(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3634737号
(P3634737)
(45)発行日　平成17年3月30日(2005.3.30)　(24)登録日　平成17年1月7日(2005.1.7)

(51)Int.Cl.[7]　F I
H01L 21/60　H01L 21/60　311Q
H01L 21/60　321E

請求項の数 3　(全 13 頁)

(21)出願番号　特願2000-316728(P2000-316728)
(22)出願日　平成12年10月17日(2000.10.17)
(65)公開番号　特開2001-144137(P2001-144137A)
(43)公開日　平成13年5月25日(2001.5.25)
審査請求日　平成14年10月10日(2002.10.10)
(31)優先権主張番号　09/429512
(32)優先日　平成11年10月28日(1999.10.28)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　398038580
ヒューレット・パッカード・カンパニー
HEWLETT－PACKARD COMPANY
アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト　ハノーバー・ストリート　3000
(74)代理人　100075513
弁理士　後藤　政喜
(74)代理人　100084537
弁理士　松田　嘉夫
(72)発明者　テレル・エル・モリス
アメリカ合衆国　テキサス州,　ガーランド,　ピラミッド・ドライブ　1102

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体デバイスアセンブリ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
接触パッド上にコイルばねを形成する方法において、
（ａ）ワイヤの近位端を前記接触パッドに取り付けるステップと、
（ｂ）前記ワイヤを三次元空間に移動して、前記接触パッドから略外側に延出する第１のコイルを形成するステップと、
（ｃ）前記ワイヤを前記接触パッドに取り付けるステップと、
（ｄ）前記ワイヤを三次元空間に移動して、前記接触パッドから略外側に延出する次のコイルを形成するステップと、
（ｅ）前記ワイヤを前記接触パッドに取り付けるステップと、
（ｆ）前記ステップ（ｄ）および（ｅ）を繰り返して、所望の数のコイルを有するコイルばねを形成するステップと、
を備えることを特徴とする方法。
【請求項２】
前記ワイヤを前記接触パッドに取り付けるステップは、熱音波接合を備えることを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記ワイヤを前記接触パッドに取り付けるステップは、熱圧着を備えることを特徴とする請求項１に記載の方法。
【発明の詳細な説明】

【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、半導体ダイがパッケージ基板に収容されてなる半導体デバイスアセンブリに関する。
【０００２】
【従来の技術】
通常、半導体デバイスまたはダイは、半導体ダイに対して機械的支持を提供すると共に、物理的損傷から保護するより大きなハウジングすなわち「パッケージ」内に収容されている。典型的な半導体パッケージは、通常「窓」と呼ばれる、半導体ダイを収容するよう採寸されたエリアを備え、かつパッケージの窓内に配置される半導体ダイをパッケージの外部に配置されるリードまたは端子に電気的に接続できるようにする一本または複数本の（通常、数十または数百本の）リード線または回路パスを設けている。結果として得られる半導体デバイスアセンブリ（すなわち、パッケージおよびダイ）は、次に、当該技術分野において周知の広範な工程のうちいずれかにより、適切なプリント回路基板（ＰＣＢ）にマウントすることができる。
【０００３】
数年にわたり、半導体ダイ上の各種入力または出力（Ｉ／Ｏ）端子または「パッド」を、パッケージ基板に設けられた対応するリードに電気的に接続するために、いくつかの異なる方法が開発されてきた。たとえば、一般的にワイヤボンディングと呼ばれる１つの方法では、ダイ上の各Ｉ／Ｏパッドを極細ワイヤ（たとえば、直径約１８ミクロン程度のワイヤ）で、パッケージに設けられた各種リードに別個に接続する。ワイヤは、くさびや毛細管等の特別な工具と、熱、圧力、および／または超音波エネルギの組み合わせとを用いて、一度に一本ずつ半導体ダイ上のパッドと、パッケージ基板上のパッドとに接合または溶接される。これらの工程は、一般的に熱圧着あるいは熱音波接合と呼ばれる。
【０００４】
ワイヤボンディング工程は、当初、ボンディング工程のあらゆる側面を制御するという操作者の熟練により手動で行われていたが、Ｉ／Ｏ接続の密度が増大するにつれ、急速に完全自動化工程に移行してきている。自動化されたワイヤボンディング工程では、自動ワイヤボンディングマシンが、半導体ダイ上のＩ／Ｏパッドおよびパッケージ基板上のＩ／Ｏパッドの位置を感知してから、適切なパッド同士を細いワイヤで自動的に接続する。このような自動化されたワイヤボンディング工程は、十分に開発されており、かつ絶えず増大し続けている接続数および縮小し続けている半導体ダイ上のボンディングパッドサイズと足並みを揃えている。たとえば、３００の接続を要し、かつパッドの寸法が５０×５０μｍ（２×２ミル）程度と小さく、列上のパッドの中心間が１００μｍ（４ミル）である外周ボンディングパッドを交互にした２つの列を有する半導体ダイの接合は、珍しくない。
【０００５】
半導体ダイをパッケージ基板に電気的に接続するために用いることのできる他の技術としては、テープ自動化ボンディング（ＴＡＢ）工程と、より新しい各種のいわゆる「フリップチップ」工程とが挙げられるが、これらには限定されない。
【０００６】
【発明が解決しようとする課題】
半導体ダイを、パッケージ基板上に設けられた各種リードに電気的に接続するための上記デバイス構造および方法は、良好に働き、使用されているが、集積回路技術が継続的に発展している結果、半導体ダイのＩ／Ｏパッドの数は絶えず増大し続け、同様に実質的な電流要求も絶えず増大し続けている。たとえば、５ボルトで動作する４０ワットのデバイスは、８アンペアの供給電流を必要とする一方、２ボルトで動作する同一デバイスは、２０アンペアの供給電流を必要とする。ほとんどのダイ構造では、かかる電力をチップの中央付近の位置にあるダイに供給し、Ｉ／Ｏボンディングパッドが通常配置される外周部には供給しないようにする必要があるため、要求される高電流供給パスを設けることは困難であることが証明されている。すなわち、ワイヤボンディング工程で使用されるワイヤは極

