

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2025-512239
(P2025-512239A)

(43)公表日 令和7年4月17日(2025.4.17)

(51)国際特許分類
H 0 1 L 21/60 (2006.01)

F I
H 0 1 L 21/60 3 0 1 D

テーマコード (参考)
5 F 0 4 4

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全19頁)

(21)出願番号	特願2024-550230(P2024-550230)	(71)出願人	506395943 クリック アンド ソファ インダスト リーズ、インク。 アメリカ合衆国、1 9 0 3 4 ペンシル バニア州、フォート ワシントン、パー ジニア ドライブ 1 0 0 5
(86)(22)出願日	令和5年3月23日(2023.3.23)	(74)代理人	100104411 弁理士 矢口 太郎
(85)翻訳文提出日	令和6年8月23日(2024.8.23)	(72)発明者	ミルトン、バジル アメリカ合衆国、1 9 0 3 4 ペンシル バニア州、フォート ワシントン、パー ジニア ドライブ 1 0 0 5
(86)国際出願番号	PCT/US2023/015989	(72)発明者	チン、ウェイ アメリカ合衆国、1 9 0 3 4 ペンシル バニア州、フォート ワシントン、パー ジニア ドライブ 1 0 0 5
(87)国際公開番号	WO2023/200565		
(87)国際公開日	令和5年10月19日(2023.10.19)		
(31)優先権主張番号	63/331,130		
(32)優先日	令和4年4月14日(2022.4.14)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(81)指定国・地域	AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW), EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES, FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV 最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ワイヤーボンディング装置上でワイヤーループの高さおよび高さプロファイルを決定する
方法

(57)【要約】

【要約】

ワイヤーボンディング装置上でワイヤーループの高さ
値を決定する方法が提供される。前記方法は、(a)ワ
イヤーボンディング装置上のイメージングシステムを用
いてワイヤーループの少なくとも一部を撮像して、当該
ワイヤーループの一部の経路を検出する工程と、(b)
前記経路にある前記ワイヤーループの第1の接触部分に
向かってワイヤーボンディングツールを移動させる工程
と、(c)前記ワイヤーボンディングツールと係合され
た導電性ワイヤーの一部が前記ワイヤーループの前記第
1の接触部分に接触したときを検出する工程と、(d)
前記導電性ワイヤーの一部が前記ワイヤーループの前記
第1の接触部分に接触したときの前記ワイヤーボンディ
ングツールの位置に基づいて前記第1の接触部分での前
記ワイヤーループの高さ値を決定する工程とを含む。

【選択図】 図5

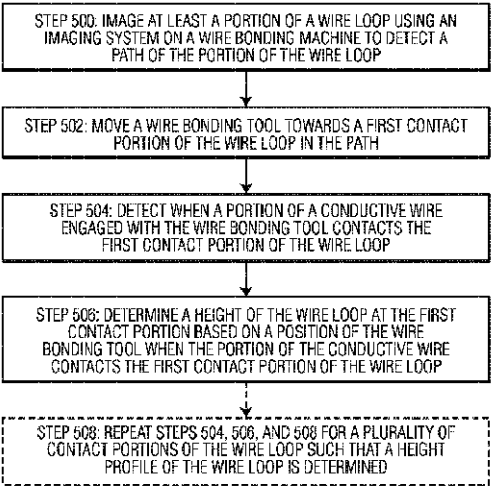


FIG. 5

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ワイヤーボンディング装置上でワイヤーループの高さ値を決定する方法であって、

(A) ワイヤーボンディング装置上のイメージングシステムを用いてワイヤーループの少なくとも一部を撮像して、当該ワイヤーループの一部の経路を検出する工程と、

(b) 前記経路にある前記ワイヤーループの第 1 の接触部分に向かってワイヤーボンディングツールを移動させる工程と、

(c) 前記ワイヤーボンディングツールと係合された導電性ワイヤーの一部が前記ワイヤーループの前記第 1 の接触部分に接触したときを検出する工程と、

(d) 前記導電性ワイヤーの一部が前記ワイヤーループの前記第 1 の接触部分に接触したときの前記ワイヤーボンディングツールの位置に基づいて前記第 1 の接触部分での前記ワイヤーループの高さ値を決定する工程と

を有する方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法において、さらに、(e) 工程 (b)、(c)、および (d) を繰り返す工程であって、前記ワイヤーループの複数の追加の接触部分に対して工程 (b)、(c)、および (d) を繰り返し、それにより、複数の高さ値が決定されるものである、前記繰り返す工程を有する、方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の方法において、前記ワイヤーループの前記複数の接触部分は、前記ワイヤーループの第 1 のボンディング点と前記ワイヤーループの第 2 のボンディング点との間に所定の増分間隔で配置されるものである、方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の方法において、前記導電性ワイヤーの一部は前記ボンディングツールの先端部に着座されたフリーエアボールである、方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法において、工程 (c) は、(i) 前記ワイヤーループの前記第 1 の接触部分と (i i) 前記導電性ワイヤーの一部との間に導電経路が確立されたときを検出することを含むものである、方法。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の方法において、工程 (a) は、前記イメージングシステムを用いて前記ワイヤーループの全長を撮像することを含むものである、方法。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の方法において、工程 (a) は、前記イメージングシステムの単一視野において前記ワイヤーループの全長を撮像することを含むものである、方法。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の方法において、工程 (a) は、前記イメージングシステムの複数の視野において前記ワイヤーループの全長を撮像することを含むものである、方法。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の方法において、工程 (a) は、前記イメージングシステムを用いて前記ワイヤーループの一部のみを撮像することを含むものである、方法。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の方法において、前記イメージングシステムを用いて撮像される前記ワイヤーループの一部は前記ワイヤーループの高点を含むものである、方法。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の方法において、前記第 1 の接触部分は前記ワイヤーループの高点にある、方法。

【請求項 12】

請求項 1 に記載の方法において、工程 (a) での前記撮像は、ワイヤーの揺れを含む前記ワイヤーループの一部の経路を検出するものである、方法。

10

20

30

40

50

【請求項 1 3】

ワイヤーボンディング装置上でワイヤーループの高さプロファイルを決定する方法であって、

(a) ワイヤーボンディング装置上のイメージングシステムを用いてワイヤーループの少なくとも一部を撮像して、当該ワイヤーループの一部の経路を検出する工程と、

(b) 前記経路にある前記ワイヤーループの第 1 の接触部分に向かってワイヤーボンディングツールを移動させる工程と、

(c) 前記ワイヤーボンディングツールと係合された導電性ワイヤーの一部が前記ワイヤーループの前記第 1 の接触部分に接触したときを検出する工程と、

(d) 前記導電性ワイヤーの一部が前記ワイヤーループの前記第 1 の接触部分に接触したときの前記ワイヤーボンディングツールの位置に基づいて前記第 1 の接触部分での前記ワイヤーループの高さ値を決定する工程と、

