

(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
2014年5月15日(15.05.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/073555 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/60 (2006.01) C22F 1/00 (2006.01)
C22C 5/06 (2006.01) C22F 1/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/079980
- (22) 国際出願日: 2013年11月6日(06.11.2013)
- (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 2012-245424 2012年11月7日(07.11.2012) JP
- (71) 出願人: タツタ電線株式会社(TATSUTA ELECTRIC WIRE & CABLE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5788585 大阪府東大阪市岩田町2丁目3番1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 長谷川 剛(HASEGAWA Tsuyoshi); 〒5788585 大阪府東大阪市岩田町2丁目3番1号 タツタ電線株式会社内 Osaka (JP). 黒崎 裕司(KUROSAKI Yuji); 〒5788585 大阪府東大阪市岩田町2丁目3番1号 タツタ電線株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 鎌田 文二, 外(KAMADA Bunji et al.); 〒5420073 大阪府大阪市中央区日本橋1丁目18番12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, LT, 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, 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).

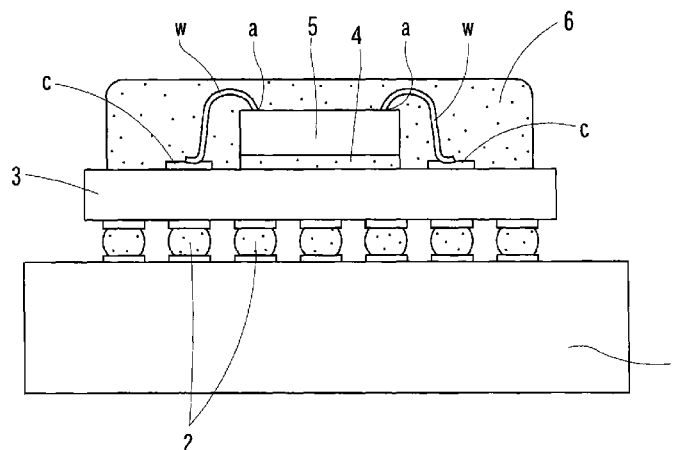
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: BONDING WIRE

(54) 発明の名称: ボンディング用ワイヤ

【図1】



(57) Abstract: This bonding wire bonds well with a Ni/Pd/Au-coated electrode (a) or an Au-coated electrode (a), has excellent thermal shock resistance, and is cheaper than gold bonding wire. This bonding wire (W) is for connection by the ball bonding method, and consists of a total of 1.0-4.0 mass% of one or more elements selected from Pd and Au, a total of 20-500 ppm by mass of one or more elements selected from Ca, Y, La, Sm and Ce, and the remainder of Ag and unavoidable impurities, and has a tensile strength at room temperature is 18-32kgf/mm² and a tensile strength in a 250°C furnace is 14kgf/mm² or greater. With this configuration, continuous bonding properties, thermal cycle tests, evaluation of chip damage directly below 1st joint, electrical resistance, evaluation of the wire flow during resin sealing and evaluation of the wire sulfidation resistance present no problems in practical use.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/073555 A1



Ni/Pd/Au被覆電極(a)又はAu被覆電極(a)との接合性がよく、耐熱衝撃性に優れ、金ボンディングワイヤより安価なボンディング用ワイヤとする。ボールボンディング法によって接続するためのボンディング用ワイヤ(W)であって、Pd、Auから選ばれる1種以上の元素を合計で1.0質量%以上、4.0質量%以下、Ca、Y、La、Sm、Ceから選ばれる1種以上の元素を合計で20質量ppm以上、500質量ppm以下含み、残部がAgおよび不可避不純物からなり、常温での引張強度が18~32kgf/mm²、250℃炉中での引張強度が14kgf/mm²以上である。この構成であると、連続ボンディング性、熱サイクル試験、1st接合部直下のチップ損傷の評価、電気抵抗、樹脂封止時のワイヤフローの評価、ワイヤの耐硫化性の各評価において、実用上問題ないものとなる。

明 細 書

発明の名称：ボンディング用ワイヤ

技術分野

[0001] この発明は、パワーＩＣ、ＬＳＩ、トランジスタ、ＢＧＡ（Ball Grid Array package）、ＱＦＮ（Quad Flat Non lead package）、ＬＥＤ（発光ダイオード）等の半導体パッケージにおける半導体素子上のニッケル・パラジウム・金（Ｎｉ／Ｐｄ／Ａｕ）被覆電極又はＡｕ被覆電極と、リードフレーム、セラミック基板、プリント基板等の回路配線基板の導体配線とをボールボンディング法によって接続するためのボンディング用ワイヤに関するものである。

背景技術

[0002] 上記ＢＧＡ等の半導体パッケージは、例えば、図１に示すように、配線板１上にはんだボール２を介してパッケージ基板３を設け、さらに、そのパッケージ基板３にダイボンディング材４を介して半導体素子（チップ）５を設けて、その半導体素子５を封止材６によって封止した構造である。この半導体パッケージにおける半導体素子５の電極ａとパッケージ基板３の導体配線（端子）ｃとの電気接続は、上記ボールボンディング法によって行われる。

[0003] また、上記半導体素子の一つであるＬＥＤのパッケージにおいては、例えば、図２に示すように、ケースヒートシンク１１にダイボンディング材１２を介してＬＥＤ１３を設けて、蛍光体ｅを混ぜ合わせた封止材１４によってＬＥＤ１３を封止した構造である。このパッケージにおけるＬＥＤ１３の電極ａとケース電極１５の導体配線（端子）ｃとの電気接続は、ＢＧＡ等の半導体パッケージと同様に上記ボールボンディング法によって行われる。図中、１６は樹脂製ケースボディである。

