

(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
2016 年 12 月 8 日(08.12.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/194451 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 35/30 (2006.01) G01N 3/08 (2006.01)
C22C 5/02 (2006.01) G01N 33/20 (2006.01)
C22C 30/04 (2006.01) H01L 23/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/059626
- (22) 国際出願日: 2016 年 3 月 25 日(25.03.2016)
- (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 2015-110842 2015 年 5 月 29 日(29.05.2015) JP
- (71) 出願人: 住友金属鉱山株式会社 (SUMITOMO METAL MINING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1058716 東京都港区新橋 5 丁目 1 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 村瀬 栄治(MURASE Eiji); 〒1988601 東京都青梅市末広町 1 丁目 6 番 1 号 住友金属鉱山株式会社 青梅事業所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 辻川 典範(TSUJIKAWA Michinori); 〒1080014 東京都港区芝 5 丁目 1 番 1 6 号 大正堂ビル 6 階 Tokyo (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).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: Au-BASED SOLDERING BALL, CERAMIC ELECTRONIC COMPONENT SEALED OR BONDED THEREWITH, AND METHOD FOR EVALUATING BONDING RELIABILITY OF SAID Au-BASED SOLDERING BALL

(54) 発明の名称: Au系はんだボール及びそれにより封止又は接合されたセラミック製電子部品並びに該Au系はんだボールの接合信頼性の評価方法

(57) Abstract: Provided is an Au-based soldering alloy which has high bonding reliability even when having a lower Au content than conventional ones. The present invention is an Au-based soldering ball which is to be used for sealing or bonding ceramic electronic components and which is formed from an Au-Sn-Ag alloy that comprises 21.1-43.0 mass% Sn, 0.1-15 mass% Ag, and the remainder comprising unavoidable impurities and Au, or an Au-Ge-Sn alloy that comprises 9.5-15 mass% Ge, 2-10 mass% Sn, and the remainder comprising unavoidable impurities and Au, or an Au-Ag-Ge alloy that comprises 5-18 mass% Ag, 7-20 mass% Ge, and the remainder comprising unavoidable impurities and Au. When said soldering ball is pressed from one direction and crushed, the maximum stress imposed on the ball until a crack occurs is 2.0×10^2 N/mm² or greater and the square root of the strain at which the crack occurs is 0.40 or greater.

(57) 要約: 従来に比べてAu含有量を減らした場合であっても接合信頼性の高いAu系はんだ合金を提供する。セラミック製電子部品の封止用又は接合用として使用される、21.1～43.0質量%のSn、0.1～15質量%のAg、及び残部が不可避不純物とAuからなるAu-Sn-Ag合金、9.5～15質量%のGe、2～10質量%のSn、及び残部が不可避不純物とAuからなるAu-Ge-Sn合金、又は5～18質量%のAg、7～20質量%のGe、及び残部が不可避不純物とAuからなるAu-Ag-Ge合金で形成されるAu系はんだボールであって、該はんだボールを一方から押し潰してクラックが生じるまでの最大応力が 2.0×10^2 N/mm²以上であって、且つ該クラックが生じるまでのひずみの平方根が0.40以上である。

WO 2016/194451 A1

明 細 書

発明の名称：

Au系はんだボール及びそれにより封止又は接合されたセラミック製電子部品並びに該Au系はんだボールの接合信頼性の評価方法

技術分野

[0001] 本発明は、水晶振動子などの気密性を要するセラミック製電子部品の封止や接合に用いられるAu系はんだボール、及び該はんだボールを用いて封止又は接合されたセラミック製電子部品、並びに該Au系はんだボールの接合信頼性の評価方法に関する。

