明　細　書

発明の名称 ：

はんだ合金、はんだペースト、はんだボール、はんだプリフォーム、はんだ継手、車載電子回路、ＥＣＵ電子回路、車載電子回路装置、およびＥＣＵ電子回路装置

技術分野

[0001] 本発明は、はんだ合金、はんだペースト、はんだボール、はんだプリフォーム、はんだ継手、車載電子回路、ＥＣＵ電子回路、車載電子回路装置、およびＥＣＵ電子回路装置関する。

背景技術

[0002] 自動車には、プリント基板に電子部品をはんだ付けした電子回路（以下、「車載電子回路」と称する。）が搭載されている。車載電子回路は、エンジン、パワーステアリング、ブレーキ等を電気的に制御する機器に使用されおり、自動車の走行にとって非常に重要な保安部品となっている。特に、燃費向上のためにコンピュータで車を制御する電子回路のＥＣＵ（Ｅｎｇｉｎｅ　Ｃｏｎｔｒｏｌ　Ｕｎｉｔ）と呼ばれる車載電子回路は、長期間に渡って故障がなく安定した状態で稼働できるものでなければならない。このような車載電子回路は、搭載領域の拡大により、衝撃、振動などの種々の外的な負荷を受ける箇所に搭載されるようになった。

[0003] １９８０年代から、エンジンルームでの使用が考慮されたはんだ合金として、Ｓｎ－Ｐｂはんだ合金の代替であるＳｎ－Ａｇ系はんだ合金が選択肢として挙げられていた。Ｓｎ－Ａｇはんだ合金は、Ａ３５というＪＩＳ記号が割り振られているように、汎用性の高いはんだ合金として従来から知られている。ただ、Ｓｎ－Ａｇはんだ合金は、鉛フリーはんだ合金としてＳｎ－Ｐｂはんだ合金に対応するための基本的な位置づけとして考えられており、更なる検討が行われてきた。

[0004] また、Ｓｎ－Ａｇはんだ合金は、Ｃｕ電極と接続する場合には、ＣｕがＳ

ｎにほとんど固溶しないため、接合界面には、電極から拡散されたＣｕとはんだ合金中のＳｎにより粗大なＣｕＳｎ金属間化合物層が形成される。さらに、$Ａｇ_3Ｓｎ$の多量析出によりはんだ合金が脆くなり、種々の懸念がある。このため、Ｓｎ－Ａｇはんだ合金において、厳しい使用環境であってもはんだ継手が破断しないようなはんだ合金が求められており、従来から種々の検討が行われている。

[0005] 特許文献１には、はんだ合金の引張強度を向上させるため、Ｓｎ－Ｃｏはんだ合金にＳｂ、Ｂｉ、Ｉｎ、Ａｇ、およびＧａを添加した合金組成が検討されている。同文献に記載のはんだ合金は、Ｃｏを含有することにより、微細なＣｏＳｎや$ＣｏＳｎ_2$がＳｎマトリックス中に分散し、引張強度の向上に寄与することが開示されている。また、融点を下げるため、Ｓｂなどの元素を更に添加することが検討されている。

[0006] 特許文献２には、ボイドの発生を抑制するとともに、ヒートサイクル試験後であっても亀裂の発生を抑制するＳｎ－Ａｇ－Ｓｂ－Ｎｉ－Ｂｉ－Ｃｏはんだ合金が開示されている。同文献には、Ｃｕを含有しないと溶融粘度を下げることができるため、ボイドの発生を抑制することができる、ことが説明されている。さらに、同文献には、Ｎｉを含有すると、Ｃｕを含有せずともＣｕの過度な拡散が抑制されるために亀裂の進展が抑制されることも開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開平６－３４４１８０号公報

特許文献2：特開２０１８－１１７９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 前述のように、特許文献１および２に記載の発明では、はんだ合金の引張強度の向上を図り、また、ボイドの発生を抑制し、耐ヒートサイクル性の向

上が図られている。また、特許文献１では融点を下げる検討が行われている。

[0009] しかし、車載用の電子回路に用いるはんだ合金としては、これらの評価だけでは不十分である。例えば、車載用の電子回路では、電子回路を搭載する自動車が悪路を走行すると、電子回路には外部からの衝撃や振動などの応力が加わる。このため、はんだ継手が破断しないように高いシェア強度を示すことは、はんだ継手にとって大変重要である。

[0010] また、破断し難いはんだ継手が形成されたとしても、応力が継続的にはんだ継手に加わると、いずれ破断する。このような継続的な応力は、寒暖差が激しい環境に曝されることにより継続的に加わることが考えられる。これは、電極、接合界面に形成される金属間化合物、およびバルクの熱膨張係数の違いに起因する。このとき、破断した箇所を表す破壊モードが接合界面であってはならない。接合界面は電極と接合しているため、接合界面で応力を緩和することは容易ではない。ただ、物理的および電気的な負荷は主としてはんだ継手の接合界面に加わる。このため、比較的変形しやすいバルクで応力を緩和した方が、破壊を抑制することができると考えられる。

[0011] しかし、特許文献１および２には、シェア強度と破壊モードについては一切検討されておらず、はんだ継手の使用する上での実情が反映されているとは言い難い。はんだ継手は基板等と電子部品等を電気的に接続するものであるため、接合界面での破断は極力避けられるべきである。

[0012] このように、特許文献１および２には、はんだ継手として重要な特性であるシェア強度と破壊モードについては何ら検討されていない。Ｃｕを含有しないはんだ合金であっても、これらの特性が発揮されるはんだ合金は望まれている。しかし、近年の自動車は電気化進み、搭載される基板数は増加し続けると考えられるため、これらの特性を示すはんだ合金の開発は急務である。さらに、電子部品の耐熱性を鑑みると、従来と同程度の融点を示すことも望まれている。

[0013] そこで、本発明の課題は、融点が低く、シェア強度が高く、破壊モードが

適切であるはんだ合金、はんだペースト、はんだボール、はんだプリフォーム、はんだ継手、車載電子回路、ＥＣＵ電子回路、車載電子回路装置、およびＥＣＵ電子回路装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明者らは、特許文献１および２に開示されているはんだ合金を再検討した。両文献に開示されているはんだ合金の中で、特許文献１の実施例５であるＳｎ－Ａｇ－Ｉｎ－Ｓｂ－Ｃｏ－Ｇａはんだ合金、および特許文献２の実施例１９であるＳｎ－Ａｇ－Ｉｎ－Ｓｂ－Ｃｏ－Ｎｉ－Ｂｉはんだ合金、同文献の実施例２４であるＳｎ－Ａｇ－Ｓｂ－Ｃｏ－Ｆｅ－Ｎｉ－Ｂｉはんだ合金のシェア強度が、いずれも従来と同程度であり、改善の余地がある知見が得られた。

