



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0051529
(43) 공개일자 2025년04월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 35/26 (2006.01) C22C 12/00 (2006.01)
C22C 13/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B23K 35/262 (2013.01)
B23K 35/025 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-7019469
(22) 출원일자(국제) 2022년08월24일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2023년06월09일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2022/031965
(87) 국제공개번호 WO 2024/042663
국제공개일자 2024년02월29일

(71) 출원인
가부시킴가이샤 다무라 세이사쿠쇼
일본국 도쿄도 네리마쿠 히가시오이즈미 1초메 1
9반 43고
(72) 발명자
시마자키, 다카노리
일본 3580032 사이타마켄 이루마시 사야마가하라
16반치 2 가부시킴가이샤다무라세이사쿠쇼 이루마
지교쵸 내
마루야마, 다이스케
일본 3580032 사이타마켄 이루마시 사야마가하라
16반치 2 가부시킴가이샤다무라세이사쿠쇼 이루마
지교쵸 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
장수길, 이증희

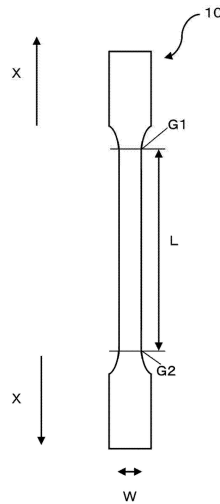
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **멤납 합금, 접합부, 접합재, 솔더 페이스트, 접합 구조체 및 전자 제어 장치**

(57) 요약

히트 사이클 내성 및 내낙하 충격성을 갖는 접합부를 형성할 수 있는 멤납 합금이며, 45질량% 이상 63질량% 이하의 Bi와, 0.1질량% 이상 0.7질량% 미만의 Sb와, 0.05질량% 이상 1질량% 이하의 In을 포함하고, 잔부가 Sn 및 불가피 불순물이며, 액상선 온도가 170℃ 이하인, 멤납 합금.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B23K 35/264 (2013.01)

C22C 12/00 (2013.01)

C22C 13/02 (2013.01)

(72) 발명자

오치, 겐키

일본 3580032 사이타마켄 이루마시 사야마가하라
16반치 2 가부시키가이샤다무라세이사쿠쇼 이루마
지교쥬 내

아라이, 마사야

일본 3580032 사이타마켄 이루마시 사야마가하라
16반치 2 가부시키가이샤다무라세이사쿠쇼 이루마
지교쥬 내

명세서

청구범위

청구항 1

45질량% 이상 63질량% 이하의 Bi와, 0.1질량% 이상 0.7질량% 미만의 Sb와, 0.05질량% 이상 1질량% 이하의 In을 포함하고, 잔부가 Sn 및 불가피 불순물이며, 액상선 온도가 170℃ 이하인, 뿔납 합금.

청구항 2

제1항에 있어서, 추가로, P, Ga 및 Ge로부터 선택되는 1종 이상을 합계로 0.001질량% 이상 0.05질량% 이하 포함하는, 뿔납 합금.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 추가로, Mn, Ti, Al, Cr, V 및 Mo로부터 선택되는 1종 이상을 합계로 0.001질량% 이상 0.05질량% 이하 포함하는, 뿔납 합금.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 기재된 뿔납 합금을 포함하는, 접합재.

청구항 5

플럭스와, 제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 기재된 뿔납 합금을 포함하는 분말을 포함하는, 솔더 페이스트.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 기재된 뿔납 합금을 사용하여 형성된, 접합부.

청구항 7

제4항에 기재된 접합재를 사용하여 형성된, 접합부.

청구항 8

제5항에 기재된 솔더 페이스트를 사용하여 형성된, 접합부.

청구항 9

제1 피접합체와, 접합부와, 제2 피접합체를 갖는 접합 구조체로서,

상기 접합부는, 제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 접합부이며, 상기 제1 피접합체와 상기 제2 피접합체를 접합하고 있는, 접합 구조체.

청구항 10

제9항에 기재된 접합 구조체를 갖는 전자 제어 장치.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 뿔납 합금, 접합부, 접합재, 솔더 페이스트, 접합 구조체 및 전자 제어 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 뿔납 합금은, 피접합체끼리(예를 들어, 프린트 배선 기판과 전자 부품)의 접합(납땀)용 재료로서 널리 알려져 있다.

- [0003] 그런데, 납땜 시의 온도 조건(가열 온도)은 용융 온도(본 명세서에 있어서는, 「용융점」 또는 「액상선 온도」를 의미한다.)에 기초하여 설정된다. 그 때문에, 납땜 합금의 액상선 온도에 따라서는, 가열 온도를 높게 설정하게 된다. 이 경우, 피접합체에 가해지는 열적 부하에 의해, 접합 구조체(피접합체끼리가 접합된 것. 예를 들어, 프린트 회로 기판.)의 신뢰성이 저하될 우려가 있다. 그래서, 가열 온도를 낮게 설정할 수 있도록, Bi를 첨가하여 액상선 온도를 저하시킨 납땜 합금이 제공되고 있다.
- [0004] 그러나, Bi는, 납땜 합금의 연성을 저하시키는 성질을 갖기 때문에, Bi를 포함하는 납땜 합금을 사용하여 형성되는 접합부는, 딱딱해서 취성이 되기 쉽다.
- [0005] 그래서, Bi를 포함하고, 또한, 연성이나 취성을 개선시키는 납땜 합금으로서, 예를 들어, 이하의 납땜 합금이 제공되고 있다.
- [0006] Bi를 32질량% 이상 40질량% 이하, Sb를 0.1질량% 이상 1.0질량% 이하, Cu를 0.1질량% 이상 1.0질량% 이하, Ni를 0.001질량% 이상 0.1질량% 이하 함유하고, 잔부가 Sn 및 불가피 불순물을 포함하는, 납 프리 납땜 합금(특허문헌 1).
- [0007] 질량%로, Bi: 35 내지 68%, Sb: 0.1 내지 2.0%, Ni: 0.01 내지 0.10%, 잔부가 Sn을 포함하는 합금 조성이 갖는 것을 특징으로 하는 납땜 합금(특허문헌 2).
- [0008] 납 프리 납땜이 질량 백분율로 Bi 32.8 내지 56.5%, Sb 0.7 내지 2.2%, 잔부 Sn을 포함하고, 또한 Bi, Sb의 질량 백분율이 관계식 $b=0.006a^2-0.672a+19.61+c$ 를 충족하고, a가 Bi, b가 Sb의 질량 백분율을 나타내고, c의 치역이 $-1.85 \leq c \leq 1.85$ 이며, 또한 질량 백분율로 Ce 0.01 내지 2.5%, Ti 0.05 내지 2.0%, Ag 0.5 내지 0.8% 및 In 0.05 내지 1%의 1개 또는 2개 이상의 금속 원소가 포함되는 것을 특징으로 하는 SnBiSb계 저온 납 프리 납땜(특허문헌 3).

