



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0114042
(43) 공개일자 2016년10월04일

- (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 10-2016-7012369
- (22) 출원일자(국제) 2015년06월05일
심사청구일자 2016년05월20일
- (85) 번역문제출일자 2016년05월11일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2015/066385
- (87) 국제공개번호 WO 2016/135993
국제공개일자 2016년09월01일
- (30) 우선권주장
JP-P-2015-036342 2015년02월26일 일본(JP)

- (71) 출원인
닛테쓰스미킹 마이크로 메탈 가부시키키가이샤
일본 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마가하라
158 반치 1
닛테쓰스미킹 마테리알즈 가부시키키가이샤
일본 도쿄토 추오쿠 긴자 7초메 16방 3고
- (72) 발명자
오다 다이조
일본 358-0032 사이타마켄 이루마시 오아자 사야
마가하라 158-1 닛테쓰스미킹마이크로메탈가부시
키키가이샤 내
에토 모토키
일본 358-0032 사이타마켄 이루마시 오아자 사야
마가하라 158-1 닛테쓰스미킹마이크로메탈가부시
키키가이샤 내
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
장수길, 성재동

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **반도체 장치용 본딩 와이어**

(57) 요약

표면에 Pd 피복층을 갖는 Cu 본딩 와이어에 있어서, 고온 고습 환경에서의 불 접합부의 접합 신뢰성을 개선하고, 차량 탑재용 디바이스에 적합한 본딩 와이어를 제공한다. Cu 합금 코어재와, 상기 Cu 합금 코어재의 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서, 본딩 와이어가 In을 0.011~1.2질량% 포함하고, Pd 피복층의 두께가 0.015~0.150 μ m이다. 이에 의해, 고온 고습 환경하에서의 불 접합부의 접합 수명을 향상시키고, 접합 신뢰성을 개선할 수 있다. Cu 합금 코어재가 Pt, Pd, Rh, Ni의 1종 이상을 각각 0.05~1.2질량% 함유하면, 175 $^{\circ}$ C 이상의 고온 환경에서의 불 접합부 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 또한, Pd 피복층의 표면에 Au 피복층을 더 형성하면 웨지 접합성이 개선된다.

(52) CPC특허분류

H01L 23/53233 (2013.01)

H01L 24/43 (2013.01)

H01L 24/47 (2013.01)

H01L 2924/01029 (2013.01)

H01L 2924/01046 (2013.01)

H01L 2924/01049 (2013.01)

H01L 2924/01079 (2013.01)

(72) 발명자

야마다 다카시

일본 358-0032 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마
가하라 158-1 닛테쓰스미킵마이크로메탈가부시키가
이샤 내

하이바라 데루오

일본 358-0032 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마
가하라 158-1 닛테쓰스미킵마이크로메탈가부시키가
이샤 내

오이시 료

일본 358-0032 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마
가하라 158-1 닛테쓰스미킵마이크로메탈가부시키가
이샤 내

우노 도모히로

일본 100-8071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2초메
6방 1고 싯넛테쓰스미킨카부시키카이사 내

오야마다 테츠야

일본 100-8071 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 2초메
6방 1고 싯넛테쓰스미킨카부시키카이사 내

명세서

청구범위

청구항 1

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

상기 본딩 와이어가 In을 포함하고, 와이어 전체에 대한 In의 농도가 0.011~1.2질량%이며, 상기 Pd 피복층의 두께가 0.015~0.150 μ m인 것을 특징으로 하는, 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 Cu 합금 코어재가 Pt, Pd, Rh, Ni로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 상기 Cu 합금 코어재에 포함되는 상기 원소의 농도가 각각 0.05~1.2질량%인 것을 특징으로 하는, 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 Pd 피복층 상에 Au 표피층을 더 갖는 것을 특징으로 하는, 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 Au 표피층의 두께가 0.0005~0.050 μ m인 것을 특징으로 하는, 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 본딩 와이어가 B, P, Mg, Ga, Ge로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 더 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 1~100질량ppm인 것을 특징으로 하는, 반도체 장치용 본딩 와이어.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 본딩 와이어 표면의 결정 방위를 측정하였을 때의 측정 결과에 있어서, 상기 본딩 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15도 이하인 결정 방위 <111>의 존재 비율이 면적률로 30~100%인 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 접합하는 반도체 장치용 본딩 와이어(이하, 「본딩 와이어」라 함)로서, 선 직경 15~50 μ m 정도의 세선이 주로 사용되고 있다. 본딩 와이어의 접합 방법은 초음파 병용 열압착 방식이 일반적이며, 범용 본딩 장치, 본딩 와이어를 그 내부에 통과시켜 접속에 사용하는 캐필러리 지그 등이 사용된다. 본딩 와이어의 접합 프로세스는, 와이어 선단을 아크 입열로 가열 용융하고, 표면 장력에 의해 볼(FAB:Free Air Ball)을 형성한 후에, 150~300 $^{\circ}$ C의 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, 「웨이 접합」이라 함)함으로써 완료된다. 본딩 와이어의 접합 상대인 반도체 소자 상의 전극에는 Si 기판 상에 Al을 주체로 하는 합금을 성막한 전극 구조, 외부 리드층의 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 비해 산화되기 쉬운 결점이 있고, 접합 신뢰성, 불 형성성, 웨지 접합성 등이 떨어지는 문제가 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 출원 공개 소61-48543호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특허 출원 공개 제2005-167020호 공보
- (특허문헌 0003) 일본 특허 출원 공개 제2012-36490호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 차량 탑재용 디바이스는 일반적인 전자 기기에 비해, 가혹한 고온 고습 환경하에서의 접합 신뢰성이 요구된다. 특히, 와이어의 불부를 전극에 접합한 불 접합부의 접합 수명이 최대의 문제가 된다. 고온 고습 환경하에서의 접합 신뢰성을 평가하는 방법은 몇 개의 방법이 제안되어 있고, 대표적인 평가법으로서, HAST(Highly Accelerated Temperature and Humidity Stress Test)(고온 고습 환경 폭로 시험)가 있다. HAST에 의해 불 접합부의 접합 신뢰성을 평가하는 경우, 평가용의 불 접합부를 온도가 130℃, 상대 습도가 85%인 고온 고습 환경에 폭로하고, 접합부의 저항값의 경시 변화를 측정하거나, 불 접합부의 전단 강도의 경시 변화를 측정함으로써, 불 접합부의 접합 수명을 평가한다. 최근에는, 이러한 조건에서의 HAST에 있어서 100시간 이상의 접합 수명이 요구되게 되었다.

