

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7212300号
(P7212300)

(45)発行日 令和5年1月25日(2023.1.25)

(24)登録日 令和5年1月17日(2023.1.17)

(51)国際特許分類

F I

B 2 3 K 35/26 (2006.01)

B 2 3 K

35/26

3 1 0 A

C 2 2 C 13/02 (2006.01)

C 2 2 C

13/02

C 2 2 C 13/00 (2006.01)

C 2 2 C

13/00

B 2 3 K 35/22 (2006.01)

B 2 3 K

35/22

3 1 0 A

B 2 3 K

35/22

3 1 0 Z

請求項の数 15 (全71頁)

(21)出願番号 特願2022-514327(P2022-514327)

(86)(22)出願日 令和3年2月19日(2021.2.19)

(86)国際出願番号 PCT/JP2021/006450

(87)国際公開番号 WO2021/205760

(87)国際公開日 令和3年10月14日(2021.10.14)

審査請求日 令和4年9月26日(2022.9.26)

(31)優先権主張番号 特願2020-71024(P2020-71024)

(32)優先日 令和2年4月10日(2020.4.10)

(33)優先権主張国・地域又は機関

日本国(JP)

早期審査対象出願

(73)特許権者 000199197

千住金属工業株式会社

東京都足立区千住橋戸町2 3 番地

(74)代理人 100141139

弁理士 及川 周

(74)代理人 100126882

弁理士 五十嵐 光永

(74)代理人 100178847

弁理士 服部 映美

(72)発明者 川▲崎▼ 浩由

東京都足立区千住橋戸町2 3 番地 千住

金属工業株式会社内

(72)発明者 白鳥 正人

東京都足立区千住橋戸町2 3 番地 千住

金属工業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 はんだ合金、はんだ粉末、ソルダペースト、はんだボール、ソルダプリフォーム及びはんだ継手

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

U : 5 質量 p p b 未満、T h : 5 質量 p p b 未満、P b : 5 質量 p p m 未満、及び A s : 5 質量 p p m 未満と、

B i : 0 質量 % 以上 0 . 9 質量 % 以下、及び S b : 0 質量 % 以上 0 . 3 質量 % 以下の少なくとも一種と、

C u : 0 質量 % 超 0 . 9 質量 % 以下と、

残部が S n と、

からなる合金組成を有し、

下記 (1) 式を満たし、

C u と B i と S b との比率は、 $C u / (B i + S b)$ で表される質量比として、0 . 4 以上 1 5 0 以下であり、かつ、 α 線量が $0 . 0 2 \text{ c p h } / \text{ c m }^2$ 以下である、はんだ合金。 $0 . 0 0 5 \leq B i + S b \leq 1 . 2$ (1)

(1) 式中、B i 及び S b は、各々前記合金組成での含有量 (質量 %) を表す。

【請求項2】

U : 5 質量 p p b 未満、T h : 5 質量 p p b 未満、P b : 5 質量 p p m 未満、A s : 5 質量 p p m 未満、B i : 0 質量 % 以上 0 . 9 質量 % 以下、及び S b : 0 質量 % 超 0 . 3 質量 % 以下と、

C u : 0 質量 % 超 0 . 9 質量 % 以下と、

残部が S n と、
 からなる合金組成を有し、
 下記 (1) 式を満たし、
 C u と S b との比率は、C u / S b で表される質量比として、1 以上 2 8 0 以下であり、かつ、

α 線量が 0.02 cph/cm^2 以下である、はんだ合金。

$$0.005 \leq B i + S b \leq 1.2 \quad (1)$$

(1) 式中、B i 及び S b は、各々前記合金組成での含有量 (質量%) を表す。

【請求項 3】

更に、前記合金組成は、A g : 0 質量% 超 4 質量% 以下を含有する、請求項 1 又は 2 に記載のはんだ合金。

10

【請求項 4】

B i と S b との比率は、S b / B i で表される質量比として、0.008 以上 1 0 以下である、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のはんだ合金。

【請求項 5】

更に、前記合金組成は、N i : 0 質量 p p m 以上 6 0 0 質量 p p m 以下、及び F e : 0 質量 p p m 以上 1 0 0 質量 p p m 以下の少なくとも一種を含有する、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のはんだ合金。

【請求項 6】

更に、前記合金組成は、下記 (2) 式を満たす、請求項 5 に記載のはんだ合金。

20

$$20 \leq N i + F e \leq 700 \quad (2)$$

(2) 式中、N i 及び F e は、各々前記合金組成での含有量 (質量 p p m) を表す。

【請求項 7】

一面の面積が 900 cm^2 であるシート状に成形したはんだ合金シートに対して、1 0 0 °C で 1 時間の加熱処理を施した後における α 線量が、 0.02 cph/cm^2 以下となる、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のはんだ合金。

【請求項 8】

α 線量が 0.002 cph/cm^2 以下である、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載のはんだ合金。

【請求項 9】

30

α 線量が 0.001 cph/cm^2 以下である、請求項 8 に記載のはんだ合金。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載のはんだ合金からなる、はんだ粉末。

【請求項 11】

粒度分布の異なる 2 種以上のはんだ合金粒子群を併有する、請求項 10 に記載のはんだ粉末。

【請求項 12】

請求項 10 又は 11 に記載のはんだ粉末と、フラックスとを含有する、ソルダペースト。

【請求項 13】

請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載のはんだ合金からなる、はんだボール。

40

【請求項 14】

請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載のはんだ合金からなる、ソルダプリフォーム。

【請求項 15】

請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載のはんだ合金からなる、はんだ継手。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、はんだ合金、はんだ粉末、ソルダペースト、はんだボール、ソルダプリフォーム及びはんだ継手に関する。

本願は、2020年4月10日に、日本に出願された特願2020-071024号に

50

基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】

【0002】

プリント基板に搭載される電子部品においては、小型化、高性能化がますます要求されている。かかる電子部品としては、例えば、半導体パッケージが挙げられる。半導体パッケージでは、電極を有する半導体素子が樹脂成分で封止されている。この電極には、はんだ材料によるはんだバンプが形成されている。また、はんだ材料は、半導体素子とプリント基板とを接続している。

【0003】

はんだ材料においては、ソフトエラーに対する α 線の影響が問題となる。このような半導体素子の動作への悪影響を軽減させるために、はんだ材料を含めた低 α 線量材料の開発が行われている。

【0004】

α 線源となる要因は、例えばはんだ材料におけるはんだ合金、特にベースとなる錫（Sn）地金中に含まれる微量の放射性元素である。はんだ合金は、原料金属を溶融混合して製造することができる。かかるはんだ合金において、低 α 線量材料の設計のためには、ウラン（U）、トリウム（Th）、ポロニウム（Po）といった、上流となる放射性元素を合金組成から取り除くことが重要となる。

これに対し、Sn地金の精錬においてU、Th、Poを取り除くことは、技術的に難しくはない（例えば、特許文献1参照）。

一般的に、Sn中には、不純物として鉛（Pb）、ビスマス（Bi）が含まれている。Pb及びBi中の放射性同位体である ^{210}Pb 及び ^{210}Bi が β 崩壊して ^{210}Po となり、 ^{210}Po が α 崩壊して ^{206}Pb 生成時に α 線が発生する。この一連の壊変（ウラン系列）が、はんだ材料からの α 線発生の主たる原因と言われている。

【0005】

尚、材料から発生する α 線量の評価において、単位には「 cph/cm^2 」がよく用いられる。「 cph/cm^2 」は“ $\text{counts per hours}/\text{cm}^2$ ”の略であり、 1cm^2 当たり、1時間当たりの α 線のカウント数を意味する。

【0006】

Pb及びBiの半減期については、以下の通りである。

Biについて、 ^{210}Bi の半減期は約5日間である。Pbについて、 ^{210}Pb の半減期は約22.3年間である。そして、これらの影響度（存在比）は、下式で表すことができるとされる（非特許文献1参照）。すなわち、Biの α 線発生への影響は、Pbに比べて非常に低い。

$$\frac{[^{210}\text{Bi}]}{[^{210}\text{Pb}]} \div 1.6 \times 10^3$$

式中、 ^{210}Bi は、 ^{210}Bi のモル濃度を表す。 ^{210}Pb は、 ^{210}Pb のモル濃度を表す。

【0007】

以上のように、従来、低 α 線量材料の設計においては、U、Thを取り除き、さらにPbを徹底して除去することが一般的である。

【0008】

また、はんだ材料から発生する α 線量は、経時変化によって、基本的に α 線量が増加することが知られている。これは、はんだ合金中の放射性Pb及び放射性Biが β 崩壊して、Po量が増加し、そしてPoが α 壊変して α 線が発生することが原因と言われている。

極低 α 線量の材料においては、これら放射性元素をほとんど含有していないものの、 ^{210}Po の偏析が原因となって、 α 線量が経時変化によって増加する場合がある。 ^{210}Po は、もともと α 線を放射しているが、はんだ合金凝固時においてははんだ合金中心部分に偏析するため、放射している α 線がはんだ合金で遮蔽されてしまう。そして、時間経過とともに ^{210}Po が合金中に均一に分散して、 α 線が検出される表面にも存在するため、 α 線量が経時変化によって増加する（非特許文献2参照）。

【0009】

上述したように、はんだ合金中に含まれる極微量の不純物の影響で、発生する α 線量は増加してしまう。このため、低 α 線量材料の設計においては、はんだ合金の従来の製造方法のように、単に各種元素を添加することが難しくなる。

例えば、溶ダペーストの経時での粘度増加を抑制する増粘抑制のために、はんだ合金に砒素 (As) を添加する方法が知られている (例えば、特許文献2 参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【文献】特開2010-156052号公報

10

特開2015-98052号公報

【非特許文献】

【0011】

【文献】Radioactive Nuclei Induced Soft Errors at Ground Level; IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, DECEMBER 2009, VOL. 56, NO. 6, p. 3437-3441

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

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

溶ダペーストの経時での増粘抑制のため、例えば特許文献2に記載された方法のように、はんだ合金にAsを添加する方法では、Asが添加されることにより、合金に不純物も含まれることになる。この場合、その不純物中に放射性元素が存在することで、はんだ材料から発生する α 線量が増加してしまう。

【0013】

30

また、近年、CPU (Central Processing Unit) 等のはんだ継手を有する電子デバイスは、小型化、高性能化が要求されている。これに伴い、プリント基板及び電子デバイスの電極の小型化が必要になる。電子デバイスは電極を介してプリント基板と接続されるため、電極の小型化に伴い、両者を接続するはんだ継手も小さくなる。

そして、更に、微細な電極を接合するためには、はんだ継手の機械的特性等を向上させる必要がある。しかしながら、元素によっては、その含有量が多くなると、液相線温度が上昇して、液相線温度と固相線温度との温度差 (ΔT) が大きくなり、凝固時に偏析して不均一な合金組織が形成されてしまう。はんだ合金がこのような合金組織を有すると、はんだ継手は引張強度などの機械的特性が劣り、外部からの応力により容易に破断してしまう。この問題は、近年の電極の小型化に伴い顕著になってきている。

40

【0014】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、溶ダペーストの経時での粘度増加を抑制し、液相線温度と固相線温度との温度差 (ΔT) が小さく機械的特性を高められ、かつ、ソフトエラーの発生を抑制することが可能なはんだ合金、このはんだ合金からなるはんだ粉末、このはんだ粉末とフラックスとを含有する溶ダペースト、このはんだ合金からなるはんだボール、溶ダプリフォーム及びはんだ継手を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明者らは、放射性元素を含む不純物を伴うAsを添加することなく、溶ダペース

50

トの経時での増粘抑制が可能な、低 α 線量のはんだ合金の設計を目的として検討した。かかる検討により、主成分としての S_n と、イオン化傾向において S_n と比べて貴な金属である Bi 及び Sb の所定量と、を含有する合金組成とすることで、前記目的を達成し得ることを見出し、本発明を完成するに至った。

すなわち、本発明は、上記の課題を解決するため、以下の手段を採用する。

【0016】

本発明の一態様は、 U ：5質量ppb未満、 Th ：5質量ppb未満、 Pb ：5質量ppm未満、 As ：5質量ppm未満、 Bi ：0質量%以上0.9質量%以下、及び Sb ：0質量%以上0.3質量%以下、並びに残部が S_n からなる合金組成を有し、下記(1)式を満たし、かつ、 α 線量が 0.02 cph/cm^2 以下であることを特徴とする、はんだ合金である。