(e) 工程 (b)、(c)、および (d) を繰り返す工程であって、前記ワイヤーループの複数の追加の接触部分に対して工程 (b)、(c)、および (d) を繰り返し、それにより、複数の高さ値が決定されるものである、前記繰り返す工程と

を有する、方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の方法において、前記第 1 の接触部および前記複数の追加の接触部分は、前記ワイヤーループの第 1 のボンディング点と前記ワイヤーループの第 2 のボンディング点との間に所定の増分間隔で配置されるものである、方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 3 に記載の方法において、前記導電性ワイヤーの一部は、前記ボンディングツールの先端部に着座されたフリーエアボールである、方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 3 に記載の方法において、工程 (b) は、(a) 前記ワイヤーループの前記第 1 の接触部分と (b) 前記導電性ワイヤーの一部との間に導電経路が確立されたときを検出することを含むものである、方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 3 に記載の方法において、工程 (a) は、前記イメージングシステムの単一視野において前記ワイヤーループの全長を撮像することを含むものである、方法。

【請求項 1 8】

請求項 1 3 に記載の方法において、工程 (a) は、前記イメージングシステムの複数の視野において前記ワイヤーループの全長を撮像することを含むものである、方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 3 に記載の方法において、前記第 1 の接触部分は前記ワイヤーループの高点にある、方法。

【請求項 2 0】

請求項 1 3 に記載の方法において、工程 (a) での前記撮像は、ワイヤーの揺れを含む前記ワイヤーループの一部の経路を検出するものである、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

関連出願の相互参照

この出願は、2022 年 4 月 14 日に提出された米国仮出願第 63 / 331, 130 号の利益を主張するものであり、その内容は参照により本明細書に組み込まれる。

【0 0 0 2】

本発明は、ワイヤーボンディング操作に関し、特に、ワイヤーボンディング装置上でワイヤーループの高さ値および高さプロファイルを決定する方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 3】

半導体デバイスの処理およびパッケージングにおいて、ワイヤーボンディングは現在もパッケージ内の2つの位置間（例えば、半導体ダイのダイパッドとリードフレームのリード間など）の電氣的相互接続を提供する主な方法である。より具体的には、（ワイヤーボンディング装置としても知られる）ワイヤーボンダーを用いて、電氣的相互接続がなされる各位置間にワイヤーループが形成される。ワイヤーループを形成する主な方法はボールボンディングとウェットボンディングである。（a）ワイヤーループの端部と（b）接合部位（例えば、ダイパッド、リードなど）との間の接合を形成する際、例えば、超音波エネルギー、熱超音波エネルギー、熱圧縮エネルギーなどを含む様々な種類の接合エネルギーを用いることができる。また、ワイヤーボンディング装置（例えば、スタッドバンピング装置など）はワイヤーの一部から導電性バンプを形成するのにも用いられる。

10

【0004】

多くの場合、ワイヤーループの高さ（例えば、最大高さ、またはワイヤーループの長さに沿った特定の位置での他の高さなど）を知ることが望ましい。国際特許出願公開第WO 2009/002345号（「ワイヤーボンディング装置上でワイヤーループの高さプロファイルを決定する方法（METHOD OF DETERMINING A HEIGHT PROFILE OF A WIRE LOOP ON A WIRE BONDING MACHINE）」と題する）には、ワイヤーループの高さ測定を行うための従来技術が記載されており、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。このような従来技術は、所望の経路に沿ったワイヤーループの高さを測定するのに用いることができるが、特定の状況では、ワイヤーループの実際の経路が所望の経路または「設計上の」経路と異なっている場合がある。例えば、ワイヤーの揺れや傾きによりワイヤーループの実際の経路が変わる可能性があり、そのため、このような従来技術による高さ測定は信頼性に欠ける。

20

【0005】

したがって、ワイヤーループの高さ、および／またはワイヤーループの高さプロファイルを決定する改良された方法を提供することが望ましい。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の例示的な実施形態によれば、ワイヤーボンディング装置上でワイヤーループの高さ値を決定する方法が提供される。前記方法は、（a）ワイヤーボンディング装置上のイメージングシステムを用いてワイヤーループの少なくとも一部を撮像して、当該ワイヤーループの一部の経路を検出する工程と、（b）前記経路にある前記ワイヤーループの第1の接触部分に向かってワイヤーボンディングツールを移動させる工程と、（c）前記ワイヤーボンディングツールと係合された導電性ワイヤーの一部が前記ワイヤーループの前記第1の接触部分に接触したときを検出する工程と、（d）前記導電性ワイヤーの一部が前記ワイヤーループの前記第1の接触部分に接触したときの前記ワイヤーボンディングツールの位置に基づいて前記第1の接触部分での前記ワイヤーループの高さ値を決定する工程とを含む。

30

【0007】

本発明の他の例示的な実施形態によれば、ワイヤーボンディング装置上でワイヤーループの高さプロファイルを決定する方法が提供される。前記方法は、（a）ワイヤーボンディング装置上のイメージングシステムを用いてワイヤーループの少なくとも一部を撮像して、当該ワイヤーループの一部の経路を検出する工程と、（b）前記経路にある前記ワイヤーループの第1の接触部分に向かってワイヤーボンディングツールを移動させる工程と、（c）前記ワイヤーボンディングツールと係合された導電性ワイヤーの一部が前記ワイヤーループの前記第1の接触部分に接触したときを検出する工程と、（d）前記導電性ワイヤーの一部が前記ワイヤーループの前記第1の接触部分に接触したときの前記ワイヤーボンディングツールの位置に基づいて前記第1の接触部分での前記ワイヤーループの高さ値を決定する工程と、（e）工程（b）、（c）、および（d）を繰り返す工程であって

40

50

、前記ワイヤーループの複数の追加の接触部分に対して工程（b）、（c）、および（d）を繰り返し、それにより、複数の高さ値が決定されるものである、前記繰り返す工程を含む。

【0008】

本発明の方法は、装置として（例えば、ワイヤーボンディング装置のインテリジェンスの一部として）、またはコンピュータ可読キャリア（例えば、ワイヤーボンディング装置に関連して用いられるコンピュータ可読キャリアなど）のコンピュータプログラム命令として実施されてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0009】

本発明は、以下の詳細な説明を添付の図面とともに一読することで最も良く理解される。一般的な方法に従い、図面の種々の機構は原寸どおりの縮尺ではない。むしろ、種々の機構の寸法は明確化のため任意に拡張または縮小されている。本図面には以下の図が含まれる。

【図1A】図1Aは、本発明の種々の例示的な実施形態を説明するのに役立つ、ワイヤーボンディング装置およびワイヤーボンディング装置上の被加工物のブロック側面図である。