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 일본 특허 제6804126호 공보
(특허문헌 0002) 일본 특허 제6477965호 공보
(특허문헌 0003) 일본 특허 제6951438호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 전자 기기의 종류에 따라, 접합 구조체가 히트 사이클이 반복되는 환경 하에 놓이는 경우가 있고, 이 히트 사이클은, 접합부의 열 피로 파괴(크랙)를 야기하는 원인이 된다. 그리고, 상술한 바와 같이, Bi를 포함하는 납땜 합금을 사용하여 형성되는 접합부는, 딱딱해서 취성이 되기 쉽기 때문에, 상기 크랙이 발생하기 쉽다.
- [0011] 또한, 전자 기기의 지면의 낙하 등에 의해, 피접합체나 접합부에 대하여 순간적이고 또한 집중적인 강한 외력이 작용하는 경우가 있다. 그리고, 이 외력에 의한 접합부의 파손을 방지하기 위해서는, 접합부의 강도와 연성을 균형 있게 향상시킬 것이 요구된다. 그러나, 상술한 바와 같이, Bi를 포함하는 납땜 합금은, 연성이 낮기 때문에, 그러한 납땜 합금을 사용하여 형성된 접합부는, 상기 외력의 작용에 의한 파손이 발생하기 쉽다.
- [0012] 그리고, 특허문헌 1 내지 3에는, 상기 크랙에 대한 내성(이하, 본 명세서에서는, 「히트 사이클 내성」이라고 한다.)과 상기 외력에 대한 내성(이하, 본 명세서에서는, 「내낙하 충격성」이라고 한다.)의 양쪽을 갖는 납땜 합금에 대해서는, 개시도 시사도 없다.
- [0013] 그래서, 본 발명의 목적은, 상기 과제를 해결하는 것이며, Bi를 포함하면서, 히트 사이클 내성과 내낙하 충격성을 갖는 접합부를 형성할 수 있는 납땜 합금, 접합재 및 솔더 페이스트를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0014] (1) 본 발명의 납땜 합금은, 45질량% 이상 63질량% 이하의 Bi와, 0.1질량% 이상 0.7질량% 미만의 Sb와,

0.05질량% 이상 1질량% 이하의 In을 포함하고, 잔부가 Sn 및 불가피 불순물이며, 액상선 온도가 170℃ 이하이다.

- [0015] (2) 상기 (1)의 구성에 있어서, 본 발명의 뿔납 합금은, 추가로, P, Ga 및 Ge로부터 선택되는 1종 이상을 합계로 0.001질량% 이상 0.05질량% 이하 포함할 수 있다.
- [0016] (3) 상기 (1) 또는 (2)의 구성에 있어서, 본 발명의 뿔납 합금은, 추가로, Mn, Ti, Al, Cr, V 및 Mo로부터 선택되는 1종 이상을 합계로 0.001질량% 이상 0.05질량% 이하 포함할 수 있다.
- [0017] (4) 본 발명의 접합재는, 상기 (1) 내지 (3)의 어느 하나에 기재된 뿔납 합금을 포함한다.
- [0018] (5) 본 발명의 솔더 페이스트는, 플럭스와, 상기 (1) 내지 (3)의 어느 하나에 기재된 뿔납 합금을 포함하는 분말을 포함한다.
- [0019] (6) 본 발명의 접합부는, 상기 (1) 내지 (3)의 어느 하나에 기재된 뿔납 합금을 사용하여 형성된다.
- [0020] (7) 본 발명의 접합부는, 상기 (4)에 기재된 접합재를 사용하여 형성된다.
- [0021] (8) 본 발명의 접합부는, 상기 (5)에 기재된 솔더 페이스트를 사용하여 형성된다.
- [0022] (9) 본 발명의 접합 구조체는, 제1 피접합체와, 접합부와, 제2 피접합체를 갖고, 상기 접합부는, 상기 (6) 내지 (8)의 어느 하나에 기재된 접합부이며, 상기 제1 피접합체와 상기 제2 피접합체를 접합하고 있다.
- [0023] (10) 본 발명의 전자 제어 장치는, 상기 (9)에 기재된 접합 구조체를 갖는다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명의 뿔납 합금, 접합재 및 솔더 페이스트는, Bi를 포함하면서, 히트 사이클 내성과 내낙하 충격성을 갖는 접합부를 형성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 (1) 인장 시험에서 사용하는 시험편의 형상을 도시하는 평면도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대하여 설명한다. 또한, 본 발명은 이하의 실시 형태에 한정되는 것은 아니다.
- [0027] 1. 뿔납 합금
- [0028] 본 실시 형태의 뿔납 합금은, 45질량% 이상 63질량% 이하의 Bi와, 0.1질량% 이상 0.7질량% 미만의 Sb와, 0.05질량% 이상 1질량% 이하의 In을 포함하고, 잔부가 Sn 및 불가피 불순물이다.
- [0029] 본 실시 형태의 뿔납 합금은, Bi, Sb, In 및 Sn을 각각 소정량 포함함으로써, 액상선 온도를 저하시키면서, 접합부에 Sn에의 Bi, Sb 및 In의 고용에 의한 강화, 그리고, 미세한 금속 간 화합물(예: β -SnSb, InSb)의 석출 및 분산에 의한 강화를 부여하고, 또한, 접합부에 양호한 연성을 부여할 수 있다.
- [0030] 그 때문에, 본 실시 형태의 뿔납 합금은, 납땀 공정에서의 뿔납 응고 시에 접합부 내에 발생하는 잔존 응력이나, 전자 제어 장치, 전자 기기의 제작 시에 프린트 배선 기관에 발생하는 변형에 기인하는, 접합부 내에서의 크랙의 발생을 억제할 수 있다.
- [0031] 또한, 본 실시 형태의 뿔납 합금은, 상기 구성에 의해, 히트 사이클의 반복에 의한 접합부 내에서의 크랙의 발생과 크랙의 진전을 억제할 수 있다.
- [0032] 그런데, 상술한 바와 같이, 전자 기기가 낙하하면, 접합부에는, 순간적이고 또한 집중적인 강한 외력(이하, 간단히 「외력」이라고 한다.)이 작용한다. 이 외력은, 복수의 방향(인장, 압축, 전단, 굽힘 및 비틀림의 적어도 2중)으로부터 접합부에 작용하기 때문에, 접합부 내에는, 순간적이고 또한 큰 응력과, 상기 외력에 대한 응력이 발생한다. 따라서, 상기 외력에 의한 접합부의 파손을 방지하기 위해서는, 접합부가 양호한 강도와 양호한 연성을 갖고 있을 것, 즉, 접합부의 항복 응력, 인장 응력 및 파단 변형을 균형 있게 향상시킬 것이 요구된다.
- [0033] 그리고, 본 실시 형태의 뿔납 합금은, 상기 구성에 의해, 양호한 강도와 연성을 균형 있게 갖는 접합부를 형성할 수 있기 때문에, 상기 외력에 대해서도 양호한 내성, 즉, 양호한 내낙하 충격성을 갖는 접합부를 제공할 수

