



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2016년09월22일  
 (11) 등록번호 10-1659254  
 (24) 등록일자 2016년09월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01L 23/00* (2006.01) *H01L 23/532* (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
*H01L 24/44* (2013.01)  
*H01L 23/53233* (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2016-7012367  
 (22) 출원일자(국제) 2015년07월23일  
 심사청구일자 2016년05월24일  
 (85) 번역문제출일자 2016년05월11일  
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2015/071002  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP2013131654 A  
 JP2012036490 A  
 JP2011077254 A  
 JP2006190763 A

(73) 특허권자  
**닛테쓰스미킹 마이크로 메탈 가부시키가이샤**  
 일본 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마가하라  
 158 반치 1  
**신닛테쓰스미킹 마테리알즈 가부시키가이샤**  
 일본 도쿄토 추오쿠 긴자 7초메 16방 3코  
 (72) 발명자  
**야마다 다카시**  
 일본 3580032 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마  
 가하라 158반치 1 닛테쓰스미킹마이크로메탈가부  
 시키가이샤 내  
**오다 다이조**  
 일본 3580032 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마  
 가하라 158반치 1 닛테쓰스미킹마이크로메탈가부  
 시키가이샤 내  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**장수길, 성재동**

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 김정진

(54) 발명의 명칭 **반도체 장치용 본딩 와이어**

**(57) 요약**

Cu 합금 코어재의 표면에 Pd를 주성분으로 하는 피복층과, 당해 피복층의 표면에 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층을 갖는 반도체 장치용 본딩 와이어이며, Pd 도금 리드 프레임에서의 2nd 접합성을 더 개선함과 함께, 고습 가열 조건에 있어서도 우수한 불 접합성을 실현할 수 있는 본딩 와이어를 제공한다.

Cu 합금 코어재의 표면에 Pd를 주성분으로 하는 피복층과, 당해 피복층의 표면에 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층을 갖는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서, 와이어 최표면 Cu 농도를 1 내지 10at%로 하고, 코어재 중에 Pd, Pt의 한쪽 또는 양쪽을 총계로 0.1 내지 3.0질량%의 범위에서 함유함으로써, 2nd 접합성의 개선과, 고습 가열 조건에 있어서의 우수한 불 접합성을 실현할 수 있다. 또한, 표피 합금층의 Au의 최대 농도가 15at% 내지 75at%이면 바람직하다.

(52) CPC특허분류

*H01L 24/43* (2013.01)

*H01L 24/47* (2013.01)

*H01L 2924/01029* (2013.01)

*H01L 2924/01046* (2013.01)

*H01L 2924/01078* (2013.01)

*H01L 2924/01079* (2013.01)

(72) 발명자

**오이시 료**

일본 3580032 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마  
가하라 158번지 1 닛테쓰스미킹마이크로메탈가부시  
키가이샤 내

**우노 도모히로**

일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2초메  
6방 1고 닛테쓰스미킨카부시키가이샤 내

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

Cu를 포함하고, Pd, Pt의 한쪽 또는 양쪽을 총계로 0.1 내지 3.0질량% 함유하는 코어재와, 당해 코어재 표면에 마련된 Pd를 포함하는 피복층과, 당해 피복층 표면에 마련된 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층을 포함하는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서, 와이어 최표면에 있어서의 Cu 농도가 1 내지 10at%인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 Pd를 포함하는 피복층의 두께가 20 내지 90nm, 상기 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층의 두께가 0.5 내지 40nm, Au의 최대 농도가 15 내지 75at%인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 코어재가, Au, Ni의 한쪽 또는 양쪽을 더 함유하고, 코어재 중의 Pd, Pt, Au, Ni의 총계가 0.1질량%를 초과하고 3.0질량% 이하인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 본딩 와이어가, P, B, Be, Fe, Mg, Ti, Zn, Ag, Si의 1종 이상을 더 함유하고, 와이어 전체에 차지하는 이들 원소 농도의 총계가 0.0001 내지 0.01질량%의 범위인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 코어재를 구성하는 원소 및 상기 표피 합금층을 구성하는 원소가 상기 피복층으로 확산되어 있는 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

**청구항 6**

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 본딩 와이어의 와이어 축에 수직 방향의 코어재 단면(이하 「수직 단면」이라고 함)에 대해 결정 방위를 측정할 결과에 있어서, 와이어 길이 방향의 결정 방위 내, 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15° 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율이 30% 이상, 100% 이하인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 반도체 소자 상의 전극과 외부 접속 단자를 접속하기 위해 사용되는 반도체 장치용 본딩 와이어에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 반도체 소자 상의 전극과 외부 접속 단자 사이는, 반도체용 본딩 와이어(이하, 「본딩 와이어」라고도 함)를 사용해서 접속된다. 본딩 와이어를 반도체 소자인 실리콘 칩 상의 전극에 접합시키기 위해서는, 초음파 병용 열압착 방식의 볼 본딩이 행해진다. 한편, 본딩 와이어를 리드나 랜드 등의 외부 접속 단자에 접속하는 경우에는, 볼부를 형성하지 않고, 본딩 와이어를 직접 전극에 접합하는, 소위 2nd 접합을 행하는 것이 일반적인

다.

- [0003] 본딩 와이어의 재질로서 종래는, 선 직경 15-50 $\mu$ m 정도이고, 재질은 고순도 4N(4-Nine, 순도가 99.99질량% 이상)의 Au(금)인 Au 본딩 와이어(금 본딩 와이어)가 주로 사용되고 있었다.
- [0004] 그런데, 요즘 자원 가격의 양등에 수반하여, Au 본딩 와이어의 원료가 되는 금의 가격도 급등하고 있고, Au를 대신하는 저비용의 와이어 소재로서, Cu(구리)가 검토되고 있다. 그러나, Au와 비교해서 Cu는 산화되기 쉽기 때문에, 단순한 Cu 본딩 와이어에서는 장기의 보관이 어려워, 2nd 접합 특성도 양호하지 않다. 또한, 이와 같은 단순한 Cu 본딩 와이어의 선단에 불부를 형성할 때에는, 불부가 산화되지 않도록, 환원 분위기로 해야 한다.
- [0005] 따라서, Cu 본딩 와이어의 산화라고 하는 과제를 해결하기 위해, Cu 와이어의 표면에 귀금속을 피복한 Cu 본딩 와이어가 제안되고 있다. 특허문헌 1에서는, 고순도 Cu 극세선의 표면에, Au, Pd 등의 귀금속을 피복한 Cu 본딩 와이어가 개시되어 있다.
- [0006] Cu 와이어의 표면에 귀금속을 피복한 Cu 본딩 와이어에서는, Cu 본딩 와이어의 산화가 억제되므로, 와이어의 장기 보관이나 2nd 접합 특성이 우수하다. 특히, Cu 와이어의 표면에 Pd를 피복한 Cu 본딩 와이어에서는, 와이어 선단에 불부를 형성할 때에 불부가 산화된다고 하는 우려가 대폭으로 개선되고, 위험한 가스인 수소를 사용하지 않고, 순질소 가스를 사용해서 불부 주변을 질소 분위기로 한 것만으로도, 진구의 불부를 형성할 수 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0007] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 소62-97360호 공보

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0008] 지금까지의 리드 프레임의 표면은 은도금되어 있는 것이 일반적이었던 것에 반해, 최근에는 Pd 도금된 리드 프레임의 사용이 진행되고 있다. Cu 와이어의 표면에 Pd를 피복한 Cu 본딩 와이어의 경우, 지금까지 은도금 리드 프레임에서는 현재화되어 있지 않았지만, Pd 도금된 리드 프레임에 대한 2nd 접합성이 불충분해지는 케이스가 많아진다고 하는 새로운 문제가 발견되었다. Pd 도금 상에 Au 도금을 실시한 리드 프레임에 대해서도 마찬가지이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 검토하는 과정에 있어서, 본 발명자들은 Cu 와이어의 표면에 Pd를 피복하고, 당해 Pd 피복층의 표면에, Au와 Pd를 포함하는 합금층을 갖는 본딩 와이어를 사용함으로써, 이 문제를 어느 정도 경감할 수 있는 것을 발견했다. 그러나, 2nd 접합성에 대해서는 한층 더한 개선이 요구되고 있다. 특히, 필링, 즉 2nd 접합된 상태의 본딩 와이어의 접합부가 박리되는 현상의 개선이 요구되고 있다. 또한, 파인 피치에 의한 세선화에 수반하여, 2nd 접합의 피쉬 테일 형상(물고기의 꼬리 지느러미)의 압착부 대칭성의 한층 더한 개선이 요구되고 있다. 본 발명은, Pd 피복층을 갖는 Cu 와이어에 있어서, Pd 도금된 리드 프레임 혹은 Pd 도금 상에 Au 도금을 실시한 리드 프레임에 대한 2nd 접합성, 2nd 접합의 피쉬 테일 형상(물고기의 꼬리 지느러미)의 압착부 대칭성을 더욱 개선하는 것을 제1 목적으로 한다.
- [0009] 또한, Cu 본딩 와이어의 장기 신뢰성에 대해, 가장 많이 이용되는 가열 시험인 건조 분위기에서의 고온 보관 평가에서는 특별히 문제는 발생하지 않는 경우라도, 고습 가열 평가를 행하면, 불량 발생하는 경우가 있다. 일반적인 고습 가열 평가로서 PCT 시험(프레셔 쿠키 테스트)이 알려져 있다. 그 중에서도 포화 타입의 PCT 시험이 비교적 엄격한 평가로서 자주 사용되고 있고, 대표적인 시험 조건은, 온도 121 $^{\circ}$ C, 상대 습도 100% RH(Relative Humidity), 2기압으로 행해진다. Pd 피복층을 갖는 Cu 와이어에 있어서는, 고습 가열 평가에 있어서의 불량을 저감할 수 있지만, 고습 가열 평가로서 더 엄격한 HAST 시험(High Accelerated Temperature and humidity Stress Test)[온도 130 $^{\circ}$ C, 상대 습도 85% RH(Relative Humidity), 5V]을 행하면, Au 와이어에 비교하면 아직 불량 발생률이 높은 것을 알 수 있었다. 본 발명은, Pd 피복층을 갖는 Cu 와이어에 있어서, 고습 가열 평가에 있어서의 불량을 더 저감하는 것을 제2 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0010] 본 발명자들은, Cu를 주성분으로 하는 코어재와, 당해 코어재의 표면에 Pd를 주성분으로 하는 피복층과, 당해