【図1B】図1Bは、図1Aの被加工物の上面図である。

【図2A】図2A～図2Gは、図1Aのワイヤーボンディング装置および被加工物のブロック側面図であり、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さプロファイル

【図2B】図2A～図2Gは、図1Aのワイヤーボンディング装置および被加工物のブロック側面図であり、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さプロファイル

【図2C】図2A～図2Gは、図1Aのワイヤーボンディング装置および被加工物のブロック側面図であり、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さプロファイル

【図2D】図2A～図2Gは、図1Aのワイヤーボンディング装置および被加工物のブロック側面図であり、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さプロファイル

【図2E】図2A～図2Gは、図1Aのワイヤーボンディング装置および被加工物のブロック側面図であり、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さプロファイル

【図2F】図2A～図2Gは、図1Aのワイヤーボンディング装置および被加工物のブロック側面図であり、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さプロファイル

【図2G】図2A～図2Gは、図1Aのワイヤーボンディング装置および被加工物のブロック側面図であり、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さプロファイル

【図3A】図3A～図3Fは、図1Aのワイヤーボンディング装置および被加工物のブロック側面図であり、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さプロファイル

【図3B】図3A～図3Fは、図1Aのワイヤーボンディング装置および被加工物のブロック側面図であり、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さプロファイル

【図3C】図3A～図3Fは、図1Aのワイヤーボンディング装置および被加工物のブロック側面図であり、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さプロファイル

【図3D】図3A～図3Fは、図1Aのワイヤーボンディング装置および被加工物のブロック側面図であり、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さプロファイル

10

20

30

40

50

ルを決定する他の方法を示す。

【図 3 E】図 3 A～図 3 F は、図 1 A のワイヤーボンディング装置および被加工物のブロック側面図であり、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さプロファイルを決

定する他の方法を示す。

【図 4 A】図 4 A～図 4 B は、図 1 A のワイヤーボンディング装置および被加工物のブロック側面図であり、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さを決定する

方法を示す。

【図 4 B】図 4 A～図 4 B は、図 1 A のワイヤーボンディング装置および被加工物のブロック側面図であり、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さを決定する

方法を示す。

【図 5】図 5 は、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さを決定する方

法を示すフロー図である。

【図 6】図 6 は、本発明の例示的な実施形態におけるワイヤーループの高さプロファイル

を決定する方法を示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

当業者には理解されるように、典型的には、所望のワイヤーループの形状と実際のワイ

ヤーループの形状との間には違いがある。前述の国際特許出願公開第 WO 2009 / 00

2345 号に開示されるような技術を用いて、ループの高さ測定を完了することができる

。しかしながら、実際のワイヤーループが所望の（例えば「設計」）形状を有していない

場合、このようなループの高さ測定は非常に不正確になり得る。例えば、実際のワイヤ

ーループはワイヤーが「揺れる」か「傾く」ことがあり、その結果、 $x-y$ 平面において異

なる形状が生じることがある。

【0011】

本発明の態様は、ワイヤーボンディング装置の（例えば、ワイヤーボンディング装置上

のコンピュータと接続された）イメージングシステム（例えば、カメラ）を用いて、（ワ

イヤーの揺れやワイヤーの傾きを含む）ワイヤーループの実際の経路を決定する。イメ

ージングシステムを用いて提供される実際の経路により、実際のワイヤーループの高さを決

定することができる。

【0012】

本発明の態様は、イメージングシステムによって提供される画像を用いて、ワイヤール

ープのワイヤーの揺れおよび／またはワイヤーの傾きの欠陥を測定し、堅牢な x 軸、 y 軸

、および／または z 軸情報のフィードバックを確立し、ワイヤーループ形状の閉ループ制

御を可能にする。

【0013】

本明細書で用いられる場合、「半導体素子」という用語は、半導体チップまたはダイを

含む（または後の工程で含むように構成された）任意の構成体を指すことを意図している

。例示的な半導体素子としては、ベア半導体ダイ、基板上の半導体ダイ（例えば、リード

フレーム、PCB、キャリアなど）、パッケージ化された半導体デバイス、フリップチッ

プ半導体デバイス、基板に埋め込まれたダイ、半導体ダイの積層体、基板上の複数の半導

体ダイなどが含まれる。さらに、半導体素子は、半導体パッケージに接合されるように、

または含まれるように構成された素子（例えば、積層ダイ構成において接合されるスペ

ーサ、基板など）を含んでもよい。

【0014】

本明細書で用いられる場合、「高さ値」という用語は、ワイヤーループの一部の実際の

高さ値、またはワイヤーループの相対的な高さ値をいうことがある。

【0015】

本明細書で用いられる場合、「高さプロファイル」という用語は、ワイヤーループの長

さに沿った複数の高さ値をいう。

【0016】

ここで、図 1 A を参照すると、ワイヤーボンディング装置 100 が示されている。ワイヤーボンディング装置 100 はイメージングシステム 106（例えば、カメラなど）を搭載したボンドヘッド 102 を含む。ワイヤーボンディングツール 104 はボンドヘッド 102 によって運搬される。導電性ワイヤー 112 が、ワイヤーボンディングツール 104 を通過し、ワイヤーボンディングツール 104 の先端部に着座されたフリーエアボール（free air ball: FAB）112a で終端していることが示されている。また、ワイヤーボンディング装置 100 は（例えば、BITS システム、ボンド整合性テストシステムともいうことがある）検出システム 120 を含む。検出システム 120（コンピュータまたはコンピュータ接続を含む）は、フリーエアボール 112a とワイヤーループの一部（例えばワイヤーループ 116）との間の導電性結合または接続を検出するのに用いられる（このような導電性結合は、図 2 D ~ 図 2 G に示すワイヤークランプ 122 によって確立され得る）。半導体素子 108（例えば、半導体ダイ）が基板 110（例えば、リードフレーム）上に示されている。ワイヤーループ 116 および 118 が、（例えば、図 1 B に示すように、ボンディング位置 108a で「第 1 の接合」により）半導体素子 108 と（例えば、図 1 B に示すように、ボンディング位置 110a で「第 2 の接合」により）基板 110 との間の電氣的相互接続を提供するものとして示されている。

10

【0017】

次いで図 1 B を参照すると、ワイヤーループ 116 および 118 の電氣的相互接続が半導体素子 108 および基板 110 の上面図にさらに示されている。基板 110（例えば、リードフレーム）は複数のボンディング位置 110a（例えば、リードフレームのリード）を含む。半導体素子 108 は複数のボンディング位置 108a（例えば、接合パッド）を含む。ワイヤーループ 116 および 118 は、（「設計上の」または「シミュレートされた」ワイヤーループを示すために）「破線形式」と、または（「実際の」または「形成された」ワイヤーループを示すために）「実線形式」で示されている。