めて細い（通常、直径約１８ミクロン）ため、単一のワイヤを使用して、より新しく、より高いパワーの半導体ダイのいくつかに必要な高電流を通すことはできない。

【０００７】

ボンディングワイヤの限られた電流伝送能力を克服するために従来使用されてきた１つの方法は、並列に配置された複数本のワイヤを利用して、半導体ダイ用の余剰供給電流パスおよび接地パスを提供するというものである。このような並列余剰配線技術は、機能的観点からは有効であるが、多くの余剰ボンディングパッドスペースを必要とし、これによって、同様量だけデバイスのＩ／Ｏに利用できるボンディングパッドスペースの数が減少してしまう。ダイに動作電流を供給するために、複数の余剰ボンディングワイヤを使用することに関連する他の問題としては、ワイヤにおける抵抗性電力損失、高インダクタンス、信号クロストーク、および静電容量効果に関連する問題が挙げられるが、これらには限定されない。

【０００８】

新たに開発された「フリップチップ」工程は、より短いダイ・パッケージ接続を設けることで上記問題のいくつかを改善するが、いくつかの利益は、フリップチップ構造がパッケージ基板に含まれる配線に課せられる結果生じる困難さによって相殺される。すなわち、半導体ダイの表面に対して必要な電力および接地接続を提供するために、パッケージ基板上に含まれる高度に重ね合わされた配線を通して比較的大きな回路パスを設けることが依然として必要である。もう１つの問題は、フリップチップ工程では、通常、現在広くは使用されていない特別設計の製造装置および治具が必要なことである。

【０００９】

本発明は、このような従来の問題に鑑みて為されたものであり、より新しく、より高いパワーの半導体デバイスに必要な比較的高い電流を提供可能であると同時に、抵抗性電力損失ならびに現在利用可能な並列ボンディングワイヤ構造に通常関連する高インダクタンス、信号クロストーク、および静電容量効果に起因する問題を最小限に抑えることが可能な半導体デバイスアセンブリを提供することを目的としている。

【００１０】

【課題を解決するための手段】

本発明による半導体デバイスアセンブリは、その上に少なくとも１つの接触パッドを有する半導体ダイと、その上に少なくとも１つのリードパッドを有するパッケージ基板とを備えうる。パッケージ基板は、半導体ダイがパッケージ基板上に配置されるときに、半導体ダイ上の接触パッドがパッケージ基板上のリードパッドと実質的に位置合わせされるように、半導体ダイを収容するよう採寸される。コイルばねは、コイルばねの軸が半導体ダイ上に含まれる接触パッドおよびパッケージ基板上に含まれるリードパッドと略平行になるように、半導体ダイ上の接触パッドと、パッケージ基板上のリードパッドとの間に配置される。

【００１１】

【発明の実施の形態】

本発明の好ましい一実施形態による半導体デバイスアセンブリ１０は、図１乃至図３に最もよく示されており、半導体ダイ１２を備えている。半導体ダイ１２には、電力を該半導体ダイに供給するために、１つまたは複数の接触パッド１４がその上に設けられている。半導体デバイスアセンブリ１０は、また、図３に最もよく示されているように、半導体ダイ１２の収容に適した凹形エリアすなわち「窓」１８を有するパッケージ基板１６も備えている。パッケージ基板１６には、その上に１つまたは複数のリードパッド２０が設けられている。リードパッド２０は、半導体ダイ１２がパッケージ基板１６の窓１８内に配置されるときに、半導体ダイ１２上に含まれる接触パッド１４と実質的に位置合わせされるように、採寸、配置される。

【００１２】

半導体ダイ１２上に設けられた接触パッド１４はそれぞれ、１つまたは複数のコイルばね２２によってパッケージまたは基板１６上に配置された対応するリードパッドに電気的に

接続される。各コイルばね２２は、その他のコイルばねと本質的に同一であってもよく、近位端２６と遠位端２８とを有する連続ワイヤ２４で構成することができる。ワイヤ２４は、従来のコイルばねの形成に使用されるのと同様な方法で、ばね軸３０の周囲に螺旋状に巻回される。好ましい一実施形態では、コイルばね２２は、従来のワイヤボンディングマシン（図示せず）によって「オンザフライ」で形成されてもよい。しかしながら、本発明の他の実施形態では、より詳細には後述するように、コイルばね２２を予め形成してから、後で接触パッド１４に取り付けてもよい。各コイルばね２２を半導体ダイ１２上の接触パッド１４に取り付けることが一般的には望ましいが、必ずしも必要なことではない。代替として、コイルばね２２をパッケージ基板１６上のリードパッド２０に取り付けることもできる。

