

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5676105号
(P5676105)

(45) 発行日 平成27年2月25日 (2015. 2. 25)

(24) 登録日 平成27年1月9日 (2015. 1. 9)

(51) Int. Cl.	F I
G09G 3/30 (2006.01)	G09G 3/30 K
G09G 3/20 (2006.01)	G09G 3/20 611J
H05B 33/12 (2006.01)	G09G 3/20 612E
H01L 51/50 (2006.01)	G09G 3/20 612U
	G09G 3/20 624B
請求項の数 1 (全 24 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2009-535269 (P2009-535269)
 (86) (22) 出願日 平成19年10月18日 (2007. 10. 18)
 (65) 公表番号 特表2010-508559 (P2010-508559A)
 (43) 公表日 平成22年3月18日 (2010. 3. 18)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2007/022272
 (87) 国際公開番号 W02008/057187
 (87) 国際公開日 平成20年5月15日 (2008. 5. 15)
 審査請求日 平成22年10月18日 (2010. 10. 18)
 審判番号 不服2013-20818 (P2013-20818/J1)
 審判請求日 平成25年10月25日 (2013. 10. 25)
 (31) 優先権主張番号 11/555, 455
 (32) 優先日 平成18年11月1日 (2006. 11. 1)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 510059907
 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
 アメリカ合衆国, バージニア 2017
 1, ハーンドン, パーク センター ロー
 ド 13873, スイート 330
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100092624
 弁理士 鶴田 準一
 (74) 代理人 100114018
 弁理士 南山 知広
 (74) 代理人 100151459
 弁理士 中村 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力線電圧降下に応答するデータ調整によるアクティブマトリクス電子発光ディスプレイ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アクティブマトリクス電子発光ディスプレイシステムであって、

a) 領域の配列からなるディスプレイであって、各該領域への電流は対の電力線により提供され、少なくとも一つの電力線はディスプレイの第1ディメンションに沿って方向付けられ、各領域は発光のための発光素子の配列を含むディスプレイと、

b) 画像信号に応じて各発光素子への電流を独立に制御するためのピクセル駆動回路であって、該発光素子による光出力強度は各発光素子に提供される電流に応じて決まる駆動回路と、

c) あらゆる一つの領域内のピクセル駆動回路が遅れずにいつ何時でもデータ信号を受け取るように選択されることを可能とする、各領域配列内のピクセル駆動回路に信号を順次提供するための第1ディメンションに沿って方向付けられる選択線の配列と、

d) 第1ディメンションに垂直であるディスプレイの第2ディメンションに沿って方向付けられるデータ線の配列であって、該データ線は各発光素子用のピクセル駆動回路に画像信号を提供するデータ線の配列と、

e) ピクセル駆動回路を駆動するためのデータ用の入力画像信号を受け取ると共に、データ線および選択線を通して提供される信号を通してディスプレイの各領域中の発光素子を駆動するための変換画像信号を生成するための1以上のディスプレイドライバであって、1以上の該ディスプレイドライバは、領域配列の各領域内の発光素子を駆動するための入力画像信号を順次受け取り、各領域に対して受け取った入力画像信号を分析して、

10

20

さらなる修正なしで用いられる場合、デバイスアーキテクチャおよびデバイス部品の材料および性能特性に基づき、各領域に電流を提供する少なくとも一つの電力線に沿っての少なくとも1点で生じるであろう電流を推定し、および入力画像信号および推定電流の関数として各領域中の発光素子を駆動するための変換画像信号を生成するディスプレイドライバーと、を含み、

i) 前記1以上のディスプレイドライバーは、1つの領域内の各発光素子により必要とされる電流の推定値を計算し、各領域について必要な全電流の推定値を提供するために加算し、

ii) 前記各領域について最大許容電流を取得し、

iii) 前記各領域について、前記の推定された全電流に対する前記最大許容電流の比率を計算し、

iv) 前記入力画像信号に前記比率を乗算して変換画像信号を生成し、

前記最大許容電流は、前記電力線に電流を供給する電源から離れた電力線の末端近くの所定の領域のうち、ディスプレイの黒色面と同じ電力線により駆動される第1の領域及びディスプレイの白色面と同じ電力線により駆動される第2の領域に、均一な灰色を表示させたときに、前記第1の領域と前記第2の領域との境界で隣接する発光素子間で生じる輝度変化を所定のレベルに抑えることができる最大の電流である、

ことを特徴とするアクティブマトリクス電子発光ディスプレイシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、能動的に対応する電子発光ディスプレイシステム、および電力供給線に沿っての電圧損失補償に対する入力画像情報に応じてアクティブマトリクス電子発光ディスプレイの挙動を自動的に調整するための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

陰極線管(CRT)および蛍光体のプラズマ励起に基づくディスプレイを含む自発光型ディスプレイ技術は、これらの技術が、本来、液晶を用いて製造されるディスプレイ(LCD)などの反射型または透過型ディスプレイ技術に対して優れた性能特性を有するので、多くの用途内で非常に好まれてきた。これらのディスプレイの優れた特性の中には、より高いダイナミック・レンジ、より広い視角、および、多くの場合、より低い電力消費量が挙げられる。しかし、自発光型ディスプレイ技術の電力消費量は、一般的な自発光型ディスプレイが黒い画像を生成するにはほとんど出力を必要としないが、しかし、高度に輝く白色画像を生成するには有意により高い出力を必要とするので、直接的にディスプレイ素子に対する入力である信号に応じて決まる。つい最近、ディスプレイおよび他の発光素子で用いる有機発光ダイオード(OLED)が検討されてきた。CRTおよびプラズマディスプレイのようにOLEDに基づき構築されるデバイスは自発光型であり、電力消費量が入力信号に応じて決まるという特性を有する。

【0003】

ディスプレイへの入力信号を制御することにより自発光型ディスプレイの電力を制御することは公知である。例えば、“Color Display Apparatus”題の米国特許第6,380,943号明細書、“Image reproducing method, image display apparatus and picture signal compensation device”題の米国特許第2001/0035850号明細書、“Control apparatus and method for image display”題の米国特許第2003/0085905号明細書、“Display Apparatus”題の米国特許第2001/0000217号明細書、“Driving Device for Plasma Display Panel”題の米国特許第2003/0122494号明細書は、すべて、出力が画像信号の各フィールドまたはフレームに対して推定されると共に、データ信号が平均

10

20

30

40

50

的なフィールドまたはフレーム出力の特定の推定値の関数として量られて、自発光型ディスプレイの全体出力を制御する、自発光型ディスプレイ、一般にプラズマディスプレイの出力を制御するための方法を論じている。これらの開示内容に記載されている方法の主目標は、ディスプレイ素子のピーク電力必要値を下げるか、および/またはこれらのディスプレイ素子内で発生する熱を制御することである。しかし、これらの開示内容は、OLEDディスプレイなどのアクティブマトリクス電子発光(EL)ディスプレイが、プラズマディスプレイに適用されるものとは有意に構造の異なる駆動用配置を用い、従って、ディスプレイ素子の出力を下げながら画像アーチファクトを避けるための出力低減に対する異なるアプローチを必要とするという事実には対応していない。

【0004】

一般的なアクティブマトリクスELディスプレイにおいて、行ドライバーは、選択線の行に選択電圧を連続的に提供し、一方で、列ドライバーはデータ線の垂直列の電圧を提供する。ピクセル駆動回路は、一般的に、選択TFT、キャパシタ、および出力TFTを含む、これらの選択およびデータ線の各交点で形成される。このピクセル駆動回路は、次に、データ線上に提供される別個のデータ電圧信号に基づくディスプレイデバイス内の各EL発光素子に提供される電流を制御する。回路は、一般に、また、電力供給線および戻り電力線を含む電気線対からなる。ピクセル駆動回路内の電力TFTのゲートとソース間の電圧を制御することにより、ピクセル駆動回路は、光を生成するOLEDを通しての電力供給線から戻り電力線に戻って流れる電流を調節する。

【0005】

残念なことに、このピクセル駆動回路によりEL発光素子に供給される電流は、電力線対間の電圧に応じて決まる。理想的には、電力線により供給される電圧は、各ピクセル駆動回路に対して一定である。しかし、電流は、一般的に、単一電力線対により多数のEL発光素子に提供され、電力線が有限の抵抗を有するので、各電力線および各電力線の抵抗を通して伝導される電流に比例する意図せぬ電圧差が生み出される。意図せぬ電圧差が電流および抵抗と正に相関するので、電力線に沿っての電圧損失は、線が高電流を運ぶか、または線が高抵抗を有する場合に、より大きくなる。これは、電力線に沿っての各ピクセル駆動回路に供給される電圧の意図せぬ変化、および、供給される電流、および従って電力線により直列に接合される各EL発光素子により提供される輝度両方の続く変化をもたらす。この意図せぬ電圧差を生み出す現象は、一般的に、「IR降下」と呼ばれる。さらに、電力線の抵抗が長さと共に増大するので、このIR降下は、電源からの距離が増大するにつれて、電力線に沿ってOLEDに対する輝度の漸進的損失をもたらす。この輝度の損失は、望ましくない画像アーチファクトを作り出すための潜在可能性を有する。従って、これらのアーチファクトを避けるための必要性が存在する。アクティブマトリクス・ディスプレイにおけるこれらのアーチファクトを避けるための一般的な方法は、このディスプレイの寸法が一般的にディスプレイの幅よりも短くあり、従って、電力線が水平に方向付けられる場合よりも、より少ないOLEDに電力線が電流を提供するので、ディスプレイ基板上に垂直にデータおよび電力線を方向付けることである。加えて、これらの電力線は、多くの場合両端で電源に接続されてそれらの長さにわたってのIR降下をさらに下げる。

