

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-535028

(P2008-535028A)

(43) 公表日 平成20年8月28日(2008.8.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G09G 3/30 (2006.01)	G09G 3/30 K	3K107
G09G 3/20 (2006.01)	G09G 3/30 J	5C080
HO1L 51/50 (2006.01)	G09G 3/20 612U	
	G09G 3/20 641P	
	HO5B 33/14 A	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2008-504509 (P2008-504509)
 (86) (22) 出願日 平成18年3月28日 (2006.3.28)
 (85) 翻訳文提出日 平成19年11月20日 (2007.11.20)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2006/012362
 (87) 国際公開番号 W02006/105499
 (87) 国際公開日 平成18年10月5日 (2006.10.5)
 (31) 優先権主張番号 11/093, 115
 (32) 優先日 平成17年3月29日 (2005.3.29)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

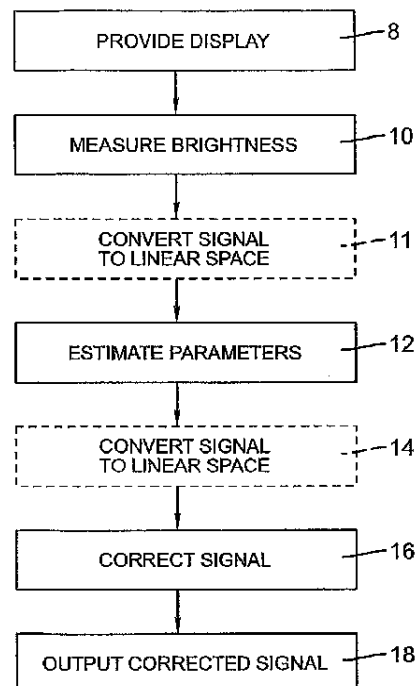
(71) 出願人 590000846
 イーストマン コダック カンパニー
 アメリカ合衆国, ニューヨーク14650
 , ロチェスター, ステイト ストリート3
 43
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100077517
 弁理士 石田 敬
 (74) 代理人 100087413
 弁理士 古賀 哲次
 (74) 代理人 100128495
 弁理士 出野 知

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 O L E Dディスプレイにおける一様性と明るさの補正

(57) 【要約】

多値入力信号にตอบสนองして複数レベルの明るさで光を発生させる発光素子を有するO L E Dディスプレイの補正。2つ以上の異なる入力信号値に関して各発光素子の明るさを測定し、その明るさの測定値を利用し、発光素子が所定の最小値よりも明るい光を発生させることがない最大入力信号値と、入力信号値の増加にตอบสนองして発光素子の明るさがその所定の最小値よりも大きくなる速度とを推定する。発光素子が所定の最小値よりも明るい光を発生させないその推定最大入力信号値と、入力信号値の増加にตอบสนองして発光素子の明るさがその所定の最小値よりも大きくなる速度とを利用して入力信号を変更し、補正された入力信号にする。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

OLEDディスプレイにおける明るさの平均値または明るさの一様性の変動を補正する方法であって、

a) 多値入力信号に応答して複数レベルの明るさで光を発生させる1個以上の発光素子を有するOLEDディスプレイを用意し；

b) 2つ以上だが可能なすべてよりは少数の異なる入力信号値に関して各発光素子の明るさを測定し；

c) その明るさの測定値を利用し、発光素子が所定の最小値よりも明るい光を発生させることがない最大入力信号値と、入力信号値の増加に応答して発光素子の明るさがその所定の最小値よりも大きくなる速度とを推定し；

d) 発光素子が所定の最小値よりも明るい光を発生させないその推定最大入力信号値と、入力信号値の増加に応答して発光素子の明るさがその所定の最小値よりも大きくなる速度とを利用して入力信号を変更して補正された入力信号にすることで、発光素子の光出力を補正する操作を含む方法。

10

【請求項 2】

上記明るさの所定の最小値がゼロである、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

入力信号を補正された入力信号に変化させる上記操作が線形変換を含む、請求項1に記載の方法。

20

【請求項 4】

入力信号を補正された入力信号に変化させる上記操作を加算器および/または乗算器を用いて実施する、請求項3に記載の方法。

【請求項 5】

上記OLEDディスプレイが2個以上の発光素子を備えており、補正された上記入力信号がそのOLEDディスプレイの明るさの一様性を向上させる、請求項1に記載の方法。

【請求項 6】

上記OLEDディスプレイが、いろいろな色の発光素子を有するカラー・ディスプレイである、請求項1に記載の方法。

【請求項 7】

それぞれの光の色に関して上記ディスプレイの明るさの平均を変化させるため各発光素子について入力信号の変更状態を調節することにより、そのディスプレイの白色点を調節する、請求項6に記載の方法。

30

【請求項 8】

各発光素子についての入力信号の変更状態を調節して上記ディスプレイの明るさの平均を変化させる、請求項1に記載の方法。

【請求項 9】

発光素子が所定の最小値よりも明るい光を発生させることがない最大入力信号値と、入力信号値の増加に応答して発光素子の明るさがその所定の最小値よりも大きくなる速度とを、異なる2つの入力信号値においてだけ測定した発光素子の明るさの値に基づいて推定し、その推定値を用いて多値入力信号の全範囲にわたって入力信号を補正された入力信号に変更して発光素子の光出力を補正する、請求項1に記載の方法。

40

【請求項 10】

各発光素子の明るさを3つ以上の異なる入力信号値について測定し、その測定値を合わせ、発光素子が所定の最小値よりも明るい光を発生させることがない最大入力信号値と、入力信号値の増加に応答して発光素子の明るさがその所定の最小値よりも大きくなる速度とを推定する、請求項1に記載の方法。

【請求項 11】

各発光素子の明るさを3つ以上の異なる入力信号値について測定し、連続した測定値の各ペアを合わせ、発光素子が所定の最小値よりも明るい光を発生させることがない最大入

50

力信号値と、入力信号値の増加に応答して発光素子の明るさがその所定の最小値よりも大きくなる速度とを推定し、その推定値を各測定範囲において入力信号の変更に適用する、請求項1に記載の方法。

【請求項12】

発光素子が所定の最小値よりも明るい光を発生させることがない最大入力信号値の上記推定値と、入力信号値の増加に応答して発光素子の明るさがその所定の最小値よりも大きくなる速度の上記推定値とを、ルックアップ表内の補正值として記憶させる、請求項1に記載の方法。

