

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6426737号  
(P6426737)

(45) 発行日 平成30年11月21日 (2018.11.21)

(24) 登録日 平成30年11月2日 (2018.11.2)

|                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| (51) Int. Cl.                  | F I                 |
| <b>G 0 6 F 3/041 (2006.01)</b> | G 0 6 F 3/041 6 6 0 |
| <b>G 0 6 F 3/044 (2006.01)</b> | G 0 6 F 3/041 4 0 0 |
|                                | G 0 6 F 3/044 1 2 2 |

請求項の数 9 (全 20 頁)

|               |                               |           |                           |
|---------------|-------------------------------|-----------|---------------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2016-531742 (P2016-531742)  | (73) 特許権者 | 505005049                 |
| (86) (22) 出願日 | 平成26年7月18日 (2014.7.18)        |           | スリーエム イノベイティブ プロパティ       |
| (65) 公表番号     | 特表2016-530622 (P2016-530622A) |           | ズ カンパニー                   |
| (43) 公表日      | 平成28年9月29日 (2016.9.29)        |           | アメリカ合衆国, ミネソタ州 5 5 1 3 3  |
| (86) 国際出願番号   | PCT/US2014/047212             |           | - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オ |
| (87) 国際公開番号   | W02015/017143                 |           | フィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエ  |
| (87) 国際公開日    | 平成27年2月5日 (2015.2.5)          |           | ム センター                    |
| 審査請求日         | 平成29年7月5日 (2017.7.5)          | (74) 代理人  | 100099759                 |
| (31) 優先権主張番号  | 61/860, 841                   |           | 弁理士 青木 篤                  |
| (32) 優先日      | 平成25年7月31日 (2013.7.31)        | (74) 代理人  | 100077517                 |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                       |           | 弁理士 石田 敬                  |
|               |                               | (74) 代理人  | 100087413                 |
|               |                               |           | 弁理士 古賀 哲次                 |
|               |                               | (74) 代理人  | 100128495                 |
|               |                               |           | 弁理士 出野 知                  |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子的構成要素とパターン化ナノワイヤ透明伝導体との接合

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子アセンブリを製造するための方法であって、  
基材上のパターン化導電性ナノワイヤ層を覆うレジスト層に導電性接着剤を適用することと、

電子部品の電気接点を前記導電性接着剤と係合させて、前記電子部品と前記導電性ナノワイヤ層との間に電氣的接続を提供することと、

を含む、方法。

【請求項 2】

前記導電性接着剤が、中に金属粒子を有する接着剤の層を備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記基材上の前記パターン化導電性ナノワイヤ層が、  
ナノワイヤを含む導電性層で基材をコーティングすることと、  
前記導電性層上にレジストマトリクス材料でパターンを適用して、露出した導電性層の 1 つ又は 2 つ以上の第 1 の領域と、レジストマトリクス材料の 1 つ又は 2 つ以上の第 2 の領域と、を前記基材上に生成することと、

前記レジストマトリクス材料を固化又は硬化させることと、

前記パターンにストリッピング可能なポリマー層を上塗りすることと、

前記ストリッピング可能なポリマー層を固化又は硬化させることと、

10

20

前記ストリッピング可能なポリマー層を前記基材から剥離することと、

前記露出した導電性層を前記基材の前記 1 つ又は 2 つ以上の第 1 の領域において前記基材から除去して、前記基材上に前記パターン化導電性ナノワイヤ層を形成することと、によって生成され、前記パターン化導電性ナノワイヤ層が、前記レジストマトリクス材料によって覆われるナノワイヤを含む、請求項 1 又は 2 のいずれかに記載の方法。

【請求項 4】

前記基材上の前記パターン化導電性ナノワイヤ層が、

ナノワイヤを含む導電性層で基材をコーティングすることと、

前記導電性層上にストリッピング可能なポリマー液形成層でパターンを適用して、露出した導電性層の 1 つ又は 2 つ以上の第 1 の領域と、前記ストリッピング可能なポリマー液形成層で被覆された 1 つ又は 2 つ以上の第 2 の領域と、を前記基材上に生成することと、

前記ストリッピング可能なポリマー液形成層を固化又は硬化させてストリッピング可能なポリマー層にすることと、

前記ストリッピング可能なポリマー層を前記基材から剥離することと、前記基材の前記 1 つ又は 2 つ以上の第 2 の領域において前記導電性層の部分を除去して、前記基材上に前記パターン化導電性ナノワイヤ層を形成することと、によって生成される、請求項 1 又は 2 のいずれかに記載の方法。

【請求項 5】

前記導電性接着剤が、

基材上の前記パターン化導電性ナノワイヤ層を覆う前記レジスト層に転写テープの第 1 面を適用すること、

前記第 1 面の反対側の前記転写テープの第 2 面上で、電子部品の金属接点を導電性接着剤層と係合させて、前記電子部品と前記導電性ナノワイヤ層との間に電気的接続を提供することと、によって適用され、

前記転写テープの前記第 1 面が、金属粒子を含む接着性マトリクスを含む第 1 の導電性接着剤層を備え、前記接着性マトリクスが、感圧性接着剤、熱接合接着剤、又はこれらの組み合わせを含み、前記金属粒子が、前記レジスト層から突出するナノワイヤと接触する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

電子アセンブリであって、

導電性ナノワイヤのパターンを上にも備える基材であって、前記導電性ナノワイヤが、レジストマトリクス材料の層によって覆われる、基材と、

前記レジストマトリクス材料の層上の導電性接着剤と、

前記導電性接着剤と接触している電子部品の電気接点と、

を備える、電子アセンブリ。

【請求項 7】

前記レジストマトリクス材料が、約 10 ナノメートル～約 300 ナノメートルの厚さを有する、請求項 6 に記載の電子アセンブリ。

【請求項 8】

前記導電性接着剤が転写テープを備え、前記転写テープが、前記レジストマトリクス材料の層と接触する第 1 の導電性接着剤層を上にも有する第 1 面と、前記第 1 面の反対側の第 2 面と、を備え、前記第 2 面が、前記電子部品の前記電気接点と接触する第 2 の導電性接着剤層を備える、請求項 6 又は 7 のいずれかに記載の電子アセンブリ。

【請求項 9】

前記第 1 の導電性接着剤層が金属粒子を含む接着性マトリクスを含み、前記金属粒子が、銀、金、銅、アルミニウム、又はこれらの組み合わせを含む、請求項 8 に記載の電子アセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

10

20

30

40

50

透明伝導体は、コンピュータ、スマートフォン、及び他のグラフィックベースのスクリーンインターフェイスを用いた人間の接触又は身振りによる対話型操作を可能にするために、タッチスクリーンに用いられる。ナノワイヤは、透明伝導体の製造に好適な材料の1つである。例えば、「Nanowire-Based Transparent Conductors」と題するPCT公開である国際公開第2007/022226号は、コンピュータと共に使用されるためのタッチスクリーンの生産を可能にするために好適なグリッドにパターン化されることができる、Cambrios Technologies Corporationによって販売されるナノワイヤ材料を開示する。

【0002】

3Mの出願番号第69879US003号は、導電性材料が基材上でパターン化されて（例えば、印刷されて）電気トレースになる、タッチスクリーン装置の効率的な生産のためのプロセスを記載する。このプロセスは、基材が展開され、印刷及び乾燥/硬化などの変換操作が行われ、次にパターン化基材が更なる輸送及び加工のために再度巻かれてロールになる、ロールツーロールプロセスで行われ得る。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

3Mの出願番号第69879号に記載されるプロセスによって形成されるパターン化導電性材料は、例えばタッチスクリーンディスプレイに使用するためのタッチセンサなどの電子アセンブリを生産するために、電子回路構成要素に接続されることができる。本開示は、3Mの出願番号第69879US003号に記載されるプロセスによって形成されるパターン化導電性層を、例えばフレキシブル回路などの電子回路構成要素に接続して、電子装置の構成要素として使用され得る電子アセンブリを形成するためのプロセスを対象とする。本開示は、これらの相互接続プロセスを使用して構成される、例えばタッチスクリーンディスプレイなどの電子装置を更に対象とする。

【0004】

一実施形態では、本開示は、電子アセンブリを製造するための方法であって、基材上のパターン化導電性ナノワイヤ層を覆うレジスト層に導電性接着剤を適用することと、電子的構成要素の電気接点を導電性接着剤と係合させて、電子的構成要素と導電性ナノワイヤ層との間に電氣的接続を提供することと、を含む、方法を対象とする。

【0005】

別の実施形態では、本開示は、電子アセンブリであって、導電性ナノワイヤのパターンを上には有する基材であって、導電性ナノワイヤが、レジストマトリクス材料の層によって覆われる、基材と、レジストマトリクス材料の層上の導電性接着剤と、導電性接着剤と接触している電子的構成要素の電気接点と、を含む、電子アセンブリを対象とする。

