



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년10월12일
(11) 등록번호 10-2587716
(24) 등록일자 2023년10월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 35/26 (2006.01) B23K 35/02 (2006.01)
C22C 13/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B23K 35/262 (2013.01)
B23K 35/025 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-7034653
(22) 출원일자(국제) 2021년02월19일
심사청구일자 2022년10월05일
(85) 번역문제출일자 2022년10월05일
(65) 공개번호 10-2022-0149610
(43) 공개일자 2022년11월08일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2021/006450
(87) 국제공개번호 WO 2021/205760
국제공개일자 2021년10월14일
(30) 우선권주장
JP-P-2020-071024 2020년04월10일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP5296269 B1*
JP2017113756 A
JP5019764 B2
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
센주긴조쿠고교 가부시킴가이샤
일본국 도쿄도 아다치구 센주하시도초 23반치
(72) 발명자
가와사키 히로요시
일본 1208555 도쿄도 아다치구 센주하시도초 23반
치 센주긴조쿠고교 가부시킴가이샤 내
시라토리 마사토
일본 1208555 도쿄도 아다치구 센주하시도초 23반
치 센주긴조쿠고교 가부시킴가이샤 내
가와마타 유지
일본 1208555 도쿄도 아다치구 센주하시도초 23반
치 센주긴조쿠고교 가부시킴가이샤 내
(74) 대리인
장수길, 정철환, 박봉훈

전체 청구항 수 : 총 24 항

심사관 : 나만호

(54) 발명의 명칭 **멤납 합금, 멤납 분말, 솔더 페이스트, 멤납 볼, 솔더 프리폼 및 멤납 이음**

(57) 요약

본 발명은 U: 5질량ppb 미만, Th: 5질량ppb 미만, Pb: 5질량ppm 미만, As: 5질량ppm 미만, Bi: 0질량% 이상 0.9질량% 이하, 및 Sb: 0질량% 이상 0.3질량% 이하, 그리고 잔부가 Sn으로 이루어지는 합금 조성을 갖고, (1)식을 충족하며, 또한 α 선량이 0.02cph/cm² 이하인, 멤납 합금을 채용한다.

$$0.005 \leq Bi + Sb \leq 1.2 \quad (1)$$

(1)식 중, Bi 및 Sb는 각각 상기 합금 조성에서의 함유량(질량%)을 나타낸다.

본 발명의 멤납 합금에 따르면, 솔더 페이스트의 경시에서의 점도 증가를 억제하고, 액상선 온도와 고상선 온도의 온도차(ΔT)가 작아 기계적 특성을 높일 수 있으며, 또한 소프트 에러의 발생을 억제하는 것이 가능하다.

(52) CPC특허분류
C22C 13/02 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

U: 5질량ppb 미만, Th: 5질량ppb 미만, Pb: 5질량ppm 미만 및 As: 5질량ppm 미만과,
 Bi: 0질량% 이상 0.9질량% 이하 및 Sb: 0질량% 이상 0.3질량% 이하 중 적어도 1종과,
 Cu: 0질량% 초과 0.9질량% 이하와,
 Ni: 0질량ppm 이상 600질량ppm 이하 및 Fe: 0질량ppm 이상 100질량ppm 이하 중 적어도 1종과,
 잔부가 Sn

으로 이루어지는 합금 조성을 갖고,

하기 (1)식을 충족하고,

Cu와 Bi와 Sb의 비율은, Cu/(Bi+Sb)로 표시되는 질량비로서, 0.4 이상 150 이하이며, 또한
 하기 [땀납 합금의 α선량의 측정]에 의해 측정되는 α선량이 0.02cph/cm² 이하인, 땀납 합금.

$$0.005 \leq Bi+Sb \leq 1.2 \quad (1)$$

(1)식 중, Bi 및 Sb는, 각각 상기 합금 조성에서의 함유량(질량%)을 나타낸다.

[땀납 합금의 α선량의 측정]

국제 표준인 JEDEC STANDARD에 기초하여, 이하의 수순 (i)~(iii)에 의해 측정한다.

수순 (i):

가스 플로형의 α선량 측정 장치를 사용한다. 측정 샘플로서, 땀납 합금을 용융하고, 한 면의 면적이 900cm²인 시트상으로 성형한 땀납 합금 시트를 사용한다. 상기 α선량 측정 장치 내에, 측정 샘플로서 상기 땀납 합금 시트를 마련하고, 거기에 PR 가스를 퍼지한다. PR 가스에는, 국제 표준인 JEDEC STANDARD를 따르는 것을 사용한다. 측정에 사용하는 PR 가스는, 아르곤 90%-메탄 10%의 혼합 가스를 가스 봄베에 충전하고 나서 3주간 이상이 경과한, 가스 중의 불순물 라돈(Rn)이 붕괴된 것으로 한다.

수순 (ii):

상기 땀납 합금 시트를 설치한 상기 α선량 측정 장치 내에, 상기 PR 가스를 12시간 흘려 정치한 후, 72시간 α선량 측정을 행한다.

수순 (iii):

평균 α선량을 「cph/cm²」로서 산출한다. 이상점(장치 진동에 의한 카운트 등)은 그 1시간분의 카운트를 제거한다.

청구항 2

U: 5질량ppb 미만, Th: 5질량ppb 미만, Pb: 5질량ppm 미만, As: 5질량ppm 미만, Bi: 0질량% 이상 0.9질량% 이하, 및 Sb: 0질량% 초과 0.3질량% 이하와,

Cu: 0질량% 초과 0.9질량% 이하와,

Ni: 0질량ppm 이상 600질량ppm 이하 및 Fe: 0질량ppm 이상 100질량ppm 이하 중 적어도 1종과,

잔부가 Sn

으로 이루어지는 합금 조성을 갖고,

하기 (1)식을 충족하고,

Cu와 Sb의 비율은, Cu/Sb로 표시되는 질량비로서, 1 이상 280 이하이며, 또한

하기 [땀납 합금의 α 선량의 측정]에 의해 측정되는 α 선량이 $0.02\text{cph}/\text{cm}^2$ 이하인, 땀납 합금.

$$0.005 \leq \text{Bi} + \text{Sb} \leq 1.2 \quad (1)$$

(1)식 중, Bi 및 Sb는, 각각 상기 합금 조성에서의 함유량(질량%)을 나타낸다.

[땀납 합금의 α 선량의 측정]

국제 표준인 JEDEC STANDARD에 기초하여, 이하의 수순 (i)~(iii)에 의해 측정한다.

수순 (i):

가스 플로형의 α 선량 측정 장치를 사용한다. 측정 샘플로서, 땀납 합금을 용융하고, 한 면의 면적이 900cm^2 인 시트상으로 성형한 땀납 합금 시트를 사용한다. 상기 α 선량 측정 장치 내에, 측정 샘플로서 상기 땀납 합금 시트를 마련하고, 거기에 PR 가스를 퍼지한다. PR 가스에는, 국제 표준인 JEDEC STANDARD를 따르는 것을 사용한다. 측정에 사용하는 PR 가스는, 아르곤 90%-메탄 10%의 혼합 가스를 가스 봄베에 충전하고 나서 3주간 이상이 경과한, 가스 중의 불순물 라돈(Rn)이 붕괴된 것으로 한다.

수순 (ii):

상기 땀납 합금 시트를 설치한 상기 α 선량 측정 장치 내에, 상기 PR 가스를 12시간 흘려 정치한 후, 72시간 α 선량 측정을 행한다.

수순 (iii):

평균 α 선량을 「 cph/cm^2 」로서 산출한다. 이상점(장치 진동에 의한 카운트 등)은 그 1시간분의 카운트를 제거한다.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 합금 조성은 Ag: 0질량% 초과 4질량% 이하를 더 함유하는, 땀납 합금.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, Bi와 Sb의 비율은, Sb/Bi로 표시되는 질량비로서, 0.008 이상 10 이하인, 땀납 합금.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 합금 조성은 하기 (2)식을 더 충족하는, 땀납 합금.

$$20 \leq \text{Ni} + \text{Fe} \leq 700 \quad (2)$$

(2)식 중, Ni 및 Fe는, 각각 상기 합금 조성에서의 함유량(질량ppm)을 나타낸다.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 한 면의 면적이 900cm^2 인 시트상으로 성형한 땀납 합금 시트에 대하여, 100°C 에서 1시간의 가열 처리를 실시한 후에 있어서의 α 선량이 $0.02\text{cph}/\text{cm}^2$ 이하로 되는, 땀납 합금.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, α 선량이 $0.002\text{cph}/\text{cm}^2$ 이하인, 땀납 합금.

청구항 8

삭제

청구항 9

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 기재된 땀납 합금으로 이루어지는, 땀납 분말.

청구항 10

제9항에 있어서, 입도 분포가 다른 2종 이상의 뿔납 합금 입자군을 병유하는, 뿔납 분말.

청구항 11

제9항에 기재된 뿔납 분말과, 플럭스를 함유하는, 솔더 페이스트.

청구항 12

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 기재된 뿔납 합금으로 이루어지는, 뿔납 볼.

청구항 13

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 기재된 뿔납 합금으로 이루어지는, 솔더 프리폼.

청구항 14

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 기재된 뿔납 합금으로 이루어지는, 뿔납 이음.

청구항 15

제2항에 있어서, 상기 합금 조성은 Ag: 0질량% 초과 4질량% 이하를 더 함유하는, 뿔납 합금.

청구항 16

제15항에 있어서, Bi와 Sb의 비율은, Sb/Bi로 표시되는 질량비로서, 0.008 이상 10 이하인, 뿔납 합금.

청구항 17

제15항에 있어서, 상기 합금 조성은 하기 (2)식을 더 충족하는, 뿔납 합금.

$$20 \leq \text{Ni} + \text{Fe} \leq 700 \quad (2)$$

(2)식 중, Ni 및 Fe는, 각각 상기 합금 조성에서의 함유량(질량ppm)을 나타낸다.

청구항 18

제15항에 있어서, 한 면의 면적이 900cm²인 시트상으로 성형한 뿔납 합금 시트에 대하여, 100℃에서 1시간의 가열 처리를 실시한 후에 있어서의 α 선량이 0.02cph/cm² 이하로 되는, 뿔납 합금.

청구항 19

제15항에 있어서, α 선량이 0.002cph/cm² 이하인, 뿔납 합금.

청구항 20

삭제

청구항 21

제15항 내지 제19항 중 어느 한 항에 기재된 뿔납 합금으로 이루어지는, 뿔납 분말.

청구항 22

제21항에 있어서, 입도 분포가 다른 2종 이상의 뿔납 합금 입자군을 병유하는, 뿔납 분말.

청구항 23

제21항에 기재된 뿔납 분말과, 플럭스를 함유하는, 솔더 페이스트.

청구항 24

제15항 내지 제19항 중 어느 한 항에 기재된 뿔납 합금으로 이루어지는, 뿔납 볼.

청구항 25

제15항 내지 제19항 중 어느 한 항에 기재된 뿔납 합금으로 이루어지는, 솔더 프리폼.

청구항 26

제15항 내지 제19항 중 어느 한 항에 기재된 뿔납 합금으로 이루어지는, 뿔납 이음.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 뿔납 합금, 뿔납 분말, 솔더 페이스트, 뿔납 볼, 솔더 프리폼 및 뿔납 이음에 관한 것이다.

[0002] 본원은 2020년 4월 10일에 일본에 출원된 일본 특허 출원 제2020-071024호에 기초하여 우선권을 주장하며, 그 내용을 여기에 원용한다.

배경 기술

[0003] 프린트 기관에 탑재되는 전자 부품에 있어서는, 소형화, 고성능화가 점점 요구되고 있다. 이러한 전자 부품으로서, 예를 들어 반도체 패키지를 들 수 있다. 반도체 패키지에서는, 전극을 갖는 반도체 소자가 수지 성분으로 밀봉되어 있다. 이 전극에는 뿔납 재료에 의한 뿔납 범프가 형성되어 있다. 또한, 뿔납 재료는 반도체 소자와 프린트 기관을 접속하고 있다.

[0004] 뿔납 재료에 있어서는, 소프트 에러에 대한 α선의 영향이 문제가 된다. 이러한 반도체 소자의 동작에 대한 악영향을 경감시키기 위해, 뿔납 재료를 포함한 저 α선량 재료의 개발이 행해지고 있다.

[0005] α선원으로 되는 요인은, 예를 들어 뿔납 재료에 있어서의 뿔납 합금, 특히 베이스로 되는 주석(Sn) 지금 중에 포함되는 미량의 방사성 원소이다. 뿔납 합금은, 원료 금속을 용융 혼합하여 제조할 수 있다. 이러한 뿔납 합금에 있어서, 저 α선량 재료의 설계를 위해서는, 우라늄(U), 토륨(Th), 폴로늄(Po)과 같은, 상류로 되는 방사성 원소를 합금 조성으로부터 제거하는 것이 중요하게 된다.

[0006] 이에 대해, Sn 지금의 정련에 있어서 U, Th, Po를 제거하는 것은, 기술적으로 어렵지는 않다(예를 들어, 특허문헌 1 참조).

[0007] 일반적으로, Sn 중에는 불순물로서 납(Pb), 비스무트(Bi)가 포함되어 있다. Pb 및 Bi 중의 방사성 동위체인 ²¹⁰Pb 및 ²¹⁰Bi가 β 붕괴하여 ²¹⁰Po로 되고, ²¹⁰Po가 α 붕괴하여 ²⁰⁶Pb 생성 시에 α선이 발생한다. 이 일련의 궤변(우라늄 계열)이, 뿔납 재료로부터의 α선 발생의 주된 원인이라고 말해지고 있다.

[0008] 또한, 재료로부터 발생하는 α선량의 평가에 있어서, 단위로는 「cph/cm²」가 자주 사용된다. 「cph/cm²」는 "counts per hours/cm²"의 약칭이며, 1cm²당, 1시간당 α선의 카운트수를 의미한다.

[0009] Pb 및 Bi의 반감기에 대해서는, 이하와 같다.

