

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-534361

(P2004-534361A)

(43) 公表日 平成16年11月11日(2004.11.11)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H05B 33/10

H05B 33/14

F I

H05B 33/10

H05B 33/14

テーマコード (参考)

3K007

A

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2003-507892 (P2003-507892)  
 (86) (22) 出願日 平成14年4月5日 (2002.4.5)  
 (85) 翻訳文提出日 平成15年12月16日 (2003.12.16)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2002/010591  
 (87) 国際公開番号 W02003/001598  
 (87) 国際公開日 平成15年1月3日 (2003.1.3)  
 (31) 優先権主張番号 09/886, 447  
 (32) 優先日 平成13年6月21日 (2001.6.21)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

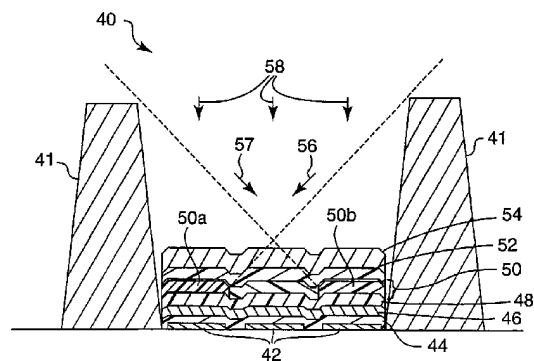
(71) 出願人 500467390  
 スリーエム イノベイティブ プロパティ  
 ズ カンパニー  
 アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-  
 3427, セント ポール, ピー. オー.  
 ボックス 33427, スリーエム セン  
 ター  
 (74) 代理人 100099759  
 弁理士 青木 篤  
 (74) 代理人 100077517  
 弁理士 石田 敬  
 (74) 代理人 100087413  
 弁理士 古賀 哲次  
 (74) 代理人 100111903  
 弁理士 永坂 友康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フルカラーディスプレイパネルの製造方法

## (57) 【要約】

フルカラーディスプレイパネルピクセルの製造方法を記載する。本方法の一態様は、青色ドーパントが少なくとも1つの非青色サブピクセル中に分散されるように、赤色、緑色、および青色ドーパントを同時に堆積させることに関する。本方法の他の態様は、一体化されたマスクまたは取外し可能なマスクを用いて成分を堆積させることに関する。傾斜蒸発法において、マスクによりパララックスを補正することができる。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

赤色、緑色、および青色サブピクセルを有する有機発光ピクセルをディスプレイデバイス上に製造する方法であって、  
各ピクセルに対して正孔輸送層および電子輸送層を堆積させることと、  
青色ドーパントが青色サブピクセル上かつ赤色および緑色サブピクセルのうちの少なくとも一方のサブピクセル上に堆積されるように、赤色、緑色、および青色ドーパントを同時にホスト層中に堆積させることと、  
場合により、堆積プロセス時にシャドウマスクを使用することと、  
を含む、方法。

10

## 【請求項 2】

赤色および緑色ドーパント源が、ピクセル表面から約 20° ~ 約 70° の角度でディスプレイの両側に位置し、青色ドーパント源および他の源が、ディスプレイパネル基板を二等分しかつ赤色および緑色ドーパント源を結ぶ直線に垂直な平面内に位置する、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記赤色および緑色ドーパントの堆積経路が、互いにおよび他の源から遮蔽され、該遮蔽が、赤色および緑色ドーパント源を起点として前記ピクセルの方向にある距離だけ延在する、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 4】

有機発光ディスプレイパネルの製造時にパララックスを補正する方法であって、ラインオブサイト気相堆積を用いて、各ピクセルがサブピクセルを含む一連の隣接したピクセルを形成することを含み、1つ以上の源が、前記ピクセル表面から約 20° ~ 約 70° の角度で配置され、シャドウマスクが、堆積プロセス時に使用され、該マスクが、リブにより規定されるスロットを有し、該リブのピッチが、該ピクセルのピッチよりも小さい、方法。

20

## 【請求項 5】

前記マスクが、取外し可能かつ場合により再使用可能である、請求項 1 または請求項 4 に記載の方法。

## 【請求項 6】

青色ドーパントがホスト層の少なくとも 1 つの非青色サブピクセル中に分散されている有機発光フルカラーディスプレイパネルを含む、物品。

30

## 【請求項 7】

前記ホスト層が、電子輸送層、正孔輸送層、または電子輸送層と正孔輸送層との間の層である、請求項 1 に記載の方法または請求項 6 に記載の物品。

## 【請求項 8】

前記マスクが、ディスプレイデバイスに一体化されている、請求項 1 もしくは請求項 4 に記載の方法または請求項 1 1 に記載の物品。

## 【請求項 9】

各フルカラーピクセルが赤色、緑色、および青色サブピクセルを含む、基板上に形成された複数のフルカラーピクセルと、  
該基板上に立設された複数のリブを含む、該フルカラーピクセルを形成するための、パララックスを補正する一体化されたシャドウマスクと、  
を含み、  
該リブのピッチが、該ピクセルのピッチよりも小さい、有機発光カラーディスプレイパネル。

40

## 【請求項 10】

傾斜蒸発により有機発光フルカラーディスプレイパネルを製造するための取外し可能なマスクであって、個別ピクセルが内設されるスロットを規定する一連のリブを含む、マスク。

## 【請求項 11】

50

前記リブの高さが、前記ディスプレイパネルのピクセルの幅にほぼ等しい、請求項 1 2 に記載のマスク。

【請求項 1 2】

前記マスクが、結晶性物質、金属、またはポリマーを含む、請求項 2 もしくは請求項 4 に記載の方法または請求項 1 2 に記載のマスク。

【請求項 1 3】

前記リブのピッチが、前記マスクが使用される前記ピクセルのピッチよりも小さい、請求項 1 2 に記載のマスク。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、フルカラー有機発光ディスプレイデバイスおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

有機発光デバイス（OLED）は、ディスプレイ、グラフィックサイン、および照明用途をはじめとするさまざまな用途に有用である。全領域の色を提供することのできる高分解能 OLED がとくに望ましい。フルカラー OLED を商業的に開発するには、発光領域すなわちピクセルを三原色（赤色、緑色、および青色）でパターン化してフルカラーディスプレイを提供することが必要である。

【発明の開示】

20

【課題を解決するための手段】

【0003】

本発明は、真空傾斜蒸発法を用いる有機発光カラーディスプレイパネルの新規な製造方法の特徴とする。

【0004】

本発明の一態様において、本発明者らは、驚くべきことに、ピクセルの構築時に青色ドーパントを赤色または緑色ドーパントと共に堆積させた場合に赤色または緑色が優位になることを見いだした。これは、フルカラー発光ディスプレイを製造する際の重要な因子である。他の態様において、本発明者らは、ディスプレイパネルの製造時にパララックスを補正する方法を見いだした。これは、大型高分解能ディスプレイパネルを製造する際の重要な因子である。

30

【0005】

本発明の一態様は、赤色、緑色、および青色サブピクセルを有する有機発光ピクセルをディスプレイパネル上に製造する方法であって、

各ピクセルに正孔輸送層および電子輸送層を堆積させることと、青色ドーパントが青色サブピクセル上かつ赤色および緑色サブピクセルのうちの少なくとも一方のサブピクセル上に堆積されるように、赤色、緑色、および青色ドーパントを同時にホスト層中に堆積させることと、

を含む、上記方法を提供する。ホスト層は、正孔輸送層、電子輸送層、または正孔輸送層と電子輸送層との間の層であってもよい。

40

【0006】

本発明の他の態様は、堆積プロセス時のシャドウマスクの使用を包含する。シャドウマスクは、ディスプレイパネルに一体化してもよいし、取外し可能かつ場合により再使用可能であってもよい。一体化されるマスクは、ドライフィルムフォトリソグレイなどのフォトリソグレイを含んでいてもよい。取外し可能なマスクは、シリコンのような結晶性物質、金属、またはポリマーから製造することが可能である。

