

(19) 日本国特許庁(JP)

## 再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02005/020315

発行日 平成19年11月1日(2007.11.1)

(43) 国際公開日 平成17年3月3日(2005.3.3)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B23K 35/14 (2006.01)</b>	B23K 35/14 A	5E319
<b>H01L 23/14 (2006.01)</b>	H01L 23/14 M	
<b>H05K 3/34 (2006.01)</b>	H05K 3/34 512C	
<b>B23K 35/26 (2006.01)</b>	H05K 3/34 507C	
<b>C22C 13/00 (2006.01)</b>	H05K 3/34 501F	

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 24 頁) 最終頁に続く

出願番号	特願2005-513281 (P2005-513281)	(71) 出願人	000003182
(21) 国際出願番号	PCT/JP2004/011775		株式会社トクヤマ
(22) 国際出願日	平成16年8月17日(2004.8.17)		山口県周南市御影町1番1号
(31) 優先権主張番号	特願2003-208783 (P2003-208783)	(74) 代理人	100081994
(32) 優先日	平成15年8月26日(2003.8.26)		弁理士 鈴木 俊一郎
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100103218
(31) 優先権主張番号	特願2004-10700 (P2004-10700)		弁理士 牧村 浩次
(32) 優先日	平成16年1月19日(2004.1.19)	(74) 代理人	100107043
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 高畑 ちより
		(74) 代理人	100110917
			弁理士 鈴木 亨
		(72) 発明者	横山 浩樹
			山口県周南市御影町1番1号 株式会社トクヤマ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 素子接合用基板、素子接合基板及びその製造方法

## (57) 【要約】

本発明の目的は、ハンダ層付きセラミックス基板において環境問題が懸念されている Pb を含む Sn - Pb 共晶ハンダと同等の融点や接合強度を満たす Pb フリーハンダ層付きセラミックス基板を提供することである。本発明の素子接合用基板は、電極層を有する基板と該電極層上に形成されたハンダ層とからなる素子接合用基板であって、該ハンダ層が (1) (i) Sn、(ii) Sn 及び Au 又は (iii) In からなる基本金属と、(2) Bi、In (基本金属が Sn、又は Sn 及び Au であるときに限る)、Zn、Au (基本金属が In であるときに限る) 及び Sb からなる群より選ばれる少なくとも 1 種の金属と、(3) Ag、Ni、Fe、Al、Cu 及び Pt からなる群より選ばれる少なくとも 1 種の金属と、を含んでなる Pb フリーハンダ層であり、該ハンダ層の厚さが 1 ~ 15 μm、表面粗さ (Ra) が 0.11 μm 以下である素子接合用基板である。

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

電極層を有する基板と該電極層上に形成されたハンダ層とからなる素子接合用基板であって、

該ハンダ層が、

(1) (i) Sn、(ii) Sn及びAu又は(iii) Inからなる基本金属と、

(2) Bi、In(基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る)、Zn、Au(基本金属がInであるときに限る)及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属と、

(3) Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属と、を含んでなるPbフリーハンダ層であり、 10

該ハンダ層の厚さが1~15 $\mu$ m、表面粗さ(Ra)が0.11 $\mu$ m以下である素子接合用基板。

## 【請求項2】

前記ハンダ層が、

(1) (i) Sn、(ii) Sn及びAu又は(iii) Inからなる基本金属層と、

(2) Bi、In(基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る)、Zn、Au(基本金属がInであるときに限る)及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる1以上の低融点化金属層と、

(3) Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる1以上の表面平滑化金属層と、を含み、 20

該低融点化金属層の各々が該表面平滑化金属層の何れかと隣接している請求項1に記載の素子接合用基板。

## 【請求項3】

電極層を有する基板の該電極層上に、

(1) (i) Sn、(ii) Sn及びAu又は(iii) Inからなる基本金属と、

(2) Bi、In(基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る)、Zn、Au(基本金属がInであるときに限る)及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属と、

(3) Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属とを含んでなる、 30

厚さが1~15 $\mu$ m、表面粗さ(Ra)が0.11 $\mu$ m以下のPbフリーハンダ層を形成するハンダ層形成工程を含んでなる請求項1又は2に記載の素子接合用基板を製造する方法であって、

該ハンダ層形成工程が、前記基本金属からなる層を形成する工程と、Bi、In(基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る)、Zn、Au(基本金属がInであるときに限る)及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる低融点化金属層を形成する工程と、Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる表面平滑化金属層を形成する工程と、をそれぞれ1以上含み、 40

該低融点化金属層を形成する工程の直前および/または直後には該表面平滑化金属層を形成する工程の何れかが行われる素子接合用基板の製造方法。

## 【請求項4】

電極層を有する基板の該電極層上に、遷移金属からなる接着層を形成する接着層形成工程と、

該接着層上に、

(1) (i) Sn、(ii) Sn及びAu又は(iii) Inからなる基本金属と、

(2) Bi、In(基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る)、Zn、Au(基本金属がInであるときに限る)及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属と、

(3) Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属とを含んでなる、

厚さが1～15 $\mu\text{m}$ 、表面粗さ(Ra)が0.11 $\mu\text{m}$ 以下のPbフリーハンダ層を形成するハンダ層形成工程とを含んでなる請求項1又は2に記載の素子接合用基板を製造する方法であって、

該ハンダ層形成工程が、前記基本金属からなる層を形成する工程と、Bi、In(基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る)、Zn、Au(基本金属がInであるときに限る)及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる低融点化金属層を形成する工程と、Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる表面平滑化金属層を形成する工程と、をそれぞれ1以上含み、

10

該低融点化金属層を形成する工程の直前および/または直後には該表面平滑化金属層を形成する工程の何れかが行われる素子接合用基板の製造方法。

#### 【請求項5】

請求項1又は2に記載の素子接合用基板のハンダ層上に、電極を有する素子を当該電極が前記ハンダ層に接触するように載置した後にリフローハンダ付けする素子接合基板の製造方法。

#### 【請求項6】

請求項5に記載の方法で製造される素子接合基板。

#### 【発明の詳細な説明】

20

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、素子を接合、固定するための素子接合用基板、該基板に素子が接合された素子接合基板及びその製造方法に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

携帯電話や光通信などの普及に伴い高周波帯域で作動する高出力・高消費電力のGaAs系FET、Si-Ge系HBT、Si系MOSFETあるいはGaN系レーザーダイオードなどの半導体素子実装用基板としては、高周波の誘電損失が少ないという理由からセラミックス基板が使用されている。セラミックス基板の中でも窒化アルミニウム焼結体基板は、熱伝導率が高く熱膨張係数が半導体素子に近いという優れた特徴を有しているため、特に注目されている。

30

通常、窒化アルミニウム焼結体等のセラミックス基板上に素子を接合する場合には、メタライゼーションによりセラミックス基板に強固に接合した第一、及び第二下地金属層を形成した後、該下地金属層上に金等の貴金属からなる電極層を形成し、該電極層に素子をハンダ付けするのが一般的である。このような素子のハンダ付け法としては、効率性の観点からリフロー法が採用されることが多く、そのために基板の電極層上には素子を接合するための特定パターンのハンダ層を予め形成しておく必要がある。

#### 【0003】

近年の半導体装置の高集積化に伴い、このようなリフロー法用基板の基板の上に形成されるハンダ層も薄膜技術を用いて微小領域に高精度に形成される必要があり、該ハンダ層は、溶融時に所期のハンダ組成となるように各種金属薄膜層を順次積層して形成されるのが一般的である。以下、このようなハンダ層を「薄膜積層ハンダ層」といい、電極層上に該薄膜積層ハンダ層が形成されたセラミックス基板を「薄膜積層ハンダ層付きセラミックス基板」という。

40

このような薄膜積層ハンダ層付きセラミックス基板におけるハンダ層としては、Au-Sn系の薄膜積層ハンダ層が形成された基板(特許文献1参照)、融点が183のSn-37重量%Pb共晶ハンダ或いはこれに微量の異種金属を添加したハンダ(以下、総称してSn-Pb共晶ハンダともいう。)を溶融時に与える薄膜積層ハンダ層が形成された基板等が知られている(特許文献2参照)。上記Sn-Pb共晶ハンダは、電子工業用ハ

50

ンダとして最も一般的なもので広く普及しており、薄膜積層ハンダ層（例えば図12に示すPb層とSn層を交互に積層したハンダ層）であっても高い接合強度で素子を接合することができる。

#### 【0004】

一方、近年、鉛の有害性が問題となり鉛成分を含まない所謂Pbフリーハンダが用いられるようになってきている。Pbフリーハンダとしては、Sn-Pb共晶ハンダの代替という観点から該ハンダと同等の融点を持つものが望まれており、そのようなPbフリーハンダとしては、Sn-Zn-In系ハンダ（特許文献3）およびSn-Ag-Bi系ハンダ（特許文献4参照）が知られている。しかしながら、これらのハンダは予め所定の組成を持つように調製された合金ハンダであり、上記したような薄膜積層ハンダ層とした例は知られていない。なお、本明細書では便宜上、このような予め所定の組成に調整された合金ハンダからなるハンダ層を「合金ハンダ層」と呼び、前述した薄膜積層ハンダ層と区別する。

