

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4650876号
(P4650876)

(45) 発行日 平成23年3月16日 (2011. 3. 16)

(24) 登録日 平成22年12月24日 (2010. 12. 24)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 N 27/416 (2006. 01)

GO 1 N 27/46 Z

GO 1 N 27/30 (2006. 01)

GO 1 N 27/30 Z

請求項の数 11 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2004-547786 (P2004-547786)
 (86) (22) 出願日 平成15年10月30日 (2003. 10. 30)
 (65) 公表番号 特表2006-504947 (P2006-504947A)
 (43) 公表日 平成18年2月9日 (2006. 2. 9)
 (86) 国際出願番号 PCT/GB2003/004667
 (87) 国際公開番号 W02004/040285
 (87) 国際公開日 平成16年5月13日 (2004. 5. 13)
 審査請求日 平成18年10月30日 (2006. 10. 30)
 (31) 優先権主張番号 60/422, 226
 (32) 優先日 平成14年10月30日 (2002. 10. 30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 60/422, 230
 (32) 優先日 平成14年10月30日 (2002. 10. 30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 502328710
 ライフスキャン・スコットランド・リミテ
 ッド
 イギリス国、スコットランド アイブイ2
 3イーディー、インバネス、ビーチウッ
 ド パーク ノース
 (74) 代理人 100088605
 弁理士 加藤 公延
 (72) 発明者 デイビス・オリバー・ウィリアム・ハード
 ウィッケ
 イギリス国、アイブイ2・5ピージー イン
 バネスシャイア、クロイ、アン・クルア
 ラン (番地なし)

審査官 大竹 秀紀

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気化学センサの製造のための連続工程における基板の前処理

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の印刷ステップを含む電気化学センサ製造方法であって、
 電気化学センサ製造方法を通して前記基板を張った状態で、前記基板を動かすステップ
 と、

前記基板を前処理ステーションに移送し、前記基板を第1の所定温度まで加熱する前処
 理ステップと、

前記基板が印刷ステーションを通過する時に、前記基板を第2の所定の温度まで加熱す
 るステップと、を含み、

前記前処理ステップにおける前記第1の所定の温度が、前記第2の所定の温度より高い
 ことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記前処理ステップの後続の段階で、前記基板の温度が、前記第1の所定温度以上にな
 らないことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記第2の所定温度が 140 であることを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項 4】

前記前処理ステーションが、前記基板から不純物を除去するように適合された少なくと
 も1つの表面清浄ステーションを含むことを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項 5】

10

20

前記第 1 の所定温度が 1 6 0 であることを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【請求項 6】

前記基板を、前記第 1 の所定温度まで加熱する前に所定の張力をかけることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記前処理ステップの後続の段階で、前記基板にかかる張力が、前記所定の張力以上にならないことを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記前処理ステップの後続の段階で、前記基板の温度が、前記第 1 の所定温度以上にならないことを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

10

【請求項 9】

前記前処理ステーションが、前記基板から不純物を除去するように適合された少なくとも 1 つの表面清浄ステーションを含むことを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記所定の張力が 1 6 5 N であり、前記第 2 の所定温度が 1 4 0 であることを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 11】

前記所定の張力が 1 6 5 N であり、前記第 1 の所定温度が 1 6 0 であることを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

発明の分野

本発明は、電気化学センサ製造のための改良された工程に関し、詳細には、電気化学センサの構成要素の印刷の前に基板を前処理する改良されたウェブ製造工程に関する。

【0002】

発明の背景

電気化学センサは、人の血中グルコースの測定を含む様々な診断方法に用いられている。このような電気化学センサの製造では、血液または他の体液を受容するように適合されたサンプル受容セル内に配置される電極を備えた多数の小さなストリップを製造する。体液により、セルの電極間の回路が完成する。電極は通常、血中の分析物と反応して中間分析物を形成する少なくとも 1 種類の試薬でコーティングされている。この中間分析物は、電極における電流または電荷を測定するように適合された測定器によって測定することができる。このような電気化学セルの製造には、極めて小さな空間に電極材料、絶縁材料、及び試薬の複数の層を体積させる必要がある。このような層の精度及び配置は、この装置の最終的な機能に極めて重要である。更に、コストを抑えて要求を満たすためには、超高速で層間が絶対精度で整合するように電気化学センサを製造することが必須である。

30

【0003】

電気化学センサは、様々な用途に用いることができる。ある適用例では、電気化学センサストリップを特別に適合された測定器内に挿入して、例えば、血液や間質液などのグルコースまたは他の分析物（フルクトサミンやヘマトクリットなど）を自己監視する。このような電気化学センサのデザイン、電極の配列、使用する試薬、及び他の因子を変更して様々な分析物を検査することができる。このような多くの適用例、特にグルコースを検査するためのストリップでは、特定の大きさ及び構造のセンサレイアウトが必要であり、電気化学センサは、可能な限り予測可能で再現可能なように一定の許容範囲内で製造される。

40

【0004】

製造工程は更に、セルが非常に小さいため高精度の微小電極が必要な多数のセンサを迅速に製造しなければならないため複雑である。血液または間質液のグルコース検査の場合、定期的な検査をする気力をそぐ主な原因の 1 つは、血液または間質液を所定量抽出する

50

際の苦痛である。通常は、抽出量が多くなると、少ない抽出量よりも苦痛が大きくなる。従って、必要とする血液または間質液の量が少なく使用の際の苦痛が小さいセンサを製造して、より定期的な不連続な検査または連続的な検査を促進するのが好ましい。必要な分析物を少なくする1つの方法は、微小のサンプル受容セルとそのセル内の微小電極などの微小構造を含む電気化学センサストリップを製造することである。しかしながら、このような微小構造は、製造が困難であり、特に、正確で再現性のある分析測定値を得るために正確に再現可能に製造するのが困難である。

【0005】

グラビア印刷やシリンドラスクリーン印刷などの工程を含め、様々な方法で電気化学センサを製造することができる。グラビア印刷では、印刷する構造（例えば、電極）の形状を画定する被膜で覆う。別のシリンドラを用いて、別のフィルムや層（例えば、酵素や絶縁層）を印刷することができる。

10

【0006】

電気化学センサは、導電性インキをグラビア印刷して1または複数の電極をポリマーとすることができる可撓性ウェブ上に形成して製造する。極めて薄いインキを用いて高品質高解像度の印刷を得ることができる。電気化学センサの印刷に濃いインキ及び厚い印刷が必要な場合は、通常は、固定されたフラットスクリーンが、電気化学センサの1つのフィードフラットベッド印刷に用いられる。回転印刷構造を用いた電気化学センサの製造方法を含め他の方法も開示されている。

【0007】

20

電気化学センサのウェブ製造工程では、基材のウェブが一連の印刷ステーションに移送される。それぞれの印刷ステーションで、例えば電極材料などの材料の新しい層が、例えばスクリーン印刷工程で既に堆積された層の上に堆積される。スクリーン印刷工程では、例えば電極を形成するために用いられる導電材料であるインキとスクリーンの下側にウェブが配置され、このインキが押されてスクリーンの選択された部分を通り、スクリーンの下側に位置するウェブの一部に所定のレイアウトを有する層が印刷される。すなわち、基板をステーションからステーションに移動させて各層を連続的に印刷して基板上に電気化学センサを形成し、次いで仕上がったウェブからセンサを個々に切断することができる。

【0008】

30

ある製造方法では、基板の連続ウェブが少なくとも2つの印刷ステーションを通過して電極層と少なくとも1つの第1の試薬層が製造される。このような印刷ステーションは、円柱グラビア印刷ステーションまたはシリンドラスクリーン印刷ステーションとすることができる。しかしながら、グラビア印刷（彫刻シリンドラを回転させる）及びシリンドラスクリーン印刷（円柱スクリーン/ステンシルを回転させる）の方法は、電気化学センサをウェブ上に印刷する場合には問題がある。グラビア印刷では、通常は印刷高さが極めて低い。特に、電気化学センサ（特に、血中グルコースの測定用）に必要な厚みの電極を形成するために必要な厚い導電インキでは、不完全で不均一な印刷となり、電気化学センサの品質、一貫性、及び信頼性が低下する可能性が高い。炭素電極製造用のカーボンインキ（通常は固形分が多く、かなりの粘性を有するようにできる）を用いたグラビア印刷は、特に困難である。なぜなら、インキの固相/液相が分離して、それぞれの印刷における彫り込みに対するインキの充填または除去が不完全または不均一になり得るためである。これにより、印刷の厚みが不均一になり、炭素電極の品質及び一貫性が低下し得る。シリンドラスクリーン印刷は、連続ウェブの構成とは対照的に1つのフィード構成に適している。更に、スクリーンと印刷媒体の相互作用を制御する能力、従って印刷の品質に対する影響は、スクリーンが円柱であるため限定される。また、様々な種類のインキ（カーボン、銀/塩化銀、絶縁、酵素、または他の試薬）に対して適正なインキの厚みを得るために利用できる様々なステンシルは容易には購入することができない。

40

【0009】

血液または間質液のグルコースを検査するための電気化学センサは、フラットベッドブ

50

リンター（英国のハッダースフィールド（Huddersfield）に所在のキパックスUK（Kippax UK）及びロンドンに所在のレジスタープリント（Registerprint）が販売するThemeやSvecia）を用いて、印刷する平坦な基板カードに平行に配置されたスクリーンステンシル（英国ウェイマスのDEKマシーナリー（DEK Machinery）及び英国コベントリー（Coventry）のBTPクラフトスクリーン（BPT Craftscreen）が販売）を通過するインキを測定する複数のステップの印刷方法で製造することができる。この方法は、センサを正確に再現可能に製造でき、使用者が結果を適宜比較できるという利点がある。上に複数列のストリップを印刷するために、基板のシートが、これらのストリップの列が進行方向に対して垂直に複数のフラットベッド印刷ステージに送られる。この製造工程では、インキの薄い層がポリマー基板に連続的にスクリーン印刷され、大きなセンサストリップ群が形成される。まず、カーボンインキを堆積させて電極層を形成することができる。次いで、絶縁インキ層を堆積させることができる。次いで、通常は酵素インキである試薬層を堆積させることができる。次いで、第2の酵素層を堆積させることができる。次いで、接着層を堆積させることができる。最後に、親水性の層を堆積させることができる。保護フィルムをセンサのシートの上に配置してから、そのシートを多数の列に切断し、それらの列を個々のストリップに切断することができる。このように製造された1枚のシートの基板から、500またはそれ以上のセンサストリップを得ることができる。これらのセンサストリップは、1列に50個のセンサストリップで、基板シートがフラットベッドプリンター内を移動する方向（印刷方向）に対して垂直に0～9列に配列される。各列の1～50のストリップは印刷方向に対して平行である。それぞれのシートは、ステージとステージの間は手動で取り扱うことができる。具体的には、4つの印刷ステップ（カーボンインキの印刷、絶縁インキの印刷、及び酵素インキの2つの層の印刷）の後、センサストリップの列を互いに分離している列に沿って切断されるように各シートを手動で切断装置内に入れる。次いで、各列を制御して50個のストリップに切断することができる。これらの制御ステップは時間がかかり非効率的である。

【0010】

従って、電気化学センサ、特に血液または間質液などの体内のマーカー（グルコース、フルクトサミン、及びヘマトクリットなど）の測定に用いる電気化学センサの改善された製造方法が要望されている。更に、適正なコストでセンサストリップを製造するための高速で予測可能かつ再現可能な方法が要望されている。更に、再現可能な方法で体液中の分析物を予測可能に確実に測定できる微小構造を有するセンサストリップを製造するための高速で予測可能かつ再現可能な方法が要望されている。

【0011】

電気化学センサ製造の連続ウェブ製造工程では、ウェブとも呼ぶセンサ基板が、工程で加熱された時及び張力がかかった時に膨張または伸長し得る。製造工程における各印刷ステーション（すなわち、カーボン、絶縁、及び酵素を堆積させる印刷ステーション）の後に乾燥ステーションを設けることができる。インキを効率的に乾燥させるために、乾燥ステーションの運転温度は、例えば50～140である。更に、各印刷ステーションを通るウェブの見当合わせを容易にするためにウェブを張る。工程中的見当合わせを制御するために基板を張った状態に維持しなければならないため、例えば、印刷後にインキを乾燥させるために基板を加熱すると、基板が予測不可能に伸長して後続の印刷におけるイメージの大きさが変動してしまう場合がある。

【0012】

各印刷ステーションで印刷されるイメージの大きさは、ステンシルの大きさ、インキの粘度、ウェブとステンシル/スクリーンの相対速度、及びその時点の基板の伸び具合（可逆的及び不可逆的な伸長の両方）を含む様々な因子によって決まる。異なる印刷ステップ間のイメージの大きさが、予測不可能に変動し得るため、収量が著しく低下することがある。一例では、層間のイメージの大きさの差がウェブに沿って300μmを超えると、得られるセンサストリップは上手く作動しないため、そのバッチの全てのストリップを廃棄しなければならない。

【 0 0 1 3 】

イメージの大きさの過度の変動は、ウエブ基板の過度の予測不可能な伸長（加熱及び張力による）及び収縮によると考えられる。従って、ウエブすなわち基板を前処理して製造工程中の予測不可能な伸長をも防止するウエブ工程をデザインするのが有益である。

【 0 0 1 4 】

発明の要約

本発明は、複数の印刷ステップを含むウエブ製造工程で基板を前処理する方法に関する。一実施形態では、本発明の方法は、基板を張った状態でウエブ工程を通過させ、基板が印刷ステップを通過する時に基板を加熱する。この発明では、全ての印刷ステップの前に、基板を前処理ステーションを通過させる。この前処理ステーションでは、残りの工程で基板がさらされる温度以上の所定の温度まで加熱する。前処理工程中に基板を加熱する温度は、約 1 6 0 とすることができる。前処理ステーションは、基板から不純物を除去するように適合された少なくとも 1 つの表面清浄ステーションも含むことができる。

