(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년03월21일
(11) 등록번호 10-1718673
(24) 등록일자 2017년03월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 23/00 (2006.01) *H01L 23/495* (2006.01)
H01L 23/532 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 24/44 (2013.01)
H01L 23/4952 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7011740
(22) 출원일자(국제) 2015년09월18일
심사청구일자 2016년05월23일
(85) 번역문제출일자 2016년05월03일
(65) 공개번호 10-2016-0150634
(43) 공개일자 2016년12월30일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2015/076721
(87) 국제공개번호 WO 2016/189758
국제공개일자 2016년12월01일
(30) 우선권주장
JP-P-2015-106368 2015년05월26일 일본(JP)
PCT/JP2015/066392 2015년06월05일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
WO2013094482 A1
WO2011013527 A1
JP2015002213 A
JP2004064033 A

(73) 특허권자
닛데쓰스미킹 마이크로 메탈 가부시키가이샤
일본 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마가하라 158 반치 1
신닛테츠스미킹 마테리알즈 가부시키가이샤
일본 도쿄토 추오쿠 긴자 7초메 16방 3고
(72) 발명자
야마다 다카시
일본 3580032 사이타마켄 이루마시 오오아자 사야마가하라 158-1 닛데쓰스미킹 마이크로 메탈 가부시키가이샤 내
오다 다이조
일본 3580032 사이타마켄 이루마시 오오아자 사야마가하라 158-1 닛데쓰스미킹 마이크로 메탈 가부시키가이샤 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
장수길, 성재동

전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 김정진

(54) 발명의 명칭 **반도체 장치용 본딩 와이어**

(57) 요 약

표면에 Pd 피복층을 갖는 Cu 본딩 와이어에 있어서, 고온 고습 환경에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성을 개선하고, 차량 탑재용 디바이스에 바람직한 본딩 와이어를 제공한다. Cu 합금 코어재와 그 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서, 본딩 와이어가 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se의 1종 이상의 원소를 합계로 0.1 내지 100질량ppm 함유한다. 이에 의해, 고온 고습 환경 하에서의 볼 접합부의 접합 수명을 향상시켜, 접합 신뢰성을 개선할 수 있다. Cu 합금 코어재가 또한 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge의 1종 이상을 각각 0.011 내지 1.2질량% 함유하면, 170℃ 이상의 고온 환경에서의 볼 접합부 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 또한, Pd 피복층의 표면에 또한 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 형성하면 웨지 접합성이 개선된다.

(52) CPC특허분류
H01L 23/53233 (2013.01)
H01L 24/47 (2013.01)
H01L 2924/01046 (2013.01)
H01L 2924/01079 (2013.01)

(72) 발명자
하이바라 데루오
일본 3580032 사이타마켄 이루마시 오오아자 사야마가하라 158-1 닛데쓰스미킹 마이크로 메탈 가부시키가이샤 내
우노 도모히로
일본 1008071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2초메 6방 1고 신닛테츠스미킨카부시키카이샤 내

명 세 서

청구범위

청구항 1

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

상기 본딩 와이어가 As, Te로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 합계로 0.1질량ppm 이상 100질량ppm 이하인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 2

제1항에 있어서,

와이어 전체에 대한 As, Te로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소 농도가 합계로 1질량ppm 이상 100질량ppm 이하인 것을 특징으로 하는, 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 3

제1항에 있어서,

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

청구항 4

제1항에 있어서,

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

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 두께가 0.0005㎛ 이상 0.050㎛ 이하인 것을 특징으로 하는, 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 본딩 와이어가 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 더 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 0.011질량% 이상 1.2질량% 이하인 것을 특징으로 하는, 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 Cu 합금 코어재가 Pd를 포함하고, 상기 Cu 합금 코어재에 포함되는 Pd의 농도가 0.05질량% 이상 1.2질량% 이하인 것을 특징으로 하는, 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 본딩 와이어가 B, P, Mg, Ca, La로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 더 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 1질량ppm 이상 100질량ppm 이하인 것을 특징으로 하는, 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 본딩 와이어 표면의 결정 방위를 측정했을 때의 측정 결과에 있어서, 상기 본딩 와이어 길이 방향에 대하여 각도 차가 15도 이하인 결정 방위 <111>의 존재 비율이 30% 이상 100% 이하인 것을 특징으로 하는, 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 본딩 와이어의 최표면에 Cu가 존재하는 것을 특징으로 하는, 반도체 장치용 본딩 와이어.

발명의 설명

기 술 분 야

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

배 경 기 술

[0002] 현재, 반도체 소자 상의 전극과 외부 리드의 사이를 접합하는 반도체 장치용 본딩 와이어(이하, 「본딩 와이어」라 함)로서, 선 직경 15 내지 50㎛ 정도의 세선이 주로 사용되고 있다. 본딩 와이어의 접합 방법은 초음파 병용 열압착 방식이 일반적이고, 범용 본딩 장치, 본딩 와이어를 그 내부에 통과시켜서 접속에 사용하는 모세관 지그 등이 사용된다. 본딩 와이어의 접합 프로세스는, 와이어 선단을 아크 입열로 가열 용융하고, 표면 장력에 의해 볼(FAB: Free Air Ball)을 형성한 후에, 150 내지 300℃의 범위 내에서 가열한 반도체 소자의 전극 상에 이 볼부를 압착 접합(이하, 「볼 접합」이라 함)하고, 다음으로 루프를 형성한 후, 외부 리드측의 전극에 와이어부를 압착 접합(이하, 「웨지 접합」이라 함)함으로써 완료한다. 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 Cu에의 대체가 진행되고 있다. 한편, 최근의 전기 자동차나 하이브리드 자동차의 보급을 배경으로, 차량 탑재용 디바이스 용도에 있어서도 Au에서 Cu에의 대체에 대한 요구가 높아지고 있다.

[0004] Cu 본딩 와이어에 대해서는, 고순도 Cu(순도: 99.99질량% 이상)을 사용한 것이 제안되어 있다(예를 들어, 특허문헌 1). Cu는 Au에 비해 산화되기 쉬운 결점이 있고, 접합 신뢰성, 볼 형성성, 웨지 접합성 등이 떨어지는 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 비하여, 과혹한 고온 고습 환경 하에서의 접합 신뢰성이 요구된

다. 특히, 와이어의 볼부를 전극에 접합한 볼 접합부의 접합 수명이 최대의 문제가 된다. 고온 고습 환경 하에서의 접합 신뢰성을 평가하는 방법은 몇 가지의 방법이 제안되어 있으며, 대표적인 평가법으로서, HAST(Highly Accelerated Temperature and Humidity Stress Test)(고온 고습 환경 폭로 시험)이 있다. HAST에 의해 볼 접합부의 접합 신뢰성을 평가할 경우, 평가용의 볼 접합부를 온도가 130℃, 상대 습도가 85%인 고온 고습 환경에 폭로하여, 접합부의 저항값 경시 변화를 측정하거나, 볼 접합부의 전단 강도의 경시 변화를 측정하거나 함으로써, 볼 접합부의 접합 수명을 평가한다. 최근은, 이러한 조건에서의 HAST에 있어서 100시간 이상의 접합 수명이 요구되도록 되어 있다.

[0007] 종래의 Pd 피복층을 갖는 Cu 본딩 와이어를 사용해서 순Al 전극과 접합을 행하여, 1st 접합은 볼 접합, 2nd 접합은 웨지 접합으로 하고, 에폭시 수지로 밀봉한 후, 상기 HAST 조건에서의 평가를 행한 바, 볼 접합부의 접합 수명이 100시간 미만이 되는 경우가 있어, 차량 탑재용 디바이스에서 요구되는 접합 신뢰성이 충분하지 않은 것을 알 수 있었다.

[0008] 본 발명은, 표면에 Pd 피복층을 갖는 Cu 본딩 와이어에 있어서, 고온 고습 환경에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성을 개선하고, 차량 탑재용 디바이스에 바람직한 본딩 와이어를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 즉, 본 발명의 요지로 하는 바는 이하와 같다.