20

【0018】

次いで、図 2 A ~ 図 2 C を参照すると、イメージングシステム 106（例えば、ワイヤーボンディング装置 100 のイメージングシステム 106）が、ワイヤーループ 116 の長さに沿って撮像（例えば、「スキャン」）して、ワイヤーループ 116 の経路（例えば、x-y 平面内の経路）を取得している様子が示されている。より具体的には図 2 A を参照すると、イメージングシステム 106 は、ワイヤーループ 116 の一部、より具体的には、ワイヤーループ 116 の「頂部」を含む部分（例えば、基板 110 に対して最も高い「高さ」を有するワイヤーループの部分）を撮像している様子が示されている。また、図 2 A には、イメージングシステム 106 が半導体素子 108 の一部および／またはワイヤーループ 116 の第 1 のボンド位置を含む領域を撮像する様子が示されている。次いで図 2 B を参照すると、イメージングシステム 106 およびボンドヘッド 102 が x 軸に沿って（すなわち、+x 方向に沿って）移動されている。図 2 B には、イメージングシステム 106 がワイヤーループ 116 の他の部分、より具体的にはワイヤーループ 116 の「中央」を含む部分をスキャンしている様子が示されている。次いで図 2 C を参照すると、イメージングシステム 106 およびボンドヘッド 102 は x 軸に沿って（すなわち、+x 方向に沿って）移動されている。図 2 C には、イメージングシステム 106 がワイヤーループ 116 のさらに他の部分、より具体的にはワイヤーループ 116 の「最も外側」の部分（すなわち、+x 方向で最も遠い部分）を含む部分をスキャンしている様子が示されている。また、図 2 C には、イメージングシステム 106 が基板 110 の一部および／またはワイヤーループ 116 の第 2 のボンド位置を含む領域を撮像する様子が示されている。

30

40

【0019】

図 2 A ~ 図 2 C のイメージング操作を通じて、ワイヤーループ 116 の経路が検出される。すなわち、実際のワイヤーループ 116 は設計上のワイヤーループ 116（図 1 A ~ 図 1 B を参照）と異なる場合があるため（例えば、ワイヤーの揺れおよび／またはワイヤースweep）のため、図 2 A ~ 2 C のイメージング操作がワイヤーループ 116 の実際の経路（例えば x-y 平面における経路）を提供する

50

。この実際の経路を用いてワイヤーループ 1 6 6 の部分の高さ値を測定することができる（例えば、図 2 D～2 G を参照）。図 2 A～図 2 G では、ワイヤーループ 1 1 6 は、「設計上の」または「シミュレートされた」ワイヤーループを示すために「破線形式」と（「実際の」または「形成された」ワイヤーループを示すために）「実線形式」で示されている。より具体的には、イメージング操作を通じて決定された経路は、高さ測定中に接触するワイヤーループの位置（例えば x-y 平面におけるワイヤーループの位置）を決定するのに用いることができる。

【0020】

ここで、図 2 D～図 2 G を参照すると、（例えば、ワイヤーボンディング装置 1 0 0 の）ワイヤーボンディングツール 1 0 4 が、ワイヤーループ 1 1 6 に沿った複数の位置に沿って示されている。具体的に図 2 D を参照すると、導電性ワイヤー 1 1 2 のフリーエアボール 1 1 2 a がワイヤーループ 1 1 6 に接触するように、ワイヤーボンディングツール 1 0 4 が（例えば-z 方向に）下降されている。ワイヤーボンディングツール 1 0 4 は、（例えば、ワイヤーループ 1 1 6 の経路にある）ワイヤーループ 1 1 6 の第 1 の接触部分に向かって移動されている。ワイヤーボンディングツール 1 0 4 は、図 2 A～図 2 C に関連して上述したイメージング操作を通じて決定された位置データ（例えば、x-y 平面内の位置）を用いて、この第 1 の接触部分に向かって降下される。検出システム 1 2 0（例えば、BITS）を用いて、フリーエアボール 1 1 2 a（例えば、ワイヤーボンディングツール 1 0 4 と係合された導電性ワイヤー 1 1 2 の一部）がワイヤーループ 1 1 6 の第 1 の接触部分に接触したときを検出する。この検出は、例えば、フリーエアボール 1 1 2 a とワイヤーループ 1 1 6 の第 1 の接触部分との間の導電経路を検出することによって達成される（ここで、ワイヤークランプ 1 2 2 は、導電経路を確立するのに関連して閉位置で用いられる）（例えば、国際特許出願公開第 WO 2 0 0 9 / 0 0 2 3 4 5 号に開示される検出方法を参照）。

【0021】

フリーエアボール 1 1 2 a とワイヤーループ 1 1 6 の第 1 の接触部分との間の接触が検出された後、高さが決定される（例えば、ワイヤーボンディング装置のメモリに報告され、格納される）。例えば、第 1 の接触部分でのワイヤーループ 1 1 6 の高さは、ボンディングツールの Z 高さ（すなわち、ワイヤーボンディング操作の Z 軸または垂直軸に沿った高さ）を決定するためのワイヤーボンディングシステムの従来の構成要素である Z エンコーダを用いて決定することができる。

【0022】

次いで図 2 E を参照すると、ワイヤーボンディングツール 1 0 4 は x 軸に沿って（すなわち、+x 方向に沿って）且つ z 軸に沿って（すなわち、+z 方向に沿って）移動されている。より具体的には、ワイヤーボンディングツール 1 0 4 は、フリーエアボール 1 1 2 a がワイヤーループ 1 1 6 の「頂部」でワイヤーループ 1 1 6 と接触するように移動されている。次いで図 2 F を参照すると、ワイヤーボンディングツール 1 0 4 は x 軸に沿って（すなわち、+x 方向に沿って）且つ z 軸に沿って（すなわち、-z 方向に沿って）移動されている。より具体的には、ワイヤーボンディングツール 1 0 4 は、フリーエアボール 1 1 2 a がワイヤーループ 1 1 6 の「中央」部分でワイヤーループ 1 1 6 と接触するように移動されている。次いで図 2 G を参照すると、ワイヤーボンディングツール 1 0 4 は x 軸に沿って（すなわち、+x 方向に沿って）且つ z 軸に沿って（すなわち、-z 方向に沿って）移動されている。より具体的には、ワイヤーボンディングツール 1 0 4 は、フリーエアボール 1 1 2 a がワイヤーループ 1 1 6 の「最も外側」の部分（すなわち、+x 方向で最も遠い部分）でワイヤーループ 1 1 6 と接触するように移動されている。図 2 D～図 2 G に示す動き全体にわたり、検出システム 1 2 0 を用いて導電性ワイヤー 1 1 2 とワイヤーループ 1 1 6 間の接触を検出する。特定部分におけるワイヤーループ 1 1 6 の高さは、ワイヤーボンディングツール 1 0 4 の前記動きと、（フリーエアボール 1 1 2 a を介した）導電性ワイヤー 1 1 2 とワイヤーループ 1 1 6 間の接触の検出に基づいて決定することができる。これはワイヤーループ 1 1 6 の複数の接触部分に対して繰り返されてもよく

