

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5188021号  
(P5188021)

(45) 発行日 平成25年4月24日(2013.4.24)

(24) 登録日 平成25年2月1日(2013.2.1)

(51) Int.Cl.

F I

**C 2 3 C** 14/14 (2006.01)**H 0 1 L** 21/52 (2006.01)**B 2 3 K** 35/30 (2006.01)**C 2 2 C** 5/02 (2006.01)**H 0 5 K** 3/24 (2006.01)**C 2 3 C** 14/14 D**H 0 1 L** 21/52 E**B 2 3 K** 35/30 3 1 O A**C 2 2 C** 5/02**H 0 5 K** 3/24 B

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2005-362924 (P2005-362924)  
 (22) 出願日 平成17年12月16日(2005.12.16)  
 (65) 公開番号 特開2007-162107 (P2007-162107A)  
 (43) 公開日 平成19年6月28日(2007.6.28)  
 審査請求日 平成20年12月5日(2008.12.5)

(73) 特許権者 000166948  
 シチズンファインテックミヨタ株式会社  
 長野県北佐久郡御代田町大字御代田4 1 0  
 7 番地 5  
 (74) 代理人 100088579  
 弁理士 下田 茂  
 (72) 発明者 小畑 元樹  
 長野県北佐久郡御代田町大字御代田4 1 0  
 7 番地 5 シチズンファインテック株式会  
 社内  
 (72) 発明者 水間 功  
 長野県北佐久郡御代田町大字御代田4 1 0  
 7 番地 5 シチズンファインテック株式会  
 社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハンダ膜及びその形成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

Au-Sn合金を基板に蒸着してハンダ膜を形成するハンダ膜の形成方法において、前記Au-Sn合金を構成するAuを50～80〔重量%〕含むとともに、AuとSnを基板に蒸着する際の物理的条件として、少なくとも、前記基板の温度を90〔 〕以下に制限し、かつAuとSnの蒸着速度を1～10〔 /sec〕の範囲に設定し、AuとSnを二つの蒸発源からそれぞれ同時に蒸発させて蒸着を行うことにより前記Au-Sn合金を構成するAuとSnの結晶成分として、少なくとも、Au<sub>5</sub>Sn, AuSn及びAuSn<sub>2</sub>を含有し、かつ厚みが0.5〔μm〕以下となるAu-Sn合金による薄膜層を形成するとともに、複数回に分けて蒸着を行うことにより、前記薄膜層を複数積層したハンダ膜を形成することを特徴とするハンダ膜の形成方法。

【請求項 2】

前記基板を、基板回転ドームに取付けるとともに、この基板回転ドームを回転させる回転速度を、10～100〔rpm〕の範囲に設定することを特徴とする請求項1記載のハンダ膜の形成方法。

【請求項 3】

Au-Sn合金を基板に蒸着して形成したハンダ膜であって、前記Au-Sn合金を構成するAuを50～80〔重量%〕含むとともに、AuとSnを基板に蒸着する際の物理的条件として、少なくとも、前記基板の温度を90〔 〕以下に制限し、かつAuとSnの蒸着速度を1～10〔 /sec〕の範囲に設定し、AuとSnを二つの蒸発源からそ

れぞれ同時に蒸発させて蒸着を行うことにより前記Au-Sn合金を構成するAuとSnの結晶成分として、少なくとも、 $Au_5Sn$ 、 $AuSn$ 及び $AuSn_2$ を含有し、かつ厚みが0.5[μm]以下となるAu-Sn合金による薄膜層を形成するとともに、複数回に分けて蒸着を行うことにより、前記薄膜層を複数積層するハンダ膜の形成方法により得られたことを特徴とするハンダ膜。

【請求項4】

前記Au-Sn合金は、最上層にAu層を設けることを特徴とする請求項3記載のハンダ膜。

【請求項5】

前記Au-Sn合金は、前記複数の薄膜層における一部の間層にAu層を設けることを特徴とする請求項3記載のハンダ膜。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体素子等を実装する基板に蒸着するAu-Sn合金によるハンダ膜及びその形成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、実装基板に蒸着するAu-Sn合金によるハンダ膜としては、特開2001-57468号公報に開示される回路装置に用いるハンダ膜が知られている。

20

【0003】

このハンダ膜は、回路素子を接続する基板表面に形成されているメタライズ層の上に、平均組成のSnが45[アトミック%]以上、55[アトミック%]以下となり、かつ残部がAuとなるAu-Sn合金を含む金属材料によりバリア層を形成し、このバリア層の上に、平均組成のSnが29[アトミック%]以上、45[アトミック%]以下となり、かつ残部がAuとなるAu-Sn合金のはんだ層（ハンダ膜）を形成したものであり、このはんだ層には、AuとSnとの合金の結晶構造の異なる2種類の結晶成分が含まれている。

【特許文献1】特開2001-57468号

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、上述した従来の回路装置に用いるハンダ膜（及びその形成方法）は、次のような問題点があった。

【0005】

即ち、基板表面に蒸着するはんだ層には、Au-Sn合金が用いられるが、このAu-Sn合金は、Au（金）とSn（錫）の組成比によって融点が異なり、通常、融点の低い共晶点付近の組成が用いられる。なお、Au-Sn合金の共晶点は、Auが80[重量%]付近と10[重量%]付近の二カ所が存在する。融点のみを問題にする場合、合金の組成が重要な要因となり、図9に示すAu-Sn合金の合金状態図によれば、Auが80[重量%]のAu-Sn合金は、AuとSnとの結晶構造の異なる2種類の結晶成分である $Au_5Sn$ （＝ $\alpha'$ ）と $AuSn$ （＝ $\beta$ ）により構成される。各結晶成分には、共晶点（ $Q_1$ ， $Q_2$ ）よりも高い融点があり、共晶点温度が280[℃]に達した場合でも、各結晶成分が徐々に融解しながら全体と混合し、その後、最終的に全体が完全に融解する。

