

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6670747号  
(P6670747)

(45) 発行日 令和2年3月25日 (2020.3.25)

(24) 登録日 令和2年3月4日 (2020.3.4)

(51) Int. Cl.

F I

H05K 3/10 (2006.01)

H05K 3/10 C

H05K 3/08 (2006.01)

H05K 3/08 D

H05K 3/00 (2006.01)

H05K 3/00 N

B23K 26/351 (2014.01)

B23K 26/351

B23K 26/00 (2014.01)

B23K 26/00 N

請求項の数 23 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-530667 (P2016-530667)  
 (86) (22) 出願日 平成26年7月27日 (2014.7.27)  
 (65) 公表番号 特表2016-534552 (P2016-534552A)  
 (43) 公表日 平成28年11月4日 (2016.11.4)  
 (86) 国際出願番号 PCT/IL2014/000035  
 (87) 国際公開番号 W02015/015484  
 (87) 国際公開日 平成27年2月5日 (2015.2.5)  
 審査請求日 平成29年5月29日 (2017.5.29)  
 (31) 優先権主張番号 13/958,043  
 (32) 優先日 平成25年8月2日 (2013.8.2)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
 米国 (US)

前置審査

(73) 特許権者 501005438  
 オルボテック リミテッド  
 イスラエル国 スデロットハサンヘドリン  
 8110101 ピー.オー.ボックス  
 215  
 P. O. Box 215 Shderot H  
 asanhedrin 8110101  
 Yavne, Israel  
 (74) 代理人 110001830  
 東京 U I T 国際特許業務法人  
 (72) 発明者 ゼノウ・ミカエル  
 イスラエル国 ハシュモナイム 7312  
 700 ハレヴォナ ストリート 17

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板上に導電路を形成するシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上の既存の導電路の欠落部分を補修するための導電路を形成する方法であって、  
 上記欠落部分によって2つに分けられた上記基板上の既存の導電路の端部のそれぞれに  
 オーバーラップさせて、上記既存の導電路の端部同士をつなぎ、かつ既存の導電路よりも  
 幅広の補修領域を指定し、

上記補修領域に5から100ナノメートルの直径の金属粒子を含む、0.1から5マイクロメ  
 ートルの厚さを持つ材料層を堆積し、

パターニング・レーザ・ビームを用いて上記材料層の領域のうちの一部であって、欠落  
 部分に隣接する既存の導電路の端部上の一部を包含する領域(108, 110, 112)を選択的  
 に焼結し、これによって焼結領域において上記金属粒子を導体とし、

上記焼結領域以外の上記材料層の部分をアブレートするために、上記焼結領域(108, 1  
 10, 112)がアブレートされる閾値未満のアブレーティング・レーザ・ビームを用い、

上記アブレートされる上記焼結領域以外の上記材料層の部分に、上記既存の導電路の端  
 部(116, 118)上および既存の導電路の側方領域(120)上に重なる材料層の部分が含ま  
 れ、

上記アブレーティング・レーザ・ビームが上記既存の導電路を損傷することなく、上記  
 焼結領域以外の上記材料層の部分をアブレートするように動作し、

上記パターニング・レーザ・ビームの使用が、上記アブレーティング・レーザ・ビーム  
 の使用に先立って行われる、

10

20

方法。

【請求項 2】

上記堆積が上記アブレーティング・レーザ・ビームを用いて堆積することを含む，請求項 1 に記載の基板上に導電路を形成する方法。

【請求項 3】

上記材料層が導電インクを含む，請求項 1 に記載の基板上に導電路を形成する方法。

【請求項 4】

上記パターニング・レーザ・ビームの使用およびアブレーティング・レーザ・ビームの使用に先立って上記導電インクを乾燥することをさらに含む，請求項 3 に記載の基板上に導電路を形成する方法。

10

【請求項 5】

上記パターニング・レーザ・ビームが連続レーザ・ビームであり，40 から 100 mW の出力レベルを有している，請求項 1 に記載の基板上に導電路を形成する方法。

【請求項 6】

上記アブレーティング・レーザ・ビームがパルスレーザ・ビームであり，1 から 500 ミリジュール /  $\text{cm}^2$  のフルエンス・レベルを有している，請求項 1 に記載の基板上に導電路を形成する方法。

【請求項 7】

上記アブレーティング・レーザ・ビームがパルスレーザ・ビームであり，30 から 100 ミリジュール /  $\text{cm}^2$  のフルエンス・レベルを有している，請求項 1 に記載の基板上に導電路を形成する方法。

20

【請求項 8】

上記堆積に先立って，  
上記基板上に上記導電路の部分を形成する少なくとも 2 つの領域を規定し，  
上記アブレーティング・レーザ・ビームを使用して上記少なくとも 2 つの領域において上記基板上に形成された非導電層の部分をアブレートする，  
請求項 1 に記載の基板上に導電路を形成する方法。

【請求項 9】

基板上の既存の導電路の欠落部分を補修するための導電路を形成する方法であって，  
上記欠落部分によって 2 つに分けられた上記基板上の既存の導電路の端部のそれぞれに  
オーバーラップさせて，上記既存の導電路の端部同士をつなぎ，かつ既存の導電路よりも幅広の補修領域を指定し，

30

上記補修領域に 5 から 100 ナノメートルの直径の金属粒子を含む 0.1 から 5 マイクロメートルの厚さを有する材料層を堆積し，

パターニング・レーザ・ビームを用いて上記材料層の領域のうちの一部であって，欠落部分に隣接する既存の導電路の端部上の一部を包含する領域 (108, 110, 112) を選択的に焼結し，これによって焼結領域において上記金属粒子を導体とし，

上記焼結領域以外の上記材料層の部分を除去するために，上記焼結領域 (108, 110, 112) がアブレートされる閾値未満のアブレーティング・レーザ・ビームを用い，

除去される上記焼結領域以外の上記材料層の部分に，上記既存の導電路の端部 (116, 118) 上および既存の導電路の側方領域 (120) 上に重なる材料層の部分が含まれ，

40

上記除去が，上記既存の導電路を損傷することなく，上記焼結領域以外の上記材料層の部分を取り除き，

上記パターニング・レーザ・ビームの使用が，上記アブレーティング・レーザ・ビームの使用に先立って行われる，

方法。

【請求項 10】

上記堆積が第 2 のレーザ・ビームを用いて堆積することを含む，請求項 9 に記載の基板上に導電路を形成する方法。

【請求項 11】

50

上記材料層が導電インクを含む，請求項 9 に記載の基板上に導電路を形成する方法。

【請求項 1 2】

パターニング・レーザ・ビームの使用に先立って上記導電インクを乾燥することをさらに含む，請求項 1 1 に記載の基板上に導電路を形成する方法。

【請求項 1 3】

上記パターニング・レーザ・ビームが連続レーザ・ビームであり，40から100m W の出力レベルを有している，請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 4】

