

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-305997

(P2007-305997A)

(43) 公開日 平成19年11月22日(2007.11.22)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
H O 1 L 21/60 (2006.01) H O 1 L 21/60 3 O 1 H 5 F O 4 4

審査請求 有 請求項の数 11 O L 外国語出願 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2007-123848 (P2007-123848)	(71) 出願人	504133796
(22) 出願日	平成19年5月8日 (2007.5.8)		エーエスエム・テクノロジー・シンガポール・ピーティーイー・リミテッド
(31) 優先権主張番号	60/799,056		シンガポール・768924・2・イシュー・アヴェニュー・7
(32) 優先日	平成18年5月9日 (2006.5.9)	(71) 出願人	507149394
(33) 優先権主張国	米国 (US)		マイクロボンズ・インコーポレーテッド
			カナダ・L3R・3B3・オンタリオ・マークハム・アンバー・ストリート・151・ユニット・1
		(74) 代理人	100064908
			弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100089037
			弁理士 渡邊 隆

最終頁に続く

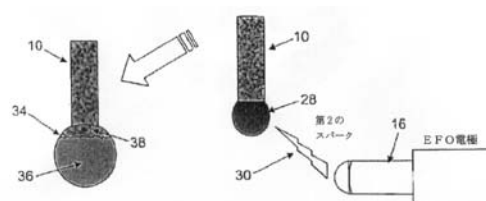
(54) 【発明の名称】 絶縁線のためのワイヤボンディング工程

(57) 【要約】

【課題】 絶縁ワイヤを接合するための工程を提供される。

【解決手段】 絶縁ワイヤを接合するための工程が提供される。基準に適合したフリーエアボールが、ボールボンドを生成するために、絶縁ワイヤから形成されている。絶縁ワイヤのチップは、最初にフレイムオフ装置の近傍に配置され、第1の放電が、絶縁ワイヤのチップを溶かしてパイロットボールを生成するために、電子フレイムオフ装置から行われる。その放電は、その後終了する。次に、第2の放電が、基準に適合したフリーエアボールを生成するために発生し、その後基準に適合したフリーエアボールがボールボンドを生成するために、接合面に付着される。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ボールボンドを製作するために、絶縁線から基準に適合するフリーエアボールを形成する方法であって、

絶縁線のチップを電子フレ임オフ装置に近づけて配置するステップと、

前記電子フレ임オフ装置からの第 1 の放電を生成して絶縁線のチップを溶解し、パイロットボールを作製し、次いで前記放電を終了させるステップと、

第 2 の放電を生成し、前記適合するフリーエアボールを作製するステップと、

前記適合するフリーエアボールを接合面に付着させ、ボールボンドを作製するステップと、

を含んでいることを特徴とする、方法。

10

【請求項 2】

前記パイロットボールは、前記適合するフリーエアボールに比較してより小さな体積とすることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記パイロットボールは、プレメルトまたは小さいボールの形態とすることを特徴とする、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記適合するフリーエアボールは球形状であり、かつ該適合するフリーエアボールの表面に導電性コアの金属材料を実質的に具備させることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 5】

前記第 1 の放電を、 $1600\text{ mA} \sim 3000\text{ mA}$ の電流値で発生させ、前記第 2 の放電を、 $1800\text{ mA} \sim 3200\text{ mA}$ の電流値で発生させることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記第 1 の放電を、 $100\text{ }\mu\text{ s} \sim 1000\text{ }\mu\text{ s}$ の持続時間で発生させ、前記第 2 の放電を、 $200\text{ }\mu\text{ s} \sim 1000\text{ }\mu\text{ s}$ の持続時間で発生させることを特徴とする、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 の放電の終了と前記第 2 の放電の生成との間の時間的な遅れは、 30 ms 未満であることを特徴とする、請求項 5 に記載の方法。

30

【請求項 8】

前記第 1 の放電を、前記第 2 の放電よりも大きい電流値で発生させることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記第 2 の放電を、前記第 1 の放電よりも大きい電流値で発生させることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記絶縁線は、該絶縁線の表面に絶縁層を具備しており、その結果として前記ワイヤの表面を不導体とすることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 11】

前記絶縁層は、ポリイミドを具備することを特徴とする、請求項 10 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、極細ワイヤの電子部品への接合に関するものであり、特に表面に絶縁体または不導体を具備したワイヤの接合に関する。

【背景技術】

【0002】

50

ワイヤボンディングは、チップを実装したリードフレームキャリア上の、半導体チップとリードとの間で電氣的な接続を形成するために一般的に使用される手段であり、且つ効果的な手段である。ワイヤボンディング方は、熱圧縮超音波とパルス接合とを含んでいる。ワイヤは、一般的に金、アルミニウムまたは銅のような、導電性材料を使用している。

【0003】

半導体産業は、電子部品実装(electronic packaging)の構成およびモジュールを、それらの機能を増加させることと同様に、より小型化する方向へと連続的に進んでいる。そのため、より高密度実装半導体にもなっており、非常に極細なワイヤが、ワイヤボンディングによって、チップのパッドを回路基板の導電体に接合する電氣的接続のために利用されている。

10

【特許文献1】米国特許出願公開第2005/0045692号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従って、作動するためのより小さな領域のために、これらの極細ワイヤを電気接点に接合することは、ますます手腕を問われるものとなっている。その上、高密度実装半導体チップは、隣接しているワイヤ間の間隔が減少する方向になっており、言い換えると、隣接しているワイヤが互いに接触した場合に、回路の短絡が発生する危険性が増加している。回路の短絡を回避するための1つの方法は、ワイヤ間の間隔を増加させるようにすることであるが、構成が高密度である場合には、その方法は必ずしも実行できる、または効果的なアプローチではない。

20

【0005】

ワイヤボンディング工程のサイクルは、一般的には、球形状をなす接合ワイヤのチップにフリーエアボール(free-air-ball: F A B)を形成することで開始される。図1は、非絶縁体の金ワイヤ100から形成されたF A B 108の側面図であり、従来技術である電子フレイムオフ(electronic flame-off: E F O)スパーク工程を利用している。金ワイヤ100の終端部102は、毛細管(図示略)のチップから伸びており、E F O電極の近傍に配置されている。F A Bの形成は、E F O電極106からの電気放電すなわちスパーク104によって開始し、このスパーク104は、毛細管の下で伸びている接合ワイヤ100の終端部102を温度上昇させ、かつ溶解させる。表面張力は、接合ワイヤ100の溶かされた終端部102が、球形状を形成する要因となり、ワイヤ端部のさらなる材料の溶解を進行させる。このことが、F A B 108を形成している。スパーク104が終了するとすぐに、F A B 108は、ほとんど瞬時に固まる。その後F A B 108は、適切な量の圧力、熱および超音波の動きを適切な時間だけ適用することによって、第1の接合位置において第1のボールボンド(ball bond)を形成するために、毛細管によって接合パッドの方へ押される。

30

【0006】

ボールボンドが形成された後、毛細管は上昇し、接合ワイヤ100が毛細管の終端を通じて送り出される間に、第2の接合位置へ移動する。第1の接合位置と第2の接合位置との間にループが形成されるとすぐに、毛細管は第2(または縫い合わせ)のボンドを形成するために、適切な量の圧力、熱および超音波の動きを適切な時間だけ再度適用することによって、ワイヤ100を接合パッドに向かって押す。第2(または縫い合わせ)のボンドが形成された後、送り出されているワイヤが別の終端部を形成する間に、毛細管は所定の高さまで上昇する。その後、接合ワイヤ10は、第2のボンドから引き離され、次のF A B 108を形成するために、十分な量のワイヤ終端部102が残る。

