

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5374512号
(P5374512)

(45) 発行日 平成25年12月25日(2013.12.25)

(24) 登録日 平成25年9月27日(2013.9.27)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 23/473 (2006.01)	HO 1 L 23/46 Z
HO 1 L 21/60 (2006.01)	HO 1 L 21/92 6 O 4 B
	HO 1 L 21/92 6 O 3 B
	HO 1 L 21/92 6 O 3 A
	HO 1 L 21/60 3 1 1 Q

請求項の数 30 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2010-530510 (P2010-530510)	(73) 特許権者	502205846
(86) (22) 出願日	平成20年10月24日(2008.10.24)		サントル ナショナル ドゥ ラ ルシェ
(65) 公表番号	特表2011-501454 (P2011-501454A)		ルシュ シアンティフィク
(43) 公表日	平成23年1月6日(2011.1.6)		フランス国 エフ-75016 パリ リ
(86) 国際出願番号	PCT/FR2008/001497		ュ ミシエール-アンジュ 3
(87) 国際公開番号	W02009/090349	(73) 特許権者	510116705
(87) 国際公開日	平成21年7月23日(2009.7.23)		ユニヴェルシテ ポール サバティエ
審査請求日	平成23年10月6日(2011.10.6)		フランス国 エフ-31062 トゥール
(31) 優先権主張番号	0707566		ーズ セデックス 09 ルート ドゥ
(32) 優先日	平成19年10月26日(2007.10.26)		ナルボンヌ 118
(33) 優先権主張国	フランス (FR)	(74) 代理人	110000796
			特許業務法人三枝国際特許事務所
		(72) 発明者	シモン パトリス
			フランス国 エフ-31400 トゥール
			ーズ リュ サン ガブリエル 3
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導電性の機械的相互接続部材を作る方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

導電性の機械的相互接続要素(12)を製造する方法であって、

i) 金属材料の前駆物質である化合物の電解液(1)を電解セル(CE)に入れるステップと、

ii) 直線状貫通孔の実質的に規則的な配列を提示する多孔質膜(3)で被覆された少なくとも1つの面を有する伝導性基板(2)を、前記電解液中に浸漬するステップと、

iii) 前記または各々の多孔質膜に対向し、前記多孔質膜から間隔を空けて配置された電極(5)を提供するステップと、

iv) 前記基板を発電機(6)の負の端子へ接続してカソードを構成し、前記電極を前記発電機の正の端子へ接続してアノードを構成し、前記膜の前記孔を介して前記基板の表面上で前記金属材料の電解堆積を実行するステップと、

v) 前記多孔質膜を溶解して、前記金属材料から作られて前記基板(2)の表面から突出するサブミクロン直径の複数のワイヤ(2a)を備える構造(10)を解放するステップと、から成る段階を含み、

vi) 2つの前記構造の一方が他方へ押圧された場合に、前記ワイヤが相互に貫入および絡み合う結果として、2つの前記構造間で作用する接着力が増加するように、前記ワイヤ(2a)の部分的溶解を制御して前記ワイヤの直径を低減する追加のステップを更に含むことを特徴とする方法。

【請求項2】

前記多孔質膜(3)はセラミック材料から作られる、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記多孔質膜(3)はアルミナから作られる、請求項2に記載の方法。

【請求項4】

前記多孔質膜(3)は、 $10^7 / \text{cm}^2$ から $10^{10} / \text{cm}^2$ の孔密度を提示する、請求項1～3のいずれかに記載の方法。

【請求項5】

前記ステップ(vi)の制御された部分的溶解の後、前記ワイヤは、5nmから300nmの直径を提示する、請求項1～4のいずれかに記載の方法。

【請求項6】

前記ステップ(vi)の制御された部分的溶解の後、前記ワイヤ(2a)は、200nmから200 μm の長さを提示する、請求項1～5のいずれかに記載の方法。

【請求項7】

前記多孔質膜(3)は、 $10^9 / \text{cm}^2$ の孔密度を提示する、請求項1～3のいずれかに記載の方法。

【請求項8】

前記ステップ(vi)の制御された部分的溶解の後、前記ワイヤは、10nmから200nmの直径を提示する、請求項1～4のいずれかに記載の方法。

【請求項9】

前記ステップ(vi)の制御された部分的溶解の後、前記ワイヤ(2a)は、500nmから100 μm の長さを提示する、請求項1～5のいずれかに記載の方法。

【請求項10】

前記ステップ(vi)の制御された部分的溶解の後、前記相互接続要素(12)は0.5から0.9の多孔率を提示する、請求項1～9のいずれかに記載の方法。

【請求項11】

前記金属材料は、Cu、Sn、Co、Fe、Pb、Ni、Cr、Au、Pd、Pt、Ag、Bi、Sb、Al、Si、およびLi、ならびにこれら金属の合金の中から選択される、請求項1～10のいずれかに記載の方法。

