

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5416229号
(P5416229)

(45) 発行日 平成26年2月12日(2014.2.12)

(24) 登録日 平成25年11月22日(2013.11.22)

(51) Int.Cl.

F I

G09G 3/30 (2006.01)
G09G 3/20 (2006.01)G09G 3/30 J
G09G 3/20 670J
G09G 3/20 641D
G09G 3/20 641P
G09G 3/20 642A

請求項の数 13 (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2011-552988 (P2011-552988)
 (86) (22) 出願日 平成22年2月25日(2010.2.25)
 (65) 公表番号 特表2012-519881 (P2012-519881A)
 (43) 公表日 平成24年8月30日(2012.8.30)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2010/025357
 (87) 国際公開番号 W02010/101761
 (87) 国際公開日 平成22年9月10日(2010.9.10)
 審査請求日 平成24年11月7日(2012.11.7)
 (31) 優先権主張番号 12/397,526
 (32) 優先日 平成21年3月4日(2009.3.4)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 510048417
 グローバル・オーエルイーディー・テクノ
 ロジー・リミテッド・ライアビリティ・カ
 ンパニー
 GLOBAL OLED TECHNOLO
 GY LLC.
 アメリカ合衆国、バージニア州、ハーンド
 ン、パーク・センター・ロード 1387
 3、スイート 330
 13873 Park Center R
 oad, Suite 330, Her
 ndon, VA 20171, Uni
 ted States of Ameri
 ca

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エレクトロルミネッセントディスプレイ補償済み駆動信号

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

E L パネル内の複数の E L サブピクセル内の駆動トランジスタのゲート電極に駆動トランジスタ制御信号を与えるための装置であって、該 E L パネルは、第 1 の電圧供給源、第 2 の電圧供給源、及び該 E L パネル内の複数の E L サブピクセルを含み、各 E L サブピクセルは、各 E L サブピクセル内の E L エミッターに電流を印加するための駆動トランジスタを含み、各駆動トランジスタは、前記第 1 の電圧供給源に電氣的に接続される第 1 の供給電極と、前記 E L エミッターの第 1 の電極に電氣的に接続される第 2 の供給電極とを含み、各 E L エミッターは、前記第 2 の電圧供給源に電氣的に接続される第 2 の電極を含み、

前記複数の E L サブピクセルのうちの 1 つ又は複数を選択するためのシーケンスコントローラと、

前記 1 つ又は複数の選択された E L サブピクセルの前記駆動トランジスタの前記ゲート電極に電氣的に接続される試験電圧源と、

前記第 1 の電圧供給源、前記第 2 の電圧供給源、及び前記試験電圧源の電圧を制御して、前記 1 つ又は複数の選択された E L サブピクセルの前記駆動トランジスタを線形領域において動作させるための電圧コントローラと、

前記第 1 の電圧供給源及び前記第 2 の電圧供給源を通して流れる電流を測定し、前記 1 つ又は複数の選択された E L サブピクセルの前記駆動トランジスタ及び前記 E L エミッターの特性を表す、前記 1 つ又は複数の選択された E L サブピクセル毎のそれぞれのステー

タス信号を与えるためのものであって、前記１つ又は複数の選択されたＥＬサブピクセルの前記駆動トランジスタが前記線形領域において動作する間に、前記電流が測定される、測定回路と、

サブピクセル毎に線形コード値を与えるための手段と、

前記ステータス信号に応答して前記線形コード値を変更し、各サブピクセル内の前記駆動トランジスタ及び前記ＥＬエミッターの特性の変動を補償するための補償器と、

前記駆動トランジスタの前記ゲート電極を駆動するために、前記変更した線形コード値に
応答して前記駆動トランジスタ制御信号を生成するためのソースドライバと、

ＥＬサブピクセル毎にパネル製造時に得られた、経時変化していない電流測定値である
ターゲット信号を与える手段と、

10

を備え、

前記測定回路は、前記１つ又は複数の選択されたＥＬサブピクセル毎に前記それぞれの
ステータス信号を与える間に、前記ターゲット信号を用いる、装置。

【請求項２】

前記測定回路は、各ＥＬサブピクセルの前記ターゲット信号を格納するためのメモリを
さらに含む、請求項１に記載の装置。

【請求項３】

前記メモリは、各ＥＬサブピクセルのそれぞれの直近の測定時に得られた経時変化した
電流測定値をさらに格納する、請求項２に記載の装置。

【請求項４】

20

各ＥＬエミッターはＯＬＥＤエミッターからなり、各駆動トランジスタは低温ポリシリ
コントランジスタからなる、請求項１に記載の装置。

【請求項５】

前記測定回路は、

測定される電流を電圧信号に変換するための電流／電圧コンバータと、

前記電圧信号に
応答して、連続したサブピクセル毎の測定値間の差を出力する相関ダブル
サンプリングユニットと、

を含み、

前記相関ダブルサンプリングユニットの出力は、ＥＬサブピクセル毎の前記ステータス
信号を前記補償器に与えるのに用いられる、請求項１に記載の装置。

30

【請求項６】

複数の第２の電圧供給源をさらに含み、各ＥＬエミッターの前記第２の電極は、１つの
みの第２の電圧供給源に電氣的に接続される、請求項１に記載の装置。

【請求項７】

前記ＥＬパネル内の前記複数のＥＬサブピクセルは行及び列に配列され、前記シーケ
ンスコントローラは、選択された行内の全てのＥＬサブピクセルを選択する、請求項１に記
載の装置。

【請求項８】

前記シーケンスコントローラは異なる時点において異なるグループのＥＬサブピクセル
を選択する、請求項１に記載の装置。

40

【請求項９】

前記測定回路は、異なる時点において前記第１の電圧供給源及び前記第２の電圧供給源
を
通って流れる電流を測定し、各ステータス信号は、前記それぞれの駆動トランジスタ及
び前記ＥＬエミッターの或る動作期間にわたる動作によって引き起こされる該それぞれの
駆動トランジスタ及び該ＥＬエミッターの特性の変動を表す、請求項１に記載の装置。

【請求項１０】

前記補償器は、前記線形コード値を変更して、変更済み線形コード値を生成し、各サブ
ピクセル内の前記駆動トランジスタ及び前記ＥＬエミッターの特性の変動を補償する、請
求項１に記載の装置。

【請求項１１】

50

前記第 1 の供給電極及び前記第 2 の供給電極を通して、前記測定回路を前記電流の流れに選択的に電氣的に接続するためのスイッチをさらに含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 2】

前記測定回路は、前記第 1 の供給電極及び前記第 2 の供給電極を通して流れる前記駆動電流の関数であるミラー電流を生成するための第 1 の電流ミラーと、該第 1 の電流ミラーにバイアス電流を印加して該第 1 の電流ミラーのインピーダンスを下げるための第 2 の電流ミラーとを含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 3】

前記測定された電流は、前記 E L エミッターから光を放射するために必要とされる電流として選択されたしきい値電流よりも小さい、請求項 1 に記載の装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エレクトロルミネッセントディスプレイ上の複数のエレクトロルミネッセントエミッターを流れる電流を供給するために駆動トランジスタに加えられる信号の制御に関する。

【背景技術】

【0002】

コンピューティング、エンターテイメント及び通信のための情報ディスプレイとして、フラットパネルディスプレイへの関心は高い。たとえば、エレクトロルミネッセント (E L) エミッターは何年にもわたって知られており、最近になって市販のディスプレイデバイスにおいて用いられるようになった。そのようなディスプレイは、アクティブマトリックス制御方式及びパッシブマトリックス制御方式の両方を利用し、複数のサブピクセルを利用することができる。各サブピクセルは、E L エミッターと、E L エミッターを流れる電流を駆動するための駆動トランジスタとを含む。サブピクセルは通常 2 次元のアレイに配列され、サブピクセル毎に 1 つの行アドレス及び列アドレスがあり、サブピクセルにはデータ値が関連付けられる。赤色、緑色、青色及び白色のような異なる色のサブピクセルをグループ化して、ピクセルを形成する。E L ディスプレイは、コーティング可能な無機発光ダイオード、量子ドット、及び有機発光ダイオード (O L E D) を含む、種々のエミッター技術を用いて作製することができる。

20

30

【0003】

有機発光ダイオード (O L E D) 技術のようなエレクトロルミネッセント (E L) フラットパネルディスプレイ技術は、色域、輝度及び消費電力に関して、液晶ディスプレイ (L C D) 及びプラズマディスプレイパネル (P D P) のような他の技術よりも優れた利点を提供する。しかしながら、E L ディスプレイは、経時的に性能が劣化するという難点がある。ディスプレイの寿命にわたって高品質の画像を提供するために、この劣化を補償しなければならない。さらに、O L E D ディスプレイは、ディスプレイを見渡したときに不均一に見えるという難点がある。この不均一性は、ディスプレイ内の E L エミッターと、アクティブマトリックスディスプレイの場合には、E L エミッターを駆動するために用いられる薄膜トランジスタのばらつきとの両方に原因がある可能性がある。

40

【0004】

E L エミッターの光出力はエミッターを流れる電流に概ね比例するので、E L サブピクセル内の駆動トランジスタは通常、ゲート - ソース間電圧 V_{gs} に応答する電圧制御式の電流源として構成される。L C D ディスプレイにおいて用いられるソースドライバに類似のソースドライバが、駆動トランジスタに制御電圧を与える。ソースドライバは、所望のコード値をアナログ電圧に変換し、駆動トランジスタを制御することができる。より高いビット深度を有する線形ソースドライバが入手可能になりつつあるが、コード値と電圧との間の関係は通常非線形である。非線形のコード値 - 電圧関係は、O L E D の場合、特徴的な L C D S 形状 (たとえば、米国特許第 4, 896, 947 号において示される) とは異なる形状を有するが、要求されるソースドライバ電子回路は、2 つの技術間で非常によ

50

く似ている。LCDソースドライバとELソースドライバとの間の類似性に加えて、米国特許第5,034,340号においてTanaka他によって教示されるように、LCDディスプレイ及びELディスプレイは通常同じ基板、すなわちアモルファスシリコン(a-Si)上に製造される。アモルファスSiは安価であり、大きなディスプレイに加工するのが容易である。

【0005】

劣化モード

しかしながら、アモルファスシリコンは準安定性である。すなわちa-Si TFTのゲートに電圧バイアスが印加されるのに応じて、経時的に、そのしきい値電圧(V_{th})がシフトし、それにより、そのI-V曲線がシフトする(Kagan & Andry編「Thin-film Transistors」(New York: Marcel Dekker, 2003. Sec. 3.5, pp. 121-131))。 V_{th} は通常順方向バイアス下で経時的に上昇するので、経時的には、 V_{th} シフトによって、平均してディスプレイが薄暗くなる。

【0006】

a-Si TFTが不安定であることに加えて、最新のELエミッターは自らも不安定である。たとえば、OLEDエミッターでは、OLEDエミッターを通して電流が流れるのに応じて、経時的に、その順方向電圧(V_{oled})が上昇し、その効率(通常cd/Aで測定される)が低下する(Shinar編「Organic Light-Emitting Devices: a survey」(New York: Springer-Verlag, 2004. Sec. 3.4, pp. 95-97))。効率の損失によって、一定の電流で駆動される場合であっても、ディスプレイは経時的に平均して薄暗くなる。さらに、通常のOLEDディスプレイ構成では、OLEDは駆動トランジスタのソースに取り付けられる。この構成では、 V_{oled} が上昇すると、トランジスタのソース電圧が上昇することになり、 V_{gs} 、それゆえ、OLEDエミッターを通して流れる電流(I_{oled})が減少し、それにより、経時的に薄暗くなる。

【0007】

これら3つの作用(V_{th} シフト、OLED効率損失及び V_{oled} 上昇)によって、個々の各OLEDサブピクセルはそのOLEDサブピクセルを通して流れる電流に比例する速度で、経時的に輝度を喪失する(V_{th} シフトが一次的な作用であり、 V_{oled} シフトは二次的な作用であり、OLED効率損失は三次的な作用である)。それゆえ、ディスプレイが経時的に薄暗くなると、より大きな電流で駆動されるサブピクセルは、より速く色あせることになる。この経時変化の違いによって、ディスプレイ上で、目に見える不快な焼き付きが生じる。たとえば、表示内容上の決まった場所にロゴを絶えず重ね合わせる放送会社が益々増えているので、今日では、経時変化の違いは大きくなりつつある問題である。通常、ロゴはその周囲の表示内容よりも明るいので、ロゴ内のサブピクセルは周囲の表示内容よりも速く経時変化し、ロゴを含まない表示内容を見ているときに、ロゴのネガコピーが見えるようになる。ロゴは通常高い空間周波数の表示内容を含むので(たとえば、AT&T globe)、1つのサブピクセルが大きく経時変化する可能性があり、その一方で、隣接するサブピクセルはわずかにしか経時変化しない。それゆえ、目に見える不快な焼き付きを無くすために、各サブピクセルは独立して経時変化を補償されなければならない。

【0008】

さらに、低温ポリシリコン(LTPS)のようないくつかのトランジスタ技術は、ディスプレイの表面にわたって移動度及びしきい値電圧が変動する駆動トランジスタを製造する可能性がある(Yue Kuo編「Thin Film Transistors: Materials and Processes, vol. 2: Polycrystalline Thin Film Transistors」(Boston: Kluwer Academic Publishers, 2004. pg. 412)。これは不快な不均一性を生み出す。さらに、不均一なOLED材料堆積によって、効率が変動するエミッターが製造される可能性があり、同じく不快な不均一性を引き起こす。これらの不均一性は、そのパネルがエンドユーザに販売された時点で存在するので、初期不均一性、又は「むら」と呼ばれる。図11Aは、サブピクセル間の特性の差を示すサブピクセル輝度のヒストグラム例を示す。全てのサブピクセルが同じレベルにおいて駆動されたので、同じ輝度を有するはずであった。図11Aに示されるように

、結果として生成される輝度は、いずれの方向においても、20%変動した。これは、この結果として、ディスプレイ性能が許容できなくなる。

【0009】

従来技術

3つの経時変化作用のうちの1つ又は複数を補償することが知られている。同様に、従来技術において、ディスプレイ内の各ピクセルの性能を測定し、その後、ピクセルの性能を補正して、ディスプレイにわたって、より均一な出力を与えることも知られている。

【0010】

一次的な作用であり、印加されるバイアスによって逆方向にも作用する V_{th} シフトについて考えるとき(Mohan他著「Stability issues in digital circuits in amorphous silicon technology」(Electrical and Computer Engineering, 2001, Vol. 1, pp. 583-588))、補償方式は概ね4つのグループ:ピクセル内補償、ピクセル内測定、パネル内測定及び逆方向バイアスに分けられる。

【0011】

ピクセル内 V_{th} 補償方式は、各サブピクセルに付加回路を追加して、 V_{th} シフトが生じるのに応じて補償する。たとえば、非特許文献1においてLee他は、所望のデータ電圧を印加する前にそのサブピクセルのストレージキャパシタ上に各サブピクセルの V_{th} を格納することによって V_{th} シフトを補償する、7トランジスタ、1キャパシタ(7T1C)サブピクセル回路を教示している。このような方法は V_{th} シフトを補償するが、 V_{oled} 上昇又はOLED効率損失を補償することはできない。これらの方法は、従来の2T1C電圧駆動サブピクセル回路に比べて、さらに複雑なサブピクセル、及びさらに大きなサブピクセル電子回路サイズを必要とする。要求される機構が細くなるほど、製造誤差の影響を受けやすくなるので、サブピクセルが複雑になると、歩留まりが低下する。通常の底面発光構成では特に、サブピクセル電子回路の全サイズが大きくなると、アパーチャ比、すなわち、光を放射する各サブピクセルのパーセンテージが減少するので、消費電力が増加する。一定の電流では、OLEDの光放射は面積に比例するので、アパーチャ比が小さなOLEDエミッターほど、アパーチャ比が大きなOLEDと同じ輝度を生成するのに多くの電流を必要とする。さらに、小さな面積において電流が大きくなるほど、OLEDエミッター内の電流密度が増加し、 V_{oled} 上昇及びOLED効率損失を加速させる。