[0007] 종래의 Pd 피복층을 갖는 Cu 본딩 와이어를 사용하여 순 Al 전극과 접합을 행하고, 1st 접합은 불 접합, 2nd 접합은 웨지 접합으로 하고, 몰드 수지로 밀봉한 후, 상기 HAST 조건에서의 평가를 행한 바, 불 접합부의 접합 수명이 100시간 미만이 되는 경우가 있고, 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 불 접합부의 접합 신뢰성을 개선하고, 차량 탑재용 디바이스에 적합한 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 In을 포함하고, 와이어 전체에 대한 In의 농도가 0.011~1.2질량%이며, 상기 Pd 피복층의 두께가 0.015~0.150 μ m인

[0012] 것을 특징으로 하는 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0013] (2) 상기 Cu 합금 코어재가 Pt, Pd, Rh, Ni로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, 상기 Cu 합금

코어재에 포함되는 상기 원소의 농도가 각각 0.05~1.2질량%인 것을 특징으로 하는 상기 (1)에 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0014] (3) 상기 Pd 피복층 상에 Au 표피층을 더 갖는 것을 특징으로 하는 상기 (1) 또는 (2)에 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0015] (4) 상기 Au 표피층의 두께가 0.0005~0.050 μ m인 것을 특징으로 하는 상기 (3)에 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0016] (5) 상기 본딩 와이어가 B, P, Mg, Ga, Ge로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 더 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 1~100질량ppm인 것을 특징으로 하는 상기 (1)~(4) 중 어느 한 항에 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

[0017] (6) 상기 본딩 와이어 표면의 결정 방위를 측정하였을 때의 측정 결과에 있어서, 상기 본딩 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15도 이하인 결정 방위 <111>의 존재 비율이 면적률로 30~100%인 것을 특징으로 하는 상기 (1)~(5) 중 어느 한 항에 기재된 반도체 장치용 본딩 와이어.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 따르면, Cu 합금 코어재와, Cu 합금 코어재의 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서, 본딩 와이어가 In을 0.011~1.2질량% 포함함으로써, 고온 고습 환경하에서의 볼 접합부의 접합 수명을 향상시키고, 접합 신뢰성을 개선할 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명의 본딩 와이어는 첫째로, Cu 합금 코어재와, 상기 Cu 합금 코어재의 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖는 반도체 장치용 본딩 와이어에 있어서, 본딩 와이어가 In을 포함하고, 와이어 전체에 대한 In의 농도가 0.011~1.2질량%이며, 상기 Pd 피복층의 두께가 0.015~0.150 μ m이다. 이에 의해 본딩 와이어는, 차량 탑재용 디바이스에서 요구되는 고온 고습 환경에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성을 개선할 수 있다.

[0020] 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 사용하여 Al 전극과 접합을 행하고, 고온 고습 시험을 실시하면, 접합 계면에는 Pd가 농화된 상태가 된다. 이 Pd가 농화되어 형성된 농화층은, 고온 고습 시험 중의 접합 계면에 있어서의 Cu, Al의 확산을 억제하고, 부식 용이성 화합물의 성장 속도를 저하시킬 수 있다. 이에 의해 본딩 와이어는, 접합 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 한편, Pd 피복층의 두께가 0.015 μ m 미만인 경우, 상기 농화층이 충분히 형성되지 않고, 접합 신뢰성을 향상시킬 수 없다. Pd 피복층의 두께는 0.02 μ m 이상이면 보다 바람직하다. 한편, Pd 피복층 두께가 0.150 μ m를 초과하면, FAB 형상이 악화되는 경향이 현저해지므로, 상한을 0.150 μ m로 하였다.

[0021] 볼의 표면에 형성된 Pd의 농도가 높은 합금층은, 내산화성이 우수하므로, 볼 형성 시에 본딩 와이어의 중심에 대해 볼의 형성 위치가 어긋나는 등의 불량률을 저감시킬 수 있다.

[0022] 본 발명은 또한, 본딩 와이어가 In을 포함하고, 와이어 전체에 대한 In의 농도가 0.011질량% 이상임으로써, 온도가 130 $^{\circ}$ C, 상대 습도가 85%인 고온 고습 환경하에서의 볼 접합부의 접합 수명을 더욱 향상시킬 수 있다.

[0023] In을 함유한 Pd 피복 Cu 본딩 와이어를 사용하여 볼부를 형성하고, FAB를 주사형 전자 현미경(SEM:Scanning Electron Microscope)으로 관찰한 바, FAB의 표면에 직경 수십 nm ϕ 정도의 석출물이 다수 보였다. 석출물을 에너지 분산형 X선 분석(EDS:Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)으로 분석하면 In이 농화되어 있는 것이 확인되었다. 이상과 같은 상황으로부터, 상세한 메커니즘은 불분명하지만, FAB에 관찰되는 이 석출물이 볼부와 전극의 접합 계면에 존재함으로써, 온도가 130 $^{\circ}$ C, 상대 습도가 85%인 고온 고습 환경에서의 볼 접합부의 접합 신뢰성이 향상되어 있는 것이라고 생각된다. 와이어 전체에 대한 In의 농도가 0.031질량% 이상이면 보다 바람직하다. In의 농도가 0.031질량% 이상이면, 고온 고습 환경하에서의 볼 접합부의 접합 수명을 보다 향상시킬 수 있다. 또한, In 함유량이 0.100질량% 이상이면 더욱 바람직하다. In의 농도가 0.100질량% 이상이면, 고온 고습 환경하에서의 볼 접합부의 접합 수명을 더욱 향상시킬 수 있고, 보다 엄격한 접합 신뢰성에 대한 요구에 대응할 수 있다.

[0024] 반도체 장치의 패키지인 몰드 수지(에폭시 수지)에는, 분자 골격에 염소(Cl)가 포함되어 있다. HAST 평가 조건

인 130℃, 상대 습도가 85%인 고온 고습 환경하에서는, 분자 골격 중의 Cl이 가수 분해하여 염화물 이온(Cl⁻)으로서 용출된다. Cu 본딩 와이어를 Al 전극에 접합한 경우, Cu/Al 접합 계면이 고온하에 놓이면, Cu와 Al이 상호 확산되고, 최종적으로 금속간 화합물인 Cu₉Al₄가 형성된다. Cu₉Al₄는 Cl 등의 할로겐에 의한 부식을 받기 쉽고, 몰드 수지로부터 용출된 Cl에 의해 부식이 진행되고, 접합 신뢰성의 저하에 연결된다. Cu 와이어가 Pd 피복층을 갖는 경우에는, Pd 피복 Cu 와이어와 Al 전극의 접합 계면은 Cu/Pd 농화층/Al이라고 하는 구조가 되므로, Cu 와이어에 비교하면 Cu₉Al₄ 금속간 화합물의 생성은 억제되지만, 차량 탑재용 디바이스에서 요구되는 고온 고습 환경에서의 접합 신뢰성으로서는 불충분하였다.

[0025] 그에 반해, 본 발명과 같이 Pd 피복 Cu 와이어 중에 In이 함유되어 있으면, 접합부에 있어서의 Cu₉Al₄ 금속간 화합물의 생성이 더욱 억제되는 경향이 있다고 생각된다. 불 접합부의 FAB 형성 시에, 와이어 중의 In은 Pd 피복층에도 확산된다. 불 접합부에 있어서의 Cu와 Al 계면의 Pd 농화층에 존재하는 In이, Cu와 Al의 상호 확산을 억제하는 효과가 있고, 결과적으로 Cu₉Al₄의 생성을 억제하는 것이라고 생각된다. 또한, 와이어에 포함되는 In이 Cu₉Al₄의 형성을 직접 저해하는 효과가 있을 가능성도 있다.

[0026] In의 존재 부위로서는 Cu 코어재 중이 바람직하지만, Pd 피복층, Au 표피층에 포함되는 것으로도 충분한 작용 효과가 얻어진다. Cu 코어재 중에 In을 첨가하는 방법은 정확한 농도 관리가 용이하며, 와이어 생산성, 품질 안정성이 향상된다. 또한, 열처리에 의한 확산 등으로 In의 일부가 Pd 피복층이나 Au 표피층에도 함유됨으로써, 각 층 계면의 밀착성이 양호화되어, 와이어 생산성을 더욱 향상시키는 것도 가능하다.

[0027] 한편, 와이어 중의 In 함유량이 과잉이 되고, 와이어 전체에 대한 In의 농도가 1.2질량%보다 커지면, FAB 형상이 악화됨과 함께, 본딩 와이어가 경질화되어 와이어 접합부의 변형이 불충분해지고, 웨지 접합성의 저하가 문제가 된다.

