



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년02월17일  
(11) 등록번호 10-2766811  
(24) 등록일자 2025년02월07일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 23/00 (2006.01) C22C 5/06 (2006.01)  
H01L 23/49 (2006.01) H01L 23/495 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
H01L 24/47 (2013.01)  
C22C 5/06 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7008680
- (22) 출원일자(국제) 2020년03월09일  
심사청구일자 2022년03월15일
- (85) 번역문제출일자 2022년03월15일
- (65) 공개번호 10-2022-0047621
- (43) 공개일자 2022년04월18일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2020/010119
- (87) 국제공개번호 WO 2021/065036  
국제공개일자 2021년04월08일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2019-181763 2019년10월01일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP01017437 A\*  
KR1020160089161 A\*  
WO2018074857 A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
타나카 덴시 코오교오 카부시카가이샤  
일본 사가켄 간자키군 요시노가리초 요시다 2303-15
- (72) 발명자  
안토쿠 유키  
일본국 사가켄 간자키군 요시노가리초 요시다 2303-15 타나카 덴시 코오교오 카부시카가이샤 내  
사키타 유스케  
일본국 사가켄 간자키군 요시노가리초 요시다 2303-15 타나카 덴시 코오교오 카부시카가이샤 내  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
문두현, 정의환, 황현아

전체 청구항 수 : 총 7 항

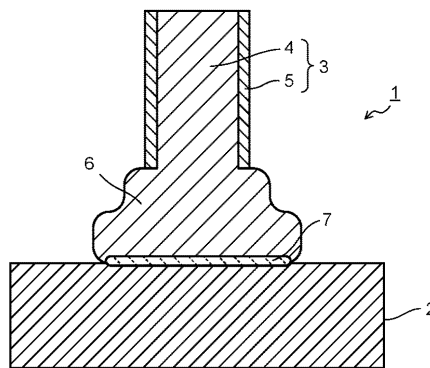
심사관 : 이석주

(54) 발명의 명칭 와이어 접합 구조와 그것에 이용되는 본딩 와이어 및 반도체 장치

(57) 요약

재료 비용을 억제한 본딩 와이어와 전극을 접합해도 비저항의 상승을 억제하면서, 과혹한 환경 하에 있어서도 장기간 본딩 와이어와 전극의 접합 신뢰성을 유지한다. 와이어 접합 구조(1)는, 알루미늄을 포함하는 전극(2)과, 본딩 와이어(3)와, 전극(2)에 접합된 볼 압축부(6)를 갖는다. 본딩 와이어(3)는, 은을 주성분으로 하는 심재(4)와, 금을 주성분으로 하는 피복층(5)을 갖고, 황, 텔루륨, 셀레늄, 비소, 및 안티몬에서 선택되는 적어도 하나의 제15 및 16족 원소를 함유하고, 와이어 전체에 대해서, 금 농도가 2.0질량% 이상 7.0질량% 이하이고, 제15 및 16족 원소 농도가 합계로 4질량ppm 이상 80질량ppm 이하이고, 전극(2)과 볼 압축부(6)의 접합 계면 근방에, 금 농도가, 알루미늄과 은과 금의 합계에 대해서 5.0원자% 이상으로 되는 금 농화(濃化) 접합 영역을 갖는다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*H01L 23/49* (2013.01)

*H01L 23/4952* (2013.01)

*H01L 24/07* (2013.01)

*H01L 24/44* (2013.01)

*H01L 2224/081* (2013.01)

*H01L 2224/08503* (2013.01)

*H01L 2224/45644* (2013.01)

*H01L 2224/49421* (2013.01)

*H01L 2224/495* (2013.01)

(72) 발명자

**가와노 쇼타**

일본국 사가켄 간자키군 요시노가리초 요시다  
2303-15 타나카 덴시 코오교오 카부시키키가이샤 내

**히라이 유카**

일본국 사가켄 간자키군 요시노가리초 요시다  
2303-15 타나카 덴시 코오교오 카부시키키가이샤 내

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

알루미늄을 포함하는 전극과, 본딩 와이어와, 상기 본딩 와이어의 일단(一端)에 설치되고 상기 전극에 접합된 불 압축부를 갖는 와이어 접합 구조로서,

상기 본딩 와이어는, 은을 주성분으로 하는 심재와, 상기 심재의 표면에 설치되고 금을 주성분으로 하는 피복층을 갖고, 황, 텔루륨, 셀레늄, 비소, 및 안티몬에서 선택되는 적어도 하나의 제15 및 16족 원소를 함유하는 금 피복 은 본딩 와이어로서, 와이어 전체에 대해서, 금 농도가 2.0질량% 이상 7.0질량% 이하이고, 제15 및 16족 원소 농도가 합계로 4질량ppm 이상 80질량ppm 이하이고,

상기 전극과 상기 불 압축부의 접합 계면 근방에, 금 농도가, 알루미늄과 은과 금의 합계에 대해서 5.0원자% 이상으로 되는 금 농화(濃化) 접합 영역을 갖는, 와이어 접합 구조.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 접합 계면 근방의 금 농화 접합 영역이, 상기 불 압축부의 최대폭에 대해서, 적어도 상기 불 압축부의 양단으로부터 1/8의 위치 사이에 각각 형성되어 있는, 와이어 접합 구조.

**청구항 3**

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 접합 계면 근방의 금 농화 접합 영역의 점유율이, 상기 불 압축부의 최대폭에 대해서, 합계로 25% 이상인, 와이어 접합 구조.

**청구항 4**

제1항에 기재된 와이어 접속 구조에 이용되는 금 피복 은 본딩 와이어로서, 상기 금 피복 은 본딩 와이어는, 은을 주성분으로서 포함하는 심재와, 상기 심재의 표면에 설치되고 금을 주성분으로서 포함하는 피복층을 갖고,

상기 금 피복 은 본딩 와이어는, 황, 텔루륨, 셀레늄, 비소, 및 안티몬에서 선택되는 적어도 하나의 제15 및 16족 원소를 함유하고,

상기 금 피복 은 본딩 와이어에 있어서, 와이어 전체에 대해서, 금 농도가 2.0질량% 이상 7.0질량% 이하이고, 제15 및 16족 원소 농도가 합계로 4질량ppm 이상 80질량ppm 이하이고,

상기 금 피복 은 본딩 와이어는, 알루미늄을 포함하는 전극 상에 불 접합해서 불 압축부를 형성했을 때, 상기 전극과 상기 불 압축부의 접합 계면 근방에, 금 농도가, 알루미늄과 금과 은의 합계에 대해서 5.0원자% 이상으로 되는 금 농화 접합 영역이 형성되는, 금 피복 은 본딩 와이어.

**청구항 5**

제4항에 있어서,

상기 금 피복 은 본딩 와이어의 비저항이  $2.3\mu\Omega \cdot \text{cm}$  이하인, 금 피복 은 본딩 와이어.

**청구항 6**

제4항 또는 제5항에 있어서,

상기 금 피복 은 본딩 와이어는, 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 금(Au), 니켈(Ni), 구리(Cu), 철(Fe), 칼슘(Ca), 로듐(Rh), 게르마늄(Ge), 갈륨(Ga), 및 인듐(In)에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는, 금 피복 은 본딩 와이어.

**청구항 7**

적어도 하나의 알루미늄을 포함하는 전극을 갖는 하나 또는 복수의 반도체 칩과,

리드 프레임 또는 기판과,

상기 반도체 칩의 전극과 상기 리드 프레임 사이, 상기 반도체 칩의 전극과 상기 기판의 전극 사이, 및 상기 복수의 반도체 칩의 전극 사이에서 선택되는 적어도 하나를, 은을 주성분으로서 포함하는 심재와, 상기 심재의 표면에 설치되고 금을 주성분으로서 포함하는 피복층을 갖는 본딩 와이어에 의해 접속한 반도체 장치로서,

상기 전극과 상기 본딩 와이어의 접속 구조는, 상기 전극에 상기 본딩 와이어의 일단을 접합하도록 설치된 불 압축부를 구비하고, 상기 전극과 상기 불 압축부의 접합 계면 근방에, 금의 농도가 금과 은과 알루미늄의 합계 량에 대해서 5원자% 이상인 금 농화 접합 영역이 설치되어 있는, 반도체 장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 와이어 접합 구조와 그것에 이용되는 본딩 와이어 및 반도체 장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 반도체 칩의 전극과 리드 프레임이나 회로 기판 등의 회로 기재의 외부 전극은, 예를 들면 본딩 와이어에 의해 접속된다. 본딩 와이어에서는, 예를 들면 불 접합이라 불리는 방식에 의해 반도체 칩의 전극에 본딩 와이어의 일단(一端)을 접합(제1 접합)하고, 웨지 접합이라 불리는 방식에 의해 본딩 와이어의 타단을 회로 기재의 외부 전극에 접합(제2 접합)하는 것이 일반적이다. 불 접합에 있어서는, 본딩 와이어의 일단을 방전 등에 의해 용융시키고, 표면 장력 등에 의해 구 형상으로 응고시켜서 불을 형성한다. 응고한 불은 프리 에어 불(Free Air Ball : FAB)이라 불리며, 초음파 병용 열압착 본딩법 등에 의해 반도체 칩의 전극에 접속되어 와이어 접합 구조가 형성된다. 여기에서, 본딩 와이어에 설치된 FAB를 전극에 접합한 구조를, 여기에서는 와이어 접합 구조라 부른다. 또한, 본딩 와이어가 접속된 반도체 칩을, 본딩 와이어나 회로 기재의 일부와 함께 수지 봉지(封止)함에 의해서, 반도체 장치가 구성된다.

[0003] 최근, 반도체 장치에는 저소비전력화 및 신호 처리 속도의 고속화가 요구되고 있고, 그와 같은 반도체 장치에 사용되는 본딩 와이어는 전기 저항(비저항)이 낮으며(예를 들면, 순도 99.99질량%의 4NaU 와이어 이하), 또한, 과혹한 환경에서도 장시간에 걸쳐서 비저항이 낮은 채로 유지되는 것, 즉, 고신뢰성인 것이 요구된다. 고신뢰성이란, 고온다습한 환경 하에 있어서도 부식(황화나 산화)되지 않으며, 장기간 전기 저항이 상승하지 않는 것을 의미한다. 그러나, 종래부터 일반적으로 이용되고 있는 금 와이어는 재료 비용이 높고, 또한 구리 와이어나 피복 구리 와이어는 재료가 딱딱해서, 반도체 칩에 데미지를 입혀 버린다는 과제가 있다. 또한, 은 와이어는 비용이 싸고, 유연하기 때문에, 본딩 와이어로서 바람직하지만, 순은 와이어는 대기 중에 장기간 방치되면 표면이 황화된다는 과제를 갖는다. 황화 대책으로서 제표화되어 있는 은 합금 본딩 와이어는 순은에 팔라듐이나 금 등의 금속 원소를 첨가하고 있기 때문에, 은의 함유량은 90질량% 내지 97질량%로 된다. 황화 대책은 조금 개선되었지만, 은 합금 본딩 와이어는, 첨가 원소의 함유량의 영향에 의해 비저항이 높아진다는 단점이 있어, 최근의 반도체 장치의 요구에 충분히 적합하지는 않다. 귀금속의 함유량을 저하시켜서, 금 와이어와 동등한 비저항을 갖는 은 합금 와이어가 제안되어 있지만, 이번에는 내부식성의 문제가 있기 때문에 반도체 장치를 구성하는 몰드 수지, 즉 고신뢰성에 영향을 미치는 원소가 들어 있지 않은 수지의 선정 등이 필요해지는 점이나 본딩 와이어와 전극의 계면에서 생성되는 금속간 화합물이기 때문에 고신뢰성 평가 기준을 만족하는 것이 곤란하다는 과제도 있다.

[0004] 상기한 바와 같은 과제를 해결하기 위해서, 은 와이어의 표면에 내부식성이 높은 팔라듐 등의 백금족 원소나 금 등의 피복층을 형성하는 것이 제안되어 있다. 백금족 원소나 금 등의 피복층은, 용융하지 않은 고체인 채의 상태이면 은 와이어 표면의 황화를 억제할 수 있다. 따라서, 웨지 본딩(제2 접합)과 같이 용융하지 않고 접합하는 경우에는 효과를 발휘한다. 그러나, 반도체 칩 상에 있는 전극과 접합할(제1 접합) 때에 문제가 발생한다. 본딩 와이어는 앞서 설명한 바와 같이, 와이어의 일단을 방전 등에 의해 용융시키고, 표면 장력 등에 의해 구 형상으로 응고시켜서 불을 형성한다. 응고한 불은 프리 에어 불(FAB)이라 하며, FAB를 초음파 병용 열압착 본딩법 등에 의해 반도체 칩의 전극에 접속되어 와이어 접합 구조가 형성된다. 불을 형성하지 않고 접합하는 웨지 접합이면 접합 면적이 작아져서 접합 강도가 약해지기 때문에, 일반적으로 불 형상으로 해서 접합 면적을 넓

게 함으로써 접합력을 높이는 방법이 이용되고 있다. FAB 형성 시에 백금족 원소나 금을 피복한 와이어 전체를 용융하기 때문에, 피복되어 있는 백금족 원소나 금도 용접차 등의 이유에 따라 시간차는 있지만, 거의 동시에 녹아 붙 내부에 백금족 원소나 금이 들어가, 볼 표면의 백금족 원소나 금의 농도가 상대적으로 낮아진다. FAB 표면의 내부식성이 있는 백금족 원소나 금의 농도가 낮아지고, 은의 농도가 상대적으로 높아진 FAB를 반도체 칩의 알루미늄 전극에 접합한 경우, FAB와 전극의 접합 계면 근방에, 상대적으로 많아진 은과 전극을 구성하는 알루미늄에 의해 은과 알루미늄의 금속간 화합물이 형성되기 쉬워진다. 은과 알루미늄의 금속간 화합물은 할로겐 원소나 수분 등에 부식되기 쉽고, 비저항의 상승을 초래하여 통전 불량을 일으키는 원인으로 된다. 특히, 자동차 등의 고온다습의 환경 하에서 사용하는 경우, 본딩 와이어와 전극의 접합 계면에 형성된 금속간 화합물이 보다 부식되기 쉬워진다. 이들 현상은 전기 저항(비저항)의 상승을 초래하여, 통전 불량의 원인으로 된다. 따라서, 본딩 와이어와 전극의 계면에 있어서 고온다습과 같은 과혹한 환경 하에서도 장시간에 걸쳐서 비저항이 상승하지 않는 접합 구조의 형성이 요구되고 있다.