【0012】

ピクセル内測定 V_{th} 補償方式は、各サブピクセルに付加回路部を追加して、 V_{th} シフトを表す値を測定できるようにする。その後、パネル外の回路部がその測定値を処理し、各サブピクセルの駆動を調整して、 V_{th} シフトを補償する。たとえば、特許文献1においてNathan他は、4トランジスタピクセル回路を教示しており、その回路によれば、TF劣化データを所与の電圧条件下での電流として、又は所与の電流条件下での電圧として測定できるようになる。特許文献2においてNara他は、ディスプレイに検査インターコネクトを追加すること、及びディスプレイの各ピクセルに切替トランジスタを追加して、そのトランジスタを検査インターコネクトに接続することを教示している。特許文献3においてKimura他は、ディスプレイの各ピクセルに補正TF劣化を追加してEL劣化を補償することを教示している。これらの方法はピクセル内 V_{th} 補償方式の不都合な点を共有するが、そのうちのいくつかは、 V_{oled} シフト又はOLED効率損失をさらに補償することができる。

【0013】

ピクセル内測定 V_{th} 補償方式は、パネルの設計を変更することなく、パネルの周囲に回路部を追加して測定し、測定値を処理する。たとえば、特許文献4においてNaugler他は、駆動トランジスタの種々のゲート電圧においてOLEDエミッターを通して流れる電流を測定し、補償するために用いられる予め計算されたルックアップテーブル上の点を特定することを教示している。しかしながら、この方法は多数のルックアップテーブルを必要とし、著しい量のメモリを消費する。さらに、この方法は、補償をディスプレイ駆動電子回路において通常実行される画像処理と統合するという問題を認識していない。また、通

常のディスプレイ駆動ハードウェアの制約も認識していないので、タイミング方式を必要とし、それは費用のかかるカスタム回路部を用いることなく実施するのは難しい。

【0014】

逆方向バイアス V_{th} 補償方式は、或る形の逆方向電圧バイアスを用いて、 V_{th} を或る開始点にシフトバックする。これらの方法は、 V_{oled} 上昇又は OLED 効率損失を補償することはできない。たとえば、特許文献 5 において Lo 他は、アクティブマトリックス 픽セル回路内のストレージキャパシタの基準電圧を調整して、各フレーム間で駆動トランジスタに逆方向バイアスをかけることを教示している。フレーム内、又はフレーム間で逆方向バイアスをかけることによって目に見えるアーティファクトは防止されるが、デューティサイクル、それゆえ、ピーク明度は減少する。逆方向バイアス法は、パネルの平均 V_{th} シフトを補償することができ、 픽セル内補償法よりも消費電力の増加は少ないが、より複雑な外部電源を必要とし、付加的な 픽セル回路部又は信号線を必要とする可能性があり、他のサブ픽セルよりも大きく色あせた個々のサブ픽セルを補償しない場合がある。

10

【0015】

V_{oled} シフト及び OLED 効率損失について考えるとき、Arnold 他等による特許文献 6 は、OLED エミッターの経時変化を補償する方法の一例である。この方法は、エミッター輝度の全変化が OLED エミッター内の変化によって引き起こされると仮定する。しかしながら、その回路内の駆動トランジスタが $a-Si$ から形成されるとき、使用するとトランジスタのしきい値電圧も変化するので、この仮定は有効ではない。それゆえ、Arnold の方法は、トランジスタが経時変化作用を示す回路では、サブ픽セル経時変化を完全には補償しない。さらに、逆方向バイアスのような方法を用いて、 $a-Si$ トランジスタしきい値電圧シフトを軽減するとき、逆方向バイアス作用を適切に追跡 / 予測しなければ、又は OLED 電圧変化若しくはトランジスタしきい値電圧変化を直に測定しなければ、OLED 効率損失の補償は信頼性がなくなる可能性がある。

20

【0016】

たとえば、特許文献 7 において Young 他によって教示されるように、代替の補償方法は各サブ픽セルの光出力を直に測定する。そのような方法は、3 つ全ての経時変化要因における変化を補償することができるが、非常に高精度の外部光センサーを必要とするか、又は各サブ픽セル内に内蔵光センサーを必要とする。外部光センサーが、デバイスのコストを高め、デバイスを複雑にするのに対して、内蔵光センサーは、サブ픽セルを複雑にし、電子回路サイズを大きくするのに加えて、結果として性能低下も伴う。

30

【0017】

初期不均一性の補償に関して、Ishizuki 他による特許文献 8 は、不規則な輝度を生じることなく、高品質の画像を与えるためのディスプレイパネル駆動デバイス及びディスプレイパネル駆動方法を開示する。各 픽セルが次々に、かつ独立して光を放射する間に、光放射駆動電流の流れが測定される。その際、測定された駆動電流値に基づいて、入力 픽セルデータ毎に輝度が補正される。別の態様によれば、1 つの駆動電流値が所定の基準電流に等しくなるように、駆動電圧が調整される。さらなる態様では、ディスプレイパネルの漏れ電流に対応するオフセット電流が駆動電圧発生器回路からの電流出力に加えられ、結果として生成された電流が 픽セル部分のそれぞれに加えられる間に、電流が測定される。その測定技法は繰り返されるので、時間がかかる。さらに、この技法は、経時変化を補償することに向けられており、初期不均一性を補償するものではない。

40

【0018】

Salam による特許文献 9 は、픽セル内の明度変動を低減するためのプロセス及び制御手段を有するディスプレイマトリックスを記述している。この特許は、ディスプレイ内の最も弱い 픽セルの明度と各 픽セルの明度との間の比に基づいて、픽セル毎に線形スケールリング法を用いることを記述している。しかしながら、この手法は、結局、ディスプレイのダイナミックレンジ及び明度を全体的に低減させることになると共に、픽セルを動作させることができるビット深度を低減及び変動させることになる。

【0019】

50

Fanによる特許文献10は、OLEDのディスプレイ均一性を改善する方法を記述している。この方法において、全ての有機発光素子の表示特性が測定され、対応する有機発光素子の測定された表示特性から、有機発光素子毎の校正パラメータが得られる。各有機発光素子の校正パラメータは、校正メモリ内に格納される。その技法は、ルックアップテーブル及び計算回路部の組み合わせを用いて、不均一性の補正を実施する。しかしながら、記述された手法は、ピクセル毎の完全な特性を与えるルックアップテーブルを必要とするか、又はデバイスコントローラ内に大規模な計算回路部を必要とする。これは費用がかかり、大抵の用途において実用的でない可能性が高い。

【0020】

Mizukoshi他による特許文献11は、サブピクセル毎に格納された補正オフセット及び補正利得を有し、かつ各サブピクセルの電流を測定するための測定回路を有するELディスプレイを記述している。この装置は初期不均一性を補正することができるが、検出抵抗器を用いて電流を測定するので、信号対雑音比性能が制限される。さらに、この方法によって要求される測定は、大型パネルの場合、非常に時間がかかる可能性がある。

【0021】

Shen他による特許文献12は、ピクセルに加えられる累積駆動電流に基づいて各ピクセルの光出力効率の低下を計算し、予測することによって、OLEDディスプレイデバイス内の個々の有機発光ダイオードの発光効率の長期変動を補償し、ピクセル毎に次の駆動電流に適用される補正係数を導出する方法及び関連するシステムを記述している。この特許は、カメラを用いて、等しいサイズの複数のサブエリアの画像を取得することを記述している。そのような過程は時間がかかり、複数のサブエリア画像を取得するのに機械的な設備を必要とする。

【0022】

Kasai他による特許文献13は、複数の外乱因子に対応する補正処理を実行することによって表示品質を安定させる電気光学デバイスを記述している。グレースケール特性生成ユニットが、換算表を参照して、ピクセルのグレースケールを規定する表示データのグレースケール特性を変更することによって得られるグレースケール特性を有する変換データを生成し、その換算表の記述内容は補正係数を含む。しかしながら、彼らの方法は、処理を実行するために、その全てが常に使用されているとは限らない多数のLUTを必要とし、それらのLUTを実装するための方法を記述していない。

【0023】

Cok他による特許文献14は、グローバル補正係数及びローカル補正係数を用いて、不均一性を補償することを記述している。しかしながら、この方法は線形入力を仮定しており、したがって、非線形出力を有する画像処理経路と統合するのは難しい。

【0024】

Guによる特許文献15は、パルス幅変調(PWM)機構を用いて、ディスプレイ(たとえば、ディスプレイ素子のアレイを形成する複数のディスプレイ素子)を制御可能に駆動することを記述している。均一なパルス間隔クロックから不均一なパルス間隔クロックが生成され、その後、そのクロックを用いて、駆動信号の幅を、オプションで振幅を変調して、ディスプレイ素子のアレイの1つ又は複数のディスプレイ素子を制御可能に駆動する。初期不均一性の補償と合わせて、ガンマ補正が提供される。しかしながら、この技法は、パッシブマトリックスディスプレイにのみ適用可能であり、一般的に利用される、より高性能のアクティブマトリックスディスプレイには適用可能でない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0025】

【特許文献1】米国特許出願公開第2006/0273997号明細書

【特許文献2】米国特許第7,199,602号明細書

【特許文献3】米国特許第6,518,962号明細書

【特許文献4】米国特許出願公開第2008/0048951号明細書

10

20

30

40

50

【特許文献 5】米国特許第 7, 1 1 6, 0 5 8 号明細書
 【特許文献 6】米国特許第 6, 9 9 5, 5 1 9 号明細書
 【特許文献 7】米国特許第 6, 4 8 9, 6 3 1 号明細書
 【特許文献 8】米国特許出願公開第 2 0 0 3 / 0 1 2 2 8 1 3 号明細書
 【特許文献 9】米国特許第 6, 0 8 1, 0 7 3 号明細書
 【特許文献 1 0】米国特許第 6, 4 7 3, 0 6 5 号明細書
 【特許文献 1 1】米国特許第 7, 3 4 5, 6 6 0 号明細書
 【特許文献 1 2】米国特許第 6, 4 1 4, 6 6 1 号明細書
 【特許文献 1 3】米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 0 0 7 3 9 2 号明細書
 【特許文献 1 4】米国特許第 6, 9 8 9, 6 3 6 号明細書
 【特許文献 1 5】米国特許第 6, 8 9 7, 8 4 2 号明細書
 【特許文献 1 6】米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 1 2 2 7 6 0 号明細書

10

【非特許文献】

【0 0 2 6】

【非特許文献 1】Lee 他著「A New a-Si:H TFT Pixel Design Compensating Threshold Voltage Degradation of TFT and OLED」(SID 2004 Digest, pp. 264-274)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 2 7】

既存のむら補償方式及び V_{th} 補償方式は短所がないわけではなく、そのほとんどが V_{oled} 上昇又は OLED 効率損失を補償しない。ピクセル毎に V_{th} シフトを補償する方式は、パネルが複雑になり、歩留まりが低下するという代償を払う。それゆえ、これらの難点を克服して、EL パネル劣化を補償し、かつ EL ディスプレイパネルの寿命の開始時を含む、その全寿命にわたって目に見える不快な焼き付きを防ぐために、補償を改善することが引き続き必要とされている。

20

【課題を解決するための手段】

【0 0 2 8】

本発明によれば、EL パネル内の複数の EL サブピクセル内の駆動トランジスタのゲート電極に駆動トランジスタ制御信号を与えるための装置であって、該 EL パネルは、第 1 の電圧供給源、第 2 の電圧供給源、及び該 EL パネル内の複数の EL サブピクセルを含み、各 EL サブピクセルは、各 EL サブピクセル内の EL エミッターに電流を印加するための駆動トランジスタを含み、各駆動トランジスタは、前記第 1 の電圧供給源に電氣的に接続される第 1 の供給電極と、前記 EL エミッターの第 1 の電極に電氣的に接続される第 2 の供給電極とを含み、各 EL エミッターは、前記第 2 の電圧供給源に電氣的に接続される第 2 の電極を含み、前記複数の EL サブピクセルのうちの 1 つ又は複数を選択するためのシーケンスコントローラと、前記 1 つ又は複数の選択された EL サブピクセルの前記駆動トランジスタの前記ゲート電極に電氣的に接続される試験電圧源と、前記第 1 の電圧供給源、前記第 2 の電圧供給源、及び前記試験電圧源の電圧を制御して、前記 1 つ又は複数の選択された EL サブピクセルの前記駆動トランジスタを線形領域において動作させるための電圧コントローラと、前記第 1 の電圧供給源及び前記第 2 の電圧供給源を通して流れる電流を測定し、前記 1 つ又は複数の選択された EL サブピクセルの前記駆動トランジスタ及び前記 EL エミッターの特性を表す、前記 1 つ又は複数の選択された EL サブピクセル毎のそれぞれのステータス信号を与えるためのものであって、前記 1 つ又は複数の選択された EL サブピクセルの前記駆動トランジスタが前記線形領域において動作する間に、前記電流が測定される、測定回路と、サブピクセル毎に線形コード値を与えるための手段と、前記ステータス信号に応答して前記線形コード値を変更し、各サブピクセル内の前記駆動トランジスタ及び前記 EL エミッターの特性の変動を補償するための補償器と、前記駆動トランジスタの前記ゲート電極を駆動するために、前記変更した線形コード値に応答して前記駆動トランジスタ制御信号を生成するためのソースドライバと、EL サブピクセル毎にパネル製造時に得られた、経時変化していない電流測定値であるターゲット信号を与

30

40

50

える手段と、を備え、前記測定回路は、前記１つ又は複数の選択されたＥＬサブピクセル毎に前記それぞれのステータス信号を与える間に、前記ターゲット信号を用いる。

【発明の効果】

【００２９】

本発明は、駆動トランジスタ制御信号を与える有効な方法を提供する。本発明は、補償を実行するのに各サブピクセルの一度の測定しか必要としない。本発明は、任意のアクティブマトリックスバックプレーンに適用することができる。制御信号の補償は、ルックアップテーブル（ＬＵＴ）を用いて信号を非線形から線形に変更することによって簡略化されているので、補償を線形電圧領域において行なうことができる。本発明は、複雑なピクセル回路部又は外部測定デバイスを必要とすることなく、 V_{th} シフト、 V_{oled} シフト及びOLED効率損失を補償する。本発明は、サブピクセルのアパーチャ比を低減しない。本発明は、パネルの通常動作に影響を及ぼさない。本発明は、不快な初期不均一性を見えなくすることによって、良好なパネルの歩留まりを高めることができる。トランジスタの線形動作領域において動作しながら、ＥＬサブピクセルの特性を測定することによって、改善されたＳ／Ｎ（信号／雑音）比が得られる。

【図面の簡単な説明】

【００３０】

【図１】本発明の一実施形態によるディスプレイシステムのブロック図である。

【図２】図１のブロック図の詳細図である。

【図３】通常のＥＬパネルの図である。

【図４Ａ】理想的な条件下で図２の測定回路を動作させるためのタイミング図である。

【図４Ｂ】サブピクセルの自己発熱に起因する誤差を含む、図２の測定回路を動作させるためのタイミング図である。

【図５Ａ】 V_{th} シフトを示す、経時変化していないサブピクセル及び経時変化したサブピクセルの代表的なＩ－Ｖ特性曲線を示すグラフである。

【図５Ｂ】 V_{th} シフト及び V_{oled} シフトを示す、経時変化していないサブピクセル及び経時変化したサブピクセルの代表的なＩ－Ｖ特性曲線を示すグラフである。

【図５Ｃ】複数のサブピクセルのＩ－Ｖ曲線測定例を示すグラフである。

【図５Ｄ】むら補償の有効性に関するプロット図である。

【図６Ａ】図１の補償器のハイレベルデータフロー図である。

【図６Ｂ】補償器の詳細なデータフロー図の（２つのうちの）第１の部分である。

【図６Ｃ】補償器の詳細なデータフロー図の（２つのうちの）第２の部分である。

【図７】領域変換ユニット及び補償器の効果を表すジョーンズダイアグラムである。

【図８】経時的な補償測定値の頻度を示す代表的なプロット図である。

【図９】パーセント電流の関数としてパーセント効率を示す代表的なプロット図である。

【図１０】サブピクセルの詳細図である。

【図１１Ａ】特性の差を示すサブピクセルの輝度のヒストグラムである。

【図１１Ｂ】経時的なOLED電圧の改善のプロット図である。

【図１２】OLED効率と、OLED製造後経過期間と、OLED駆動電流密度との間の関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００３１】