10

【特許文献1】特開2002-373960号公報

【特許文献2】特開平5-186884号公報

【特許文献3】特開平7-155984号公報

【特許文献4】特開2003-200288号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

20

薄膜積層ハンダ層付きセラミックス基板においてもPbフリー化は重要な技術課題であり、Sn-Pb共晶ハンダを溶融時に与える薄膜積層ハンダ層からPbフリーの薄膜積層ハンダ層への転換が望まれている。

しかしながら、薄膜積層ハンダ層は溶融した状態で層全体が所定のハンダ組成となるため、合金ハンダ層の場合とは異なりその性能は層構造に大きく影響を受ける（この点は、後述する実施例と比較例との対比からも明らかである）。例えば、合金ハンダ層では高い接合強度が得られても、溶融時にその合金ハンダ層と同一組成を与えるように形成された薄膜積層ハンダ層では十分な接合強度が得られないことも多い。また、Sn-Pb共晶薄膜積層ハンダ層を有するセラミックス基板に素子を接合するプロセスは完成されており、Sn-Pb共晶薄膜積層ハンダ層からPbフリーの薄膜積層ハンダ層への移行に際しては、Sn-Pb共晶薄膜積層ハンダ層を用いた時と同等の接合強度が得られることは勿論、プロセス上の大きな変更を伴わないことが望まれている。そして、この要望を満足するためには、採用されるPbフリーの薄膜積層ハンダ層の融点は170~230、好ましくは180~200であることが必要である。

30

#### 【0006】

本発明は、このような要求を満足するPbフリーの薄膜積層ハンダ層を有する素子接合用基板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】

#### 【0007】

40

本発明者は上記課題を解決すべく鋭意検討を行なった。その結果、Auを含有するSn系ハンダ等のPbフリーハンダにBiやIn等の金属を添加することによりSn-Pb共晶ハンダとほぼ同等の融点とすることができるという知見を得るに至った。しかしながら、これら金属を添加した薄膜積層ハンダ層には素子をハンダ付けした場合の接合強度が低いという問題があることが判明した。そして、このような問題を解決すべく更に検討を行なったところ、Ag等の特定の金属を添加することによって高い接合強度が得られる場合があることと、接合強度は薄膜積層ハンダ層表面の表面粗さの影響を強く受け、該表面粗さが特定の値より小さい場合には高い接合強度が得られることを見出すとともに、表面粗さがこの条件を満たすようなハンダ層を安定して形成する方法を見出すことに成功し、本発明を完成するに至った。

#### 【0008】

50

即ち、本発明の要旨は以下のとおりである。

[ 1 ] 電極層を有する基板と該電極層上に形成されたハンダ層とからなる素子接合用基板であって、

該ハンダ層が、

( 1 ) ( i ) Sn、( i i ) Sn及びAu又は( i i i ) Inからなる基本金属と、  
( 2 ) Bi、In (基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る)、Zn、Au (基本金属がInであるときに限る)及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属と、

( 3 ) Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属と、を含んでなるPbフリーハンダ層であり、

該ハンダ層の厚さが1～15 $\mu$ m、表面粗さ(Ra)が0.11 $\mu$ m以下である素子接合用基板。

10

[ 2 ] 前記ハンダ層が、

( 1 ) ( i ) Sn、( i i ) Sn及びAu又は( i i i ) Inからなる基本金属層と、  
( 2 ) Bi、In (基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る)、Zn、Au (基本金属がInであるときに限る)及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる1以上の低融点化金属層と、

( 3 ) Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる1以上の表面平滑化金属層と、を含み、

該低融点化金属層の各々が該表面平滑化金属層の何れかと隣接している[ 1 ]に記載の素子接合用基板。

20

[ 3 ] 電極層を有する基板の該電極層上に、

( 1 ) ( i ) Sn、( i i ) Sn及びAu又は( i i i ) Inからなる基本金属と、  
( 2 ) Bi、In (基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る)、Zn、Au (基本金属がInであるときに限る)及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属と、

( 3 ) Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属とを含んでなる、

厚さが1～15 $\mu$ m、表面粗さ(Ra)が0.11 $\mu$ m以下のPbフリーハンダ層を形成するハンダ層形成工程を含んでなる[ 1 ]又は[ 2 ]に記載の素子接合用基板を製造する方法であって、

30

該ハンダ層形成工程が、前記基本金属からなる層を形成する工程と、Bi、In (基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る)、Zn、Au (基本金属がInであるときに限る)及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる低融点化金属層を形成する工程と、Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる表面平滑化金属層を形成する工程と、をそれぞれ1以上含み、

該低融点化金属層を形成する工程の直前および/または直後には該表面平滑化金属層を形成する工程の何れかが行われる素子接合用基板の製造方法。

[ 4 ] 電極層を有する基板の該電極層上に、遷移金属からなる接着層を形成する接着層形成工程と、

40

該接着層上に、

( 1 ) ( i ) Sn、( i i ) Sn及びAu又は( i i i ) Inからなる基本金属と、  
( 2 ) Bi、In (基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る)、Zn、Au (基本金属がInであるときに限る)及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属と、

( 3 ) Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属とを含んでなる、

厚さが1～15 $\mu$ m、表面粗さ(Ra)が0.11 $\mu$ m以下のPbフリーハンダ層を形成するハンダ層形成工程とを含んでなる[ 1 ]又は[ 2 ]に記載の素子接合用基板を製造す

50

る方法であって、

該ハンダ層形成工程が、前記基本金属からなる層を形成する工程と、Bi、In（基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る）、Zn、Au（基本金属がInであるときに限る）及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる低融点化金属層を形成する工程と、Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる表面平滑化金属層を形成する工程と、をそれぞれ1以上含み、

該低融点化金属層を形成する工程の直前および/または直後には該表面平滑化金属層を形成する工程の何れかが行われる素子接合用基板の製造方法。

[5][1]又は[2]に記載の素子接合用基板のハンダ層上に、電極を有する素子を当該電極が前記ハンダ層に接触するように載置した後にリフローハンダ付けする素子接合基板の製造方法。

[6][5]に記載の方法で製造される素子接合基板。

【発明の効果】

【0009】

本発明の素子接合用基板によれば、有害性が懸念されているSn-Pb共晶ハンダを用いること無く、半導体素子の接合が可能となる。また、本発明の素子接合用基板で用いられるハンダは、融点がSn-Pb共晶ハンダと同程度であるため、従来のSn-Pb共晶ハンダを用いたリフロープロセスを大きく変更する事無く適用でき、半導体素子を低温で高接合強度にハンダ付けすることが可能となる。特に基板として表面に電極層が形成された窒化アルミニウムを主成分とするセラミックス基板を用いたものは、このような特長に加えて高周波の誘電損失が少ないばかりでなく、使用時に発生する熱を放熱する放熱特性が良好であるという特長を併せ持つ非常に優れた素子接合用基板である。

さらに、本発明の製造方法によれば、上記のような優れた素子接合用基板を効率よく製造することが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

本発明の素子接合用基板は、電極層を有する基板と該電極層上に形成されたハンダ層とからなる素子接合用基板であって、該ハンダ層が、(1)(i)Sn、(ii)Sn及びAu又は(iii)Inからなる基本金属と、(2)Bi、In（基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る）、Zn、Au（基本金属がInであるときに限る）及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属と、(3)Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属と、を含んでなるPbフリーハンダ層であり、該ハンダ層の厚さが1~15 $\mu\text{m}$ 、表面粗さ(Ra)が0.11 $\mu\text{m}$ 以下である素子接合用基板である。

本発明における「電極層を有する基板」は、その表面の一部又は全面に電極として機能する貴金属からなる電極層が形成された基板であれば特に限定されないが、半導体素子を接合して使用した時の高周波の誘電損失が少ないという観点から、窒化アルミニウム、アルミナ、SiC等のセラミックス基板又はSi基板、特に表面粗さRaが0.05 $\mu\text{m}$ 以下でRmaxが0.2 $\mu\text{m}$ 以下であるセラミックス基板上にメタライゼーションにより貴金属電極層を形成したメタライズ基板を用いるのが好適である。電極層を構成する貴金属としては、Au、Ag、Pd、Pt等を挙げることができるが、導通抵抗が極めて低いAuを使用するのが好適である。

【0011】

これらメタライズ基板においては、前記したように貴金属電極層は、セラミックス基板に強固に接合した下地金属層上に直接又は間接的に形成されるのが一般的であり、例えばアルミナ基板においてはアルミナグリーンシート上にタングステン又はモリブデン等の高融点金属ペーストからなる電極パターンを印刷し、該パターンをグリーンシートと同時焼結した後に、必要に応じて高融点金属層上にニッケル層を形成し、更にその上に金等の貴金属電極層を形成したものが好適に使用できる。また、窒化アルミニウムを主成分とする