(例えば、ワイヤーループの複数の接触部分がワイヤーループの第1のボンディング点と当該ワイヤーループの第2のボンディング点との間に所定の増分間隔で配置されてもよく)、それにより、ワイヤーループ116の高さプロファイルが決定される。

【0023】

次いで図3A～図3Eを参照すると、図2A～図2Gで説明したプロセスと同様のプロセスが示されており、同じ要素には同じ参照番号が付けられている。しかしながら、(ワイヤーループ116が複数の視野で撮像される図2A～図2Cと比較して、)図3Aでは、ワイヤーループ116の全長がイメージングシステム106の単一の視野に撮像される。

【0024】

具体的に図3Aを参照すると、(例えば、ワイヤーボンディング装置100のイメージングシステム106などの)イメージングシステム106がワイヤーループ116全体を撮像(例えば、「スキャン」)することが示されている。したがって、図3Aに示す撮像には、ワイヤーループ116の様々な部分(例えば、ワイヤーループ116の「頂部」、第1のボンド位置にある半導体素子108に隣接する部分、第2のボンド位置にある基板に隣接する部分、半導体素子108の一部、および基板110の一部)が含まれる。

【0025】

図3Aのイメージング操作を通じて、ワイヤーループ116の経路が検出される。すなわち、実際のワイヤーループ116は(例えば、ワイヤーの揺れおよび/またはワイヤー流れのために)設計上のワイヤーループ116(図1A～図1Bを参照)と異なることがあるため、図3Aのイメージング操作がワイヤーループ116の実際の経路を提供する。この実際の経路を用いて、ワイヤーループ116の諸部分の高さ値を測定することができる(例えば、図3B～図3Eを参照)。図3A～図3Eでは、ワイヤーループ116は、「設計上の」または「シミュレートされた」ワイヤーループを示すために「破線形式」と、(「実際の」または「形成された」ワイヤーループを示すために)「実線形式」で示されている。

【0026】

次いで図3B～図3Eを参照すると、(例えば、ワイヤーボンディング装置100の)ワイヤーボンディングツール104がワイヤーループ116に沿った複数の位置に沿って示されている。具体的に図3Bを参照すると、ワイヤーボンディングツール104は、導電性ワイヤー112のフリーエアボール112aがワイヤーループ116に接触するように(例えば、-z方向に)下降されている。ワイヤーボンディングツール104は、(例えば、ワイヤーループ116の経路にある)ワイヤーループ116の第1の接触部分に向かって移動されている。検出システム120(例えば、BITS)を用いて、フリーエアボール112a(例えば、ワイヤーボンディングツール104と係合された導電性ワイヤー112の一部)がワイヤーループ116の第1の接触部分に接触したときを検出する。次いで図3Cを参照すると、ワイヤーボンディングツール104は、x軸に沿って(すなわち、+x方向に沿って)且つz軸に沿って(すなわち、+z方向に沿って)移動されている。より具体的には、ワイヤーボンディングツール104は、フリーエアボール112aがワイヤーループ116の「頂部」でワイヤーループ116と接触するように移動されている。次いで図3Dを参照すると、ワイヤーボンディングツール104はx軸に沿って(すなわち、+x方向に沿って)且つz軸に沿って(すなわち、-z方向に沿って)移動されている。より具体的には、ワイヤーボンディングツール104は、フリーエアボール112aがワイヤーループ116の「中央」部分でワイヤーループ116と接触するように移動されている。次いで図3Eを参照すると、ワイヤーボンディングツール104は、x軸に沿って(すなわち、+x方向に沿って)且つz軸に沿って(すなわち、-z方向に沿って)移動されている。より具体的には、ワイヤーボンディングツール104は、フリーエアボール112aがワイヤーループ116の「最も外側」の部分(すなわち、+x方向で最も遠い部分)でワイヤーループ116と接触するように移動されている。図3A～図3Eに示す動き全体にわたり、検出システム120を用いて(フリーエアボール112

10

20

30

40

50

aを介した)導電性ワイヤー112とワイヤーループ116間の接触を検出する。特定部分におけるワイヤーループ116の高さは、ワイヤーボンディングツール104の前記動きと、導電性ワイヤー112とワイヤーループ116間の接触の検出に基づいて決定することができる。これはワイヤーループ116の複数の接触部分に対して繰り返されてもよく(例えば、ワイヤーループの複数の接触部分がワイヤーループの第1のボンディング点と当該ワイヤーループの第2のボンディング点との間に所定の増分間隔で配置されてもよく)、それにより、ワイヤーループ116の高さプロファイルが決定される。

【0027】

本発明の特定の例示的な実施形態によれば、(複数の高さ値は「高さプロファイル」ということがあるが、ワイヤーループの経路に沿って複数の高さ値を決定することとは対照的に、)単一の高さ値のみが決定されてもよいことが理解されよう。図4A～図4Bは、ワイヤーループの経路に沿って単一の高さ値を決定するプロセスを示す。

【0028】

ここで図4A～図4Bを参照すると、図2A～図2Gおよび図3A～図3Eで説明したプロセスと同様のプロセスが示されており、同じ要素には同じ参照番号が付けられている。具体的に図4Aを参照すると、イメージングシステム106(例えば、ワイヤーボンディング装置100のイメージングシステム106)が、ワイヤーループ116の一部、具体的には、ワイヤーループ116の「頂部」を含む部分、および/または第1のボンド位置にある半導体素子108に隣接する部分を撮像(例えば、「スキャン」)していることが示されている。図4Bでは、ワイヤーボンディングツール104は、導電性ワイヤー112のフリーエアボール112aがワイヤーループ116に接触するように(例えば、 $-Z$ 方向に)降下されている。ワイヤーボンディングツール104は、(例えば、ワイヤーループ116の経路にある)ワイヤーループ116の第1の接触部分に向かって移動されている。検出システム120(例えば、BITS)を用いて、フリーエアボール112a(例えば、ワイヤーボンディングツール104と係合された導電性ワイヤー112の一部)がワイヤーループ116の第1の接触部分に接触したときを検出し、たがってワイヤーループ116の高さ値を決定する。

【0029】

図5は、ワイヤーループの高さを決定する方法を示すフロー図であり、図6は、ワイヤーループの高さプロファイルを決定する方法を示すフロー図である。当業者には理解されるように、フロー図に含まれる特定の工程は省略されてもよく、特定の追加の工程が加えられてもよく、また、工程の順序が図示された順序から変更されてもよく、それらはすべて本発明の範囲内である。