本発明は、有機発光ダイオード（OLED）パネルのような、アクティブマトリックスＥＬディスプレイパネル上の複数のサブピクセルの駆動トランジスタ及びエレクトロルミネッセント（ＥＬ）エミッター内のむら（初期不均一性）及び劣化を補償する。一実施形態において、本発明は、アクティブマトリックスOLEDパネル上の全てのサブピクセルの V_{th} シフト、 V_{oled} シフト及びOLED効率損失を補償する。パネルは複数のピクセルを含み、各ピクセルは１つ又は複数のサブピクセルを含む。たとえば、各ピクセルは赤色、緑色及び青色サブピクセルを含むことができる。各サブピクセルは、光を放射するＥＬエミッター、及び周辺電子回路を含む。サブピクセルは、パネルのアドレス指定可能な最

10

20

30

40

50

も小さな構成要素である。

【 0 0 3 2 】

以下で行なわれる検討では、最初にシステム全体について考える。その後、サブピクセルの電氣的な詳細に進み、その後、1つのサブピクセルの測定するための電氣的な詳細及び複数のサブピクセルを測定するためのタイミングに進む。次に、補償器が測定値を如何に使用するかを論じる。最後に、一実施形態、たとえば、コンシューマ製品において、工場から寿命まで、このシステムが如何に実施されるかを記述する。

【 0 0 3 3 】

概説

図1は本発明のディスプレイシステム10のブロック図を示す。明確にするために、1つのELサブピクセルだけが示されるが、本発明は、複数のサブピクセルを補償するのに有効である。非線形入力信号11は、ELサブピクセル内のELEミッターからの特定の光強度を指示し、そのELサブピクセルはELパネル上の多数のELサブピクセルのうちの1つとすることができる。この信号11は、ビデオ復号器、画像処理経路、又は別の信号源から到来することができ、デジタル又はアナログとすることができ、非線形又は線形に符号化することができる。たとえば、非線形入力信号は、sRGBコード値(IEC 61966-2-1:1999+A1)又はNTSC輝度(luma)電圧とすることができる。どのような信号源及び信号形式であっても、その信号は、領域変換ユニット12によって、デジタル形式に、かつ線形電圧のような線形領域に優先的に変換されることができ、それについては、「領域間処理及びビット深度」において下記でさらに検討される。変換の結果は線形コード値になり、そのコード値は指示される駆動電圧を表すことができる。

【 0 0 3 4 】

補償器13は線形コード値を受信し、その線形コード値は、ELサブピクセルから指示される特定の光強度に対応することができる。むらによって引き起こされる駆動トランジスタ及びELEミッター内の変動、並びにELサブピクセル内の駆動トランジスタ及びELEミッターの或る期間にわたる動作によって引き起こされる駆動トランジスタ及びELEミッター内の変動の結果として、ELサブピクセルは一般的に、線形コード値に応じて、指示された光強度を生成しなくなる。補償器13は、ELサブピクセルが指示された輝度を生成することになる変更済み線形コード値を出力し、それにより、駆動トランジスタ及びELEミッターの或る期間にわたる動作によって引き起こされる駆動トランジスタ及びELEミッターの特性の変動、並びに駆動トランジスタ及びELEミッターの特性のサブピクセル間の変動を補償する。補償器の動作は、「実施態様」において下記でさらに検討される。

【 0 0 3 5 】

補償器13からの変更済み線形コード値はソースドライバ14に渡され、ソースドライバはデジタル/アナログコンバータとすることができ、ソースドライバ14は、変更済み線形コード値に回答して、駆動トランジスタ制御信号を生成し、その信号は、アナログ電圧若しくはアナログ電流、又はパルス幅変調波形のようなデジタル信号とすることができる。好ましい実施形態では、ソースドライバ14は、線形入力-出力関係を有するソースドライバ、又はそのガンマ電圧が概ね線形な出力を生成するように設定される、従来のLCDソースドライバ若しくはOLEDソースドライバとすることができる。後者の場合、線形性から逸脱すると、結果の品質に影響が及ぼされることになる。また、ソースドライバ14は、たとえば、同じ譲受人に譲渡されるKawabeによる国際公開第2005/116971号において教示されるような、時分割(デジタル駆動)ソースドライバとすることもできる。デジタル駆動ソースドライバからのアナログ電圧は、補償器からの出力信号に応じた時間の長さだけ、光出力を指示する所定のレベルに設定される。対照的に、従来のソースドライバは、或る決まった長さの時間(一般的には、フレーム全体)だけ、補償器からの出力信号に依存するレベルのアナログ電圧を与える。ソースドライバは、1つ又は複数の駆動トランジスタ制御信号を同時に出力することができる。パネルは、それぞ

れ一度に1つのサブピクセルのための駆動トランジスタ制御信号を出力する、複数のソースドライバを有することが好ましい。

【0036】

ソースドライバ14によって生成される駆動トランジスタ制御信号は、ELサブピクセル15に与えられる。この回路は、「ディスプレイ構成要素の説明」において下記で検討される。アナログ電圧がELサブピクセル15内の駆動トランジスタのゲート電極に与えられると、駆動トランジスタ及びELエミッターを通して電流が流れ、ELエミッターが光を放射する。一般的に、ELエミッターを通して流れる電流とエミッターの光出力の輝度との間には線形の関係があり、駆動トランジスタに印加される電圧とELエミッターを通して流れる電流の間には非線形の関係がある。それゆえ、1フレーム中にELエミッターによって放射される光の全量は、ソースドライバ14からの電圧の非線形関数とすることができる。

10

【0037】

ELサブピクセルを通して流れる電流は、「データ収集」において下記でさらに検討されるように、電流測定回路16によって特定の駆動条件下で測定される。ELサブピクセルのための測定された電流は、補償器に、指示された駆動信号を調整するために必要とする情報を提供する。これは、「アルゴリズム」において下記でさらに検討する。

【0038】

ディスプレイ構成要素の説明

図10は、OLEDエミッターのようなELエミッターに電流を流すELサブピクセル15、及び関連回路部を示す。ELサブピクセル15は、駆動トランジスタ201と、ELエミッター202と、オプションでストレージキャパシタ1002及び選択トランジスタ36とを備える。第1の電圧供給源211(「PVDD」)は正とすることができ、第2の電圧供給源206(「Vcom」)は負とすることができる。ELエミッター202は、第1の電極207及び第2の電極208を有する。駆動トランジスタは、ゲート電極203と、駆動トランジスタのドレインすることができる第1の供給電極204と、駆動トランジスタのソースとすることができる第2の供給電極205とを有する。オプションでは選択トランジスタ36を通して、駆動トランジスタ制御信号をゲート電極203に与えることができる。駆動トランジスタ制御信号は、ストレージキャパシタ1002に格納することができる。第1の供給電極204は、第1の電圧供給源211に電氣的に接続される。第2の供給電極205は、ELエミッターに電流を流すために、ELエミッター202の第1の電極207に電氣的に接続される。ELエミッターの第2の電極208は、第2の電圧供給源206に電氣的に接続される。電圧供給源は通常ELパネル外に配置される。電氣的接続は、スイッチ、バス線、導通トランジスタ、又は電流のための経路を提供することができる他のデバイス若しくは構造を通して行なうことができる。

20

30

【0039】

第1の供給電極204は、PVDDバス線1011を通して第1の電圧供給源211に電氣的に接続され、第2の電極208は、シートカソード1012を通して第2の電圧供給源206に電氣的に接続され、選択トランジスタ36がゲート線34によってアクティブにされると、列線、たとえば、32aにわたって、ソースドライバ14によってゲート電極203に駆動トランジスタ制御信号が与えられる。

40

【0040】

図2は、ディスプレイシステム10との関連でELサブピクセル15を示しており、そのシステムは、図1に示されるような、非線形入力信号11、コンバータ12、補償器13及びソースドライバ14を含む。明確にするために、1つのELサブピクセル15だけが示されるが、本発明は複数のサブピクセルの場合に有効である。さらに説明されるように、複数のサブピクセルはシリアル又はパラレルに処理することができる。上記のように、駆動トランジスタ201は、ゲート電極203と、第1の供給電極204と、第2の供給電極205とを有する。ELエミッター202は、第1の電極207及び第2の電極208を有する。そのシステムは、電圧供給源211及び206を有する。

50

【 0 0 4 1 】

漏れを無視すると、同じ電流、すなわち、駆動電流が、第 1 の電圧供給源 2 1 1 から、第 1 の供給電極 2 0 4 及び第 2 の供給電極 2 0 5 を通り、E L エミッター電極 2 0 7 及び 2 0 8 を通って、第 2 の電圧供給源 2 0 6 まで流れる。駆動電流は、E L エミッターが光を放射するものになる電流である。それゆえ、電流は、この駆動電流経路内の任意の点で測定することができる。第 1 の電圧供給源 2 1 1 において、E L パネル外で電流を測定し、E L サブピクセルを複雑にしないようにすることができる。駆動電流は本明細書において I_{ds} と呼ばれ、駆動トランジスタのドレイン端子及びソース端子を通して流れる電流である。

【 0 0 4 2 】

データ収集

ハードウェア

さらに図 2 を参照すると、パネル上にあるどの特殊な電子回路にも頼ることなく、複数の E L サブピクセル 1 5 それぞれの電流を測定するために、本発明は、電流ミラーユニット 2 1 0、相関ダブルサンプリング (C D S) ユニット 2 2 0、並びにオプションでアナログ / デジタルコンバータ (A D C) 2 3 0 及びステータス信号生成ユニット 2 4 0 を含む測定用回路 1 6 を用いる。

【 0 0 4 3 】

各 E L サブピクセル 1 5 は、駆動トランジスタ 2 0 1 のゲート電極 2 0 3 上の測定基準ゲート電圧 (図 5 A 5 1 0) に対応する電流において測定される。この電圧を生成するために、測定するとき、ソースドライバ 1 4 が試験電圧源としての役割を果たし、ゲート電極 2 0 3 に測定基準ゲート電圧を与える。選択されるしきい値電流よりも小さな測定電流に対応する測定基準ゲート電圧を選択することによって、都合の良いことに、測定をユーザの目に見えないようにしておくことができる。選択されるしきい値電流は、E L エミッターから目に見えるほどの光を放射するために必要とされる電流よりも小さくなるように、たとえば、1 . 0 n i t 以下になるように選択することができる。測定が行なわれるまで、測定電流はわからないので、測定基準ゲート電圧は、モデル化によって、選択されるしきい値電流未満の選択されたヘッドルームパーセンテージである予想電流に対応するように選択することができる。

【 0 0 4 4 】

電流ミラーユニット 2 1 0 は、電圧供給源 2 1 1 に取り付けられているが、駆動電流経路内の任意の場所に取り付けることができる。第 1 の電流ミラー 2 1 2 が、スイッチ 2 0 0 を通して、E L サブピクセル 1 5 に駆動電流を供給し、その出力 2 1 3 においてミラー電流を生成する。ミラー電流は、駆動電流に等しいか、又は駆動電流の関数とすることができる。たとえば、ミラー電流を駆動電流の倍数とし、付加的な測定システム利得を与えることができる。第 2 の電流ミラー 2 1 4 及びバイアス供給源 2 1 5 は、第 1 の電流ミラー 2 1 2 にバイアス電流を印加し、パネルから見た第 1 の電流ミラーのインピーダンスを下げて、測定回路の反応速度を有利に上げる。この回路は、測定回路に電流が引き込まれることから生じる電流ミラーの電圧変化に起因して測定される、E L サブピクセルを通る電流の変化も低減する。これは、電流に応じて駆動トランジスタ端子における電圧を変更する可能性がある単純な検出抵抗器のような、他の電流測定オプションよりも信号対雑音比を有利に改善する。最後に、電流 / 電圧 (I / V) コンバータ 2 1 6 が、第 1 の電流ミラーからのミラー電流を、さらに処理するために電圧信号に変換する。I / V コンバータ 2 1 6 は、トランスインピーダンス増幅器又はローパスフィルタを含むことができる。

【 0 0 4 5 】

スイッチ 2 0 0 は、リレー又は F E T とすることができ、測定用回路を、駆動トランジスタ 2 0 1 の第 1 の電極及び第 2 の電極を通して流れる駆動電流に選択的に電氣的に接続することができる。測定中に、スイッチ 2 0 0 は、測定を可能にするために第 1 の電圧供給源 2 1 1 を第 1 の電流ミラー 2 1 2 に電氣的に接続することができる。通常動作中に、スイッチ 2 0 0 は、第 1 の電圧供給源 2 1 1 を、第 1 の電流ミラー 2 1 2 ではなく、第 1

10

20

30

40

50

の供給電極 204 に直に電氣的に接続することができ、それにより、測定用回路を駆動電流の流れから除去することができる。これにより、測定回路部は、パネルの通常動作に影響を及ぼさなくなる。また、これによって、電流ミラー 212 及び 214 内のトランジスタのような、測定回路の構成要素のサイズを、動作電流のためにではなく、測定電流のためだけに決めることができるようになるので有利である。通常動作は一般的に、測定よりもはるかに多くの電流を引き込むので、これにより、測定回路のサイズ及びコストを大幅に削減できるようになる。

【0046】

サンプリング

電流ミラーユニット 210 によって、一度に 1 つの EL サブピクセルのための電流を測定できるようになる。複数のサブピクセルのための電流を測定するために、一実施形態において、本発明は相関ダブルサンプリングを用いており、標準的な OLED ソースドライバと共に使用可能であるタイミング方式が用いられる。

【0047】

図 3 を参照すると、本発明において有用な EL パネル 30 が、列線 32a、32b、32c を駆動するソースドライバ 14、行線 34a、34b、34c を駆動するゲートドライバ 33、及びサブピクセルマトリックス 35 を有する。サブピクセルマトリックス 35 は、行及び列のアレイ内に複数の EL サブピクセル 15 を含む。用語「行」及び「列」は、EL パネルの任意のどの向きも意味しないことに留意されたい。図 10 に示すように、EL サブピクセル 15 は、EL エミッター 202、駆動トランジスタ 201 及び選択トランジスタ 36 を有する。選択トランジスタ 36 のゲートは、それぞれの行線 34a、32b 又は 34c に電氣的に接続され、そのソース電極及びドレイン電極のうち的一方が、それぞれの列線 32a、32b 又は 32c に電氣的に接続され、もう一方が駆動トランジスタ 201 のゲート電極 203 に接続される。選択トランジスタ 36 のソース電極が列線（たとえば 32a）に接続されるか、又は駆動トランジスタのゲート電極 203 に接続されるかは、選択トランジスタの動作に影響を与えない。本発明は電圧供給源をサブピクセルと接続するための種々の方式と共に利用することができるので、明確にするために、図 10 に示されるような電圧供給源 211 及び 206 が、図 3 において示されており、各サブピクセルに接続される。

【0048】

このパネルの通常の動作において用いられる標準的なタイミングシーケンスでは、ソースドライバ 14 は、それぞれの列線 32a、32b、32c 上に適切な駆動トランジスタ制御信号を駆動する。その後、ゲートドライバ 33 は第 1 の行線 34a をアクティブにし、それにより、適切な制御信号が選択トランジスタ 36 を通って適切な駆動トランジスタ 201 のゲート電極 203 に進み、それらのトランジスタが、取り付けられた EL エミッター 202 に電流を印加する。その後、ゲートドライバ 33 は第 1 の行線 34a を非アクティブにし、他の行のための制御信号が、選択トランジスタ 36 を通り抜けた値を破損するのを防ぐ。ソースドライバ 14 は列線 32a、32b、32c 上に次の行のための制御信号を駆動し、ゲートドライバ 33 が次の行 34b をアクティブにする。この過程は、全ての行に対して繰り返される。このようにして、パネル上の全てのサブピクセル 15 が一度に 1 行ずつ適切な制御信号を受信する。行時間は、1 本の行線（たとえば、34a）をアクティブにする時点と、次の行線（たとえば、34b）をアクティブにする時点との間の時間である。この時間は一般的に、全ての行に対して一定である。シーケンスコントローラ 37 が、ソースドライバ及びゲートドライバを適切に制御して、標準的なタイミングシーケンスを生成し、各サブピクセルに適切なデータを与える。また、シーケンスコントローラは、測定するために、複数の EL サブピクセル 15 のうちの 1 つ又は複数を選択する。シーケンスコントローラ及び補償器の機能は、単一のマイクロプロセッサ若しくは集積回路において、又は別々のデバイスにおいて与えることができる。