【請求項13】

各発光素子の補正值を、ルックアップ表の単一のアドレス位置にまとめて記憶させる、請求項12に記載の方法。

10

【請求項14】

上記入力信号と上記補正された入力信号がデジタル信号である、請求項1に記載の方法。

【請求項15】

上記補正された入力信号が、上記入力信号よりも多くのビット数を有する、請求項14に記載の方法。

【請求項16】

発光素子が所定の最小値よりも明るい光を発生させることがない上記最大入力信号値を複数ビットの最初の数字を用いて記憶させ、入力信号値の増加に応答して発光素子の明るさがその所定の最小値よりも大きくなる上記速度を複数ビットの2番目の数字に記憶させ、複数ビットの最初の数字と2番目の数字が異なっている、請求項14に記載の方法。

20

【請求項17】

発光素子が所定の最小値よりも明るい光を発生させることがない上記最大入力信号値を平均値からの差として記憶させ、および/または入力信号値の増加に応答して発光素子の明るさがその所定の最小値よりも大きくなる上記速度を平均値からの差として記憶させる、請求項1に記載の方法。

【請求項18】

上記入力信号と上記補正された入力信号の一方または両方がアナログ信号である、請求項1に記載の方法。

30

【請求項19】

上記測定値および/または入力信号を線形空間に変換した後、上記推定および/または変更を実施する、請求項1に記載の方法。

【請求項20】

線形空間への共通する1つの変換をすべての発光素子に対して実施する、請求項19に記載の方法。

【請求項21】

上記変換を計算するため、

- a) 発光素子の明るさを3つ以上の入力信号値について測定するステップと；
- b) その明るさの測定値に式をフィットさせるステップと；
- c) 望ましい入力信号値における望ましい最大レベルの明るさを選択するステップと；
- d) 上記の式と、望ましい入力信号値における上記望ましい最大レベルの明るさを用いて入力信号変換を生成させて、入力信号を、入力信号値と、明るさと、望ましい入力信号値における最大レベルの明るさの間に線形の関係がある変換された入力信号に変換するステップをさらに含む、請求項20に記載の方法。

40

【請求項22】

上記変換を計算するための明るさの測定値が、発光素子の明るさの平均値である、請求項21に記載の方法。

【請求項23】

上記OLEDディスプレイが、いろいろな色の発光素子を有するカラー・ディスプレイであ

50

り、それぞれの色の発光素子ごとに独立に、入力信号に対して共通の変換を適用する、請求項19に記載の方法。

【請求項24】

少なくとも1つの発光素子を第1の入力信号値で駆動することによって上記2つ以上の異なる入力信号値を選択するステップと、次いで、明るさの測定値が測定値の最大値または最小値に達するまで入力信号値を増加または減少させるステップと、測定値の最大値または最小値に対応する入力信号値を、上記2つ以上の異なる入力信号値のより大きい方、またはより小さい方として用いるステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項25】

上記OLEDディスプレイが、いろいろな色の発光素子を備えていて、それぞれの色の発光素子で2つ以上の異なる入力信号値を独立に選択するカラー・ディスプレイである、請求項24に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の発光素子を備えるOLEDディスプレイに関するものであり、より詳細には、そのディスプレイに含まれる発光素子の明るさの補正に関する。

【背景技術】

【0002】

有機発光ダイオード（OLED）が何年か前から知られており、最近では市販のディスプレイ装置に使用されている。このような装置ではアクティブ-マトリクス制御方式とパッシブ-マトリクス制御方式の両方が利用され、複数の発光素子を用いることが可能である。発光素子は一般に二次元アレイに配置され、各発光素子には行アドレスと列アドレスが与えられる。各発光素子にはデータ値が付随していて、その付随するデータ値に対応する明るさの光が発生する。しかしこのようなディスプレイは、ディスプレイの品質を制限するさまざまな欠点を有する。OLEDディスプレイは、特に、発光素子が一様ではないという欠点を持つ。この非一様性は、ディスプレイに含まれる発光材料と、アクティブ-マトリクス・ディスプレイの場合には発光素子の駆動に用いる薄膜トランジスタ間の違いに帰することができる。

【0003】

従来技術では、ディスプレイの各画素の性能を測定した後、画素の性能を補正してディスプレイ全体でより一様な出力が得られるようにすることが知られている。2000年6月27日に付与されたSalamによる「マッチした固体画素を備えるマトリクス・ディスプレイ」という名称のアメリカ合衆国特許第6,081,073号には、画素間の明るさの違いを減らすための処理・制御手段を備えるディスプレイ・マトリクスが記載されている。この特許文献には、ディスプレイに含まれる最も弱い画素の明るさと各画素の明るさの比に基づいて各画素に線形スケール法を適用することが記載されている。しかしこの方法だとディスプレイのダイナミック・レンジと明るさが全体的に低下し、画素が動作できるビット深度が小さくなるとともに変動することになる。

【0004】

2002年10月29日に付与されたFanによる「個々の画素を較正することにより有機発光ディスプレイの一様性を向上させる方法」という名称のアメリカ合衆国特許第6,473,065 B1号には、OLEDのディスプレイの一様性を向上させる方法が記載されている。OLEDのディスプレイの一様性を向上させるため、すべての有機発光素子の表示特性を測定し、対応する有機発光素子の表示特性の測定値から各有機発光素子の較正パラメータを取得する。各有機発光素子の較正パラメータは、較正メモリに記憶される。この方法では、一様性を補正するため、ルックアップ表と計算回路の組み合わせを利用する。しかし記載されている方法では、各画素の完全なキャラクタリゼーションのためのルックアップ表が必要とされるか、デバイスの制御装置の内部に強力な計算回路が必要とされる。これはコストがかかると考えられるため、たいいていの用途において非実用的であろう。

10

20

30

40

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

したがってこれらの問題点を克服してOLEDディスプレイの一樣性を実現する改善された方法が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一実施態様は、OLEDディスプレイにおける明るさの平均値または明るさの一樣性の変動を補正する方法であって、

a) 多値入力信号に応答して複数レベルの明るさで光を発生させる1個以上の発光素子を有するOLEDディスプレイを用意し；

b) 2つ以上だが可能なすべてよりは少数の異なる入力信号値に関して各発光素子の明るさを測定し；

c) その明るさの測定値を利用し、発光素子が所定の最小値よりも明るい光を発生させることがない最大入力信号値と、入力信号値の増加に応答して発光素子の明るさがその所定の最小値よりも大きくなる速度とを推定し；

d) 発光素子が所定の最小値よりも明るい光を発生させないその推定最大入力信号値と、入力信号値の増加に応答して発光素子の明るさがその所定の最小値よりも大きくなる速度とを利用して入力信号を変更して補正された入力信号にすることで、発光素子の光出力を補正する操作を含む方法に関するものである。