40

【0006】

したがって、従来のハンダ膜は、融解時間が遅くなる傾向があるため、ハンダ工程の高速化を図るにも限界があり、しかも半導体素子等に対する熱影響を無視できないとともに、融解温度及び融解時間にバラツキを生じ易く、膜品質及び均質性の低下要因となるなど、特に、近時における高速加熱及び高速処理の要求されるボンディング工程等に対して十分に対応できない。なお、図9中、 $\alpha'$ ， $\beta$ ， $\gamma$ ， $\delta$ は金属間化合物、（Au）は結

50

晶構造を変えないでAuにSnが固溶した状態、Lはリキッド状態、Aは(Au)とLの混合した状態、Bは'と'の混合した状態、Cは'と金属Snの混合した状態、Dは'の混合した状態をそれぞれ示している。

#### 【0007】

本発明は、このような背景技術に存在する課題を解決したハンダ膜及びその形成方法の提供を目的とするものである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

本発明に係るハンダ膜の形成方法は、Au-Sn合金10を基板20に蒸着してハンダ膜1を形成するに際し、Au-Sn合金10を構成するAuを50～80〔重量％〕含むとともに、AuとSnを基板20に蒸着する際の物理的条件として、少なくとも、基板20の温度を90〔 〕以下に制限し、かつAuとSnの蒸着速度を1～10〔 /sec 〕の範囲に設定し、AuとSnを二つの蒸発源31x, 31yからそれぞれ同時に蒸発させて蒸着を行うことによりAu-Sn合金10を構成するAuとSnの結晶成分として、少なくとも、Au<sub>5</sub>Sn, AuSn及びAuSn<sub>2</sub>を含有し、かつ厚みLdが0.5〔μm 〕以下となるAu-Sn合金による薄膜層10a...を形成するとともに、複数回に分けて蒸着を行うことにより、薄膜層10a...を複数積層したハンダ膜1を形成することを特徴とする。したがって、本発明に係るハンダ膜1は、上記ハンダ膜の形成方法により得られたハンダ膜であることを特徴とする。

#### 【0009】

本発明は、Au-Sn合金10を構成するAuとSnの結晶成分に特徴を有し、ハンダ膜1を構成するAu-Sn合金10には、結晶成分として、少なくとも、Au<sub>5</sub>Sn及びAuSnに加えて、第三の結晶成分であるAuSn<sub>2</sub>が含有する。一般に、この種のハンダ膜を構成するAuが80〔重量％〕のAu-Sn合金は、図9に示す合金状態図のように、二種類の結晶成分であるAu<sub>5</sub>SnとAuSnを含有する。したがって、それぞれの結晶成分には、共晶点よりも高い融点があり、共晶点温度が280〔 〕に達した場合でも、各結晶成分が徐々に融解しながら全体と混合し、その後、最終的に全体が完全に融解するため、融解時間Trが遅くなる。本発明は、融解時間Trをより短縮させるため、Au-Sn合金10に、少なくとも三種以上の結晶成分、即ち、少なくとも、Au<sub>5</sub>Sn( = ' ), AuSn( = ' )及びAuSn<sub>2</sub>( = ' )の三種の結晶成分を含ませることを企図したものであり、Au-Sn合金10を構成するAuを50～80〔重量％〕含ませるとともに、少なくとも、三種の結晶成分は、AuとSnを基板20に蒸着する際の物理的挙動に大きく依存することに着目した。

#### 【0010】

この場合、発明の好適な態様により、基板20を、基板回転ドーム32に取付けるとともに、この基板回転ドーム32を回転させる回転速度Vdを、10～100〔rpm 〕の範囲に設定することができる。また、Au-Sn合金10の最上層10u及び/又は一部の間層(薄膜層10a...)には、Au層を設けることができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0011】

このような構成及び手法による本発明に係るハンダ膜1及びその形成方法によれば、次のような顕著な効果を奏する。

#### 【0012】

(1) ハンダ膜1は、AuとSnの結晶成分として、少なくとも、Au<sub>5</sub>Sn, AuSn及びAuSn<sub>2</sub>を含有するため、ハンダ膜1の融解時間Trを飛躍的に短縮できる。この結果、ハンダ工程の高速化を実現し、また、半導体素子等に対する熱影響を確実に回避できるとともに、融解温度及び融解時間Trの安定化による膜品質及び均質性の向上に貢献でき、特に、近時における高速加熱及び高速処理の要求されるボンディング工程等にも十分に対応することができる。

#### 【0013】

(2) 複数の薄膜層10a...を積層してAu-Sn合金10の全体を形成するため、各薄膜層10a...の一つに微妙な組成の偏りを生じた場合であっても薄膜層10a...全体によりバラツキが平均化されるため、ハンダ膜1の融解特性をより安定化させることができる。

【0014】

(3) 各薄膜層10a...の厚みLdは、0.5[μm]以下にするため、成長が抑制される微細な結晶による緻密なハンダ膜1が得られ、高速で融点以上に加熱した際における完全融解までの時間を短縮できる。

【0015】

(4) AuとSnを基板20に蒸着する際の物理的条件として、少なくとも、基板20の温度を90[ ]以下に制限するとともに、AuとSnの蒸着速度を1~10[ /sec]の範囲に設定したため、本発明に係るハンダ膜1の形成方法を、より確実に実施できる。

