



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년01월23일  
(11) 등록번호 10-2758326  
(24) 등록일자 2025년01월17일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 23/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
H01L 24/45 (2013.01)  
H01L 2224/45147 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7023494
- (22) 출원일자(국제) 2023년06월27일  
심사청구일자 2024년07월12일
- (85) 번역문제출일자 2024년07월12일
- (65) 공개번호 10-2024-0172735
- (43) 공개일자 2024년12월10일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2023/023777
- (87) 국제공개번호 WO 2024/247286  
국제공개일자 2024년12월05일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2023-088808 2023년05월30일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌  
KR1020230001012 A  
KR1020230001011 A  
KR1020180005652 A  
KR1020200070424 A

- (73) 특허권자  
넛데쓰마이크로메탈가부시키키가이샤  
일본 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마가하라 158 반치 1
- (72) 발명자  
오다 다이조  
일본 3580032 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마가하라 158-1 넛데쓰마이크로메탈가부시키키가이샤 내  
에토 모토키  
일본 3580032 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마가하라 158-1 넛데쓰마이크로메탈가부시키키가이샤 내  
오이시 료  
일본 3580032 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마가하라 158-1 넛데쓰마이크로메탈가부시키키가이샤 내
- (74) 대리인  
장수길, 성재동

전체 청구항 수 : 총 9 항

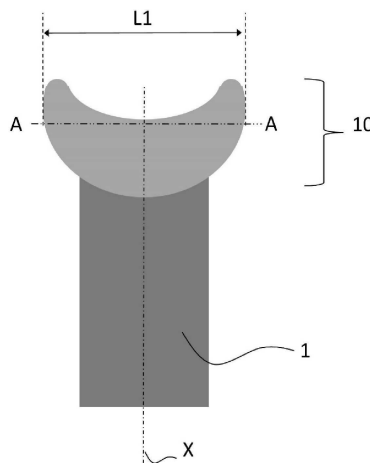
심사관 : 이석주

(54) 발명의 명칭 본딩 와이어

(57) 요약

양호한 FAB 형상을 가져오는 동시에, 2nd 접합부의 밀착성을 비롯한 2nd 접합부의 초기 접합성이 양호하며, 고온 환경 하에 있어서의 갈바니 부식을 억제하여 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성을 가져오는 신규의 합금 피복 Cu 본딩 와이어를 제공한다. 해당 합금 피복 Cu 본딩 와이어는, Cu 또는 Cu 합금으로 이루어지는 코어재와, 해당 (뒷면에 계속)

대표도



코어재의 표면에 형성된 Pd와 Ni의 합계 농도가 90원자% 이상인 피복층을 포함하고,

오제 전자 분광법(AES)에 의해 깊이 방향의 측정점이, 피복층에 있어서 50점 이상이 되도록 측정하여 얻어진 해당 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일에 있어서,

피복층의 두께가 10nm 이상 130nm 이하이며,

피복층의 전 측정점에 관한 Pd의 농도  $C_{Pd}$ (원자%)와 Ni의 농도  $C_{Ni}$ (원자%)의 비  $C_{Pd}/C_{Ni}$ 의 평균값을 X라고 했을 때, 해당 평균값 X가 0.1 이상 35.0 이하이며,

피복층 중 해당 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.3X 이내에 있는 측정점의 총수가 피복층의 측정점의 총수에 대하여 50% 이상이며,

이하의 조건 (A)를 충족하는 것을 특징으로 한다.

(A) Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Sn, Ta, W, Os, Ir, Pt, Au, Bi로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(이하, 「제1 첨가 원소」라고 함)를 포함하고, 와이어 전체에 대한 제1 첨가 원소의 총계 농도가 5질량ppm 이상 450질량ppm 이하이다.

(52) CPC특허분류

H01L 2224/45541 (2013.01)

H01L 2224/45644 (2013.01)

H01L 2224/45655 (2013.01)

H01L 2224/45664 (2013.01)

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

Cu 또는 Cu 합금으로 이루어지는 코어재와, 해당 코어재의 표면에 형성된 Pd와 Ni의 합계 농도가 90원자% 이상인 피복층을 포함하는 본딩 와이어이며,

오제 전자 분광법(AES)에 의해 깊이 방향의 측정점이, 피복층에 있어서 50점 이상이 되도록 측정하여 얻어진 해당 본딩 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일에 있어서,

피복층의 두께가 10nm 이상 130nm 이하이며,

피복층의 전 측정점에 관한 Pd의 농도  $C_{Pd}$ (원자%)와 Ni의 농도  $C_{Ni}$ (원자%)의 비  $C_{Pd}/C_{Ni}$ 의 평균값을 X라고 했을 때, 해당 평균값 X가 0.1 이상 35.0 이하이며,

피복층 중 해당 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.3X 이내에 있는 측정점의 총수가 피복층의 측정점의 총수에 대하여 50% 이상이며,

이하의 조건 (A)를 충족하는, 본딩 와이어.

(A) Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Sn, Ta, W, Os, Ir, Pt, Au, Bi로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(이하, 「제1 첨가 원소」라고 함)를 포함하고, 본딩 와이어 전체에 대한 제1 첨가 원소의 총계 농도가 5질량ppm 이상 450질량ppm 이하이다

**청구항 2**

Cu 또는 Cu 합금으로 이루어지는 코어재와, 해당 코어재의 표면에 형성된 Pd와 Ni의 합계 농도가 90원자% 이상인 피복층을 포함하는 본딩 와이어이며,

오제 전자 분광법(AES)에 의해 깊이 방향의 측정점이, 피복층에 있어서 50점 이상이 되도록 측정하여 얻어진 해당 본딩 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일에 있어서,

피복층의 두께가 10nm 이상 130nm 이하이며,

피복층의 전 측정점에 관한 Pd의 농도  $C_{Pd}$ (원자%)와 Ni의 농도  $C_{Ni}$ (원자%)의 비  $C_{Pd}/C_{Ni}$ 의 평균값을 X라고 했을 때, 해당 평균값 X가 0.1 이상 35.0 이하이며,

피복층 중 해당 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.3X 이내에 있는 측정점의 총수가 피복층의 측정점의 총수에 대하여 50% 이상이며,

이하의 조건 (A) 및 (B)를 충족하는, 본딩 와이어.

(A) Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Sn, Ta, W, Os, Ir, Pt, Au, Bi로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(이하, 「제1 첨가 원소」라고 함)를 포함하고, 본딩 와이어 전체에 대한 제1 첨가 원소의 총계 농도(단 Au의 농도는 코어재 부분에 있어서의 농도를 사용함)가 5질량ppm 이상 450질량ppm 이하이다

(B) 본딩 와이어의 표면에 Au를 함유하고, 본딩 와이어 전체에 대한 Au의 농도가 0.5질량% 이하이다

**청구항 3**

제1항 또는 제2항에 있어서,

피복층 중 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.2X 이내에 있는 측정점의 총수가 피복층의 측정점의 총수에 대하여 50% 이상인, 본딩 와이어.

**청구항 4**

제1항 또는 제2항에 있어서,

피복층의 전 측정점에 대하여,  $C_{Pd}$  또는  $C_{Ni}$ 를 최소 제곱법에 의해 직선 근사하여 근사 직선을 얻었을 때, 피복층의 깊이 범위에 있어서의 해당 근사 직선의 최댓값과 최솟값의 차가 20원자% 이하인, 본딩 와이어.

**청구항 5**

제1항 또는 제2항에 있어서,

본딩 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일이, 본딩 와이어의 표면으로부터 Ar 스퍼터링에 의해 깊이 방향으로 파내려가면서, 하기 <조건>으로 AES에 의해 측정하여 얻어지는, 본딩 와이어.

<조건> 본딩 와이어의 폭의 중심이 측정면의 폭의 중심이 되도록 위치 결정하고, 또한, 측정면의 폭이 본딩 와이어 직경의 5% 이상 15% 이하, 측정면의 길이가 측정면의 폭의 5배이다

**청구항 6**

제1항 또는 제2항에 있어서,

B, P 및 Mg로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(이하, 「제2 첨가 원소」라고 함)를 포함하고, 본딩 와이어 전체에 대한 제2 첨가 원소의 총계 농도가 1질량ppm 이상 100질량ppm 이하인, 본딩 와이어.

**청구항 7**

제1항 또는 제2항에 있어서,

Se, Te, As 및 Sb로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(이하, 「제3 첨가 원소」라고 함)를 포함하고, 본딩 와이어 전체에 대한 제3 첨가 원소의 총계 농도가 1질량ppm 이상 100질량ppm 이하인, 본딩 와이어.

**청구항 8**

제1항 또는 제2항에 있어서,

Ga 및 Ge로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(이하, 「제4 첨가 원소」라고 함)를 포함하고, 본딩 와이어 전체에 대한 제4 첨가 원소의 총계 농도가 0.011질량% 이상 1.5질량% 이하인, 본딩 와이어.

**청구항 9**

제1항 또는 제2항에 있어서,

In 및 Ag로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(이하, 「제5 첨가 원소」라고 함)를 포함하고, 본딩 와이어 전체에 대한 제5 첨가 원소의 총계 농도가 1질량ppm 이상 500질량ppm 이하인, 본딩 와이어.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 본딩 와이어에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 본딩 와이어는, 반도체 칩 상에 형성된 전극과, 리드 프레임이나 기판 상의 전극 사이를 접속하기 위하여 사용된다. 본딩 와이어의 접속 프로세스는, 본딩 와이어를 그 내부에 통과시켜 접속에 사용하는 통 형상의 본딩 볼(캐필러리)을 사용하여, 반도체 칩상의 전극에 1st 접합하고, 다음으로 루프를 형성한 후, 리드 프레임이나 기판 상의 전극 등의 외부 단자에 와이어부를 2nd 접합함으로써 완료된다. 1st 접합은, 캐필러리로부터 나와 있는 와이어부(이하, 「테일」이라고도 함)의 선단을 아크 입열로 가열 용융하고, 표면 장력에 의해 프리 에어 볼(FAB: Free Air Ball; 이하, 단순히 「볼」이라고도 함)을 형성한 후에, 해당 볼부를 반도체 칩 상의 전극에 압착 접합(이하, 「볼 접합」이라고도 함)한다. 또한, 2nd 접합은, 볼을 형성하지 않고, 캐필러리로부터 와이어부에 초음파, 하중을 가함으로써 외부 단자 상에 압착 접합(이하, 「웨이 접합」이라고도 함)한다.

[0003] 지금까지 본딩 와이어의 재료는 금(Au)이 주류였지만, LSI 용도를 중심으로 구리(Cu)로의 대체가 진행되고 있으며(예를 들어, 특허문헌 1 내지 3), 또한, 근년의 전기 자동차나 하이브리드 자동차의 보급을 배경으로 차량 탑

재용 디바이스 용도에 있어서, 나아가 에어컨이나 태양광 발전 시스템 등의 대전력 기기에 있어서의 파워 디바이스(파워 반도체 장치) 용도에 있어서도, 열전도율이나 용단 전류가 높은 점에서, 고효율이며 신뢰성도 높은 Cu로의 대체가 기대되고 있다.

[0004] Cu는 Au에 비해 산화되기 쉬운 결점이 있어, Cu 본딩 와이어의 표면 산화를 방지하는 방법으로서, Cu 코어재의 표면을 Pd 등의 금속으로 피복한 구조도 제안되어 있다(특허문헌 4). 또한, Cu 코어재의 표면을 Pd로 피복하고, Cu 코어재에 Pd, Pt를 더 첨가함으로써, 1st 접합부의 접합 신뢰성을 개선한 Pd 피복 Cu 본딩 와이어도 제안되어 있다(특허문헌 5).

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 소61-48543호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특허 공표 제2018-503743호 공보
- (특허문헌 0003) 국제 공개 제2017/221770호
- (특허문헌 0004) 일본 특허 공개 제2005-167020호 공보
- (특허문헌 0005) 국제 공개 제2017/013796호

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

- [0006] 근년, 본딩 와이어에 관해서는, 가혹한 고온 환경 하에서 양호한 접합 신뢰성을 나타낼 것이 요구된다.
- [0007] 본 발명자들은, 이러한 근년의 요구를 근거로 하여 평가를 실시한 바, 종래의 Pd 피복층을 갖는 Cu 본딩 와이어에서는, 와이어의 접속 공정에서 Pd 피복층이 부분적으로 박리되어 코어재의 Cu가 노출되고, 피복 Pd부와 노출 Cu부의 접촉 영역이 고온 환경 하에서 밀봉 수지로부터 발생하는 산소나 수증기, 황 화합물계 아웃 가스를 포함하는 환경에 노출됨으로써 Cu의 국부 부식, 즉 갈바니 부식이 발생하여, 2nd 접합부에 있어서의 접합 신뢰성이 충분히 얻어지지 않는 경우가 있는 것을 발견하였다. 한편, Pd 피복층을 갖고 있지 않은 베어 Cu 본딩 와이어에 관해서는, 갈바니 부식은 발생하지 않지만, FAB 형상이 불량하고, 나아가서는 1st 접합부에 있어서의 접합성이 충분하지 않다.
- [0008] 상기의 과제에 대하여 대응하는 과정에 있어서, Cu 코어재의 표면을 Ni와 Pd를 포함하는 합금으로 피복한 합금 피복 Cu 본딩 와이어가, 그 합금 피복의 구성에 따라서는, FAB 형상과 고온 환경 하에 있어서의 접합 신뢰성의 점에서 양호한 결과를 나타내는 것을 확인하였다. 그러나, 이러한 합금 피복 Cu 본딩 와이어에 관해서는, 2nd 접합부에 있어서의 와이어-단자 간의 밀착성(이하, 단순히 「2nd 접합부의 밀착성」이라고도 함)에 개선의 여지가 있음을 발견하였다. 이하, 본 명세서에 있어서, 2nd 접합부의 밀착성과 2nd 접합부의 초기 접합 강도를 아울러 2nd 접합부의 초기 접합성이라고 한다.
- [0009] 본 발명은, 양호한 FAB 형상을 가져오는 동시에, 2nd 접합부의 밀착성을 비롯한 2nd 접합부의 초기 접합성이 양호하며, 고온 환경 하에 있어서의 갈바니 부식을 억제하여 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성도 가져오는 신규의 합금 피복 Cu 본딩 와이어를 제공한다.