[0015] これらのはんだ合金は、シェア強度の向上を目的として設計された合金組成を有するわけではない。はんだ合金は、それぞれのはんだ合金ごとに，その組成成分の一つでも含有量等が異なれば，全体の特性が異なることが通常であって、所定の含有量を有する合金元素の組合せの全体が一体のものとして技術的に評価されると解すべきである。

[0016] そこで、本発明者らは、融点の上昇を抑えつつ、シェア強度の向上と、破壊モードについて詳細に調査を行った。ここで、特許文献１には、Ｓｎ－Ｃｏはんだ合金に、Ａｇ、Ｉｎ、Ｓｂ、Ｇａを添加すると融点を下げることができる、ことが説明されている。しかし、融点は、これらの元素の含有量に応じて大きく変動するため、特許文献１の実施例５に記載されている組成が妥当であるとは限らない。

[0017] また、特許文献１には、引張強度の向上を目的としてＣｏを添加することが開示されている。しかし、シェア強度の向上に関しては何ら検討されていない。また、はんだ合金の引張強度が必要以上に向上すると、破壊モードが接合界面になる。このため、Ｓｎ－Ａｇ－Ｉｎ－Ｓｂ－Ｃｏ－Ｇａはんだ合金においては、Ｃｏの添加は好ましくないと推察される。

[0018] 特許文献２には、ＮｉとＣｏが所定の範囲内であればボイドの発生を抑制

することができることが記載されている。このように、特許文献２の記載を鑑みると、ＣｏはＮｉと共存することにより効果を発揮し得る。したがって、特許文献１の合金組成ではシェア強度が低く破壊モードが不適切であった知見によれば、特許文献２においても、Ｎｉの添加は好ましくないと推察される。

[0019] さらに、特許文献２には、Ｂｉの含有量が所定量以下であると耐熱衝撃性を保つことができることが説明されている。しかし、特許文献２においてＢｉは、３％程度までＳｎに固溶するため、Ｓｎの固溶強化によりはんだ合金の引張強度が増加し、破壊モードが接合界面になってしまう。

[0020] そこで、本発明者らは、上述の知見などを鑑み、特許文献１および２において、Ｓｎへの添加元素からＮｉ、Ｃｏ、およびＢｉを除いたＳｎ－Ａｇ－Ｉｎ－Ｓｂはんだ合金に着目した。そして、本発明者らは、このはんだ合金のシェア強度が向上し、破壊モードがバルクであるようにするため、更なる添加元素の選定と、Ａｇ、Ｉｎ、およびＳｂの含有量について詳細に検討を行った。

[0021] まずは、破壊モードを適切にするため、ＣｕおよびＮｉを含有しないはんだ合金において、接合界面の金属間化合物の成長を抑制する必要がある。金属間化合物は電極からはんだ合金へＣｕが拡散することにより成長する。ここで、金属間化合物は主としてＳｎとＣｕの化合物で構成される。そして、はんだ合金と電極の界面に存在する金属間化合物層が粗大であると、破壊モードが不適切となりやすい。

[0022] そこで、Ｆｅを含有することにより界面が改質されることに着目し、Ｓｎ－Ａｇ－Ｉｎ－Ｓｂ－Ｆｅはんだ合金について、添加元素の含有量を詳細に調査した。この結果、添加元素の含有量が所定の範囲内である場合に限り、シェア強度の向上と破壊モードの適正化を図ることができる知見が得られた。

これらの知見により完成された本発明は以下のとおりである。

[0023] （０） 質量％で、Ａｇ：２．０～３．６％、Ｉｎ：１．０～５．０％、

Ｓｂ：３．０～５．０%、Ｆｅ：０．００１０～０．０３００%、Ｃｏ：０．００００%以上０．０５００%以下、および残部がＳｎからなることを特徴とするはんだ合金。

（１）　質量%で、Ａｇ：２．０～３．６%、Ｉｎ：１．０～５．０%、Ｓｂ：３．０～５．０%、Ｆｅ：０．００１０～０．０３００%、Ｃｏ：０%以上０．０５０%以下、および残部がＳｎからなる合金組成を有することを特徴とするはんだ合金。

[0024]　（２）合金組成（はんだ合金）は、更に、質量%で、Ｚｒ、Ｇｅ、Ｇａ、Ｐ、Ａｓ、Ｐｂ、Ｚｎ、Ｍｇ、Ｃｒ、Ｔｉ、Ｍｏ、Ｐｔ、Ｐｄ、Ａｕ、Ａｌ、およびＳｉの少なくとも１種を合計で０．１００%以下を含有する、上記（０）または上記（１）に記載のはんだ合金。

[0025]　（３）合金組成（はんだ合金）は、下記（１）式および（２）式を満たす、上記（０）～上記（２）のいずれか１項に記載のはんだ合金。

０．３６≦Ａｇ×Ｉｎ×Ｓｂ×Ｆｅ≦１．１９　　（１）

４７≦（Ｉｎ×Ｓｂ）／（Ａｇ×Ｆｅ）≦３１９　　（２）

上記（１）式および（２）式中、Ａｇ、Ｉｎ、Ｓｂ、およびＦｅは、各々前記はんだ合金の質量%としての含有量である。

[0026]　（４）上記（０）～上記（２）のいずれか１項に記載のはんだ合金からなるはんだ粉末を有するはんだペースト。

[0027]　（５）上記（０）～上記（２）のいずれか１項に記載のはんだ合金からなるはんだボール。

[0028]　（６）上記（０）～上記（２）のいずれか１項に記載のはんだ合金からなるはんだプリフォーム。

[0029]　（７）上記（０）～上記（２）のいずれか１項に記載のはんだ合金を有するはんだ継手。

[0030]　（８）上記（０）～上記（２）のいずれか１項に記載のはんだ合金を有することを特徴とする車載電子回路。

[0031]　（９）上記（０）～上記（２）のいずれか１項に記載のはんだ合金を有す

ることを特徴とするＥＣＵ電子回路。

[0032] （１０）上記（８）に記載の車載電子回路を備えたことを特徴とする車載電子回路装置。

[0033] （１１）上記（９）に記載のＥＣＵ電子回路を備えたことを特徴とするＥＣＵ電子回路装置。

図面の簡単な説明

[0034] [図1]図１は、シェア強度を測定した後におけるサンプルの光学顕微鏡写真を示し、図１（ａ）は実施例１４であり、図１（ｂ）は実施例２であり、図１（ｃ）は比較例３である。

