

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-505251

(P2004-505251A)

(43) 公表日 平成16年2月19日(2004.2.19)

(51) Int.Cl.⁷

G O 1 R 31/28

G O 1 R 1/06

F I

G O 1 R 31/28

G O 1 R 1/06

K

E

テーマコード (参考)

2 G O 1 1

2 G 1 3 2

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 91 頁)

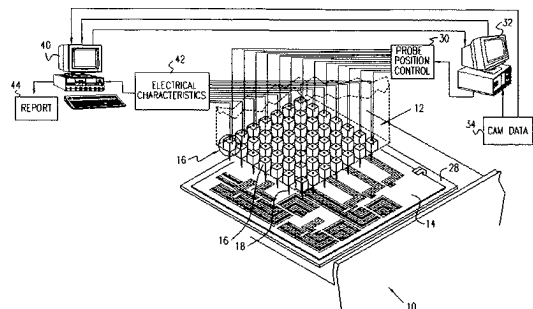
(21) 出願番号 特願2002-514416 (P2002-514416)
 (86) (22) 出願日 平成13年7月17日 (2001.7.17)
 (85) 翻訳文提出日 平成14年12月27日 (2002.12.27)
 (86) 国際出願番号 PCT/IL2001/000652
 (87) 国際公開番号 W02002/008773
 (87) 国際公開日 平成14年1月31日 (2002.1.31)
 (31) 優先権主張番号 60/219, 276
 (32) 優先日 平成12年7月19日 (2000.7.19)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 501005438
 オルボテック リミテッド
 イスラエル国 ヤフネ 8 1 1 0 2 ビー
 . オー. ボックス 2 1 5
 (74) 代理人 100078880
 弁理士 松岡 修平
 (72) 発明者 ゼメル・ダン
 イスラエル国 レホヴォット 7 6 5 7 5
 ハオレン ストリート 1 6
 (72) 発明者 ハレエル・エヤル
 イスラエル国 テル アビブ 6 9 4 9 9
 カシャニ ストリート 1 6
 (72) 発明者 ロイター・マーティン
 ドイツ国 ダッハウ ディー 8 5 2 2 1
 グローベンリーダーシュトラッセ 1 2
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気回路の電気的試験のための装置および方法

(57) 【要約】

電気回路の電気的試験のための装置であって、試験すべき電気回路の部分との選択的な連結のために配列されたプローブアレイと、プローブアレイによって連結された電気回路の電気的特性を検知するための、プローブアレイと関連付けられた試験回路と、プローブアレイのうちの選択されたものと、試験すべき電気回路の部分のうちの選択されたものとの連結を行わせるための、プローブアレイと関連付けられた制御回路と、を備える。プローブアレイは、固定のアレイに配列された少なくとも2つの静的なプローブ組立品を備え、静的なプローブ組立品は、選択的に位置付け可能なプローブ素子と、プローブ素子ポジショナとを備える。この装置は、製造中に電気回路を試験するために採用される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試験すべき電気回路の部分との選択的な連結のために配列されたプローブアレイと、前記プローブアレイによって連結された前記電気回路の電気的特性を検知するための前記プローブアレイと関連付けられた試験回路と、前記プローブアレイのうちの選択されたものと前記試験すべき電気回路の部分のうちの選択されたものとの連結を行わせるための、前記プローブアレイと関連付けられた制御回路と、を備え、前記プローブアレイは、固定のアレイに配列された少なくとも 2 つの静的なプローブ組立品を備え、前記静的なプローブ組立品のそれぞれは、選択的に位置付け可能なプローブ素子と、プローブ素子ポジショナとを備える、電気回路の電気的試験のための装置。 10

【請求項 2】

前記少なくとも 2 つの静的なプローブ組立品は、多数の静的なプローブ組立品を備える、請求項 1 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。

【請求項 3】

前記プローブ素子ポジショナは、前記プローブアレイ内の固定の位置に配置されている、請求項 1 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。

【請求項 4】

前記静的なプローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接していない別のプローブ素子の対応の領域とは概して重なり合っていない領域上で選択的に位置付け可能である、請求項 2 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。 20

【請求項 5】

前記多数の静的なプローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接する別のプローブ素子の対応の領域と部分的に重なり合っている領域上で選択的に位置付け可能である、請求項 1 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。

【請求項 6】

前記静的なプローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接する別のプローブ素子の対応の領域と部分的に重なり合っている領域上で選択的に位置付け可能である、請求項 4 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。 30

【請求項 7】

前記制御回路は、前記多数の静的なプローブ組立品の前記プローブ素子を、連続的に、電気回路の複数の回路要素の試験のための複数の位置パターンに位置付けるよう動作する、請求項 1 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。

【請求項 8】

前記制御回路は、電気回路の部分を、第 1 の位置パターンに配列された前記多数の静的なプローブ組立品のうちの選択されたプローブ素子によって電気的に試験し、同時に、他のプローブ素子を第 2 の位置パターンに移動させるよう動作する、請求項 2 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。

【請求項 9】

少なくとも第 1 のプローブが電気回路の第 1 面上に配置され、および少なくとも第 2 のプローブがその前記第 1 面上に追加として配置され、前記第 1 のプローブおよび前記第 2 のプローブは、少なくとも前記第 1 面上で部分的に広がっている、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する、請求項 1 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。 40

【請求項 10】

少なくとも第 1 のプローブが電気回路の第 1 面上に配置され、および少なくとも第 2 のプローブがその第 2 面上に配置され、前記第 1 のプローブおよび前記第 2 のプローブは、前記第 1 面から前記第 2 面に通過する前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する、請求項 1 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。 50

【請求項 1 1】

第 3 のプローブが前記電気回路の前記第 1 面上に追加として配置され、前記第 1 のプローブおよび前記第 3 のプローブは、少なくとも前記第 1 面上に部分的に広がる、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するように動作する、請求項 1 0 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。

【請求項 1 2】

前記制御回路は、プローブの複数構成を提供するよう配列され、前記試験回路は、前記複数構成のそれぞれにおいて異なる電気的特性を検知するよう動作する、請求項 1 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。

【請求項 1 3】

前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分と物理的に接触することを含む、請求項 1 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。

【請求項 1 4】

前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分との電気的な接触であるが物理的な接触ではない接触を形成することを含む、請求項 1 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。

【請求項 1 5】

試験すべき電気回路の部分との選択的な連結のために配列されたプローブアレイと、前記プローブアレイによって連結された前記電気回路の電気的特性を検知するための前記プローブアレイと関連付けられた試験回路と、前記プローブアレイのうちの選択されたものと前記試験すべき電気回路の部分のうちの選択されたものとの連結を行わせるための、前記プローブアレイと関連付けられた制御回路と、を備え、前記プローブアレイは少なくとも 3 つのプローブ組立品を備え、前記プローブ組立品のそれぞれは、選択的に位置付け可能なプローブ素子とプローブ素子ポジショナとを備え、前記プローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接しない別のプローブ素子の対応する領域と概して重なり合わない領域上で選択的に位置付け可能である、電気回路の電気的試験のための装置。

【請求項 1 6】

前記プローブ素子ポジショナは、前記アレイ中の固定の位置に配置される、請求項 1 5 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。

【請求項 1 7】

前記プローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接する別のプローブ素子の対応の領域と部分的に重なり合う領域上で選択的に位置付け可能である、請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 1 8】

前記制御回路は、前記静的なプローブ組立品の前記プローブ素子を、連続的に、電気回路の複数の回路要素の試験のための複数の位置パターンに位置付けるよう動作する、請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 1 9】

前記制御回路は、電気回路の部分を、第 1 の位置パターンに配列された前記プローブ組立品のうちの選択されたプローブ素子によって電気的に試験し、同時に、別のプローブ素子を第 2 の位置パターンに移動させるように動作する、請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 2 0】

少なくとも第 1 のプローブが電気回路の第 1 面上に配置され、および少なくとも第 2 のプローブがその前記第 1 面上に追加として配置され、前記第 1 のプローブおよび前記第 2 のプローブは、少なくとも前記第 1 面上で部分的に広がっている、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する、請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 2 1】

少なくとも第 1 のプローブが電気回路の第 1 面上に配置され、および少なくとも第 2 のプ

10

20

30

40

50

プローブがその第 2 面上に配置され、前記第 1 のプローブおよび前記第 2 のプローブは、前記第 1 面から前記第 2 面に通過する前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する、請求項 15 に記載の装置。

【請求項 22】

第 3 のプローブが前記電気回路の前記第 1 面上に追加として配置され、前記第 1 のプローブおよび前記第 3 のプローブは、少なくとも前記第 1 面上に部分的に広がる、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するように動作する、請求項 21 に記載の装置。

【請求項 23】

前記制御回路は、プローブの複数構成を提供するよう配列され、前記試験回路は、前記複数構成のそれぞれにおいて異なる電気的特性を検知するよう動作する、請求項 15 に記載の装置。 10

【請求項 24】

前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分と物理的に接触することを含む、請求項 15 に記載の装置。

【請求項 25】

前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分との電気的な接触であるが物理的な接触ではない接触を形成することを含む、請求項 15 に記載の装置。

【請求項 26】

試験すべき電気回路の部分との選択的な連結のためにあるプローブアレイと、前記プローブアレイによって連結された前記電気回路の電気的特性を検知するための前記プローブアレイと関連付けられた試験回路と、前記プローブアレイのうちの選択されたものと前記試験すべき電気回路の部分のうちの選択されたものとの連結を行わせるための、前記プローブアレイと関連付けられた制御回路と、を備え、 20

前記プローブアレイは少なくとも 2 つのプローブ組立品を備え、前記プローブ組立品のそれぞれは、選択的に位置付け可能なプローブ素子とプローブ素子ポジショナとを備え、前記プローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接する別のプローブ素子の対応する領域と部分的に重なり合う領域上で選択的に位置付け可能である、電気回路の電気的試験のための装置。

【請求項 27】

前記少なくとも 2 つのプローブ組立品は、多数のプローブ組立品を備える、請求項 26 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。 30

【請求項 28】

前記プローブ素子ポジショナは、前記プローブアレイの固定の位置に配置される、請求項 26 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。

【請求項 29】

前記プローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接していない別のプローブ素子の対応の領域とは重なり合っていない領域上で選択的に位置付け可能である、請求項 27 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。

【請求項 30】

前記制御回路は、前記プローブ組立品の前記プローブ素子を、電気回路の複数の回路素子を試験するための複数の位置パターンに位置付けるように動作する、請求項 26 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。 40

【請求項 31】

前記制御回路は、電気回路の部分を、第 1 の位置パターンに配列された前記多数の静的なプローブ組立品のうちの選択されたプローブ素子によって電気的に試験し、同時に、別のプローブ素子を第 2 の位置パターンに移動させるよう動作する、請求項 27 に記載の電気回路の電気的試験のための装置。

【請求項 32】

少なくとも第 1 のプローブが電気回路の第 1 面上に配置され、および少なくとも第 2 のプ 50

プローブがその前記第 1 面上に追加として配置され、前記第 1 のプローブおよび前記第 2 のプローブは、少なくとも前記第 1 面上で部分的に広がっている、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する、請求項 26 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。

【請求項 33】

少なくとも第 1 のプローブが電気回路の第 1 面上に配置され、および少なくとも第 2 のプローブがその第 2 面上に配置され、前記第 1 のプローブおよび前記第 2 のプローブは、前記第 1 面から前記第 2 面に通過する前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する、請求項 26 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。

【請求項 34】

第 3 のプローブが前記電気回路の前記第 1 面上に追加として配置され、前記第 1 のプローブおよび前記第 3 のプローブは、少なくとも前記第 1 面上に部分的に広がる、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するように動作する、請求項 33 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。

【請求項 35】

前記制御回路は、プローブの複数構成を提供するよう配列され、前記試験回路は、前記複数構成のそれぞれにおいて異なる電氣的特性を検知するよう動作する、請求項 26 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。

【請求項 36】

前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分と物理的に接触することを含む、請求項 26 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。 20

【請求項 37】

前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分との電氣的な接触であるが物理的な接触ではない接触を形成することを含む、請求項 26 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。

【請求項 38】

試験すべき電気回路の部分との選択的な連結のために配列されたプローブアレイと、前記プローブアレイによって連結された前記電気回路の電氣的特性を検知するための前記プローブアレイと関連付けられた試験回路と、前記プローブアレイのうちの選択されたものと前記試験すべき電気回路の部分のうちの選択されたものとの連結を行わせるための、前記プローブアレイと関連付けられた制御回路と、を備え、前記プローブアレイは、少なくとも 2 つの静的なプローブ組立品を備え、前記静的なプローブ組立品のそれぞれは、選択的に位置付け可能なプローブ素子とプローブ素子ポジションナとを備え、前記制御回路は、前記多数の静的なプローブ組立品の前記プローブ素子を、連続的に、電気回路の複数の回路素子を試験するための複数の位置パターンに位置付けるよう動作する、電気回路の電氣的試験のための装置。 30

【請求項 39】

前記少なくとも 2 つの静的なプローブ組立品は、多数の静的なプローブ組立品を備える、請求項 38 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。 40

【請求項 40】

前記プローブ素子ポジションナは、前記プローブアレイ内の固定の位置に配置されている、請求項 38 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。

【請求項 41】

前記プローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接していない別のプローブ素子の対応の領域とは概して重なり合っていない領域上で選択的に位置付け可能である、請求項 39 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。

【請求項 42】

前記プローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接する別のプローブ素子の対応の領域と部分的に重なり合っている領域上で選択的に位置付け可能である、請求項 38 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。

【請求項 43】

前記プローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接する別のプローブ素子の対応の領域と部分的に重なり合っている領域上で選択的に位置付け可能である、請求項 41 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。

【請求項 44】

前記制御回路は、電気回路の部分を、第 1 の位置パターンに配列された前記プローブ組立品のうちの選択されたプローブ素子によって電氣的に試験し、同時に、他のプローブ素子を第 2 の位置パターンに移動させるよう動作する、請求項 39 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。 10

【請求項 45】

少なくとも第 1 のプローブが電気回路の第 1 面上に配置され、および少なくとも第 2 のプローブがその前記第 1 面上に追加として配置され、前記第 1 のプローブおよび前記第 2 のプローブは、少なくとも前記第 1 面上で部分的に広がっている、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する、請求項 38 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。

【請求項 46】

少なくとも第 1 のプローブが電気回路の第 1 面上に配置され、および第 2 のプローブがその第 2 面上に配置され、前記第 1 のプローブおよび前記第 2 のプローブは、前記第 1 面から前記第 2 面に通過する前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する、請求項 38 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。 20

【請求項 47】

第 3 のプローブが前記電気回路の前記第 1 面上に追加として配置され、前記第 1 のプローブおよび前記第 3 のプローブは、少なくとも前記第 1 面上に部分的に広がる、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する、請求項 46 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。

【請求項 48】

前記制御回路は、プローブの複数構成を提供するよう配列され、前記試験回路は、前記複数構成のそれぞれにおいて異なる電氣的特性を検知するよう動作する、請求項 38 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。 30

【請求項 49】

前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分と物理的に接触することを含む、請求項 38 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。

【請求項 50】

前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分との電氣的な接触であるが物理的な接触ではない接触を形成することを含む、請求項 38 に記載の電気回路の電氣的試験のための装置。

【請求項 51】

電気回路の電氣的試験のための方法であって、
個別に位置付け可能なそれぞれのプローブが、静的なプローブ組立品の固定のアレイの一部分を構成する静的なプローブ組立品と関連付けられているプローブと、試験すべき電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、
前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電氣的特性を検知すること、を含む方法。 40

【請求項 52】

電気回路の電氣的試験のための方法であって、
それぞれのプローブがそれに隣接しない別のプローブの対応の領域と概して重なり合っていない領域上で個別に位置付け可能であり、それぞれのプローブが静的なプローブ組立品 50

の固定のアレイの一部分を構成する静的なプローブ組立品と関連付けられているプローブと、試験すべき電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電気的特性を検知すること、を含む方法。

【請求項 5 3】

電気回路の電気的試験のための方法であって、

それぞれのプローブがそれに隣接する別のプローブの対応の領域と部分的に重なり合っている領域上で個別に位置付け可能であり、それぞれのプローブが静的なプローブ組立品の固定のアレイの一部分を構成する静的なプローブ組立品と関連付けられているプローブと、試験すべき電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電気的特性を検知すること、を含む方法。

10

【請求項 5 4】

電気回路の電気的試験のための方法であって、

それぞれが移動可能なプローブを有する少なくとも 2 つの静的なプローブ組立品を提供し、電気回路内の複数の回路要素を試験するための複数の位置パターンを構成するよう前記プローブを連続的に移動させること、前記プローブと試験すべき電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電気的特性を検知すること、を含む方法。

20

【請求項 5 5】

前記少なくとも 2 つの静的なプローブ組立品を提供することは、多数の静的なプローブ組立品を提供することを含む、請求項 5 4 に記載の方法。

【請求項 5 6】

電気回路を製造するための方法であって、

多層基板上に電気回路を構成すること、

個別に位置付け可能なそれぞれのプローブが、静的なプローブ組立品の固定のアレイの一部分を構成する静的なプローブ組立品と関連付けられているプローブと、前記電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、

前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電気的特性を検知すること、を含む方法。

30

【請求項 5 7】

電気回路を製造するための方法であって、

多層基板上に電気回路を構成すること、

それぞれのプローブがそれに隣接しない別のプローブの対応の領域と概して重なり合っていない領域上で個別に位置付け可能であり、それぞれのプローブが静的なプローブ組立品の固定のアレイの一部分を構成する静的なプローブ組立品と関連付けられているプローブと、前記電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、

前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電気的特性を検知すること、を含む方法。

40

【請求項 5 8】

電気回路を製造するための方法であって、

多層基板上に電気回路を構成すること、

それぞれのプローブがそれに隣接する別のプローブの対応の領域と部分的に重なり合っている領域上で個別に位置付け可能であり、それぞれのプローブが静的なプローブ組立品の固定のアレイの一部分を構成する静的なプローブ組立品と関連付けられているプローブと、前記電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、

前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電気的特性を検知すること、を含む方法。

【請求項 5 9】

50

電気回路を製造するための方法であって、
多層基板上に電気回路を構成すること、
それぞれが移動可能なプローブを有する少なくとも2つの静的なプローブ組立品を提供し、
電気回路内の複数の回路要素を試験するための複数の位置パターンを構成するよう前記
プローブを連続的に移動させること、
前記プローブと試験すべき電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、
前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電気的特性を検知すること、を含
む方法。

【請求項60】

取り付けられる部分から垂れ下がり、位置付け可能な端部を有する、細長い旋回可能なプ
ローブ部材と、
前記旋回可能なプローブ部材と連合した伸長可能な接触部材と、
前記位置付け可能な端部を第1軸上で複数の位置から選択された位置に選択的に位置付け
る第1のポジションと、
前記位置付け可能な端部を第2軸上で複数の位置から選択された位置に選択的に位置付け
る第2のポジションと、
前記伸長可能な接触部材を前記プローブ部材に対して選択的に伸長させおよび後退させる
第3のポジションと、
を備えるプローブ組立品。

【請求項61】

前記取り付けられる部分は、前記第1のポジションに取り付けられる、請求項60に記載
のプローブ組立品。

【請求項62】

前記取り付けられる部分は、前記第2のポジションに取り付けられる、請求項60または
請求項61に記載のプローブ組立品。

【請求項63】

前記第1のポジションは、前記プローブ部材上の支点の第1の側で前記プローブ部材に取り
付けられたレバーアームを傾斜させる第1の傾斜アクチュエータを備える、請求項60
から62のいずれかに記載のプローブ組立品。

【請求項64】

前記第1の傾斜アクチュエータは、圧電性の傾斜アクチュエータである、請求項63に記載
のプローブ組立品。

【請求項65】

前記第2のポジションは、前記プローブ部材上の支点の第2の側で前記プローブ部材に取り
付けられたレバーアームを傾斜させる第2の傾斜アクチュエータを備える、請求項60
から64のいずれかに記載のプローブ組立品。

【請求項66】

前記第2の傾斜アクチュエータは、圧電性の傾斜アクチュエータである、請求項65に記載
のプローブ組立品。

【請求項67】

前記プローブ部材は、中空の芯によって構成され、前記伸長可能な接触部材は前記中空の
芯の内部に配置される、請求項60から66のいずれかに記載のプローブ組立品。

【請求項68】

前記第3のポジションは、第3の傾斜アクチュエータと少なくとも1つのレバーアームと
を備え、前記傾斜アクチュエータは、前記少なくとも1つのレバーアームを前記プローブ
部材に対し近付けまたは離すよう選択的に移動させるために、前記少なくとも1つのレバ
ーアームを片寄らせる、請求項60から67のいずれかに記載のプローブ組立品。

【請求項69】

前記第3の傾斜アクチュエータは、圧電性の傾斜アクチュエータである、請求項68に記載
のプローブ組立品。

10

20

30

40

50

【請求項 70】

前記第1および第2のポジショナは、前記位置付け可能な端部を多数の可能な位置のうちのいずれ一つに選択的に位置付けるよう協同する、請求項60から69のいずれかに記載のプローブ組立品。

【請求項 71】

前記第3のポジショナは、概して平面の物品の面上の多数の可能な位置の内のいずれか1つと選択的に接触させるよう前記接触部材を伸長させるため、前記第1のポジショナおよび第2のポジショナと協同して動作する、請求項70に記載のプローブ組立品。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

〔発明の技術分野〕

本発明は、総括的には回路の電氣的試験のための装置および方法に関し、さらに詳細には、フィクスチャレス (fixt u r e l e s s) の、電気回路の電氣的試験のための装置および方法に関する。

【0002】

〔発明の背景〕

電気回路の電氣的試験のための様々な装置が存在する。これらの装置には、電子ビーム、レーザープラズマおよび電界テストのような非接触システム、および、ベッドオブネイル (b e d - o f - n a i l) およびフライングプローブシステム (f l y i n g p r o b e s y s t e m) のような接触システムが含まれる。電気回路の電氣的試験のための従来の装置には次のような欠点がある。すなわち、高い運転コスト、異なる回路基板構造に対する高いセットアップコスト、遅い速度、および試験する電気回路における様々なタイプの欠陥を反復可能なやり方で検出することができないことである。

20

【0003】

〔発明の概要〕

本発明は、フィクスチャレスの、電気回路の電氣的試験のための改良された装置および方法を提供しようとするものである。

【0004】

本発明の総括的な側面によれば、少なくとも2つの電気試験プローブを備える少なくとも1つの電氣的試験アレイが提供される。それぞれのプローブは選択的に位置付け可能となり、および電気回路基板の選択された部分と連結するよう構成されている。選択された連結位置で、選択された電気回路の電氣的特性が検知される。

30

本発明の実施形態は、以下の追加の特徴の1以上を含んでいる。

少なくともいくつかのプローブは、プローブ組立品のアレイ中の固定の位置に配置された静的なプローブ組立品と、選択的に位置付け可能なプローブ素子とを備える。

少なくともいくつか、好ましくは全ての位置付け可能なプローブ素子は、他のプローブ素子に対して独立に位置付け可能である。

【0005】

それぞれのプローブ素子は、連結領域内に配置された電気回路と連結するよう機能し、隣接のプローブ素子のそれぞれの連結領域は少なくとも部分的に重なり合う。

40

それぞれのプローブ素子は、連結領域内に配置された電気回路と連結するよう機能し、隣接していないプローブ素子のそれぞれの連結領域は、一般的には重なり合わない。

それぞれのプローブ素子を、選択的に構成できる電氣的試験パターンを提供するよう配置するために制御回路が提供される。

制御回路は、少なくともいくつかのプローブ素子を移動させるよう機能し、それと同時に、他のプローブ素子は、試験すべき電気回路基板上の電気回路の電氣的特性を検知するための位置に保持される。

制御回路は、プローブ素子を一連の異なる電氣的試験パターンに位置付け、また、プローブ素子が様々な電氣的試験パターンのそれぞれにあるときに、試験すべき電気回路基板上の電気回路の異なる部分を試験するよう動作する。

50

【0006】

それぞれプローブ素子を備える第1および第2の試験アレイは、それぞれ、試験すべき電気回路基板のそれぞれの面で提供され、また、試験パターンは、試験すべき電気回路基板を通過している電気回路の特性を検知するために電気回路の両面で好適に位置付けられたプローブ素子を備える。

【0007】

それぞれプローブ素子を備える第1および第2の試験アレイは、それぞれ、試験すべき電気回路基板のそれぞれの面上で提供され、また、試験すべき電気回路基板を通過している電気回路の異なる部分の特性を連続的に検知するために、プローブ素子は、一連の試験パターンに連続的に位置付けられ、それぞれの試験パターンは、電気回路の両面上で好適に位置付けられたプローブ素子を備える。 10

【0008】

プローブ素子は、選択された電気回路を物理的な接触によって連結するように動作する接触プローブ素子である。代替としてプローブ素子は、選択された電気回路を物理的な接触によらず例えばプラズマによって電氣的に接続するように動作する非接触プローブ素子であっても良い。