【発明の効果】

【0007】

本発明のさまざまな実施態様によれば、ディスプレイの一樣性が向上することで、複雑な計算が減り、記憶させるべきデータの量が最少になり、製造プロセスの収率が向上し、一樣性の計算と変換を実施するのに必要な電子回路が減るという利点が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明は、OLEDディスプレイの明るさと一樣性の変動を補正するための方法と装置に関する。図1を参照すると、この方法は、多値入力信号に応答して複数レベルの明るさで光を発生させる1つ以上の発光素子を有するOLEDを用意するステップ8と；2つ以上だが可能なすべてよりは少数の異なる入力信号値に関して各発光素子の明るさを測定するステップ10と；その明るさの測定値を利用し、発光素子が所定の最小値よりも明るい光を発生させることがない最大入力信号値（オフセット）と、入力信号値の増加に応答して発光素子の明るさがその所定の最小値よりも大きくなる速度（利得）とを推定するステップ12と；発光素子が所定の最小値よりも明るい光を発生させないその推定最大入力信号値と、入力信号値の増加に応答して発光素子の明るさがその所定の最小値よりも大きくなる速度とを利用して入力信号を変更して補正された入力信号にすることで、発光素子の光出力を補正するステップ16を含んでいる。最後に、各画素に関する補正された入力信号をディスプレイに出力し18、見ることができるようにする。好ましい一実施態様では、入力信号が補正に適した線形空間にない場合には、その入力信号を線形空間に変換し14た後に補正し16、ディスプレイに出力する。さらに別の好ましい一実施態様では、明るさの測定値も同じ線形空間に変換する11ことができる。このような変換は、すべての発光素子に共通に適用すること、または特定の色のすべての発光素子に共通に適用することができる。

【0009】

図3に従来のシステムを示してある。図3では、補正用ルックアップ表80が、ディスプレイ24の1つの発光素子（画素）の各位置（アドレス信号32）に関する各入力信号データ値30のための出力信号値34を提供する。補正用ルックアップ表80の補正値は、従来技術で知られているさまざまな手段で得ることができる。例えばカメラを利用し、各データ信号入力について各画素の明るさの出力値を得る。次に、補正用ルックアップ表80は補正された出力値34を提供し、各入力値ごとに画素に望む明るさの光を出力させる。ディスプレイ24

10

20

30

40

50

が各入力信号30について完全に一様で望む明るさになっている場合には、補正用ルックアップ表の出力は、各画素の入力と一致する。ディスプレイ24が各入力信号について完全に一様ではなかったり、望む明るさではなかったりする場合には、補正用ルックアップ表80は補正された出力信号34を供給してディスプレイを望む出力にする。

【0010】

最も完全な場合には、この方法は、各画素ごとに、各入力信号値でのルックアップ表の値を必要とする。例えばディスプレイに信号ビット深度が8ビットの1,000×1,000個の画素アレイがあるとすると、256メガバイトのメモリが必要になる。ディスプレイの各画素がカラー画素であれば、それぞれの色について追加のメモリを使用する必要があり、768メガバイトが必要になる。比較的小さなディスプレイ（例えば100×100画素）でさえ、この条件は、7.68メガバイトというかなりの大きさになる。したがってこのような設計はコストとパッケージングが理由で非実用的であろう。より少ないメモリしか必要としない別の解決法（例えばより少ないデータ点の間を直線で内挿する方法）を利用できるが、そのような方法は、デバイスの応答がより不正確になり、計算用の強力なハードウェアが必要になる可能性がある。

10

【0011】

図2を参照すると、はるかに少ないメモリしか必要としない本発明によるより簡単な解決法の一実施態様が示してある。入力データ信号30がアドレス値信号32とともに入力されると、ディスプレイ24の各画素に対する補正データが提供される。入力信号はアナログでもデジタルでもよいが、デジタル信号のほうが好ましい。補正の精度を向上させるため入力信号を線形空間に変換したいのであれば、ルックアップ表28を通じてその変換を行なって線形入力データ信号40にするとよい。この変換は、すべての入力信号に適用される共通の変換にすることができる。またこの変換は、明るさに関する一連の測定値に基づいたものや、入力信号に対するディスプレイの応答に関する先験的な知識に基づいたものに行うことができる。

20

【0012】

（ディスプレイ24の1つの発光素子の位置を表わす）アドレス値32が、各発光画素の位置に1つの入力値を持つルックアップ表26に入力される。単一のマルチビット集積回路メモリを用いてサイズを小さくし、コストを最少にすることが好ましい。コストとサイズの条件によって記憶容量は限られるため、マルチビット・メモリを第1の部分26aと第2の部分26bに分割し、各発光画素の位置に関する2つの値を記憶させるのに用いる。2つの値とは、発光素子が所定の最小値よりも明るい光を出さない最大入力信号値を表わすオフセット値38と、発光素子の明るさが入力信号値の増加にตอบสนองして明るさの所定の最小値を超えて増加する速度を表わす利得値36である。利得値36とオフセット値38という2つの値は、異なる精度で記憶させるが、オフセット値38は利得値36よりも数ビット少ないことが好ましい。オフセット値38は加算器22に入力され、利得値36は乗算器20に入力される。乗算と加算が入力データ信号30または40に対して実行され、補正されたデータ信号34が生成する。乗算20と加算22によって入力信号の線形変換がなされるため、演算20、22の順番を逆にしても変換結果に影響はない。

30

【0013】

次に、補正された信号34がOLEDディスプレイ24に入力され、一様性が向上したOLEDディスプレイが駆動される。共通の線形空間変換28によって入力信号が線形空間に変換されるが、この変換によって画素の一様性は補正されないことに注意されたい。したがって各画素に対する個々の線形変換20、22がやはり必要である。補正されたデータ信号34は、望むのであればアナログ信号に変換することができる。補正された信号をさらにディスプレイ空間に変換し、ディスプレイ（図示せず）の応答を最適化することができる。したがって本発明によれば、信号空間の線形変換の後に別の線形変換を行なって入力信号を補正すると、より少ないメモリで、ルックアップ表だけを用いるか、ルックアップ表に記憶されている選択された値の間の直線的な内挿を組み合わせた従来法よりも正確な改善された補正法が提供される。

40

50

【0014】

別の一実施態様では、発光素子が所定の最小値よりも明るい光を出さない最大入力信号値が、平均値からの差として記憶される、および/または発光素子の明るさが入力信号値の増加に応答して明るさの所定の最小値を超えて増加する速度が、平均値からの差として記憶される。こうすると、補正值に必要とされるメモリを少なくすることができる。平均値は、メモリの別の場所にある制御装置に記憶させること、または駆動回路に記憶させることができる。さらに別の一実施態様では、表示ビットを各画素の補正信号と組み合わせることで利用し、補正が範囲外になったことを示す。範囲外の画素補正は、メモリ、制御装置、駆動回路いずれかの別の場所に記憶させることができる。

【0015】

一実施態様では、ルックアップ表28のためのメモリは付随するディスプレイ装置とともにパッケージングされるため、効率的なパッケージ、輸送、相互接続が可能である。このようなパッケージには、ディスプレイに固定されたメモリ、またはディスプレイに取り付けられたコネクタに固定されたメモリを含むことができるため、コネクタの接続の一部をおそらく共通にすることができる。