【0007】

本発明の他の態様において、赤色および緑色ドーパント源は、ピクセル表面から約 20 ° ~ 約 70 °、典型的には 40 ° の角度でディスプレイの両側に配置することが可能であり、青色ドーパント源および他の物質源は、基板を二等分しかつ赤色および緑色ドーパント

50

源を結ぶ直線に垂直な平面内に配置することが可能である。

【0008】

本発明の他の態様において、赤色および緑色ドーパントの堆積経路は、赤色および緑色ドーパント源を起点としてピクセル表面の方向にある距離だけ延在するシールドを用いて、互いにおよび他の源から孤立される。

【0009】

本発明の他の態様は、有機発光ディスプレイパネルの製造時にパララックスを補正する方法であって、ラインオブサイト気相堆積を用いて各ピクセルがサブピクセルを含む一連の隣接したピクセルを形成することを含み、1つ以上の源が、ピクセル表面から約20°～約70°、典型的には約40°の角度で配置され、シャドウマスクが、堆積プロセス時に使用され、該マスクが、リブにより規定されるスロットを有し、該リブのピッチが、該ピクセルのピッチよりも小さい、上記方法を提供する。

10

【0010】

本発明の他の態様は、青色ドーパントが少なくとも1つの非青色サブピクセル上に分散されている有機発光フルカラーディスプレイパネルを含む物品である。

【0011】

本発明の他の態様は、各フルカラーピクセルが赤色、緑色、および青色サブピクセルを含む、基板上に形成された複数のフルカラーピクセルと、該基板上に立設された複数のリブを含む、該フルカラーピクセルを形成するための、パララックスを補正する一体化されたシャドウマスクと、を含み、該リブのピッチが、該ピクセルのピッチよりも小さい、有機発光カラーディスプレイパネルを提供する。一体化されたマスクは、ドライフィルムフォトリソグレイドなどのフォトリソグレイド材料を含んでいてもよい。

20

【0012】

本発明のさらに他の態様は、傾斜蒸発により有機発光フルカラーディスプレイパネルを製造するための取外し可能なマスクであって、個別ピクセルが内設されるスロットを規定する一連のリブを含む、上記マスクを提供する。マスクのリブの高さは、ディスプレイパネルのピクセルの幅にほぼ等しくすることが可能である。また、マスクは、使用される基板上のピクセルのピッチよりも小さいピッチを有するリブを備えることが可能である。

【0013】

本発明で使用する場合、

30

「ディスプレイパネル」とは、個別ピクセルの二次元アレイを意味し、

「パララックス」または「パララックス誤差」とは、源が基板から有限の距離にあることにより生じる基板上的異なる箇所におけるシャドウ長さの差を意味し、

「ピッチ」とは、同一タイプの2つの隣接した構造体間の中心間距離を意味し、

「ピクセル」とは、他の領域とは独立に光を放出するように誘導することのできる画像ディスプレイアレイの領域を意味し、そして

「サブピクセル」とは、マルチカラーディスプレイにおいて特定の色の光を放出するようにアドレス指定することのできるピクセルの領域を意味する。

【0014】

本発明の少なくとも1つの実施形態の利点は、赤色、緑色、および青色ドーパントならびにホスト層を単一のプロセスステップで同時に堆積させることが可能であるため、構築プロセスを高速化させることができる点である。

40

【0015】

本発明の少なくとも1つの実施形態の他の利点は、高輝度、高コントラスト、低製造コスト、およびすべての視野角における優れた可視度を有するフルカラーディスプレイパネルが提供される点である。

【0016】

本発明の少なくとも1つの実施形態の他の利点は、取外し可能なシャドウマスクを再利用しうる点である。また、取外し可能なマスクを使用すれば、マスクを形成するために基板上に材料（たとえば、フォトリソグレイド）を適用する必要がないので、より簡単なプロセス

50

が可能になる。さらに、取外し可能なマスクにより、実質的に平面状の基板が得られるので（堆積およびマスクの除去を行った後）、後続の加工ステップでより容易に使用することができる。

【0017】

本発明の少なくとも1つの実施形態の他の利点は、より望ましい青色を有するより効率的でより信頼性のある青色発光サブピクセルが提供される点である。

【0018】

本発明の少なくとも1つの実施形態の他の利点は、パララックス補正を行いうる点であり、このことは、限られたサイズのチャンバーで大型ディスプレイパネルを製造するのにとくに望ましい。

【0019】

OLED用のドーパントの傾斜蒸発を含む本発明の少なくとも1つの実施形態の利点としては（個別の発光層を有する場合と比較して）、各カラーサブピクセルの動作電圧がほぼ等しいこと、OLEDが、良好な量子効率、改良された信頼性、サブピクセル間の優れた解像度、および良好な色飽和度を有することが挙げられる。

【0020】

本発明の他の特徴および利点は、以下の図面、詳細な説明、および特許請求の範囲から明らかであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

本発明は、有機発光カラーディスプレイパネルを製造する方法を提供する。

【0022】

図1のシステム10により例示されるように、OLEDは、赤色および緑色ドーパント源14および16を除いて（ただし、青色ドーパント源18を含めて）OLED構造体用の源12を堆積チャンバーの底部近傍に一行に配置することにより本発明に従って製造することができる。青色ドーパント源18は、典型的には、他のOLED源から分離されるが、他の源と同一線上にある。一般的には、OLED源および青色ドーパント源は、ディスプレイパネル基板を二等分しかつ赤色および緑色ドーパント源を結ぶ仮想直線に垂直な平面内に位置する。典型的には、OLEDは、透明導体層上に層を堆積させることにより構築されるが、有機材料の層上に透明電極材料を堆積させる場合のように他の構築を行うことも可能である。これらの異なる構築方法は当技術分野で公知である。ディスプレイ基板20（たとえば、ガラスまたはポリマーの基板）は、サブピクセルの発光領域を規定するパターン化電極を含む。電極は、パッシブマトリックスディスプレイでは平行線の形態をとることが可能であり、アクティブマトリックスディスプレイでは適切な薄膜トランジスタードライバー回路に接続された個別のサブピクセル領域の形態をとることが可能である。次に、基板をシャドウマスクの上方に（典型的には、シャドウマスクに接触させて）配置し、シャドウマスクリブを源の列に平行にかつその真上に整列させた状態で、位置決めすることができる。赤色および緑色ドーパント源は、赤色源および青色源からの蒸発物ビームが法線から約20°～約70°、典型的には約40°の角度で基材表面に当たるように、源の列から離して配置される。適切な角度は、リブの高さおよび間隔に依存するであろう。

【0023】

出願人は、赤色および緑色ドーパントのそれぞれの堆積経路の一部分を、該ドーパントビームがピクセル表面の近傍にくるまでホスト層材料および青色ドーパントのビームに接触しないように、シールド22により孤立させることに、さらなる利点があることを見いだした。堆積経路を遮蔽することにより、ドーパント分子の散乱が最小限に抑えられ、それぞれのドーパント色が所望のサブピクセルに集中するようになる。こうしてドーパントのビーム間散乱を最小限に抑えれば、より速い堆積速度でサブピクセルの良好な解像度が得られるようになる。

【0024】

10

20

30

40

50

典型的には、堆積チャンバーは、 $1 \times 10^{-5}$ トル ( $1.3 \times 10^{-3}$  Pa) 未満、さらには  $2 \times 10^{-6}$ トル ( $2.6 \times 10^{-4}$  Pa) 未満まで、減圧される。また、低圧は、サブピクセル色の品質を劣化させるおそれのある不適切なサブピクセルを生成する赤色および緑色ドーパントの散乱を最小限に抑えるのに役立つ。