【0006】

これらのアーチファクトのタイプおよび程度は、用いられる全体ディスプレイ構造および駆動特性に基づき変動する。例えば、OLEDから形成されるELディスプレイは、通常、非反転構造体(すなわち、陽極がOLED上に対立して基板上に形成される構造体)と呼ばれるものを用いるアモルファスシリコンの大型基板上に構築される。この構造体において、アクティブマトリクス回路は、OLED構造体内の電力TFT上でゲート・ソース間電圧を制御し、OLEDを駆動するために提供される電圧であるこのゲート・ソース間電圧は、データ電圧マイナス電力線の電圧マイナスOLEDを横切る電圧を計算することにより決定される。この構造体において、OLED電圧が多くの場合データ電圧よりも大きくあるので、この式におけるOLED電圧の存在は、ゲート・ソース間電圧に及ぼす

10

20

30

40

50

電力線電圧の降下の影響を低下させることに役立つ。残念なことに、OLEDに提供される電圧は直接計算することはできないが、しかし、この実体の適切な推定値を提供するための計算の反復セットを必要とし、従って、IR降下による電力線電圧損失を補償することは困難であることが可能である。別の例において、OLEDは、また、基板上に形成される陰極を有すると共に、アモルファスシリコンの基板が電子をOLED中に追い込むことを可能とする反転構造体を形成することが可能である。この構造体において、ゲート・ソース間電圧は、データ電圧および電力線を横切る電圧のみに依存する。OLEDに対する電圧はこの構造体において単一式を用いて計算することが可能であるが、一方で、電力線電圧のより小さな変化は、データ電圧が多くの場合電力線を横切る電圧よりも有意に小さくあるので、非反転OLED構造体に対する電力線を横切る電圧の同じ変化よりも一段と大きな影響をゲート・ソース間電圧に及ぼす。この理由により、アモルファスシリコン上の反転OLEDの構築は、一般に、画像アーチファクトが通常電力線に沿うIR損失のせいで起こるので避けられる。

10

【0007】

IR降下によるアーチファクトを低下させるための一つの方法は、“Light emitting panel and light emitting apparatus having the same”題の米国特許第2004/0004444号明細書に示唆されているように、電力線の抵抗を下げることである。抵抗は、より導電性の高い材料を用いるか、または電力線の断面積を増大させることにより下げることができる。一部のケースにおいて、高度に導電性の材料面は、抵抗を下げるために1以上の個々の電力線の代わりに用いることができるが、しかし、これは素子構造に依存し、十分な性質を有する材料、および/またはこの材料面を製造するための方法を見つけ出すことは必ずしも可能なことではない。同様に、抵抗を下げるために利用可能である材料、および個々の電力線の断面積は、多くの場合、利用可能である製造技術により固定されてしまうので、従って、多くの場合、電力線の抵抗を下げることは費用効果的ではない。結局、より大きなディスプレイにおいて、電力線は一般的により長くあり、ラインの各セットに接続されるより多くの数のEL発光素子が存在する。従って、電力線は、より小さなディスプレイ上のものよりも、高い抵抗を有し、高い電流を運ぶ傾向にある。これは、多くの場合、EL技術を用いて製造することができるディスプレイのサイズまたは輝度を限定する。

20

【0008】

自動輝度限定がそれらの電力を限定するためにOLEDディスプレイ上に課すことができることが示唆されてきた。“Display device having driven-by-current type emissive element”題の米国特許第6,690,117号明細書は、電力ソースとOLEDディスプレイ素子の電力線間に置かれるレジスタを論じている。電流依存電圧降下は、次に、このレジスタを横切って起こり、高電流が存在する場合に(すなわち、ディスプレイが高い相対輝度を有する場合に)電圧を下げる。これは、ディスプレイ中のすべてのOLEDでより低いデータ電圧をもたらす、従って、より低い輝度という代償を払って、各OLEDで必要とされる電流を下げる。電圧降下に応じて、このレジスタを横切る電圧降下は、また、感じることができると共に、入力信号のコントラストは修正することができる。この技術は供給しなければならないピーク電流を下げ、従って、IR降下による電力線を横切って起こることができる電圧降下を限定するが、一方で、この技術は各OLEDで予測可能な応答を可能としない。実際、それは、現実には、パネル中の一部のTFTsがそれらの飽和領域下の電圧レベルで駆動することが可能であるので、追加の望ましくないアーチファクトをもたらすことができ、輝度のさらなる低下、および所定のデータ電圧に対してOLEDを通して伝導される電流の一層の変動性をもたらす。この理由により、教示される該技術は、アクティブマトリクスOLEDディスプレイの電力を制御しながら、許容可能レベルへのIR降下の結果として起こるアーチファクトを必ずしも下げるとは限らない。

30

40

【0009】

“Display apparatus and method of a disp

50

lay device for automatically adjusting the optimum brightness under limited power consumption”題の米国特許第20050062696号明細書には、レジスタが陰極に取り付けられ、これが、また、高電流の存在下でOLEDを横切る電圧降下を低下させることをもたらす、米国特許第6,690,117号明細書に類似の機能が提供される。この開示は、しかし、IR降下が異なる電力線に対して異なることができると共に、高電流負荷が存在する場合に、隣接電力線により駆動される発光素子間に異なる輝度レベルが生じることが可能であるという問題に対する解決法を認識または提案していない。

【0010】

類似方法のデジタル実施は、高電力条件下でディスプレイの輝度レベルを自動的に下げるために用いられる。例えば、“Color Display Apparatus”題の米国特許第6,380,943号明細書には、「発光ダイオード装置」を含むことが可能であったであろうRGBディスプレイにより消費される電力を推定するための方法を包含する、消費電力を制御するための方法が論じられている。電力推定法内で、各カラーチャンネルにより消費される電力は、各種ゲインを用いて個々に計算され、得られる値は合算されて全体電力を計算する。一般に、電力を制御するための方法は、全体フィールドまたはデータフレームに適用される。この開示は、メモリ要求事項を下げるために同時にディスプレイ素子の一部を更新することは望ましくあることが可能であると共に、従って、電力は同時にディスプレイ内のサブ領域に対して計算することが可能である。しかし、この開示が、IR降下が異なる電力線に対して異なることができると共に、高電流負荷が存在する場合に、隣接電力線により駆動される発光素子間に異なる輝度レベルが生じることが可能であるという問題に対する解決法を認識または提案していないので、上述の方法は、なお、好ましくないアーチファクトレベルをもたらしすることができる。さらに、このアプローチは、補償適用前に画像フレームの全体でないとしても大部分に対して計算が行われることを要求する。得られる画像を表示する前にこうした計算を行うために、全体ディスプレイシステムのコストを有意に引き上げる、データの全体枠を保存するための十分なメモリを必要とするメモリ中に全体画像を蓄えておくことが必要である。加えて、即時性を必要とする用途に用いられるディスプレイにおいて、フレーム・バッファの使用は、視覚情報の提示を、著しく、且つ受け入れがたく遅らせることができる。例えば、こうしたディスプレイがゲーミングシステムに接続される場合に、ユーザーは、提示されるビデオ画像に即座に影響を与えることが期待される制御動作を作製する場合に、1フレームの遅れに気付くことができる。

【0011】

2005年12月22日に出願された同時係属の同一出願人による米国特許出願第11/316,443号明細書には、入力画像信号を受け取り、ディスプレイ中の発光素子を駆動するための変換された画像信号を生成するためのディスプレイドライバを含む電子発光ディスプレイシステムが記載されており、該ディスプレイドライバは、表示しようとする完全な画像用の入力画像信号を分析して、複数の領域のそれぞれに電流を提供する少なくとも一つの電力線に沿っての少なくとも1点で生じるであろう電流を推定すると共に、入力画像信号および推定電流の関数として変換画像信号を生成する。同様に、上述の自動輝度レベル制御参照値に関して、開示される特定実施例は、変換計算が補償を適用する前に、全体画像フレームのために行われることを必要とする。

【0012】

“Display apparatus and image signal processing apparatus and drive control apparatus for the same”題の米国特許第7,009,627号明細書には、中で行電極が走査され、調節信号が列電極に提供されるパッシブマトリクスELディスプレイが記載されており、提供される該信号は、入力画像を分析して、全体画像の輝度を調整するための係数、および行電極を横切る電圧降下によるディスプレイ輝度の変動に

10

20

30

40

50

対する補償の両方を計算することにより作り出される。前述の開示と同様に、画像輝度を調整するための係数の計算は、全体画像の内容が、それが表示される前に分析用に利用可能であることを必要とする。従って、このアプローチの実施は、データの全体フレームを蓄えるためのバッファを必要とするであろう。さらに、この開示がパッシブマトリクス素子におけるIR降下を補償する方法のみを提供するので、それは関連アーチファクト回避法に及ぼすアクティブ駆動回路または関連駆動エレクトロニクスの影響を検討せず、とりわけ、OLEDアーキテクチャのアクティブマトリクス・バックプレーンとの相互作用を考慮するような方法を検討していない。

【0013】

従って、画像メモリバッファの付加を通して起こることが可能であるようなディスプレイシステムコストの実質的な増加を必要としないか、または画像表示に実質的な遅れを必要としないやり方で、低下した視覚アーチファクトを有するより大きなおよび/またはより輝いているディスプレイ製品を可能とする有限の抵抗を有する電力線に沿って高電流レベルが必要とされる場合に生じることができ、OLEDディスプレイなどのアクティブマトリクス電子発光(EL)ディスプレイ中の明白なアーチファクトを低下させるための方法に対する必要性が存在する。さらに、こうした方法の実施は、各種ELアーキテクチャを用いるアクティブマトリクスELディスプレイに適用可能か、または整調できることが好ましい。