있다.

- [0034] 또한, 본 실시 형태의 뿔납 합금은, Ni 또는 Co와 같은, 접합부 내에 미세한 금속 간 화합물을 석출시키는 합금 원소를 포함하지 않더라도, 상기 구성에 의해, 접합부에 양호한 강도와 연성을 부여할 수 있다.
- [0035] (1) Bi
- [0036] 본 실시 형태의 뿔납 합금은, 45질량% 이상 63질량% 이하의 Bi를 포함함으로써, 액상선 온도를 저하시키면서, 접합부에 양호한 강도 및 연성을 부여할 수 있다.
- [0037] 한편, Bi의 함유량이 상기 범위 외가 되는 경우, 뿔납 합금의 액상선 온도가 크게 상승할 우려가 있다. 또한, Bi의 함유량이 63질량%를 초과하면, 뿔납 합금의 연성이 저하될 우려가 있다.
- [0038] Bi의 바람직한 함유량은, 45질량% 이상 60질량% 이하이다. 또한, 더욱 바람직한 Bi의 함유량은, 50질량% 이상 59질량% 이하이다. Bi의 함유량을 이 범위로 함으로써, 뿔납 합금의 연성을 더욱 향상시켜, 접합부의 히트 사이클 내성과 내낙하 충격성을 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0039] (2) Sb
- [0040] 본 실시 형태의 뿔납 합금은, 0.1질량% 이상 0.7질량% 미만의 Sb를 포함함으로써, 접합부를 강화시키고, 또한, 연성을 향상시킬 수 있다. 또한, 뿔납 합금의 액상선 온도를 저하시킬 수도 있다.
- [0041] 한편, Sb의 함유량이 0.1질량% 미만이면, 접합부의 강화가 불충분해질 우려가 있다. 또한, Sb의 함유량이 0.7질량% 이상이면, 초정(初晶)으로서 조대한 β -SnSb가 정출되기 때문에, 접합부의 연성을 저해할 우려가 있다.
- [0042] Sb의 바람직한 함유량은, 0.2질량% 이상 0.7질량% 미만이다. 또한, 더욱 바람직한 Sb의 함유량은, 0.3질량% 이상 0.6질량% 이하이다. Sb의 함유량을 이 범위로 함으로써, 뿔납 합금의 연성과 강도를 더욱 향상시켜, 접합부의 히트 사이클 내성과 내낙하 충격성을 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0043] (3) In
- [0044] 본 실시 형태의 뿔납 합금은, 0.05질량% 이상 1질량% 이하의 In을 포함함으로써, 접합부를 강화시키고, 또한, 연성을 향상시킬 수 있다. 또한, 뿔납 합금의 액상선 온도를 저하시킬 수도 있다.
- [0045] 한편, In의 함유량이 0.05질량% 미만이면, 접합부의 석출 강화가 불충분해질 우려가 있다. 또한, In의 함유량이 1질량%를 초과하면, InSb가 조대화하기 때문에, 접합부의 연성을 저해할 우려가 있다.
- [0046] In의 바람직한 함유량은, 0.05질량% 이상 0.5질량% 이하이다. 또한, 더욱 바람직한 In의 함유량은, 0.05질량% 이상 0.3질량% 이하이다. In의 함유량을 이 범위로 함으로써, 뿔납 합금의 연성과 강도를 더욱 향상시켜, 접합부의 히트 사이클 내성과 내낙하 충격성을 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0047] 본 실시 형태의 뿔납 합금에는, 또한, P, Ga 및 Ge로부터 선택되는 1종 이상을 합계로 0.001질량% 이상 0.05질량% 이하 함유시킬 수 있다.
- [0048] P, Ga 및 Ge로부터 선택되는 1종 이상을 뿔납 합금에 첨가함으로써, 뿔납 합금의 산화를 억제하고, 또한, 뿔납 합금의 습윤성을 향상시킬 수 있기 때문에, 신뢰성이 높은 접합부를 제공하는 것이 가능하게 된다. 한편, P, Ga 및 Ge로부터 선택되는 1종 이상의 합계 함유량이 0.05질량%를 초과하면, 접합부 내에 보이드가 발생하여, 히트 사이클 내성이 악화될 우려가 있다.
- [0049] 본 실시 형태의 뿔납 합금에는, 또한, Mn, Ti, Al, Cr, V 및 Mo로부터 선택되는 1종 이상을 합계로 0.001질량% 이상 0.05질량% 이하 함유시킬 수 있다.
- [0050] Mn, Ti, Al, Cr, V 및 Mo로부터 선택되는 1종 이상을 뿔납 합금에 첨가함으로써, 접합부 내의 금속 간 화합물이 더욱 미세화하기 때문에, 크랙의 진전을 억제할 수 있어, 양호한 히트 사이클 내성을 실현할 수 있다. 한편, Mn, Ti, Al, Cr, V 및 Mo로부터 선택되는 1종 이상의 합계 함유량이 0.05질량%를 초과하면, 접합부 내에 보이드가 발생하여, 히트 사이클 내성이 악화될 우려가 있다.
- [0051] 본 실시 형태의 뿔납 합금의 잔부는, Sn과 불가피 불순물을 포함한다. 또한, 본 실시 형태의 뿔납 합금은, 불가피 불순물 이외의 납을 포함하지 않는 것이다.
- [0052] 또한, 본 실시 형태의 뿔납 합금은, 상기 합금 조성 및 함유량을 충족하고, 또한, 액상선 온도가 170℃ 이하인 것이 바람직하다.