[0005] 예를 들면, 일본국 특개평10-326803호 공보(특허문헌 1)는, Ag를 11~18.5질량%의 범위에서 함유하고, 잔부(殘部)가 금 및 불가피 불순물로 이루어지는 금은 합금 와이어, 또한 Cu, Pd, Pt의 적어도 1종을 총계로 0.01~4질량%, Ca, In, 희토류 원소의 적어도 1종을 총계로 0.0005~0.05질량%, 또는 Mn, Cr의 적어도 1종을 총계로 0.01~0.2질량%의 범위에서 함유시킨 금은 합금 와이어를 개시하고 있다. 특허문헌 1은 특정량의 은을 함유시킴에 의해서, 은에 의한 알루미늄 전극과의 접합 신뢰성을 개선하면서 저비용화를 도모한 금은 합금 와이어를 제공하고 있다. 그러나, 여전히 주성분은 금이기 때문에 은 와이어, 은 합금 와이어, 피복 은 와이어 등에 비해서 고가이며, 재료 비용이 높다는 과제가 해결되어 있지 않다. 또한, 비용의 문제뿐만 아니라 비저항이 상승한다는 우려도 있다.

[0006] 또한, 종래의 피복 은 본딩 와이어에 관해서, 예를 들면 국제공개2013/129253호(특허문헌 2)는, Ag 또는 Ag 합금 와이어의 표면에 Pd, Au, Zn, Pt, Ni, Sn의 1종 이상 또는 이들의 합금 혹은 이들 금속의 산화물 또는 질화물을 갖는 와이어 피복층을 갖는 본딩 와이어를 개시하고 있다. 특허문헌 2에는, 파워 반도체 장치 내의 접속에 피복층을 갖는 Ag 또는 Ag 합금 와이어를 이용함과 함께, 볼 접합이 아닌 웨지 접합을 이용함에 의해서, Al 전극과 Ag 와이어의 접합 계면에 있어서의 금속간 화합물의 형성을 억제해서 접합 신뢰성을 높이는 것이 개시되어 있다. 그러나, 특허문헌 2는 상기한 바와 같이 Ag 와이어의 웨지 접합을 전체로 하고 있기 때문에, 피복 와이어를 용융 응고해야만 하는 FAB를 형성하지 않기 때문에, 피복층의 구성 원소가 심재인 Ag 와이어 중에 들어가는 것을 고려하고 있지 않다. 따라서, 특허문헌 2는 FAB를 전극에 접합했을 때의 접합 계면의 구성 원소를 고려하고 있지 않으며, 접합 계면의 구성 원소에 의거해서 신뢰성을 향상시키는 것을 고려하고 있지 않다. 추가로 또한 구성 원소의 Ag 와이어 중의 들어감을 억제하기 위한 구성도 개시하고 있지 않다.

[0007] 또한, 일본국 특개2001-196411호 공보(특허문헌 3)는, Ag선과, Ag선을 피복하는 Au막을 갖고, Au막은 Na, Se, Ca, Si, Ni, Be, K, C, Al, Ti, Rb, Cs, Mg, Sr, Ba, La, Y, Ce의 적어도 하나의 원소를 포함하는 본딩 와이어를 개시하고 있다. 특허문헌 3은, Au 피복한 Ag 와이어에서는 FAB의 형상이 축대칭으로 되지 않으므로, Au막에 상기한 원소를 함유시켜서 아크 방전이 일점(一點)에 집중되는 것을 억제하여, 표면 전체로부터 아크를 발생시켜서 FAB의 형상을 안정화시키는 것을 개시하고 있다. 그러나, 특허문헌 3도 또한 FAB 형성 시에 피복층의 Au가 Ag선 중에 들어가는 것을 고려하고 있지 않으며, 또한 Au의 Ag선에의 들어감을 억제하기 위한 구성을 개시하고 있지 않다. 따라서, 특허문헌 3은 금 피복 은 와이어를 이용했을 때에 Al 전극과 Ag 와이어의 접합 계면에 금속간 화합물이 형성되어 접합 신뢰성이 저하하는 것을 시사하고 있지 않을 뿐만 아니라, Al 전극과 Ag 와이어의 접합 신뢰성을 더 높이기 위한 구성도 개시하고 있지 않다. 또한, 상기한 바와 같은 첨가 원소는, 그 함유량에 따라서는 와이어 자체의 특성이나 피복층의 형성성 등에 악영향을 미칠 우려가 있다. 이 때문에, 와이어 자체의 특성이나 피복층의 형성성 등에 악영향을 미치지 않고, Au의 Ag선에의 들어감을 억제해서 와이어 접합 구조의 신뢰성을 높이는 기술이 요구되고 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0008] (특허문헌 0001) 일본국 특개평10-326803호 공보
- (특허문헌 0002) 국제공개2013/129253호

(특허문헌 0003) 일본국 특개2001-196411호 공보

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0009] 본 발명이 해결하려고 하는 과제는, 재료 비용을 억제한 본딩 와이어와 알루미늄 전극을 접합해도 비저항의 상승을 억제하면서, 과혹한 환경 하에 있어서도 장기간 본딩 와이어와 알루미늄 전극의 접합 신뢰성을 유지하는 것을 가능하게 한 와이어 접합 구조와, 그것에 이용되는 본딩 와이어 및 반도체 장치를 제공하는 것에 있다.

[0010] 본 발명의 와이어 접합 구조는, 알루미늄을 주성분으로서 포함하는 전극과, 본딩 와이어와, 상기 본딩 와이어의 일단에 설치되고 상기 전극에 접합된 불 압축부를 구비한다. 본 발명의 와이어 접합 구조에 있어서, 상기 본딩 와이어는, 은을 주성분으로 하는 심재와, 상기 심재의 표면에 설치되고 금을 주성분으로 하는 피복층을 갖고, 황, 텔루륨, 셀레늄, 비소, 및 안티몬에서 선택되는 적어도 하나의 제15 및 16족 원소를 함유하는 금 피복 은 본딩 와이어로서, 와이어 전체에 대해서, 금 농도가 2.0질량% 이상 7.0질량% 이하이고, 제15 및 16족 원소 농도가 합계로 4질량ppm 이상 80질량ppm 이하이고, 상기 전극과 상기 불 압축부의 접합 계면 근방에, 금의 농도가 금과 은과 알루미늄의 합계량에 대해서 5원자% 이상인 금 농화(濃化) 접합 영역을 설치함으로써 과제가 해결된다.

[0011] 본 발명의 금 피복 은 본딩 와이어는, 본 발명의 와이어 접속 구조에 이용되는 금 피복 본딩 와이어로서, 상기 금 피복 본딩 와이어는, 은을 주성분으로서 포함하는 심재와, 상기 심재의 표면에 설치되고 금을 주성분으로서 포함하는 피복층을 갖고, 상기 금 피복 은 본딩 와이어는, 황, 텔루륨, 셀레늄, 비소, 및 안티몬에서 선택되는 적어도 하나의 제15 및 16족 원소를 함유하고, 상기 금 피복 은 본딩 와이어에 있어서, 와이어 전체에 대해서, 금의 농도가 2.0질량% 이상 7.0질량% 이하이고, 제15 및 16족 원소의 농도가 4질량ppm 이상 80질량ppm 이하이고, 상기 금 피복 은 본딩 와이어는, 알루미늄을 주성분으로 하는 전극에 불 본딩에 의해 접합함에 의해 불 압축부를 형성했을 때, 상기 전극과 상기 불 압축부의 접합 계면 근방에, 금의 농도가 금과 은과 알루미늄의 합계량에 대해서 5원자% 이상인 금 농화 접합 영역이 형성되는, 금 피복 은 본딩 와이어이다.

[0012] 본 발명의 반도체 장치는, 적어도 하나의 전극을 갖는 하나 또는 복수의 반도체 칩과, 리드 프레임 또는 기판과, 상기 반도체 칩의 전극과 상기 리드 프레임 사이, 상기 반도체 칩의 전극과 상기 기판의 전극 사이, 및 상기 복수의 반도체 칩의 전극 사이에서 선택되는 적어도 하나를, 은을 주성분으로서 포함하는 심재와, 상기 심재의 표면에 설치되고 금을 주성분으로서 포함하는 피복층을 갖는 본딩 와이어에 의해 접속한 반도체 장치로서, 상기 전극과 상기 본딩 와이어의 접속 구조는, 상기 전극에 상기 본딩 와이어의 일단을 접합하도록 설치된 불 압축부를 구비하고, 상기 전극과 상기 불 압축부의 접합 계면 근방에, 금의 농도가 금과 은과 알루미늄의 합계량에 대해서 5원자% 이상인 금 농화 접합 영역이 설치되어 있다.

**발명의 효과**

[0013] 본 발명의 와이어 접합 구조 및 그것에 이용되는 본딩 와이어에 의하면, 본딩 와이어의 비저항의 상승을 억제한 후에, 전극과 불 압축부의 접합 계면 근방에 금의 농도가 금과 은과 알루미늄의 합계량에 대해서 5원자% 이상인 금 농화 접합 영역을 설치할 수 있다. 이와 같은 금 농화 접합 영역을 설치함에 의해서, 전극과 불 압축부의 접합 신뢰성을 높일 수 있다. 또한, 그와 같은 와이어 접합 구조를 적용한 본 발명의 반도체 장치에 의하면, 금 농화 접합 영역에 의한 전극과 불 압축부의 접합 신뢰성, 나아가서는 반도체 장치 자체의 신뢰성을 향상시키는 것이 가능해진다.

**도면의 간단한 설명**

[0014] 도 1은 실시형태의 와이어 접합 구조를 나타내는 단면도.  
 도 2는 실시형태의 와이어 접합 구조에 있어서의 불 압축부로부터 전극을 향해서 실시한 라인 분석의 농도 프로파일의 일례를 나타내는 도면.  
 도 3은 실시형태의 와이어 접합 구조에 있어서의 금 농화 접합 영역의 형성위치의 일례를 나타내는 단면도.  
 도 4는 실시형태의 와이어 접합 구조에 이용되는 금 피복 은 본딩 와이어의 일단에 FAB를 형성한 상태를 나타내

는 단면도.

도 5는 실시형태의 반도체 장치의 수지 봉지하기 전의 상태를 나타내는 단면도.

도 6은 실시형태의 반도체 장치의 수지 봉지한 상태를 나타내는 단면도.