【0006】

更に別の実施形態では、タッチスクリーンディスプレイは、液晶ディスプレイ及び電子アセンブリを含む。電子アセンブリは液晶ディスプレイ上のガラス基材を含み、そのガラス基材は、導電性ナノワイヤのパターンをその上には有する。導電性ナノワイヤは、レジストマトリクス材料の層によって覆われる。導電性接着剤はレジストマトリクス材料の層の上に存在し、フレキシブル回路の電気接点は導電性接着剤と接触している。可撓性透明面が電子アセンブリを覆う。

【0007】

本発明の1つ又は2つ以上の実施形態の詳細は、添付の図面及び以下の説明に記載される。本発明の他の特徴、目的、及び利点は、明細書及び図面、並びに特許請求の範囲から明らかとなるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】基材上の導電性ナノワイヤ層の概略断面図であり、導電性ナノワイヤ層は、パターン化レジストマトリクス材料によって覆われている。

【図2】ストリッピング可能なポリマー層によって覆われている図1の構成体の概略断面図である。

【図3】ストリッピング可能なポリマー層の除去後の図2の構成体の概略断面図である。

【図3A】ストリッピング可能なポリマー層の除去後の導電性ナノワイヤ層の一部の概略断面図であり、突出するナノワイヤを図示している。

【図4】電子的構成要素との接合の準備中の、導電性接着剤が上に適用されている図3の構成体の概略断面図である。

【図5】電子的構成要素に接合された図4の構成体を含む積層構成体の概略断面図である。

【図6】基材上の導電性ナノワイヤ層の概略断面図であり、導電性ナノワイヤ層は、パターン化されたストリッピング可能なポリマー層によって覆われている。

【図7】ストリッピング可能なポリマー層の除去後の図6の構成体の概略断面図である。

【図8】タッチスクリーンディスプレイの概略断面図である。

【0009】

図面中の同様の符号は、同様の要素を対象とする。

【発明を実施するための形態】

【0010】

ここで図1を参照すると、基材14は、ナノワイヤを含む導電性層16でコーティングされている。導電性ナノワイヤ層16は、基材14の第1の主表面15の少なくとも一部にわたって、望ましくは第1の主表面の面積の少なくとも50%、60%、70%、80%、又は90%にわたって、実質的に連続的である。導電性ナノワイヤ層16は、基材に連続的に沿ってコーティングされるか、又は、分離しているブロック若しくは長方形状で、コーティングされていない基材の領域をその間に残すように適用されてもよく、このブロック若しくは長方形は、生産される目的のタッチスクリーンの全体的な大きさと同様の大きさを有する。「実質的に連続的」とは、基材の表面を導電性にするのに十分な密度でナノワイヤが適用されることを意味し、ナノワイヤ層は、例えば、国際公開第2007/022226号の図15Bに示されるように、間に開口部又は間隙を有する個別のワイヤを含むと認識される。

【0011】

導電性ナノワイヤ層16は、導電性ナノワイヤを含む。本出願では、ナノワイヤという用語は、高いアスペクト比（例えば、10より高い）を有する導電性金属又は非金属性フィラメント、繊維、ロッド、ストリング、ストランド、ウィスカー、又はリボンを指す。非金属性導電性ナノワイヤの例としては、カーボンナノチューブ（CNT）、金属酸化物ナノワイヤ（例えば、五酸化バナジウム）、メタロイドナノワイヤ（例えば、シリコン）、導電性ポリマー繊維などが挙げられるが、これらに限定されない。

【0012】

本明細書で使用される場合、「金属ナノワイヤ」は、元素金属、金属合金、又は金属化合物（金属酸化物を含む）を含む、金属性ワイヤを指す。金属ナノワイヤの少なくとも1つの断面寸法は、500nm未満、又は200nm未満、より好ましくは100nm未満である。記述したように、金属ナノワイヤは、10超、好ましくは50超、より好ましくは100超のアスペクト比（長さ：幅）を有する。好適な金属ナノワイヤは、銀、金、銅、ニッケル、及び金メッキした銀を含むがこれらに限定されない、任意の金属に基づいてよい。

【0013】

金属ナノワイヤは、当該技術分野で既知の方法によって調製され得る。具体的には、銀ナノワイヤは、ポリオール（例えば、エチレングリコール）及びポリビニルピロリドンの存在下で銀塩（例えば、硝酸銀）の溶液相還元によって合成され得る。均一な大きさの銀ナノワイヤの大規模生産は、例えば、Xia, Y. et al., Chem. Mater. (2002), 14, 4736~4745、及びXia, Y. et al., Nano Letters (2003) 3(7), 955~960に記載される方法に従って調製

10

20

30

40

50

され得る。生物学的鑄型の使用などの、ナノワイヤを製造するより多くの方法が、国際公開第2007/022226号に開示される。

【0014】

ある特定の実施形態では、ナノワイヤは液体中に分散され、ナノワイヤを含有する液体を基材上にコーティングし、次いで液体を蒸発（乾燥）又は硬化させることによって、基材上のナノワイヤ層が形成される。ナノワイヤは、典型的には、コーティング器又は噴霧器を使用することによって基材上へのより均一な堆積を容易にするために、液体中に分散される。

【0015】

ナノワイヤが安定した分散液（「ナノワイヤ分散液」とも呼ばれる）を形成することが  
10 できる任意の非腐食性液体が使用され得る。好ましくは、ナノワイヤは、水、アルコール、ケトン、エーテル、炭化水素、又は芳香族溶媒（ベンゼン、トルエン、キシレンなど）中に分散される。より好ましくは、この液体は揮発性であり、200摂氏度（ ）以下、150 以下、又は100 以下の沸点を有する。

【0016】

更に、ナノワイヤ分散液は、粘度、腐食、接着、及びナノワイヤの分散を制御するための添加剤又は結合剤を含有してもよい。好適な添加剤又は結合剤の例としては、カルボキシメチルセルロース（CMC）、2-ヒドロキシエチルセルロース（HEC）、ヒドロキシプロピルメチルセルロース（HPMC）、メチルセルロース（MC）、ポリビニルアルコール（PVA）、トリプロピレングリコール（TPG）、及びキサンタンガム（XG）  
20 、並びに界面活性剤、例えばエトキシレート、アルコキシレート、エチレンオキシド、及びプロピレンオキシド、及びそれらのコポリマー、スルホン酸塩、硫酸塩、ジスルホン酸塩、スルホコハク酸塩、リン酸エステル、及びフッ素系界面活性剤（例えば、DuPontから商品名Zonylで入手可能なもの）などが挙げられるが、これらに限定されない。

【0017】

一例では、ナノワイヤ分散液、即ち「インク」は、0.0025重量%～0.1重量%の界面活性剤（例えば、Zonyl（登録商標）FSO-100の場合好ましい範囲は0.0025重量%～0.05重量%である）、0.02重量%～4重量%の粘度改質剤（  
30 例えば、HPMCの場合好ましい範囲は0.02重量%～0.5重量%である）、94.5重量%～99.0重量%の溶媒、及び0.05重量%～1.4重量%の金属ナノワイヤを含む。好適な界面活性剤の代表例としては、Zonyl FSN、Zonyl FSO、Zonyl FSH、Triton（x100、x114、x45）、Dynol（604、607）、n-ドデシルb-D-マルトシド、及びNovakが挙げられる。好適な粘度改質剤の例としては、ヒドロキシプロピルメチルセルロース（HPMC）、メチルセルロース、キサンタンガム、ポリビニルアルコール、カルボキシメチルセルロース、ヒドロキシエチルセルロースが挙げられる。前述の結合剤又は添加剤を含むナノワイヤ分散液中に存在し得る好適な溶媒の例としては、水及びイソプロパノールが挙げられる。

【0018】

上記に開示される分散液の濃度を変更することが所望される場合、溶媒の割合を増加又は減少させてもよい。しかしながら、好ましい実施形態では、他の成分の相対比は同じままであってもよい。具体的には、界面活性剤と粘度改質剤との比は、好ましくは約80：  
40 1～約0.01：1の範囲内であり、粘度改質剤とナノワイヤとの比は、好ましくは約5：1～約0.000625：1の範囲内であり、ナノワイヤと界面活性剤との比は、好ましくは約560：1～約5：1の範囲内である。分散液の構成成分の比は、使用される基材及び適用の方法に応じて修正されてよい。ナノワイヤ分散液の好ましい粘度範囲は、約1～1000cP（0.001～1Pa-s）である。

【0019】

図1の基材14は、剛性又は可撓性であってもよい。基材は、透明又は不透明であってもよい。好適な剛性基材としては、例えば、ガラス、ポリカーボネート、アクリルなどが  
50