10

【 0 0 1 5 】

本発明に従った方法の印刷を改善するために、ウエブ製造工程に他のステップを含めることができる。例えば、基板を伸長するときの張力は、ウエブ工程の後続の段階でその張力を超えない十分な張力である。更に、一実施形態では、所定の張力は 1 6 5 N であり、第 2 の所定温度が約 1 4 0 である。本発明の別の実施形態では、前処理ステップで、ウエブ工程を通過する時に基板から不可逆的な伸長を取り除くために十分な温度まで基板を加熱する。

20

【 0 0 1 6 】

本発明の例示的な実施形態の詳細な説明

本発明の新規の特徴は、特に添付の特許請求の範囲に記載されている。本発明の特徴及び利点は、添付の図面を参照しながら、本発明の原理を利用した例示的な実施形態を説明する以下の詳細な記載を読めばより良く理解できるであろう。

【 0 0 1 7 】

図 1 に、本発明に従ったウエブ印刷工程の 8 つのセクションを示す模式的な線図が示されている。セクション 1 は、巻出しユニット 1 0 1 である。セクション 2 は前処理ステーション 1 0 2 である。セクション 3 はカーボン印刷ステーション 1 0 3 である。セクション 4 は絶縁印刷ステーション 1 0 4 である。セクション 5 は第 1 の酵素印刷ステーション 1 0 5 である。セクション 6 は第 2 の酵素印刷ステーション 1 0 6 である。セクション 7 は巻取りユニット 1 0 7 である。セクション 8 はパンチ 1 0 8 である。次に示す記載はこれら 8 つのセクションの工程及び装置についてであるが、当業者であれば、本発明の工程及び装置を 8 つよりも多いまたは少ないセクションで具現できることを理解できよう。例えば、この実施形態には 4 つの印刷ステーションが含まれているが、本発明の範囲から逸脱することなく 1 または複数の印刷ステーションを用いることができる。一実施形態では、電極層及び試薬層を印刷するための印刷ステーションは最小の 2 つである。

30

【 0 0 1 8 】

本発明の一実施形態では、セクション 1 は、イリノイ州ロックフォードに所在のマーチン・オートマチック社 (Martin Automatic Inc.) が販売するマーチン・アンワインダー / オートマチック・スプライス (Martin Unwinder / Automatic Splice) などの基板材料巻出しユニット 1 0 1 で具現することができる。本発明のこの実施形態では、セクション 2 - 6 は、ドイツのブンデ (Bunde) に所在のワーナー・カマン・マシンファブリック社 (Werner Kammann Maschinentabrik GmbH) が販売する修正カマン・プリンター (Kammann Printer) (モデル番号 4 . 6 1 . 3 5) で具現することができる。本発明のこの実施形態では、セクション 2 は前処理ユニット 1 0 2 とすることができる。前処理ユニット 1 0 2 で、印刷の前に基板 2 4 2 を前処理することができ、セクション 3 - 6 で、基板 2 4 2 にカーボンインキ、絶縁インキ、第 1 の酵素インキ、及び第 2 の酵素インキをスクリーン印刷することができる。セクション 7 は、イリノイ州ロックフォードに所在のマーチン・オー

40

50

トマチック社が販売するマーチン・リワインダー (Martin Rewinder) などの巻取りユニット 107 を備えることができる。セクション 8 は、カンザス州レネキサ (Lenexa) に所在のプレコプレス (Preco Press) が販売するプレコパンチ (Preco punch) (モデル番号 2024-P-40TXYTCCDCE) などのパンチ 108 を備えることができる。装置の具体的なモデル番号について述べたが、当業者には明らかなように、本発明の範囲から逸脱することなくこのような装置を変更、置換、または排除することができる。

【0019】

図 2A - 図 2C に、本発明に従ったウェブ印刷方法のセクション 1 - 8 を通過する基板 242 の経路を例示する模式的な線図が示されている。本発明の一実施形態では、基板 242 に用いる材料は、デュボン・テイジン・フィルムズ (Dupont Teijin Films) が製造するポリエステル材料 (Melinex (登録商標) ST328) とすることができる。基板 242 は、例えば、厚み 350 μm 、幅 370 mm、長さ約 660 m の公称寸法とすることができるロール材料で供給される。このような厚み及び幅の寸法は、フラットスクリーン印刷により基板のウェブに電気化学センサを製造するのに特に適していることが分かっている。これは、材料には印刷に耐える十分な強度と装置を通る柔軟性が必要であり、本方法を商業用に使用可能にするために適当な数量のセンサを受容できる十分な幅が必要であるためである。基板 242 には、インキの付着を改善するために片側または両側にアクリルコーティングを設けることができる。ポリエステルは、本発明に従ったウェブ工程における高い温度及び高い張力に十分に耐えるため好適な材料である。実際には Melinex (登録商標) であるポリエステルが本発明の一実施形態に好適な材料であるが、当業者であれば、本開示から他の材料を使用することも理解できよう。実際に、特に材料の厚み、幅、及び長さの変更が可能であり、幅または長さを大きくすれば、より多くのセンサを製造することができ、材料の厚みを変更すれば、場合によっては前処理や印刷中の見当合わせが容易になる。本発明の好適な実施形態では、カーボン印刷ステーション 103 に移送される前に、基板 242 に大きな張力をかけずに最大 185 に加熱して基板 242 に熱安定処理を施し、温度が 140 ~ 160 、張力が最大 165 N になるウェブ印刷工程において基板 242 の歪みが最小になるようにする。通常は、ウェブをヒーターに通すのに十分な最小の張力を使用する。しかしながら、この加熱安定処理にもかかわらず、印刷ステップから印刷ステップへの見当合わせでばらつきが起これ、これによりセンサに欠陥が生じることが分かった。従って、前処理ステップは印刷の直前に行われる。詳細を後述するように、前処理ステップ (セクション 1) では、後続の印刷ステップの温度よりも高い温度 (通常は 160) まで基板を加熱する。好適な一実施形態では、この前処理ステップで、基板に、通常は約 165 N である張力がかかる。実際にこの実施形態では、この前処理と張力をかけることにより、印刷見当合わせにおけるばらつきが大幅に軽減でき、得られる製品の収量を改善することができる。本発明の一実施形態では、基板 242 のロールは、例えば、インターテープ・ポリマー・グループ (Intertape Polymer Group) が販売する PS-1 スプライシング・フラット・バック・ペーパー・テープ (PS-1 Splicing Flat-back Paper Tape) などの接合テープを用いて巻出しユニット 101 または巻取りユニット 107 で互いに接合される。

【0020】

図 2A に、本発明の一実施形態に従ったウェブ印刷工程のセクション 1 及びセクション 2 を示す模式的な線図が示されている。図 2A では、セクション 1 は巻出しユニット 101 である。巻出しユニット 101 は、第 1 のアーバー 200、第 2 のアーバー 201、第 1 の接合ユニット 202、及び第 1 のアキュムレータ 203 を含む。図 2A では、セクション 2 は前処理ステーション 102 である。前処理ステーション 102 は、第 1 の清浄ユニット 204、通常は使用されない第 2 の接合ユニット 205、インバウンドニップローラ 206、第 2 の清浄ユニット 207、ロードセル 208、第 1 の印刷ローラ 209、第 1 の駆動ローラ 210、及び第 1 の乾燥ゾーン 211 を含む。

【0021】

図 2A に例示されている本発明の実施形態では、巻出しユニット 101 は、例えば、約

10

20

30

40

50

80 Nの張力で基板242を前処理ステーション102内に連続的に移送するを促進するマーチン・アンワインダー/オートマチック・スプライス(Martin Unwinder/Automatic Splice)からなる。巻出しユニット101は、第1の巻出しアーバー200及び第2の巻出しアーバー201を含むことができる。アーバーはマンドレルとも呼ぶことに留意されたい。第1の巻出しアーバー200は、基板材料242のロールを保持し、基板242をセクション2の前処理ステーション102内に連続的に供給する。第2の巻出しアーバー201は、基板242の予備のロールを保持し、この予備のロールは第1の巻出しアーバー200からの基板242のロールの端部に自動的に接合され、基板242が半連続的に供給される。この連続的な工程が、第1の巻出しアーバー200から第2の巻出しアーバー201に繰り返される。基板材料アキュムレータ203が、所定長さの基板242を蓄え、その蓄えた基板242をセクション2の前処理ステーション102内に供給し、その一方で第1の接合ユニット202で接合が行われる(この時、第1の巻出しアーバー200と第2の巻出しアーバー201は静止している)。形成された接合部は、その接合部において材料の一侧に所定長さの接合テープを含む突合せ接合である。品質を確保するために、接合部の一侧の約10mの印刷された基板を廃棄することができる。第1の巻出しアーバー200及び第2の巻出しアーバー201は、基板242を第1の接合ユニット202内に案内するウェブ端部ガイド(不図示)を含む。このウェブ端部ガイドは、第1の接合ユニット202に供給される時に基板242が離脱するのを防止するように適合されている。

10

【0022】

20

一般に、本発明の装置は、一度に2個~10個、通常は6個の基板のロールを製造するように設定される。これらの印刷ステーションがインキの連続的な供給源に接続されている場合、通常は使用するロールの数は問題ではない。しかしながら、制限された量のインキが供給される2つの酵素印刷ステーションの場合は、使用するロールの数は重要な入力パラメータである。実際に、使用するロールの数量により、印刷工程が始まる前にスクリーンに供給するインキの量が決定される。例えば6個のロールを用いる場合、6個またはそれ以上のロールに相当する酵素インキを、セクション5及びセクション6のそれぞれで印刷を開始する前にスクリーン上に供給する。従って、酵素インキは、印刷運転の全体に亘って持続的に酵素を印刷できるように、印刷運転の間、印刷のために用意しておく必要がある。酵素印刷ステーションのスクリーンに壁部が設けられており、これにより、印刷中にスクリーンに補給しなくても済む十分な量の酵素インキをスクリーンに導入することができ、酵素インキがスクリーンをオーバーフローしてその下側を通るウェブ基板に流れることがない。

30

【0023】

本発明の一実施形態では、基板242は、印刷する4つの層の見当合わせを維持するために(通常は、印刷見当合わせの許容差は300 µm)、工程中は約165 Nの張力で保持される。基板242はまた、それぞれの印刷ステップで印刷されたインキを乾燥させるために140 またはそれ以下の様々な温度にさらされる。この張力と温度により、基板242が工程中に伸長または膨張して、見当合わせの許容差から外れる場合がある。実際に、印刷ステージから印刷ステージ、印刷運転から印刷運転、及び印刷運転中における実際のイメージサイズの変動は、予測不可能であり、許容差よりも大きくなり得る。

40

【0024】

図2Aに例示されている本発明の実施形態では、セクション2は前処理ステーション102である。前処理は、イメージが基板に印刷される前に行われる。基板242は、ウェブ工程の後続のセクションでの膨張及び伸長を小さくするために、及びセクション3-6における基板242の見当合わせを助けるために前処理される。前処理ステーションでは、後続の印刷ステップにおける温度以上の温度まで基板242を加熱することができる。この前処理は、通常は150 N~180 N、より一般的には約165 Nの張力で行われる。しかしながら、別の実施形態では、前処理ステーション102で、場合によっては上記したような張力を加えて、基板242から不可逆的な伸長を取り除くために十分な温度

50

まで基板 242 を加熱することができる。

【0025】

本発明の一実施形態では、基板は、図 11 に詳細に例示されている前処理ゾーン 211 で約 160℃ まで加熱される。上記したように、本発明の一実施形態では、前処理ステーション 102 で基板 242 が加熱される温度は、後続の乾燥ステップを含む基板 242 の後続の工程の温度より高い。後続の印刷工程は、前処理ステーション 102 の処理で生じる伸長によるわずかに拡大したイメージを、やや大きいステンシルスクリーン（ウェブの移動方向に通常は 750 μm）を用意して補正することができる。新しいスクリーンの用意は問題となり得る。従って、スクリーンを交換しないでイメージの大きさの変動に対応するために、スクリーンとウェブの相対速度などの他のパラメータをそれぞれの印刷ステーションで変更することができる。しかしながら、対応できるイメージの大きさの変動は限られている。従って、ここで記載するように基板を前処理して全体のイメージの大きさの増大を軽減し、そのイメージの大きさの増大のばらつきを小さくするのが好ましい。

【0026】

本発明の一実施形態では、前処理ステーション 102 は、本発明に従ったウェブ製造工程の適切な動作を促進する機能を果たす別の要素を含む。前処理ユニット 102 には、基板 242 の上面及び下面を清浄する第 1 の清浄ユニット 204 及び第 2 の清浄ユニット 207 の 2 つのウェブ清浄ユニットが設けられている。第 1 の清浄ユニット 204 及び第 2 の清浄ユニット 207 は、印刷ステップの前に基板 242 から微粒子を除去するために粘着剤がコーティングされたローラを用いる。第 1 の清浄ユニット 204 は、例えば、英国のグラスゴーに所在の K S M ウェブ・クリーナーズ（KSM Web Cleaners）が販売するクリーナー（モデル番号 W A S P 4 0 0）とすることができる。第 2 の清浄ユニット 207 は、例えば、テクネック（Teknek）が販売するクリーナーとすることができる。前処理ステーション 102 は更に、インバウンドニップローラ 206 及びロードセル 208 を含む。インバウンドニップローラ 206 は、基板 242 の張力（特に、インバウンドニップローラ 206 とアウトバウンドニップローラ 238 との間の張力）を制御するために用いられる。インバウンドニップローラ 206 は、制御システム（不図示）を介してロードセル 208 に連結されている。基板 242 は、アウトバウンドニップローラ 238 によって一定速度でセクション 6 の第 2 の酵素印刷ステーション 106 から取り除かれる。セクション 2 のロードセル 208 は、本発明に従って基板 242 がウェブ工程を通過する時に基板 242 の張力を測定する。インバウンドニップローラ 206 は、所定の設定点でその張力を制御するためにその速度を調節する。本発明に従ったウェブ製造工程における通常の基板の張力は、約 150 N ~ 180 N であり、より具体的には 160 N ~ 170 N であり、この実施形態では約 165 N である。