発明を実施するための形態

[0035] 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「％」は、特に指定しない限り「質量％」である。

[0036] １． はんだ合金

（１） Ａｇ：２．０～３．６％

Ａｇは、シェア強度の向上、Ag_3Snの析出による破壊モードの適切化、および融点の低下に寄与する。Ａｇの含有量が２．０％未満であると、化合物の析出量が少なくシェア強度が低下する。Ａｇの含有量の下限は２．０％以上であり、好ましくは２．５％以上であり、より好ましくは２．７％以上であり、更に好ましくは３．０％以上である。

[0037] 一方、Ａｇの含有量が３．６％を超えると、過共晶になるためにAg_3Snが多量に析出してバルクの強度が過度に上がるため、破壊モードが接合界面になる。さらに、破壊モードが接合界面であることにより、シェア強度が低下する。Ａｇの含有量の上限は３．６％以下であり、好ましくは３．５％以下であり、より好ましくは３．４％以下である。

[0038] （２） Ｉｎ：１．０～５．０％

Ｉｎは、シェア強度の向上、および破壊モードの適切化に寄与する。Ｉｎの含有量が１．０％未満であると、濡れ性の低下により濡れ広がりが不十分であるとともに固溶強化の効果が十分ではないため、シェア強度が劣り、破

壊モードが不適切になる。Ｉｎの含有量の下限は１．０％以上であり、好ましくは１．５％以上であり、より好ましくは２．０％以上であり、更に好ましくは２．５％以上であり、特に好ましくは３．０％以上である。

[0039] 一方、Ｉｎの含有量が５．０％を超えると、化合物を多量に析出することにより、融点が上昇する。さらに、バルク強度が上がり、接合界面もしくは部品での破壊の懸念がある。Ｉｎの含有量の上限は５．０％以下であり、好ましくは４．５％以下であり、より好ましくは４．０％以下であり、更に好ましくは３．５％以下である。

[0040] （３） Ｓｂ：３．０～５．０％

Ｓｂは、シェア強度の向上、および破壊モードの適正化に寄与する。Ｓｂの含有量が３．０％未満であると、Ｓｎに対する固溶強化、Ｓｎ－Ｓｂ化合物の析出強化が十分ではないため、シェア強度が劣る。Ｓｂの含有量の下限は３．０％以上であり、好ましくは３．５％以上であり、より好ましくは３．６％以上であり、さらに好ましくは３．８％以上であり、特に好ましくは３．９％以上であり、最も好ましくは４．０％以上である。

[0041] 一方、Ｓｂの含有量が５．０％を超えると、粗大なＳｎＳｂ化合物を形成するため、シェア強度が劣る。さらに、濡れ性が劣化し、破壊モードが接合界面または部品破壊となり、不適切になる。Ｓｂの含有量の上限は５．０％以下であり、好ましくは４．８以下であり、より好ましくは４．６％以下であり、さらに好ましくは４．５％以下であり、特に好ましくは４．３％以下であり、最も好ましくは４．１％以下である。

[0042] （４） Ｆｅ：０．００１０～０．０３００％

Ｆｅは、シェア強度の向上、および破壊モードの適正化に寄与する。Ｆｅの含有量が０．００１０％未満であると、界面に形成される金属間化合物層の改質による界面強化の効果が十分ではないため、シェア強度が劣り、破壊モードが接合界面になり適正ではない。Ｆｅの含有量の下限は０．００１０％以上であり、好ましくは０．００５０％以上であり、より好ましくは０．０１００％以上であり、更に好ましくは０．０１５０％以上であり、特に好

ましくは０．０２００％以上である。

[0043] 一方、Ｆｅの含有量が０．０３００％を超えると、ＳｎとＦｅの化合物が析出し、バルク強度が過度に向上するため、接合界面での破壊の懸念がある。Ｆｅの含有量の上限は０．０３００％以下であり、好ましくは０．０２７０％以下であり、より好ましくは０．０２５０％以下である。

[0044] （５） Ｃｏ：０．０００００％以上０．０５００％以下

Ｃｏは、融点上昇の抑制、シェア強度の向上、および破壊モードの適切化に寄与する任意元素である。従来のはんだ合金では、シェア強度の向上および破壊モードの適正化の観点から含有しない方がよいと考えられた。しかし、Ｃｏを添加したところ、高いシェア強度が維持されるとともに破壊モードもバルクのままである。Ｓｎ－Ａｇ－Ｉｎ－Ｓｂ系はんだ合金では、ＣｏはＣｏＳｎなどが微細に分散されると考えられる。しかし、Ｓｎの合金組織を微細にするまでには至らない。この合金系ではＦｅによりＳｎの合金組織が微細になることから、ＣｏＳｎなどの微細組織が分散されると、さらに全体の合金組織が微細になると推察される。したがって、本発明に係るはんだ合金では、ＣｏはＦｅの存在下において相乗的に効果を発揮することができる。

[0045] また、本発明に係るはんだ合金では、Ｃｏは任意元素であるため、Ｃｏを含有しない場合であっても、高いシェア強度と破壊モードの適正化を維持することができる。Ｃｏの含有量の下限は０．００００％以上であり、好ましくは０．００００％超であり、より好ましくは０．００１０％以上であり、更に好ましくは０．００３０％以上であり、特に好ましくは０．００６０％以上であり、最も好ましくは０．００８０％以上である。

[0046] 一方、Ｃｏの含有量が０．０５００％を超えると、ＳｎとＣｏの化合物が析出し、バルクの強度が過度に上がるため、破壊モードが接合界面になる。また、化合物の多量析出により融点が大幅に上昇し、濡れ性が悪化するため、シェア強度が低下する。Ｃｏの含有量の上限は０．０５００％以下であり、好ましくは０．０３００％以下であり、より好ましくは０．０１００％以