40

【0007】

図2は、時間ごとの放電電流の変化によって示された、従来からの一般的なE F Oスパークプロファイルを示したグラフである。標準的な発火放電は、一般的に電流値I1で構成されており、その電流値は、t0~t1の間持続する。このことは、ワイヤ100を溶かして良好な(conforming)F A B 108を形成するために、十分な熱と時間とを見越し

50

ている。従って、非絶縁またはむき出しの接合ワイヤのための従来の方法は、E F O電極が、接合ボールを形成するために、単一の放電または高圧放電を行うことを利用している。スパークの間の一般的なE F Oのメカニズムの入力は、電流、時間および放電ギャップである。万が一、入力／出力の読み取りに何らかの混乱があった場合、システムは、通常はそれ自身を修正できないエラーがあることを検出する機能を備えており、接合工程を中止する。

【0008】

絶縁ワイヤは、通常はその内部に金のような金属材料の導体コアを有しており、ポリイミドのような絶縁層が非導体ワイヤの表面に被覆されている。絶縁接合ワイヤ技術の導入は、接合ワイヤが短絡回路を形成することなく接触または交差することを可能にしていることで、高密度実装および高入力／出力機能性を可能にしている。しかしながら、絶縁接合ワイヤを利用している電子実装の小型化は、接合ワイヤと接合パッドとの間の接点において、絶縁材料が導電率を低下させる傾向にあるという、新しい問題を持ち込んでいる。確実な相互接続を形成することにおいて、絶縁材料の存在が、異物が混入しているように振舞うために、形成されているおのおののワイヤボン드가、導電性に障害が起きていないことを確実にする場合に、その絶縁材料を除去し、内部の導体を暴露する必要がある。このことは、高容量の生産設備の限界および工程、特にワイヤボンディング装置の性能を打ち破る。従って、ワイヤと接合パッドとの間の接合店において、ワイヤ表面から効果的に絶縁材料を移動する手段を考案する必要がある。

【0009】

接合工程中における絶縁ワイヤから絶縁材料を除去する手段の一例は、“ワイヤボンディングとそのための毛細管”との名称の特許文献1に開示されている。絶縁ワイヤの接合手段は、第1の接合パッドの第2の接合パッドへの電氣的接続に関してそこに記載されている。そこでは、接合ワイヤを保持している毛細管ホルダのチップが、接合ワイヤが毛細管チップと第2の接合パッドとの間でこすられるように、第2の接合パッドの表面上を移動する。このことが、ワイヤの少なくとも一部の金属コアが第2の接合パッドに接触できるように、接合ワイヤの絶縁材料をはがしている。その後、ワイヤは熱圧着接合を利用して、第2の接合パッドに接合される。摩擦力を介して絶縁材料を機械的に除去するこのアプローチの欠点は、毛細管チップをこすることによって接合するよりも前のサイクルタイムを増加させることである。言い換えると、導電性の増加に関しての利点との対応は、重要ではない。更にいうと、第2の接合が行われるよりも前に、絶縁材料を除去することは適用可能であるが、接合ワイヤの終端部のみが、毛細管チップから突き出し、F A Bが終端部から形成される第1のボールボンドに適用することは不可能である。終端部を機械的にこすること自体は、応用できない。

【0010】

図3は、図2中に示されているスパークプロファイルを適用した従来技術のE F Oスパーク工程を利用して、絶縁金ワイヤ10から形成されたF A B 18の側面図である。終端部12を伴った絶縁金ワイヤ10は、E F O電極16の近傍に配置され、スパーク14は、ワイヤ10の終端部12を溶かしてF A B 18を形成するために発生される。特定の絶縁材料は、結果としてF A B 18となる傾向を備えており、その球形状の表面の周りが絶縁層20で依然として実質的に覆われている。いくつかの清浄なコア材料22は、F A Bの底部において観察され、または絶縁層20の表面のまわりの所々に分散している。この現象は、ボールボンドと接合パッドとの間の接点において高導電性を備えたボールボンドを形成するためには望ましくないものである。

【0011】

そのような望ましくないF A B 18の形成は、非絶縁またはむき出しのワイヤを使用する場合よりも、E F Oがより一般的である間に、絶縁接合ワイヤを使用する場合に観察される。絶縁接合ワイヤに関しては、E F O工程の電流が、幾分変形した小さなボールを生産する傾向もあるかもしれないということも、観察されている。従って、問題は、従来のスパーク工程が、(図3に示しているような)絶縁層で汚染された、または非球状に変形

したF A Bを生産する機会を増加させているということであり、それらはすべて、標準に
適応しないF A Bとして一般的に言及される。変形したF A Bは、結果として成型不良ボ
ンドとなるかもしれない、隣接したボールボンドと短絡回路を形成する要因となり、潜在的
に瞬間接合の失敗または弱いボールボンドの要因となるであろう。そのために、それらは
マイクロ電子光学装置を故障させる要因となるであろう。さらに、絶縁材料からの汚染は、
標準に適応しないF A Bの要因となるだけでなく、毛細管およびE F Oメカニズムさえも
汚染する可能性がある。接合ワイヤを受けるための毛細管オリフィスおよび時間ごとのE
F O上の被覆の残余物の累積的な蓄積は、一貫性の無いF A B形成を助長する可能性もあ
る。

【0012】

10

それにもかかわらず、多くの場合、強固なボールボンドを形成することが可能ないく
かの残余絶縁材料を伴って、受容可能なF A Bを形成することは、依然として可能である
ということが観察される。絶縁接合ワイヤの終端部が、放電またはスパークによる熱にさ
らされる場合、解けた部分はボールを形成する。ボールが形成されているとき、時々、被
覆が上半球において均等な縞模様分割し、スイカパターンと呼ばれるパターンを形成す
る。この場合、同様に被覆または絶縁材料は、下半球の強固なボールボンドが形成される
可能性を妨げない。しかしながら、そのようなスイカパターンの発生は予測不可能なこと
であり、内部の導電性材料から接合パッドへの間で、そのような被覆の分割による強固な
接合を形成するために、十分な接触が存在していることを頼りにすることは、賢明なこと
ではない。

20

【0013】

絶縁接合ワイヤの従来のE F O工程のアプリケーションに見受けられる問題点を解決す
るために、E F Oメカニズムの適切な改良または増強が、清浄なF A Bを生産するために
望ましいことであり、再現可能に信頼性のあるボールボンドを得て、F A Bを要求量だけ
もたらす。

【課題を解決するための手段】

【0014】

従って、本発明の目的は、接合のために暴露されたコアの洗浄剤を伴ったボールを生産
する絶縁ワイヤ接合の、速くかつ効果的な手段を実行することである。

【0015】

30

従って、本発明はボールボンドを製作するために、絶縁線から適合するフリーエアボー
ルを形成する手段であって、絶縁線のチップを電子フレイムオフ装置に近づけて配置する
ステップと、絶縁線のチップを溶解するための、前記電子フレイムオフ装置からの第1の
放電を引き起こし、およびパイロットボール(pilot ball)生成するとその時点で前記放電
を終了させるステップと、前記適合するフリーエアボールを生成するための第2の放電を
引き起こすステップと、その後、ボールボンドを生成するために、前記適合するフリーエ
アボールを接合面に付着させるステップとを含んでいることを特徴とする、形成手段を提
供する。

【0016】

好適な実施形態を示した添付図を参照している以下の本発明についてのより詳細な記載
は、有用となるであろう。図の特殊性および関連した記載は、請求項によって定義された
、本発明の広範囲な同一の大多数のものに代わるものとして理解されるべきではない。