- [0053] 상술한 바와 같이, 납땜 시의 가열 온도는, 납땜 합금의 용융 온도에 기초하여 설정되고, 용융 온도+20℃ 이상으로 하는 것이 일반적이다. 그리고, 상기 가열 온도를 190℃까지 낮추면, 피접합재, 특히, 프린트 배선 기판이나 전자 부품에 있어서의 열적 부하에 의한 변형(휨)의 발생을 대폭 저감할 수 있는 것으로 알려져 있다.
- [0054] 그리고, 납땜 합금의 액상선 온도가 170℃ 이하인 경우, 190℃의 가열 온도에서 납땜을 행하더라도, 납땜 합금을 충분히 용융시킬 수 있다. 따라서, 이 경우, 열적 부하에 의한, 프린트 배선 기판이나 전자 부품, 특히, 소형화·박형화된 프린트 배선 기판이나 전자 부품의 변형과, 이 변형에 기인하는 피접합부와 접합부의 접합 불량 발생을 억제할 수 있다. 또한, 미용용 납땜의 발생을 억제할 수 있기 때문에, 신뢰성이 높은 접합부를 제공할 수 있다.
- [0055] 또한, 상술하는 납땜 합금의 액상선 온도의 측정은, JIS Z3198-1:2014에 준거하고, 시차 주사 열량 측정(Differential Scanning Calorimetry) 방법에 준하여, 승온 속도를 2℃/min, 샘플량을 10mg으로 하여 실시한다.
- [0056] 2. 접합재
- [0057] 본 실시 형태의 접합재는, 본 실시 형태의 납땜 합금을 포함하는 것이며, 후술하는 솔더 페이스트, 납땜 볼, 와이어, 솔더 프리폼, 수지입 납땜 등의 형태로 사용할 수 있다.
- [0058] 상기 접합재의 형태는, 접합하는 피접합재의 크기, 종류 및 용도, 그리고 납땜 접합 방법 등에 따라 적절히 선택할 수 있다.
- [0059] 그리고, 본 실시 형태의 접합재는, 본 실시 형태의 납땜 합금을 포함함으로써, 양호한 히트 사이클 내성 및 내낙하 충격성을 갖는 접합부를 형성할 수 있다.
- [0060] 3. 솔더 페이스트
- [0061] 본 실시 형태의 솔더 페이스트는, 본 실시 형태의 납땜 합금을 포함하는 분말(이하, 「합금 분말」이라고 한다.)을 포함하는 것이며, 예를 들어, 상기 합금 분말과, 플럭스를 혼련하여 페이스트상으로 함으로써 제작된다.
- [0062] <플럭스>
- [0063] 상기 플럭스는, 예를 들어, 베이스 수지와, 틱소트로픽제와, 활성화제와, 용제를 포함한다.
- [0064] 상기 베이스 수지로서는, 예를 들어, 로진계 수지; 아크릴산, 메타크릴산, 아크릴산의 각종 에스테르, 메타크릴산의 각종 에스테르, 크로톤산, 이타콘산, 말레산, 무수 말레산, 말레산의 에스테르, 무수 말레산의 에스테르, 아크릴로니트릴, 메타크릴로니트릴, 아크릴아미드, 메타크릴아미드, 염화비닐, 아세트산비닐 등 중 적어도 1종의 모노머를 중합하여 이루어지는 아크릴 수지; 에폭시 수지; 페놀 수지 등을 들 수 있다. 이들은, 단독으로 또는 복수를 조합하여 사용할 수 있다.
- [0065] 상기 틱소트로픽제로서는, 예를 들어, 경화 피마자유, 수소 첨가 피마자유, 비스아미드계 틱소트로픽제(포화 지방산비스아미드, 불포화 지방산비스아미드, 방향족 비스아미드 등), 옥시 지방산류, 디메틸디벤질리텐소르비톨 등을 들 수 있다. 이들은, 단독으로 또는 복수를 조합하여 사용할 수 있다.
- [0066] 상기 활성화제로서는, 예를 들어, 유기산(모노카르복실산, 디카르복실산, 기타의 유기산), 할로젠을 포함하는 화합물, 아민계 활성화제 등을 들 수 있다. 이들은, 단독으로 또는 복수를 조합하여 사용할 수 있다.
- [0067] 상기 용제로서는, 예를 들어, 알코올계, 부틸셀로솔브계, 글리콜에테르계, 에스테르계 등의 용제를 들 수 있다. 이들은, 단독으로 또는 복수를 조합하여 사용할 수 있다.
- [0068] 또한, 상기 플럭스에는, 산화 방지제를 배합할 수 있다. 이 산화 방지제로서는, 예를 들어, 힌더드페놀계 산화 방지제, 페놀계 산화 방지제, 비스페놀계 산화 방지제, 폴리머형 산화 방지제 등을 들 수 있다.
- [0069] 또한, 상기 플럭스에는, 추가로 소광제, 소포제 등의 첨가제를 첨가해도 된다.
- [0070] 본 실시 형태의 솔더 페이스트를 제작하는 경우의, 상기 합금 분말과, 플럭스의 배합비(질량%)는 합금 분말:플럭스의 비로 65:35 내지 95:5로 할 수 있다. 또한, 예를 들어, 상기 배합비를, 85:15 내지 93:7이나, 87:13 내지 92:8로 할 수도 있다.
- [0071] 또한 상기 합금 분말의 입자경은, 1 μ m 이상 40 μ m 이하로 할 수 있다. 또한, 상기 입자경을, 5 μ m 이상 35 μ m 이하, 10 μ m 이상 30 μ m 이하로 할 수도 있다.

