明　細　書

発明の名称 ： 半導体装置

技術分野

[0001] 本発明は、半導体装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、金ワイヤに代わるボンディングワイヤとして、銅ワイヤが提案されている。

[0003] 一般に、銅ワイヤの原料となる銅は、不純物を取り除き精製させて使用される。しかし、このような高純度の銅は、ワイヤに加工される際や銅ワイヤに加工された後において、酸化されやすいといった問題があった。そのため、銅ワイヤを用いたボンディングは不良を起こしやすく、特に高温で保管した場合に劣化しやすい傾向があった。

[0004] 銅ワイヤボンディングを用いた技術としては、例えば特許文献１記載のものがある。

[0005] 特許文献１には、半導体素子の電極とリードとを銅のボンディングワイヤで接続導出した半導体装置において、ワイヤと電極との接合界面に銅－アルミニウム系金属間化合物が形成されている半導体装置が記載されている。特許文献１の記載によれば、銅のボールとアルミニウム電極との界面にＣｕＡｌ$_2$層を形成させることで、銅ボールと電極とが密着した状態になるため、耐食性等の点から信頼性が向上するとされている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開昭６２－２６５７２９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、銅ワイヤとアルミニウムパッドとの接合部をさらに熱処理することで、銅ワイヤからＣｕＡｌ$_2$層にＣｕが拡散し、ＣｕＡｌ$_2$よりＣｕ

組成比の高い合金層が形成される。本発明者の知見によれば、$CuAl_2$よりCu組成比の高い合金層は、ハロゲンによる腐食を受け易く、断線しやすいことが明らかとなった。

[0008] 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、銅ワイヤと電極パッドとの接続信頼性を向上させて、耐湿性および高温保管特性を高めることにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明によれば、

基板に搭載された半導体素子と、

前記半導体素子に設けられた電極パッドと、

前記基板に設けられた接続端子と前記電極パッドとを接続する銅ワイヤと、

前記半導体素子及び前記銅ワイヤを封止する封止樹脂と、

を有し、

前記銅ワイヤとの接合面から深さ方向に少なくとも３μｍ以下の範囲における前記電極パッドの領域が、アルミニウムよりイオン化傾向が小さい金属を主成分として含み、

前記銅ワイヤ中の硫黄含有量が、前記銅ワイヤ全体に対して１５ｐｐｍ以上１００ｐｐｍ以下である、半導体装置

が提供される。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、銅ワイヤと電極パッドとの接続信頼性を向上させて、耐湿性および高温保管特性に優れた半導体装置が提供される。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施の形態に係る半導体装置を模式的に示した断面図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。尚、すべて

の図面において、同様な構成要素には同様の符号を付し、適宜説明を省略する。

[0013] 図１は、本実施の形態に係る半導体装置１０を模式的に示す断面図である。この半導体装置１０は、基板として、ダイパッド部３ａと、インナーリード部３ｂとを有するリードフレーム３を備え、ダイパッド部３ａに搭載された半導体素子１と、半導体素子１に設けられた電極パッド６と、基板に設けられた接続端子（インナーリード部３ｂ）と電極パッド６とを接続する銅ワイヤ４と、半導体素子１及び銅ワイヤ４を封止する封止樹脂５と、を有する。

[0014] 半導体素子１としては、特に限定されるものではなく、例えば、集積回路、大規模集積回路、固体撮像素子等が挙げられる。

[0015] リードフレーム３としては特に制限はなく、リードフレーム３に代えて回路基板を用いてもよい。具体的には、デュアル・インライン・パッケージ（ＤＩＰ）、プラスチック・リード付きチップ・キャリア（ＰＬＣＣ）、クワッド・フラット・パッケージ（ＱＦＰ）、ロー・プロファイル・クワッド・フラット・パッケージ（ＬＱＦＰ）、スモール・アウトライン・Ｊリード・パッケージ（ＳＯＪ）、薄型スモール・アウトライン・パッケージ（ＴＳＯＰ）、薄型クワッド・フラット・パッケージ（ＴＱＦＰ）、テープ・キャリア・パッケージ（ＴＣＰ）、ボール・グリッド・アレイ（ＢＧＡ）、チップ・サイズ・パッケージ（ＣＳＰ）、クワッド・フラット・ノンリーデッド・パッケージ（ＱＦＮ）、スモールアウトライン・ノンリーデッド・パッケージ（ＳＯＮ）、リードフレーム・ＢＧＡ（ＬＦ－ＢＧＡ）、モールド・アレイ・パッケージタイプのＢＧＡ（ＭＡＰ－ＢＧＡ）などの従来公知の半導体装置に用いられるリードフレーム又は回路基板を用いることができる。

[0016] 半導体素子１は、複数の半導体素子が積層されたものであってもよい。この場合、１段目の半導体素子はフィルム接着剤、熱硬化性接着剤等のダイボンド材硬化体２を介してダイパッド部３ａに接着される。２段目以降の半導体素子は絶縁性のフィルム接着剤等により順次積層させることができる。そ

して、各層の適切な場所に、予め前工程で電極パッド６が形成されている。

[0017] 本発明では、銅ワイヤ４との接合面から深さ方向に一定距離、離れている電極パッド６の領域が、ＡＩよりイオン化傾向が小さい金属を主成分として含むものであればよい。ここで、「接合面」とは、電極パッドを形成した後電極パッド表面に自然に生成する酸化膜や意図的に形成した保護膜は本発明の接合面の概念に含まれず、ボンディング時にワイヤと実質的に導通を取ることを目的として形成した電極パッド表面を意味する。また電極パッド６の「深さ方向」とは、銅ワイヤ４と電極パッド６との接合面に対して垂直方向に銅ワイヤ４から離れる方向をいう。

