

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3828471号

(P3828471)

(45) 発行日 平成18年10月4日(2006.10.4)

(24) 登録日 平成18年7月14日(2006.7.14)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 3 K 3/00 (2006.01)	B 2 3 K 3/00 A
H 0 5 K 3/34 (2006.01)	H 0 5 K 3/34 5 0 3 Z

請求項の数 23 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2002-262891 (P2002-262891)	(73) 特許権者	591035368
(22) 出願日	平成14年9月9日(2002.9.9)		エア プロダクツ アンド ケミカルズ
(65) 公開番号	特開2003-126958 (P2003-126958A)		インコーポレイテッド
(43) 公開日	平成15年5月8日(2003.5.8)		AIR PRODUCTS AND CH
審査請求日	平成14年9月9日(2002.9.9)		EMICALS INCORPORATE
(31) 優先権主張番号	09/949580		D
(32) 優先日	平成13年9月10日(2001.9.10)		アメリカ合衆国 ペンシルヴェニア アレ
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ンタウン ハミルトン ブールヴァード
前置審査			7201
			7201 Hamilton Boule
			vard, Allentown, Pe
			nnsylvania 18195-15
			01, USA
		(74) 代理人	100099759
			弁理士 青木 篤
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 金属表面の乾式フラックス処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

はんだ付けしようとする 1 以上の構成部品の金属表面を乾式フラックス処理する方法であって、

a) 第一の電極に接続されるはんだ付けしようとする 1 以上の構成部品をターゲットアセンブリとして供給する工程、

b) 該ターゲットアセンブリに隣接した第二の電極を提供する工程、

c) 還元性ガスを含むガス混合物を第一及び第二の電極の間に周囲大気圧で供給する工程、

d) 第一及び第二の電極へ 1 ～ 50 kV の直流 (DC) 電圧をかけそしてプラズマの支援なしに上記還元性ガスに電子を与えて負に帯電したイオンの還元性ガスを生成させる工程、

e) 上記ターゲットアセンブリをこの負に帯電したイオンの還元性ガスと接触させそして該ターゲットアセンブリ上の酸化物を還元する工程、

を含む、構成部品の金属表面の乾式フラックス処理方法。

【請求項 2】

前記還元性ガスを水素、一酸化炭素及びそれらの混合物からなる群より選ぶ、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記還元性ガスが水素である、請求項 2 記載の方法。

10

20

【請求項 4】

前記乾式フラックス処理を前記 1 以上の構成部品のリフローソルダリングの一部分として行う、請求項 1 から 3 までのいずれか一つに記載の方法。

【請求項 5】

前記乾式フラックス処理を前記 1 以上の構成部品のウェーブソルダリングの一部分として行う、請求項 1 から 3 までのいずれか一つに記載の方法。

【請求項 6】

前記 1 以上の構成部品上の酸化物を、はんだが該構成部品を接合するため濡らしている間に還元する、請求項 1 から 5 までのいずれか一つに記載の方法。

【請求項 7】

前記ガス混合物が 0.1 ～ 100 体積%の水素と、潜在的可能性としての不活性ガスである、請求項 1 から 6 までのいずれか一つに記載の方法。

【請求項 8】

前記ガス混合物が 0.5 ～ 50 体積%の水素と不活性ガスである、請求項 1 から 6 までのいずれか一つに記載の方法。

【請求項 9】

前記不活性ガスが窒素、ヘリウム、アルゴン、クリプトン及びそれらの混合物からなる群より選ばれる、請求項 7 又は 8 記載の方法。

【請求項 10】

前記ターゲットアセンブリがおよそ 0 ～ 400 °C の範囲内の温度にある、請求項 1 から 9 までのいずれか一つに記載の方法。

【請求項 11】

前記ターゲットアセンブリがおよそ 100 ～ 250 °C の範囲内の温度にある、請求項 10 記載の方法。

【請求項 12】

前記電圧がおよそ 2 ～ 30 kV の範囲内にある、請求項 1 記載の方法。

【請求項 13】

前記ターゲットアセンブリと前記第二の電極との距離がおよそ 1 ～ 10 cm である、請求項 1 から 12 までのいずれか一つに記載の方法。

【請求項 14】

前記ターゲットアセンブリと前記第二の電極との間隔がおよそ 2 ～ 5 cm である、請求項 13 記載の方法。

【請求項 15】

はんだ付けしようとする 2 以上の構成部品とはんだとののはんだ接合部を乾式フラックス処理する方法であって、

a) アノード上に配置されるはんだ付けしようとする 2 以上の構成部品とはんだとをターゲットアセンブリとして供給する工程、

b) 上記ターゲットアセンブリに隣接したカソードを提供する工程、

c) 水素と不活性ガスとを含むガス混合物を上記アノードとカソードの間に周囲大気圧で供給する工程、

d) 上記アノードとカソードへ $-1 \sim -50$ kV の直流 (DC) 電圧を供給しプラズマの支援なしに上記水素に電子を与えて負に帯電したイオンの水素を生成させる工程、

e) 上記ターゲットアセンブリをこの負に帯電したイオンの水素と接触させそして上記構成部品及び上記はんだ上の酸化物を還元する工程、
を含む乾式フラックス処理方法。

【請求項 16】

はんだ付けしようとする 2 以上の構成部品とはんだとののはんだ接合部を乾式フラックス処理及びはんだ付けする方法であって、

a) アノード上に配置されるはんだ付けしようとする 2 以上の構成部品とはんだとを、ターゲットアセンブリとして少なくとも 100 °C の高温で供給する工程、

10

20

30

40

50

- b) 上記ターゲットアセンブリに隣接したカソードを提供する工程、
 - c) 水素と不活性ガスとを含むガス混合物を上記アノードとカソードの間に周囲大気圧で供給する工程、
 - d) 上記アノードとカソードへ少なくとも -2 kV の直流 (DC) 電圧を供給し プラズマの支援なしに 上記水素に電子を与えて負に帯電したイオンの水素を生成させる工程、
 - e) 上記ターゲットアセンブリをこの負に帯電したイオンの水素と接触させそして上記構成部品及び上記はんだ上の酸化物を還元する工程、
 - f) 上記構成部品をはんだで接合する工程、
- を含む乾式フラックス処理及びはんだ付け方法。