背景技術

[0002] 情報通信機器やOA機器などの電子機器には、水晶振動子、水晶発振器、SAWフィルターなどの電子部品が使用されている。これらの電子部品は、その構造上高信頼性と高气密性が求められており、例えば、電子部品の接合及び封止後に、該電子部品内部又は接合や封止に用いたはんだ材料内部に酸素や水分が入り込まない様に、接合時や封止時の十分な接合信頼性（以下、はんだ付け性とも称する）が求められている。このような十分なはんだ付け性を得るため、電子部品の接合や封止に用いるはんだボールの材質には、はんだボール表面に形成される酸化被膜を極力薄くして濡れ性を向上させるべく、高価なAu系合金が用いられている。

[0003] 例えば特許文献1には、Au-Ge合金はんだボールにおいて、表面層のGe含有率を減らすことで表面酸化によるはんだ付け性の低下を抑える技術が開示されている。また、特許文献2には、溶融はんだが均一に濡れ広がるように、流れ性及び濡れ性に優れたはんだ付け用のAu-Ge合金球が開示されている。また、Au-Ge合金は比較的融点が高いため、封止時にパッケージ内部の素子が熱的ダメージを受ける場合がある。そこで、例えば特許文献3には、はんだ材料にAu-Ge合金よりも融点の低いAu-Ga-In合金を用いる技術が開示されている。なお、Auはんだ合金の信頼性を評

価するため、Au系はんだ合金で接合されたデバイスに対して、加熱と冷却を繰り返すことにより膨張と収縮のストレスを交互に与えるヒートサイクル試験や、該デバイスを高温又は低温環境下にさらして膨張又は収縮のストレスを与える長期保管試験などが行われている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2008-030093号公報

特許文献2：特開2010-214396号公報

特許文献3：国際公開第2010/010833号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記したように、従来、Au系はんだ合金は水晶振動子、水晶発振器、SAWフィルター、ジャイロセンサーなどの高い信頼性や気密性が求められる電子部品の封止用若しくは接合用として用いられている。近年の携帯電話等の情報通信機器の普及に伴い、上記した電子部品は、比較的高価な情報通信機器などから一般的な民生品用の情報通信機器などへの適用が広がっている。そのため、電子部品に使用するはんだ合金には高価なAuの含有量を減らすなどのコストダウンが強く求められている。

[0006] しかしながら、単純にAuの含有量を減らただけでは、例えば気密封止用のはんだ合金の場合は、固化した時にパッケージ材料との熱膨張差による応力がはんだ合金に加わり、マイクロクラックが生じて気密性が失われることが有った。このような熱膨張差は特にパッケージ材料がセラミックスの場合に顕著に発生する。そこで、クラックの発生しにくい材料の開発などが行われており、その際のはんだ材料の機械的特性の評価には、例えばJIS Z 3198-2(2003)に示されている様な引張試験が用いられている。

[0007] しかしながら、近年の電子部品の小型化や高性能化に伴い、封止や接合に使用される材料のサイズもますます小さくなっており、上記した引張試験で

用いる比較的大きなサイズの試験片では、実際に上記電子部品に使用するサイズのはんだの特性を正しく示さないことがあった。また、実際に使用するはんだ合金に合わせて試験片を小さくした場合は、試験片を加工する際の残留応力が試験結果に大きく影響し、この場合も実際に使用するはんだ合金のクラックの生じやすさなどの特性を正しく示さないことがあった。

[0008] 本発明は上記した事情に鑑みてなされたものであり、従来のAu系はんだ合金に比べてAu含有量を減らしたAu系はんだ合金に対して、クラックが発生しやすいか否かを簡易且つ再現性よく評価できるAu系はんだ合金の評価方法、及びかかる評価方法に基づいて識別された接合信頼性の高いAu系はんだ合金、並びに該Au系はんだ合金で接合又は封止された電子部品を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0009] 上記目的を達成するため、本発明が提供するAu系はんだボールは、セラミック製電子部品の封止用又は接合用として使用されるAu系はんだボールであって、該はんだボールを一方向から押し潰してクラックが生じるまでの最大応力が $2.0 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$ 以上であって、且つ該クラックが生じるまでのひずみの平方根が0.40以上であることを特徴としている。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、マイクロクラックが生じにくいAu系はんだ合金を提供することができる。このAu系はんだ合金を水晶振動子、水晶発振器、SAWフィルター、ジャイロセンサーなどに代表される電子部品の封止や接合に使用することにより、気密封止性や接合性に優れた信頼性の高い電子部品を提供することが可能になる。また、信頼性の高いAu系はんだ合金組成を簡易に判別することが可能になるので、長時間を要する信頼性確認試験を行う必要がなくなり、Au含有量を減らしたAu系はんだ合金の開発を早めることができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]はんだボールの変位量の評価試験法を模式的に示した正面図である。