피복층의 표면에 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층을 갖는 본딩 와이어에 있어서, Cu를 주성분으로 하는 코어재 중에 Pd와 Pt의 한쪽 또는 양쪽을 소정량 함유시킴과 함께, 와이어 최표면에 있어서의 Cu 농도를 1at% 이상으로 함으로써, Pd 도금된 리드 프레임 혹은 Pd 도금 상에 Au 도금을 실시한 리드 프레임에 대한 2nd 접합성, 2nd 접합의 피쉬 테일 형상(물고기의 꼬리 지느러미)의 압착부 대칭성을 더욱 개선할 수 있는 것을 발견했다.

- [0011] 본 발명자들은 또한, Cu를 주성분으로 하는 코어재 중에 Pd와 Pt의 한쪽 또는 양쪽을 소정량 함유시킴으로써, HAST 시험과 같은 가혹한 고습 가열 평가에 있어서도 불량 발생을 저감할 수 있는 것을 발견했다.
- [0012] 본 발명은 상기 지견에 기초해서 이루어진 것이며, 그 요지로 하는 바는 이하와 같다.
- [0013] (1) Cu를 주성분으로 하고, Pd, Pt의 한쪽 또는 양쪽을 총계로 0.1 내지 3.0질량% 함유하는 코어재와, 당해 코어재 표면에 마련된 Pd를 주성분으로 하는 피복층과, 당해 피복층 표면에 마련된 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층을 포함하는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서, 와이어 최표면에 있어서의 Cu 농도가 1 내지 10at%인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.
- [0014] (2) 상기 Pd를 주성분으로 하는 피복층의 두께가 20 내지 90nm, 상기 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층의 두께가 0.5 내지 40nm, Au의 최대 농도가 15 내지 75at%인 것을 특징으로 하는 (1)에 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.
- [0015] (3) 상기 코어재가, Au, Ni의 한쪽 또는 양쪽을 더 함유하고, 코어재 중의 Pd, Pt, Au, Ni의 총계가 0.1질량%를 초과하고 3.0질량% 이하인 것을 특징으로 하는 (1) 또는 (2)에 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.
- [0016] (4) 상기 본딩 와이어가, P, B, Be, Fe, Mg, Ti, Zn, Ag, Si의 1종 이상을 더 함유하고, 와이어 전체에 차지하는 이들 원소 농도의 총계가 0.0001 내지 0.01질량%의 범위인 것을 특징으로 하는 (1) 내지 (3) 중 어느 한 항에 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.
- [0017] (5) 상기 코어재와 상기 피복층과의 경계부 및 상기 피복층과 상기 표피 합금층과의 경계부에 확산 영역을 갖는 것을 특징으로 하는 (1) 내지 (4) 중 어느 한 항에 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.
- [0018] (6) 상기 본딩 와이어의 와이어 축에 수직 방향의 코어재 단면(이하 「수직 단면」이라고 함)에 대해 결정 방위를 측정된 결과에 있어서, 와이어 길이 방향의 결정 방위 내, 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15° 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율이 30% 이상인 것을 특징으로 하는 (1) 내지 (5) 중 어느 한 항에 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

**발명의 효과**

- [0019] 본 발명은, Cu를 주성분으로 하는 코어재와, 당해 Cu 합금 코어재의 표면에 마련된 Pd를 주성분으로 하는 피복층과, 당해 피복층의 표면에 마련된 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층을 갖는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서, Cu를 주성분으로 하는 코어재 중에 Pd와 Pt의 한쪽 또는 양쪽을 소정량 함유시킴과 함께, 와이어 최표면에 있어서의 Cu 농도를 1 내지 10at%로 함으로써, Pd 도금된 리드 프레임 혹은 Pd 도금 상에 Au 도금을 실시한 리드 프레임에 대한 2nd 접합성을 더욱 개선할 수 있다. 또한, Cu를 주성분으로 하는 코어재 중에 Pd와 Pt의 한쪽 또는 양쪽을 소정량 함유시킴으로써, 본딩 와이어와 전극 사이의 불 접합부에 대해서, 고습 가열 조건에 있어서도 우수한 불 접합성을 실현할 수 있다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0020] 본 발명의 반도체 장치용 본딩 와이어는, Cu를 주성분으로 하고, Pt, Pd의 한쪽 또는 양쪽을 총계로 0.1 내지 3.0질량% 함유하는 코어재와, 당해 코어재의 표면에 마련된 Pd를 주성분으로 하는 피복층과, 당해 피복층의 표면에 마련된 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층을 포함하고, 와이어 최표면에 있어서의 Cu 농도가 1 내지 10at%인 것을 특징으로 한다.
- [0021] 우선, Cu를 주성분으로 하고, Pt, Pd의 한쪽 또는 양쪽을 총계로 0.1 내지 3.0질량% 함유하는 코어재(이하, 「Cu 합금 코어재」라고도 함)에 대해 설명한다.
- [0022] Cu는 산화되기 쉬우므로, Cu로 이루어지는 본딩 와이어에서는 장기 보관이나 2nd 접합 특성이 떨어지지만, Cu 합금 코어재의 표면에 Pd를 주성분으로 하는 피복층을 형성해 두면, Cu 합금 코어재의 산화가 억제되므로, 전술한 장기 보관이나 2nd 접합 특성이 우수하다.
- [0023] 또한, 표면에 Pd 피복층을 갖는 Cu 와이어를 사용해서 Al 전극 상에 불 본딩을 행하는 경우, 와이어 선단에 불

을 형성했을 때, 용융된 볼의 표면에 Pd 농화층이 형성된다. 이와 같이 볼 표면에 Pd 농화층이 형성되므로, Al 전극 상에 볼 본딩했을 때에, Pd 피복층을 갖지 않는 Cu 와이어와 대비하고, 고습 가열 평가에 있어서의 불량률이 저감된다.

[0024] 그러나, Cu 코어재에 Pd 피복층을 형성한 Cu 본딩 와이어의 장기 신뢰성에 대해서, 고습 가열 평가로서 HAST 시험(High Accelerated Temperature and humidity Stress Test)[온도 130℃, 상대 습도 85% RH(Relative Humidity), 5V]을 행하면, Au 와이어에 비교하면 아직 불량률의 발생률이 높다.

[0025] 볼 본딩 시에 형성되는 볼 표면의 Pd 농화층에 대해서는, 항상 볼 표면 전체에 Pd 농화층이 형성되는 것이 아니라, Pd 농화층은 볼의 측면에만 형성되고, 볼의 선단부에는 Pd 농화층이 형성되지 않는 경우가 있다. 그리고, 볼 선단부에 Pd 농화층이 형성되지 않는 경우에, 고습 가열 평가에 있어서의 불량 발생 빈도가 증대되는 것을 본 발명자들은 발견했다. 이것은, Cu 본딩 와이어에 포함되는 Pd량이 충분하지 않은 것이 원인이다. 따라서 Pd량을 증가시키는 수단으로서 Pd를 주성분으로 하는 피복층을 두껍게 하는 것이 생각되지만, 후술하는 바와 같이 칩 데미지 저감 등의 관점에서 Pd 피복층의 두께에는 적합한 상한이 있고, 당해 피복층을 두껍게 하여 Pd량을 증가시키는 것에는 한도가 있다.

[0026] 볼 선단부에 Pd 농화층이 형성되지 않는 상황에서 Al 전극 상에 볼 본딩을 행하면, Cu를 주성분으로 하는 코어재가 볼 선단부의 표면에 노출되어 있고, 이 부분이 Al 전극과 직접 접촉해서 접합부가 형성된다. 이 경우, 고습 가열 평가 시험에 있어서, Cu/Al 접합 계면(Cu 본딩 와이어와 Al 전극과의 접합 계면)에 Cu-Al계의 금속간 화합물이 성장하고, 이 Cu-Al계의 금속간 화합물이, 밀봉 수지에 포함되는 염소 등의 가스 성분 또는 이온 등과 부식 반응을 일으킨다. 그 결과적으로, 고습 가열 평가 시험에서의 불량률의 원인이 된다.