【請求項 17】

はんだ付けしようとする 2 以上の構成部品とはんだとのはんだ接合部を電子を与えられた水素で乾式フラックス処理しはんだ付けする方法であって、

- a) アノード上に配置されるはんだ付けしようとする 2 以上の構成部品とはんだとを、ターゲットアセンブリとして少なくとも 100°C の高温及び周囲圧力で供給する工程、
 - b) 上記ターゲットアセンブリに隣接したカソードを提供する工程、
 - c) $0.5 \sim 50$ 体積%の水素と残部の窒素とを含むガス混合物を上記アノードとカソードの間に周囲大気圧で供給する工程、
 - d) 上記アノードとカソードへ少なくとも -2 kV の直流 (DC) 電圧を供給し プラズマの支援なしに 上記水素に電子を与えて負に帯電したイオンの水素を生成させる工程、
 - e) 上記アノードへの電気的作用での移動により、上記 2 以上の構成部品とはんだを上記負に帯電したイオンの水素と接触させそして上記構成部品及び上記はんだ上の酸化物を還元する工程、
 - f) 上記構成部品を上記はんだで接合する工程、
- を含む乾式フラックス処理及びはんだ付け方法。

【請求項 18】

前記乾式フラックス処理をほぼ大気圧で行う、請求項 1 から 14 までのいずれか一つに記載の方法。

【請求項 19】

前記はんだを、フラックスレスのスズー銀はんだ、フラックスレスのスズー鉛はんだ、フラックスレスのスズー銀はんだペースト、フラックスレスのスズー銀はんだプレフォーム、フラックスレスのスズー鉛はんだペースト、フラックスレスのスズー鉛はんだプレフォーム、フラックスレスのスズー鉛はんだのウェーブ浴、フラックスレスのスズー銀はんだのウェーブ浴及びそれらの混合物からなる群より選ぶ、請求項 1 ～ 14、18 のいずれか一つに記載の方法。

【請求項 20】

はんだ付けしようとする 1 以上の構成部品の金属表面を乾式フラックス処理する方法であって、

- a) 第一の電極に接続されるはんだ付けしようとする 1 以上の構成部品をターゲットアセンブリとして供給する工程、
 - b) 上記ターゲットアセンブリに隣接した第二の電極を提供する工程、
 - c) 還元性ガスを含むガス混合物を上記第一の電極と第二の電極の間に周囲大気圧で供給する工程、
 - d) 上記第一の電極と第二の電極へ $-1\text{ kV} \sim -50\text{ kV}$ の直流 (DC) 電圧を供給する工程、
 - e) 発生源から プラズマの支援なしに 電子を発生させそして当該電子を上記還元性ガスに与えて負に帯電したイオンの還元性ガスを生成させる工程、
 - f) 上記ターゲットアセンブリをこの負に帯電したイオンの還元性ガスと接触させそして当該ターゲットアセンブリ上の酸化物を還元する工程、
- を含む乾式フラックス処理方法。

【請求項 21】

前記発生源を、感光性カソードからの光電子放射、電子線伝播、放射線源、アバランシェ電子増殖及びそれらの組み合わせからなる群より選ぶ、請求項 20 記載の方法。

【請求項 22】

はんだ付けしようとする 1 以上の構成部品の金属表面を乾式フラックス処理する方法であって、

a) 第一の電極に接続されるはんだ付けしようとする 1 以上の構成部品をターゲットアセンブリとして供給する工程、

b) 上記ターゲットアセンブリに隣接した第二の電極を提供する工程、

c) 分子の水素を含むガス混合物を上記第一の電極と第二の電極の間に周囲大気圧で供給する工程、

d) 上記第一の電極と第二の電極へ $-1 \sim -50 \text{ kV}$ の直流 (DC) 電圧を供給する工程、

e) 発生源から プラズマの支援なしに 電子を発生させそして当該電子を上記分子の水素に与えて負に帯電したイオンの分子の水素を生成させる工程、

f) 上記ターゲットアセンブリをこの負に帯電したイオンの分子の水素と接触させそして当該ターゲットアセンブリ上の酸化物を還元する工程、
を含む乾式フラックス処理方法。

【請求項 23】

はんだ付けしようとする 2 以上の構成部品とはんだとののはんだ接合部を乾式フラックス処理する方法であって、

a) アノード上に配置されるはんだ付けしようとする 2 以上の構成部品とはんだをターゲットアセンブリとして供給する工程、

b) 上記ターゲットアセンブリに隣接したカソードを提供する工程、

c) 分子の水素と不活性ガスとを含むガス混合物を上記アノードとカソードの間に周囲大気圧で提供する工程、

d) 上記アノードとカソードへ $-1 \sim -50 \text{ kV}$ の直流 (DC) 電圧を供給し プラズマの支援なしに 上記分子の水素に電子を与えて負に帯電したイオンの水素を生成させる工程、

e) 上記ターゲットアセンブリをこの負に帯電したイオンの水素と接触させそして上記構成部品と上記はんだ上の酸化物を還元する工程、
を含む乾式フラックス処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、はんだ付けしようとする 1 以上の構成部品の金属表面に乾式フラックス処理を施す方法に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】

リフローソルダーリングは、表面実装電子部品の組み立てにおいて最も広く使用されている技術である。リフローソルダーリング法では、回路基板上に前もって印刷したはんだペーストを用いて構成部品を回路基板の対応の微小領域へ搭載する。こうして作られたはんだ付け部品を、次にリフロー炉へ入れ、加熱帯域と冷却帯域を通過させ、そしてはんだペーストの溶融、濡れ及び凝固により部品のリードと回路基板のはんだランドとののはんだ接合を形成する。接合面での溶融はんだの良好な濡れを確保するために、標準的にはんだペースト中に有機フラックスを含有させてはんだと下地金属の両方の初期表面酸化物を除去し、凝固前の表面を清浄な状態に保つ。フラックスははんだ付けの際に大抵は気相へ蒸発するが、フラックスの揮発分は、例えばはんだ接合部にボイドを作る、リフロー表面を汚染する、といったような問題を引き起こすことがある。はんだ付け後に、回路基板上には、腐食及び短絡の原因となることのあるいくつかのはんだ残留物が常に存在する。

