

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-82122
(P2020-82122A)

(43) 公開日 令和2年6月4日(2020.6.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
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	
B 2 3 K 35/22 (2006.01)	B 2 3 K 35/22	3 1 0 A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2018-219012 (P2018-219012)
(22) 出願日 平成30年11月22日 (2018.11.22)

(71) 出願人 504145364
国立大学法人群馬大学
群馬県前橋市荒牧町四丁目2番地
(74) 代理人 110000925
特許業務法人信友国際特許事務所
(72) 発明者 莊司 郁夫
群馬県前橋市荒牧町四丁目2番地 国立大
学法人群馬大学内
(72) 発明者 小林 竜也
群馬県前橋市荒牧町四丁目2番地 国立大
学法人群馬大学内

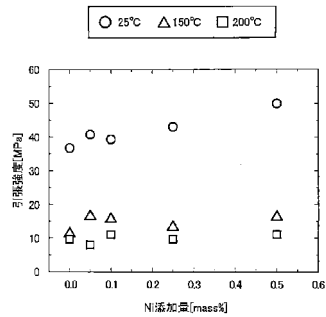
(54) 【発明の名称】 はんだ合金、はんだペースト、ブリフォームはんだ

(57) 【要約】

【課題】 機械的特性や疲労特性の向上を図ることができ、十分な耐熱性や信頼性を有する、はんだ合金を提供する。

【解決手段】 S bを5～10質量%、N iを0.05～0.25質量%、それぞれ含有し、残部はS nから成る合金組成を有するはんだ合金を構成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

S b を 5 ~ 1 0 質量%、N i を 0 . 0 5 ~ 0 . 2 5 質量%、それぞれ含有し、残部は S n から成る合金組成を有するはんだ合金。

【請求項 2】

N i を 0 . 0 5 ~ 0 . 1 0 質量%含有する、請求項 1 に記載のはんだ合金。

【請求項 3】

溶融温度領域（液相線温度 - 固相線温度）が 5 以内である、請求項 1 又は請求項 2 に記載のはんだ合金。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか 1 項に記載のはんだ合金を含有するはんだペースト。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか 1 項に記載のはんだ合金を含有するプリフォームはんだ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高温鉛フリー接合材に用いて好適な、はんだ合金に関する。また、このはんだ合金を含有する、はんだペースト、プリフォームはんだに関する。

【背景技術】

【0002】

電力の変換や制御を行うパワーモジュールは、電気自動車や電車といった輸送機器、工作機械やエレベータといった産業機器、エアコンや洗濯機といった民生機器など、あらゆる分野で利用されている。

【0003】

パワーモジュールの内部には、S i や S i C のウエハを使用した、MOSFET(Metal oxide semiconductor field effect transistor)やIGBT(Insulated gate bipolar transistor)のパワー半導体が、電力変換装置のスイッチングデバイスとして搭載されている。

【0004】

ここで、パワー半導体の動作温度は高温であり、S i パワー半導体の動作温度は最大 1 7 5 、S i C パワー半導体の動作温度は 2 0 0 以上とされており、パワー半導体と絶縁基板を接合するダイアタッチ材は、熱の影響を大きく受ける。このため、ダイアタッチ材には、高耐熱性や高信頼性が要求される。

【0005】

パワー半導体用ダイアタッチ材には、R o H S 指令の適用対象外となっている、鉛含有率 8 5 質量%以上の P b - S n 系高温はんだが、主として用いられている。

しかしながら、今後、P b - S n 系高温はんだも規制対象となりうるため、P b - S n 系高温はんだの代替となる高温鉛フリー接合材の実用化が望まれている。

【0006】

現状、高温鉛フリー接合材として、S n - S b 系はんだや A g 焼結体が、候補として挙げられ、開発が進められている。

【0007】

また、鉛フリーはんだの特性を改良するために、S b の他に、A g , C u , G e , N i 等の元素を添加した構成のはんだ合金が提案されている（例えば、特許文献 1 ~ 特許文献 4 を参照。）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献 1】特開 2 0 1 6 - 1 0 7 3 4 3 号公報

