



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2012-0063531  
(43) 공개일자 2012년06월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B23K 35/26* (2006.01) *C22C 13/00* (2006.01)  
*H01L 21/60* (2006.01) *H05K 3/34* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2012-7010399  
 (22) 출원일자(국제) 2011년08월04일  
 심사청구일자 2012년04월23일  
 (85) 번역문제출일자 2012년04월23일  
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2011/067851  
 (87) 국제공개번호 WO 2012/023440  
 국제공개일자 2012년02월23일  
 (30) 우선권주장  
 JP-P-2010-182934 2010년08월18일 일본(JP)

(71) 출원인  
**가부시키가이샤 닛테쓰 마이크로 메탈**  
 일본 사이타마켄 이루마시 오아자 사야마가하라  
 158 반치 1  
**신닛테츠 마테리알즈 가부시키가이샤**  
 일본 도쿄 치요다구 소토칸다 4-14-1  
 (72) 발명자  
**테라시마 신이찌**  
 일본 1008071 도쿄도 지요다구 마루노우찌 2쪼메  
 6방 1고 신닛뽀세이테쯔 카부시키카이샤 내  
**다나가 마사모토**  
 일본 1008071 도쿄도 지요다구 마루노우찌 2쪼메  
 6방 1고 신닛뽀세이테쯔 카부시키카이샤 내  
**기무라 가즈이찌**  
 일본 3580032 사이타마켄 이루마시 사야마가하라  
 158반치 1 가부시키가이샤 닛테쓰 마이크로 메탈  
 내  
 (74) 대리인  
**성재동, 장수길**

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **반도체 실장용 뽀납 볼 및 전자 부재**

**(57) 요약**

반도체 실장용의 뽀납 볼 및 그들을 갖는 전자 부재에 관한 것으로, 최근의 250 $\mu$ m 이하의 직경의 뽀납 볼이어도, 충분한 열 피로 특성을 확보할 수 있는 뽀납 볼 및 그들을 갖는 전자 부재를 제공한다. Sn을 주체로 하고, Ag을 0.1 내지 2.5질량%, Cu를 0.1 내지 1.5질량% 및 Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상을 총계로 0.0001 내지 0.005질량% 함유하는 뽀납 합금으로 형성되는 반도체 실장용 뽀납 볼이며, 상기 뽀납 볼의 표면에, 1 내지 50nm의 두께의 비정질상을 갖고, 상기 비정질상은, Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상과, O 및 Sn을 함유하는 것을 특징으로 하는 반도체 실장용 뽀납 볼 및 이것을 사용한 전자 부재이다.

**대표도**

없음

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

Sn을 주체로 하고,  
 Ag을 0.1 내지 2.5질량%,  
 Cu를 0.1 내지 1.5질량% 및  
 Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상을 총계로 0.0001 내지 0.005질량% 함유하는 뿔납 합금으로 형성되는 반도체 실장용 뿔납 볼이며,  
 상기 뿔납 볼의 표면에, 1 내지 50nm의 두께의 비정질상을 갖고,  
 상기 비정질상은, Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상과, O 및 Sn을 함유하는 것을 특징으로 하는, 반도체 실장용 뿔납 볼.

**청구항 2**

Sn을 주체로 하고,  
 Ag을 0.1 내지 1.9질량%,  
 Cu를 0.1 내지 1.0질량% 및  
 Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상을 총계로 0.0001 내지 0.005질량% 함유하는 뿔납 합금으로 형성되는 반도체 실장용 뿔납 볼이며,  
 상기 뿔납 볼의 표면에, 1 내지 50nm의 두께의 비정질상을 갖고,  
 상기 비정질상은, Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상과, O 및 Sn을 함유하는 것을 특징으로 하는, 반도체 실장용 뿔납 볼.

**청구항 3**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 뿔납 합금의 Ag 농도가 0.5 내지 1.9질량%인 것을 특징으로 하는, 반도체 실장용 뿔납 볼.

**청구항 4**

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 뿔납 합금이, Bi를 0.01 내지 5질량% 더 함유하는 것을 특징으로 하는, 반도체 실장용 뿔납 볼.

**청구항 5**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 뿔납 합금이, Ni, P, Sb, Ce, La, Co, Fe 및 In 중 1종 또는 2종 이상을 총계로 0.0005 내지 0.5질량% 더 함유하는 것을 특징으로 하는, 반도체 실장용 뿔납 볼.

**청구항 6**

뿔납 접합부를 갖는 전자 부재이며, 상기 뿔납 접합부 중 적어도 일부에 제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 기재된 반도체 실장용 뿔납 볼을 사용한 것을 특징으로 하는, 전자 부재.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 반도체 실장용 뿔납 볼 및 이것을 사용한 전자 부재에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 프린트 배선 기판 등에는, 전자 부품이 실장되어 있다. 전자 부품은 프린트 배선 기판 등과 전자 부품 사이

를 반도체 실장용 뿔납 볼(이하, 「뿔납 볼」이라 함)과 플러스로 가접합시킨 후, 프린트 배선 기관 전체를 가열하여 상기 뿔납 볼을 용융시키고, 그런 후에 기관을 상온까지 냉각시켜 뿔납 볼을 고체화함으로써 견고한 뿔납 접합부를 확보하는, 소위 리플로우법이라고 불리는 방법에 의해 실장되는 것이 일반적이다.

[0003] 전자 장치를 폐기 처리할 때의, 환경에의 악영향을 최소한으로 억제하기 위해, 전자 장치의 접속 재료로서 사용되는 뿔납 합금의 무납화가 요구되고 있다. 그 결과, 상기 뿔납 볼의 조성으로서는, 일반적으로 Sn-Ag 공정 조성(Ag : 3.5질량%, Sn : 잔량부) 및, 예를 들어 특허 문헌 1이나 특허 문헌 2에서 개시되어 있는 바와 같이, 상기 Sn-Ag 공정의 주변 조성에 제3 원소로서 소량의 Cu를 첨가한 뿔납 조성이 널리 사용되어 있다. 또한, 근래에 급증하고 있는 BGA(Ball Grid Array)용 뿔납 볼에 있어서도 상기와 동일한 조성의 뿔납 볼이 주로 사용되어 있다.

[0004] 전자 기기를 동작시키면, 동작을 위해 인가된 전류에 기인하여, 전자 기기 내부에서는 열이 발생한다. 상기 뿔납 볼은 실리콘 칩이나 수지 기관 등이라고 하는 열팽창 계수가 다른 재료를 접속하고 있으므로, 전자 기기의 동작에 수반하여, 뿔납 볼은 열 피로의 환경 하에 놓이게 된다. 그 결과, 뿔납 볼의 내부에는 크랙이라고 불리는 균열이 진전되어 버리는 경우가 있어, 뿔납 볼을 통한 전기 신호의 수수에 지장을 초래한다고 하는 문제가 발생하는 경우가 있었다. 그와 같은 상황에 더하여, 최근의 휴대형 전자 기기의 소형화·경량화의 가속에 수반하여, 전자 기기에 내장된 프린트 기관이나 집적 회로 소자 기관에서는, 전자 부재에 사용되어 있는 뿔납 접합부의 접합 면적이 축소되어 있어, 열 피로 특성을 향상시키는 것이 종래 이상으로 중요시되어 오고 있다. 종래의 볼 사이즈, 즉 뿔납 볼의 직경이 300 $\mu$ m 이상인 경우에는, 뿔납 볼과 전극으로 이루어지는 접합부의 면적은 충분히 크고, 그로 인해 가령 뿔납 볼의 표면에 존재하고 있는 산화물층을 리플로우 공정 중에 완전히 제거할 수는 없어, 일부의 산화물층이 접합 계면에 잔존하게 되어도, 뿔납 볼과 전극 사이의 접합 강도의 저하는 문제로 되지는 않아, 열 피로 특성에도 악영향은 미치지 않았다. 따라서 종래의 300 $\mu$ m 이상의 직경의 Sn-Ag-Cu계 뿔납 볼에 있어서 열 피로 특성을 확보하기 위해서는, 뿔납 볼 표면의 산화물층의 제거에 수반되는 접합 계면의 접합 강도의 확보가 아닌, Ag의 농도를 3 내지 4질량% 정도로 하는 것이 효과적이라고 여겨져 왔다. 이것은, Ag의 농도를 높임으로써 뿔납 볼 중에 Ag<sub>3</sub>Sn으로 불리는 금속간 화합물을 다수 석출시키고, 석출 경화에 의해 뿔납 볼을 경화시켜, 외력에 대해 뿔납 볼이 변형되기 어려운 상태로 함으로써, 열 피로에 수반되는 하중이 발생해도 열 피로에 수반되는 변위량 그 자체를 작게 함으로써, 뿔납 볼의 내부에 진전되는 균열의 진행을 지연시킬 수 있다고 생각되고 있었기 때문이다.

[0005] 또한, 뿔납 볼에는, 솔더링할 때의 습윤성의 확보나, 최대한 낮은 온도에서 솔더링할 수 있는 약간 낮은 용점, 상기 실장 시에 뿔납 볼을 탑재하는 장치가 뿔납 볼을 정확하게 화상 인식할 수 있는 표면 품질의 확보, 혹은 전자 기기를 예기치 않게 떨어뜨려도 고장을 발생시키지 않는 내낙하성의 확보가 각각 요구된다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 일본 특허 출원 공개 제2003-1481호 공보

(특허문헌 0002) 일본 특허 출원 공개 제2004-1100호 공보

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] Sn, Ag 및 Cu를 주체로 하는 전자 부재용 뿔납 볼에 있어서는, 뿔납 볼의 직경이, 예를 들어 종래의 300 $\mu$ m 이상이었을 때는, 상기 열 피로 특성은 충분한 정도로 확보되어 있었던 것에 대해, 최근의 250 $\mu$ m 이하의 직경에서는 상기 열 피로 특성은 충분한 정도까지 확보할 수 없어, 극히 심각한 문제로 되고 있다.