【0009】

本発明の追加の総括的な側面によれば、電気回路を電氣的に試験するための方法は、試験すべき部分を、静的なプローブ組立品の固定のアレイ内で配列された静的なプローブ組立品にそれぞれ対応付けられたプローブと選択的に連結することによって、試験すべき電気回路の部分の電氣的特性を検知することを含む。プローブは、それぞれ、隣接のプローブ組立品の対応の領域と重なり、隣接していないプローブ組立品の対応の領域とは重ならない領域内で個別に位置付け可能である。 20

【0010】

本発明の追加の総括的な側面によれば、電気回路を製造するための方法は、多層基板上に電気回路導体のパターンを付着させること、および、プローブ組立品の固定のアレイ内に配置され且つそれぞれ個別に位置付け可能なプローブ素子を有する多数の静的なプローブ組立品を用いて電気回路の選択された部分の電氣的特性を試験すること、を含む。

【0011】

本発明の追加の総括的な側面によれば、電気回路の電氣的試験の使用に好適なプローブ組立品は、ポジションまたはハウジングに取り付けられる一端と、位置付けが自由にできる他端とを有する、細長い旋回可能なプローブ部材を備える。伸長可能な接触部材が、プリント回路基板のような面上の選択された位置に接触するためプローブ部材と連合される。プローブ組立品は、さらに、位置付け可能な端部を第1の軸上の多数の位置から選択される位置に選択的に位置付ける第1のポジションと、位置付け可能な端部を第2の軸上の多数の位置から選択される位置に選択的に位置付ける第2のポジションと、伸長可能な前記接触部材を前記ハウジングに対して選択的に伸長させおよび後退させる第3のポジションとを備える。第1および第2のポジションのそれぞれは、プローブ部材上の支点の反対の側に取り付けられる。追加として、それぞれのポジションは、圧電性の傾斜アクチュエータのような傾斜アクチュエータと、プローブ部材を移動させまたは接触部材を伸長させおよび後退させるよう動作する、チルト動作を増幅された直線的な位置の置き換えに交換するレバーアームとを備える。 30 40

【0012】

したがって本発明の実施形態によって提供されるのは電気回路の電氣的試験のための装置であって、この装置は、試験すべき電気回路の部分との選択的な連結のために配列されたプローブアレイと、前記プローブアレイによって連結された前記電気回路の電氣的特性を検知するための前記プローブアレイと関連付けられた試験回路と、前記プローブアレイのうちの選択されたものと、試験すべき電気回路の部分のうちの選択されたものととの連結を行わせるための、前記プローブアレイと関連付けられた制御回路と、を備える。プローブアレイは、固定のアレイに配列された少なくとも2つの静的なプローブ組立品を備え、前 50

記静的なプローブ組立品のそれぞれの、選択的に位置付け可能なプローブ素子と、プローブ素子ポジショナとを備える。

【0013】

また、本発明によれば、前記少なくとも2つの静的なプローブ組立品は、多数の静的なプローブ組立品を備える。

【0014】

さらに、本発明によれば、前記プローブ素子ポジショナは、前記プローブアレイ内の固定の位置に配置されている。

【0015】

追加として、本発明によれば、前記静的なプローブ組立品のプローブ素子は、それに隣接していない別のプローブ素子の対応の領域とは概して重なり合っていない領域上で選択的に位置付け可能である。 10

【0016】

さらに、本発明によれば、前記静的なプローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接する別のプローブ素子の対応の領域と部分的に重なり合っている領域上で選択的に位置付け可能である。

【0017】

また、さらに本発明によれば、前記制御回路は、前記多数の静的なプローブ組立品の前記プローブ素子を、連続的に、電気回路の複数の回路要素の試験のための複数の位置パターンに位置付けるよう動作する。 20

【0018】

追加として、本発明によれば、前記制御回路は、電気回路の部分を、第1の位置パターンに配列された前記多数の静的なプローブ組立品のうちの選択されたプローブ素子によって電氣的に試験し、同時に、他のプローブ素子を第2の位置パターンに移動させるよう動作する。

【0019】

その上、本発明によれば、少なくとも第1のプローブが電気回路の第1面上に配置され、および少なくとも第2のプローブがその回路の前記第1面上に追加として配置される。前記第1のプローブおよび前記第2のプローブは、少なくとも前記第1面上で部分的に広がっている、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する。 30

【0020】

さらに、本発明によれば、少なくとも第1のプローブが電気回路の第1面上に配置され、および少なくとも第2のプローブがその回路の第2面上に配置される。前記第1のプローブおよび前記第2のプローブは、前記第1面から前記第2面に通過する前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する。

【0021】

さらに、第3のプローブが前記電気回路の前記第1面上に追加として配置されても良い。前記第1のプローブおよび前記第3のプローブは、少なくとも前記第1面上に部分的に広がる、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するように動作する。

【0022】

追加として、本発明によれば、前記制御回路は、プローブの複数構成を提供するよう配列され、前記試験回路は、前記複数構成のそれぞれにおいて異なる電氣的特性を検知するよう動作する。 40

【0023】

その上、本発明によれば、前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分と物理的に接触することを含む。

【0024】

代替として、前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分との電氣的な接触であるが物理的な接触ではない接触を形成することを含む。

【0025】

したがって本発明の追加としての実施形態によって提供されるのは、電気回路の電氣的試験のための装置であって、試験すべき電気回路の部分との選択的な連結のために配列されたプローブアレイと、前記プローブアレイによって連結された前記電気回路の電氣的特性を検知するための前記プローブアレイと関連付けられた試験回路と、前記プローブアレイのうちの選択されたものと前記試験すべき電気回路の部分のうちの選択されたものとの連結を行わせるための、前記プローブアレイと関連付けられた制御回路とを備える。前記プローブアレイは少なくとも3つのプローブ組立品を備える。前記プローブ組立品のそれぞれは、選択的に位置付け可能なプローブ素子とプローブ素子ポジショナとを備え、また前記プローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接しない別のプローブ素子の対応する領域と概して重なり合わない領域上で選択的に位置付け可能である。

10

【0026】

さらに、本発明によれば、前記プローブ素子ポジショナは、前記アレイ中の固定の位置に配置される。

【0027】

追加として、本発明によれば、前記プローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接する別のプローブ素子の対応の領域と部分的に重なり合う領域上で選択的に位置付け可能である。

【0028】

その上、本発明によれば、前記制御回路は、前記静的なプローブ組立品の前記プローブ素子を、連続的に、電気回路の複数の回路要素の試験のための複数の位置パターンに位置付けるよう動作する。

20

【0029】

さらに、本発明によれば、前記制御回路は、電気回路の部分を、第1の位置パターンに配列された前記プローブ組立品のうちの選択されたプローブ素子によって電氣的に試験し、同時に、別のプローブ素子を第2の位置パターンに移動させるように動作する。

【0030】

さらに、本発明によれば、少なくとも第1のプローブが電気回路の第1面上に配置され、および少なくとも第2のプローブがその回路の前記第1面上に追加として配置される。前記第1のプローブおよび前記第2のプローブは、少なくとも前記第1面上で部分的に広がっている、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する。

30

【0031】

追加として、本発明によれば、少なくとも第1のプローブが電気回路の第1面上に配置され、および少なくとも第2のプローブがその回路の第2面上に配置される。前記第1のプローブおよび前記第2のプローブは、前記第1面から前記第2面に通過する前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する。

【0032】

さらに、第3のプローブが前記電気回路の前記第1面上に追加として配置されても良い。この場合、前記第1のプローブおよび前記第3のプローブは、少なくとも前記第1面上に部分的に広がる、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する。

【0033】

さらに、本発明によれば、前記制御回路は、プローブの複数構成を提供するよう配列され、前記試験回路は、前記複数構成のそれぞれにおいて異なる電氣的特性を検知するよう動作する。

40

【0034】

さらに、本発明によれば、前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分と物理的に接触することを含む。

【0035】

追加として、前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分との電氣的な接触であるが物理的な接触ではない接触を形成することを含む。

【0036】

50

したがって本発明のさらに別の実施形態によって提供されるのは、電気回路の電氣的試験のための装置であって、試験すべき電気回路の部分との選択的な連結のためにあるプローブアレイと、前記プローブアレイによって連結された前記電気回路の電氣的特性を検知するための前記プローブアレイと関連付けられた試験回路と、前記プローブアレイのうちの選択されたものと前記試験すべき電気回路の部分のうちの選択されたものとの連結を行わせるための、前記プローブアレイと関連付けられた制御回路と、を備える。前記プローブアレイは少なくとも2つのプローブ組立品を備え、前記プローブ組立品のそれぞれは、選択的に位置付け可能なプローブ素子とプローブ素子ポジショナとを備え、前記プローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接する別のプローブ素子の対応する領域と部分的に重なり合う領域上で選択的に位置付け可能である。

10

【0037】

さらに、本発明によれば、前記少なくとも2つのプローブ組立品は、多数のプローブ組立品を備える。

【0038】

さらに、本発明によれば、前記プローブ素子ポジショナは、前記プローブアレイの固定の位置に配置される。

【0039】

追加として、本発明によれば、前記プローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接していない別のプローブ素子の対応の領域とは重なり合っていない領域上で選択的に位置付け可能である。

20

【0040】

さらに、本発明によれば、前記制御回路は、前記プローブ組立品の前記プローブ素子を、電気回路の複数の回路素子を試験するための複数の位置パターンに位置付けるように動作する。

【0041】

さらに、本発明によれば、前記制御回路は、電気回路の部分を、第1の位置パターンに配列された前記多数の静的なプローブ組立品のうちの選択されたプローブ素子によって電氣的に試験し、同時に、別のプローブ素子を第2の位置パターンに移動させるよう動作する。

【0042】

さらに、本発明によれば、少なくとも第1のプローブが電気回路の第1面上に配置され、および少なくとも第2のプローブがその前記第1面上に追加として配置される。前記第1のプローブおよび前記第2のプローブは、少なくとも前記第1面上で部分的に広がっている、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する。

30

【0043】

追加として、本発明によれば、少なくとも第1のプローブが電気回路の第1面上に配置され、および少なくとも第2のプローブがその第2面上に配置される。前記第1のプローブおよび前記第2のプローブは、前記第1面から前記第2面に通過する前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する。

【0044】

さらに、第3のプローブが前記電気回路の前記第1面上に追加として配置されても良い。前記第1のプローブおよび前記第3のプローブは、少なくとも前記第1面上に部分的に広がる、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する。

40

【0045】

さらに、本発明によれば、前記制御回路は、プローブの複数構成を提供するよう配列され、前記試験回路は、前記複数構成のそれぞれにおいて、電気回路の異なる電氣的特性を検知するよう動作する。

【0046】

また、さらに、本発明によれば、前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分と物理的に接触することを含む。

50

【0047】

代替として、本発明によれば、前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分との電気的な接触であるが物理的な接触ではない接触を形成することを含む。

【0048】

したがって本発明のさらなる実施形態によって提供されるのは、電気回路の電気的試験のための装置であって、試験すべき電気回路の部分との選択的な連結のために配列されたプローブアレイと、前記プローブアレイによって連結された前記電気回路の電気的特性を検知するための前記プローブアレイと関連付けられた試験回路と、前記プローブアレイのうちの選択されたものと前記試験すべき電気回路の部分のうちの選択されたものとの連結を行わせるための、前記プローブアレイと関連付けられた制御回路と、を備える。前記プローブアレイは、少なくとも2つの静的なプローブ組立品を備え、前記静的なプローブ組立品のそれぞれは、選択的に位置付け可能なプローブ素子とプローブ素子ポジショナとを備える。前記制御回路は、前記多数の静的なプローブ組立品の前記プローブ素子を、連続的に、電気回路の複数の回路素子を試験するための複数の位置パターンに位置付けるよう動作する。

10

【0049】

さらに、本発明によれば、前記少なくとも2つの静的なプローブ組立品は、多数の静的なプローブ組立品を備える。

【0050】

また、さらに、本発明によれば、前記プローブ素子ポジショナは、前記プローブアレイ内の固定の位置に配置されている。

20

【0051】

追加として、本発明によれば、多数のプローブ組立品内のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接していない別のプローブ素子の対応の領域とは概して重なり合っていない領域上で選択的に位置付け可能である。

【0052】

その上、本発明によれば、前記プローブ組立品のそれぞれのプローブ素子は、それに隣接する別のプローブ素子の対応の領域と部分的に重なり合っている領域上で選択的に位置付け可能である。

【0053】

さらに、本発明によれば、前記制御回路は、電気回路の部分を、第1の位置パターンに配列された前記プローブ組立品のうちの選択されたプローブ素子によって電気的に試験し、同時に、他のプローブ素子を第2の位置パターンに移動させるよう動作する。

30

【0054】

追加として、本発明によれば、少なくとも第1のプローブが電気回路の第1面上に配置され、および少なくとも第2のプローブがその電気回路の前記第1面上に追加として配置される。前記第1のプローブおよび前記第2のプローブは、少なくとも前記第1面上で部分的に広がっている、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する。

【0055】

さらに、本発明によれば、少なくとも第1のプローブが電気回路の第1面上に配置され、および第2のプローブがその電気回路の第2面上に配置される。前記第1のプローブおよび前記第2のプローブは、前記第1面から前記第2面に通過する前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するよう動作する。

40

【0056】

さらに、第3のプローブが前記電気回路の前記第1面上に追加として配置されても良い。前記第1のプローブおよび前記第3のプローブは、少なくとも前記第1面上に部分的に広がる、前記電気回路の少なくとも一つの部分を試験するように動作する。

【0057】

さらに、本発明によれば、前記制御回路は、プローブの複数構成を提供するよう配列され、前記試験回路は、前記複数構成のそれぞれにおいて異なる電気的特性を検知するよう動

50

作する。

【0058】

追加として、本発明によれば、前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分と物理的に接触することを含む。

【0059】

代替として、本発明によれば、前記選択的な連結は、試験すべき電気回路の部分との電気的な接触であるが物理的な接触ではない接触を形成することを含む。

【0060】

してがって本発明の別の実施形態によって提供されるのは、電気回路の電気的試験のための方法であって、個別に位置付け可能なそれぞれのプローブが、静的なプローブ組立品の固定のレイの部分を構成する静的なプローブ組立品と関連付けられているプローブと、試験すべき電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電気的特性を検知すること、を含む。

【0061】

してがって本発明のさらに別の実施形態によって提供されるのは、電気回路の電気的試験のための方法であって、それぞれのプローブがそれに隣接しない別のプローブの対応の領域と概して重なり合っていない領域上で個別に位置付け可能であり、それぞれのプローブが静的なプローブ組立品の固定のレイの一部を構成する静的なプローブ組立品と関連付けられているプローブと、試験すべき電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電気的特性を検知すること、を含む。

【0062】

してがって本発明のさらなる実施形態によって提供されるのは、電気回路の電気的試験のための方法であって、それぞれのプローブがそれに隣接する別のプローブの対応の領域と部分的に重なり合っている領域上で個別に位置付け可能であり、それぞれのプローブが静的なプローブ組立品の固定のレイの一部を構成する静的なプローブ組立品と関連付けられているプローブと、試験すべき電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電気的特性を検知すること、を含む。

【0063】

してがって本発明の別の実施形態によって提供されるのは、電気回路の電気的試験のための方法であって、それぞれが移動可能なプローブを有する少なくとも2つの静的なプローブ組立品を提供し、電気回路内の複数の回路要素を試験するための複数の位置パターンを構成するよう前記プローブを連続的に移動させること、前記プローブと試験すべき電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電気的特性を検知すること、を含む。

【0064】

さらに、本発明によれば、前記少なくとも2つの静的なプローブ組立品を提供することは、多数の静的なプローブ組立品を提供することを含む。

【0065】

してがって本発明のさらに別の実施形態によって提供されるのは、電気回路を製造するための方法であって、多層基板上に電気回路を構成すること、個別に位置付け可能なそれぞれのプローブが、静的なプローブ組立品の固定のレイの一部を構成する静的なプローブ組立品と関連付けられているプローブと、前記電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電気的特性を検知すること、を含む。

【0066】

してがって本発明のさらなる実施形態によって提供されるのは、電気回路を製造するための方法であって、多層基板上に電気回路を構成すること、それぞれのプローブがそれに隣接しない別のプローブの対応の領域と概して重なり合っていない領域上で個別に位置付け

可能であり、それぞれのプローブが静的なプローブ組立品の固定のアレイの一部分を構成する静的なプローブ組立品と関連付けられているプローブと、前記電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電気的特性を検知すること、を含む。

【0067】

してがって本発明の別の実施形態によって提供されるのは、電気回路を製造するための方法であって、多層基板上に電気回路を構成すること、それぞれのプローブがそれに隣接する別のプローブの対応の領域と部分的に重なり合っている領域上で個別に位置付け可能であり、それぞれのプローブが静的なプローブ組立品の固定のアレイの一部分を構成する静的なプローブ組立品と関連付けられているプローブと、前記電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電気的特性を検知すること、を含む。

10

【0068】

してがって本発明のさらに別の実施形態によって提供されるのは、電気回路を製造するための方法であって、多層基板上に電気回路を構成すること、それぞれが移動可能なプローブを有する少なくとも2つの静的なプローブ組立品を提供し、電気回路内の複数の回路要素を試験するための複数の位置パターンを構成するよう前記プローブを連続的に移動させること、前記プローブと試験すべき電気回路の部分とを選択的に連結すること、および、前記プローブによって連結された前記電気回路の部分の電気的特性を検知すること、を含む。

20

【0069】

してがって本発明のさらなる実施形態によって提供されるのは、プローブ組立品であって、取り付けられる部分から垂れ下がり、位置付け可能な端部を有する、細長い旋回可能なプローブ部材と、前記旋回可能なプローブ部材と連合した伸長可能な接触部材と、前記位置付け可能な端部を第1軸上で複数の位置から選択された位置に選択的に位置付ける第1のポジショナと、前記位置付け可能な端部を第2軸上で複数の位置から選択された位置に選択的に位置付ける第2のポジショナと、前記伸長可能な接触部材を前記プローブ部材に対して選択的に伸長させおよび後退させる第3のポジショナと、を備える。

【0070】

さらに、本発明によれば、前記取り付けられる部分は、前記第1のポジショナに取り付けられる。

30

【0071】

また、さらに本発明によれば、前記取り付けられる部分は、前記第2のポジショナに取り付けられる。

【0072】

追加として、本発明によれば、前記第1のポジショナは、前記プローブ部材上の支点の第1の側で前記プローブ部材に取り付けられたレバーアームを傾斜させる第1の傾斜アクチュエータを備える。

【0073】

その上、本発明によれば、前記第1の傾斜アクチュエータは、圧電性の傾斜アクチュエータである。

40

【0074】

さらに、本発明によれば、前記第2のポジショナは、前記プローブ部材上の支点の第2の側で前記プローブ部材に取り付けられたレバーアームを傾斜させる第2の傾斜アクチュエータを備える。

【0075】

また、さらに本発明によれば、前記第2の傾斜アクチュエータは、圧電性の傾斜アクチュエータである。

【0076】

追加として、本発明によれば、前記プローブ部材は、中空の芯によって構成され、前記伸

50

長可能な接触部材は前記中空の芯の内部に配置される。

【0077】

その上、本発明によれば、前記第3のポジショナは、第3の傾斜アクチュエータと少なくとも1つのレバーアームとを備え、前記傾斜アクチュエータは、前記少なくとも1つのレバーアームを前記プローブ部材に対し近付けまたは離すよう選択的に移動させるために、前記少なくとも1つのレバーアームを片寄らせる。

【0078】

さらに、本発明によれば、前記第3の傾斜アクチュエータは、圧電性の傾斜アクチュエータである。

【0079】

また、さらに本発明によれば、前記第1および第2のポジショナは、前記位置付け可能な端部を多数の可能な位置のうちのいずれ一つに選択的に位置付けるよう協同する。

【0080】

追加として、本発明によれば、前記第3のポジショナは、概して平面の物品の面上の多数の可能な位置の内のいずれか一つと選択的に接触させるよう前記接触部材を伸長させるため、前記第1のポジショナおよび第2のポジショナと協同して動作する。

【0081】

[発明の詳細な記載]

ここで図1を参照する。図1は、本発明の一つの実施形態または例にしたがって構成されおよび動作する、電気回路を電氣的に試験するためのフィクスチャレスの電氣的試験システム10の簡略化した部分図形の部分ブロック図である。以下の記載で全体にわたって用いられる“電気回路”という用語は、ネット、および適切に相互接続されたときに完全な電気回路を形成するその他の相互接続されたおよび相互接続可能な電気回路の一部と同様に、完全な電気回路を含んでいると考えられるべきである。

【0082】

図1Aにみられるように、システム10は、試験すべき電気回路14の部分との選択可能な連結のために配列されたプローブアレイ12を備えている。プローブアレイ12は、固定のアレイ内に配列された多数の静的なプローブ組立品16（図1Bに拡大して図示されている）を備える。前記静的なプローブ組立品16は、通常はカーボンファイバーのまたは他の好適なファイバーメッシュのハウジング20で囲まれた導体金属コア19によって構成された選択的に位置付け可能なプローブ素子18と、およびそれぞれのプローブ素子18を可能な位置の範囲内の選択できる位置に移動させるよう動作する少なくとも一つのプローブ素子ポジショナ21とを備えている。アレイ12は、電気回路14の一面側に提供されていても良く、またはそれに代えて、アレイ12は、相互接続され且つ電気回路14の両側に配置されたコンタクトを有する、電気回路14の部分の試験を可能にするために、それぞれの面側に提供されていても良い。

【0083】

システム10は、通常、プローブアレイ12と関連付けられたプローブ位置制御回路30を備える。回路30は、プローブ18を選択的に位置付けし、選択されたプローブ18と試験すべき電気回路14の選択された部分とを連結させるように動作する。図1Bにさらに詳細にみられるように、プローブ組立品16は、プローブ素子18をX軸上で位置付けるよう動作するXポジショナ22と、プローブ素子18をY軸上で位置付けるよう動作するYポジショナ24と、プローブ素子18の内部に配置された導体金属コア19に対して上下の位置付けを提供し、電気回路14の選択された部分と連結するときにプローブ素子18の導体金属コア19によって加えられる圧力を制御するように動作するZポジショナ26とを含む、それに関連付けられたいくつかのポジショナを有していても良い。

【0084】

図1Bにみられるように、別個のポジショナ21、或いは所望の位置付け機能（不図示）のそれぞれを提供するように動作する単一ユニットを、プローブ18を位置付けるために採用することができることが理解される。さらには、様々なポジショナ構造が好適で選択

10

20

30

40

50

的なX-Yおよび/またはZ軸の位置付けを提供する為、および個々のプローブと電気回路14の部分とを接触させるために採用されても良い。好適なポジショナは、マイクロモータ、ナノモータおよび圧電モータを含んでいる。模範的であり非限定的と考えられるプローブ18の構築の為の構造が、図5-10Bを参照して以下、記載される。さらに、それぞれのプローブ組立品16がプローブ18に対する好適なX-Y位置付けを提供する一方、全体的なポジショナ（不図示）が電気回路14を支持する支持テーブル28および/またはアレイ12と共同で、電気回路14とアレイ12を相互接触の状態にしおよび相互接触から外れる状態に移動させるようにアレイ12を配置することができることが理解される。

【0085】

10

本発明の様々な実施形態においてコンピュータ32は、試験すべき電気回路14のレイアウトを記述したCADおよび/またはCAMデータ34からの入力を受けとり、回路14上の様々な位置で1以上の所望の電気的試験を実行する為に必要であるような、アレイ12内のそれぞれのプローブ素子18の好適な位置を決定するためにデータ34を処理する。プローブの好適な位置を決定するためのおよび/またはこのような位置内でプローブを位置付けるために必要な、電流のような適切な信号を決定するの処理が、電気回路14の試験に先行して部分的にまたは全体的にオフラインの動作で実行されても良い。したがって、それぞれのプローブ素子18の好適な位置を決定する為の処理は、メモリ（不図示）に格納されていても良く、または、全体的にまたは部分的に、作動中に計算されても良い。

20

【0086】

それぞれのプローブ素子18の好適な位置を決定するための処理の結果は、試験すべき電気回路14の試験プログラムを考え出すためにコンピュータ32によって採用されても良い。それぞれのプローブの位置情報は、適切な時間に、適切な位置制御命令をそれぞれのポジショナ21に対して提供するプローブ位置コントローラ30に送信される。

【0087】

プローブアレイ12内のプローブ素子18と対応付けられた電気回路試験回路40は、様々なプローブ12によって連結された電気回路14の部分の様々な電気的特性を検知するために提供される。試験は、通常、例えばインピーダンス、キャパシタンス、電気的接触の有無、または他の望ましい電気的特性を決定するために電気回路14内の様々な露出しているリード間の試験を行うことを含んでいる。