挙げられる。好適な可撓性基材としては、ポリエステル（例えば、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエステルナフタレート（PEN）、及びポリカーボネート（PC））、ポリオレフィン（例えば、線状、分岐状、及び環状ポリオレフィン）、ポリビニル（例えば、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリビニルアセタール、ポリスチレン、ポリアクリレートなど）、セルロースエステルベース（例えば、三酢酸セルロース、酢酸セルロース）、ポリエーテルスルホンなどのポリスルホン、ポリイミド、シリコン、及び他の従来のポリマーフィルムが挙げられるが、これらに限定されない。好適な基材の追加の例は、例えば、米国特許第6,975,067号に見出すことができる。

#### 【0020】

任意に、基材の表面は、後のナノワイヤの堆積をより良好に受けるように表面を準備するために前処理されてよい。表面の前処理は、複数の機能を果たす。例えば、前処理は、均一なナノワイヤ分散層の堆積を可能にする。更に、それらは、後の加工工程のために基材上のナノワイヤを固定化することができる。更に、前処理は、ナノワイヤのパターン化された堆積をもたらすためにパターン化工程と共に行われてよい。国際公開第2007/02226号に記載されるように、前処理は、溶媒又は化学的洗浄、加熱、適切な化学的状态又はイオン状態をナノワイヤ分散液にもたらすための最適なパターン化中間層の堆積、並びにプラズマ処理、紫外線放射（UV）-オゾン処理、又はコロナ放電などの更なる表面処理を含み得る。

#### 【0021】

ナノワイヤ層16を形成するナノワイヤ分散液は、所望の光学特性及び電気特性を得るように選択される所与の厚さで基材に適用されてよい。この適用は、スロットコーティング、ロールコーティング、メイヤーロッドコーティング、浸漬コーティング、カーテンコーティング、スライドコーティング、ナイフコーティング、グラビアコーティング、ノッチバーコーティング、又は噴霧などの既知のコーティング方法を使用して行われ、基材上の導電性ナノワイヤ層をもたらす。ナノワイヤ層16は、グラビア印刷、フレキソ印刷、スクリーン印刷、凸版印刷、インクジェット印刷などを含むがこれらに限定されない印刷技術を使用して、非連続的に堆積されてもよい。このコーティング工程は、ロールツーロールプロセスとして、又はピースパーツ様式のいずれかで行われてよい。

#### 【0022】

堆積後、分散液の液体は、典型的には蒸発によって除去される。蒸発は、加熱によって（例えば、乾燥機を使用して）加速され得る。得られる導電性ナノワイヤ層は、それをより導電性にするための後処理を必要とする場合がある。この後処理は、国際公開第2007/02226号に更に記載されるように、熱、プラズマ、コロナ放電、UV-オゾン、又は圧力への曝露を伴うプロセス工程であり得る。任意に、基材をナノワイヤ層でコーティングすることの後に、ナノワイヤ層を固化又は硬化させることが続いてもよい。

#### 【0023】

任意に、導電性ナノワイヤ層16は、液体分散コーティング以外の手段を使用して基材表面15にその層が送達されるプロセスによって、基材14上にコーティングされてもよい。例えば、ナノワイヤ層は、ドナー基材から基材表面に乾式転写されてもよい。更なる例として、ナノワイヤは、気相分散系から基材表面に送達されてもよい。

#### 【0024】

特定の一実施形態では、スロットダイコーティング技術を使用して、ナノワイヤの水性分散液（例えば、商品名Clear Ohm InkでCambriosから入手可能な分散液）の層を、厚さ10.0~25マイクロメートルの範囲内で、PET基材に適用した。コーティングの配合（例えば、全固形分重量%、及び銀ナノワイヤの固形分重量%）は、コーティング及び乾燥プロセス条件と合わせて、計画される電気特性及び光学特性、例えば、所望のシート抵抗（Ohm/Sq）、並びに透過率（%）及びヘイズ（%）などの光学特性を有するナノワイヤ層を生成するように選択されることができる。

#### 【0025】

ナノワイヤを基材上に（例えば、ナノワイヤ分散液から）コーティングすることから生

10

20

30

40

50

じる導電性ナノワイヤ層 16 は、ナノワイヤを、そして任意に結合剤又は添加剤を含む。ナノワイヤ層は、好ましくは、ナノワイヤの相互接続されたネットワークを含む。ナノワイヤ層を構成するナノワイヤは、好ましくは相互に電氣的に接続され、近似的又は有効にシート伝導体に至る。ナノワイヤ層は、層を構成する個別のナノワイヤ間に開放空間を含み、少なくとも部分的な透明性（即ち、光透過率）をもたらし。個別のナノワイヤ間に開放空間をもつナノワイヤの相互接続されたネットワークを有するナノワイヤ層は、透明伝導体層として説明され得る。

#### 【0026】

典型的には、ナノワイヤ層 16 の光学品質は、光透過率及びヘイズを含む測定可能な特性によって定量的に説明され得る。「光透過率」は、媒体を介して透過される入射光の百分率を指す。様々な実施形態では、導電性ナノワイヤ層の光透過率は少なくとも 80 % であり、99.9 % の高さであってもよい。様々な実施形態では、ナノワイヤ層などの導電性層の光透過率は少なくとも 80 % であり、99.9 % の高さであってもよい（例えば、90 % ~ 99.9 %、95 % ~ 99.5 %、97.5 % ~ 99 %）。基材（例えば、透明な基材）上にナノワイヤ層が堆積又は積層（例えば、コーティング）される透明伝導体の場合、構造体全体の光透過率は、構成要素であるナノワイヤ層の光透過率と比較してわずかに減少する場合がある。導電性ナノワイヤ層及び基材と組み合わせて存在し得る他の層、例えば接着剤層、反射防止層、防眩層などは、透明伝導体の総合的な光透過率を改良又は減少させる場合がある。様々な実施形態では、基材上に堆積又は積層される導電性ナノワイヤ層、及び 1 つ又は 2 つ以上の他の層を備える透明伝導体の光透過率は、少なくとも 50 %、少なくとも 60 %、少なくとも 70 %、少なくとも 80 %、少なくとも 90 %、又は少なくとも 91 % であり得、少なくとも 91 % ~ 99 % の高さであってもよい。

#### 【0027】

ヘイズは光拡散の指数である。これは、入射光から分離し、透過中に散乱する光の量の百分率を指す。主に媒体の特性である光透過率とは異なり、ヘイズは多くの場合生産上の懸念事項であり、典型的には、表面粗度及び媒体中の包埋粒子又は組成の不均質性によって生じる。ASTM規格番号 D1003 - 11 に従って、ヘイズは、2.5 度を超える角度で偏向する透過光の割合として定義することができる。様々な実施形態では、導電性ナノワイヤ層のヘイズは、10 % 以下、8 % 以下、5 % 以下、2 % 以下、1 % 以下、0.5 % 以下、又は 0.1 % 以下（例えば、0.1 % ~ 5 % 又は 0.5 ~ 2 %）である。基材（例えば、透明な基材）上に導電性ナノワイヤ層が堆積又は積層（例えば、コーティング）される透明伝導体の場合、構造体全体のヘイズは、構成要素であるナノワイヤ層のヘイズと比較してわずかに上昇する場合がある。導電性ナノワイヤ層及び基材と組み合わせて存在し得る他の層、例えば接着剤層、反射防止層、防眩層などは、ナノワイヤ層を備える透明伝導体の総合的なヘイズを改良又は減少させる場合がある。様々な実施形態では、基材上に堆積又は積層された導電性ナノワイヤ層を備える透明伝導体のヘイズは、10 % 以下、8 % 以下、5 % 以下、2 % 以下、1 % 以下、0.5 % 以下、又は 0.1 % 以下（例えば、0.1 % ~ 5 % 又は 0.5 ~ 2 %）であり得る。「透明度」は、2.5 度未満の角度で偏向する透過光の割合である。

#### 【0028】

導電性ナノワイヤ層 16 のシート抵抗、透過率、及びヘイズは、その層及びその構成材料（ナノワイヤなど）のある特定の特質を変更することによって調整され得る。ナノワイヤに関して、例えば、組成（例えば、Ag、Cu、Cu-Ni 合金、Au、Pd）、長さ（例えば、1 マイクロメートル、10 マイクロメートル、100 マイクロメートル、又は 100 マイクロメートル超）、断面寸法（例えば、10 ナノメートル、20 ナノメートル、30 ナノメートル、40 ナノメートル、50 ナノメートル、75 ナノメートル、又は 75 ナノメートル超の直径）は様々であってもよい。ナノワイヤを含む導電性層に関して、例えば、その他の構成成分（例えば、セルロース系結合剤、界面活性剤などの加工助剤、又は導電性ポリマーなどのコンダクタンス向上剤）又はそのナノワイヤの面積密度（例えば、1 平方ミリメートル当たり 10 超、1 平方ミリメートル当たり 100 超、1 平方ミリメ

