

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5988974号
(P5988974)

(45) 発行日 平成28年9月7日(2016.9.7)

(24) 登録日 平成28年8月19日(2016.8.19)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 31/04 (2014.01) H O 1 L 31/04 5 6 0

請求項の数 15 (全 67 頁)

(21) 出願番号	特願2013-524152 (P2013-524152)	(73) 特許権者	516076946
(86) (22) 出願日	平成23年8月8日(2011.8.8)		ティービーケイ ホールディング カンパ ニー リミテッド
(65) 公表番号	特表2013-535843 (P2013-535843A)		英国領ケイマン諸島、グランド ケイマン
(43) 公表日	平成25年9月12日(2013.9.12)		ケイワイ 1-1104、ウグランド
(86) 国際出願番号	PCT/US2011/046969		ハウス、ピーオーボックス 309
(87) 国際公開番号	W02012/021460	(74) 代理人	100103894
(87) 国際公開日	平成24年2月16日(2012.2.16)		弁理士 冢入 健
審査請求日	平成26年4月16日(2014.4.16)	(72) 発明者	ヤング, マイケル ユージン
(31) 優先権主張番号	61/446,926		アメリカ合衆国 カリフォルニア 946
(32) 優先日	平成23年2月25日(2011.2.25)		08, エメリービル, クリスティー
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アベニュー 6363, アpartment
(31) 優先権主張番号	61/371,688		2821
(32) 優先日	平成22年8月7日(2010.8.7)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面埋込添加物を有する素子構成要素および関連製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

太陽素子であって、
該太陽素子は、
正面カバーと、
背面カバーと、
該正面カバーと該背面カバーとの間に配置される光活性層と、
該正面カバーと該背面カバーとの間に配置され、かつ該光活性層に隣接する封止材層で
あって、該封止材層は、少なくとも部分的に該封止材層の中に埋め込まれる金属ナノワイ
ヤを含む、封止材層と
を含む、太陽素子。

【請求項 2】

前記封止材層は、埋込表面を有し、前記金属ナノワイヤが、該埋込表面に隣接する埋込
領域内に局所化されることにより、該封止材層の残りは金属ナノワイヤを欠いている、請
求項 1 に記載の太陽素子。

【請求項 3】

前記埋込表面は、前記光活性層に面している、請求項 2 に記載の太陽素子。

【請求項 4】

前記埋込領域の厚さは、前記封止材層の全体厚さよりも小さい、請求項 2 に記載の太陽
素子。

【請求項 5】

前記埋込領域の厚さは、前記封止材層の全体厚さの 50% 以下である、請求項 4 に記載の太陽素子。

【請求項 6】

前記埋込領域の厚さは、前記封止材層の全体厚さの 20% 以下である、請求項 5 に記載の太陽素子。

【請求項 7】

一組のバスバーをさらに含み、該一組のバスバーは、前記封止材層によって少なくとも部分的に被覆され、該封止材層の中に延在する、請求項 1 に記載の太陽素子。

【請求項 8】

前記封止材層の中の前記金属ナノワイヤの装填は、1つの金属ナノワイヤから別の金属ナノワイヤへの電荷のパーコレーションを可能にする閾値を上回る、請求項 1 に記載の太陽素子。

【請求項 9】

前記封止材層は、 $100\ \Omega/\text{sq}$ 以下であるシート抵抗を有する、請求項 1 に記載の太陽素子。

【請求項 10】

前記シート抵抗は、 $15\ \Omega/\text{sq}$ 以下である、請求項 9 に記載の太陽素子。

【請求項 11】

前記封止材層は、前記正面カバーと前記光活性層との間に配置され、該封止材層は、少なくとも 85% の太陽フラックス加重透過率を有する、請求項 1 に記載の太陽素子。

【請求項 12】

前記金属ナノワイヤは、前記光活性層と電気接触し、前記太陽素子の電極として機能する、請求項 1 に記載の太陽素子。

【請求項 13】

前記金属ナノワイヤは、 $1\ \text{nm} \sim 100\ \text{nm}$ の範囲内の平均直径と、 $500\ \text{nm} \sim 50\ \mu\text{m}$ の範囲内の平均長さとを有する銀ナノワイヤを含む、請求項 1 に記載の太陽素子。

【請求項 14】

前記金属ナノワイヤのうちの少なくとも 1 つは、 $1\ \text{nm} \sim 50\ \text{nm}$ だけ前記封止材層から外へ延在する、請求項 1 に記載の太陽素子。

【請求項 15】

前記金属ナノワイヤは、ともに融合される金属ナノワイヤを含む、請求項 1 に記載の太陽素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本願は、米国仮特許出願第 61/371,688 号 (2010 年 8 月 7 日出願)、および米国仮特許出願第 61/446,926 号 (2011 年 2 月 25 日出願) の利益を主張し、これらの出願の開示は、その全体が本明細書に参照によって援用される。

【0002】

本発明は、概して、埋込添加物を有する構造に関する。より具体的には、本発明は、電導性、熱伝導性、スペクトルシフト、吸収促進、および色変化等の機能性を付与するように、表面埋込添加物を有する素子構成要素に関する。

【背景技術】

【0003】

活性または官能化粒子の混入による官能化構造は、いくつかの分野に対する着目エリアである。従来の技法の 1 つは、バルク混入を伴い、基材のバルク全体を通して、粒子の分散をもたらす。バルク混入は、基材内の粒子の非均一混合および凝集や、基材の処理能力に及ぼす負の影響を含む、種々の欠点を被る。バルク混入はまた、いくつかの粒子が、基

10

20

30

40

50

材の内部内に分散されたままであるため、表面に粒子を露出させることが、目標である場合、非効率的である。別の従来の技法は、コーティングプロセスを伴う。コーティングプロセスもまた、コーティング材料内の粒子の非均一混合および凝集、接着不良、層間剥離、および高粗度を含む、種々の欠点を被る。

【0004】

こうした背景の下、本明細書で説明される、表面埋込素子構成要素および関連製造方法を開発する必要性が生じた。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の実施形態は、太陽素子、スマートウィンドウ、ディスプレイ、タッチセンサパネル、タッチディスプレイ等を含む、種々の電子または光電子素子内の構成要素として使用するための母材の埋込表面に埋め込まれる、活性または官能化添加物に関する。

【0006】

表面埋込素子構成要素の実施形態は、向上した性能、ならびにそれらの組成および製造プロセスから生じる費用便益を提供する。素子構成要素は、例えば、母材の所望の特性を保ち、付加的な所望の特性を結果として生じる表面埋込素子構成要素に付与しながら、添加物が母材に物理的に埋め込まれる、表面埋込プロセスによって製造することができる。

【0007】

本発明の他の側面および実施形態も検討される。前述の要約および以下の詳細な説明は、本発明を任意の特定の実施形態に制限するように意図されておらず、本発明のいくつかの実施形態を説明するように意図されているにすぎない。

本明細書は、例えば、以下の項目も提供する。

(項目1)

太陽素子であって、

該太陽素子は、

正面カバーと、

背面カバーと、

該正面カバーと該背面カバーとの間に配置される光活性層と、

該正面カバーと該背面カバーとの間に配置され、かつ該光活性層に隣接する封止材層であって、該封止材層は、少なくとも部分的に該封止材層の中に埋め込まれる添加物を含み、該添加物は、電導性および半電導性のうちの少なくとも1つであり、該添加物は、サブナノサイズの添加物、ナノサイズの添加物、およびミクロンサイズの添加物のうちの少なくとも1つを含む、封止材層と

を含む、素子。

(項目2)

前記封止材層は、埋込表面を有し、前記添加物は、該埋込表面に隣接する埋込領域内に局所化される、項目1に記載の太陽素子。

(項目3)

前記埋込表面は、前記光活性層に面している、項目2に記載の太陽素子。

(項目4)

前記埋込領域の厚さは、前記封止材層の全体厚さよりも小さい、項目2に記載の太陽素子。

(項目5)

前記埋込領域の厚さは、前記封止材層の全体厚さの50%以下である、項目4に記載の太陽素子。

(項目6)

前記埋込領域の厚さは、前記封止材層の全体厚さの20%以下である、項目5に記載の太陽素子。

(項目7)

10

20

30

40

50

一組のバスバーをさらに含み、該一組のバスバーは、前記封止材層によって少なくとも部分的に被覆され、該封止材層の中に延在する、項目 1 に記載の太陽素子。

(項目 8)

前記封止材層の中の前記添加物の装填は、電氣的パーコレーション閾値を上回る、項目 1 に記載の太陽素子。

(項目 9)

前記封止材層は、 $100\Omega/\text{sq}$ 以下であるシート抵抗を有する、項目 1 に記載の太陽素子。

(項目 10)

前記シート抵抗は、 $15\Omega/\text{sq}$ 以下である、項目 9 に記載の太陽素子。

(項目 11)

前記封止材層は、前記正面カバーと前記光活性層との間に配置され、該封止材層は、少なくとも 85% の太陽フラックス加重透過率を有する、項目 1 に記載の太陽素子。

(項目 12)

前記添加物は、前記光活性層と電気接触し、前記太陽素子の電極として機能する、項目 1 に記載の太陽素子。

(項目 13)

太陽素子であって、

該太陽素子は、

一組の正面素子層と、

一組の背面素子層と、

該一組の正面素子層と該一組の背面素子層との間に配置される光活性層とを含み、

該一組の正面素子層および該一組の背面素子層のうちの少なくとも 1 つは、

埋込表面を有する母材と、

添加物であって、該添加物は、該母材に少なくとも部分的に埋め込まれ、かつ該埋込表面に隣接する埋込領域内に局所化され、該埋込領域の厚さは、該母材の全体厚さ未満である、添加物と

を含む、素子。

(項目 14)

前記埋込領域の厚さは、前記添加物の特徴的な寸法の 5 倍以下である、項目 13 に記載の太陽素子。

(項目 15)

前記埋込領域の厚さは、前記特徴的な寸法の 2 倍以下である、項目 14 に記載の太陽素子。

(項目 16)

前記添加物のうちの少なくとも 1 つは、前記特徴的な寸法の多くて 100% の程度まで前記母材の中に埋め込まれる、項目 14 に記載の太陽素子。

(項目 17)

前記添加物のうちの少なくとも 1 つは、前記特徴的な寸法の 100% を上回る程度まで前記母材の中に埋め込まれるが、前記埋込表面に隣接して局所化される、項目 14 に記載の太陽素子。

(項目 18)

前記添加物は、ナノチューブ、ナノワイヤ、およびナノ粒子のうちの少なくとも 1 つを含む、項目 13 に記載の太陽素子。

(項目 19)

前記添加物は、蛍光体を含む、項目 13 に記載の太陽素子。

(項目 20)

前記蛍光体は、入射光のスペクトルシフトを行うことにより、前記光活性層の吸収に整合するように構成される、項目 19 に記載の太陽素子。

10

20

30

40

50

(項目 2 1)

前記蛍光体は、紫外線範囲の中の光を吸収し、可視光範囲および赤外線範囲のうちの少なくとも1つの中の光を放出するように構成される、項目 1 9 に記載の太陽素子。

(項目 2 2)

前記蛍光体は、赤外線範囲の中の光を吸収し、可視光範囲の中の光を放出するように構成される、項目 1 9 に記載の太陽素子。

(項目 2 3)

前記蛍光体は、紫外線範囲および可視光範囲のうちの少なくとも1つの中の光を吸収し、可視光範囲および赤外線範囲のうちの少なくとも1つの中の光を放出するように構成される、項目 1 9 に記載の太陽素子。

10

(項目 2 4)

前記一組の正面素子層および前記一組の背面素子層のうちの少なくとも1つは、正面カバーおよび背面カバーのうちの1つに対応する、項目 1 3 に記載の太陽素子。

(項目 2 5)

前記一組の正面素子層および前記一組の背面素子層のうちの少なくとも1つは、封止材層に対応する、項目 1 3 に記載の太陽素子。

(項目 2 6)

太陽素子であって、

該太陽素子は、

太陽電池と、

20

該太陽電池に光学的に接続される発光性太陽集光器であって、

該発光性太陽集光器は、

正面カバーと、

背面カバーと、

該正面カバーと該背面カバーとの間に配置される中間層であって、該中間層は、蛍光体を含み、該蛍光体が該中間層に少なくとも部分的に埋め込まれ、該中間層の埋込領域内に局所化されることにより、該中間層の残りが実質的に該蛍光体を欠いており、該蛍光体は、入射太陽放射を吸収し、該太陽電池に向かって誘導される放射を放出する、中間層と

を含む、発光性太陽集光器と

を含む、素子。

30

(項目 2 7)

前記正面カバーは、前記入射太陽放射に面するように構成され、前記蛍光体は、該正面カバーに隣接する前記埋込領域内に局所化される、項目 2 6 に記載の太陽素子。

(項目 2 8)

前記蛍光体は、前記中間層の中に完全に埋め込まれるが、前記正面カバーに隣接して局所化される、項目 2 7 に記載の太陽素子。

(項目 2 9)

前記中間層は、母材をさらに含み、該母材は、ポリマーおよびセラミックのうちの少なくとも1つを含み、前記蛍光体は、該母材の中に少なくとも部分的に埋め込まれる、項目 2 6 に記載の太陽素子。

40

(項目 3 0)

前記蛍光体は、前記入射太陽放射のスペクトルシフトを行うように構成される、項目 2 6 に記載の太陽素子。

(項目 3 1)

前記埋込領域の厚さは、前記中間層の全体厚さの 4 0 % 以下である、項目 2 6 に記載の太陽素子。

(項目 3 2)

前記埋込領域の厚さは、前記中間層の全体厚さの 3 0 % 以下である、項目 3 1 に記載の太陽素子。

(項目 3 3)

50

表面埋込添加物を有する素子であって、
該素子は、
第 1 のカバーと、
第 2 のカバーと、
該第 1 のカバーと該第 2 のカバーとの間に配置される中間層であって、
該中間層は、
母材と、
添加物であって、該添加物は、該母材の中に少なくとも部分的に埋め込まれ、該母材
の埋込領域内に局所化され、該埋込領域の厚さは、該母材の全体厚さの 50 % 以下である
、添加物と
を含む、中間層と
を含む、素子。
(項目 34)
前記埋込領域の厚さは、前記母材の全体厚さの 40 % 以下である、項目 33 に記載の素
子。
(項目 35)
前記埋込領域の厚さは、前記母材の全体厚さの 30 % 以下である、項目 34 に記載の素
子。
(項目 36)
前記添加物は、電導性、半電導性、光輝性、およびマルチクロミックのうちの少なくと
も 1 つである、項目 33 に記載の素子。
(項目 37)
前記添加物は、ナノチューブ、ナノワイヤ、およびナノ粒子のうちの少なくとも 1 つを
含む、項目 33 に記載の素子。
(項目 38)
前記添加物は、蛍光体を含む、項目 33 に記載の素子。
(項目 39)
前記母材は、前記第 1 のカバーに隣接する第 1 の表面と、前記第 2 のカバーに隣接する
反対側の第 2 の表面とを有し、前記添加物は、該母材の該第 1 の表面に隣接する前記埋込
領域内に局所化される、項目 33 に記載の素子。
(項目 40)
前記添加物および前記埋込領域は、それぞれ、第 1 の添加物および前記母材の第 1 の埋
込領域に対応し、前記中間層は、第 2 の添加物をさらに含み、該第 2 の添加物は、該母材
の中に少なくとも部分的に埋め込まれ、該母材の第 2 の埋込領域内に局所化される、項目
39 に記載の素子。
(項目 41)
前記第 1 の埋込領域は、前記第 2 の埋込領域から離間している、項目 40 に記載の素子
。
(項目 42)
前記第 2 の埋込領域は、前記母材の第 2 の表面に隣接する、項目 41 に記載の素子。
(項目 43)
前記添加物は、パターン化および非パターン化のうちの 1 つであり、前記素子は、タッ
チセンサである、項目 33 に記載の素子。
(項目 44)
表面埋込添加物を有する素子構成要素であって、
該素子構成要素は、封止材を含み、
該封止材は、
母材と、
添加物であって、該添加物は、該母材の中に少なくとも部分的に埋め込まれ、該母材
の埋込領域内に局所化され、該埋込領域の厚さは、該母材の全体厚さの 50 % 以下である

10

20

30

40

50

、添加物と
を含む、素子構成要素。

【0008】

本発明のいくつかの実施形態の性質および目的をより良く理解するために、添付図面と併せて解釈される、以下の詳細な説明を参照するべきである。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1-1】図1Aは、添加物が、素子層のバルク全体を通して混合される、素子構成要素を例証する。図1Bは、添加物が、別の素子層上にある、ある素子層の全体を通して混合される、素子構成要素を例証する。図1Cは、添加物が、素子層上に、表面的にある、または表面堆積させられる、素子構成要素を例証する。

10

【図1-2】図1Dから1Iは、本発明の実施形態に従って実装される、種々の表面埋込素子構成要素を例証する。

【図1-3】図1Dから1Iは、本発明の実施形態に従って実装される、種々の表面埋込素子構成要素を例証する。

【図1-4】図1Dから1Iは、本発明の実施形態に従って実装される、種々の表面埋込素子構成要素を例証する。

【図2】図2Aから2Hは、本発明の実施形態に従って実装される、付加的表面埋込素子構成要素を例証する。

【図3】図3は、本発明の実施形態による、波長の関数として、海面位におけるAM1.5-G太陽スペクトルを例証する。

20

【図4】図4は、本発明の実施形態による、抵抗対添加物の装填レベルの対数プロットである。

【図5A】図5Aから5Cは、本発明の実施形態による、表面埋込素子構成要素を形成する製造方法を例証する。

【図5B】図5Aから5Cは、本発明の実施形態による、表面埋込素子構成要素を形成する製造方法を例証する。

【図5C】図5Aから5Cは、本発明の実施形態による、表面埋込素子構成要素を形成する製造方法を例証する。

【図6】図6から図8は、本発明の種々実施形態による、太陽素子を例証する。

30

【図7】図6から図8は、本発明の種々実施形態による、太陽素子を例証する。

【図8】図6から図8は、本発明の種々実施形態による、太陽素子を例証する。

【図9】図9は、本発明の実施形態による、スマートウィンドウを例証する。

【図10】図10は、本発明の実施形態による、ディスプレイ素子を例証する。

【図11-1】図11は、本発明の実施形態による、母材の埋込表面に対する添加物濃度の種々の構成を例証する。

【図11-2】図11は、本発明の実施形態による、母材の埋込表面に対する添加物濃度の種々の構成を例証する。

【図11-3】図11は、本発明の実施形態による、母材の埋込表面に対する添加物濃度の種々の構成を例証する。

40

【図11-4】図11は、本発明の実施形態による、母材の埋込表面に対する添加物濃度の種々の構成を例証する。

【図11-5】図11は、本発明の実施形態による、母材の埋込表面に対する添加物濃度の種々の構成を例証する。

【図11-6】図11は、本発明の実施形態による、母材の埋込表面に対する添加物濃度の種々の構成を例証する。

【図11-7】図11は、本発明の実施形態による、母材の埋込表面に対する添加物濃度の種々の構成を例証する。

【図12-1】図12は、本発明の実施形態による、異なる種類のタッチセンサおよびディスプレイを表す、いくつかの電子素子アーキテクチャの概略である。

50

【図12-2】図12は、本発明の実施形態による、異なる種類のタッチセンサおよびディスプレイを表す、いくつかの電子素子アーキテクチャの概略である。

【図12-3】図12は、本発明の実施形態による、異なる種類のタッチセンサおよびディスプレイを表す、いくつかの電子素子アーキテクチャの概略である。

【図12-4】図12は、本発明の実施形態による、異なる種類のタッチセンサおよびディスプレイを表す、いくつかの電子素子アーキテクチャの概略である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

(定義)

以下の定義は、本発明のいくつかの実施形態に関して説明される側面のうちのいくつかに該当する。これらの定義は、同様に、本明細書に依拠して、展開されてもよい。

10

【0011】

本明細書で使用されるように、「a」、「an」、および「the」といった単数形の用語は、文脈が別様に明確に指示しない限り、複数の参照を含む。したがって、例えば、物体への参照は、文脈が別様に明確に指示しない限り、複数の物体を含むことができる。

【0012】

本明細書で使用されるように、「一組」という用語は、1つ以上の物体の集合を指す。したがって、例えば、一組の物体は、単一の物体または複数の物体を含むことができる。一組の物体はまた、一組のうちの部材と呼ぶこともできる。一組のうちの物体は、同じまたは異なり得る。場合によっては、一組のうちの物体は、1つ以上の共通特性を共有する

20

【0013】

本明細書で使用されるように、「隣接する」という用語は、付近にある、または接していることを指す。隣接する物体は、相互から離間することができ、あるいは相互と実際にまたは直接接触することができる。場合によっては、隣接する物体は、相互に接続することができ、または相互と一体的に形成することができる。

【0014】

本明細書で使用されるように、「接続する」、「接続された」、および「接続」という用語は、動作の連結または連鎖を指す。接続された物体は、相互に直接連結することができ、または別の一組の物体を介する等して、相互に間接的に連結することができる。

30

【0015】

本明細書で使用されるように、「実質的に」および「実質的な」という用語は、相当の度合いまたは程度を指す。事象または状況と併せて使用される時、本用語は、事象または状況が正確に生じる場合、ならびに事象または状況が、本明細書で説明される製造方法の典型的な許容レベルを考慮して等、ほぼ近似して生じる場合を指すことができる。

【0016】

本明細書で使用されるように、「随意的な」および「随意で」という用語は、後に説明される事象または状況が生じても生じなくてもよいことと、その説明が、事象または状況が生じる場合と、生じない場合を含むこととを意味する。

【0017】

本明細書で使用されるように、「内側」、「内部」、「外側」、「外部」、「上部」、「底部」、「正面」、「後方」、「背面」、「上方」、「上向きに」、「下方」、「下向きに」、「垂直」、「垂直に」、「横方向」、「横方向に」、「上側」、および「下側」等の相対的用語は、図面によるように、相互に対する一組の物体の配向を指すが、製造または使用中に、これらの物体の特定の配向を必要としない。

40

【0018】

本明細書で使用されるように、「サブナノメートル」または「サブnm範囲」とは、約0.1nmから約1nmまで等の約1ナノメートル(nm)未満の寸法の範囲を指す。

【0019】

本明細書で使用されるように、「ナノメートル範囲」または「nm範囲」とは、約1n

50

mから約1マイクロメートル（「 μm 」）の寸法の範囲を指す。nm範囲は、約1nmから約10nmの寸法の範囲を指す「下方nm範囲」、約10nmから約100nmの寸法の範囲を指す「中間nm範囲」、および約100nmから約1 μm の寸法の範囲を指す「上方nm範囲」を含む。

【0020】

本明細書で使用されるように、「マイクロメートル範囲」または「 μm 範囲」という用語は、約1 μm から約1ミリメートル（mm）の寸法の範囲を指す。 μm 範囲は、約1 μm から約10 μm の寸法の範囲を指す「下方 μm 範囲」、約10 μm から約100 μm の寸法の範囲を指す「中間 μm 範囲」、および約100 μm から約1mmの寸法の範囲を指す「上方 μm 範囲」を含む。

10

【0021】

本明細書で使用されるように、「アスペクト比」とは、物体の最大寸法または範囲および物体の残りの寸法または範囲の平均の比を指し、残りの寸法は、相互に対して、または最大寸法に対して直交する。場合によっては、物体の残りの寸法は、実質的に同じとなり得、残りの寸法の平均は、残りの寸法のうちのいずれか一方に実質的に対応することができる。例えば、円柱のアスペクト比は、円柱の長さおよび円柱の断面直径の比を指す。別の実施例として、回転楕円体のアスペクト比は、回転楕円体の主軸および回転楕円体の短軸の比を指す。

【0022】

本明細書で使用されるように、「サブナノサイズの添加物」という用語は、サブnm範囲内の少なくとも1つの寸法を有する添加物を指す。サブナノサイズの添加物は、多種多様の形状のうちのいずれかを有することができ、多種多様の材料で形成することができる。

20

【0023】

本明細書で使用されるように、「ナノサイズの添加物」という用語は、nm範囲内の少なくとも1つの寸法を有する添加物を指す。ナノサイズの添加物は、多種多様の形状のうちのいずれかを有することができ、多種多様の材料で形成することができる。ナノサイズの添加物の実施例は、ナノワイヤ、ナノチューブ、ナノプレートレット、およびナノ粒子を含む。

【0024】

本明細書で使用されるように、「ナノワイヤ」とは、実質的に中実である、細長いナノサイズの添加物を指す。典型的には、ナノワイヤは、nm範囲内の横寸法（例えば、幅、直径、または直交方向にわたる平均を表す幅または直径の形態である断面寸法）、 μm 範囲内の縦寸法（例えば、長さ）、および約3以上であるアスペクト比を有する。

30

【0025】

本明細書で使用されるように、「ナノプレートレット」とは、実質的に中実である、平面状のナノサイズの添加物を指す。

【0026】

本明細書で使用されるように、「ナノチューブ」という用語は、細長い中空でナノサイズの添加物を指す。典型的には、ナノチューブは、nm範囲内の横寸法（例えば、幅、外径、または直交方向にわたる平均を表す幅または外径の形態である断面寸法）、 μm 範囲内の縦寸法（例えば、長さ）、および約3以上であるアスペクト比を有する。

40

【0027】

本明細書で使用されるように、「ナノ粒子」という用語は、回転楕円体でナノサイズの添加物を指す。典型的には、ナノ粒子の各寸法（例えば、幅、直径、または直交方向にわたる平均を表す幅または直径の形態である断面寸法）は、nm範囲内であり、ナノ粒子は、約1等の約3未満であるアスペクト比を有する。

【0028】

本明細書で使用されるように、「ミクロンサイズの添加物」という用語は、 μm 範囲内の少なくとも1つの寸法を有する添加物を指す。典型的には、ミクロンサイズの添加物の

50

各寸法は、 μm 範囲内であるか、または μm 範囲を超える。ミクロンサイズの添加物は、多種多様の形状のうちのいずれかを有することができ、多種多様の材料で形成することができる。ミクロンサイズの添加物の実施例は、マイクロワイヤ、マイクロチューブ、およびマイクロ粒子を含む。

【0029】

本明細書で使用されるように、「マイクロワイヤ」という用語は、実質的に中実である細長いミクロンサイズの添加物を指す。典型的には、マイクロワイヤは、 μm 範囲内の横寸法（例えば、幅、直径、または直交方向にわたる平均を表す幅または直径の形態である断面寸法）、および約3以上であるアスペクト比を有する。

【0030】

本明細書で使用されるように、「マイクロチューブ」という用語は、細長い中空でミクロンサイズの添加物を指す。典型的には、マイクロチューブは、 μm 範囲内の横寸法（例えば、幅、外径、または直交方向にわたる平均を表す幅または外径の形態である断面寸法）、および約3以上であるアスペクト比を有する。

【0031】

本明細書で使用されるように、「マイクロ粒子」という用語は、回転楕円体でミクロンサイズの添加物を指す。典型的には、マイクロ粒子の各寸法（例えば、幅、直径、または直交方向にわたる平均を表す幅または直径の形態である断面寸法）は、 μm 範囲内であり、マイクロ粒子は、約1等の約3未満であるアスペクト比を有する。

【0032】

本明細書で使用されるように、「紫外線範囲」という用語は、約5 nmから約400 nmの波長の範囲を指す。

【0033】

本明細書で使用されるように、「可視光範囲」という用語は、約400 nmから約700 nmの波長の範囲を指す。

【0034】

本明細書で使用されるように、「赤外線範囲」という用語は、約700 nmから約2 mの波長の範囲を指す。

【0035】

本明細書で使用されるように、「封止材」という用語は、ポッタントまたはポッティング材料、正面シート、中間層、光学的にクリアな接着剤（または、OCA）、および／または環境からの障壁となる、電子素子を封止または密閉するために使用される、背面シート材料、ならびに／あるいは光学接合材料を指す。いくつかの事例では、封止材は、封止材料および正面シートの両方の機能を果たすことができる。いくつかの事例では、封止材は、以下の材料のうちの1つ以上を含んでもよい：エチレン酢酸ビニル（または、EVA）、ポリビニルブチラル（または、PVB）、アイオノマー、熱可塑性ポリウレタン（または、TPU）、熱可塑性ポリオレフィン（または、TPO）、熱可塑性エラストマー（または、TPE）、シリコーン、シロキサン、任意の他のポリマー、ダイヤモンド炭素薄膜、ゾルゲル、ケイ酸ナトリウム、ならびにTeonex (R)、PEN、Teflon (R)、Melinex (R)、ST、Elvax (R)、PV EVA、DuPont PV5200封止材、DuPont PV5300封止材、Dow Corning PV-6100封止材、1-2577低VOCコーティング、1-2620低VOCコーティング、PV-6150セル封止材、PVポッティング剤、PV密封剤、Dow Enlight ポリオレフィン封止材膜、STR EVA Photocap（登録商標）A9918P/UF、STR Photocap 25539P熱可塑性封止材、STR Laminates、Solutia Vistasolar EVA、Etimex Solar GmbH封止材、Saflex PVB、Salflex PG41薄肉封止材、Cytec封止材、DuPont PV5400アイオノマー封止材シート、Ellsworthエポキシ封止材、V-gool EVA封止材、Bixby BixCure EVA、Saint-Gobain Light Switch Front

10

20

30

40

50

sheet Complete、Saint-Gobain Light Switch 封止材、3M8171、3M8172として利用可能な封止材、あるいは標準的封止材、正面シート、または背面シート材料の任意の組み合わせもしくは変形例。

【0036】

(表面埋込添加物を伴う素子構成要素)

本明細書で説明される表面埋込素子構成要素は、活性または官能化添加物の混入を通して、所望の特性を獲得しようとする、他の考えられるアプローチとは異なる。3つの他のアプローチが図1Aから図1Cに例証され、図1Dから図1Iおよび図2Aから図2Hを参照して例証および説明される、改良型表面埋込素子構成要素と対比される。

【0037】

図1Aは、素子構成要素100を例証しており、添加物102が、素子層104のバルク全体を通して混合される。図1Bは、素子構成要素106を例証しており、添加物108は、(添加物108とともに)別の素子層112上にコーティングまたは別様に配置される、ある素子層110全体を通して混合される。図1Cは、素子構成要素114を例証しており、添加物116は、素子層118上に表面的にある、または表面に堆積される。図1Cに描写されるような構成は、表面堆積添加物116の素子層118への接着不良を有し得る。

【0038】

対照的に、図1Dから図1Iは、本発明の実施形態に従って実装される、種々の表面埋込素子構成要素120、122、124、126、128、および170を例証する。図1Dは、部分的に、露出され、かつ部分的に、電子または光電子素子の素子層または他の構成要素に対応する、母材132の上部埋込表面134に埋入される、表面埋込添加物130の概略である。埋込表面134はまた、母材132の底部表面となることができる。図1Dに例証されるように、添加物130は、埋込表面134に隣接し、母材132の埋込領域138内に局所化され、残りの母材132は、大部分が添加物130を欠いている。例証される実施形態では、埋込領域138は、比較的薄く(例えば、母材132の全体的な厚さよりも小さい、または遥かに小さい厚さを有する、あるいは添加物130の特徴的な寸法に匹敵する厚さを有する)、したがって、「平面的」または「平面状」と呼ぶことができる。あるポリマーまたはポリマー含有複合材料等の母材132の適正な選択を通して、素子構成要素120は、透明かつ可撓性、ならびに軽量となり得る。しかしながら、素子構成要素120が、透明または可撓性である必要がない、他の実施形態を実装することもできる。素子構成要素120(ならびに本明細書で説明される他の表面埋込構造)は、従来の構造よりも遥かに平滑となり得る。粗度が隣接する素子層への侵入、隣接する素子層への接着不良、層間剥離、および他の望ましくない効果につながり得るため、高い平滑度(例えば、低い粗度)が、望ましくなり得る。