#### 【0025】

図2は、本発明により製造することのできる構築体40を示している。この図には、リブ41間にOLED構造体が描かれている。OLEDの層は、リブ間のほぼ全領域を覆うように、基板にほぼ垂直な角度で逐次的に堆積される。OLEDのアノード42は、典型的には、インジウムスズ酸化物のような透明導体を含む。たとえばポリピロール、ポリ(エチレンジオキシチオフエン)(PEDOT)、またはポリアニリンを含むオプションとしての緩衝層44は、アノード42と正孔注入層48の間に堆積させることが可能である。たとえば銅フタロシアニン(CuPc)であるオプションとしての正孔注入層46もまた、アノード42と正孔注入層48の間に堆積させることが可能である。OLEDは、たとえばN, N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N, N'-ジフェニルベンジジン(NPB)またはN, N, N', N'-テトラキス(4-メチルフェニル)(1, 1'-ビフェニル)-4, 4'-ジアミン(TPD)である正孔輸送層48と、たとえば(1, 1'-ビスフェニル-4-オラト)ビス(2-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(BAlq)または4, 4'-ビス(2, 2'-ジフェニルビニル)ビフェニル(DVBi)である電子輸送層50と、をさらに含む。たとえばLiF、Li、またはLi-Alであるオプションとしての電子注入層52は、たとえばAl、Ca、Ba、またはMg-Agであるカソード層54よりも先に堆積させることが可能であり、それに続いてカソード層54が気相堆積により適用される。この構築体では、電子輸送層は、ドーパント用のホスト層として機能する。赤色および緑色ドーパントは、それぞれ、ホスト層の個別領域50aおよび50b中に56および57の方向に堆積され、一方、青色ドーパントは、ホスト層全体にわたり58の方向に堆積される。他の構築体では、正孔輸送層、正孔輸送層と電子輸送層の間に位置する追加のホスト層などの他の層が、ドーパントホストとして役立つ。この追加のホスト層は、たとえば4, 4'-ビス(カルバゾール-9-イル)ビフェニル(CBP)(たとえば、「Electrophosphorescent Devicesにおける改良されたエネルギー移動(Improved Energy Transfer in Electrophosphorescent Devices)」、ディー・エフ・オブライエン、エム・エイ・バルドー、およびエス・アール・フォレスト(D. F. O'Brien, M. A. Baldo, M. E. Thompson, and S. R. Forrest)著、応用物理レター(Applied Physics Letters), 1999年1月18日, 第74巻, 第3号, p. 442-44を参照されたい)または他の正孔輸送材料もしくは電子輸送材料を含むものであってもよい。

#### 【0026】

本発明の一態様は、ホスト層を堆積させるときに赤色、青色、および緑色ドーパントを同時に堆積させることを含む。図2に示されるように方向性をもたせてドーパントを堆積させると、その結果として、赤色および緑色ドーパントは、単一のサブピクセル上に堆積され、青色ドーパントは、3つ全部のサブピクセル上に堆積されうる。予想外なことであったが、本出願人は、赤色および緑色ドーパントの色が、同時に堆積させた青色ドーパントの色よりも優位になるため、OLEDの品質および清澄度を損なうことなく、赤色および緑色サブピクセルの一方または両方の上に青色ドーパントを堆積させうることを見いだした。

#### 【0027】

本発明で使用するのに好適な赤色ドーパントとしては、たとえば、白金オクタエチルポルフィリン(PtOEP)または4-(ジシアノメチレン)-2-t-ブチル-6-(1, 1, 7, 7-テトラメチルジュロリジル-9-エニル)-4H-ピラン(DCJT B)が挙げられる。

#### 【0028】

10

20

30

40

50

本発明で使用するのに好適な青色ドーパントとしては、たとえば、ペリレンが挙げられる。

【0029】

本発明で使用するのに好適な緑色ドーパントとしては、たとえば、10-(2-ベンゾチアゾリル)-2,3,6,7,テトラヒドロ-1,1,7,7-テトラメチル-1H,5H,11H-(1)ベンゾピロピラノ(6,7,8-ij)キノリジン-11-オン(C545T)、N,N-ジメチルキナクリドン(DMQA)、またはトリス(2-フェニルピリジン)イリジウム(Ir(ppy)<sub>3</sub>)が挙げられる。

【0030】

ホスト層中のドーパント濃度は、典型的には、約1モルパーセント程度である。場合により、電子注入を改良するために、ドーパされた電子輸送層上にたとえばトリス(8-ヒドロキシ-キノリナト)アルミニウム(Alq3)の第2の電子輸送層(図示せず)を堆積させてもよい。

10

【0031】

先に述べたように、本発明の態様は、シャドウマスクを利用する傾斜蒸発法によりドーパントを堆積させることを包含する。ピクセルの外縁を規定するように基板上または基板の一部としてリブを構築する形で、シャドウマスクをディスプレイパネルに一体化させることが可能である。他の選択肢として、シャドウマスクは、取外し可能かつ再使用可能であってもよい。取外し可能なマスクの場合、リブは、基板上に材料を気相堆積させる際の通路となりうるスロットを規定する。

20

【0032】

ピクセルの一部分だけがドーパントを収容するように、マスクのリブによりドーパントの堆積を部分的に阻止することができる。そのようにして、赤色、緑色、および青色のサブピクセルを形成することが可能である。(これについては、図2に概略図で示されている。)たとえば、ピクセルの左側のリブの位置および高さに基づいて赤色ドーパントがピクセルの右側の第3の部分(すなわち、適切なサブピクセル)だけに堆積されるように、基板に対する法線から約20°~約70°の角度でピクセルの左側に赤色ドーパント源を配置することが可能である。緑色ドーパント源についても、ピクセルの右側で類似の位置決めを行うことが可能である。赤色および緑色ドーパントからの発光が同時に堆積させた青色ドーパントからの発光よりも優位になるという本出願人の発見により、青色ドーパントを他のドーパント源の位置に対してピクセルの表面に垂直な角度で堆積させることが可能である。その結果、青色ドーパントは、全ピクセルを覆うことになる。

30

【0033】

マスクのリブの高さにより、形成されるシャドウの長さが決まるであろう。シャドウの所望の長さは、堆積源を配置する角度、堆積源とピクセルとの離間距離、および蒸発物により覆われる所望の面積のような因子に依存しうる。ほとんどの場合、リブの好ましい高さは、ピクセルの幅と同等である。

【0034】

先に述べたように、本発明のマスクは、ディスプレイデバイスに永続的に取付けられるものであってもよいし、取外し可能なものであってもよい。永続的に取付けられる、すなわち、一体化されるフォトレジストシャドウマスクは、従来のフォトリソグラフィにより製造可能である。たとえば、米国特許第5,294,869号および同第5,294,870号を参照されたい。フォトレジストは、ローラーを用いて適用することのできるフィルムであるドライフィルムフォトレジストであってもよい。ドライフィルムフォトレジストは、コネチカット州ウォーターベリーのマクダーミッド(MacDermid, Waterbury, Connecticut)から品目#MP130として入手可能である。

40

【0035】

取外し可能なマスクは、リブにより規定される一連のスロットを備える。ピクセルを構成する材料は、スロットに通して堆積させる。取外し可能なマスクを製造するのに好適な材料としては、シリコンのような結晶性材料、銅や鋼のような金属材料、および高分子材料

50

が挙げられる。取外し可能なマスクは、典型的には、リブを形成する材料をそのまま残してスロットが配置される位置にある材料を除去することにより製造される。取外し可能なマスクは、従来の機械加工、微細加工、ダイヤモンド加工、レーザーアブレーション、または化学エッチング、プラズマエッチング、もしくはイオンビームエッチングをはじめとするさまざまな方法により製造することが可能である（典型的には、フォトリソグラフィによりパターン化される）。エレクトロディスチャージ加工またはスパークエロージョン加工とも呼ばれる放電加工（EDM）は、マスクの製造に使用することのできる周知の技術である。EDMは、電極工具（この場合、ワイヤー）と加工品との間でアークを生成する放電の経路で材料を侵食することにより行われる。

#### 【0036】

結晶性材料（たとえば、シリコン、ゲルマニウム、またはヒ化ガリウム）のウェーハは、傾斜蒸発用の取外し可能かつ再使用可能なマスクを製造するのにとくに適している。適切な厚さ（たとえば、100～200μm）を有しかつ両面が研磨されたシリコンウェーハは、広く利用可能である。傾斜蒸発マスクとして使用するのに必要なリブは、標準的なフォトリソグラフィやエッチングなどの周知の方法を用いて製造することができる。パターンは、異方性湿式化学エッチング（マーク・マドウ（Marc Madou）著、微細加工の基礎（Fundamentals of Microfabrication）、シーアールシー・プレス（CRC Press）刊、1997年、p. 168 - 176を参照されたい）や異方性イオンエッチング（米国特許第5,501,893号を参照されたい）などの任意の適切な方法によりウェーハを貫通するようにエッチングすることが可能である。