[0028] 덧붙여서 말하면, Pd 피복층의 최표면에 Cu가 존재하는 경우가 있다. Cu의 농도가 30원자% 이상이 되면, 와이어 표면의 내황화성이 저하되고, 본딩 와이어의 사용 수명이 저하되므로 실용에 적합하지 않는 경우가 있다. 따라서, Pd 피복층의 최표면에 Cu가 존재하는 경우, Cu의 농도는 30원자% 미만인 것이 바람직하다. 여기서, 최표면이라 함은, 스퍼터 등을 실시하지 않는 상태에서, 본딩 와이어의 표면을 오제 전자 분광 장치에 의해 측정할 영역을 말한다.

[0029] 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 유리하지 않지만, 175℃~200℃ 이상의 조건에서 사용하면 유리한다. 그리고, 175℃ 이상의 고온에서 유리한 황이 Cu와 접촉하면, Cu의 부식이 심해지고, 황화물(Cu₂S)이나 산화물(CuO)이 생성된다. Cu 본딩 와이어를 사용한 반도체 장치에서 Cu의 부식이 생성되면, 특히 불 접합부의 접합 신뢰성이 저하되게 된다.

[0030] 175℃ 이상의 고온 환경에서의 불 접합부 신뢰성을 평가하는 수단으로서, HTS(High Temperature Storage Test)(고온 방치 시험)가 사용된다. 고온 환경에 폭로한 평가용의 샘플에 대해, 접합부의 저항값의 경시 변화를 측정하거나, 불 접합부의 전단 강도의 경시 변화를 측정함으로써, 불 접합부의 접합 수명을 평가한다. 최근 차량 탑재용의 반도체 장치에 있어서는, 175℃~200℃의 HTS에서의 불 접합부의 신뢰성 향상이 요구되고 있다.

[0031] 본 발명의 본딩 와이어는, Cu 합금 코어재가, Pt, Pd, Rh, Ni로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 포함하고, Cu 합금 코어재에 포함되는 상기 원소의 농도가 각각 0.05~1.2질량%이면 바람직하다. Cu 합금 코어재가 이들 원소를 함유함으로써, 불 접합부의 고온 환경에서의 접합 신뢰성 중, 175℃ 이상의 HTS에서의 성적이 개선된다. Cu 합금 코어재에 포함되는 이들 성분의 농도가 각각 0.05질량% 미만에서는 상기한 효과가 얻어지지 않고, 1.2질량%보다 높아지면, FAB 형상이 악화됨과 함께, 본딩 와이어가 경질화되어 와이어 접합부의 변형이 불충분해지고, 웨지 접합성의 저하가 문제가 된다. 또한, 상기 원소를 상기 함유량 범위에서 함유함으로써, 루프 형성성을 향상, 즉, 고밀도 실장에서 문제가 되는 리닝을 저감시킬 수 있다. 이것은, Cu 합금 코어재가 Pt, Pd, Rh, Ni를 포함함으로써, 본딩 와이어의 항복 강도가 향상되고, 본딩 와이어의 변형을 억제할 수 있기 때문이다. Cu 합금 코어재에 포함되는 상기 원소의 농도는, 보다 바람직하게는 0.1질량% 이상, 0.2질량% 이상, 0.3질량% 이상, 또는 0.5질량% 이상이다. 또한, Cu 합금 코어재에 포함되는 상기 원소의 농도는, 보다 바람직하게는 1질량% 이하, 또는 0.8질량% 이하이다. 또한, 본딩 와이어 제품으로부터 Cu 합금 코어재에 포함되

는 상기 원소의 농도를 구하는 방법으로서, 예를 들어, 본딩 와이어의 단면을 노출시켜, Cu 합금 코어재의 영역에 대해 농도 분석하는 방법, 본딩 와이어의 표면으로부터 깊이 방향을 향해 스퍼터 등으로 깎으면서, Cu 합금 코어재의 영역에 대해 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(예를 들어, 깊이 방향으로의 Pd의 농도 변화의 정도가 0.1 μm 당 10mol% 미만인 영역)에 대해 농도 분석하면 된다. 농도 분석의 방법에 대해서는 후술한다.

[0032] 본 발명의 본딩 와이어는, Pd 피복층 상에 Au 표피층을 더 갖고 있어도 된다. 예를 들어, 본 발명의 본딩 와이어는, Pd 피복층의 표면에 Au 표피층을 0.0005~0.050 μm 더 형성하는 것으로 해도 된다. 이에 의해 본딩 와이어는 웨지 접합성을 개선할 수 있다.

[0033] Au 표피층은, Pd 피복층과 반응하여, Au 표피층, Pd 피복층, Cu 합금 코어재간의 밀착 강도를 높이고, 웨지 접합 시의 Pd 피복층이나 Au 표피층의 박리를 억제할 수 있다. 이에 의해 본딩 와이어는, 웨지 접합성을 개선할 수 있다. Au 표피층의 두께가 0.0005 μm 미만에서는 상기한 효과가 얻어지지 않고, 0.050 μm 보다 두꺼워지면 FAB 형상이 편심한다. Au 표피층의 두께는, 바람직하게는 0.0005 μm 이상, 보다 바람직하게는 0.001 μm 이상, 0.003 μm 이상, 또는 0.005 μm 이상이다. 또한, Au 표피층의 두께는, 바람직하게는 0.050 μm 이하이다. 또한 Au 표피층은, Pd 피복층과 마찬가지로의 방법에 의해 형성할 수 있다.

[0034] 덧붙여서 말하면, Au 표피층의 최표면에 Cu가 존재하는 경우가 있다. Cu의 농도가 35원자% 이상이 되면, 와이어 표면의 내황화성이 저하되고, 본딩 와이어의 사용 수명이 저하되므로 실용에 적합하지 않는 경우가 있다. 따라서, Au 표피층의 최표면에 Cu가 존재하는 경우, Cu의 농도는 35원자% 미만인 것이 바람직하다. 여기서, 최표면이라 함은, 스퍼터 등을 실시하지 않는 상태에서, 본딩 와이어의 표면을 오제 전자 분광 장치에 의해 측정된 영역을 말한다.

[0035] 본딩 와이어는 B, P, Mg, Ga, Ge로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 더 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 각각 1~100질량ppm으로써, 고밀도 실장에 요구되는 볼 접합부의 찌부러짐 형상을 개선, 즉, 볼 접합부 형상의 진원성을 개선할 수 있다. 이것은, 상기 원소를 첨가함으로써, 볼의 결정입경을 미세화할 수 있고, 볼의 변형을 억제할 수 있기 때문이다. 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 1질량ppm 미만에서는 상기한 효과가 얻어지지 않고, 100질량ppm보다 커지면 볼이 경질화되고, 볼 접합 시의 칩 손상이 문제가 되므로 실용에 적합하지 않다. 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도는 각각, 보다 바람직하게는 3질량ppm 이상, 또는 5질량ppm 이상이다. 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도는 각각, 보다 바람직하게는 95질량ppm 이하, 90질량ppm 이하, 85질량ppm 이하, 또는 80질량ppm 이하이다.