30

【0088】

システム10を用いる電気回路14の電気的試験の試験は、少なくともいくつかのプローブ18が、シーケンスにおけるそれぞれの段階において電気回路14の多数の部分と同時に連結するようなシーケンスの試験で実行される。1以上のプローブ18の位置は、試験シーケンスのそれぞれの段階で変更される。追加として、1以上の電気的試験を、プローブ18の異なる組合わせを用いて実行することができ。

【0089】

図1Aにみられるように、電気的試験回路40は、検知された電気的特性と電気回路14の特定の部分とを互いに関係付けることを可能にするために、CADデータ34、および/またはコンピュータ32からのデータ、および/またはプローブ位置制御回路30からのデータ（接続は図示されていない）のインプットを受信する。電気的特性の試験結果は、良品であることが知られた試験されている模範の試験回路14の基準試験結果（不図示）と比較され、また、レポート44が、好適な電気的特性を持つ、電気回路14の試験されている部分および/または欠陥がありまたは不良品である電気回路14の部分を表示するために提供される。

40

【0090】

基準試験結果は、CAMデータ34から直接、受信されても良く、またはCAMデータ34の入力に基づいて試験された回路14のそれぞれの部分について計算されても良く、または不良品でないことが分かっている類似の電気回路の以前の電気的試験の結果に基づい

50

てメモリに格納されていても良い。

【0091】

コンピュータ32と電氣的試験回路40は、図示されているように分かれたコンピュータユニットであっても良く、またはそれらは一つの回路ユニットの部分であっても良い。さらに、電氣的試験回路40はコンピュータ32にフィードバックを提供しても良いことが図1Aには示されている。このようなフィードバックは、例えば、検知された電氣的特性と所望の試験結果とが一致していない電気回路14の部分の試験を反復することを可能にするために用いられても良い。したがって、実際の不良であるのかまたは誤った警報があるのかを確かめるために、不良であると思われる電気回路14の部分を再試験することができるように、プローブ組立品18を再び位置付けるためにフィードバックが採用されても良い。 10

【0092】

ここで図2を参照する。図2は、2次元の通常のおよび拡張されたプローブの空間範囲の両方を表す簡略化した平面図である。図2には、試験すべきプリント回路基板14が、プリント回路基板14を下方に向け保持するように動作する、真空テーブルのような支持台28上に位置していることが示されている。電気回路14の領域50は、プローブ組立品16（図1）が対象として含む空間範囲の場所を示すための説明的な基準枠としての役割を担う仮想グリッド52と重ね合わされて図示されている。

【0093】

名目上の中心プローブ位置マーカー54で表されるそれぞれのプローブ18（図1）は、通常は四角形でありマーカー54を中心とし、また全体的には符号56で示されている通常の空間範囲内で選択的に位置付け可能である。また、名目上の中心プローブ位置マーカー54のそれぞれのプローブ18は、追加として、通常は四角形でありマーカー54を中心とし、また全体的には符号58で示されている拡張された空間範囲内で選択的に位置付け可能である。それぞれのプローブ18は、それぞれの通常および拡張された空間範囲内でアレイ12中の他のプローブ18とは別個に選択的に位置付け可能である。図2には、2つの中心プローブ位置マーカー60および62がみられる。マーカー60を取り囲む通常および拡張された空間範囲は、それぞれ64と66を指定されている。マーカー62を取り囲む通常および拡張された空間範囲は、それぞれ68と70を指定されている。対応する通常の空間範囲56および拡張された空間範囲58は、領域50の外側に配置されたものも含むアレイ12（図1）中のそれぞれのプローブ18と対応付けられることが理解される。 20 30

【0094】

図2の配置においてプローブ18の通常および拡張された空間範囲は、以下のレイアウト構造を有していることが分かる。すなわち、（1）マーカー60に対応するプローブと関連付けられた通常の空間範囲64のような、第1のプローブ18と関連付けられた通常の空間範囲56は、マーカー62に対応するプローブに関連付けられた通常の空間範囲68のような、隣接するプローブ18の通常の空間範囲58とは重なっていない。（2）例えばマーカー60に対応するプローブに関連付けられた通常の空間範囲64と拡張された空間範囲66のような、プローブ18に関連付けられた通常の空間範囲56と対応の拡張された空間範囲58は、概略的にはそれに隣接していないプローブ18の通常の空間範囲56および拡張された空間範囲58とは重なり合っていない。（3）例えばマーカー60に対応するプローブに関連付けられた拡張された空間範囲66のような、プローブ18に関連付けられた拡張された空間範囲は、概略的にはマーカー62に対応するプローブに関連付けられた拡張された空間範囲のような、隣接するプローブ素子18に関連付けられた拡張された空間範囲と重なり合っている。（4）試験すべき電気回路14上のそれぞれの要素の領域は、少なくとも2つのプローブ18によって取り扱うことができる（図1）。 40

【0095】

通常の空間範囲56のサイズは、1/2" X 1/2" から 2" X 2" の間、通常は約1" X 1"であっても良い。拡張された空間範囲58のそれぞれの辺の直線の長さは 50

、通常の空間範囲 5 6 の対応の辺の 1. 5 - 3 倍の間、好ましくは約 2 倍であっても良い。したがって、拡張された空間範囲 5 8 の面積は、隣接するプローブ 1 8 と関連付けられた拡張された空間範囲内に部分的に重なるように、通常の空間範囲 5 6 の面積より 4 倍大きいのが好ましい。

【0096】

図 2 に示されたプローブ 1 8 の配列は、プローブ素子についての可能なレイアウトの単なる一例であることが理解される。したがって、例えば、上述の設計の原理から逸脱しておらず、電気回路 1 4 のそれぞれの要素の領域を少なくとも 2 つのプローブ 1 8 で取り扱うことを可能にすることを含む、図 2 に示されたパターンから一つおきのプローブが取り除かれた配列が提供されても良い。代替の好適なプローブレイアウトを設計することは十分に当業者の能力の範囲内であり、好適なプローブレイアウトの選択は、技術設計、システムコスト、および所望の冗長性の程度についての関数であろう。

10

【0097】

ここで図 3 A および 3 B を参照する。図 3 A および 3 B は、プローブ 1 8 の通常のおよび拡張された空間範囲を 2 次元で表した図 2 に示した面に垂直な面内で作られた簡略図である。通常、プローブ 8 0 および 8 2 のようなプローブ 1 8 は、そのリード線、例えばパッド 8 4 および 8 6 が各プローブの各通常空間範囲の内側に配置されているような電気回路の部分と接触するようポジショナ 2 1 によって位置付けられる。したがって、図 3 A には、プローブ 8 0 が、符号 8 8 で示されたプローブ 8 0 の通常空間範囲 x の内側に配置されたパッド 8 4 と接触するよう位置付けられ、プローブ 8 2 は、パッド 8 4 と接続され

20

【0098】

図 3 B には、符号 9 2 と 9 4 でそれぞれ示された 2 つのパッドが一つのプローブ、つまり図示されているプローブ 8 2 の通常空間範囲 9 0 の内側に配置されていることがみられる。したがってプローブ 8 2 は、対応の通常空間範囲 9 0 の内部に配置されているパッド 9 2 と接触するために位置付けられ、一方、プローブ 9 6 は、対応の通常空間範囲 9 8 の外側であるがプローブ 8 1 の通常空間範囲の内側であり、また半影部 1 0 0 で表されたその拡張された空間範囲の内側でもあるパッド 9 4 と接触するよう位置付けられる。図 3 A および 3 B に示された例において、プローブ 8 2 の拡張された空間範囲 1 0 1 の

30

【0099】

ここで図 4 A、4 B および 4 C を参照する。図 4 A、4 B および 4 C は、図 1 A - 3 のシステムによって提供される、マルチプローブ電気回路接触連結の通常シーケンスについての簡略化した図である。図 4 A、4 B および 4 C にみられるように、プローブ 1 8 は電気回路 1 4 の両面に配置され、それによって電気回路 1 4 の単一面上にリード線を有する電気回路 1 4 の部分の電気的特性を試験できるように、および一つの面から他の面に伸びるリード線を有する電気回路 1 4 の部分もまた電気的特性を試験できるようになっている。

【0100】

図 4 A にみられるように試験の第 1 段階では、選択されたプローブ 1 1 0 および 1 1 2 は、電気回路 1 4 の相互接続部 1 1 7 によって相互接続されたパッド 1 1 4 および 1 1 6 と接触するよう位置付けられる。本発明によれば、プローブ 1 8 (図 1) の少なくともいくつか、通常はその全てが、他のプローブ 1 8 と独立して選択的に制御可能である。したがってプローブ 1 8 のアレイ 1 2 は、電気回路 1 4 の相互接続された部分の多数の組合わせの試験を可能とするために、例えばプローブ 1 8 を個別に所望の試験パターンに移動させることによって配列されても良い。

40

【0101】

図 4 A、さらには図 4 B および 4 C にみられるように、電気的接触が有ることのような電気的試験が、選択されたプローブ 1 1 0 および 1 1 2 を用いて、部分 1 1 7 のような選

50

択された相互接続の回路部分で実行されている間、プローブ 1 2 2 のような他のプローブは（単独で、または不図示の他のプローブと共に）、電気回路 1 1 4 の異なる部分を同時に試験するために用いられても良い。さらに、プローブ 1 1 8 および 1 2 0 のようなさらに別のプローブは、プローブ 1 1 0、1 1 2 および 1 2 2 のような他のプローブによる他の試験の実行と同時に、試験の次の段階のために電気回路 1 4 の他の部分と接触するための位置に移動されても良い。

【0 1 0 2】

図 4 B にみられるように試験の次の段階において、プローブ 1 1 0、1 1 2 および 1 2 2 は持ち上げられ、試験される電気回路 1 4 の他の部分に向けて移動され、一方、図 4 A に示した段階で移動していたプローブ 1 1 8 および 1 2 0 は、パッド 1 2 4 と 1 2 6 の間で伸びる追加の相互接続部分 1 2 3 を試験するために位置付けられる。 10

【0 1 0 3】

図 4 B では、プローブ 1 1 8 はパッド 1 2 4 から僅かにずれて図示されているが、結果として不完全な試験になるかもしれないことが分かる。したがって、不完全な試験結果のイベントにおいては、選択されたプローブは、つまり図 4 B においてはプローブ 1 1 8 は、疑いのある試験の欠陥を検証しまたは排除するために繰り返し試験を実行するために再配置されても良い。

【0 1 0 4】

繰り返し試験は、完了した試験シーケンスの最後に、または図 4 C にみられるように動作中に発生しても良いことが図 4 C から理解される。したがって、例えば、繰り返し試験は、両方共に電気回路 1 4 の同一面に配置されたパッド 1 2 8 および 1 3 0 間の追加の相互接続の部分を試験するためにそれぞれの再配置を完了させたプローブ 1 1 0 および 1 2 2 で示されるように、試験ルーチンが継続する間に発生しても良い。 20

【0 1 0 5】

試験シーケンスの様々な段階において、プローブは、電気回路 1 4 の様々な部分を試験する為に組み合わせられても良い。したがって、電氣的試験回路は、通常、引き続いて起きる試験シーケンスの段階の間でプローブの機能的な相互接続を変化させるよう動作するスイッチング回路（不図示）を備える。したがって、スイッチング回路を、例えば相互接続性またはインピーダンスのように、プローブの同じ組の間で試験のタイプを変化させるよう動作するようにすることができ、またはそれに替えて、プローブの異なる組み合わせがそれぞれ電気回路 1 4 の異なった選択された部分を順次試験するよう、プローブがランダムに組み合わせられても良いように、プローブの様々な組の間で相互接続を変化させるよう動作するようにすることができる。 30

【0 1 0 6】

ここで図 4 D および 4 E を参照する。図 4 D および 4 E は、図 1 A - 3 B のシステムのプローブによって提供されるマルチ電気回路接触連結の別のシーケンスの簡略化した平面図である。離れて間隔をおいたプローブマーカー 1 4 0 のアレイは、図 1 A および 1 B におけるプローブ組立品 1 6 に対応する静的なプローブ組立品のそれぞれの位置を示している。いくつかのプローブマーカー 1 4 0 は、1 4 2 を指定され通常的空間範囲を示すボックスと対応付けられている。3つのプローブマーカー 1 4 0 は、それぞれのプローブ 1 4 4、1 4 6 および 1 4 8 と共に、および、拡張されたボックス 1 5 0、1 5 2 および 1 5 4 によってそれぞれ表された対応の拡張された空間範囲と共に図示されている。 40

【0 1 0 7】

プローブマーカー 1 4 0 によって表されるアレイは、互いに離れて間隔をおかれた、ボックス 1 4 2 で表され、プローブマーカー 1 4 0 と対応付けられそれぞれのプローブに対応する通常的空間範囲によって特徴づけられる。アレイは、互いに重なり合った、プローブ 1 4 4、1 4 6 および 1 4 8 と対応付けられた拡張ボックス 1 5 0、1 5 2 および 1 5 4 についてみられる、拡張された空間範囲でさらに特徴づけられる。

【0 1 0 8】

図 4 D にみられる試験の第 1 の段階において、プローブ 1 4 4 はプローブ 1 4 8 の通常の 50

空間範囲 1 5 6 内に配置されたパッド（見られない）と連結するよう位置付けられ、プローブ 1 4 6 はプローブ 1 4 4 の通常の空間範囲 1 5 8 内に配置されたパッド（見られない）と連結するために位置付けられ、プローブ 1 4 8 は拡張ボックス 1 5 4 によって表された拡張された空間範囲内に配置されるがどの通常の空間範囲 1 4 2 ないにもないパッド（見られない）と連結するよう位置付けられる。

【0 1 0 9】

図 4 E にみられる次の試験段階において、プローブ 1 4 4 はプローブ 1 4 8 の拡張された空間範囲 1 5 2 内に配置されたパッド（見られない）と連結するよう位置付けられ、またさらにプローブ 1 4 6 は、拡張された空間範囲 1 5 2 内に配置されたパッド（見えない）と連結するよう位置付けられる。プローブ 1 4 4 と 1 4 6 の両方が、どの通常の空間範囲 1 4 2 内にも配置されていないパッドと連結するよう位置付けられる。同時に、プローブ 1 4 8 は、拡張ボックス 1 5 4 によって表された拡張された範囲内に配置されたパッド（見られない）と連結するよう位置付けられる。

10

【0 1 1 0】

図 4 D と 4 E にみられる両方の試験段階において、プローブは、隣のプローブの対応する通常の空間範囲内に交差しているか、または全てのプローブの通常の空間位置の外側に配置された電気回路の部分と連結している。他のプローブに対応付けられた空間範囲内に交差するためのこの機能は、プローブを移動させる間の衝突を避けることを可能にするよう意図されている。

【0 1 1 1】

ここで図 5 を参照する。図 5 は、図 1 のシステムに採用されているプローブ 1 6 に対応するプローブ組立品 1 6 0 の、部分的に分解され、部分的に切り取られた図である。ここでは、プローブ組立品 1 6 0 は、選択的に位置付け可能な剛体のプローブハウジング 1 6 6 の内部に配置され、プローブ先端部 1 6 4 とともに形成された伸長可能な導体プローブ素子 1 6 2 を備えることが詳細にみられる。本発明のいくつかの実施形態において、ハウジング 1 6 6 は、好適な剛性および寸法の安定性を提供するために、カーボンまたはセラミックファイバーメッシュから作られる。

20

【0 1 1 2】

図 5 にみられるように、ハウジング 1 6 6 は、ハウジング 1 6 6 を矢印 1 7 2 で示す方向に移動させる X 軸ポジショナ 1 7 0 と、ハウジング 1 6 6 を矢印 1 7 6 で示す方向に移動させる Y 軸ポジショナ 1 7 4 とにそれぞれ取り付けられた一組の環状リング 1 6 8 からつり上げられる。電気回路 1 4（図 3 A および 3 B）の部分と連結するための所望の伸び縮みの動きを提供するために、Z 軸ポジショナ 1 8 0 が伸長可能なプローブ素子 1 6 2 の端部 1 8 2 に取り付けられる。電気回路 1 4（図 1）の部分と連結しおよび取り外しするために、プローブ素子 1 6 2 がハウジング 1 6 6 内部をスライドしそれによりハウジング 1 6 6 に対して選択的に伸び縮みできるように、Z 軸ポジショナ 1 8 0 は、端部 1 8 2 を矢印 1 8 4 の方向で移動させる。

30

【0 1 1 3】

図 5 にみられる実施形態において、ポジショナ 1 7 0、1 7 4 および 1 8 0 は、傾斜アクチュエータ 1 9 0、1 9 2 および 1 9 4 をそれぞれ備え、および、それぞれがアクチュエータ 1 9 0、1 9 2 および 1 9 4 の傾斜動作を増幅する 1 以上のレバー部材 1 9 6、1 9 8 および 2 0 0 をそれぞれ備えている。好適な傾斜アクチュエータの一つの例は、その開示が参照によって本明細書に組み込まれる米国特許 6, 1 9 1, 5 2 2 に詳細に記載されているような圧電トルクアクチュエータである。他の好適な傾斜の機構が採用されても良い。

40

【0 1 1 4】

ここで図 6 A - 6 C を参照する。図 6 A - 6 C は、図 5 のポジショナ 1 7 0 または 1 7 4 のようなポジショナの動作の側面の図である。動作はポジショナ 1 7 0 に関して記載されているが、ポジショナ 1 7 4 の動作は実質的に同一である。ポジショナ 1 7 0 は、プローブ組立品ベース部品 2 0 2 に例えば固定具ネジ 2 0 3（図 5）によって固定された傾斜ア

50

クチュエータ190と、レバー部品196とを備える。図6A-6Cから、および上記参照の米国特許6, 191, 522から、傾斜アクチュエータ190は、それに印加される電流の関数として拡張または収縮するよう動作しそれによってアクチュエータ190の上面206上に傾斜を生じさせる複数の薄片素子204を備えることが理解できる。電流が無い場合には上面206は面202に対して概して傾斜せず、レバー部品196は、垂直軸210（図6B）の参照となる矢印208で示されるように概して垂直に整列される。アクチュエータ190に印加される電流に応じて、上面202は、図6Aおよび6Cにおいてそれぞれ矢印212および214で示されるように、垂直軸210に対して傾斜する。アクチュエータ190の傾斜動作は、比較的小さく0.1°のオーダーであり、角度のあるリング168および169（図5）に取り付けられたレバー部品196は、上面201の小さな傾斜をレバー部品196の上面の大幅な直線的な位置の置き換えに変換することが理解される。直線的な位置の置き換えの範囲は設計条件であり、レバー部品196の長さに関連している。

【0115】

ここで、図7A-7Cを参照する。図7A-7Cは、図1のシステムに採用されたプローブ16に対応するプローブ組立品160のX軸に沿っての動作を図示する簡略化した側面図である。図7A-7Cにおいてハウジング166は、Y軸に沿ってあらゆる傾斜角度に位置付けられていても良い。図7Aにおいてポジショナ170はアクチュエータ190の上面206がベース202の面と概して平行となるようにニュートラル位置にあり、プローブハウジング166はX軸に対し概して垂直に整列されている。図7Bにおいて、アクチュエータ190に電流が印加されたとき上面206が傾斜し、レバー部品196は矢印220の方向に傾斜する。ハウジング166は環状リング168および169から下り下げられているので、レバー部品196に取り付けられているリング168は、ハウジング166の上部222を矢印220の方向に引っ張り、リング169の位置の支点に対しててこで動かし、それによってプローブ先端部164を図7Aの位置に対して矢印224の方向に移動させる。図7Cでは、電流がアクチュエータ190に印加されたとき、図7Cにおいて印加されているその電流は図7Bにおいて印加されている電流とは異なって特徴づけられ、上面206は傾斜し、レバー部品196は矢印230の方向に傾斜することが理解される。ハウジング166は環状リング168および169から下り下げられているので、レバー部品198に取り付けられているリング168は、ハウジング168の上部222を矢印230の方向に押してリング169の位置の支点に対しててこで動かし、それによってプローブ先端部164を図7Aの位置に対して矢印232の方向に移動させる。

【0116】

ここで、図8A-8Cを参照する。図8A-8Cは、図1のシステムに採用されたプローブ16に対応するプローブ組立品160のY軸に沿っての動作を図示する簡略化した側面図である。図8A-8Cにおいてハウジング166は、X軸に沿ってあらゆる傾斜角度に位置付けられていても良い。図8Aにおいてポジショナ174はアクチュエータ192の上面240がベース202の面と概して平行となるようにニュートラル位置にあり、プローブハウジング166はY軸に対し概して垂直に整列されている。図8Bにおいて、アクチュエータ192に印加された電流に応じて上面240が傾斜し、レバー部品198は矢印242の方向に傾斜する。ハウジング166は環状リング168および169から下り下げられているので、レバー198に取り付けられたリング169は、ハウジング166の上部222を矢印242の方向に引っ張り、リング168の支点に対しててこで動かし、それによってプローブ先端部164を図8Aの位置に対して矢印244の方向に移動させる。図8Cにおいて印加されているその電流は図8Bにおいて印加されている電流とは異なって特徴づけられる、アクチュエータ192に印加される電流に応じて上面240は傾斜し、レバー部品198は矢印246の方向に傾斜することが図8Cにおいて理解される。ハウジング166は環状リング168および169から下り下げられているので、レバー192に取り付けられたリング169は、ハウジング166の上部222を矢印24

6 の方向に押してリング 1 6 8 の位置の支点に対しててこで動かし、それによってプローブ先端部 1 6 4 を図 7 A の位置に対して矢印 2 4 8 の方向に移動させる。Y 軸上での端部 1 6 4 の位置は、X 軸上でのその位置付けとは独立である。

【0 1 1 7】

ここで図 9 A－9 D を参照する。図 9 A は、図 1 のシステムで採用されているプローブ 1 6 に対応するプローブ組立品 1 6 0 の Z 軸に沿った動作を図示する簡略化された側面図であり、図 9 B－9 D は、その動作をさらに説明するための、プローブ組立品 1 6 0 のそれぞれの位置での拡大図である。図 9 A にみられるように、Z 軸ポジショナは、傾斜アクチュエータ 1 9 4、および、レバー部品 2 0 0 を構成する一組の傾斜アーム 2 5 0 および 2 5 2 を備える。傾斜アーム 2 5 0 および 2 5 2 は第 1 および第 2 の支点 2 5 4 および 2 5 6 でそれぞれ連結されていること、また、矢印 2 6 0 で示されるように傾斜アーム 2 5 0 および 2 5 2 が相互に湾曲することができるように好適なクリアランス 2 5 8 が提供されることが注目される。図 9 B を参照。したがって、アクチュエータ 1 9 4 が矢印 2 6 2 で示される傾斜動作を生じさせるときに、第 1 の傾斜アーム 2 5 0 は支点 2 5 4 の位置で上方にまたは下方に片寄せられ、このことは、結果として矢印 2 6 4 で示された増幅された直線的な位置の置き換えという状態で第 2 の傾斜アーム 2 5 2 を上方または下方に片寄せさせる。図 9 C 参照。図 9 A－9 C にみられる実施形態において、レバー部品は、レーザーを用いるなどしてクリアランスが切り離された、例えばアルミニウムのような柔軟な金属の一単位のプロックから作られる。

10

【0 1 1 8】

また図 9 A および 9 C にみられるように、傾斜アーム 2 5 2 の上方および下方への動きがプローブ先端部 1 6 4 の距離 L の動きに置き換わるように、傾斜アーム 2 5 2 は、伸長可能な導体プローブ素子 1 6 2 に接続される。図 9 D 参照。したがって、プローブ素子 1 6 2 は例えば銅のような柔らかい金属で作られるので、プローブ先端部 1 6 4 は、X－Y 平面においてハウジング 1 6 6 の方向づけとは独立に、ハウジング 1 6 6 に対して選択的に伸長されまたは後退されても良い。

20

【0 1 1 9】

ここで図 1 0 A－1 0 B を参照する。図 1 0 A は、図 1 のシステムに採用されたプローブ 1 6 に対応し、代替としての構造を有する、プローブ組立品 3 6 0 の Z 軸上での動作を表す簡略化した側面図であり、図 1 0 B は、さらにその動作を説明するためのプローブ組立品 3 6 0 のそれぞれの部分の拡大図である。図 1 0 A にみられるように、Z 軸ポジショナ 3 8 0 は、傾斜アクチュエータ 3 8 2、および、伸長可能なプローブ素子 1 6 2 に取り付けられたレバー部品 3 8 6 を構成する傾斜アーム 3 8 4 を備える。したがって、傾斜アクチュエータ 3 8 2 が傾斜動作を生じさせるときに、レバー部材は矢印 3 8 8 の方向に片寄せられ、プローブ素子 1 6 4 とプローブ先端部 1 6 4 の上方または下方への動きを生じさせる。図 1 0 B 参照。したがって、プローブ素子 1 6 2 が例えば銅のような柔らかい金属で作られているときには、X－Y 平面でのハウジング 1 6 6 の動作とは独立に、プローブ先端部 1 6 4 は、ハウジング 1 6 6 に対して選択的に伸長されおよび後退されても良い。