【0003】

一方、ウェーブソルダリング（ウェーブはんだ付け）は、挿入実装（insertion-mount）部品用に伝統的に用いられているはんだ付け法である。それはまた、はんだ付け前に構成部品を回路基板上に接着剤で仮付けすることにより表面実装用にも使用することもできる。両方の場合とも、挿入あるいは仮付けした構成部品を備えた回路基板は、液体フラックスを使って部品のリード及びはんだランド上の酸化物を除去することにより清浄にしなければならず、そして次に高温の溶融はんだ浴を通過させなくてはならない。溶融したはんだは、はんだ付けしようとする金属表面を自動的に濡らし、こうしてはんだ接合部が形成される。浴中の溶融はんだは非常に酸化されやすく、はんだドロスを形成する。従って、はんだ浴の表面は、ドロスを機械的に除去することにより清浄にしないことがしばしばあり、これは運転費とはんだの消費量を増加させる。はんだ付け後は、回路基板上にフラックスの残留物が残り、リフローソルダリングについて説明したのと同じ問題をもたらす。

10

【0004】

フラックスの残留物を除去するためには、ポストクリーニング法を用いなくてはならない。クロロフルオロカーボン類（CFC）がクリーニング剤として標準的に用いられたが、それらは地球を保護するオゾン層を損傷すると考えられ、それらの使用は禁止された。少量の活性剤を使って残留物を減らすことによりノークリーンフラックスが開発されているが、フラックス残留物の量及びフラックスの活性の増減は相殺関係にある。

【0005】

フラックス揮発分、フラックス残留物、そしてドロスの生成を含め、上述の問題の全てに対する良好な解決策は、金属酸化物を除去するための有機フラックスに取って代わるために、還元性ガスをはんだ付け雰囲気として使用することである。そのようなはんだ付け技術は「フラックスレスソルダリング」と呼ばれている。いろいろなフラックスレスソルダリング法の間では、下地金属及びはんだ上の酸化物を還元するための反応性ガスとして水素を用いることが殊の外魅力的であるが、と言うのは、それが非常にクリーンな方法（唯一の副生物が炉から容易に換気できる水である）であり、開放式で連続の生産ラインと両立できる（ H_2 は毒性がなく引火範囲が4～75%である）からである。従って、水素フラックスレスソルダリングは長い間の技術的目標であった。

20

【0006】

ところが、水素フラックスレスソルダリングの主な制約は、標準的なはんだ付け温度範囲の水素中での金属酸化物の還元速度が非効率的で遅いことであり、はんだ付けしようとする下地金属上の酸化物よりも金属-酸素結合強度が大きいはんだの酸化物について殊にそのとおりである。水素のこの非効率性は、低温では水素分子の反応性がないことによる。非常に反応性のラジカル、例えば単原子の水素のようなものは、標準的なはんだ付けの温度範囲よりもはるかに高い温度で生成する。例えば、スズを主成分とするはんだ上のスズ酸化物を還元するための純粋 H_2 の有効温度範囲は350℃より高い。そのような高温は、集積回路（IC）チップを損傷しかねず、あるいは信頼性の問題を引き起こしかねない。従って、標準的なはんだ付け温度範囲で反応性の高い H_2 ラジカルを発生するのを助ける触媒法が、産業界により求められている。

30

【0007】

フラックスレス（乾式）のはんだ付けは、従来技術ではいくつかの手法を使って行われてきた。

40

【0008】

化学的に活性の水素含有ガス、例えば CF_4Cl_2 、 CF_4 及び SF_6 といったようなものを使って、はんだ付けのために表面酸化物を除去することができる。ところが、そのようなガスはハロゲン化物残留物を残し、そしてそれらははんだ結合の強度を低下させ、且つ腐食を促進する。そのような化合物は、安全上の問題及び環境上の廃棄の問題をももたらし、またははんだ付け装置を化学的に攻撃しかねない。

【0009】

金属酸化物はレーザーを使って、除去することができ、あるいはそれらの気化温度まで加

50

熱することができる。このような方法は一般に、放出される汚染物による再酸化を防ぐため不活性の又は還元性の雰囲気下で行われる。ところが、酸化物と下地金属の融点又は沸点が同様であることがあり、下地金属を溶融又は気化させることは望ましくない。従って、そのようなレーザー法は実施するのが困難である。また、レーザーは一般に高価であり、運転するのに非効率的であって、酸化物層に直接照射することができなくてはならない。これらの要素は、大抵のはんだ付け用途に対してレーザー技術の有用性を制限する。

【0010】

表面酸化物は、高温での反応性ガス（例えば H_2 ）への暴露により化学的に還元（例えば H_2O へ）することができる。不活性キャリア（例えば N_2 ）中に5%あるいはそれ以上の還元性ガスを含有している混合物が一般に使用される。そのとき、反応生成物（例えば H_2O ）が高温での脱着によって表面から放出され、ガスの流動する場で搬出される。典型的な処理温度は350℃を超えなくてはならない。ところが、この方法は、高温においてさえ、ゆっくりであり効果的でないことがある。

10

【0011】

この還元法の速度と有効性は、より活性の還元性種を使って増大させることができる。そのような還元性種は通常のパラズマ技術を利用して生じさせることができる。

【0012】

可聴周波数、無線周波数、又はマイクロ波周波数のガスパラズマを使って表面酸化物の除去のための反応性ラジカルを生じさせることができる。そのような方法では、高強度の電磁放射線を使って、 H_2 、 O_2 、 SF_6 、あるいは、フッ素含有化合物を含めたそのほかの種をイオン化及び解離させて高い反応性のラジカルにすることができる。300℃より低い温度で表面処理を行うことができる。ところが、パラズマを作るための最適条件を得るため、そのような方法は一般に真空条件下で行われる。真空での操作は高価な機器を必要とし、そしてより速い連続のプロセスとしてよりもゆっくりのバッチプロセスとして行わなくてはならない。そしてまたパラズマは、一般に処理チャンバー内で拡散して分散され、特定の基板領域へ導くのが難しい。それゆえ、この方法では反応性の種を効率的に利用することができない。パラズマはまた、スパッタリング処理を通して処理チャンバーに損傷を生じさせることもあり、誘電体表面に空間電荷を蓄積させて微小回路の潜在的な損傷を招くこともある。マイクロ波それ自体も微小回路の損傷の原因となることがあり、また処理の間基板温度を制御するのが困難なこともある。パラズマは、潜在的に危険な紫外光を放出することもある。このような方法はまた、高価な電気機器を必要とし、かなりの電力を消費して、それにより全体的な原価効率を低下させる。

