



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년07월01일
(11) 등록번호 10-1280668
(24) 등록일자 2013년06월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/60 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7003941
(22) 출원일자(국제) 2008년01월15일
심사청구일자 2010년07월02일
(85) 번역문제출일자 2009년02월25일
(65) 공개번호 10-2009-0101346
(43) 공개일자 2009년09월25일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2008/050314
(87) 국제공개번호 WO 2008/087922
국제공개일자 2008년07월24일
(30) 우선권주장
JP-P-2007-006446 2007년01월15일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2006190763 A*
US05455195 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
닛테쓰스미킹 마이크로 메탈 가부시카이가이사
일본 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마가하라
158 반치 1
신닛테쓰스미킹 마테리알즈 가부시카이가이사
일본 도쿄 치요다구 소토칸다 4-14-1
(72) 발명자
우노 도모히로
일본 2938511 치바 훗츠시 신토미 20-1 신닛뿐세
이테쓰카부시카이가이사 테크니컬 디벨롭먼트 뷰로
나이
데라시마 시니치
일본 2938511 치바 훗츠시 신토미 20-1 신닛뿐세
이테쓰카부시카이가이사 테크니컬 디벨롭먼트 뷰로
나이
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
성재동, 장수길

전체 청구항 수 : 총 26 항

심사관 : 박태식

(54) 발명의 명칭 **본딩 와이어의 접합 구조 및 그 형성 방법**

(57) 요약

복층 구리 본딩 와이어의 실용화에 있어서의 종래 기술의 문제를 해결하고, 불부의 형성성, 접합성을 개선하며, 웨지 접속의 접합 강도를 높이고 공업 생산성도 우수한 본딩 와이어의 접합 구조 및 그 형성 방법을 제공한다. 본딩 와이어는 구리를 주성분으로 하고, 상기 불 접합부에 구리 이외의 도전성 금속의 농도가 높은 농화층을 형성하였다. 불 접합부의 표면 근방, 또는 불 접합부의 계면에 농화층을 형성하였다. 도전성 금속의 농도가 0.05 내지 20 mol%인 영역의 두께가 0.1 μm 이상이고, 농화층에 있어서의 도전성 금속의 농도는 농화층 이외의 불 접합부에 있어서의 도전성 금속의 평균 농도의 5배 이상인 것이 좋다.

(72) 발명자

기무라 게이이치

일본 2938511 치바 훗츠시 신토미 20-1 신닛뽀세이
테쓰카부시키카이사 테크니컬 디벨롭먼트 뷰로 나
이

야마다 다카시

일본 3580032 사이타마 이루마-시 오아자 사야마가
하라 158-1 닛뽀 마이크로메탈 코포레이션 나이

니시바야시 아키히토

일본 3580032 사이타마 이루마-시 오아자 사야마가
하라 158-1 닛뽀 마이크로메탈 코포레이션 나이

특허청구의 범위**청구항 1**

불 접합부를 사이에 두고 반도체 소자의 알루미늄 전극에 접속되는 본딩 와이어의 접합 구조로서,

상기 본딩 와이어는 구리 20 mol% 이상 및 구리 이외의 도전성 금속을 포함하고,

상기 불 접합부 및 상기 전극 사이의 계면에 있어서의 Al과 구리를 포함하는 층중에, 상기 본딩 와이어로부터 유래된 상기 도전성 금속의 농도가 높은 농화층의 적어도 일부가 형성되고,

상기 농화층은 상기 도전성 금속의 농도가 0.05 내지 20 mol%이며, 두께가 0.1 μm 이상인 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 불 접합부의 표면에 추가로 농화층이 형성되는 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 불 접합부의 표면에 형성된 농화층은, 상기 도전성 금속의 농도가 0.05 내지 10 mol%인 영역의 두께가 0.1 μm 이상인 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 농화층에 있어서의 상기 도전성 금속의 농도가 상기 농화층 이외의 상기 불 접합부에 있어서의 상기 도전성 금속의 평균 농도의 5배 이상인 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 본딩 와이어는 구리를 20 mol% 이상 포함하는 심재와, 상기 도전성 금속을 20 mol% 이상 포함하고 상기 심재를 피복하는 외피층으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 도전성 금속이 팔라듐 또는 백금인 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 불 접합부의 내부에 직경 10 μm 이상의 기포가 포함되어 있지 않은 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 12

제4항에 있어서, 상기 불 접합부의 표면에 직경 10 μm 이상의 기포 자국이 포함되어 있지 않은 것을 특징으로

하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 13

제1항에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조의 형성 방법으로서, 본딩 와이어와 방전 토치와의 사이에 아크 방전을 형성함으로써, 상기 본딩 와이어의 선단을 용융하여 상기 불 접합부를 형성하는 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조의 형성 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 본딩 와이어의 길이 방향에 대한 상기 본딩 와이어의 선단과 상기 방전 토치의 선단을 이은 선이 이루는 각도를 60도 이내로 유지하면서 상기 불 접합부를 형성하는 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조의 형성 방법.

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

제13항에 있어서, 상기 본딩 와이어의 선단 근방에 불활성 가스 또는 환원성 가스를 0.00005 내지 0.005 m³/분의 유량으로 취부하면서 상기 불 접합부를 형성하는 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조의 형성 방법.

청구항 21

제1항에 있어서, 상기 불 접합부의 계면에 형성된 상기 농화층의 적어도 일부가, 상기 불 접합부와 상기 전극과의 계면에 형성되고, 상기 전극의 성분과 구리를 포함하는 확산층 또는 금속간화합물 중 적어도 어느 하나의 내부에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 농화층의 적어도 일부가 상기 확산층 또는 상기 금속간화합물 중 적어도 어느 하나의 내부에 형성되고, 상기 도전성 금속의 농도가 0.5 내지 20 mol%인 영역의 두께가 0.01 μm 이상인 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 23

제1항에 있어서, 상기 농화층은 상기 불 접합부를 175°C에서 200 시간 가열한 후에 상기 불 접합부의 계면에 형성되고, 상기 도전성 금속의 농도가 1 mol% 이상인 영역의 두께가 0.2 μm 이상인 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 24

제4항에 있어서, 상기 농화층에 있어서의 상기 도전성 금속의 농도가 상기 농화층 이외의 상기 불 접합부에 있어서의 상기 도전성 금속의 평균 농도의 5배 이상인 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 25

제1항에 있어서, 상기 본딩 와이어는 구리를 20 mol% 이상 포함하는 심재와, 상기 도전성 금속을 20 mol% 이상 포함하고 상기 심재를 피복하는 외피층으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 26

제4항에 있어서, 상기 본딩 와이어는 구리를 20 mol% 이상 포함하는 심재와, 상기 도전성 금속을 20 mol% 이상 포함하고 상기 심재를 피복하는 외피층으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 27

제5항에 있어서, 상기 본딩 와이어는 구리를 20 mol% 이상 포함하는 심재와, 상기 도전성 금속을 20 mol% 이상 포함하고 상기 심재를 피복하는 외피층으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 28

제4항에 있어서, 상기 도전성 금속이 팔라듐 또는 백금인 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 29

제7항에 있어서, 상기 도전성 금속이 팔라듐 또는 백금인 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 30

제25항에 있어서, 상기 도전성 금속이 팔라듐 또는 백금인 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 31

제27항에 있어서, 상기 도전성 금속이 팔라듐 또는 백금인 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 32

제25항에 있어서, 상기 외피층의 두께가 0.002 내지 0.8 μm 인 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 33

제27항에 있어서, 상기 외피층의 두께가 0.002 내지 0.8 μm 인 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 34

제7항에 있어서, 상기 심재와 상기 외피층과의 사이에 구리와 상기 도전성 금속이 농도 구배를 갖는 확산층을 구비한 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

청구항 35

제26항에 있어서, 상기 심재와 상기 외피층과의 사이에 구리와 상기 도전성 금속이 농도 구배를 갖는 확산층을 구비한 것을 특징으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 반도체 소자 위의 전극과 리드 프레임, 기관, 테이프 등의 회로 배선 기관을 배선하기 위하여 사용되는 본딩 와이어의 접합 구조 및 그 형성 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 현재, 반도체 소자 위의 전극과 외부 단자 사이를 접합하는 본딩 와이어로서 선 지름 20 내지 50 μm 정도의 세 선(細線)(본딩 와이어)이 주로 사용되고 있다. 본딩 와이어의 접합에는 초음파 병용 열 압착 방식이 일반적이고, 범용 본딩 장치나, 본딩 와이어를 그 내부에 통과시켜 접속에 사용하는 캐피러리 지그 등이 사용된다. 와이어 선단을 아크 입열로 가열 용융하고, 표면장력에 의해 볼을 형성시킨 후에, 150 내지 300 $^{\circ}\text{C}$ 의 범위

내에서 가열한 반도체 소자의 전극 위에, 이 볼부를 압착 접합시키고, 그 후에 직접 본딩 와이어를 외부 리드 측에 초음파 압착에 의하여 접합시킨다.

- [0003] 최근, 반도체 실장의 구조·재료·접속 기술 등은 급속히 다양화하고 있는데, 예를 들면, 실장 구조에서는 현행의 리드 프레임을 사용한 QFP(Quad Flat Packaging)에 추가하여 기판, 폴리이미드 테이프 등을 사용하는 BGA(Ball Grid Array), CSP(Chip Scale Packaging) 등의 새로운 형태가 실용화되어, 루프성, 접합성, 양산 사용성 등을 보다 향상시킨 본딩 와이어가 요구되고 있다. 그러한 본딩 와이어의 접속 기술에서도, 현재 주류인 볼/웨이 접합 외에, 협피치화에 적합한 웨지/웨이 접합에서는 2개의 부위에서 직접 본딩 와이어를 접합하기 때문에, 세션의 접합성 향상이 요구된다.
- [0004] 본딩 와이어의 접합 상대가 되는 재질도 다양화하고 있는데, 실리콘 기판 위의 배선, 전극 재료에서는 종래의 Al 합금에 추가하여, 미세 배선에 더 적합한 Cu가 실용화되고 있다. 또한, 리드 프레임 위에는 Ag 도금, Pd 도금 등이 실시되고 있고, 또한 수지 기판, 테이프 등 위에는 Cu 배선이 실시되고, 그 위에 금 등의 귀금속 원소 및 그 합금의 막이 형성되어 있는 경우가 많다. 이와 같은 여러 가지 접합 상대에 따라서, 본딩 와이어의 접합성, 접합부 신뢰성을 향상시킬 것이 요구된다.
- [0005] 본딩 와이어의 소재는 지금까지 고순도 4N계(순도>99.99 질량%)의 금이 주로 사용되고 있다. 그러나, 금은 고가이기 때문에, 재료비가 저렴한 다른 종류의 금속으로 이루어진 본딩 와이어가 요망되고 있다.
- [0006] 와이어 본딩 기술로부터의 요구는 볼 형성시에 진구성(眞球性)이 양호한 볼을 형성하고, 그 볼부와 전극의 접합부에서 충분한 접합 강도를 얻는 것이 중요하다. 또한, 접합 온도의 저온화, 본딩 와이어의 세션화 등에 대응하기 위하여도 회로 배선 기판 위의 배선부에 본딩 와이어를 웨지 접속한 부위에서의 접합 강도, 인장 강도 등도 필요하다.
- [0007] 고점성의 열 경화 에폭시 수지가 고속 주입되는 수지 봉지(封止) 공정에서는 본딩 와이어가 변형되어 인접 와이어와 접촉하는 것이 문제가 되고, 또한 협피치화, 장(長)와이어화, 세션화도 진행되는 가운데, 수지 봉지 시의 와이어 변형을 조금이라도 억제하는 것이 요구되고 있다. 와이어 강도의 증가에 의하여, 이러한 변형을 어느 정도 제어할 수 있으나, 루프 제어가 곤란하거나 접합시의 강도가 저하하는 등의 문제가 해결되지 않으면 실용화는 어렵다.
- [0008] 이와 같은 요구를 만족하는 와이어 특성으로서 본딩 공정에 있어서의 루프 제어가 용이하고, 또한 전극부, 리드부에 대한 접합성도 향상되어 있으며, 본딩 이후의 수지 봉지 공정에 있어서 과잉 와이어 변형을 억제하는 것 등의 종합적인 특성을 만족하는 것이 좋다.
- [0009] 재료비가 저렴하고, 전기 전도성이 우수하며, 볼 접합, 웨지 접합 등도 높이기 위하여, 구리를 소재로 하는 본딩 와이어(이하, 구리 본딩 와이어라고 부른다)가 개발되어 특허 문헌 1 등에 개시되어 있다. 그러나, 구리 본딩 와이어에서는 와이어 표면의 산화에 의해 접합 강도가 저하하는 것이나, 수지 봉지되었을 때의 와이어 표면의 부식 등이 일어나기 쉬운 것이 문제가 된다. 이것이 구리 본딩 와이어의 실용화가 진행되지 않는 원인이기도 하다.
- [0010] 구리 본딩 와이어에서는 와이어 선단을 용융하여 볼부를 형성할 때에, 산화를 억제하기 위하여, 질소 가스 또는 수소를 함유하는 질소 가스를 와이어 선단에 분사하면서 본딩을 한다. 현재는 구리 본딩 와이어의 볼 형성시의 분위기 가스로서 수소 5%를 함유하는 질소 가스가 일반적으로 사용되고 있다. 특허 문헌 2에는 구리선을 구리 또는 구리 합금 리드 프레임에 접속할 때에, 5% H_2+N_2 의 분위기로 접속하는 것이 개시되어 있다. 또한, 비특허 문헌 1에서는 구리 본딩 와이어의 볼 형성에는 5% H_2+N_2 가스에서는 볼 표면의 산화를 억제할 수 있기 때문에, N_2 가스보다 더 바람직하다는 것이 보고되어 있다.
- [0011] 구리 본딩 와이어의 표면 산화를 막는 방법으로서, 특허 문헌 3에는 금, 은, 백금, 팔라듐, 니켈, 코발트, 크롬, 티타늄 등의 귀금속이나 내식성 금속으로 강을 피복한 본딩 와이어가 제안되어 있다. 또한, 볼 형성성, 도금액의 열화(劣化) 방지 등의 점에서, 특허 문헌 4에는 구리를 주성분으로 하는 심재(芯材), 이 심재 상에 형성된 구리 이외의 금속으로 이루어지는 다른 종류의 금속층 및 이 다른 종류의 금속층 위에 형성되고, 구리보다 고용점의 내산화성 금속으로 이루어지는 피복층의 구조를 한 본딩 와이어가 제안되어 있다.
- [0012] 특허 문헌 1: 일본 공개 특허 공보 소61-99645호
- [0013] 특허 문헌 2: 일본 공개 특허 공보 소63-24660호

- [0014] 특허 문헌 3: 일본 공개 특허 공보 소62-97360호
- [0015] 특허 문헌 4: 일본 공개 특허 공보 제2004-6740호
- [0016] 비특허 문헌 1: "Copper Ball Bonding for Fine Pitch, High I/O Devices": P. Devlin, Lee Levine, 38th International Symposium on Microelectronics (2005), P. 320-324.