30

【0 1 2 0】

図 5－1 0 B から理解されるように、プローブ素子 1 8 (図 1) は、プローブ先端部が概して四角形の領域内で様々な位置に連結できるように、あらゆる多数の空間方向に位置付けることができる。通常、ハウジング 1 6 6 を選択された方向に好適に向かせるため、および電気回路 1 4 と連結するときには所望の量の圧力が印加されるように端部 1 6 4 を好適に伸長させるために、アクチュエータ 1 9 0 および 1 9 2 に印加する必要がある電流の特性を決定するための較正機能の場合によっては実行する必要がある。

40

【0 1 2 1】

図 5－1 0 B を参照して記載されたプローブ 1 6 0 の機構は、模範的であり非限定的であると考慮されるべきものである。したがって、例えば、好適なステップモータまたはナノモータのようなあらゆる好適な傾斜動作アクチュエータを採用しても良い。加えて、プローブ素子の好適な位置の置き換えを提供するためのプローブの構造は様々な設計上の考慮

50

にしたがって変更されても良い。

【0122】

ここで、本発明にしたがって電気回路を電氣的に試験するための方法を表すフローチャートである図11-14を参照する。これらの方法は、図1-9を参照して上述した装置を利用しており、電気回路の部分を電氣的に試験するために用いられる、独立におよび選択に位置付け可能なプローブ素子をそれぞれ有する、固定のアレイに配列された多数の静的なプローブ組立品を備えるフィクスチャレスの電氣的試験システムの文脈の中で概して自明のものであった。また、図11-14に表された方法は、通常、プリント回路基板の製造において採用される。したがって、本発明によれば、プリント回路基板の製造のための方法は、あらゆる従来のプリント回路基板製造プロセスまたは他のあらゆる好適なプロセスによって多層基板の導体部分のパターンを付着させ、次に上述の装置を用いおよび／または図11-14に表された方法を採用して電気回路の部分の様々な電氣的特性を電氣的に試験することを含む。試験にパスしなかったプリント回路基板は、修理されるか廃棄される。

【0123】

上述の発明は接触の電氣的試験システムの文脈で概して記述されてきたけれども、電気回路14の部分と電氣的には接触するが物理的には接触しないプローブが採用されても良い。

【0124】

当業者によれば、本発明が特に図示され上述されたものに限定されないことが理解される。むしろ、本発明は請求項によってのみ定義される。

【図面の簡単な説明】

【図1A】

図1Aは、本発明にしたがって構成されおよび動作する、フィクスチャレスの、電気回路の電氣的試験のための装置の簡略化した部分図形の部分ブロック図である。

【図1B】

図1Bは、図1Aに示されたプローブ組立品の部分的な断面図である。

【図2】

2次元でプローブの通常のおよび拡張された空間範囲の両方を表す簡略化した図である。

【図3A】

図3Aおよび3Bは、図2に示した面に垂直な面でかけられた簡略化した図であり、2次元でプローブの通常のおよび拡張された空間範囲の両方を表している。

【図3B】

図3Aおよび3Bは、図2に示した面に垂直な面でかけられた簡略化した図であり、2次元でプローブの通常のおよび拡張された空間範囲の両方を表している。

【図4A】

図4A、4Bおよび4Cは、図1A-3のシステムによる、複数プローブ電気回路接触連結の通常のシーケンスを表す簡略化した側面図である。

【図4B】

図4A、4Bおよび4Cは、図1A-3のシステムによる、複数プローブ電気回路接触連結の通常のシーケンスを表す簡略化した側面図である。

【図4C】

図4A、4Bおよび4Cは、図1A-3のシステムによる、複数プローブ電気回路接触連結の通常のシーケンスを表す簡略化した側面図である。

【図4D】

図4Dおよび4Eは、図1A-3のシステムによる、複数プローブ電気回路接触連結の別のシーケンスを表す簡略化した平面図である。

【図4E】

図4Dおよび4Eは、図1A-3のシステムによる、複数プローブ電気回路接触連結の別のシーケンスを表す簡略化した平面図である。

10

20

30

40

50

【図 5】

図 1 A のシステムに採用されたプローブ組立品の部分的に分解され、部分的に切り取られた図である。

【図 6 A】

図 6 A - 6 C は、図 5 のプローブに採用されたポジショナの動作を表す簡略化した側面図である。

【図 6 B】

図 6 A - 6 C は、図 5 のプローブに採用されたポジショナの動作を表す簡略化した側面図である。

【図 6 C】

図 6 A - 6 C は、図 5 のプローブに採用されたポジショナの動作を表す簡略化した側面図である。

10

【図 7 A】

図 7 A - 7 C は、図 1 A のシステムに採用されたプローブ組立品の、第 1 の軸上での動作を表す簡略化した側面図である。

【図 7 B】

図 7 A - 7 C は、図 1 A のシステムに採用されたプローブ組立品の、第 1 の軸上での動作を表す簡略化した側面図である。

【図 7 C】

図 7 A - 7 C は、図 1 A のシステムに採用されたプローブ組立品の、第 1 の軸上での動作を表す簡略化した側面図である。

20

【図 8 A】

図 8 A - 8 C は、図 1 A のシステムに採用されたプローブ組立品の、第 2 の軸上での動作を表す簡略化した側面図である。

【図 8 B】

図 8 A - 8 C は、図 1 A のシステムに採用されたプローブ組立品の、第 2 の軸上での動作を表す簡略化した側面図である。

【図 8 C】

図 8 A - 8 C は、図 1 A のシステムに採用されたプローブ組立品の、第 2 の軸上での動作を表す簡略化した側面図である。

30

【図 9 A】

図 9 A は、図 1 A のシステムに採用されたプローブ組立品の第 1 の実施形態の、第 3 の軸上での動作を表す簡略化した側面図である。

【図 9 B】

図 9 B - 9 D は、その動作を表すために、図 9 A 内でみられるプローブ組立品のそれぞれの部分の拡大図である。

【図 9 C】

図 9 B - 9 D は、その動作を表すために、図 9 A 内でみられるプローブ組立品のそれぞれの部分の拡大図である。

【図 9 D】

図 9 B - 9 D は、その動作を表すために、図 9 A 内でみられるプローブ組立品のそれぞれの部分の拡大図である。

40

【図 10 A】

図 10 A は、図 1 A のシステムに採用されたプローブ組立品の第 2 の実施形態の、第 3 の軸上での動作を表す簡略化した側面図である。

【図 10 B】

図 10 B は、その動作を表すために、図 10 A 内でみられるプローブ組立品の部分の拡大図である。

【図 11】

図 11 - 14 は、図 1 - 10 B のシステムおよび装置を用いる電気回路を試験するための

50

方法の簡略化したフロー図である。

【図 1 2】

図 1 1 - 1 4 は、図 1 - 1 0 B のシステムおよび装置を用いる電気回路を試験するための方法の簡略化したフロー図である。

【図 1 3】

図 1 1 - 1 4 は、図 1 - 1 0 B のシステムおよび装置を用いる電気回路を試験するための方法の簡略化したフロー図である。

【図 1 4】

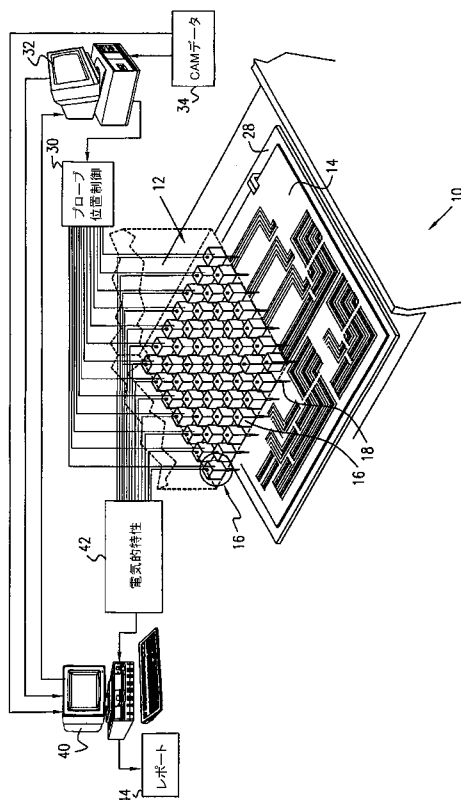
図 1 1 - 1 4 は、図 1 - 1 0 B のシステムおよび装置を用いる電気回路を試験するための方法の簡略化したフロー図である。

10

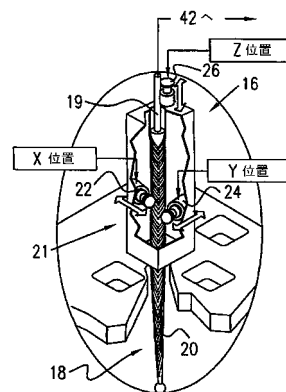
【符号の説明】

- 1 0 電気的試験システム
- 1 2 プローブアレイ
- 1 4 電気回路
- 1 6 プローブ組立品
- 1 8 プローブ素子
- 3 0 プローブ位置制御回路
- 3 2 コンピュータ
- 4 0 電気的試験回路