ートル当たり1000超、又は更には1平方ミリメートル当たり10000超)は、様々であってよい。したがって、導電性層又はナノワイヤ層のシート抵抗は、1,000,000Ω/hm/Sq未満、1,000Ω/hm/Sq未満、100Ω/hm/Sq未満、又は更には10Ω/hm/Sq未満(例えば、10Ω/hm/Sq~1,000Ω/hm/Sq、100Ω/hm/Sq~500Ω/hm/Sq、200Ω/hm/Sq~2000Ω/hm/Sq、又は25~150Ω/hm/Sq)であり得る。導電性層又はナノワイヤ層の透過率は少なくとも80%であり得、99.9%の高さであってもよい(例えば、90%~99.9%、95%~99.5%、又は97.5%~99%であってもよい)。導電性層又はナノワイヤ層のヘイズは、10%以下、8%以下、5%以下、2%以下、1%以下、0.5%以下、又は0.1%以下(例えば、0.1%~5%又は0.5~2%)であり得る。

10

#### 【0029】

図1を再度参照すると、レジストマトリクス材料のパターンが導電性ナノワイヤ層16上に適用されて、露出した導電性ナノワイヤ層の1つ又は2つ以上の第1の領域17と、レジストマトリクス材料の1つ又は2つ以上の第2の領域22と、を基材14上に生成している(例えば、タッチスクリーンの回路パターン)。レジストマトリクス材料20は、例えば印刷によって導電性ナノワイヤ層16上に適用又はパターン化され得、そのように適用されると、導電性ナノワイヤ層をより粘着性にするか又は基材上で保護された状態にする。

#### 【0030】

ある特定の実施形態では、マトリクス材料20は、ポリマーを、そして望ましくは光学的に透明なポリマーを含む。好適なポリマー系レジストマトリクス材料の例としては、ポリメタクリレート、ポリアクリレート、及びポリアクリロニトリルなどのポリアクリル樹脂、ポリビニルアルコール、ポリエステル(例えば、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリエステルナフタレート(PEN)、及びポリカーボネート(PC))、高度の芳香族性を有するポリマー、例えばフェノール樹脂又はクレゾールホルムアルデヒド(Novolacs(登録商標))、ポリスチレン、ポリビニルトルエン、ポリビニルキシレン、ポリイミド、ポリアミド、ポリアミドイミド、ポリエーテルイミド、多硫化物、ポリスルホン、ポリフェニレン、及びポリフェニルエーテル、ポリウレタン(PU)、エポキシ、ポリオレフィン(例えば、ポリプロピレン、ポリメチルペンテン、及び環状オレフィン)、アクリロニトリル-ブタジエン-スチレンコポリマー(ABS)、セルローズ誘導体、シリコン及び他のシリコン含有ポリマー(例えば、ポリシルセスキオキサン及びポリシラン)、ポリ塩化ビニル(PVC)、ポリアセテート、ポリノルボルネン、合成ゴム(例えば、EPR、SBR、EPDM)、及びフルオロポリマー(例えば、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、又はポリヘキサフルオロプロピレン)、フルオロオレフィン及び炭化水素オレフィンのコポリマー(例えば、Lumiflon(登録商標))、並びに非晶質フッ化炭素ポリマー若しくはコポリマー(例えば、Asahi Glass Co.によるCYTOP(登録商標)、又はDuPont Corp.によるTeflon(登録商標)AF)が挙げられるが、これらに限定されない。

20

30

#### 【0031】

他の実施形態では、レジストマトリクス材料20は、プレポリマーを含む。「プレポリマー」は、本明細書に記載されるように、重合及び/若しくは架橋してポリマーマトリクスを形成することができる、モノマーの混合物、又はオリゴマー若しくは部分的ポリマーの混合物を指す。望ましいポリマーマトリクスを考慮して、好適なモノマー又は部分的ポリマーを選択することは、当業者の知識の範囲内である。

40

#### 【0032】

いくつかの実施形態では、プレポリマーは光硬化性であり、即ち、プレポリマーは照射に曝露されると重合及び/又は架橋する。光硬化性プレポリマーに基づくレジストマトリクス材料は、選択的領域における照射への曝露によって、又は基材上にプレポリマーを選択的に配置し、続いて照射に均一に曝露することによって、パターン化され得る。他の実

50

施形態では、プレポリマーは熱硬化性であり、同様の様式でパターン化され得るが、熱源への曝露が照射への曝露の代わりに使用される。

【 0 0 3 3 】

典型的には、レジストマトリクス材料 2 0 は液体として適用される。レジストマトリクス材料は、溶媒を任意に含んでもよい（例えば、適用中に）。任意に、溶媒は、適用過程に、例えばストリッピング可能なポリマー層の上塗りの前に除去されてよい。マトリクス材料を有効に溶媒和又は分散させることができる任意の非腐食性溶媒が使用され得る。好適な溶媒の例としては、水、アルコール、ケトン、エーテル、テトラヒドロフラン、炭化水素（例えばシクロヘキサン）、又は芳香族溶媒（ベンゼン、トルエン、キシレンなど）が挙げられる。この溶媒は揮発性であり得、2 0 0 以下、1 5 0 以下、又は1 0 0 以下の沸点を有し得る。

10

【 0 0 3 4 】

いくつかの実施形態では、レジストマトリクス材料 2 0 は、架橋剤、重合開始剤、安定剤（例えば、抗酸化剤、並びにより長い製品寿命のためのUV安定剤、及びより長い貯蔵寿命のための重合阻害剤を含む）、界面活性剤などを含み得る。いくつかの実施形態では、マトリクス材料 2 0 は、腐食阻害剤を更に含み得る。いくつかの実施形態では、レジストマトリクス材料自体が導電性である。例えば、マトリクスは導電性ポリマーを含み得る。導電性ポリマーは当該技術分野で既知であり、ポリアニリン、ポリチオフェン、及びポリジアセチレンを含むが、これらに限定されない。

20

【 0 0 3 5 】

いくつかの実施形態では、レジストマトリクス材料は、約 1 0 ナノメートル及び約 3 0 0 ナノメートル、約 2 0 ナノメートル～約 2 0 0 ナノメートル、約 4 0 ナノメートル～2 0 0 ナノメートル、又は約 5 0 ナノメートル～2 0 0 ナノメートルの厚さを有する。

【 0 0 3 6 】

いくつかの実施形態では、レジストマトリクス材料は、約 1 . 3 0 ~ 2 . 5 0、約 1 . 4 0 ~ 1 . 7 0、又は約 1 . 3 5 ~ 1 . 8 0 の屈折率を有する。

【 0 0 3 7 】

レジストマトリクス材料 2 0 は導電性ナノワイヤ層 1 6 に一体性を付加し、基材 1 4 の表面 1 5 への導電性ナノワイヤ層 1 6 の改良された接着を促進することができる。

【 0 0 3 8 】

30

典型的には、レジストマトリクス材料 2 0 は光学的に透明な材料である。材料の光透過率が可視領域（4 0 0 nm ~ 7 0 0 nm）内で少なくとも 8 0 % である場合、その材料は光学的に透明であると見なされる。特に明記しない限り、本明細書に記載される全ての層（基材を含む）は、好ましくは光学的に透明である。レジストマトリクス材料の光学的透明度は、典型的には、屈折率（RI）、厚さ、平滑度、厚さ全体にわたるRIの稠度、表面（界面を含む）反射、並びに表面粗度及び／又は包埋粒子によって引き起こされる散乱を含むがこれらに限定されない、多数の要因によって決定される。

【 0 0 3 9 】

上述のように、レジストマトリクス材料 2 0 は、硬化されかつ／又は固化されて、導電性ナノワイヤ層 1 6 の上にパターンを形成する選択された領域内の保護層となることができる。「硬化又は硬化させること」は、固形ポリマーマトリクスを形成するようにモノマー若しくは部分的ポリマー（例えば1 5 0 個より少ないモノマー単位を含むオリゴマー）が重合する過程、又はポリマーが架橋する過程を指す。好適な重合条件又は架橋条件は当該技術分野で周知であり、例として、モノマーを加熱すること、モノマーに可視光又は紫外線（UV）光を照射すること、電子ビームなどを含む。あるいは、「固化又は固化させること」は、例えば重合又は架橋を伴わずに、レジストマトリクス材料の乾燥中の溶媒除去によって生じ得る。

40

【 0 0 4 0 】

レジストマトリクス材料 2 0 は、好適なパターン化プロセスによってパターン化される。好適なパターン化プロセスとしては、フォトリソグラフィー（この場合レジストマトリ