도 7은 실시형태의 반도체 장치에 있어서의 반도체 칩의 전극과 본딩 와이어의 접합 구조를 확대해서 나타내는 단면도.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0015] 이하, 본 발명의 실시형태의 와이어 접합 구조와 그것에 이용하는 본딩 와이어 및 반도체 장치에 대하여, 도면을 참조해서 설명한다. 각 실시형태에 있어서, 실질적으로 동일한 구성 부위에는 동일한 부호를 부여하고, 그 설명을 일부 생략하는 경우가 있다. 도면은 모식적인 것이며, 두께와 평면 치수의 관계, 각부(各部)의 두께의 비율이나 축척, 세로 치수와 가로 치수의 비율이나 축척 등은 현실의 것과는 다른 경우가 있다.
- [0016] (와이어 접합 구조와 그것에 이용되는 본딩 와이어)
- [0017] 도 1은 실시형태의 와이어 접합 구조를 나타내는 단면도이다. 실시형태의 와이어 접합 구조(1)는, 알루미늄(A1)을 주성분으로서 포함하는 전극(2)과, 전극(2)에 일단이 접합된 본딩 와이어(3)를 구비하고 있다. 본딩 와이어(3)는, 은(Ag)을 주성분으로 하는 심재(은 심재로도 기재함)(4)와, 심재(4)의 표면에 설치되고, 금(Au)을 주성분으로서 포함하는 피복층(5)을 갖는 금 피복 은 본딩 와이어이다.
- [0018] 전극(2)은, 알루미늄을 주성분으로서 포함하고 있다. 전극(2)의 구성예로서는, 반도체 칩에 설치된 전극을 들 수 있지만, 이것으로 한정되는 것은 아니다. 전극(2)은, 순알루미늄에 의해 구성해도 되고, 또한 알루미늄에 첨가 원소를 더한 알루미늄 합금에 의해 구성해도 된다. 단, 알루미늄 전극(2)으로서의 기능을 손상시키지 않도록, 전극(2)은 알루미늄을 주성분으로서 포함하는 것으로 한다. 일반적으로, 전극(2)은 Al-0.5% 구리(Cu), Al-1.0% 실리콘(Si)-구리(Cu)에 의해 구성되어 있지만, 이들로 한정되는 것은 아니다.
- [0019] 실시형태의 와이어 접합 구조(1)는, 전극(2)에 금 피복 은 본딩 와이어(3)의 일단을 접합하도록 설치된 볼 압축부(6)를 구비하고 있다. 볼 압축부(6)는, 이후 상술하는 바와 같이, 볼 본딩할 때에 와이어를 캐필러리라 불리는 관통한 지그에 통과시켜서 본딩하지만, 전극에 가압해서 접합할 때에 캐필러리 내부의 형상으로 볼이 변형 가공되어 만들어지는 부분을 말한다. 본딩 와이어(3)의 일단을 방전 등에 의해 용융하고, 표면 장력 등에 의해 구 형상으로 응고시켜서 형성한 FAB를, 초음파 병용 열압착 본딩법 등에 의해 전극(2)에 가압해서 본딩함에 의해 형성된다. 전극(2)과 볼 압축부(6)의 접합 계면 근방에는, 금의 농도가 금과 은과 알루미늄의 합계량에 대해서 5원자% 이상인 금 농화 접합 영역(7)이 설치되어 있다.
- [0020] 접합 계면 근방에 금의 농도가 금과 은과 알루미늄의 합계량에 대해서 5원자% 이상인 금 농화 접합 영역(7)을 설치함에 의해서, 접합 계면 근방에 있어서의 금 농도를 높이고, 상대적으로 은 농도를 낮게 억제할 수 있다. 따라서, 전극(2)과 볼 압축부(6)의 접합 신뢰성을 향상시키는 것이 가능해진다. 즉, 은 순도가 98질량% 이상으로 되는 은 합금 본딩 와이어(이하, 고순도 은 합금 와이어로 기재함)를 이용해서 볼 압축부(6)를 형성하면, 접합 계면 근방의 은 농도가 높아져서, 부식되기 쉬운 은과 알루미늄의 금속간 화합물(은과 알루미늄의 비율이 3대1로 되는 Ag<sub>3</sub>Al 등)이 형성되기 쉬워진다. 고순도 은 합금 와이어에는 금이나 팔라듐과 같은 귀금속 등이 최대 2질량% 포함되지만, Ag<sub>3</sub>Al과 같은 내식성이 낮은 은과 알루미늄의 금속간 화합물이 생성되기 때문에, 몰드 수지에 포함되는 염소(Cl) 등의 할로겐이나 몰드 수지에 흡수된 수분에 의해서 금속간 화합물이 부식되어, 전극(2)과 볼 압축부(6) 사이에 통전 불량 발생하기 쉬워진다. 이것에 대해서, 접합 계면 근방에 있어서의 금 농도를 높이고, 은의 순도를 상대적으로 저하시킴에 의해, Ag<sub>3</sub>Al 금속간 화합물이 억제됨에 의해, 은과 알루미늄의 비율이 2대1로 되는 Ag<sub>2</sub>Al 금속간 화합물이 생성되기 쉬워진다. Ag<sub>2</sub>Al 금속간 화합물은, Ag<sub>3</sub>Al 금속간 화합물에 비해서 내식성이 우수하므로, 전극(2)과 볼 압축부(6)의 접합 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 이에 더하여, 금 농화 접합 영역(7)에 존재하는 금이 과혹한 환경 하에 있어서의 경시 변화, 예를 들면, 은의 마이그레이션이나 확산 등에 대해서 배리어적인 역할을 하여, 내식성이 있는 Ag<sub>2</sub>Al 금속간 화합물을 유지할 수 있다. 또한, 금은 알루미늄과, 보다 내식성이 우수한 금과 알루미늄의 금속간 화합물(예를 들면 Au<sub>4</sub>Al 금속간 화합물)이 생성된다고 생각되며, 한층 더 높은 접합 신뢰성의 향상에 기여하고 있다고 추찰된다. 이와 같이, 전극(2)과 볼 압축부(6)의 접합 계면 근방에 금 농화 접합 영역(7)을 형성함에 의해서, 특히 자동차 등의 고온다습의 과혹한 환경

하에서 사용되는 반도체 장치의 신뢰성을 높일 수 있다.

- [0021] 전극(2)과 불 압축부(6)의 접합 계면 근방에 형성되는 금 농화 접합 영역(7)에 있어서, 금 농도는 금과 은과 알루미늄의 합계량에 대해서 5원자% 이상으로 한다. 금 농화 접합 영역(7)에 있어서의 금의 농도가 금과 은과 알루미늄의 합계량에 대해서 5원자% 미만이면, 금에 의한 부식(황화나 산화)을 억제하는 효과를 충분히 얻을 수 없음과 함께, 상대적으로 은 농도가 증가하기 때문에, Ag<sub>3</sub>Al 금속간 화합물이 형성되기 쉬워져서, 전극(2)과 불 압축부(6)의 접합 신뢰성이 저하한다. 금 농화 접합 영역(7)에 있어서의 금과 은과 알루미늄의 합계량에 대한 금 농도는 5원자% 이상이 보다 바람직하고, 10원자% 이상이 더 바람직하다. 은 심재(4)의 직경에 대한 피복층(5)의 두께의 비에 의해 결정되는 것이다.
- [0022] 전술한 금 농화 접합 영역(7)은, 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 게르마늄(Ge), 인듐(In), 구리(Cu), 및 니켈(Ni)에서 선택되는 적어도 한 원소(이하, M 원소라 부름)를 더 포함하고 있는 것이 바람직하다. 금 농화 접합 영역(7)이 상기한 바와 같은 M 원소를 포함함에 의해서, 전극(2)과 불 압축부(6)의 접합 신뢰성을 더 향상시킬 수 있다. M 원소는, 예를 들면 은 심재(4)에 함유시켜둘 수 있다. M 원소는 그 함유량이 와이어 전체에 대해서 0.2원자% 이상 2.0원자% 이하로 되도록 포함되는 것이 바람직하다. 0.2원자% 미만이면, M 원소에 의한 접합 신뢰성의 추가적인 향상 효과를 충분히 얻을 수 없고, 또한 2.0원자%를 초과하면 은 심재(4)의 비저항을 상승시킬 우려가 있다.
- [0023] 금 농화 접합 영역의 분석 방법을, 접합 대상으로서 알루미늄 전극을 채용한 경우를 예로, 상세히 설명한다. 알루미늄과 알루미늄 이외의 원소를 포함하는 전극을 이용하는 경우도 마찬가지이다. 금 피복 은 본딩 와이어를 이용해서 프리 에어 불을 형성하고, 알루미늄 전극 상에 불 본딩한다. 알루미늄 전극에 접합된 불 압축부를 와이어 장변방향의 중심선에 평행한 면이 노출되도록 절단한다. 이 절단면을, 와이어축의 소정 개소로부터 접합면에 대략 수직 방향(깊이 방향)으로 라인 분석한다. 라인 분석으로서는, 전해 방출형 주사형 전자현미경/에너지 분산형 X선 분광 분석(FE-SEM/EDX)이 바람직하다. 또, 당해 분석에 따른 절단면은 와이어 장변 방향의 중심선을 포함하거나, 중심선에 가능한 한 근접하도록 형성하는 것이 바람직하다.
- [0024] 불 접합부의 절단면은 다음과 같이 해서 제작할 수 있다. 리드 프레임으로서, 예를 들면 PBGA32PIN 프레임을 이용하여, 이 프레임 중앙부에 대략 정방형의 반도체 칩을 접합한다. 반도체 칩 상의 알루미늄 전극과 프레임 상의 외부 전극을, 금 피복 은 본딩 와이어에 의해서 와이어 본딩해서 측정 샘플을 제작한다. 이 반도체 칩 상에 있는 알루미늄 전극에 금 피복 은 본딩 와이어를 불 접합(제1 접합)하고, 리드 프레임에 웨지 접합(제2 접합)한다. 통상 칩에는, 많은 전극이 복수열로 나열되어 설치되어 있으므로, 예를 들면 그 중의 일렬(4개)의 전극에 본딩 와이어를 등간격으로 접합하고, 다른 3열(3번)도 마찬가지로 접합한다. 합계로 16개의 알루미늄 전극에 불 접합한다. 리드 프레임에의 웨지 접합을 포함하면 합계로 32세트의 와이어 본딩으로 된다.
- [0025] 프리 에어 불의 형성 조건은, 예를 들면, 금 피복 은 본딩 와이어의 선 직경이 10~30 $\mu$ m인 경우에, 방전 전류값이 30~90mA, 프리 에어 불 직경이 와이어선 직경의 1.5~2.3배로 되도록 아크 방전 조건을 설정한다. 본더 장치는, 예를 들면, K&S사제의 본더 장치(전자동 본더 : IConn ProCu PLUS) 등의 시판품을 사용할 수 있다. 당해 본더 장치를 사용하는 경우, 장치의 설정으로서 방전 시간이 50~1000 $\mu$ s, EFO-Gap이 25~45mil(약 635~1143 $\mu$ m), 테일 길이가 6~12mil(약 152~305 $\mu$ m)인 것이 바람직하다. 당해 본더 장치 이외의 그 밖의 본더 장치를 이용하는 경우, 상기와 동등한 조건, 예를 들면 프리 에어 불 직경이 상기와 동등한 크기로 되는 조건이면 된다.
- [0026] 또한, 불 접합 조건(제1 접합의 조건)은, 예를 들면 와이어선 직경  $\phi$ 가 20 $\mu$ m이고 불 직경이 36 $\mu$ m인 프리 에어 불을 형성한 것에 대해서는, 불 압축부의 잘록부로부터 접합 계면층의 높이가 대략 10 $\mu$ m, 접합면에 대략 평행 방향의 최대폭이 대략 45 $\mu$ m로 되도록, 또한, 불 세어 강도가 15gf 이상으로 되도록 본더 장치에서 조절할 수 있다. 또한, 제2 접합의 조건은, 예를 들면, 압착력 60gf, 초음파 출력 90mAmps, 초음파 출력 시간 15ms이다. 또, 제1 접합부로부터 제2 접합부까지의 루프 길이는 2.0mm으로 본딩할 수 있다.
- [0027] 다음으로, 상기에서 형성된 합계 16세트의 접합부를 포함하는 반도체 칩을 봉지 수지에 의해서 몰드기에 의해 몰딩한다. 몰드가 굳으면 몰딩한 부분을 프레임으로부터 컷하고, 추가로, 몰드 부분의 안에 있는 불 접합부의 일렬(일변)의 근방을 절단한다. 절단한 몰드는 원통 형상의 형틀(틀)에 불 접합부의 단면을 연마할 수 있는 방향으로 두고, 매립 수지를 흘려 넣고 경화제를 첨가해서 경화시킨다. 그 후, 이 반도체 칩을 넣어 경화시킨 원통 형상의 수지를 가능한 한 불 접합부의 중심 부근이 노출되도록 연마기에 의해 러프하게 연마한다. 대략 불 접합부의 중심 단면 근처까지 연마하면, 최종 연마 마감 및 불 중심부를 포함하는 면(와이어부의 중심선을 지나, 중심선에 평행한 면)이 알맞게 노출되어 분석면의 위치로 되도록 이온 밀링 장치에 의해 미(微)조정한다.

와이어부 단면의 와이어폭이 와이어 직경의 길이로 되면 절단면이 볼 중심부를 포함하는 면으로 되어 있는 기준으로 된다. 절단면을 분석하는 면으로서, 그 원하는 개소를, FE-SEM/EDX에 의해서, 볼측으로부터 전극측을 향해서 라인 분석한다. 라인 분석 조건은, 예를 들면, 가속 전압 6keV, 측정 영역  $\phi 0.18\mu\text{m}$ , 측정 간격  $0.02\mu\text{m}$ 이다.

[0028] 금 농화 접합 영역(7)의 유무를 정량적으로 측정하기 위해서는, 상기한 측정 시료의 분석면(연마 단면)에 있어서, 볼 압축부(6)측으로부터 접합 계면을 개재해서 전극(2)측을 향해서, 전계 방출형 주사 전자현미경(FE-SEM : Field Emission-Scanning Electron Microscope) 부속의 에너지 분산형 X선 분석(EDX : Energy Dispersive X-ray Spectrometry)에 의해 라인 분석함으로써 금 농화 접합 영역(7)을 확인할 수 있다. 라인 분석 조건은, 히타치하이테크놀로지스사제의 FE-SEM SU8220과 브루카사제의 XFlash(R)5060FQ를 이용해서, 가속 전압 6keV, 측정 길이  $2\mu\text{m}$ , 측정 간격  $0.03\mu\text{m}$ , 측정 시간 60초로 한다. 라인 분석의 농도 프로파일에서, 금 농도가 은과 금 및 알루미늄의 합계량에 대해서 5원자% 이상인 개소가 존재하고 있으면, 금 농화 접합 영역(7)이 형성되어 있다고 판단할 수 있다.

[0029] 금 농화 접합 영역은, 프리 에어 볼과 전극이 접촉해서 접합된 접합면 근방, 즉, 알루미늄과 은과 금이 공존하는 영역에 있어서, 금, 은, 및 알루미늄의 합계에 대한 금의 비율이 5.0원자% 이상, 바람직하게는 10.0원자% 이상으로 되는 소정의 범위로서 평가할 수 있다. 구체적으로는, 상기 볼 접합부의 단면의 소정의 개소를, 볼 접합부의 임의의 면으로부터 알루미늄 전극의 면을 향해서 와이어 장변 방향에 평행하게 FE-SEM/EDX에 의해서 라인 분석했을 때에, 알루미늄이 5.0원자%를 초과하고 95.0원자% 이하인 범위 내의 각 측정점에서, 금, 은, 및 알루미늄의 합계에 대한 금의 비율이 5.0원자% 이상, 바람직하게는 10.0원자% 이상으로 되는 소정의 범위를 금 농화 접합 영역으로서 평가할 수 있다. 여기에서, 알루미늄 농도가 5.0원자%를 초과하고 95.0원자% 이하인 범위에서 측정하는 이유는, 분석에 있어서의 노이즈 등의 영향에 의해 알루미늄이 존재하지 않는 개소의 분석값이 0원자%로 되지 않는 경우나, 알루미늄만의 개소의 분석값이 100원자%로 되지 않는 경우가 있기 때문이다.

