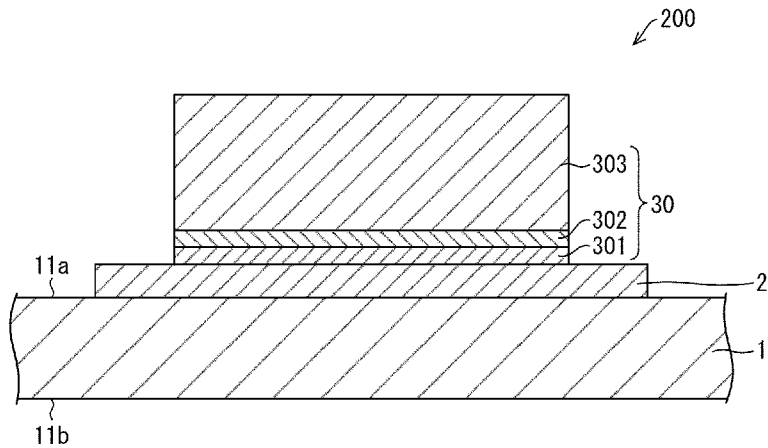
WO 2024/241628 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01L 21/60 (2006.01) H03H 9/145 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/001574
- (22) 国際出願日: 2024年1月22日(22.01.2024)
- (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 2023-086298 2023年5月25日(25.05.2023) JP
- (71) 出願人: 京セラ株式会社 (KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 前田 和孝 (MAEDA, Kazutaka); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 豊田 大介 (TOYOTA, Daisuke); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 三澤 卓 (MISAWA, Suguru); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人 H A R A K E N Z O W O R L D P A T E N T & T R A D E M A R K (HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋2丁目北2番6号 大和南森町ビル Osaka (JP).

(54) Title: DEVICE, ELECTRICAL DEVICE, SUBSTRATE, AND PRODUCTION METHOD FOR DEVICE

(54) 発明の名称: 装置、電気装置、基板および装置の製造方法

図 2



(57) Abstract: The present invention ensures sufficient interfacial strength at a solder joint portion, even after a high-temperature process such as reflow joining. A device according to the present invention has a base body that has a first surface, an electrode that is positioned on the first surface of the base body, and a junction part that is positioned on the electrode. The junction part includes a first layer, a second layer, and a third layer in order from the electrode side. The first layer includes Mo as a principal component. The second layer includes  $\beta$ -Sn as a principal component. The third layer includes solder.

(57) 要約: リフロー接合などの高温プロセスなどを経ても、はんだ接合部分において十分な界面強度を確保する。装置は、第1面を有する基体と、前記基体の前記第1面に位置する電極と、前記電極上に位置する接合部とを有する。前記接合部は、前記電極側から順に第1層、第2層、および第3層を含む。前記第1層は、Moを主成分として含む。前記第2層は、 $\beta$ -Snを主成分として含む。前記第3層は、はんだを含む。

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

## 明 細 書

発明の名称：装置、電気装置、基板および装置の製造方法

### 技術分野

[0001] 本開示は装置、電気装置、基板および装置の製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 電子部品を搭載する装置は、はんだによって電気装置の実装基板に実装される。

[0003] 例えば、引用文献1に記載の弾性波装置は、圧電基板に設けられているパッド（電極）と、当該パッドに設けられ、はんだとの接合を容易にするためのアンダーバンプメタルとを備えている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：日本国国際公開WO2015/022931号公報

### 発明の概要

[0005] 本開示の一態様に係る装置は、第1面を有する基体と、前記基体の前記第1面に位置する電極と、前記電極上に位置する接合部とを有し、前記接合部は、前記電極側から順に第1層、第2層、および第3層を含み、前記第1層は、Moを主成分として含み、前記第2層は、 $\beta$ -Snを主成分として含み、前記第3層は、はんだを含む。

[0006] 本開示の一態様に係る電気装置は、上記装置を含む。

[0007] 本開示の一態様に係る基板は、第1面を有する基体と、前記基体の前記第1面に位置する電極と、前記電極上に位置するバリア層と、前記バリア層上に位置する接合層と、を有し、前記バリア層は、Moを主成分として含み、前記接合層は、Ni、Ag、AuおよびCuの少なくともいずれかを含む。

[0008] 本開示の一態様に係る装置の製造方法は、上記基板を準備する工程と、前記接合層上にはんだを載置し、加熱することにより、前記電極上に接合部を作製する工程と、を含み、前記接合部は、前記電極側から順に第1層、第2

層、および第3層を含み、前記第1層は、Moを主成分として含み、前記第2層は、 $\beta$ -Snを主成分として含み、前記第3層は、はんだを含む。

### 図面の簡単な説明

- [0009] [図1]本開示の実施形態1に係る基板の一部を示す断面構造図である。
- [図2]本開示の実施形態1に係る装置の一部を示す断面構造図である。
- [図3]本開示の実施形態1に係る電極および接合部の断面の顕微鏡写真である。
- [図4]本開示の実施形態1に係る電極および接合部の断面の、第2層近傍をさらに拡大した顕微鏡写真である。
- [図5]本開示の実施形態1に係る接合部の $\beta$ -Snの[111]方向における原子の並びと、Moの[121]方向における原子の並びを模式的に示した図である。
- [図6]本開示の実施形態1に係る装置を備える電子モジュールの一部を示す断面構造図である。
- [図7]本開示の実施形態2に係る弾性波装置の断面構造図である。
- [図8]本開示の電子モジュールの接合部の顕微鏡写真である。
- [図9]実証試験2における比較例の接合強度を評価した結果のグラフである。
- [図10]実証試験2における比較例の接合強度を評価した結果のグラフである。
- [図11]実証試験2における比較例の接合強度を評価した結果のグラフである。
- [図12]実証試験2における実施例の接合強度を評価した結果のグラフである。
- [図13]実証試験3における実施例および比較例の接合強度を評価した結果のグラフである。
- [図14]実証試験4における実施例の接合強度を評価した結果のグラフである。
- [図15]実証試験5における実施例の接合強度を評価した結果のグラフである。

- 。
- [図16]実証試験6における実施例の接合強度を評価した結果のグラフである
- 。
- [図17]実証試験8におけるナノインデンテーションの結果を示すグラフである。
- [図18]実証試験9におけるワイブルプロットである。
- [図19]追加試験において作製した電極構造の模式図である。
- [図20]鋼球落下試験の概要を示す図である。
- [図21]鋼球落下試験の結果を示すグラフである。
- [図22]比較例の落下試験後のSEM観察結果である。
- [図23]実施例の落下試験後のSEM観察結果である。
- [図24]実施例電極の破面のMo電極側のエネルギー分散型X線分析（EDX）結果である。

### 発明を実施するための形態

- [0010] 引用文献1に記載の弾性波装置においては、リフロー接合などの高温プロセスを繰り返し実施した場合、または装置を高温下で長時間使用した場合、アンダーバンプメタルなどが含む種々の金属材料とはんだに含まれる金属とが反応する。これにより、はんだの機械的特性が劣化し、はんだ接合部の界面強度が低下する場合がある。
- [0011] 本開示の一態様によれば、リフロー接合などの高温プロセスなどを経ても、はんだ接合部分において十分な界面強度を確保することができる。
- [0012] 〔実施形態1〕
- 以下、本開示の一実施形態について、詳細に説明する。以下において、本開示に係る装置は、例えば、基板と、該基板に搭載される電子素子などの電子部品とを備える電子装置であってよい。装置を備える電子モジュール（電気装置）は、実装基板（モジュール基板）に装置が実装されることにより構成されるものである。
- [0013] <基板>

以下では、本開示に係る例示的な基板 110 について説明する。

[0014] 図 1 は、本開示の実施形態 1 に係る基板 110 の一部を示す断面構造図である。図 1 は、基板 110 が備える電極 21 が位置する部分を拡大した断面構造図である。

[0015] 基板 110 は、基体 11 と、電極 21 と、バリア層 31 と、接合層 32 とを備えている。基板 110 において、バリア層 31 および接合層 32 は、この順に電極 21 側から重層されている。

[0016] 基板 110 は、電子部品を搭載する基板であり、基板 110 の内部に位置する内部配線、および内部配線同士を上下に接続する貫通導体を備えていてもよい。

[0017] 基板 110 が有する基体 11 は、単層または複数の層から構成されていてもよい。基体 11 は、第 1 面 11a と、第 1 面 11a の反対側に位置する第 2 面 11b とを有している。電子素子などの電子部品は、第 1 面 11a に搭載されてもよいし、第 2 面 11b に搭載されてもよい。

[0018] 基体 11 は、絶縁性を有している。この場合、基体 11 の材質は、例えば、窒化アルミニウム質焼結体、酸化アルミニウム質焼結体（アルミナセラミックス）、窒化けい素質焼結体、ムライト質焼結体またはガラスセラミックス焼結体などのセラミックであってよい。あるいは、基体 11 の材質は、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、アクリル樹脂、フェノール樹脂、およびフッ素系樹脂などの樹脂であってよい。当該フッ素系樹脂の一例として、ポリエステル樹脂および四フッ化エチレン樹脂などの樹脂が挙げられる。あるいは、基体 11 は、Si 基板であってよい。あるいは、基体 11 は、Si から構成される支持基板と、タンタル酸リチウム ( $\text{LiTaO}_3$ : LT とも称される) またはニオブ酸リチウム ( $\text{LiNbO}_3$ : LN とも称される) の単結晶材料から構成される圧電基板との組合せにより構成されていてもよい。

[0019] (電極)

基板 110 が有する電極 21 は、基板 110 を備える装置 200 と回路基板とを電氣的に接続するものである。電極 21 は、基体 11 の第 1 面 11a

に位置している。基板110は、第1面11aに複数の電極21を備えていてもよい。

[0020] 電極21は、信号を伝達する配線層21Aと、配線層21Aとバリア層31との密着度を向上させる密着層21Bとを含んでいてもよい。

[0021] 配線層21Aは、例えば、Ni（ニッケル）を主成分とするNi層、Cu（銅）を主成分とするCu層、Ni（ニッケル）およびCu（銅）を含む合金からなる層、Al（アルミニウム）を主成分とするAl層、およびTi（チタン）を主成分とするTi層のうち、少なくとも1つを含んでいてもよい。

[0022] 密着層21Bは、Tiを主成分とする層およびCrを主成分とする層の、少なくとも1つを含んでいてもよい。密着層21BがTiを主成分とする層およびCrを主成分とする層の、少なくとも1つを含むことにより、配線層21Aとバリア層31との密着性を向上させることができる。密着層21Bは、Tiを主成分とする層のみから構成されていてもよい。

[0023] 密着層21Bは、バリア層31と接していてもよい。後述する<装置の構成>欄で詳述するが、バリア層31は、装置200では第1層301と称する（図2参照）。そのため、装置200では、密着層21Bは、第1層301と接していてもよい。電極構造は、配線層と、密着層と、電極を保護しバリア層の下地として作用する保護層から構成される積層構造を有している。当該保護層は、例えばNi層単層、またはNi層とAu層との複層から構成され得る。バリア層を、本開示に係る、Moを主成分として含むバリア層31とすることにより、本開示に係る電極21は保護層を有さなくてもよい。密着層21Bがバリア層31と接する構成を有することにより、電極21に係るコストを低減するとともに、電極21をより薄く作製することができる。

[0024] 基板110は、基体11の表面に電極21とは別にメタライズ層を有していてもよい。当該メタライズ層は、例えば、基体11において電子部品が実装される実装領域に設けられ、電子部品と電氣的に接続され得るメタライズ

層を含む。

[0025] 基体 11 が電気絶縁性セラミックスからなっている場合、メタライズ層は例えば、W（タングステン）、Mo（モリブデン）、Mn（マンガン）、Ag（銀）、Ni および Cu のいずれか、またはこれらの少なくとも 1 つを含有する合金からなっている場合、メタライズ層は例えば、Cu、Au（金）、Al（アルミニウム）、Ni、Mo、および Ti のいずれか、またはこれらの少なくとも 1 つを含有する合金からなっている場合、内部配線および貫通導体についても該メタライズ層と同様の構成であってよい。

[0026] （バリア層）

バリア層 31 は、Mo を主成分として含む層である。基板 110 を備える装置および電子モジュールの製造工程は、高温プロセスであるはんだ接合工程を含む。例えば、はんだボールを載置した後、加熱すると、溶解した高温のはんだが電極 21 上に塗布される。さらにリフロー接合を行うと、電極部分にはんだを塗布した装置 200 または電子モジュール 300 ごと、リフロー炉内で加熱される。また、電子モジュール 300 の使用時におけるモジュールの発熱などにより、はんだ接合部が高温状態に曝されることが反復または継続される場合もある。このような場合、バリア層 31 がないと、電極 21 に含まれる Cu および Ni などの電極金属が溶解し、はんだが含有する Sn（スズ）、Cu などの金属と反応することにより、金属化合物が形成される。当該金属化合物は硬く脆いため、クラックの起点となりやすい。

[0027] 電極 21 とはんだとの間にバリア層 31 が位置していることにより、電極 21 に含まれる電極金属とはんだに含まれる金属とが反応する可能性を低減することができる。換言すると、電極金属のはんだへの拡散を低減することができる。これにより、金属化合物の形成を低減することができる。バリア層 31 の厚みは例えば 0.1  $\mu\text{m}$  以上であってよい。バリア層 31 が 0.1  $\mu\text{m}$  以上の厚みを有することにより、電極金属とはんだ層の金属とが反応する可能性を有意に低減することができる。これにより、界面強度を維持する

ことができる。

[0028] 図1では、バリア層31が電極21の一部を覆っている例が示されているが、バリア層31は、電極21の露出面の全てを覆っていてもよい。

[0029] (接合層)

接合層32は、バリア層31上に位置し、Ni、Ag、AuおよびCuの少なくともいずれかを含む層である。接合層32が存在することにより、はんだの濡れ性が確保されるため、はんだ界面の界面強度を向上させることができる。

[0030] 接合層32は、バリア層31の上に位置する下地層と、該下地層の上に位置する表層から構成されていてもよい。

[0031] 例えば、接合層32は、バリア層31の上に下地層として位置するNi層と、下地層の上に位置するAu層から構成される積層構造を有していてもよい。当該構成により、例えば接合層32としてAu層単層を用いた場合と比較して、濡れ性が有意に向上する。

[0032] あるいは、接合層32は、Agを主成分とする銀合金からなる層を含んでいてもよい。例えば、接合層32は、バリア層31の上に下地層として位置するNi層と、下地層の上に位置する銀合金からなる層から構成される積層構造を有していてもよい。銀合金は、Agを主成分とする合金であってよく、例えば、フルヤ金属から市販されているAPCであってよい。当該構成により、接合層32の最表層にAu層を用いた場合と比較して、コストを低減できる。また、接合層32の最表層に銀合金からなる層を用いることにより、Au層を用いた場合よりも濡れ性がさらに向上する。また、銀合金からなる層は、溶融はんだと接触した場合に、はんだ内への溶解が遅いため、特にはんだ接合を繰り返した場合などにおいて、電極金属の溶解をより低減することができる。

[0033] 接合層32の厚みは、電極21の厚みよりも小さくてもよい。例えば、接合層32の厚みは0.1 $\mu$ m以上、1 $\mu$ m以下であってよく、0.1 $\mu$ mであっていてもよい。