[0004] これらのボールボンディング法による接続方法は、図３（ａ）～（ｈ）に示す態様が一般的であり、同図（ａ）に示す、ワイヤＷがキャピラリー１０ａに挿通されてその先端にボール（ＦＡＢ：Free Air Ball）

bが形成された状態から、クランプ10bが開いて、キャピラリー10aが集積回路素子上の電極aに向かって降下する。このとき、ボール(FAB)bはキャピラリー10a内に捕捉される。

[0005] ターゲットである電極aに溶融ボールbが接触すると(キャピラリー10aが電極aに至ると)キャピラリー10aが溶融ボールbをグリップし、溶融ボールbに熱・荷重・超音波を与え、それによって溶融ボールbが圧着されて(圧着ボールb'となって)電極aと固相接合され、1stボンドが形成されて電極aと接着する(1st接合、図3(b))。

1stボンドが形成されれば、キャピラリー10aは、一定高さまで上昇した後(同図(c))、導体配線cの真上まで移動する(同図(d)~(e))。このとき、安定したループを形成するため、キャピラリー10aに特殊な動きをさせてワイヤWに「くせ」を付ける動作をする場合がある(同図(d)の鎖線から実線参照)。

[0006] 導体配線cの真上に至ったキャピラリー10aは、導体配線cに向かって降下し、ワイヤWを導体配線(2ndターゲット)cに押付ける(同図(e)~(f))。これと同時に、その押付け部位に熱・荷重・超音波を与え、それによってワイヤWを変形させ、ワイヤWを導体配線c上に接合させるためのステッチボンドと、次のステップでテイルを確保するテイルボンドを形成する(2nd接合、同図(f))。

[0007] その両ボンドを形成した後、キャピラリー10aはワイヤWを残したまま上昇し、キャピラリー10aの先端に一定の長さのテイルを確保した後、クランプ10bを閉じて(ワイヤWをつかんで)、テイルボンドの部分からワイヤWを引きちぎる(同図(g))。

[0008] キャピラリー10aは、所要の高さまで上昇すると停止し、そのキャピラリー10aの先端に確保されたワイヤWの先端部分に、放電棒gでもって高電圧を掛けて放電し(スパークし)、その熱でワイヤWを溶かし、この溶けたワイヤ素材は表面張力によって球状に近い溶融ボールbになって固まる(同図(h))。

[0009] 以上の作用で一サイクルが終了し、以後、同様な作用によって、電極 a と導体配線 c とのボールボンディング法による接続がなされる。

[0010] このボールボンディング法に使用されるボンディング線（ワイヤ）W の材質としては、4 N（純度：99.99 質量%以上）～2 N の金が使用されている。このように金が多用されるのは金ボール b の形状が真球状となるとともに、形成される金ボール b の硬さが適切であって、接合時の荷重、超音波によってチップ 5 を損傷することがなく、確実な接合ができ、その信頼性が高いからである。

一方、BGA 等の半導体パッケージにおいては、金ボンディングワイヤ W は高価であることから、安価な銅（Cu）ボンディングワイヤへの置き換えもなされている。さらに、その銅ボンディングワイヤ表面にパラジウム（Pd）等を被覆することによって、銅ボンディングワイヤで課題となる 2nd 接合性を高め、生産性を改善した Pd 表面被覆銅ボンディングワイヤが開発され、一部では使用されている（下記特許文献 1）。また、銀（Ag）ボンディングワイヤについても開発され、一部では使用されている。（下記特許文献 2、3、4）

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献 1：特開 2007-123597 号公報

特許文献 2：特開昭 57-194232 号公報

特許文献 3：特開昭 58-6948 号公報

特許文献 4：特開平 11-288962 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] 金ボンディングワイヤは高価である。その代替材である銅ボンディングワイヤは安価ではあるが、金ボンディングワイヤに比べて FAB が硬く、電極 a のチップが脆弱であるとチップダメージ発生の恐れが高くなる。また、金

ボンディングワイヤに比べて2nd接合性が悪く、連続ボンディング性に問題がある。

Pd表面被覆銅ボンディングワイヤは、銅ボンディングワイヤに比べて2nd接合性がよく、連続ボンディング性がよいが、FABが銅ボンディングワイヤよりもさらに硬くなるため、チップダメージ発生の問題がある。

[0013] また、従来、BGA等の半導体パッケージの電極aにはAl合金(Al-Si-Cu等)パッドが用いられていたが、高温信頼性、例えば150℃以上における信頼性が求められる車載などの用途ではNi/Pd/Au(ニッケル/パラジウム/金)被覆した電極aが検討されている。さらに脆弱なチップ5に対するダメージ低減の必要もある。

このNi/Pd/Au被覆電極aに対し、上記Pd表面被覆銅ボンディングワイヤは接合し難いという問題があり、銅ボンディングワイヤは、脆弱なチップ5に対してダメージを与えないような条件でボンディングしようとすると、十分な接合ができないという問題がある。

[0014] さらに、従来、LEDパッケージにおいてはAu被覆した電極aのLED13が用いられ、電極aとの接続には金ボンディングワイヤが用いられている。この金を用いた組み合わせではコストダウンができないため、LED13用にも安価なボンディングワイヤが望まれている。しかし、銅ボンディングワイヤは連続ボンディング性に難があり、Pd表面被覆銅ボンディングワイヤではFABが硬くなるため、チップダメージが発生する恐れがある。また、銅ボンディングワイヤ又はPd表面被覆銅ボンディングワイヤを用いると、ボンディングワイヤ自体の反射率が低いため、ワイヤ部分が影になることからLED13の種類によってはLED13そのものの輝度を低下させることもある。

[0015] また、従来の銀ボンディングワイヤでは、ボールbを形成する際に窒素(N₂)ガスを吹き付けて不活性雰囲気中で放電するのが一般的である。これに対し、特許文献2、3に、Ag(銀)にAl(アルミニウム)もしくはMg(マンガン)を添加することにより、N₂ガスを吹き付けることなく大気中で放