発明を実施するための形態

- [0012] 以下、本発明のAu系はんだボールについて詳しく説明する。本発明者は、Au系はんだ合金を用いて封止又は接合された電子部品において、該電子部品の信頼性に影響を及ぼすAu系はんだ合金のマイクロクラックの発生状況について多数の電子部品を調査したところ、マイクロクラックは電子部品との接合界面近くにおいて、接合界面に沿って発生していることを見出した。これは、溶融したはんだ合金で封止した後、該はんだ合金が固化により収縮する際に、収縮によるひずみがはんだ合金の破壊強度を超えることにより生じたためと考えられる。
- [0013] 本発明者は、かかる考察の下、鋭意研究を重ねた結果、Au系はんだ合金の収縮による引張応力により生ずるひずみは、ボール状のはんだ合金を一方向から圧縮した際に生じるひずみと非常に強い正の相関があることを見出した。具体的には、互に組成の異なる複数のAu系はんだボールを用意し、それらの各々を平坦な床面に置いて、その真上から該床面に平行な押圧面を有する押圧部材で徐々に押圧していった時、各はんだボールはいずれも床面に沿って円板状に広がるように潰れていき、ある程度潰れた時に該円板の外縁部に周方向に沿ってクラックが発生することが分かった。
- [0014] そして、上記の試験で用いたAu系はんだボールと同様のAu系はんだボールを用いて各々はんだ接合した時の接合部を調べたところ、クラックの生成のしやすさは、上記はんだボールを潰した時に、クラックが発生して破壊するまでの応力及びひずみをパラメータにすることで簡易に推定できることが分かった。すなわち、はんだボールを一方向から押し潰してクラックが生じるまでの最大応力が $2.0 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$ 以上であって、且つ該クラックが生じるまでのひずみの平方根が0.40以上であれば、一般的なはんだ接合や封止の際に生ずる熱収縮に耐えることができ、よってAuを従来よりも減らした場合であっても、予めサンプリングしたAu系はんだ合金に対して上記の基準で識別することで、マイクロクラックが発生しにくいAu系はんだボールを提供することができる。

[0015] このように、パラメータ化できる理由としては、例えば円柱状のはんだ合金をその中心軸方向に押圧して高さを $1/a$ に潰した時、はんだ合金自体の体積は変わらないので、該中心軸に垂直な断面の面積は a 倍に広がり、該断面の直径は潰す前の $\sqrt{a}$ 倍になる。はんだボールを一方向から押圧して潰した時も同様であると考えることができ、更に前述したようにはんだボールを円板状に潰した時は該円板の外縁部からクラックが生じるため、はんだボールを一方向から潰した時のクラックのできやすさは $\sqrt{a}$ に比例して影響を受けると考えることができる。

[0016] そして、直径 D のはんだボールを一方向から押圧して潰した時ののはんだ合金の押圧方向の変位量を d とすると、上記した a は $a = D / (D - d)$ と表すことができ、更に d/D はひずみ ε と考えることができるので、 $a = 1 / (1 - \varepsilon)$ と表すことができる。上記の点を考慮すると、はんだボールを一方向から押し潰した時のクラックのできやすさは、ひずみ ε の平方根を用いてパラメータ化できると考え、種々の Au 系はんだボールを用いて実験を行ったところ、上記したようにクラックが生じるまでの最大応力及びひずみの平方根に基づいて評価することにより、はんだ接合や封止の際の熱収縮に十分に耐え得る Au 系はんだ合金を識別し得ることが分かった。これにより、Au の含有量を削減した場合であっても、上記パラメータを用いて予め試験を行っておくことで、クラックが生じにくい接合信頼性の高い Au 系はんだボールを提供することが可能になる。