【請求項12】

前記金属材料は、単一の材料から作られた相互接続構造を得るために、前記伝導性基板(1)を構成する材料と同じである、請求項1～11のいずれかに記載の方法。

【請求項13】

制御された部分的溶解の前記ステップは電解溶解方法である、請求項1～12のいずれかに記載の方法。

【請求項14】

制御された部分的溶解の前記ステップを、前記金属材料を酸化させてその酸化生成物を溶解させる溶液に前記構造を浸漬することによって実行する、請求項1から12のいずれか一項に記載の方法。

【請求項15】

前記伝導性基板(1)は、マイクロ電子チップ(200)上の金属メッキ区域によって構成される、請求項1～14のいずれかに記載の方法。

【請求項16】

前記伝導性基板(1)は、プリント回路上のトラックまたは金属メッキ区域によって構成される、請求項15に記載の方法。

【請求項17】

前記機械的相互接続要素(12)は、電気接続も提供する、請求項15または16に記載の方法。

【請求項18】

機械的相互接続を作る方法であって、

請求項1～17のいずれかに記載の方法によって、2つの相互接続要素(12、12'))

10

20

30

40

50

を製造することと、
前記要素の表面から突出する前記ナノメトリックワイヤが相互に貫入および絡み合うようにするために、前記相互接続要素を対向させて配置して、一方の前記要素を他方の前記要素へ押圧することと、
から成るステップを含む方法。

【請求項 19】

前記相互接続要素 (1 2 、 1 2 ') が、 2 0 M P a から 1 0 0 M P a の圧力で相互に対向して押圧される、請求項 1 8 に記載の方法。

【請求項 20】

機械的および電氣的に相互接続された複数のマイクロ電子チップ (2 0 0 、 2 1 0 、 2 2 0) のスタックによって構成された 3 次元マイクロ電子デバイスを製造する方法であって、前記チップ間の少なくとも 1 つの機械的相互接続が、請求項 1 8 または 1 9 に従って作られることを特徴とする方法。

10

【請求項 21】

前記マイクロ電子チップを接続する機械的相互接続要素 (2 3 、 2 4 、 2 5 、 2 6) の少なくとも幾つかが協同して、冷却流体の循環で漏れを生じないチャンネル (3 0) を形成する、請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 22】

機械的および電氣的に相互接続されたマイクロ電子チップ (2 0 0 、 2 1 0 、 2 2 0) のスタックを備える 3 次元電子デバイスであって、前記スタック内の隣接するチップが、それらチップの対向する面において、金属メッキ区域およびこれらの区域から突出するサブミクロン直径の複数のワイヤを備えて対向する相互接続要素 (2 2 、 2 2 ' 、 2 3 、 2 4 、 2 5 、 2 6) を提示することと、相互に貫入および絡み合う前記相互接続要素のワイヤによって前記チップが相互接続されることと、前記相互接続要素 (2 3 、 2 4 、 2 5 、 2 6) の少なくとも幾つかが、並列ストリップの形態であり、当該並列ストリップが、必ずしも直線状ではなく、冷却流体を循環させる少なくとも 1 つの管 (3 0) を画定する漏れを生じない壁を構成するように、前記チップを一方の側から他方の側へ横断する、こととを特徴とする 3 次元電子デバイス。

20

【請求項 23】

サブミクロン直径の前記ワイヤの密度は、 $1 0^7 / \text{cm}^2$ から $1 0^{10} / \text{cm}^2$ である、請求項 2 2 に記載の 3 次元電子デバイス。