電しても形状のよいボールbを得ることができることが記載されている。

しかし、近年、BGAの半導体パッケージでは、電極aが小さくなり、また、電極a同士の距離も近くなっているため、より安定した真球状のボールbを得る必要があるため、銀ボンディングワイヤにおいても、一般的なN₂ガスを吹き付けて放電する方が好ましくなっている。このN₂ガスを吹き付けて放電した場合、周囲からの酸素の侵入は防ぐことができるが、ワイヤ先端が溶融した際にワイヤ表面の酸化銀から上記添加したAlもしくはMgが酸素を奪い、Al₂O₃もしくはMgOができる。このとき、AlもしくはMgを多量に含有していると、このAl₂O₃もしくはMgOがボールb表面に大量に生成してしまい、電極aとの接合の際に硬質なAl₂O₃もしくはMgOが電極aを損傷する問題がある。

[0016] 同様に、特許文献4にワイヤ強度や耐熱性を向上させるために、Ca（カルシウム）、Sr（ストロンチウム）、Y（イットリウム）、La（ランタン）、Ce（セリウム）、Eu（ユウロピウム）、Be（ベリリウム）、Ge（ゲルマニウム）、In（インジウム）、Sn（スズ）等の元素を添加することが記載されているが、これらの元素については多量に添加すると、ボールbの硬度が上がって電極aを損傷する問題がある。

また、特許文献4にはワイヤの接合信頼性を高めるために、Pt（白金）、Pd、Cu、Ru（ルテニウム）、Os（オスミウム）、Rh（ロジウム）、Ir（イリジウム）、Auを添加することが記載されている。しかし、このような元素を多量に添加すれば、ワイヤ自体の電気抵抗が上がり、ボンディングワイヤWとしての性能を損なう問題が生じる。すなわち、上述のとおりBGA等の半導体パッケージでは、電極aはより小さく、その電極a間の距離もより近くなっているため、1st接合部を小さくすることが求められている。そのためには、ボンディングワイヤの直径を小さくする必要があるが、ワイヤの電気抵抗が高くなると、ワイヤの直径を小さくすることができなくなる問題がある。また、LED13においては、輝度を上げるために動作電流が高くなってきているが、ワイヤの電気抵抗が高いと発熱の問題が

生じ、封止樹脂の寿命を縮める不具合が生じる。

[0017] さらに、昨今、車載用途を中心にして、半導体パッケージの信頼性評価の基準は厳しくなっており、特に低温・高温保持を繰り返す耐熱衝撃性についてはその要求が高くなってきたりしている。

上記の銀ワイヤを用いて組み上げた半導体パッケージをより厳しい熱サイクル試験にかけると、基板の反りや樹脂の膨張収縮の影響でワイヤが破断する場合があった。

[0018] 因みに、金ボンディングワイヤとNi/Pd/Au被覆電極a又はAu被覆電極aとの接合であれば、高い耐熱衝撃性は得られるが、材料費が高価になるという問題がある。

[0019] この発明は、以上の実状の下、Ni/Pd/Au被覆電極a又はAu被覆電極aとの接合性がよく、耐熱衝撃性に優れ、金ボンディングワイヤより安価なボンディング用ワイヤとすることを課題とする。

課題を解決するための手段

[0020] 上記課題を達成するため、この発明は、半導体素子のNi/Pd/Au被覆電極又はAu被覆電極と回路配線基板の導体配線とをボールボンディング法によって接続するためのボンディング用ワイヤにおいて、Pd、Auから選ばれる1種以上の元素を合計で1.0質量%以上、4.0質量%以下、Ca、希土類元素から選ばれる1種以上の元素を合計で20質量ppm以上、500質量ppm以下含み、残部がAgおよび不可避不純物からなり、そのワイヤ(W)の常温での引張強度が18kgf/mm²以上32kgf/mm²以下、好ましくは18kgf/mm²以上25kgf/mm²以下とし、ワイヤを250℃炉中で引張試験を行う高温引張試験での引張強度が14kgf/mm²以上、より好ましくは15kgf/mm²以上とした。このとき、その250℃炉中の高温引張試験は、ワイヤを250℃で20秒間加熱した後、そのまま250℃で行なうことが好ましい。

[0021] Agを主体とするボンディングワイヤは、Auを主体とするボンディングワイヤに比べれば、安価なものとし得る。

因みに、A gを主体とするボンディングワイヤは、N i／P d／A u被覆電極又はA u被覆電極との接合箇所の耐食性は高いが、A l電極との接合箇所は耐食性が低い。

[0022] P d、A uから選ばれる１種以上の元素は、耐食性及び良好な電気特性を得るために添加する。P d、A uから選ばれる１種以上の元素が１．０質量％未満であると、ワイヤの耐硫化性が問題になることがあり、大気中もしくは封止樹脂中に硫化を促進する物質（硫化水素等）が存在すると、ワイヤ表面に硫化銀が生成することで、接続部の信頼性が低下する。

一方、４．０質量％を超えた量を添加すると、ワイヤの電気抵抗が高くなりすぎるため、ワイヤの直径を小さくすることが難しくなる。

[0023] C a、希土類元素から選ばれる１種以上の元素は、ワイヤ強度や耐熱性を向上させるために添加するが、２０質量ｐｐｍ未満であると、そのワイヤの耐熱性が低くなって実用上の問題が生じる。また、５００質量ｐｐｍを超えて添加すると、ボールｂの硬度が高くなり、１ｓｔ接合時に電極ａが損傷する。よって、C a、希土類元素から選ばれる１種以上の元素の合計添加量は２０質量ｐｐｍ以上５００質量ｐｐｍ以下とする。また、より好ましくは２０質量ｐｐｍ以上１００質量ｐｐｍ以下であり、この範囲であれば、ワイヤの耐熱性が高く、１ｓｔ接合時の電極ａの損傷の度合いもより低く抑えることができる。ここで、希土類元素は入手性に難があるため、C aの添加が最も好ましい。