[0017] ここで、クラックが生じるまでの最大応力が $2.0 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$ 未満のはんだボールの場合、はんだ接合や封止に用いた時、熱収縮以外の物理的な衝撃等の外的要因により容易に破損してしまうおそれがあるため好ましくない。また、クラックが生じるまでのひずみの平方根が 0.40 未満のはんだボールの場合、はんだ接合や封止の際に熱収縮によりちどころに破損するか、内在するひずみのため、加熱と冷却が交互に繰り返されたり一定温度環境下であっても長期間に亘って熱応力がかかったりすると破損するおそれがあり、信頼性を損なう可能性が高いので好ましくない。

[0018] 上記したクラックのできやすさのパラメータ化は、種々の組成を有するAu系はんだボールを用いて行った実験結果に基づくものであり、基本的にはAu系はんだボールにのみ適用可能である。以下、上記したクラックのできやすさの評価方法を適用できるAu-Sn-Ag合金、Au-Ge-Sn合金、及びAu-Ag-Ge合金について具体的に説明する。

[0019] <Au-Sn-Ag合金>

上記した評価方法を適用できる第1のAu系はんだ合金はAu-Sn-Ag合金である。このAu-Sn-Ag合金において、Snの含有量は21.1質量%以上43.0質量%以下である。この量が21.1質量%未満では、結晶粒が大きくなりすぎて上記したひずみ ϵ の要件を満たすことができないため好ましくない。一方、この量が43.0質量%より多くなると濡れ性が悪化し、電子部品とはんだとの界面にクラックが発生する場合があるため好ましくない。

[0020] このAu-Sn-Ag合金において、Agの含有量は0.1質量%以上15質量%以下である。この量が0.1質量%未満では、結晶粒が大きくなりすぎて上記したひずみ ϵ の要件を満たすことができないため好ましくない。また、この量が15質量%より多くなっても結晶粒が大きくなりすぎ、ひずみ ϵ の要件を満たすことができないため好ましくない。

[0021] <Au-Ge-Sn合金>

上記した評価方法を適用できる第2のAu系はんだ合金はAu-Ge-Sn合金である。このAu-Ge-Sn合金において、Geの含有量は9.5質量%以上15質量%以下である。この量が9.5質量%未満では、液相線温度と固相線温度の差が開きすぎてしまい、溶け別れ現象を起こすなどしてしまうため好ましくない。一方、この量が15質量%より多くなる場合も、液相線温度と固相線温度の差が開きすぎてしまい、溶け別れ現象を起こすなどしてしまうため好ましくない。

[0022] このAu-Ge-Sn合金において、Snの含有量は2質量%以上10質量%以下である。この量が2質量%未満であると、結晶粒が大きくなりすぎ

て、上記したひずみ ε の要件を満たすことができないため好ましくない。一方、この量が 10 質量%より多くなると濡れ性が悪化し、電子部品とはんだとの界面にクラックが発生する場合があるため好ましくない。

[0023] <Au-Ag-Ge 合金>

上記した評価方法を適用できる第3のAu系はんだ合金はAu-Ag-Ge合金である。このAu-Ag-Ge合金において、Agの含有量は5質量%以上18質量%以下である。この量が5質量%未満では、結晶粒が大きくなりすぎて、上記したひずみ ε の要件を満たすことができないため好ましくない。また、この量が18質量%より多くなっても、結晶粒が大きくなりすぎて、上記したひずみ ε の要件を満たすことができないため好ましくない。