40

【0017】

本発明に従うワイヤボンディング工程の好適な実施形態の例が、添付図を参照してここ
に記載されている。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

好適な実施形態は、絶縁ワイヤのチップにおいて、F A Bを形成するために2つの分離
したスパークを利用する。図4は、本発明の好適な実施形態によるE F Oスパーク工程を
利用した第1のスパーク後に形成された、パイロットボールの側面図である。

50

【0019】

パイロットボールを形成するために、絶縁ワイヤ10の終端部12は、毛細管のチップ（図示略）から伸ばされ、EFO電極16を具備したEFO装置の近傍に配置される。スパーク工程は、EFO電極16からの放電またはスパーク24によって開始し、毛細管の下に伸びているボンディングワイヤ10の温度上昇および溶解が行われる。この第1のスパークは、ボールボンドを形成するために最終的に要求されるFABよりも小さい体積を持ったプレメルト(pre-melt)26または小さいボール28の形成において、好ましくはパイロットボールを形成するように制御されているのがよい。

【0020】

図5は、本発明の好適な実施形態によるEFOスパーク工程を利用した第2のスパーク後に形成された、FAB34の側面図を示している。第1のスパーク24の終了後、プレメルト26または小さいボール28は、好ましくは同じ位置に保持されているのがよく、第2のスパーク30がEFO電極16から発生する。第1のスパーク24の後に形成されたプレメルト26または小さいボール28は、第2のスパーク30によって、所望の大きさのFAB34に適合するまでさらに溶解され、形状が形成される。実験では、FAB34は、清浄なコアメタル(core metal)36を実質的に具備しているように見られ、絶縁被覆38は、FAB34の頂点部のみを覆うように減少していた。このFAB34は、基準に適合しており、ワイヤボンドの導電性がその表面に含まれた、広がったコアメタルの広範囲に形成されることを促進している。

【0021】

図6は、本発明の実施形態による、時間ごとの放電電流変化によって示された、EFOスパークプロファイルを示したグラフである。そのプロファイルは、EFO放電時間(t)に対するEFO電流(I)によって示されている。第1のスパーク24は、 $t_0 \sim t_2$ の期間中、電流I3で発生している。 $t_2 \sim t_3$ において、遅れが発生しており、放電が終了している。その後、第2のスパーク30が、 $t_3 \sim t_4$ の期間中、別の電流I2で発生している。

【0022】

図の唯一の目的に関しては、第1の電流I3が、第2の電流I2よりも大きく示されていることであり、そのことは、第2の電流I2が第1の電流I3よりも大きい、または同じであってもよい。形成された溶けたボールの大きさは、スパークの電流および継続時間の量に依存しているため、プレメルト26または小さいボール28が最終的に基準に適合する(conforming)所望のFAB34よりも小さくなり、最終的な清浄な生成されたFAB34が、ボールボンドを形成するために必要な、要求された大きさとなるように、変数は変化し、制御されることが可能である。

【0023】

第1のスパークに使用された電流が、 $1600\text{ mA} \sim 3000\text{ mA}$ の間であり、継続時間が $100\text{ }\mu\text{s} \sim 1000\text{ }\mu\text{s}$ であることは、好適な条件である。第1のスパークと第2のスパークとの間の遅れは、好ましくは 30 ms 未満であるのがよい。第2のスパークを発生するために使用される電流は、 $1800\text{ mA} \sim 3200\text{ mA}$ の間であり、それは $200\text{ }\mu\text{s} \sim 1000\text{ }\mu\text{s}$ の遅れで発生されるのが好ましい。的確な電流の大きさとスパークの遅れとは、使用されるワイヤの直径と目標とされるボールの大きさとに依存している。上記の変数は、ワイヤ直径が $0.8\text{ ミル} \sim 1.0\text{ ミル}$ 、かつ形成されるFABのボールの大きさが、直径で $40\text{ }\mu\text{m} \sim 55\text{ }\mu\text{m}$ であるものに最適であろう。

【0024】

EFO電極によるパイロットボールに発火された第2の連続的な放電またはスパークの目的は、第1のボールボンドで準備された清浄なボールの再形成である。FAB34の上半球上に依然として残っている絶縁層38は、強固な合金接合を作り出すことから、接合工程を妨げないであろう。基準に適合しないボールが、下半球上において汚染される、またはボールが、第1のスパーク24の後で、被覆の妨害によってまったく形成されない場合でさえも、第2のスパーク30は、基準に適合したFAB34の形成を促進する助けに

なる。

【0025】

絶縁接合ワイヤが試験的に接合することを介して、第1の放電の発火によって減少された体積のプレメルト26または小さいボール28を形成すること、その後清浄なFABのより首尾一貫した生産をする工程である、第2の放電が観察される。プレメルト26または小さいボール28が清浄である場合、そのボールは、第2のスパーク30の結果として、清浄なままである。しかしながら、プレメルト26または小さいボール28が汚染されている場合、形成された最終的なFAB34は、第2のスパーク30の結果として、清浄化される。

【0026】

従って、ワイヤボンディング工程が、第1のボールボンドに形成に関して受け入れられないような、基準に適合しないFABの形成によって停止することを防止するために、EFOのスパーク工程に替わるロジックが提案された。ロジックの改良は初歩的な強化であり、他のハードウェアの変更は、一般的に本質的な要素ではない。しかしながら、電気回路の他の変更は、EFO電極のデザインの変更およびより良い電極材料の選択と同様に、大量生産の環境において、工程の操作を行うためにも協働されてもよい。

【0027】

ここに記載された発明は、変化、改良および／または他の明確に記載されたもの以上の追加を受け入れる余地があり、本発明は、上述の思想および意図の中にそれらすべての変化、改良を含んでいることが、理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】従来技術のEFOスパーク工程を利用して、非絶縁金ワイヤから形成されたFABの側面図である。

【図2】放電電流の時間変化で表示された、従来の標準的なEFOスパークプロファイルのグラフである。

【図3】従来技術のEFOスパーク工程を利用して、絶縁金ワイヤから形成されたFABの側面図である。

【図4】本発明の好適な実施形態によるEFOスパーク工程を利用した、第1のスパーク後に形成されたパイロットFABの側面図である。

【図5】本発明の好適な実施形態によるEFOスパーク工程を利用した、第2のスパーク後に形成されたFABの側面図である。

【図6】本発明の好適な実施形態による、放電電流の時間変化で表示されたスパークプロファイルのグラフである。

【符号の説明】

【0029】

- 10 ワイヤ
- 12 終端部
- 14 スパーク
- 16 EFO電極
- 18 FAB
- 20 絶縁層
- 22 コア材料
- 24 第1のスパーク
- 26 プレメルト
- 28 小さいボール
- 30 第2のスパーク
- 34 FAB
- 36 コアメタル
- 38 絶縁被覆