[0018] 「銅ワイヤ４との接合面から深さ方向に少なくとも３μｍ以下の範囲」とは、電極パッド６の厚みが３μｍ未満の場合は、電極パッド６全体を示し、電極パッド６の厚みが３μｍ以上の場合は、銅ワイヤ４との接合面から深さ３μｍまでの領域を示す。また、電極パッド６の表面が、ＡＩよりイオン化傾向が小さい金属を主成分として含んでもよい。電極パッド６には、少なくとも銅ワイヤ４と接合する表面から深さ方向に３μｍ以下、好ましくは１ｎｍ以上３μｍ以下の領域が、ＡＩよりイオン化傾向が小さい金属を主成分として含むものが用いられるが、電極パッド６全体が、ＡＩよりイオン化傾向が小さい金属を主成分として含むことがより好ましい。

[0019] 本発明において、「ＡＩよりイオン化傾向が小さい金属を主成分として含む」とは、電極パッド６の一定の領域中の「ＡＩよりイオン化傾向が小さい金属」の含有量が９０質量％以上であることが好ましく、９５質量％以上であることがより好ましい。具体的には、電極パッド６中のＡＩよりイオン化傾向が小さい金属の含有量は、電極パッド６全体に対して９０質量％以上が好ましく、９８質量％以上がより好ましく、９９．５質量％以上が更に好ましい。

[0020] ＡＩよりイオン化傾向が小さい金属は、ニッケル、金、パラジウム、銀、銅及び白金からなる群から選択されることが好ましく、金、パラジウム及び銅からなる群から選択されることがより好ましい。これらは、一種でもよい

し、二種以上選択してもよい。

[0021] 電極パッド６は、例えば一般的なチタン系バリア層を形成し、さらにＡｌよりイオン化傾向が小さい金属を蒸着、スパッタリング、電解メッキ、無電解メッキなど、従来の半導体素子用のＡｌパッドの形成方法等を適用することにより作製することができる。

[0022] 電極パッド６中のＡｌよりイオン化傾向が小さい金属成分以外の成分としては、前記パッド形成工程で採用される蒸着、スパッタリング、電解メッキ、無電解メッキ等で不可避的に混入する不純物は許容される。

[0023] また、本発明の電極パッド６は前記のように銅ワイヤ４と接合する表面から少なくとも３μｍ以下、好ましくは１ｎｍ以上３μｍ以下の深さ方向の領域が、Ａｌよりイオン化傾向が小さい金属を前記好ましい範囲含んでいればよいが、電極パッド６は、Ａｌよりイオン化傾向が小さい金属１層で形成されていてもよいし、Ａｌよりイオン化傾向が小さい金属層で被覆された、一層又は複数層からなる金属層であってもよい。例えば、電極パッド６は、Ａｌよりイオン化傾向が小さい金属層で被覆されたＡｌパッドであってもよい。なお、「被覆」とは、連続であっても一部であってもよい。

[0024] 「銅ワイヤ４との接合面から深さ方向に少なくとも３μｍ以下の範囲における電極パッド６の領域が、アルミニウムよりイオン化傾向が小さい金属を主成分として含む」とは、当該電極パッド６の領域中の少なくとも一部において、アルミニウムよりイオン化傾向が小さい金属を主成分として含むことを意味し、領域全体に限られない。

[0025] 銅ワイヤ４は、リードフレーム３と、リードフレーム３のダイパッド部３ａに搭載された半導体素子１とを電気的に接続するために使用される。銅ワイヤ４の表面には、自然に又はプロセス上不可避的に酸化膜が形成されている。本発明において、銅ワイヤ４とは、このようにワイヤ表面に形成された酸化膜を具備するものも含まれる。

[0026] 銅ワイヤ４のワイヤ径は、３０μｍ以下、さらに好ましくは２５μｍ以下でありかつ１５μｍ以上であることが好ましい。この範囲であれば銅ワイヤ

先端のボール形状が安定し、接合部分の接続信頼性を向上させることができる。また、銅ワイヤ自身の硬さによりワイヤ流れを低減することが可能となる。

[0027] 銅ワイヤ４中の銅の含有量は、銅ワイヤ４から硫黄及び塩素を除いた銅ワイヤ４全体に対して、９９．９～１００質量％であることが好ましく、９９．９９～９９．９９９質量％であることがより好ましい。

[0028] 銅ワイヤ４は、芯線である銅にＢａ、Ｃａ、Ｓｒ、Ｂｅ、ＡＩ又は希土類金属を０．００１質量％～０．１質量％ドープすることで、さらに接合強度を改善することができる。

[0029] 銅ワイヤ４と電極パッド６との接合部において、銅ワイヤ４の先端には、銅ボール４ａが形成されている。

[0030] 銅ワイヤ４中の硫黄含有量は、銅ワイヤ４全体に対して、原料となる銅の煩雑な精製工程を不要としつつ、酸化を抑制し良好なワイヤボンディングを行う観点から、１５ｐｐｍ以上が好ましく、２０ｐｐｍ以上がより好ましい。一方、接合面の腐食を抑制し、実用的かつ良好な接続性を得る観点から、硫黄含有量は、銅ワイヤ４全体に対して、１００ｐｐｍ以下であることが好ましく、８０ｐｐｍ以下含有量がより好ましい。硫黄含有量を１５ｐｐｍ以上１００ｐｐｍ以下、より好ましくは２０ｐｐｍ以上８０ｐｐｍ以下の範囲とすることにより、半導体装置の高温保管特性を向上できる。

[0031] 銅ワイヤ４中の塩素含有量は、銅ワイヤ４全体に対して、原料となる銅の煩雑な精製工程を不要としつつ、酸化を抑制し良好なワイヤボンディングを行う観点から、５ｐｐｍ以上が好ましく、１０ｐｐｍ以上がより好ましい。一方、接合面の腐食を抑制し、実用的かつ良好な接続性を得る観点から、塩素含有量は、銅ワイヤ４全体に対して、１００ｐｐｍ以下であることが好ましく、８０ｐｐｍ以下含有量がより好ましい。塩素含有量を５ｐｐｍ以上１００ｐｐｍ以下、より好ましくは１０ｐｐｍ以上８０ｐｐｍ以下の範囲とすることにより、半導体装置の高温保管特性を向上できる。