【００１３】

コイルばね２２をワイヤボンディングマシン（図示せず）によって「オンザフライ」で形成しようとする場合、ばね形成工程における第１のステップは、ワイヤ２４の近位端２６を半導体ダイ１２上の接触パッド１４に取り付けることである。ワイヤ２４の近位端２６は、ワイヤボンディングの技術分野において周知の任意の工程に従って、たとえば熱圧着または熱音波接合等によって接触パッド１４に取り付けることができる。その後、ワイヤボンディングマシンの毛細管（図示せず）が必要に応じて三次元に移動し、コイルばね２２の最初のループすなわちコイル３２を形成する。図１に最もよく示されているように、この最初のループすなわちコイル３２を半導体ダイ１２上の接触パッド１４に（たとえば、熱圧着または熱音波接合により）取り付けることができる。ワイヤボンディングマシン（図示せず）は、コイルばね２２の個々のループすなわちコイル３４を形成し続けて、個々のループすなわちコイル３４をそれぞれ、形成されるにつれ半導体ダイ１２上の接触パッド１４に取り付けることが可能である。十分な数のコイル３４が接触パッド１４上に設置された後、ワイヤボンディングマシンは、最後の接合の後でワイヤ２４を切断することにより、コイルばね２２の遠位端２８を形成することができる。

【００１４】

より詳細には後述するように、各コイル３４をコイルばね２２の軸３０に対して同じ方向に傾斜させる、すなわち角度をつけるように、コイルばね２２を形成することが一般的には望ましいが、必ずしも必要なことではない。すなわち、本明細書で用いられているように、「傾斜」という用語は、コイル３４が常にばね軸３０に対して同じ方向に傾いたばねの構成を指している。そのように傾斜したコイルばね２２は、横方向（矢印４４で示す）に、より容易に圧縮可能であるため、半導体デバイスアセンブリ１０の組立中に、コイルばね２２に「予荷重」をかけることが可能になる。このようなコイルばね２２に対する予荷重により、コイルばね２２の略すべての個々のコイル３４がパッケージ基板１６上のリードパッド２０と確実に接触し、それによって電気的な性能が改良される。

【００１５】

所望の数のコイルばね２２を形成して、半導体ダイ１２の各接触パッド１４に固定した後、半導体ダイ１２をパッケージ基板１６にマウントして、本発明による完全な半導体デバイスアセンブリ１０を形成することができる。簡潔に言えば、マウント工程は、まずパッケージ基板１６の窓１８内に半導体ダイ１２を配置するステップを含む。図３を参照されたい。半導体ダイ１２が適切に窓１８内に配置されると、コイルばね２２がパッケージ基板１６上に設けらた対応するリードパッド２０に接触する。その後、半導体ダイ１２を窓１８内に配置するために使用されるチャック（図示せず）もまた、コイルばね２２をわずかに圧縮するために、半導体ダイ１２をわずかに下方に（すなわち、パッケージ基板１６の方に）移動させる。そうしてコイルばね２２を圧縮することで、上述したばねに対する予荷重が生成される。次に、半導体ダイ１２をパッケージ基板１６に固定して、ばねに対する予荷重を保持するために、エポキシ等の適切なダイ取り付け材料（図示せず）を半導体ダイ１２とパッケージ基板１６との間の空間に注入する。この時点で、半導体ダイ１２に含まれる残りのＩ／Ｏパッド（図示せず）は、当該技術分野で周知の広範な工程のうちいずれか（たとえば、ワイヤボンディング）に従って、パッケージ基板１６上に設けられ

た適切なリード（図示せず）に取り付けることができる。

【００１６】

本発明の重要な利点は、高電流動作に必要な余剰電流パスを設けるために、ダイ上の複数の入出力パッドを使用する必要なく、高電流パスを半導体ダイに提供するという問題を解決することである。本発明の他の利点は、供給電力を半導体ダイに提供するのに使用されるコイルばね２２を、電力を必要とするダイ１２上のいずれの都合のよい場所に配置してもよいということである。電力を必要とする半導体ダイの部分に電気的な接続を配置できることにより、通常長い配線に関連するインダクタンス、信号クロストーク、および／または雑音の問題が減少する。また、比較的短い電流パス、ならびにコイルばねによって設けられる多数の並列電流パスは、抵抗性電力損失を低減する。本発明のさらに他の利点は、コイルばね２２を、従来の容易に利用可能なワイヤボンディング機器により「オンザフライ」に形成できることである。

【００１７】

本発明に関するさらなる利点としては、パッケージ基板１６に対して半導体ダイ１２を移動させ、かつ取り外す能力が挙げられる。たとえば、コイルばね２２とリードパッド２０の構成により、依然として良好な電気的な接触を維持しながら、半導体ダイ１２をパッケージ基板１６に対して実質的な量だけ移動させることができる。すなわち、本発明は、電力接続に必要な位置合わせ公差を低減し、それによって、電力および接地パスの位置合わせ要件ではなく、Ｉ／Ｏパッドの位置合わせ要件に基づいて、半導体ダイ１２をパッケージ基板１６上に配置することができる。さらに、本発明により利用可能なばね接触方法では、ある用途に必要な、あるいは望ましいパッケージ基板１６に対して、半導体ダイ１２を何度も取り外したり、および／または再配置することが可能である。

【００１８】

半導体デバイスアセンブリ１０ならびにそのより重要な特徴および利点のいくつかについて簡潔に説明してきたが、次に、本発明による半導体デバイスアセンブリの各種実施形態を詳細に説明する。しかしながら、説明に進む前に、本明細書で用いられている「半導体ダイ」という用語は、半導体ダイの片側または両側に回路およびボンディングパッドを有する、シリコンまたは他の半導体集積回路または「チップ」を指すことに留意されたい。「半導体デバイスアセンブリ」という用語は、半導体ダイおよび少なくとも半導体ダイを含む関連パッケージを指しており、半導体デバイスアセンブリをソケットあるいはプリント回路基板に接続するために使用できるあらゆる外部パッケージリード、ピン、またはボールを含む。上述した構造に加えて、半導体パッケージは、いわゆるマルチチップモジュール（ＭＣＭ）構造の場合等、追加の回路要素、またはさらに他の半導体ダイを収容するよう構成してもよい。結果として、本発明は、本明細書に示されかつ記載される特定のパッケージ構成および構造に限定されるものと見なされるべきではない。