【0016】

本発明のさらに別の一実施態様によれば、OLEDディスプレイ24は、例えば赤サブ画素、緑サブ画素、青サブ画素を含むカラー画素を備えるカラー・ディスプレイにすることができる。このようなカラー・ディスプレイでは、すでに説明したように、オフセット値と利得値は各サブ画素について計算され、メモリに記憶され、入力信号を補正するのに使用される。コストとサイズを最小にするため、各アドレス位置の記憶容量が32ビット(4バイト)である単一の集積回路メモリを用いて各画素について32ビットの補正情報を提供する。このメモリは、各サブ画素のオフセット値と利得値に割り当てるため、さまざまな方法で分割することができる。例えば、4ビットをそれぞれ赤と青のオフセット値を記憶させるのに使用し、6ビットをそれぞれ赤と青の利得値を記憶させるのに使用し、5ビットを緑のオフセット値を記憶させるのに使用し、7ビットを緑の利得値を記憶させるのに使用することができる。人間の目は緑に対して最も敏感であるため、緑チャンネルに追加情報を提供するとよい。あるいは10ビット(オフセットに4ビット、利得に6ビット)をすべてのカラー・チャンネルに提供し、残る2ビットを他の情報に利用することもできる。4色画素システム(例えば赤、緑、青、白)では、8ビットを各サブ画素に使用することができる(例えば3ビットをオフセット情報に、5ビットを利得情報に用いる)。あるいはそれぞれのオフセット値と利得値が8ビットである(画素の位置1つごとに6バイト)、より大きなメモリを使用することもできる。本発明のこの実施態様では、従来技術とは異なり、100×100画素のディスプレイで60,000バイトしかないルックアップ表を使用することができる。メモリ・アドレスごとに異なる数のビットを有するさまざまなメモリが市販されている。特に、アドレス位置ごとに8ビットまたは32ビットであるメモリが知られている。本発明のさらに別の一実施態様によれば、カラー・ディスプレイの1つの色の各発光素子に関する補正を調節してディスプレイの白色点を制御することができる。

【0017】

典型的なフラット-パネル・ディスプレイでは、そして特にOLEDディスプレイでは、薄膜トランジスタを利用して画素を駆動する。薄膜トランジスタは、性能がさまざまであることがしばしばある。例えばオンになる電圧がトランジスタごとに異なっている可能性がある。したがってディスプレイの画素の一様性が損なわれ、同じ明るさですべての画素をオンにするには多彩な制御信号が必要とされる。さらに、画素の製造法が原因で画素ごとに効率が異なる可能性がある。したがって増大する信号値に対する応答は、すべての画素について画素の明るさが同様に増加することではなく、ディスプレイが一様になることはなからう。特にOLEDデバイスは、有機材料を気化させてディスプレイに堆積させる方法に依存した製造の変動の影響を受けやすい。この変動がディスプレイの画素の効率に影響を与える可能性がある。

【0018】

10

20

30

40

50

図4aを参照すると、さまざまな信号値にตอบสนองして発生する光を、3つの画素に関して示してある。第1の画素は、第1の信号値に対する光出力曲線50に示してあるように、第1の信号値で発光を開始し、第1の速度で大きくなる信号値にตอบสนองする。同様に、第2の画素は、第2の信号値に対する光出力曲線52に示してあるように、異なる第2の信号値で発光を開始し、異なる速度で大きくなる信号値にตอบสนองする。同様に、第3の画素は、第3の信号値に対する光出力曲線54に示してあるように、異なる第3の信号値で発光を開始し、異なる速度で大きくなる信号値にตอบสนองする。図示してあるように、これら3つの画素のそれぞれが発光を開始する値は異なっており、大きくなる信号値にตอบสนองして光出力が増加する速度も同様である。

【0019】

本発明では、発光素子の明るさを2つ以上の異なるデータ入力信号値で測定する。図4bを参照すると、点は、異なる2つのデータ入力信号値における2つの光出力測定値56と58である。図4cを参照すると、3つ以上のデータ入力点において3つ以上の測定値を取得して結果を平均することで、性能の推定値をより正確にすることができる。しかし本発明によれば、可能なすべての信号値について測定を行なう必要はない。

【0020】

本発明の別の実施態様によれば、入力データ信号の補正は、最初にその入力信号がすでに線形空間にあるのでなければ、そのような線形空間へと変換して光出力がデータ入力信号値の増加と線形関係になるようにすることによって改善できる。この変換は、すべての発光素子に共通にすること、または共通する1つの色の全発光素子に共通にすること、または各発光素子で別々にすることができる。このような変換は複雑になる可能性がある。なぜなら信号値と明るさの関係は、特に欠陥のある発光素子に関しては同様に複雑である可能性があるからである。例えば図4cを参照すると、数値を平均して発光素子の性能に関する精度の低い線形近似を行なう代わりに、3つの数値をある式にフィットさせ、次にその式を用いて信号値と光出力の間の関係を線形化する変換を作り出すことができる。この変換は、計算回路またはルックアップ表を用いて実現できる。曲線は単調ではない可能性があり、しかも複雑な形状である可能性もある。なぜなら発光素子そのものが正常に機能していない可能性があるからである。したがって入力信号を変換してよい結果が得られるようにする必要がある。図4cに示したこの実施態様による測定値は、すべての発光素子からの平均出力でもよいし、共通する1つの色の全発光素子からの平均出力でもよいし、各発光素子からの光出力でもよい。図6を参照すると、この変換を実現するには、最初に発光素子の明るさを3つ以上の入力信号値について測定し90；明るさの測定値に式をフィットさせ92；望ましい入力信号値における望ましい最大レベルの明るさを選択し94；その式と、望ましい入力信号値におけるその望ましい最大レベルの明るさを用いて入力信号変換を生成させて96、入力信号を変換することにより、入力信号値と、明るさと、望ましい入力信号値における明るさの最大レベルの間に線形の関係がある変換された入力信号にする98とよいことがわかる。

【0021】

OLEDディスプレイが複数の色の発光素子を有するカラー・ディスプレイである場合には、それぞれの色の発光素子に対する入力信号に対して別々の変換を実施し、そのことによってOLEDディスプレイの色平面のそれぞれに対して独立な補正を行なえるようにする。

【0022】

ある用途に関し、明るさの最小値から最大値までの範囲の入力信号値を利用してディスプレイを駆動することが一般に望ましい。例えばデジタル・カメラのディスプレイでは、明るさの範囲は $0\text{cd/m}^2 \sim 200\text{cd/m}^2$ の範囲であることが望ましい。明るさの最小値と最大値の間が滑らかなグレーになることも望ましい。これは、入力信号を、その入力信号の最小値（一般にゼロ）から最大値（8ビット・システムでは一般に255）にマッピングすることによって実現できる。したがって明るさに関してあらかじめ決める最小値は 0cd/m^2 にすることが好ましかろう。明るさの最小値に対応する望ましい入力信号も同様にゼロであることが好ましい。しかし出力は一様でないため、発光素子は、入力信号値がゼロよりも大

