



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년10월22일
 (11) 등록번호 10-1910762
 (24) 등록일자 2018년10월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01L 23/00 (2006.01) B23K 35/02 (2006.01)
 B23K 35/30 (2006.01) C22C 5/04 (2006.01)
 C22C 9/04 (2006.01) C22C 9/06 (2006.01)

(52) CPC특허분류
 H01L 24/45 (2013.01)
 B23K 35/0227 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-7032781
 (22) 출원일자(국제) 2016년06월14일
 심사청구일자 2018년04월13일
 (85) 번역문제출일자 2017년11월13일
 (65) 공개번호 10-2018-0016358
 (43) 공개일자 2018년02월14일
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2016/067624
 (87) 국제공개번호 WO 2016/204138
 국제공개일자 2016년12월22일

(30) 우선권주장
 JP-P-2015-120509 2015년06월15일 일본(JP)
 PCT/JP2015/070861 2015년07월22일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌
 JP2009140953 A
 JP평성07086325 A
 JP2011159894 A

(73) 특허권자
 닛테쓰스미킹 마이크로 메탈 가부시키키가이샤
 일본 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마가하라
 158 반치 1
 닛테쓰스미킹 마테리알즈 가부시키키가이샤
 일본 도쿄토 추오쿠 긴자 7초메 16방 3고

(72) 발명자
 야마다 다카시
 일본 3580032 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마
 가하라 158반치 1 닛테쓰스미킹마이크로메탈가부
 시키키가이샤 내
 오다 다이조
 일본 3580032 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마
 가하라 158반치 1 닛테쓰스미킹마이크로메탈가부
 시키키가이샤 내
 (뒷면에 계속)

(74) 대리인
 양영준, 성재동

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 박지영

(54) 발명의 명칭 **반도체 장치용 본딩 와이어**

(57) 요약

Cu 합금 코어재와, 상기 Cu 합금 코어재의 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서, 상기 본딩 와이어가 고온 환경 하에 있어서의 접촉 신뢰성을 부여하는 원소를 포함하고, 하기 (1) 식으로 정의하는 내력비가 1.1 내지 1.6인 것을 특징으로 한다.

$$\text{내력비} = \frac{\text{최대 내력}}{0.2\% \text{내력}} \quad (1)$$

(52) CPC특허분류

B23K 35/3013 (2013.01)

B23K 35/302 (2013.01)

C22C 5/04 (2013.01)

C22C 9/04 (2013.01)

C22C 9/06 (2013.01)

H01L 24/43 (2013.01)

H01L 24/48 (2013.01)

H01L 2224/05647 (2013.01)

H01L 2224/05664 (2013.01)

(72) 발명자

하이바라 테루오

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

오이시 료

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

사이토 가즈유키

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

우노 도모히로

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

명세서

청구범위

청구항 1

Cu 합금 코어재와, 상기 Cu 합금 코어재의 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서,

하기 (1) 식으로 정의하는 내력비가 1.1 이상 1.6 이하이고,

상기 본딩 와이어가 Co, Rh, Ir, Ni, Pd, Pt, Au, Zn, Al, Ga, In, Ge로부터 선택되는 1종 이상의 원소 및,

As, Sb, Se, Te로부터 선택되는 1종 이상의 원소 Mc 중 적어도 한쪽을 포함하고,

As를 포함하는 경우 그 농도가 2.5질량ppm 이상, Sb를 포함하는 경우 그 농도가 5.2질량ppm 이상, Se를 포함하는 경우 그 농도가 1.2질량ppm 이상, Te를 포함하는 경우 그 농도가 1.2질량ppm 이상인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

$$\text{내력비} = \frac{\text{최대 내력}}{0.2\% \text{내력}} \quad (1)$$

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 Pd 피복층의 두께가 0.015 μm 이상 0.150 μm 이하인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 Pd 피복층 상에 추가로 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 갖는 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 두께가 0.050 μm 이하인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 본딩 와이어가 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 총계로 0.011질량% 이상 2질량% 이하인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 본딩 와이어가 Ga, Ge로부터 선택되는 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 합계로 0.011질량% 이상 1.5질량% 이하인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 본딩 와이어가 As, Te, Sb, Se로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 합계로 0.1질량ppm 이상 100질량ppm 이하이며, $\text{Sb} \leq 10$ 질량ppm인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 본딩 와이어가 추가로 B, P, Mg, Ca, La로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 1질량ppm 이상 200질량ppm 이하인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 본딩 와이어의 최표면에 Cu가 존재하는 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 반도체 소자 상의 전극과 외부 리드 등의 회로 배선 기관의 배선을 접속하기 위해 이용되는 반도체 장치용 본딩 와이어에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재, 반도체 소자 상의 전극과 외부 리드 사이를 접합시키는 반도체 장치용 본딩 와이어(이하, 「본딩 와이어」라고 함)로서, 선 직경 15 내지 50 μ m 정도의 세선이 주로 사용되고 있다. 본딩 와이어의 접합 방법은 초음파 병용 열 압착 방식이 일반적이며, 범용 본딩 장치, 본딩 와이어를 그 내부로 통과시켜 접속에 사용하는 모세관 지그 등이 사용된다. 본딩 와이어의 접합 프로세스는, 와이어 선단을 아크 입열로 가열 용융시켜, 표면 장력에 의해 볼(FAB: Free Air Ball)을 형성한 후에, 150 내지 300 $^{\circ}$ C의 범위 내에서 가열한 반도체 소자의 전극 상에 이 볼부를 압착 접합(이하, 「볼 접합」이라고 함)시키고, 다음으로 루프를 형성한 후, 외부 리드측의 전극에 와이어부를 압착 접합(이하, 「웨이 접합」이라고 함)시킴으로써 완료된다. 본딩 와이어의 접합 상대인 반도체 소자 상의 전극에는 Si 기판 상에 Al을 주체로 하는 합금을 성막한 전극 구조, 외부 리드측의 전극에는 Ag 도금이나 Pd 도금을 실시한 전극 구조 등이 사용된다.

[0003] 지금까지 본딩 와이어의 재료는 Au가 주류였지만, LSI 용도를 중심으로 Cu로의 대체가 진행되고 있다. 한편, 최근의 전기 자동차나 하이브리드 자동차의 보급을 배경으로, 차량 탑재용 디바이스 용도에 있어서도 Au로부터 Cu로의 대체에 대한 요구가 높아지고 있다.

[0004] Cu 본딩 와이어에 대해서는, 고순도 Cu(순도: 99.99질량% 이상)를 사용한 것이 제안되어 있다(예를 들어, 특허 문헌 1). Cu는 Au에 비교하여 산화되기 쉬운 결점이 있고, 접합 신뢰성, 볼 형성성, 웨지 접합성 등이 열악한 과제가 있었다. Cu 본딩 와이어의 표면 산화를 방지하는 방법으로서, Cu 코어재의 표면을 Au, Ag, Pt, Pd, Ni, Co, Cr, Ti 등의 금속으로 피복한 구조가 제안되어 있다(특허문헌 2). 또한, Cu 코어재의 표면에 Pd를 피복하고, 그 표면을 Au, Ag, Cu 또는 이들의 합금으로 피복한 구조가 제안되어 있다(특허문헌 3).

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 소61-48543호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2005-167020호 공보
- (특허문헌 0003) 일본 특허 공개 제2012-36490호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 차량 탑재용 디바이스는 일반적인 전자 기기에 비해, 가혹한 고온 고습 환경 하에서의 접합 신뢰성이 요구된다. 특히, 와이어의 볼부를 전극에 접합시킨 볼 접합부의 접합 수명이 최대의 문제가 된다.

[0007] 고온 고습 환경 하에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성을 평가하는 대표적인 평가법으로서, HAST(Highly Accelerated Temperature and Humidity Stress Test)(고온 고습 환경 노출 시험)가 있다. HAST에 의해 볼 접합부의 접합 신뢰성을 평가하는 경우, 평가용 볼 접합부를 온도가 130 $^{\circ}$ C, 상대 습도가 85%인 고온 고습 환경에 노출시켜, 접합부의 저항값의 경시 변화를 측정하거나, 볼 접합부의 전단 강도의 경시 변화를 측정하거나 함으로써, 볼 접합부의 접합 수명을 평가한다.

[0008] 또한, 170℃ 이상의 고온 환경에서의 불 접합부의 접합 신뢰성을 평가하는 수단으로서, HTS(High Temperature Storage Test)(고온 방치 시험)가 사용된다. HTS에 의해 불 접합부의 접합 신뢰성을 평가하는 경우, 고온 환경에 노출시킨 평가용 샘플에 대해서, 불 접합부의 저항값의 경시 변화를 측정하거나, 불 접합부의 전단 강도의 경시 변화를 측정하거나 함으로써, 불 접합부의 접합 수명을 평가한다.

[0009] 본 발명자들의 검토에 의해, 본딩 와이어가, 예를 들어 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt 등의 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 부여하는 원소를 포함하는 경우에, 해당 원소를 포함하지 않는 것보다도, 130℃ 이상의 고온 환경 하에 있어서의 불 접합부의 접합 신뢰성이 향상되는 것이 판명되었다.

[0010] 한편, 웨지 접합에 있어서, 본딩 와이어는 격렬하게 변형된다. 변형 시에 와이어가 가공 경화되면, 접합 후의 와이어가 단단해지고, 그 결과적으로 웨지 접합의 접합 강도가 저하되게 된다. 본딩 와이어에 상기 원소를 함유시킨 결과, 그 함유량에 따라서는, 웨지 접합에 있어서, 본딩 와이어가 격렬하게 변형되고, 변형 시에 와이어가 가공 경화됨으로써, 접합 후의 와이어가 단단해지고, 그 결과적으로 웨지 접합의 접합 강도가 저하되는 경우가 있었다.

[0011] 본 발명은, Cu 합금 코어재와, 그 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서, 고온에서의 불 접합부의 접합 신뢰성의 향상과 웨지 접합성을 양립시킬 수 있는 반도체 장치용 본딩 와이어를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 과제를 해결하기 위해 예의 검토한 결과, 본딩 와이어에 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 부여하는 원소를 포함시킴과 아울러, 하기 식 (1)로 정의되는 내력비를 1.1 내지 1.6으로 함으로써, 고온에 있어서의 불 접합부의 접합 신뢰성의 향상과 웨지 접합성을 양립시킬 수 있다는 지견이 얻어졌다. 본 발명은 이러한 신규의 지견에 기초하는 것이다.

[0013]
$$\text{내력비} = \text{최대 내력} / 0.2\% \text{내력} \quad (1)$$

[0014] 즉, 본 발명이 요지로 하는 것은 이하와 같다.

[0015] [1] Cu 합금 코어재와, 상기 Cu 합금 코어재의 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서, 상기 본딩 와이어가 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 부여하는 원소를 포함하고, 하기 (1) 식으로 정의하는 내력비가 1.1 내지 1.6인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0016]
$$\text{내력비} = \text{최대 내력} / 0.2\% \text{내력} \quad (1)$$

[0017] [2] 상기 Pd 피복층의 두께가 0.015 내지 0.150 μm 인 것을 특징으로 하는 [1]에 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0018] [3] 상기 Pd 피복층 상에 추가로 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 갖는 것을 특징으로 하는 [1] 또는 [2]에 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0019] [4] 상기 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 두께가 0.050 μm 이하인 것을 특징으로 하는 [3]에 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0020] [5] 상기 본딩 와이어가 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 총계로 0.011 내지 2질량%인 것을 특징으로 하는 [1] 내지 [4] 중 어느 한 항 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0021] [6] 상기 본딩 와이어가 Ga, Ge로부터 선택되는 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 합계로 0.011 내지 1.5질량%인 것을 특징으로 하는 [1] 내지 [5] 중 어느 한 항 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0022] [7] 상기 본딩 와이어가 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 합계로 0.1 내지 100질량ppm이며, Sn \leq 10질량ppm, Sb \leq 10질량ppm, Bi \leq 1질량ppm인 것을 특징으로 하는 [1] 내지 [6] 중 어느 한 항 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0023] [8] 상기 본딩 와이어가 추가로 B, P, Mg, Ca, La로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 1 내지 200질량ppm인 것을 특징으로 하는 [1] 내지 [7] 중 어느 한 항 기

재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0024] [9] 상기 본딩 와이어의 최표면에 Cu가 존재하는 것을 특징으로 하는 [1] 내지 [8] 중 어느 한 항 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

발명의 효과

[0025] 본 발명에 따르면, Cu 합금 코어재와, 그 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서, 고온에 있어서의 불 접합부의 접합 신뢰성의 향상과 웨지 접합성을 양립시킬 수 있는 반도체 장치용 본딩 와이어를 제공할 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 본 발명의 반도체 장치용 본딩 와이어는, Cu 합금 코어재와, 상기 Cu 합금 코어재의 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖는다. 본 발명에 있어서, 본딩 와이어는, 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 부여하는 원소를 포함하고, 하기 (1) 식으로 정의하는 내력비가 1.1 내지 1.6인 것을 특징으로 한다.

[0027]
$$\text{내력비} = \frac{\text{최대 내력}}{0.2\% \text{내력}} \quad (1)$$

[0028] 반도체 장치의 패키지인 몰드 수지(에폭시 수지)에는, 분자 골격에 염소(Cl)가 포함되어 있다. HAST 평가 조건인 130℃, 상대 습도가 85%인 고온 고습 환경 하에서는, 분자 골격 중의 Cl이 가수 분해되어 염화물 이온(Cl⁻)으로서 용출된다. Pd 피복층을 갖지 않은 Cu 본딩 와이어를 Al 전극에 접합시킨 경우, Cu/Al 접합 계면이 고온 하에 놓이면, Cu와 Al이 상호 확산되고, 최종적으로 금속간 화합물인 Cu₉Al₄가 형성된다. Cu₉Al₄는 Cl 등의 할로젠에 의한 부식을 받기 쉽고, 몰드 수지로부터 용출된 Cl에 의해 부식이 진행되어, 접합 신뢰성의 저하로 연결된다. Cu 와이어가 Pd 피복층을 갖는 경우에는, Pd 피복 Cu 와이어와 Al 전극의 접합 계면은 Cu/Pd 농화층/Al이라는 구조가 되기 때문에, Pd 피복층을 갖지 않은 Cu 와이어에 비교하면, Cu₉Al₄ 금속간 화합물의 생성은 억제되기는 하지만, 차량 탑재용 디바이스에서 요구되는 고온 고습 환경에서의 접합 신뢰성은 불충분하였다.

[0029] 그에 비해, 본 발명과 같이, 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 부여하는 원소를 함유하고 있다면, 접합부에 있어서의 Cu₉Al₄ 금속간 화합물의 생성이 더 억제되는 경향이 있다고 생각된다.

[0030] 불 접합부의 고온 환경에서의 접합 신뢰성(특히 175℃ 이상에서의 HTS에서의 성적)을 개선하는 관점에서, 와이어 전체에 대한 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 부여하는 원소의 농도는, 총계로, 바람직하게는 0.011 질량% 이상, 보다 바람직하게는 0.030질량% 이상, 더욱 바람직하게는 0.050질량% 이상, 0.070질량% 이상, 0.09질량% 이상, 0.10질량% 이상, 0.15질량% 이상, 또는 0.20질량% 이상이다. 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 부여하는 원소에 관한 상세한 설명은 후술한다.