[0010] (1) Cu 합금 코어재와, 상기 Cu 합금 코어재의 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서,

[0011] 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≤10질량ppm, Sb≤10질량ppm, Bi≤1질량ppm인 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0012] (2) 와이어 전체에 대한 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소 농도가 합계로 1 내지 100질량ppm인 것을 특징으로 하는 상기 (1)에 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0013] (3) 상기 Pd 피복층의 두께가 0.015 내지 0.150㎛인 것을 특징으로 하는 상기 (1) 또는 (2)기재의 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0014] (4) 상기 Pd 피복층 상에 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 더 갖는 것을 특징으로 하는 상기 1 내지 3중 어느 한 항 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0015] (5) 상기 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 두께가 0.0005 내지 0.050㎛인 것을 특징으로 하는 상기 (4)에 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0016] (6) 상기 본딩 와이어가 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 더 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 0.011 내지 1.2질량%인 것을 특징으로 하는 상기 (1) 내지 (5) 중 어느 한 항 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0017] (7) 상기 Cu 합금 코어재가 Pd를 포함하고, 상기 Cu 합금 코어재에 포함되는 Pd의 농도가 0.05 내지 1.2질량%인 것을 특징으로 하는 상기 (1) 내지 (6) 중 어느 한 항 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0018] (8) 상기 본딩 와이어가 B, P, Mg, Ca, La로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 더 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 1 내지 100질량ppm인 것을 특징으로 하는 상기 (1) 내지 (7) 중 어느 한 항 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0019] (9) 상기 본딩 와이어 표면의 결정 방위를 측정했을 때의 측정 결과에 있어서, 상기 본딩 와이어 길이 방향에 대하여 각도 차가 15도 이하인 결정 방위 <111>의 존재 비율이 면적률로, 30 내지 100%인 것을 특징으로 하는 상기 (1) 내지 (8) 중 어느 한 항 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0020] (10) 상기 본딩 와이어의 최표면에 Cu가 존재하는 것을 특징으로 하는 상기 (1) 내지 (9) 중 어느 한 항 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 따르면, Cu 합금 코어재와, Cu 합금 코어재의 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖는 반도체 장치용 본딩

와이어에 있어서, 본딩 와이어가 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 합계로 0.1 내지 100질량ppm 함유함으로써, 고온 고습 환경 하에서의 볼 접합부의 접합 수명을 향상시켜, 접합 신뢰성을 개선할 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명의 본딩 와이어는, Cu 합금 코어재와, 상기 Cu 합금 코어재의 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서, 본딩 와이어가 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 합계로 0.1 내지 100질량ppm 함유한다. 이러한 특정한 구성을 갖는 본 발명의 본딩 와이어는, 차량 탑재용 디바이스에서 요구되는 고온 고습 환경에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성을 개선할 수 있다.

[0023] 상세하게는 후술되지만, 본 발명의 본딩 와이어를 사용하여, 아크 방전에 의해 볼을 형성하면, 본딩 와이어가 용융되어 응고되는 과정에서, 볼의 표면에 볼의 내부보다도 Pd의 농도가 높은 합금층이 형성된다. 이 볼을 사용해서 Al 전극과 접합을 행하고, 고온 고습 시험을 실시하면, 접합 계면에는 Pd가 농화된 상태가 된다. 이 Pd가 농화되어 형성된 농화층은, 고온 고습 시험중의 접합 계면에 있어서의 Cu, Al의 확산을 억제하여, 역부식성 화합물의 성장 속도를 저하시킬 수 있고, 고온 고습 환경에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성을 현격히 향상시킬 수 있다.

[0024] 또한, 볼의 표면에 형성된 Pd의 농도가 높은 합금층은, 내산화성이 우수하므로, 볼 형성 시에 본딩 와이어의 중심에 대하여 볼의 형성 위치가 어긋나는 등의 불량을 저감시킬 수 있다.

[0025] 온도가 130℃, 상대 습도가 85%인 고온 고습 환경 하에서의 볼 접합부의 접합 수명을 향상시켜, 접합 신뢰성을 개선하는 관점에서, 본딩 와이어 전체에 대한, As, Te, Sn, Sb, Bi, Se로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소 농도는 합계로 0.1질량ppm 이상이며, 바람직하게는 0.5질량ppm 이상, 보다 바람직하게는 1질량ppm 이상, 더욱 바람직하게는 1.5질량ppm 이상, 2질량ppm 이상, 2.5질량ppm 이상, 또는 3질량ppm 이상이다.

[0026] 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 하에서, 분자 골격중의 Cl이 가수분해되어 염화물 이온(Cl^-)으로서 용출된다. 피복층을 갖고 있지 않은 Cu 본딩 와이어를 Al 전극에 접합했을 경우, Cu/Al 접합 계면이 고온하에 놓이면, Cu와 Al이 상호 확산되어, 최종적으로 금속간 화합물인 Cu_9Al_4가 형성된다. Cu_9Al_4는 할로겐에 의한 부식을 받기 쉽고, 몰드 수지로부터 용출된 염화물에 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 되므로, 피복층을 갖고 있지 않은 Cu 와이어에 비교하면 Cu_9Al_4 금속간 화합물의 생성은 억제되지만, 차량 탑재용 디바이스에서 요구되는 고온 고습 환경에서의 접합 신뢰성은 불충분하였다.

[0027] 그에 대하여, 본 발명과 같이 Pd 피복 Cu 본딩 와이어가 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 소정량 함유하고 있으면, 접합부에 있어서의 Cu_9Al_4 금속간 화합물의 생성이 더욱 억제되는 경향이 있다고 생각된다. 이들 원소를 소정량 함유하고 있으면, 볼을 형성할 때, 코어재의 Cu와 피복층의 Pd의 계면 장력이 저하되어, 계면의 습윤성이 양호화되므로, 볼 접합 계면의 Pd 농화가 보다 현저하게 나타난다. 그로 인해, Pd 농화층에 의한 Cu와 Al의 상호 확산 억제 효과가 더욱 강해지고, 결과적으로, Cl의 작용으로 부식되기 쉬운 Cu_9Al_4의 생성량이 적어져, 볼 접합부의 고온 고습 환경에서의 접합 신뢰성이 현격히 향상되는 것으로 추정된다.

[0028] Cu 합금 코어재와, Cu 합금 코어재의 표면에 형성된 Pd 피복층과, 또한 필요에 따라서 그 표면에 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층을 갖는 본 발명에 있어서, 후술하는 바와 같이 확산 열처리나 어닐링 열처리를 행하면, 코어재의 Cu가 피복층이나 표피 합금층 내를 입계 확산 등에 의해 확산되고, 와이어의 최표면에 Cu를 도달시켜, 최표면에 Cu를 존재시킬 수 있다. 따라서 본 발명에 있어서, 본딩 와이어의 최표면에 Cu가 존재하는 경우가 있다.

[0029] 본 발명과 같이 Pd 피복 Cu 본딩 와이어가 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se를 소정량 함유하고 있는 경우, 또한 본딩 와이어의 최표면에 Cu가 존재하면, 접합부에 있어서의 Cu_9Al_4 금속간 화합물의 생성이 더욱 억제되는 경향이 있다.

Pd 피복 Cu 본딩 와이어가 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se를 소정량 함유하고 있는 경우, 또한 본딩 와이어의 최표면에 Cu가 존재하면, 본딩 와이어에 포함되는 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se와 Cu의 상호 작용에 의해, FAB 형성 시에 FAB 표면의 Pd 농화가 촉진되어, 볼 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_4의 생성량이 적어져, 볼 접합부의 고온 고습 환경에서의 접합 신뢰성이 더 한층 향상되는 것으로 추정된다.

[0030] 본딩 와이어의 표면을 오제 전자 분광 장치로 측정했을 때, 표면에 Cu가 검출되면, 최표면에 Cu가 존재한다고 할 수 있어, 상기 효과를 발휘할 수 있다. 또한, 본딩 와이어의 최표면을 구성하는 금속 원소에 대한 Cu 농도가 1원자% 이상이 되면, 상기 고온 고습 환경에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성의 향상 효과가 확실하게 나타나므로 바람직하다. 고온 고습 환경에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성을 더 한층 향상시키는 관점에서, 본딩 와이어의 최표면을 구성하는 금속 원소에 대한 Cu 농도는, 보다 바람직하게는 1.5원자% 이상, 더욱 바람직하게는 2원자% 이상, 2.5원자% 이상, 또는 3원자% 이상이다. 또한, 와이어 표면의 내산화성이나 내황화성의 저하를 억제하고, 본딩 와이어의 사용 수명의 저하를 억제하는 관점에서, 본딩 와이어의 최표면을 구성하는 금속 원소에 대한 Cu 농도는, 바람직하게는 50원자% 이하, 보다 바람직하게는 45원자% 이하, 더욱 바람직하게는 40원자% 이하, 35원자% 이하, 또는 30원자% 이하이다.

[0031] 또한 표면에 Cu가 존재하는 것에 의한 상기 효과는, 코어재의 Cu의 순도가 낮은 경우(예를 들어, 3N 이하)에 발현하고, 특히 Cu의 순도가 2N 이하인 경우에, 보다 현저하게 나타나는 경향이 있다.

[0032] 본딩 와이어의 최표면에 Cu가 존재하는 것에 의한, 볼 접합부의 고온 고습 환경에서의 접합 신뢰성 향상의 효과는, As, Te, Sn, Sb, Bi, Se를 소정량 함유하고 있는 본 발명의 본딩 와이어에 특유한 것이다. 이들 원소를 포함하지 않는 일반적인 Pd 피복 Cu 본딩 와이어에서는, 볼 접합부의 고온 고습 환경에서의 접합 신뢰성에 있어서 본 발명과 같은 향상 효과는 얻어지지 않는다. 그뿐 아니라, 이들 원소를 포함하지 않는 일반적인 Pd 피복 Cu 본딩 와이어에서는, 본딩 와이어의 최표면에 Cu가 존재함으로써, 와이어 표면의 내산화성이나 내황화성이 저하되어 본딩 와이어의 사용 수명이 저하된다. 또한, FAB의 편심이 다발하여 볼 형상이 악화되기 쉬워진다. 또한, 웨지 접합성이 악화되는 경향이 보인다.

[0033] 본딩 와이어의 최표면에 Cu가 존재하는 것에 의한 상술한 효과는, 본 발명의 본딩 와이어에 있어서, Pd 피복층이 최표면인 경우와, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층이 최표면인 경우의 어떤 경우든 동일하게 나타난다.