#### 【0037】

ディスプレイパネルを製造する際、OLED材料（青色ドーパントを含む）の堆積源は、ほぼ点源または線源である。赤色および緑色ドーパント源は、ある角度で基板の両側に配置された点源である。図3は、パララックスとして知られる傾斜堆積に共通した問題を示している。ドーパント源62が基板から有限の距離にあるので、各セットのリブ64により形成されるシャドウの水平方向の長さは、パララックス効果により基板の幅方向で変化するであろう。標準的なシャドウマスクのリブは、リブピッチ68（すなわち、対をなすピクセルの中心間距離）と同一のピクセルピッチ66（すなわち、対をなすリブの中心間距離）を有する。パララックス誤差を生じると、個別のピクセルおよびサブピクセル電極70の傾斜堆積源は、単一ディスプレイパネル上で、それらが堆積されるサブピクセル電極に対して位置ずれを生じる可能性がある。

#### 【0038】

図4により例示されるように、本発明の態様は、以下の式：

$$p' = p(1 + h/d)$$

式中、 $p'$  は、電極のピッチであり、

$p$  は、シャドウマスクのリブのピッチであり、

$d$  は、源から基板までの高さであり、そして

$h$  は、シャドウマスクの高さ（すなわち、厚さ）である、

に従ってピクセルピッチ66をマスクのリブピッチ68よりもわずかに大きくし、シャドウマスクリブ64を介して堆積される傾斜ドーパント源の位置合わせを基板上にパターン化されたサブピクセル電極70に対して正確に行うことにより、パララックス誤差を補正する。

#### 【0039】

本発明のマスクを使用する際、ドーパント源は、好ましくは、ディスプレイの幅の少なくとも5倍の距離だけピクセルから離間させる。

#### 【0040】

本発明は、以下の実施例により例示しうる。

#### 【実施例】

#### 【0041】

10

20

30

40

50



本発明は、以下の実施例により例示しうる。

【0042】

この実施例では、取外し可能な金属シャドウマスクを介してOLED材料を傾斜蒸発させることにより、パッシブマトリックスOLEDディスプレイを製造した。カリフォルニア州アナハイムのシン・フィルム・デバイスズ(Thin Film Devices (Anaheim, CA))により提供された、インジウムスズ酸化物(ITO)透明導体の厚さ140nmのコーティングを有するガラス基板の上に、OLEDを製造した。従来のフォトリソパターンニングおよび加温された(60の)濃HCl中でのエッチングを用いて、ITOをエッチングし、カラム電極を形成した。0.075インチ(1.905mm)×0.075インチ(1.905mm)のグリッドの形に、ピクセルを配置した。赤色、青色、および緑色サブピクセルに対応させて3つのITOカラムを各ピクセル下に配置した。各カラムの幅は、名目上0.011インチ(280μm)であり、サブピクセルカラムの間隙は、0.0055インチ(140μm)であった。

10

【0043】

ワイヤー放電加工(ワイヤーEDM)を用いて、取外し可能かつ再使用可能な金属シャドウマスクを鋼板(厚さ0.047インチ(1.194mm))から製造した。機械加工により鋼板中に設けたスロットは、幅0.065インチ(1.651mm)および中心間距離(すなわちピッチ)0.0746インチ(1.895mm)であり、幅0.0096インチ(24.4μm)(ピッチ0.0746インチ(1.895mm)および高さ0.047インチ(1.194mm))を有するリブを残した。金属マスクのピッチ(0.0746インチ(1.895mm))とITOカラムのピッチ(0.075"(1.895mm))との小さい差は、基板が源の上方約9インチ(229mm)に位置する蒸発装置におけるパララックスを補償するのに適切なものであった。

20

【0044】

エッチングされたITOラインを有する基板を、ペンシルバニア州ピッツバーグのバイエル(Bayer (Pittsburgh, PA))から入手可能なベイトロンP(Baytron P)のようなポリエチレンジオキシチオフェンのスパンオン導電性ポリマー緩衝層でコーティングし、窒素雰囲気中、ホットプレート(100)上で乾燥させた。次に、基板を金属マスク上に配置し、ITOカラムとマスクのスロットとの位置合わせを行った。マスクおよび基板を摺持一体化し、約 $10^{-6}$ トル(1.3×10<sup>-4</sup>Pa)に減圧された真空蒸発装置に入れた。最初に、正孔輸送層(HTL)を約30nmの厚さで適用した(NPD)。次に、ドーパント用のホストとしても作用する電子輸送層(ETL)を適用した(BAlq)。HTLに最も近いETLの約20nmにドーピングを行い、続くETLの約20nmにはドーピングを行わなかった。使用したドーパントは、ペリレン(青色)、C545T(緑色)、およびPtOEP(赤色)であった。ITOカラムの真下かつそれに平行になるように、HTL源、ETL源、および青色ドーパント源を蒸発器チャンバーの底部に一行に配置した。その列からいくらか離間させて、赤色および緑色ドーパント源を配置し、それらのドーパント源からの蒸発物ビームが、法線から約40°の角度で基板に当たるようにした。緑色および赤色ドーパントが適切なITOサブピクセルカラムのみに当たり、他の色のサブピクセルカラムには当たらないように、マスクのリブによりシャドウを形成した。3つ全部のサブピクセル上に青色ドーパントを堆積させたが、緑色および赤色サブピクセルでは、緑色および赤色ドーパントの発光スペクトルが効果的に優位になったので、それらのサブピクセルからの青色の発光はまったく取るに足らないものであった。

30

40

【0045】

これらの有機材料を堆積させた後、蒸発器チャンバーのガス抜きを行い、基板からシャドウマスクを除去し、ITOカラムに直交する方向にスロットを備えた他のシャドウマスクと交換した。この第2のシャドウマスクを用いて、第2の真空蒸発プロセスでカソード電極の口ウをパターン化した。0.5nmのLiFおよび続いて200nmのAlを堆積させることにより、カソードを形成した。他の選択肢として、20nmのCaおよび続いて

50

200nmのAlを用いて、カソードを製造することも可能であった。

【0046】

カソードを堆積させた後、堆積チャンバーから基板を取出し、カソードシャドウマスクを除去した。ディスプレイは、本質的に完全なものであり、封入が行える状態であった。カソードロウのそれぞれに電圧を逐次的に印加すると同時に適切な電流でサブピクセルのそれぞれをアドレス指定することにより、パッシブマトリックスディスプレイを動作させ、アドレス指定されたディスプレイの各ロウに対して所望の発光を提供した。

【0047】

本発明に対する種々の修正態様および変更態様は、本発明の範囲および精神から逸脱することなく当業者には自明なものとなるであろう。当然のことながら、本発明は、本明細書に記載の例示的な実施形態および実施例によって過度に限定されるのではなく、そのような実施例および実施形態は、単に例として提示されたものにすぎず、本発明の範囲は、本明細書の以下に記載の特許請求の範囲によってのみ限定されるものとみなされる。

10

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】ピクセルの断面ならびに赤色、青色、および緑色ドーパントが堆積される角度を示している。

【図2】有機発光カラーディスプレイパネルを構築するための堆積システムを示している。

。

【図3】パララックスを示している。

20

【図4】パララックスを補正するマスクを示している。

## 【国際公開パンフレット】

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

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau(43) International Publication Date  
3 January 2003 (03.01.2003)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 03/001598 A1(51) International Patent Classification: H01L 27/00,  
51/40Office Box 33427, Saint Paul, MN 55133-3427 (US).  
WILLIAMS, Robert, C.; Post Office Box 33427, Saint  
Paul, MN 55133-3427 (US).

