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

(10) **DE 696 31 635 T2** 2005.01.05

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 774 787 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 31 635.8**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 117 868.8**
(96) Europäischer Anmeldetag: **07.11.1996**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.05.1997**
(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **25.02.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **05.01.2005**

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

(30) Unionspriorität:
560457 **17.11.1995** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

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

(74) Vertreter:
SCHUMACHER & WILLSAU, 80335 München

(72) Erfinder:
Shi, Song Q., Phoenix, Arizona 85283, US; So, Franky, Tempa, 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 betrifft eine organische Vollfarben-Leuchtdioden-Bildanzeigevorrichtung und ein neuartiges Verfahren zur Herstellung einer organischen Vollfarben-Leuchtdioden-("light emitting diode (LED)")Anordnung für eine Bildanzeigevorrichtung.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Eine organische LED-Anordnung für Bildanzeigeanwendungen ist aus einer in Reihen und Kolonnen angeordneten Mehrzahl organischer lichtemittierender Pixel zusammengesetzt. Zum Erzeugen einer Vollfarbenanzeige von einer elektrolumineszierenden Dünnfilmanordnung sind im Stand der Technik zwei primäre Technologien bekannt. Eine Vollfarbenanordnung kann durch Konstruieren von drei Teilpixeln in einem Pixel erzielt werden, wobei jedes Teilpixel Rot, Grün oder Blau emittiert. Diese Technologie wird im Allgemeinen in Kathodenstrahlröhren-Farbdisplays verwendet. Eine alternative Vollfarbenanordnung nutzt einen weißen Emitter als Hintergrundlicht in Verbindung mit einer Farbfilteranordnung, die in rote, grüne und blaue Teilpixel gemusterte Pixel enthält. Die zweite Technologie für die Erzeugung von Vollfarbe ist allgemein in Vollfarben-Flüssigkristalldisplays verwendet worden.

[0003] In einem organischen elektrolumineszierenden Vollfarbendisplay wird die auf Farbfiltern basierende Technologie aufgrund der begrenzten Lumineszenzausbeute der meisten organischen LED-Vorrichtungen im Allgemeinen als weniger günstig betrachtet.

[0004] In einer Vollfarbenanordnung ist jedes einzelne organische lichtemittierende Pixel in rote, grüne und blaue Teilpixel unterteilt. Im Allgemeinen ist jedes Teilpixel aus einer lichtdurchlässigen ersten Elektrode, einem auf der ersten Elektrode abgelagerten organischen elektrolumineszierenden Medium und einer oben auf dem organischen elektrolumineszierenden Medium angeordneten metallischen Elektrode zusammengesetzt. Die Farbe des Teilpixels wird durch das verwendete elektrolumineszierende Medium bestimmt. Die Elektroden verbinden die Pixel, um ein zweidimensionales X-Y Adressierungsmuster zu bilden. In der Praxis wird das X-Y Adressierungsmuster durch Mustern der lichtdurchlässigen Elektroden in die X-Richtung und Mustern der metallischen Elektroden in die Y-Richtung erzielt, wobei die X- und die Y-Richtung senkrecht zueinander stehen. Das Mustern der Elektroden wird für gewöhnlich entweder durch Lochmasken- oder Ätz-Techniken bewerkstelligt. Aufgrund der technischen Grenzen von Lochmasken werden für Bildanzeigen, die im Allgemeinen Teilpixelabstände von weniger als 0,2 mm aufweisen, lediglich Ätzverfahren angewendet.

[0005] In Abhängigkeit von dem in den Ätzverfahren verwendeten Medium kann die Ätztechnik in zwei Kategorien unterteilt werden: nass und trocken. Während Nassätzen in einem säurehaltigen FlüssigMedium durchgeführt wird, wird Trockenätzen für gewöhnlich in einer Plasmaatmosphäre ausgeführt.

[0006] Scozzafava hat in EP 349,265 ein organisches elektrolumineszierendes Bildanzeigegerät und ein auf einer Nassätztechnologie basierendes Verfahren für seine Herstellung offenbart. Die für Kathodenkontakte in organischen LEDs verwendeten metallischen Elektroden enthalten für gewöhnlich ein stabiles Metall und ein hoch reaktives Metall (mit einer Austrittsarbeit von weniger als 4 eV), das die Säureätzverfahren nicht überstehen kann.

[0007] Die Trockenätzverfahren für metallische Elektroden in einer organischen LED-Anordnung sind ebenfalls problematisch. Die hohe Temperatur (> 200°C) und die in dem Trockenätzverfahren erforderliche reaktive Innenatmosphäre kann die Unversehrtheit der organischen Materialien sowie des in den metallischen Elektroden in einer organischen LED-Anordnung enthaltenen reaktionsfähigen Metalls beeinflussen.

[0008] Tang offenbart in dem U.S. Patent Nr. 5,276,380 ein Schattenwandverfahren zum Herstellen der zweidimensionalen Anordnung ohne die Notwendigkeit des Ätzens der metallischen Elektroden. Das Schattenwandverfahren enthält: das Mustern der transparenten Elektrode zuerst; das Errichten von zu den transparenten Elektroden orthogonalen dielektrischen Wänden, die zum Beschatten eines angrenzenden Pixelbereichs geeignet sind und eine die Dicke des organischen Mediums übersteigende Höhe aufweisen; das Ablagern eines organischen elektrolumineszierenden Mediums; und das Ablagern der Kathodenmetalle aus einem Winkel von 15° bis 45° in Bezug auf die Ablageoberfläche. Da die Höhe der dielektrischen Wände die Dicke des organischen Mediums übersteigt, sind isolierte, parallele Streifen ausgebildet. Somit wird ohne die Notwendigkeit des Metallätzens eine X-Y adressierbare Anordnung erzielt. Obwohl dieses Verfahren für das Metallmustern brauchbar zu sein scheint, ist es auf bestimmte Abstandsabmessungen begrenzt und könnte potentiell in Pixeln in der Anordnung ein Leck einführen.

[0009] Die Casio Computer Company Ltd. offenbart in der japanischen Veröffentlichung Nr. 07-153574 ein elektrolumineszierendes Element mit einem Farbdisplay und dessen Herstellung, die das Einbringen einer lichtemittierenden Schicht in auf einer isolierenden Lochmaske ausgebildete Löcher umfasst.

Während der Herstellung dient die Lochmaskenschicht als mechanische Maske, die anschließend entfernt wird, sobald die Herstellung des emittierenden Materials abgeschlossen ist.