[0010] Bi에 대하여, ²¹⁰Bi의 반감기는 약 5일간이다. Pb에 대하여, ²¹⁰Pb의 반감기는 약 22.3년간이다. 그리고, 이들의 영향도(존재비)는, 하기 식으로 나타낼 수 있다고 되어 있다(비특허문헌 1 참조). 즉, Bi의 α선 발생에 대한 영향은, Pb에 비하여 매우 낮다.

[0011]
$$[{}^{210}\text{Bi}] \approx [{}^{210}\text{Pb}] / 1.6 \times 10^3$$

[0012] 식 중, [²¹⁰Bi]는 ²¹⁰Bi의 몰 농도를 나타낸다. [²¹⁰Pb]는 ²¹⁰Pb의 몰 농도를 나타낸다.

[0013] 이상과 같이, 종래, 저 α선량 재료의 설계에 있어서는, U, Th를 제거하고, 또한 Pb를 철저히 제거하는 것이 일반적이다.

[0014] 또한, 뿔납 재료로부터 발생하는 α선량은, 경시 변화에 의해, 기본적으로 α선량이 증가하는 것이 알려져 있다. 이것은, 뿔납 합금 중의 방사성 Pb 및 방사성 Bi가 β 붕괴하여, Po양이 증가하고, 그리고 Po가 α 궤변하여 α선을 발생시키는 것이 원인이라고 말해지고 있다.

[0015] 극저 α선량의 재료에 있어서는, 이들 방사성 원소를 거의 함유하고 있지 않지만, ²¹⁰Po의 편석이 원인으로 되어, α선량이 경시 변화에 의해 증가하는 경우가 있다. ²¹⁰Po는, 원래 α선을 방사하고 있지만, 뿔납 합금 응고 시

에 있어서 뿔납 합금 중심 부분에 편석되기 때문에, 방사하고 있는 α 선이 뿔납 합금으로 차폐되어 버린다. 그리고, 시간 경과와 함께 ^{210}Po 가 합금 중에 균일하게 분산되어, α 선이 검출되는 표면에도 존재하게 되므로, α 선량이 경시 변화에 의해 증가한다(비특허문헌 2 참조).

[0016] 상술한 바와 같이, 뿔납 합금 중에 포함되는 극미량의 불순물의 영향으로, 발생하는 α 선량은 증가해 버린다. 이 때문에, 저 α 선량 재료의 설계에 있어서는, 뿔납 합금의 종래의 제조 방법과 같이, 단순히 각종 원소를 첨가하는 것이 어려워진다.

[0017] 예를 들어, 솔더 페이스트의 경시에서의 점도 증가를 억제하는 증점 억제를 위해, 뿔납 합금에 비소(As)를 첨가하는 방법이 알려져 있다(예를 들어, 특허문헌 2 참조).

선행기술문헌

특허문헌

[0018] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2010-156052호 공보

(특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2015-98052호 공보

비특허문헌

[0019] (비특허문헌 0001) Radioactive Nuclei Induced Soft Errors at Ground Level; IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, DECEMBER 2009, VOL.56, NO.6, p.3437-3441

(비특허문헌 0002) Energy Dependent Efficiency in Low Background Alpha Measurements and Impacts on Accurate Alpha Characterization; IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, DECEMBER 2015, VOL.62, NO.6, p.3034-3039

발명의 내용

해결하려는 과제

[0020] 솔더 페이스트의 경시에서의 증점 억제를 위해, 예를 들어 특허문헌 2에 기재된 방법과 같이, 뿔납 합금에 As를 첨가하는 방법에서는, As가 첨가됨으로써, 합금에 불순물도 포함되게 된다. 이 경우, 그 불순물 중에 방사성 원소가 존재함으로써, 뿔납 재료로부터 발생하는 α 선량이 증가해 버린다.

[0021] 또한, 근년, CPU(Central Processing Unit) 등의 뿔납 이음을 갖는 전자 디바이스는, 소형화, 고성능화가 요구되고 있다. 이에 수반하여, 프린트 기관 및 전자 디바이스의 전극의 소형화가 필요하게 된다. 전자 디바이스는 전극을 통하여 프린트 기관과 접속되기 때문에, 전극의 소형화에 수반하여, 양자를 접속하는 뿔납 이음도 작아진다.

[0022] 그리고, 더 미세한 전극을 접합하기 위해서는, 뿔납 이음의 기계적 특성 등을 향상시킬 필요가 있다. 그러나, 원소에 따라서는, 그 함유량이 많아지면, 액상선 온도가 상승하여, 액상선 온도와 고상선 온도의 온도차(ΔT)가 커져, 응고 시에 편석되어 불균일한 합금 조직이 형성되어 버린다. 뿔납 합금이 이러한 합금 조직을 가지면, 뿔납 이음은 인장 강도 등의 기계적 특성이 떨어져, 외부로부터의 응력에 의해 용이하게 파단되어 버린다. 이 문제는, 근년의 전극의 소형화에 수반하여 현저해지고 있다.

[0023] 본 발명은 상기 사정을 감안하여 이루어진 것이며, 솔더 페이스트의 경시에서의 점도 증가를 억제하고, 액상선 온도와 고상선 온도의 온도차(ΔT)가 작아 기계적 특성을 높일 수 있으며, 또한 소프트 에러의 발생을 억제하는 것이 가능한 뿔납 합금, 이 뿔납 합금으로 이루어지는 뿔납 분말, 이 뿔납 분말과 플럭스를 함유하는 솔더 페이스트, 이 뿔납 합금으로 이루어지는 뿔납 볼, 솔더 프리폼 및 뿔납 이음을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0024] 본 발명자들은, 방사성 원소를 포함하는 불순물을 수반하는 As를 첨가하지 않고, 솔더 페이스트의 경시에서의

증점 억제 가능한, 저 α 선량의 뿔납 합금의 설계를 목적으로 하여 검토하였다. 이러한 검토에 의해, 주성분으로서의 Sn과, 이온화 경향에 있어서 Sn과 비교하여 귀한 금속인 Bi 및 Sb의 소정량을 함유하는 합금 조성으로 함으로써, 상기 목적을 달성할 수 있는 것을 발견하고, 본 발명을 완성하기에 이르렀다.

[0025] 즉, 본 발명은 상기 과제를 해결하기 위해, 이하의 수단을 채용한다.

[0026] 본 발명의 일 양태는, U: 5질량ppb 미만, Th: 5질량ppb 미만, Pb: 5질량ppm 미만, As: 5질량ppm 미만, Bi: 0질량% 이상 0.9질량% 이하, 및 Sb: 0질량% 이상 0.3질량% 이하, 그리고 잔부가 Sn으로 이루어지는 합금 조성을 갖고, 하기 (1)식을 충족하며, 또한 α 선량이 0.02cph/cm² 이하인 것을 특징으로 하는 뿔납 합금이다.

[0027] $0.005 \leq Bi + Sb \leq 1.2$ (1)

[0028] (1)식 중, Bi 및 Sb는, 각각 상기 합금 조성에서의 함유량(질량%)을 나타낸다.

[0029] 본 발명의 일 양태는, U: 5질량ppb 미만, Th: 5질량ppb 미만, Pb: 5질량ppm 미만, As: 5질량ppm 미만, Bi: 0질량% 초과 0.9질량% 이하, 및 Sb: 0질량% 이상 0.3질량% 이하, 그리고 잔부가 Sn으로 이루어지는 합금 조성을 갖고, 하기 (1)식을 충족하며, 또한 α 선량이 0.02cph/cm² 이하인 것을 특징으로 하는 뿔납 합금이다.

[0030] $0.005 \leq Bi + Sb \leq 1.2$ (1)

[0031] (1)식 중, Bi 및 Sb는, 각각 상기 합금 조성에서의 함유량(질량%)을 나타낸다.

[0032] 본 발명의 일 양태는, U: 5질량ppb 미만, Th: 5질량ppb 미만, Pb: 5질량ppm 미만, As: 5질량ppm 미만, Bi: 0질량% 이상 0.9질량% 이하, 및 Sb: 0질량% 이상 0.1질량% 미만, 그리고 잔부가 Sn으로 이루어지는 합금 조성을 갖고, 하기 (1)식을 충족하며, 또한 α 선량이 0.02cph/cm² 이하인 것을 특징으로 하는 뿔납 합금이다.

[0033] $0.005 \leq Bi + Sb \leq 1.2$ (1)

[0034] (1)식 중, Bi 및 Sb는, 각각 상기 합금 조성에서의 함유량(질량%)을 나타낸다.

[0035] 또한, 본 발명의 일 양태는, 상기 본 발명의 일 양태에 관한 뿔납 합금으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 뿔납 분말이다.

[0036] 또한, 본 발명의 일 양태는, 상기 본 발명의 일 양태에 관한 뿔납 분말과, 플럭스를 함유하는 것을 특징으로 하는 솔더 페이스트이다.

[0037] 또한, 본 발명의 일 양태는, 상기 본 발명의 일 양태에 관한 뿔납 합금으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 뿔납 볼이다.

[0038] 또한, 본 발명의 일 양태는, 상기 본 발명의 일 양태에 관한 뿔납 합금으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 솔더 프리폼이다.

[0039] 또한, 본 발명의 일 양태는, 상기 본 발명의 일 양태에 관한 뿔납 합금으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 뿔납 이음이다.

발명의 효과

[0040] 본 발명에 따르면, 솔더 페이스트의 경시에서의 점도 증가를 억제하고, 액상선 온도와 고상선 온도의 온도차(ΔT)가 작아 기계적 특성을 높일 수 있으며, 또한 소프트 에러의 발생을 억제하는 것이 가능한 뿔납 합금, 이 뿔납 합금으로 이루어지는 뿔납 분말, 이 뿔납 분말과 플럭스를 함유하는 솔더 페이스트, 이 뿔납 합금으로 이루어지는 뿔납 볼, 솔더 프리폼 및 뿔납 이음을 제공할 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0041] 본 발명을 이하에 의해 상세하게 설명한다.

[0042] 본 명세서에 있어서, 뿔납 합금 조성에 관한 「ppb」는, 특별히 지정하지 않는 한 「질량ppb」이다. 「ppm」은, 특별히 지정하지 않는 한 「질량ppm」이다. 「%」는, 특별히 지정하지 않는 한 「질량%」이다.

[0043] (뿔납 합금)

[0044] 본 발명의 일 양태에 관한 뿔납 합금은, U: 5질량ppb 미만, Th: 5질량ppb 미만, Pb: 5질량ppm 미만, As: 5질량ppm 미만, Bi: 0질량% 이상 0.9질량% 이하, 및 Sb: 0질량% 이상 0.3질량% 이하, 그리고 잔부가 Sn으로 이루어

어지는 합금 조성을 갖고, 하기 (1)식을 충족하며, 또한 α 선량이 0.02cph/cm² 이하인 것이다.

- [0045] $0.005 \leq \text{Bi} + \text{Sb} \leq 1.2$ (1)
- [0046] (1)식 중, Bi 및 Sb는, 각각 상기 합금 조성에서의 함유량(질량%)을 나타낸다.
- [0047] <합금 조성>
- [0048] 본 실시 형태의 땀납 합금은, U: 5질량ppb 미만, Th: 5질량ppb 미만, Pb: 5질량ppm 미만, As: 5질량ppm 미만, Bi: 0질량% 이상 0.9질량% 이하, 및 Sb: 0질량% 이상 0.3질량% 이하, 그리고 잔부가 Sn으로 이루어지는 합금 조성을 갖고, 상기 (1)식을 충족한다.
- [0049] <<U: 5질량ppb 미만, Th: 5질량ppb 미만>>
- [0050] U 및 Th는 방사성 원소이다. 소프트 에러의 발생을 억제하기 위해서는, 땀납 합금 중의 이것들의 함유량을 억제할 필요가 있다.
- [0051] 본 실시 형태에 있어서, 땀납 합금 중의 U 및 Th의 함유량은, 땀납 합금으로부터 발생하는 α 선량을 0.02cph/cm² 이하로 하는 관점에서, 땀납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여, 각각 5ppb 미만이다. 고밀도 실장에서의 소프트 에러 발생을 억제하는 관점에서, U 및 Th의 함유량은, 바람직하게는 각각 2ppb 이하이며, 낮을수록 좋다.
- [0052] <<Pb: 5질량ppm 미만>>
- [0053] 일반적으로, Sn 중에는 불순물로서 Pb가 포함되어 있다. 이 Pb 중의 방사성 동위체가 β 붕괴하여 ²¹⁰Po로 되고, ²¹⁰Po가 α 붕괴하여 ²⁰⁶Pb 생성 시에 α 선이 발생한다. 이 점에서, 땀납 합금 중의, 불순물인 Pb의 함유량도 최대한 적은 것이 바람직하다.
- [0054] 본 실시 형태에 있어서, 땀납 합금 중의 Pb의 함유량은, 땀납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 5ppm 미만이며, 바람직하게는 2ppm 미만이고, 보다 바람직하게는 1ppm 미만이다. 또한, 땀납 합금 중의 Pb의 함유량의 하한은 0ppm 이상이어도 된다.
- [0055] <<As: 5질량ppm 미만>>
- [0056] 땀납 합금에 As를 첨가하는 것은, 솔더 페이스트의 경시에서의 증점 억제에 유효하지만, As의 첨가에 수반하여, 합금에 방사성 원소도 포함되게 되어, 땀납 재료로부터 발생하는 α 선량이 증가해 버린다.
- [0057] 본 실시 형태에 있어서는, 방사성 원소를 포함하는 불순물을 수반하는 As를 첨가하지 않고, 솔더 페이스트의 경시에서의 증점 억제를 도모하는 것을 목적으로 한다.
- [0058] 본 실시 형태에 있어서, 땀납 합금 중의 As의 함유량은, 땀납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 5ppm 미만이며, 바람직하게는 2ppm 미만이고, 보다 바람직하게는 1ppm 미만이다. 또한, 땀납 합금 중의 As의 함유량의 하한은 0ppm 이상이어도 된다.
- [0059] <<Bi: 0질량% 이상 0.9질량% 이하, Sb: 0질량% 이상 0.3질량% 이하, (1)식>>
- [0060] 솔더 페이스트의 점도가 경시적으로 상승하는 이유는, 땀납 분말과 플럭스가 반응하기 때문이라고 생각된다.
- [0061] 솔더 페이스트의 경시에서의 증점 억제의 효과는, 플럭스와 반응성을 억제함으로써 발휘된다. 이 점에서, 플럭스와 반응성이 낮은 원소로서, 이온화 경향이 낮은 원소를 들 수 있다. 일반적으로, 합금의 이온화는, 합금 조성으로서의 이온화 경향, 즉 표준 전극 전위로 생각한다. 예를 들어, Sn에 대하여 귀한 Ag를 포함하는 SnAg 합금은, Sn보다 이온화하기 어렵다. 이 때문에, Sn보다 귀한 원소를 함유하는 합금은, 이온화하기 어렵게 되어, 솔더 페이스트의 경시에서의 증점 억제의 효과를 높일 수 있다고 추측된다.
- [0062] Bi: 0질량% 이상 0.9질량% 이하
- [0063] Bi는, 이온화 경향이 Sn에 대하여 귀한 원소이며, 플럭스와 반응성이 낮아, 솔더 페이스트의 경시에서의 증점 억제 효과를 나타내는 원소이다. 또한, Bi는, 땀납 합금의 액상선 온도를 내림과 함께, 용융 땀납의 점성을 저감시키기 때문에, 습윤성의 열화를 억제할 수 있는 원소이다. 그러나, 그 함유량에 따라서는 고상선 온도가 현저하게 저하되어, 액상선 온도와 고상선 온도의 온도차(ΔT)가 확대된다.
- [0064] 본 실시 형태에 있어서, 땀납 합금 중의 Bi의 함유량은, 땀납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 0% 이상

0.9% 이하이며, 바람직하게는 0.030% 이상 0.9% 이하이다.