【００１９】

上記の考慮事項を念頭に置きながら、半導体デバイスアセンブリの一実施形態１０は、図１乃至図３に最もよく示されており、第１の、すなわち下部表面３６と、第２の、すなわち上部表面３８とを有する略平坦な半導体ダイ１２を備えている。本明細書で用いられている「上部」および「下部」という用語は、単に相対的な用語であるだけであり、添付図面に示す表面の向きを指すことに留意されたい。他の向きも可能であるため、「上部」および「下部」という用語は、本発明を限定するものと見なされるべきではない。半導体ダイ１２には、下部表面３６上に１つまたは複数の接触パッド１４が設けられており、該接触パッド１４は、好ましい一実施形態においては、半導体ダイ１２に含まれる回路に電力パスおよび接地パスを提供するために利用される。図２を参照されたい。半導体ダイ１２の下部表面３６上に設けられる接触パッド１４は、導電性表面を提供するために、現行の方法に従って金属化することができる。広範なあらゆる金属または合金を使用して、半導体ダイ１２に含まれる金属化された接触パッド１４を形成することができるため、本発明は、任意の特定の工程に従って形成される特定の金属材料に限定されるものと見なされるべきではない。例として、好ましい一実施形態においては、接触パッド１４は、アルミニ

ウム合金を含んでいてもよく、また、スパッタリング法に従って形成してもよい。しかしながら、かかる金属化された接触パッドを半導体ダイ上に形成する工程は当該技術分野では周知であり、かつ当業者は、本発明の教示に精通した後、容易に適切な材料および工程を選択することが可能であるため、本発明の好ましい一実施形態において金属化された接触パッド１４を形成するために使用される材料および工程については、本明細書ではこれ以上詳細に説明しない。

【００２０】

簡潔に上述したように、対応する入力および出力の各信号を半導体ダイ１２上に含まれる回路とやり取りするために、半導体ダイ１２の第２のすなわち上部表面３８には、１つまたは複数の追加の接触パッドまたはＩ／Ｏパッド（図示せず）を設けてもよい。しかしながら、Ｉ／Ｏパッドならびにかかる Ｉ／Ｏパッドを形成するための工程は当該技術分野で周知であり、かつかかるパッドおよび形成工程の詳細な説明は、本発明の理解または実施に必要ないため、半導体ダイ１２の上部表面３８上に設けられるＩ／Ｏパッドについては、本明細書ではこれ以上詳細に説明しない。

【００２１】

半導体ダイ１２を収容するためのパッケージ基板１６は、図３に最もよく示されており、略矩形状の部材を備えうるが、他の形状も可能である。あるいは、パッケージ基板１６はさらに、上述したマルチチップモジュール（ＭＣＭ）構造に関連するタイプを含んでいてもよい。いずれの場合でも、かつ特定の構成または意図する用途に関係なく、パッケージ基板１６には、パッケージ基板１６内に収容すべき半導体ダイ１２を収容するよう採寸された凹形エリアすなわち「窓」１８を設けることができる。パッケージ基板１６には、また、半導体ダイ１２の下部表面３６上に設けられる接触パッド１４と実質的に位置合わせされるように、窓１８内に採寸され、間隔があけられた１つまたは複数のリードパッド２０を設けることができる。半導体ダイ１２上に設けられた接触パッド１４の場合のように、パッケージ基板１６上に含まれるリードパッド２０は、コイルばね２２との電気的な接続に適した導電性表面または「パッド」を提供するために、金属化することができる。パッケージ基板１６に含まれる金属化されたリードパッド２０を形成するために、広範な工程のいずれかに従って蒸着された広範なあらゆる金属および合金を使用することができる。結果として、本発明は、特定の金属材料を含み、特定の工程に従って形成されたリードパッド２０に限定されるものと見なされるべきではない。しかしながら、例として、好ましい一実施形態では、パッケージ基板１６上に設けられるリードパッド２０は、ニッケルと金の合金を含んでいてもよく、また、メッキ工程に従って形成されてもよい。

【００２２】

パッケージ基板１６には、また、任意の数の追加リード（図示せず）、たとえば、上述した方法で、半導体ダイ１２の上部表面３８上に設けられる各種Ｉ／Ｏパッド（図示せず）との接続に適したリード等を設けることができる。しかしながら、このような半導体パッケージは当該技術分野では周知であり、本発明の教示に精通した後、当業者により容易に製造することが可能であるため、本発明の好ましい一実施形態に利用できる特定の半導体パッケージ１６については、本明細書ではこれ以上詳細に説明しない。