#### 과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명자들은, 상기 과제에 대하여 예의 검토한 결과, 하기 구성을 가짐으로써 상기 과제를 해결할 수 있음을 발견하고, 본 발명을 완성하였다.
- [0011] 즉, 본 발명은 이하의 내용을 포함한다.
- [0012] <1>
- [0013] Cu 또는 Cu 합금으로 이루어지는 코어재와, 해당 코어재의 표면에 형성된 Pd와 Ni의 합계 농도가 90원자% 이상

인 피복층을 포함하는 본딩 와이어이며,

- [0014] 오제 전자 분광법(AES)에 의해 깊이 방향의 측정점이, 피복층에 있어서 50점 이상이 되도록 측정하여 얻어진 해당 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일에 있어서,
- [0015] 피복층의 두께가 10nm 이상 130nm 이하이며,
- [0016] 피복층의 전 측정점에 관한 Pd의 농도  $C_{Pd}$ (원자%)와 Ni의 농도  $C_{Ni}$ (원자%)의 비  $C_{Pd}/C_{Ni}$ 의 평균값을 X라고 했을 때, 해당 평균값 X가 0.1 이상 35.0 이하이며,
- [0017] 피복층 중 해당 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.3X 이내에 있는 측정점의 총수가 피복층의 측정점의 총수에 대하여 50% 이상이며,
- [0018] 이하의 조건 (A)를 충족하는, 본딩 와이어.
- [0019] (A) Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Sn, Ta, W, Os, Ir, Pt, Au, Bi로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(이하, 「제1 첨가 원소」라고 함)를 포함하고, 와이어 전체에 대한 제1 첨가 원소의 총계 농도가 5질량ppm 이상 450질량ppm 이하이다
- [0020] <2>
- [0021] Cu 또는 Cu 합금으로 이루어지는 코어재와, 해당 코어재의 표면에 형성된 Pd와 Ni의 합계 농도가 90원자% 이상 인 피복층을 포함하는 본딩 와이어이며,
- [0022] 오제 전자 분광법(AES)에 의해 깊이 방향의 측정점이, 피복층에 있어서 50점 이상이 되도록 측정하여 얻어진 해당 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일에 있어서,
- [0023] 피복층의 두께가 10nm 이상 130nm 이하이며,
- [0024] 피복층의 전 측정점에 관한 Pd의 농도  $C_{Pd}$ (원자%)와 Ni의 농도  $C_{Ni}$ (원자%)의 비  $C_{Pd}/C_{Ni}$ 의 평균값을 X라고 했을 때, 해당 평균값 X가 0.1 이상 35.0 이하이며,
- [0025] 피복층 중 해당 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.3X 이내에 있는 측정점의 총수가 피복층의 측정점의 총수에 대하여 50% 이상이며,
- [0026] 이하의 조건 (A) 및 (B)를 충족하는, 본딩 와이어.
- [0027] (A) Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Sn, Ta, W, Os, Ir, Pt, Au, Bi로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(이하, 「제1 첨가 원소」라고 함)를 포함하고, 와이어 전체에 대한 제1 첨가 원소의 총계 농도(단 Au의 농도는 코어재 부분에 있어서의 농도를 사용함)가 5질량ppm 이상 450질량ppm 이하이다
- [0028] (B) 와이어의 표면에 Au를 함유하고, 와이어 전체에 대한 Au의 농도가 0.5질량% 이하이다
- [0029] <3>
- [0030] 피복층 중 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.2X 이내에 있는 측정점의 총수가 피복층의 측정점의 총수에 대하여 50% 이상인, <1> 또는 <2>에 기재된 본딩 와이어.
- [0031] <4>
- [0032] 피복층의 전 측정점에 대하여,  $C_{Pd}$  또는  $C_{Ni}$ 를 최소 제곱법에 의해 직선 근사했을 때, 피복층의 깊이 범위에 있어서의 해당 근사 직선의 최댓값과 최솟값의 차가 20원자% 이하인, <1> 내지 <3> 중 어느 것에 기재된 본딩 와이어.
- [0033] <5>
- [0034] 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일은, 와이어의 표면으로부터 Ar 스퍼터링에 의해 깊이 방향으로 파내려가면서, 하기 <조건>으로 AES에 의해 측정하여 얻어지는, <1> 내지 <4> 중 어느 것에 기재된 본딩 와이어.
- [0035] <조건> 와이어의 폭의 중심이 측정면의 폭의 중심이 되도록 위치 결정하고, 또한, 측정면의 폭이 와이어 직경의 5% 이상 15% 이하, 측정면의 길이가 측정면의 폭의 5배이다
- [0036] <6>

- [0037] B, P 및 Mg로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(이하, 「제2 첨가 원소」라고 함)를 포함하고, 와이어 전체에 대한 제2 첨가 원소의 총계 농도가 1질량ppm 이상 100질량ppm 이하인, <1> 내지 <5> 중 어느 것에 기재된 본딩 와이어.
- [0038] <7>
- [0039] Se, Te, As 및 Sb로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(이하, 「제3 첨가 원소」라고 함)를 포함하고, 와이어 전체에 대한 제3 첨가 원소의 총계 농도가 1질량ppm 이상 100질량ppm 이하인, <1> 내지 <6> 중 어느 것에 기재된 본딩 와이어.
- [0040] <8>
- [0041] Ga 및 Ge로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(이하, 「제4 첨가 원소」라고 함)를 포함하고, 와이어 전체에 대한 제4 첨가 원소의 총계 농도가 0.011질량% 이상 1.5질량% 이하인, <1> 내지 <7> 중 어느 것에 기재된 본딩 와이어.
- [0042] <9>
- [0043] In 및 Ag로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(이하, 「제5 첨가 원소」라고 함)를 포함하고, 와이어 전체에 대한 제5 첨가 원소의 총계 농도가 1질량ppm 이상 500질량ppm 이하인, <1> 내지 <8> 중 어느 것에 기재된 본딩 와이어.

**발명의 효과**

- [0044] 본 발명에 따르면, 양호한 FAB 형상을 가져옴과 함께, 2nd 접합부의 밀착성을 비롯한 2nd 접합부의 초기 접합성도 양호하며, 고온 환경 하에 있어서의 갈바니 부식을 억제하여 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성도 가져오는 신규의 합금 피복 Cu 본딩 와이어를 제공할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0045] 도 1은 2nd 접합부를 설명하기 위한 개략도이다. 도 1은 또한, 2nd 접합부의 밀착성을 평가할 때의 평가면(단면)의 위치를 설명하기 위한 개략도이다.  
 도 2는 도 1 중의 A-A 이점쇄선으로 나타낸 위치에서 절단했을 때의, 2nd 접합부의 개략 단면도이다.  
 도 3은 AES에 의한 조성 분석을 할 때의 측정면의 위치 및 치수를 설명하기 위한 개략도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0046] 이하, 본 발명을 그 적합한 실시 형태에 입각하여 상세하게 설명한다. 설명에 있어서 도면을 참조하는 경우도 있지만, 각 도면은, 발명을 이해할 수 있을 정도로, 구성 요소의 형상, 크기 및 배치가 개략적으로 나타내져 있는 것에 지나지 않는다. 본 발명은, 하기 실시 형태 및 예시물에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 특허 청구 범위 및 그 균등의 범위를 일탈하지 않는 범위에 있어서 임의로 변경하여 실시될 수 있다.
- [0047] [본딩 와이어]
- [0048] 본 발명의 본딩 와이어(이하, 단순히 「본 발명의 와이어」, 「와이어」라고도 함)는,
- [0049] Cu 또는 Cu 합금으로 이루어지는 코어재와,
- [0050] 해당 코어재의 표면에 형성된 Pd와 Ni의 합계 농도가 90원자% 이상인 피복층을 포함하고,
- [0051] 오제 전자 분광법(AES)에 의해 깊이 방향의 측정점이, 피복층에 있어서 50점 이상이 되도록 측정하여 얻어진 해당 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일에 있어서,
- [0052] 해당 피복층의 두께가 10nm 이상 130nm 이하이며,
- [0053] 피복층의 전 측정점에 관한 Pd의 농도  $C_{Pd}$ (원자%)와 Ni의 농도  $C_{Ni}$ (원자%)의 비  $C_{Pd}/C_{Ni}$ 의 평균값을 X라고 했을 때, 해당 평균값 X가 0.1 이상 35.0 이하이며,
- [0054] 피복층 중 해당 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.3X 이내에 있는 측정점의 총수가 피복층의 측정점의 총수에 대하여 50% 이상이며,

- [0055] 이하의 조건 (A)를 충족하는 것을 특징으로 한다.
- [0056] (A) Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Sn, Ta, W, Os, Ir, Pt, Au, Bi로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(「제1 첨가 원소」)를 포함하고, 와이어 전체에 대한 제1 첨가 원소의 총계 농도가 5 질량ppm 이상 450질량ppm 이하이다
- [0057] 상술한 대로, 근년, 본딩 와이어는, 가혹한 고온 환경 하에서 양호한 접합 신뢰성을 나타낼 것이 요구된다. 예를 들어, 차량 탑재용 디바이스에 사용되는 본딩 와이어에서는, 150℃를 초과하는 고온 환경 하에서의 접합 신뢰성이 요구되고 있다. 본 발명자들은, 근년 요구되는 특성을 근거로 하여 평가를 실시한 바, 종래의 Pd 피복층을 갖는 Cu 본딩 와이어에서는, 고온 환경 하에서 갈바니 부식이 발생하여, 2nd 접합부에 있어서의 접합 신뢰성이 충분히 얻어지지 않는 경우가 있는 것을 발견하였다. 또한, Pd 피복층을 갖고 있지 않은 베어 Cu 본딩 와이어에 관해서는, 갈바니 부식은 발생하지 않지만, FAB 형상이 불량하고, 나아가서는 1st 접합부의 압착 형상이 떨어지고, 고밀도 실장에서 요구되는 협소 피치 접속에 대한 대응이 충분하지 않다.
- [0058] 이에 비해, Cu 또는 Cu 합금으로 이루어지는 코어재와, 해당 코어재의 표면에 형성된 Pd와 Ni의 합계 농도가 90 원자% 이상인 피복층을 포함하고, AES에 의해 깊이 방향의 측정점이, 피복층에 있어서 50점 이상이 되도록 측정하여 얻어진 해당 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일에 있어서, 피복층의 두께가 10nm 이상 130nm 이하이며, 피복층의 전 측정점에 관한 Pd의 농도  $C_{Pd}$ (원자%)와 Ni의 농도  $C_{Ni}$ (원자%)의 비  $C_{Pd}/C_{Ni}$ 의 평균값을 X라고 했을 때, 해당 평균값 X가 0.1 이상 35.0 이하이며, 피복층 중 해당 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.3X 이내에 있는 측정점의 총수가 피복층의 측정점의 총수에 대하여 50% 이상인 합금 피복 Cu 본딩 와이어에 의하면, 양호한 FAB 형상을 가져옴과 함께, 고온 환경 하에 있어서의 갈바니 부식을 억제하여 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성을 가져오는 것을 본 발명자들은 발견하였다.
- [0059] 한편, 이러한 합금 피복 Cu 본딩 와이어에 관해서는, 이하와 같이, 2nd 접합부의 초기 접합성, 특히 2nd 접합부의 밀착성에 개선의 여지가 있음을 발견하였다.
- [0060] 상술한 대로, 2nd 접합에서는, 캐필러리로부터 와이어부에 초음파, 하중을 가함으로써 외부 단자 상에 와이어를 압착 접합한다. 도 1에는, 외부 단자(도시하지 않음) 상에 형성된 2nd 접합부를, 외부 단자의 주면에 수직인 방향에 있어서 바로 위에서 본 경우의 개략도를 나타낸다. 도 1에 있어서, 와이어(1)의 선단에 2nd 접합부(10)가 형성되어 있다.
- [0061] 2nd 접합부에 있어서 와이어와 외부 단자는 충분히 밀착하는 것이 바람직하지만, 상기의 합금 피복 Cu 본딩 와이어를 사용하여 형성한 2nd 접합부에 관해서는, 와이어와 외부 단자가 밀착하고 있지 않은 개소가 어느 정도의 비율로 존재하여, 와이어-단자 간의 밀착성이 떨어지는 경우가 있는 것을 확인하였다. 도 1 중의 A-A 이점쇄선으로 나타낸 위치에서, 외부 단자의 주면에 수직인 방향으로 절단했을 때의, 2nd 접합부의 개략 단면도를 도 2에 나타낸다. 도 2에 있어서, 외부 단자(50) 상에, 2nd 접합부(10)가 형성되어 있지만, 상기의 합금 피복 Cu 본딩 와이어를 사용하여 형성한 2nd 접합부에 관해서는, 2nd 접합부의 단부(도 2 중의 2nd 접합부(10)의 좌측 단부와 우측 단부)로부터 일정한 폭에 있어서 와이어와 외부 단자가 밀착하고 있지 않은 개소가 존재하는 경향이 있는 것을 본 발명자들은 발견하였다. 이러한 2nd 접합부의 밀착성 문제는, 베어 Cu 본딩 와이어를 비롯해 종래의 본딩 와이어에 있어서는, 적어도 현재화되지 않았던 점에서, 상기 특정한 합금 피복을 채용함으로써 발생하는 특이적인 과제로 생각된다.
- [0062] 이에 비해, 상기 특정한 합금 피복을 채용함과 함께, 상기의 조건 (A)를 충족하는 본딩 와이어에 의하면, 특정한 합금 피복을 채용함으로써 발휘되는 우수한 효과는 그대로 유지하고, 2nd 접합부의 밀착성을 향상시켜 양호한 2nd 접합부의 초기 접합성을 달성할 수 있는 것을 본 발명자들은 발견하였다.
- [0063] <Cu 또는 Cu 합금으로 이루어지는 코어재>
- [0064] 본 발명의 와이어는, Cu 또는 Cu 합금으로 이루어지는 코어재(이하, 단순히 「Cu 코어재」라고도 함)를 포함한다.
- [0065] Cu 코어재는, Cu 또는 Cu 합금으로 이루어지는 한 특별히 한정되지 않으며, 본딩 와이어로서 알려져 있는 종래의 Pd 피복 Cu 와이어를 구성하는 공지의 Cu 코어재를 사용해도 된다.
- [0066] 본 발명에 있어서, Cu 코어재 중의 Cu의 농도는, 예를 들어, Cu 코어재의 중심(축심부)에 있어서, 97원자% 이상, 97.5원자% 이상, 98원자% 이상, 98.5원자% 이상, 99원자% 이상, 99.5원자% 이상, 99.8원자% 이상,

