

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3737482号
(P3737482)

(45) 発行日 平成18年1月18日(2006.1.18)

(24) 登録日 平成17年11月4日(2005.11.4)

(51) Int. Cl. F I
H O 1 L 21/60 (2006.01)
H O 1 L 21/60 3 O 1 P
H O 1 L 21/60 3 O 1 F

請求項の数 12 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2002-555483 (P2002-555483)	(73) 特許権者	502179961
(86) (22) 出願日	平成13年11月14日(2001.11.14)		インフィネオン テクノロジーズ ノース
(65) 公表番号	特表2004-517498 (P2004-517498A)		アメリカ コーポレーション
(43) 公表日	平成16年6月10日(2004.6.10)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/043960		112-4508 サン ホセ ノース
(87) 国際公開番号	W02002/054491		ファースト ストリート 1730
(87) 国際公開日	平成14年7月11日(2002.7.11)	(74) 代理人	110000338
審査請求日	平成15年7月1日(2003.7.1)		特許業務法人原謙三国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	09/751,479	(74) 代理人	100080034
(32) 優先日	平成12年12月28日(2000.12.28)		弁理士 原 謙三
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100113701
			弁理士 木島 隆一
		(74) 代理人	100116241
			弁理士 金子 一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自己不動態化Cu合金を用いて接着されたCuパッド/Cuワイヤ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

メタライゼーション配線と、

上記メタライゼーション配線とCuパッド(11)を取り囲むCu合金(12)とを分離する下地膜(14)と、

上記下地膜(14)を取り囲む誘電体(13)とを含み、

上記Cuパッド(11)が、ワイヤ(10)に接着された集積回路構造において、

自己不動態化領域が、Cu-Al、Cu-Mg、および、Cu-Liからなる群から選択された少なくとも1つのCu合金(12)を含んでいるとともに、

a) 上記Cu合金(12)と上記下地膜(14)との間の境界面と、

b) 上記Cuパッド(11)の表面と、

c) 上記Cuパッド(11)と上記ワイヤ(10)との間の接着部(18)の表面と、

d) 上記ワイヤ(10)の表面とに位置することを特徴とする構造。

【請求項2】

酸化物、窒化物、または、酸化物および窒化物の混合物からなる不動態化層が、上記誘電体(13)上に備えられる請求項1に記載の構造。

【請求項3】

上記Cu合金がCu-Alである請求項1または2に記載の構造。

【請求項4】

上記Cu合金がCu-Mgである請求項1または2に記載の構造。

10

20

【請求項 5】

上記 Cu 合金が Cu - Li である請求項 1 または 2 に記載の構造。

【請求項 6】

上記 Cu パッド (1 1) が、上記 Cu 合金 (1 2) によって形成される請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の構造。

【請求項 7】

上記接着部 (1 8) が、ボンドボールまたはボンドウェッジである請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の構造。

【請求項 8】

パッド (1 1) に接着されたワイヤを含む集積回路構造の形成方法において、
酸化および腐食に対する抵抗力を有する自己不動態化 Cu パッド、Cu ワイヤ部材が形成され、上記方法が、

a) Cu パッドを形成するために、誘電体 (1 3) にダマシン構造をパターン化するステップと、

b) 最終的に Cu を充填するために Cu 合金 (1 2) を種層として蒸着するステップと、

c) 上記ダマシン構造に Cu 単体を充填するステップと、

d) 長い Cu 粒子によって低抵抗 Cu 膜を形成するために、低温 (< 2 0 0) で、CMP を行う前にアニールし、Cu 合金 (1 2) のドーパントの外への拡散を防ぐステップと、

e) 充填しすぎた Cu を除去し、その後に、下地膜の CMP を行うステップと、

f) 上記 Cu 表面および Cu 合金 (1 2) 種層境界面に、自己不動態化層を形成するために、2 5 0 ~ 4 5 0 の温度範囲でアニールするステップと、

g) ポリイミド層を蒸着するステップと、

h) 上記ポリイミドをパターン化し、精査するための不要なものが取り除かれた Cu 表面を提供するために、パッド領域を開口するリソグラフィー工程およびエッチング工程を行って、不動態化を完了するステップと、

i) 上記チップを精査するステップと、

j) 上記精査されたチップと Cu 合金ワイヤとを、ワイヤ接着するステップと、

l) 上記開口 Cu パッド表面および Cu 合金ワイヤ上に自己不動態化層を形成するために、2 5 0 ~ 4 5 0 の温度で接着されたチップをアニールするステップとを含み、