【発明の概要】

【0014】

一つの実施形態により、本発明は以下を含むアクティブマトリクス電子発光ディスプレイシステムを目指す：

a) 領域の配列からなるディスプレイであって、各該領域への電流は対の電力線により提供され、少なくとも一つの電力線はディスプレイの第1ディメンションに沿って方向付けられ、各領域は発光のための発光素子の配列を含む；

b) 画像信号に応じて各発光素子への電流を独立に制御するためのピクセル駆動回路であって、該発光素子による光出力強度は各発光素子に提供される電流に応じて決まる；

c) あらゆる一つの領域内のピクセル駆動回路が遅れずにいつ何時でもデータ信号を受け取るように選択されることを可能とする、各領域配列内のピクセル駆動回路に信号を順次提供するための第1ディメンションに沿って方向付けられる選択線の配列；

d) 第1ディメンションに垂直であるディスプレイの第2ディメンションに沿って方向付けられるデータ線の配列であって、該データ線は各発光素子用のピクセル駆動回路に画像信号を提供する；

e) ピクセル駆動回路を駆動するためのデータ用の入力画像信号を受け取ると共に、データ線および選択線を通して提供される信号を通してディスプレイの各領域中の発光素子を駆動するための変換画像信号を生成するための1以上のディスプレイドライバーであって、1以上の該ディスプレイドライバーは、領域配列の各領域内の発光素子を駆動するための入力画像信号を順次受け取り、各領域に対して受け取った入力画像信号を分析して、さらなる修正なしで用いられる場合、デバイスアーキテクチャおよびデバイス部品の材料および性能特性に基づき、各領域に電流を提供する少なくとも一つの電力線に沿っての少なくとも1点で生じるであろう電流を推定し、および入力画像信号および推定電流の関数として各領域中の発光素子を駆動するための変換画像信号を生成する。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明によるディスプレイシステムのブロック図である。

【図2】本発明のディスプレイシステムにおいて有用なディスプレイ回路レイアウトの一部の回路図である。

【図3】本発明の実施形態による方法の主要段階のフローチャートである。

【図4】本発明の実施形態による非反転OLEDを制御する上で有用なピクセル制御回路用の回路図である。

10

20

30

40

50

【図 5】本発明の実施形態によるディスプレイの 1 領域を描く回路図である。

【図 6 a】代表的な望ましいディスプレイ画像の描写であり、

【図 6 b】こうした望ましい画像を一般的な従来型技術ディスプレイシステム上に表示する場合に示される画像アーチファクトの描写である。

【図 7】本発明において有用な非反転 OLED 素子層の説明図である。

【図 8】本発明の実施形態によるディスプレイを駆動するための段階の詳細セットを描くフロー図である。

【図 9】本発明において有用な反転 OLED 素子層の説明図である。

【図 10】本発明の実施形態による反転 OLED を制御する上で有用なピクセル制御回路用の回路図である。

10

【図 11】多行および列ドライバーを用いる本発明の実施形態を実行するために有用なディスプレイの平面図である。

【図 12】本発明の別の実施形態によるディスプレイを駆動するための段階の詳細セットを描くフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

本発明は、ディスプレイ 10 およびディスプレイドライバー 12 からなる、図 1 に描かれるようなアクティブマトリクス電子発光ディスプレイシステムを提供する。このシステムは、また、おそらく電力をディスプレイ 10 に提供するための電源装置 14 からなる。このシステム内で、その一部が図 2 に描かれるディスプレイは、領域 20、22 の配列からなり、各領域への電流は、対の電力線、ディスプレイの第 1 ディメンションに沿って方向付けられる少なくとも一つの電力線 24、26 により提供され、各領域 20、22 は、発光のための発光素子配列 30、32、34、36、38、40、42、44 を含むと共に、各発光素子への電流はピクセル駆動回路により制御される。各領域に対して唯一の電力線 24、26 しか描かれていないが、一方で、各領域は、一般に、また、以下に検討される図 9 中の層 188 または図 7 中の 138 などの一般的な上部電極層の形態にある第 2 電力線を提供される。図 2 に示すように、各発光素子用の回路は選択 TFT 46、キャパシタ 48、および電力 TFT 50 からなる。選択線 52、54 の配列は、各領域配列内のピクセル駆動回路に信号を順次提供するための電力線 24、26 に実質的に平行なディスプレイの第 1 ディメンションに沿って方向付けられ、あらゆる一つの領域内のピクセル駆動回路が遅れずにいつ何時でもデータ信号を受け取れるように選択されることを可能とする。データ線の配列は第 1 ディメンションに垂直であるディスプレイの第 2 ディメンションに沿って方向付けられ、各データ線 58、60、62、64 は選択領域内のピクセル駆動回路にデータ信号を提供し、各ピクセル駆動回路はデータ線により提供されるデータ信号にตอบสนองして各発光素子に対する電流を独立に制御すると共に、各発光素子による光出力の強度は各発光素子 30、32、34、36、38、40、42、44 に提供される電流に応じて決まる。

20

30

【0017】

このシステム内で、1 以上のディスプレイドライバーは入力画像信号 16 を受け取り、ディスプレイ中の発光素子を駆動するためのデータ線により各ピクセル駆動回路に提供することができる変換データ信号 18 を生成する。図 3 に示すように、本方法は、1 以上のディスプレイドライバーにより用いられ、各領域 20 内の発光素子（例えば、30、32、34、36）を駆動するための入力画像信号 16 を順次受け取り 80、その間にピクセル駆動回路が電力線に沿っての電圧降下により影響を受けないことが想定される電力線 24 によって規定される各領域 20 に電流を提供する少なくとも一つの電力線 24 に沿っての少なくとも 1 点で生じるであろう電流を推定するために入力画像信号を分析し 82、次に、入力画像信号および推定電流の関数として各領域により発光素子を駆動するための変換画像信号を順次生成すること 84 を含む。本発明の範囲内で、必要とはされていないが、電力線 24 に沿ってのすべてでないとしても多くのピクセル駆動回路での電流を計算することは、一般に望ましい。データ線が、データ線 58、60、62、64 の方向により

40

50

規定される第2ディメンションに実質的に垂直である電力線24により規定される領域20中に位置付けられるピクセル駆動回路にデータ信号を提供するので、入力画像信号は、いつでも一つの電力線に沿って位置付けられる発光素子用に蓄えることのみが必要とされる。そういうものとして、各ピクセル駆動回路でのIR降下を計算するために蓄えねばならないデータの量、およびこの蓄えにより持ち込まれる時間遅延は、蓄えようとするデータの全体フレームを必要とする従来技術のシステムに比べて短縮される。

【0018】

本発明は、技術上公知であるようにOLEDなどのEL発光素子に提供される電流を制御するためのかなり多数のピクセル駆動回路およびEL発光アーキテクチャを有するアクティブマトリクスディスプレイ中で実行することが可能である。しかし、図2に描くような本発明の一つの実施形態によるディスプレイ10内の非反転OLED発光素子用の電流を制御するために有用な一つのピクセル駆動回路は、図4に示される。この図に示すように、この回路は、選択線100、データ線102、選択TFT46、キャパシタ48、電力TFT50、電力供給線104、OLED106、キャパシタ線108および戻り電力線110からなる。OLEDを望ましい輝度に持ち込むために、信号は選択線100上に提供され、選択TFT46を活性化する。データ線102上に提供される電圧は、次に、キャパシタ48を望ましい電圧に充電するために用いられる。この電圧が電力TFT50に利用可能である場合に、電力TFTは活性化され、電流はOLED106に流れることを可能とされる。回路は戻り電力線110を通して電源装置に戻り完結する。この実施形態において、電力供給線104および戻り電力線110は、電力線対を形成する。

【0019】

これは、さらに、図5に例証され、共通の電力供給線104および共通の戻り電力線110により接続される4組の図4の回路118を示す。類似の抵抗を有する供給104および戻り110電力線を持つディスプレイにおいて、電圧降下の一部は各回路接続部間のこれらそれぞれの電力線上で起こる。詳細には、各回路118が接続される箇所間の各電力線104、110の各セグメント119はいくらかの抵抗を有する。この抵抗は、一般的に、各接続箇所間で類似である。各セグメント119は、一般的に、いくらかの電流を運ぶことを要求され、電源により近い電力線のセグメントはこれらのセグメントが各回路118中のOLEDに電流を提供しなければならないので大部分の電流を運び、一方で、電力線の末端近くのものには電力線の末端近くの回路118のみに電流を提供しなければならない。次に、各電力線の各セグメント119を横切る電圧降下は、同じ電力線セグメントを横切って提供されなければならない電流掛ける電力線セグメントの抵抗に等しい。従って、電力線上のこれらの電圧変化を引き起こすIR降下が一定でなく、あらゆる電力線対により電力を提供されるOLEDを駆動するために必要とされる電流の関数として変動することに注目すること。

【0020】

上述のように、OLEDディスプレイが図2に示す基板上のこれらの各電力線を提供することが可能であるか、または基板上に一つの電力線24、26を提供し、全体OLED素子上にスパッタされるかまたは蒸発乾固される導電性材料シートとしての補完的な電力線を形成することが可能であるように、これらの電力線の一つだけが図2に描かれる。こうしたディスプレイ構造において、導電性材料シートの抵抗は、基板上に形成される電力線24、26の抵抗よりも一段と低く（例えば、一桁低く）あることが可能であり、この一つの電力線を横切るIR降下が無視されることを可能とする無視しうるIR降下を有することができる。

【0021】

以下の検討を理解するために、ゲート112、ドレイン114、およびソース116を含む、図4に示す電力TFT50の部分を理解することはさらに重要である。この駆動スキーム内で、OLED106を横切って提供される電流は、理想的には、電力TFT50およびデータ線102により提供される電圧の特性のみに応じて決まる。実際、OLED106を横切って提供される電流は、ドレイン114およびソース116間の電圧に応じ