[0027] 그에 반해, 본 발명에 있어서는, Cu를 주성분으로 하고, Pd와 Pt의 한쪽 또는 양쪽을 소정량 함유하는 Cu 합금 코어재를 사용한다. 이에 의해, Cu 합금 코어재 중의 Pd, Pt가 볼 본딩 시에 접합 계면까지 확산 또는 농화되어, Cu와 Al과의 상호 확산에 영향을 미치는 것으로, 부식 반응을 지연시킨다고 생각된다. 접합 계면 근방의 Pd, Pt의 역할은, 부식 반응물의 이동을 저해하는 배리어 기능, Cu, Al의 상호 확산 및 금속간 화합물의 성장 등을 제어하는 기능 등이 생각된다.

[0028] Cu 합금 코어재 중의 Pd, Pt의 농도가 총계로 0.1질량% 이상이면, 접합 계면에 있어서의 Cu, Al의 상호 확산을 충분히 제어할 수 있어, 가혹한 고습 가열 평가 시험인 HAST 시험에 있어서도 접합부의 수명이 380시간 이상까지 향상된다. 여기서의 접합부의 평가로서는, HAST 시험 후에 수지를 개봉해서 제거하고, 그 후에 풀 시험에 의해 접합부의 파단 상황을 평가한다. 상기의 HAST 시험 신뢰성의 개선 효과를 충분히 얻는 관점에서, Cu 합금 코어재 중의 Pd, Pt의 농도는 총계로, 0.1질량% 이상이며, 바람직하게는 0.2질량% 이상, 더 바람직하게는 0.3질량% 이상, 0.4질량% 이상, 또는, 0.5질량% 이상이다. 또한, 저온 접합에서의 Al 전극과의 초기의 접합 강도가 양호하며, HAST 시험에서의 장기 신뢰성이나, BGA(Ball Grid Array), CSP(Chip Size Package) 등의 기판, 테이프 등에의 접합의 양산 마진이 우수한 본딩 와이어를 얻는 관점, 칩 데미지를 저감하는 관점에서, Cu 합금 코어재 중의 Pd, Pt의 농도는 총계로, 3.0질량% 이하이고, 바람직하게는 2.5질량% 이하이다. Cu 합금 코어재 중의 Pd, Pt의 농도가 총계로 3.0질량%를 초과하면, 칩 데미지를 발생시키지 않도록 저하중으로 볼 본딩을 행할 필요가 있어, 전극과의 초기의 접합 강도가 저하되고, 결과적으로 HAST 시험 신뢰성이 악화된다. 본 발명의 본딩 와이어에서는, Cu 합금 코어재 중의 Pd, Pt의 농도의 총계를 상기 적합한 범위로 함으로써, HAST 시험에서의 신뢰성이 더욱 향상된다. 예를 들어, HAST 시험의 불량 발생까지의 수명이 450시간을 초과하는 본딩 와이어를 실현하는 것이 가능하다. 이것은, 종래의 Cu 본딩 와이어의 1.5배 이상의 장수명화에 상당하는 경우도 있고, 가혹한 환경에서의 사용에도 대응 가능하게 된다. 또한, 본딩 와이어 제품으로부터 Cu 합금 코어재에 포함되는 상기 원소의 농도를 구하는 방법으로서, 예를 들어, 본딩 와이어의 단면을 노출시켜, Cu 합금 코어재의 영역에 대해서 농도 분석하는 방법, 본딩 와이어의 표면으로부터 깊이 방향을 향하여 스퍼터 등에 의해 깎으면서, Cu 합금 코어재의 영역에 대해서 농도 분석하는 방법을 들 수 있다. 예를 들어, Cu 합금 코어재가 Pd의 농도 구배를 갖는 영역을 포함하는 경우에는, 본딩 와이어의 단면을 라인 분석하고, Pd의 농도 구배를 갖지 않는 영역(예를 들어, 깊이 방향으로의 Pd의 농도 변화의 정도가 0.1 $\mu$ m당 10mol% 미만의 영역)에 대해서 농도 분석하면 된다. 농도 분석의 방법에 대해서는 후술한다.

[0029] 본 발명에 있어서, Cu 합금 코어재에 Au, Ni의 한쪽 또는 양쪽을 더 함유시켜도 된다. Cu 합금 코어재에 Au, Ni를 더 함유시키면, 재결정 온도가 높아져, 신선 가공 중의 동적 재결정을 방지하므로 가공 조적이 균일하게 되어, 조질 후의 결정립 사이즈가 비교적 균일하게 된다. 그에 의해 와이어의 파단 신장이 향상되어, 본딩했을 때에 안정적인 와이어 루프를 형성할 수 있다. Au, Ni를 더 함유시키는 경우, 코어재 중의 Pd, Pt, Au, Ni의

총계가 0.1질량%를 초과하고 3.0질량% 이하가 되도록 함유량을 정하는 것이 적합하다. 코어재 중의 Pd, Pt, Au, Ni의 총계의 하한은, 더 바람직하게는 0.2질량% 이상, 0.3질량% 이상, 0.4질량% 이상, 또는, 0.5질량% 이상이며, 당해 총계의 상한은, 더 바람직하게는 2.5질량% 이하, 2.0질량% 이하, 1.5질량% 이하, 1.3질량% 이하, 또는, 1.1질량% 이하이다.

[0030] 본 발명의 본딩 와이어는 P, B, Be, Fe, Mg, Ti, Zn, Ag, Si로부터 선택되는 1종 이상의 원소를 더 함유하고, 와이어 전체에 차지하는 이들 원소 농도의 총계가 0.0001 내지 0.01질량%의 범위이면 바람직하다. 이에 의해, 더 양호한 불 형상을 실현할 수 있다. 이들 원소 농도의 총계 하한은, 더 바람직하게는 0.0003질량% 이상, 0.0005질량% 이상, 또는, 0.001질량% 이상이며, 이들 원소 농도의 상한은, 더 바람직하게는 0.009질량% 이하, 또는, 0.008질량% 이하이다. 본 발명의 본딩 와이어가 이들 원소를 함유하는 경우, 이들 원소는 Cu 합금 코어재 중에 포함되어 있어도 되고, 후술하는 피복층, 표피 합금층에 포함되어 있어도 된다.

[0031] Cu 합금 코어재에 함유하는 성분은, Pd, Pt를 비롯한 상기의 성분 외에, 잔부 Cu 및 불가피 불순물이다. 적합한 일 실시 형태에 있어서, Cu 합금 코어재의 Cu의 순도는 3N 이하(바람직하게는 2N 이하)이다. 종래의 Pd 피복 Cu 본딩 와이어에서는, 본더빌리티의 관점에서, 고순도(4N 이상)의 Cu 코어재가 사용되고, 저순도의 Cu 코어재의 사용은 피할 수 있는 경향이 있었다. 이에 대해, Cu 합금 코어재와, 당해 Cu 합금 코어재의 표면에 마련된 Pd를 주성분으로 하는 피복층과, 당해 피복층의 표면에 마련된 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층을 갖고, 와이어 최표면에 있어서의 Cu 농도가 1 내지 10at%인 본 발명의 본딩 와이어에서는, 상기와 같이 Cu의 순도가 비교적 낮은 Cu 합금 코어재를 사용한 경우에 특히 적절하고, Pd 도금된 리드 프레임 혹은 Pd 도금 상에 Au 도금을 실시한 리드 프레임에 대한 2nd 접합성의 한층 더한 개선과, HAST 시험과 같은 가혹한 고습 가열 평가에 있어서의 우수한 불 접합성을 실현하는 것에 이르는 것이다.

[0032] 다음에 Pd를 주성분으로 하는 피복층에 대해서 설명한다.

[0033] 전술한 바와 같이 Cu 합금 코어재의 산화를 억제하므로, Cu 합금 코어재의 표면에 형성하는 Pd를 주성분으로 하는 피복층의 두께는 20 내지 90nm가 바람직하다. 피복층의 두께가 20nm 이상이면 산화 억제 효과가 충분하게 되고, 2nd 접합성과 FAB 형상이 양호해지므로 바람직하다. 또한, FAB 형상이란, 진구성, 편심의 유무 및 수축 공동의 유무를 의미한다. 피복층의 두께는, 더 바람직하게는 25nm 이상, 또는, 30nm 이상이다. 또한, 피복층의 두께가 90nm 이하이면, 칩 데미지가 저감됨과 함께 FAB 형상이 양호해지고, 또한, 불부의 표면에 직경 수 $\mu$ m의 크기의 기포가 생기는 일이 적어 바람직하다. 피복층의 두께는, 더 바람직하게는 85nm 이하, 또는, 80nm 이하이다.