10

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

(1)式中、 Bi 及び Sb は、各々前記合金組成での含有量(質量%)を表す。

【0017】

本発明の一態様は、 U ：5質量ppb未満、 Th ：5質量ppb未満、 Pb ：5質量ppm未満、 As ：5質量ppm未満、 Bi ：0質量%超0.9質量%以下、及び Sb ：0質量%以上0.3質量%以下、並びに残部が S_n からなる合金組成を有し、下記(1)式を満たし、かつ、 α 線量が 0.02 cph/cm^2 以下であることを特徴とする、はんだ合金である。

20

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

(1)式中、 Bi 及び Sb は、各々前記合金組成での含有量(質量%)を表す。

【0018】

本発明の一態様は、 U ：5質量ppb未満、 Th ：5質量ppb未満、 Pb ：5質量ppm未満、 As ：5質量ppm未満、 Bi ：0質量%以上0.9質量%以下、及び Sb ：0質量%以上0.1質量%未満、並びに残部が S_n からなる合金組成を有し、下記(1)式を満たし、かつ、 α 線量が 0.02 cph/cm^2 以下であることを特徴とする、はんだ合金である。

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

(1)式中、 Bi 及び Sb は、各々前記合金組成での含有量(質量%)を表す。

【0019】

また、本発明の一態様は、前記本発明の一態様に係るはんだ合金からなることを特徴とする、はんだ粉末である。

30

【0020】

また、本発明の一態様は、前記本発明の一態様に係るはんだ粉末と、フラックスとを含有することを特徴とする、ソルダペーストである。

【0021】

また、本発明の一態様は、前記本発明の一態様に係るはんだ合金からなることを特徴とする、はんだボールである。

【0022】

また、本発明の一態様は、前記本発明の一態様に係るはんだ合金からなることを特徴とする、ソルダブリフォームである。

40

【0023】

また、本発明の一態様は、前記本発明の一態様に係るはんだ合金からなることを特徴とする、はんだ継手である。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、ソルダペーストの経時での粘度増加を抑制し、液相線温度と固相線温度との温度差(ΔT)が小さく機械的特性を高められ、かつ、ソフトエラーの発生を抑制することが可能なはんだ合金、このはんだ合金からなるはんだ粉末、このはんだ粉末とフラックスとを含有するソルダペースト、このはんだ合金からなるはんだボール、ソルダブ

50

リフォーム及びはんだ継手を提供することができる。

【発明を実施するための形態】

【0025】

本発明を以下により詳しく説明する。

本明細書において、はんだ合金組成に関する「ppb」は、特に指定しない限り「質量ppb」である。「ppm」は、特に指定しない限り「質量ppm」である。「%」は、特に指定しない限り「質量%」である。

【0026】

(はんだ合金)

本発明の一態様に係るはんだ合金は、U：5質量ppb未満、Th：5質量ppb未満、Pb：5質量ppm未満、As：5質量ppm未満、Bi：0質量%以上0.9質量%以下、及びSb：0質量%以上0.3質量%以下、並びに残部がSnからなる合金組成を有し、下記(1)式を満たし、かつ、 α 線量が 0.02 cph/cm^2 以下のものである。

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

(1)式中、Bi及びSbは、各々前記合金組成での含有量(質量%)を表す。

【0027】

<合金組成>

本実施形態のはんだ合金は、U：5質量ppb未満、Th：5質量ppb未満、Pb：5質量ppm未満、As：5質量ppm未満、Bi：0質量%以上0.9質量%以下、及びSb：0質量%以上0.3質量%以下、並びに残部がSnからなる合金組成を有し、前記(1)式を満たす。

【0028】

<U：5質量ppb未満、Th：5質量ppb未満>

U及びThは、放射性元素である。ソフトエラーの発生を抑制するには、はんだ合金中のこれらの含有量を抑える必要がある。

本実施形態において、はんだ合金中のU及びThの含有量は、はんだ合金から発生する α 線量を 0.02 cph/cm^2 以下とする観点から、はんだ合金の総質量(100質量%)に対して、各々5ppb未満である。高密度実装でのソフトエラー発生を抑制する観点から、U及びThの含有量は、好ましくは各々2ppb以下であり、低いほどよい。

【0029】

<Pb：5質量ppm未満>

一般的に、Sn中には、不純物としてPbが含まれている。このPb中の放射性同位体が β 崩壊して ^{210}Po となり、 ^{210}Po が α 崩壊して ^{206}Pb 生成時に α 線が発生する。このことから、はんだ合金中の、不純物であるPbの含有量も極力少ないことが好ましい。

本実施形態において、はんだ合金中のPbの含有量は、はんだ合金の総質量(100質量%)に対して、5ppm未満であり、好ましくは2ppm未満であり、より好ましくは1ppm未満である。尚、はんだ合金中のPbの含有量の下限は0ppm以上でもよい。

【0030】

<As：5質量ppm未満>

はんだ合金にAsを添加することは、ソルダペーストの経時での増粘抑制に有効であるが、Asの添加に伴い、合金に放射性元素も含まれることになり、はんだ材料から発生する α 線量が増加してしまう。

本実施形態においては、放射性元素を含む不純物を伴うAsを添加することなく、ソルダペーストの経時での増粘抑制を図ることを目的とする。

本実施形態において、はんだ合金中のAsの含有量は、はんだ合金の総質量(100質量%)に対して、5ppm未満であり、好ましくは2ppm未満であり、より好ましくは1ppm未満である。尚、はんだ合金中のAsの含有量の下限は0ppm以上でもよい。

【0031】

<Bi：0質量%以上0.9質量%以下、Sb：0質量%以上0.3質量%以下、(1

10

20

30

40

50

）式≫

ソルダペーストの粘度が経時的に上昇する理由は、はんだ粉末とフラックスとが反応するためであると考えられる。

ソルダペーストの経時での増粘抑制の効果は、フラックスとの反応を抑えることにより発揮される。このことから、フラックスとの反応性が低い元素として、イオン化傾向が低い元素が挙げられる。一般に、合金のイオン化は、合金組成としてのイオン化傾向、すなわち標準電極電位で考える。例えば、S nに対して貴なA gを含むS n A g合金は、S nよりもイオン化し難い。このため、S nよりも貴な元素を含有する合金は、イオン化し難いことになり、ソルダペーストの経時での増粘抑制の効果を高められると推測される。

【0032】

B i：0質量%以上0.9質量%以下

B iは、イオン化傾向がS nに対して貴な元素であり、フラックスとの反応性が低く、ソルダペーストの経時での増粘抑制効果を示す元素である。また、B iは、はんだ合金の液相線温度を下げるるとともに、熔融はんだの粘性を低減させるため、濡れ性の劣化を抑えることができる元素である。しかし、その含有量によっては固相線温度が著しく低下して、液相線温度と固相線温度との温度差(ΔT)が広くなる。

本実施形態において、はんだ合金中のB iの含有量は、はんだ合金の総質量(100質量%)に対して、0%以上0.9%以下であり、好ましくは0.030%以上0.9%以下である。

あるいは、はんだ合金中のB iの含有量の下限は、はんだ合金の総質量(100質量%)に対して、0%以上であり、0.0025%以上が好ましく、0.0050%以上がより好ましく、0.010%以上がさらに好ましく、0.030%以上が特に好ましい。一方、はんだ合金中のB iの含有量の上限は、はんだ合金の総質量(100質量%)に対して、0.9%以下であり、0.7%以下が好ましく、0.5%以下がより好ましく、0.3%以下がさらに好ましく、0.1%以下が特に好ましい。

例えば、はんだ合金の一実施形態として、はんだ合金中のB iの含有量は、はんだ合金の総質量(100質量%)に対して、0%以上0.9%以下であり、好ましくは0.0025%以上0.7%以下であり、より好ましくは0.0050%以上0.5%以下であり、さらに好ましくは0.010%以上0.3%以下であり、特に好ましくは0.030%以上0.1%以下である。

【0033】

S b：0質量%以上0.3質量%以下

S bは、B iと同様に、イオン化傾向がS nに対して貴な元素であり、フラックスとの反応性が低く、ソルダペーストの経時での増粘抑制効果を示す元素である。はんだ合金中のS bの含有量が多すぎると、濡れ性が劣化するため、S bを添加する場合には適度な含有量にする必要がある。

本実施形態において、はんだ合金中のS bの含有量は、はんだ合金の総質量(100質量%)に対して、0%以上0.3%以下であり、好ましくは0.0040%以上0.3%以下であり、より好ましくは0.010%以上0.3%以下である。

あるいは、はんだ合金中のS bの含有量の下限は、はんだ合金の総質量(100質量%)に対して、0%以上であり、0.0025%以上が好ましく、0.0040%以上がより好ましく、0.0050%以上がさらに好ましく、0.010%以上が特に好ましい。一方、はんだ合金中のS bの含有量の上限は、はんだ合金の総質量(100質量%)に対して、0.3%以下であり、0.1%以下が好ましく、0.1%未満がより好ましく、0.090%以下がさらに好ましい。

例えば、はんだ合金の一実施形態として、はんだ合金中のS bの含有量は、はんだ合金の総質量(100質量%)に対して、0%以上0.3%以下であり、好ましくは0.0025%以上0.1%以下であり、より好ましくは0.0040%以上0.1%未満であり、さらに好ましくは0.0050%以上0.090%以下であり、特に好ましくは0.010%以上0.090%以下である。

10

20

30

40

50

【0034】

本実施形態のはんだ合金における合金組成においては、下記（１）式を満たす。

$$0.005 \leq B i + S b \leq 1.2 \quad (1)$$

（１）式中、B i 及び S b は、各々前記合金組成での含有量（質量％）を表す。

【0035】

（１）式における B i 及び S b は、いずれも、ソルダペーストの経時での増粘抑制効果を示す元素である。加えて、本実施形態において、B i 及び S b は、いずれも、はんだ合金の濡れ性にも寄与する。

はんだ合金中の B i と S b との合計の含有量は、はんだ合金の総質量（１００質量％）に対して、０．００５％以上１．２％以下である必要があり、好ましくは０．０３％以上１．２％以下である必要がある。はんだ合金中の B i と S b との合計の含有量は、はんだ合金の総質量（１００質量％）に対して、０．００５％以上であり、好ましくは０．０３％以上１．０％以下であり、より好ましくは０．０３％以上０．９％以下であり、さらに好ましくは０．０３％以上０．５％以下であり、特に好ましくは０．０３％以上０．１％以下である。

あるいは、はんだ合金中の B i と S b との合計の含有量の下限は、はんだ合金の総質量（１００質量％）に対して、０．００５％以上であり、０．０１％以上が好ましく、０．０２％以上がより好ましく、０．０３％以上がさらに好ましい。一方、はんだ合金中の B i と S b との合計の含有量の上限は、はんだ合金の総質量（１００質量％）に対して、１．２％以下であり、１．０％以下が好ましく、０．９％以下がより好ましく、０．５％以下がさらに好ましく、０．１％以下が特に好ましい。

例えば、はんだ合金中の B i と S b との合計の含有量は、はんだ合金の総質量（１００質量％）に対して、好ましくは０．０１％以上１．０％以下であり、より好ましくは０．０２％以上０．９％以下であり、さらに好ましくは０．０３％以上０．５％以下であり、特に好ましくは０．０３％以上０．１％以下である。

【0036】

但し、前記「B i と S b との合計の含有量」は、はんだ合金中の B i の含有量が０質量％である場合には S b の含有量となり、はんだ合金中の S b の含有量が０質量％である場合には B i の含有量となり、B i と S b とを併有する場合にはこれらの合計の含有量となる。

【0037】

また、本実施形態において B i と S b とを併有する場合、はんだ合金中の B i と S b との比率は、 $S b / B i$ で表される質量比として、好ましくは０．００８以上１０以下であり、より好ましくは０．０１以上１０以下であり、さらに好ましくは０．１以上５以下であり、特に好ましくは０．１以上２以下であり、最も好ましくは０．１以上１以下である。

かかる質量比の $S b / B i$ が前記の好ましい範囲であれば、本発明の効果がより得られやすくなる。

【0038】

＜任意元素＞

本実施形態のはんだ合金における合金組成は、上述した元素以外の元素を必要に応じて含有してもよい。

例えば、本実施形態のはんだ合金における合金組成は、上述した元素に加えて、更に、A g：０質量％以上４質量％以下、及び C u：０質量％以上０．９質量％以下の少なくとも一種を含有してもよい。

【0039】

A g：０質量％以上４質量％以下

A g は、結晶界面に A g₃S n を形成してはんだ合金の信頼性を向上させることができる任意元素である。また、A g は、イオン化傾向が S n に対して貴な元素であり、B i 及び S b と共存することによって、ソルダペーストの経時での増粘抑制効果を高める。