[0036] 또한 본딩 와이어의 Cu 합금 코어재, Pd 피복층, Au 표피층의 계면에는, 제조 공정에서의 열처리 등에 의해 원자가 확산되고, 농도 구배를 갖는 합금층이 형성되는 경우가 있다. 상기와 같은 경우, Cu 합금 코어재와 Pd 피복층의 경계는, Pd 농도를 기준으로 판정하고, Pd 농도가 50원자%를 경계로 하여, Pd 농도가 50원자% 이상인 영역을 Pd 피복층, 50원자% 미만인 영역을 Cu 합금 코어재라고 판정하였다. 이 근거는, Pd 농도가 50원자% 이상이면 Pd 피복층의 구조로부터 특성의 개선 효과를 기대할 수 있기 때문이다. 또한, Pd 피복층과 Au 표피층의 경계는, Au 농도를 기준으로 판정하였다. Au 농도가 10원자%를 경계로 하고, Au 농도가 10원자% 이상인 영역을 Au 표피층, 10원자% 미만인 영역을 Pd 피복층이라고 판정하였다. 이 근거는, Au 농도가 10원자% 이상이면 Au 표피층의 구조로부터 특성의 개선 효과를 기대할 수 있기 때문이다.

[0037] Pd 피복층, Au 표피층의 농도 분석, Cu 합금 코어재 중의 Pt, Pd, Rh, Ni의 농도 분석에는, 본딩 와이어의 표면으로부터 깊이 방향을 향해 스퍼터 등으로 깎으면서 분석을 행하는 방법, 혹은 와이어 단면을 노출시켜 선 분석, 점 분석 등을 행하는 방법이 유효하다. 이들 농도 분석에 사용하는 해석 장치는, 주사형 전자 현미경 또는 투과형 전자 현미경에 구비한 오제 전자 분광 분석 장치, 에너지 분산형 X선 분석 장치, 전자선 마이크로 애널라이저 등을 이용할 수 있다. 와이어 단면을 노출시키는 방법으로서, 기계 연마, 이온 에칭법 등을 이용할 수 있다. 또한, In, B, P, Mg, Ga, Ge 등의 미량 성분에 대해서는, ICP 발광 분광 분석 장치나 ICP 질량 분석 장치를 이용하여, 본딩 와이어 전체에 포함되는 원소의 농도로서 분석할 수 있다.

[0038] 본딩 와이어의 표면에 있어서의, 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15도 이내까지를 포함하는 결정 방위 <111>의 존재 비율이 면적으로 30~100%이면, 루프 형성성을 향상, 즉, 고밀도 실장에서 문제가 되는 리닝을 저감시킬 수 있다. 표면 결정 방위가 정렬되어 있으면, 횡방향의 변형에 대해 강해지고, 횡방향의 변형을 억제하므로, 리닝 불량을 억제할 수 있기 때문이다. 따라서 일 실시 형태에 있어서, 본딩 와이어 표면의 결정 방위를 측정하였을 때의 측정 결과에 있어서, 상기 본딩 와이어 길이 방향에 대해 각

도차가 15도 이하인 결정 방위 <111>의 존재 비율이 면적률로 30~100%이다. 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.

[0039] (제조 방법)

[0040] 다음으로 본 발명의 실시 형태에 관한 본딩 와이어의 제조 방법을 설명한다. 본딩 와이어는, 코어재에 사용하는 Cu 합금을 제조한 후, 와이어 형상으로 가늘게 가공하고, Pd 피복층, Au 표피층을 형성하여, 열처리함으로써 얻어진다. Pd 피복층, Au 표피층을 형성 후, 다시 신선과 열처리를 행하는 경우도 있다. Cu 합금 코어재의 제조 방법, Pd 피복층, Au 표피층의 형성 방법, 열처리 방법에 대해 상세하게 설명한다.

[0041] 코어재에 사용하는 Cu 합금은, 원료가 되는 Cu와 첨가하는 원소를 모두 용해하고, 응고시킴으로써 얻어진다. 용해에는, 아크 가열로, 고주파 가열로, 저항 가열로 등을 이용할 수 있다. 대기 중으로부터의 O₂, H₂ 등의 가스의 혼입을 방지하기 위해, 진공 분위기 혹은 Ar이나 N₂ 등의 불활성 분위기 중에서 용해를 행하는 것이 바람직하다.

[0042] Pd 피복층, Au 표피층을 Cu 합금 코어재의 표면에 형성하는 방법은, 도금법, 증착법, 용융법 등이 있다. 도금법은, 전해 도금법, 무전해 도금법 중 어느 쪽도 적용 가능하다. 스트라이크 도금, 플래시 도금이라고 불리는 전해 도금에서는, 도금 속도가 빠르고, 하지와 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.

[0043] 증착법에서는, 스퍼터법, 이온 플레이팅법, 진공 증착 등의 물리 흡착과, 플라즈마 CVD 등의 화학 흡착을 이용할 수 있다. 모두 건식이며, Pd 피복층, Au 표피층 형성 후의 세정이 불필요하여, 세정 시의 표면 오염 등의 우려가 없다.

[0044] Pd 피복층, Au 표피층의 형성에 대해서는, 최종 선 직경까지 신선 후에 형성하는 방법과, 굵은 직경의 Cu 합금 코어재로 형성하고 나서 목표의 선 직경까지 복수회 신선하는 방법 중 어느 쪽도 유효하다. 전자의 최종 직경으로 Pd 피복층, Au 표피층을 형성하는 경우에는, 제조, 품질 관리 등이 간편하다. 후자의 Pd 피복층, Au 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 소인하면서 Pd 피복층, Au 표피층을 형성하는 방법, 혹은, 전해 또는 무전해의 도금액 중에 굵은 Cu 합금 코어재를 침지하여 Pd 피복층, Au 표피층을 형성한 후에, 와이어를 신선하여 최종 선 직경에 도달하는 방법 등을 들 수 있다.

[0045] Pd 피복층, Au 표피층을 형성한 후에는, 열처리를 행하는 경우가 있다. 열처리를 행함으로써 Au 표피층, Pd 피복층, Cu 합금 코어재의 사이에서 원자가 확산되어 밀착 강도가 향상되므로, 가공 중의 Au 표피층이나 Pd 피복층의 박리를 억제할 수 있고, 생산성이 향상되는 점에서 유효하다. 대기 중으로부터의 O₂의 혼입을 방지하기 위해, 진공 분위기 혹은 Ar이나 N₂ 등의 불활성 분위기 중에서 열처리를 행하는 것이 바람직하다.

[0046] 본딩 와이어의 표면에 있어서의, 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15도 이내까지를 포함하는 결정 방위 <111>의 존재 비율을 면적률로 30~100%로 하는 방법은 이하와 같다. 즉, Pd 피복층 형성 후 또는 Pd 피복층과 Au 표피층을 형성 후의 가공율을 크게 함으로써, 와이어 표면 상의 방향성을 갖는 집합 조직(신선 방향으로 결정 방위가 정렬된 집합 조직)을 발달시킬 수 있다. 구체적으로는, Pd 피복층 형성 후 또는 Pd 피복층과 Au 표피층을 형성 후의 가공율을 90% 이상으로 함으로써, 본딩 와이어의 표면에 있어서의 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15도 이내까지를 포함하는 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」으로 나타내어진다.

[0047] 와이어의 표면에 있어서의, 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15도 이내까지를 포함하는 결정 방위 <111>의 존재 비율(면적률)을 구하기 위해서는, 와이어 표면을 관찰면으로 하여 결정 조직의 평가를 행한다. 평가 방법으로서, 후방 산란 전자선 회절법(EBSD, Electron Backscattered Diffraction)을 사용할 수 있다. EBSD법은 관찰면의 결정 방위를 관찰하고, 인접하는 측정점간에서의 결정 방위의 각도차를 도출할 수 있다고 하는 특징을 갖고, 본딩 와이어와 같은 세선이라도, 비교적 간편하면서 고정밀도로 결정 방위를 관찰할 수 있다.