- [0065] 혹은, 뿔납 합금 중의 Bi의 함유량의 하한은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 0% 이상이며, 0.0025% 이상이 바람직하고, 0.0050% 이상이 보다 바람직하고, 0.010% 이상이 더욱 바람직하고, 0.030% 이상이 특히 바람직하다. 한편, 뿔납 합금 중의 Bi의 함유량의 상한은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 0.9% 이하이며, 0.7% 이하가 바람직하고, 0.5% 이하가 보다 바람직하고, 0.3% 이하가 더욱 바람직하고, 0.1% 이하가 특히 바람직하다.
- [0066] 예를 들어, 뿔납 합금의 일 실시 형태로서, 뿔납 합금 중의 Bi의 함유량은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 0% 이상 0.9% 이하이며, 바람직하게는 0.0025% 이상 0.7% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.0050% 이상 0.5% 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.010% 이상 0.3% 이하이고, 특히 바람직하게는 0.030% 이상 0.1% 이하이다.
- [0067] Sb: 0질량% 이상 0.3질량% 이하
- [0068] Sb는, Bi와 마찬가지로, 이온화 경향이 Sn에 대하여 귀한 원소이며, 플럭스와 반응성이 낮아, 솔더 페이스트의 경시에서의 증점 억제 효과를 나타내는 원소이다. 뿔납 합금 중의 Sb의 함유량이 지나치게 많으면, 습윤성이 열화되기 때문에, Sb를 첨가하는 경우에는 적당한 함유량으로 할 필요가 있다.
- [0069] 본 실시 형태에 있어서, 뿔납 합금 중의 Sb의 함유량은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 0% 이상 0.3% 이하이며, 바람직하게는 0.0040% 이상 0.3% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.010% 이상 0.3% 이하이다.
- [0070] 혹은, 뿔납 합금 중의 Sb의 함유량의 하한은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 0% 이상이며, 0.0025% 이상이 바람직하고, 0.0040% 이상이 보다 바람직하고, 0.0050% 이상이 더욱 바람직하고, 0.010% 이상이 특히 바람직하다. 한편, 뿔납 합금 중의 Sb의 함유량의 상한은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 0.3% 이하이며, 0.1% 이하가 바람직하고, 0.1% 미만인 것이 보다 바람직하고, 0.090% 이하가 더욱 바람직하다.
- [0071] 예를 들어, 뿔납 합금의 일 실시 형태로서, 뿔납 합금 중의 Sb의 함유량은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 0% 이상 0.3% 이하이며, 바람직하게는 0.0025% 이상 0.1% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.0040% 이상 0.1% 미만이고, 더욱 바람직하게는 0.0050% 이상 0.090% 이하이고, 특히 바람직하게는 0.010% 이상 0.090% 이하이다.
- [0072] 본 실시 형태의 뿔납 합금에 있어서의 합금 조성에 있어서는, 하기 (1)식을 충족한다.
- [0073] $0.005 \leq Bi + Sb \leq 1.2$ (1)
- [0074] (1)식 중, Bi 및 Sb는, 각각 상기 합금 조성에서의 함유량(질량%)을 나타낸다.
- [0075] (1)식에 있어서의 Bi 및 Sb는, 모두 솔더 페이스트의 경시에서의 증점 억제 효과를 나타내는 원소이다. 더불어, 본 실시 형태에 있어서, Bi 및 Sb는, 모두 뿔납 합금의 습윤성에도 기여한다.
- [0076] 뿔납 합금 중의 Bi와 Sb의 합계 함유량은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 0.005% 이상 1.2% 이하일 필요가 있고, 바람직하게는 0.03% 이상 1.2% 이하일 필요가 있다. 뿔납 합금 중의 Bi와 Sb의 합계 함유량은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 0.005% 이상이며, 바람직하게는 0.03% 이상 1.0% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.03% 이상 0.9% 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.03% 이상 0.5% 이하이고, 특히 바람직하게는 0.03% 이상 0.1% 이하이다.
- [0077] 혹은, 뿔납 합금 중의 Bi와 Sb의 합계 함유량의 하한은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 0.005% 이상이며, 0.01% 이상이 바람직하고, 0.02% 이상이 보다 바람직하고, 0.03% 이상이 더욱 바람직하다. 한편, 뿔납 합금 중의 Bi와 Sb의 합계 함유량의 상한은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 1.2% 이하이며, 1.0% 이하가 바람직하고, 0.9% 이하가 보다 바람직하고, 0.5% 이하가 더욱 바람직하고, 0.1% 이하가 특히 바람직하다.
- [0078] 예를 들어, 뿔납 합금 중의 Bi와 Sb의 합계 함유량은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여, 바람직하게는 0.01% 이상 1.0% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.02% 이상 0.9% 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.03% 이상 0.5% 이하이고, 특히 바람직하게는 0.03% 이상 0.1% 이하이다.
- [0079] 단, 상기 「Bi와 Sb의 합계 함유량」은, 뿔납 합금 중의 Bi의 함유량이 0질량%인 경우에는 Sb의 함유량으로 되

고, 뿔납 합금 중의 Sb의 함유량이 0질량%인 경우에는 Bi의 함유량으로 되고, Bi와 Sb를 병유하는 경우에는 이것들의 합계 함유량으로 된다.

- [0080] 또한, 본 실시 형태에 있어서 Bi와 Sb를 병유하는 경우, 뿔납 합금 중의 Bi와 Sb의 비율은, Sb/Bi로 표시되는 질량비로서, 바람직하게는 0.008 이상 10 이하이고, 보다 바람직하게는 0.01 이상 10 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.1 이상 5 이하이고, 특히 바람직하게는 0.1 이상 2 이하이고, 가장 바람직하게는 0.1 이상 1 이하이다.
- [0081] 이러한 질량비의 Sb/Bi가 상기의 바람직한 범위이면, 본 발명의 효과를 보다 얻기 쉬워진다.
- [0082] <<임의 원소>>
- [0083] 본 실시 형태의 뿔납 합금에 있어서의 합금 조성은, 상술한 원소 이외의 원소를 필요에 따라 함유해도 된다.
- [0084] 예를 들어, 본 실시 형태의 뿔납 합금에 있어서의 합금 조성은, 상술한 원소에 추가하여, Ag: 0질량% 이상 4질량% 이하 및 Cu: 0질량% 이상 0.9질량% 이하 중 적어도 1종을 더 함유해도 된다.
- [0085] Ag: 0질량% 이상 4질량% 이하
- [0086] Ag는, 결정 계면에 Ag₃Sn을 형성하여 뿔납 합금의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 임의 원소이다. 또한, Ag는, 이온화 경향이 Sn에 대하여 귀한 원소이며, Bi 및 Sb와 공존함으로써, 솔더 페이스트의 경시에서의 증점 억제 효과를 높인다.
- [0087] 본 실시 형태에 있어서, 뿔납 합금 중의 Ag의 함유량은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 0% 이상 4% 이하가 바람직하며, 보다 바람직하게는 0.5% 이상 3.5% 이하이고, 더욱 바람직하게는 1.0% 이상 3.0% 이하이고, 특히 바람직하게는 2.0% 이상 3.0% 이하이다.
- [0088] Cu: 0질량% 이상 0.9질량% 이하
- [0089] Cu는, 일반적인 뿔납 합금에서 사용되고 있으며, 뿔납 이음의 접합 강도를 향상시킬 수 있는 임의 원소이다. 또한, Cu는, 이온화 경향이 Sn에 대하여 귀한 원소이며, Bi 및 Sb와 공존함으로써, 솔더 페이스트의 경시에서의 증점 억제 효과를 높인다.
- [0090] 본 실시 형태에 있어서, 뿔납 합금 중의 Cu의 함유량은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 0% 이상 0.9% 이하가 바람직하며, 보다 바람직하게는 0.1% 이상 0.8% 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.2% 이상 0.7% 이하이다.
- [0091] 본 실시 형태에 있어서 Cu와 Bi를 병유하는 경우, 뿔납 합금 중의 Cu와 Bi의 비율은, Cu/Bi로 표시되는 질량비로서, 바람직하게는 0.5 이상 280 이하이고, 보다 바람직하게는 0.5 이상 150 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.5 이상 20 이하이고, 특히 바람직하게는 1 이상 15 이하이다.
- [0092] 이러한 질량비의 Cu/Bi가 상기의 바람직한 범위이면, 본 발명의 효과를 보다 얻기 쉬워진다.
- [0093] 본 실시 형태에 있어서 Cu와 Sb를 병유하는 경우, 뿔납 합금 중의 Cu와 Sb의 비율은, Cu/Sb로 표시되는 질량비로서, 바람직하게는 1 이상 280 이하이고, 보다 바람직하게는 1 이상 150 이하이고, 더욱 바람직하게는 5 이상 125 이하이다.
- [0094] 이러한 질량비의 Cu/Sb가 상기의 바람직한 범위이면, 본 발명의 효과를 보다 얻기 쉬워진다.
- [0095] 본 실시 형태에 있어서 Cu와 Bi와 Sb를 병유하는 경우, 뿔납 합금 중의 Cu와 Bi와 Sb의 비율은, Cu/(Bi+Sb)로 표시되는 질량비로서, 바람직하게는 0.4 이상 150 이하이고, 보다 바람직하게는 5 이상 100 이하이다.
- [0096] 이러한 질량비의 Cu/(Bi+Sb)가 상기의 바람직한 범위이면, 본 발명의 효과를 보다 얻기 쉬워진다.
- [0097] 예를 들어, 본 실시 형태의 뿔납 합금에 있어서의 합금 조성은, 상술한 원소에 추가하여, Ni: 0질량ppm 이상 600질량ppm 이하 및 Fe: 0질량ppm 이상 100질량ppm 이하 중 적어도 1종을 더 함유해도 된다.
- [0098] Ni: 0질량ppm 이상 600질량ppm 이하
- [0099] 납땜에 의해, 뿔납 합금 중의 접합 계면 근방에 있어서, Sn 함유 금속간 화합물(Sn을 포함하는 금속간 화합물)의 형성이 진행되고, 이 Sn 함유 금속간 화합물이 석출되면, 뿔납 이음의 기계적 강도가 열화된다.
- [0100] Ni는, 상기 Sn 함유 금속간 화합물이 접합 계면에서 형성되는 것을 억제하는 원소이다.