【0016】

(5) 好適な態様により、Au-Sn合金10の最上層10uに、Au層を設ければ、使用時に融解特性を不安定化させるハンダ膜1の酸化を防止することができる。

【0017】

(6) 好適な態様により、Au-Sn合金10の複数の薄膜層10a...における一部の間層にAu層を設ければ、融解性(溶け具合)をより高めることができる。

【0018】

(7) 好適な態様により、基板20を、基板回転ドーム32に取付けるとともに、この基板回転ドーム32を回転させる回転速度Vdを、10~100[rpm]の範囲に設定すれば、本発明に係るハンダ膜1の形成方法を、より確実に実施できるとともに、ハンダ膜1の膜品質及び均質性の向上に寄与できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

次に、本発明に係る最良の実施形態を挙げ、図面に基づき詳細に説明する。

【0020】

まず、本実施形態に係るハンダ膜1及びこのハンダ膜1を形成することができる真空蒸着装置30の構成について、図3及び図4を参照して説明する。

【0021】

図3は、基板20の表面に形成した本実施形態に係るハンダ膜1を示す。なお、このハンダ膜1の基本的な形成手法は、本出願人が既に提案した特願2005-179333号の製造方法を利用できる。

【0022】

この場合、基板20は、窒化アルミニウム(AlN)を用いた基板本体21の表裏面に、薄膜電極となるTi/Pt/Au層22, 23を有する。なお、Tiは基板本体21との密着性を確保し、Ptは基板本体21へのハンダ浸食を防止し、Auはハンダに対する密着性及び濡れ性を確保する。

【0023】

ハンダ膜1は、Au-Sn合金10を基板20に蒸着して形成する。Au-Sn合金10は、後述するように、Au(金)を50~80[重量%]含み、かつAu-Sn合金10を構成するAuとSn(錫)の結晶成分として、少なくとも、Au<sub>5</sub>Sn, AuSn及びAuSn<sub>2</sub>を含有する。また、ハンダ膜1を構成するAu-Sn合金10は、複数回に分けた蒸着を行うことにより、複数の薄膜層(合金層)10a, 10b, 10c...を積層して形成し、各薄膜層10a...は、厚みLdを0.5[μm]以下に選定するとともに、Au-Sn合金10の最上層10uには、Au層を設ける。なお、図3は、五つの薄膜層10a, 10b, 10c, 10d, 10eを例示するが、この層数は任意である。例示の場合、薄膜層10eが最上層10uとなるため、この薄膜層10eを他の薄膜層(合金層)10a...と異なるAu層により形成する。

10

20

30

40

50

## 【0024】

このように、複数の薄膜層10a...を積層してAu-Sn合金10の全体を形成すれば、各薄膜層10a...の一つに微妙な組成の偏りを生じた場合であっても薄膜層10a...全体によりバラツキが平均化されるため、ハンダ膜1の融解特性をより安定化させることができる。また、各薄膜層10a...は、厚みLdを0.5[μm]以下にすれば、成長が抑制される微細な結晶による緻密なハンダ膜1が得られるため、高速で融点以上に加熱した際における完全融解までの時間を短縮することができる。特に、各薄膜層10a...の厚みLdが0.5~0.2[μm]では、高速加熱により融点到達後、1~2[秒]程度で融解し、かつバラツキも小さくなり、半導体素子等を高速で実装する工程において有利になるとともに、各薄膜層10a...の厚みLdが0.2[μm]以下では、結晶の粒径も0.2[μm]以下に抑制されるため、高速加熱により融点到達後、1[秒]以下の瞬時に融解し、半導体素子等を高速で実装する工程の更なる高速化に寄与できる。さらに、Au-Sn合金10の最上層10uに、Au層を設ければ、使用時に融解特性を不安定化させるハンダ膜1の酸化を防止できる利点がある。

10

## 【0025】

一方、図4は、ハンダ膜1を形成する真空蒸着装置30を示す。この真空蒸着装置30は、二源蒸発法により、AuとSnを二つの蒸発源からそれぞれ同時に蒸発させて同時蒸着を行うことができる。真空蒸着装置30は蒸発源31x, 31yを備える。一方の蒸発源31xには、複数のハースを備え、各ハースには各薄膜層10a...の膜厚に必要な量のAu材料を収容する。また、他方の蒸発源31yにも、複数のハースを備え、各ハースには各薄膜層10a...の膜厚に必要な量のSn材料を収容する。したがって、各ハースは、各薄膜層10a...を形成する毎に、例えば、ハースライナーにより各ハースを回転させて切替える。なお、積層数に対応させたハースを準備する場合を例示したが、その他、単一のハースとし、一層の薄膜層10a...の成膜が終了する毎に、ハースの近傍に設置した材料補給機構から各材料を各ハースに補給し、順次所望の層数まで積層することも可能である。なお、この場合、一層当たりの厚みは、補給する各材料の供給量により制御すればよい。

20

## 【0026】

さらに、各蒸発源31x, 31yの近傍には、各蒸発源31x, 31yに対してそれぞれ電子ビームを投射する電子ビーム投射部34x, 34yを設置するとともに、各蒸発源31x, 31yの上方には、多数(例えば、20~40枚)の基板20...を取付ける基板回転ドーム32を配設する。この基板回転ドーム32は、回転駆動部32dにより回転する。また、基板回転ドーム32(基板20)の近傍には、蒸着速度及び蒸着量のモニターを行う水晶センサ35x, 35yを配設する。36は、真空蒸着装置30の全体の制御を司るコントローラであり、上述した電子ビーム投射部34x, 34y, 回転駆動部32d及び水晶センサ35x, 35yを接続する。この場合、コントローラ36は、電子ビーム投射部34x, 34yを、それぞれ独立制御することにより合金組成を調整することができる。なお、材料を加熱する方式としては、例示の電子ビーム方式の他、抵抗加熱方式も利用可能である。抵抗加熱方式には、ボートタイプを用いた直接加熱方式及びセラミック製坩堝の周囲にタングステンワイヤヒータを巻いた間接加熱方式等が存在するが、いずれの方式も選択可能である。