[0034] 여기서, 최표면이란, 스퍼터 등을 실시하지 않는 상태에서, 본딩 와이어의 표면을 오제 전자 분광 장치로 측정한 영역을 말한다.

[0035] 한편, 양호한 FAB 형상, 나아가서는 양호한 볼 접합성을 얻는 관점에서, 와이어중의 상기 원소의 농도는 합계로 100질량ppm 이하이고, 바람직하게는 95질량ppm 이하, 90질량ppm 이하, 85질량ppm 이하, 또는 80질량ppm 이하이다. 또한, Sn, Sb 농도가 10질량ppm을 초과한 경우, 또는, Bi 농도가 1질량ppm을 초과한 경우에는, FAB 형상이 불량해지는 점에서, Sn≤10질량ppm, Sb≤10질량ppm, Bi≤1질량ppm으로 함으로써, FAB 형상을 보다 개선할 수 있으므로 바람직하다. 또한, Se 농도를 4.9질량ppm 이하로 함으로써, FAB 형상, 웨지 접합성을 보다 개선할 수 있으므로 보다 바람직하다.

[0036] 본딩 와이어중에 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se를 함유시킬 때, 이들 원소를 Cu 코어재중에 함유시키는 방법, Cu 코어재 또는 와이어 표면에 피착시켜서 함유시키는 방법의 어느 것을 채용해도, 상기 본 발명의 효과를 발휘할 수 있다. 이들 성분의 첨가량은 극미량이므로, 첨가 방법의 변형은 넓고, 어떤 방법으로 첨가해도 지정된 농도 범위의 성분이 포함되어 있으면 효과가 나타난다.

[0037] 본 발명의 본딩 와이어에 있어서, Pd 피복층의 두께는, 차량 탑재용 디바이스에서 요구되는 고온 고습 환경에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성을 더 한층 개선하는 관점에서, 바람직하게는 0.015㎛ 이상, 보다 바람직하게는 0.02㎛ 이상, 더욱 바람직하게는 0.025㎛ 이상, 0.03㎛ 이상, 0.035㎛ 이상, 0.04㎛ 이상, 0.045㎛ 이상, 또는 0.05㎛ 이상이다. 한편, 양호한 FAB 형상을 얻는 관점에서, Pd 피복층의 두께는, 바람직하게는 0.150㎛ 이하, 보다 바람직하게는 0.140㎛ 이하, 0.130㎛ 이하, 0.120㎛ 이하, 0.110㎛ 이하, 또는 0.100㎛ 이하이다.

[0038] 상기 본딩 와이어의 Cu 합금 코어재, Pd 피복층의 정의를 설명한다. Cu 합금 코어재와 Pd 피복층의 경계는, Pd 농도를 기준으로 판정하였다. Pd 농도가 50원자%인 위치를 경계로 하여, Pd 농도가 50원자% 이상인 영역을 Pd 피복층, Pd 농도가 50원자% 미만인 영역을 Cu 합금 코어재라 판정하였다. 이 근거는, Pd 피복층에 있어서 Pd 농도가 50원자% 이상이면 Pd 피복층의 구조로부터 특성의 개선 효과가 얻어지기 때문이다. Pd 피복층은, Pd 단층의 영역, Pd와 Cu가 와이어의 깊이 방향에 농도 구배를 갖는 영역을 포함하고 있어도 된다. Pd 피복층에 있어서, 상기 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㎛당

10mol% 이상인 것을 말한다. 또한, Pd 피복층은 불가피 불순물을 포함하고 있어도 된다.

[0039] 본 발명의 본딩 와이어는, Pd 피복층의 표면에 또한 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 갖고 있어도 된다. 이에 의해 본 발명의 본딩 와이어는, 접합 신뢰성을 보다 향상시킬 수 있음과 함께 웨지 접합성을 개선할 수 있다.

[0040] 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, 10원자% 미만인 영역을 Pd 피복층이라 판정하였다. 또한, Pd 농도가 50원자% 이상인 영역이어도, Au가 10원자% 이상 존재하면 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층이라 판정하였다. 이들 근거는, Au 농도가 상기의 농도 범위라면, Au 표피층의 구조로부터 특성의 개선 효과를 기대할 수 있기 때문이다. Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층은, Au-Pd 합금이며, Au와 Pd가 와이어의 깊이 방향에 농도 구배를 갖는 영역을 포함하는 경우와, 상기 농도 구배를 갖는 영역을 포함하지 않은 경우의 양쪽을 포함한다. Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층은, 상기 농도 구배를 갖는 영역을 포함하는 것이 바람직하다. Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층에 있어서, 상기 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.

[0041] 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 접합시의 Pd 피복층이나 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 박리를 억제할 수 있다. 이에 의해 본 발명의 본딩 와이어는, 웨지 접합성을 개선할 수 있다. 양호한 웨지 접합성을 얻는 관점에서, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 두께는, 바람직하게는 0.0005㎛ 이상, 보다 바람직하게는 0.001㎛ 이상, 0.002㎛ 이상, 또는 0.003㎛ 이상이다. 편심을 억제하여 양호한 FAB 형상을 얻는 관점에서, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 두께는, 바람직하게는 0.050㎛ 이하, 보다 바람직하게는 0.045㎛ 이하, 0.040㎛ 이하, 0.035㎛ 이하, 또는 0.030㎛ 이하이다. 또한 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층은, Pd 피복층과 동일한 방법으로 형성할 수 있다.

[0042] 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 있으므로, 실리콘 기판이나 금속과의 밀착성을 향상시킬 수 있다. 또한, 보다 고온에서의 신뢰성이 요구되는 차량 탑재용 반도체 등, 높은 밀착성이 요구되는 경우에는 「황 함유 실란 커플링제」가 첨가된다. 몰드 수지에 포함되는 황은, HAST에서의 온도 조건인 130℃ 정도에서는 유리되지 않지만, 175℃ 이상(예를 들어, 175℃ 내지 200℃)의 조건에서 사용하면 유리되어 온다. 그리고, 175℃ 이상의 고온에서 유리된 황이 Cu와 접촉하면, Cu의 부식이 심해져서, 황화물(Cu_2S)이나 산화물(CuO)이 생성된다. Cu 본딩 와이어를 사용한 반도체 장치에서 Cu의 부식이 생성되면, 특히 볼 접합부의 접합 신뢰성이 저하되게 된다.

[0043] 170℃ 이상의 고온 환경에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성을 평가하는 수단으로서, HTS(High Temperature Storage Test)(고온 방치 시험)이 사용된다. 고온 환경에 폭로된 평가용의 샘플에 대해서, 볼 접합부의 저항값의 경시 변화를 측정하거나, 볼 접합부의 전단 강도의 경시 변화를 측정하거나 함으로써, 볼 접합부의 접합 수명을 평가한다. 최근, 차량 탑재용의 반도체 장치에 있어서는, 175℃ 내지 200℃의 HTS에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성 향상이 요구되고 있다.

[0044] 본 발명의 본딩 와이어는 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 더 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 0.011 내지 1.2질량%이면 바람직하다. 본 발명의 본딩 와이어가 이들 원소를 또한 함유함으로써, 볼 접합부의 고온 환경에서의 접합 신뢰성 중, 175℃ 이상에서의 HTS에서의 성적이 개선된다. 볼 접합부의 고온 환경에서의 접합 신뢰성(특히 175℃ 이상에서의 HTS에서의 성적)을 개선하는 관점에서, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도는 각각, 바람직하게는 0.011질량% 이상, 보다 바람직하게는 0.020질량% 이상, 더욱 바람직하게는 0.030질량% 이상, 0.050질량% 이상, 0.070질량% 이상, 0.090질량% 이상, 0.10질량% 이상, 0.15질량% 이상, 또는 0.20질량% 이상이다. 양호한 FAB 형상을 얻는 관점, 본딩 와이어의 경질화를 억제해서 웨지 접합성의 저하를 억제하는 관점에서, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도는 각각, 바람직하게는 1.2질량% 이하, 보다 바람직하게는 1.1질량% 이하이다. 본 발명의 본딩 와이어가 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge로부터 선택되는 복수종의 원소를 포함하는 경우, 와이어 전체에 대한 이들 원소의 농도는 합계로 0.011 내지 2.2질량%이면 바람직하다. 볼 접합부의 고온 환경에서의 접합 신뢰성(특히 175℃ 이상에서의 HTS에서의 성적)을 개선하는 관점에서, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도는 합계로, 바람직하게는 0.011

질량% 이상, 보다 바람직하게는 0.020질량% 이상, 더욱 바람직하게는 0.030질량% 이상, 0.050질량% 이상, 0.070질량% 이상, 0.090질량% 이상, 0.10질량% 이상, 0.15질량% 이상, 또는 0.20질량% 이상이다. 양호한 FAB 형상을 얻는 관점, 본딩 와이어의 경질화를 억제해서 웨지 접합성의 저하를 억제하는 관점에서, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도는 합계로, 바람직하게는 2.0질량% 이하, 1.8질량% 이하, 또는 1.6질량% 이하이다.