10

20

30

40

50

きくても光を出さない可能性がある。したがって明るさの最小値と最大値の間で滑らかなグレー・スケールを得るには、発光素子が光を出さない入力信号の最大値を推定し、望ましい最小入力信号値（一般にゼロ）にマッピングする必要がある。

【0023】

入力信号値が線形空間に変換されると、ディスプレイの駆動に用いる信号を補正して値がわかった出力を提供することにより、オフセット値と利得値を用いてディスプレイの各画素に同じ量の光を出させることができる。例えば0~255（8ビット）の信号を用いて0cd/m²~200cd/m²の範囲の明るさで一様な光を発生させようとしていて、画素のオフセットが10であり、利得が0.7cd/ビットである場合には、信号に1.12を掛け、10だけオフセットして望む出力にせねばならない。もちろん、オフセット値と利得値のビット数と回路の数は限られているため、結果の精度と正確さは限られる。一般に、より多くのビットが利用できると、より正確な結果が得られる。

10

【0024】

明るさの測定値を2つだけ利用する場合には、利得値は、その2つの明るさの測定値によって形成される直線の勾配を見いだすことによって簡単に推定できる。オフセット値は、明るさがゼロに等しい入力信号値（すなわち直線が入力信号値の軸と交差する位置）を見いだすことによって推定できる。互いによく分離したデータ入力信号値で明るさを測定することが好ましい。いかなる測定にも固有の誤差が伴っているため、利得値とオフセット値の推定は、数値が互いに近くない場合により正確になる。図4dと比較して図4eを見ると、点によって可能な誤差範囲が決まることがわかる。互いに近い点を結ぶ直線は多数あることからわかるように、より多くのオフセット値と利得値が得られる可能性があるため、正確さが低下する可能性がある。（図4cに示してあるように）直線にフィットさせるのにより多くの点を用意して正確さを向上させるため、多数の測定を行なうとよい。数値解析の分野で知られているデータ・フィッティングのためのさまざまなアルゴリズムを利用することができる。

20

【0025】

多値入力信号に応答してOLEDデバイスの明るさを測定する測定装置を利用して大きく離れた明るさの測定値を自動的に取得することができる。そのための方法は、少なくとも1つの発光素子を第1の入力信号値で駆動することによって2つ以上の異なる入力信号値を選択するステップと、次いで、明るさの測定値が測定値の最大値または最小値に達するまで入力信号値を増加または減少させるステップと、測定値の最大値または最小値に対応する入力信号値を、上記2つ以上の異なる入力信号値のより大きい方、またはより小さい方として用いるステップを含んでいる。

30

【0026】

大きく離れた明るさの値を測定するため、図7に示したような方法を利用して適切な入力信号値を見いだすことができる。ここで図7を参照する。最初に任意の入力信号値を選択すること100によって明るさの最大値を1つ取得できる。次に、任意に選んだその入力信号値に対応する光出力Aを測定する102。次に、その入力信号値を大きくし104、その大きくした入力信号に対応する光出力Bを測定する106。AとBを比較し108、両者が一致している場合には、出力装置が最大値に到達したか、測定装置が飽和したかである。この場合、入力信号値を小さくし110、光出力Bを測定し112、再びAと比較する114。AとBの値がやはり一致している場合には、システムが相変わらず飽和しており、差が現われるまでこの方法を継続する。光出力の測定値が変化したとき116、Bの以前の測定値に対応する入力信号値が、最大の光出力を発生させる最小入力信号値を表わす。AとBの値を最初に比較したとき108に値が異なっている場合には、必ずしも明るさの最大値に到達していないため、Aの値をBに等しくし120、入力信号値を再び大きくし122、出力を測定し124、その出力をBとし、AとBの値を再び比較する。両者の値が同じである場合には116、Aに対応する入力信号値は、最大の光出力を発生させる最小入力信号値を表わしており、この方法は終了である118。両者の値が同じでない場合には、Aの値を再びBに等しくし120、この方法を繰り返す。明るさの最小値を見いだす方法は、図7に示した方法と同様だが、入力信号値を大きく

40

50

するのではなく小さくする点、またはその逆にする点が異なっている。この方法を個々の発光素子で利用すること、またはデバイスのすべての素子で同時に利用することができる。

【0027】

OLEDディスプレイが、いろいろな色の発光素子を有するカラー・ディスプレイである場合には、図7に示した方法をそれぞれの色について繰り返し、それぞれの色の発光素子について2つ以上の異なる入力信号値を選択する。

【0028】

出願人は、実験を通じ、光出力の測定におけるノイズを減らすために採用した手段にもかかわらず、各発光素子からの光出力を一貫性をもって正確に測定するのは難しい可能性のあることを明らかにした。この場合、すべての発光素子または少なくとも2つ以上の発光素子の出力を測定することにより、デバイスのオフセットと利得の平均値で全体補正を実施できる。これは、1つ以上の入力信号値でOLEDディスプレイの全体的な明るさと利得を測定し、その測定した全体的な明るさと利得に基づいて補正を調節することによって実現できる。この補正は、個々の発光素子を補正し、光を出しているできるだけ多くの発光素子について測定を行なった後に実施することが好ましい。デバイス全体のオフセットと利得を測定した後、全体的補正を発光素子の個々の補正に組み込むことができる。

【0029】

測定は、多値入力信号に応答してOLEDデバイスの明るさを測定する光学的測定装置（例えばデジタル・カメラ）を用いて実施できる。出願人は、OLEDデバイスに焦点を当てた光学的測定装置を用いてOLEDデバイスの1つ以上の発光素子の明るさを測定するステップと、OLEDデバイスから焦点を外した光学的測定装置を用いてOLEDデバイスの1つ以上の発光素子の明るさを測定するステップのうち1つ以上を実施することにより、測定におけるノイズ（特にサンプリングの間違い）を減らせることを明らかにした。別々の測定結果は別々に分析し、その結果を合わせて好ましい全体的補正を作り出す。あるいは焦点を当てた測定結果と焦点を外した測定結果を合わせた後、分析を行なうこともできる。デジタル・カメラを用いて測定を行なうのであれば、得られる画像はOLEDの発光素子の出力を表わす。その画像は、従来技術で知られているデジタル画像処理手段を利用して処理することができる。例えば画素値を平均する、画素の周囲の興味の対象となる領域を同定する、図心などの領域の特徴を明らかにするなどの方法がある。