99.9원자% 이상 또는 99.95원자% 이상 등으로 할 수 있다.

- [0067] 2nd 접합부의 밀착성을 향상시켜 양호한 2nd 접합부의 초기 접합성을 가져오는 합금 피복 Cu 본딩 와이어를 실현하는 관점에서, 상기의 조건 (A)를 충족하도록 Cu 코어재가 제1 첨가 원소를 함유하는 것이 바람직하다.
- [0068] Cu 코어재는 또한, 예를 들어, 후술하는 제2 첨가 원소, 제3 첨가 원소, 제4 첨가 원소, 제5 첨가 원소에서 선택되는 1종 이상의 도펀트를 함유해도 된다. 이들 도펀트의 적합한 함유량은 후술하는 대로이다.
- [0069] 일 실시 형태에 있어서, Cu 코어재는, Cu와, 제1 첨가 원소와, 불가피 불순물로 이루어진다. 다른 일 실시 형태에 있어서, Cu 코어재는, Cu와, 제1 첨가 원소와, 후술하는 제2 첨가 원소, 제3 첨가 원소, 제4 첨가 원소, 제5 첨가 원소에서 선택되는 1종 이상의 원소와, 불가피 불순물로 이루어진다. 또한, Cu 코어재는, 후술하는 피복층을 구성하는 원소를 함유해도 된다.
- [0070] <피복층>
- [0071] 본 발명의 와이어는, Cu 코어재의 표면에 형성된 Pd와 Ni의 합계 농도가 90원자% 이상인 피복층(이하, 단순히 「피복층」이라고도 함)을 포함한다.
- [0072] 양호한 FAB 형상을 가져옴과 함께, 고온 환경 하에 있어서의 갈바니 부식을 억제하여 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성을 가져오기 위하여, 본 발명의 와이어에 있어서의 피복층은, AES에 의해 깊이 방향의 측정점이, 피복층에 있어서 50점 이상이 되도록 측정하여 얻어진 해당 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일(이하, 단순히 「와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일」이라고도 함)에 있어서, 이하의 (1) 내지 (3)의 조건을 모두 충족하는 것이 중요하다.
- [0073] (1) 해당 피복층의 두께가 10nm 이상 130nm 이하
- [0074] (2) 피복층의 전 측정점에 관한 Pd의 농도  $C_{Pd}$ (원자%)와 Ni의 농도  $C_{Ni}$ (원자%)의 비  $C_{Pd}/C_{Ni}$ 의 평균값을 X라고 했을 때, 해당 평균값 X가 0.1 이상 35.0 이하
- [0075] (3) 피복층 중 해당 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.3X 이내에 있는 측정점의 총수가 피복층의 측정점의 총수에 대하여 50% 이상
- [0076] 본 발명에 있어서, AES에 의해 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일을 취득함에 있어서, 그 깊이 방향의 측정점이, 피복층에 있어서 50점 이상이 되도록 측정한다. 일반적으로 AES에 의한 깊이 방향의 분석은 서브 나노 오더의 측정 간격으로 분석하는 것이 가능하므로, 본 발명이 대상으로 하는 피복층의 두께와의 관계에 있어서 측정점을 50점 이상으로 하는 것은 비교적 용이하다. 가령, 측정된 결과, 측정 점수가 50점에 미치지 못하는 경우에는, 스퍼터 속도를 낮추거나 스퍼터 시간을 짧게 하는 등 측정 점수가 50점 이상이 되도록 하여, 다시 측정을 행한다. 이에 의해, AES에 의해 깊이 방향의 측정점이, 피복층에 있어서 50점 이상이 되도록 측정하여, 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일을 얻을 수 있다. 피복층의 두께에 따라서도 다르지만, 피복층에 관한 측정점의 총수가 70점(보다 바람직하게는 100점)이 되도록, AES의 측정점 간격을 결정하는 것이 보다 적합하다. 따라서, 적합한 일 실시 형태에 있어서, 본 발명의 와이어에 있어서의 피복층은, AES에 의해 깊이 방향의 측정점이, 피복층에 있어서 50점 이상이 되도록 측정하여 얻어진 해당 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일에 있어서, 상기 (1) 내지 (3)의 조건을 모두 충족한다.
- [0077] - 조건 (1)-
- [0078] 조건 (1)은, 피복층의 두께에 관한 것이다. 조건 (2), (3)과의 조합에 있어서 조건 (1)을 충족하는 피복층을 포함함으로써, 본 발명의 와이어는, 고온 환경 하에 있어서의 갈바니 부식을 억제하여 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성을 가져옴과 함께, 양호한 FAB 형상을 가져오고, 나아가서는 양호한 1st 접합부의 압착 형상을 가져올 수 있다.
- [0079] 조건 (1)에 대하여, 피복층의 두께(와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일에 기초하는 산출 방법은 후술함)는, 양호한 FAB 형상을 실현하는 관점에서, 10nm 이상이며, 바람직하게는 12nm 이상, 14nm 이상, 15nm 이상, 16nm 이상, 18nm 이상 또는 20nm 이상, 보다 바람직하게는 25nm 이상, 30nm 이상, 40nm 이상 또는 50nm 이상, 더욱 바람직하게는 60nm 이상, 70nm 이상, 80nm 이상 또는 90nm 이상이다. 피복층의 두께가 10nm 미만이면, FAB 형성 시에 편심이 발생하여 FAB 형상이 악화됨과 함께, 1st 접합부의 압착 형상이 악화되는 경향이 있다. 또한, 피복층의 두께의 상한은, 양호한 FAB 형상을 실현하는 관점에서, 130nm 이하이며, 바람직하게는 125nm 이하, 120nm 이하, 115nm 이하 또는 110nm 이하이다. 피복층의 두께가 130nm 초과이면, FAB 형성 시에 이형이나 용융

불량이 발생하여 FAB 형상이 악화됨과 함께, 1st 접합부의 압착 형상이 악화되는 경향이 있다.

[0080]

- 조건 (2)-

[0081]

조건 (2)는, 상기의 피복층의 전 측정점에 관한 Pd의 농도  $C_{Pd}$ (원자%)와 Ni의 농도  $C_{Ni}$ (원자%)의 비  $C_{Pd}/C_{Ni}$ 의 평균값 X에 관한 것이다. 조건 (1), (3)에 더해 조건 (2)를 충족하는 피복층을 포함함으로써, 본 발명의 와이어는, 고온 환경 하에 있어서의 갈바니 부식을 억제하여 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성을 가져옴과 함께, 양호한 FAB 형상을 가져오고, 나아가서는 양호한 1st 접합부의 압착 형상을 가져올 수 있다.

[0082]

조건 (2)에 대하여, 평균값 X는, 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성을 실현하는 관점에서, 35.0 이하이며, 바람직하게는 34.0 이하, 보다 바람직하게는 32.0 이하, 30.0 이하, 28.0 이하, 26.0 이하, 25.0 이하, 24.0 이하, 22.0 이하 또는 20.0 이하이다. 비  $C_{Pd}/C_{Ni}$ 가 35.0 초과이면, 고온 환경 하에 있어서의 갈바니 부식을 억제할 수 없어 2nd 접합부에 있어서 충분한 고온 접합 신뢰성이 얻어지지 않는 경향이 있다. 또한, 평균값 X의 하한은, 2nd 접합부의 초기 접합 강도를 높여 양호한 2nd 접합부의 초기 접합성을 실현하는 관점에서, 0.1 이상이며, 바람직하게는 0.2 이상, 0.4 이상, 0.5 이상, 0.6 이상, 0.8 이상, 1.0 이상 또는 1.0 초과, 보다 바람직하게는 1.5 이상, 2.0 이상, 2.5 이상 또는 3.0 이상이다. 평균값 X가 0.1 미만이면, 충분한 2nd 접합부의 초기 접합성이 얻어지지 않는 경향이 있다.

[0083]

- 조건 (3)-

[0084]

조건 (3)은, 피복층 중 상기 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.3X 이내에 있는 측정점의 총수가 피복층의 측정점의 총수에 대하여 50% 이상인 것에 관한 것이다. 조건 (1), (2)와의 조합에 있어서 조건 (3)을 충족하는 피복층을 포함함으로써, 본 발명의 와이어는, 고온 환경 하에 있어서의 갈바니 부식을 억제하여 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성을 가져옴과 함께, 양호한 FAB 형상을 가져오고, 나아가서는 양호한 1st 접합부의 압착 형상을 가져올 수 있다.

[0085]

조건 (3)은, 조건 (2)와 함께, 피복층의 두께 방향에 있어서, 피복층이, Pd와 Ni를 소정 비율로 함유하는 PdNi 합금을 Pd/Ni비율의 변동을 억제하면서 고농도로 포함하는 것을 나타낸다. 고온 환경 하에서 보다 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성을 실현하는 관점, 보다 양호한 FAB 형상을 실현하는 관점에서, 피복층 중 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.2X 이내(보다 바람직하게는 0.18X 이내, 0.16X 이내 또는 0.15X 이내)에 있는 측정점의 총수가 피복층의 측정점의 총수에 대하여 50% 이상인 것이 보다 적합하다.

[0086]

고온 환경 하에서 보다 한층 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성을 실현하는 관점, 보다 한층 양호한 FAB 형상을 실현하는 관점에서, 피복층 중 평균값 X로부터의 절대 편차가 소정 범위(적합 범위는 상술한 대로)에 있는 측정점의 총수가 피복층의 측정점의 총수에 대하여 바람직하게는 55% 이상 또는 60% 이상, 보다 바람직하게는 65% 이상, 70% 이상 또는 75% 이상, 더욱 바람직하게는 80% 이상이다.

[0087]

본 발명의 효과를 더 향상할 수 있는 관점에서, 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일에 있어서, 피복층의 전 측정점에 대하여, Pd의 농도  $C_{Pd}$ (원자%) 또는 Ni의 농도  $C_{Ni}$ (원자%)를 최소 제곱법에 의해 직선 근사했을 때, 피복층의 깊이(두께) 범위에 있어서의 해당 근사 직선의 최댓값과 최솟값의 차는, 바람직하게는 20원자% 이하, 보다 바람직하게는 15원자% 이하, 더욱 바람직하게는 10원자% 이하, 8원자% 이하, 6원자% 이하 또는 5원자% 이하이다. 그 중에서도, 평균값 X가 1 미만인 경우, 피복층의 전 측정점에 대하여  $C_{Ni}$ (원자%)를 최소 제곱법에 의해 직선 근사했을 때, 피복층의 깊이 범위에 있어서의 해당 근사 직선의 최댓값과 최솟값의 차가 상기 범위에 있는 것이 적합하며, 또한, 평균값 X가 1 이상인 경우, 피복층의 전 측정점에 대하여  $C_{Pd}$ (원자%)를 최소 제곱법에 의해 직선 근사했을 때, 피복층의 깊이 범위에 있어서의 해당 근사 직선의 최댓값과 최솟값의 차가 상기 범위에 있는 것이 적합하다.