【0027】

図 2 B に、本発明に従ったウェブ印刷工程のセクション 3 - 5 を示す模式的な線図が示されている。図 2 B では、セクション 3 はカーボン印刷ステーション 103 である。印刷の前に、上部ブラシ / 吸引ステーション 251 と底部ブラシ / 吸引ステーション 250 が互いにオフセットされた吸引 / ブラシシステムを用いて基板の上面（印刷面）及び下面を清浄する清浄システム（ミーチ（Meech）が販売）が設置される。上部ブラシ / 吸引ステーション 251 は、カーボン印刷の前にアクセス可能な最も近い点であり、冷却ローラ 212 及びアキュムレータ 213 の直前で基板に接触する。底部ブラシ / 吸引ステーション 251 は、基板が前処理ユニット 102 を出た直後に基板に接触する。カーボン印刷ステーション 103 は、第 1 の冷却ローラ 212、第 2 のアキュムレータ 213、第 2 の印刷ローラ 214、第 1 の視覚センサ 215、第 2 の駆動ローラ 216、第 1 の乾燥ゾーン 217、及び第 2 の冷却ローラ 218 を含む。図 2 B に例示されている本発明の実施形態では、セクション 4 は絶縁印刷ステーション 104 である。絶縁印刷ステーション 104 は、第 3 の冷却ローラ 219、第 3 のアキュムレータ 220、第 3 の印刷ローラ 221、第 2 の視覚センサ 222、位置 237 A における第 1 の Y 方向見当合わせシステム（不図示）、第 3 の駆動ローラ 223、及び第 2 の乾燥ゾーン 224 を含む。図 2 B において、セ

クション５は第１の酵素印刷ステーション１０５である。第１の酵素印刷ステーション１０５は、第４の冷却ローラ２２５、第４のアキュムレータ２２６、第４の印刷ローラ２２７、第３の視覚センサ２２８、位置２３７Ｂにおける第２のＹ方向見当合わせシステム（不図示）、第４の駆動ローラ２２９、及び第３の乾燥ゾーン２３０を含む。

【００２８】

本発明に従った工程では、ウェブ製造工程のセクション３でカーボン印刷が行われる。もちろん、当業者には明らかなように、広い意味で本発明から逸脱することなく印刷工程の数及び種類は様々に変更することができる。例えば、２つのカーボン印刷を形成する、或いは金属粒子を含むカーボンインキ、銀／塩化銀インキ、または金やパラジウムを用いたインキの１または複数の印刷を用いて電極層を電気化学センサに設けることができる。絶縁層及び試薬層もまた、組成、堆積の順序、堆積の厚み、レイアウト、並びにここに記載した実施形態から当業者に明らかな他のパラメータを様々に変更することができる。セクション３では、本発明に従って製造される電気化学センサのカーボンア트워크をスクリーン印刷で印刷することができる。カーボン印刷ステーション１０３の基本的な構成要素が図６及び図７に例示されている。具体的には、本発明に従った好適な印刷ステーションは、スクリーン３０１、下部印刷ローラ３０３、印刷ローラ６００、フラッドブレード６０３、スキージホルダー６０５、及びスキージ６０６を含む。カーボン印刷ステーション１０３では、印刷ローラ６００は第２の印刷ローラ２１４である。スクリーン３０１は、概ね平坦な構造であって、通常は所望のア트워크のネガティブを提供するように配置されたメッシュを含む。カーボンインキがメッシュに供給され、印刷中にそのメッシュから押し出される。この段階で、平坦なスクリーンが、インキの重量によって平坦な形状からやや変形し（これは、通常は印刷運転全体で使用されるインキの全てが印刷運転の開始時にスクリーンに堆積される酵素印刷ステップで特に顕著である）、スキージからの圧力によりインキがメッシュのステンシルから押し出される。

【００２９】

本発明に従ったフラッドサイクル工程では、スキージ６０６、フラッドブレード６０３、印刷ローラ６００、及び下部印刷ローラ３０３が基板２４２のウェブの移動に一致する第１の方向６０８に移動してスクリーン３０１にインキ６０４が導入される。インキ６０４がスクリーン３０１に導入されるフラッドサイクルのために、スクリーン３０１が基板２４２の第１の方向６０８とは反対側の第２の方向６０７に移動する。

【００３０】

本発明に従った後続の印刷サイクル工程では、図７に例示されているように、スキージ６０６により、インキ６０４がスクリーン３０１を介して基板２４２に移送される。この印刷サイクルの際に、スキージ６０６、フラッドブレード６０３、印刷ローラ６００、及び下部印刷ローラ３０３の全てが、基板２４２のウェブの移動とは反対の第２の方向６０７に移動する。スクリーン３０１が、インキ６０４がスクリーン３０１から押し出されて基板２４２に堆積される印刷サイクルのために、基板２４２のウェブの移動に一致する第１の方向６０８に移動する。従って、この印刷サイクルの際に、スクリーン３０１が、基板と同じまたはほぼ同じ速度でウェブ基板と同じ方向に移動する。スクリーン３０１は、静止している時は実質的に平坦であるが、使用時には、スキージ６０６によってウェブに対して押圧されるためやや撓み、スキージ６０６が取り除かれると元の形状に実質的に戻る。次いで、スクリーン３０１が、次の印刷サイクルの準備としてインキ６０４が導入される時に基板と反対方向に移動する。インキがスクリーン３０１に導入されると、インキの重量によりスクリーンがやや撓み得る。スクリーン３０１が印刷ステーションを離れる時に、ウェブの移動方向６０８に対して所定の角度を成している。この構成により（この角度は、通常は約１０度～３０度であり、より具体的には約１５度である）、スクリーンから基板へのインキの供給が改善され、印刷の鮮明度及び再現性が改善される。基板に対する印刷の角度、スキージ角度、スキージに対するスクリーンの距離、印刷ローラに対するスキージの位置、スナップ距離、基板とスクリーンの相対速度、及びスキージの圧力を全て用いて、カード全体の得られる印刷の鮮明度及び一貫性を制御し最適にすることがで

きる（スクリーン印刷機構の一実施形態が、言及することを以って本明細書の一部とする米国特許第4,245,554号に詳細に開示されている）。

【0031】

具体的には、カーボン印刷ステーション103では、用いられるインキはカーボンインキである。好適なカーボンインキの例を以下に示す。本発明のこの実施形態では、スクリーン301にインキ604が導入されてから、スキージ606によりインキ604がスクリーンを介して基板242上に移送される。次いで、基板242に堆積された印刷カーボンネットワークに、例えば、図12に詳細に例示されている第1の乾燥ゾーン217内の4つの別々の乾燥バンクを用いて基板の印刷面に140の熱風が当てられ乾燥させられる。

10

【0032】

カーボン印刷ステーションに用いるのに適したインキは、限定するものではないが、金属粒子を含むカーボン導電性印刷インキ、銀/塩化銀の導電性印刷インキ、金を用いた導電性印刷インキ、パラジウムを用いた導電性印刷インキを挙げることができる。

【0033】

本発明の一実施形態では、カーボン印刷工程の前の乾燥の直後に、基板242が、通常は室温（約18〜21で、通常は19.5±0.5）である所定の温度まで急速に基板242を冷却するようにデザインされた第1の冷却ローラ212上を通過する。本発明に従ったウエブ製造工程の一実施形態では、第1の冷却ローラ212の表面は約18である。第1の冷却ローラ212は、例えば、約7の工場冷却水を用いて適切な温度まで冷却することができる。ローラの温度は、工場冷却水の流速及び/または温度を制御して制御することができる。印刷工程で、印刷カーボンパターンが堆積されたら、基板242が第2の冷却ローラ218を通過する。基板242の温度を下げて維持することは、低い温度によって、印刷の際にスクリーン上でインキが乾燥してメッシュにブロックが形成される可能性が小さくなるため有益である。本発明に従ったウエブ製造工程における冷却ローラの使用も、基板242の伸長を軽減するため有益であり、見当合わせの問題が軽減され、この問題を補正するために工程を迅速に改良する必要性が小さくなる。

20

【0034】

一実施形態では、冷却ローラの温度は、その冷却ローラの温度を測定して水の流れ/温度を制御するフィードバックループによって動的に制御される。ローラを冷却する他の方法、例えば電動冷凍ユニットなどが、当業者には上記した実施形態から明らかであろう。

30

【0035】

本発明に従った工程では、ウエブ製造工程のセクション4で、絶縁印刷が行われる。セクション4では、本発明に従って製造される電気化学センサのための絶縁アートワークが概ね平坦なスクリーンを用いるスクリーン印刷で印刷される。図6及び図7に、絶縁印刷ステーション104の基本的な構成要素が例示されている。具体的には、本発明に従った好適な印刷ステーションは、スクリーン301、下部印刷ローラ303、印刷ローラ600、フラッドブレード603、スキージホルダー605、及びスキージ606を含む。絶縁印刷ステーション104では、印刷ローラ600は第3の印刷ローラ221である。

【0036】

40

本発明に従ったフラッドサイクル工程では、スキージ606、フラッドブレード603、印刷ローラ600、及び下部印刷ローラ303が基板242のウエブの移動に一致する第1の方向608に移動してスクリーン301にインキ604が導入される。インキ604がスクリーン301に導入されるフラッドサイクルのために、スクリーン301が基板242の第1の方向608とは反対の第2の方向607に移動する。

【0037】

本発明に従った後続の印刷サイクル工程では、図7に例示されているように、スキージ606により、インキ604がスクリーン301を介して基板242上に移送される。この印刷サイクルの際に、スキージ606、フラッドブレード603、印刷ローラ600、及び下部印刷ローラ303の全てが、基板242のウエブの移動とは反対の第2の方向6

50

07に移動する。スクリーン301が、インキ604がスクリーン301から押し出されて基板242に堆積される印刷サイクルのために、基板242のウェブの移動に一致する第1の方向608に移動する。スクリーン印刷機構の一実施形態が、言及することを以って本明細書の一部とする米国特許第4,245,554号に詳細に開示されている。

【0038】

可動フラットスクリーン印刷では、印刷の際に、概ね平坦なスクリーンが、基板とほぼ同じ速度で同じ方向に移動する成分を有する。それぞれの印刷ステーションでは、一般的に、実質的に平坦なスクリーンは、スクリーン及び基板が印刷位置（図6の印刷ローラ200の近傍）から離れる時に基板に対して鋭角（図6のA）をなす。基盤とスクリーン相対速度の変動により、基板の移動方向すなわちX方向における印刷イメージの大きさが変化する。

10

【0039】

それぞれの印刷ステーションに用いられるステンシルスクリーンは通常、延ばされて硬いフレームに取り付けられた弾性的に変形可能なポリエステルまたは金属メッシュからなる。一実施形態では、英国ウェイマスに所在のDEKマシーナリー（DEK Machinery）が販売するポリエステルスクリーンが用いられる。このメッシュは、フィルムポジティブと共にUV感受性コーティングでコーティングされ、このスクリーンが、UV光源で照射され、現像され、乾燥され、スクリーン上の乾燥したコーティングが所望のアートワークイメージのネガティブを形成する。スキージの助けで、インキがステンシルの開口領域を通過して基板に堆積される（インキによって形成されたポジティブイメージが基板上に形成される）。このフレームが、メッシュを取り付ける手段となり、伸長したメッシュによる力に対して最小の歪みで耐え、印刷の際に生じる更なる力に耐える。

20

【0040】

具体的には、絶縁印刷ステーション104では、用いられるインキは絶縁インキである。好適な絶縁インキの例を以下に示す。本発明のこの実施形態では、スクリーン301にインキ604が導入されてから、スキージ606によりインキ604がスクリーンを介して基板242上に移送される。次いで、基板242に堆積された印刷絶縁アートワークに、例えば、図13に詳細に提示されている第2の乾燥ゾーン224内の4つの別々の乾燥バンクを用いて基板の印刷面に140の熱風が当てられ乾燥させられる。本発明に従ったウェブ製造工程の絶縁印刷ステーションに用いるのに適したインキの例として、エクロン社（Ercon, Inc）から購入することができるエクロンE6110-116ジェット・ブラック・インスレイヤー・インキ（Ercon E6110-116 Jet Black Insulayer Ink）を挙げることができる。本発明の一実施形態では、絶縁ネットワークが、ここに記載する技術を用いて装置に沿ったX方向及び装置を横断するY方向にカーボンアートワークに対して見当合わせされる。当業者であれば、本開示から、他の種類の絶縁インキを利用できることを理解できよう。更に、様々な層または様々な順序の層を用いて、様々な順序の層を形成し、これにより電気化学センサに異なった構造を形成することができる。

30

【0041】

本発明の一実施形態では、絶縁印刷工程の前の乾燥の直後に、印刷カーボン及び絶縁パターンを含む基板242が、通常は室温（約17～21で、通常は19.5±0.5）である所定の温度まで急速に基板242を冷却するようにデザインされた第3の冷却ローラ219上を通過する。本発明に従ったウェブ製造工程の一実施形態では、第3の冷却ローラの表面温度は約18である。第3の冷却ローラ219は、例えば、約7の工場冷却水を用いて適切な温度まで冷却することができる。基板242の温度を下げて維持することは、低い温度によって、スクリーン上でインキが乾燥してメッシュにブロックが形成される可能性が小さくなるため有益である。本発明に従ったウェブ製造工程における冷却ローラの使用も、基板242の伸長を軽減するため有益であり、見当合わせの問題が軽減され、この問題を補正するために工程を迅速に改良する必要性が小さくなる。

40

【0042】

本発明に従った工程では、ウェブ製造工程のセクション5で、第1の酵素印刷が行われ

50

る。セクション 5 では、本発明に従って製造される電気化学センサのための酵素インキのネットワークが、上記した概ね平坦な可動スクリーン及びスクリーン印刷を用いて印刷される。第 1 の酵素印刷ステーション 105 の基本的な構成要素が図 6 及び図 7 に例示されている。具体的には、本発明に従った好適な印刷ステーションは、スクリーン 301、下部印刷ローラ 303、印刷ローラ 600、フラッドブレード 603、スキージホルダー 605、及びスキージ 606 を含む。第 1 の酵素印刷ステーション 105 では、印刷ローラ 600 は第 4 の印刷ローラ 227 である。