上記堆積に先立って，

上記基板上に上記導電路の部分を形成する少なくとも 2 つの領域を規定し，

アブレーティング・レーザ・ビームを使用して上記少なくとも 2 つの領域において上記基板上に形成された非導電層の部分をアブレートする，

請求項 9 に記載の基板上に導電路を形成する方法。

【請求項 1 5】

パターニング・レーザ・ビームを生成するように動作するパターニング・レーザ，

アブレーティング・レーザ・ビームを生成するように動作するアブレーティング・レーザ，および

光学アセンブリに対して動作可能で，基板に対して上記光学アセンブリを位置決めするように動作する基板位置決めアセンブリ，

を備える光学アセンブリと，

基板上の既存の導電路の欠落部分によって 2 つに分けられた上記基板上の既存の導電路の端部のそれぞれにオーバーラップさせて，上記既存の導電路の端部同士をつなぎ，かつ既存の導電路よりも幅広の補修領域を指定するためのワークステーションと，を備え，

上記ワークステーションによって指定される上記補修領域に堆積される，5 から100ナノメートルまでの直径を有する金属粒子を含む，0.1から5マイクロメートルの厚さを持つ材料層の領域のうちの一部であって，欠落部分に隣接する既存の導電路の端部上の一部を包含する領域 (108, 110, 112) を選択的に焼結させるように上記パターニング・レーザ・ビームが動作され，これによって焼結領域において上記金属粒子を導体とし，

上記アブレーティング・レーザ・ビームが，上記焼結領域以外の上記材料層の部分をアブレートするために，上記焼結領域 (108, 110, 112) がアブレートされる閾値未満で動作され，

上記アブレートされる上記焼結領域以外の上記材料層の部分に，上記既存の導電路の端部 (116, 118) 上および既存の導電路の側方領域 (120) 上に重なる材料層の部分が含まれ，

上記アブレーティング・レーザ・ビームが上記既存の導電路を損傷することなく，上記焼結領域以外の上記材料層の部分をアブレートするように動作し，

上記パターニング・レーザ・ビームの使用が，上記アブレーティング・レーザ・ビームの使用に先立って行われる，

基板上の既存の導電路の欠落部分を補修するための導電路を形成するシステム。

【請求項 1 6】

上記基板位置決めアセンブリが，上記光学アセンブリに対して x および y の両方向に移動可能である，請求項 1 5 に記載の基板上に導電路を形成するシステム。

【請求項 1 7】

上記パターニング・レーザが連続波レーザである，請求項 1 5 に記載の基板上に導電路を形成するシステム。

【請求項 1 8】

上記アブレーティング・ビームがパルスレーザである，請求項 1 5 に記載の基板上に導電路を形成するシステム。

【請求項 1 9】

ブローワーをさらに備えている，請求項 1 5 に記載の基板上に導電路を形成するシステム

10

20

30

40

50

。

【請求項 2 0】

上記材料層が導電ペーストを含む、請求項 1 に記載の基板上に導電路を形成する方法。

【請求項 2 1】

上記パターニング・レーザ・ビームを使用しかつ上記アブレーション・レーザ・ビームを使用するのに先立って、上記導電ペーストを乾燥することをさらに含む、請求項 2 0 に記載の基板上に導電路を形成する方法。

【請求項 2 2】

上記材料層が導電ペーストを含む、請求項 9 に記載の基板上に導電路を形成する方法。

【請求項 2 3】

上記パターニング・レーザ・ビームを使用するのに先立って上記導電ペーストを乾燥することを含む、請求項 2 2 に記載の基板上に導電路を形成する方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

この発明は、概略的には電気回路の形成（製造）および補修（修理）に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

基板上に導電路（conductive paths）を形成しかつ補修するための多くの既知の技術が存在する。

20

【発明の概要】

【0 0 0 3】

この発明は、基板上に導電路を形成する改善された方法を提供することを目的とする。

【0 0 0 4】

すなわちこの発明の好ましい実施態様によると、基板上に導電路を形成する方法であって、上記基板上に 5 から 100 ナノメートルの直径の金属粒子を含む、0.1 から 5 マイクロメートルの厚さを持つ材料層を堆積し、パターニング・レーザ・ビーム（patterning laser beam）を用いて上記材料層の領域を選択的に焼結し、これによって焼結領域において上記金属粒子を導体とし（causing said metal particles to together define a conductor）、上記焼結領域以外の上記材料層の部分をアブレートするために、上記焼結領域がアブレートされる閾値未満（below a threshold at which said sintered regions would be ablated）のアブレーティング・レーザ・ビーム（ablating laser beam）を用いる方法が提供される。

30

【0 0 0 5】

好ましくは、上記堆積が上記アブレーティング・レーザ・ビームを用いて堆積することを含む。

【0 0 0 6】

この発明の好ましい実施態様では、上記材料層が導電インクまたはペーストを含む。さらに、基板上に導電路を形成する方法は、パターニング・レーザ・ビームの使用およびアブレーティング・レーザ・ビームの使用に先立って上記導電インクまたはペーストを乾燥することをさらに含む。

40

【0 0 0 7】

この発明の好ましい実施態様では、上記パターニング・レーザ・ビームが連続レーザ・ビーム（continuous laser beam）であり、40 から 100 mW の出力レベルを有している。好ましくは、上記アブレーティング・レーザ・ビームがパルスレーザ・ビーム（pulsed laser beam）であり、1 から 500 ミリジュール /  $\text{cm}^2$  のフルエンス（fluence）（単位面積あたりのエネルギー量）・レベルを有している。さらに好ましくは、上記アブレーティング・レーザ・ビームがパルスレーザ・ビームであり、30 から 100 ミリジュール /  $\text{cm}^2$  のフルエンス・レベルを有している。

50

## 【0008】

この発明の好ましい実施態様では、上記アブレーティング・レーザ・ビームが上記基板上の他の構成要素を損傷することなく、上記焼結領域以外の上記材料層の部分をアブレートするように動作する。

## 【0009】

好ましくは、上記パターニング・レーザ・ビームの使用が、上記アブレーティング・レーザ・ビームの使用に先立って実行される。または、上記アブレーティング・レーザ・ビームの使用が、上記パターニング・レーザ・ビームの使用に先立って実行される。

## 【0010】

この発明の好ましい実施態様では、基板上に導電路を形成する方法は、上記堆積に先立って、上記基板上に上記導電路の部分を形成する少なくとも2つの領域を規定し、上記アブレーティング・レーザ・ビームを使用して上記少なくとも2つの領域において上記基板上に形成された非導電層(non-conductive layer)の部分をアブレートする。

10

## 【0011】

この発明の他の好ましい実施態様では、基板上に5から100ナノメートルの直径の金属粒子を含む0.1から5マイクロメートルの厚さを有する材料層を堆積し、パターニング・レーザ・ビームを用いて上記材料層の領域を選択的に焼結し、これによって焼結領域において上記金属粒子を導体とし、上記焼結領域以外の上記材料層の部分を除去する、基板上に導電路を形成する方法も提供される。

## 【0012】

20

好ましくは、上記堆積が第2のレーザ・ビーム(second laser beam)を用いて堆積することを含む。

## 【0013】

この発明の好ましい実施態様では、上記材料層が導電インクまたはペーストを含む。さらに、基板上に導電路を形成する方法は、パターニング・レーザ・ビームを使用するのに先立って導電インク/導電ペーストを乾燥することを含む。

## 【0014】

好ましくは、上記パターニング・レーザ・ビームが連続レーザ・ビームであり、40から100mWの出力レベルを有している。

## 【0015】

30

この発明の好ましい実施態様では、上記除去が、上記基板上の他の構成要素を損傷することなく、上記焼結領域以外の上記材料層の部分を除去することを含む。

## 【0016】

好ましくは、基板上に導電路を形成する方法は、上記堆積に先立って、上記基板上に上記導電路の部分を形成する少なくとも2つの領域を規定し、アブレーティング・レーザ・ビームを使用して上記少なくとも2つの領域において上記基板上に形成された非導電層の部分をアブレートすることを含む。