[0032] 封止樹脂５は、硬化性樹脂の硬化体であり、具体的には、（Ａ）エポキシ

樹脂及び（Ｂ）硬化剤を含むエポキシ樹脂組成物を硬化させたものであることがより好ましい。

[0033] 本発明では、電極パッド６と銅ワイヤ４との接合面が、アルミニウムよりイオン化傾向が小さい金属からなるため、封止樹脂５中の塩化物（Ｃｌ）イオン濃度によらず、接続信頼性を向上させることができる。しかしながら、封止樹脂５中のＣｌイオン濃度は、５００ｐｐｍ以下であることが好ましく、１０～３００ｐｐｍがより好ましく、２０～２５０ｐｐｍの範囲であると更に好ましい。

封止樹脂５中のＣｌイオン濃度は、例えば硬化物である封止樹脂５を微粉砕し、５ｇの粉砕品に５０ｍｌの蒸留水を加え、１２５℃２０時間の処理を行い、処理後の上澄み液をイオンクロマトグラフ分析することで、定量することができる。

また、他の例として封止樹脂５を形成する前のエポキシ樹脂組成物を、金型温度１７５℃、注入圧力７．５ＭＰａ、硬化時間２分で低圧トランスファー成型機を用いて５０ｍｍφ×３ｍｍの試験片を成形し、１７５℃、８時間の後硬化することで硬化させたものを用いて微粉砕した後、同様に測定することによっても、封止樹脂５中のＣｌイオン濃度を測定することができる。

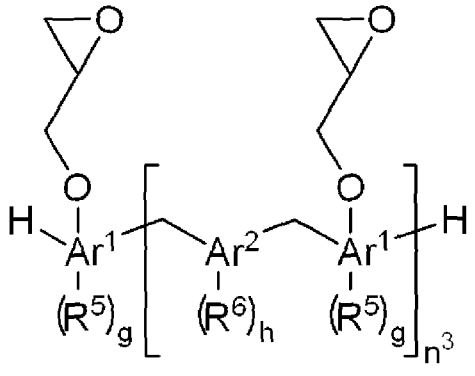
[0034] （Ａ）エポキシ樹脂としては、１分子内にエポキシ基を２個以上有するモノマー、オリゴマー、ポリマー全般であり、その分子量、分子構造を特に限定するものではないが、例えば、ビフェニル型エポキシ樹脂、ビスフェノールＡ型エポキシ樹脂、ビスフェノールＦ型エポキシ樹脂、テトラメチルビスフェノールＦ型エポキシ樹脂等のビスフェノール型エポキシ樹脂、スチルベン型エポキシ樹脂；フェノールノボラック型エポキシ樹脂、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂等のノボラック型エポキシ樹脂；トリフェノールメタン型エポキシ樹脂、アルキル変性トリフェノールメタン型エポキシ樹脂等の多官能エポキシ樹脂；フェニレン骨格を有するフェノールアラルキル型エポキシ樹脂、ビフェニレン骨格を有するフェノールアラルキル型エポキシ樹脂等のアラルキル型エポキシ樹脂；ジヒドロキシナフタレン型エポキシ樹脂、

ジヒドロキシナフタレンの２量体をグリシジルエーテル化して得られるエポキシ樹脂等のナフトール型エポキシ樹脂；トリグリシジルイソシアヌレート、モノアリルジグリシジルイソシアヌレート等のトリアジン核含有エポキシ樹脂；ジシクロペンタジエン変性フェノール型エポキシ樹脂等の有橋環状炭化水素化合物変性フェノール型エポキシ樹脂が挙げられ、これらは１種類を単独で用いても２種類以上を併用してもよい。

なお、前記ビフェニル型エポキシ樹脂、ビスフェノールＡ型エポキシ樹脂、ビスフェノールＦ型エポキシ樹脂、テトラメチルビスフェノールＦ型エポキシ樹脂等のビスフェノール型エポキシ樹脂、スチルベン型エポキシ樹脂は結晶性を有するものが好ましい。

[0035] 好ましくは、エポキシ樹脂（Ａ）として、下記式（１）で表されるエポキシ樹脂、下記式（２）で表されるエポキシ樹脂、及び、下記式（３）で表されるエポキシ樹脂からなる群から選択される少なくとも１種を含有するものを用いることができる。

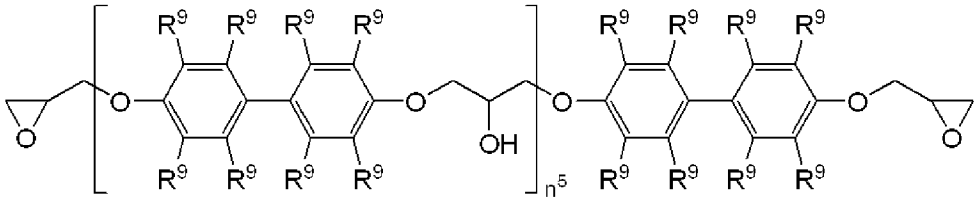
[0036] [化1]



（1）

[0037] 〔式（１）中、Ａｒ^{1}はフェニレン基又はナフチレン基を表し、Ａｒ^{1}がナフチレン基の場合、グリシジルエーテル基はα位、β位のいずれに結合していてもよく、Ａｒ^{2}はフェニレン基、ビフェニレン基及びナフチレン基のうちのいずれか１つの基を表し、Ｒ^{5}及びＲ^{6}はそれぞれ独立に炭素数１～１０の炭化水素基を表し、ｇは０～５の整数であり、ｈは０～８の整数であり、ｎ^{3}は重合度を表し、その平均値は１～３である。〕