[0088]

조건 (1)에 있어서의 피복층의 두께, 조건 (2), (3)에 있어서의 평균값 X나 해당 평균값 X로부터의 절대 편차, 해당 절대 편차가 소정 범위에 있는 측정점의 총수, 피복층의 측정점의 총수에서 차지하는 절대 편차가 소정 범위에 있는 측정점의 총수의 비율은, 와이어의 표면으로부터 Ar 스퍼터링에 의해 깊이 방향(와이어 중심으로의 방향)으로 파내려가면서, AES에 의해 조성 분석을 행함으로써 확인·결정할 수 있다. 상세하게는, 1) 와이어 표면의 조성 분석을 한 후, 2) Ar에 의한 스퍼터링과 3) 스퍼터링 후의 표면의 조성 분석을 반복함으로써, 와이어의 표면으로부터 깊이(중심) 방향의 각 원소의 농도 변화(소위, 깊이 방향의 농도 프로파일)를 취득하고, 해당 농도 프로파일에 기초하여 확인·결정할 수 있다. 본 발명에 있어서, 깊이 방향의 농도 프로파일을 취득함

에 있어서, 깊이의 단위는 SiO<sub>2</sub> 환산으로 하였다.

[0089] 1) 와이어 표면의 조성 분석이나 3) 스퍼터링 후의 표면의 조성 분석을 행함에 있어서, 측정면의 위치 및 치수는, 이하와 같이 결정한다. 또한, 이하에 있어서, 측정면의 폭이란, 와이어 축에 수직인 방향(와이어의 굽기 방향)에 있어서의 측정면의 치수를 말하고, 측정면의 길이란, 와이어 축의 방향(와이어의 길이 방향)에 있어서의 측정면의 치수를 말한다. 도 3을 참조하여 재차 설명한다. 도 3은 와이어(1)의 평면에서 본 개략도이며, 와이어 축의 방향(와이어의 길이 방향)이 도 3의 수직 방향(상하 방향)에, 또한, 와이어 축에 수직인 방향(와이어의 굽기 방향)이 도 3의 수평 방향(좌우 방향)에 각각 대응하도록 나타내고 있다. 도 3에는, 와이어(1)와의 관계에 있어서 측정면(2)을 나타내지만, 측정면(2)의 폭은, 와이어 축에 수직인 방향에 있어서의 측정면의 치수  $w_a$ 이며, 측정면(2)의 길이는, 와이어 축의 방향에 있어서의 측정면의 치수  $l_a$ 이다.

[0090] 와이어 축에 수직인 방향에 있어서의 와이어의 폭의 중심이 측정면의 폭의 중심이 되도록 위치 결정하고, 또한, 측정면의 폭이 와이어 직경의 5% 이상 15% 이하가 되도록 측정면을 결정한다. 측정면의 길이는, 측정면의 폭의 5배가 되도록 설정한다. 도 3에 있어서, 와이어의 폭은 부호 W로 나타내고, 와이어의 폭의 중심을 일점쇄선 X로 나타내고 있다. 따라서, 측정면(2)은, 그 폭의 중심이 와이어의 폭의 중심인 일점쇄선 X와 일치하도록 위치 결정하고, 또한, 측정면의 폭  $w_a$ 가 와이어 직경(와이어의 폭 W와 같은 값)의 5% 이상 15% 이하, 즉  $0.05W$  이상  $0.15W$  이하가 되도록 결정한다. 또한, 측정면의 길이  $l_a$ 는,  $l_a=5w_a$ 의 관계를 충족한다. 측정면의 위치 및 치수를 상기한 바와 같이 결정함으로써, 고온 환경 하에서 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성을 가져옴과 함께 양호한 FAB 형상을 실현하는데 적합한, 조건 (1) 내지 (3)의 성립 여부를 고정밀도로 측정할 수 있다. 또한, 와이어 축 방향으로 서로 1mm 이상 이격된 복수 개소( $n \geq 3$ )의 측정면에 대하여 실시하고, 그 산술 평균값을 채용하는 것이 적합하다.

[0091] 상기의 조건 (1)에 있어서의 피복층의 두께, 조건 (2), (3)에 있어서의 평균값 X나 해당 평균값 X로부터의 절대 편차, 해당 절대 편차가 소정 범위에 있는 측정점의 총수, 피복층의 측정점의 총수에서 차지하는 절대 편차가 소정 범위에 있는 측정점의 총수의 비율은, 후술하는 [오제 전자 분광법(AES)에 의한 피복층의 두께 분석] 란에 기재된 조건으로 측정된 결과에 기초하는 것이다.

[0092] 일 실시 형태에 관한 본 발명의 와이어에 대하여 구해진, 깊이 방향의 농도 프로파일에 대하여, 그 경향을 이하에 설명한다. 와이어의 표면으로부터 일정한 깊이 위치까지는, Pd와 Ni가 일정 비율로 고농도로 공존하는 경향, 즉 Pd와 Ni의 합계 농도가 90원자% 이상인 영역(피복층)이 존재하고, 해당 피복층의 전 측정점에 관한 Pd의 농도  $C_{Pd}$ (원자%)와 Ni의 농도  $C_{Ni}$ (원자%)의 비  $C_{Pd}/C_{Ni}$ 의 평균값을 X라고 했을 때, 해당 평균값 X로부터의 절대 편차가  $0.3X$  이내에 있는 측정점이 일정 수 존재하는 경향이 있다. 깊이 방향으로 더 진행하면, Pd와 Ni의 농도가 저하됨과 함께 Cu의 농도가 상승하는 경향이 있다. 이러한 깊이 방향의 농도 프로파일에 있어서, Pd의 농도  $C_{Pd}$ (원자%)와 Ni의 농도  $C_{Ni}$ (원자%)에 착안하여, Pd와 Ni의 합계 농도가 90원자% 이상인 영역의 두께나 측정점의 총수로부터 피복층의 두께나 피복층의 측정점의 총수를 구할 수 있다. 또한, 해당 피복층의 전 측정점에 관한 비  $C_{Pd}/C_{Ni}$ 를 산술 평균함으로써 평균값 X를, 피복층의 전 측정점에 관하여 해당 평균값 X로부터의 절대 편차를 확인함으로써 해당 평균값 X로부터의 절대 편차가  $0.3X$  이내에 있는 측정점의 총수를 구할 수 있다. 또한, 후술한 대로, 와이어의 표면에 Au를 더 함유하는 경우, 깊이 방향의 농도 프로파일에 있어서, 와이어의 표면으로부터 매우 얇은 위치에 걸쳐, Au 농도가 저하됨과 함께 Pd와 Ni의 농도가 상승하는 경향이 있다. 이러한 경우도, Pd의 농도  $C_{Pd}$ (원자%)와 Ni의 농도  $C_{Ni}$ (원자%)에 착안하여, 그 합계가 90원자% 이상인 영역의 두께나 측정점의 총수로부터 피복층의 두께나 피복층의 측정점의 총수를 구할 수 있고, 해당 피복층의 전 측정점에 관한 비  $C_{Pd}/C_{Ni}$ 를 산술 평균함으로써 평균값 X를, 피복층의 전 측정점에 관해 해당 평균값 X로부터의 절대 편차를 확인함으로써 해당 평균값 X로부터의 절대 편차가  $0.3X$  이내에 있는 측정점의 총수를 구할 수 있다.

[0093] -피복층에 관한 다른 적합한 조건-

[0094] 본 발명의 와이어에 있어서, 피복층은, 상기의 조건 (1) 내지 (3)의 모두를 충족하는 것에 더해, 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일에 기초하여, 이하의 조건 (4) 및 (5) 중 한쪽 또는 양쪽을 충족하는 것이 보다 적합하다.

[0095] (4) 피복층의 전 측정점에 관한 Pd의 농도  $C_{Pd}$ (원자%)의 평균값을  $X_{Pd}$ 라고 했을 때, 피복층 중 해당 평균값  $X_{Pd}$ 로부터의 절대 편차가  $0.1X_{Pd}$  이내에 있는 측정점의 총수가 피복층의 측정점의 총수에 대하여 50% 이상

- [0096] (5) 피복층의 전 측정점에 관한 Ni의 농도  $C_{Ni}$ (원자%)의 평균값을  $X_{Ni}$ 라고 했을 때, 피복층 중 해당 평균값  $X_{Ni}$ 로부터의 절대 편차가  $0.1X_{Ni}$  이내에 있는 측정점의 총수가 피복층의 측정점의 총수에 대하여 50% 이상
- [0097] 또한, 조건 (4), (5)에 있어서, 피복층, 그 두께나 측정점의 총수에 관해서는, 조건 (1) 내지 (3)에 관련하여 상술한 바와 같다. 조건 (1) 내지 (3)에 더해, 조건 (4) 및 (5) 중 한쪽 또는 양쪽을 충족하는 피복층을 포함하는 경우, 본 발명의 와이어는, 고온 환경 하에서 한층 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성을 가져옴과 함께 한층 양호한 FAB 형상을 실현할 수 있다.
- [0098] 피복층은, 예를 들어, 후술하는 제2 첨가 원소, 제3 첨가 원소, 제4 첨가 원소, 제5 첨가 원소에서 선택되는 1종 이상의 도펀트를 함유해도 된다. 이들 도펀트의 적합한 함유량은 후술하는 대로이다.
- [0099] 본 발명의 와이어는, 그 표면에 Au를 더 함유하고 있어도 된다. 와이어의 표면에 Au를 더 함유함으로써, 2nd 접합부의 초기 접합성을 더욱 개선할 수 있다. 본 발명의 와이어가, 그 표면에 Au를 더 함유하는 경우, 와이어 전체에 대한 Au의 농도는, 통상, 0.5질량% 이하여도 되고, 바람직하게는 0.3질량% 이하 또는 0.2질량% 이하이며, 그 하한은 예를 들어 0.05질량% 이상, 0.1질량% 이상 등으로 할 수 있다. 따라서 일 실시 형태에 있어서, 본 발명의 와이어는, 이하의 조건 (B)를 충족한다.
- [0100] (B) 와이어의 표면에 Au를 함유하고, 와이어 전체에 대한 Au의 농도가 0.5질량% 이하이다
- [0101] 또한, 본 발명의 와이어가, 그 표면에 Au를 더 함유하는 경우, 상기의 조건 (A)의 성립 여부를 판단함에 있어서, 제1 첨가 원소로서의 Au의 농도는, 와이어의 단면을 노출시키고, 그 Cu 코어재 부분을 전자선 마이크로 애널라이저(EPMA) 또는 이차 이온 질량 분석(SIMS)에 의해 측정하여 구한, 코어재 부분에 있어서의 농도를 사용한다. 즉, 본 발명의 와이어가, 그 표면에 Au를 더 함유하는 경우, 상기의 조건 (A)에 있어서의 「와이어 전체에 대한 제1 첨가 원소의 총계 농도」는 「와이어 전체에 대한 제1 첨가 원소의 총계 농도(단 Au의 농도는 코어재 부분에 있어서의 농도를 사용함)」로 대체하여 적용한다.
- [0102] 일 실시 형태에 있어서, 본 발명의 와이어는, 상기의 조건 (1) 내지 (3)을 충족하는 피복층을 포함함과 함께, 이하의 조건 (A) 및 (B)를 충족한다.
- [0103] (A) Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Sn, Ta, W, Os, Ir, Pt, Au, Bi로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(「제1 첨가 원소」)를 포함하고, 와이어 전체에 대한 제1 첨가 원소의 총계 농도(단 Au의 농도는 코어재 부분에 있어서의 농도를 사용함)가 5질량ppm 이상 450질량ppm 이하이다
- [0104] (B) 와이어의 표면에 Au를 함유하고, 와이어 전체에 대한 Au의 농도가 0.5질량% 이하이다
- [0105] 제1 첨가 원소를 상기 특정한 농도로 함유하는 본 발명의 합금 피복 Cu 본딩 와이어에 의하면, 와이어의 표면에 있어서의 Au의 농도가, 예를 들어 10원자% 미만, 8원자% 이하, 6원자% 이하, 5원자% 이하, 4원자% 이하 또는 2원자% 이하 등으로 낮은 경우에도, 2nd 접합부의 밀착성을 향상시켜 양호한 2nd 접합부의 초기 접합성을 달성할 수 있다.
- [0106] 와이어 표면의 조성 분석은, 깊이 방향의 농도 프로파일을 취득하는 방법에 관련하여 설명한, 1) 와이어 표면의 조성 분석과 마찬가지로 조건으로 실시할 수 있다. 즉, 와이어 표면에 대하여 오제 전자 분광법(AES)에 의해 조성 분석을 행함에 있어서, 측정면의 위치 및 치수는, 이하와 같이 결정한다.
- [0107] 와이어 축에 수직인 방향에 있어서의 와이어의 폭의 중심이 측정면의 폭의 중심이 되도록 위치 결정하고, 또한, 측정면의 폭이 와이어 직경의 5% 이상 15% 이하가 되도록 측정면을 결정한다. 측정면의 길이는, 측정면의 폭의 5배가 되도록 설정한다. 측정면의 위치 및 치수를 상기한 바와 같이 결정함으로써, 2nd 접합부의 초기 접합성을 더욱 개선하기에 적합한, 와이어 표면에 있어서의 Au의 농도를 고정밀도로 측정할 수 있다. 또한, 와이어 축 방향으로 서로 1mm 이상 이격된 복수 개소( $n \geq 3$ )의 측정면에 대하여 실시하고, 그 산술 평균값을 채용하는 것이 적합하다.
- [0108] 상기의 표면에 있어서의 Au의 농도는, 후술하는 [오제 전자 분광법(AES)에 의한 와이어 표면의 조성 분석] 란에 기재된 조건으로 측정된 결과에 기초하는 것이다.
- [0109] 본 발명의 와이어에 있어서, Cu 코어재와 피복층의 경계는, 상기의 와이어의 깊이 방향의 농도 프로파일에 있어서, Pd와 Ni의 합계 농도를 기준으로 판정한다. Pd와 Ni의 합계 농도가 90원자%인 위치를 경계로 판정하고, Pd와 Ni의 합계 농도가 90원자% 미만인 영역을 Cu 코어재, 90원자% 이상인 영역을 피복층으로 한다. 본 발명에 있어서 Cu 코어재와 피복층의 경계는 반드시 결정립계일 필요는 없다. 피복층의 두께는, 와이어 표면으로부터

터 와이어 중심측을 향하여 농도 프로파일을 확인하고, Pd와 Ni의 합계 농도가 90원자% 이상에 처음으로 도달한 깊이 위치 Z1으로부터, Pd와 Ni의 합계 농도가 90원자% 미만으로 처음으로 저하된 깊이 위치 Z2(단 Z2>Z1)까지의 거리로서 구할 수 있다.