- [0072] 그리고, 본 실시 형태의 솔더 페이스트는, 상기 합금 분말을 포함함으로써, 양호한 히트 사이클 내성 및 내낙하 충격성을 갖는 접합부를 형성할 수 있다.
- [0073] 4. 접합부
- [0074] 본 실시 형태의 접합부는, 본 실시 형태의 뿔납 합금, 접합재(솔더 페이스트를 포함한다.)를 사용하여 형성되고, 피접합재끼리를 접합하는 것이다.
- [0075] 본 실시 형태의 접합부의 형성 방법은, 본 실시 형태의 뿔납 합금, 접합재 및 솔더 페이스트를 사용하여 형성할 수 있는 것이면 되고, 리플로우 방식, 플로 방식 등, 어느 방법이든 채용할 수 있다. 또한, 사용하는 접합제도, 접합하는 피접합재의 크기, 종류 및 용도, 그리고 형성 방법 등에 따라 적절히 선택할 수 있다.
- [0076] 5. 접합 구조체
- [0077] 본 실시 형태의 접합 구조체는, 제1 피접합재와, 접합부와, 제2 피접합재를 구비한다. 상기 접합부는, 본 실시 형태의 접합부이며, 상기 제1 피접합재와, 상기 제2 피접합재를 접합하고 있다.
- [0078] 상기 제1 피접합재 및 상기 제2 피접합재의 조합으로서는, 예를 들어, 기판(표면이 세라믹, 금속, 합금 또는 수지의 어느 것을 포함하는 것이며, 전자 회로가 형성되어 있지 않은 것), 프린트 배선 기판(전자 회로가 형성된 기판이며, 전자 부품 등이 탑재되어 있지 않은 것), 프린트 회로 기판(전자 부품 등이 탑재된 프린트 배선 기판), 전자 부품, 실리콘 웨이퍼, 반도체 패키지, 반도체 칩 등으로부터 선택되는 2종 이상을 들 수 있다.
- [0079] 구체적인 조합으로서는, 예를 들어, 프린트 배선 기판과 전자 부품, 프린트 배선 기판과 반도체 칩, 반도체 패키지와 프린트 회로 기판, 프린트 배선 기판과 프린트 배선 기판 등을 들 수 있다.
- [0080] 또한, 본 실시 형태의 접합 구조체는, 예를 들어, 이하의 방법으로 제작된다.
- [0081] 상기 제1 피접합재로서 프린트 배선 기판을, 상기 제2 피접합재로서 전자 부품을 사용하는 경우, 먼저, 상기 제1 피접합재의 소정 위치, 예를 들어, 전자 회로 상에 본 실시 형태의 접합재를 적재(솔더 페이스트의 경우에는, 도포)하고, 상기 접합재 상에 상기 제2 피접합재를 적재한다. 그리고, 이들을 소정의 가열 온도, 예를 들어, 피크 온도 190℃에서 리플로우하고, 상기 제1 피접합재와, 상기 제2 피접합재를 접합하는 접합부를 형성한다. 이에 의해, 본 실시 형태의 접합 구조체(프린트 회로 기판)가 제작된다.
- [0082] 또한, 상기 접합재로서 솔더 프리폼을 사용하는 경우, 표면에 플럭스를 도포한 솔더 프리폼을 상기 제1 피접합재의 소정 위치에 적재하고, 상기 솔더 프리폼 상에 상기 제2 피접합재를 적재하고, 가열을 행한다.
- [0083] 또한, 상기 제2 피접합재로서, Ball Grid Array(BGA)와 같은, 뿔납 볼을 구비하는 전자 부품을 사용하는 경우, BGA의 표면이나, 상기 제1 피접합재의 소정 위치에 솔더 페이스트를 도포하고, 상기 제1 피접합재의 소정 위치 상에 상기 제2 피접합재를 적재하고, 가열을 행한다.
- [0084] 그리고, 본 실시 형태의 접합 구조체는, 본 실시 형태의 접합부를 갖기 때문에, 양호한 히트 사이클 내성 및 내낙하 충격성을 실현할 수 있다.
- [0085] 6. 전자 제어 장치
- [0086] 본 실시 형태의 전자 제어 장치는, 본 실시 형태의 접합 구조체를 구비하는 것이며, 예를 들어, 전자 부품과 프린트 배선 기판이 접합된 프린트 회로 기판이 하우징 내에 배치된 것으로서, 전자 기기를 구성하는 부품의 동작을 제어한다.
- [0087] 그리고, 본 실시 형태의 전자 제어 장치는, 본 실시 형태의 접합 구조체를 구비하기 때문에, 양호한 히트 사이클 내성 및 내낙하 충격성을 갖고, 높은 신뢰성을 확보할 수 있다.
- [0088] [실시예]
- [0089] 이하, 실시예 및 비교예를 들어 본 발명을 상세하게 설명한다. 또한, 본 발명은 이들 실시예에 한정되는 것은 아니다.