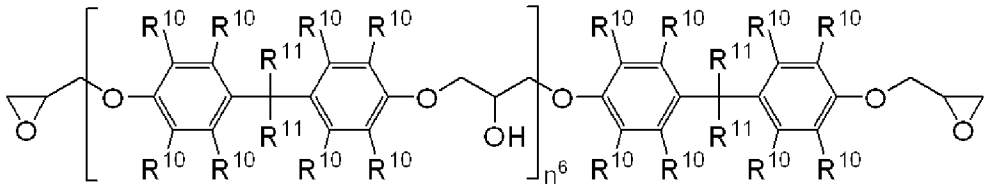
[0038] [化2]



(2)

[0039] 〔式（２）中、複数存在するＲ[9]はそれぞれ独立に水素原子又は炭素数１～４の炭化水素基を表し、ｎ[5]は重合度を表し、その平均値は０～４である。〕

[0040] [化3]



(3)

[0041] 〔式（３）中、複数存在するＲ[10]及びＲ[11]はそれぞれ独立に水素原子又は炭素数１～４の炭化水素基を表し、ｎ[6]は重合度を表し、その平均値は０～４である。〕

[0042] （Ａ）エポキシ樹脂の含有量は、エポキシ樹脂組成物全体に対して、３質量％以上であることが好ましく、５質量％以上であることがより好ましく、８質量％以上がさらに好ましい。こうすることで、粘度上昇によるワイヤ切れを引き起こす恐れを少なくすることができる。また、エポキシ樹脂（Ａ）の含有量は、エポキシ樹脂組成物全体に対して、１８質量％以下であることが好ましく、１３質量％以下であることがより好ましく、１１質量％以下がさらに好ましい。こうすることで、吸水率増加による耐湿信頼性の低下等を引き起こす恐れを少なくすることができる。

[0043] （Ｂ）硬化剤としては、例えば重付加型の硬化剤、触媒型の硬化剤、縮合型の硬化剤の３タイプに大別することができる。

[0044] 重付加型の硬化剤としては、例えば、ジエチレントリアミン（ＤＥＴＡ）、トリエチレンテトラミン（ＴＥＴＡ）、メタキシレリレンジアミン（ＭＸ

ＤＡ）などの脂肪族ポリアミン、ジアミノジフェニルメタン（ＤＤＭ）、ｍ－フェニレンジアミン（ＭＰＤＡ）、ジアミノジフェニルスルホン（ＤＤＳ）などの芳香族ポリアミンのほか、ジシアンジアミド（ＤＩＣＹ）、有機酸ジヒドラジドなどを含むポリアミン化合物；ヘキサヒドロ無水フタル酸（ＨＨＰＡ）、メチルテトラヒドロ無水フタル酸（ＭＴＨＰＡ）などの脂環族酸無水物、無水トリメリット酸（ＴＭＡ）、無水ピロメリット酸（ＰＭＤＡ）、ベンゾフェノンテトラカルボン酸（ＢＴＤＡ）などの芳香族酸無水物などを含む酸無水物；ノボラック型フェノール樹脂、ポリビニルフェノールなどのフェノール樹脂系硬化剤；ポリサルファイド、チオエステル、チオエーテルなどのポリメルカプタン化合物；イソシアネートプレポリマー、ブロック化イソシアネートなどのイソシアネート化合物；カルボン酸含有ポリエステル樹脂などの有機酸類などが挙げられる。

[0045] 触媒型の硬化剤としては、例えば、ベンジルジメチルアミン（ＢＤＭＡ）、２，４，６－トリスジメチルアミノメチルフェノール（ＤＭＰ－３０）などの３級アミン化合物；２－メチルイミダゾール、２－エチル－４－メチルイミダゾール（ＥＭＩ２４）などのイミダゾール化合物；ＢＦ３錯体などのルイス酸などが挙げられる。

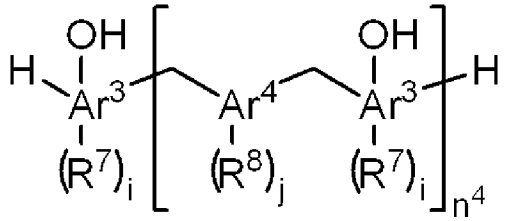
[0046] 縮合型の硬化剤としては、例えば、レゾール型フェノール樹脂；メチロール基含有尿素樹脂のような尿素樹脂；メチロール基含有メラミン樹脂のようなメラミン樹脂などが挙げられる。

[0047] これらの中でも、耐燃性、耐湿性、電気特性、硬化性、保存安定性等のバランスの点からフェノール樹脂系硬化剤が好ましい。フェノール樹脂系硬化剤は、一分子内にフェノール性水酸基を２個以上有するモノマー、オリゴマー、ポリマー全般であり、その分子量、分子構造を特に限定するものではないが、例えば、フェノールノボラック樹脂、クレゾールノボラック樹脂、ビスフェノールノボラック等のノボラック型樹脂；トリフェノールメタン型フェノール樹脂等の多官能型フェノール樹脂；テルペン変性フェノール樹脂、ジシクロペンタジエン変性フェノール樹脂等の変性フェノール樹脂；フェニ

レン骨格及び／又はビフェニレン骨格を有するフェノールアラルキル樹脂、フェニレン及び／又はビフェニレン骨格を有するナフトールアラルキル樹脂等のアラルキル型樹脂；ビスフェノールＡ、ビスフェノールＦ等のビスフェノール化合物等が挙げられ、これらは１種類を単独で用いても２種類以上を併用してもよい。

[0048] 好ましくは、（Ｂ）硬化剤として、下記式（４）で表される化合物からなる群から選択される少なくとも１種の硬化剤を用いることができる。

[0049] [化4]



（4）

[0050] 〔式（４）中、Ａｒ^{3}はフェニレン基又はナフチレン基を表し、Ａｒ^{3}がナフチレン基の場合、水酸基はα位、β位のいずれに結合していてもよく、Ａｒ^{4}はフェニレン基、ビフェニレン基及びナフチレン基のうちのいずれか１つの基を表し、Ｒ^{7}及びＲ^{8}はそれぞれ独立に炭素数１～１０の炭化水素基を表し、ｉは０～５の整数であり、ｊは０～８の整数であり、ｎ^{4}は重合度を表し、その平均値は１～３である。〕