50

クス材料はフォトレジストである)などの減算法が挙げられる。好適なパターン化プロセスとしては、直接印刷も挙げられる。上述のように、印刷されたレジストを固化又は硬化させることは、次のプロセス工程前に起こる。好適な印刷機又はパターン化方法は既知であり、例示されたフレキソ印刷機、グラビア印刷、インクジェット印刷、スクリーン印刷、噴霧コーティング、ニードルコーティング、フォトリソグラフィー的パターン化、及びオフセット印刷を含む。

#### 【0041】

好適なパターンは、幅又は長さのいずれかである最小の寸法がゼロマイクロメートルを超える、例えば0.001マイクロメートル超かつ1マイクロメートル未満、10マイクロメートル未満、100マイクロメートル未満、1mm未満、又は10mm未満である、特徴を含む。特徴の大きさの一切の上限は、上に印刷がなされる基材の大きさによってのみ限定される。ロールツーロール印刷の場合、これは、ウェブの機械方向において有効に不定である。これらの特徴は、星形、正方形、長方形、又は円形などの、パターン化され得る任意の形状をとってよい。多くの場合、特徴は、タッチスクリーンの構成要素として使用されるために接触に対して感応性である、平行線又はグリッドとなる。

#### 【0042】

図2を参照すると、ストリッピング可能なポリマー材料30が、基材14上の導電性ナノワイヤ層16及びレジスト層20の上に適用されている(例えば、基材14上の導電性ナノワイヤ層16の1つ又は2つ以上の領域の上に、例えば印刷することによって、コーティング又はパターン化されている)。そのように適用されると、ストリッピング可能なポリマー材料30は、導電性ナノワイヤ層16を、(例えば、ストリッピング可能なポリマー材料30がパターン化される1つ又は2つ以上の領域において)剥離によって除去可能にする。概して、導電性ナノワイヤ層16に適用されるストリッピング可能なポリマー材料30は、基材上にコーティングされた同じ導電性ナノワイヤ層に適用されるレジストマトリクス材料よりも、基材に対する粘着性が低い。概して、導電性ナノワイヤ層16に適用されるレジストマトリクス材料20に適用されるストリッピング可能なポリマー材料30は、レジストマトリクス材料が導電性ナノワイヤ層16に対して粘着性であるよりも、レジストマトリクス材料20に対する粘着性が低い。

#### 【0043】

好適なストリッピング可能なポリマー材料は、導電性ナノワイヤ層16を容易にコーティングし、かつそれに接着するが、層30がレジストマトリクス材料20及び基材14の両方から剥離され得るように、基材14又はレジストマトリクス材料20のいずれかに過度に接着しない。ストリッピング可能なポリマー層30の化学組成の選択は、基材14、レジストマトリクス材料20、及び導電性ナノワイヤ層16の特定組成の選択に依存する。

#### 【0044】

好適なストリッピング可能なポリマー層の1つは、ポリビニルアルコール(PVA)を含む。いくつかの実施形態では、PVAについては約8,000~9,000Daの分子量が好ましいことが分かっている。PVAを含む好適な市販のコーティング組成物は、MacDermid Autotype, Inc., Rolling Meadows, ILから入手可能なMacDermid's Print & Peelである。Print and Peelは、ある範囲の表面仕上げの上に選択的に印刷されて、容易に除去可能な保護マスクとして作用するように設計された水系のスクリーン印刷可能なニスである。驚くべきことに、ナノワイヤ層16へのこの組成物の接着力は、レジストパターン26によって被覆されたナノワイヤ領域を後の剥離操作中に基材に取り付けられた状態で容易に残しながら、それを不必要な領域において基材14から完全に除去するために十分であったと分かった。

#### 【0045】

別の市販のストリッピング可能なポリマー材料は、Nazdar Ink Technologies, Shawnee, KSから入手可能なNazdar 303440WB

10

20

30

40

50

水系剥離可能マスクである。別の好適なストリッピング可能なポリマー層は、ポリビニルアルコール（PVA）、及びUnion Carbideから入手可能なTriton X-114（又は別の好適な界面活性剤）、及び脱イオン水を混合することによって配合され得る。好適な配合物の1つは、20重量%のPVA（8,000~9,000Daの分子量）、2重量%のTriton X-114、及び残部の脱イオン水を含み得る。

#### 【0046】

好ましくは、ストリッピング可能なポリマー層30は、レジストマトリクス材料20がパターン化された基材14に液体状態で送達される。ストリッピング可能なポリマー層30は、レジストマトリクス材料がパターン化された基材にストリッピング可能なポリマー層形成液を適用することによって形成される。コーティング器による適用後に、ストリッピング可能なポリマー層30を固化又は硬化させるために、乾燥機が任意に使用され得る。ストリッピング可能なポリマー層形成液は、スロットコーティング、グラビアコーティング、ロールコーティング、フラッドコーティング、ノッチバーコーティング、噴霧、熱圧縮積層、又は真空積層などの既知の適用方法を使用して基材に適用される。

#### 【0047】

図1に示されるように、導電性ナノワイヤ層16及びレジストマトリクス材料パターン20を有する基材の表面15は、i)露出した導電性ナノワイヤ層16の1つ又は2つ以上の第1の領域17と、ii)レジストマトリクス材料によって覆われた導電性ナノワイヤ層の1つ又は2つ以上の第2の領域22と、を含む。概して、レジストマトリクス材料領域は、露出した導電性ナノワイヤ層領域に対して隆起している。概して、レジストマトリクス材料領域と露出した導電性ナノワイヤ層領域との間の境界に、起伏の変化が存在する。そのような起伏の変化の一例は、露出した導電性層領域とレジストマトリクス材料のレジストマトリクス材料領域との間のステップ縁である。ステップ縁は、（前述の例におけるレジストマトリクス材料の厚さによって近似される）高さを有し得、これは側面範囲（例えば、ステップ縁が上に存在する基材に対して平行な面に近似的にある距離）を有し得る。起伏の変化に応じて、そしてレジストマトリクス材料及び露出した導電性層領域の面内の幾何学的形状（例えば、形状及び大きさ）に応じて、露出した導電性材料表面の實質的に全体を、ストリッピング可能なポリマー層と接触させることは困難な場合がある。露出した導電性ナノワイヤ層領域の一部がストリッピング可能なポリマー層と接触しない場合、その部分は、後の剥離工程中に成功裏に又は高いパターン忠実度をもって、除去されない場合がある。したがって、いくつかの実施形態では、ストリッピング可能なポリマー形成液層はレジストマトリクス材料がパターン化された基材に適用され、露出した導電性層の少なくとも50%、好ましくは少なくとも75%、より好ましくは少なくとも90%、より好ましくは少なくとも95%、より好ましくは少なくとも99%、最も好ましくは100%が、ストリッピング可能なポリマー層材料と接触する。

#### 【0048】

レジストマトリクス材料がパターン化された基材に送達されるストリッピング可能なポリマー層形成液に関して、これは、ポリマー溶液、ポリマー分散液、モノマー溶液、モノマー、モノマーの混合物、又は溶融物であり得る。この液体は、少量の二次的構成成分（例えば、光開始剤、界面活性剤、粘度改質剤）を含み得る。ストリッピング可能なポリマー層は、固体（例えば、露出したナノワイヤ材料領域において接着剤と露出した導電性又はナノワイヤ材料との間の接触の度合を限定するであろう認識可能な降伏応力を示す、架橋された感圧性接着剤などの粘弾性固体）として送達されない。液体状態でのストリッピング可能な層の適用は、レジストマトリクス材料でパターン化された基材からストリッピング可能なポリマー層を剥離した後の導電性又はナノワイヤ層の高解像度（高忠実度）のパターン化をもたらす。

#### 【0049】

ストリッピング可能なポリマー層形成液の粘度は、レジストマトリクス材料でパターン化された基材にそれを送達するのに使用される適用方法を考慮して選択されることができ。例えば、ポリマー溶液、モノマー、又はモノマー溶液のスロットコーティング、ロー

10

20

30

40

50

ルコーティング、グラビアコーティング、フラッドコーティング、ノッチバーコーティング、又は噴霧の場合、粘度は、 $1\text{ cps} \sim 10,000\text{ cps}$  ( $0.001 \sim 10\text{ Pa-s}$ )、好ましくは $10\text{ cps} \sim 2,500\text{ cps}$  ( $0.01 \sim 2.5\text{ Pa-s}$ )であり得る。ポリマー溶融物の熱圧縮又は真空積層の場合、粘度は $10,000\text{ cps} \sim 100,000,000\text{ cps}$  ( $10\text{ Pa-s} \sim 100\text{ Pa-s}$ )であり得る。ストリッピング可能なポリマー層形成液は、好ましくはゼロの降伏応力を有する。いくつかの有用なストリッピング可能なポリマー層形成液は、好ましくは $100\text{ Pa}$ 未満、より好ましくは $50\text{ Pa}$ 未満、更により好ましくは $5\text{ Pa}$ 未満、なおより好ましくは $1\text{ Pa}$ 未満の、非常に低い降伏応力を生じ得る。