【0030】

ここで図5を参照すると、工程500で、ワイヤーボンディング装置上のイメージングシステムを用いてワイヤーループの少なくとも一部が撮像されて、当該ワイヤーループの一部の経路が検出される(例えば、図2A～図2C、図3A、および図4Aを参照)。前記ワイヤーループの一部の検出された経路は工程502で用いるための $x-y$ 平面における前記ワイヤーループの一部の位置データを提供する。工程502で、ワイヤーボンディングツールが前記経路にあるワイヤーループの第1の接触部分に向かって移動される(例えば、図2D、図3B、および図4Bを参照)。工程504で、ワイヤーボンディングツールと係合された導電性ワイヤーの一部がワイヤーループの第1の接触部分に接触したときが(例えば、検出システム120を用いて)検出される(例えば、図2D、図3B、および図4Bを参照)。工程506で、前記導電性ワイヤーの一部がワイヤーループの第1の接触部分に接触したときのワイヤーボンディングツールの位置に基づいて、第1の接触部分におけるワイヤーループの高さ値が決定される。任意選択的な工程508で、ワイヤーループの複数の接触部分に対して工程502、504、および506が繰り返され、それにより複数の高さ値が決定される(例えば、図2D～図2Gを参照)。

【0031】

次いで図6を参照すると、工程600で、ワイヤーループの少なくとも一部が、ワイヤ

ーボンディング装置のイメージングシステムを用いて撮像されて、前記ワイヤーループの一部の経路が検出される（例えば図2A～図2C、図3A、および図4Aを参照）。前記ワイヤーループの一部の検出された経路は、工程602で用いるためにx-y平面における前記ワイヤーループの一部の位置データを提供する。工程602で、ワイヤーボンディングツールが前記経路にあるワイヤーループの第1の接触部分に向かって移動される（例えば、図2D、図3B、および図4Bを参照）。工程604で、ワイヤーボンディングツールと係合された導電性ワイヤーの一部がワイヤーループの第1の接触部分に接触したときが検出される（例えば、図2D、図3B、および図4Bを参照）。工程606で、導電性ワイヤーの一部がワイヤーループの第1の接触部分に接触したときのワイヤーボンディングツールの位置に基づいて、第1の接触部分におけるワイヤーループの高さ値が決定される。工程608で、ワイヤーループの複数の接触部分に対して工程602、604、および606が繰り返され、それにより複数の高さ値が決定される。

10

【0032】

本発明は、主に特定の単純なワイヤーループ（例えば、半導体素子108上の第1のボンディング位置と基板110上の第2のボンディング位置を含むワイヤーループ116）に関して図示および説明されているが、本発明はこれに限定されるものではない。ワイヤーループは（単なる基板上の半導体要素だけでなく）任意の種類の被加工物に電氣的相互接続を提供してよい。さらに、ワイヤーループは任意の数の接合（ボンド）部分を有することができる。例えば、ワイヤーループは、2つの接合部分（例えば、ワイヤーループ116のような第1の接合と第2の接合）や、3つの接合部分などを有してもよい。さらに、ワイヤーループは単一の接合部分（例えば、導電性バンプ）を有してもよい。すなわち、本明細書で用いられる場合、「ワイヤーループ」という用語は、ワイヤーの一部を用いて形成された導電性バンプを含んでもよい（例えば、米国特許第7,188,759号を参照）。

20

【0033】

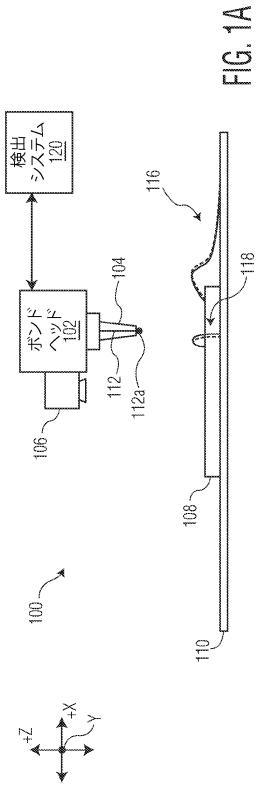
本発明を特定の実施形態を参照して本明細書で示し説明したが、本発明はその示した詳細に限定されることを意図していない。むしろ、特許請求の範囲およびその均等物の範囲内で、本発明から逸脱することなく、詳細に亘って種々の変更が可能である。