【0043】

本発明に従ったフラッドサイクル工程では、スキージ 606、フラッドブレード 603、印刷ローラ 600、及び下部印刷ローラ 303 が基板 242 のウェブの移動に一致する第 1 の方向 608 に移動してスクリーン 301 にインキ 604 が導入される。インキ 604 がスクリーン 301 に導入されるフラッドサイクルのために、スクリーン 301 が基板 242 の第 1 の方向 608 とは反対の第 2 の方向 607 に移動する。

10

【0044】

本発明に従った後続の印刷サイクル工程では、図 7 に例示されているように、スキージ 606 により、インキ 604 がスクリーン 301 を介して基板 242 上に移送される。この印刷サイクルの際に、スキージ 606、フラッドブレード 603、印刷ローラ 600、及び下部印刷ローラ 303 の全てが、基板 242 のウェブの移動とは反対の第 2 の方向 607 に移動する。スクリーン 301 が、インキ 604 がスクリーン 301 から押し出されて基板 242 上に堆積される印刷サイクルのために、基板 242 のウェブの移動に一致する第 1 の方向 608 に移動する。スクリーン印刷の機構の一実施形態が、言及することを以って本明細書の一部とする米国特許第 4,245,554 号に詳細に開示されている。

20

【0045】

具体的には、第 1 の酵素印刷ステーション 105 では、用いられるインキは酵素インキである。好適な酵素インキの例を以下に示す。本発明のこの実施形態では、スクリーン 301 にインキ 604 が導入されてから、スキージ 606 によりインキ 604 がスクリーンを介して基板 242 上に移送される。次いで、基板 242 に堆積された印刷酵素ネットワークに、例えば、図 14 に詳細に例示されている第 3 の乾燥ゾーン 230 内の 2 つの別々の乾燥バンクを用いて基板の印刷面に 50 の熱風が当てられ乾燥される。本発明に従ったウェブ製造工程の第 1 の酵素印刷ステーション 105 に用いるのに適したインキの例が表 1 に示されている。

30

【表 1】

表1

成分	供給業者	
グルコースオキシダーゼ	バイオザイム・ラボラトリーズ (Biozyme Laboratories)	
クエン酸三ナトリウム	フィッシャー・サイエンティフィック (Fisher Scientific)	
クエン酸	フィッシャー・サイエンティフィック (Fisher Scientific)	10
ポリビニルアルコール	シグマ・アルドリック (Sigma Aldrich)	
ヒドロキシエチルセルロース (Nat 250 G)	ハニーウエル・アンド・ステイン (Honeywell and Stein) BDH/メルク LTD (BDH/Merck LTD) シグマ・アルドリック・ケミカル社 (英国) (Sigma-Aldrich Chemical Co., UK)	
ヘキサシアノ鉄III酸カリウム	ノーラブ・インスツルメンツ社 (英国) (Norlab Instruments Ltd., UK)	
DC1500 消泡剤	BDH/メルク LTD (BDH/Merck LTD)	20
カボシル (Cabosil)	エリス・アンド・エバロード社 (Ellis and Everard Ltd)	
PVPVA	ISPカンパニー社 (ISP Company Ltd)	
アナラー水 (Analar Water)	BDH/メルク LTD (BDH/Merck LTD)	

【0046】

本発明の一実施形態では、絶縁印刷工程の後の乾燥の直後に、印刷カーボン及び絶縁パターンを含む基板242が、通常は室温（約17〜21で、通常は19.5±0.5）である所定の温度まで急速に基板242を冷却するようにデザインされた第4の冷却ローラ225上を通過する。本発明に従ったウエブ製造工程の一実施形態では、第4の冷却ローラ225の表面は約18である。第4の冷却ローラ225は、例えば、約7の工場冷却水を用いて適切な温度まで冷却することができる。基板242の温度を下げて維持することは、低い温度によって、スクリーン上でインキが乾燥してメッシュにブロックが形成される可能性が小さくなるため有益である。本発明に従ったウエブ製造工程における冷却ローラの使用も、基板242の伸長を軽減するため有益であり、見当合わせの問題が軽減され、この問題を補正するために工程を迅速に改良する必要性が小さくなる。

【0047】

加えて、スクリーンの移動による空気の流れ及び酵素インキの高い含水率のせいで、酵素インキがスクリーンで乾燥しないようにすることが極めて重要である。スクリーンの移動による空気の相対的な流れによりスクリーン上のインキが乾燥するが、この現象は、本発明とは異なる装置内でスクリーンが移動しないフラッドベッドスクリーンプリンター（Thiemeフラッドベッドプリンターなど）では通常は観察されない。酵素スクリーン印刷ステップの前に、冷却ローラにより基板が約18に冷却されて乾燥が緩和されるのに加え、酵素インキが導入されたスクリーンが印刷中に加湿される。一実施形態では、加湿は実質的に連続的である。スクリーンの上面、底面、及び/または側面を加湿することができ、実際にはこれら全ての面を加湿することができる。配管により、スクリーンの上方、下方、及び側方に実質的に一定な湿り空気の流れを供給して、インキの含水率を一定レベルに維持することができる。本発明に従ったスクリーンの上面、底面、及び/または側面を加湿するための好適な構成が図3-図5に例示されている。加湿手段（通常は加湿

30

40

50

空気を移送するパイプ)の量及び構成は、とりわけ、必要な加湿量、インキの含水率、周囲空気の湿度及び温度、基板が酵素印刷ステーションに近づく時の基板の温度、印刷ローラの温度、スクリーンの大きさ、並びに周囲(加湿されていない空気)に対するスクリーンの露出などによって異なる。一実施形態では、1または複数列の孔400を含むパイプ304が、スクリーンが前後する1ストローク中にスクリーンの底面全体に湿り空気を供給する。装置の上側及び装置の操作側のパイプ(不図示)が湿り気流300及び302(図4を参照)を供給する。

【0048】

通常は全印刷運転に必要な酵素インキが、印刷運転が始まる時またはその前にスクリーン上に配置される。酵素インキが含水率が高いため(通常は55wt%~65wt%、より一般的には約60wt%)、酵素インキが印刷運転中に乾燥する傾向にある。このリスクは、酵素インキが入ったスクリーンの周りを加湿することで軽減することができる。別法または通常はこれに加えて、ここに開示するように冷却ローラを用いて、酵素(または任意の物質)印刷ステーションに入る前に基板を冷却することができる。一般に、基板の温度は、室温またはそれ以下に制御される。しかしながら、基板の温度は、室内の大気の露点よりも高く維持される。室内の湿度が60%の場合、露点は15である。基板の温度がこれよりも低下すると、基板上に結露が起こり、後続の印刷工程、特に酵素インキなどの水溶性インキを用いる後続の印刷工程が損なわれる可能性がある。基板の温度を、例えば室温と露点との間に制御することが印刷工程にとって重要である。温度及び/または冷却ローラ212、219、225、及び231の通過時間の管理が基板の温度の制御に重要である。フィードバック制御ループを用いて、例えば室温及び/または露点(部屋の湿度に依存)に対して基板の温度を測定し、基板が冷却ローラを離れて次の印刷ステーションに近づく時の基板の温度及び冷却ローラの温度を制御する。

【0049】

図2Cに、本発明に従ったウェブ製造工程のセクション6及びセクション7を示す模式的な線図が示されている。図2Cでは、セクション6は第2の酵素印刷ステーション106である。第2の酵素印刷ステーション106は、第5の冷却ローラ231、第5のアクチュレータ232、第5の印刷ローラ233、第4の視覚センサ234、第5の駆動ローラ235、第5の乾燥ゾーン236、Y方向見当合わせシステム237、及びアウトバウンドニップローラ238を含む。図2Cに例示されている本発明の実施形態では、セクション7は巻取りユニット107である。巻取りユニット107は、ステアリング機構239、第1の巻取りアーバー240、及び第2の巻取りアーバー241を含む。

【0050】

本発明に従った工程では、ウェブ製造工程のセクション6で第2の酵素印刷が行われる。セクション6では、本発明に従って製造される電気化学センサのための酵素インキのネットワークがスクリーン印刷で印刷される。酵素インキを2回コーティングするのは、炭素電極を完全に覆い、炭素電極を実質的に均一にして空隙がないようにするためである。第2の酵素印刷ステーション106の基本的な構成要素が図6及び図7に例示されている。具体的には、本発明に従った好適な印刷ステーションは、スクリーン301、下部印刷ローラ303、印刷ローラ600、フラッドブレード603、スキージホルダー605、及びスキージ606を含む。第2の酵素印刷ステーション106では、印刷ローラ600は第5の印刷ローラ233である。

【0051】

本発明に従ったフラッドサイクル工程では、スキージ606、フラッドブレード603、印刷ローラ600、及び下部印刷ローラ303を基板242のウェブの移動に一致する第1の方向608に移動してスクリーン301にインキ604が導入される。インキ604がスクリーン301に導入されるフラッドサイクルのために、スクリーン301が基板242の第1の方向608とは反対の第2の方向607に移動する。

【0052】

本発明に従った後続の印刷サイクル工程では、図7に例示されているように、スキージ

10

20

30

40

50

606により、インキ604がスクリーン301を介して基板242上に移送される。この印刷サイクルの際に、スキージ606、フラッドブレード603、印刷ローラ600、及び下部印刷ローラ303の全てが、基板242のウェブの移動と反対の第2の方向607に移動する。スクリーン301が、インキ604がスクリーン301から押し出されて基板242上に堆積される印刷サイクルのために、基板242のウェブの移動に一致する第1の方向608に移動する。スクリーン印刷機構の一実施形態が、言及することを以って本明細書の一部とする米国特許第4,245,554号に詳細に開示されている。

【0053】

具体的には、第2の酵素印刷ステーション106では、用いられるインキは酵素インキである。本発明のこの実施形態では、スクリーン301にインキ604が導入されてから、スキージ606によりインキ604がスクリーンを介して基板242上に移送される。次いで、基板242に堆積された印刷酵素アートワークに、例えば、図15に詳細に例示されている第4の乾燥ゾーン236内の2つの別々の乾燥バンクを用いて基板の印刷面に50の熱風が当てられ乾燥される。第2の酵素印刷ステーション106に用いるのに適したインキの例は、表1に記載した第1の酵素印刷ステーションで使用される酵素インキと同じである。

【0054】

本発明の一実施形態では、第2の酵素印刷工程の後の乾燥の直後に、印刷カーボン、絶縁インキ、及び酵素インキのパターンを含む基板242が、所定温度まで急速に基板242を冷却するようにデザインされた第5の冷却ローラ231上を通過させる。本発明に従ったウェブ製造工程の一実施形態では、第5の冷却ローラ231の表面は約18である。第5の冷却ローラ231は、例えば、約7の工場冷却水を用いて適切な温度まで冷却することができる。基板242の温度を下げて維持することは、低い温度によって、スクリーン上でインキが乾燥してメッシュにブロックが形成される可能性が小さくなるため有益である。本発明に従ったウェブ製造工程における冷却ローラの使用も、基板242の伸長を軽減するため有益であり、見当合わせの問題が軽減され、この問題を補正するために工程を迅速に改良する必要性が小さくなる。

【0055】

加えて、スクリーンの移動による空気の流れ及び酵素インキの高い含水率のせいで、酵素インキがスクリーンで乾燥しないようにすることが極めて重要である。酵素スクリーン印刷ステップの前に、冷却ローラにより基板が18に冷却されて乾燥が緩和されるのに加え、スクリーンの上方及び下方に湿り空気の流れを供給してスクリーンの上面及び/または下面及び/または側面を加湿することにより、インキの含水率を一定レベルに維持することができる。通常は、湿り空気がスクリーン上を常に流れる。本発明に従ってスクリーンの上面及び下面を加湿するための好適な構造が図3に例示されている。

【0056】

第2の酵素印刷ステーション106は、アウトバウンドニップローラ238、見当合わせを確認するための検査システム237、237Cにおける第3のY方向見当合わせシステム（不図示）、及びバーコードステーション（不図示）を含む。アウトバウンドニップローラ238は、基板242の張力（具体的には、インバウンドニップローラ206とアウトバウンドニップローラ238との間の張力）の制御に用いられる。基板242が、アウトバウンドニップローラ238によって一定速度で第2の酵素印刷ステーション106から取り出される。位置237A、237B、及び237CにおけるY方向見当合わせシステム（不図示）が、図21Aに例示されている第1のY方向見当合わせマーク2101、第2のY方向見当合わせマーク2102、第3のY方向見当合わせマーク2103、及び第4のY方向見当合わせマーク2104を用いて印刷中にそれぞれの印刷サイクルのY方向見当合わせ（すなわち、ウェブを横断する方向）を制御する。本発明の一実施形態では、第1のY方向見当合わせマーク2101、第2のY方向見当合わせマーク2102、第3のY方向見当合わせマーク2103、及び第4のY方向見当合わせマーク2104はそれぞれ、カーボン印刷ステーション103、絶縁印刷ステーション104、第1の酵素

10

20

30

40

50

印刷ステーション 105、及び第2の酵素印刷ステーション 106のY方向見当合わせに一致し得る。それぞれのY方向見当合わせマークは、矩形に近づく向きに近接した2つの三角形を含む。一実施形態では、位置 237A、237B、及び237CにあるY方向見当合わせシステムに、ドイツのレオポルドショー（Leopoldshöhe）に所在のエルトロマット社（Eltromat GmbH）が販売するエルトロマット DGC 650（Eltromat DGC650）を用いることができる。

【0057】

本発明の一実施形態では、検査システム 237に、ドイツのレオポルドショー（Leopoldshöhe）に所在のエルトロマット社（Eltromat GmbH）が販売するエルトロマット検査システム（Eltromat Inspection System）（モデル番号 PC 3100HD）を用いることができる。この検査システム 237は、図 17（A）- 図 19（D）及び/または図 20（D）に例示されている見当合わせマークを検査する視覚要素を有し、センサシート 2106を不合格とするべきか否かについて評価する装置として用いることができる（例えば、データベースにバーコードに対する検査結果を記録する）。