[0030] 도 2는 EDX에 의한 라인 분석 결과의 일례를 나타내고 있다. 도 2에 있어서, 종축은 각 원소의 농도(원자%)이고, 횡축은 측정 시료에 있어서의 측정 거리( $\mu\text{m}$ )이다. 도 2의 횡축의 측정 거리가 약  $2.2\mu\text{m}$ 인 개소로부터 약  $2.6\mu\text{m}$ 인 개소까지가 접합 계면 근방의 영역으로 되고, 그와 같은 영역에 금 농도가 5.0원자% 이상인 영역, 즉 금 접합 농화 영역이 존재하고 있다. 여기에서는 금의 피크 농도가 약 15.0원자%를 나타내고 있다. 따라서, 도 2에 나타내는 농도 프로파일을 갖는 와이어 접합 구조(1)는, 전극(2)과 볼 압축부(6)의 접합 계면 근방에 금 농화 접합 영역(7)이 존재하고 있다고 판단할 수 있다. 또한, 도 2에 있어서 접합 계면 근방에 금 농도가 낮은 영역(횡축  $2.4\mu\text{m}$  부근)이 있지만, 그 부근의 은과 알루미늄의 농도비로부터 내식성이 강한  $\text{Ag}_3\text{Al}$  금속간 화합물이 생성되어 있다고 추측된다.

[0031] 전술한 금 농화 접합 영역(7)의 형성 범위는, 전극(2)과 볼 압축부(6)의 접합 계면의 전역인 것이 바람직하지만, 그것으로 한정되는 것은 아니다. 즉, 금 농화 접합 영역(7)은 전극(2)과 볼 압축부(6)의 접합 신뢰성을 높이는데는, 도 3에 나타내는 바와 같이, 볼 압축부(6)의 최대폭 Y에 대해서, 금 농화 접합 영역(7)이 적어도 볼 압축부(6)의 양 외주로부터 1/8의 위치(선 X1 및 선 X2에 의해 나타냄)까지의 사이에 각각 형성되어 있으면 된다. 여기에서, 볼 압축부(6)의 최대폭 Y란, 도 3에 나타내는 전극(2)과 볼 압축부(6)의 접합 구조를 와이어(3)의 장변 방향으로 절단한 단면도에 있어서, 장변 방향에 직교하는 수평 방향에 있어서의 볼 압축부(6)의 양 최외단부(端部)(선 X에 의해 나타냄) 간의 폭을 나타낸다. 이와 같은 양 최외단부(선 X)로부터, 볼 압축부(6)의 최대폭(선 Y)을 8등분한 것 중의 양 최외단부로부터 1/8의 위치(선 X1 및 선 X2)까지의 사이에, 적어도 금 농화 접합 영역(7)이 형성되어 있으면 된다. 이와 같은 위치에 금 농화 접합 영역(7)을 형성함에 의해서, 접합 계면에 침입하는 대기나 수분 등에 의한 전극(2)과 볼 압축부(6)의 접합 신뢰성의 저하를 억제할 수 있다. 왜냐하면, 봉지 수지 등으로부터의 할로젠 원소나 수분은, 볼 접합면 근방의 양단, 즉, 볼과 전극의 접합부의 끝 부근의 약간의 극간 등으로부터 침입해 올 가능성이 높기 때문에, 양단 부근에 내부식성이 높은 금 농화 접합 영역이 있는 것이 할로젠 등의 침입을 저지한다는 의미에서 매우 중요한 역할을 하기 때문이다.

[0032] 또한, 발명자들이 예의 연구한 결과, 금 농화 접합 영역(7)의 형성 범위는, 상기한 볼 압축부(6)의 최대폭 Y에 대해서, 점유율이 합계로 25% 이상으로 되도록 형성되어 있는 것이 바람직한 것을 알 수 있었다. 여기에서 말하는 금 농화 접합 영역(7)의 점유율이란, 도 3에 나타내는 전극(2)과 볼 압축부(6)의 접합 구조의 단면도에 있어서, 금 농화 접합 영역(7)의 형성 영역을 분석했을 때에, 볼 압축부(6)의 최대폭 Y에 대해서 금 농화 접합 영역(7)의 형성 영역이 25% 이상인 것을 의미한다. 이와 같이, 볼 압축부(6)의 최대폭 Y에 대해서 금 농화 접합 영역(7)의 점유율이 적어도 25%로 되도록 형성함에 의해서, 접합 계면에 침입하는 대기나 수분 등에 의한 전극

(2)과 불 압축부(6)의 접합 신뢰성의 저하를 억제할 수 있다. 또, 불 압축부(6)의 최대폭 Y에 대한 금 농화 접합 영역(7)의 점유율은 적어도 25%이면 되지만, 또한 40% 이상인 것이 보다 바람직하고, 50% 이상인 것이 더 바람직하다.

[0033] 금 농화 접합 영역의 측정 방법에 대하여 설명한다. 예를 들면, EPMA 측정(면 분석)에서는, 통상, 측정 대상의 원소의 존재율을, 측정 대상에 전자선을 조사했을 때에 당해 원소로부터 발해지는 X선 강도로서 측정하고, 그 강도를 EPMA 화상 상에서 색채에 반영시킨 컬러 맵핑에 의해 표시하는 것이 일반적이다. 즉, 측정 대상의 원소가 존재하지 않는 점은 새까맣게 표시되고, 원소의 존재 확률이 높은 순으로 일례로서 「백색, 적색, 황색, 녹색, 청색, 흑색」 등의 그라데이션에 의해 표시된다. 이와 같은 EPMA 화상의 접합면 근방에 있어서, 가장 금 강도가 작은 점, 즉, EPMA 화상 상에 새까맣지는 않지만 금에 의한 강도가 관측되는 개소 중에서 가장 어두운 개소(흑색에 가까운 청색의 개소)에 있어서, 금 농도가 5.0원자% 이상이면, 그 이외에 표시되는 상기의 개소보다도 강도가 강한 색채로 표시되는 영역을 금 농화 접합 영역으로서 특정할 수 있다. 또한, 라인 분석과 EPMA 화상(면 분석)의 결과를 중첩하고, 라인 분석에 의해 금 농도가 5.0원자% 혹은 이것 이상으로 관측된, EPMA 상의 측정점과 강도가 동등하거나 그 이상인 개소를, 강도차(화상 상에서의 색채)로서 식별할 수 있는 설정으로 하거나, 눈으로 보아서 판정한다. 이것에 의해, 금 농화 접합 영역의 유무 및 점유율을 산출할 수 있다. 또, 금 농화 접합 영역의 점유율을 산출하는 경우에 있어서, EPMA의 컬러 맵핑 화상을 이용하지만, 화상을 확대하면 할수록 금 농화 접합 영역이 「성긴」 상태로 보여 버리는 경우가 있으므로, 적어도 불 압축부가 1매의 화상(프레임)에 들어갈 정도의 배율로 점유율을 산출하는 것이 바람직하다.

[0034] 실시형태의 와이어 접합 구조(1)에 있어서, 은을 주성분으로 하는 심재(은 심재)(4)는, 본딩 와이어(3)를 주로 구성하는 것이며, 본딩 와이어(3)의 기능을 맡는 것이다. 이와 같은 심재(4)는, 순은에 의해 구성하는 것이 바람직하지만, 경우에 따라서는 은에 첨가 원소를 더한 은 합금에 의해 구성해도 된다. 단, 은 본딩 와이어로서의 기능을 손상시키지 않도록, 심재(4)는 은을 주성분으로서 포함하는 것으로 한다. 여기에서, 은을 주성분으로서 포함한다는 것은, 심재(4)가 적어도 50질량% 이상의 은을 포함하는 것을 의미한다. 심재(4)를 은 합금에 의해 구성하는 경우, 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 인(P), 금(Au), 니켈(Ni), 구리(Cu), 철(Fe), 칼슘(Ca), 로듐(Rh), 게르마늄(Ge), 갈륨(Ga) 및 인듐(In)에서 선택되는 적어도 하나 이상의 원소를 포함하는 은 합금을 적용하는 것이 바람직하지만, 이들로 한정되는 것은 아니다.

[0035] 심재(4)를 구성하는 은 합금에 있어서의 첨가 원소는, 전극과의 접합성이나 접합 신뢰성, 기계적 강도의 향상 등에 효과를 나타낸다. 단, 첨가 원소의 함유량이 너무 많으면 심재(4)의 비저항이 증가하여, 은 본딩 와이어로서의 기능이 저하할 우려가 있다. 이 때문에, 금 피복 은 본딩 와이어(3)는 금 와이어(순도 99.99질량%(4N))의 비저항 이하, 예를 들면  $2.3\mu\Omega \cdot \text{cm}$  이하의 범위로 되도록 첨가 원소의 함유량을 설정하는 것이 바람직하다. 순은 및 은 합금의 어느 것에 의해 심재(4)를 구성하는 경우에 있어서도, 불가피한 불순물을 포함하고 있어도 되지만, 금 피복 은 본딩 와이어(3)의 비저항이  $2.3\mu\Omega \cdot \text{cm}$  이하의 범위로 되는 불순물량인 것이 바람직하다. 이와 같은 은 심재(4)를 적용함에 의해서, 본딩 와이어(3)에 요구되는 비저항의 값을 만족시킬 수 있다. 금보다도 비저항이 낮은 은을 많이 함유하고 있는 은 합금의 편이 비저항은 낮다고 생각되기 쉽지만, 순금(4N)보다도 은 합금의 편이 합금화에 의해서 비저항이 높아지는 경우가 많다. 또, 와이어의 비저항은 4단자법에 의해 측정하는 것이 바람직하며, 예를 들면, 밀리움미터(요코가와휴렛·파카드가부시키가이샤제 형식 번호 4328A) 등을 이용해서 측정한다.

[0036] 실시형태의 금 피복 은 본딩 와이어(3)에 있어서, 피복층(5)은 금을 주성분으로서 포함하고 있다. 여기에서, 금을 주성분으로서 포함한다는 것은, 피복층(5)이 50질량% 이상의 금을 포함하는 것을 의미한다. 피복층(5)에 있어서의 금 함유량은, 많으면 많을수록 좋고, 적어도 금이 피복층(5) 중에 50질량% 이상 포함되어 있으면 되고, 또한 금 함유량은 80% 질량 이상이 바람직하고, 99질량% 이상이 보다 바람직하다. 피복층(5)의 금 함유량은, 본딩 와이어(3)의 표면으로부터 오제 전자 분광(AES : Auger Electron Spectroscopy) 등에 의한 와이어 최표면의 정량 분석에 의해 측정할 수 있다. 또, 여기에서 말하는 금 함유량은, 검출되는 금속 원소의 합계량에 대한 값이며, 표면에 흡착 등에 의해 존재하고 있는 탄소나 산소 등은 포함하지 않는다.

[0037] 진술한 금 피복 은 본딩 와이어(3)는,  $13\mu\text{m}$  이상  $30\mu\text{m}$  이하의 선 직경을 갖는 것이 바람직하다. 와이어(3)의 선 직경이  $13\mu\text{m}$  미만이면, 반도체 장치의 제조 시에 본딩 와이어(3)를 이용해서 와이어 본딩을 행했을 때에, 강도나 도전성 등이 저하해서 와이어 본딩의 신뢰성 등이 저하할 우려가 있다. 와이어(3)의 선 직경이  $30\mu\text{m}$ 를 초과하면, 본딩 개수를 많게 할 수 없거나, 인접하는 본딩 와이어와 접촉(쇼트)할 가능성이 높아진다.

[0038] 상기한 선 직경을 갖는 금 피복 은 본딩 와이어(3)에 있어서, 선 직경에 따라서 피복층(5)의 두께는 50nm 이상

260nm 이하인 것이 바람직하다. 피복층(5)의 두께는, 금을 주성분으로 하는 영역의 와이어(3)의 표면으로부터 수직 방향에 대해서 심재(4)를 향하는 깊이 방향의 두께를 나타내는 것이다. 피복층(5)의 두께가 50nm 미만이면, 금 피복 은 본딩 와이어(3)와 전극(2)의 접합 신뢰성을, 금을 주성분으로 하는 피복층(5)에 의해 충분히 높일 수 없을 우려가 있다. 피복층(5)의 두께가 260nm를 초과하면, 피복층(5)의 형성성이 저하할 우려가 있다. 또, 피복층(5)의 두께는 금 피복 은 본딩 와이어(3)의 선 직경에 따라서 설정하는 것이 바람직하다.

[0039] 피복층(5)의 두께는, 이하와 같이 해서 측정하는 것으로 한다. 즉, 금 피복 은 본딩 와이어(3)에 있어서, 그 표면으로부터 AES에 의해 깊이 방향으로 원소 농도 분석을 실시해서, 표면 근방에 존재하는 금의 함유량의 최대값을 100%로 했을 때의 50%에 위치하는 개소를 경계부로 하고, 그 경계부로부터 표면까지의 영역을 피복층(5)의 두께로서 구한다. 금 피복 은 본딩 와이어(3)의 표면으로부터 깊이 방향에의 원소 분포는, AES 분석에 의해서 측정할 수 있다. 예를 들면, 와이어(1)의 표면으로부터 은 심재(4)를 향해서 피복층(5)의 각 원소 농도를 분석하는 수단으로서, AES 분석에 의한 농도 측정이 유효하다. 여기에서는 일례로서 니혼텐시제의 오제 전자 분광 장치(상품명 : JAMP-9500F)를 이용해서, 일차 전자선의 가속 전압 10kV, 조사 전류 50nA, 빔 직경 약 4 $\mu$ m $\phi$ 로 설정하고, Ar 이온 스퍼터 속도를 SiO<sub>2</sub> 환산값으로 약 3.0nm/min의 조건에 의해 실시했다.