[0008] 따라서 본 발명에서는, 반도체 실장용의 뿔납 볼 및 그들을 갖는 전자 부재에 관하여, 250 $\mu$ m 이하의 직경의 뿔납 볼이어도, 충분한 열 피로 특성을 확보할 수 있는 반도체 실장용 뿔납 볼 및 이것을 사용한 전자 부재를 제공한다.

### 과제의 해결 수단

- [0009] 상기 과제를 해결하기 위한 수단은, 이하와 같다.
- [0010] 청구항 1에 관한 반도체 실장용 땀납 볼은, Sn을 주체로 하고, Ag을 0.1 내지 2.5질량%, Cu를 0.1 내지 1.5 질량% 및 Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상을 총계로 0.0001 내지 0.005질량% 함유하는 땀납 합금으로 형성되는 반도체 실장용 땀납 볼이며, 땀납 볼의 표면에, 1 내지 50nm의 두께의 비정질상을 갖고, 상기 비정질상은, Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상, 및, 0 및 Sn을 함유하는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 또한, 「주체」라 함은, 90질량% 이상 차지하는 것을 말한다.
- [0012] 청구항 2에 관한 반도체 실장용 땀납 볼은, Sn을 주체로 하고, Ag을 0.1 내지 1.9질량%, Cu를 0.1 내지 1.0 질량% 및 Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상을 총계로 0.0001 내지 0.005질량% 함유하는 땀납 합금으로 형성되는 반도체 실장용 땀납 볼이며, 땀납 볼의 표면에, 1 내지 50nm의 두께의 비정질상을 갖고, 상기 비정질상은, Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상, 및, 0 및 Sn을 함유하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 청구항 3에 관한 반도체 실장용 땀납 볼은, 청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 땀납 합금의 Ag 농도가 0.5 내지 1.9질량%인 것을 특징으로 한다.
- [0014] 청구항 4에 관한 반도체 실장용 땀납 볼은, 청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서, 상기 땀납 합금이, Bi를 0.01 내지 5질량% 더 함유하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 청구항 5에 관한 반도체 실장용 땀납 볼은, 청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서, 상기 땀납 합금이, Ni, P, Sb, Ce, La, Co, Fe 및 In 중 1종 또는 2종 이상을 총계로 0.0005 내지 0.5질량% 더 함유하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 청구항 6에 관한 전자 부재는, 땀납 접합부를 갖는 전자 부재이며, 상기 땀납 접합부 중 적어도 일부에 청구항 1 내지 청구항 5 중 어느 한 항에 기재된 반도체 실장용 땀납 볼을 사용한 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

- [0017] 상기한 바와 같이, 본 발명의 반도체 실장용 땀납 볼 및 전자 부재를 사용하면, 250 $\mu$ m 이하의 직경을 갖는 땀납 볼로 형성한 접합부이어도, 충분한 열 피로 특성을 확보할 수 있다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0018] 본 발명자들이 예의 검토한 결과, Ag의 농도를 높임으로써 땀납 볼의 내부에 진전되는 균열의 진행을 지연시킨다고 하는 종래의 사고 방식을 250 $\mu$ m 이하의 직경의 땀납 볼에 적용해도, 열 피로 특성은 충분한 정도까지 확보할 수 없는 이유가 땀납 볼의 표면에 발생하는 산화물층의 과잉의 성장에 있는 것, 또한 그 현상이 출하 후의 땀납 볼을 수개월 동안 보관한 후 사용하였을 때에 현저해지는 것이 각각 판명되었다. 이것은, (1) 250 $\mu$ m 이하의 직경에서는 단위 체적당의 땀납 볼의 표면적이 필연적으로 증가하므로, 시간의 경과와 함께, 땀납 볼의 표면이 산화되어 땀납 볼 표면의 산화물층이 리플로우 공정 시의 플럭스로 전부 제거할 수 없을 정도로 두껍게 성장해 버려, 리플로우 후에도 잔존하게 된 산화물이 땀납 볼과 전극의 접합 계면에 잔존하기 쉬워지고, 또한 (2) 250 $\mu$ m 이하의 직경에서는 전극과 땀납 볼이 접합하는 면적이 필연적으로 작아지므로, 약간의 산화물의 잔존이 발생하고 있어도 접합 면적당에 차지하는 비율은 상당량으로 되는 점에서, 250 $\mu$ m 이하의 직경의 땀납 볼에서는, 작은 피로 횟수라도 땀납 볼과 전극 사이의 접합 강도가 저하되어 버려, 그 결과 열 피로 특성이 열화되는 것에 의한다.
- [0019] 따라서 본 발명자들이 예의 연구한 결과, 전술한 산화물층의 과잉의 성장을 억제하기 위해서는, 땀납 볼의 표면에 있어서, Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상, 및, 0 및 Sn을 함유하는 비정질상을 1 내지 50nm의 두께로 형성하면, 출하 후의 땀납 볼을 수개월 동안 보관한 후 사용하였을 때라도, 땀납 볼의 산화물층의 두께는 출하 당시의 두께와 동일한 정도로 얇은 상태로 할 수 있는 것을 발견하였다(또한, 땀납 볼의 표면이라 함은, 땀납 볼의 표면으로부터 80nm까지의 깊이의 영역을 말한다). 그리고 이 산화물층은 리플로우 공정 시의 플럭스로 문제없이 제거할 수 있다. 상술한 효과는, 산화물층이 결정질의 산화 주석만으로 이루어지는 경우, 결정질의 산화 주석이 시간의 경과와 함께 대기 중에 포함되는 산소와 반응하여 성장함으로써, 산화물층의 두께가 증가하는 것에 대해, 상기 비정질상은, 시간이 경과해도 대기 중의 산소와의 반응이 그다지 진행되지 않아, 산화물층의 두께가 거의 증가하지 않는 것에 기인한다. 이것은, 결정질의 산화 주석은 내부에 결정립계가 존재하고 있어, 대기 중의 산소가 산화 주석의 결정립계를 따라 내부에까지 확산 가능한 것에 대해, 상기 비정질상에는 결정립계는 존재하지 않아, 대기 중의 산소가 내부에 확산되기 어려운 것이 관여하고 있다고

생각된다. 상기한 효과를 얻기 위해서는, 비정질상이 1 내지 50nm의 두께로 형성되어 있으면 된다. 그러나 비정질상이 1nm에 못 미치면, 이러한 효과는 얻어지기 어렵다. 한편, 비정질상이 50nm를 초과하는 두께라도 상기 효과는 마찬가지로 얻어지는 것이지만, 후술하는 제법을 생각하면, 이러한 두께로 하기 위해서는 뿔납 볼의 표면을 상당한 냉각 속도로 급냉시켜야만 하게 되어, 산화물층의 두께를 소정의 두께로 균일하게 제어하는 것이 공업적으로 어렵게 되므로 바람직하지 않다. 보다 바람직하게는, 비정질상의 두께를 30nm 이하로 하면, 산화물층의 두께의 제어를 보다 고정밀도로 실시할 수 있으므로 좋다. 비정질상은 반드시 단독으로 뿔납 볼의 표면을 전부 덮을 필요는 없고, 결정성의 산화 주석이나 미세 결정의 산화 주석과 혼재되어 있어도 되지만, 그 경우는 전체 산화물층의 30% 이상을 비정질상이 차지하는 것이 필요하다.

[0020] 그러나 비정질상이 전체 산화물층의 두께의 30% 미만으로 되면, 결정성의 산화 주석이나 미세 결정의 산화 주석이 시간의 경과에 수반하여 두껍게 성장해 버리므로, 그 경우는 산화물층의 성장에 대한 억제 효과는 얻어지기 어렵다. 또한, 비정질상의 산화물층이 Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상을 함유하지 않고 Sn과 O만으로 이루어지는 경우에는, 비정질상이어도 약간이지만 시간의 경과와 함께 산화물층이 두꺼워져 버리므로, 산화물층의 성장에 대한 억제 효과는 얻어지지 않는다.

[0021] 이와 같은, Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상, 및, O 및 Sn을 함유하는 비정질상을 얻기 위해서는, 뿔납 합금 중에, Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상을 총계로 0.0001 내지 0.005질량% 더 첨가하면 된다. 이것은, Mg, Al 및 Zn이 Sn보다도 활성의 금속이므로, Sn보다도 우선적으로 산화됨으로써, 급냉 상태에 있어서 비정질 형성의 산화물층을 형성하기 때문이라고 생각된다. 한편, Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상의 총계가 0.0001질량%를 하회하면, 비정질 형성의 산화물층을 형성하는 효과는 얻어지지 않고, 반대로 0.005질량%를 상회하면, Mg, Al, 혹은 Zn이 격렬하게 산화되어 버려, 볼이 구 형상으로 되지는 않고 다각 형상으로 되어 버리므로 바람직하지 않다. 또한, Mg, Al, 혹은 Zn을 첨가해도 반드시 「Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상, 및, O 및 Sn을 함유하는 비정질상」이 얻어지는 것은 아니고, 첨가 농도에 따라서는, 결정질이나 미결정의 산화물이 형성되어 버린다. 적확하게 비정질상을 얻기 위해서는, Mg, Al, 혹은 Zn의 첨가 농도는 원료인 Sn 중에 함유되는 산소 농도에 따라 제어하는 것이 좋고, 구체적으로는 원료인 Sn 중의 산소 농도의 0.3 내지 1.0 배 정도로 하는 것이 무엇보다도 효과적이다. 예를 들어, 뿔납 볼 중에 함유되는 산소 농도의 0.3배 미만으로 적은 첨가로는 Mg, Al, 혹은 Zn이 함유되지 않고 결정질이나 미결정의 SnO나 SnO<sub>2</sub>이 형성되어 버리고, 반대로 뿔납 볼 중에 함유되는 산소 농도의 1.0배 초과로 과잉으로 첨가하면, 결정질이나 미결정의 MgO이나 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 혹은 ZnO 등이 형성되어 버린다. 바람직하게는, Mg을 주체로 하여 첨가하는 것이 좋다. 이것은, Mg은 상기한 볼을 다각 형상으로 변형시킬 우려가 적으므로, 상한값인 0.005질량%의 첨가를 행해도, 특별한 변형은 보이지 않기 때문이다. 그에 대해, Al이나 Zn은 Mg보다도 산화되기 쉬우므로, 상한값인 0.005질량%의 첨가를 행하면, 후술하는 제법이어도 어떠한 이유에서 산화되기 쉬운 환경으로 되어 버리면, 볼의 표면에 약간이지만 볼을 다각 형상으로 변형시키는 케이스가 발생해 버린다. 이와 같은 볼 표면의 산화의 흔적은, 예를 들어 FE-SEM(Field Emission-Scanning Electron Microscope)과 같이 고분해능의 전자 현미경으로 관찰할 수 있지만, 통상의 LaB6이나 텅스텐을 필라멘트로 하고 있는 SEM으로는 전자총을 좁힐 수 없어, 상기 산화의 흔적은 관찰하기 어렵다.

