(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 31 352 T2** 2004.07.22

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 734 078 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 31 352.9**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 104 504.4**
(96) Europäischer Anmeldetag: **21.03.1996**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **25.09.1996**
(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **21.01.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.07.2004**

(51) Int Cl.[7]: **H01L 51/00**
H01L 27/15, H01L 33/00

(30) Unionspriorität:
409129 **22.03.1995** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
Motorola, Inc., Schaumburg, Ill., US

(74) Vertreter:
SCHUMACHER & WILLSAU,
Patentanwaltssozietät, 80335 München

(72) Erfinder:
Shi, Song Q., Phoenix, Arizona 85283, US; Harvey, III, Thomas B., Scottsdale, Arizona 85258, US; So, Franky, Tempe, Arizona 85284, US

(54) Bezeichnung: **Anordnung von organischen Vollfarbenleuchtdioden**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Bilddarstellungsvorrichtung mit organischen Leuchtdioden und ein neues Verfahren zur Herstellung eines organischen Vollfarbenleuchtdioden (LED-: light emitting diode) -Arrays für eine Bilddarstellungsvorrichtung.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Ein organisches LED-Array für Bildanzeige-Anwendungen setzt sich zusammen aus einer Vielzahl von organischen, lichtemittierenden Pixeln, die in Reihen und Spalten angeordnet sind. Um eine Vollfarbenanzeige aus einem elektrolumineszenten Dünnschicht-Array herzustellen, sind im Stand der Technik zwei Haupttechnologien bekannt. Ein Vollfarbenarray kann erreicht werden durch Aufbau dreier Subpixel in einem Pixel, wobei jeweils ein Subpixel rot, grün oder blau emittiert. Diese Technologie wird im Allgemeinen bei Farbanzeigen mit Kathodenstrahlröhren verwendet. Eine alternative Vollfarbenanzeige nutzt einen Weißstrahler als Hintergrundbeleuchtung in Verbindung mit einem Farbfilterarray, welches Pixel enthält, die in rote, grüne und blaue Subpixel gemustert sind. Die zweite Technologie zur Vollfarberzeugung findet bei Vollfarben-Flüssigkristallanzeigen weite Verwendung. Bei einer vollfarbigen, organischen Elektrolumineszenzanzeige wird die Farbfilter-basierte Technologie aufgrund der Lumineszenzeffizienzgrenzen der meisten organischen LED-Vorrichtungen als weniger günstig angesehen.

[0003] Bei einem Vollfarbenarray ist jedes individuelle organische, lichtemittierende Pixel in rote, grüne und blaue Subpixel unterteilt. Jedes Subpixel ist im Allgemeinen mit einer lichtdurchlässigen ersten Elektrode, einem auf der ersten Elektrode aufgebrachten organischen, elektrolumineszenten Medium und einer metallischen Elektrode auf dem organischen, elektrolumineszenten Medium aufgebaut. Die Farbe des Subpixels wird durch das verwendete elektrolumineszente Medium bestimmt. Die Elektroden verbinden die Pixel, um ein zweidimensionales, XY-Adressierungsmuster auszubilden. In der Praxis wird das XY-Adressierungsmuster, dadurch erreicht, dass die lichtdurchlässigen Elektroden in der X-Richtung gemustert sind und die metallischen Elektroden in der Y-Richtung gemustert sind, wobei die X- und Y-Richtungen senkrecht zueinander stehen. Das Mustern der Elektroden erfolgt üblicherweise entweder durch Schattierungsmasken- oder Ätztechniken. Aufgrund der technischen Grenzen von Schattierungsmasken, werden bei Bildanzeigen, welche im Allgemeinen Subpixel-Teilungen von weniger als 0,2 mm aufweisen, lediglich Ätzprozesse verwendet.

[0004] Abhängig von dem bei den Ätzprozessen verwendeten Medium kann die Ätztechnik in zwei Kategorien eingeteilt werden: nass und trocken. Während das Nassätzen in einem sauren, flüssigen Medium erfolgt, wird das Trockenätzen üblicherweise in einer Plasmaatmosphäre durchgeführt.

[0005] Scozzafava offenbart in der EP 349,265 eine organische, elekrolumineszente Bildanzeigevorrichtung und einen auf einer Nassätztechnologie beruhenden Prozess für ihre Herstellung. Die für Kathodenkontakte in organischen LEDs verwendeten metallischen Elektroden enthalten üblicherweise ein stabiles Metall und ein hochreaktives Metall (mit einer Austrittsarbeit von weniger als 4 eV), welches den sauren Ätzprozess nicht überleben kann.

[0006] Die Trockenätzprozesse für metallische Elektroden in einem organischen LED-Array sind ebenfalls problematisch. Die beim Trockenätzprozess erforderliche hohe Temperatur (> 200°C) und reaktive Innenatmosphäre können die Unbeschadetheit des organischen Materials sowie des in den metallischen Elektroden in einem organischen LED-Array enthaltenen aktiven Metalls beeinträchtigen.