10

20

30

40

50

て決まる、ゲート112とソース116間の電圧を含む他の因子に応じて決まる。従って、これらの線に沿ってのIR降下による、電力供給線104および戻り電力線110上の電圧変化は、OLED106を横切って提供される電流を変えることができる。アモルファスシリコン(aSi)素子におけるケースのような、電力TF T50がn型トランジスタであると共に、OLEDが非反転構造体に形成されるケースにおいて、電力供給線104により提供される電圧のあらゆる変化は、ゲート・ソース間および電力TF T50を横切るドレイン・ソース間電圧両方の変化をもたらす。同様に、戻り電力線110により提供される電圧変化は、電力TF T50を横切るドレイン・ソース間電圧の変化をもたらす。一般的に低温ポリシリコン(LTPS)素子におけるケースのような、電力TF T50がp型トランジスタであるケースにおいて、類似の変化はOLEDが反転構造に形成される場合に起こる。

10

【0022】

一般的な底面発光アクティブマトリクスOLEDディスプレイにおいて、いくつかの発光素子は電力線の共通対を共有する。電力供給線は、多くの場合、他の部品とディスプレイのバックプレーン中の層を共有する。一般的に垂直方向に配置され、それらの長さを最小化するために従来技術におけるデータ線を有する面を共有しながら、本発明の好ましい実施形態において、電力供給線104は、水平軸中を走るように配置し、データ線に垂直であるように本発明のディスプレイ中で選択線100を有する面を共有することが可能である。いずれの例においても、これらの電力供給線は、多くの場合、ディスプレイの狭い領域に電力を提供する。他方、戻り電力線110は、多くの場合、ディスプレイの電子発光層の頂部上に戻り電力面として構築される。一部のケースにおいて、戻り電力面は、ディスプレイのバックプレーン上で、電力供給線に類似の戻り電力線を分離するように接続される。基板上的これらの戻り電力線に対する必要性は、戻り電力面を作り出すために用いられる材料の導電率に応じて決まる。他のケースにおいて、OLEDディスプレイの各発光素子は、基板上的戻り電力線に個別に接続される。この後者のケースにおいて、戻り電力線は、多くの場合、電力供給線により規定されるディスプレイの同じ狭い領域から電力を戻す。戻り電力線が戻り電力面として構築される場合に、戻り電力線が電力供給線よりも有意に低い抵抗を有することは可能である。電力線対の一つが有意に他よりも低い抵抗を有する状況下で、最も高い抵抗を有する電力線に沿っての少なくとも1点で電流を推測することは適切であることが可能である。

20

30

【0023】

再度図2に関して、データ線58、60、62、64は、一般的に、いずれかの時点でピクセル駆動回路の一つにただ一つの制御信号を提供し、ディスプレイは、一般的に、さらに、選択線52、54の配列を有し、および、各データ線は、実質的に同時に、第1ディメンジョンに沿って(すなわち、図2に示すように水平に)方向付けられる選択線によりさらに制御される各ピクセル駆動回路にデータ信号を提供する。すなわち、電圧が選択線52、54上に提供される場合に、選択線52、54に接続される各ピクセル駆動回路は、それが接続されるデータ線58、60、62、64からデータ信号を受け取る。一つの領域が電力線により電力を提供され、領域内のすべての発光素子が正確に一つの選択線に接続される場合に、すべてのデータは、領域内のすべての発光素子に対して、1以上のディスプレイドライバーからピクセル駆動回路中に記録される。

40

【0024】

この実施形態はアクティブマトリクス駆動回路の特定構造およびサブピクセル設計に関するが、一方で、技術上公知である従来型の回路のいくつかの変形も、また、当業者により本発明に適用することができる。例えば、米国特許第5,550,066号明細書における一つの変形は、別のキャパシタ線の代わりに、キャパシタを直接電力線に接続する。米国特許第6,476,419号明細書における変形は、第1キャパシタが半導体層とゲート導体を形成するゲート導体層間で組み立てられ、第2キャパシタがゲート導体層と電力線およびデータ線を形成する第2導体層間で組み立てられる、直接一つおよび別のものの上に配置される二つのキャパシタを用いる。

50

【 0 0 2 5 】

本明細書において記載されるピクセル駆動回路は選択トランジスタおよび電力トランジスタを必要とするが、一方で、これらトランジスタ設計のいくつかの変形は技術上公知である。例えば、トランジスタの単一および多ゲート版は公知であり、従来技術の選択トランジスタに適用されてきた。単一ゲートトランジスタは、ゲート、ソースおよびドレインを含む。選択トランジスタ用の単一ゲートタイプトランジスタの使用例は、米国特許第6,429,599号明細書に示される。多ゲートトランジスタは、電氣的に一緒に接続される少なくとも二つのゲート、および従って、ソース、ドレイン、およびゲート間の少なくとも一つの間接ソース・ドレインを含む。選択トランジスタ用の多ゲートタイプトランジスタの使用の例は、米国特許第6,476,419号明細書に示される。このタイプのトランジスタは、単一トランジスタによるか、または中でゲートが接続され、一つのトランジスタのソースが直接次のトランジスタのドレインに接続される2以上の直列トランジスタにより、回路図に示すことができる。これら設計の性能は異なることができるが、一方で、両方のタイプのトランジスタは回路中で同じ機能を果たすと共に、いずれのタイプも当業者により本発明に適用することができる。本発明の実施例実施形態は、図2に示すように、多ゲートタイプ選択トランジスタ46を有する。

10

【 0 0 2 6 】

一般的に電力トランジスタ50に適用される多平行トランジスタの使用も、また、技術上公知である。多平行トランジスタは米国特許第6,501,448号明細書に記載されている。多平行トランジスタは、中でそれらのソースが一緒に接続され、それらのドレインと一緒に接続され、およびそれらのゲートと一緒に接続される2以上のトランジスタからなる。多トランジスタは、電流用の多平行通路を提供するように発光素子内で分離される。多平行トランジスタの使用は、半導体層製造法における変動性および欠陥に対する丈夫さを提供する利点を有する。本発明の種々の実施形態において記載される電力トランジスタは単一トランジスタとして示されるが、一方で、多平行トランジスタは当業者により用いることができると共に、本発明の精神内にあると理解される。

20

【 0 0 2 7 】

ディスプレイの少なくとも二つの異なる領域20、22内の発光素子が異なる電力供給または戻り線24、26により電力を提供されることは、本発明に対して重要である。図2に描かれる実施形態において、発光素子は発光素子の各行用の個別の電力線により電力を提供される。例えば、発光素子30、32、34、46は電力供給線24により電力を提供されるが、一方で、発光素子38、40、42、44は電力供給線26により電力を提供される。電力供給線24、26がバックプレーン上の他の部品と面を共有しなければならないことも、また、留意されるべきである。例えば、電力供給線24、26、選択線52、54および少なくとも電力TF T 50の一部は、一般的に、基板の一つの層中に形成される。さらに、底面発光OLED実施形態において、これらの部品は、一般的にディスプレイの見える側とその発光層間にある層上に組み立てられる。電力供給線24、26、選択線52、54、および電力TF T材料50が一般的に不透明であるので、これらの部品は、一般的に、発光面を重ね合わせないように設計される。これらの制約は従来型のバックプレーン設計内の電力線24、26の幅を限定する。さらに、電力TF Tの性能が直接その厚さに関係し、従って、電力供給線24、26の厚さが、多くの場合、一般的に同じ金属層から形成される電力TF Tの望ましい厚さに適合するように制約されることは公知である。これらの理由により、電力線の幅および厚さの両方は多くの場合制約され、この層を形成するために一般的に用いられる金属(例えば、アルミニウム)は、多くの場合、有意な有限量の抵抗を有する。

30

40

【 0 0 2 8 】

さらに、電力供給線の有限抵抗のせいで、電圧損失が、電力線が高電流にさらされる場合に、電力供給または戻り線に沿って起こることが可能であり、多数の発光素子、またはそれぞれが高輝度を達成するために高電流を必要とする発光素子に電力を供給しなければならない場合に高電流が必要とされることは理解される。実際、電圧損失は抵抗と電流の

50

積に比例する。従って、電圧は電力線に沿っての距離の関数として放散する。この放散は電力および戻り線に沿って起こる。図4に示すような回路において、電力TF T 50のゲートでの電圧は、直接、OLEDを横切って提供される電流に影響を及ぼし、OLEDの光出力が、それがさらされる電流に正比例するので、電力線104、110の一つまたは両方に沿っての電圧損失は、電力線が外部電源装置に接続される点から最も遠くにある共通電力線に接続される発光素子用のより低い光出力をもたらす、この光出力の損失は、電力および戻り線の抵抗、ならびに望ましい入力画像信号を表示するために必要とされる電流に比例する。

【0029】

都合よく、ヒト視覚系は輝度の低い空間周波数変化に対して相対的に鈍感である。従って、一般的なデスクトップまたは壁掛けディスプレイ内で、輝度は、ヒト観察者に対して観察可能であるかまたは少なくとも不愉快であることなしでディスプレイの高さまたは幅にわたって30%ほど変わることが可能である。従って、多くの状況下で、電源装置からの距離による電圧損失およびディスプレイ輝度の対応損失は、実質的な画像品質アーチファクトをもたらすことが可能でない。これは、フラットフィールドおよび多くの一般的な画像を表示する場合に、特に当てはまる。しかし、発明者らは、電力線に沿ってのIR降下から生じるこれらの意図しない輝度変化が、ある状況下で直接観察され、ディスプレイデバイスのユーザーに対して不愉快であることができることを測定してきた。発明者らは、また、アーチファクトが多くの一般的な画像を見る場合に直接観察可能であることが可能でないが、一方で、これらの意図しない輝度変化が局部コントラストを低下させ、従って全体画像品質を下げることを観察してきた。