- [0101] 뿔납 합금이 Ni를 함유함으로써, 상기 Sn 함유 금속간 화합물의 형성이 억제되어, 뿔납 이음의 기계적 강도가 유지된다. 한편, 뿔납 합금 중의 Ni의 함유량이 600질량ppm을 초과하면, 뿔납 합금 중의 접합 계면 근방에 있어서, SnNi 화합물이 석출되어, 뿔납 이음의 기계적 강도가 열화될 우려가 있다.
- [0102] 본 실시 형태에 있어서, 뿔납 합금 중의 Ni의 함유량은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 0ppm 이상 600ppm 이하가 바람직하며, 보다 바람직하게는 20ppm 이상 600ppm 이하이다.
- [0103] Fe: 0질량ppm 이상 100질량ppm 이하
- [0104] Fe는, Ni와 마찬가지로, Sn 함유 금속간 화합물이 접합 계면에서 형성되는 것을 억제하는 원소이다. 더불어, 소정의 함유량의 범위 내에서는, SnFe 화합물에 의한 침상 결정의 석출이 억제되어, 회로의 단락을 방지할 수 있다.
- [0105] 여기서 말하는 「침상 결정」이란, 1개의 SnFe 화합물 유래의 결정에 있어서, 장경과 단경의 비인 애스펙트비가 2 이상인 결정을 말한다.
- [0106] 본 실시 형태에 있어서, 뿔납 합금 중의 Fe의 함유량은, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 0ppm 이상 100ppm 이하가 바람직하며, 보다 바람직하게는 20ppm 이상 100ppm 이하이다.
- [0107] 본 실시 형태의 뿔납 합금에 있어서의 합금 조성이, Ni: 0질량ppm 이상 600질량ppm 이하 및 Fe: 0질량ppm 이상 100질량ppm 이하 중 적어도 1종을 더 함유하는 경우, 상기 합금 조성은, 하기 (2)식을 충족하는 것이 바람직하다.
- [0108] $20 \leq Ni + Fe \leq 700$ (2)
- [0109] (2)식 중, Ni 및 Fe는, 각각 상기 합금 조성에서의 함유량(질량ppm)을 나타낸다.
- [0110] (2)식에 있어서의 Ni 및 Fe는, 모두 Sn 함유 금속간 화합물이 접합 계면에서 형성되는 것을 억제하는 원소이다. 더불어, 본 실시 형태에 있어서, Ni 및 Fe는, 모두 솔더 페이스트의 경시에서의 증점 억제의 효과에도 기여한다.
- [0111] 뿔납 합금 중의 Ni와 Fe의 합계 함유량이, 뿔납 합금의 총 질량(100질량%)에 대하여 20ppm 이상 700ppm 이하가 바람직하며, 보다 바람직하게는 40ppm 이상 700ppm 이하이고, 더욱 바람직하게는 40ppm 이상 600ppm 이하이다.
- [0112] 단, 상기 「Ni와 Fe의 합계 함유량」은, 뿔납 합금 중의 Ni의 함유량이 0질량ppm인 경우에는 Fe의 함유량으로 되고, 뿔납 합금 중의 Fe의 함유량이 0질량ppm인 경우에는 Ni의 함유량으로 되고, Ni와 Fe를 병유하는 경우에는 이것들의 합계 함유량으로 된다.
- [0113] 본 실시 형태에 있어서 Ni와 Fe를 병유하는 경우, 뿔납 합금 중의 Ni와 Fe의 비율은, Ni/Fe로 표시되는 질량비로서, 바람직하게는 0.4 이상 30 이하이고, 보다 바람직하게는 0.4 이상 10 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.4 이상 5 이하이다.
- [0114] 이러한 질량비의 Ni/Fe가 상기의 바람직한 범위이면, 본 발명의 효과를 보다 얻기 쉬워진다.
- [0115] <<잔부: Sn>>
- [0116] 본 실시 형태의 뿔납 합금에 있어서의 합금 조성은, 잔부가 Sn으로 이루어진다. 상술한 원소 외에 불가피적 불순물을 함유해도 된다. 불가피적 불순물을 함유하는 경우라도, 상술한 효과에 영향을 주는 일은 없다.
- [0117] <a 선량>
- [0118] 본 실시 형태의 뿔납 합금은, a 선량이 0.02cph/cm² 이하이다.
- [0119] 이것은, 전자 부품의 고밀도 실장에 있어서 소프트 에러가 문제가 되지 않을 정도의 a 선량이다.
- [0120] 본 실시 형태의 뿔납 합금에 있어서의 a 선량은, 한층 더한 고밀도 실장에서의 소프트 에러를 억제하는 관점에서, 바람직하게는 0.01cph/cm² 이하이고, 보다 바람직하게는 0.002cph/cm² 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.001cph/cm² 이하이다.
- [0121] 뿔납 합금으로부터 발생하는 a 선량은, 이하와 같이 하여 측정할 수 있다. 이러한 a 선량의 측정 방법은, 국제 표준인 JEDEC STANDARD에 기초하고 있다.
- [0122] 수순 (i):

- [0123] 가스 플로형의 α 선량 측정 장치를 사용한다.
- [0124] 측정 샘플로서, 뿔납 합금을 용융하고, 한 면의 면적이 900cm^2 인 시트상으로 성형한 뿔납 합금 시트를 사용한다.
- [0125] 상기 α 선량 측정 장치 내에, 측정 샘플로서 상기 뿔납 합금 시트를 마련하고, 거기에 PR 가스를 퍼지한다.
- [0126] 또한, PR 가스에는, 국제 표준인 JEDEC STANDARD를 따르는 것을 사용한다. 즉, 측정에 사용하는 PR 가스는, 아르곤 90%-메탄 10%의 혼합 가스를 가스 봄베에 충전하고 나서 3주간 이상이 경과한, 라돈(Rn)이 붕괴된 것으로 한다.
- [0127] 수순 (ii):
- [0128] 상기 뿔납 합금 시트를 설치한 상기 α 선량 측정 장치 내에, 상기 PR 가스를 12시간 흘려 정치한 후, 72시간 α 선량 측정을 행한다.
- [0129] 수순 (iii):
- [0130] 평균 α 선량을 「cph/cm²」로서 산출한다. 이상점(장치 진동에 의한 카운트 등)은 그 1시간분의 카운트를 제거한다.
- [0131] [뿔납 합금의 제조 방법]
- [0132] 본 실시 형태의 뿔납 합금은, 예를 들어 Bi 및 Sb 중 적어도 1종, 그리고 Sn을 함유하는 원료 금속을 용융 혼합하는 공정을 갖는 제조 방법을 사용함으로써 제조할 수 있다.
- [0133] 저 α 선량의 뿔납 합금의 설계를 목적으로 하고 있는 점에서, 그 원료 금속으로서 저 α 선량재를 사용하는 것이 바람직하며, 예를 들어 원료 금속으로서의 Sn, Bi 및 Sb에는, 각각 고순도의 것, 그리고 U, Th 및 Pb를 제거한 것을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0134] 원료 금속으로서의 Sn으로서는, 예를 들어 일본 특허 공개 제2010-156052호 공보(특허문헌 1)에 기재된 제조 방법에 준하여 제조한 것을 사용할 수 있다.
- [0135] 원료 금속으로서의 Bi로서는, 예를 들어 일본 특허 공개 제2013-185214호 공보에 준하여 제조한 것을 사용할 수 있다.
- [0136] 원료 금속으로서의 Sb로서는, 예를 들어 일본 특허 제5692467호 공보에 준하여 제조한 것을 사용할 수 있다.
- [0137] 원료 금속을 용융 혼합하는 조작용, 종래 공지된 방법을 사용할 수 있다.
- [0138] 일반적으로, 뿔납 합금에 있어서는, 뿔납 합금을 구성하는 각 구성 원소가 독자적으로 기능하는 것은 아니며, 각 구성 원소의 함유량이 모두 소정의 범위인 경우에, 비로소 여러 가지의 효과를 발휘할 수 있다. 이상 설명한 실시 형태의 뿔납 합금에 따르면, 각 구성 원소의 함유량이 상술한 범위임으로써, 솔더 페이스트의 경시에서의 점도 증가를 억제하고, 뿔납 이음의 기계적 강도를 높일 수 있으며, 또한 소프트 에러의 발생을 억제할 수 있다. 즉, 본 실시 형태의 뿔납 합금은, 목적으로 하는 저 α 선량 재료로서 유용하며, 메모리 주변의 뿔납 범프의 형성에 적용함으로써, 소프트 에러의 발생을 억제하는 것이 가능하게 된다.
- [0139] 또한, 본 실시 형태에서는, As를 적극적으로 첨가하지 않고, 솔더 페이스트의 경시에서의 증점 억제가 가능한 저 α 선량 뿔납 합금의 설계를 목적으로 한다. 이에 대해, 주성분으로서의 Sn에 추가하여, 이온화 경향이 Sn과 비교하여 귀한 금속인 Bi 및 Sb를 특정의 비율로 함유하는 뿔납 합금을 채용함으로써, 목적을 달성한다.
- [0140] 이러한 효과가 얻어지는 이유는 분명하지는 않지만, 이하와 같이 추측된다.
- [0141] 저 α 선량의 뿔납 합금용의 Sn은 매우 고순도이며, 용융된 합금을 응고할 때, Sn의 결정 사이즈가 커져 버린다. 또한, 그 Sn에 있어서의 산화막도, 그에 따른 소(疎)한 산화막을 형성해 버린다. 그래서, 이온화 경향이 Sn과 비교하여 귀한 금속으로서 이온화하기 어려운 Bi 및 Sb를 첨가함으로써, 결정 사이즈를 작게 하고, 밀(密)한 산화막을 형성시킴으로써, 합금과 플럭스의 반응성이 억제되기 때문에, 솔더 페이스트의 경시에서의 증점 억제가 가능하게 된다.
- [0142] 더불어, 본 실시 형태의 뿔납 합금은, 한 면의 면적이 900cm^2 인 시트상으로 성형하였을 때의 뿔납 합금 시트에 대하여, 100°C 에서 1시간의 가열 처리를 실시한 후에 있어서의 α 선량이 0.02cph/cm^2 이하로 되는 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 0.01cph/cm^2 이하로 되는 것이고, 더욱 바람직하게는 0.002cph/cm^2 이하로 되는 것이고,

특히 바람직하게는 0.001cph/cm² 이하로 되는 것이다.

- [0143] 이러한 α선량을 나타내는 뿔납 합금은, 합금 중에서 ²¹⁰Po의 편석이 일어나기 어려운 것이며, α선량의 경시 변화에 의한 영향이 작아 유용하다. 이러한 α선량을 나타내는 뿔납 합금을 적용함으로써, 소프트 에러의 발생이 보다 억제되어, 반도체 소자의 안정된 동작이 한층 더 확보되기 쉬워진다.
- [0144] (뿔납 분말)
- [0145] 본 발명의 일 양태에 관한 뿔납 분말은, 상기 본 발명의 일 양태에 관한 뿔납 합금으로 이루어지는 것이다.
- [0146] 본 실시 형태의 뿔납 분말은, 후술하는 솔더 페이스트용으로서 적합한 것이다.
- [0147] 뿔납 분말의 제조는, 용융시킨 뿔납 합금을 적하하여 입자를 얻는 적하법이나, 원심 분무하는 분무법, 아토마이즈법, 액 중 조립법, 벌크의 뿔납 합금을 분쇄하는 방법 등, 공지된 방법을 채용할 수 있다. 적하법 또는 분무법에 있어서의 적하 또는 분무는, 입자상으로 하기 위해 불활성 분위기 또는 용매 중에서 행하는 것이 바람직하다.
- [0148] 본 실시 형태의 뿔납 분말은, 구상 분말인 것이 바람직하다. 구상 분말인 것에 의해, 뿔납 합금의 유동성이 향상된다.
- [0149] 본 실시 형태의 뿔납 분말이 구상 분말인 경우, JIS Z 3284-1:2014에 있어서의 분말 사이즈의 분류(표 2)에 있어서, 기호 1 내지 8을 충족하고 있는 것이 바람직하고, 기호 4 내지 8을 충족하고 있는 것이 보다 바람직하다. 뿔납 분말의 입경이 이 조건을 충족하면, 분말의 표면적이 지나치게 크지 않고, 솔더 페이스트의 경시에서의 점도의 상승이 억제되며, 또한 미세 분말의 응집이 억제되어, 솔더 페이스트의 점도의 상승이 억제되는 경우가 있다. 이 때문에, 보다 미세한 부품에 대한 납땀이 가능하게 된다.
- [0150] 또한, 본 실시 형태의 뿔납 분말은, 입도 분포가 다른 2종 이상의 뿔납 합금 입자군을 병유하는 것이 바람직하다. 이에 의해, 솔더 페이스트의 미끄럼성이 높아져, 인쇄하기 쉬워지는 등의 작업성이 향상된다.
- [0151] 본 실시 형태의 뿔납 분말에 있어서, 구상 분말의 진구도는 0.8 이상이 바람직하고, 0.9 이상이 보다 바람직하고, 0.95 이상이 더욱 바람직하고, 0.99 이상이 특히 바람직하다.
- [0152] 여기서 말하는 「구상 분말의 진구도」는, 최소 영역 중심법(MZC법)을 사용하는 CNC 화상 측정 시스템(미츠토요 사제의 울트라 퀵 비전 ULT RA QV350-PRO 측정 장치)을 사용하여 측정할 수 있다.
- [0153] 진구도란, 진구로부터의 어긋남을 나타내며, 예를 들어 500개의 각 뿔납 합금 입자의 직경을 장경으로 나누었을 때 산출되는 산술 평균값이며, 그 값이 상한인 1.00에 가까울수록 진구에 가까운 것을 나타낸다.
- [0154] (솔더 페이스트)
- [0155] 본 발명의 일 양태에 관한 솔더 페이스트는, 상기 본 발명의 일 양태에 관한 뿔납 분말과, 플럭스를 함유하는 것이다.
- [0156] <플럭스>
- [0157] 본 실시 형태의 솔더 페이스트에 사용되는 플럭스는, 예를 들어 수지 성분, 활성 성분, 용제, 기타 성분 중 어느 것, 또는 이들 2개 이상의 배합 성분의 조합으로 구성된다.
- [0158] 수지 성분으로서는, 예를 들어 로진계 수지를 들 수 있다.
- [0159] 로진계 수지로서는, 예를 들어 검 로진, 우드 로진 및 톨유 로진 등의 원료 로진, 그리고 해당 원료 로진으로부터 얻어지는 유도체를 들 수 있다.
- [0160] 해당 유도체로서는, 예를 들어 정제 로진, 수소 첨가 로진, 불균화 로진, 중합 로진 및 α, β 불포화 카르복실산 변성물(아크릴화 로진, 말레인화 로진, 푸마르화 로진 등), 그리고 해당 중합 로진의 정제물, 수소화물 및 불균화물, 그리고 해당 α, β 불포화 카르복실산 변성물의 정제물, 수소화물 및 불균화물 등을 들 수 있으며, 2종 이상을 사용할 수 있다.
- [0161] 또한, 수지 성분으로서는, 로진계 수지 외에, 테르펜 수지, 변성 테르펜 수지, 테르펜페놀 수지, 변성 테르펜페놀 수지, 스티렌 수지, 변성 스티렌 수지, 크실렌 수지, 변성 크실렌 수지, 아크릴 수지, 폴리에틸렌 수지, 아크릴-폴리에틸렌 공중합 수지, 에폭시 수지 등을 들 수 있다.

[0172] 소르비톨계 톡소제로서는, 예를 들어 디벤질리덴-D-소르비톨, 비스(4-메틸벤질리덴)-D-소르비톨 등을 들 수 있다.

[0173] 용제로서는, 예를 들어 물, 알코올계 용제, 글리콜에테르계 용제, 테르피네올류 등을 들 수 있다.