本実施形態において、はんだ合金中の A g の含有量は、はんだ合金の総質量（１００質

10

20

30

40

50

量%) に対して、0%以上4%以下が好ましく、より好ましくは0.5%以上3.5%以下であり、さらに好ましくは1.0%以上3.0%以下であり、特に好ましくは2.0%以上3.0%以下である。

【0040】

Cu: 0質量%以上0.9質量%以下

Cuは、一般的なはんだ合金で使用されており、はんだ継手の接合強度を向上させることができる任意元素である。また、Cuは、イオン化傾向がSnに対して貴な元素であり、Bi及びSbと共存することによって、ソルダペーストの経時での増粘抑制効果を高める。

本実施形態において、はんだ合金中のCuの含有量は、はんだ合金の総質量(100質量%) に対して、0%以上0.9%以下が好ましく、より好ましくは0.1%以上0.8%以下であり、さらに好ましくは0.2%以上0.7%以下である。

【0041】

本実施形態においてCuとBiとを併有する場合、はんだ合金中のCuとBiとの比率は、Cu/Biで表される質量比として、好ましくは0.5以上280以下であり、より好ましくは0.5以上150以下であり、さらに好ましくは0.5以上20以下であり、特に好ましくは1以上15以下である。

かかる質量比のCu/Biが前記の好ましい範囲であれば、本発明の効果がより得られやすくなる。

【0042】

本実施形態においてCuとSbとを併有する場合、はんだ合金中のCuとSbとの比率は、Cu/Sbで表される質量比として、好ましくは1以上280以下であり、より好ましくは1以上150以下であり、さらに好ましくは5以上125以下である。

かかる質量比のCu/Sbが前記の好ましい範囲であれば、本発明の効果がより得られやすくなる。

【0043】

本実施形態においてCuとBiとSbとを併有する場合、はんだ合金中のCuとBiとSbとの比率は、Cu/(Bi+Sb)で表される質量比として、好ましくは0.4以上150以下であり、より好ましくは5以上100以下である。

かかる質量比のCu/(Bi+Sb)が前記の好ましい範囲であれば、本発明の効果がより得られやすくなる。

【0044】

例えば、本実施形態のはんだ合金における合金組成は、上述した元素に加えて、更に、Ni: 0質量ppm以上600質量ppm以下、及びFe: 0質量ppm以上100質量ppm以下の少なくとも一種を含有してもよい。

【0045】

Ni: 0質量ppm以上600質量ppm以下

はんだ付けにより、はんだ合金中の接合界面近傍において、Sn含有金属間化合物(Snを含む金属間化合物)の形成が進み、このSn含有金属間化合物が析出すると、はんだ継手の機械的強度が劣化する。

Niは、前記Sn含有金属間化合物が接合界面で形成することを抑制する元素である。

はんだ合金がNiを含有することで、前記Sn含有金属間化合物の形成が抑制されて、はんだ継手の機械的強度が維持される。一方、はんだ合金中のNiの含有量が600質量ppmを超えると、はんだ合金中の接合界面近傍において、SnNi化合物が析出し、はんだ継手の機械的強度が劣化するおそれがある。

本実施形態において、はんだ合金中のNiの含有量は、はんだ合金の総質量(100質量%) に対して、0ppm以上600ppm以下が好ましく、より好ましくは20ppm以上600ppm以下である。

【0046】

Fe: 0質量ppm以上100質量ppm以下

Feは、Niと同様に、Sn含有金属間化合物が接合界面で形成することを抑制する元素である。加えて、所定の含有量の範囲内では、SnFe化合物による針状結晶の析出が抑制されて、回路の短絡を防ぐことができる。

ここでいう「針状結晶」とは、1つのSnFe化合物由来の結晶において、長径と短径との比であるアスペクト比が2以上の結晶をいう。

本実施形態において、はんだ合金中のFeの含有量は、はんだ合金の総質量（100質量%）に対して、0ppm以上100ppm以下が好ましく、より好ましくは20ppm以上100ppm以下である。

【0047】

本実施形態のはんだ合金における合金組成が、更に、Ni：0質量ppm以上600質量ppm以下、及びFe：0質量ppm以上100質量ppm以下の少なくとも一種を含有する場合、前記合金組成は、下記（2）式を満たすことが好ましい。

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

（2）式中、Ni及びFeは、各々前記合金組成での含有量（質量ppm）を表す。

【0048】

（2）式におけるNi及びFeは、いずれも、Sn含有金属間化合物が接合界面で形成することを抑制する元素である。加えて、本実施形態において、Ni及びFeは、いずれも、ソルダペーストの経時での増粘抑制の効果にも寄与する。

はんだ合金中のNiとFeとの合計の含有量が、はんだ合金の総質量（100質量%）に対して、20ppm以上700ppm以下が好ましく、より好ましくは40ppm以上700ppm以下であり、さらに好ましくは40ppm以上600ppm以下である。

【0049】

但し、前記「NiとFeとの合計の含有量」は、はんだ合金中のNiの含有量が0質量ppmである場合にはFeの含有量となり、はんだ合金中のFeの含有量が0質量ppmである場合にはNiの含有量となり、NiとFeとを併有する場合にはこれらの合計の含有量となる。

【0050】

本実施形態においてNiとFeとを併有する場合、はんだ合金中のNiとFeとの比率は、Ni/Feで表される質量比として、好ましくは0.4以上30以下であり、より好ましくは0.4以上10以下であり、さらに好ましくは0.4以上5以下である。

かかる質量比のNi/Feが前記の好ましい範囲であれば、本発明の効果がより得られやすくなる。

【0051】

≪残部：Sn≫

本実施形態のはんだ合金における合金組成は、残部がSnからなる。上述した元素の他に不可避的不純物を含有してもよい。不可避的不純物を含有する場合であっても、上述の効果に影響することはない。

【0052】

<α線量>

本実施形態のはんだ合金は、α線量が0.02cph/cm²以下である。

これは、電子部品の高密度実装においてソフトエラーが問題にならない程度のα線量である。

本実施形態のはんだ合金におけるα線量は、更なる高密度実装でのソフトエラーを抑制する観点から、好ましくは0.01cph/cm²以下であり、より好ましくは0.002cph/cm²以下であり、さらに好ましくは0.001cph/cm²以下である。

【0053】

はんだ合金から発生するα線量は、以下のようにして測定することができる。かかるα線量の測定方法は、国際標準であるJEDEC STANDARDに基づいている。

【0054】

手順（i）：

10

20

30

40

50

ガスフロー型の α 線量測定装置を用いる。

測定サンプルとして、はんだ合金を溶融し、一面の面積が 900 cm^2 であるシート状に成形したはんだ合金シートを用いる。

前記 α 線量測定装置内に、測定サンプルとして前記はんだ合金シートを設置し、そこにPRガスをパージする。

【0055】

尚、PRガスには、国際標準であるJEDEC STANDARDに従うものを用いる。すなわち、測定に使用するPRガスは、アルゴン90%－メタン10%の混合ガスをガスボンベに充填してから3週間以上が経過した、ラドン(Rn)の崩壊したものとする。

【0056】

手順(ii)：

前記はんだ合金シートを設置した前記 α 線量測定装置内に、前記PRガスを12時間流し静置した後、72時間 α 線量測定を行う。

【0057】

手順(iii)：

平均 α 線量を「 cph/cm^2 」として算出する。異常点(装置振動によるカウント等)はその1時間分のカウントを除去する。

【0058】

〔はんだ合金の製造方法〕

本実施形態のはんだ合金は、例えば、Bi及びSbの少なくとも一種、並びにSnを含有する原料金属を溶融混合する工程を有する製造方法を用いることにより製造できる。

低 α 線量のはんだ合金の設計を目的としていることから、その原料金属として低 α 線量材を用いることが好ましく、例えば、原料金属としてのSn、Bi及びSbには、それぞれ、高純度のもの、並びにU、Th及びPbを除去したものをを用いることが好ましい。

原料金属としてのSnとしては、例えば、特開2010-156052号公報(特許文献1)に記載の製造方法に準じて製造したものを用いることができる。

原料金属としてのBiとしては、例えば、特開2013-185214号公報に準じて製造したものを用いることができる。

原料金属としてのSbとしては、例えば、特許第5692467号公報に準じて製造したものを用いることができる。

原料金属を溶融混合する操作は、従来公知の方法を用いることができる。

【0059】

一般に、はんだ合金においては、はんだ合金を構成する各構成元素が独自に機能するものではなく、各構成元素の含有量がすべて所定の範囲である場合に、初めて種々の効果を発揮することができる。以上説明した実施形態のはんだ合金によれば、各構成元素の含有量が上述の範囲であることにより、ソルダペーストの経時での粘度増加を抑制し、はんだ継手の機械的強度を高められ、かつ、ソフトエラーの発生を抑制することができる。すなわち、本実施形態のはんだ合金は、目的とする低 α 線量材料として有用であり、メモリ周辺のはんだパンプの形成に適用することで、ソフトエラーの発生を抑制することが可能となる。

【0060】

また、本実施形態では、Asを積極的に添加することなく、ソルダペーストの経時での増粘抑制が可能な低 α 線量のはんだ合金の設計を目的とする。これに対し、主成分としてのSnに加え、イオン化傾向がSnと比べて貴な金属であるBi及びSbを特定の割合で含有するはんだ合金を採用することで、目的を達成する。

かかる効果が得られる理由は定かではないが、以下のように推測される。

低 α 線量のはんだ合金用のSnは非常に高純度であり、溶融した合金を凝固する際、Snの結晶サイズが大きくなってしまう。また、そのSnにおける酸化膜も、それに応じた疎な酸化膜を形成してしまう。そこで、イオン化傾向がSnと比べて貴な金属であってイオン化しにくいBi及びSbを添加することにより、結晶サイズを小さくし、密な酸化膜

10

20

30

40

50

を形成させることで、合金とフラックスとの反応性が抑えられるため、ソルダペーストの経時での増粘抑制が可能となる。

【0061】

加えて、本実施形態のはんだ合金は、一面の面積が 900 cm^2 であるシート状に成形した際のはんだ合金シートに対して、 100°C で1時間の加熱処理を施した後における α 線量が、 0.02 cph/cm^2 以下となるものが好ましく、より好ましくは 0.01 cph/cm^2 以下となるものであり、さらに好ましくは 0.002 cph/cm^2 以下となるものであり、特に好ましくは 0.001 cph/cm^2 以下となるものである。

このような α 線量を示すはんだ合金は、合金中で ^{210}Po の偏析が起こりにくいものであり、 α 線量の経時変化による影響が小さく、有用である。このような α 線量を示すはんだ合金を適用することにより、ソフトエラーの発生がより抑制されて、半導体素子の安定な動作がいっそう確保されやすくなる。

10

【0062】

(はんだ粉末)

本発明の一態様に係るはんだ粉末は、上記本発明の一態様に係るはんだ合金からなるものである。

本実施形態のはんだ粉末は、後述のソルダペースト用として好適なものである。

はんだ粉末の製造は、溶融させたはんだ合金を滴下して粒子を得る滴下法や、遠心噴霧する噴霧法、アトマイズ法、液中造粒法、バルクのはんだ合金を粉砕する方法など、公知の方法を採用することができる。滴下法又は噴霧法における、滴下又は噴霧は、粒子状とするために不活性雰囲気又は溶媒中で行うことが好ましい。

20

【0063】

本実施形態のはんだ粉末は、球状粉末であることが好ましい。球状粉末であることにより、はんだ合金の流動性が向上する。

本実施形態のはんだ粉末が球状粉末である場合、JIS Z 3284-1:2014における粉末サイズの分類(表2)において、記号1~8を満たしていることが好ましく、記号4~8を満たしていることがより好ましい。はんだ粉末の粒径がこの条件を満たすと、粉末の表面積が大きすぎず、ソルダペーストの経時での粘度の上昇が抑制され、また、微細粉末の凝集が抑制されて、ソルダペーストの粘度の上昇が抑えられることがある。このため、より微細な部品へのはんだ付けが可能となる。

30

【0064】

また、本実施形態のはんだ粉末は、粒度分布の異なる2種以上のはんだ合金粒子群を併有することが好ましい。これにより、ソルダペーストの滑り性が高められて、印刷しやすくなる等の作業性が向上する。