#### 【0050】

ストリッピング可能なポリマー層30は、基材の第1の主表面の少なくとも一部にわたって、望ましくは第1の主表面の面積の少なくとも50%、60%、70%、80%、又は90%にわたって、実質的に連続的である。ストリッピング可能なポリマー層は、分離しているブロック又は長方形状で、コーティングされていない基材の領域をその間に残すように適用されてもよく、このブロック又は長方形は、生産される目的のタッチスクリーンの全体的な大きさと同様の大きさを有する。「実質的に連続的」とは、ストリッピング可能なポリマー層が、パターン化レジストマトリクス材料20だけでなく、パターン化レジストマトリクス材料の間に存在する導電性ナノワイヤ層16もまた被覆するように、複数のパターン化レジストマトリクス材料の線、トレース、又は分離している特徴の上にストリッピング可能なポリマー層が適用されることを意味する。典型的には、均一な厚さ及び連続的なコーティングのストリッピング可能なポリマー材料が、基材の少なくともいくつかの部分の上に適用されるが、必ずしも基材の幅又は長さ全体の上に適用されるとは限らない。例えば、各縁に沿った切片又は周縁部はコーティングされずに残される一方で、基材の中部は、ストリッピング可能なポリマー材料でコーティングされてもよい。

#### 【0051】

本明細書に記載されるアプローチは、いくつかの利点を有する。まず、ストリッピング可能なポリマー層を液体状態から流延することによって、ストリッピング可能なポリマー層と導電性ナノワイヤ層との間に非常に密接な接点を生成することが可能である。次に、この密接な接点は、ストリッピング可能なポリマー層が除去された後、導電性ナノワイヤ層の除去された部分が基材上に落ちることを防止し、製品収率を実質的に減少させ得る基材の汚染を回避する。最後に、上塗り工程後、ストリッピング可能なポリマー層は、輸送、取り扱い、及び変換操作の間に定位置に留まり、保護フィルムとしての機能を果たし、導電性ナノワイヤ材料がレーザーアブレーションを使用してパターン化された場合にそうであるように、追加のライナが事後に適用される必要性を排除することができる。

#### 【0052】

ストリッピング可能なポリマー層は、パターン化レジストマトリクス材料20及び導電性ナノワイヤ層16の両方を被覆するために十分な厚さで適用される。ストリッピング可能なポリマー層の典型的な厚さは、約 $2\text{ }\mu\text{m}$ ～約 $10\text{ }\mu\text{m}$ 、又は $10\text{ }\mu\text{m}$ ～ $25\text{ }\mu\text{m}$ 、又は $25\text{ }\mu\text{m}$ ～ $100\text{ }\mu\text{m}$ である。ストリッピング可能なポリマー層の適用後、層は必要に応じて固化又は硬化される。任意の乾燥機が、固化過程又は硬化過程を加速させるために使用され得る。コーティング組成物から溶媒を除去するのにより少ないエネルギーを必要とし、より早い乾燥、ひいては加工時間をもたらすため、より薄いストリッピング可能なポリマー材料の層が好ましい。いくつかの実施形態では、任意のプレマスク（図2には図示せず）が、剥離工程の間に機械的支持を提供するために、ストリッピング可能なポリマー層30の表面に積層されてよい。ここで図3を参照すると、ストリッピング可能なポリマー層30が剥離されている。ストリッピング可能なポリマー層30は、様々な技術によって、例えば、適用された層の全てと共に基材14を層間剥離ニップ（図3には図示せず）に通すことなどによって除去され得る。パターン化された（例えば、印刷された）レジストマトリクス材料20によって保護されていない基材の領域において、ストリッピング可能なポリマー層30は、取り付けられた導電性ナノワイヤ材料16と共に、基材14か

10

20

30

40

50

ら除去される。ストリッピング可能なポリマー層 30 の基材 14 からの剥離は、基材の選択された領域において導電性ナノワイヤ材料 16 を除去し、それによって、基材 14 上に残るナノワイヤ層の各領域がレジストマトリクス材料 20 によって覆われるパターン化ナノワイヤ層を形成する。

#### 【0053】

図 3 A は、ストリッピング可能なポリマー層の除去後の、レジストマトリクス材料 20 によって覆われた導電性ナノワイヤ層 16 の領域の拡大概略断面図を図示する。複数のナノワイヤ 13 が、ナノワイヤ層 16 を起点とし、レジストマトリクス材料 20 へと至る。ナノワイヤ 13 は、導電性ナノワイヤ層 16 及びそれを覆うレジストマトリクス材料 20 から突出する。ナノワイヤ 13 のうちの少なくともいくつかは、レジストマトリクス材料 20 10

#### 【0054】

図 4 を参照すると、導電性接着剤 50 の層が、レジストマトリクス材料 20 によって覆われている導電性ナノワイヤ層 16 のパターンに適用される。いくつかの実施形態では、導電性接着剤層 50 は、導電性材料 54 を有する接着性マトリクス 52 を含む。導電性材料 54 としては、銀、金、銅、アルミニウムなどの金属粒子又はスクリム、及びこれらの混合物が挙げられるが、これらに限定されない。導電性材料 54 は、図 4 に示されるように z 方向に沿う接着性マトリクス 52 の厚さを通じて接着性マトリクス 52 を通じる導電性を提供し得る。z 方向に沿うが他の空間的方向に沿わないこの導電性は、ナノワイヤ層 16 又は電子的構成要素のいずれかにおける接触パッド間の望まれない「短絡」を誘発することなく、ナノワイヤ層 16 と電子的構成要素の接触パッドとの間の電気的接続を可能にする。接着剤層 50 内の導電性材料 54 は、レジストマトリクス材料 20 から突出するナノワイヤ 13 と接触し、導電性層 16 内のナノワイヤ 13 との電気的相互接続を形成する。この電気的相互接続が、次に、導電性接着剤層 50 と導電性層 16 との間の電気接点を生成する。 20

#### 【0055】

導電性接着剤層 50 は大きく異なり得るが、いくつかの実施形態では、3 M 異方性導電性フィルム 5363、7303、7371、7376、及び 7379 の商品名で 3 M, St. Paul, MN から入手可能な異方性導電性フィルムを含むが、これらに限定されない。これらのフィルムは、導電性粒子を中に有する接着性マトリクスを含む。いくつかの実施形態では、接着性マトリクスは、アクリレート接着剤、エポキシ接着剤、シリコーン接着剤、又はこれらの混合物若しくは組み合わせから選択される。様々な実施形態では、導電性粒子としては、銀、金、銅、アルミニウムなど、及びこれらの混合物、並びに、例えば、銀、金、銅、アルミニウム、並びにこれらの混合物及び組み合わせから製造された導電性コーティングを有する他の金属又は非導電性粒子（例えば、ポリマー）が挙げられるが、これらに限定されない。 30

#### 【0056】

いくつかの実施形態では、導電性接着剤は、約 10 マイクロメートル～約 50 マイクロメートルの厚さを有し、ストリッピング可能なライナ上に供給される。ライナが除去されると、導電性接着剤が、熱、圧力、又はこれらの組み合わせを用いて電子的構成要素に接合されることができる。いくつかの実施形態では、導電性接着剤は、約 1 ~ 2 MPa の接合圧力下で、約 140 ~ 約 170 の温度で接合されることができる。 40

#### 【0057】

別の実施形態では、導電性接着剤層は導電性転写テープである。転写テープの第 1 の主表面は、上記のような第 1 の導電性接着剤の層でコーティングされ、転写テープの第 2 の対向側面は、第 1 の導電性接着剤と同じか又は異なってもよい、上記のような第 2 の導電性接着剤の層でコーティングされる。好適な導電性転写テープの例としては、3 M 導電性接着剤転写テープ 8703、9703、9704、及び 9705 の商品名で 3 M, St. Paul, MN から入手可能なものが挙げられるが、これらに限定されない。これらの接着剤転写テープは、銀粒子が充填されたアクリル系感圧性接着剤マトリクスを含み、 50

z 方向に沿って接着性マトリクスを通じて伝導することができる。

【0058】

様々な例示的な実施形態では、これらの転写テープは、約 0.05 mm ~ 約 0.55 mm、約 0.05 mm ~ 約 0.10 mm、又は約 0.05 mm ~ 約 0.127 mm の厚さを有する。

【0059】

図 4 を再度参照すると、金属接点 62 (例えば、導電性パッド) を含む電子的構成要素 60 は、金属接点 62 が導電性接着剤層 50 を係合するまで矢印 A の方向に沿って動かされてよい。この物理的係合は、電子的構成要素 60 と接着剤層 50 との間の、そして次に接着剤層 50 と導電性ナノワイヤ層 16 との間の電氣的接続を生成する。