[0051] （Ｂ）硬化剤の含有量は、エポキシ樹脂組成物中に、２質量％以上であることが好ましく、３質量％以上であることがより好ましく、６質量％以上であることがさらに好ましい。こうすることで、充分な流動性を得ることができる。また、（Ｂ）硬化剤の含有量は、エポキシ樹脂組成物中に、１５質量％以下であることが好ましく、１１質量％以下であることがより好ましく、８質量％以下であることがさらに好ましい。こうすることで、吸水率増加による耐湿信頼性の低下等を引き起こす恐れを少なくすることができる。

[0052] また、（Ｂ）硬化剤としてフェノール樹脂系硬化剤を用いる場合におけるエポキシ樹脂とフェノール樹脂系硬化剤との配合比率としては、全エポキシ

樹脂のエポキシ基数（ＥＰ）と全フェノール樹脂系硬化剤のフェノール性水酸基数（ＯＨ）との当量比（ＥＰ）／（ＯＨ）が０．８～１．３であることが好ましい。当量比がこの範囲であると、エポキシ樹脂組成物の硬化性の低下、又は樹脂硬化物の物性の低下等を引き起こす恐れが少ない。

[0053] また、封止樹脂５を形成するエポキシ樹脂組成物には、（Ｃ）充填材、及び必要に応じて（Ｄ）中和剤や（Ｅ）硬化促進剤を含んでいてもよい。

[0054] （Ｃ）充填材としては、一般の半導体封止用エポキシ樹脂組成物に使用されているものを用いることができる。例えば、溶融球状シリカ、溶融破砕シリカ、結晶シリカ、タルク、アルミナ、チタンホワイト、窒化珪素等の無機充填材、オルガノシリコーンパウダー、ポリエチレンパウダー等の有機充填材が挙げられ、中でも、溶融球状シリカが特に好ましい。これらの充填材は、１種を単独で用いても２種以上を併用しても差し支えない。また、（Ｃ）充填材の形状としては、エポキシ樹脂組成物の溶融粘度の上昇を抑え、更に充填材の含有量を高めるためには、できるだけ真球状であり、かつ粒度分布がブロードであることが好ましい。また、充填材がカップリング剤により表面処理されていてもかまわない。さらに、必要に応じて充填材をエポキシ樹脂又はフェノール樹脂等で予め処理して用いてもよく、処理の方法としては、溶媒を用いて混合した後に溶媒を除去する方法や、直接充填材に添加し、混合機を用いて混合処理する方法等がある。

[0055] （Ｃ）充填材の含有量は、エポキシ樹脂組成物の充填性、半導体装置の信頼性の観点から、エポキシ樹脂組成物全体に対して、６５質量％以上であることが好ましく、７５質量％以上であることがより好ましく、８０質量％以上がさらに好ましい。こうすることで、低吸湿性、低熱膨張性が得られるため耐湿信頼性が不十分となる恐れを少なくすることができる。また、（Ｃ）充填材の含有量は、成形性を考慮すると、エポキシ樹脂組成物全体に対して、９３質量％以下であることが好ましく、９１質量％以下であることがより好ましく、８６質量％以下がさらに好ましい。こうすることで、流動性が低下し成形時に充填不良等が生じたり、高粘度化による半導体装置内のワイヤ

流れ等の不都合が生じたりする恐れを少なくすることができる。

[0056] （Ｄ）中和剤は、エポキシ樹脂組成物、又は、その硬化体である封止樹脂５の加熱により発生する酸性の腐食性ガスを中和するものを用いることができる。これにより、銅ワイヤ４と半導体素子１の電極パッド６との接合部の腐食（酸化劣化）を抑制することができる。具体的には、（Ｄ）中和剤として、塩基性金属塩、特にカルシウム元素を含む化合物、アルミニウム元素を含む化合物及びマグネシウム元素を含む化合物からなる群から選択される少なくとも１種を用いることができる。

[0057] 上記カルシウム元素を含む化合物としては、炭酸カルシウム、硼酸カルシウム、メタケイ酸カルシウムなどが挙げられ、中でも、不純物の含有量、耐水性及び低吸水率の観点から炭酸カルシウムが好ましく、炭酸ガス反応法により合成された沈降性炭酸カルシウムがより好ましい。

[0058] 上記アルミニウム元素を含む化合物としては水酸化アルミニウム、ベーマイト等が挙げられる。中でも、水酸化アルミニウムが好ましく、水酸化アルミニウムでは、２段階バイヤー法で合成された低ソーダ水酸化アルミニウムがより好ましい。

[0059] 上記マグネシウム元素を含む化合物としては、ハイドロタルサイト、酸化マグネシウム、炭酸マグネシウムなどが挙げられ、中でも、不純物の含有量及び低吸水率の観点から、下記式（５）で表されるハイドロタルサイトが好ましい。

$$M_aAl_b(OH)_{2a+3b-2c}(CO_3)_c \cdot mH_2O \qquad (5)$$

〔式（５）中、Ｍは少なくともＭｇを含む金属元素を表し、ａ、ｂ、ｃは、それぞれ２≦ａ≦８、１≦ｂ≦３、０．５≦ｃ≦２を満たす数であり、ｍは０以上の整数である。〕

[0060] 具体的なハイドロタルサイトとしては、$Mg_6Al_2(OH)_{16}(CO_3)\cdot mH_2O$、$Mg_3ZnAl_2(OH)_{12}(CO_3)\cdot mH_2O$、$Mg_{4.3}Al_2(OH)_{12.6}(CO_3)\cdot mH_2O$などが挙げられる。