下である。

[0047] （６） 残部：Ｓｎ

本発明に係るはんだ合金の残部はＳｎである。前述の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、前述の効果に影響することはない。なお、本発明において、Ｓｎ－Ａｇ－Ｉｎ－Ｓｂ－Ｆｅはんだ合金がＮｉを含有すると、ＳｎＮｉ化合物が析出する。ＳｎＮｉ化合物は界面に形成される金属間化合物を核として析出するため、界面に形成される金属間化合物層が厚くなる。その結果、シェア強度の低下がする。したがって、本発明では、Ｎｉを含有しない方がよい。また、Ｂｉは、Ｉｎと共存するとＳｎ－Ｉｎ－Ｂｉ低融点相を形成する。低融点相は、クリープ変形を鑑みると、室温環境が高温環境になるような低融点を有するであるため、クリープ変形し易く、シェア強度が低下する。このため、本発明では、Ｂｉを含有しない方がよい。

[0048] （７） Ｚｒ，Ｇｅ、Ｇａ、Ｐ、Ａｓ、Ｐｂ、Ｚｎ、Ｍｇ、Ｃｒ、Ｔｉ、Ｍｏ、Ｐｔ、Ｐｄ、Ａｕ、Ａｌ、およびＳｉの少なくとも１種を合計で０．１００％以下

本発明に係るはんだ合金は、本発明の効果を損なわない程度において、任意元素としてＺｒ，Ｇｅ、Ｇａ、Ｐ、Ａｓ、Ｐｂ、Ｚｎ、Ｍｇ、Ｃｒ、Ｔｉ、Ｍｏ、Ｐｔ、Ｐｄ、Ａｕ、Ａｌ、およびＳｉの少なくとも１種を合計で０．１００％以下の範囲で含有することができる。好ましくは、合計量が０．０８０％以下である。含有量の下限は特に限定されないが、０．０００１％以上であればよく、０．００１％以上であってもよい。

[0049] （８） （１）式および（２）式

０．３６≦Ａｇ×Ｉｎ×Ｓｂ×Ｆｅ≦１．１９ （１）

４７≦（Ｉｎ×Ｓｂ）／（Ａｇ×Ｆｅ）≦３１９ （２）

上記（１）式および（２）式中、Ａｇ、Ｉｎ、Ｓｂ、およびＦｅは、各々はんだ合金の

質量％としての含有量である。

[0050] （１）式は、本発明に係るはんだ合金の添加元素のバランスが考慮された式である。本発明に係るはんだ合金は、低い融点、高いシェア強度、および適正な破壊モードを、各構成元素の相乗効果により発揮することができる。このため、Ｓｎを除くすべての構成元素のバランスが更に最適化されると、本発明のすべての効果をより一層向上させることができる。（１）式の中で、Ａｇ、Ｉｎ、およびＳｂの含有量は、Ｆｅの含有量と比較して１０～１００倍程度である。しかし、はんだ合金への寄与度は同程度であると考えられる。したがって、本発明において低い融点、高いシェア強度、および適正な破壊モードを、１組成で、同時に、更に向上させるためには、均衡がとれた含有量にすることが好ましい。

[0051] （２）式は、添加元素の中で、上限を超えると部品破壊に至るまでシェア強度が向上してしまうＩｎおよびＳｂの群内でのバランスと、界面破壊で留まるＡｇおよびＦｅの群内でのバランスとが考慮され、更に両群のバランスが考慮された式である。（２）式を満たすと、合金組成によっては更に破壊モードが適正になることがある。

[0052] （１）式の下限は、好ましくは０．３６以上であり、より好ましくは０．３９以上であり、更に好ましくは０．４２以上であり、更により好ましくは０．４３以上であり、特に好ましくは０．４４以上であり、最も好ましくは０．５２以上、０．５３以上、０．６０以上、０．６５６以上、０．６６以上、０．７０以上、０．７５以上、０．７８以上、０．７９以上、０．８４以上、０．８７以上、０．８８以上である。（１）式の上限は、好ましくは１．１９以下であり、より好ましくは１．１８以下であり、更に好ましくは１．０９以下であり、更により好ましくは１．０８以下であり、特に好ましくは１．０５以下であり、最も好ましくは１．０２以下、０．９１以下、０．９２以下、０．９０以下である。

[0053] （２）式の下限は、好ましくは４７以上であり、より好ましくは５１以上であり、更に好ましくは５７以上であり、更により好ましくは６８以上であり、特に好ましくは６９以上であり、最も好ましくは８５以上、８６以上、

９１以上、１０２以上、１０３以上、１１４以上、１２０以上、１３３以上、１３７以上、１４１以上、１４２以上、１４３以上、１５４以上、１６０以上である。（２）式の上限は、好ましくは３１９以下であり、より好ましくは２８６以下であり、更に好ましくは２８５以下であり、更により好ましくは２６７以下であり、特に好ましくは２６６以下であり、最も好ましくは２５７以下、２４０以下、２２９以下、２２８以下、２１３以下、２０６以下、２０５以下、２００以下、１９２以下、１８３以下、１８２以下、１７１以下である。

[0054] （１）式および（２）式の算出には、下記表１および表２に示された合金組成の実測値において、表記されている数値自体が用いられる。すなわち、（１）式および（２）式の算出では、下記表１～３で示された実測値において、有効数字の桁数より小さい桁をすべて０として取り扱う。例えば、Ｆｅの含有量が実測値で「０．０２５０」質量％であった場合、（１）式および（２）式の算出に用いるＦｅの含有量は、０．０２５０５～０．０２５１４％の範囲を有するのではなく、「０．０２５０００・・・」として取り扱う。（１）式では小数点第三位まで算出し、小数点第三を四捨五入して小数点第二位まで求め、（２）式では小数点第一位まで算出し、小数点第一位を四捨五入して一の位まで求める。

なお、本明細書に記載されている特許文献やその他の文献に具体的に開示されている合金組成から（１）式および（２）式を算出する場合にも、同様にして取り扱う。

[0055] 前述のように、合金はすべての構成元素が個々に機能するのではなく、すべての構成元素が全体として１つの物を成すことから、１種の元素だけですべての優れた効果が同時に発揮されることは稀である。このため、上述のように、各構成元素の最適な含有量の範囲内において、更に優れた特性を示すようにするためには、構成元素を全体的に検討する必要がある。本発明に係るはんだ合金では、低い融点、高いシェア強度、適正な破壊モードのすべてを、１組成で、更に高い水準で満足するようためには、（１）式および（２