[0034] はんだ接合などの高温状態下では、接合層 3 2 に含まれる金属と、はんだが含有する金属とが反応して、金属化合物が形成される場合がある。接合層 3 2 の厚みを上述の厚さとすることにより、はんだ接合時などに接合層 3 2 から溶出する金属の量を低減することができ、形成される金属化合物の量を低減することができる。また、十分に薄い接合層 3 2 から溶出する金属の量は少ないため、金属化合物の粗大な粒子が形成されにくく、脆くなりにくい。すなわち、はんだの濡れ性を確保しつつ、優れた界面強度を有する接合部 3 0 を実現することができる。接合部 3 0 については、後述する。

[0035] <装置の構成>

以下では、本開示に係る例示的な装置としての装置 2 0 0 の構成について説明する。図 2 は、本開示の実施形態 1 に係る装置 2 0 0 の一部を示す断面構造図である。図 2 は、装置 2 0 0 が備える電極 2 1 部分を拡大した断面構造図であり、装置 2 0 0 が備える電子部品などは図示していない。

[0036] 本開示に係る装置 2 0 0 は、例えば、図 1 に示す基板 1 1 0 に対し、はんだボールを載置した後、加熱することにより得られる。より具体的には、装置 2 0 0 を製造する方法は、(1) 基板 1 1 0 を準備する工程と、(2) 基板 1 1 0 の接合層 3 2 上にはんだを載置し、加熱することにより、電極 2 1 上に接合部 3 0 を作製する工程と、を含む。以下、簡単のために、(1) の工程を基板準備工程、(2) の工程を接合部作製工程と称する。

[0037] 装置 2 0 0 は、基体 1 1 と、電極 2 1 と、接合部 3 0 とを有している。接合部 3 0 は、電極 2 1 上に位置しており、電極 2 1 側から順に第 1 層 3 0 1、第 2 層 3 0 2、および第 3 層 3 0 3 を含む。図 3 は、電極 2 1 および接合部 3 0 の断面の走査型電子顕微鏡 (Scanning Transmission Electron Microscopy; S T E M) 写真である。図 4 は、電極 2 1 および接合部 3 0 の断面の、第 2 層 3 0 2 近傍をさらに拡大した S T E M 写真である。図 3 および図 4 の断面写真は、装置 2 0 0 の電極 2 1 および接合部 3 0 を含む部分を、収束イオンビーム法 (Focused Ion Beam; F I B) によって切り出し、S T E M により撮影することにより得た。

- [0038] 第1層301は、Moを主成分として含む層である。装置200における第1層301は、基板110のバリア層31に対応する。バリア層31は、はんだボールを載置した後の加熱、さらにはリフロー接合を繰り返しても、ほぼ変化せず、第1層301として接合部30に位置する。
- [0039] 第2層302は、 $\beta$ -Snを主成分として含む層である。第2層302は、本開示に係る基板110がはんだ接合されるときに形成される。例えば、装置200における第2層302は、上記接合部作製工程において形成される。
- [0040] 接合部作製工程において、接合層32上にはんだを載置し、加熱すると、接合層32の少なくとも一部の金属が、溶融はんだに含まれる金属と反応し、1種以上の金属化合物を形成する。当該金属化合物は、Sn化合物であってよい。例えば、はんだ接合前の接合層32がNiを主成分とする場合、 $Ni_3Sn_4$ 、 $Ni_3Sn_2$ 、 $Ni_3Sn$ 、 $(Cu, Ni)_3Sn_4$ 、および $(Cu, Ni)_6Sn_5$ のうち少なくとも1つ以上の化合物が形成され得る。当該金属化合物は、化合物塊として、第3層303の、第2層302近傍に形成され得る(図3参照)。つまり、第3層303は、接合層32に含まれる金属と、はんだに含まれる金属とが反応して形成された金属化合物を含んでもよい。
- [0041] 加熱により、接合層32の少なくとも一部が第3層303に取り込まれ、金属化合物を形成する一方、第3層303と、第1層301との間に第2層302が形成される。第2層302は、第3層303となる、はんだの溶融時に、第1層301近傍において、配向した $\beta$ -Snの結晶が成長することにより形成したものであると考えられる。当該 $\beta$ -Sn結晶の成長は、第1層301がMoを主成分とする層であることに起因する。例えば、バリア層としてタングステンをを用いた場合には、 $\beta$ -Snを主成分とする層は形成されないことが発明者によって確認されている。
- [0042] 第2層302は、第1層301と、第3層303との間の全面に位置していてもよい。あるいは、一部、第1層301と、第3層303との間に第2

層302が存在しない領域があってもよい。また、第1層301と、第3層303との間に、基板110の接合層32の一部が残っていてもよい。

[0043] ここで、第1層301および第2層302の格子構造について説明する。接合部30において、第1層301に含まれるMoの{111}面と、第2層302に含まれる $\beta$ -Snの{110}面とは、略平行であってよい。略平行であるとは、厳密に平行であることを求めないことを意味しており、例えば、一方の面に対する、他方の面の $\pm 5^\circ$ の傾きについては許容し得る。図5は、 $\beta$ -Snの[111]方向における原子の並びと、Moの[121]方向における原子の並びを模式的に示した図である。 $\beta$ -Snの{112}面における原子間距離 $d(\beta\text{-Sn})$ は、 $1.4843\text{ \AA}$ であり、Moの{110}面における原子間距離 $d(\text{Mo})$ は、 $2.2254\text{ \AA}$ である。 $\beta$ -Snの原子間距離3つ分と、Moの原子間距離2つ分の長さは、 $3 \times d(\beta\text{-Sn}) = 4.4529\text{ \AA}$ 、 $2 \times d(\text{Mo}) = 4.4508$ であり、ほぼ等しくなる。

[0044] Moの{111}面と、 $\beta$ -Snの{110}面とが略平行であることにより生じる、上述のような2つの層の原子間距離の特徴的な整合により、第1層301と、第2層302との界面強度が維持され得る。

[0045] 電極金属と、はんだとの反応によってはんだ接合面付近に生じる金属化合物は、硬く脆いものが多いが、第2層302の主成分である $\beta$ -Snは、当該金属化合物と比較して柔らかい。本開示に係る装置200は、はんだ接合面に第2層302を有することにより、耐衝撃性を有意に向上させることができる。これにより、電子モジュールの接合信頼性を向上させることができる。

[0046] さらに、はんだの濡れ性を向上させるために電極上に設けられる金属層（例えばAuなど）は、加熱時に金属化合物を形成してしまい、リフロー接合の際には電極とはんだとの界面において溶融はんだが弾かれてしまう可能性がある。本開示に係る装置200は、第2層302を有することにより、リフロー接合においてもはんだの濡れ拡がりを維持できる。

[0047] 第2層302の厚みは、100nm以上であってよい。第2層302の厚みが100nm以上であることにより、上述した耐衝撃性およびリフロー接合における濡れ性の維持の効果をより信頼度高く得ることができる。

[0048] 第3層303ははんだを含む層である。第3層303は、Snを主成分とし、Sn以外にAg、およびCuなどの金属を含んでいてもよい。

[0049] <電子モジュールの構成>

図6は、装置200を備える電子モジュール300の一部を示す断面構造図である。図6に示すように、電子モジュール300は、装置200を、実装基板（モジュール基板）120に実装することにより構成され得る。電子モジュール300は、本開示に係る電気装置の一例である。

[0050] 電子モジュール300は、装置200と、実装基板120とをリフロー接合することにより製造され得る。つまり、電子モジュール300は、装置200を備えている。実装基板120は、電子モジュール300に実装されている回路基板であり、実装基板120の内部および／または外部に電気回路を備えていてもよい。実装基板120は、リフロー接合前の状態において、基板110と同様に、基体12と、電極22と、バリア層31と接合層32とを備えている。実装基板120が有する電極22は、実装基板120と電子装置などを電氣的に接続するものである。当該電極22は、基体12の第1面12aに位置している。実装基板120の基体12、電極22、バリア層31および接合層32は、それぞれ基板110の基体11、電極21、バリア層31および接合層32と同じ構成であってよい。

[0051] より具体的には、電子モジュール300は、装置200の基体11および電極21と、実装基板120の基体12および電極22と、接合部30とを備える。換言すると、電子モジュール300は、装置200の電極21と、実装基板120の電極22とが接合部30によって接合された構成を有する。接合部30は、各電極21・22側から順に第1層301、第2層302、および第3層303を含む。第1層301、第2層302および第3層303は、上述したとおりの構成である。

[0052] 電子モジュール300は、第2層302を有することにより、界面強度に優れ、リフローなどの高温プロセスなどを経てもはんだの濡れ拡がりを維持できる。これにより接合信頼性および耐衝撃性に優れた電子モジュールを実現できる。

[0053] 以上より、基板110は、バリア層31および接合層32を備えることにより、はんだ接合時にはんだの濡れ性を確保しつつ、はんだ層33と接合層32との界面付近に形成されるSnを含む化合物の量を低減することができる。これにより、基板100は、リフロー接合などの高温プロセスなどを経ても、はんだ接合部分において十分な界面強度を有する装置または電子モジュールを提供することができる。

[0054] また、装置200および電子モジュール300は、第2層302を有することにより、リフローなどの高温プロセスなどを経てもはんだの濡れ拡がりを維持できる。これにより、十分な界面強度を維持することができ、接合信頼性に優れた電子モジュールを実現できる。さらに、第2層302の性質により、耐衝撃性に優れた電子モジュールを実現できる。

[0055] [実施形態2]

本開示の他の実施形態について、以下に説明する。説明の便宜上、上記実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を繰り返さない。

[0056] 実施形態2では、装置200が弾性波装置である例について説明する。図7は、実施形態2に係る弾性波装置210の断面構造図である。

[0057] 弾性波装置210は、基体13と、電極層23と、接合部30とを有している。弾性波装置210は通信機器の回路基板（実装基板）に実装され得る。

[0058] 基体13は、本開示に係る基体の一例である。基体13は、圧電層13Aと圧電層13Aを支持する支持基板13Bとを備える。圧電層13Aは、支持基板13Bと接合している面と反対側に位置する第1面13aを有している。電極層23は、圧電層13Aの第1面13aに設けられている。基体1

3は上記構成に限定されない。例えば、基体13は、支持基板13Bを備えていなくてもよい。この場合、圧電層13A自体が支持基板13Bの役割も果たす。

[0059] 電極層23は、IDT (Interdigital Transducer) 電極231と、パッド部232とを含む。パッド部232は、第1パッド232Aおよび第2パッド232Bを含む。本実施形態におけるパッド部232は、本開示に係る電極21の一例である。第1パッド232Aおよび第2パッド232Bは、基体13側からこの順に積層されている。つまり、パッド部232は、複数の層を含んでいてもよい。第1パッド232Aは、IDT電極231と同じ厚さを有していてもよい。パッド部232が積層構造となっていることにより、電気抵抗を下げることができる。

[0060] 弾性波装置210は、基板130にはんだを接合することによって得られる。基板130は、パッド部232上に、本開示に係るバリア層および接合層とを有する。基板130は本開示に係る基板の一例である。

[0061] はんだ接合により、バリア層および接合層は、はんだと共に接合部30を形成する。接合部30は、パッド部232上に位置しており、パッド部232側から順に第1層301、第2層302、および第3層303を含む。弾性波装置210において、第1層301、第2層302、および第3層303は、この順にパッド部232側から重層されている。第1層301、第2層302および第3層303は、実施形態1で説明したとおりの構成である。

[0062] IDT電極231は、弾性波装置において、弾性波を発生させる楕型電極である。IDT電極231は一对の交流電圧を印加する電極から構成される。IDT電極231は、パッド部232と電氣的に接続されている。

[0063] 弾性波装置210は、他の電子装置と比較して、接合部30を介して接合する接合箇所が少ないという特徴がある。そのため、接合部30における界面強度の確保がより重要視される。弾性波装置210は、基板130および接合部30を有するため、リフロー接合などの高温プロセスなどを経てもは

んだ接合部分において十分な界面強度を確保することができる。また、第2層302を有することにより、リフローなどの高温プロセスなどを経てもはんだの濡れ拡がりを維持できる。これにより、接合信頼性優れた弾性波装置を実現できる。さらに、第2層302の性質により、耐衝撃性に優れた弾性波装置を実現できる。

[0064] 実施形態2では、弾性波装置としてSAW (Surface Acoustic Wave) を対象として記載したが、これに限定されない。例えば、BAW (Bulk Acoustic Wave) であってもよい。

[0065] [実証試験]

以下では、本開示の基板、装置、および電気装置の効果を実証する実証試験について説明する。

[0066] (実証試験1：顕微鏡写真による比較)

図8は、電子モジュールの接合部30の顕微鏡写真である。図8の符号8001は、本開示の実施例に係る電子モジュール300における接合部30の顕微鏡写真である。図8の符号8002は、比較例としての電子モジュールの接合部の顕微鏡写真である。比較例の電子モジュールは、電子装置側の電極と、実装基板との間にはんだ層が位置している。つまり、本開示にかかる第1層301および第2層302を有していない。より具体的には、比較例の電子モジュールは、電極上に本開示に係るバリア層31および接合層32を有さない、電子装置および実装基板をはんだによって接合したものである。はんだ接合時の加熱条件は、実施例および比較例ともに同じである。

[0067] 図8の符号8002に示す比較例では、接合部の界面付近に、電極金属とはんだ層が含む金属とが反応して形成された化合物を多く含む領域Cが、粗大な粒状の領域として存在している。また、電極金属がはんだ層側に多く溶出していったために、接合部の界面に空隙Pが形成されている。

[0068] 一方、図8の符号8001に示す本開示に係る電子モジュール300では、接合部30の界面付近に存在する領域Cは比較的小さい領域にとどまっている。また、比較例において観察された空隙Pも観察されなかった。

[0069] 本開示にかかるバリア層31および接合層32を有する基板を用いて製造した装置は、第1層301および第2層302を含む接合部を有している。当該第1層301および第2層302を含む接合部を有する装置は、リフロー接合などの高温プロセスなどを経ても、はんだ接合部分における、脆い化合物の形成を有意に低減できることが実証された。また、バリア層31により、電極金属のはんだ層側への溶出が低減されるため、電極と接合部との界面において空隙が発生する可能性を低減することができることも実証された。

[0070] 以上のことから、本開示にかかる基板、装置、および電気装置は、高温プロセスなどを経てもはんだ接合部分において十分な界面強度を確保することができることが実証された。

[0071] (実証試験2：接合強度試験1ーバリア層として用いる金属の違いによる効果)

図9から図12は、バリア層に用いる金属を変更した場合の接合強度を評価した結果のグラフである。接合強度の評価試験は、JEDEC JESD 22-B117のはんだボールシェアの規格に準拠して実施した。

[0072] 比較例1では、基板上に電極としてNi層、バリア層としてTa<sub>2</sub>N(窒化タンタル)層を積層し、その上にはんだボールを載せた構成とした。図9は、比較例1の構成に対し、リフロー処理を1回施した後に実施した試験、およびリフロー処理を3回施した後に実施した試験の結果を示している。

[0073] 比較例2では、基板上に電極としてNi層、バリア層としてTiN(窒化チタン)層を積層し、その上にはんだボールを載せた構成とした。図10は比較例2についての結果を示している。

[0074] 比較例3では、基板上に電極としてNi層、バリア層としてW(タングステン)層を積層し、その上にはんだボールを載せた構成とした。図11は、比較例3についての結果を示している。

[0075] 実施例1では、基板上に電極としてNi層、バリア層として本開示のバリア層31と同じMo(モリブデン)層を積層し、その上にはんだボールを載

せた構成とした。図12は、実施例についての結果を示している。

[0076] 比較例1および比較例2では、リフロー処理1回、リフロー処理3回いずれの場合においても比較的小さい変位において、荷重が急落するグラフとなっている。これは、界面強度が弱く、荷重が急落した変位において、はんだ界面での剥離が生じていることを示している。