30

40

## 【0027】

次に、真空蒸着装置30を用いた本実施形態に係るハンダ膜1の形成方法について、図1~図9を参照して説明する。

## 【0028】

本実施形態に係るハンダ膜1の形成方法では、AuとSnを基板20に蒸着する際の物理的条件(物理的挙動)が重要となる。このため、予め、実験により、基板20の温度(制限温度)Tb, AuとSnの蒸着速度Vj, 基板回転ドーム32の回転速度Vdに対するそれぞれの条件出しを行った。具体的には、これらの各物理的条件の変化に対応するAu-Sn合金を構成するAuとSnの結晶成分及びAu-Sn合金の融解時間の変化を検

50

証した。

【0029】

図5が検証のための実験データ、図6が実験の処理手順を示す工程図である。検証に用いる試料は、図5に示すように、物理的条件を異ならせた十種類の試料M1～M10を用いるとともに、各種類毎に三つのサンプル(1～3)を用意した。試料のうち、M2～M5及びM7～M10は、本実施形態に係る形成方法により製作したハンダ膜のサンプルであり、M1とM6は、従来一般的に用いられている一源蒸着法により製作したハンダ膜のサンプルである。なお、一源蒸着法は、予め蒸着材料として、Au-Sn合金を用意し、このAu-Sn合金を一つの蒸発源から蒸発させて蒸着を行う方法である。

【0030】

まず、試料には、狙い組成(AuとSnの重量比率)として、Auを75, 70〔重量%〕に選定したAu-Sn合金を用いる。なお、Au-Sn合金の組成は、共晶点の一つであるAuが80〔重量%〕付近を用いるか、好ましくは、Auが50～80〔重量%〕の範囲を用いることが望ましい。

【0031】

Auを50～80〔重量%〕とする理由は次のとおりである。即ち、Au-Sn合金のハンダ膜の結晶成分が $Au_5Sn$ ,  $AuSn$ 及び $AuSn_2$ の三成分の場合、Auの組成範囲は、45～89〔重量%〕となり、この範囲は、 $Au_5Sn$ 及び $AuSn$ の二成分の場合と大きく異なる。三成分を含有することによって、Auの組成範囲は、図9に示す合金状態図において、 $AuSn_2$  (AuSn<sub>2</sub>)までの範囲となる。したがって、Auが55〔重量%〕の場合、二成分であれば、 $AuSn$ 及び $AuSn_2$ の結晶成分により構成され、 $Au_5Sn$ は含まれないが、三成分であれば、 $Au_5Sn$ も含まれる。また、Auが75〔重量%〕の場合、二成分であれば、 $Au_5Sn$ と $AuSn$ の比率は一つの組み合わせとなるが、三成分であれば、 $Au_5Sn$ が47～67〔重量%〕の範囲で組み合わせ可能となり、一成分の比率が決まれば、他の二成分の比率も決まることになる。

【0032】

そして、同一組成の場合、三成分は、二成分よりも $Au_5Sn$ の比率が高く、かつ $AuSn$ の比率が低い値になるとともに、二成分の合金状態図における融点よりも低い温度で融解する傾向が見られる。即ち、Auが65〔重量%〕以下の場合、二成分では、400〔 〕付近の融点となるが、三成分では、400〔 〕よりも融点は低くなる。したがって、Auが45〔重量%〕付近(合金状態図の 付近)までは、融解性が良好となる。ただし、この付近では、 $AuSn_2$ の結晶成分の特性が支配的になり、ハンダ膜の強度や信頼性の面で実用的ではないため、有効な範囲は50〔重量%〕以上となる。一方、Auが80〔重量%〕以上では、融点の上昇カーブが急となり、実装時の下地膜Auや半導体側Auの影響を受けて融点がより高い方へシフトすることから実用的でない。よって、Auは50～80〔重量%〕の範囲が望ましい。

【0033】

また、基板20の制限温度 $T_b$ を選定した。基板20は、最初の常温状態から蒸着の進行に伴う加熱により温度が上昇する。制限温度 $T_b$ は、基板20の温度が制限温度 $T_b$ を超えないように制御するための温度である。したがって、基板20の温度が制限温度 $T_b$ に達した場合には、一時的に蒸着処理を停止させたり、或いは窒素やアルゴン等の不活性ガスを導入するなどにより基板20の冷却を速め、基板20の温度が制限温度 $T_b$ を超えないように制御する。冷却用に不活性ガスを導入した場合には、所定の真空度に真空引きした後、蒸着を再開すればよい。なお、真空蒸着装置30には、基板回転ドーム32に対してユニットクーラから冷却液を循環させる不図示の基板冷却機構を備えている。設定する制限温度 $T_b$ としては、従来より一般的に用いられる90〔 〕に加え、70, 50〔 〕を選定し、これにより、ハンダ膜に与える基板温度の影響を検証した。

【0034】

さらに、Auを75, 70〔重量%〕を選定したため、Au, Snの各蒸着速度 $V_j$ を図5に示すように選定した。この場合、試料M1及びM6を一源蒸着法で用いる一般的な

10

20

30

40

50

蒸着速度である  $4.0$  [ / s e c ] に設定し、他の試料 M 2 ... 及び M 7 ... に対しては  $1 \sim 10$  [ / s e c ] 間における任意の蒸着速度  $V_j$  を選定することにより、ハンダ膜に与える蒸着速度  $V_j$  の影響を検証した。