【0049】

本発明によれば、シーケンスコントローラは標準的なタイミングシーケンスを用いて、

10

20

30

40

50

1つの列を徐々に下りながら、一度に1つのサブピクセルだけを選択するので好都合である。図3を参照すると、全てのサブピクセルがオフの状態から始めて、列32aのみが駆動されるものと仮定する。列線32aは、高電圧のような、駆動トランジスタ制御信号を有することになり、それにより、その列に取り付けられるサブピクセルが光を放射する。他の全ての列線32b及び32cは、低電圧のような制御信号を有することになり、それにより、その列に取り付けられるサブピクセルは光を放射しない。全てのサブピクセルがオフであるので、パネルは暗電流を引き込んでいるが、それは0又はわずかの漏れ量とすることができる(以下の「雑音源」を参照)。行がアクティブにされるとき、列線32aに取り付けられるサブピクセルがオンになるので、パネルによって引き込まれる全電流が上昇する。

10

【0050】

ここで図4Aを参照し、合わせて図2及び図3も参照すると、暗電流の測定49が行なわれる。時刻1において、サブピクセルが(たとえば、行線34aを用いて)アクティブにされ、測定用回路16を用いて、その電流41が測定される。具体的には、測定されるのは、電流ミラーユニット210からの電圧信号であり、それは、上記のような第1の電圧供給源及び第2の電圧供給源の中に流れる駆動電流 I_{ds} を表す。電流を表す電圧信号を測定することを、明確にするために、「電流を測定する」と言う。電流41は、第1のサブピクセルからの電流と暗電流との和である。時刻2において、次のサブピクセルが(たとえば、行線34bを用いて)アクティブにされ、電流42が測定される。電流42は、第1のサブピクセルからの電流、第2のサブピクセルからの電流、及び暗電流の和である。第2の測定値42と第1の測定値41との間の差43は、第2のサブピクセルによって引き込まれる電流である。このようにして、その過程は、第1の列を下方に進み、各サブピクセルの電流を測定する。その後、第2の列が測定され、その後第3の列が測定され、以下同様に、パネルの残りの部分について、一度に1列ずつ測定される。1つのサブピクセルをアクティブにした後できる限り素早く、各電流(たとえば、41、42)が測定されることに留意されたい。理想的な状況では、各測定は、次のサブピクセルをアクティブにする前の任意の時点において行なうことができるが、下記で検討されるように、1つのサブピクセルをアクティブにした直後に測定を行なうことによって、自己加熱効果に起因する誤差を除去するのを助けることができる。この方法によって、サブピクセルの整定時間が許す限り速く、測定を行なうことができるようになる。

20

30

【0051】

図2を再び参照し、合わせて図4も参照すると、相関ダブルサンプリングユニット220が、I/Vコンバータ216からの電圧信号に応答して、サブピクセル毎の測定データを与える。ハードウェアにおいて、電流ミラーユニット210からの対応する電圧信号を図2のサンプルアンドホールドユニット221及び222にラッチすることによって、電流が測定される。差動増幅器223は、連続したサブピクセルの測定値間の差を取る。サンプルアンドホールドユニット221の出力は、差動増幅器223の正端子に電氣的に接続され、ユニット222の出力は、増幅器223の負端子に電氣的に接続される。たとえば、電流41が測定されるとき、その測定値はサンプルアンドホールドユニット221にラッチされる。その後、電流42が測定される(ユニット221にラッチされる)前に、ユニット221の出力が第2のサンプルアンドホールドユニット222にラッチされる。その後、電流42が測定される。これは、電流41をユニット222内に、電流42をユニット221内に残す。それゆえ、差動増幅器の出力、すなわち、ユニット221内の値からユニット222内の値を引いたものが、電流42(を表す電圧信号)から電流41(を表す電圧信号)を引いたもの、すなわち、差43である。このようにして、行を下方に、かつ列を横断して進むことによって、各サブピクセルの測定を行なうことができる。種々の駆動レベル(ゲート電圧又はゲート電流密度)において連続的に測定を行ない、測定されたサブピクセル毎にI-V曲線を形成することができる。1つの列が測定された後に、たとえば、ブラックレベルに対応するデータを書き込むことによって、その列を非アクティブにすることができ、その後、次の列が測定される。

40

50

【 0 0 5 2 】

本発明の一実施形態では、シーケンスコントローラ 37 は一度に 1 つのサブピクセル行を選択することができ、複数の測定回路を用いて、又は単一の測定回路を、各サブピクセルを通る駆動電流経路に順番に接続するマルチプレクサを用いて、その行内の複数のサブピクセルのサブピクセル毎にそれぞれの電流を測定することができる。別の実施形態では、シーケンスコントローラは、パネル上のサブピクセルをグループに分割することができ、異なる時点で異なるグループを選択することができる。各グループは、たとえば、各列内のサブピクセルのサブセットのみを含むことができる。これにより、測定が行なわれる度に全てのサブピクセルのそれぞれの測定値を更新しないという代償を払うが、より迅速に測定を行なうことができるようになる。いずれの実施形態でも、測定が行なわれる間に、試験電圧源は、選択されたサブピクセルに対してのみ、駆動トランジスタ制御信号を与えることができる。また、試験電圧源は、選択されたサブピクセルには、著しい駆動電流が流れるようにする駆動トランジスタ制御信号を与え、選択されないサブピクセルには、電流を流さないか又は暗電流しか流れないようにする駆動トランジスタ制御信号を与えることもできる。

10

【 0 0 5 3 】

差動増幅器 223 のアナログ出力又はデジタル出力は、補償器 13 に直に与えることができる。代替的には、アナログ/デジタルコンバータ 230 が、好ましくは、差動増幅器 223 の出力をデジタル化して、補償器 13 にデジタル測定データを与えることができる。

20

【 0 0 5 4 】

測定回路 16 は、好ましくはステータス信号生成ユニット 240 を含むことができ、ステータス信号生成ユニットは、差動増幅器 223 からのそれぞれの出力を受信し、さらに処理を実行して、EL サブピクセル毎にそれぞれのステータス信号を与える。ステータス信号はデジタル又はアナログとすることができる。図 6B を参照すると、ステータス信号生成ユニット 240 が、明確にするために、補償器 13 との関連で示される。種々の実施形態において、ステータス信号生成ユニット 240 は、メモリ 619 を含むことができる。メモリ 619 は、選択されたサブピクセルの場所 601 又は類似の値、たとえば、測定順のシリアル番号によってアドレス指定され、それにより、サブピクセル毎にそれぞれ格納されるデータを与える。

30

【 0 0 5 5 】

本発明の第 1 の実施形態では、各電流差、たとえば、43 を対応するサブピクセルのためのステータス信号とすることができる。たとえば、電流差 43 は、行線 34b 及び列線 32a に取り付けられたサブピクセルのためのステータス信号とすることができる。この実施形態では、ステータス信号生成ユニット 240 は、電流差に関する一次変換を実行することができるか、又はそれを変更せずに渡すことができる。同じ測定基準ゲート電圧において全てのサブピクセルを測定することができ、その結果、その測定基準ゲート電圧において各サブピクセルを通して流れる電流 (43) は、そのサブピクセル内の駆動トランジスタ及び EL エミッターの特性を有効に表す。電流差 43 はメモリ 619 に格納することができる。

40

【 0 0 5 6 】

第 2 の実施形態では、メモリ 619 が EL サブピクセル毎のそれぞれのターゲット信号 $i_{0,611}$ を格納する。また、メモリ 619 は、各 EL サブピクセルの直近の電流測定値 $i_{1,612}$ も格納し、それは、対応するサブピクセルのための測定回路によって直近に測定された値とすることができる。また、測定値 612 は、複数の測定値の平均、測定値の経時的な指数重み付け移動平均、又は当業者に明らかである他の平滑化方法の結果とすることもできる。ターゲット信号 $i_{0,611}$ 及び現在の測定値 $i_{1,612}$ を、以下に説明されるように比較して、パーセント電流 613 を与えることができ、パーセント電流は、EL サブピクセルのためのステータス信号とすることができる。サブピクセルのためのターゲット信号は、好ましくは測定値 i_{1} 前に、測定値 $i_{1,612}$ と異なる時点において取り込

50

れたそのサブピクセルの現在の測定値とすることができ、それゆえ、パーセント電流は、それぞれの駆動トランジスタ及びE Lエミッターの或る期間にわたる動作によって引き起こされるそれぞれの駆動トランジスタ及びE Lエミッターの特性の変動を表すことができる。サブピクセルのためのターゲット信号は、パーセント電流が、特定の時点における、そして具体的にはターゲットに対するそれぞれのE Lサブピクセル内の駆動トランジスタ及びE Lエミッターの特性を表すように選択された基準信号とすることもできる。

【0057】

第3の実施形態では、メモリ619が、以下に説明されるように計算される、むら補正利得項 m_g 615及びむら補正オフセット項 m_o 616を格納する。E Lサブピクセル毎のステータス信号は、それぞれの利得及びオフセット、具体的には、それぞれの m_g 及び m_o の値を含むことができる。値 m_g 及び値 m_o は、ターゲットに関して計算され、それゆえ、複数のサブピクセルにわたるそれぞれの駆動トランジスタ及びE Lエミッターの特性の変動を表す。さらに、任意の(m_g , m_o)対は、それだけで、それぞれのサブピクセル内の駆動トランジスタ及びE Lエミッターの特性を表す。

【0058】

これらの3つの実施形態は一緒に用いることができる。たとえば、サブピクセル毎のステータス信号は、パーセント電流、 m_g 及び m_o を含むことができる。「実施態様」において下記で説明される補償は、ステータス信号が単一のサブピクセルの場合の経時的な変動(経時変化)を示すにしても、特定の時点における複数のサブピクセルにわたる変動(むら)を示すにしても、同じように実行することができる。メモリ619は、RAM、フラッシュメモリのような不揮発性RAM、及びEEPROMのようなROMを含むことができる。一実施形態では、 i_o 、 m_g 及び m_o の値はEEPROMに格納され、 i_1 の値はフラッシュに格納される。

【0059】

雑音源

実際には、電流波形はきれいなステップではない可能性があるので、波形が整定するのを待った後にのみ測定を行なうことができる。各サブピクセルを何度も測定し、合わせてその平均をとることにもできる。そのような測定は、次のサブピクセルに進む前に、連続して行なうことができる。そのような測定は、別々の測定パスにおいて行なうこともでき、パネル上の各サブピクセルが各パスにおいて測定される。電圧供給源206と211との間のキャパシタンスは、整定時間に加算することができる。このキャパシタンスは、通常の動作において一般的であるように、パネルに内在するか、外部キャパシタによって与えることができる。測定を行なう間に外部キャパシタを電氣的に切断するために用いることができるスイッチを設けることが有利となる場合がある。

【0060】

任意の電圧供給源での雑音が、電流測定値に影響を及ぼす。たとえば、ゲートドライバが行を非アクティブにするために用いる電圧供給源(多くの場合に、VGL又はVoffと呼ばれ、通常約-8VDCである)での雑音は選択トランジスタを介して駆動トランジスタに容量性結合し、その電流に影響を及ぼす可能性があり、それにより、電流測定値の雑音を多くする。パネルが複数の電源領域、たとえば、分割供給面を有する場合には、それらの領域は平行に測定することができる。そのような測定は、領域間で雑音を分離し、測定時間を短縮することができる。

【0061】

ソースドライバが切り替わる時はいつでも、雑音過渡現象が、電力供給面、及び個々のサブピクセルに結合して、測定雑音を引き起こす可能性がある。この雑音を低減するために、ソースドライバからの制御信号は、列を下る間、一定に保つことができる。例えば、RGBストライプパネル上の赤色のサブピクセルの列を測定するとき、その列のためのソースドライバに供給される赤色コード値は、全列について一定にすることができる。これによって、ソースドライバ過渡雑音が除去される。

【0062】

10

20

30

40

50

ソースドライバは、現在の列（たとえば、32a）をアクティブにすることから次の列（たとえば、32b）をアクティブに移らなければならないため、ソースドライバ過渡現象は、列の先頭及び最後において避けられない可能性がある。この結果、任意の列内の最初及び最後の1つ又は複数のサブピクセルの測定は、過渡現象に起因して雑音を受ける可能性がある。一実施形態では、ELパネルは、目に見える行の上又は下に、ユーザには見ることができない付加的な行を有することができる。ソースドライバ過渡現象がそれらの付加的な行においてのみ生じるように十分な付加的な行が存在することができるので、目に見えるサブピクセルの測定は損なわれない。別の実施形態では、列の先頭におけるソースドライバ過渡現象と、その列内の第1の行の測定との間、及びその列内の最後の行の測定と、列の最後におけるソースドライバ過渡現象との間に、遅延を挿入することができる。

10

【0063】

図10を参照すると、本発明の一実施形態において、暗電流49（図4A）及び容量性負荷の大きさを低減するために、複数の第2の電圧供給源206を設けることができ、シートカソード1012を、複数の第2の電圧供給源のうちの1つにそれぞれ接続される複数の領域に分割することができる。この実施形態では、パネルは、それぞれが対応する第2の電圧供給源を有する領域に細分される。各領域において、各ELEミッター202の第2の電極208は、対応する第2の電圧供給源206にのみ電氣的に接続される。この実施形態は、ディスプレイシステムに著しいコストを追加することなく、第2の電源の数に比例して暗電流を低減できるので有利である。この実施形態では、パネルの領域毎に別々の測定回路16を設けることができるか、又はパネルの領域毎に単一の測定回路を順番に用いることができる。

20

【0064】

電流安定性

これまでの検討では、一旦、サブピクセルがオンになり、或る電流に整定すると、その列の残りの部分に対してその電流のままであると仮定する。その仮定を破る可能性がある2つの作用が、ストレージキャパシタ漏れ及びサブピクセル内作用である。

【0065】

図10を参照すると、ELサブピクセル15内の選択トランジスタ36の漏れ電流が、ストレージキャパシタ1002上の電荷を徐々に放出する可能性があり、駆動トランジスタのゲート電圧201、ひいては、引き込まれる電流が変化する。さらに、列線32が経時的に値を変化させている場合には、それはAC成分を有し、それゆえ、選択トランジスタの寄生キャパシタンスを通してストレージキャパシタに結合する可能性があり、ストレージキャパシタの値、ひいては、サブピクセルによって引き込まれる電流が変化する。

30

【0066】

ストレージキャパシタの値が安定している場合であっても、サブピクセル内作用が測定を損なう可能性がある。一般的なサブピクセル内作用はサブピクセルの自己発熱であり、それは、サブピクセルによって引き込まれる電流を経時的に変化させる可能性がある。a-Si TFTのドリフト移動度は温度の関数である。温度が上昇すると、移動度が大きくなる（Kagan & Andry, op. cit., sec. 2.2.2, pp. 42 - 43）。電流が、駆動トランジスタを通して流れるとき、駆動トランジスタ内及びELデバイス内の電力損により、サブピクセルが加熱されるので、トランジスタの温度が上昇し、それゆえ、移動度が大きくなる。さらに、熱は V_{oled} を下げる。OLEDが駆動トランジスタのソース端子に取り付けられる場合は、これにより、駆動トランジスタの V_{gs} が上昇する可能性がある。これらの作用によって、トランジスタを通して流れる電流量が増加する。通常の動作では、パネルが表示している画像の平均的な表示内容に基づいて、パネルが平均温度に安定することができるので、自己発熱は些細な作用である可能性がある。しかしながら、サブピクセル電流を測定するとき、自己発熱は測定を損なう可能性がある。