[0007] Tang offenbart im US Patent Nr. 5,276,380 ein Schattierungswand-Verfahren zur Herstellung des zweidimensionalen Arrays ohne die Notwendigkeit des Ätzens der metallischen Elektroden. Das Schattierungswand-Verfahren schließt ein: zunächst Mustern der transparenten Elektrode; Aufbau dielektrischer Wände, welche orthogonal zu den transparenten Elektroden stehen, in der Lage sind, eine benachbarte Pixelfläche abzuschatten, und eine Höhe aufweisen, welche die Dicke des organischen Medium übersteigt; Aufbringen eines organischen, elektrolumineszenten Mediums und Aufbringen des Kathodenmetalls aus einem Winkel von 15° bis 45° in Bezug auf die Aufbringungsoberfläche. Da die Höhe der dielektrischen Wände die Dicke des organischen Mediums übersteigt, werden isolierte parallele Metallstreifen ausgebildet. Somit wird ein XY-adressierbares Array ohne die Notwendigkeit der Metallätzung erreicht. Obgleich dieses Verfahren für die Metallmusterung geeignet erscheint, ist es auf bestimmte Teilungsdimensionen beschränkt und könnte möglicherweise zu Leckage in den Pixeln in dem Array führen.

[0008] PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 016, Nr. 246 (E-1212), 5. Juni 1992 & JP 04 051494 A (PIONEER ELECTRON CORP), 19. Februar 1992 offenbart eine Isolierungsschicht, welche zwischen einer organischen, elektrolumineszenten Schicht. und einer wenigstens einendigen Elektrode gehalten wird und sich auch entlang des Randbereichs der Elektrode erstreckt. Es gibt keine Offenbarung der Positionierung eines bei Zimmerbedingungen stabilen Metalls in versiegelndem Eingriff oberhalb der Kavitäts-Struktur. Es gibt keine Offenbarung eines Kathodenmetalls mit einer Austrittsarbeit von weniger als 4,0 eV, welches als Teil der elektrolumineszenten Struktur ausgebildet ist, und mit einer bei Umgebungs- bzw. Zimmerbedingungen stabilen Metallschicht, welche auf dem Kathodenmetall ausgebildet

ist, wobei das bei Zimmerbedingungen stabile Metall eines von Au, Ag, Cu oder Al ist, welches in versiegelndem Eingriff oberhalb der Kavitätsstruktur positioniert und verbunden ist, um eine Mehrzahl von seitlich beabstandeten, parallelen, metallischen Streifen auszubilden, welche in zu den leitfähigen Streifen senkrechten Spalten angeordnet sind. Es gibt keine Offenbarung eines Kathodenmetalls, als Teil der elektrolumineszenten Struktur und einer bei Zimmerbedingungen stabilen Metallschicht zum versiegelnden Eingriff und zur Sicherstellung struktureller Integrität.

[0009] Es wäre daher vorteilhaft, ein organisches Vollfarben-LED-Array zur Verfügung zu stellen, welches diese Probleme überwindet.

[0010] Entsprechend ist es eine Aufgabe dieser Erfindung ein neues Herstellungsverfahren für ein organisches Vollfarben-LED-Array für Bildanzeigeanwendungen zur Verfügung zu stellen.

[0011] Es ist eine weitere Aufgabe dieser Erfindung eine Kavitätsstruktur zur Verfügung zu stellen, in welcher ein organisches Vollfarben-LED-Array aufgebaut wird.

[0012] Es ist eine weitere Aufgabe dieser Erfindung, ein passiviertes organisches Vollfarben-LED-Array für Bildanzeigeanwendungen mit verbesserter Zuverlässigkeit zur Verfügung zu stellen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0013] Die vorliegende Erfindung stellt ein organisches Vollfarben-Leuchtdioden-Array, wie in Anspruch 1 beansprucht, zur Verfügung.

[0014] Die vorliegende Erfindung stellt ein Verfahren zur Herstellung eines organischen Vollfarben-Leuchtdioden-Arrays, wie in Anspruch 8 beansprucht, zur Verfügung.

[0015] Bei Ausführungsformen der Erfindung werden die obigen und weitere Probleme wenigstens teilweise gelöst und die obigen und weiteren Aufgaben erfüllt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0016] Es wird Bezug genommen auf die Zeichnungen, in denen gleiche Bezugszeichen gleiche Teile in allen Figuren bedeuten:

[0017] **Fig.** 1 ist eine Draufsicht auf verschiedene Kavitätsstrukturen, die absichtlich auf demselben Substrat dargestellt sind, um ihren dimensionalen Unterschied zu illustrieren;

[0018] **Fig.** 2, 3, 4 und 5 sind Schnittansichten in aufeinander folgenden Stadien der Fabrikation eines Pixels mit drei Subpixeln eines organischen LED-Arrays, welches die vorliegende Erfindung verkörpert; und

[0019] **Fig.** 6 ist eine Draufsicht auf das organische LED-Array mit zur Vereinfachung der Visualisierung weggebrochenen Bereichen.

Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform

[0020] Da die Dimensionen von Vorrichtungsmerkmalen oft in Sub-Mikrometerbereichen liegen, sind die Zeichnungen eher im Hinblick auf die Einfachheit der Visualisierung als auf dimensionale Genauigkeit hin skaliert. Es wird speziell Bezug genommen auf **Fig.** 1, eine Draufsicht auf Gräben **10** und Töpfe **20** die absichtlich auf demselben Substrat dargestellt sind, um ihren Dimensionsunterschied zu illustrieren. Sowohl die Graben- als auch die Topfstrukturen werden im Allgemeinen durch photolithographisches Mustern einer dielektrischen Schicht **103** ausgebildet, welche oben auf lichtdurchlässigen, leitfähigen Streifen aufgebracht ist, die ihrerseits von einer darunterliegenden Schicht eines transparenten, isolierenden Substrates getragen werden, wie sogleich beschrieben wird.