[0174] 알코올계 용제로서는, 예를 들어 이소프로필알코올, 1,2-부탄디올, 이소보르닐시클로hex산올, 2,4-디에틸-1,5-펜탄디올, 2,2-디메틸-1,3-프로판디올, 2,5-디메틸-2,5-hex산디올, 2,5-디메틸-3-hex신-2,5-디올, 2,3-디메틸-2,3-부탄디올, 1,1,1-트리스(히드록시메틸)에탄, 2-에틸-2-히드록시메틸-1,3-프로판디올, 2,2'-옥시비스(메틸렌)비스(2-에틸-1,3-프로판디올), 2,2-비스(히드록시메틸)-1,3-프로판디올, 1,2,6-트리히드록시hex산, 비스[2,2,2-트리스(히드록시메틸)에틸]에테르, 1-에티닐-1-시클로hex산올, 1,4-시클로hex산디올, 1,4-시클로hex산디메탄올, 에리트리톨, 트레이톨, 구아아콜글리세롤에테르, 3,6-디메틸-4-옥틴-3,6-디올, 2,4,7,9-테트라메틸-5-데신-4,7-디올 등을 들 수 있다.

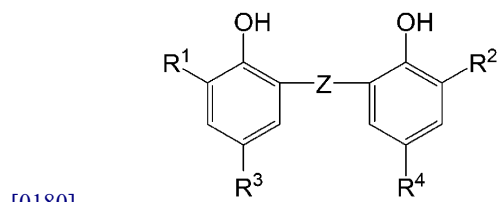
[0175] 글리콜에테르계 용제로서는, 예를 들어 디에틸렌글리콜모노-2-에틸hex실에테르, 에틸렌글리콜모노페닐에테르, 2-메틸펜탄-2,4-디올, 디에틸렌글리콜모노hex실에테르, 디에틸렌글리콜디부틸에테르, 트리에틸렌글리콜모노부틸에테르 등을 들 수 있다.

[0176] 금속 불활성화제로서는, 예를 들어 힌더드 페놀계 화합물, 질소 화합물 등을 들 수 있다. 플릭스가 힌더드 페놀계 화합물 또는 질소 화합물 중 어느 것을 함유함으로써, 솔더 페이스트의 증점 억제 효과를 높이기 쉬워진다.

[0177] 여기서 말하는 「금속 불활성화제」란, 어느 종의 화합물과의 접촉에 의해 금속이 열화되는 것을 방지하는 성능을 갖는 화합물을 말한다.

[0178] 힌더드 페놀계 화합물이란, 페놀의 오르토 위치의 적어도 한쪽에 부피가 큰 치환기(예를 들어 t-부틸기 등의 분지상 또는 환상 알킬기)를 갖는 페놀계 화합물을 말한다.

[0179] 힌더드 페놀계 화합물로서는, 특별히 한정되지 않으며, 예를 들어 비스[3-(3-tert-부틸-4-히드록시-5-메틸페닐)프로피온산][에틸렌비스(옥시에틸렌)], N,N'-hex사메틸렌비스[3-(3,5-디-tert-부틸-4-히드록시페닐)프로판아미드], 1,6-hex산디올 비스[3-(3,5-디-tert-부틸-4-히드록시페닐)프로피오네이트], 2,2'-메틸렌비스[6-(1-메틸시클로hex실)-p-크레졸], 2,2'-메틸렌비스(6-tert-부틸-p-크레졸), 2,2'-메틸렌비스(6-tert-부틸-4-에틸페놀), 트리에틸렌글리콜-비스[3-(3-tert-부틸-5-메틸-4-히드록시페닐)프로피오네이트], 1,6-hex산디올-비스-[3-(3,5-디-tert-부틸-4-히드록시페닐)프로피오네이트], 2,4-비스-(n-옥틸티오)-6-(4-히드록시-3,5-디-t-부틸아닐리노)-1,3,5-트리아진, 펜타에리트리톨-테트라키스[3-(3,5-디-tert-부틸-4-히드록시페닐)프로피오네이트], 2,2-티오-디에틸렌비스[3-(3,5-디-tert-부틸-4-히드록시페닐)프로피오네이트], 옥타데실-3-(3,5-디-tert-부틸-4-히드록시페닐)프로피오네이트, N,N'-hex사메틸렌비스(3,5-디-t-부틸-4-히드록시-히드로신남아미드), 3,5-디-tert-부틸-4-히드록시벤질포스포네이트-디에틸에스테르, 1,3,5-트리메틸-2,4,6-트리스(3,5-디-tert-부틸-4-히드록시벤질)벤젠, N,N'-비스[2-[2-(3,5-디-tert-부틸-4-히드록시페닐)에틸카보닐옥시]에틸]옥사미드, 하기 화학식으로 표시되는 화합물 등을 들 수 있다.



[0180] (식 중, Z는 치환되어도 되는 알킬렌기이다. R¹ 및 R²는, 각각 독립적으로 치환되어도 되는, 알킬기, 아르알킬기, 아릴기, 헤테로아릴기, 시클로알킬기 또는 헤테로시클로알킬기이다. R³ 및 R⁴는, 각각 독립적으로 치환되어도 되는 알킬기이다.)

[0182] 금속 불활성화제에 있어서의 질소 화합물로서는, 예를 들어 히드라지드계 질소 화합물, 아미드계 질소 화합물, 트리아졸계 질소 화합물, 멜라민계 질소 화합물 등을 들 수 있다.

[0183] 히드라지드계 질소 화합물로서는, 히드라지드 골격을 갖는 질소 화합물이면 되며, 도데칸이산비스[N2-(2히드록시벤조일)히드라지드], N,N'-비스[3-(3,5-디-tert-부틸-4-히드록시페닐)프로피오닐]히드라진, 데칸디카르복실산

디살리실로일히드라지드, N-살리실리덴-N'-살리실히드라지드, m-니트로벤즈히드라지드, 3-아미노프탈히드라지드, 프탈산디히드라지드, 아디프산히드라지드, 옥살로비스(2-히드록시-5-옥틸벤지리덴히드라지드), N'-벤조일피롤리돈카르복실산히드라지드, N,N'-비스(3-(3,5-디-tert-부틸-4-히드록시페닐)프로피오닐)히드라진 등을 들 수 있다.

- [0184] 아미드계 질소 화합물로서는, 아미드 골격을 갖는 질소 화합물이면 되며, N,N'-비스{2-[3-(3,5-디-tert-부틸-4-히드록시페닐)프로피오닐옥실]에틸}옥사미드 등을 들 수 있다.
- [0185] 트리아졸계 질소 화합물로서는, 트리아졸 골격을 갖는 질소 화합물이면 되며, N-(2H-1,2,4-트리아졸-5-일)살리실아미드, 3-아미노-1,2,4-트리아졸, 3-(N-살리실로일)아미노-1,2,4-트리아졸 등을 들 수 있다.
- [0186] 멜라민계 질소 화합물로서는, 멜라민 골격을 갖는 질소 화합물이면 되며, 멜라민, 멜라민 유도체 등을 들 수 있다. 보다 구체적으로는, 예를 들어 트리스아미노트리아진, 알킬화 트리스아미노트리아진, 알콕시알킬화 트리스아미노트리아진, 멜라민, 알킬화 멜라민, 알콕시알킬화 멜라민, N2-부틸멜라민, N2,N2-디에틸멜라민, N,N,N',N',N'',N''-헥사키스(메톡시메틸)멜라민 등을 들 수 있다.
- [0187] 기타 성분으로서, 예를 들어 계면 활성제, 실란 커플링제, 산화 방지제, 착색제 등을 들 수 있다.
- [0188] 계면 활성제로서는, 비이온계 계면 활성제, 약 양이온계 계면 활성제 등을 들 수 있다.
- [0189] 비이온계 계면 활성제로서는, 예를 들어 폴리에틸렌글리콜, 폴리에틸렌글리콜-폴리프로필렌글리콜 공중합체, 지방족 알코올폴리옥시에틸렌 부가체, 방향족 알코올폴리옥시에틸렌 부가체, 다가 알코올폴리옥시에틸렌 부가체 등을 들 수 있다.
- [0190] 약 양이온계 계면 활성제로서는, 예를 들어 말단 디아민폴리에틸렌글리콜, 말단 디아민폴리에틸렌글리콜-폴리프로필렌글리콜 공중합체, 지방족 아민폴리옥시에틸렌 부가체, 방향족 아민폴리옥시에틸렌 부가체, 다가 아민폴리옥시에틸렌 부가체를 들 수 있다.
- [0191] 상기 이외의 계면 활성제로서는, 예를 들어 폴리옥시알킬렌아세틸렌글리콜류, 폴리옥시알킬렌글리세릴에테르, 폴리옥시알킬렌알킬에테르, 폴리옥시알킬렌에스테르, 폴리옥시알킬렌알킬아민, 폴리옥시알킬렌알킬아미드 등을 들 수 있다.
- [0192] 본 실시 형태의 솔더 페이스트 중의 플럭스의 함유량은, 솔더 페이스트의 전체 질량(100질량%)에 대하여 5 내지 95질량%인 것이 바람직하고, 5 내지 50질량%인 것이 보다 바람직하고, 5 내지 15질량%인 것이 더욱 바람직하다.
- [0193] 플럭스의 함유량이 이 범위이면, 땀납 분말에 기인하는 증점 억제 효과가 충분히 발휘된다.
- [0194] 본 실시 형태의 솔더 페이스트는, 당업계에서 일반적인 제조 방법에 의해 제조할 수 있다.
- [0195] 상기 플럭스를 구성하는 배합 성분을 가열 혼합하여 플럭스를 조제하고, 이 플럭스 중에, 상기 땀납 분말을 교반 혼합함으로써, 솔더 페이스트를 얻을 수 있다. 또한, 경시에서의 증점 억제 효과를 기대하여, 상기 땀납 분말과는 별도로, 산화지르코늄 분말을 더 배합해도 된다.
- [0196] (땀납 볼)
- [0197] 본 발명의 일 양태에 관한 땀납 볼은, 상기 본 발명의 일 양태에 관한 땀납 합금으로 이루어지는 것이다.
- [0198] 상술한 실시 형태의 땀납 합금은, 땀납 볼로서 사용할 수 있다.
- [0199] 본 실시 형태의 땀납 볼은, 당업계에서 일반적인 방법인 적하법을 사용함으로써 제조할 수 있다.
- [0200] 땀납 볼의 입경은, 1 μ m 이상이 바람직하고, 10 μ m 이상이 보다 바람직하고, 20 μ m 이상이 더욱 바람직하고, 30 μ m 이상이 특히 바람직하다. 한편, 땀납 볼의 입경은, 3000 μ m 이하가 바람직하고, 1000 μ m 이하가 보다 바람직하고, 600 μ m 이하가 더욱 바람직하고, 300 μ m 이하가 특히 바람직하다.
- [0201] 또한, 땀납 볼의 입경은, 예를 들어 1 μ m 이상 3000 μ m 이하가 바람직하고, 10 μ m 이상 1000 μ m 이하가 보다 바람직하고, 20 μ m 이상 600 μ m 이하가 더욱 바람직하고, 30 μ m 이상 300 μ m 이하가 특히 바람직하다.
- [0202] (솔더 프리폼)
- [0203] 본 발명의 일 양태에 관한 솔더 프리폼은, 상기 본 발명의 일 양태에 관한 땀납 합금으로 이루어지는 것이다.

- [0204] 상술한 실시 형태의 뿔납 합금은, 프리폼으로서 사용할 수 있다.
- [0205] 본 실시 형태의 프리폼의 형상으로서는, 와셔, 링, 펠릿, 디스크, 리본, 와이어 등을 들 수 있다.
- [0206] (뿔납 이음)
- [0207] 본 발명의 일 양태에 관한 뿔납 이음은, 상기 본 발명의 일 양태에 관한 뿔납 합금으로 이루어지는 것이다.
- [0208] 본 실시 형태의 뿔납 이음은, 전극 및 뿔납 접합부로 구성된다. 뿔납 접합부란, 주로 뿔납 합금으로 형성되어 있는 부분을 나타낸다.
- [0209] 본 실시 형태의 뿔납 이음은, 예를 들어 IC 칩 등의 PKG(Package)의 전극과, PCB(printed circuit board) 등의 기판의 전극을, 상술한 실시 형태의 뿔납 합금에 의해 접합함으로써 형성할 수 있다.
- [0210] 또한, 본 실시 형태의 뿔납 이음은, 플럭스를 도포한 1개의 전극 상에, 상술한 실시 형태의 뿔납 볼을 1개 탑재하여 접합하는 등, 당업계에서 일반적인 방법으로 가공함으로써 제조할 수 있다.
- [0211] **실시예**
- [0212] 이하, 실시예에 의해 본 발명을 더 상세하게 설명하지만, 본 발명은 이들 예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0213] 본 실시예에 있어서, 특별히 지정하지 않는 한, 뿔납 합금 조성에 대한 「ppb」는 「질량ppb」이고, 「ppm」은 「질량ppm」이고, 「%」는 「질량%」이다.
- [0214] <뿔납 합금>
- [0215] (실시예 1 내지 414, 비교예 1 내지 8)
- [0216] 원료 금속을 용융·교반하여, 표 1A 내지 표 25B에 나타내는 합금 조성을 각각 갖는 각 예의 뿔납 합금을 제작하였다.
- [0217] <뿔납 분말>
- [0218] 각 예의 뿔납 합금을 용융하고, 아토마이즈법에 의해, 표 1A 내지 표 25B에 나타내는 합금 조성을 각각 갖는 각 예의 뿔납 합금으로 이루어지고, JIS Z 3284-1:2014에 있어서의 분말 사이즈의 분류(표 2)에 있어서 기호 4를 충족하는 사이즈(입도 분포)의 뿔납 분말을 제작하였다.
- [0219] <플럭스(F0)의 조제>
- [0220] 수지 성분으로서 로진계 수지를 사용하였다.
- [0221] 활성 성분으로서 티소제, 유기산, 아민 및 할로젠계 활성제를 사용하였다.
- [0222] 용제로서 글리콜에테르계 용제를 사용하였다.
- [0223] 로진 42질량부와, 글리콜에테르계 용제 35질량부와, 티소제 8질량부와, 유기산 10질량부와, 아민 2질량부와, 할로젠계 활성제 3질량부를 혼합하여 플럭스(F0)를 조제하였다.
- [0224] <솔더 페이스트의 제조>
- [0225] 상기 플럭스(F0)와, 표 1A 내지 표 25B에 나타내는 합금 조성을 각각 갖는 각 예의 뿔납 합금으로 이루어지는 뿔납 분말을 혼합하여, 솔더 페이스트를 제조하였다.
- [0226] 플럭스(F0)와 뿔납 분말의 질량비는, 플럭스(F0):뿔납 분말=11:89로 하였다.
- [0227] <평가>
- [0228] 상기 솔더 페이스트를 사용하여, 증점 억제제의 평가를 행하였다.
- [0229] 또한, 상기 뿔납 합금을 사용하여, 뿔납 분말의 액상선 온도와 고상선 온도의 온도차(ΔT)의 평가, α 선량의 평가를 각각 행하였다. 또한, 종합 평가를 행하였다.
- [0230] 상세는 이하와 같다. 평가한 결과를, 표 1A 내지 표 25B에 나타내었다.
- [0231] [증점 억제]
- [0232] (1) 검증 방법