[0040] 실시형태의 와이어 접합 구조(1)에 있어서, 전극(2)과 불 압축부(6)의 접합 계면 근방에 있어서의 금 농화 접합 영역(7)의 형성 방법은, 특별히 한정되는 것은 아니다. 금 농화 접합 영역(7)의 형성 방법으로서, 예를 들면 금 피복 은 본딩 와이어(3)의 일단에 FAB를 형성할 때에, FAB의 표면에 금이 농화된 영역(표면 금 농화 영역)을 형성함에 의해서 달성할 수 있다. 표면에 금 농화 영역을 형성한 FAB를 전극(2)에 접합해서 불 압축부(6)를 형성함에 의해서, 전극(2)과 불 압축부(6)의 접합 계면 근방에 금의 농도가 금과 은과 알루미늄의 합계량에 대해서 5원자% 이상인 금 농화 접합 영역(7)을 형성할 수 있다. 상세한 형성 방법에 대해서는 후술한다.

[0041] 금 농화 접합 영역(7)의 형성 방법의 일례로서, 본딩 와이어를 제어해서 형성하는 방법에 대하여 설명한다. 즉, 표면에 금 농화 영역을 형성한 FAB를 전극(2)에 접합해서 불 압축부(6)를 형성하는 방법에 대하여 서술한다. 금 피복 은 본딩 와이어(3)를 전극(2)에 접합하는데 있어서, 우선 도 4에 나타내는 바와 같이, 금 피복 은 본딩 와이어(3)의 일단에 FAB(8)를 형성한다. FAB(8)의 형성 조건으로서, 예를 들면 금 피복 은 본딩 와이어(3)의 선 직경이 13 $\mu$ m 이상 30 $\mu$ m 이하인 경우에, 선 직경에 따라서 방전 전류값이 30mA 이상 120mA 이하, FAB(8)의 직경이 와이어선 직경의 1.5배 이상 2.0배 이하로 되도록 아크 방전 조건을 설정한다. 본더 장치는, 예를 들면 K&S사제의 본더 장치(전자동 본더 : IConn PLUS) 등의 시판품을 사용할 수 있다. 당해 본더 장치를 사용하는 경우, 장치의 설정으로서 방전 시간이 50 $\mu$ s 이상 1000 $\mu$ s 이하, EFO-Gap이 20mil 이상 40mil 이하(약 635 $\mu$ m 이상 1143 $\mu$ m 이하), 테일 길이가 6mil 이상 12mil 이하(약 152 $\mu$ m 이상 305 $\mu$ m 이하)를 적용하는 것이 바람직하다. 또한, 당해 본더 장치 이외의 본더 장치를 이용하는 경우에는, 당해 본더 장치와 동등한 조건, 예를 들면 FAB(8)의 직경이 당해 본더 장치와 동등한 크기로 되는 조건이면 된다.

[0042] 이때, 은 본딩 와이어 표면에 피복한 금 피복층(5)을 용융 응고해서 FAB를 제작할 때, 표면의 금이 불 내부에 들어가서 결과적으로 불 표면의 금 농도가 낮아지고, 상대적으로 은 농도가 올라가서, 알루미늄을 주성분으로 하는 전극에 접합했을 때에 부식되기 쉬운 Ag<sub>3</sub>Al 금속간 화합물이 생성해 버린다는 과제에 대해서, 발명자들은 불을 형성했을 때에도, 고체 와이어와 마찬가지로 불 표면에도 금을 머물게 하여 상대적으로 은 농도를 줄여서 알루미늄 전극에 접합했을 때에 부식에 강한 Ag<sub>2</sub>Al 금속간 화합물의 생성, 그리고, 화학 반응에 대해서 매우 안정적인 「귀(貴)」 금을 와이어 접합 계면 근방에 머물게 할 수 없을지 예의 연구를 거듭했다. 특히 금 피복층에 어떠한 원소를 첨가하면 용융했을 때에도 금이 표면에 머물지는 않을까 생각하여, 금 도금 시에 수많은 종류의 원소를 첨가해서 FAB를 만들어 표면의 금 농도를 분석한다는 실험을 반복하여 행했다. 그 결과, 제15 및 16족 원소를 첨가하면 FAB 표면에 금이 머무는 것을 드디어 발견했다.

[0043] 통상, 특별한 원소를 첨가하지 않는 금에 의해 형성한 경우, 금 피복 은 본딩 와이어(3)의 일단을 용융·응고시켜서 FAB(8)를 형성할 때에, 피복층(5)을 구성하는 금이 은 심재(4) 중에 들어가 버린다. 따라서, FAB(8)의 표면에 금이 농화된 영역(표면 금 농화 영역)을 형성할 수 없다. 환언하면, 금 피복층은 FAB(8)의 형성 전까지는 효과를 발휘하지만, FAB(8)의 형성 후에는 표면 금 농화 영역을 존재시킬 수 없다. 즉, 웨지 본딩에서는 효과를 발휘하지만, 볼 본딩에서는 고신뢰성의 효과를 충분히 발휘할 수는 없다. 그와 같은 FAB(8)를 전극(2)에 접합해도, 전극(2)과 불 압축부(6)의 접합 계면 근방에 금 농화 접합 영역(7)을 재현성 좋게 형성할 수 없다. 여기에서, 금층의 두께를 단순히 두껍게 해도, 은 심재의 직경과 비교했을 경우, 금층의 두께의 비율은 작기 때문에, 금이 은 심재 중에 들어가는 것을 억제할 수 없다. 또한, 금층의 두께만에 의거해서, FAB의 형성 후의 표면에 있어서의 금 농도를 높였을 경우, 금 피복 은 와이어라기 보다 금 와이어에 가까운 상태로 되어, 재료 비

용이 대폭으로 올라가 버린다. 또한, 금층의 두께를 와이어 전체에 있어서의 금 농도로 환산해서 7질량%를 초과하면 FAB의 불형성성, 즉 불의 편심(偏芯) 등이 발생할 가능성이 높아진다.

[0044] 발명자들은 전술한 바와 같이 예의 연구의 결과, FAB(8)의 형성 시에 있어서의 금의 은 심재(4) 중의 들어감을 억제하는 해결 수단을 해명했다. 금의 은 심재(4) 중의 들어감의 억제는, 피복층(5)을 구성하는 금 중에, 황(S), 셀레늄(Se), 텔루륨(Te), 비소(As), 및 안티몬(Sb)에서 선택되는 적어도 하나 이상의 제15 및 16족 원소를 함유시킴에 의해 얻어지는 것을 알아냈다. 또한, 양적으로는 와이어 전체에 대해서 제15 및 16족 원소의 합계량은 4질량ppm 이상 80질량ppm 이하가 바람직한 것을 알아냈다.

[0045] 제15 및 16족 원소에 의한 금의 은 심재(4) 중의 들어감의 억제 메커니즘은 완전히 해명되어 있지 않지만, FAB(8)가 형성되는 과정에 있어서, 피복층(5) 중의 제15 및 16족 원소는 용융 상태의 피복층(5)의 표면 장력에 작용하여, 금이 농화된 영역의 형성에 기여한다고 추측된다. 종래의 금 피복 은 본딩 와이어의 경우, 용융 은의 표면 장력은 용융 금의 표면 장력보다도 작고, 표면 장력의 차이에 의해 발생하는 흐름(마란고니 대류)이 표면 장력이 작은 쪽으로부터 큰 쪽으로, 즉 용융 은(용융 불)으로부터 용융 금(용융 상태의 피복된 금)을 향해서 발생하기 때문에, 용융 금은 불 내부로 이동한다. 한편, 제15 및 16족 원소가 피복층(5)에 존재하는 경우, 용융한 피복층(5)의 표면 장력은 용융 은보다도 작아져서, 마란고니 대류의 방향이 용융 금으로부터 용융 은의 방향으로 반전하기 때문에, 용융 금은 FAB(8)의 내부에 들어가지 않는다. 따라서, FAB(8)의 표면에 표면 금 농화 영역(9)을 형성할 수 있다고 추측했다.

[0046] 전술한 피복층(5) 중의 제15 및 16족 원소의 효과가 발휘되는 타이밍 및 표면 금 농화 영역이 형성되는 과정에 대하여, FAB(8)의 형성 과정을 따라서 설명한다. FAB(8)는 금 피복 은 본딩 와이어(3)를 리드 또는 범프 상에 제2 접합한 후, 소정 길이의 와이어가 조출(纜出)되고, 절단된 본딩 와이어(3)의 선단과 방전 토치 사이에 아크 방전을 발생시켜서, 와이어 선단을 용융함에 의해 형성된다. 본딩 와이어(3)는 제2 접합 시에 캐필러리에 의해 뭉개지는 것에 의해 변형하기 때문에, 본딩 와이어(3)와 캐필러리가 접촉하는 영역은 피복층(5)이 존재하지 않고, 심재(4)가 노출된 상태로 된다. 용융 불의 형성 초기 단계에서는, 이 심재(4)가 노출된 와이어 선단만 용융된 불은 피복층(5)이 존재하고 있지 않은 개소가 존재하기 때문에, 금 농화 영역은 형성되지 않는다. 아크 방전에 의해 초기 용융 불의 용융이 진행됨에 따라서, 심재(4)가 노출되어 있지 않은 와이어 부분이 용융되기 시작하면, 피복층(5) 중의 제15 및 16족 원소가 용융 시의 표면 장력에 작용하여, 용융 금은 FAB(8)의 내부로 들어가지 않고 FAB(8)의 표면 영역에 존재한다. 곧, 작은 불로부터 큰 불로 성장해 가지만, 금은 본딩 와이어(3)로부터 연속적으로 공급된다. 용융 금은 아크 방전의 열에 의해 용융한 심재(4)와 합금화된다.

[0047] 피복층(5)을 갖는 금 피복 은 본딩 와이어(3)에 있어서, 금은 와이어(3)의 전체량에 대해서, 2질량% 이상 7질량% 이하의 범위에서 포함되는 것이 바람직하다. 와이어(3)의 전체량에 대한 금의 함유량이 2질량% 미만이면, 은 심재(4)를 주체로 하는 금 피복 은 본딩 와이어(3)에 형성된 FAB(8)를 이용해서 형성한 불 압축부(6)와 전극(2) 사이의 접합 신뢰성을 충분히 높일 수 없을 우려가 있다. 와이어(3)의 전체량에 대한 금의 함유량이 7질량%를 초과하면, 용융 시의 불 형상, 나아가서는 FAB(8)의 형상이 편심 등에 의해 저하하여, 불 압축부(6)의 형상이나 신뢰성이 손상됨과 함께, 금 피복 은 본딩 와이어(3)의 재료 비용이 상승한다. 와이어(3)의 직경이나 피복층(5)의 두께에도 따르지만, 와이어(3)의 전체량에 대한 금의 함유량은 3.5질량% 이상이 보다 바람직하다.

[0048] 피복층(5) 중에 제15 및 16족 원소를 존재시키는 경우, 제15 및 16족 원소는 상기한 금 피복 은 본딩 와이어(3)의 전체량에 대해서, 4질량ppm 이상 80질량ppm 이하의 범위에서 포함되는 것이 바람직하다. 와이어(3)의 전체량에 대한 제15 및 16족 원소의 함유량이 4질량ppm 미만이면, FAB(8)의 형성 시에 있어서의 금의 농화 효과, 그것에 의한 표면 금 농화 영역의 형성성을 충분히 얻을 수 없다. 와이어(3)의 전체량에 대한 제15 및 16족 원소의 함유량이 80질량ppm을 초과하면, 피복층(5)에 크랙이나 깨짐 등이 발생하기 쉬워지고, 신선(伸線) 가공 시에 단선 등의 가공성, 생산성이 저하하여, 원하는 선 직경의 금 피복 은 본딩 와이어(3)가 얻어지기 어려워진다. 또, 제15 및 16족 원소는 2종류 이상을 혼합해서 적용해도 되고, 그 경우에는 제15 및 16족 원소의 합계량이 상기한 함유 범위로 되도록 조정한다.

[0049] 상기한 제15 및 16족 원소를 포함하는 피복층(5)을 갖는 피복 은 본딩 와이어(1)를 이용한 경우, 피복층(5)에 함유시킨 제15 및 16족 원소에 의해, FAB(8)의 표면 영역, 예를 들면 형성되는 FAB(8)의 직경에도 따르지만 표면으로부터 깊이 방향에 대해서 10 $\mu$ m 이하(혹은 FAB(8)의 직경에 대해서 10% 이하)의 범위에 표면 금 농화 영역(9)이 형성된다. 이 표면 금 농화 영역(9)은 FAB(8)와 전극(2)의 접합 후에도 유지되기 때문에, 전극(2)과 불 압축부(6)의 접합 계면 근방에 금 농화 접합 영역(7)을 형성할 수 있다. 즉, 금 농화 접합 영역(7)을 갖는 와이어 접합 구조(1)를 얻는 것이 가능해진다. 또, 상기한 금 농화 접합 영역(7)의 형성 방법 및 형성 과정은 일

레이며, 그것으로 한정되는 것은 아니다.