[0010] Die Pioneer Electronic Corporation offenbart in der japanischen Veröffentlichung Nr. 04-051494 ein organisches elektrolumineszierendes Element und dessen Herstellung, wobei ein Definitionsbild durch Einschließen einer Isolierschicht zwischen einer organischen elektrolumineszierenden Schicht und wenigstens einer Endelektrode erhalten werden kann.

[0011] Ein neuartiges Verfahren zur Herstellung einer Vollfarben-Diodenanordnung auf einem lichtdurchlässigen Substrat wird in einer mitanhängigen U.S. Patentanmeldung mit dem Titel "Full Color Organic Light Emitting Diode Array" mit der laufenden Nummer 08/409,129, angemeldet am 22. März 1995, offenbart. Bei einigen Anwendungen ist es jedoch wünschenswert, Diodenanordnungen auf Halbleitersubstraten zu erzeugen, so dass Treiber und dergleichen direkt in die Anordnung integriert werden können. Da die Halbleitersubstrate im Allgemeinen für das emittierte Licht nicht durchlässig sind, müssen in der Anordnung und in dem Herstellungsverfahren einige wichtige Modifikationen vorgenommen werden.

[0012] Folglich wäre es vorteilhaft, eine organische Vollfarben-LED-Anordnung zur Verfügung zu stellen, die diese Probleme bewältigt.

Zusammenfassung der Erfindung

[0013] Eine organische Vollfarben-Leuchtdiodenanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung wird in Anspruch 1 beschrieben. Ein Verfahren zur Herstellung einer organischen Farbleuchtdiodenanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung wird in Anspruch 9 beschrieben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0014] Bezugnehmend auf die Zeichnungen, wobei durch die Figuren hindurch gleiche Zeichen gleiche bzw. ähnliche Teile anzeigen, ist bzw. sind:

[0015] **Fig.** 1 ein Grundriss unterschiedlicher Ausnehmungsstrukturen, die zur Veranschaulichung ihrer maßlichen Differenz absichtlich auf demselben Substrat dargestellt sind;

[0016] **Fig.** 2, 3, 4 und 5 Ansichten von bei aufeinander folgenden Herstellungsstufen genommenen Querschnitten eines drei Teilpixel aufweisenden Pixels einer die vorliegende Erfindung verwirklichenden organischen LED-Anordnung;

[0017] **Fig.** 6 eine Draufsicht der organischen LED-Anordnung mit zur erleichterten Sichtbarmachung weggebrochenen Bereichen; und

[0018] **Fig.** 7 eine vereinfachte Ansicht in Form einer Draufsicht mit von dieser weggebrochenen Bereichen, die einen Bereich einer LED-Anordnung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform

[0019] Da sich die Abmessungen der Gerätemerkmale häufig in den Submikrometerbereichen befinden, sind die Zeichnungen anstatt für Maßhaltigkeit für eine erleichterte Veranschaulichung skaliert. Speziell auf **Fig.** 1 Bezug nehmend wird ein Grundriss von Gräben **10** und Schächten **20** absichtlich auf demselben Substrat dargestellt, um ihren maßlichen Unterschied zu veranschaulichen. Sowohl die Graben- als auch die Schacht-Strukturen werden im Allgemeinen durch fotolithografisches Mustern einer dielektrischen Schicht **103** ausgebildet, die oben auf den aus einem herkömmlichen Metall oder dergleichen bestehenden elektrisch leitfähigen Streifen **101** (siehe **Fig.** 2) abgelagert worden ist, wobei die Streifen wiederum durch ein darunter liegendes Halbleitersubstrat **100** getragen werden, wie anschließend beschrieben werden wird.

[0020] Jeder Graben **10** wird als eine in der dielektrischen Schicht **103** ausgebildete lange, schmale, gerade, tiefe Eintiefung mit vier relativ steilen (im Wesentlichen senkrechten) Seiten definiert. Typischerweise nimmt jeder Graben **10** die Form eines rechtwinkligen Parallelepipeds ein, wie in **Fig.** 1 gezeigt. Im Allgemeinen erstreckt sich ein Graben **10** quer über das Substrat **100** in einer Richtung, die entweder senkrecht zu den darunter liegenden elektrisch leitfähigen Streifen **101** (siehe zum Beispiel **Fig.** 6) oder parallel zu und oben auf den darunter liegenden elektrisch leitfähigen Streifen **101** verläuft. In dieser spezifischen Ausführungsform verlaufen die Gräben **10** vorzugsweise senkrecht zu den darunter liegenden elektrisch leitfähigen Streifen **101** derart, dass sie eine X-Y adressierbare Matrix bilden. In jedem einzelnen Graben **10** kann, eine Mehrzahl von Pixeln angelegt werden.

[0021] Jeder Schacht **20** wird als ein in der dielektrischen Schicht **103** ausgebildetes Loch mit einer rechwinkligen, quadratischen oder kreisförmigen Öffnungsform und steilen (im Wesentlichen senkrechten) Seitenwänden definiert. Die Schächte **20** sind durch die geringe Merkmalsgröße und annähernd isotrope Öffnungsform gekennzeichnet. Eine Mehrzahl von Schächten **20** ist in einer Reihe quer über das Substrat **100** in einer darüber liegenden Beziehung zu den elektrisch leitfähigen Streifen **101** (siehe **Fig.** 6 als Beispiel) angelegt. Jeder Schacht **20** definiert die Form eines Teilpixels in der Anordnung. In

der Herstellung einer organischen Vollfarben-LED-Anordnung für eine Bildanzeige können entweder Gräben **10** oder Schächte **20** verwendet werden, wie anschließend beschrieben werden wird. Zum Nutzen der weiteren Offenbarung werden sowohl die Gräben **10** als auch die Schächte **20** allgemein als Ausnehmungsstrukturen bezeichnet, wobei dieser Begriff auch andere Variationen dieser Strukturen einschließt.

[0022] Die zu beschreibende LED-Anordnung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung für eine Vollfarben-Bildanzeige geeignet ist. Jedes Pixel ist aus drei Teilpixeln zusammengesetzt, wobei jedes ein spezielles elektrolumineszierendes Medium aufweist, das zum Emittieren von Licht eines unterschiedlichen Farbtons, vorzugsweise Rot oder Grün oder Blau, geeignet ist. Jedes Teilpixel ist mit einer Ausnehmungsstruktur konstruiert, die elektrisch leitfähige Streifen **101** an der Unterseite, ein dielektrisches Medium an den Seitenwänden und ein transparentes dielektrisches Material auf der Oberseite aufweist. Ein Verfahren zur Herstellung der organischen Vollfarben-LED-Anordnung für Bildanzeigeanwendungen gemäß der vorliegenden Erfindung wird hierin offenbart. **Fig.** 2, 3, 4 und 5 sind Querschnittsansichten, die ein einzelnes Pixel mit drei Teilpixeln der LED-Anordnung in aufeinander folgenden Herstellungsstufen veranschaulichen.