(21) International Application Number: PCT/US02/10591

(74) Agents: GOVER, Melanie, G. et al.; Office of Intellectual  
Property Counsel, Post Office Box 33427, Saint Paul, MN  
55133-3427 (US).

(22) International Filing Date: 5 April 2002 (05.04.2002)

(25) Filing Language: English

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

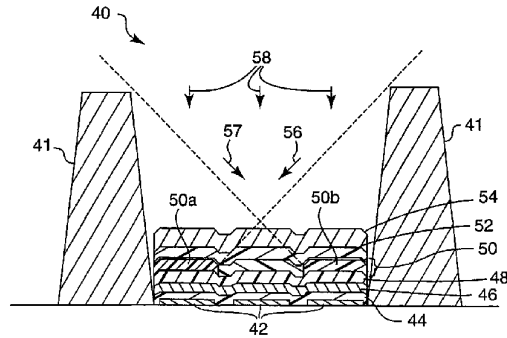
(26) Publication Language: English

(30) Priority Data: 09/886,447 21 June 2001 (21.06.2001) US

(71) Applicant: 3M INNOVATIVE PROPERTIES COM-  
PANY [US/US]; 3M Center, Post Office Box 33427, Saint  
Paul, MN 55133-3427 (US).(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GII, GM,  
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),  
European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR,  
GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent(72) Inventors: HAASE, Michael, A.; Post Office Box 33427,  
Saint Paul, MN 55133-3427 (US). BAUDE, Paul, E.; Post

[Continued on next page]

(54) Title: METHOD OF MAKING FULL COLOR DISPLAY PANELS



(57) Abstract: A method for making full color display panel pixels is described. One aspect of the method relates to simultaneously depositing red, green, and blue dopants such that the blue dopant is dispersed in at least one non-blue subpixel. Another aspect of the method relates to using an integrated or removable mask to deposit components. In an angled evaporation method, the mask can correct for parallax.

WO 03/001598 A1

WO 03/001598 A1



(BI, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NI, SN, TD, TG).

**Declarations under Rule 4.17:**

— as to applicant's entitlement to apply for and be granted a patent (Rule 4.17(ii)) for the following designations: AF, AG, AI, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MY, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent

(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SF, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

— as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii)) for all designations

**Published:**

— with international search report  
before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

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

WO 03/001598

PCT/US02/10591

5

**METHOD OF MAKING FULL COLOR DISPLAY PANELS**

10

**TECHNICAL FIELD**

This invention relates to full color organic light emitting display devices and methods of making them.

15

**BACKGROUND**

Organic light emitting devices (OLEDs) are useful for a variety of applications including displays, graphic signs, and lighting applications. High resolution OLEDs that can provide a full range of colors are particularly desirable. Commercial development of full color OLEDs requires patterning the light emitting area, i.e., the pixel, with three primary colors (red, green, and blue) to provide a full color display.

20

**SUMMARY OF INVENTION**

The present invention features a novel method of making an organic light emitting color display panels using vacuum angle-evaporation techniques.

25

In one aspect of the invention, the inventors have found that, surprisingly, if a blue dopant is deposited with a red or green dopant during the construction of a pixel, the red or green color will dominate. This is an important factor in producing a full-color light emitting display. In another aspect, the inventors have found a way to correct for parallax during the making of a display panel. This is an important factor in producing large high resolution display panels.

30

One aspect of the present invention provides a method of making organic light emitting pixels having red, green, and blue subpixels on a display panel comprising:

35

for each pixel depositing a hole transporting layer and an electron transporting layer; and depositing red, green, and blue dopants simultaneously in a host layer such that the blue dopant is deposited on the blue subpixel and at least one of the red and green subpixels. The host layer may be the hole transporting layer, the electron

WO 03/001598

PCT/US02/10591

transporting layer, or a layer between the hole transporting and electron transporting layers.

Another aspect of the invention involves using a shadow mask during the deposition process. The shadow mask may be integrated into the display panel, or may  
5 be removable and, optionally, reusable. The integrated mask may comprise photoresist, including dry film photoresist. The removable mask may be made from crystalline material, such as silicon, metal, or polymer.

In another aspect of the invention, the red and green dopant sources may be located on opposite sides of the display at an angle of about 20° to about 70°, typically  
10 40°, from the pixel surfaces and the blue dopant and other material sources may be located in a plane that bisects the substrate and is normal to a straight line that connects the red and green dopant sources.

In another aspect of the invention, the deposition paths of the red and green dopants are isolated from each other and the other sources with shields that start at the  
15 red and green dopant sources and extend some distance toward the pixel surface.

Another aspect of the invention provides a method of correcting for parallax in the making of an organic light emitting display panel comprising using line-of-sight vapor deposition to create a series of adjacent pixels, each pixel comprising sub-pixels, wherein one or more sources are positioned at an angle of about 20° to about 70°,  
20 typically about 40°, from the pixel surfaces and wherein a shadow mask is used in the deposition process, the mask having slots defined by ribs wherein the pitch of the ribs is smaller than the pitch of the pixels.

Another aspect of the invention is an article comprising an organic light emitting full color display panel wherein a blue dopant is dispersed over at least one  
25 non-blue sub-pixel.

Another aspect of the invention provides an organic light emitting color display panel comprising: a plurality of full color pixels formed on a substrate, each full color pixel comprising a red, a green, and a blue subpixel, an integrated shadow mask, that corrects for parallax, for forming the color subpixels comprising a plurality of ribs  
30 erected on the substrate, wherein the pitch of the ribs is smaller than the pitch of the pixels. The integrated mask may comprise photoresist material, including dry film photoresist.

WO 03/001598

PCT/US02/10591

Yet another aspect of the present invention provides a removable mask for making an organic light emitting full color display panel by angled evaporation, the mask comprising a series of ribs that define slots in which individual pixels are built. The height of the ribs of the mask may be approximately equal to the width of the pixels of the display panel. The mask may also have ribs with a pitch smaller than the pitch of the pixels on the substrate for which it will be used.

As used in this invention:

- “display panel” means a two-dimensional array of individual pixels;
- “parallax” or “parallax error” means the difference in shadow length at different points on a substrate caused by the source being a finite distance from the substrate;
- “pitch” means the center to center distance between two adjacent structures of the same type;
- “pixel” means an area of an image display array that can be stimulated to emit light independently of other areas; and
- “sub-pixel” means an area of a pixel that can be addressed to emit light of a particular color in a multi-color display.

An advantage of at least one embodiment of the present invention is that red, green, and blue dopants and a host layer may be deposited simultaneously in a single process step, which can make the construction process faster.

Another advantage of at least one embodiment of the present invention is that it provides a full-color display panel having high brightness, high contrast, low manufacturing costs, and excellent visibility at all viewing angles.

Another advantage of at least one embodiment of the present invention is that the removable shadow mask may be reused. Using a removable mask may also allow for a simpler process because it does not require applying material (e.g., photoresist) on the substrate to form a mask. A removable mask also results in a substantially planar substrate (after deposition and removal of the mask), which can be easier to use in subsequent processing steps.

WO 03/001598

PCT/US02/10591

Another advantage of at least one embodiment of the present invention is that it provides a more efficient and reliable blue-emitting subpixel having a more desirable blue color.

Another advantage of at least one embodiment of the present invention is that it allows for parallax correction, which is especially desirable for making large display panels in a chamber of a limited size.

Advantages of at least one embodiment of the present invention that includes angle-evaporation of dopants (in comparison to having discrete emitting layers) for an OLED include that the operating voltages of each of the color subpixels are nearly equal, the OLED has good quantum efficiency, improved reliability, excellent resolution between subpixels, and good color saturation.

Other features and advantages of the invention will be apparent from the following drawings, detailed description, and claims.

#### BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS

Fig. 1 depicts a cross section of a pixel and the angles at which red, blue, and green dopants are deposited.

Fig. 2 depicts a deposition system for constructing an organic light emitting color display panel.

Fig. 3 depicts parallax.

Fig. 4 depicts a mask that corrects for parallax.

#### DETAILED DESCRIPTION

The present invention provides methods of making organic light emitting color display panels.