표 1

	질량%				
	Sn	Bi	Sb	In	기타
실시예 1	잔부	45	0.4	0.1	—
실시예 2	잔부	50	0.4	0.1	—
실시예 3	잔부	54	0.4	0.1	—
실시예 4	잔부	58	0.4	0.1	—
실시예 5	잔부	59	0.4	0.1	—
실시예 6	잔부	60	0.4	0.1	—
실시예 7	잔부	63	0.4	0.1	—
실시예 8	잔부	54	0.1	0.1	—
실시예 9	잔부	54	0.2	0.1	—
실시예 10	잔부	54	0.3	0.1	—
실시예 11	잔부	54	0.6	0.1	—
실시예 12	잔부	54	0.65	0.1	—
실시예 13	잔부	54	0.4	0.05	—
실시예 14	잔부	54	0.4	0.2	—
실시예 15	잔부	54	0.4	0.3	—
실시예 16	잔부	54	0.4	0.5	—
실시예 17	잔부	54	0.4	1.0	—
실시예 18	잔부	45	0.1	0.05	—
실시예 19	잔부	63	0.65	1.0	—
실시예 20	잔부	54	0.4	0.1	0.05P
실시예 21	잔부	54	0.4	0.1	0.05Ga
실시예 22	잔부	54	0.4	0.1	0.05Ge
실시예 23	잔부	54	0.4	0.1	0.05Mn
실시예 24	잔부	54	0.4	0.1	0.05Ti
실시예 25	잔부	54	0.4	0.1	0.05Al
실시예 26	잔부	54	0.4	0.1	0.05Cr
실시예 27	잔부	54	0.4	0.1	0.05V
실시예 28	잔부	54	0.4	0.1	0.05Mo

[0090]

표 2

	질량%				
	Sn	Bi	Sb	In	기타
비교예 1	잔부	58	—	—	—
비교예 2	잔부	40	0.4	0.1	—
비교예 3	잔부	65	0.4	0.1	—
비교예 4	잔부	54	—	0.1	—
비교예 5	잔부	54	0.05	0.1	—
비교예 6	잔부	54	0.7	0.1	—
비교예 7	잔부	54	0.4	—	—
비교예 8	잔부	54	0.4	1.5	—
비교예 9	잔부	54	0.4	0.1	0.1P
비교예 10	잔부	54	0.4	0.1	0.1Ga
비교예 11	잔부	54	0.4	0.1	0.1Ge
비교예 12	잔부	54	0.4	0.1	0.1Mn
비교예 13	잔부	54	0.4	0.1	0.1Ti
비교예 14	잔부	54	0.4	0.1	0.1Al
비교예 15	잔부	54	0.4	0.1	0.1Cr
비교예 16	잔부	54	0.4	0.1	0.1V
비교예 17	잔부	54	0.4	0.1	0.1Mo

[0091]

[0092] (1) 인장 시험

[0093] 표 1 및 표 2에 나타내는 각 뱀납 합금 각각에 대해서, 도 1에 도시한 바와 같은 시험편(10)을 제작하였다.

[0094] 또한, 시험편(10)은 중앙 평행부(도 1의 G1과 G2 사이)가 이하와 같이 되도록 제작되었다.

[0095] · 중앙 평행부의 길이(도 1의 L): 12mm

[0096] · 중앙 평행부의 폭(도 1의 W): 2mm

[0097] · 중앙 평행부의 두께: 4mm

[0098] 그리고, 시험편(10)에 대해서, 이하의 수순으로 인장 시험을 행하였다.

[0099] 시험편(10)을 탁상형 정밀 만능 시험기(제품명: 오토그래프 AG-50kNX plus, (주)시마즈 세이사쿠쇼제)를 사용하여, 실온 하에서, 0.72mm/min의 스트로크로, 파단될 때까지 X 방향으로 인장하였다.

[0100] 그리고, 시험편(10)이 파단되었을 때의 스트로크 거리를 GL1, 인장 전의 시험편의 중앙 평행부의 길이 L을 GL0라 하고, 이하의 식에 기초하여, 시험편(10)의 신장률을 산출하였다.

[0101]
$$\text{신장률}(\%) = (GL1 - GL0) / GL0 \times 100$$

[0102] 1종의 뱀납 합금에 대하여 5개의 시험편(10)을 제작하고, 상기 수순에 따라서, 각각에 대하여 신장률 및 신장률의 평균값을 산출하고, 이하의 기준에 기초하여 평가하였다. 그 결과를 표 3 및 표 4에 나타낸다.