[0023] Bezugnehmend auf **Fig.** 2 beginnt der Aufbau eines Pixels mit einem relativ flachen Halbleitersubstrat **100**, das beispielsweise ein typisches CMOS-Substrat (wird anschließend ausführlicher beschrieben) sein kann. Im Allgemeinen können aus beliebigen Halbleitermaterialien hergestellte Substrate verwendet werden, aber aufgrund der Niedrigleistungs-Treiberkomponenten, die eingearbeitet werden können, wird das CMOS-Substrat bevorzugt. Im Allgemeinen werden die Treiberschaltungen und andere integrierte Schaltungen vor der organischen LED-Anordnung ausgebildet und irgendwelche hohen Stufen oder dergleichen, die sich auf dem Substrat entwickeln, können durch traditionelle Planarisierung bewältigt werden. Eine Schicht aus elektrisch leitfähigem Material wird auf der Oberseite des Substrats **100** abgelagert, wobei die Schicht aus einer Vielfalt von stabilen Metallen, organischen oder anorganischen Leitern, wie Aluminium, Silber, Kupfer oder Gold ausgewählt wird. Dann wird die Schicht mittels herkömmlicher lithografischer Techniken gemustert, um eine Mehrzahl paralleler leitfähiger Streifen **101** auszubilden, die zum Adressieren in einer Reihen-Weise (oder umgekehrt einer Kolonnen-Weise, falls gewünscht) geeignet sind und die in der endgültigen Anordnung als Anoden- oder Kathoden-Elektrode (eine Kathode in dieser speziellen Ausführungsform) dienen werden.

[0024] Eine Schicht aus dem dielektrischen Medium **103** wird oben auf den leitfähigen Streifen **101** und den freigelegten Bereichen des Substrats **100** mittels Techniken wie thermischer Aufdampfung, Zerstäubung oder plasmaangereicherter chemischer Bedampfung abgelagert. Das in dem Aufbau der Ausnehmungsstrukturen verwendete dielektrische Medium **103** können ein organisches Polymer oder anorganische Materialien sein. Die Verwendung eines anorganischen dielektrischen Materials wie Siliziumdioxid, Siliziumnitrid oder Aluminiumoxid wird bevorzugt, das für gewöhnlich eine bessere Barriere gegen Sauerstoff und Feuchtigkeit als organische Polymermaterialien ist. Die Dicke des dielektrischen Mediums **103** bestimmt die Tiefe der Ausnehmungsstrukturen und kann von 10 µm bis 0,1 µm variieren. Für eine leichte Verarbeitung wird eine Dicke von weniger als 1 µm bevorzugt.

[0025] Eine Schicht **105** aus Fotoresist wird oben auf das dielektrische Medium **103** rotationsbeschichtet und mit einer Lichtquelle durch eine Maske (nicht gezeigt) gemustert. Obwohl sowohl ein positiver als auch ein negativer Resist verwendet werden kann, wird die Verwendung eines positiven Resists wegen seiner hohen Auflösung und ausgezeichneten Trockenätz-Widerstandsfähigkeit bevorzugt. Nach einer Wärmebehandlung wird die Schicht **105** aus Fotoresist entwickelt, um das darunter liegende dielektrische Medium **103** freizulegen. Dann wird das dielektrische Medium **103** mittels einer herkömmlichen Nass- oder Trocken-Ätztechnik gemustert, um eine Ausnehmungs-Struktur oder -Strukturen **112** auszubilden. Trockenätzen wird wegen seiner anisotropen Eigenschaft, die relativ gerade und im Wesentlichen senkrechte Seitenwände erbringt, allgemein bevorzugt.

[0026] Derzeit werden Metalle mit einer Austrittsarbeit von weniger als 4,0 eV, z. B. Lithium, Magnesium, Indium, Kalzium etc., allgemein als Kathodenmaterial verwendet, um ein wirkungsvolles LED-Display zu erzielen. In naher Zukunft ist denkbar, dass, indem sich die Fähigkeiten der Elektronen-Injektion und -Beförderung der in dem elektrolumineszierenden Medium verwendeten Materialien verbessern, Metalle mit einer Austrittsarbeit von größer als 4,0 eV ebenfalls als Kathodenmaterial verwendet werden können, um ein wirkungsvolles LED-Display zu ergeben. Wie in einer mitanhängigen U.S. Patentanmeldung mit dem Titel "Organic LED With Improved Efficiency", laufende Nummer 08/304,454, angemeldet am 12. September 1994 und derselben Anmelderin zugeteilt, erläutert, kann der beste Wirkungsgrad durch Verwenden einer elektrisch leitfähigen Schicht erlangt werden, die Material mit einer Austrittsarbeit enthält, die im Wesentlichen einer Elektronenaffinität des organischen Materials des LED entspricht. In der vorliegenden Ausführungsform wird eine Schicht aus leitfähigem Material mit passender Austrittsarbeit als ein Bereich der oder direkt auf der Oberfläche der

leitfähigen Streifen **101** in der Ausnehmung **112** positioniert, und ein ähnliches Material wird in jeder der zu erläuternden Ausnehmungen positioniert. Zum Zweck dieser Offenbarung wird das leitfähige Material mit passender Austrittsarbeit als ein Bereich der leitfähigen Streifen **101** betrachtet.

[0027] Ein elektrolumineszierendes Medium **202** wird im Innern der Ausnehmungsstruktur **112** und in einer darüber liegenden Beziehung zu einem einzelnen leitfähigen Streifen aus der Mehrzahl leitfähiger Streifen **101** abgelagert. Das elektrolumineszierende Medium **202** besteht im Allgemeinen aus (nur zu Beispielszwecken) einer Schicht aus elektronenbeförderndem Material, einer Schicht aus reaktionsfähigem, zum Emittieren des ersten Farbtons geeigneten Emittermaterial und einer Schicht aus lochübertragendem Material. Da verschiedene einzelne und Kombinationen von Schichten aus dem elektrolumineszierenden Material **202** bekannt sind, wird hierin nicht jede einzelne Schicht ausführlich beschrieben. Eine Schicht **202A** aus einem transparenten leitfähigen Material, wie leitfähigem Polyanilin (PANI) oder Indium-Zinnoxid (ITO), wird im Innern der Ausnehmungsstruktur **112** als zweite Elektrode (z. B. die Anode) abgelagert. Die Schicht **202A** kann mittels irgendeines zweckmäßigen Verfahrens, wie Aufdampfung oder Gießen, in der Ausnehmungsstruktur **112** positioniert oder abgelagert werden, ohne das elektrolumineszierende Material **202** zu beschädigen. Zum Zweck dieser Offenbarung kann die Schicht **202A** als ein Bereich des elektrolumineszierenden Materials **202** betrachtet werden.