【0030】

図6aはIR降下のせいで劣化する可能性の高い代表的な望ましい画像の描写を示し、図6bはIR降下のせいで生じる画像の描写を提供する。図6aに示すように、白い面120および二つの黒い面122、124は画像の左に表示することになっている。画像の右側には、最初の3棒に直交し、均一な輝度を有する灰色棒125が表示されることになっている。この画像は、IR降下がディスプレイの左側で電源コネクタを有するELディスプレイ上に存在する場合に、IR降下なしでELディスプレイ上に存在するならば示すように描かれるであろうが、得られる画像は、実際には、それが高電流ドロウを有するように白い面120が駆動される場合に、図6bに示すように現れる。白い面120は、この輝度が次第に変わって行くので、ディスプレイの右側近くよりも、電力線がディスプレイに入るディスプレイの左側近くの方がより高い輝度であることが可能であるが、一方で、ヒトの目は、一般的に、この漸進的な変化を検出することができない。しかし、図6a中の灰色棒125の外見は、IR降下により有意に影響を受け、例え同じ入力信号が125により示されるディスプレイの全体の右端部を駆動するために用いられるとしても、それらすべてが異なる輝度を有する、図6b中の3棒セグメント126a、126b、および126cから形成されるように見える。同じ入力電圧を用いて表示されながら、灰色棒(126a、126b、126cを含む)は、面122および124中のそれに対して面120に引き込まれる異なる電流の結果として面126a、126b、および126cを駆動する異なる電力線に沿っての異なるIR降下のせいで輝度均一でない。実際、2黒面122および124と同じ電力線により駆動される面126aおよび126cは、白面120と同じ電力線により駆動される面126bよりも有意に輝度が高い。ディスプレイの左から右への白棒輝度の漸進的な変化と違って、均一であるように意図される灰色棒(126a、126b、126cを含む)を横切る輝度の変化は、突然であり見ることができる。輝度変化は、隣接電力線間の電流の得られる差のせいで、126aと126b間の境界、および126cと126b間の境界で隣接OLED間に起こる。この突然で思わぬ輝度の変化はヒトの目で極めて感知可能なものであり、極めて望ましくないディスプレイアーチファクトを提供する。ディスプレイのピーク輝度が、このタイプのアーチファクトを作り出すために電流が十分高くあるような状態にある場合に、隣接電力線により駆動される隣接OLED間に起こることができる輝度変化を下げることは、この開示内の実施形態の

10

20

30

40

50

意図である。

【0031】

本発明の各実施形態において、ディスプレイが提供され、こうしたディスプレイの一部が、各領域への電流が対電力線により提供され、少なくとも一つの電力線がディスプレイの第1ディメンションに沿って方向付けられ、各領域が発光用の発光素子配列を含むと共に、各発光素子への電流がピクセル駆動回路により制御される領域の配列からなる図2に描かれることは理解される。該ディスプレイは、さらに、あらゆる一つの領域内のピクセル駆動回路が遅れずにいつ何時でもデータ信号を受け取るように選択されることを可能とする、各領域配列内のピクセル駆動回路に信号を順次提供するためのディスプレイの第1ディメンションに沿って方向付けられる選択線の配列を含む。ディスプレイは、さらに、第1ディメンションに垂直であるディスプレイの第2ディメンションに沿って方向付けられるデータ線配列を含み、各該データ線は選択された領域内のピクセル駆動回路にデータ信号を提供し、各ピクセル駆動回路は独立にデータ線により供給されるデータ信号にตอบสนองして各発光素子への電流を制御し、および各発光素子による光出力の強度は各発光素子に供給される電流に応じて決まる。

10

【0032】

さらに、本発明の実施形態が、入力画像信号を受け取り、ディスプレイ中の発光素子を駆動するためにデータ線により各ピクセル駆動回路に提供しようとする変換データ信号を生成する1以上のディスプレイドライバーを用い、1以上の該ディスプレイドライバーは領域内の発光素子を駆動するための入力画像信号を受け取り、入力画像信号を分析して、ピクセル駆動回路が電力線に沿っての電圧降下により影響を受けない場合、各領域に電流を提供する少なくとも一つの電力線に沿う少なくとも1点で生じるであろう電流を推定し、および電圧降下が、遅れずに電力線により規定される領域にわたって計算されることを可能とする、入力画像信号および推定電流の関数として領域により発光素子を駆動するための変換画像信号を生成することは理解される。しかし、好ましい実施形態の詳細内容は、実質的にEL装置の正確な構造に基づき異なることが可能である。本明細書において、二つの別の方法が二つの別のEL装置構造用に用いられる。しかし、これらの方法に対する修正またはこれらの組合せが、類似の結果を達成するために適用することが可能であることは、理解されるべきである。

20

【0033】

第1実施形態において、非反転OLEDがアモルファスシリコンなどのn型半導体材料を用いるアクティブマトリクス基板上に形成されることは想定される。非反転OLEDとは、OLEDの陽極が基板近くに位置付けられ、OLEDの陰極が陽極からOLED材料の反対側に形成されることを意味する。こうした実施形態の一般的な層構造は、その上に、少なくとも一つの半導体層132を含むディスプレイのアクティブマトリクス回路素子が被覆される基板130を描く図7に示される。陽極、134は、次に、アクティブマトリクス回路と接触して形成され、EL層136中に空孔を注入するために用いられる。これらの空孔は、一般的に、それらがそれを通して発光副層に達するように通過しなければならないEL層内の空孔注入または空孔輸送副層中に注入される。これらの空孔は、結局、発光層中の電子と結合して、蛍光またはリン光を通して減衰して発光を生み出すことが可能であるエキシトン形成する。陰極138はEL層上部に形成され、電子は発光層中で空孔と結合してエキシトンおよび発光を形成するEL層中に注入される。

30

40

【0034】

こうした実施形態において、図4中に示すような回路は各発光素子を駆動するために用いることが可能である。この構造において、電力トランジスタ50のソース116からゲート112へ流れる電流は、このトランジスタのゲートとソース間の電圧(V_{gs})に応じて決まる。さらに、 V_{gs} は、データ電圧、マイナスソースとドレイン電力線間の電圧、マイナスOLEDを横切る電圧差に等しい。しかし、ソースとドレイン電力線間の電圧は、供給電力、マイナス電力線の抵抗および電力線に沿って他のOLEDを駆動するために必要とされる電流の関数として起こる電圧降下により提供されるこれらの線を横切る電圧

50

に等しい。電流および電圧は一般にこれらの素子中で非線形に関係するので、この問題の正確な解法は、一般に、比較的複雑であることができる非線形方程式の系統の解法を必要とする。こうした構造体において、IR降下を受け入れられる許容範囲内に限定することのように、電力線（複数を含む）の1以上のセグメント内に最大電流を単純に限定することは、従って、計算的に複雑さをより少なくすることができる。発明者らは、これが、ディスプレイのあらゆる一つの領域に沿っての輝度が隣接領域と実質的に変わらない限り、あらゆる所定の線のピーク電流を一定の限度内に単純に下げることにより達成することが可能であることを見出してきた。さらに、こうした限定法の適用を通して起こるあらゆる輝度変化を塞ぐために、ビデオ系列内のフレーム間の相関を活かすことは可能である。

【0035】

一つのこうした限定法は図8に描かれる。この図中に示すように、1以上のディスプレイドライバーは、一般的に入力RGBコード値からなるであろう入力画像信号を受け取るであろう140。この入力信号は、次に、一般的に非線形ルックアップ表を適用することにより、線形強度値に変換されるであろう142。各RGB強度値のピクセル位置に対応する発光素子の輝度は、次に、行列乗法を適用することなどの技術上周知である方法を用いて決定されるであろう144。この段階は、ユーザー輝度調整、ユーザーコントラスト調整、周囲照明センサー、および/または温度センサーなどの外部ソースからの入力に依存することが可能である。輝度値はこれらの外部ソースからの入力に基づき調整して発光素子の最終輝度を決定することが可能である144。次に、各発光素子の効率が入力され146、必要とされる電流を得るための必要とされる輝度を各発光素子により割って、各発光素子により必要とされる電流の推定値を計算する148ために用いられるであろう。段階142~148が、ピクセル駆動回路が電力線に沿っての電圧降下により影響を受けない場合、各領域に電流を提供する少なくとも一つの電力線に沿っての少なくとも1点で生じるであろう電流を推定するために入力画像信号の分析を提供することに注目すること。ディスプレイの領域内の各発光素子により必要とされる電流は、次に、合算されるであろうし150、RGB強度値は後の計算用に蓄えられるであろう152。一旦全電流が全体領域に対して計算されると、各領域用の最大許容電流は得られるであろうし154、この最大許容値対領域用電流の合算値の比率が計算される156。この値が1を超える場合、それは値1に設定される158。低パスフィルタは、次に、段階158において計算される比率に対して適用される160。この段階は、電流線用の値が前の線用の値と劇的には変わらず、従って、ヒトの視覚系がそれに対してさほど敏感でない輝度の低周波変動のみを可能とすることを確実にする。得られるフィルタ処理比率値は、次に、入力画像信号および推定電流値の関数として領域により発光素子を駆動するための変換画像信号を生成するための各領域用の線形強度値に適用される162。次に、駆動電圧ルックアップ表に対する入力強度を入力することが可能であり164、そしてこれらのLUTを通して変換画像信号を与えて166、ディスプレイ駆動電圧を得ることが可能であり、次にこのディスプレイ駆動電圧がアクティブマトリクス・ディスプレイの適切なデータ線上に生み出されて、画像を表示する168。

【0036】

この方法において、各領域のバッファサイズ（一般的に線）が、最終調整画像を生成するために必要であるすべてであると共に、こうした方法を通して作り出される画像提示の遅れが、データ線をラインバッファ中に記録するために必要とされる時間のみであることに注目すること。こうした方法は入力画像信号に必要な修正を提供することができるけれども、多くの強化または改善はこの方法に対して作成することが可能である。一つのこうした方法において、段階158において計算される比率は各領域用に蓄えることが可能である。これらの値の最小値は、次に、各場面用に記録し、後の画像用の初期比率値として確定することが可能である。この初期比率値は、次に、前画像中の各領域用に計算される比率と現下の画像の各領域用の比率間の差の比率を計算し、次に、この初期比率値をこの差のいくらかの割合で調整することにより調整することが可能である。その結果として、画像中の位置の関数としてのこの割合の変化は、最小化することが可能である。こうした