[0034] 여기서, Pd를 주성분으로 하는 피복층에 있어서의 Pd 이외에 포함되는 원소는, Pd의 불가피 불순물과, 피복층의 내측 코어재를 구성하는 성분, 피복층의 표면측의 표피 합금층을 구성하는 원소이다. 이것은, 후술하는 열처리 에 의해, 코어재를 구성하는 원소 및 표피 합금층을 구성하는 원소가 피복층에 확산되기 때문이다. 따라서 일 실시 형태에 있어서, 본 발명의 본딩 와이어는, 코어재와 피복층과의 경계부 및 피복층과 표피 합금층과의 경계부에 확산 영역을 갖는다. 따라서, 본 발명에서는 코어재와 피복층과의 경계는 Pd 농도가 50at%의 위치로 하고, 피복층과 표피 합금층과의 경계는 Au가 10at%의 위치로 하고, 이들 경계의 사이를 피복층의 두께로 한다.

[0035] 다음에 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층에 대해서 설명한다.

[0036] 전술한 바와 같이, Cu 합금 코어재의 표면에 Pd를 주성분으로 하는 피복층을 갖는 구성만으로는, Pd 도금 리드 프레임 상에서 양호한 2nd 접합성을 확보할 수는 없다. 본 발명에 있어서는, Pd를 주성분으로 하는 피복층의 표면에 Au와 Pd를 더 포함하는 표피 합금층을 형성한다. Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층의 두께는 0.5 내지 40nm가 바람직하다. 와이어의 최표면 영역이 Au와 Pd와의 합금층이면, Pd 도금 리드 프레임 상에 와이어를 2nd 접합시킬 때, 와이어의 최표면을 구성하는 표피 합금층 중의 Au가 Pd 도금 리드 프레임 상의 Pd를 향하여 우선적으로 확산되고, 본딩 와이어와 Pd 도금 리드 프레임의 양자간에 합금층을 형성하기 쉽게 한다. 그로 인해, Pd 도금 리드 프레임과의 2nd 접합성이 향상된다. 또한, Au 플래시 도금된 Pd 도금 리드 프레임 상에서도 마찬가지로 2nd 접합성이 향상되는 것을 확인하고 있고, 이 경우는 리드 프레임 상의 극박 플래시 도금의 Au와 표피 합금층 중의 Au의 서로의 밀착성 촉진 효과에 의한다고 생각된다. Pd 도금 리드 프레임 혹은 Pd 도금 상에 Au 도금을 실시한 리드 프레임에 대한 2nd 접합성을 개선하는 관점에서, 표피 합금층의 두께는 바람직하게는 0.5nm 이상, 더 바람직하게는 1nm 이상, 2nm 이상, 또는, 3nm 이상이다. 한편, 표피 합금층의 두께가 지나치게 두꺼우면, FAB 형상이 악화되는 경우가 있고, 또한, 고가인 Au의 사용량이 증가해서 비용 상승이 되기 때문에, 표피 합금층의 두께는 바람직하게는 40nm 이하, 더 바람직하게는 35nm 이하, 또는, 30nm 이하이다.

- [0037] 또한, 상기 피복층 및 상기 표피 합금층을 갖는 와이어의 Cu 합금 코어재 중에 Pd와 Pt를 함유시킴으로써, Pd 피복되어 있지 않은 베어 Cu 중에 Pd와 Pt를 함유하는 경우에 비해, 상기의 접합 신뢰성 향상에 추가하여, HAST 평가 결과가 더욱 향상된다. 이것은, 불 표면에 형성되는 Pd 농화층에 있어서, 와이어 표면의 피복층 Pd와, Cu 합금 코어재 중에 함유시킨 Pd와 Pt의 양자가 조합됨으로써 Pd 농화층 중의 Pd와 Pt의 합계 농도가 상승하여, 접합 계면에서의 Cu, Al의 상호 확산 및 금속간 화합물의 성장 등을 제어하는 기능을 촉진하기 때문이라고 생각된다.
- [0038] 종래의 Pd 피복 Cu 와이어에서는 Pd층과 캐필러리 내벽의 미끄럼 이동 저항이 높아, 본딩 동작 시에 Pd가 깎이는 경우가 있었다. 본딩을 반복해 가는 동안에 캐필러리에 절삭칩 등의 이물이 부착되고, 그 양이 많아지면 캐필러리를 교환하지 않으면 안된다. 이에 대해, Au와 Pd를 더 포함하는 표피 합금층을 가짐으로써, 와이어 최표면의 마찰 저항이 낮아진다. 또한, 전술한 바와 같이, 코어재에 Pd, Pt를 첨가함으로써 적당한 강도가 유지된다. 이들 효과로 캐필러리 내벽과 와이어의 미끄럼 이동 저항이 내려가서 원활한 본딩 동작이 행해져, 본딩을 반복해도 캐필러리에의 이물 부착에 의한 오염을 적게 억제할 수 있어, 캐필러리 수명이 향상된다. 또한, 캐필러리 내벽과 와이어의 미끄럼 이동 저항이 내려간 결과로서, 루프 안정성이나 리빙 특성이 향상된다.
- [0039] 또한, 표피 합금층에 포함되는 Au 원소는, 와이어 표면의 피복층 Pd와 Cu 합금 코어재 중의 Pd·Pt의 양자로 형성되는 Pd 농화층이 불 표면에 안정 형성하는 작용을 높이는 것, 또한, 전극의 Al이 접합 계면으로부터 불 방향으로 확산하는 현상을 촉진하여, Pd, Pt만으로는 느려지는 접합 계면에서의 상호 확산 속도를 촉진시켜, 부식에의 내성이 높은 금속간 화합물의 성장을 촉진하고 있다고 생각된다.
- [0040] Pd 도금 리드 프레임 혹은 Pd 도금 상에 Au 도금을 실시한 리드 프레임에 대한 2nd 접합성을 개선하는 관점에서, Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층 중의 Au의 최대 농도는 15at% 이상인 것이 바람직하다. 표피 합금층의 잔부는 Pd 및 불가피 불순물이다. 또한, 표피 합금층의 최표면에는, 후술하는 바와 같이 Cu가 농화되어 있다. Pd 도금 리드 프레임 등에 대한 2nd 접합성을 개선하는 관점에서, 표피 합금층 중의 Au의 최대 농도는 더 바람직하게는 20at% 이상, 더욱더 바람직하게는 25at% 이상, 30at% 이상, 35at% 이상, 또는, 40at% 이상이다. Pd 도금 리드 프레임 혹은 Pd 도금 상에 Au 도금을 실시한 리드 프레임에 대한 2nd 접합성을 특히 개선하는 관점에서, Au의 최대 농도는 40at% 이상인 것이 바람직하다. 한편, Au의 최대 농도가 75at%를 초과하면, 와이어 선단에 불부를 형성할 때에 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층 중의 Au가 우선적으로 용융됨으로써, 왜곡된 불부가 형성될 위험성이 증가하여, FAB 형상이 불량아 되는 경우가 있다. 그에 반해, 표피 합금층 중의 Au의 최대 농도가 75at% 이하이면, 와이어 선단에 불부를 형성할 때에, Au만 우선적으로 용융시켜 왜곡된 불부가 형성될 위험성은 없어, 불부의 진구성이나 치수 정밀도를 손상시키는 경우가 없으므로 바람직하다. 불부의 진구성이나 치수 정밀도를 향상시키는 관점에서, 표피 합금층 중의 Au의 최대 농도는, 바람직하게는 75at% 이하, 더 바람직하게는 70at% 이하, 더욱더 바람직하게는 65at% 이하, 60at% 이하, 또는, 55at% 이하이다. 불부의 진구성이나 치수 정밀도를 향상시키고, 특히 양호한 FAB 형상을 실현하는 관점에서, Au의 최대 농도는 55at% 이하인 것이 바람직하다.
- [0041] 본 발명의 본딩 와이어는, 와이어 최표면에 있어서의 Cu 농도가 1 내지 10at%인 것을 특징으로 한다. 와이어 최표면이란, Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층의 표면을 의미한다. 와이어 최표면에 있어서의 Cu 농도가 높게 되어 있는 영역(이하, 「Cu 농화부」라고 함)은, 그 두께가 2 내지 9nm이면 바람직하다. Cu 농화부의 두께는 와이어 최표면으로부터, Cu 농도가 와이어 최표면의 절반이 되는 위치까지의 두께로 한다.
- [0042] 전술한 바와 같이, Cu를 주성분으로 하는 코어재와, 당해 코어재의 표면에, Pd를 주성분으로 하는 피복층과, 당해 피복층의 표면에, Au와 Pd를 포함하는 합금층을 갖는 본딩 와이어에 있어서, Cu를 주성분으로 하는 코어재 중에 Pd와 Pt의 한쪽 또는 양쪽을 소정량 함유시킴과 함께, 와이어 최표면에 있어서의 Cu 농도를 소정의 범위로 함으로써, Pd 도금된 리드 프레임에 대한 2nd 접합성이 대폭으로 개선되었다. 본 발명에 있어서는, Pd와 Pt의 한쪽 또는 양쪽을 소정량 함유하는 특정한 Cu 합금 코어재를 사용함과 함께, 와이어 최표면에 있어서의 Cu 농도가 1at% 이상임으로써, Pd 도금된 리드 프레임 혹은 Pd 도금 상에 Au 도금을 실시한 리드 프레임에 대한 2nd 접합성의 한층 더한 개선과, 2nd 접합의 피쉬 테일 형상(물고기의 꼬리 지느러미)의 압착부의 대칭성의 향상을 양립시킬 수 있었다. 이 작용에 대해서, 상기 특정한 Cu 합금 코어재와, 와이어 최표면의 Cu 농화부/Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층/Pd를 주성분으로 하는 피복층에 의한 피복 구조를 조합해서 사용함으로써, 현저한 개선 효과가 얻어진다. 이것은, 상기 특정한 Cu 합금 코어재와, 표피 합금층과, Cu 농화부와와의 조합에 의한 상승 작용이 작용함으로써, 2nd 접합성이 더욱 개선되어, 2nd 접합에서의 와이어 변형의 대칭성이 향상된 것으로 생각된다.