[0028] Dann wird das obere Ende, oder die Öffnung, der Ausnehmungsstruktur **112** durch Ablagerung einer dicken Schicht **106** aus einem transparenten dielektrischen Material, wie SiO_2, mittels Tieftemperatur-PECVD abgelagertem Siliziumnitrid oder einem transparenten Perfluorpolymer (z. B. Teflon-AF) als Kappe für die Ausnehmungsstruktur **112** abgedichtet. Die Dicke der Schicht **106** wird so gesteuert, dass die Ausnehmungsstruktur **112** gerade bis zur Höhe des dielektrischen Mediums **103** gefüllt wird. Ein Abheben der Fotoresistschicht **105** wird durchgeführt, um das zum Emittieren eines ersten Farbtons, Rot in dieser speziellen Ausführungsform, geeignete erste Teilpixel in dem Pixel zu vollenden.

[0029] Bezugnehmend auf **Fig.** 3 wird die Ausbildung eines zweiten Teilpixels beschrieben. Eine Schicht **107** aus Fotoresist wird oben auf das erste Teilpixel und das dielektrische Medium **103** rotationsbeschichtet und gemustert und entwickelt, im Allgemeinen wie vorstehend beschrieben. Das freigelegte dielektrische Medium **103** wird dann gemustert, um eine an das erste Teilpixel angrenzende zweite Ausnehmungs-Struktur oder -Strukturen **113** auszubilden. Ein elektrolumineszierendes Medium **203** wird in der Ausnehmungsstruktur und in einer darüber liegenden Beziehung zu dem einzelnen leitfähigen Streifen aus der Mehrzahl leitfähiger Streifen **101** abgelagert. Wie in Verbindung mit dem elektrolumineszierenden Medium **202** erläutert, besteht das elektrolumineszierende Medium **203** im Allgemeinen aus einer Schicht aus elektronenbeförderndem Material, einer Schicht aus reaktionsfähigem, zum Emittieren eines zweiten Farbtons geeigneten Emittermaterial und einer Schicht aus lochübertragendem Material. Eine Schicht **203A** aus einem transparenten leitfähigen Material wird dann als zweite Elektrode (z. B. die Kathode) abgelagert. Die Schicht **203A** kann mittels irgendeines zweckmäßigen Verfahrens, wie Aufdampfung oder Gießen, in der Ausnehmungsstruktur **113** positioniert oder abgelagert werden, ohne das elektrolumineszierende Material **203** zu beschädigen. Zum Zweck dieser Offenbarung kann die Schicht **203A** als ein Bereich des elektrolumineszierenden Materials **203** betrachtet werden.

[0030] Dann wird das obere Ende, oder die Öffnung, der Ausnehmungsstruktur **113** durch Ablagerung einer dicken Schicht **108** aus einem transparenten dielektrischen Material, wie SiO_2, mittels Tieftemperatur-PECVD abgelagertem Siliziumnitrid oder einem transparenten Perfluorpolymer (z. B. Teflon-AF) als Kappe für die Ausnehmungsstruktur **113** abgedichtet. Die Dicke der Schicht **108** wird so gesteuert, dass die Ausnehmungsstruktur **113** gerade bis zur Höhe des dielektrischen Mediums **103** gefüllt wird. Ein Abheben der Fotoresistschicht **107** wird durchgeführt, um den Aufbau des zum Emittieren eines zweiten Farbtons, Grün in dieser speziellen Ausführungsform, geeigneten zweiten Teilpixels in dem Pixel zu vervollständigen.

[0031] Bezugnehmend auf **Fig.** 4 wird die Ausbildung eines dritten Teilpixels beschrieben. Eine Schicht **109** aus Fotoresist wird oben auf das erste und das zweite Teilpixel und das dielektrische Medium **103** rotationsbeschichtet und gemustert und entwickelt, im Allgemeinen wie vorstehend beschrieben. Das freigelegte dielektrische Medium **103** wird dann gemustert, um eine an das erste und das zweite Teilpixel angrenzende dritte Ausnehmungs-Struktur oder -Strukturen **114** auszubilden. Ein elektrolumineszierendes Medium **204** wird in der Ausnehmungsstruktur **114** und in einer darüber liegenden Beziehung zu dem einzelnen leitfähigen Streifen aus der Mehrzahl leitfähiger Streifen **101** abgelagert. Wie in Verbindung mit dem elektrolumineszierenden Medium **202** und **203** erläutert, besteht das elektrolumineszierende Medium **204** im Allgemeinen aus einer Schicht aus elektronenbeförderndem Material, einer Schicht aus reaktionsfähigem, zum Emittieren eines dritten Farbtons geeigneten Emittermaterial und einer Schicht aus lochübertragendem Material. Eine Schicht **204A** aus einem transparenten leitfähigen Material wird dann als zweite Elektrode (z. B. die Kathode) abgelagert. Die Schicht **204A** kann mittels ir-

gendeines zweckmäßigen Verfahrens, wie Aufdampfung oder Gießen, in der Ausnehmungsstruktur **114** positioniert oder abgelagert werden, ohne das elektrolumineszierende Material **204** zu beschädigen. Zum Zweck dieser Offenbarung kann die Schicht **204A** als ein Bereich des elektrolumineszierenden Materials **204** betrachtet werden.

[0032] Dann wird das obere Ende, oder die Öffnung, der Ausnehmungsstruktur **114** durch Ablagerung einer dicken Schicht **110** aus einem transparenten dielektrischen Material, wie SiO_2, mittels Tieftemperatur-PECVD abgelagertem Siliziumnitrid oder einem transparenten Perfluorpolymer (z. B. Teflon-AF) als Kappe für die Ausnehmungsstruktur **114** abgedichtet. Die Dicke der Schicht **110** wird so gesteuert, dass die Ausnehmungsstruktur **114** gerade bis zur Höhe des dielektrischen Mediums **103** gefüllt wird. Ein Abheben der Fotoresistschicht **109** wird durchgeführt, um den Aufbau des zum Emittieren eines dritten Farbtons, Blau in dieser speziellen Ausführungsform, geeigneten dritten Teilpixels in dem Pixel zu vervollständigen.