【0065】

本実施形態のはんだ粉末において、球状粉末の真球度は、0.8以上が好ましく、0.9以上が好ましく、0.95以上がより好ましく、0.99以上がさらに好ましい。

【0066】

ここでいう「球状粉末の真球度」は、最小領域中心法(MZC法)を用いるCNC画像測定システム(ミットヨ社製のウルトラクイックビジョンULT RA QV350-PRO測定装置)を使用して測定することができる。

40

真球度とは、真球からのずれを表し、例えば500個の各はんだ合金粒子の直径を長径で割った際に算出される算術平均値であり、その値が上限である1.00に近いほど真球に近いことを表す。

【0067】

(ソルダペースト)

本発明の一態様に係るソルダペーストは、上記本発明の一態様に係るはんだ粉末と、フラックスとを含有するものである。

【0068】

<フラックス>

50

本実施形態のソルダペーストに用いられるフラックスは、例えば、樹脂成分、活性成分、溶剤、その他成分の何れか、又はこれら2つ以上の配合成分の組合せで構成される。

【0069】

樹脂成分としては、例えばロジン系樹脂が挙げられる。

ロジン系樹脂としては、例えば、ガムロジン、ウッドロジン及びトール油ロジン等の原料ロジン、並びに該原料ロジンから得られる誘導体が挙げられる。

該誘導体としては、例えば、精製ロジン、水添ロジン、不均化ロジン、重合ロジン及び α 、 β 不飽和カルボン酸変性物（アクリル化ロジン、マレイン化ロジン、フマル化ロジン等）、並びに該重合ロジンの精製物、水素化物及び不均化物、並びに該 α 、 β 不飽和カルボン酸変性物の精製物、水素化物及び不均化物等が挙げられ、二種以上を使用することができる。

10

また、樹脂成分としては、ロジン系樹脂の他、テルペン樹脂、変性テルペン樹脂、テルペンフェノール樹脂、変性テルペンフェノール樹脂、スチレン樹脂、変性スチレン樹脂、キシレン樹脂、変性キシレン樹脂、アクリル樹脂、ポリエチレン樹脂、アクリル-ポリエチレン共重合樹脂、エポキシ樹脂等が挙げられる。

変性テルペン樹脂としては、芳香族変性テルペン樹脂、水添テルペン樹脂、水添芳香族変性テルペン樹脂等が挙げられる。変性テルペンフェノール樹脂としては、水添テルペンフェノール樹脂等が挙げられる。変性スチレン樹脂としては、スチレンアクリル樹脂、スチレンマレイン酸樹脂等が挙げられる。変性キシレン樹脂としては、フェノール変性キシレン樹脂、アルキルフェノール変性キシレン樹脂、フェノール変性レゾール型キシレン樹脂、ポリオール変性キシレン樹脂、ポリオキシエチレン付加キシレン樹脂等が挙げられる。

20

【0070】

活性成分としては、例えば、有機酸、アミン、ハロゲン系活性剤、チキソ剤、溶剤、金属不活性化剤等が挙げられる。

【0071】

有機酸としては、例えば、コハク酸、グルタル酸、アジピン酸、ピメリン酸、スベリン酸、アゼライン酸、セバシン酸、ダイマー酸、プロピオン酸、2,2-ビスヒドロキシメチルプロピオン酸、酒石酸、リンゴ酸、グリコール酸、ジグリコール酸、チオグリコール酸、ジチオグリコール酸、ステアリン酸、12-ヒドロキシステアリン酸、パルミチン酸、オレイン酸等が挙げられる。

30

【0072】

アミンとしては、例えば、エチルアミン、トリエチルアミン、エチレンジアミン、トリエチレントトラミン、2-メチルイミダゾール、2-ウンデシルイミダゾール、2-ヘプタデシルイミダゾール、1,2-ジメチルイミダゾール、2-エチル-4-メチルイミダゾール、2-フェニルイミダゾール、2-フェニル-4-メチルイミダゾール、1-ベンジル-2-メチルイミダゾール、1-ベンジル-2-フェニルイミダゾール、1-シアノエチル-2-メチルイミダゾール、1-シアノエチル-2-ウンデシルイミダゾール、1-シアノエチル-2-エチル-4-メチルイミダゾール、1-シアノエチル-2-フェニルイミダゾール、1-シアノエチル-2-ウンデシルイミダゾリウムトリメリテイト、1-シアノエチル-2-フェニルイミダゾリウムトリメリテイト、2,4-ジアミノ-6-[2'-メチルイミダゾリル-(1')] -エチル-s-トリアジン、2,4-ジアミノ-6-[2'-ウンデシルイミダゾリル-(1')] -エチル-s-トリアジン、2,4-ジアミノ-6-[2'-エチル-4'-メチルイミダゾリル-(1')] -エチル-s-トリアジン、2,4-ジアミノ-6-[2'-メチルイミダゾリル-(1')] -エチル-s-トリアジンイソシアヌル酸付加物、2-フェニルイミダゾールイソシアヌル酸付加物、2-フェニル-4,5-ジヒドロキシメチルイミダゾール、2-フェニル-4-メチル-5-ヒドロキシメチルイミダゾール、2,3-ジヒドロ-1H-ピロロ[1,2-a]ベンズイミダゾール、1-ドデシル-2-メチル-3-ベンジルイミダゾリウムクロライド、2-メチルイミダゾリン、2-フェニルイミダゾリン、2,4-ジアミノ-6-ビニル-s-トリアジン、2,4-ジアミノ-6-ビニル-s-トリアジンイソシアヌル酸付加物、

40

50

2, 4-ジアミノ-6-メタクリロイルオキシエチル-s-トリアジン、エポキシイミダゾールアダクト、2-メチルベンゾイミダゾール、2-オクチルベンゾイミダゾール、2-ペンチルベンゾイミダゾール、2-(1-エチルペンチル)ベンゾイミダゾール、2-ノニルベンゾイミダゾール、2-(4-チアゾリル)ベンゾイミダゾール、ベンゾイミダゾール、2-(2'-ヒドロキシ-5'-メチルフェニル)ベンゾトリアゾール、2-(2'-ヒドロキシ-3'-tert-ブチル-5'-メチルフェニル)-5-クロロベンゾトリアゾール、2-(2'-ヒドロキシ-3', 5'-ジ-tert-アミルフェニル)ベンゾトリアゾール、2-(2'-ヒドロキシ-5'-tert-オクチルフェニル)ベンゾトリアゾール、2, 2'-メチレンビス[6-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4-tert-オクチルフェノール]、6-(2-ベンゾトリアゾリル)-4-tert-オクチル-6'-tert-ブチル-4'-メチル-2, 2'-メチレンビスフェノール、1, 2, 3-ベンゾトリアゾール、1-[N, N-ビス(2-エチルヘキシル)アミノメチル]ベンゾトリアゾール、カルボキシベンゾトリアゾール、1-[N, N-ビス(2-エチルヘキシル)アミノメチル]メチルベンゾトリアゾール、2, 2'-[[(メチル-1H-ベンゾトリアゾール-1-イル)メチル]イミノ]ビスエタノール、1-(1', 2'-ジカルボキシエチル)ベンゾトリアゾール、1-(2, 3-ジカルボキシプロピル)ベンゾトリアゾール、1-[(2-エチルヘキシルアミノ)メチル]ベンゾトリアゾール、2, 6-ビス[(1H-ベンゾトリアゾール-1-イル)メチル]-4-メチルフェノール、5-メチルベンゾトリアゾール、5-フェニルテトラゾール等が挙げられる。

10

【0073】

20

ハロゲン系活性剤としては、例えば、アミンハロゲン化水素酸塩、有機ハロゲン化合物等が挙げられる。

アミンハロゲン化水素酸塩は、アミンとハロゲン化水素とを反応させた化合物である。ここでのアミンとしては、例えば、エチルアミン、エチレンジアミン、トリエチルアミン、ジフェニルグアニジン、ジトリルグアニジン、メチルイミダゾール、2-エチル-4-メチルイミダゾール等が挙げられ、ハロゲン化水素としては、例えば、塩素、臭素、ヨウ素の水素化物が挙げられる。

有機ハロゲン化合物としては、例えば、trans-2, 3-ジブromo-2-ブテン-1, 4-ジオール、トリアリルイソシアヌレート6臭化物、1-bromo-2-ブタノール、1-bromo-2-プロパノール、3-bromo-1-プロパノール、3-bromo-1, 2-ブタンジオール、1, 4-ジブromo-2-ブタノール、1, 3-ジブromo-2-プロパノール、2, 3-ジブromo-1-プロパノール、2, 3-ジブromo-1, 4-ブタンジオール、2, 3-ジブromo-2-ブテン-1, 4-ジオール等が挙げられる。

30

【0074】

チキソ剤としては、例えば、ワックス系チキソ剤、アマイド系チキソ剤、ソルビトール系チキソ剤等が挙げられる。

ワックス系チキソ剤としては、例えばヒマシ硬化油等が挙げられる。

アマイド系チキソ剤としては、モノアマイド系チキソ剤、ビスアマイド系チキソ剤、ポリアマイド系チキソ剤が挙げられ、具体的には、ラウリン酸アマイド、パルミチン酸アマイド、ステアリン酸アマイド、ベヘン酸アマイド、ヒドロキシステアリン酸アマイド、飽和脂肪酸アマイド、オレイン酸アマイド、エルカ酸アマイド、不飽和脂肪酸アマイド、p-トルエンメタンアマイド、芳香族アマイド、メチレンビスステアリン酸アマイド、エチレンビスラウリン酸アマイド、エチレンビスヒドロキシステアリン酸アマイド、飽和脂肪酸ビスアマイド、メチレンビスオレイン酸アマイド、不飽和脂肪酸ビスアマイド、m-キシリレンビスステアリン酸アマイド、芳香族ビスアマイド、飽和脂肪酸ポリアマイド、不飽和脂肪酸ポリアマイド、芳香族ポリアマイド、置換アマイド、メチロールステアリン酸アマイド、メチロールアマイド、脂肪酸エステルアマイド等が挙げられる。

40

ソルビトール系チキソ剤としては、例えば、ジベンジリデン-D-ソルビトール、ビス(4-メチルベンジリデン)-D-ソルビトール等が挙げられる。

【0075】

50

溶剤としては、例えば、水、アルコール系溶剤、グリコールエーテル系溶剤、テルピネオール類等が挙げられる。

アルコール系溶剤としては、例えば、イソプロピルアルコール、1, 2-ブタンジオール、イソボルニルシクロヘキサノール、2, 4-ジエチル-1, 5-ペンタンジオール、2, 2-ジメチル-1, 3-プロパンジオール、2, 5-ジメチル-2, 5-ヘキサジオール、2, 5-ジメチル-3-ヘキシン-2, 5-ジオール、2, 3-ジメチル-2, 3-ブタンジオール、1, 1, 1-トリス(ヒドロキシメチル)エタン、2-エチル-2-ヒドロキシメチル-1, 3-プロパンジオール、2, 2'-オキシビス(メチレン)ビス(2-エチル-1, 3-プロパンジオール)、2, 2-ビス(ヒドロキシメチル)-1, 3-プロパンジオール、1, 2, 6-トリヒドロキシヘキサン、ビス[2, 2, 2-トリス(ヒドロキシメチル)エチル]エーテル、1-エチニル-1-シクロヘキサノール、1, 4-シクロヘキサジオール、1, 4-シクロヘキサジメタノール、エリトリトール、トレイトール、グアヤコールグリセロールエーテル、3, 6-ジメチル-4-オクチン-3, 6-ジオール、2, 4, 7, 9-テトラメチル-5-デシン-4, 7-ジオール等が挙げられる。

グリコールエーテル系溶剤としては、例えば、ジエチレングリコールモノ-2-エチルヘキシルエーテル、エチレングリコールモノフェニルエーテル、2-メチルペンタン-2, 4-ジオール、ジエチレングリコールモノヘキシルエーテル、ジエチレングリコールジブチルエーテル、トリエチレングリコールモノブチルエーテル等が挙げられる。

【0076】

金属不活性化剤としては、例えば、ヒンダードフェノール系化合物、窒素化合物等が挙げられる。フラックスがヒンダードフェノール系化合物、又は窒素化合物のいずれかを含有することで、ソルダペーストの増粘抑制効果が高められやすくなる。