40

【0067】

図4Bを参照すると、電流41は、サブピクセル1をアクティブにした後に、可能な限

50

り速やかに測定される。このように、サブピクセル 1 の自己発熱は、その測定に影響を及ぼさない。しかしながら、電流 4 1 の測定と、電流 4 2 の測定との間の時間において、サブピクセル 1 は自己発熱して、自己発熱量 4 2 1 だけ電流を増加させるであろう。それゆえ、サブピクセル 2 の電流を表す計算された差 4 3 は、誤っていることになる。その差は、発熱量 4 2 1 だけ大きすぎることになる。発熱量 4 2 1 は、行時間当たりのサブピクセル当たりの電流の上昇である。

【 0 0 6 8 】

自己発熱作用、及び同様の雑音シグネチャを生成する任意の他のサブピクセル内作用を補正するために、自己発熱を特徴付けて、各サブピクセルの既知の自己発熱成分から減算することができる。一般的に、各サブピクセルは、各行時間中に同じ量だけ電流を増加させるので、それぞれ後続のサブピクセルでは、全てのアクティブなサブピクセルの自己発熱を減算することができる。例えば、サブピクセル 3 の電流 4 2 4 を計算するために、測定 4 2 3 を自己発熱量 4 2 2 だけ低減することができ、その量は発熱量 4 2 1 の 2 倍であり、すなわち、サブピクセル当たりの量 4 2 1 に、既に動作中であるサブピクセルの 2 を掛けたものである。自己発熱は、数十、又は数百の行時間にわたって、1 つのサブピクセルをオンにし、オンになっている間にその電流を周期的に測定することによって特徴付けることができる。時間に対する電流の平均的な傾きを、1 つの行時間と乗算し、行時間当たりのサブピクセル当たりの上昇、すなわち、自己発熱量 4 2 1 を計算することができる。

【 0 0 6 9 】

自己発熱、及び電力損に起因する誤差は、低い測定基準ゲート電圧を選択することにより低減することができるが（図 5 A 5 1 0）、電圧を高くするほど、信号対雑音比が改善される。これらの要因のバランスを保つために、パネル設計毎に測定基準ゲート電圧を選択することができる。

【 0 0 7 0 】

アルゴリズム

図 5 A を参照すると、I - V 曲線 5 0 1 は、経時変化前のサブピクセルの測定された特性である。I - V 曲線 5 0 2 は、経時変化後のサブピクセルの測定された特性である。曲線 5 0 1、及び 5 0 2 は、異なる電流レベルにおける同一の電圧差 5 0 3、5 0 4、5 0 5、及び 5 0 6 によって示されるように、主に水平方向のシフトによって分離される。すなわち、経時変化の主な作用は、ゲート電圧軸上で一定の量だけ I - V 曲線をシフトすることである。これは、M O S F E T 飽和領域の駆動トランジスタの式、 $I_d = K (V_{gs} - V_{th})^2$ に従う（Lurch, N. Fundamentals of electronics, 2e. New York: John Wiley & Sons, 1971, pg. 110）：駆動トランジスタが動作すると、 V_{th} は増加し、そして、 V_{th} が増加すると、それに応じて V_{gs} が増加して、 I_d を一定に保持する。それゆえ、 V_{gs} を一定にする結果として、 V_{th} が増加すると、 I_{ds} が小さくなる。

【 0 0 7 1 】

測定基準ゲート電圧 5 1 0 において、経時変化していないサブピクセルは、点 5 1 1 で表される電流を生成した。しかしながら、経時変化したサブピクセルは、そのゲート電圧において、点 5 1 2 a で表される、より低い電流量を生成した。点 5 1 1 及び 5 2 1 a は、異なる時間において取り込まれる同じサブピクセルの 2 つの測定値とすることができる。例えば、点 5 1 1 は、製造時の測定値とすることができ、点 5 1 2 a は、顧客がいくらか使用した後の測定値とすることができる。点 5 1 2 a において表される電流は、電圧 5 1 3（点 5 1 2 b）で駆動されるときに、経時変化していないサブピクセルであれば生成していたので、電圧シフト V_{th} 5 1 4 は、電圧 5 1 0 と 5 1 3 との間の電圧差として計算される。したがって、電圧シフト 5 1 4 は、経時変化した曲線を経時変化していない曲線に戻すために必要とされるシフトである。この例では、 V_{th} 5 1 4 は、2 V 弱である。その際、 V_{th} シフトを補償し、経時変化したサブピクセルを経時変化していないサブピクセルが有したのと同じ電流に駆動するために、電圧シフト 5 1 4 が、指示された全ての駆動電圧（線形コード電圧）に加算される。さらに処理するために、電流 5 1 2 a を電流 5

10

20

30

40

50

11で割った値として、パーセント電流が計算される。したがって、経時変化していないサブピクセルは、100%電流を有することになる。パーセント電流は、本発明によるいくつかのアルゴリズムにおいて用いられる。極端な環境雑音によって引き起こされる場合があるような、任意の負の電流読み値511は、0にクリップされるか、又は無視することができる。パーセント電流は常に測定基準ゲート電圧510において計算されることに留意されたい。

【0072】

一般的に、経時変化したサブピクセルの電流は、経時変化していないサブピクセルの電流よりも高いか、又は低い可能性がある。例えば、温度が高くなるほど、多くの電流が流れるので、高温環境におけるわずかに経時変化したサブピクセルは、低温環境における経時変化していないサブピクセルよりも多くの電流を引き込む可能性がある。本発明の補償アルゴリズムは、いずれの場合も取り扱うことができる： V_{th} 514は、正である可能性も、負である可能性もある（又は、経時変化していないピクセルの場合は0）。同様に、パーセント電流は、100%より大きい可能性も、小さい可能性もある（又は、経時変化していないピクセルの場合に、厳密に100%）。

【0073】

V_{th} シフトに起因する電圧差は、全ての電流で同じであるので、 $I-V$ 曲線上のいずれか1つの点を測定して、この差を求めることができる。一実施形態では、高いゲート電圧において測定が行われ、測定の信号対雑音比を高めることが有利であるが、曲線上の任意のゲート電圧を用いることができる。

【0074】

V_{oled} シフトは、二次的な経時変化作用である。ELデバイスが動作するのに応じて、 V_{oled} がシフトし、それにより、経時変化した $I-V$ 曲線がもはや経時変化していない曲線の単なるシフトではなくなる。これは、 V_{oled} が電流と共に非線形に上昇するためであり、 V_{oled} シフトが及ぼす影響は、高電流では低電流とは異なるであろう。この作用によって、 $I-V$ 曲線は水平方向に伸長し、かつシフトする。 V_{oled} シフトを補償するために、異なる駆動レベルにおいて2回の測定を行い、曲線がどのくらい伸長したかを求めることができるか、又は負荷をかけてOLEDの通常の V_{oled} シフトを特徴付けて、開ループで V_{oled} の寄与を推定できるようにする。いずれも、許容可能な結果を生成することができる。

【0075】

図5Bを参照すると、経時変化していないサブピクセルの $I-V$ 曲線501及び経時変化したサブピクセルの $I-V$ 曲線502が片対数目盛において示される。成分550は、 V_{th} シフトに起因し、成分552は、 V_{oled} シフトに起因する。 V_{oled} シフトは、測定手段を備えたOLEDサブピクセルを、長時間にわたって通常の入力信号によって駆動し、 V_{th} 及び V_{oled} を周期的に測定することによって特徴付けることができる。2つの測定は、測定手段を備えたサブピクセル上に、OLEDとトランジスタとの間にプローブ点を設けることによって、別々に行うことができる。この特徴付けを用いて、パーセント電流を、 V_{th} シフトに対してだけでなく、適切な V_{th} 及び V_{oled} に対してマッピングすることができる。

【0076】

一実施形態では、ELエミッター202（図10）は、駆動トランジスタ201のソース端子に接続される。したがって、 V_{oled} の任意の変化が、駆動トランジスタのソース端子における電圧 V_s 、それゆえ、駆動トランジスタの V_{gs} を変更するので、 I_{ds} に直に影響を及ぼす。

【0077】

好ましい実施形態では、ELエミッター202は、たとえば、PMOS非反転構成において、駆動トランジスタ201のドレイン端子に接続され、その構成では、OLEDアノードは駆動トランジスタドレインに結合される。したがって、OLEDが駆動トランジスタのドレイン-ソース間経路と直列に接続されるので、 V_{oled} が上昇すると、駆動トラン

10

20

30

40

50

ジスタ201の V_{ds} が変化する。しかしながら、最新のOLEDエミッターは、所与の量の経時変化の場合に、旧式のエミッターよりもはるかに小さな V_{oled} を有し、 V_{ds} 変化の大きさ、それゆえ、 I_{ds} 変化の大きさを低減する。

【0078】

図11Bは、その寿命にわたる白色OLEDの場合の通常電圧上昇 V_{oled} のプロットを示す(T50、すなわち、 20 mA/cm^2 において測定される50%輝度まで)。このプロットは、OLED技術が改善されるのに応じて、 V_{oled} が減少することを示す。この V_{oled} の減少により、 V_{ds} 変化が減少する。図5Aを参照すると、経時変化したサブピクセルの電流512aは、 V_{oled} が小さな最新のOLEDエミッターの場合の方が、 V_{oled} が大きな旧式のエミッターの場合よりも、電流511にはるかに近い。それゆえ、最新のOLEDエミッターの場合、旧式のエミッターの場合よりも、はるかに高感度の電流測定が要求される可能性がある。しかしながら、より高感度の測定ハードウェアは費用がかかる可能性がある。

10

【0079】

特別な測定感度のための要件は、電流を測定する間に、駆動トランジスタを線形動作領域において動作させることによって緩和することができる。電子回路技術分野において既知であるように、薄膜トランジスタは、2つの異なる動作モード：線形($V_{ds} < V_{gs} - V_{th}$)及び飽和($V_{ds} > V_{gs} - V_{th}$)において、感知できるほどの電流を流す(Lurch, op. cit., p. 111)。ELの応用例では、駆動トランジスタは通常飽和領域において動作し、 V_{ds} 変動が電流に及ぼす影響を低減する。しかしながら、線形動作領域では、

20

$$I_{ds} = K [2 (V_{gs} - V_{th}) V_{ds} - V_{ds}^2]$$

であり(Lurch, op. cit., pg. 112)、電流 I_{ds} は V_{ds} に大きく依存する。図10に示されるように、

$$V_{ds} = (PVD D - V_{com}) - V_{oled}$$

であるので、線形領域における I_{ds} は V_{oled} に大きく依存する。それゆえ、駆動トランジスタ201の線形動作領域において電流を測定することは、飽和領域において同じ測定を行なうのに比べて、新品のOLEDエミッター(511)と経時変化したOLEDエミッター(512a)との間の測定電流の変化の大きさを大きくするので好都合である。

【0080】

それゆえ、本発明の一実施形態では、シーケンスコントローラ37は、電圧コントローラを含むことができる。上記のように電流を測定する間に、電圧コントローラは、第1の電圧供給源211及び第2の電圧供給源206のための電圧を制御し、試験電圧源として動作するソースドライバ14からの駆動トランジスタ制御信号を制御して、駆動トランジスタ201を線形領域において動作させることができる。たとえば、PMOS非反転構成では、電圧コントローラは、PVD D電圧及び駆動トランジスタ制御信号を一定の値に保持し、 V_{com} 電圧を上昇させて、 V_{gs} を低減することなく、 V_{ds} を低減することができる。 V_{ds} が $V_{gs} - V_{th}$ 未満に降下するとき、駆動トランジスタは線形領域において動作していることになり、測定を行なうことができる。

30

【0081】

電圧コントローラ及びシーケンスコントローラが協調して測定中にトランジスタを線形領域において動作させる限り、2つのコントローラは別々に設けることもできる。シーケンスコントローラが異なる時点において異なるグループのELサブピクセルを選択する上記の実施形態では、電圧コントローラはPVD D供給源211及び V_{com} 供給源206のための電圧を制御し、ソースドライバ14からのそれぞれの駆動トランジスタ制御信号を制御して、選択された各ELサブピクセル内の駆動トランジスタ201を線形領域において動作させることができる。パネルは複数のPVD D供給源及び V_{com} 供給源を有することができ、その場合に、選択されたELサブピクセル内の駆動トランジスタ201を線形領域において動作させるために、どのELサブピクセルが選択されるかによって、各供給源を独立して制御することができる。

40

【0082】

50

OLED 効率損失は三次的な経時変化作用である。OLED が経時変化すると、その効率が低下し、同じ電流量がもはや同じ量の光を生成しなくなる。光学センサー又は付加的な電子回路を必要とすることなく、これを補償するために、OLED 効率損失を V_{th} シフトの関数として特徴付けることができ、光出力をその以前のレベルに戻すために必要とされる余分な電流の量を推定できるようにする。測定手段を備えた OLED サブピクセルを、長時間にわたって通常の入力信号によって駆動し、種々の駆動レベルにおいて V_{th} 、 V_{oled} 及び I_{ds} を周期的に測定することによって、OLED 効率損失を特徴付けることができる。効率は I_{ds} / V_{oled} として計算することができ、その計算結果を、 V_{th} 又はパーセント電流と関連付けることができる。 V_{th} シフトは OLED 効率損失よりも簡単に逆にすることができるので、その特徴付けは、 V_{th} シフトが常に順方向であるときに、より実効的な結果を達成することに留意されたい。 V_{th} シフトが逆にされる場合には、OLED 効率損失を V_{th} シフトと関連付けるのは複雑になる可能性がある。さらに処理するために、上記のパーセント電流の計算と同じようにして、経時変化した効率を新品の効率で割った値として、パーセント効率を計算することができる。

【0083】

図9を参照すると、種々の駆動レベルにおけるパーセント電流の関数としてパーセント効率の実験プロットが示されており、実験データの直線の当てはめ、たとえば、90も合わせて示される。そのプロットが示すように、任意の所与の駆動レベルにおいて、効率はパーセント電流に線形に関連付けられる。この線形モデルによって、実効的な開ループ効率補償が可能である。

【0084】

駆動トランジスタ及びELエミッターの動作に起因する経時的な V_{th} 及び V_{oled} シフト並びに OLED 効率損失を補償するために、ステータス信号生成ユニット240の上記の第2の実施形態を用いることができる。測定基準ゲート電圧510においてサブピクセル電流を測定することができる。点511における経時変化していない電流がターゲット信号 $i_{0.611}$ である。直近の経時変化したサブピクセルの電流測定値512aが、直近の電流測定値 $i_{1.612}$ である。パーセント電流613がステータス信号である。パーセント電流613は0（故障したピクセル）、1（変化無し）、1未満（電流損）、又は1より大きい値（電流利得）とすることができる。一般的に、直近の電流測定値は、好ましくはパネル製造時に得られた電流測定値とすることができるターゲット信号よりも低いので、0と1との間にある。

【0085】

ステータス信号生成ユニット240の上記の第2の実施形態を用いて、むら：経時変化前のパネル上の複数のOLEDサブピクセルの特性の差を補償することもできる。図5Aを参照すると、任意の時点、たとえば、パネルが製造されるときに、この方法を用いて、上記のように、複数のELサブピクセルそれぞれの点512aのための値を測定することができる。その後、点511に類似のターゲット信号を、全ての点512aの最大値として、又はその平均値として、又は当業者には明らかであるような別の数学的関数として計算することができる。同じターゲット信号を全てのELサブピクセルに対して用いることができる。新たな点511及び512aを用いて、ELサブピクセル毎にパーセント電流を計算することができる。一実施形態では、格納された $i_{0.611}$ 及び $i_{1.612}$ の値から計算するのではなく、パーセント電流613をメモリ619に直に格納することができる。

【0086】

ステータス信号生成ユニット240の上記の第3の実施形態も、むら補償のための一実施形態において用いることもできる。第1及び第2の測定基準ゲート電圧において、又は一般的には複数の測定基準ゲート電圧において、各ELサブピクセルの電流を測定して、サブピクセル毎のI-V曲線を生成することができる。基準I-V曲線は、全てのI-V曲線の平均として、又はその最小値として、又は当業者には明らかであるような別の数学的関数として計算することができる。その後、統計分野において既知である当てはめ技法

10

20

30

40

50

によって、基準に対して、サブピクセルの $I - V$ 曲線毎にむら補償利得項 $m_g 6 1 5$ (図 6 B) 及びむら補償オフセット項 $m_o 6 1 6$ を計算することができる。