）式を満足することが好ましい。

[0056] なお、後述する実施例において、判定結果が「◎」である場合には、「○」と比較して実用上特に好ましいことを表す。「○」は、従来よりも好ましい結果であるため、他の評価結果も優れている場合には本発明の範囲内であり、実施例として取り扱う。「×」は、本発明においては不十分な結果であるため、本発明の範囲外であり、比較例として取り扱う。

[0057] ２． はんだペースト

本発明に係るはんだペーストは、上述の合金組成からなるはんだ粉末とフラックスとの混合物である。本発明において使用するフラックスは、常法によりはんだ付けが可能であれば特に制限されない。したがって、一般的に用いられるロジン、有機酸、活性剤、チキソ剤、そして溶剤を適宜配合したものを使用すればよい。本発明において金属粉末成分とフラックス成分との配合割合は特に制限されないが、好ましくは、金属粉末成分：７０～９０質量％、フラックス成分：１０～３０質量％である。

[0058] ３． はんだボール

本発明に係るはんだ合金は、はんだボールとして使用することができる。はんだボールとして使用する場合は、本発明に係るはんだ合金を、当業界で一般的な方法である滴下法を用いてはんだボールを製造することができる。また、はんだボールを、フラックスを塗布した１つの電極上にはんだボールを１つ搭載して接合する等、当業界で一般的な方法で加工することによりはんだ継手を製造することができる。はんだボールの粒径は、好ましくは１μｍ以上であり、より好ましくは１０μｍ以上であり、さらに好ましくは２０μｍ以上であり、特に好ましくは３０μｍ以上である。はんだボールの粒径の上限は好ましくは３０００μｍ以下であり、より好ましくは１０００μｍ以下であり、さらに好ましくは８００μｍ以下であり、特に好ましくは６００μｍ以下である。

[0059] ４． はんだプリフォーム

本発明に係るはんだ合金は、プリフォームとして使用することができる。

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。

[0060] ５． はんだ継手

本発明に係るはんだ継手は、少なくとも２つ以上の被接合部材の接合に好適に使用される。被接合部材とは、例えば、素子、基板、電子部品、プリント基板、絶縁基板、ヒートシンク、リードフレーム、電極端子等を用いる半導体及び、パワーモジュール、インバーター製品など、本発明に係るはんだ合金を用いて電気的に接続されるものであれば特に限定されない。

[0061] 本発明に係るはんだ合金を用いた接合方法は、例えばリフロー法を用いて常法に従って行えばよい。リフローソルダリングを行う場合のはんだ合金の溶融温度は概ね液相線温度から２０℃程度高い温度でよい。また、本発明に係るはんだ合金を用いて接合する場合には、凝固時の冷却速度を考慮した方がさらに合金組織を微細にすることができる。例えば２～３℃／ｓ以上の冷却速度ではんだ継手を冷却する。この他の接合条件は、はんだ合金の合金組成に応じて適宜調整することができる。

[0062] ６． 車載電子回路、ＥＣＵ電子回路、車載電子回路装置、ＥＣＵ電子回路装置

本発明に係るはんだ合金は、これまでの説明からも明らかなように、融点の上昇が抑えられ、破壊モードが適正である。このため、過酷な環境に曝される自動車用、つまり車載用として使用されても、はんだ継手の破断がバラツキなく抑制される。したがって、そのような特に顕著な特性を備えていることから、本発明に係るはんだ合金は、自動車に搭載する電子回路のはんだ付けに特に適していることがわかる。

[0063] このように、本発明に係るはんだ合金は、より特定的には、車載電子回路のはんだ付けに用いられ、あるいは、ＥＣＵ電子回路のはんだ付けに用いられても優れた効果を発揮する。

[0064] 「電子回路」とは、それぞれが機能を持っている複数の電子部品の電子工学的な組み合わせによって、全体として目的とする機能を発揮させる系（シ

ステム）である。

[0065] そのような電子回路を構成する電子部品としては、チップ抵抗部品、多連抵抗部品、ＱＦＰ、ＱＦＮ、パワートランジスタ、ダイオード、コンデンサ等が例示される。これらの電子部品を組み込んだ電子回路は基板上に設けられ、電子回路装置を構成するのである。

[0066] 本発明において、そのような電子回路装置を構成する基板、例えばプリント配線基板は特に制限されない。またその材質も特に制限されないが、耐熱性プラスチック基板（例：高Ｔｇ低ＣＴＥであるＦＲ－４）が例示される。プリント配線基板はＣｕランド表面をアミンやイミダゾール等の有機物（ＯＳＰ：ＯｒｇａｎｉｃＳｕｒｆａｃｅＰｒｏｔｅｃｔｉｏｎ）で処理したプリント回路基板が好ましい。

[0067] ７． その他

本発明に係るはんだ合金は、その原材料として低α線量材を使用することにより低α線量合金を製造することができる。このような低α線量合金は、メモリ周辺のはんだバンプの形成に用いられるとソフトエラーを抑制することが可能となる。

実施例

[0068] 本発明を以下の実施例により説明するが、本発明が以下の実施例に限定されることはない。

本発明の効果を立証するため、表１～３に記載のはんだ合金を用いて、（１）融点、（２）シェア強度、および（３）破壊モードを評価した。

[0069] （１） 融点

表１～３に示すはんだ合金について、ＤＳＣ曲線から各々の温度を求めた。ＤＳＣ曲線は、セイコーインスツルメンツ社製のＤＳＣ（型番：６２００）により、大気中で５℃／ｍｉｎで昇温して得られた。得られたＤＳＣ曲線から液相線温度を求め、融点とした。融点が２３２℃以下である場合には、従来と同程度の温度でリフローはんだ付けを行うことができる。融点が２３２℃超過である場合には、融点が高いために従来のリフローはんだ付けを行

うことができない。

[0070] （２） シェア強度

（２－１）サンプルの作製

表１～３に示すはんだ合金を鋳造し、はんだシートを作製した（直径：１ｍｍ／、厚さ０．１５ｍｍ）。ＦＲ－４基板のＣｕ－ＯＳＰ電極にリフロー炉（ＳＮＲ－６１５：千住金属工業株式会社製）を使用し、チップ抵抗器をはんだ付けした。チップ抵抗器は、３２１６ＣＲ（ＣＲ３２－１１４ＪＶ：北陸電気工業社製）を用いた。リフロープロファイルは、２２０℃以上を４０秒保持し、窒素雰囲気で、ピーク温度を２４５℃とした。