[0022] 비정질상의 동정은, 투과형 전자 현미경(TEM ; Transmission Electron Microscope)의 회절 패턴 및 TEM에 병설되어 있는 에너지 분산형 X선 분석법(EDX ; Energy Dispersive X-ray spectrometry)으로 행하고, 비정질상의 두께는 전술한 TEM, 혹은 오제이 전자 분석법(AES ; Auger Electron Spectroscopy)으로 측정하는 것이 정밀도도 양호하고, 실적도 풍부하여 바람직하다.

[0023] 또한, 본 발명자들이 검토를 더 거듭한 결과, 「Ag의 농도를 높임으로써 뿔납 볼의 내부에 진전되는 균열의 진행을 느리게 한다고 하는 종래의 사고 방식을 250 $\mu$ m 이하의 직경의 뿔납 볼에 적용해도, 열 피로 특성은 충분한 정도까지 확보할 수 없다」라고 하는 전술한 과제에는, 또 하나의 이유가 존재하는 것이 명확해졌다. 이것은, 일반적으로 「열 변형량=변위량÷볼의 크기」라고 하는 관계식이 성립하는 것이지만, 변위량은 디바이스를 구성하는 재료의 열팽창 계수차에 의해 결정되므로 대략 일정한 것에 대해, 열 변형량은 볼의 크기가 작아지는 것에 따라서 커지므로, 예를 들어 뿔납 볼의 직경이 250 $\mu$ m 이하에서는 뿔납 볼의 직경이 300 $\mu$ m 이상 일 때보다도 열 변형량이 커지는 것에 관계하고 있어,

[0024] (1) 뿔납 볼의 직경이 300 $\mu$ m 이상 :

[0025] 뿔납 볼의 변형능을 초과하지 않으므로, 파괴는 뿔납 볼 내에서 발생,



[0026] (2) 땀납 볼의 직경이 250 $\mu$ m 이하 :

[0027] 단단한 볼에서는 땀납 볼의 변형능을 초과하므로 접합 계면 파괴가 발생, 연한 볼에서는 땀납 볼의 변형능을 초과하지 않으므로 파괴는 땀납 볼 내에서 발생하게 되는 것에 기인하고 있다. 즉, (1)의 케이스에서는, 단단한 땀납 볼에서도 연한 땀납 볼에서도 열 변형량이 땀납의 변형능의 범위 내에 있으므로, 단단한 땀납 볼을 사용한 쪽이 땀납 볼을 가일층 변형시키기 어려운 상태로 할 수 있고, 그 결과 변위량 그 자체가 작아지므로, 땀납 볼의 내부에 진전되는 균열의 진행을 지연시킬 수 있어, 열 피로 특성이 우수한 것에 대해, (2)의 땀납 볼의 직경이 250 $\mu$ m 이하라고 하는 경우에는, 단단한 땀납 볼을 사용하면 열 변형량이 땀납의 변형능의 범위를 초과해 버리므로, 열 변형량에 대해 땀납 볼이 충분히 전부 변형될 수는 없는 상태로 되어 버리고, 그로 인해 변형의 부족분을 접합 계면이 담당하게 되어, 균열은 땀납 볼의 내부가 아닌, 접합 계면을 진전하게 된다. 이때, 접합 계면에는 취성의 금속간 화합물이 두껍게 성장하고 있으므로, 균열이 접합 계면을 진전하는 케이스에서는, 균열은(예를 들어 글래스를 파괴할 때와 같이) 급속하게 진전되어 버려, 열 피로 특성은 열악해져 버리는 것이다.

[0028] (3) 본 발명자들은 예의 검토한 결과, 땀납 볼의 직경이 250 $\mu$ m 이하라고 하는 큰 열 변형량이 발생하는 환경 하에서는, 종래까지의 사고 방식과는 달리, 땀납 합금 중의 Ag의 농도를 2.5질량% 이하로 하면, 땀납 볼이 연질화됨으로써, 땀납 볼의 소경화에 수반하여 급증하는 열 변형량을 땀납 볼 자신이 변형됨으로써 흡수하여, 진단 응력이 접합 계면에도 작용하는 것을 회피할 수 있어, 300 $\mu$ m 이상의 직경의 경우와 마찬가지로 땀납 볼의 내부를 균열이 진전하는 파단 모드를 확보할 수 있는 것을 발견하였다. 이와 같이, 열 변형량이 땀납의 변형능의 범위를 초과하면 균열이 접합 계면을 진전하므로 열 피로 특성은 열악해져 버리는 것이지만, 열 변형량이 땀납의 변형능의 범위를 초과하지 않는 범위이면 단단한 땀납일수록 땀납 볼을 변형시키기 어려운 상태로 할 수 있어, 땀납 볼의 내부에 진전되는 균열의 진행이 지연되어, 열 피로 특성이 우수하게 된다. 즉, 땀납 볼의 직경이 250 $\mu$ m 이하라고 하는 큰 열 변형량이 발생하는 환경 하에서 열 피로 특성을 향상시키는 포인트는, 열 변형량이 땀납의 변형능의 범위를 초과하지 않는 범위 안에서 땀납 중의 Ag 농도를 높여 땀납을 단단하게 하는 것이라고 말할 수 있다.

[0029] 한편, Ag의 농도가 2.5질량%를 초과하면, 땀납의 경도가 지나치게 단단해져, 전술한 바와 같이 열 피로 시험 시의 균열이 상기한 취성의 금속간 화합물을 진전해 버리므로, 열 피로 수명이 극단적으로 짧아져 버린다.

[0030] Ag의 농도가 0.1질량% 미만에서는, 땀납 볼의 용점이 Sn의 용점 정도인 232 $^{\circ}$ C 근방까지 높아져 버리고, 그로 인해 제조 조건 중 하나인 리플로우 온도를 약간 높게 설정해야만 하게 되어, 생산 비용의 증가를 초래하여, 공업상 바람직하지 않다.

[0031] 즉, 적절한 Ag 농도는, 직경이 250 $\mu$ m 이하의 케이스에서는 0.1 내지 2.5질량%이다. 보다 바람직하게는, 직경이 250 $\mu$ m 이하의 케이스에서는, Ag의 농도가 0.5 내지 2.5질량%이면, 공업적으로는 약간 낮은 리플로우 온도를 적용할 수 있으므로 좋고, 더욱 바람직하게는 Ag의 농도가 0.9 내지 2.2질량%이면, 양호한 열 피로 특성과 약간 낮은 리플로우 온도에서의 조립이라고 하는 양 이점이 균형적으로 동시에 얻어진다.

[0032] 또한, 땀납 볼의 습윤성을 확보하기 위해서는 Cu의 농도를 0.1 내지 1.5질량%로 하면 된다. 한편, Cu의 농도가 0.1질량% 미만에서는 이와 같은 효과는 얻어지지 않고, 반대로 Cu의 농도가 1.5질량%를 초과하면, 땀납 볼이 산화되기 쉬워지므로, Cu의 상한값은 1.5질량%이다. 단, 바람직하게는 Cu의 농도를 0.1 내지 1.2질량%로 하면 산소 농도가 30ppm 이상으로 약간 높은 산소가 함유된 Sn을 원료로 할 때라도 산화의 문제를 회피할 수 있으므로 좋고, 보다 바람직하게는 Cu의 농도를 0.1 내지 1.0질량%로 하면, 그 효과가 더욱 높아지므로 좋다.

[0033] 즉, 상기 과제를 해결하기 위해서는, 땀납 볼의 직경이 250 $\mu$ m 이하인 경우에는, Sn을 주체로 하고, 0.1 내지 2.5질량%의 Ag과, 0.1 내지 1.5질량%의 Cu와, Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상을 총계로 0.0001 내지 0.005질량% 함유하는 땀납 합금으로 이루어지는 땀납 볼이며, 땀납 볼의 표면에, 1 내지 50nm의 두께의 비정질상을 갖고, 상기 비정질층은, Mg, Al 및 Zn 중 1종 또는 2종 이상, 및, 0 및 Sn을 함유하는 것을 특징으로 하는 반도체 실장용 땀납 볼을 사용하면 된다.