【００２３】

半導体デバイスアセンブリ１０には、半導体ダイ１２上の接触パッド１４とパッケージ基板１６上に設けられる対応するリードパッド２０とを電気的に接続するコイルばね２２が１つまたは複数備えられる。たとえば、図２に示す実施形態においては、半導体ダイ１２の下部表面３６には、略「＋」記号の形態に配置された４つの別個の接触パッド１４が設けられている。あるいは、より詳細には後述するように、他の配置も可能である。各接触パッド１４は、長さ４０および幅４２を有している。好ましい一実施形態においては、各接触パッド１４の幅４２は、実質的に図２に示すように並んで配置される２個のコイルばね２２を収容するのに十分である。パッケージ基板１６上に設けられる対応するリードパッド２０は、半導体ダイ１２上の接触パッド１４と略同じサイズおよび形状であることが好ましいため、半導体ダイ１２上の接触パッド１４に固定された２個のコイルばね２２も

また、パッケージ基板１６上に設けられるリードパッド２０の略全体に接触することになる。

【００２４】

説明を進める前に、半導体ダイ１２上に設けられた接触パッド１４には、任意の都合のよい数の個々のコイル３４を有する任意の数のコイルばね２２が設けられうることに留意されたい。一般的に言えば、別個のコイルばね２２の数、コイルばね２２当たりのコイル３４の数、およびばねのワイヤ２４のサイズ（すなわち、直径）は、コイルばね２２が特定の半導体ダイ１２に必要な電流を供給できるように、選択すべきである。すなわち、コイルばね２２の各コイル３４は、リードパッド２０と接触パッド１４との間に２本の電流パスを提供するため、本発明の実施を望む場合には、各コイル３４が、過熱の危険なく、予期される電流のうちそこを通るよう割り当てられる電流を安全に通すことができるように、上記パラメータ（たとえば、コイルばね２２の数、コイルばね２２当たりのコイル３４の数、およびばねのワイヤサイズ）を選択すべきである。

【００２５】

例として、かつ本発明の範囲を限定することなく、好ましい一実施形態においては、各コイルばね２２は、直径の範囲が約２０ミクロン～約３０ミクロン（２５ミクロンが好ましい）のワイヤ２４から形成される。コイルばね２２は、各コイル３４の直径が約１００ミクロン～約１５０ミクロン（１２５ミクロンが好ましい）の範囲である状態で、１ミリ当たり約１０個のコイル３４を含むように形成することができる。

【００２６】

また、コイルばね２２が製造されるワイヤ２４を構成する特定の材料は、少なくとも冶金学の観点から、金属化された接触パッド１４およびリードパッド２０をそれぞれ形成する材料と相溶性があるものを選択すべきであることにも留意されたい。金属化された接触パッド１４およびリードパッド２０の形成、ならびにコイルばね２２の形成に、広範な金属および合金を利用することができ、かつ当業者は冶金的に相容性である材料とそうでない材料を容易に認識するため、本発明は、特定の材料または材料の組み合わせに限定されるものと見なされるべきではない。しかしながら、例として、好ましい一実施形態では、コイルばね２２の形成に使用されるワイヤ２４は、金を含有しうる。

【００２７】

次に、説明を続け、主に図１を参照して、各コイルばね２２は、他のコイルばねと本質的に同一であってよく、かつ近位端２６および遠位端２８を有する連続ワイヤ２４から構成されうる。ワイヤ２４は、従来のコイルばねのようにしてばねの軸３０の周囲に螺旋状に巻回され、好ましい一実施形態では、ワイヤボンディングマシン（図示せず）によって「オンザフライ」で形成される。ばね形成工程における第１のステップは、ワイヤ２４の近位端２６を半導体ダイ１２上の接触パッド１４に取り付けることである。ワイヤ２４の近位端２６は、当該技術分野において周知の従来の工程のいずれか（たとえば、熱圧着または熱音波接合等）あるいは将来開発されうる工程に従って、ワイヤボンディングマシン（図示せず）で接触パッド１４に取り付けてもよい。ワイヤ２４の近位端２６が首尾よく接触パッド１４に接合された後、ワイヤボンディングマシンの毛細管（図示せず）が必要に応じて三次元に移動し、コイルばね２２の最初のループすなわちコイル３２を形成する。ワイヤボンディングマシンの毛細管は三次元に移動可能であり、かつその動きは通常コンピュータ制御されるため、ユーザ（図示せず）が、コイルばね２２の様々なループすなわちコイル３４を形成するようにワイヤボンディングマシンをプログラムすることは簡単である。すなわち、当業者は、本発明の教示に精通した後、コイルばね２２のコイル３４を形成するようワイヤボンディングマシンを容易にプログラムできることから、コイルばね２２のコイル３４を形成するために、一台の特定のワイヤボンディングマシンで使用しうる特定のプロセスについてはさらに詳細に後述しない。

【００２８】

また、最初のコイル３２は、形成後に、任意の都合のよいボンディング工程により（たとえば、熱圧着または熱音波接合により）、半導体ダイ１２上の接触パッド１４に取り付け

られうる。ワイヤボンディングマシン（図示せず）は、コイルばね２２の個々のループすなわちコイル３４を形成し続けて、個々のコイル３４をそれぞれ、半導体ダイ１２上の接触パッド１４に取り付けることが可能である。十分な数のコイル３４が接触パッド１４上に設置された後、ワイヤボンディングマシンは、最後のボンディングの後でワイヤ２４を切断することにより、コイルばね２２の遠位端２８を形成することができる。