[0031] 상술한 바와 같이, 웨지 접합에 있어서, 본딩 와이어는 격렬하게 변형된다. 변형 시에 와이어가 가공 경화되면, 접합 후의 와이어가 단단해지고, 그 결과로서 웨지 접합의 접합 강도가 저하되게 된다. 양호한 웨지 접합 강도를 유지하기 위해서는, 하기 (1) 식으로 정의된 내력비가 1.6 이하이면 바람직하고, 1.55 이하이면 보다 바람직하고, 1.50 이하, 1.45 이하 또는 1.40 이하이면 더욱 바람직하다. 양호한 웨지 접합성을 발휘할 수 있다는 관점에서 내력비는 1.1 이상인 것이 바람직하다.

[0032]
$$\text{내력비} = \frac{\text{최대 내력}}{0.2\% \text{내력}} \quad (1)$$

[0033] (1) 식의 내력비를 적합 범위로 유지하는 수단으로서, 예를 들어 i) 본딩 와이어의 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 대하여 결정 방위를 측정된 결과에 있어서의, 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대하여 각도차가 15도 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율(이하, 간단히 「<100> 방위 비율」이라고도 함)과, (ii) 본딩 와이어의 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 있어서의 평균 결정 입경(이하, 간단히 「평균 결정 입경」이라고도 함)을 제어하는 것을 들 수 있다. 본딩 와이어를 통상의 제조 방법으로 제조하면, 내력비가 1.1 미만 또는 1.6 초과가 되지만, 후술하는 바와 같이 제조 방법을 연구함으로써, 본딩 와이어의 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 있어서의 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대하여 각도차가 15도 이내까지를 포함하는 <100>의 방위 비율을 30% 이상으로 하고, 본딩 와이어의 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 있어서의 평균 결정 입경을 0.9 내지 1.5μm로 하는 것을 할 수 있고, 그 결과, (1) 식의 내력비를 1.1 내지 1.6으로 할 수 있음이 명백해졌다.

- [0034] <100> 방위 비율이 30% 이상일 때는, 웨지 접합 시의 변형에 수반하는 와이어의 가공 경화가 작기 때문에, 내력비를 1.6 이하로 할 수 있다. 그러나, 이 경우에도 평균 결정 입경이 0.9 μm 미만일 때는 0.2%내력이 높기 (연성이 부족하기) 때문에, 내력비가 1.1 미만으로 되어 웨지 접합성이 열악하다. 평균 결정 입경이 1.5 μm 를 초과하는 경우에는 <100> 방위 비율이 30% 미만으로 되고, 또한 0.2%내력이 낮기 때문에, 내력비가 1.6 초과로 되어 웨지 접합성이 열악한 것으로 추정된다.
- [0035] <100> 방위 비율은 웨지 접합 시의 변형에 수반하는 와이어의 가공 경화를 작게 한다는 관점에서, 바람직하게는 30% 이상이며, 보다 바람직하게는 35% 이상이며, 더욱 바람직하게는 40% 이상, 45% 이상이다. <100> 방위 비율의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 90% 이하, 80% 이하, 70% 이하, 60% 이하, 50% 이하, 50% 미만(예를 들어 49% 이하)으로 해도 된다.
- [0036] 내력비의 증대를 억제한다는 관점에서, 본딩 와이어의 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 있어서의 평균 결정 입경을 0.9 μm 이상 1.5 μm 이하로 하는 것이 바람직하다. 본딩 와이어의 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 있어서의 평균 결정 입경의 하한값은, 1.0 μm 이상, 1.1 μm 이상, 1.3 μm 이상, 1.3 μm 초과(예를 들어, 1.35 μm 이상)로 할 수 있다.
- [0037] 또한, 와이어의 결정 구조에 대하여 상기 조건을 만족시키는 경우에 있어서도, 와이어 중의 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 부여하는 원소의 함유량이 너무 많으면, 내력비가 증대되는 경우가 있다. 내력비 1.6 이하를 실현하고, 본딩 와이어의 경질화를 억제하여 웨지 접합성의 저하를 억제하는 관점에서, 와이어 전체에 대한 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 부여하는 원소의 농도는, 총계로, 바람직하게는 2.0질량% 이하, 1.8질량% 이하, 또는 1.6질량% 이하이다.
- [0038] 본딩 와이어 중에 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 부여하는 원소를 함유시킬 때, 이들 원소를 Cu 코어재 중에 함유시키는 방법, Cu 코어재 또는 와이어 표면에 피착시켜 함유시키는 방법 중 어느 것을 채용해도, 상기 본 발명의 효과를 발휘할 수 있다. 이들 성분의 첨가량은 극미량이므로, 첨가 방법의 배리어이션은 넓으며, 어떤 방법으로 첨가해도 해당 성분이 포함되어 있으면 효과가 나타난다.
- [0039] 본 발명의 본딩 와이어에 있어서, Pd 피복층의 두께는, 양호한 FAB 형상을 얻는 관점, 및 차량 탑재용 디바이스에서 요구되는 고온 고습 환경에서의 불 접합부의 접합 신뢰성을 한층 더 개선하는 관점에서, 바람직하게는 0.015 μm 이상, 보다 바람직하게는 0.02 μm 이상, 더욱 바람직하게는 0.025 μm 이상, 0.03 μm 이상, 0.035 μm 이상, 0.04 μm 이상, 0.045 μm 이상, 또는 0.05 μm 이상이다. 한편, Pd 피복층의 두께가 너무 두꺼워도 FAB 형상이 저하되므로, Pd 피복층의 두께는, 바람직하게는 0.150 μm 이하, 보다 바람직하게는 0.140 μm 이하, 0.130 μm 이하, 0.120 μm 이하, 0.110 μm 이하, 또는 0.100 μm 이하이다.
- [0040] 상기 본딩 와이어의 Cu 합금 코어재, Pd 피복층의 정의를 설명한다. Cu 합금 코어재와 Pd 피복층의 경계는, Pd 농도를 기준으로 판정하였다. Pd 농도가 50원자%의 위치를 경계로 하여, Pd 농도가 50원자% 이상인 영역을 Pd 피복층, Pd 농도가 50원자% 미만인 영역을 Cu 합금 코어재로 판정하였다. 이 근거는, Pd 피복층에 있어서 Pd 농도가 50원자% 이상이라면 Pd 피복층의 구조로부터 특성의 개선 효과가 얻어지기 때문이다. Pd 피복층은, Pd 단층의 영역, Pd와 Cu가 와이어의 깊이 방향으로 농도 구배를 갖는 영역을 포함하고 있어도 된다. Pd 피복층에 있어서, 해당 농도 구배를 갖는 영역이 형성되는 이유는, 제조 공정에서의 열처리 등에 의해 Pd와 Cu의 원자가 확산되는 경우가 있기 때문이다. 본 발명에 있어서, 농도 구배란, 깊이 방향으로의 농도 변화의 정도가 0.1 μm 당 10mol% 이상인 것을 말한다. 또한, Pd 피복층은 불가피 불순물을 포함하고 있어도 된다.
- [0041] 본 발명의 본딩 와이어는, Pd 피복층의 표면에 추가로 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 갖고 있어도 된다. 이에 의해 본 발명의 본딩 와이어는, 접합 신뢰성을 보다 향상시킬 수 있음과 함께 웨지 접합성을 더욱 개선할 수 있다.
- [0042] 상기 본딩 와이어의 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 정의를 설명한다. Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층과 Pd 피복층의 경계는, Au 농도를 기준으로 판정하였다. Au 농도가 10원자%인 위치를 경계로 하여, Au 농도가 10원자% 이상인 영역을 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층, 10 원자% 미만인 영역을 Pd 피복층으로 판정하였다. 또한, Pd 농도가 50원자% 이상인 영역이라도, Au가 10원자% 이상 존재하면 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층으로 판정하였다. 이들의 근거는, Au 농도가 상기 농도 범위이면, Au 표피층의 구조로부터 특성의 개선 효과를 기대할 수 있기 때문이다. Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층은, Au-Pd 합금이며, Au와 Pd가 와이어의 깊이 방향으로 농도 구배를 갖는 영역을 포함하는 영역으로 한다. Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층에 있어서, 해당 농도 구배를 갖는 영역이 형성되는 이유는, 제조 공정에서의 열처리 등에 의해 Au와 Pd의 원자가 확산되기 때문이다.

또한, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층은 불가피 불순물과 Cu를 포함하고 있어도 된다.

- [0043] 본 발명의 본딩 와이어에 있어서, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층은, Pd 피복층과 반응하여, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층, Pd 피복층, Cu 합금 코어재간의 밀착 강도를 높여, 웨지 접합 시의 Pd 피복층이나 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 박리를 억제할 수 있다. 이에 의해 본 발명의 본딩 와이어는, 웨지 접합성을 더욱 개선할 수 있다. 양호한 웨지 접합성을 얻는 관점에서, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 두께는, 바람직하게는 0.0005 μ m 이상, 보다 바람직하게는 0.001 μ m 이상, 0.002 μ m 이상, 또는 0.003 μ m 이상이다. 편심을 억제하여 양호한 FAB 형상을 얻는 관점에서, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 두께는, 바람직하게는 0.050 μ m 이하, 보다 바람직하게는 0.045 μ m 이하, 0.040 μ m 이하, 0.035 μ m 이하, 또는 0.030 μ m 이하이다. 또한 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층은, Pd 피복층과 동일한 방법에 의해 형성할 수 있다.
- [0044] 본 발명에 있어서, 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 부여하는 원소로서는, 예를 들어 원소 주기율표 제9족 원소(Co, Rh, Ir), 원소 주기율표 제10족 원소(Ni, Pd, Pt), 원소 주기율표 제11족 원소(Ag, Au 등), 원소 주기율표 제12족 원소(Zn 등), 원소 주기율표 제13족 원소(Al, Ga, In 등), 원소 주기율표 제14족 원소(Ge, Sn 등), 원소 주기율표 제15족 원소(P, As, Sb, Bi 등), 원소 주기율표 제16족 원소(Se, Te 등) 등을 들 수 있다. 이들 원소는 1종 단독으로, 또는 2종 이상을 조합하여 본딩 와이어에 포함시킬 수 있다.
- [0045] 본 발명에 있어서, 본딩 와이어는, 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 부여하는 원소로서, Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하는 것이 바람직하다. 와이어 전체에 대한 이들 원소의 농도는, 총계로 0.011 내지 2질량%인 것이 바람직하다.
- [0046] 반도체 장치의 패키지인 몰드 수지(에폭시 수지)에는, 실란 커플링제가 포함되어 있다. 실란 커플링제는 유기물(수지)과 무기물(실리콘이나 금속)의 밀착성을 높이는 작용을 갖고 있기 때문에, 실리콘 기판이나 금속과의 밀착성을 향상시킬 수 있다. 추가로, 보다 고온에서의 신뢰성이 요구되는 차량 탑재용 반도체 등, 높은 밀착성이 요구되는 경우에는 「황 함유 실란 커플링제」가 첨가된다. 몰드 수지에 포함되는 황은, 175 $^{\circ}$ C 이상(예를 들어, 175 $^{\circ}$ C 내지 200 $^{\circ}$ C)의 조건에서 사용하면 유리된다. 그리고, 175 $^{\circ}$ C 이상의 고온에서 유리된 황이 Cu와 접촉되면, Cu의 부식이 심해지고, 황화물(Cu₂S)이나 산화물(CuO)이 생성된다. Cu 본딩 와이어를 사용한 반도체 장치에서 Cu의 부식이 생성되면, 특히 볼 접합부의 접합 신뢰성이 저하되게 된다.
- [0047] 그래서, 본딩 와이어가 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도를 총계로 0.011 내지 2질량%로 함으로써, 고온 환경에서의 접합 신뢰성(특히 175 $^{\circ}$ C 이상에서의 HTS에서의 성적)을 향상시킬 수 있다. 볼 접합부의 고온 환경에서의 접합 신뢰성(특히 175 $^{\circ}$ C 이상에서의 HTS에서의 성적)을 개선하는 관점에서, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도는, 총계로, 바람직하게는 0.011질량% 이상, 보다 바람직하게는 0.050질량% 이상, 더욱 바람직하게는 0.070질량% 이상, 0.090질량% 이상, 0.10질량% 이상, 0.15질량% 이상, 또는 0.20질량% 이상이다. 이하의 설명에 있어서, Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 「원소 M_A」라고도 한다.
- [0048] 본 발명에 있어서, 본딩 와이어는, 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 부여하는 원소로서, Ga, Ge로부터 선택되는 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 합계로 0.011 내지 1.5질량%인 것이 바람직하다. 또한, 와이어에는, Ga, Ge로부터 선택되는 1종 이상의 원소가, 원소 M_A 대신에 또는 원소 M_A와 함께 포함되어 있어도 된다. 이하의 설명에 있어서, Ga, Ge로부터 선택되는 1종 이상의 원소를 「원소 M_B」라고도 한다.
- [0049] 볼 접합부의 FAB 형성 시에, 와이어 중의 Ga, Ge는 Pd 피복층에도 확산된다. 볼 접합부에 있어서의 Cu와 Al 계면의 Pd 농화층에 존재하는 Ga, Ge가, Pd 농화층에 의한 Cu와 Al의 상호 확산 억제 효과를 더 높여, 결과적으로, 고온 고습 환경 하에서 부식되기 쉬운 Cu₉Al₄의 생성을 억제하는 것으로 생각된다. 또한, 와이어에 포함되는 Ga, Ge가 Cu₉Al₄의 형성을 직접 저해하는 효과가 있을 가능성도 있다.
- [0050] 또한, Ga, Ge로부터 선택되는 적어도 1종 이상을 소정량 함유한 Pd 피복 Cu 본딩 와이어를 사용하여 볼부를 형성하고, FAB를 주사형 전자 현미경(SEM: Scanning Electron Microscope)으로 관찰한 결과, FAB의 표면에 직경 수십nm ϕ 정도의 석출물이 다수 보였다. 석출물을 에너지 분산형 X선 분석(EDS: Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)으로 분석하면 Ga, Ge가 농화되어 있는 것이 확인되었다. 이상과 같은 상황으로부터, 상세한 메커니즘은 불분명하지만, FAB에 관찰되는 이 석출물이 볼부와 전극과의 접합 계면에 존재함으로써, 온도가 130 $^{\circ}$ C, 상대 습도가 85%인 고온 고습 환경에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성이 현저히 향상된 것으로 생각된다.