- [0110] 본 발명의 와이어는, 상기의 조건 (1) 내지 (3)을 충족하는 피복층을 포함하는 것을 특징으로 하는데, 조건 (2) 및 (3)에 관한 평균값 X나 해당 평균값 X로부터의 절대 편차, 해당 절대 편차가 소정 범위에 있는 측정점의 총수, 피복층의 측정점의 총수에서 차지하는 절대 편차가 소정 범위에 있는 측정점의 총수의 비율은, 상기의 경계의 판정법에 의해 결정된 피복층에 대하여, Pd의 농도  $C_{Pd}$ (원자%)와 Ni의 농도  $C_{Ni}$ (원자%)에 착안하여 결정한다.
- [0111] 일 실시 형태에 있어서, 피복층은, Pd 및 Ni와; 불가피 불순물로 이루어진다. 다른 일 실시 형태에 있어서, 피복층은, Pd 및 Ni와; Au 및 제1 첨가 원소에서 선택되는 1종 이상의 원소와; 불가피 불순물로 이루어진다. 다른 일 실시 형태에 있어서, 피복층은, Pd 및 Ni와; 후술하는 제2 첨가 원소, 제3 첨가 원소, 제4 첨가 원소, 제5 첨가 원소에서 선택되는 1종 이상의 원소와; 불가피 불순물로 이루어진다. 다른 일 실시 형태에 있어서, 피복층은, Pd 및 Ni와; Au 및 제1 첨가 원소에서 선택되는 1종 이상과; 후술하는 제2 첨가 원소, 제3 첨가 원소, 제4 첨가 원소, 제5 첨가 원소에서 선택되는 1종 이상의 원소와; 불가피 불순물로 이루어진다. 또한, 피복층은, 상술의 Cu 코어재를 구성하는 원소를 함유해도 된다.
- [0112] 본 발명의 와이어는, 이하의 조건 (A)를 충족하는 것을 특징으로 한다.
- [0113] (A) Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Sn, Ta, W, Os, Ir, Pt, Au, Bi로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(「제1 첨가 원소」)를 포함하고, 와이어 전체에 대한 제1 첨가 원소의 총계 농도가 5 질량ppm 이상 450질량ppm 이하이다
- [0114] 상기의 조건 (1) 내지 (3)을 모두 충족하는 피복층을 포함함과 함께, 제1 첨가 원소에 영향을 미치는 상기의 조건을 충족함으로써, 본 발명의 와이어는, 양호한 FAB 형상과 고온 환경 하에 있어서의 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성을 가져옴과 함께, 2nd 접합부의 밀착성을 향상시켜 양호한 2nd 접합부의 초기 접합성을 달성할 수 있다.
- [0115] 조건 (A)는, 와이어 전체에 대한, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Sn, Ta, W, Os, Ir, Pt, Au, Bi로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소, 즉 제1 첨가 원소의 총계 농도에 관한 것이다. 여기서, 본 발명의 와이어가, 그 표면에 Au를 더 함유하는 경우, 조건 (A)에 있어서의 「와이어 전체에 대한 제1 첨가 원소의 총계 농도」는 「와이어 전체에 대한 제1 첨가 원소의 총계 농도(단 Au의 농도는 코어재 부분에 있어서의 농도를 사용함)」로 대체하여 적용하는 것은 상술한 대로이다.
- [0116] 조건 (A)에 대하여, 2nd 접합부의 밀착성을 향상시켜 양호한 2nd 접합부의 초기 접합성을 가져오는 합금 피복 Cu 본딩 와이어를 실현하는 관점에서, 와이어 전체에 대한 제1 첨가 원소의 총계 농도는, 5질량ppm 이상이며, 바람직하게는 10질량ppm 이상, 15질량ppm 이상, 20질량ppm 이상 또는 25질량ppm 이상, 보다 바람직하게는 30질량ppm 이상, 40질량ppm 이상, 50질량ppm 이상, 60질량ppm 이상 또는 80질량ppm 이상, 더욱 바람직하게는 100질량ppm 이상, 110질량ppm 이상, 120질량ppm 이상, 130질량ppm 이상, 140질량ppm 이상 또는 150질량ppm 이상이다. 특히 와이어 전체에 대한 제1 첨가 원소의 총계 농도가 100질량ppm 이상이면 2nd 접합부의 밀착성을 개선하여, 한층 더 양호한 2nd 접합부의 초기 접합성을 가져오는 본딩 와이어를 실현하기 쉽기 때문에 적합하다.
- [0117] 조건 (A)에 대하여, 2nd 접합부의 밀착성을 향상시켜 양호한 2nd 접합부의 초기 접합성을 가져오는 합금 피복 Cu 본딩 와이어를 실현하는 관점에서, 와이어 전체에 대하여 제1 첨가 원소의 총계 농도는 450질량ppm 이하이다. 제1 첨가 원소의 총계 농도의 상한은, 440질량ppm 이하, 420질량ppm 이하, 400질량ppm 이하 등으로 해도 된다. 또한, 제1 첨가 원소로서, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(이하, 「제1a 첨가 원소」라고도 함)를 포함하는 경우, 해당 제1a 첨가 원소의 총계 농도의 상한은, 200질량ppm 이하, 180질량ppm 이하, 160질량ppm 이하, 또는 150질량ppm 이하 등으로 해도 된다. 제1 첨가 원소로서, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Sn으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(이하, 「제1b 첨가 원소」라고도 함)를 포함하는 경우, 해당 제1b 첨가 원소의 총계 농도의 상한은, 350질량ppm 이하, 340질량ppm 이하, 320질량ppm 이하, 또는 300질량ppm 이하 등으로 해도 된다.
- [0118] 본 발명의 와이어에 있어서, 2nd 접합부의 밀착성을 개선하고, 한층 더 양호한 2nd 접합부의 초기 접합성을 나

타내는 본딩 와이어를 실현하는 관점에서, 제1 첨가 원소는, Cu 코어재 중에 함유되어 있는 것이 적합하다.

- [0119] 본 발명의 와이어는, B, P 및 Mg로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(「제2 첨가 원소」)를 더 함유해도 된다. 본 발명의 와이어가 제2 첨가 원소를 함유하는 경우, 와이어 전체에 대한 제2 첨가 원소의 총계 농도는 1질량ppm 이상인 것이 바람직하다. 이에 의해, 보다 양호한 1st 접합부의 압착 형상을 가져오는 본딩 와이어를 실현할 수 있다. 와이어 전체에 대한 제2 첨가 원소의 총계 농도는 2질량ppm 이상인 것이 보다 바람직하고, 3질량ppm 이상, 5질량ppm 이상, 8질량ppm 이상, 10질량ppm 이상, 15질량ppm 이상 또는 20질량ppm 이상인 것이 더욱 바람직하다. 와이어의 경질화를 억제하여 1st 접합 시의 칩 손상을 저감하는 관점에서, 제2 첨가 원소의 총계 농도는 100질량ppm 이하인 것이 바람직하고, 90질량ppm 이하, 80질량ppm 이하, 70질량ppm 이하, 60질량ppm 이하 또는 50질량ppm 이하인 것이 보다 바람직하다. 따라서 적합한 일 실시 형태에 있어서, 본 발명의 와이어는, 제2 첨가 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 제2 첨가 원소의 총계 농도가 1질량ppm 이상 100질량ppm 이하이다.
- [0120] 본 발명의 와이어가 제2 첨가 원소를 함유하는 경우, 제2 첨가 원소는, Cu 코어재 및 피복층 중 어느 한쪽에 함유되어 있어도 되고, 그 양쪽에 함유되어 있어도 된다. 보다 한층 양호한 1st 접합부의 압착 형상을 가져오는 본딩 와이어를 실현하는 관점에서, 제2 첨가 원소는, Cu 코어재 중에 함유되어 있는 것이 적합하다.
- [0121] 본 발명의 와이어는, Se, Te, As 및 Sb로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(「제3 첨가 원소」)를 더 함유해도 된다. 본 발명의 와이어가 제3 첨가 원소를 함유하는 경우, 와이어 전체에 대한 제3 첨가 원소의 총계 농도는 1질량ppm 이상인 것이 바람직하다. 이에 의해, 고온 고습 환경 하에서의 1st 접합부의 접합 신뢰성을 개선할 수 있다. 와이어 전체에 대한 제3 첨가 원소의 총계 농도는 2질량ppm 이상인 것이 보다 바람직하고, 3질량ppm 이상, 5질량ppm 이상, 8질량ppm 이상, 10질량ppm 이상, 15질량ppm 이상 또는 20질량ppm 이상인 것이 더욱 바람직하다. 양호한 FAB 형상을 실현하는 관점, 양호한 1st 접합부의 압착 형상을 실현하는 관점에서, 제3 첨가 원소의 총계 농도는 100질량ppm 이하인 것이 바람직하고, 90질량ppm 이하, 80질량ppm 이하, 70질량ppm 이하, 60질량ppm 이하 또는 50질량ppm 이하인 것이 보다 바람직하다. 따라서 적합한 일 실시 형태에 있어서, 본 발명의 와이어는, 제3 첨가 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 제3 첨가 원소의 총계 농도가 1질량ppm 이상 100질량ppm 이하이다.
- [0122] 본 발명의 와이어가 제3 첨가 원소를 함유하는 경우, 제3 첨가 원소는, Cu 코어재 및 피복층 중 어느 한쪽에 함유되어 있어도 되고, 그 양쪽에 함유되어 있어도 된다. 보다 한층 양호한 고온 고습 환경 하에서의 1st 접합부의 접합 신뢰성을 가져오는 본딩 와이어를 실현하는 관점에서, 제3 첨가 원소는, 피복층 중에 함유되어 있는 것이 적합하다.
- [0123] 본 발명의 와이어는, Ga 및 Ge로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(「제4 첨가 원소」)를 더 함유해도 된다. 본 발명의 와이어가 제4 첨가 원소를 함유하는 경우, 와이어 전체에 대한 제4 첨가 원소의 총계 농도는 0.011질량% 이상인 것이 바람직하다. 이에 의해, 고온 환경 하에서의 1st 접합부의 접합 신뢰성을 개선할 수 있다. 와이어 전체에 대한 제4 첨가 원소의 총계 농도는 0.015질량% 이상인 것이 보다 바람직하고, 0.02질량% 이상, 0.025질량% 이상, 0.03질량% 이상, 0.031질량% 이상, 0.035질량% 이상, 0.04질량% 이상, 0.05질량% 이상, 0.07질량% 이상, 0.09질량% 이상, 0.1질량% 이상, 0.12질량% 이상, 0.14질량% 이상, 0.15질량% 이상 또는 0.2질량% 이상인 것이 더욱 바람직하다. 양호한 FAB 형상을 실현하는 관점, 양호한 1st 접합부의 압착 형상을 실현하는 관점, 양호한 2nd 접합부의 초기 접합성을 실현하는 관점에서, 제4 첨가 원소의 총계 농도는 1.5질량% 이하인 것이 바람직하고, 1.4질량% 이하, 1.3질량% 이하 또는 1.2질량% 이하인 것이 보다 바람직하다. 따라서 적합한 일 실시 형태에 있어서, 본 발명의 와이어는, 제4 첨가 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 제4 첨가 원소의 총계 농도가 0.011질량% 이상 1.5질량% 이하이다.
- [0124] 본 발명의 와이어가 제4 첨가 원소를 함유하는 경우, 제4 첨가 원소는, Cu 코어재 및 피복층 중 어느 한쪽에 함유되어 있어도 되고, 그 양쪽에 함유되어 있어도 된다.
- [0125] 본 발명의 와이어는, In 및 Ag로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 원소(「제5 첨가 원소」)를 더 함유해도 된다. 본 발명의 와이어가 제5 첨가 원소를 함유하는 경우, 와이어 전체에 대한 제5 첨가 원소의 총계 농도는 1질량ppm 이상인 것이 바람직하다. 이에 의해, 보다 가혹한 고온 환경 하(예를 들어 200℃)에 있어서도 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성을 가져올 수 있다. 와이어 전체에 대한 제5 첨가 원소의 총계 농도는, 바람직하게는 2질량ppm 이상, 3질량ppm 이상, 4질량ppm 이상 또는 5질량ppm 이상, 보다 바람직하게는 6질량ppm 이상, 8질량ppm 이상 또는 10질량ppm 이상, 더욱 바람직하게는 20질량ppm 이상, 30질량ppm 이상 또는 40질량ppm 이상, 더욱 보다 바람직하게는 50질량ppm 이상, 60질량ppm 이상 또는 70질량ppm 이상이다. 와이어 전체에 대한 제5

첨가 원소의 농도의 상한은, 그 이상 함유시켜도 고온 환경 하에 있어서의 2nd 접합부의 접합 신뢰성의 향상 효과는 한계점에 도달하기 때문에, 비용 등을 고려하여, 예를 들어 500질량ppm 이하, 480질량ppm 이하, 460질량ppm 이하, 450질량ppm 이하 등으로 할 수 있다. 따라서 적합한 일 실시 형태에 있어서, 본 발명의 와이어는, 제5 첨가 원소를 포함하고, 와이어 전체에 대한 제5 첨가 원소의 총계 농도가 1질량ppm 이상 500질량ppm 이하이다.