[0103] ◎: 신장률의 평균값이, 35% 이상임

[0104] ○: 신장률의 평균값이, 30% 이상, 35% 미만임

[0105] △: 신장률의 평균값이, 25% 이상, 30% 미만임

[0106] ×: 신장률의 평균값이, 25% 미만임

- [0107] (2) 낙하 충격 시험
- [0108] 이하의 각 성분을 혼련한 플럭스와, 표 1 및 표 2에 나타내는 뿔납 합금의 분말(분말 입경 20 μ m 내지 38 μ m)을 이하의 배합비(질량%)로 각각 혼련하고, 각 솔더 페이스트를 제작하였다. 또한, 뿔납 합금의 분말은, 아토마이즈법에 의해 제작하였다.
- [0109] 납 프리 뿔납 합금의 분말:플럭스=89:11
- [0110] <플럭스의 조성>
- [0111] · 수소 첨가 산 변성 로진(제품명: KE-604, 아라카와 가가꾸 고교(주)제): 49질량%
- [0112] · 활성제(글루타르산: 0.3질량%, 수베르산: 2질량%, 말론산: 0.5질량%, 도데칸이산: 2질량%, 디브로모부텐디올: 2질량%)
- [0113] · 지방산아미드(제품명: 슬리팩스 ZHH, 니혼 가세이 (주)제): 6질량%
- [0114] · 디에틸렌글리콜모노헥실에테르: 35.2질량%
- [0115] · 힌더드페놀계 산화 방지제(제품명: 이르가녹스 245, BASF 재팬(주)제): 3질량%
- [0116] 또한, 이하의 용구를 준비하였다.
- [0117] · LGA(Land Grid Array, 피치 폭: 0.5mm, 사이즈: 세로 12mm×가로 12mm×두께 1mm, 단자수: 228 핀)
- [0118] · 유리 에폭시 기판(기재: FR-4, 표면 처리: Cu-OSP, 두께: 1.0mm, 상기 LGA를 실장할 수 있는 패턴을 갖는 것)
- [0119] · 메탈 마스크(두께: 100 μ m, 상기 패턴에 대응하는 것)
- [0120] 솔더 페이스트마다, 상기 유리 에폭시 기판을 5장과, 20개의 LGA를 사용하였다.
- [0121] 그리고, 상기 용구 및 각 솔더 페이스트를 사용하여, 이하의 수순으로, 각 시험 기판을 제작하고, 낙하 충격 시험을 행하였다.
- [0122] 먼저, 메탈 마스크를 사용하여, 유리 에폭시 기판 상에 솔더 페이스트를 인쇄하였다. 그리고, 인쇄된 솔더 페이스트 상의 소정의 위치에, 유리 에폭시 기판 1장에 대하여 4개의 LGA를 적재하였다. 또한, 솔더 페이스트의 인쇄 막 두께는, 메탈 마스크에 의해 조정하였다.
- [0123] 그리고, LGA를 적재한 유리 에폭시 기판을, 리플로우로(제품명: TNV-M6110CR, (주)다무라 세이사쿠쇼제)를 사용하여 리플로우하고, LGA와, 유리 에폭시 기판과, 이들을 접합하는 접합부를 갖는 시험 기판을 제작하였다.
- [0124] 또한, 상기 리플로우는, 프리히트를 100 $^{\circ}$ C 내지 120 $^{\circ}$ C, 피크 온도를 185 $^{\circ}$ C, 150 $^{\circ}$ C 이상인 시간이 60초간, 피크 온도로부터 100 $^{\circ}$ C까지의 냉각 속도를 1 $^{\circ}$ C 내지 4 $^{\circ}$ C/초로 하였다. 또한, 산소 농도는 200 \pm 100ppm으로 설정하였다.
- [0125] 이어서, 제작한 시험 기판에 대해서, 낙하 충격 시험기(제품명: HDST-150J, 신에이 테크놀로지(주))를 사용하여, 이하의 조건에서 낙하 충격 시험을 행하였다.
- [0126] 즉, JEDEC 규격 JESD22-B111에 준거하여, 시험 기판을 가속도 1,500G, 폭 0.5ms의 충격파형이 부하되는 높이로부터 반복하여 자유 낙하시켰다. 낙하 충격 시험중에는, 시험 기판의 각 접합부의 전기 저항을 상시 관찰하고, 저항값이 1,000 Ω 을 초과한 시점에서 과단으로 판단하고, 과단에 이르기까지의 낙하 횟수를 측정하였다.
- [0127] 또한, 솔더 페이스트 1종마다 시험 기판을 5개 제작하고, 합계 20개의 LGA에 대해서, 상기 측정 결과를 와이불(Weibull) 플롯하고, 누적 고장율이 63.2%에 있어서의 낙하 횟수를 특성 수명으로 추정하고, 이하의 기준으로 평가하였다. 그 결과를 표 3 및 표 4에 나타낸다.
- [0128] ◎: 특성 수명이 110회 이상임
- [0129] ○: 특성 수명이, 90회 이상, 110회 미만임
- [0130] △: 특성 수명이, 70회 이상, 90회 미만임
- [0131] ×: 특성 수명이, 70회 미만임
- [0132] (3) 히트 사이클 시험

- [0133] 이하의 용구를 준비하였다.
- [0134] · 칩 부품(3.2mm×1.6mm)
- [0135] · 유리 에폭시 기판(기재: FR-4, 표면 처리: Cu-OSP, 두께: 1.2mm, 상기 칩 부품을 실장할 수 있는 패턴을 갖는 것)
- [0136] · 메탈 마스크(두께: 120 μ m, 상기 패턴에 대응하는 것)
- [0137] 솔더 페이스트마다, 상기 유리 에폭시 기판 3장과, 30개의 칩 부품을 사용하였다.
- [0138] 그리고, 상기 용구 및 각 솔더 페이스트를 사용하여, 이하의 수순으로, 각 시험 기판을 제작하고, 히트 사이클 시험을 행하였다.
- [0139] 먼저, 메탈 마스크를 사용하여, 유리 에폭시 기판 상에 솔더 페이스트를 인쇄하였다. 그리고, 인쇄된 솔더 페이스트 상의 소정의 위치에, 유리 에폭시 기판 1장에 대하여 10개의 칩 부품을 적재하였다. 또한, 솔더 페이스트의 인쇄 막 두께는, 메탈 마스크에 의해 조정하였다.
- [0140] 그리고, 칩 부품을 적재한 유리 에폭시 기판을, 리플로우로(제품명: TNV-M6110CR, (주)다무라 세이사쿠쇼제)를 사용하여 리플로우하고, 칩 부품과, 유리 에폭시 기판과, 이들을 접합하는 접합부를 갖는 실장 기판을 제작하였다.
- [0141] 또한, 상기 리플로우는, 프리히트를 100 $^{\circ}$ C 내지 120 $^{\circ}$ C, 피크 온도를 185 $^{\circ}$ C, 150 $^{\circ}$ C 이상인 시간이 60초간, 피크 온도로부터 100 $^{\circ}$ C까지의 냉각 속도를 1 $^{\circ}$ C 내지 4 $^{\circ}$ C/초로 하였다. 또한, 산소 농도는 200 \pm 100ppm으로 설정하였다.
- [0142] 이어서, 냉열 충격 시험 장치(제품명: ES-76LMS, 히타치 어플리언스(주)제)를 사용하여, -40 $^{\circ}$ C(30분간)로부터 125 $^{\circ}$ C(30분간)까지를 1 사이클로하는 설정 조건에서, 각 실장 기판을 이하와 같이 냉열 충격 사이클에 노출하여, 시험 기판 a 내지 c를 제작하였다.
- [0143] a: 상기 냉열 충격 사이클을 2,000 사이클 반복하는 환경 하에 노출한 시험 기판
- [0144] b: 상기 냉열 충격 사이클을 2,250 사이클 반복하는 환경 하에 노출한 시험 기판
- [0145] c: 상기 냉열 충격 사이클을 2,500 사이클 반복하는 환경 하에 노출한 시험 기판
- [0146] 각 시험 기판 a 내지 c의 대상 부분을 잘라내고, 이것을 에폭시 수지(제품명: HERZOG 에폭시 저점도 수지(주제 및 경화제), 헤르조그·재팬(주)제)를 사용하여 밀봉하였다.
- [0147] 그리고, 습식 연마기(제품명: TegraPol-25, 마루모토 스트루어스(주)제)를 사용하여, 각 시험 기판에 실장된 각 칩 부품의 중앙 단면을 알 수 있는 상태로 하고, 주사 전자 현미경(제품명: TM-1000, (주)히타치 하이테크놀러지즈제)을 사용하여, 각 시험 기판 a 내지 c 상의 각 접합부의 상태를 관찰하고, 접합부를 완전히 횡단하고 있는 크랙의 유무를 확인하고, 이하의 기준에 따라서 평가하였다. 그 결과를 표 3 및 표 4에 나타낸다.
- [0148] ◎: 시험 기판 a 내지 c의 모두에 있어서, 접합부를 완전히 횡단하는 크랙은 발생하지 않았다
- [0149] ○: 시험 기판 a 및 b에 있어서, 접합부를 완전히 횡단하는 크랙은 발생하지 않았다
- [0150] △: 시험 기판 a에 있어서, 접합부를 완전히 횡단하는 크랙은 발생하지 않았다
- [0151] ×: 시험 기판 a 내지 c의 모두에 있어서, 접합부를 완전히 횡단하는 크랙이 발생했다
- [0152] (4) 액상선 온도 측정
- [0153] 각 땀납 합금에 대해서, 시차 주사 열량 측정 장치(제품명: DSC Q2000, TA Instruments사)를 사용하여 액상선 온도를 측정하였다. 그 결과를 표 3 및 표 4에 나타낸다. 또한, 액상선 온도의 측정 조건(승온 속도)은 2 $^{\circ}$ C/min으로 하고, 측정에 사용하는 샘플량은, 10mg으로 하였다.