[0024] このワイヤWの線径はボンディングワイヤとして使用し得れば任意であるが、例えば、１２μｍ以上５０．８μｍ以下とする。５０．８μｍ以下とすると熔融ボールｂをより小さくでき、１２μｍ未満であると、ボンディング前にオペレータがワイヤWをキャピラリー１０ａに通すのが困難になり、作業性が悪くなるうえに、空気圧によりワイヤに十分な張力をかけることができなくなり、ループ制御が困難になる恐れがある。

[0025] 上述のボンディングワイヤWの製造方法には種々のものが採用できるが、例えば、純度９９．９９質量％以上のA gにP d、A uから選ばれる１種以

上の元素を1.0～4.0質量%、Ca、希土類から選ばれる1種以上の元素を合計で20～500質量ppm添加し、連続鑄造法で大きな線径のその化学組成のロッドを作製し、線径50.8 μ m以下までダイスに順次貫通させていくことにより、所定の線径に伸線する。その後、ワイヤWに調質熱処理を施す。

[0026] その調質熱処理は、所定の線径まで伸線を行いリールに巻きとられたワイヤWを、巻き戻して管状の熱処理炉中に走行させ、再び巻き取りリールで巻き取ることによって連続熱処理を行う。管状の熱処理炉中にはN₂ガスもしくはN₂に微量の水素を混合させたガスを流す。また、その炉温度は350℃以上600℃以下として、ワイヤ走行速度は30～90m/分で熱処理を行う。このとき、例えば、炉長：50cmであれば、ワイヤ走行速度：30～90m/分の場合、調質熱処理時間は0.33～1秒となる。

[0027] ボンディングワイヤWの「常温引張強度」は、15～25℃の室温中で長さ100mmの試料を引張試験し、ワイヤWの破断した荷重を断面積で除した値を示す。

また、ボンディングワイヤWの「高温引張強度」は長さ100mmの試料を250℃の炉中で加熱し、その後250℃の炉中で引張試験し、ワイヤWの破断した荷重を断面積で除した値を示す。

ここで、常温引張強度が18kgf/mm²未満であるとワイヤ強度が不足して、ワイヤボンディング後の樹脂封止の際に流入してきた樹脂によってワイヤループが変形するワイヤフローが発生する。また、32kgf/mm²を超えると、2nd接合性が悪くなり、マシンストップの原因となる。さらに好ましくは、25kgf/mm²以下であると、2nd接合性が高く、ステージ温度が150℃のような低温設定でも安定した生産が可能になる。

また、高温引張強度が14kgf/mm²未満であると、樹脂封止後の製品を熱サイクル試験に曝した時の寿命に問題が生じるが、より好ましくは15kgf/mm²以上であるとより高い熱サイクル特性が得られる。

[0028] なお、調質熱処理において、炉温度を350℃以上600℃以下、ワイヤ

走行速度を30～90m／分としたのは、その熱処理温度とワイヤ走行速度の範囲内であると、上記Pd、Au：1.0～4.0質量%等の化学組成のワイヤWにおいて、常温引張強度が18～32kgf／mm²、高温引張強度が14kgf／mm²以上となるように調整することができたからである。

発明の効果

[0029] この発明は、以上のようにAgを主体としたので、Auを主体としたボンディングワイヤに比べれば、安価なものとし得て、かつ、Pd、Au、Cu、希土類元素の適量の添加によって、適度な強度のワイヤとなってNi／Pd／Au被覆電極又はAu電極との接合性が良いものとすることができる。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]半導体パッケージの概略図

[図2]LEDパッケージの概略図

[図3]ボールボンディング法の説明図であり、(a)～(h)はその途中図

発明を実施するための形態

[0031] 純度が99.99質量%以上(4N)の高純度Agを用いて、表1に示す化学成分の銀合金を鑄造し、8mmφのワイヤロッドを作成した。そのワイヤロッドを伸線加工し所定の最終線径(12～50μmφ)の銀合金線とし、窒素雰囲気中で種々の加熱温度・加熱時間にて連続焼鈍した。その連続焼鈍による調質熱処理は、炉長：50cmの炉において、その炉温度を350℃以上600℃以下、ワイヤ走行速度を30～90m／分で行なった。なお、化学成分の定量はICP-OES(高周波誘導結合プラズマ発光分光分析法)により行った。

[0032] その連続焼鈍した各ワイヤWを15～25℃の常温で引張試験を行なって常温引張強度(kgf／mm²)を測定した。その引張試験は試料長さ：100mmのワイヤWを引張速度10m／分の速度で引張り、破断に至る時の破断荷重を測定し、その破断荷重／断面積として算出した。表1においては、その常温引張強度を「常温破断荷重」としている。

また、250℃での引張強度についてはワイヤWを250℃の炉中で20

秒間加熱し、そのまま250℃に保持した状態で引張速度10m／分の速度で引張り、破断に至る時の破断荷重を測定し、その破断荷重／断面積として算出した。表1においては、その引張強度を「高温破断荷重」としている。

[0033] [表1]