ここでいう「金属不活性化剤」とは、ある種の化合物との接触により金属が劣化することを防止する性能を有する化合物をいう。

【0077】

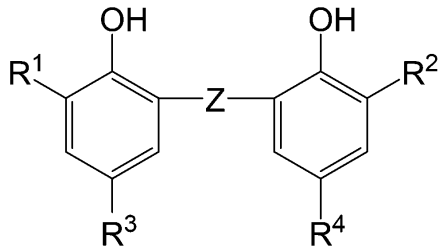
ヒンダードフェノール系化合物とは、フェノールのオルト位の少なくとも一方に嵩高い置換基(例えば t -ブチル基等の分岐状又は環状アルキル基)を有するフェノール系化合物をいう。

ヒンダードフェノール系化合物としては、特に限定されず、例えば、ビス[3-(3-tert-ブチル-4-ヒドロキシ-5-メチルフェニル)プロピオン酸][エチレンビス(オキシエチレン)]、N, N'-ヘキサメチレンビス[3-(3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロパンアミド]、1, 6-ヘキサジオールビス[3-(3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート]、2, 2'-メチレンビス[6-(1-メチルシクロヘキシル)-p-クレゾール]、2, 2'-メチレンビス(6-tert-ブチル-p-クレゾール)、2, 2'-メチレンビス(6-tert-ブチル-4-エチルフェノール)、トリエチレングリコール-ビス[3-(3-tert-ブチル-5-メチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート]、1, 6-ヘキサジオール-ビス[3-(3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート]、2, 4-ビス-(n-オクチルチオ)-6-(4-ヒドロキシ-3, 5-ジ-tert-ブチルアニリノ)-1, 3, 5-トリアジン、ペンタエリスリチル-テトラキス[3-(3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート]、2, 2-チオ-ジエチレンビス[3-(3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート]、オクタデシル-3-(3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート、N, N'-ヘキサメチレンビス(3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシ-ヒドロキシナマミド)、3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシベンジルフォスフォネート-ジエチルエステル、1, 3, 5-トリメチル-2, 4, 6-トリス(3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシベンジル)ベンゼン、N, N'-ビス[2-[2-(3, 5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)エチルカルボニルオキシ]エチル]オキサミド、下記化学式で表され

る化合物等が挙げられる。

【0078】

【化1】



10

(式中、Zは、置換されてもよいアルキレン基である。R¹及びR²は、それぞれ独立して、置換されてもよい、アルキル基、アラルキル基、アリール基、ヘテロアリール基、シクロアルキル基又はヘテロシクロアルキル基である。R³及びR⁴は、それぞれ独立して、置換されてもよいアルキル基である。)

【0079】

金属不活性化剤における窒素化合物としては、例えば、ヒドラジド系窒素化合物、アミド系窒素化合物、トリアゾール系窒素化合物、メラミン系窒素化合物等が挙げられる。

【0080】

ヒドラジド系窒素化合物としては、ヒドラジド骨格を有する窒素化合物であればよく、ドデカン二酸ビス[N2-(2ヒドロキシベンゾイル)ヒドラジド]、N,N'-ビス[3-(3,5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオニル]ヒドラジン、デカンジカルボン酸ジサリチロイルヒドラジド、N-サリチリデン-N'-サリチルヒドラジド、m-ニトロベンズヒドラジド、3-アミノフタルヒドラジド、フタル酸ジヒドラジド、アジピン酸ヒドラジド、オキサロビス(2-ヒドロキシ-5-オクチルベンジリデンヒドラジド)、N'-ベンゾイルピロリドンカルボン酸ヒドラジド、N,N'-ビス[3-(3,5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオニル]ヒドラジン等が挙げられる。

20

【0081】

アミド系窒素化合物としては、アミド骨格を有する窒素化合物であればよく、N,N'-ビス{2-[3-(3,5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオニルオキシル]エチル}オキサミド等が挙げられる。

30

【0082】

トリアゾール系窒素化合物としては、トリアゾール骨格を有する窒素化合物であればよく、N-(2H-1,2,4-トリアゾール-5-イル)サリチルアミド、3-アミノ-1,2,4-トリアゾール、3-(N-サリチロイル)アミノ-1,2,4-トリアゾール等が挙げられる。

【0083】

メラミン系窒素化合物としては、メラミン骨格を有する窒素化合物であればよく、メラミン、メラミン誘導体等が挙げられる。より具体的には、例えば、トリスアミノトリアジン、アルキル化トリスアミノトリアジン、アルコキシアルキル化トリスアミノトリアジン、メラミン、アルキル化メラミン、アルコキシアルキル化メラミン、N2-ブチルメラミン、N2,N2-ジエチルメラミン、N,N,N',N',N'',N''-ヘキサキス(メトキシメチル)メラミン等が挙げられる。

40

【0084】

その他成分としては、例えば、界面活性剤、シランカップリング剤、酸化防止剤、着色剤等が挙げられる。

【0085】

界面活性剤としては、ノニオン系界面活性剤、弱カチオン系界面活性剤等が挙げられる。

ノニオン系界面活性剤としては、例えば、ポリエチレングリコール、ポリエチレングリ

50

コールーポリプロピレングリコール共重合体、脂肪族アルコールポリオキシエチレン付加体、芳香族アルコールポリオキシエチレン付加体、多価アルコールポリオキシエチレン付加体等が挙げられる。

弱カチオン系界面活性剤としては、例えば、末端ジアミンポリエチレングリコール、末端ジアミンポリエチレングリコールーポリプロピレングリコール共重合体、脂肪族アミンポリオキシエチレン付加体、芳香族アミンポリオキシエチレン付加体、多価アミンポリオキシエチレン付加体が挙げられる。

【0086】

上記以外の界面活性剤としては、例えば、ポリオキシアルキレンアセチレングリコール類、ポリオキシアルキレングリセリルエーテル、ポリオキシアルキレンアルキルエーテル、ポリオキシアルキレンエステル、ポリオキシアルキレンアルキルアミン、ポリオキシアルキレンアルキルアミド等が挙げられる。

【0087】

本実施形態のソルダペースト中のフラックスの含有量は、ソルダペーストの全質量（100質量％）に対して、5～95質量％であることが好ましく、5～50質量％であることがより好ましく、5～15質量％であることがさらに好ましい。

フラックスの含有量がこの範囲であると、はんだ粉末に起因する増粘抑制効果が十分に発揮される。

【0088】

本実施形態のソルダペーストは、当業界で一般的な製造方法により製造することができる。

上記フラックスを構成する配合成分を加熱混合してフラックスを調製し、このフラックス中に、上記はんだ粉末を攪拌混合することにより、ソルダペーストを得ることができる。また、経時での増粘抑制効果を期待して、上記はんだ粉末とは別に、酸化ジルコニウム粉末をさらに配合してもよい。

【0089】

（はんだボール）

本発明の一態様に係るはんだボールは、上記本発明の一態様に係るはんだ合金からなるものである。

上述した実施形態のはんだ合金は、はんだボールとして使用することができる。

本実施形態のはんだボールは、当業界で一般的な方法である滴下法を用いることにより製造することができる。

はんだボールの粒径は、1 μm 以上が好ましく、10 μm 以上がより好ましく、20 μm 以上がさらに好ましく、30 μm 以上が特に好ましい。一方、はんだボールの粒径は、3000 μm 以下が好ましく、1000 μm 以下がより好ましく、600 μm 以下がさらに好ましく、300 μm 以下が特に好ましい。

また、はんだボールの粒径は、例えば、1 μm 以上3000 μm 以下が好ましく、10 μm 以上1000 μm 以下がより好ましく、20 μm 以上600 μm 以下がさらに好ましく、30 μm 以上300 μm 以下が特に好ましい。

【0090】

（ソルダプリフォーム）

本発明の一態様に係るソルダプリフォームは、上記本発明の一態様に係るはんだ合金からなるものである。

上述した実施形態のはんだ合金は、プリフォームとして使用することができる。

本実施形態のプリフォームの形状としては、ワッシャ、リング、ペレット、ディスク、リボン、ワイヤー等が挙げられる。

【0091】

（はんだ継手）

本発明の一態様に係るはんだ継手は、上記本発明の一態様に係るはんだ合金からなるものである。

10

20

30

40

50

本実施形態のはんだ継手は、電極及びはんだ接合部で構成される。はんだ接合部とは、主にはんだ合金で形成されている部分を示す。

本実施形態のはんだ継手は、例えば、ＩＣチップ等のＰＫＧ（Ｐａｃｋａｇｅ）の電極と、ＰＣＢ（ｐｒｉｎｔｅｄ ｃｉｒｃｕｉｔ ｂｏａｒｄ）等の基板の電極とを、上述した実施形態のはんだ合金によって接合することにより形成することができる。

また、本実施形態のはんだ継手は、フラックスを塗布した１つの電極上に、上述した実施形態のはんだボールを１つ搭載して接合するなど、当業界で一般的な方法で加工することにより製造することができる。

【実施例】

【００９２】

以下、実施例により本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの例によって限定されるものではない。

本実施例において、特に指定しない限り、はんだ合金組成についての「ｐｐｂ」は「質量ｐｐｂ」であり、「ｐｐｍ」は「質量ｐｐｍ」であり、「％」は「質量％」である。

【００９３】

<はんだ合金>

（実施例１～４１４、比較例１～８）

原料金属を溶融・攪拌して、表１Ａから表２５Ｂに示す合金組成をそれぞれ有する各例のはんだ合金を作製した。

【００９４】

<はんだ粉末>

各例のはんだ合金を溶融し、アトマイズ法により、表１Ａから表２５Ｂに示す合金組成をそれぞれ有する各例のはんだ合金からなり、ＪＩＳ Ｚ ３２８４－１：２０１４における粉末サイズの種類（表２）において記号４を満たすサイズ（粒度分布）のはんだ粉末を作製した。

【００９５】

<フラックス（Ｆ０）の調製>

樹脂成分としてロジン系樹脂を用いた。

活性成分としてチキソ剤、有機酸、アミン及びハロゲン系活性剤を用いた。

溶剤としてグリコールエーテル系溶剤を用いた。

ロジン４２質量部と、グリコールエーテル系溶剤３５質量部と、チキソ剤８質量部と、有機酸１０質量部と、アミン２質量部と、ハロゲン系活性剤３質量部と、を混合してフラックス（Ｆ０）を調製した。

【００９６】

<ソルダペーストの製造>

前記フラックス（Ｆ０）と、表１Ａから表２５Ｂに示す合金組成をそれぞれ有する各例のはんだ合金からなるはんだ粉末とを混合して、ソルダペーストを製造した。

フラックス（Ｆ０）とはんだ粉末との質量比は、フラックス（Ｆ０）：はんだ粉末＝１１：８９とした。

【００９７】

<評価>

前記のソルダペーストを用いて、増粘抑制の評価を行った。

また、前記のはんだ合金を用いて、はんだ粉末の液相線温度と固相線温度との温度差（ ΔT ）の評価、 α 線量の評価をそれぞれ行った。さらに、総合評価を行った。

詳細は以下のとおりである。評価した結果を、表１Ａから表２５Ｂに示した。

【００９８】

[増粘抑制]

（１）検証方法

調製直後のソルダペーストについて、株式会社マルコム社製：ＰＣＵ－２０５を用い、回転数：１０ｒｐｍ、２５℃、大気中で１２時間粘度を測定した。

10

20

30

40

50

【0099】

(2) 判定基準

○：12時間後の粘度が、ソルダペーストを調製直後から30分経過した時の粘度と比較して1.2倍以下である。

×：12時間後の粘度が、ソルダペーストを調製直後から30分経過した時の粘度と比較して1.2倍を超える。

この判定が「○」であれば、十分な増粘抑制効果が得られたものであると言える。すなわち、ソルダペーストの経時での粘度増加を抑制することができる。

【0100】

[液相線温度と固相線温度との温度差 (ΔT)]

10

(1) 検証方法

フラックス (F0) と混合する前のはんだ粉末について、エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社製、型番：EXSTAR DSC7020を用い、サンプル量：約30mg、昇温速度：15℃/minにてDSC測定を行い、固相線温度及び液相線温度を得た。得られた液相線温度から固相線温度を引いて ΔT (°C) を求めた。

【0101】

(2) 判定基準

○： ΔT が10℃以下である。

×： ΔT が10℃を超える。

この判定が「○」であれば、液相線温度と固相線温度との温度差が小さいことから、凝固時に偏析が起これにくく、不均一な合金組織が形成されにくいと言える。すなわち、はんだ継手の機械的強度を高めることができる。

20

【0102】

[α 線量]