As illustrated by system 10 in Figure 1, an OLED can be made pursuant to this invention by arranging sources 12 for the OLED structure, except for the red and green dopant sources 14 and 16 (but including the blue dopant source 18) in a line near the bottom of a deposition chamber. Blue dopant source 18 is typically separated from the other OLED sources, but is in the same line as the other sources. In general the OLED and blue dopant sources are located in a plane that bisects the display panel substrate and is normal to an imaginary straight line that connects the red and green dopant



WO 03/001598

PCT/US02/10591

sources. Typically an OLED is constructed by depositing layers on a transparent conductor layer, but alternative constructions are also feasible, such as depositing a transparent electrode material on top of layers of organic materials. These different methods of construction are known in the art. Display substrate 20 (e.g., a glass or polymer substrate) includes patterned electrodes that define the emitting area for the subpixels. The electrodes may take the form of parallel lines for a passive-matrix display, or individual subpixel areas connected to appropriate thin-film transistor driver circuits for an active-matrix display. The substrate, placed above (and typically in contact with) a shadow mask, can then be positioned with the shadow mask ribs aligned parallel to and directly over the line of sources. The red and green dopant sources are located away from the line of sources such that the evaporant beams from the red and green sources impinge the substrate surface at an angle between about 20° and about 70°, typically about 40°, from normal. The appropriate angle will depend on the height and spacing of the ribs.

Applicants found that there is a further advantage in using shields 22 to isolate a portion of the deposition path of each of the red and green dopants such that the dopant beams do not come into contact with the beam of the host layer material and the blue dopant until they are in the proximity of the pixel surface. By shielding the deposition paths, scattering of the dopant molecules is minimized so that each dopant color is concentrated in the desired subpixel. This minimization of inter-beam scattering of the dopants provides good resolution of the sub-pixels at higher deposition rates.

Typically, the deposition chamber is evacuated to less than  $1 \times 10^{-5}$  Torr ( $1.3 \times 10^{-3}$  Pa), or even less than  $2 \times 10^{-6}$  Torr ( $2.6 \times 10^{-4}$  Pa). A low pressure also helps to minimize scattering of the red and green dopants into the wrong subpixels, which would degrade the quality of the subpixel colors.

Figure 2 shows a construction 40 that can be made per the present invention. The figure depicts an OLED structure between ribs 41. The layers of the OLED are sequentially deposited at an angle near normal to the substrate such that they cover nearly all of the area between the ribs. Anode 42 of the OLED typically comprises a transparent conductor, such as indium tin oxide. Optional buffer layer 44 comprising e.g., polypyrrole, poly(ethylenedioxythiophene) (PEDOT), or polyaniline, may be deposited between anode 42 and hole injection layer 48. Optional hole injection layer

WO 03/001598

PCT/US02/10591

46, e.g., copper Phthalocyanine (CuPc), may also be deposited between anode 42 and hole injection layer 48. The OLED further comprises hole transport layer 48, e.g., N,N'-Di(naphthalen-1-yl)-N,N'diphenylbenzidine(NPB), or N,N,N',N'-tetrakis(4-methylphenyl)(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamine (TPD); and electron transport layer 50, e.g., (1,1'-Bisphenyl-4-Olato)bis(2-methyl-8-quinolinolato)Aluminum (BAIq), or 4,4'-bis(2,2'-diphenylvinyl)biphenyl (DVPBi). Optional electron injection layer 52, e.g., LiF, Li, or Li-Al, may be deposited before cathode layer 54, e.g., Al, Ca, Ba, or Mg-Ag, which is subsequently applied by vapor deposition. In this construction the electron transporting layer functions as the host layer for the dopants. Red and green dopants are deposited in directions 56 and 57, respectively, in discrete areas 50a and 50b of the host layer, while the blue dopant is deposited in direction 58 throughout the host layer. In other constructions, other layers can serve as the dopant host, including the hole transporting layer or an additional host layer located between the hole transporting layer and the electron transporting layer. This additional host layer may comprise, for example, 4,4'-Bis(carbazol-9-yl)biphenyl (CBP)(see, for example, "Improved Energy Transfer in Electrophosphorescent Devices," D. F. O'Brien, M. A. Baldo, M. E. Thompson, and S. R. Forrest, *Applied Physics Letters*, January 18, 1999, Volume 74, Issue 3 pp. 442-44) or other hole transporting or electron transporting materials.

One aspect of the present invention comprises simultaneously depositing red, blue, and green dopants when the host layer is deposited. The dopants are deposited directionally as indicated in Figure 2 so that the red and green dopants are deposited over a single subpixel and the blue dopant may be deposited over all three subpixels. Although it was unexpected, the applicants found that the color of the red and green dopants dominated the color of the simultaneously deposited blue dopant thereby allowing the blue dopant to be deposited over one or both of the red and green subpixels without interfering with the quality and clarity of the OLED.

Red dopants suitable for use in the present invention include, e.g., platinum octaethylporphyrin (PtOEP), or 4-(dicyanomethylene)-2-t-butyl-6-(1,1,7,7-tetramethyljulolidyl-9-enyl)-4H-pyran (DCJTb).

Blue dopants suitable for use in the present invention include, e.g., perylene.

WO 03/001598

PCT/US02/10591

Green dopants suitable for use in the present invention include, e.g., 10-(2-benzothiazolyl)-2,3,6,7-tetrahydro-1,1,7,7-tetramethyl-1H,5H,11H-(1)benzopyropyran (6,7,8-i j) quinolizin-11-one (C545T), N,N-dimethyl quinacridone (DMQA), or tris(2-phenylpyridine)iridium (Ir(ppy)<sub>3</sub>).

5 The dopant concentrations in the host layer are typically on the order of about 1 molar percent. Optionally, a second electron transporting layer (not shown), e.g., tris(8-hydroxy-quinolato) aluminum (Alq<sub>3</sub>), may be deposited over a doped electron transport layer to improve electron injection.

As previously mentioned, an aspect of the present invention involves depositing  
10 dopants using an angle evaporation technique that employs a shadow mask. A shadow mask may be integrated into the display panel such that the ribs are constructed on, or as part of, the substrate to define the outer edges of a pixel. Alternatively, the shadow mask may be removable and reusable. With a removable mask, ribs define a slot through which materials may be vapor deposited onto the substrate.

15 The ribs of a mask can partially block the deposition of a dopant so that only a portion of the pixel receives the dopant, thereby allowing the formation of red, green, and blue sub-pixels. (This is generally illustrated in Figure 2.) For example, a source for a red dopant may be located to the left of a pixel at an angle of about 20° to about 70° from normal to the substrate such that, due to the location and height of a rib on the  
20 left side of the pixel, the red dopant is only deposited on the right third portion of the pixel (i.e., the right subpixel). Similar positioning may be done on the right side of the pixel for the green dopant source. Because of the applicants' discovery that emission from the red and green dopants will dominate the emission from a simultaneously deposited blue dopant, the blue dopant may be deposited at an angle normal to the  
25 surface of the pixel, in relation to the location of the other dopant sources, so that it covers the entire pixel.

The height of the ribs of the mask will determine the length of the shadow cast. The desired length of the shadow can depend on factors such as the angle at which the deposition source is placed, the distance of the deposition source from the pixel, and the  
30 area desired to be covered by the evaporant. In most cases, the preferred height of the ribs is comparable to the width of the pixel.

WO 03/001598

PCT/US02/10591

As previously stated, the masks of the present invention may be permanently attached to the display devices or may be removable. A permanently attached, i.e., integrated, photoresist shadow mask may be made by conventional photolithography, *see, e.g.*, U.S. Pat. Nos. 5,294,869, and 5,294,870. The photoresist may be a dry film photoresist, which is a film that can be applied with a roller. Dry film photoresist is available as item # MP130 from MacDermid, Waterbury, Connecticut.