- [0043] Cu는, 다른 금속 중에 포함되는 경우, 고온에 있어서 입자내 확산, 입계 확산 등에 의해 확산하기 쉬운 성질을 갖고 있다. Cu 합금 코어재와, 그 표면에 Pd를 주성분으로 하는 피복층과 그 표면에 Au와 Pd를 더 포함하는 표피 합금층을 갖는 본 발명에 있어서, 후술하는 바와 같이 확산 열처리나 어닐링 열처리를 행하면, 코어재의 Cu가 피복층이나 표피 합금층 중을 확산하고, 표피 합금층의 최표면에 Cu를 도달시킬 수 있다. 와이어 최표면에 있어서의 상기 Cu의 상태는, 표면 농화 또는 표면 편석하고 있다고 생각할 수 있지만, 일부의 Cu가 산화되어 있거나, 표피 합금층의 Au와 Pd를 포함하는 합금에 상기 농도 범위의 Cu가 일부 고용되어 있어도 상관없다.
- [0044] Cu 코어재의 표면에 Pd를 주성분으로 하는 피복층만을 갖는 종래의 Pd 피복 Cu 본딩 와이어에 있어서는, 상술한 바와 같이, 고순도(4N 이상)의 Cu 코어재가 사용되고, 저순도의 Cu 코어재의 사용은 피할 수 있는 경향이 있었다. 이와 같은 종래의 Pd 피복 Cu 본딩 와이어에 있어서는, 와이어 최표면에 Cu가 농화되면, FAB 형상이 불량 이 되는 현상이 보였다. FAB 형상이란, 진구성, 편심의 유무 및 수축 공동의 유무를 의미한다. 또한, 2nd 접합성에 대해서도, 불충분했던 성능이 더 저하되는 현상이 보였다. 그에 반해, 본 발명이 대상으로 하는, Cu를 주성분으로 하고, Pd, Pt의 한쪽 또는 양쪽을 소정량 함유하는 특정한 Cu 합금 코어재와, 당해 Cu 합금 코어재의 표면에 마련된 Pd를 주성분으로 하는 피복층과, 당해 피복층의 표면에 마련된 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층과 포함하는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서는, 와이어 최표면에 Cu가 농화되는 것에 의한 성능의 저하는 현출하지 않고, 반대로, 와이어 최표면에 Cu를 1at% 이상 함유함으로써, Pd 도금된 리드 프레임에 대한 2nd 접합성, 특히 필링성을 대폭으로 개선할 수 있는 것을 시작해서 발견한 것이다. 2nd 접합성을 보다 한층 개선할 수 있는 관점에서, 본 발명의 본딩 와이어에 있어서, 와이어 최표면에 있어서의 Cu 농도는, 바람직하게는 1.5at% 이상, 더 바람직하게는 2at% 이상, 2.5at% 이상, 또는, 3at% 이상이다.
- [0045] 단, 표피 합금층의 표면, 즉 와이어 최표면의 Cu 농도가 너무 높으면, 2nd 접합성과 FAB 형상이 불량 이 되어, 와이어 표면이 더 산화되기 쉬워져, 경시적으로 품질이 저하된다고 하는 문제가 발생하는 경우가 있다. 양호한 2nd 접합성과 FAB 형상을 실현하는 관점, 와이어 표면의 산화를 억제해서 품질의 경시 열화를 억제하는 관점에서, 본 발명의 본딩 와이어에 있어서, 와이어 최표면에 있어서의 Cu 농도는 10at% 이하이고, 바람직하게는 9.5at% 이하, 또는, 9at% 이하이다.
- [0046] Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층의 형성 방법으로서, 바람직하게는 Cu 합금 코어재의 표면에 Pd를 피복하고, 또한, 그 표면에 Au를 피착하고, 그 후 와이어를 열처리해서 Pd와 Au를 상호 확산시켜, Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층을 형성한다. 피복층의 Pd가 표피 합금층의 표면까지 도달하도록 확산시켜, 표면에 있어서의 Pd 농도가 25at% 이상이 되도록 확산을 행함으로써, 표피 합금층 표면의 Au 농도가 75at% 이하가 된다. 예를 들어, Cu 합금 코어재의 표면에 Pd를 피복하고, Au 도금을 실시한 후에 신선하여 와이어 직경 200 $\mu$ m 및 100 $\mu$ m이고, 아울러 2회 열처리를 행함으로써, 최종 선 직경에서의 표면에 있어서의 Pd 농도가 25at% 이상으로 된다. 이때, 표피 합금층의 최표면으로부터 와이어의 중심을 향하여, Pd 농도가 순차 증대한 농도 구배를 구성한다. 이에 의해, 표피 합금층에 있어서의 Au의 최대 농도를 15at% 내지 75at%로 할 수 있다. 여기서, Au 농도가 10at%가 되는 위치를 표피 합금층과 Pd를 주성분으로 하는 피복층과의 경계라고 정의한다.
- [0047] 또한, 표피 합금층 중에 Pd를 확산시키는 상기 열처리에 의해, Cu 합금 코어재와 Pd를 주성분으로 하는 피복층 사이도 상호 확산이 일어난다. 그 결과, Cu 합금 코어재와 피복층과의 경계 부근에는, 표면측으로부터 중심을 향하여 순차 Pd 농도가 감소함과 함께 Cu 농도가 증대한 영역이 형성되는 경우 또는 상기 경계부에, 20nm 두께 이하의 PdCu 금속간 화합물층이 형성되는 경우가 있지만, 본 발명에 있어서는 모든 경우도 확산 영역이라고 한다.
- [0048] 본 발명의 와이어 성분 조성의 평가 방법에 대해서 설명한다.
- [0049] 피복층, 표피 합금층의 농도 분석, Cu 합금 코어재에 있어서의 Pd, Pt, Au, Ni의 농도 분석에는, 본딩 와이어의 표면으로부터 깊이 방향을 향하여 스퍼터 등에 의해 깎으면서 분석을 하는 방법, 혹은 와이어 단면을 노출시켜 라인 분석, 점 분석 등을 행하는 방법이 유효하다. 전자는 표피 합금층, 피복층이 얇은 경우에 유효하지만, 두꺼워지면 측정 시간이 지나치게 걸린다. 후자의 단면에서의 분석은, 표피 합금층, 피복층이 두꺼운 경우에 유효하고, 또한, 단면 전체에서의 농도 분포나, 몇 군데에서의 재현성의 확인 등이 비교적 용이한 것이 이점이지만, 표피 합금층, 피복층이 얇은 경우에는 정밀도가 저하된다. 본딩 와이어를 기울기 연마해서, 표피 합금층, 피복층, 코어재 및 그들의 경계부에 있어서의 확산 영역의 두께를 확대시켜 측정하는 것도 가능하다.
- [0050] 단면에서는, 라인 분석이 비교적 간편하지만, 분석의 정밀도를 향상시키고자 할 때에는, 라인 분석의 분석 간격을 좁게 하거나, 계면 근방을 관찰하고자 하는 영역으로 좁힌 점 분석을 하는 것도 유효하다.