(1) 検証方法その1

α 線量の測定は、ガスフロー比例計数器の α 線量測定装置を用い、上述した手順(i)、(ii)及び(iii)に従うことにより行った。

測定サンプルとして、製造直後のはんだ合金シートを用いた。

このはんだ合金シートは、作製直後のはんだ合金を溶融し、一面の面積が900cm²であるシート状に成形することにより得た。

30

この測定サンプルを、 α 線量測定装置内に入れ、PR-10ガスを12時間流し静置した後、72時間 α 線量を測定した。

【0103】

(2) 判定基準その1

○○：測定サンプルから発生する α 線量が0.002cph/cm²以下であった。

○：測定サンプルから発生する α 線量が0.002cph/cm²超、0.02cph/cm²以下であった。

×：測定サンプルから発生する α 線量が0.02cph/cm²超であった。

この判定が「○○」又は「○」であれば、低 α 線量のはんだ材料であると言える。

【0104】

40

(3) 検証方法その2

測定サンプルを変更した以外は、上記の(1)検証方法その1と同様にして、 α 線量の測定を行った。

測定サンプルとして、作製直後のはんだ合金を溶融し、一面の面積が900cm²であるシート状に成形したはんだ合金シートに対して、100℃で1時間の加熱処理を行い、放冷したものを用いた。

【0105】

(4) 判定基準その2

○○：測定サンプルから発生する α 線量が0.002cph/cm²以下であった。

○：測定サンプルから発生する α 線量が0.002cph/cm²超、0.02cph/cm²以下であった。

50

h / cm^2 以下であった。

×：測定サンプルから発生する α 線量が $0.02 \text{ cph} / \text{cm}^2$ 超であった。

この判定が「〇〇」又は「〇」であれば、低 α 線量のはんだ材料であると言える。

【0106】

(5) 検証方法その3

上記の(1) 検証方法その1にて α 線量を測定した測定サンプルのはんだ合金シートを1年間保管した後、再度、上述した手順(i)、(ii)及び(iii)に従うことにより α 線量を測定して、 α 線量の経時変化を評価した。

【0107】

(6) 判定基準その3

〇〇：測定サンプルから発生する α 線量が $0.002 \text{ cph} / \text{cm}^2$ 以下であった。

〇：測定サンプルから発生する α 線量が $0.002 \text{ cph} / \text{cm}^2$ 超、 $0.02 \text{ cph} / \text{cm}^2$ 以下であった。

×：測定サンプルから発生する α 線量が $0.02 \text{ cph} / \text{cm}^2$ 超であった。

この判定が「〇〇」又は「〇」であれば、発生する α 線量が経時変化せず、安定なものであると言える。すなわち、電子機器類におけるソフトエラーの発生を抑制することができる。

【0108】

[総合評価]

〇：表1Aから表25Bにおいて、増粘抑制、液相線温度と固相線温度との温度差(ΔT)、製造直後の α 線量、加熱処理後の α 線量、 α 線量の経時変化の各評価が、いずれも「〇〇」又は「〇」であった。

×：表1Aから表25Bにおいて、増粘抑制、液相線温度と固相線温度との温度差(ΔT)、製造直後の α 線量、加熱処理後の α 線量、 α 線量の経時変化の各評価のうち、少なくとも1つが×であった。

【0109】

10

20

30

40

50

【表 1 A】

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

【 0 1 1 0 】

10

20

30

40

50

【表 1 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例1	○	○	○○	○○	○○	○
実施例2	○	○	○○	○○	○○	○
実施例3	○	○	○○	○○	○○	○
実施例4	○	○	○○	○○	○○	○
実施例5	○	○	○○	○○	○○	○
実施例6	○	○	○○	○○	○○	○
実施例7	○	○	○○	○○	○○	○
実施例8	○	○	○○	○○	○○	○
実施例9	○	○	○○	○○	○○	○
実施例10	○	○	○○	○○	○○	○
実施例11	○	○	○○	○○	○○	○
実施例12	○	○	○○	○○	○○	○
実施例13	○	○	○○	○○	○○	○
実施例14	○	○	○○	○○	○○	○
実施例15	○	○	○○	○○	○○	○
実施例16	○	○	○○	○○	○○	○
実施例17	○	○	○○	○○	○○	○
実施例18	○	○	○○	○○	○○	○

【 0 1 1 1 】

【表 2 A】

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

【 0 1 1 2 】

10

20

30

40

50

【表 2 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例19	○	○	○○	○○	○○	○
実施例20	○	○	○○	○○	○○	○
実施例21	○	○	○○	○○	○○	○
実施例22	○	○	○○	○○	○○	○
実施例23	○	○	○○	○○	○○	○
実施例24	○	○	○○	○○	○○	○
実施例25	○	○	○○	○○	○○	○
実施例26	○	○	○○	○○	○○	○
実施例27	○	○	○○	○○	○○	○
実施例28	○	○	○○	○○	○○	○
実施例29	○	○	○○	○○	○○	○
実施例30	○	○	○○	○○	○○	○
実施例31	○	○	○○	○○	○○	○
実施例32	○	○	○○	○○	○○	○
実施例33	○	○	○○	○○	○○	○
実施例34	○	○	○○	○○	○○	○
実施例35	○	○	○○	○○	○○	○
実施例36	○	○	○○	○○	○○	○
実施例37	○	○	○○	○○	○○	○
実施例38	○	○	○○	○○	○○	○
実施例39	○	○	○○	○○	○○	○
実施例40	○	○	○○	○○	○○	○
実施例41	○	○	○○	○○	○○	○
実施例42	○	○	○○	○○	○○	○
実施例43	○	○	○○	○○	○○	○

【 0 1 1 3 】

10

20

30

40

50

【表 3 A】

	合金組成(Ag, Cu, Bi, Sb:質量%, U, Th:質量ppb, As, Pb, Ni, Fe:質量ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
実施例44	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
実施例45	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
実施例46	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
実施例47	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
実施例48	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	-	-	-
実施例49	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	-	-	-
実施例50	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	-	-	-
実施例51	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	-	-	-
実施例52	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	-	-	-
実施例53	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	-	-	-
実施例54	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	-	-	-
実施例55	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	-	-	-
実施例56	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	600		0.1000	1.00	-	-	-
実施例57	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		100	0.1000	1.00	-	-	-

【 0 1 1 4 】

【表 3 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例44	○	○	○○	○○	○○	○
実施例45	○	○	○○	○○	○○	○
実施例46	○	○	○○	○○	○○	○
実施例47	○	○	○○	○○	○○	○
実施例48	○	○	○○	○○	○○	○
実施例49	○	○	○○	○○	○○	○
実施例50	○	○	○○	○○	○○	○
実施例51	○	○	○○	○○	○○	○
実施例52	○	○	○○	○○	○○	○
実施例53	○	○	○○	○○	○○	○
実施例54	○	○	○○	○○	○○	○
実施例55	○	○	○○	○○	○○	○
実施例56	○	○	○○	○○	○○	○
実施例57	○	○	○○	○○	○○	○

【 0 1 1 5 】

10

20

30

40

50

【表 4 A】

	合金組成 (Ag, Cu, Bi, Sb:質量%, U, Th:質量ppb, As, Pb, Ni, Fe:質量ppm)										Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe				
実施例58	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050		<1ppm	<1ppm	0.0050	0	-	-
実施例59	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0050	-	-	-
実施例60	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0025	0.0025	<1ppm	<1ppm	0.0050	1.00	-	-
実施例61	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100		<1ppm	<1ppm	0.0100	0	-	-
実施例62	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0100	-	-	-
実施例63	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050	0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0100	1.00	-	-
実施例64	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0200		<1ppm	<1ppm	0.0200	0	-	-
実施例65	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0200	<1ppm	<1ppm	0.0200	-	-	-
実施例66	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0200	1.00	-	-
実施例67	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0150	0.0150	<1ppm	<1ppm	0.0300	1.00	-	-
実施例68	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0900		<1ppm	<1ppm	0.0900	0	-	-
実施例69	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0900	<1ppm	<1ppm	0.0900	-	-	-

【 0 1 1 6 】

10

20

30

40

50

【表 4 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例58	○	○	○○	○○	○○	○
実施例59	○	○	○○	○○	○○	○
実施例60	○	○	○○	○○	○○	○
実施例61	○	○	○○	○○	○○	○
実施例62	○	○	○○	○○	○○	○
実施例63	○	○	○○	○○	○○	○
実施例64	○	○	○○	○○	○○	○
実施例65	○	○	○○	○○	○○	○
実施例66	○	○	○○	○○	○○	○
実施例67	○	○	○○	○○	○○	○
実施例68	○	○	○○	○○	○○	○
実施例69	○	○	○○	○○	○○	○

【 0 1 1 7 】

10

20

30

40

50

【表 5 A】

	合金組成(Ag, Cu, Bi, Sb:質量%, U, Th:質量ppb, As, Pb, Ni, Fe:質量ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
比較例1	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm			<1ppm	<1ppm	0	-	-	-	-
比較例2	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0010		<1ppm	<1ppm	0.0010	0	-	-	-
比較例3	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0010	<1ppm	<1ppm	0.0010	-	-	-	-
比較例4	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0010	0.0010	<1ppm	<1ppm	0.0020	1.00	-	-	-
比較例5	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	2.5000		<1ppm	<1ppm	2.5000	0	-	-	-
比較例6	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		1.0000	<1ppm	<1ppm	1.0000	-	-	-	-
比較例7	Bal.			<5ppb	<5ppb	<1ppm	200			<1ppm	<1ppm	0	-	-	-	-
比較例8	Bal.			<5ppb	<5ppb	100	200			<1ppm	<1ppm	0	-	-	-	-

【 0 1 1 8 】

10

20

30

40

50

【表 5 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
比較例1	×	○	○○	○○	○○	×
比較例2	×	○	○○	○○	○○	×
比較例3	×	○	○○	○○	○○	×
比較例4	×	○	○○	○○	○○	×
比較例5	○	×	○○	○○	○○	×
比較例6	○	×	○○	○○	○○	×
比較例7	×	○	○○	○○	×	×
比較例8	○	○	×	×	×	×

【 0 1 1 9 】

10

20

30

40

50

【表 6 A】

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

【 0 1 2 0 】

【表 6 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例70	○	○	○○	○○	○○	○
実施例71	○	○	○○	○○	○○	○
実施例72	○	○	○○	○○	○○	○
実施例73	○	○	○○	○○	○○	○
実施例74	○	○	○○	○○	○○	○
実施例75	○	○	○○	○○	○○	○
実施例76	○	○	○○	○○	○○	○
実施例77	○	○	○○	○○	○○	○
実施例78	○	○	○○	○○	○○	○
実施例79	○	○	○○	○○	○○	○
実施例80	○	○	○○	○○	○○	○
実施例81	○	○	○○	○○	○○	○
実施例82	○	○	○○	○○	○○	○
実施例83	○	○	○○	○○	○○	○
実施例84	○	○	○○	○○	○○	○
実施例85	○	○	○○	○○	○○	○
実施例86	○	○	○○	○○	○○	○
実施例87	○	○	○○	○○	○○	○

【 0 1 2 1 】

10

20

30

40

50

【表 7 A】

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

【 0 1 2 2 】

10

20

30

40

50

【表 7 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例88	○	○	○○	○○	○○	○
実施例89	○	○	○○	○○	○○	○
実施例90	○	○	○○	○○	○○	○
実施例91	○	○	○○	○○	○○	○
実施例92	○	○	○○	○○	○○	○
実施例93	○	○	○○	○○	○○	○
実施例94	○	○	○○	○○	○○	○
実施例95	○	○	○○	○○	○○	○
実施例96	○	○	○○	○○	○○	○
実施例97	○	○	○○	○○	○○	○
実施例98	○	○	○○	○○	○○	○
実施例99	○	○	○○	○○	○○	○
実施例100	○	○	○○	○○	○○	○
実施例101	○	○	○○	○○	○○	○
実施例102	○	○	○○	○○	○○	○
実施例103	○	○	○○	○○	○○	○
実施例104	○	○	○○	○○	○○	○
実施例105	○	○	○○	○○	○○	○
実施例106	○	○	○○	○○	○○	○
実施例107	○	○	○○	○○	○○	○
実施例108	○	○	○○	○○	○○	○
実施例109	○	○	○○	○○	○○	○
実施例110	○	○	○○	○○	○○	○
実施例111	○	○	○○	○○	○○	○
実施例112	○	○	○○	○○	○○	○