	No.	芯材組成									線徑 (um)	常溫 破斷 荷重 (kgf/mm2)	高溫 破斷 荷重 (kgf/mm2)
		(%)			(ppm)								
		Pd	Au	小計	Ca	Y	Sm	La	Ce	小計			
實施例	1	1.0		1.0	20					20	20	18.0	14.0
	2		2.1	2.1	32	25				57	20	21.3	15.9
	3	0.4	0.6	1.0				40	50	90	25	28.2	14.5
	4	3.0		3.0	100		42			142	23	32.0	15.8
	5	1.0	2.5	3.5	42			58		100	23	18.9	16.4
	6	0.7	3.1	3.8		48				48	25	24.6	14.8
	7	0.5	2.3	2.8	48					48	25	21.0	16.0
	8	0.8	3.1	3.9					120	120	38	31.0	14.6
	9	0.5	2.2	2.7	70					70	50.8	29.0	17.4
	10	1.8	2.2	4.0			280		220	500	12	31.6	16.9
比較例	1	0.7		0.7	32					32	23	17.8	15.3
	2	0.4	1.5	1.9		6		23		29	25	18.9	13.5
	3	1.0	1.2	2.2	28					28	30	19.4	13.9
	4	0.5	1.8	2.3	26		71		4	101	38	16.9	14.8
	5	0.5	2.3	2.8						0	25	18.4	13.0
	6	3.1		3.1	4			7		11	30	18.1	13.6
	7	1.2		1.2	26	9				35	30	17.4	16.7
	8	3.1	1.0	4.1	501					501	25	33.9	16.4
	9	3.5	0.8	4.3				7	8	15	23	32.1	13.9
	10	3.2	1.3	4.5	220	60		230		510	20	34.5	19.6

[0034] この各実施例及び各比較例に対し、それぞれ下記の試験を行った。

『評価項目』

各ワイヤWについて、自動ワイヤボンダで、図3に示すボールボンディング法による接続を行った。すなわち、放電棒gによるアーク放電によりワイヤW先端にFAB（ボールb）を作製し、それを半導体素子（チップ）5、13上のNi/Pd/Au被覆電極a又はAu被覆電極aに接合し、ワイヤ他端をリード端子（導体配線）cに接合した（図1、図2参照）。なお、FAB作製時にはワイヤW先端部に窒素（ N_2 ）ガスを流しながらアーク放電を行った。リード端子cにはAg被覆42%Ni-Fe合金を使用した。

評価に用いたボンディング試料における連続ボンディング性、熱サイクル試験、1st接合部のチップ損傷、電気抵抗、樹脂封止時のワイヤフロー、ワイヤの耐硫化性及び総合評価を表2に示す。それらの評価方法等は以下の

通りである。

[0035] 『評価方法』

(1) 「連続ボンディング性」

ボンディングマシンで10,000回の連続ボンディングを行い、マシンストップが発生しなければ「A」、1回のマシンストップが発生すれば「B」、2回以上のマシンストップが起これば「D」とした。このとき、ステージ温度が低くなれば、その連続ボンディングが困難になることから、175℃(±5℃)、150℃(±5℃)の2水準で行った。

[0036] (2) 「熱サイクル試験」

ボンディングを行った後、樹脂封止をした半導体試料を市販の熱サイクル試験装置を用いて評価した。温度履歴は−40℃／30分～125℃／30分を1サイクルとして、1000サイクルの試験を行った。試験後に電氣的測定を行い、導通評価をした。評価したワイヤ数は500本であり、不良率が0の場合は熱サイクルへの耐性が高いことから「A」、不良率が1%以下の場合は「B」、1%を超える場合は耐性が低いことから「D」とした。

[0037] (3) 「ボンディング後、1st接合部直下のチップ損傷の評価」

1st接合部および電極膜を王水で溶解し、半導体素子5、13のクラックを光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡(SEM)で観察した。100個の接合部を観察して3μm未満の微小なピットが1個もしくはまったく見られない場合は「A」、3μm以上のクラックが2個以上5個未満認められた場合は使用上問題はないと考えて「B」、3μm以上のクラックが5個以上認められた場合は「D」とした。

[0038] (4) 「電気抵抗」

4端子法を用いて室温での電気抵抗を測定した。3試料の固有抵抗の平均が4.0μΩ・cm以下であれば「A」、4.0μΩ・cmを超えれば「D」とした。

[0039] (5) 「樹脂封止時のワイヤフローの評価」

ワイヤ長：5mmのボンディング試料をエポキシ樹脂で封止した後で、X

線非破壊観察装置にて最大ワイヤフロー量を測定した。測定は20本行い、その平均値をワイヤ長5 mmで除した割合をワイヤフロー率とした。このワイヤフロー率が7%未満なら「A」、7%以上では実用上の問題があると考えて評価を「D」とした。

[0040] (6) 「ワイヤの耐硫化性」

容器中で5%硫化アンモニウム溶液を60℃に加熱し、気化させた環境下にワイヤサンプルを放置し、5分間経過後の表面分析をオージェ分光分析法(AES)で測定した。オージェ分光分析法はArイオンで深さ方向に単位時間のスパッタを行い、その都度硫黄濃度を測定していき、最外層の硫黄濃度の1/2の濃度になったところまでを硫化層の厚みとした。厚さの換算には一般的なSiO₂換算を用いた。ここで、硫化層の厚みが200 Å以下なら「A」、200 Åを超えると実用上の問題があると考えて評価を「D」とした。

[0041] 「総合評価」

各評価において、すべてが「A」であるものを「A」、「A」と「B」が混在するものを「B」、一つでも「D」があるものは「D」とした。

[0042]

[表2]

	No.	(1) 連続ボンディング性		(2) 熱サイクル 試験 1000 サイクル	(3) 1st接合部 直下のチップ 損傷	(4) 電気抵抗	(5) 樹脂封止時 のワイヤフロ ー	(6) 硫化試験	総合評価
		175℃	150℃						
実施例	1	A	A	B	A	A	A	A	B
	2	A	A	A	A	A	A	A	A
	3	A	B	B	A	A	A	A	B
	4	A	B	A	B	A	A	A	B
	5	A	A	A	A	A	A	A	A
	6	A	A	B	A	A	A	A	B
	7	A	A	A	A	A	A	A	A
	8	A	B	B	B	A	A	A	B
	9	A	B	A	A	A	A	A	B
	10	A	B	A	B	A	A	A	B
比較例	1	A	A	A	A	A	D	D	D
	2	A	A	D	A	A	A	A	D
	3	A	A	D	A	A	A	A	D
	4	A	A	B	B	A	D	A	D
	5	A	A	D	A	A	A	A	D
	6	A	A	D	A	A	A	A	D
	7	A	A	A	A	A	D	A	D
	8	D	D	A	D	D	A	A	D
	9	D	D	D	A	D	A	A	D
	10	D	D	A	D	D	A	A	D