[0045] 또한, 본 발명의 본딩 와이어에 있어서, Cu 합금 코어재가 Pd를 포함하고, Cu 합금 코어재에 포함되는 Pd의 농도가 0.05 내지 1.2질량%이면 바람직하다. 이에 의해, 상기 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge를 포함하는 경우와 동일한 효과를 얻을 수 있다. 본 발명의 본딩 와이어에 있어서, Cu 합금 코어재에 포함되는 Pd의 농도는, 볼 접합부의 고온 환경에서의 접합 신뢰성(특히 175℃ 이상에서의 HTS에서의 성적)을 개선하는 관점에서, 바람직하게는 0.05질량% 이상, 보다 바람직하게는 0.1질량% 이상, 0.2질량% 이상, 0.3질량% 이상, 0.4질량% 이상, 또는 0.5질량% 이상이다. 또한, 양호한 FAB 형상을 얻는 관점, 본딩 와이어의 경질화를 억제해서 웨지 접합성의 저하를 억제하는 관점에서, Cu 합금 코어재에 포함되는 Pd의 농도는, 바람직하게는 1.2질량% 이하, 보다 바람직하게는 1.1질량% 이하이다. 본 발명의 본딩 와이어는, Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge, Pd를 상기 함유량 범위에서 함유함으로써, 루프 형성성을 향상, 즉 고밀도 실장으로 문제가 되는 리닝을 저감시킬 수 있다. 이것은, 본딩 와이어가 이들 원소를 포함함으로써, 본딩 와이어의 항복 강도가 향상되어, 본딩 와이어의 변형을 억제할 수 있기 때문이다. 또한, 본딩 와이어 제품으로부터 Cu 합금 코어재에 포함되는 Pd의 농도를 구하는 방법으로서는, 예를 들어, 본딩 와이어의 단면을 노출시켜서, Cu 합금 코어재의 영역에 대해서 농도 분석하는 방법, 본딩 와이어의 표면으로부터 깊이 방향을 향해서 스퍼터 등으로 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 선 분석하고, Pd의 농도 구배를 갖지 않는 영역(즉, 깊이 방향으로의 Pd의 농도 변화의 정도가 0.1㎛당 10mol% 미만인 영역)에 대해서 농도 분석하면 된다. 농도 분석의 방법에 대해서는 후술한다.

[0046] 또한, Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge, Pd를 상기 함유량 범위에서 함유함으로써, 본 발명의 본딩 와이어는, 온도가 130℃, 상대 습도가 85%인 고온 고습 환경 하에서의 볼 접합부의 접합 수명을 더욱 향상시킬 수 있다. 본 발명의 본딩 와이어가 또한 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge, Pd를 소정량 함유하고 있으면, 접합부에 있어서의 Cu_9Al_4 금속간 화합물의 생성이 더욱 억제되는 경향이 있다고 생각된다. 이들 원소를 또한 함유하고 있으면, 코어재의 Cu와 피복층의 Pd의 계면 장력이 더 한층 저하되어, 볼 접합 계면의 Pd 농화가 보다 현저하게 나타난다. 그로 인해, Pd 농화층에 의한 Cu와 Al의 상호 확산 억제 효과가 더욱 강해지고, 결과적으로, Cl의 작용으로 부식되기 쉬운 Cu_9Al_4의 생성량을 대폭 줄일 수 있어, 볼 접합부의 고온 고습 환경 하에서의 신뢰성이 더욱 향상되는 것으로 추정된다.

[0047] 본 발명의 본딩 와이어는 또한 B, P, Mg, Ca, La로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 1 내지 100질량ppm이면 바람직하다. 이에 의해, 고밀도 실장에 요구되는 볼 접합부의 찌그러진 형상을 개선, 즉 볼 접합부 형상의 진원성을 개선할 수 있다. 이것은, 상기 원소를 첨가함으로써, 볼의 결정립 직경을 미세화할 수 있어, 볼의 변형을 억제할 수 있기 때문이라고 생각된다. 볼 접합부의 찌그러진 형상을 개선, 즉 볼 접합부 형상의 진원성을 개선하는 관점에서, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도는 각각, 바람직하게는 1질량ppm 이상, 보다 바람직하게는 2질량ppm 이상, 3질량ppm 이상, 4질량ppm 이상, 또는 5질량ppm 이상이다. 볼의 경질화를 억제해서 볼 접합시의 칩 손상을 억제하는 관점에서, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도는 각각, 바람직하게는 100질량ppm 이하, 보다 바람직하게는 95질량ppm 이하, 90질량ppm 이하, 85질량ppm 이하, 또는 80질량ppm 이하이다. 본 발명의 본딩 와이어가 B, P, Mg, Ca, La로부터 선택되는 복수종의 원소를 포함할 경우, 와이어 전체에 대한 이들 원소의 농도는 합계로 1 내지 100질량ppm이면 바람직하다. 볼 접합부의 찌그러진 형상을 개선, 즉 볼 접합부 형상의 진원성을 개선하는 관점에서, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도는 합계로, 바람직하게는 1질량ppm 이상, 보다 바람직하게는 2질량ppm 이상, 3질량ppm 이상, 4질량ppm 이상, 또는 5질량ppm 이상이다. 또한, 볼의 경질화를 억제해서 볼 접합시의 칩 손상을 억제하는 관점에서, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도는 합계로, 바람직하게는 90질량ppm 이하, 80질량ppm 이하, 또는 70질량ppm 이하이다.

[0048] Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 농도 분석, Cu 합금 코어재에 있어서의 Pd의 농도 분석에는, 본딩 와이어의 표면으로부터 깊이 방향을 향해서 스퍼터 등으로 깎으면서 분석을 행하는 방법, 또는 와이어 단면을 노출시켜서 선 분석, 점 분석 등을 행하는 방법이 유효하다. 이들의 농도 분석에 사용하는 해석 장치는, 주사형 전자 현미경 또는 투과형 전자 현미경에 비치한 오제 전자 분광 분석 장치, 에너지 분산형 X선 분석 장치, 전자선 마이크로 애널라이저 등을 이용할 수 있다. 와이어 단면을 노출시키는 방법으로서는, 기계 연마, 이온

에칭법 등을 이용할 수 있다. 본딩 와이어중의 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se, Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge, B, P, Mg, Ca, La 등의 미량분석에 대해서는, 본딩 와이어를 강산으로 용해한 액을 ICP 발광 분광 분석 장치나 ICP 질량 분석 장치를 이용해서 분석하고, 본딩 와이어 전체에 포함되는 원소의 농도로서 검출할 수 있다.

[0049] 본 발명의 적합한 일실시 형태에 있어서, 본딩 와이어 표면의 결정 방위를 측정했을 때의 측정 결과에 있어서, 본딩 와이어 길이 방향에 대하여 각도 차가 15도 이하인 결정 방위 <111>의 존재 비율이 면적률로 30 내지 100%이다. 이러한 실시 형태에 있어서는, 루프 형성성을 향상, 즉 고밀도 실장에서 요구되는 루프의 직진성을 향상시킴과 함께, 루프의 높이의 편차를 저감시킬 수 있다. 표면 결정 방위가 정렬되어 있으면, 횡방향의 변형에 대하여 강해져서, 횡방향의 변형을 억제하므로, 리닝 불량을 억제할 수 있기 때문이다. 리닝 불량을 억제하는 관점에서, 상기 결정 방위 <111>의 존재 비율은 면적률로, 보다 바람직하게는 35% 이상, 더욱 바람직하게는 40% 이상, 45% 이상, 50% 이상, 또는 55% 이상이다.

[0050] (제조 방법)

[0051] 다음으로 본 발명의 실시 형태에 관한 본딩 와이어의 제조 방법을 설명한다. 본딩 와이어는, 코어재에 사용하는 Cu 합금을 제조한 후, 와이어 형상으로 촘촘하게 가공하고, Pd 피복층, Au층을 형성하여, 열처리함으로써 얻어진다. Pd 피복층, Au층을 형성 후, 재차 신선과 열처리를 행하는 경우도 있다. Cu 합금 코어재의 제조 방법, Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 형성 방법, 열처리 방법에 대해서 상세하게 설명한다.

[0052] 코어재에 사용하는 Cu 합금은, 원료가 되는 Cu와 첨가하는 원소를 모두 용해하고, 응고시킴으로써 얻어진다. 용해에는, 아크 가열로, 고주파 가열로, 저항 가열로 등을 이용할 수 있다. 대기중으로부터의 O_2, H_2 등의 가스의 혼입을 방지하기 위해서, 진공 분위기 또는 Ar이나 N_2 등의 불활성 분위기중에서 용해를 행하는 것이 바람직하다.

[0053] Pd 피복층, Au층을 Cu 합금 코어재의 표면에 형성하는 방법은, 도금법, 증착법, 용융법 등이 있다. 도금법은, 전해 도금법, 무전해 도금법의 어느 쪽도 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.

[0054] 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, 세정시의 표면 오염 등의 걱정이 없다.

[0055] Pd 피복층, Au층 형성 후에 열처리를 행함으로써, Pd 피복층의 Pd가 Au층중에 확산되어, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층이 형성된다. Au층을 형성한 후에 열처리에 의해 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 형성하지 않고, 처음부터 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 피착하는 것으로 해도 된다.