【0030】

線形変換を利用するときでさえ、OLED発光素子の明るさは、ディスプレイに供給される入力信号値と完全な線形関係にあるとは限らない。このようなディスプレイで用いられる駆動回路は、入力信号値とそれに付随する発光素子の明るさの関係に関数の形の変換を与えるが、発光素子に対する望ましい補正因子は、明るさのレベルが異なると非線形に変化する可能性がある。出願人が行なった実験から、これは、望ましい挙動または予想される挙動をしないというのが定義である一様でない発光素子に特に当てはまることがわかった。この場合、線形変換が容易に実施できないとか、コストがかかりすぎるとか、不正確であるとかするのであれば、複数の直線区画に対応するオフセットと利得を利用して発光素子の実際の性能により近づけることができる。例えば図4fを参照すると、2つの直線区画60と62が3つのデータ点から形成されることがわかる。連続した点の各ペアを利用し、異なる利得値とオフセット値を計算することができる。利得値とオフセット値は、上記のようにメモリに記憶させることができる。しかしこれらの値は範囲に依存する（適切なオフセット値と利得値は、データ信号値に依存して決まる）ため、図2の点線30aで示してあるように、入力信号値の少なくとも一部をメモリにも入力せねばならない。出願人は、最悪の場合でさえ、十分な正確さにするのに異なるほんのいくつかの補正值セットしか必要でないことを明らかにした。したがってデジタル入力データ信号のいくつかの最上位ビットだけを一般にメモリ26に入力する必要がある。例えば4つの異なる補正值を8ビットの範囲で使用することができる。すなわち第1の利得値とオフセット値は0～63の範囲の信号値、第2の利得値とオフセット値は64～127の範囲の信号値、第3の利得値とオフセット値は1

10

20

30

40

50

28～191の範囲の信号値、第4の利得値とオフセット値は192～255の範囲の信号値にする。この例では、2つの最上位ビットだけがメモリ26に入力されるため、追加情報を記憶させるにはメモリ・サイズを4倍にする必要がある。

【0031】

本発明の別の一実施態様では、単純化した補正機構を利用して補正ハードウェアをさらに単純にするとともに、その補正ハードウェアのサイズをより小さくすることができる。出願人は、重要な非一様性に関する多数の問題が発光素子の行と列に関係していることを明らかにした。これは、製造法が原因である。したがって画素をグループ化し、各グループに共通の補正因子を用いることにより、メモリのサイズを小さくできる。例えば画素アドレス法では、x、yアドレスが一般に利用されているため、すべての発光素子に個別の補正因子を適用するのではなく、行または列に関して補正因子を利用することができよう。1つの次元（例えば行）の全画素が共通する補正因子を持つ場合には、グループ全体（例えば行）で補正因子のセットを1つだけ利用することができる。極端な場合には、1つの数値セットをディスプレイの全画素で利用することができる。このような場合、アドレスの範囲ははるかに狭くなり、必要なメモリはそれに対応して少なくなる。

10

【0032】

分数を利用して整数の積と和を計算する回路は、従来技術で知られている通常のデジタル回路を用いて容易に実現される。同様に、アナログの解決法も従来技術で知られている（例えばオペアンプを利用する）。直線の代数計算はよく知られており、例えば $y=mx+b$ （ただし m はこの式の勾配とこのシステムの利得を表わし、 $-b/m$ はオフセットである）という形態の式が使用される。この変換は、入力信号値に勾配の逆数（ $1/m$ ）を掛け、オフセット（ $-b/m$ ）を足すことによって実現できる。

20

【0033】

例えば図5を参照すると、発光素子は、信号値を6にして駆動すると 4cd/m^2 を出力し、信号値を12にして駆動すると 16cd/m^2 を出力する。この例では、線形空間でのこの発光素子の性能は、 $L=2 \times V-8$ （ L 、 $V \geq 0$ ）で特徴づけられる。ただし、 L は cd/m^2 を単位とする光出力であり、 V は駆動信号の値である。性能は、図5に直線区画70で示してある。利得はすると2であり、オフセットは4である。望む出力が図5の直線区画72で示したようであれば、補正回路が実際の出力（70）を望む出力（72）に変換する。すなわち望む出力（72）を実際の出力関数（70）にマッピングせねばならない。上に指摘したように、この変換は、入力信号値に勾配の逆数（この例では0.5）を掛け、オフセット（この例では4）を足すことによって実現され、望む出力を生み出すことになる補正された信号値が明らかにされる。すなわち、補正された信号値 = （入力信号値） / 利得 + オフセットである（この例では、補正された信号値 = （入力信号値） / 2 + 4）。

30

【0034】

他の機能も同様にマッピングすることができる。オフセット値が負である（すなわち発光素子の出力をオフにできない）場合には、その欠陥のある発光素子のオフセット値としてゼロを用いることができる。あるいは欠陥のある発光素子の性能に合致するようにすべての発光素子をマッピングすることが望ましい可能性がある。積の値は、1よりも大きくすること、または1よりも小さくすることができる。（図4fに示したように）複数区画の補正を利用する場合には、各区画の利得とオフセットは、その区画に対応する範囲内の入力信号について計算し、その結果得られた値を用いる必要がある。

40

【0035】

ディスプレイに含まれる各発光素子の明るさを測定する手段は公知であり、例えば上記の参考文献の中に記載されている。特別な一実施態様では、2004年6月1日出願されて譲受人に譲渡された同時係属中のアメリカ合衆国特許出願シリアル番号第10/858,260号に記載されているシステムと方法を利用できる。

【0036】

典型的な用途では、ディスプレイは製造後にグループに分類され、異なる目的に利用される。用途によっては、欠陥のある発光素子がないかほんの数個であるディスプレイが必

50

要とされる。他の用途では、変動が許されるが、許されるのはある範囲内での変動だけであり、別の用途では、寿命に対する条件が異なっている可能性がある。本発明により、OLEDディスプレイの性能を目的とする用途に合わせてカスタマイズする手段が提供される。OLEDデバイスは、光を発生させるためにその内部を通過する電流に依存することがよく知られている。電流がさまざまな材料を通過すると、その材料は劣化し、効率が低下する。明るさを増大させるため発光素子に補正因子を適用することにより、発光素子により多くの電流が流れ、その結果として発光素子の一様性は改善されるが、寿命が短くなる。