발명의 상세한 설명

- [0017] 구리 본딩 와이어의 실용에서는 고온, 고습 등의 실사용 환경에서의 구리 본딩 와이어와 전극과의 접합부에 있어서 전기 저항이 증가하거나 접합 강도가 저하하거나 하는 등, 장기 신뢰성이 저하하는 것이 문제가 된다. 이와 같은 불량은 통상의 반도체에 많이 사용되는 Al 전극과의 접합부를 수치 봉지하였을 경우에 빈번하게 발생한다. Cu와 Al의 접합부에서의 부식 반응, 보이드 발생 등을 한 요인으로 생각할 수 있다. 종래 IC의 사용 환경에서는 구리 본딩 와이어의 접합 신뢰성의 문제는 그다지 알려지지 않았지만, 최근의 파워 IC, 차량 탑재용 IC 등의 가혹한 환경에서 문제가 되고 있다. 또한, 구리 본딩 와이어에서는, 종래의 금 본딩 와이어와 비교하여 와이어 표면이 산화하기 쉽고, 불 접합부의 형상 불량 및 접합 강도의 저하 등이 일어나기 쉬운 것이 염려되고 있다.
- [0018] 구리 본딩 와이어의 표면 산화를 방지하는 수단으로, 와이어 표면에 귀금속이나 내산화성 금속을 피복하는 것이 가능하다. 반도체 실장의 고밀도화, 소형화, 박형화 등에 대한 요구를 고려하여 본 발명자들이 평가한 바, 구리 본딩 와이어의 표면을 구리와 다른 금속으로 피복한 복층 구조의 구리 본딩 와이어(이하, 복층 구리 와이어라 한다)를 종래의 와이어 본딩 방법에서 사용하면, 실용상의 문제가 많이 남아 있는 것이 확인되었다.
- [0019] 종래의 단층 구조의 구리 본딩 와이어(이하, 단층 구리 와이어라고 한다)에서는 구리의 산화를 억제하기 위하여 불 형성용 가스를 취부하면서 불을 형성하고, 그 불부를 전극 위에 접속하는 수법이 사용되고 있다. 불 형성용 가스로는 질소를 주체로 하는 가스가 많이 사용되고, 최근에는 수소 5%를 함유하는 질소 가스가 표준 가스로서 가장 많이 사용되고 있다. 이 본딩 방법을 사용하여 복층 구리 와이어에 적용하면, 불 접합성과 관련된 문제가 발생하여, 단층 구리 와이어 또는 현재 주류의 금 본딩 와이어를 사용한 경우보다 반도체의 사용 성능을 저하시키는 원인이 된다.
- [0020] 복층 구리 와이어의 선단에 불을 형성하였을 경우, 불 접합부의 형상 불량 및 접합 강도의 저하 등이 일어나기 쉬운 것이 실용상의 문제가 된다. 구체적인 불량 사례에서는 진구(眞球)로부터 벗어난 편평 불의 형성, 불이 본딩 와이어에 대하여 경사지게 형성되는 심 어긋남 등이 발생하거나, 불 내부에 용융되지 않는 와이어가 남거나 기포(블로우 홀)가 생성되는 것이 문제가 되는 경우도 있다. 이와 같은 정상적이지 않은 불부를 전극 위에 접합하면, 와이어 중심으로부터 어긋나 불이 변형하는 편심 변형, 진원으로부터 벗어나는 형상 불량으로서 타원 변형, 꽃잎 변형 등이 발생하여, 전극면으로부터 접합부가 빠져나와서, 접합 강도의 저하, 칩 손상, 제조 관리상의 문제 등을 일으키는 원인이 된다. 이와 같은 초기 접합의 불량은 전술한 장기(長期) 신뢰성의 저하를 유발하는 경우도 있다.
- [0021] 이러한 불의 접합성의 문제에 대처할 뿐만 아니라, 사용 실적이 적은 복층 구리 와이어를 실용화하려면, 현행의 구리 본딩 와이어를 대체할만한 성능의 우위성이 필요하다. 예를 들면, 웨지 접합에 있어서의 접합 강도의 상승, 접합 수율의 향상 등, 또는 구리 본딩 와이어의 보관 수명을 향상시킬 수 있는 표면 산화의 저감 등 단층 구리 와이어보다 개선되어 있을 것이 요구된다.
- [0022] 향후, 구리 본딩 와이어의 실용화를 추진하려면, 파워 IC 용도로 금 와이어에서는 별로 사용되지 않는 지름이 50 μm 이상인 굵은 선과, 다른 한편으로, 구리의 높은 도전성을 활용하는 지름 20 μm 이하의 세선에 충분히 적용하고, 특성에서는 굵은 선의 접합성 향상, 협피치의 소 불 접합, 저온 접합, 적층 칩 접속의 역본딩 등 더 어려운 요구에 대한 적응이 필요하게 된다.
- [0023] 이에, 본 발명에서는 전술한 바와 같은 구리 본딩 와이어의 실용화에 있어서의 종래 기술의 문제를 해결하고, 불부의 형성성, 접합성을 개선하며, 웨지 접속의 접합 강도를 높이고 공업 생산성도 우수한 본딩 와이어의 접합 구조 및 그 형성 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0024] 본 발명의 청구항 1에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조는, 불 접합부를 사이에 두고 반도체 소자의 전극에 접속되는 본딩 와이어의 접합 구조로서, 상기 본딩 와이어는 구리를 주성분으로 하고, 상기 불 접합부에 구리 이외의 도전성 금속의 농도가 높은 농화층이 형성된 것을 특징으로 한다.

- [0025] 본 발명의 청구항 2에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조는, 청구항 1에 있어서, 상기 농화층이 상기 불 접합부의 계면 근방에 형성된 것을 특징으로 한다.
- [0026] 본 발명의 청구항 3에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조는, 청구항 2에 있어서, 상기 농화층은 상기 도전성 금속의 농도가 0.05 내지 20 mol%인 영역의 두께가 0.1 μm 이상인 것을 특징으로 한다.
- [0027] 본 발명의 청구항 4에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조는, 청구항 1에 있어서, 상기 농화층이 상기 불 접합부의 표면에 형성된 것을 특징으로 한다.
- [0028] 본 발명의 청구항 5에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조는, 청구항 4에 있어서, 상기 도전성 금속의 농도가 0.05 내지 10 mol%인 영역의 두께가 0.1 μm 이상인 것을 특징으로 한다.
- [0029] 본 발명의 청구항 6에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조는, 청구항 1 내지 5 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 농화층에 있어서의 상기 도전성 금속의 농도는 상기 농화층 이외의 상기 불 접합부에 있어서의 상기 도전성 금속의 평균 농도의 5배 이상인 것을 특징으로 한다.
- [0030] 본 발명의 청구항 7에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조는, 청구항 1 내지 6 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 본딩 와이어는 구리를 주성분으로 하는 심재와 상기 도전성 금속을 주성분으로 하여 상기 심재를 피복하는 외피층으로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0031] 본 발명의 청구항 8에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조는, 청구항 1 내지 7 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 도전성 금속은 팔라듐 또는 백금인 것을 특징으로 한다.
- [0032] 본 발명의 청구항 9에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조는, 청구항 7 또는 8에 있어서, 상기 외피층의 두께가 0.002 내지 0.8 μm 인 것을 특징으로 한다.
- [0033] 본 발명의 청구항 10에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조는, 청구항 7 내지 9 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 심재와 상기 외피층과의 사이에, 구리와 상기 도전성 금속이 농도 구배를 갖는 확산층을 구비한 것을 특징으로 한다.
- [0034] 본 발명의 청구항 11에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조는, 청구항 1 내지 10 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 불 접합부의 내부에 직경 10 μm 이상의 기포가 포함되어 있지 않은 것을 특징으로 한다.
- [0035] 본 발명의 청구항 12에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조는, 청구항 1 내지 11 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 불 접합부의 표면에 직경 10 μm 이상의 기포 자국이 포함되어 있지 않은 것을 특징으로 한다.
- [0036] 본 발명의 청구항 13에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조의 형성 방법은, 청구항 1 내지 12 중 어느 하나의 항에 기재된, 본딩 와이어의 접합 구조의 형성 방법으로서, 본딩 와이어와 방전 토치와의 사이에 아크 방전을 형성함으로써, 상기 본딩 와이어의 선단을 용융하여 상기 불 접합부를 형성하는 것을 특징으로 한다.
- [0037] 본 발명의 청구항 14에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조의 형성 방법은, 청구항 13에 있어서, 상기 본딩 와이어의 길이 방향에 대한 상기 본딩 와이어의 선단과 상기 방전 토치의 선단을 연결하는 선이 이루는 각도를 60도 이내로 유지하면서 상기 불 접합부를 형성하는 것을 특징으로 한다.
- [0038] 본 발명의 청구항 15에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조의 형성 방법은, 청구항 13에 있어서, 상기 본딩 와이어의 선단 근방에 불활성 가스 또는 환원성 가스를 2 방향 이상으로부터, 또는 링 형태로 취부하면서 상기 불 접합부를 형성하는 것을 특징으로 한다.
- [0039] 본 발명의 청구항 16에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조 형성 방법은, 청구항 13에 있어서, 수소를 0.02 내지 20% 함유하는 아르곤 분위기 하에서 상기 불 접합부를 형성하는 것을 특징으로 한다.
- [0040] 본 발명의 청구항 17에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조의 형성 방법은, 청구항 13에 있어서, 아르곤을 5 내지 50% 함유하는 질소 분위기 하에서 상기 불 접합부를 형성하는 것을 특징으로 한다.
- [0041] 본 발명의 청구항 18에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조의 형성 방법은, 청구항 14에 있어서, 수소를 0.02 내지 20% 함유하는 아르곤 분위기 하에서 상기 불 접합부를 형성하는 것을 특징으로 한다.
- [0042] 본 발명의 청구항 19에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조의 형성 방법은, 청구항 14에 있어서, 아르곤을 5 내지 50% 함유하는 질소 분위기 하에서 상기 불 접합부를 형성하는 것을 특징으로 한다.
- [0043] 본 발명의 청구항 20에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조의 형성 방법은, 청구항 13 내지 19 중 어느 하나의 항

에 있어서, 상기 본딩 와이어의 선단 근방에, 불활성 가스 또는 환원성 가스를 0.00005 내지 0.005 m³/분의 유량으로 취부하면서 상기 볼 접합부를 형성하는 것을 특징으로 한다.

[0044] 본 발명의 청구항 21에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조는, 청구항 2에 있어서, 상기 볼 접합부의 계면에 형성된 상기 농화층의 적어도 일부가 상기 전극의 주성분과 구리를 주성분으로 하는 상기 확산층 또는 상기 금속간화합물 중 적어도 어느 하나의 내부에 형성되어 있는 것을 특징으로 한다.

[0045] 본 발명의 청구항 22에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조는, 청구항 21에 있어서, 상기 농화층의 적어도 일부가 상기 확산층 또는 상기 금속간화합물 중 적어도 어느 하나의 내부에 형성되고, 상기 도전성 금속의 농도가 0.5 내지 30 mol%인 영역의 두께가 0.01 μm 이상인 것을 특징으로 한다.

[0046] 본 발명의 청구항 23에 기재된 본딩 와이어의 접합 구조는, 청구항 2에 있어서, 상기 농화층이 상기 볼 접합부를 175℃에서 200 시간 가열한 후에 상기 볼 접합부의 계면에 형성되고 상기 도전성 금속의 농도가 1 mol% 이상인 영역의 두께로서 0.2 μm 이상인 것을 특징으로 한다.

[0047] **발명의 효과**

[0048] 본 발명에서는 고온 보관에서의 접합 신뢰성이 우수하고, 또한 재료비가 금보다 저렴하며, 볼 접합성, 와이어 접합성 등도 개선함으로써, 협피치용 세션화, 파워계 IC 용도의 태경화(太徑化)에도 적용할 수 있는 본딩 와이어의 접합 구조 및 그 형성 방법을 제공하는 것이 가능하게 된다.

실시예

[0118] 이하, 실시예에 대하여 설명한다.

[0119] 본딩 와이어의 원재료로서, 구리는 순도가 약 99.99 질량% 이상의 고순도의 소재를 사용하고, 외피층용의 Pt, Pd, Au, Rh의 소재로는 순도 99.99 질량% 이상의 원료를 준비하였다. 단층 구리 와이어에서는 소정의 합금 원소를 첨가하고 용해하여 잉고트를 제작하였다. 복층 구리 와이어의 제작에서는 어느 선 지름까지 가늘게 한 고순도 구리 와이어를 심재로서 미리 준비하고, 그 와이어 표면에 다른 금속의 외피층을 형성하기 위하여, 전해 도금법, 무전해 도금법, 증착법, 용융법 등을 실시하였다. 농도 구배를 형성하는 경우는 열처리를 실시하였다. 최종 선 지름으로 외피층을 형성하는 경우와 어느 선 지름으로 외피층을 형성하고나서, 신선 가공에 의하여 최종 선 지름까지 가늘게 하는 방법을 이용하였다. 전해 도금액, 무전해 도금액은 반도체 용도로 시판되고 있는 도금액을 사용하고, 증착은 스퍼터법을 이용하였다. 직경이 약 50 내지 200 μm인 와이어를 미리 준비하고, 그 와이어 표면에 증착, 도금 등에 의하여 피복하고, 최종 지름인 15 내지 75 μm까지 신선하고, 마지막으로 가공 변형 제거 연신율이 4% 정도가 되도록 열처리를 실시하였다. 필요에 따라서, 선 지름 30 내지 100 μm까지 다이스 신선한 후에, 확산 열처리를 실시하고나서, 추가로 신선 가공을 실시하였다.

[0120] 용융법을 이용하는 경우에는 미리 제작한 심선의 주위에, 용융한 금속을 주입하는 방법과, 미리 제작한 중공 원주의 중앙부에 용융한 구리 또는 구리 합금을 주입하는 방법을 채용하였다. 그 후, 단조, 롤 압연, 다이스 신선 등의 가공과 열처리를 실시하여, 본딩 와이어를 제조하였다.

[0121] 본 발명예의 와이어의 열처리에 대하여, 와이어를 연속적으로 스위핑하면서 가열하였다. 국소적으로 온도 경사를 도입하는 방식, 온도를 로 내에서 변화시키는 방식 등을 이용하였다. 이 온도 차는 30 내지 200℃의 범위로 하고, 온도 분포, 와이어 스위핑 속도 등을 적정화하여, 인장 연신이 4% 전후가 되도록 조정하였다. 열처리의 분위기에서는 대기 외에, 산화를 억제하는 목적으로 N₂, Ar 등의 불활성 가스도 이용하였다. 비교예의 열처리 공정에 대하여, 신선 후의 Cu 와이어에 열처리를 실시하고나서, 도금층을 형성한 경우와 열처리를 신선 후와 도금층의 형성 후에 2회 실시한 경우로, 시료를 준비하였다.

[0122] 복층 구리 와이어의 표면의 막 두께 측정에는 AES에 의한, 표면 분석, 깊이 분석을 실시하였다. 와이어 중의 도전성 금속 농도는 ICP 분석, ICP 질량 분석 등에 의하여 측정하였다.

[0123] 본딩 와이어의 접속에는 시판하는 자동 와이어 본딩(ASM 제품인 Eagle60-AP형)를 사용하여, 볼/웨지 접합을 실시하였다. 아크 방전에 의해 와이어 선단에 볼을 제작하고, 그것을 실리콘 기판 위의 전극막에 접합하고, 와이어 타단을 리드 단자 위에 웨지 접합하였다. 볼 용융시의 산화를 억제하기 위하여, 와이어 선단에 소정의 분위기 가스를 취부하면서 방전시켰다. 본딩 와이어의 선단과 방전 토치의 선단과의 각도 및 거리는 전술한 범위에서 적정화하였다. 그 거리는 1 내지 1.5 mm의 범위가 되도록 조정함으로써 아크 방전을 안정화시키고 상기 각도, 쉘드 가스 파이프 설치의 조정을 용이하게 하였다.

- [0124] 접합 상대로서는 실리콘 기판 위의 전극 막의 재료인 두께 1 μm 의 Al 합금 막(Al-1%Si-0.5%Cu 막, Al-0.5%Cu 막)을 사용하였다. 한편, 웨지 접합의 상대에는 표면에 Ag 도금(두께: 1 내지 4 μm) 하거나 리드 프레임 또는 Au 도금/Ni 도금/Cu의 전극의 수지 기판을 사용하였다.
- [0125] 초기 불 형상의 평가에서는, 불 지름/와이어 지름의 비율이 1.8 내지 2.5배의 범위의 소경 불을 20개 채취하여, 광학 현미경 또는 SEM으로 관찰하여 진구성, 심 어긋남, 불 표면의 3점을 평가하였다. 진구성의 평가에서는 이상(異常) 형상의 불 발생이 4개 이상이면 불량이기 때문에 \times 표, 이형이 1 내지 3개이고, 본딩 와이어에 대한 불 위치의 심 어긋남 차이가 현저한 개수가 3개 이상인 경우에는 Δ 표, 심 어긋남이 1 내지 3개이면 실용상의 큰 문제는 없다고 판단하여 \circ 표, 심 어긋남, 이형의 합계가 1개 이하인 경우는 불 형성이 양호하기 때문에 \odot 표로 표기하였다.
- [0126] 불 표면의 평가에서는 20개의 불부를 SEM 관찰하고, 표면에 10 μm 이상의 조대한 요철, 이물 부착 등이 있는 불 개수가 5개 이상이면 불량이기 때문에 \times 표, 조대한 요철이 1 내지 4개이고, 또한 5 μm 이하의 기포 등의 미소한 요철이 5개 이상인 경우에는 Δ 표, 조대한 요철은 없지만, 미소한 요철이 2 내지 4개의 범위이면 실용상은 문제가 없다고 판단하여 \circ 표, 미소한 요철이 1개 이하인 경우는 불 표면은 양호하기 때문에 \odot 표로 표기하였다.
- [0127] 초기 불부의 기포를 관찰하기 위하여, 10개의 불의 단면 연마를 실시하고, 와이어 방향으로 평행하게 불 중심부를 지나는 단면에서, 10 μm 이상의 기포가 2개 이상이면 \times 표, 10 μm 이상의 기포가 1개 이하, 6 μm 이상의 기포가 5개 이상이면 Δ 표, 6 μm 이상의 기포가 2 내지 4개이면 \circ 표, 6 μm 이상의 기포가 1개 이하이면 \odot 표로 표기하였다.
- [0128] 불 접합부의 접합 형상의 판정에서는, 접합된 불을 500개 관찰하여, 불량 형태에 의하여 편심, 타원 변형, 꽃잎 변형으로 구별하여 각각 평가하였다. 접합 불 지름/와이어 지름의 비율이 2.3 이상 3.5배의 범위인 통상 불 지름인 경우의 평가에 추가하여 편심의 평가에 한하여 1.6 내지 2.3배의 범위의 소경 불의 경우도 평가하였다. 편심의 평가에서는 현저한 편심이 10개 이상이면 불량으로 판정하여 \times 표, 현저한 편심이 3 내지 9개의 범위이면, 필요에 따라서 개선이 바람직하기 때문에 Δ 표, 현저한 편심이 2개 이하이고, 경미한 편심이 4 내지 10개의 범위이면 실용상은 문제 없다고 판단하여 \circ 표, 경미한 편심이 3개 이하이면 양호하기 때문에 \odot 표로 표기하였다. 타원 변형, 꽃잎 변형에 대하여도 동일한 발생 빈도로 불량 판정을 하였다.
- [0129] 불 접합부의 사이즈 안정성 평가에서는 100개의 불 접합부의 사이즈를 초음파에 평행한 방향과 초음파 방향으로 측정하였다. 접합 불 지름/와이어 지름의 비율이 2.3 이상 3.5배의 범위인 통상 불 지름의 경우와 1.6 내지 2.3배의 범위의 소경 불인 경우의 2 수준으로 평가하였다. 불 지름의 편차가 3 μm 이상이면 불균형이 문제이므로 \times 표, 편차가 1 μm 이상 3 μm 미만의 범위이고 또한 극단적인 사이즈 이상이 3개 이상인 경우에는 필요에 따라서 개선이 바람직하기 때문에 Δ 표, 편차가 0.5 μm 이상 1 μm 미만이면 실용상은 문제가 없다고 판단하여 \circ 표, 편차가 0.5 μm 미만이면 사이즈는 매우 안정적이기 때문에 \odot 표로 표기하였다.
- [0130] 불 접합부의 표면에 있어서의 기포 자국의 평가에서는 400개의 불 접합부를 광학 현미경으로 관찰하여, 10 μm 이상의 기포 자국이 4개 이상이면 \times 표, 10 μm 이상의 기포 자국이 3개 이하이고, 6 μm 이상의 기포 자국이 10개 이상이면 Δ 표, 10 μm 이상의 기포 자국은 없고, 또한 6 μm 이상의 기포 자국이 3 내지 9개이면 실용상은 문제가 없다고 판단하여 \circ 표, 10 μm 이상의 기포 자국은 없고, 또한 6 μm 이상의 기포 자국이 2개 이하이면 양호하기 때문에 \odot 표로 표기하였다.
- [0131] 불 접합부의 내부에 있어서의 기포의 평가에서는 40개의 불 접합부로 칩 표면과 수직 방향으로 단면 연마를 실시하고, 10 μm 이상의 기포가 4개 이상이면 \times 표, 10 μm 이상의 기포가 3개 이하이고, 6 μm 이상의 기포가 10개 이상이면 Δ 표, 10 μm 이상의 기포는 없고, 또한 6 μm 이상의 기포가 3 내지 9개이면 실용상은 문제가 없다고 판단하여 \circ 표, 10 μm 이상의 기포는 없고, 또한 6 μm 이상의 기포가 2개 이하이면 양호하기 때문에 \odot 표로 표기하였다.
- [0132] 불 접합부의 연속 본딩성 평가에서는 1000개의 와이어 접속을 실시하고, 불 접합부의 박리 회수로 평가하였다. 가속 평가를 위하여, 하중, 초음파 진동을 양산 조건보다 약간 낮게 설정하였다. 와이어 지름에 대한 접합 불 지름의 비율이 작을수록 연속 본딩이 곤란해지기 때문에, 접합 불 지름/와이어 지름의 비율이, 2.3 이상 3.5배의 범위의 통상 불 지름의 경우와, 1.6 내지 2.3배의 범위의 소경 불의 경우의 2 수준으로 평가하였다. 불 지름의 각 수준에 있어서, 박리 수가 6회 이상이면, 접합이 불충분하기 때문에 \times 표, 3 내지 5회이면 Δ 표로 표기하고, 1 내지 2회이면 접합 조건의 적정화에 의하여 실용성이 있다고 판단하여 \circ 표, 박리가 제로이면 충분한 접