- [0051] Ga, Ge의 존재 부위로서는 Cu 합금 코어재 내가 바람직하지만, Pd 피복층이나, 후술하는 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층에 포함됨으로써도 충분한 작용 효과가 얻어진다. Cu 합금 코어재 내로 Ga, Ge를 첨가하는 방법은 정확한 농도 관리가 용이하고, 와이어 생산성, 품질 안정성이 향상된다. 또한, 열처리에 의한 확산 등으로 Ga, Ge의 일부가 Pd 피복층이나 합금 표피층에도 함유됨으로써, 각 층 계면의 밀착성이 양호화되어, 와이어 생산성을 더욱 향상시키는 것도 가능하다.
- [0052] 한편, 양호한 FAB 형상을 얻는 관점, 본딩 와이어의 경질화를 억제하여 양호한 웨지 접합성을 얻는 관점에서, 와이어 전체에 대한 Ga, Ge의 농도는 합계로 1.5질량% 이하이고, 바람직하게는 1.4질량% 이하, 보다 바람직하게는 1.3질량% 이하, 또는 1.2질량% 이하이다.
- [0053] 본 발명에 있어서, 본딩 와이어는, As, Te, Sn, Sb, Bi, Se로부터 선택되는 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 합계로 0.1 내지 100질량ppm이며, $Sn \leq 10$ 질량ppm, $Sb \leq 10$ 질량ppm, $Bi \leq 1$ 질량ppm인 것이 바람직하다. 또한, 와이어에는, As, Te, Sn, Sb, Bi, Se로부터 선택되는 1종 이상의 원소가, 원소 M_A 및/또는 원소 M_B 대신에, 또는 원소 M_A 및/또는 원소 M_B 와 함께 포함되어 있어도 된다. 이하의 설명에 있어서, As, Te, Sn, Sb, Bi, Se로부터 선택되는 1종 이상의 원소를 「원소 M_C 」라고도 한다.
- [0054] 본 발명에 있어서, 본딩 와이어가, 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 부여하는 원소로서 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 소정량 함유하고 있는 경우에도, 접합부에 있어서의 Cu_9Al_4 금속간 화합물의 생성이 더 억제되는 경향이 있다고 생각된다. 이들 원소를 소정량 함유하고 있으면, 불을 형성할 때, 코어재의 Cu와 피복층의 Pd의 계면 장력이 저하되고, 계면의 습윤성이 양호화되기 때문에, 불 접합 계면의 Pd 농화가 보다 현저하게 나타난다. 그 때문에, Pd 농화층에 의한 Cu와 Al의 상호 확산 억제 효과가 더욱 강해지고, 결과적으로, Cl의 작용으로 부식되기 쉬운 Cu_9Al_4 의 생성량이 적어지고, 불 접합부의 고온 고습 환경에서의 접합 신뢰성이 현저히 향상되는 것으로 추정된다.
- [0055] 본딩 와이어가, As, Te, Sn, Sb, Bi, Se로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 합계로 0.1 내지 100질량ppm이며, $Sn \leq 10$ 질량ppm, $Sb \leq 10$ 질량ppm, $Bi \leq 1$ 질량ppm이면, 차량 탑재용 디바이스에서 요구되는 고온 고습 환경에서의 불 접합부의 접합 신뢰성을 더욱 개선할 수 있다. 특히 온도가 130℃, 상대 습도가 85%인 고온 고습 환경 하에서의 불 접합부의 접합 수명을 향상시키고, 접합 신뢰성을 개선하므로 바람직하다. 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도는 합계로 바람직하게는 0.1질량ppm 이상, 보다 바람직하게는 0.5질량ppm 이상, 더욱 바람직하게는 1질량ppm 이상, 보다 더 바람직하게는 1.5질량ppm 이상, 2질량ppm 이상, 2.5질량ppm 이상, 또는 3질량ppm 이상이다. 한편, 양호한 FAB 형상을 얻는 관점에서, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도는 합계로 바람직하게는 100질량ppm 이하, 보다 바람직하게는 95질량ppm 이하, 90질량ppm 이하, 85질량ppm 이하, 또는 80질량ppm 이하이다. 또한, Sn 농도, Sb 농도가 10질량ppm을 초과한 경우, 또는 Bi 농도가 1질량ppm을 초과한 경우에는, FAB 형상이 불량해지는 점에서, $Sn \leq 10$ 질량ppm, $Sb \leq 10$ 질량ppm, $Bi \leq 1$ 질량ppm으로 함으로써, FAB 형상을 보다 개선할 수 있으므로 바람직하다.
- [0056] 본 발명의 본딩 와이어는 추가로 B, P, Mg, Ca, La로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 1 내지 200질량ppm이면 바람직하다. 이에 의해, 고밀도 실장에 요구되는 불 접합부의 저부러진 형상을 개선하고, 즉, 불 접합부 형상의 진원성을 개선할 수 있다. 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도는, 각각, 바람직하게는 1질량ppm 이상, 보다 바람직하게는 2질량ppm 이상, 3질량ppm 이상, 4질량ppm 이상, 또는 5질량ppm 이상이다. 불의 경질화를 억제하여 불 접합 시의 칩 대미지를 억제하는 관점에서, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도는, 각각, 바람직하게는 200질량ppm 이하, 보다 바람직하게는 150질량ppm 이하, 120질량ppm 이하, 100질량ppm 이하, 95질량ppm 이하, 90질량ppm 이하, 85질량ppm 이하, 또는 80질량ppm 이하이다.
- [0057] 본 발명과 같이 Pd 피복 Cu 본딩 와이어가 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 향상시키는 원소를 함유하고 있는 경우, 추가로 본딩 와이어의 최표면에 Cu가 존재하면, 접합부에 있어서의 Cu_9Al_4 금속간 화합물의 생성이 더 억제되는 경향이 있다. Pd 피복 Cu 본딩 와이어가 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 향상시키는 원소를 함유하고 있는 경우, 추가로 본딩 와이어의 최표면에 Cu가 존재하면, 본딩 와이어에 포함되는 상기 원소와 Cu와의 상호 작용에 의해, FAB 형성 시에 FAB 표면의 Pd 농화가 촉진되어, 불 접합 계면의 Pd 농화가 보다 현저하게 나타난다. 이에 의해, Pd 농화층에 의한 Cu와 Al의 상호 확산 억제 효과가 더욱 강해지고, Cl의 작용으로 부식되기 쉬운 Cu_9Al_4 의 생성량이 적어지며, 불 접합부의 고온 고습 환경에서의 접합 신뢰성이 한층 더 향상되는

것으로 추정된다.

- [0058] Pd 피복층의 최표면에 Cu가 존재하는 경우, Cu의 농도가 30원자% 이상이 되면, 와이어 표면의 내황화성이 저하되고, 본딩 와이어의 사용 수명이 저하되기 때문에 실용에 적합하지 않은 경우가 있다. 따라서, Pd 피복층의 최표면에 Cu가 존재하는 경우, Cu의 농도는 30원자% 미만인 것이 바람직하다.
- [0059] 또한, Au 표피층의 최표면에 Cu가 존재하는 경우, Cu의 농도가 35원자% 이상이 되면, 와이어 표면의 내황화성이 저하되고, 본딩 와이어의 사용 수명이 저하되기 때문에 실용에 적합하지 않은 경우가 있다. 따라서, Au 표피층의 최표면에 Cu가 존재하는 경우, Cu의 농도는 35원자% 미만인 것이 바람직하다.
- [0060] 여기서, 최표면이란, 스퍼터 등을 실시하지 않은 상태에서, 본딩 와이어의 표면을 오제 전자 분광 장치에 의해 측정된 영역을 말한다.
- [0061] Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 농도 분석에는, 본딩 와이어의 표면으로부터 깊이 방향을 향해 스퍼터 등으로 깎으면서 분석을 행하는 방법, 또는 와이어 단면을 노출시켜 선 분석, 점 분석 등을 행하는 방법이 유효하다. 이들 농도 분석에 사용하는 해석 장치는, 주사형 전자 현미경 또는 투과형 전자 현미경에 비치한 오제 전자 분광 분석 장치, 에너지 분산형 X선 분석 장치, 전자선 마이크로애널라이저 등을 이용할 수 있다. 와이어 단면을 노출시키는 방법으로서, 기계 연마, 이온 에칭법 등을 이용할 수 있다. 본딩 와이어 중의 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt 등의 미량 분석에 대해서는, 본딩 와이어를 강산으로 용해시킨 액을 ICP 발광 분광 분석 장치나 ICP 질량 분석 장치를 이용하여 분석하고, 본딩 와이어 전체에 포함되는 원소의 농도로서 검출할 수 있다.
- [0062] (제조 방법)
- [0063] 다음으로 본 발명의 실시 형태에 따른 본딩 와이어의 제조 방법을 설명한다. 본딩 와이어는, 코어재에 사용하는 Cu 합금을 제조한 후, 와이어 형상으로 가늘게 가공하고, Pd 피복층, Au층을 형성하여, 열 처리함으로써 얻어진다. Pd 피복층, Au층을 형성한 후, 다시 신선(伸線)과 열처리를 행하는 경우도 있다. Cu 합금 코어재의 제조 방법, Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 형성 방법, 열처리 방법에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0064] 코어재에 사용하는 Cu 합금은, 원료가 되는 Cu와 첨가하는 원소를 모두 용해시키고, 응고시킴으로써 얻어진다. 용해에는, 아크 가열로, 고주파 가열로, 저항 가열로 등을 이용할 수 있다. 대기 중으로부터의 O₂, H₂ 등의 가스의 혼입을 방지하기 위해, 진공 분위기 또는 Ar이나 N₂ 등의 불활성 분위기 중에서 용해를 행하는 것이 바람직하다.
- [0065] Pd 피복층, Au층을 Cu 합금 코어재의 표면에 형성하는 방법은, 도금법, 증착법, 용융법 등이 있다. 도금법은, 전해 도금법, 무전해 도금법 중 어느 것도 적용 가능하다. 스트라이크 도금, 플래시 도금이라고 불리는 전해 도금에서는, 도금 속도가 빠르고, 하지와의 밀착성도 양호하다. 무전해 도금에 사용하는 용액은, 치환형과 환원형으로 분류되고, 두께가 얇은 경우에는 치환형 도금만으로도 충분하지만, 두께가 두꺼운 경우에는 치환형 도금 후에 환원형 도금을 단계적으로 실시하는 것이 유효하다.
- [0066] 증착법에서는, 스퍼터법, 이온 플레이팅법, 진공 증착 등의 물리 흡착과, 플라즈마 CVD 등의 화학 흡착을 이용할 수 있다. 모두 건식이며, Pd 피복층, Au층 형성 후의 세정이 불필요하여, 세정 시의 표면 오염 등의 우려가 없다.
- [0067] Pd 피복층, Au층 형성 후에 열처리를 행함으로써, Pd 피복층의 Pd가 Au층 내로 확산되어, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층이 형성된다. Au층을 형성한 후에 열처리에 의해 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 형성하는 것이 아니라, 처음부터 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 피착함으로써 형성해도 된다.
- [0068] Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 형성에 대해서는, 최종 선 직경까지 신선 후에 형성하는 방법과, 굵은 직경의 Cu 합금 코어재로 형성하고 나서 목적으로 하는 선 직경까지 복수회 신선하는 방법 중 어느 것도 유효하다. 전자의 최종 직경으로 Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 형성하는 경우에는, 제조, 품질 관리 등이 간편하다. 후자의 Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층과 신선을 조합하는 경우에는, Cu 합금 코어재와의 밀착성이 향상되는 점에서 유리하다. 각각의 형성법의 구체예로서, 최종 선 직경의 Cu 합금 코어재에, 전해 도금 용액 중에 와이어를 연속적으로 소인(掃引)하면서 Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 형성하는 방법, 또는 전해 또는 무전해의 도금액 중에 굵은 Cu 합금 코어재를 침지시켜 Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 형성한 후에, 와이어를 신선하여 최종 선 직경에 도달하는 방법 등을 들 수 있다.

- [0069] Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 형성한 후에는 열처리를 행하는 경우가 있다. 열처리를 행함으로써 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층, Pd 피복층, Cu 합금 코어재 사이에 원자가 확산되어 밀착 강도가 향상되기 때문에, 가공 중의 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층이나 Pd 피복층의 박리를 억제할 수 있어, 생산성이 향상되는 점에서 유효하다. 대기 중으로부터의 O₂의 혼입을 방지하기 위해, 진공 분위기 또는 Ar이나 N₂ 등의 불활성 분위기 중에서 열처리를 행하는 것이 바람직하다.
- [0070] 전술한 바와 같이, 본딩 와이어에 실시하는 확산 열처리나 어닐링 열처리의 조건을 조정함으로써, 코어재의 Cu가 Pd 피복층이나 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층 내에서 입계 확산, 입자 내 확산 등에 의해 확산되어, 본딩 와이어의 최표면에 Cu를 도달시켜, 최표면에 Cu를 존재시킬 수 있다. 최표면에 Cu를 존재시키기 위한 열처리로서, 상기한 바와 같이 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 형성하기 위한 열처리를 사용할 수 있다. 합금 표피층을 형성하기 위한 열처리를 행할 때, 열 처리 온도와 시간을 선택함으로써, 최표면에 Cu를 존재시키거나, 또는 Cu를 존재시키지 않을 수 있다. 추가로, 최표면의 Cu 농도를 소정의 범위(예를 들어, 1 내지 50원자%의 범위)로 조정할 수도 있다. 합금 표피층 형성 시 이외에 행하는 열처리에 의해 Cu를 최표면으로 확산시키는 것으로 해도 된다.
- [0071] 전술한 바와 같이, 본딩 와이어 중에 고온 환경 하에 있어서의 접촉 신뢰성을 부여하는 원소를 함유시킬 때, 당해 원소를 Cu 코어재 중에 함유시키는 방법, Cu 코어재 또는 와이어 표면에 피착시켜 함유시키는 방법 중 어느 것을 채용해도, 상기 본 발명의 효과를 발휘할 수 있다. B, P, Mg, Ca, La에 대해서도 동일하다.
- [0072] 상기 성분의 첨가 방법으로서, 가장 간편한 것은 Cu 합금 코어재의 출발 재료에 첨가해두는 방법이다. 예를 들어, 고순도의 구리와 상기 성분 원소 원료를 출발 원료로서 칭량한 후, 이것을 고진공 하에 또는 질소나 아르곤 등의 불활성 분위기 하에서 가열하여 용해시킴으로써 목적으로 하는 농도 범위의 상기 성분이 첨가된 잉곳을 제작하고, 목적하는 농도의 상기 성분 원소를 포함하는 출발 재료로 한다. 따라서 적합한 일 실시 형태에 있어서, 본 발명의 본딩 와이어의 Cu 합금 코어재는, Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 총계로 0.011 내지 2질량%가 되도록 포함한다. 해당 농도의 합계의 적합한 수치 범위는, 상술한 바와 같다. 다른 적합한 일 실시 형태에 있어서, 본 발명의 본딩 와이어의 Cu 합금 코어재는, Ga, Ge로부터 선택되는 1종 이상의 원소를, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 총계로 0.011 내지 1.5질량%로 되도록 포함한다. 해당 농도의 합계의 적합한 수치 범위는, 상술한 바와 같다. 다른 적합한 일 실시 형태에 있어서, 본 발명의 본딩 와이어의 Cu 합금 코어재는, As, Te, Sn, Sb, Bi, Se로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 합계로 0.1 내지 100질량ppm, Sn≤10질량ppm, Sb≤10질량ppm, Bi≤1질량ppm이 되게 포함한다. 해당 농도의 적합한 수치 범위는, 상술한 바와 같다. 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 회피되는 경향이 있었다. 특정 원소를 함유하는 본 발명의 본딩 와이어에서는, 상기와 같이 Cu의 순도가 낮은 Cu 합금 코어재를 사용한 경우에 특히 적합하게, 차량 탑재용 디바이스에서 요구되는 고온 고습 환경에서의 불 접합부의 접합 신뢰성을 실현하기에 이른 것이다. 다른 적합한 일 실시 형태에 있어서, 본 발명의 본딩 와이어의 Cu 합금 코어재는, B, P, Mg, Ca, La로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 1 내지 200질량ppm이 되게 포함한다. 해당 농도의 적합한 수치 범위는, 상술한 바와 같다. 다른 적합한 일 실시 형태에 있어서, 본 발명의 본딩 와이어의 Cu 합금 코어재는, 원소 주기율표 제10족 금속 원소를 총계로 0.1 내지 3.0질량%가 되도록 포함한다. 해당 농도의 적합한 수치 범위는, 상술한 바와 같다.
- [0073] 와이어 제조 공정 도중에, 와이어 표면에 상기 성분을 피착시킴으로써 함유시킬 수도 있다. 이 경우, 와이어 제조 공정 중 어디에 조립해도 되고, 복수회 반복해도 된다. 복수의 공정으로 조립해도 된다. Pd 피복 전의 Cu 표면에 첨가해도 되고, Pd 피복 후의 Pd 표면에 첨가해도 되며, Au 피복 후의 Au 표면에 첨가해도 되고, 각 피복 공정에 조립해도 된다. 피착 방법으로서, (1) 수용액의 도포⇒건조⇒열처리, (2) 도금법(습식), (3) 증착법(건식)으로부터 선택할 수 있다.
- [0074] 수용액의 도포⇒건조⇒열처리의 방법을 채용하는 경우, 먼저 상기 성분 원소를 포함하는 수용성 화합물로 적당한 농도의 수용액을 제조한다. 이에 의해, 상기 성분을 와이어 재료에 도입할 수 있다. 와이어 제조 공정 중 어디에 조립해도 되고, 복수회 반복해도 된다. 복수의 공정으로 조립해도 된다. Pd 피복 전의 Cu 표면에 첨가해도 되고, Pd 피복 후의 Pd 표면에 첨가해도 되며, Au 피복 후의 Au 표면에 첨가해도 되고, 각 피복 공정에 조립해도 된다.