## 【0017】

この発明のさらに他の好ましい実施態様では、基板上に導電路を形成するシステムがさらに提供され、このシステムは、パターニング・レーザ・ビームを生成するように動作するパターニング・レーザ、アブレーティング・レーザ・ビームを生成するように動作するアブレーティング・レーザ、および光学アセンブリに対して動作可能で、基板に対して上記光学アセンブリを位置決めするように動作する基板位置決めアセンブリを備える光学アセンブリを含み、上記パターニング・レーザ・ビームが、上記基板上に5から100ナノメートルの直径を有する金属粒子を含む、0.1から5マイクロメートルの厚さを持つ材料層の範囲を選択的に焼結して上記基板上に堆積させるように動作され、これによって焼結領域において上記金属粒子を導体とし、上記アブレーティング・レーザ・ビームが、上記焼結領域以外の上記材料層の部分をアブレートするために、上記焼結領域がアブレートされる閾値未満で動作されるものである。

40

## 【0018】

50

好ましくは、上記基板位置決めアセンブリは上記光学アセンブリに対してxおよびyの両方向に移動可能である。

【0019】

この発明の好ましい実施態様では、上記パターンング・レーザは連続波レーザである。これに加えてまたは代えて、上記アブレーション・レーザはパルスレーザである。

【0020】

好ましくは、基板上に導電路を形成するシステムはブロワーも含む。

【0021】

この発明は、図面を参照する以下の詳細な記載から理解されかつ認識されよう。

【図面の簡単な説明】

10

【0022】

【図1A】この発明の好ましい実施態様による基板上に導電路を形成するシステムの動作および方法を簡略化して示している。

【図1B】この発明の好ましい実施態様にしたがう、上記実施態様の一の特有の特徴を示すもので、基板上に導電路を形成するシステムの動作および方法を簡略化して示している。

【図2】この発明の他の好ましい実施態様による基板上に導電路を形成するシステム動作および方法を簡略化して示している。

【図3A】この発明にさらに他の好ましい実施態様にしたがう基板上に導電路を形成するシステムの動作および方法を簡略化して示している。

20

【図3B】この発明のさらに他の好ましい実施態様にしたがう基板上に導電路を形成するシステムの動作および方法を簡略化して示すものである。

【図4】図1Aから図3Bの方法論を実行するシステムを簡略化して示すものである。

【実施例】

【0023】

はじめに図1Aを参照して、図1Aはこの発明の好ましい実施態様による、基板上に導電路 (conductive path) を形成するシステムの動作および方法を簡略化して示すものである。図1Aに示すように、図4に関連して以下に説明する導電路生成器102につなげられたワークステーション100を用いて、オペレータによって目視検査が行われる。

【0024】

30

拡大図Aに示すように、典型的には、オペレータは断線 (cut) 106のある導電路104の部分を見て指定補修 (修理) 領域108を指示し、その領域が上記ワークステーション100によって自動的に、またはワークステーション100を用いるオペレータによる手動により、描かれる。指定補修領域108は、好ましくは断線106を含むのみならず、導電路104の隣接領域110および112も含む。

【0025】

拡大図Bに示すように、たとえば銀ナノ粒子もしくは銅ナノ粒子、銀もしくは銅合成物を含む導電インクもしくはペースト、または非金属導電インクもしくはペースト、たとえばカーボン・ナノチューブ・インクもしくはペーストが、指定補修領域108を超えて広げられ (extending beyond)、導電路104の隣接領域116および118、ならびに補修すべき導電路の側方 (alongside) の領域120をカバーする領域114上に堆積される。導電インクの堆積は、好ましくはドナー基板、典型的には導電インクによってコートされた透明ドナー基板上に衝突するレーザ・ビームを用いて実行される。上記レーザ・ビームは、典型的にはUV、可視またはNIR範囲で出射する短パルス、ナノ秒パルスレーザ、たとえばフランス、メイランのチーム・フォトニクス (Team Photonics) から市販されているマイクロチップ・レーザによって生成される。または、導電インクは、基板上に局所的にそのようなインクを堆積するインクジェット・プリンタ・ヘッドまたはディスペンシング・ツール (dispensing tool) を用いて、補修領域上に堆積される。導電インクは、その後、好ましくは適切なブロワーの使用によってまたはそのレーザ加熱によって、乾かされる。

40

【0026】

50

ナノ粒子銀インクは、アメリカ合衆国、ニュージャージー州、パーシッパニーのSun Chemical Corp.、アメリカ合衆国、デラウェア州、ウィルミントンのE.I. Du Pont De Nemours and Co.、ポーランド、ウッジのAmepox Microelectronics Ltd.、中国、江蘇省のKushan Hisense Electronics Co, Ltd、およびイスラエル、ミグダル・ハエメクのPV Nano Cell, Ltd.から市販されている。ナノ粒子銅インクは、アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ロチェスターのIntrinsiq Materials Inc.から市販されている。カーボン・ナノチューブ・インクは、アメリカ合衆国、ミズーリ州、ローラのBrewer Scienceから市販されている。

【0027】

好ましくは、堆積層は0.1から5マイクロメートルの厚さを有しており、5から100ナノメートルの直径、またはこれに代えて10から100ナノメートルの直径を持つ導電粒子 (conductive particles) を含む。

【0028】

拡大図Cに示すように、好ましくはレーザ焼結 (laser sintering) が指定補修領域108に実行され、かつ拡大図Dに示すように、好ましくはレーザ・トリミング (laser trimming) がその周辺に沿って実行され、これにより領域116、118および120から未焼結導電インク (unsintered conductive ink) が除去される。好ましくは、必ずしも必要ではないが、導電インクの堆積に用いられたものと同じレーザを用いてレーザ・トリミングを実行することができる。

【0029】

この発明の特有の特徴は、導電路104に重なる領域116および118からのレーザ・トリミングおよび未焼結導電インクの除去が、10 p 秒から100 n 秒、より詳細には100 p 秒から10 n 秒のパルス長を持ち、1 から500ミリジュール /  $\text{cm}^2$ 、より詳細には30から100ミリジュール /  $\text{cm}^2$  のパルス・エネルギー・フルエンス (pulse energy fluence) のパルスレーザの使用によって、導電路を損傷することなく実行されることである。

【0030】

次に図1Bを参照して、図1Bは、この実施態様の特有の特徴の一つを示す、この発明の好ましい実施態様による、基板上に導電路を形成するシステムの動作および方法を簡略化して示すものである。

【0031】

図1Bに示すように、図4に関連して以下に説明する導電路生成器102につなげられたワークステーション100を用いて、オペレータによって目視検査が行われる。

【0032】

拡大図Aに示すように、典型的には、オペレータは断線106のある導電路104の部分を見て指定補修領域108を指示し、その領域が上記ワークステーション100によって自動的に、またはワークステーション100を用いるオペレータによる手動により、描かれる。指定補修領域108は、好ましくは断線106を含むのみならず、導電路104の隣接領域110および112も含む。