20

30

【0013】

米国特許第5409543号明細書には、電子の熱イオン（高温フィラメント）放出を利用して反応性水素種を生成する方法が開示されている。活性化された水素が基板表面を化学的に還元する。熱イオン電子は、500～2000℃の温度に保持した耐熱性金属のフィラメントから放出される。電氣的にバイアスをかけたグリッドを使って過剰の自由電子をそらせ、あるいは捕捉する。反応性種は、不活性キャリアガス中に2～100%の水素を含有している混合物から生成される。

【0014】

米国特許第6203637号明細書にも、熱イオンカソードからの放電を利用して水素を活性化させる方法が開示されている。この場合、放出プロセスは、加熱したフィラメントを収容した独立の（隔離した）チャンバーで行われる。イオンと活性化した中性種が処理チャンバーに流入して、酸化された金属表面を化学的に還元する。ところが、このような高温カソード法は、最適な有効性とフィラメント寿命とのために真空条件を必要とする。真空での運転は高価な機器を必要とし、それをはんだ付け用の搬送ベルト装置へ取り入れなくてはならず、それにより全体的な原価効率を低下させる。

40

【0015】

Potier, et al., "Fluxless Soldering Under Activated Atmosphere at Ambient Pressure"

50

, Surface Mount International Conference, 1995, San Jose, CA並びに米国特許第6146503号、第6089445号、第6021940号、第6007637号、第5941448号、第5858312号及び第5722581号各明細書には、放電を利用して活性化した H_2 （又はそのほかの還元性ガス、例えば CH_4 もしくは NH_3 といったもの）を生成するための方法が記載されている。この還元性ガスは不活性キャリアガス（ N_2 ）中に「パーセントレベル」で存在する。放電は「数キロボルト」の交流電圧源を使って発生される。隔離したチャンバーで電極から放出された電子が帯電した水素ラジカルと中性の水素ラジカルを生じさせ、次いでそれらは基板へと流される。この結果として得られるプロセスが、はんだ付けしようとする下地金属上の酸化物をほぼ $150^\circ C$ の温度で還元する。ところが、そのような隔離した放電チャンバーは相当の装置費を必要とし、また既存のはんだ付け用搬送ベルト装置に後から容易に取り付けられない。その上、この方法ははんだ酸化物を除去するために立案されていない。

10

【0016】

米国特許第5433820号明細書には、高電圧（ $1\sim 50\text{ kV}$ ）の電極からの大気圧の放電又はプラズマを使用する表面処理方法が記載されている。電極は、隔離したチャンバーに配置されるというより、むしろ基板の近くに配置される。電極から放出された自由電子が反応性の水素ラジカル、原子の水素を含むプラズマ、を生じさせ、そしてそれは次に、酸化された基板の上方に配置された誘電体シールドの開口部を通り抜ける。この誘電体シールドは、酸化物除去を必要とする表面の特定の箇所へ活性水素を集中させる。ところが、そのような誘電体シールドは、電場を変更しかねず精確なプロセス制御を妨げかねない表面電化を蓄積する。この方法は下地金属表面を溶かすのに利用されるに過ぎない。

20

【0017】

関係するそのほかの従来技術には、米国特許第3742213号、第5105761号、第5807614号、第5807615号、第5928527号、第5985378号、第6004631号、第6037241号、第6174500号、第6193135号、第6194036号、第6196446号各明細書、Koopman, et al., Fluxless Flip Chip Solder Joining, NEPCON WEST '95 PROCEEDINGS, pp919-931、及びShiloh, et al., Flux-free Soldering, NEPCON WEST '94 PROCEEDINGS, pp251-273が含まれる。

30

【0018】

はんだ接合部における酸化物あるいはフラックスの欠陥のない優れたはんだ付けをするため下地金属の酸化物及びはんだの酸化物を除去するための経済的で且つ効率的なフラックスレスソルダーリング法を提供する上での従来技術の欠点は、本発明により克服され、そしてそれは、以下でより詳しく説明するように、はんだ付け作業の前又はその間に酸化物と活発に反応するための負に帯電したイオンの水素を使用するのにDCパワーの必要量が少なく、あるいは同様にエネルギー電子の増殖が少ない、低温、周囲条件近く、又は大気条件でのフラックスレスソルダーリング法を提供するものである。

【0019】

40

【課題を解決するための手段】

本発明は、はんだ付けしようとする1以上の構成部品の金属表面に乾式のフラックス処理を施す方法であって、a) 第一の電極に接続されるはんだ付けしようとする1以上の構成部品をターゲットアセンブリとして供給する工程、b) 該ターゲットアセンブリに隣接した第二の電極を提供する工程、c) 還元性ガスを含むガス混合物を第一及び第二の電極の間に供給する工程、d) 第一及び第二の電極へ直流（DC）電圧をかけそして還元性ガスに電子を与えて、負に帯電したイオンの還元性ガスを生成させる工程、e) 上記ターゲットアセンブリをこの負に帯電したイオンの還元性ガスと接触させそして該ターゲットアセンブリ上の酸化物を還元する工程、を含む金属表面の乾式フラックス処理方法である。

【0020】

50

好ましくは、還元性ガスは窒素などの不活性ガス中の水素であって、ガス混合物を含む。構成部品は、好ましくは印刷回路基板又は電子デバイスであり、より好ましくは、印刷回路基板上に搭載された電子デバイスである。好ましくは、酸化物を除去するため乾式のフラックス処理を施しながらその後で、高温でのリフロー又はウェーブソルダーリングによって構成部品をはんだ付けする。

【0021】

【発明の実施の形態】

本発明は、 H_2 フラックスレスソルダーリングに関する。本発明は、旧式のリフロー又はウェーブソルダーリング機を改造することにより実施することができる。本発明はまた、金属のめっきにも、例えば後のはんだ付けになじみやすくするため印刷回路基板又は金属表面の一部をはんだめっきするといったようなものにも、応用可能である。本発明の水素フラックスレス法による酸化物の除去は、そのような金属めっき技術に同様に適用可能である。