- [0050] 예를 들면, FAB와 전극(2)의 접합 조건에 대하여, 이하와 같은 조건에서도 금 농화 접합 영역(7)을 형성할 수 있다. 구체적으로는, 알루미늄 전극 표면에 금을 증착하는 등에 의해서도 금 농화 접합 영역(7)을 형성할 수 있다. 그러나, 전극에의 금 피복은 재료 비용, 제조 비용의 면에서 매우 높은 비용으로 되어 버리기 때문에 주장하지 않는다. 실시형태의 와이어 접합 구조(1)는, 전극(2)과 불 압축부(6)의 접합 계면 근방에 금 농화 접합 영역(7)을 설치함에 의해서, 전술한 전극(2)과 불 압축부(6)의 접합 신뢰성을 높이는 것이기 때문에, 금 농화 접합 영역(7)의 형성 방법은 특별히 한정되는 것은 아니다.
- [0051] 이하에, 금 피복 은 본딩 와이어(3)의 전체량에 있어서의 금의 함유량 및 제15 및 16족 원소의 함유량의 산출 방법에 대하여 서술한다. 우선, 금의 함유량을 산출한다. 본딩 와이어(3)를 묶은 질산에 넣고, 심재(4)를 용해한 후, 용해액을 채취한다. 이 용해액에 염산을 더하고, 초순수에 의해 정용액으로 한다. 피복층(5)은 묶은 왕수에 의해 용해하고, 초순수에 의해 정용액으로 한다. 이들 정용액 중의 금의 정량 분석을 ICP 발광 분광 분석법(ICP-AES : Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy)에 의해 행함에 의해, 금 함유량을 측정한다.
- [0052] 다음으로, 제15 및 16족 원소의 함유량을 산출한다. 피복층(5)의 셀레늄 및 텔루륨의 함유량은, 본딩 와이어(3)를 묶은 질산에 넣고, 심재(4)를 용융한 후에 피복층(5)을 추출한다. 또한, 피복층(5)을 묶은 왕수에 의해 가열 분해한 후, 초순수에 의해 정용한 용액을 이용해서 측정한다. 이 정용액 중의 셀레늄, 텔루륨, 비소, 및 안티몬의 정량 분석을 ICP 질량 분석법(ICP-MS : Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)을 이용해서 측정한다. 한편, 심재(4)의 셀레늄, 텔루륨, 비소, 및 안티몬의 함유량은, 본딩 와이어(3)를 묶은 질산에 넣고, 심재(4)를 용융한 액을 이용해서 ICP-MS 또는 ICP-AES에 의해 측정한다. 그 후, 피복층(5) 및 심재(4)의 금의 함유량과 셀레늄, 텔루륨, 비소, 및 안티몬의 함유량으로부터 본딩 와이어(3) 전체에 있어서의 금 함유량과 셀레늄, 텔루륨, 비소, 및 안티몬의 함유량을 산출한다. 또한, 상기 이외에도 ICP-AES에 수소화물 발생 장치를 설치하고, 셀레늄, 텔루륨, 비소, 및 안티몬의 수소화물을 생성함에 의해서 분석하는 방법도 있다. 또한, 심재(4) 및 피복층(5)의 황(S)의 함유량은, 본딩 와이어(3)에 대해서 연소 적외선 흡수법을 이용해서 측정한다. 측정 1회당의 본딩 와이어(3)의 중량은 0.5g 이상으로 하는 것이 바람직하다. 시료가 녹기 어려운 경우, 필요에 따라서 조연재(助燃材)를 사용해도 된다.
- [0053] 다음으로, 본딩 와이어의 제조 방법에 대하여 설명한다. 심재(4)로서 은을 이용하는 경우에는, 소정의 순도의 은을 용해시키고, 또한 은 합금을 이용하는 경우에는, 소정의 순도의 은을 첨가 원소와 함께 용해시킴에 의해서, 은 심재 재료 또는 은 합금 심재 재료가 얻어진다. 용해에는, 아크 가열로, 고주파 가열로, 저항 가열로, 연속 주조로 등의 가열로가 이용된다. 대기 중으로부터의 산소나 수소의 혼입을 방지할 목적으로, 가열로의 은 용탕(溶湯)의 상부는 진공 혹은 아르곤, 질소 등의 불활성 가스 분위기로 유지하는 것이 바람직하다. 용해시킨 심재 재료는, 가열로부터 소정의 선 직경으로 되도록 주조 응고시키거나, 용융한 심재 재료를 주형으로 주조해서 잉곳을 만들고, 그 잉곳을 롤 압연한 후, 소정의 선 직경까지 신선해서 은 선재(순은 선재 및 은 합금 선재를 포함함)가 얻어진다.
- [0054] 은 선재의 표면에 금층을 형성하는 방법으로서, 예를 들면 도금법(습식법)이나 증착법(건식법)이 이용된다. 도금법은 전해 도금법과 무전해 도금법의 어느 방법이어도 된다. 스트라이크 도금이나 플래시 도금 등의 전해 도금에서는, 도금 속도가 빠르고, 또한 금 도금에 적용하면, 금층의 은 선재에의 밀착성이 양호하기 때문에 바람직하다. 도금법에 의해 금층 내에 황족 원소를 함유시키기 위해서는, 예를 들면 상기 전해 도금에 있어서, 금 도금액에 황, 셀레늄, 텔루륨, 비소, 및 안티몬에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 도금첨가제를 함유시킨 도금액을 사용한다. 이때, 도금첨가제의 종류나 양을 조정함에 의해서, 피복층(5) 중의 제15 및 16족 원소 함유량을 조정할 수 있고, 또한 와이어(3) 중의 제15 및 16족 원소 함유량을 조정할 수 있다.
- [0055] 증착법으로서, 스퍼터법, 이온 플레이팅법, 진공 증착법 등의 물리 증착(PVD)이나, 열 CVD, 플라즈마 CVD, 유기 금속 기상 성장법(MOCVD) 등의 화학 증착(CVD)을 이용할 수 있다. 이들 방법에 의하면, 형성 후의 금 피복층의 세정이 불요하여, 세정 시의 표면 오염 등의 우려가 없다. 증착법에 의해서 금층 내에 제15 및 16족 원소를 함유시키는 방법으로서, 제15 및 16족 원소를 함유시킨 금 타겟을 이용해서, 마그네트론 스퍼터링 등에 의해서 금층을 형성하는 방법이 있다. 그 이외의 방법을 적용하는 경우도, 금 재료에 제15 및 16족 원소를 함유시킨 원료를 이용하면 된다.
- [0056] 금층을 형성하는 타이밍은 특별히 한정되지 않는다. 금층을 피복한 은 선재를 최종 선 직경까지 신선하고, 필요에 따라서 열처리함에 의해서, 은 심재(4)의 표면에 피복층(5)을 설치한 금 피복 은 본딩 와이어(3)가 제조된

다. 신선 가공은 은 선재의 단계에서 실시해도 되고, 또한 어느 정도의 선 직경까지 은 선재에 신선 가공을 실시해서, 금층을 형성한 후에 최종 선 직경까지 신선 가공해도 된다. 신선 가공과 열처리, 단계적으로 행해져도 된다. 신선 가공의 가공률은, 제조되는 금 피복 은 본딩 와이어(3)의 최종 선 직경이나 용도 등에 따라서 결정된다. 신선 가공의 가공률은, 일반적으로는 은 선재를 최종 선 직경으로 가공할 때까지의 가공률로서 90% 이상인 것이 바람직하다. 이 가공률은, 와이어 단면적의 감소율로서 산출할 수 있다. 신선 가공은, 복수의 다이아몬드 다이스를 이용해서, 단계적으로 선 직경을 축소하도록 행하는 것이 바람직하다. 이 경우, 다이아몬드 다이스 하나당의 감면율(가공률)은 5% 이상 15% 이하가 바람직하다.

[0057] 금층을 피복한 은 선재를 최종 선 직경까지 신선한 후에, 최종 열처리를 실시하는 것이 바람직하다. 최종 열처리는, 최종 선 직경에 있어서, 와이어(3)의 내부에 잔류하는 금속 조직의 변형을 제거하는 변형 보정 열처리나 필요한 와이어 특성을 고려해서 실행된다. 변형 보정 열처리는, 필요한 와이어 특성을 고려해서, 온도 및 시간을 결정하는 것이 바람직하다. 그 외, 와이어 제조의 임의의 단계에서, 목적에 따른 열처리를 실시해도 된다. 이와 같은 열처리로서는, 와이어의 신선 과정에서의 변형 보정 열처리, 금층을 형성한 후에 접합 강도를 올리기 위한 확산 열처리 등이 있다. 확산 열처리를 행함으로써, 심재(4)와 피복층(5)의 접합 강도를 향상시킬 수 있다. 열처리는, 소정의 온도로 가열된 가열 분위기 내에 와이어를 통과시켜서 열처리를 행하는 주간 열처리, 열처리 조건을 조절하기 쉽기 때문에 바람직하다. 주간 열처리의 경우, 열처리 시간은 와이어의 통과 속도와 가열 용기 내의 와이어의 통과 거리에 의해서 산출할 수 있다. 가열 용기로서는 전기로 등이 사용된다.

[0058] 다음으로, 전술한 금 피복 은 본딩 와이어(3)의 일단에 FAB(8)를 형성한다. FAB(8)는, 와이어(3)의 선단과 방전 토치 사이에 아크 방전을 발생시키고, 와이어(3)의 선단을 용융함에 의해 형성된다. 금 피복 은 본딩 와이어(3)의 일단에 형성된 FAB(8)를, 초음파 병용 열압착 본딩법 등에 의해 전극(2)에 접합한다. 전극(2)에 접촉한 FAB(8)를, 초음파 병용 열압착 시의 압력에 의해 변형시키면서, 초음파 및 열에 의해 전극(2)에 접합함에 의해서, 전극(2)에 접합된 볼 압축부(6)를 형성할 수 있다.

[0059] (반도체 장치)

[0060] 다음으로, 실시형태의 와이어 접합 구조를 적용한 반도체 장치에 대하여, 도 5 내지 도 7을 참조해서 설명한다. 또, 도 5는 실시형태의 반도체 장치의 수지 봉지하기 전의 단계를 나타내는 단면도, 도 6은 실시형태의 반도체 장치의 수지 봉지한 단계를 나타내는 단면도, 도 7은 실시형태의 반도체 장치에 있어서의 반도체 칩의 전극과 본딩 와이어의 접합부를 확대해서 나타내는 단면도이다.

[0061] 실시형태의 반도체 장치(10)(수지 봉지하기 전의 반도체 장치(10X))는, 도 5 및 도 6에 나타내는 바와 같이, 외부 전극(11)을 갖는 회로 기판(12)과, 회로 기판(12) 상에 배치되고, 적어도 하나의 전극(칩 전극)(13)을 각각 갖는 복수의 반도체 칩(14(14A, 14B, 14C))과, 회로 기판(12)의 외부 전극(11)과 반도체 칩(14)의 전극(13), 및 복수의 반도체 칩(14)의 전극(13) 간을 접속하는 본딩 와이어(15)를 구비하고 있다. 회로 기판(12)에는, 예를 들면 수지재나 세라믹스재 등의 절연 기재의 표면이나 내부에 배선망을 설치한 프린트 배선판이나 세라믹스 회로 기판 등이 이용된다.

[0062] 또, 도 5 및 도 6은 회로 기판(12) 상에 복수의 반도체 칩(14)을 실장한 반도체 장치(10)를 나타내고 있지만, 반도체 장치(10)의 구성은 이것으로 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 반도체 칩은 리드 프레임 상에 실장되어 있어도 되고, 그 경우에는 반도체 칩의 전극은 리드 프레임의 외부 전극으로서 기능하는 아우터 리드에 본딩 와이어(15)를 통해서 접속된다. 반도체 칩의 회로 기판이나 리드 프레임에 대한 탑재수는, 하나 및 복수의 어느 것이어도 된다. 본딩 와이어(15)는, 회로 기판(12)의 외부 전극(11)과 반도체 칩(14)의 전극(13), 리드 프레임과 반도체 칩의 전극, 및 복수의 반도체 칩(14)의 전극(13) 간의 적어도 하나에 적용된다.

[0063] 도 5 및 도 6에 나타내는 반도체 장치(10)의 복수의 반도체 칩(14) 중, 반도체 칩(14A, 14C)은 회로 기판(12)의 칩 실장 영역에 다이 본딩재(16)를 개재해서 실장되어 있다. 반도체 칩(14B)은 반도체 칩(14A) 상에 다이 본딩재(16)를 개재해서 실장되어 있다. 반도체 칩(14A)의 하나의 전극(13)은 본딩 와이어(15)를 통해서 회로 기판(12)의 외부 전극(11)과 접속되어 있고, 다른 하나의 전극(13)은 본딩 와이어(15)를 통해서 반도체 칩(14B)의 전극(13)과 접속되어 있고, 또 다른 하나의 전극(13)은 본딩 와이어(15)를 통해서 반도체 칩(14C)의 전극(13)과 접속되어 있다. 반도체 칩(14B)의 다른 하나의 전극(13)은, 본딩 와이어(15)를 통해서 회로 기판(12)의 외부 전극(11)과 접속되어 있다. 반도체 칩(14C)의 다른 하나의 전극(13)은, 본딩 와이어(15)를 통해서 회로 기판(12)의 외부 전극(11)과 접속되어 있다.

[0064] 반도체 칩(14)은, 실리콘(Si) 반도체나 화합물 반도체 등으로 이루어지는 집적 회로(IC)를 구비하고 있다. 칩

전극(13)은, 예를 들면, 적어도 최표면에 알루미늄(Al)층, AlSiCu, AlCu 등의 알루미늄 합금층을 갖는 알루미늄 전극으로 이루어진다. 알루미늄 전극은, 예를 들면 실리콘(Si) 기판의 표면에, 내부 배선과 전기적으로 접속하도록 Al이나 Al 합금 등의 전극 재료를 피복함에 의해 형성된다. 반도체 칩(14)은, 외부 전극(11) 및 본딩 와이어(15)를 통해서, 외부 디바이스와의 사이에서 데이터 통신을 하거나, 또한 외부 디바이스로부터 전력을 공급한다.

[0065] 회로 기판(12)의 외부 전극(11)은, 회로 기판(12)에 실장된 반도체 칩(14)의 전극(13)과 본딩 와이어(15)를 통해서 전기적으로 접속되어 있다. 실시형태의 반도체 장치(10)에 있어서, 본딩 와이어(15)의 일단은, 칩 전극(13)에 볼 접합(제1 접합)되어 있고, 타단은 외부 전극(11)에 웨지 접합(제2 접합)되어 있다. 복수의 반도체 칩(14)의 전극(13) 간을 본딩 와이어(15)에 의해 접속하는 경우도 마찬가지이고, 본딩 와이어(15)의 일단은, 반도체 칩(14)의 칩 전극(13)에 볼 접합(제1 접합)되고, 타단은 다른 반도체 칩(14)의 칩 전극(13)에 웨지 접합(제2 접합)된다. 또, 반도체 칩(14)의 전극(13)이란, 반도체 칩(14) 상에 있는 전극 패드에 미리 범프를 접합한 형태도 포함하는 것으로 한다(도시하지 않음).