- [0233] 조제 직후의 슬더 페이스트에 대하여, 가부시키가이샤 말콤사제: PCU-205를 사용하여, 회전수: 10rpm, 25℃, 대기 중에서 12시간 점도를 측정하였다.
- [0234] (2) 판정 기준
- [0235] ○: 12시간 후의 점도가, 슬더 페이스트 조제 직후로부터 30분 경과하였을 때의 점도와 비교하여 1.2배 이하이다.
- [0236] ×: 12시간 후의 점도가, 슬더 페이스트 조제 직후로부터 30분 경과하였을 때의 점도와 비교하여 1.2배를 초과한다.
- [0237] 이 판정이 「○」이면, 충분한 증점 억제 효과가 얻어진 것이라고 할 수 있다. 즉, 슬더 페이스트의 경시에서의 점도 증가를 억제할 수 있다.
- [0238] [액상선 온도와 고상선 온도의 온도차(ΔT)]
- [0239] (1) 검증 방법
- [0240] 플럭스(F0)와 혼합하기 전의 뿔납 분말에 대하여, 에스아이아이·나노테크놀로지 가부시키가이샤제, 형번: EXSTAR DSC7020을 사용하여, 샘플량: 약 30mg, 승온 속도: 15℃/min에서 DSC 측정을 행하여, 고상선 온도 및 액상선 온도를 얻었다. 얻어진 액상선 온도에서 고상선 온도를 빼서 ΔT (℃)를 구하였다.
- [0241] (2) 판정 기준
- [0242] ○: ΔT 가 10℃ 이하이다.
- [0243] ×: ΔT 가 10℃를 초과한다.
- [0244] 이 판정이 「○」이면, 액상선 온도와 고상선 온도의 온도차가 작은 점에서, 응고 시에 편석이 일어나기 어려워, 불균일한 합금 조직이 형성되기 어렵다고 할 수 있다. 즉, 뿔납 이음의 기계적 강도를 높일 수 있다.
- [0245] [α 선량]
- [0246] (1) 검증 방법 그 1
- [0247] α 선량의 측정은, 가스 플로 비레 계수기의 α 선량 측정 장치를 사용하여, 상술한 수순 (i), (ii) 및 (iii)을 따름으로써 행하였다.
- [0248] 측정 샘플로서, 제조 직후의 뿔납 합금 시트를 사용하였다.
- [0249] 이 뿔납 합금 시트는, 제작 직후의 뿔납 합금을 용융하고, 한 면의 면적이 900cm²인 시트상으로 성형함으로써 얻었다.
- [0250] 이 측정 샘플을 α 선량 측정 장치 내에 넣고, PR-10 가스를 12시간 흘려 정치한 후, 72시간 α 선량을 측정하였다.
- [0251] (2) 판정 기준 그 1
- [0252] ○○: 측정 샘플로부터 발생하는 α 선량이 0.002cph/cm² 이하였다.
- [0253] ○: 측정 샘플로부터 발생하는 α 선량이 0.002cph/cm² 초과 0.02cph/cm² 이하였다.
- [0254] ×: 측정 샘플로부터 발생하는 α 선량이 0.02cph/cm² 초과였다.
- [0255] 이 판정이 「○○」 또는 「○」이면, 저 α 선량의 뿔납 재료라고 할 수 있다.
- [0256] (3) 검증 방법 그 2
- [0257] 측정 샘플을 변경한 것 이외에는, 상기 (1) 검증 방법 그 1과 마찬가지로 하여, α 선량의 측정을 행하였다.
- [0258] 측정 샘플로서, 제작 직후의 뿔납 합금을 용융하고, 한 면의 면적이 900cm²인 시트상으로 성형한 뿔납 합금 시트에 대하여, 100℃에서 1시간의 가열 처리를 행하고, 방랭한 것을 사용하였다.
- [0259] (4) 판정 기준 그 2
- [0260] ○○: 측정 샘플로부터 발생하는 α 선량이 0.002cph/cm² 이하였다.

- [0261] ○: 측정 샘플로부터 발생하는 α 선량이 $0.002\text{cph}/\text{cm}^2$ 초과 $0.02\text{cph}/\text{cm}^2$ 이하였다.
- [0262] ×: 측정 샘플로부터 발생하는 α 선량이 $0.02\text{cph}/\text{cm}^2$ 초과였다.
- [0263] 이 판정이 「○○」 또는 「○」 이면, 저 α 선량의 뿜납 재료라고 할 수 있다.
- [0264] (5) 검증 방법 그 3
- [0265] 상기 (1) 검증 방법 그 1에서 α 선량을 측정된 측정 샘플의 뿜납 합금 시트를 1년간 보관한 후, 다시 상술한 수순 (i), (ii) 및 (iii)을 따름으로써 α 선량을 측정하여, α 선량의 경시 변화를 평가하였다.
- [0266] (6) 판정 기준 그 3
- [0267] ○○: 측정 샘플로부터 발생하는 α 선량이 $0.002\text{cph}/\text{cm}^2$ 이하였다.
- [0268] ○: 측정 샘플로부터 발생하는 α 선량이 $0.002\text{cph}/\text{cm}^2$ 초과 $0.02\text{cph}/\text{cm}^2$ 이하였다.
- [0269] ×: 측정 샘플로부터 발생하는 α 선량이 $0.02\text{cph}/\text{cm}^2$ 초과였다.
- [0270] 이 판정이 「○○」 또는 「○」 이면, 발생하는 α 선량이 경시 변화하지 않고, 안정된 것이라고 할 수 있다. 즉, 전자 기기류에 있어서의 소프트 에러의 발생을 억제할 수 있다.
- [0271] [종합 평가]
- [0272] ○: 표 1A 내지 표 25B에 있어서, 증점 억제, 액상선 온도와 고상선 온도의 온도차(ΔT), 제조 직후의 α 선량, 가열 처리 후의 α 선량, α 선량의 경시 변화의 각 평가가, 모두 「○○」 또는 「○」 였다.
- [0273] ×: 표 1A 내지 표 25B에 있어서, 증점 억제, 액상선 온도와 고상선 온도의 온도차(ΔT), 제조 직후의 α 선량, 가열 처리 후의 α 선량, α 선량의 경시 변화의 각 평가 중 적어도 1개가 ×였다.

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
질시예 1	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0300	-	-	-	-	
질시예 2	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0400	<1ppm	<1ppm	0.0400	-	-	-	-	
질시예 3	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0500	-	-	-	-	
질시예 4	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0700	<1ppm	<1ppm	0.0700	-	-	-	-	
질시예 5	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1000	-	-	-	-	
질시예 6	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1500	<1ppm	<1ppm	0.1500	-	-	-	-	
질시예 7	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.2000	<1ppm	<1ppm	0.2000	-	-	-	-	
질시예 8	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.2500	<1ppm	<1ppm	0.2500	-	-	-	-	
질시예 9	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3000	-	-	-	-	
질시예 10	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0300	0	-	-	-	
질시예 11	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0400	<1ppm	<1ppm	0.0400	0	-	-	-	
질시예 12	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0500	0	-	-	-	
질시예 13	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0700	<1ppm	<1ppm	0.0700	0	-	-	-	
질시예 14	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1000	0	-	-	-	
질시예 15	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3000	0	-	-	-	
질시예 16	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	<1ppm	<1ppm	0.5000	0	-	-	-	
질시예 17	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.7000	<1ppm	<1ppm	0.7000	0	-	-	-	
질시예 18	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.9000	<1ppm	<1ppm	0.9000	0	-	-	-	

[표 1A]

[0274]

[0275]

[0276]

[표 1B]

	평가 결과					
	중점 역제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 1	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 2	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 3	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 4	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 5	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 6	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 7	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 8	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 9	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 10	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 11	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 12	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 13	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 14	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 15	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 16	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 17	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 18	○	○	○○	○○	○○	○

[0277]

[표 2A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)										Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)	
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni						Fe
실시예 19	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.0340	0.13	-	-	-
실시예 20	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.0540	0.08	-	-	-
실시예 21	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.1040	0.04	-	-	-
실시예 22	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.5040	0.01	-	-	-
실시예 23	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0400	0.33	-	-	-
실시예 24	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0600	0.20	-	-	-
실시예 25	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.1100	0.10	-	-	-
실시예 26	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.5100	0.02	-	-	-
실시예 27	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0600	1.00	-	-	-
실시예 28	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0800	0.60	-	-	-
실시예 29	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.1300	0.30	-	-	-
실시예 30	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.5300	0.06	-	-	-
실시예 31	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0800	1.67	-	-	-
실시예 32	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.1000	1.00	-	-	-
실시예 33	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.1500	0.50	-	-	-
실시예 34	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.5500	0.10	-	-	-
실시예 35	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1300	3.33	-	-	-
실시예 36	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1500	2.00	-	-	-
실시예 37	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.2000	1.00	-	-	-
실시예 38	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.6000	0.20	-	-	-
실시예 39	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3300	10.00	-	-	-
실시예 40	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3500	6.00	-	-	-
실시예 41	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.4000	3.00	-	-	-
실시예 42	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.8000	0.60	-	-	-
실시예 43	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.9000	0.3000	<1ppm	<1ppm	1.2000	0.33	-	-	-

[0278]

[0279]

[0280]

[표 2B]

	평가 결과					
	중점 역제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 19	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 20	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 21	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 22	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 23	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 24	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 25	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 26	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 27	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 28	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 29	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 30	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 31	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 32	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 33	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 34	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 35	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 36	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 37	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 38	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 39	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 40	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 41	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 42	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 43	○	○	○○	○○	○○	○

[0281]

[표 3A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
실시예 44	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 45	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 46	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 47	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 48	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 49	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 50	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 51	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 52	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 53	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 54	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 55	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 56	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	600		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 57	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	100		0.1000	1.00	-	-	-

[0282]

[0283]

[0284]

[표 3B]

	평가 결과					
	중점 역제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 44	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 45	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 46	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 47	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 48	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 49	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 50	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 51	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 52	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 53	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 54	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 55	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 56	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 57	○	○	○○	○○	○○	○

[0285]

[표 4A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
실시예 58	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050		<1ppm	<1ppm	0.0050	0	-	-	-
실시예 59	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050	0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0050	-	-	-	-
실시예 60	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0025	0.0025	<1ppm	<1ppm	0.0050	1.00	-	-	-
실시예 61	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100		<1ppm	<1ppm	0.0100	0	-	-	-
실시예 62	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0100	-	-	-	-
실시예 63	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050	0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0100	1.00	-	-	-
실시예 64	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0200		<1ppm	<1ppm	0.0200	0	-	-	-
실시예 65	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0200	<1ppm	<1ppm	0.0200	-	-	-	-
실시예 66	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0200	1.00	-	-	-
실시예 67	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0150	0.0150	<1ppm	<1ppm	0.0300	1.00	-	-	-
실시예 68	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0900		<1ppm	<1ppm	0.0900	0	-	-	-
실시예 69	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0900	<1ppm	<1ppm	0.0900	-	-	-	-

[0286]

[0287]

[0288]

[표 4B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 58	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 59	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 60	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 61	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 62	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 63	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 64	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 65	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 66	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 67	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 68	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 69	○	○	○○	○○	○○	○

[0289]

[0290]

[표 5A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)										Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni					
비교예 1	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm			<1ppm	<1ppm	0	-	-	-
비교예 2	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0010		<1ppm	<1ppm	0.0010	0	-	-
비교예 3	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0010	<1ppm	<1ppm	0.0010	-	-	-
비교예 4	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0010	0.0010	<1ppm	<1ppm	0.0020	1.00	-	-
비교예 5	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	2.5000		<1ppm	<1ppm	2.5000	0	-	-
비교예 6	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		1.0000	<1ppm	<1ppm	1.0000	-	-	-
비교예 7	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm			<1ppm	<1ppm	0	-	-	-
비교예 8	Bal.			<5ppb	<5ppb	100	200			<1ppm	<1ppm	0	-	-	-

[0291]

[0292]

[표 5B]

	평가 결과					
	중점 유역	ΔT	α선량 제조 직후	α선량 가열 처리 후	α선량 경시 변화	종합 평가
비교예 1	×	○	○○	○○	○○	×
비교예 2	×	○	○○	○○	○○	×
비교예 3	×	○	○○	○○	○○	×
비교예 4	×	○	○○	○○	○○	×
비교예 5	○	×	○○	○○	○○	×
비교예 6	○	×	○○	○○	○○	×
비교예 7	×	○	○○	○○	×	×
비교예 8	○	○	×	×	×	×

[0293]

[표 6A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
실시예 70	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0300	-	-	23.33	23.33	
실시예 71	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0400	<1ppm	<1ppm	0.0400	-	-	17.50	17.50	
실시예 72	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0500	-	-	14.00	14.00	
실시예 73	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0700	<1ppm	<1ppm	0.0700	-	-	10.00	10.00	
실시예 74	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1000	-	-	7.00	7.00	
실시예 75	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1500	<1ppm	<1ppm	0.1500	-	-	4.67	4.67	
실시예 76	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.2000	<1ppm	<1ppm	0.2000	-	-	3.50	3.50	
실시예 77	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.2500	<1ppm	<1ppm	0.2500	-	-	2.80	2.80	
실시예 78	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3000	-	-	2.33	2.33	
실시예 79	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0300	0	23.33	-	23.33	
실시예 80	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0400	<1ppm	<1ppm	0.0400	0	17.50	-	17.50	
실시예 81	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0500	0	14.00	-	14.00	
실시예 82	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0700	<1ppm	<1ppm	0.0700	0	10.00	-	10.00	
실시예 83	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1000	0	7.00	-	7.00	
실시예 84	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3000	0	2.33	-	2.33	
실시예 85	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	<1ppm	<1ppm	0.5000	0	1.40	-	1.40	
실시예 86	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.7000	<1ppm	<1ppm	0.7000	0	1.00	-	1.00	
실시예 87	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.9000	<1ppm	<1ppm	0.9000	0	0.78	-	0.78	