#### 【 0 0 3 5 】

一方、基板回転ドーム 3 2 の回転速度  $V_d$  は、低速の場合、A u - S n 合金を構成する A u , S n の含有量 ( 含有率 ) に偏りを生じ、かつ均質性を確保できないため、ある程度の回転速度を確保するとともに、従来より一般的に用いられている回転速度  $50$  [ r p m ] を、試料 M 1 及び M 6 に適用し、他の試料 M 2 ... 及び M 7 ... に対しては  $100$  [ r p m ] 以下の任意の回転速度  $V_d$  を選定することにより、ハンダ膜に与える回転速度  $V_d$  の影響を検証した。

10

#### 【 0 0 3 6 】

次に、検証を行うための試料 ( サンプル ) の製作方法について説明する。なお、予め真空蒸着装置 3 0 の基板回転ドーム 3 2 には、ハンダ膜が未形成の基板 2 0 ... を試料種毎に取付けるとともに、蒸発源 3 1 x のハースには A u 材料を収容し、蒸発源 3 1 y のハースには S n 材料を収容する ( ステップ S 1 ) 。形成するハンダ膜は単層とし、膜厚の目安は  $4 \sim 5$  [  $\mu$  m ] 程度を選定する。このため、各蒸発源 3 1 x , 3 1 y のハースには、形成する膜厚に対応した量の材料を収容する。

#### 【 0 0 3 7 】

また、試料種に対応する基板回転ドーム 3 2 の回転速度  $V_d$  、基板 2 0 に対する制限温度  $T_b$  、A u と S n の蒸着速度  $V_j$  をそれぞれ設定する ( ステップ S 2 , S 3 , S 4 ) 。なお、蒸着真空室 3 3 の真空度は  $10^{-4}$  [ P a ] に設定する。

20

#### 【 0 0 3 8 】

そして、真空蒸着装置 3 0 を作動させ、基板 2 0 ... に A u - S n 合金を蒸着させる ( ステップ S 5 ) 。この場合、コントローラ 3 6 は、基板回転ドーム 3 2 を設定した回転速度  $V_d$  で回転制御するとともに、予め設定した条件により電子ビーム投射装置 3 4 x , 3 4 y を制御する。これにより、電子ビーム投射装置 3 4 x , 3 4 y から各蒸発源 3 1 x , 3 1 y に対して電子ビームが投射され、ハース内の A u , S n が同時に加熱される。加熱された A u , S n は同時に蒸発し、A u と S n は合金となって基板 2 0 ... に蒸着し、二源蒸着法によるハンダ膜が形成される。

#### 【 0 0 3 9 】

30

なお、ハンダ膜が形成されたなら、蒸着条件の確認 ( 調整 ) を行う ( ステップ S 6 ) 。具体的には、基板 2 0 に成膜される膜厚 ( 蒸着速度 ) と水晶センサ 3 5 x ... によりモニターする膜厚 ( 蒸着速度 ) にズレを生じるため、両者の比率が正確か否かを確認し、比率の調整 ( 再設定 ) を行う。また、基板 2 0 に A u - S n 合金を蒸着させた際における膜厚を実測して補正を行う ( ステップ S 7 ) 。具体的には、水晶センサ 3 5 x , 3 5 y から得られる A u と S n の各積算膜厚を読取るとともに、基板 2 0 に形成された A u - S n 合金の膜厚を測定する。この場合、実際の膜厚のほうが数 [ % ] 程度薄くなるため、その補正を行う。

#### 【 0 0 4 0 】

これらの調整及び補正を行い、目的とする正規のハンダ膜が得られたなら、検証用の試料とする ( ステップ S 8 ) 。そして、同様の製作手順により、前述した八種類の試料 M 2 ~ M 5 , M 7 ~ M 10 ( 三枚ずつ計二十四枚 ) の試料を製作する ( ステップ S 9 ) 。なお、同様に一源蒸着法を用いた二種類の試料 M 1 と M 6 を製作する。

40

#### 【 0 0 4 1 】

次いで、試料の製作が終了したなら、各試料 M 1 ~ M 10 におけるハンダ膜の結晶成分を測定する ( ステップ S 10 ) 。図 5 に示す結晶成分の数値 [ 重量 % ] は、X 線回折装置を利用して解析し、得られたデータから推定して求めたものである。図 7 に、試料 M 4 を X 線回折装置により解析した解析データを示す。また、図 8 には従来の一源蒸着法により製作した試料 M 1 を X 線回折装置により解析した解析データを示す。なお、X 線回折は、試料に X 線をあてる角度 (  $2\theta$  ) を変えながら、反射される X 線をカウントするものであ

50

り、結晶方向によって特定の面方向のピークが幾つか観察される。この場合、面方向によってピーク強度の大きさが異なるため、必ずしも大きなピークの方に結晶成分があるとは限らない。このため、結晶成分の数値は、検出されるピークの種類と各材料及び各結晶のデータベース（標準試料）を参考にして求めた。

#### 【 0 0 4 2 】

図 7 及び図 8 から明らかなように、従来の一源蒸着法により製作したハンダ膜からは、結晶成分  $Au_5Sn$  と  $AuSn$  のピークのみ検出され、 $AuSn_2$  の結晶成分は検出されない。一源蒸着法の場合、 $Au-Sn$  合金を蒸着材料として一つの蒸発源から蒸発させるため、一方の成分（ $Au$  又は  $Sn$ ）に偏った蒸発とはならない。したがって、 $Au$  が 70 及び 75〔重量％〕の場合、 $Au_5Sn$  と  $AuSn$  のみの結晶成分となる通常の  $Au-Sn$  合金に対する合金状態図に従った結晶成分の配分比率になると推測されることから、試料 M1 の条件及び合金状態図から結晶成分  $Au_5Sn$  と  $AuSn$  の比率を求めた。