[0048] 표면 <111> 방위 비율은, 전용 소프트웨어에 의해 특정할 수 있는 전 결정 방위를 모집단으로 하여, 와이어 길

이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15° 이내까지를 포함하는 결정 방위 <111>의 존재 비율(면적률)을 산출함으로써 구해진다.

- [0049] 본 발명은 상기 실시 형태에 한정되는 것이 아니라, 본 발명의 취지의 범위 내에서 적절히 변경하는 것이 가능하다.
- [0050] 실시예
- [0051] 이하에서는, 실시예를 나타내면서, 본 발명의 실시 형태에 관한 본딩 와이어에 대해, 구체적으로 설명한다.
- [0052] (샘플)
- [0053] 우선 샘플의 제작 방법에 대해 설명한다. 코어재의 원재료가 되는 Cu는 순도가 99.99질량% 이상이며 잔량부가 불가피 불순물로 구성되는 것을 사용하였다. In, Pt, Pd, Rh, Ni, B, P, Mg, Ga, Ge는 순도가 99질량% 이상이며 잔량부가 불가피 불순물로 구성되는 것을 사용하였다. 코어재의 Cu 합금 조성이 목적의 것이 되도록, 첨가 원소인 In, Pt, Pd, Rh, Ni, B, P, Mg, Ga, Ge를 조합한다. In, Pt, Pd, Rh, Ni, B, P, Mg, Ga, Ge의 첨가에 관해서는, 단체에서의 조합도 가능하지만, 단체에서 고용점의 원소나 첨가량이 극미량인 경우에는, 첨가 원소를 포함하는 Cu 모합금을 미리 제작해 두어 목적의 첨가량이 되도록 조합해도 된다.
- [0054] 코어재의 Cu 합금은, 직경이 $\phi 3\sim 8\text{mm}$ 인 원기둥형으로 가공한 카본 도가니에 원료를 장전하고, 고주파로를 사용하여, 진공 중 또는 N_2 나 Ar 가스 등의 불활성 분위기에서 1090~1300℃까지 가열하여 용해시킨 후, 노냉을 행함으로써 제조하였다. 얻어진 $\phi 3\sim 8\text{mm}$ 의 합금에 대해, 인발 가공을 행하여 $\phi 0.3\sim 1.4\text{mm}$ 의 와이어를 제작하였다. 신선에는 시판되고 있는 윤활액을 사용하고, 신선 속도는 20~400m/분으로 하였다. 와이어 표면의 산화막을 제거하기 위해, 황산에 의한 산세 처리를 행한 후, 코어재의 Cu 합금의 표면 전체를 덮도록 Pd 피복층을 1~15 μm 형성하였다. 또한, 일부의 와이어는 Pd 피복층 상에 Au 표피층을 0.01~1.5 μm 형성하였다. Pd 피복층, Au 표피층의 형성에는 전해 도금법을 사용하였다. 도금액은 시판되고 있는 반도체용 도금액을 사용하였다. 그 후, 200~700℃의 열처리와 신선 가공을 반복해서 행함으로써 직경 20 μm 까지 가공하였다. 가공 후에는 최종적으로 파단 연신율이 약 7~15%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 10~200m/분, 열처리 온도는 200~700℃이며 열처리 시간은 0.05~1.5초로 하였다.
- [0055] Pd 피복층 형성 후 또는 Pd 피복층과 Au 표피층을 형성 후의 가공율을 조정함으로써, 본딩 와이어의 표면에 있어서, 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15도 이내까지를 포함하는 결정 방위 <111>의 존재 비율(면적률)을 조정하였다.
- [0056] In, B, P, Mg, Ga, Ge에 대해서는, ICP 발광 분광 분석 장치를 이용하여, 본딩 와이어 전체에 포함되는 원소의 농도로서 분석하였다.
- [0057] Pd 피복층, Au 표피층의 농도 분석, Cu 합금 코어재 중의 Pt, Pd, Rh, Ni의 농도 분석에는, 본딩 와이어의 표면으로부터 깊이 방향을 향해 스퍼터 등으로 깎으면서 오제 전자 분광 분석을 실시하였다. 얻어진 깊이 방향의 농도 프로파일로부터, Pd 피복층 두께, Au 표피층 두께, Cu 합금 코어재 중의 Pt, Pd, Rh, Ni의 농도를 구하였다.
- [0058] 상기한 수순으로 제작한 각 샘플의 구성을 표 1에 나타낸다. 표 1에 있어서, 본 발명의 범위로부터 벗어나는 항목에 언더라인을 부여하고 있다.
- [0059] (평가 방법)
- [0060] 와이어 표면을 관찰면으로 하여, 결정 조직의 평가를 행하였다. 평가 방법으로서, 후방 산란 전자선 회절법(EBSD, Electron Backscattered Diffraction)을 사용하였다. EBSD법은 관찰면의 결정 방위를 관찰하고, 인접하는 측정점간에서의 결정 방위의 각도차를 도출할 수 있다고 하는 특징을 갖고, 본딩 와이어와 같은 세선이라도, 비교적 간편하면서 고정밀도로 결정 방위를 관찰할 수 있다.
- [0061] 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 상에 고정하고, 그 본딩 와이어의 중심 근방의 평탄부를 측정함으로써, 정밀도가 높은 측정을 하는 것이 가능하다. 구체적으로는, 다음과 같은 측정 영역으로 하면 좋다. 원주 방향의 사이즈는 와이어 길이 방향의 중심을 축으로 하여 선 직경의 50% 이하로 하고, 와이어 길이 방향의 사이즈는 100 μm 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 효율을 높일 수 있다. 더욱 정밀도를 높이기 위해서는, 3개소 이상 측정하고, 편차를 고려한 평균 정보를 얻는 것이 바람직하다. 측정 장소는 근접하지 않도록, 1mm 이상 이격하면 좋다.