[0034] 또한, 땀납 볼의 직경이 180 $\mu$ m 이하인 케이스에서는, 볼의 크기가 작아지는 것에 대해, 열 피로 시험 시에 땀납에 주어지는 변위량은, 볼의 직경이 300 $\mu$ m나 250 $\mu$ m의 경우와 동일한 정도인 상태이므로, 가일층 열 변형의 양(=변위량÷볼의 크기)이 커져 버린다. 그로 인해, 열 피로 시험의 조건이 동일해도 땀납에 대한 영향은 보다 가혹해지므로, 열 피로 시험 시에 있어서, 균열이 취성의 금속간 화합물을 진전하기 시작하는 은 농도의 상한값이 저하되게 된다. 본원 발명자들이 예의 검토한 결과, 볼의 직경이 100 $\mu$ m 이상 180 $\mu$ m 이하인 케이스

에서는, 땀납 합금 중의 Ag 농도의 상한값을 1.9질량%로 하는 것이 바람직한 것을 발견하였다. 즉 땀납 합금 중의 Ag의 농도가 1.9질량%를 초과하면, 경도가 지나치게 높아져, 열 피로 시의 전단 응력을 땀납 볼 자신을 변형시킴으로써 땀납에 흡수시킬 수 없어지므로, 땀납 볼의 내부를 균열이 진전할 수 없어 접합 계면의 취성상을 진전하는 파단 모드로 되어, 열 피로 특성이 열화되기 쉬워지는 것을 발견하였다.

[0035] 즉, 직경이 100 $\mu$ m 이상 180 $\mu$ m 이하인 케이스에서의 적절한 Ag 농도는, 0.1 내지 1.9질량%이다. 또한, 직경이 180 $\mu$ m 이하인 케이스에서는, Ag의 농도가 0.5 내지 1.9질량%이면, 공업적으로는 약간 낮은 리플로우 온도를 적용할 수 있으므로 좋고, 더욱 바람직하게는, Ag의 농도가 0.5 내지 1.0질량%이면, 땀납 합금의 연질화와 약간 낮은 리플로우 온도에서의 조업이라고 하는 양 이점이 균형적으로 동시에 얻어진다.

[0036] 본원 발명자들이 예의 검토한 결과, 본원 발명의 땀납 볼에 Bi를 0.01 내지 5질량% 더 함유함으로써, 열 피로 특성이 더욱 대폭으로 향상되는 것이 판명되었다. 0.01질량% 미만의 첨가에서는 이러한 효과는 얻어지지 않고, 반대로 5질량%를 초과하는 첨가에서는, Bi가 산화되기 쉬워지는 것에 의해 땀납 볼의 표면이 요철 형상으로 되기 쉬워지므로 바람직하지 않다. 보다 바람직하게는, Bi의 첨가를 1 내지 5질량%로 하면 열 피로 특성의 향상 효과가 높아지고, 무엇보다 바람직하게는 Bi의 첨가를 2 내지 5질량%로 하면 열 피로 특성의 향상 효과가 극히 높아지므로 좋다.

[0037] 또한, 이 현상은, Mg, Al 혹은 Zn 중 1종 또는 2종 이상을 총계로 0.0001 내지 0.005질량% 함유하는 땀납 볼에 고유한 현상으로, 이 조성 범위를 만족하지 않는 땀납 볼 중에 Bi를 0.01 내지 5질량% 첨가해도, 대폭의 열 피로 특성의 향상은 얻어지지 않는다. 이 이유는, Bi와 Mg, Al 혹은 Zn 사이의 상호 작용에 의한 것으로, Mg, Al 혹은 Zn의 적절한 농도의 첨가에 의해 땀납 표면에 비정질층이 형성되고, 그것에 수반하여 Bi의 과잉의 산화가 억제되어, 그 결과 첨가한 Bi의 대부분이 땀납을 구성하는 Sn 중에 고용됨으로써 땀납의 기계 특성이 효과적으로 강화(고용 강화)되는 것에 기인한다. 한편, Mg, Al 혹은 Zn의 농도가 상기한 범위 미만이면, 땀납 표면에 비정질층이 형성되기 어려워, 첨가한 Bi의 대부분이 산화되기 쉬워짐으로써 고용 강화를 기대하기 어렵게 되어 버린다. 또한, Mg, Al 혹은 Zn의 농도가 0.005질량%를 상회하면, 전술한 바와 같이 Mg, Al, 혹은 Zn이 격렬하게 산화되어 버려, 볼이 구 형상으로 되지는 않고 다각 형상으로 되어 버리므로, 실장을 시도해 보아도 적절한 형상의 땀납 범프는 형성할 수 없어, 열 피로 특성은 열악해져 버리므로 바람직하지 않다.

[0038] 전술한 바와 같이, 땀납 볼에는 전자 기기를 예기치 않게 떨어뜨려도 고장을 발생시키지 않기 위해, 내낙하성의 확보도 요구된다. 일반적으로, 내낙하성은 시험편을 시험편 설치대에 적재한 후에, 그것을 30 내지 100cm의 높이에서 낙하시키는 것을 반복하고, 낙하를 행할 때마다 각 땀납 접합부의 전기 저항의 변화를 확인함으로써 평가하는 경우가 많다. 내낙하성은, 땀납 볼에 Ni, P, Sb, Ce, La, Co, Fe 및 In 중 적어도 1종을 총계로 0.0005 내지 0.5질량% 더 함유시킴으로써, 확보할 수 있다. 이들 원소가 땀납 볼에 함유되면 Sn과 전극을 구성하는 원소 사이의 확산을 저해하고, 그 결과 접합 계면에 있어서의 금속간 화합물상의 두께를 얇게 하는 효과가 얻어진다. 금속간 화합물상의 두께가 얇은 것에 의해, 전자 기기를 예기치 않게 떨어뜨려 버렸을 때의 충격이 접합 계면에 전해져도, 균열의 발생이나 진전을 억제할 수 있다. 그러나 함유량이 0.0005질량% 미만에서는 상기한 효과를 충분히 얻을 수 없다. 한편, 함유량이 0.5질량%를 초과하면 급격하게 땀납 볼의 용점이 상승해 버리므로, 공업상 바람직하지 않다.

[0039] 땀납 볼 중의 조성을 동정하는 방법에 특별히 제한은 없지만, 예를 들어 EDX, 전자 프로브 분석법(EPMA ; Electron Probe Micro Analyzer), AES, 2차 이온 질량 분석법(SIMS ; Secondary Ion-microprobe Mass Spectrometer), 유도 결합 플라즈마 분석법(ICP ; Inductively Coupled Plasma), 글로 방전 스펙트럼 질량 분석법(GD-MASS ; Glow Discharge Mass Spectrometry), 형광 X선 분석법(XRF ; X-ray Fluorescence Spectrometer) 등이 실적도 풍부하고 정밀도도 높으므로 바람직하다.

[0040] 상기 땀납 볼을 제조하는 방법은, 소정의 농도에 적합하도록 첨가 원소를 조합한 땀납 모합금을 도가니나 주형 중에서 가열하여 용해함으로써 균일화하고, 그런 후에 응고시키는 방법을 이용할 수 있다. 그러나 땀납 모합금을 용융시킬 때의 분위기에 따라서는, 첨가한 원소가 산화되어 버려, 땀납 중에 함유시킬 수 없다고 하는 불량이 발생할 수 있다. 여기서, 땀납 모합금을 용융시키는 공정에 있어서, 예를 들어 땀납 주변의 분위기를 산소 분압으로서 0.1 내지 100Pa의 분위기로 하는 방법이나, 0.1 내지 101300Pa이라고 하는 저압의 비산화 분위기로 하는 방법을 이용하면, 땀납 볼 중의 첨가 원소의 산화를 억제할 수 있어, 그 결과 땀납 합금 중에 첨가 원소를 확실하게 함유시킬 수 있다. 비산화 분위기로서는, 예를 들어 질소, 아르곤이나 네온과 같은 불활성 가스, 혹은 CO나 수소와 같이 환원 작용을 갖는 가스 등을 이용할 수 있다. 이 이유는, 이들 분위기를 사용하면 땀납 합금 중의 산소가 탈기되기 때문이다. 그러나 특정한 산소 분압 분위기 혹은 비산화 분위

기의 압력이 0.1Pa을 하회하면, 땀납 중의 미량 첨가 원소가 증기로 되어 땀납 중으로부터 빠져나와 버려, 땀납 볼 중의 첨가 원소의 농도가 변동되어 버린다. 반대로, 산소 분압이 100Pa을 상회하는 압력이면, 분위기 중에 산소가 상당량 잔존해 버리므로 상기한 효과는 얻어지지 않는다. 또한, 101300Pa이라고 하는 압력은 평균적인 대기압이므로, 비산화 분위기의 압력이 101300Pa을 초과하면, 도가니의 외부로 비산화 분위기가 누출될 위험성이 증가한다. 상기 땀납 모합금을 용융하는 공정에서는, 예를 들어 밀폐함으로써 내부를 외기로부터 차폐할 수 있는 주형을 이용하는 것이, 실적도 풍부하므로 좋다.

[0041] 또한, 땀납 볼의 표면에 O와 Sn을 주체로 한 비정질상을 형성하기 위해서는, 땀납 볼을 제조하는 과정에서, 용융 시의 땀납 합금을 응고하여 볼화할 때의 냉각 속도를 최대한 빠르게 하는 것이 중요하다. 구체적으로는, 냉각 속도를 100℃ / 초 이상으로 하면 되고, 보다 바람직하게는 300℃ / 초 이상으로 하면, 상기 비정질상이 두껍게 안정적으로 형성될 수 있으므로 좋다. 이 냉각 속도를 달성하기 위해서는, 냉각 과정에서 냉기 가스를 응고 중인 땀납 합금에 분사하는 것이 간편하여 좋지만, 응고 중인 땀납 합금을 물 속에 떨어뜨림으로써 수냉하는 방법도 이용할 수 있다. 단, 800℃ / 초를 초과하는 냉각 속도로 하면, 50nm를 초과하는 비정질상을 형성할 수 있지만, 이 경우에는 다량의 냉기 가스가 필요해지므로, 고비용의 요인으로 되어, 공업상 바람직하지 않다.

[0042] 본 발명의 땀납 볼의 형상은 특별히 문제되지 않지만, 볼 형상의 땀납 합금을 접합부에 전사하여 돌기 형상으로 하거나, 또한 그 돌기물을 다른 전극에 실장하는 것이, 실적도 풍부하므로 공업적으로는 바람직하다.