【 0 1 2 3 】

10

20

30

40

50

【表 8 A】

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

【 0 1 2 4 】

【表 8 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例113	○	○	○○	○○	○○	○
実施例114	○	○	○○	○○	○○	○
実施例115	○	○	○○	○○	○○	○
実施例116	○	○	○○	○○	○○	○
実施例117	○	○	○○	○○	○○	○
実施例118	○	○	○○	○○	○○	○
実施例119	○	○	○○	○○	○○	○
実施例120	○	○	○○	○○	○○	○
実施例121	○	○	○○	○○	○○	○
実施例122	○	○	○○	○○	○○	○
実施例123	○	○	○○	○○	○○	○
実施例124	○	○	○○	○○	○○	○
実施例125	○	○	○○	○○	○○	○
実施例126	○	○	○○	○○	○○	○

10

20

【 0 1 2 5 】

30

40

50

【表 9 A】

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

【 0 1 2 6 】

【表 9 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例127	○	○	○○	○○	○○	○
実施例128	○	○	○○	○○	○○	○
実施例129	○	○	○○	○○	○○	○
実施例130	○	○	○○	○○	○○	○
実施例131	○	○	○○	○○	○○	○
実施例132	○	○	○○	○○	○○	○
実施例133	○	○	○○	○○	○○	○
実施例134	○	○	○○	○○	○○	○
実施例135	○	○	○○	○○	○○	○
実施例136	○	○	○○	○○	○○	○
実施例137	○	○	○○	○○	○○	○
実施例138	○	○	○○	○○	○○	○

10

20

【 0 1 2 7 】

30

40

50

【表 1 0 A】

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

【 0 1 2 8 】

10

20

30

40

50

【表 1 0 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例139	○	○	○○	○○	○○	○
実施例140	○	○	○○	○○	○○	○
実施例141	○	○	○○	○○	○○	○
実施例142	○	○	○○	○○	○○	○
実施例143	○	○	○○	○○	○○	○
実施例144	○	○	○○	○○	○○	○
実施例145	○	○	○○	○○	○○	○
実施例146	○	○	○○	○○	○○	○
実施例147	○	○	○○	○○	○○	○
実施例148	○	○	○○	○○	○○	○
実施例149	○	○	○○	○○	○○	○
実施例150	○	○	○○	○○	○○	○
実施例151	○	○	○○	○○	○○	○
実施例152	○	○	○○	○○	○○	○
実施例153	○	○	○○	○○	○○	○
実施例154	○	○	○○	○○	○○	○
実施例155	○	○	○○	○○	○○	○
実施例156	○	○	○○	○○	○○	○

【 0 1 2 9】

10

20

30

40

50

【表 1 1 A】

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

【 0 1 3 0 】

10

20

30

40

50

【表 1 1 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例157	○	○	○○	○○	○○	○
実施例158	○	○	○○	○○	○○	○
実施例159	○	○	○○	○○	○○	○
実施例160	○	○	○○	○○	○○	○
実施例161	○	○	○○	○○	○○	○
実施例162	○	○	○○	○○	○○	○
実施例163	○	○	○○	○○	○○	○
実施例164	○	○	○○	○○	○○	○
実施例165	○	○	○○	○○	○○	○
実施例166	○	○	○○	○○	○○	○
実施例167	○	○	○○	○○	○○	○
実施例168	○	○	○○	○○	○○	○
実施例169	○	○	○○	○○	○○	○
実施例170	○	○	○○	○○	○○	○
実施例171	○	○	○○	○○	○○	○
実施例172	○	○	○○	○○	○○	○
実施例173	○	○	○○	○○	○○	○
実施例174	○	○	○○	○○	○○	○
実施例175	○	○	○○	○○	○○	○
実施例176	○	○	○○	○○	○○	○
実施例177	○	○	○○	○○	○○	○
実施例178	○	○	○○	○○	○○	○
実施例179	○	○	○○	○○	○○	○
実施例180	○	○	○○	○○	○○	○
実施例181	○	○	○○	○○	○○	○

【0 1 3 1】

10

20

30

40

50

	合金組成(Ag, Cu, Bi, Sb:質量%, U, Th:質量ppb、As, Pb, Ni, Fe:質量ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
実施例182	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
実施例183	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
実施例184	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
実施例185	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	20		0.1000	1.00	-	-	-
実施例186	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	-	-	-
実施例187	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	-	-	-
実施例188	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	-	-	-
実施例189	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		20	0.1000	1.00	-	-	-
実施例190	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	-	-	-
実施例191	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	-	-	-
実施例192	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	-	-	-
実施例193	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	150	60	0.1000	1.00	-	-	-
実施例194	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	600		0.1000	1.00	-	-	-
実施例195	Bal.	3.0		<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500		100	0.1000	1.00	-	-	-

【表 1 2 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例182	○	○	○○	○○	○○	○
実施例183	○	○	○○	○○	○○	○
実施例184	○	○	○○	○○	○○	○
実施例185	○	○	○○	○○	○○	○
実施例186	○	○	○○	○○	○○	○
実施例187	○	○	○○	○○	○○	○
実施例188	○	○	○○	○○	○○	○
実施例189	○	○	○○	○○	○○	○
実施例190	○	○	○○	○○	○○	○
実施例191	○	○	○○	○○	○○	○
実施例192	○	○	○○	○○	○○	○
実施例193	○	○	○○	○○	○○	○
実施例194	○	○	○○	○○	○○	○
実施例195	○	○	○○	○○	○○	○

【 0 1 3 3 】

10

20

30

40

50

【表 1 3 A】

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

【 0 1 3 4 】

10

20

30

40

50

【表 1 3 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α線量製造直後	α線量加熱処理後	α線量経時変化	総合評価
実施例196	○	○	○○	○○	○○	○
実施例197	○	○	○○	○○	○○	○
実施例198	○	○	○○	○○	○○	○
実施例199	○	○	○○	○○	○○	○
実施例200	○	○	○○	○○	○○	○
実施例201	○	○	○○	○○	○○	○
実施例202	○	○	○○	○○	○○	○
実施例203	○	○	○○	○○	○○	○
実施例204	○	○	○○	○○	○○	○
実施例205	○	○	○○	○○	○○	○
実施例206	○	○	○○	○○	○○	○
実施例207	○	○	○○	○○	○○	○

【 0 1 3 5】

10

20

30

40

50

【表 1 4 A】

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

【表 1 4 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例208	○	○	○○	○○	○○	○
実施例209	○	○	○○	○○	○○	○
実施例210	○	○	○○	○○	○○	○
実施例211	○	○	○○	○○	○○	○
実施例212	○	○	○○	○○	○○	○
実施例213	○	○	○○	○○	○○	○
実施例214	○	○	○○	○○	○○	○
実施例215	○	○	○○	○○	○○	○
実施例216	○	○	○○	○○	○○	○
実施例217	○	○	○○	○○	○○	○
実施例218	○	○	○○	○○	○○	○
実施例219	○	○	○○	○○	○○	○
実施例220	○	○	○○	○○	○○	○
実施例221	○	○	○○	○○	○○	○
実施例222	○	○	○○	○○	○○	○
実施例223	○	○	○○	○○	○○	○
実施例224	○	○	○○	○○	○○	○
実施例225	○	○	○○	○○	○○	○

【0 1 3 7】

10

20

30

40

50

【表 1 5 A】

	合金組成(Ag, Cu, Bi, Sb, 質量%, U, Th:質量ppb, As, Pb, Ni, Fe:質量ppm)											Bi + Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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

【 0 1 3 8 】

10

20

30

40

【表 1 5 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例226	○	○	○○	○○	○○	○
実施例227	○	○	○○	○○	○○	○
実施例228	○	○	○○	○○	○○	○
実施例229	○	○	○○	○○	○○	○
実施例230	○	○	○○	○○	○○	○
実施例231	○	○	○○	○○	○○	○
実施例232	○	○	○○	○○	○○	○
実施例233	○	○	○○	○○	○○	○
実施例234	○	○	○○	○○	○○	○
実施例235	○	○	○○	○○	○○	○
実施例236	○	○	○○	○○	○○	○
実施例237	○	○	○○	○○	○○	○
実施例238	○	○	○○	○○	○○	○
実施例239	○	○	○○	○○	○○	○
実施例240	○	○	○○	○○	○○	○
実施例241	○	○	○○	○○	○○	○
実施例242	○	○	○○	○○	○○	○
実施例243	○	○	○○	○○	○○	○
実施例244	○	○	○○	○○	○○	○
実施例245	○	○	○○	○○	○○	○
実施例246	○	○	○○	○○	○○	○
実施例247	○	○	○○	○○	○○	○
実施例248	○	○	○○	○○	○○	○
実施例249	○	○	○○	○○	○○	○
実施例250	○	○	○○	○○	○○	○

【0 1 3 9】

10

20

30

40

50

【表 1 6 A】

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

【 0 1 4 0 】

10

20

30

40

50

【表 1 6 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例251	○	○	○○	○○	○○	○
実施例252	○	○	○○	○○	○○	○
実施例253	○	○	○○	○○	○○	○
実施例254	○	○	○○	○○	○○	○
実施例255	○	○	○○	○○	○○	○
実施例256	○	○	○○	○○	○○	○
実施例257	○	○	○○	○○	○○	○
実施例258	○	○	○○	○○	○○	○
実施例259	○	○	○○	○○	○○	○
実施例260	○	○	○○	○○	○○	○
実施例261	○	○	○○	○○	○○	○
実施例262	○	○	○○	○○	○○	○
実施例263	○	○	○○	○○	○○	○
実施例264	○	○	○○	○○	○○	○

10

20

【 0 1 4 1】

30

40

50

	合金組成(Ag, Cu, Bi, Sb:質量%, U, Th:質量ppb, As, Pb, Ni, Fe:質量ppm)										Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe				
実施例265	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050		<1ppm	<1ppm	0.0050	0	100.00	100.00
実施例266	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0050	—	100.00	100.00
実施例267	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0025	0.0025	<1ppm	<1ppm	0.0050	1.00	200.00	100.00
実施例268	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100		<1ppm	<1ppm	0.0100	0	50.00	50.00
実施例269	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0100	—	50.00	50.00
実施例270	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050	0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0100	1.00	100.00	50.00
実施例271	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0200		<1ppm	<1ppm	0.0200	0	25.00	25.00
実施例272	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0200	<1ppm	<1ppm	0.0200	—	25.00	25.00
実施例273	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0200	1.00	50.00	25.00
実施例274	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0150	0.0150	<1ppm	<1ppm	0.0300	1.00	33.33	16.67
実施例275	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0900		<1ppm	<1ppm	0.0900	0	5.56	5.56
実施例276	Bal.	1.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0900	<1ppm	<1ppm	0.0900	—	5.56	5.56

【表 1 7 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例265	○	○	○○	○○	○○	○
実施例266	○	○	○○	○○	○○	○
実施例267	○	○	○○	○○	○○	○
実施例268	○	○	○○	○○	○○	○
実施例269	○	○	○○	○○	○○	○
実施例270	○	○	○○	○○	○○	○
実施例271	○	○	○○	○○	○○	○
実施例272	○	○	○○	○○	○○	○
実施例273	○	○	○○	○○	○○	○
実施例274	○	○	○○	○○	○○	○
実施例275	○	○	○○	○○	○○	○
実施例276	○	○	○○	○○	○○	○

10

20

【 0 1 4 3 】

30

40

50

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

【表 1 8 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例277	○	○	○○	○○	○○	○
実施例278	○	○	○○	○○	○○	○
実施例279	○	○	○○	○○	○○	○
実施例280	○	○	○○	○○	○○	○
実施例281	○	○	○○	○○	○○	○
実施例282	○	○	○○	○○	○○	○
実施例283	○	○	○○	○○	○○	○
実施例284	○	○	○○	○○	○○	○
実施例285	○	○	○○	○○	○○	○
実施例286	○	○	○○	○○	○○	○
実施例287	○	○	○○	○○	○○	○
実施例288	○	○	○○	○○	○○	○
実施例289	○	○	○○	○○	○○	○
実施例290	○	○	○○	○○	○○	○
実施例291	○	○	○○	○○	○○	○
実施例292	○	○	○○	○○	○○	○
実施例293	○	○	○○	○○	○○	○
実施例294	○	○	○○	○○	○○	○