[0077] 比較例3では、リフロー処理1回の場合には変位の試験範囲内において、荷重が急落するグラフとはなっていない。なだらかな荷重の低下は、剥離ではなく、はんだのバルク破壊が生じていることを示している。しかしながら、リフロー処理を3回施した場合の結果では、やはり小さい変位において、荷重が急落するグラフとなっている。つまり、リフロー処理の反復によって界面強度が弱くなったことを示している。

[0078] 一方実施例では、リフロー処理1回、リフロー処理3回いずれの場合においても変位の試験範囲内において、荷重が急落するグラフとはなっていない。つまり、変位の試験範囲内において界面強度が維持されていることが実証された。

[0079] 以上の試験結果から、Moを主成分とするバリア層31を用いることにより、リフロー接合などの高温プロセスなどを経てもはんだ接合部分において十分な界面強度を確保することができることが実証された。

[0080] (実証試験3：接合強度試験2ーバリア層および接合層の構成の検証)

図13は、装置のモデルサンプルを用いて、バリア層および接合層の構成を変化させた場合の接合強度を評価した結果のグラフである。接合強度の評価試験は、JEDEC JESD22-B117のはんだボールシェアの規格に準拠して実施した。接合強度の評価試験は、各実施例または比較例について、リフロー処理を3回施した後に実施した。また、同じ試験を各実施例または比較例について、6回行った。

[0081] 実証試験3において用いた装置のサンプルとして、実施例2・3・4および比較例4を以下のように準備した。全ての実施例および比較例において、基体は共通であり、Si基板である。また、電極についても共通であり、配

線層としてのAl層、密着層としてのTi層、保護層としてのNi層から構成される積層構造とした。

[0082] 実施例2：バリア層-Mo層(0.3 $\mu$ m)、接合層-Ni層(0.2 $\mu$ m)とAu層(0.05 $\mu$ m)の積層構造。接合層上にはんだボールを載せ、作製。

[0083] 実施例3：バリア層-Mo層(0.1 $\mu$ m)、接合層-Ni層(0.2 $\mu$ m)とAu層(0.05 $\mu$ m)の積層構造。接合層上にはんだボールを載せ、作製。

[0084] 実施例4：バリア層-Mo層(0.3 $\mu$ m)、接合層-Ni層(0.1 $\mu$ m)とAu層(0.05 $\mu$ m)の積層構造。接合層上にはんだボールを載せ、作製。

[0085] 比較例4：バリア層-なし、接合層-Ni層(0.6 $\mu$ m)とAu層(0.05 $\mu$ m)の積層構造。接合層上にはんだボールを載せ、作製。

[0086] 図13の符号1301は、実施例2の結果を示している。図13の符号1302は、実施例3の結果を示している。図13の符号1303は、実施例4の結果を示している。図13の符号1304は、比較例4の結果を示している。

[0087] 実施例2～4は、それぞれ本開示の範囲内の構成である。比較例4は、Moを主成分とするバリア層を含まないため、本開示の範囲外の構成である。

[0088] 比較例4では、10 $\mu$ m未満の変位において、荷重が急落する結果となった。一方実施例2～4では、変位の試験範囲内において、荷重が急落する結果とはならず、変位の試験範囲内において界面強度が維持されていることが実証された。

[0089] 実施例3の結果から、本開示に係るバリア層は、0.1 $\mu$ m以上の厚みを有することにより、リフロー接合などの高温プロセスを経てもはんだ接合部において十分な界面強度を確保することができることが実証された。また、実施例4の結果から、本開示に係る接合層は、0.05 $\mu$ m以上の厚みを有することにより、リフロー接合などの高温プロセスを経てもはんだ接合部に

において十分な界面強度を確保することができることが実証された。

[0090] (実証試験4：接合強度試験3－保護層の有無による接合強度の検証)

図14は、本開示に係る電極において、電極が保護層を有する場合と有さない場合について、接合強度を評価した結果のグラフである。接合強度の評価試験は、JEDEC JESD22-B117のはんだボールシェアの規格に準拠して実施した。

[0091] 図14の符号1401は、実証試験3の実施例2のサンプルを用いた結果である。実施例2は、電極が、配線層としてのA1層、密着層としてのTi層、保護層としてのNi層から構成される積層構造を有している。

[0092] 図14の符号1402は、電極が、配線層としてのA1層および密着層としてのTi層から構成される積層構造を有している実施例5の結果を示している。つまり、実施例5は、保護層としてのNi層を有さず、密着層と、バリア層とが接する構成を有している。実施例5は本開示の範囲内の構成である。

[0093] 実施例5においても、変位の試験範囲内において、荷重が急落する結果とはならず、変位の試験範囲内において界面強度が維持されていることが実証された。

[0094] つまり、本開示に係る基板では、密着層とバリア層とが接している場合において、リフロー接合などの高温プロセスを経てもはんだ接合部において十分な界面強度を確保することができることが実証された。

[0095] (実証試験5：接合強度試験4－高温試験)

本開示に係る接合部を有するサンプルを用いて高温試験を行い、高温試験後の断面組織の観察および接合強度の評価を実施した。図15は、接合強度の評価試験の結果を示している。高温試験は、IEC60068-2-2の規格に準拠して、150℃1000時間の条件で実施した。接合強度の評価試験は、JEDEC JESD22-B117のはんだボールシェアの規格に準拠して実施した。

[0096] 実証試験5において断面組織の観察のために用いたサンプルは、以下の基

板サンプルにはんだボールを載置した後、以下の母基板サンプルとリフロー接合した。

[0097] 基板サンプル：基体－Si基板、電極－Ni層（ $0.6\mu\text{m}$ ）とTi層（ $0.05\mu\text{m}$ ）の積層構造、バリア層－Mo層（ $0.3\mu\text{m}$ ）、接合層－Ni層（ $0.2\mu\text{m}$ ）層とAu層（ $0.05\mu\text{m}$ ）の積層構造

母基板サンプル：基体－Si基板、電極－Ni層（ $0.6\mu\text{m}$ ）とTi層（ $0.05\mu\text{m}$ ）の積層構造、バリア層－Mo層（ $0.3\mu\text{m}$ ）、接合層－Ni層（ $0.2\mu\text{m}$ ）層とAu層（ $0.05\mu\text{m}$ ）の積層構造。

[0098] 上述のように作製したサンプルは、本開示の範囲内であり、電極と、電極上に位置する接合部とを有する。接合部は、電極側から順にMoを主成分として含む第1層、 $\beta$ -Snを主成分として含む第2層、およびはんだを含む第3層を有している。

[0099] 実証試験5において接合強度の評価のために用いたサンプルは、上記基板サンプルに、はんだボールを載せ、作製した。図15に示すように、当該本開示の範囲内のサンプルは、変位の試験範囲内において、荷重が急落する結果とはならず、変位の試験範囲内において界面強度が維持されていることが実証された。

[0100] つまり、本開示に係る基板では、 $150^{\circ}\text{C}$  1000時間の高温試験において、十分な界面強度を確保することができることが実証された。

[0101] （実証試験6：接合強度試験5－高温高湿試験）

本開示に係る接合部を有するサンプルを用いて高温高湿試験を行い、高温高湿試験後の断面組織の観察および接合強度の評価を実施した。図16は、接合強度の評価試験の結果を示している。高温高湿試験は、IEC 60068-2-78の規格に準拠して、 $85^{\circ}\text{C}$ 、85RH、1000時間の条件で実施した。接合強度の評価試験は、JEDEC JESD 22-B117のはんだボールシェアの規格に準拠して実施した。

[0102] 実証試験6において断面組織の観察のために用いたサンプルは、以下の基板サンプルにはんだボールを載置した後、以下の母基板サンプルとリフロー

接合した。

[0103] 基板サンプル：基体－Si基板、電極－Ni層（0.6 μm）とTi層（0.05 μm）の積層構造、バリア層－Mo層（0.3 μm）、接合層－Ni層（0.2 μm）とAu層（0.05 μm）の積層構造

母基板サンプル：基体－Si基板、電極－Ni層（0.6 μm）とTi層（0.05 μm）の積層構造、バリア層－Mo層（0.3 μm）、接合層－Ni層（0.2 μm）とAu層（0.05 μm）の積層構造。

[0104] 上述のように作製したサンプルは、本開示の範囲内であり、電極と、電極上に位置する接合部とを有する。接合部は、電極側から順にMoを主成分として含む第1層、β-Snを主成分として含む第2層、およびはんだを含む第3層を有している。

[0105] 実証試験6において接合強度の評価のために用いたサンプルは、上記基板サンプルに、はんだボールを載せ、作製した。図16に示すように、当該本開示の範囲内のサンプルは、変位の試験範囲内において、荷重が急落する結果とはならず、変位の試験範囲内において界面強度が維持されていることが実証された。

[0106] つまり、本開示に係る電子モジュールは、85℃、85%RHの条件下、1000時間の高温高湿試験において、十分な界面強度を確保することができることが実証された。

[0107] （実証試験7：温度サイクル試験1）

本開示に係る接合部を有する電子モジュールのモデルサンプルを用いて温度サイクル試験を行い、実施例サンプル（実施例6）と、比較例サンプル（比較例5）について、温度サイクル試験後の断面を観察した。

[0108] 温度サイクル試験は、IEC60068-2-14の規格に準拠し、-40℃から85℃の繰り返し温度変化を300サイクル実施した。断面の観察は、50サイクルごとにサンプルを抜き取り、樹脂埋め研磨した各サンプルのSEM写真を用いて行った。

[0109] 実証試験7において用いた実施例サンプル（実施例6）および比較例サン

プル（比較例5）は、以下の基板サンプルにはんだボールを載置した後、以下の母基板サンプルとリフロー接合した。

- [0110] 実施例6：基板サンプル：基体-Si基板、電極-Ni層（0.6 $\mu$ m）とTi層（0.05 $\mu$ m）の積層構造、バリア層-Mo層（0.3 $\mu$ m）、接合層-Ni層（0.2 $\mu$ m）とAu層（0.05 $\mu$ m）の積層構造  
母基板サンプル：基体-LiTaO<sub>3</sub>基板、電極-Ni層（0.6 $\mu$ m）とTi層（0.05 $\mu$ m）の積層構造、バリア層-Mo層（0.3 $\mu$ m）、接合層-Ni層（0.2 $\mu$ m）とAu層（0.05 $\mu$ m）の積層構造。
- [0111] 上述のように作製した実施例6は、本開示の範囲内であり、電極と、電極上に位置する接合部とを有する。接合部は、電極側から順にMoを主成分として含む第1層、 $\beta$ -Snを主成分として含む第2層、およびはんだを含む第3層を有している。
- [0112] 比較例5：基板サンプル：基体-Si基板、電極-Ni層（0.6 $\mu$ m）とTi層（0.05 $\mu$ m）の積層構造、バリア層-なし、接合層-Ni層（0.6 $\mu$ m）とAu層（0.05 $\mu$ m）の積層構造  
母基板サンプル：基体-LiTaO<sub>3</sub>基板、電極-Ni層（0.6 $\mu$ m）とTi層（0.05 $\mu$ m）の積層構造、バリア層-なし、接合層-Ni層（1.2 $\mu$ m）とAu層（0.05 $\mu$ m）の積層構造。
- [0113] 上述のように作製した比較例5の電子モジュールは、本開示に係る第1層および第2層を有しておらず、本開示の範囲外である。
- [0114] 実証試験7において、比較例は、50サイクル以上で基板割れが見られた。一方、実施例6は、200サイクル以上で接合部に疲労が見られるものの、300サイクルでも基板割れは見られなかった。この結果は、柔軟な接合部が形成されていることにより、接合部において熱膨張差を吸収できている結果であると考えられる。
- [0115] つまり、本開示に係る電子モジュールは、-40℃から85℃の300サイクルの温度サイクル試験において、十分な接合信頼性を得られることが実証された。

[0116] (実証試験8：接合部の硬度)

実証試験8では、本開示の範囲内である装置におけるはんだ（接合部）および本開示の範囲外である装置におけるはんだの硬度を、ナノインデンテーションにより評価した。

[0117] 実証試験8において用いた実施例サンプル（実施例7）および比較例サンプル（比較例6）は、以下のように準備した。

[0118] 実施例7：基体－Si基板、電極－Ni層（ $0.6\mu\text{m}$ ）とTi層（ $0.05\mu\text{m}$ ）の積層構造、バリア層－Mo層（ $0.3\mu\text{m}$ ）、接合層－Ni層（ $0.2\mu\text{m}$ ）とAu層（ $0.05\mu\text{m}$ ）の積層構造。当該構成を有する基板を2枚準備し、2枚の基板をはんだ接合することにより、作製した。

[0119] 上述のように作製した実施例7のサンプルは、本開示の範囲内であり、電極上に本開示にかかる接合部が形成されている。接合部は、電極側から順にMoを主成分として含む第1層、 $\beta$ -Snを主成分として含む第2層、およびはんだを含む第3層を有している。

[0120] 比較例5：基体－Si基板、電極－Ni層（ $0.6\mu\text{m}$ ）とTi層（ $0.05\mu\text{m}$ ）の積層構造、バリア層－なし、接合層－Ni層（ $1.2\mu\text{m}$ ）層とAu層（ $0.05\mu\text{m}$ ）の積層構造。当該構成を有する基板を2枚準備し、2枚の基板をはんだ接合することにより、作製した。

[0121] 上述のように作製した比較例5の装置は、本開示に係る第1層および第2層を有しておらず、本開示の範囲外である。

[0122] 図17は、実施例7（Ni/Mo）および比較例6（Ni（ $1.2\mu\text{m}$ ））のナノインデンテーションの結果を示すグラフである。図17からわかるように、実施例7の方がはんだの硬度が低い。つまり、本開示にかかる接合部は、比較例6のような第1層および第2層を含まない接合部よりも高度が低く、変形などによる熱膨張差を吸収できることが実証された。

[0123] (実証試験9：温度サイクル試験2)

電子モジュールのモデルサンプルを用いて温度サイクル試験を行い、実施例サンプルと、比較例サンプルについて、ワイブルプロットを作成した。実

実施例サンプルおよび比較例サンプルは、実証試験7において作製した実施例6および比較例5と同じである。温度サイクル試験は、IEC 60068-2-14の規格に準拠し、 $-55^{\circ}\text{C}$ から $125^{\circ}\text{C}$ の繰り返し温度変化を1000サイクル実施した。

[0124] 図18は、実施例6 (Ni/Mo) および比較例5 (Ni ( $1.2\mu\text{m}$ )) のワイブルプロットである。図18からわかるように、実施例6の方が、破断に至るサイクル数が長いことが実証された。つまり、本開示にかかる電子モジュールは、比較例よりも接合信頼性が高いことが実証された。

[0125] (実証試験10：落下衝撃試験)

電子モジュールのモデルサンプルを用いて落下衝撃試験を行い、実施例サンプルと比較例サンプルについて比較した。落下衝撃試験は、JEITA EIT-7409/107の規格に準拠し、 $4.1\text{g}$ の鉄球を $0.5\text{m}$ および $1.0\text{m}$ の落下高さから落下させ、はんだ接合部分の断面を観察することにより、破断状態を観察した。断面の観察は、SEM写真を用いて行った。