10

20

30

40

50

セラミックス基板においては、(i)窒化アルミニウム粉末に焼結助剤を添加して成形した後に焼結した基板の表面にスパッタリング法等により基本的に電極パターンと同一形状のチタンを主成分とする金属層(第一下地層)を形成した後に該第一下地層上に同じくスパッタリング法等により白金を主成分とする層を形成しこれを電極層としたメタライズ基板、(ii)該白金層を第二下地層とし、さらにその上にスパッタリング法等により金等の電極層を形成して得たメタライズ基板が好適に使用できる。本発明の素子結合用基板においては、素子を接合して使用した時に発生する熱を放熱する放熱特性が良好であるという観点から、上記(i)又は(ii)の様にして得られる窒化アルミニウム系メタライズ基板を用いるのが特に好適である。

#### 【0012】

本発明におけるハンダ層の厚さは1~15 $\mu\text{m}$ であり、素子の精密接合および接合強度の観点から2~8 $\mu\text{m}$ が好適である。ハンダ層の厚さが1 $\mu\text{m}$ 未満の場合には十分な接合強度が得られないことがあり、15 $\mu\text{m}$ を超える場合にはハンダ量が多すぎるために接合後にハンダが素子の側面や上面(半導体素子においては発光面ともなる)を遮る不具合が生じることがある。

本発明におけるハンダ層の表面粗さ(Ra)は0.11 $\mu\text{m}$ 以下であり、好ましくは0.06 $\mu\text{m}$ 以下、特に好ましくは0.05 $\mu\text{m}$ 以下である。このようなハンダ層の表面粗さ(Ra)であれば、素子をハンダ付けした際に高い接合強度が得られるが、0.11 $\mu\text{m}$ を超える場合には高い接合強度が得られないことがある。さらに、接合強度はハンダ層の表面形状にも敏感であり、Raが上記範囲であることに加えてRmaxは0.90 $\mu\text{m}$ 以下が好適であり、0.55 $\mu\text{m}$ 以下であればより好適である。

#### 【0013】

ここで、表面粗さ(Ra)とは、測定範囲の中心面を基準にした表面凹凸の算術平均値であり、表面の凹凸の形や大きさを数値化して表すパラメータの一つである。Rmaxとは、表面の最高位点と最下位点の高さの差である。

本発明において、表面粗さ(Ra)およびRmaxの測定はAFM(原子間力顕微鏡)を用いて行う。AFMは、原子レベル(オーダー)の分解能で3次元的に試料の表面微細形状を計測でき、得られた3次元プロファイルを画像処理することにより、正確な表面粗さ(Ra)およびRmaxを知ることができる。

基本金属(base metal)は、ハンダの基本となる金属であり、基本的な融点を決定し更に基本的な接合強度を発現させる成分である。基本金属としては、(i)Sn、(ii)Sn及びAu又は(iii)Inが使用できるが、接合後の信頼性が高いという理由から(i)Sn又は(ii)Sn及びAuを使用するのが好適である。

#### 【0014】

前記ハンダ層における基本金属の含有量は、ハンダ層の総重量を基準として10~95重量%、特に34~90重量%であるのが好適である。なお、基本金属として(ii)Sn及びAuを使用する場合における両者の含有割合は基本金属の総重量を基準としてSnが80~99重量%でありAuが1~20重量%であるのが好適であり、特に接合強度の観点からSnが87~97重量%でありAuが3~13重量%であるのが最も好適である。

低融点化金属は、ハンダ層の融点を低下させる機能を有する。低融点化金属は、Bi、In、Zn、Au及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属である。但し、低融点化金属としてInが使用されるのは基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限られ、低融点化金属としてAuが使用されるのは基本金属がInであるときに限られる。低融点化金属としては、全ての基本金属に対して融点低下効果が高いという理由からBiを使用するのが好適である。また、基本金属がSn、又はSn及びAuである場合にはBiの他にInも同様の理由から好適に使用できる。Inについては、低融点化効果だけでなく、それ自体が柔らかいため接合時の緩衝効果が高いという利点もある。

#### 【0015】

低融点化金属の含有量は、ハンダ層の融点及び密着強度の観点から、ハンダ層の総重量

10

20

30

40

50

を基準として0.1～30重量%、特に3～16重量%であるのが好適である。このような低融点化金属の含有量であれば、ハンダ層の融点は170～230、好ましくは180～200とすることができる。低融点化金属の含有量が少ないとハンダ層の融点が高くなる傾向があり、上記した範囲を下回るとハンダ層の融点が230を越えるケースが多くなる。

表面平滑化金属は、ハンダ層の表面を平滑化する機能を有する。表面平滑化効果が高く、しかも融点を低下させる効果もあることから表面平滑化金属としてはAgを使用するのが好適である。

表面平滑化金属の含有量は、その平滑化効果の観点からハンダ層の総重量を基準として4.9～60重量%、特に7～50重量%であるのが好適である。

10

#### 【0016】

なお、当該ハンダ層は必要に応じて、ハンダ層の総重量を基準として20重量%未満、より好ましくは10重量%未満であれば、Ga、Pd、P、Mn、Cr、Ti、希土類等の成分を含んでいてもよい。

上記のような特性のハンダ層を有する本発明の素子接合用基板は、高接合強度の素子ハンダ付けを170～230の温度範囲で行なうことが可能であり、従来のSn-Pb共晶ハンダ用リフロープロセスを大きく変更する事無く適用できる。

本発明におけるハンダ層に含まれる上記各種成分の存在形態は特に限定されない。すなわち、当該ハンダ層は、たとえば前述した薄膜積層ハンダ層であっても合金ハンダ層であってもよいが、微細なパターンのハンダ層を高精度で形成できるので、薄膜積層ハンダ層であることが好ましい。薄膜積層ハンダ層を形成する方法は特に限定されず、例えば、スパッタリング法、イオンプレーティング法、蒸着法、CVD法、メッキ法が好適である。

20

#### 【0017】

本発明におけるハンダ層が薄膜積層ハンダ層である場合、当該ハンダ層は(1)(i)Sn、(ii)Sn及びAu又は(iii)Inからなる基本金属層と、(2)Bi、In(基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る)、Zn、Au(基本金属がInであるときに限る)及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる1以上の低融点化金属層と、(3)Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる1以上の表面平滑化金属層と、を含み、該低融点化金属層の各々が該表面平滑化金属層の何れかと隣接しているのが好ましい。なお、前記基本金属層がSn及びAuからなる場合、当該基本金属層はSnとAuとを同時蒸着して形成するような均一組成の単層構造であっても、1又は2以上のSn層と1又は2以上のAu層とを含む複層構造であってもよい。更に、前記したGa、Pd、P、Mn、Cr、Ti、希土類等の任意成分は基本金属層を形成する際に導入することができる。

30

#### 【0018】

低融点化金属層が表面平滑化金属層と隣接している層構造としては、低融点化金属層の上に表面平滑化金属層が存在する層構造、低融点化金属層の下に表面平滑化金属層が存在する層構造、低融点化金属層の上下に表面平滑化金属層が存在する層構造の3種類が挙げられる。

低融点化金属層の上に表面平滑化金属層が存在する層構造では、薄膜積層ハンダ層形成の際、表面平滑化金属層以外の層(Pbフリーハンダの層など)の上に低融点化金属層が形成される。このとき形成された低融点化金属層は一部が凝集し、きれいな連続層とならずに表面が荒れてしまうが、その上にさらに表面平滑化金属層が形成される際に、恐らく低融点化金属と表面平滑化金属の相互作用によるものと思われるが、表面の荒れは修復され平滑な表面が形成される。

40

#### 【0019】

低融点化金属層の下に表面平滑化金属層が存在する層構造では、薄膜積層ハンダ層形成の際、低融点化金属層は表面平滑化金属層の上に形成される。形成された低融点化金属層は、凝集は多少起こるが、平滑な連続層になる。

低融点化金属層の上下に表面平滑化金属層が存在する層構造では、薄膜積層ハンダ層形

50



成の際、低融点化金属の凝集は最も起こりにくく、低融点化金属層は平滑性の高い連続層になる。

上記のように、ハンダ層に含まれる低融点化金属層が表面平滑化金属層と隣接していれば、低融点化金属層は、表面が平滑な連続層となるか、一時的に凝集して不連続な層になってもさらに上に積層される表面平滑化金属層によって修復されて平滑な表面を与える。したがって、最終的に得られるハンダ層は表面平滑性の高いものとなり、素子接合の際に大きな接合力を発揮する。中でも、低融点化金属層の上下に表面平滑化金属層が存在する層構造が、最も平滑性が高く接合力が大きいハンダ層を与えるので特に好ましい。

#### 【0020】

一方、低融点化金属層が表面平滑化金属層の何れとも隣接していない場合、該低融点化金属層は、薄膜積層ハンダ層形成の際に凝集し、修復されることもないので、最終的に得られるハンダ層の表面平滑性は低くなり、素子接合の際に大きな接合力が得られなくなることがある。その結果170～230の温度範囲のハンダ付けを高接合強度で行うことができなくなる場合がある。