[0021] Jeder Graben **10** ist definiert als lange, schmale, gerade, tiefe Einbuchtung mit vier relativ steilen (im Wesentlichen vertikalen) Seiten, die in der dielektrischen Schicht **103** ausgebildet sind. Jeder Graben **10** hat typischerweise die Form eines rechtwinkligen Parallelepipeds, wie in **Fig.** 1 gezeigt. Ein Graben **10** erstreckt sich im Allgemeinen über ein Substrat **100** in einer Richtung, die entweder senkrecht zu darunterliegenden, lichtdurchlässigen, leitfähigen Streifen **101** (siehe beispielsweise **Fig.** 6) oder parallel zu und oben auf darunterliegenden lichtdurchlässigen, leitfähigen Streifen **101** liegt. Bei diesem speziellen Ausführungsbeispiel sind die Gräben **10** vorzugsweise senkrecht zu darunterliegenden, lichtdurchlässigen, leitfähigen Streifen **101**, so dass sie eine XY-adressierbare Matrix bilden. In dem Graben **10** kann eine Mehrzahl von Pixeln aufgebaut werden.

[0022] Jeder Topf **20** ist definiert als ein in der dielektrischen Schicht **103** ausgebildetes Loch mit einer rechtwinkligen, quadratischen oder zirkularen Öffnungsform und steilen (im Wesentlichen vertikalen) Seitenwänden. Die Töpfe **20** sind gekennzeichnet durch die kleine Ausmaße der Einzelheiten und nahezu isotrope Form der Öffnung. Eine Mehrzahl von Töpfen **20** ist in lichtdurchlässigen, leitfähigen Streifen **101** überlagernder Weise in einer Reihe über das Substrat **100** ausgebildet (siehe beispielsweise **Fig.** 6). Jeder Topf **20** definiert die Form eines Subpixels in dem Array. Entweder Gräben **10** oder Töpfe **20** können bei der Herstellung eines organischen Vollfarben-LED-Arrays zur Bildanzeige verwendet werden, wie sogleich beschrieben wird. Zur Bequemlichkeit der weiteren Offenbarung werden sowohl Gräben **10** als auch Töpfe **20** im Folgenden allgemein als Kavitätsstrukturen angesprochen, wobei dieser Ausdruck auch andere Variationen dieser Strukturen einschließt.

[0023] Das zu beschreibende LED-Array ist dadurch gekennzeichnet, dass es zur Vollfarb-Bildanzeige fähig ist. Jedes Pixel ist aus drei Subpixeln zusammengesetzt, von denen jedes ein spezielles

elektrolumineszentes Medium aufweist, welches in der Lage ist, Licht eines unterschiedlichen Farbtones, vorzugsweise rot oder grün oder blau zu emittieren. Jedes Subpixel ist mit einer Kavitätsstruktur mit lichtdurchlässigen, leitfähigen Streifen **101** unten, einem dielektrischen Medium an den Seitenwänden und einem bei Umgebungsbedingungen stabilen Metall oben aufgebaut. Hier wird ein Verfahren zur Herstellung des organischem Vollfarb-LED-Arrays für Bildanzeigeanwendungen gemäß der vorliegenden Erfindung offenbart. **Fig.** 2, 3, 4, und 5 sind Querschnittsansichten, welche ein einzelnes Pixel mit 3 Subpixeln des LED-Arrays in verschiedenen Herstellungsstufen illustrieren.

[0024] Es wird Bezug genommen auf **Fig.** 2. Der Aufbau eines Pixels beginnt mit einem relativ flachen, lichtdurchlässigen, vorzugsweise transparenten, und elektrisch isolierenden Substrat **100**. Aus Glas- und/oder Polymermaterialien hergestellte Substrate können allgemein verwendet werden; Glas wird jedoch bevorzugt. Eine Schicht lichtdurchlässigen elektrisch leitfähigen Materials wird auf der oberen Oberfläche des Substrates **100** aufgebracht, wobei diese Schicht aus einer Vielfalt von organischen oder anorganischen Leitern, wie etwa leitfähiges Polyanilin (PANI) oder Indium-Zinn-Oxide (ITO) ausgewählt wird. Die Schicht wird dann mit herkömmlichen lithographischen Techniken gemustert, um eine Mehrzahl von parallelen leitfähigen Streifen **101** auszubilden, welche reihenweise (oder umgekehrt spaltenweise, falls erwünscht) adressiert werden können und die in dem schlussendlichen Array als Anoden-Elektroden dienen.

[0025] Mittels Techniken, wie etwa thermisches Verdampfen, Sputtern oder plasmaunterstütztes, chemisches Aufdampfen, wird eine Schicht eines dielektrischen Medium **103** auf den leitfähigen Streifen **101** und den freiliegenden Bereichen von Substrat **100** aufgebracht. Das zum Aufbau von Kavitätsstrukturen verwendete dielektrische Medium **103** kann ein organisches Polymer oder ein anorganisches Material sein. Es wird bevorzugt, ein anorganisches dielektrisches Material, wie etwa Siliziumdioxid, Siliziumnitrit oder Aluminiumoxid, zu verwenden, was üblicherweise eine bessere Barriere gegen Sauerstoff und Feuchtigkeit darstellt als organische Polymermaterialien. Die Dicke des dielektrischen Mediums **103** bestimmt die Tiefe der Kavitätsstrukturen und kann von 10 μm bis zu 0,1 μm betragen. Für eine einfache Bearbeitung wird eine Dicke von weniger als 1 μm bevorzugt.