- [0062] 표면 <111> 방위 비율은, 전용 소프트웨어에 의해 특정할 수 있는 전 결정 방위를 모집단으로 하여, 와이어 길이 방향의 결정 방위 중, 와이어 길이 방향에 대해 각도차가 15° 이내까지를 포함하는 결정 방위 <111>의 존재 비율(면적률)을 산출함으로써 구하였다.
- [0063] 고온 고습 환경 또는 고온 환경에서의 불 접합부의 접합 신뢰성은, 접합 신뢰성 평가용의 샘플을 제작하고, HAST 및 HTS 평가를 행하고, 각각의 시험에 있어서의 불 접합부의 접합 수명에 의해 판정하였다. 접합 신뢰성 평가용의 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, 시판되고 있는 몰드 수지에 의해 밀봉하여 제작하였다. 불은 N₂+5% H₂ 가스를 유량 0.4~0.6L/min으로 흘리면서 형성시키고, 그 크기는 ϕ 34 μ m로 하였다.
- [0064] HAST 평가에 대해서는, 제작한 접합 신뢰성 평가용의 샘플을, 불포화형 프레스 쿠키 시험기를 사용하고, 온도 130℃, 상대 습도 85%의 고온 고습 환경에 폭로하고, 5V의 바이어스를 가하였다. 불 접합부의 접합 수명은 48시간마다 불 접합부의 전단 시험을 실시하고, 전단 강도의 값이 초기에 얻어진 전단 강도의 1/2이 되는 시간으로 하였다. 고온 고습 시험 후의 전단 시험은, 산 처리에 의해 수지를 제거하여, 불 접합부를 노출시키고 나서 행하였다.
- [0065] HAST 평가의 전단 시험기는 DAGE사제의 시험기를 사용하였다. 전단 강도의 값은 무작위로 선택한 불 접합부의 10개소의 측정값의 평균값을 사용하였다. 상기한 평가에 있어서, 접합 수명이 96시간 미만이면 실용상 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 96~144시간이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있는 것으로 하여 △ 표시, 144~288시간이면 실용상 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 288시간 이상이면 특히 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 1의 「HAST」의 란에 표기하였다.
- [0066] HTS 평가에 대해서는, 제작한 접합 신뢰성 평가용의 샘플을, 고온 항온기를 사용하고, 온도 200℃의 고온 환경에 폭로하였다. 불 접합부의 접합 수명은 500시간마다 불 접합부의 전단 시험을 실시하고, 전단 강도의 값이 초기에 얻어진 전단 강도의 1/2이 되는 시간으로 하였다. 고온 고습 시험 후의 전단 시험은, 산 처리에 의해 수지를 제거하여, 불 접합부를 노출시키고 나서 행하였다.
- [0067] HTS 평가의 전단 시험기는 DAGE사제의 시험기를 사용하였다. 전단 강도의 값은 무작위로 선택한 불 접합부의 10개소의 측정값의 평균값을 사용하였다. 상기한 평가에 있어서, 접합 수명이 500~1000시간이면 실용 가능하지만 개선의 요망이 있다고 판단하여 △ 표시, 1000~3000시간이면 실용상 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 3000시간 이상이면 특히 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하였다.
- [0068] 불 형성성(FAB 형상)의 평가는, 접합을 행하기 전의 불을 채취하여 관찰하고, 불 표면의 기포의 유무, 본래 진구인 불의 변형의 유무를 판정하였다. 상기 중 어느 하나가 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 대해 50개의 불을 관찰하였다. 관찰에는 SEM을 사용하였다. 불 형성성의 평가에 있어서, 불량이 5개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량이 3~4개이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있는 것으로 하여 △ 표시, 불량이 1~2개인 경우에는 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 불량이 발생하지 않은 경우에는 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 1의 「FAB 형상」의 란에 표기하였다.
- [0069] 와이어 접합부에 있어서의 웨지 접합성의 평가는, 리드 프레임의 리드 부분에 1000개의 본딩을 행하고, 접합부의 박리의 발생 빈도에 의해 판정하였다. 리드 프레임은 1~3 μ m의 Ag 도금을 실시한 Fe-42wt% Ni 합금 리드 프레임을 사용하였다. 본 평가에서는, 통상보다도 엄격한 접합 조건을 상정하여, 스테이지 온도를 일반적인 설정 온도 영역보다도 낮은 150℃로 설정하였다. 상기한 평가에 있어서, 불량이 11개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량이 6~10개이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있는 것으로 하여 △ 표시, 불량이 1~5개인 경우에는 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 불량이 발생하지 않은 경우에는 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 1의 「웨지 접합성」의 란에 표기하였다.
- [0070] 불 접합부의 찌부러짐 형상의 평가는, 본딩을 행한 불 접합부를 바로 위에서 관찰하여, 그 진원성에 의해 판정하였다. 접합 상대는 Si 기판 상에 두께 1.0 μ m의 Al-0.5wt% Cu의 합금을 성막한 전극을 사용하였다. 관찰은

광학 현미경을 사용하고, 1 조건에 대해 200개소를 관찰하였다. 진원으로부터의 편차가 큰 타원 형상인 것, 변형에 이방성을 갖는 것은 불 접합부의 찌부러짐 형상이 불량하다고 판단하였다. 상기한 평가에 있어서, 불량이 6개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량이 4~5개이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있는 것으로 하여 △ 표시, 1~3개의 경우에는 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 모두 양호한 진원성이 얻어진 경우에는, 특히 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 1의 「찌부러짐 형상」의 란에 표기하였다.

[0071] [리닝]

[0072] 평가용의 리드 프레임에, 루프 길이 5mm, 루프 높이 0.5mm로 100개 본딩하였다. 평가 방법으로서, 칩 수평 방향으로부터 와이어 직립부를 관찰하고, 불 접합부의 중심을 지나는 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 관찰하고, 리닝 불량률의 개수를 셌다. 불량률이 7개 이상 발생한 경우에는 문제가 있다고 판단하여 × 표시, 불량률이 4~6개이면 실용 가능하지만 약간 문제가 있는 것으로 하여 △ 표시, 불량률이 1~3개인 경우에는 문제가 없다고 판단하여 ○ 표시, 불량률이 발생하지 않은 경우에는 우수하다고 판단하여 ◎ 표시로 하고, 표 1의 「리닝」의 란에 표기하였다.

[0073] [표 1-1]

시 원 No.	성분 함유량(질량%)				성분 함유량(질량ppm)				와이어 성장		품질 평가 결과									
	와이어 중 In	Pd	Pt	Ni	Rh	B	P	Mg	Cu	Ge	Pd 피복층의 막 두께 (μm)	Au 함금층의 막 두께 (μm)	표면 결정 방위 <111> (%)	HAST	HTS	FAB 형상	웨이 접합성	찌부러짐 형상	리닝	
1	0.011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.015	-	32	△	△	○	△	○	○	○
2	0.011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.0005	60	△	△	◎	○	○	◎	◎
3	0.011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.001	95	△	△	◎	◎	○	◎	◎
4	0.011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	0.003	30	△	△	○	◎	○	◎	◎
5	0.011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.015	0.01	58	△	△	○	◎	○	◎	◎
6	0.011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.05	92	△	△	◎	◎	○	◎	◎
7	0.011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.07	31	△	△	△	◎	○	◎	◎
8	0.011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-	62	△	△	○	△	○	◎	◎
9	0.011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.015	0.0005	97	△	△	○	○	○	◎	◎
10	0.030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.001	32	△	△	◎	◎	○	◎	◎
11	0.030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.003	64	△	△	◎	◎	○	◎	◎
12	0.031	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	0.01	90	△	△	◎	◎	○	◎	◎
13	0.031	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.015	0.05	33	○	△	○	◎	○	◎	◎
14	0.100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.07	64	◎	△	△	◎	○	◎	◎
15	0.100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	95	◎	△	◎	△	○	◎	◎
16	0.100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	0.0005	31	◎	△	○	○	○	◎	◎
17	0.100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.015	0.001	59	◎	△	○	◎	○	◎	◎
18	0.100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.003	90	◎	△	◎	◎	○	◎	◎
19	0.250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.01	32	◎	△	◎	◎	○	◎	◎
20	0.250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	0.05	60	◎	△	○	◎	○	◎	◎
21	0.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.015	0.07	90	◎	△	△	◎	○	◎	◎
22	0.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	32	◎	△	◎	◎	○	◎	◎
23	1.200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.0005	57	◎	△	△	△	○	◎	◎
24	1.200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	0.001	99	◎	△	△	△	○	◎	◎

[0074]

[표 1-2]