なお本発明の素子接合用基板において、電極層を有する基板とハンダ層との間に、該電極層側から順に該電極層を構成する貴金属以外の貴金属からなる層（たとえばPt）及び遷移金属からなる接着層（たとえばTi）が存在していてもよい。

次に、上記した特定の層構造を有するハンダ層の好ましい実施態様を以下図面を参照しながら具体的に説明する。

#### 【0021】

例えば、図1に示すような表面平滑化金属層500、基本金属層としての金含有量10重量%の金-錫合金（Au10-Snと略記することもある）層501、Bi等の低融点化金属層502、表面平滑化金属層503およびAu10-Sn層504がこの順番で積層された構造；図2に示すような表面平滑化金属層500、低融点化金属層511、表面平滑化金属層512およびAu10-Sn層513がこの順番で積層された構造；或いは図3に示すような表面平滑化金属層500、低融点化金属層521及びAu10-Sn層522がこの順番で積層された層構造が好適である。

これら態様において、各層の厚さは全体の組成を考慮して適宜決定すればよいが、図1に示す態様においては、基板に近い側に位置するAu10-Sn層501は遠い側のAu10-Sn層504の厚さの1/32～1/2であるのが好適である。

#### 【0022】

ハンダ層内で最も下層に位置する表面平滑化金属層500の厚さはコストパフォーマンスの観点から、0.1～5μm、特に0.2～3μmであるのが好適である。該層の厚さが0.1μm未満だと表面平滑化効果が低く、また5μm以上としてもその効果は0.2～3μmのときと殆ど変わらない。該表面平滑化金属層はAgからなるのが好適である。

本発明の素子接合用基板の製造方法は特に限定されず、例えば電極層を有する基板の該電極層上に上記組成のハンダ層を形成した後に、その厚さと表面粗さが前記条件を満足するようにハンダ層表面を研磨することによって得ることもできるが、簡便且つ高歩留まりで再現性よく素子接合用基板を得ることができるという理由から次のような方法（本発明の製造方法）を採用するのが好適である。すなわち、電極層を有する基板の該電極層上に、(1)(i)Sn、(ii)Sn及びAu又は(iii)Inからなる基本金属と、(2)Bi、In（基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る）、Zn、Au（基本金属がInであるときに限る）及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属と、(3)Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属とを含んでなる、厚さが1～15μm、表面粗さ(Ra)が0.11μm以下のPbフリーハンダ層を形成するハンダ層形成工程を含んでなる素子接合用基板を製造する方法であって、該ハンダ層形成工程が、前記基本金属からなる層を形成する工程と、Bi、In（基本金属がSn、又はSn及びAuであるときに限る）、Zn、Au（基本金属がInであるときに限る）及びSbからなる群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる低融点化金属層を形成する工程と、Ag、Ni、Fe、Al、Cu及びPtからなる

10

20

30

40

50

群より選ばれる少なくとも1種の金属からなる表面平滑化金属層を形成する工程と、をそれぞれ1以上含み、該低融点化金属層を形成する工程の直前および/または直後には該表面平滑化金属層を形成する工程の何れかを行う方法を採用するのが好適である。

#### 【0023】

また、前記製造方法において、電極層を有する基板の該電極層上に当該ハンダ層を直接形成するのではなく、電極層を有する基板の該電極層上に、遷移金属からなる接着層を形成し、該接着層の上に当該ハンダ層を形成してもよい。

本発明の素子接合用基板に半導体素子等の素子を接合する方法は特に限定されず、公知のハンダ付け法が限定なく採用できるが、精度よい接合を効率的に行なうことができるという理由より、本発明の素子接合用基板のハンダ層上に電極を有する素子を当該電極が前記ハンダ層に接触するように載置した後にリフローハンダ付けするのが好適である。なお、リフローハンダ付け（リフローソルダーリング）とは、基板の所定のランド上、又は部品電極、あるいはその両方に予めハンダを供給しておき、部品を基板上の所定の位置に固定した後に、ハンダを溶かし（フローさせ）て、部品と基板との接合を行なう方法である。上記方法において、ハンダをリフローさせる方法は特に限定されずリフローコンベヤを利用する方法、熱板を用いる方法、ペーパーリフロー法等が採用できる。また、加熱温度や加熱時間は用いるハンダの種類に応じて適宜決定すればよいが、本発明の素子接合用基板を用いた場合には、Sn-Pb共晶薄膜積層構造ハンダパターンを有するセラミックス基板に素子を接合する時とほぼ同じ温度、具体的には170～230、より好適には180～200で良好なハンダ付けを行なうことが可能である。

#### 【0024】

ハンダ付けする「素子」としては、ハンダにより接合可能な金属等から成る電極を有する素子が用いられる。具体的には、他の電氣的な配線に直接接続できる電極を有する抵抗やキャパシタ等の電氣的な部品及び半導体素子が挙げられる。半導体分野で一般に用いられる素子においては、上記電極は金で構成されているものが多いが、これに限定されない。

なお、ハンダ層内の最下層が表面平滑化金属層である場合、上記素子接合方法においてハンダ層を加熱溶融した際に、当該表面平滑化金属は溶融したハンダ層全体に拡散する。このとき必ずしも当該表面平滑化金属層を構成する表面平滑化金属の全てが拡散するとは限らず、当該平滑化金属層の底面近傍では層状に表面平滑化金属が残ることもある。

#### 【実施例】

以下、実施例及び比較例を挙げて本発明を更に詳しく説明するが、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

#### 【0025】

##### 実施例1

図1に示すような構造の素子接合用基板を、以下の様にして作製した。なお図1は、代表的な本発明の素子接合用基板101の断面図であり、窒化アルミニウム焼結体基板201上に、Tiを主成分とする第1下地層202、白金を主成分とする第2下地層203、及び金電極層204がこの順番で積層された基板200の金電極層上に、ハンダ流れ出し防止用Pt層301、Tiを主成分とする密着層401、並びに第一Ag層500、第一Au10-Sn層501、Bi層502、第二Ag層503および第二Au10-Sn層504がこの順番で積層されてなるハンダ層509が積層された構造を有する。

まず、窒化アルミニウム焼結体基板{50.8mm×50.8mm×0.3mm t、表面粗さRa=0.02μm、Rmax=0.179μm(株)トクヤマ製}の表面にスパッタリング装置を用いてスパッタリング法により厚さ0.06μmのTiを主成分とする第1下地層、厚さ0.2μmの白金を主成分とする第2下地層、及び厚さ0.6μmの金電極層を順次形成した。次いで、フォトリソを用いてハンダ流れ出し防止用のパターンニングを行い、スパッタリング法を用いてPtを0.25μm成膜した。さらにフォトリソを用いてハンダパターンニングを行い、真空蒸着装置を用いて上記ハンダ流れ出し防止用のPt上に、厚さ0.06μmの密着層Ti及び1.5μmのAg層を形成し、引続きターゲット

ットとしてAu及びSnを用いた二元同時蒸着法により、金含有量が10重量%のAu-Sn合金{融点217及びヤング率45.0GPa(at25)}から成る厚さ1.0 $\mu$ mのAu-Sn層を形成し、次いでBi層を0.33 $\mu$ m、Ag層を0.2 $\mu$ m、最後にAu及びSnを用いた二元同時蒸着法により、金含有量が10重量%のAu-Sn層を2.47 $\mu$ m成膜し、本発明の素子接合用基板(No.1)を作製した。

#### 【0026】

このようにして得た素子接合用基板のハンダ層の表面粗さを測定したところ、 $R_a = 0.058\mu\text{m}$ 、 $R_{max} = 0.689\mu\text{m}$ であった。なお、表面粗さの測定は、Digital Instruments社製Contact AFM NanoScope IIIを用い次のようにして行なった。即ち、本発明の素子接合用基板のハンダ層形成面と反対側に両面テープを貼り、直径12mmのスチール製円板に固定後、該円板をピエゾ・スキャナの上部にマグネット方式で固定し、探針を付けたカンチレバーをハンダ層表面に接触させた。カンチレバーは、表面の凹凸に直接応答して変位するが、その変位を『光てこ方式』により測定した。尚、カンチレバーは、V字型の $\text{Si}_3\text{N}_4$ 製で、かつ、バネ定数0.12N/m、探針高さ3 $\mu\text{m}$ 、曲率半径5~40nm、1/2Corn Angle35°、先端形状が四角錐のものを使用した。測定前に除電ブローをかけ、基板表面の静電気による影響をできる限り少なくした。また、測定範囲は20 $\mu\text{m}$ 四方、測定視野数は素子接合用基板1チップにつき3視野とした。測定後、NanoScope IIIのソフトウェアを利用し、測定した3次元プロファイルの画像処理を行うことにより、 $R_a$ 、 $R_{max}$ を計算し、3視野の平均値を算出した。尚、本発明で $R_a$ は、測定範囲の中心面を基準にした表面の平均値であり、式(1)により計算されるものである。また、 $R_{max}$ は、表面の最高位点と最下位点の高さの差である。

$$R_a = F(1, L_x, L_y) I(0, L_y, I(0, L_x | f(x, y) | dx) dy) \quad (1)$$

尚、 $f(x, y)$ は中心面を基準にした表面、 $L_x$ 、 $L_y$ は、表面の寸法を表す。

#### 【0027】

次に、このようにして作製した素子接合用基板のハンダ層上にAu電極を有するGa-As製の半導体素子を載置し、ダイボンダー装置を用いて220で180秒接合し、素子接合基板を作製した。同様にして10個の素子接合基板を作製し、ダイシェアテスタ(IMADA社製)により接合強度を測定したところ、平均接合強度は3.1kgf/mm<sup>2</sup>であり、剥離モードは全て半導体素子内であった。なお、本実施例及び比較例におけるハンダ層の融点はセイコーインスツルメンツ株式会社製TG/DTA装置SSC5200を用いてDTA測定により決定した。