[0024] このAu-Ag-Ge合金において、Geの含有量は7質量%以上20質量%以下である。この量が7質量%未満では、液相線温度と固相線温度の差が開きすぎてしまい、溶け別れ現象を起こすなどしてしまうため好ましくない。また、この量が20質量%より多くなる場合も、液相線温度と固相線温度の差が開きすぎてしまい、溶け別れ現象を起こすなどしてしまうため好ましくない。

実施例

[0025] 以下、具体的な実施例を挙げて本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれら実施例によって何ら限定されるものではない。まず、原料としてそれぞれ純度99.9質量%以上のAu、Sn、AgおよびGeを準備した。大きな薄片やバルク状の原料については、溶解後の合金においてサンプリング場所による組成のバラツキがなく均一になるように留意しながら切断、粉碎等を行い、3mm以下の大きさに細かくした。次に、これら原料からそれぞれ所定量を秤量して、高周波溶解炉用グラファイトるつぽに入れた。

[0026] 原料の入ったるつぽを高周波溶解炉に入れ、酸化を抑制するために窒素を原料1kg当たり0.7L/分以上の流量で流した。この状態で溶解炉の電源を入れ、原料を加熱溶融させた。金属が溶融しはじめたら混合棒でよく攪拌し、局所的な組成のばらつきが起きないように均一に混ぜた。十分溶融した

ことを確認した後、高周波電源を切り、速やかにるつぼを取り出し、るつぼ内の溶湯をはんだ母合金の鋳型に流し込んだ。鋳型には直径24 mmの円柱形状のものを使用した。このようにして、試料1のはんだ合金のインゴットを作製した。

[0027] 更に様々な組成のインゴットを作成すべく、上記グラファイトるつぼに秤量して入れる際の原料の混合比率を様々に変えた以外は上記試料1と同様にして、試料2～28のはんだ合金のインゴットを作製した。なお、試料26は従来使用されているAu-12.5重量%Ge合金である。このようにして得た試料1～28のはんだ合金の各々に対して、ICP発光分光分析器（SHIMADZU S-8100）を用いて組成分析を行った。その分析結果を下記表1に示す。

[0028]

[表1]

試料	組成(質量%)			
	Au	Sn	Ge	Ag
1	60	30	—	10
2	77.9	21.1	—	1
3	42	43	—	15
*4	70	20	—	10
*5	46	44	—	10
*6	54	30	—	16
*7	40	44	—	16
8	83	5	12	—
9	88	2	10	—
10	75	10	15	—
*11	87	1	15	—
*12	77	11	12	—
*13	86	5	9	—
*14	79	5	16	—
*15	90	1	9	—
*16	73	11	16	—
17	77	—	10	13
18	88	—	7	5
19	62	—	20	18
*20	86	—	6	8
*21	71	—	21	8
*22	82	—	14	4
*23	75	—	14	19
*24	90	—	6	4
*25	68	—	21	20
*26	87.5	—	12.5	—
27	83	5	12	—
28	83	5	12	—

(注) 表中の*を付した試料は比較例である。

[0029] [実施例1]

<ボール状はんだ合金の製造>

上記した試料1～28のはんだ合金のインゴットの内、試料1～26のはんだ合金のインゴットの各々を液中アトマイズ装置のノズルに投入し、このノズルを330℃に加熱した油の入った石英管の上部（高周波溶解コイルの中）にセットした。そして、該ノズル内のインゴットを高周波により500

℃まで加熱して5分保持した後、不活性ガスによりノズルに圧力を加えてアトマイズを行い、ボール状のはんだ合金を作製した。なお、このアトマイズ法で形成されるボールの直径が0.25 mmとなる様に、予めノズル先端の孔径を調整しておいた。

[0030] 得られた各試料のはんだボールをエタノールで3回洗浄し、その後真空乾燥機を用いて40℃の真空中で3時間の乾燥を行った。得られた各試料のはんだボールをオリンパス社製の測定顕微鏡STM-5にて測定し、外径が0.25 mmのはんだボールを選定した。