10

【0022】

この方法の原理は図1、2又は3で示すことができる。はんだ付け又はフラックス処理を施す間は、窒素と還元性ガス、例えば水素又は一酸化炭素など、のガス混合物を、カソードとアノードを備えた加熱チャンバー、オーブン又は炉に導入し、はんだ付けしあるいはフラックス処理しようとする部品をアノードに接続し又は装着してターゲットアセンブリを形成する。カソードとアノード間にDC電圧を印加すると、低エネルギー電子がカソードで発生し、電場でもってアノードまで運ばれる。この電子が運ばれる間に、分子の還元性ガス、すなわち H_2 のうちの一部分が、電子の付着により負イオンを形成し、次いでこれをやはりアノードまで運ぶことができる。アノードでは、負に帯電したイオンの水素がはんだ表面とはんだ付けしようとする金属表面に付着し、こうしてそれぞれの酸化物を、伝統的なフラックスを使わずに還元することができる。このプロセスの間、不活性ガスすなわち N_2 は、窒素の電子親和力がゼロであるため、影響を受けない。

20

【0023】

本発明の場合、ガス混合物中の H_2 濃度はおよそ0.1～100体積%、より好ましくはおよそ0.5～50体積%を構成することができる。温度はほぼ周囲温度から400℃まで（およそ0～400℃）の範囲であることができ、より好ましくはおよそ100～250℃である。DC電圧は、およそ-1kVから-50kVまでよく、好ましい範囲はおよそ-2～-30kVである。カソードと処理しようとする部品の上面との距離はおよそ1～10cmでよく、好ましい範囲はおよそ2～5cmである。電子を発生するカソード又は装置（光電子放射源又は放射線源）は、アノード又はターゲットアセンブリの近くにあるべきであり、独立のチャンバー又はゾーンを必要としない。 H_2 以外に、ガス混合物ではほかの還元性ガスも使用することができ、例えばCOなどを使用してもよい。ガス混合物で使用される N_2 以外の不活性ガスは、Ar、He、Kr、及びそれらの混合物その他であることができる。圧力は好ましくは、周囲大気圧力であり、これはプロセスの領域の既存の圧力を意味する。例えば真空のような、特別な圧力は必要とされない。一般に、10～20psia（69～138kPa（絶対圧））の圧力が許容可能であろうが、14～16psia（96.5～110kPa）の圧力、好ましくは14.7psia（101kPa）が最も適切である。

30

40

【0024】

上述の電子が付着する技術のほかに、感光性カソードからの光電子放射、電子線手法、放射線手法、及びカスケードする最初の電子が電極アレイでもって電位が次々に高くなる電極へ運ばれて次々に続く各電極から追加の電子を生じさせるアバランシュ手法により、水素分子又は二原子の水素への電子の付着を行うことができる。自由な低エネルギー電子の光電子放射は、例えば、紫外線又はその他の適当な波長の光への感光性源の暴露の結果として行うことができる。電子がDC電圧により放出されない手法（すなわち光電子放射）では、発生した電子と最終的に負に帯電したイオンの水素分子又は二原子水素をアノードへ引き寄せるために、カソードとアノードにはやはりバイアスがかけられよう。

50

【0025】

本発明のメカニズムについていずれの特定の理論に拘束されるのも望むわけではないが、発明者らは次のように考える。直流電圧を電極に印加するとカソードで低エネルギーの電子が発生して、電場でもってアノードの方へ運ばれる。低エネルギーの電子はカソードを離れ分子の又は二原子水素に付着するのに十分なエネルギーを持つが、水素分子を解離させるのにはエネルギーが不十分である。電子が運ばれる間に、水素などの分子の還元性ガスの一部は電子の付着により負イオンを生成することができ、そして次にこれをやはりアノードへ運ぶことができる。アノードで、負に帯電したイオンの水素ははんだ表面とはんだ付けしようとする下地金属表面に付着することができ、こうしてはんだ及び下地金属の既存の酸化物を還元することができる。本発明の電子付着法を使用する酸化物還元の活性エネルギーは付着なしの場合より低く、これは、付着した電子による衝撃が酸化物の結合を破壊するのに必要なエネルギーの大部分を消去するからである。全体プロセスは次のとおり説明することができる。

10

【0026】

電子の付着（カソードーアノード間）： $\text{H}_2 + \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2^-$

酸化物の還元（アノード近く）： $\text{H}_2^- + \text{MO} \rightarrow \text{M} + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^-$

（M＝はんだ／下地金属）

【0027】

図1は、改造したリフローソルダリング機の例を示す模式断面図である。この装置はオープン又は炉1を含み、そしてこれは一般的に、中心軸に沿って異なる区画に位置する加熱／冷却帯域を有し、且つオープン／炉1の二つの端部にガス入り口と出口を備える。オープン／炉1内に張り渡された金属棒2（又はワイヤメッシュ2d）をカソード又は第二の電極のために使用し、それは電子放出エネルギーが低い例えば真鍮又はステンレス鋼のような金属で作られる。アノード又は第一の電極として、導電性材料、例えば金属の如きもので作られた接地した移動するベルト3を使用する。リフローソルダリングの際には、印刷回路基板上の電子デバイスなどの、前もって印刷されたはんだペーストによって一つ以上の構成部品に一時的に一緒に接続された、一つ以上の構成部品4を、移動するベルト3の上に配置し、そしてその全てがオープン／炉1と加熱及び冷却帯域を通過するターゲットアセンブリを形成する。窒素と還元性ガス、例えば水素あるいは一酸化炭素といったような還元性ガスとのガス混合物6をオープン／炉1へ導入し、そして棒／カソード2とベルト／アノード3との間にDC電圧5を印加する。ガス混合物は、還元性ガス、好ましくは水素にカソードの部位で与えられる電子により、カソードとアノードとの間の電荷に呼応して、負に帯電したイオンの還元性ガスになり、そしてそれは特性上、はんだ及び構成部品を含めたアノードに移動し、それによりそれらは乾式フラックスレスの原理でもって既存の酸化物を還元してはんだの接合を有意に増進する。はんだペーストは、オープン／炉1の加熱された帯域で溶融し、構成部品の表面を濡らし、そしてオープン／炉1の冷却帯域で再凝固してはんだ付けされた製品を形成し、これはフラックスを必要とせず、酸化物又はフラックス残留物により引き起こされるはんだの欠陥を回避する。