A removable mask comprises a series of slots that are defined by ribs. Materials comprising pixels are deposited through the slots. Materials suitable for making a removable mask include crystalline materials such as silicon, metal materials such as copper and steel, and polymeric materials. A removable mask is typically made by removing material where the slots will be located, while leaving in tact the material that forms the ribs. A removable mask may be made by a variety of techniques, including conventional machining; micromachining; diamond machining; laser ablation; or chemical, plasma, or ion beam etching (typically patterned by photolithography). Electric discharge machining (EDM), also called electrodischarge or spark-erosion machining, is a well-known technique that can be used for making a mask. EDM works by eroding material in the path of electrical discharges that form an arc between an electrode tool (in this case a wire) and the work piece.

Wafers of crystalline materials (e.g., silicon, germanium, or gallium arsenide) are particularly well suited for making removable, reusable masks for angle evaporation. Silicon wafers of appropriate thickness (e.g., 100 - 200  $\mu\text{m}$ ) and polished on both sides, are widely available. The ribs required for use as an angle evaporation mask can be fabricated with well known processes including standard photolithography and etching. The pattern may be etched through the wafer by any appropriate technique including anisotropic wet chemical etching (*see* Marc Madou, *Fundamentals of Microfabrication*, CRC Press, 1997, p. 168-176), or anisotropic ion etching (*see* U.S. Pat. No. 5,501,893).

In making display panels, the deposition sources for the OLED materials (including the blue dopant) are approximately point sources or line sources. The red and green dopant sources are approximately point sources located at an angle at the sides of the substrate. Figure 3 illustrates a common problem in angle deposition known as parallax. Because dopant source 62 is a finite distance from the substrate, the

WO 03/001598

PCT/US02/10591

horizontal lengths of the shadows cast by each set of ribs 64 will vary across the width of the substrate due to parallax effects. The ribs of a standard shadow mask have the same pixel pitch 66, i.e., distance from center to center of a pair of ribs, as rib pitch 68, i.e., distance from center to center of a pair of pixels. Parallax error can cause angled deposition sources for individual pixels and subpixel electrodes 70 on a single display panel to be misaligned with the subpixel electrodes on which they are to be deposited.

As illustrated by Figure 4, an aspect of the present invention corrects parallax error by providing precise alignment of the angled dopant sources being deposited through ribs 64 with subpixel electrodes 70 patterned on the substrate by making pixel pitch 66 slightly larger than rib pitch 68 on the mask according to the following formula:

$$p' = p(1+h/d)$$

where  $p'$  is the pitch of the electrodes,  
 $p$  is the pitch of the ribs of the shadow mask,  
 $d$  is the height of the substrate above the source, and  
 $h$  is the height (i.e., thickness) of the shadow mask.

In using the masks of the present invention, the source of the dopants is preferably separated from the pixels by a distance that is at least 5 times the width of the display.

The invention may be illustrated by way of the following examples.

#### EXAMPLES

This invention may be illustrated by way of the following example.

In this example, a passive-matrix OLED display was fabricated by angle evaporation of OLED materials through a removable metal shadow mask. The OLED was built on a glass substrate with a 140 nm thick coating of indium tin oxide (ITO) transparent conductor, provided by Thin Film Devices (Anaheim, CA). The ITO was etched into column electrodes using conventional photoresist patterning and etching in warm (60°C), concentrated HCl. The pixels were arranged in a 0.075" (1.905 mm) by

WO 03/001598

PCT/US02/10591

0.075" (1.905 mm) grid. Three ITO columns were located under each pixel, corresponding to red, blue and green subpixels. Each column was nominally 0.011" (280  $\mu$ m) wide, with a gap of 0.0055" (140  $\mu$ m) between the subpixel columns.

A removable and reusable metal shadow mask was fabricated from a steel plate (0.047" (1.194 mm) thick) using wire electric discharge machining (Wire EDM). Slots machined into the steel plate measured 0.065" (1.651 mm) wide and 0.0746" (1.895 mm) center-to-center (i.e., pitch), leaving ribs having a width of 0.0096" (24.4  $\mu$ m) (with a pitch of 0.0746" (1.895 mm), and a height of 0.047" (1.194 mm)). The small difference in pitch between the metal mask (0.0746" (1.895 mm)) and the ITO columns (0.075" (1.895 mm)) were appropriate to compensate for parallax in an evaporator system in which the substrate was positioned about 9" (229 mm) above the sources.

The substrate with etched ITO lines was coated with a spun-on conductive polymer buffer layer of polyethylenedioxythiophene such as Baytron P available from Bayer (Pittsburgh, PA) and dried on a hot plate (100°C) in a nitrogen atmosphere. The substrate was then placed on the metal mask and the ITO columns were aligned with the slots in the mask. The mask and substrate were clamped together and positioned in the vacuum evaporator system, which was evacuated to approximately  $10^{-6}$  torr ( $1.3 \times 10^{-4}$  Pa). A hole transporting layer (HTL) was first applied (NPD) with an approximate thickness of 30 nm. Then an electron transporting layer (ETL) was applied (BALq) which also acted as a host for the dopants. Approximately 20 nm of the ETL nearest the HTL was doped, followed by approximately 20 nm of undoped ETL. The dopants used were perylene (blue), C545T (green) and PtOEP (red). The HTL, ETL, and blue dopant sources were arranged at the bottom of the evaporator chamber, in a line directly beneath and parallel to the ITO columns. The red and green dopant sources were placed some distance from that line, so that the evaporant beams from those dopant sources impinged the substrate at an angle of about 40° from normal. Ribs of the mask cast a shadow such that the green and red dopants impinged only on the appropriate ITO subpixel columns, and not on the subpixel columns for the other colors. The blue dopant was deposited on all three subpixels, but in the green and red subpixels, the green and red dopants effectively dominated the emission spectrum so that any blue emission from those subpixels was inconsequential.

WO 03/001598

PCT/US02/10591

After deposition of these organic materials, the evaporator chamber was vented, and the shadow mask was removed from the substrate and replaced with another shadow mask with slots that ran orthogonal to the ITO columns. This second shadow mask was used to pattern rows of cathode electrodes in a second vacuum evaporation process. The cathode was formed by deposition of 0.5 nm of LiF followed by 200 nm of Al. Alternatively, the cathode could have been formed with 20 nm of Ca followed by 200 nm of Al.

After deposition of the cathode, the substrate was removed from the deposition chamber and the cathode shadow mask was removed. The display was essentially complete, and ready for encapsulation. This passive-matrix display was operated by sequentially applying a voltage to each of the cathode rows and simultaneously addressing each of the subpixels with the appropriate current to provide the light emission desired for each row of the display as it was addressed.

Various modifications and alterations to this invention will become apparent to those skilled in the art without departing from the scope and spirit of this invention. It should be understood that this invention is not intended to be unduly limited by the illustrative embodiments and examples set forth herein and that such examples and embodiments are presented by way of example only with the scope of the invention intended to be limited only by the claims set forth herein as follows.

WO 03/001598

PCT/US02/10591

What is claimed is:

1. A method of making organic light emitting pixels having red, green, and blue subpixels on a display device comprising:  
for each pixel depositing a hole transporting layer and an electron transporting layer; and  
depositing red, green, and blue dopants simultaneously in a host layer such that the blue dopant is deposited on the blue subpixel and at least one of the red and green subpixels, and  
optionally using a shadow mask during the deposition process.
2. The method of claim 1 wherein the red and green dopant sources are located on opposite sides of the display at an angle of about 20° to about 70° from the pixel surfaces and the blue dopant source and other sources are located in a plane that bisects the display panel substrate and is normal to a straight line connecting the red and green dopant sources.
3. The method of claim 1 wherein the deposition paths of the red and green dopants are shielded from each other and the other sources wherein the shielding starts at the red and green dopant sources and extends some distance toward the pixel.
4. A method of correcting for parallax in the making of an organic light emitting display panel comprising using line-of-sight vapor deposition to create a series of adjacent pixels, each pixel comprising sub-pixels, wherein one or more source is positioned at an angle of about 20° to about 70° from the pixel surfaces and wherein a shadow mask is used in the deposition process, the mask having slots defined by ribs wherein the pitch of the ribs is smaller than the pitch of the pixels.
5. The method of claim 1 or claim 4 wherein the mask is removable and optionally reusable.