30

【請求項 24】

前記ワイヤは、5 nm から 3 0 0 nm の直径を提示する、請求項 2 2 または 2 3 に記載の 3 次元電子デバイス。

【請求項 25】

前記ワイヤは、2 0 0 nm から 2 0 0 μm の長さを提示する、請求項 2 2 から 2 4 のいずれか一項に記載の 3 次元電子デバイス。

【請求項 26】

サブミクロン直径の前記ワイヤの密度は、約 $1 0^9 / \text{cm}^2$ である、請求項 2 2 に記載の 3 次元電子デバイス。

40

【請求項 27】

前記ワイヤは、1 0 nm から 2 0 0 nm の直径を提示する、請求項 2 2 または 2 3 に記載の 3 次元電子デバイス。

【請求項 28】

前記ワイヤは、5 0 0 nm から 1 0 0 μm の長さを提示する、請求項 2 2 から 2 4 のいずれか一項に記載の 3 次元電子デバイス。

【請求項 29】

前記相互接続要素 (1 2) は、0 . 5 から 0 . 9 の多孔率を提示する、請求項 2 2 から 2 8 のいずれか一項に記載の 3 次元電子デバイス。

【請求項 30】

50

サブミクロン直径の前記ワイヤは、Cu、Sn、Co、Fe、Pb、Ni、Cr、Au、Pd、Pt、Ag、Bi、Sb、Al、Si、およびLi、ならびにこれら金属の合金の中から選択された金属材料から作られる、請求項22から29のいずれか一項に記載の3次元電子デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、導電性の機械的相互接続要素を製造する方法、および機械的相互接続を作る方法に関する。

【0002】

本発明は、特にエレクトロニクス分野に適用される。

【背景技術】

【0003】

エレクトロニクスでは、導電性の機械的相互接続を作ることが常に必要である。これは、マイクロ電子チップのピンをプリント回路上のトラックまたは金属メッキ区域に接続して、エレクトロニクスカードを作る場合に特に当てはまる。

【0004】

典型的には、そのような電気的および機械的接続は、はんだ付けまたは熱圧着によって作られる。それら従来の手法は、多くの欠点を提示する。第1に、それらは高温の使用を必要とし、これは壊れやすい電子部品を損傷し得る。第2に、それらは容易に分解されない。残念ながら、テスト、修理、および/または置換する目的のために、エレクトロニクスカードのチップを取り外して置換できることが、しばしば重要となる。

【0005】

相互接続の問題は、例えばチップまたは小型プリント回路等の平面デバイスを積み重ねて相互接続することによって3次元集積を実行する電子部品の場合に、特に厳しい。一旦そのようなアセンブリが作られてしまうと、アセンブリを作り上げている平面要素を破壊することなくアセンブリを分解することは、一般的に不可能である。

【0006】

欧州特許出願公開第1583146号明細書は、ナノ構造の相互接続要素を開示している。この相互接続要素は金属表面によって構成され、サブミクロン直径の伝導性ワイヤ（「ナノワイヤ」）がこの金属表面から突出している。機械的および電気的相互接続は、一方の前記表面を他方の表面へ圧着することによって作られる。これがナノワイヤを相互に絡ませ、これによって前記表面間に結合を作り出す。このようにして得られた相互接続は、単に十分な牽引力を加えることによって元に戻され、新しい圧着工程によって相互接続が再び確立され得る。

【0007】

欧州特許出願公開第1583146号明細書は、そのような相互接続要素の製造を可能にする方法を詳細に記載しておらず、その内容は、単に先行文献である米国特許第6185961号明細書を引用しているに過ぎない。

【0008】

この文献は、表面から突出する複数の金属ナノワイヤを製造する方法を記載しており、この方法は、ガラスから多孔質母材を製造するステップと、気化または噴霧によって貴金属の層を前記母材の1つの面上に堆積するステップと、母材の孔において電気化学的堆積によってナノワイヤを製造するステップと、母材を溶解して、得られるナノ構造金属要素を解放するステップとを含む。この方法は、非常に複雑で費用がかかる。特に、母材を製造および金属メッキするステップに関してそうである。更に、噴霧または気化によって導電性薄膜を堆積するステップの必要性が、使用可能な物質の範囲を限定する。例えば、銅だけでナノ構造を作ることが可能であるわけではない。

【0009】

表面から突出する複数の伝導性ナノワイヤによって構成された構造を製造する他の方法

10

20

30

40

50

は、従来技術で公知である。しかしながら、ナノワイヤを相互に絡ませることによって機械的相互接続を作るためには、これらの構造は不適切であることが見出されている。

【0010】

例えば、S. Fiedlerらによる論文、「Evaluation of metallic nano-lawn structures for application in microelectronic packaging」は、電解方法によってそのようなナノ構造を製造する方法を記載しており、この方法は、米国特許第6185961号明細書に記載の方法と概ね類似するが、相違は、ガラス母材が高分子膜によって置換され、粒子を高分子膜へ衝突させることによって孔が形成されることにある。この方法の欠点は、そのようにして得られた孔（従って、孔に堆積されるナノワイヤ）が直線状ではなく、その配置がランダムであることである。その方法では、満足な相互接続を達成し得ないことを経験が示している。最良の場合、この方法は、マイクロ電子チップまたはプリント回路の金属メッキ区域上にナノ構造を作り出し、これによって、はんだ付けによるナノ構造の接続を一層容易にする。