#### 【 0 0 4 3 】

これに対して、本実施形態により製作したハンダ膜からは、結晶成分  $Au_5Sn$  と  $AuSn$  に加えて、第三のピークである  $AuSn_2$  の結晶成分が検出された。したがって、 $Au$  の成分比率が既知でも、通常の合金状態図では解析が困難となることから、 $Au$  を 75〔重量％〕とした複数の試料についてピーク値分布を集計するとともに、それぞれの結晶が取り得る比率の範囲内で正規分布しているものと仮定して検量線を作成し、各ピーク値から成分比率を定量推定して求めた。

#### 【 0 0 4 4 】

さらに、各試料 M1 ～ M10 におけるハンダ膜の融解時間  $T_r$  を測定する（ステップ S11）。融解時間  $T_r$  は、各試料を 380〔℃〕付近まで約 7 秒間で高速昇温し、ハンダ膜が融解を開始し、完全に融解するまでの時間を測定した。 $Au$  が 75〔重量％〕の  $Au-Sn$  合金は、合金状態図によれば、340〔℃〕付近であるが、実際に融点まで正確に高速加熱し、正確に融点温度を保持するのは困難であるため、融点よりもやや高い 380〔℃〕付近まで加熱して保持した。融解の開始時点は、上面からの観察画像において、 $Au-Sn$  合金のハンダ膜の表面に形状変化が生じた時点を融解開始時とし、表面が滑らかな完全な液体として確認できた時点を融解の終了とした。なお、実験時の酸化を防止するため、窒素雰囲気の中で行った。

#### 【 0 0 4 5 】

図 5 に、測定した結晶成分の数値〔重量％〕及び融解時間  $T_r$ 〔秒〕を示す。また、図 1 に  $Au$  の組成を 75〔重量％〕に設定した試料 M1 ～ M5 の融解時間  $T_r$ 〔秒〕、結晶成分の数値〔重量％〕及び各物理的条件の設定した数値をグラフで示すとともに、図 2 に  $Au$  の組成を 70〔重量％〕に設定した試料 M6 ～ M10 の融解時間  $T_r$ 〔秒〕、結晶成分の数値〔重量％〕及び各物理的条件の設定した数値をグラフで示す。

#### 【 0 0 4 6 】

実験結果において、試料 M1 と M6 は、従来一般的な手法である、一源蒸着法によるものであるが、この場合、 $Au$  の組成が 75, 70〔重量％〕共に、融解時間  $T_r$  は 5 ～ 8〔秒〕と長く、また、結晶成分は、 $Au_5Sn$  と  $AuSn$  の二種類のみであり、 $AuSn_2$  の結晶成分は存在しない。

#### 【 0 0 4 7 】

これに対して、試料 M2 ～ M5, M7 ～ M10 は、 $Au$  の組成が 75 及び 70〔重量％〕の双方共に、融解時間  $T_r$  は 1 ～ 2〔秒〕と短く、また、結晶成分は、 $Au_5Sn$  と  $AuSn$  の二種類に加え、第三の結晶成分である  $AuSn_2$ （第三結晶）が存在し、 $Au-Sn$  合金のハンダ膜には、三種類の結晶成分を包含する。なお、図 9 の合金状態図に、 $AuSn_2$ （＝ ）を示す。

#### 【 0 0 4 8 】

特に、実験結果によれば、図 1 及び図 2 に示すように、 $Au-Sn$  合金により構成するハンダ膜においては、第三結晶の有無が、融解時間  $T_r$  の長さを決定し、第三結晶が有る場合の融解時間  $T_r$  は、無い場合の融解時間  $T_r$  に比べ、 $1/5 \sim 1/4$  に短縮される。

10

20

30

40

50



一方、第三結晶の有無は、蒸着する際における物理的挙動（物理的条件）により大きく影響され、第三結晶を含有させるには、基板回転ドーム32を回転させる回転速度 $V_d$ を、所定回転速度範囲に設定するとともに、 $Au$ と $Sn$ の蒸着速度 $V_j$ を所定速度範囲に設定し、さらに基板20の温度 $T_b$ を所定温度以下に設定する必要がある。

#### 【0049】

この場合、実験結果から、基板回転ドーム32の回転速度 $V_d$ は、遅くするほど、第三結晶が増える傾向にある。しかし、基板回転ドーム32の回転速度 $V_d$ は、低速の場合、 $Au-Sn$ 合金を構成する $Au$ 、 $Sn$ の含有量（含有率）に偏りを生じ、かつ均質性を確保できないため、ある程度の回転速度を確保する必要がある。基板回転ドーム32の回転速度 $V_d$ は、所定回転速度範囲、例示の場合には、 $10 \sim 100$  [rpm]の範囲に設定する必要がある。また、 $Au$ 、 $Sn$ の蒸着速度 $V_j$ は、速くするほど、第三結晶が増える傾向にある。したがって、 $Au$ 、 $Sn$ の蒸着速度 $V_j$ は、所定速度以上に設定する必要がある。例示の場合には、それぞれ $1 \sim 10$  [ /sec ]の範囲に設定する必要がある。さらに、基板20の制限温度 $T_b$ は、低くするほど、第三結晶が増える傾向にある。したがって、基板20の制限温度 $T_b$ は、所定温度以下に設定する必要がある。例示の場合には、 $90$  [ ]以下に設定する必要がある。

#### 【0050】

よって、蒸着する際におけるこのような物理的条件の条件出しを行い、本実施形態による成形方法、即ち、 $Au-Sn$ 合金10を構成する $Au$ を75或いは70 [重量%] 含み、かつ $Au$ と $Sn$ を基板20に蒸着する際の物理的条件を、少なくとも、基板温度を所定の制限温度 $T_b$ 以下に制限するとともに、 $Au$ と $Sn$ の蒸着速度 $V_j$ を所定速度範囲に設定し、 $Au-Sn$ 合金10を構成する $Au$ と $Sn$ の結晶成分として、少なくとも、 $Au_5Sn$ 、 $AuSn$ 、 $AuSn_2$ を含有するハンダ膜1を形成するようにすれば、ハンダ膜1の融解時間 $T_r$ を飛躍的に短縮できる。この結果、ハンダ工程の高速化を実現し、また、半導体素子等に対する熱影響を確実に回避できるとともに、融解温度及び融解時間の安定化による膜品質及び均質性の向上に貢献でき、特に、近時における高速加熱及び高速処理の要求されるボンディング工程等にも十分に対応することができる。