[0056] Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 형성에 대해서는, 최종 선 직경까지 신선 후에 형성하는 방법과, 직경이 두꺼운 Cu 합금 코어재로 형성하고 나서 목적으로 하는 선 직경까지 복수회 신선하는 방법의 어느 쪽도 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 용액중에 와이어를 연속적으로 소인하면서 Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 형성하는 방법, 또는, 전해 또는 무전해의 도금욕중에 굵은 Cu 합금 코어재를 침지해서 Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 형성한 후에, 와이어를 신선해서 최종 선 직경에 도달하는 방법 등을 들 수 있다.

[0057] Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 형성한 후에는 열처리를 행하는 경우가 있다. 열처리를 행함으로써 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층, Pd 피복층, Cu 합금 코어재의 사이에서 원자가 확산되어 밀착 강도가 향상되므로, 가공중의 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층이나 Pd 피복층의 박리를 억제할 수 있어, 생산성이 향상되는 점에서 유효하다. 대기중으로부터의 O_2의 혼입을 방지하기 위해서, 진공 분위기 또는 Ar이나 N_2 등의 불활성 분위기중에서 열처리를 행하는 것이 바람직하다.

[0058] 상술한 바와 같이, 본딩 와이어에 실시하는 확산 열처리나 어닐링 열처리의 조건을 조정함으로써, 코어재의 Cu가 Pd 피복층이나 Au와 Pd를 포함하는 표피 합금층중을 입계 확산 등에 의해 확산하고, 본딩 와이어의 최표면에 Cu를 도달시켜, 최표면에 Cu를 존재시킬 수 있다. 최표면에 Cu를 존재시키기 위한 열처리로서, 상기한 바와 같

이, 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 존재시키고, 또는 Cu를 존재시키지 않을 수 있다. 또한, 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 최표면에 확산시키는 것으로 해도 된다.

[0059] 상술한 바와 같이, 본딩 와이어중에 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se를 함유시킬 때, 이들 원소를 Cu 코어재중에 함유시키는 방법, Cu 코어재 또는 와이어 표면에 피착시켜서 함유시키는 방법의 어느 것을 채용해도, 상기 본 발명의 효과를 발휘할 수 있다. Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge, B, P, Mg, Ca, La에 대해서도 마찬가지이다.

[0060] 상기 성분의 첨가 방법으로서, 가장 간편한 것은 Cu 합금 코어재의 출발 재료에 첨가해 두는 방법이다. 예를 들어, 고순도의 구리와 상기 성분 원소 원료를 출발 원료로서 칭량한 뒤, 이것을 고진공 하 또는 질소나 아르곤 등의 불활성 분위기 하에서 가열해서 용해함으로써 목적으로 하는 농도 범위의 상기 성분이 첨가된 잉곳을 제작하여, 목적 농도의 상기 성분 원소를 포함하는 출발 재료로 한다. 따라서 바람직한 일실시 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 되도록 포함한다. 상기 농도의 합계의 바람직한 수치 범위는, 상술한 바와 같다. 다른 적합한 일실시 형태에 있어서, 본 발명의 본딩 와이어 Cu 합금 코어재는, Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 0.011 내지 1.2질량%가 되도록 포함한다. 상기 농도의 바람직한 수치 범위는, 상술한 바와 같다. 바람직한 일실시 형태에 있어서, Cu 합금 코어재의 Cu의 순도는 3N 이하(바람직하게는 2N 이하)이다. 종래의 Pd 피복 Cu 본딩 와이어에서는, 접합성의 관점에서, 고순도(4N 이상)의 Cu 코어재가 사용되고, 저순도의 Cu 코어재의 사용은 피하는 경향이 있었다. 특정 원소를 함유하는 본 발명의 본딩 와이어에서는, 상기와 같이 Cu의 순도가 낮은 Cu 합금 코어재를 사용한 경우에 특히 적절하게, 차량 탑재용 디바이스에서 요구되는 고온 고습 환경에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성을 실현하기에 이른 것이다. 다른 적합한 일실시 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 100질량ppm이 되도록 포함한다. 당해 농도의 바람직한 수치 범위는, 상술한 바와 같다.

[0061] 와이어 제조 공정 도중에, 와이어 표면에 상기 성분을 피착시킴으로써 함유시킬 수도 있다. 이 경우, 와이어 제조 공정의 어디에 포함시켜도 되고, 복수회 반복해도 된다. 복수의 공정에 포함시켜도 된다. Pd 피복 전의 Cu 표면에 첨가해도 되고, Pd 피복 후의 Pd 표면에 첨가해도 되고, Au 피복 후의 Au 표면에 첨가해도 되고, 각 피복 공정에 포함시켜도 된다. 피착 방법으로서는, (1) 수용액의 도포⇒건조⇒열처리, (2) 도금법(습식), (3) 증착법(건식)으로부터 선택할 수 있다.

[0062] 수용액의 도포⇒건조⇒열처리의 방법을 채용할 경우, 먼저 상기 성분 원소를 포함하는 수용성의 화합물로 적당한 농도의 수용액을 조제한다. 이에 의해, 상기 성분을 와이어 재료에 도입할 수 있다. 와이어 제조 공정의 어디에 포함시켜도 되고, 복수회 반복해도 된다. 복수의 공정에 포함시켜도 된다. Pd 피복 전의 Cu 표면에 첨가해도 되고, Pd 피복 후의 Pd 표면에 첨가해도 되고, Au 피복 후의 Au 표면에 첨가해도 되고, 각 피복 공정에 포함시켜도 된다.

[0063] 도금법(습식)을 이용할 경우, 도금법은, 전해 도금법, 무전해 도금법의 어느 쪽이라도 적용 가능하다. 전해 도금법에서는, 통상의 전해 도금 이외에 플래시 도금이라고 불리는 도금 속도가 빠르고 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 쪽이라도 적용 가능하고, 첨가하고 싶은 농도에 따라서 선택하여, 도금액 농도, 시간을 조정하면 된다. 전해 도금법, 무전해 도금법 모두, 와이어 제조 공정의 어디에 포함시켜도 되고, 복수회 반복해도 된다. 복수의 공정에 포함시켜도 된다. Pd 피복 전의 Cu 표면에 첨가해도 좋고, Pd 피복 후의 Pd 표면에 첨가해도 되고, Au 피복 후의 Au 표면에 첨가해도 되고, 각 피복 공정에 포함시켜도 된다.

[0064] 증착법(건식)에는, 스퍼터링법, 이온 플레이팅법, 진공 증착법, 플라즈마 CVD 등이 있다. 건식 때문에 전처리 후처리가 불필요하여, 오염의 걱정도 없는 것이 특징이다. 일반적으로 증착법은, 목적으로 하는 원소의 첨가 속도가 느린 것이 문제인데, 상기 성분 원소는 첨가 농도가 비교적 낮으므로, 본 발명의 목적으로서는 적합한 방법 중 하나이다.

[0065] 각 증착법은, 와이어 제조 공정의 어디에 포함시켜도 되고, 복수회 반복해도 된다. 복수의 공정에 포함시켜도 된다. Pd 피복 전의 Cu 표면에 첨가해도 되고, Pd 피복 후의 Pd 표면에 첨가해도 되고, Au 피복 후의 Au 표면

에 첨가해도 되고, 각 피복 공정에 포함시켜도 된다.

[0066] 본딩 와이어 표면의 결정 방위를 측정했을 때의, 본딩 와이어 길이 방향에 대하여 각도 차가 15도 이하인 결정 방위 <111>의 존재 비율을 면적률로 30 내지 100%로 하는 방법은 이하와 같다. 즉, Pd 피복층 형성 후 또는 Pd 피복층과 Au 표피층을 형성 후의 가공률을 크게 함으로써, 와이어 표면 상의 방향성을 갖는 집합 조직(신선 방향에 결정 방위가 정렬된 집합 조직)을 발달시킬 수 있다. 구체적으로는, Pd 피복층 형성 후 또는 Pd 피복층과 Au 표피층을 형성 후의 가공률을 90% 이상으로 함으로써, 본딩 와이어 표면의 결정 방위를 측정했을 때의, 본딩 와이어 길이 방향에 대하여 각도 차가 15도 이하인 결정 방위 <111>의 존재 비율을 면적률로 30% 이상으로 할 수 있다. 여기서, 「가공율(%)=(가공 전의 와이어 단면적-가공 후의 와이어 단면적)/가공 전의 와이어 단면적×100」로 표시된다.

[0067] 와이어 표면의 결정 방위를 측정할 때에는, 후방 산란 전자선 회절법(EBSD, Electron Backscattered Diffraction)을 이용하면 바람직하다. EBSD법은 관찰면의 결정 방위를 관찰하여, 인접하는 측정점간에서의 결정 방위의 각도 차를 도시할 수 있다는 특징을 갖고, 본딩 와이어와 같은 가는 선이어도, 비교적 간편하면서 고정밀도로 결정 방위를 관찰할 수 있다.

[0068] 본 발명은 상기 실시 형태에 한정되지 않고, 본 발명의 취지 범위 내에서 적절히 변경하는 것이 가능하다.

[0069] [실시예]

[0070] 이하에서는, 실시예를 나타내면서, 본 발명의 실시 형태에 관한 본딩 와이어에 대해서, 구체적으로 설명한다.