[0026] Auf das dielektrische Medium **103** wird eine Schicht **105** aus Photoresist aufgeschleudert und mit einer Lichtquelle durch eine (nicht dargestellte) Maske gemustert. Obgleich sowohl positiver als auch negativer Resist benutzt werden kann, wird bevorzugt, aufgrund seiner hohen Auflösung und seiner exzellenten Widerstandsfähigkeit gegen Trockenätzen positiven Resist zu verwenden. Nach einer Wärmebehandlung wird die Schicht **105** aus Photoresist entwickelt, um das darunterliegende dielektrische Medium **103** freizulegen. Das dielektrische Medium **103** wird dann durch eine herkömmliche Nass- oder Trockenätztechnik gemustert, um eine Kavitätsstruktur oder -strukturen **112** auszubilden. Trockenätzen wird aufgrund seines anisotropen Charakters, welcher relativ steile oder im Wesentlichen vertikale Seitenwände erzeugt, allgemein bevorzugt.

[0027] Eine elektrolumineszente Struktur **202** wird innerhalb der Kavitätsstruktur **112** und in überlagerndem Verhältnis zu einem einzelnen, leitfähigen Streifen der Mehrzahl leitfähiger Streifen **101** aufgebracht. Die elektrolumineszente Struktur **202** besteht im Allgemeinen aus einer Schicht aus löchertransportierendem Material, einer Schicht aktiven Emittermaterials, welches einen ersten Farbton emittieren kann, einer Schicht aus elektronentransportierendem Material und einer Metallschicht mit niedriger Austrittsarbeit als eine Kathode. Da diese individuellen Schichten des elektrolumineszenten Materials **202** bekannt sind, wird hier nicht jede individuelle Schicht im Detail beschrieben.

[0028] Das obere Ende oder die Öffnung der Kavitätsstruktur **112** wird dann durch Aufbringung einer dicken Schicht **106** eines bei Zimmerbedingungen stabilen Metalls, wie etwa Aluminium, Silber, Kupfer oder Gold als eine Kappe für die Kavitätsstruktur **112** versiegelt. Die Dicke der Schicht **106** wird so gesteuert, dass die Kavitätsstruktur **112** gerade bis zu der Höhe des dielektrischen Mediums **103** gefüllt ist. Ein Abheben der Photoresist-Schicht **105** wird durchgeführt, um das erste Subpixel, welches zum Emittieren eines ersten Farbtons, rot in diesem speziellen Ausführungsbeispiel, in der Lage ist, in dem Pixel zu vollenden.

[0029] Es wird Bezug genommen auf **Fig.** 3. Dargestellt ist die Ausbildung eines zweiten Subpixels. Eine Schicht **107** aus Photoresist wird auf das erste Subpixel und das dielektrische Medium **103** aufgeschleudert und gemustert und entwickelt, im Allgemeinen wie oben beschrieben. Das freiliegende dielektrische Medium **103** wird dann gemustert, um eine zweite Kavitätsstruktur oder -strukturen **113** auszubilden, die dem ersten Subpixel benachbart ist/sind. Ein elektrolumineszentes Medium **203** wird in der Kavitätsstruktur **113** und in überlagerndem Verhältnis zu dem einzelnen leitfähigen Streifen der Mehrzahl leitfähiger Streifen **101** aufgebracht. Wie in Verbindung mit der elektrolumineszenten Struktur **202** erläutert, besteht das elektrolumineszente Medium **203** im Allgemeinen aus einer Schicht aus löchertransportierendem Material, einer Schicht eines aktiven Emittermaterials, welches zum Emittieren eines zweiten Farbtons in der Lage ist, einer Schicht aus elektronentransportierendem Material und einer Metallschicht mit niedriger Austrittsarbeit als eine Kathode. Das obere Ende der Kavitätsstruktur **113** wird durch Aufbringung einer dicken Schicht **108** eines bei Zimmerbedingungen stabilen Metalls, wie etwa Aluminium, Silber, Kupfer oder Gold bis zur Höhe des dielek-

trischen Mediums **103** versiegelt. Nachdem ein Abheben des Photoresists **107** durchgeführt ist, ist der Aufbau des zweiten Subpixels, welches zum Emittieren eines zweiten Farbtons, bei diesem speziellen Ausführungsbeispiel grün, in der Lage ist, in dem Pixel vollendet.

[0030] Es wird Bezug genommen auf **Fig.** 4. Dargestellt ist die Ausbildung eines dritten Subpixels. Auf die ersten und zweiten Subpixel und das dielektrische Medium **103** wird eine Schicht **109** aus Photoresist aufgeschleudert und gemustert und entwickelt, im Allgemeinen wie oben beschrieben. Das freiliegende dielektrische Medium **103** wird dann gemustert, um eine dritte Kavitätsstruktur oder -strukturen **114** auszubilden, welche zu den ersten und zweiten Subpixeln benachbart ist/sind. Ein elektolumineszentes Medium **204** wird in der Kavitätsstruktur **114** und in überlagerndem Verhältnis zu dem einzelnen leitfähigen Streifen der Mehrzahl leitfähiger Streifen **101** aufgebracht. Wie in Verbindung mit der elektrolumineszenten Struktur **202** und **203** erläutert, besteht die elektrolumineszente Struktur **204** im Allgemeinen aus einer Schicht aus löchertransportierendem Material, einer Schicht eines aktiven Emittermaterials, welches zum Emittieren eines dritten Farbtons in der Lage ist, einer Schicht aus elektronentransportierendem Material und einer Metallschicht mit niedriger Austrittsarbeit als eine Kathode. Das obere Ende der Kavitätsstruktur **114** wird durch Aufbringung einer dicken Schicht **110** eines bei Umgebungsbedingungen stabilen Metalls, wie etwa Aluminium, Silber, Kupfer oder Gold bis zur Höhe des dielektrischen Mediums **103** versiegelt. Nachdem ein Abheben des Photoresists **109** durchgeführt ist, ist der Aufbau des dritten Subpixels, welches zum Emittieren eines dritten Farbtons, in diesem speziellen Ausführungsbeispiel blau, in der Lage ist, in dem Pixel vollendet.