【0039】

図1Eは、電子または光電子素子の素子層あるいは他の構成要素に対応する、母材142の上部埋込表面140に完全に埋め込まれる、表面埋込添加物136の概略図である。埋込表面140はまた、母材142の底部表面となることができる。図1Eに例証されるように、添加物136は、埋込表面140に隣接し、母材142の埋込領域144内に局所化され、残りの母材142は、大部分が添加物136を欠いている。例証される実施形態では、埋込領域144は、比較的薄く(例えば、母材142の全体的な厚さよりも小さい、または遥かに小さい厚さを有する、あるいは添加物136の特徴的な寸法に匹敵する厚さを有する)、したがって、「平面的」または「平面状」と呼ぶことができる。そのようにして、添加物136は、ある比較的均一な距離で埋込表面140の下に完全に埋め込まれるにもかかわらず、実質的に平面的な構成でとどまることができる。あるポリマーまたはポリマー含有複合材料等の母材142の適正な選択を通して、素子構成要素122は、透明かつ可撓性、ならびに軽量となり得る。しかしながら、素子構成要素122が、透明または可撓性である必要がない、他の実施形態を実装することもできる。図1Iは、図1Eに類似するが、添加物172が、完全に埋め込まれ、母材174の上部埋込表面17

10

20

30

40

50

6に近接する（または、直下にある）、概略図である。

【0040】

図1Fは、電子または光電子素子の素子層あるいは他の構成要素対応する、母材150の上部埋込表面148に完全に埋め込まれる、表面埋込添加物146の概略図である。埋込表面148はまた、母材150の底部表面となることができる。図1Fに例証されるように、添加物146は、埋込表面148に隣接し、母材150の埋込領域152内に局所化され、残りの母材150は、大部分が添加物146を欠いている。例証される実施形態では、埋込領域152の厚さは、添加物146の特徴的な寸法（例えば、添加物146のうちの個別の1つの断面直径、または添加物146にわたる平均断面直径）よりも大きい
10
が、依然として母材150の全体的な厚さよりも小さい（または、遥かに小さい）。添加物146は、複数の層として埋込領域152内に分布または配列することができ、特定の層の添加物146は、埋込表面148の下に完全に埋め込まれるにもかかわらず、実質的に平面的な構成にとどまる。図1Fに例証されていないものの、別の実装は、図1Fと同様となるが、添加物146が母材150の埋込表面148で部分的に露出されることに留意されたい。

【0041】

図1Gは、部分的に露出され、別の素子層160上にコーティングまたは別様に配置される、ある素子に対応する、母材158の上部埋込表面156に部分的に埋入される、表面埋込添加物154の概略図である。母材158は、基板としての機能を果たす、素子層160上に配置される、スラリーまたはペースと等のコーティングまたは他の二次材料として、実装することができる。図1Gに例証されるように、添加物154は、埋込表面156に隣接し、母材158の埋込領域162内に局所化され、残りの母材158は、大部分が添加物154を欠いている。また、添加物154の特徴的な寸法に匹敵する厚さを有する、比較的薄いコーティングの場合等において、添加物154は、母材158内のより大きい体積分率の全体を通して分布することができることが検討される。例証される実施形態では、埋込領域162は、比較的薄く、したがって、「平面的」または「平面状」と呼ぶことができる。図1Gに例証されていないものの、別の実装は、図1Gと同様となるが、添加物154が母材158の埋込表面156より下側で完全に埋め込まれることに留意されたい。
20

【0042】

図1Hは、順序付けられたパターンを形成するよう、母材166にわたって局所化される、表面埋込添加物164の概略図である。添加物164は、上部埋込表面168に部分的に埋め込まれ、母材166の埋込領域内に局所化することができ（例えば、図1Dおよび図1Gと同様である）、埋込表面168より下側で完全に埋め込むことができ（例えば、図1E、図1I、および図1Fと同様である）、またはそれらの組み合わせであるが、添加物164は、母材166にわたって均一に位置せず、むしろパターン化される。格子パターンが図1Hに例証されているが、パターンは、概して、非周期的（または、周期的ではない、ランダムな）パターン、ならびにダイヤモンドパターン、正方形パターン、長方形パターン、三角形パターン、種々の多角形パターン、波形パターン、角度パターン、相互接続パターン（例えば、電子または光電子素子内の回路の形態である）、またはそれらの任意の組み合わせ等の周期的パターンを含むことができることに留意されたい。図1Hは、パターンの形成が生じるが、個別「直線」状区分の構成が、図1Dから図1G、図1I、および以下の図2で例証される構成のうちのいずれか、または構成の組み合わせと同様である表面埋込添加物を含むことをパターンの「直線」状区分の拡大図が明らかにすることを例証する。電導性、熱伝導性、および吸収促進を提供するために、添加物164（ならびに図1Dから図1G、図1I、および以下の図2で例証される添加物）は、平均して、パターンの特徴的な長さ（例えば、個別「直線」状区分の長さ）よりも短い縦寸法、平均して、パターンの特徴的な幅（例えば、個別「直線」状区分の幅）よりも長い縦寸法、または両方を伴う、銀（または、Ag）ナノワイヤ、銅（または、Cu）ナノワイヤ、あるいはそれらの組み合わせ等の金属ナノワイヤを含むことができる。他の種類の添加
30
40
50

物および添加物の他の組み合わせもまた、銀ナノ粒子を含むナノ粒子または他の金属ナノ粒子等、金属ナノワイヤの代わりに、またはそれと組み合わせて使用することができる。いくつかの実施形態では、添加物 164 は、太陽素子、タッチセンサ、およびスマートウィンドウ等の素子で使用するための相互接続または相互接続格子としての機能を果たすることができる、実線を形成するように焼結するか、または別様に融合することができる。そのような実施形態は、増進した耐久性を含み、層間剥離しやすくなり得る、かつ伝導性を阻害し得る、または抵抗を増加させ得るコーティングまたは他の結合材料の省略を可能にする、従来のアプローチに優るいくつかの利点を提供する。

【0043】

表面埋込素子構成要素の他の構成が、図 2 A から図 2 H に例証されている。図 2 A から図 2 H に例証される表面埋込素子構成要素のある側面は、図 1 D から図 1 I において上記で例証および説明されるのと同様に実装することができ、これらの側面は、以下で繰り返されない。

【0044】

図 2 A は、異なる種類のナノワイヤ、異なる種類のナノチューブ、またはそれらの組み合わせの形態で、少なくとも 2 つの異なる種類の添加物 200 および 202 を含む、表面埋込添加物の概略図である。一般に、添加物 200 および 202 は、例えば、それらの寸法、形状、材料組成、またはそれらの組み合わせに関して異なり得る。図 2 A に例証されるように、添加物 200 および 202 は、層状配列等の特定の配列において埋込領域 204 内に局所化される。各層は、主に、それぞれの異なる種類の添加物を含むことができるが、異なる種類の添加物が層の間を横断することもできる。添加物 200 および 202 のそのような層状配列はまた、異なる埋込領域に関して説明することもでき、それぞれの異なる種類の添加物が、それぞれの埋込領域内に局所化される。添加物 200 および 202 は、完全に埋め込まれたものとして例証されているが、添加物 200 および 202 のうちの少なくともいくらかを部分的に埋め込むか、または表面を露出させることができることが検討される。図 2 B は、図 2 A と同様の概略図であるが、異なる種類のナノ粒子の形態である少なくとも 2 つの異なる種類の添加物 206 および 208 を伴う。また、ナノワイヤおよびナノチューブのいずれか一方または両方と組み合わせて、ナノ粒子を含むことができることも検討される。さらに、特定の種類の添加物に関して本明細書で説明される他の実施形態を、異なる種類の添加物を用いて実装できることが検討される。添加物 206 および 208 は、完全に埋め込まれたものとして例証されているが、添加物 206 および 208 のうちの少なくともいくらかを部分的に埋め込むか、または表面を露出させることができることが検討される。

【0045】

図 2 C は、ある素子層に対応する、母材 212 に部分的に埋め込まれる、表面埋込添加物 210 の概略図であり、コーティングとし実装される別の素子層 214 が、添加物 210 を完全に被覆するか、または図 2 C に例証されるように部分的に露出されたままにして、添加物 210 の周囲を充填する。素子層 214 は、母材 212（または、本明細書で説明される他の母材）と同じまたは同様の組成を有することができ、あるいは太陽素子との関連で仕事関数を調節する緩衝層としての機能を果たすように、もしくは表面埋込添加物 210 によって提供される伝導性経路の代わりに、またはそれと組み合わせて、電流が流れるための伝導性経路を提供するように、電導性材料または半導体（例えば、インジウムスズ酸化物（「ITO」）、 ZnO (i)、 $\text{ZnO}:\text{Al}$ 、 $\text{ZnO}:\text{B}$ 、 $\text{SnO}_2:\text{F}$ 、 Cd_2SnO_4 、 CdS 、 ZnS 、別のドープした金属酸化物、電導性または半電導性ポリマー、カーボンナノチューブ系コーティング等のフラーレン系コーティング、または透明である別の電導性材料）を使用して実装される時等、付加的または修正機能性を提供するように異なる組成を有することができる。ITO の場合、例えば、表面埋込添加物 210 の存在は、低減した量の ITO が使用されることを可能にすることによって、費用節約を提供し、したがって、100 nm 未満、約 75 nm 以下、約 50 nm 以下、約 40 nm 以下、約 30 nm 以下、約 20 nm 以下、約 10 nm 以下、および約 5 nm 以下まで

10

20

30

40

50

の厚さ等の（添加物 210 の欠如に対する）素子層 214 の低減した厚さを提供することができる。加えて、表面埋込添加物 210 の存在は、低温硬化を伴う ITO の溶液堆積（スパッタリングの代わりに）可能にすることができる。結果として生じる比較的低伝導性 ITO 層が、依然として仕事関数整合を満たすことができる一方で、添加物 210 は、高温硬化を伴わない溶液堆積された ITO によって示される、伝導性の低減を軽減することができる。添加物 210 は、パターン（例えば、格子パターンまたは図 1H について前述されるもの等の任意の他のパターン）で配列することができ、素子層 214 は、添加物 210 を完全に覆うよう、または部分的に露出されたままにして、実質的に整合するパターン（例えば、整合する格子パターンまたは図 1H について前述されるもの等の任意の他の整合するパターン）で形成できることが検討される。代替として、または併用して、添加物 210 網は、堆積または別様に塗布される、規則的伝導性格子によって、補完することができる。

10

【0046】

図 2C に例証される表面埋込素子構成要素はまた、有用、例えば、タッチセンサパネル、タッチセンサ、またはタッチディスプレイとしても有用であることができ、添加物 210 は、投影容量タッチセンサ、容量タッチセンサ、抵抗タッチセンサ、またはそれらの組み合わせを形成することができる。ある実施形態では、母材 212 は、例えば、光学的にクリアな接着剤（または、OCA）である。ある実施形態では、添加物 210 は、パターン化、非パターン化、またはそれらの組み合わせである、透明伝導性電極としての機能を果たすことができる。そのような実装は、とりわけ、タッチセンサ内に含まれる相の数を減少させるのに有用である。

20

【0047】

図 2D は、図 1D と同様の概略図であるが、ナノワイヤ 218（または、他の高アスペクト比添加物）と組み合わせて表面に埋め込まれ、「平面的」または「平面状」埋込領域 222 内に局所化される、ナノ粒子 216 を伴う。例証されていないが、ナノ粒子 216 およびナノワイヤ 218 のいずれか一方または両方は、（例えば、図 1E、図 1F、または図 1I に例証される構成と同様に）上部埋込表面 220 より完全に下側にあり得る。

【0048】

図 2E は、図 1D と同様の概略図であるが、異なる種類のナノワイヤ、異なる種類のナノチューブ、またはナノワイヤおよびナノチューブの組み合わせの形態である、少なくとも 2 つの異なる種類の添加物 224 および 226 を伴う。例証されていないが、添加物 224 および 226 のいずれか一方または両方は、（例えば、図 1E、図 1F、または図 1I に例証される構成と同様に）上部埋込表面 228 より完全に下側にあり得る。

30

【0049】

図 2F は、母材 230 の概略図であって、母材 230 は、母材 230 の両側において、添加物が埋め込まれる。特に、添加物 232 が、母材 230 の上部埋込表面 236 に少なくとも部分的に埋め込まれ、上部埋込表面 236 に隣接し、母材 230 の埋込領域 240 内に局所化される一方で、添加物 234 は、母材 230 の底部埋込表面 238 に少なくとも部分的に埋め込まれ、底部埋込表面 238 に隣接し、母材 230 の埋込領域 242 内に局所化される。母材 230 の任意の特定の側面について、母材 230 の中の添加物の埋込、または異なる種類の添加物の包含の程度は、上記で、後に以下で説明されるのと同様に実装できることが検討される。添加物 232 および 234 は、部分的に、母材 230 に埋め込まれるように例証されるが、添加物 232 および 234 の少なくともいくつかのは、母材 230 に完全に埋め込まれることができることが検討される。さらに、添加物は、母材 230 のエッジまたは横方向表面のうちのいずれか 1 つ以上等の母材 230 の付加的な表面に埋め込むことができることが検討される。

40

【0050】

図 2F に例証される表面埋込素子構成要素は、例えば、太陽素子の封止材層として有用となり得、添加物 232 は、入射太陽光に面し、太陽素子の光活性層のバンドギャップエネルギーに整合するように、スペクトルシフトを行い、添加物 234 は、一電極または電

50

流集電器としての機能を果たし、ナノ粒子、マイクロ粒子、ナノワイヤ、マイクロワイヤ、ナノチューブ、マイクロチューブ、または他の形態、あるいはそのような形態の組み合わせの形態である、炭素、金属、金属酸化物、カーボンブラック、グラフェン、またはそれらの組み合わせ等の電導性材料を含む。図2Fに例証される表面埋込素子構成要素はまた、例えば、不親和性蛍光体の場合におけるように、添加物232および234が離間することが望ましい場合、封止材層または他の素子層として有用であり得る。

【0051】

図2Fに例証される表面埋込素子構成要素はまた、例えば、タッチセンサパネル、タッチセンサ、またはタッチディスプレイとして有用であり得、添加物232および234は、投影容量タッチセンサ、容量タッチセンサ、抵抗タッチセンサ、またはそれらの組み合わせを形成するように相互作用することができる。ある実施形態では、母材230は、例えば、光学的にクリアな接着剤（または、OCA）である。ある実施形態では、添加物232および234は、パターン化、非パターン化、またはそれらの組み合わせである、透明伝導性電極としての機能を果たすことができる。そのような実装は、とりわけ、タッチセンサ内に含まれる層の数を減少させるのに有用である。

【0052】

図2Gは、図2Cと同様の概略図であるが、別の素子層248上に配置されたコーティングとして実装される素子層に対応する、母材246に部分的に埋め込まれる、表面埋込添加物244を伴い、コーティングとして実装される別の素子層250が、添加物244の周囲の少なくとも1つの層を充填し、部分的に露出されたままにするか、または図2Gに例証されるように添加物244を完全に被覆して、添加物244に電氣的に接続される。添加物244を完全に被覆することによって、素子層250の結果として生じる表面は、極めて平滑である（例えば、添加物244がない場合の素子層250の固有の平滑度または粗度を実質的に匹敵する、平滑度または粗度を有する）。素子層250は、母材246（または、本明細書で説明される他の母材）と同じまたは同様の組成を有することができる、あるいは太陽素子との関連で仕事関数を調節する緩衝層としての機能を果たすように、もしくは表面埋込添加物244によって提供される伝導性経路の代わりに、またはそれと組み合わせて、電流が流れるための伝導性経路を提供するように、電導性材料または半導体（例えば、ITO、ZnO(i)、ZnO:Al、ZnO:B、SnO₂:F、Cd₂SnO₄、CdS、ZnS、他のドーパした金属酸化物、電導性または半電導性ポリマー、カーボンナノチューブ系コーティング等のフラーレン系コーティング、または透明である別の電導性材料）を使用して実装される時等、付加的または修正機能性を提供するように異なる組成を有することができる。ITOの場合、例えば、表面埋込添加物244の存在は、低減した量のITOが使用されることを可能にすることによって、費用節約を提供し、したがって、約100nm未満、約75nm以下、約50nm以下、約40nm以下、約30nm以下、約20nm以下、約10nm以下、および約5nm以下までの厚さ等の（添加物244の欠如に対する）素子層250の低減した厚さを提供することができる。加えて、表面埋込添加物244の存在は、低温硬化を伴うITOの溶液堆積を（スパッタリングの代わりに）可能にすることができる。結果として生じる比較的低い伝導性ITO層が、依然として仕事関数整合を満たすことができる一方で、添加物244は、高温硬化を伴わない溶液堆積されたITOによって示される、伝導性の低減を軽減することができる。添加物244は、パターン（例えば、格子パターンまたは図1Hについて前述されるもの等の任意の他のパターン）で配列することができ、素子層250は、添加物244を完全に覆うよう、または部分的に露出されたままにして、実質的に整合するパターン（例えば、整合する格子パターンまたは図1Hについて前述されるもの等の任意の他の整合するパターン）で形成できることが検討される。代替として、または併用して、添加物244網は、堆積または別様に塗布される、規則的伝導性格子によって、補完されることができる。

【0053】

図2Hは、図2Fのものと同様の概略図であるが、添加物260は、母材262の上部

10

20

30

40

50

埋込表面 264 に少なくとも部分的に埋め込まれ、上部埋込表面 264 に隣接し、母材 262 の埋込領域 266 内に局所化される一方で、添加物 272 は、母材 262 の底部埋込表面 268 に少なくとも部分的に埋め込まれ、底部埋込表面 268 に隣接し、母材 262 の埋込領域 270 内に局所化される。添加物 260 および 272 は、母材 262 に完全に埋め込まれたものとして例証されているが、添加物 260 および 272 のうちの少なくともいくらかを部分的に埋め込むか、または表面を露出させることができることが検討される。例証される実施形態では、母材 262 はまた、添加物 260 と 272 との間の配置され、母材 262 の内部の埋込領域 276 内に局所化される、添加物 274 が埋め込まれる。図 2H に例証される表面埋込素子構成要素は、例えば、スマートウィンドウに対して有用であり得、添加物 260 および 272 は、一対の電極としての機能を果たし、添加物 274 は、色または色調変化機能性を提供する。

10

【0054】

本明細書で説明される、ある表面埋込素子構成要素の一側面は、母材の中の垂直添加物濃度勾配の提供、すなわち、母材の厚さの方向に沿った勾配である。（例えば、図 1A に例証されるような）バルク混入は、母材の全体を通して均一な垂直添加物濃度勾配を提供することを目標とするが、凝集および他の効果が、そのような均一な勾配が実践で達成されるのを妨げる場合がある。（例えば、図 1B に例証されるような）従来のコーティング実装について、垂直添加物濃度勾配は、コーティングと下層基板との間に存在することができるが、バルク混入と同様に、従来のコーティング実装は、コーティングの全体を通して均一な垂直添加物濃度勾配を提供することを目標とする。対照的に、本明細書に説明される表面埋込素子構成要素は、母材の埋込領域内の添加物の局所化性に従って、可変で制御可能な垂直添加物濃度勾配を可能にする。ある実装について、埋込領域内の添加物の局所化性の程度は、添加物の少なくとも大部分（重量、体積、数密度あたり）が埋込領域内に含まれ、添加物の少なくとも約 60%（重量、体積、数密度あたり）がそのように含まれ、添加物の少なくとも約 70%（重量、体積、数密度あたり）がそのように含まれ、添加物の少なくとも約 80%（重量、体積、数密度あたり）がそのように含まれ、または添加物の少なくとも約 90%（重量、体積、数密度あたり）がそのように含まれ、または添加物の少なくとも約 95%（重量、体積、数密度あたり）がそのように含まれるようなものである。例えば、添加物の実質的にすべては、残りの母材が添加物を実質的に欠いているように、埋込領域内に局所化することができる。ある用途およびある素子構成要素について、また、バルク混入または従来のコーティング実装は、埋込領域内の添加物の局所化性の代わりに、またはそれと組み合わせて、使用することができることが検討される。

20

30

【0055】

一般に、添加物は、ナノサイズの添加物、ミクロンサイズの添加物、ならびにサブ nm 範囲内でサイズ決定される添加物の形態となり得る、電導性材料、半導体、蛍光体、マルチクロミック材料、別の種類の材料、またはそれらの組み合わせを含むことができる。添加物はまた、コロイド、および溶存原子または分子種等の原子あるいは分子種の形態であることができる。例えば、少なくとも 1 つの添加物は、約 0.1 nm から約 1 mm の範囲内の断面寸法を有することができる（または、添加物の集団が平均断面寸法を有することができる）。いくつかの実施形態では、断面寸法（または、平均断面寸法）は、約 1 nm から約 100 nm、約 1 nm から約 20 nm、約 20 nm から約 100 nm、約 1 nm から約 50 ミクロン、約 100 nm から約 1 ミクロン、約 1 nm から約 100 ミクロン、または約 500 nm から約 50 ミクロンの範囲内である。いくつかの実施形態では、実質的にすべての添加物は、約 0.1 nm から約 1 mm、または約 0.1 nm から約 100 ミクロンの範囲内の断面寸法を有する。

40

【0056】

電導性を付与することが望ましい場合、添加物は、電導性材料、半導体、またはそれらの組み合わせを含むことができる。電導性材料の実施例は、金属（例えば、銀、銅、および金）、金属合金、銀ナノワイヤ、銅ナノワイヤ、金ナノワイヤ、炭素系導体（例えば、カーボンナノチューブ、グラフェン、およびバッキーボール）、随意でドーピングされる金属

50

酸化物およびカルコゲニド（例えば、ITO、ZnO (i)、ZnO:Al、ZnO:B、 SnO_2 :F、 Cd_2SnO_4 、CdS、ZnS、および他のドーピングした金属酸化物）、電導性ポリマー、およびそれらの任意の組み合わせを含む。半導体材料の実施例は、半電導性ポリマー、IⅤB族元素（例えば、炭素（または、C）、シリコン（または、Si）、およびゲルマニウム（または、Ge））、IⅤB-IⅤB族二元合金（例えば、炭化ケイ素（または、SiC）およびシリコンゲルマニウム（または、SiGe））、IⅡB-VⅡB族二元合金（例えば、セレン化カドミウム（または、CdSe）、硫化カドミウム（または、CdS）、テルル化カドミウム（または、CdTe）、酸化亜鉛（または、ZnO）、セレン化亜鉛（または、ZnSe）、テルル化亜鉛（または、ZnTe）、および硫化亜鉛（または、ZnS））、IⅡB-VⅡB族三元合金（例えば、テルル化カドミウム亜鉛（または、CdZnTe）、テルル化カドミウム水銀（または、HgCdTe）、テルル化水銀亜鉛（または、HgZnTe）、およびセレン化水銀亜鉛（または、HgZnSe））、IⅡIB-VB族二元合金（例えば、アンチモン化アルミニウム（または、AlSb）、ヒ化アルミニウム（または、AlAs）、窒化アルミニウム（または、AlN）、リン化アルミニウム（または、AlP）、窒化ホウ素（または、BN）、リン化ホウ素（または、BP）、ヒ化ホウ素（または、BAs）、アンチモン化ガリウム（または、GaSb）、ヒ化ガリウム（または、GaAs）、窒化ガリウム（または、GaN）、リン化ガリウム（または、GaP）、アンチモン化インジウム（または、InSb）、ヒ化インジウム（または、InAs）、窒化インジウム（または、InN）、リン化インジウム（または、InP））、IⅡIB-VB族三元合金（例えば、ヒ化アルミニウムガリウム（または、AlGaAsあるいは $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ）、ヒ化インジウムガリウム（または、InGaAsあるいは $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ）、リン化インジウムガリウム（または、InGaP）、ヒ化アルミニウムインジウム（または、AlInAs）、アンチモン化アルミニウムインジウム（または、AlInSb）、窒化ガリウムヒ素（または、GaAsN）、リン化ガリウムヒ素（または、GaAsP）、窒化アルミニウムガリウム（または、AlGaN）、リン化アルミニウムガリウム（または、AlGaP）、窒化インジウムガリウム（または、InGaN）、アンチモン化インジウムヒ素（または、InAsSb）、およびアンチモン化インジウムガリウム（または、InGaSb））、IⅡIB-VB族四元合金（例えば、リン化アルミニウムガリウムインジウム（または、AlGaInP）、リン化アルミニウムガリウムヒ素（または、AlGaAsP）、リン化インジウムガリウムヒ素（または、InGaAsP）、リン化アルミニウムインジウムヒ素（または、AlInAsP）、窒化アルミニウムガリウムヒ素（または、AlGaAsN）、窒化インジウムガリウムヒ素（または、InGaAsN）、窒化インジウムアルミニウムヒ素（または、InAlAsN）、および窒化ガリウムヒ素アンチモニド（または、GaAsSbN））、およびIⅡIB-VB族五元合金（例えば、アンチモン化ガリウムインジウム窒化物ヒ素（または、GaInNAsSb）およびリン化ガリウムインジウムヒ素アンチモニド（または、GaInAsSbP））、IⅡB-VⅡIB族二元合金（例えば、塩化第一銅（または、CuCl））、IⅤB-VⅡIB族二元合金（例えば、セレン化亜鉛（または、PbSe）、硫化鉛（または、PbS）、テルル化鉛（または、PbTe）、硫化スズ（または、SnS）、およびテルル化スズ（または、SnTe））、IⅤB-VⅡIB族三元合金（例えば、テルル化鉛スズ（または、PbSnTe）、テルル化タリウムスズ（または、 Tl_2SnTe_5 ）、テルル化タリウムゲルマニウム（または、 Tl_2GeTe_5 ））、VB-VⅡIB族二元合金（例えば、テルル化ビスマス（または、 Bi_2Te_3 ））、IⅡB-VB族二元合金（例えば、リン化カドミウム（または、 Cd_3P_2 ）、ヒ化カドミウム（または、 Cd_3As_2 ）、アンチモン化カドミウム（または、 Cd_3Sb_2 ）、リン化亜鉛（または、 Zn_3P_2 ）、ヒ化亜鉛（または、 Zn_3As_2 ）、およびアンチモン化亜鉛（または、 Zn_3Sb_2 ））、およびIⅡB族（または、11族）元素、IⅡB族（または、12族）元素、IⅡIB族（または、13族）元素、IⅤB族（または、14族）元素、VB族（または、15族）元素、VⅡIB族（または、16族）元素、およびセレン化銅インジウムガリウム（または、CIGS）等のVⅡIB族

10

20

30

40

50

(または、17族)元素の他の二元、三元、四元、または高次の合金、ならびにそれらの任意の組み合わせを含む。

【0057】

添加物は、例えば、ナノ粒子、ナノワイヤ、ナノチューブ（例えば、多重壁のナノチューブ（「MWN T」）、単一壁のナノチューブ（「SWN T」）、二重壁のナノチューブ（「DWN T」）、黒鉛化または修正ナノチューブ）、フラーレン、バッキーボール、グラフェン、マイクロ粒子、マイクロワイヤ、マイクロチューブ、コアシェルナノ粒子またはマイクロ粒子、コアマルチシェルナノ粒子またはマイクロ粒子、コアシェルナノワイヤ、および実質的に管状、立方体、または錐体であり、非結晶質、結晶質、正方晶、六方晶、三方晶、斜方晶、単斜晶、または三斜晶、あるいはそれらの任意の組み合わせとして特徴付けられる形状を有する、他の添加物を含むことができる。

10

【0058】

コアシェルナノ粒子およびコアシェルナノワイヤの実施例は、金属、金属合金、金属酸化物、炭素、またはそれらの任意の組み合わせ（例えば、銀、銅、金、白金、 ZnO 、 $ZnO(i)$ 、 $ZnO:Al$ 、 $ZnO:B$ 、 $SnO_2:F$ 、 Cd_2SnO_4 、 CdS 、 ZnS 、 TiO_2 、 ITO 、グラフェン、および本明細書で好適な添加物として記載される他の材料）で形成されるシェルとともに、強磁性コア（例えば、鉄、コバルト、ニッケル、マンガン、ならびにこれらの元素のうちの1つ以上で形成された酸化物および合金）を伴うものを含む。コアシェルナノワイヤの特定の実施例は、銀コアおよび銀コアの酸化を低減または防止するように銀コアを包囲するAuシェル（または、白金シェルあるいは別の種類のシェル）を伴うものである。コアシェルナノワイヤの別の実施例は、以下のうちの1つ以上から形成される、シェルまたは他のコーティングとともに、銀コア（または、別の金属または他の電導性材料から形成されるコア）を伴うものである：（a）ポリ（3,4-エチレンジオキシチオフェン）（または、PEDOT）およびポリアニリン（または、PANI）等の伝導性ポリマー；（b） ITO 、 $ZnO:Al$ 、 $ZnO:In$ 、 $SnO:F$ 、 $SnO:Sb$ 、および $CdSn$ 等の伝導性酸化物、カルコゲニド、およびセラミック（例えば、ゾルゲル、化学蒸着、物理蒸着、プラズマ推進化学蒸着、または化学浴蒸着によって堆積される）；（c）ポリマー、 SiO_2 、 $BaTiO$ 、および TiO_2 等の超薄層の形態における絶縁体；ならびに（d）Au、Cu、Ni、Cr、Mo、およびW等の金属の箔層。そのようなコーティングされたまたはコアシェル形態のナノワイヤは、電導性を付与する一方、Ag等の金属の存在下における、エチレン酢酸ビニルまたは別のポリマーの潜在的黄変または他の変色等、母材との負の相互作用を回避または低減するために望ましくあり得る。

20

30

【0059】

スペクトルシフト機能性を付与することが望ましい場合、添加物は、エネルギー励起に応答して、光を放出することができる、蛍光体または別の発光性材料を含むことができる。現在の太陽素子は、入射太陽光を有用電気エネルギーに効率的に変換する能力に関して、技術的制限を被り得る。有意な損失機構の1つは、典型的には、入射太陽スペクトルと光活性層の吸収スペクトルとの間の不整合に由来する。特に、光活性層のバンドギャップエネルギーを上回るエネルギーを伴う光子は、過剰エネルギーによる、光励起電荷担体の生産につながり得る。そのような過剰エネルギーは、典型的には、電気エネルギーに変換されず、むしろ、典型的には、熱として、損失される。加えて、本熱は、太陽素子の温度を上昇させ、太陽素子の効率を低減させ得る。これらの熱化損失と併せて、光活性層のバンドギャップエネルギー未満のエネルギーを伴う光子は、典型的には、吸収されず、したがって、典型的には、電気エネルギーへの変換に寄与しない。その結果、バンドギャップエネルギー周囲の小範囲の入射太陽スペクトルが、有用電気エネルギーに効率的に変換され得る。スペクトルシフト添加物の表面埋込は、入射太陽スペクトルの改変を可能にし、本スペクトル不整合に対処し、太陽電力変換効率を改善する。蛍光体は、導波、再指向、散乱、反射、およびプラズモンチャネル放射のうちの少なくとも1つを行うように設計することができる。