[0043] この表1、2において、Ca、Y、Sm、La、Ceから選ばれる1種以上の元素の合計が500質量ppmを超えると、比較例8、10からFAB表面に析出物の生成が確認され、1st接合部のチップ損傷が発生するために「1st接合部のチップ損傷」が「D」となり、総合評価でも「D」となっている。一方、これらの元素合計が20質量%ppm未満であると、比較例5、6、9から、耐熱性が低くなり、熱サイクル試験で「D」となって総合評価で「D」となっている。

[0044] また、Pd、Auの合計が1.0質量%未満であると、比較例1から、ワイヤの耐硫化性において「D」、4.0質量%を超えると、比較例8～10から、電気抵抗の評価において「D」となって、共に、総合評価で「D」となっている。

[0045] さらに、常温での引張強度（常温破断荷重）が18kgf/mm²未満であると、比較例1、4、7から、樹脂封止時のワイヤフローの評価において「D」となって総合評価で「D」となっている。一方、32kgf/mm²を超えると、比較例8～10から、2nd接合性が悪化するため、連続ボンディ

ング性が「D」となって総合評価で「D」となっている。

また、250℃炉中で試験を行う引張試験での引張強度（高温破断荷重）が14kgf/mm²未満であると、比較例2、3、5、6、9から、熱サイクルへの耐性が低く、熱サイクル試験で「D」となって総合評価で「D」となっている。

[0046] これに対し、各実施例1～10は、いずれも、Pd、Auの合計が1.0～4.0質量%、Ca、Y、Sm、La、Ceから選ばれる1種以上の元素の合計が20質量ppm以上、500質量ppm以下含み、常温での引張強度が18～32kgf/mm²、250℃炉中で試験を行う引張試験での引張強度が14kgf/mm²以上であることから、連続ボンディング性、熱サイクル試験、1st接合部直下のチップ損傷の評価、電気抵抗、樹脂封止時のワイヤフローの評価、ワイヤの耐硫化性の各評価において、「A」又は「B」を得ており、総合評価においては、「B」以上を得て、実用上問題ないことがわかる。

[0047] また、Ca、Y、Sm、La、Ceから選ばれる1種以上の元素を含み、その合計が100質量ppm以下であれば、実施例1～3、5～7、9、比較例1～3、6、7、9から、1st接合部直下のチップ損傷の評価において「A」となり、高い信頼性を有することが理解できる。さらに、常温での引張強度が18～25kgf/mm²であると、実施例1、2、5～7、比較例2、3、5、6から、150℃における連続ボンディング性評価において「A」となり、低いステージ温度での良好な作業性を得られることが理解できる。また、250℃炉中での引張強度が15kgf/mm²以上であると、実施例2、4、5、7、9、10、比較例1、7、8、10から、熱サイクル試験において「A」となっている。

[0048] 以上から、Pd、Auから選ばれる1種以上の元素を合計で1.0質量%以上、4.0質量%以下、Ca、希土類元素から選ばれる1種以上の元素を合計で20質量ppm以上、500質量ppm以下含み、残部がAgおよび不可避不純物からなり、ワイヤWの常温での引張強度が18～32kgf/

mm²であり、ワイヤを250℃の炉中で20秒間加熱した後、そのまま250℃炉中で試験を行う引張試験での引張強度が14kgf/mm²以上であると、連続ボンディング性、熱サイクル試験、1st接合部直下のチップ損傷の評価、電気抵抗、樹脂封止時のワイヤフローの評価、ワイヤの耐硫化性の各評価において、実用上問題ないものとなり、また、そのCa、希土類元素から選ばれる1種以上の元素の含有量が20質量ppm以上、100質量ppm以下であると、1st接合部直下のチップ損傷の評価において「A」となって高い信頼性を有するものとなり、常温での引張強度が18～25kgf/mm²であると、150℃における連続ボンディング性評価において「A」となり、良好な作業性を得られるものとなり、さらに、250℃炉中での引張強度が15kgf/mm²以上であると、熱サイクルへの耐性が高いものとなる。