[0031] Das vollständige Pixel, welche drei Grundfarben emittieren kann, ist in **Fig.** 5 illustriert. Nach dem Abheben der letzten Photoresist-Schicht **109** werden die Subpixel dann mittels Metallstreifen **115** in einer zu den leitfähigen Streifen **101** orthogonalen Richtung verbunden. Die Metallstreifen können entweder durch lithographisches Mustern einer Deckschicht aus aufgebrachtem Metall oder durch Aufbringen von Metall über ein Resist-maskiertes Muster, gefolgt von einem Abhebeprozess, ausgebildet werden.

[0032] **Fig.** 6 ist eine Draufsicht auf das vollständige organische LED-Array, wobei Bereiche weggebrochen sind, um drei unterschiedliche Herstellungsstufen zu illustrieren. Fortschreitend von links nach rechts in **Fig.** 6 illustriert ein Bereich **121** das LED-Array in einem Zustand, in dem gemusterte, lichtdurchlässige, leitfähige Streifen **101** auf dem lichtdurchlässigen, elektrisch isolierenden Substrat **100** aufgebracht wurden. Ein Zentralbereich **122** in **Fig.** 6 illustriert den Zustand, in dem individuelle Subpixel aus elektrolumineszenter Struktur **202**, **203** und **204**, fähig zum Emittieren von drei Farbtönen, in diesem Ausführungsbeispiel die Grundfarben rot, grün und blau, in den Kavitätsstrukturen **112**, **113** bzw. **114** aufgebracht wurden. Ein Bereich **123** illustriert das Array nachdem eine Mehrzahl von parallelen, seitlich beabstandeten, bei Zimmerbedingungen stabilen Metallstreifen **115** selektiv auf den Kavitätsstrukturen **112**, **113** und **114** aufgebracht wurden, um die Subpixel als Kathoden-Elektroden in Spalten zu verbinden.

[0033] Obgleich die obigen Kavitätsstrukturen **112**, **113** und **114** als Töpfe dargestellt sind, sollte verstanden werden, dass ein Array von Grabenstrukturen in ähnlicher Weise ausgebildet werden kann, mit der Ausnahme, dass die Orientierung der Grabenstrukturen vorzugsweise senkrecht zu und über alle leitfähigen Streifen **101** hinweg gestaltet ist, um eine XY-adressierbare Matrix auszubilden.

[0034] Die Pixelzahl und die Subpixel-Teilung, d. h. die Breite einer Kavitätsstruktur, hängen bei einem Array, welches für Bildanzeigeanwendungen benötigt wird, von der für die spezielle Anwendung erforderlichen Auflösung und Größe der Anzeige ab. Bei einer Farbanzeige vom VGA-Typ mit 13-Zoll-Diagonale sind für eine befriedigende Auflösung beispielsweise ein Minimum von 640 × 480 Pixeln erforderlich, jeweils mit drei Subpixeln und einer Subpixel-Teilung von weniger als 0,1 mm. Die Pixelteilung ist lediglich durch die Grenze der Lithographietechnologie beschränkt, welche bei gängiger Herstellungstechnologie bei etwa 0,5 μm liegt.

[0035] Das in dieser Ausführungsform offenbarte Array weist inhärent bessere Stabilität gegenüber allen im Stand der Technik offenbarten Arrays auf. Das organische, elektrolumineszente Medium und der Kathodenkontakt des Metalls mit niedriger Austrittsarbeit in jedem Subpixel (Topfstruktur) oder jeder Reihe von Subpixeln (Grabenstruktur) sind in einem Topf oder Graben eingeschlossen durch eine lichtdurchlässige erste Elektrode unten, ein dielektrisches Medium an der Seite und eine bei Zimmerbedingungen stabilen Metallkappe oben. Die offenbarten Kavitätsstrukturen reduzieren die Verschlechterung der Anzeigenelemente durch Umgebungseinflüsse (Sauerstoff und Feuchtigkeit) signifikant.

[0036] Die als das elektrolumineszente Medium in dem in dieser Erfindung offenbarten Array verwendeten Materialien können jede der Formen organischer LED-Vorrichtungen annehmen, die im Stand der Technik offenbart sind. Das elektrolumineszente Medium besteht im Allgemeinen aus einer Schicht löchertransportierenden Materials, einer aktiven Emitterschicht, einer Schicht elektronentransportierenden Materials und einer Metallschicht mit niedriger Austrittsarbeit als Kathode. Als löchertransportierende Materialien, aktive Emitter und elektronentransportierende Materialien können organische, organometallische, polymerische Materialien und jegliche Kombinationen davon verwendet werden. Man wird selbstverständlich verstehen, dass bei einigen speziellen Anwendungen das löchertransportierende Material und/oder das elektronentransportierende Material eliminiert werden kann, obwohl dies im allgemeinen zu

einer schlechten Lichtemission führen wird.