40

50

【0060】

蛍光体の発光は、原子または分子の励起された電子状態からの緩和に基づいて生じ、例えば、化学発光、電界発光、光発光、熱発光、摩擦発光、およびそれらの組み合わせを含むことができる。例えば、蛍光および燐光を含み得る、光発光の場合、発光は、太陽光の吸収等、光励起に基づくことができる。蛍光体は、下方シフト材料、すなわち、エネルギー励起と比較して、より低いエネルギー（または、より高い波長）で光を放出するものと、上方シフト材料、すなわち、エネルギー励起と比較して、より高いエネルギー（または、より短い波長）で光を放出するものを含む。望ましい下方シフト蛍光体は、ある範囲のエネルギーにわたって、光子を吸収し、若干、約 E_g を上回るエネルギーを伴う光子を放出するものを含み、 E_g は、光活性層のバンドギャップエネルギーを示す。望ましい上方シフト蛍光体は、ある範囲のエネルギーにわたって、光子を吸収し、若干、約 E_g を上回るエネルギーを伴う光子を放出するものを含み、 E_g は、再び、光活性層のバンドギャップエネルギーを示す。ある用途について、複数の光子発生は、より高い太陽電力変換効率をもたらすことができ、一般に、 n_i 光子から n_j 光子への変換を伴い得、 n_i および n_j は、整数であって、 $n_j > n_i$ である。例えば、量子切断材料は、1つのより短い波長光子を吸収し、2つ以上のより長い波長光子を放出することによって、下方シフトを呈することができる一方、下方変換材料は、1つのより短い波長光子を吸収し、1つのより長い波長光子を放出することによって、下方シフトを呈することができる。別の実施例として、上方変換材料は、2つの光子が吸収され、1つの光子が、より高いエネルギーで放出されるプロセスによって、上方シフトを呈することができる。

10

20

【0061】

好適な蛍光体は、出力光子の数と入力光子の数の比を指し得る、比較的到高量子効率を伴う光発光を呈するものを含む。蛍光体の量子効率（または、量子収率）は、蛍光体によって放出される光子の数と蛍光体によって吸収される光子の数の比を指し得る、その「内部」量子効率に関して特徴付けることができる。望ましい蛍光体は、少なくとも約20%、少なくとも約30%、少なくとも約40%、少なくとも約50%、少なくとも約60%、少なくとも約70%、または少なくとも約80%等、少なくとも約10%であって、かつ最大約90%、最大約95%以上である、高内部量子効率を伴う光発光を呈することができる。量子効率はまた、光活性材料の特性、すなわち、光活性材料によって產生される電荷担体の数と、光活性材料に入射する、またはそれによって吸収される、光子の数の比を指すことができる。望ましい蛍光体は、光活性材料が、低量子効率（例えば、約50%未満）を有する、ある範囲の波長を吸収し、光活性材料が、高量子効率（例えば、少なくとも約80%等の少なくとも約50%）を有する、別の範囲の波長を放出するものを含む。シリコンの場合、例えば、望ましい蛍光体は、約300 nmから約450 nmのブロードバンド吸収および約600 nmから約800 nmの放出を伴うものを含む。

30

【0062】

蛍光体は、ナノ粒子（例えば、量子ドットおよびナノ結晶）、溶存分子種、ナノサイズのまたはミクロンサイズの粒子（例えば、結晶粒子または非結晶粒子）の懸濁、またはそれらの組み合わせとして含まれることができる。蛍光体は、金属有機化合物（例えば、有機ランタニド錯体）、有機金属化合物（例えば、 $\text{Ir}(\text{bpy})_3$ 等の燐光有機金属イリジウム錯体（bpyは、ピリジンを表す）、ならびに類似構造のOsおよびPt錯体）、半導体ナノ結晶または量子ドット、有機分子（例えば、有機染料）、および無機結晶または他の材料（例えば、希土類でドーパされたセラミック）として提供されることができる。

40

【0063】

図3は、波長の関数として、海面位におけるAM1.5-G太陽スペクトルを例証する。黒く塗り潰される曲線下の面積は、入射光が、太陽素子内に過剰に熱化された担体を產生し得る、二重バンドギャップエネルギーまで、1.12 eVバンドギャップシリコン光活性層によって捕捉される、スペクトル範囲を表す。図の下側には、ある上方シフト蛍光体（ Er^{3+} 系セラミック）およびある下方シフト蛍光体（ Eu^{3+} 系蛍光体）の吸収お

50

よび放出スペクトルピークを表す、矢印がある。

【0064】

本明細書に説明される実施形態は、以下のように、太陽素子内の蛍光体の採択を妨げる工学的課題に対処することができる：

1) いくつかの事例では、蛍光体は、理想的安定性未満を有し得る。酸化（例えば、 Eu^{2+} から Eu^{3+} ）が、焼成プロセスの間、生じ得る。蛍光体は、安定であって、かつ典型的には、 400°C の焼成温度と親和性があるべきである。

2) いくつかの事例では、希土類金属およびランタニドのための精製プロセスは、高価であり得る。蛍光灯では、例えば、希土類金属は、最終蛍光灯のコストの約 $20 - 40\%$ に寄与し得る。

3) いくつかの事例では、希土類イオンは、低吸収係数を有し得る（例えば、ランタニドイオンの $4f - 4f$ 遷移は、妨げられる、または減弱である）。蛍光体母材は、反射を最小限にし、吸収および光の励起担体への結合効率を最大限にすることが望ましくあり得る。 2.7 eV を上回るバンドギャップを伴う半導体（例えば、 $\text{ZnSe } 2.7\text{ eV}$ 、 $6\text{H-SiC } 3.0\text{ eV}$ 、 $\text{TiO}_2 \text{ } 3.0 - 3.2\text{ eV}$ ）は、母材伝導バンドから希土類イオンの励起レベルへの高効率エネルギー伝達のために望ましい。増感剤は、領域 $300 - 500\text{ nm}$ 内において強力に吸収し、供与体に効率的に伝達することが望ましい。

4) いくつかの事例では、母材からの寄生吸収は、母材に混入される蛍光体に影響を及ぼす、損失機構であって、その程度は、層厚ならびに母材および発光性種の種類に伴って変動する。

5) いくつかの事例では、蛍光体は、環境および安全性懸念を呈し、合成の間、水または湿気と不親和性であって、かつ UV 放射化、劣化し得る。

6) いくつかの事例では、高 Yb^{3+} 濃度のための濃度消光は、最小限にされるべきである。電荷補償によるクラスタ化の誘発および Yb^{3+} 副格子にわたるエネルギー移行を通して到達される消光中心の減少は、濃度消光問題を改善し得る。

7) いくつかの事例では、 Yb^{3+} の放出波長（例えば、 980 nm ）は、結晶-Si のバンドギャップを上回るが、本波長における結晶-Si によって、減弱吸収を被り、より厚い結晶-Si 層につながり得る。

8) いくつかの事例では、蛍光体は、太陽電池上側の透明層に混入されるべきであって、蛍光体層の屈折率、捕捉技法、および ARC が、損失を最小限にするように設計され得る。9) いくつかの事例では、発光性種によって吸収され、再放出される光は、反射によって、太陽電池に伝送され得ず、光は、上部逃散円錐内または蛍光体層の側面を通して存在する。

10) いくつかの事例では、有機染料は、比較的到高吸収係数、1 に近い量子効率、および容易な処理可能性を呈するが、狭吸収バンド、小ストークスシフト、疑わしい光安定性、および有意な再吸収損失を有し得る。いくつかの事例では、希土類イオンは、低吸収係数を呈し、高価かつ環境的に危険であり得る。量子ドットは、生産が高価であって、吸収と放出バンドとの間の大きな重複のため、高再吸収損失を呈し、低量子効率を呈し得る。

11) いくつかの事例では、無機結晶内の欠陥および表面状態は、電子トラップおよび非発光性再結合中心としての機能を果たし得る。表面励起、クーロンカ損傷、温度消光、表面酸化、および他の外部電子反応は、発光性種を劣化させ得る。

【0065】

以下の表 1 は、表面埋込素子構成要素内に添加物として含まれ得る、蛍光体の付加的実施例を記載する。

【0066】

10

20

30

40

【表 1 - 1】

表 1

機構	種
下方シフト	$\text{Cr}^{3+}:\text{Al}_2\text{O}_3$
下方シフト	Eu^{3+}
下方シフト	ローダミン6G
下方シフト	ペリレンまたはナフタルイミド染料(例えば、Lumogen-F 241)
下方シフト	ペリレンまたはナフタルイミド染料(例えば、Lumogen-F 339)
下方シフト	Uvitex OB(2, 5-チオフェンジイルビス(5-tert-ブチル-1, 3-ベンゾキサゾール))
下方シフト	Hostasol 8G
下方シフト	Si ナノ粒子または他のナノサイズの構造
下方シフト	Ag: リン酸ガラス
下方シフト	Alq3
下方シフト	TPD(N, N'-ジフェニル-N, N'-ビス(3-メチルフェニル)-

10

【0067】

【表 1 - 2】

	[1, 1'-ビフェニル]-4, 4'-ジアミン)
下方シフト	Gaq2Cl
下方シフト	MPI
下方シフト	Acrylite SG715, Sumipex 652
下方シフト	Bis-MSB, Stilben189, Lumogen-F(570, 650, 083, 170 および 300), Coumarin 307, Fluorescence Yellow CRS040
下方シフト	CdSe ナノ粒子または他のナノサイズの構造
下方シフト	CdS ナノ粒子または他のナノサイズの構造
下方シフト	ZnSe
下方シフト	Sm ³⁺ :KMgF ₃
下方シフト	Tb ³⁺
下方シフト	Dy ³⁺
下方シフト	Coumarin
下方シフト	CRS 040
下方シフト	SrAlF ₅ : Pr ³⁺
下方シフト	YF ₃ : Pr ³⁺
下方シフト	NaYF ₄ : Pr ³⁺
下方シフト	CaAlF ₅ : Pr ³⁺
下方シフト	NaMgF ₃ : Pr ³⁺
下方シフト	KMgF ₃ : Pr ³⁺
下方シフト	LaZrF ₇ : Pr ³⁺
下方シフト	SrAl ₁₂ O ₁₉ : Pr ³⁺
下方シフト	LiYF ₄ : Gd ³⁺
下方シフト	LiGdF ₄ : Eu ³⁺
下方シフト	GdF ₃ : Eu ³⁺
下方シフト	BaF ₂ : Gd ³⁺ , Eu ³⁺
下方シフト	LiGdF ₄ : Er ³⁺ , Tb ³⁺
下方シフト	ZnS: Ag, Cu, Al, Zn
下方シフト	YVO ₄ :Eu
下方シフト	Y ₂ O ₃ :Eu
下方シフト	Cd ₃ (PO ₄) ₂ :Mn
下方シフト	BaCl ₂ :Er ³⁺
下方シフト	Er ³⁺ :Si
下方シフト	Tb ³⁺ :LaF ₃
下方シフト	Er ³⁺ :YAlO ₃
上方シフト	Er ³⁺ :Y ₂ O ₃
上方シフト	Er ³⁺ :LaF ₃
上方シフト	Er ³⁺ :LaCl ₃
上方シフト	Er ³⁺ :LaBr ₃
上方シフト	Er ³⁺ : NaYF ₄
上方シフト	Ti ²⁺ :MgCl ₂
上方シフト	Ti ²⁺ :NaCl
上方シフト	Er ³⁺ :ZrO ₂

10

20

30

40

【表 1 - 3】

上方シフト	ローダミン B
上方シフト	ローダミン 6G
上方シフト	PYC
上方シフト	APSS

蛍光体のさらなる実施例は、 Er^{3+} 系下方シフト蛍光体；上方シフトまたは下方シフトする、ランタニド含有化合物；蛍光灯内で使用される、下方シフト蛍光体（例えば、青色および赤色放出のための Eu^{3+} イオンならびに緑色放出のための Tb^{3+} 、約90%から約93%の範囲内の量子効率を伴う）； $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Yb}^{2+}$ および Yb^{3+} 共活性化発光性材料； $\text{NaYF}_4:\text{Er}^{3+}$ （約20% Er^{3+} ）； Si ナノ結晶に隣接する Er^{3+} イオン受容体とともに、 SiO_2 基質に埋め込まれる Si ナノ結晶；蛍光染料；ランタニドイオン；ランタニド錯体；ナノアンテナ；有機アンテナ； Eu^{3+} フェナントロリン（または、phen）錯体； $[\text{Eu}(\text{phen})_2]\text{Cl}_3$ ； Tb^{3+} ピピリジン（または、bpy）錯体； $[\text{Tb}(\text{bpy})_2]\text{Cl}_3$ ； $\text{Ca}_2\text{BO}_3\text{Cl}:\text{Ce}^{3+}$ ； Tb^{3+} 系蛍光体； Yb^{3+} 系蛍光体； $\text{Er}^{3+}-\text{Dy}^{3+}$ ；ORMOSIL： Eu^{3+} ；Ag；レーザー染料；Er；TPD； $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ ； Eu^{3+} ； Eu^{2+} ； $\text{Cs}_3\text{Y}_2\text{Br}_9:\text{Eu}^{3+}-\text{Yb}^{3+}$ ； $\text{Tb}-\text{Yb}$ ； $\text{Pr}-\text{Yb}$ ； $\text{Er}-\text{Yb}$ ；acrylate系蛍光体； PbSe ； PbS ； Sm^{3+} ； $\text{SrF}_2:\text{Pr}^{3+}-\text{Yb}^{3+}$ ；ZnS系蛍光体、 $\text{ZnS}:\text{Mn}$ 、 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$ （または、BAM）ディスプレイ蛍光体；Cu活性化ZnS；Ag活性化ZnS；酸化物母材、窒化物母材、酸窒化物母材、硫化物母材、セレン化物母材、ハロゲン化物母材、ケイ酸化物母材、および希土類金属母材を伴う蛍光体；共鳴エネルギー伝達粒子；または任意のそれらの組み合わせを含む。

【0069】

添加物はまた、電導性材料、半導体、および蛍光体の代わりに、またはそれと組み合わせて、例えば、メタマテリアル等の官能化作用物質を含むこともできる。メタマテリアルおよび特定の電磁特性を伴う関連人工複合構造は、例えば、分割リング共振器、リング共振器、遮蔽素子、ナノ構造化反射防止層、高吸収層、完璧なレンズ、集光器、マイクロ集光器、電磁エネルギーの集束器、連結器、および同等物を含むことができる。添加物はまた、例えば、赤外線放射、紫外線放射、X線放射のうちのいずれか1つ以上等の電磁放射を反射、吸収、または散乱する材料を含むことができる。そのような材料は、例えば、Ag、Au、Ge、 TiO_2 、Si、 Al_2O_3 、 CaF_2 、ZnS、GaAs、ZnSe、KCl、ITO、酸化スズ、ZnO、MgO、 CaCO_3 、ベンゾフェノン、ベンゾトリアゾール、ヒンダードアミン系光安定剤、シアノアクリレート、サリチル型化合物、Ni、Pb、Pd、Bi、Ba、 BaSO_4 、鋼鉄、U、Hg、金属酸化物、またはそれらの任意の組み合わせを含む。添加物に対する材料の付加的な実施例は、 PbSO_4 、 SnO_2 、Ru、As、Te、In、Pt、Se、Cd、S、Sn、Zn、二セレン化銅インジウム（「CIS」）、Cr、Ir、Nd、Y、セラミック（例えば、ガラス）、シリカ、有機蛍光染料、またはそれらの任意の組み合わせを含む。

【0070】

添加物はまた、例えば、ポリマー含有ナノチューブ、ポリマー含有ナノ粒子、ポリマー含有ナノワイヤ、半電導性ナノチューブ、絶縁ナノチューブ、ナノアンテナ、強磁性材料で形成された添加物、強磁性コアおよび高度に伝導性のシェルで形成された添加物、有機金属ナノチューブ、金属ナノ粒子またはマイクロ粒子、圧電材料で形成された添加物、量子ドットで形成された添加物、ドーパントを伴う添加物、光学集中および捕獲構造、光学レクテナ、ナノサイズの薄片、ナノ同軸構造、導波路構造、金属ナノ結晶、半電導性ナノ結晶、ならびに多色染色剤で形成された添加物、酸化物、ケモクロミック剤、合金、ピエゾクロミック剤、サーモクロミック剤、フォトクロミック剤、エレクトロクロミック剤、

10

20

30

40

50

メタマテリアル、硝酸銀、マグネトクロミック剤、毒素中和剤、芳香剤、触媒、湿潤剤、塩、ガス、液体、コロイド、懸濁液、乳液、耐紫外線剤、発光剤、抗菌剤、静電気防止剤、ベヘントリモニウムクロリド、コカミドプロピルベタイン、リン酸エステル、フェニルエチレングリコールエステル、ポリオール、ジノニルナフチルスルホン酸、ルテニウム金属有機染料、酸化チタン、傷防止剤、グラフェン、銅フタロシアニン、指紋防止剤、防曇剤、耐紫外線剤、着色剤、反射防止剤、耐赤外線剤、高反射率剤、光学濾過剤、香料、脱臭剤、樹脂、潤滑剤、可溶化剤、安定剤、界面活性剤、蛍光剤、活性炭、トナー剤、回路要素、絶縁体、導体、伝導性流体、磁気添加物、電子添加物、プラズモン添加物、誘電体添加物、共振添加物、発光性分子、蛍光性分子、空洞共振器、冷陰極、電極、ナノピラミッド、共振器、センサ、アクチュエータ、トランスデューサ、トランジスタ、レーザ、発振器、光検出器、フォトリソグラフィ、共役ポリマー、非線形要素、複合材料、多層、科学的不活性剤、位相偏移構造、増幅器、変調器、スイッチ、太陽電池、発光ダイオード、連結器、粘着防止およびスリップ防止剤（例えば、珪藻土、タルク、炭酸カルシウム、シリカ、およびケイ酸塩）、スリップ剤および潤滑剤（例えば、脂肪酸アミド、エルカミド、オレアミド、脂肪酸エステル、ステアリン酸金属塩、ワックス、およびアミド混合物）、酸化防止剤（例えば、アミン、フェノール成分、有機リン酸塩、チオエステル、および不活性化剤）、静電気防止剤（例えば、陽イオン性静電気防止剤、第四アンモニウム塩および化合物、ホスホニウム、スルホニウム、陰イオン性静電気防止剤、電導性ポリマー、アミン、および脂肪酸エステル）、殺生物剤（例えば、10, 10'-オキシビスフェノキサルシン（または、OBPA）、アミンで中和したリン酸塩、亜鉛2-ピリジンチアノール-1-オキシド（または、亜鉛OMADINE）、2-n-オクチル-4-イソチアゾリン-3-オン、DCOIT、TRICLOSAN、CAPTAN、およびFOLPET）、光安定剤（例えば、紫外線吸収剤、ベンゾフェノン、ベンゾトリアゾール、安息香酸塩、ニッケル有機錯体、ヒンダードアミン系光安定剤（または、HALS）、およびニッケル含有化合物）、電導性ポリマー（例えば、ポリアニリン、ポリ（アセチレン）、ポリ（ピロール）、ポリ（チオフェン）、ポリ（p-フェニレンスルフィド）、ポリ（p-フェニレンビニレン）（または、PPV）、ポリ（3-アルキルチオフェン）、ポリインドール、ポリピレン、ポリカルバゾール、ポリアズレン、ポリアゼピン、ポリ（フルオレン）、ポリナフタレン、メラニン、ポリ（3, 4-エチレンジオキシチオフェン）（または、PEDOT）、ポリ（スチレンスルホン酸塩）（または、PSS）、PEDOT-PSS、PEDOTポリメタクリル酸（または、PEDOT-PMA）、ポリ（3-ヘキシルチオフェン）（または、P3HT）、ポリ（3-オクチルチオフェン）（または、P3OT）、ポリ（C-61-酪酸メチルエステル）（または、PCBM）、およびポリ[2-メトキシ-5-(2'-エチル-ヘキシルオキシ)-1, 4-フェニレンビニレン]（または、MEH-PPV）、本明細書で好適な母材として記載される任意の材料、またはそれらの任意の組み合わせを含むこともできる。

【0071】

ある実装について、ナノワイヤ、ナノチューブ、およびそれらの組み合わせの形態等である、高アスペクト比添加物が望ましい。例えば、望ましい添加物は、炭素または他の材料で形成されたナノチューブ（例えば、MWNT、SWNT、黒鉛化MWNT、黒鉛化SWNT、修正MWNT、修正SWNT、およびポリマー含有ナノチューブ）、金属、金属酸化物、金属合金、または他の材料で形成されたナノワイヤ（例えば、Agナノワイヤ、Cuナノワイヤ、酸化亜鉛ナノワイヤ（ドーピングされていない、または例えば、アルミニウム、ホウ素、フッ素、およびその他によってドーピングされた）、酸化スズナノワイヤ（ドーピングされていない、または例えば、フッ素によってドーピングされた）、酸化カドミウムスズナノワイヤ、ITOナノワイヤ、ポリマー含有ナノワイヤ、およびAuナノワイヤ）、ならびに電導性または半電導性であり、円筒形、球状、錐体、または他の形状であろうと、種々の形状を有する他の材料を含む。添加物の付加的な実施例は、活性炭、グラフェン、カーボンブラック、Ketjen black、および金属、金属酸化物、金属合金、または他の材料（例えば、Agナノ粒子、Cuナノ粒子、酸化亜鉛ナノ粒子、ITOナノ粒子

10

20

30

40

50

、およびAuナノ粒子)で形成されたナノ粒子で形成されたものを含む。

【0072】

一般に、母材は、種々の形状およびサイズを有することができ、透明、半透明、または不透明となり得、可撓性、屈曲可能、折畳可能、または剛性となり得、電磁的に不透明または電磁的に透明となり得、電導性、半電導性、または絶縁性となり得る。母材は、基板としての機能を果たす、層、膜、またはシートの形態となり得るか、または基板あるいは別の材料上に配置されたコーティングもしくは複数のコーティングの形態となり得る。好適な母材の実施例は、有機材料、無機材料、およびハイブリッド有機・無機材料を含む。例えば、母材は、ポリオレフィン、ポリエチレン(または、PE)、ポリプロピレン(または、PP)、ポリアクリレート、ポリエステル、ポリスルホン、ポリアミド、ポリイミド、ポリウレタン、ポリビニル、フッ素重合体、ポリマー、ポリカーボネート(または、PC)、ポリスルホン、ポリ乳酸、アリルジグリコールカーボネートに基づくポリマー、ニトリル系ポリマー、アクリロニトリルブタジエンスチレン(または、ABS)、フェノキシ系ポリマー、フェニレンエーテル/オキシド、プラスチック、オルガノゾル、プラスチック材料、ポリアセタール、芳香族ポリアミド、ポリアミドイミド、ポリアリルエーテル、ポリエーテルイミド、ポリアリルスルホン、ポリブチレン、ポリカーボネート、ポリケトン、ポリメチルペンテン、ポリフェニレン、ポリスチレン、高衝撃ポリスチレン、スチレン無水マレイン酸に基づくポリマー、ポリアリルジグリコールカーボネートモノマーに基づくポリマー、ビスマレイミド系ポリマー、ポリフタル酸アリル、熱可塑性ポリウレタン、高密度ポリエチレン、低密度ポリエチレン、コポリエステル(例えば、Tri TanTMという商標の下で入手可能である)、ポリ塩化ビニル(または、PVC)、アクリル系ポリマー、ポリエチレンテレフタレートグリコール(または、PETG)、ポリエチレンテレフタレート(または、PET)、エポキシ、エポキシ含有樹脂、メラミン系ポリマー、シリコンおよびシリコン含有ポリマー(例えば、ポリシランおよびポリシルセスキオキサン)、酢酸塩に基づくポリマー、ポリ(フマル酸プロピレン)、ポリ(フッ化ビニリデン-三フッ化エチレン)、ポリ(3-ヒドロキシ酪酸ポリエステル)、ポリアミド、ポリカプロラクトン、ポリグリコール酸(または、PGA)、ポリグリコリド、ポリ乳酸(または、PLA)、ポリ乳酸プラスチック、ポリフェニレンビニレン、電導性ポリマー(例えば、ポリアニリン、ポリ(アセチレン)、ポリ(ピロール)、ポリ(チオフェン)、ポリ(p-フェニレンスルフィド)、ポリ(p-フェニレンビニレン)(または、PPV)、ポリ(3-アルキルチオフェン)、ポリインドール、ポリピレン、ポリカルバゾール、ポリアズレン、ポリアゼピン、ポリ(フルオレン)、ポリナフタレン、メラニン、ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)(または、PEDOT)、ポリ(スチレンスルホン酸塩)(または、PSS)、PEDOT-PSS、PEDOT-ポリメタクリル酸(または、PEDOT-PMA)、ポリ(3-ヘキシルチオフェン)(または、P3HT)、ポリ(3-オクチルチオフェン)(または、P3OT)、ポリ(C-61-酪酸メチルエステル)(または、PCBM)、およびポリ[2-メトキシ-5-(2'-エチルヘキシルオキシ)-1,4-フェニレンビニレン](または、MEH-PPV)、ポリオレフィン、液晶ポリマー、ポリウレタン、ポリエステル、コポリエステル、ポリ(メタクリル酸メチル)共重合体、テトラフルオロエチレン系ポリマー、スルホン化テトラフルオロエチレン共重合体、アイオノマー、フッ素化アイオノマー、ポリマー電解質膜に対応する、または含まれるポリマー、エタンスルホンフルオリド系ポリマー、2-[1-[ジフルオロ-[(トリフルオロエチル)オキシ]メチル]-1,2,2,2-トリフルオロエトキシ]-1,1,2,2-テトラフルオロ-(テトラフルオロエチレン、テトラフルオロエチレン-ペルフルオロ-3,6-ジオキサ-4-メチル-7-オクタンスルホン酸共重合体を伴う)に基づくポリマー、ポリプロピレン、ポリブテン、ポリイソブテン、ポリイソブレン、ポリスチレン、ポリ乳酸、ポリグリコリド、ポリグリコール酸、ポリカプロラクトン、フッ化ビニリデンに基づくポリマー、トリフルオロエチレンに基づくポリマー、ポリ(フッ化ビニリデン-トリフルオロエチレン)、ポリフェニレンビニレン、銅フタロシアニンに基づくポリマー、グラフェン、ポリ(フマル酸プロピレン)、セロフ

10

20

30

40

50

ァン、銅アンモニア系ポリマー、レーヨン、およびバイオポリマー（例えば、酢酸セルロース（または、C A）、酢酸酪酸セルロース（または、C A B）、酢酸プロピオン酸セルロース（または、C A P）、プロピオン酸セルロース（または、C P）、尿素、木、コラーゲン、ケラチン、エラスチン、ニトロセルロース、プラスターチ、セルロイド、竹、生物由来のポリエチレン、カルボジイミド、軟骨、称賛セルロース、セルロース、キチン、キトサン、結合組織、銅フタロシアニン、綿セルロース、エラスチン、グリコサミノグリカン、リネン、ヒアルロン酸、ニトロセルロース、紙、羊皮紙、プラスターチ、澱粉、澱粉系プラスチック、フッ化ビニリデン、およびビスコースに基づくポリマー、または任意のモノマー、共重合体、混合物、またはそれらの他の組み合わせから選択されるような、熱可塑性ポリマー、熱硬化性ポリマー、エラストマー、またはそれらの共重合体あるいは他の組み合わせを含むことができる。好適な母材の付加的な実施例は、セラミック（例えば、 SiO_2 系ガラス、 SiO_x 系ガラス、 TiO_x 系ガラス、 SiO_x 系ガラスの他のチタン、セリウム、マンガン類似体、スピノングラス、ゾル・ゲル処理から形成されたガラス、シラン前駆体、シロキサン前駆体、ケイ酸前駆体、オルトケイ酸テトラエチル、シラン、シロキサン、リンケイ酸塩、スピノングラス、ケイ酸塩、ケイ酸ナトリウム、ケイ酸カリウム、ガラス前駆体、セラミック前駆体、シルセスキオキサン、金属シルセスキオキサン、かご型シルセスキオキサン、ハロシラン、ポリイミド、PMMA フォトレジスト、ゾル・ゲル、シリコン酸素水素化物、シリコーン、スタノキサン、シラチアン、シラザン、メタロセン、二塩化チタノセン、二塩化バナドセン、および他の種類のガラス）、セラミック前駆体、ポリマー・セラミック複合材料、ポリマー・木複合材料、ポリマー・炭素複合材料（例えば、Ketjen black、活性炭、カーボンブラック、グラフェン、および他の形態の炭素で形成された）、ポリマー・金属複合材料、ポリマー・酸化物、またはそれらの任意の組み合わせを含む。

【0073】

母材は、例えば、n型にドーピングする、p型にドーピングする、または非ドーピングすることができる。埋込添加物は、例えば、n型にドーピングする、p型にドーピングする、または非ドーピングすることができる。母材が電導性または半電導性である場合、n型にドーピングされる、p型にドーピングされる、または両方である添加物を使用し、太陽素子のためのp-n型接合ならびに電子および光電子素子の他の種類を形成することができる。

【0074】

図1Aの構成と、（例えば、図1Dから図1Iおよび図2Aから図2Hに例証されるような）本明細書で説明される、ある表面埋込素子構成要素との間の少なくとも1つの違いは、バルク混入の特性である、図1Aの素子層104が素子層104の全体を通してランダムかつ比較的均一に分布した添加物102を有することである。対照的に、本明細書で説明される表面埋込素子構成要素では、添加物は、大部分が母材の「平面的」または「平面状」埋込領域に閉じ込められ、添加物の位相的不規則の減少、向上した電導性のための添加物の間の接合形成の発生の増加につながる。埋込領域は「平面的」と呼ばれることもあるが、添加物自体が典型的には3次元であるため、そのような埋込領域は、典型的には、厳密に2次元ではないことが理解されるであろう。むしろ、「平面的」は、相対的な意味で使用することができ、母材のある領域内に添加物の比較的薄いスラブ状の（または、層状の）局所集中を伴い、かつ添加物が大部分は残りの母材に欠けている。また、埋込領域が、図1F、図2A、および図2B等の添加物の特徴的な寸法よりも大きい（例えば、数倍大きい）厚さを有することができるにもかかわらず、そのような埋込領域を「平面的」と呼ぶことができることが理解されるであろう。埋込領域は、母材の一方の側面に隣接して、母材の中央に隣接して、または母材の厚さの方向に沿った任意の恣意的な場所に隣接して位置することができ、複数の埋込領域は、相互に隣接して位置することができ、または母材内で相互から離間することができる。各埋込領域は、1つ以上の種類の添加物を含むことができ、埋込領域（同じ母材に位置する）は、異なる種類の添加物を含むことができる。（母材の全体を通してランダムとは対照的に）添加物を母材の一組の「平面的」埋込領域に閉じ込めることによって、単位面積あたりの所与の量の添加物に対して、より