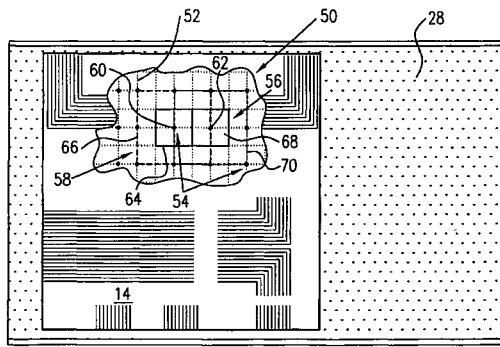
【図 1 A】



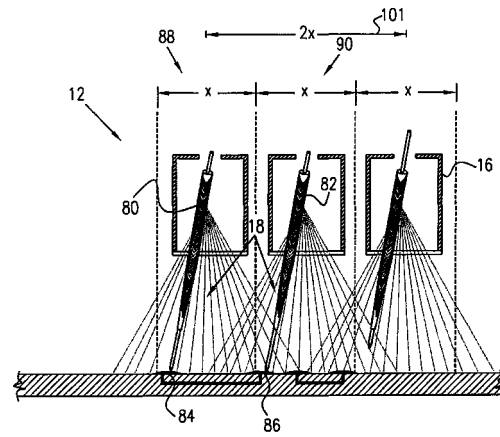
【図 1 B】



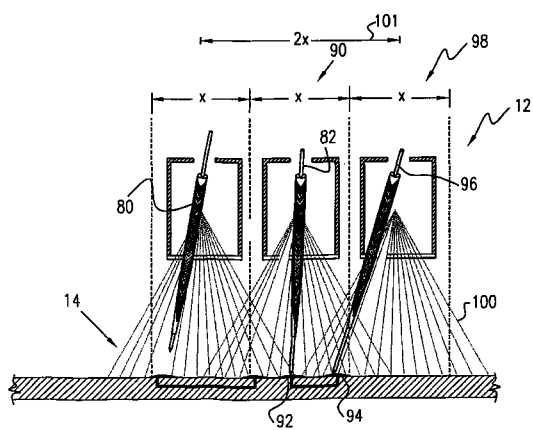
【図 2】



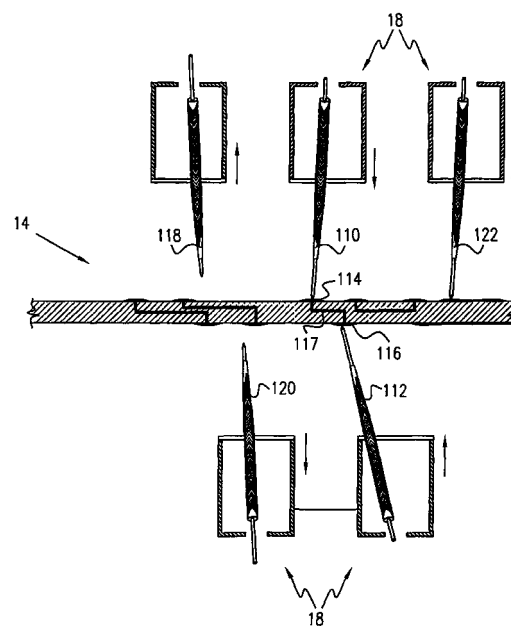
【図 3 A】



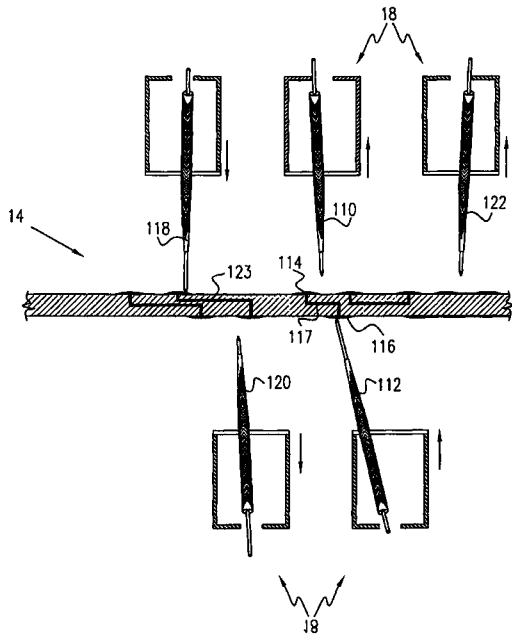
【図 3 B】



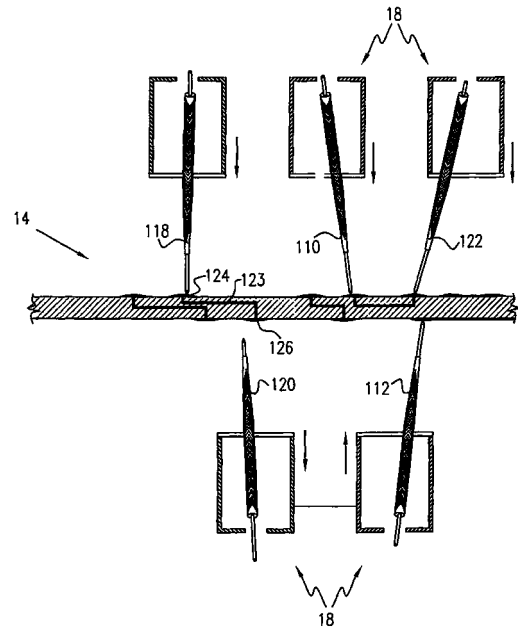
【図 4 A】



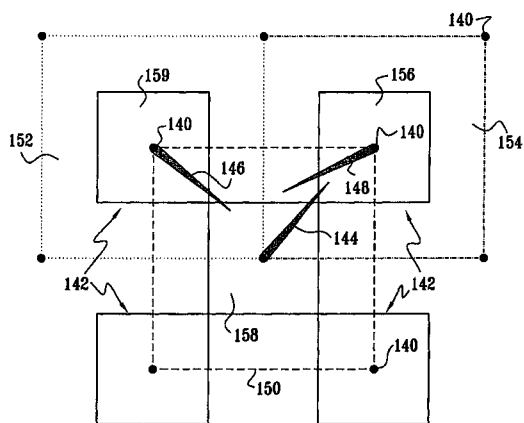
【図 4 B】



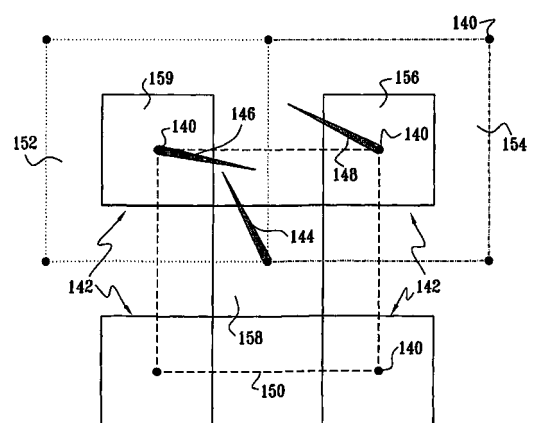
【図 4 C】



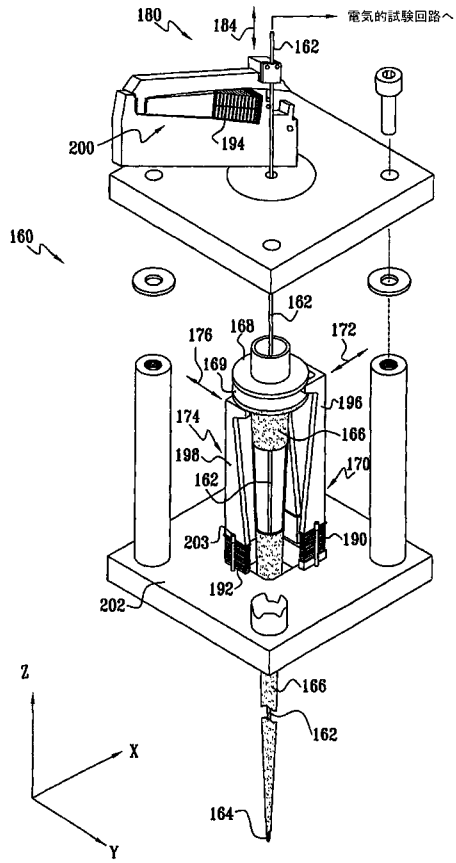
【図 4 D】



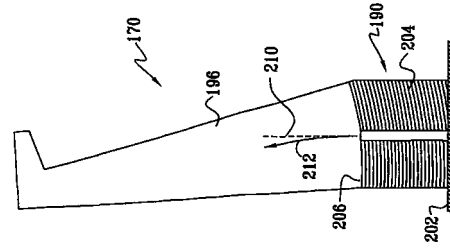
【図 4 E】



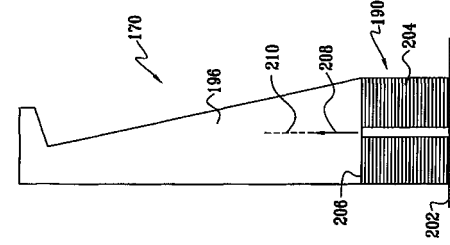
【図 5】



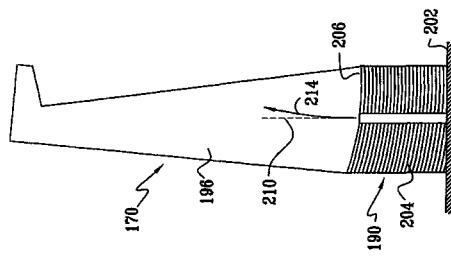
【図 6 A】



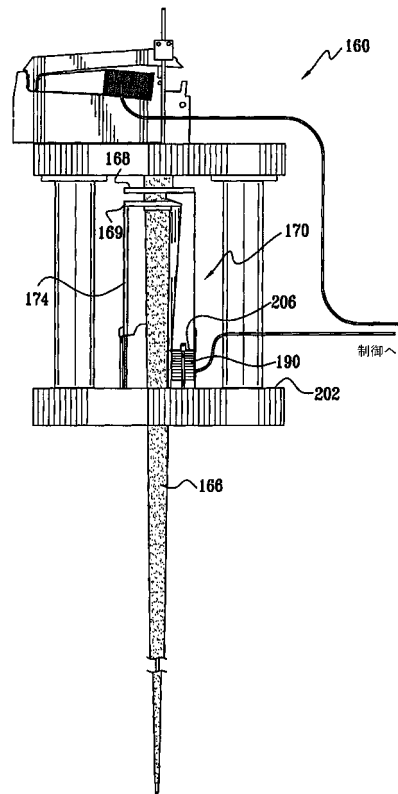
【図 6 B】



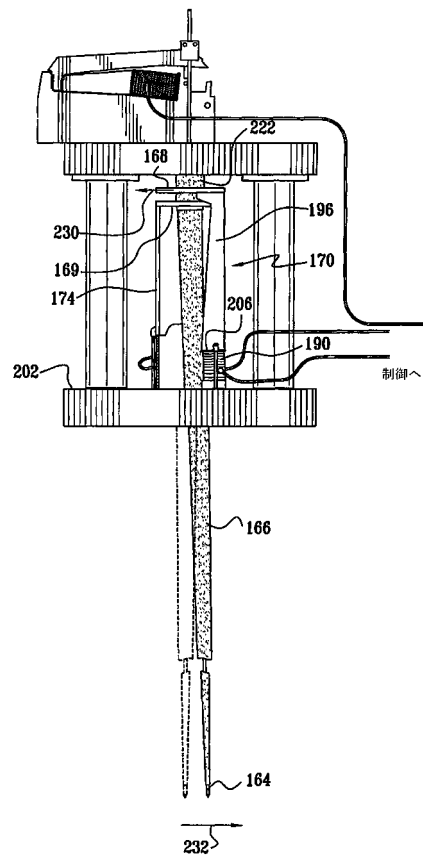
【図 6 C】



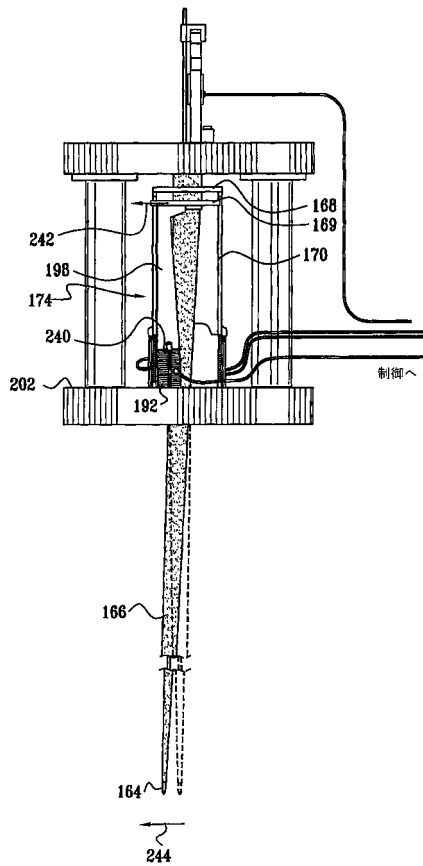
【図 7 A】



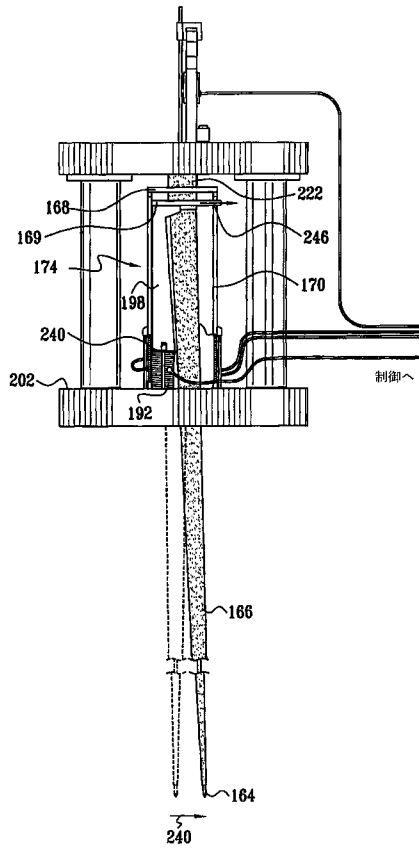
【 図 7 C 】



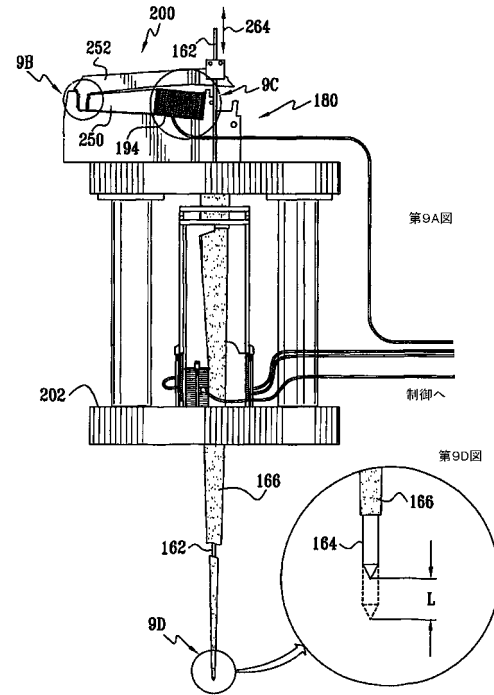
【图 8 B】



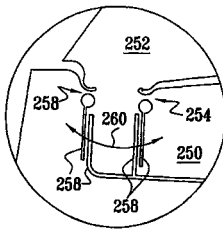
【図 8 C】



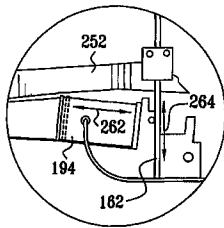
【図 9 A】



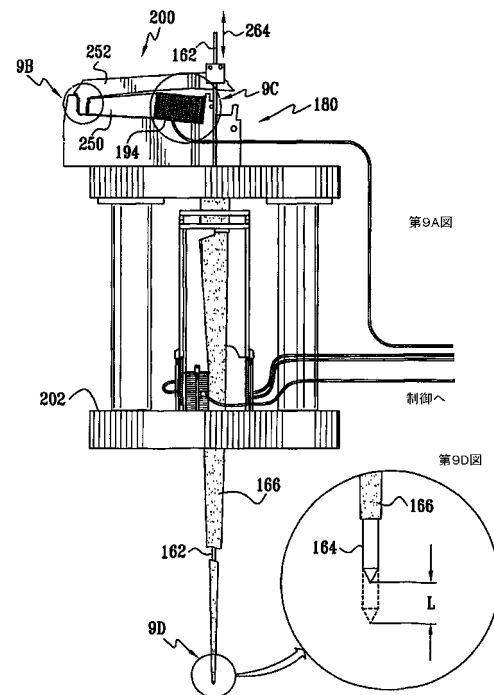
【図 9 B】



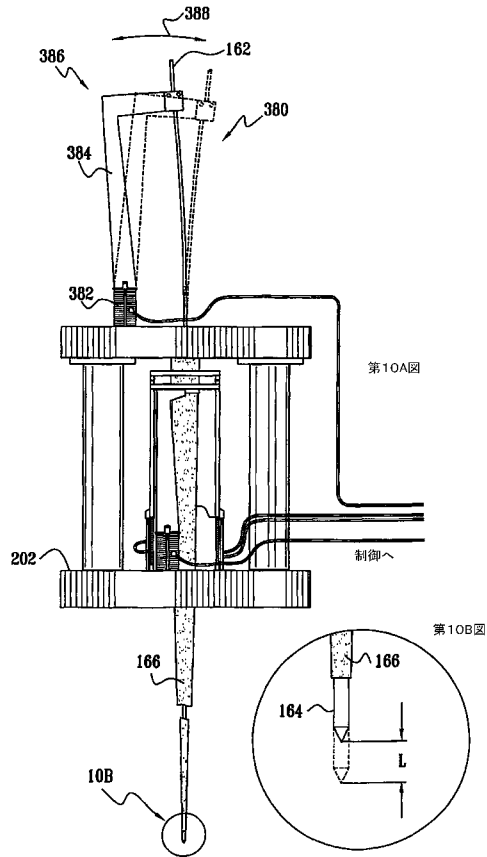
【図 9 C】



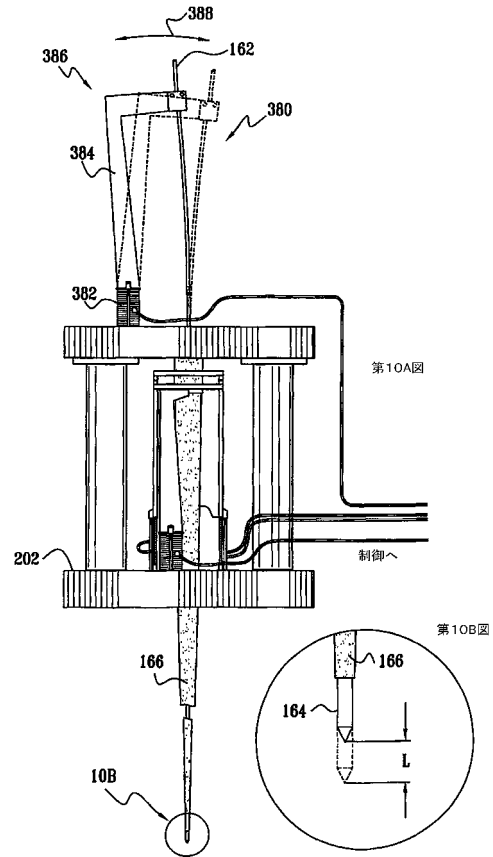
【図 9 D】



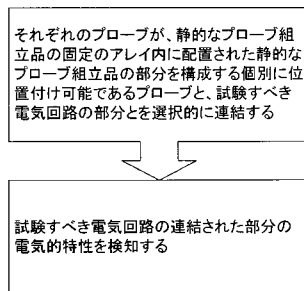
【 図 1 0 A 】



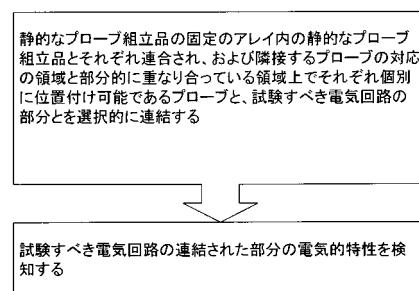
【図 10 B】



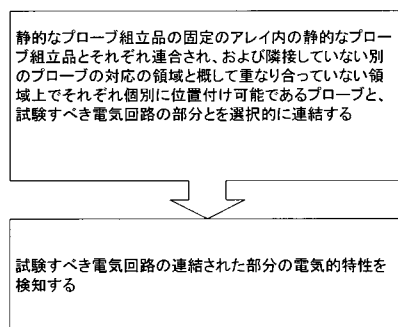
【 図 1 1 】



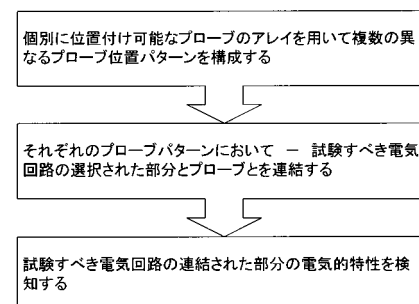
【 図 1 3 】



【图 1 2】



【 図 1 4 】



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
31 January 2002 (31.01.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/08773 A2(51) International Patent Classification: **G01R 31/00**

(21) International Application Number: PCT/IL01/00652

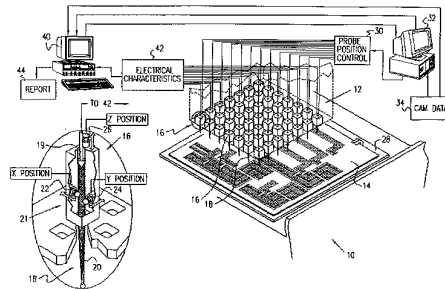
(22) International Filing Date: 17 July 2001 (17.07.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
60/219,276 19 July 2000 (19.07.2000) US(71) Applicant: **ORBOTECH LTD.** [IL/IL], P.O.B. 215,
81102 Yavne (IL).(72) Inventors: **ZEMER, Dan**; 16 Haoren Street, 76575
Rehovot (IL); **HAREL, Eyal**; 16 Kashani Street, 69499
Tel Aviv (IL); **REUTER, Martin**; Gröbenriederstrasse 12,
D-85221 Dachau (DE).(74) Agent: **FAIBISCH, Michael**; Orbotech Ltd., P.O.B. 215,
81102 Yavne (IL).(81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU,
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU,
CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK,
SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.(84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM,
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian
patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European
patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).**Published:**
— without international search report and to be republished
upon receipt of that reportFor two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guid-
ance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the begin-
ning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR ELECTRICAL TESTING OF ELECTRICAL CIRCUITS



(57) Abstract: Apparatus for electrical testing of electrical circuits includes an array of probes arranged for selective engagement with portions of electrical circuits to be tested, testing circuitry associated with the array of probes for sensing electrical characteristics of the electrical circuits engaged by the array of probes, and control circuitry associated with the array of probes for causing engagement between selected ones of the array of probes with selected ones of the portions of electrical circuits to be tested. The array of probes includes at least two static probe assemblies arranged in a fixed array, and the static probe assemblies include a selectively positionable probe element and a probe element positioner. The apparatus is employed to test electrical circuits during fabrication.

WO 02/08773 A2

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

APPARATUS AND METHOD FOR
ELECTRICAL TESTING OF ELECTRICAL CIRCUITS

5 FIELD OF THE INVENTION

The present invention generally relates to apparatus and methods for electrical testing of circuits generally and more particularly to apparatus and methods for suitable for fixtureless electrical testing of electrical circuits.

BACKGROUND OF THE INVENTION

10 There exist a wide variety of apparatus for electrical testing of electrical circuits. These apparatus include non-contact systems such as electron beam, laser plasma and electrical field testers, and contact systems such as bed-of-nails and flying probe testers. Conventional apparatus for electrical testing of electrical circuits suffer from one or more of the following drawbacks: high cost of operation, high set-up cost for different
15 circuit board configurations, slow speed, inability to accurately and detect, in a repeatable fashion, various types of defects in electrical circuits under test.

SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention seeks to provide improved apparatus and methods for fixtureless electrical testing of electrical circuits.

20 In accordance with a general aspect of the invention there is provided at least one electrical testing array comprising at least two electrical testing probes. Each probe is configured to be selectively positionable and to engage selected portions of an electrical circuit board. At selected points of engagement, electrical characteristics of the selected electrical circuits are sensed.

25 Embodiments of the present invention include one or more of the following additional features:

At least some of the probes include a static probe assembly, located in a fixed position in an array of probe assemblies, and a selectively positionable probe element.

30 At least some, and preferably all, positionable probe elements are independently positionable relative to other probe elements.

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

Each probe element is operative to engage a portion of the electrical circuit located within a region of engagement, and the respective regions of engagement of adjacent probe elements at least partially overlap.

Each probe element is each operative to engage a portion of the electrical circuit located within a region of engagement, and the respective regions of engagement of non-adjacent probe elements generally do not overlap.

Control circuitry is provided to position each of the probe elements so as to provide a selectively configurable electrical testing pattern.

The control circuitry is operative to move at least some of the probe elements, while at the same time, other probe elements are held in position for sensing an electrical characteristic of an electrical circuit on an electrical circuit board to be tested.

The control circuitry is operative to position the probe elements into a sequence of different electrical testing patterns, and to test different parts of an electrical circuit on an electrical circuit board to be tested when the probe elements are in each of the various electrical testing patterns.

First and second testing arrays, each comprising probe elements, are respectively provided along each side of an electrical circuit board to be tested, and a testing pattern includes probe elements suitably positioned along both sides of the electrical circuit to sense a characteristic of an electrical circuit that passes through the electrical circuit board to be tested.

First and second testing arrays, each comprising probe elements, are respectively provided along each side of an electrical circuit board to be tested, and the probe elements are sequentially positioned into a sequence of testing patterns, each testing pattern including probe elements suitably positioned along both sides of the electrical circuit, to sequentially sense a characteristic of different parts of an electrical circuit that passes through the electrical circuit board to be tested.

The probe elements are contact probe elements operative to engage selected electrical circuits by physical contact. Alternatively the probe elements may be non-contact probe elements operative to electrically engage selected electrical circuits, without physical contact, for example, by plasma.

In accordance with an additional general aspect of the invention, a method for electrically testing electrical circuits includes sensing electrical characteristics of portions of electrical circuits to be tested by selectively engaging the portions to be tested with probes that are each associated with a static probe assembly arranged in a fixed array of static probe assemblies. The probes are each independently positionable within a region that partially overlaps the corresponding region of an adjacent probe

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

assembly, and that generally does not overlap the corresponding region of a non-adjacent probe assembly.

In accordance with an additional general aspect of the invention, a method for manufacturing electrical circuits includes depositing a pattern of electrical circuit
5 conductors on a multi-layered substrate, and testing an electrical characteristic of selected portions of the electrical circuit using a multiplicity of static probe assemblies which are located in a fixed array of probe assemblies and which each have an independently positionable probe element.

In accordance with an additional general aspect of the invention, a probe
10 assembly suitable for use in electrical testing of electrical circuits includes an elongated pivotable probe member which has one end that is attached to a positioner or a housing, and another end that is free to be positioned. An extensible contact member is associated with the probe member to contact selected locations on a surface, such as a printed circuit board. The probe assembly further includes a first positioner selectively
15 positioning the positionable end at a location selected from a among plurality of locations along a first axis, a second positioner selectively positioning the positionable end at a location selected from a plurality of locations along a second axis, and a third positioner selectively extending and retracting said extensible contact member relative to said housing. Each of the first and second positioners is attached on an opposite side
20 of a fulcrum along the probe member. Additionally each of the positioners includes a tilt actuator, such as a piezo-electric tilt actuator, and a lever arm which converts the tilt action into an amplified linear transposition operative to move the probe member or to extend and retract the contact member.

There is thus provided in accordance with an embodiment of the present invention
25 apparatus for electrical testing of electrical circuits, the apparatus including an array of probes arranged for selective engagement with portions of electrical circuits to be tested, testing circuitry associated with the array of probes for sensing electrical characteristics of the electrical circuits engaged by the array of probes, and control circuitry associated with the array of probes for causing engagement between selected
30 ones of the array of probes with selected ones of portions of electrical circuits to be tested. The array of probes includes at least two static probe assemblies arranged in a fixed array, and each of the static probe assemblies includes a selectively positionable probe element and a probe element positioner.

Further in accordance with the present invention the at least two static probe
35 assemblies includes a multiplicity of static probe assemblies.

Still further in accordance with the present invention the probe element positioner is disposed at a fixed location in the array of probes

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

Additionally in accordance with the present invention the probe element of the static probe assemblies is selectively positionable over a region that is generally non-overlapping with a corresponding region of another probe element, which is not adjacent thereto.

5 Further in accordance with the present invention each probe element of the static probe assemblies is selectively positionable over a region which is partially overlapping with a corresponding region of another probe element which is adjacent thereto.

Still further in accordance with the present invention the control circuitry is operative to position the probe elements of the multiplicity of static probe assemblies sequentially in a plurality of position patterns for testing a plurality of circuit elements in an electrical circuit.

10 Additionally in accordance with the present invention the control circuitry is operative to electrically test a portion of an electrical circuit with selected probe elements of the multiplicity of static probe assemblies arranged in a first position pattern and simultaneously to move other probe elements into a second position pattern.

Moreover in accordance with the present invention at least a first probe is located along a first side of an electrical circuit and at least a second probe is additionally located along the first side of the circuit. The first probe and the second probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit that at least partially extends along the first side.

20 Further in accordance with the present invention at least a first probe is located along a first side of the electrical circuit and at least a second probe is located along a second side of the circuit. The first probe and the second probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit that passes from the first side to the second side.

25 Optionally, a third probe is additionally located along the first side of the electrical circuit. The first probe and the third probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit at least partially extending along the first side.

30 Additionally in accordance with the present invention the control circuitry is arranged to provide multiple configurations of probes and the testing circuitry is operative to sense different electrical characteristics in each of the multiple configurations.

Moreover in accordance with the present invention the selective engagement comprises physically touching the portions of electrical circuits to be tested.

35 Alternatively, the selective engagement comprises forming electrical contact, but not physical contact, with the portions of electrical circuits to be tested.

There is thus provided in accordance with an additional embodiment of the present invention apparatus for electrical testing of electrical circuits including an array

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

of probes arranged for selective engagement with portions of electrical circuits to be tested, testing circuitry associated with the array of probes for sensing electrical characteristics of the electrical circuits engaged by the array of probes, and control circuitry associated with the array of probes for causing engagement between selected ones of the array of probes with selected ones of the portions of electrical circuits to be tested. The array of probes includes at least three probe assemblies. Each of the probe assemblies includes a selectively positionable probe element and a probe element positioner and each probe element of the probe assemblies is selectively positionable over a region which is generally non-overlapping with a corresponding region of another probe element which is not adjacent thereto.

Still further in accordance with the present invention the probe element positioner is disposed at a fixed location in the array.

Additionally in accordance with the present invention each probe element of the probe assemblies is selectively positionable over a region which is partially overlapping with a corresponding region of another probe element which is adjacent thereto.

Moreover in accordance with the present invention, the control circuitry is operative to position the probe elements of the static probe assemblies sequentially in a plurality of position patterns for testing a plurality of circuit elements in an electrical circuit.

Further in accordance with the present invention the control circuitry is operative to electrically test a portion of an electrical circuit with selected probe elements of the probe assemblies arranged in a first position pattern and simultaneously to move other probe elements into a second position pattern.

Still further in accordance with the present invention at least a first probe is located along a first side of an electrical circuit and at least a second probe is additionally located along the first side of the circuit. The first probe and the second probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit that at least partially extends along the first side.

Additionally in accordance with the present invention at least a first probe is located along a first side of an electrical circuit and a second probe is located along a second side of the circuit. The first probe and the second probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit that passes from the first side to the second side.

Optionally, a third probe is additionally located along the first side of the electrical circuit. The first probe and the third probe are thus operative to test at least one portion of the electrical circuit at least partially extends along the first side of the electrical circuit.

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

Further in accordance with the present invention the control circuitry is arranged to provide multiple configurations of probes and the testing circuitry is operative to sense different electrical characteristics in each of the multiple configurations.

Still further in accordance with the present invention the selective engagement
5 comprises physically touching portions of the electrical circuits to be tested.

Alternatively the selective engagement comprises forming electrical contact, but not physical contact, with the portions of electrical circuits to be tested.

There is thus provided in accordance with still another embodiment of the present invention apparatus for electrical testing of electrical circuits including an array
10 of probes for selective engagement with portions of electrical circuits to be tested, testing circuitry associated with the array of probes for sensing electrical characteristics of the electrical circuits engaged by the array of probes, and control circuitry associated with the array of probes for causing engagement between selected ones of the array of probes with selected ones of the portions of electrical circuits to be tested. The array of
15 probes includes at least two probe assemblies, each of the probe assemblies includes a selectively positionable probe element and a probe element positioner, and each probe element of the probe assemblies is selectively positionable over a region which is partially overlapping with a corresponding region of another probe element which is adjacent thereto.

Further in accordance with the present invention the at least two probe assemblies comprise a multiplicity of probe assemblies.

Still further in accordance with the present invention the probe element positioner is disposed at a fixed location in the array of probes.

Additionally in accordance with the present invention each probe element of the
25 probe assemblies is selectively positionable over a region which is not overlapping with a corresponding region of another probe element which is not adjacent thereto.

Moreover in accordance with the present invention the control circuitry is operative to position the probe elements of the probe assemblies sequentially in a plurality of position patterns for testing a plurality of circuit elements in an electrical
30 circuit.

Further in accordance with the present invention the control circuitry is operative to electrically test a portion of an electrical circuit with selected probe elements of the multiplicity of static probe assemblies arranged in a first position pattern and simultaneously to move other probe elements into a second position pattern.

Still further in accordance with the present invention at least a first probe is
35 located along a first side of an electrical circuit and at least a second probe is additionally located along the first side thereof. The first probe and the second probe are

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

operative to test at least one portion of the electrical circuit that at least partially extends along the first side.

Additionally in accordance with the present invention at least a first probe is located along a first side of an electrical circuit and a second probe is located along a second side thereof. The first probe and the second probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit that passes from the first side to the second side.

Optionally, a third probe is additionally located along the first side of the electrical circuit. The first probe and the third probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit that at least partially extends along the first side.

Further in accordance with the present invention the control circuitry is arranged to provide multiple configurations of probes and the testing circuitry is operative to sense different electrical characteristics of the electrical circuit in each of the multiple configurations.

Still further in accordance with the present invention the selective engagement comprises physically touching the portions of electrical circuits to be tested.

Alternatively the selective engagement comprises forming electrical contact, but not physical contact, with portions of electrical circuits to be tested.

There is thus provided in accordance with a further embodiment of the present invention apparatus for electrical testing of electrical circuits including an array of probes arranged for selective engagement with portions of electrical circuits to be tested, testing circuitry associated with the array of probes for sensing electrical characteristics of the electrical circuits engaged by the array of probes, and control circuitry associated with the array of probes for causing engagement between selected ones of the array of probes with selected ones of the portions of electrical circuits to be tested. The array of probes includes at least two static probe assemblies, each of the static probe assemblies includes a selectively positionable probe element and a probe element positioner. The control circuitry is operative to position the probe elements of the multiplicity of static probe assemblies sequentially in a plurality of position patterns for testing a plurality of circuit elements in an electrical circuit.

Further in accordance with the present invention the at least two static probe assemblies comprise a multiplicity of static probe assemblies

Still further in accordance with the present invention the probe element positioner is disposed at a fixed location in the array of probes.

Additionally in accordance with the present invention each probe element in a multiplicity of probe assemblies is selectively positionable over a region which is generally non-overlapping with a corresponding region of another probe element which is not adjacent thereto.

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

Moreover in accordance with the present invention each probe element of the probe assemblies is selectively positionable over a region which is partially overlapping with a corresponding region of another probe element which is adjacent thereto.

5 Still further in accordance with the present invention the control circuitry is operative to electrically test a portion of an electrical circuit with selected probe elements of the probe assemblies arranged in a first position pattern and simultaneously to move other probe elements into a second position pattern.

10 Additionally in accordance with the present invention at least a first probe is located along a first side of an electrical circuit and at least a second probe is additionally located along the first side of the electrical circuit. The first probe and the second probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit at least partially extending along the first side.

15 Moreover in accordance with the present invention at least a first probe is located along a first side of an electrical circuit and a second probe is located along a second side of the electrical circuit. The first probe and the second probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit passing from the first side to the second side.

20 Optionally a third probe is additionally located along the first side of the electrical circuit. The first probe and the third probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit at least partially extending along the first side.

Still further in accordance with the present invention the control circuitry is arranged to provide multiple configurations of probes and the testing circuitry is operative to sense different electrical characteristics in each of the multiple configurations.

25 Additionally in accordance with the present invention the selective engagement comprises physically touching portions of the electrical circuits to be tested.

Alternatively the selective engagement comprises forming electrical contact, but not physical contact, with the portions of electrical circuits to be tested.

30 There is thus provided in accordance with another embodiment of the present invention a method for electrical testing of electrical circuits including selectively engaging portions of electrical circuits to be tested with probes, each probe being associated with a static probe assembly forming part of a fixed array of static probe assemblies, each probe being independently positionable, and sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by the probes.

35 There is thus provided in accordance with still another embodiment of the present invention a method for electrical testing of electrical circuits including selectively engaging portions of electrical circuits to be tested with probes, each probe being associated with a static probe assembly forming part of a fixed array of static

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

probe assemblies, each probe being independently positionable over a region which is generally non-overlapping with a corresponding region of another probe which is not adjacent thereto, and sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by the probes.

5 There is thus provided in accordance with a further embodiment of the present invention a method for electrical testing of electrical circuits including selectively engaging portions of electrical circuits to be tested with probes, each probe being associated with a static probe assembly forming part of a fixed array of static probe assemblies, each probe being independently positionable over a region which is
10 partially overlapping with a corresponding region of another probe which is adjacent thereto, and sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by the probes.

There is thus provided in accordance with another embodiment of the present invention a method for electrical testing of electrical circuits including providing at least
15 two static probe assemblies, each having a movable probe, and sequentially moving the probes to form a plurality of position patterns for testing a plurality of circuit elements in an electrical circuit, selectively engaging portions of electrical circuits to be tested with the probes, and sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by the probes.

20 Further in accordance with the present invention the providing at least two static probe assemblies includes providing a multiplicity of static probe assemblies.

There is thus provided in accordance with still another embodiment of the present invention a process for manufacturing electrical circuits including forming an electrical circuit on a multi-layered substrate, selectively engaging portions of the
25 electrical circuit with probes, each probe being associated with a static probe assembly forming part of a fixed array of static probe assemblies, each probe being independently positionable, and sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by the probes.

There thus provided in accordance with a further embodiment of the present invention a process for manufacturing electrical circuits including forming an electrical
30 circuit on a multi-layered substrate, selectively engaging portions of the electrical circuit with probes, each probe being associated with a static probe assembly forming part of a fixed array of static probe assemblies, each probe being independently positionable over a region which is not generally non-overlapping with a corresponding region of another
35 probe which is not adjacent thereto, and sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by the probes.

There is thus provided in accordance with another embodiment of the present invention a process for manufacturing electrical circuits including forming an electrical

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

circuit on a multi-layered substrate, selectively engaging portions of the electrical circuit with probes, each probe being associated with a static probe assembly forming part of a fixed array of static probe assemblies, each probe being independently positionable over a region which is partially overlapping with a corresponding region of another probe which is adjacent thereto, and sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by the probes.

There is thus provided in accordance with still another embodiment of the present invention a process for manufacturing electrical circuits including forming an electrical circuit on a multi-layered substrate, providing at least two static probe assemblies, each having a movable probe, and sequentially moving the probes to form a plurality of position patterns for testing a plurality of circuit elements in an electrical circuit, selectively engaging portions of electrical circuits to be tested with the probes, and sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by the probes.

There is thus provided in accordance with a further embodiment of the present invention a probe assembly including an elongated pivotable probe member depending from an attached portion and having a positionable end, an extensible contact member associated with the pivotable probe member, a first positioner selectively positioning the positionable end at a location selected from a plurality of locations along a first axis, a second positioner selectively positioning the positionable end at a location selected from a plurality of locations along a second axis, and a third positioner selectively extending and retracting the extensible contact member relative to the probe member.