20

30

【0028】

図2は、図1と全く同様の、ウェーブソルダリング前にフラックス処理を施す部品のために使用されるもう一つの例である。この装置は、加熱チャンバー10、金属棒20又はワイヤメッシュ製のカソード、及びアノードとして働く、接地された導電性の移動するベルト30を含む。フラックス処理を施す際は、回路基板40に一時的に挿入された構成部品を備えた回路基板を、チャンバー10を通り抜けるベルト30に載せ、窒素と水素のガス混合物60をチャンバー10へ導入し、そしてカソード20と接地したベルトアノード30との間にDC電圧50を印加する。構成部品は、はんだ浴中でのはんだの定常波に抗してそれらが通過するにつれ回路基板にはんだ付けされるコンタクトを有し、その一方、構成部品／回路基板とはんだ浴の両方は負に帯電したイオンの水素の還元性ガスの作用により酸化物がなくなる。

40

【0029】

50

図3は、ウェーブソルダーリング法の溶融はんだ浴にフラックス処理を施すのに使用される第三の例であり、それもやはり図1と全く同様である。この装置は、チャンバー100、金属棒200又はワイヤメッシュ製のカソード、及びアノードとして働く接地した高温のはんだ浴300を含む。操作中は、窒素と水素のガス混合物600をチャンバー100に導入し、カソード200と接地したはんだ浴アノード300の壁との間にDC電圧500を印加する。これは、負に帯電したイオンの水素の還元性ガスの作用によりはんだ浴アノード300の表面をはんだ酸化物又はドロスなしに保持する。

【0030】

上記の各事例について言えば、カソードは、図4に示した例のような様々な形状に、すなわち棒2a、一方にとがらせた先端部を備えた棒2b、いくつかのとがらせた先端部を備えた棒2c、及びスクリーン又はワイヤメッシュ2dといったものに、することができる。カソードの材料は真鍮、ステンレス鋼、あるいは電子放出エネルギーが比較的小さいその他の金属でよい。

10

【0031】

はんだとしては、フラックスレスのスズー銀はんだ、フラックスレスのスズー鉛はんだ、フラックスレスのスズー銀はんだペースト、フラックスレスのスズー銀はんだプレフォーム、フラックスレスのスズー鉛はんだペースト、フラックスレスのスズー鉛はんだプレフォーム、フラックスレスのスズー鉛はんだのウェーブ浴、フラックスレスのスズー銀はんだのウェーブ浴及びそれらの混合物を、例として挙げるることができる。

【0032】

20

【実施例】

(例1)

実験室規模の炉を使って、第一の実験を行った。使用した試料は、接地した銅板（アノード）上のフラックスレスのスズー鉛はんだプレフォーム（予備成形体）（融点183℃）であり、それを炉内に入れN₂中に5%のH₂を含むガスの流動下に250℃まで加熱した。試料温度が平衡になったところで、負電極（カソード）と接地した試料（アノード）との間にDC電圧を印加し、そして0.3mAの電流で約2kVまで徐々に増加させた。二つの電極間の距離は約1cmであった。圧力は、周囲大気圧であった。このはんだは銅表面を非常によく濡らすことが分かった。電圧を印加しなければ、そのような低温では、たとえ純粋なH₂中でも、フラックスレスはんだは銅表面を良好に濡らすことが決してできず、これは、純粋H₂がスズを主成分とするはんだ上のスズ酸化物を除去するのに有効な温度が350℃より高いからである。従って、この結果は、電子付着法がH₂フラックスレスソルダーリングを促進するのに有効であることを確認するものである。

30

【0033】

(例2)

上記と同じ設備構成と同じ試料とを使用して、第二の実験を行った。最初の実験と違って、N₂中に5%のH₂を含むガスの流動下に試料を室温から加熱する間、0.3mAで2kVの電圧を印加した。加熱速度は、通常のリフローソルダーリング法について典型的に使用されるものと同様であった。はんだは220℃で銅表面を濡らし始めることが分かった。

【0034】

40

(例3)

はんだ付けする部分が接地した銅板上のフラックスのスズー銀プレフォーム（融点221℃）であったことを除き、第二の実験と同じようにして第三の実験を行った。230℃ではんだが銅を濡らし始めることが分かった。

【0035】

(例4)

フラックスレスのスズー鉛はんだプレフォーム（高さ1mm、直径2mmの円板状）を接地した石英板上に載せたことを除き、第一の実験と同じようにして第四の実験を行った。250℃で同じ電力を印加したときに、溶融したはんだが円板状からほぼ球状に変化し、溶融はんだの表面が間違いなく酸化物なしであることが示された。

50

【0036】

(例5)

接地した銅板上の敏感な光学デバイス（予め電流対電圧の関係を試験した）を使って、第五の実験を行った。試料を、 N_2 中に5体積%の H_2 を含むガスの流動下の同じ炉内に入れた。試料を室温から250℃まで加熱しそして250℃で5分間保持する間、0.3mAの電流で-2kVのDC電圧を印加した。次に試料を室温まで冷却した。この加熱サイクル後に、デバイスを試験（電流対電圧）して損傷がないかどうか調べた。試験したデバイスについての電流対電圧曲線は、加熱サイクルの前から後まで変化がないことが分かった。この結果は、印加した電場については、絶縁破壊につきまとうチップの損傷のないことを示している。

10

【0037】

本発明に代わるものは、プラズマに支援される H_2 フラックスレス溶ダリング法であり、この場合プラズマはマイクロ波によるかあるいはコロナ放電によって誘起される。DC電位下での電子の付着により支援される本発明の H_2 フラックスレス溶ダリング法は、プラズマに支援される方法とは全く異なり、且つそれより優れている。主な違いを、以下のとおり列記することができる。