[0126] 본 발명의 와이어가 제5 첨가 원소를 함유하는 경우, 제5 첨가 원소는 Cu 코어재 및 피복층 중 어느 한쪽에 함유되어 있어도 되고, 그 양쪽에 함유되어 있어도 된다. 가혹한 고온 환경 하에서 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성을 나타내는 본딩 와이어를 실현하는 관점에서, 제5 첨가 원소는, Cu 코어재 중에 함유되어 있는 것이 적합하다.

[0127] 와이어 중의 제1 첨가 원소, 제2 첨가 원소, 제3 첨가 원소, 제4 첨가 원소, 제5 첨가 원소의 함유량은, 후술하는 [원소 함유량의 측정]에 기재된 방법에 의해 측정할 수 있다.

[0128] 본 발명의 와이어에 있어서, Cu, Ni, Pd의 총계 농도는, 예를 들어 98.5질량% 이상, 98.6질량% 이상, 98.7질량% 이상 또는 98.8질량% 이상 등으로 할 수 있다.

[0129] 본 발명의 와이어의 직경은, 특별히 한정되지 않으며 구체적인 목적에 따라서 적절히 결정해도 되지만, 바람직하게는 13 $\mu$ m 이상, 15 $\mu$ m 이상, 18 $\mu$ m 이상 또는 20 $\mu$ m 이상 등으로 할 수 있다. 해당 직경의 상한은, 특별히 한정되지 않으며 예를 들어 80 $\mu$ m 이하, 70 $\mu$ m 이하 또는 50 $\mu$ m 이하 등으로 할 수 있다.

[0130] 본 발명의 와이어는, 양호한 FAB 형상을 가져옴과 함께, 2nd 접합부의 밀착성을 비롯한 2nd 접합부의 초기 접합성이 양호하며, 고온 환경 하에 있어서의 갈바니 부식을 억제하여 양호한 2nd 접합부의 접합 신뢰성을 가져올 수 있다. 따라서 본 발명의 본딩 와이어는, 반도체 칩 상의 전극과, 리드 프레임이나 기판 상의 전극과 같은 외부 단자 사이를 접속하기 위하여 적합하게 사용할 수 있다.

[0131] <와이어의 제조 방법>

[0132] 본 발명의 본딩 와이어 제조 방법의 일례에 대하여 설명한다.

[0133] 원료 구리는 순도 4N(99.99질량% 이상) 이상인 것을 사용하고, 후술하는 방법에 의해 각 도펀트를 함유한 잉곳을 얻는다.

[0134] 상술한 제1 첨가 원소, 및, 첨가하는 경우에는 제2 첨가 원소, 제3 첨가 원소, 제4 첨가 원소, 제5 첨가 원소 등의 도펀트의 첨가 방법으로는, 예를 들어, Cu 코어재 중에 함유시키는 방법, 피복층 중에 함유시키는 방법, Cu 코어재의 표면에 피착시키는 방법, 및, 피복층의 표면에 피착시키는 방법, 및 이들 방법의 조합을 들 수 있고, 이들 방법을 적절히 선택할 수 있다. 도펀트를 Cu 코어재 중에 함유시키는 방법으로는, Cu에, 도펀트 성분을 직접 첨가해도 되고, 도펀트 성분을 수 % 정도 함유하는 모합금을 이용해도 된다. 도펀트를 피복층 중에 함유시키는 방법으로는, 피복층을 형성할 때의 Pd, Ni 도금욕 등(습식 도금의 경우)이나 타깃재(건식 도금의 경우) 중에 도펀트를 함유시키면 된다. Cu 코어재의 표면에 피착시키는 방법이나 피복층의 표면에 피착시키는 방법으로는, Cu 코어재의 표면 또는 피복층의 표면을 피착면으로 하여, (1) 수용액의 도포 $\Rightarrow$ 건조 $\Rightarrow$ 열처리, (2) 도금법(습식), (3) 증착법(건식)에서 선택되는 하나 이상의 피착 처리를 실시하면 된다.

[0135] 상술한 잉곳을 단조, 압연, 신선을 행하여 직경 약 0.7 내지 2.0mm의 Cu 또는 Cu 합금으로 이루어지는 와이어(이하, 「중간 와이어」라고도 함)를 제작한다.

[0136] Cu 코어재의 표면에 피복층을 형성하는 방법으로는, 전해 도금, 무전해 도금, 증착법 등을 이용할 수 있지만, 막 두께를 안정적으로 제어할 수 있는 전해 도금을 이용하는 것이 공업적으로는 바람직하다. 예를 들어, 중간 와이어 표면에 피복층을 형성해도 된다. 피복층은 또한, 잉곳의 단계에서 피착하는 것으로 해도 되고, 혹은, 중간 와이어를 신선하여 더 세선화한 후(예를 들어 최종 선 직경까지 신선한 후)에, 해당 Cu 코어재 표면에 피복층을 형성해도 된다. 피복층은, 예를 들어, Cu 코어재의 표면에 Pd와 Ni를 소정 비율로 함유하는 PdNi 합금층을 마련함으로써 형성해도 되고, Cu 코어재와의 밀착성이 우수한 피복층을 형성하는 관점에서, Cu 코어재의 표면에 도전성 금속의 스트라이크 도금을 실시한 후에, Pd와 Ni를 소정 비율로 함유하는 PdNi 합금층을 마련함으로써 형성해도 된다. 또한, Pd와 Ni를 소정 비율로 함유하는 PdNi 합금층을 형성한 후, Pd 및 Ni 중 1종 이상을 포함하는 층(예를 들어, Pd층, Ni층, PdNi 합금층)을 더 마련해도 된다.

[0137] 표면에 Au를 함유하는 와이어를 형성하는 경우, 상술한 것과 마찬가지로의 방법에 의해, 피복층의 표면에 Au층을

마련함으로써 형성할 수 있다.

- [0138] 신선 가공에 있어서, 다이아몬드 다이스를 사용한 신선 장치에 의해 최종 선 직경(직경 약 13 내지 80 $\mu$ m)까지 신선한다. 또한, 열처리로서, 최종 선 직경에서 행하는 조질 열처리 이외에, 신선 가공의 도중 단계에서 행하는 중간 열처리를 실시해도 된다.
- [0139] [반도체 장치]
- [0140] 본 발명의 반도체 장치용 본딩 와이어를 사용하여, 반도체 칩 상의 전극과, 리드 프레임이나 회로 기판 상의 전극 등의 외부 단자를 접속함으로써, 반도체 장치를 제조할 수 있다.
- [0141] 일 실시 형태에 있어서, 본 발명의 반도체 장치는, 회로 기판, 반도체 칩, 및 회로 기판과 반도체 칩을 도통시키기 위한 본딩 와이어를 포함하고, 해당 본딩 와이어가 본 발명의 와이어인 것을 특징으로 한다.
- [0142] 본 발명의 반도체 장치에 있어서, 회로 기판 및 반도체 칩은 특별히 한정되지 않으며, 반도체 장치를 구성하기 위하여 사용할 수 있는 공지의 회로 기판 및 반도체 칩을 사용해도 된다. 혹은 또한, 회로 기판 대신에 리드 프레임을 사용해도 된다. 예를 들어, 일본 특허 공개 제2020-150116호 공보에 기재된 반도체 장치와 같이, 리드 프레임과, 해당 리드 프레임에 실장된 반도체 칩을 포함하는 반도체 장치의 구성으로 해도 된다.
- [0143] 반도체 장치로서는, 전기 제품(예를 들어, 컴퓨터, 휴대 전화, 디지털 카메라, 텔레비전, 에어컨, 태양광 발전 시스템 등) 및 탈것(예를 들어, 자동 이륜차, 자동차, 전차, 선박 및 항공기 등) 등에 제공되는 각종 반도체 장치를 들 수 있다.
- [0144] [실시예]
- [0145] 이하, 본 발명에 대하여, 실시예를 나타내어 구체적으로 설명한다. 단, 본 발명은 이하에 나타내는 실시예에 한정되는 것은 아니다.
- [0146] (샘플)
- [0147] 먼저 샘플의 제작 방법에 대하여 설명한다. 원료 Cu는, 순도 4N(99.99질량% 이상) 이상의 것을 사용하였다. 또한, 제1 첨가 원소, 및, 첨가하는 경우에는 제2 첨가 원소, 제3 첨가 원소, 제4 첨가 원소, 제5 첨가 원소는, 순도 3N 이상의 것, 혹은 Cu에 이들 첨가 원소를 수 % 함유하는 모합금을 사용하였다.
- [0148] 코어재의 Cu 합금은, 먼저, 흑연 도가니에 원료를 장전하고, 고주파로를 사용하여, N<sub>2</sub> 가스나 Ar 가스 등의 불활성 분위기에서 1090 내지 1800℃까지 가열하여 용해한 후, 연속 주조에 의해 직경 3 내지 6mm의 잉곳을 제조하였다. 다음으로, 얻어진 잉곳에 대하여 신선 가공을 행하여 직경 0.7 내지 2.0mm의 중간 와이어를 제작하였다. 신선 가공에서는, 시판되는 윤활액을 사용하고, 신선 속도는 20 내지 150m/분으로 하였다. 피복층의 형성은, 전해 도금법을 사용하였다. 일부의 와이어(실시예 No.5, 9, 15, 27, 33, 36)는 PdNi 합금층 위에 Au층을 마련하였다. 도금액은, Pd-Ni 도금액, Au 도금액을 준비하고, 적절히 조제하여 사용하였다.
- [0149] 그 후, 신선 가공 등을 더 행하고, 최종 선 직경인  $\phi$ 20 $\mu$ m까지 가공하였다. 필요에 따라, 신선 가공의 도중에 있어서, 300 내지 700℃, 2 내지 15초간의 중간 열처리를 1 내지 2회 행하였다. 중간 열처리를 행하는 경우, 와이어를 연속적으로 소인하고, N<sub>2</sub> 가스 또는 Ar 가스를 흘리면서 행하였다. 최종 선 직경까지 가공 후, 와이어를 연속적으로 소인하고, N<sub>2</sub> 가스 또는 Ar 가스를 흘리면서 조질 열처리를 행하였다. 조질 열처리의 열처리 온도는 200 내지 600℃로 하고, 와이어의 이송 속도는 20 내지 200m/분, 열처리 시간은 0.2 내지 1.0초로 하였다. 피복층이 얇은 경우에는 열처리 온도를 낮추고, 와이어의 이송 속도를 빠르게 설정하고, 피복층이 두꺼운 경우에는 열처리 온도를 높이고, 와이어의 이송 속도를 느리게 설정하였다.
- [0150] (시험·평가 방법)
- [0151] 이하, 시험·평가 방법에 대하여 설명한다.
- [0152] [오제 전자 분광법(AES)에 의한 와이어 표면의 조성 분석]
- [0153] 와이어의 표면에 Au를 함유하는 와이어에 대하여, 와이어 표면에 있어서의 Au의 농도는, 와이어 표면을 측정면으로 하여, 이하와 같이 오제 전자 분광법(AES)에 의해 측정하여 구하였다.
- [0154] 먼저 측정에 제공되는 본딩 와이어를 시료 홀더에 직선 형상으로 고정하였다. 이어서, 와이어 축에 수직인 방향에 있어서의 와이어의 폭의 중심이 측정면의 폭의 중심이 되도록 위치 결정하고, 또한, 측정면의 폭이 와이어

직경의 5% 이상 15% 이하가 되도록 측정면을 결정하였다. 측정면의 길이는 측정면의 폭의 5배로 하였다. 그리고, AES 장치(알박 파이제 PHI-700)를 사용하여, 가속 전압 10kV의 조건에서 와이어 표면의 조성 분석을 행하여, 표면 Au 농도(원자%)를 구하였다.