[0126] 実証試験10において用いた電子モジュールのモデルサンプルとして、実施例8・9、比較例7・8を以下のように準備した。各実施例および比較例において、各基板サンプルにはんだボールを載置した後、各母基板サンプルとリフロー接合した。各実施例・各比較例に対し6つのサンプルを準備し、試験した。

[0127] 実施例8：

基板サンプル：基体-Si基板、電極-Ti層 ( $0.015\mu\text{m}$ ) とNi層 ( $0.3\mu\text{m}$ ) の積層構造、バリア層-Mo層 ( $0.3\mu\text{m}$ )、接合層-Ni層 ( $0.1\mu\text{m}$ ) 層とAu層 ( $0.05\mu\text{m}$ ) の積層構造

母基板サンプル：基体-Si基板、電極-Ti層 ( $0.015\mu\text{m}$ ) とNi層 ( $0.3\mu\text{m}$ ) の積層構造、バリア層-Mo層 ( $0.3\mu\text{m}$ )、接合層-Ni層 ( $0.1\mu\text{m}$ ) 層とAu層 ( $0.05\mu\text{m}$ ) の積層構造。

[0128] 実施例9：

基板サンプル：基体-Si基板、電極-Ti層 ( $0.015\mu\text{m}$ )、バリ

ア層－Mo層（ $0.3\ \mu\text{m}$ ）、接合層－Ni層（ $0.2\ \mu\text{m}$ ）とAu層（ $0.05\ \mu\text{m}$ ）の積層構造

母基板サンプル：基体－Si基板、電極－Ti層（ $0.015\ \mu\text{m}$ ）、バリア層－Mo層（ $0.3\ \mu\text{m}$ ）、接合層－Ni層（ $0.2\ \mu\text{m}$ ）層とAu層（ $0.05\ \mu\text{m}$ ）の積層構造。

[0129] 比較例8：

基板サンプル：基体－Si基板、電極－Ti層（ $0.050\ \mu\text{m}$ ）、接合層－Ni層（ $1.2\ \mu\text{m}$ ）とAu層（ $0.05\ \mu\text{m}$ ）の積層構造

母基板サンプル：基体－Si基板、電極－Ti層（ $0.050\ \mu\text{m}$ ）、接合層－Ni層（ $1.2\ \mu\text{m}$ ）とAu層（ $0.05\ \mu\text{m}$ ）の積層構造。

[0130] 比較例9：

基板サンプル：基体－Si基板、電極－Ti層（ $0.050\ \mu\text{m}$ ）、接合層－Ni層（ $0.6\ \mu\text{m}$ ）とAPC層（ $0.1\ \mu\text{m}$ ）の積層構造

母基板サンプル：基体－Si基板、電極－Ti層（ $0.050\ \mu\text{m}$ ）、接合層－Ni層（ $0.6\ \mu\text{m}$ ）とAPC層（ $0.1\ \mu\text{m}$ ）の積層構造。

[0131] 落下距離 $0.5\ \text{m}$ の場合、実施例8および9については、それぞれ6サンプル中4サンプルにおいて、 $100$ 回以上の落下回数でも破断が見られなかった。一方、比較例8については、平均 $6.7$ 回、比較例9については平均 $7.1$ 回の落下回数で破断が見られた。

[0132] つまり、本開示にかかる電子モジュールは、比較例よりも耐衝撃性に優れることが実証された。

[0133] また、上記の実験結果について更に詳細に調べるため、以下の追加実験を実施した。

[0134] （多層電極の作製）

厚さ $525\ \mu\text{m}$ の4インチSiウエハにフォトリソプロセスを用いて電極パターンを形成し、Tiシード層（ $0.05\ \mu\text{m}$ ）の上に異なる構成でスパッタ成膜した。該Siウエハは、本開示に係る基板の一例である。作製した電極構造の模式図を図19に示す。図19の符号1901は比較例としての

汎用Ni/Au電極を示している。溶解によるNi消失を避けるためNi厚みは1.2 $\mu\text{m}$ とした。図19の符号1902は本開示の実施例としてのNi/Mo/Ni/Au電極を示しており、厚み0.6 $\mu\text{m}$ のNi上にMoバリア層を成膜した。該Moバリア層は、本開示に係るバリア層の一例である。図19の符号1903は本開示の実施例としてTiシード層の上に直接Mo/Ni/Auを成膜した電極を示している。符号1903の例に示されるMo層もまた、本開示に係るバリア層の一例である。

[0135] ダイシングで1.5mm $\times$ 1.5mmと2.5mm $\times$ 1.5mmに個片化したチップの上に直径90 $\mu\text{m}$ のSn-3.0mass%Ag-0.5mass%Cuはんだボールを搭載した。次いで、ギ酸還元雰囲気下にてピーク温度260 $^{\circ}\text{C}$ のプロファイルで溶融させ、上下チップを直径100 $\mu\text{m}$ の電極4つで接合した簡易接合サンプルを作製した。なお、組み立て時の熱履歴を模擬するため、リフローを3回繰り返した。

[0136] (耐衝撃性評価)

電極部の強度評価にはせん断試験機が用いられることが多いが、一定以上の強度を有し、はんだ内部で破壊する場合は、電極部の破壊評価に至らず優劣が判断し難い。そこで本実験では、鋼球落下試験の繰り返しを採用した。図20は、鋼球落下試験の概要を示す図である。図20に示すように、シアノアクリレート系接着剤で接合サンプルを貼り付けたアルミニウム板を両端固定し、サンプル裏面中心を狙って高さ500mmから直径10mm、質量4.1gの鋼球を落下させ、上側チップが落下する落下回数を比較した。サンプル数は各5個である。

[0137] (結果および考察)

図21は、鋼球落下試験の結果を示すグラフである。図21では、上側チップが落下するまでの鋼球落下回数を電極構造間で比較した結果を示している。比較例であるNi/Au電極は平均7回の落下で破壊した。一方、本開示の実施例であり、Moバリア層を含む、Ni/Mo/Ni/Au電極およびMo/Ni/Au電極は、破壊までの繰り返し落下回数が増加し1

00回を超えた。汎用のバンプせん断試験ではいずれもはんだ内部で破壊したが、鋼球落下試験では明確な差が現れた。

[0138] 構成の異なる電極間において差が生じた原因を明確にするため、走査型電子顕微鏡（SEM）観察を実施した。図22は、比較例であるNi/Au電極の落下試験後（落下回数5回）のSEM観察結果である。図22の符号2201および符号2202の図に示すように、該電極では、破壊起点と見られる電極外周部から約5 $\mu$ mの幅でNiが溶解して消失している。このNi消失部を初期欠陥として生じたき裂がSi界面を伝搬しSiチップの破壊に至ると推察される。Ni電極の溶解消失は、成膜後の外周部の電極厚みが薄いために生じるが、スパッタ時にレジストの影になることに起因しているため、プロセス上、回避することは難しい。

[0139] 一方、図23は本開示の実施例であるNi/Mo/Ni/Au電極の落下試験後（落下回数289回）のSEM観察結果である。図23の符号2301に示すはんだバンプの破面の外周部から破線の領域まで、図23の符号2302に示すストライエーションが観察された。ストライエーション間隔は約50nmで、外周部から破線までの距離が最大20 $\mu$ mであった。このことから、繰り返しの鋼球落下により疲労き裂が破線部まで進展して巨視的な破壊に至ったと考えて矛盾はない。図23の符号2303は電極部の断面写真である。外周部のNi層の薄い部分までMoが覆っており、Niの溶解を抑制していることがわかる。実施例の電極では、Niが消失せず初期欠陥が生じないことが、破壊までの落下回数の大幅増加をもたらしたと考えられる。Moバリア層の導入による電極溶解の抑制は、耐衝撃性の向上にも有効であると言える。

[0140] 図24は本開示の実施例であるNi/Mo/Ni/Au電極の破面のMo層側のエネルギー分散型X線分析（EDX）結果である。従前の研究における内部組織観察から溶融接合後は、Mo/ $\beta$ -Sn/はんだ層構成であることがわかっている。EDXマッピングでは、Mo層の上にSn層が広く分布しているが、Agの検出量は微量であった。Mo層上に残る層は、主として

$\beta$ -Sn層であり、はんだと $\beta$ -Snの界面でき裂が進展したことを示唆している。

[0141] なお、本開示の実施例であるMo/Ni/Au電極の破壊形態もNi/Mo/Ni/Au電極と同様であった。Ni層を除くことで更なる電極の薄層化と成膜時間短縮による生産性向上が期待される。

[0142] 以上のことから、比較例であるNi/Au電極は、厚みが薄い外周部約5 $\mu$ mの電極溶解部が初期欠陥となりチップ破壊に至るが、Moバリア層によって溶解を抑止することで耐衝撃性が向上することがわかった。Moバリア層を含む電極構造のはんだ接合後の破壊は主に $\beta$ -Sn/はんだ界面で生じる延性破壊である。

[0143] [まとめ]

(1) 本開示の第1の態様に係る装置は、第1面を有する基体と、前記基体の前記第1面に位置する電極と、前記電極上に位置する接合部とを有し、前記接合部は、前記電極側から順に第1層、第2層、および第3層を含み、前記第1層は、Moを主成分として含み、前記第2層は、 $\beta$ -Snを主成分として含み、前記第3層は、はんだを含む。

[0144] (2) 本開示の第2の態様に係る装置は、上記態様1において、前記電極は、信号を伝達する配線層と、前記配線層と前記第1層との密着度を向上させる密着層とを含み、前記密着層と、前記第1層とが接している。

[0145] (3) 本開示の第3の態様に係る装置は、上記態様2において、前記密着層は、Tiを主成分とする層およびCrを主成分とする層の、少なくとも1つを含む。

[0146] (4) 本開示の第4の態様に係る装置は、上記1から3のいずれかの態様において、前記第2層の厚みが100nm以上である。

[0147] (5) 本開示の第5の態様に係る装置は、上記1から4のいずれかの態様において、前記第1層に含まれるMoの{111}面と、前記第2層に含まれる $\beta$ -Snの{110}面とが略平行である。

[0148] (6) 本開示の第6の態様に係る装置は、前記1から5のいずれかの態様

において、前記基体は、圧電層を備え、前記電極は、前記圧電層上に設けられており、IDT電極に接続している。

[0149] (7) 本開示の第7の態様に係る電気装置は、上記態様1から6のいずれかの装置備える。

[0150] (8) 本開示の第8の態様に係る基板は、第1面を有する基体と、前記基体の前記第1面に位置する電極と、前記電極上に位置するバリア層と、前記バリア層上に位置する接合層と、を有し、前記バリア層は、Moを主成分として含み、前記接合層は、Ni、Ag、AuおよびCuの少なくともいずれかを含む。

[0151] (9) 本開示の第9の態様に係る基板は、上記態様8において、前記接合層は、Agを主成分とする銀合金からなる層を含む。

[0152] (10) 本開示の第10の態様に係る装置の製造方法は、上記態様8または9の基板を準備する工程と、前記接合層上にはんだを載置し、加熱することにより、前記電極上に接合部を作製する工程と、を含み、前記接合部は、前記電極側から順に第1層、第2層、および第3層を含み、前記第1層は、Moを主成分として含み、前記第2層は、 $\beta$ -Snを主成分として含み、前記第3層は、はんだを含む。

[0153] [付記事項]

以上、本開示に係る発明について、諸図面および実施例に基づいて説明してきた。しかし、本開示に係る発明は上述した各実施形態に限定されるものではない。すなわち、本開示に係る発明は本開示で示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせ得られる実施形態についても本開示に係る発明の技術的範囲に含まれる。つまり、当業者であれば本開示に基づき種々の変形または修正を行うことが容易であることに注意されたい。また、これらの変形または修正は本開示の範囲に含まれることに留意されたい。

## 符号の説明

[0154] 110・・・基板

- 1 1 . . . . 基体
- 2 1 . . . . 電極
  - 2 1 A . . . . 配線層
  - 2 1 B . . . . 密着層
- 3 1 . . . . バリア層
- 3 2 . . . . 接合層
- 1 2 0 . . . . 実装基板
  - 1 2 . . . . 基体
  - 2 2 . . . . 電極
- 2 0 0 . . . . 装置
  - 3 0 . . . . 接合部
    - 3 0 1 . . . . 第 1 層
    - 3 0 2 . . . . 第 2 層
    - 3 0 3 . . . . 第 3 層
- 3 0 0 . . . . 電子モジュール（電気装置）
- 2 1 0 . . . . 弾性波装置（装置）
  - 1 3 0 . . . . 基板
  - 1 3 . . . . 基体
    - 1 3 A . . . . 圧電層（基体）
    - 1 3 B . . . . 支持基板（基体）
- 2 3 . . . . 電極層
  - 2 3 1 . . . . I D T 電極
  - 2 3 2 . . . . パッド部（電極）

## 請求の範囲

- [請求項1] 第1面を有する基体と、  
前記基体の前記第1面に位置する電極と、  
前記電極上に位置する接合部とを有し、  
前記接合部は、前記電極側から順に第1層、第2層、および第3層を含み、  
前記第1層は、Moを主成分として含み、  
前記第2層は、 $\beta$ -Snを主成分として含み、  
前記第3層は、はんだを含む、装置。
- [請求項2] 前記電極は、信号を伝達する配線層と、前記配線層と前記第1層との密着度を向上させる密着層とを含み、  
前記密着層と、前記第1層とが接している、請求項1に記載の装置。
- [請求項3] 前記密着層は、Tiを主成分とする層およびCrを主成分とする層の、少なくとも1つを含む、請求項2に記載の装置。
- [請求項4] 前記第2層の厚みが100nm以上である、請求項1から3のいずれか1項に記載の装置。
- [請求項5] 前記第1層に含まれるMoの{111}面と、前記第2層に含まれる $\beta$ -Snの{110}面とが略平行である、請求項1から4のいずれか1項に記載の装置。
- [請求項6] 前記基体は、圧電層を備え、  
前記電極は、前記圧電層上に設けられており、IDT電極に接続している、請求項1から5のいずれか1項に記載の装置。
- [請求項7] 請求項1から6のいずれか1項に記載の装置を備える、電気装置。
- [請求項8] 第1面を有する基体と、  
前記基体の前記第1面に位置する電極と、  
前記電極上に位置するバリア層と、  
前記バリア層上に位置する接合層と、を有し、

前記バリア層は、Moを主成分として含み、

前記接合層は、Ni、Ag、AuおよびCuの少なくともいずれかを含む、基板。

[請求項9] 前記接合層は、Agを主成分とする銀合金からなる層を含む、請求項8に記載の基板。

[請求項10] 請求項8または9に記載の基板を準備する工程と、  
前記接合層上にはんだを載置し、加熱することにより、前記電極上に接合部を作製する工程と、を含み、