- [0051] 이들 농도 분석에 사용하는 해석 장치는, 주사형 전자 현미경(SEM) 또는 투과형 전자 현미경(TEM)에 비치한 오제 전자 분광 분석(AES) 장치, 에너지 분산형 X선 분석(EDX) 장치, 전자선 마이크로 애널라이저(EPMA) 등을 이용할 수 있다. 와이어 단면을 노출시키는 방법으로서, 기계 연마, 이온 에칭법 등을 이용할 수 있다. 특히 AES 장치를 사용한 방법은 공간 분해능이 높기 때문에, 최표면이 얇은 영역의 농도 분석에 유효하다.
- [0052] 본딩 와이어 중의 P, B, Be, Fe, Mg, Ti, Zn, Ag, Si의 분석에 대해서는, 본딩 와이어를 강산으로 용해한 액을 ICP 발광 분광 분석 장치나 ICP 질량 분석 장치를 이용해서 분석하고, 본딩 와이어 전체에 포함되는 원소가 농도로서 검출할 수 있다. 또한, 평균적인 조성의 조사 등에는, 표면부로부터 단계적으로 산 등으로 용해해 가고, 그 용액 중에 포함되는 농도로부터 용해 부위의 조성을 구하는 것 등도 가능하다.
- [0053] 피복층과 코어재와의 경계에 형성되는 PdCu 화합물에 대해서는, EPMA, EDX 장치, AES 장치, TEM 등을 이용하고, 와이어의 연마 단면에 있어서 코어재와 피복층과의 계면을 사이에 둔 라인 분석을 행함으로써, 확산 영역의 두께, 조성 등을 알 수 있다.
- [0054] 본딩 와이어의 와이어 축에 수직 방향의 코어재 단면을, 이하 「수직 단면」이라고 말한다. 수직 단면에 있어서 결정 방위를 측정함으로써, 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15° 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율을 평가할 수 있다. 본 발명에 있어서 바람직하게는, 코어재의 수직 단면에 있어서, 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15° 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율이 30% 이상으로 한다. 코어재가 이와 같은 결정 조직을 갖고 있음으로써, 리닝 불량을 억제할 수 있음과 함께, 불 본딩 시에 형성되는 불부가 연결화되어, 불 본딩에 있어서의 칩 데미지가 저감된다. 또한, 와이어가 연결화되므로, 2nd 접합성을 개선할 수 있다. 리닝 불량을 억제하는 관점, 칩 데미지를 저감하는 관점, 2nd 접합성을 보다 한층 개선하는 관점에서, 상기 결정 방위 <100>의 방위 비율은, 더 바람직하게는 35% 이상, 더욱더 바람직하게는 40% 이상, 45% 이상, 50% 이상, 또는, 55% 이상이다.
- [0055] 상기 코어재의 수직 단면에서 관찰되는 결정 방위는, TEM 관찰 장치 중에 설치한 미소 영역 X선법 혹은 후방 산란 전자선 회절법(EBSD, Electron Backscattered Diffraction) 등에 의해 측정할 수 있는 것이다. 그 중에서도, EBSD법은 관찰면의 결정 방위를 관찰하고, 인접하는 측정점간에서의 결정 방위의 각도차를 도출할 수 있다고 하는 특징을 갖고, 본딩 와이어와 같은 세선이어도, 비교적 간편하면서 고정밀도로 결정 방위를 관찰할 수 있으므로 더 바람직하다. 또한, 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15° 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율은, 미소 영역 X선법에서는 각각의 결정 방위의 X선 강도를 바탕으로 결정 방위의 체적 비율로서 구할 수 있고, 또한 EBSD법에서는, 상기에서 관찰한 결정 방위로부터 직접 산출 가능하다. 수직 단면의 방위 비율을 산출하므로, 본딩 와이어의 신선 방향과 수직인 방향에 있어서 본딩 와이어의 단면 전역을 관찰했다. 결정 방위 비율의 산출 방법에 대해서는, 결정 방위를 측정할 수 없는 부위, 혹은 측정할 수 있어도 방위 해석의 신뢰도가 낮은 부위 등을 제외하고 계산하기 위해, 측정 영역 내에서, 전용 소프트웨어에 설정된 신뢰도를 기준으로 동정할 수 있었던 결정 방위만의 면적을 모집단으로 했다. 상기 어느 하나의 방법으로 얻어지는 두께나 조성이 본 발명의 범위 내이면, 본 발명의 작용 효과가 얻어지는 것이다.
- [0056] 다음에, 본 발명의 반도체 장치용 본딩 와이어의 제조 방법에 대해서 설명한다.
- [0057] 우선, Cu 합금 코어재의 조성에 맞추어, 고순도의 Cu(순도 99.99% 이상)와 첨가 원소 원료를 출발 원료로서 칭량한 후, 이를 고진공 하에 혹은 질소나 Ar 등의 불활성 분위기 하에 가열해서 용해함으로써, 소정의 성분을 함유하고, 잔부가 Cu 및 불가피 불순물인 직경 약 2 내지 10mm의 잉곳을 얻는다. 이 잉곳을 단조, 압연, 신선을 행하여 피복층을 형성하는 직경 약 0.3 내지 1.5mm의 와이어를 제작한다.
- [0058] Cu 합금 코어재의 표면에 Pd를 주성분으로 하는 피복층을 형성하는 방법으로서, 전해 도금, 무전해 도금, 증착법 등을 이용할 수 있지만, 막 두께를 안정적으로 제어할 수 있는 전해 도금을 이용하는 것이 공업적으로는 가장 바람직하다. 이들 방법에 의해 Cu 합금 코어재 표면에 Pd를 주성분으로 하는 피복층을 형성한 후, 상기 피복층의 표면에 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층을 형성한다. 표피 합금층을 형성하는 방법은 어떠한 방법이어도 되지만, 상기 피복층을 형성한 후, 또한, 그 표면에 표피층으로서 Au막을 형성하고, 피착한 Au를 Au와 Pd를 포함하는 합금층으로 하므로, Au의 표면까지 Pd가 도달하도록 열처리에 의해 Pd를 확산시키면 된다. 그 방법으로서, 일정한 노내 온도에서 전기로 중, 와이어를 일정한 속도 하에 연속적으로 스위프함으로써 합금화를 추구하는 방법이, 확실하게 합금의 조성과 두께를 제어할 수 있으므로 바람직하다. 또한, 상기 피복층의 표면에 Au막을 형성하는 방법으로서, 전해 도금, 무전해 도금, 증착법 등을 이용할 수 있지만, 상기의 이유로 전해 도금을 이용하는 것이 공업적으로는 가장 바람직하다. Cu 합금 코어재의 표면에 피복층 및 표피 합금층을 피착하는 단계에 대해서는, 최종적인 Cu 합금 코어재의 직경까지 신선한 후에 행하면 가장 바람직하지만, Cu 합

금 코어재의 신선 도중 단계에서 소정의 선 직경까지 신선한 시점에서 피착하고, 그 후에 최종 선 직경까지 신선하는 것으로 해도 된다. 잉곳의 단계에서 피착하는 것으로 해도 된다.

- [0059] 표피 합금층의 합금화를 위한 가열 시는, 원료의 오염을 고려해서, 노내의 분위기를 질소나 Ar 등의 불활성 분위기로 하고, 또한, 종래의 본딩 와이어 가열법과는 달리, 분위기 중에 함유되는 산소 농도를 5000ppm 이하로 한다. 더 바람직하게는, 불활성 가스 중에 수소 등의 환원성 가스를 적어도 500ppm 혼입시키면, 와이어의 원료 오염을 방지하는 효과가 더 높아지므로 좋다. 또한, 노내의 적절한 온도나 와이어를 스위프하는 속도는, 와이어의 구성에 따라서도 다르지만, 노내 온도를 대략 210℃ 내지 700℃의 범위로 하고, 와이어를 스위프하는 속도를 예를 들어 20 내지 40m/min 정도로 하면 안정된 조업을 할 수 있어, 안정된 품질의 본딩 와이어가 얻어지므로 바람직하다. 표피 합금층의 합금화를 위한 가열은, 최종적인 코어재의 직경까지 신선한 후에 행하면, 신선 후의 와이어의 어닐링을 겸할 수 있으므로 바람직하다. 물론, 표피 합금층의 합금화를 위한 가열을, 중간 단계의 직경까지 신선한 부분에서 행하는 것으로 해도 된다. 이상과 같이 하여 가열을 행함으로써, Cu 합금 코어재의 Cu가 피복층이나 표피 합금층 중을 확산시켜, 표피 합금층의 최표면에 Cu를 도달시킬 수 있다. 가열 온도와 시간을 상기 적합한 범위 내에서 적절하게 선택함으로써, 와이어 최표면에 있어서의 Cu 농도를 1 내지 10at%의 범위로 할 수 있다.
- [0060] 표피 합금층의 두께와, 상기 피복층의 두께를 개별적으로 제어하기 위해서는, 단순한 한번의 열처리보다도, Cu 합금 코어재의 표면에 Pd를 피복한 후에 열처리를 실시하고, 또한, Au를 피착한 후에 열처리를 실시하는 것이 유효하다. 그 경우, 각각의 열처리 조건에 대한 노내 온도, 와이어의 스위프 속도는 개별적으로 설정할 수 있다고 하는 이점이 있다.
- [0061] 표피 합금층, 피복층을 형성한 후의 가공 공정에서는, 롤 압연, 스웨이징, 다이스 신선 등을 목적에 의해 선택, 구분지어 사용한다. 가공 속도, 압하율 또는 다이스 감면을 등에 의해, 가공 조직, 전위, 결정립계의 결함 등을 제어하는 것은, 표피 합금층, 피복층의 구조, 밀착성 등에도 영향을 미친다.
- [0062] 가공 후의 열처리 공정은, 최종적인 와이어 직경으로 행하는 것이 요구되나, 그것만으로는 원하는 합금층, 피복층의 두께, Au의 최대 농도, 표면의 Cu 농도를 얻는 것은 어렵다. 그 경우는, 가공의 도중에 열처리 공정을 2 내지 3회 실시하는 것이 유효하다.
- [0063] 특히 Au와 Pd는 용점도 가공 용이함(강도)도 다르므로, 가공도가 낮은 단계에서 열처리를 행하여, AuPd의 합금층을 와이어 전체 둘레에 걸쳐서 형성해 두는 것이 중요하다. 또한 표면에 Cu를 농화시키기 위해서는, 단순하게 열 처리 온도를 올리는 것이 아니라, 불활성 가스로 충전되는 열처리로 중의 산소 농도를, 굳이 조금 높게 해 두는 것이 유효하다. 그러나 산소 농도가 너무 높으면 Cu 합금 코어재 중의 Cu의 산화가 우려되므로, 산소 농도는 0.2% 내지 0.7%로 하는 것이 바람직하고, 그 이외의 열처리는 산소 농도를 ppm 오더로 낮추어 두는 것이 좋다.
- [0064] 원하는 조성 및 막 두께의 피복층, 표피 합금층, 최표면의 Cu 농화부를 형성하기 위해서는, 초기 형성의 막 두께, 복수의 열처리 조건 등으로부터, Fick의 법칙 등 통상의 상호 확산의 지식을 이용해서 어림잡는 것이 유효하다. 또한 정밀도를 올리기 위해서는, 상기 건적을 바탕으로 와이어를 1회 정도 시험 제작하고, 표면 해석에 의해 실제의 확산 현상을 구해서 열처리 장치 등의 조건을 조제함으로써, 다른 막 두께, 조성으로도 대응이 용이하게 된다.
- [0065] Cu 합금 코어재의 수직 단면에 있어서의 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15° 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율에 대해서는, 최종 신선 후에 행하는 열처리의 조건에 의해 제어할 수 있다. 즉, 열 처리 온도를 비교적 낮은 온도, 예를 들어, 350 내지 550℃로 하면 가공 변형을 제거하기 위한 재결정(1차 재결정)은 일어나지만, 조대한 결정립의 성장(2차 재결정)은 적게 억제된다. 1차 재결정립은 <100> 결정 방위의 비율이 많지만 2차 재결정립은 <100> 결정 방위의 비율이 적다. 이에 의해, Cu 합금 코어재의 수직 단면에 있어서의, 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15° 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율이 30% 이상으로 할 수 있다.
- [0066] <실시예>
- [0067] 본딩 와이어의 원 재료로서, Cu 합금 코어재를 제조하기 위해 순도가 99.99질량% 이상의 Cu, 첨가 원소로서 Pd, Pt, Au, Ni, P, B, Be, Fe, Mg, Ti, Zn, Ag, Si를 준비하고, 피복층 형성용에 순도가 99.99질량% 이상의 Pd를 준비하고, 표피 합금층 형성용에 순도가 99.99질량% 이상의 Au를 각각 준비했다. Cu와 첨가 원소 원료를 출발 원료로서 칭량한 후, 이를 고진공 하에 가열하여 용해함으로써 Cu 합금의 직경 10mm 정도의 잉곳을