10

【0011】

国際公開2006/123049号は、基板の表面から突出する複数の金属ナノワイヤによって構成されたナノ構造を製造する更に他の方法を開示している。この方法も同様に、電気化学的堆積によって、犠牲母材の孔にナノワイヤを形成することを提供する。この方法の独創性は、多孔性セラミック材料、更に具体的にはアルミナから作られた膜によって構成される母材を使用することにある。国際公開2006/123049号に記載の方法は、アルミナ膜の孔が実質的に直線状であり、規則的配列として配列されているため、有利である。加えて、気化または噴霧によって前記した膜を金属メッキする事前のステップを進める必要はない。

20

【0012】

しかしながら、本願発明者らは、市販の様々な多孔質アルミナ膜を用いて多くのテストを実行したにも拘わらず、そのようにして得られた構造が、ナノワイヤの相互貫入および絡み合いによる機械的相互接続をなし得ないことを観察した。国際公開2006/123049号は、そのような応用を記載していない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0013】

本発明の目的は、相互に貫入および絡み合う伝導性ナノワイヤに基づくタイプの機械的相互接続要素を作る簡単で安価な方法を提供するために、従来技術の上記欠点を是正することにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

そのような目的は、導電性の機械的相互接続要素を製造する方法であって次のステップを含む方法によって達成され得る。即ち、その方法は、

i) 金属材料の前駆物質である化合物の電解液を電解セルに入れるステップと、
 ii) 直線状貫通孔の実質的に規則的な配列を提示する多孔質膜で被覆された少なくとも1つの面を有する伝導性基板を、前記電解液中に浸漬するステップと、
 iii) 前記または各々の多孔質膜に対向し、前記多孔質膜から間隔を空けて配置された電極を提供するステップと、

40

iv) 前記基板を発電機の負の端子へ接続してカソードを構成し、前記電極を前記発電機の正の端子へ接続してアノードを構成し、前記膜の前記孔を介して前記基板の表面上で前記金属材料の電解堆積を実行するステップと、

v) 前記多孔質膜を溶解して、前記金属材料から作られて前記基板の表面から突出するサブミクロン直径の複数のワイヤを備える構造を解放するステップと、
 を含み、

vi) 2つの前記構造の一方が他方へ押圧された場合に、前記ワイヤが相互に貫入およ

50

び絡み合う結果として、2つの前記構造間で作用する接着力が増加するように、前記ワイヤの部分的溶解を制御して前記ワイヤの直径を低減させる追加のステップを更に含むことを特徴とする。

【0015】

本発明の具体的実施形態において、

前記多孔質膜は、セラミック材料、更に具体的には、アルミナから作られてよい。

【0016】

前記多孔質膜は、 $10^7 / \text{cm}^2$ から $10^{10} / \text{cm}^2$ の孔密度、好ましくは、約 $10^9 / \text{cm}^2$ の孔密度を提示する。

【0017】

前記ステップ(vi)の制御された部分的溶解の後、前記ワイヤは、5nmから300nmの直径、好ましくは10nmから200nmの直径を提示し、および/または、200nmから200 μm の長さ、好ましくは500nmから100 μm の長さを提示する。

【0018】

同様に、前記ステップ(vi)の制御された部分的溶解の後、前記相互接続要素は0.5から0.9の多孔率を提示する。

【0019】

前記金属材料は、次の中から選択されてよい：Cu、Sn、Co、Fe、Pb、Ni、Cr、Au、Pd、Pt、Ag、Bi、Sb、Al、Si、およびLi、ならびにこれら金属の合金。好ましくは、前記金属材料は、単一の材料から作られた相互接続構造を得るために、前記伝導性基板を構成する材料と同じであってよい。

【0020】

制御された部分的溶解の前記ステップは、電解溶解方法であってよい。

【0021】

他の形態において、制御された部分的溶解の前記ステップは、前記金属材料を酸化させて酸化生成物を溶解させる溶液に前記構造を浸漬することによって実行されてよい。

【0022】

前記伝導性基板は、マイクロ電子チップ上の金属メッキ区域によって、或いはプリント回路上のトラックまたは金属メッキ区域によって構成されてよい。特に、前記機械的相互接続要素は、電気接続も提供することができる。