[0043] 본 발명의 땀납 볼은, 상기 BGA 이외에도, CSP(Chip Scale Package), 혹은 FC(Flip Chip)라고 불리는 실장 형태를 갖는 반도체 디바이스의 접속 단자로서 사용한 경우라도 효과를 발현할 수 있다. 본 실시 형태에 의한 땀납 볼을 이들 반도체 디바이스의 접속 단자로서 이용하는 경우에는, 예를 들어 플럭스나 땀납 페이스트라고 하는 유기물을 미리 프린트 배선 기판 상의 전극에 도포한 후 땀납 볼을 전극에 배열하고, 전술한 리플로우법으로 견고한 땀납 접합부를 형성시킴으로써 전자 부재로 할 수 있다.

[0044] 본 실시 형태의 전자 부재에서는, 이들 BGA, CSP, FC에 본 실시 형태의 땀납 볼을 실장한 상태의 전자 부재도 포함하고, 또한 혹은, 플럭스나 땀납 페이스트를 미리 프린트 배선 기판 상의 전극에 도포한 후 전자 부재를 전극 상에 적재하고, 전술한 리플로우법으로 견고하게 솔더링함으로써 전자 부재를 프린트 기판에 실장한 상태의 전자 부재도 더 포함하는 것으로 한다. 또한, 이 프린트 기판 대신에, TAB(Tape Automated Bonding) 테이프라고 불리는 플렉시블 배선 테이프나, 리드 프레임이라 불리는 금속제 배선을 사용해도 된다.

[0045] 이상, 본 발명의 적합한 예를 설명하였지만, 본원 발명은 근래에 현저해진 하기의 과제에 대해서도, 적절하게 변형함으로써 그 해결이 가능하다.

[0046] 첫번째의 과제는 다수회의 리플로우에 관한 과제이다. 땀납의 강도는 모상인 Sn보다도 오히려 땀납 중에 석출되는 입상 합금상의 기여가 커, 미세한 입상 합금상이 다수 존재하면 강도는 높아진다. 그러나 이 입상 합금상은 열에 약하고, 예를 들어 다수회의 리플로우를 실시하면, 용융 온도를 초과하는 고온 환경에 여러번 노출됨으로써, 입상 합금상은 조대화되고, 수도 감소해 버린다. 땀납 볼의 직경이 300 $\mu$ m 정도일 때는 특별히 문제되지 않았지만, 땀납 볼의 직경이 250 $\mu$ m 이하에서는, 다수회의 리플로우를 실시하면, 전술한 이유로 인해 땀납은 필요한 강도를 확보할 수 없어, 응력이 부가되면 땀납은 과잉으로 변형되어, 최악의 케이스에서는 쇼트되거나 단선되어 버린다.

[0047] 이 문제를 해결하기 위해서는, 본원 발명에 있어서 Mg과 Ni을 동시에 첨가하는 것이 좋다. 이것은, Mg과 Ni의 동시 첨가에 의해, 다수회의 리플로우를 실시하였을 때라도 땀납 중의 조대한 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>을 미세하게 할 수 있는 것에 의해, Ag<sub>3</sub>Sn이 다수회의 리플로우에 의해 조대화되고, 땀납 중에 존재하는 미세한 입상 합금상의 총수가 감소해도, 그 감소분을, 상기한 미세한 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>이 보충해줌으로써 석출 경화의 효과가 얻어져, 땀납 볼의 강도 저하를 방지할 수 있기 때문이다. 이 상세한 이유는 미해명이지만, 조대한 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> 중의 Cu를 Ni이 치환하여, 미세한 (Cu, Ni)<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>을 형성할 때에, Mg이 촉매와 같은 작용을 하여, 상기 치환을 돕기 때문이라고 생각된다. 또한, Mg을 첨가하지 않고 Ni만 첨가한 것만으로는 이와 같은 효과는 충분히 보이지는 않는다.

[0048] 두번째의 과제는, 전극의 박리에 관한 과제이다. 근래, 전극의 구조가 종래의 Cu 전극이나 Cu / Ni / Au 전극으로부터 Cu / Ni / Pd / Au 전극과 같이 변화되기 시작하고 있다. 이와 같은 전극을 사용해도, 1 내지 2회의 리플로우에서는 땀납과 전극 사이에 있어서의 확산은 그다지 진행되지 않으므로, 땀납 / 전극 계면에 취성의 합금상이 층상으로 성장하는 것은 회피할 수 있지만, 다수회의 리플로우를 실시하면, 상기 확산의 영향을 무시할 수 없고, 땀납 / 전극 계면에 합금상이 층상으로 성장함으로써 전극에서 박리가 발생하고, 최악의 케이스



에서는 쇼트되거나 단선되어 버린다. 이 경향은 특히 Cu / Ni / Pd / Au 전극을 사용하였을 때에 빈번히 보여진다.

[0049] 이와 같은 전극에서의 박리를 억제하기 위해서는, 뿔납 / 전극 계면에 있어서의 취성의 합금상의 층상의 성장을 억제하면 되는 것이지만, 본원 발명에 있어서 Mg과 Ni을 동시에 첨가하면, 뿔납 / 전극 계면에 있어서의 상호 확산이 지연되어, 취성의 합금상의 두께를 얇게 할 수 있고, 또한 그 형상도 평활하게 할 수 있으므로 좋다. 또한, Ni의 단독의 첨가에서도 이와 같은 효과는 보이기는 하지만, 반드시 충분한 것은 아니고, 취성의 합금상의 두께를 확실히 얇게 하기 위해서는 상기한 바와 같이 Mg과 Ni을 동시 첨가하는 것이 좋다. 이 이유는, Ni이 뿔납 / 전극 계면에 있어서의 상호 확산의 배리어로서의 기능을 나타냄으로써 상호 확산을 지연시킬 때에, Mg이 촉매와 같은 작용을 하여, Ni의 확산 배리어로서의 기능을 보다 확실하게 실시할 수 있도록 원조할 수 있기 때문이라고 생각된다.

[0050] 실시예

[0051] 주성분에 본 실시 형태의 첨가 원소를 더한 원료를, 흑연 도가니 내에 설치한 후 고주파 용해로에서 가열·용해하고, 냉각시킴으로써 뿔납 합금을 얻었다. 또한, 원료의 Sn 중에 함유되는 산소 농도를 연소법으로 측정하고, 그 농도를 표 1, 표 2에 나타낸다. 가열 온도는 300℃로 하였다. 그 후, 뿔납 합금을 선 직경 20 $\mu$ m의 선재로 하였다. 선재를 길이 26.1 및 9.72mm로 절단하고, 일정 체적으로 한 후 다시 고주파 용해로에서 가열·용해하고, 냉각시킴으로써 직경 250 $\mu$ m 및 180 $\mu$ m의 뿔납 볼을 각각 얻었다. 재가열 온도는 350℃로 하였다. 이때, 고주파 용해로 내의 분위기는 질소로 하고, 그 산소 분압은 대략 100Pa로 해두었다. 또한, 뿔납 볼을 제조할 때에는, 냉각 과정의 뿔납에 냉기 가스를 분사하고, 냉각 속도를 300℃ / 초로 크게 하였다. 각 뿔납 볼의 조성은 ICP 분석으로 동정하고, 그들의 값을 표 1 내지 표 5에 나타낸다. 각 뿔납 볼의 용점은 시차 주사 열량 측정계(DSC ; Differential Scanning Calorimetry)로 측정하고, 그 값을 표 1 내지 표 5에 나타낸다. 비정질상의 동정은 TEM 및 EDX에 의해 행하고, 비정질상 중에서 동정된 원소를 표 1, 표 2에 나타낸다. 또한, 비정질상 및 전체 산화 주석의 두께는 TEM으로 측정하고, 또한 전체 산화 주석에 있어서의 비정질 산화 주석의 점유율을 산출하였다. 그 값을 표 1, 표 2에 나타낸다. 또한, 뿔납 볼 표면의 산화의 정도를 FE-SEM 및 EDX를 사용하여 5만배의 배율로 관찰하였다. 그때, 뿔납 볼의 표면이 다각형 형상으로 변형되어 있으면 ×를, 그와 같은 변형이 약간만 관찰되면 △를, 그와 같은 변형이 전혀 관찰되지 않으면 ○를, 표 1, 표 2에 나타내었다.

[0052] 뿔납 볼을 실장하는 프린트 기관으로서, 40mm×30mm×1mm 사이즈, 전극은 0.3mm 피치, 전극 표면은 Cu 전극인 상태라고 하는 사양의 것을 사용하였다. 기관 상에 수용성 플럭스를 도포한 후 뿔납 볼을 탑재하여, 피크 온도가 250℃로 유지된 리플로우 노 내에서 가열하고, 냉각시킴으로써 상기 프린트 기관 상에 뿔납 범프를 형성시켰다. 또한, 그 범프 상에, 동일한 방법으로 반도체 디바이스를 접합시켜, 프린트 기관 / 뿔납 범프 / 반도체 디바이스라고 하는 구성의 전자 부품을 얻었다. 또한, 상기 반도체 디바이스는 한 변이 8mm, 324핀이고, 전극은 Cu이었다.

[0053] 또한, 상기 시험편 중 수(數)수준에 있어서는, 프린트 기관 / 뿔납 범프라고 하는 구성의 전자 부품을 얻은 후에, 리플로우 노 내에서 가열·냉각하는 것을 4회 더 반복하였다. 당해 시험을 행한 시험편은 표 6에 다시 나타낸다. 또한, 당해 시험에 한하여, Cu / Ni / Au 전극 및 Cu / Ni / Pd / Au 전극에서도 동일한 시험을 행하였다.