10

20

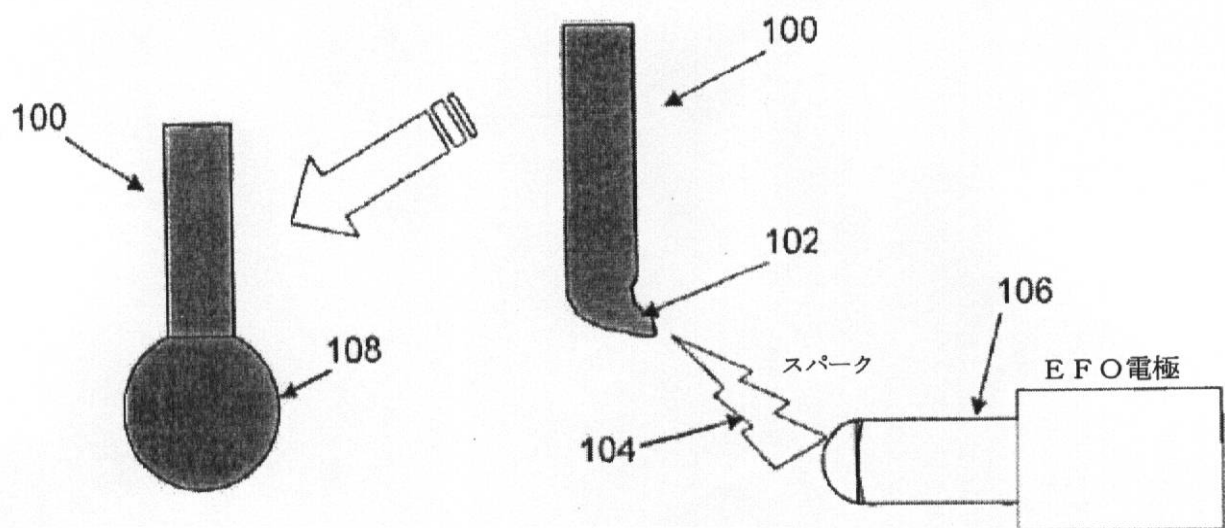
30

40

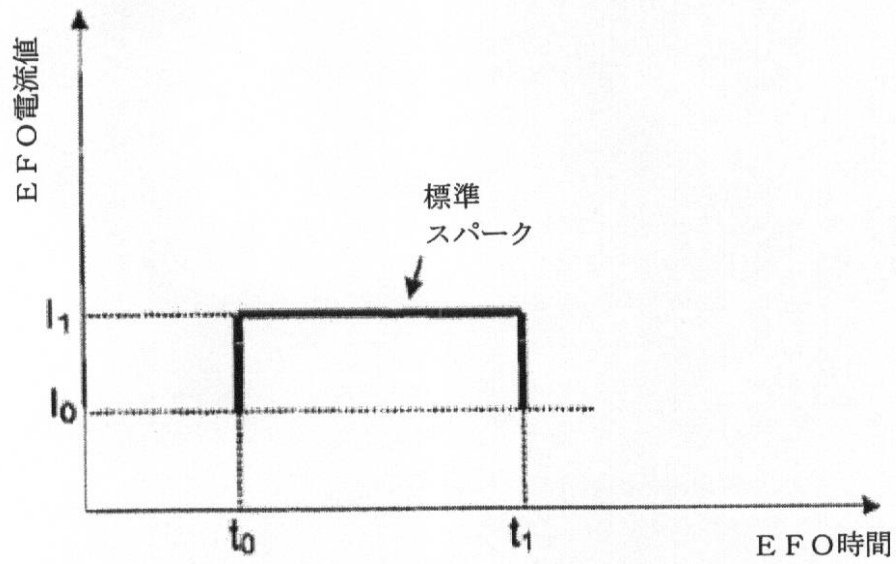
50

100 金ワイヤ
102 終端部
104 スパーク
106 EFO電極
108 FAB

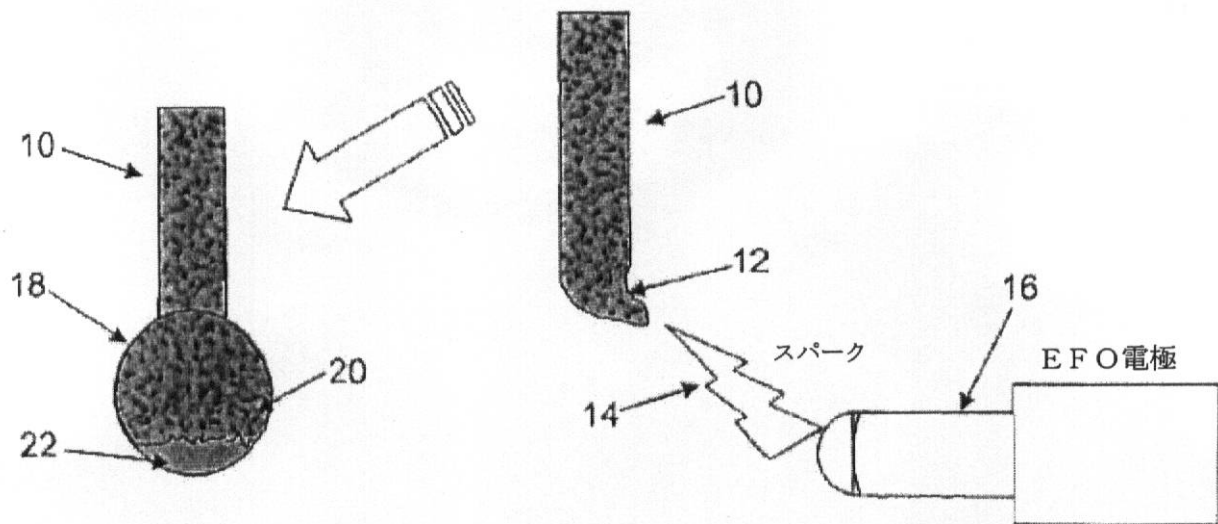
【図1】



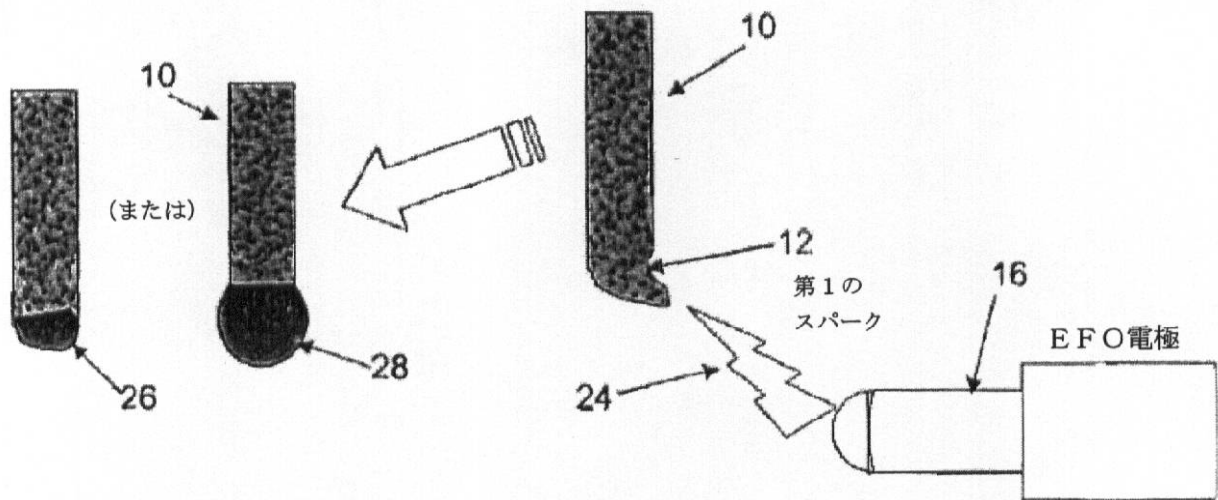
【図 2】



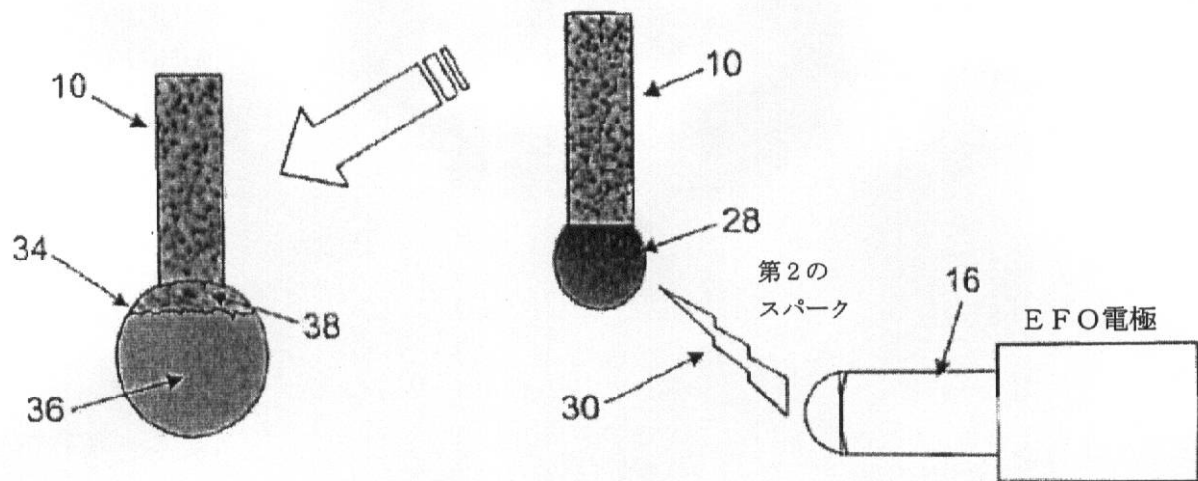
【図 3】



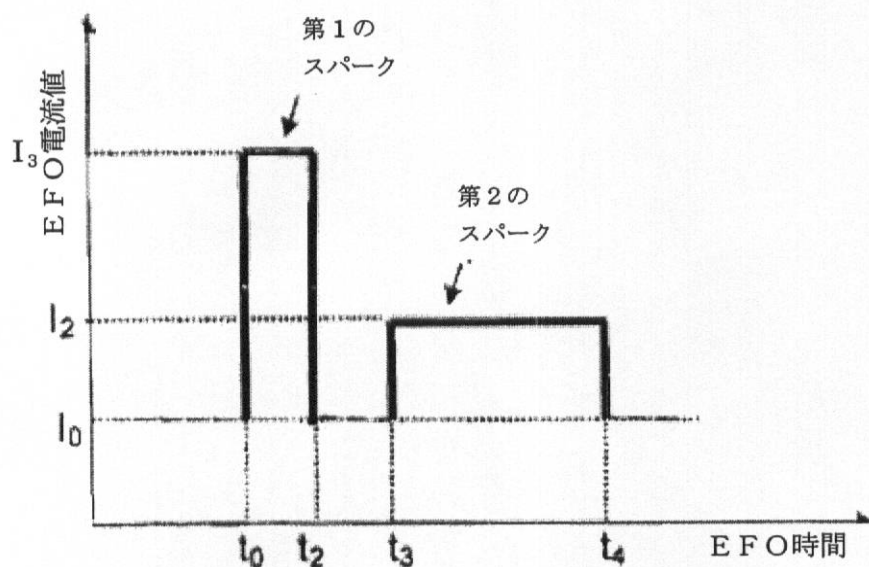
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (74)代理人 100108453
弁理士 村山 靖彦
- (74)代理人 100110364
弁理士 実広 信哉
- (72)発明者 マリア・ラムクマル
シンガポール・730717・ウッドランズ・ドライブ・70・#07-106・ビーエルケー・
717
- (72)発明者 ローン・アイク・リム
シンガポール・556113・セランゴーン・アヴェニュー・3・133・#06-13
- (72)発明者 チャールズ・ジェイ・ヴァス・サード
シンガポール・278640・ホランド・ロード・369・#09-01
- (72)発明者 クリストファー・カール
カナダ・L3R・3B3・オンタリオ・マークハム・アンバー・ストリート・151・ユニット・
1
- (72)発明者 ロバート・リン
カナダ・L3R・3B3・オンタリオ・マークハム・アンバー・ストリート・151・ユニット・
1
- (72)発明者 ジョン・パーシック
カナダ・L3R・3B3・オンタリオ・マークハム・アンバー・ストリート・151・ユニット・
1
- (72)発明者 ヨンーキュ・ソン
カナダ・L3R・3B3・オンタリオ・マークハム・アンバー・ストリート・151・ユニット・
1
- Fターム(参考) 5F044 BB11 FF01

【外国語明細書】

WIRE BONDING PROCESS FOR INSULATED WIRES**Field of the Invention**

5

The invention relates to the bonding of fine wires to electronic components, and in particular to the bonding of wires comprising insulating or non-conductive material on their surfaces.

10 **Background and Prior Art**

Wire bonding is a commonly-used and effective method of making electrical connections between semiconductor chips and the leads on lead frame carriers on which the chips are mounted. Wire bonding methods include thermal
15 compression, ultrasonic and pulse bonding. The wires used are typically made of conductive materials such as gold, aluminum or copper.

The semiconductor industry has continually moved towards greater miniaturization of electronic packaging, components and modules as well as
20 increasing their functionality. Therefore, with more densely-packed semiconductor chips, very fine wires are utilized to electrically connect bonding pads of the chips to the electrical conductors of substrates by wire bonding.

It has therefore become increasingly challenging to bond these fine wires to