【0037】

OLEDデバイスに適用される補正因子は、材料の予想寿命と、目的とする用途でのディスプレイの寿命に関する条件と関係している可能性がある。合計した最大補正因子は、例えば、ディスプレイの目的とする用途での寿命に対するディスプレイの材料の予想寿命の比を超えないように設定することができる。例えば、ディスプレイの予想寿命が望む明るさのレベルで10年であり、そのディスプレイを5年使用することが要求されるのであれば、そのディスプレイでの合計した最大補正因子は、電流と寿命の関係が線形であるならば、2を超えないように設定できる。この関係が線形でないならば、寿命と電流密度を関係づける変換を利用できる。このような関係は、経験的に得ることができる。したがってあるディスプレイに関する合計した最大補正因子は、用途によって制限される可能性がある。あるいはディスプレイのある用途において一様な補正を（ある限界まで）可能にすることで廃棄されたかもしれないディスプレイを使用できるため、この関係は、製造プロセスの収率を向上させる手段と見なすこともできる。さらに、より効率的な発光素子を有するOLEDデバイスは必要とされる電力が少ないため、電力に関する条件がより厳しい用途が可能になる。

10

20

【0038】

ディスプレイに対する条件を利用すると、特定の発光素子の一様性を補正することによって、または発光素子の一様性をほんの部分的に補正することによって製造収率を向上させることもできる。用途によっては、一様でない発光素子が多数許される。そのような発光素子を用途に応じて選択してユーザーにあまり目につかないようにし、補正しないままにするか、ほんの一部だけを補正することで、合計した最大補正因子が上記の限界以下に留まるようにすることができる。例えば所定の数の粗悪な発光素子が許容される場合、残りを本発明で説明したようにして補正し、ディスプレイを許容できるものにする。これほど極端ではない場合には、粗悪な発光素子の一部を補正し、目的とする用途でのディスプレイの寿命に関する条件に合うようにするとともに、ディスプレイの一様性を部分的に補正する。したがって補正因子をどのように選択するかで、補正可能な範囲外にある発光素子を除外したり、そのような発光素子をほんの部分的に補正したりすることができる。この範囲は、上述のように、用途によって異なる。

30

【0039】

発光素子を補正から除外するさまざまな方法が存在している。例えば最小閾値または最大閾値を与え、その閾値外のいかなる発光素子も補正しないようにすることができる。閾値は、材料の予想寿命と目的とする用途での条件を比較することによって設定できる。

【0040】

好ましい一実施態様では、1988年9月6日にTangらに付与されたアメリカ合衆国特許第4,769,292号や、1991年10月29日にVanSlykeらに付与されたアメリカ合衆国特許第5,061,569号などに開示されている小分子OLEDまたはポリマーOLEDからなるフラット-パネルOLEDディスプレイ装置で本発明が利用される。有機発光ディスプレイのさまざまな組み合わせやバリエーションを利用してこのようなデバイス（その中には、トップ・エミッション型またはボトム・エミッション型のアクティブ-マトリックスOLEDディスプレイとパッシブ-マトリックスOLEDディスプレイの両方が含まれる）を製造することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】本発明の方法のフロー・ダイアグラムである。

50

【図2】	本発明の一実施態様の概略図である。	
【図3】	従来技術による一実施態様の概略図である。	
【図4a】	信号値と光出力の関係を示すグラフである。	
【図4b】	信号値と光出力の関係を示すグラフである。	
【図4c】	信号値と光出力の関係を示すグラフである。	
【図4d】	信号値と光出力の関係を示すグラフである。	
【図4e】	信号値と光出力の関係を示すグラフである。	
【図4f】	信号値と光出力の関係を示すグラフである。	
【図5】	信号値と光出力の関係を示すグラフである。	
【図6】	本発明の一実施態様のフロー・ダイアグラムである。	10
【図7】	本発明の一実施態様のフロー・ダイアグラムである。	
【符号の説明】		
【0042】		
8	ディスプレイを用意するステップ	
10	明るさを測定するステップ	
11	信号を変換するステップ	
12	パラメータを推定するステップ	
14	信号を変換するステップ	
16	信号を補正するステップ	
18	補正された信号を出力するステップ	20
20	乗算器	
22	加算器	
24	ディスプレイ	
26	メモリ	
26a	メモリの第1の部分	
26b	メモリの第2の部分	
28	変換ルックアップ表	
30	データ入力信号	
30a	データ入力信号の一部	
32	アドレス信号	30
34	補正されたデータ入力信号	
36	利得補正信号	
38	オフセット補正信号	
40	変換したデータ信号	
50	第1の信号値での光出力曲線	
52	第2の信号値での光出力曲線	
54	第3の信号値での光出力曲線	
56	第1の測定値	
57	第3の測定値	
58	第2の測定値	40
60	第1の直線区画	
62	第2の直線区画	
70	実際の信号応答	
72	望ましい信号応答	
80	ルックアップ表	
90	輝度を測定するステップ	
92	式をフィットさせるステップ	
94	出力値を選択するステップ	
96	変換を生成させるステップ	
98	信号を変換するステップ	50

- 100 初期値を選択するステップ
- 102 光を測定するステップ
- 104 値を大きくするステップ
- 106 光を測定するステップ
- 108 測定値を比較するステップ
- 110 値を小さくするステップ
- 112 光を測定するステップ
- 114 測定値を比較するステップ
- 116 最大値を明らかにするステップ
- 118 タスクを完了するステップ
- 120 測定値を割り当てるステップ
- 122 値を大きくするステップ
- 124 光を測定するステップ
- 126 測定値を比較するステップ