前記接合部は、前記電極側から順に第1層、第2層、および第3層を含み、

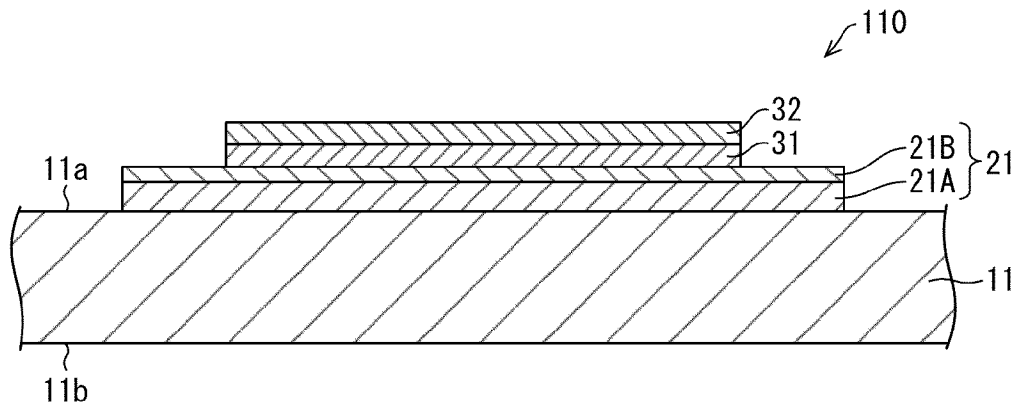
前記第1層は、Moを主成分として含み、

前記第2層は、 $\beta$ -Snを主成分として含み、

前記第3層は、はんだを含む、装置の製造方法。

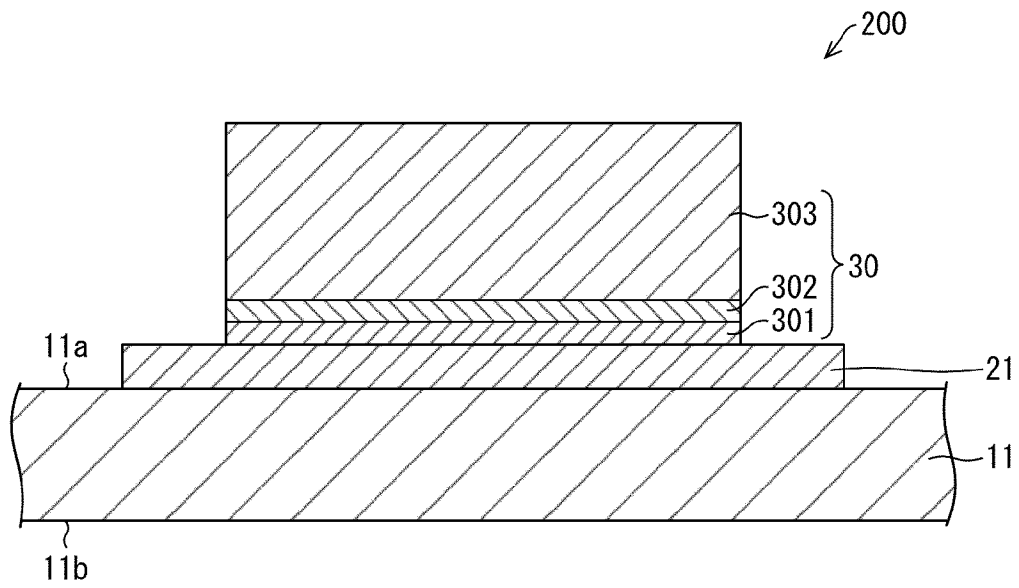
[図1]

図 1



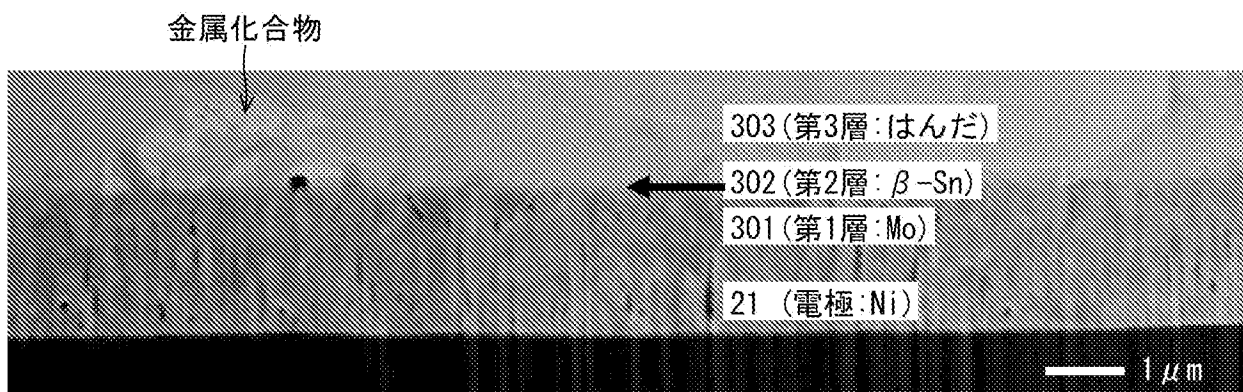
[図2]

図 2



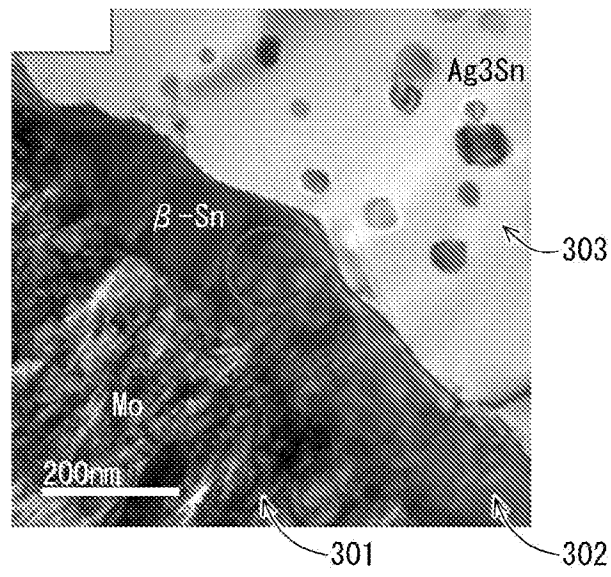
[図3]

図 3



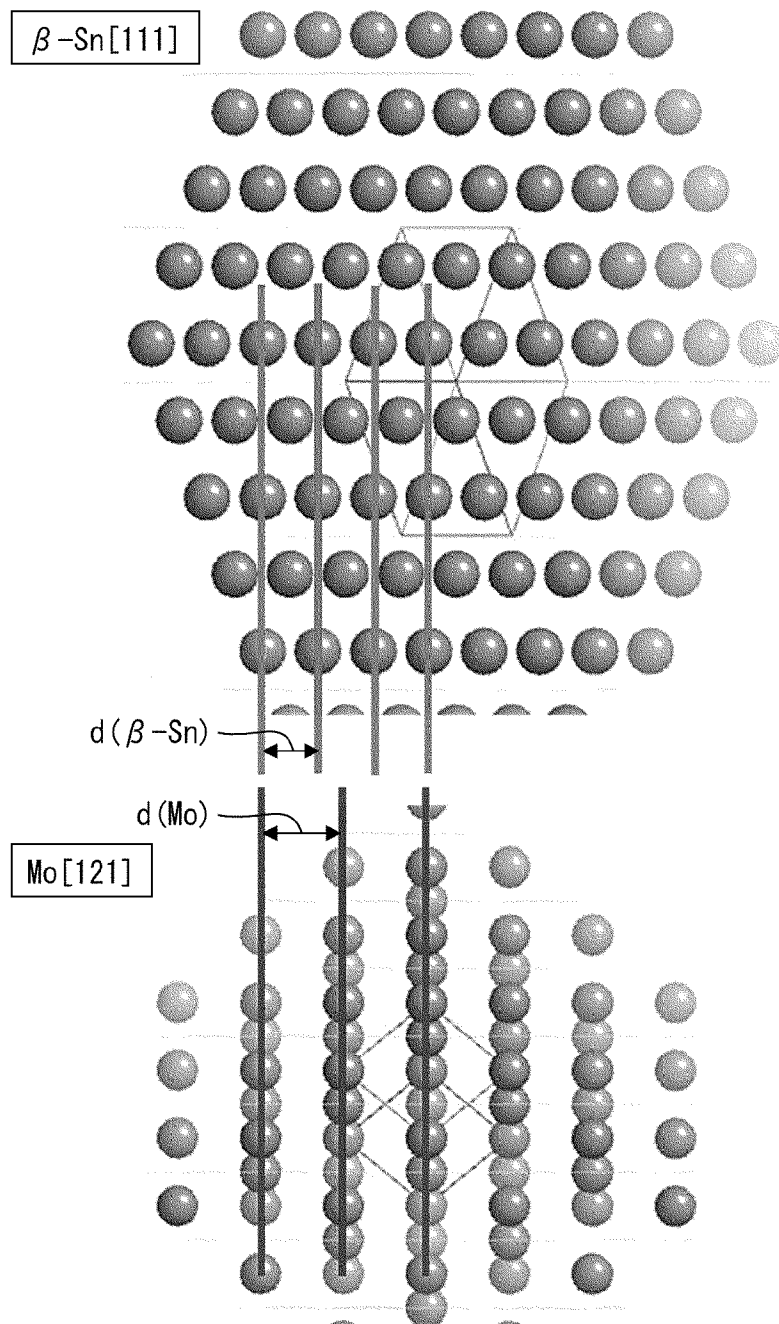
[図4]

図 4



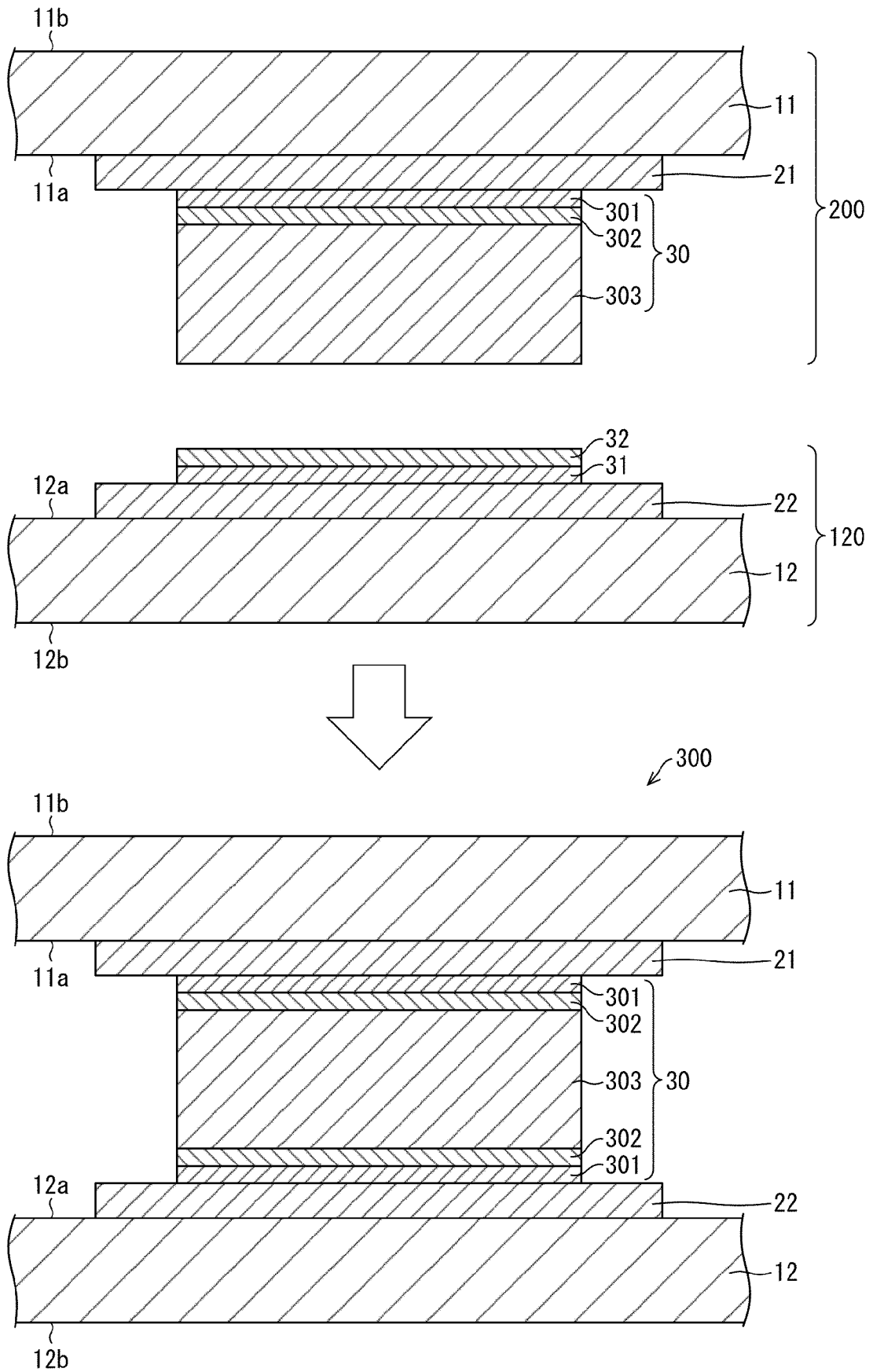
[図5]

図 5



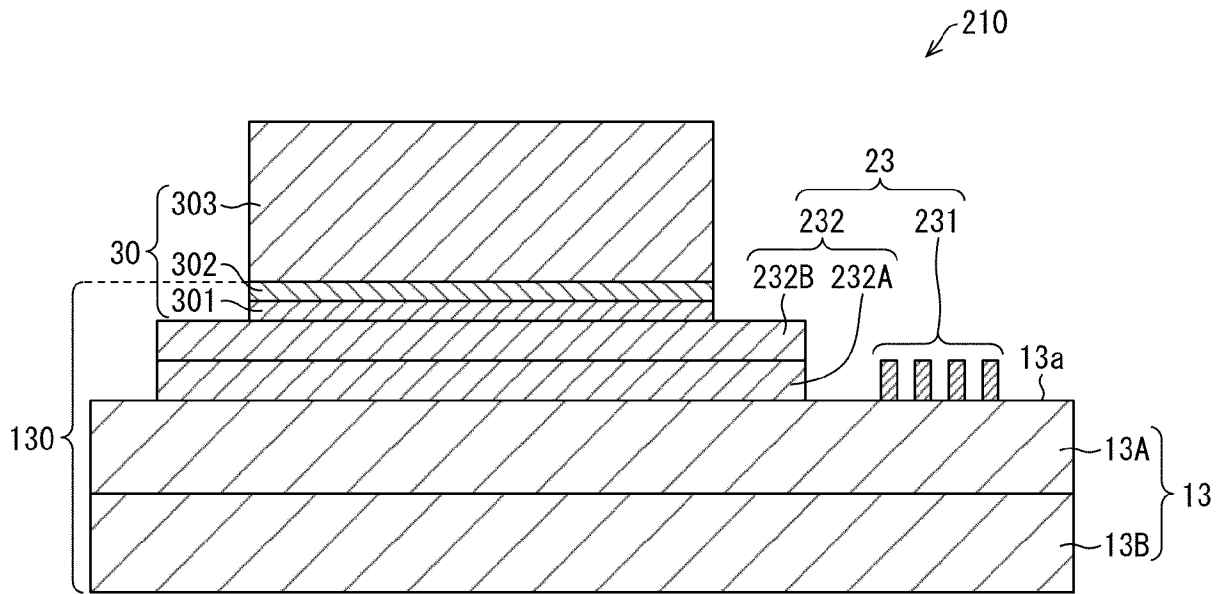
[図6]