【0033】

拡大図Bに示すように、たとえば銀ナノ粒子、銅ナノ粒子、銀もしくは銅合成物を含む導電インクまたはペースト、または非金属導電インクもしくはペーストたとえばカーボン・ナノチューブ・インクもしくはペーストが、指定補修領域108を超えて広げられ、導電路104の隣接領域116および118、ならびに補修すべき導電路の側方の領域120をカバーする領域114上と、隣接する導電路132の部分のカバーする領域130とに堆積される。導電インクの堆積は、好ましくはドナー基板、典型的には導電インクによってコートされた透明ドナー基板上に衝突するレーザ・ビームを用いて実行される。上記レーザ・ビームは、典型的には、UV、可視またはNIR範囲で出射する短パルス、ナノ秒パルスレーザ、たとえばフランス、メイランのTeem Photonicsから市販されているマイクロ・レーザ・チップによって生成される。または、導電インクは、基板上に局所的にそのようなインクを堆積するインクジェット・プリンタ・ヘッドまたはディスペンシング・ツールを用いて、補

10

20

30

40

50

修領域上に堆積される。導電インクは、その後、好ましくは適切なブローの使用によってまたはそのレーザ加熱によって、乾かされる。

【 0 0 3 4 】

ナノ粒子銀インクは、アメリカ合衆国、ニュージャージー州、パーシッパニーのSun Chemical Corp.、アメリカ合衆国、デラウェア州、ウィルミントンのE.I. Du Pont De Nemours and Co.、ポーランド、ウッジのAmepox Microelectronics Ltd.、中国、江蘇省のKushan Hisense Electronics Co, Ltd、およびイスラエル、ミグダル・ハエメクのPV Nano Cell, Ltd.から市販されている。ナノ粒子銅インクは、アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ロチェスターのIntrinsiq Materials Inc.から市販されている。カーボン・ナノチューブ・インクは、アメリカ合衆国、ミズーリ州、ローラのBrewer Scienceから市販されている。

10

【 0 0 3 5 】

好ましくは、堆積層は、0.1から5マイクロメートルの厚さを有しており、5から100ナノメートルの直径、またはこれに代えて10から100ナノメートルの直径を持つ導電粒子を含む。

【 0 0 3 6 】

拡大図Cに示すように、好ましくはレーザ焼結が指定補修領域108に実行され、かつ拡大図Dに示すように、好ましくはレーザ・トリミングがその周辺に沿って実行され、これにより領域116、118、120および130から未焼結導電インクが除去される。好ましくは、必ずしも必要でないが、導電インクの堆積に用いられたものと同じレーザを用いてレーザ・トリミングを実行することができる。

20

【 0 0 3 7 】

この発明の特有の特徴は、導電路104に重なる領域116および118からの、さらに隣接導電路132の部分に重なる領域130からのレーザ・トリミングおよび未焼結導電インクの除去が、10 p 秒から100 n 秒、より詳細には100 p 秒から10 n 秒のパルス長を持ち、1 から500 ミリジュール /  $\text{cm}^2$ 、より詳細には30から100ミリジュール /  $\text{cm}^2$  のパルス・エネルギー・フルエンスのパルスレーザの使用によって、導電路または他の回路素子、たとえばシリコン・ベースのトランジスタ、キャパシタ、およびレジスタ、または透明導体を損傷することなく、達成されることである。これは、隣接導電路および回路素子が特にミクロン範囲で互いに近くにある場合に特に重要である。

30

【 0 0 3 8 】

次に図2を参照して、図2はこの発明の他の好ましい実施態様による、基板上に導電路を形成するシステムの動作および方法を簡略化して示すものである。図2に示すように、図4に関連して以下に説明する導電路生成器102につなげられたワークステーション100を用いて、オペレータによって目視検査が実行される。

【 0 0 3 9 】

拡大図Aに示すように、典型的には、オペレータは断線106のある導電路104の部分を見て指定補修領域108を指示し、その領域が上記ワークステーション100によって自動的に、またはワークステーション100を用いるオペレータによって手動により、描かれる。指定補修領域108は、好ましくは断線106を含むのみならず、導電路104の隣接領域110および112も含む。

40

【 0 0 4 0 】

拡大図Bに示すように、たとえば銀ナノ粒子、銅ナノ粒子、銀もしくは銅合成物を含む導電インクまたはペースト、または非金属導電インクもしくはペースト、たとえばカーボン・ナノチューブ・インクもしくはペーストが、指定補修領域108を超えて広げられ、導電路104の隣接領域116および118、ならびに補修すべき導電路の側方の領域120をカバーする領域114上に堆積される。導電インクの堆積は、好ましくはドナー基板、典型的には導電インクによってコートされた透明ドナー基板上に衝突するレーザ・ビームを用いて実行される。上記レーザ・ビームは、典型的には、UV、可視またはNIR範囲で出射する短パルス、ナノ秒パルスレーザ、たとえばフランス、メイランのTeem Photonicsから市販さ

50



れているマイクロチップ・レーザによって生成される。または、導電インクは、基板上に局所的にそのようなインクを堆積するインクジェット・プリンタ・ヘッドまたはディスペンシング・ツールを用いて、補修領域上に堆積される。導電インクは、その後、好ましくは適切なブローワーの使用によってまたはそのレーザ加熱によって、乾かされる。

【0041】

ナノ粒子銀インクは、アメリカ合衆国、ニュージャージー州、パーシッパニーのSun Chemical Corp.、アメリカ合衆国、デラウェア州、ウィルミントンのE.I. Du Pont De Nemours and Co.、ポーランド、ウッジのAmepox Microelectronics Ltd.、中国、江蘇省のKushan Hisense Electronics Co, Ltd、およびイスラエル、ミグダル・ハエメクのPV Nano Cell, Ltd.から市販されている。ナノ粒子銅インクは、アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ロチェスターのIntrinsiq Materials Inc.から市販されている。カーボン・ナノチューブ・インクは、アメリカ合衆国、ミズーリ州、ローラのBrewer Scienceから市販されている。

10

【0042】

好ましくは、堆積層は、0.1から5マイクロメートルの厚さを有しており、5から100ナノメートルの直径、またはこれに代えて10から100ナノメートルの直径を持つ導電粒子を含む。

【0043】

拡大図Cに示すように、図1A - 1Bの実施態様と異なり、好ましくは、レーザ・トリミングが、補修すべき導電路の側方の領域120から導電インクを除去するために実行される。これによって比較的高解像度の補修導電路エッジ精細度 (high resolution repaired conductive path edge definition) が提供され、好ましくは1ミクロン未満の精度および均一度 (accuracy and uniformity below one micron) のエッジ精細度が提供される。

20

【0044】

拡大図Dに示すように、好ましくはレーザ焼結が残りの部分の指定補修領域108に実行され、かつ拡大図Eに示すように、好ましくはさらなるレーザ・トリミングがその周辺に沿って実行され、これにより領域116および118から未焼結導電インクが除去される。好ましくは、必ずしも必要でないが、導電インクの堆積に用いられたものと同じレーザを用いてレーザ・トリミングを実行することができる。

【0045】

30

この発明の特有の特徴は、導電路104に重なる領域116および118からのレーザ・トリミングおよび未焼結導電インクの除去が、10 p 秒から100 n 秒、より詳細には100 p 秒から10 n 秒のパルス長を持ち、1 から500ミリジュール /  $\text{cm}^2$ 、より詳細には30から100ミリジュール /  $\text{cm}^2$  のパルス・エネルギー・フルエンスのパルスレーザの使用によって、導電路を損傷することなく達成されることである。