[0033] Der zum Emittieren von drei Primärfarben geeignete vollständige Pixel wird in **Fig.** 5 veranschaulicht. Nach dem Abheben der letzten Fotoresistschicht **109** werden dann die Teilpixel miteinander verbunden, im Allgemeinen durch Metallstreifen (nicht gezeigt), die die an die Enden der Kolonnen angrenzenden transparenten leitfähigen Streifen **202A**, **203A** und **204A** berühren. Die Metallstreifen können entweder durch lithografisches Mustern einer Deckschicht aus abgelagertem Material oder durch Ablagern von Metall über einem resistmaskierten Muster gefolgt von einem Abhebungsprozess ausgebildet werden.

[0034] **Fig.** 6 ist ein Grundriss einer organischen LED-Anordnung mit weggebrochenen Bereichen, um drei verschiedene Herstellungsstufen zu veranschaulichen. In **Fig.** 6 von links nach rechts schreitend, veranschaulicht ein Bereich **121** die LED-Anordnung an einer Stufe, an der die gemusterten elektrisch leitfähigen Streifen **101** auf dem Halbleitersubstrat **100** ausgebildet worden sind. Ein Zentralbereich **122** in **Fig.** 6 veranschaulicht die Stufe, an der einzelne Teilpixel aus den zum Emittieren von drei Farbtönen, in dieser Ausführungsform die drei Primärfarben Rot, Grün und Blau, geeigneten elektrolumineszierenden Mitteln **202**, **203** und **204** in den jeweiligen Ausnehmungsstrukturen **112**, **113** und **114** abgelagert worden sind. Obwohl die Teilpixel als einzelne Quadrate (Schächte) veranschaulicht werden, wird klar sein, dass die gesamten Ausnehmungsstrukturen elektrolumineszierendes Material enthalten könnten und nur das elektrolumineszierende Material zwischen den Elektroden **101** und **202A**, **203A** oder **204A** aktiviert werden würde.

[0035] Ein Bereich **123** veranschaulicht die Anordnung nachdem die jeweiligen transparenten leitfähigen Streifen **202A**, **203A** und **204A** in den entsprechenden Ausnehmungsstrukturen **112**, **113** und **114** abgelagert worden sind. In dieser Ausführungsform erstrecken sich die transparenten leitfähigen Streifen **202A**, **203A** und **204A** über die Länge der Ausnehmungsstrukturen **112**, **113** und **114** zu einer Kante des Substrats **100**, um zweckmäßigerweise die Teilpixel von allen Pixeln als anodische Elektroden in Kolonnen (oder Reihen) miteinander zu verbinden. Selbstverständlich wird es Fachleuten in der Technik klar sein, dass die transparenten leitfähigen Streifen **202A**, **203A** und **204A** unter Verwendung vieler anderer Prozesse miteinander in Kolonnen oder Reihen verbunden werden können, aber der beschriebene Prozess ist im Allgemeinen der zweckmäßigste und bewahrt die Abdichtung der verschiedenen Ausnehmungsstrukturen.

[0036] Speziell auf **Fig.** 7 Bezug nehmend wird eine vereinfachten Ansicht in Form einer Draufsicht einer vollständigen LED-Anordnung gemäß der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Insbesondere werden die Enden der leitfähigen Streifen **101** mit Reihentreibern **225** verbunden veranschaulicht, die in dem Substrat **100** als CMOS-Treiber ausgebildet sind. Zur Verbindung mit weiterer externer Schaltanordnung sind externe Verbindungspads **226** an der Kante des Substrats **100** positioniert. Auf ähnliche Weise werden die Enden der transparenten leitfähigen Streifen **202A**, **203A** und **204A** mit Kolonnentreibern **230** verbunden veranschaulicht, die in dem Substrat **100** als CMOS-Treiber ausgebildet sind. Zur Verbindung mit weiterer externer Schaltanordnung sind externe Verbindungspads **231** an der Kante des Substrats **100** positioniert. Spezielle Einzelheiten der Treiber **225** und **230** werden nicht veranschaulicht, da abhängig von der speziellen Art des verwendeten Treibens, Adressierens etc. eine große Vielfalt spezieller Treiberschaltungen verwendet werden könnte.

[0037] Während die vorstehenden Ausnehmungsstrukturen **112**, **113** und **114** als Gräben dargestellt worden sind, sollte klar sein, dass eine Anordnung von Schachtstrukturen auf ähnliche Art und Weise hergestellt werden kann, mit der Ausnahme, dass die Orientierung der Grabenstrukturen vorzugsweise senkrecht zu allen und quer über alle leitfähigen Streifen **101** verläuft, um die in **Fig.** 7 veranschaulichte adressierbare X-Y Matrix zu bilden.

[0038] Die für eine Bildanzeigeanwendung benötigte Anzahl von Pixeln und der Teilpixelabstand, das heißt die Breite einer Ausnehmungsstruktur, in einer Anordnung ist abhängig von der für die spezielle Anwendung erforderlichen Auflösung und Größe der Anzeige. Zum Beispiel wird für eine zufriedenstellende Auflösung in einem diagonal-13-Zoll Farb-VGA-Typ von Anzeige ein Minimum von 640 ×

480 Pixeln benötigt, wobei jedes drei Teilpixel und ein Teilpixel weniger als 0,1 mm aufweist. Der Pixelabstand wird lediglich durch die Grenze der Lithografietechnologie beschränkt, die in der aktuellen Fertigungstechnologie um 0,5 µm liegt.

[0039] Die in dieser Ausführungsform offenbarte Anordnung weist von Natur aus eine irgendwelchen in dem Stand der Technik dargelegten Anordnungen überlegene Stabilität auf. Das organische elektrolumineszierende Medium in jedem Teilpixel (Schachtstruktur) oder in jeder Reihe von Teilpixeln (Grabenstruktur) wird in einem Schacht oder Graben durch eine erste Elektrode an der Unterseite, ein dielektrisches Medium an der Seite und eine transparente dielektrische Kappe an der Oberseite umschlossen. Die offenbarten Ausnehmungsstrukturen verringern die umgebungsbedingte (Sauerstoff und Feuchtigkeit) Verschlechterung der Anzeigelemente beträchtlich.