25 electrical contacts due to the smaller area within which to work. Furthermore, the densely-packed semiconductor chips lead to the gaps between adjacent wires being reduced, which in turn increases the risk of short circuits occurring when adjacent wires contact one another. One way to avoid short circuits is to take care to increase the gaps between wires, but that is not always a viable or
30 efficient approach where components are densely packed.

A wire bonding process cycle is generally commenced by creating a free-air-ball ("FAB") at the tip of the bonding wire that has a spherical shape. FIG. 1 is a side view of a FAB 108 formed from non-insulated gold wire 100 using a prior art electronic flame-off ("EFO") sparking process. An end tail 102 of the gold wire 100 extends from the tip of a capillary (not shown) and is positioned close to an EFO electrode 106. FAB formation begins with an electric discharge or spark 104 from the EFO electrode 106 that heats up and melts the end tail 102 of the bonding wire 100 that extends below the capillary. Surface tension causes the melted end tail 102 of the bonding wire 100 to form a spherical shape and advance up the wire tail as more material melts. This creates the FAB 108. Once the spark 104 is terminated, the FAB 108 almost instantaneously solidifies. The FAB 108 is then pressed by the capillary to a bonding pad at a first bond position to form the first ball bond by applying adequate amounts of pressure, heat and ultrasonic motion for a certain time.

15

After the ball bond is formed, the capillary rises and travels to a second bond position while bonding wire 100 is fed out through the end of the capillary. Once the loop is formed between the first bond position and the second bond position, the capillary presses the wire 100 against the bonding pad to produce the second (or stitch) bond, again by applying adequate amounts of pressure, heat and ultrasonic motion for a certain time. After the second (or stitch) bond has been formed, the capillary rises to a prescribed height while feeding out wire to create another end tail. Then the bonding wire 100 is broken from the second bond, leaving sufficient end tail wire 102 for the formation of the next FAB 108.