【0023】

本発明は、機械的相互接続を作る方法も提供する。この方法は、次のステップを含む。

【0024】

上記の方法によって、2つの相互接続要素を製造するステップ、および、

前記相互接続要素を相互に対向させて配置して、一方の前記相互接続要素を他方の前記相互接続要素へ押圧して、前記要素の表面から突出する前記ナノメトリックワイヤが相互に貫入および絡み合うようにするステップ。有利には、前記相互接続要素は、20メガパスカル(MPa)から100MPaの圧力で相互に対向して押圧されてよい。

【0025】

本発明は、機械的および電氣的に相互接続された複数のマイクロ電子チップのスタックによって構成された3次元マイクロ電子デバイスを製造する方法を更に提供する。この方法は、前記チップ間の少なくとも1つの機械的相互接続が、前述した方法に従って作られることを特徴とする。

【0026】

特に有利な態様において、前記マイクロ電子チップを接続する機械的相互接続要素の少なくとも幾つかが協同して、冷却流体の循環で漏れを生じないチャンネルを形成することができる。

【0027】

本発明は、機械的および電氣的に相互接続されたマイクロ電子チップのスタックを備える3次元電子デバイスを更に提供する。このデバイスは、前記スタック内の隣接するチッ

10

20

30

40

50

プが、それらチップの対向する面において、金属メッキ区域およびこれらの区域から突出するサブミクロン直径の複数のワイヤを備えて対向する相互接続要素を提示することと、相互に貫入および絡み合う前記相互接続要素のワイヤによって前記チップが相互接続されることと、前記相互接続要素の少なくとも幾つかは、並列ストリップの形態であって、このストリップは、必ずしも直線状ではなく、冷却流体を循環させる少なくとも1つの管を画定する漏れを生じない壁を構成するように、前記チップを一方の側から他方の側へ横断することとを特徴とする。

【0028】

本発明のデバイスの具体的実施形態において、

サブミクロン直径の前記ワイヤの密度は、 $10^7 / \text{cm}^2$ から $10^{10} / \text{cm}^2$ にあり、好ましくは、約 $10^9 / \text{cm}^2$ である。

10

【0029】

前記ワイヤは、5 nm から 300 nm の直径、好ましくは 10 nm から 200 nm の直径を提示し、および/または、200 nm から 200 μm の長さ、好ましくは 500 nm から 100 μm の長さを提示することができる。

【0030】

前記相互接続要素は、0.5 から 0.9 の多孔率を提示することができる。

【0031】

サブミクロン直径の前記ワイヤは、以下から選択された金属材料から作られてよい：Cu、Sn、Co、Fe、Pb、Ni、Cr、Au、Pd、Pt、Ag、Bi、Sb、Al、Si、およびLi、ならびにこれら金属の合金。

20

【0033】

本発明の他の特徴、詳細、および利点は、一例として与えられた添付の図面を参照して詳細な説明の記載を読むことによって明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】本発明の方法のステップ i) から v) までを示す。

【図2】同方法のステップ vi) を示す。

【図3A】本発明の方法に従って作られた相互接続要素の上方からの電子顕微鏡観察図である。

30

【図3B】本発明の方法に従って作られた電気的および機械的相互接続の側面からの走査型電子顕微鏡観察図である。

【図4A - 4B】本発明の方法によって得ることができる機械的相互接続を使用するマイクロ電子構造の具体例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0035】

本発明の導電性機械的相互接続要素を製造する方法は、2つの段階を備える。図1に図式的に示される第1の段階は、国際公開2006/123049号に詳細に記載されている。

【0036】

第1の段階は次のステップを含む。

40

【0037】

ステップ i) : 金属材料の前駆物質である化合物の電解液1を電解セルCEに入れる。典型的には、溶液は1または複数種の金属塩の水溶液または有機溶液である。金属は、具体的には次のもの、即ち、Cu、Sn、Co、Fe、Pb、Ni、Cr、Au、Pd、Pt、Ag、Bi、Sb、Al、Si、およびLiから選択することができる。異なる金属の塩が使用されるとき、金属が合金中で結合できることを保証するために注意が必要である。具体的な例として、電解液は、 CuSO_4 (100 g/L (リットル))、 $(\text{NaH}_4)_2\text{SO}_4$ (20 g/L)、およびジエチレントリアミン (80 g/L) の水溶液であってよい。