[0294]

[0295]

[0296] [표 6B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 70	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 71	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 72	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 73	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 74	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 75	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 76	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 77	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 78	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 79	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 80	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 81	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 82	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 83	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 84	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 85	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 86	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 87	○	○	○○	○○	○○	○

[0297]

[표 7A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th: 질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
실시예 88	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.0340	0.13	23.33	175.00	20.59
실시예 89	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.0540	0.08	14.00	175.00	12.96
실시예 90	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.1040	0.04	7.00	175.00	6.73
실시예 91	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.5040	0.01	1.40	175.00	1.39
실시예 92	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0400	0.33	23.33	70.00	17.50
실시예 93	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0600	0.20	14.00	70.00	11.67
실시예 94	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.1100	0.10	7.00	70.00	6.36
실시예 95	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.5100	0.02	1.40	70.00	1.37
실시예 96	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0600	1.00	23.33	23.33	11.67
실시예 97	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0800	0.60	14.00	23.33	8.75
실시예 98	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.1300	0.30	7.00	23.33	5.38
실시예 99	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.5300	0.06	1.40	23.33	1.32
실시예 100	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0800	1.67	23.33	14.00	8.75
실시예 101	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.1000	1.00	14.00	14.00	7.00
실시예 102	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.1500	0.50	7.00	14.00	4.67
실시예 103	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.5500	0.10	1.40	14.00	1.27
실시예 104	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1300	3.33	23.33	7.00	5.38
실시예 105	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1500	2.00	14.00	7.00	4.67
실시예 106	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.2000	1.00	7.00	7.00	3.50
실시예 107	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.6000	0.20	1.40	7.00	1.17
실시예 108	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3300	10.00	23.33	2.33	2.12
실시예 109	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3500	6.00	14.00	2.33	2.00
실시예 110	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.4000	3.00	7.00	2.33	1.75
실시예 111	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.8000	0.60	1.40	2.33	0.88
실시예 112	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.9000	0.3000	<1ppm	<1ppm	1.2000	0.33	0.78	2.33	0.58

[0298]

[0299]

[0300]

[표 7B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 88	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 89	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 90	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 91	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 92	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 93	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 94	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 95	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 96	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 97	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 98	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 99	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 100	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 101	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 102	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 103	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 104	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 105	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 106	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 107	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 108	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 109	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 110	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 111	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 112	○	○	○○	○○	○○	○

[0301]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)															
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe	Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
실시예 113	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	14.00	14.00	7.00
실시예 114	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	14.00	14.00	7.00
실시예 115	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	14.00	14.00	7.00
실시예 116	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	14.00	14.00	7.00
실시예 117	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	14.00	14.00	7.00
실시예 118	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	14.00	14.00	7.00
실시예 119	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	14.00	14.00	7.00
실시예 120	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	14.00	14.00	7.00
실시예 121	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	14.00	14.00	7.00
실시예 122	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	14.00	14.00	7.00
실시예 123	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	14.00	14.00	7.00
실시예 124	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	14.00	14.00	7.00
실시예 125	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	600		0.1000	1.00	14.00	14.00	7.00
실시예 126	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	100		0.1000	1.00	14.00	14.00	7.00

[표 8A]

[0302]

[0303]

[0304]

[표 8B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 113	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 114	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 115	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 116	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 117	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 118	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 119	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 120	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 121	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 122	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 123	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 124	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 125	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 126	○	○	○○	○○	○○	○

[0305]

[표 9A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)										Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)	
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni						Fe
실시예 127	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050		<1ppm	<1ppm	0.0050	0	140.00	-	140.00
실시예 128	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050	0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0050	-	-	140.00	140.00
실시예 129	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0025	0.0025	<1ppm	<1ppm	0.0050	1.00	280.00	280.00	140.00
실시예 130	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100		<1ppm	<1ppm	0.0100	0	70.00	-	70.00
실시예 131	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0100	-	-	70.00	70.00
실시예 132	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050	0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0100	1.00	140.00	140.00	70.00
실시예 133	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0200		<1ppm	<1ppm	0.0200	0	35.00	-	35.00
실시예 134	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0200	0.0200	<1ppm	<1ppm	0.0200	-	-	35.00	35.00
실시예 135	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0200	1.00	70.00	70.00	35.00
실시예 136	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0150	0.0150	<1ppm	<1ppm	0.0300	1.00	46.67	46.67	23.33
실시예 137	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0900		<1ppm	<1ppm	0.0900	0	7.78	-	7.78
실시예 138	Bal.		0.7	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0900	0.0900	<1ppm	<1ppm	0.0900	-	-	7.78	7.78

[0306]

[0307]

[0308]

[표 9B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 127	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 128	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 129	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 130	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 131	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 132	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 133	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 134	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 135	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 136	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 137	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 138	○	○	○○	○○	○○	○

[0309]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
실시예 139	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0300	-	-	-	-
실시예 140	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0400	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.0400	-	-	-	-
실시예 141	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.0500	-	-	-	-
실시예 142	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0700	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.0700	-	-	-	-
실시예 143	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.1000	-	-	-	-
실시예 144	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1500	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.1500	-	-	-	-
실시예 145	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.2000	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.2000	-	-	-	-
실시예 146	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.2500	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.2500	-	-	-	-
실시예 147	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.3000	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.3000	-	-	-	-
실시예 148	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.0300	0	-	-	-
실시예 149	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0400	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.0400	0	-	-	-
실시예 150	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.0500	0	-	-	-
실시예 151	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0700	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.0700	0	-	-	-
실시예 152	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.1000	0	-	-	-
실시예 153	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.3000	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.3000	0	-	-	-
실시예 154	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.5000	0	-	-	-
실시예 155	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.7000	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.7000	0	-	-	-
실시예 156	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.9000	<1ppm	<1ppm	<1ppm	0.9000	0	-	-	-

[표 10A]

[0310]

[0311]

[0312]

[표 10B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 정시 변화	종합 평가
실시예 139	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 140	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 141	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 142	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 143	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 144	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 145	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 146	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 147	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 148	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 149	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 150	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 151	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 152	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 153	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 154	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 155	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 156	○	○	○○	○○	○○	○

[0313]

[표 11A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
실시예 157	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.0340	0.13	-	-	-
실시예 158	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.0540	0.08	-	-	-
실시예 159	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.1040	0.04	-	-	-
실시예 160	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.5040	0.01	-	-	-
실시예 161	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0400	0.33	-	-	-
실시예 162	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0600	0.20	-	-	-
실시예 163	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.1100	0.10	-	-	-
실시예 164	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.5100	0.02	-	-	-
실시예 165	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0600	1.00	-	-	-
실시예 166	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0800	0.60	-	-	-
실시예 167	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.1300	0.30	-	-	-
실시예 168	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.5300	0.06	-	-	-
실시예 169	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0800	1.67	-	-	-
실시예 170	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.1000	1.00	-	-	-
실시예 171	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.1500	0.50	-	-	-
실시예 172	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.5500	0.10	-	-	-
실시예 173	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1300	3.33	-	-	-
실시예 174	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1500	2.00	-	-	-
실시예 175	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.2000	1.00	-	-	-
실시예 176	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.6000	0.20	-	-	-
실시예 177	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3300	10.00	-	-	-
실시예 178	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3500	6.00	-	-	-
실시예 179	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.4000	3.00	-	-	-
실시예 180	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.8000	0.60	-	-	-
실시예 181	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.9000	0.3000	<1ppm	<1ppm	1.2000	0.33	-	-	-

[0314]

[0315]

[0316] [표 11B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 157	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 158	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 159	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 160	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 161	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 162	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 163	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 164	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 165	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 166	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 167	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 168	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 169	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 170	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 171	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 172	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 173	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 174	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 175	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 176	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 177	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 178	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 179	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 180	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 181	○	○	○○	○○	○○	○

[0317]

[표 12A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
실시예 182	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 183	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 184	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 185	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 186	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 187	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 188	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 189	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 190	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 191	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 192	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 193	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 194	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	600		0.1000	1.00	-	-	-
실시예 195	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	100		0.1000	1.00	-	-	-

[0318]

[0319]

[0320]

[표 12B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 182	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 183	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 184	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 185	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 186	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 187	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 188	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 189	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 190	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 191	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 192	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 193	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 194	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 195	○	○	○○	○○	○○	○

[0321]

[표 13A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
실시예 196	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	0.0050		<1ppm	<1ppm	0.0050	0	-	-	-	
실시예 197	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm		0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0050	-	-	-	-	
실시예 198	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	0.0025	0.0025	<1ppm	<1ppm	0.0050	1.00	-	-	-	
실시예 199	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	0.0100		<1ppm	<1ppm	0.0100	0	-	-	-	
실시예 200	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm		0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0100	-	-	-	-	
실시예 201	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	0.0050	0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0100	1.00	-	-	-	
실시예 202	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	0.0200		<1ppm	<1ppm	0.0200	0	-	-	-	
실시예 203	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm		0.0200	<1ppm	<1ppm	0.0200	-	-	-	-	
실시예 204	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	0.0100	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0200	1.00	-	-	-	
실시예 205	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	0.0150	0.0150	<1ppm	<1ppm	0.0300	1.00	-	-	-	
실시예 206	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	0.0900		<1ppm	<1ppm	0.0900	0	-	-	-	
실시예 207	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm		0.0900	<1ppm	<1ppm	0.0900	-	-	-	-	

[0322]

[0323]

[0324]

[표 13B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 196	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 197	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 198	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 199	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 200	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 201	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 202	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 203	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 204	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 205	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 206	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 207	○	○	○○	○○	○○	○

[0325]

[표 14A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)													Bi + Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe							
실시예 208	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0300	-	-	16.67	16.67		
실시예 209	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0400	<1ppm	<1ppm	0.0400	0.0400	-	-	12.50	12.50		
실시예 210	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	-	-	10.00	10.00		
실시예 211	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0700	<1ppm	<1ppm	0.0700	0.0700	-	-	7.14	7.14		
실시예 212	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.1000	-	-	5.00	5.00		
실시예 213	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1500	<1ppm	<1ppm	0.1500	0.1500	-	-	3.33	3.33		
실시예 214	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.2000	<1ppm	<1ppm	0.2000	0.2000	-	-	2.50	2.50		
실시예 215	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.2500	<1ppm	<1ppm	0.2500	0.2500	-	-	2.00	2.00		
실시예 216	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3000	0.3000	-	-	1.67	1.67		
실시예 217	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0400	<1ppm	<1ppm	0.0400	0.0400	0	12.50	-	12.50		
실시예 218	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	0	10.00	-	10.00		
실시예 219	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0700	<1ppm	<1ppm	0.0700	0.0700	0	7.14	-	7.14		
실시예 220	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.1000	0	5.00	-	5.00		
실시예 221	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3000	0.3000	0	1.67	-	1.67		
실시예 222	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.5000	0	1.00	-	1.00		
실시예 223	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.7000	<1ppm	<1ppm	0.7000	0.7000	0	0.71	-	0.71		
실시예 224	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.9000	<1ppm	<1ppm	0.9000	0.9000	0	0.56	-	0.56		
실시예 225	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.9000	<1ppm	<1ppm	0.9000	0.9000	0	0.56	-	0.56		

[0326]

[0327]

[0328]

[표 14B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 208	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 209	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 210	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 211	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 212	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 213	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 214	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 215	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 216	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 217	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 218	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 219	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 220	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 221	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 222	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 223	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 224	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 225	○	○	○○	○○	○○	○

[0329]

[표 15A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)													Bi + Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe							
실시예 226	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.0340	0.13	16.67	125.00	14.71		
실시예 227	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.0540	0.08	10.00	125.00	9.26		
실시예 228	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.1040	0.04	5.00	125.00	4.81		
실시예 229	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.5040	0.01	1.00	125.00	0.99		
실시예 230	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0400	0.33	16.67	50.00	12.50		
실시예 231	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0600	0.20	10.00	50.00	8.33		
실시예 232	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.1100	0.10	5.00	50.00	4.55		
실시예 233	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.5100	0.02	1.00	50.00	0.98		
실시예 234	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0600	1.00	16.67	16.67	8.33		
실시예 235	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0800	0.60	10.00	16.67	6.25		
실시예 236	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.1300	0.30	5.00	16.67	3.85		
실시예 237	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.5300	0.06	1.00	16.67	0.94		
실시예 238	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0800	1.67	16.67	10.00	6.25		
실시예 239	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00		
실시예 240	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.1500	0.50	5.00	10.00	3.33		
실시예 241	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.5500	0.10	1.00	10.00	0.91		
실시예 242	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1300	3.33	16.67	5.00	3.85		
실시예 243	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1500	2.00	10.00	5.00	3.33		
실시예 244	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.2000	1.00	5.00	5.00	2.50		
실시예 245	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.6000	0.20	1.00	5.00	0.83		
실시예 246	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3300	10.00	16.67	1.67	1.52		
실시예 247	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3500	6.00	10.00	1.67	1.43		
실시예 248	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.4000	3.00	5.00	1.67	1.25		
실시예 249	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.8000	0.60	1.00	1.67	0.63		
실시예 250	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.9000	0.3000	<1ppm	<1ppm	1.2000	0.33	0.56	1.67	0.42		

[0330]

[0331]

[0332]

[표 15B]

	평가 결과					
	중점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 226	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 227	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 228	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 229	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 230	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 231	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 232	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 233	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 234	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 235	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 236	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 237	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 238	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 239	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 240	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 241	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 242	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 243	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 244	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 245	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 246	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 247	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 248	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 249	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 250	○	○	○○	○○	○○	○

[0333]