【００２９】

簡潔に上述したように、コイルばね２２を形成して、コイル３４をコイルばね２２の軸３０に対して同じ方向に傾斜させることが一般的には望ましいが、必ずしも必要なことではない。すなわち、個々のコイル３４すべてがコイルばね２２の軸３０に対して常に同じ方向に傾いている。たとえば、図１に示す実施形態では、コイルが左から右へ概して下方に傾斜するように、各コイル３４が軸３０に対して傾いている。コイル３４が傾斜していないと、コイル３４の「前」部（すなわち、観察者に最も近いコイルの部分）がある方向に傾斜する一方で、コイルの「後」部（すなわち、前部の背後にあるコイルの部分）が反対方向に傾斜してしまう。このように傾斜するようコイルばね２２を形成することで、コイルばね２２を横断方向すなわち横方向（矢印４４で示す）により容易に圧縮して、所望の「予荷重」を生成することができるようになる。上述したように、コイルばね２２の横方向４４での予荷重により、コイルばね２２のほとんどすべてのコイル３４がパッケージ基板１６上のリードパッド２０と確実に接触するようになる。コイルばね２２にもたらされる傾斜の量（すなわち、傾斜角４６）は、特に重要ではなく、広範な傾斜角の任意のものを本発明の範囲内にあるものとして見なすことができる。例として、好ましい一実施形態では、傾斜角４６は、約４５度～約７５度の範囲で選択しうる。

【００３０】

所望の数のコイルばね２２を形成して、半導体ダイ１２の接触パッド１４に固定した後、半導体ダイ１２をパッケージ基板１６にマウントして、本発明による完全な半導体デバイスアセンブリ１０を形成することができる。マウント工程の第１のステップは、パッケージ基板１６の窓１８内に半導体ダイ１２を配置することである。このステップは、チャック（図示せず）等の、半導体ダイを対応するパッケージの窓に配置するための当該技術分野で周知の機器および装置の助けにより、実施可能である。半導体ダイ１２が窓１８内に配置されると、半導体ダイ１２上に設けられたコイルばね２２がパッケージ基板１６上に設けられた対応するリードパッド２０に接触する。そして、半導体ダイ１２を窓１８内に配置するために使用される装置（たとえば、チャック）は半導体ダイ１２をパッケージ基板１６の方に付勢して、コイルばね２２にわずかな量の「予荷重」をかける。予荷重は、コイルばね２２のほとんどすべてのループすなわちコイル３４が、接触パッド１４およびリードパッド２０と良好に確実に電気的に接続するよう助ける。その後、広範なダイ取り付け材料のうちいずれか（図示せず）、たとえばエポキシ、あるいはポリイミドまたはシリコンの接着剤を、半導体ダイ１２とパッケージ基板１６との間に注入する。ダイ取り付け材料は半導体ダイ１２をパッケージ基板１６内に固定し、それによって、コイルばね２２に対する予荷重が確実に保持されるようにする。あるいは、当業者にとって、本発明の教示に精通した後、自明であるように、ダイ取り付け材料を適用する他の方法も使用可能である。たとえば、半導体ダイ１２を窓１８内の所定位置に移動する前に、ダイ取り付け材料をパッケージ基板１６上に塗布してもよい。いずれの場合でも、半導体ダイ１２が窓１８内に固定された後、半導体ダイ１２に含まれる残りのＩ／Ｏパッド（図示せず）は、当該技術分野で周知の広範な工程のうちいずれか（たとえば、ワイヤボンディング）または将来開発されうる工程に従って、パッケージ基板１６上に設けられた適切なリード（図示せず）に取り付けることができる。

【００３１】

上述したように、接触パッド１４をリードパッド２０に電気的に接続させるために用いられるコイルばね２２は、ワイヤボンディングマシンにより「オンザフライ」で形成することができる。しかしながら、他の構成も可能である。たとえば、ここで図４を参照して、半導体デバイスアセンブリの第２の実施形態１１０には、予め形成されたコイルばね１２

２が設けられる。そして、この予め形成されたコイルばね１２２は、半導体ダイ１１２上に設けられた接触パッド１１４に取り付けられる。図４に示された実施形態では、近位端１２６および遠位端１２８のみが接触パッド１１４に接合される。残りのコイル１３４は、コイルばね１２２をわずかに圧縮して、第１の実施形態に関して上述した予荷重を形成することで、接触パッド１１４およびパッケージ基板１１６上に含まれるリードパッド１２０の両方に対して付勢される。予め形成されたコイルばね１２２の近位端１２６および遠位端１２８は、現在当該技術分野で周知の広範な工程のうちいずれか（たとえば、熱音波接合または熱圧着）またはかかる材料を接合するために将来開発されうる工程によって、接触パッド１１４に接合することができる。

【００３２】

さらに他の構成も可能である。たとえば、半導体デバイスアセンブリの第３の実施形態２１０も、図５に最もよく示されているように、予め形成されたコイルばね２２２が設けられる。しかしながら、この第３の実施形態２１０においては、予め形成されたコイルばね２２２は、別個のボンディングワイヤ２２３により、半導体ダイ２１２上の接触パッド２１４に取り付けられる。ボンディングワイヤ２２３は、コイルばね２２２の軸２３０と略平行になるように、コイルばね２２２の各コイル２３４を通って延出する。ボンディングワイヤ２２３の近位端２２７および遠位端２２９は、広範な工程のうちいずれか、たとえば超音波接合または熱圧着技術等により、半導体ダイ２１２上の接触パッド２１４に接合される。コイルばね２２２の各コイル２３４は接触パッド２１４またはパッケージ基板２１６上に含まれるリードパッド２２０のいずれにも個々には接合されないため、通常、半導体デバイスアセンブリ２１０の組立中に、コイルばね２２２をわずかに圧縮して、上述した予荷重を生成する必要がある。ばねに対する予荷重の助けにより、コイルばね２２２の個々のコイル２３４それぞれが接触パッド２１４およびリードパッド２２０それぞれと良好に確実に電気的に接触することができる。