25

FIG. 2 is a graphical illustration of a conventional standard EFO sparking profile represented by variation in a discharge current over time. The standard firing discharge consists generally of a discharge current I_1 that is maintained for a duration t_0 - t_1 . This should allow for sufficient heat and time to melt the wire 100 and create a conforming FAB 108. Thus, the conventional method for non-insulated or bare bonding wire uses an EFO electrode to fire a single electric

30

discharge or high voltage spark to form the bonding ball. The general EFO mechanism inputs during the sparking are current, time and discharge gap. In case there are any disruptions to the input/output readings, the system would usually have the capability to detect that there is an error and eventually if it cannot correct itself, it interrupts the bonding process.

Insulated wires typically comprise an underlying conductive core metal material, such as gold, and an insulating layer, such as polyimide, to make the surface of the wire non-conductive. The introduction of insulated bonding wire technology allows for high density packaging and high input/output functionality by allowing the bonding wires to touch or cross without creating short circuits. However, the miniaturization of electronic packaging using insulated bonding wire introduces a new problem of the insulating material tending to impede electrical conductivity at the interface between the bonded wire and the bonding pad. As the presence of insulating material acts as a contaminant in making a reliable interconnection, there is a need to remove insulating material and expose the underlying conductive material when forming each wire bond to ensure that conductivity is not compromised. This pushes the limits of high volume manufacturing equipment and processes, particularly the wire bonding equipment performance. There is accordingly a need to devise methods to effectively remove insulating material from the wire surface at the bonding interface between the wire and the bond pad.

An example of a method of removing insulating material from insulated wire during the bonding process is described in US Patent Publication No. 2005/0045692A1 entitled "Wirebonding Insulated Wire and Capillary Therefor". A method of bonding an insulated wire is described therein for electrically connecting a first bonding pad to a second bonding pad wherein a tip of a capillary holder holding the bond wire is moved over the surface of the second bonding pad such that the bond wire is rubbed between the capillary tip and the second bonding pad. This tears the bond wire's insulating material so that at

least a portion of a metal core of the wire contacts the second bonding pad. The wire is then bonded to the second bond pad using thermocompression bonding. A disadvantage of this approach to mechanically remove the insulating material through frictional force is that rubbing the capillary tip prior to actual bonding increases cycle time. In turn, the corresponding advantage in terms of increased conductivity might not be significant. Furthermore, although it is applicable to removing insulating material prior to making a second bond, it is not applicable to a first ball bond wherein only an end tail of the bond wire protrudes from the capillary tip and an FAB has to be formed from the end tail. As such, mechanical rubbing of the end tail is inapplicable.

FIG. 3 is a side view of a FAB 18 formed from insulated gold wire 10 using the prior art EFO sparking process, which applies the sparking profile shown in FIG. 2. The insulated gold wire 10 with an end tail 12 is positioned close to an EFO electrode 16 and a spark 14 is generated to melt the end tail 12 of the wire 10 to form a FAB 18. Certain insulating material will have a tendency to result in a FAB 18 that is still substantially covered with an insulating layer 20 around the surface of the spherical ball. Some clean core material 22 may be observed at the base of the FAB, or distributed in patches around the surface of the insulating layer 20. This phenomenon is undesirable for forming a ball bond with high conductivity at the interface between the ball bond and the bonding pad.

It has been observed that formation of such undesirable FABs 18 when using insulated bonding wire during EFO is more common than when using non-insulated or bare wire. It has been also observed that for insulated bonding wire, the current EFO process may also tend to yield small, somewhat deformed balls. Therefore, the problem is that a conventional sparking process increases the chances of producing a FAB contaminated by an insulating layer (as shown in FIG. 3) or a non-spherical deformed FAB, which may all be generally referred to as non-conforming FABs. Deformed FABs may result in misshaped bonds that can cause electrical short to an adjacent ball bond and potentially cause an

instantaneous bond failure or a weak ball bond. Hence, they can cause the microelectronic device to fail. Moreover, contamination from the insulating material not only can cause non-conforming FABs but can also contaminate the capillaries and even the EFO mechanism. The progressive accumulation of coating residue on the capillary orifice for receiving the bonding wire and on the EFO device over time can also contribute to inconsistent FAB formation.

Nevertheless, it has been observed that in many instances, it is still possible to form an acceptable FAB with some residual insulating material that can create a strong ball bond. When the insulated bonding wire tail end is subjected to heat caused by the electric discharge or spark, the melted part forms a ball. As the ball is forming, sometimes the coating splits into uniform stripes on the upper hemisphere of the ball, forming a so-called water melon pattern. In this case, as long the coating or insulating material does not obstruct the lower hemisphere a strong ball bond can be formed. However, the occurrence of such water melon patterns is unpredictable and it would not be prudent to count on there being sufficient contact between the underlying conductive metal to the bonding pad to form a strong bond caused by such coating splits.

To resolve the issues found with the application of conventional EFO processes to insulated bonding wire, appropriate modifications or enhancements to the EFO mechanism would be desirable to produce clean FABs and bring the FABs to the required volume to repeatably obtain reliable ball bonds.

Summary of the Invention

It is thus an object of the invention to implement a fast and effective method of bonding insulated wire that produces a ball with a cleaner exposed core metal for bonding.

Accordingly, the invention provides a method for forming a conforming free air ball from an insulated wire to create a ball bond, comprising the steps of: positioning a tip of the insulated wire close to an electronic flame-off device; producing a first electric discharge from the electronic flame-off device to melt the tip of the insulated wire and produce a pilot ball, then terminating the electric discharge; producing a second electric discharge to produce the conforming free air ball; and thereafter attaching the conforming free air ball to a bonding surface to create the ball bond.

It would be convenient hereinafter to describe the invention in greater detail by reference to the accompanying drawings which illustrate preferred embodiments of the invention. The particularity of the drawings and the related description is not to be understood as superseding the generality of the broad identification of the invention as defined by the claims.

15

Brief Description of the Drawings

An example of a preferred embodiment of a wire bonding process in accordance with the invention will now be described with reference to the accompanying drawings, in which:

20

FIG. 1 is a side view of a FAB formed from non-insulated gold wire using a prior art EFO sparking process;

FIG. 2 is a graphical illustration of a conventional standard EFO sparking profile represented by variation in a discharge current over time;

25

FIG. 3 is a side view of a FAB formed from insulated gold wire using the prior art EFO sparking process;

30

FIG. 4 is a side view of a pilot FAB formed after a first spark using an EFO sparking process according to the preferred embodiment of the invention;

FIG. 5 is a side view of a FAB formed after a second spark using the EFO sparking process according to the preferred embodiment of the invention; and

FIG. 6 is a graphical illustration of an EFO sparking profile represented by variation in a discharge current over time according to the preferred embodiment of the invention.

10

Detailed Description of the Preferred Embodiment of the Invention

The preferred embodiment of the invention includes the use of two separate sparks to form a FAB at the tip of an insulated wire. FIG. 4 is a side view of a pilot ball formed after a first spark using an EFO sparking process according to the preferred embodiment of the invention.

To create the pilot ball, an end tail 12 of an insulated wire 10 is made to extend from a tip of a capillary (not shown) and is positioned close to an EFO device comprising an EFO electrode 16. The sparking process begins with an electric discharge or spark 24 from the EFO electrode 16 that heats up and melts the end tail 12 of the bonding wire 10 that extends below the capillary. This first spark 24 is preferably controlled to form the pilot ball in the form of a pre-melt 26 or a small ball 28 with a smaller volume than the final required FAB for forming a ball bond.