上記 Cu 合金 (1 2) が、Cu - Al、Cu - Mg、および、Cu - Li からなる群のうちの少なくとも 1 つである集積回路構造の形成方法。

【請求項 9】

ステップ e) とステップ f) との間に、誘電体キャップ層を蒸着する請求項 8 に記載の方法。

【請求項 1 0】

ステップ a) とステップ b) との間に、金属下地膜 (1 4) を蒸着する請求項 9 または 9 に記載の方法。

【請求項 1 1】

不動態化層を形成するために、下地膜 (1 4) とキャップ層との間の境界面に誘電体キャップ層が蒸着された後、3 0 0 ~ 4 5 0 の温度範囲でポストキャップ層アニールを行う請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 2】

ワイヤ接着のステップでは、上記 Cu 合金ワイヤとして、上記 Cu 合金 (1 2) からなる内核と、銅単体の外部領域とを備えたワイヤ (1 0) を用いて行う請求項 8 ~ 1 1 のいずれかに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

(発明の背景)

1 . 発明の分野

10

20

30

40

50

本発明は、自己不動態化Cu合金を用いた、CuパッドのCuワイヤとのワイヤ接着に関するものである。Cu合金から形成される自己不動態化層は、腐食および酸化からCuを保護するものである。

【0001】

2. 関連技術の説明

ワイヤ接着技術に関して、現時点での技術水準では、従来のAlウェッジまたはAuボールボンディングと組み合わせて、Alパッドを使用することができる。しかし、メタライゼーションされたCuの上にAlパッドを備えるには、コストがかかり、付加的なプロセス工程が必要である。

【0002】

さらに、従来どおり、CuワイヤをCuパッド上に接着するのであれば、露出したCu層は、腐食および酸化の影響を多大に受ける。

【0003】

従来の、ワイヤ接着によって、従来のオーバーメッキされ、上塗りされた銅(Cu)パッド上にチップを直接取り付けける技術は、コストがかかる。なぜなら、銅回路を備えたキャリア上において、効果の高いワイヤ接着を行うためには、直接チップアタッチ(DCA)ワイヤ接着された集積回路(IC)チップ、および、ワイヤボンドジャンパ回路を有する回路キャリア上において、コストのかかるメッキをする必要があるからである。ICチップは、熱を加えた、接着剤または半田付けチップ取り付け材料によって、回路キャリアに取り付けられている。また、回路の上塗りまたは半田付けマスクによって、銅回路は覆われている。直接チップアタッチ(DCA)ワイヤボンド操作においては、下地メッキ(underplatings)と、貴金属または半貴金属のメッキ上塗り仕上げまたは表面被覆とを組み合わせを有する回路キャリア上の配線パッドに、シリコンチップがワイヤ接着されている。回路キャリアワイヤ接着へ適用するための、一般的な層構造の表面仕上げ金属(metallurgies)は、金(Au)・パラジウム(Pd)または銀(Ag)の表面メッキ被覆層によって覆われた、ニッケル(Ni)下地メッキ被覆からなる。層構造の表面仕上げ処理は、下層の銅(Cu)回路メタライゼーション(metallization)のオーバーメッキ表面への拡散を妨げ、続くワイヤ接着パッド表面の酸化を防止する。そうしなければ、ワイヤ接着の前にパッド表面が多量に酸化することによって、ワイヤ接着が効果的に行われなくなり、ワイヤ接着配線の信頼性が低下してしまう。銅パッド上のこれらのメッキ処理は、効果があり、信頼性の高いワイヤ接着配線を提供するために用いられてきたのである。

【0004】

これらのメッキ処理にはコストがかかる。なぜなら、メッキ槽化学反応(plating bath chemistries)を行うために、貴金属および精確なプロセス制御を必要とするからである。さらに、電解メッキを用いた場合、メッキ処理の必要な全領域にバスニング構造(bussing configurations)を提供する必要がある。このバスニングは、より効果的なワイヤリング構造とすること妨げ、パネルと回路設計との両方において利用可能なキャリアスペースの最大限の使用をできなくしてしまう。また、電解メッキを用いると、回路の構成要素のコストが高くなってしまう。なぜなら、ポリイミド・ポリエステルのようなフレキシブルなキャリア材料と、ガラスエポキシ混合物またはセラミック・液晶重合体(LCP)のような硬質キャリア材料とを含んだパネルキャリア材料上への、多層マイクロプロセッサ回路構造の実装が、非効率だからである。