【特許文献 1】再公表 2 0 1 2 - 0 7 7 2 2 8 号公報

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開平10-286689号公報

【特許文献1】特開2008-221330号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

現状JIS Z3282で規定される鉛フリーはんだのうちで最高の融点（固相線温度：238、液相線温度：241）を持つSn-5SbはんだなどのSn-Sb系はんだは、高温鉛フリー接合材の候補として挙げられる。

しかし、Sn-Sb系はんだは、パワー半導体用ダイアタッチ材に適用するためには、さらなる機械的特性や疲労特性の向上が必要である。

10

【0010】

特許文献1～特許文献4に提案されている、はんだ合金は、Sbの他にAgやCuを多く添加しているため、Sn-Sb合金はんだと比較して、固相線温度が低くなってしまい、パワー半導体用ダイアタッチ材に適用するための耐熱性が劣る。

また、Cuを添加すると、溶融温度範囲（固相線温度-液相線温度）が広くなり、はんだが凝固する時に、引け巣（凝固割れ）が生じやすくなる。

また、Agの添加量が多くなると、125や150等の高温での疲労特性が劣化してしまう。

【0011】

上述した問題の解決のために、本発明においては、機械的特性や疲労特性の向上を図ることができ、十分な耐熱性や信頼性を有する、はんだ合金を提供するものである。また、このはんだ合金を含有する、はんだペースト、プリフォームはんだを提供するものである。

20

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明のはんだ合金は、Sbを5～10質量%、Niを0.05～0.25質量%、それぞれ含有し、残部はSnから成る合金組成を有する構成である。

【0013】

本発明のはんだペーストは、上記本発明のはんだ合金を含有する構成である。

本発明のプリフォームはんだは、上記本発明のはんだ合金を含有する構成である。

30

【発明の効果】

【0014】

上述の本発明によれば、Sbを5～10質量%、Niを0.05～0.25質量%、それぞれ含有し、残部はSnから成る合金組成を有することにより、Niを含有しないSn-Sb系はんだ合金の安定した溶融特性と同等の溶融特性を有する。

そして、Niを0.05～0.25質量%含有することにより、Niを含有しないSn-Sb系はんだ合金と比較して、機械的特性及び疲労特性を向上させることができる。

従って、本発明により、機械的特性や疲労特性の向上を図ることができ、十分な耐熱性や信頼性を有する、はんだ合金を構成することができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0015】

【図1】Sn-5SbへのNiの添加量と引張強度の関係を示す図である。

【図2】Sn-5SbへのNiの添加量と0.1%耐力の関係を示す図である。

【図3】Sn-5Sbの疲労寿命サイクル数と非弾性ひずみ範囲の関係を示す図である。

【図4】Sn-10Sbの疲労寿命サイクル数と非弾性ひずみ範囲の関係を示す図である。

【図5】Sn-5SbへのNiの添加量を変えたときの各組成の25における疲労寿命サイクル数と非弾性ひずみ範囲の関係を示す図である。

【図6】Sn-5SbへのNiの添加量を変えたときの各組成の150における疲労寿命サイクル数と非弾性ひずみ範囲の関係を示す図である。

50

【図7】Sn - 5SbへのNiの添加量を変えたときの各組成の200における疲労寿命サイクル数と非弾性ひずみ範囲の関係を示す図である。

【図8】Sn - 10SbへのNiの添加量を変えたときの各組成の25における疲労寿命サイクル数と非弾性ひずみ範囲の関係を示す図である。

【図9】Sn - 10SbへのNiの添加量を変えたときの各組成の150における疲労寿命サイクル数と非弾性ひずみ範囲の関係を示す図である。

【図10】Sn - 10SbへのNiの添加量を変えたときの各組成の200における疲労寿命サイクル数と非弾性ひずみ範囲の関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

本発明のはんだ合金は、Sbを5～10質量%、Niを0.05～0.25質量%、それぞれ含有し、残部はSnから成る合金組成を有する構成である。

即ち、本発明のはんだ合金は、SnとSbとNiの3つの元素を含有し、そのうち、Sn及びSbの2つの元素を主要成分として、さらにNiを0.05～0.25質量%という微量含有する合金組成を有する。主要成分としては、Sn及びSb以外の元素（例えば、AgやCu等）は含有しない。