25

FIG. 5 is a side view of a FAB 34 formed after a second spark 30 using the EFO sparking process according to the preferred embodiment of the invention. After terminating the first spark 24, the pre-melt 26 or small ball 28 is preferably held at the same position and a second spark 30 is generated from the EFO electrode 16. The pre-melt 26 or small ball 28 formed after the first spark 24 is melted further by the second spark 30 until a conforming FAB 34 of a desired size and

30

shape is formed. Upon examination, the FAB 34 appears to comprise substantially of a clean core metal 36 and the insulating layer 38 has receded to cover only a top portion of the FAB 34. This FAB 34 is of conforming shape and promotes conductivity of the wire bond to be formed due to the large area of exposed core metal comprised in its surface.

FIG. 6 is a graphical illustration of an EFO sparking profile represented by variation in a discharge current over time according to the preferred embodiment of the invention. The profile is represented by the EFO Current (I) versus EFO Discharge Time (t) graph. The first spark 24 is generated at a current I_3 for a duration t_0 - t_2 . There is a delay from t_2 - t_3 wherein the electric discharge is terminated. Thereafter, a second spark 30 is generated at another current I_2 for a duration t_3 - t_4 .

For the purpose of illustration only, the first current I_3 is shown as being greater than the second current I_2 , but it should be appreciated that the second current I_2 , may also be greater than or equal to the first current I_3 . Since the size of the melted ball that is formed is dependent on the magnitude of the current and the duration of the spark, the parameters can be varied and controlled such that the pre-melt 26 or small ball 28 is smaller than the final conforming FAB 34 that is desired, and that the final clean FAB 34 produced is of the required size that is necessary to form the ball bond.

It is preferred that the current used to generate the first spark is between 1600mA and 3000mA for between 100 μ s and 1000 μ s. The delay between the first and second sparks is preferably less than 30ms. The current used to generate the second spark is preferably between 1800mA and 3200mA, which is generated for a duration of between 200 μ s and 1000 μ s. The exact current size and spark duration will depend on the wire diameter used and the targeted ball size. The above parameters would be most suitable for wires with diameters of

0.8 mils to 1.0 mil, and for forming FABs with ball sizes of about 40 μ m to 55 μ m in diameter.

5 The purpose of a second consecutive electric discharge or spark fired at the pilot ball by the EFO electrode is to repeatably form a clean ball that is ready for the first ball bond. It is also noted that the insulating layer 38 that still remains on the upper hemisphere of the FAB 34 will not obstruct the bonding process from producing a strong inter-metallic bond. Even where a non-conforming ball is contaminated on the bottom hemisphere, or a ball is not formed at all due to coating obstruction after the first spark 24, the second spark 30 would help to promote formation of a conforming FAB 34.

15 Through insulated bonding wire bonding trials, it has been observed that by firing a first electric discharge to form a pre-melt 26 or small ball 28 of reduced volume, and then firing a second electric discharge, the process yields more consistently clean FABs. If the pre-melt 26 or small ball 28 is clean, the ball will stay clean as a result of second spark 30. However, if the pre-melt 26 or small ball 28 is contaminated, the final FAB 34 that is formed is cleaner as a result of second spark 30.

20

Accordingly, in order to prevent wire bonding process stoppages due to formation of non-conforming FABs that are not acceptable for the formation of the first ball bond, logic changes to the EFO sparking process have been suggested. Although logic modification is the primary enhancement and other hardware changes are generally not essential, however, other modifications to the electric circuit, as well as slight modifications to the EFO electrode design and better electrode material selection, may also be incorporated to operate the process in a high volume manufacturing environment.

25 30 The invention described herein is susceptible to variations, modifications and/or additions other than those specifically described and it is to be understood that the

invention includes all such variations, modifications and/or additions which fall within the spirit and scope of the above description.

1. A method for forming a conforming free air ball from an insulated wire to create a ball bond, comprising the steps of:
 - 5 positioning a tip of the insulated wire close to an electronic flame-off device;
producing a first electric discharge from the electronic flame-off device to melt the tip of the insulated wire and produce a pilot ball, then terminating the electric discharge;
 - 10 producing a second electric discharge to produce the conforming free air ball; and thereafter
attaching the conforming free air ball to a bonding surface to create the ball bond.
- 15 2. The method as claimed in claim 1, wherein the pilot ball has a smaller volume as compared to the conforming free air ball.
3. The method as claimed in claim 2, wherein the pilot ball is in the form of a pre-melt or a small ball.
- 20 4. The method as claimed in claim 1, wherein the conforming free air ball is of a spherical shape and comprises substantially of a conductive core metal material on its surface.
- 25 5. The method as claimed in claim 1, wherein the first electric discharge is generated with a current of 1600mA – 3000mA and the second electric discharge is generated with a current of 1800mA – 3200mA.
6. The method as claimed in claim 5, wherein the first electric discharge is
30 generated for a duration of 100 μ s – 1000 μ s and the second electric discharge is generated for a duration of 200 μ s – 1000 μ s.

7. The method as claimed in claim 5, wherein a delay between the termination of the first electric discharge and the production of the second electric discharge is less than 30ms.

5

8. The method as claimed in claim 1, wherein the first electric discharge is generated with a greater current than the second electric discharge.

9. The method as claimed in claim 1, wherein the second electric discharge
10 is generated with a greater current than the first electric discharge.

10. The method as claimed in claim 1, wherein the insulated wire comprises an insulating layer at its surface that causes the surface of the wire to be non-conductive.

15

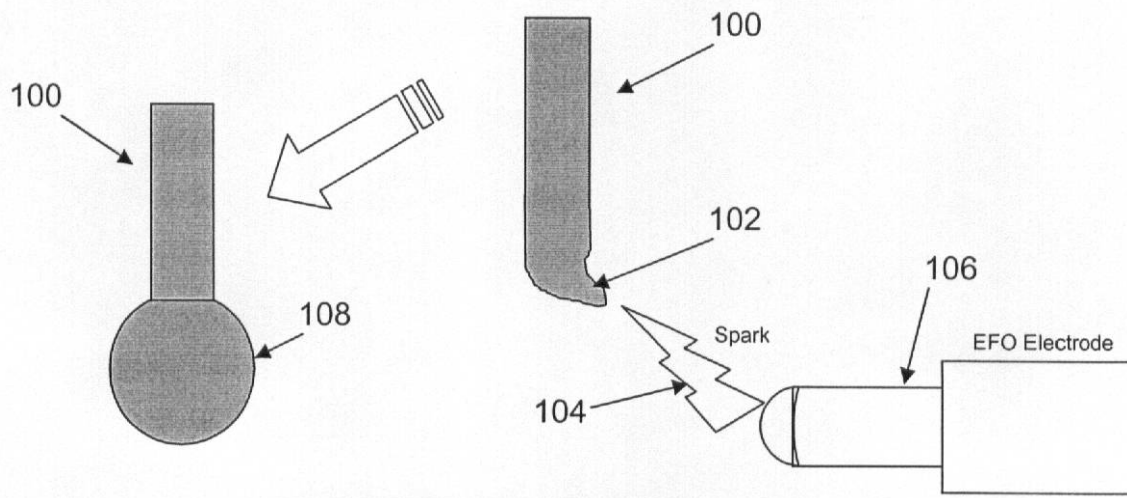
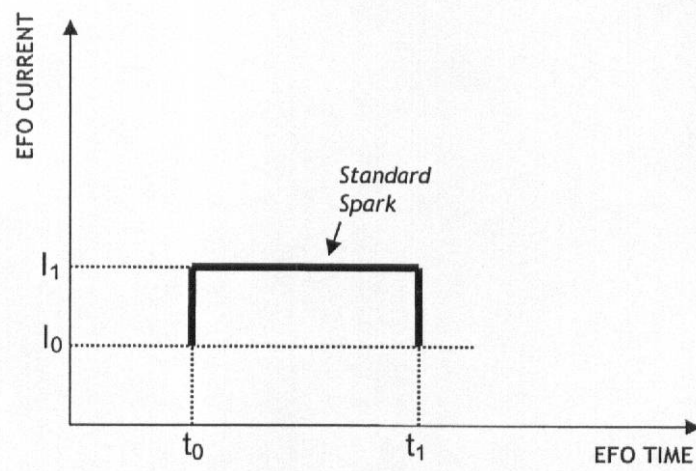
11. The method as claimed in claim 10, wherein the insulating layer comprises polyimide.