50

【0038】

ステップ i i) : 伝導性基板 2 を前記溶液 1 に浸漬する。基板は、少なくとも一方の面が多孔質膜 3 で被覆され、この多孔質膜 3 は、直線状貫通孔の実質上規則的な配列を提示する。伝導性基板 2 は、「裸の」マイクロ電子チップ上の金属メッキ区域によって、または集積回路のトラックによって構成することができる。膜は、好ましくはアルミナから作られ、数百ナノメートルから数十マイクロメートルの範囲の厚さを提示し、 10^7 から 10^{10} の実質上円筒形の孔 (10^9 が好ましい値である) を提示し、孔は、実質上均一で 50 nm から 500 nm の範囲の直径を有し、規則的な六角形配列として分布する。このタイプの膜は、供給者 Whatman によって「Anodisc」の名称で販売されている。

10

【0039】

他の形態では、他の材料によって構成された膜が使用されてよい。最も重要な点は、これらの膜が直線状貫通孔の実質上規則的な配列を提示することである。現在の技術状態において、最良の結果はアルミナ膜を用いて得られる。他のセラミック材料、例えば、酸化チタン TiO_2 は、満足度が少なくなるにしても、許容可能な代替物を構成する。

【0040】

ステップ i i i) : 前記または各々の多孔質膜に対向し、膜から間隔を空けて配置された電極 5 を提供する。例えば、電極は、透過性セルロースシート 4 によって膜 3 から間隔を空けて配置された銅板によって構成されていてよい。

【0041】

ステップ i v) : 前記基板 2 を発電機 6 の負の端子に接続してカソードを構成し、前記電極 5 を前記発電機 6 の正の端子に接続してアノードを構成し、これによって、前記金属材料を、前記膜内の孔を介して基板表面上に電解堆積させるようにする。堆積は、連続的または律動的に実行され得る。例えば、その方法を実現する 1 つの手順は、30分にわたって、 1 mA/cm^2 の電流を 250 ミリ秒印加することと、 20 mA/cm^2 の電流を 50 ミリ秒印加することを含むシーケンスを提供する。

20

【0042】

ステップ v) : 前記多孔質膜 3 を溶解する。例えば、80 の水酸化ナトリウムの 1 モラー (M) 溶液に 30 秒間浸漬し、続いて H_2SO_4 (1 M) および CuSO_4 (1 M) の水溶液中で 10 秒間洗浄する。

30

【0043】

膜 3 の溶解はブラシ状の構造 10 を解放する。構造 10 は、前記基板 2 の表面から突出するサブミクロン直径の複数の金属ワイヤ (「ナノワイヤ」) 2 a によって構成される。ワイヤ 2 a は、膜内の孔の痕跡を構成する。膜の特性は、結果として、ナノワイヤの直径、密度、および長さを決定する。

【0044】

本願発明者らは、市販されている異なる多孔質アルミナ膜を使用して、様々なテストを実行した。どのような状況のもとでも、本願発明者らは、この方法により得られた 2 つの構造を対向して配置した後、共に押圧することによっては、十分な強度の電気および機械的相互接続を達成することができなかつた。

40

【0045】

意外なことに、本願発明者らは、制御された部分的溶解の追加ステップ (ステップ v i)) によって、ナノワイヤが前もって薄くされるならば、良好な電気および機械特性を提示する相互接続を得ることができることを観察した。この部分溶解ステップの後の、これら「ブラシ」のより大きくなった多孔率が、ナノワイヤのより良好な相互貫入を可能とし、従って、一方の構造が他方の構造へ押圧される 2 つの構造間で、より密接な接触を達成するように思われる。

【0046】

この制御された溶解は、様々な方法により、特に電流または強制バイアスを用いて或いは用いることなく実行することができる。「無電解」と呼ばれる電流または強制バイアス

50

を用いない方法は、図2に示されるように、単に構造10を溶液11に浸漬することによって実行される。溶液11は、ナノワイヤを構成する金属が、制御されたやり方で溶解されることを可能にする。溶液は、金属を酸化させなければならない、且つ、金属酸化の生産物を溶解できなければならない。例えば、溶液は、溶解されるべき金属よりも酸化力のある化合物と、酸との混合物であることができる。例えば、銅から作られるナノワイヤの場合、範囲0.01Mから1M(好ましくは0.1Mに等しい)の濃度の H_2SO_4 と、範囲0.3Mから0.003M(好ましくは0.03M)の濃度の H_2O_2 との混合物を使用することができる。

【0047】

例示する酸性溶液に代えて、塩基性溶液を使用してもよい。

10

【0048】

印加されるべきアノード電位または電流を要求する他の方法も、ナノワイヤの部分制御溶解を可能にする。これらの方法のうち、定電流、定電位、または実際に直流もしくは交流電位或いは電流を使用するパルスバイアスに言及することができる。そのような状況において、堆積ステップiv)で使用したのと同じ溶液1中で溶解を実行することができる。