[0040] Die in der in dieser Erfindung offenbarten Anordnung als elektrolumineszierendes Medium verwendeten Materialien können jede beliebige der in dem Stand der Technik offenbarten Formen von organischen EL-Vorrichtungen annehmen. Das elektrolumineszierende Medium besteht im Großen und Ganzen aus einer Schicht aus elektronenbefördernden Material, einer Schicht aus einem reaktionsfähigen Emitter und einer Schicht aus lochübertragendem Material. Organische, organometallische, polymere oder jede beliebige Kombination dieser Materialien können als lochübertragende Materialien, reaktionsfähige Emitter und elektronenbefördernde Materialien verwendet werden. Selbstverständlich wird klar sein, dass in einigen speziellen Anwendungen ein beliebiges oder beide des lochübertragenden Materials und des elektronenbefördernden Materials beseitigt werden kann, obwohl dies im Allgemeinen eine schlechte Lichtausstrahlung zur Folge hat.

[0041] Zum Erzielen der drei Primärfarbausstrahlungen, nämlich Rot, Grün und Blau, können drei unterschiedliche reaktionsfähige Emitter, die die gewünschten Farbausstrahlungen in einem Pixel erzeugen würden, verwendet werden. In jede reaktionsfähige Emitterschicht kann ferner ein fluoreszierender Dotierstoff, der zur Verbesserung des Ausstrahlungswirkungsgrades für jede einzelne Farbe in einem Teilpixel verwendet wird, eingearbeitet werden. Wahlweise wird ein zur Blau-Ausstrahlung geeigneter einzelner Emitter als Hostemitter in allen drei Teilpixeln verwendet. Zum Erzielen der drei Primärfarbausstrahlungen werden dann drei Teilpixel mit drei Gastdotierstoffen wirkungsvoller fluoreszierender Farben dotiert, die jeweils für Rot-, Grün- und Blau-Ausstrahlungen geeignet sind. Die Gastdotierstoffe wirken als echte Emitter, während der Hostemitter als erregtes energieübertragendes Medium dient.

[0042] Die organischen elektrolumineszierenden Medium werden mittels Aufdampfen im Vakuum abgelagert, wenn sublimierbare Materialien verwendet werden. Sie können auch mittels anderer Techniken, wie Einspritzfüllen, Rotationsbeschichten, Walzbeschichten, Tauchbeschichten oder Rakeln bzw. Aufstreichen von einer geeigneten Lösung abgelagert werden, wenn Polymermaterial verwendet wird. In Fällen, wo eine sowohl aus sublimierbaren Materialien als auch Polymeren zusammengesetzte Heterostruktur-Anordnung aufgebaut werden soll, kann es sein, dass eine Mischung der vorstehend erwähnten Techniken benötigt wird.

[0043] In Betrieb ist ein Muster der Lichtausstrahlung von der LED-Anordnung von der Deckfläche der LED-Anordnung aus sichtbar. Die LED-Anordnung wird durch Programmieren der elektronischen Treiber **225** und **230** zum Ausstrahlen von Licht gesteuert, was sequentiell eine Reihe von Teilpixeln nach der anderen adressiert und die Adressierungsfolge bei einer solchen Rate wiederholt, dass das Intervall zwischen dem wiederholten Adressieren derselben Reihe geringer als die Wahrnehmungsgrenze des menschlichen Auges ist, typischerweise weniger als 1/60tel einer Sekunde. Das Auge sieht ein durch die Lichtausstrahlung von den sämtlichen adressierten Reihen erzeugtes Bild, obwohl die Vorrichtung in irgendeinem Moment nur von einer Reihe ausstrahlt.

[0044] Die Farben für ein Bild werden durch Adressieren einer Kombination von Teilpixeln in jedem Pixel im Allgemeinen wie folgt erzeugt:

(1) Adressieren eines Teilpixels, um rotes Licht auszustrahlen;
(2) Adressieren eines Teilpixels, um grünes Licht auszustrahlen;
(3) Adressieren eines Teilpixels, um blaues Licht auszustrahlen;
(4) Gleichzeitiges Adressieren von zwei Teilpixeln, die Rot und Grün ausstrahlen, um eine Wahrnehmung von Gelb zu erzeugen;
(5) Gleichzeitiges Adressieren von zwei Teilpixeln, die Rot und Blau ausstrahlen, um eine Wahrnehmung von Purpur bzw. Magenta zu erzeugen;
(6) Gleichzeitiges Adressieren von zwei Teilpixeln, die Blau und Grün ausstrahlen, um eine Wahrnehmung von Blau-Grün zu erzeugen;
(7) Gleichzeitiges Adressieren aller Teilpixel, um weißes Licht zu erzeugen; und
(8) Adressieren keines der Teilpixel, um einen schwarzen Hintergrund zu erzeugen.

[0045] Somit sind eine organische Vollfarben-LED-Anordnung für die Bildanzeige und ihre Herstellungsverfahren dargelegt. Während wir spezielle Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gezeigt und beschrieben haben, werden Fachleuten in der Technik weitere Modifikationen und Verbesserungen einfallen. Deshalb möchten wir klarstellen,

dass diese Erfindung nicht auf die bestimmten gezeigten Formen beschränkt ist und wir in den beigefügten Ansprüchen beabsichtigen, alle Modifikationen abzudecken, die nicht von dem Rahmen dieser Erfindung abweichen.

Patentansprüche

1. Organische Vollfarben-Leuchtdiodenanordnung, die umfasst:
ein Halbleitersubstrat (**100**) mit einer ebenen Oberfläche;
eine Mehrzahl von auf der Oberfläche des Substrats (**100**) in Reihen mit seitlichem Zwischenraum angeordneten elektrisch leitfähigen Streifen (**101**) mit dazwischen freigelegten Bereichen der Oberfläche des Substrats (**100**);
eine auf den elektrisch leitfähigen Streifen (**101**) und den Bereichen der Oberfläche des Substrats (**100**) abgelagerte Schicht aus einem dielektrischen Medium (**103**), wobei das Halbleitersubstrat in ihm ausgebildete Treiberschaltungen (**225**) zum Treiben der Anordnung aufweist, wobei die Treiberschaltungen an die leitfähigen Streifen gekoppelt sind;
eine Mehrzahl von Ausnehmungsstrukturen (**112**, **113**, **114**), die durch das dielektrische Medium (**103**) definiert sind, wobei jede Ausnehmungsstruktur (**112**, **113**, **114**) ein Teilpixel definiert, wobei die Mehrzahl von Ausnehmungsstrukturen (**112**, **113**, **114**) in einer darüber liegenden Beziehung zu der Mehrzahl leitfähiger Streifen (**101**) in Reihen positioniert ist, wobei die einzelnen Ausnehmungsstrukturen (**112**, **113**, **114**) in einer darüber liegenden Beziehung zu einem zugeordneten leitfähigen Streifen (**101**) positioniert sind, um einen Bereich des leitfähigen Streifens (**101**) freizulegen;
drei in jeder Ausnehmungsstruktur (**112**, **113**, **114**) ausgebildete elektrolumineszierende Medien (**202**, **203**, **204**), wobei jedes elektrolumineszierende Medium (**202**, **203**, **204**) wenigstens eine Schicht aus organischem aktivem lichtemittierendem Material und darauf eine Schicht aus transparentem elektrisch leitfähigem Material (**202A**, **203A**, **204A**) aufweist, wobei die Medien seitlich und abwechselnd in den Ausnehmungsstrukturen (**112**, **113**, **114**) auf dem freigelegten zugeordneten leitfähigen Streifen (**101**) abgelagert sind, wobei alle Ausnehmungsstrukturen (**112**, **113**, **114**) in jeder einzelnen Reihe nur eine Art der drei elektrolumineszierenden Medien (**202**, **203**, **204**) enthalten, wobei jedes von ihnen in einem anderen Farbton emittiert, um in Kombination eine Vollfarben-Emission bereitzustellen, wobei das transparente elektrisch leitfähige Material (**202A**, **203A**, **204A**) verbunden ist, um eine Mehrzahl von mit seitlichem Zwischenraum angeordneten, parallelen, elektrisch leitfähigen Streifen auszubilden, die in Spalten orthogonal zu den elektrisch leitfähigen Streifen (**101**) angeordnet sind; und
ein transparentes dielektrisches Material (**106**, **108**, **110**), das über den Ausnehmungsstrukturen (**112**, **113**, **114**) in abdichtendem Eingriff positioniert ist.