[0031] <ボール変形能評価試験>

次に株式会社島津製作所製の微小強度評価試験機MST-1を用いて各試料のはんだボールを圧子で荷重を加えて円板状に潰していき、クラックが生じるまでの最大応力及び変位量を測定した。具体的には、図1に示すように、シリコンウェハー1上に各試料のはんだボール2を載置し、試験機の圧子3の中心部にはんだボール2が当接するよう位置を微調整した後、はんだボール2に大きな荷重が掛からない程度に圧子3を接触させた。そして、1 mm/minの押圧速度で黒矢印のように一方向からはんだボール2を圧子3で押圧して円板状に押し潰しながら、該円板の外縁部にクラックCが生じるまでの最大荷重及び変位量dDを測定した。

[0032] <接合信頼性評価試験>

はんだ接合の信頼性を評価するために、NiめっきしたCu基板上に各試料のはんだボールをはんだ付けした接合体を作製してヒートサイクル試験を行った。具体的には、Niめっき（膜厚：3.0 μm）されたCu基板（板厚：0.3 mm）を窒素雰囲気中で25秒加熱した後、該Cu基板上に各試料のはんだボールを載せて25秒加熱した。この25秒の加熱が完了した後、はんだ接合されたCu基板を窒素雰囲気中で冷却し、十分に冷却してから大気中に取り出した。

[0033] このようにして得た接合体に対して、-40℃の冷却と150℃の加熱とを1サイクルとして、これを所定のサイクル繰り返した。その後、はんだ合

金が接合されたCu基板を樹脂に埋め込み、断面研磨を行い、SEM（日立製作所製 S-4800）により接合面の観察を行った。接合面にはがれやはんだにクラックが入っていた場合を「不合格」、そのような不良がなく、初期状態と同様の接合面を保っていた場合を「合格」とした。この接合体のヒートサイクル試験結果を、押し潰す前のはんだボールの中心を通る断面積で上記の最大荷重を除した最大応力、及び押し潰す前のはんだボールのボール径Dで変位量d Dを除したひずみ ε 及びその平方根と共に下記表2に示す。

[0034] [表2]

試料	ボール径 [mm]	断面積 [mm ²]	最大荷重 [mN]	最大応力 [N/mm ²]	変位量 [mm]	ひずみ ε [-]	$\sqrt{\varepsilon}$ [-]	評価
1	0.25	0.0491	20,348	415	0.0665	0.27	0.52	合格
2	0.25	0.0491	15,740	321	0.0587	0.23	0.48	合格
3	0.25	0.0491	12,472	254	0.0426	0.17	0.41	合格
*4	0.25	0.0491	10,332	210	0.0355	0.14	0.38	不合格
*5	0.25	0.0491	9,612	196	0.0398	0.16	0.40	不合格
*6	0.25	0.0491	12,965	264	0.0389	0.16	0.39	不合格
*7	0.25	0.0491	8,863	181	0.0218	0.09	0.30	不合格
8	0.25	0.0491	22,161	451	0.0684	0.27	0.52	合格
9	0.25	0.0491	15,818	322	0.0521	0.21	0.46	合格
10	0.25	0.0491	14,643	298	0.0433	0.17	0.42	合格
*11	0.25	0.0491	10,147	207	0.0337	0.13	0.37	不合格
*12	0.25	0.0491	9,692	197	0.0418	0.17	0.41	不合格
*13	0.25	0.0491	7,623	155	0.0287	0.11	0.34	不合格
*14	0.25	0.0491	9,361	191	0.0412	0.16	0.41	不合格
*15	0.25	0.0491	9,579	195	0.0327	0.13	0.36	不合格
*16	0.25	0.0491	7,289	148	0.0208	0.08	0.29	不合格
17	0.25	0.0491	15,145	309	0.0483	0.19	0.44	合格
18	0.25	0.0491	10,966	223	0.0441	0.18	0.42	合格
19	0.25	0.0491	13,713	279	0.0413	0.17	0.41	合格
*20	0.25	0.0491	8,940	182	0.0468	0.19	0.43	不合格
*21	0.25	0.0491	9,914	202	0.0251	0.10	0.32	不合格
*22	0.25	0.0491	11,132	227	0.0321	0.13	0.36	不合格
*23	0.25	0.0491	13,918	284	0.0328	0.13	0.36	不合格
*24	0.25	0.0491	9,537	194	0.0252	0.10	0.32	不合格
*25	0.25	0.0491	7,678	156	0.0208	0.08	0.29	不合格
*26	0.25	0.0491	25,019	510	0.0937	0.37	0.61	合格