【0049】

制御された部分的溶解ステップiv)の終わりに得られる相互接続要素は、典型的には、1平方センチメートル当たり 10^7 から 10^{10} のワイヤ数($wire \cdot cm^{-2}$)(好ましくは 10^9 のオーダー)を提示する。これらワイヤは、概して範囲5nmから300nmの、好ましくは10nmから200nmの直径、ならびに、概して範囲200nmから200 μm の、好ましくは範囲500nmから100 μm の長さを提示する。一般的に、ワイヤの長さは膜の厚さよりも小さいか等しい。

20

【0050】

相互接続要素の多孔率(「ブラシ」の総容積に対する空の空間の容積の比として定義される)は、正確な測定が困難ではあるが、典型的には、0.5から0.9の範囲にあり、典型的には約0.75である。

【0051】

図3Aは、本発明の方法によって作られた相互接続要素12の電子顕微鏡観察図である。相互接続要素は銅基板2を備え、銅基板2はナノワイヤ2aを有する。ナノワイヤ2aは同じく銅から作られ、銅基板2の表面から突出する。これらナノワイヤは、約3 μm の長さおよび約200nmの直径を提示する。ナノワイヤの密度Fは、約 $10^9/cm^2$ である。

30

【0052】

図3Bは、図3Aに示されるタイプの2つの同じ相互接続要素12および12'を相互に押圧することによって作られた相互接続の電子顕微鏡観察図である。機械的接続に關与するナノワイヤ2aおよび2a'が、相互に貫入して絡み合っていることが分かるであろう。相互接続は50MPaの圧力を加えることによって行われ、要素12と12'との間に作用する結合力は、5N/cm²のオーダーである。この相互接続は、明らかにナノワイヤを損傷することなく、単に牽引力を加えることによって切断され得る。結合力を著しく減少させることなく、相互接続の形成および切断の3つのサイクルを連続して実行することができる。

40

【0053】

更に一般的には、相互接続を形成するために使用する圧力は、20MPaから100MPaの範囲にあり、結合力は3N/cm²から10N/cm²の範囲にある。

【0054】

本発明の相互接続要素は、フリップチップ電子アセンブリを作るために使用することができる。そのような状況において、チップおよび集積回路上の金属メッキ区域は、表面上にナノワイヤが電気化学的に堆積される基板として使用される。従来の電子アセンブリ手法と比較して、このタイプの相互接続の使用は、はんだ付け工程の間にチップが過熱され

50

る危険性を回避するのに役立つ。加えて、テスト、修理、または置換目的のために必要となり得るチップの取り外しが、かなり容易になる。

【0055】

好ましくは、相互接続要素は、こうして電気接続および機械接続の双方を提供し、ときには熱接続も提供する。しかしながら、これらの機能は別々であってもよい。

【0056】

本発明の特に有利な応用例は3次元集積にある。3次元集積は、例えばチップまたは小型プリント回路等の平面デバイスを積み重ねることから成る。従来技術で公知の1つの3次元集積手法が、欧州特許出願公開第0490739号明細書に記載されている。本発明の相互接続要素は、様々な平面デバイス間に機械接続および電気接続の双方を提供することによって、そのような3次元デバイスの製作を簡易化することができる。このようにして製造された3次元デバイスは、分解可能であるという重要な利点を提示する。この利点は、従来技術の手法を使用するときには、ほとんど想像できない。

【0057】

3次元集積は、熱放散の厳しい問題を提起する。本発明の相互接続要素は、図4Aおよび図4Bで示されるように、この問題に対して独創的な解決法を提供し得る。

【0058】

図4Aに、集積回路の3次元スタックの一部を形成するマイクロ電子チップ200を示す。参照番号21で示されるその上面および下面(図示されず)は、金属メッキ区域を基板として使用して、本発明の方法によって作られた相互接続要素を保有している。実質的に正方形形状の相互接続要素22および22'の2つのグループが見られる。これら相互接続要素は、電気信号を通すのに役立ち、チップ200とその上下に置かれるべき他のチップ(図4Bの参照番号210および220)との間で、機械的結合を形成するのに貢献する。相互接続要素23および24は、直線状ストリップである必要はなく、チップ200を一方の側から他方の側へ横断する並列ストリップの形態をしている。これら相互接続要素はチップから電氣的に絶縁されている(相互接続要素の基板は、例えば、SiO₂から作られた絶縁層上に形成された金属メッキによって構成される)。同様に、ストリップ23と24との間にあるチップ表面領域25は、不動態化されている。チップの底面は、並列ストリップ26および27の形態をした相互接続要素を同様に提示することが、図中で見られ得る。