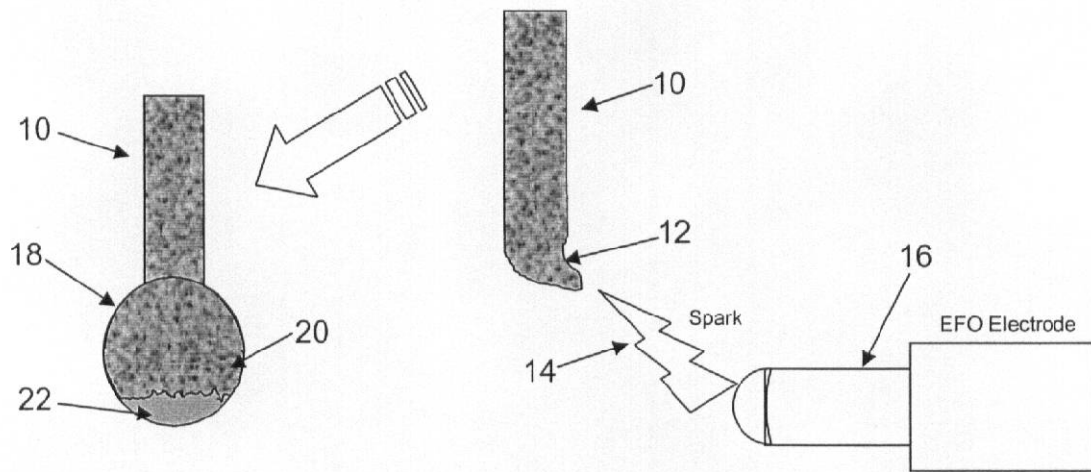
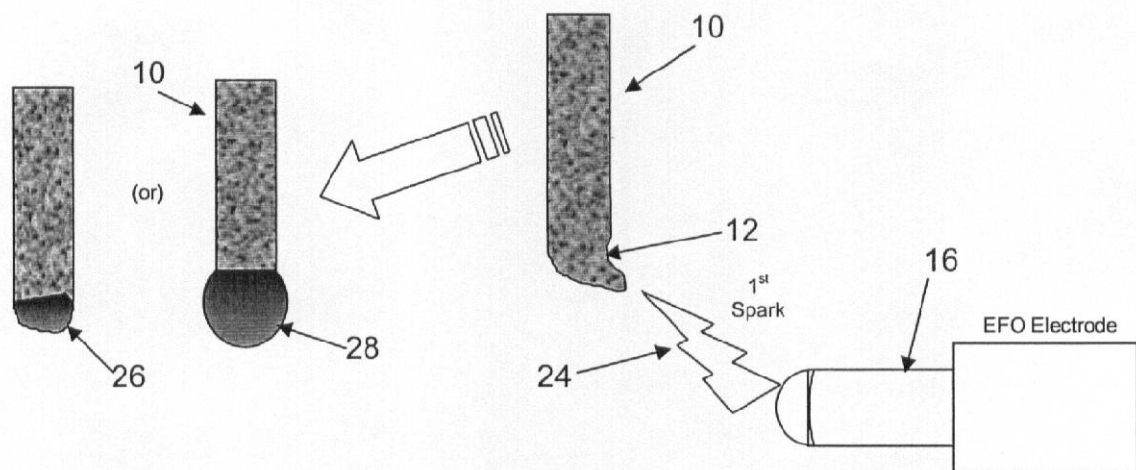
1 Abstract

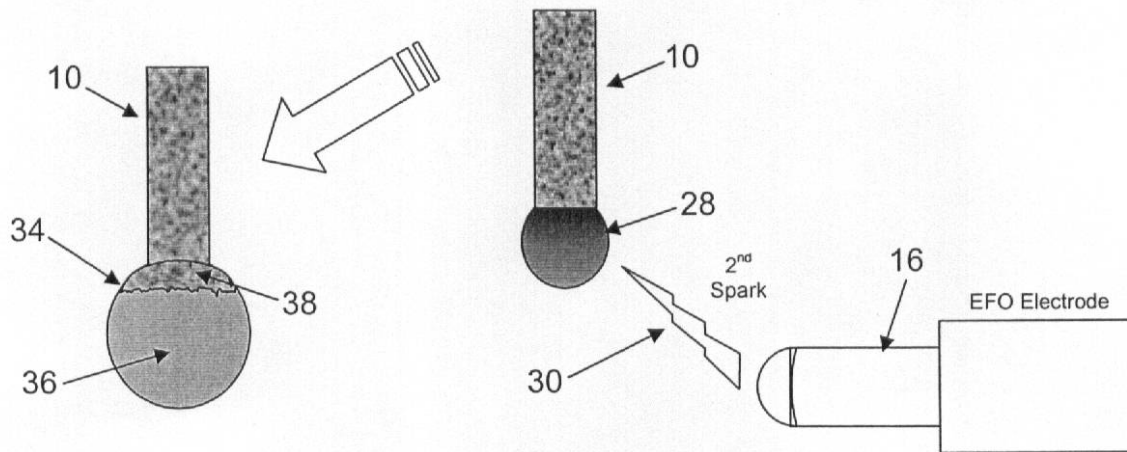
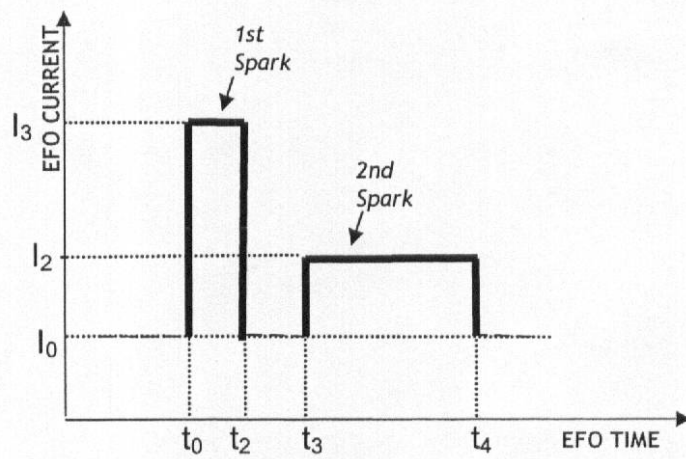
A process for bonding insulated wires is provided wherein a conforming free air ball is formed from an insulated wire to create a ball bond. A tip of the insulated wire is first positioned close to an electronic flame-off device and a first electric discharge is produced from the electronic flame-off device to melt the tip of the insulated wire and produce a pilot ball. The electric discharge is then terminated. A second electric discharge is then generated to produce the conforming free air ball, and thereafter, the conforming free air ball is attached to a bonding surface to create the ball bond.

2 Representative Drawing

Fig. 5

**FIG. 1 (Prior Art)****FIG. 2 (Prior Art)**

**FIG. 3 (Prior Art)****FIG. 4**

**FIG. 5****FIG. 6**