[0054] 열 피로 특성은 TCT 시험(온도 사이클 시험 ; Thermal Cycle Test)으로 평가하였다. 그때, -40℃ 내지 +125℃ 사이에서 복수회 시험편의 환경 온도를 변화시키고, 25회마다 TCT 시험 장치 내로부터 시험편을 취출하여, 도통 시험의 결과, 전기 저항값이 초기값의 2배를 초과하면 불량이라고 간주하였다. 처음으로 불량이 발생한 횟수를 TCT 수명으로서 표 1, 표 2에 나타낸다. 직경 250 $\mu$ m에서의 열 피로 특성은, 처음으로 불량이 발생한 횟수 500회 이상이면 양호라고 하고, 직경 180 $\mu$ m에서의 열 피로 특성은, 처음으로 불량이 발생한 횟수 300회 이상이면 양호라고 하였다.

[0055] 내낙하성은, JEDEC(반도체 기술협회 ; Solid State Technology Association) 규격의 JESD22-B111에 준거한 시험법으로 평가하였다. 그때, 낙하마다 시험편의 도통성을 확인하여, 도통이 초기값의 2배를 초과하면 불량이라고 간주하였다. 처음으로 불량이 발생한 횟수를 내낙하 충격 수명으로서 표 4, 표 5에 나타낸다.

[0056] 인장 강도의 측정은, 상술한 다수회 리플로우 시험을 행한 시험편만으로 실시하였다. 그때, 시판 중인 인장 강도 측정기(Dage2400PC)를 사용하여, 시험 속도를 300 $\mu$ m / 초, 시험편 파지부의 폐쇄 압력을 10PSi로 하여 인장 시험을 행하고, 측정 중의 유지 시간(2초) 경과까지의 최대 인장 강도를 50점 평균함으로써 인장 강도값을

구하고, 그 값을 표 6에 나타낸다. 직경 250 $\mu$ m에서의 다수회 리플로우 시험 후의 인장 강도는, 4000mN 이상이면 합격으로 하였다.

[0057] 또한, 인장 시험 후의 박리 계면을 광학 현미경으로 50점 관찰하고, 전극 재질이나 기초가 5점 이상 관찰되면  $\times$ 를, 4점 이하의 관찰이면 사용상 특별히 문제가 없는 레벨로 간주하여  $\Delta$ 를, 전혀 관찰되지 않으면  $\bigcirc$ 를, 표 6 중의 「박리 계면」란에 아울러 기재하였다.

[0058] 직경 250 $\mu$ m에서의 열 피로 특성

[표 1-1]

시험예	조성(질량%)						원료 Sn 중 산소 농도 (질량%)	비정질층의 원소	용점 (°C)	비정질층 두께 (nm)	비정질 산화 주석의 점유율 (%)	TCT 수명(회)	분 표면의 산화
	Sn	Ag	Cu	Mg	Al	Zn							
시험예1	전량부 0.1	0.1	0.1	0.0001	0	0	0.0003	Sn,O,Mg	227	1	30	575	$\bigcirc$
시험예2	전량부 0.3	0.5	0	0	0.0001	0	0.0001	Sn,O,Al	226	2	30	550	$\bigcirc$
시험예3	전량부 0.5	1.0	0	0	0	0.0001	0.0001	Sn,O,Zn	225	3	30	550	$\bigcirc$
시험예4	전량부 0.7	1.2	0.0010	0	0	0	0.0033	Sn,O,Mg	224	20	50	600	$\bigcirc$
시험예5	전량부 0.9	1.5	0.0001	0	0	0	0.0003	Sn,O,Mg	223	1	30	600	$\bigcirc$
시험예6	전량부 0.9	1.5	0.0010	0	0	0	0.0033	Sn,O,Mg	223	20	50	625	$\bigcirc$
시험예7	전량부 0.9	1.5	0.0050	0	0	0	0.0167	Sn,O,Mg	223	40	60	600	$\bigcirc$
시험예8	전량부 0.9	1.5	0	0.0001	0	0	0.0001	Sn,O,Al	223	2	30	575	$\bigcirc$
시험예9	전량부 0.9	1.5	0	0.0010	0	0	0.0010	Sn,O,Al	223	25	50	600	$\bigcirc$
시험예10	전량부 0.9	1.5	0	0.0050	0	0	0.0050	Sn,O,Al	223	45	60	575	$\Delta$
시험예11	전량부 0.9	1.5	0	0	0	0.0001	0.0001	Sn,O,Zn	223	3	30	575	$\bigcirc$
시험예12	전량부 0.9	1.5	0	0	0	0.0010	0.0010	Sn,O,Zn	223	30	50	600	$\bigcirc$
시험예13	전량부 0.9	1.5	0	0	0	0.0050	0.0050	Sn,O,Zn	223	50	60	575	$\Delta$
시험예14	전량부 0.9	1.5	0.0001	0.0001	0	0	0.0004	Sn,O,Mg,Al	223	3	30	600	$\bigcirc$
시험예15	전량부 0.9	1.5	0.0001	0	0.0001	0	0.0004	Sn,O,Mg,Zn	223	4	30	600	$\bigcirc$
시험예16	전량부 0.9	1.5	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0007	Sn,O,Mg,Al,Zn	223	6	30	600	$\bigcirc$
시험예17	전량부 1.2	1.5	0.0001	0	0	0	0.0003	Sn,O,Mg	223	1	30	650	$\bigcirc$
시험예18	전량부 1.2	1.5	0.0010	0	0	0	0.0033	Sn,O,Mg	223	20	50	675	$\bigcirc$
시험예19	전량부 1.2	1.5	0.0050	0	0	0	0.0167	Sn,O,Mg	223	40	60	650	$\bigcirc$
시험예20	전량부 1.2	1.5	0	0.0001	0	0	0.0001	Sn,O,Al	223	2	30	625	$\bigcirc$
시험예21	전량부 1.2	1.5	0	0.0010	0	0	0.0010	Sn,O,Al	223	25	50	650	$\bigcirc$
시험예22	전량부 1.2	1.5	0	0.0050	0	0	0.0050	Sn,O,Al	223	45	60	625	$\Delta$
시험예23	전량부 1.2	1.5	0	0	0	0.0001	0.0001	Sn,O,Zn	223	3	30	625	$\bigcirc$
시험예24	전량부 1.2	1.5	0	0	0	0.0010	0.0010	Sn,O,Zn	223	30	50	650	$\bigcirc$
시험예25	전량부 1.2	1.5	0	0	0	0.0050	0.0050	Sn,O,Zn	223	50	60	625	$\Delta$

[0060]

[표 1-2]

	조성(질량%)						원료 Sn 중 산소 농도 (질량%)	비정질 중의 원소	응점 (°C)	비정질 상 두께 (nm)	비정질 산화 주석의 점유율 (%)	TCT 수명(회)	분포면의 산화
	Sn	Ag	Cu	Mg	Al	Zn							
실시예 26	잔량부	1.2	1.5	0.0001	0.0001		0.0004	Sn, O, Mg, Al	223	3	30	650	○
실시예 27	잔량부	1.2	1.5	0.0001	0	0.0001	0.0004	Sn, O, Mg, Zn	223	4	30	650	○
실시예 28	잔량부	1.2	1.5	0.0001	0.0001	0.0001	0.0007	Sn, O, Mg, Al, Zn	223	6	30	650	○
실시예 29	잔량부	1.8	1.2	0.0001	0	0	0.0008	Sn, O, Mg	221	1	30	675	○
실시예 30	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0.0033	Sn, O, Mg	219	20	50	725	○
실시예 31	잔량부	2.2	1.5	0.0001	0	0	0.0003	Sn, O, Mg	219	1	30	725	○
실시예 32	잔량부	2.2	1.5	0.0010	0	0	0.0033	Sn, O, Mg	219	20	50	750	○
실시예 33	잔량부	2.2	1.5	0.0050	0	0	0.0167	Sn, O, Mg	219	40	60	725	○
실시예 34	잔량부	2.2	1.5	0	0.0001	0	0.0001	Sn, O, Al	219	2	30	700	○
실시예 35	잔량부	2.2	1.5	0	0.0010	0	0.0010	Sn, O, Al	219	25	50	725	○
실시예 36	잔량부	2.2	1.5	0	0.0050	0	0.0050	Sn, O, Al	219	45	60	700	△
실시예 37	잔량부	2.2	1.5	0	0	0.0001	0.0001	Sn, O, Zn	219	3	30	700	○
실시예 38	잔량부	2.2	1.5	0	0	0.0010	0.0010	Sn, O, Zn	219	30	50	725	○
실시예 39	잔량부	2.2	1.5	0	0	0.0050	0.0050	Sn, O, Zn	219	50	60	700	△
실시예 40	잔량부	2.2	1.5	0.0001	0.0001		0.0004	Sn, O, Mg, Al	219	3	30	725	○
실시예 41	잔량부	2.2	1.5	0.0001	0	0.0001	0.0004	Sn, O, Mg, Zn	219	4	30	725	○
실시예 42	잔량부	2.2	1.5	0.0001	0.0001	0.0001	0.0007	Sn, O, Mg, Al, Zn	219	6	30	725	○
실시예 43	잔량부	2.5	1.2	0.0010	0	0	0.0033	Sn, O, Mg	219	20	50	575	○
비교예 1	잔량부	0	0.7	0	0	0	0.0001	없음	222	0	0	425	○
비교예 2	잔량부	3	0.5	0	0	0	0.0003	없음	218	0	0	450	○
비교예 3	잔량부	0.1	0.1	0	0	0	0.0010	없음	227	0	0	475	○
비교예 4	잔량부	1.2	0.5	0	0	0.0060	0.0050	없음	221	60	20	450	X

직경 180 $\mu$ m에서의 열 피로 특성

[표 2-1]