- [0075] 도금법(습식)을 사용하는 경우, 도금법은, 전해 도금법, 무전해 도금법 중 어느 것이어도 적용 가능하다. 전해 도금법에서는, 통상의 전해 도금 이외에 플래시 도금이라 불리는 도금 속도가 빠르며 하지와의 밀착성도 양호한 도금법도 적용 가능하다. 무전해 도금에 사용하는 용액은, 치환형과 환원형이 있다. 일반적으로 도금 두께가 얇은 경우에는 치환형 도금, 두꺼운 경우에는 환원형 도금이 적용되지만, 어느 것이어도 적용 가능하고, 첨가하고자 하는 농도에 따라서 선택하며, 도금액 농도, 시간을 조정하면 된다. 전해 도금법, 무전해 도금법은 모두, 와이어 제조 공정 중 어디에 조립해도 되고, 복수회 반복해도 된다. 복수의 공정으로 조립해도 된다. Pd 피복 전의 Cu 표면에 첨가해도 되고, Pd 피복 후의 Pd 표면에 첨가해도 되며, Au 피복 후의 Au 표면에 첨가해도 되고, 각 피복 공정에 조립해도 된다.
- [0076] 증착법(건식)에는, 스퍼터링법, 이온 플레이팅법, 진공 증착법, 플라즈마 CVD 등이 있다. 건식이기 때문에 전 처리 후 처리가 불필요하여, 오염의 우려도 없는 것이 특징이다. 일반적으로 증착법은, 목적으로 하는 원소의 첨가 속도가 느린 것이 문제이지만, 상기 성분 원소는 첨가 농도가 비교적 낮으므로, 본 발명의 목적으로서는 적합한 방법 중 하나이다.
- [0077] 각 증착법은, 와이어 제조 공정 중 어디에 조립해도 되고, 복수회 반복해도 된다. 복수의 공정으로 조립해도 된다. Pd 피복 전의 Cu 표면에 첨가해도 되고, Pd 피복 후의 Pd 표면에 첨가해도 되며, Au 피복 후의 Au 표면에 첨가해도 되고, 각 피복 공정에 조립해도 된다.
- [0078] 본딩 와이어의 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 대하여 결정 방위를 측정된 결과에 있어서, 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대하여 각도차가 15도 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율을 30% 이상으로 하고, 본딩 와이어의 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 있어서의 평균 결정 입경을 0.9 내지 1.5 μm 로 하기 위한 제조 방법에 대하여 설명한다.
- [0079] 본딩 와이어에, Cu 합금 코어재 중에 고온 환경 하에 있어서의 접촉 신뢰성을 부여하는 원소를 함유시키면, 와이어의 재료 강도(경도)가 높아진다. 그 때문에, Cu 중심선의 본딩 와이어를 신선 가공할 때에는, 신선 시의 감면율을 5 내지 8%로 낮은 감면율로 하였다. 또한, 신선 후의 열처리에 있어서, 역시 경도가 높기 때문에, 본딩 와이어로서 사용할 수 있는 레벨까지 연질화하기 위해서 600℃ 이상의 온도에서 열처리를 행하였다. 높은 열 처리 온도로 인해, 와이어 길이 방향의 <100> 방위 비율이 30% 미만으로 되고, 동시에 코어재 단면에 있어서의 평균 결정 입경이 1.5 μm 초과로 되며, 내력비가 1.6을 초과하게 되었다. 한편, 내력비를 저감시키려고 열 처리 온도를 저하시키면, 코어재 단면에 있어서의 평균 결정 입경이 0.9 μm 미만으로 되고, 내력비가 1.1 미만으로 되어 웨지 접합성이 열악한 것이 되었다.
- [0080] 이에 비해, 본 발명에 있어서는, 다이스를 사용한 신선 시에 있어서, 전체 다이스수 중 절반 이상의 다이스에 있어서 감면율을 10% 이상으로 하고, 추가로 신선 후의 열처리에 있어서의 열 처리 온도를 500℃ 이하로 낮은 온도로 하였다. 그 결과, 본딩 와이어의 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 대하여 결정 방위를 측정된 결과에 있어서, 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대하여 각도차가 15도 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율을 30% 이상으로 하고, 본딩 와이어의 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 있어서의 평균 결정 입경을 0.9 내지 1.5 μm 로 할 수 있었다. 최신의 신선 가공 기술을 적용하고, 윤활액으로서, 윤활액에 포함되는 비이온계 계면 활성제의 농도를 종래보다 높게 설계하고, 다이스 형상으로 하여, 다이스의 어프로치 각도를 종래의 것보다도 완만하게 설계하며, 다이스의 냉각수 온도를 종래보다도 낮게 설정하는 것 등의 상승 효과에 의해, Cu 합금 코어재 중에 Ni 등의 성분을 총계로 0.03질량% 이상 함유하여 경질화하였음에도 불구하고, 감면율 10% 이상의 신선 가공이 가능해졌다.
- [0081] 와이어 단면의 결정 방위를 측정할 때에는, 후방 산란 전자선 회절법(EBSD, Electron Backscattered Diffraction)을 사용하면 바람직하다. EBSD법은, 관찰면의 결정 방위를 관찰하여, 인접하는 측정점간에서의 결정 방위의 각도차를 도출할 수 있다는 특징을 갖고, 본딩 와이어와 같은 세선이라도, 비교적 간편하면서 고정밀도로 결정 방위를 관찰할 수 있다. 입경 측정에 대해서는, EBSD법에 의한 측정 결과에 대하여, 장치에 장비되어 있는 해석 소프트웨어를 이용함으로써 구할 수 있다. 본 발명에서 규정하는 결정 입경은, 측정 영역 내에 포함되는 결정립의 상당 직경(결정립의 면적에 상당하는 원의 직경; 원 상당 직경)을 산술 평균한 것이다.
- [0082] 본 발명은 상기 실시 형태에 한정되는 것은 아니고, 본 발명의 취지 범위 내에서 적절히 변경하는 것이 가능하다.
- [0083] **실시예**
- [0084] 이하에서는, 실시예를 나타내면서, 본 발명의 실시 형태에 따른 본딩 와이어에 대해서, 구체적으로 설명한다.

- [0085] <본 발명에 1 내지 59 및 비교예 1 내지 16>
- [0086] (샘플의 제작)
- [0087] 먼저 샘플의 제작 방법에 대하여 설명한다. 코어재의 원재료가 되는 Cu는 순도가 99.99질량% 이상이며 잔부가 불가피 불순물로 구성되는 것을 사용하였다. Au, Pd, Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt는 순도가 99질량% 이상이며 잔부가 불가피 불순물로 구성되는 것을 사용하였다. 와이어 또는 코어재의 조성이 목적으로 하는 것이 되도록, 코어재로의 첨가 원소인 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt를 조합한다. Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt의 첨가에 대해서는, 단체에서의 조합도 가능하지만, 단체에서 고용점의 원소나 첨가량이 극미량인 경우에는, 첨가 원소를 포함하는 Cu 모합금을 미리 제작해두어, 목적으로 하는 첨가량이 되도록 조합해도 된다. 본 발명에 27 내지 47에서는, 추가로 Ga, Ge, As, Te, Sn, Sb, Bi, Se, B, P, Mg, Ca, La 중 1종 이상을 함유시켰다.
- [0088] 코어재의 Cu 합금은, 연속 주조에 의해 수mm의 선 직경으로 되도록 제조하였다. 얻어진 수mm의 합금에 대하여, 인발 가공을 행하여 $\phi 0.3$ 내지 1.4mm의 와이어를 제작하였다. 신선에는 시판되고 있는 윤활액을 사용하고, 신선 속도는 20 내지 150m/분으로 하였다. 와이어 표면의 산화막을 제거하기 위해, 염산 등에 의한 산세 처리를 행한 후, 코어재의 Cu 합금의 표면 전체를 닦도록 Pd 피복층을 1 내지 15 μ m 형성하였다. 추가로, 일부의 와이어는 Pd 피복층 상에 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 0.05 내지 1.5 μ m 형성하였다. Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 형성에는 전해 도금법을 사용하였다. 도금액은 시판되고 있는 반도체용 도금액을 사용하였다. 그 후, 감면율 10 내지 21%의 다이스를 주로 사용하여 신선 가공을 행하고, 또한 도중에 1 내지 3회의 열처리를 200 내지 500℃에서 행함으로써 직경 20 μ m까지 가공하였다. 가공 후에는 최종적으로 파단 신율이 약 5 내지 15%로 되도록 열처리를 하였다. 열처리 방법은 와이어를 연속적으로 소인하면서 행하고, N₂ 또는 Ar 가스를 흐르게 하면서 행하였다. 와이어의 이송 속도는 10 내지 90m/분, 열 처리 온도는 350 내지 500℃이며 열처리 시간은 1 내지 10초로 하였다.
- [0089] (평가 방법)
- [0090] 와이어 중의 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge, As, Te, Sn, Sb, Bi, Se, B, P, Mg, Ca, La 함유량에 대해서는, ICP 발광 분광 분석 장치를 이용하여, 본딩 와이어 전체에 포함되는 원소의 농도로서 분석하였다.
- [0091] Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 농도 분석에는, 본딩 와이어의 표면으로부터 깊이 방향을 향해 스퍼터 등으로 깎으면서 오제 전자 분광 분석을 실시하였다. 얻어진 깊이 방향의 농도 프로파일로부터, Pd 피복층 두께, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층 두께를 구하였다.
- [0092] 본딩 와이어의 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 있어서의 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대하여 각도차가 15도 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율에 대해서는, EBSD법으로 관찰면(즉, 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면)의 결정 방위를 관찰한 후에 산출하였다. EBSD 측정 데이터의 해석에는 전용 소프트웨어(TSL 솔루션즈계 OIM analysis 등)를 이용하였다. 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 있어서의 평균 결정 입경에 대해서는, EBSD법으로 관찰면의 결정 방위를 관찰한 후에 산출하였다. EBSD 측정 데이터의 해석에는 전용 소프트웨어(TSL 솔루션즈계 OIM analysis 등)를 이용하였다. 결정 입경은, 측정 영역 내에 포함되는 결정립의 상당 직경(결정립의 면적에 상당하는 원의 직경; 원 상당 직경)을 산술 평균한 것이다.
- [0093] 0.2%내력과 최대 내력에 대해서는, 표점간 거리를 100mm로 하여 인장 시험을 행함으로써 평가하였다. 인장 시험 장치로서는, 인스트론사제 만능 재료 시험기 5542형을 사용하였다. 0.2%내력은 장치에 장비된 전용 소프트웨어를 사용하여 산출하였다. 또한, 파단되었을 때의 하중을 최대 내력으로 하였다. 하기 (1) 식으로부터 내력비를 산출하였다.
- [0094]
$$\text{내력비} = \text{최대 내력} / 0.2\% \text{내력} \quad (1)$$
- [0095] 와이어 접합부에 있어서의 웨지 접합성의 평가는, BGA 기관의 웨지 접합부에 1000개의 본딩을 행하고, 접합부의 박리의 발생 빈도에 의해 판정하였다. 사용한 BGA 기관은 Ni 및 Au의 도금을 실시한 것이다. 본 평가에서는, 통상보다도 엄격한 접합 조건을 상정하여, 스테이지 온도를 일반적인 설정 온도 영역보다도 낮은 150℃로 설정하였다. 상기 평가에 있어서, 불량이 11개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량이 6 내지 10개이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있음으로 하여 △ 표시, 불량이 1 내지 5개인 경우에는 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 불량 발생하지 않은 경우에는 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 1 내지 표 4의 「웨지 접합성」의 란에 표기하였다.
- [0096] 고온 고습 환경 또는 고온 환경에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성은, 접합 신뢰성 평가용 샘플을 제작하고, HTS

평가를 행하여, 불 접합부의 접합 수명에 의해 판정하였다. 접합 신뢰성 평가용 샘플은, 일반적인 금속 프레임 상의 Si 기판에 두께 0.8 μ m의 Al-1.0% Si-0.5% Cu의 합금을 성막하여 형성한 전극에, 시판되고 있는 와이어 본더를 사용하여 불 접합을 행하고, 시판되는 에폭시 수지에 의해 밀봉하여 제작하였다. 불은 N₂+5% H₂ 가스를 유량 0.4 내지 0.6L/min으로 흐르게 하면서 형성시키고, 그 크기는 ϕ 33 내지 34 μ m의 범위로 하였다.