（２－２）シェア強度の評価

このように作製したサンプルを、シェア試験機（ＳＴＲ－１０００：ＲＨＥＳＣＡ社製）を用い、シェア速度を６ｍｍ／ｍｉｎ．としてシェア強度を測定した。シェア強度が８４．０Ｎ以上である場合には「◎」と評価した。シェア強度が７０．０Ｎ以上８４．０Ｎ未満である場合には「〇」と評価した。シェア強度が７０．０Ｎ未満である場合には「×」と評価した。

[0071] （３） 破壊モード

上記「（２） シェア強度」で評価したサンプルを、光学顕微鏡（ＶＨＸ－５０００：ＫＥＹＥＮＣＥ社製）を用いて破壊モードを観察した。サンプルがバルクで破壊している場合には「◎」と評価した。サンプルがバルク及び接合界面の金属間化合物（ＩＭＣ）で破壊している場合には「〇」と評価した。サンプルが接合界面の金属間化合物で破壊している場合には「×」と評価した。

評価結果を表１～３に示す。

[0072]

[表1]

	合金組成(質量%)																							(1)式	(2)式	融点(℃)	シェア強度(Mpa)	破壊モード
	Sn	Ag	In	Sb	Fe	Co	Ge	P	Ga	Zr	As	Pb	Zn	Mg	Cr	Ti	Mo	Pt	Pd	Au	Al	Si	Ni	Bi					
実施例1	bal.	3.5	1.0	3.0	0.025																				0.26	34	222	○	○
実施例2	bal.	3.5	1.0	4.0	0.025																				0.35	46	222	○	○
実施例3	bal.	3.5	1.0	5.0	0.025																				0.44	57	222	◎	◎
実施例4	bal.	3.5	1.5	3.0	0.025																				0.39	51	220	◎	◎
実施例5	bal.	3.5	1.5	4.0	0.025																				0.53	69	220	◎	◎
実施例6	bal.	3.5	1.5	5.0	0.025																				0.66	86	221	◎	◎
実施例7	bal.	3.5	2.0	3.0	0.025																				0.53	69	219	◎	◎
実施例8	bal.	3.5	2.0	4.0	0.025																				0.70	91	219	◎	◎
実施例9	bal.	3.5	2.0	5.0	0.025																				0.88	114	220	◎	◎
実施例10	bal.	3.5	2.5	3.0	0.025																				0.66	86	218	◎	◎
実施例11	bal.	3.5	2.5	4.0	0.025																				0.88	114	218	◎	◎
実施例12	bal.	3.5	2.5	5.0	0.025																				1.09	143	218	◎	◎
実施例13	bal.	3.5	3.0	3.0	0.025																				0.79	103	218	◎	◎
実施例14	bal.	3.5	3.0	4.0	0.025																				1.05	137	217	◎	◎
実施例15	bal.	3.5	3.0	5.0	0.025																				1.31	171	217	◎	○
実施例16	bal.	3.5	3.5	3.0	0.025																				0.92	120	215	◎	◎
実施例17	bal.	3.5	3.5	4.0	0.025																				1.23	160	215	◎	○
実施例18	bal.	3.5	3.5	5.0	0.025																				1.53	200	221	◎	○
実施例19	bal.	3.5	4.0	3.0	0.025																				1.05	137	214	◎	◎
実施例20	bal.	3.5	4.0	4.0	0.025																				1.40	183	214	◎	○
実施例21	bal.	3.5	4.0	5.0	0.025																				1.75	229	214	◎	○
実施例22	bal.	3.5	4.5	3.0	0.025																				1.18	154	213	◎	◎
実施例23	bal.	3.5	4.5	4.0	0.025																				1.58	206	213	◎	○
実施例24	bal.	3.5	4.5	5.0	0.025																				1.97	257	213	◎	○
実施例25	bal.	3.5	5.0	3.0	0.025																				1.31	171	216	◎	○
実施例26	bal.	3.5	5.0	4.0	0.025																				1.75	229	216	◎	○
実施例27	bal.	3.5	5.0	5.0	0.025																				2.19	286	216	◎	○
実施例28	bal.	2.0	3.0	4.0	0.025																				0.80	240	222	◎	◎
実施例29	bal.	2.5	3.0	4.0	0.025																				0.75	192	220	◎	◎
実施例30	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025																				0.90	160	218	◎	◎
実施例31	bal.	3.6	3.0	4.0	0.025																				1.08	133	216	◎	◎
実施例32	bal.	3.0	4.0	4.0	0.025																				1.20	213	218	◎	○
実施例33	bal.	3.0	4.5	4.0	0.025																				1.35	240	223	◎	○
実施例34	bal.	3.0	5.0	4.0	0.025																				1.50	267	226	◎	○
実施例35	bal.	3.5	1.0	3.0	0.025	0.0080																			0.26	34	222	○	◎
実施例36	bal.	3.5	1.0	4.0	0.025	0.0080																			0.35	46	222	○	◎
実施例37	bal.	3.5	1.0	5.0	0.025	0.0080																			0.44	57	223	◎	◎
実施例38	bal.	3.5	1.5	3.0	0.025	0.0080																			0.39	51	220	◎	◎
実施例39	bal.	3.5	1.5	4.0	0.025	0.0080																			0.53	69	221	◎	◎
実施例40	bal.	3.5	1.5	5.0	0.025	0.0080																			0.66	86	221	◎	◎
実施例41	bal.	3.5	2.0	3.0	0.025	0.0080																			0.53	69	219	◎	◎
実施例42	bal.	3.5	2.0	4.0	0.025	0.0080																			0.70	91	219	◎	◎
実施例43	bal.	3.5	2.0	5.0	0.025	0.0080																			0.88	114	220	◎	◎
実施例44	bal.	3.5	2.5	3.0	0.025	0.0080																			0.66	86	222	◎	◎
実施例45	bal.	3.5	2.5	4.0	0.025	0.0080																			0.88	114	220	◎	◎
実施例46	bal.	3.5	2.5	5.0	0.025	0.0080																			1.09	143	219	◎	◎
実施例47	bal.	3.5	3.0	3.0	0.025	0.0080																			0.79	103	217	◎	◎
実施例48	bal.	3.5	3.0	4.0	0.025	0.0080																			1.05	137	217	◎	◎
実施例49	bal.	3.5	3.0	5.0	0.025	0.0080																			1.31	171	220	◎	○
実施例50	bal.	3.5	3.5	3.0	0.025	0.0080																			0.92	120	225	◎	◎
実施例51	bal.	3.5	3.5	4.0	0.025	0.0080																			1.23	160	223	◎	○
実施例52	bal.	3.5	3.5	5.0	0.025	0.0080																			1.53	200	221	◎	○
実施例53	bal.	3.5	3.5	5.0	0.025	0.0080																			1.53	200	215	◎	○
実施例54	bal.	3.5	4.0	3.0	0.025	0.0080																			1.05	137	214	◎	◎
実施例55	bal.	3.5	4.0	4.0	0.025	0.0080																			1.40	183	214	◎	○