【0046】

この発明の変形例の好ましい実施態様では、適切な溶剤を用いて基板を洗浄することによって、導電路を損傷することなく、未焼結導電インクを導電路104に重なる領域116および118から取り除くことができる。適切な溶剤には、水、エタノール、イソプロパノール、シクロヘキサノール、またはその他の脂肪族アルコール類、アセトン、メチルエチルケトン、シクロヘキサノンまたはその他のケトン類、グリコールエーテルおよびグリコールエーテルアセテートが含まれる。さらに、界面活性剤およびキレート剤 (chelating agents) といった添加剤を、処理を促進するために添加してもよい。このような界面活性剤およびキレート剤は、アメリカ合衆国、ミズーリ州、セントルイスのSigma-Aldrich Corporation、および日本、東京のTokyo Chemical Industryといった販売業者、およびアメリカ合衆国、ミシガン州のDow Chemical Companyのような製造業者から市販されている。この変形例の実施態様は、広い範囲の未焼結インクをもたらしことがある、そのようなインクを基板上に局所的に堆積するインクジェット・プリンタ・ヘッドまたはディスペンシング・ツールを用いて補修領域に上記導電インクを堆積するときに、特に有用である。

40

【0047】

50

次に図3Aを参照して、図3Aはこの発明のさらに他の好ましい実施態様による、基板上に導電路を形成するシステムの動作および方法を簡略化して示すものである。ここで、図1A - 図2の実施態様と異なるのはバイパス導電路(bypass conductive path)が生成されることである。これは、導電路104の断線106の周辺において、補修すべき導体の下に(underneath)横方向に(in a cross direction)導体のような回路素子が存在するときに特に有用である。

【0048】

図3Aの機能性は、所望のパターンで基板上にドナー基板からのインクを描画する補修内容の内側および外側の両方において用いられることができることが理解されよう。これはたとえば、基板上を広範囲に補修するような、比較的広い領域に高い導電性材料を堆積

10

【0049】

図3Aに示すように、図4に関連して以下に説明する導電路生成器102につなげられたワークステーション100を用いて、オペレータによって目視検査が行われる。

【0050】

拡大図Aに示すように、典型的には、オペレータは断線106のある導電路104の部分を見て指定バイパス領域134を指示し、その領域が上記ワークステーション100によって自動的に、またはワークステーション100を用いるオペレータによって手動により、描かれる。指定バイパス領域134は、導電路104の部分にオーバーラップする領域135および136を含む。

20

【0051】

拡大図Bに示すように、たとえば銀ナノ粒子、銅ナノ粒子、銀もしくは銅合成物を含む導電インクまたはペースト、または非金属導電インクもしくはペースト、たとえばカーボン・ナノチューブ・インクもしくはペーストが、指定バイパス領域134を超えて広げられ、指定バイパス領域134の周辺縁に沿いつつその外側の隣接領域138をカバーする領域137に堆積される。導電インクの堆積は、好ましくは、ドナー基板、典型的には導電インクによってコートされた透明ドナー基板上に衝突するレーザ・ビームを用いて実行される。上記レーザ・ビームは、典型的には、UV、可視またはNIR範囲を照射する短パルス、ナノ秒パルスレーザ、たとえばフランス、メイランのTeem Photonicsから市販されているマイクロチップ・レーザによって生成される。これに代えて、導電インクは、基板上に局所的にそのようなインクを堆積するインクジェット・プリンタ・ヘッドまたはディスペンシング・ツールを用いて、補修領域上に堆積される。導電インクは、その後、好ましくは適切なブローワーの使用によってまたはそのレーザ加熱によって乾かされる。

30

【0052】

ナノ粒子銀インクは、アメリカ合衆国、ニュージャージー州、パーシッパニーのSun Chemical Corp.、アメリカ合衆国、デラウェア州、ウィルミントンのE.I. Du Pont De Nemours and Co.、ポーランド、ウッジのAmepox Microelectronics Ltd.、中国、江蘇省のKushan Hisense Electronics Co, Ltd、およびイスラエル、ミグダル・ハエメクのPV Nano Cell, Ltd.から市販されており、銀ナノ粒子およびミール合成ペーストは韓国のInkTecから市販されており、ナノ粒子銅インクは、アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ロチェスターのIntrinsiq Materials Inc.から市販されている。カーボン・ナノチューブ・インクは、アメリカ合衆国、ミズーリ州、ローラのBrewer Scienceから市販されている。

40

【0053】

好ましくは、堆積層は、0.1から5マイクロメートルの厚さを有しており、5から100ナノメートルの直径、またはこれに代えて10から100ナノメートルの直径を持つ導電粒子を含む。

【0054】

拡大図Cに示すように、好ましくはレーザ焼結が指定バイパス領域134に実行され、かつ拡大図Dに示すように、好ましくはレーザ・トリミングがその外周に沿って実行され、領域138から導電インクが除去される。好ましくは、必ずしも必要ではないが、導電イン

50

クの堆積に用いられたものと同じレーザを用いてレーザ・トリミングを実行することができる。

【0055】

この発明の特有の特徴は、導電路104に重なる領域138からの未焼結導電インクのレーザ・トリミングおよび除去が、10 p 秒から100 n 秒、より詳細には100 p 秒から10 n 秒のパルス長を持ち、1 から500ミリジュール /  $\text{cm}^2$ 、より詳細には30から100ミリジュール /  $\text{cm}^2$  のパルス・エネルギー・フルエンスのパルスレーザの使用によって、導電路を損傷することなく達成されることである。

【0056】

この発明の変形例の好ましい実施態様では、適切な溶剤を用いて基板を洗浄することによって、導電路を損傷することなく、未焼結導電インクを導電路104に重なる領域138から取り除くことができる。適切な溶剤には、水、エタノール、イソプロパノール、シクロヘキサノールまたはその他の脂肪酸アルコール類、アセトン、メチルエチルケトン、シクロヘキサノンまたはその他のケトン類、グリコールエーテルおよびグリコールエーテルアセテートが含まれる。さらに、界面活性剤およびキレート剤といった添加剤を、処理を促進するために添加してもよい。このような界面活性剤およびキレート剤は、アメリカ合衆国、ミズーリ州、セントルイスのSigma-Aldrich Corporation、および日本、東京のTokyo Chemical Industryといった販売業者、およびアメリカ合衆国、ミシガン州のDow Chemical Companyのような製造業者から市販されている。この変形例の実施態様は、広い範囲の未焼結インクをもたらしことがある、そのようなインクを基板上に局所的に堆積するインクジェット・プリンタ・ヘッドまたはディスペンシング・ツールを用いて補修領域に上記導電インクを堆積するときに、特に有用である。

【0057】

次に図3Bを参照して、図3Bはこの発明のさらに他の好ましい実施態様による、基板上に導電路を形成するためのシステムの動作および方法を簡略化して示すものである。図3Aと異なるのは、導体104およびいくつかのまたはすべての基板が追加の非導電層によって覆われており、バイパス導電路が上記追加の非導電層の上に生成されていることである。