【0058】

Y方向における見当合わせの問題（237A、237B、及び237Cに位置する見当合わせシステム（不図示）によって印刷中に変更することができ、かつ/または全ての印刷ステップが終了した後で検査システム 237で検査できる）は、ウェブの伸長におけるバラつきまたは基板 242に対する不均一な歪みによって生じると考えられる。本発明の実施形態では、バーコードステーションは、コンポーネントバーコードプリンタ（英国ケンブリッジに所在のドミノUK社（Domino UK Ltd.）が販売（モデル番号 A400））、バーコードトラバースシステム（スコットランドのパーシャ이어（Perthshire）に所在のスコティッシュ・ロボティック・システムズ（Scottish Robotic Systems））、及びバーコードリーダー（マサチューセッツ州カントン（Canton）に所在のRVSIアクイティ・サイマトリックス（RVSI Acuity CiMatrix））を含む。バーコードステーション（不図示）では、2次元のバーコードがセンサシート 2106の各列に貼り付けられる。これにより、それぞれのセンサの列に、固有の識別コード、バッチ/ロット番号の識別表示、センサのシート番号、及び列の番号が提供される。バーコードステーションはまた、印刷の直後にバーコードを読み取り、バーコードが適切に貼られていて装置の操作者が確認できるかを評価する。バーコード及びセクション 2-6の工程情報がデータベースに保存され、後にこれを用いて後の工程のためにカードを確認して不合格/合格を決定する。

【0059】

巻取りユニット 107は、例えばマーチン・オートマチック・リワインド・システム（Martin Automatic Rewind System）からなる。これは、装置の最後のセクションであり、基板 242を連続的な巻取りを可能にする。巻取りユニット 107は、第1の巻取りアーバー 240及び第2の巻取りアーバー 241からなる。第1の巻取りアーバー 240は、基板材料 242のロールを保持し、第2の酵素印刷ステーション 106から材料を連続的に引張る。第2の巻取りアーバー 241は、材料の予備のロールを保持しており、第1の巻取りアーバー 240の基板 242のロールが終了すると、第2のロールに第1のロールを自動的に接合する。この連続的な工程が、第1の巻取りアーバー 240から第2の巻取りアーバー 241に繰り返される。基板 242が移動している時に迅速に接合されるため、基板 242の連続的な巻取りが可能となる。この接合部は、両面粘着剤が用意された基板材料 242の新しいロールの上に直接配置される。

【0060】

図 3に、ウェブ印刷のセクション 5及び6の周りの湿度環境を示す模式的な線図が示されている。ウェブ印刷環境の加湿手段を提供するために用いられる基本的な構成要素が、図 3に例示されているように、上部湿り空気 300、スクリーン 301、底部湿り空気 302、下部印刷ローラ 303、複数の孔 400を含むパイプ 304、基板 242、及び第4の印刷ローラ 227または第5の印刷ローラ 233を含む。加湿及び温度は、酵素インキの性質が、フラッドサイクル及び印刷サイクル、好ましくは印刷の全工程に亘って著し

く変質しないように設定する。具体的には、酵素インキの粘度及び含水率が、フラッドサイクル及び印刷サイクル、好ましくは印刷の全工程に亘って変質しないのが理想である。酵素インキの約63%が水分である。含水率を一定に保つことにより、基板242上に付着するインキの量が一定になる。印刷工程中にインキの含水率が変化すると、酵素層の厚みにばらつきがでる。加えて、酵素インキから水分が蒸発すると、スクリーン301上で酵素インキが乾燥して、印刷の鮮明度が低下し、基板242に付着するインキの量が少なくなる。第1の酵素印刷ステーション105または第2の酵素印刷ステーション106の内部の湿り空気は、85%~95%の相対湿度に維持される。上部湿り空気300及び底部湿り空気302は、所望の相対湿度を維持するように、スクリーン301の両面に送られる。サイドパイプ305をウェブの一侧に配置し、酵素印刷ステーション近傍のウェブの一侧に加湿空気を導入する。加湿の構成の特性及び種類は、印刷ステーションの大きさ及び形状並びにその環境で印刷ステーションのインキの種類に必要な湿度によって異なり得る。しばしば、フードを用いて、スクリーンの上面及び/または下面を覆い、加湿空気がスクリーン近傍のフードに直接供給され、そのフードによってスクリーンの近傍に加湿空気が維持されるようにすることができる。通常はフードが上側のスクリーンフレームに取り付けられ、このような場合、通常のフラッドサイクル/印刷サイクルの際にスキージがスクリーンに対して移動できるようにフードがX方向(印刷の方向)のスロットを有することができる。

【0061】

図4に、ウェブ印刷のセクション5及び6の周りの湿度環境を示す底面図が示されている。ウェブ印刷環境の加湿手段を提供するために用いる基本的な構成要素は、図4に例示されているように、上部湿り空気300、スクリーン301、底部湿り空気302、孔の開いたパイプ304、孔400、及び305におけるサイドパイプ(不図示)を含む。複数の孔400を備えたパイプ304が、スクリーン301上の酵素インキの粘度を維持するために下部湿り空気302を送風するための手段としてスクリーン301の下側に配置されている。図5に、底部湿り空気302を送るために孔400を備えたパイプ304の斜視図が示されている。

【0062】

図8に、基板242、印刷ローラ600、及びスキージ606を含む2つの異なったスキージ角度を示す模式的な線図が示されている。スキージ角度800は、印刷領域の鮮明度を最適にするために様々に変更することができる。本発明の実施形態では、スキージ角度は15度±5度、好ましくは15度±1度~2度とすることができる。印刷ローラ600に対するスキージ606の接触点は全てのスキージ角度800で同じである。

【0063】

図9に、基板242、印刷ローラ600、下部印刷ローラ303、スキージ606、第1のスキージ位置900、及び第2のスキージ位置901を含む2つの異なるスキージ位置を示す模式的な線図が示されている。スキージ位置は、印刷ローラ600の中心に対するスキージの位置である。スキージ位置は、印刷されるインキの厚みに大きな影響を与え得る。スキージ位置は、印刷領域の鮮明度を最適にするために変更することができる。

【0064】

図10に、基板242、印刷ローラ600、下部印刷ローラ303、及びスクリーン301を含むスクリーンスナップ距離(1000)を示す模式的な線図が示されている。本発明の一実施形態では、スクリーンスナップ距離(1000)は、スクリーン301と基板242との間の最も近い距離である。本発明の好適な実施形態では、スクリーンスナップ距離(1000)は約0.7mmとすることができる。スクリーンスナップの設定(1000)が大きすぎると、スキージ606が、十分にスクリーン301を撓ませて十分な印刷鮮明度で基板242上にインキ604を移送することができない。スクリーンスナップの設定(1000)が小さすぎると、スクリーン301が、前の印刷サイクルのインキ604を滲ませ、印刷の鮮明度が不十分になってしまう。

【0065】

図 1 1 に、第 1 の駆動ローラ 2 1 0、ホットプレート 1 1 0 0、第 1 の加熱バンク 1 1 0 1、第 2 の加熱バンク 1 1 0 2、及び第 3 の加熱バンク 1 1 0 3 を含む前処理ゾーン 2 1 1 の模式図が示されている。本発明の実施形態では、ホットプレート 1 1 0 0 が基板 2 4 2 の印刷されない面に接触する。本発明の好適な実施形態では、ホットプレート 1 1 0 0 は、テフロン（登録商標）でコーティングして約 1 6 0 まで加熱することができる。本発明の実施形態では、第 1 の加熱バンク 1 1 0 1、第 2 の加熱バンク 1 1 0 2、及び第 3 の加熱バンク 1 1 0 3 が約 1 6 0 の熱風を送る。この温度は、当業者には明らかなように、基板の種類や厚み、前処理、または工程の後の温度に適するように変更することができる。

【 0 0 6 6 】

10

図 1 2 に、第 2 の冷却ローラ 2 1 8、第 2 の駆動ローラ 2 1 6、第 1 の乾燥バンク 1 2 0 0 A、第 2 の乾燥バンク 1 1 0 1 A、第 3 の乾燥バンク 1 1 0 2 A、及び第 4 の乾燥バンク 1 1 0 3 A を含む第 1 の乾燥ゾーン 2 1 7 の模式図が例示されている。本発明の実施形態では、第 1 の乾燥バンク 1 2 0 0 A、第 2 の乾燥バンク 1 1 0 1 A、第 3 の乾燥バンク 1 1 0 2 A、及び第 4 の乾燥バンク 1 1 0 3 A が約 1 4 0 の熱風を送るが、本開示から当業者には明らかなように、熱風の温度を様々に変更することができる。

【 0 0 6 7 】

図 1 3 に、第 3 の駆動ローラ 2 2 3、第 1 の乾燥バンク 1 2 0 0 B、第 2 の乾燥バンク 1 1 0 1 B、第 3 の乾燥バンク 1 1 0 2 B、及び第 4 の乾燥バンク 1 1 0 3 B を含む第 2 の乾燥ゾーン 2 2 4 の模式図が例示されている。本発明の実施形態では、第 1 の乾燥バンク 1 2 0 0 B、第 2 の乾燥バンク 1 1 0 1 B、第 3 の乾燥バンク 1 1 0 2 B、及び第 4 の乾燥バンク 1 1 0 3 B が約 1 4 0 の熱風を送るが、本開示から当業者には明らかなように、熱風の温度を様々に変更することができる。

20

【 0 0 6 8 】

図 1 4 に、第 4 の駆動ローラ 2 2 9、第 1 の乾燥バンク 1 2 0 0 C、及び第 2 の乾燥バンク 1 1 0 1 C を含む第 3 の乾燥ゾーン 2 3 0 の模式図が例示されている。本発明の実施形態では、第 1 の乾燥バンク 1 2 0 0 C 及び第 2 の乾燥バンク 1 1 0 1 C が約 5 0 の熱風を送ることができるが、本開示から当業者に明らかなように熱風の温度を様々に変更することができる。

【 0 0 6 9 】

30

図 1 5 に、第 5 の駆動ローラ 2 3 5、第 1 の乾燥バンク 1 2 0 0 D、及び第 2 の乾燥バンク 1 1 0 1 D を含む第 4 の乾燥ゾーン 2 3 6 の模式図が例示されている。本発明の実施形態では、第 1 の乾燥バンク 1 2 0 0 D 及び第 2 の乾燥バンク 1 1 0 1 D が約 5 0 の熱風を送ることができるが、本開示から当業者に明らかなように熱風の温度を様々に変更することができる。

【 0 0 7 0 】

図 1 6 に、粘着ローラ 1 6 0 0 及び青色ポリマーローラ 1 6 0 1 を含む第 1 の清浄ユニット 2 0 4 の模式図が例示されている。本発明の実施形態では、青色ポリマーローラ 1 6 0 1 が基板 2 4 2 の上面及び底面に接触して微粒子 / 異物を吸着する。

【 0 0 7 1 】

40

図 1 7 (A) - 図 1 7 (D) に、適切に見当合わせされた本発明の実施形態のカーボン層に対する絶縁層の印刷を示す模式図が例示されている。図 1 7 (A) - 図 1 7 (D) がそれぞれ、センサシート 2 1 0 6 の左上、右上、左下、及び右下を表していることに留意されたい。図 2 1 A に例示されているマーカーがセンサシートには示されていない。本発明の一実施形態では、カーボン印刷ステーション 1 0 3 で、基板 2 4 2 上の矩形のカーボン線 1 7 0 3 によって囲まれた矩形の中実カーボン 1 7 0 0 を含むカーボン層を印刷する。後続の印刷サイクルにおいて、絶縁印刷ステーション 1 0 4 で、矩形の中実カーボン 1 7 0 0 と矩形のカーボン線 1 7 0 3 の間の基板 2 4 2 に矩形の絶縁線 1 7 0 1 を印刷する。4 つ全ての角部でカーボン層に対する絶縁層の見当合わせが適切な場合、コーティングされていない基板 2 4 2 が矩形の絶縁線 1 7 0 1 と矩形の中実カーボン 1 7 0 0 との間に

50

存在しないのが普通である。カーボン層に対する絶縁層の見当合わせは、操作者が手動でチェックする、或いは一実施形態では基板のそれぞれの角部に向けられたカメラを含む第2の視覚センサ222を用いてチェックすることができる。これは通常、印刷運転開始の初期設定の一部である。操作者は、TVのスクリーンで互いに近接した基板の4つ全ての角部を観察することができる。次いで、操作者は、この初期設定の際（そして、印刷工程の残りの工程の際）にカーボンに対する絶縁の見当合わせを目で確認し、絶縁印刷とカーボン印刷の見当合わせに必要なあらゆる調節を行うことができる。ウェブビューア222（例えば、基板カードの4つの角部の上に向けられた4つのカメラを含む）が各カードの4つの角部のそれぞれのスナップショットを表示するために撮影及び移動することを理解されたい。ウェブが装置を移動する時にカメラの下側の基板が絶えず変わっていくため、それぞれのカードの角部はほんの一瞬表示されるだけである。このシステムにより、操作者が、カーボンに対する絶縁の見当合わせの調節の効果を瞬時に確認することができる。操作者が行うことができる調節には、限定するものではないが、スクリーン印刷のストローク、スナップ高さ、スキージ圧力、Y方向に対するスクリーンの位置、θに対するスクリーンの位置が含まれる。この印刷ステーション及び他の印刷ステーションに対してビューア見当合わせを設定したら（ビューア228及び234を用いて）、内部X方向自動見当合わせシステム（マーク2107及び2108を用いて）及びY方向自動見当合わせシステム（例えば、マーク2101 - 2104を用いる位置237A、237B、及び237Cにある見当合わせシステム）により、印刷中にX方向及びY方向の見当合わせを自動的に補正することができる。本開示から当業者には明らかなように、マーク2101 - 2104及び2107 - 2108を用いるのに加えて或いは別法として、X方向及びY方向の自動見当合わせに、図17(A) - 図20(D)に示されているマーク1700 - 1703を用いることができる。