【0017】

本発明のはんだ合金は、主要成分とならない微量（例えば、0.1質量%以下や、元素分析の検出限界以下、等）であれば、上述したSn, Sb, Ni以外の他の元素を含有していても構わない。例えば、はんだ自身の酸化防止剤として、GeやPを、ppmオーダーのごく微量含有していてもよい。

なお、はんだの作製に使用したSnにおける不純物の含有量によっては、添加したNiの含有量より他の不純物の元素の含有量が多い場合がありうる。

【0018】

本発明のはんだ合金は、Sbを5～10質量%、Niを0.05～0.25質量%、それぞれ含有しているため、Niを含有しないSn - Sb系はんだ合金の安定した溶融特性と同等の溶融特性を有する。

そして、Niを含有しないSn - Sb系はんだ合金と比較して、機械的特性及び疲労特性を向上させることができる。

従って、本発明により、機械的特性や疲労特性の向上を図ることができ、十分な耐熱性や信頼性を有する、はんだ合金を実現することができる。

【0019】

本発明のはんだ合金は、上述したように十分な耐熱性や信頼性を有するので、高い耐熱性や信頼性が要求される、パワーエレクトロニクス機器のパワー半導体のダイアタッチ材として、十分に適用できると考えられる。

【0020】

本発明のはんだ合金において、より好ましくは、Niを0.05～0.10質量%含有する。

Niを0.05～0.10質量%含有することにより、Niを含有しないSn - Sb系はんだ合金と比較して、特に、150以上の高温における疲労特性を向上することができる。

【0021】

また、本発明のはんだ合金において、好ましくは、溶融温度領域（液相線温度 - 固相線温度）が5以内である構成とする。

溶融温度領域が5以内と狭いことにより、はんだが凝固する際の、前述した引け巣（溶融割れ）の発生を防ぐことができる。

【0022】

さらに、本発明のはんだ合金を含有する、はんだペーストや、プリフォームはんだ（成形はんだ）を構成することができる。

これらのはんだペーストやプリフォームはんだ（成形はんだ）は、本発明のはんだ合金

10

20

30

40

50

を含有することにより、はんだ合金の溶融特性、機械的特性、疲労特性に優れている。これにより、耐熱性や信頼性に優れた、はんだペーストやプリフォームはんだを実現することができる。

【実施例】

【0023】

Sn-SbへのNiの添加量を変えて、それぞれのはんだ合金を作製して、特性を調べた。

【0024】

<実験1>

(Niの添加量と溶融特性の関係)

10

Niの添加量と溶融特性の関係を調べた。

JIS Z3282に規定されるSn-5Sb(添え字は質量%、以下同様とする)と、Sn-5SbにNiを0.05, 0.50質量%それぞれ添加したものと、Sn-10Sbと、Sn-10SbにSn-5SbにNiを0.05, 0.50質量%それぞれ添加したものの、6種類の組成のはんだ合金の試料を用意した。

【0025】

それぞれの試料に対して、示差走査熱量分析(Differential Scanning Calorimetry; DSC)の測定を行った。測定方法及び測定条件は、JIS Z3198-1に準拠した。

示差走査熱量分析の測定によって得られた、それぞれの組成の試料の、固相線温度()及び液相線温度()を、表1に示す。

20

【0026】

【表1】

はんだ組成(mass%)	固相線温度(°C)	液相線温度(°C)
Sn-5Sb	239.0	241.9
Sn-5Sb-0.05Ni	238.5	242.1
Sn-5Sb-0.50Ni	238.6	241.5
Sn-10Sb	242.5	247.3
Sn-10Sb-0.05Ni	244.4	246.8
Sn-10Sb-0.50Ni	242.9	246.2