2. Organische Vollfarben-Leuchtdiodenanordnung nach Anspruch 1, die weiterhin dadurch gekennzeichnet ist, dass das Substrat (**100**) einen CMOS-Halbleiterchip enthält.

3. Organische Vollfarben-Leuchtdiodenanordnung nach Anspruch 1, die weiterhin dadurch gekennzeichnet ist, dass die leitfähigen Streifen (**101**) entweder hochdotierte Bereiche in dem Substrat oder Metallstreifen umfassen.

4. Organische Vollfarben-Leuchtdiodenanordnung nach Anspruch 1, die weiterhin dadurch gekennzeichnet ist, dass die leitfähigen Streifen (**101**) für jede Diode in der Anordnung einen n-Kontakt bilden.

5. Organische Vollfarben-Leuchtdiodenanordnung nach Anspruch 1, die weiterhin dadurch gekennzeichnet ist, dass das die Ausnehmungsstrukturen (**112**, **113**, **114**) definierende dielektrische Medium (**103**) entweder ein organisches Polymer oder ein anorganisches Material enthält.

6. Organische Vollfarben-Leuchtdiodenanordnung nach Anspruch 5, die weiterhin dadurch gekennzeichnet ist, dass das die Ausnehmungsstrukturen (**112**, **113**, **114**) definierende dielektrische Medium (**103**) ein anorganisches Material umfasst, einschließlich von einem Siliziumdioxid, Siliziumnitrid oder Aluminiumoxid.

7. Organische Vollfarben-Leuchtdiodenanordnung nach Anspruch 1, die weiterhin dadurch gekennzeichnet ist, dass die Dicke des dielektrischen Mediums (**103**) in einem Bereich von 10 µm bis 0,1 µm liegt.

8. Organische Vollfarben-Leuchtdiodenanordnung nach Anspruch 7, die weiterhin dadurch gekennzeichnet ist, dass die Dicke des dielektrischen Mediums (**103**) weniger als 1 µm beträgt.

9. Verfahren zur Herstellung einer organischen Vollfarben-Leuchtdiodenanordnung, das folgende Schritte umfasst:
Bereitstellen eines Halbleitersubstrats (**100**) mit einer ebenen Oberfläche;
Ausbilden einer Schicht aus elektrisch leitfähigem Material auf der ebenen Oberfläche des Substrats, wobei die Schicht aus elektrisch leitfähigem Material in eine Mehrzahl von mit seitlichem Zwischenraum angeordneten elektrisch leitfähigen Streifen (**101**) mit dazwischen freigelegten Bereichen des Substrats (**100**) gemustert wird;
Ablagern einer Schicht aus einem dielektrischen Medium (**103**) oben auf den leitfähigen Streifen (**101**) und den Bereichen des Substrats (**100**), wobei das

Substrat in ihm vorgesehene Treiberschaltungen (**225**) zum Treiben der Anordnung umfasst, wobei die Treiberschaltungen an die leitfähigen Streifen gekoppelt sind;
Ablagern einer Schicht aus Fotoresist (**105**) oben auf dem dielektrischen Medium (**103**);
Mustern der Schicht aus Fotoresist (**105**) zum Freilegen von Bereichen des dielektrischen Mediums (**103**);
Ätzen der freigelegten Bereiche des dielektrischen Mediums (**103**), um mit seitlichem Zwischenraum in einer darüber liegenden Beziehung zu den leitfähigen Streifen (**101**) angeordnete Ausnehmungsstrukturen (**112**, **113**, **114**) zu definieren, wobei jede Ausnehmungsstruktur (**112**, **113**, **114**) einen Bereich eines zugeordneten Streifens (**101**) freilegt;
seitliches und abwechselndes Ablagern von drei elektrolumineszierenden Medien (**202**, **203**, **204**) in den Ausnehmungsstrukturen (**112**, **113**, **114**), wobei jedes elektrolumineszierende Medium (**202**, **203**, **204**) wenigstens eine Schicht aus organischem aktivem lichtemittierendem Material, das zum Ausstrahlen eines ausgewählten unterschiedlichen Farbtons ausgewählt wurde, so dass die drei elektrolumineszierenden Medien in Kombination eine Vollfarbenemission bereitstellen, und auf dieser eine Schicht aus transparentem elektrisch leitfähigem Material (**202A**, **203A**, **204A**) aufweist, wobei das transparente elektrisch leitfähige Material (**202A**, **203A**, **204A**) in den Ausnehmungsstrukturen (**112**, **113**, **114**) einen elektrischen Kontakt bildet;
Ablagern einer Schicht aus transparentem dielektrischem Material (**106**, **108**, **110**) auf dem transparenten elektrisch leitfähigen Material (**202A**, **203A**, **204A**) in jeder der Ausnehmungsstrukturen (**112**, **113**, **114**), um die Ausnehmungsstrukturen (**112**, **113**, **114**) abzudichten; und Anheben der Schicht aus Fotoresist (**105**); um einen zum Emittieren des ausgewählten Farbtons zusammengesetzten Satz von Pixeln zu vervollständigen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