[0061] （Ｄ）中和剤の含有量としては、エポキシ樹脂組成物全体に対して０．０

１～１０質量％が好ましい。（Ｄ）中和剤の含有量を０．０１質量％以上とすることで、中和剤の添加効果を十分に発揮させることができ、銅ワイヤ４と電極パッド６との接合部の腐食（酸化劣化）をより確実に防止して、半導体装置の高温保管特性を向上させることができる。また、（Ｄ）中和剤の含有量を１０質量％以下とすることで、吸湿率を低下させることができるため、耐半田クラック性が向上する傾向にある。特に、腐食防止剤として炭酸カルシウムやハイドロタルサイトを用いた場合には、上記と同様の観点から、その含有量は、エポキシ樹脂組成物全体に対して０．０５～２質量％であることが好ましい。

[0062] （Ｅ）硬化促進剤は、エポキシ樹脂のエポキシ基と硬化剤（たとえば、フェノール樹脂系硬化剤のフェノール性水酸基）との架橋反応を促進させるものであればよく、一般の半導体封止用エポキシ樹脂組成物に使用するものを用いることができる。例えば、１、８－ジアザビシクロ（５、４、０）ウンデセン－７等のジアザビシクロアルケン及びその誘導体；トリフェニルホスフィン、メチルジフェニルホスフィン等の有機ホスフィン類；２－メチルイミダゾール等のイミダゾール化合物；テトラフェニルホスホニウム・テトラフェニルボレート等のテトラ置換ホスホニウム・テトラ置換ボレート；ホスフィン化合物とキノン化合物との付加物等が挙げられ、これらは１種類を単独で用いても２種以上を併用しても差し支えない。

[0063] （Ｅ）硬化促進剤の含有量は、エポキシ樹脂組成物全体に対して、０．０５質量％以上であることが好ましく、０．１質量％以上であることがより好ましい。こうすることで、硬化性の低下を引き起こす恐れを少なくすることができる。また、（Ｅ）硬化促進剤の含有量は、エポキシ樹脂組成物全体に対して、１質量％以下であることが好ましく、０．５質量％以下であることがより好ましい。こうすることで、流動性の低下を引き起こす恐れを少なくすることができる。

[0064] 封止樹脂５を形成するためのエポキシ樹脂組成物には、さらに必要に応じて、水酸化ジルコニウム等のアルミニウム腐食防止剤；酸化ビスマス水和物

等の無機イオン交換体；γ－グリシドキシプロピルトリメトキシシラン、３－メルカプトプロピルトリメトキシシラン、３－アミノプロピルトリメトキシシラン、エポキシシラン等のカップリング剤；カーボンブラック、ベンガラ等の着色剤；シリコーンゴム等の低応力成分；カルナバワックス等の天然ワックス、合成ワックス、ステアリン酸亜鉛等の高級脂肪酸及びその金属塩類もしくはパラフィン等の離型剤；水酸化アルミニウム、水酸化マグネシウム、ホウ酸亜鉛、モリブデン酸亜鉛、ホスファゼン等の難燃剤、酸化防止剤等の各種添加剤を適宜配合してもよい。

[0065] 封止樹脂５を形成するためのエポキシ樹脂組成物は、前述の各成分を、例えば、ミキサー等を用いて１５℃～２８℃で混合したもの、さらにその後、ロール、ニーダー、押出機等の混練機で溶融混練し、冷却後粉砕したものなど、必要に応じて適宜分散度や流動性等を調整したものを用いることができる。

[0066] つづいて、本実施の形態に係る半導体装置１０の製造方法の一例について説明する。

まず、公知の半導体製造プロセス（主として前工程）によって本発明の電極パッド６の下地層まで形成し、本発明の電極パッド６を、ＡｌよりイオンＡ化傾向が小さい金属を蒸着、スパッタリング、無電解メッキなど、従来の半導体素子用のＡｌパッドの形成方法を適用することにより作製する。その後電極パッド形成以降のプロセスを実施する。図の保護膜８はＳｉＮ等の絶縁膜から形成される。次いで、更に公知の後工程プロセスにより電極パッド６を備えた半導体素子１をリードフレーム３上のダイパッド部３ａに設置し、銅ワイヤ４により電極パッド６とインナーリード３ｂとをワイヤボンディングする。

[0067] ボンディングは、たとえば以下の手順で行う。まず、銅ワイヤ４の先端に所定の径の銅ボール４ａを形成する。ついで、銅ボール４ａを電極パッド６上面に対して実質的に垂直に降下させ、銅ボール４ａと電極パッド６とを接触させながら、超音波振動を与える。

[0068] これにより、銅ボール４ａの底部が電極パッド６に接触して接合面が形成される。

[0069] なお、リードフレーム３のインナーリード部３ｂと半導体素子１とは、ワイヤのリバースボンドで接合されていてもよい。リバースボンドでは、まず半導体素子１の電極パッド６に銅ワイヤ４の先端に形成されたボールを接合し、銅ワイヤ４を切断してステッチ接合用のバンプを形成する。次にリードフレーム３の金属メッキされたインナーリード部３ｂに対してワイヤの先端に形成されたボールを接合し、半導体素子のバンプにステッチ接合する。リバースボンドでは正ボンディングより半導体素子１上のワイヤ高さを低くすることができるため、半導体素子１の接合高さを低くすることができる。

[0070] 次いで、トランスファーモールド、コンプレッションモールド、インジェクションモールド等の従来からの成形方法で、硬化性樹脂（例えば、上述のエポキシ樹脂組成物）を硬化成形して、半導体素子１、銅ワイヤ４及びインナーリード３ｂを封止し、８０℃～２００℃程度の温度で、１０分～２４時間程度の時間をかけて後硬化を行う。後硬化は、１５０℃～２００℃で２～１６時間行うことがより好ましい。その後、封止樹脂５により封止された半導体素子１は、電子機器等に搭載することができる。

[0071] このように製造された半導体装置によれば、製造プロセスや使用時に、銅ワイヤ４と電極パッド６との接合部に熱がかかっても、銅ボール４ａからＣｕが拡散しないため、銅ワイヤ４と電極パッド６との接合部に腐食性の高いＣｕＡｌ合金層が形成されない。また、銅ワイヤ４は、硫黄含有量が銅ワイヤ４全体に対して１５ｐｐｍ以上１００ｐｐｍ以下となっているため、酸化および腐食が抑制されている。したがって、耐湿性および高温保管特性に優れた半導体装置が提供される。