30

【0027】

表1より、Sn-Sb系はんだにNiを添加しても、添加量が0.05~0.50質量%の範囲では、溶融温度域(融点)がほとんど低下することがなく、せいぜい測定誤差レベルの1程度しか低下しないことがわかる。そして、Niを添加した場合でも、JIS Z3282「はんだ-化学成分及び形状」で規定される高温はんだ(固相線温度217以上かつ液相線温度225以上)に分類されることがわかる。

【0028】

また、表1より、溶融温度域(液相線温度-固相線温度)が、Niを添加しない場合と同様に、5以内の狭い範囲となることがわかる。

従って、Niの添加量が0.05~0.50質量%の範囲では、Sn-Sb系はんだと同様に安定した溶融特性が得られる。

40

【0029】

<実験2>

(Niの添加量と機械的特性の関係)

Niの添加量と機械的特性の関係を調べた。

Sn-5Sbを基材として、基材にNiを0.05, 0.10, 0.25, 0.50質量%それぞれ添加した、Sn-Sb-Ni系はんだ合金を用意した。

また、比較対照として、Niを添加していないSn-5Sbはんだ合金も用意した。

【0030】

各組成のはんだ合金について、直径が0.5mmで標点距離2mmの微小試験片を作製

50

した。そして、同じ組成については、それぞれ5個の微小試験片を作製した。

【0031】

機械的特性として、それぞれの組成の微小試験片に対して、引張試験を行った。

試験条件は、温度25、150、200で、ひずみ速度 $2 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ として、引張試験を行い、引張強度と0.1%耐力を測定した。なお、同じ組成の5個の微小試験片の測定値の平均を、測定値とした。

測定結果として、Sn-5SbへのNiの添加量と引張強度の関係を、図1に示す。また、Sn-5SbへのNiの添加量と0.1%耐力の関係を、図2に示す。

【0032】

図1及び図2より、Sn-Sb-Ni系はんだ合金の引張強度及び0.1%耐力は、25ではNi添加量が増加するに伴い、増加していく。150と200では、25ほどではないが、Ni添加による強度上昇が認められた。

ただし、150と200では、Ni添加量の増加に伴う強度上昇が0.10質量%以上の添加で飽和する傾向が見られた。

【0033】

更に、実験2で作製した微小試験片のうち、Sn-5Sb、Sn-5Sb-0.10Ni、Sn-5Sb-0.50Niの3つの組成の微小試験片について、破断後の断面組織に対する、光学顕微鏡写真の撮影とEPMA（電子線プローブX線マイクロアナライザー）によるマッピング元素分析を行った。

その結果、Niを添加していないSn-5Sbでは、 β -Snを母相として、SbSn相が微細に分散していた。

また、Niを添加した、Sn-5Sb-0.10NiとSn-5Sb-0.50Niでは、母相の β -SnとSbSn相の他に、更にSbNi相が分散していることがわかった。そして、Ni添加量を増加することで、SbNi相が粗大化することもわかった。

これらの組成のマッピング元素分析の結果は、Sn-Sb二元系状態図やSn-Sb-Niの三元系状態図と合致している。

【0034】

<実験3>

(Niの添加量と疲労特性の関係)

Niの添加量と疲労特性の関係を調べた。

Sn-5SbとSn-10Sbを基材として、基材にNiを0.05、0.10、0.25、0.50質量%それぞれ添加した、Sn-Sb-Ni系はんだ合金を用意した。

また、比較対照として、Niを添加していないSn-5SbとSn-10Sbのはんだ合金も用意した。

【0035】

各組成のはんだ合金について、直径が0.5mmで標点距離2mmの微小試験片を作製した。

【0036】

疲労特性として、それぞれの組成の微小試験片に対して、低サイクル疲労試験を行った。

試験条件は、温度25、150、200で、ひずみ速度を $2 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 、全ひずみ範囲を0.4~2.0%とした。そして、低サイクル疲労試験の結果から、疲労寿命サイクル数（最大荷重より20%低下した時のサイクル数）と、非弾性ひずみ範囲との関係を求めた。