【0038】

a) プラズマ支援法は、下地金属上の酸化物を取り除くのに使用されるのみであり、リフロー溶ダリングのためのはんだペーストではなおもフラックスが必要とされる。ところが、本発明は下地金属とはんだ合金の両方の酸化物を除去するようにされている。下地金属と比較して、スズを主成分とするはんだは酸化電位がかなり高く、はんだの酸化物は還元するのがより困難である。従って、本発明はより効率的なフラックスレス溶ダリング法用にされており、そしてリフロー溶ダリングを行うのにフラックスは完全になくされる。

20

【0039】

b) プラズマ支援法では、フラックス処理がウェーブ又はリフロー溶ダリングの前に行われ、このフラックス処理は前処理工程のようなものである。フラックス処理とはんだ付けとのこの切り離しは、継続するウェーブ溶ダリングラインとは並立するが、リフロー溶ダリングを完全に不連続にする。本発明では、フラックス処理とリフロー溶ダリングとは好ましいことに単一の工程となるようにされており、それゆえ本発明を生産規模のリフロー溶ダリングに適用するのはより実現しやすい。本発明はまた、構成部品を取り付けた回路基板の連続的のフラックス処理とはんだ付けによるウェーブ溶ダリングラインに適用することができ、またドロスの形成を防ぐための溶融はんだ浴の追加のフラックス処理にさえ適用することができる。

30

【0040】

c) 発生用にマイクロ波を使用するかあるいはコロナを使用するプラズマ支援法では、原子の水素が金属酸化物を還元するための活性種である。ところが、本発明では、負に帯電したイオンの水素分子又は二原子水素を金属酸化物を還元するための活性種として使用する。活性種におけるこの重要な違いは、次に示すいろいろな結果をもたらすことができる。

40

【0041】

(i) プラズマ中での相反する電荷を帯びた種の組み合わせにより生成される原子の水素は不安定であり、真空においてよりもむしろ殊に周囲圧力で、自由エネルギーを更に減らして安定な状態に到達する分子の水素を生成する傾向がある。ところが、本発明における電子の付着はエネルギーを放出するプロセスであり、これは生成される活性種、すなわち負に帯電したイオンの水素を、相対的に安定にし、そして電子の付着する可能性は圧力を上昇させるとともに増大し、これは周囲圧力での操作を真空よりも好都合にする。従って、所定の H_2 濃度について周囲圧力での本発明のフラックス処理の効率はプラズマ支援法より高い。

【0042】

50

(i i) プラズマ支援法の場合、活性種は中性であり、処理しようとする表面に選択的に吸着することはできない。ところが、本発明の場合、負に帯電したイオンの水素は、印加された連続の電場によってはんだ及び金属表面（アノード）の方へ自然に移動し、これにより処理しようとする表面への H_2 の吸着が増加し、かくして完全なフラックス処理に必要な有効 H_2 濃度を少なくする。

【 0 0 4 3 】

(i i i) プラズマ支援法の場合、プラズマ支援法での気相分子の分解と原子の水素の生成には A C 電圧がより有効なため、D C 電圧よりも高周波の A C 電圧がより有利である。ところが、本発明における負に帯電したイオンの水素を発生させるのには、D C 電圧の方が好ましい。その理由は、A C 電圧と比べて、D C 電圧を使用することによってより低い電子エネルギーが得られ、そしてこの低エネルギーの電子の強い電子陰性度を持つガス分子へ付着しようとする親和力がより大きいからである。

10

【 0 0 4 4 】

プラズマ支援法を本発明から更に区別するものは、本発明と比較してプラズマ支援法の場合に必要なとされる電源の違いによる欠点である。

【 0 0 4 5 】

(i) 本発明の D C 電圧と対比して、プラズマ支援法のコロナ放電で使用される A C 電圧は半導体デバイスにとって完全に導電性であり、これは I C 又はチップの損傷の可能性を増大させる。

(i i) 本発明の電子付着法の場合の有効電圧範囲はマイクロ波により発生するプラズマの場合に使用されるガス放電の破壊点より低く、そしてまたコロナ放電で高エネルギー電子を活性化するのに使用される電圧レベルよりも低い。従って、本発明の場合、運転はより安全であり、チップの損傷の可能性はより低く、且つエネルギー消費量がより少ない。

20

【 0 0 4 6 】

(i i i) プラズマ支援法の場合、 H_2 と N_2 の両方がイオン化され（ H_2 と N_2 のイオン化エネルギーはそれぞれ 15.4 及び 15.5 e V である）、イオン化された N_2 イオンは活性種を発生するのに寄与しない。これに対し、本発明の場合、D C 電位から発生された電子は、活性種を形成する H_2 分子に付着することができるだけであり、電子親和力がゼロである N_2 には影響が及ばず、そのため同等の結果を得るのにエネルギー消費量を大きく減少させることができる。

30

【 0 0 4 7 】

以上に加えて、本発明の装置についての資本経費はプラズマ支援のフラックスレスソルダーリングよりもかなり少なくなる。

【 0 0 4 8 】

要約すれば、プラズマ支援法と比較した本発明の主要な有用性は、1) はんだ表面と金属表面の両方が酸化物の除去のために処理されて、有機のフラックスを完全に考慮からはずすこと、2) リフローソルダーリングとウェーブソルダーリングの両方を含めて、連続のはんだ付け生産ラインと両立すること、3) 所定の H_2 濃度と電力消費量とについて周囲圧力においてより高いフラックス処理効率が見られること、4) チップの損傷の可能性がより低いこと、そして5) 本発明は結果として資本経費を低下させること、である。

40

【 0 0 4 9 】

いくつかの好ましい例あるいは説明用の例に関して本発明を説明したが、本発明の正式の範囲は特許請求の範囲の記載により確認されるべきものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 リフローソルダーリングのための本発明の第一の態様を説明する模式図である。