【0058】

図3に示すように、図4に関連して以下に詳述する導電路生成器102につなげられたワークステーション100を用いて、オペレータによって目視検査が実行される。

【0059】

拡大図Aに示すように、典型的には、オペレータは断線106のある導電路104の部分を見て指定バイパス領域140を指示し、その領域が上記ワークステーション100によって自動的に、またはワークステーション100を用いるオペレータによって手動により、描かれる。指定バイパス領域140は、導電路104の部分にオーバーラップする領域141および142を含む。拡大図Bに特に示されるように、導電路104は非導電層143によって覆われており、典型的には基板の残りの部分の一部または全部も覆われている。

【0060】

拡大図Bにさらに示されるように、導電路104に重なる参照符号144および145で示す領域141および142の部分から非導電層143の領域のレーザ・アブレーションが、典型的には10 p 秒から100 n 秒、より詳細には100 p 秒から10 n 秒のパルス長を持ち、100から1500ミリジュール /  $\text{cm}^2$ 、より詳細には300から1000ミリジュール /  $\text{cm}^2$  のパルス・エネルギー・フルエンスのパルスレーザを用いて実行される。

【0061】

拡大図Cに示すように、たとえばナノ粒子銀インク、ナノ粒子銅インクといった導電インク、または非金属導電インクたとえばカーボン・ナノチューブ・インクが、指定バイパス領域140を超えて広げられ、指定バイパス領域140の周辺縁に沿いかつその外側に沿って隣接領域148をカバーする領域146に堆積される。導電インクは領域144および145にも堆積され、これによって導電路104からバイパス領域140に導電接続が形成される。

## 【 0 0 6 2 】

導電インクの堆積は、好ましくは、ドナー基板、典型的には導電インクによってコートされた透明ドナー基板上に衝突するレーザ・ビームを用いて実行される。上記レーザ・ビームは、典型的には、UV、可視またはNIR範囲を照射する短パルス、ナノ秒パルスレーザ、たとえばフランス、メイランのTeem Photonicsから市販されているマイクロチップ・レーザによって生成される。これに代えて、導電インクは、基板上に局所的にそのようなインクを堆積するインクジェット・プリンタ・ヘッドまたはディスペンシング・ツールを用いて補修領域上に堆積される。導電インクは、その後、好ましくは適切なブローワーの使用によって、またはそのレーザ加熱によって乾かされる。

## 【 0 0 6 3 】

ナノ粒子銀インクは、アメリカ合衆国、ニュージャージー州、パーシッパニーのSun Chemical Corp.、アメリカ合衆国、デラウェア州、ウィルミントンのE.I. Du Pont De Nemours and Co.、ポーランド、ウッジのAmepox Microelectronics Ltd.、中国、江蘇省のKushan Hisense Electronics Co, Ltd、およびイスラエル、ミグダル・ハエメクのPV Nano Cell, Ltd.から市販されており、銀ナノ粒子およびミール合成ペーストは韓国のInkTecから市販されており、ナノ粒子銅インクは、アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ロチェスターのIntrinsiq Materials Inc.から市販されている。カーボン・ナノチューブ・インクは、アメリカ合衆国、ミズーリ州、ローラのBrewer Scienceから市販されている。

## 【 0 0 6 4 】

好ましくは、堆積層は、0.1から5マイクロメートルの厚さを有しており、5から100ナノメートルの直径、またはこれに代えて10から100ナノメートルの直径を持つ導電粒子を含む。

## 【 0 0 6 5 】

拡大図Dに示すように、好ましくはレーザ焼結が指定バイパス領域140に実行され、かつ拡大図Eに示すように、レーザ・トリミングが、好ましくはその外周に沿って実行され、領域148から未焼結導電インクが除去される。好ましくは、必ずしも必要ではないが、導電インクの堆積に用いられたものと同じレーザを用いてレーザ・トリミングを実行することができる。

## 【 0 0 6 6 】

この発明の特有の特徴は、導電路104に重なる領域148からの未焼結導電インクのレーザ・トリミングおよび除去が、10 p 秒から100 n 秒、より詳細には100 p 秒から10 n 秒のパルス長を持ち、1から500ミリジュール/cm<sup>2</sup>、より詳細には30から100ミリジュール/cm<sup>2</sup>のパルス・エネルギー・フルエンスのパルスレーザの使用によって、導電路を損傷することなく達成されることである。

## 【 0 0 6 7 】

この発明の変形例の好ましい実施態様では、適切な溶剤を用いて基板を洗浄することによって、導電路を損傷することなく、導電路104に重なる領域138から未焼結導電インクを取り除くことができる。適切な溶剤には、水、エタノール、イソプロパノール、シクロヘキサノールまたはその他の脂肪酸アルコール類、アセトン、メチルエチルケトン、シクロヘキサノンまたはその他のケトン類、グリコールエーテルおよびグリコールエーテルアセテートが含まれる。さらに界面活性剤およびキレート剤といった添加剤を、処理を促進するために添加してもよい。このような界面活性剤およびキレート剤は、アメリカ合衆国、ミズーリ州、セントルイスのSigma-Aldrich Corporation、および日本、東京のTokyo Chemical Industryといった販売業者、およびアメリカ合衆国、ミシガン州のDow Chemical Companyのような製造業者から市販されている。この変形例の実施態様は、広い範囲の未焼結インクをもたらし得ることがある、そのようなインクを基板上に局所的に堆積するためのインクジェット・プリンタ・ヘッドまたはディスペンシング・ツールを用いて補修領域に上記導電インクを堆積するとき、特に有用である。

## 【 0 0 6 8 】

次に図4を参照して、図4は図1A - 3Bの方法論を実行するシステムを簡略化して示

10

20

30

40

50

している。

【 0 0 6 9 】

図 4 に示すように、上記システムは好ましくはワークステーション100および導電路生成器102を含む。ワークステーション100は好ましくはユーザ入力インターフェース152およびディスプレイ154を含むコンピュータ150を含む。

【 0 0 7 0 】

導電路生成器102は、シャーシ160を含む基板位置決めアセンブリ156を備え、シャーシは好ましくは一般的な光学テーブル162上に取り付けられている。シャーシ160は基板検査位置164を規定するもので、その上に検査および/修理すべき基板166を、典型的にはプリント回路基板 (printed circuit board) ( P C B ) またはフラット・パネル・ディスプレイ (flat panel display) ( F P D ) といった電気回路を、配置することができる。基板166は、典型的には、欠落導体欠陥 (missing conductor defects) のような一または複数の様々なタイプの欠陥、たとえば断線106を持つ。

【 0 0 7 1 】

基板位置決めアセンブリ156はまた、好ましくはシャーシ160に関して規定される、第 1 の検査軸174に沿って検査位置164に対して直線移動を行うブリッジ170を含む。

【 0 0 7 2 】

好ましくは、導電路生成器102は、第 1 の検査軸174に垂直な第 2 の検査軸178に沿ってブリッジ170に対して好ましくは直線移動を行う光学アセンブリ176も含む。これに代えて、上記光学アセンブリ176を静止光学アセンブリ (stationary optical assembly) としてもよく、かつシャーシ160を、光学アセンブリ176に対して基板166の X および Y 移動を提供するように動作する移動可能シャーシとしてもよい。

【 0 0 7 3 】

ワークステーション100は好ましくは光学アセンブリ176および基板位置決めアセンブリ156を操作するように動作するソフトウェア・モジュールも含む。ワークステーション100は、好ましくは、図示しない自動光学検査システム、たとえばいずれもイスラエル、ヤフネのOrbitec Ltd. から市販されているDiscovery ( 商標 ) 8000 systemまたはSupervision ( 商標 ) systemから欠陥位置入力 (defect location input) を受信する。