[0066] 본딩 와이어(15)의 일단을 칩 전극(13)에 볼 접합하는데 있어서, 본딩 와이어(15)의 일단을 방전 등에 의해 용융하고, 표면 장력 등에 의해 구 형상으로 응고시킴에 의해서, 도 4에 나타난 바와 같은 FAB(8)를 형성한다. 이와 같은 FAB(8)를, 초음파 병용 열압착 본딩법 등에 의해 칩 전극(13)에 본딩함에 의해서, 도 1에 나타난 와이어 접합 구조(1)가 형성된다. 즉, 도 7에 나타내는 바와 같이, 본딩 와이어(15)와 칩 전극(13)과 칩 전극(13)에 접합된 볼 압축부(6)를 갖는 와이어 접합 구조(1)가 형성된다. 이후, 복수의 반도체 칩(14) 및 본딩 와이어(15)를 수지 봉지하도록, 회로 기재(12) 상에 봉지 수지층(17)을 형성함에 의해서, 반도체 장치(10)가 제조된다. 반도체 장치(10)의 구체예로서는, 로직 IC, 아날로그 IC, 디스크리트 반도체, 반도체 메모리, 광반도체 등을 들 수 있다.

[0067] 반도체 장치(10)에 있어서의 와이어 접합 구조(1)에는, 전술한 실시형태의 와이어 접합 구조(1)가 적용된다. 즉, 본딩 와이어(15)의 일단에 설치된 볼 압축부(6)와 칩 전극(13)의 접합 계면 근방에는, 도 1에 나타난 바와 같이, 금의 농도가 금과 은과 알루미늄의 합계량에 대해서 5원자% 이상인 금 농화 접합 영역(7)이 설치되어 있다. 이와 같은 금 농화 접합 영역(7)을 존재시켜서, 접합 계면 근방에 있어서의 금 농도를 높임에 의해서, 매우 취약하고, 부식되기 쉬운  $Ag_3Al$  금속간 화합물의 형성을 억제하여, 내식성이 우수하고 안정적인  $Ag_2Al$  금속간 화합물을 형성함에 의해서, 전극(2)과 볼 압축부(6)의 접합 신뢰성을 향상시킬 수 있고, 나아가서는 반도체 장치(10)의 신뢰성을 높이는 것이 가능해진다.

[0068] (실시예)

[0069] 다음으로, 본 발명의 실시예에 대하여 설명한다. 본 발명은 이하의 실시예로 한정되지 않는다. 예 1~26은 실시예이고, 예 27~32는 비교예이다.

[0070] (실시예 1~26)

[0071] 심재로서, 연속 구조에 의해 제작한 은 혹은 은 합금의 심재를 준비하고, 연속 신선을 행해서 중간 선 직경 0.05mm~1.0mm까지 가공했다. 또한, 중간 선 직경의 은 선재에, 황, 셀레늄, 텔루륨, 비소, 및 안티몬의 각각의 첨가제를 적량 첨가한 금전해 도금욕을 사용하여, 은 선재를 연속적으로 송선(送線)하면서 침지한 상태에서, 은 선재에 전류 밀도 0.20A/dm<sup>2</sup> 이상 2.0A/dm<sup>2</sup> 이하로 전류를 흘려보내, 금 피복층을 형성했다. 이 후, 최종 선 직경의  $\phi 20\mu\text{m}$ 까지 신선 가공한 와이어에 최종 열처리를 실시해서, 실시예 1 내지 실시예 26의 금 피복 은 본딩 와이어를 제작했다.

[0072] (비교예 27~32)

[0073] 실시예와 마찬가지로 해서, 금 피복 은 본딩 와이어를 제작했다. 본딩 와이어의 구성에 대해서는 표 1에 정리해서 나타낸다.

[0074] (함유량 측정)

[0075] 금 피복 은 본딩 와이어 중의 금 함유량(금은 피복층 유래이며 은 심재에는 포함되어 있지 않음), 은 심재에의 첨가 원소인 팔라듐, 인듐, 및 제15 및 16족 원소 함유량은, 전술한 방법(참조)에 따라서 측정했다. 그 결과를 표 1에 나타낸다.

[0076] (와이어 표면 깨짐 관찰)

- [0077] 중간 선 직경 및 최종 선 직경의 금 피복 은 본딩 와이어의 외관을 키엔스사제의 레이저 현미경(상품명 : VK-X200)을 이용해서, 고배율에 의한 금 피막의 깨짐(균열)의 유무를 확인했다. 샘플링 개수는 합계 10개이며, 주로 신선 가공 시에 발생하는 인장 응력에 의해, 금 피막에 균열이 발생해서 은 심재의 노출이 1개라도 보였을 경우를 불합격(X), 1개도 보이지 않은 경우를 합격(○)으로 했다. 그 결과를 표 1에 나타낸다. 또, 표면 깨짐이 있었던 샘플에 대해서는, 이 이후의 불형성성이나 HAST 평가 등을 실시하지 않았으므로 표 중에는 미실시(-)로 나타냈다.
- [0078] (FAB 제작 조건)
- [0079] 전술의 조건에 의해 FAB를 제작하고, 전술의 접합 조건에서 전극에 접합했다([0025], [0041] 참조).
- [0080] (불형성성)
- [0081] 불형성성은 볼 압착 후의 진원(眞円)성에 의해 평가할 수 있다. 30개의 제1 접합에 대하여, 접합된 볼을 상부로부터 관찰하여, 압착 볼의 최대폭과 이것에 직교하는 폭을 측정하고, 최대폭과 이것에 직교하는 폭의 비(최대폭/직교하는 폭)를 구했다. 이 비의 값의, 상기 30개의 평균값이 1.00 이상 1.15 미만이면 양호(○), 1.15 이상이면 문제 있음으로 불량(X)으로 했다.
- [0082] (금 농화 접합 영역 등의 측정)
- [0083] 다음으로, 전술한 방법에 의해 제작한 샘플의 접합 계면 근방에 대하여 금 농화 접합 영역의 유무(금 농도 분석 값), 및, 볼 압축부의 전장에 대해서 8분의 1의 개소와 볼 압축부의 단부 사이에 금 농화 접합 영역이 존재하거나, 또한, 접합 계면 근방에 있어서의 점유율이 25% 이상 있는지를 측정했다. 1샘플당 전극과 볼 접합의 접합 구조가 4세트 생긴다. 그 4세트에 대하여 상기 3개의 평가를 행했다. 금 농화 접합 영역의 금 농도에 대해서는 팔라듐이나 인듐, 및 제15 및 16족 원소 등의 첨가 원소를 고려하지 않고 구했다. 즉, 분모에 넣지 않고 구했다. 표 1의 금 농화 접합 영역의 금의 분석값은 4세트의 접합 구조 중 가장 금 농도가 높았던 세트의 값을 채용하고, 그 세트의 접합 계면 근방에 있어서의 라인 분석의 측정점에서 금 농도가 높은 순으로부터 3점 선택하고, 그 3점의 평균값을 기재했다. 압축부의 양단으로부터 상기 8분의 1의 개소까지의 사이에 금 농화 접합 영역이 있는지 없는지의 평가는, 4세트의 볼 모두였던 경우는 합격(○)으로, 1세트라도 없으면 불합격(X)으로 했다. 마찬가지로 금 농화 접합 영역의 점유율에 관해서도 4세트의 접합 구조 모두 25% 이상 있었던 경우에는 합격(○), 1세트라도 25% 미만이었던 경우는 불합격(X)으로 기재했다(각 평가 방법의 상세에 대해서는 [0028] 내지 [0033]을 참조).
- [0084] (HAST 시험용 샘플의 제작)
- [0085] 각 예에서 얻어진 금 피복 은 본딩 와이어에 대하여, 시판의 본더 장치(K&S ICONN)에서, BGA(Ball Grid Array) 기관 상의 두께 300 $\mu$ m의 Si칩 상의 두께 0.8 $\mu$ m의 Al-0.5질량% Cu 합금 전극 상에, 각각 상기 프리 에어 볼, 볼 접합 및 제2 접합과 마찬가지로의 조건에서 와이어 본딩을 행했다. 즉, 프리 에어 볼의 형성은, 전자동 본더를 이용해서, 볼 직경이 선 직경의 1.5~2.3배의 범위인 소정의 크기로 되도록, 일렉트론·프레임·오프(EFO) 전류를 30~90mA의 범위, 방전 시간을 50~1000 $\mu$ s의 범위에서 각각 소정의 값으로 조절하고, EFO-Gap이 25~45mil(약 635~1143 $\mu$ m), 테일 길이가 6~12mil(약 152~305 $\mu$ m)로 행했다.
- [0086] 제1 접합의 조건은, 예를 들면, 와이어선 직경  $\phi$ 가 20 $\mu$ m인 실시예 1에 대해서는, 볼 직경이 36 $\mu$ m인 프리 에어 볼을 형성하고, 볼 압축부의 높이가 10 $\mu$ m, 볼 압축부의 접합면에 평행 방향의 최대폭이 45 $\mu$ m, 볼 세어 강도 15gf 이상으로 되도록 본딩 조건을 조정했다. 이때, 칩 상의 Al-0.5질량% Cu 합금 전극은 이웃하는 본드부만이 전기적으로 접속되고, 이웃하는 2개의 와이어끼리 전기적으로 하나의 회로를 형성하고 있고, 합계 320 회로가 형성된다. 그 후, 이 BGA 기관 상의 Si칩을 시판의 트랜스퍼 몰드기(다이이찌세이코세이가부시킴이샤, GPGP-PRO-LAB80)를 사용해서 수지 봉지해서 시험편을 얻었다. 또, 봉지한 수지는 시판되고 있는 할로젠-프리의 수지(염소 농도 15ppm 이하, ph 6 이상 7 이하)를 사용했다. 또한, 실시예의 시험편에 대해서는 볼 압축부의 높이가 7~13 $\mu$ m, 볼 압축부의 접합면에 평행 방향의 최대폭은 형성된 프리 에어 볼의 1.2배로 되도록 볼 접합했다.
- [0087] <HAST(Highly Accelerated Temperature and Humidity Stress Test(고온 고습 환경 폭로 시험))>
- [0088] 이 시험편에 대하여 HAST 장치(가부시킴이샤히라야마세이사쿠쥬, PCR8D)를 이용해서, 130℃, 85.0% RH(상대 습도), 2.2기압에서 200시간 유지했다. 유지 전후에 상기 320 회로의 전기 저항값을 측정하고, 유지 후의 전기 저항값이 유지 전의 전기 저항값에 비하여 모든 회로에서 상승률이 8% 이하였던 경우를 (S), 1회로라도 8%를 초과하고 그 이외의 회로가 10% 이하인 경우를 (A), 1회로라도 10%를 초과하고 그 이외의 회로가 15% 이하인 경우

를 (B), 1회로라도 15%를 초과하고 그 이외의 회로가 20% 이하인 경우를 (C), 20% 초과한 회로가 하나라도 있었던 경우를 불량(×)으로 했다. 20% 이하는 S 내지 C의 랭크를 부여했지만 제품상 문제 없는 레벨이므로 합격으로 했다.

[0089] [표 1]

	와이어의 구성(와이어 전체에 대한 농도)(질량%, ppm)										와이어 평가		금 농화 접합 영역의 상태			HAST	종합 평가
	Au층 농도 환산 (%)	심재			제15족 원소		제16족 원소		제15, 16족 원소 합계(ppm)	표면 개질 형성성	Au 농도 (원자%)	양단으로부터 1/8의 위치에 있는가	결유율 25% 이상 있는가				
		Ag (%)	Pd (%)	In (%)	As (ppm)	Sb (ppm)	S (ppm)	Se (ppm)						Te (ppm)			
1	2.2	납음					5			5	○	○	5.2	X	X	C	○
2	3.0	납음					51			51	○	○	6.3	○	X	B	○
3	4.8	납음	0.2						4	4	○	○	10.6	○	○	A	○
4	4.1	납음					4			4	○	○	5.7	○	X	B	○
5	4.0	납음							9	9	○	○	7.5	○	○	A	○
6	2.0	납음				6				6	○	○	7.8	X	X	C	○
7	2.7	납음					7			7	○	○	6.6	X	X	C	○
8	3.5	납음							6	6	○	○	6.0	X	○	B	○
9	5.1	납음		0.2			28			28	○	○	11.8	○	○	S	○
10	5.2	납음							18	18	○	○	17.3	○	○	S	○
11	3.3	납음	0.5				15			15	○	○	10.2	○	○	A	○
12	5.3	납음				12				12	○	○	12.8	○	○	A	○
13	4.5	납음		0.4					22	22	○	○	15.5	○	○	S	○
14	4.4	납음				36				36	○	○	16.1	○	○	S	○
15	5.1	납음	1.5			25				25	○	○	7.4	○	○	A	○
16	3.5	납음				32				32	○	○	10.3	○	X	B	○
17	3.7	납음	1.8			41				41	○	○	13.5	○	○	S	○
18	5.8	납음					11			11	○	○	14.2	○	X	B	○
19	5.0	납음				79				79	○	○	8.6	○	○	A	○
20	4.3	납음				78				78	○	○	9.5	X	○	B	○
21	5.4	납음							67	67	○	○	19.8	○	○	S	○
22	4.8	납음	1.1	0.5				75		75	○	○	11.0	○	○	A	○
23	5.2	납음		0.8				36		36	○	○	12.5	○	○	A	○
24	5.6	납음				20			25	45	○	○	14.7	X	○	B	○
25	6.0	납음				43			9	52	○	○	15.0	○	○	A	○
26	6.3	납음				22		12		34	○	○	18.7	○	○	A	○
27	1.7	납음								9	○	○	1.0	X	X	X	X
28	7.2	납음								9	○	X	-	-	-	-	X
29	2.5	납음		1.0	1					1	○	○	2.0	X	X	X	X
30	5.5	납음					30	30	30	90	X	-	-	-	-	-	X
31	4.3	납음					2			2	○	○	3.3	X	X	X	X
32	6.7	납음	1.0							9	○	○	4.5	X	X	X	X

[0090]

[0091]

표 1에 나타내는 바와 같이, 실시예 1~26의 금 피복은 본딩 와이어에 의하면, 알루미늄을 포함하는 전극과 불 압축부의 접합 계면 근방에 금 농도가 알루미늄과 은과 금의 합계에 대해서 5.0원자% 이상으로 되는 금 농화 접합 영역을 형성할 수 있다. 그와 같은 접합 구조가 있음에 의해, HAST 평가가 양호해지며, 고온 고습 등의 혹독한 환경 하에 장시간 노출되어도, 접속부의 비저항이 상승하지 않는 높은 신뢰성이 있는 반도체 장치를 제공할 수 있다. 표 1로부터의 경향으로서, 금 농화 접합 영역이 접합 계면의 양단 부근에 있는 것이 바람직하고, 또한, 접합 계면에 있어서 금 농화 접합 영역이 불 압축부의 폭에 대해서 25% 이상 차지함으로써 HAST 평가가 양호한 것을 알 수 있다. 또한, 와이어의 심재에 팔라듐이나 인듐의 첨가 원소를 첨가하는 것도 HAST 평가가 양호해지는 요소의 하나로 된다. 금 농화 접합 영역의 금 농도에 관해서도, 금 농도가 높을수록 HAST 평가가 좋아지는 경향이 있다. 굳이 말하자면 금 농도가 높은 편이, 심재에 팔라듐 등을 첨가하는 것보다도 HAST 평가에 좋은 영향을 줄 수 있다고 생각할 수 있다.