[표 16A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)															
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe	Bi + Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)
실시예 251	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 252	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 253	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 254	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 255	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 256	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 257	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 258	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 259	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 260	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 261	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 262	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 263	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	600		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 264	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		100	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00

[0334]

[0335]

[0336]

[표 16B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 251	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 252	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 253	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 254	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 255	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 256	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 257	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 258	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 259	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 260	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 261	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 262	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 263	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 264	○	○	○○	○○	○○	○

[0337]

[표 17A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
실시예 265	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050		<1ppm	<1ppm	0.0050	0	100.00	-	100.00
실시예 266	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0050	-	-	100.00	100.00
실시예 267	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0025	0.0025	<1ppm	<1ppm	0.0050	1.00	200.00	200.00	100.00
실시예 268	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100		<1ppm	<1ppm	0.0100	0	50.00	-	50.00
실시예 269	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0100	-	-	50.00	50.00
실시예 270	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050	0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0100	1.00	100.00	100.00	50.00
실시예 271	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0200		<1ppm	<1ppm	0.0200	0	25.00	-	25.00
실시예 272	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0200	<1ppm	<1ppm	0.0200	-	-	25.00	25.00
실시예 273	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0200	1.00	50.00	50.00	25.00
실시예 274	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0150	0.0150	<1ppm	<1ppm	0.0300	1.00	33.33	33.33	16.67
실시예 275	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0900		<1ppm	<1ppm	0.0900	0	5.56	-	5.56
실시예 276	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0900	<1ppm	<1ppm	0.0900	-	-	5.56	5.56

[0338]

[0339]

[0340]

[표 17B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 265	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 266	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 267	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 268	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 269	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 270	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 271	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 272	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 273	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 274	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 275	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 276	○	○	○○	○○	○○	○

[0341]

[표 18A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb: 질량%, U, Th: 질량ppb, As, Pb, Ni, Fe: 질량ppm)											Bi + Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
실시예 277	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0300	-	-	16.67	16.67	
실시예 278	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0400	<1ppm	<1ppm	0.0400	-	-	12.50	12.50	
실시예 279	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0500	-	-	10.00	10.00	
실시예 280	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0700	<1ppm	<1ppm	0.0700	-	-	7.14	7.14	
실시예 281	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1000	-	-	5.00	5.00	
실시예 282	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1500	<1ppm	<1ppm	0.1500	-	-	3.33	3.33	
실시예 283	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.2000	<1ppm	<1ppm	0.2000	-	-	2.50	2.50	
실시예 284	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.2500	<1ppm	<1ppm	0.2500	-	-	2.00	2.00	
실시예 285	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3000	-	-	1.67	1.67	
실시예 286	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0300	0	16.67	-	16.67	
실시예 287	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0400	<1ppm	<1ppm	0.0400	0	12.50	-	12.50	
실시예 288	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0500	0	10.00	-	10.00	
실시예 289	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0700	<1ppm	<1ppm	0.0700	0	7.14	-	7.14	
실시예 290	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1000	0	5.00	-	5.00	
실시예 291	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3000	0	1.67	-	1.67	
실시예 292	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	<1ppm	<1ppm	0.5000	0	1.00	-	1.00	
실시예 293	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.7000	<1ppm	<1ppm	0.7000	0	0.71	-	0.71	
실시예 294	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.9000	<1ppm	<1ppm	0.9000	0	0.56	-	0.56	

[0342]

[0343]

[0344]

[표 18B]

	평가 결과					
	중점 역제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 277	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 278	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 279	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 280	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 281	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 282	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 283	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 284	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 285	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 286	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 287	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 288	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 289	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 290	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 291	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 292	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 293	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 294	○	○	○○	○○	○○	○

[0345]

[표 19A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)														Bi + Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe							
실시예 295	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.0340	0.13	16.67	125.00	14.71		
실시예 296	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.0540	0.08	10.00	125.00	9.26		
실시예 297	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.1040	0.04	5.00	125.00	4.81		
실시예 298	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.5040	0.01	1.00	125.00	0.99		
실시예 299	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0400	0.33	16.67	50.00	12.50		
실시예 300	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0600	0.20	10.00	50.00	8.33		
실시예 301	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.1100	0.10	5.00	50.00	4.55		
실시예 302	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.5100	0.02	1.00	50.00	0.98		
실시예 303	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0600	1.00	16.67	16.67	8.33		
실시예 304	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0800	0.60	10.00	16.67	6.25		
실시예 305	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.1300	0.30	5.00	16.67	3.85		
실시예 306	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.5300	0.06	1.00	16.67	0.94		
실시예 307	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0800	1.67	16.67	10.00	6.25		
실시예 308	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00		
실시예 309	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.1500	0.50	5.00	10.00	3.33		
실시예 310	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.5500	0.10	1.00	10.00	0.91		
실시예 311	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1300	3.33	16.67	5.00	3.85		
실시예 312	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1500	2.00	10.00	5.00	3.33		
실시예 313	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.2000	1.00	5.00	5.00	2.50		
실시예 314	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.6000	0.20	1.00	5.00	0.83		
실시예 315	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3300	10.00	16.67	1.67	1.52		
실시예 316	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3500	6.00	10.00	1.67	1.43		
실시예 317	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.4000	3.00	5.00	1.67	1.25		
실시예 318	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.8000	0.60	1.00	1.67	0.63		
실시예 319	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.9000	0.3000	<1ppm	<1ppm	1.2000	0.33	0.56	1.67	0.42		

[0346]

[0347]

[0348]

[표 19B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 295	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 296	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 297	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 298	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 299	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 300	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 301	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 302	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 303	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 304	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 305	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 306	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 307	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 308	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 309	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 310	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 311	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 312	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 313	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 314	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 315	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 316	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 317	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 318	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 319	○	○	○○	○○	○○	○

[0349]

[표 20A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)															
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe	Bi + Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)
실시예 320	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 321	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 322	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 323	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 324	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 325	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 326	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 327	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 328	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 329	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 330	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 331	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 332	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	600		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 333	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		100	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00

[0350]

[0351]

[0352] [표 20B]

	평가 결과					
	중점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 320	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 321	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 322	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 323	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 324	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 325	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 326	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 327	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 328	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 329	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 330	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 331	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 332	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 333	○	○	○○	○○	○○	○

[0353]

[표 21A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
실시예 334	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050		<1ppm	<1ppm	0.0050	0	100.00	-	100.00
실시예 335	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0050	-	-	100.00	100.00
실시예 336	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0025	0.0025	<1ppm	<1ppm	0.0050	1.00	200.00	200.00	100.00
실시예 337	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100		<1ppm	<1ppm	0.0100	0	50.00	-	50.00
실시예 338	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0100	-	-	50.00	50.00
실시예 339	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050	0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0100	1.00	100.00	100.00	50.00
실시예 340	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0200		<1ppm	<1ppm	0.0200	0	25.00	-	25.00
실시예 341	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0200	<1ppm	<1ppm	0.0200	-	-	25.00	25.00
실시예 342	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0200	1.00	50.00	50.00	25.00
실시예 343	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0150	0.0150	<1ppm	<1ppm	0.0300	1.00	33.33	33.33	16.67
실시예 344	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0900		<1ppm	<1ppm	0.0900	0	5.56	-	5.56
실시예 345	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0900	<1ppm	<1ppm	0.0900	-	-	5.56	5.56

[0354]

[0355]

[0356]

[표 21B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 334	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 335	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 336	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 337	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 338	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 339	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 340	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 341	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 342	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 343	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 344	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 345	○	○	○○	○○	○○	○

[0357]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
실시예 346	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0300	-	-	16.67	16.67	
실시예 347	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0400	<1ppm	<1ppm	0.0400	-	-	12.50	12.50	
실시예 348	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0500	-	-	10.00	10.00	
실시예 349	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0700	<1ppm	<1ppm	0.0700	-	-	7.14	7.14	
실시예 350	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1000	-	-	5.00	5.00	
실시예 351	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1500	<1ppm	<1ppm	0.1500	-	-	3.33	3.33	
실시예 352	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.2000	<1ppm	<1ppm	0.2000	-	-	2.50	2.50	
실시예 353	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.2500	<1ppm	<1ppm	0.2500	-	-	2.00	2.00	
실시예 354	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3000	-	-	1.67	1.67	
실시예 355	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0300	0	16.67	-	16.67	
실시예 356	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0400	<1ppm	<1ppm	0.0400	0	12.50	-	12.50	
실시예 357	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0500	0	10.00	-	10.00	
실시예 358	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0700	<1ppm	<1ppm	0.0700	0	7.14	-	7.14	
실시예 359	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1000	0	5.00	-	5.00	
실시예 360	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3000	0	1.67	-	1.67	
실시예 361	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	<1ppm	<1ppm	0.5000	0	1.00	-	1.00	
실시예 362	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.7000	<1ppm	<1ppm	0.7000	0	0.71	-	0.71	
실시예 363	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.9000	<1ppm	<1ppm	0.9000	0	0.56	-	0.56	

[표 22A]

[0358]

[0359]

[0360]

[표 22B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 346	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 347	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 348	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 349	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 350	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 351	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 352	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 353	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 354	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 355	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 356	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 357	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 358	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 359	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 360	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 361	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 362	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 363	○	○	○○	○○	○○	○

[0361]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
실시예 364	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.0340	0.13	16.67	125.00	14.71
실시예 365	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.0540	0.08	10.00	125.00	9.26
실시예 366	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.1040	0.04	5.00	125.00	4.81
실시예 367	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.5040	0.01	1.00	125.00	0.99
실시예 368	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0400	0.33	16.67	50.00	12.50
실시예 369	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0600	0.20	10.00	50.00	8.33
실시예 370	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.1100	0.10	5.00	50.00	4.55
실시예 371	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.5100	0.02	1.00	50.00	0.98
실시예 372	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0600	1.00	16.67	16.67	8.33
실시예 373	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.0800	0.60	10.00	16.67	6.25
실시예 374	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.1300	0.30	5.00	16.67	3.85
실시예 375	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.5300	0.06	1.00	16.67	0.94
실시예 376	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.0800	1.67	16.67	10.00	6.25
실시예 377	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 378	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.1500	0.50	5.00	10.00	3.33
실시예 379	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.5500	0.10	1.00	10.00	0.91
실시예 380	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1300	3.33	16.67	5.00	3.85
실시예 381	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.1500	2.00	10.00	5.00	3.33
실시예 382	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.2000	1.00	5.00	5.00	2.50
실시예 383	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.6000	0.20	1.00	5.00	0.83
실시예 384	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3300	10.00	16.67	1.67	1.52
실시예 385	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.3500	6.00	10.00	1.67	1.43
실시예 386	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.4000	3.00	5.00	1.67	1.25
실시예 387	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.8000	0.60	1.00	1.67	0.63
실시예 388	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.9000	0.3000	<1ppm	<1ppm	1.2000	0.33	0.56	1.67	0.42

[표 23A]

[0362]

[0363]

[0364]

[표 23B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 364	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 365	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 366	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 367	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 368	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 369	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 370	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 371	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 372	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 373	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 374	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 375	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 376	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 377	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 378	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 379	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 380	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 381	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 382	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 383	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 384	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 385	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 386	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 387	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 388	○	○	○○	○○	○○	○

[0365]

[표 24A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
실시예 389	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 390	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 391	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 392	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 393	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 394	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 395	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 396	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 397	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 398	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 399	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 400	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 401	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	600		0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00
실시예 402	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		100	0.1000	1.00	10.00	10.00	5.00

[0366]

[0367]

[0368] [표 24B]

	평가 결과					
	증접 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 정시 변화	종합 평가
실시예 389	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 390	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 391	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 392	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 393	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 394	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 395	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 396	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 397	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 398	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 399	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 400	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 401	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 402	○	○	○○	○○	○○	○

[0369]

[표 25A]

	합금 조성(Ag, Cu, Bi, Sb:질량%, U, Th:질량ppb, As, Pb, Ni, Fe:질량ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
실시예 403	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050		<1ppm	<1ppm	0.0050	0	100.00	-	100.00
실시예 404	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050	0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0050	-	-	100.00	100.00
실시예 405	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0025	0.0025	<1ppm	<1ppm	0.0050	1.00	200.00	200.00	100.00
실시예 406	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100		<1ppm	<1ppm	0.0100	0	50.00	-	50.00
실시예 407	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0100	-	-	50.00	50.00
실시예 408	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050	0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0100	1.00	100.00	100.00	50.00
실시예 409	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0200		<1ppm	<1ppm	0.0200	0	25.00	-	25.00
실시예 410	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0200	<1ppm	<1ppm	0.0200	-	-	25.00	25.00
실시예 411	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0200	1.00	50.00	50.00	25.00
실시예 412	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0150	0.0150	<1ppm	<1ppm	0.0300	1.00	33.33	33.33	16.67
실시예 413	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0900		<1ppm	<1ppm	0.0900	0	5.56	-	5.56
실시예 414	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0900	<1ppm	<1ppm	0.0900	-	-	5.56	5.56

[0370]

[0371]

[0372] [표 25B]

	평가 결과					
	증점 억제	ΔT	α 선량 제조 직후	α 선량 가열 처리 후	α 선량 경시 변화	종합 평가
실시예 403	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 404	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 405	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 406	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 407	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 408	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 409	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 410	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 411	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 412	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 413	○	○	○○	○○	○○	○
실시예 414	○	○	○○	○○	○○	○

[0373]

[0374] 표 1A 내지 표 25B에 나타내는 바와 같이, 본 발명을 적용한 실시예 1 내지 414의 뱀납 합금을 사용한 경우에는, 어느 것에 있어서도, 솔더 페이스트의 경시에서의 점도 증가를 억제하고, 뱀납 이음의 기계적 강도를 높일 수 있으며, 또한 소프트 에러의 발생을 억제하는 것이 가능함이 확인되었다.

[0375] 한편, 본 발명의 범위 밖인 비교예 1 내지 8의 뱀납 합금을 사용한 경우에는, 어느 것에 있어서도, 증점 억제, 액상선 온도와 고상선 온도의 온도차(ΔT), 및 α 선량의 평가 중 적어도 하나가 떨어지는 결과를 나타내었다.