【図 2】 ウェーブソルダーリング前に「フラックス処理する」ための本発明の第二の態様を説明する模式図である。

【図 3】 ウェーブはんだ浴を処理するための本発明の第三の態様を説明する模式図である。

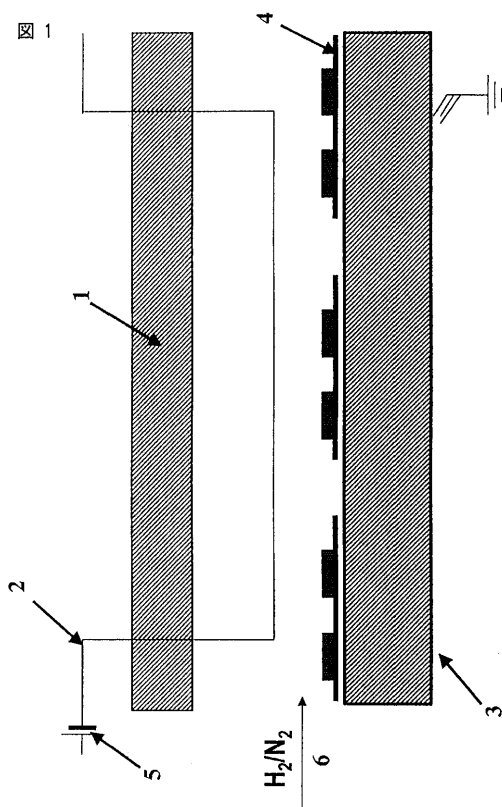
【図 4】 本発明のための種々のカソード設計を説明する模式図である。

50

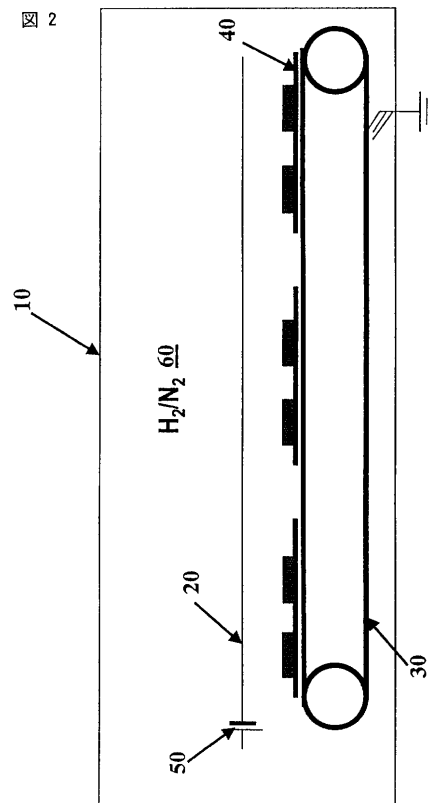
【符号の説明】

- 1…オープン又は炉
 2、20、200…カソード
 3、30、300…アノード
 4…処理部品
 5、50、500…DC電圧源
 6、60、600…ガス混合物
 10、100…加熱チャンバー
 40…処理回路基板

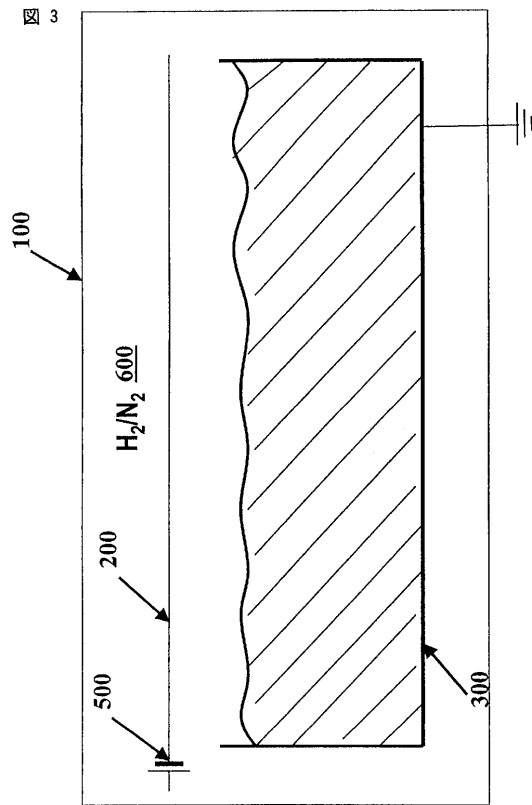
【図1】



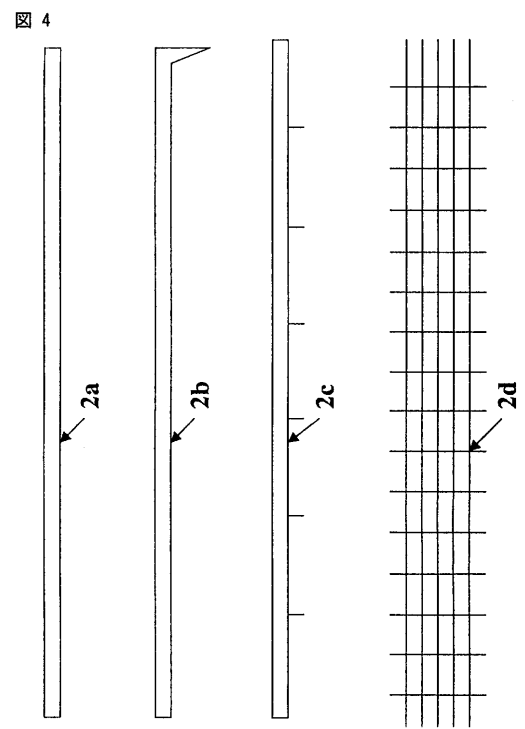
【図2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (74)代理人 100077517
弁理士 石田 敬
- (74)代理人 100087413
弁理士 古賀 哲次
- (74)代理人 100111903
弁理士 永坂 友康
- (74)代理人 100082898
弁理士 西山 雅也
- (72)発明者 チュン クリスティーン ドン
アメリカ合衆国, ペンシルベニア 18062, マクンジー, ブールダー サークル 2288
- (72)発明者 ウェイン トーマス マクダーモット
アメリカ合衆国, ペンシルベニア 18051, フォゲルスビル, クリフ フォレスト ストリート 8475
- (72)発明者 リチャード イー. パトリック
アメリカ合衆国, ペンシルベニア 18252, タマクア, ボックス 58エー, ルーラル デリバリー ナンバー 3
- (72)発明者 ブレンダ エフ. ロス
アメリカ合衆国, ペンシルベニア 18052, ホワイトホール, ミックレイ ラン 1100

審査官 小野田 達志

- (56)参考文献 特表2001-505119 (JP, A)
国際公開第00/006333 (WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23K 3/00
H05K 3/34