[0071] (샘플)

[0072] 먼저 샘플의 제작 방법에 대해서 설명한다. 코어재의 원재료가 되는 Cu는 순도가 99.99질량% 이상으로 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% 이상으로 잔부가 불가피 불순물로 구성되는 것을 사용하였다. 와이어 또는 코어재의 조성이 목적이 되도록, 코어재에의 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, 단체로의 조합도 가능하지만, 단체로 고융점의 원소나 첨가량이 극미량인 경우에는, 첨가 원소를 포함하는 Cu 모합금을 미리 제작해 두어서 목적으로 하는 첨가량이 되도록 조합해도 된다.

[0073] 코어재의 Cu 합금은, 직경이 φ3 내지 6mm인 원기둥형으로 가공한 카본 도가니에 원료를 장전하고, 고주파로를 사용하여, 진공중 또는 N_2나 Ar 가스 등의 불활성 분위기에서 1090 내지 1300℃까지 가열해서 용해시킨 후, 로냉을 행함으로써 제조하였다. 얻어진 φ3 내지 6mm의 합금에 대하여, 인발 가공을 행해서 φ0.9 내지 1.2mm까지 가공한 후, 다이스를 사용해서 연속적으로 신선 가공 등을 행함으로써, φ300 내지 600㎛의 와이어를 제작하였다. 신선에는 시판하고 있는 윤활액을 사용하고, 신선 속도는 20 내지 150m/분으로 하였다. 와이어 표면의 산화막을 제거하기 위해서, 염산에 의한 산 세정 처리를 행한 후, 코어재의 Cu 합금의 표면 전체를 덮도록 Pd 피복층을 1 내지 15㎛ 형성하였다. 또한, 일부의 와이어는 Pd 피복층 상에 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 0.05 내지 1.5㎛ 형성하였다. Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 형성에는 전해 도금법을 이용하였다. 도금액은 시판하고 있는 반도체용 도금액을 사용하였다. 그 후, 200 내지 500℃의 열처리와 신선 가공을 반복적으로 행함으로써 직경 20㎛까지 가공하였다. 가공 후는 최종적으로 파단 신장이 약 5 내지 15%가 되도록 N_2 또는 Ar 가스를 흘리면서 열처리를 하였다. 열처리 방법은 와이어를 연속적으로 소인하면서 행하고, N_2 또는 Ar 가스를 흘리면서 행하였다. 와이어의 이송 속도는 20 내지 200m/분, 열 처리 온도는 200 내지 600℃에서 열처리 시간은 0.2 내지 1.0초로 하였다.

[0074] Pd 피복층 형성 후 또는 Pd 피복층과 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 형성 후의 가공율을 조정함으로써, 본딩 와이어 표면의 결정 방위를 측정했을 때의, 본딩 와이어 길이 방향에 대하여 각도 차가 15도 이하인 결정 방위 <111>의 존재 비율(면적률)을 조정하였다.

[0075] Pd 피복층, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 농도 분석에는, 본딩 와이어의 표면으로부터 깊이 방향을 향해서 스퍼터 등으로 깎으면서 오제 전자 분광 분석을 실시하였다. 얻어진 깊이 방향의 농도 프로파일로부터, Pd 피복층 두께, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층 두께를 구하였다.

[0076] 하기 표(1-5)에 기재된 본 발명예 93 내지 98에 대해서는, 코어재에 순도가 99.99질량% 이상인 Cu를 사용하고, 와이어 제조 공정 도중에, 전기 도금법에 의해, 와이어 표면에 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se를 피착시킴으로써 함유

시켰다. 따라서, 표(1-5)에는 「성분 첨가 방법」의 란을 마련하여, 본 발명예 99 내지 109에 대해서는 「피복층」이라고 기재하였다. 표(1-1) 내지 표(1-4) 모두, 및 표(1-5)의 「성분 첨가 방법」란에 「코어재」라고 기재한 예에 대해서는, As, Te, Sn, Sb, Bi, Se를 코어재중에 함유시키고 있다.

[0077] 하기 표(1-5)에 기재된 본 발명예 99 내지 109, 비교예 13, 14에 대해서는, 본딩 와이어의 최표면에 Cu를 존재시키고 있다. 따라서 표(1-5)에는 「와이어 표면 Cu 농도」의 란을 마련하여, 본딩 와이어의 표면을 오제 전자 분광 장치로 측정한 결과를 기재하였다. 본딩 와이어의 열 처리 온도와 시간을 선택함으로써 최표면에 소정 농도의 Cu를 함유시켰다. 표(1-1) 내지 표(1-4) 모두, 및 표(1-5)의 「와이어 표면 Cu 농도」란이 공란인 예에 대해서는, 최표면에 Cu를 존재시키지 않는 열처리 조건으로 하고, 오제 전자 분광 장치로도 Cu가 검출되지 않았다.

[0078] 상기의 수순으로 제작한 각 샘플의 구성을 표(1-1) 내지 표(1-5)에 나타내었다.

[0079] [표 1-1]

	시험 No.	와이어 성상: 와이어중(질량%) (Pd에 대해서는 코어재중(질량%)) As	Te	Sn	Sb	Bi	Se	Ni	Zn	Rh	In	Ir	Pt	Pd	Cu	Ga	와이어중 (질량ppm) B	P	Mg	Ca	La	Pd 피복층의 막 두께 (μm)	Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 막 두께 (μm)	표면 결정 방위 <111> (%)	품질 평가 결과: HAST	HTS	FAB 형상	웨지 접합성	찌그러진 형상	리닝
본 발명예	1	0.4																				0.1	0.01	91	○	△	◎	◎	○	◎
	2	1.2																				0.15	0.05	33	◎	△	○	◎	○	○
	3	12																				0.01	—	57	◎	△	△	△	○	◎
	4	75																				0.05	0.001	96	◎	△	◎	◎	○	◎
	5		0.1																			0.015	0.0005	97	○	△	○	○	○	◎
	6		1.2																			0.1	0.001	33	◎	△	◎	◎	○	○
	7		15																			0.15	0.003	59	◎	△	○	◎	○	◎
	8		98																			0.01	0.01	89	◎	△	△	◎	○	◎
	9			0.2																		0.015	0.05	38	○	△	○	◎	○	○
	10			1.3																		0.05	—	59	◎	△	◎	△	○	◎
	11			10																		0.1	0.0005	98	◎	△	◎	○	○	◎
	12				0.1																	0.15	0.001	30	○	△	○	◎	○	○
	13				1.2																	0.015	0.003	61	◎	△	○	◎	○	◎
	14				9.8																	0.05	0.01	99	◎	△	◎	◎	○	◎
	15					0.3																0.1	0.05	32	○	△	◎	◎	○	○
	16					1																0.15	0.001	59	◎	△	○	◎	○	◎
	17						0.1															0.015	0.003	90	○	△	○	◎	○	◎
	18						1.2															0.05	0.01	30	◎	△	◎	◎	○	○
	19						4.9															0.1	0.05	62	◎	△	◎	◎	○	◎
	20						99															0.15	—	95	◎	△	○	△	○	◎

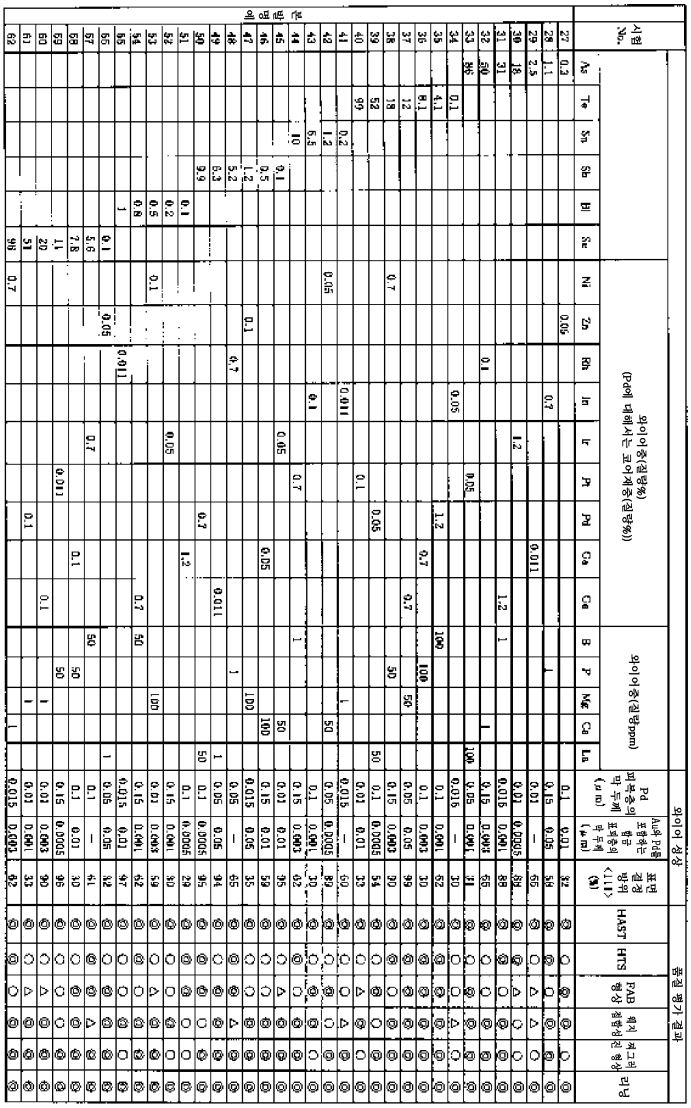
[0080]