합 강도이므로 ◎표로 표기하였다.

- [0133] 칩에 대한 손상 평가에서는 볼부를 전극 막 위에 접합한 후, 전극 막을 에칭 제거하고, 절연막 또는 실리콘 칩에의 손상을 SEM으로 관찰하였다. 전극 수는 400 개소를 관찰하였다. 손상이 인정되지 않은 경우는 ◎표, 5 μm 이하의 크랙이 2개 이하인 경우에는 문제 없는 수준으로 판단하여 ○표, 5 μm 이상 20 μm 미만의 크랙이 2개 이상인 경우에는 염려되는 수준으로 판단하여 △표, 20 μm 이상의 크랙 또는 크레이터 파괴 등이 1개 이상인 경우에는 염려되는 수준으로 판단하여 ×표로 기재한다.
- [0134] 웨지 접합의 평가용으로, 합계 1000개의 본딩 와이어를 175℃의 저온 접합을 실시한 시료를 사용하였다. 평가 기준으로서 웨지 접합부에서의 불량에 의하여 연속 본딩 동작이 2회 이상 중단되었을 경우에는 웨지 접합성이 나쁘기 때문에 ×표로 나타내고, 본딩 중단이 1회 이하로 광학 현미경 관찰에 의하여 박리 등의 불량 현상이 5개 이상의 경우에는 웨지 접합성이 불충분하기 때문에 △표, 연속 본딩은 가능하더라도 박리가 1개 인정되었을 경우에는 접합 조건의 변경으로 대응할 수 있기 때문에 ○표, 연속 본딩에서 불량이 확인되지 않은 경우에는 웨지 접합성은 양호하다고 판단하여 ◎표로 표기하였다.
- [0135] 볼 접합 강도의 평가에는 150℃의 저온에서 접합한 시료를 사용하였다. 20개의 볼 접합부의 세어 시험을 실시하고, 그 세어 강도의 평균값을 측정하여, 볼 접합부의 면적의 평균값을 이용하여 계산한, 단위 면적당 세어 강도를 사용하였다. 단위 면적당의 세어 강도가, 70 MPa 미만이면 접합 강도가 불충분하기 때문에 ×표, 70 이상 90 MPa 미만의 범위이면 약간의 접합 조건의 변경으로 개선할 수 있기 때문에 △표, 90 이상 110 MPa 미만의 범위이면 실용상은 문제가 없다고 판단하여 ○표, 110 MPa 이상의 범위이면 양호하기 때문에 ◎표로 표기하였다.
- [0136] 본딩 공정에서의 루프 형상 안정성에 대하여, 와이어 길이가 2 mm인 범용 스펠과 4 mm의 장 스펠의 2 종류로, 사다리꼴 루프를 제작하고, 각각 400개의 본딩 와이어를 투영기에 의하여 관찰하고, 본딩 와이어의 직선성, 루프 높이의 불균형 등을 판정하였다. 와이어 길이 4 mm로 사다리꼴 루프를 형성할 때 높이의 불균형을 저감하려면, 더 엄격한 루프 제어가 필요하다. 와이어 길이 2 mm에서, 직선성, 루프 높이 등에 불량이 5개 이상 있는 경우에는 문제가 있다고 판단하여 ×표로 나타내고, 와이어 길이 2 mm에서 불량이 2 내지 4개이며, 또한, 와이어 길이 4 mm로 불량이 5개 이상인 경우에는 개선이 필요하다고 판단하여 △표로 나타내고, 와이어 길이 2 mm로 불량이 1개 이하, 그리고, 와이어 길이 4 mm로 불량이 2 내지 4개인 경우에는 루프 형상은 비교적 양호하기 때문에 ○표로 나타내고, 와이어 길이 4 mm에서 불량이 1개 이하인 경우에는 루프 형상은 안정적이라고 판단하여 ◎표로 표기하였다. 불량 원인의 하나에, 심선과 외피층의 계면의 밀착성이 충분하지 않은 것, 단면에서의 특성 불균형 등이 상정된다.
- [0137] 캐피러리 수명의 평가에서는 본딩 와이어를 5만개 접속한 후, 캐피러리 선단의 오염, 마모 등의 변화로 판정하였다. 표면이 청정하면 ○표, 부착물 등이 조금 있는 경우에는 통상의 조업에는 문제가 없기 때문에 △표, 부착물의 양이나 크기가 현저한 경우에는 ×표로 표기하였다.
- [0138] 가열 후의 접합 신뢰성에 대하여, 본딩 후에 수지 봉지된 시료를, 150℃와 175℃와 185℃로 1500 hr 가열한 후에, 40개의 본딩 와이어의 전기 특성을 평가하였다. 150℃, 175℃, 185℃의 가열은 각각 범용 IC용, 차량 탑재 IC 용도로 실시되는 가열 조건을 상정하였다. 상기 저항이 초기의 3배 이상으로 상승한 본딩 와이어의 비율이 30% 이상인 경우에는 접합 불량이기 때문에 ×표, 전기 저항이 3배 이상으로 상승한 본딩 와이어의 비율이 5% 이상 30% 미만의 범위의 경우에는 신뢰성 요구가 엄격하지 않은 IC에는 사용 가능하기 때문에 △표, 전기 저항이 3배 이상으로 상승한 본딩 와이어의 비율이 5% 미만이고, 또한 1.5배 이상으로 상승한 본딩 와이어의 비율이 10% 이상 30% 미만인 경우에는 실용상 문제가 없기 때문에 ○표, 전기 저항이 1.5배 이상으로 상승한 본딩 와이어의 비율이 10% 미만이면 양호하기 때문에 ◎표로 표기하였다.
- [0139] PCT 시험(프레샤 쿠키 테스트)에서는 121℃, 2 기압, 습도 100%의 고온 고습 환경에서 200 시간 또는 500 시간 가열하였다. 그 후에, 40개의 본딩 와이어의 전기 특성을 평가하였다. 전기 저항이 초기의 3배 이상으로 상승한 본딩 와이어의 비율이 30% 이상인 경우에는 접합 불량이기 때문에 ×표, 전기 저항이 3배 이상으로 상승한 본딩 와이어의 비율이 5% 이상 30% 미만인 범위의 경우에는 신뢰성 요구가 엄격하지 않은 IC에는 사용 가능하기 때문에 △표, 전기 저항이 3배 이상으로 상승한 본딩 와이어의 비율이 5% 미만이고, 또한 1.5배 이상으로 상승한 본딩 와이어의 비율이 10% 이상 30% 미만인 경우에는 실용상 문제가 없기 때문에 ○표, 전기 저항이 1.5배 이상으로 상승한 본딩 와이어의 비율이 10% 미만이면 양호하기 때문에 ◎표로 표기하였다.
- [0140] 본딩 와이어의 볼 접합부의 표면 분석 및 접합 계면의 농도 분석에는 주로 EPMA, EDX, 오제 분광 분석에 의한 점 분석, 선 분석 등을 실시하였다. 직경 0.1 μm 이상의 영역에서 분석을 실시하고, 최고 농도 또는 평균 농도

등을 이용하였다. 실제의 반도체의 제조, 사용 등에서는 불 접합한 후의 공정, 이력 등은 여러 종류이기 때문에, 공정, 열 이력이 다른 몇 가지 시료로 분석을 하였다. 예를 들면, 불 접합 직후, 수지 봉지 및 큐어 가열 후, 가열 시험 등 신뢰성 평가 후 등의 시료를 사용하였다. 또한, 가속 가열 처리를 하고 나서 계면 농화층을 관찰하는 경우에는 반도체 소자를 175℃에서 200 시간 가열한 후에, 상기 해석 수법에 의하여 조사하였다.

[0141] 표 1 내지 표 6에는 본 발명에 관한 구리 본딩 와이어를 접속한 반도체 소자의 평가 결과와 비교예를 표기하고 있다. 표 1 및 표 2는 단층 구리 와이어에 대하여, 표 3 및 표 4는 복층 구리 와이어에 대하여 나누어 나타내었다. 표 5 및 표 6에는 불 접합부의 계면 근방을 정밀 조사하여, 확산층 또는 금속간화합물에 형성되는 농화층을 구별하여 나타내고 있는데, 그 중에서도 표 6은 반도체 소자를 175℃에서 200 시간 가열한 후의 불 접합부를 이용하여, 확산층 또는 금속간화합물의 형성에 대하여 조사하였다.

[0142] 청구항 2 또는 청구항 3에 관한 본딩 와이어는 실시예 A1 내지 A13, B1 내지 B22이며, 청구항 4 또는 청구항 5에 관한 본딩 와이어는 실시예 A2 내지 A13, B1 내지 B22, 청구항 7에 관한 본딩 와이어는 실시예 B1 내지 B22, 청구항 8에 관한 본딩 와이어는 실시예 B1 내지 B8, B10 내지 B22, 청구항 9에 관한 본딩 와이어는 실시예 B1 내지 B9, B11 내지 B22, 청구항 10에 관한 본딩 와이어는 실시예 B2 내지 B22, 청구항 11 또는 청구항 12에 관한 본딩 와이어는 실시예 A1 내지 A13, B1 내지 B12, B15 내지 B22, 청구항 14에 관한 본딩 와이어는 실시예 A1 내지 A3, A5 내지 A9, A11 내지 A13, B1 내지 B5, B7 내지 B10, B12 내지 B18, B20 내지 22, 청구항 15에 관한 본딩 와이어는 실시예 A1 내지 A3, A6, A8, A9, A11, A13, B2 내지 B5, B7 내지 B9, B11, B13, B15 내지 B17, B19 내지 B21, 청구항 16에 관한 본딩 와이어는 실시예 A2, A4, A8, A10, A13, B1, B2, B4, B6 내지 B12, B17, B19, B20, B22, 청구항 17에 관한 본딩 와이어는 실시예 A3, A9, A11, B5, B16, B18, B21, 청구항 18에 관한 본딩 와이어는 실시예 A2, A8, A13, B1, B2, B4, B7 내지 B10, B12, B17, B20, B22, 청구항 19에 관한 본딩 와이어는 실시예 A3, A9, A11, B5, B16, B18, B21, 청구항 20에 관한 본딩 와이어는 실시예 A1 내지 A4, A6 내지 A13, B1 내지 B22, 청구항 21, 22에 관한 본딩 와이어는 실시예 C1 내지 C9, 청구항 23에 관한 본딩 와이어는 실시예 C11 내지 C19에 상당한다.

표 1

시험 No.	본 접합 계면의 농화층 평균 농도 /mol%	두께 / μm	본 접합부 표면의 농화층 평균 농도 /mol%	단층 구리 와이어 침기 성분과 침기 농도 /mol%	직경 /μm	가스 종류	분행성용 가스			도착 각도 (도)	
							가스 유량 ml/min	취부면 A:1차형, B:2차형, C:형 형태	2계 이상의 가스배출의 이동도 (도)		가스 취부 각도 (도)
A1	Pd0.5	0.3	—	Pd0.18	18	5%H ₂ +N ₂	0.0012	B	90	90	40
A2	Pd2	1	Pd0.1	Pd1	50	2%H ₂ +Ar	0.001	B	120	100	40
A3	Pd3.5	0.5	Pd2	Pd0.4	20	20%Ar+N ₂	0.0005	C	—	—	50
A4	Au0.1	0.3	Au0.05	Au0.01	75	1%H ₂ +Ar	0.001	A	—	90	80
A5	Ag4	1	Ag3	Ag0.3	25	5%H ₂ +N ₂	0.0003	A	—	120	45
A6	Sn2	1	Sn2	Sn0.5	25	5%H ₂ +N ₂	0.004	B	120	50	45
A7	Pd0.1	0.3	Pd0.2	Pd0.05	50	2%H ₂ +N ₂	0.001	A	—	60	60
A8	Rh2	1	Rh1.5	Rh0.2	25	5%H ₂ +Ar	0.001	C	—	—	40
A9	Au0.5,Pd2	2	Au0.3,Pd2	Au0.01,Pd0.2	25	10%Ar+N ₂	0.0007	B	180	120	40
A10	Pd0.8,P2	1	Pd0.8,P1	Pd0.1,Pd0.1	25	0.05%H ₂ +Ar	0.001	A	—	170	80
A11	Pd1,Sn1.5	0.5	Pd0.5,Sn1	Pd0.01,Sn0.1	33	30%Ar+N ₂	0.0005	B	90	130	60
A12	Pd1,Ag2	0.8	Pd0.2,Ag1	Pd0.1,Ag0.1	25	7%H ₂ +N ₂	0.001	A	—	60	40
A13	Rh0.7,P0.5	1	Rh0.5,P0.5	Rh0.1,P0.05	25	5%H ₂ +Ar	0.001	B	150	90	20
X1	—	—	—	—(gate Cu)	50	5%H ₂ +N ₂	0.002	A	—	20	70
X2	—	—	—	Pd0.01	25	2%H ₂ +N ₂	0.0002	B	20	30	70
X3	—	—	—	Pd0.1	25	1%H ₂ +Ar	0.007	A	—	180	50
X4	Pd0.03	0.2	—	Au0.001	25	5%H ₂ +Ar	0.001	B	90	70	70
X5	—	—	Sn0.02	Sn0.01	30	5%H ₂ +Ar	0.001	B	90	50	70

[0143]

표 2

시월 No.	점원 시외성			점원부의 기포		추가 분		연진		본점원성		점원 사이즈		자은		제지 점원성		특도 영	계원 신년
	150℃ 기열	175℃ 기열	PCT 시험 (200b) 기포	포면의 기포 흔적	기포 흔적	포면 활성	진구성 (伊蘇性)	동상 물 지름	수경	단원 변형	외면 변형	연속 본단성	점원 동상 물 지름	사이즈 수경	자은 조점원 강도	점원 동상 물 지름	190℃ 동상 물 지름		
A1	◎	○	△	○	○	○	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	△	○	◎
A2	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	◎
A3	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	◎
A4	○	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	◎
A5	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	◎
A6	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	◎
A7	○	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	◎
A8	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	◎
A9	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	◎
A10	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	◎
A11	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	◎
A12	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	◎
A13	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	◎
X1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	◎
X2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	◎
X3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	◎
X4	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	◎
X5	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	◎