高い電伝導性を達成することができる。埋込領域に閉じ込められない添加物は、省略することができる、過剰量の添加物を表す。

【0075】

(母材の全体を通してランダムとは対照的に) 添加物を母材の一組の「平面的」埋込領域に閉じ込めることによって、自己吸収または消光の事例を低減させ、太陽素子の単位面積あたりの所与の量の添加物に対して、より高い太陽電力変換効率を達成することができる。例えば、発光性種は、大部分が、母材の上部表面に隣接する埋込領域に閉じ込めることができるため、上部埋込種の放出スペクトルを再吸収する、さらなる種は殆どまたは全く、上部埋込種の下側に存在しない。「平面的」埋込領域への発光性種の閉じ込めによる、劇的に減少した再吸収は、高濃度消光の問題に効果的に対処することができる。また、太陽素子の封止材層等の素子層の上部表面に隣接して埋め込まれた下方シフト種は、入射太陽光のUV放射を可視光に変換することによって、素子層のポリマーのUV抵抗を増加させることができる。従来のUV安定剤または吸収剤は、排除される、濃度が低下される、または同一濃度で含まれることができる。

10

【0076】

図1Bと、(例えば、図1Dから図1Iおよび図2Aから図2Hに例証されるような) 本明細書に説明されるある表面埋込構造との間の少なくとも1つの違いは、従来のコーティングの特性である、図1Bの素子層110が、素子層112上に配置される、素子層110全体を通して混合される添加物108を有することである。素子層110自体を参照すると、層110は、バルク混入の場合に対する図1Aに示されるものと同様の構成を特徴とするが、添加物108は、層110全体を通して、ランダムかつ比較的均一に分布する。対照的に、本明細書に説明されるある表面埋込素子構成要素では、添加物は、コーティング全体を通して、均一に位置しないが、むしろ、大部分が、添加物を素子層に結合するために必要とされる、任意のコーティングまたは他の二次材料を必要とせずに、素子層の「平面的」または「平面状」埋込領域に閉じ込めることができる一方、(例えば、図1Gおよび図2Gに例証されるような) 他の表面埋込構造では、添加物は、コーティング全体を通して均一に位置されるのではなく、大部分が、コーティングの「平面的」または「平面状」埋込領域に閉じ込めることができる。電導性添加物を「平面的」または「平面状」埋込領域に閉じ込めることは、添加物の位相的不規則の減少、向上した電導性のための添加物の間の接合形成の発生の増加につながる。また、スペクトルシフト添加物を「平面的」または「平面状」埋込領域に閉じ込めることは、自己吸収の低減およびUV抵抗の増加を可能にする。

20

30

【0077】

また、層110上の露出材料は、セロハンテープ、粘着または研磨力、または他の力で容易に除去することができ、表面を和らげる傾向があり得るため、図1Bの素子層110は、損傷を受けやすくなり得る。添加物108を含有する素子層110はまた、層間剥離し、ひび割れ、剥離し、気泡形成し、または他の変形を受け得るが、それは、結合する目的で必要とされるコーティングまたは他の二次材料を伴わずに、添加物が素子層に直接埋め込まれる、本明細書で説明される、ある表面埋込素子構成要素によって克服することができる。例えば、ポリイミド層上の電子素子の加工の際、遭遇する潜在的問題は、隣接する層の接着である。ポリイミド層上に堆積される薄膜または他の層に対して、剥離および層間剥離が生じ得る。本明細書に説明される表面埋込素子構成要素は、ポリイミド層上に加工される素子の改善された機械的耐久性および頑健性を提供する。表面埋込の利点は、ポリイミド基板、ならびに他のポリマーまたはポリマー複合基板に適用可能である。直接かつ耐久的に、活性または官能化添加物をポリイミド層に埋め込むことによって(ポリイミド層上に膜として堆積させるのではなく)、実施形態は、薄膜のポリイミドへの接着不良を克服し、タイコート、プライマー、または他の二次または隣接層の使用を取り除き、素子性能を低下させ、コストを増加させ得る、接着を推進する。図1Bを参照すると、添加物108のうちのいくらかが層110の表面から外へ延在する、添加物108の位相的不規則は、粗度をもたらし、電氣的短絡を引き起こし、隣接する素子層との密接した接触

40

50

を妨げ得る。これは、耐久性のある平滑表面を特徴とし得る、本明細書で説明される表面埋込素子構成要素と対照的である。（例えば、図 1 E および図 1 F に例証されるように）添加物が母材に実質的または完全に埋め込まれる場合において、結果として生じる表面埋込構造の埋込表面は、極めて平滑であり（例えば、埋込添加物がない場合の母材と実質的に匹敵する平滑度または粗度を有する）、埋込表面の表面積の 0 %、約 1 % 以下、約 5 % 以下、約 10 % 以下、約 25 % 以下、または約 50 % 以下が、露出添加物によって占有される（例えば、埋込表面の上面図または埋込表面の他の 2 次元表現を得て、露出添加物から生じる表面積被覆率を判定することによって測定されるように）。

【0078】

図 1 C の構成と、（例えば、図 1 D から図 1 I および図 2 A から図 2 H に例証されるような）本明細書で説明される、ある表面埋込素子構成要素との間の少なくとも 1 つの違いは、表面堆積の特性である、添加物 116 を層 118 に埋め込むことなく、添加物 116 が素子層 118 上に配置されることである。層 118 の上の堆積材料は、セロハンテープ、粘着または研磨力、または他の力で容易に除去することができ、表面を和らげる傾向があり得るため、図 1 C の表面堆積構造 114 は、損傷を受けやすくなり得る。また、表面堆積構造 114 の表面は、極めて多孔性であり（例えば、表面堆積添加物 116 の間の間隙から、相互の上の添加物 116 の積み重ねから、または両方から生じる）、表面堆積添加物 116 上にコーティングされた、または別様に塗布された別の材料の十分な浸透を達成するのに困難を生じ、それによって、空隙または他の界面欠陥をもたらし得る。また、表面堆積構造 114 の表面は、極めて粗くなり得、それは、電氣的短絡を引き起こし、隣接する素子層との密接した接触を妨げ得る。これは、耐久性があり、比較的無孔性の平滑表面を特徴とし得る、本明細書で説明される表面埋込素子構成要素と対照的である。（例えば、図 1 E および図 1 F に例証されるように）添加物が母材に実質的または完全に埋め込まれる場合において、結果として生じる表面埋込構造の埋込表面は、極めて平滑であり（例えば、埋込添加物がない場合の母材と実質的に匹敵する平滑度または粗度を有する）、埋込表面の表面積の 0 %、約 1 % 以下、約 5 % 以下、約 10 % 以下、約 25 % 以下、または約 50 % 以下が、露出添加物によって占有される（例えば、埋込表面の上面図または埋込表面の他の 2 次元表現を得、露出添加物から生じる表面積被覆率を判定することによって測定されるように）。また、表面堆積構造 114 は、本明細書で説明される表面埋込素子構成要素よりも高いシート抵抗、または低い伝導性を有することができる。

【0079】

いくつかの実施形態では、表面埋込素子構成要素は、埋込表面に体積あたり約 10 %（または、約 0.1 % 等のそれ以下）、かつ埋込表面に体積あたり最大約 100 %、母材に埋め込まれた添加物を有することができ、約 0.1 %（または、それ以下）の表面積被覆率から最大約 99.9 %（または、それ以上）の表面積被覆率等の、様々な表面積被覆率で露出された添加物を有することができる。例えば、添加物の全体積に対する、埋込表面より下側に埋め込まれた添加物の体積に関して、少なくとも 1 つの添加物は、10 % から約 50 %、または約 50 % から約 100 % 等の約 10 % から約 100 % の範囲内の埋込体積パーセントを有することができる（または、添加物の集団が平均埋込体積パーセントを有することができる）。

【0080】

いくつかの実施形態では、表面埋込素子構成要素は、使用される添加物の特徴的な寸法よりも大きい（例えば、ナノワイヤについては、個別ナノワイヤの直径またはナノワイヤにわたる平均直径よりも大きい）厚さを伴う埋込領域を有することができ、添加物は、大部分が母材の全体的な厚さ未満の厚さを伴う埋込領域に閉じ込められる。例えば、埋込領域の厚さは、全体的な厚さの約 50 % 以下、約 40 % 以下、約 30 % 以下、約 20 % 以下、約 10 % 以下、または約 5 % 等の、母材の全体的な厚さの約 80 % 以下となり得る。

【0081】

いくつかの実施形態では、添加物は、使用される添加物の特徴的な寸法に対して（例えば、ナノワイヤについては、個別ナノワイヤの直径またはナノワイヤにわたる平均直径に

対して) 程度を変化させることによって、母材に埋め込むことができる。例えば、埋込表面より下側の添加物上の最も遠い埋込点の距離に関して、少なくとも1つの添加物は、特徴的な寸法の約100%を上回る程度まで埋め込むことができ、または特徴的な寸法の少なくとも約5%または約10%、および最大約80%、最大約50%、または最大約25%等の、特徴的な寸法の多くて約100%の程度まで埋め込むことができる。別の実施例として、添加物の集団を、平均して、特徴的な寸法の約100%を上回る程度まで埋め込むことができ、または特徴的な寸法の少なくとも約5%または約10%、および最大約80%、最大約50%、または最大約25%等の、特徴的な寸法の多くて約100%の程度まで埋め込むことができる。理解されるように、添加物が母材に埋め込まれる程度は、埋込表面にわたる高さの変動の程度(例えば、平均高さに対する標準偏差)として測定される時等に、埋込表面の粗度に影響を及ぼし得る。例えば、図1Cと対比して図1Dを比較すると、図1Dの表面埋込構造120の粗度が、部分的に埋め込まれた添加物130の特徴的な寸法より小さい一方で、図1Cの構造114の粗度は、少なくとも、表面的に堆積された添加物116の特徴的な寸法であり、(例えば、相互の上の添加物116の積み重ねの結果として)特徴的な寸法の約2倍(または、それ以上)となり得る。

10

【0082】

いくつかの実施形態では、少なくとも1つの添加物は、約1nmから約50nm、約50nmから100nm、または約100nmから約100ミクロン等の約0.1nmから約1cmで、母材の埋込表面から外へ延在することができる。他の実施形態では、添加物の集団は、平均して、約1nmから約50nm、約50nmから100nm、または約100nmから約100ミクロン等の約0.1nmから約1cm、母材の埋込表面から外へ延在することができる。他の実施形態では、母材の表面積(例えば、埋込表面の面積)の実質的に全体が添加物によって占有される。他の実施形態では、表面積の最大約50%、表面積の最大約25%、表面積の最大約10%、最大約5%、最大約3%、または表面積の最大約1%が添加物によって占有される等、表面積の最大約100%または最大約75%が添加物によって占有される。添加物は、母材の埋込表面から延在する必要はなく、および埋込表面下側に全体的に局所化することができる。表面埋込構造のための添加物の埋込の程度および表面被覆率は、特定の素子構成要素または用途に従って、選択することができる。例えば、表面埋込添加物のスペクトルシフトに基づいて動作する素子構成要素は、添加物のより深い程度の埋込およびより低い表面被覆率を規定することができる一方で、表面を通るまたは横断する電流の流れに基づいて動作する素子構成要素は、添加物のより少ない程度の埋込およびより高い表面被覆率を規定することができる。

20

30

【0083】

いくつかの実施形態では、ナノワイヤが添加物として使用される場合、電導性および他の所望の特性に影響を及ぼし得る特性は、例えば、ナノワイヤ密度または装填レベル、表面積被覆率、ナノワイヤ長、ナノワイヤ直径、ナノワイヤの均一性、材料の種類、および純度を含む。いくつかの実施形態では、低い接合抵抗および低い体抵抗を伴うナノワイヤの選好があり得る。高い透明性を維持しながら、より高い電導性を獲得するために、より細い直径でより長い長さのナノワイヤを使用することができ(例えば、ナノワイヤ接合形成を促進し、かつ約50から約1,000、または約100から約800等の約50から約2,000の範囲内の比較的大きいアスペクト比を伴って)、Ag、Cu、およびAuナノワイヤ等の金属ナノワイヤを使用することができる。ナノワイヤの特性もまた、太陽素子の後方反射体としての機能を果たす、素子層内に混入される時等、光散乱を提供するように選択または調節することができる。Agナノワイヤ網等のナノワイヤ網を形成するために、ナノワイヤを添加物として使用することは、いくつかの実施形態に望ましくなり得る。他の金属ナノワイヤ、ZnO、ZnO(i)、ZnO:A1、ZnO:B、SnO₂:F、Cd₂SnO₄、CdS、ZnS、TiO₂、ITO等の非金属ナノワイヤ、および他の酸化物ナノワイヤも使用することができる。可視光学スペクトルエネルギーの外側(例えば、<1.8eVおよび>3.1eV)、またはこの範囲のほぼ付近にある、バンドギャップを有する半導体から成る添加物は、可視光が、典型的には、バンドエネルギー

40

50

ーによって、またはその中の界面トラップによって吸収されないという点で、高い光学透明性を伴う素子層を作成するために使用することができる。種々のドーパントは、モス・バースタイン効果を介して偏移したフェルミレベルおよびバンドギャップエッジを考慮して、これらの前述の半導体の伝導性を調整するために使用することができる。ナノワイヤは、約5%以内（例えば、平均直径または長さに対する標準偏差）、約10%以内、約15%以内、または約20%以内等の、寸法（例えば、直径および長さ）に関して大部分が均一または単分散となり得る。純度は、例えば、少なくとも約50%、少なくとも約75%、少なくとも約85%、少なくとも約90%、少なくとも約95%、少なくとも約99%、少なくとも約99.9%、または少なくとも約99.99%となり得る。ナノワイヤの表面積被覆率は、例えば、最大約100%、約100%未満、最大約75%、最大約50%、最大約25%、最大約10%、最大約5%、最大約3%、または最大約1%となり得る。酸化の結果としてAgナノワイヤの表面上に形を成すことができる（または、形成することができる）酸化銀が電導性であるため、Agナノワイヤは、ある実施形態に特に望ましくなり得る。また、コアシェルナノワイヤ（例えば、Auまたは白金シェルを伴う銀コア）もまた、接合抵抗を減少させることができる。

10

【0084】

いくつかの実施形態では、ナノチューブが添加物として使用される場合に（炭素、金属、金属合金、金属酸化物、または別の材料で形成されるかどうかにかかわらず）、電導性および他の所望の特性に影響を及ぼし得る特性は、例えば、ナノチューブ密度または装填レベル、表面積被覆率、ナノチューブ長、ナノチューブ内径、ナノチューブ外径、単一壁または多重壁のナノチューブが使用されるかどうか、ナノワイヤの均一性、材料の種類、および純度を含む。いくつかの実施形態では、低い接合抵抗を伴うナノワイヤの選好があり得る。ディスプレイ等のある素子との関連で低減した散乱のために、カーボンナノチューブ等のナノチューブを、ナノチューブ網を形成するために使用することができる。代替として、または組み合わせて、ナノチューブの使用に対する散乱の同様の低減を達成するために、より小さい直径のナノワイヤを使用することができる。ナノチューブの特性もまた、太陽素子の後方反射体としての機能を果たす、素子層内に混入される時等、光散乱を提供するように選択または調整することができる。ナノチューブは、約5%以内（例えば、平均外/内径または長さに対する標準偏差）、約10%以内、約15%以内、または約20%以内等の、寸法（例えば、外径、内径、および長さ）に関して大部分が均一または単分散となり得る。純度は、例えば、少なくとも約50%、少なくとも約75%、少なくとも約85%、少なくとも約90%、少なくとも約95%、少なくとも約99%、少なくとも約99.9%、または少なくとも約99.99%となり得る。ナノチューブの表面積被覆率は、例えば、最大約100%、約100%未満、最大約75%、最大約50%、最大約25%、最大約10%、最大約5%、最大約3%、または最大約1%となり得る。

20

30

【0085】

添加物の種類の数は、所与の素子構成要素または用途に対して変化させることができると理解されたい。例えば、高い光学透明性および高い電導性をもたらすために、ITOナノ粒子とともに、Agナノワイヤ、Cuナノワイヤ、およびAuナノワイヤのいずれか一方または組み合わせを使用することができる。同様の組み合わせは、ITOナノワイヤ、ZnOナノワイヤ、ZnOナノ粒子、Agナノ粒子、Auナノ粒子、SWNT、MWNT、フラーレン系材料（例えば、カーボンナノチューブおよびバッキーボール）、およびITOナノ粒子、および蛍光体のうちの1つ以上とともに、Agナノワイヤ、Cuナノワイヤ、およびAuナノワイヤのいずれか一方または組み合わせを含むことができる。ITOナノ粒子またはナノワイヤの使用は、太陽素子との関連で仕事関数を調節するように、または他の添加物によって提供される伝導性経路の代わりに、あるいはそれと組み合わせて、電流が流れるための伝導性経路を提供するように、緩衝層としての機能を果たすことによって、付加的な機能性を提供することができる。事実上任意の数の異なる種類の添加物を母材に埋め込むことができる。

40

【0086】

50

いくつかの実施形態では、添加物は最初に、離散した物体として提供される。母材に埋め込むと、母材は、添加物が「平面的」または「平面状」埋込領域内で整列させられる、または別様に配列されるように、添加物を包む、または包囲することができる。いくつかの実施形態では、ナノワイヤ、ナノチューブ、マイクロワイヤ、マイクロチューブ、または1よりも大きいアスペクト比を伴う他の添加物等の添加物の場合について、添加物は、それらの縦または長手方向軸が、水平面、または埋込表面の平面に対応する、あるいはそれと平行な別の平面に対して一連の角度内に大部分は閉じ込められるように、整列させられる。例えば、添加物は、それらの縦または長手方向軸が、平均して、約 -35° から約 $+35^{\circ}$ 、約 -25° から約 $+25^{\circ}$ 、約 -15° から約 $+15^{\circ}$ 、約 -5° から約 $+5^{\circ}$ 、または約 -1° から約 $+1^{\circ}$ 等の、水平面に対して約 -45° から約 $+45^{\circ}$ の範囲に閉じ込められるように、整列させることができる。本実施例では、添加物のほとんどが、または実質的にいずれも、水平面に対して約 -45° から約 $+45^{\circ}$ の範囲の外側に配向された、それらの縦または長手方向軸を有することができない。埋込領域内で、隣接する添加物が、いくつかの実施形態では、相互に接触することができる。そのような接触は、所望の透明性のために比較的低い表面積被覆率を維持しながら、より長いアスペクト比の添加物を使用して向上させることができる。いくつかの実施形態では、ナノワイヤ、ナノ粒子、マイクロワイヤ、およびマイクロ粒子等の添加物の間の接触は、約 50°C 、約 125°C 、約 150°C 、約 175°C 、または約 200°C の、あるいは約 50°C から約 125°C 、約 100°C から約 125°C 、約 125°C から約 150°C 、約 150°C から約 175°C 、または約 175°C から約 200°C の範囲内の温度での低温焼結、フラッシュ焼結、添加物上の堆積物を成長させ、添加物をともに融合させるための酸化還元反応の使用を通じた焼結、またはそれらの任意の組み合わせ等の、焼結または焼鈍を通して増加させることができる。例えば、AgまたはAu添加物の場合、添加物を隣接する添加物と融合させるように、AgイオンまたはAuイオンを添加物上に堆積させることができる。約 200°C またはそれ以上の温度での高温焼結も検討される。また、電荷トンネリングまたはホッピングが、実際の接触がない場合に十分な電導性を提供する、または母材あるいは母材の上のコーティング自体が電導性であってもよい、ある用途および素子に、接触が殆どまたは全く必要とされないことも検討される。そのような用途および素子は、最大約 $10^6 \Omega/\text{s q}$ 以上のシート抵抗で動作することができる。個々の添加物は、電子移動のために電気および量子障壁によって分離することができる。

【0087】

以下は、図1Aから図1Cに例証される構成に対して、本明細書で説明される表面埋込素子構成要素の付加的な利点を提供する。図1Aの構成と違って、所望の特性を獲得するために、母材の大部分全体を通した添加物の均一な分布は必要とされない。実際に、少なくともいくつかの実施形態では、添加物が母材の「平面的」または「平面状」埋込領域に大部分は閉じ込められるという選好がある。実践では、添加物の不均一な混合および凝集および集積が生じ、図1Aに描写されるような均一な分布を実際に獲得することが困難となり得る。図1Bの構成と違って、添加物は、コーティングの全体を通して混合され、母材上に塗布されるよりもむしろ、母材に埋め込むことができる。そのようにして添加物を埋め込む際に、結果として生じる表面埋込素子構成要素は、より高い耐久性、より良い接着性、およびより優れた機械的完全性を有することができる。また、バルク混入と関連する問題と同様に、従来のコーティングは、本明細書で説明される表面埋込素子構成要素によって回避または低減することができる、不均一な混合および凝集の影響を受けやすくなり得る。埋込領域内に添加物分布の高均一性を提供することによって、開示される実施形態は、素子にわたって改善された信頼性、ならびに離散コーティングまたはバルク混入と比較して、表面埋込のためより薄い複合層を可能にする。埋込領域内の本高均一性は、添加物を埋込表面に埋め込み、後続添加物移行または凝集を低減あるいは防止し得る、以下に開示される表面埋込方法によって、少なくとも部分的に、達成される。さらに、従来のコーティングのz方向における添加物の位相的不規則は、特にナノメートルおよびマイクロレベルで、粗度をもたらし得る。対照的に、例えば、添加物の埋込および母材内の添加

物の整列に起因して、表面埋込素子構成要素は、従来のコーティングと比較して、減少した粗度を有し、それによって、素子故障の事例（例えば、素子のナノワイヤ貫通からの分路）を回避または低減する機能を果たすことができる。図1Cの構成と違って、添加物は、表面上に表面的に堆積されるよりもむしろ、母材に部分的または完全に埋め込まれ、表面的に堆積された添加物と比較して減少した粗度、ならびにより高い耐久性および伝導性をもたらす。いくつかの実施形態では、ナノワイヤを埋め込む時、母材のポリマー鎖は、ナノワイヤとともに保持し、それらを近くに引き寄せ、伝導性を増加させることができる。素子層の加熱もまた、ポリマー鎖に、ナノワイヤとともにさらに近接するように移動させることができる。

【0088】

表面埋込素子構成要素は、極めて耐久性があり得る。いくつかの実施形態では、そのような耐久性は、剛性および頑健性と組み合わせられ、他の実施形態では、そのような耐久性は、例えば、透過率の約50%以下、約20%以下、約15%以下、約10%以下、約5%以下、約3%以下、または実質的にゼロの減少、抵抗の約50%以下、約20%以下、約15%以下、約10%以下、約5%以下、約3%、または実質的にゼロの増加、および量子効率の約50%以下、約20%以下、約15%以下、約10%以下、約5%以下、約3%以下、または実質的にゼロの減少を伴って、他の物理的作用の中でも、屈曲され、丸められ、屈折され、折り畳まれる能力と組み合わせられる。いくつかの実施形態では、表面埋込素子構成要素は、大部分が従来のコーティングの耐久性問題に影響されず、コーティング産業で使用される標準セロハンテープ試験に耐え抜き、観察された透過率の実質的にゼロの減少、または約5%以下の減少、約10%以下の減少、約15%以下の減少、あるいは約50%以下の減少をもたらす、観察された抵抗の実質的にゼロの増加、または約5%以下の増加、約10%以下の増加、約15%以下の増加、あるいは約50%以下の増加、および観察された量子効率の実質的にゼロの減少、または約5%以下の減少、約10%以下の減少、約15%以下の減少、あるいは約50%以下の減少をもたらすことができる。いくつかの実施形態では、表面埋込素子構造はまた、観察された透過率または量子効率の実質的にゼロの減少、約50%以下の減少、約20%以下の減少、約15%以下の減少、約10%以下の減少、約5%以下の減少、または約3%以下の減少を伴って、および観察された抵抗の実質的にゼロの増加、約50%以下の増加、約20%以下の増加、約15%以下の増加、約10%以下の増加、約5%以下の増加、または約3%以下の増加を伴って、摩擦、擦過、屈曲、物理的摩耗、熱サイクリング、化学暴露、および湿度サイクリングに耐え抜くこともできる。この増進した耐久性は、添加物が母材の分子鎖または他の構成要素によって母材の内側で物理的または化学的に保持されるように、母材内の添加物の埋込をもたらすことができる。場合によっては、伝導性を増加させるように屈曲または押圧を観察することができる。

【0089】

表面埋込素子構造のいくつかの実施形態の別の利点は、より少ない量の添加物を使用して、電氣的パーコレーション閾値を獲得できることである。別の言い方をすれば、より少ない添加物材料を使用して、伝導性を獲得することができ、それによって、添加物材料および関連費用を節約し、透明性を増加させる。理解されるように、1つの添加物から別の添加物への電荷の浸出を可能にするように十分な量の添加物が存在する時、電氣的パーコレーション閾値に典型的に到達し、それによって、添加物網の少なくとも一部分を横断する伝導性経路を提供する。いくつかの実施形態では、電氣的パーコレーション閾値は、図4の概略図に例証されるように、添加物の装填レベルと対比した抵抗の対数プロットの傾斜の変化を介して観察することができる。添加物が大部分は「平面的」または「平面状」埋込領域に閉じ込められるため、より少ない量の添加物材料を使用することができ、それによって、位相的不規則を大幅に低減し、図1Aから図1Cの構成と比較して、添加物間（例えば、ナノワイヤ間またはナノチューブ間）接合形成のより高い確率をもたらす。言い換えれば、母材の厚さを通して分散させられるのとは対照的に、添加物が母材の中の薄い埋込領域に閉じ込められるため、添加物が相互接続して接合点を形成する確率を大幅に

10

20

30

40

50

増加させることができる。いくつかの実施形態では、電気的パーコレーション閾値は、銀ナノワイヤ等のある添加物について、約 $0.01 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ から約 $100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、約 $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ から約 $100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、 $0.01 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ から約 $0.4 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、約 $0.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ から約 $5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、または約 $0.8 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ から約 $3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 等の、約 $0.001 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ から約 $100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ （または、それ以上）の範囲内の添加物の装填レベルで獲得することができる。これらの装填レベルは、添加物の寸法、材料の種類、空間分散、および他の特性に従って変化させることができる。

【0090】

加えて、わずかな2次元伝導網の効果的な材料特性を示すものから、3次元伝導バルク材料の効果的な特性を示すものへの薄い層の遷移を表す、パラメータである、網目からバルクへの遷移を達成するために、より少ない量の添加物を使用することができる（例えば、埋込領域の厚さによって証明されるように）。添加物（例えば、Agナノワイヤ、Cuナノワイヤ、多重壁のカーボンナノチューブ（「MWCNT」）、単一壁のカーボンナノチューブ（「SWCNT」）、またはそれらの任意の組み合わせ）を「平面的」または「平面状」埋込領域に閉じ込めることによって、特定のレベルの太陽フラックス加重透過率で、より低いシート抵抗を獲得することができる。さらに、いくつかの実施形態では、添加物が混合される別個のコーティングまたは他の二次材料と関連付けられる界面欠陥の低減または排除により、表面埋込素子構成要素で担体再結合を低減することができる。

【0091】

これらの利点をさらに詳しく説明するために、位相的不規則によって、または接触抵抗によって、添加物網を特徴付けることができる。位相的に、添加物の臨界密度を上回って、かつ添加物・添加物（例えば、ナノワイヤ・ナノワイヤ、ナノチューブ・ナノチューブ、またはナノチューブ・ナノワイヤ）接合点の臨界密度を上回って、電流は、ソースからドレインまで容易に流れることができる。「平面的」または「平面状」添加物網は、添加物の特徴的な寸法（例えば、ナノワイヤについては、個別ナノワイヤの直径またはナノワイヤにわたる平均直径）に関して表される、低減した厚さを伴う網目からバルクへの遷移を達成することができる。例えば、埋込領域は、特徴的な寸法の最大約4倍、最大約3倍、または最大約2倍、および特徴的な寸法の約0.05または約0.1倍まで等の、特徴的な寸法の最大約5倍（または、それ以上）の厚さを有することができ、光学透明性および電導性を増加させながら、素子がより薄くなることを可能にする。したがって、本明細書で説明される表面埋込素子構成要素は、いくつかの実施形態では、（nmに関して）dという特徴的な寸法を有する局所化性添加物である、（nmに関して）最大約 $n \times d$ の厚さを伴う埋込領域を提供し、 $n = 2, 3, 4, 5$ 、またはそれ以上である。

【0092】

表面埋込素子構成要素のいくつかの実施形態の別の利点は、所与のレベルの電導性について、構成要素が、より高い透明性をもたらすことができることである。これは、添加物の所与の加重レベルについて、添加物・添加物接合点の効率的な形成を考慮して、そのレベルの電導性を獲得するために、より少ない添加物材料を使用することができるためである。理解されるように、（例えば、膜の形態である）薄い伝導性材料の透過率は、薄膜に対する以下の近似的関係によって求められるように、そのシート抵抗Rおよび光波長の関数として表すことができる。

【0093】

【数1】

$$T(\lambda) = \left(1 + \frac{188.5 \sigma_{\text{op}}(\lambda)}{R_{\square} \sigma_{\text{DC}}} \right)^{-2} \quad (1)$$

ここで、 σ_{op} および σ_{DC} は、それぞれ、材料の光学およびDC伝導性である。いくつかの実施形態では、可撓性透明基板に表面埋込されたAgナノワイヤ網は、約 $3.2 \Omega/\square$

$s q$ または約 $0.2 \Omega / s q$ ほど低い、またはそれよりもさらに低いシート抵抗を有することができる。他の実施形態では、太陽素子に好適である透明な表面埋込素子構成要素は、太陽フラックス加重透過率 T_{solar} について最大約 85%（または、それ以上）、および約 $20 \Omega / s q$ （または、それ以下）ほど低いシート抵抗に到達することができる。なおも他の実施形態では、 $\geq 85\%$ （例えば、少なくとも約 85%、少なくとも約 90%、または少なくとも約 95%、および最大約 97%、約 98%、またはそれ以上）太陽フラックス加重透過率での $\leq 10 \Omega / s q$ のシート抵抗を、表面埋込構造で得ることができる。550 nm の所与の波長における透過率、人間の視覚または測光加重透過率（例えば、約 350 nm から約 700 nm）、太陽フラックス加重透過率、赤外範囲内の所与の波長または一連の波長における透過率、および紫外線範囲内の所与の波長または一連の波長における透過率等の透過率を、光波長の他の範囲に対して測定できることが理解されるであろう。また、透過率は、（例えば、表面埋込添加物を伴う母材より下側にある下層基板を考慮して）基板（存在する場合）に対して測定でき、または（例えば、下層基板を考慮することなく）空気に対して測定できることも理解されるであろう。本明細書で別様に規定されない限り、透過率値は、基板（存在する場合）に対して指定されるが、空気に対して測定される時、（いくぶん高い値を伴うが）同様の透過率値も検討される。いくつかの実施形態について、表面埋込構造の DC 対光学伝導性比は、少なくとも約 100、少なくとも約 115、少なくとも約 300、少なくとも約 400、または少なくとも約 500、最大約 600、最大約 800、あるいはそれ以上となり得る。