【0005】

アメリカ特許明細書第5,632,438号は、銅回路(circuitization)上にアルミニウムのワイヤを接着するための、直接チップアタッチメントプロセスを開示している。このプロセスは、1つの集積回路チップをキャリアに移動し、キャリアおよび接着された集積回路チップに、クエン酸およびシュウ酸を基にした添加剤を含んだ水溶性洗浄液を塗布し、キャリアおよび接着された集積回路チップにリンス剤を塗布し、キャリアによって支えられた銅回路にワイヤ接着を行うプロセスである。

【0006】

10

20

30

40

50

ディープサブミクロンの (deep-submicron) 集積回路パッケージのための接着力の改善方法が、アメリカ特許明細書第 6, 119, 816 号に開示されている。この方法は、以下のような方法である。最上電気伝導層を備えた半導体基板と、最上電気伝導層を覆う上層と、上層に塗布されたフォトレジストとを備え、多くのサブミクロンサイズのホールを形成するために、フォトレジストをパターン化し、上層を介して最上電気伝導層に開口部をエッチングして上層の開口部を介して最上電気伝導層にざらざらした表面を形成し、上層の上に不動態化膜を蒸着してワイヤボール接着用にワイヤリングパッド窓を形成する方法である。

【0007】

集積回路を形成するための Cu ワイヤを備えた Cu パッドのワイヤ接着の技術領域では、Cu 単体パッドに Cu 単体ワイヤを接着させた場合の接着の質が最もよく、上記 Cu 単体ワイヤの抵抗は最も低い。しかし、Cu 単体には自己不動態化効果がないので、Cu が、腐食・酸化する危険性がある。従って、この技術を用いる場合、Cu パッドに接着した Cu ワイヤを提供する必要がある。これによって、この製造によって形成された銅および集積回路の自己不動態化を達成し、それによってそれらの腐食および酸化を防止でき、自己不動態化力と結びついた、強い接着力および質の良い接着が提供される。

【0008】

(発明の概要)

本発明の目的の 1 つは、自己不動態化 Cu 合金を用いて、接着の質が良く、かつ抵抗が低くなるように、Cu パッドに接着した Cu ワイヤを提供することにある。

【0009】

本発明の他の目的は、自己不動態化 Cu 合金を使用することによって、Cu パッドに接着した Cu ワイヤの腐食および酸化を防止するために、接着の質が良く、かつ抵抗が低くなるように、Cu パッド上に接着した Cu ワイヤを提供することにある。

【0010】

本発明のさらなる目的は、Cu 合金から製造されている Cu ワイヤおよび Cu パッドを使用することによって、接着の質が良く、かつ抵抗が低くなるように、Cu パッド上に接着した Cu ワイヤを提供することにある。また、自己不動態化 Cu 合金を使用することによって、Cu が腐食および酸化を防止する、Cu パッドに接着した Cu ワイヤを提供することにある。

【0011】

本発明のさらに他の目的は、ワイヤが硬質 Cu 合金ワイヤか 2 層 Cu ワイヤのどちらかであり、Cu 合金からなる内核および Cu 単体からなる外核を有する、Cu パッドに接着した Cu ワイヤを提供し、これによって、Cu 合金から自己不動態化を達成するために、Cu パッドへの銅ワイヤの接着に関して接着力および接着の質を改善することにある。本発明のさらにまた他の目的は、Cu ワイヤが 2 層であり、Cu パッドが 2 層である (Cu 合金種層 + Cu 単体充填層 (pure Cu-fill))、Cu パッドに接着する Cu ワイヤを提供し、自己不動態化を達成することによって腐食・酸化の防止を達成することにある。

【0012】

本発明に関して、腐食および酸化を防止することと結びついた、接着力の良さおよび質の良い接着は、Cu パッドと Cu ワイヤとのワイヤ接着が、Cu 合金 (Cu - Al、Cu - Mg、Cu - Li) を用いて行われる場合に、獲得される。

【0013】

(図の簡単な説明)

図 1 は、Cu パッドと接着する前の、Cu 合金ワイヤを示す図である。また、Cu パッドは、下地膜 (全ての下地膜は誘電体内に配置されている) によって囲まれた Cu 合金によって取り囲まれている。

【0014】

図 2 は、Cu パッドにワイヤ接着し、アニールした後の Cu 合金ワイヤを示す図である。Cu 合金ワイヤでは、形成された接着部がボールあるいはウェッジ形をしており、この

10

20

30

40

50

ワイヤには、図にXで示されている自己不動態化を特徴とする境界面層がある。

【0015】

(好ましい実施形態の詳述)