Further in accordance with the present invention the attached portion is attached to the first positioner.

Still further in accordance with the present invention the attached portion is attached to the second positioner.

Additionally in accordance with the present invention the first positioner comprises a first tilt actuator tilting a lever arm which is attached to the probe member on a first side of a fulcrum along the probe member.

Moreover in accordance with the present invention the first tilt actuator is a piezo-electric tilt actuator.

Further in accordance with the present invention the second positioner comprises a second tilt actuator tilting a second lever arm which is attached to the probe member on a second side of a fulcrum along the probe member.

Still further in accordance with the present invention the second tilt actuator is a piezo-electric tilt actuator.

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

Additionally in accordance with the present invention the probe member is formed with a hollow core, and the extensible contact member is disposed inside the hollow core.

Moreover in accordance with the present invention the third positioner comprises a third tilt actuator and at least one third lever arm, the tilt actuator biasing the at least one third lever arm to selectively move an end portion of the at least one third lever arm closer to or away from the probe member.

Further in accordance with the present invention the third tilt actuator is a piezo-electric tilt actuator.

Still further in accordance with the present invention the first and second positioners cooperate to selectively position the positionable end of any one of a multiplicity of possible locations.

Additionally in accordance with the present invention the third positioner is operative to cooperate with the first positioner and the second positioner to extend the contact member to selectively contact any one of a multiplicity of possible locations on the surface of a generally planar article.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The present invention will be understood and appreciated more fully from the following detailed description, taken in conjunction with the drawings in which:

Fig. 1A is a simplified, part pictorial, part block-diagram illustration of apparatus for fixtureless electrical testing of electrical circuits constructed and operative in accordance with the invention;

Fig. 1B is a magnified, partial sectional view of a probe assembly shown in Fig. 1A;

Fig. 2 is a simplified diagram illustrating both usual and extended spatial ranges of probes in two dimensions;

Figs. 3A and 3B are a simplified diagrams taken in a plane perpendicular to that shown in Fig. 2 and illustrating both usual and extended spatial ranges of probes in two dimensions;

Figs. 4A, 4B and 4C are simplified side view illustrations of a typical sequence of multiple probe electrical circuit contact engagements provided by the system of Figs. 1A - 3;

Figs. 4D and 4E are simplified top view illustrations of another sequence of multiple probe electrical circuit contact engagements provided by the system of Figs. 1A - 3

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

Fig. 5 is a partially exploded and partially cut-away pictorial illustration of probe assembly employed in the system of Fig. 1A;

Figs. 6A – 6C are simplified side-view illustrations of the operation of a positioner employed in the probe of Fig. 5;

5 Figs. 7A – 7C are simplified side view pictorials illustrating operation, along a first axis, of a probe assembly employed in the system of Fig. 1A;

Figs. 8A – 8C are simplified side view pictorials illustrating operation, along a second axis, of a probe assembly employed in the system of Fig. 1A;

10 Fig. 9A is a simplified side view pictorial illustrating operation, along a third axis, of a first embodiment of a probe assembly employed in the system of Fig. 1A;

Figs. 9B – 9D are magnified views of respective portions of the probe assembly seen in Fig. 9A to illustrate its operation;

Figs. 10A is a simplified side view pictorial illustrating operation, along a third axis, of a second embodiment of a probe assembly employed in the system of Fig. 1A;

15 Fig. 10B is a magnified view of a portion of the probe assembly seen in Fig. 10A to illustrate its operation;

Figs. 11 – 14 are simplified flow diagrams of methods for testing electrical circuits using the systems and apparatus of Figs. 1 – 10B.

20

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

Reference is now made to Fig. 1A which is a simplified, part pictorial, part block-diagram illustration of a fixtureless electrical testing system 10 for electrically testing electrical circuits, constructed and operative in accordance with the one embodiment or example of the present invention. The term “electrical circuits” as used throughout the following description shall be deemed to include complete electrical circuits as well as nets and other interconnected and interconnectable portions of electrical circuits, which, when suitably interconnected, form a completed electrical circuit.

25 As seen in Fig. 1A, system 10 includes an array of probes 12 which are arranged for selectable engagement with portions of an electrical circuit 14 to be tested. The array of probes 12 comprises a multiplicity of static probe assemblies 16 (shown magnified in Fig. 1B) arranged in a fixed array. Each of said static probe assemblies 16 includes a selectively positionable probe element 18, typically formed of a conductive metal core 19 surrounded by and movable within a carbon fiber, or other suitable fiber, mesh housing 20, and at least one probe element positioner 21 operative to move a respective probe element 18 to a selectable position within a range of possible positions. Array 12

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

may be provided on a single side of electrical circuit 14, or alternatively an array 12 may be provided along each side thereof in order to enable testing of portions of electrical circuit 14 that are interconnected and that have contacts located on both sides of electrical circuit 14.

5 System 10 typically includes probe position control circuitry 30 associated with the array of probes 12. Circuitry 30 is operative to selectively position probes 18 and to cause engagement between selected probes 18 and selected portions of electrical circuit 14 to be tested. As seen in greater detail in Fig. 1B, probe assembly 16 may have associated therewith several positioners 21, including an X positioner 22 operable to
10 position probe element 18 along an X axis; a Y positioner 24 operable to position probe element 18 along a Y axis; and a Z positioner 26 operable to provide up-down positioning to the conductive metal core 19 disposed inside probe element 18 and to control the pressure applied by the conductive metal core 19 of probe element 18 when engaging a selected portion of electrical circuit 14.

15 It is appreciated that separate positioners 21, as seen in Fig. 1B, or alternatively a single unit operable to provide each of the desired positioning functions (not shown), may be employed to position probe 18. Moreover, a variety of positioner constructions may be employed to provide suitable selectable X - Y and/or Z axis positioning and contact between individual probes and portions of electrical circuit 14. Suitable
20 positioners include micro motors, nano motors and piezo-electric positioners. A configuration for the construction of probes 18, which is to be considered exemplary and non-limiting, is described hereinbelow with reference to Figs. 5 - 10B. It is further appreciated that array 12 may be arranged so that each probe assembly 16 provides suitable X - Y positioning for a probe 18, while a global positioner (not shown), in
25 cooperation with support table 28 that supports electrical circuit 14 and/or in cooperation with array 12, moves electrical circuit 14 and array 12 into and out of mutual contact.

In various embodiments of the present invention a computer 32 receives an input from CAD and/or CAM data 34 describing the layout of electrical circuit 14 to be
30 tested, and processes the data 34 to determine a suitable position for each probe element 18 in array 12 as is necessary to perform one or more desired electrical tests on various portions of circuit 14. Processing to determine a suitable position for a probe, and/or to determine an appropriate signal, such as electrical current, needed to position probe in such position, may be performed partially or entirely in an offline operation prior to
35 testing an electrical circuit 14 to be tested. Thus processing to determine a suitable position for each probe element 18 may be stored in memory (not shown) or may be computed, in whole or in part, on the fly.

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

The results of processing to determine a suitable position for each probe element 18 may be employed by computer 32 to devise a testing program for an electrical circuit to be tested 14. Position information for each probe is sent to probe position controller 30, which at the appropriate time provides suitable position control instructions for each positioner 21.

Electrical circuit testing circuitry 40, associated with the probe elements 18 in the array of probes 12, is provided to sense a variety of electrical characteristics 42 of portions of electrical circuit 14 engaged by various probes 12. Tests typically include, for example, testing between various exposed leads in electrical circuit 14, to determine impedance, capacitance, a presence or absence of electrical contact, or other desirable electrical characteristics.

The testing of electrical testing of an electrical circuit 14 using system 10 typically is conducted in a sequence of tests for which at least some probes 18 simultaneously engage, at each step in the sequence, a multiplicity of portions of electrical circuit 14. The position of one or more probes 18 is modified for each stage of the testing sequence. Additionally, one or more electrical tests can be performed using different combinations of probe elements 18.

As seen in Fig. 1A, electrical testing circuitry 40 receives inputs from CAM data 34, and/or data from computer 32 and/or data from probe position control circuitry 30 (connection not shown), to enable correlating between sensed electrical characteristics and particular portions of electrical circuit 14. Test results of electrical characteristics 42 are compared to reference test results (not shown) for a known-to-be-good electrical circuit 14 of the type being tested, and a report 44 is provided to indicate those portions of the electrical circuit 14 being tested which have a suitable electrical characteristic and/or portions of the electrical circuit 14 which are deficient or defective.

Reference test results may be received directly from CAM data 34, or may be calculated for each portion of circuit 14 tested based on inputs from CAM data 34, or may be stored in memory based on the results of previous electrical testing of a similar electrical circuit, which is known to be not defective.

It is appreciated that computer 32 and electrical testing circuitry 40 may be separate computer units, as shown, or they may be parts of a single circuitry unit. Moreover, it is seen in Fig. 1A that electrical testing circuitry 40 may provide feedback to computer 32. Such feedback may be used, for example, to enable repeat testing of portions of electrical circuit 14, whose sensed electrical characteristics are not in accordance with a desired test result. Thus feedback may be employed to reposition probe assemblies 18 so that a portion of electrical circuit 14 suspected of being defective may be retested to ascertain the presence of a real defect or of a false alarm.

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

Reference is now made to Fig. 2 which is a simplified top view diagram illustrating both usual and extended spatial ranges of probes in two dimensions. It is seen in Fig. 2 that a printed circuit board 14 to be tested is situated on support table 28, such as a vacuum table, operative to hold down printed circuit board 14. A region 50 of electrical circuit 14 is seen overlaid with a virtual grid 52 serving as an illustrative frame of reference to show the locations of spatial ranges covered by probe assemblies 16 (Fig. 1).

Each probe 18 (Fig. 1), represented by a nominal central probe location marker 54, is selectively positionable within a usual spatial range, typically square shaped, centered about a marker 54 and generally indicated by reference numeral 56. In addition, each probe 18, represented by a nominal central probe location marker 54 is additionally selectively positionable within an extended range, typically square shaped, centered about marker 54 and generally indicated by reference numeral 58. Each probe 18 is selectively positionable within its respective usual and extended spatial range independently of other probes 18 in array 12. Seen in Fig. 2 are two central probe location markers 60 and 62. The usual and extended spatial ranges surrounding marker 60 are designated 64 and 66 respectively. The usual and extended spatial ranges surrounding marker 62 are designated 68 and 70 respectively. It is appreciated that the corresponding usual spatial ranges 56 and extended spatial ranges 58 are associated with each of probes 18 in array 12 (Fig. 1), including those located outside region 50.

In the arrangement of Fig. 2 it is seen that usual and extended spatial ranges for probes 18 have the following layout configurations, one or more of which typically is present in systems constructed in accordance with the invention : (1) the usual spatial range 56 associated with a first probe 18, such as usual spatial range 64 associated with the probe corresponding to marker 60, is non-overlapping with the usual spatial range 58 of an adjacent probe 18, such as usual spatial range 68 associated with the probe corresponding to marker 62; (2) the usual spatial ranges 56 and the corresponding extended spatial ranges 58 associated with a probe 18, for example usual spatial range 64 and extended spatial range 66 associated with the probe corresponding to marker 60, generally are non-overlapping with usual spatial ranges 56 and extended spatial ranges 58 of other probes 18 that are not adjacent thereto; (3) the extended spatial range 58 associated with a probe 18, for example, extended spatial range 66 associated with the probe corresponding to marker 60, generally is partially overlapping with the extended spatial ranges of probe elements 18 that are adjacent thereto, such as extended spatial range 70 associated with the probe corresponding to marker 62; and (4) each elemental area on electrical circuit 14 to be tested can be addressed by at least two probes 18 (Fig. 1).

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

The dimensions of a usual spatial range 56 may be between $\frac{1}{2}$ " X $\frac{1}{2}$ " - 2" X 2", and typically are about 1" X 1". The linear dimension of each side of an extended spatial range 58 may be between 1.5x - 3x the linear dimension of a corresponding side of a usual spatial range 56, and is preferably about 2x larger. Thus the area of an extended spatial range 58 preferably is about 4x larger than the area of a usual spatial range 56 so as to partially overlap into extended spatial ranges associated with neighboring probes 18.

It is appreciated that the arrangement of probes 18 shown in Fig. 2 is merely one example of a possible layout of probe elements. Thus, for example, an arrangement may be provided in which every other probe is eliminated from the pattern shown in Fig. 2, without deviating from the aforementioned design principals, including the enabling each elemental area of electrical circuit 14 to be addressed by at least two probes 18. It is well within the capacity of persons skilled in the art to design suitable alternative probe layouts, and the choice of a suitable probe layout will be a function of engineering design, system cost, and desired degree of redundancy.

Reference is now made to Figs. 3A and 3B which are simplified diagrams taken in a plane perpendicular to that shown in Fig. 2 illustrating both usual and extended spatial ranges of probes 18 in two dimensions. Typically probes 18, such as probes 80 and 82, are positioned by positioners 21 to make contact with a portion of an electrical circuit whose leads, for example pads 84 and 86, which are located inside the respective usual spatial range of each probe. Thus, it is seen in Fig. 3A that probe 80 is positioned to make contact with pad 84, which is located inside the usual spatial range x of probe 80, indicated by reference numeral 88, and probe 82 is positioned to make contact with pad 86, which is connected to pad 84 and is located inside the usual spatial range x of probe 82, which is indicated by reference numeral 90.

It is seen in Fig. 3B that two pads, indicated by reference numerals 92 and 94 respectively, are located inside the usual spatial range 90 of one probe, probe 82 being shown. Thus probe 82 is positioned to make contact with pad 92 which is located inside its corresponding usual spatial range 90, while probe 96 is positioned to make contact with pad 94 which is located outside its corresponding usual spatial range 98, but inside the usual spatial range 90 of probe 82 and also inside its extended spatial range as illustrated by penumbra 100. It is appreciated that in the example shown in Figs. 3A and 3B the extended spatial extent of each probe 18, such as extended spatial range 101 of probe 82, is 2X its usual spatial extent, such the corresponding usual spatial extent x of probe 82, which is designated reference numeral 90.

Reference is now made to Figs. 4A, 4B and 4C which are simplified illustrations of a typical sequence of multiple probe electrical circuit contact engagements provided by the system of Figs. 1A-3. As seen in Figs. 4A, 4B and 4C, probes 18 are located on

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

both sides of electrical circuit 14, such that portions of electrical circuit 14 which have leads on a single side of electrical circuit 14 may be tested for electrical characteristics, and such that portions of electrical circuit 14 which have leads extending from one side to the other may also be tested for electrical characteristics.

5 In a first stage of testing, seen in Fig. 4A, selected probes 110 and 112 are positioned to make contact with pads 114 and 116 interconnected by interconnecting portion 117 of electrical circuit 14. In accordance with the invention, at least some, and typically all, of the probes 18 (Fig. 1) are selectively controllable independently of other probes 18. Thus array 12 of probes 18 may be arranged, for example by independently
10 moving probes 18, into a desired testing pattern, to enable testing of multiple combinations of interconnected portions of electrical circuit 14.

It is seen in Fig. 4A, and further in Figs. 4B and 4C, that while an electrical test, such as the presence of electrical contact, is being performed on a selected interconnected circuit portion, such as portion 117 using selected probes 110 and 112,
15 other probes such as probe 122 (alone or in conjunction with other probes that are not shown) may be used to simultaneously test different portions of electrical circuit 14. Moreover, still other probes, such as probes 118 and 120, simultaneously with the performance of other tests by other probes such as probes 110, 112 and 122, may be moved into position to make contact with other portions of electrical circuit 14 for a
20 subsequent stage of testing.

In a subsequent stage of testing, seen in Fig. 4B, probes 110, 112 and 122 are lifted and moved toward other portions of electrical circuit 14 to be tested, while probes 118 and 120 that had been in transit in the stage shown in Fig. 4A, are positioned to test an additional interconnecting portion 123 extending between pads 124 and 126.

25 It is seen in Fig. 4B that probe 118 is shown slightly off of pad 124, which may result in a deficient test result. Thus, in the event of a deficient test result, selected probes, in the illustration of Fig. 4B probe 118, may be relocated in order to perform a repeat test to verify or reject a suspected test defect.

It is appreciated from Fig. 4C that repeat testing may occur at the end of a completed test sequence or, as seen in Fig. 4C, on the fly. Thus, for example, repeat testing may take place while a testing routine continues such as is shown by probes 110 and 122 which complete their relocation to test an additional interconnected portion between pads 128 and 130, both of which are located on the same surface of electrical circuit 14.

35 It is appreciated that in various stages of a testing sequence typically different probes are combined to test various portions of electrical circuit 14. Consequently, electrical testing circuitry typically includes switching circuitry (not shown) operative to

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

change the functional interconnection of probes between subsequent stages of a testing sequence. Thus switching circuitry may be made operative to change the type of testing between the same set of probes, for example interconnectivity or impedance, or alternatively to change the interconnection between various sets of probes so that the probes may be randomly combined so that different combinations of probes each sequentially test different selected portions of electrical circuit 14.

Reference is now made to Figs. 4D and 4E which are simplified top view illustrations of another sequence of multiple electrical circuit contact engagements provided by the probes of the system of Figs. 1A – 3B. An array of spaced apart probe markers 140 indicate a respective location of static probe assemblies corresponding to probe assemblies 16 in Figs. 1A and 1B. Several probe markers 140 have associated therewith a box, designated 142, indicating a usual spatial range. Three of probe markers 140 are shown with their respective probes 144, 146 and 148 and with their corresponding extended spatial range represented by extended boxes 150, 152 and 154 respectively.

The array represented by probe markers 140 is characterized by usual spatial ranges, represented by boxes 142 and corresponding to respective probes associated with probe markers 140, being mutually spaced apart from each other. The array is further characterized by extended spatial ranges, seen with respect to extended boxes 150, 152 and 154 associated with probes 144, 146 and 148, being mutually overlapping.

In a first stage of testing, seen in Fig. 4D, probe 144 is positioned to engage a pad (not seen) which is located in the usual spatial range 156 of probe 148, probe 146 is positioned to engage a pad (not seen) which is located in the usual spatial range 158 of probe 144, and probe 148 is positioned to engage a pad (not seen) which is located in extended range represented by extended box 154, but which is not in any usual spatial range 142.

In a subsequent stage of testing, seen in Fig. 4E, probe 144 is positioned to engage a pad (not seen) which is located in the extended spatial range 152 of probe 148, and probe 146 is also positioned to engage a pad (not seen) which is located in extended spatial range 152. Both of probes 144 and 146 are positioned to engage pads which are not located in any usual spatial range 142. Simultaneously, probe 148 is positioned to engage a pad (not seen) which is located in extended range represented by extended box 154, but which also is not in any usual spatial range 142.

It is appreciated that in both of the stages of testing seen in Figs. 4D and 4E, probes may cross into the corresponding usual spatial ranges of neighboring probes, or engage portions of an electrical circuit that are located outside the usual spatial location of all of the probes. This ability to cross over into spatial ranges generally associated with other probes is intended to enable the avoiding of collisions while moving probes.

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

Reference is now made to Fig. 5 which is a partially exploded and partially cut-away pictorial illustration of probe assembly 160, corresponding to probe 16 employed in the system of Fig. 1. It is now seen in detail that probe assembly 160 comprises an extensible conductive probe element 162, formed with a probe tip 164, disposed inside a selectively positionable rigid probe housing 166. In some embodiments of the invention, housing 166 is formed of a carbon or ceramic fiber mesh to provide suitable rigidity and dimensional stability.

As seen in Fig. 5, housing 166 is suspended from a set of annular rings 168 respectively attached to an X-axis positioner 170 operative to move housing 166 in the directions indicated by arrow 172, and a Y-axis positioner 174 operative to move housing 166 in the directions indicated by arrow 176. To provide desired extension and retraction movement so as to engage a portion of an electrical circuit 14 (Fig. 3A and 3B), a Z-axis positioner 180 is attached to an end portion 182 of extensible probe element 162. Z-axis positioner 180 is operative to move end portion 182 in the direction of arrow 184, so that probe element 162 slides inside housing 166 to be selectively extended, or retracted, in relation thereto to engage and disengage a portion of electrical circuit 14 (Fig. 1).

In the embodiment seen in Fig. 5, each of positioners 170, 174 and 180 includes a tilt actuator 190, 192 and 194 respectively and one or more lever elements 196, 198 and 200 respectively, each operative to amplify the tilt action of actuators 190, 192 and 194. One example of a suitable tilt actuator is a piezoelectric torque actuator such as described in detail in U.S. Patent 6,191,522, the disclosure of which is incorporated herein by reference. Other suitable tilting mechanisms may also be employed.

Reference is now made to Figs. 6A – 6C which are simplified side-view illustrations of the operation of a positioner, such as positioner 170 or 174 in Fig. 5. Operation is described with reference to positioner 170, however operation of positioner 174 is substantially the same. Positioner 170 includes a tilt actuator 190, anchored to a probe assembly base element 202, for example with an anchor screw 203 (Fig. 5), and a lever element 196. It is appreciated from Figs. 6A – 6C, and from the description in above-referenced U.S. Patent 6,191,522, that tilt actuators 190 include a plurality of leaf elements 204 operative to expand or contract as a function of an electrical current applied thereto, and thereby to impose a tilt on the top surface 206 of actuator 190. In the absence of current top surface 206 is generally not tilted relative to surface 202 and lever element 196 is generally vertically aligned, as indicated by arrow 208 referenced to vertical axis 210 (Fig. 6B). In response to current applied to actuator 190, top surface 206 tilts relative to vertical axis 210 as shown by arrows 212 and 214 in Figs. 6A and 6C respectively. It is appreciated that the tilting action of actuator 190 is relatively small, typically in the order of 0.1°, and that lever element 196 translates the small tilt

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

of top surface 201 into a significant linear transposition of the top surface of lever element 196, which is attached to angular rings 168 and 169 (Fig. 5). It is appreciated that the extent of the linear transposition is a design criterion and is related to the length of lever elements 196.

5 Reference is now made to Figs. 7A - 7C which are simplified side view pictorials illustrating operation of probe assembly 160, corresponding to probe 16 employed in the system of Fig. 1, along the X-axis. It is appreciated that in Figs. 7A - 7C housing 166 may be positioned at any of various angles of inclination along the Y-axis. In Fig. 7A, positioner 170 is in a neutral position such that the top surface 206 of
10 actuator 190 is generally parallel to the surface of base 202, and probe housing 166 is generally vertically aligned to the X-axis. In Fig. 7B it is seen that when current is applied to actuator 190, top surface 206 is tilted and lever element 196 tilts in the direction of arrow 220. Inasmuch as housing 166 is suspended from annular rings 168 and 169, ring 168, which is attached to lever element 196, pulls a top portion 222 of
15 housing 166 in the direction of arrow 220 to lever against a fulcrum at ring 169 and thus move probe tip 164 in the direction of arrow 224 relative to its position in Fig. 7A. In Fig. 7C it is seen that when current is applied to actuator 190, the current applied in Fig. 7C being differently characterized than the current applied in Fig. 7B, top surface 206 is tilted and lever element 196 tilts in the direction of arrow 230. Inasmuch as housing
20 166 is suspended from annular rings 168 and 169, ring 168, which is attached to lever element 198, pushes a top portion 222 of housing 168 in the direction of arrow 230 to lever against a fulcrum at ring 169 and thus move probe tip 164 in the direction of arrow 232 relative to its position in Fig. 7A.

Reference is now made to Figs. 8A - 8C which are simplified side view
25 pictorials illustrating operation of probe assembly 160, corresponding to probe 16 employed in the system of Fig. 1, along the Y-axis. It is appreciated that in Figs. 8A - 8C housing 166 may be positioned at any of various angles of inclination along the X-axis. In Fig. 8A, positioner 174 is in a neutral position such that the top surface 240 of actuator 192 is generally parallel to the surface of base 202, and probe housing 166 is
30 generally vertical along the Y-axis. In Fig. 8B it is seen that in response to current applied to actuator 192, top surface 240 is tilted and lever element 198 tilts in the direction of arrow 242. Inasmuch as housing 166 is suspended from annular rings 168 and 169, ring 169, being attached to lever 198, pulls a top portion 222 of housing 166 in the direction of arrow 242 to lever against a fulcrum at ring 168 and thus move probe tip
35 164 in the direction of arrow 244 relative to its position in Fig. 8A. In Fig. 8C, it is seen that in response to current applied to actuator 192, the current applied in Fig. 8C being differently characterized than the current applied in Fig. 8B, top surface 240 is tilted and lever element 198 tilts in the direction of arrow 246. Inasmuch as housing 166 is

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

suspended from annular rings 168 and 169, ring 169, being attached to lever 192, pushes top portion 222 of housing 166 in the direction of arrow 246 to lever against a fulcrum at ring 168 and thus moves probe tip 164 in the direction of arrow 248 relative to its position in Fig. 7A. It is appreciated that positioning of tip 164 along the Y axis is independent of its positioning along the X-axis.