符号の説明

[0049] 3、15 回路配線基板

5 半導体素子

13 LED

W ボンディング用ワイヤ

a 半導体素子(LED)の電極

b 溶融ボール

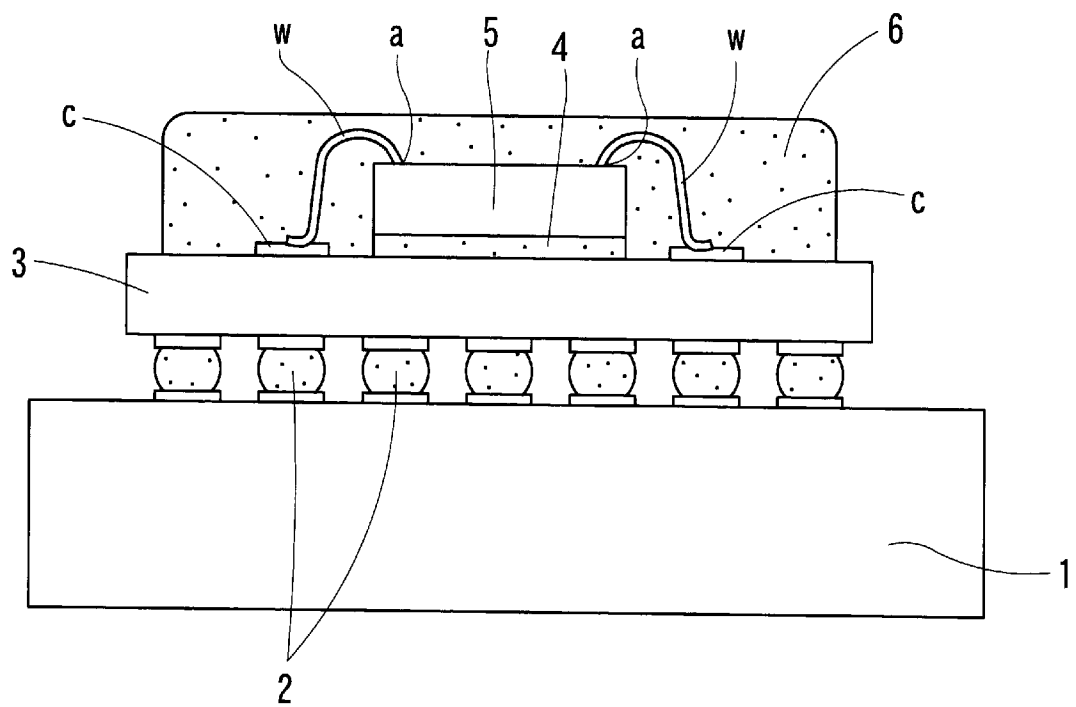
b' 圧着ボール

c 回路配線基板の導体配線(リード端子)

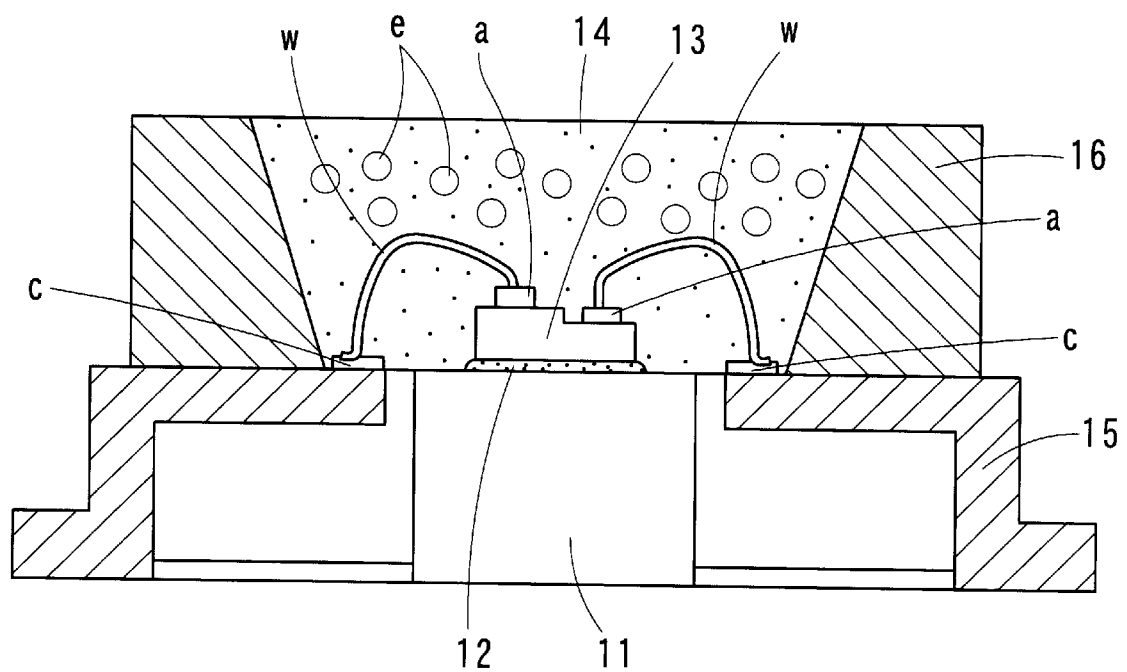
請求の範囲

- [請求項1] 半導体素子（5、13）のNi/Pd/Au被覆電極（a）又はAu被覆電極（a）と回路配線基板（3、15）の導体配線（c）とをボールボンディング法によって接続するためのボンディング用ワイヤ（W）であって、
- Pd、Auから選ばれる1種以上の元素を合計で1.0質量%以上、4.0質量%以下、Ca、希土類元素から選ばれる1種以上の元素を合計で20質量ppm以上、500質量ppm以下含み、
- 残部がAgおよび不可避不純物からなり、
- そのワイヤ（W）の常温での引張強度が18～32kgf/mm²であり、ワイヤを250℃の炉中で加熱した後、そのまま250℃炉中で試験を行う引張試験での引張強度が14kgf/mm²以上であることを特徴とするボンディング用ワイヤ。
- [請求項2] 上記ワイヤ（W）のCa、希土類元素から選ばれる1種以上の元素の含有量が20質量ppm以上、100質量ppm以下である請求項1に記載のボンディング用ワイヤ。
- [請求項3] 上記ワイヤ（W）の常温での引張強度が18～25kgf/mm²である請求項1または2に記載のボンディング用ワイヤ。
- [請求項4] 上記ワイヤ（W）の250℃炉中での引張強度が15kgf/mm²以上である請求項1～3のいずれか1項に記載のボンディング用ワイヤ。