- [0097] HTS 평가에 대해서는, 제작한 접합 신뢰성 평가용 샘플을, 고온 항온기를 사용하고, 온도 200℃의 고온 환경에 노출시켰다. 불 접합부의 접합 수명은 500시간마다 불 접합부의 전단 시험을 실시하고, 전단 강도의 값이 초기에 얻어진 전단 강도의 1/2가 되는 시간으로 하였다. 고온 고습 시험 후의 전단 시험은, 산 처리에 의해 수지를 제거하여, 불 접합부를 노출시키고 나서 행하였다.
- [0098] HTS 평가의 전단 시험기는 DAGE사제 시험기를 사용하였다. 전단 강도의 값은 무작위로 선택한 불 접합부의 10군데 측정값의 평균값을 사용하였다. 상기 평가에 있어서, 접합 수명이 500시간 이상 1000시간 미만이면 실용 가능하지만 개선의 요망이 있으므로 판단하여 △ 표시, 1000시간 이상 3000시간 미만이면 실용상 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 3000시간 이상이라면 특히 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 1 내지 표 4의 「HTS」의 란에 표기하였다.
- [0099] 불 형성성(FAB 형상)의 평가는, 접합을 행하기 전의 불을 채취하여 관찰하고, 불 표면의 기포의 유무, 원래 진구인 불의 변형의 유무를 판정하였다. 상기 중 어느 것이 발생한 경우에는 불량이라고 판단하였다. 불의 형성은 용융 공정에서의 산화를 억제하기 위해, N₂ 가스를 유량 0.5L/min으로 분사하면서 행하였다. 불의 크기는 34 μ m로 하였다. 1 조건에 대하여 50개의 불을 관찰하였다. 관찰에는 SEM을 사용하였다. 불 형성성의 평가에 있어서, 불량이 5개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량이 3 내지 4개이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있으므로 하여서 △ 표시, 불량이 1 내지 2개인 경우에는 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 불량이 발생하지 않은 경우에는 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 1 내지 표 4의 「FAB 형상」의 란에 표기하였다.
- [0100] 온도가 130℃, 상대 습도가 85%인 고온 고습 환경 하에서의 불 접합부의 접합 수명에 대해서는, 이하의 HAST 평가로 평가할 수 있다. HAST 평가에 대해서는, 제작한 접합 신뢰성 평가용 샘플을, 불포화형 프레스서 쿠키 시험기를 사용하고, 온도 130℃, 상대 습도 85%의 고온 고습 환경에 노출시키고, 5V의 바이어스를 걸었다. 불 접합부의 접합 수명은 48시간마다 불 접합부의 전단 시험을 실시하고, 전단 강도의 값이 초기에 얻어진 전단 강도의 1/2가 되는 시간으로 하였다. 고온 고습 시험 후의 전단 시험은, 산 처리에 의해 수지를 제거하여, 불 접합부를 노출시키고 나서 행하였다.
- [0101] HAST 평가의 전단 시험기는 DAGE사제 시험기를 사용하였다. 전단 강도의 값은 무작위로 선택한 불 접합부의 10군데 측정값의 평균값을 사용하였다. 상기 평가에 있어서, 접합 수명이 144시간 이상 288시간 미만이면 실용상 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 288시간 이상 384시간 미만이면 우수하다고 판단하여 ◎ 표시, 384시간 이상이면 특히 우수하다고 판단하여 ◎◎ 표시로 하고, 표 1 내지 표 4의 「HAST」의 란에 표기하였다.
- [0102] 불 접합부의 찌부러진 형상의 평가는, 본딩을 행한 불 접합부를 바로 위로부터 관찰하여, 그 진원성에 의해 판정하였다. 접합 상대는 Si 기판 상에 두께 1.0 μ m의 Al-0.5% Cu의 합금을 성막한 전극을 사용하였다. 관찰은 광학 현미경을 사용하여, 1 조건에 대하여 200군데를 관찰하였다. 진원으로부터 차이가 큰 타원상인 것, 변형에 이방성을 갖는 것은 불 접합부의 찌부러진 형상이 불량하다고 판단하였다. 상기 평가에 있어서, 불량이 1 내지 3개인 경우에는 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 모두 양호한 진원성이 얻어진 경우에는, 특히 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 1 내지 표 4의 「찌부러진 형상」의 란에 표기하였다.

표 1

No.	첨가원소(질량%)						M _A 총계	기타	피복층		합금 표피층의 두께 (μm)	결정 조직	기계적 특성			와이어 품질					
	Ni	P	Zn	Rh	In	Ir			두께 (μm)	Pd 최대 두께 (μm)			와이어 C 단면의 C 비율 (%)	평균 결정 입径 (μm)	최대 내력 ① ($\text{mN}/\mu\text{m}^2$)	0.2% 내력 ② ($\text{mN}/\mu\text{m}^2$)	내력비 ①/②	웨이징 적합성	HTS 형상	FAB HAST 형상	저부 러진 형상
1	0.7						0.7	0.015	97	-	92	1.1	0.19	0.16	1.19	◎	◎	◎	◎		
2			1.2				1.2	0.050	100	-	72	0.9	0.22	0.17	1.29	◎	◎	◎	◎		
3				1.0			1.0	0.100	100	-	71	1.0	0.24	0.16	1.50	◎	◎	◎	◎		
4					0.5		0.5	0.150	100	-	72	1.1	0.29	0.24	1.21	◎	◎	◎	◎		
5						0.1	0.1	0.015	98	-	75	1.2	0.30	0.22	1.36	◎	◎	◎	◎		
6		0.03					0.03	0.050	100	-	63	1.3	0.31	0.20	1.55	◎	◎	◎	◎		
7	1.1					0.3	1.4	0.100	100	-	75	1.0	0.33	0.28	1.18	◎	◎	◎	◎		
8			1.2				2.0	0.150	100	-	65	0.9	0.34	0.27	1.26	◎	◎	◎	◎		
9		0.1				0.7	0.8	0.015	98	-	51	1.2	0.35	0.22	1.59	◎	◎	◎	◎		
10	0.6					0.1	0.75	0.100	100	-	97	1.2	0.33	0.30	1.10	◎	◎	◎	◎		
11			0.8			0.05	1.9	0.150	100	-	80	1.1	0.34	0.28	1.21	◎	◎	◎	◎		
12	0.05	0.05			0.05		0.15	0.015	99	-	70	1.2	0.35	0.22	1.59	◎	◎	◎	◎		
13		0.3	1.0				1.4	0.015	97	-	54	1.0	0.35	0.23	1.52	◎	◎	◎	◎		
14	0.5						0.5	0.015	98	0.0005	91	1.1	0.20	0.18	1.11	◎	◎	◎	◎		
15			1.2				1.2	0.050	100	0.0010	70	0.9	0.21	0.17	1.24	◎	◎	◎	◎		
16					0.7		0.7	0.100	100	0.0100	69	1.1	0.22	0.15	1.47	◎	◎	◎	◎		
17						0.3	0.3	0.150	100	0.0500	70	1.2	0.28	0.24	1.17	◎	◎	◎	◎		
18						0.1	0.1	0.015	98	0.0005	76	1.2	0.29	0.22	1.32	◎	◎	◎	◎		
19		0.05					0.05	0.050	100	0.0010	64	1.3	0.30	0.19	1.58	◎	◎	◎	◎		
20	0.5					0.3	0.8	0.100	100	0.0100	74	1.1	0.33	0.28	1.18	◎	◎	◎	◎		
21			1.2				1.3	0.150	100	0.0500	64	1.2	0.34	0.26	1.31	◎	◎	◎	◎		
22		0.01			0.7		0.71	0.015	99	0.0005	50	1.1	0.35	0.23	1.52	◎	◎	◎	◎		
23	0.6				0.1	0.05	0.75	0.050	100	0.0010	98	1.0	0.30	0.20	1.50	◎	◎	◎	◎		
24			0.8			0.8	1.9	0.100	100	0.0100	85	0.9	0.33	0.29	1.14	◎	◎	◎	◎		
25	0.05	0.05			0.05		0.15	0.150	100	0.0500	74	1.3	0.34	0.25	1.36	◎	◎	◎	◎		
26		0.3	1.0				1.4	0.015	97	0.0100	51	0.9	0.35	0.25	1.40	◎	◎	◎	◎		

본 발명 예

표 2

No.	첨가 원소(질량%)						외복층		결정 조직	기계적 특성			와이어 품질								
	Ni	P	Zn	Rh	In	Ir	Mn 총계	기타		평균 표면층의 두께 (μm)	표면층의 두께 (μm)	와이어(C 단면의 <100> 방향의 비틀림 (%)	최대 내력 ① (MN/μm ²)	0.2% 내력 ② (MN/μm ²)	내력비 ①/②	웨이퍼 품질	HTS 형성	FAB 형성	HAST	적분 리진 형성	
																					두께 (μm)
27	0.7						0.7	Ge:0.007	0.100	100	-	88	0.9	0.22	0.18	1.22	◎	◎	◎	◎	◎
28			1.1				1.1	Ge:0.008	0.050	100		75	1.0	0.25	0.17	1.47	◎	◎	◎	◎	◎
29				0.7			0.7	As:0.003	0.050	100		72	1.0	0.30	0.21	1.43	◎	◎	◎	◎	◎
30					1.2		1.2	Te:0.001	0.150	100		67	1.2	0.31	0.24	1.29	◎	◎	◎	◎	◎
31						0.5	0.5	Sn:0.0007	0.015	96		66	1.0	0.29	0.22	1.32	◎	◎	◎	◎	◎
32		0.05					0.05	Sb:0.0008	0.050	100	-	74	1.1	0.35	0.29	1.21	◎	◎	◎	◎	◎
33	1.0						1.0	Bi:0.00008	0.100	100		80	1.1	0.31	0.22	1.41	◎	◎	◎	◎	◎
34			0.8				0.8	Se:0.0001	0.100	100		92	0.9	0.27	0.19	1.42	◎	◎	◎	◎	◎
35							0.05	Ge:0.003	0.100	100		72	1.2	0.30	0.19	1.58	◎	◎	◎	◎	◎
36							0.08	Te:0.0008	0.150	100	0.0050	55	1.3	0.33	0.25	1.32	◎	◎	◎	◎	◎
37							0.1	As:0.001	0.150	100	0.0100	82	1.1	0.32	0.25	1.28	◎	◎	◎	◎	◎
38	0.08						0.08	Bi:0.0008	0.050	100	-	74	1.1	0.34	0.23	1.48	◎	◎	◎	◎	◎
39			1.2				1.2	P:0.004	0.050	100		77	1.2	0.29	0.20	1.45	◎	◎	◎	◎	◎
40				0.05			0.05	Mg:0.005	0.100	100		91	1.0	0.33	0.28	1.18	◎	◎	◎	◎	◎
41						0.5	0.5	Ca:0.003	0.015	95		68	1.0	0.23	0.19	1.21	◎	◎	◎	◎	◎
42						0.1	0.1	La:0.003	0.100	100	0.0100	91	0.9	0.26	0.21	1.24	◎	◎	◎	◎	◎
43		0.05					0.05	P:0.006	0.050	100	0.0050	68	1.1	0.29	0.19	1.53	◎	◎	◎	◎	◎
44	0.6						0.6	P:0.003	0.015	100	0.0100	57	1.3	0.33	0.24	1.38	◎	◎	◎	◎	◎
45	0.5						0.5	Ca:0.001	0.100	100	0.0100	90	0.9	0.25	0.21	1.19	◎	◎	◎	◎	◎
46			0.5				0.5	Bi:0.015	0.050	100	0.0050	67	1.1	0.28	0.19	1.47	◎	◎	◎	◎	◎
47						0.5	0.5	P:0.02	0.015	100	0.0100	56	1.3	0.33	0.24	1.38	◎	◎	◎	◎	◎
48	0.011						0.011	La:0.018	0.015	98		75	1.0	0.21	0.18	1.17	◎	◎	◎	◎	◎
49		0.011					0.011		0.050	100		72	1.0	0.19	0.16	1.19	◎	◎	◎	◎	◎
50			0.011				0.011		0.100	100		67	1.2	0.23	0.19	1.21	◎	◎	◎	◎	◎
51				0.011			0.011		0.150	100		66	1.0	0.22	0.18	1.22	◎	◎	◎	◎	◎
52							0.011		0.050	100		74	1.1	0.21	0.18	1.17	◎	◎	◎	◎	◎
53							0.011		0.100	100		80	0.9	0.23	0.2	1.15	◎	◎	◎	◎	◎

본 발명의

표 3

No.	질기 원소(질량%)						M _A 총계	기타	외복층		합금 표면층의 두께 (μm)	와이어C 단면의 <100> 비율 (%)	평균 결정 입자 크기 (μm)	기계적 특성			와이어 품질			
	Ni	Pt	Zn	Rh	In	Ir			두께 (μm)	Pd 최대 농도 (at%)				최대 내력 ① (mN/μm ²)	0.2% 내력 ② (mN/μm ²)	내력비 ①/②	웨이 접합성	HTS	FAB 형상	HAST
54	0.02						0.02	0.015	97		30	1	0.31	0.24	1.29	◎	○	○	○	
55		0.02					0.02	0.05	100		41	1	0.33	0.22	1.50	◎	○	◎	○	
56			0.02				0.02	0.1	100		49	1.2	0.28	0.19	1.47	◎	○	◎	○	
57				0.02			0.02	0.15	100		52	1.3	0.32	0.27	1.19	◎	○	◎	○	
58					0.02		0.02	0.05	100		60	1.4	0.22	0.18	1.22	◎	○	◎	○	
59						0.02	0.02	0.1	100		74	1.5	0.25	0.20	1.25	◎	○	◎	○	

표 4

No.	첨가 원소										Pd 피복층 두께 (μm)	Pd 최대 농도 (at%)	합금 피복층의 두께 (μm)	와이어 C 단면의 비결정률 (%)	평균 결정 입경 (μm)	기계적 특성			웨이저 품질	FAB 형성	HAST	HAST	최부 외진 형성							
	Ni	Pd	Pt	Zn	Rh	In	Ir	Ca	Ge	As						Te	Sn	Sb						Bi	Se	최대 내력 ① (mN/μm ²)	0.2% 내력 ② (mN/μm ²)	내력비 ①/②		
1	0.7															0.015	98	-	50	0.8	0.35	0.32	1.09	-	×	◎	○	○	○	○
2				1.2												0.150	100	-	29	1.7	0.29	0.16	1.81	-	×	◎	○	○	○	○
3	0.6				0.1	0.03										0.100	100	-	51	0.7	0.28	0.26	1.08	-	×	◎	○	○	○	○
4																0.050	100	-	25	0.9	0.21	0.12	1.75	-	×	◎	○	○	○	○
5					0.1											0.015	96	-	20	1.1	0.30	0.17	1.76	-	×	◎	○	○	○	○
6					0.8											0.150	100	-	21	1.6	0.35	0.19	1.84	-	×	◎	○	○	○	○
7							1.2									0.050	100	-	22	1.0	0.21	0.12	1.75	-	×	◎	○	○	○	○
8	1.1															0.100	100	-	25	1.6	0.30	0.18	1.67	-	×	◎	○	○	○	○
9	0.05															0.015	97	-	28	1.8	0.34	0.20	1.70	-	△	◎	○	○	○	○
10																0.015	98	-	22	0.8	0.20	0.19	1.05	-	×	△	◎	○	○	○
11																0.15	100	-	23	0.7	0.26	0.24	1.08	-	×	△	◎	○	○	○
12																0.05	100	-	25	0.9	0.35	0.21	1.67	-	△	◎	○	○	○	○
13																0.1	100	-	23	1.1	0.31	0.19	1.63	-	△	◎	○	○	○	○
14																0.05	96	-	22	1.6	0.24	0.14	1.71	-	×	△	◎	○	○	○
15																0.15	100	-	92	1.1	0.21	0.12	1.75	-	×	◎	○	○	○	○
16																0.05	100	-	45	1.4	0.34	0.21	1.62	-	△	◎	○	○	○	○

[0106]

[0107] (평가 결과)

[0108] 본 발명에 1 내지 59의 본딩 와이어는, 와이어 중에 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt를, 0.011 내지 1.2질량% 함유함과 함께, 내력비(=최대 내력/0.2%내력)는 모두 1.1 내지 1.6의 범위 내이며, HTS 평가에 의한 볼 접합부 고온 신뢰성, 및 웨지 접합성의 모두가 양호한 결과가 되었다. 본 발명의 본딩 와이어에 대해서는, 신선 시의 감면율을 10% 이상으로 하고, 신선 후의 열처리에 있어서의 열 처리 온도를 500℃ 이하로 낮은 온도로 하였으므로, 본딩 와이어의 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 대하여 결정 방위를 측정된 결과에 있어서, 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대하여 각도차가 15도 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율을 30% 이상으로 하고, 본딩 와이어의 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 있어서의 평균 결정 입경을 0.9 내지 1.5 μm로 할 수 있어, 내력비를 상기 범위로 할 수 있었다고 생각된다.