10

20

30

40

50

方法が必要な記憶量の小さな増加を必要とするが、しかし、画像提示が、なお、画像の単一領域用のデータを入力するために必要とされる時間のみ遅れるだけであることに注目すること。こうした方法を通して、IR降下による行から行への輝度の不慮の変化は、有意に下げることが可能である。さらに、この方法は、画像用の最大電流引き込み量に対する制限を適用するための技術上公知の他の方法と組み合わせることが可能である。

【0037】

第2実施形態において、反転OLEDがn型半導体材料を用いるアクティブマトリクス基板近くに形成されることは想定される。反転OLEDとは、OLEDの陰極が半導体基板上に位置付けられ、OLEDの陽極が陰極からOLED材料の反対側に形成されることを意味する。こうした実施形態の一般的な層構造は、少なくとも一つの半導体層182を含むディスプレイのアクティブマトリクス回路素子が上に被覆される基板180を描く図9中に示される。陰極、184は、次に、アクティブマトリクス回路に接触して形成され、電子を電子発光層186中に注入するために用いられる。これらの電子は、一般的に、電子注入または電子輸送層中に注入され、結果として発光層中の空孔と組み合わせられて発光を生み出す。陽極層188は、一般的に、それらが発光層に達するために通過しなければならない空孔注入または空孔輸送層中に空孔を注入する。こうした素子を駆動するための回路は図10に描かれ、少しの顕著な例外を除いて図4に示す回路にほぼ同等である。図4において、電力TFTのソース116を図の底部近くに、TFTのドレイン114を図の頂部近くに置いて、OLED106次に電力TFT50を通過するが、一方で、反転OLED用の図9に示すように、電子は電力TFT50のソースおよび電力供給線104を図の頂部近くに置いて、電子は電力TFT次にOLED106を通過することに留意すること。さらに、電力TFT50のドレイン114および戻り電力線110は、図の底部近くに置かれる。この変化の一層有意な影響の一つは、それが、今は単にデータ信号電圧と、ソースとドレイン電力線間の電圧間の差であるゲート112・ソース116間電圧の計算を単純化し、理論的に、OLED106への電流、従って発光素子により生み出される輝度に対して正確な制御をもたらすことを一段と容易にすることである。残念なことに、この同じ変化は、データ信号電圧が多くの場合ゲート・ソース間電圧よりも一段と小さくあるという事実のせいで、供給104および戻り110電力線間の電圧の変化に対して極めて敏感であるので、IR降下の変化に対するこうしたディスプレイのより大きな感受性をもたらす。そのIR降下に対する極端な感受性のせいで、こうした素子の製造は一般的に避けられる。従って、本発明による電圧降下補償を用いるシステムは、反転OLED素子での使用に特に望ましくあることが可能である。

【0038】

発明者らは、さらに、こうした反転OLEDディスプレイ構造におけるIR降下の影響は、線形方程式のセットを単に解くことにより有利にモデル化することが可能であることに留意してきた。他のOLED構造体におけるIR降下を補償する変換画像信号を形成することは可能であるが、一方で、反転構造体中のゲート・ソース間電圧がデータ信号電圧および電力線を横切る電圧によってのみ影響を受けるという事実は、第1実施形態において検討されたように高電流値を避けることによりその影響を単に改善することを試みることもよりむしろ、IR降下の影響を補償する変換画像信号を形成することを特に有利にする。さらに、これらの計算は、入力画像信号82を分析し、変換画像信号84を生成する段階が、ほんのわずかの加工段階を付加しながら、ほとんどの一般的なディスプレイの列ドライバー内で行うことが可能であるように単純化することが可能である。こうした方法は、従って、詳細に提供される。

【0039】

この方法を検討するために、線形方程式の条件で供給と戻り電力線間の実際の電圧を定義することは、最初に重要なことである。その結果として、我々は以下のベクトルを定義する：

【数 1】

$$\tilde{v} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ v_n \end{bmatrix}, \quad \tilde{i} = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ i_n \end{bmatrix}, \quad \tilde{v}_0 = \begin{bmatrix} v_0 \\ v_0 \\ \cdot \\ \cdot \\ v_0 \end{bmatrix};$$

式中、

10

【数 2】

$$\tilde{v}$$

は各回路接続部での電力線の実際の電圧を表す列ベクトルであり、

【数 3】

$$\tilde{i}$$

は少なくとも一つの電力線の各セグメント 1 1 9 用の電流を表す列ベクトルであり（一つの電力線の所定のセグメント用の電流が、一般的に、電力線対中の他の電力線の対応セグメント用の電流に等しいことに注目すること）、および

20

【数 4】

$$\tilde{v}_0$$

は電源装置により提供される電力線の起源での初期電圧値のベクトルである。さらに、我々は対称行列、A を定義する。この行列は、電力線に沿っての回路 1 1 8 の数を行および列ベクトルに割り当てることにより定義され、これらの配列を行列への指標として処理し、次に、行列中の各値を、行列中の各点での行および列指標値の最小値として行列中の各値を計算する。例えば、電力線対に取り付けられる 8 回路を有するディスプレイは、以下のような行列 A を有するであろう：

30

【数 5】

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 6 & 6 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 7 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{bmatrix}$$

40

この行列は、次に、供給 1 0 4 および戻り 1 1 0 電力線対に取り付けられる回路 1 1 8 の数に等しい行および列の数を提供するように拡大されるであろう。

【0 0 4 0】

この行列セットを仮定し、各電力線中の各セグメントの抵抗が一定であるとすれば、各

50

回路接続部での電圧を表す電圧値

【数 6】

$$\tilde{v}$$

の配列は、次に、以下の式から計算することができる：

【数 7】

$$\tilde{v} = \tilde{v}_0 - r * A \tilde{i}$$

10

式中、 r は電力線の一つにおける各セグメントの抵抗、または、対にある各電力線の各セグメントの抵抗が同等であるならば、二つの電力線に対する抵抗値の合計を表す。

【0041】

各回路用の接続部での実際の電圧を計算してから、

【数 8】

$$\tilde{v}_c = \tilde{v}_0 - \tilde{v}$$

から計算される量を、ディスプレイが n 型半導体バックプレーンを有する反転 O L E D を利用する場合に、各発光素子用の駆動電圧値に付加することにより I R 降下を修正することができる。この同じ修正は p 型半導体バックプレーンを有する非反転 O L E D を利用する O L E D に適用することができる。

20

【0042】

O L E D が n 型半導体バックプレーン上の非反転 O L E D、または p 型半導体バックプレーン上の反転 O L E D として形成される場合、この方法は少し適合化する必要がある。この後者のケースのため、I R 降下は各発光素子用の駆動電圧に対して少し異なる修正電圧により修正することができる。この値は、

【数 9】

$$\tilde{v}_c = b(\tilde{v}_0 - \tilde{v}) / a$$

30

から計算される：

式中、 b はソース・ドレイン間電流をソース・ドレイン間電圧に関連付ける電力トランジスタ曲線の勾配であり、 a は操作点でのソース・ドレイン間電流をゲート・ソース間電圧に関連付けるトランジスタ曲線の勾配である。しかし、前に指摘したように、操作点が計算しようとする値であることに留意すること。しかし、この操作点は、 a および b が 1 であるか、または曲線の勾配用の平均値を有することを想定して

【数 10】

$$\tilde{v}_c$$

40

の初期値を計算することを含むあらゆる数のやり方で近似値を求めることが可能である。

【0043】

検討してきた行列式は修正を適用することを可能とするが、一方で、行列 A が、実際に、ほとんどの商業化ディスプレイに対して大きすぎることに留意することは重要である。例えば、H D T V 解像度に対応するテレビは、単一行中に 5 7 6 0 (ピクセル当り 3 色発光素子による 1 9 2 0 ピクセル) もの発光素子を有することが可能であると共に、これらの発光素子のすべては、理想的には、単一電力線対により電力を提供される。こうしたディスプレイ用にこの計算を提供するために、 A 行列は 3 . 3 百万を超える入り口を有する行列が必要とされるであろう。この行列は管理不能量のデータ記憶を必要とするであろう

50

し、解法には許容不可能数の計算を必要とするであろう。都合よく、この行列計算は、 $n \times n$ のA行列を $p \times p$ の等サイズの部分行列ブロック（それぞれが $q = n / p$ の行および列を有する）に分解することにより単純化することが可能である。この単純化を説明するために、前述の行列は、二つの対角行列、超対角行列（すなわち、対角を超える）、および $n = 8$ 、 $p = 2$ 、 $q = 4$ のケース用に示される部分対角行列に分解される。

【数 1 1】

$$A = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3 & 3 \\ 4 & 4 & 4 & 4 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 5 & 5 & 5 & 5 \\ 5 & 6 & 6 & 6 \\ 5 & 6 & 7 & 7 \\ 5 & 6 & 7 & 8 \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

10

超対角部分行列の列が4行の数からなり、各行の各列が同じ数を含むことに注目すること。従って、適切な電流値にこの超対角部分行列Aを掛けることにより得られる量の計算は、

20

【数 1 2】

$$A_{Super} \tilde{i} = s \sum_{k=k_0}^{k_0+q-1} i_k,$$

(式 1)

から計算することができる：

式中、 s は元の行列中の行数であり、 k は超対角部分行列のすべての列にわたり増分される指標である。

30

【0 0 4 4】

加えて、部分対角部分行列の各列は、また、同じ数を含むし、従って、これらの要素の計算も、また、

【数 1 3】

$$A_{Sub} \tilde{i} = \sum_{k=k_0}^{k_0+q-1} i_k k = \sum_{k=k_0}^{k_0+q-1} i_k (k - k_0 + 1) + (k_0 - 1) \sum_{k=k_0}^{k_0+q-1} i_k,$$

40

(式 2)