[0037] Um Emissionen der drei Grundfarben, nämlich rot, grün und blau, zu erzielen, können drei verschiedene aktive Emitter verwendet werden, welche die gewünschten Farbemissionen in einem Pixel erzeugen. Bei jeder aktiven Emitterschicht kann auch ein fluoreszentes Dotierungsmittel verwendet werden, um die Emissionseffizienz für jede individuelle Farbe in einem Subpixel zu erhöhen. Alternativ wird ein einzelner Emitter, welcher zu blauer Emission in der Lage ist, als Host-Emitter in allen drei Subpixeln verwendet. Um Emissionen der drei Grundfarben zu erzielen, werden dann drei Subpixel mit drei Gast-Dotierungsmitteln aus effizienten Fluoreszenzfarbstoffen dotiert, die zu roten, grünen bzw. blauen Emissionen in der Lage sind. Die Gast-Dotierungsmittel wirken als die eigentlichen Emitter, während der Host-Emitter als Transportmedium für Anregungsenergie dient.

[0038] Die organischen, elektrolumineszenten Medien werden, wenn sublimierbare Materialien verwendet werden, durch Vakuumverdampfung aufgebracht. Sie können auch mittels anderer Techniken, wie etwa Einspritzfüllen, Aufschleudern, Aufrollen, Tauchbeschichtung oder Aufrakeln aus einer geeigneten Lösung aufgebracht werden, wenn ein Polymermaterial verwendet wird. Eine Mischung aus den oben erwähnten Techniken kann in Fällen verwendet werden, in denen ein heterostrukturiertes Array, aufgebaut aus sublimierbaren Materialien und Polymeren, erzeugt werden soll.

[0039] Derzeit werden Metalle mit einer Austrittsarbeit von weniger als 4,0 eV, z. B. Lithium, Magnesium, Indium, Kalzium etc. allgemein als Kathodenmaterial verwendet, um eine effiziente LED-Anzeige zu erzielen. Es ist denkbar, dass in naher Zukunft Materialien mit einer Austrittsarbeit, die größer ist als 4,0 eV, ebenfalls als Kathodenmaterial eingesetzt werden können, um eine effiziente LED-Anzeige zu erzielen, da sich die Elektroneninjektions- und -transportfähigkeiten von bei elektrolumineszenten Medien verwendeten Materialien verbessern.

[0040] Bei Betrieb kann von der unteren Oberfläche des transparenten Substrates **100** her ein Lichtemissionsmuster von dem LED-Array her gesehen werden. Das LED-Array wird, um Licht zu emittieren, mittels eines programmierten elektronischen Treibers angesteuert, welcher sequentiell eine Reihe von Subpixeln zu einer Zeit adressiert und die Adressierungssequenz mit einer solcher Rate wiederholt, dass das Intervall zwischen wiederholter Adressierung derselben Reihe kleiner ist als die Detektionsgrenze des menschlichen Auges, typischerweise kleiner als 1/60 einer Sekunde. Das Auge sieht ein durch die Lichtemission von allen adressierten Reihen gebildetes Bild, obwohl das Gerät zu jedem Zeitpunkt nur von einer Reihe emittiert.

[0041] Farben für ein Bild werden durch Adressieren einer Kombination von Subpixeln in jedem Pixel erzeugt, im Allgemeinen wie folgt:

(1) einen Subpixel adressieren, um rotes Licht zu emittieren;
(2) einen Subpixel adressieren, um grünes Licht zu emittieren;
(3) einen Subpixel adressieren, um blaues Licht zu emittieren;
(4) zwei Subpixel, die rot und grün emittieren, simultan adressieren, um eine Wahrnehmung von gelb zu erzeugen;
(5) zwei Subpixel, die rot und blau emittieren, simultan adressieren, um eine Wahrnehmung von Purpur zu erzeugen;
(6) zwei Subpixel, die blau und grün emittieren, simultan adressieren, um eine Wahrnehmung von blau-grün zu erzeugen;
(7) alle Subpixel simultan adressieren, um weißes Licht zu erzeugen; und
(8) keines der Subpixel adressieren, um einen schwarzen Hintergrund zu erzeugen.

Patentansprüche

1. Organisches Vollfarben-Leuchtdiodenarray, umfassend:
ein elektrisch isolierendes, lichtdurchlässiges Substrat (**100**) mit einer planen Oberfläche;
eine Mehrzahl von seitlich beabstandeten, lichtdurchlässigen, elektrisch leitfähigen Streifen (**101**), welche in Reihen auf der Oberfläche des Substrates (**100**) angeordnet sind, wobei Bereiche der Oberfläche des Substrates (**100**) zwischen ihnen freiliegen;
eine Schicht dielektrischen Mediums (**103**) auf den leitfähigen Streifen (**101**) und den Bereichen der Oberfläche des Substrates (**100**);
eine Mehrzahl von Kavitätsstrukturen (**10**, **20**), definiert durch das dielektrische Medium (**103**), wobei jede Kavitätsstruktur (**10**, **20**) ein Subpixel definiert, wobei die Mehrzahl von Kavitätsstrukturen (**10**, **20**) in überlagerndem Verhältnis zu der Mehrzahl von leitfähigen Streifen (**101**) in Reihen positioniert sind, wobei individuelle Kavitätsstrukturen (**10**, **20**) in überlagerndem Verhältnis zu einem zugeordneten leitfähigen Streifen (**101**) positioniert sind, um einen Bereich des leitfähigen Streifens (**101**) freizulegen;
gekennzeichnet durch:
drei elektrolumineszente Strukturen (**202**, **203**, **204**) von denen jede wenigstens eine Schicht aus organischem, aktivem Emittermaterial auf den leitfähigen Streifen (**101**) und eine Metallschicht mit einer Austrittsarbeit von weniger als 4,0 eV auf der Schicht aus organischem, aktivem Emittermaterial aufweist, wobei die drei elektrolumineszenten Strukturen seitlich und abwechselnd in den Kavitätsstrukturen (**10**, **20**) auf dem freigelegten, zugeordneten leitfähigen Streifen (**101**) angeordnet sind, wobei alle Kavitätsstrukturen in jeder individuellen Reihe nur eine Art der drei elektrolumineszenten Strukturen (**202**, **203**, **204**) enthalten und wobei die drei elektrolumineszente Medien (**202**, **203**, **204**) ausgewählt sind, um in Zusammenarbeit eine Vollfarbemission zu liefern, indem sie