また、Bi層、金含有量が10重量%のAu-Sn層(Au10-Sn層)、Ag層の膜厚を表1に示すように変更し、本発明の素子接合用基板No.2~8を製造し、同様に表面粗さ及び接合強度の測定を行なった。その結果を併せて表1に示す。

#### 【0028】

なお、剥離モードが「半導体素子内」であるということは半導体素子の破壊によって剥離したことを意味し、「ハンダ層内」とはハンダ層の破壊によって剥離したことを意味する。なお、半導体素子の破壊は2.5kgf/mm<sup>2</sup>以上で起こる。一般に、信頼性の観点から、剥離モードが「ハンダ層内」である場合には、平均接合強度は2.0kgf/mm<sup>2</sup>以上である事が望ましいといわれている。また、剥離が半導体素子-ハンダ間で起こる場合には接合の信頼性は低いといえる。また、表1のハンダ層の組成においてAu、Bi及びAg以外の成分はすべてSnであるのでSnの重量%は省略している。

#### 【0029】

【表 1】

No.	第一 Ag層 (表面平滑 化金属層) の厚み ( $\mu\text{m}$ )	第一 Au10-Sn層 の厚み ( $\mu\text{m}$ )	Bi層 (低融点化 金属層) の厚み ( $\mu\text{m}$ )	第二 Ag層 (表面平滑 化金属層) の厚み ( $\mu\text{m}$ )	第二 Au10-Sn層 の厚み ( $\mu\text{m}$ )	ハンダ層の組成 (下記以外の成分はSn)			ハンダ層 の融点 ( $^{\circ}\text{C}$ )	平均接合 強度 ( $\text{kgf}/\text{mm}^2$ ) ( $n=10$ )	主な 剥離モード	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rmax ( $\mu\text{m}$ )
						Au (wt%)	Bi (wt%)	Ag (wt%)					
実施例 1	1	1.5	1	0.33	0.2	2.47	5.61	6.71	37.13	180	3.1	0.058	0.689
	2	1.5	1	0.164	0.2	2.636	5.92	3.36	37.39	186	2.9	0.055	0.659
	3	1.5	1	0.501	0.2	2.299	5.30	10.13	36.87	175	2.7	0.053	0.743
	4	1.5	1	0.675	0.2	2.125	4.98	13.55	36.60	168	3.3	0.058	0.721
	5	1.5	0.077	0.33	0.2	2.393	5.61	6.71	37.13	180	2.8	0.056	0.681
実施例 2	6	1.5	1.235	0.33	0.2	1.235	5.61	6.71	37.13	180	2.2	0.057	0.711
	7	1.5	1	0.348	0.81	1.842	4.44	6.85	48.73	182	2.1	0.061	0.744
	8	0.2	1	0.33	0.2	2.47	7.39	9.38	12.20	181	3.2	0.052	0.672
	9	1.5	3.47	0.33	0.2	-	5.61	6.71	37.13	180	3.1	0.044	0.390
	10	1.5	3.636	0.164	0.2	-	5.92	3.36	37.39	186	2.8	0.047	0.516
実施例 3	11	1.5	3.299	0.501	0.2	-	5.30	10.13	36.87	175	2.9	0.041	0.418
	12	1.5	3.125	0.675	0.2	-	4.98	13.55	36.60	168	3	0.039	0.466
	13	1.5	3.13	0.34	0.4	-	5.11	6.99	41.89	179	3.7	0.048	0.432
	14	1.5	2.842	0.348	0.81	-	4.44	6.85	48.73	185	2.3	0.033	0.364
	15	0.2	3.47	0.33	0.2	-	7.39	9.38	12.20	179	3.4	0.044	0.452
比較例 1	16	1.5	3.67	0.33	-	-	6.00	6.80	33.14	185	3.2	0.101	0.807
	17	1.5	3.836	0.164	-	-	6.32	3.40	33.37	193	2.8	0.106	0.898
	18	1.5	3.508	0.492	-	-	5.70	10.06	32.91	182	3	0.104	0.902
19	1.5	3.336	0.664	-	-	5.38	13.48	32.68	176	2.9	0.107	0.986	
20	1.5	1.735	0.33	0.2	1.735	5.61	6.71	37.13	185	0.7	0.120	1.060	

ハンダ層の構造を図2の510に示されるように、厚さ1.5 $\mu\text{m}$ の第一Ag層500上に厚さ0.33 $\mu\text{m}$ のBi層511、厚さ0.2 $\mu\text{m}$ の第二Ag層512および厚さ3.47 $\mu\text{m}$ の第一Au10-Sn層513がこの順番で積層された構造とする他は実施例1と同様にして、素子接合用基板を作製し、接合温度を実施例1と同様にして素子接合基板(No.9)を作製した。同様にして10個の素子接合基板を作製し、実施例1と同様にして表面粗さ及び接合強度を測定したところ、 $Ra = 0.044\mu\text{m}$ 、 $Rmax = 0.390\mu\text{m}$ であり、平均接合強度は3.1 $\text{kgf}/\text{mm}^2$ であり、主な剥離モードは半導体素子内であった。また、Bi層、Au10-Sn層、Ag層の厚さを表1に示すように変更し、本発明の素子接合用基板No.10~15を製造し、同様に接合強度の測定を行なった。その結果を併せて表1に示す。

10

## 【0030】

## 実施例3

ハンダ層の構造を図3の520に示されるように、厚さ1.5 $\mu\text{m}$ の第一Ag層500上に厚さ0.33 $\mu\text{m}$ のBi層521、および厚さ3.67 $\mu\text{m}$ の第一Au10-Sn層522がこの順番で積層された構造とする他は実施例1と同様にして、素子接合基板(No.16)を作製した。同様にして10個の素子接合基板を作製し、実施例1と同様にして表面粗さ及び接合強度を測定したところ、 $Ra = 0.101\mu\text{m}$ 、 $Rmax = 0.807\mu\text{m}$ であり、平均接合強度は3.2 $\text{kgf}/\text{mm}^2$ であり、主な剥離モードは半導体素子内であった。また、Bi層、Au10-Sn層の厚さを表1に示すように変更し、本発明の素子接合用基板No.17~19を製造し、同様に接合強度の測定を行なった。その結果を併せて表1に示す。

20

## 【0031】

## 実施例4

ハンダ層の構造を図4の530に示されるように、厚さ1.5 $\mu\text{m}$ の第一Ag層500上に厚さ1.0 $\mu\text{m}$ の第一Au10-Sn層531、厚さ0.33 $\mu\text{m}$ のIn層532、厚さ0.2 $\mu\text{m}$ の第二Ag層533および厚さ2.47 $\mu\text{m}$ の第二Au10-Sn層534がこの順番で積層された構造とする他は実施例1と同様にして、素子接合用基板を作製し、接合温度を実施例1と同様にして素子接合基板(No.21)を作製した。同様にして10個の素子接合基板を作製し、実施例1と同様にして表面粗さ及び接合強度を測定したところ、 $Ra = 0.049\mu\text{m}$ 、 $Rmax = 0.644\mu\text{m}$ であり、平均接合強度は2.5 $\text{kgf}/\text{mm}^2$ であり、主な剥離モードは半導体素子内であった。また、In層、Au10-Sn層、第二Ag層の膜厚を表2に示すように変更し、本発明の素子接合用基板No.22~28を製造し、同様に接合強度の測定を行なった。その結果を併せて表2に示す。