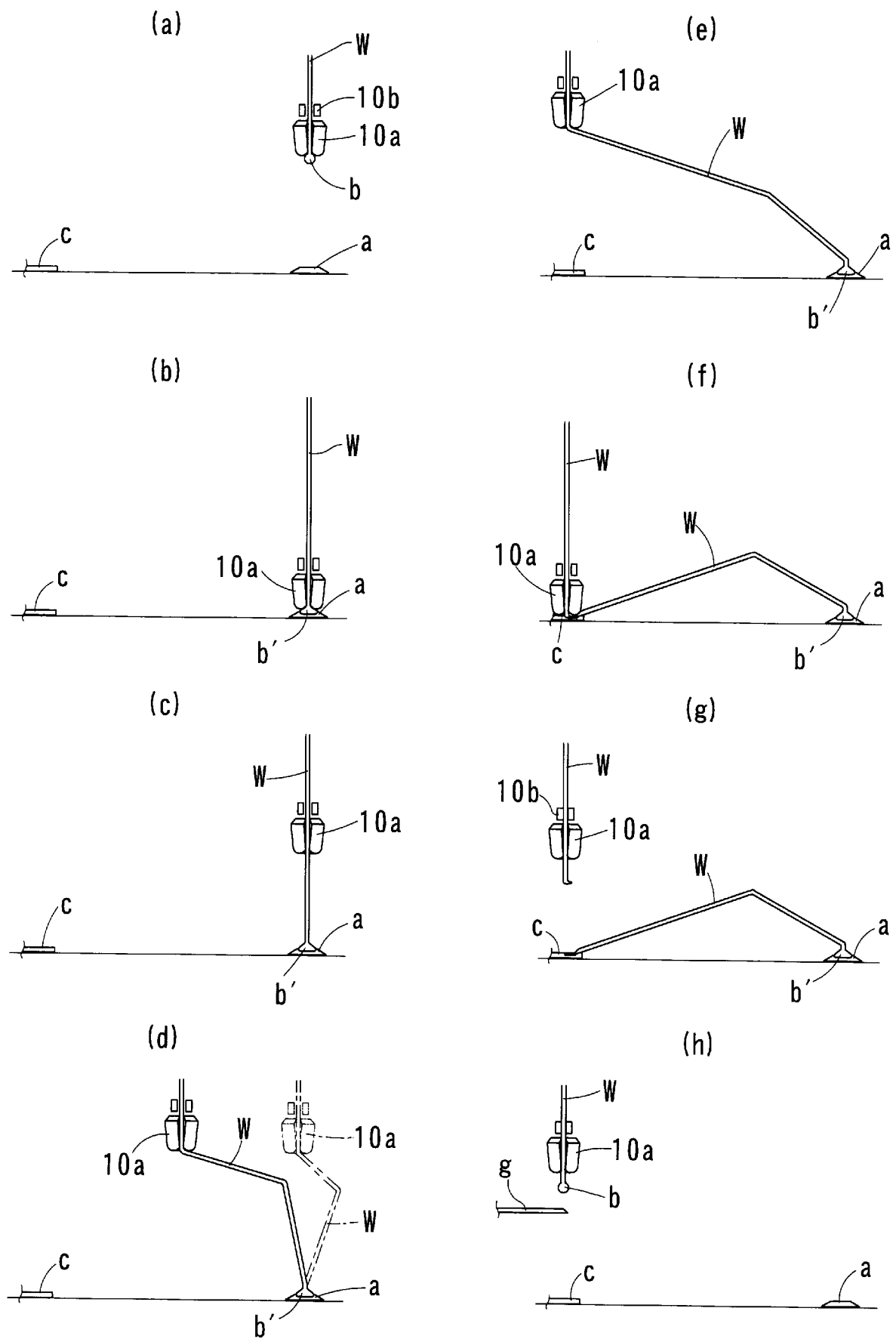
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/079980

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/60(2006.01)i, C22C5/06(2006.01)i, C22F1/00(2006.01)i, C22F1/14(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)

H01L21/60, C22C5/06, C22F1/00, C22F1/14

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
A	JP 2012-151350 A (Tatsuta Electric Wire & Cable Co., Ltd.), 09 August 2012 (09.08.2012), paragraphs [0014] to [0036]; table 1, examples 10, 15, 17 & WO 2012/098771 A1	1-4
A	JP 2012-182205 A (Tatsuta Electric Wire & Cable Co., Ltd.), 20 September 2012 (20.09.2012), paragraphs [0024] to [0025]; table 1 & WO 2012/117636 A	1-4

☒ 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
14 January, 2014 (14.01.14)

Date of mailing of the international search report
10 February, 2014 (10.02.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/079980

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-059964 A (Tanaka Denshi Kogyo Kabushiki Kaisha), 28 February 2003 (28.02.2003), paragraphs [0036] to [0037] (Family: none)	1-4
P,A	JP 2013-048169 A (Tatsuta Electric Wire & Cable Co., Ltd.), 07 March 2013 (07.03.2013), paragraphs [0026] to [0042] (Family: none)	1-4
P,A	JP 2013-135042 A (Tatsuta Electric Wire & Cable Co., Ltd.), 08 July 2013 (08.07.2013), paragraphs [0035] to [0055] (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/60(2006.01)i, C22C5/06(2006.01)i, C22F1/00(2006.01)i, C22F1/14(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. H01L21/60, C22C5/06, C22F1/00, C22F1/14

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
A	JP 2012-151350 A（タツタ電線株式会社）2012.08.09, 段落【0014】 －【0036】，表1の実施例10, 15, 17 & WO 2012/098771 A1	1-4
A	JP 2012-182205 A（タツタ電線株式会社）2012.09.20, 段落【0024】 －【0025】，表1 & WO 2012/117636 A	1-4
A	JP 2003-059964 A（田中電子工業株式会社）2003.02.28, 段落【0036】 －【0037】（ファミリーなし）	1-4

☒ 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

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

1 4 . 0 1 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 2 . 2 0 1 4

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）

関根 崇

電話番号 03-3581-1101 内線 3471

4 R

3 8 3 8

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
P, A	JP 2013-048169 A (タツタ電線株式会社) 2013. 03. 07, 段落【0026】 －【0042】 (ファミリーなし)	1-4
P, A	JP 2013-135042 A (タツタ電線株式会社) 2013. 07. 08, 段落【0035】 －【0055】 (ファミリーなし)	1-4