【0094】

ある表面埋込素子構成要素は、約 1 nm から約 100 nm、約 10 nm から約 80 nm、約 20 nm から約 80 nm、または約 40 nm から約 60 nm の範囲内の平均直径、および約 50 nm から約 1,000 μm 、約 50 nm から約 500 μm 、約 100 nm から約 100 μm 、約 500 nm から 50 μm 、約 5 μm から約 50 μm 、約 20 μm から約 150 μm 、約 5 μm から約 35 μm 、約 25 μm から約 80 μm 、約 25 μm から約 50 μm 、または約 25 μm から約 40 μm の範囲内の平均長さの Ag ナノワイヤの添加物を含むことができる。埋込領域の上部は、埋込表面より約 0.01 nm から約 100 μm 、約 0.1 nm または 100 μm 下側、埋込表面より約 0.1 nm から約 5 μm 下側、埋込表面より約 0.1 nm から約 3 μm 下側、埋込表面より約 0.1 nm から約 1 μm 下側、または埋込表面より約 0.1 nm から約 500 nm 下側等の、部材の上部埋込表面より約 0.0001 nm から約 100 μm 下側に位置することができる。母材に埋め込まれたナノワイヤは、体積あたり約 0% から最大約 90%、最大約 95%、または体積あたり最大約 99%、埋込表面から突出することができる。例えば、ナノワイヤの全体積に対して埋込表面より上側に露出されたナノワイヤの体積に関して、少なくとも 1 本のナノワイヤは、最大約 1%、最大約 5%、最大約 20%、最大約 50%、または最大約 75% あるいは約 95% の露出体積パーセントを有することができる（または、ナノワイヤの集団が平均露出体積パーセントを有することができる）。約 85% 以上の透過率（例えば、太陽フラックス加重透過率または光波長の別の範囲で測定される透過率）で、シート抵抗は、約 $500 \Omega / s q$ 以下、約 $400 \Omega / s q$ 以下、約 $350 \Omega / s q$ 以下、約 $300 \Omega / s q$ 以下、約 $200 \Omega / s q$ 以下、約 $100 \Omega / s q$ 以下、約 $75 \Omega / s q$ 以下、約 $50 \Omega / s q$ 以下、約 $25 \Omega / s q$ 以下、約 $15 \Omega / s q$ 以下、約 $10 \Omega / s q$ 以下、および約 $1 \Omega / s q$ または約 $0.1 \Omega / s q$ まで、あるいはそれ以下となり得る。約 90% 以上の透過率で、シート抵抗は、約 $500 \Omega / s q$ 以下、約 $400 \Omega / s q$ 以下、約 $350 \Omega / s q$ 以下、約 $300 \Omega / s q$ 以下、約 $200 \Omega / s q$ 以下、約 $100 \Omega / s q$ 以下、約 $75 \Omega / s q$ 以下、約 $50 \Omega / s q$ 以下、約 $25 \Omega / s q$ 以下、約 $15 \Omega / s q$ 以下、約 $10 \Omega / s q$ 以下、約 $1 \Omega / s q$ まで、またはそれ以下となり得る。いくつかの実施形態では、母材は、表面埋込ナノワイヤを伴う基板に対応し、母材は、透明または不透明となり得、可撓性または剛性となり得、例えば、ポリマー、アイオノマー、EVA、TPO、TPU、PVB、PE、PET、PETG、ポリカーボネート、PVC、PP、アクリル系ポリマー、ABS、セラミック、ガラス、またはそれらの任意の組み合わせから成ることが

できる。他の実施形態では、基板は、透明または不透明となり得、撓性または剛性となり得、例えば、ポリマー、アイオノマー、EVA、TPO、TPU、PVB、PE、PET、PETG、ポリカーボネート、PVC、PP、アクリル系ポリマー、ABS、セラミック、ガラス、またはそれらの任意の組み合わせから成ることができ、基板は、電導性材料、絶縁体、または半導体（例えば、ドーピングした金属酸化物または上記で記載される電導性ポリマー）でコーティングされ、コーティングに埋め込まれたナノワイヤを伴う。

【0095】

ある表面埋込素子構成要素は、約1 nmから約100 nm、約1 nmから約10 nm、約10 nmから約50 nm、約10 nmから約80 nm、約20 nmから約80 nm、または約40 nmから約60 nmの範囲内の平均外径、および約50 nmから約100 μ m、約100 nmから約100 μ m、約500 nmから50 μ m、約5 μ mから約50 μ m、約5 μ mから約35 μ m、約25 μ mから約80 μ m、約25 μ mから約50 μ m、または約25 μ mから約40 μ mの範囲内の平均長さのMWCNTおよびSWCNTのいずれか一方または両方の添加物を含むことができる。埋込領域の上部は、埋込表面より約0.1 nmから100 μ m下側、埋込表面より約0.1 nmから約5 μ m下側、埋込表面より約0.1 nmから約3 μ m下側、埋込表面より約0.1 nmから約1 μ m下側、または埋込表面より約0.1 nmから約500 nm下側等の、母材の上部埋込表面より約0.01 nmから約100 μ m下側に位置することができる。母材に埋め込まれたナノチューブは、体積あたり約0%から最大約90%、最大約95%、または体積あたり最大約99%、埋込表面から突出することができる。例えば、（例えば、ナノチューブの外径に対して画定されるような）ナノチューブの全体積に対して埋込表面より上側に露出されたナノチューブの体積に関して、少なくとも1本のナノチューブは、最大約1%、最大約5%、最大約20%、最大約50%、または最大約75%あるいは約95%の露出体積パーセントを有することができる（または、ナノチューブの集団が平均露出体積パーセントを有することができる）。約85%以上の透過率（例えば、太陽フラックス加重透過率または光波長の別の範囲で測定される透過率）で、シート抵抗は、約500 Ω /sq以下、約400 Ω /sq以下、約350 Ω /sq以下、約300 Ω /sq以下、約200 Ω /sq以下、約100 Ω /sq以下、約75 Ω /sq以下、約50 Ω /sq以下、約25 Ω /sq以下、約15 Ω /sq以下、約10 Ω /sq以下、および約1 Ω /sqまで、またはそれ以下となり得る。約90%以上の透過率で、シート抵抗は、約500 Ω /sq以下、約400 Ω /sq以下、約350 Ω /sq以下、約300 Ω /sq以下、約200 Ω /sq以下、約100 Ω /sq以下、約75 Ω /sq以下、約50 Ω /sq以下、約25 Ω /sq以下、約15 Ω /sq以下、約10 Ω /sq以下、約1 Ω /sqまたは約0.1 Ω /sqまで、またはそれ以下となり得る。いくつかの実施形態では、母材は、表面埋込ナノチューブを伴う基板に対応し、母材は、透明または不透明となり得、可撓性または剛性となり得、例えば、ポリマー、アイオノマー、EVA、TPO、TPU、PVB、PE、PET、PETG、ポリカーボネート、PVC、PP、PMMA、ガラス、ポリイミド、エポキシ、アクリル系ポリマー、ABS、セラミック、ガラス、またはそれらの任意の組み合わせから成ることができる。他の実施形態では、基板は、透明または不透明となり得、撓性または剛性となり得、例えば、ポリマー、アイオノマー、EVA、TPO、TPU、PVB、PE、PET、PETG、ポリカーボネート、PVC、PP、アクリル系ポリマー、ABS、セラミック、ガラス、またはそれらの任意の組み合わせから成ることができ、基板は、電導性材料、絶縁体、または半導体（例えば、ドーピングした金属酸化物または上記で記載される電導性ポリマー）でコーティングされ、コーティングに埋め込まれたナノワイヤを伴う。

【0096】

表面埋込素子構成要素に対して取得されたデータは、予期しない所見を明らかにする。例えば、母材（絶縁体である）が添加物の伝導能力を阻害することが推測されたため、表面上に表面的に堆積させられた添加物は、母材に物理的に埋め込まれた添加物よりも大きい電気伝導をもたらすことができると以前に推測された。しかしながら、予想外に、向上

10

20

30

40

50

した電導性が表面埋込構造に対して観察され、母材内に添加物を埋め込むことによって課される、有利な接合形成および網目からバルクのへの遷移という概念を支持する。

【0097】

(表面埋込添加物を含む素子)

本明細書に説明される表面埋込素子構成要素は、太陽素子、太陽ガラス、低鉄ガラス、スマートウィンドウ、ディスプレイ、有機発光ダイオード(または、OLED)、建築用ガラス、航空機用防風ガラス、エレクトロクロミック素子、マルチクロミック素子、ならびに他の電子および光電子素子を含む、種々の素子に組み込むことができる。

【0098】

いくつかの実施形態では、表面埋込素子構成要素は、太陽素子に組み込むことができる。太陽素子の動作中、太陽光は、電子正孔対の形態で電荷担体を産生するように、光活性材料によって吸収される。電子が1つの電極を通して光活性材料から出射する一方で、正孔は別の電極を通して光活性材料から出射する。正味の影響は、入射太陽光によって駆動される太陽素子を通る電流の流れであり、その電流は、有用な仕事を行うように外部負荷に送達することができる。太陽素子は、単一接合太陽電池、多接合またはタンデム太陽電池、薄膜太陽電池、色素増感型太陽電池、励起子太陽電池、量子ドット太陽電池、およびバルクヘテロ接合太陽電池を含む。これらの太陽素子において使用される光活性材料は、有機、無機、複合、ハイブリッド、またはそれらの組み合わせであることができる。太陽電池の実施例は、単結晶シリコン；多結晶シリコン；マイクロ結晶シリコン；ナノ結晶シリコン；非結晶シリコン；薄膜シリコン；単結晶、多結晶、マイクロ結晶、ナノ結晶、および薄膜形態の他の半導体材料、例えば、ゲルマニウム、ガリウムヒ素、セレン化インジウムガリウム銅(または、CIGS)、セレン化インジウム銅、テルル化カドミウム(または、CdTe)、および燐化インジウムガリウム；ポリマー(例えば、電導性または半電導性ポリマー)；共連続高分子フラーレン複合体；薄膜光活性材料、およびそれらの組み合わせに基づくものを含む。

【0099】

図6は、本発明の実施形態による、太陽素子600を例証する。太陽素子600は、一組の光活性材料から形成され、一組の正面素子層と一組の背面素子層との間に配置される、光活性層610を含む。ある場合には、種々の層は、正面シート(ガラス)から構築され、その場合、正面シートは、基板として説明することができる。種々の素子層が、以下のように例証および説明されるが、これらの素子層のあるものは、省略される、組み合わせられる、さらに細分割される、または並べ替えられることができ、かつ付加的素子層が、他の実施形態に従って、含まれることができることを理解されたい。

【0100】

図6を参照すると、正面素子層は、(1)ガラス(または、別のセラミック)、フッ素重合体(例えば、ポリテトラフルオロエチレン(または、PTFE)、ポリフッ化ビニリデン(または、PVDF)、フッ素化エチレンプロピレン(または、FEP)、またはエチレンテトラフルオロエチレン(または、ETFE))、実質的に、入射太陽光に透過性である、別の好適な材料、または任意のそれらの組み合わせから形成される、正面カバー602；(2)正面カバー602に隣接し、エチレン酢酸ビニル(または、EVA)(例えば、DuPontTM Elvax(登録商標)として利用可能)、ポリビニルブチラール(または、PVB)(例えば、DuPontTM Butacite(登録商標)として利用可能)、ポリビニルアルコール(または、PVA)、シリコーン、ポリシロキサン、アイオノマー(例えば、Sentry Glas(登録商標)として利用可能)、アクリル系ポリマー、ポリメタクリル酸メチル(または、PMMA)、TPU、TPO、別の好適な封止材材料、または任意のそれらの組み合わせから形成される、障壁膜として実装される、封止材層604；(3)少なくとも部分的に、封止材層604によって被覆され、それを通して、延在し、金属(例えば、n-型Ag、Agインク、またはAgペースト)、金属合金、別の好適な電導性材料、または任意のそれらの組み合わせから形成される、一組のバスバーまたは金属被覆618；(4)封止材層604に隣接する反射防止コ

ーティング606（または、ARC）；ならびに（5）反射防止コーティング606と光活性層610との間に配置され、ドーパされた金属酸化物（例えば、インジウムスズ酸化物）、実質的に、入射太陽光に透過性である、別の好適な電導性材、または任意のそれらの組み合わせから形成される、正面電極608を含む。

【0101】

背面素子層は、（1）シリコン、ポリイミド（例えば、DuPont（登録商標）Kapton（登録商標）として利用可能なポリ（4，4'-オキシジフェニレンーピロメリットイミド））、ポリエチレンナフタレート（または、PEN）（例えば、Teonex（登録商標））として利用可能、ポリエステル（例えば、Melinex（登録商標）

STポリエステルとして利用可能）、ガラス、アルミニウム、ステンレス鋼、別の好適な基板材料、または任意のそれらの組み合わせから形成される、基板614；（2）光活性層610と基板614との間に配置され、金属、金属合金、別の好適な電導性材料、または任意のそれらの組み合わせから形成される、背面電極612；（3）基板614に隣接し、エチレン酢酸ビニル（または、EVA）（例えば、DuPontTM Elvax（登録商標）として利用可能）、ポリビニルブチラル（または、PVB）（例えば、DuPontTM Butacite（登録商標）として利用可能）、ポリビニルアルコール（または、PVA）、シリコーン、ポリシロキサン、アイオノマー（例えば、Sentry Glas（登録商標）として利用可能）、アクリル系ポリマー、ポリメタクリル酸メチル（PMMA）、TPO、TPU、別の好適な封止材材料、または任意のそれらの組み合わせから形成される、障壁膜として実装される、封止材層616；ならびに（4）ガラス（または、別のセラミック）、フッ素重合体（例えば、ポリフッ化ビニル（または、PVF））、ポリエステル（例えば、Mylar（登録商標）、Melinex（登録商標）、およびTeijin（登録商標）Tetoron（登録商標）として利用可能な二軸延伸テレフタル酸ポリエチレン（または、PET））、別の好適な材料、または任意のそれらの組み合わせから形成される、背面カバー620を含む。正面および背面素子層の種々の他の組み合わせおよび順序が、検討される。いくつかの実施形態では、例えば、背面カバー620は、一組のバスバーまたは他の金属被覆および封止材層等、その上部に他の素子層が、配置される、基板としての機能を果たすことができる。

【0102】

一般に、太陽素子600の素子層のうちの任意の1つ以上は、図1Dから図1Iおよび図2Aから図2Hに例証されるもの等、本明細書に説明される表面埋込素子構成要素として実装することができる。

【0103】

封止材層604および616の目的は、太陽素子600に、構造的支持、電氣的隔離、物理的隔離、熱伝導、および障壁性質を提供することである。いくつかの実施形態では、封止材層604および616の一方または両方は、表面埋込添加物を含み、電導性、熱伝導性、スペクトルシフト、および吸収促進等の付加的または向上された機能性を付与することができる。また、封止材層604および616の一方または両方は、電導性または他の所望の機能性を付与するために、添加物のバルク混入を通して等、別の好適な方式において混入される、添加物を含むことができることも検討される。

【0104】

例えば、太陽に面する封止材層604は、下方シフト蛍光体を表面に埋め込むことができ、封止材層616は、上方シフト蛍光体を表面に埋め込むことができ、入射放射スペクトルを赤外線範囲から可視光範囲および紫外線範囲から可視光範囲の両方に調整する、太陽素子600をもたらす。可視光範囲の代わりに、入射放射スペクトルは、光活性層610のバンドギャップエネルギーに整合する波長の別の好適な範囲に調整することができる。

【0105】

代替として、または併用して、封止材層604および616の一方または両方は、電導性添加物を表面に埋め込むことができる。そのような電導性封止材層604および616

は、正面電極 608 および背面電極 612 と連動して動作することができる、あるいは別個または専用電極が、太陽素子 600 から省略され得るように、正面電極 608 および背面電極 612 を完全に置換することができる。

【0106】

電導性添加物（封止材層 604 および 616 または太陽素子 600 の別の組の素子層の表面に埋め込まれる）は、光活性層 610 と電気接触する、または別様に電氣的に接続されることができる。いくつかの実施形態では、光活性層 610 は、緩衝層を含むことができ、電導性添加物は、光活性層 610 の緩衝層と電気接触する、または別様に電氣的に接続されることができる。緩衝層（また、分路防止層または分路抵抗層とも称され得る）は、約 $500\ \Omega\cdot\text{cm}^2$ を下回る分路抵抗を伴うように等、太陽素子の分路抵抗を増加または修正する機能を果たすことができる。低分路抵抗は、時として、物理的欠陥（例えば、光活性材料の省略）、高伝導性の面積を伴う成長不良材料、またはそれらの組み合わせのため、生じ得る。低分路抵抗は、時として、高暗電流、ひいては、低曲線因子および低開回路電圧につながり得る。緩衝層は、薄絶縁または抵抗層として実装され、望ましくない方向における電流の漏出を阻止することができる。太陽素子が、照明されると、発生される結果として生じる電圧は、直列抵抗に僅かまたは穏やかな増加を伴って、緩衝層を通して、電荷担体をトンネリングするために十分であり得る。緩衝層の実施例として、CIGS および CdTe 太陽素子内の CdS 層、CIGS 太陽素子内の CdS と ZnO:Al 層との間に留置される ZnO(i) 層、および CdTe 太陽素子内の ZnO(i) または SnO₂ 層が挙げられる。ZnO(i) 層の他の目的として、ZnO:Al 層の堆積の間のスパッタリング損傷に対する抵抗が挙げられる。緩衝層の付加的実施例として、表面担体再結合を抑制する、シリコン太陽電池内の SiO₂ または Si₃N₄ 不動態層が挙げられる。物理的欠陥の場合、ナノワイヤの形態におけるような添加物は、それらの欠陥にわたって橋架することができる。添加物はまた、仕事関数整合を提供する、透明金属酸化物層または別の電導性層と電気接触する、または別様にそれと電氣的に接続されることができる。また、緩衝層は、光活性層 610 に対して、別個の層として実装することができ、電導性添加物は、そのような別個の緩衝層と電気接触する、または別様にそれと電氣的に接続されることができることが検討される。

【0107】

代替として、または併用して、封止材層 604 および 616 の一方または両方は、添加物を表面に埋め込み、UV 抵抗を提供する、あるいは別様に、光分解、熱劣化、光化学劣化、または光熱劣化に対する保護を提供することができる。380 nm を下回る波長の光は、酸素の存在下、ポリマー鎖の架橋結合または開裂につながり得る、ヒドロペルオキシドおよび過酸化物等の遊離基を発生させることができる。小分子、炭素間二重結合、変色、黄変、褐色化、透過率損失、光熱劣化からのガスの発生、封止材材料の基板からの層間剥離、太陽モジュール内の近隣太陽電池の不整合、およびシステム電力出力における損失は、遊離基の発生の可能性として考えられる結果である。いくつかの実施形態では、封止材層 604 および 616 の一方または両方は、UV 吸収剤（例えば、Cyasorb UV 531TM として利用可能な 2-ヒドロキシ-4-n-オクチルオキシベンゾフェノン）、UV 光安定剤（例えば、Tinuvin 770 として利用可能なベンゾフェノンおよびビス（2, 2, 6, 6-テトラメチル-4-ピペリジニル）セバケート）、酸化防止剤（例えば、Naugard P として利用可能なトリス（モノ-ノニルフェニル）ホスファイト）、または任意のそれらの組み合わせを表面に埋め込むことができる。太陽に面する、または封止材層 604 の上部表面に隣接する、埋込領域内の UV 安定剤等の添加物の局所化性は、有害な UV 放射が、封止材層 604 のバルクを通して透過され得る前に、実質的に、完全な UV 安定化を可能にし、向上した UV 安定化を封止材層 604 ならびに封止材層 604 下側の素子層に提供する。いくつかの実施形態では、下方シフト蛍光体の表面埋込は、太陽素子 600 の種々の層を通して透過する前に、紫外線範囲から可視光範囲に放射を変換することによって、そのような UV 安定化機能を提供することができる。

【0108】

架橋結合促進剤（例えば、有機過酸化物）、開始剤、プライマー、および硬化剤（例えば、Lupersol TBE Cとして利用可能なO O - t - ブチル - O - （2 - エチルヘキシル）モノペルオキシカルボナート）等の他の種類の添加物も、封止材層604および616（または、封止材層604および616のベースポリマーまたは他の前駆体）の一方または両方の表面に埋め込み、封止材層604および616の硬化または他の処理を推進することができる。乾燥剤を表面に埋め込み、改善された湿気障壁特性を提供することができ、セラミックまたは他の種類の材料を表面に埋め込み、改善された酸素障壁特性を提供することもできる。電導性材料または半導体から形成される添加物もまた、表面に埋め込み、仕事関数を調節し、または太陽素子600にわたって、より効率的かつ均一に熱を分布させることができる。加えて、添加物は、表面に埋め込まれ、光活性層610に隣接し、それに面する、埋込領域内に局所化され、散乱、プラズモン、およびポラリトニック効果のうちの1つ以上等によって、光活性層610による所望の波長範囲の光の吸収を誘発することができる。好適な吸収誘発添加物の実施例として、Agナノ粒子、半導体内に封止されるAgナノ粒子（例えば、銀コアおよびシリコンシェルを伴うコアシェルナノ粒子）、絶縁体に封止されるAgナノ粒子（例えば、銀コアおよび絶縁体シェルを伴うコアシェルナノ粒子）、Agナノワイヤ、半導体に封止されるAgナノワイヤ（例えば、銀コアおよびシリコンシェルを伴うコアシェルナノワイヤ）、絶縁体に封止されるAgナノワイヤ（例えば、銀コアおよび絶縁体シェルを伴うコアシェルナノワイヤ）、他の金属のナノ粒子、他の金属のナノワイヤ、多孔性ナノ粒子、多孔性ナノワイヤ、ナノ多孔性材料、ナノ多孔性ガラス（または、他のセラミック）、ナノ多孔性半導体等が挙げられる。

【0109】

太陽素子600の他の素子層は、封止材層604および616の代わりに、またはそれと組み合わせて、添加物を表面に埋め込むことができ、封止材層604および616に関する前述の議論はまた、他の素子層に関しても適用可能である。いくつかの実施形態では、正面カバー602および背面カバー620の一方または両方は、表面埋込添加物を含み、電導性、熱伝導性、スペクトルシフト、および吸収促進等、付加的または向上した機能性を付与することができる。例えば、正面カバー602は、下方シフト蛍光体が表面に埋め込まれ、入射放射スペクトルを調整する、またはUV安定化機能を提供することができる。別の実施例として、基板614は、電導性添加物を表面に埋め込むことができ、背面電極612と連動しれ動作する、またはそれを置換することができる。

【0110】

表面埋込添加物の混入を通して、太陽素子600は、 $V_{oc} \times J_{sc} \times FF / P_{AM1.5}$ として表すことができる、改善された太陽電力変換効率で動作することができ式中、 V_{oc} は、開回路電圧に対応し、 J_{sc} は、短絡回路電流に対応し、 FF は、曲線因子であって、 $P_{AM1.5}$ は、 $AM1.5$ 太陽スペクトルからの単位面積あたりの入射電力である。太陽素子600の1つ以上の層の改善された電導性を付与することによって、太陽電力変換効率は、曲線因子および J_{sc} を増加させることにより増加させることができる。太陽素子600の1つ以上の層に改善された透過性を付与することによって、太陽電力変換効率は、 J_{sc} を増加させることにより増加させることができる。吸収誘導添加物の混入を通して、改善された吸収を付与することによって、太陽電力変換効率は、 J_{sc} を増加させることにより増加させることができる。そして、スペクトルシフト添加物の混入を通して、太陽スペクトルの向上した利用を提供することによって、太陽電力変換効率は、 J_{sc} を増加させることにより増加させることができる。下方シフトは、青色光を吸収することができる、CdS緩衝層を使用する、CIGSおよびCdTe太陽素子等のある薄膜太陽素子にとって有用であり得る。そのような素子では、下方シフトは、CdS層が望ましくない吸収を生じさせるのを低減または防止し、それによって、直接、 J_{sc} の増加につながり、ならびに間接的に、分路抵抗を増加させ得る、より厚いCdS層を可能にすることによって、曲線因子および V_{oc} を改善することができる。いくつかの実施形態では、太陽電力変換効率は、少なくとも約12%、少なくとも約15%、少なくとも約1

8%、少なくとも約20%、または少なくとも約25%等の少なくとも約10%、および最大約30%、最大約40%、最大約50%、またはそれ以上であり得る。

【0111】

図7は、本発明の別の実施形態による、太陽素子700を例証する。太陽素子700のある側面は、太陽素子600について上記で説明されるものと同様の方式で実装することができ、それらの側面は、以下に繰り返される必要はない。また、種々の素子層が、以下のように例証および説明されるが、これらの素子層のあるものは、省略される、組み合わせられる、さらに細分割される、または並べ替えられることができ、付加的素子層が、他の実施形態に従って、含まれることもできることを理解されたい。

【0112】

図7に例証されるように、太陽素子700は、それぞれ、異なるバンドギャップエネルギー、すなわち、 E_{g1} および E_{g2} を有する、複数の光活性層708および716を含む、多接合太陽電池であって、 $E_{g1} > E_{g2}$ である。2つの光活性層708および716が、図7に例証されるが、3つ以上の光活性層が、太陽素子700内に含まれることもできることが検討される。光活性層708は、一対の電極706と710との間に配置され、光活性層716は、一対の電極714と718との間に配置される。例証される実施形態では、太陽素子700は、複数の封止材層704、712、および720を含み、封止材層704は、正面カバー702と電極706との間に配置され、封止材層712は、電極710と714との間に配置され、封止材層720は、電極718と背面カバー722との間に配置される。

【0113】

一般に、太陽素子700の素子層のうちの任意の1つ以上は、それらのに例証される図1Dから図1Iおよび図2Aから図2Hに例証されるもの等、本明細書に説明される表面埋込素子構成要素として、実装することができる。

【0114】

いくつかの実施形態では、封止材層704、712、および720のうちの1つ以上は、表面埋込添加物を含み、電導性、熱伝導性、スペクトルシフト、および吸収促進等の機能性を付与することができる。また、添加物は、添加物のバルク混入を通して等、別の好適な方式において混入され、電導性または他の所望の機能性を付与することも検討される。

【0115】

例えば、封止材層704は、 E_{g1} に関して下方シフトを行う、蛍光体を表面に埋め込むことができ、封止材層712は、 E_{g2} に関して下方シフトを行う、別の蛍光体を表面に埋め込むことができ、封止材層720は、 E_{g1} または E_{g2} に関して上方シフトを行う、さらに別の蛍光体を表面に埋め込むことができる。太陽素子700の動作の間、入射太陽放射は、より高いエネルギー放射の下方シフトを行い、光活性層708の E_{g1} に整合する、封止材層704に衝突する。 E_{g1} より低いエネルギーを伴う太陽放射は、光活性層708を通過し、より高いエネルギー放射の下方シフトを行い、光活性層716の E_{g2} に整合する、封止材層712に衝突する。 E_{g2} より低いエネルギーを伴う太陽放射は、光活性層716を通過し、上方シフトを行い、 E_{g1} または E_{g2} に整合する、封止材層720に衝突する。そのように動作することによって、太陽素子700は、太陽スペクトル内の異なるエネルギーバンドを効率的に収集し、電気に変換することによって、太陽スペクトルの向上した利用を提供する。

【0116】

図8は、本発明の別の実施形態による、太陽素子800を例証する。太陽素子800のある側面は、太陽素子600および700について上記で説明されるものと同様の方式で実装することができ、それらの側面は、以下に繰り返される必要はない。また、種々の素子層が、以下のように例証および説明されるが、これらの素子層のあるものは、省略される、組み合わせられる、さらに細分割される、または並べ替えられることができ、付加的素子層が、他の実施形態に従って、含まれることもできることを理解されたい。

【0117】

図8に例証されるように、太陽素子800は、結晶シリコンまたは別の好適な光活性材料から形成される、p-n接合型素子である、太陽電池802を含む。太陽素子800はまた、太陽電池802に隣接し、光学的に接続される、導波スラブとして形成される、発光性太陽集光器（または、LSC）804を含む。単一太陽電池802が、図8に例証されるが、複数の太陽電池が、LSC804の種々のエッジに含まれることができることが検討される。LSC804は、正面カバー806と背面カバー810との間に配置される、封止材層808（または、他の中間層）を含む。

【0118】

一般に、LSC804の素子層のうちの任意の1つ以上は、図1Dから図1Iおよび図2Aから図2Hに例証されるもの等、本明細書に説明される表面埋込素子構成要素として実装することができる。例証される実施形態では、封止材層808は、一組の蛍光体を表面に埋め込む。いくつかの実施形態では、蛍光体は、表面に埋め込まれ、太陽に面する、または封止材層808の上部表面に隣接する、埋込領域内に局所化されることができるが、蛍光体の局所化性は、他の実施形態に対しては、変化されることができる。太陽素子800の動作の間、LSC804は、表面埋込蛍光体によって、広範囲の入射角にわたって、太陽スペクトルを捕捉し、蛍光体は、全内部反射と組み合わせて、異なる波長（または、異なる波長範囲）において、封止材層808内で光を放出し、封止材層808のエッジに向かって誘導されるように、光を集束する。吸収および放出光間のエネルギー差は、蛍光体による自己吸収の事例を低減させる。そのようにして、LSC804は、太陽追跡を必要とせず、高光学濃度を達成することができる。結果として生じる放出された光強度は、少なくとも約10、少なくとも約20、または少なくとも約30倍等の約5倍以上、および最大約40倍以上、太陽光を集束することができ、太陽電池802上に指向されると、LSC804は、約2から約10倍（または、それ以上）の範囲内において、太陽電力変換効率を増加させることができる。

【0119】

表面埋込は、高均一性を伴って、かつそうでなければ、放出の自己消光、ひいては、量子効率の低下につながり得る、殆どまたは全く凝集を伴わずに、蛍光体をポリマーまたは別の封止材材料の表面に制御可能に埋め込むことを可能にする。また、表面埋込は、層間剥離および非効率性ならびに光吸収から生じる他の損失の問題に対処する。直接、ポリマーまたは別の封止材材料の表面に埋入される、埋め込まれた蛍光体種は、実質的に、直ぐに、界面において入射光を変換し、波長変換太陽素子のための非常に効率的構成を形成することができる。

【0120】

他の実施形態では、本明細書に説明される表面埋込素子構成要素は、スマートウィンドウに組み込むことができる。図9は、本発明のある実施形態による、スマートウィンドウ900を例証する。スマートウィンドウ900のある側面は、太陽素子600、700、および800について上記で説明されるものと同様の方式で実装することができ、それらの側面は、以下に繰り返される必要はない。また、種々の素子層が、以下のように例証および説明されるが、これらの素子層のあるものは、省略される、組み合わせられる、さらに細分割される、または並べ替えられることができ、付加的素子層が、他の実施形態に従って、含まれることもできることを理解されたい。

【0121】

図9に例証されるように、スマートウィンドウ900は、正面カバー902および背面カバー906を含み、その間には、スマートウィンドウ900を通る光の通路を制御する、封止材層904（または、他の中間層）がある。一般に、スマートウィンドウ900の素子層のうちの任意の1つ以上は、図1Dから図1Iおよび図2Aから図2Hに例証されるもの等、本明細書に説明される表面埋込素子構成要素として実装することができる。例証される実施形態では、封止材層904は、図2Hに例証される方式のように、一組の添加物を表面に埋め込むことができるが、局所化性および種類の添加物は、他の実施形態に