図 6



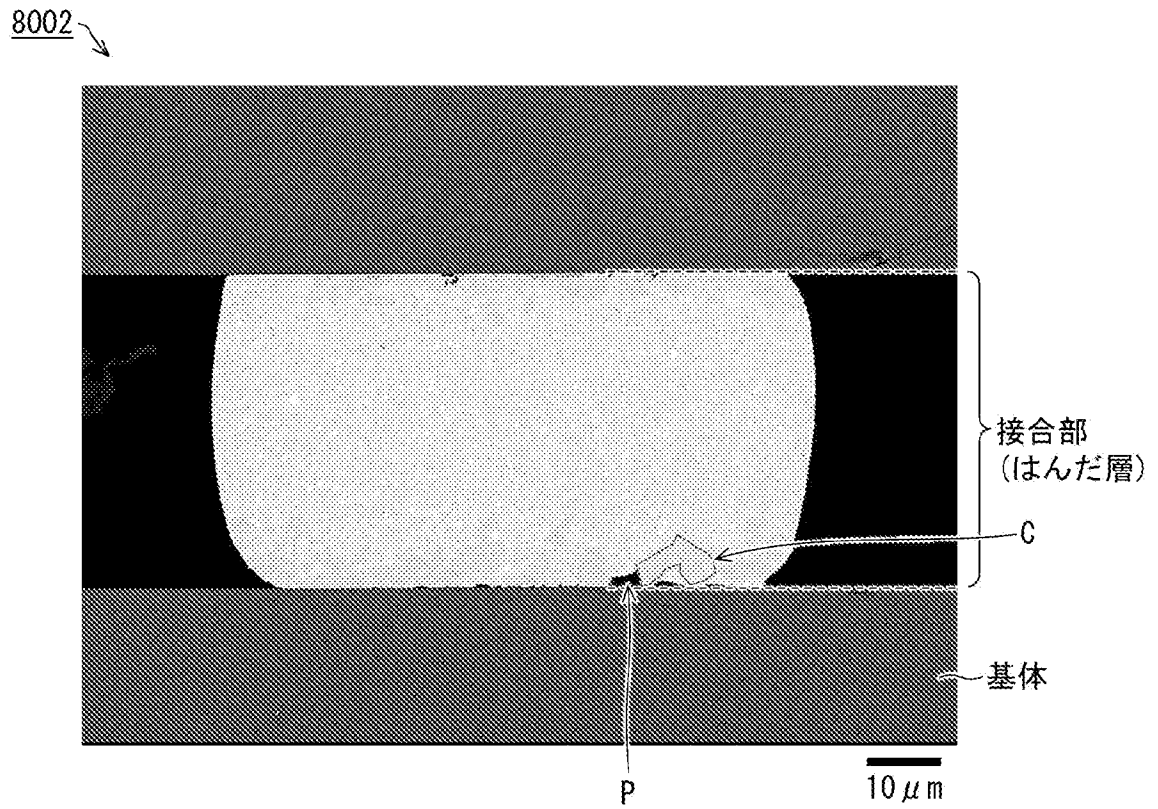
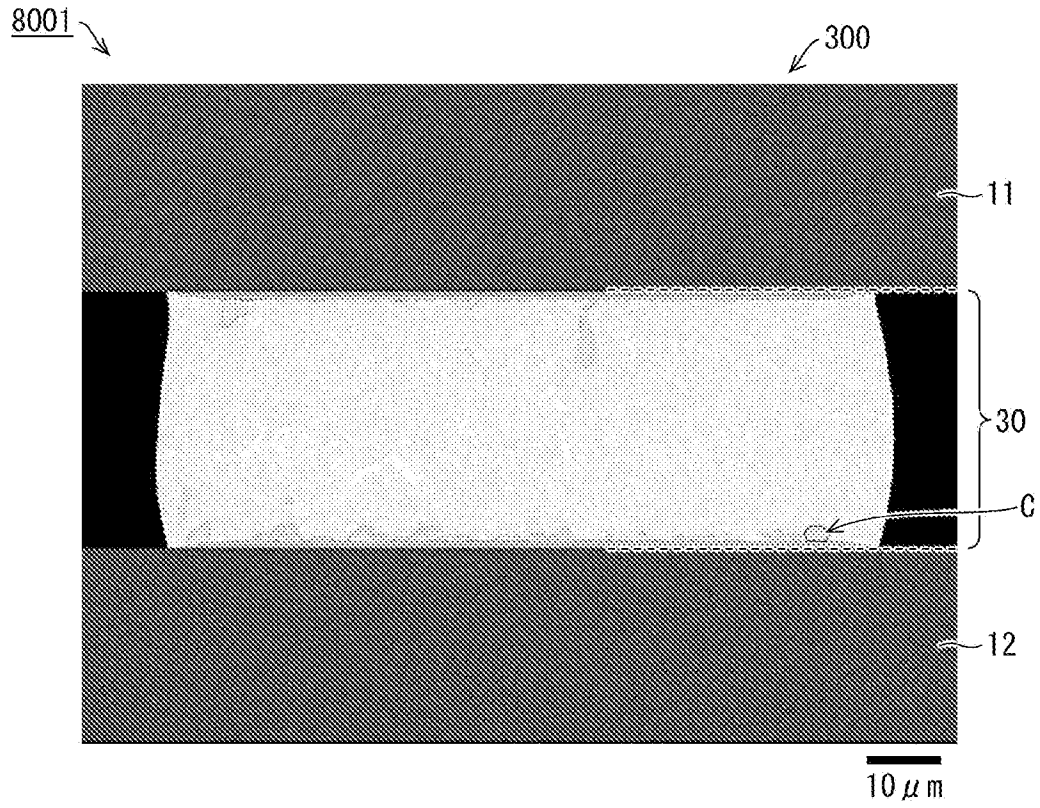
[図7]

図 7



[図8]

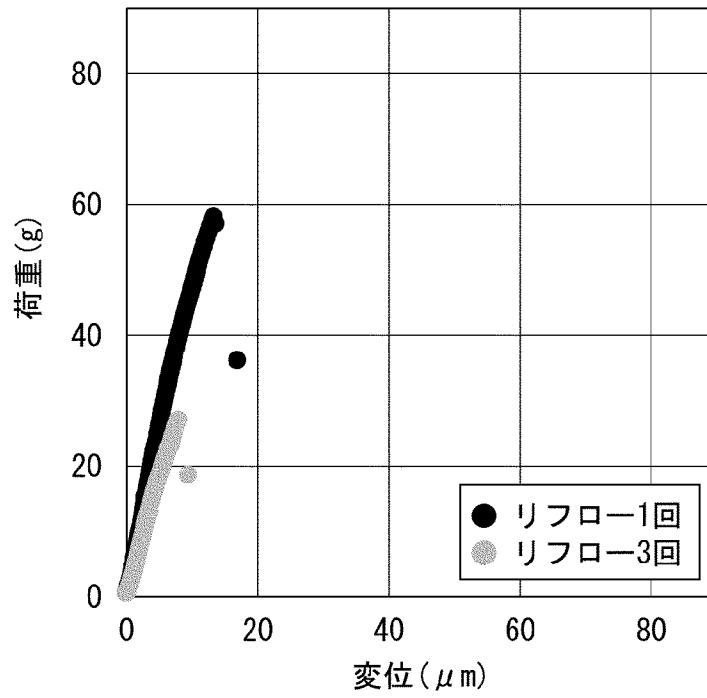
図 8



[図9]

図 9

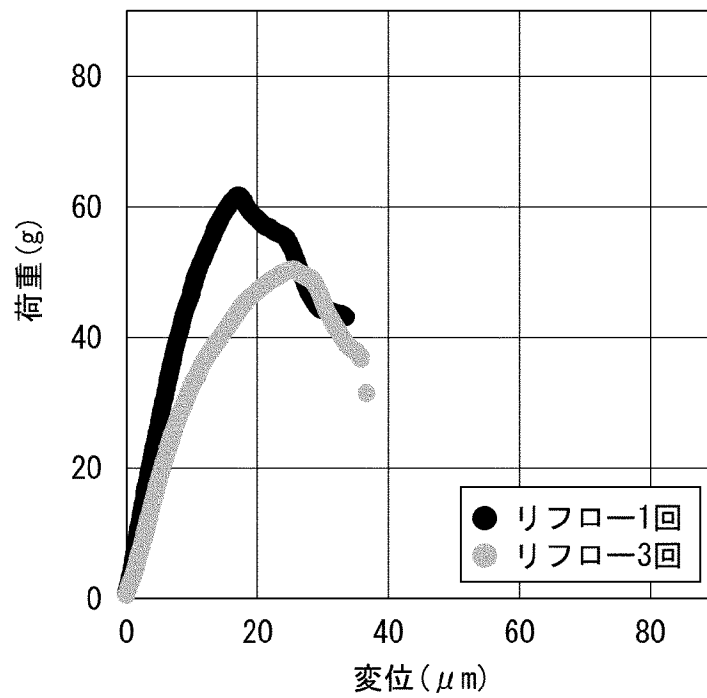
比較例1 : Ni/TaN



[図10]

図 10

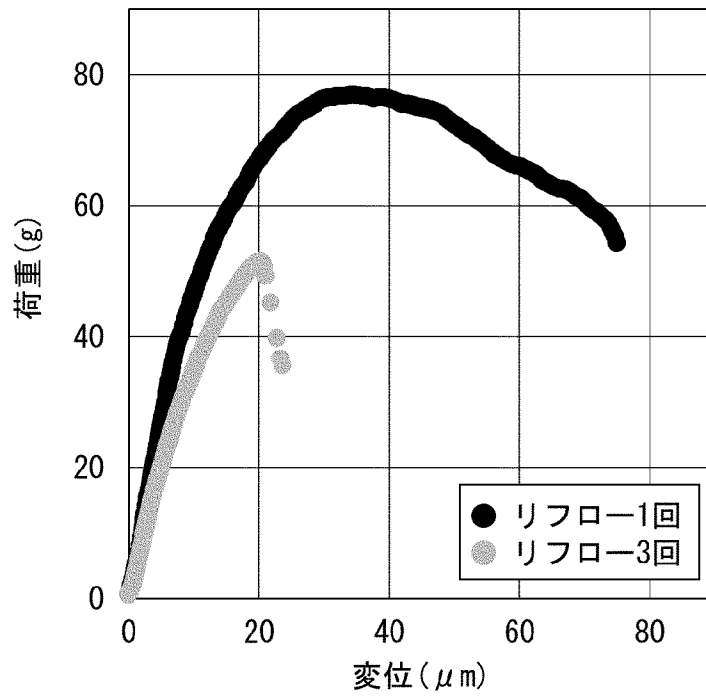
比較例2 : Ni/TiN



[図11]

図 11

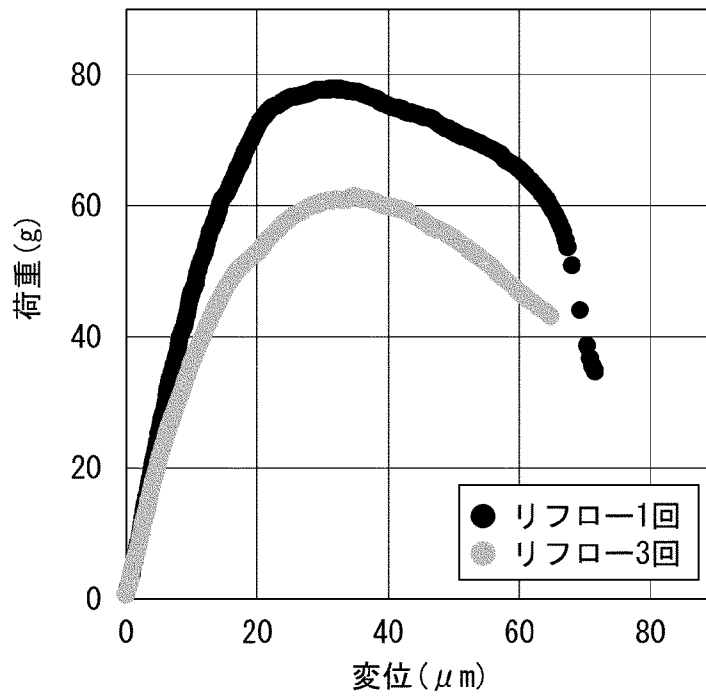
比較例3 : Ni/W



[図12]

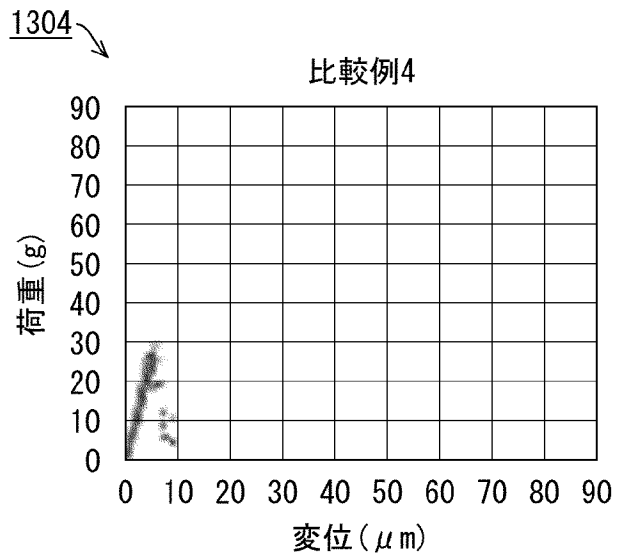
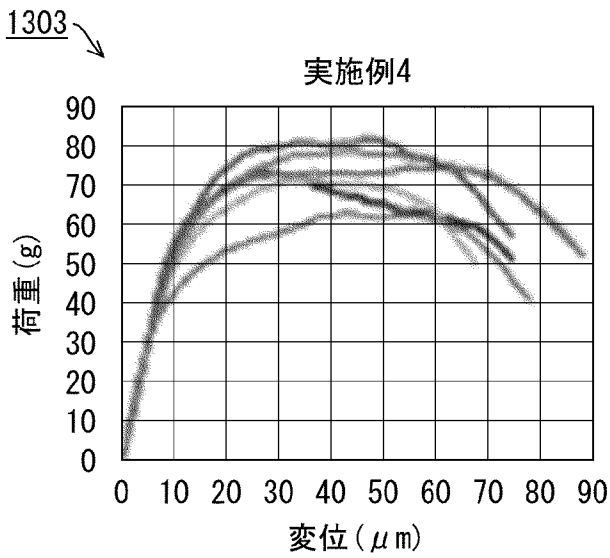
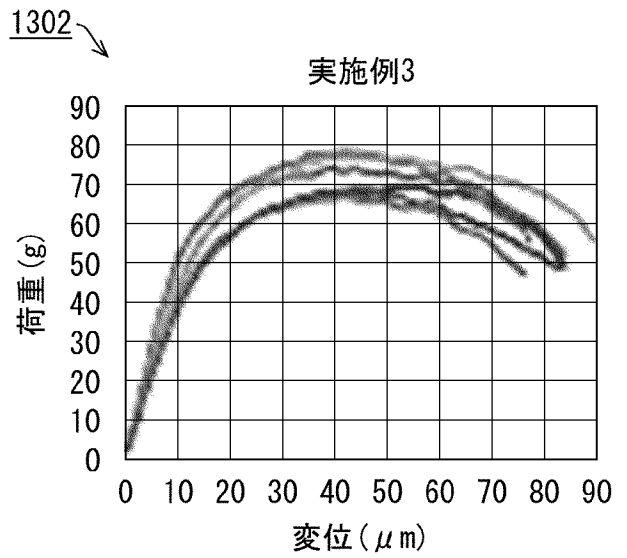
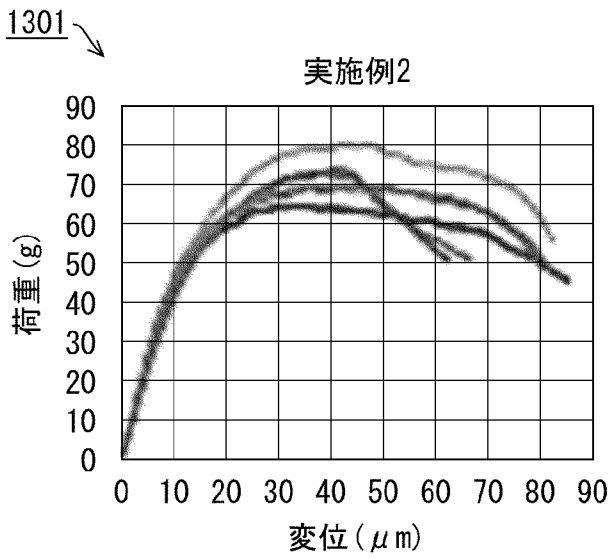
図 12