[0109] 또한, 본 발명에 관한 본딩 와이어는, Cu 합금 코어재와, Cu 합금 코어재의 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖고, Pd 피복층의 두께가 적합 범위인 0.015 내지 0.150μm의 범위에 있으며, FAB 형상이 모두 양호하였다.

[0110] 한편, 내력비가 1.1 미만인 비교예 1, 3, 10, 11에 대해서는, 웨지 접합성이 모두 불량하고, 내력비가 1.6을 초

과하는 비교예 2, 4 내지 9, 12 내지 16에 대해서는, 웨지 접합성이 불량이거나 또는 문제가 있었다. 특히, 비교예 15 및 16에서는, 와이어 중에 고온 환경 하에 있어서의 접속 신뢰성을 부여하는 원소가 포함되지 않았기 때문에, HTS, HAST의 결과도 불량하였다. 비교예 1, 3, 10, 11에 있어서 내력비가 낮아진 것은, 다이스의 감면율을 10% 미만으로 하였기 때문에, 코어재 단면에 있어서의 평균 결정 입경이 0.9 μ m 미만으로 된 것이 한 요인이라고 생각된다. 비교예 2, 4 내지 9, 12 내지 14에서 내력비가 증대된 것은, 열 처리 온도를 600 $^{\circ}$ C 이상으로 높은 온도로 하였기 때문에, 와이어 길이 방향의 <100> 방위 비율이 30% 미만으로 된 것이 한 요인이라고 생각되며, 특히 비교예 2, 6, 8, 9, 14에서는, 열 처리 온도를 620 $^{\circ}$ C 이상으로 높은 온도로 하였기 때문에, 코어재 단면에 있어서의 평균 결정 입경이 1.5 μ m 초과로 된 것도 한 요인이라고 생각된다.

[0111] <본 발명에 2-1 내지 2-40>

[0112] (샘플)

[0113] 먼저 샘플의 제작 방법에 대하여 설명한다. 코어재의 원재료가 되는 Cu는 순도가 99.99질량% 이상이며 잔부가 불가피 불순물로 구성되는 것을 사용하였다. Ga, Ge, Ni, Ir, Pt, Pd, B, P, Mg는 순도가 99질량% 이상이며 잔부가 불가피 불순물로 구성되는 것을 사용하였다. 와이어 또는 코어재의 조성이 목적으로 하는 것이 되도록, 코어재로의 첨가 원소인 Ga, Ge, Ni, Ir, Pt, Pd, B, P, Mg를 조합한다. Ga, Ge, Ni, Ir, Pt, Pd, B, P, Mg의 첨가에 대해서는, 단체에서의 조합도 가능하지만, 단체에서 고융점의 원소나 첨가량이 극미량인 경우에는, 첨가 원소를 포함하는 Cu 모합금을 미리 제작해두어, 목적으로 하는 첨가량이 되도록 조합해도 된다.

[0114] 코어재의 Cu 합금은, 직경이 ϕ 3 내지 6mm인 원주형으로 가공한 카본 도가니에 원료를 장전하고, 고주파로를 사용하여, 진공 중 또는 N₂나 Ar 가스 등의 불활성 분위기에서 1090 내지 1300 $^{\circ}$ C까지 가열하여 용해시킨 후, 노령을 행함으로써 제조하였다. 얻어진 ϕ 3 내지 6mm의 합금에 대하여, 인발 가공을 행하여 ϕ 0.9 내지 1.2mm까지 가공한 후, 다이스를 사용하여 연속적으로 신선 가공 등을 행함으로써, ϕ 300 내지 600 μ m의 와이어를 제작하였다. 신선에는 시판되고 있는 윤활액을 사용하고, 신선 속도는 20 내지 150m/분으로 하였다. 와이어 표면의 산화막을 제거하기 위해, 염산에 의한 산세 처리를 행한 후, 코어재의 Cu 합금의 표면 전체를 덮도록 Pd 피복층을 1 내지 15 μ m 형성하였다. 또한, 일부의 와이어는 Pd 피복층 상에 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 0.05 내지 1.5 μ m 형성하였다. Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 형성에는 전해 도금법을 사용하였다. 도금액은 시판되고 있는 반도체용 도금액을 사용하였다. 그 후, 200 내지 500 $^{\circ}$ C의 열처리와 신선 가공을 반복적으로 행함으로써 직경 20 μ m까지 가공하였다. 가공 후에는 최종적으로 파단 신율이 약 5 내지 15%로 되도록 N₂ 또는 Ar 가스를 흐르게 하면서 열처리를 하였다. 열처리 방법은 와이어를 연속적으로 소인하면서 행하고, N₂ 또는 Ar 가스를 흐르게 하면서 행하였다. 와이어의 이송 속도는 20 내지 200m/분, 열 처리 온도는 200 내지 600 $^{\circ}$ C이며 열처리 시간은 0.2 내지 1.0초로 하였다.

[0115] Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 농도 분석은, 본딩 와이어의 표면으로부터 깊이 방향을 향해 Ar 이온으로 스퍼터링하면서 오제 전자 분광 분석 장치를 사용하여 분석하였다. 피복층 및 표피 합금층의 두께는, 얻어진 깊이 방향의 농도 프로파일(깊이의 단위는 SiO₂ 환산)로부터 구하였다. Pd의 농도가 50원자% 이상이며, 또한 Au의 농도가 10원자% 미만인 영역을 Pd 피복층으로 하고, Pd 피복층의 표면에 있는 Au 농도가 10원자% 이상의 범위인 영역을 합금 표피층으로 하였다. 피복층 및 합금 표피층의 두께 및 Pd 최대 농도를 각각 표 5 및 표 6에 기재하였다. Cu 합금 코어재에 있어서의 Pd의 농도는, 와이어 단면을 노출시켜, 주사형 전자 현미경에 비치된 전자선 마이크로애널라이저에 의해 선 분석, 점 분석 등을 행하는 방법에 의해 측정하였다. 와이어 단면을 노출시키는 방법으로는, 기계 연마, 이온 에칭법 등을 이용하였다. 본딩 와이어 중의 Ga, Ge, Ni, Ir, Pt, B, P, Mg의 농도는, 본딩 와이어를 강산으로 용해시킨 액을 ICP 발광 분광 분석 장치, ICP 질량 분석 장치를 이용하여 분석하고, 본딩 와이어 전체에 포함되는 원소의 농도로서 검출하였다.

[0116] 상기 수순으로 제작한 각 샘플의 구성을 하기 표 5 및 표 6에 나타낸다.

표 5

No.	Ms		Ms 총계	평가 원소				기타			피복층		활공의 표피층의 두께 (μm)	외이어 C 단면의 <100> 비율 (%)	평균 결정 크기 (μm)	기계적 특성			외이어 품질					
	Ga	Ge		Ni	Pd	Pr	Ir	B	P	Ms	두께 (μm)	Pd 취대 층도 (μm)				최대 내력 ① ($\text{mN}/\mu\text{m}^2$)	0.2% 내력 ② ($\text{mN}/\mu\text{m}^2$)	내력비 ①/②	취지 점합성	HTS	FAB 형상	HAST	적부 덕신 형상	리양
2-1	0.025		0.025								0.015	98	0.0005	71	1.2	0.23	0.17	1.35	◎	△	○	○	○	◎
2-2	0.500		0.500								0.1	100	0.0005	70	0.9	0.25	0.18	1.39	◎	△	◎	◎	◎	◎
2-3	1.500		1.500								0.05	100	0.001	71	1.0	0.30	0.23	1.30	◎	△	◎	◎	◎	◎
2-4	0.011		0.011								0.1	100	0.001	74	1.1	0.31	0.23	1.35	◎	△	◎	△	◎	◎
2-5	0.025		0.025								0.05	100	0.08	62	1.1	0.32	0.25	1.28	◎	△	△	○	○	◎
2-6	0.300		0.300								0.05	100	0.01	74	1.3	0.34	0.26	1.31	◎	△	◎	◎	◎	◎
2-7	1.500		1.500								0.1	100	0.01	64	1.0	0.35	0.30	1.17	◎	△	◎	◎	◎	◎
2-8	0.015	0.011	0.026								0.05	100	0.001	50	1.2	0.34	0.22	1.55	◎	△	◎	△	◎	◎
2-9	0.050	0.600	0.650								0.05	100	0.01	96	0.9	0.21	0.19	1.11	◎	△	◎	◎	◎	◎
2-10	0.600	0.850	1.450								0.05	100	0.003	79	1.0	0.22	0.16	1.38	◎	△	◎	◎	◎	◎
2-11	0.002	0.800	0.802								0.05	100	0.003	69	1.0	0.23	0.19	1.21	◎	△	◎	◎	◎	◎
2-12	0.030		0.030								0.15	100	0.001	53	1.1	0.30	0.19	1.58	◎	○	◎	○	◎	◎
2-13	0.030		0.030				0.50				0.05	100	-	70	1.2	0.28	0.21	1.33	◎	○	◎	○	◎	◎
2-14	0.030		0.030				1.20				0.1	100	0.01	88	1.0	0.29	0.25	1.16	◎	◎	◎	○	◎	◎
2-15	0.030		0.030				0.50				0.05	100	0.01	69	1.1	0.32	0.26	1.23	◎	○	◎	○	◎	◎
2-16	0.030		0.030				1.20				0.1	100	0.01	75	1.3	0.33	0.25	1.32	◎	◎	◎	○	◎	◎
2-17	0.030		0.030				0.50				0.015	96	0.0005	63	1.2	0.34	0.28	1.21	◎	○	◎	○	◎	◎
2-18	0.030		0.030				1.20				0.1	100	0.01	73	1.0	0.31	0.23	1.35	◎	◎	◎	○	◎	◎
2-19	0.030		0.030				0.80				0.15	100	0.01	63	1.0	0.34	0.29	1.17	◎	◎	◎	○	◎	◎
2-20	0.030		0.030				1.20				0.05	100	0.003	51	1.0	0.21	0.14	1.50	◎	◎	◎	○	◎	◎

표 6

No.	M ₈		M ₉ 총계	철기 원소			기타		외복층		합금 표피층의 두께 (μm)	와이어(C) 단면의 <100> 비율 (%)	결정 조직 평균 결정 입径 (μm)	기계적 특성			웨이저 적합성	와이어 품질				
	Ga	Ca		Fe	P	S	Mg	두께 (μm)	표피 층도 (μm)	최대 내력 ① ($\text{GN}/\mu\text{m}^2$)				0.2% 내력 ②	내력비 ①/②	HFS		FAB 형상	HAST	적부 리진 형상	리진	
2-21	0.030	0.030	0.030			1.20			0.15	100	0.001	84	0.9	0.29	0.20	1.45	◎	◎	◎	◎	◎	◎
2-22	0.030	0.030	0.030			0.80			0.15	100	0.08	73	1.0	0.30	0.23	1.30	◎	◎	△	◎	◎	◎
2-23	0.030	0.030	0.030			1.20			0.15	100	0.001	50	1.1	0.28	0.18	1.56	◎	◎	◎	◎	◎	◎
2-24	0.030	0.030	0.030			0.80			0.015	97	0.003	87	1.3	0.34	0.23	1.48	◎	◎	◎	◎	◎	◎
2-25	0.030	0.030	0.030			1.20			0.1	100	0.003	76	1.1	0.30	0.22	1.36	◎	◎	◎	◎	◎	◎
2-26	0.500		0.500						0.05	100	0.003	66	0.9	0.26	0.21	1.24	◎	◎	◎	◎	◎	◎
2-27	0.500		0.500			0.90			0.05	100	-	65	1.2	0.29	0.24	1.21	◎	◎	◎	◎	◎	◎
2-28	0.500		0.500			0.90			0.05	100	0.003	92	1.2	0.32	0.29	1.10	◎	◎	◎	◎	◎	◎
2-29	0.500		0.500			0.90			0.15	100	0.01	72	1.2	0.33	0.25	1.32	◎	◎	◎	◎	◎	◎
2-30	0.500		0.500			0.90			0.15	100	0.001	54	1.1	0.31	0.2	1.55	◎	◎	◎	◎	◎	◎
2-31	0.500		0.500			0.90			0.15	100	0.01	81	1.0	0.25	0.17	1.47	◎	◎	◎	◎	◎	◎
2-32	0.800	0.500	1.300			0.50			0.015	99	0.003	73	1.2	0.33	0.25	1.32	◎	◎	◎	◎	◎	◎
2-33	0.080	1.200	1.280			0.50	15		0.15	100	0.01	76	1.3	0.29	0.22	1.32	◎	◎	◎	◎	◎	◎
2-34	0.300	0.500	0.800			0.50			0.015	96	0.003	67	1.0	0.23	0.2	1.15	◎	◎	◎	◎	◎	◎
2-35	0.080	0.040	0.120			0.50			0.015	98	0.001	91	1.1	0.33	0.3	1.10	◎	◎	◎	◎	◎	◎
2-36	1.000	0.100	1.100						0.15	100	0.05	67	1.2	0.29	0.25	1.16	◎	◎	◎	◎	◎	◎
2-37	0.050								0.015	98	-	57	1.1	0.29	0.19	1.53	◎	△	◎	◎	◎	◎
2-38									0.015	96	-	98	1.0	0.26	0.23	1.13	◎	△	◎	◎	◎	◎
2-39	1.000								0.1	100	-	75	1.0	0.35	0.26	1.35	◎	△	◎	◎	◎	◎
2-40			1.000						0.1	100	-	69	1.2	0.21	0.18	1.17	◎	△	◎	◎	◎	◎

[0118]

[0119] (평가 방법)

[0120] 와이어 표면을 관찰면으로 하여, 결정 조직의 평가를 행하였다. 평가 방법으로서, 후방 산란 전자선 회절법 (EBSD, Electron Backscattered Diffraction)을 사용하였다. EBSD법은, 관찰면의 결정 방위를 관찰하여, 인접하는 측정점간에서의 결정 방위의 각도차를 도출할 수 있다는 특징을 갖고, 본딩 와이어와 같은 세선이라도, 비교적 간편하면서 고정밀도로 결정 방위를 관찰할 수 있다.