対しては、変化されることができる。例えば、封止材層 904 は、エレクトロクロミック添加物を表面に埋め込むことができる。電場が、印加されると、エレクトロクロミック添加物は、色変化または色調変化を受けることによって、応答し得る。電場が無い場合、エレクトロクロミック添加物は、その初期色または色調に戻るることができる。そのようにして、スマートウィンドウ 900 は、透明または半透明に見えることができる。他の種類のマルチクロミック添加物が、エレクトロクロミック添加物の代わりに、またはそれと組み合わせ、使用されることができる。代替として、または併用して、封止材層 904 は、電導性添加物を表面に埋め込み、電極としての機能を果たすことができ、それを通して、電場が印加され得る。

【0122】

なおも他の実施形態では、本明細書に説明される表面埋込素子構成要素は、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ（「LCD」）、プラズマディスプレイ、OLEDディスプレイ、電子ペーパー、量子ドットディスプレイ、およびフレキシブルディスプレイ等のディスプレイ素子に組み込むことができる。図10は、本発明のある実施形態による、LCD1000を例証する。LCD1000のある側面は、太陽素子600、700、および800、ならびにスマートウィンドウ900について上記で説明されるものと同様の方式で実装することができ、それらの側面は、以下に繰り返される必要はない。また、種々の素子層が、以下のように例証および説明されるが、これらの素子層のあるものは、省略される、組み合わせられる、さらに細分割される、または並べ替えられることができ、付加的素子層が、他の実施形態に従って、含まれることもできることを理解されたい。

【0123】

図10に例証されるように、LCD1000は、発光ダイオード（「LED」）—バックライトLCDであって、順に、隣接し、LCDモジュール1004に隣接し、光学的に接続され、バックライトモジュール1006に隣接し、光学的に接続される、LED1002（または、別の光源）のアレイを含む。バックライトモジュール1006は、正面カバー1008および背面カバー1012を含み、その間には、封止材層1010（または、他の中間層）がある。一般に、バックライトモジュール1006の素子層のうちの任意の1つ以上は、図1Dから図1Iおよび図2Aから図2Hに例証されるもの等、本明細書に説明される表面埋込素子構成要素として実装することができる。例証される実施形態では、LED1002は、青色光等の特定の色の光を放出し、バックライトモジュール1006は、青色光を吸収し、赤光および緑色光等の異なる色の光を放出する、一組の表面埋込蛍光体を含む。いくつかの実施形態では、蛍光体は、LED1002に面する封止材層1010のエッジに隣接する埋込領域内に局所化されることができるが、蛍光体の局所化性は、他の実施形態に対しては、変化されることができる。LED1002によって放出される青色光と、バックライトモジュール1006内の蛍光体によって放出される赤光および緑色光の組み合わせは、「白色」光として現れ、バックライトモジュール1006によって、LCDモジュール1004に向かって指向される。蛍光体に加え、拡散剤を表面に埋め込む、バルク混入する、または別様に封止材層1010内に含み、LCDモジュール1004に向かって、光を拡散または別様に散乱させることができる。代替として、または併用して、そのような拡散剤を表面に埋め込む、バルク混入する、または別様に正面カバー1008および背面カバー1012の一方あるいは両方に含むことができる。好適な拡散剤の実施例として、セラミック（例えば、チタニアまたはシリカ）から形成される、ナノサイズのあるいはミクロンサイズの粒子、金属（例えば、銀）、もしくは別の好適な材料が挙げられる。

【0124】

図12は、本発明のある実施形態による、異なる種類のタッチセンサおよびディスプレイを表す、いくつかの電子素子アーキテクチャの概略図である。これらの概略図では、ITO電極（パターン化および／または非パターン化）は、ハードコート、膜、および／またはガラス上に堆積される。ITO電極に隣接するOCAが存在する場合はすべて、ハー

ドコート、膜、および／またはガラス上に堆積されるITO（パターン化および／または非パターン化）を使用する代わりに、電極は、OCAの表面に埋め込むことができる。図12の素子のある側面は、上記で説明されるものと同様の方式で実装することができ、それらの側面は、以下に繰り返される必要はない。また、種々の素子層が、以下のように例証および説明されるが、これらの素子層のあるものは、省略される、組み合わせられる、さらに細分割される、または並べ替えられることができ、付加的素子層が、他の実施形態に従って、含まれることもできることを理解されたい。

【0125】

（表面埋込素子構成要素の製造方法）

本明細書では、添加物が、多種多様の母材に耐久的に表面に埋め込まれ、母材の中へ添加物をしっかりと潜り込ませる、高度に拡張可能で迅速な低費用の方式で、表面埋込素子構成要素を形成する製造方法が開示される。

10

【0126】

製造方法のいくつかの実施形態は、概して、以下の2つのカテゴリに分類することができる：（1）表面埋込添加物を伴う母材をもたらすために、乾燥組成物の中へ添加物を表面に埋め込むステップ、および（2）表面埋込添加物を伴う母材をもたらすために、湿潤組成物の中へ添加物を表面に埋め込むステップ。そのような分類は、提示を容易にするためであり、「乾燥」および「湿潤」は、相対的な用語（例えば、様々な程度の乾燥または湿潤を伴う）と見なすことができ、製造方法は、完全な「乾燥」または完全な「湿潤」の間に及ぶ連続体に適用できることが理解されるであろう。したがって、1つのカテゴリ（例えば、乾燥組成物）に関して説明される処理条件および材料はまた、別のカテゴリ（例えば、湿潤組成物）に関して適用することもでき、その逆も同様である。また、湿潤組成物が乾燥させられる、または別様に乾燥組成物に変換され、その後、表面埋込添加物を伴う母材をもたらすための乾燥組成物の中への添加物の表面埋込が続く場合等に、2つのカテゴリのハイブリッドまたは組み合わせが検討されることも理解されるであろう。さらに、「乾燥」および「湿潤」は、時として、含水量のレベルまたは溶媒含有量のレベルを指してもよいが、「乾燥」および「湿潤」はまた、架橋結合または重合の程度等の、他の場合における組成の別の特性を指してもよいことが理解されるであろう。

20

【0127】

有利には、製造方法のいくつかの実施形態は、温度および圧力の適度な条件（例えば、室温および圧力条件）下、行うことができ、ロールツーロール方式で実装され、それによって、素子製造ラインにおける統合を促進することができる。また、製造方法のいくつかの実施形態は、ポリマー押出製造環境に適用することができる。例えば、展望として、銀ナノワイヤ（または、別の種類の添加物）を埋込流体内に懸濁させ、押出成形物中に噴霧することができ、埋込流体は、押出成形物内への銀ナノワイヤの埋込を促進する。押出成形物は、高温、熔融、軟質である、または別様に埋込流体の存在下、銀ナノワイヤの埋込を可能にすることができる。結果として生じるナノワイヤ埋込押出成形物は、共押出を介して、別の押出成形物（埋込添加物の有無を問わず）と組み合わせることができ、2つ以上の材料は、押出成形物が、融合し、冷却前に、積層構造にともに溶接されるように配列される、2つ以上のオリフィスを伴うダイを通して、押出される。材料は、別個の押出機からダイに送給することができる。共押出は、利点、例えば、酸素、二酸化炭素、および水蒸気に対する透過性；電導性；熱伝導性；スペクトルシフト等の観点等において、個別のまたは異なる機能性を伴う複数の層を組み込む、太陽素子のための封止材層の場合、利点を有する。

30

40

【0128】

本発明の実施形態による、乾燥組成物に添加物を表面に埋め込むための製造方法を例証する、図5Aおよび図5Bに、最初に注意を向ける。

【0129】

概観として、例証される実施形態は、添加物が、ポリマー、セラミック、セラミック前駆体、またはそれらの組み合わせを含むもの等の乾燥組成物に埋め込まれることを可能に

50

するように、埋込流体の塗布を伴う。一般に、埋込流体は、溶解、反応、軟化、溶媒和、膨張、またはそれらの任意の組み合わせによって、乾燥組成物の状態を可逆的に改変する機能を果たし、それによって、乾燥組成物の中への添加物の埋込を促進する。例えば、埋込流体は、ポリマー用の効果的な溶媒として作用するように特別に処方することができる一方で、おそらくまた、埋込流体の中で添加物を懸濁させるのに役立つように、安定剤（例えば、分散剤）で修飾される。埋込流体はまた、曇り、ひび割れ、および白化等の溶媒／ポリマー相互作用に関する問題を低減または排除するように特別に処方することができる。埋込流体は、低費用であり、揮発性有機化合物（「VOC」）を含まない、VOC免除または低VOCである、有害大気汚染物質（「HAP」）を含まない、非オゾン層破壊物質（「非ODS」）である、低または不揮発性である、および低有害性または無害であるように最適化される、溶媒または溶媒混合物を含むことができる。別の実施例として、乾燥組成物は、セラミック、あるいはゲルまたは半固体の形態であるセラミック前駆体を含むことができ、埋込流体の塗布は、流体で孔を充填することによって、部分的に凝集していないオリゴマーまたはポリマー鎖の伸長によって、または両方によって、ゲルを膨張させることができる。さらなる実施例として、乾燥組成物は、セラミック、あるいはケイ酸ナトリウムまたは別のアルカリ金属ケイ酸塩等のイオン性ポリマーの形態であるセラミック前駆体を含むことができ、埋込流体の塗布は、イオン性ポリマーの少なくとも一部分を溶解させて、添加物の埋込を可能にすることができる。次いで、添加物の埋込の後には、軟化または膨張した組成の状態での硬化または他の変化が続き、その中に埋め込まれた添加物を有する母材をもたらす。例えば、軟化または膨張した組成は、周囲条件への暴露によって、あるいは軟化または膨張した組成を冷却することによって硬化させることができる。他の実施形態では、軟化または膨張した組成は、埋込流体（あるいは存在する他の液体または液相）の少なくとも一部分を蒸発させる、または別様に除去すること、空気流を印加すること、真空を印加すること、またはそれらの任意の組み合わせによって硬化させられる。セラミック前駆体の場合、セラミック前駆体がガラスに変換されるように、埋込の後に硬化を行うことができる。特定の用途に応じて、硬化を省略することができる。特定のセラミック前駆体（例えば、シラン）に応じて、種々の程度の硬化、あるいは完全に反応した、あるいは完全に形成されたガラスへの変換を達成するように、より多く、または少ない熱を伴うことができる。

【0130】

いくつかの実施形態では、表面埋込の作用の機構は、概念化への支援として、または提示を容易にするために、段階に分けることができる。しかしながら、これらの段階は、組み合わせることができ、または実質的に同時に起こることができる。これらの段階は、以下を含む：（a）埋込流体が表面（ここでは、例えば、ポリマーの表面）と相互作用すること、（b）添加物が表面を貫通すること、および（c）埋込流体が表面から出て行くこと。作用の機構は、他の実施形態に対しては、異なり得ることを理解されたい。

【0131】

段階（a）では、埋込流体が表面に衝突するにつれて、乾燥組成物のポリマー鎖がもつれを解き、表面より上側で上方へ延在し、ポリマー鎖を緩める膨張および溶媒和の組み合わせにより、より大きい体積を占有する。膨張したポリマーの帯域は、乾燥組成物の元の表面より上側および下側に延在する。この効果は、数秒以下の期間で発生し、典型的な溶媒／ポリマー溶解手順が数時間および数日に関して行われることを考慮すると、驚異的に迅速である。ポリマーの表面は、表面における膨張または可溶化の速度を増加させることができる、バルクと比較して、より高い濃度の低分子量鎖、鎖末端、および高い表面エネルギー機能性を有する。

【0132】

段階（b）では、いったんポリマー表面が膨張すると、埋込流体および添加物の運動量によって（あるいは添加物または埋込流体への他の速度の適用によって）、および埋込流体が表面に衝突する際の拡散／混合プロセスによって、添加物が、ポリマー鎖の間のこの帯域の中へ塗布される。いくつかの実施形態では、埋込は、埋込流体および添加物の運動

量を伴わずに達成することができる。この膨張／拡散プロセスに影響を及ぼすことができる別の要因は、衝撃エネルギーであり、添加物が表面に衝突する場合、極めて局所的な領域中での運動量移動が、表面の中へエネルギー入力を付与することができ、それは、表面を加熱してポリマーの溶解度を増加させることができ、それによって、確実な埋込、表面含浸、またはポリマーの中への添加物の部分的な沈降を促進する。

【0133】

段階(c)では、埋込流体が蒸発する、または別様に除去されるにつれて、ポリマー鎖が、相互と、かつ添加物の周囲で再び形を成す。元の表面より上側に、かつ元の表面を越えて延在したポリマー鎖は、添加物を捕捉して吸収し、それらを表面に引き込み、その中でしっかりと、かつ耐久的に埋め込ませる。埋め込まれた添加物による構造摂動は、比較的小さくなり得、結果として生じる母材およびその埋め込まれた添加物は、光学透明性および表面形態等のそれらの元の特性を実質的に保持することができる。

【0134】

図5Aを参照すると、乾燥組成物500が、シート、膜、または他の好適な形態で提供される。乾燥組成物500は、母材に対応することができ、具体的には、ポリマー、セラミック、またはそれらの任意の組み合わせ等の好適な母材として以前に記載された任意の材料を含むことができる。また、乾燥組成物500は、乾燥、硬化、架橋結合、重合、またはそれらの任意の組み合わせ等の好適な処理によって母材に変換することができる、母材前駆体に対応できることも検討される。いくつかの実施形態では、乾燥組成物500は、固相ならびに液相を伴う材料を含むことができ、または少なくとも部分的に固体である、あるいは半固体、ゲル、および同等物等の固体の特性に似た特性を有する材料を含むことができる。次に、図5Aを参照すると、添加物502および埋込流体504が、乾燥組成物500に塗布される。添加物502は、溶液中にあり得る、または埋込流体504の中で別様に分散させることができ、1ステップ埋込を介して乾燥組成物500に同時に塗布することができる。代替として、添加物502は、埋込流体500が乾燥組成物504を処理する前、間、または後に、乾燥組成物500に別々に塗布することができる。添加物502の別個の塗布は、2ステップ埋込と呼ぶことができる。続いて、結果として生じる母材506は、母材506の表面に部分的または完全に埋め込まれた添加物502のうちの少なくともいくつかを有する。随意で、軟化または膨張した組成物500を母材506に変換するように、好適な処理を行うことができる。素子組立の間、埋込添加物502を伴う母材506は、隣接する素子層に積層または別様に接続することができる、あるいは基板としての機能を果たすことができ、その上に、隣接する素子層が、形成、積層、または別様に塗布される。

【0135】

図5Bは、図5Aと同様のプロセスの流れであるが、基板510上に配置されるコーティングの形態で提供された乾燥組成物508を伴う。乾燥組成物508は、母材に対応することができ、あるいは、乾燥、硬化、架橋結合、重合、またはそれらの任意の組み合わせ等の好適な処理によって母材に変換することができる、母材前駆体に対応することができる。乾燥組成物508の他の特性は、図5Aを参照して上記で説明されるものと同様となり得、以下で繰り返されない。図5Bを参照すると、基板510は、透明または不透明となり得、可撓性または剛性となり得、例えば、ポリマー、アイオノマー、EVA、PVB、TPO、TPU、PE、PET、PETG、ポリカーボネート、PVC、PP、アクリル系ポリマー、ABS、セラミック、ガラス、またはそれらの任意の組み合わせ、ならびに好適な母材として以前に記載された任意の材料から成ることができる。基板510は、一時的基板としての機能を果たすことができ、続いて、素子組立の間、除去される、あるいは素子の層または他の構成要素として、結果として生じる素子内に保定することができる。次に、添加物512および埋込流体514は、乾燥組成物508に塗布することができる。添加物512は、溶液中にあり得る、または埋込流体514の中で別様に分散させることができ、1ステップ埋込を介して乾燥組成物508に同時に塗布することができる。代替として、添加物512は、埋込流体508が乾燥組成物514を処理する前、間

、または後に、乾燥組成物 508 に別々に塗布することができる。前述のように、添加物 512 の別個の塗布は、2 ステップ埋込と呼ぶことができる。後に、結果として生じる母材 516 (基板 510 上に配置される) は、母材 512 の表面に部分的または完全に埋め込まれた添加物 516 のうちの少なくともいくらかを有する。随意で、軟化または膨張した組成 508 を母材 516 に変換するように、好適な処理を行うことができる。素子組立の間、埋込添加物 512 を伴う母材 516 は、隣接する素子層に積層または別様に接続することができる、あるいは基板としての機能を果たすことができ、その上に、隣接する素子層が、形成、積層、または別様に塗布される。

【0136】

いくつかの実施形態では、添加物は、埋込流体の中で分散させられ、または別個の担体流体の中で分散させられ、乾燥組成物に別々に塗布される。分散は、混合すること、超音波で分解すること、震盪すること、振動させること、流動させること、添加物の表面を化学的に修飾すること、流体を化学的に修飾すること、分散または懸濁剤を流体に添加すること、または所望の分散を達成するように添加物を別様に処理することによって、達成することができる。分散は、均一または不均一となり得る。担体流体は、埋込流体 (例えば、付加的な埋込流体) としての機能を果たすことができ、または埋込流体と同様の特性を有することができる。他の実施形態では、担体流体は、添加物を搬送または運搬する輸送媒体としての機能を果たすことができるが、そうでなければ、添加物および乾燥組成物に対して実質的に不活性である。

【0137】

流体 (例えば、埋込流体および担体流体) は、液体、ガス、または超臨界流体を含むことができる。異なる種類の流体の組み合わせも好適である。流体は、1 つ以上の溶媒を含むことができる。例えば、流体は、水、イオン性またはイオン含有溶液、有機溶媒 (例えば、極性有機溶媒、非極性有機溶媒、非プロトン性溶媒、プロトン性溶媒、極性非プロトン性溶媒、または極性プロトン性溶媒)、無機溶媒、またはそれらの任意の組み合わせを含むことができる。油も好適な流体と見なすことができる。塩、界面活性剤、分散剤、安定剤、または結合剤も流体に含むことができる。

【0138】

好適な有機溶媒の実施例は、2-メチルテトラヒドロフラン、塩化炭化水素、フッ化炭化水素、ケトン、パラフィン、アセトアルデヒド、酢酸、無水酢酸、アセトン、アセトニトリル、アルキン、オレフィン、アニリン、ベンゼン、ベンズニトリル、ベンズニトリル、ベンジルアルコール、ベンジルエーテル、ブタノール、ブタノン、酢酸ブチル、ブチルエーテル、ギ酸ブチル、ブチルアルデヒド、酪酸、ブチロニトリル、二硫化炭素、四塩化炭素、クロロベンゼン、クロロブタン、クロロホルム、脂環式炭化水素、シクロヘキサン、シクロヘキサノール、シクロヘキサノン、シクロペンタノン、シクロペンチルメチルエーテル、ジアセトンアルコール、ジクロロエタン、ジクロロメタン、炭酸ジエチル、ジエチルエーテル、ジエチレングリコール、ジグリム、ジ-イソプロピルアミン、ジメトキシエタン、ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシド、ジメチルアミン、ジメチルブタン、ジメチルエーテル、ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシド、ジオキサン、ドデカフルオロ-1-ヘプタノール、エタノール、酢酸エチル、エチルエーテル、ギ酸エチル、プロピオン酸エチル、二酸化エチレン、エチレングリコール、ホルムアミド、ギ酸、グリセリン、ヘプタン、ヘキサフルオロイソプロパノール、ヘキサメチルホスホルアミド、ヘキサメチルリン酸トリアミド、ヘキサン、ヘキサノン、過酸化水素、次亜塩素酸塩、i-酢酸ブチル、i-ブチルアルコール、i-ギ酸ブチル、i-ブチルアミン、i-オクタン、i-酢酸プロピル、i-プロピルエーテル、イソプロパノール、イソプロピルアミン、ケトンペルオキシド、メタノールおよび塩化カルシウム溶液、メタノール、メトキシエタノール、酢酸メチル、メチルエチルケトン (または、MEK)、ギ酸メチル、n-酪酸メチル、メチル n-プロピルケトン、メチル t-ブチルエーテル、塩化メチレン、メチレン、メチルヘキサン、メチルペンタン、鉱油、m-キシレン、n-ブタノール、n-デカン、n-ヘキサン、ニトロベンゼン、ニトロエタン、ニトロメタン、ニトロプロパン、

10

20

30

40

50

2-N-メチル-2-ピロリジノン、n-プロパノール、オクタフルオロ-1-ペンタノール、オクタン、ペンタン、ペンタノン、石油エーテル、フェノール、プロパノール、プロピオンアルデヒド、プロピオン酸、プロピオニトリル、酢酸プロピル、プロピルエーテル、ギ酸プロピル、プロピルアミン、p-キシレン、ピリジン、ピロリジン、t-ブタノール、t-ブチルアルコール、t-ブチルメチルエーテル、テトラクロロエタン、テトラフルオロプロパノール、テトラヒドロフラン、テトラヒドロナフタレン、トルエン、トリエチルアミン、トリフルオロ酢酸、トリフルオロエタノール、トリフルオロプロパノール、トリメチルブタン、トリメチルヘキサン、トリメチルペンタン、バレロニトリル、キシレン、キシレノール、またはそれらの任意の組み合わせを含む。

【0139】

好適な無機溶媒は、例えば、水、アンモニア、水酸化ナトリウム、二酸化硫黄、塩化スルフリル、塩化フッ化スルフリル、塩化ホスホリル、三臭化リン、四酸化二窒素、三塩化アンチモン、五フッ化臭素、フッ化水素、またはそれらの任意の組み合わせを含む。

【0140】

好適なイオン性溶液は、例えば、塩化コリン、尿素、マロン酸、フェノール、グリセロール、1-アルキル-3-メチルイミダゾリウム、1-アルキルピリジニウム、N-メチル-N-アルキルピロリジニウム、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウム六フッ化リン酸塩、アンモニウム、コリン、イミダゾリウム、ホスホニウム、ピラゾリウム、ピリジニウム、スルホニウム、1-エチル-1-メチルピペリジニウム炭酸メチル、4-エチル-4-メチルモルホリニウム炭酸メチル、またはそれらの任意の組み合わせを含む。1-エチル-3-酢酸メチルイミダゾリウム、1-ブチル-3-テトラフルオロホウ酸メチルイミダゾリウム、1-n-ブチル-3-テトラフルオロホウ酸メチルイミダゾリウム、1-ブチル-3-ヘキサフルオロリン酸メチルイミダゾリウム、1-n-ブチル-3-ヘキサフルオロリン酸メチルイミダゾリウム、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウム1, 1, 1-トリフルオロ-N-[(トリフルオロメチル)スルホニル]メタンスルホンアミド、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムビス[(トリフルオロメチル)スルホニル]アミド、および1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムビス[(トリフルオロメチル)スルホニル]イミド、またはそれらの任意の組み合わせを含む、他のメチルミダゾリウム溶液を好適と見なすことができる。

【0141】

他の好適な流体は、N-エチル-N, N-ビス(1-メチルエチル)-1-ヘプタンアンモニウムビス[(トリフルオロメチル)スルホニル]イミド、エチルヘプチル-ジ-(1-メチルエチル)アンモニウム1, 1, 1-トリフルオロ-N-[(トリフルオロメチル)スルホニル]メタンスルホンアミド、エチルヘプチル-ジ-(1-メチルエチル)アンモニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、エチルヘプチル-ジ-(1-メチルエチル)アンモニウムビス[(トリフルオロメチル)スルホニル]アミド、またはそれらの任意の組み合わせ等の、ハロゲン化合物、イミド類、およびアミド類を含む。流体はまた、エチルヘプチル-ジ-(1-メチルエチル)アンモニウムビス[(トリフルオロメチル)スルホニル]イミド、N₅N₅N-トリブチル-1-オクタンアミニウムトリフルオロメタンスルホネート、トリブチルオクチルアンモニウムトリフラート、トリブチルオクチルアンモニウムトリフルオロメタンスルホネート、N, N, N-トリブチル-1-ヘキサナミニウムビス[(トリフルオロメチル)スルホニル]イミド、トリブチルヘキシルアンモニウム1, 1, 1-トリフルオロ-N-[(トリフルオロメチル)スルホニル]メタンスルホンアミド、トリブチルヘキシルアンモニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、トリブチルヘキシルアンモニウムビス[(トリフルオロメチル)スルホニル]アミド、トリブチルヘキシルアンモニウムビス[(トリフルオロメチル)スルホニル]イミド、N, N, N-トリブチル-1-ヘプタンアミニウムビス[(トリフルオロメチル)スルホニル]イミド、トリブチルヘプチルアンモニウム1, 1, 1-トリフルオロ-N-[(トリフルオロメチル)スルホニル]メタンスルホンアミド、トリブチルヘプ

10

20

30

40

50

チルアンモニウムビス（トリフルオロメチルスルホニル）イミド、トリブチルヘプチルアン
 モニウムビス〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕アミド、トリブチルヘプチルアン
 モニウムビス〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕イミド、N，N，N－トリブチルー
 1－オクタニアミニウムビス〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕イミド、トリブチル
 オクチルアンモニウム1，1，1－トリフルオロ－N－〔（トリフルオロメチル）スルホ
 ニル〕メタンスルホンアミド、トリブチルオクチルアンモニウムビス（トリフルオロメチ
 ルスルホニル）イミド、トリブチルオクチルアンモニウムビス〔（トリフルオロメチル）
 スルホニル〕アミド、トリブチルオクチルアンモニウムビス〔（トリフルオロメチル）ス
 ルホニル〕イミド、1－ブチルー3－トリフルオロ酢酸メチルイミダゾリウム、1－メチ
 ルー1－プロピルピロリジニウム1，1，1－トリフルオロ－N－〔（トリフルオロメチ
 ル）スルホニル〕メタンスルホンアミド、1－メチルー1－プロピルピロリジニウムビス
 （トリフルオロメチルスルホニル）イミド、1－メチルー1－プロピルピロリジニウムビ
 ス〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕アミド、1－メチルー1－プロピルピロリジニ
 ウムビス〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕イミド、1－ブチルー1－メチルピロリ
 ジニウム1，1，1－トリフルオロ－N－〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕メタン
 スルホンアミド、1－ブチルー1－メチルピロリジニウムビス（トリフルオロメチルスル
 ホニル）イミド、1－ブチルー1－メチルピロリジニウムビス〔（トリフルオロメチル）
 スルホニル〕アミド、1－ブチルー1－メチルピロリジニウムビス〔（トリフルオロメチ
 ル）スルホニル〕イミド、1－ブチルピリジニウム1，1，1－トリフルオロ－N－〔（
 トリフルオロメチル）スルホニル〕メタンスルホンアミド、1－ブチルピリジニウムビス
 （トリフルオロメチルスルホニル）イミド、1－ブチルピリジニウムビス〔（トリフルオ
 ロメチル）スルホニル〕アミド、1－ブチルピリジニウムビス〔（トリフルオロメチル）
 スルホニル〕イミド、1－ブチルー3－メチルイミダゾリウムビス（ペルフルオロエチル
 スルホニル）イミド、ブチルトリメチルアンモニウムビス（トリフルオロメチルスルホニ
 ル）イミド、1－オクチルー3－メチルイミダゾリウム1，1，1－トリフルオロ－N－
 〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕メタンスルホンアミド、1－オクチルー3－メチ
 ルイミダゾリウムビス（トリフルオロメチルスルホニル）イミド、1－オクチルー3－メ
 チルイミダゾリウムビス〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕アミド、1－オクチルー
 3－メチルイミダゾリウムビス〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕イミド、1－エチ
 ルー3－テトラフルオロホウ酸メチルイミダゾリウム、N₅N₅N－トリメチルー1－ヘ
 キサンアミニウムビス〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕イミド、ヘキシルトリメチ
 ルアンモニウム1，1，1－トリフルオロ－N－〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕
 メタンスルホンアミド、ヘキシルトリメチルアンモニウムビス（トリフルオロメチルスル
 ホニル）イミド、ヘキシルトリメチルアンモニウムビス〔（トリフルオロメチル）スルホ
 ニル〕アミド、ヘキシルトリメチルアンモニウムビス〔（トリフルオロメチル）スルホニ
 ル〕イミド、N，N，N－トリメチルー1－ヘプタンアミニウムビス〔（トリフルオロメ
 チル）スルホニル〕イミド、ヘプチルトリメチルアンモニウム1，1，1－トリフルオロ
 －N－〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕メタンスルホンアミド、ヘプチルトリメチ
 ルアンモニウムビス（トリフルオロメチルスルホニル）イミド、ヘプチルトリメチルアン
 モニウムビス〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕アミド、ヘプチルトリメチルアンモ
 ニウムビス〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕イミド、N，N，N－トリメチルー1－
 オクタニアミニウムビス〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕イミド、トリメチルオク
 チルアンモニウム1，1，1－トリフルオロ－N－〔（トリフルオロメチル）スルホニル〕
 メタンスルホンアミド、トリメチルオクチルアンモニウムビス（トリフルオロメチルス
 ルホニル）イミド、トリメチルオクチルアンモニウムビス〔（トリフルオロメチル）スル
 ホニル〕アミド、トリメチルオクチルアンモニウムビス〔（トリフルオロメチル）スルホ
 ニル〕イミド、1－エチルー3－メチルイミダゾリウム硫酸エチル、またはそれらの任意
 の組み合わせを含むこともできる。

【0142】

添加物の表面埋込に対する制御は、膨張・拡散・蒸発・塗布段階の適正な平衡を通して

10

20

30

40

50

達成することができる。この平衡は、例えば、溶媒・母材相互作用パラメータ、添加物のサイズ、埋込流体の反応度および揮発度、衝突添加物の運動量または速度、温度、湿度、圧力、および他の要因によって制御することができる。より具体的には、表面埋込のための関連処理パラメータは、本発明のいくつかの実施形態について以下に記載される。

【0143】

(埋込流体の選択：)

- ・表面との埋込流体の適合性（例えば、ヒルデブランドおよびハンセン溶解度パラメータ、誘電率、分布係数、 pK_a 等の整合または比較）
- ・蒸発速度、沸点、蒸気圧、埋込流体の蒸発のエンタルピー
- ・表面の中への埋込流体の拡散：熱力学および動力学的配慮
- ・埋込流体の粘度
- ・埋込流体の表面張力、吸い上げ、および毛管効果・
- ・共沸、混和性、および他の流体との他の相互作用

10

(塗布条件：)

- ・流体表面露出の持続時間
- ・温度
- ・湿度
- ・塗布方法（例えば、噴霧、印刷、圧延コーティング、グラビアコーティング、スロットダイ、カップコーティング、ブレードコーティング、エアブラッシング、浸漬、浸漬コーティング等）
- ・表面上への添加物の衝突／運動量／速度（例えば、埋込の深度および程度に影響を及ぼしてもよい）
- ・母材と塗布器との間において、溶媒に印加される剪断力
- ・後処理条件（例えば、加熱、蒸発、流体除去、空気乾燥等）

20

(母材：)

- ・表面エネルギー
- ・粗度および表面積
- ・前処理（例えば、紫外線オゾン処理、基礎エッチング、洗浄、溶媒下塗り、加熱、硬化、真空等）
- ・埋込前の流体中の添加物の分散／懸濁（例えば、添加物は、物理的攪拌、化学／キャッピング安定化、立体安定化を通して溶液中に分散されたままとなることができる、または本質的に可溶化される）
- ・望ましくない効果（例えば、曇り、ひび割れ、白化、母材の不可逆的な破壊、不均等な湿潤、粗度等）の軽減