【0087】

基準 $I - V$ 曲線は、パネル上の全てのサブピクセル、又はパネル上の特定の領域内のサブピクセルの $I - V$ 曲線の平均として計算することができる。パネルの異なる領域に対して、又は異なる色チャンネルに対して、複数の基準 $I - V$ 曲線を与えることができる。

【0088】

図 5 C は、測定された $I - V$ 曲線データの一例を示す。横座標はコード値 (0 . . 2 5 5) であり、それは、たとえば、線形マップを通して電圧に対応する。縦座標は、0 . . 1 スケール上の正規化された電流である。 $I - V$ 曲線 5 2 1 (一点鎖線) 及び 5 2 2 (破線) は、E L パネル上の変動の極値を表すために選択された、E L パネル上の 2 つの異なるサブピクセルに対応する。基準 $I - V$ 曲線 5 3 0 (実線) は、パネル上の全てのサブピクセルの $I - V$ 曲線の平均として計算された基準曲線である。補償済み $I - V$ 曲線 5 3 1 (一点鎖線) 及び 5 3 2 (破線) はそれぞれ、 $I - V$ 曲線 5 2 1 及び 5 2 2 を補償した結果である。いずれの $I - V$ 曲線とも、補償後に、基準に厳密に一致する。

【0089】

図 5 D は、補償の有効性を示す。横座標はコード値 (0 . . 2 5 5) である。縦座標は、基準 $I - V$ 曲線と補償済み $I - V$ 曲線との間の電流デルタ (0 . . 1) である。誤差曲線 5 4 1 (一点曲線) 及び 5 4 2 (破線) は、利得及びオフセットを用いて補償した後の $I - V$ 曲線 5 2 1 及び 5 2 2 に対応する。全誤差は全コード値範囲にわたって約 $\pm 1\%$ 内にあり、補償に成功していることを示す。この例では、誤差曲線 5 4 1 を、 $m_g = 1.2$ 及び $m_o = 0.013$ を用いて計算し、誤差曲線 5 4 2 を、 $m_g = 0.0835$ 及び $m_o = -0.014$ を用いて計算した。

【0090】

実施態様

図 6 A を参照すると、補償器 1 3 の一実施形態が示される。補償器は一度に 1 サブピクセルずつに対して動作する。複数のサブピクセルを順次に処理することができる。たとえば、その線形コード値が信号源から従来通りに左から右、上から下の走査順に到着するのに応じて、サブピクセル毎に補償を実行することができる。補償回路部の複数のコピーを並列に接続することによって、又は補償器をパイプライン化することによって、複数のピクセルに関して同時に補償を実行することができる。これらの技法は当業者には明らかであろう。

【0091】

補償器 1 3 への入力は E L サブピクセルの場所 6 0 1 及びそのサブピクセルの線形コード値 6 0 2 である。線形コード値 6 0 2 は、指示された駆動電圧を表すことができる。補償器 1 3 は、その線形コード値 6 0 2 を変更して、ソースドライバのための変更済み線形コード値を生成し、それは、たとえば、補償済み電圧出力 6 0 3 とすることができる。補償器 1 3 は、4 つの主なブロック：サブピクセルの製造後経過時間を求める (6 1)、オプションで O L E D 効率を補償する (6 2)、製造後経過時間に基づいて補償を決定する (6 3) 及び補償する (6 4) を含むことができる。ブロック 6 1 及び 6 2 は主に O L E D 効率補償に関連し、ブロック 6 3 及び 6 4 は主に電圧補償、具体的には、 V_{th} / V_{oled} 補償に関連する。

【0092】

図 6 B は、ブロック 6 1 及び 6 2 の拡大図である。上記のように、サブピクセルの場所 6 0 1 を用いて、格納されたターゲット信号 $i_o 6 1 1$ 及び格納された直近の電流測定値 $i_1 6 1 2$ を検索し、パーセント電流 6 1 3、すなわち、ステータス信号が計算される。

【0093】

パーセント電流 6 1 3 は次の処理ステージ 6 3 に送出され、パーセント O L E D 効率 6 1 4 を求めるためにモデル 6 9 5 にも入力される。モデル 6 9 5 は効率 6 1 4 を出力し、その効率は、直近の測定時に所与の電流の場合に放射された光の量を、製造時にその電流

の場合に放射された光の量で割った値である。電流利得があるピクセルの場合、効率損失を計算するのは難しい可能性があるので、1より大きな任意のパーセント電流は1、すなわち無損失の効率を生成することができる。O L E D効率が指示される電流に依存する場合、破線の矢印によって示されるように、モデル695は線形コード値602の関数とすることもできる。モデル695への入力として線形コード値602を含むか否かは、パネル設計の寿命試験及びモデル化によって決定することができる。

【0094】

図12を参照すると、本発明者らは、効率が一般的に電流密度及び製造後経過時間の関数であることに気がついている。図12の各曲線は、電流密度 I_{ds} をエミッター面積で割った値と、特定の時点まで経時変化したO L E Dの場合の効率(L_{oled} / I_{ds})との関係を示す。製造後経過時間は、当該技術分野において既知であるT表記を用いて凡例において示される。たとえば、T86は、たとえば、 $20\text{ mA} / \text{cm}^2$ の試験電流密度における86%効率を示す。

【0095】

図6Bを再び参照すると、それゆえ、モデル695は、電流密度及び製造後経過時間を補償するための指数項(又は何らかの他の実施態様)を含む。電流密度は、指示される電圧を表す線形コード値602に線形に関連付けられる。それゆえ、モデル695がその一部である補償器13は、ステータス信号(パーセント電流613)及び線形コード値602の両方に応答して線形コード値を変更し、各E Lサブピクセル内の駆動トランジスタ及びE Lエミッターの特性の変動、そして具体的には、各E Lサブピクセル内のE Lエミッターの効率の変動を補償することができる。

【0096】

同時に、補償器は、線形コード値602、たとえば、指示される電圧入力を受信する。この線形コード値602は、所望の電流621を求めるために製造時に測定されたパネルの元のI-V曲線691に通される。所望の電流の場合の光出力をその製造時の値に戻すために、演算628において、これがパーセント効率614で除算される。結果として生成されるブースト電流は、その後、曲線691の反転である曲線692に通され、効率損失がある場合に、どの指示電圧が望まれる光の量を生成するかを判断する。曲線692からの値は、効率調整済み電圧622として次のステージに渡される。

【0097】

効率補償が望まれない場合には、線形コード値602は、オプションのバイパス経路626として示されるように、変更されずに効率調整済み電圧622として次のステージに送られる。効率補償が望まれない場合であっても、依然としてパーセント電流613は計算されるが、パーセント効率614は計算不要である。

【0098】

図6Cは、図6Aのブロック63及び64の拡大図である。それは、先行するステージから、パーセント電流613及び効率調整済み電圧622を受信する。ブロック63「補償を得る」は、反転I-V曲線692を通してパーセント電流613をマッピングし、その結果を測定基準ゲート電圧(510)から減算し(図5A 513)、 V_{th} シフト V_{th} 631を見つける。ブロック64「補償する」は演算633を含み、その演算は、式1に与えられるように、補償済み電圧出力603を計算する。

$$V_{out} = (m_g * V_{in} + m_o) + V_{th} (1 + (V_{g,ref} - V_{in})) \quad (\text{式1})$$

ただし、 V_{out} は、補償済み電圧出力603であり、 V_{th} は電圧シフト631であり、

m_g はアルファ値632であり、 $V_{g,ref}$ は測定基準ゲート電圧510であり、 V_{in} は効率的な調整済み電圧622であり、 m_g はむら補償利得項615であり、 m_o はむら補償オフセット項616である。式1は、むら補償及び経時変化補償の両方を実行する。それは、各サブピクセル内の駆動トランジスタ及びE Lエミッターの特性のサブピクセル間変動、又は経時的変動をそれぞれ補償する。しかしながら、これら2つの補償は個別に実行することができる。経時変化補償のみの場合、 m_g の乗算及び m_o の加算は省くことができる。ステータス信号生成ユニット240の上記の第3の実施形態によるむら補償のみの場合、

10

20

30

40

50

V_{th} 項の加算を省くことができる。補償済み電圧出力は、ソースドライバ 14 のための変更済み線形コード値として表すことができ、駆動トランジスタ及び EL エミッターの特性の変動を補償する。

【0099】

直線的な V_{th} シフトの場合、 V_{th} は 0 であり、演算 633 は、効率調整済み電圧 622 に V_{th} シフト量を加算することに簡約される。任意の特定のピクセルの場合に、新たな測定が行なわれるまで、加算する量は一定である。それゆえ、演算 633 において加算する電圧は、測定が行なわれた後に予め計算することができ、ブロック 63 及び 64 を、格納された値を探索し、それを加算することに短縮できるようになる。これは、ロジックを大幅に節約することができる。

10

【0100】

領域間処理及びビット深度

当該技術分野において既知の画像処理経路は通常非線形コード値 (NL CV)、すなわち、輝度に対して非線形の関係性を有するデジタル値を生成する (Giorgianni & Madden 著「Digital Color Management: encoding solutions」(Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1998. Ch. 13, pp. 283-295))。非線形出力を用いることは、通常のソースドライバの入力領域に一致し、かつコード値精度範囲を人の目の精度範囲に一致させる。しかしながら、 V_{th} シフトは電圧領域動作であるので、線形電圧空間において実施されることが好ましい。ソースドライバ 14 を使用し、ソースドライバ 14 の前に領域変換を実行して、非線形領域画像処理経路を線形領域補償器と実効的に統合することができる。この検討はデジタル処理に関するものであるが、アナログ又はデジタル/アナログ混在システムにおいても同様の処理を実行することに留意されたい。また、補償器は、電圧以外の線形空間において動作することにも留意されたい。たとえば、補償器は線形電圧空間において動作することができる。

20

【0101】

図 7 を参照すると、象限 I 127 において領域変換ユニット 12、そして象限 I I 137 において補償器 13 の効果に関するジョーンズダイアグラム表示が示される。この図は、これらのユニットの数学的な効果を示しており、それらのユニットが如何に実現されるかを示すものではない。これらのユニットの実施態様はアナログ又はデジタルとすることができ、ルックアップテーブル又は関数を含むことができる。象限 I は領域変換ユニット 12 の動作を表す。軸 701 上の、非線形コード値 (NL CV) とすることができ、非線形入力信号が、変換 711 を通してマッピングすることによって変換され、軸 702 上に線形コード値 (LC V) を形成する。象限 I I は補償器 13 の動作を表す。軸 702 上の LC V が 721 及び 722 のような変換を通してマッピングされ、軸 703 上に変更済み線形コード値 (CL CV) を形成する。

30

【0102】

象限 I を参照すると、領域変換ユニット 12 がサブピクセル毎にそれぞれの NL CV を受信し、それを LC V に変換する。この変換は、輪郭化及び粒状の黒い染み (crushed blacks) のような目に見える不快なアーティファクトを避けるのに十分な分解能を用いて実行されるべきである。デジタルシステムでは、NL CV 軸 701 は、図 7 に示されるように、量子化することができる。LC V 軸 702 は、2 つの隣接する NL CV 間の変換 711 の最も小さな変化を表すのに十分な分解能を有することができることが好ましい。これは、NL CV ステップ 712 及び対応する LC V ステップ 713 として示される。LC V は、その名の通りに線形であるので、LC V 軸 702 全体の分解能は、ステップ 713 を表すのに十分にすべきである。それゆえ、画像情報の損失を避けるために、LC V は、NL CV よりも細かい分解能を用いて規定することが好ましい。その分解能は、ナイキストサンプリング定理から類推して、ステップ 713 の 2 倍とすることができる。

40

【0103】

変換 711 は、経時変化していないサブピクセルのための理想的な変換である。それは、任意のサブピクセル又はパネル全体の経時変化との関係を持たない。具体的には、変換

50

711は、いかなる V_{th} 、 V_{oled} 又はOLEDの効率変化によっても変更されない。全ての色に対して1つの変換が存在することができるか、又は色毎に1つの変換が存在することができる。領域変換ユニットは、変換711を通して、画像処理経路を補償器から切り離し、2つが情報を共有する必要なく一緒に動作できるようにするので好都合である。これは、両方の実施態様を簡単にする。領域変換ユニット12は、LCDソースドライバに類似のルックアップテーブル又は関数として実施することができる。

【0104】

象限IIを参照すると、補償器13が、サブピクセル毎に、LCVを変更済み線形コード値(CLCV)に変更する。図7は簡単な事例であり、一般性を失うことなく、直線的な V_{th} シフトを補正する。直線的な V_{th} シフトは、LCVからCLCVへの直線的な電圧シフトによって補正することができる。他の経時変化作用は、「実施態様」において上記で説明されたように取り扱うことができる。

10

【0105】

変換721は、経時変化したサブピクセルの場合の補償器の挙動を表す。したがって、CLCVはLCVと同じとすることができる。変換722は、経時変化したサブピクセルの場合の補償器の挙動を表す。CLCVは、LCVに該当のサブピクセルの V_{th} シフトを表すオフセットをプラスしたものとすることができる。結果として、補償のためのヘッドルームを与えるために、CLCVは一般的に、LCVよりも大きな範囲を必要とすることになる。たとえば、サブピクセルが、新品であるときには256LCVを必要とし、その寿命にわたる最大シフトが128LCVである場合には、大きく経時変化したサブピクセルの補償をクリップするのを避けるために、CLCVは、最大で $384 = 256 + 128$ までの値を表すことができる必要がある。

20

【0106】

図7は、領域変換ユニット及び補償器の作用の1つの完全な例を示す。図7の一点鎖線の矢印に従うと、3のNL CVが、象限Iにおいて示されるように、領域変換ユニット12によって、変換711を通して9のLCVに変換される。経時変化していないサブピクセルの場合、補償器13は、象限IIにおいて示されるように、変換721を通してそれを9のCLCVとして渡すことになる。12CLCVに類似の V_{th} シフトを有する経時変化したサブピクセルの場合、9のLCVは、変換722を通して、 $9 + 12 = 21$ のCLCVに変換されることになる。

30

【0107】

一実施形態では、画像処理経路からのNL CVは9ビット幅である。LCVは11ビット幅である。非線形入力信号から線形コード値への変換は、LUT又は関数によって実行することができる。補償器は、所望の電圧を表す11ビット線形コード値を取り込み、12ビット変更済み線形コード値を生成し、ソースドライバ14に送る。その後、ソースドライバ14は、変更済み線形コード値に応答して、取り付けられたELサブピクセルの駆動トランジスタのゲート電極を駆動することができる。補償器は、補償のためのヘッドルームを与えるために、すなわち、電圧範囲78を電圧範囲79に拡張し、同時に、最小線形コード値ステップ713の場合に必要とされるように、新たな拡張された範囲にわたって同じ分解能を保持するために、その入力よりも、その出力において大きなビット深度を有することができる。補償器出力範囲は、変換721の範囲より下に、かつその上に拡張することができる。

40

【0108】

パネルの設計寿命にわたって最大の V_{th} シフト73、 V_{oled} 上昇及び効率損失がどの程度であるかを判断するために各パネル設計を特徴付けることができ、補償器13及びソースドライバ14は、補償するだけの十分な範囲を有することができる。この特徴付けは、標準的なトランジスタ飽和領域 I_{ds} の式を介して、要求される電流から要求されるゲートバイアス及びトランジスタ寸法に進むことができ、その後、経時的な $a-Si$ 劣化のための当該技術分野において知られている種々のモデルを介して、経時的な V_{th} シフトに進むことができる。

50

【 0 1 0 9 】

動作の流れ

パネル設計特徴付け

このセクションは、特定の O L E D パネル設計の大量生産との関連で説明される。大量生産を開始する前に、その設計を特徴付けることができる。加速寿命試験を実行することができ、種々のレベルまで経時変化した種々のサンプルパネル上の種々の色の種々のサブピクセルに対して I - V 曲線が測定される。必要とされる測定の数及びタイプ、並びに経時変化レベルの数及びタイプは、特定のパネルの特性による。これらの測定値を用いて、値アルファ () を計算することができ、測定基準ゲート電圧を選択することができる。アルファ (図 6 C 6 3 2) は、経時的な直線シフトからの偏差を表す値である。0 の値は、たとえば、 V_{th} シフトのみの場合に当てはまるように、全ての経時変化が電圧軸上で直線的なシフトであることを示す。測定基準ゲート電圧 (図 5 A 5 1 0) は、補償のために経時変化信号測定が行なわれる電圧であり、許容可能な S / N 比を与えつつ、かつ電力損を低く抑えるように選択することができる。