【 0 0 7 4 】

拡大図 A を参照して、拡大図 A は光学アセンブリ176の概略的なブロック図であり、光学アセンブリ176は、好ましくは、基板166を、好ましくはレンズ・アセンブリ202を介して撮像するカメラ200、ビーム結合器204および対物レンズ・アセンブリ206を含み、オペレータに対してディスプレイ154上に導電路104の検知画像 (sensible image) を提供する。

【 0 0 7 5 】

光学アセンブリ176はまた、好ましくはパルスレーザ210、典型的にはフランス、メイランのTeem Photonicsから市販されているマイクロチップ・レーザのようなUV、可視またはNIR範囲で出射する短パルス、ナノ秒パルスレーザを含み、パルスレーザはレーザ・ビーム212を出射し、レーザ・ビームはレンズ・アセンブリ214、ビーム結合器216およびさらなるレンズ・アセンブリ218を通過し、高速スキャニング・ミラー220に衝突し、リレー光学アセンブリ222を介して方向付けられ、ビーム結合器204によって反射され、対物レンズ・アセンブリ206を通過する。その後レーザ・ビーム212は選択的に位置決め可能な導電インク・ドナー基板230上に衝突し、基板166上に導電インクが堆積される。パルスレーザ210は、好ましくは、上述した導電性インク堆積段階とレーザ・トリミング段階の間動作することを理解されたい。

【 0 0 7 6 】

光学アセンブリ176は、好ましくは、近UV、可視または近IRを出射する連続波レーザ (continuous wave laser) 240、典型的には、高出力、シングルモードのダイオード・レーザ、たとえば日本、徳島のNichia Corporationから市販されているGaN 405nm LD、アメリカ合衆国、カリフォルニア州ミルピタスのBlue Sky Researchから市販されているRed

10

20

30

40

50

/Near IR emitting LD, スウェーデン, ストックホルムのCobolt ABからのCobolt 05-01 シリーズCW DPSSレーザ, アメリカ合衆国, カリフォルニア州イルバインのNewport Corporationから市販されているSpectra-Physics Excelsior シリーズCW DPSS レーザ, または他の適切な高出力の連続波レーザを含み, レーザ・ビーム242が出射され, これがレンズ・アセンブリ244, ビーム結合器216およびさらなるレンズ・アセンブリ218を通過して高速スキャンング・ミラー220に衝突し, リレー光学アセンブリ222を介して方向づけられ, ビーム結合器によって反射され, 対物レンズ・アセンブリ260を介して基板166上に進む。上記連続波レーザ240は, 好ましくは上述したレーザ焼結段階で動作することを理解されたい。

【0077】

10

好ましくは, 連続波レーザ240は, 40から100mWの出力レベル, 0.5から10mm/秒, より好ましくは1から3mm/秒のスキャン速度, 2~10マイクロメートルのスポット・サイズで動作する。

【0078】

選択的に位置決め可能な導電性インク・ドナー基板は, 上述した導電性インクの堆積工程の間, 基板166上に導電性インクを堆積するために, レーザ・ビーム212の光路内に位置決めするために選択的に位置決め可能であり, 上述した撮像, レーザ・トリミングおよびレーザ焼結段階の間は, 対物レンズ・アセンブリ206の光路の外に選択的に位置決め可能であることを理解されたい。

【0079】

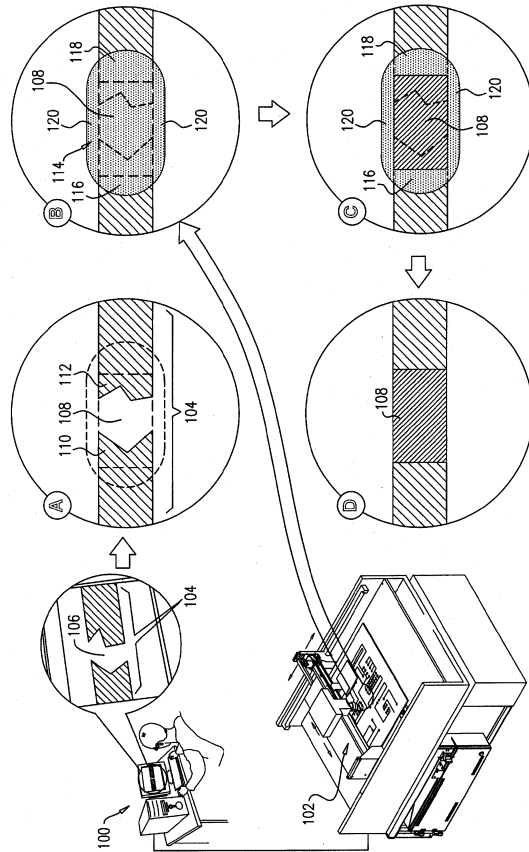
20

好ましくは, 導電インクの素早い乾燥のために, ブロワー250が, ドナー基板230からの導電インクの基板166上の衝突位置に隣接して設けられる。

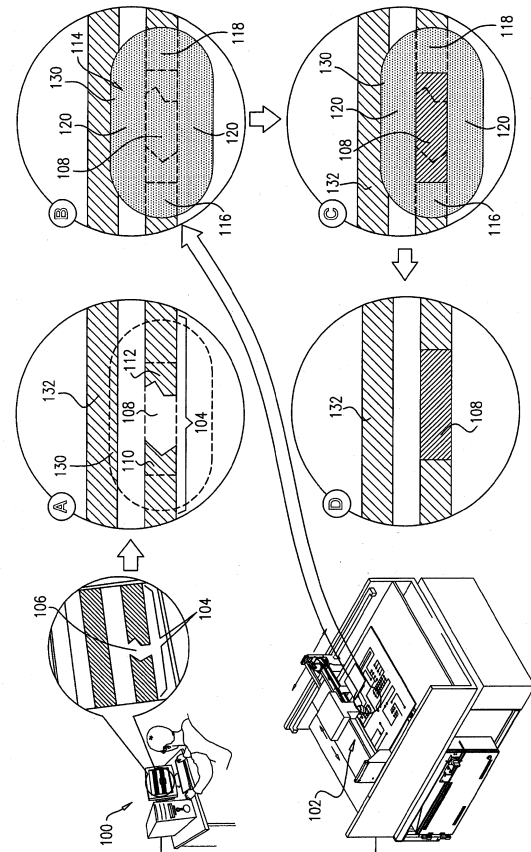
【0080】

当業者によって, この発明は, 上述で特に開示しかつ記載したものによって限定されないことが理解されよう。むしろこの発明の範囲は, 以下の特許請求の範囲によって規定され, 上記を読むことで当業者が想起し, かつ従来技術にはない変形および変更を含む。