30

前述のパラメータのうちのいくつか、またはすべては、所与の母材への添加物の埋込の深度を調整するように改変または選択することができる。例えば、母材と相互作用する埋込流体の溶解力を増加させること、埋込流体・基板のハンセン溶解度パラメータに密接に整合させること、母材と接触している埋込流体の露出持続時間を延長すること、母材と接触している埋込流体の量を増加させること、システムの温度を上昇させること、母材上に衝突する添加物の運動量を増加させること、母材の中への埋込流体および添加物のいずれか一方または両方の拡散を増加させること、またはそれらの任意の組み合わせによって、母材の表面の深くへ、より高い程度の埋込を達成することができる。

40

【0144】

以下の表2は、本発明の実施形態による、特定のポリマーから成る乾燥組成物に添加物を埋め込むために好適である、いくつかの埋込流体の実施例を提供する。上記で説明される処理パラメータを使用して、これらの特定のポリマー、ならびに他の種類のポリマー、セラミック、およびセラミック前駆体に、他の埋込流体を選択できることが理解されるであろう。

【0145】

【表 2】

表2

ポリマー	埋込流体
アクリロニトリル ブタジエンスチレン (または、ABS)	アセトン、ジクロロメタン、ジクロロメタン／石油スピリット80 ／20vol%、酢酸メチル、メチルエチルケトン、テトラヒドロ フラン(または、THF)、乳酸エチル、シクロヘキサノン、トル エン、テトラフルオロプロパノール(または、TFP)、トリフル オロエタノール(または、TFE)、ヘキサフルオロイソプロパ ノール(または、HFIP)、またはそれらの任意の組み合わせ
ポリカーボネート	シクロヘキサノン、ジクロロメタン、60vol%酢酸メチル／ 20vol%酢酸エチル／20vol%シクロヘキサノン、テトラヒ ドロフラン、トルエン、テトラフルオロプロパノール、トリフル オロエタノール、ヘキサフルオロイソプロパノール、メチルエ チルケトン、アセトン、他の純ケトン、またはそれらの任意の 組み合わせ
アクリルポリアク リレート、ポリメタ クリル酸メチル (または、PMMA)	ジクロロメタン、メチルエチルケトン、テトラフルオロプロパ ノール、トリフルオロエタノール、ヘキサフルオロイソプロパ ノール、テルピネオール、1-ブタノール、イソプロパノール 、テトラヒドロフラン、テルピネオール、トリフルオロエタノール ／イソプロパノール、他のフッ素化アルコール、または それらの任意の組み合わせ
ポリスチレン	アセトン、ジクロロメタン、テトラヒドロフラン、トルエン、50 vol%アセトン／50vol%テトラヒドロフラン、またはそれら の任意の組み合わせ
ポリ塩化ビニル (または、PVC)	テトラヒドロフラン、50%アセトン／50%テトラヒドロフラン、 またはそれらの任意の組み合わせ
エチレン酢酸ビニル (または、EVA)	テトラヒドロフラン、ジクロロメタン、アルコール、または それらの任意の組み合わせ

流体（例えば、埋込流体および担体流体）はまた、塩、表面活性剤、安定剤、および流体に特定の一組の特性を与えるのに有用な他の作用物質を含むこともできる。添加物間凝集を少なくとも部分的に阻害する能力に基づいて、安定剤を含むことができる。添加物の機能性を保つ能力に基づいて、他の安定剤を選択することができる。BHTは、例えば、良好な安定剤および酸化防止剤として作用することができる。レオロジー特性、蒸発速度、および他の特性を調整するために、他の作用物質を使用することができる。

【0146】

乾燥組成物の表面に対して大部分が定常であるように、流体および添加物を塗布することができる。他の実施形態では、表面上に流体を噴霧することによって、一面に落下する流体を通して乾燥組成物を運搬することによって、または流体プールまたは槽を通して乾燥組成物を運搬することによって等、相対運動で塗布が行われる。流体および添加物の塗布は、エアブラッシング、霧化、霧状化、噴霧、静電噴霧、注入、圧延、幕化、ワイピング、回転成形、滴下、浸漬、塗装、流動、ブラッシング、含漬、パターン化（例えば、スタンピング、インクジェット印刷、制御された噴霧、制御された超音波噴霧、および同等物）、流動コーティング方法（例えば、スロットダイ、毛管コーティング、マイヤーロッド、カップコーティング、引き下げ、および同等物）、印刷、グラビア印刷、リソグラフィ、オフセット印刷、ロールコーティング、インクジェット印刷、凹版印刷、またはそれらの任意の組み合わせによって達成することができる。いくつかの実施形態では、添加物は、噴霧器によって等、表面上に推進され、それによって、表面との接触によって埋込を促進する。他の実施形態では、勾配が、流体、添加物、または両方に塗布される。好適な勾配は、磁界または電解を含む。勾配は、表面上に流体、添加物、または両方を塗布、分

散、または推進するために使用することができる。いくつかの実施形態では、勾配は、埋込の程度を制御するよう、添加物を操作するために使用される。適用された勾配は、一定または可変となり得る。勾配は、乾燥組成物が軟化または膨張される前、乾燥組成物が軟化または膨張したままである間、または乾燥組成物が軟化または膨張された後に適用することができる。軟化を達成するように乾燥組成物を加熱できると、埋込を推進するように流体および添加物のいずれか一方または両方を加熱できるとが検討される。

【0147】

パターンをもたらしように、流体および添加物の塗布、ならびに添加物の埋込を空間的に制御することができる。いくつかの実施形態では、塗布された添加物のセグメントが表面に接触することを阻止するようにアプリケーションと表面との間に配置することができる、物理的なマスクを用いて、空間制御を達成することができ、それによって、添加物の埋込の制御されたパターン化をもたらし。他の実施形態では、フォトリソを用いて空間制御を達成することができる。光源とフォトリソに対応することができる表面との間に、ポジ型またはネガ型フォトリソを配置することができる。フォトリソの非不透明部分を透過した光は、フォトリソの露出部分の溶解度を選択的に影響を及ぼすことができ、フォトリソの結果として生じる空間制御された可溶性領域は、添加物の制御された埋込を可能にすることができる。他の実施形態では、電気勾配、磁気勾配、電磁場、温度勾配、圧力または機械的勾配、表面エネルギー勾配（例えば、液体・固体・気体界面、付着・凝集力、および毛管効果）、またはそれらの任意の組み合わせの使用を通して、空間制御を達成することができる。同様に、上層コーティング（例えば、図2Cおよび図2Gに例証される）の塗布を行うことができる。例えば、ITOまたは別の透明金属酸化物の場合、コーティングを、表面露出した表面埋込添加物を伴う組成物上にスパッタリングすることができる。電導性ポリマー、炭素系コーティング、および他の種類のコーティングの場合、コーティング、噴霧、流動コーティング等によって、電導性材料を塗布することができる。空間制御はまた、母材と異なる材料を印刷することによって達成することができ、埋込は、生じない（または、別様に抑制される）。

【0148】

前述のように、添加物を埋込流体の中で分散させ、1ステップ埋込を介して埋込流体とともに乾燥組成物に塗布することができる。添加物はまた、2ステップ埋込を介して、埋込流体とは別に乾燥組成物に塗布することもできる。後者のシナリオでは、担体流体の中で分散させることによって、または同じ埋込流体あるいは異なる埋込流体の中で分散させることによって等、湿潤形態で添加物を塗布することができる。依然として後者のシナリオでは、エアロゾル化された粉末の形態等の乾燥形態で、添加物を塗布することができる。また、メタノール、別の低沸点アルコール、または乾燥組成物との衝突前に実質的に蒸発する別の低沸点有機溶媒等の、揮発性である担体流体の中で添加物を分散させることによって等、準乾燥形態で添加物を塗布できることも検討される。

【0149】

一例として、一実施形態は、ナノワイヤの溶液、または乾燥組成物上に適切な担体流体中で分散された他の添加物を噴霧すること、エアブラシで吹き付けること、または別様に霧化することを伴う。

【0150】

別の実施例として、一実施形態は、埋込流体を噴霧するか、または乾燥組成物と別様に接触させ、次いで、時間 t_1 の経過後、一時的に軟化した乾燥組成物および衝突ナノワイヤの速度の組み合わせが、ナノワイヤの高速かつ耐久性のある表面埋込を可能にするような速度で、ナノワイヤまたは他の添加物を噴霧するか、またはエアブラシで吹き付けることによって、乾燥組成物を前処理することを伴う。 t_1 は、例えば、約1ナノ秒から約24時間、約1ナノ秒から約1時間、または約1秒から約1時間等の、約0ナノ秒から約24時間の範囲内となり得る。2つの噴霧ノズルを同時または連続的に起動することができ、一方のノズルが埋込流体を分注し、他方のノズルが、速度を伴って、乾燥組成物に向かって担体流体中に分散された霧化ナノワイヤを分注する。随意で、空気硬化または高温焼

10

20

30

40

50

鈍を含むことができる。

【0151】

別の実施例として、一実施形態は、ナノワイヤの溶液、または乾燥組成物上に担体流体中で分散された他の添加物を噴霧すること、エアブラシで吹き付けること、または別様に霧化することを伴う。 t_2 の経過後、ナノワイヤの効率的な表面埋込を可能にするよう、埋込流体を塗布するために、第2の噴霧、エアブラッシング、または霧化動作が使用される。 t_2 は、例えば、約1ナノ秒から約24時間、約1ナノ秒から約1時間、または約1秒から約1時間等の、約0ナノ秒から約24時間の範囲内となり得る。2つの噴霧ノズルを同時または連続的に起動することができ、一方のノズルが埋込流体を分注し、他方のノズルが、速度を伴って、乾燥組成物に向かって担体流体中に分散された霧化ナノワイヤを分注する。随意で、空気硬化または高温焼鈍を含むことができる。

10

【0152】

さらなる実施例として、一実施形態は、ケイ酸ナトリウムまたは別のアルカリ金属ケイ酸塩あるいは他の固体ガラスから成る乾燥組成物上にナノワイヤもしくは他の添加物を塗布することを伴う。同時、または別個の動作として、加熱した塩基性水から成る埋込流体が、室温または高温において、液体または蒸気形態でケイ酸ナトリウムに塗布され、それは、ケイ酸ナトリウムを少なくとも部分的に溶解させ、それによって、溶解したケイ酸ナトリウムの中へのナノワイヤの進入を可能にする。水は、蒸発させられ、または別様に除去され、ケイ酸ナトリウム内にナノワイヤが埋め込まれた状態でケイ酸ナトリウムを再凝固させる。随意で、空気硬化または高温焼鈍を含むことができる。

20

【0153】

次に、本発明の実施形態による、湿潤組成物518に添加物522を表面に埋め込むための製造方法を例証する、図5Cに注意を向ける。図5Cを参照すると、湿潤組成物518は、基板520上に配置されるコーティングの形態で、基板520に塗布される。湿潤組成物518は、母材の溶解形態に対応することができ、具体的には、ポリマー、セラミック、セラミック前駆体、またはそれらの任意の組み合わせ等の好適な母材として以前に記載された任意の材料の溶解形態を含むことができる。また、湿潤組成物518は、乾燥、硬化、架橋結合、重合、またはそれらの任意の組み合わせ等の好適な処理によって母材に変換することができる、母材前駆体に対応することも検討される。例えば、湿潤コーティング組成518は、完全には硬化または設定されないコーティング、好適な重合開始剤または架橋結合剤を使用して、後に硬化または架橋結合することができる、完全には架橋結合されない架橋結合可能なコーティング、あるいは、好適な重合開始剤または架橋結合剤を使用して、後に重合することができる、モノマー、オリゴマー、またはモノマーおよびオリゴマーのコーティングとなり得る。いくつかの実施形態では、湿潤組成物518は、液相ならびに固相を伴う材料を含むことができ、または少なくとも部分的に液体である、あるいは半固体、ゲル、および同等物等の液体の特性に似た特性を有する材料を含むことができる。基板520は、透明または不透明となり得、可撓性または剛性となり得、例えば、ポリマー、アイオノマー、EVA、PVB、TPO、TPU、PE、PET、PETG、ポリカーボネート、PVC、PP、アクリル系ポリマー、ABS、セラミック、ガラス、またはそれらの任意の組み合わせ、ならびに好適な母材として以前に記載された任意の材料から成ることができる。基板520は、一時的基板としての機能を果たすことができ、続いて、素子組立の間、除去される、あるいは素子の層または他の構成要素として、結果として生じる素子内に保定することができる。

30

40

【0154】

次に、図5Cの左側のオプションによれば、乾燥する前に、または湿潤組成物518内の添加物522の埋込を可能にする状態にとどまっている間に、添加物522が湿潤組成物518に塗布される。いくつかの実施形態では、添加物522の塗布は、流動コーティング方法（例えば、スロットダイ、毛管コーティング、マイヤーロッド、カップコーティング、引き下げ、および同等物）を介する。左側に例証されていないが、埋込流体は、添加物518の埋込を促進するように、同時、または別々に湿潤組成物522に塗布できる

50

ことが検討される。続いて、結果として生じる母材 5 2 4 は、母材 5 2 4 の表面に部分的または完全に埋め込まれた添加物 5 2 2 のうちの少なくともいくつかを有する。湿潤組成物 5 1 8 を母材 5 2 4 に変換するように、好適な処理を行うことができる。素子組立の間、埋込添加物 5 2 2 を伴う母材 5 2 4 は、隣接する素子層に積層または別様に接続することができる、あるいは基板としての機能を果たすことができ、その上に、隣接する素子層が、形成、積層、または別様に塗布される。

【0155】

図 5 C の添加物 5 2 2 の塗布および添加物 5 2 2 の埋込に関するある側面は、図 5 A および図 5 B について上記で説明されるのと同様の処理条件および材料を使用して行うことができ、これらの側面は、以下で繰り返される必要がない。以下は、セラミックおよびセラミック前駆体に関する実施形態について付加的な詳細を提供する。

10

【0156】

いくつかの実施形態では、添加物は、溶媒および一組の反応種を含み得る、液体セラミック前駆体のコーティングの形態である湿潤組成物に埋め込まれる。埋込は、溶媒が完全に乾燥する前および／または乾燥後の硬化前に行われ、その後、セラミック前駆体を硬化させる、または完全凝縮あるいは再構成ガラスに変換するオプションが続く。セラミック前駆体反応種の実施例として、スピノンガラス、シラン類（例えば、 $\text{Si}(\text{OR})(\text{OR}')(\text{OR}'')(\text{R}''')$ ）、および $\text{Si}(\text{OR})(\text{R}')(\text{R}'')(\text{R}''')$ であって、 R 、 R' 、 R'' 、および R''' は、アルキル基、アルケニル基、アルキニル基、およびアリル基から独立して選択される）、シラン類のチタン類似体、シラン類のセリウム類似体、シラン類のマグネシウム類似体、シラン類のゲルマニウム類似体、シラン類のインジウム類似体、シラン類のスズ類似体、シラン類の亜鉛類似体、シラン類のアルミニウム類似体、シラン類の任意の混合金属類似体、シロキサン類（例えば、 $\text{Si}(\text{OR})(\text{OR}')(\text{OR}'')(\text{OR}''')$ ）であって、 R 、 R' 、 R'' 、および R''' は、アルキル基、アルケニル基、アルキニル基、およびアリル基から独立して選択される）、シロキサン類のチタン類似体、シロキサン類のセリウム類似体、シロキサン類のマグネシウム類似体、シロキサン類のゲルマニウム類似体、シロキサン類のインジウム類似体、シロキサン類のスズ類似体、シロキサン類の亜鉛類似体、シロキサン類のアルミニウム類似体、シロキサン類の任意の混合金属類似体、アルカリ金属ケイ酸塩（例えば、ケイ酸ナトリウムおよびケイ酸カリウム）

20

30

【0157】

いくつかの実施形態では、反応種は、添加物の埋込の前に、少なくとも部分的に反応せられる。反応は、例えば、酸および触媒の存在下の加水分解によって行うことができ、その後に凝縮が続く、それによって、オリゴマーまたはポリマー鎖をもたらす。例えば、シラン類およびシロキサン類は部分凝縮を受けて、 $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 結合を伴うオリゴマーまたはポリマー鎖、および (OR) または (R) に対応する少なくともいくつかの側基をもたらすことができる。

40

【0158】

いくつかの実施形態では、液体セラミック前駆体は、少なくとも 2 つの異なる種類の反応種を含む。異なる種類の種は、 TEOS 、 TMOS 、テトラ（イソプロポキシ）シランのうちの 2 つ以上によって例示されるように、相互と反応することができ、蒸発速度および硬化前の膜形態を制御するために好適に選択することができる。 TMOS の場合のメトキシと対比したテトラ（イソプロポキシ）シランの場合のイソプロポキシ等の、より大型の側基を伴う反応種は、ゲルに変換された時、より大きい細孔のサイズをもたらすことが

50

でき、そのより大きい細孔のサイズは、埋込流体の存在下で膨張を促進することができる。また、加水分解時、TMO S の場合のメトキシと対比したテトラ（イソプロポキシ）シランの場合のイソプロポキシ等の、より大型の側基は、より低い揮発度を伴う対応するアルコールに変換することができ、それは、乾燥速度を減速させることができる。他の実施形態では、ケイ酸ナトリウムおよびテトラ（イソプロポキシ）シラン等の異なる種類の種は、反応する可能性が低い。これは、添加物の埋込を可能にするように、いくらかの量の遅延した凝縮を保持しながら、ケイ酸塩を乾燥させることによって形成される、基質の大部分の容易な硬化特性を得ることができる。

【0159】

いくつかの実施形態では、反応種は、反応の前または反応の後に、靱性、多孔性、または乾燥速度を減速するように溶媒の捕捉を可能にすること、あるいは埋込流体の存在下で膨張を推進すること等の他の望ましい特性を付与することができる、いくらかの量の Si-C または Si-C-Si 結合を含むことができる。

【0160】

いくつかの実施形態では、反応種は、反応の前または反応の後に、Si-OR 基を含むことができ、R は、液体セラミック前駆体のコーティングの乾燥速度を減速するように、低揮発度を伴う鎖側基である。他の実施形態では、反応種は、Si-R' 基を含むことができ、R' は、液体セラミック前駆体のコーティングの乾燥速度を減速するように、低揮発度を伴う鎖側基である。R および R' のいずれか一方または両方はまた、相互作用して溶媒を保持し、それによって、乾燥プロセスを減速する特性を有することができる。例えば、R および R' は、極性、非極性、脂肪族の特性、または溶媒の特性に整合する他の特性を有することができる。

【0161】

いくつかの実施形態では、液体セラミック前駆体に含まれる溶媒は、水、アルコール、ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシド、別の極性溶媒、別の非極性溶媒、上記で記載される任意の他の好適な流体、またはそれらの任意の組み合わせを含むことができる。例えば、溶媒は、非極性となり得、セラミック前駆体のコーティングの乾燥後に発生する完全凝縮とともに、加水分解中に水を不均一に使用することができる。別の実施例として、反応種を搬送する、湿潤させる、または水平にするために、主要構成要素が高い揮発度を有する一方で、微量構成要素がコーティングの乾燥を遅延するように低い揮発度を有するように、溶媒の組み合わせを選択することができる。また、反応種は、乾燥を減速するように、比較的わずかな全コーティング体積を形成できることも検討される。

【0162】

いくつかの実施形態では、ロールツーロールプロセス、ロールコーティング、グラビアコーティング、スロットダイコーティング、ナイフコーティング、スプレーコーティング、および回転コーティング等の多種多様のコーティング方法を使用して、液体セラミック前駆体を基板に塗布することができる。例えば、液体セラミック前駆体は、回転コーティングによって塗布することができ、添加物は、回転コーティングの開始時、または回転コーティングの開始後であるが、結果として生じたコーティングがスピナ上で乾燥する前に、堆積させることができる。

【0163】

いくつかの実施形態では、添加物は、担体流体の中で分散させ、次いで、湿潤形態で液体セラミック前駆体に塗布することができる。担体流体は、衝撃時に有害な相互作用を低減または回避するために、液体セラミック前駆体の低揮発度構成要素と同じ溶媒（または、同様の特性を有する別の溶媒）を含むことができる。また、担体流体は、揮発性（例えば、メタノールまたは別の低沸点アルコール）となり得、衝撃前に実質的に蒸発することも検討される。好適な担体流体の別の実施例は水である。

【0164】

いくつかの実施形態では、液体セラミック前駆体がガラスに変換されるように、埋込後に硬化を行うことができる。例えば、硬化は、窒素（随意で（おそらく飽和した）水蒸気

10

20

30

40

50

を含有する)において約400℃から約500℃の範囲内の温度に加熱すること、残留溶媒を除去するのに十分な温度(例えば、約100℃から約150℃)まで加熱すること、または完全凝縮ガラスを形成するように約800℃から約900℃の範囲内の温度に加熱することを伴うことができる。周囲条件下で頑丈な「クリアコート」に乾燥することができる、ケイ酸ナトリウム(または、別のアルカリケイ酸塩)の場合等では、硬化を省略することができる。いくつかの実施形態では、硬化はまた、埋込ナノワイヤまたは他の添加物に対する焼結/焼鈍動作としての機能を果たすこともできる。いくつかの実施形態では、剪断力または流体力に耐えるが、依然として、添加物の埋込を可能にする状態にあるように、コーティングを安定化させるために、埋込前に、予備硬化を行うことができる。

【0165】

図5Cに戻って、左側のオプションを参照すると、少なくとも部分的に乾燥させること、硬化、架橋結合、重合、またはそれらの任意の組み合わせによって等、好適な処理によって、湿潤組成物518が、最初に乾燥組成物526に変換される。次に、添加物522および埋込流体528が、乾燥組成物526に塗布される。添加物522は、溶液中にあり得る、または埋込流体528の中で別様に分散させることができ、1ステップ埋込を介して乾燥組成物526に同時に塗布することができる。代替として、添加物522は、埋込流体526が乾燥組成物528を処理する前、間、または後に、乾燥組成物526に別々に塗布することができる。前述のように、添加物522の別個の塗布は、2ステップ埋込と呼ぶことができる。後に、結果として生じる母材524は、母材522の表面に部分的または完全に埋め込まれた添加物524のうちの少なくともいくらかを有する。随意で、付加的な乾燥、硬化、架橋結合、重合、またはそれらの任意の組み合わせによって等、乾燥組成物526を母材524に変換するように好適な処理を行うことができる。図5Cに例証される製造段階のうちのいずれかまたはすべては、添加物522の埋込を促進するように、湿潤組成物518の乾燥を減速するように、または両方のために、好適な流体(例えば、埋込流体または他の好適な流体)の蒸気環境の存在下で行うことができる。

【0166】

図5Cの添加物522および埋込流体528の塗布、ならびに添加物522の埋込に関するある側面は、図5Aおよび図5Bについて上記で説明されるのと同様の処理条件および材料を使用して行うことができ、これらの側面は、以下で繰り返される必要がない。具体的には、少なくともある側面では、添加物522を図5Cの乾燥組成物526に埋め込むための処理条件は、添加物512を図5Bの乾燥組成物508に埋め込む時に使用されるものと大部分が同等と見なすことができる。以下は、セラミックおよびセラミック前駆体に関する実施形態について付加的な詳細を提供する。

【0167】

いくつかの実施形態では、添加物は、最初に乾燥させられているが、後に埋込流体によって膨張させられる、未硬化(または、完全には硬化していない)セラミック前駆体のコーティングの形態である乾燥組成物に埋め込まれる。この後に、添加物の周囲のコーティング基質を収縮させる、埋込流体の乾燥が続く。場合によっては、埋込流体は、乾燥前のセラミック前駆体と同じ溶媒(または、同様の特性を有する別の溶媒)を含むことができ、その場合、処理条件は、添加物を湿潤組成物に埋め込む時に使用されるものと大部分が同等と見なすことができる。添加物の埋込の後に、セラミック前駆体を硬化させる、または完全凝縮あるいは再構成ガラスに変換するオプションが続く。

【0168】

いくつかの実施形態では、反応種は、加水分解および凝縮前に、最初にオリゴマーまたはポリマー(例えば、TEOSまたはTMOS等のモノマーとは対照的な)であるように選択される。反応種のそのようなオリゴマーまたはポリマー形態は、埋込流体の存在下で膨張を推進することができる。実施例は、メチル51、エチル50、エチル40、および同等物という指定の下で入手可能な反応種を含む。他の実施形態では、オリゴマーまたはポリマー反応種は、所望の分子量に到達するように、加水分解凝縮を介して等、単量体反応種を反応させることによって形成することができる。オリゴマーまたはポリマー反応種

は、単量体反応種と組み合わせることができ、異なる種は、混和性、部分的に混和性、または大部分が非混和性である。そのようなオリゴマーまたはポリマー反応種はまた、図5Cの左側オプションに従って、すなわち、そのようなオリゴマーまたはポリマー反応種を液体セラミック前駆体のコーティングに含み、随意で、埋込流体の存在下で、乾燥前に添加物をコーティングに埋め込むことによって、使用することもできる。

【0169】

いくつかの実施形態では、反応種は、シリコン、シルセスキオキサン、および同等物の最大2つの反応部位を伴うモノマーを含むことができる。反応時、そのような反応種は、制御可能な量の架橋結合でポリマー鎖を形成することができ、それによって、埋込流体の存在下で膨張を推進し、添加物の埋込を促進する。例えば、反応種は、典型的には、約400℃以下で架橋結合せず、そのポリマー性質により埋込流体とともに膨張することができ、400℃以上に加熱することによって後にガラスに架橋結合することができ、 $\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_2(\text{CH}_3)_2$ 等の $\text{Si}(\text{OR})_2\text{R}'_2$ を含むことができる。そのようなポリマー反応種はまた、図5Cの左側オプションに従って、すなわち、そのようなポリマー反応種を液体セラミック前駆体のコーティングに含み、随意で、埋込流体の存在下で、乾燥前に添加物をコーティングに埋め込むことによって、使用することもできる。

【0170】

(実施例)

以下の実施例は、当業者のための説明を例証および説明するように、本発明のいくつかの実施形態の具体的な側面を説明する。実施例は、本発明のいくつかの実施形態を理解および実践するのに有用である具体的な方法論を提供するにすぎないため、実施例は、本発明を制限するものとして解釈されるべきではない。

【0171】

(実施例1)

(表面埋込封止材層の形成)

本実施例は、太陽素子の正面表面に隣接して積層され得る、スペクトルシフト機能性を伴う、表面埋込封止材層の形成について記載する。エチレン酢酸ビニル（または、EVA）のシートに、溶媒系および蛍光体の溶液が噴霧される。ポリビニルアルコール（または、PVA）、ポリビニルブチラール（または、PVB）、または熱可塑性ポリウレタン（または、TPU）等の別の封止材材料が、EVAの代わりに、またはそれと組み合わせて、使用することができる。EVAシートは、厚さ約500μm等の厚さ約250μmから約2.5mmであることができる。一例として、溶媒系は、組み合わせにおける、テトラヒドロフランおよびジクロロメタンであることができ、蛍光体は、トリス（ジベンゾイルメタン）（フェナントロリン）ユーロピウム（III）（または、 $\text{Eu}(\text{dbm})_3\text{phen}$ ）およびトリス〔3-（トリフルオロメチルヒドロキシメチレン）-d-カンフォラト〕ユーロピウム（III）（または、 $\text{Eu}(\text{tfc})_3$ ）の一方または両方等の下方シフト種であることができる。別の溶媒または溶媒の組み合わせを使用することもでき、別の蛍光体または他の種類の添加物を、蛍光体の代わりに、またはそれと組み合わせて、使用することもできる。蛍光体は、噴霧塗布前に、溶媒系に混合される。EVAシート上に噴霧される溶液は、約500nmの深度まで、一時的に、EVAシートの上部表面を軟化または安定化させ、本軟化（衝突蛍光体の速度と組み合わせ）は、EVAシートへの蛍光体の高速表面埋込を可能にする。噴霧条件は、EVAシートから約6インチの噴霧ノズル距離、および約20ポンド／平方インチの霧化圧力において、EVAシートの平方フィート毎に、約1mlから約16mlの溶液を伴い得る。そのようにして、蛍光体は、埋込領域内に局所化され、約500nmの深度まで、EVAシートの上部表面下にしっかりと埋め込まれる。蛍光体の噴霧埋込後、溶媒系の蒸発が、迅速に進み、約5秒以内に、EVAシートを乾燥させる。次に、蛍光体が、本時点において、EVAシートの上部表面にしっかりと埋め込まれた状態において、硬化または他の好適な処理に進むことができる。噴霧埋込プロセスは、実質的に、連続ロールツーロール方式で行うことができ、EVAシー

トが、実質的に、連続的に巻着および解巻される。

【0172】

(実施例2)

(表面埋込封止材層の形成)

本実施例は、太陽素子内に混入され得る、表面埋込封止材層の形成について記載する。アルコール中に懸濁される銀ナノワイヤ等の形態における、添加物が、EVAシートの表面上に噴霧される。アルコールが、蒸発し、EVAシートの上部に銀ナノワイヤの表面上に堆積された層を残した後、テトラヒドロフランが、EVAシートの表面上に噴霧され、ナノワイヤを軟化させ、EVAシートに埋め込む。テトラヒドロフランの量を制御し、EVAシートの表面下に、部分的または完全に、ナノワイヤを埋め込む程度を調整することができる。結果として生じるナノワイヤ埋込EVAシートは、EVAシートの表面に隣接する接触ナノワイヤのパーコレーションのため、光散乱特性および電導性を呈することができる。本埋込プロセスは、室温および大気圧で行うことができる。ナノワイヤ埋込EVAシートは、素子組立の間、真空積層を介して、ガラスカバーおよび光活性層の一方または両方上に積層することができる。結果として生じる封止された太陽素子は、電導性封止材層を有し、正面電極に隣接する電流を収集する、または電流の収集を増大させ、ならびに斜角入射角において、太陽光のため等の光活性層に向かって、光散乱を向上させる、または別様に、それによる太陽光の吸収を誘発させる。加えて、封止材層は、向上した熱伝導性をもたらし、太陽素子にわたって、より効率的かつ均一に、熱を分布させ、より信頼性のある性能を保証する。他の種類の添加物も、銀ナノワイヤの代わりに、またはそれと組み合わせて、使用することができる。

10

20

【0173】

(実施例3)

(表面埋込封止材層の形成)

約250mgのEu(dbm)₃phenが、約13mLのテトラヒドロフランと組み合わせられた。本溶液全体が、iwata Eclipse HP-CSエアブラシを使用して、19cm×27cmのMars Rock EVAシート片上に噴霧され、被覆率約0.487mg/cm²をもたらした。EVAシートは、2.1インチ×2.1インチ片に裁断された。2インチ×2インチ片のMcMaster製borofloatガラスは、Micro90洗剤で洗浄され、脱イオン水およびイソプロパノールで漱いだ後、約30分のUVオゾン処理を行った。ガラス片は、Mars Rock製結晶シリコン太陽電池に積層された。1片は、未処理EVAで積層された。他の片は、ユウロピウム蛍光体で処理されたEVAで積層された。積層は、各EVA片をガラス片と太陽電池との間に挟入した後、約99℃で0から開始した真空の印加によって、行われた。アセンブリを炉内に留置し、約74℃まで温度を降下させた。炉は、-25mmHgまで真空化され、その間、温度は、約86℃まで上昇した。アセンブリが、約20分間、真空下、炉内に置かれた。