[0092]

한편, 비교예에 나타내는 바와 같이, 와이어에 피복되어 있는 금층(표 1에서는 농도 환산한 값)이 2.0질량% 미만이면, 금 농화 접합 영역의 금 농도가 5원자% 미만으로 되어 HAST 평가에서는 불합격으로 되고, 반대로 와이어에 피복하는 금층을 너무 두껍게 하면(여기에서는 농도 환산해서 7질량%를 초과하면), FAB 형성 시에 편심 등이 발생하여, 불형성성이 나빠지는 것을 알 수 있다. 제15족 원소 및 제16족 원소의 첨가량도 중요해진다. 4 질량ppm 미만이면 금 농화 접합 영역의 금 농도가 5원자% 미만으로 되어, HAST 평가도 불합격으로 되고, 80질량ppm을 초과하면, 이번에는 와이어 표면에 개질 불량이 발생해 버린다. 물론, 제15족 및 제16족 원소를 첨가하지 않는 경우도 금 농화 접합 영역이 5원자% 미만으로 되어 HAST 평가도 불합격으로 된다.

[0093]

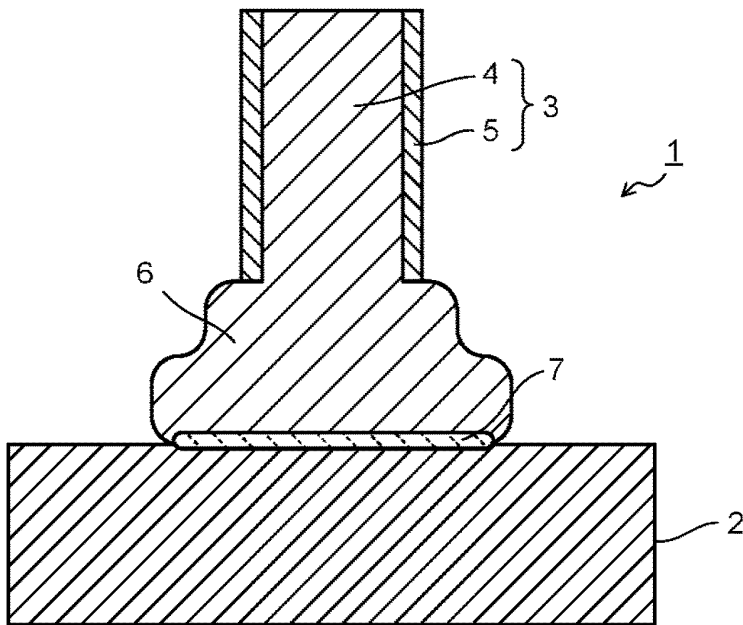
이상과 같이, 본 발명의 와이어 접합 구조 및 그것에 이용되는 본딩 와이어에 의하면, 본딩 와이어의 비저항의 상승을 억제한 후에, 전극과 불 압축부의 접합 계면 근방에 금의 농도가 금과 은과 알루미늄의 합계량에 대해서 5원자% 이상인 금 농화 접합 영역을 설치함에 의해서, 전극과 불 압축부의 접합 신뢰성을 높일 수 있다. 또한, 그와 같은 와이어 접합 구조를 적용한 본 발명의 반도체 장치에 의하면, 금 농화 접합 영역에 의한 전극과 불 압축부의 접합 신뢰성, 나아가서는 반도체 장치 자체의 신뢰성을 향상시키는 것이 가능해진다.

부호의 설명

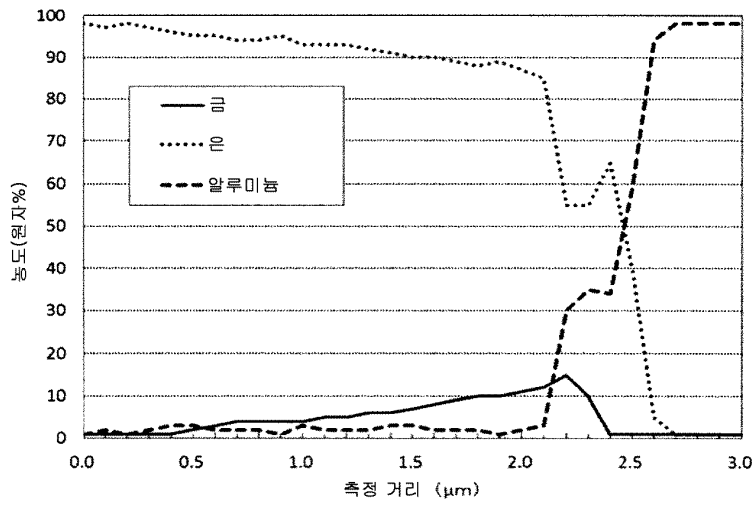
- [0094]
- |                   |              |
|-------------------|--------------|
| 1 : 와이어 접합 구조     | 2 : 전극       |
| 3 : 금 피복 은 본딩 와이어 | 4 : 심재(은 심재) |
| 5 : 피복층           | 6 : 볼 압축부    |
| 7 : 금 농화 접합 영역    | 8 : FAB(볼)   |
| 9 : 표면 금 농화 영역    | 10 : 반도체 장치  |
| 11 : 외부 전극        | 12 : 회로 기판   |
| 13 : 칩 전극         | 14 : 반도체 칩   |
| 15 : 본딩 와이어       | 16 : 다이 본딩재  |
| 18 : 봉지 수지층       |              |

도면

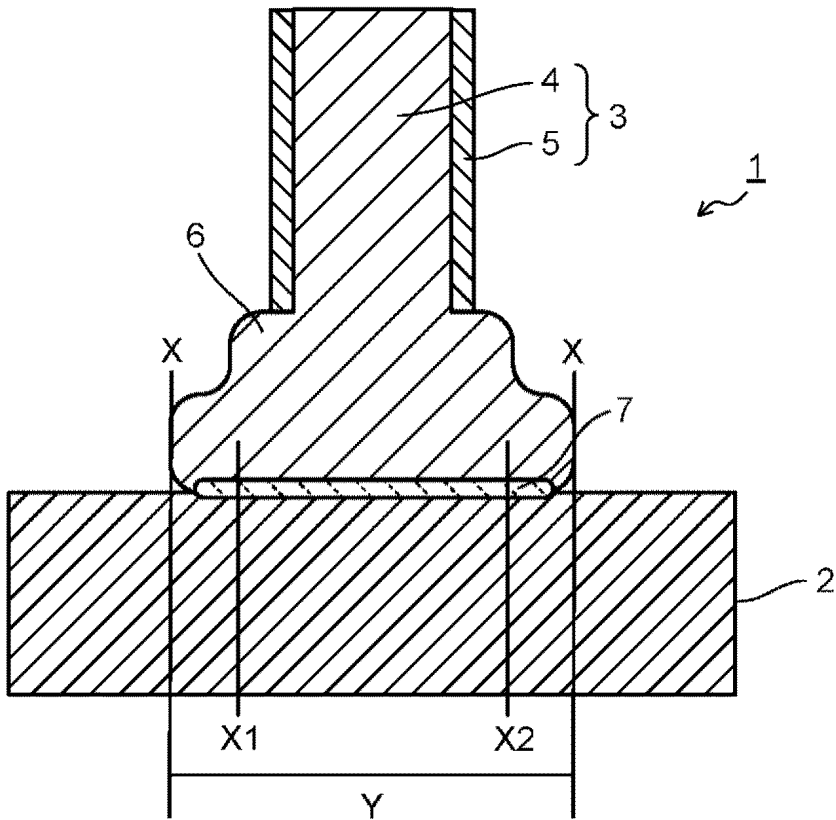
도면1



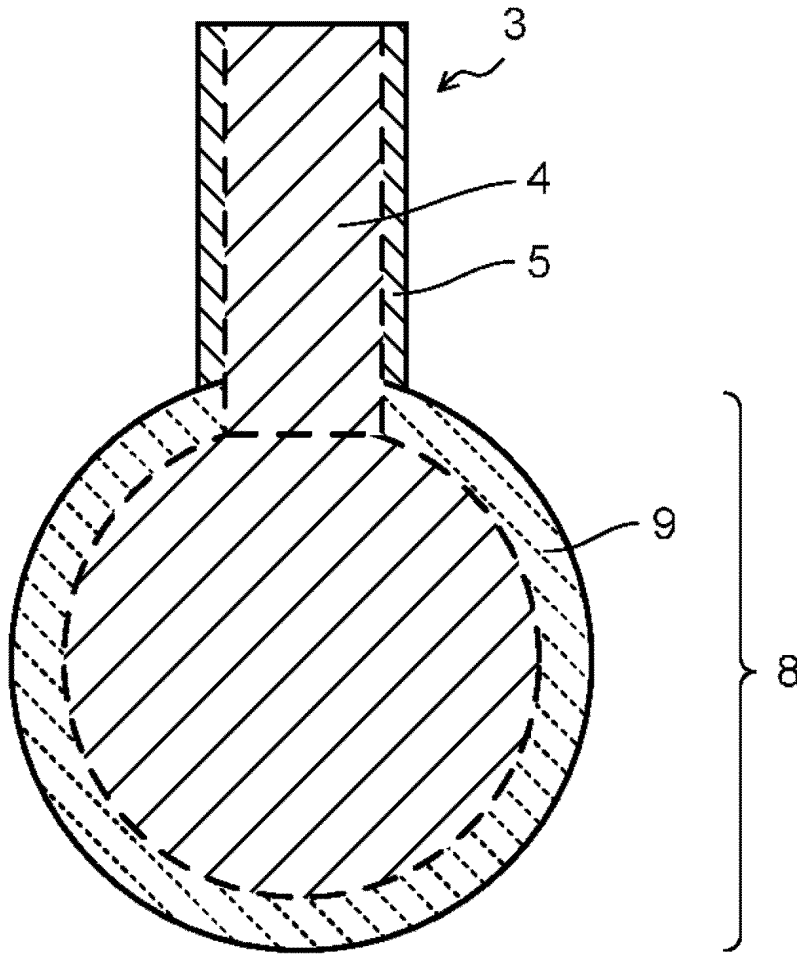
도면2



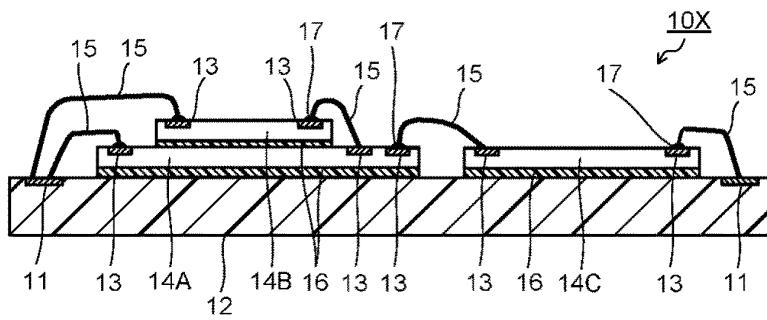
도면3



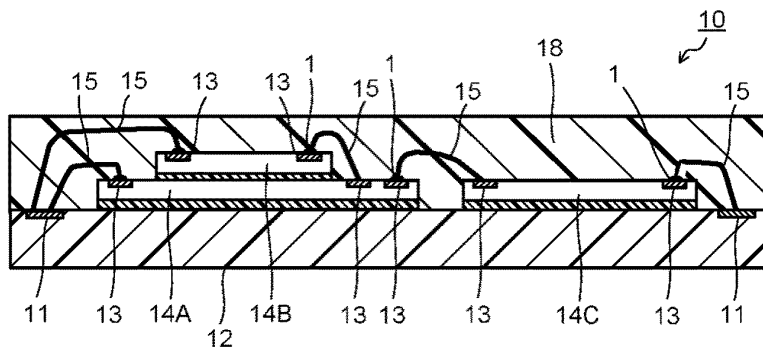
도면4



도면5



도면6



도면7