10

【0060】

この接着剤層 50 を介するナノワイヤ層 16 と電子的構成要素 60 との間の直接接合は、電子的構成要素 60 の金属接点 62 と透明ナノワイヤ層 16 との間の、いかなる他の中間的な導電性ペースト又は印刷された伝導体への必要性をも軽減し、電子アセンブリの構成体を簡略化する。

【0061】

電子的構成要素は意図される用途に応じて大きく異なり得、いくつかの実施形態では、フレキシブル回路、プリント回路基板 (PCB)、ガラスパネル、又はワイヤのパターンを含む。

【0062】

電子的構成要素 60 上の接点 62 は、図 5 に示されるように、導電性接着剤層 50 を係合して積層電子アセンブリ構成体 70 を形成する。電子アセンブリ 70 は、ナノワイヤ 13 を含む導電性層 16 を表面 15 上に有する基材 14 を含む。導電性ナノワイヤ層 16 は、突出するナノワイヤ 13 を同様に含むレジストマトリクス材料 20 で覆われる。突出するナノワイヤ 13 は、導電性接着剤層 50 内の導電性材料 54 と接触し、接着性マトリクス 52 は、電子的構成要素 60 を基材 14 に接合する。導電性接着剤層 50 内の導電性材料 54 は、電子的構成要素 60 上の金属接点 62 と接触し、これが、電子的構成要素 60 と導電性層 16 との間の良好な電氣的相互接続を確かにする。

20

【0063】

ここで図 6 を参照すると、別の実施形態では、ナノワイヤを含む導電性層 116 が基材 114 上にコーティングされると、ストリッピング可能なポリマー材料 130 でその層にパターンが適用されて、露出したナノワイヤ層の 1 つ又は 2 つ以上の第 1 の領域 117 と、ストリッピング可能なポリマー材料の 1 つ又は 2 つ以上の第 2 の領域 132 と、を基材上に生成することができる (典型的には、タッチスクリーンの回路パターンと相補的なパターン)。

30

【0064】

ストリッピング可能なポリマー材料 130 は、好適なパターン化プロセスによってパターン化される。好適なパターン化プロセスとしては、フォトリソグラフィ (この場合、ストリッピング可能なポリマー材料はフォトレジストである) などの減算法が挙げられる。ストリッピング可能なポリマー材料に好ましいパターン化プロセスとしては、直接印刷が挙げられる。上述のように、ストリッピング可能なポリマー材料 130 を固化又は硬化させることは、次のプロセス工程前に起こる。好適な印刷機又はパターン化方法は既知であり、例示されたフレキソ印刷機、グラビア印刷、インクジェット印刷、スクリーン印刷、噴霧コーティング、ニードルコーティング、フォトリソグラフィ的パターン化、及びオフセット印刷を含む。

40

【0065】

好適なパターンは、幅又は長さのいずれかである最小の寸法がゼロマイクロメートルを超える、例えば 0.001 マイクロメートル超かつ 1 マイクロメートル未満、10 マイクロメートル未満、100 マイクロメートル未満、1 mm 未満、又は 10 mm 未満である、特徴を含む。特徴の大きさの一切の上限は、上に印刷がなされる基材の大きさによつての

50

み限定される。ロールツーロール印刷の場合、これは、ウェブの機械方向において有効に不定である。これらの特徴は、星形、正方形、長方形、又は円形などの、パターン化され得る任意の形状をとってよい。多くの場合、特徴は、タッチスクリーンの構成要素として使用されるために接触に対して感応性である、平行線又はグリッドとなる。

#### 【0066】

ストリッピング可能なポリマー材料のパターン（ストリッピング可能なポリマー層）132が導電性ナノワイヤ層116に適用されると、次の工程で層116をパターン化するために使用され得る。ストリッピング可能なポリマー材料は基材から剥離され、基材132の1つ又は2つ以上の第2の領域において導電性ナノワイヤ層を除去し、それによって、パターン化導電性ナノワイヤ層を形成する。

10

#### 【0067】

ここで図7を参照すると、ストリッピング可能なポリマー層が除去されており、これは、ストリッピング可能なポリマー層の下層にある領域から導電性ナノワイヤ層116も除去する。上にパターン化されたストリッピング可能なポリマー材料を有しない領域では、導電性ナノワイヤ層116は基材114上に残る。このように、剥離工程中、導電性ナノワイヤ層の露出した領域は、ライナによって基材から除去されない。ストリッピング可能なポリマー層の除去後、導電性接着剤層は、上記のように、導電性ナノワイヤ層116を電子装置に電氣的に接続するように適用され得る。

#### 【0068】

図8を参照すると、タッチスクリーンアセンブリ200の一例は、電子アセンブリ構成体270のための基材を提供する、ガラス層214に隣接するLCD層272を含む（図5参照）。電子アセンブリ構成体270は、導電性接着剤層250を介してフレキシブル回路260に電氣的に接続される導電性ナノワイヤ層216を含む（図5参照）。フレキシブル回路260上の電気トレース280は、コンピュータ、携帯電話、タブレットなどのディスプレイ装置の構成要素に、アセンブリ200を接続する。電子アセンブリ構成体270を覆う可撓性透明面276は、ディスプレイ装置のユーザとの対話型操作点を提供する。

20

#### 【実施例】

#### 【0069】

95重量%のClearOhm（商標）Ink-N G4-02（Cambrios Technologies Corporation, Sunnyvale, CAから入手可能）及び5重量%のイソプロピルアルコール（Sigma Aldrich, St. Louis, MOから入手可能）からなる混合物を、1リットルの透明なボトル内で攪拌することによって混合して、以下でナノワイヤ配合物と称されるコーティング配合物を得た。

30

#### 【0070】

ナノワイヤ配合物を、スロットダイを使用して、約15.0µmの予め計測された湿潤フィルム厚を標的として、10ft（3m）/分のウェブ速度で、5ミル（0.13mm）厚のポリエチレンテレフタレート（PET）基材（DuPont, Wilmington, DEから入手可能なMelinex ST-504フィルム）上に6インチ（15cm）幅でコーティングして、基材上にナノワイヤ層を形成した。次にナノワイヤ層を、空気衝突オープン内で約2分間105の温度に加熱して、コーティングされ乾燥した、透明かつ導電性のナノワイヤ層をもたらした。

40

#### 【0071】

ナノワイヤ層並びに基材の光学的透過率及びヘイズを、Haze Gard Plus（BYK Gardner USA, Columbia, MD）で測定し、それぞれ92.2%及び1.4%と決定した。シート抵抗は、2点式プローブ測定によって決定されたときに50～75Ω/sq.であると測定された。

#### 【0072】

2.5重量%のUV硬化性印刷インク（Flint Group Print Med

50

ia North America, Batavia, IL)と、97.5重量%のメチルエチルケトン(MEK)との混合物を、ナノワイヤでコーティングされた基材上に、パターン化フォトリソスタンプを使用するフレキシ印刷によって、パターンとして堆積させた。印刷されたパターンは、6mmのピッチ上の3mm幅ダウンウェブの列からなり、パターンを作製するために使用されたフレキシ用具は、パターンを画定した画像に基づいて、Southern Graphics Systems (SGS, Minneapolis, MN)によって製作された。レジストマトリクス材料を、(約0.3~2.0マイクロメートルの湿潤コーティングをもたらすと評価される)1.0BCM/平方インチのアニロックスロールを使用して、10m/分の速度で印刷した。混合物を空気衝突オープンに通してMEKを蒸発させ、得られたパターン化UV硬化性層に、窒素パージ雰囲気内で236ワット/cm<sup>2</sup>のFusion H電球(Fusion UV Systems, Inc. から入手可能)を用いて、高強度のUV光を照射した。

10

#### 【0073】

99重量%のMacDermid Print and Peel (MacDermid Inc., Denver, CO)及び1.0重量%のTriton X-114界面活性剤(Sigma-Aldrich, St. Louis, MOから入手可能)からなる混合物を、ストリッピング可能なポリマー層として使用するために調製した。ストリッピング可能なポリマー組成物を、以前の工程で得たパターン化レジスト上に、14番のメイヤーロッド(R.D. Specialties, Webster, NYから入手可能)を使用して上塗りし、次にオープンに入れて2分間乾燥させた。ストリッピング可能なコーティングが乾燥し、室温に冷却されたら、印刷されたレジストによって保護されていない領域においてナノワイヤを剥離するように、フィルムを基材から剥離した。

20

#### 【0074】

2層の3M 8703導電性接着剤転写テープを、3mm幅の透明電極のうちの10個の対向端及び接続端に適用した。次に、2つのパターン化された銅のフレックスステールを、パターン化された透明電極と整列させ、露出した3M 8703導電性接着剤に積層した。次に、フレックス回路をKeithlyマルチメーターで試験して、フレックス回路の端部間の導線が単離されかつ導電性であることを実証し、透明伝導体とパターン透明ナノワイヤ層との間の直接的なテール接合を確認した。