[0121] 와이어 표면과 같은 곡면을 대상으로 하여, EBSD법을 실시하는 경우에는 주의가 필요하다. 곡률이 큰 부위를 측정하면, 정밀도가 높은 측정이 곤란해진다. 그러나, 측정에 제공하는 본딩 와이어를 평면에 직선 상으로 고정시키고, 그 본딩 와이어의 중심 근방의 평탄부를 측정함으로써, 정밀도가 높은 측정을 하는 것이 가능하다. 구체적으로는, 다음과 같은 측정 영역으로 하면 된다. 원주 방향의 사이즈는 와이어 길이 방향의 중심을 축으

로 하여 선 직경의 50% 이하로 하고, 와이어 길이 방향의 사이즈는 100 μ m 이하로 한다. 바람직하게는, 원주 방향의 사이즈는 선 직경의 40% 이하로 하고, 와이어 길이 방향의 사이즈는 40 μ m 이하로 하면, 측정 시간의 단축에 의해 측정 효율이 높아진다. 정밀도를 더 높이기 위해서는, 3군데 이상 측정하고, 변동을 고려한 평균 정보를 얻는 것이 바람직하다. 측정 장소는 근접하지 않도록, 1mm 이상 이격시키면 된다.

[0122] 본딩 와이어의 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 있어서의 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대하여 각도차가 15도 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율, 및 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 있어서의 평균 결정 입경(μ m)에 대해서는 본 발명에 1 내지 59와 동일한 방법으로 구하였다. 또한, 0.2%내력 및 최대 내력에 대해서는 본 발명에 1 내지 59와 동일한 방법으로 평가를 행하여 상기 (1) 식으로부터 내력비를 산출하였다.

[0123] 고온 고습 환경 또는 고온 환경에서의 불 접합부의 접합 신뢰성은, 접합 신뢰성 평가용 샘플을 제작하여, HAST 및 HTS 평가를 행하고, 각각의 시험에 있어서의 불 접합부의 접합 수명에 의해 판정하였다. 접합 신뢰성 평가용 샘플은, 일반적인 금속 프레임 상의 Si 기판에 두께 0.8 μ m의 Al-1.0% Si-0.5% Cu의 합금을 성막하여 형성한 전극에, 시판되고 있는 와이어 본더를 사용하여 불 접합을 행하고, 시판되는 에폭시 수지에 의해 밀봉하여 제작하였다. 불은 N₂+5% H₂ 가스를 유량 0.4 내지 0.6L/min으로 흐르게 하면서 형성시키고, 그 크기는 ϕ 33 내지 34 μ m의 범위로 하였다.

[0124] HAST 평가에 대해서는, 제작한 접합 신뢰성 평가용 샘플을, 불포화형 프레스 쿠키 시험기를 사용하고, 온도 130℃, 상대 습도 85%인 고온 고습 환경에 노출시켜, 7V의 바이어스를 걸었다. 불 접합부의 접합 수명은 48시간마다 불 접합부의 전단 시험을 실시하고, 전단 강도의 값이 초기에 얻어진 전단 강도의 1/2가 되는 시간으로 하였다. 고온 고습 시험 후의 전단 시험은, 산 처리에 의해 수지를 제거하여, 불 접합부를 노출시키고 나서 행하였다.

[0125] HAST 평가의 전단 시험기는 DAGE사제 시험기를 사용하였다. 전단 강도의 값은 무작위로 선택한 불 접합부의 10군데 측정값의 평균값을 사용하였다. 상기 평가에 있어서, 접합 수명이 96시간 미만이면 실용상 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 96시간 이상 144시간 미만이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있음으로 하여 △ 표시, 144시간 이상 288시간 미만이면 실용상 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 288시간 이상이면 특히 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 5 및 표 6의 「HAST」의 란에 표기하였다.

[0126] HTS 평가에 대해서는, 제작한 접합 신뢰성 평가용 샘플을, 고온 항온기를 사용하여, 온도 200℃의 고온 환경에 노출시켰다. 불 접합부의 접합 수명은 500시간마다 불 접합부의 전단 시험을 실시하고, 전단 강도의 값이 초기에 얻어진 전단 강도의 1/2가 되는 시간으로 하였다. 고온 고습 시험 후의 전단 시험은, 산 처리에 의해 수지를 제거하여, 불 접합부를 노출시키고 나서 행하였다.

[0127] HTS 평가의 전단 시험기는 DAGE사제 시험기를 사용하였다. 전단 강도의 값은 무작위로 선택한 불 접합부의 10군데 측정값의 평균값을 사용하였다. 상기 평가에 있어서, 접합 수명이 500시간 이상 1000시간 미만이면 실용 가능하지만 개선이 요망된다고 판단하여 △ 표시, 1000시간 이상 3000시간 미만이면 실용상 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 3000시간 이상이면 특히 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하였다.

[0128] 불 형성성(FAB 형상)의 평가는, 접합을 행하기 전의 불을 채취하여 관찰하고, 불 표면의 기포의 유무, 원래 구인 불의 변형의 유무를 판정하였다. 상기 중 어느 것이 발생한 경우에는 불량이라고 판단하였다. 불의 형성은 용융 공정에서의 산화를 억제하기 위해, N₂ 가스를 유량 0.5L/min으로 분사하면서 행하였다. 불의 크기는 34 μ m로 하였다. 1 조건에 대하여 50개의 불을 관찰하였다. 관찰에는 SEM을 사용하였다. 불 형성성의 평가에 있어서, 불량이 5개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량이 3 내지 4개이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있음으로 하여 △ 표시, 불량이 1 내지 2개인 경우에는 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 불량이 발생하지 않은 경우에는 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 5 및 표 6의 「FAB 형상」의 란에 표기하였다.

[0129] 와이어 접합부에 있어서의 웨지 접합성의 평가는, 리드 프레임의 리드 부분에 1000개의 본딩을 행하여, 접합부의 박리의 발생 빈도에 의해 판정하였다. 리드 프레임은 1 내지 3 μ m의 Ag 도금을 실시한 Fe-42 원자%Ni 합금 리드 프레임을 사용하였다. 본 평가에서는, 통상보다도 엄격한 접합 조건을 상정하여, 스테이지 온도를 일반적인 설정 온도 영역보다도 낮은 150℃로 설정하였다. 상기 평가에 있어서, 불량이 11개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량이 6 내지 10개이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있음으로 하여 △ 표시, 불량이 1 내지 5개인 경우에는 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 불량이 발생하지 않은 경우에는 우수하

다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 5 및 표 6의 「웨이 접합성」의 란에 표기하였다.

[0130] 볼 접합부의 찌부러진 형상의 평가는, 본딩을 행한 볼 접합부를 바로 위로부터 관찰하여, 그 진원성에 의해 판정하였다. 접합 상대는 Si 기판 상에 두께 1.0 μ m의 Al-0.5% Cu의 합금을 성막한 전극을 사용하였다. 관찰은 광학 현미경을 사용하고, 1 조건에 대하여 200군데를 관찰하였다. 진원으로부터 차이가 큰 타원상인 것, 변형에 이방성을 갖는 것은 볼 접합부의 찌부러진 형상이 불량하다고 판단하였다. 상기 평가에 있어서, 불량 6개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량 4 내지 5개이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있으므로 하여 △ 표시, 1 내지 3개인 경우에는 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 모두 양호한 진원성이 얻어진 경우에는, 특히 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 5 및 표 6의 「찌부러진 형상」의 란에 표기하였다.

[0131] [리닝]

[0132] 평가용의 리드 프레임에, 루프 길이 5mm, 루프 높이 0.5mm로 100개 본딩하였다. 평가 방법으로서, 칩 수평 방향으로부터 와이어 직립부를 관찰하고, 볼 접합부의 중심을 통과하는 수선과 와이어 직립부와와의 간격이 최대일 때의 간격(리닝 간격)에서 평가하였다. 리닝 간격이 와이어 직경보다도 작은 경우에는 리닝은 양호, 큰 경우에는 직립부가 경사져 있기 때문에 리닝은 불량하다고 판단하였다. 100개의 본딩한 와이어를 광학 현미경으로 관찰하여, 리닝 불량 7개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량 4 내지 6개이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있으므로 하여 △ 표시, 불량 1 내지 3개인 경우에는 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 불량이 발생하지 않은 경우에는 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 5 및 표 6의 「리닝」의 란에 표기하였다.

[0133] (평가 결과)

[0134] 표 5 및 표 6에 나타낸 바와 같이, 본 발명에 2-1 내지 2-40에 관한 본딩 와이어는, Cu 합금 코어재와, Cu 합금 코어재의 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖고, 본딩 와이어가 Ga, Ge로부터 선택되는 1종 이상의 원소를 포함하며, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 합계로 0.011 내지 1.5질량%이다. 이에 의해 본 발명에 2-1 내지 2-40에 관한 본딩 와이어는, 온도가 130℃, 상대 습도가 85%인 고온 고습 환경 하에서의 HAST시험에서 볼 접합부 신뢰성이 얻어지는 것을 확인하였다.

[0135] 추가로 본 발명에 2-1 내지 2-40에 관한 본딩 와이어는 내력비가 1.1 내지 1.6임으로써 우수한 웨지 접합성이 얻어지는 것을 확인하였다.

[0136] 본딩 와이어가 추가로 Ni, Ir, Pt, Pd로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하는 본 발명예에서는, HTS 평가에 의한 볼 접합부 고온 신뢰성이 보다 양호한 것을 확인하였다.

[0137] 본딩 와이어가 추가로 B, P, Mg로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하는 본 발명예는, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 1 내지 200질량ppm임으로써, 볼 접합부의 찌부러진 형상이 양호하였다.

[0138] <본 발명예 3-1 내지 3-56>

[0139] (샘플)

[0140] 먼저 샘플의 제작 방법에 대하여 설명한다. 코어재의 원재료가 되는 Cu는 순도가 99.99질량% 이상이며 잔부가 불가피 불순물로 구성되는 것을 사용하였다. As, Te, Sn, Sb, Bi, Se, Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge, Pd, B, P, Mg, Ca, La는 순도가 99질량% 이상이며 잔부가 불가피 불순물로 구성되는 것을 사용하였다. 와이어 또는 코어재의 조성이 목적으로 하는 것이 되도록, 코어재로의 첨가 원소인 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se, Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge, Pd, B, P, Mg, Ca, La를 조합한다. As, Te, Sn, Sb, Bi, Se, Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge, Pd, B, P, Mg, Ca, La의 첨가에 대해서는, 단체에서의 조합도 가능하지만, 단체에서 고용점의 원소나 첨가량이 극미량인 경우에는, 첨가 원소를 포함하는 Cu 모합금을 미리 제작해두어, 목적으로 하는 첨가량이 되도록 조합해도 된다.

[0141] 코어재의 Cu 합금은, 직경이 ϕ 3 내지 6mm인 원주형으로 가공한 카본 도가니에 원료를 장전하고, 고주파로를 사용하여, 진공 중 또는 N₂나 Ar 가스 등의 불활성 분위기에서 1090 내지 1300℃까지 가열하여 용해시킨 후, 노령을 행함으로써 제조하였다. 얻어진 ϕ 3 내지 6mm의 합금에 대하여, 인발 가공을 행하여 ϕ 0.9 내지 1.2mm까지 가공한 후, 다이스를 사용하여 연속적으로 신선 가공 등을 행함으로써, ϕ 300 내지 600 μ m의 와이어를 제작하였다. 신선에는 시판되고 있는 윤활액을 사용하고, 신선 속도는 20 내지 150m/분으로 하였다. 와이어 표면의 산화막을 제거하기 위해, 염산에 의한 산세 처리를 행한 후, 코어재의 Cu 합금의 표면 전체를 덮도록 Pd 피복층을

1 내지 15 μ m 형성하였다. 또한, 일부의 와이어는 Pd 피복층 상에 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 0.05 내지 1.5 μ m 형성하였다. Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 형성에는 전해 도금법을 사용하였다. 도금액은 시판되고 있는 반도체용 도금액을 사용하였다. 그 후, 200 내지 500 $^{\circ}$ C의 열처리와 신선 가공을 반복적으로 행함으로써 직경 20 μ m까지 가공하였다. 가공 후에는 최종적으로 과단 신율이 약 5 내지 15%로 되도록 N₂ 또는 Ar 가스를 흐르게 하면서 열처리를 하였다. 열처리 방법은 와이어를 연속적으로 소인하면서 행하고, N₂ 또는 Ar 가스를 흐르게 하면서 행하였다. 와이어의 이송 속도는 20 내지 200m/분, 열 처리 온도는 200 내지 600 $^{\circ}$ C이며 열처리 시간은 0.2 내지 1.0초로 하였다.

[0142] Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 농도 분석에는, 본딩 와이어의 표면으로부터 깊이 방향을 향해 스퍼터 등으로 깎으면서 오제 전자 분광 분석을 실시하였다. 얻어진 깊이 방향의 농도 프로파일로부터, Pd 피복층의 두께, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 두께 및 Pd 최대 농도를 구하였다.

[0143] 본 발명에 3-1 내지 3-50에 대해서는, As, Te, Sn, Sb, Bi, Se로부터 선택되는 원소를 코어재 중에 함유시켰다. 본 발명에 3-51 내지 3-56에 대해서는, 코어재에 순도가 99.99질량% 이상인 Cu를 사용하고, 와이어 제조 공정의 도중에, 전기 도금법에 의해, 와이어 표면(피복층)에 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se를 피착시킴으로써 함유시켰다.

[0144] 본 발명에 3-34 내지 3-44에 대해서는, 본딩 와이어의 최표면에 Cu를 존재시켰다. 그래서 표 8에는 「와이어 표면 Cu 농도」의 란을 두어, 본딩 와이어의 표면을 오제 전자 분광 장치에 의해 측정된 결과를 기재하였다. 본딩 와이어의 열 처리 온도와 시간을 선택함으로써 최표면에 소정 농도의 Cu를 함유시켰다. 본 발명에 3-1 내지 3-33, 3-45 내지 3-56에 대해서는, 최표면에 Cu를 존재시키지 않는 열처리 조건으로 하고, 오제 전자 분광 장치에서도 Cu가 검출되지 않았다.

[0145] 상기 수순으로 제작한 각 샘플의 구성을 표 7 및 표 8에 나타낸다.