Reference is now made to Fig. 9A – 9D in which Fig. 9A is a simplified side view pictorial illustrating operation of probe assembly 160, corresponding to probe 16 employed in the system of Fig. 1, along the Z-axis, and in which Figs. 9B – 9D are magnified views of respective portions of the probe assembly 160 to further illustrate its operation. As seen in Fig. 9A, Z-axis positioner 180 includes tilt actuator 194 and a pair of tilt arms 250 and 252 forming lever element 200. It is noted that tilt arms 250 and 252 are joined at first and second fulcrum points 254 and 256, respectively, and that suitable clearances 258 are provided to permit mutual flexing of tilt arms 250 and 252 as indicated by arrow 260. See Fig. 9B. Thus as actuator 194 produces a tilt action indicated by arrow 262, first tilt arm 250 is biased upwards or downwards at fulcrum 254, which in turn biases second tilt arm 252 upwards or downwards in an amplified linear transposition indicated by arrow 264. See Fig. 9C. In the embodiment seen in Figs. 9A – 9C, lever element is formed of a single unit block of pliable metal, for example aluminum, in which clearances are cut away such as with a laser.

As further seen in Figs. 9A and 9C, the tilt arm 252 is connected to extensible conductive probe element 162, so that upward and downward movement of tilt arm 252 translates to movement of probe tip 164 by a distance L. See Fig. 9D. Thus, inasmuch as probe element 162 is formed of a flexible metal, such as for example copper, probe tip 164 may be selectively extended or retracted with reference to housing 166, independently of the orientation of housing 166 in an X – Y plane.

Reference is now made to Fig. 10A – 10B in which Fig. 10A is a simplified side view pictorial illustrating operation along the Z axis of a probe assembly 360, corresponding to probe 16 and having an alternative construction, employed in the system of Fig. 1, and in which Figs. 10B is a magnified view of respective portions of the probe assembly 360 to further illustrate its operation. As seen in Fig. 10A, Z-axis positioner 380 includes a tilt actuator 382 and a tilt arm 384 forming a lever element 386 which attached to extensible probe element 162. Thus as tilt actuator 382 produces a tilt action lever element is biased in the direction of arrow 388 causing an upward and downward movement of probe element 164 and probe tip 164. See Fig. 10B. Thus, inasmuch as probe element 162 is formed of a flexible metal, such as for example copper, probe tip 164 may be selectively extended or retracted with reference to housing 166, independently of the orientation of housing 166 in an X – Y plane.

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

It is appreciated from Figs. 5 – 10B that a probe element 18 (Fig. 1) may be positioned at any of a multiplicity of spatial orientations so that a probe tip can engage a multiplicity of locations within a generally square field. Typically it is necessary to occasionally perform a calibration function in order to determine the characteristics of
5 current that need to be applied at actuators 190 and 192 in order to suitably orient housing 166 at selected locations, and in order to suitably extend tip 164 so that a desired amount of pressure is applied when engaging electrical circuit 14.

It is appreciated that the arrangement of a probe 160 described with respect to Figs. 5 – 10B is to be considered to be exemplary and non-limiting. Thus, for example,
10 any suitable tilt action actuator may be employed, such as a suitable stepper motor or nano-motor. Additionally, the structure of a probe so as to provide suitable transposition of a probe element may be modified in accordance with various design considerations.

Reference is now made to Figs. 11 – 14 which are flow charts illustrating
15 methods for electrically testing electrical circuits in accordance with the invention. These methods utilize apparatus described hereinabove with reference to Figs. 1 – 9 and are generally self-explanatory in the context of a fixtureless electrical testing system comprising a multiplicity of static probe assemblies arranged in a fixed array, each comprising an independently and selectively positionable probe element used to
20 electrically test portions of electrical circuits. It is further appreciated that the methods illustrated in Figs. 11 – 14 typically are employed in the manufacture of printed circuit boards. Thus, in accordance with the invention, a process for the manufacture of printed circuit boards includes depositing a pattern of conductor portions on a multi-layered substrate by any conventional printed circuit board manufacturing process or
25 any other suitable process, and then electrically testing various electrical characteristics of portions of the electrical circuit using apparatus described hereinabove and/or employing methods illustrated in Figs. 11 – 14. Printed circuit boards not passing the test are either repaired or discarded.

While the above invention has been generally described in the context of a
30 contact electrical testing system, probes which electrically engage, but which do not physically contact portions of electrical circuit 14, may be employed. Suitable probes include, for example plasma probes.

It is appreciated by persons skilled in the art that the present invention is not limited to what has been particularly shown and described hereinabove. Rather, the
35 scope of the present invention is defined only by the claims that follow:

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

CLAIMS

1. Apparatus for electrical testing of electrical circuits comprising:
an array of probes arranged for selective engagement with portions of electrical circuits to be tested;
testing circuitry associated with said array of probes for sensing electrical characteristics of the electrical circuits engaged by said array of probes; and
control circuitry associated with said array of probes for causing engagement between selected ones of said array of probes with selected ones of said portions of electrical circuits to be tested,
said array of probes comprising at least two static probe assemblies arranged in a fixed array, each of said static probe assemblies including a selectively positionable probe element and a probe element positioner.
2. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 1, wherein said at least two static probe assemblies comprises a multiplicity of static probe assemblies.
3. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 1, wherein said probe element positioner is disposed at a fixed location in said array of probes
4. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 2, wherein each probe element of said static probe assemblies is selectively positionable over a region which is generally non-overlapping with a corresponding region of another probe element which is not adjacent thereto.
5. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 1, wherein each probe element of said multiplicity of static probe assemblies is selectively positionable over a region which is partially overlapping with a corresponding region of another probe element which is adjacent thereto.
6. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 4, wherein each probe element of said static probe assemblies is selectively positionable over a region which is partially overlapping with a corresponding region of another probe element which is adjacent thereto.

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

7. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 1, wherein said control circuitry is operative to position the probe elements of said multiplicity of static probe assemblies sequentially in a plurality of position patterns for testing a plurality of circuit elements in an electrical circuit.

8. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 2, wherein said control circuitry is operative to electrically test a portion of an electrical circuit with selected probe elements of said multiplicity of static probe assemblies arranged in a first position pattern and simultaneously to move other probe elements into a second position pattern.

9. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 1, wherein at least a first probe is located along a first side of an electrical circuit and at least a second probe is additionally located along said first side thereof said first probe and said second probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit at least partially extending along the first side.

10. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 1, wherein at least a first probe is located along a first side of the electrical circuit and at least a second probe is located along a second side thereof said first probe and said second probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit passing from the first side to the second side.

11. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 10, wherein a third probe is additionally located along said first side of the electrical circuit said first probe and said third probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit at least partially extending along the first side.

12. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 1, wherein said control circuitry is arranged to provide multiple configurations of probes and said testing circuitry is operative to sense different electrical characteristics in each of said multiple configurations.

13. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 1, wherein said selective engagement comprises physically touching the portions of electrical circuits to be tested.

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

14. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 1, wherein said selective engagement comprises forming electrical contact, but not physical contact, with the portions of electrical circuits to be tested.

15. Apparatus for electrical testing of electrical circuits comprising:
an array of probes arranged for selective engagement with portions of electrical circuits to be tested;
testing circuitry associated with said array of probes for sensing electrical characteristics of the electrical circuits engaged by said array of probes; and
control circuitry associated with said array of probes for causing engagement between selected ones of said array of probes with selected ones of said portions of electrical circuits to be tested,
said array of probes comprising at least three probe assemblies, each of said probe assemblies including a selectively positionable probe element and a probe element positioner, each probe element of said probe assemblies being selectively positionable over a region which is generally non-overlapping with a corresponding region of another probe element which is not adjacent thereto.

16. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 15, wherein said probe element positioner is disposed at a fixed location in said array.

17. Apparatus according to claim 15, wherein each probe element of said probe assemblies is selectively positionable over a region which is partially overlapping with a corresponding region of another probe element which is adjacent thereto.

18. Apparatus according to claim 15, wherein said control circuitry is operative to position the probe elements of said static probe assemblies sequentially in a plurality of position patterns for testing a plurality of circuit elements in an electrical circuit.

19. Apparatus according to claim 15, wherein said control circuitry is operative to electrically test a portion of an electrical circuit with selected probe elements of said probe assemblies arranged in a first position pattern and simultaneously to move other probe elements into a second position pattern.

20. Apparatus according to claim 15, wherein at least a first probe is located along a first side of an electrical circuit and at least a second probe is additionally located along said first side thereof said first probe and said second probe are operative

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

to test at least one portion of the electrical circuit at least partially extending along the first side.

21. Apparatus according to claim 15, wherein at least a first probe is located along a first side of an electrical circuit and a second probe is located along a second side thereof said first probe and said second probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit passing from the first side to the second side.

22. Apparatus according to claim 21, wherein a third probe is additionally located along said first side of the electrical circuit said first probe and said third probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit at least partially extending along the first side.

23. Apparatus according to claim 15, wherein said control circuitry is arranged to provide multiple configurations of probes and said testing circuitry is operative to sense different electrical characteristics in each of said multiple configurations.

24. Apparatus according to claim 15, wherein said selective engagement comprises physically touching the portions of electrical circuits to be tested.

25. Apparatus according to claim 15, wherein said selective engagement comprises forming electrical contact, but not physical contact, with the portions of electrical circuits to be tested.

26. Apparatus for electrical testing of electrical circuits comprising:
an array of probes being for selective engagement with portions of electrical circuits to be tested;
testing circuitry associated with said array of probes for sensing electrical characteristics of the electrical circuits engaged by said array of probes; and
control circuitry associated with said array of probes for causing engagement between selected ones of said array of probes with selected ones of said portions of electrical circuits to be tested,
said array of probes comprising at least two probe assemblies, each of said probe assemblies including a selectively positionable probe element and a probe element positioner, each probe element of said probe assemblies being selectively positionable over a region which is partially overlapping with a corresponding region of another probe element which is adjacent thereto.

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

27. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 26, wherein said at least two probe assemblies comprises a multiplicity of probe assemblies.

28. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 26, wherein said probe element positioner is disposed at a fixed location in said array of probes.

29. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 27, wherein each probe element of said probe assemblies is selectively positionable over a region which is not overlapping with a corresponding region of another probe element which is not adjacent thereto.

30. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 26, wherein said control circuitry is operative to position said probe elements of said probe assemblies sequentially in a plurality of position patterns for testing a plurality of circuit elements in an electrical circuit.

31. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 27, wherein said control circuitry is operative to electrically test a portion of an electrical circuit with selected probe elements of said multiplicity of static probe assemblies arranged in a first position pattern and simultaneously to move other probe elements into a second position pattern.

32. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 26, wherein at least a first probe is located along a first side of an electrical circuit and at least a second probe is additionally located along said first side thereof said first probe and said second probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit at least partially extending along the first side.

33. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 26, wherein at least a first probe is located along a first side of an electrical circuit and a second probe is located along a second side thereof said first probe and said second probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit passing from the first side to the second side.

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

34. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 33, wherein a third probe is additionally located along said first side of the electrical circuit said first probe and said third probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit at least partially extending along the first side.

35. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 26, wherein said control circuitry is arranged to provide multiple configurations of probes and the testing circuitry is operative to sense different electrical characteristics in each of said multiple configurations.

36. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 26, wherein said selective engagement comprises physically touching the portions of electrical circuits to be tested.

37. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 26, wherein said selective engagement comprises forming electrical contact, but not physical contact, with the portions of electrical circuits to be tested.

38. Apparatus for electrical testing of electrical circuits comprising:
an array of probes arranged for selective engagement with portions of electrical circuits to be tested;
testing circuitry associated with said array of probes for sensing electrical characteristics of the electrical circuits engaged by said array of probes; and
control circuitry associated with said array of probes for causing engagement between selected ones of said array of probes with selected ones of said portions of electrical circuits to be tested,
said array of probes comprising at least two static probe assemblies, each of said static probe assemblies including a selectively positionable probe element and a probe element positioner;
said control circuitry being operative to position said probe elements of said multiplicity of static probe assemblies sequentially in a plurality of position patterns for testing a plurality of circuit elements in an electrical circuit.

39. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 38, wherein said at least two static probe assemblies comprises a multiplicity of static probe assemblies

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

40. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 38, wherein said probe element positioner is disposed at a fixed location in said array of probes.
41. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 39, wherein each probe element of said probe assemblies is selectively positionable over a region which is generally non-overlapping with a corresponding region of another probe element which is not adjacent thereto.
42. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 38, wherein each probe element of said probe assemblies is selectively positionable over a region which is partially overlapping with a corresponding region of another probe element which is adjacent thereto.
43. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 41, wherein each probe element of said probe assemblies is selectively positionable over a region which is partially overlapping with a corresponding region of another probe element which is adjacent thereto.
44. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 39, wherein said control circuitry is operative to electrically test a portion of an electrical circuit with selected probe elements of said probe assemblies arranged in a first position pattern and simultaneously to move other probe elements into a second position pattern.
45. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 38, wherein at least a first probe is located along a first side of an electrical circuit and at least a second probe is additionally located along said first side thereof said first probe and said second probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit at least partially extending along the first side.
46. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 38, wherein at least a first probe is located along a first side of an electrical circuit and a second probe is located along a second side thereof said first probe and said second probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit passing from the first side to the second side.

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

47. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 46, wherein a third probe is additionally located along said first side of the electrical circuit said first probe and said third probe are operative to test at least one portion of the electrical circuit at least partially extending along the first side.

48. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 38, wherein said control circuitry is arranged to provide multiple configurations of probes and said testing circuitry is operative to sense different electrical characteristics in each of said multiple configurations.

49. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 38, wherein said selective engagement comprises physically touching the portions of electrical circuits to be tested.

50. Apparatus for electrical testing of electrical circuits according to claim 38, wherein said selective engagement comprises forming electrical contact, but not physical contact, with the portions of electrical circuits to be tested.

51. A method for electrical testing of electrical circuits comprising:
selectively engaging portions of electrical circuits to be tested with probes, each probe being associated with a static probe assembly forming part of a fixed array of static probe assemblies, each probe being independently positionable; and
sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by said probes.

52. A method for electrical testing of electrical circuits comprising:
selectively engaging portions of electrical circuits to be tested with probes, each probe being associated with a static probe assembly forming part of a fixed array of static probe assemblies, each probe being independently positionable over a region which is generally non-overlapping with a corresponding region of another probe which is not adjacent thereto; and
sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by said probes.

53. A method for electrical testing of electrical circuits comprising:
selectively engaging portions of electrical circuits to be tested with probes, each probe being associated with a static probe assembly forming part of a fixed array of static probe assemblies, each probe being independently positionable over a

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

region which is partially overlapping with a corresponding region of another probe which is adjacent thereto; and

sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by said probes.

54. A method for electrical testing of electrical circuits comprising:
providing at least two static probe assemblies, each having a movable probe, and sequentially moving the probes to form a plurality of position patterns for testing a plurality of circuit elements in an electrical circuit;
selectively engaging portions of electrical circuits to be tested with the probes; and
sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by the probes.

55. The method according to claim 54, wherein said providing at least two static probe assemblies comprises providing a multiplicity of static probe assemblies.

56. A process for manufacturing electrical circuits comprising:
forming an electrical circuit on a multi-layered substrate;
selectively engaging portions of said electrical circuit with probes, each probe being associated with a static probe assembly forming part of a fixed array of static probe assemblies, each probe being independently positionable; and
sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by said probes.

57. A process for manufacturing electrical circuits comprising:
forming an electrical circuit on a multi-layered substrate;
selectively engaging portions of said electrical circuit with probes, each probe being associated with a static probe assembly forming part of a fixed array of static probe assemblies, each probe being independently positionable over a region which is not generally non-overlapping with a corresponding region of another probe which is not adjacent thereto; and
sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by said probes.

58. A process for manufacturing electrical circuits comprising:
forming an electrical circuit on a multi-layered substrate;
selectively engaging portions of said electrical circuit with probes, each probe being associated with a static probe assembly forming part of a fixed array of

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

static probe assemblies, each probe being independently positionable over a region which is partially overlapping with a corresponding region of another probe which is adjacent thereto; and

sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by said probes.

59. A process for manufacturing electrical circuits comprising:
forming an electrical circuit on a multi-layered substrate;
providing at least two static probe assemblies, each having a movable probe, and sequentially moving the probes to form a plurality of position patterns for testing a plurality of circuit elements in an electrical circuit;
selectively engaging portions of electrical circuits to be tested with said probes; and
sensing electrical characteristics of the portions of electrical circuits engaged by the probes.

60. A probe assembly comprising:
an elongated pivotable probe member depending from an attached portion and having a positionable end;
an extensible contact member associated with said pivotable probe member;
a first positioner selectively positioning said positionable end at a location selected from a among plurality of locations along a first axis;
a second positioner selectively positioning said positionable end at a location selected from a plurality of locations along a second axis; and
a third positioner selectively extending and retracting said extensible contact member relative to said probe member.

61. A probe assembly according to claim 60, wherein said attached portion is attached to said first positioner.

62. A probe assembly according to claim 60 or claim 61, wherein said attached portion is attached to said second positioner.

63. A probe assembly according to any of claims 60 – 62, wherein said first positioner comprises a first tilt actuator tilting a lever arm which is attached to said probe member on a first side of a fulcrum along said probe member.

WO 02/08773

PCT/IL01/00652

64. A probe assembly according to claim 63, wherein said first tilt actuator is a piezo-electric tilt actuator.

65. A probe assembly according to any of claims 60 – 64, wherein said second positioner comprises a second tilt actuator tilting a lever arm which is attached to said probe member on a second side of a fulcrum along said probe member.

66. A probe assembly according to claim 65, wherein said second tilt actuator is a piezo-electric tilt actuator.

67. A probe assembly according to any of claims 60 – 66, wherein said probe member is formed with a hollow core, and said extensible contact member is disposed inside said hollow core.

68. A probe assembly according to any of claims 60 – 67, wherein said third positioner comprises a third tilt actuator and at least one lever arm, said tilt actuator biasing said at least one lever arm to selectively move an end portion of said at least one lever arm closer to or away from said probe member.

69. A probe assembly according to claim 68, wherein said third tilt actuator is a piezo-electric tilt actuator.

70. A probe assembly according to any of claims 60 – 69, wherein said first and second positioners cooperate to selectively position said positionable end any one of a multiplicity of possible locations.

71. A probe assembly according to claim 70, wherein said third positioner is operative cooperate with said first positioner and said second positioners to extend said contact member to selectively contact any one of a multiplicity of possible locations on the surface of a generally planar article.

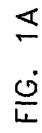
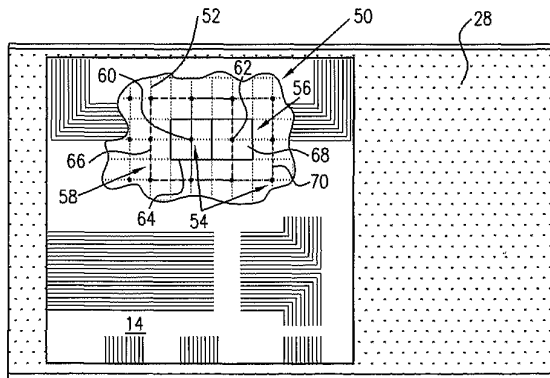


FIG. 2



WO 02/08773

PCT/IL01/00652

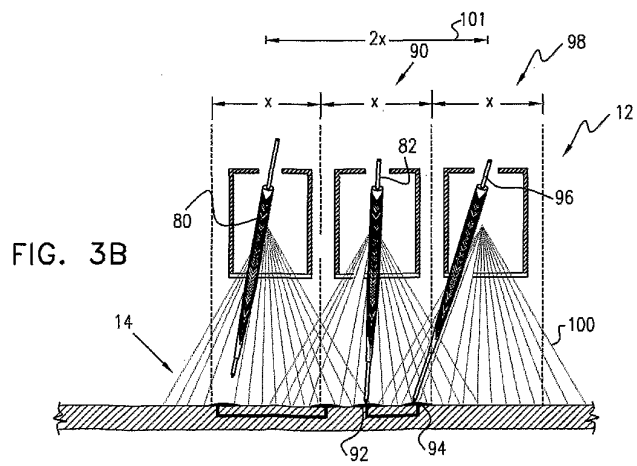
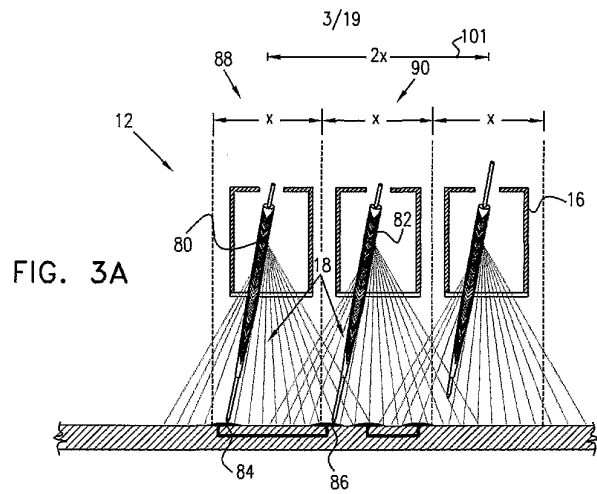


FIG. 4A

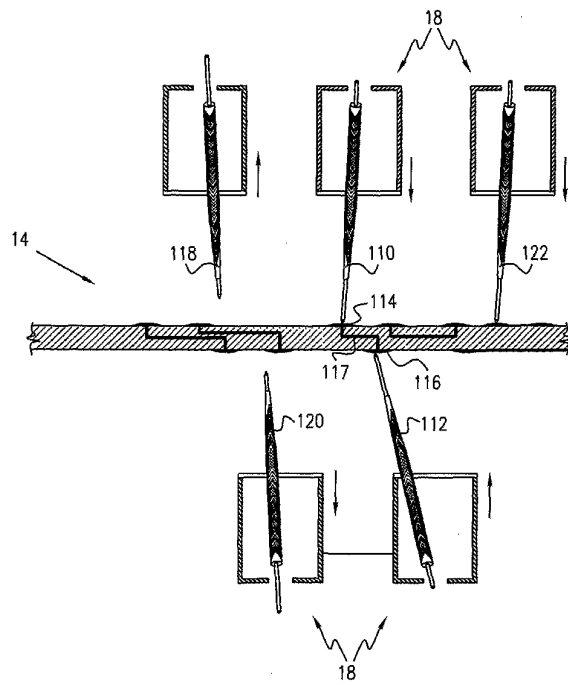


FIG. 4B

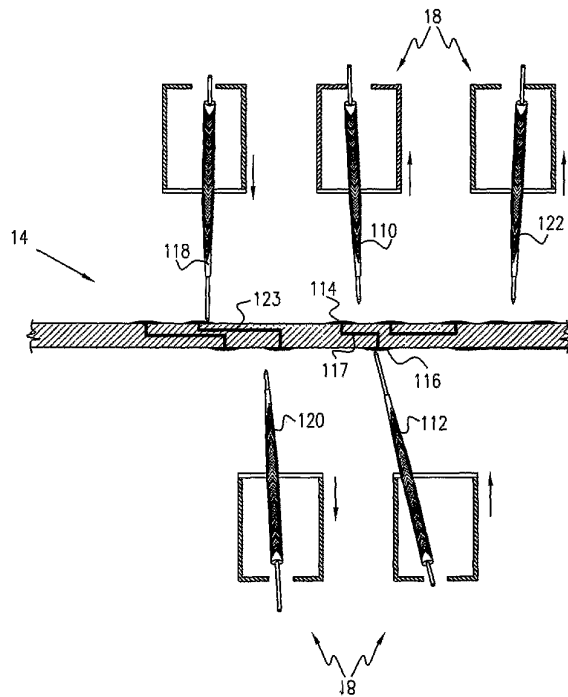
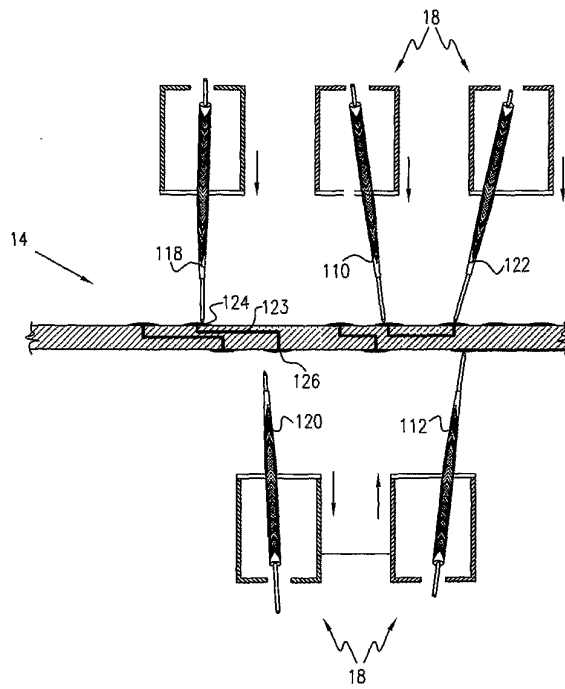