概して、本発明では、半導体デバイスまたは集積回路の形成用の、自己不動態化Cu合金を用いたCuパッドとCuワイヤとのワイヤ接着が、以下のプロセス順序によって行われる。

a) ワイヤおよびCuパッドを形成するために、誘電体に(デュアル)ダマシン構造をパターン化し、

b) PVD、CVD、無電解、または他の知られている方法により金属下地膜を蒸着し。(このステップは、複数の最適なCu合金を用いることによって、任意に選択されるものであってもよい)、

c) 最終的にCuを充填するために、PVD、CVDまたは他の知られている方法によりCu合金を種層として蒸着し、

d) 電気メッキ、CVD、無電解、PVDまたは他の知られている方法によりダマシン構造にCu単体を充填し、

e) 長いCu粒子(grains)によって低抵抗Cu膜を形成するために、低温(< 200)で、CMPを行う前にアニールし、しかし、Cu合金のドーパントの外への拡散は、ここでは抑制され、

f) 下地膜のCMPに続いて、充填しすぎたCuをCu-CMPによって除去する。

【0016】

次に続くプロセス順序には、以下のような4つの可能な選択肢がある。

【0017】

(選択肢A)

7) Cu表面およびCu下地膜境界面に、自己不動態化層を形成するために、CMP後にアニール(温度範囲: 250 ~ 450)し(温度を徐々に上昇させて始めることは、ヒロックの発生を抑えるために有益である。自己不動態化層の初期形成後、ヒロックの発生は著しく減少する。)、

8) Cu拡散障壁、Si-窒化物、Block、または、他の知られている技術方法により、誘電体キャップ層を蒸着する。この誘電体拡散障壁を完全に除去し、SiO₂蒸着または他の誘電体材料(例えば、低k材料)の蒸着によって処理過程を継続することができる。

【0018】

(選択肢B)

7) Cu拡散障壁、Si-窒化物、Block、または、他の知られている技術方法により、誘電体キャップ層を蒸着し、

8) Cu誘電体キャップ層境界面およびCu下地膜境界面に自己不動態化層を形成するために、アニールする(温度範囲: 250 ~ 450)。

【0019】

(選択肢C)

7) CMP後、温度範囲: 250 ~ 400 でアニールする。この温度は、9)よりも低い。キャップ層後のアニールは、Cu表面およびCu下地膜境界面に位置する部分的な自己不動態化層を形成するために、ほぼ50で行われる。温度を徐々に上昇させて始めることは、ヒロックの発生を抑えるために有効である。自己不動態化層の初期(部分的)形成の後、ヒロックの発生は、著しく減少する。

8) Cu拡散障壁、Si-窒化物、Block、または、他の知られている技術方法により、誘電体キャップ層を蒸着する。この誘電体拡散障壁を完全に除去し、SiO₂蒸着または他の誘電体材料(例えば、低k材料)の蒸着によって処理過程を継続することができる。

9) 下地膜およびキャップ層境界面上の自己不動態化層を形成するために、CMPアニールの後で、ポストキャップ層アニールを行う(温度範囲: 300 ~ 450、7)より

10

20

30

40

50

も50 ほど高い)。2つのアニール工程7)および8)を有するこのアプローチは、ヒロックの発生および接着に対して有効である。

【0020】

(選択肢D)

7)Cu拡散障壁、Si-窒化物、Block、または、他の知られている技術方法により、誘電体キャップ層を蒸着する。アニールを行わず、したがって、プロセス順序中のこの時点では、自己不動態化層の形成を行わない。

【0021】

次のステップは、本発明のプロセスの鍵となるステップである。

10)不動態化層を蒸着する(酸化物/窒化物の組み合わせ)。

10

11)ポリイミドまたは感光性ポリイミド(PSP1)層(任意選択)を蒸着する。

12)リソグラフィーによって、および、パッド領域を開口するためのエッチングステップによって、ポリイミド(またはPSP1)および(Cuの上の誘電体キャップ層を含む)不動態化層をパターン化する。パッド開口エッチ(+処理後)の間、Cu/キャップ層境界面に位置する自己不動態化層は、精査するために不要なものが取り除かれたCu表面を備えるために除去される。

13)チップを精査する。

14)Cu合金ワイヤを備えた精査されたパッドのワイヤ接着を行う(ウェッジを打ち込む、または、ボールボンディングを行う)。そして、

15)開口Cuパッド表面およびCuワイヤに自己不動態化層を形成するために、接着されたチップを、温度250 ~ 450 でアニールする。

20

【0022】

精査ステップ13)と接着ステップ14)との間に、比較的長い時間が経過する。この時間の間、Cuパッドを保護するために、付加的なステップを、自己不動態化/保護層を精査されるCu表面の形成に導入してもよい。接着する直前に、この層は、接着の質を最適にするための不要なものが取り除かれたCuパッド表面とするために、ウェットクリーニングすることによって除去される。