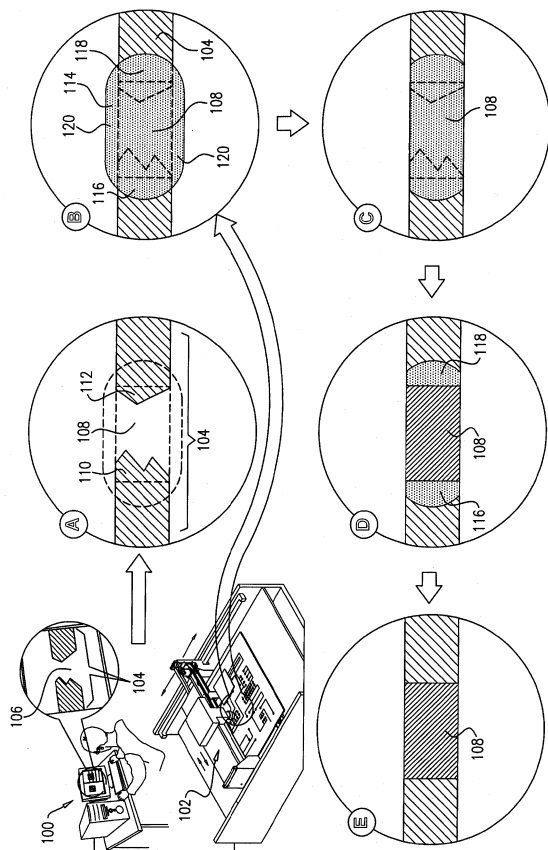
【図 1 A】



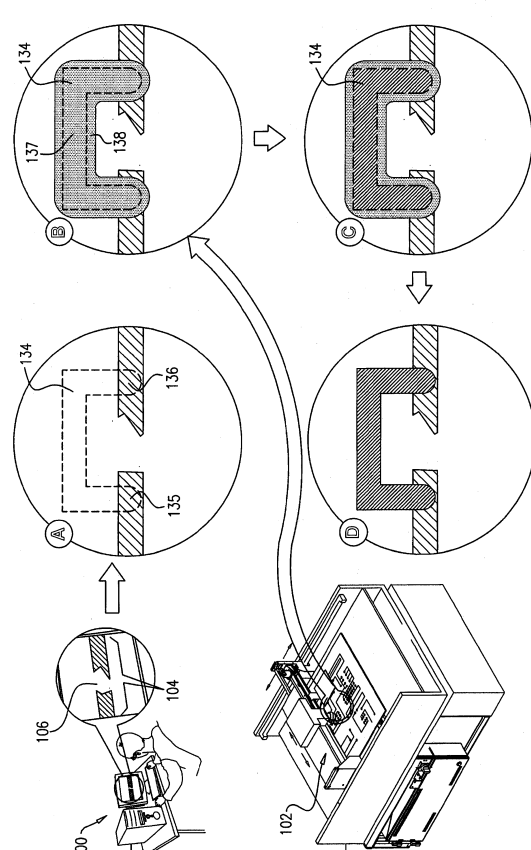
【図 1 B】



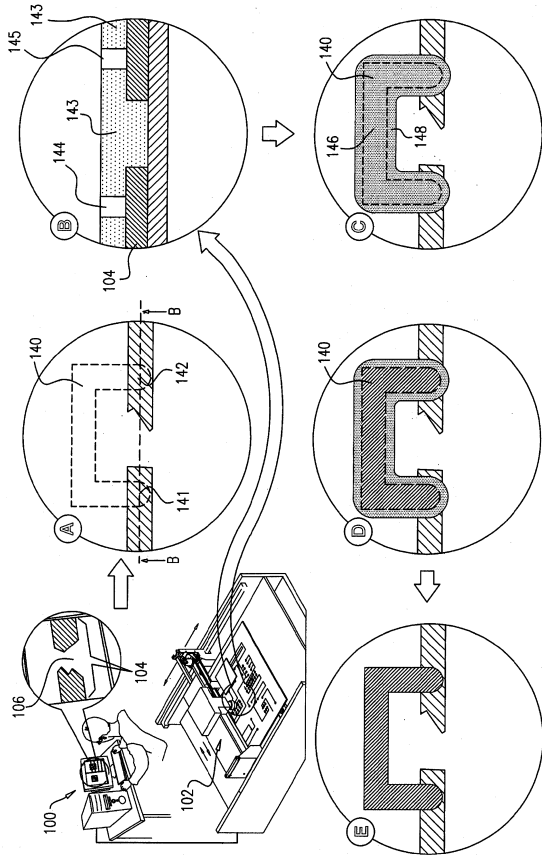
【図 2】



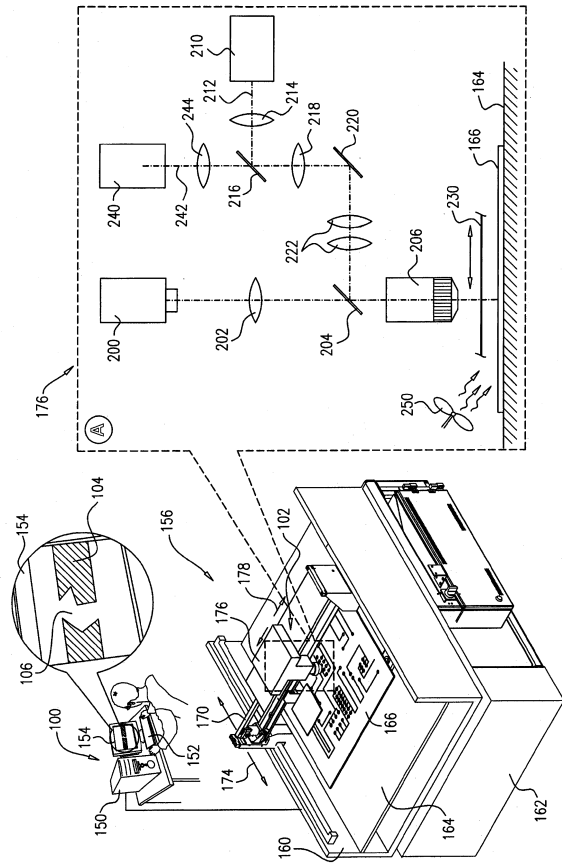
【図 3 A】



【図 3 B】



【図 4】





## フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
<b>B 2 3 K</b>	<b>26/60</b>	<b>(2014.01)</b>	<b>B 2 3 K</b>	<b>26/60</b>	
<b>B 2 2 F</b>	<b>3/105</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>B 2 2 F</b>	<b>3/105</b>	
<b>B 2 2 F</b>	<b>7/04</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>B 2 2 F</b>	<b>7/04</b>	<b>D</b>
<b>H 0 5 K</b>	<b>3/22</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H 0 5 K</b>	<b>3/22</b>	<b>A</b>

(72)発明者 コトレル・ズヴィ  
 イスラエル国 テル アヴィヴ 6 2 9 9 5 1 6 フェイベル ストリート 1 4

審査官 鹿野 博司

(56)参考文献 米国特許出願公開第2 0 0 8 / 0 1 3 9 0 7 5 ( U S , A 1 )  
 米国特許第0 7 2 7 6 3 8 5 ( U S , B 1 )  
 特開2 0 0 6 - 0 3 8 9 9 9 ( J P , A )  
 米国特許第0 7 0 1 4 8 8 5 ( U S , B 1 )  
 米国特許第0 5 8 3 2 5 9 5 ( U S , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

H 0 5 K 3 / 1 0  
 B 2 2 F 3 / 1 0 5  
 B 2 2 F 7 / 0 4  
 B 2 3 K 2 6 / 0 0  
 B 2 3 K 2 6 / 3 5 1  
 B 2 3 K 2 6 / 6 0  
 H 0 5 K 3 / 0 0  
 H 0 5 K 3 / 0 8  
 H 0 5 K 3 / 2 2