표 8

No.	M ₂					M ₂ 총계	M ₁ (Zn에 대해서는 표어제 중량양분)										기타					피복층		결정 조직	와이어 특성		와이어 품질		와이어 표면 Cu 농도 (at%)							
	As	Fe	Sn	Sb	Bi		Sn	Ni	Pb	In	Zn	Hb	In	Te	Cu	Ce	R	P	Mg	Ca	La	두께 (μm)	Pd 표층의 최대 두께 (μm)		와이어의 결정 입경 (μm)	최대 결정 입경 (μm)	와이어의 결정 입경 (μm)	최대 결정 입경 (μm)		와이어의 결정 입경 (μm)	HMS	FMS	HANSI	최부 단차	리턴	
3-26		62				52		0.05														50	0.1	100	0.0065	72	1.2	0.27	0.21	1.29	○	○	○	○	○	
3-27		99				99		0.1															0.01	100	0.01	92	1.1	0.34	0.22	1.55	○	△	○	○	○	
3-28		0.2				0.2		0.1															0.05	100	0.0005	98	1.3	0.25	0.16	1.56	○	○	○	○	○	
3-29		2.5				2.5		1.1						0.05									0.1	100	0.003	65	1.1	0.24	0.20	1.20	○	○	○	○	○	
3-30		5.2				5.2		1.1						0.1									0.1	100	0.001	74	1.1	0.30	0.22	1.36	○	○	○	○	○	
3-31		21				21		0.7						0.1									0.15	100	0.003	52	1.2	0.23	0.21	1.10	○	○	○	○	○	
3-32		41				41		1.1															0.05	100	0.05	88	1.0	0.32	0.22	1.46	○	○	○	○	○	
3-33		98				98		0.1															0.01	100	0.01	60	1.0	0.21	0.18	1.17	○	△	○	○	○	
3-34	22					22																	0.1	100	0.001	87	1.1	0.30	0.21	1.43	○	○	○	○	○	5.4
3-35		16				16		1.1						0.1									0.15	100	0.003	65	1.3	0.28	0.24	1.17	○	○	○	○	○	5.2
3-36		4.1				4.1																	0.01	100	0.01	54	0.9	0.23	0.21	1.10	○	○	○	○	○	10
3-37		5.8				5.8		0.7						0.7									0.05	100	0.05	74	1.2	0.29	0.22	1.32	○	○	○	○	○	11
3-38																							0.1	100	0.05	96	1.1	0.29	0.19	1.53	○	△	○	○	○	26
3-39																							0.15	100	0.0065	66	1.0	0.21	0.17	1.24	○	○	○	○	○	28
3-40	2.5					2.5																	0.01	100	0.01	88	1.0	0.33	0.23	1.43	○	○	○	○	○	1.1
3-41	1.8					1.8																	0.05	100	0.0065	96	1.1	0.31	0.20	1.56	○	○	○	○	○	1.4
3-42																							0.1	100	0.001	54	0.9	0.26	0.23	1.13	○	○	○	○	○	5.2
3-43																							0.15	100	0.003	84	1.2	0.32	0.22	1.46	○	○	○	○	○	5.5
3-44																							0.01	100	0.01	85	1.2	0.29	0.20	1.46	○	○	○	○	○	12
3-45	1.0					1.0																	0.1	100	0.01	96	1.1	0.29	0.19	1.53	○	△	○	○	○	
3-46	1.5					1.5																	0.1	100	0.01	57	1.0	0.20	0.18	1.11	○	○	○	○	○	
3-47		1.2				1.2																	0.1	100	0.01	77	1.3	0.30	0.23	1.30	○	△	○	○	○	
3-48			1.0			1.0																	0.1	100	0.01	72	0.9	0.28	0.21	1.33	○	△	○	○	○	
3-49																							0.1	100	0.01	56	1.2	0.21	0.18	1.17	○	△	○	○	○	
3-50																							0.1	100	0.01	61	1.0	0.22	0.18	1.22	○	△	○	○	○	
3-51	20.0					20																	0.1	100	0.001	97	1.2	0.28	0.20	1.40	○	△	○	○	○	
3-52	14.0					14																	0.15	100	0.003	58	1.1	0.21	0.18	1.17	○	△	○	○	○	
3-53		3.2				3.2																	0.01	100	0.01	78	1.3	0.29	0.23	1.26	○	△	○	○	○	
3-54		5.2				5.2																	0.05	100	0.05	73	1.0	0.27	0.21	1.29	○	△	○	○	○	
3-55																							0.1	100	0.01	57	1.2	0.22	0.18	1.22	○	△	○	○	○	
3-56																							0.15	100	0.0065	62	1.1	0.22	0.19	1.16	○	△	○	○	○	

[0147]

[0148] (평가 방법)

[0149] 와이어 표면을 관찰면으로 하여, 결정 조직의 평가를 행하였다. 평가 방법으로서, 후방 산란 전자선 회절법 (EBSD, Electron Backscattered Diffraction)을 사용하였다. EBSD법은, 관찰면의 결정 방위를 관찰하여, 인접하는 측정점간에서의 결정 방위의 각도차를 도출할 수 있다는 특징을 갖고, 본딩 와이어와 같은 세선이라도, 비교적 간편하면서 고정밀도로 결정 방위를 관찰할 수 있다.

[0150] 와이어 표면과 같은 곡면을 대상으로 하여, EBSD법을 실시하는 경우에는 주의가 필요하다. 곡률이 큰 부위를 측정하면, 정밀도가 높은 측정이 곤란해진다. 그러나, 측정에 제공하는 본딩 와이어를 평면에 직선 상으로 고정시키고, 그 본딩 와이어의 중심 근방의 평탄부를 측정함으로써, 정밀도가 높은 측정을 하는 것이 가능하다. 구체적으로는, 다음과 같은 측정 영역으로 하면 된다. 원주 방향의 사이즈는 와이어 길이 방향의 중심을 축으로 하여 선 직경의 50% 이하로 하고, 와이어 길이 방향의 사이즈는 100μm 이하로 한다. 바람직하게는, 원주

방향의 사이즈는 선 직경의 40% 이하로 하고, 와이어 길이 방향의 사이즈는 40 μ m 이하로 하면, 측정 시간의 단축에 의해 측정 효율이 높아진다. 정밀도를 더 높이기 위해서는, 3군데 이상 측정하여, 변동을 고려한 평균 정보를 얻는 것이 바람직하다. 측정 장소는 근접하지 않도록, 1mm 이상 이격시키면 된다.

- [0151] 본딩 와이어의 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 있어서의 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대하여 각도차가 15도 이하인 결정 방위 <100>의 방위 비율, 및 와이어축에 수직 방향인 코어재 단면에 있어서의 평균 결정 입경(μ m)에 대해서는 본 발명에 1 내지 59와 동일한 방법으로 구하였다. 또한, 0.2%내력 및 최대 내력에 대해서는 본 발명에 1 내지 59와 동일한 방법으로 평가를 행하여 상기 (1) 식으로부터 내력비를 산출하였다.
- [0152] 고온 고습 환경 또는 고온 환경에서의 불 접합부의 접합 신뢰성은, 접합 신뢰성 평가용 샘플을 제작하고, HAST 및 HTS 평가를 행하여, 각각의 시험에 있어서의 불 접합부의 접합 수명에 의해 판정하였다. 접합 신뢰성 평가용 샘플은, 일반적인 금속 프레임 상의 Si 기판에 두께 0.8 μ m의 Al-1.0% Si-0.5% Cu의 합금을 성막하여 형성한 전극에, 시판되고 있는 와이어 본더를 사용하여 불 접합을 행하고, 시판되는 에폭시 수지에 의해 밀봉하여 제작하였다. 불은 N₂+5% H₂ 가스를 유량 0.4 내지 0.6L/min으로 흐르게 하면서 형성시키고, 그 크기는 ϕ 33 내지 34 μ m의 범위로 하였다.
- [0153] HAST 평가에 대해서는, 제작한 접합 신뢰성 평가용 샘플을, 불포화형 프레스 쿠키 시험기를 사용하여, 온도 130℃, 상대 습도 85%인 고온 고습 환경에 노출시키고, 5V의 바이어스를 걸었다. 불 접합부의 접합 수명은 48시간마다 불 접합부의 전단 시험을 실시하고, 전단 강도의 값이 초기에 얻어진 전단 강도의 1/2가 되는 시간으로 하였다. 고온 고습 시험 후의 전단 시험은, 산 처리에 의해 수지를 제거하여, 불 접합부를 노출시키고 나서 행하였다.
- [0154] HAST 평가의 전단 시험기는 DAGE사제 시험기를 사용하였다. 전단 강도의 값은 무작위로 선택한 불 접합부의 10군데 측정값의 평균값을 사용하였다. 상기 평가에 있어서, 접합 수명이 96시간 미만이면 실용상 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 96시간 이상 144시간 미만이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있음으로 하여 △ 표시, 144시간 이상 288시간 미만이면 실용상 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 288시간 이상 384시간 미만이면 우수하다고 판단하여 ◎ 표시, 384시간 이상이면 특히 우수하다고 판단하여 ◎◎ 표시로 하고, 표 7 및 표 8의 「HAST」의 란에 표기하였다.
- [0155] HTS 평가에 대해서는, 제작한 접합 신뢰성 평가용 샘플을, 고온 항온기를 사용하여, 온도 200℃의 고온 환경에 노출시켰다. 불 접합부의 접합 수명은, 500시간마다 불 접합부의 전단 시험을 실시하고, 전단 강도의 값이 초기에 얻어진 전단 강도의 1/2가 되는 시간으로 하였다. 고온 고습 시험 후의 전단 시험은, 산 처리에 의해 수지를 제거하여, 불 접합부를 노출시키고 나서 행하였다.
- [0156] HTS 평가의 전단 시험기는 DAGE사제 시험기를 사용하였다. 전단 강도의 값은 무작위로 선택한 불 접합부의 10군데 측정값의 평균값을 사용하였다. 상기 평가에 있어서, 접합 수명이 500시간 이상 1000시간 미만이면 실용 가능하지만 개선이 요망된다고 판단하여 △ 표시, 1000시간 이상 3000시간 미만이면 실용상 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 3000시간 이상이면 특히 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 7 및 표 8의 「HTS」의 란에 표기하였다.
- [0157] 불 형성성(FAB 형상)의 평가는, 접합을 행하기 전의 불을 채취하여 관찰하고, 불 표면의 기포의 유무, 원래 진구인 불의 변형의 유무를 판정하였다. 상기 중 어느 것이 발생한 경우에는 불량이라고 판단하였다. 불의 형성은 용융 공정에서의 산화를 억제하기 위해, N₂ 가스를 유량 0.5L/min으로 분사하면서 행하였다. 불의 크기는 34 μ m로 하였다. 1 조건에 대하여 50개의 불을 관찰하였다. 관찰에는 SEM을 사용하였다. 불 형성성의 평가에 있어서, 불량이 5개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량이 3 내지 4개이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있음으로 하여 △ 표시, 불량이 1 내지 2개인 경우에는 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 불량이 발생하지 않은 경우에는 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 7 및 표 8의 「FAB 형상」의 란에 표기하였다.
- [0158] 와이어 접합부에 있어서의 웨지 접합성의 평가는, 리드 프레임의 리드 부분에 1000개의 본딩을 행하여, 접합부의 박리의 발생 빈도에 의해 판정하였다. 리드 프레임은 1 내지 3 μ m의 Ag 도금을 실시한 Fe-42 원자%Ni 합금 리드 프레임을 사용하였다. 본 평가에서는, 통상보다도 엄격한 접합 조건을 상정하여, 스테이지 온도를 일반적인 설정 온도 영역보다도 낮은 150℃로 설정하였다. 상기 평가에 있어서, 불량이 11개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량이 6 내지 10개이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있음으로 하여 △

표시, 불량이 1 내지 5개인 경우에는 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 불량 발생하지 않은 경우에는 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 7 및 표 8의 「웨이 접합성」의 란에 표기하였다.

[0159] 볼 접합부의 찌부러진 형상의 평가는, 본딩을 행한 볼 접합부를 바로 위로부터 관찰하고, 그 진원성에 의해 판정하였다. 접합 상대는 Si 기판 상에 두께 1.0 μ m의 Al-0.5% Cu의 합금을 성막한 전극을 사용하였다. 관찰은 광학 현미경을 사용하여, 1 조건에 대하여 200군데를 관찰하였다. 진원으로부터 차이가 큰 타원상인 것, 변형에 이방성을 갖는 것은 볼 접합부의 찌부러진 형상이 불량하다고 판단하였다. 상기 평가에 있어서, 불량 6개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량 4 내지 5개이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있음으로 하여 △ 표시, 1 내지 3개인 경우에는 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 모두 양호한 진원성이 얻어진 경우에는, 특히 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 7 및 표 8의 「찌부러진 형상」의 란에 표기하였다.

[0160] [리닝]

[0161] 평가용 리드 프레임에, 루프 길이 5mm, 루프 높이 0.5mm로 100개 본딩하였다. 평가 방법으로, 칩 수평 방향으로부터 와이어 직립부를 관찰하여, 볼 접합부의 중심을 통과하는 수선과 와이어 직립부와와의 간격이 최대일 때의 간격(리닝 간격)으로 평가하였다. 리닝 간격이 와이어 직경보다도 작은 경우에는 리닝은 양호, 큰 경우에는 직립부가 경사져 있기 때문에 리닝은 불량하다고 판단하였다. 100개의 본딩한 와이어를 광학 현미경으로 관찰하여, 리닝 불량 개수를 세었다. 불량 7개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량 4 내지 6개이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있음으로 하여 △ 표시, 불량 1 내지 3개인 경우에는 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 불량 발생하지 않은 경우에는 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 7 및 표 8의 「리닝」의 란에 표기하였다.

[0162] (평가 결과)

[0163] 본 발명에 3-1 내지 3-56에 관한 본딩 와이어는, Cu 합금 코어재와, Cu 합금 코어재의 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖고, 본딩 와이어가 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하며, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 합계로 0.1 내지 100질량ppm이다. 이에 의해 본 발명에 3-1 내지 3-50에 관한 본딩 와이어는, 온도가 130℃, 상대 습도가 85%인 고온 고습 환경 하에서의 HAST 시험에서 볼 접합부 신뢰성이 얻어지는 것을 확인하였다.

[0164] Pd 피복층 상에 추가로 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 갖는 본 발명에 대해서는, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 층 두께가 0.0005 내지 0.050 μ m임으로써, 우수한 웨지 접합성이 얻어지는 것을 확인하였다.

[0165] 본 발명에 3-21 내지 3-33, 3-35, 3-37, 3-39 내지 3-44는, 본딩 와이어가 추가로 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 0.011 내지 1.2질량%, Cu 합금 코어재에 포함되는 Pd의 농도가 0.05 내지 1.2질량%임으로써, HTS 평가에 의한 볼 접합부 고온 신뢰성이 양호한 것을 확인하였다.

[0166] 본 발명에 3-22 내지 3-26, 3-29 내지 3-32는 본딩 와이어가 추가로 B, P, Mg, Ca, La로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 1 내지 100질량ppm임으로써, FAB 형상이 양호함과 함께, 웨지 접합성이 양호하였다.

[0167] 본 발명에 3-34 내지 3-44는, 와이어가 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se를 함유함과 함께, 와이어의 최표면에 Cu가 존재하였다. 이에 의해 본 발명에 3-34 내지 3-44는, HAST 평가 결과가 ◎◎ 또는 ◎이며, 최표면에 Cu를 존재시키는 효과가 보였다.