[0155] 또한, AES에 의한 조성 분석은, 와이어 축 방향으로 서로 1mm 이상 이격된 3개소의 측정면에 대하여 실시하고, 그 산술 평균값을 채용하였다. 표면에 있어서의 Au의 농도를 구함에 있어서, 탄소(C), 황(S), 산소(O), 질소(N) 등 가스 성분, 비금속 원소 등은 고려하지 않았다.

[0156] [오제 전자 분광법(AES)에 의한 피복층의 두께 분석]

[0157] 피복층의 두께 분석에는 AES에 의한 깊이 분석을 사용하였다. AES에 의한 깊이 분석이란 조성 분석과 스퍼터링을 교호로 행함으로써 깊이 방향의 조성 변화를 분석하는 것이며, 와이어 표면으로부터 깊이(중심) 방향의 각 원소의 농도 변화(소위, 깊이 방향의 농도 프로파일)를 얻을 수 있다.

[0158] 구체적으로는, AES에 의해, 1) 와이어 표면의 조성 분석을 한 후, 또한 2) Ar에 의한 스퍼터링과 3) 스퍼터링 후의 표면의 조성 분석을 반복함으로써 깊이 방향의 농도 프로파일을 취득하였다. 2)의 스퍼터링은, Ar<sup>+</sup> 이온, 가속 전압 2kV로 행하였다. 또한, 1), 3)의 표면의 조성 분석에 있어서, 측정면의 치수나 AES에 의한 조성 분석, 각 원소의 농도의 산출 조건은, 상기 [오제 전자 분광법(AES)에 의한 와이어 표면의 조성 분석] 란에서 설명한 것과 동일하게 하였다. AES에 의해, 깊이 방향의 농도 프로파일을 취득함에 있어서, 깊이 방향의 측정점이, 피복층에 있어서 50점 이상이 되도록 측정하였다.

[0159] 또한, 깊이 방향의 농도 프로파일의 취득은, 와이어 축 방향으로 서로 1mm 이상 이격된 3개소의 측정면에 대하여 실시하였다.

[0160] -피복층의 두께와 해당 피복층의 측정점의 총수-

[0161] 취득한 깊이 방향의 농도 프로파일에 있어서, 와이어 표면으로부터 와이어 중심축을 향하여 농도 프로파일을 확인하고, Pd의 농도 C<sub>Pd</sub>(원자%)와 Ni의 농도 C<sub>Ni</sub>(원자%)의 합계가 90원자% 이상에 처음으로 도달한 깊이 위치 Z1로부터, C<sub>Pd</sub>와 C<sub>Ni</sub>의 합계가 90원자% 미만으로 처음으로 저하된 깊이 위치 Z2(단 Z2>Z1)까지의 거리를, 측정된 피복층의 두께로서 구하였다. 또한, 깊이 위치 Z1으로부터 깊이 위치 Z2까지의 측정점의 총수를, 피복층의 측정점의 총수로서 구하였다. 피복층의 두께는, 3개소의 측정면에 대하여 취득한 수치의 산술 평균값을 채용하였다. 또한, 실시예의 와이어에 관하여, 피복층의 측정점의 총수는 50점 내지 100점 있는 것을 확인하였다.

[0162] 또한, AES 분석으로 측정되는 깊이는, 스퍼터링 속도와 시간의 곱으로서 구해진다. 일반적으로 스퍼터링 속도는 표준 시료인 SiO<sub>2</sub>를 사용하여 측정되기 때문에, AES로 분석된 깊이는 SiO<sub>2</sub> 환산값이 된다. 즉 피복층의 두께의 단위로는 SiO<sub>2</sub> 환산값을 사용하였다.

[0163] -평균값 X와 해당 평균값 X로부터의 절대 편차가 소정 범위에 있는 측정점의 총수-

[0164] 취득한 깊이 방향의 농도 프로파일에 있어서, 피복층의 전 측정점에 관한 Pd의 농도 C<sub>Pd</sub>(원자%)와 Ni의 농도 C<sub>Ni</sub>(원자%)의 비 C<sub>Pd</sub>/C<sub>Ni</sub>를 산술 평균하여, 평균값 X를 구하였다. 이어서, 피복층의 전 측정점의 비 C<sub>Pd</sub>/C<sub>Ni</sub>에 대하여 평균값 X로부터의 절대 편차를 산출하고, 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.3X 이내에 있는 측정점의 총수 및 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.2X 이내에 있는 측정점의 총수를 구하였다. 평균값 X는, 3개소의 측정면에 대하여 취득한 수치의 산술 평균값을 채용하였다.

[0165] -C<sub>Pd</sub> 또는 C<sub>Ni</sub>의 근사 직선의 기울기(피복층의 깊이 범위에 있어서의 최댓값과 최솟값의 차)-

[0166] 피복층의 전 측정점에 대하여 C<sub>Pd</sub>(원자%) 또는 C<sub>Ni</sub>(원자%)를 최소 제곱법에 의해 직선 근사하고, 피복층의 깊이 범위에 있어서의 해당 근사 직선의 최댓값과 최솟값의 차(원자%)를 구하였다. 여기서, 평균값 X가 1 미만인 경우, 피복층의 전 측정점에 대하여 C<sub>Ni</sub>(원자%)를 최소 제곱법에 의해 직선 근사하고, 평균값 X가 1 이상인 경우, 피복층의 전 측정점에 대하여 C<sub>Pd</sub>(원자%)를 최소 제곱법에 의해 직선 근사하였다. 피복층의 깊이 범위에 있어서의 해당 근사 직선의 최댓값과 최솟값의 차(원자%)는, 3개소의 측정면에 대하여 취득한 수치의 산술 평균값을 채용하였다.

[0167] [원소 함유량의 측정]

- [0168] 와이어 중의 제1 첨가 원소, 제2 첨가 원소, 제3 첨가 원소, 제4 첨가 원소, 제5 첨가 원소의 함유량은, 본딩 와이어를 강산으로 용해한 액을 ICP 발광 분광 분석 장치, ICP 질량 분석 장치를 사용하여 분석하여, 와이어 전체에 포함되는 원소의 농도로서 검출하였다. 분석 장치로서, ICP-OES((주)히타치 하이테크 사이언스제 「PS3520UVDII」) 또는 ICP-MS(애질런트·테크놀로지스(주)제 「Agilent 7700x ICP-MS」)를 사용하였다. 또한, 그 표면에 Au를 더 함유하는 와이어에 관해서는, 제1 첨가 원소로서의 Au의 농도는, 와이어의 단면을 노출시키고, 그 Cu 코어재 부분을 전자선 마이크로에널라이저(EPMA) 또는 이차 이온 질량 분석(SIMS)에 의해 측정하여 구하였다.
- [0169] [FAB 형상]
- [0170] FAB 형상의 평가는, 리드 프레임에, 시판되는 와이어 본더를 사용하여 FAB를 제작하고, 주사형 전자 현미경(SEM)으로 관찰하였다(평가수 N=100). 또한, FAB는 전류값 30 내지 75mA, EFO의 겹을 762 $\mu$ m, 테일의 길이를 254 $\mu$ m로 설정하고, N<sub>2</sub>+5% H<sub>2</sub> 가스를 유량 0.4 내지 0.6L/분으로 흘리면서 형성하고, 그 직경은 와이어 선 직경에 대하여 1.5 내지 1.9배의 범위로 하였다. FAB 형상의 판정은, 진구 형상의 것을 양호로 판정하고, 편심, 이형, 용융 불량 등이 있으면 불량으로 판정하였다. 그리고, 이하의 기준에 따라, 평가하였다.
- [0171] 평가 기준:
- [0172] ◎: 불량 5개소 이하
- [0173] ○: 불량 6 내지 10개소(실용상 문제없음)
- [0174] ×: 불량 11개소 이상
- [0175] [2nd 접합부의 초기 접합성]
- [0176] 2nd 접합부의 초기 접합성은, 2nd 접합부의 접합 강도와 밀착성을 측정·관찰함으로써 평가하였다. 상세하게는, 2nd 접합부의 접합 강도는 풀 시험에 의해 측정하였다. 또한, 2nd 접합부의 밀착성은, 2nd 접합부의 단면을 SEM 관찰함으로써 평가하였다.
- [0177] -2nd 접합부의 접합 강도-
- [0178] 시판되는 와이어 본더를 사용하여, Ag 도금을 실시한 Cu 합금 리드 프레임 상에 상하좌우 방향 각 80개(합계 320개)의 본딩을 행하여, 평가 샘플을 제작하였다.
- [0179] 그리고, 2nd 접합부에 대하여, 풀 시험을 실시하였다. 풀 강도의 값은, 각 방향으로부터 15개 합계 60개의 측정값의 산술 평균값을 사용하였다.
- [0180] -2nd 접합부의 밀착성-
- [0181] 시판되는 와이어 본더를 사용하여, PPF 도금을 실시한 Cu 합금 리드 프레임 상에 상하좌우 방향 각 40개(합계 160개)의 본딩을 행하여, 평가 샘플을 제작하였다.
- [0182] 그리고, 2nd 접합부에 대하여, 이온 빔을 사용하여 단면 연마하여 SEM 관찰용 샘플을 제작하였다. 상세하게는, 평가 샘플을, 리드 프레임의 주면에 수직인 방향에 있어서 바로 위에서 본 경우에, 2nd 접합부의 폭이 최대가 되는 위치에 있어서, 리드 프레임의 주면에 수직인 방향으로 절단하고 단면 연마하여 SEM 관찰용 샘플을 제작하였다. 여기서, 2nd 접합부의 폭이란, 도 1에 있어서의 2nd 접합부(10)의 좌우 방향 치수를 말하고, 이온 빔에 의한 단면 연마는, 해당 2nd 접합부의 폭이 대략 최대가 되는 위치에 있어서, 도 1에 있어서의 와이어의 폭의 중심 X를 통과하는 직선에 수직인 방향으로(도 1에 있어서의 A-A 이점쇄선에 따라) 행하였다.
- [0183] 얻어진 SEM 관찰용 샘플에 대하여, 2nd 접합부의 단면을 SEM 관찰하고, 2nd 접합부의 전체 폭(도 2에 있어서의 L1)에 대한, 와이어와 리드 프레임이 밀착하고 있는 폭(도 2에 있어서의 L2)의 비율, 즉 밀착율(%)=(L2/L1×100)을 산출하였다. 3개소의 2nd 접합부에 대하여 관찰·산출하고, 그 산출 평균값을 사용하였다.
- [0184] 얻어진 2nd 접합부의 접합 강도(풀 강도)와 밀착성(밀착율)에 기초하여, 이하의 기준에 따라, 평가하였다.
- [0185] 평가 기준:
- [0186] ◎◎: 밀착율 90% 이상 또한 풀 강도 8gf 이상
- [0187] ◎: 밀착율 90% 이상 또한 풀 강도 6gf 이상 8gf 미만이거나, 또는, 풀 강도 12gf 이상 또한 밀착율 80% 이상

90% 미만

[0188] ○: 밀착율 80% 이상 90% 미만 또한 풀 강도 6gf 이상 12gf 미만

[0189] ×: 밀착율 80% 미만 또는 풀 강도 6gf 미만

[0190] [2nd 접합부의 접합 신뢰성]

[0191] 2nd 접합부의 접합 신뢰성은, 고온 방치 시험(HTSL: High Temperature Storage Life Test)에 의해 평가하였다.

[0192] 리드 프레임의 리드 부분에, 시판되는 와이어 본더를 사용하여 웨지 접합한 샘플을, 시판되는 열경화성 에폭시 수지에 의해 밀봉하여, 2nd 접합부의 접합 신뢰성 시험용의 샘플을 제작하였다. 리드 프레임은, 1 내지 3 $\mu$ m의 Ag 도금을 실시한 Cu 합금 리드 프레임을 사용하였다. 제작한 접합 신뢰성 평가용의 샘플을, 고온 항온기를 사용하여, 온도 175 $^{\circ}$ C의 환경에 폭로하였다. 2nd 접합부의 접합 수명은, 500시간마다 웨지 접합부의 풀 시험을 실시하고, 풀 강도의 값이 초기에 얻어진 풀 강도의 1/2이 되는 시간으로 하였다. 풀 강도의 값은 무작위로 선택한 웨지 접합부의 50개소의 측정값의 산술 평균값을 사용하였다. 고온 방치 시험 후의 풀 시험은, 산 처리에 의해 수지를 제거하여, 웨지 접합부를 노출시키고 나서 행하였다. 그리고, 이하의 기준에 따라, 평가하였다.

[0193] 평가 기준:

[0194] ◎◎: 접합 수명 3000시간 이상

[0195] ◎: 접합 수명 2000시간 이상 3000시간 미만

[0196] ○: 접합 수명 1000시간 이상 2000시간 미만

[0197] ×: 접합 수명 1000시간 미만

[0198] [1st 접합부의 접합 신뢰성]

[0199] 1st 접합부의 접합 신뢰성은, 고온 방치 시험(HTSL: High Temperature Storage Life Test) 및 고온 고습 시험(HAST; Highly Accelerated Temperature and Humidity Stress Test)의 양쪽에 의해 평가하였다.