[0072] 以上、図面を参照して本発明の実施形態について述べたが、これらは本発明の例示であり、上記以外の様々な構成を採用することもできる。

実施例 1

[0073] 以下、実施例及び比較例に基づいて本発明をより具体的に説明するが、本

発明は以下の実施例に限定されるものではない。

[0074] 製造例１～４

表１に示す各成分をミキサーを用いて１５～２８℃で混合し、次いで７０℃～１００℃でロール混練した。冷却後、粉砕してエポキシ樹脂組成物を得た。なお、表１中、各成分の詳細は下記のとおりである。また、表１中の単位は、質量％である。

[0075] ＜（Ａ）エポキシ樹脂＞

ＥＰ－ＢＡ：ＮＣ３０００Ｐ、日本化薬株式会社製、エポキシ当量２７６、Ｃｌイオン濃度２８０ｐｐｍ

ＥＰ－ＢＡ２：ＮＣ３０００（高塩素）、日本化薬株式会社製、エポキシ当量２７５、Ｃｌイオン濃度６６８０ｐｐｍ

[0076] ＜（Ｂ）硬化剤＞

ＨＤ－ＢＡ：ＭＥＨ－７８５１ＳＳ、明和化成株式会社製、水酸基当量２０３

[0077] ＜（Ｃ）充填材＞

溶融球状シリカ：ＦＢ－８２０、電気化学工業株式会社製、平均粒径２６．５μｍ、１０５μｍ以上の粒子１％以下

[0078] ＜（Ｄ）中和剤＞

ハイドロタルサイト：ＤＨＴ－４Ａ（登録商標）（上記式（５）において、ａが４．３であり、ｂが２であり、ｃが１であるハイドロタルサイト、協和化学工業株式会社製

[0079] ＜（Ｅ）硬化促進剤＞

トリフェニルホスフィン（ＴＰＰ）、北興化学工業株式会社製

[0080] ＜その他の成分＞

カップリング剤：エポキシシラン

着色剤：カーボンブラック

離型剤：カルナバワックス

[0081]

[表1]

表1

	成分名	品番	製造例1	製造例2	製造例3	製造例4
エポキシ樹脂組成物	(A)エポキシ樹脂	EP-BA	16.65	8.65	4.65	
		EP-BA2		8.00	12.00	16.65
	(B)硬化剤	HD-BA	12.25	12.25	12.25	12.25
	(C)充填材	シリカ	69.90	69.90	69.90	69.90
	(D)中和剤	ハイドロタルサイト	0.10	0.10	0.10	0.10
	(E)硬化促進剤	トリフェニルホスフィン	0.20	0.20	0.20	0.20
	その他	カーボンブラック	0.30	0.30	0.30	0.30
		エポキシシラン	0.20	0.20	0.20	0.20
		カルナバワックス	0.40	0.40	0.40	0.40
	合計		100.00	100.00	100.00	100.00
スパイラルフロー(cm)			183	206	231	256
ゲルタイム(sec)			38	41	48	55
Clイオン濃度(ppm)			18	143	201	256

[0082] 製造例１～４で得られたエポキシ樹脂組成物の物性を以下の方法により測定した。その結果を表１に示す。

[0083] ＜スパイラルフロー（ＳＦ）＞

低圧トランスファー成形機（コータキ精機株式会社製「ＫＴＳ－１５」）を用いて、ＥＭＭＩ－１－６６に準じたスパイラルフロー測定用の金型に、金型温度１７５℃、注入圧力６．９ＭＰａ、硬化時間１２０秒の条件で、製造例１～４のエポキシ樹脂組成物をそれぞれ注入し、流動長（単位：ｃｍ）を測定した。

[0084] ＜ゲルタイム（ＧＴ）＞

１７５℃に加熱した熱板上で製造例１～４のエポキシ樹脂組成物をそれぞれ溶融後、へらで練りながら硬化するまでの時間を測定した。

[0085] ＜塩化物イオン（ＣＩ）濃度の測定＞

金型温度１７５℃、注入圧力７．５ＭＰａ、硬化時間２分で低圧トランスファー成型機（コータキ精機株式会社製「ＫＴＳ－１５」）を用いて５０ｍｍφ×３ｍｍの試験片を成形した。１７５℃、８時間の後硬化の後に微粉砕し、５ｇの粉砕品に５０ｍｌの蒸留水を加え、テフロン（登録商標）ライニングした容器に入れ、１２５℃２０時間の処理を行い、処理後の上澄み液をイオンクロマトグラフ分析によりＣｌイオンの定量を行った。

[0086] 実施例１～８、比較例１～３

表２に示す電極パッドを備えるＴＥＧ（ＴＥＳＴ　ＥＬＥＭＥＮＴ　ＧＲＯＵＰ）チップ（３．５ｍｍ×３．５ｍｍ）を３５２ピンＢＧＡ（基板は厚さ０．５６ｍｍ、ビスマレイミド・トリアジン樹脂／ガラスクロス基板、パッケージサイズは３０ｍｍ×３０ｍｍ、厚さ１．１７ｍｍ）のダイパッド部に接着し、ＴＥＧチップの電極パッドと基板の電極パッドとをデイジーチェーン接続となるように、銅ワイヤａ（銅純度９９．９９質量％、径２５μｍ）を用いてワイヤピッチ８０μｍでワイヤボンディングした。これを、低圧トランスファー成形機（ＴＯＷＡ製「Ｙシリーズ」）を用いて、金型温度１７５℃、注入圧力６．９ＭＰａ、硬化時間２分の条件で、表２に示すように製造例１～４のいずれかのエポキシ樹脂組成物を用いて封止成形して、３５２ピンＢＧＡパッケージを作製した。このパッケージを１７５℃、４時間の条件で後硬化した後、半導体装置を得た。