시 험 No.	성분 함유량(질량%)					성분 함유량(질량ppm)				와이어 성장			품질 평가 결과						
	와이어 중 농도	Pd	Pt	Ni	Rh	B	P	Mg	Ga	Ce	Pd 피복층의 막 두께 (μm)	Au 합금층의 막 두께 (μm)	표면 결정 방위 <111> (%)	HAST	HTS	FAB 형상	웨이 접합성	제부러진 형상	리딩
25	0.011	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	0.015	0.0005	36	△	○	○	○	○	○
26	0.011	0.70	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.001	67	△	○	◎	◎	◎	◎
27	0.011	1.20	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.003	91	△	◎	◎	◎	◎	◎
28	0.011	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	0.15	0.01	30	△	○	○	◎	◎	◎
29	0.011	-	0.70	-	-	-	-	-	-	-	0.015	0.05	57	△	○	○	◎	◎	◎
30	0.011	-	1.20	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.0005	89	△	◎	◎	◎	◎	◎
31	0.011	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-	0.1	0.001	35	△	◎	◎	◎	◎	◎
32	0.011	-	-	0.70	-	-	-	-	-	-	0.15	0.003	59	△	◎	○	◎	◎	◎
33	0.011	-	-	1.20	-	-	-	-	-	-	0.015	0.01	95	△	◎	◎	◎	◎	◎
34	0.011	-	-	-	0.05	-	-	-	-	-	0.05	0.05	33	△	○	◎	◎	◎	◎
35	0.011	-	-	-	0.70	-	-	-	-	-	0.1	0.0005	59	△	○	◎	◎	◎	◎
36	0.011	-	-	-	1.20	-	-	-	-	-	0.15	0.001	96	△	◎	○	◎	◎	◎
37	0.011	-	-	-	-	5	-	-	-	-	0.015	0.003	33	△	△	○	◎	◎	◎
38	0.011	-	-	-	-	100	-	-	-	-	0.05	0.01	63	△	△	◎	◎	◎	◎
39	0.011	-	-	-	-	5	-	-	-	-	0.1	0.05	92	△	△	◎	◎	◎	◎
40	0.011	-	-	-	-	100	-	-	-	-	0.15	0.0005	31	△	△	○	◎	◎	◎
41	0.011	-	-	-	-	-	5	-	-	-	0.015	0.001	64	△	△	○	◎	◎	◎
42	0.011	-	-	-	-	-	100	-	-	-	0.05	0.003	89	△	△	◎	◎	◎	◎
43	0.011	-	-	-	-	-	-	5	-	-	0.1	0.01	33	△	△	◎	◎	◎	◎
44	0.011	-	-	-	-	-	-	100	-	-	0.15	0.05	60	△	△	○	◎	◎	◎
45	0.011	-	-	-	-	-	-	-	5	-	0.015	0.0005	90	△	△	○	◎	◎	◎
46	0.011	-	-	-	-	-	-	-	100	-	0.05	0.001	33	△	△	◎	◎	◎	◎
47	0.100	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.003	62	◎	○	◎	◎	◎	◎
48	0.100	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	0.01	98	◎	○	◎	◎	◎	◎
49	0.100	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.015	0.05	31	◎	○	◎	◎	◎	◎
50	0.100	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.0005	60	◎	○	◎	◎	◎	◎
51	0.100	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.001	93	◎	○	◎	◎	◎	◎
52	0.100	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	0.15	0.003	33	◎	○	◎	◎	◎	◎

본 발명에

[0075]

[0076]

[표 1-3]

시 험 No.	성분 함유량(질량%)					성분 함유량(질량ppm)			와이어 성장			품질 평가 결과							
	In	Pd	Pt	Ni	Rh	B	P	Mg	Ca	Ce	Pd 피복층의 막 두께 (μm)	Au 합금층의 막 두께 (μm)	표면 결정 방위 <111> (%)	HAST	HTS	FAB 형상	웨이 결합성	찌꺼기 형상	리닝
53	0.100	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	0.015	0.01	59	◎	○	○	◎	○	◎
54	0.100	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	0.05	0.05	90	◎	◎	◎	◎	○	◎
55	0.100	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-	0.1	0.0005	33	◎	◎	◎	◎	○	◎
56	0.100	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	0.15	0.001	62	◎	◎	◎	◎	◎	◎
57	0.100	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-	0.015	0.003	92	◎	◎	◎	◎	◎	◎
58	0.100	-	-	-	-	1.2	-	-	-	-	0.05	0.01	32	◎	◎	◎	◎	◎	◎
59	0.100	0.3	-	-	-	3	-	-	-	-	0.1	0.05	62	◎	◎	◎	◎	◎	◎
60	0.100	0.3	-	-	-	100	-	-	-	-	0.15	0.0005	90	◎	◎	◎	◎	◎	◎
61	0.100	0.8	-	-	-	4	-	-	-	-	0.015	0.001	32	◎	◎	◎	◎	◎	◎
62	0.100	0.8	-	-	-	100	-	-	-	-	0.05	0.003	60	◎	◎	◎	◎	◎	◎
63	0.100	1.2	-	-	-	3	-	-	-	-	0.1	0.01	94	◎	◎	◎	◎	◎	◎
64	0.100	1.2	-	-	-	100	-	-	-	-	0.15	0.05	33	◎	◎	◎	◎	◎	◎
65	0.100	-	0.8	-	-	10	-	-	-	-	0.015	0.0005	64	◎	◎	◎	◎	◎	◎
66	0.100	-	0.8	-	-	50	-	-	-	-	0.05	0.001	92	◎	◎	◎	◎	◎	◎
67	0.100	-	-	0.3	-	20	-	-	-	-	0.1	0.003	30	◎	◎	◎	◎	◎	◎
68	0.100	-	-	0.3	-	70	-	-	-	-	0.15	0.01	60	◎	◎	◎	◎	◎	◎
69	0.100	-	-	0.7	-	30	-	-	-	-	0.015	0.05	95	◎	◎	◎	◎	◎	◎
70	0.100	-	-	-	0.7	-	-	80	-	-	0.05	0.0005	32	◎	◎	◎	◎	◎	◎
71	0.100	-	-	1.2	-	40	-	-	-	-	0.1	0.001	52	◎	◎	◎	◎	◎	◎
72	0.100	-	-	1.2	-	90	-	-	-	-	0.15	0.003	92	◎	◎	◎	◎	◎	◎
73	0.100	-	-	-	0.3	30	-	-	-	-	0.015	0.01	32	◎	◎	◎	◎	◎	◎
74	0.100	-	-	-	1.2	100	-	-	-	-	0.05	0.05	54	◎	◎	◎	◎	◎	◎
75	0.100	-	-	-	-	-	5	-	-	-	0.1	0.0005	97	◎	◎	◎	◎	◎	◎
76	0.100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	0.15	0.001	33	◎	◎	◎	◎	◎	◎
77	0.100	-	-	-	-	-	-	5	-	-	0.015	0.003	57	◎	◎	◎	◎	◎	◎
78	0.100	-	-	-	-	-	-	100	-	-	0.05	0.01	87	◎	◎	◎	◎	◎	◎
79	0.100	-	-	-	-	-	-	-	5	-	0.1	0.05	31	◎	◎	◎	◎	◎	◎
80	0.100	-	-	-	-	-	-	-	100	-	0.15	0.0005	63	◎	◎	◎	◎	◎	◎

[0077]

[0078]

[표 1-4]