표 3

	(1) 인장 시험	(2) 낙하 충격 시험	(3) 히트 사이클 시험	(4) 액상선 온도 측정
실시예 1	○	○	○	170℃ 이하
실시예 2	◎	◎	○	170℃ 이하
실시예 3	◎	◎	○	170℃ 이하
실시예 4	◎	◎	○	170℃ 이하
실시예 5	◎	◎	○	170℃ 이하
실시예 6	○	○	△	170℃ 이하
실시예 7	△	△	△	170℃ 이하
실시예 8	△	△	△	170℃ 이하
실시예 9	○	○	○	170℃ 이하
실시예 10	◎	◎	○	170℃ 이하
실시예 11	◎	◎	◎	170℃ 이하
실시예 12	○	○	◎	170℃ 이하
실시예 13	◎	◎	○	170℃ 이하
실시예 14	◎	◎	○	170℃ 이하
실시예 15	◎	◎	○	170℃ 이하
실시예 16	○	○	◎	170℃ 이하
실시예 17	△	△	◎	170℃ 이하
실시예 18	△	△	△	170℃ 이하
실시예 19	△	△	◎	170℃ 이하
실시예 20	◎	◎	◎	170℃ 이하
실시예 21	◎	◎	◎	170℃ 이하
실시예 22	◎	◎	◎	170℃ 이하
실시예 23	◎	◎	◎	170℃ 이하
실시예 24	◎	◎	◎	170℃ 이하
실시예 25	◎	◎	◎	170℃ 이하
실시예 26	◎	◎	◎	170℃ 이하
실시예 27	◎	◎	◎	170℃ 이하
실시예 28	◎	◎	◎	170℃ 이하

[0154]

표 4

	(1) 인장 시험	(2) 낙하 충격 시험	(3) 히트 사이클 시험	(4) 액상선 온도 측정
비교예 1	×	×	×	170℃ 이하
비교예 2	○	○	○	170℃ 초과
비교예 3	△	△	△	170℃ 초과
비교예 4	×	×	×	170℃ 이하
비교예 5	×	×	△	170℃ 이하
비교예 6	×	×	◎	170℃ 이하
비교예 7	△	△	×	170℃ 이하
비교예 8	×	×	◎	170℃ 이하
비교예 9	△	△	×	170℃ 이하
비교예 10	△	△	×	170℃ 이하
비교예 11	△	△	×	170℃ 이하
비교예 12	△	△	×	170℃ 이하
비교예 13	△	△	×	170℃ 이하
비교예 14	△	△	×	170℃ 이하
비교예 15	△	△	×	170℃ 이하
비교예 16	△	△	×	170℃ 이하
비교예 17	△	△	×	170℃ 이하

[0155]

[0156]

이상과 같이, 본 실시예의 뿔납 합금은, Bi, Sb, In 및 Sn을 소정량 포함함으로써, 액상선 온도를 저하시키면서, (1) 인장 시험, (2) 낙하 충격 시험 및 (3) 히트 사이클 시험의 어느 것에 있어서든, 양호한 결과를 나타내는 접합부를 형성할 수 있다.

[0157]

여기서, 자동차가 대상물에 충돌했을 때의 변형 속도는, $10^{-3}(s^{-1})$ 내지 $10^3(s^{-1})$ 이라고 알려져 있다. 그리고, (1) 인장 시험에 있어서는, GL0이 12mm인 시험편을 0.72mm/min의 스트로크로 인장하고 있기 때문에, 이것을 변형 속도로 환산하면, $10^{-3}(s^{-1})$ 이 된다.

[0158]

이와 같이, 본 실시예의 뿔납 합금은, 자동차가 대상물에 충돌했을 때의 변형 속도에 필적하는 부하를 부여한 경우에 있어서도, 양호한 내성, 즉, 양호한 강도와 연성을 갖는 접합부를 형성할 수 있음을 알 수 있다.

[0159]

이와 같이, 본 실시예의 뿔납 합금은, 우수한 히트 사이클 내성 및 내낙하 충격성을 갖는 신뢰성의 높은 접합부를 형성할 수 있다. 또한, 이러한 접합부를 갖는 전자 제어 장치 및 전자 기기는, 높은 신뢰성을 발휘할 수 있다.

[0160]

또한, 본 실시예의 뿔납 합금은, 액상선 온도를 170℃ 이하로 할 수 있기 때문에, 185℃의 피크 온도에서의 리플로우에서도 접합 불량을 억제할 수 있다.

부호의 설명

[0161]

10: 시험편

도면

도면1