[0200] -HTSL-

[0201] 일반적인 금속 프레임 상의 실리콘 기판에 두께 1.5 $\mu$ m의 Al-1.0질량% Si-0.5질량% Cu의 합금을 성막하여 마련한 전극에, 시판되는 와이어 본더를 사용하여 볼 접합한 샘플을, 시판되는 열경화성 에폭시 수지에 의해 밀봉하여, 1st 접합부의 접합 신뢰성 시험용의 샘플을 제작하였다. 볼은 상기 [FAB 형상] 란에 기재된 조건으로 형성하였다. 제작한 접합 신뢰성 평가용의 샘플을, 고온 항온기를 사용하여, 온도 175 $^{\circ}$ C의 환경에 폭로하였다. 1st 접합부의 접합 수명은, 500시간마다 볼 접합부의 전단 시험을 실시하고, 전단 강도의 값이 초기에 얻어진 전단 강도의 1/2이 되는 시간으로 하였다. 전단 강도의 값은 무작위로 선택한 볼 접합부의 50개소의 측정값의 산술 평균값을 사용하였다. 고온 방치 시험 후의 전단 시험은, 산 처리에 의해 수지를 제거하여, 볼 접합부를 노출시키고 나서 행하였다. 그리고, 이하의 기준에 따라, 평가하였다.

[0202] 평가 기준:

[0203] ◎: 접합 수명 2000시간 이상

[0204] ○: 접합 수명 1000시간 이상 2000시간 미만

[0205] ×: 접합 수명 1000시간 미만

[0206] -HAST-

[0207] 상기와 마찬가지로의 수순으로 제작한 1st 접합부의 접합 신뢰성 평가용의 샘플을, 불포화형 프레스 쿠키 시험기를 사용하여, 온도 130 $^{\circ}$ C, 상대 습도 85%의 고온 고습 환경에 폭로하고, 7V의 바이어스를 걸었다. 1st 접합부의 접합 수명은, 48시간마다 볼 접합부의 전단 시험을 실시하고, 전단 강도의 값이 초기에 얻어진 전단 강도의 1/2이 되는 시간으로 하였다. 전단 강도의 값은 무작위로 선택한 볼 접합부의 50개소의 측정값의 산술 평균값을 사용하였다. 전단 시험은, 산 처리에 의해 수지를 제거하여, 볼 접합부를 노출시키고 나서 행하였다. 그리고, 이하의 기준에 따라, 평가하였다.

[0208] 평가 기준:

- [0209]      ◎: 접합 수명 384시간 이상
- [0210]      ○: 접합 수명 240시간 이상 384시간 미만
- [0211]      ×: 접합 수명 240시간 미만
- [0212]      [압착 형상]
- [0213]      1st 접합부의 압착 형상(볼의 찌그러진 형상)의 평가는, 시판되는 와이어 본더를 사용하여, 상기 [FAB 형상] 란에 기재된 조건으로 볼을 형성하고, 그것을 Si 기판에 두께 1.5 $\mu$ m의 Al-1.0질량% Si-0.5질량% Cu의 합금을 성막하여 마련한 전극에 압착 접합하고, 바로 위에서 광학 현미경으로 관찰했다(평가수 N=100). 볼의 찌그러진 형상의 판정은, 찌그러진 형상이 진원에 가까운 경우에 양호로 판정하고, 타원형이나 꽃잎상의 형상이면 불량으로 판정하였다. 그리고, 이하의 기준에 따라, 평가하였다.
- [0214]      평가 기준:
- [0215]      ◎: 불량 없음
- [0216]      ○: 불량 1 내지 5개소(실용상 문제없음)
- [0217]      ×: 불량 6개소 이상
- [0218]      실시예 및 비교예의 평가 결과를 표 1, 표 2에 나타낸다.

표 1

No	피복층의 두께		평균값 <sup>1)</sup>	절대 편차		C <sub>16</sub> 또는 C <sub>16</sub> 의 최댓값과 최솟값의 차		Au 농도		제1-제5 원소	제2 원소 (B, P, Mg)	제3 원소 (Se, Te, As, Sb)	제4 원소 (Ca, Cu)	제5 원소 (In, Au)	FAB 형상	2nd 접합부의 2nd 접합성	2nd 접합부의 초기 접합성	1st 접합부의 접합 신뢰성	평가 형상
	μm	nm		%	%	원자율	원자율	표면	위이어										
1	20	30	1.2	70	66	8	8			Ti10					○	○	○	○	○
2	20	10	1.8	60	60	18	18			V10, Cr10					○	○	○	○	○
3	20	75	4	82	78	15	15			Mn30, Co30					○	○	○	○	○
4	20	104	0.7	90	82	8	8			Fe5					○	○	○	○	○
5	20	130	5	92	86	7	7	0.06		Zn150					○	○	○	○	○
6	20	43	2.8	50	45	16	16			Zr5					○	○	○	○	○
7	20	100	0.8	95	90	3	3			Nb10, Mo30					○	○	○	○	○
8	20	68	35	77	77	9	9			Ni20					○	○	○	○	○
9	20	92	1.5	68	60	45	45	0.15		Ni20					○	○	○	○	○
10	20	59	0.2	60	50	21	21			Ni20					○	○	○	○	○
11	20	18	20	77	72	7	7			Sr30					○	○	○	○	○
12	20	95	0.6	92	92	4	4			Au10, La10					○	○	○	○	○
13	20	110	0.6	100	100	3	3			W30, Bi45					○	○	○	○	○
14	20	110	1.2	55	52	18	18			Co100, Fe80					○	○	○	○	○
15	20	55	2.2	78	70	7	7	0.27		Fe20					○	○	○	○	○
16	20	82	2.4	88	82	9	9			Au450					○	○	○	○	○
17	20	72	2.8	86	82	7	7			Bi5					○	○	○	○	○
18	20	62	6	82	74	9	9			Ti10, Sr20					○	○	○	○	○
19	20	27	1.2	56	48	22	22			Cr100, Zr200					○	○	○	○	○
20	20	37	0.4	94	90	5	5			Fe20, Ni20					○	○	○	○	○
21	20	72	1.3	94	91	6	6			Fe20, Au30					○	○	○	○	○
22	20	80	0.11	88	88	10	10			Fe3, Bi15					○	○	○	○	○
23	20	12	0.7	60	60	14	14			Sr150, Fe300					○	○	○	○	○

1) 피복층의 전체 측정점에 관한 P의 농도 C<sub>16</sub>(원자%)와 N의 농도 C<sub>16</sub>(원자%)의 비 C<sub>16</sub>/C<sub>N</sub>의 평균값 X  
 2) 피복층의 측정점의 출수에 대한 피복층 중 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.3X 이내인 측정점의 출수의 비율(%)  
 3) 피복층의 측정점의 출수에 대한 피복층 중 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.2X 이내인 측정점의 출수의 비율(%)

표 2

No.	선 직경	외복층의 두께	평균값 <sup>1)</sup>	절대 편차		C <sub>90</sub> 의 최소값과 최대값의 차	Au 농도		계1 절가 원소 (Ti,Co,Ni,Fe, Co,Zn,Zr,Nb,Mo, Ru,Rh,Sn,Ta,W, Os,Pr,Au,Al)	계2 절가 원소 (B,P,Mg)	계3 절가 원소 (Se,Te, As,Sb)	계4 절가 원소 (Ga,Ge)	계5 절가 원소 (In,Ag)	F48 형상	2nd 접합부의 접합 신뢰성	2nd 접합부의 조기 접합성	1st 접합부의 접합 신뢰성	HAST HISL	안착 형상
				0.3X 이내의 측정점 <sup>2)</sup>	0.2X 이내의 측정점 <sup>3)</sup>		표면 위이어 전체	절량 ppm											
24	20	128	3.3	95	90	원자율	원자율 <td>Zr:20</td> <td>P:50</td> <td>Se:20</td> <td>Ge:0.011</td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td>	Zr:20	P:50	Se:20	Ge:0.011			○	○	○	○	○	○
25	20	105	0.8	98	94			Ru:30			Ge:0.1			○	○	○	○	○	○
26	50	18	1.5	66	62			Pt:200	P:6		Ge:1.1			○	○	○	○	○	○
27	50	60	4	72	68			Co:60,B:30			Ge:1.1			○	○	○	○	○	○
28	50	80	2	85	82			Ta:100			Ge:1.5			○	○	○	○	○	○
29	50	110	0.6	75	72			Zr:15			Ge:0.6			○	○	○	○	○	○
30	50	120	0.6	90	88			Co:5			Ge:0.3			○	○	○	○	○	○
31	50	20	1.5	90	90			Au:10			Ge:0.6			○	○	○	○	○	○
32	50	65	1.2	88	83			Pt:6			Ge:0.3			○	○	○	○	○	○
33	20	77	2.8	87	81			Mn:10,Nb:10			Ge:0.3			○	○	○	○	○	○
34	20	35	1.1	78	70			Pr:20			Ge:0.04			○	○	○	○	○	○
35	20	100	0.7	74	68			Zr:2,Sn:4			Ge:0.04			○	○	○	○	○	○
36	20	65	2.7	95	90			B:50			Ge:0.04			○	○	○	○	○	○
37	20	33	0.8	72	66			Ti:35			Ge:0.04			○	○	○	○	○	○
38	50	92	1.8	88	84			Zr:120			Ge:0.04			○	○	○	○	○	○
1	20	68	1.8	82	75						Ge:0.04			○	○	○	○	○	○
2	20	48	0.8	75	64			Ru:4			Ge:0.04			○	○	○	○	○	○
3	20	15	2.1	66	62			U:4			Ge:0.04			○	○	○	○	○	○
4	20	8	0.6	60	38			La:500			Ge:0.04			○	○	○	○	○	○
5	20	135	1.2	78	70						Ge:0.05			○	○	○	○	○	○
6	20	55	0.8	20	20			Fe:15			Ge:0.05			○	○	○	○	○	○
7	20	45	0.03	83	68						Ge:0.05			○	○	○	○	○	○
8	20	80	3.8	82	76			Zr:30			Ge:0.05			○	○	○	○	○	○

1) 외복층의 전 측정점에 관한 Pd의 농도 C<sub>90</sub>(원자%)와 Ni의 농도 C<sub>90</sub>(원자%)의 비 C<sub>90</sub>/C<sub>90</sub>의 평균값 X  
 2) 외복층의 측정점의 총수에 대한, 외복층 중 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.3X 이내에 있는 측정점의 총수의 비율(%)  
 3) 외복층의 측정점의 총수에 대한, 외복층 중 평균값 X로부터의 절대 편차가 0.2X 이내에 있는 측정점의 총수의 비율(%)

[0220]

부호의 설명

[0221]

- 1: 본딩 와이어(와이어)
- 2: 측정면
- 10: 2nd 접합부
- 50: 외부 단자
- X: 와이어의 폭의 중심
- W: 와이어의 폭(와이어 직경)

$w_a$ : 측정면의 폭

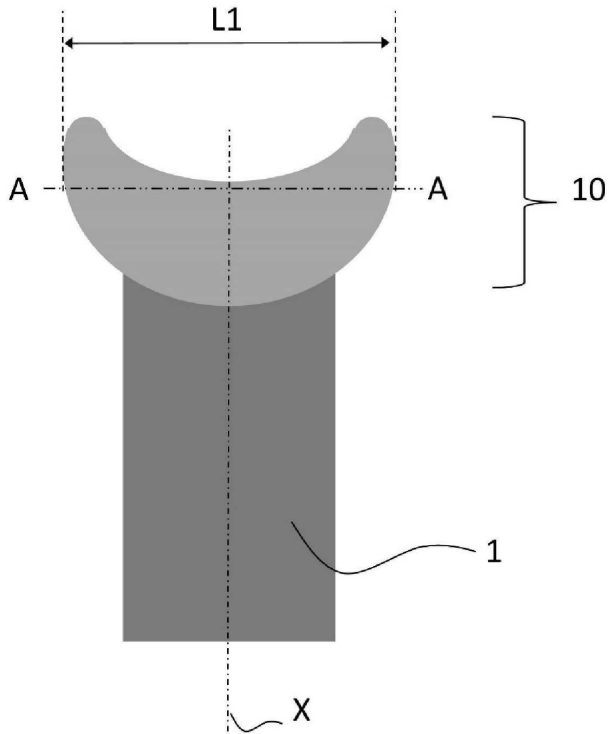
$l_a$ : 측정면의 길이

L1: 2nd 집합부의 전폭

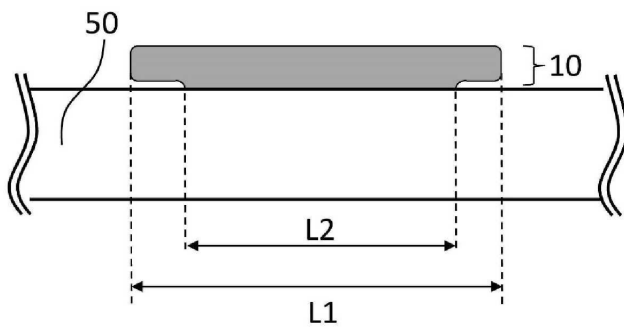
L2: 2nd 집합부에 있어서 와이어와 외부 단자가 밀착하고 있는 폭

도면

도면1



도면2



도면3