	조성(질량%)						원료 Sn 중 산소 농도 (질량%)	비정질 중의 원소	용점 (°C)	비정질상 두께 (nm)	비정질 산화 주석의 점유율 (%)	TCT 수명(회)	불-표면의 산화
	Sn	Ag	Cu	Mg	Al	Zn							
실시에 44	잔량부 0.1	0.1	0.0001	0	0	0	0.0003	Sn,OMg	227	1	30	300	○
실시에 45	잔량부 0.3	0.3	0	0.0001	0	0	0.0001	Sn,O,Al	226	2	30	300	○
실시에 46	잔량부 0.5	0.5	0	0	0.0001	0	0.0001	Sn,O,Zn	225	3	30	325	○
실시에 47	잔량부 0.7	0.7	0.0010	0	0	0	0.0033	Sn,O,Mg	224	20	50	375	○
실시에 48	잔량부 0.9	1.0	0.0001	0	0	0	0.0003	Sn,O,Mg	223	1	30	400	○
실시에 49	잔량부 0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0.0033	Sn,O,Mg	223	20	50	375	○
실시에 50	잔량부 0.9	1.0	0.0050	0	0	0	0.0167	Sn,O,Mg	223	40	60	350	○
실시에 51	잔량부 0.9	1.0	0	0.0001	0	0	0.0001	Sn,O,Al	223	2	30	400	○
실시에 52	잔량부 0.9	1.0	0	0.0010	0	0	0.0010	Sn,O,Al	223	25	50	375	○
실시에 53	잔량부 0.9	1.0	0	0.0050	0	0	0.0050	Sn,O,Al	223	45	60	350	△
실시에 54	잔량부 0.9	1.0	0	0	0	0	0.0001	Sn,O,Zn	223	3	30	400	○
실시에 55	잔량부 0.9	1.0	0	0	0	0.0010	0.0010	Sn,O,Zn	223	30	50	375	○
실시에 56	잔량부 0.9	1.0	0	0	0	0.0050	0.0050	Sn,O,Zn	223	50	60	350	△
실시에 57	잔량부 0.9	1.0	0.0001	0.0001	0	0	0.0004	Sn,O,Mg,Al	223	3	30	400	○
실시에 58	잔량부 0.9	1.0	0.0001	0	0.0001	0	0.0004	Sn,O,Mg,Zn	223	4	30	400	○
실시에 59	잔량부 0.9	1.0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0007	Sn,O,Mg,Al,Zn	223	6	30	400	○
실시에 60	잔량부 1.0	1.0	0.0001	0	0	0	0.0003	Sn,O,Mg	223	1	30	400	○
실시에 61	잔량부 1.0	1.0	0.0010	0	0	0	0.0033	Sn,O,Mg	223	20	50	375	○
실시에 62	잔량부 1.0	1.0	0.0050	0	0	0	0.0167	Sn,O,Mg	223	40	60	350	○
실시에 63	잔량부 1.0	1.0	0	0.0001	0	0	0.0001	Sn,O,Al	223	2	30	400	○
실시에 64	잔량부 1.0	1.0	0	0.0010	0	0	0.0010	Sn,O,Al	223	25	50	375	○
실시에 65	잔량부 1.0	1.0	0	0.0050	0	0	0.0050	Sn,O,Al	223	45	60	350	△
실시에 66	잔량부 1.0	1.0	0	0	0	0.0001	0.0001	Sn,O,Zn	223	3	30	400	○
실시에 67	잔량부 1.0	1.0	0	0	0	0.0010	0.0010	Sn,O,Zn	223	30	50	375	○
실시에 68	잔량부 1.0	1.0	0	0	0	0.0050	0.0050	Sn,O,Zn	223	50	60	350	△
실시에 69	잔량부 1.0	1.0	0.0001	0.0001	0	0.0001	0.0004	Sn,O,Mg,Al	223	3	30	400	○
실시에 70	잔량부 1.0	1.0	0.0001	0	0.0001	0.0001	0.0004	Sn,O,Mg,Zn	223	4	30	400	○

[0064]

[0065]



[표 2-2]

	조성(질량%)						원료 Sn 중 산소 농도 (질량%)	비정질 중의 원소	용점 (°C)	비정질상 두께 (nm)	비정질 산화 주석의 함유량 (%)	TCT 수명(회)	불 표면의 산화
	Sn	Ag	Cu	Mg	Al	Zn							
실시예 71	전량부 1.0	1.0	1.0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0007	Sn, O, Mg, Al, Zn	223	6	30	400	○
실시예 72	전량부 1.2	0.5	0.5	0.0001	0	0	0.0003	Sn, O, Mg	221	1	30	425	○
실시예 73	전량부 1.5	0.5	0.5	0.0010	0	0	0.0033	Sn, O, Mg	219	20	50	450	○
실시예 74	전량부 1.8	1.0	1.0	0.0001	0	0	0.0003	Sn, O, Mg	219	1	30	450	○
실시예 75	전량부 1.8	1.0	1.0	0.0010	0	0	0.0033	Sn, O, Mg	219	20	50	425	○
실시예 76	전량부 1.8	1.0	1.0	0.0050	0	0	0.0167	Sn, O, Mg	219	40	60	400	○
실시예 77	전량부 1.8	1.0	1.0	0	0.0001	0	0.0001	Sn, O, Al	219	2	30	450	○
실시예 78	전량부 1.8	1.0	1.0	0	0.0010	0	0.0010	Sn, O, Al	219	25	50	425	○
실시예 79	전량부 1.8	1.0	1.0	0	0.0050	0	0.0050	Sn, O, Al	219	45	60	400	△
실시예 80	전량부 1.8	1.0	1.0	0	0	0.0001	0.0001	Sn, O, Zn	219	3	30	450	○
실시예 81	전량부 1.8	1.0	1.0	0	0	0.0010	0.0010	Sn, O, Zn	219	30	50	425	○
실시예 82	전량부 1.8	1.0	1.0	0	0	0.0050	0.0050	Sn, O, Zn	219	50	60	400	△
실시예 83	전량부 1.8	1.0	1.0	0.0001	0.0001		0.0004	Sn, O, Mg, Al	219	3	30	450	○
실시예 84	전량부 1.8	1.0	1.0	0.0001	0	0.0001	0.0004	Sn, O, Mg, Zn	219	4	30	450	○
실시예 85	전량부 1.8	1.0	1.0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0007	Sn, O, Mg, Al, Zn	219	6	30	450	○
실시예 86	전량부 1.9	0.5	0.5	0.0010	0	0	0.0033	Sn, O, Mg	219	20	50	450	○
비교예 5	전량부 0	0.7	0	0	0	0	0.0001	없음	232	0	0	200	○
비교예 6	전량부 3	0.5	0	0	0	0	0.0003	없음	218	0	0	225	○
비교예 7	전량부 0.1	0.1	0	0	0	0	0.0010	없음	227	0	0	250	○
비교예 8	전량부 1.2	0.5	0	0	0	0.0050	0.0050	없음	221	60	20	225	X

직경 250 $\mu$ m에서의 열 피로 특성

[0069] [표 3]

	조성(질량%)							용점 (°C)	TCT 수명(회)
	Sn	Ag	Cu	Mg	Al	Zn	Bi		
실시예 87	잔량부	0.1	1.2	0.0010	0	0	0.0100	227	675
실시예 88	잔량부	0.1	1.2	0.0010	0	0	1.0000	227	705
실시예 89	잔량부	0.1	1.2	0.0010	0	0	2.0000	227	735
실시예 90	잔량부	0.1	1.2	0.0010	0	0	3.0000	227	755
실시예 91	잔량부	0.1	1.2	0.0010	0	0	5.0000	227	775
실시예 92	잔량부	1.2	1.2	0.0010	0	0	0.0100	220	775
실시예 93	잔량부	1.2	1.2	0.0010	0	0	1.0000	220	805
실시예 94	잔량부	1.2	1.2	0.0010	0	0	2.0000	220	835
실시예 95	잔량부	1.2	1.2	0.0010	0	0	3.0000	220	855
실시예 96	잔량부	1.2	1.2	0.0010	0	0	5.0000	220	875
실시예 97	잔량부	2.0	1.0	0.0010	0	0	0.0100	223	825
실시예 98	잔량부	2.0	1.0	0.0010	0	0	1.0000	223	855
실시예 99	잔량부	2.0	1.0	0.0010	0	0	2.0000	223	885
실시예 100	잔량부	2.0	1.0	0.0010	0	0	3.0000	223	905
실시예 101	잔량부	2.0	1.0	0.0010	0	0	5.0000	223	925
실시예 102	잔량부	2.2	0.5	0.0010	0	0	0.0100	219	860
실시예 103	잔량부	2.2	0.5	0.0010	0	0	1.0000	219	880
실시예 104	잔량부	2.2	0.5	0.0010	0	0	2.0000	219	910
실시예 105	잔량부	2.2	0.5	0.0010	0	0	3.0000	219	930
실시예 106	잔량부	2.2	0.5	0.0010	0	0	5.0000	219	950
실시예 107	잔량부	2.0	1.0	0	0.0010	0	0.0100	223	800
실시예 108	잔량부	2.0	1.0	0	0.0010	0	1.0000	223	830
실시예 109	잔량부	2.0	1.0	0	0.0010	0	2.0000	223	860
실시예 110	잔량부	2.0	1.0	0	0.0010	0	3.0000	223	880
실시예 111	잔량부	2.0	1.0	0	0.0010	0	5.0000	223	900
실시예 112	잔량부	2.0	1.0	0.0000	0	0.0010	0.0100	223	800
실시예 113	잔량부	2.0	1.0	0.0000	0	0.0010	1.0000	223	830
실시예 114	잔량부	2.0	1.0	0.0000	0	0.0010	2.0000	223	860
실시예 115	잔량부	2.0	1.0	0.0000	0	0.0010	3.0000	223	880
실시예 116	잔량부	2.0	1.0	0.0000	0	0.0010	5.0000	223	900
비교예 9	잔량부	0.1	1.2	0	0	0	0.0010	227	475
비교예 10	잔량부	0.1	1.2	0	0	0	6.0000	227	475
비교예 11	잔량부	1.2	0.5	0	0	0	1.0000	221	475
비교예 12	잔량부	1.2	0.5	0	0	0.0060	1.0000	221	425