実施例1 : Ni/Mo



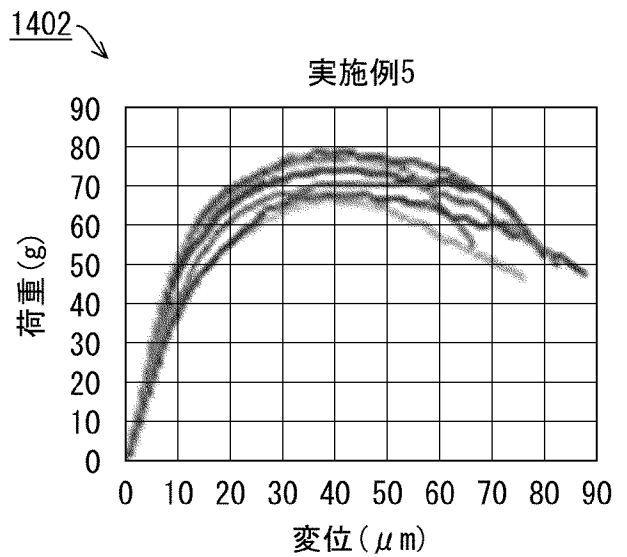
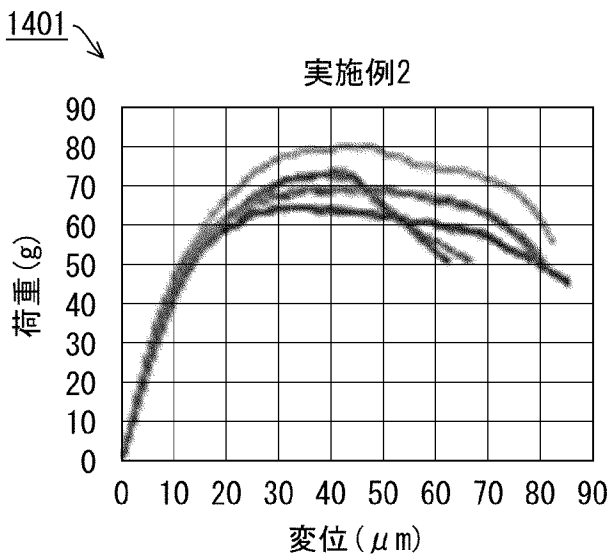
[図13]

図 13



[図14]

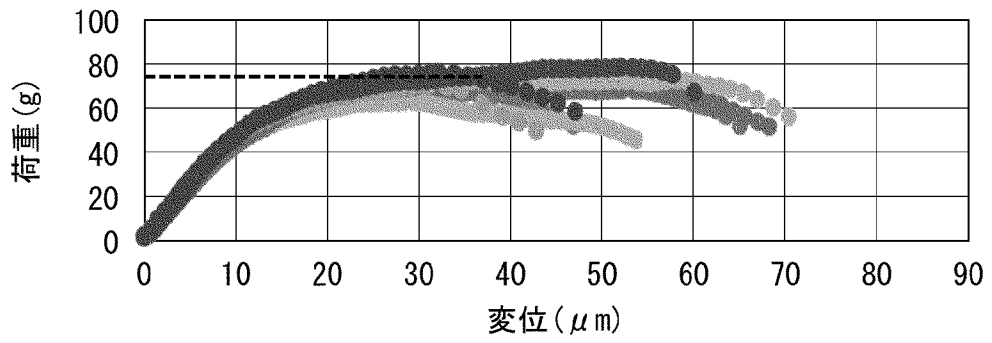
図 14



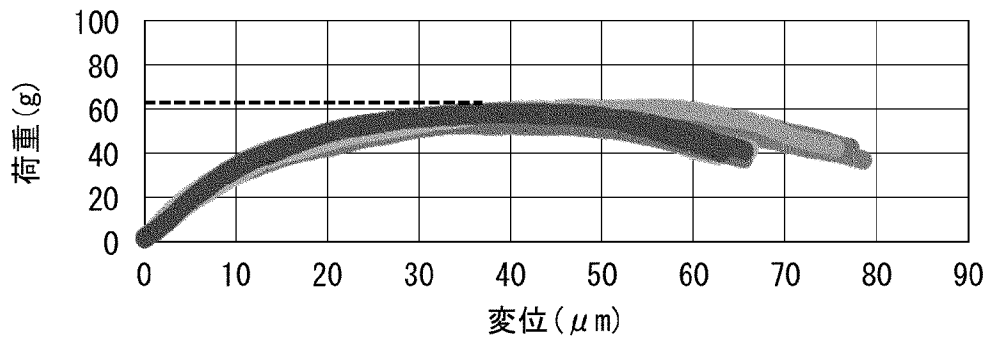
[図15]

図 15

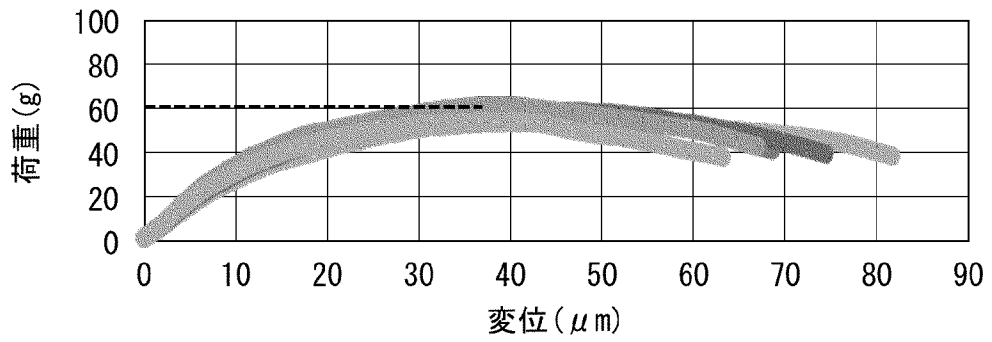
初期



150°C 500Hr



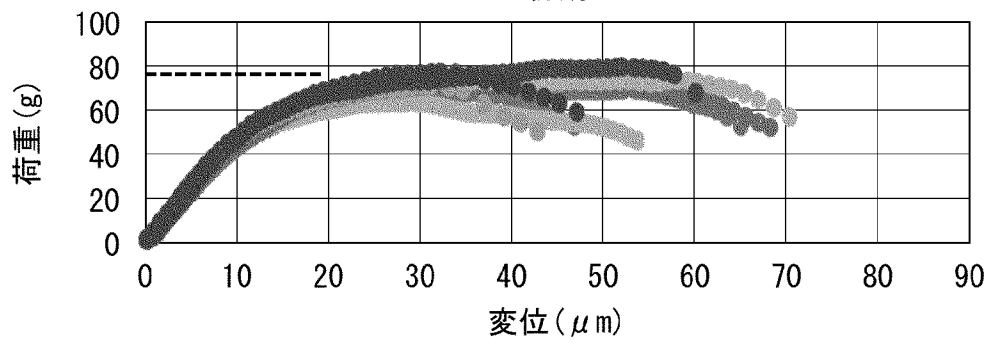
150°C 1000Hr



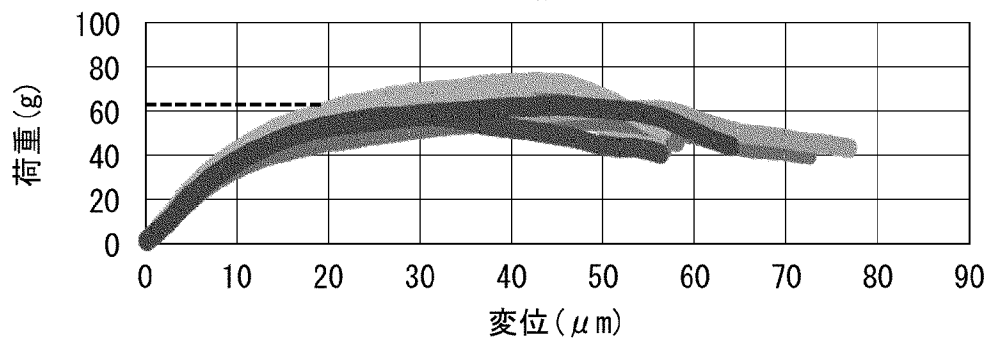
[図16]

図 16

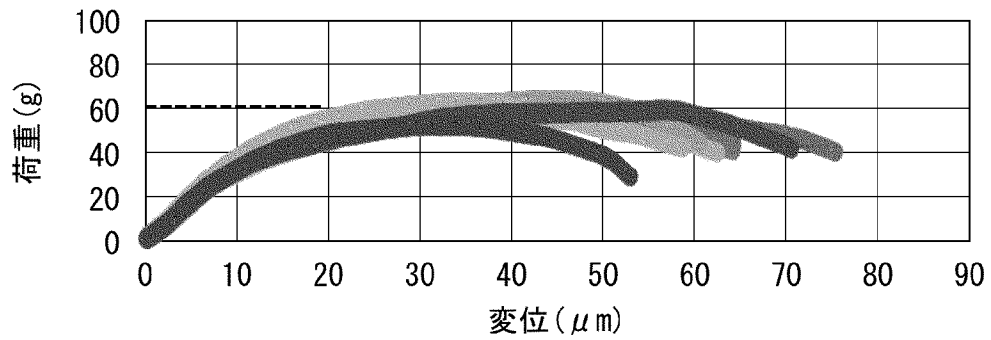
初期



85°C85%RH 500Hr

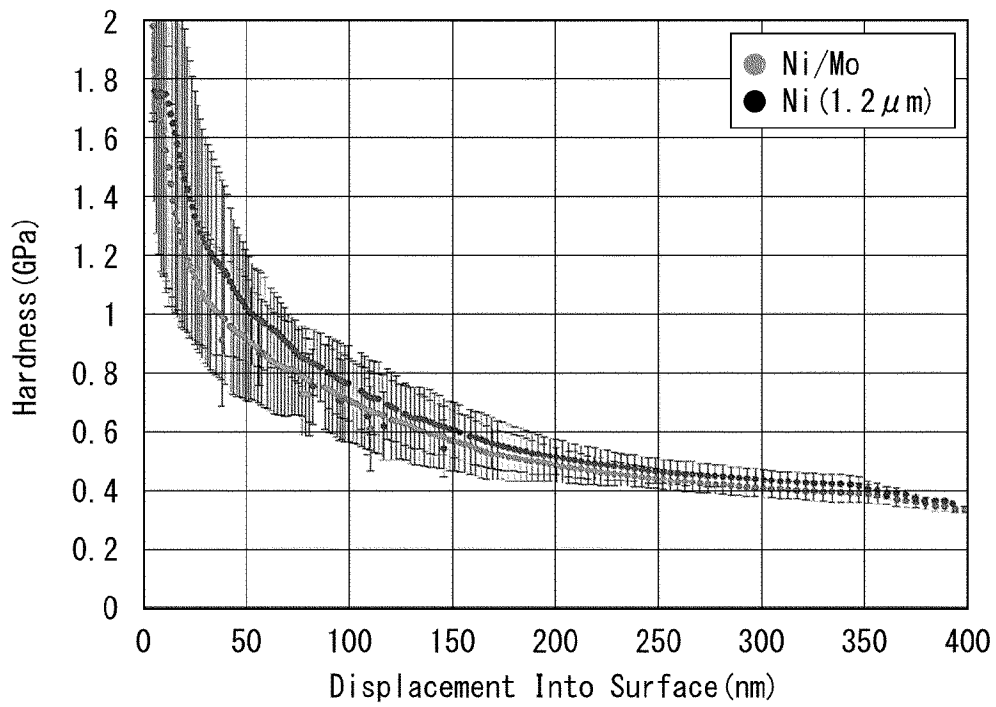


85°C85%RH 1000Hr



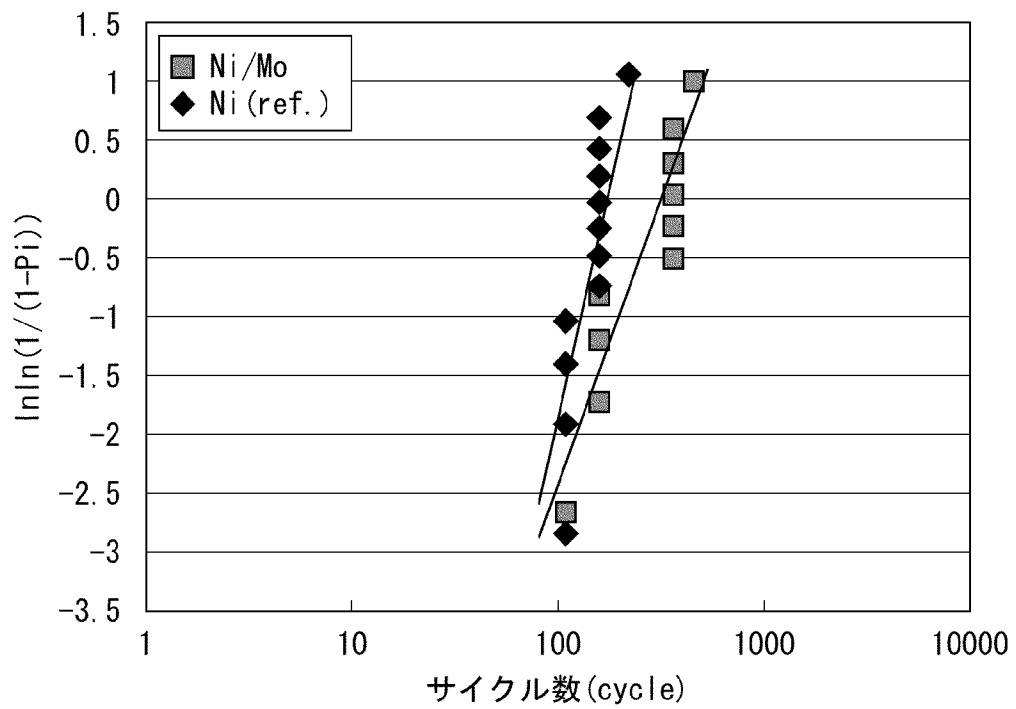
[図17]

図 17



[図18]

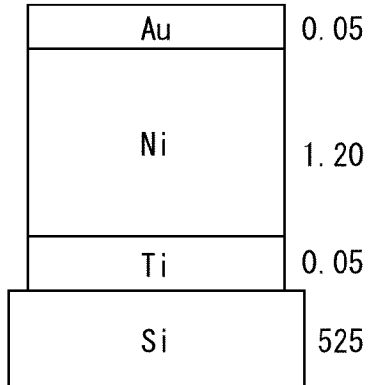
図 18



[図19]