#### 【0051】

また、このような成形方法に加え、前述した図3に示すハンダ膜1、即ち、複数回に分けた蒸着を行うことにより、複数の薄膜層（合金層）10a、10b、10c...を積層した積層構造の $Au-Sn$ 合金10を形成すれば、積層構造による前述した利点との相乗効果を得ることができる。

#### 【0052】

以上、最良の実施形態について詳細に説明したが、本発明は、このような実施形態に限定されるものではなく、細部の構成、形状、手法、素材、数量、数値等において、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、任意に変更、追加、削除することができる。

#### 【0053】

例えば、 $Au-Sn$ 合金10の最上層10uに $Au$ 層を設けた場合を例示したが、最上層10uの代わりに一部の間層（薄膜層10a...）に設けてもよいし、最上層10uと一部の間層の双方に設けてもよい。中間層に設けることにより融解性（溶け具合）をより高めることができる。なお、本発明は、 $Au$ と $Sn$ の結晶成分として、少なくとも、 $Au_5Sn$ 、 $AuSn$ 及び $AuSn_2$ の三種類の結晶成分を含有することを条件とする。したがって、四種類以上の結晶成分の含有を排除するものではない。実際、物理的条件によっては、四種類目の結晶成分（ $Au_5Sn$ ）～（ $AuSn_4$ ）：図9参照）の可能性もある。しかし、結晶成分が三種類の場合は、ハンダ膜の特性で下限とした50 [重量%] 以下でも良好なハンダ特性を得ることができる。さらに、本発明に係るハンダ膜1は、半導体素子等を実装する基板20に形成する場合を例示したが、各種用途の基板に形成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0054】

10

20

30

40

50

【図 1】本発明の最良の実施形態に係るハンダ膜を検証する A u が 7 5 重量 % の実験データグラフ、

【図 2】同ハンダ膜を検証する A u が 7 0 重量 % の実験データグラフ、

【図 3】同ハンダ膜を示す模式的断面構成図、

【図 4】同ハンダ膜の形成方法を実施できる真空蒸着装置の模式的構成図、

【図 5】同ハンダ膜を検証する実験データ表、

【図 6】同ハンダ膜を検証する実験の処理手順を示す工程図、

【図 7】同ハンダ膜を X 線回析装置により解析した解析データ図、

【図 8】従来の一源蒸着法により形成したハンダ膜を X 線回析装置により解析した解析データ図、

10

【図 9】同ハンダ膜の結晶成分等を説明する A u - S n 合金の合金状態図、

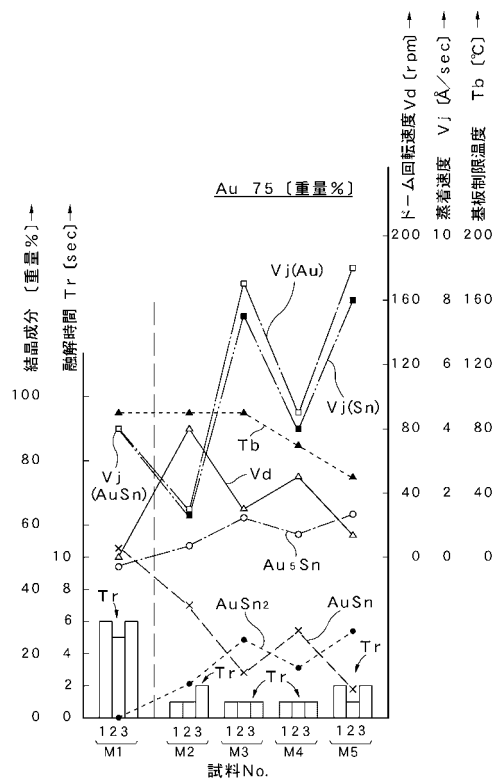
【符号の説明】

【 0 0 5 5 】

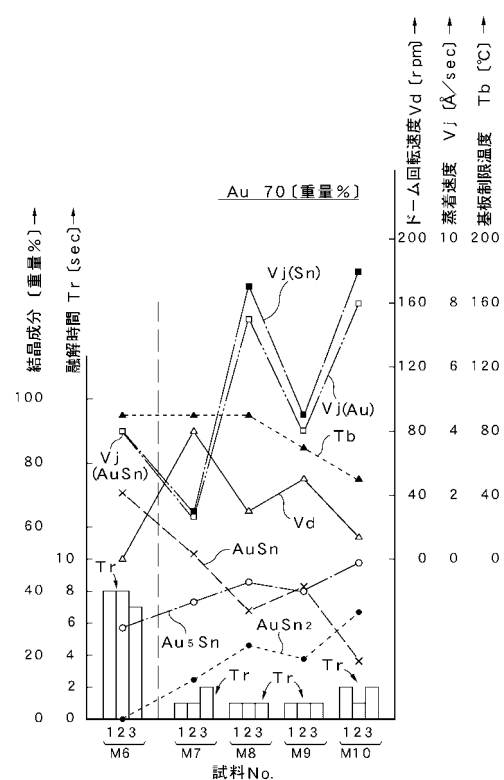
- |           |              |
|-----------|--------------|
| 1         | ハンダ膜         |
| 1 0       | A u - S n 合金 |
| 2 0       | 基板           |
| 3 1 x ... | 蒸発源          |
| 3 2       | 基板回転ドーム      |
| 1 0 a ... | 薄膜層          |
| 1 0 u     | 最上層          |
| T b       | 温度 (制限温度)    |
| V j       | 蒸着速度         |
| V d       | 回転速度         |