[0144]

표 3

시험 No.	불활화 표면의 불활화 중		표면의 불활화 중		복용 구리 외이어				불활성용 가스				도전 각도 (도)	
	불활화 중 /no.1%	평균 / μm	불활화 중 /no.1%	평균 / μm	외표면의 평균 / μm	가스 종류	가스 유량 / m^3/min	취부법 (A: 30° B: 45° C: 90°)	각도 이상의 각도 (도)		각도 (도)			
B1	Pd	0.1	Pd	0.2	Pd	0.004	95	Cu	Cu	25	A	—	90	45
B2	Pd	0.2	Pd	0.1	Pd	0.008	50	Cu	Cu	20	B	—	90	40
B3	Pd	0.5	Pd	0.3	Pd	0.03	85	Cu	Cu	25	B	5% H_2 + N_2	180	70
B4	Pd	2	Pd	1.3	Pd	0.08	65	Cu	Cu	25	B	3% H_2 + Ar	120	40
B5	Pd	4	Pd	3	Pd	0.3	92	Cu	Cu	15	B	20% Ar + N_2	—	20
B6	Pd	17	Pd	4.5	Pd	0.8	90	Cu	Cu	23	D	3% H_2 + Ar	—	130
B7	Pt	0.2	Pt	0.2	Pt	0.04	40	Cu	Cu	30	B	2% H_2 + Ar	90	120
B8	Pt	3	Pt	2	Pt	0.3	85	Cu	Cu	25	B	5% H_2 + Ar	90 (3개)	120
B9	Au	1	Au	0.7	Au	0.1	73	Cu	Cu	25	C	7% H_2 + Ar	120	150
B10	Pd	1	Pd	0.8	Pd	0.001	45	Cu	Cu	25	A	0.2% H_2 + Ar	—	50
B11	Pd	0.5	Pd	0.4	Pd	0.15	70	Cu	Cu	25	B	15% H_2 + Ar	90	70
B12	Pd	0.3	Pd	0.3	Pd	0.01	20	Cu	Cu	25	A	0.003	—	30
B13	Pd	0.2	Pd	0.15	Pd	0.07	40	Cu	Cu	11	B	pure Ar	140	100
B14	Pd	0.5	Pd	0.4	Pd	0.1	100	Cu	Cu	33	B	pure N_2	—	130
B15	Pd	0.2	Pd	0.2	Pd	0.03	73	Cu	Cu	30	B	3% H_2 + N_2	90	120
B16	Pd	1	Pd	0.7	Pd	0.2	98	Cu	Cu	25	D	30% Ar + N_2	180	90
B17	Pd	0.4	Pd	0.4	Pd	0.02	64	Cu	Cu	25	B	2% H_2 + Ar	120	90
B18	Pd	2.5	Pd	2	Pd	0.6	97	Cu	Cu	20	C	50% Ar + N_2	—	170
B19	Rh	0.8	Rh	0.7	Rh	0.2	46	Cu	Cu	25	B	5% H_2 + Ar	—	100
B20	Pd	0.3	Pd	0.3	Pd	0.06	95	Cu	Cu	25	B	1% H_2 + Ar	150	50
B21	Pd	0.5	Pd	0.5	Pd	0.1	45	Cu	Cu	25	B	5% Ar + N_2	120	50
B22	Pd	0.1	Pd	0.2	Pd	0.03	23	Cu	Cu	25	B	7% H_2 + Ar	—	90
Y1	—	—	—	—	—	0.001	70	Cu	Cu	25	B	5% H_2 + Ar	—	100
Y2	Pd	0.03	Pd	—	Pt	0.002	32	Cu	Cu	25	B	pure Ar	—	70
Y3	Pd	0.05	Pd	0.1	Pd	0.03	40	Cu	Cu	25	B	2% H_2 + N_2	—	100
Y4	—	—	—	—	Pd	0.01	52	Cu	Cu	25	B	pure N_2	40	90
Y5	Pd	25	Pd	2	Pd	1	100	Cu	Cu	25	A	—	—	70

[0145]

표 4

시험 No.	점열 신뢰성		PCT 시험 (200h)	점열부의 기포		추가 분	편심		불 점열성		저온 예제의 조점열 강도	점열 시험	웨이 점열성		루포 형성	결 결 손상
	150℃ 가열	175℃ 가열		기포	포면의 기포		연속 점열성	점열 사이즈	점열 온도@150℃	점열 온도@150℃						
B1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B7	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B9	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B11	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B12	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B13	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B14	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B16	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B17	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B18	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B19	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B20	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B21	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B22	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Y1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Y2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Y3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Y4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Y5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

표 5

시험 No.	분적원 개면의 농화중 무게/μm		잔류 농화중의 농화중의 무게/μm		금속의 농화중의 무게/μm		외피 중 무게/μm		복층 구리 와이어		분형성용 가스		집합 신뢰성								
	동화 무게/μm	산화중	동화중	산화중	금속간 화합물	동화중	산화중	동화중	산화중	심재	신경 /μm	세립 (A:부적해 B:진해 C:중착 D:반용해)	가스 중류	가스 유량 ml/min	워부법 A:1명용 B:2명용 C:용용	가스 속도 (초)	150°C 가열	175°C 가열	185°C 가열	PCT 시험 200h	500h
C1	Pd	0.1	0.05	—	—	Pd	0.05	0.002	Cu	25	50	B	5% H_2+N_2	0.006	A	160	◎	◎	△	◎	○
C2	Pd	0.7	0.3	0.05	0.05	Pd	0.05	0.002	Cu	50	50	A	pure N_2	0.006	A	180	◎	◎	◎	◎	◎
C3	Pd	1	0.1	0.2	0.2	Pd	0.1	0.005	Cu	25	25	B	pure N_2	0.008	A	180	◎	◎	◎	◎	◎
C4	Pd	1.2	0.2	—	—	Pd	0.2	0.003	Cu	25	25	B	pure N_2	0.006	A	180	◎	◎	◎	◎	◎
C5	Pd	0.2	—	—	—	Pd	0.2	0.01	Cu	20	20	B	pure N_2	0.005	A	180	◎	◎	◎	◎	◎
C6	Pd	1.5	—	—	—	Pd	0.4	0.01	Cu	25	25	B	pure N_2	0.007	A	180	◎	◎	◎	◎	◎
C7	Pt	0.2	0.1	—	—	Pt	0.06	0.008	Cu	25	25	A	5% H_2+N_2	0.004	A	120	◎	◎	◎	◎	◎
C8	Pt	0.8	0.2	—	—	Pt	0.9	0.01	Cu	20	20	B	pure N_2	0.005	A	180	◎	◎	◎	◎	◎
C9	Rh	0.4	0.3	—	—	Rh	0.04	0.03	Cu	25	25	B	pure N_2	0.005	A	180	◎	◎	◎	◎	◎
C10	Rh	0.5	—	—	—	Rh	0.6	0.002	Cu	50	50	B	3% H_2+Ar	0.004	A	180	◎	△	X	◎	◎

[0147]

표 6

시험 No.	175°C-200h 가열 후의 볼 접합부		외피층		볼 접합부의 접합부		볼 형성용 가스		접합 신뢰성							
	볼 접합부의 농도(%)	외피층의 두께(μm)	외피층의 두께(μm)	외피층의 두께(μm)												
C11	Pd	0.2	0.2	0.2	0.002	50	B	5% _{H₂} +N ₂	0.008	A	100	◎	◎	◎	◎	◎
C12	Pd	1	0.8	0.2	0.002	18	B	pure N ₂	0.008	A	180	◎	◎	◎	◎	◎
C13	Pd	2	0.5	0.9	0.005	25	A	pure N ₂	0.008	A	180	◎	◎	◎	◎	◎
C14	Pd	2.8	0.6	2.2	0.003	25	B	pure N ₂	0.006	A	180	◎	◎	◎	◎	◎
C15	Pd	0.6	—	0.6	0.006	25	B	pure N ₂	0.007	A	180	◎	◎	◎	◎	◎
C16	Pd	2.2	—	2.2	0.009	33	B	pure N ₂	0.005	A	180	◎	◎	◎	◎	◎
C17	Pt	1.5	1	—	0.008	25	B	pure N ₂	0.004	A	180	◎	◎	◎	◎	◎
C18	Pt	3.7	2.5	1.2	0.01	25	A	pure N ₂	0.005	A	180	◎	◎	◎	◎	◎
C19	Rh	2.6	1.3	1.3	0.005	50	B	3% _{H₂} +Ar	0.004	A	180	◎	◎	◎	◎	◎
C20	Rh	0.9	—	—	0.002	25	B	3% _{H₂} +Ar	0.005	A	120	◎	△	×	◎	◎

[0148]

[0149]

각각의 청구항의 대표예에 대하여, 평가 결과의 일부를 설명한다.

[0150]

실시예 A1 내지 A13, B1 내지 B22에서는 본 발명에 관한 볼 접합부의 전극과의 계면 근방에 도전성 금속의 계면 농화층이 형성되고, 그 농화층 내의 농도가 0.05 내지 20 mol%의 범위인 것에 의하여, 고온 가열되더라도 충분한 접합 신뢰성이 확보되어 있었다. 여기서의 접합 계면 근방의 농화층의 두께는 0.05 μm 이상이었다. 더 좋기로는 실시예 A1 내지 A3, A5, A6, A8 내지 A13, B2 내지 B12, B15 내지 B21에서는 농화층 내의 농도가 0.2 내지 10 mol%의 범위이며, 또한 10 μm 이상의 기포가 인정되지 않았으므로, 150°C 가열 후의 접합 신뢰성이 향상되었다. 또한, 계면 농화층의 두께가 0.5 μm 이상이고, 또한 10 μm 이상의 기포가 인정되지 않은 접합부인 경우에 해당하는 실시예 A2, A9, A10, A12, B2 내지 B6, B11, B12, B16 내지 B18, B20 내지 B22에서는 175°C의 더 가혹한 고온 환경에서도 접합 신뢰성을 향상시킬 수 있었다. 비교예 X1 내지 X5, Y1 내지 Y4에서는 계면 농화층이 형성되어 있지 않거나, 또는 농화층은 있더라도 농화층의 농도가 0.05 mol% 미만인 경우이기 때문에, 고온 가열의 접합 신뢰성은 크게 저하되어 있었다.

[0151]

실시예 A2 내지 A13, B1 내지 B22에서는 본 발명에 관한 볼 접합부의 표면에 도전성 금속의 농화가 형성된 접합부이기 때문에, PCT 시험에 의하여 고온 고습 환경에서의 높은 신뢰성이 확인되었다. 더 좋기로는 농화층 내의 농도가 0.2 내지 4 mol%의 범위인 실시예 A3, A5 내지 A13, B3 내지 B5, B7 내지 B12, B14 내지 B22에서는 꽃

일 변형을 저감하는 효과를 높일 수 있었다. 비교예 X1 내지 X5, Y1 내지 Y4에서는 표면 농화층이 형성되어 있지 않거나, 또는 농화층은 있더라도 농화층의 농도가 0.05 mol% 미만인 경우이기 때문에, PCT 시험으로의 접합 신뢰성은 크게 저하되어 있었다.

- [0152] 실시예 B1 내지 B22에서는 본 발명에 관한 구리를 주성분으로 하는 심재와 구리 이외의 도전성 금속을 주체로 하는 외피층에 의하여 구성된 복층 구리 와이어를 사용함으로써, 실시예 A1 내지 A13인 단층 구리 와이어와 비교하여, 높은 웨지 접합성이 얻어졌다. 또한, 실시예 B1 내지 B6, B10 내지 B18, B20 내지 B22에서는 외피층을 구성하는 도전성 금속이 Pd인 복층 구리 와이어를 사용함으로써, 150℃의 저온 접촉으로 웨지 접합성을 향상시키는 높은 효과를 얻을 수 있었다.
- [0153] 실시예 B2 내지 B22에서는 본 발명에 관한 심재와 외피층의 사이에 농도 구배를 가진 확산층을 함유하는 복층 구리 와이어를 사용함으로써, 루프 제어성과 웨지 접합성을 동시에 높이는 효과를 얻을 수 있었다.
- [0154] 실시예 B1 내지 B9, B11 내지 B22에서는 본 발명에 관한 외피층의 두께가 0.002 내지 0.8 μm의 범위인 복층 구리 와이어를 사용함으로써, 웨지 접합성을 향상시키는 효과가 확인되었다. 더 좋기로는 외피층의 두께가 0.01 내지 0.5 μm의 범위인 실시예 B3 내지 B5, B7 내지 B9, B11 내지 B17, B19 내지 B22에서는 캐피터리의 오염 등을 줄여 사용 수명을 길게 하는 효과를 높일 수 있었다. 또한, 외피층의 두께가 0.2 μm 미만인 실시예 B1 내지 B4, B7, B9 내지 B15, B17, B20 내지 B22에서는 칩 손상을 저감하는 효과도 확인되었다.
- [0155] 실시예 B1 내지 B11, B13 내지 B21에서는 본 발명에 관한 외피층에 있어서의 구리 이외의 도전성 금속의 표면 농도가 30 mol% 이상인 복층 구리 와이어를 사용함으로써, 초기 불의 형상에서 양호한 진구성을 얻을 수 있었다. 더 좋기로는 실시예 B1, B3 내지 B6, B8, B9, B11, B14 내지 B17, B20에서는 상기 표면 농도가 60 mol% 이상인 복층 구리 와이어를 사용함으로써, 초기 불의 표면에 있어서의 성장, 평활이 양호하다는 것이 확인되었다.
- [0156] 실시예 A1 내지 A4, A6 내지 A13, B1 내지 B22에서는 본 발명에 관한 아크 방전 시의 가스 형성에서는 와이어 선단 근방에 0.00005 내지 0.005 m³/min의 유량을 취부하면서 본딩 와이어를 용융하여 불을 형성한 불부를 접합함으로써, 통상 불 지름에서의 안정적인 연속 접합성이 확인되었다. 가스류가 이 범위에서 벗어난 비교예 X2, X3에서는 연속 동작 중에 장치가 정지하는 문제가 발생하였다. 더 좋기로는 상기 유량이 0.0001 내지 0.002 m³/min의 범위인 실시예 A1 내지 A4, A7 내지 A13, B1 내지 B8, B10, B11, B13 내지 B16, B18 내지 B21에서는 소경의 불 접합부에 있어서의 연속 본딩성을 향상하는 효과를 얻을 수 있다. 더 좋기로는 상기 유량이 0.0001 내지 0.001 m³/min의 범위인 실시예 A2 내지 A4, A7 내지 A13, B1, B4 내지 B8, B10, B13 내지 B16, B18, B20, B21, B24 내지 B26에서는 불 접합부의 사이즈가 안정화하는 것이 확인되었다.
- [0157] 또한, 실시예 A1 내지 A3, A6, A8, A9, A11, A13, B4, B5, B7, B8, B13, B15, B16, B19 내지 B21에서는 본 발명에 관한 불 형성 시의 가스 취부가 2 방향 이상 또는 링 형태인 본딩 방법이고, 또한 상기 유량이 0.0001 내지 0.001 m³/min의 범위인 것에 의하여, 소경 불에서의 불 접합부의 사이즈가 안정화하는 높은 효과가 확인되었다.
- [0158] 실시예 A1 내지 A3, A5 내지 A9, A11 내지 A13, B1 내지 B5, B7 내지 B10, B12 내지 B18, B20 내지 B22에서는 본 발명에 관한 본딩 와이어의 길이 방향과 방전 토치의 선단과의 각도(토치 각도)가 60도 이내인 본딩 방법인 것으로, 비교적 큰 불 지름으로의 편심의 불량을 저감하는 높은 효과를 얻을 수 있었다. 또한, 실시예 A1, A2, A4 내지 A7, A9, A11 내지 A13, B1 내지 B4, B6 내지 B11, B13 내지 B17, B19 내지 B22에서는 본 발명에 관한 가스 취부 각도가 40 내지 150도의 범위인 것에 의하여, 소경 불에서의 편심 불량을 저감함으로써 더 높은 효과가 확인되었다. 이 때, 쉘드용 가스 배관이 2개 이상의 경우에는 적어도 1개가 상기 각도인 것에 의하여 효과를 얻을 수 있는 것을 확인하였다.
- [0159] 실시예 A1 내지 A13, B1 내지 B12, B15 내지 B22에서는 본 발명에 관한 접합부의 내부에 10 μm 이상의 기포 및 불 접합부의 표면에 10 μm 이상의 기포 자국이 포함되지 않는 접합부인 것에 의하여, 전극 재료와의 접합 강도, IC 동작시의 장기 신뢰성 등을 종합적으로 향상시켰다. 이것에 대하여, 기포 자국 및 기포가 형성되어 있던 실시예 B13, B14에서는 고온 가열시험, PCT 시험 등의 장기 신뢰성이 약간 저하하는 경향을 나타내었다.
- [0160] 실시예 A2, A4, A8, A10, A13, B1, B2, B4, B6 내지 B12, B17, B19, B20, B22에서는 본 발명에 관한 수소를 0.02 내지 20%의 범위에서 함유하는 Ar 가스의 분위기에서 이 본딩 와이어의 선단을 용융하여 형성한 불부를 접합함으로써, 초기 불부에서의 기포의 발생을 억제하고, 불 접합성이 향상된다. 그에 대한 분위기가 수소가 Ar의 혼합 가스 이외에서 형성된 초기 불인 실시예 A1, A3, A5 내지 A7, A9, A11, A12, B3, B5, B13 내지 B16,

B18, B21에서는 볼 내부 또는 볼 접합부에 있어서의 기포가 일부 발생하고 있는 것을 확인하였다. 좋기로는 상기 수소 농도가 0.1 내지 10%의 범위인 실시예 A2, A4, A8, A13, B1, B2, B4, B6 내지 B10, B17, B19, B20, B22에서는 볼 접합부의 내부의 기포를 미소화하는 효과가 높고, 비교로서 수소 농도가 0.03%인 B11에서는 개선 효과가 작았다.