（注）表中の*を付した試料は比較例である。

[0035] 上記表 2 に示す通り、クラックが生じるまでの最大応力が $2.0 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$ 以上であって、且つひずみ ε の平方根が 0.40 以上である試料 1 ～ 3、8 ～ 10、及び 17 ～ 19 のはんだボールは、いずれも接合信頼性において問題が生じなかった。これに対して上記の最大応力の要件及びひずみ ε の平方根の要件の内の少なくとも一方が満たされていない試料 4 ～ 7、11 ～ 16、及び 20 ～ 25 のはんだボールは、いずれも接合信頼性において問題が生じた。なお、従来の Au 系はんだ合金である試料 26 は良好な結果が得られ、高い信頼性を有することが確認できたが、Au の含有量が多いため材料コストがかかった。

[0036] [実施例 2]

試料 27 ～ 28 のはんだ合金のインゴットを用い、アトマイズ法で形成するボールの直径がそれぞれ 0.20 mm 及び 0.30 mm となる様にノズル先端の孔径を調整した以外は上記の実施例 1 と同様にしてはんだボールを作製してそれらの特性を評価した。その結果を下記表 3 に示す。

[0037] [表 3]

試料	ボール径 [mm]	断面積 [mm ²]	破壊強度 [mN]	破壊応力 [N/mm ²]	変位量 [mm]	ひずみ ε [-]	$\sqrt{\varepsilon}$ [-]	評価
27	0.2	0.0314	14,633	466	0.0655	0.33	0.57	合格
28	0.3	0.0707	32,294	457	0.0802	0.27	0.52	合格

[0038] 上記表 3 に示す通り、はんだボールのボール径を変えても、上記した最大応力の要件及びひずみ ε の平方根の要件を両方とも満たす限り接合信頼性において問題が生じなかった。