に単純化することができる：

式中、 k は元の行列中の列数であり、超対角部分行列中のすべての列にわたり増分される。電流と部分対角および超対角部分行列におけるA行列の行列乗算は、形式、

【数 1 4】

$$S_0 = \sum_{k=k_0} i_k$$

および

50

【数 1 5】

$$S_1 = \sum_{k=k_0} i_k (k - k_0 + 1)$$

の合計のみを含み、これらは行数により変わる整数乗数を除いて、部分行列内のすべての修正

【数 1 6】

$$\tilde{v}_c = \tilde{v}_0 - \tilde{v}$$

10

に対して一定であることに留意すること。

【0 0 4 5】

全行列を計算するために、次に、元の行列の対角上の部分行列用の追加の行列乗算を行うことのみが必要である。さらに、この操作はいかなる規模でも行うことが可能である。例えば、3百万の水平発光素子を有するディスプレイで、A行列は極めて大きな数(p)の部分行列中に分解され、オフの対角行列は、それぞれ、これらの比較的簡単な式を用いて計算し、次に、合算することが可能である。

【0 0 4 6】

電圧アーチファクト用の正確な修正が、対角部分行列ブロックの最初および最後の行に対するこれらの同じ簡単な合算値(S_0 および S_1)を用いて与えられることに留意すること。それは、各行用に独特の合算を必要とする対角部分行列の内部行のみである。

20

【0 0 4 7】

修正での小さな誤りを許容することができる場合、最初および最後の行からの内挿により各部分行列ブロックの内部行に対する修正を決定することは可能である(これらの修正が部分行列および超行列の合算値から正確に計算されるので)。修正の正確度を改善しようとする場合、対角行列それ自体はより小さな部分行列(超対角、部分対角、および対角)に部分分解することができ、望ましい正確度が最小部分行列内での行に対して達成されるまで同じ過程を繰り返すことができる。

【0 0 4 8】

これらの計算が単一プロセッサ内で計算することは可能であるが、しかし、 S_0 および S_1 が他の部分行列中の値の知識なしであらゆる部分行列内で計算することができるので、多くの計算が多プロセッサにより平行して行うことが可能であることに留意すること。ほとんどのアクティブマトリクス・ディスプレイにおいて、多数の行ドライバー204a、204bおよび列ドライバー202a、202b、202cは、図11に示すように、ディスプレイ10の縁上に形成されるか、またはそれらに結合されるかのいずれかである。データは、次に、ディスプレイ制御装置200により行ドライバー204a、204bおよび列ドライバー202a、202b、202cに供給される。列ドライバー202a、202b、202cは駆動電圧をディスプレイ10のデータ線58、60、62、64に供給し、一方で、行ドライバー204a、204bは選択信号を選択線52、54に供給する。

30

40

【0 0 4 9】

従って、今記載した方法および図11に描くディスプレイシステムを用いる好ましい実施形態において、ピクセル駆動回路を駆動するためのデータ用の入力画像信号を受け取り、ディスプレイ10中の発光素子を駆動するための変換画像信号16を生成するための1以上のディスプレイドライバーは、図12に示す工程を用いる少なくとも一つのディスプレイ制御装置200および1以上の列ドライバー202a、202b、202cを含むことが可能である。図12に示すように、ディスプレイ制御装置200は、一般的に入力RGBコード値からなるであろう入力画像信号を受け取るであろう210。次に、この入力信号は、一般的に非線形ルックアップ表およびマトリクス乗算を適用することにより、線

50

形強度値に変換されるであろう212。次に、各RGB強度値のピクセル位置に対応する発光素子の輝度は、技術上周知である方法を用いて決定されるであろう214。この段階は、ユーザー輝度調整、ユーザーコントラスト調整、周囲照明センサーおよび/または温度センサーなどの外部ソースからの入力に依存することが可能である。輝度値は、これらの外部ソースからの入力に基づき調整して、発光素子の最終輝度を決定することが可能である214。次に、各発光素子の効率は入力され216、必要とされる電流を得るために必要とされる輝度を各発光素子で割って、各発光素子により必要とされる電流の推定値を計算するであろう218。段階212~218が、ピクセル駆動回路が電力線に沿っての電圧降下により影響を受けない場合、各領域に電流を提供する少なくとも一つの電力線に沿う少なくとも1点で生じるであろう電流を推定するための入力画像信号の分析値を提供することに注目すること。次に、これらの電流値は列ドライバー202a、202b、202cに伝送され220、各列ドライバーは、それが駆動用に信号を提供しなければならない発光素子用の電流値を受け取るであろう。次に、列ドライバーは、それらが駆動線58、60、62、64を通してデータ信号を提供しなければならない発光素子に対応する部分行列用の S_1 および S_0 を計算することが可能である222。次に、各列ドライバー202a、202b、202cは、他の列ドライバーに S_1 および S_0 の計算値を伝送することが可能である224。次に、電圧修正値 V_c が各発光素子用に計算される226。次に、列ドライバーは、電流を電圧に変換するためのルックアップ表を得る228と共に、LUTsを通して電流値を与えて230駆動電圧値を得る。次に、変換画像信号が駆動電圧値に電圧修正値 V_c を付加する232ことにより形成されて、ディスプレイ中の発光素子を駆動するための変換画像信号を形成する。次に、得られる電圧値はアナログ信号に変換され、データ線上に提供されて、ディスプレイの発光素子を駆動し、その結果、修正画像を表示する234。

10

20

【0050】

ディスプレイ制御装置200は、また、行ドライバーに同期信号を提供しなければならない、列ドライバーがデータ線に修正電圧値を提供する前に必要な計算を行うことを可能とするいくつかの遅延は、ディスプレイ制御装置または行ドライバーのいずれかにより導入することが可能であることも、また、留意されるべきである。一部の修正電圧値が、潜在的に、列ドライバーにより提供することが可能である電圧値の範囲外にあることが可能であることもありえることは、また、留意されるべきである。この例において、値を最高の利用可能値で切ること、線用の各修正値に倍率を掛けること、またはこれらの機構の一部の組合せを含むあらゆる数の手段を取ることが可能である。

30

【0051】

本発明は、特に、その一部の好ましい実施形態を参照して詳細に記載されてきたが、しかし、変形および修正が本発明の精神および範囲内で達成することができることは理解される。

【0052】

部品リスト

- 10 ディスプレイ
- 12 ディスプレイドライバー
- 14 電源装置
- 16 入力画像信号
- 18 変換データ信号
- 20 第1領域
- 22 第2領域
- 24 第1電力線
- 26 第2電力線
- 30 発光素子
- 32 発光素子
- 34 発光素子

40

50

3 6	発光素子	
3 8	発光素子	
4 0	発光素子	
4 2	発光素子	
4 4	発光素子	
4 6	選択 T F T	
4 8	キャパシタ	
5 0	電力 T F T	
5 2	選択線	
5 4	選択線	10
5 8	データ線	
6 0	データ線	
6 2	データ線	
6 4	データ線	
8 0	入力画像信号を受け取る段階	
8 2	入力画像信号を分析する段階	
8 4	変換画像信号を生成する段階	
1 0 0	選択線	
1 0 2	データ線	
1 0 4	電力供給線	20
1 0 6	O L E D	
1 0 8	キャパシタ線	
1 1 0	戻り電力線	
1 1 2	ゲート	
1 1 4	ドレイン	
1 1 6	ソース	
1 1 8	ピクセル駆動回路	
1 1 9	電力線セグメント	
1 2 0	白色面	
1 2 2	黒色面	30
1 2 4	黒色面	
1 2 5	均一輝度灰色棒	
1 2 6 a	灰色棒の高輝度部分	
1 2 6 b	灰色棒の低輝度部分	
1 2 6 c	灰色棒の高輝度部分	
1 3 0	基板	
1 3 2	半導体層	
1 3 4	陽極	
1 3 6	E L 層	
1 3 8	陰極	40
1 4 0	入力画像信号を受け取る段階	
1 4 2	線形強度に変換する段階	
1 4 4	輝度を決定する段階	
1 4 6	効率を入力する段階	
1 4 8	電流推定値を計算する段階	
1 5 0	電流を合算する段階	
1 5 2	強度値を蓄える段階	
1 5 4	最大許容可能電流を得る段階	
1 5 6	比率を計算する段階	
1 5 8	セット比率	50

1 6 0	ローパス・フィルタを適用する段階	
1 6 2	フィルタ処理比率値を適用する段階	
1 6 4	ルックアップ表を入力する段階	
1 6 6	提供段階	
1 6 8	表示段階	
1 8 0	基板	
1 8 2	半導体層	
1 8 4	陰極	
1 8 6	電子発光層	
1 8 8	陽極	10
2 0 0	ディスプレイ制御装置	
2 0 2 a	列ドライバー	
2 0 2 b	列ドライバー	
2 0 2 c	列ドライバー	
2 0 4 a	行ドライバー	
2 0 4 b	行ドライバー	
2 1 0	入力画像信号を受け取る段階	
2 1 2	線形強度に変換する段階	
2 1 4	輝度を決定する段階	
2 1 6	効率を入力する段階	20
2 1 8	電流推定値を計算する段階	
2 2 0	電流値を伝送する段階	
2 2 2	S_1 および S_0 を計算する段階	
2 2 4	伝送段階	
2 2 6	電圧修正値を計算する段階	
2 2 8	ルックアップ表を得る段階	
2 3 0	提供段階	
2 3 2	電圧修正値を付加する段階	
2 3 4	表示段階	