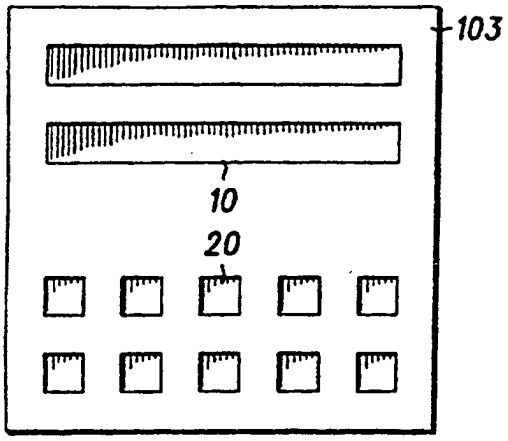


FIG. 1

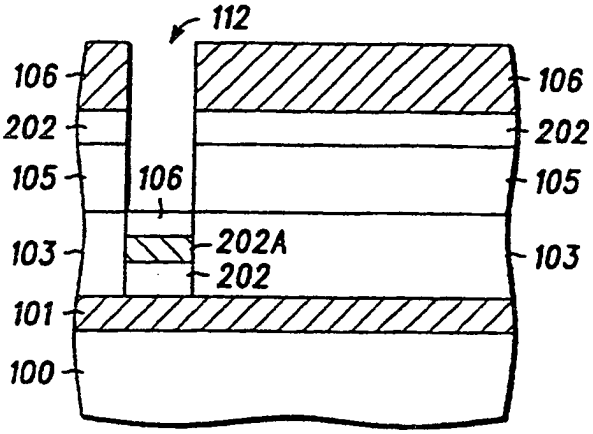


FIG. 2

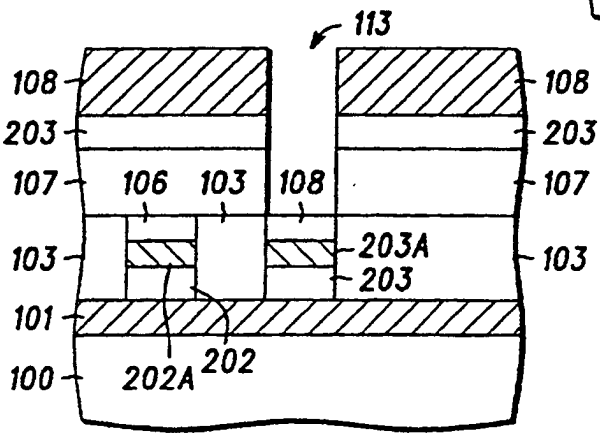


FIG. 3

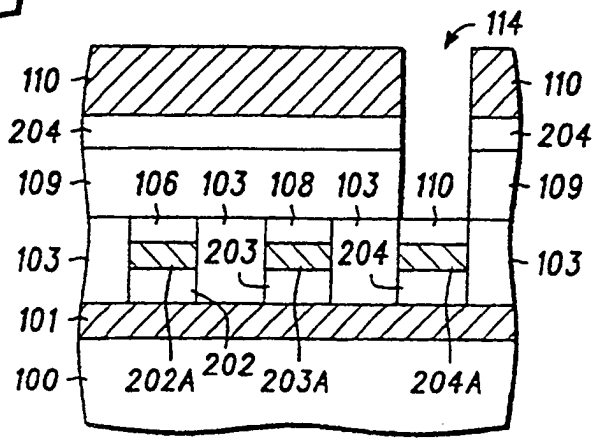


FIG. 4

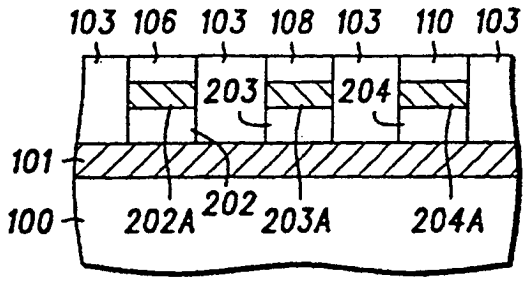


FIG. 5

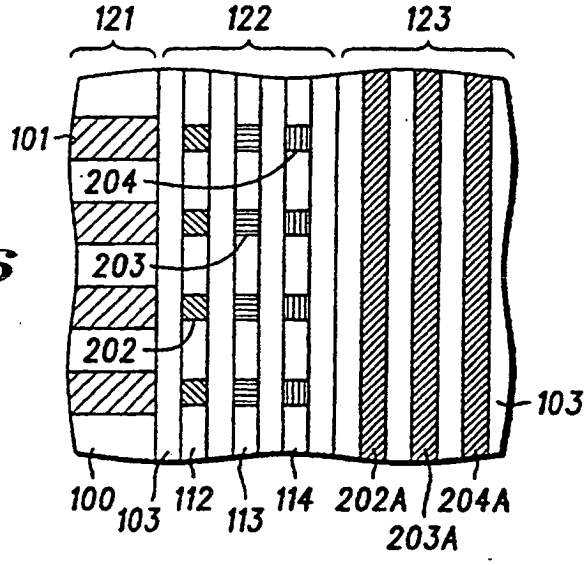


FIG. 6

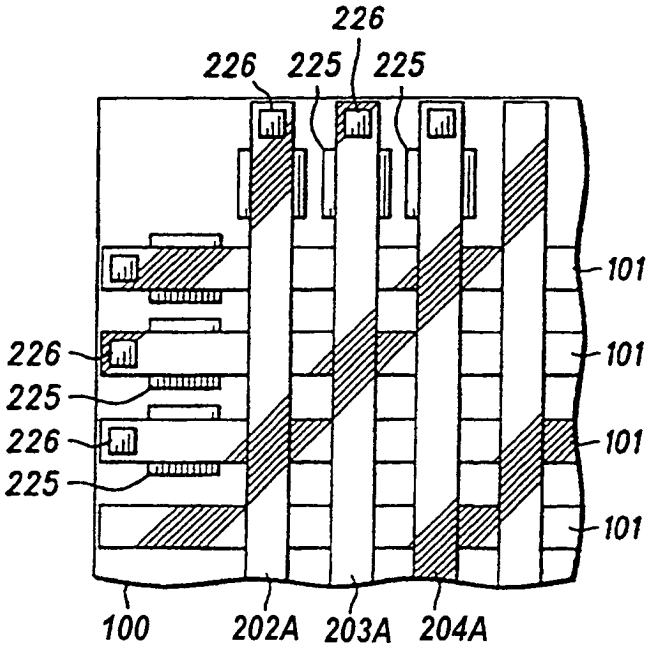


FIG. 7