【0072】

図18に、絶縁アートワークがカーボンアートワークよりも印刷方向に長い見当合わせが不適切な本発明の実施形態のカーボン層に対する絶縁層の図が例示されている。このような不適切な見当合わせは、カーボンと絶縁のスクリーンが同じ方向に同じ大きさであっても、基板の伸長またはスクリーンのストロークが各ステージで異なることにより起こり得る（スクリーンのストロークが遅いと、基板ウェブの移動方向に沿ったアートワーク印刷が比較的長くなる）。図18(A) - 図18(D)がそれぞれ、センサシート2106の左上、右上、左下、及び右下を表していることに留意されたい。4つの角部の1つでカーボン層に対する絶縁層の見当合わせが適当でない場合、矩形の絶縁線1701と矩形の中実カーボン1700との間でコーティングされていない基板242を観察することができる。カーボン層に対する絶縁層の見当合わせは、使用者が第2の視覚センサ222を用いて手動でチェックすることができる。

【0073】

図19に、絶縁印刷のアートワークがカーボン印刷のアートワークよりも短い見当合わせが不適切な本発明の実施形態のカーボン層に対する絶縁層の図が例示されている（例えば、絶縁印刷のスクリーンストロークがカーボン印刷のスクリーンストロークよりも長い、または絶縁スクリーンがカーボン印刷ステーションのスクリーンよりも短い場合に起こり得る）。図19(A) - 図19(D)がそれぞれ、センサシート2106の左上、右上、左下、及び右下を示していることを理解されたい。4つの角部の1つでカーボン層に対する絶縁層の見当合わせが不適切な場合、矩形の絶縁線1701と矩形の中実カーボン1700との間でコーティングされていない基板242を観察することができる。カーボン層に対する絶縁層の見当合わせは、操作者が第2の視覚センサ222を用いて手動でチェックすることができる。図20(A) - 図20(D)に、第2のビューガイド2002（図21Aを参照）の印刷の工程の結果を示す模式的な線図が示されている。第2のビューガイド2002は、矩形の中実カーボン1700、矩形の中実絶縁線1701、矩形の中実カーボン1703、第1の酵素層の中実の矩形2000、第2の酵素層の中実の矩形2001、及びコーティングされていない基板242を含む。場合によっては、セクション

6（第2の酵素印刷の後）で、このような印刷を検査システム237などの自動連続検査システムによって製造中に使用することもできる。連続的な見当合わせは、通常は、Y方向における位置237A、237B及び237Cにある見当合わせシステム（不図示）及びX方向のマーク2105（図21Aを参照）を向いた見当合わせ制御システムによって実施される。

【0074】

図21Aにセンサシートの例が示されている。このセンサシートは、第1のビューガイド2100及び第2のビューガイド2002、第1のY方向見当合わせマーク2101、第2のY方向マーク2102、第3のY方向マーク2103、第4のY方向マーク2104、及びX方向の見当合わせマーク2105を備えている。X方向見当合わせマーク2105は、カーボンX方向見当合わせマーク2107及び絶縁X方向見当合わせマーク2108を含むことに留意されたい。図21Bに、カーボンX方向見当合わせマーク2107及び第2のビューガイド2202を備えたセンサシート2106の一例を示す図が示されている。図21Cに、絶縁X方向見当合わせマーク2108及び第2のビューガイド2002を備えたセンサシート2106内の一例を示す図が示されている。絶縁X方向マーク2108は、図21Cに例示されているように、カーボンX方向見当合わせマーク2107を完全に覆い、これにより、元のカーボンマーク2107の上に開始点（マーク2108の左側の縁）を提供する。つまり、後に形成される全ての層が、カーボン層ではなく第2の印刷層（この場合は絶縁層）に対して印刷される。これは、第2及びそれに続くスクリーンアートの寸法がX方向（ウェブに沿った方向）で第1のスクリーンアートの寸法よりも長い場合に有益である。

【0075】

図20（A）-図20（D）に、印刷ガイドの1つの角部が印刷される順に示されている。カーボン印刷ステーション103のセクション3で、矩形の中実カーボン1700がそれを取り囲む矩形のカーボン線1703と共に印刷される。絶縁印刷ステーション1104のセクション4で、矩形の絶縁線1701が、矩形の中実カーボン1700と矩形のカーボン線1703との間に印刷される。カーボンに対する絶縁の見当合わせが4つの角部全てで適切である場合、通常は矩形の中実カーボン1700と矩形の絶縁線1701との間にコーティングされていない基板242が存在しない。加えて、絶縁印刷ステーション104のセクション4で、もう2つの矩形の絶縁線1701が矩形の中実カーボン1700の上方に直接印刷される。これらの2つの追加の絶縁線を用いて、絶縁層に対する第1の酵素層2000の見当合わせ及び絶縁層に対する第2の酵素層2001の見当合わせを視覚的に評価する。この評価は、図20（C）及び図20（D）に例示されているように矩形の絶縁線の中に矩形の中実の酵素インキを印刷して行われる。従って、第3及び第4の印刷層を、第1の印刷層ではなく第2の印刷層に対して見当合わせすることができる。これにより、印刷見当合わせに悪影響を与えずに、第1の層と第2の層とのアートの大きさの違い（第1の乾燥ゾーン217での加熱及び伸長などにより、第1の印刷ステーションの後で基板が伸長する場合）を許容することができる（X方向の許容範囲は、通常は300 µmである）。

【0076】

図1及び図2に例示されているように、工程の最後で、印刷されたセンサを含む基板242が巻取りユニット107によって巻き取られ、次いで、湿度の低い環境に配置される例えばプレコパンチ（Preco punch）とすることができるパンチ108に送られる。プレコパンチは、CCD X Y θフローティングパンチ（CCD X, Y, θ Floating Punch）である。プレコパンチ見当合わせシステムは、CCDビジョンシステムを用いて、カーボン印刷ステーションで印刷された「プレコドット（Preco Dots）」を観察し、これによりパンチをカーボン印刷に対して調節し、このパンチでカードを正方形に打ち抜くことができる。これにより、図21Aに例示されているような一連のパンチされたカードが生産される。パンチされたカードは、パンチ108から移送ベルトに排出され、パンチされたカードがこの移送ベルトでバーコードリーダーの下側に移送され、そこでそれぞれのカード上

の２つのバーコードが読み取られ、ウェブデータベースに対してカードが合格か不合格かが決定される。不合格のカードは自動または手動で取り出すことができる。次いで、カードは、次の製造ステップのために次々に積み重ねられる。

【 0 0 7 7 】

カーボン印刷ステーション 1 0 3、絶縁印刷ステーション 1 0 4、第 1 の酵素印刷ステーション 1 0 5、及び第 2 の酵素印刷ステーション 1 0 6 の全てがそれぞれ、印刷工程ステップの直後に第 1 の視覚センサ 2 1 5、第 2 の視覚センサ 2 2 2、第 3 の視覚センサ 2 2 8、及び第 4 の視覚センサ 2 3 4 を用いて見当合わせを視覚的に検査する手段を備えている。セクション 3 - 6 のウェブ印刷製造工程のそれぞれのセクションでは、印刷工程の直後にウェブビューアカメラシステムが配置される。図 2 A - 図 2 C のウェブビューア位置を参照されたい。セクション 3 には 2 つのカメラ、セクション 4 - 6 にはそれぞれ 4 つのカメラが設けられている。ウェブビューアカメラは、印刷運転の開始の際にウェブ装置の操作者が用いる手動セットアップ工程の一部である。これらのカメラを用いて、基板 2 4 2 に対するカーボンの整合の初期設定、カーボン層に対する絶縁層の見当合わせ、絶縁層に対する第 1 の酵素層の見当合わせ、及び絶縁層に対する第 2 の酵素層の見当合わせを助ける印刷マークを観察する。印刷ガイドが図 2 1 A に例示されている。カーボン印刷の整合のために、第 2 のビューアガイド 2 1 0 0 を用いて、基板 2 4 2 がカーボン印刷ステーション 1 0 3 を通る時にその基板 2 4 2 の縁に対するカーボン印刷の位置を表示する。図 2 1 A に例示されているように、カーボン印刷には前縁と後縁がある。カーボン印刷は、これらの縁が基板の端部に対してカーボン印刷が直角であることを示すまで調節する。個々に印刷された層の見当合わせは、X 方向（装置の長さに沿った方向）及び Y 方向（装置の幅を横断する方法）で行う必要である（図 2 1 A を参照）。X 方向の見当合わせは、装置内部見当合わせシステムによって制御される。この制御には、図 2 1 A - 図 2 1 C に示されている印刷領域が用いられる。カーボン印刷サイクルで、カーボン X 方向見当合わせマーク 2 1 0 7 がこの領域に印刷される。絶縁インキを正しい位置に印刷するために絶縁スクリーンを調節できるように、絶縁印刷サイクルが、カーボン X 方向見当合わせマーク 2 1 0 7 を用いてセンサでカーボン印刷に見当合わせされる。次いで、このために用いるカーボン X 方向見当合わせマーク 2 1 0 7 の上に絶縁 X 方向見当合わせマーク 2 1 0 8 を印刷し、これを用いて同様の要領で第 1 の酵素層 2 0 0 及び第 2 の酵素層 2 0 1 を絶縁印刷に対して適切に見当合わせする。Y 方向の見当合わせは、位置 2 3 7 A、2 3 7 B、及び 2 3 7 C に配置される Y 方向見当合わせシステム（不図示）によって制御される。本発明の一実施形態では、Y 方向見当合わせシステムは、ドイツのレオポルドショー（Leopoldshöhe）が販売するエルトロマット見当合わせシステム（モデル番号 D G C 6 5 0 ）とすることができる。Y 方向の見当合わせは、図 2 1 A に示されている印刷領域 2 1 0 1 - 2 1 0 4 を用いる。カーボン、絶縁、第 1 の酵素、及び第 2 の酵素のそれぞれの印刷サイクルで、これらのマークは、後続の印刷をセンサにより Y 方向に見当合わせできるように印刷される。ウェブデータベースに、印刷中の工程情報が記録される。データベースに記録された情報を、一実施形態では 2 次元バーコードであるバーコードを用いて個々のカードについて取り出すことができる。ウェブデータベースに保存される典型的な情報が表 2 に要約されている。ウェブデータベースは、工程パラメータが許容範囲内であるか否かを評価する能力を有し、これを用いてパラメータが許容範囲内であるか否かの基準に基づいてカードを不合格にすることができる。不合格のカードは、手動または自動で後の工程で取り出すことができる。

10

20

30

40

【表 2】

表2

セクション2 前処理	セクション3 カーボン	セクション4 絶縁	セクション5 第1の酵素	セクション6 第2の酵素
1のホット プレート1	2の乾燥 バンク1	3の乾燥 バンク1	4の乾燥 バンク1	4の乾燥 バンク1
1の乾燥 バンク2	2の乾燥 バンク2	3の乾燥 バンク2	4の乾燥 バンク2	4の乾燥 バンク2
1の乾燥 バンク3	2の乾燥 バンク3	3の乾燥 バンク3	スキージ 圧力	スキージ 圧力
1の乾燥 バンク4	2の乾燥 バンク4	3の乾燥 バンク4	フード内部の 相対湿度 (% R H)	フード内部の 相対湿度 (% R H)
	スキージ 圧力	スキージ 圧力	フード内部の 温度	フード内部の 温度
			フード外部の 相対湿度 (% R H)	フード外部の 相対湿度 (% R H)
			フード外部の 温度	フード外部の 温度
その他				
ウェブの張力				
ウェブの速度				

10

20

30

【0078】

図22に、ウェブ印刷工程を見当合わせするために用いられるパラメータX、Y、Z、及びθの模式的な線図が示されている。パラメータYは、操作者からウェブ印刷装置の装置側へ方向（通常は水平方向）を表す。パラメータXは、巻出しユニット101から巻取りユニット107へ方向（通常は水平方向）を表す。パラメータZは、X方向及びY方向に対して垂直な方向（通常は垂直方向）を表す。パラメータθは、Z軸を中心とした角度を表す。本発明の実施形態では、以下のパラメータを用いて、例えば、カーボン印刷ステーション103、絶縁印刷ステーション104、第1の酵素印刷ステーション105、及び第2の酵素印刷ステーション106などの印刷工程を見当合わせする。

40

【0079】

本発明の一実施形態では、ウェブ製造工程の生産物は、アートワークで印刷されたカードである。これらのカードは、それぞれが血液サンプル中のグルコースを検出するための

50

電気化学センサ及び関連した接触電極を含むストリップを形成するように互いに対して見当合わせされて印刷されたカーボン層、絶縁層、及び2つの同一の酵素層を含む。このようなストリップは、測定器と共に用いて血中グルコースを自己監視することができる。様々なデザインのストリップを製造することもできる。現在、ウエブは、ライフスキャン社 (LifeScan, Inc.) が販売するワンタッチウルトラ測定器 (One Touch Ultra meter) に使用するための「ワンタッチウルトラ」ストリップ (「One Touch Ultra」 strips) を製造するようにデザインされている。

【0080】

図21Aに、生産されたアートワークの模式的な図の例が示されている。この図は、50個のストリップが形成された列を10列含む完成した1つの印刷されたカードを例示している。1つのカードにつき合計500個のストリップが形成されている。印刷の向きも示されている。それぞれが50個のストリップを有する列0から列9を印刷の方向に平行に印刷することにより、列を互いに分離する切断ステップを工程に容易に含めることができる。更に、ウエブの横断方向 (印刷方向に対して垂直方向) の印刷品質のばらつきによって生じる欠陥のある列すべてを容易に識別することができる。それぞれの列に数字 (バーコードによって識別) が割り振られているため、ウエブ上の特定のシートの特定の列をデータベースを参照して識別することができ、そのシート全てを不合格にするのではなくその特定の列を除去することができる。これにより、使用可能な製品の収量が上がり、製造工程全体の効率が上昇する。

【0081】

可動式の実質的に平坦なスクリーンが、電気化学センサの印刷に使用するインキの種類 (固体/液体の組合せ) に適している。可動式の平坦なスクリーンを使用することにより、印刷鮮明度のより良い制御が可能となり、電気化学センサに必要なインキの層の堆積を、グラビア印刷またはシリンダースクリーン印刷よりも厚くできる。連続的なウエブ印刷工程 (カーボン、絶縁、酵素) の様々な種類のインキの様々な要求に適した様々な種類のスクリーン (メッシュの糸の直径、糸の間隔、厚み、メッシュ数が異なる様々なメッシュを備えた) が販売されている。