[0087] なお、表２中、電極パッドの詳細は下記のとおりである。

Ａｕ：Ａｕ純度９９．９質量％の金パッド（厚み１μｍ）

Ｃｕ：Ｃｕ純度９９．９質量％の銅パッド（厚み１μｍ）

Ａｌ：Ａｌ純度９９．９質量％のアルミニウムパッド（厚み１μｍ）

[0088] 上記銅ワイヤａ（銅純度９９．９９質量％、径２５μｍ）の詳細は下記のとおりである。

・銅ワイヤａ

硫黄濃度（ｐｐｍ）１９ｐｐｍ

塩素濃度（ｐｐｍ）１５ｐｐｍ

[0089] 比較例４

上記銅ワイヤａの替わりに、下記の銅ワイヤｂを用いた以外は、実施例１と同様にして、半導体装置を得た。

・銅ワイヤｂ

硫黄濃度（ｐｐｍ）１ｐｐｍ未満

塩素濃度（ｐｐｍ）１ｐｐｍ未満

[0090] また、銅ワイヤ中の硫黄濃度、塩素濃度は、グロー放電質量分析にて測定

した。

[0091] ＜ＴＥＭ分析＞

実施例１～８及び比較例１～４の半導体装置について、１７５℃１６時間大気中で加熱した後、銅ワイヤと電極パッドとの接合部の構造を透過型電子顕微鏡（ＴＥＭ）で解析した。

実施例１～８の半導体装置では、銅ワイヤと電極パッドとの接合面は、実施例１～４では金からなり、実施例５～８では、銅からなるものであり、実施例１～８では銅ワイヤと電極パッドとの間にＣｕＡｌ合金層が形成されておらず、Ａｌよりイオン化傾向の小さい金属とＣｕの合金が形成されているか、合金層の形成がみられなかった。これに対し、比較例１～３の半導体装置では、銅ワイヤとアルミニウムパッドとの間にＣｕＡｌ合金層が形成されていた。このＣｕＡｌ合金層はCu_9Al_4等の腐食しやすい合金層を形成するため信頼性が低下する可能性を有するものである。

また比較例４は銅ワイヤ中の硫黄含有量が他の比較例より少ないものであり、比較例１～３とは挙動が異なるものの、実施例より半導体装置の信頼性が劣る結果となった。

[0092] ＜耐湿性および高温保管特性＞

実施例１～８、比較例１～４の半導体装置について半導体装置のＨＡＳＴ（不飽和耐湿性試験）及びＨＴＳＬ（高温保管試験）を行った。その結果を表２に示す。

具体的には、ＨＡＳＴは、ＩＥＣ６８－２－６６に準拠して実施した。試験条件は、温度を１３０℃又は１４０℃とし、８５％ＲＨ、印加電圧２０Ｖ、９６時間の処理を行い、１０個のパッケージにおける不良発生個数を調べた。

また、ＨＴＳＬは、温度を１７５℃とし、１０００時間処理を行い、１０個のパッケージにおける不良発生個数を調べた。

なお、ＨＡＳＴ及びＨＴＳＬにおいて不良の判定は、作製したパッケージ１０個を用いて評価し、初期抵抗に対する処理後の抵抗値が１．２倍を超え

たパッケージの個数をカウントした。

[0093] [表2]

表2

	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
パッド	Au	Au	Au	Au	Cu	Cu	Cu	Cu
封止樹脂	製造例1	製造例2	製造例3	製造例4	製造例1	製造例2	製造例3	製造例4
HAST130℃、96hr	0	0	0	0	0	0	0	0
HAST140℃、96hr	0	0	0	1	0	0	1	4
HTSL175℃、1000hr	0	0	0	0	0	0	0	0

	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4
パッド	Al	Al	Al	Cu
封止樹脂	製造例2	製造例3	製造例4	製造例4
HAST130℃、96hr	2	4	10	0
HAST140℃、96hr	10	10	10	2
HTSL175℃、1000hr	0	2	10	6

[0094] 実施例１～８で示すように、硫黄濃度１９ｐｐｍ、塩素濃度１５ｐｐｍの銅ワイヤを用い、イオン化傾向がＡｌより小さい金属からなるパッドでは、高温耐湿特性に優れており、特に高温特性については、封止樹脂を形成するエポキシ樹脂組成物の種類によらずに良好な結果が得られた。金パッドは、Ｃｌイオン濃度を２００ｐｐｍ以上含むエポキシ樹脂組成物により封止樹脂を形成させても、耐湿性および高温保管特性に優れる半導体装置が得られ、特に優れていた。

[0095] この出願は、２０１２年３月２３日に出願された日本特許出願特願２０１２－０６８１００を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

請求の範囲

[請求項1] 基板に搭載された半導体素子と、

前記半導体素子に設けられた電極パッドと、

前記基板に設けられた接続端子と前記電極パッドとを接続する銅ワイヤと、

前記半導体素子及び前記銅ワイヤを封止する封止樹脂と、

を有し、

前記銅ワイヤとの接合面から深さ方向に３μｍ以下の範囲における前記電極パッドの領域が、アルミニウムよりイオン化傾向が小さい金属を主成分として含み、

前記銅ワイヤ中の硫黄含有量が、前記銅ワイヤ全体に対して１５ｐｐｍ以上１００ｐｐｍ以下である、半導体装置。

[請求項2] 前記銅ワイヤ中の塩素含有量が、前記銅ワイヤ全体に対して５ｐｐｍ以上１００ｐｐｍ以下である、請求項１に記載の半導体装置。

[請求項3] 前記電極パッドは、アルミニウムよりイオン化傾向が小さい前記金属を主成分として含む、請求項１または２に記載の半導体装置。

[請求項4] アルミニウムよりイオン化傾向が小さい前記金属がニッケル、金、パラジウム、銀、銅及び白金からなる群から選択される、請求項１乃至３いずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項5] 前記基板が、リードフレーム又は回路基板である、請求項１乃至４いずれか一項に記載の半導体装置。