FIG. 4C



1407

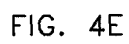
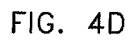
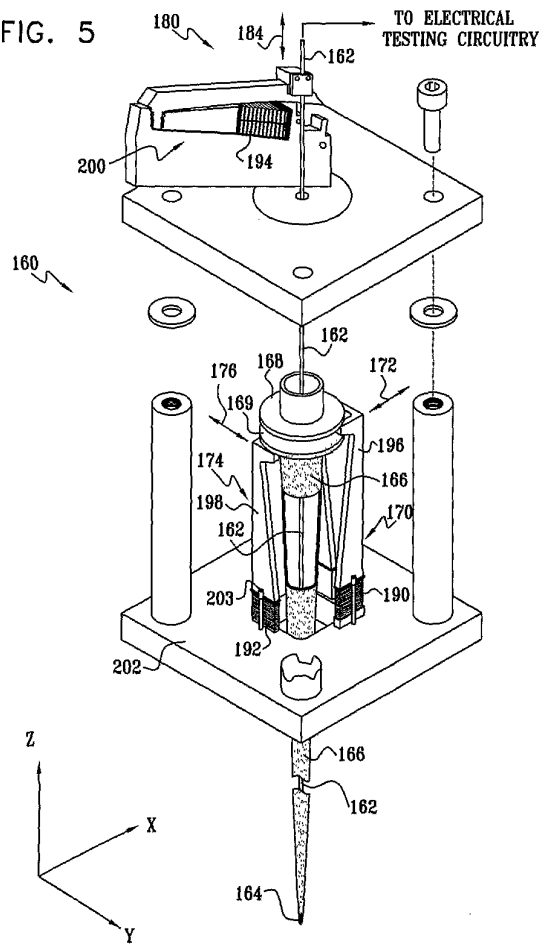


FIG. 5



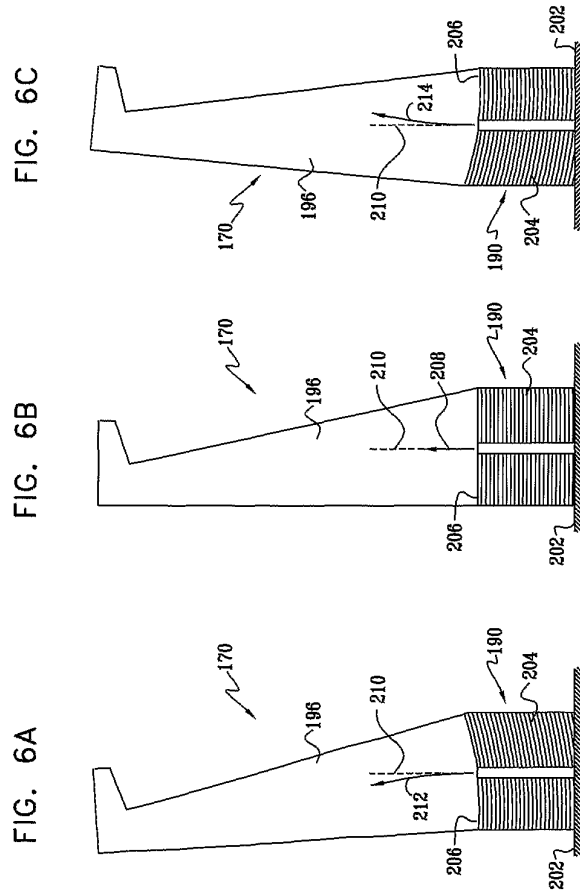
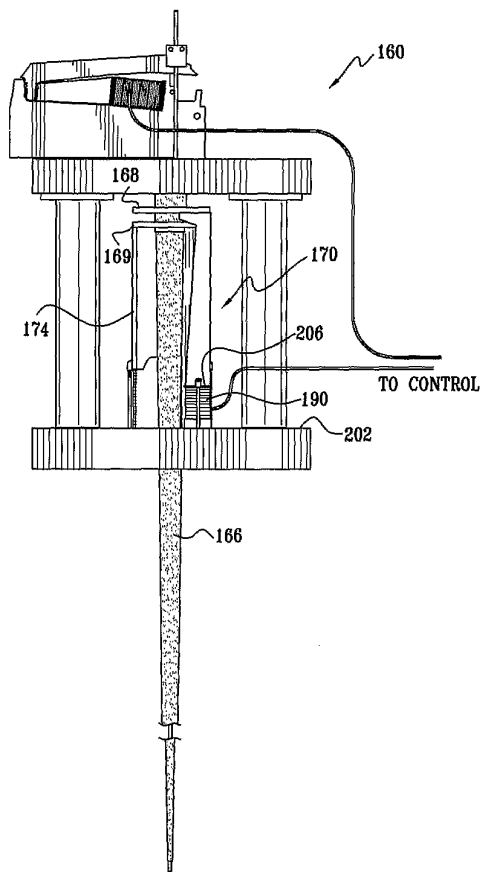


FIG. 7A

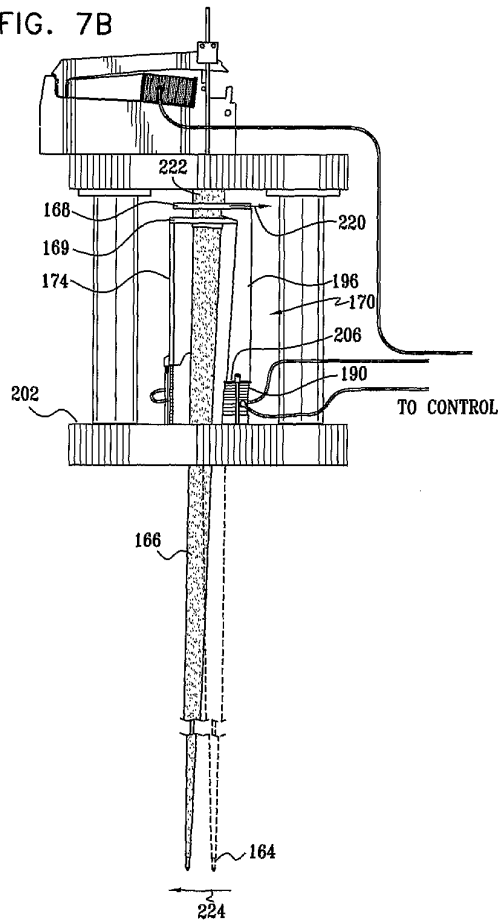


WO 02/08773

PCT/IL01/00652

11/19

FIG. 7B



WO 02/08773

PCT/IL01/00652

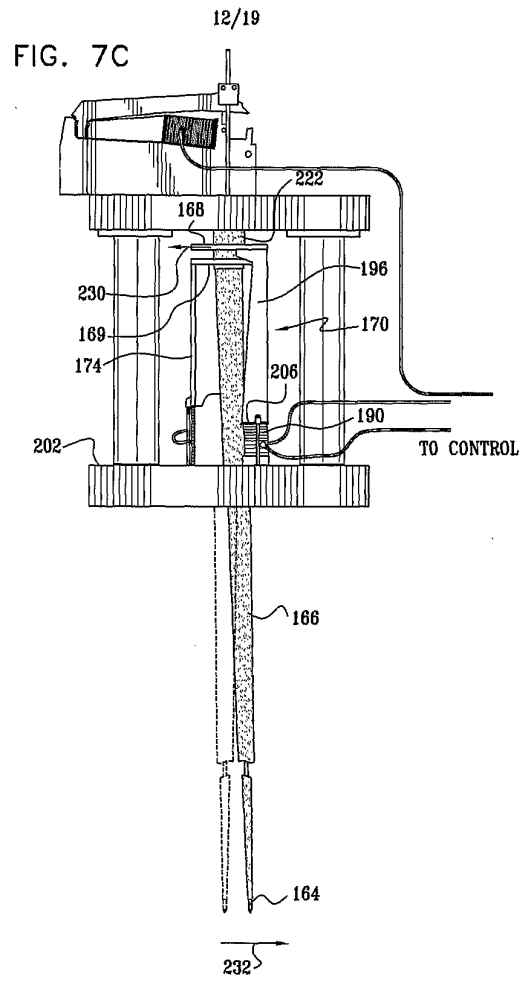
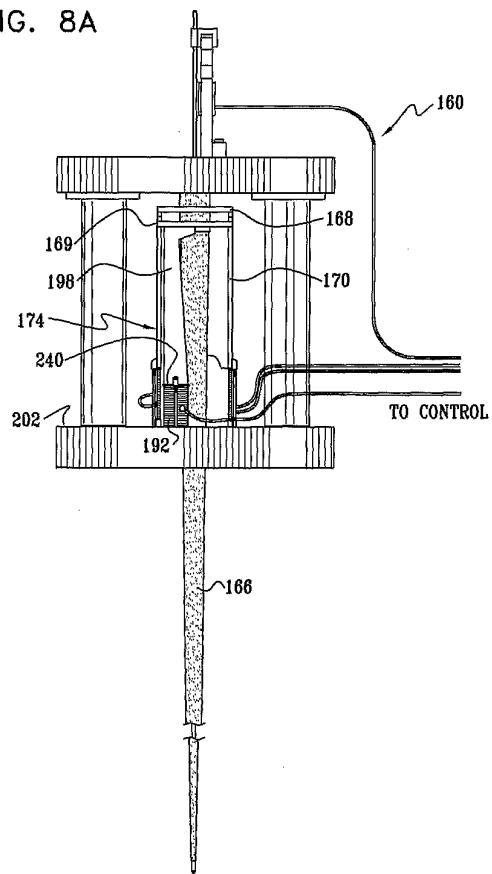


FIG. 8A

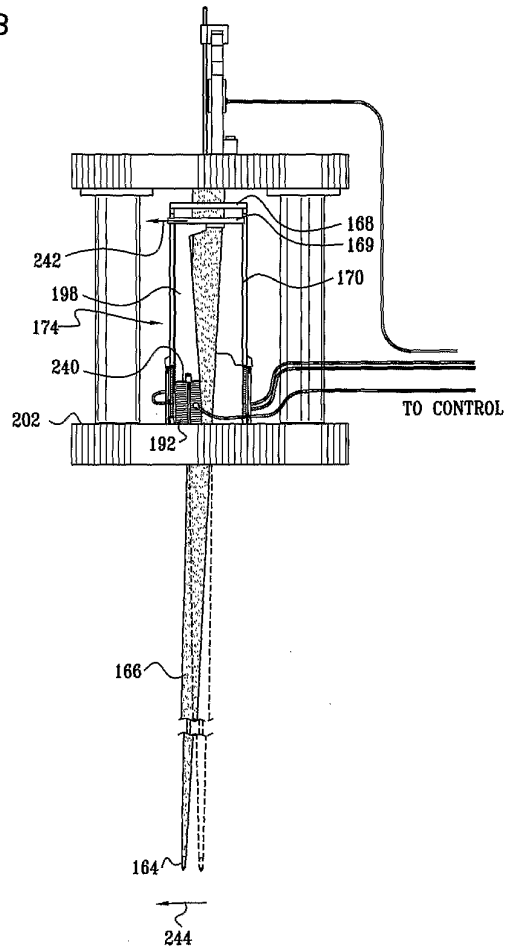


WO 02/08773

PCT/IL01/00652

14/19

FIG. 8B

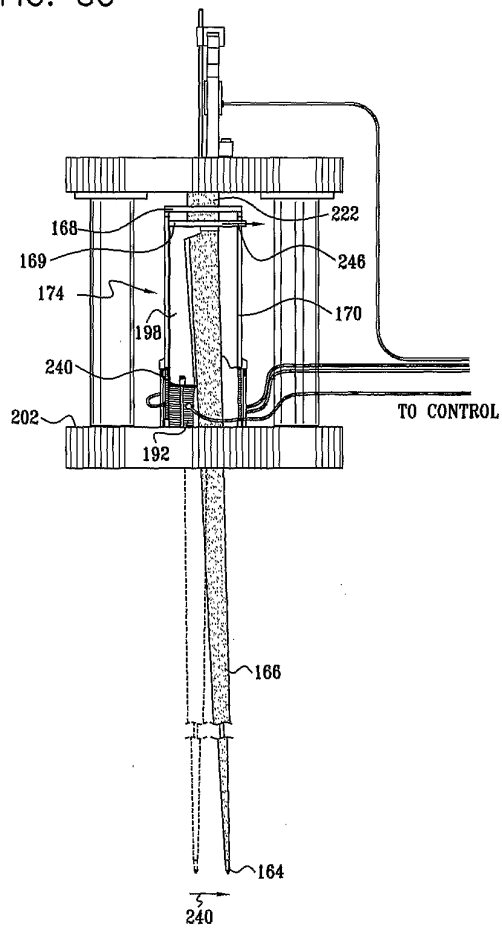


WO 02/08773

PCT/IL01/00652

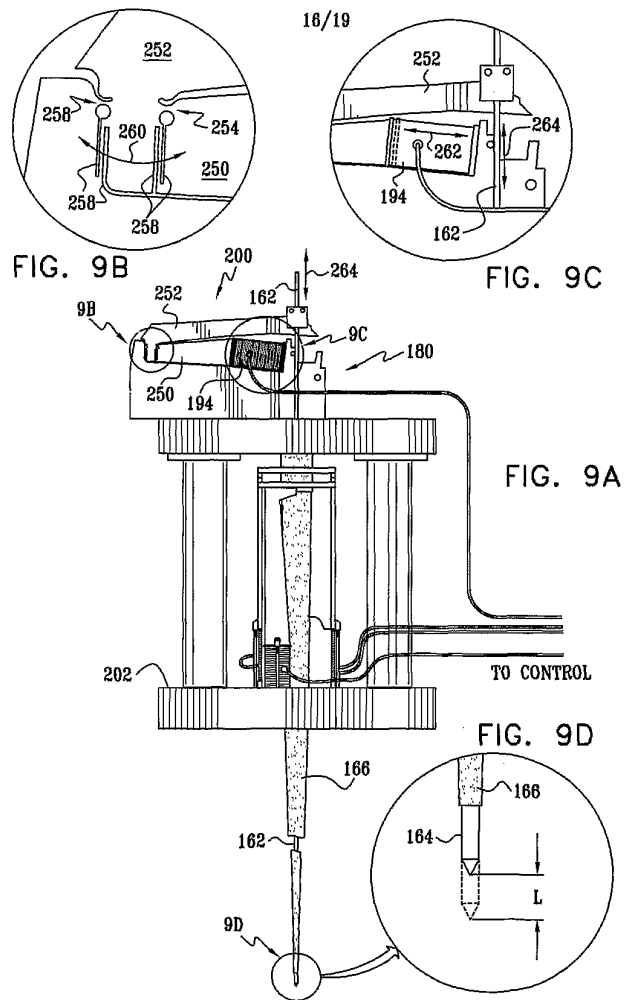
15/19

FIG. 8C



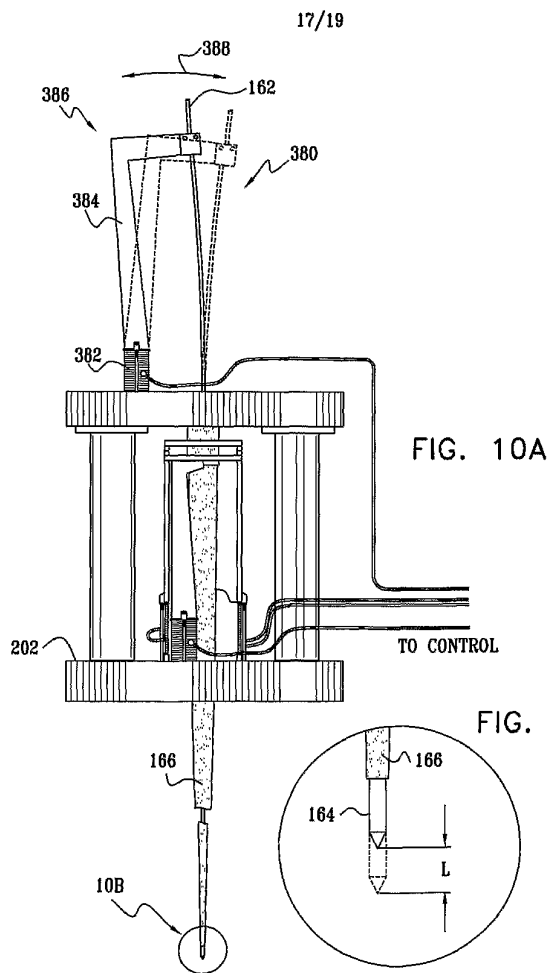
WO 02/08773

PCT/IL01/00652



WO 02/08773

PCT/IL01/00652



18/19

FIG. 11

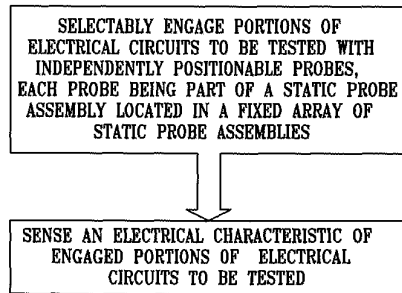
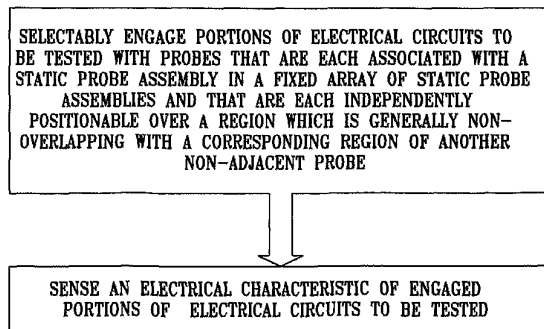


FIG. 12



19/19

FIG. 13

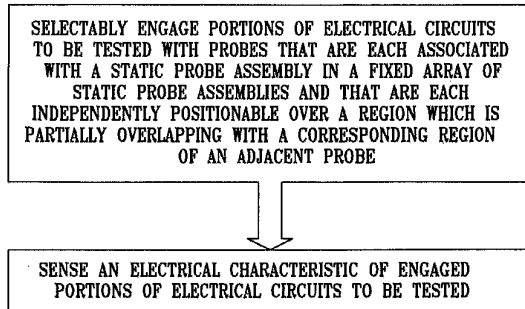
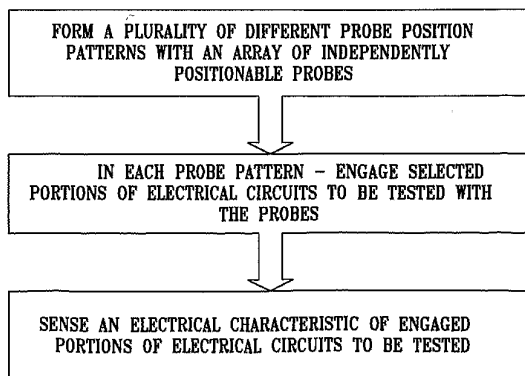


FIG. 14



【国際公開パンフレット（コレクトバージョン）】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
31 January 2002 (31.01.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/08773 A3

(51) International Patent Classification: G01R 1/073

(21) International Application Number: PCT/IL01/00652

(22) International Filing Date: 17 July 2001 (17.07.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data: 60/219,276 19 July 2000 (19.07.2000) US

(71) Applicant: ORBOTECH LTD. [IL/IL]; P.O.B. 215, 81102 Yavne (IL).

(72) Inventors: ZEMER, Dan; 16 Haaron Street, 76575 Rehovot (IL); HAREL, Eyal; 16 Kashani Street, 69499 Tel Aviv (IL); REUTER, Martin; Größenriederstrasse 12, D-85221 Dachau (DE).

(74) Agent: FAIBISCH, Michael; Orbotech Ltd., P.O.B. 215, 81102 Yavne (IL).

(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

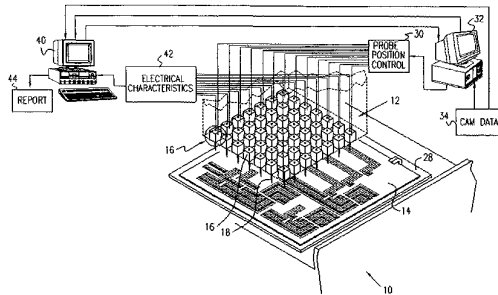
Published:

— with international search report

(88) Date of publication of the international search report: 6 June 2002

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR ELECTRICAL TESTING OF ELECTRICAL CIRCUITS



(57) Abstract: Apparatus for electrical testing of electrical circuits includes an array of probes arranged for selective engagement with portions of electrical circuits to be tested, testing circuitry associated with the array of probes for sensing electrical characteristics of the electrical circuits engaged by the array of probes, and control circuitry associated with the array of probes for causing engagement between selected ones of the array of probes with selected ones of the portions of electrical circuits to be tested. The array of probes includes at least two static probe assemblies arranged in a fixed array, and the static probe assemblies include a selectively positionable probe element and a probe element positioner. The apparatus is employed to test electrical circuits during fabrication.

WO 02/08773 A3

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/IL 01/00652
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 601R1/073 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) IPC 7 601R Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EP0-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 2 294 365 A (BATH SCIENTIFIC) 24 April 1996 (1996-04-24) abstract page 7, paragraph 2 - paragraph 3 page 8, paragraph 2 -page 9, paragraph 1; figures 1,3,4 --- -/--	1-3,7,9, 12,13, 38-40, 45,48, 49,51, 54-56,59
☒ Further documents are listed in the continuation of box C. ☒ Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document 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 "I" 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 February 2002		Date of mailing of the international search report 19/02/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx: 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Iwansson, K

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/IL 01/00652
C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 44 14 770 A (DRILLER) 2 November 1995 (1995-11-02)	1-6, 9-13, 15-18, 20-24, 26-30, 32-36, 38,39, 41-43, 45-49, 51-59 60
A	column 3, line 23 -column 6, line 22; figures 1,2 -----	
X	EP 0 293 497 A (IBM DEUTSCHLAND) 7 December 1988 (1988-12-07)	1-3,9, 13,15, 16,20, 24,51, 52,59 60
A	column 2, line 22 - line 31; figures 1,5 -----	
X	EP 0 468 153 A (ATG ELECTRONIC) 29 January 1992 (1992-01-29)	1-13, 15-24, 26-36, 38-49, 51-59
A	column 7, line 32 -column 8, line 35 column 10, line 1 -column 11, line 26; figures 1-5 -----	
X	DE 195 03 329 A (ITA INGENIEURSBÜRO) 8 August 1996 (1996-08-08)	15,17, 18,20, 23-27, 29,30, 32, 35-37, 60-62, 70,71
	column 2, line 17 - line 26; figures 1-7 column 2, line 35 - line 39 column 2, line 55 - line 65 column 3, line 10 - line 48 column 4, line 16 - line 53 column 5, line 4 -column 7, line 28; figures 1-7 -----	
A	DE 198 17 802 A (MARCO SYSTEMANALYSE) 28 October 1999 (1999-10-28) cited in the application column 3, line 25 - line 32 column 3, line 61 - line 68 column 4, line 41 - line 53; figures 1,6 -----	60, 63-66, 68-70

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/IL 01/00652

1071E 07/0052

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
GB 2294365	A	24-04-1996	WO	9739362 A1		23-10-1997
DE 4414770	A	02-11-1995	DE	4414770 A1		02-11-1995
			CA	2188273 A1		02-11-1995
			DE	69512231 D1		21-10-1999
			DE	69512231 T2		10-02-2000
			WO	9529406 A1		02-11-1995
			EP	0758454 A1		19-02-1997
			JP	10503585 T		31-03-1998
EP 293497	A	07-12-1988	EP	0293497 A1		07-12-1988
			DE	3784710 D1		15-04-1993
			JP	1920748 C		07-04-1995
			JP	6050337 B		29-06-1994
			JP	63307370 A		15-12-1988
			US	4908571 A		13-03-1990
EP 468153	A	29-01-1992	DE	4109684 A1		30-01-1992
			DE	59106652 D1		16-11-1995
			EP	0468153 A1		29-01-1992
DE 19503329	A	08-08-1996	DE	19503329 A1		08-08-1996
			AT	189064 T		15-02-2000
			AU	4713796 A		21-08-1996
			CA	2211703 A1		08-08-1996
			DE	59604229 D1		24-02-2000
			DK	807258 T3		08-05-2000
			WO	9624069 A1		08-08-1996
			EP	0807258 A1		19-11-1997
			JP	10513261 T		15-12-1998
			US	2001028254 A1		11-10-2001
DE 19817802	A	28-10-1999	DE	19646511 C1		14-05-1998
			DE	19817802 A1		28-10-1999
			WO	9821759 A1		22-05-1998
			EP	0947002 A1		06-10-1999
			JP	2001503920 T		21-03-2001
			US	6191522 B1		20-02-2001

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZW

Fターム(参考) 2G011 AA02 AA16 AB07 AC01 AC14 AE01 AF06
2G132 AA20 AE22 AF02 AF07