30

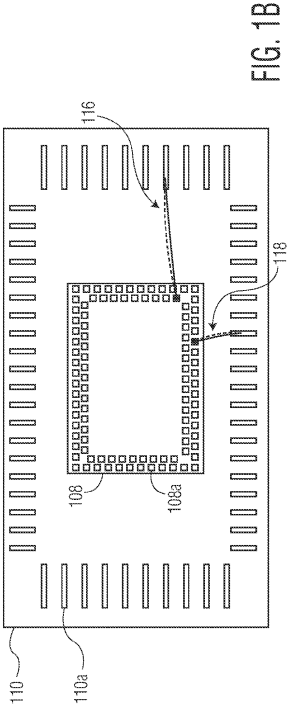
40

50

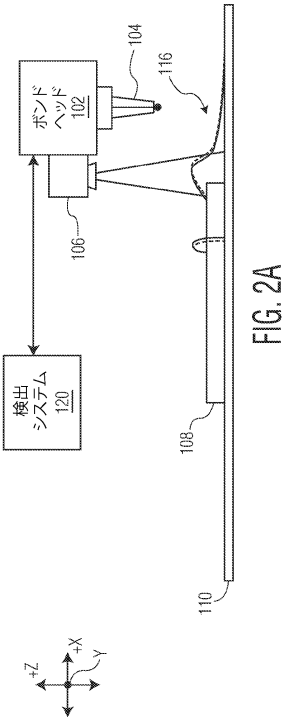
【図面】
【図 1 A】



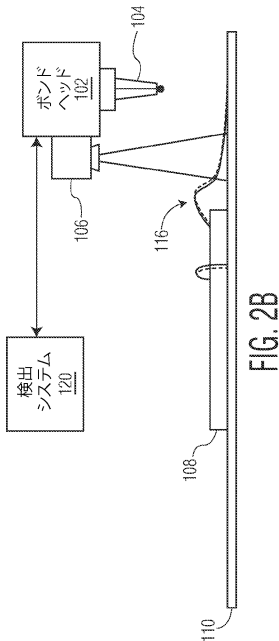
【図 1 B】



【図 2 A】



【図 2 B】



10

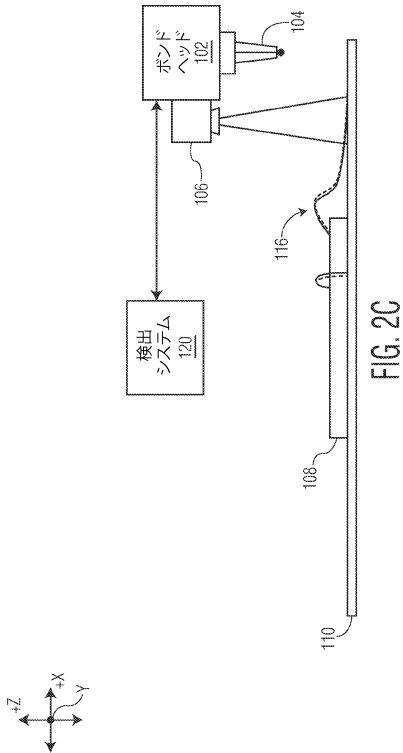
20

30

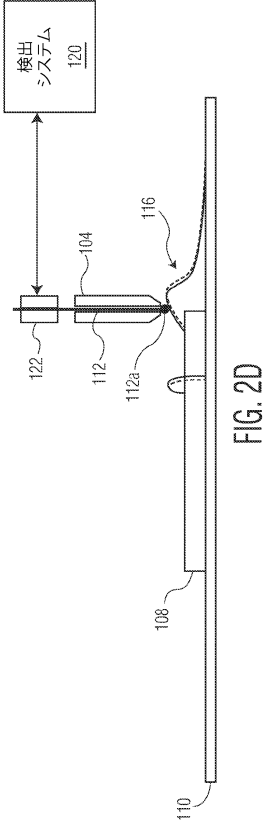
40

50

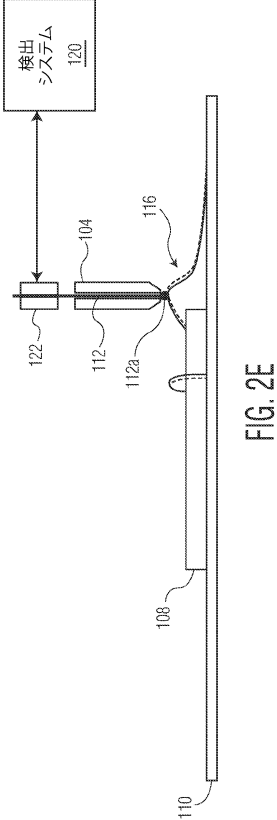
【図 2 C】



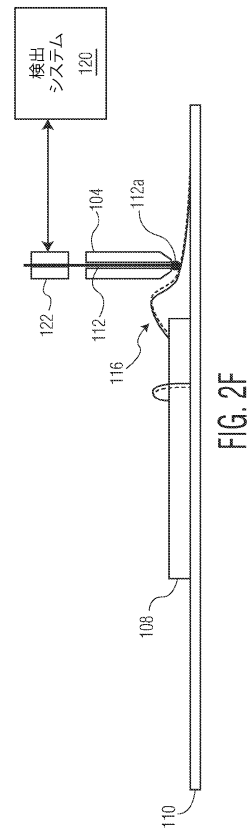
【図 2 D】



【図 2 E】



【図 2 F】



10

20

30

40

50

【図 2 G】

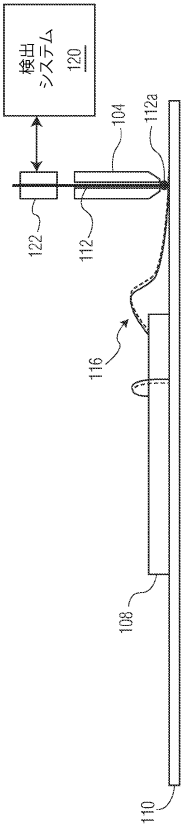


FIG. 2G

【図 3 A】

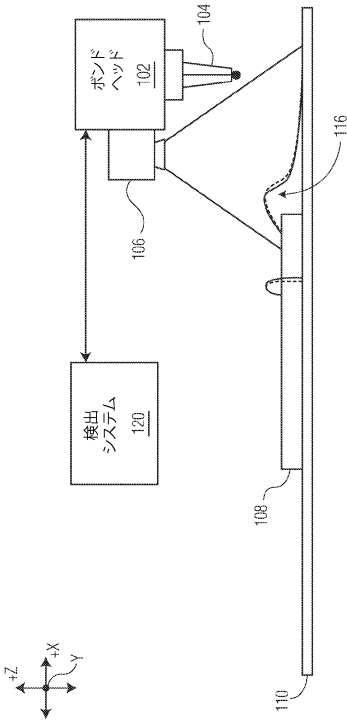


FIG. 3A

【図 3 B】

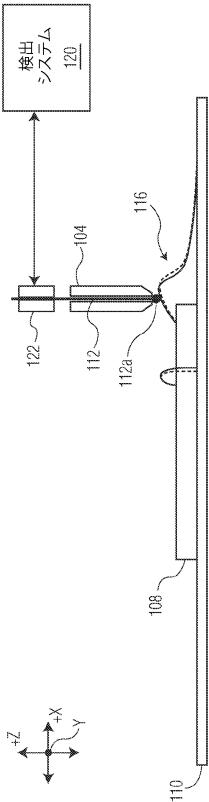


FIG. 3B

【図 3 C】

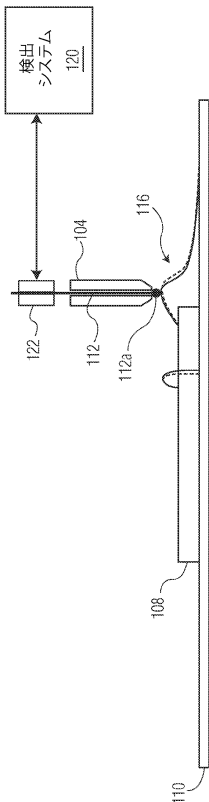


FIG. 3C

10

20

30

40

50

【図 3 D】

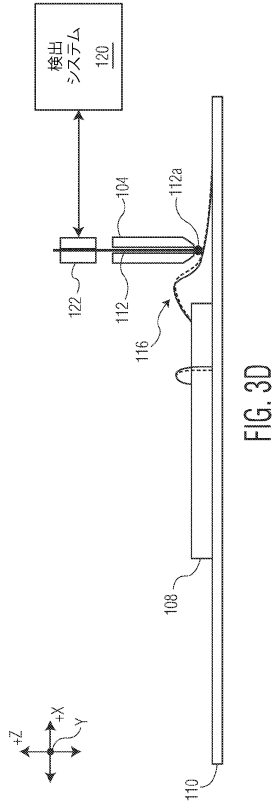


FIG. 3D

【図 3 E】

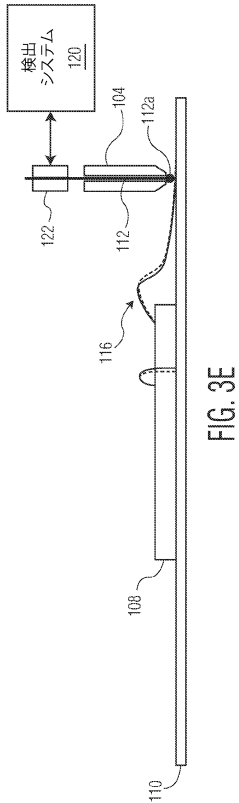


FIG. 3E

【図 4 A】

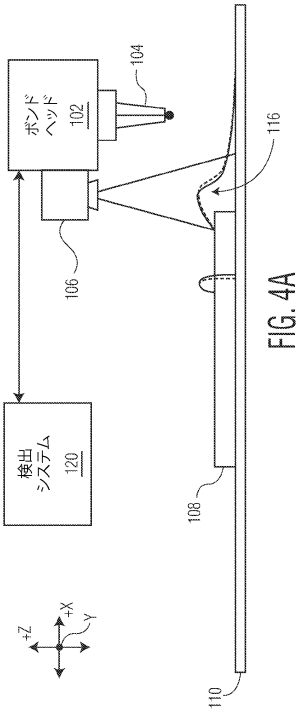


FIG. 4A

【図 4 B】

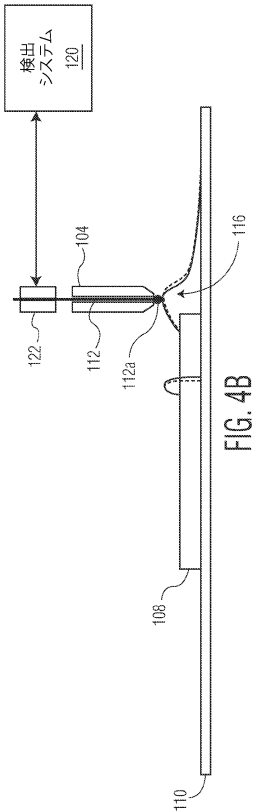


FIG. 4B

10

20

30

40

50

【図 5】

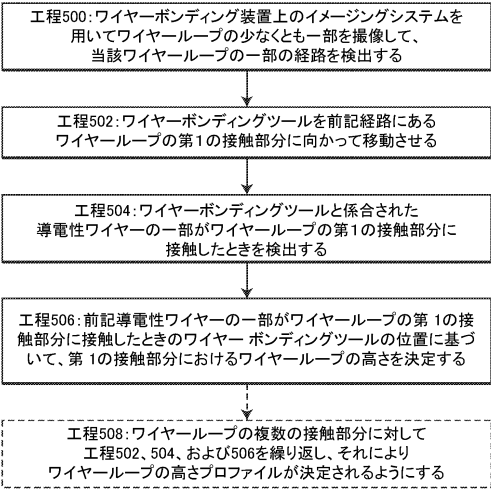


FIG. 5

【図 6】

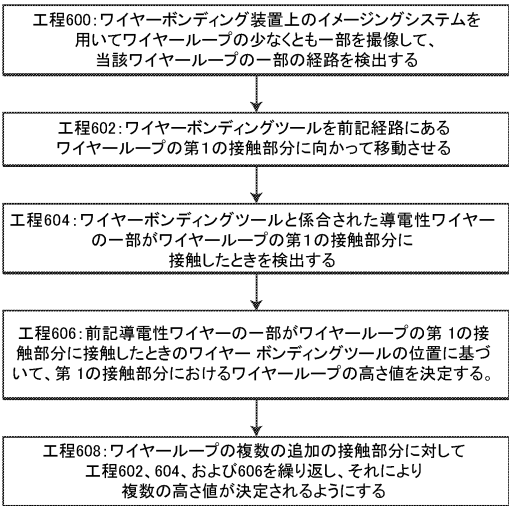


FIG. 6

10

20

30

40

50

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2023/015989
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01B 21/20(2006.01)i; G01B 7/28(2006.01)i; G01B 11/24(2006.01)i; H01L 23/00(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01B 21/20(2006.01); H01L 21/60(2006.01); H01L 21/66(2006.01) Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: wire bonding, loop, height, camera, contact		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
DY	WO 2009-002345 A1 (KULICKE AND SOFFA INDUSTRIES, INC. et al.) 31 December 2008 (2008-12-31) claims 1-8	1-20
Y	US 2003-0146263 A1 (FARASSAT, FARHAD) 07 August 2003 (2003-08-07) paragraphs [0019]-[0031], claim 7 and figures 1, 3	1-20
A	KR 20-1998-0061411 U (SAMSUNG AEROSPACE INDUSTRIES LTD.) 05 November 1998 (1998-11-05) paragraphs [0019]-[0026] and figure 2	1-20
A	KR 10-0269087 B1 (SHINKAWA KK.) 01 December 2000 (2000-12-01) claims 1-4 and figure 1	1-20