[0161] 실시예 A3, A9, A11, B5, B16, B18, B21에서는 본 발명에 관한 Ar과 질소의 혼합 가스를 취부하면서 본딩함으로써, 타원 변형의 불량을 억제하는 효과를 얻을 수 있었다.

[0162] 실시예 A2, A8, A13, B1, B2, B4, B7 내지 B10, B12, B17, B20, B22에서는 본 발명에 관한 토치 각도가 와이어 길이 방향으로부터 60도 이내이며, 또한, 수소를 0.02 내지 20%의 범위에서 함유하는 Ar 가스의 분위기로 볼부를 형성함으로써, 심 어긋남의 억제와 기포의 억제를 동시에 만족할 수 있었다. 더 좋기로는 상기 토치 각도 및 가스의 조건을 만족하고, 또한 복층 구리 와이어인 실시예 B1, B2, B4, B7 내지 B10, B12, B17, B20, B22에서는 심 어긋남의 억제와 기포의 억제를 동시에 만족시키는 것보다 높은 효과를 얻을 수 있었다. 비교로서 토치 각도가 60도 초과인 실시예 B6, B11, B19에서는 편심이 확인되었다.

[0163] 실시예 C1 내지 C10에서는 본 발명에 관한 청구항 1 및 4에 상당함으로써, 각각의 작용 효과를 만족하고 있다. 그 중에서도 실시예 C2 내지 C9에서는 볼 접합부의 계면에 형성된 계면 농화층의 적어도 일부가 전극의 주성분과 강을 주성분으로 하는 확산층 또는 금속간화합물이 적어도 어느 하나의 내부에 형성되어 있기 때문에, 고온에서의 접합 신뢰성이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 그 내역을 분류하면, 실시예 C1 내지 C6에서는 농화 금속이 Pd이며, 또한, 계면 농화층이 전술한 확산층 또는 금속간화합물의 내부에 형성되어 있기 때문에, 185℃의 초고온에서의 접합 신뢰성을 향상하는 높은 효과가 확인되었다. 실시예 C7 내지 C9에서는 농화 금속은 Pd가 아니기 때문에 접합 신뢰성을 향상시키는 것이 어려운 175℃의 고온에서의 신뢰성에 있어서, 계면 농화층이 전술한 확산층 또는 금속간화합물의 내부에 형성되어 있기 때문에, 접합 신뢰성이 향상되어 있는 것을 확인하였다. 비교로서 실시예 C10에서는 계면 농화층이 확산층 및 금속간화합물의 내부에는 형성되어 있지 않기 때문에, 185℃의 초고온에서의 접합 신뢰성은 반드시 충분하지 않았다. 또한, 실시예 C2 내지 C6, C8, C9에서는 계면 농화층의 적어도 일부가 금속간화합물의 내부에 형성되어 있는 것에 의하여, PCT 시험에서는 500 시간의 장시간까지 불량 발생이 없고, 양호한 고온 고습 특성이 확인되었다.

[0164] 실시예 C11 내지 C19에서는 반도체 소자를 175℃에서 200 시간 가열한 후에 접합부를 분석함으로써, 볼 접합부의 계면에 형성된 계면 농화층의 적어도 일부가, 전극의 주성분과 구리를 주성분으로 하는 확산층 또는 금속간화합물이 적어도 어느 하나의 내부에 형성되어 있는 것에 의하여, 고온에서의 접합 신뢰성이 향상하는 것을 확인할 수 있었다. 그 내역을 분류하면, 실시예 C11 내지 C16에서는 농화 금속이 Pd이며, 또한, 계면 농화층이 전술한 확산층 또는 금속간화합물의 내부에 형성되어 있기 때문에, 185℃의 초고온에서의 접합 신뢰성을 향상하는 높은 효과가 확인되었다. 실시예 C17 내지 C19에서는 농화 금속은 Pd가 아니기 때문에 접합 신뢰성을 향상시키는 것이 어려운 175℃의 고온에서의 신뢰성에 있어서, 계면 농화층이 전술한 확산층 또는 금속간화합물의 내부에 형성되어 있기 때문에, 접합 신뢰성이 향상되어 있는 것을 확인하였다. 비교로서 실시예 C20에서는 175℃로 200 시간 가열된 볼 접합부에 있어서 계면 농화층이 확산층 및 금속간화합물의 내부에는 형성되어 있지 않기 때문에, 185℃의 초고온에서의 접합 신뢰성은 반드시 충분하다고는 할 수 없었다.

[0165] 또한, 실시예 C12 내지 C16, C18, C19에서는 계면 농화층의 적어도 일부가 금속간화합물의 내부에 형성되어 있는 것으로, PCT 시험에서는 500 시간의 장시간까지 불량 발생이 없고, 양호한 고온 고습 특성이 확인되었다.

산업상 이용 가능성

[0166] 본 발명에서는 고온 보관에서의 접합 신뢰성이 우수하고, 또한 재료비가 금보다 저렴하며, 볼 접합성, 와이어 접합성 등도 개선함으로써, 협피치용 세션화, 파워계 IC 용도의 태경화에도 적용할 수 있는 본딩 와이어의 접합 구조 및 그 형성 방법을 제공하는 것이 가능하게 된다.

도면의 간단한 설명

[0049] 도 1은 본딩 와이어 장치의 일부에서, 본딩 와이어의 선단에 볼을 형성하는 공정이다.

[0050] 도 2는 본딩 와이어 장치의 윗쪽에서 본 투영도로, 본딩 와이어의 선단에 볼을 형성하는 공정이다.

[0051] 발명을 실시하기 위한 최선의 형태

[0052] 구리계 본딩 와이어의 고온에서의 접합 신뢰성을 개선하는 방책으로서, 접합부의 계면 또는 표면에 도전성 금속

의 농화층(각각 계면 농화층, 표면 농화층이라 한다)을 형성하는 것이 유효한 것임을 밝혀내었다. 이들 농화층을 형성하는 재료의 하나로서, 구리를 주성분으로 하는 심재와 구리 이외의 도전성 금속을 함유하는 외피층으로 구성된 복층 구리 와이어(이하, 복층 구리 와이어라고 한다)가 유효한 것을 확인하였다. 복층 구리 와이어의 외피층의 조성, 막 두께, 복층 구성 등을 적정화하는 것이 중요하다. 또한, 복층 구리 와이어의 신뢰성을 종합적으로 높이려면 불 접합부의 내부 및 표면에 기포, 기포 자국 등을 억제하는 것이 필요한데, 현행 주류인 단층 구조의 구리 본딩 와이어(이하, 단층 구리 와이어라고 한다)와는 다른 가스 분위기, 방전 조건 등의 적정화가 유효하다. 이하에, 본 발명의 상세를 설명한다.

[0053] 상기 농화층이란, 불 접합부의 중심부에 있어서의 도전성 금속의 농도보다도 상대적으로 농도가 높은 영역이다. 좋기로는 농화층에 포함되는 도전성 금속의 농도가 불 접합부의 중심부의 농도에 비하여 1.2배 이상이면, 농화층으로서의 특징이 나타난다. 더 좋기로는 상기 비율이 2배 이상이면, 농화층에 의한 개선 효과를 더 높이는 것이 용이하게 된다. 불 접합부의 계면 또는 표면에 있어서의 농화층의 형태가 층상으로 형성되어 있는 경우가 많기 때문에 본원에서는 농화층이라고 부른다. 농화층의 형태에 대하여, 반드시 연속적인 층상으로 한정되는 것은 아니며, 농화층의 일부가 불연속(단속적)으로 형성되어 있는 경우도 포함하는 것이다.

[0054] 구리를 주성분으로 하는 본딩 와이어의 접합 구조에 있어서는 상기 본딩 와이어에 의해 형성된 불 접합부에 있어서 전극과의 계면 근방에, 그 이외의 부분보다도 구리 이외의 도전성 금속의 농도가 높은 농화층인 계면 농화층을 구비하는 것이 좋다. 여기서, 계면이라 함은 불과 전극이 접합된 불 접합부의 경계 근방을 말한다. 구리 본딩 와이어와 알루미늄 전극과의 접합부가 고온 가열되면, 접합 계면에 Cu-Al계 금속간화합물이 형성된다. 이 금속간화합물의 성장에 따라 보이드가 발생하거나 또는 밀봉 수지로부터 방출되는 가스나 이온 등에 의하여 금속간화합물이 부식되는 것이 신뢰성 저하를 초래한다. 불과 전극을 접촉한 계면 근방에 도전성 금속의 계면 농화층이 형성됨으로써, 접합 계면에서의 Cu 원자와 Al 원자의 확산을 제어하고, 금속간화합물을 접합 계면 전체에 균일 성장시키는 동시에, 부식의 진전, 보이드의 성장을 억제함으로써, 접합부의 장기 신뢰성을 높일 수 있다. 이와 같은 계면 농화층의 작용은 알루미늄 전극에만 한정되는 것은 아니며, 전극 재료가 Au, Ag, Pd, Ni 등 이더라도 마찬가지로 접합 신뢰성을 향상시키는 효과를 얻을 수 있다.

[0055] 계면 농화층의 구리 이외의 도전성 금속의 농도가 0.05 내지 20 mol%인 영역의 두께가 0.1 μm 이상인 것이 좋다. 이것은 0.05 mol% 미만에서는 신뢰성의 개선 효과가 작고, 20 mol%를 초과하면 불부가 경화하여 칩 손상을 가할 염려가 있다. 좋기로는 0.2 내지 10 mol%이면, 반도체의 대표적인 가속 가열인 150°C 가열 시험에 있어서, 장기 신뢰성을 향상시키는 더 높은 효과를 얻을 수 있다. 또한, 좋기로는 0.1 내지 5 mol%이면 저온에서도 초기의 접합 강도를 높일 수 있기 때문에, BGA, CSP 등의 기판 접속에 유리하다. 상기 농도 범위의 영역의 두께가 0.1 μm 이상이면 전술한 작용 효과를 얻을 수 있고, 0.1 μm 미만에서는 개선 효과가 안정되지 않는다.

[0056] 계면 농화층의 두께는 0.2 μm 이상이면, 장기 신뢰성을 향상시키는 효과를 높일 수 있고, 더 좋기로는 0.5 μm 이상이면, 고온에서의 불 접합부의 수명을 연장시키는 더 높은 효과를 얻을 수 있다. 계면 농화층의 두께의 상한은 불 접합부의 장착 높이의 60% 이하, 또한 표면 농화층의 두께의 상한이 불 직경의 40% 이하이면, 접합성 등에 악영향을 미치지 않고, 양호한 접합성이 확보된다.

[0057] 불 접합부와 전극과의 계면에서는 전극의 주성분과 구리가 상호 확산함으로써, 확산층이나 금속간화합물이 형성되는 경우가 많다. 불 접합부에 확산층 또는 금속간화합물이 형성되는 경우에도, 계면 농화층을 형성함으로써, 고온에서의 접합 신뢰성을 향상시키는 효과를 높일 수 있다. 특히, 불 접합부의 계면에 형성된 계면 농화층의 적어도 일부가 전극의 주성분과 구리를 주성분으로 하는 확산층 또는 금속간화합물의 적어도 어느 하나의 내부에 형성된 본딩 와이어의 접합 구조인 것이 좋다. 상기 확산층 또는 금속간화합물의 내부에 형성된 도전성 금속의 계면 농화층(이하, 총칭하여 화합물 농화층이라고 부른다)은 접합 계면에서의 구리 및 전극의 주성분의 상호 확산을 제어하는 기능을 완수함으로써, 신뢰성 시험에서의 내열성을 10°C 이상 높일 수 있다. 전술한 불량 메커니즘인 금속간화합물의 부식 등에 의하여 접합 강도가 저하하거나, 전기 저항이 증가하는 불량이 발생한다. 화합물 농화층은 불량 발생 시간을 연장하는데 유효하고, 그 역할의 하나로 수지로부터 발생한 가스 또는 이온 등이 불 접합부의 계면으로 이동하는 것을 차단하는 장벽(barrier) 기능을 하는 것으로 생각된다. 접합부의 계면 근방에 있어서, 도전성 금속이 농화하는 영역이 확산층 또는 금속간화합물에 한정되는 경우, 즉, 도전성 금속이 주로 상기 화합물 농화층에 집중되는 경우에도, 충분한 고온 신뢰성을 얻을 수 있다. 또한, 확산층 또는 금속간화합물에 농화하는 화합물 농화층과 접합 계면에 가까운 구리 불에 형성되는 농화 영역이 공존함으로써, 접합 신뢰성의 개선 효과가 더 한층 높아진다.

[0058] 또한, 상기 농화층의 적어도 일부가 확산층 또는 금속간화합물의 적어도 어느 하나의 내부에 형성되고, 상기 도

전성 금속의 농도가 0.5 내지 30 mol%인 영역의 두께가 0.01 μm 이상이어서, 가열에 의한 금속간화합물의 부식 등을 억제하여 접합 신뢰성을 향상하는 효과를 얻을 수 있다. 화합물 농화층에 있어서의 상기 도전성 금속의 농도가 0.5 mol% 이상이면 부식을 억제하는 충분한 배리어 작용이 있다. 한편, 화합물 농화층에 있어서의 상기 도전성 금속의 농도가 30 mol%를 넘기 위해서는 구리 본딩 와이어에 포함되는 도전성 금속의 농도를 현저하게 높이는 등 특수한 재료로 할 필요가 있고, 접합성이 저하하는 등 폐해도 많아서, 와이어 본딩의 요구 특성을 만족할 수 없는 경우가 있다. 좋기로는 상기 농도 범위가 2 내지 20 mol%인 영역의 두께가 0.01 μm 이상인 것에 의하여, 접합 신뢰성을 향상하는 효과를 한층 더 높일 수 있다. 상기 농도 범위의 영역의 두께가 0.01 μm 이상이면 전술한 충분한 작용 효과를 얻을 수 있고, 0.01 μm 미만에서는 신뢰성을 개선하는 효과가 안정되지 않기 때문이다.

[0059] 좋기로는 농화층을 함유하는 확산층 또는 금속간화합물의 위치는 구리 볼에 가까운 쪽에 형성됨으로써, 전극 바로 아래에 대한 손상을 저감하는 효과도 높다. 이것은 구리 볼로부터 먼 칩 측의 계면에 형성된 확산층 또는 금속간화합물이 농화층을 함유함으로써, 열 팽창 차, 잔류 변형 등에 의하여 전극 바로 아래에 크랙, 계면 박리 등의 불량 발생에 비해, 구리 볼에 가까운 쪽의 확산층 또는 금속간화합물의 내부에 농화하는 경우에는 전극 바로 아래에 대한 악영향을 경감할 수 있기 때문이다.

[0060] 상기 확산층이란, 전극의 주성분과 구리에 의하여 주로 구성되는 불규칙 합금으로, 농도 구배가 있는 경우가 많다. 상기 확산층에 포함되는 전극의 주성분의 농도는 1 내지 30 mol%의 범위인 것이 좋다. 그 이유는 1 mol% 미만이면, 농화층이 확산층 내에 형성되더라도, 전술한 접합 신뢰성을 향상시키는 효과가 작고, 한편, 30 mol%를 넘어 고용되는 확산층의 형성은 불안정하게 되는 경우가 있기 때문이다. 확산층의 내부에 농도 구배가 있는 것도 좋다. 이것은 농도 구배가 열 응력의 집중을 완화시킴으로써, 봉지 수지의 열 팽창 등의 외력에도 견디고, 불 접합부가 충분한 접합 강도를 유지할 수 있기 때문이다. 예를 들면, 전극이 알루미늄 합금(Al-Si, Al-Cu, Al-Si-Cu)인 경우에는, 확산층이란, Al을 3 내지 22 mol%의 영역에서 함유하는 Al과 Cu와 도전성 금속인 것이 좋다. Al을 3 내지 22 mol% 함유하는 Cu-Al계의 확산층은 비교적 용이하게 성장시킬 수 있고 도전성 금속을 농화하더라도 안정되어 있고, 접합 신뢰성을 향상시키는 효과도 높기 때문이다.