【 0 1 4 5 】

10

20

30

40

50

【表 1 9 A】

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

【 0 1 4 6 】

10

20

30

40

50

【表 1 9 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例295	○	○	○○	○○	○○	○
実施例296	○	○	○○	○○	○○	○
実施例297	○	○	○○	○○	○○	○
実施例298	○	○	○○	○○	○○	○
実施例299	○	○	○○	○○	○○	○
実施例300	○	○	○○	○○	○○	○
実施例301	○	○	○○	○○	○○	○
実施例302	○	○	○○	○○	○○	○
実施例303	○	○	○○	○○	○○	○
実施例304	○	○	○○	○○	○○	○
実施例305	○	○	○○	○○	○○	○
実施例306	○	○	○○	○○	○○	○
実施例307	○	○	○○	○○	○○	○
実施例308	○	○	○○	○○	○○	○
実施例309	○	○	○○	○○	○○	○
実施例310	○	○	○○	○○	○○	○
実施例311	○	○	○○	○○	○○	○
実施例312	○	○	○○	○○	○○	○
実施例313	○	○	○○	○○	○○	○
実施例314	○	○	○○	○○	○○	○
実施例315	○	○	○○	○○	○○	○
実施例316	○	○	○○	○○	○○	○
実施例317	○	○	○○	○○	○○	○
実施例318	○	○	○○	○○	○○	○
実施例319	○	○	○○	○○	○○	○

【 0 1 4 7 】

10

20

30

40

50

	合金組成 (Ag, Cu, Bi, Sb:質量%, U, Th:質量ppb, As, Pb, Ni, Fe:質量ppm)											Bi + Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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

【表 2 0 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例320	○	○	○○	○○	○○	○
実施例321	○	○	○○	○○	○○	○
実施例322	○	○	○○	○○	○○	○
実施例323	○	○	○○	○○	○○	○
実施例324	○	○	○○	○○	○○	○
実施例325	○	○	○○	○○	○○	○
実施例326	○	○	○○	○○	○○	○
実施例327	○	○	○○	○○	○○	○
実施例328	○	○	○○	○○	○○	○
実施例329	○	○	○○	○○	○○	○
実施例330	○	○	○○	○○	○○	○
実施例331	○	○	○○	○○	○○	○
実施例332	○	○	○○	○○	○○	○
実施例333	○	○	○○	○○	○○	○

10

20

【 0 1 4 9 】

30

40

50

【表 2 1 A】

	合金組成 (Ag, Cu, Bi, Sb:質量%, U, Th:質量ppb, As, Pb, Ni, Fe:質量ppm)										Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe				
実施例334	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050		<1ppm	<1ppm	0.0050	0	100.00	100.00
実施例335	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0050	—	—	100.00
実施例336	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0025	0.0025	<1ppm	<1ppm	0.0050	1.00	200.00	100.00
実施例337	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100		<1ppm	<1ppm	0.0100	0	50.00	50.00
実施例338	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0100	—	—	50.00
実施例339	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050	0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0100	1.00	100.00	50.00
実施例340	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0200		<1ppm	<1ppm	0.0200	0	25.00	25.00
実施例341	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0200	<1ppm	<1ppm	0.0200	—	—	25.00
実施例342	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0200	1.00	50.00	25.00
実施例343	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0150	0.0150	<1ppm	<1ppm	0.0300	1.00	33.33	16.67
実施例344	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0900		<1ppm	<1ppm	0.0900	0	5.56	5.56
実施例345	Bal.	3.0	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0900	<1ppm	<1ppm	0.0900	—	—	5.56

【 0 1 5 0 】

【表 2 1 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例334	○	○	○○	○○	○○	○
実施例335	○	○	○○	○○	○○	○
実施例336	○	○	○○	○○	○○	○
実施例337	○	○	○○	○○	○○	○
実施例338	○	○	○○	○○	○○	○
実施例339	○	○	○○	○○	○○	○
実施例340	○	○	○○	○○	○○	○
実施例341	○	○	○○	○○	○○	○
実施例342	○	○	○○	○○	○○	○
実施例343	○	○	○○	○○	○○	○
実施例344	○	○	○○	○○	○○	○
実施例345	○	○	○○	○○	○○	○

10

20

【 0 1 5 1 】

30

40

50

【表 2 2 A】

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

【 0 1 5 2 】

10

20

30

40

50

【表 2 2 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例346	○	○	○○	○○	○○	○
実施例347	○	○	○○	○○	○○	○
実施例348	○	○	○○	○○	○○	○
実施例349	○	○	○○	○○	○○	○
実施例350	○	○	○○	○○	○○	○
実施例351	○	○	○○	○○	○○	○
実施例352	○	○	○○	○○	○○	○
実施例353	○	○	○○	○○	○○	○
実施例354	○	○	○○	○○	○○	○
実施例355	○	○	○○	○○	○○	○
実施例356	○	○	○○	○○	○○	○
実施例357	○	○	○○	○○	○○	○
実施例358	○	○	○○	○○	○○	○
実施例359	○	○	○○	○○	○○	○
実施例360	○	○	○○	○○	○○	○
実施例361	○	○	○○	○○	○○	○
実施例362	○	○	○○	○○	○○	○
実施例363	○	○	○○	○○	○○	○

【0 1 5 3】

10

20

30

40

50

【表 2 3 A】

	合金組成 (Ag, Cu, Bi, Sb:質量%, U, Th:質量ppb, As, Pb, Ni, Fe:質量ppm)										Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe				
実施例364	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.13	16.67	125.00	14.71
実施例365	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.08	10.00	125.00	9.26
実施例366	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.04	5.00	125.00	4.81
実施例367	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0040	<1ppm	<1ppm	0.01	1.00	125.00	0.99
実施例368	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.33	16.67	50.00	12.50
実施例369	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.20	10.00	50.00	8.33
実施例370	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.10	5.00	50.00	4.55
実施例371	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.02	1.00	50.00	0.98
実施例372	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0300	<1ppm	<1ppm	1.00	16.67	16.67	8.33
実施例373	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.60	10.00	16.67	6.25
実施例374	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.30	5.00	16.67	3.85
実施例375	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0300	<1ppm	<1ppm	0.06	1.00	16.67	0.94
実施例376	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.0500	<1ppm	<1ppm	1.67	16.67	10.00	6.25
実施例377	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.0500	<1ppm	<1ppm	1.00	10.00	10.00	5.00
実施例378	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.50	5.00	10.00	3.33
実施例379	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.0500	<1ppm	<1ppm	0.10	1.00	10.00	0.91
実施例380	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.1000	<1ppm	<1ppm	3.33	16.67	5.00	3.85
実施例381	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.1000	<1ppm	<1ppm	2.00	10.00	5.00	3.33
実施例382	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.1000	<1ppm	<1ppm	1.00	5.00	5.00	2.50
実施例383	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.1000	<1ppm	<1ppm	0.20	1.00	5.00	0.83
実施例384	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0300	0.3000	<1ppm	<1ppm	10.00	16.67	1.67	1.52
実施例385	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0500	0.3000	<1ppm	<1ppm	6.00	10.00	1.67	1.43
実施例386	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.1000	0.3000	<1ppm	<1ppm	3.00	5.00	1.67	1.25
実施例387	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.5000	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.60	1.00	1.67	0.63
実施例388	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.9000	0.3000	<1ppm	<1ppm	0.33	0.56	1.67	0.42

【 0 1 5 4 】

10

20

30

40

50

【表 2 3 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例364	○	○	○○	○○	○○	○
実施例365	○	○	○○	○○	○○	○
実施例366	○	○	○○	○○	○○	○
実施例367	○	○	○○	○○	○○	○
実施例368	○	○	○○	○○	○○	○
実施例369	○	○	○○	○○	○○	○
実施例370	○	○	○○	○○	○○	○
実施例371	○	○	○○	○○	○○	○
実施例372	○	○	○○	○○	○○	○
実施例373	○	○	○○	○○	○○	○
実施例374	○	○	○○	○○	○○	○
実施例375	○	○	○○	○○	○○	○
実施例376	○	○	○○	○○	○○	○
実施例377	○	○	○○	○○	○○	○
実施例378	○	○	○○	○○	○○	○
実施例379	○	○	○○	○○	○○	○
実施例380	○	○	○○	○○	○○	○
実施例381	○	○	○○	○○	○○	○
実施例382	○	○	○○	○○	○○	○
実施例383	○	○	○○	○○	○○	○
実施例384	○	○	○○	○○	○○	○
実施例385	○	○	○○	○○	○○	○
実施例386	○	○	○○	○○	○○	○
実施例387	○	○	○○	○○	○○	○
実施例388	○	○	○○	○○	○○	○

【0 1 5 5】

10

20

30

40

50

【表 2 4 A】

	合金組成 (Ag, Cu, Bi, Sb:質量%, U, Th:質量ppb, As, Pb, Ni, Fe:質量ppm)											Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/ (Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe					
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例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
実施例397	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
実施例398	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
実施例399	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
実施例400	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
実施例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
実施例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

【 0 1 5 6 】

【表 2 4 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例389	○	○	○○	○○	○○	○
実施例390	○	○	○○	○○	○○	○
実施例391	○	○	○○	○○	○○	○
実施例392	○	○	○○	○○	○○	○
実施例393	○	○	○○	○○	○○	○
実施例394	○	○	○○	○○	○○	○
実施例395	○	○	○○	○○	○○	○
実施例396	○	○	○○	○○	○○	○
実施例397	○	○	○○	○○	○○	○
実施例398	○	○	○○	○○	○○	○
実施例399	○	○	○○	○○	○○	○
実施例400	○	○	○○	○○	○○	○
実施例401	○	○	○○	○○	○○	○
実施例402	○	○	○○	○○	○○	○

【0 1 5 7】

10

20

30

40

50

【表 2 5 A】

	合金組成(Ag, Cu, Bi, Sb:質量%, U, Th:質量ppb, As, Pb, Ni, Fe:質量ppm)										Bi+Sb	Sb/Bi	Cu/Bi	Cu/Sb	Cu/(Bi+Sb)
	Sn	Ag	Cu	U	Th	As	Pb	Bi	Sb	Ni	Fe				
実施例403	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050		<1ppm	<1ppm	0.0050	0	100.00	100.00
実施例404	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0050	—	100.00	100.00
実施例405	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0025	0.0025	<1ppm	<1ppm	0.0050	1.00	200.00	100.00
実施例406	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100		<1ppm	<1ppm	0.0100	0	50.00	50.00
実施例407	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0100	—	50.00	50.00
実施例408	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0050	0.0050	<1ppm	<1ppm	0.0100	1.00	100.00	50.00
実施例409	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0200		<1ppm	<1ppm	0.0200	0	25.00	25.00
実施例410	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0200	<1ppm	<1ppm	0.0200	—	25.00	25.00
実施例411	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0100	0.0100	<1ppm	<1ppm	0.0200	1.00	50.00	25.00
実施例412	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0150	0.0150	<1ppm	<1ppm	0.0300	1.00	33.33	16.67
実施例413	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm	0.0900		<1ppm	<1ppm	0.0900	0	5.56	5.56
実施例414	Bal.	3.5	0.5	<5ppb	<5ppb	<1ppm	<1ppm		0.0900	<1ppm	<1ppm	0.0900	—	5.56	5.56

【 0 1 5 8】

10

20

30

40

50

【表 2 5 B】

	評価結果					
	増粘抑制	ΔT	α 線量製造直後	α 線量加熱処理後	α 線量経時変化	総合評価
実施例403	○	○	○○	○○	○○	○
実施例404	○	○	○○	○○	○○	○
実施例405	○	○	○○	○○	○○	○
実施例406	○	○	○○	○○	○○	○
実施例407	○	○	○○	○○	○○	○
実施例408	○	○	○○	○○	○○	○
実施例409	○	○	○○	○○	○○	○
実施例410	○	○	○○	○○	○○	○
実施例411	○	○	○○	○○	○○	○
実施例412	○	○	○○	○○	○○	○
実施例413	○	○	○○	○○	○○	○
実施例414	○	○	○○	○○	○○	○

【0159】

表1Aから表25Bに示すように、本発明を適用した実施例1～414のはんだ合金を用いた場合では、いずれにおいても、ソルダペーストの経時での粘度増加を抑制し、はんだ継手の機械的強度を高められ、かつ、ソフトエラーの発生を抑制することが可能であることが確認された。

【0160】

一方、本発明の範囲外である比較例1～8のはんだ合金を用いた場合では、いずれにおいても、増粘抑制、液相線温度と固相線温度との温度差（ ΔT ）、及び α 線量の評価のうちの少なくとも1つが劣る結果を示した。

フロントページの続き

(72)発明者 川又 勇司

東京都足立区千住橋戸町23番地 千住金属工業株式会社内

審査官 小川 進

(56)参考文献 特許第5296269(JP, B1)
特開2017-113756(JP, A)
特許第5019764(JP, B2)
特許第6540869(JP, B1)
特開2020-055037(JP, A)
特許第4472752(JP, B2)
特開2005-103645(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B23K 35/26
C22C 13/02
C22C 13/00
B23K 35/22