30

## 【0032】

【表 2】

No.	第一層 Ag層 (表面平滑化金属層) の厚み (μm)	第一層 Au10-Sn層 の厚み (μm)	In層 (低融点化金属層) の厚み (μm)	第二層 Ag層 (表面平滑化金属層) の厚み (μm)	第二層 Au10-Sn層 の厚み (μm)	ハンダ層の組成 (下記以外の成分はSn)			ハンダ層の融点 (°C)	平均接合強度 (kgf/mm <sup>2</sup> ) (n=10)	主な剥離モード	Ra (μm)	Rmax (μm)
						Au (wt%)	In (wt%)	Ag (wt%)					
実施例 4	21	1.5	1	0.33	0.2	2.47	5.71	5.06	37.79	192	2.5	0.049	0.644
	22	1.5	1	0.164	0.2	2.636	5.97	2.51	37.72	193	2.6	0.051	0.668
	23	1.5	1	0.501	0.2	2.299	5.44	7.70	37.86	184	2.2	0.055	0.752
	24	1.5	1	0.675	0.2	2.125	5.16	10.39	37.92	179	2.9	0.053	0.733
	25	1.5	0.077	0.33	0.2	2.393	5.71	5.06	37.79	188	2.3	0.056	0.691
	26	1.5	1.235	0.33	0.2	1.235	5.71	5.06	37.79	191	2.1	0.058	0.722
	27	1.5	1	0.348	0.81	1.842	4.52	5.16	49.62	191	2.3	0.063	0.765
	28	0.2	1	0.33	0.2	2.47	8.03	7.12	12.51	190	2.7	0.055	0.685
	29	1.5	3.47	0.33	0.2	-	5.71	5.06	37.79	189	2.7	0.035	0.370
実施例 5	30	1.5	3.636	0.164	0.2	-	5.97	2.51	37.72	194	3.1	0.041	0.499
	31	1.5	3.299	0.501	0.2	-	5.44	7.70	37.86	188	2.6	0.047	0.428
	32	1.5	3.125	0.675	0.2	-	5.16	10.39	37.92	180	3.2	0.044	0.488
	33	1.5	3.13	0.34	0.4	-	5.20	5.27	42.66	191	2.8	0.048	0.402
	34	1.5	2.842	0.348	0.81	-	4.52	5.16	49.62	194	2.3	0.035	0.388
	35	0.2	3.47	0.33	0.2	-	8.03	7.12	12.51	191	2.8	0.046	0.465
	36	1.5	3.67	0.33	-	-	6.11	5.12	33.73	197	2.7	0.105	0.854
	37	1.5	3.836	0.164	-	-	6.38	2.54	33.67	204	2.4	0.097	0.856
	38	1.5	3.508	0.492	-	-	5.85	7.65	33.79	193	3.1	0.104	0.915
39	1.5	3.336	0.664	-	-	5.58	10.34	33.86	188	2.9	0.103	0.992	

ハンダ層の構造を図5の540に示されるように、厚さ1.5 $\mu$ mの第一Ag層500上に厚さ0.33 $\mu$ mのIn層541、厚さ0.2 $\mu$ mの第二Ag層542および厚さ3.47 $\mu$ mの第一Au10-Sn層543がこの順番で積層された構造とする他は実施例1と同様にして、素子接合基板(No.29)を作製した。同様にして10個の素子接合基板を作製し、実施例1と同様にして表面粗さ及び接合強度を測定したところ、 $Ra = 0.035\mu\text{m}$ 、 $Rmax = 0.370\mu\text{m}$ であり、平均接合強度は2.7kgf/mm<sup>2</sup>であり、主な剥離モードは半導体素子内であった。また、In層、Au10-Sn層の膜厚を表2に示すように変更し、本発明の素子接合用基板No.30~35を製造し、同様に接合強度の測定を行なった。その結果を併せて表2に示す。

【0033】

10

実施例6

ハンダ層の構造を図6の550に示されるように、厚さ1.5 $\mu$ mの第一Ag層500上に厚さ0.33 $\mu$ mのIn層551、および厚さ3.67 $\mu$ mの第一Au10-Sn層552がこの順番で積層された構造とする他は実施例1と同様にして、素子接合基板(No.36)を作製した。同様にして10個の素子接合基板を作製し、実施例1と同様にして表面粗さ及び接合強度を測定したところ、 $Ra = 0.105\mu\text{m}$ 、 $Rmax = 0.854\mu\text{m}$ であり、平均接合強度は2.7kgf/mm<sup>2</sup>であり、主な剥離モードは半導体素子内であった。また、In層、Au10-Sn層の膜厚を表2に示すように変更し、本発明の素子接合用基板No.37~39を製造し、同様に接合強度の測定を行なった。その結果を併せて表2に示す。

20

【0034】

実施例7

ハンダ層の構造を図7の560に示されるように、厚さ1.5 $\mu$ mの第一Ag層500上に厚さ0.33 $\mu$ mのBi層561、厚さ0.2 $\mu$ mの第二Ag層562および厚さ3.47 $\mu$ mの第一Sn層563がこの順番で積層された構造とする他は実施例1と同様にして、素子接合基板(No.40)を作製した。同様にして10個の素子接合基板を作製し、実施例1と同様にして表面粗さ及び接合強度を測定したところ、 $Ra = 0.044\mu\text{m}$ 、 $Rmax = 0.410\mu\text{m}$ であり、平均接合強度は2.5kgf/mm<sup>2</sup>であり、主な剥離モードは半導体素子内であった。また、Bi層、Sn層の膜厚を表3に示すように変更し、本発明の素子接合用基板No.41~43を製造し、同様に接合強度の測定を行なった。その結果を併せて表3に示す。

30

【0035】

【表 3】

No.	第一 Ag 層 (表面平滑 化金属層) の厚み ( $\mu\text{m}$ )	Bi 層 (低融点化 金属層) の厚み ( $\mu\text{m}$ )	第二 Ag 層 (表面平滑 化金属層) の厚み ( $\mu\text{m}$ )	第一 Sn 層 の厚み ( $\mu\text{m}$ )	ハンダ層の組成 (下記以外の成分は Sn)		ハンダ層 の融点 ( $^{\circ}\text{C}$ )	平均接合 強度 ( $\text{kgf}/\text{mm}^2$ ) ( $n=10$ )	主な 剥離モード	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rmax ( $\mu\text{m}$ )									
					Bi (wt%)	Ag (wt%)														
実施例 7	40	0.33	0.2	3.47	6.96	38.47	196	2.5	半導体素子内	0.044	0.410									
	41	0.33	0.2	3.27	10.32	13.42	193	2.8	半導体素子内	0.039	0.521									
	42	0.164	0.2	3.436	5.20	13.60	199	2.9	半導体素子内	0.048	0.433									
	43	0.2	0.501	0.2	3.099	15.46	178	2.7	半導体素子内	0.043	0.458									
実施例 8	No.	第一 Ag 層 (表面平滑 化金属層) の厚み ( $\mu\text{m}$ )	第二 Ag 層 (表面平滑 化金属層) の厚み ( $\mu\text{m}$ )	第一 Sn 層 の厚み ( $\mu\text{m}$ )	ハンダ層の組成 (下記以外の成分は Sn)		ハンダ層 の融点 ( $^{\circ}\text{C}$ )	平均接合 強度 ( $\text{kgf}/\text{mm}^2$ ) ( $n=10$ )	主な 剥離モード	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rmax ( $\mu\text{m}$ )									
					In (wt%)	Ag (wt%)														
					44	0.33						0.2	3.47	5.25	39.18	207	3.1	半導体素子内	0.046	0.512
					45	0.33						0.2	3.27	7.85	13.79	202	2.5	半導体素子内	0.049	0.484
46	0.164	0.2	3.436	3.90	13.79	211	2.3	ハンダ層内	0.041	0.511										
47	0.2	0.501	0.2	3.099	11.93	185	2.1	ハンダ層内	0.047	0.498										

## 実施例 8

ハンダ層の構造を図 8 の 570 に示されるように、厚さ 1.5  $\mu\text{m}$  の第一 Ag 層 500 上に厚さ 0.33  $\mu\text{m}$  の In 層 571、厚さ 0.2  $\mu\text{m}$  の第二 Ag 層 572 および厚さ 3

10

20

30

40

50



．47 μmの第一Sn層573がこの順番で積層された構造とする他は実施例1と同様にして、素子接合基板（No.44）を作製した。同様にして10個の素子接合基板を作製し、実施例1と同様にして表面粗さ及び接合強度を測定したところ、 $Ra = 0.046 \mu m$ 、 $Rmax = 0.512 \mu m$ であり、平均接合強度は $3.1 kgf/mm^2$ であり、主な剥離モードは半導体素子内であった。また、In層、Sn層の膜厚を表3に示すように変更し、本発明の素子接合用基板No.44～47を製造し、同様に接合強度の測定を行った。その結果を併せて表3に示す。

#### 【0036】

##### 比較例1

ハンダ層の構造を図9の580に示されるように、厚さ1.5 μmの第一Ag層500 10  
上に厚さ1.735 μmの第一Au10-Sn層581、厚さ0.33 μmのBi層582  
および厚さ1.735 μmの第二Au10-Sn層583がこの順番で積層された構造  
とする他は実施例1と同様にして、素子接合用基板（No.20）を作製し、接合温度や  
条件を実施例1と同様にして素子接合基板を作製した。同様にして10個の素子接合基板  
を作製し、実施例1と同様にして表面粗さ及び接合強度を測定したところ、 $Ra = 0.120 \mu m$ 、 $Rmax = 1.06 \mu m$ であり、平均接合強度は $0.7 kgf/mm^2$ であり  
、剥離モードは全て半導体素子-ハンダ間であった。