[0081] [표 1-2]

	시험 No.							와이어중(질량%) (Pd에 대해서는 코어재중(질량%))									와이어중 (질량ppm)					와이어 성상			품질 평가 결과					
		As	Te	Sn	Sb	Bi	Se	Ni	Zn	Rh	In	Ir	Pt	Pd	Ga	Ge	B	P	Mg	Ca	La	Pd 피복층의 막 두께 (μm)	Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 막 두께 (μm)	표면 결정 방위 〈111〉 (%)	HAST	HTS	FAB 형상	웨지 접합성	찌그러진 형상	리닝
본발명예	21				0.5		10															0.1	0.003	90	◎	△	◎	◎	○	◎
	22		0.7			0.9																0.15	0.01	30	◎	△	○	◎	○	○
	23	0.3		0.2																		0.05	0.05	61	○	△	◎	◎	○	◎
	24		7.2				3.5															0.01	0.003	58	◎	△	△	◎	○	◎
	25					0.3	0.4															0.1	0.01	93	○	△	◎	◎	○	◎
	26	21			8.1																	0.05	0.001	98	◎	△	◎	◎	○	◎

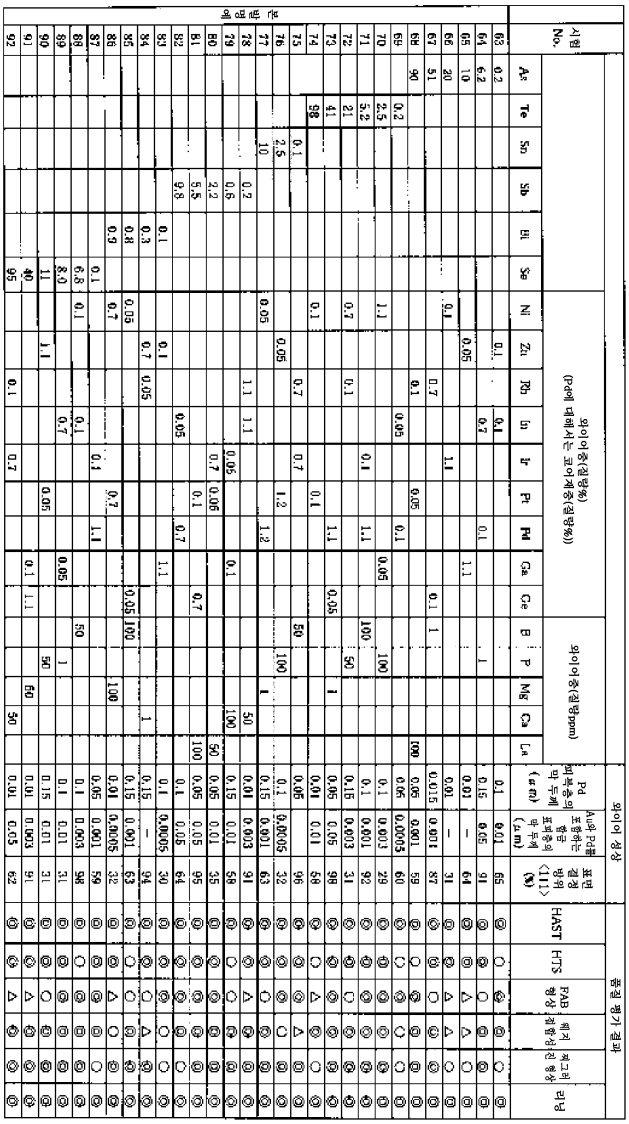
[0082]

[0083] [표 1-3]



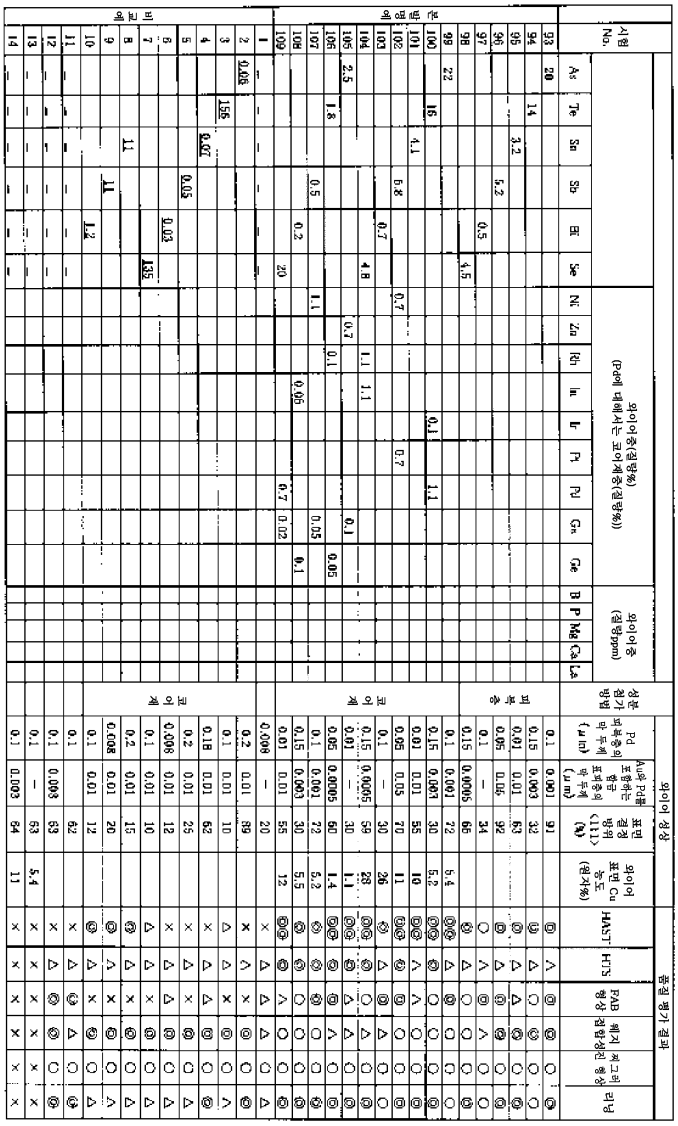
[0084]

[0085] [표 1-4]



[0086]

[0087] [표 1-5]



[0088]

[0089] (평가 방법)

[0090] 와이어 표면을 관찰면으로 하여, 결정 조직의 평가를 행하였다. 평가 방법으로서, 후방 산란 전자선 회절법(EBSD, Electron Backscattered Diffraction)을 이용하였다. EBSD법은 관찰면의 결정 방위를 관찰하여, 인접하는 측정점간에서의 결정 방위의 각도 차를 도시할 수 있다는 특징을 갖고, 본딩 와이어와 같은 가는 선이어도, 비교적 간편하면서 고정밀도로 결정 방위를 관찰할 수 있다.

[0091] 와이어 표면과 같은 곡면을 대상으로 하여, EBSD법을 실시할 경우에는 주의가 필요하다. 곡률이 큰 부위를 측정하면, 정밀도가 높은 측정이 곤란해진다. 그러나, 측정에 제공하는 본딩 와이어를 평면에 직선 상에 고정하고, 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 100㎛ 이하로 한다. 바람직하게는, 원주 방향의 사이즈는 선 직경의 40% 이하로 하고, 와이어 길이 방향의 사이즈는 40㎛ 이하로 하면, 측정 시간의 단축에 의해 측정 효율을 높일 수 있다. 또한 정밀도를 높이기 위해서는, 3군데 이상 측정하여, 편차를 고려한 평균 정보를 얻는 것이 바람직하다. 측정 장소는 근접하지 않도록, 1㎜ 이상 이격시키면 된다.

[0092] 표면 <111> 방위 비율은, 전용 소프트웨어(예를 들어, TSL 솔루션즈사제 OIM analysis 등)에 의해 특정할 수 있었던 전결정 방위를 모집단으로 하여, 본딩 와이어 길이 방향에 대하여 각도 차가 15도 이하인 결정 방위 <111>의 존재 비율(면적률)을 산출함으로써 구하였다.

[0093] 고온 고습 환경 또는 고온 환경에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성은, 접합 신뢰성 평가용의 샘플을 제작하여, HAST 및 HTS 평가를 행하고, 각각의 시험에서의 볼 접합부의 접합 수명에 의해 판정하였다. 접합 신뢰성 평가용의 샘플은, 일반적인 금속 프레임상의 Si 기판에 두께 0.8㎛의 Al-1.0% Si-0.5% Cu의 합금을 성막하여 형성한 전극에, 시판되고 있는 와이어 본더를 사용해서 볼 접합을 행하고, 시판되는 에폭시 수지에 의해 밀봉해서 제작하였다. 볼은 N_2+5% H_2 가스를 유량 0.4 내지 0.6L/min으로 흐르게 하면서 형성시키고, 그 크기는 φ33 내지 34㎛의 범위로 하였다.