【0023】

参考にも、図1を示す。図1は、Cuパッド11に接着する前のCu合金ワイヤ10を示している。さらに、Cuパッドは、下地膜14によって誘電体13から分離されたCu合金12によって取り囲まれている。

30

【0024】

点線によって示したように、ポリイミド15を誘電体の上に任意で蒸着してもよい。

【0025】

図2から分かるように、アニール後のワイヤ接着の後、Xによって表された自己不動態化境界面層16および自己不動態化Cu表面17を形成する。自己不動態化は、Cu合金(12)、および、接着ボールまたはウェッジ18を取り囲んでおり、パッドとワイヤ接着点との接合点に位置している。この自己不動態化層は、ヒロック構造をしておらず、腐食、酸化、および、Cuの周囲の半導体デバイス領域外への拡散から、Cuを保護する。

【0026】

本発明では、Cu合金は、Cu-Al、Cu-Mg、Cu-Li、および、他のよく知られたCu合金であってもよい。また、Cu合金の他の部材中の非Cuドーピング材料の濃度は、Cu合金の原子量%の約0.1~約5.0%の範囲である。

40

【0027】

自己不動態化Cu合金を用いたCuパッドとCuワイヤとのワイヤ接着は、本発明のプロセスによって生じた自己不動態化によって腐食および酸化からCuを保護するとともに、接着力を改善するために、特に重要である。

【0028】

したがって、自己不動態化Cu合金を用いたCuワイヤを備えたCuパッドは、Cu単体パッドに接着したCu単体ワイヤに類似した接着の質および抵抗の低さを提供する。さ

50

らに、このCuパッドは、Cu単体パッドに接着したCu単体ワイヤによって得られない自己不動態化効果も提供する。言い換えると、2層のCuパッドと組み合わせた2層のCuワイヤ（Cu合金種層＋Cu単体充填部）は、自己不動態化＋低抵抗と、接着力の強さとの最適の特徴を示している。

【0029】

代表的な実施形態および詳述を、本発明の好ましい実施形態を説明するために示された、開示した本発明の様々な変更が、次に記載する特許請求の範囲に規定した本発明の範囲から逸れていないということは、当業者にとって明白である。

【図面の簡単な説明】

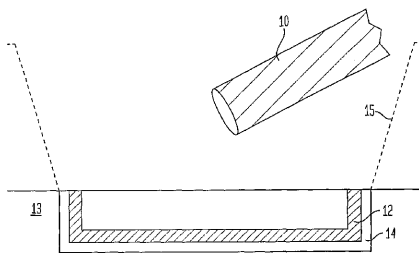
【図1】 Cuパッドと接着する前の、Cu合金ワイヤを示す図である。また、Cuパッドは、下地膜（全ての下地膜は誘電体内に配置されている）によって囲まれたCu合金によって取り囲まれている。

10

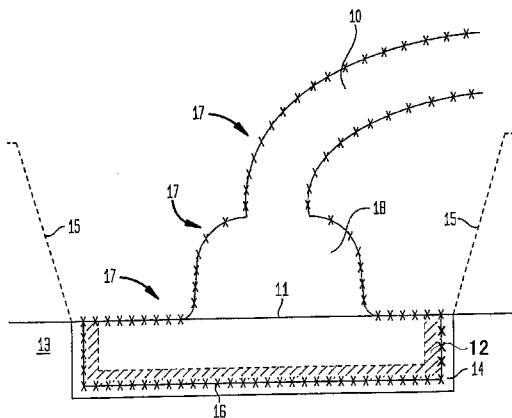
【図2】 Cuパッドにワイヤ接着し、アニーリングした後のCu合金ワイヤを示す図である。Cu合金ワイヤでは、形成された接着部がボールあるいはウェッジ形をしており、このワイヤには、図にXで示されている自己不動態化を特徴とする境界面層がある。

【図1】

FIG. 1



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 バース, ハンス ヨアヒム
ドイツ連邦共和国 8 1 2 4 5 ミュンヘン リュエッツォーシュトラッセ 1 9 アー

審査官 市川 篤

(56)参考文献 特開昭 6 3 - 1 4 8 6 4 9 (J P , A)
特開昭 6 2 - 1 5 0 8 3 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H01L 21/60 301