【 図 1 】

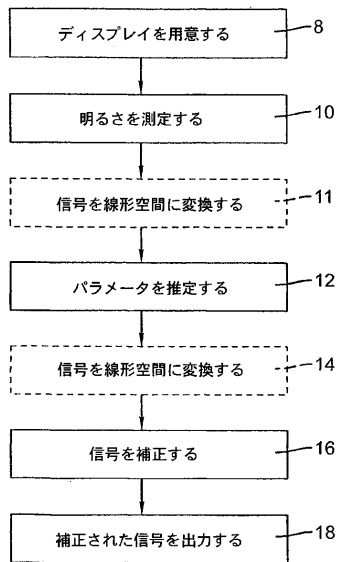


図 1

【 図 2 】

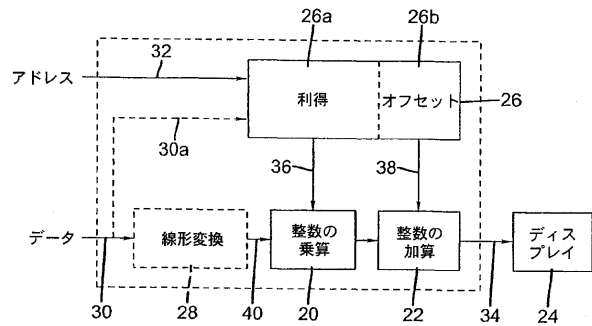


図 2

【 図 3 】

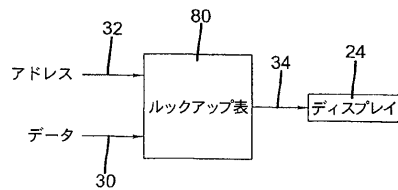


図 3
従来技術

【图 4 a】

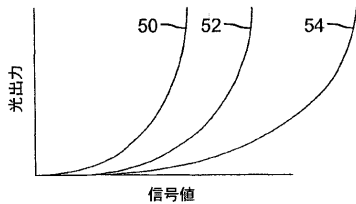


图 4a

【图 4 c】

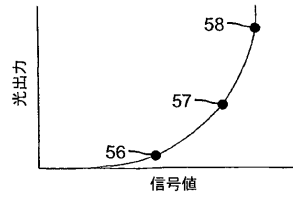


图 4c

【图 4 b】

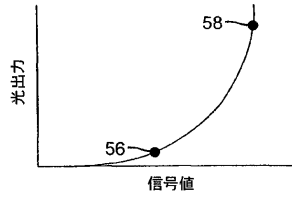


图 4b

【图 4 d】

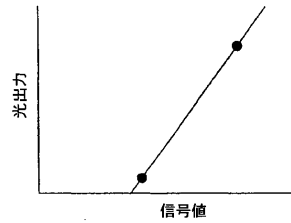


图 4d

【图 4 e】

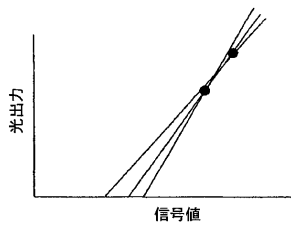


图 4e

【图 5】

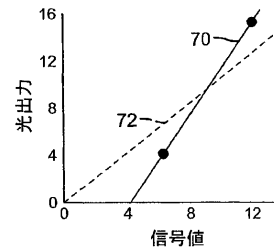


图 5

【图 4 f】

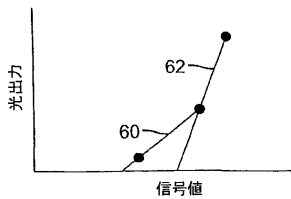


图 4f

【 図 6 】

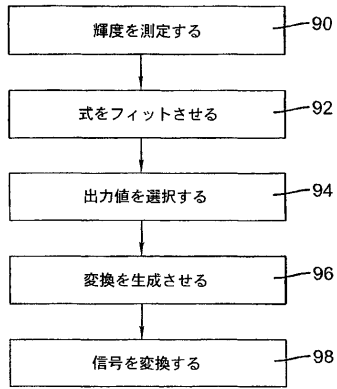


図 6

【 図 7 】

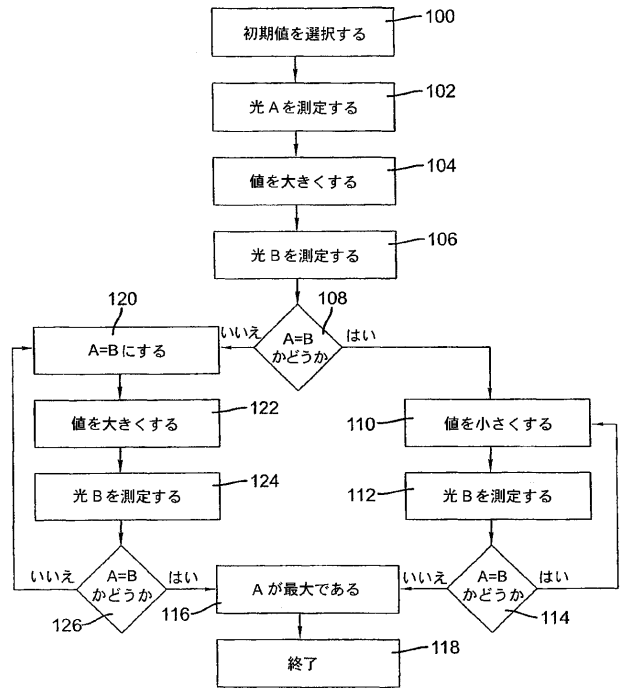


図 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2006/012362

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004/257352 A1 (NAUGLER W. EDWARD ET AL.) 23 December 2004 (2004-12-23) paragraphs [0006], [0009], [2629] - [0034]; figures 1-3 -----	1-25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/US2006/012362

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6473065	B1	29-10-2002	NONE	
US 2002105279	A1	08-08-2002	CN 1369870 A EP 1231592 A2	18-09-2002 14-08-2002
US 2004257352	A1	23-12-2004	EP 1668625 A2 US 2004257354 A1 US 2004257355 A1 WO 2004114264 A2	14-06-2006 23-12-2004 23-12-2004 29-12-2004

フロントページの続き

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

(72)発明者 コク, ロナルド スティーブン
アメリカ合衆国, ニューヨーク 1 4 6 2 5, ロチェスター, ウェストフィールド コモンズ 3
6

(72)発明者 フォード, ジェイムズ ハドレイ
アメリカ合衆国, ニューヨーク 1 4 6 1 7, ロチェスター, パイン グローブ アベニュー 3 7
2

Fターム(参考) 3K107 AA01 BB01 CC33 HH00 HH04
5C080 AA06 BB05 DD05 EE29 JJ02 JJ05 JJ07

专利名称(译)	<无法获取翻译>		
公开(公告)号	JP2008535028A5	公开(公告)日	2012-01-26
申请号	JP2008504509	申请日	2006-03-28
[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		
[标]发明人	コクロナルドステーブン フォードジェイムズハドレイ		
发明人	コク,ロナルド ステーブン フォード,ジェイムズ ハドレイ		
IPC分类号	G09G3/30 G09G3/20 H01L51/50		
CPC分类号	G09G3/3225 G09G3/3208 G09G2320/0233 G09G2320/0285 G09G2320/029 G09G2320/0295 G09G2320/043 G09G2320/045		
FI分类号	G09G3/30.K G09G3/30.J G09G3/20.612.U G09G3/20.641.P H05B33/14.A		
F-TERM分类号	3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/CC33 3K107/HH00 3K107/HH04 5C080/AA06 5C080/BB05 5C080 /DD05 5C080/EE29 5C080/JJ02 5C080/JJ05 5C080/JJ07		
代理人(译)	青木 笃 石田 敬		
优先权	11/093115 2005-03-29 US		
其他公开文献	JP2008535028A		

摘要(译)

校正具有发光元件的OLED显示器，该发光元件响应于多值输入信号产生具有多级亮度的光。测量每个发光元件相对于两个或更多个不同输入信号值的亮度，并利用亮度的测量值来确定发光元件不发出比预定最小值更亮的光的最大输入信号值并且响应于输入信号值的增加，发光元件的亮度变得大于预定最小值的速度。使用估计的最大输入信号值，其中发光元件不发光比预定的最小值亮，并且响应于输入信号值的增加，发光元件的亮度变得大于预定的最小值的速度被使用然后更改输入信号以使其成为校正的输入信号。