【0037】

まず、Niを添加していないSn-5SbとSn-10Sbについて、低サイクル疲労試験の結果を示す。Sn-5Sbの疲労寿命サイクル数と非弾性ひずみ範囲の関係を、図3に示し、Sn-10Sbの疲労寿命サイクル数と非弾性ひずみ範囲の関係を、図4に示す。

なお、図3及び図4中の β は、疲労延性指数であり、図3及び図4のグラフの傾きを示

10

20

30

40

50

す。そして、この疲労延性指数は、値が小さいほど疲労特性に優れている。

【0038】

図3及び図4より、温度25 ~ 200において、Sn - Sb系はんだは、疲労寿命に対する温度の影響は見られない。そこで、以下、試験温度に関わらず、各組成において、一本の回帰直線から傾き(値)を算出することとする。

【0039】

次に、基材のSn - Sbのみのはんだ合金と、Niを添加したSn - Sb - Ni系はんだ合金について、試験温度毎にまとめて、疲労試験の結果を示す。

Sn - 5SbへのNiの添加量を変えたときの各組成の疲労寿命サイクル数と非弾性ひずみ範囲の関係について、25の場合を図5に示し、150の場合を図6に示し、200の場合を図7に示す。

また、Sn - 10SbへのNiの添加量を変えたときの各組成の疲労寿命サイクル数と非弾性ひずみ範囲の関係について、25の場合を図8に示し、150の場合を図9に示し、200の場合を図10に示す。

なお、図5 ~ 図10の各図において、グラフの右上に記載した数字は、対応する凡例の各組成の疲労延性指数の値を示す。

【0040】

図5 ~ 図7の各図より、温度25 ~ 200において、Ni添加量が0.05 ~ 0.25質量%のSn - 5Sb - Niは、Sn - 5Sbと比較して、疲労延性指数が同等以下の値となり、疲労特性が優れていることがわかる。

図8 ~ 図10の各図より、温度25 ~ 200において、Ni添加量が0.05 ~ 0.25質量%のSn - 10Sb - Niは、Sn - 10Sbと比較して、疲労延性指数が同等以下の値となり、疲労特性が同等以上であることがわかる。

【0041】

また、図6 ~ 図7と、図9 ~ 図10の各図から、Ni添加量が0.05 ~ 0.10質量%の場合には、特に150と200において、Niを添加しないSn - Sb系はんだ合金と比較して、疲労延性指数が低減されている。即ち、Ni添加量が0.05 ~ 0.10質量%の場合には、これらの比較的高い温度における、疲労特性を向上することができることがわかる。

【0042】

以上より、本発明のSn - Sb - Ni系はんだ合金は、Sn - 5Sbはんだ合金を上回る機械的特性や疲労特性を示すことが分かった。

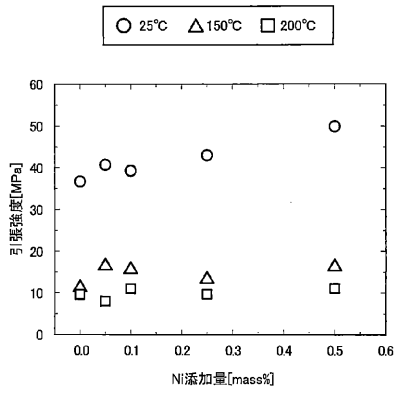
従って、本発明のはんだ合金は、高耐熱性や高信頼性が要求されるパワーエレクトロニクス機器に搭載されるパワー半導体のダイアタッチ材として有望である。