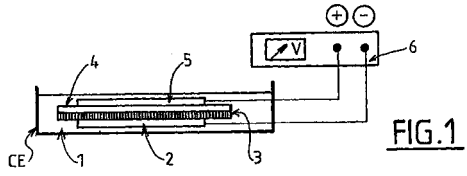
【0059】

対応する相互接続要素を提示する同じタイプの複数のチップが積み重ねられて相互に押圧される場合は、図4Bで示されるタイプの3次元構造が得られる。

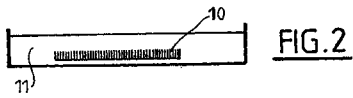
【0060】

図4Bに、ストリップ23および24の形態をした導体要素およびそれらのストリップ間に画定された領域25が、隣接するチップ210の対応部分と協同して、チャンネルまたは管30を形成することを示す。相互接続要素23および24は、漏れのない壁を形成する。その結果、構造の電子回路によって放散された熱を除去するために、このチャンネル(および、様々なチップ間のインタフェースで形成されたチャンネルの全て)において冷却流体が流れるようにすることができる。

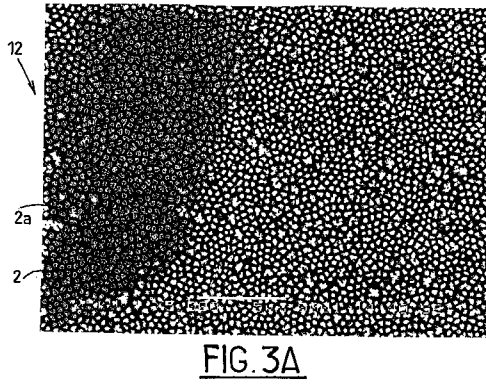
【 図 1 】



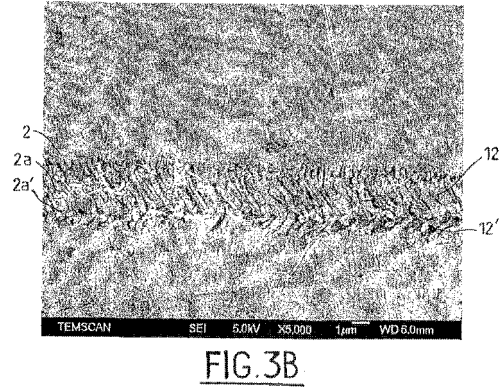
【 図 2 】



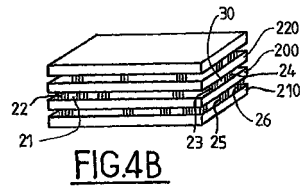
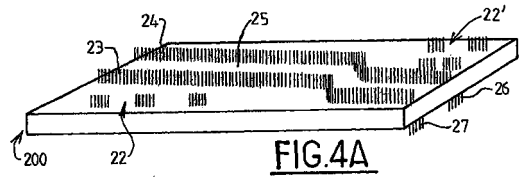
【 図 3 A 】



【 図 3 B 】



【 図 4 A - 4 B 】



フロントページの続き

- (72)発明者 タベルナ ピエール-ルイ
フランス国 エフ-31750 エスカルカン リュ ドゥ ジャルダン デュ ソザ 9
- (72)発明者 レバー ティエリー
フランス国 エフ-31120 ラクロワ ファルガルド アヴェニュー ドゥ ピレネー 36
- (72)発明者 カンブローネ ジャン パスカル
フランス国 エフ-31320 メルヴィア シュマン ドゥ ムーラン 12
- (72)発明者 プレ ヴァンサン
フランス国 エフ-31750 エスカルカン アベニュー ドゥ トルバドゥール 22
- (72)発明者 ルアン クオク フン
フランス国 エフ-31077 トゥールーズ ルート ドゥ ナルボンヌ 118 レジデンス
クレマン アデル 626 デ
- (72)発明者 タラスコン ジャン マリー
フランス国 エフ-91540 メネシー リュ ロンサール 11

審査官 今井 拓也

- (56)参考文献 特開2005-294844(JP,A)
特表2009-523315(JP,A)
特開2000-277689(JP,A)
国際公開第2006/123049(WO,A1)
特表2008-545881(JP,A)
特表2004-502554(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 23/473
H01L 21/60
H01L 25/065
H01L 25/07
H01L 25/18