drei unterschiedliche, aktive Emittermaterialien aufweisen, welche drei Grundfarben, jede in einem anderen Subpixel eines Pixels, erzeugen; und
ein Kappenmetall (**106**, **108**, **110**) aus der Gruppe bestehend aus Aluminium (Al), Silber (Ag), Kupfer (Cu) und Gold (Au), ausgewählt ist, welches auf dem Metall mit einer Austrittsarbeit von weniger als 4,0 eV und in versiegelndem Eingriff über den Kavitätsstrukturen (**10**, **20**) in Kontakt mit dem Metall mit einer Austrittsarbeit von weniger als 4,0 eV positioniert und verbunden ist, um eine Mehrzahl von seitlich beabstandeten, parallelen Metallstreifen (**115**) zu bilden, die in Spalten orthogonal zu den leitfähigen Streifen (**101**) angeordnet sind.

2. Organisches Vollfarben-Leuchtdiodenarray wie in Anspruch 1 beansprucht, wobei die lichtdurchlässigen, elektrisch leitfähigen Streifen (**101**) ein organisches Polymer- oder ein anorganisches Material, vorzugsweise Indium-Zinn-Oxid, enthalten.

3. Organisches Vollfarben-Leuchtdiodenarray wie in Anspruch 1 beansprucht, wobei das dielektrische Medium (**103**), welches die Kavitätsstrukturen (**10**, **20**) definiert, ein organisches Polymer- oder ein anorganisches Material enthält.

4. Organisches Vollfarben-Leuchtdiodenarray wie in Anspruch 3 beansprucht, wobei das dielektrische Medium (**103**), welches die Kavitätsstrukturen (**10**, **20**) definiert, ein anorganisches Material, einschließlich Siliziumdioxid, Siliziumnitrit oder Aluminiumoxid, enthält.

5. Organisches Vollfarben-Leuchtdiodenarray wie in Anspruch 1 beansprucht, wobei die Dicke des dielektrischen Mediums (**103**) in einem Bereich von 10 µm bis 0,1 µm liegt.

6. Organisches Vollfarben-Leuchtdiodenarray wie in Anspruch 1 beansprucht, wobei die drei elektrolumineszenten Strukturen (**202**, **203**, **204**) weiter eine Schicht aus löchertransportierendem Material und eine Schicht aus elektronentransportierendem Material umfasst, welche so positioniert sind, dass sie die zwischen ihnen liegende Schicht aktiven Emittermaterials sandwichartig umgeben.

7. Organisches Vollfarben-Leuchtdiodenarray wie in Anspruch 6 beansprucht, wobei die Schichten löchertransportierenden Materials, aktiven Emittermaterials und elektronentransportierenden Materials Formen organischen, organometallischen, polymerischen oder Kombinationen organischen, organometallischen und polymerischen Materials enthalten.

8. Verfahren zur Herstellung eines organischen Vollfarben-Leuchtdiodenarrays, umfassend die Schritte:
Bereitstellen eines lichtdurchlässigen und elektrisch isolierenden Substrates (**100**) mit einer planaren Oberfläche;
Aufbringen einer Schicht lichtdurchlässigen, elektrisch leitfähigen Materials (**101**) auf der oberen Oberfläche des Substrates **100**;
Mustern der Schicht lichtdurchlässigen, elektrisch leitfähigen Materials, um eine Mehrzahl seitlich beabstandeter, leitfähiger Streifen (**101**) mit Bereichen freiliegenden Substrates (**100**) zwischen ihnen auszubilden;
Aufbringen einer Schicht dielektrischen Mediums (**103**) oben auf den leitfähigen Streifen (**101**) und den Substratbereichen (**100**);
Aufschleudern einer Schicht Photoresist auf das dielektrische Medium (**103**);
Mustern der Photoresist-Schicht mittels einer Topfstruktur-Maske, um Bereiche des dielektrischen Mediums (**103**) freizulegen;
Ätzen der freigelegten Bereiche des dielektrischen Mediums (**103**), um seitlich beabstandete Kavitätsstrukturen (**10**, **20**) in überlagerndem Verhältnis zu den leitfähigen Streifen (**101**) zu definieren, wobei jede Kavitätsstruktur (**10**, **20**) einen Bereich eines zugeordneten leitfähigen Streifens (**110**) freilegt;
gekennzeichnet durch:
Aufbringen einer elektrolumineszenten Struktur (**202**, **203**, **204**) umfassend wenigstens eine Schicht organischen, aktiven Emittermaterials, die auf den leitfähigen Streifen (**101**) aufgebracht und zur Emission eines ausgewählten Farbtons ausgewählt wird, und ein Metall mit einer Austrittsarbeit von weniger als 4,0 eV, welches auf der Schicht organischen, aktiven Emittermaterials in jeder der Kavitätsstrukturen (**10**, **20**) aufgebracht wird;
Aufbringen einer Schicht eines Kappenmetalls (**106**, **108**, **110**), ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Aluminium (Al), Silber (Ag), Kupfer (Cu) und Gold (Au) in jeder der Kavitätsstrukturen (**10**, **20**), um die Kavitätsstrukturen (**10**, **20**) zu versiegeln und einen elektrischen Kontakt mit dem Metall mit einer Austrittsarbeit von weniger als 4,0 eV in den Kavitätsstrukturen (**10**, **20**) auszubilden;
Abheben der Photoresist-Schicht, um einen Satz von Pixeln zu vollenden, der aufgebaut wurde, um einen ausgewählten Farbton zu emittieren; und
Positionieren von Metallstreifen (**115**) in überlagerndem Verhältnis zu den Pixeln, wobei die Metallstreifen (**115**) das Kappenmetall (**106**, **108**, **110**) in jeder Kavitätsstruktur (**10**, **20**) in den Pixeln in Reihen verbinden, wobei sich die Reihen in einer zu den Metallstreifen (**101**) orthogonalen Richtung erstrecken.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