10

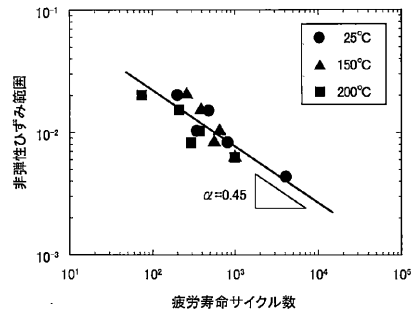
20

30

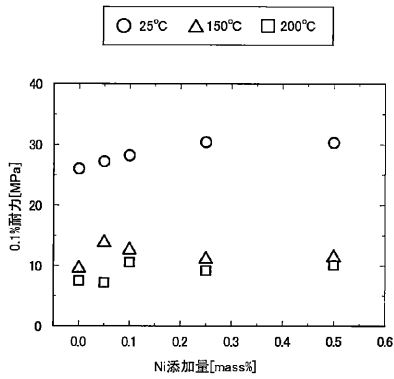
【 図 1 】



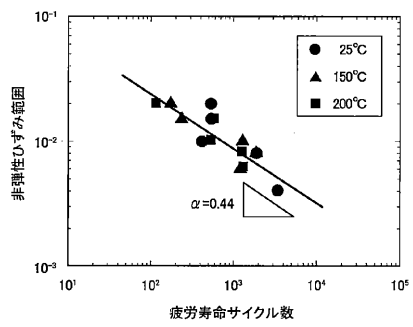
【 図 3 】



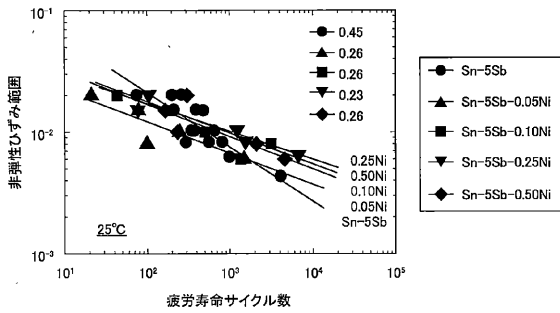
【 図 2 】



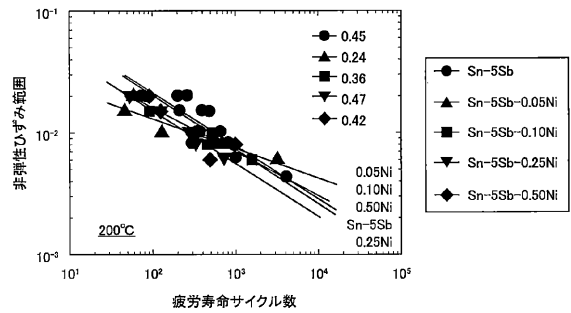
【 図 4 】



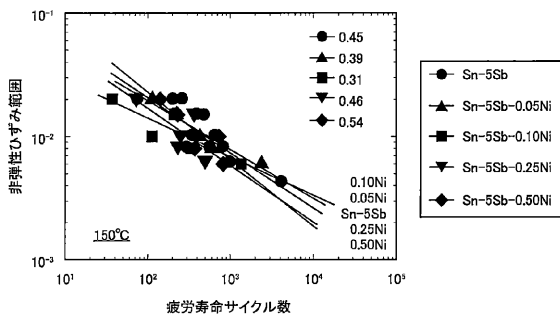
【 図 5 】



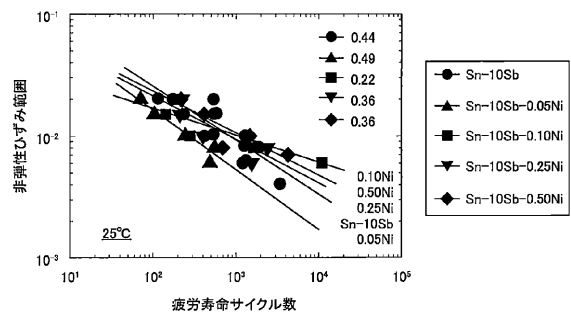
【 図 7 】



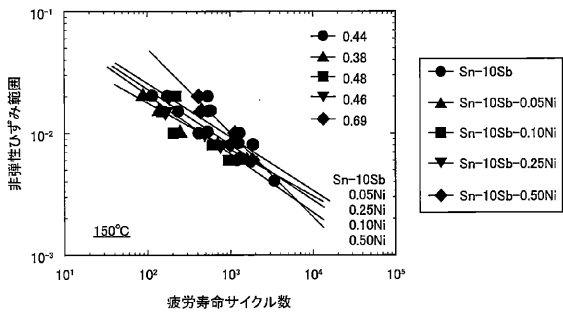
【 図 6 】



【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】