[0094] HAST 평가에 대해서는, 제작한 접합 신뢰성 평가용의 샘플을, 불포화형 프레셔 쿠커 시험기를 사용하여, 온도 130℃, 상대 습도 85%의 고온 고습 환경에 폭로하고, 5V의 바이어스를 걸었다. 볼 접합부의 접합 수명은 48시간마다 볼 접합부의 전단 시험을 실시하여, 전단 강도의 값이 초기에 얻어진 전단 강도의 1/2이 되는 시간으로 하였다. 고온 고습 시험 후의 전단 시험은, 산 처리에 의해 수지를 제거하여, 볼 접합부를 노출시키고 나서 행하였다.

[0095] HAST 평가의 전단 시험기는 DAGE사제의 시험기를 사용하였다. 전단 강도의 값은 무작위로 선택한 볼 접합부의 10군데의 측정값의 평균값을 사용하였다. 상기 의 평가에 있어서, 접합 수명이 96시간 미만이라면 실용상 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 96시간 이상 144시간 미만이라면 실용 가능하지만 약간 문제 있음으로 해서 △ 표시, 144시간 이상 288시간 미만이라면 실용상 문제없다고 판단하여 ○ 표시, 288시간 이상 384시간 미만이라면 우수하다고 판단하여 ◎ 표시, 384시간 이상이라면 특히 우수하다고 판단하여 ◎◎ 표시로 하여, 표 1의 「HAST」의 란에 표기하였다.

[0096] HTS 평가에 대해서는, 제작한 접합 신뢰성 평가용의 샘플을, 고온 항온기를 사용하여, 온도 200℃의 고온 환경에 폭로하였다. 볼 접합부의 접합 수명은 500시간마다 볼 접합부의 전단 시험을 실시하여, 전단 강도의 값이 초기에 얻어진 전단 강도의 1/2이 되는 시간으로 하였다. 고온 고습 시험 후의 전단 시험은, 산 처리에 의해 수지를 제거하여, 볼 접합부를 노출시키고 나서 행하였다.

[0097] HTS 평가의 전단 시험기는 DAGE사제의 시험기를 사용하였다. 전단 강도의 값은 무작위로 선택한 볼 접합부의 10군데의 측정값의 평균값을 사용하였다. 상기의 평가에 있어서, 접합 수명이 500시간 이상 1000시간 미만이라면 실용 가능하지만 개선의 요망 있음으로 판단하여 △ 표시, 1000시간 이상 3000시간 미만이라면 실용상 문제없다고 판단하여 ○ 표시, 3000시간 이상이라면 특히 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하였다.

[0098] 볼 형성성(FAB 형상)의 평가는, 접합을 행하기 전의 볼을 채취해서 관찰하여, 볼 표면의 기포 유무, 원래 진구인 볼의 변형 유무를 판정하였다. 상기 중 어느 하나가 발생한 경우에는 불량이라고 판단하였다. 볼의 형성은 용융 공정에서의 산화를 억제하기 위해서, N_2 가스를 유량 0.5L/min으로 분사하면서 행하였다. 볼의 크기는 34㎛로 하였다. 1조건에 대하여 50개의 볼을 관찰하였다. 관찰에는 SEM을 사용하였다. 볼 형성성의 평가에 있어서, 불량이 5개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량이 3 내지 4개라면 실용 가능하지만 약간 문제 있음으로 하여 △ 표시, 불량이 1 내지 2개인 경우에는 문제없다고 판단하여 ○ 표시, 불량이 발생하지 않은 경우에는 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하여, 표 1의 「FAB 형상」의 란에 표기하였다.

[0099] 와이어 접합부에서의 웨지 접합성의 평가는, 리드 프레임의 리드 부분에 1000개의 본딩을 행하여, 접합부의 박리 발생 빈도에 따라 판정하였다. 리드 프레임은 1 내지 3㎛의 Ag 도금을 실시한 Fe-42원자% Ni 합금 리드 프레임을 사용하였다. 본 평가에서는, 통상보다도 엄격한 접합 조건을 상정하여, 스테이지 온도를 일반적인 설정 온도 영역보다도 낮은 150℃로 설정하였다. 상기의 평가에 있어서, 불량이 11개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량이 6 내지 10개라면 실용 가능하지만 약간 문제 있음으로 하여 △ 표시, 불량이 1 내지 5개인 경우에는 문제없다고 판단하여 ○ 표시, 불량이 발생하지 않은 경우에는 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하여, 표 1의 「웨지 접합성」의 란에 표기하였다.

[0100] 볼 접합부의 찌그러진 형상의 평가는, 본딩을 행한 볼 접합부를 바로 위부터 관찰하여, 그 진원성에 따라 판정하였다. 접합 상대는 Si 기판 상에 두께 1.0㎛의 Al-0.5% Cu의 합금을 성막한 전극을 사용하였다. 관찰은 광학 현미경을 사용하여, 1조건에 대하여 200군데를 관찰하였다. 진원으로부터의 어긋남이 큰 타원 형상인 것, 변형에 이방성을 갖는 것은 볼 접합부의 찌그러진 형상이 불량하다고 판단하였다. 상기의 평가에 있어서, 불량이 6개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량이 4 내지 5개라면 실용 가능하지만 약간 문제 있음으로 하여 △ 표시, 1 내지 3개의 경우에는 문제없다고 판단하여 ○ 표시, 모두 양호한 진원성이 얻어진 경우에는, 특히 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하여, 표 1의 「찌그러진 형상」의 란에 표기하였다.

[0101] [리닝]

[0102] 평가용의 리드 프레임에, 루프 길이 5㎜, 루프 높이 0.5㎜로 100개 본딩하였다. 평가 방법으로서, 칩 수평 방향으로부터 와이어 직립부를 관찰하여, 볼 접합부의 중심을 통과하는 수선과 와이어 직립부의 간격이 최대일 때의 간격(리닝 간격)으로 평가하였다. 리닝 간격이 와이어 직경보다도 작은 경우에는 리닝은 양호, 큰 경우에는 직립부가 경사져 있으므로 리닝은 불량하다고 판단하였다. 100개의 본딩한 와이어를 광학 현미경으로 관찰하여, 리닝 불량의 개수를 세었다. 불량이 7개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량이 4 내지 6개라면 실용 가능하지만 약간 문제 있음으로 하여 △ 표시, 불량이 1 내지 3개의 경우에는 문제없다고 판단하여 ○ 표시, 불량이 발생하지 않은 경우에는 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하여, 표 1의 「리닝」의 란에 표기하였다.

[0103] (평가 결과)

[0104] 본 발명예 1 내지 109에 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 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 합계로 0.1 내지 100질량ppm이다. 이에 의해 본 발명예 1 내지 109에 관한 본딩 와이어는, 온도가 130℃, 상대 습도가 85%인 고온 고습 환경 하에서의 HAST 시험에서 볼 접합부 신뢰성이 얻어지는 것을 확인하였다.

[0105] 한편, 비교예 1, 2, 4 내지 6, 11 내지 14는 상기 원소 농도가 하한을 벗어나, HAST 시험에서 볼 접합부 신뢰성을 얻을 수 없었다. 비교예 3, 7 내지 10은 상기 원소 농도가 상한을 벗어나, FAB 형상이 불량하였다. 비교예 1, 3, 5 내지 10은 <111> 결정 방위의 면적률이 본 발명 적합 범위를 벗어나, 리닝이 △였다.

[0106] Pd 피복층 상에 또한 Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층을 갖는 본 발명예에 대해서는, Au와 Pd를 포함하는 합금 표피층의 층 두께가 0.0005 내지 0.050㎛인 것에 의해, 우수한 웨지 접합성이 얻어지는 것을 확인하였다.

[0107] 본 발명예 27 내지 92, 100, 102, 104 내지 109는, 본딩 와이어가 또한 Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge, Pd로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 Pd 이외의 상기 원소의 농도가 각각 0.011 내지 1.2질량%, Cu 합금 코어재에 포함되는 Pd의 농도가 0.05 내지 1.2질량%인 것에 의해, HTS 평가에 의한 볼 접합부 고온 신뢰성이 양호한 것을 확인하였다.

[0108] 본 발명예 28 내지 92의 일부는 본딩 와이어가 또한 B, P, Mg, Ca, La로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 1 내지 100질량ppm인 것에 의해, FAB 형상이 양호함과 동시에, 웨지 접합성이 양호하였다.

[0109] 본 발명예 99 내지 109는, 와이어가 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se를 함유함과 함께, 와이어의 최표면에 Cu가 존재하고 있다. 이에 의해 본 발명예 99, 101, 103, 105, 106, 108, 109는, HAST 평가 결과가 ◎◎ 또는 ◎이며, 최표면에 Cu를 존재시키는 효과가 보였다. 본 발명예 100, 102, 104, 107은 또한, 와이어의 Cu의 순도가 2N 이하로 낮고, HAST 평가 결과가 모두 ◎◎로 매우 양호하였다. 한편, 이들 본 발명 예에서는, 웨지 접합성에 약간의 저하가 보였다.

[0110] 비교예 13, 14는, 와이어가 As, Te, Sn, Sb, Bi, Se를 함유하고 있지 않은 한편, 와이어의 최표면이 Cu가 존재하고 있는 점에서, HAST 평가뿐만 아니라 HTS 평가 결과도 불량해져, FAB 형상, 찌그러진 형상도 불량하고, 또한 웨지 접합성, 리닝도 악화되었다.