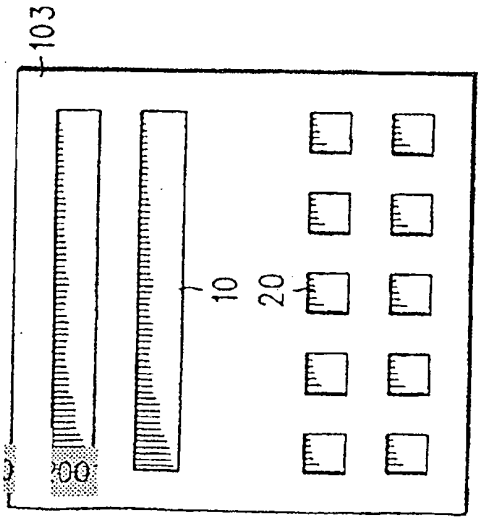

FIG. 1

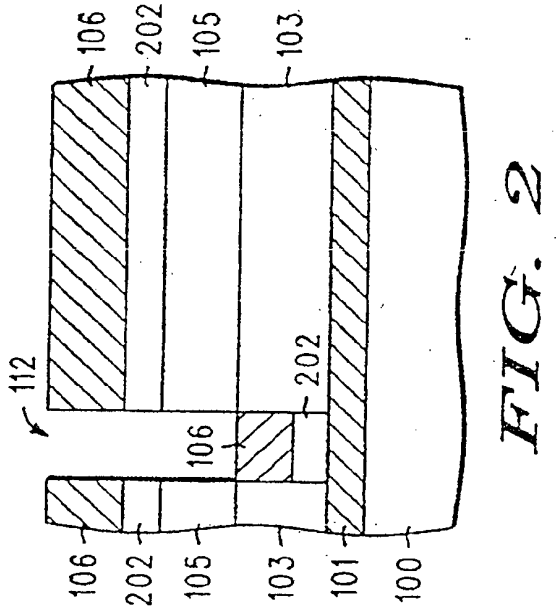

FIG. 2

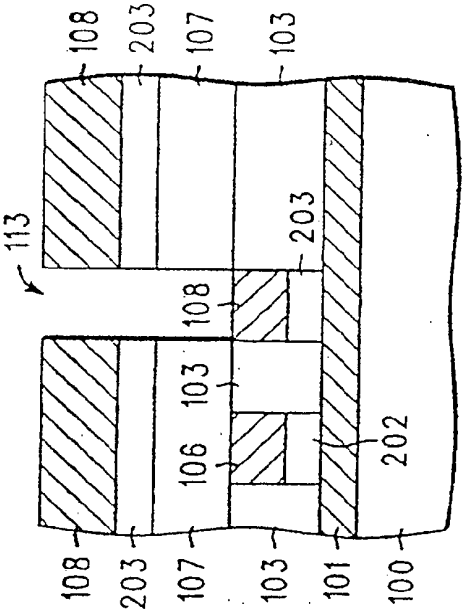

FIG. 3



FIG. 4

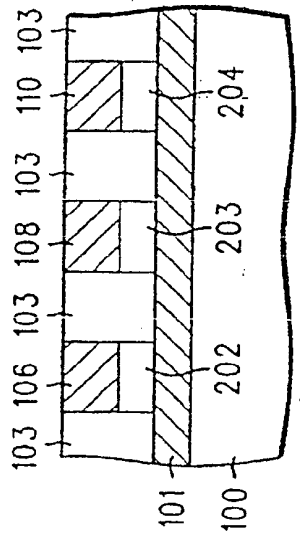

FIG. 5

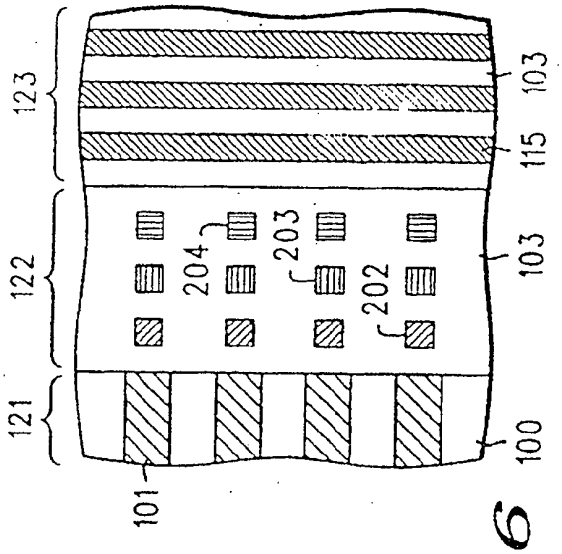

FIG. 6