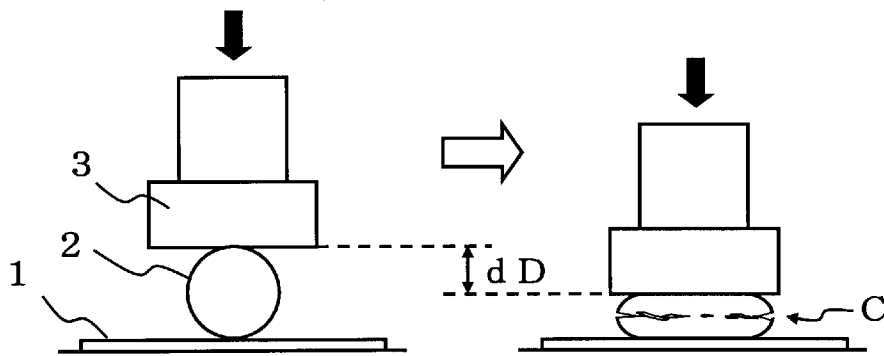
符号の説明

[0039] 1 シリコンウエハー
2 はんだボール
3 圧子

請求の範囲

- [請求項1] セラミック製電子部品の封止用又は接合用として使用されるAu系はんだボールであって、該はんだボールを一方向から押し潰してクラックが生じるまでの最大応力が $2.0 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$ 以上であって、且つ該クラックが生じるまでのひずみの平方根が0.40以上であることを特徴とするAu系はんだボール。
- [請求項2] Snを21.1質量%以上43.0質量%以下含有し、Agを0.1質量%以上15質量%以下含有し、残部が不可避免的に含まれる不純物を除いてAuからなることを特徴とする、請求項1に記載のAu系はんだボール。
- [請求項3] Geを9.5質量%以上15質量%以下含有し、Snを2質量%以上10質量%以下含有し、残部が不可避免的に含まれる不純物を除いてAuからなることを特徴とする、請求項1に記載のAu系はんだボール。
- [請求項4] Agを5質量%以上18質量%以下含有し、Geを7質量%以上20質量%以下含有し、残部が不可避免的に含まれる不純物を除いてAuからなることを特徴とする、請求項1に記載のAu系はんだボール。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれか1項に記載のAu系はんだボールを用いて封止することを特徴とするセラミック製電子部品。
- [請求項6] Au系はんだボールを一方向から押し潰してクラックが生じた時の応力が $2.0 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$ 以上であって、且つ該クラックが生じるまでのひずみの平方根が0.40以上であるか否かを測定することにより、セラミック製電子部品の封止用又は接合用として使用するAu系はんだボールの接合信頼性を評価することを特徴とするAu系はんだボールの評価方法。

[図1]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/059626

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K35/30(2006.01)i, C22C5/02(2006.01)i, C22C30/04(2006.01)i, G01N3/08(2006.01)i, G01N33/20(2006.01)i, H01L23/10(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)

B23K35/30, C22C5/02, C22C30/04, G01N3/08, G01N33/20, H01L23/10

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 Y A	JP 2008-155221 A (Seiko Epson Corp.), 10 July 2008 (10.07.2008), claims 1 to 7; paragraphs [0015] to [0038]; table 2 (Family: none)	1-2, 5 1, 4-5 3, 6
X Y A	JP 2009-190055 A (Seiko Epson Corp.), 27 August 2009 (27.08.2009), claims 1 to 6; paragraphs [0015] to [0031]; table 2 (Family: none)	1-2, 5 1, 4-5 3, 6
X Y A	JP 2014-104480 A (Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.), 09 June 2014 (09.06.2014), claims 1 to 5; paragraphs [0044] to [0065] (Family: none)	1, 3, 5 1, 4-5 2, 6

☒ 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
01 June 2016 (01.06.16)

Date of mailing of the international search report
14 June 2016 (14.06.16)

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/JP2016/059626

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2014-97521 A (Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.), 29 May 2014 (29.05.2014), claim 1; paragraphs [0015], [0038] to [0054] (Family: none)	1, 4-5 2-3, 6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B23K35/30(2006.01)i, C22C5/02(2006.01)i, C22C30/04(2006.01)i, G01N3/08(2006.01)i, G01N33/20(2006.01)i, H01L23/10(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 (IPC))

Int.Cl. B23K35/30, C22C5/02, C22C30/04, G01N3/08, G01N33/20, H01L23/10

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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	JP 2008-155221 A (セイコーエプソン株式会社) 2008.07.10, 【請求項1】 - 【請求項7】、【0015】 - 【0038】、【表2】 (ファミリーなし)	1-2, 5 1, 4-5 3, 6
X Y A	JP 2009-190055 A (セイコーエプソン株式会社) 2009.08.27, 【請求項1】 - 【請求項6】、【0015】 - 【0031】、【表2】 (ファミリーなし)	1-2, 5 1, 4-5 3, 6

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01.06.2016

国際調査報告の発送日

14.06.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/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)

静野 朋季

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

4 K

5276

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2014-104480 A (住友金属鉱山株式会社) 2014. 06. 09, 【請求項 1】－【請求項 5】、【0 0 4 4】－【0 0 6 5】 (ファミリーなし)	1, 3, 5 1, 4-5 2, 6
Y A	JP 2014-97521 A (住友金属鉱山株式会社) 2014. 05. 29, 【請求項 1】、【0 0 1 5】、【0 0 3 8】－【0 0 5 4】 (ファミリーなし)	1, 4-5 2-3, 6