20

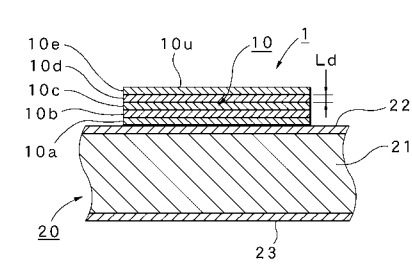
【図 1】



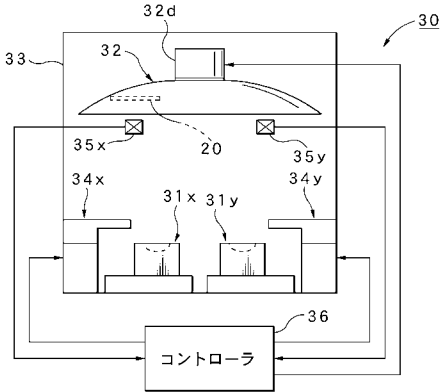
【図 2】



【図 3】



【図 4】

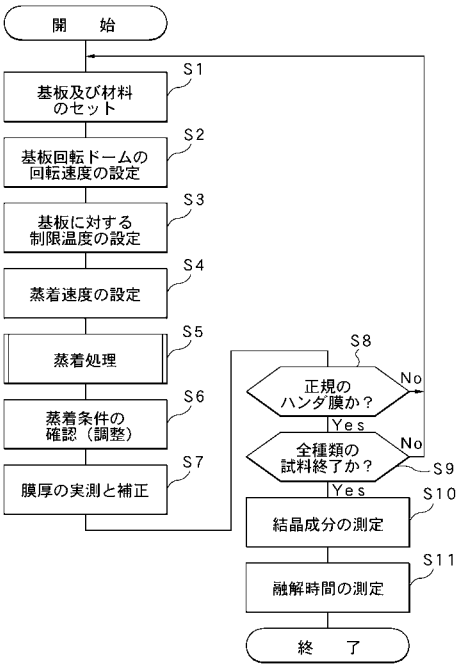


【図 5】

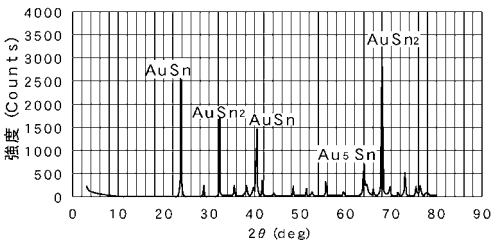
試料 No.	Au (重量%)	管理項目				結晶成分 (重量%)			融解時間 (秒)		
		基板回転ドーム 回転速度 (rpm)	蒸着速度 (Å/sec)		基板制限温度 (℃)	AuSn	AuSn	AuSn <sub>2</sub>	1	2	3
			Au	Sn							
M1	75	50	*1	4.0	90	47	53	0	6	5	6
M2		80	1.5	1.3	90	54	35	11	1	1	2
M3		30	8.5	7.5	90	62	14	24	1	1	1
M4		50	4.5	4	70	57	27	16	1	1	1
M5		15	9.1	8	50	64	9	27	2	1	1
M6	70	50	*2	4.0	90	29	71	0	8	8	7
M7		80	1.4	1.6	90	36	52	12	2	2	2
M8		30	7.5	8.5	90	43	34	23	2	1	1
M9		50	4.4	5	70	40	41	19	1	1	2
M10		15	8	9.1	50	49	18	33	2	2	1

\*1 AuSn 合金の蒸着速度  
\*2 AuSn 合金の蒸着速度

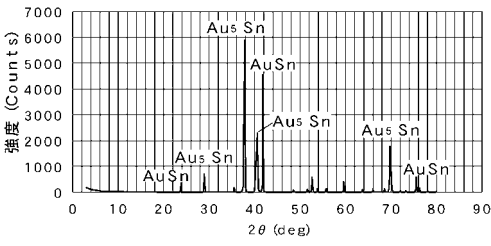
【図 6】



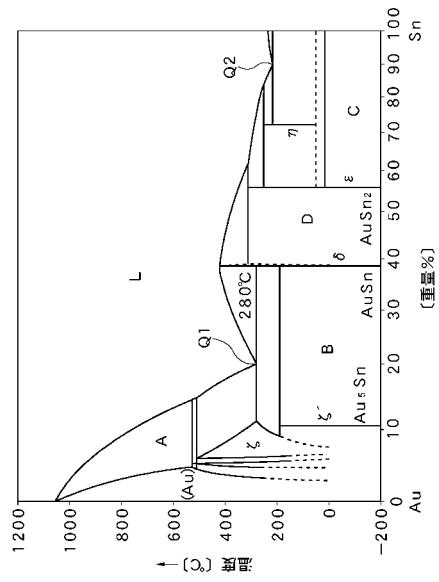
【図 7】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

(72)発明者 堀金 良彦

長野県北佐久郡御代田町大字御代田4107番地5 シチズンファインテック株式会社内

(72)発明者 土屋 純二

長野県北佐久郡御代田町大字御代田4107番地5 シチズンファインテック株式会社内

審査官 伊藤 光貴

(56)参考文献 特開平09-283909(JP,A)

特開平10-006073(JP,A)

特開2002-224882(JP,A)

特開2006-110626(JP,A)

特開昭48-038485(JP,A)

特開平09-115835(JP,A)

特開平02-145765(JP,A)

特開昭59-083766(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 14/00 - 14/58

B23K 35/30

C22C 5/02

H01L 21/52

H05K 3/24