[0073]

[表2]

	合金組成(質量%)																							(1)式	(2)式	融点(℃)	シェア強度(Mpa)	破壊モード
	Sn	Ag	In	Sb	Fe	Co	Ge	P	Ga	Zr	As	Pb	Zn	Mg	Cr	Ti	Mo	Pt	Pd	Au	Al	Si	Ni	Bi					
実施例56	bal.	3.5	4.0	5.0	0.025	0.0080																			1.75	229	214	⑱	○
実施例57	bal.	3.5	4.5	3.0	0.025	0.0080																			1.18	154	213	⑲	⑤
実施例58	bal.	3.5	4.5	4.0	0.025	0.0080																			1.58	206	213	⑲	○
実施例59	bal.	3.5	4.5	5.0	0.025	0.0080																			1.97	257	213	⑲	○
実施例60	bal.	3.5	5.0	3.0	0.025	0.0080																			1.31	171	216	⑳	○
実施例61	bal.	3.5	5.0	4.0	0.025	0.0080																			1.75	229	216	⑳	○
実施例62	bal.	3.5	5.0	5.0	0.025	0.0080																			2.19	286	216	⑳	○
実施例63	bal.	3.5	3.0	4.0	0.001	0.0080																			0.04	3429	217	㉑	○
実施例64	bal.	3.5	3.0	4.0	0.005	0.0080																			0.21	686	217	㉑	○
実施例65	bal.	3.5	3.0	4.0	0.010	0.0080																			0.42	343	217	㉑	○
実施例66	bal.	3.5	3.0	4.0	0.020	0.0080																			0.84	171	217	㉑	㉒
実施例67	bal.	3.5	3.0	4.0	0.030	0.0080																			1.26	114	217	㉑	○
実施例68	bal.	3.5	3.0	4.0	0.025	0.0010																			1.05	137	217	㉑	㉓
実施例69	bal.	3.5	3.0	4.0	0.025	0.0030																			1.05	137	217	㉑	㉓
実施例70	bal.	3.5	3.0	4.0	0.025	0.0060																			1.05	137	217	㉑	㉓
実施例71	bal.	3.4	3.0	4.0	0.025	0.0100																			1.02	141	217	㉑	㉒
実施例72	bal.	3.4	3.0	4.0	0.025	0.0300																			1.02	141	217	㉑	㉒
実施例73	bal.	3.4	3.0	4.0	0.025	0.0500																			1.02	141	217	㉑	㉓
実施例74	bal.	3.0	4.0	4.0	0.025	0.0080																			1.20	213	221	㉒	○
実施例75	bal.	3.0	4.5	4.0	0.025	0.0080																			1.35	240	223	㉒	○
実施例76	bal.	3.0	5.0	4.0	0.025	0.0080																			1.50	267	226	㉒	○
実施例77	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025		0.01																		0.90	160	217	㉑	㉓
実施例78	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025			0.01																	0.90	160	217	㉑	㉓
実施例79	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025				0.01																0.90	160	217	㉑	㉓
実施例80	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025					0.01															0.90	160	217	㉑	㉓
実施例81	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025						0.01														0.90	160	217	㉑	㉓
実施例82	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025							0.01													0.90	160	217	㉑	㉓
実施例83	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025								0.01												0.90	160	217	㉑	㉓
実施例84	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025									0.01											0.90	160	217	㉑	㉓
実施例85	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025										0.01										0.90	160	217	㉑	㉓
実施例86	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025											0.01									0.90	160	217	㉑	㉓
実施例87	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025												0.01								0.90	160	217	㉑	㉓
実施例88	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025													0.01							0.90	160	217	㉑	㉓
実施例89	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025														0.01						0.90	160	217	㉑	㉒
実施例90	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025															0.01					0.90	160	217	㉑	㉒
実施例91	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025																0.01				0.90	160	217	㉑	㉒
実施例92	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025																	0.01			0.90	160	217	㉑	㉒
実施例93	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001		0.90	160	218	㉑	㉒
実施例94	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080	0.01																		0.90	160	217	㉑	㉒
実施例95	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080		0.01																	0.90	160	217	㉑	㉒
実施例96	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080			0.01																0.90	160	217	㉑	㉒
実施例97	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080				0.01															0.90	160	217	㉑	㉒
実施例98	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080					0.01														0.90	160	217	㉑	㉒
実施例99	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080						0.01													0.90	160	217	㉑	㉒
実施例100	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080							0.01												0.90	160	217	㉑	㉒
実施例101	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080								0.01											0.90	160	217	㉑	㉒
実施例102	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080									0.01										0.90	160	217	㉑	㉒
実施例103	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080										0.01									0.90	160	217	㉑	㉒
実施例104	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080											0.01								0.90	160	217	㉑	㉒
実施例105	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080												0.01							0.90	160	217	㉑	㉒
実施例106	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080													0.01						0.90	160	217	㉑	㉒
実施例107	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080														0.01					0.90	160	217	㉑	㉒
実施例108	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080															0.01				0.90	160	217	㉑	㉒
実施例109	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080																0.01			0.90	160	217	㉑	㉒
実施例110	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.0080	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001			0.90	160	218	㉑	㉒

[0074]

[表3]