WO 03/001598

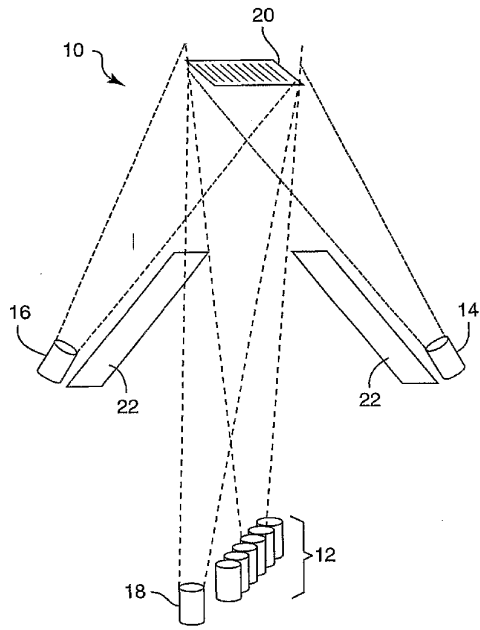
PCT/US02/10591

6. An article comprising an organic light emitting full color display panel wherein a blue dopant is dispersed in at least one non-blue sub-pixel of a host layer.
7. The method of claim 1 or the article of claim 6 wherein the host layer is an electron transporting layer, a hole transporting layer, or a layer between an electron transporting layer and a hole transporting layer.
8. The method of claim 1 or claim 4 or the article of claim 11 wherein the mask is integrated with the display device.
9. An organic light emitting color display panel comprising:  
a plurality of full color pixels formed on a substrate, each full color pixel comprising a red, a green, and a blue subpixel,  
an integrated shadow mask that corrects for parallax, for forming the full color pixels, comprising a plurality of ribs erected on the substrate,  
wherein the pitch of the ribs is smaller than the pitch of the pixels.
10. A removable mask for making an organic light emitting full color display panel by angled evaporation, the mask comprising a series of ribs that define slots in which individual pixels are built.
11. The mask of claim 12 wherein the height of the ribs is approximately equal to the width of the pixels of the display panel.
12. The method of claim 2 or claim 4 or the mask of claim 12 wherein the mask comprises crystalline material, metal, or polymer.
13. The mask of claim 12 wherein the pitch of the ribs is smaller than the pitch of the pixels for which the mask will be used.

WO 03/001598

PCT/US02/10591

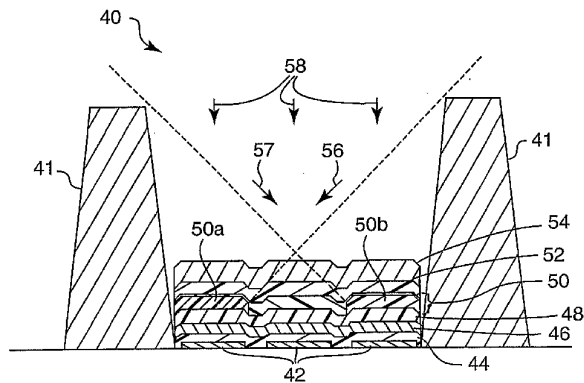
1/3



WO 03/001598

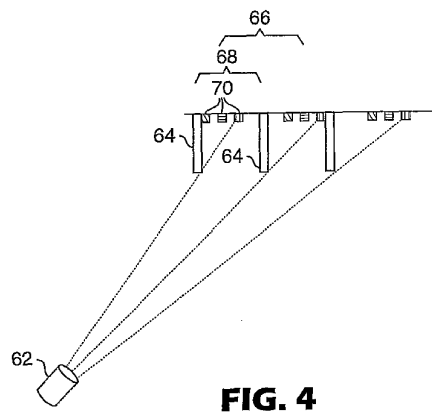
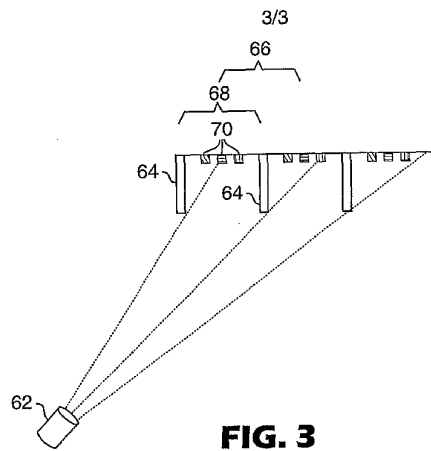
PCT/US02/10591

2/3

**FIG. 2**

WO 03/001598

PCT/US02/10591



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/US 02/10591
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 H01L27/00 H01L51/40		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01L H05B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ, INSPEC, MPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 224 448 B1 (UTSUGI KOJI ET AL) 1 May 2001 (2001-05-01) column 3, line 30-64 column 5, line 3-45; figures 2A-2D	1,2,6-8
A	---	4,9-11
A	EP 1 003 221 A (EASTMAN KODAK CO) 24 May 2000 (2000-05-24) column 9, line 37 -column 11, line 21; figures 11-13 --- -/-	1,2,4,6, 8-11
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document relating to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 7 November 2002		Date of mailing of the international search report 13/11/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 540-2040, Tx: 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer De Laere, A

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/US 02/10591
C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 03, 31 March 1999 (1999-03-31) -& JP 10 319870 A (NEC CORP), 4 December 1998 (1998-12-04) abstract -& US 6 255 775 B1 (ISHII IKUKO ET AL) 3 July 2001 (2001-07-03) -----	1,2,4,5, 10,12

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family membersInternational Application No.  
PCT/US 02/10591

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 6224448	B1	01-05-2001	JP	2833605 B2	09-12-1998
			JP	10223371 A	21-08-1998
EP 1003221	A	24-05-2000	US	2002011785 A1	31-01-2002
			EP	1003221 A2	24-05-2000
			JP	2000155538 A	06-06-2000
JP 10319870	A	04-12-1998	KR	275649 B1	15-12-2000
			US	6255775 B1	03-07-2001

## フロントページの続き

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

(74)代理人 100082898

弁理士 西山 雅也

(72)発明者 ハース, マイケル エー.

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボック  
ス 3 3 4 2 7

(72)発明者 ボード, ポール エフ.

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボック  
ス 3 3 4 2 7

(72)発明者 ウィリアムズ, ロバート シー.

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボック  
ス 3 3 4 2 7

F ターム(参考) 3K007 AB02 AB04 AB17 AB18 BA06 DB03 FA00 FA01



专利名称(译)	<无法获取翻译>		
公开(公告)号	<a href="#">JP2004534361A5</a>	公开(公告)日	2005-12-22
申请号	JP2003507892	申请日	2002-04-05
[标]申请(专利权)人(译)	明尼苏达州采矿制造公司		
申请(专利权)人(译)	3M创新公司		
[标]发明人	ハースマイケルエー ボードポールエフ ウィリアムズロバートシー		
发明人	ハース,マイケル エー. ボード,ポール エフ. ウィリアムズ,ロバート シー.		
IPC分类号	H05B33/10 B05C11/11 B05D5/12 C23C14/04 C23C14/12 C23C14/22 C23C16/00 H01L27/32 H01L51/40 H01L51/50 H01L51/56 H05B33/14		
CPC分类号	H01L51/0011 C23C14/042 C23C14/12 C23C14/225 H01L27/3211 H01L27/3295 H01L51/001 H01L51/5036 H01L51/56		
FI分类号	H05B33/10 H05B33/14.A		
F-TERM分类号	3K007/AB02 3K007/AB04 3K007/AB17 3K007/AB18 3K007/BA06 3K007/DB03 3K007/FA00 3K007/FA01		
代理人(译)	青木 笃 石田 敬 西山雅也		
优先权	09/886447 2001-06-21 US		
其他公开文献	JP2004534361A		

#### 摘要(译)

描述了包括有机发光全色显示面板的制品。在文章中，红，绿和蓝掺杂剂同时沉积在主体层中，使得蓝色掺杂剂沉积在蓝色子像素和红色和绿色子像素中的至少一个上，并且红色和绿色掺杂剂发射光通过电致发光。