【0082】

フラットスクリーン、印刷ローラ、基板、及びその基板に対してスクリーンを押圧するスキージの構成のため、利用できる様々なパラメータ (基板に対するスクリーンの角度、スキージの角度、スキージに対するスクリーンの位置、印刷ローラに対するスキージの位置、スナップ距離、並びに基板、スクリーン、及びスキージなどの相対速度) を操作して電気化学センサの印刷工程を最適化することができる。

【0083】

電気化学センサを製造するためのウエブ製造工程を簡単に要約すると、工程中に加熱された時及び張力がかかった時にウエブが膨張または伸長する。それぞれの印刷ステーション (例えば、カーボン、絶縁、2つの酵素) には、通常は乾燥ステーションが続いている。インキを効率的に乾燥させるために、乾燥ステーションはかなりの高温 (50 ~ 140) で運転される。更に、それぞれの印刷ステーションを通るウエブの見当合わせを助けるためにウエブを張る。

【0084】

基板は、工程中の見当合わせを制御するために張った状態に維持しなければならない。このため、例えば印刷の後にインキを乾燥するべく基板が加熱されるたびに、基板が予測不可能に伸長し、後続の印刷でイメージの大きさがばらついてしまう。

【0085】

それぞれの印刷ステーションで印刷されるイメージの大きさは、複数の因子 (ステンシルの大きさ、インキの粘度、ウエブとステンシル/スクリーンの相対速度、その時点での基板の可逆的及び不可逆的な伸長) によって決まる。工程の最後で見たイメージの大きさのばらつき (異なった印刷ステップ間での) が様々であることが分かった。収量の低下は予測不可能であり、予測よりも大きかった。層間のイメージの大きさの不整合がウエブに

沿って（X方向）300 μ mを超えると製品は適切に作動しない。過度のイメージの大きさのばらつきは、ウエブ基板の過度の予測できない伸長（加熱及び引っ張りによる）及び収縮によるものと考えられる。

【0086】

伸長と張力の問題は、フラットベッド印刷では起こらない。ウエブ工程におけるこの問題を解決するために事前に収縮させた基板を試した。ウエブ工程で用いる前に、基板を約185に加熱した。しかしながら、イメージの大きさのばらつきの問題が残り収量が低かった。

【0087】

ウエブ工程の現在の提案は、基板にイメージを印刷する前に、一例では基板から不可逆的な伸長を実質的に排除するように第1の乾燥または前処理を高温で行うことである。

【0088】

ウエブ装置の第1の工程ステーションでは、乾燥バンクで基板を最大160まで加熱する。基板の後の工程は、通常は140を超えない。

【0089】

図2Aでは、印刷されていない基板が出合う第1の加熱バンクはホットプレートである。これは、テフロン（登録商標）がコーティングされたプレートであり、ウエブが移動する時に基板に接触し、その基板を持ち上げる。基板の後面に熱が供給される。これは、現在は160 $\pm$ 4の設定温度で行われる。160の設定温度は、統計的に最適な寸法管理である。計算値は160.9である。バンク2では、基板の前面に160 $\pm$ 4の設定温度で熱風が供給される。計算値は161.29である。バンク3では、基板の前面に160 $\pm$ 4の設定温度で熱風が供給される。計算値は161.18である。バンク4では、基板の前面に160 $\pm$ 4の設定温度で熱風が供給される。この計算値は160.70である。

【0090】

ウエブの張力及び乾燥工程での加熱により、ウエブ基板が、1アートワーク当たり約0.7mm伸長する。この伸長が、ステーション1を前処理ユニットとして用いて後続の印刷ステーションに先立って基板を安定させる主な理由の1つである。ステーション1で基板を前処理するため、印刷の前に基板から材料の伸長の殆どが取り除かれ、カーボン及び絶縁の列の長さや安定性が改善される。

【0091】

本発明の一実施形態では、基板にイメージが印刷される前（すなわち、基板が印刷ステーションに到達する前）に基板の不可逆的な伸長を実質的に取り除くのに十分な温度を第1の乾燥に用いる。本発明に従った第1の工程ステーションでは、基板が乾燥バンクにより、印刷工程中に基板がさらされる温度よりも有意に高い温度まで加熱される。例えば、印刷工程中に基板がさらされる最も高い温度が140の場合、第1の温度は約160にすることができる。

【0092】

本発明に従った方法は、次のステップで説明することができる。ステップには、連続基板を第1の温度まで加熱して前処理するステップ、電極層を基板上に印刷するステップ、電極層を熱源にさらして電極層を第2の温度まで加熱するステップが含まれ、第1の温度は第2の温度よりも高くすることができる。別の実施形態では、この方法は、絶縁層を連続基板上に印刷するステップ、絶縁層を熱源にさらして絶縁層を第3の温度まで加熱するステップを含み、第1の温度は第3の温度よりも高くすることができる。

【0093】

本発明の更に別の実施形態では、所定の張力で基板をロールから引張って、第1の加熱バンクの上を通過させる。第1の加熱バンクは、一実施形態ではテフロン（登録商標）コーティングされたホットプレートとすることができる。ホットプレートは、基板を持ち上げ、ホットプレートの上を基板が通過する時に加熱する。従って、基板の後面が加熱される。ホットプレートは、約160 $\pm$ 5の温度まで基板を加熱することができる。次い

で、基板を第2の加熱バンクに移送し、そこでホットプレートの反対側の基板の面を約160 ± 5 の熱風で加熱する。次いで、基板を第3の加熱バンクに移送し、そこでホットプレートの反対側の基板の面を約160 ± 5 の熱風で加熱する。次いで、基板を第4の加熱バンクに移送し、そこでホットプレートの反対側の基板の面を約160 ± 5 の熱風で加熱する。

【0094】

乾燥工程でウェブに張力及び熱が加えられるため、ウェブ基板が前処理され、連続製造工程の後続のステップにおける基板の伸長が軽減される。

【0095】

ここに例示及び開示した構造の代わりに同等の構造を用いることができ、本発明の記載した実施形態が請求する発明を実施するためだけに用いられる構造ではないことを理解されたい。加えて、上記した全ての構造が機能を有し、このような構造をその機能を果たすための手段と見なすことができることを理解されたい。

【0096】

本発明の好適な実施形態をここに図示及び開示したが、当業者には、このような実施形態が単なる例であることを理解できよう。当業者には、本発明から逸脱しない様々な変更形態、変形形態、及び置換形態が明らかであろう。ここに開示した本発明の実施形態の様々な代替形態を用いて本発明を実施できることを理解できよう。添付の特許請求の範囲が本発明の範囲を規定し、特許請求の範囲内の方法及び構造並びにこれらの等価物が本発明の範囲内であるものとする。

【図面の簡単な説明】

【0097】

【図1】ウェブ印刷工程の8つのセクションを示す模式的な線図である。

【図2A】ウェブ印刷工程の第1のセクション及び第2のセクションを示す模式的な線図である。

【図2B】ウェブ印刷工程の第3のセクション、第4のセクション、及び第5のセクションを示す模式的な線図である。

【図2C】ウェブ印刷工程の第6のセクション、及び第7のセクションを示す模式的な線図である。

【図3】ウェブ印刷工程の第5のセクション及び第6のセクションの周りの湿度環境を示す模式的な線図である。

【図4】ウェブ印刷工程の第5のセクション及び第6のセクションの周りの湿度環境を示す底面図である。

【図5】孔を備えたパイプの斜視図である

【図6】フラッドサイクルを示す模式的な線図である。

【図7】印刷サイクルを示す模式的な線図である。

【図8】2つの異なったスキージ角度を示す模式的な線図である。

【図9】2つの異なったスキージ位置を示す模式的な線図である。

【図10】スクリーンのスナップ距離を示す模式的な線図である。

【図11】前処理ゾーン(211)の模式図である。

【図12】第1の乾燥ゾーン(217)の模式図である。

【図13】第2の乾燥ゾーン(224)の模式図である。

【図14】第3の乾燥ゾーン(230)の模式図である。

【図15】第4の乾燥ゾーン(236)の模式図である。

【図16】第1の清掃ユニット(204)の模式図である。

【図17】(A)～(D)は、カーボン層に対する絶縁層の適切な見当合わせを示す図である。

【図18】(A)～(D)は、スクリーン301から得たアートワークが伸長した場合のカーボン層に対する絶縁層の不適切な見当合わせを示す模式図である。

【図19】(A)～(D)は、スクリーン301から得たアートワークが伸長しない場合

10

20

30

40

50

のカーボン層に対する絶縁層の不適切な見当合わせを示す模式図である。

【図20】(A)～(D)は、初めの見当合わせの際に、視覚的な検査のために第1のビューガイドを用いた操作者によるウェブの見当合わせの印刷結果を示す模式的な図である。

【図21A】第1及び第2のウェブビューガイドと、第1、第2、第3、及び第4のY方向見当合わせマークと、X方向見当合わせマークを含むセンサシートの例を示す図である。

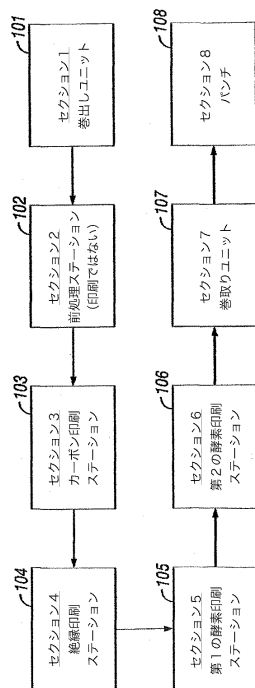
【図21B】カーボンX方向見当合わせマークを含むセンサシート内の1列を示す図である。

【図21C】絶縁X方向見当合わせマークがカーボンX方向見当合わせマークを覆っているセンサシート内の1列を示す図である。

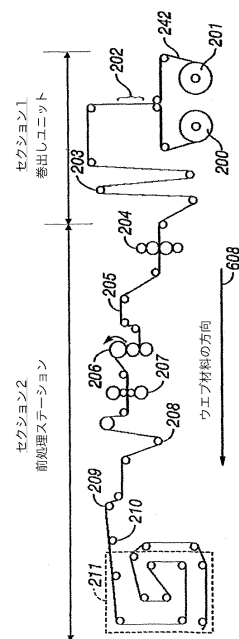
【図22】ウェブ印刷工程を見当合わせするために使用するパラメータX、Y、及びθを模式的に示す図である。