[0061] 상기 금속간화합물이란, 전극의 주성분과 구리에 의하여 주로 구성되는 규칙 합금이고, 이 규칙성이 있는 점이 확산층과는 다르다. 평형 상태에서 존재가 알려져 있는 금속간화합물 중에서 어떠한 상이 불 접합부에서도 형성되는 경우가 대부분이다. 전극의 주성분과 구리를 주성분으로 하는 2원계의 금속간화합물 상이 도전성 금속을 함유하는 경우와, 또는 전극의 주성분과 구리와 도전성 금속의 3원계의 금속간화합물 상이 형성되는 경우로 분류되며, 어느 것이나 양호한 접합 신뢰성을 얻을 수 있다. 특히, 농화층이 금속간화합물의 내부에 형성되어 있으면, 접합 신뢰성을 향상시키는 높은 효과를 얻을 수 있고, 그 중에서도 고온 고습 가열인 PCT 시험(Pressure Cocker Test)에서의 신뢰성을 향상시키는 효과가 높으며, 예를 들면 PCT 시험에서의 수명을 1.2배 이상으로 연장하는 것도 가능하다. 개선 기구의 상세는 아직 분명하게 밝혀지지 않았지만, 금속간화합물의 내부에 형성된 농화층이 불 접합부에 대한 수분의 침입을 막거나 접합 계면에서의 확산 및 금속간화합물의 성장에 영향을 미침으로써, PCT 시험의 신뢰성이 향상되고 있다고 생각할 수 있다. 또한, 농화층이 금속간화합물의 내부에 한정되어 있는 경우에도, 고온 가열과 PCT 시험 두 가지 모두에서도 높은 신뢰성을 얻을 수 있다.

[0062] 구체적인 사례로서, 예를 들면 가장 일반적인 재료로서 전극이 알루미늄 합금(Al-Si, Al-Cu, Al-Si-Cu)인 경우에는 금속간화합물 상으로서, 2원계 금속간화합물 상에서는 CuAl_2 , CuAl, Cu_9Al_4 상인 것이 좋고, 이들 금속간화합물이 적어도 어느 하나가 하나의 상의 내부에 도전성 금속을 농화시킴으로써 접합 신뢰성이 향상된다. 또한, 상기 알루미늄 합금의 전극 위의 불 접합부에 있어서, 알루미늄과 구리와 이 도전성 금속과의 3원계 금속간화합물 상이 형성되는 경우에는 이 3원계의 금속간화합물 상의 내부에 도전성 금속이 농화되어 있는 것에 의해, PCT 시험 등의 접합 신뢰성이 한층 더 향상된다. 좋기로는 상기 도전성 금속의 농도가 1 내지 20 mol%인 것에 의해, PCT 시험에서의 접합 신뢰성을 향상시키는 높은 효과를 얻을 수 있다.

[0063] 이들 농도 해석 수법에 대하여, 접합 단면에 있어서 EPMA(전자선 마이크로 분석법), EDX(에너지 분산형 X선 분석법), AES(오제 분석) 등을 사용하여 점 분석 또는 선 분석하는 수법을 이용할 수 있다. 분석 면적은 직경 0.1 μm 이상의 영역 내에서의 평균 농도로 나타내는 것이 좋고, 더 좋기로는 1 μm 이상의 영역 내에서의 평균 농도이면 분석 정밀도가 향상된다. 농화의 장소를 특정할 수 없는 경우 등에는 접합 계면의 근방에 있어서의 선 분석이 좋다. 계면 농화층의 위치가 명확한 경우에는 점 분석은 간편한 수법이다. 점 분석에서 농화의 유무를 평가하려면, 농화 영역과 불 접합부의 내부에서 접합 계면으로부터 충분히 떨어진 영역의 적어도 두 부분에서 분석하는 것이 좋다.

- [0064] 선 분석은 기본적으로는 접합 계면 근방을 사이에 둔 영역을 분석할 필요가 있고, 선 분석의 시점, 중점에 관하여서는 확산층 또는 금속간화합물이 생성되고 있는 경우와 생성되고 있지 않는 경우로 나누어 설명한다. 확산층 또는 금속간화합물이 생성되고 있는 경우에는 이 확산층 또는 금속간화합물의 모든 층을 사이에 둔 영역에서 선 분석을 실시하고, 그 시점, 중점은 확산층 및 금속간화합물의 모든 층의 양단으로부터 볼 측 및 전극 측에 적어도 2 μm 이상 떨어진 곳인 것이 좋다. 한편, 확산층 또는 금속간화합물이 생성되어 있지 않거나, 또는 그 존재가 명확하지 않은 경우에는 볼 접합부의 초기의 접합 계면으로부터 볼 측 및 전극 측에 적어도 2 μm 이상 떨어진 곳을 선 분석의 시점 또는 중점으로 하는 것이 좋다. 이러한 선 분석의 수법에 의하여, 볼 접합부의 계면에 형성된 농화층을 비교적 용이하게 확인할 수 있다.
- [0065] 상기 계면 농화층의 분석은 출하된 반도체의 최종 제품, 또는 전자기기에 장착되어 실제로 사용되고 있는 반도체 중 어느 것에서 실시하여도 좋다. 즉, 농화층의 농도 또는 두께는 전자(前者)의 출하 단계 또는 기사용 단계의 어느 반도체를 사용하여 접합부를 관찰하더라도, 본 발명의 범위 내이면, 그 작용 효과를 제공할 수 있다.
- [0066] 또한, 볼 접합부의 표면에 표면 농화층을 형성함으로써 접합부의 산화를 방지할 수 있다. 즉, 구리를 주성분으로 하는 본딩 와이어와 전극을 접속한 본딩 와이어의 접합 구조에 있어서는, 이 본딩 와이어에 의하여 형성된 볼 접합부의 표면에, 그 이외의 부분보다 구리 이외의 도전성 금속의 농도가 높은 농화층인 표면 농화층을 가지는 것이 좋다. 표면 농화층의 형성에 의하여, 수지 봉지된 후의 구리 볼부에 대한 산소의 침입, 수분의 흡착 등을 억제하는 보호 기능이 작용하고, 볼 표면에서의 산화막의 성장 또는 구리의 부식 등을 억제한다. 또한, 다른 실용 효과에서는 본딩 중의 고온 스테이지 상에서의 가열, 봉지 공정 및 그 후의 열처리 등으로 가열되더라도, 접합부 표면의 산화 억제에 의한 접합 신뢰성을 높일 수 있다.
- [0067] 볼 접합부 표면의 표면 농화층에 있어서, 구리 이외의 도전성 금속의 농도가 0.05 내지 10 mol%인 범위의 영역이 0.1 μm 이상인 것이 좋다. 표면 농화층이 이 농도 범위이면, PCT 시험 등의 고온 고습 환경에서도 접합부 신뢰성을 향상시키는 충분한 효과를 얻을 수 있다. 0.05 mol% 미만에서는 산화를 억제하는 효과가 작고, 10 mol%를 넘으면, 전극과의 초기의 접합 강도가 저하되기 때문이다. 좋기로는 0.2 내지 4 mol%이면, 볼 접합부의 꽃잎 변형을 억제함으로써 진원성을 향상시킬 수 있다. 좋기로는 0.3 내지 4 mol%이면, 고온 고습 환경에서의 신뢰성을 한층 더 향상시키는 효과가 높아진다. 상기 농도 범위의 영역이 0.1 μm 이상이면, 신뢰성을 향상시키는 것이 가능하다. 또한, 표면 농화층의 두께는 0.5 μm 이상이면 신뢰성을 향상시키는 작용이 높아지고, 더 좋기로는 1 μm 이상이면, 볼 표면의 산화가 경감되는 더 높은 효과를 얻을 수 있다.
- [0068] 볼 접합부의 표면 농화층의 확인은 EPMA, EDX, 오제 분광 분석 등을 이용하여, 볼 표면을 분석함으로써 평가할 수 있다. 볼 접합부의 표면에서의 농도 분포가 있는 경우에는 동일 접합부 표면의 2 부분 이상의 농도로 판정할 수 있다. 오제 분광 분석에서는 표면을 스퍼터링하면서 깊이 방향으로 분석하는 것이 상기 조성, 막 두께의 평가에 유효하다.
- [0069] 이상에서는 농화층 내에서의 농도 값을 이용하였지만, 주목하는 도전성 금속의 농화층 내에서의 농도가 볼 내부에서의 농도에 대한 비율이 농화의 정도를 나타내는 중요한 척도가 된다. 즉, 볼 접합부의 전극과의 계면 근방에 형성된 계면 농화층, 또는 볼 접합부의 표면에 형성된 표면 농화층에 함유되는 구리 이외의 도전성 금속의 농도가 볼 접합부의 내부에 있어서의 농화층 이외에 있어서의 이 도전성 금속의 평균 농도에 대한 농도비가 5배 이상인 반도체 소자인 것이 좋다. 이 농도비가 5배 이상이면 접합부의 장기 신뢰성과 웨지 접합성의 향상을 동시에 만족하는 것이 가능하다. 더 좋기로는 이 농도비가 10배 이상이면, 접합부의 장기 신뢰성과 칩 손상의 저감을 양립하는 효과를 높일 수 있다. 표면 농화층은 볼 표면의 농도 측정을 실시하고, 볼 내부의 농도에서는, 예를 들면 볼 접합부의 연마 단면의 3 부분 이상에서 측정한 농도의 평균값을 이용할 수 있다.
- [0070] 계면 농화층 또는 표면 농화층에 있어서 농화하는 도전성 금속으로서 Pd, Pt, Au, Ag, Rh, P, Sn 등이 유효하다. 이들 도전성 금속이면, 접합부에서의 금속간화합물의 성장을 저해하지 않고, 신뢰성을 향상시키는 높은 효과를 얻을 수 있다. 더 좋기로는 농화층의 주성분이 Pd, Pt, Rh 중 적어도 1종과 구리의 합금이면 접합 신뢰성을 향상시키는 개선 효과가 현저하다. 더 좋기로는 주성분이 Pd와 구리의 합금이면, 더 심한 고온 환경에서의 장기 신뢰성도 향상시키는 효과를 높일 수 있다. 구체적인 예로서 구리 중에 Pd가 농화된 계면 농화층의 두께가 0.5 μm 이상이면, 차량 탑재 IC 용도의 가혹한 평가인 175°C에서의 가열 평가에서도 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0071] 전술한 계면 농화층 또는 표면 농화층을 가진 접합 구조에 대하여, 루프를 형성하는 통상의 와이어 본딩 방법으로 형성한 볼 접합부, 또는 스티드 범프법으로 형성한 볼 접합부 중 어느 것이라도 무방하다. 양자의 차이는 루

프를 형성하는지 여부이며, 두 가지 모두 불 접합부의 구조, 요구되는 신뢰성 등은 거의 동일하다.

- [0072] 반도체의 접합부의 장기 신뢰성에 관하여, 불량률의 발생이 확인되는 것은 반도체가 실제로 장기간 사용되고 있을 때이고, 제조 직후에 불량률을 검출하는 것은 곤란한 경우가 많다. 이에 반도체의 신뢰성 시험에서는 평가의 단축을 위하여 가속 평가 시험을 실시하는 것이 일반적이다. 구체적으로는, 고온 가열 시험, 고온 고습시험(PCT), 열 사이클 시험(TCT) 등이 널리 실시되고, 각각의 시험에서 신뢰성의 요구 기준 등이 기술 규격화되어 있다. 반도체에서는 제조 직후에는 문제가 없더라도, 신뢰성 시험에서 불량률이 확인되는 경우가 많다. 따라서, 가속 평가 시험에서의 우열을 판정의 지표로 사용하는 경우가 많고, 접합부의 신뢰성에 대하여도 가속 가열하고 나서 평가할 수 있다.
- [0073] 가속 가열 처리를 한 후에 접합부를 조사하고, 상기 계면 농화층을 관찰하는 수법이 더 효율적이고 유효한 평가 방법이다. 농화층이 형성되어 있는지 어떤지의 가부를 결정하는 것은 어디까지나 본딩 와이어를 전극에 접합한 단계의 계면 구조이며, 그 후의 가속 가열 처리의 역할은 계면 농화층을 두껍게 하여 관찰의 효율, 정밀도를 높이고 있을 뿐이다. 가속 가열 처리를 한 후에 계면 농화층을 관찰하는 수법에서는 계면 농화층의 평가 및 분석이 용이한 것이 이점이다.
- [0074] 불 접합부를 175℃에서 200 시간 가열한 후에, 불 접합부의 계면에 형성된 농화층이 도전성 금속의 농도가 1 mol% 이상인 영역의 두께로서 0.2 μm 이상인 본딩 와이어의 접합 구조인 것이 좋다. 175℃에서 200 시간 가열함으로써 농화층을 두껍게 하고 있고, 1 mol% 이상이면 농도 측정이 비교적 용이하며, 1 mol% 이상인 영역의 두께가 0.2 μm 이상이면, 양호한 접합 신뢰성을 얻을 수 있기 때문이다. 전술한 본딩 와이어의 접합부는 도전성 금속의 농도가 0.05 내지 20 mol%인 영역의 두께가 0.1 μm 이상이며, 이 본딩 와이어의 접합부가 175℃에서 200시간 가열하였을 때에 관찰되는 농화층에 상당하는 것으로 생각된다.
- [0075] 이 때, 가속 가열 처리의 목적은 계면 농화층을 두껍게 하는 것이고, 가열 온도, 시간은 상기 범위에 한정되지 않는다. 농화층은 확산속이기 때문에, 농화층의 두께는 가열 시간의 제곱근에 비례하므로, 가열 시간이 변화하더라도 상기 농화층의 두께를 산출하는 것이 가능하다. 예를 들면, 상기 가열 시간이 2배인 400시간이 되면, 농화층의 두께는 2^{1/2} 배이고, 0.28 μm 이상인 것이 좋다. 또한, 가열 온도를 높임으로써 평가 시간을 단축할 수 있는 이점이 있기 때문에, 250℃ 가열도 유효하다. 상기 가열 조건과 확산층의 관계를 200℃로 환산하면, 200℃에서 100 시간 가열한 후에, 도전성 금속의 농도가 2 mol% 이상인 영역의 두께가 0.4 μm 이상인 것으로 대체되는 것을 확인하였다.
- [0076] 상기 농화층을 형성하는 재료로서 구리를 주성분으로 하는 심재와 이 심재 위에 심재와 성분이 다른 도전성 금속을 주성분으로 하는 외피층을 가진 복층 구리 와이어에 의하여 접속되는 것이 좋다. 도전성 금속을 첨가하여 합금화시킨 단층 구리 와이어에서도 접합 신뢰성을 높일 수 있지만, 복층 구리 와이어를 추가로 사용함으로써 접합 신뢰성을 향상시키는 효과가 더 높아지고, 또한 와이어 표면의 산화를 억제하는 효과도 얻을 수 있다. 단층 구리 와이어로 전술한 계면 농화층 또는 표면 농화층을 형성하기 위하여, 와이어 중의 합금 원소의 첨가 농도를 증가시키면, 불부가 경화하여 접합 시에 칩 손상을 일으키는 것이 문제가 되는 경우가 많다. 이에 비해, 복층 구리 와이어에서는 외피층 두께, 조성, 구조 등을 적정화함으로써, 본딩 와이어 성능을 종합적으로 향상시킬 수 있는 이점도 있다.
- [0077] 외피층을 구성하는 도전성 금속은 Au, Pt, Pd, Rh 등의 귀금속 원소를 주성분으로 함으로써, 와이어 표면의 산화를 억제하는 효과를 얻을 수 있다. 접합성, 루프 형상 등의 종합 특성을 향상시키기 위하여, 본딩 와이어의 사용 성능을 종합 평가한 바, 그 중에서도 외피층을 구성하는 도전성 금속이 Pd, Pt 중 적어도 1종인 것이 특성 향상에 유리하다는 것이 확인되었다.
- [0078] 상기 외피층을 구성하는 주요한 도전성 금속이 Pd, Pt 중 적어도 1종인 본딩 와이어를 사용함으로써, 접합 신뢰성을 높이는 현저한 효과를 얻을 수 있는 동시에 불 접합성, 웨지 접합성, 본딩 와이어의 장수명화 등을 종합적으로 만족할 수 있다. 즉, 구리를 주성분으로 하는 심재와 이 심재 위에 Pd, Pt의 적어도 1종을 주성분으로 하는 외피층을 가진 본딩 와이어를 사용하여, 접합 계면의 계면 농화층 또는 불 표면의 표면 농화층을 가진 접합부인 반도체 소자인 것이 좋다. 여기서의 주성분이란 농도가 20 mol% 이상인 경우에 상당한다. 더 좋기로는 Pd가 더 우수한 웨지 접합성을 얻을 수 있고, 웨지 접합부의 초기의 접합 강도를 단층 구리 와이어보다 1.5 내지 3배까지 증가시킬 수 있다.
- [0079] 좋기로는 외피층의 표면에 있어서의 구리 이외의 도전성 금속의 농도가 30 mol% 이상이면, 양산에 있어서의 불 형성 시의 방전이 안정화하여, 초기 불의 진구성을 향상시킬 수 있다. 더 좋기로는 60 mol% 이상이면, 초기 불

의 표면 요철을 감소시켜 평활한 표면 성상을 얻는 효과가 확인되었다.