【００３３】

最後に、かつ上述したように、半導体ダイ（たとえば、１２）上に設けられる各接触パッド（たとえば、１４）は、広範な構成のいずれを含んでもよい。たとえば、ここで図６を参照して、半導体ダイの他の実施形態３１２は、実質的に図６に示すように配置された個々の接触パッド３１４を８個備えている。単一のコイルばね３２２が、接触パッド３１４それぞれに設けられる（明確にするため、単一のコイルばね３２２のみを図６に示す）。勿論、リードパッド（図示せず）が半導体ダイ３１２上に設けられた対応する接触パッド３１４と実質的に位置合わせされるように、対応するパッケージ基板（図示せず）上に設けられたリードパッド（図示せず）は同様の構成に配置される。各接触パッド３１４上に設けられるコイルばね３２２は、図示しかつ上述したいずれの実施形態のものであってもよい。

【００３４】

本明細書に記載した本発明の概念は、様々に異なった態様で具現化されてもよいものであり、前記の特許請求の範囲は、従来技術によって制限される以外、本発明の代替的なの実施形態を含むよう構築されるよう意図されている。

【００３５】

以下に、本発明の実施形態を要約しておく。

１．少なくとも１つの接触パッド（１４）を有する半導体ダイ（１２）と、

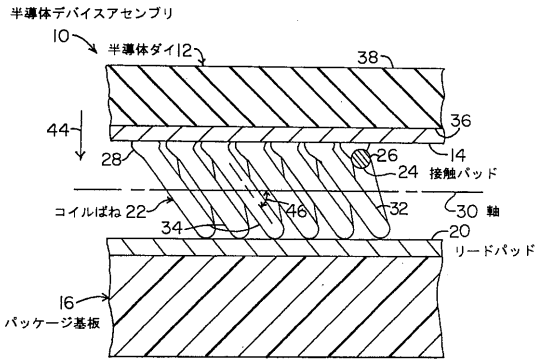
少なくとも１つのリードパッド（２０）を有するパッケージ基板（１６）であって、前記半導体ダイ（１２）が該パッケージ基板（１６）上に配置されるとき、前記半導体ダイ（１２）上の前記接触パッド（１４）が該パッケージ基板（１６）上の前記リードパッド（２０）と実質的に位置合わせされるよう、前記半導体ダイ（１２）を収容するように採寸された該パッケージ基板（１６）と、

軸（３０）を有するコイルばね（２２）であって、該コイルばね（２２）の軸（３０）が前記半導体ダイ（１２）上に含まれる前記接触パッド（１４）および前記パッケージ基板（１６）上に含まれる前記リードパッド（２０）と略平行になるように、前記半導体ダイ

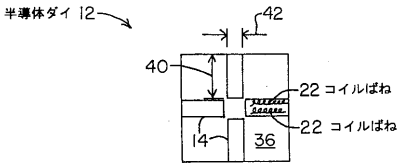
（１２）上の前記接触パッド（１４）と前記パッケージ基板（１６）上の前記リードパッド（２０）との間に配置された該コイルばね（２２）と、
を備えてなることを特徴とする半導体デバイスアセンブリ（１０）。
【００３６】
２．前記コイルばね（２２）は、前記半導体ダイ（１２）上の前記接触パッド（１４）に取り付けられていることを特徴とする前記１に記載の半導体デバイスアセンブリ（１０）。
【００３７】
３．前記半導体ダイ（１２）は、上部表面（３８）および下部表面（３６）を有し、前記接触パッド（１４）は、前記半導体ダイ（１２）の下部表面（３６）上に配置されていることを特徴とする前記１または２に記載の半導体デバイスアセンブリ（１０）。
【００３８】
４．第１の側（３６）および第２の側（３８）を有する略平坦な基板と、
前記第１の側（３６）に配置された接触パッド（１４）と、
軸（３０）を有するコイルばね（２２）であって、該コイルばね（２２）の前記軸（３０）が前記第１の側（３６）と略平行になるように、前記接触パッド（１４）に取り付けられたコイルばね（２２）と、
を備えてなることを特徴とする半導体ダイ（１２）。
【００３９】
５．前記コイルばね（２２）は近位端（２６）および遠位端（２８）を有し、前記コイルばね（２２）の前記近位端（２６）は第１の位置において前記接触パッド（１４）に取り付けられており、前記コイルばね（２２）の前記遠位端（２８）は第２の位置において前記接触パッド（１４）に取り付けられていることを特徴とする前記４に記載の半導体ダイ（１２）。
【００４０】
６．前記コイルばね（２２）は少なくとも１つのコイル（３４）を有し、該コイル（３４）は、前記接触パッド（１４）に取り付けられていることを特徴とする前記４または５に記載の半導体ダイ（１２）。
【００４１】
７．前記コイルばね（２２）は、近位端（２６）と、遠位端（２８）と、少なくとも１つのコイル（３４）とを有し、前記半導体ダイ（１２）は、さらに、近位端（２２７）および遠位端（２２９）を有し、前記コイルばね（２２）の前記軸（３０）に沿って、前記コイルばね（２２）の前記コイル（３４）を通って延出するボンディングワイヤ（２２３）を備え、該ボンディングワイヤ（２２３）の前記近位端（２２７）および遠位端（２２９）は、前記接触パッド（１４）に取り付けられ、前記ボンディングワイヤ（２２３）は、前記コイルばね（２２）を前記接触パッド（１４）に固定していることを特徴とする前記４、５、または６に記載の半導体ダイ（１２）。
【００４２】
８．半導体ダイ（１２）上の接触パッド（１４）をパッケージ基板（１６）上のリードパッド（２０）に接続するパッド接続方法であって、
少なくとも１つのコイル（３４）を有するコイルばね（２２）を前記半導体ダイ（１２）上の前記接触パッド（１４）上に位置決めするステップと、
前記コイルばね（２２）が前記パッケージ基板（１６）上の前記リードパッド（２０）と実質的に位置合わせされるように、前記半導体ダイ（１２）を前記パッケージ基板（１６）に隣接して配置するステップと、
前記半導体ダイ（１２）および前記パッケージ基板（１６）を共に付勢して、前記コイルばね（２２）を圧縮し、予荷重状態を作り出すステップと、
前記半導体ダイ（１２）を前記パッケージ基板（１６）に対して固定位置に保持して、前記予荷重状態を維持するステップと、
を備えてなることを特徴とするパッド接続方法。