	合金組成(質量%)																							(1)式	(2)式	融点(℃)	シア強度(Mpa)	破壊モード
	Sn	Ag	In	Sb	Fe	Co	Ge	P	Ga	Zr	As	Pb	Zn	Mg	Cr	Ti	Mo	Pt	Pd	Au	Al	Si	Ni	Bi					
比較例1	bal.	3.5																							0.00	-	221	×	×
比較例2	bal.	1.5	3.0	4.0	0.025																				0.45	320	223	×	◎
比較例3	bal.	4.0	3.0	4.0	0.025																				1.20	120	225	×	×
比較例4	bal.	3.0	-	3.0	0.050	0.0080																	0.03	3.00	-	-	221	×	×
比較例5	bal.	3.0	0.5	4.0	0.025																				0.15	27	225	×	×
比較例6	bal.	3.0	6.0	4.0	0.025																				1.80	320	232	○	×
比較例7	bal.	2.0	2.0	2.0	-	2.5000			1.50																-	-	223	×	×
比較例8	bal.	3.0	2.0	2.0	0.025																				0.30	53	220	×	○
比較例9	bal.	3.0	3.5	6.0	0.025																				1.58	280	228	×	×
比較例10	bal.	3.0	3.0	3.0	-	0.0080																	0.03	3.00	-	-	213	×	×
比較例11	bal.	3.0	3.0	4.0	0.0004																				0.01	10000	218	×	×
比較例12	bal.	3.0	3.0	4.0	0.040																				1.44	100	218	×	×
比較例13	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025	0.1000																			0.90	180	375	×	×
比較例14	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025																		0.01		0.90	180	218	×	○
比較例15	bal.	3.0	3.0	4.0	0.025																			0.01	0.90	180	218	×	○

*下線は本発明の範囲外であることを表す。

[0075] 表１および表２に示すように、実施例１～１１０は、いずれも各構成元素の含有量が適量であるため、すべての評価が実用上耐え得る結果になった。また、（１）式および（２）式を満たす実施例３～１４、１６、１９、２２、２８～３１、３７～４８、５０、５４、５７、６６、６８～７３、および７７～１１０は、すべての評価において、極めて優れる結果を示すことがわかった。これは、実用上耐え得る結果の中でも、有意差がある程度に優れる結果であった。

[0076] 一方、表３に示すように、比較例１は、Ｉｎ、Ｓｂ、およびＦｅを含有しないため、シェア強度が劣り、破壊モードが適切ではなかった。比較例２は、Ａｇの含有量が少ないため、シェア強度が劣った。比較例３は、Ａｇの含有量が多いため、シェア強度が劣り、破壊モードが不適切であった。

[0077] 比較例４はＩｎを含有せず、比較例５は、Ｉｎの含有量が少ないため、シェア強度が劣り、破壊モードが不適切であった。比較例６は、Ｉｎの含有量が多いため、破壊モードが不適切であった。

[0078] 比較例７は、Ｓｂの含有量が少なくＦｅを含有しないため、シェア強度が劣り、破壊モードが不適切であった。比較例８は、Ｓｂの含有量が少ないため、シェア強度が劣った。比較例９は、Ｓｂの含有量が多いため、シェア強度が劣り、破壊モードが不適切であった。

[0079] 比較例１０～１２は、Ｆｅの含有量が適切ではなかったため、シェア強度が劣り、破壊モードが不適切であった。比較例１３は、Ｃｏの含有量が多いため、融点が大幅に上昇し、シェア強度が劣り、破壊モードが不適切であった。比較例１４および比較例１５は、各々ＮｉまたはＢｉを含有するため、シェア強度が劣った。

[0080] 図１は、シェア強度を測定した後におけるサンプルの光学顕微鏡写真を示し、図１（ａ）は実施例１４であり、図１（ｂ）は実施例２であり、図１（ｃ）は比較例３である。図１から明らかなように、実施例１４では、バルク破壊によりはんだ継手が破断していることがわかった。また、実施例２ではバルクおよび接合界面の金属間化合物で破壊していることがわかった。一方、比較例３は、接合界面の金属間化合物での破壊によりはんだ継手が破断していることがわかった。このため、本実施例１４では、破壊モードが適正であることがわかった。この結果は、他の実施例でも同様であった。

産業上の利用可能性

[0081] 本発明に係るはんだは、燃費向上のためにコンピュータで自動車を制御する電子回路であるＥＣＵなどの車載電子回路として利用することができるが、例えば、パソコンなどの民生電子機器にも使用して優れた効果を奏するものである。

請求の範囲

[請求項1] 質量％で、Ａｇ：２．０～３．６％、Ｉｎ：１．０～５．０％、Ｓｂ：３．０～５．０％、Ｆｅ：０．００１０～０．０３００％、Ｃｏ：０．０００００％以上０．０５００％以下、および残部がＳｎからなる合金組成を有することを特徴とするはんだ合金。

[請求項2] 前記合金組成は、更に、質量％で、Ｚｒ，Ｇｅ、Ｇａ、Ｐ、Ａｓ、Ｐｂ、Ｚｎ、Ｍｇ、Ｃｒ、Ｔｉ、Ｍｏ、Ｐｔ、Ｐｄ、Ａｕ、Ａｌ、およびＳｉの少なくとも１種を合計で０．１００％以下を含有する、請求項１に記載のはんだ合金。

[請求項3] 前記合金組成は、下記（１）式および（２）式を満たす、請求項１または２に記載のはんだ合金。

０．３６≦Ａｇ×Ｉｎ×Ｓｂ×Ｆｅ≦１．１９ （１）

４７≦（Ｉｎ×Ｓｂ）／（Ａｇ×Ｆｅ）≦３１９ （２）

上記（１）式および（２）式中、Ａｇ、Ｉｎ、Ｓｂ、およびＦｅは、各々前記はんだ合金の質量％としての含有量である。

[請求項4] 請求項１または２に記載のはんだ合金からなるはんだ粉末を有するはんだペースト。

[請求項5] 請求項１または２に記載のはんだ合金からなるはんだボール。

[請求項6] 請求項１または２に記載のはんだ合金からなるはんだプリフォーム。

[請求項7] 請求項１または２に記載のはんだ合金を有するはんだ継手。

[請求項8] 請求項１または２に記載のはんだ合金を有することを特徴とする車載電子回路。

[請求項9] 請求項１または２に記載のはんだ合金を有することを特徴とするＥＣＵ電子回路。

[請求項10] 請求項８に記載の車載電子回路を備えたことを特徴とする車載電子回路装置。

[請求項11] 請求項９に記載のＥＣＵ電子回路を備えたことを特徴とするＥＣＵ

電子回路装置。