얻었다. 그 후, 당해 잉곳을 단조, 압연, 신선해서 직경 500 $\mu$ m의 Cu 합금 코어재를 제작했다. 다음에 Cu 합금 코어재 표면에 Pd 피복층을 1 내지 3 $\mu$ m 두께, 피복층의 표면에 Au 표피층을 0.05 내지 0.2 $\mu$ m 두께가 되도록 전해 도금으로 실시했다. Pd 피복층, AuPd 표피 합금층의 최종적인 두께를 표 1에 기재했다. 여기서, 코어재와 피복층과의 경계는 Pd 농도가 50at%의 위치로 하고, 피복층과 표피 합금층과의 경계는 Au 농도가 10at%의 위치로 했다. 그 후, 신선 속도가 100 내지 700m/min, 다이스 감면율이 8 내지 30%로 연속 신선 가공을 행하고 표 1에 기재한 최종 선 직경으로 했다. 표피 합금층의 두께, Au 최대 농도, 표면 Cu 농도, 피복층의 두께는, 신선 가공의 사이에 열처리를 2회 내지 3회 실시함으로써 제어했다. 그때의 조건은, 와이어 직경이 200 내지 250 $\mu$ m에 있어서 온도 500 내지 700 $^{\circ}$ C, 속도 10 내지 70m/min, 와이어 직경이 70 내지 100 $\mu$ m에 있어서 온도 450 내지 650 $^{\circ}$ C, 속도 20 내지 90m/min, 최종 선 직경이 가는 경우에는, 또한, 와이어 직경이 40 내지 70 $\mu$ m에 있어서 온도 300 내지 500 $^{\circ}$ C, 속도 30 내지 100m/min이었다. 그 후, 최종 선 직경에서, 표 1의 온도, 속도 30 내지 120m/min으로 열처리를 실시했다. 또한, 표면까지 Cu를 확산시키기 위해 1회의 열처리만은, 열처리로 중의 산소 농도를 0.2 내지 0.7%로 통상보다 높게 설정했다. 이 열처리는 가능하면 마지막 쪽에 행한 편이 좋고, 그 이유는 Cu가 표면에 나오고 나서 신선 가공을 반복하면 Cu의 산화가 일어나기 쉬워지기 때문이다. 그 이외의 열처리에서는, 열처리로 중의 산소 농도를 0.2% 미만으로 함으로써, 표피 합금층이 파잉의 산화를 억제하면서, 안정된 두께, 조성 등을 제어했다. 이와 같이 하여 직경이 15 내지 25 $\mu$ m의 본딩 와이어를 얻었다.

[0068] 피복층, 표피 합금층의 농도 분석, Cu 합금 코어재에 있어서의 Pd, Pt, Au, Ni의 농도 분석은, 본딩 와이어의 표면으로부터 깊이 방향을 향하여 Ar 이온에서 스퍼터하면서 AES 장치를 사용해서 분석했다. 피복층 및 표피 합금층의 두께는, 얻어진 깊이 방향의 농도 프로파일(깊이의 단위는 SiO<sub>2</sub> 환산)로부터 구했다. 원소 분포의 관찰에는, EPMA, EDX 장치 등에 의한 분석도 행했다. Pd의 농도가 50at% 이상이고, 또한, Au의 농도가 10at% 미만이었던 영역을 피복층으로 하고, 피복층의 표면에 있는 Au 농도가 10at% 이상의 범위이었던 영역을 표피 합금층으로 했다. 피복층 및 표피 합금층의 두께 및 조성을 각각 표 1에 기재했다. 본딩 와이어 중의 P, B, Be, Fe, Mg, Ti, Zn, Ag, Si의 농도는, ICP 발광 분광 분석 장치, ICP 질량 분석 장치 등에 의해 측정했다.

[0069] 본딩 와이어의 접속에는, 시판하고 있는 자동 와이어 본더를 사용했다. 본딩 직전에 아크 방전에 의해 본딩 와이어의 선단에 불부를 제작했지만, 그 직경은 본딩 와이어의 직경의 1.7배가 되도록 선택했다. 불부 제작 시의 분위기는 질소로 했다.

[0070] 본딩 와이어의 접합 상태로서는, Si 칩 상에 형성된 두께 1 $\mu$ m의 Al 전극과, 표면이 Pd 도금 리드 프레임의 리드를 각각 사용했다. 제작한 불부를 260 $^{\circ}$ C로 가열한 상기 전극과 불 접합한 후, 본딩 와이어의 모선부를 260 $^{\circ}$ C로 가열한 상기 리드와 2nd 접합하고, 다시 불부를 제작함으로써, 연속적으로 본딩을 반복했다. 루프 길이는 3mm와 5mm의 2종류로 하고, 루프 높이는 0.3mm와 0.5mm의 2종류로 했다.

[0071] 본딩 와이어의 2nd 접합성에 대해서는, 마진, 필링, 강도, 피쉬 테일 대칭성에 대해서 평가를 행했다. 마진에 대해서는, 2nd 접합 시의 하중을 20gf로부터 10gf 단위로 90gf까지, 초음파를 60mA 내지 10mA 간격으로 120mA까지의 56 조건으로 연속 본딩 100개를 실시하고, 연속 본딩할 수 있었던 조건을 카운트했다. 연속 본딩을 할 수 있었던 조건이 40 이상을  $\odot$ , 30 이상 40 미만을  $\circ$ , 30 미만을  $\times$ 로 했다. 필링에 대해서는, 2nd 접합된 상태의 본딩 와이어의 접합부를 100개 관찰하고, 접합부가 박리되어 있는 것을 NG라고 카운트했다. 피쉬 테일 대칭성에 대해서는, 2nd 접합된 상태의 본딩 와이어의 접합부를 100개 관찰하고, 그 대칭성을 평가했다. 피쉬 테일 형상 압착부의 중앙으로부터 좌측 단부까지의 길이, 우측 단부까지 길이를 계측하고, 그 차가 10% 이상인 것을 NG라고 카운트했다. 필링과 피쉬 테일 대칭성은, NG가 0개를  $\odot$ , 1 내지 10개를  $\circ$ , 11개 이상을  $\times$ 로 했다. 강도에 대해서는, 2nd 접합된 상태의 본딩 와이어를 2nd 접합부 바로 위로 잡고, 절단할 때까지 상방으로 들어 올려, 그 절단 시에 얻어지는 파단 하중을 관독했다. 강도는 선 직경에 좌우되므로, 강도/와이어 인장 강도의 비율을 이용했다. 그 비율이 85% 이상이면 양호하므로  $\odot$ , 70 내지 85%는 문제없다고 판단하고  $\circ$ , 55 내지 70%는 문제가 발생하는 경우가 있다고 판단하고  $\triangle$ , 55% 이하는 불량이라고 판단하고  $\times$ 로 하고, 표의 「2nd 접합 강도」의 란에 표기했다.