##### 比較例2

ハンダ層の構造を図10の590に示されるように、厚さ1.5 μmの第一Ag層500 20  
上に厚さ1.156 μmの第一Au10-Sn層591、厚さ0.33 μmのBi層592  
および厚さ1.156 μmの第二Au10-Sn層593、厚さ0.2 μmの第二Ag層594  
および厚さ1.156 μmの第三Au10-Sn層595がこの順番で積層された構造とする他は実施例1と同様にして、素子接合用基板を作製し、接合温度や条件を  
実施例1と同様にして素子接合基板を作製した。同様にして10個の素子接合基板を作製  
し、実施例1と同様にして表面粗さ及び接合強度を測定したところ、 $Ra = 0.119 \mu m$ 、 $Rmax = 0.972 \mu m$ であり、平均接合強度は $0.8 kgf/mm^2$ であり、剥  
離モードは全て半導体素子-ハンダ間であった。

#### 【0037】

##### 比較例3

第一Ag層を形成せず、更にハンダ層の構造を図11の5A0に示されるようにハンダ 30  
流れ出し防止用Pt側から順に厚さ0.33 μmのBi層5A1、および厚さ3.67 μm  
の第一Au10-Sn層5A2がこの順番で積層された構造とする他は実施例1と同様  
にして素子接合基板を作製した。同様にして10個の素子接合基板を作製し、実施例1と  
同様にして表面粗さ及び接合強度を測定したところ、 $Ra = 0.131 \mu m$ 、 $Rmax = 1.272 \mu m$ であり、平均接合強度は $0.4 kgf/mm^2$ であり、剥離モードは全て  
半導体素子-ハンダ間であった。

##### 参考例1

第一Ag層を形成せず、ハンダ層を図12に示されるSn-Pbハンダ層600、即ち 40  
ハンダ流れ出し防止用Pt層側から順に厚さ0.55 μm第一Pb層601、厚さ1.45 μm  
の第一Sn層602、厚さ0.55 μm第二Pb層603、厚さ1.45 μmの第二Sn層604  
が積層された構造のハンダ層とする他は実施例1と同様にして、素子接合  
用基板を作製し、接合温度を実施例1と同様にして素子接合基板を作製した。同様にして  
10個の素子接合基板を作製し、実施例1と同様にして接合強度を測定したところ、平均  
接合強度は $3.4 kgf/mm^2$ であり、主な剥離モードは半導体素子内であった。

#### 【0038】

なお、実施例1～3および比較例1の素子接合用基板については、断面研磨写真を図13～16に、表面粗さの測定（AFM）の際に得られたハンダ層表面の3次元画像を図17～20に、それぞれ示す。

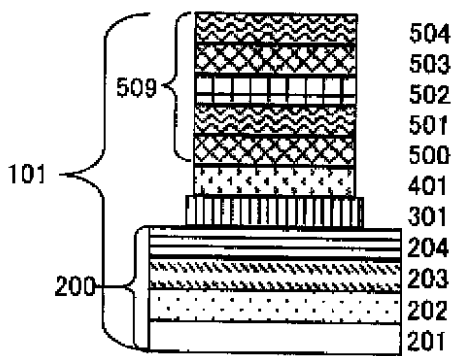
#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0039】

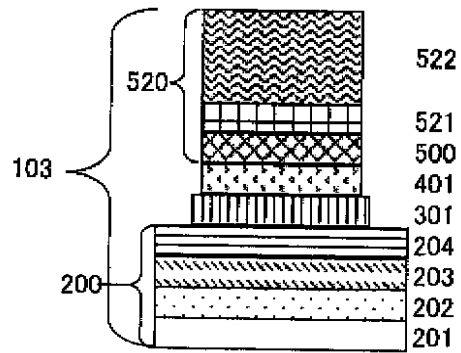
- 【図 1】実施例 1 で用いた本発明の素子接合用基板の断面図である。
- 【図 2】実施例 2 で用いた本発明の素子接合用基板の断面図である。
- 【図 3】実施例 3 で用いた本発明の素子接合用基板の断面図である。
- 【図 4】実施例 4 で用いた本発明の素子接合用基板の断面図である。
- 【図 5】実施例 5 で用いた本発明の素子接合用基板の断面図である。
- 【図 6】実施例 6 で用いた本発明の素子接合用基板の断面図である。
- 【図 7】実施例 7 で用いた本発明の素子接合用基板の断面図である。
- 【図 8】実施例 8 で用いた本発明の素子接合用基板の断面図である。
- 【図 9】比較例 1 で用いた素子接合用基板の断面図である。
- 【図 10】比較例 2 で用いた素子接合用基板の断面図である。 10
- 【図 11】比較例 3 で用いた素子接合用基板の断面図である。
- 【図 12】参考例 1 で用いた従来の Sn - Pb ハンダの素子接合基板の断面図である。
- 【図 13】実施例 1 で用いた素子接合用基板の断面研磨写真である。
- 【図 14】実施例 2 で用いた素子接合用基板の断面研磨写真である。
- 【図 15】実施例 3 で用いた素子接合用基板の断面研磨写真である。
- 【図 16】比較例 1 で用いた素子接合用基板の断面研磨写真である。
- 【図 17】実施例 1 で用いた素子接合用基板のハンダ層表面を A F M により測定して得られた 3 次元画像である。
- 【図 18】実施例 2 で用いた素子接合用基板のハンダ層表面を A F M により測定して得られた 3 次元画像である。 20
- 【図 19】実施例 3 で用いた素子接合用基板のハンダ層表面を A F M により測定して得られた 3 次元画像である。
- 【図 20】比較例 1 で用いた素子接合用基板のハンダ層表面を A F M により測定して得られた 3 次元画像である。
- 【符号の説明】
- 【0040】
- 101 ~ 112 : 素子接合用基板
- 200 : 表面に金電極層が形成されてなる基板
- 201 : 窒化アルミニウム焼結体基板
- 202 : Ti を主成分とする第一下地層 30
- 203 : Pt を主成分とする第二下地層
- 204 : 金電極層
- 301 : ハンダ流れ出し防止用 Pt
- 401 : Ti を主成分とした密着層
- 500 : 第一 Ag 層 (表面平滑化金属層)
- 509、510、520、530、540、550、560、570、580、590 及び 5A0 : ハンダ層
- 501、513、522、531、543、552、581、591 及び 5A2 : 第一 Au10 - Sn 層
- 502、511、521、561、582、592 及び 5A1 : Bi 層 (低融点化金属層) 40
- 503、512、533、542、562、572 及び 594 : 第二 Ag 層 (表面平滑化金属層)
- 504、534、583 及び 593 : 第二 Au10 - Sn 層
- 532、541、551 及び 571 : In 層 (低融点化金属層)
- 563 及び 573 : 第一 Sn 層
- 595 : 第三 Au10 - Sn 層
- 600 : Sn - Pb ハンダ層
- 601 : 第一 Pb 層
- 602 : 第一 Sn 層 50