#### 【0075】

30

本発明の様々な実施形態を説明してきた。これらの実施形態及び他の実施形態は、以下の特許請求の範囲内にある。本発明の実施態様の一部を以下の項目[1] - [22]に記載する。

#### [1]

電子アセンブリを製造するための方法であって、  
基材上のパターン化導電性ナノワイヤ層を覆うレジスト層に導電性接着剤を適用することと、

電子的構成要素の電気接点を前記導電性接着剤と係合させて、前記電子的構成要素と前記導電性ナノワイヤ層との間に電氣的接続を提供することと、

を含む、方法。

40

#### [2]

前記導電性接着剤が、中に金属粒子を有する接着剤の層を備える、項目1に記載の方法。

#### [3]

前記金属粒子が、銀、金、銅、アルミニウム、及びこれらの組み合わせから選択される、項目2に記載の方法。

#### [4]

前記導電性接着剤が、アクリル系感圧性接着剤、熱接合接着剤、又はこれらの組み合わせを含む、項目2又は3に記載の方法。

#### [5]

50

前記レジスト層が、約 10 ナノメートル～約 300 ナノメートルの厚さを有する、項目 1～4 のいずれか一項に記載の方法。

[ 6 ]

前記レジスト層が、約 40 ナノメートル～約 200 ナノメートルの厚さを有する、項目 1～4 のいずれか一項に記載の方法。

[ 7 ]

前記レジスト層が、約 1.30～約 2.50 の屈折率を有する、項目 1～6 のいずれか一項に記載の方法。

[ 8 ]

前記導電性接着剤が、テープを含む、項目 1～7 のいずれか一項に記載の方法。

10

[ 9 ]

前記基材上の前記パターン化導電性ナノワイヤ層が、  
ナノワイヤを含む導電性層で基材をコーティングすることと、  
前記導電性層上にレジストマトリクス材料でパターンを適用して、露出した導電性層の 1 つ又は 2 つ以上の第 1 の領域と、レジストマトリクス材料の 1 つ又は 2 つ以上の第 2 の領域と、を前記基材上に生成することと、

前記レジストマトリクス材料を固化又は硬化させることと、  
前記パターンにストリッピング可能なポリマー層を上塗りすることと、  
前記ストリッピング可能なポリマー層を固化又は硬化させることと、  
前記ストリッピング可能なポリマー層を前記基材から剥離することと、  
前記露出した導電性層を前記基材の前記 1 つ又は 2 つ以上の第 1 の領域において前記基材から除去して、前記基材上にパターン化導電性層を形成することと、によって生成され、前記パターン化導電性層が、前記レジストマトリクス材料によって覆われるナノワイヤを含む、項目 1～8 のいずれか一項に記載の方法。

20

[ 10 ]

前記基材上の前記パターン化導電性ナノワイヤ層が、  
ナノワイヤを含む導電性層で基材をコーティングすることと、  
前記導電性層上にストリッピング可能なポリマー液形成層でパターンを適用して、露出した導電性層の 1 つ又は 2 つ以上の第 1 の領域と、前記ストリッピング可能なポリマー液形成層で被覆された 1 つ又は 2 つ以上の第 2 の領域と、を前記基材上に生成することと、  
前記ストリッピング可能なポリマー液形成層を固化又は硬化させてストリッピング可能なポリマー層にすることと、

前記ストリッピング可能なポリマー層を前記基材から剥離することと、前記基材の前記 1 つ又は 2 つ以上の第 2 の領域において前記導電性層の部分を除去して、前記基材上にパターン化導電性層を形成することと、によって生成される、項目 1～8 のいずれか一項に記載の方法。

30

[ 11 ]

前記導電性接着剤が、  
基材上の前記パターン化導電性ナノワイヤ層を覆う前記レジスト層に転写テープの第 1 の側面を適用することであって、前記転写テープの前記第 1 の側面が、金属粒子を含む接着性マトリクスを含む第 1 の導電性接着剤層を備え、前記接着性マトリクスが、感圧性接着剤、熱接合接着剤、又はこれらの組み合わせを含み、前記金属粒子が、前記レジスト層から突出するナノワイヤと接触する、適用することと、

40

前記第 1 の側面の反対側の前記転写テープの第 2 の側面上で、電子的構成要素の金属接点を導電性接着剤層と係合させて、前記電子的構成要素と前記導電性ナノワイヤ層との間に電氣的接続を提供することと、によって適用される、項目 1 に記載の方法。

[ 12 ]

電子アセンブリであって、  
導電性ナノワイヤのパターンを上を備える基材であって、前記導電性ナノワイヤが、レジストマトリクス材料の層によって覆われる、基材と、

50

前記レジストマトリクス材料の層上の導電性接着剤と、  
前記導電性接着剤と接触している電子的構成要素の電気接点と、  
を備える、電子アセンブリ。

[ 1 3 ]

前記レジストマトリクス材料が、約 1 0 ナノメートル～約 3 0 0 ナノメートルの厚さを有する、項目 1 2 に記載の電子アセンブリ。

[ 1 4 ]

前記レジストマトリクス材料が、約 4 0 ナノメートル～約 2 0 0 ナノメートルの厚さを有する、項目 1 2 に記載の電子アセンブリ。

[ 1 5 ]

前記導電性接着剤が転写テープを備え、前記転写テープが、前記レジストマトリクス材料の層と接触する第 1 の導電性接着剤層を上には有する第 1 の側面と、前記第 1 の側面の反対側の第 2 の側面と、を備え、前記第 2 の側面が、前記電子的構成要素の前記電気接点と接触する第 2 の導電性接着剤層を備える、項目 1 2 ～ 1 4 のいずれか一項に記載の電子アセンブリ。

[ 1 6 ]

前記第 1 の導電性接着剤層が、金属粒子を含む接着剤のマトリクスを含み、前記接着剤が、感圧性接着剤、熱接合接着剤、及びこれらの組み合わせを含み、前記第 1 の導電性接着剤層内の前記金属粒子が、前記導電性パターン及び前記レジストマトリクス材料から突出するナノワイヤと接触する、項目 1 5 に記載の電子アセンブリ。

[ 1 7 ]

前記金属粒子が、銀、金、銅、アルミニウム、又はこれらの組み合わせを含む、項目 1 6 に記載の電子アセンブリ。

[ 1 8 ]

前記電子的構成要素が、フレキシブル回路を含む、項目 1 2 ～ 1 7 のいずれか一項に記載の電子アセンブリ。

[ 1 9 ]

項目 1 ～ 1 1 のいずれか一項に記載の方法に従って製造される、電子アセンブリ。

[ 2 0 ]

タッチスクリーンディスプレイであって、  
液晶ディスプレイと、  
電子アセンブリであって、  
前記液晶ディスプレイ上のガラス基材であって、導電性ナノワイヤのパターンをその上に備え、前記導電性ナノワイヤが、レジストマトリクス材料の層によって覆われる、ガラス基材と、

前記レジストマトリクス材料の層上の導電性接着剤と、  
前記導電性接着剤と接触しているフレキシブル回路の電気接点と、を備える、電子アセンブリと、

前記電子アセンブリを覆う可撓性透明面と、を備える、タッチスクリーンディスプレイ。

[ 2 1 ]

前記第 1 の導電性接着剤層が、金属粒子が充填された接着剤のマトリクスを含み、前記接着剤が、感圧性接着剤、熱接合接着剤、及びこれらの組み合わせを含み、前記第 1 の導電性接着剤層内の前記金属粒子が、前記導電性パターンから突出して前記レジストマトリクス材料へと至るナノワイヤと接触する、項目 2 0 に記載のディスプレイ。

[ 2 2 ]

前記レジストマトリクス材料が、約 1 0 ナノメートル～約 3 0 0 ナノメートルの厚さを有する、項目 2 0 又は 2 1 に記載のディスプレイ。

10

20

30

40

FIG. 1

FIG. 2

FIG. 3

FIG. 3A

FIG. 4

FIG. 5

FIG. 6

FIG. 7

FIG. 8

## フロントページの続き

(74)代理人 100173107

弁理士 胡田 尚則

(74)代理人 100142387

弁理士 齋藤 都子

(72)発明者 マシュー エス・ステイ

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427, スリーエム センター

(72)発明者 ミハイル エル・ペクロフスキー

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427, スリーエム センター

(72)発明者 ショーン シー・ドッズ

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427, スリーエム センター

(72)発明者 アン エム・ギルマン

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427, スリーエム センター

(72)発明者 ダニエル ジェイ・サイス

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427, スリーエム センター

審査官 高 瀬 健太郎

(56)参考文献 国際公開第2010/018733(WO, A1)

特表2002-514790(JP, A)

特開2012-113370(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06F 3/041

G06F 3/044