- [0080] 외피층의 두께는 0.002 내지 0.8 μm 의 범위인 것이 좋은데, 양호한 웨지 접합성을 얻을 수 있고, 볼 접합성의 향상 효과도 높일 수 있기 때문이다. 두께가 0.002 μm 미만이면 구리 본딩 와이어의 산화 억제, 접합성 등이 단층 구리 와이어 보다 향상된 효과를 얻지 못하고, 또한 너무 얇아서 막 두께를 정확하게 제어하는 것이 곤란하며, 0.8 μm 초과이면 볼부가 경화하여 칩 손상을 일으킬 우려가 있다. 더 좋기로는 외피층의 두께가 0.01 내지 0.5 μm 의 범위이면, 웨지 접합 강도를 증가시키는 효과가 증진되고, 와이어 깎임 등의 저감에 의한 캐피러리 수명의 연장 효과도 얻을 수 있다. 더 좋기로는 외피층의 두께가 0.01 내지 0.2 μm 의 범위이면, 웨지 접합성을 높이면서 볼 접합부의 칩 손상을 저감하는 효과를 한층 더 높일 수 있다. 이와 같은 막 두께와 특성과의 관련은 외피층을 구성하는 도전성 금속이 Pd, Pt 중 적어도 1종인 경우에 더 현저하게 된다.
- [0081] 심재와 외피층의 사이에 농도 구배가 있는 확산층을 형성함으로써, 양립이 어렵다고 여겨지던 루프 제어성과 웨지 접합성을 동시에 높이는 효과가 기대된다. 즉, 심재의 주성분이 구리이고, 외피층을 구성하는 도전성 금속이 Pd, Pt 중 적어도 1종이며, 심재와 외피층의 사이에 Pd, Pt 중 적어도 1종과 구리가 농도 구배를 가진 확산층을 함유하는 본딩 와이어를 사용하여 접합 계면의 계면 농화층 또는 볼 표면의 표면 농화층을 가진 접합부인 반도체 소자인 것이 좋다.
- [0082] 외피층은 구리와 도전성 금속을 함유하는 합금으로 구성되고, 또한 외피층 내부에 도전성 금속과 구리가 농도 구배를 가진 확산층이 포함되어 있는 것이 유효하다. 즉, 외피층 내에 있어서, 와이어 지름 방향으로 도전성 금속과 구리의 농도 구배를 가진 확산층의 두께가 0.001 내지 0.5 μm 인 본딩 와이어인 것이 좋다. 농도 구배를 가짐으로써, 도전성 금속은 외피층 전체가 균일 농도인 경우보다, 심재와 외피층의 밀착성과 복잡한 소성 변형을 받는 루프 시의 제어성을 동시에 향상시킬 수 있다.
- [0083] 이 때, 확산층이 표면까지 도달하여, 외피층이 모두 확산층으로 형성됨으로써, 루프의 불균일을 억제하는 효과가 한층 높아진다. 이 확산층을 표면까지 형성하는 것은 전술한 외피층의 표면에 있어서의 Pd 농도의 조정에도 유효하다.
- [0084] 외피층 내의 농도 구배는 깊이 방향으로의 농도 변화의 정도가 1 μm 당 10 mol% 이상인 것이 좋다. 좋기로는 0.1 μm 당 10 mol% 이상이면, 외피층과 심재의 다른 특성을 해치지 않고, 상호 이용하는 높은 효과를 기대할 수 있다. 농도 구배를 가진 외피층과 심재의 경계에 대하여, 농도 구배의 양단에 있어서의 농도 값의 차분의 중간 농도에 상당하는 부위를 경계로 하는 것이 좋다.
- [0085] 도전성 금속의 농도 구배의 영역은 반드시 외피층 전체가 아니라, 부분적이어도 좋다. 또한, 복수의 도전성 금속을 가진 경우에는 적어도 1종 이상의 도전성 금속이 농도 구배를 가지고 있으면, 접합성, 루프 제어 등의 특성 향상을 얻을 수 있고, 포함되는 도전성 금속에 의하여 농도 구배의 거동이 다름으로써, 단독의 도전성 금속의 경우보다 더 특성을 향상시킬 수 있는 경우도 있다.
- [0086] 농도 구배는 표면으로부터 깊이 방향을 향하여 농도가 저하하는 경향이면, 외피층과 심재와의 밀착성의 향상 등에 유리하다. 이 농도 구배의 형성법에 대하여, 도전성 금속 원소와 구리 원소와의 확산에 의하여 형성된 영역인 것이 좋다. 이것은 확산으로 형성된 층이면, 국소적인 박리, 크랙 등의 불량 발생의 가능성이 낮고, 연속적인 농도 변화의 형성 등이 용이한 등의 이점이 많기 때문이다.
- [0087] 생산성 및 품질 안정성 등의 면에서, 외피층 내의 농도 구배는 연속적으로 변화하고 있는 것이 적합하다. 즉, 농도 구배의 기울기의 정도는 외피층 내에서 반드시 일정할 필요는 없고, 연속적으로 변화하고 있어도 좋다. 예를 들면, 외피층과 심재와의 계면 또는 최표면 근방 등에서의 농도 변화의 기울기가 외피층의 내부와 달라져 있거나, 지수 함수적으로 농도가 변화하고 있거나 하는 경우에도 양호한 특성을 얻을 수 있다.
- [0088] 외피층의 농도 분석에 대하여, 본딩 와이어의 표면으로부터 스퍼터 등에 의하여 깊이 방향으로 파고들어 가면서 분석하는 수법, 또는 와이어 단면에서의 라인 분석 또는 점 분석 등이 유효하다. 전자는 외피층이 얇은 경우에 유효하지만, 두꺼워지면 측정 시간이 너무 걸린다. 후자의 단면에서의 분석은 외피층이 두꺼운 경우에 유효하고, 또한, 단면 전체에서의 농도 분포나, 몇 개의 부분에서의 재현성의 확인 등이 비교적 용이하다는 것이 이점이지만, 외피층이 얇은 경우에는 정밀도가 저하된다. 본딩 와이어를 경사 연마하고, 확산층의 두께를 확대시켜 측정하는 것도 가능하다. 단면에서는 라인 분석이 비교적 간편하지만, 분석의 정밀도를 향상시키고 싶을 때에는 라인 분석의 분석 간격을 좁게 하거나, 계면 근방의 관찰하고자 하는 영역으로 좁힌 점 분석을 실시하는 것도 유효하다. 이들 농도 분석에 사용하는 해석 장치에서는 EPMA, EDX, 오제 분광 분석법, 투과형 전자 현미경(TEM) 등을 이용할 수 있다. 또한, 평균적인 조성의 조사 등에는 표면으로부터 단계적으로 산 등에 용해하여,

그 용액 중에 포함되는 농도로부터 용해 부위의 조성을 구하는 것 등도 가능하다.

- [0089] 본 발명의 본딩 와이어를 제조함에 있어서, 심재와 외피층을 형성하는 공정과 구리 원소의 외피층 내의 농도 구배 및 최표면에 노출하는 열처리 공정이 필요하다.
- [0090] 외피층을 구리의 심재의 표면에 형성하는 방법으로는 도금법, 증착법, 용융법 등이 있다. 도금법으로는 전해 도금, 무전해 도금법 중 어느 것으로도 제조 가능하다. 스트라이크 도금이나 플러쉬 도금이라 불리는 전해 도금에서는 도금 속도가 빠르고, 하지와의 밀착성도 양호하다. 무전해 도금에 사용하는 용액은 치환형과 환원형으로 분류되고, 막이 얇은 경우에는 치환형 도금만으로도 충분하지만, 두꺼운 막을 형성하는 경우에는 치환형 도금의 후에 환원형 도금을 단계적으로 실시하는 것이 유효하다. 무전해법은 장치 등이 간편하고 용이하지만, 전기 분해법보다 시간을 요한다.
- [0091] 증착법에서는 스퍼트법, 이온 플레이팅법, 진공 증착 등의 물리 흡착과 플라즈마 CVD 등의 화학 흡착을 이용할 수 있다. 모두 건식이며, 막 형성 후의 세정이 불필요하고, 클리닝 시의 표면 오염 등의 걱정이 없다.
- [0092] 도금 또는 증착을 실시하는 단계에 대하여, 목적으로 하는 선 지름으로 도전성 금속 막을 형성하는 수법과 태경(太徑)의 심재에 막 형성하고 나서, 목적으로 하는 선 지름까지 복수 회 신선하는 수법 모두 유효하다. 전자의 최종 지름에서의 막 형성에서는 제조, 품질 관리 등이 간편하고, 후자의 막 형성과 신선의 조합에서는 막과 심재와의 밀착성을 향상시키는데 유리하다. 각각의 형성법의 구체적인 예로서, 목적으로 하는 선 지름의 구리 선에, 전해 도금 용액 중에 와이어를 연속적으로 스위핑하면서 막을 형성하는 수법, 또는 전해 또는 무전해의 도금 욕 중에 굵은 구리선을 침지하여 막을 형성한 후에, 와이어를 신선하여 최종 지름에 도달하는 수법 등이 가능하다.
- [0093] 상기 수법에 의하여 형성된 외피층과 심재를 사용하여 외피층 중에 구리의 농도 구배 및 최표면에 구리를 노출시키는 공정으로서 가열에 의한 확산 열처리가 유효하다. 이것은 외피층과 심재의 계면에서, 구리와 도전성 금속과의 상호 확산을 조장하기 위한 열처리이다. 와이어를 연속적으로 스위핑하면서 열처리를 실시하는 방법이 생산성 및 품질 안정성이 우수하다. 그러나, 단순하게 와이어를 가열한 것만으로는 외피층의 표면 및 내부에서의 구리의 분포를 제어할 수 있는 것은 아니다. 통상의 와이어 제조에 사용되는 가공 변형 제거 소둔을 그대로 적용하더라도, 외피층과 심재와의 밀착성의 저하에 의하여 루프 제어가 불안정하게 되거나 캐피러리 내부에 와이어가 낀 부스러기가 퇴적하여 막힘이 발생하거나, 또한 표면에 노출된 구리가 산화하여 접합 강도가 저하하는 등의 문제를 완전하게 해결하기는 어렵다. 이에 열처리의 온도, 속도 및 시간 등의 제어가 중요하다.
- [0094] 바람직한 열처리법으로서 와이어를 연속적으로 스위핑하면서 열처리를 실시하고, 또한, 일반적인 열처리인 로(爐) 내 온도를 일정하게 하는 것이 아니라 로 내에서 온도 경사를 만들어서, 본 발명이 특징으로 하는 외피층 및 심재를 가진 본딩 와이어를 양산하는 것이 용이하게 된다. 구체적인 사례에서는 국소적으로 온도 경사를 도입하는 방법, 온도를 로 내에서 변화시키는 방법 등이 있다. 본딩 와이어의 표면 산화를 억제하는 경우에는 N₂나 Ar 등의 불활성 가스를 로 내에 흘려보내면서 가열하는 것도 유효하다.
- [0095] 이와 같은 온도 경사 또는 온도 분포가 있는 열 처리는 생산성이라는 측면에서는 최종 선 지름으로 실시하는 것이 바람직하지만, 한편으로, 열처리 후에 선을 실시함으로써, 표면의 산화막을 제거하여 저온에서의 접합성을 향상시키거나, 나아가 신선과 변형 제거 소둔을 병용함으로써, 캐피러리 내부에서의 와이어 낀음을 저감하거나 하는 효과 등도 얻을 수 있다.
- [0096] 또한, 용융법에서는 외피층 또는 심재의 어느 하나를 용융시켜 주입하는 수법인데, 1 내지 50 mm 정도의 태경으로 외피층과 심재를 접촉한 후에 신선함으로써 제조성이 우수하고, 도금, 증착법에 비하여 외피층의 합금 성분 설계가 용이하며, 강도, 접합성 등의 특성 개선도 용이한 등의 이점이 있다. 구체적인 공정에서는 미리 제작한 심선의 주위에, 용융한 도전성 금속을 주입하여 외피층을 형성하는 방법과 미리 제작한 도전성 금속의 중공 원주를 사용하여 그 중앙부에 용융한 구리 또는 구리 합금을 주입함으로써 심선을 형성하는 방법으로 나눌 수 있다. 좋기로는 후자의 중공 원주의 내부에 구리의 심재를 주입하는 것이 외피층 중에 구리의 농도 구배 등을 안정적으로 형성하는 것이 용이하다. 이 때, 미리 제작한 외피층 중에 구리를 소량 함유시켜 두면, 외피층의 표면에서의 구리 농도의 제어가 용이하게 된다. 또한, 용융법에서는 외피층에 Cu를 확산시키기 위한 열처리 작업을 생략하는 것도 가능하지만, 외피층 내의 Cu의 분포를 조정하기 위하여 열처리를 실시함으로써 한층 더 특성 개선을 이룰 수 있다.
- [0097] 또한, 이와 같은 용융 금속을 이용하는 경우, 신선과 외피층의 적어도 어느 한 쪽을 연속 주조로 제조하는 것도 가능하다. 이 연속 주조법에 의하여, 상기 중공 원주 내부에 주입하는 방법과 비교하여, 공정이 간략화되거나,

또한 선 지름을 가늘게 하여 생산성을 향상시키는 것도 가능하게 된다.

[0098] 전술한 볼 접합부의 계면에 형성된 계면 농화층의 적어도 일부가, 전극의 주성분과 구리를 주성분으로 하는 확산층 또는 금속간화합물의 적어도 어느 하나의 내부에 형성된 본딩 와이어의 접합 구조를 형성하는 수단으로서 구리를 주성분으로 하는 심재와 도전성 금속을 주성분으로 하는 외피층을 가진 상기 복층 구리 와이어에 의하여 접속하는 것이 유효하다. 이것은, 복층 구리 와이어라면, 외피층의 성분, 두께, 농도 구배, 조성 등을 조정함으로써, 접합 계면에서의 농화층의 분포 두께 등을 제어하는 것이 용이하기 때문이다. 예를 들면, 계면 농화층을 금속간화합물의 내부에 형성하려면, 외피층의 두께를 증가시키거나 도전성 금속의 비율을 높이거나 또는, 외피층과 심재와의 계면을 형성한 확산층의 조성을 제어하는 것 등이 유효한 경우가 많다. 또한, 금속간화합물의 내부에 있어서의 계면 농화층의 형성을 조장하는 접속 기술로서 볼 형성 시의 분위기 가스에 질소 가스를 사용하는 것이 유효하다. 이것은 볼을 형성하기 위한 아크 방전에 있어서, 볼 표면의 산화를 억제하면서, 볼 표면에서의 도전성 금속의 편석을 촉진하는 것이, 접합부에 성장하는 금속간화합물의 내부에 있어서의 농화층의 형성을 촉진하는 것으로 이어지기 때문이라고 생각된다.

[0099] 복층 구리 와이어의 접합 신뢰성을 더 정밀 조사하여, 해결하여야 할 문제로서 볼 접합부의 편심 변형이 일어나기 쉬운 것, 기포 및 기포 자국이 생성되는 것이 확인되고, 각각의 불량에서 다른 개선 방법이 유효하다는 것이 판명되었다. 편심의 저감에는 방전 조건의 적정화가 유효하고, 접합부의 기포 및 기포 자국의 발생을 억제하려면, 볼 형성시의 분위기 가스의 선정이 유효한 것을 밝혀내었다. 각각의 불량 현상, 개선 방법에 대하여는 후술한다. 모두 단층 구리 와이어이더라도 효과는 인정되지만, 특히 복층 구리 와이어에 적용함으로써 작용 효과를 높일 수 있다.

[0100] 본딩 와이어의 선단과 방전 토치의 선단이 이루는 각도가 와이어 길이 방향으로부터 60도 이내이며, 그 방전 토치와 와이어 선단과의 사이에 아크 방전을 형성하여 볼부를 형성하는 본딩 와이어의 접합 구조의 형성 방법이 좋다. 도 1에는 볼을 형성하는 공정에 관한 와이어 본딩 장치의 일부를 나타내고 있는데, 와이어(1)와 방전 토치(2)와의 사이에 아크 방전을 일으켜서 와이어 선단을 용융하여 볼을 형성한다. 구리의 용융 시의 산화를 억제하기 위하여, 가스 노즐(4)로부터 불활성 가스 또는 환원성 가스를 화살표 방향으로 취부하고, 와이어(1)와 방전 토치(2)의 주위에 가스 분위기를 형성한다. 이 때, 전술한 각도는 도 1의 각도 a에 상당하고, 와이어(1)의 선단과 방전 토치(2)의 선단을 잇는 직선과 와이어 길이 방향이 이루는 각도(이하, 토치 각도라고 한다)이다.

[0101] 볼 접합부의 편심을 억제하려면, 볼이 본딩 와이어에 대하여 경사지게 형성되는 심 어긋남 불량을 저감할 필요가 있다. 심 어긋남 불량을 저감하려면, 본딩 와이어의 길이 방향에 대한 아크 방전의 입사각이 중요한데, 그것을 지배하는 것이 본딩 와이어와 방전 토치와의 위치 관계인 것을 밝혀내었다. 토치 각도 a가 60도를 넘으면, 본딩 와이어의 어느 한쪽에만 방전이 일어나는 등으로 심 어긋남이 일어나기 때문이다. 더 좋기로는 이 각도가 40도 이내이면, 접합부의 편심의 발생율을 한층 더 저감할 수 있다. 더 좋기로는 본딩 와이어의 선단과 방전 토치의 선단과의 거리 L에 대하여 0.5 내지 2.5 mm의 범위이면, 심 어긋남을 개선하는 더 높은 효과를 얻을 수 있고, 안정적인 양산성 확보가 용이하게 된다. 이 때, 거리 L이 0.5 mm 미만이면 캐피러리가 강하하는 경우에 방전 토치에 접촉할 위험성이 있고, 2.5 mm 초과에서는 아크 방전이 불안정하게 되어, 볼 사이즈가 불균일해지기 쉽기 때문이다.