10

【 0 1 1 0 】

値は最適化によって計算することができる。一例が表 1 に与えられる。複数の経時変化条件下で、複数のゲート電圧において V_{th} を測定することができる。その後、各 V_{th} と測定基準ゲート電圧 5 1 0 における V_{th} との間で、 V_{th} 差が計算される。各ゲート電圧と測定基準ゲート電圧 5 1 0 との間で V_g 差が計算される。その後、式内の V_{th} として測定基準ゲート電圧 5 1 0 における適切な V_{th} を用いて、かつ ($V_{g,ref} - V_{in}$) として適切な計算されたゲート電圧差を用いて、測定毎に式 1 の内項、 $V_{th} \cdot (V_{g,ref} - V_{in})$ を計算して、予測される V_{th} 差を生成することができる。その後、値を繰返し選択して、予測される V_{th} 差と計算された V_{th} 差との間の誤差を低減し、好ましくは数学的に最小限にすることができる。誤差は、最大差又は R M S 差として表すことができる。 V_g 差の関数としての V_{th} 差の最小二乗当てはめのような、当該技術分野において既知である代替の方法を用いることもできる。

20

【 0 1 1 1 】

【表 1】

V_g	ΔV_{th}		V_g		ΔV_{th}		予測される ΔV_{th} 差		誤差	
	1日目	8日目	1日目	8日目	1日目	8日目	1日目	8日目	1日目	8日目
ref=13.35	0.96	2.07	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12.54	1.05	2.17	0.81	0.09	0.1	0.04	0.08	0.05	0.02	
11.72	1.1	2.23	1.63	0.14	0.16	0.08	0.17	0.06	-0.01	
10.06	1.2	2.32	3.29	0.24	0.25	0.16	0.33	0.08	-0.08	
$V_{g,ref} - V_{in}$										
$\alpha = 0.0491$										max=0.08

表1: α 計算の例

10

20

30

【0112】

及び測定基準ゲート電圧に加えて、特徴付けによって、上記のように、 V_{th} シフトの関数としての V_{oled} シフト、 V_{th} シフトの関数としての効率損失、サブピクセル当たりの自己発熱成分、最大 V_{th} シフト、 V_{oled} シフト及び効率損失、並びに非線形/線形変換及び補償器において必要とされる分解能も決定することができる。必要とされる分解能は、同じ譲受人に譲渡される同時係属の米国特許出願公開第2008/0252653号のようなパネル校正手順に関連して特徴付けることができ、その開示は本明細書に援用される。下記で「現場において」で説明されるように、特徴付けによって、現場において特徴付け測定を行なうための条件、及び特定のパネル設計の場合に、ステータス信号生成ユニット240のどの実施形態を使用すべきであるかも決定することができる。これら全ての決定は、当業者が行うことができる。

40

【0113】

大量生産

設計が特徴付けられると、大量生産を開始することができる。製造時に、ステータス信号生成ユニット240の選択された実施形態に従って、生産されるパネル毎に適切な値が測定される。たとえば、I-V曲線及びサブピクセル電流を測定することができる。I-V曲線は、複数のサブピクセルのための曲線の平均とすることができる。パネルの異なる

50

色毎に、又は異なる領域毎に別々の曲線が存在することができる。現実的な I - V 曲線を形成するだけの十分な駆動電圧において電流を測定することができ、I - V 曲線における任意の誤差が結果に影響を及ぼす可能性がある。測定基準ゲート電圧においてサブピクセル電流を測定して、ターゲット信号 $i_{0.611}$ を与えることができる。むら補償の場合、サブピクセル毎に 2 回の測定が行なわれ、 m_g 及び m_o の値が計算される。I - V 曲線、基準電流及びむら補償値は、パネルに関連付けられる不揮発性メモリに格納され、現場に送られる。

【0114】

現場において

現場に出ると、パネル上のサブピクセルは、如何に激しく駆動されるかに応じて異なる速度で経時変化する。しばらくして、1 つ又は複数のピクセルが、補償される必要があるほど十分にシフトした。その時点を見極める方法が、以下において検討される。

【0115】

補償するために、補償測定が行なわれ、適用される。補償測定値は、測定基準ゲート電圧における各サブピクセルの電流からなる。測定値は、上記の「アルゴリズム」において説明されるように適用される。測定値は格納されるので、次の時点に測定が行なわれるまで、そのサブピクセルが駆動されるときにはいつでも適用することができる。補償測定を行なうときに、シーケンスコントローラ 37 が、パネル全体、又はその任意のサブセットを選択することができる。任意のサブピクセルを駆動するとき、その補償において、そのサブピクセルのための直近の測定値を用いることができる。直近に測定されたサブピクセルからのステータス信号を補間して、直近の測定パスにおいて測定されないサブピクセルのための更新済みステータス信号を推定することもできる。こうして、或る時点において、サブピクセルの第 1 のサブセットを測定することができ、別の時点で第 2 のサブセットを測定することができ、それにより、直近の測定パスにおいて全てのサブピクセルが測定されていない場合であっても、パネルにわたって補償できるようになる。1 つのサブピクセルよりも大きなブロックを測定し、ブロック内の全てのサブピクセルに同じ補償を適用することもできるが、それには、ブロック境界アーティファクトを導入するのを避けるために注意を要する。さらに、1 サブピクセルよりも大きなブロックを測定することは、高い空間周波数パターンが目に見える焼き付きを受けやすくする：そのようなパターンは、ブロックサイズよりも小さな特徴を有する可能性がある。この焼き付きへの弱さは、個々のサブピクセルに比べて複数サブピクセルのブロックを測定するために必要とされる時間が短いことに対するトレードオフとすることができる。

【0116】

補償測定は、所望により、頻繁に行なうことも、稀にしか行なわないこともできる。通常の範囲は、8 時間に一度から 4 週間に一度とすることができる。図 8 は、パネルの動作時間の関数としての、補償測定が行なわれるべき頻度の一例を示す。この曲線は一例にすぎない。実際には、その設計の加速寿命試験を通して、任意の特定のパネル設計について、この曲線を決定することができる。測定頻度は、駆動トランジスタ及び EL エミッターの特性の経時的な変化速度に基づいて選択することができる。パネルが新品であるときには、いずれのシフトも速いので、パネルが新品であるときには、古いときよりも、頻繁に補償測定を行なうことができる。補償測定を行なう時点を見極める複数の方法がある。たとえば、或る所与の駆動電圧において動作中であるパネル全体によって引き込まれる全電流を測定し、同じ測定の以前の結果と比較することができる。別の例では、温度、周囲光のような、パネルに影響を及ぼす環境要因を測定することができ、たとえば、周囲温度が或るしきい値よりも大きく変化している場合には、補償測定を行なうことができる。代替的には、パネルの画像エリアにおいて、又はその外側において、個々のサブピクセルの電流を測定することができる。パネルの画像エリア外にある場合には、そのサブピクセルは測定のために設けられる基準サブピクセルとすることができる。サブピクセルは、周囲条件の所望のいかなる部分にも晒すことができる。たとえば、サブピクセルが、周囲光ではなく、周囲温度に応答するように、サブピクセルを不透明な材料で覆うことができる。

【 0 1 1 7 】

本発明は、特定の好ましい実施形態を特に参照しながら詳細に説明されてきたが、本発明の精神及び範囲内で複数の変形及び変更をもたらすことができることは理解されよう。

【 0 1 1 8 】

たとえば、図 2 に示される E L サブピクセル 1 5 は、N チャネル駆動トランジスタ及び非反転 E L 構造のためのものある。E L エミッター 2 0 2 は、第 2 の供給電極 2 0 5 に関連付けられ、その電極は駆動トランジスタ 2 0 1 のソース電極であり、ゲート電極 2 0 3 上の電圧が高いほど、多くの光出力を指示し、電圧供給源 2 1 1 は、第 2 の電圧供給源 2 0 6 に対して正であるので、電流は 2 1 1 から 2 0 6 に流れる。しかしながら、本発明は、P チャネル又は N チャネル駆動トランジスタ、及び非反転（共通カソード）又は反転（共通アノード）E L エミッターの任意の組み合わせに適用することができる。これらの場合の回路に対する適切な変更は当該技術分野において既知である。

10

【 0 1 1 9 】

好ましい実施形態では、本発明は、有機発光ダイオード（O L E D）を含むディスプレイパネルにおいて用いられ、それらの有機発光ダイオードは、限定はしないが、Tang 他による米国特許第 4, 7 6 9, 2 9 2 号及び VanSlyke 他による米国特許第 5, 0 6 1, 5 6 9 号において開示されるような、小分子又は高分子 O L E D から構成される。有機発光ダイオード材料の多くの組み合わせ及び変形を用いて、そのようなパネルを製造することができる。図 2 を参照すると、E L エミッター 2 0 2 が O L E D エミッターであるとき、E L サブピクセル 1 5 は O L E D サブピクセルである。本発明は、O L E D 以外の E L エミッターにも当てはまる。他の E L エミッタータイプの劣化モードは、本明細書において記述される劣化モードとは異なる可能性があるが、それでも、本発明の測定、モデル化及び補償技法を適用することができる。

20

【 0 1 2 0 】

上記の実施形態は、時間の関数として安定していないか（a - S i 等）、初期不均一性を示す任意のアクティブマトリックスバックプレーンに適用することができる。たとえば、有機半導体材料及び酸化亜鉛から形成されるトランジスタは、時間の関数として変化することが知られており、それゆえ、この同じ手法をこれらのトランジスタにも適用することができる。さらに、本発明はトランジスタの経時変化から独立して、E L エミッターの経時変化を補償することができるので、本発明は、低温ポリシリコン（L T P S）T F T のような、経時変化しないトランジスタを用いるアクティブマトリックスバックプレーンにも適用することができる。L T P S バックプレーンでは、駆動トランジスタ 2 0 1 及び選択トランジスタ 3 6 は低温ポリシリコントランジスタである。

30

【 符号の説明 】

【 0 1 2 1 】

- 1 0 全体システム
- 1 1 非線形入力信号
- 1 2 線形領域へのコンバータ
- 1 3 補償器
- 1 4 ソースドライバ
- 1 5 E L サブピクセル
- 1 6 電流測定回路
- 3 0 E L パネル
- 3 2 列線
- 3 2 a 列線
- 3 2 b 列線
- 3 2 c 列線
- 3 3 ゲートドライバ
- 3 4 a 行線
- 3 4 b 行線

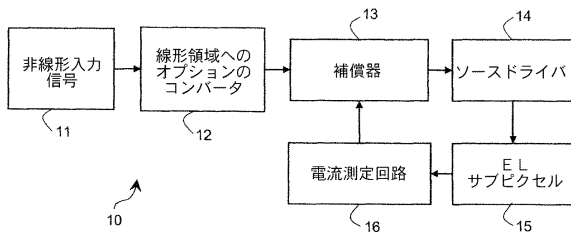
40

50

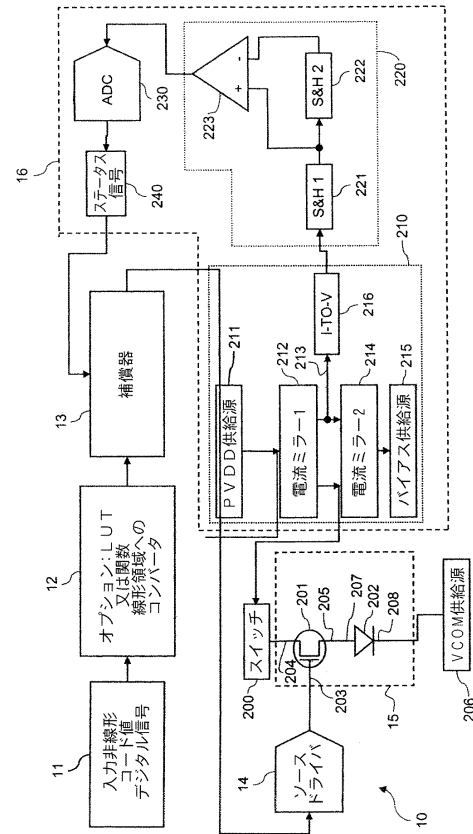
3 4 c	行線	
3 5	サブピクセルマトリックス	
3 6	選択トランジスタ	
3 7	シーケンスコントローラ	
4 1	電流	
4 2	電流	
4 3	差	
4 9	暗電流	
6 1	ブロック	
6 2	ブロック	10
6 3	ブロック	
6 4	ブロック	
7 8	電圧範囲 (注記: 3 6 ページ)	
7 9	電圧範囲 (注記: 3 6 ページ)	
9 0	直線の当てはめ	
1 2 7	象限	
1 3 7	象限	
2 0 0	スイッチ	
2 0 1	駆動トランジスタ	
2 0 2	E L エミッター	20
2 0 3	ゲート電極	
2 0 4	第 1 の供給電極	
2 0 5	第 2 の供給電極	
2 0 6	電圧供給源	
2 0 7	第 1 の電極	
2 0 8	第 2 の電極	
2 1 0	電流ミラーユニット	
2 1 1	電圧供給源	
2 1 2	第 1 の電流ミラー	
2 1 3	第 1 の電流ミラー出力	30
2 1 4	第 2 の電流ミラー	
2 1 5	バイアス供給源	
2 1 6	電流 / 電圧コンバータ	
2 2 0	相関ダブルサンプリングユニット	
2 2 1	サンプルアンドホールドユニット	
2 2 2	サンプルアンドホールドユニット	
2 2 3	差動増幅器	
2 3 0	アナログ / デジタルコンバータ	
2 4 0	ステータス信号生成ユニット	
4 2 1	自己発熱量	40
4 2 2	自己発熱量	
4 2 3	測定	
4 2 4	電流	
5 0 1	経時変化していない I - V 曲線	
5 0 2	経時変化した I - V 曲線	
5 0 3	電圧差	
5 0 4	電圧差	
5 0 5	電圧差	
5 0 6	電圧差	
5 1 0	測定基準ゲート電圧	50

5 1 1	電流	
5 1 2 a	電流	
5 1 2 b	電流	
5 1 3	電圧	
5 1 4	電圧シフト	
5 2 1	I - V 曲線	
5 2 2	I - V 曲線	
5 3 0	基準 I - V 曲線	
5 3 1	補償済み I - V 曲線	
5 3 2	補償済み I - V 曲線	10
5 4 1	誤差曲線	
5 4 2	誤差曲線	
5 5 0	電圧シフト	
5 5 2	電圧シフト	
6 0 1	場所	
6 0 2	線形コード値	
6 0 3	補償済み電圧出力	
6 1 1	ターゲット信号	
6 1 2	測定値	
6 1 3	パーセント電流	20
6 1 4	パーセント効率	
6 1 5	むら補正利得項	
6 1 6	むら補償オフセット項	
6 1 9	メモリ	
6 2 1	電流	
6 2 2	電圧	
6 2 6	バイパス経路	
6 2 8	演算	
6 3 1	電圧シフト	
6 3 2	アルファ値	30
6 3 3	演算	
6 9 1	I - V 曲線	
6 9 2	I - V 曲線の反転	
6 9 5	モデル	
7 0 1	軸	
7 0 2	軸	
7 0 3	軸	
7 1 1	変換における最小の変化	
7 1 2	ステップ	
7 1 3	ステップ	40
7 2 1	変換	
7 2 2	変換	
1 0 0 2	ストレージキャパシタ	
1 0 1 1	バス線	
1 0 1 2	シートカソード	