[0070]

[0071] 직경 250 $\mu$ m에서의 내낙하성

[표 4-1]

	조성(질량%)															용점 (°C)	납화 종격 수명(회)
	Sr	Ag	Cu	Mg	Al	Zn	Bi	Ni	P	Sb	Ce	La	Co	Fe	In		
실시에 30	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	223	105
실시에 117	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0.0005	0	0	0	0	0	0	0	223	140
실시에 118	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0.0050	0	0	0	0	0	0	0	223	150
실시에 119	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0.0500	0	0	0	0	0	0	0	223	165
실시에 120	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0.5000	0	0	0	0	0	0	0	223	170
실시에 121	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0.0005	0	0	0	0	0	0	223	110
실시에 122	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0.0500	0	0	0	0	0	0	0	223	120
실시에 123	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0.0500	0	0	0	0	0	0	0	223	140
실시에 124	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0.5000	0	0	0	0	0	0	0	223	150
실시에 125	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0.0005	0	0	0	0	0	0	223	130
실시에 126	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0.0050	0	0	0	0	0	0	223	140
실시에 127	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0.0500	0	0	0	0	0	0	223	160
실시에 128	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0.5000	0	0	0	0	0	0	223	170
실시에 129	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0.0005	0	0	0	0	0	223	110
실시에 130	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0.0050	0	0	0	0	0	0	223	120
실시에 131	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0.0500	0	0	0	0	0	0	223	140
실시에 132	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0.5000	0	0	0	0	0	0	223	150
실시에 133	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0.0005	0	0	0	0	0	223	110
실시에 134	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0.0050	0	0	0	0	0	223	120
실시에 135	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0.0500	0	0	0	0	0	223	140
실시에 136	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0.5000	0	0	0	0	0	223	150
실시에 137	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0	0.0005	0	0	0	0	223	110
실시에 138	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0.0050	0	0	0	223	120
실시에 139	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0.0500	0	0	0	223	140
실시에 140	잔량부 2.0	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0.5000	0	0	0	223	150

[0072]

[0073]

[표 4-2]

	조성(질량%)																용점 (°C)	나뭇줄기 수명(회)
	Sn	Ag	Cu	Mg	Al	Zn	Bi	Ni	P	Sb	Ce	La	Co	Fe	In			
실시예 141	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0005	0	223	130	
실시예 142	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0050	0	223	140	
실시예 143	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5000	0	223	160	
실시예 144	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5000	0	223	170	
실시예 145	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0005	0	223	120	
실시예 146	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0050	0	223	130	
실시예 147	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0500	0	223	150	
실시예 148	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5000	0	223	160	
실시예 149	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0.0002	0.0002	0	0	0	0	0	0.0001	0	223	120	
실시예 150	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0.0500	0	0.3000	0.0500	0.0500	0	0	0.0500	0	223	170	
실시예 151	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0	0	0	230	103	
실시예 152	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	1.0000	0	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0	0	0	230	103	
실시예 31	잔량부	2.2	1.5	0.0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219	102	
실시예 32	잔량부	2.2	1.5	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219	101	
실시예 33	잔량부	2.2	1.5	0.0050	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219	100	
비교예 5	잔량부	0	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	232	80	
비교예 6	잔량부	3	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	218	40	
비교예 7	잔량부	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	227	85	
비교예 8	잔량부	1.2	0.5	0	0	0.0060	0	0	0	0	0	0	0	0	0	221	75	

직경 180 $\mu$ m에서의 내낙하성



[표 5-1]

	조성(질량%)													용점 (°C)	나하 총적 수명(회)	
	Sn	Ag	Cu	Mg	Al	Zn	Ni	P	Sb	Ce	La	Co	Fe			In
실시에49	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	223	95
실시에153	0.9	1.0	0.0010	0	0	0.0005	0	0	0	0	0	0	0	0	223	130
실시에154	0.9	1.0	0.0010	0	0	0.0050	0	0	0	0	0	0	0	0	223	140
실시에155	0.9	1.0	0.0010	0	0	0.0500	0	0	0	0	0	0	0	0	223	155
실시에156	0.9	1.0	0.0010	0	0	0.5000	0	0	0	0	0	0	0	0	223	160
실시에157	0.9	1.0	0.0010	0	0	0.0005	0	0	0	0	0	0	0	0	223	100
실시에158	0.9	1.0	0.0010	0	0	0.0050	0	0	0	0	0	0	0	0	223	110
실시에159	0.9	1.0	0.0010	0	0	0.0500	0	0	0	0	0	0	0	0	223	130
실시에160	0.9	1.0	0.0010	0	0	0.5000	0	0	0	0	0	0	0	0	223	140
실시에161	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0.0005	0	0	0	0	0	0	0	223	120
실시에162	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0.0050	0	0	0	0	0	0	0	223	130
실시에163	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0.0500	0	0	0	0	0	0	0	223	150
실시에164	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0.5000	0	0	0	0	0	0	0	223	160
실시에165	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0.0005	0	0	0	0	0	0	0	223	100
실시에166	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0.0050	0	0	0	0	0	0	0	223	110
실시에167	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0.0500	0	0	0	0	0	0	0	223	130
실시에168	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0.5000	0	0	0	0	0	0	0	223	140
실시에169	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0.0005	0	0	0.0005	0	0	0	0	223	100
실시에170	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0.0050	0	0	0	0	0	223	110
실시에171	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0.0500	0	0	0	0	0	223	130
실시에172	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0.5000	0	0	0	0	0	223	140
실시에173	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0	0.0005	0	0	0	0	223	100
실시에174	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0.0050	0	0	0	223	110
실시에175	0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0.0500	0	0	0	223	130

[0077]

[0078]

[0079] [표 5-2]

	조성(질량%)													용점 (°C)	다회 수명(회)	
	Sn	Ag	Cu	Mg	Al	Zn	Ni	P	Sb	Ce	La	Co	Fe			In
실시에 176	잔량부 0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5000	0	0	223	140
실시에 177	잔량부 0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0005	0	0	223	120
실시에 178	잔량부 0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0050	0	0	223	130
실시에 179	잔량부 0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0500	0	0	223	150
실시에 180	잔량부 0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5000	0	0	223	160
실시에 181	잔량부 0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0005	0	223	110
실시에 182	잔량부 0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0050	0	223	120
실시에 183	잔량부 0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0500	0	223	140
실시에 184	잔량부 0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5000	0	223	150
실시에 185	잔량부 0.9	1.0	0.0010	0	0	0.0002	0.0002	0	0	0	0	0.0001	0	0	223	110
실시에 186	잔량부 0.9	1.0	0.0010	0	0	0.0500	0	0.3000	0.0500	0.0500	0	0	0.0500	0	223	160
실시에 187	잔량부 0.9	1.0	0.0010	0	0	0	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0	0	0	230	93
실시에 74	잔량부 1.8	1.0	0.0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219	92
실시에 75	잔량부 1.8	1.0	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219	91
실시에 76	잔량부 1.8	1.0	0.0050	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219	90
비교예 5	잔량부 0	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	232	70
비교예 6	잔량부 3	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	218	30
비교예 7	잔량부 0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	227	75
비교예 8	잔량부 1.2	0.5	0	0	0	0.0060	0	0	0	0	0	0	0	0	221	65

[0080]

[0081] 직경 250 $\mu$ m에서의 다수회 리플로우 시험 후의 인장 강도와 박리의 유무

[0082] [표 6]

	조성(질량%)							인장 강도 (mN)	박리 계면
	Sn	Ag	Cu	Mg	Al	Zn	Ni		
실시에 30	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0	4170	△
실시에 117	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0.0005	4360	○
실시에 118	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0.0050	4380	○
실시에 119	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0.0500	4390	○
실시에 120	잔량부	2.0	1.2	0.0010	0	0	0.5000	4400	○
비교예 5	잔량부	0	0.7	0	0	0	0	3510	×
비교예 6	잔량부	3	0.5	0	0	0	0	3810	×
비교예 7	잔량부	0.1	0.1	0	0	0	0	3640	×
비교예 8	잔량부	1.2	0.5	0	0	0.0060	0	3870	×

[0083]

[0084] 표 1에 나타난 바와 같이, 본 실시 형태에 따르면, 직경 250 $\mu$ m이라고 하는 소경의 뿔납 붙이어도, 500회 이상이라고 하는 양호한 열 피로 특성이 얻어졌다.

- [0085] 또한, 표 2에 나타낸 바와 같이, 본 실시 형태에 따르면, 직경 180 $\mu\text{m}$ 이라고 하는 소경의 뿔납 볼이어도, 300회 이상이라고 하는 양호한 열 피로 특성이 얻어졌다.
- [0086] 또한, 표 3에 나타낸 바와 같이, 본 실시 형태에 따르면, 직경 250 $\mu\text{m}$ 이라고 하는 소경의 뿔납 볼이어도, 675회 이상이라고 하는 양호한 열 피로 특성이 얻어졌다.
- [0087] 마찬가지로, 표 4에 나타낸 바와 같이, 본 실시 형태에 따르면, 직경 250 $\mu\text{m}$ 이라고 하는 소경의 뿔납 볼이어도, 90회 이상이라고 하는 양호한 내낙하성이 아울러 얻어졌다.
- [0088] 또한, 표 5에 나타낸 바와 같이, 본 실시 형태에 따르면, 직경 180 $\mu\text{m}$ 이라고 하는 소경의 뿔납 볼이어도, 90회 이상이라고 하는 양호한 내낙하성이 아울러 얻어졌다.
- [0089] 그리고 표 6에 나타낸 바와 같이, Ni와 Mg을 동시에 첨가한다고 하는 본 실시 형태에 따르면, 다수회 리플로우 시험을 행해도, 양호한 인장 강도와 박리 계면이 얻어졌다.