【００４３】
９．接触パッド（１４）上にコイルばね（２２）を形成するコイルばね形成方法であって、
（ａ）ワイヤ（２４）の近位端（２６）を前記接触パッド（１４）に取り付けるステップと、
（ｂ）前記ワイヤ（２４）を三次元空間に移動して、前記接触パッド（１４）から略外側に延出する第１のコイル（３２）を形成するステップと、
（ｃ）前記ワイヤ（２４）を前記接触パッド（１４）に取り付けるステップと、
を備えてなることを特徴とするコイルばね形成方法。
【００４４】
１０．さらに、（ｄ）前記ワイヤ（２４）を三次元空間に移動して、前記接触パッド（１４）から略外側に延出する次のコイル（３４）を形成するステップと、
（ｅ）前記ワイヤ（２４）を前記接触パッド（１４）に取り付けるステップと、
（ｆ）前記ステップ（ｄ）および（ｅ）を繰り返して、所望の数のコイル（３４）を有するコイルばね（２２）を形成するステップと、
を備えていることを特徴とする前記９に記載のコイルばね形成方法。
【００４５】
【発明の効果】
上述した説明から明らかなように、本発明の半導体デバイスアセンブリによれば、より新しく、より高いパワーの半導体デバイスに必要な比較的高い電流を提供可能であると同時に、抵抗性電力損失ならびに現在利用可能な並列ボンディングワイヤ構造に通常関連する高インダクタンス、信号クロストーク、および静電容量効果に起因する問題を最小限に抑えることができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明による半導体デバイスアセンブリの一実施形態の一部の拡大断面図である。
【図２】半導体ダイ上に形成される複数の接触パッドの位置および向きを示す、該半導体ダイの片側の平面図である。
【図３】パッケージ基板の窓と、その上に形成される複数のリードパッドの位置および向きを示す、該パッケージ基板の平面図である。
【図４】本発明による半導体デバイスアセンブリの第２の実施形態の一部の拡大断面図である。
【図５】本発明による半導体デバイスアセンブリの第３の実施形態の一部の拡大断面図である。
【図６】半導体ダイ上に形成される接触パッドの代替的な配置を有する該半導体ダイの片側の平面図である。
【符号の説明】
１０　半導体デバイスアセンブリ
１２　半導体ダイ
１４　接触パッド
１６　パッケージ基板
２０　リードパッド
２２　コイルばね
３０　軸

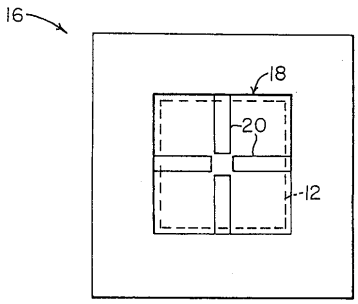
【図１】



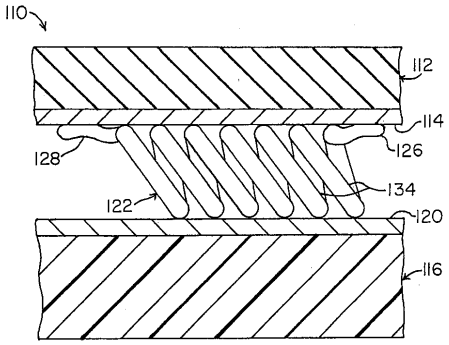
【図２】



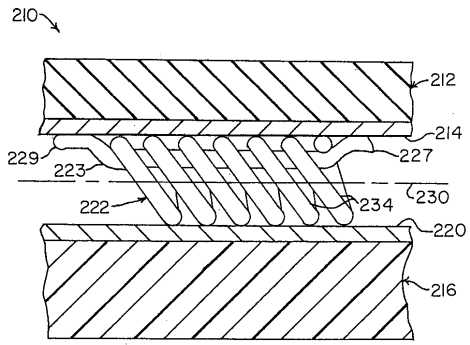
【図３】



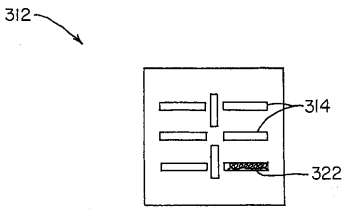
【図４】



【図５】



【図６】



フロントページの続き

(72)発明者　デイヴィッド・エム・チャスタイン
アメリカ合衆国　テキサス州,　プラノ,　セレナーデ・サークル　１２０８

審査官　田中　永一

(56)参考文献　特開平０９－１３４９７６（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－０６５１３７（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２６０８５６（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－００５６０７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
H01L 21/60　311
H01L 21/60　321