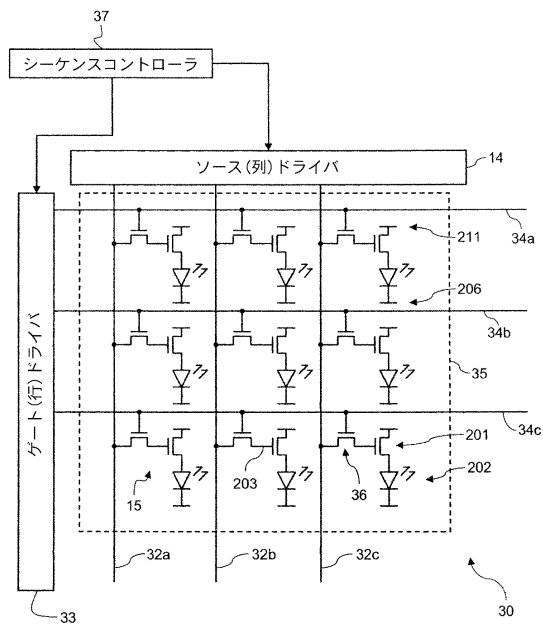
【図 1】



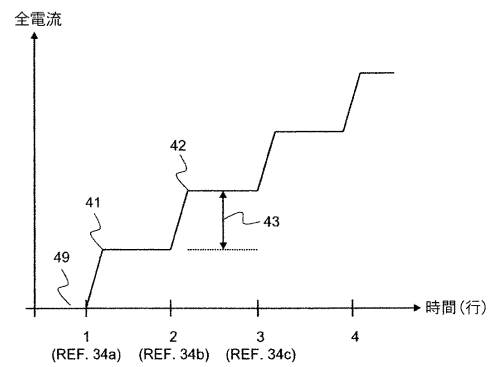
【図 2】



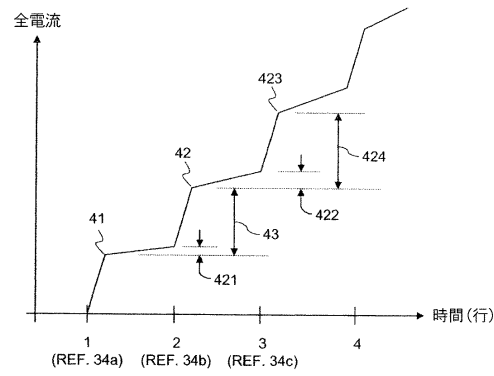
【図 3】



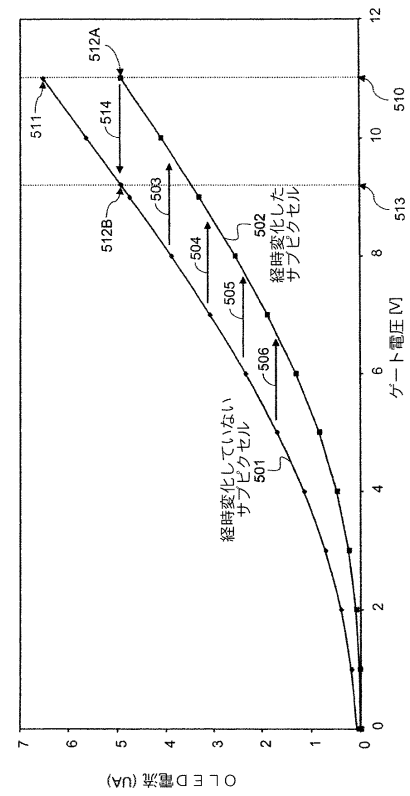
【図 4 A】



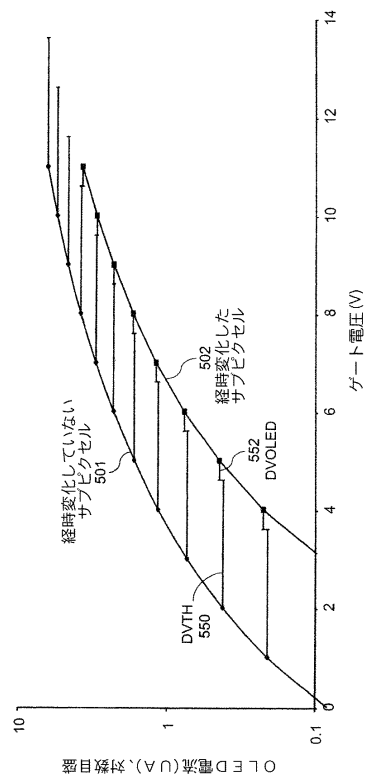
【図 4 B】



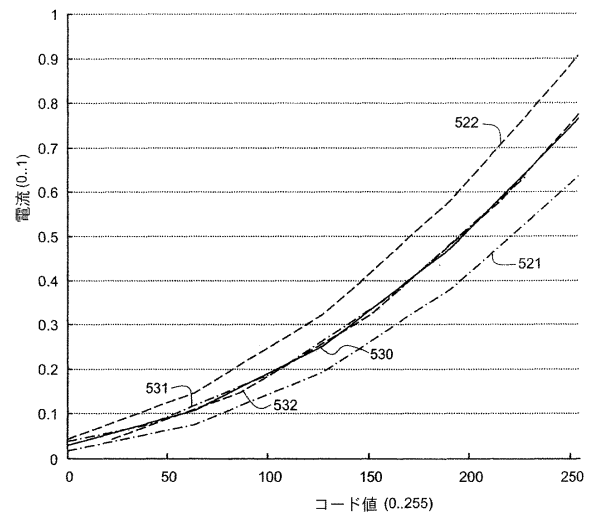
【図 5 A】



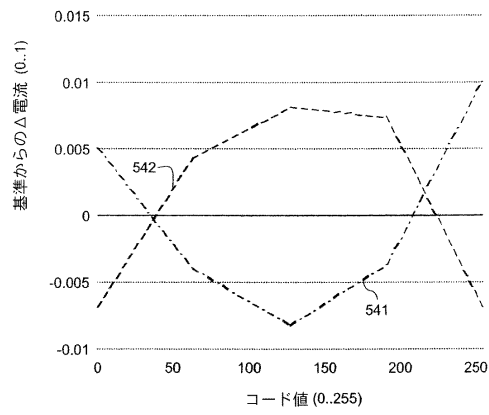
【図 5 B】



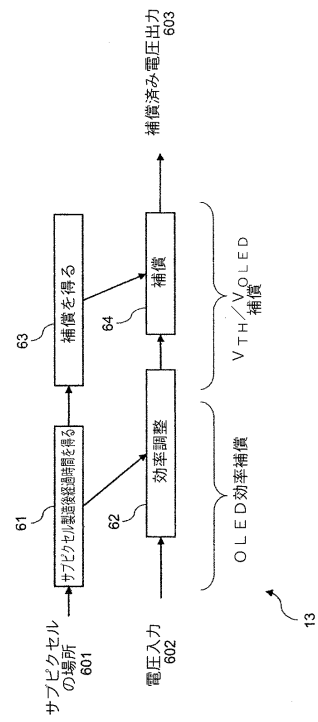
【図 5 C】



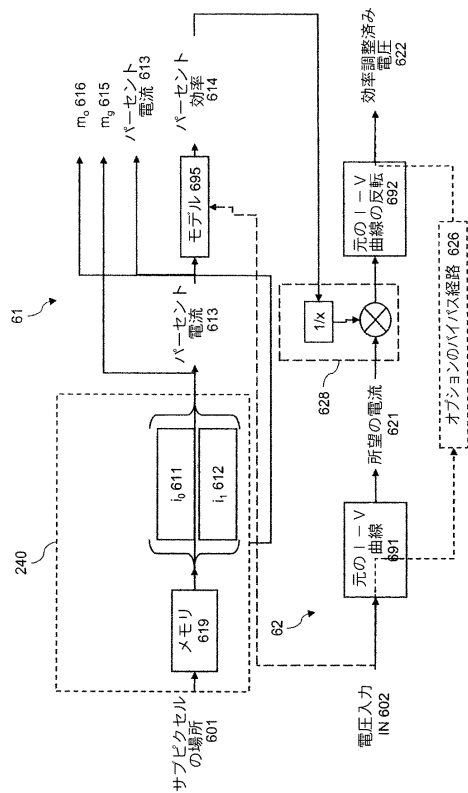
【図 5 D】



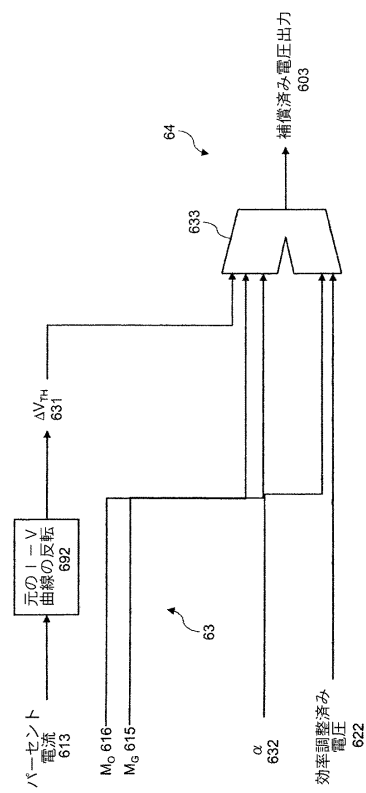
【図 6 A】



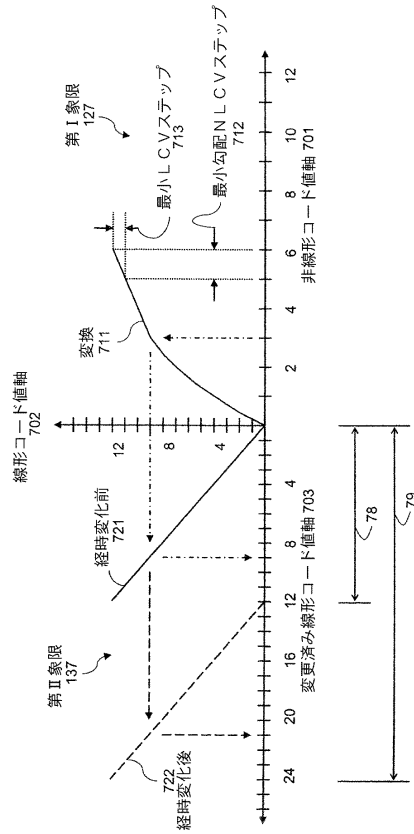
【図 6 B】



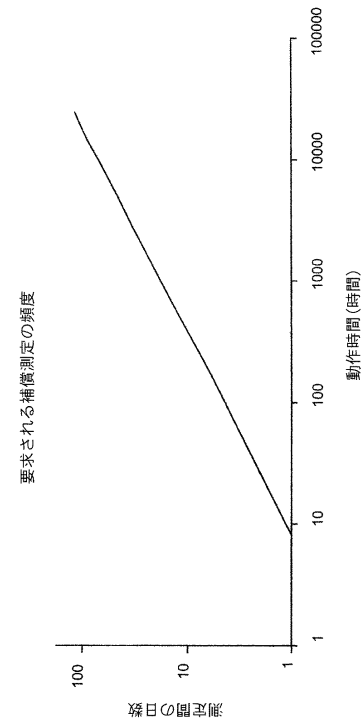
【図 6 C】



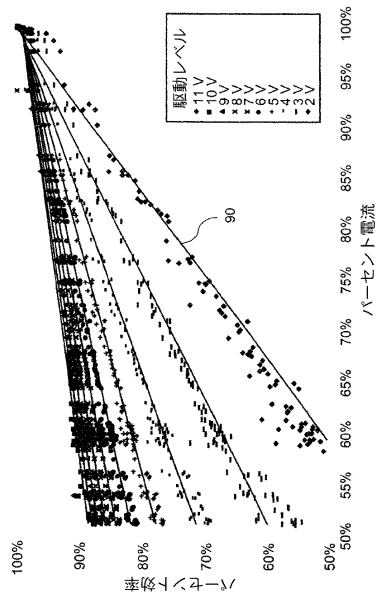
【図 7】



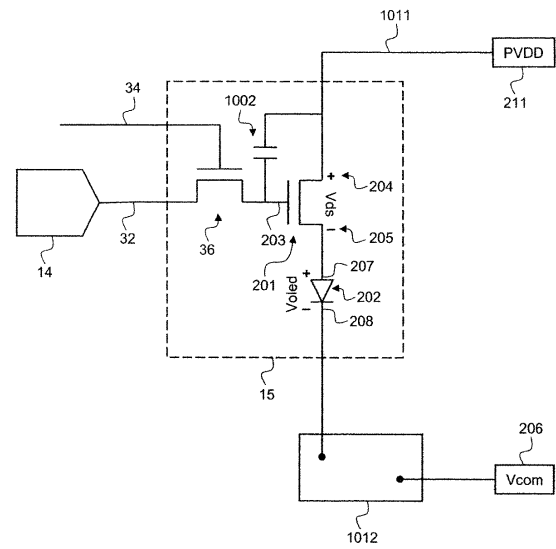
【図 8】



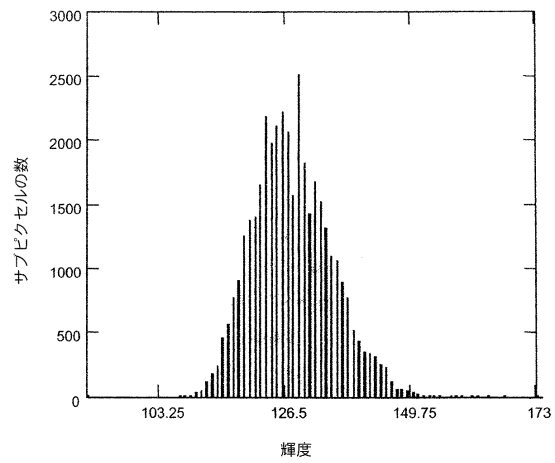
【図 9】



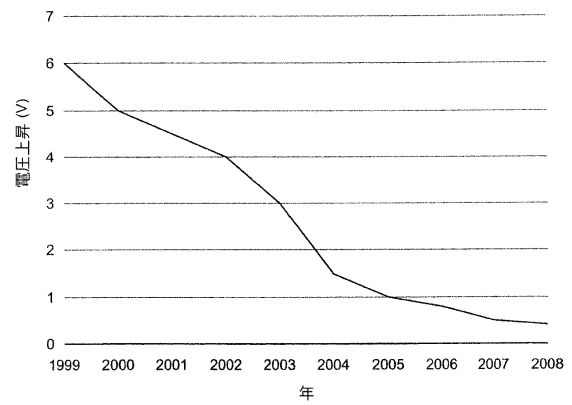
【図 10】



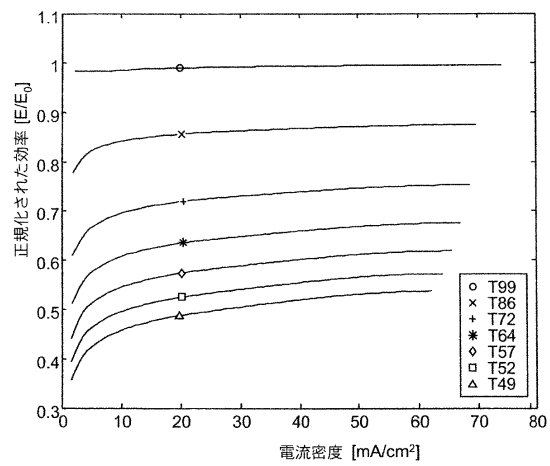
【図 1 1 A】



【図 1 1 B】



【図 1 2】



フロントページの続き

(74)代理人 100110423

弁理士 曾我 道治

(74)代理人 100111648

弁理士 梶並 順

(74)代理人 100147566

弁理士 上田 俊一

(72)発明者 リーヴィー、チャールズ・アイ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ロチェスター、ステイト・ストリート 343、ケアオヴ・イ
ーストマン・コダック・カンパニー

(72)発明者 ハイマー、ジョン・ダブリュー

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ロチェスター、シュトラウブ・ロード 226

審査官 小川 浩史

(56)参考文献 特表2012-519880(JP,A)

米国特許出願公開第2009/0160740(US,A1)

米国特許出願公開第2008/0122760(US,A1)

特開2005-64001(JP,A)

特開2005-64053(JP,A)

米国特許出願公開第2010/0123699(US,A1)

特開2002-229513(JP,A)

特開2003-195813(JP,A)

特開2007-235627(JP,A)

特表2012-509503(JP,A)

特表2011-508260(JP,A)

特表2010-511204(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G09G 3/20-3/38