[0072] 본딩 와이어의 1st 접합성(불 본딩성)에 관해서는, HAST 시험, 불 형상, FAB 형상, 칩 데미지에 대해서 평가를 행했다. HAST 시험에 있어서의 불 본딩부의 건전성을 평가하기 위해, 본딩을 행한 반도체 장치에 대해서, 온도 130 $^{\circ}$ C, 상대 습도 85% RH(Relative Humidity), 5V라고 하는 고온 고습로 중에 방치하고, 48시간 간격으로 취출해서 평가했다. 평가 방법으로서, 전기 저항을 측정하고, 저항이 상승한 것을 NG로 했다. NG가 될 때까지의 시간이 480시간 이상을  $\odot$ , 384시간 이상 480시간 미만을  $\circ$ , 384시간 미만을  $\times$ 로 했다.

[0073] 불 형상에 대해서는, 불 본딩부를 광학 현미경에 의해 100개 관찰하고, 진원에 가까운 것을 OK, 꽃잎 형상으로

되어 있는 것을 NG로 하고, 그 수를 카운트했다. FAB 형상에 대해서는, 리드 프레임에 FAB를 100개 제작하고, SEM에 의해 관찰했다. 진구 형상의 것을 OK, 편심, 수축 공동을 NG로 하고, 그 수를 카운트했다. 볼 형상과 FAB 형상은, NG가 0개를 ◎, 1 내지 5개를 ○, 6 내지 10개를 △, 11개 이상을 ×로 했다. ◎과 ○는 합격이며, △는 합격이지만 약간 품질 불량이다.

[0074] 칩 데미지의 평가에서는, 볼 접합부 20개를 단면 연마하고, 전극에 균열이 생기면 불량이라고 판단하고, 불량이 4개 이상인 경우는 × 표시이고, 3개 이하인 경우는 △ 표시이고, 1 내지 2개인 경우에는 ○, 균열이 관찰되지 않으면 양호로 하여 ◎ 표시로 하고, 표 2의 「칩 데미지」란에 표기했다. ○와 ◎는 합격이며, △는 합격이지만 약간 품질 불량이다.

[0075] 리닝 평가에 대해서는, 루프 길이:3mm와 5mm, 루프 높이:0.3mm와 0.5mm의 각각에 대해서, 본딩을 한 후에 각 시료 모두 100개의 루프를 광학 현미경에 의해 관찰하고, 0 내지 2개의 루프에만 리닝 불량이 관찰된 경우는 양호로 ◎ 표시이고, 3 내지 4개의 루프에만 리닝 불량이 관찰된 경우는 실용상 문제가 없는 레벨로 ○ 표시이고, 5 내지 7개의 경우는 △ 표시이고, 8개 이상의 루프에 리닝 불량이 관찰되면 열악하여 × 표시로, 「리닝」란에 표기했다. △, ○, ◎는 합격이다.

[0076] 코어재의 수직 단면에서 관찰되는 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15° 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율은, EBSD법에 의해 관찰면의 결정 방위를 관찰한 후에 산출했다. EBSD 측정 데이터의 해석에는 전용 소프트웨어(TSL제 OIM analysis 등)를 이용했다. 산출에 있어서, 본딩 와이어의 전역을 선택하고, 각 시료 모두 3시야씩 관찰했다. 코어재의 수직 단면에 있어서의 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15° 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율을, 표 2의 「수직 단면」의 「결정 방위 <100>」의 란에 기입하고 있다.

[0077] 표 1에 있어서, 본 발명 범위로부터 벗어나는 수치에 언더라인을 부여하고 있다.

표 1

No.	위아이 적경 μm	첨가 원소 1			첨가 원소 2			첨가 원소 3							외복층 두께		표피 합금층 Au 적재 농도		Cu 농도부 적재 온도 ℃	
		Pd	Pt	Au	Ni	P	B	Be	Fe	Mg	Ti	Zn	Ag	Si	mm	nm	at%	at%		
1	15	1.3	0.6		0.4		0.0008		0.0011						75	8	42	1.2	465	
2	15		1.8												48	11	55	2.8	485	
3	15	1.8		0.4		0.006			0.0005						62	13	50	3.3	490	
4	18	1.1		0.1			0.003	0.0004							55	18	55	1.3	480	
5	18	1.0		1.0			0.0004		0.0007					0.0008	54	7	30	1.4	520	
6	18	0.8	0.1	0.3	0.1		0.001		0.0004					0.0007	66	6	28	2	475	
7	18		1.1			0.01									39	3	22	6.5	485	
8	18	2.5		0.3			0.0007	0.0005						0.0008	87	5	37	4.4	480	
9	18		0.5			0.005								0.0004	66	6	34	2.2	475	
10	20	1.5		0.7										0.0015	20	9	48	1.6	490	
11	20		1.3			0.0001									66	22	61	5.2	510	
12	20	1.4				1.3	0.004								33	9	35	4.7	510	
13	20		2.1			0.8	0.008							0.0005	34	7	33	1	480	
14	20	1.3		0.5				0.0006							48	12	44	3.5	500	
15	23	0.1						0.0002		0.0014					90	4	18	3.5	510	
16	23	1.0		1.7	0.3									0.002	28	8	41	1.9	500	
17	23		0.8			0.0065									45	0.5	15	9.2	525	
18	23	3.0													73	26	60	1.3	485	
19	25	2.2	0.2			0.002									27	40	75	3.3	500	
20	25	0.4												0.002	30	4	27	10	515	
21	25	0.5		1.2			0.0011		0.0008	0.0024				0.002	84	7	21	2.2	480	
22	25		1.1												39	9	35	1.1	480	
23	25	2.1		0.4											56	8	33	1.1	495	
24	25	1.8													60	10	38	1.2	480	
25	25	2.0	0.4												39	12	32	1.4	490	
26	18		0.5			0.005			0.0012	0.0012					5.5	10	48	0	505	
27	18	1.9		0.5			0.007							0.007	10	3	17	8.8	485	
28	20	0.05					0.005								75	55	83	0	500	
29	20	1.1				0.005									33	4	17	14.4	485	
30	23	0.8				0.007									50	11	53	3.2	490	
31	20																			

표 2

No.	2nd 접합				HAST 130°C-85%RH -5V	불량상	FAB 형상	칩 데미지	리딩				수직 단면
	마진	필링	강도	피쉬 테일 대칭성					길이 0.3mm	길이 0.5mm	길이 3mm	길이 5mm	
1	◎	○	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	55
2	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	52
3	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	43
4	◎	○	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	48
5	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	40
6	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	30
7	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	33
8	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	70
9	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	55
10	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	38
11	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	30
12	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	37
13	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	35
14	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	38
15	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	44
16	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	53
17	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	34
18	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	62
19	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	41
20	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	44
21	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	63
22	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	38
23	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	36
24	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	40
25	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	44
26	◎	×	◎	×	◎	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎	33
27	◎	×	◎	◎	◎	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎	48
28	×	○	×	×	×	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎	42
29	◎	×	◎	×	◎	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎	33
30	×	○	×	×	◎	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎	22
31	○	×	◎	×	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	55

[0079]

[0080]

[0081]

본 발명에 1 내지 25에 대해서는, 평가한 모든 품질 지표에 있어서 합격 레벨의 품질 실적을 실현할 수 있었다.

비교예 26은 와이어 최표면의 Cu 농도가 하한 미만이므로, 2nd 접합의 필링 및 피쉬 테일 대칭성이 불량이고, 피복층의 두께가 바람직한 범위의 상한을 초과하고 있으므로, 칩 데미지와 FAB 형상에 대해서는 합격이지만 약간 품질 불량이었다. 비교예 27은 와이어 최표면의 Cu 농도가 하한 미만이므로, 2nd 접합의 필링 및 피쉬 테일 대칭성이 불량이며, 피복층의 두께가 바람직한 범위의 하한 미만이므로, FAB 형상에 대해서는 합격이지만 약간 품질 불량이었다. 비교예 28은 필수 원소인 첨가 원소 1의 첨가량이 하한 미만이므로, 고습 가열 조건에 있어서의 불 접합성(HAST 평가)이 불량이며, 또한, 2nd 접합의 마진 및 강도가 불량이고, 피복층의 두께가 바람직한 범위의 하한 미만이므로, FAB 형상은 합격이지만 약간 품질 불량이었다. 비교예 29는 와이어 최표면의 Cu 농도가 하한 미만이므로, 2nd 접합의 필링 및 피쉬 테일 대칭성이 불량이며, 표피 합금층의 두께 및 Au의 최대 농도

가 바람직한 범위의 상한을 초과하고 있으므로, FAB 형상은 합격이지만 약간 품질 불량이었다.

[0082] 비교예 30은 와이어 표면에 있어서의 Cu 농도가 본 발명의 상한을 초과하고 있고, 2nd 접합의 마진 및 강도와 FAB 형상이 불량했다.

[0083] 또한, 비교예 30에 대해서는, <100> 결정 방위가 본 발명의 적합 범위로부터 벗어나 있으므로, 리닝이  $\Delta$ 의 결 과이며, 합격의 범위이지만 약간 성능이 낮았다.

[0084] 고순도(4N 이상)의 Cu 코어재를 사용하고, 필수 원소인 첨가 원소 1의 첨가량이 하한 미만인 비교예 31은, 2nd 접합의 필링 및 피쉬 테일 대칭성이 불량했다.