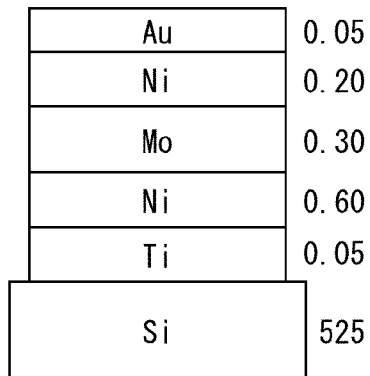
図 19

1901 ↘



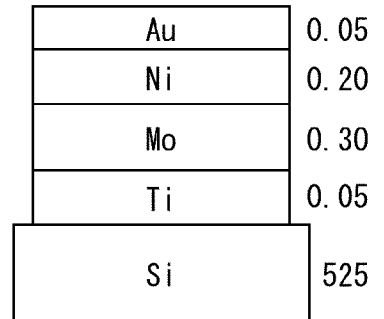
Ni/Au

1902 ↘



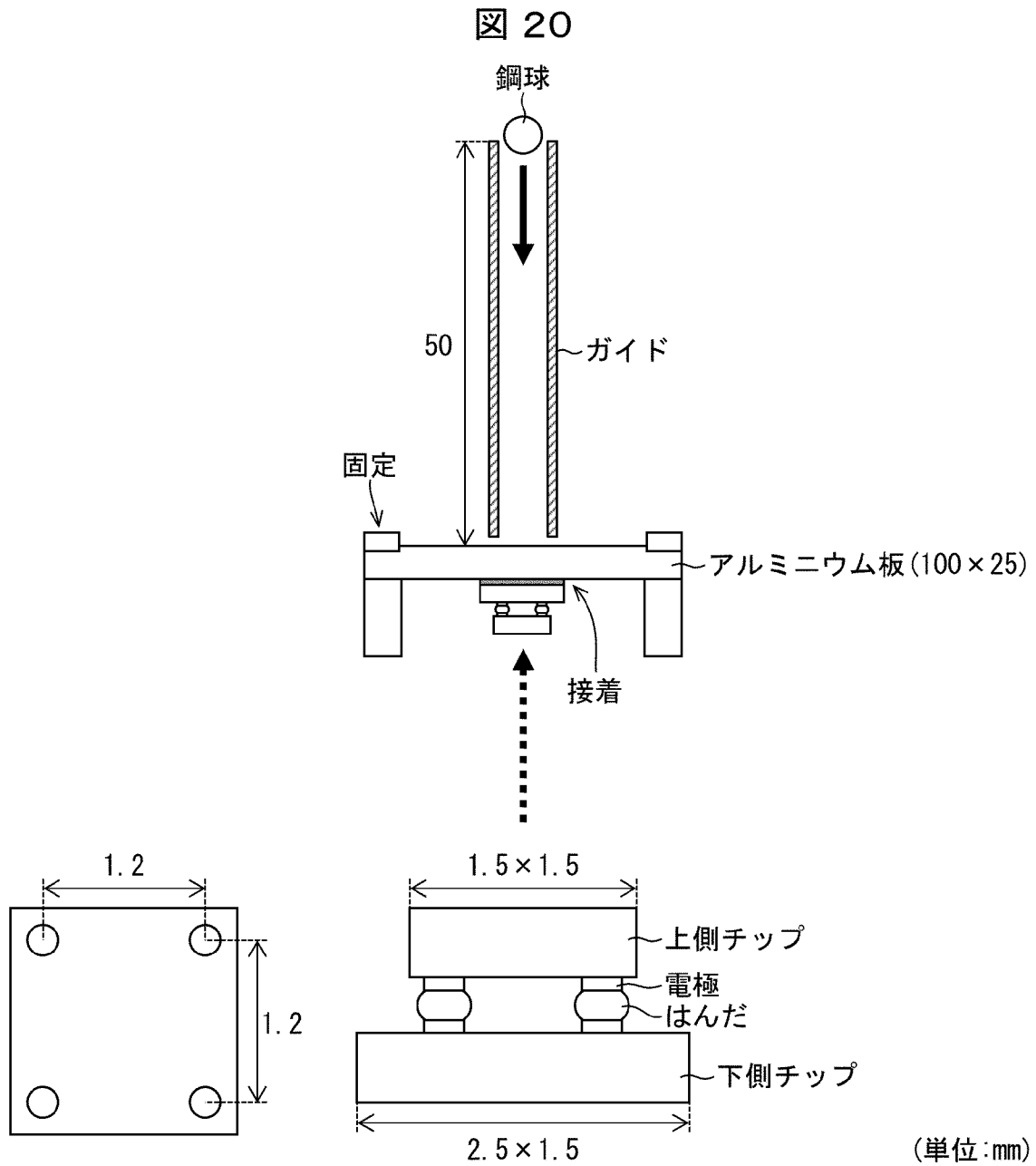
Ni/Mo/Ni/Au

1903 ↘



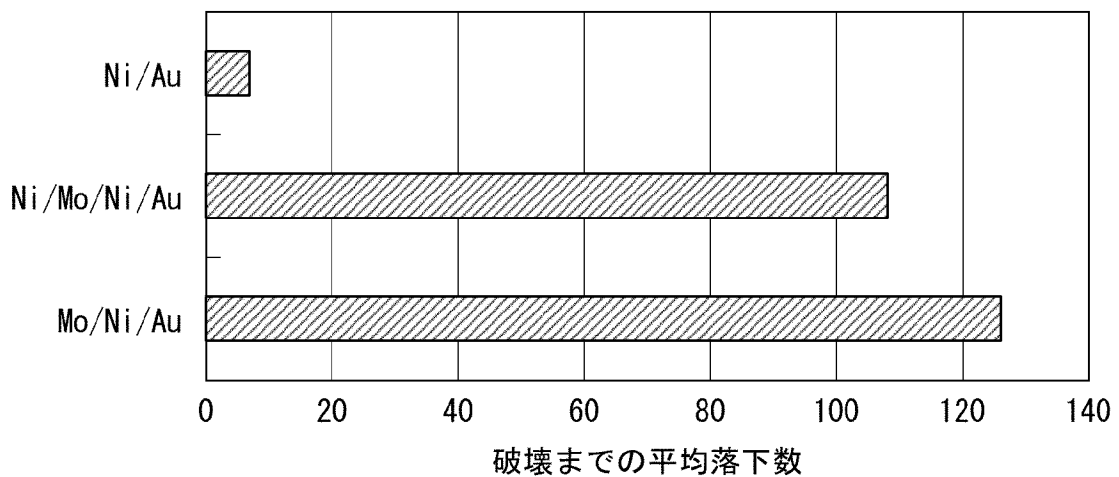
Mo/Ni/Au

[図20]



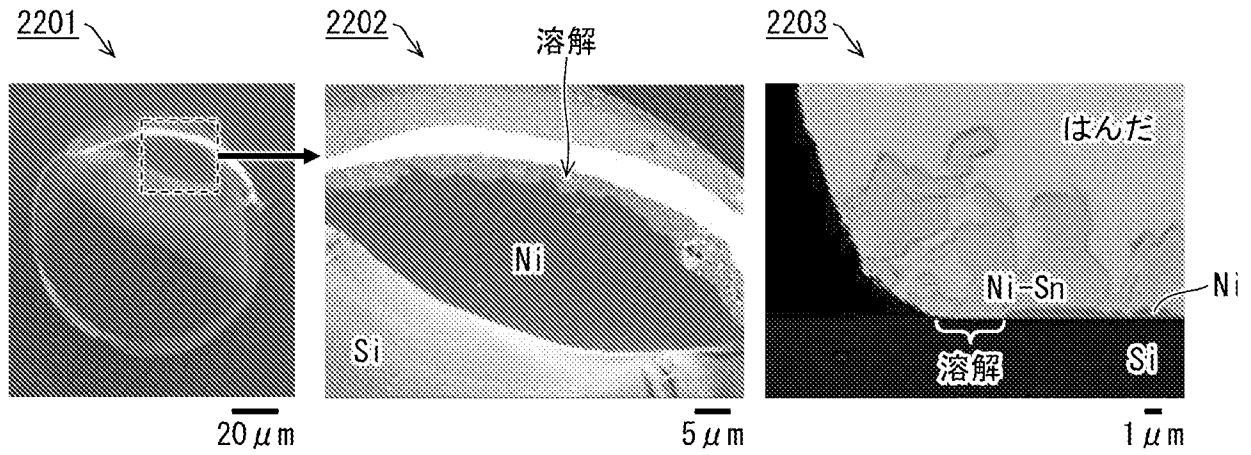
[図21]

図 21



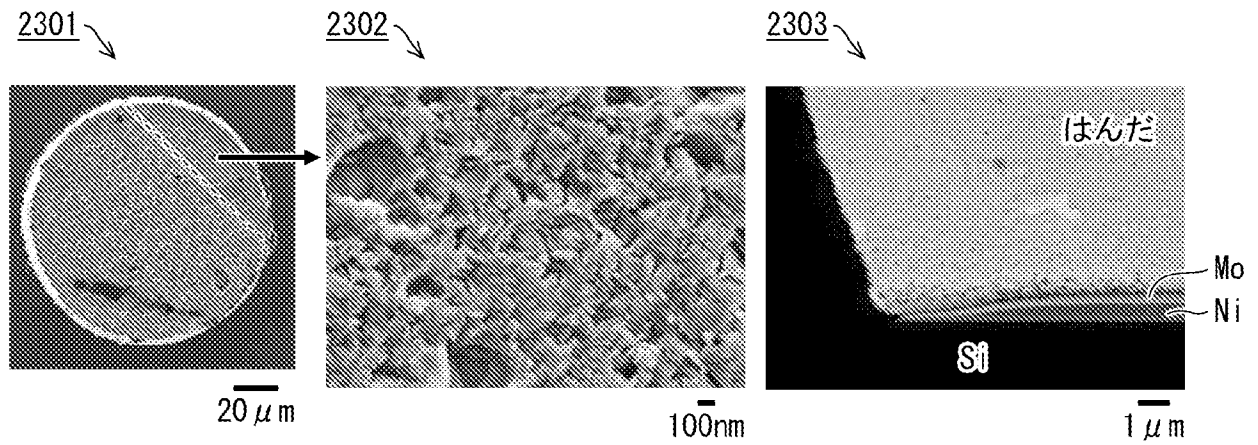
[図22]

図 22



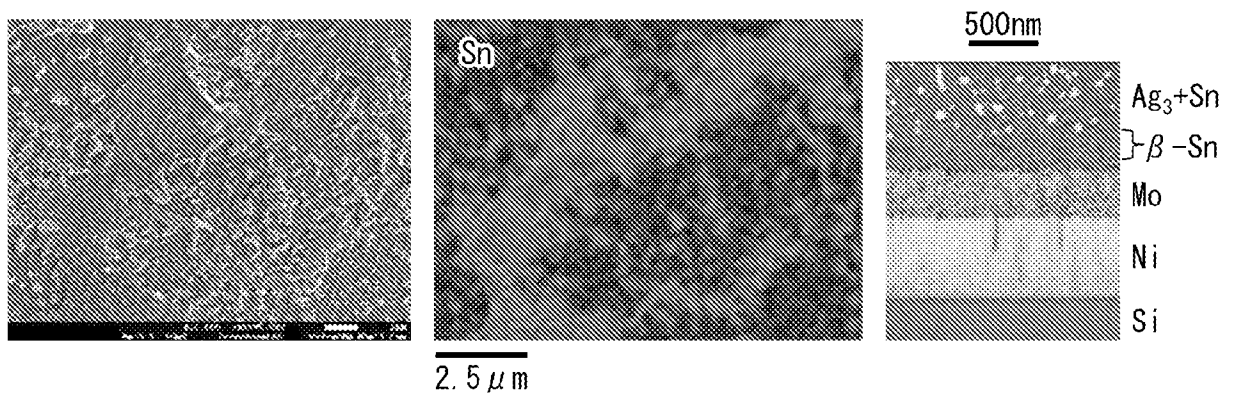
[図23]

図 23



[図24]

図 24



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/001574

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>H01L 21/60</i> (2006.01)i; <i>H03H 9/145</i> (2006.01)i FI: H01L21/92 602D; H03H9/145 D; H01L21/60 311S		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L21/60; H03H9/145		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2006-108604 A (DENSO CORPORATION) 20 April 2006 (2006-04-20) paragraphs [0001], [0035]-[0063], fig. 1-9	1-2, 4-5, 7-9 3, 6, 10
X A	JP 2000-332343 A (SHARP KABUSHIKI KAISHA) 30 November 2000 (2000-11-30) paragraphs [0006], [0025]-[0048], fig. 1-2	8 1-7, 9-10
A	JP 2007-115941 A (KYOCERA CORPORATION) 10 May 2007 (2007-05-10) paragraphs [0011], [0024]-[0050], fig. 2-3	1-10
A	JP 4-180230 A (FUJITSU LIMITED) 26 June 1992 (1992-06-26) p. 2, upper right column, line 12 to p. 3, upper right column, line 17, fig. 1-4	1-10
A	WO 2015/022931 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 19 February 2015 (2015-02-19) paragraphs [0001], [0022]-[0051], fig. 1-5	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 <b>01 March 2024</b>		Date of mailing of the international search report <b>12 March 2024</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/JP2024/001574</b>
---

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2006-108604 A	20 April 2006	US 2006/0049521 A1 paragraphs [0002], [0025]- [0052], fig. 1-9 DE 102005042780 A1 CN 1747162 A	
JP 2000-332343 A	30 November 2000	(Family: none)	
JP 2007-115941 A	10 May 2007	(Family: none)	
JP 4-180230 A	26 June 1992	(Family: none)	
WO 2015/022931 A1	19 February 2015	US 2016/0156331 A1 paragraphs [0002], [0049]- [0078], fig. 1-5 CN 105453426 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 21/60(2006.01)i; H03H 9/145(2006.01)i FI: H01L21/92 602D; H03H9/145 D; H01L21/60 311S		
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（IPC）） H01L21/60; H03H9/145 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 - 2024年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2024年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2024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 A	JP 2006-108604 A (株式会社デンソー) 20.04.2006 (2006 - 04 - 20) 段落[0001], [0035]-[0063], 図1-9	1-2, 4-5, 7-9  3, 6, 10
X A	JP 2000-332343 A (シャープ株式会社) 30.11.2000 (2000 - 11 - 30) 段落[0006], [0025]-[0048], 図1-2	8  1-7, 9-10
A	JP 2007-115941 A (京セラ株式会社) 10.05.2007 (2007 - 05 - 10) 段落[0011], [0024]-[0050], 図2-3	1-10
A	JP 4-180230 A (富士通株式会社) 26.06.1992 (1992 - 06 - 26) 第2ページ右上欄第12行-第3ページ右上欄第17行, 図1-4	1-10
A	WO 2015/022931 A1 (株式会社村田製作所) 19.02.2015 (2015 - 02 - 19) 段落[0001], [0022]-[0051], 図1-5	1-10
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、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 01.03.2024	国際調査報告の発送日 12.03.2024	
名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 小池 英敏 5F 8396 電話番号 03-3581-1101 内線 3516	

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/001574

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2006-108604	A	20.04.2006	US 2006/0049521 A1 段落[0002],[0025]-[0052], 図1-9 DE 102005042780 A1 CN 1747162 A	
JP	2000-332343	A	30.11.2000	(ファミリーなし)	
JP	2007-115941	A	10.05.2007	(ファミリーなし)	
JP	4-180230	A	26.06.1992	(ファミリーなし)	
WO	2015/022931	A1	19.02.2015	US 2016/0156331 A1 段落[0002],[0049]-[0078], 図1-5 CN 105453426 A	