6 0 3 : 第 二 P b 層  
6 0 4 : 第 二 S n 層

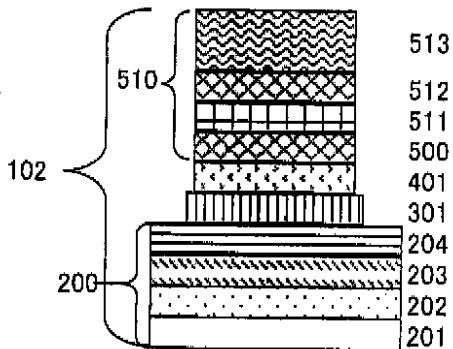
【 圖 1 】



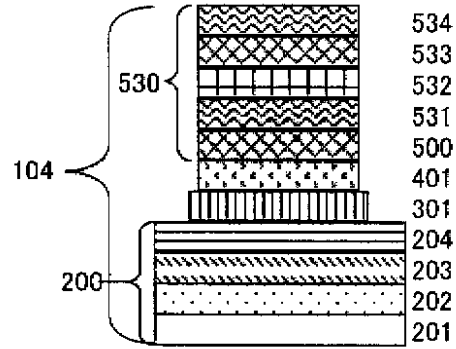
【 圖 3 】



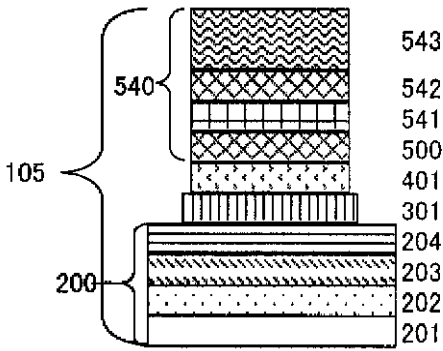
【 圖 2 】



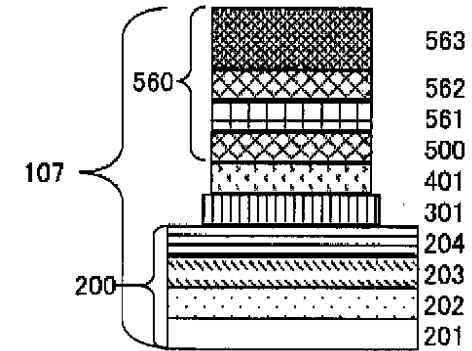
【 圖 4 】



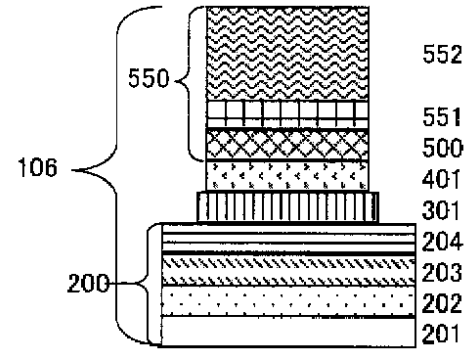
【 図 5 】



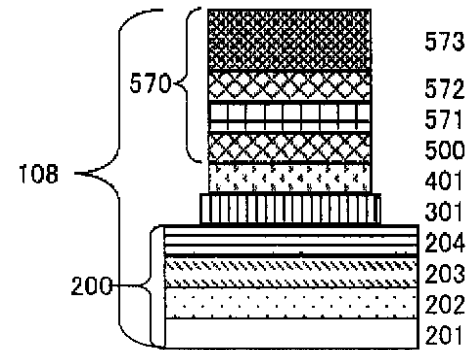
【 図 7 】



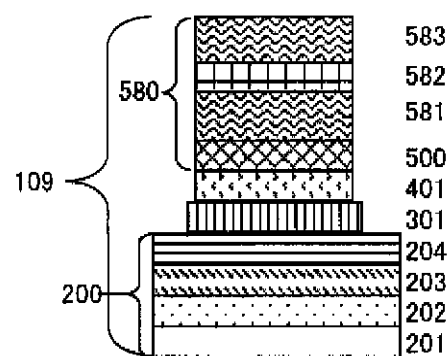
【 図 6 】



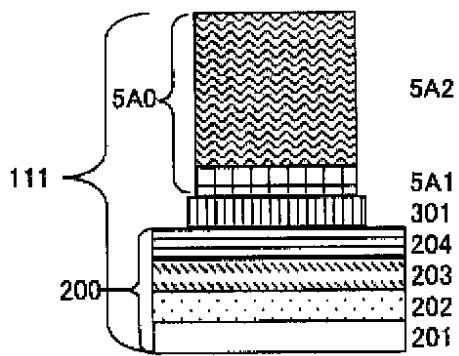
【 図 8 】



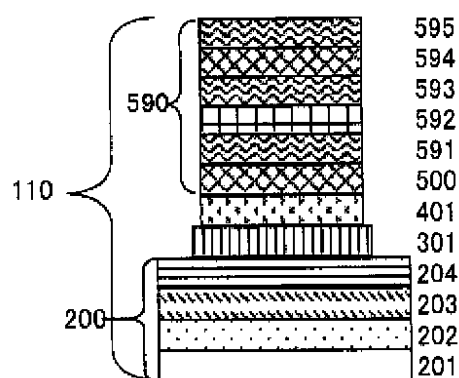
【 図 9 】



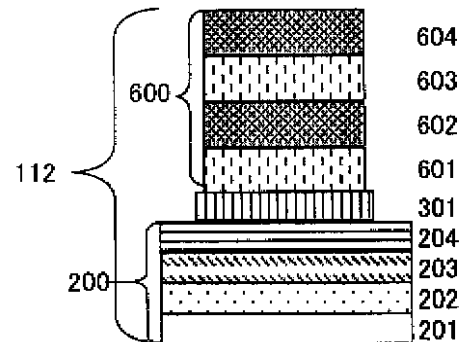
【 図 1 1 】



【 図 1 0 】



【 図 1 2 】



【 13 】



【 14 】



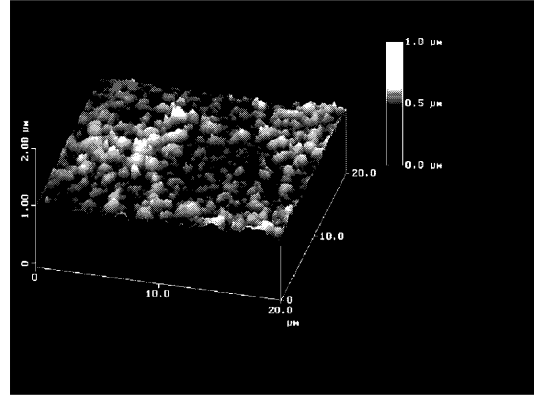
【 15 】



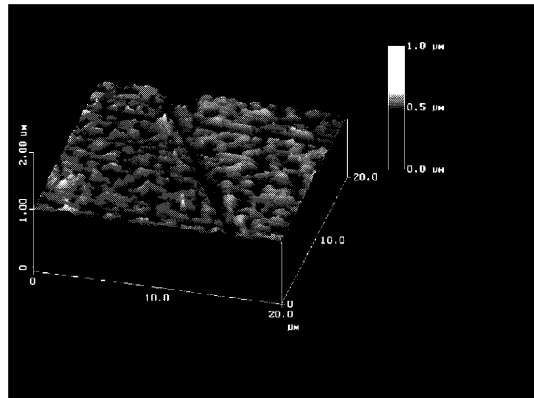
【 16 】



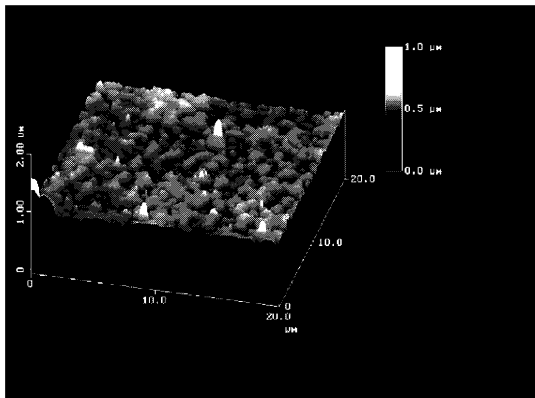
【 17 】



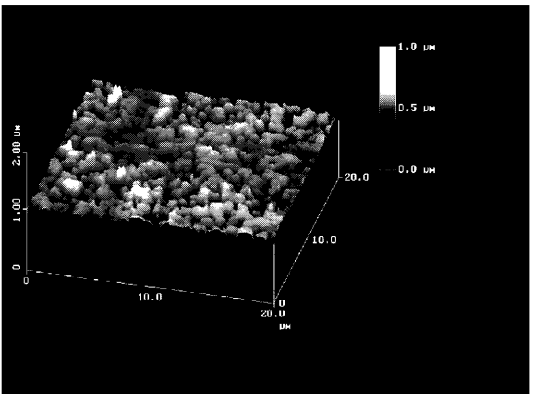
【 18 】



【 19 】



【 20 】



## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2004/011775
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> Int.Cl <sup>7</sup> H01L21/52, 23/12  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl <sup>7</sup> H01L21/52, 23/12  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-277909 A (Hitachi, Ltd.), 06 October, 2000 (06.10.00), Claims; Fig. 9 (Family: none)	1-6
Y	JP 2002-373960 A (Tokuyama Corp.), 26 December, 2002 (26.12.02), Column 5, lines 6 to 21 & WO 02/103787 A1	1-6
A	JP 2003-060354 A (Kabushiki Kaisha Maruchi), 28 February, 2003 (28.02.03), (Family: none)	1-6
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 05 November, 2004 (05.11.04)		Date of mailing of the international search report 22 November, 2004 (22.11.04)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2004/011775	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl <sup>7</sup> H01L21/52, 23/12			
B. 調査を行った分野			
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl <sup>7</sup> H01L21/52, 23/12			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの			
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年			
国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
Y	JP 2000-277909 A (株式会社日立製作所) 2000. 10. 06, 特許請求の範囲, 図9 (ファミリーなし)	1-6	
Y	JP 2002-373960 A (株式会社トクヤマ) 2002. 12. 26, 第5欄第6行-第5欄第21行 & WO 02/103787 A1	1-6	
A	JP 2003-060354 A (株式会社マルチ) 2003. 02. 28 (ファミリーなし)	1-6	
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。	
* 引用文献のカテゴリー		の日の後に公表された文献	
「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの		「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」 同一パテントファミリー文献	
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願			
国際調査を完了した日 05. 11. 2004		国際調査報告の発送日 22.11.2004	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 田中 永一	4R 9539
		電話番号 03-3581-1101 内線 3469	

## フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
C 2 2 C 28/00 (2006.01)	B 2 3 K 35/26	3 1 0 A
	B 2 3 K 35/26	3 1 0 D
	C 2 2 C 13/00	
	C 2 2 C 28/00	B

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72) 発明者 武田 靖子  
 山口県周南市御影町 1 番 1 号 株式会社トクヤマ内

(72) 発明者 山本 玲緒  
 山口県周南市御影町 1 番 1 号 株式会社トクヤマ内

F ターム(参考) 5E319 BB09 BB10 CC33 GG20

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。