A	JP 11-330168 A (HYUNDAI ELECTRONICS IND. CO., LTD.) 30 November 1999 (1999-11-30) paragraphs [0015]-[0023] and figure 3	1-20
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 11 July 2023		Date of mailing of the international search report 12 July 2023
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer PARK, Tae Wook Telephone No. +82-42-481-3405

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2022)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/US2023/015989

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
WO	2009-002345	A1	31 December 2008	None		
US	2003-0146263	A1	07 August 2003	AT	344445	T 15 November 2006
				EP	1333263	A1 06 August 2003
				EP	1333263	B1 02 November 2006
				JP	2004-037444	A 05 February 2004
				KR	10-2003-0066432	A 09 August 2003
				TW	200302920	A 16 August 2003
				US	6758385	B2 06 July 2004
KR	20-1998-0061411	U	05 November 1998	KR	20-0174667	Y1 02 March 2000
KR	10-0269087	B1	01 December 2000	JP	10-261667	A 29 September 1998
				JP	3370547	B2 27 January 2003
				KR	10-1998-0080300	A 25 November 1998
				TW	434765	A 16 May 2001
				US	6059846	A 09 May 2000
JP	11-330168	A	30 November 1999	JP	3600954	B2 15 December 2004
				KR	10-0362202	B1 23 November 2002
				KR	10-1999-0083191	A 25 November 1999
				US	6189765	B1 20 February 2001

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2022)

フロントページの続き

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,
ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,C
O,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,I
R,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MU,MW
,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL
,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

ジニア ドライブ 1 0 0 5

(72)発明者 ワン、ジージェ

アメリカ合衆国、1 9 0 3 4 ペンシルバニア州、フォート ワシントン、バージニア ドライブ
1 0 0 5

(72)発明者 プリブラ、ウラジミール

アメリカ合衆国、1 9 0 3 4 ペンシルバニア州、フォート ワシントン、バージニア ドライブ
1 0 0 5

(72)発明者 シュシャリン、パベル

アメリカ合衆国、1 9 0 3 4 ペンシルバニア州、フォート ワシントン、バージニア ドライブ
1 0 0 5

F ターム (参考) 5F044 AA01 AA02 CC02 CC05