30

【0174】

(実施例4)

(表面埋込構造の特性)

図11は、母材の埋込表面に対する添加物濃度の種々の構成を例証しており、非ゼロ添加物濃度は、埋込領域を表す。図11におけるプロットすべてに対して、母材は、0から10のx軸値間に閉じ込められる。コーティングが存在する場合、母材の上部に堆積され、x=-2とx=0との間に位置する。x軸は、埋込表面からの母材の深度/厚さを表す。第1のプロットは、基板全体の大部分の全体を通して混合された添加物でバルク混入された、または化合された基板のものである。その添加物濃度は、y=0.2濃度に保たれた均一な分布として描写される。第2のプロットは、類似幾何学形状を例証するが、添加物は、コーティング材料全体を通して混合される。

40

【0175】

表面埋込添加物は、図11Aで例証されるように、母材の埋込表面の厚さまたは深度の

50

関数として、離散ステップまたはデルタ関数において局所化することができる。代替として、添加物は、大部分が埋込表面に局所化することができるが、図 1 1 B のように埋込表面の中へとより深いほど、または図 1 1 E のように埋込表面に近いほど、漸減する濃度を有する。添加物は、図 1 1 C の方式において、埋込表面の完全に下側で表面に埋め込むことができ、離散した深度に添加物の最大濃度があり、その後、両方向へ埋込表面より下側の離散した深度から添加物濃度が漸減する。埋込の深度を調整するようにパラメータを調節することによって、添加物埋込の複数の深度を達成することができ、図 1 1 D および図 1 1 F で捉えられるように、この多層埋込幾何学形状を可能にするように、複数の動作を基板上に行うことができる。前述のアプローチを介するが、図 1 1 G から図 1 1 I のようにすでにバルク混入されている基板の上（または、中）で表面に埋め込むことによって、同様の幾何学形状を達成することができる。基板材料にだけでなく、図 1 1 J から図 1 1 L に例証されるもののよう、コーティング材料にも表面に埋め込むことによって、同様の幾何学形状を達成することができる。

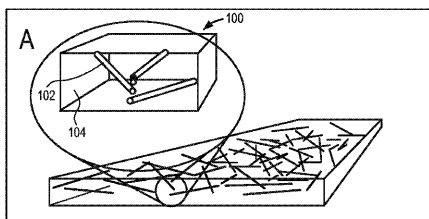
10

【0176】

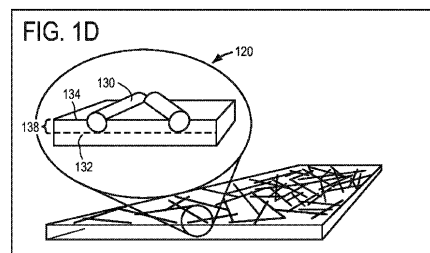
その具体的実施形態を参照して本発明を説明してきたが、添付の請求項によって定義されるような本発明の真の精神および範囲から逸脱することなく、種々の変更を行ってもよく、同等物が置換されてもよいことが、当業者によって理解されるべきである。加えて、特定の状況、材料、組成、方法、またはプロセスを、本発明の目的、精神、および範囲に適合させるように、多くの修正が行われてもよい。すべてのそのような修正は、本明細書に添付された請求項の範囲内であることを目的としている。具体的には、本明細書で開示される方法は、特定の順番で行われる特定の動作を参照して説明されているが、これらの動作は、本発明の教示から逸脱することなく、同等の方法を形成するように組み合わせられ、細分され、または順序付け直されてもよいことが理解されるであろう。したがって、本明細書で具体的に示されない限り、動作の順番およびグループ化は本発明の制限ではない。

20

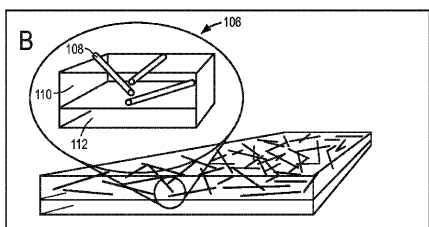
【図 1 A】



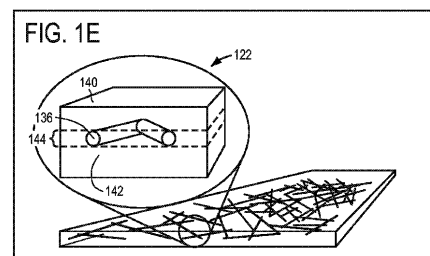
【図 1 D】



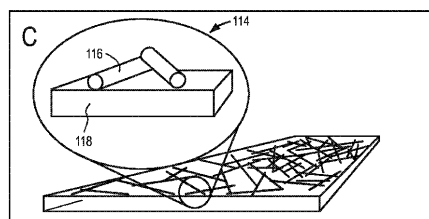
【図 1 B】



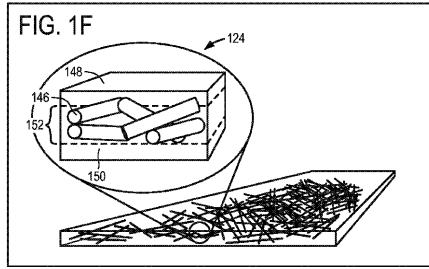
【図 1 E】



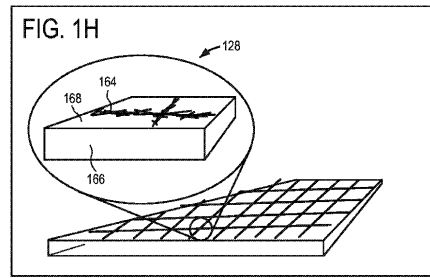
【図 1 C】



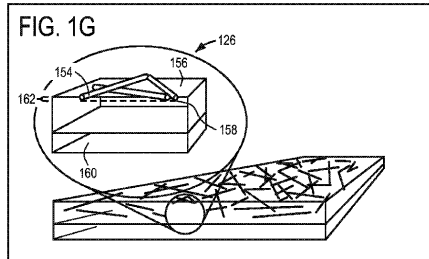
【図 1 F】



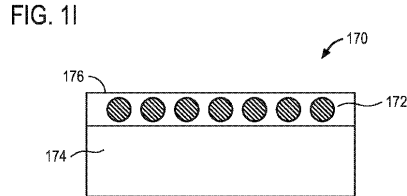
【図 1 H】



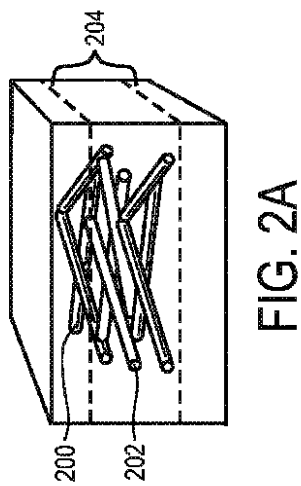
【図 1 G】



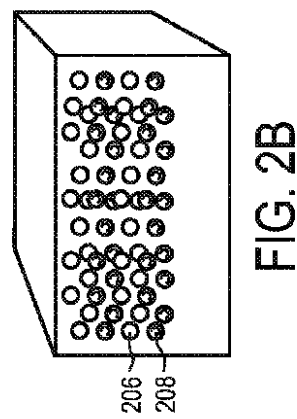
【図 1 I】



【図 2 A】



【図 2 B】



【図 2 C】

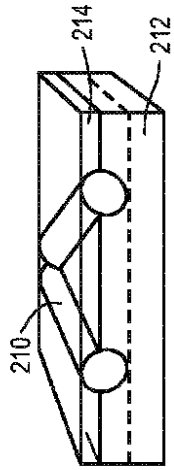


FIG. 2C

【図 2 D】

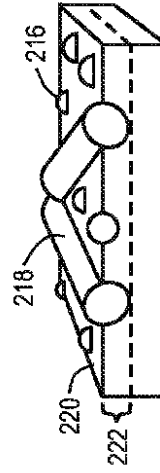


FIG. 2D

【図 2 E】

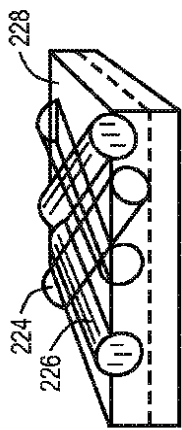


FIG. 2E

【図 2 F】

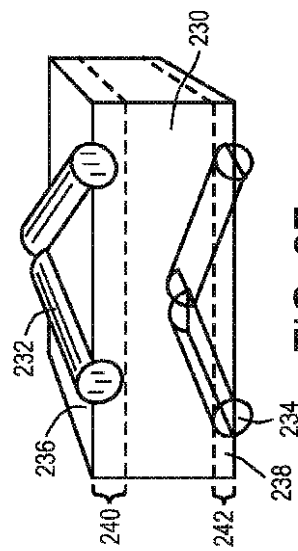


FIG. 2F

【図 2 G】

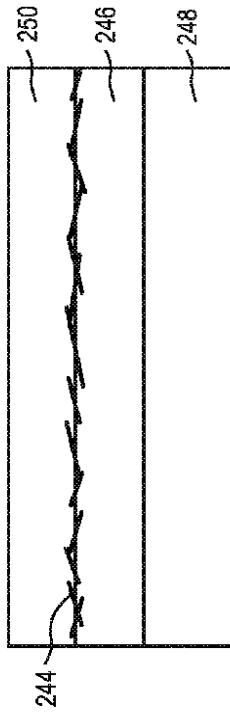


FIG. 2G

【図 2 H】

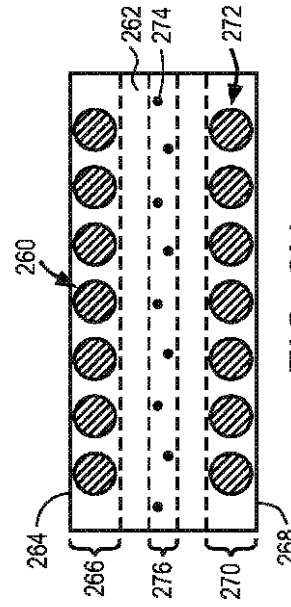


FIG. 2H

【図 9】

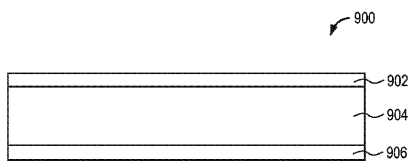


FIG. 9

【図 3】

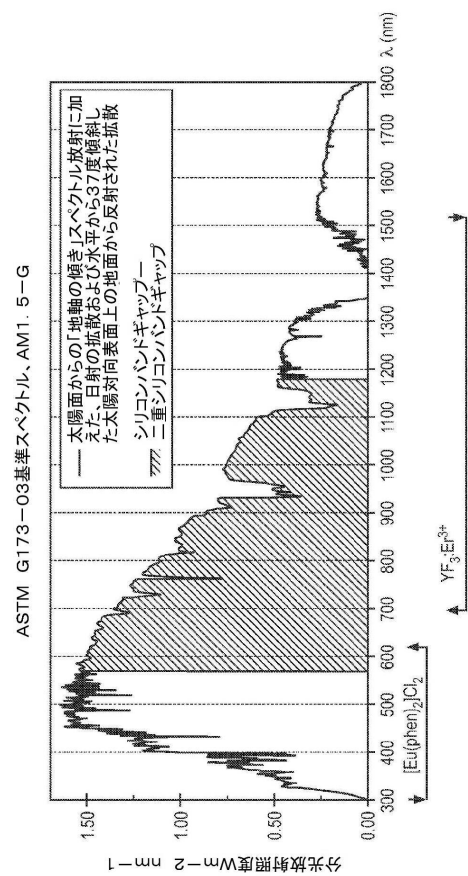


FIG. 3

【図 10】

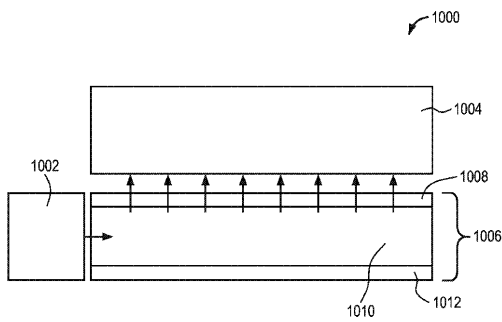
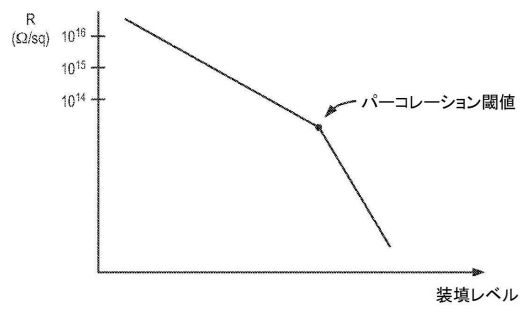
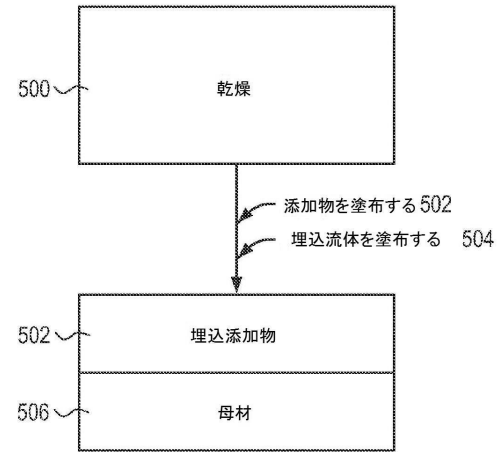


FIG. 10

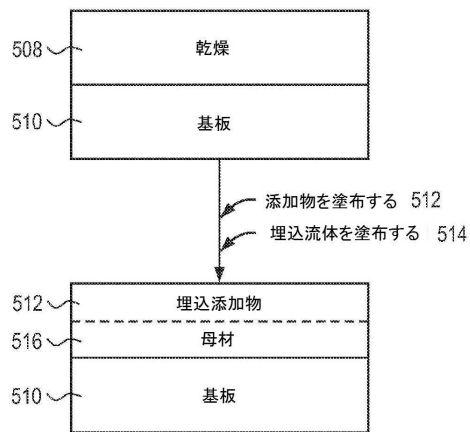
【図 4】



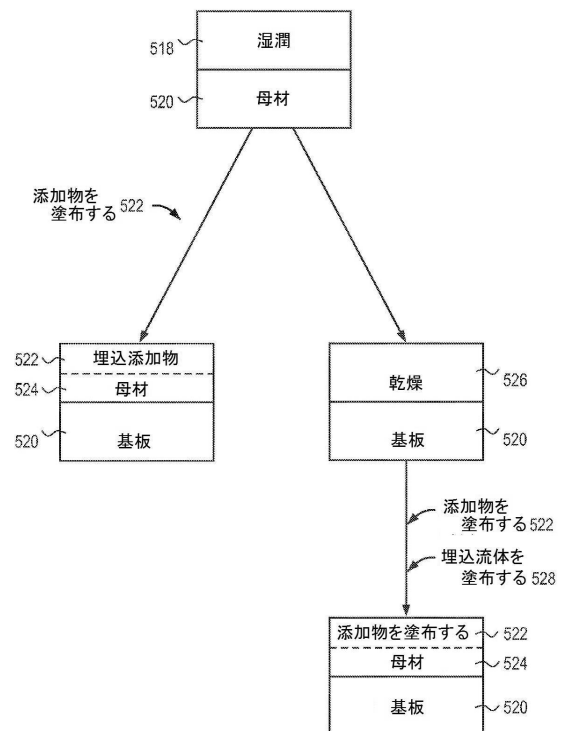
【図 5 A】



【図 5 B】



【図 5 C】



【図 6】

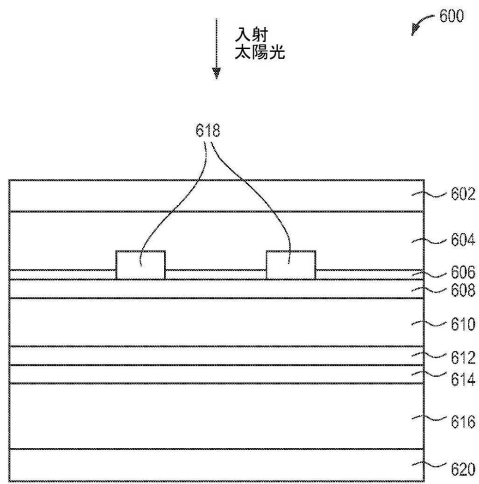


FIG. 6

【図 7】

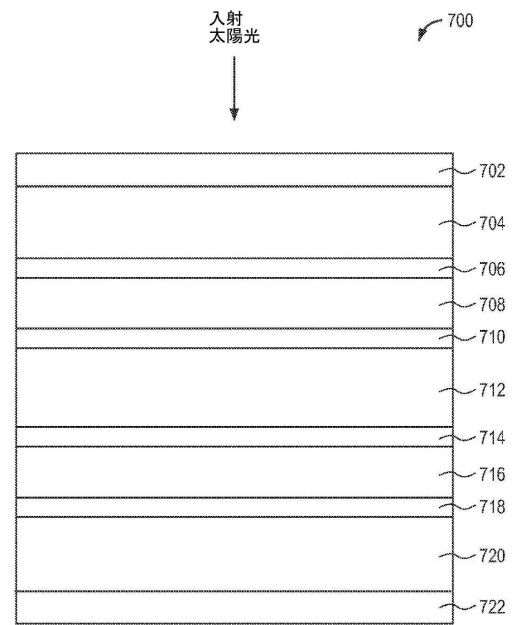


FIG. 7

【図 8】

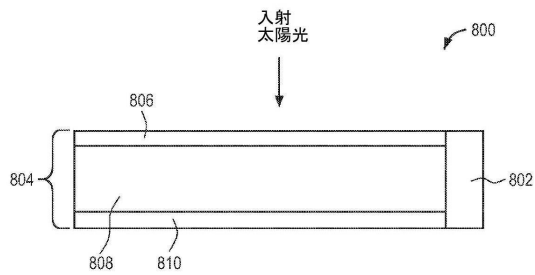


FIG. 8

【図 11-1】

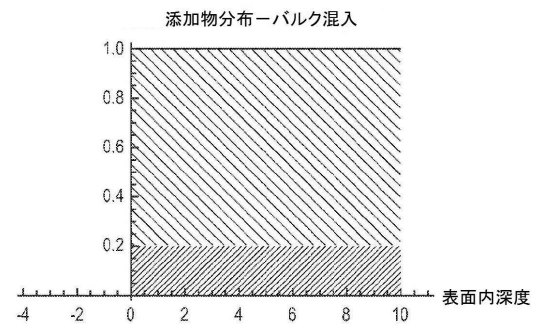


FIG. 11

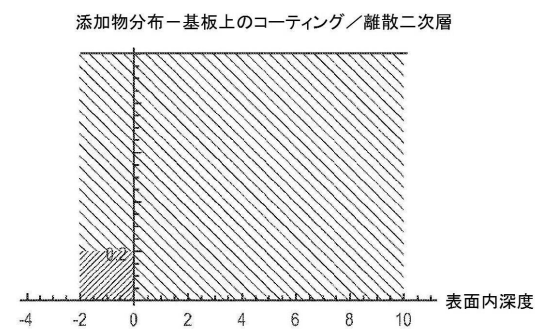


FIG. 11 Continued

【図 11-2】

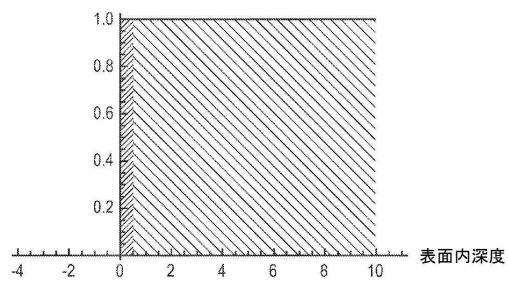


FIG. 11A

【図 11-3】

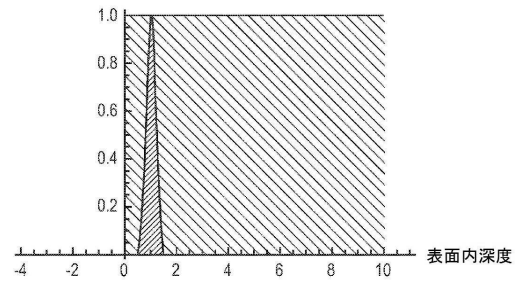


FIG. 11C

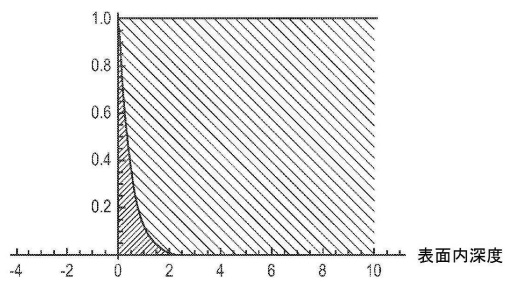


FIG. 11B

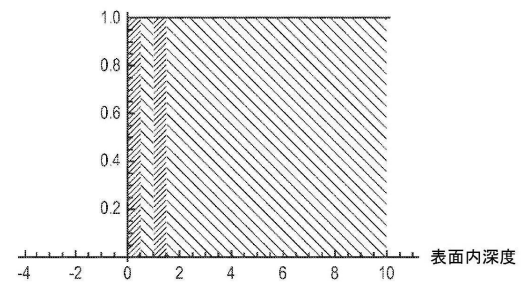


FIG. 11D

【図 11-4】

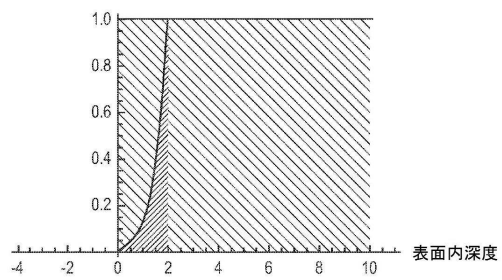


FIG. 11E

【図 11-5】

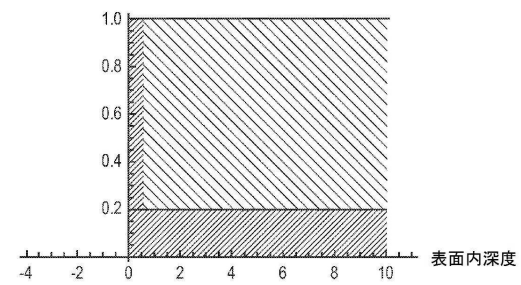


FIG. 11G

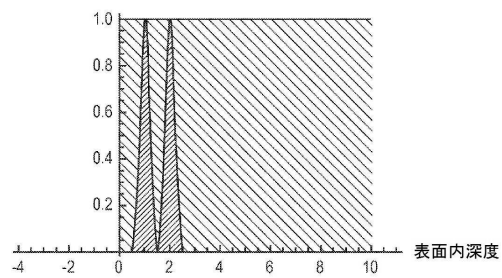


FIG. 11F

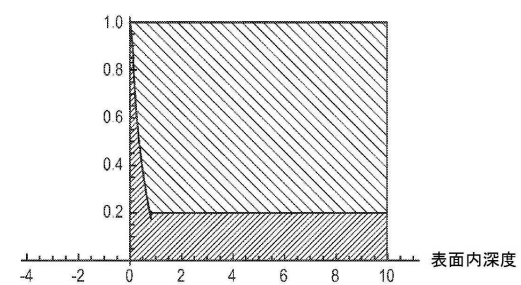


FIG. 11H

【図 1 1 - 6】

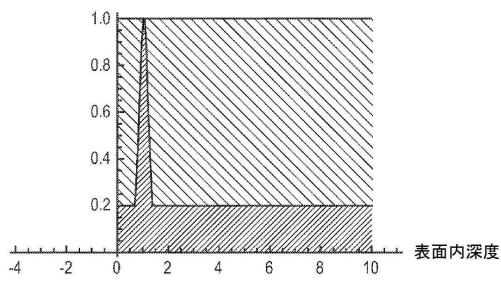


FIG. 11I

【図 1 1 - 7】

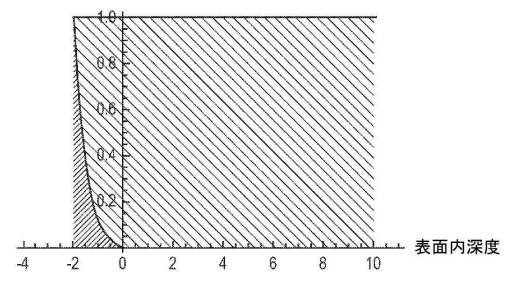


FIG. 11K

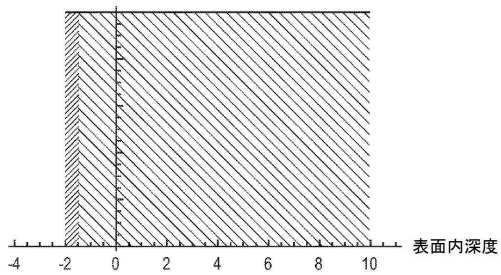


FIG. 11J

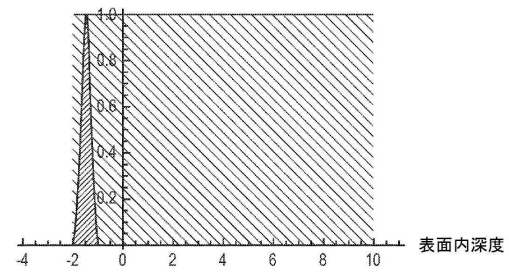
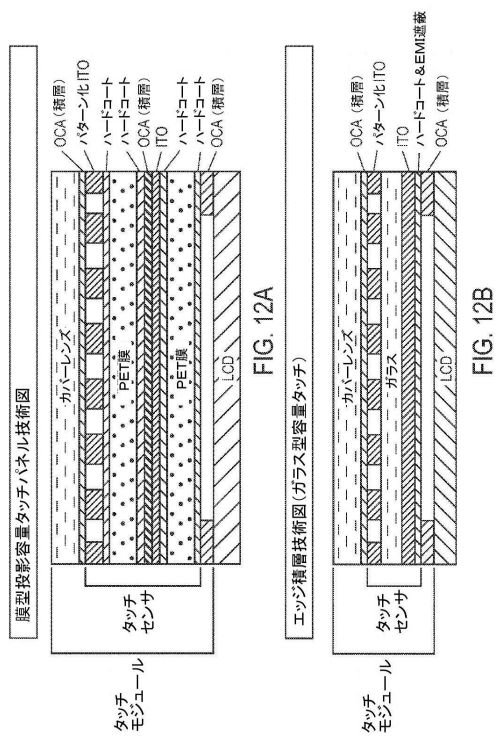
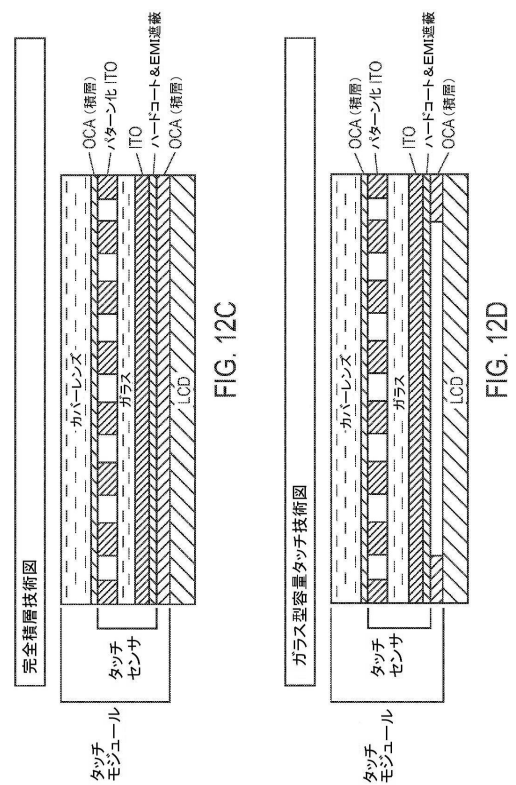


FIG. 11L

【図 1 2 - 1】



【図 1 2 - 2】



【図 1 2 - 3】

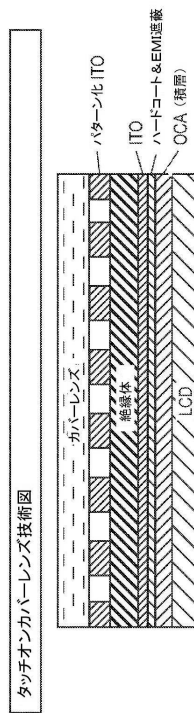


FIG. 12E

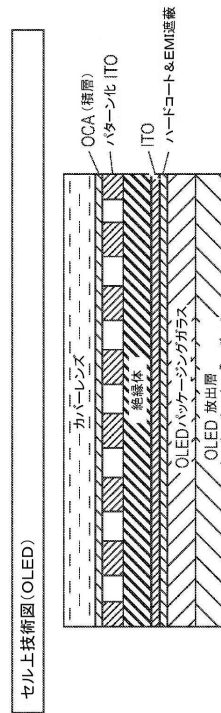


FIG. 12F

【図 1 2 - 4】

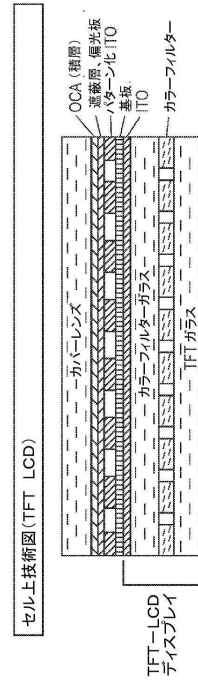


FIG. 12G

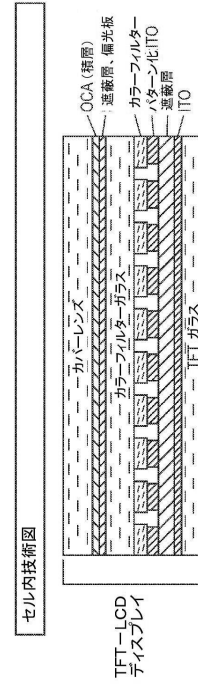


FIG. 12H

フロントページの続き

- (72)発明者 スリニバス, アージュン ダニエル
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94114, サンフランシスコ, 21 エスティー ストリート 3600, アpartment 101
- (72)発明者 ロビンソン, マシュー アール.
アメリカ合衆国 カリフォルニア 92075, サンフランシスコ, 19 ティーエイチ ストリート 2334, アpartment 1
- (72)発明者 マイタル, アレクサンダー チョウ
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94709, バークレイ, フランシスコ ストリート 1921, アpartment 6シー

審査官 清水 靖記

- (56)参考文献 特開平07-202243 (JP, A)
特表2009-505358 (JP, A)
特開2010-258020 (JP, A)
国際公開第2006/030981 (WO, A1)
特開2008-288333 (JP, A)
国際公開第2009/148131 (WO, A1)
特表2009-512122 (JP, A)
国際公開第2007/114645 (WO, A1)
国際公開第2009/072478 (WO, A1)
国際公開第2011/148951 (WO, A1)
国際公開第2011/158548 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	31/02	—	31/056
B32B	1/00	—	43/00
H01B	1/00	—	1/24