시험 No.	성분 함유량(질량%)					성분 함유량(질량ppm)					와이어 성장			품질 평가 결과					
	In	Pd	Pt	Ni	Rh	B	P	Mg	Ca	Ce	Pd 과복층의 막 두께 (μm)	Au 합금층의 막 두께 (μm)	표면 결정 질량 <111> (%)	HAST	HTS	FAB 평가	세지 결합성	적부러짐 평가	리닝
81	0.500	0.7	-	-	-	12	-	-	-	-	0.015	0.001	96	◎	◎	○	◎	◎	◎
82	0.500	-	0.7	-	-	12	-	-	-	-	0.05	0.003	33	◎	◎	◎	◎	◎	◎
83	0.500	-	-	0.7	-	12	-	-	-	-	0.1	0.01	58	◎	◎	◎	◎	◎	◎
84	0.500	-	-	-	0.7	12	-	-	-	-	0.15	0.05	90	◎	◎	○	◎	◎	◎
85	0.500	0.7	-	-	-	-	70	-	-	-	0.015	0.0005	30	◎	◎	○	◎	◎	◎
86	0.500	-	0.7	-	-	-	70	-	-	-	0.05	0.001	66	◎	◎	◎	◎	◎	◎
87	0.500	-	-	0.7	-	-	70	-	-	-	0.1	0.003	32	◎	◎	○	◎	◎	◎
88	0.500	-	-	-	0.7	-	70	-	-	-	0.15	0.01	91	◎	◎	○	◎	◎	◎
89	0.500	0.7	-	-	-	-	20	-	-	-	0.015	0.05	31	◎	◎	○	◎	◎	◎
90	0.500	-	0.7	-	-	-	20	-	-	-	0.05	0.0005	62	◎	◎	○	◎	◎	◎
91	0.500	-	-	0.7	-	-	20	-	-	-	0.1	0.001	93	◎	◎	◎	◎	◎	◎
92	0.500	0.7	-	-	0.7	-	-	20	-	-	0.15	0.003	33	◎	◎	○	◎	◎	◎
93	0.500	-	-	-	-	-	-	30	-	-	0.015	0.01	63	◎	◎	○	◎	◎	◎
94	0.500	-	0.7	-	-	-	-	30	-	-	0.05	0.05	99	◎	◎	◎	◎	◎	◎
95	0.500	-	-	0.7	-	-	-	30	-	-	0.1	0.0005	33	◎	◎	○	◎	◎	◎
96	0.500	-	-	-	0.7	-	-	30	-	-	0.15	0.001	65	◎	◎	○	◎	◎	◎
97	0.500	0.7	-	-	-	-	-	20	0.015	0.003	94	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
98	0.500	-	0.7	-	-	-	-	20	0.05	0.01	32	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
99	0.500	-	-	0.7	-	-	-	20	0.1	0.05	59	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	
100	0.500	-	-	-	0.7	-	-	-	20	0.15	0.0005	94	◎	◎	○	◎	◎	◎	
101	1.200	0.5	-	0.3	-	-	30	-	-	0.015	0.001	34	◎	◎	△	◎	◎	◎	
102	1.200	0.5	-	0.7	-	-	75	-	-	0.05	0.003	61	◎	◎	△	◎	◎	◎	
103	1.200	0.5	-	1.2	-	-	100	-	-	0.1	0.01	92	◎	◎	△	◎	◎	◎	
104	1.200	-	0.5	-	0.3	3	-	-	-	0.15	0.05	31	◎	◎	△	◎	◎	◎	
105	1.200	-	0.5	-	0.8	5	-	-	-	0.015	0.0005	63	◎	◎	△	◎	◎	◎	
106	1.200	-	0.5	-	1.2	7	-	-	-	0.05	0.001	95	◎	◎	△	◎	◎	◎	
107	1.200	0.1	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.003	30	◎	◎	△	◎	◎	◎	
108	1.200	1.2	-	-	-	-	-	10	-	0.15	0.01	62	◎	◎	△	◎	◎	◎	
109	1.200	-	1.2	-	-	-	-	-	10	0.015	0.05	91	◎	◎	△	◎	◎	◎	
110	1.200	-	-	-	1.2	-	-	-	-	0.05	0.0005	32	◎	◎	△	◎	◎	◎	
111	1.200	-	-	-	1.2	-	-	-	10	0.1	0.001	65	◎	◎	△	◎	◎	◎	

[0079]

[0080]

[0081] [표 1-5]

시험 No.	성분 함유량(질량%)					성분 함유량(질량ppm)					와이어 성장			품질 평가 결과					
	In	Pd	Pt	Ni	Rh	B	P	Mg	Ga	Ge	Pd 피복층의 막 두께 (μm)	Au 환금층의 막 두께 (μm)	표면 결정 방위 <111> (%)	HAST	HTS	FAB 형상	웨이 접합성	적부러짐 형상	리닝
1	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.006	0.001	21	X	△	X	◎	○	△
2	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.003	32	X	△	◎	◎	○	○
3	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.01	19	X	△	X	◎	○	△
4	1.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.001	60	◎	△	X	X	○	◎
5	1.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.003	28	◎	△	X	X	○	△
6	1.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	0.01	94	◎	△	X	X	○	◎
7	0.010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.006	0.001	21	X	△	X	◎	○	△
8	0.010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.003	31	X	△	◎	◎	○	○
9	0.010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.01	29	X	△	X	◎	○	△
10	1.300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.001	62	◎	△	X	X	○	◎
11	1.300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.003	10	◎	△	X	X	○	△
12	1.300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	0.01	94	◎	△	X	X	○	◎

[0082] (평가 결과)

[0083] 본 발명에 1~111에 관한 본딩 와이어는, Cu 합금 코어재와, Cu 합금 코어재의 표면에 형성된 Pd 피복층을 갖고, 본딩 와이어는 In을 포함하고, 와이어 전체에 대한 In의 농도가 0.011~1.2질량%이며, Pd 피복층의 두께가 0.015~0.150 μm 이다. 이에 의해 본 발명에 1~111에 관한 본딩 와이어는, 온도가 130℃, 상대 습도가 85% 인 고온 고습 환경하에서 5V의 바이어스를 가한 HAST 시험에서 불 접합부 신뢰성이 얻어지는 것을 확인하였다. 본 발명에 12, 13으로부터, 와이어 전체에 대한 In의 농도가 0.031질량% 이상이 되면 HAST 시험에서의 불 접합 신뢰성의 판정이 ○으로 되고, 보다 바람직한 농도 범위인 것이 확인되었다. 또한, 본 발명에 14-24, 47-111로부터, 와이어 전체에 대한 In의 농도가 0.100질량% 이상이 되면 HAST 시험에서의 불 접합 신뢰성의 판정이 ◎으로 되고, 더욱 바람직한 농도 범위인 것이 확인되었다.

[0084] 한편, 비교예 1~3, 7~9는 In 농도가 하한을 벗어나고, HAST 시험에서 불 접합부 신뢰성이 얻어지지 않았다. 비교예 4~6, 10~13은 In 농도가 상한을 벗어나고, FAB 형상과 웨지 접합성이 불량하였다. 비교예 1, 4, 7, 19는 Pd 피복층의 두께가 하한을 벗어나고, FAB 형상이 불량하였다.

[0085] Pd 피복층 상에 Au 표피층을 더 갖는 본 발명에 대해서는, Au 표피층의 층 두께가 0.0005~0.050 μm 임으로써,

우수한 웨지 접합성이 얻어지는 것을 확인하였다.

[0087] 실시예 25~36, 47~74, 81~111은 Cu 합금 코어재가 Pt, Pd, Rh, Ni를 더 포함하고, 와이어 중에 포함되는 이들 원소의 농도가 0.05~1.2질량%임으로써, HTS 평가에 의한 볼 접합부 고온 신뢰성이 양호함과 함께, 리닝이 양호한 것을 확인하였다.

[0088] 실시예 37~46, 59~106, 108, 109, 111은 본딩 와이어가 B, P, Mg, Ga, Ge로부터 선택되는 적어도 1종 이상의 원소를 더 포함하고, 와이어 전체에 대한 상기 원소의 농도가 1질량ppm 이상임으로써, 볼 접합부의 찌부러짐 현상이 양호하였다.