10

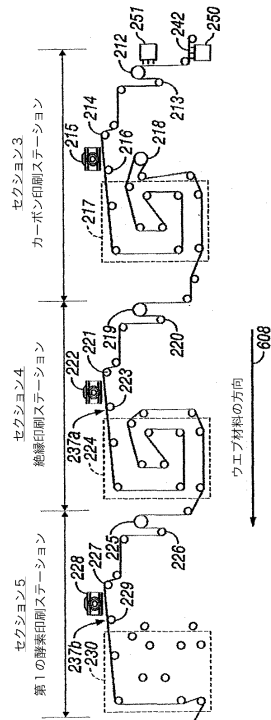
【図1】



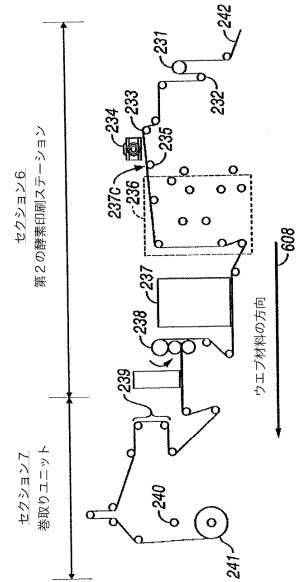
【図2A】



【図 2 B】



【図 2 C】



【図 3】

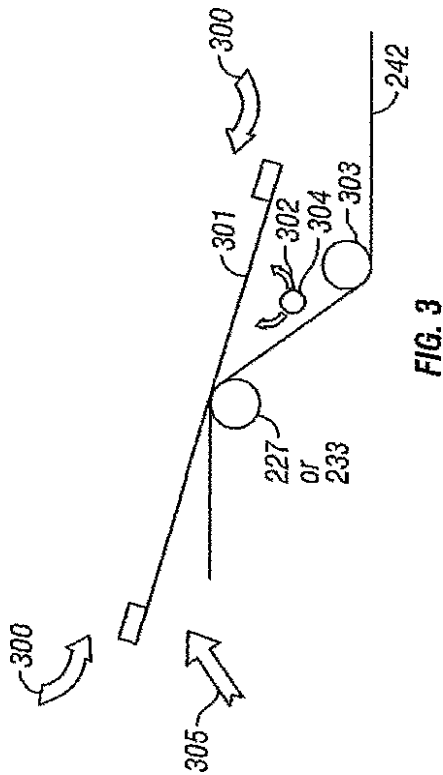


FIG. 3

【図 4】

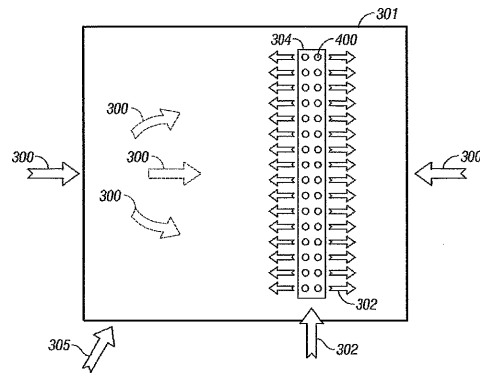


FIG. 4

【図 5】

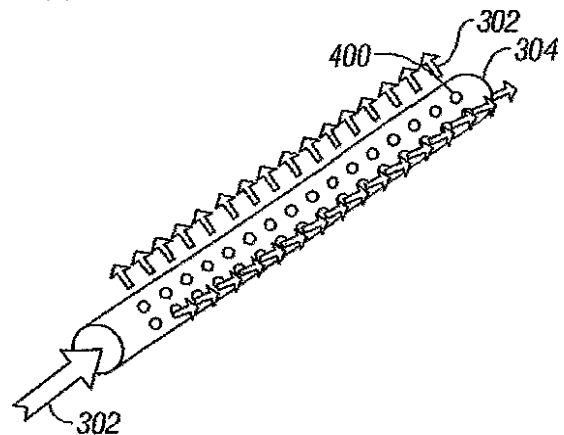


FIG. 5

【 図 6 】

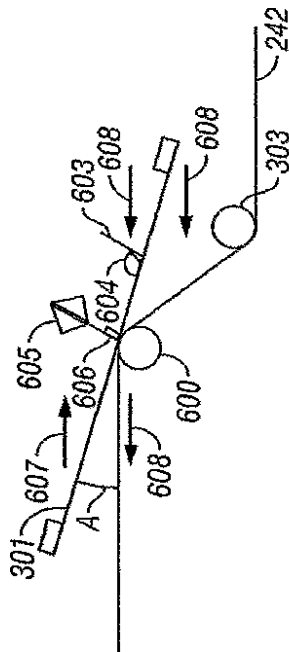


FIG. 6

【 図 7 】

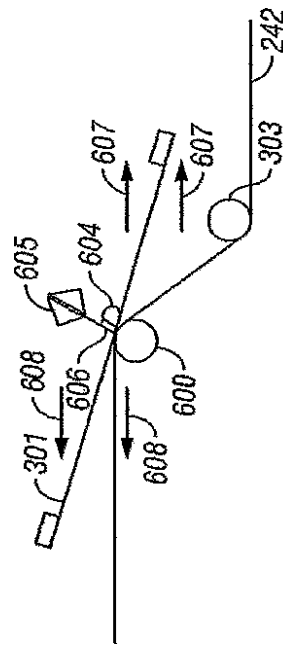


FIG. 7

【圖 8】

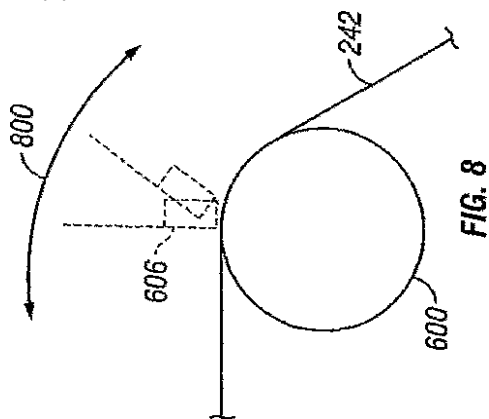


FIG. 8

【 図 9 】

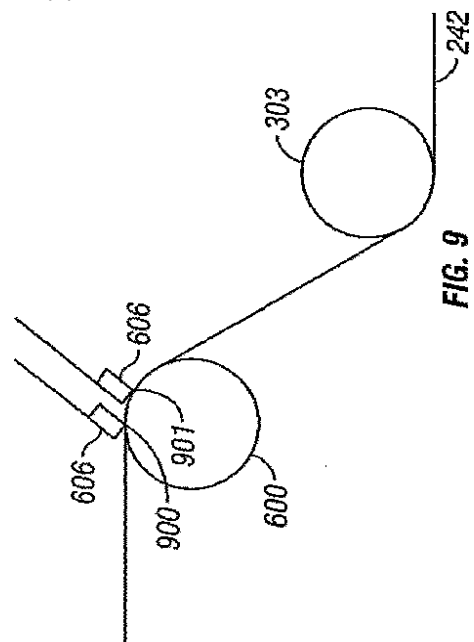


FIG. 9

【図14】

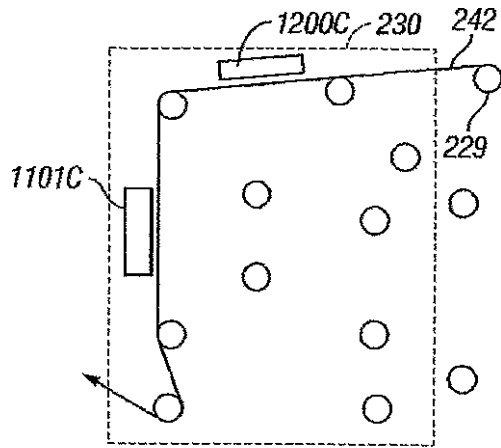


FIG. 14

【図15】

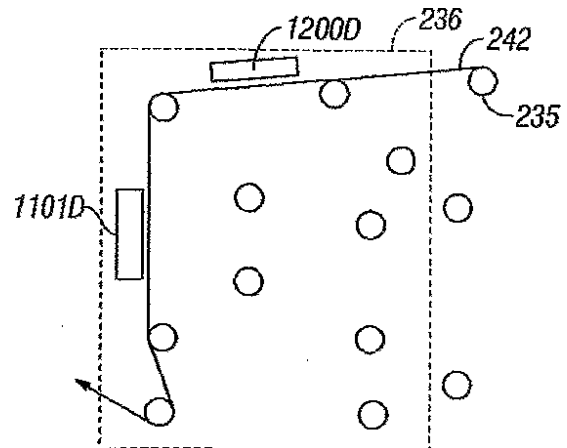


FIG. 15

【図16】

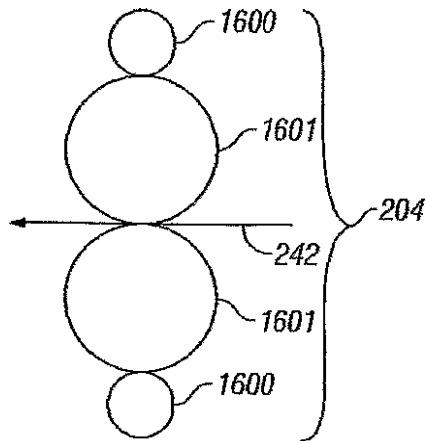
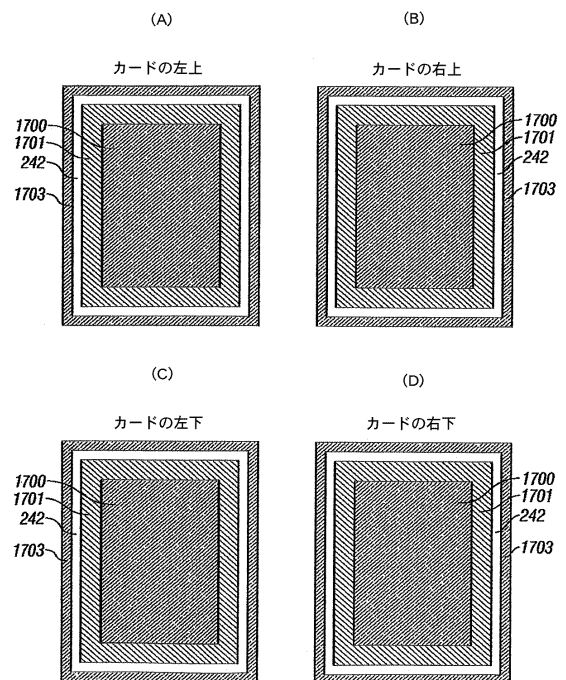
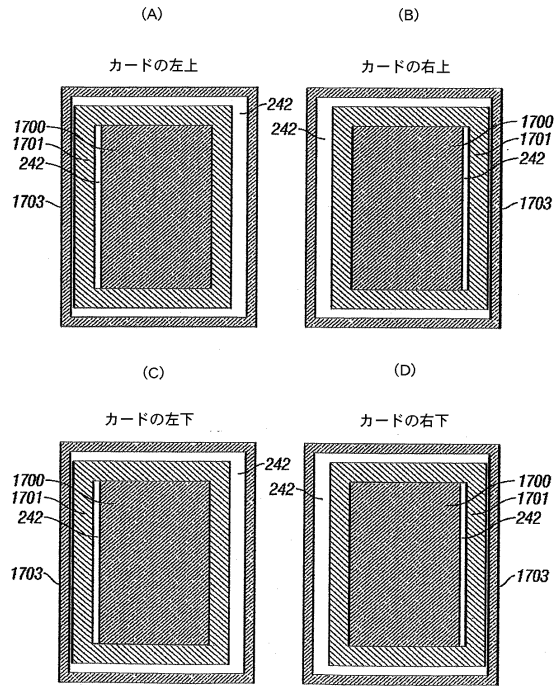


FIG. 16

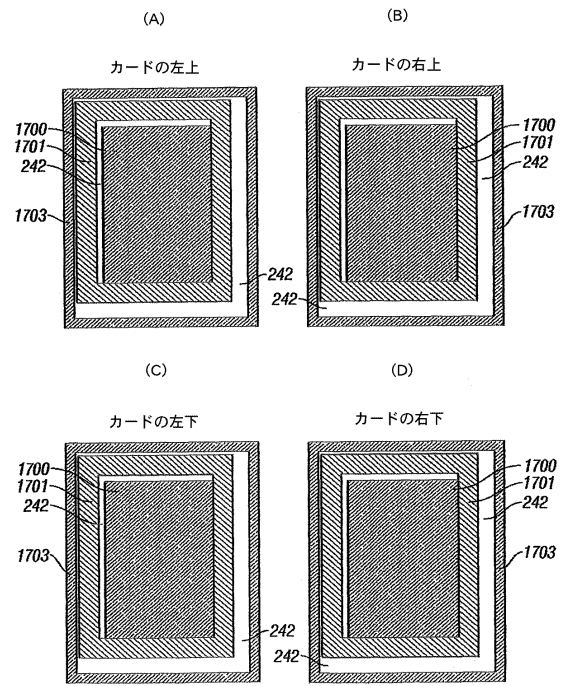
【図17】



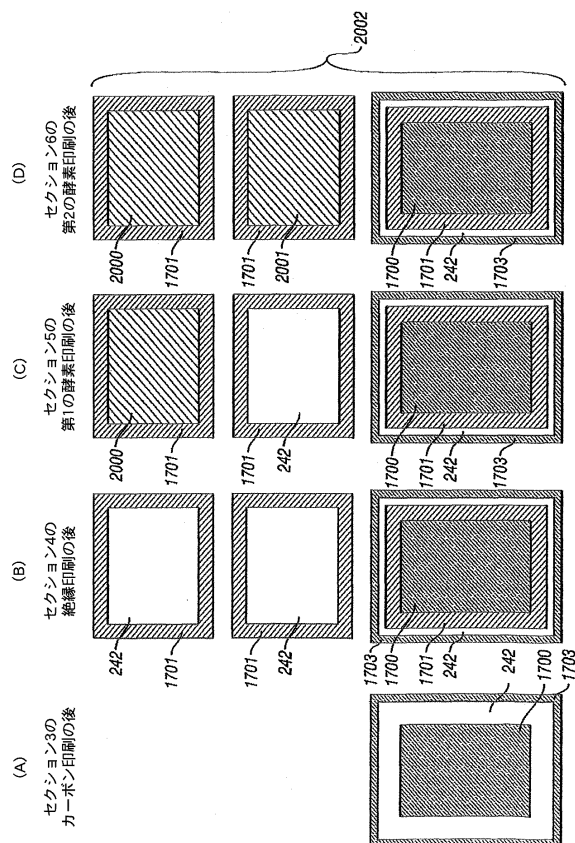
【図18】



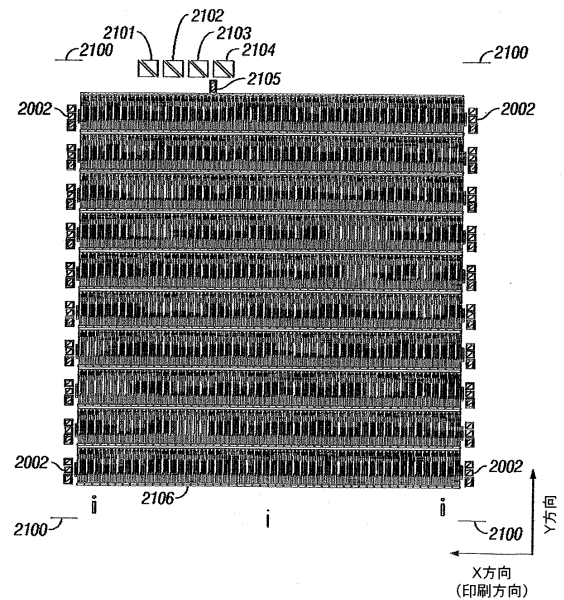
【図19】

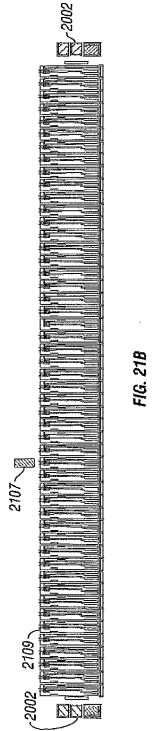
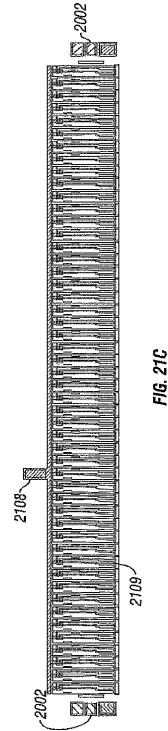
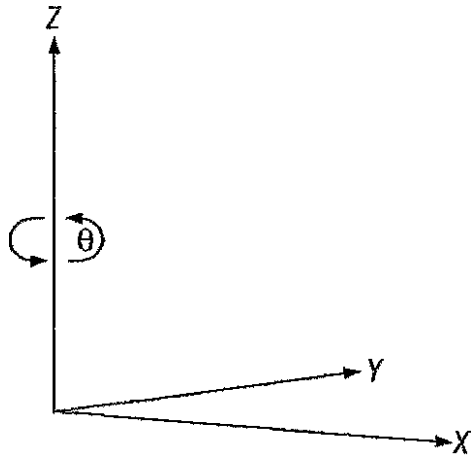


【図20】



【図21A】



【 2 1 B】【 2 1 C】【 2 2】

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 60/436,683

(32)優先日 平成14年12月27日(2002.12.27)

(33)優先権主張国 米国(US)

(31)優先権主張番号 60/436,685

(32)優先日 平成14年12月27日(2002.12.27)

(33)優先権主張国 米国(US)

(56)参考文献 特開2002-060103(JP,A)

国際公開第98/043075(WO,A1)

国際公開第01/073124(WO,A1)

国際公開第01/073109(WO,A1)

国際公開第99/045375(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

G01N 27/327

B65H 19/16

G01N 27/416

G01N 27/30