[0102] 소볼 형성에 있어서의 편심 불량을 억제하는데, 본딩 와이어에 대한 아크 방전 방향과 가스 취부 방향의 위치 관계가 심 어긋남의 억제에 유효하다. 구체적으로는, 본딩 장치의 윗쪽으로부터의 투영면에 있어서, 와이어 선단과 방전 토치의 선단을 잇는 직선과 와이어 선단과 쉘드용 가스 배관의 선단을 잇는 직선이 이루는 각도(이하, 가스 취부 각도라고 한다)가 40 내지 150도의 범위인 것이 좋다. 장치 상방으로부터의 투영면을 도시한 도 2로 설명하면, 와이어(1)가 점으로 표시되고, 와이어(1)와 방전 토치(2)의 선단을 잇는 직선과, 와이어(1)와 쉘드용 가스 배관(4)의 선단을 잇는 직선이 이루는 각도 b가, 전술한 가스 취부 각도에 상당한다. 쉘드용 가스 배관이 2개 이상의 경우에는 1개에서도 상기 가스 취부 각도를 만족하면 기대되는 효과를 얻을 수 있다. 가스 취부 각도가 40 내지 150도의 범위에 있으면, 예를 들면 와이어 지름에 대한 볼 지름의 비율이 1.5배 이한 소볼을 형성하였을 때에도, 심이 어긋남 볼의 발생을 저감하고, 결과적으로 접합부에서의 편심을 억제하는 효과를 더 높일 수 있다. 상기 각도가 40도 미만이면 볼의 표면 산화가 문제가 되고, 150도 초과이면 진구성이 저하될 우려가 있다. 좋기로는 60 내지 130도의 범위이면, 심 어긋남 및 편심을 억제하는 더 높은 효과를 얻을 수 있다.

[0103] 더 좋기로는 구리를 주성분으로 하는 심재와, 이 심재 위에 심재와 성분이 다른 도전성 금속을 주성분으로 하는 외피층을 가진 본딩 와이어를 접속하는 방법으로서, 본딩 장치의 윗쪽으로부터의 투영면에 있어서, 와이어 선단

과 방전 토치의 선단을 잇는 직선과 와이어 선단과 쉘드용 가스 배관의 선단을 잇는 직선이 이루는 각도(가스 취부 각도)가 45 내지 150도의 범위인 와이어 본딩 방법인 것이 좋다. 이와 같은 가스 취부 각도의 효과에 대하여는 단층 구리 와이어보다, 편심 발생 빈도가 많아지는 복층 구리 와이어에서는 각별한 작용 효과를 얻을 수 있기 때문이다.

[0104] 또한, 소볼 형성의 사이즈 안정성을 개선하는데, 불활성 가스 또는 환원성 가스를 2 방향 이상으로부터 또는 링 형태로 와이어 선단에 취부하면서 형성된 볼부를 접합하는 것이 좋다. 가스 취부가 2방향 이상이거나, 와이어 선단을 둘러싸도록 링 형태로 가스 분출구를 배치함으로써, 방전의 방향성을 안정화시키고, 초기 볼 지름의 불균일을 저감하는 효과를 높일 수 있다. 와이어 지름에 대한 볼 지름의 비율이 1.5배 이하인 소볼의 형성에서는 1 방향으로부터의 분사에서는 안정적인 볼의 형성이 어려운 경우도 있지만, 2방향 이상 또는 링 형태의 취부에서는 볼 지름이 안정화하는 것이 가능하다. 더 좋기로는 2 방향의 취부의 경우에 취부 방향의 각도가 40 내지 180도의 범위가 되도록 함으로써, 소볼의 사이즈, 진구성 등을 안정화하는 것보다 높은 효과를 얻을 수 있다.

[0105] 전술한 편심을 억제하는 대책인 본딩 와이어와 방전 토치와의 위치 관계, 가스 취부 방향 등의 개선 효과는 어떠한 종류의 가스에서도 유효하다. 구체적으로는, 질소 가스, 수소와 질소의 혼합 가스, Ar 가스, 수소와 Ar의 혼합 등에서도 동일한 효과를 얻을 수 있고, 예를 들면, 5% 수소와 질소의 혼합 가스이어도 충분한 효과가 있는 것을 확인하였다.

[0106] 볼 형성에 있어서의 불활성 가스 또는 환원성 가스의 분위기에 대하여, 가스를 와이어 선단 근방에 0.00005 내지 0.005 m³/min의 유량을 취부하면서, 본딩 와이어를 용융하여 볼을 형성하는 것이 좋다. 와이어 선단이 용융되어 응고할 때까지의 사이에 상기 가스 분위기인 것이 필요하고, 와이어 선단 근방에 0.00005 내지 0.005 m³/min의 유량을 취부함으로써, 양산에서의 안정적인 연속 접합성이 확보된다. 이 때, 가스 유량이 0.00005 m³/min 미만에서는 주위의 대기가 섞여 연속 볼 접합시에 미접합 등이 발생하는 것이 문제이며, 0.005 m³/min 이상의 고속 유량에서는 아크 끊김 등에 의하여 볼을 형성할 수 없거나, 극단적으로 작은 볼 등이 발생하거나 하는 경우가 있기 때문이다. 더 좋기로는 유량이 0.0001 내지 0.002 m³/min의 범위이면, 통상의 초기 볼 지름에서의 연속 접합성 등의 수율 향상에 유효하다. 더 좋기로는 0.0001 내지 0.001 m³/min의 범위이면, 볼 지름의 편차를 저감함으로써, 볼 접합부의 사이즈를 안정화시키는 높은 효과를 얻을 수 있다.

[0107] 볼 접합부의 표면에 기포 자국이 발생하거나 볼 내부에 기포가 발생하거나 함으로써, 결과적으로 볼 형상 불량이나 접합 강도의 저하를 초래한다. 기포, 기포 자국의 억제가 복층 구리 와이어의 접합 신뢰성의 향상에는 유효하다. 복층 구리 와이어에서는 종래의 단층 구리 와이어에 비하여, 볼 형성시에 기포, 기포 자국 등의 불량이 발생하는 빈도가 큰 폭으로 상승한다. 이것은 심재의 주성분인 구리와 외피층의 주성분인 도전성 금속은, 용점, 용해열, 산화성 및 젖음성 등에서 많은 특성이 다르기 때문에, 복층 구리 와이어를 용융시켰을 때에 아크 방전의 확산, 용융 상태, 응고 거동 및 양 금속의 합금화 등에 복잡하게 영향을 미침으로써, 단층 구리 와이어와는 볼 형성 거동이 크게 차이가 나기 때문에, 기포, 기포 자국이 발생하는 것으로 생각된다.

[0108] 복층 구리 와이어의 볼 접합부의 표면에 10 μm 이상의 기포 자국, 또는 볼 접합부의 내부에 10 μm 이상의 기포가 포함되지 않는 접합부인 반도체 소자인 것이 좋다. 이것은 볼 접합부의 표면의 기포 자국이 10 μm 이상이면 볼 형상이 악화되어, 수지 봉지되었을 때에 기포 자국에서는 수지와 밀착성이 저하되기 때문이다. 또한, 볼 접합부의 내부의 기포가 10 μm 이상이면, 전극 재료와의 접합 강도를 저하시켜, IC 동작시의 장기 신뢰성을 저하시키는 원인이 되기 때문이다. 좋기로는 기포 자국 또는 기포의 사이즈를 6 μm 이하로 억제하면, 각각의 신뢰성의 향상 효과를 한층 더 높일 수 있다.

[0109] 기포 자국의 평가는 볼 접합부를 광학 현미경, SEM(주사형 전자 현미경) 등으로 관찰함으로써 확인할 수 있고, 기포의 평가로는 칩 또는 전극 표면에 수직 방향 또는 수평 방향에 볼 접합부를 단면 연마하고, 그 연마 단면을 광학 현미경, SEM 등으로 관찰함으로써 확인할 수 있다. 접합부를 50개 이상 관찰하여, 전술한 기포, 기포 자국을 판정하는 것이 좋다.

[0110] 접합부의 기포 및 기포 자국의 발생을 억제하려면, 볼 형성시의 분위기 가스의 적정화가 유효한 것을 밝혀내었다. 즉, 수소를 0.02 내지 20%의 범위에서 함유하는 Ar 가스의 분위기에서, 복층 구리 와이어의 선단을 용융하여 형성한 볼부를 접합하는 와이어 본딩 방법인 것이 좋다.

[0111] 수소를 0.02 내지 20%의 범위에서 함유하는 가스를 사용함으로써, 아크 방전을 안정적으로 실시하고, 가스의 악영향도 억제함으로써, 볼의 진구성이 양호하고, 볼 내부의 기포 및 볼 접합부 표면의 기포 자국의 발생도 억제되어 단층 구리 와이어 및 금 와이어와 동등하게 양호한 볼 접합 형상 및 접합 강도를 얻을 수 있다. 수소는 아

크 방전의 안정화, 산화 억제 등에 유효하게 작용하고 있는 것으로 생각된다. 단층 구리 와이어에 많이 사용되는 수소와 질소의 혼합 가스 중에서 불을 형성하면, 불 내부의 기포, 불 접합 표면의 기포 자국이 발생하기 때문에, 불 형성 불량이나 접합 강도의 저하를 초래한다. 상기 수소와 Ar 가스의 작용 효과에 대하여, 단층 구리 와이어에서도 효과는 있으나, 복층 구리 와이어에서는 더 높은 개선 효과를 얻을 수 있다. 수소 농도의 범위의 이유는 0.02% 미만이면 기포, 기포 자국의 발생을 저감하는 동작이 충분하지 않기 때문이고, 20%를 넘으면 불의 지름이 불균일하여, 불 접합부의 지름의 불균일 등의 문제가 발생하기 때문이다. 더 좋기로는 수소 농도가 0.1 내지 10%의 범위이면, 초기 불의 내부에 발생하는 기포가 작아져서, 불 접합부의 내부의 기포를 미소화하는 효과를 높일 수 있다. 더 좋기로는 수소 농도가 0.3 내지 5%의 범위이면 기포, 기포 자국의 발생을 억제하는 효과가 더 높아져서, 접합 전의 초기의 불부에서도 기포, 기포 자국의 발생을 저감시킬 수 있는 것이 관찰되었다. 불 형성용 분위기 가스의 선정에는 와이어 구조가 깊게 관계되어 있는데, 수소와 Ar의 혼합 가스는 단층 구리 와이어에는 반드시 적합하지 않다고 할 수 없지만, 복층 구리 와이어에는 매우 유효하다.

[0112] 이와 같은 복층 구리 와이어의 기포, 기포 자국의 억제에는 수소와 Ar의 혼합 가스가 가장 유효하였다. 가스 유량에 대하여 전술한 바와 같은 효과를 얻을 수 있기 때문에, 수소를 0.02 내지 20%의 범위에서 함유하는 Ar 가스를 와이어 선단 근방에 0.0005 내지 0.005 m³/min의 유량을 분사면서 본딩 와이어를 용융하여 불을 형성하는 것이 좋다. 가스 취부 방향으로서 적어도 한 방향 이상으로부터 가스를 분사할 필요가 있다. 2 방향 이상으로부터의 분사, 또는 링 형태로 가스 분출하는 방법이면, 쉴드 효과가 더 높아지기 때문에 양산 안정성이 향상되고, 또한 비용 절감을 위하여 가스 유량을 감소시키는 것도 가능하다. 이 때, 전술한 가스 유량에 대하여, 2 방향 이상으로부터 분사하는 경우에는 합계의 가스 유량에 상당한다.

[0113] 불 접합부의 표면 근방의 기포 자국을 억제하고, 접합 형상을 안정화시키는데, Ar과 질소의 혼합 가스가 유효한 것을 확인하였다. 즉, Ar을 5 내지 50%의 범위에서 함유하는 질소 가스의 분위기로, 구리 본딩 와이어의 선단을 용융하여 형성한 불부를 접합하는 와이어 본딩 방법인 것이 좋다. 불 용융으로 용해된 가스 성분이 응고 시에 방출되지 않고 남겨짐으로써 기포 자국이 발생하지만, Ar과 질소의 혼합 가스에서는 그 응고시에 가스 방출을 조정하는 효과가 있는 것으로 생각된다. 상기 Ar과 질소의 혼합 가스의 작용 효과에 대하여, 단층 구리 와이어에서도 효과는 있으나, 복층 구리 와이어에서는 더 높은 개선 효과를 얻을 수 있다. 복층 구리 와이어에서 문제가 되는 경우 많은 불 접합부의 타원 변형에 대하여, 순 Ar 또는 순 질소에서는 약간 타원 변형하는 경향이 인정되는 데 대하여, 수소와 Ar의 혼합 가스에서는 발생 빈도는 감소하지만 아직 완전하게 억제하는 것은 곤란하고, Ar과 질소의 혼합 가스에서는 타원 변형을 억제하는 높은 효과를 얻을 수 있었다. Ar 농도에 대하여, 5% 미만에서는 개선 효과가 적고, Ar 50%를 넘으면 불 사이즈가 불안정하게 되는 것을 알 수 있었다. 유량, 분사 방법에 있어서도, 전술한 조건으로 같은 효과가 확인되었다.

[0114] 구리 본딩 와이어의 선단과 방전 토치의 선단이 이루는 각도가 와이어 길이 방향으로부터 60도 이내이고, 또한, 수소를 0.02 내지 20%의 범위에서 함유하는 Ar 가스의 분위기에서, 이 방전 토치와 와이어 선단과의 사이에 아크 방전을 형성하고 불부를 형성하는 와이어 본딩 방법이면, 심 어긋남의 억제와 기포의 억제를 동시에 만족하는 높은 효과를 얻을 수 있다. 이것은 가스와 본딩 와이어의 조합을 정밀 조사함으로써, 수소와 Ar의 혼합 가스는 복층 구리 와이어의 초기 불의 심 어긋남, 접합부의 편심의 불량을 유발하는 작용에 대하여도, 토치 각도를 상기 범위로 조정하면, 심 어긋남을 억제하는 것이 가능한 것을 밝혀내었다.

[0115] 더 좋기로는 구리를 주성분으로 하는 심재와, 상기 심재 위에 심재와 성분이 다른 도전성 금속을 주성분으로 하는 외피층을 가진 본딩 와이어를 접속하는 방법으로서, 본딩 와이어의 선단과 방전 토치의 선단이 이루는 각도가 와이어 길이 방향으로부터 60도 이내이며, 수소를 0.02 내지 20%의 범위에서 함유하는 Ar 가스의 분위기로 본딩 와이어의 선단을 용융하여 형성한 불부를 접합하는 와이어 본딩 방법인 것이 좋다. 이와 같은 토치 각도의 효과에 대하여는 단층 구리 와이어보다, 복층 구리 와이어에서는 각별한 작용 효과를 얻을 수 있기 때문이다. 단층 구리 와이어에서는 원래의 심 어긋남의 발생 빈도가 비교적 적고, 방전 전류·시간 등에 의하여 조정 가능하기 때문이기도 하다. 복층 구리 와이어에서는 표피층의 막 두께, 조성 등이 와이어 단면 내에서 반드시 균등하지는 않기 때문에, 그것이 심 어긋남을 증진하는 원인이 된다. 이와 같은 불균일한 표피층을 가진 경우에도, 토치 각도를 상기 범위로 조정함으로써, 와이어 용융, 불 형성을 안정화하는 높은 효과를 얻을 수 있다. 또한, 수소와 Ar의 혼합 가스를 사용하여, 복층 구리 와이어 불 형성한 경우에, 토치 각도의 개선 효과가 현저하게 증폭된다.

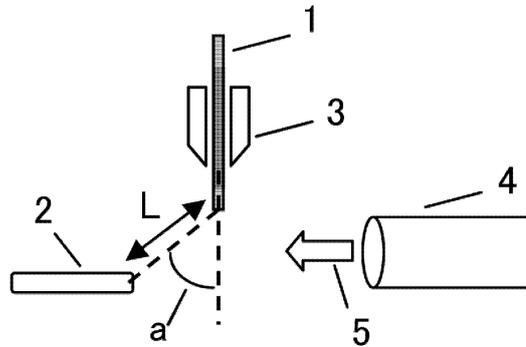
[0116] 구리 본딩 와이어의 선단과 방전 토치의 선단이 이루는 각도가 와이어 길이 방향으로부터 60도 이내이고, 또한, Ar을 5 내지 50%의 범위에서 함유하는 N₂ 가스의 분위기에서, 이 방전 토치와 와이어 선단의 사이에 아크 방전

을 형성하고 불부를 형성하는 와이어 본딩 방법이면, 심 어긋남의 억제와 접합부 표면의 기포 자국의 억제를 동시에 만족하는 높은 효과를 얻을 수 있다.

[0117] 구리 본딩 와이어의 선단과 방전 토치의 선단이 이루는 각도가 와이어 길이 방향으로부터 60도 이내이고, 또한, 수소를 0.02 내지 20%의 범위에서 함유하는 질소 가스의 분위기에서, 상기 방전 토치와 와이어 선단과의 사이에 아크 방전을 형성하고 불부를 형성하는 와이어 본딩 방법이면, 심 어긋남의 억제에 추가하여, 불 접합부의 사이즈, 진원도의 안정화를 동시에 만족하는 높은 효과를 얻을 수 있다.

도면

도면1



도면2