【 図 1 】

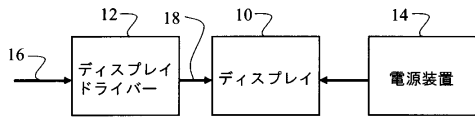


FIG. 1

【 図 3 】

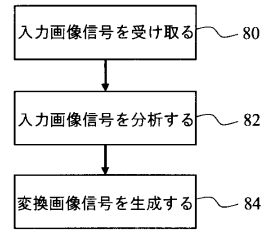


FIG. 3

【 図 2 】

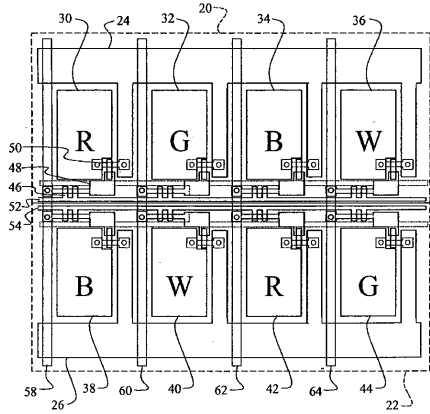


FIG. 2

【 図 4 】

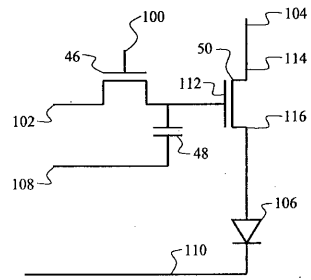


FIG. 4

【 図 5 】

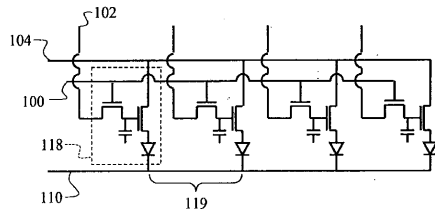


FIG. 5

【 図 6 b 】

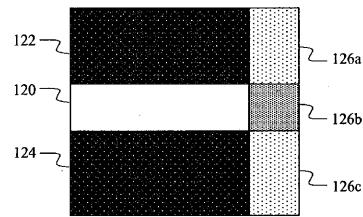


FIG. 6b

【 図 6 a 】

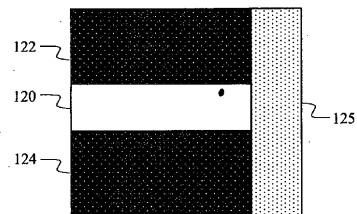


FIG. 6a

【 図 7 】

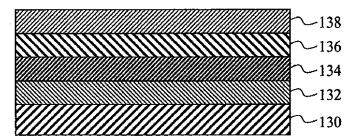


FIG. 7

【図 8】

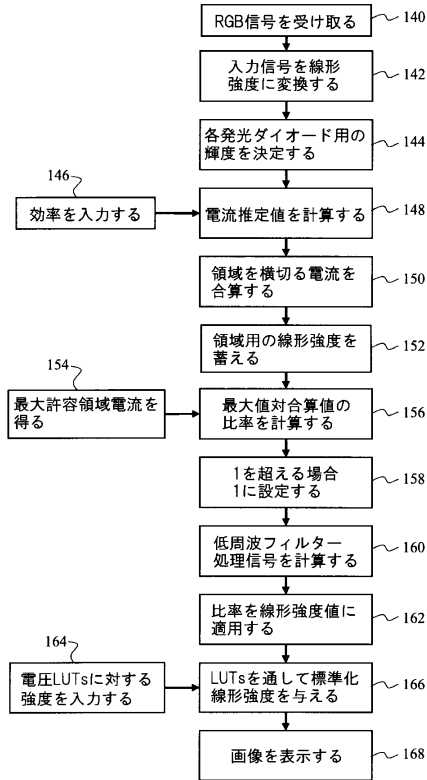


FIG. 8

【図 9】

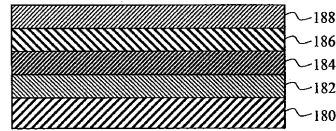


FIG. 9

【図 10】

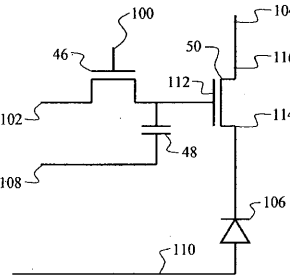


FIG. 10

【図 11】

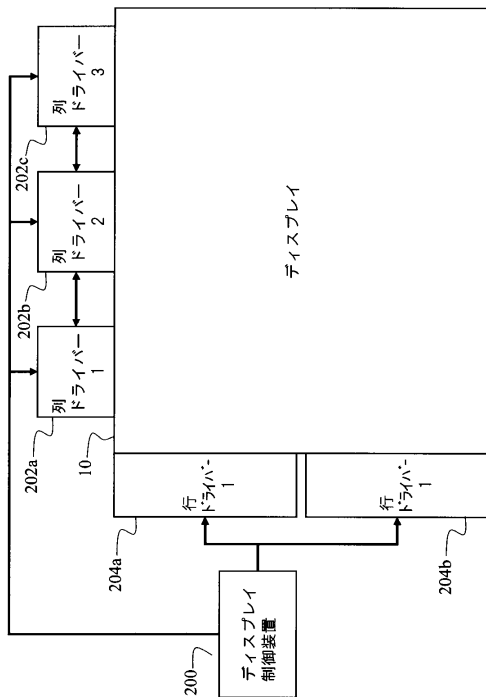


FIG. 11

【図 12】

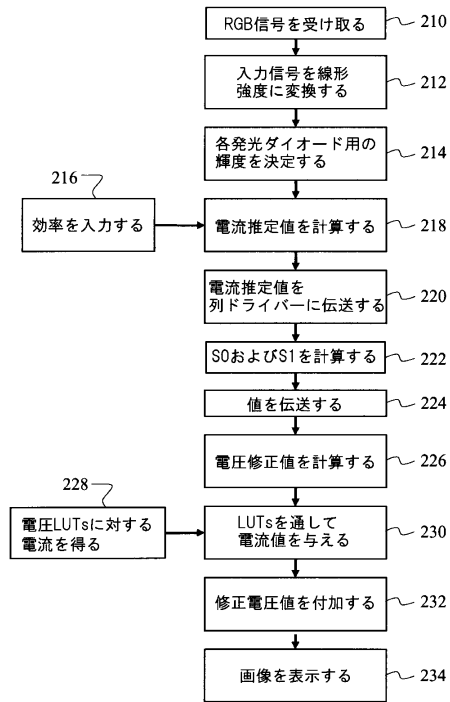


FIG. 12

フロントページの続き

(51) Int.Cl.

F I

G 0 9 G	3/20	6 4 1 D
G 0 9 G	3/20	6 4 1 P
G 0 9 G	3/20	6 4 2 A
G 0 9 G	3/20	6 4 2 D
G 0 9 G	3/20	6 4 2 E
G 0 9 G	3/20	6 4 2 F
G 0 9 G	3/20	6 4 2 K
G 0 9 G	3/20	6 4 2 P
G 0 9 G	3/20	6 5 0 M
H 0 5 B	33/12	B
H 0 5 B	33/14	A

- (72)発明者 ミラー, マイケル ユージン
 アメリカ合衆国, ニューヨーク 1 4 4 7 2, ホーノイエ フォールズ, クエーカー ミーティン
 グ ハウス ロード 2 8 0
- (72)発明者 マードック, マイケル ジョン
 アメリカ合衆国, ニューヨーク 1 4 6 0 7, ロチェスター, ハーレム ストリート 3 1
- (72)発明者 ハイマー, ジョン ウィリアム
 アメリカ合衆国, ニューヨーク 1 4 6 2 6, ロチェスター, ストラウブ ロード 2 2 6

合議体

審判長 清水 稔

審判官 森 竜介

審判官 関根 洋之

- (56)参考文献 特開2004-170815(JP, A)
 国際公開第2004/114273(WO, A1)
 特開2003-280590(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G09G3/30

专利名称(译)	有源矩阵电致发光显示器，具有响应电源线电压降的数据调整		
公开(公告)号	JP5676105B2	公开(公告)日	2015-02-25
申请号	JP2009535269	申请日	2007-10-18
[标]申请(专利权)人(译)	伊斯曼柯达公司		
申请(专利权)人(译)	伊士曼柯达公司		
当前申请(专利权)人(译)	全球豪迪E.技术Rimitido责任公司		
[标]发明人	ミラーマイケルユージン マードックマイケルジョン ハイマージョンウィリアム		
发明人	ミラー,マイケル ユージン マードック,マイケル ジョン ハイマー,ジョン ウィリアム		
IPC分类号	G09G3/30 G09G3/20 H05B33/12 H01L51/50		
CPC分类号	G09G3/3258 G09G2300/0417 G09G2300/0452 G09G2300/0809 G09G2320/0223 G09G2320/0233 G09G2320/0285 G09G2320/029 H05B47/10		
FI分类号	G09G3/30.K G09G3/20.611.J G09G3/20.612.E G09G3/20.612.U G09G3/20.624.B G09G3/20.641.D G09G3/20.641.P G09G3/20.642.A G09G3/20.642.D G09G3/20.642.E G09G3/20.642.F G09G3/20.642. K G09G3/20.642.P G09G3/20.650.M H05B33/12.B H05B33/14.A		
代理人(译)	青木 笃 南山智博 中村健一		
优先权	11/555455 2006-11-01 US		
其他公开文献	JP2010508559A5 JP2010508559A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

一种有源矩阵电致发光显示系统，包括：由发光元件区域阵列组成的显示器，用于独立控制到每个发光元件的电流的像素驱动电路，用于接收输入图像的一个或多个显示驱动器用于驱动像素驱动电路的数据信号，并通过数据线和选择线提供的信号产生用于驱动显示器的每个区域中的发光元件的转换图像信号，其中一个或多个显示驱动器顺序地接收输入图像信号为了驱动区域阵列的每个区域内的发光元件，分析为每个区域接收的输入图像信号，以估计沿至少一条向每个区域提供电流的电源线至少一个点产生的电流，如果在没有进一步修改的情况下使用，则基于设备架构和设备组件的材料和性能特征根据输入图像信号和估计电流，依次产生用于驱动每个区域中的发光元件的转换图像信号。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 6 & 6 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 7 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{bmatrix}$$