(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4599349号
(P4599349)
(45)発行日　平成22年12月15日(2010.12.15)　(24)登録日　平成22年10月1日(2010.10.1)

(51)Int.Cl.　F I
G09G 3/34 (2006.01)　G09G 3/34 C
G09G 3/20 (2006.01)　G09G 3/20 641C
G02F 1/167 (2006.01)　G09G 3/20 641P
G09G 3/20 612U
G09G 3/20 623R
請求項の数 8　(全 46 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2006-509596 (P2006-509596)
(86)(22)出願日　平成16年3月31日(2004.3.31)
(65)公表番号　特表2006-522372 (P2006-522372A)
(43)公表日　平成18年9月28日(2006.9.28)
(86)国際出願番号　PCT/US2004/010091
(87)国際公開番号　WO2004/090857
(87)国際公開日　平成16年10月21日(2004.10.21)
審査請求日　平成19年1月12日(2007.1.12)
(31)優先権主張番号　60/320,070
(32)優先日　平成15年3月31日(2003.3.31)
(33)優先権主張国　米国(US)
(31)優先権主張番号　60/320,207
(32)優先日　平成15年5月5日(2003.5.5)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　500080214
イー　インク　コーポレイション
アメリカ合衆国　マサチューセッツ　０２１３８，　ケンブリッジ，　コンコード　アベニュー　７３３
(74)代理人　100078282
弁理士　山本　秀策
(74)代理人　100062409
弁理士　安村　高明
(74)代理人　100113413
弁理士　森下　夏樹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】双安定型電気光学ディスプレイを駆動するための方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数の画素を有している双安定型電気光学ディスプレイを駆動する方法であって、該複数の画素の各々は、少なくとも３つのグレーレベルを表示可能であり、該方法は、
初期グレーレベルを最終グレーレベルに変換するのに必要なインパルスを表すデータを含んでいるルックアップテーブルを保存することと、
該ディスプレイの各画素の少なくとも初期状態を表すデータを保存することと、
該ディスプレイの少なくとも１つの画素の希望最終状態を表す入力信号を受信することと、
該１つの画素に印加される画素電圧を表す出力信号を生成することと
を包含し、
該ディスプレイの各画素に対する補正電圧を表す補正電圧データを保存することであって、任意の画素に対する補正電圧が、該画素に以前印加された少なくとも１つのインパルスに依存して計算される、ことと、
該画素電圧が、該画素の初期状態および最終状態ならびに該ルックアップテーブルから決定される駆動電圧と、該画素に対する該補正電圧データから決定される補正電圧との合計であることと
によって特徴付けられる、方法。
【請求項２】
前記複数の画素の各々に対する前記補正電圧が、該画素の時間的先行状態と、該画素の

グレーレベル先行状態とのうちの少なくとも１つの状態に依存して計算される、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記複数の画素の各々に対する前記補正電圧が、該画素に駆動電圧が印加される期間と、該画素に駆動電圧が印加されない停止期間との両期間中において、該画素に印加される、請求項１に記載の方法。
【請求項４】
前記複数の画素の各々に対する前記補正電圧が、前記ディスプレイの完全なアドレス指定に必要なスーパーフレームの各々の間において更新される、請求項１に記載の方法。
【請求項５】
前記複数の画素の各々に対する前記補正電圧が、（１）関連するスーパーフレームの間において印加されたパルスとは独立して、固定アルゴリズムを使用して該補正電圧の先行値を変更する工程と、（２）該関連するスーパーフレームの間において印加されたパルスによって決定される数値分だけ、工程（１）の値を増加させる工程とによって更新される、請求項４に記載の方法。
【請求項６】
前記複数の画素の各々に対する前記補正電圧が、（１）固定定数によって該補正電圧の先行値を等分する工程と、（２）該関連するスーパーフレームの間において電気光学媒体に印加された電圧／時間曲線下の総面積に実質的に比例する数値分だけ、工程（１）の値を増加させる工程とによって更新される、請求項５に記載の方法。
【請求項７】
前記補正電圧が、少なくとも１つの駆動パルスの端において印加された指数関数的に減衰する電圧という形式で印加される、請求項１に記載の方法。
【請求項８】
初期グレーレベルを最終グレーレベルに変換するのに必要なインパルスを表すデータを含んでいるルックアップテーブルと、ディスプレイの各画素の少なくとも初期状態を表すデータと、該ディスプレイの各画素に対する補正電圧データとを保存するように構成された保存手段と、
該ディスプレイの少なくとも１つの画素の希望最終状態を表す入力信号を受信する入力手段と、
該入力信号と、該画素の初期状態を表す保存されたデータと、該ルックアップテーブルとから、該１つの画素の初期状態を該希望最終状態に変更するのに必要な駆動電圧を決定する計算手段であって、該画素の補正電圧データから、該画素に対する補正電圧を決定し、該駆動電圧と該補正電圧とを合計して画素電圧を決定する、計算手段と、
該画素電圧を表す出力信号を生成する出力手段と
を備える、デバイスコントローラ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本出願は国際出願ＰＣＴ／ＵＳ０２／３７２４１号の関連出願である。公報ＷＯ　０３／０４４７６５号の全内容は、参考として本出願に組み込まれる。
【０００２】
本発明は電気光学ディスプレイの駆動方法、特に双安定型電気光学ディスプレイの駆動方法に関連する。また本発明は、当該方法で使用される駆動装置にも関連する。より具体的には、本発明は電気光学ディスプレイの画素のグレー状態のより精密な調節ができるようにデザインされた駆動方法と駆動装置（コントローラ）に関連する。また本発明は、電気泳動ディスプレイに印加される駆動インパルスの長期に渡る直流（ＤＣ）バランスの維持を可能にする方法にも関連する。本発明は、これに限定されないが、一つかそれ以上の種類の荷電粒子が液中に懸濁され、電場の影響下で液中を移動してディスプレイの外観を変化させる粒子型電気泳動ディスプレイとの使用を特に目的とする。

【発明の開示】
【課題を解決するための手段】
【０００３】
物質やディスプレイに適用される「電気光学（ｅｌｅｃｔｒｏ－ｏｐｔｉｃ）」という用語は、本出願においては画像分野の従来の意味で使用され、少なくとも一つの光学的性質が異なる第一、第二表示状態を有する物質を指し、当該物質は当該物質に印加される電場によりその第一表示状態から第二表示状態に変化する。当該光学的性質は、通常、人の目で色覚認識可能だが、他の光学的性質、例えば光伝送、反射率、発光、あるいは機械読取用のディスプレイの場合は、可視範囲外の電磁波長の反射率の変化による擬似光である可能性もある。
【０００４】
「グレー状態（ｇｒａｙ　ｓｔａｔｅ）」という用語は、本出願においては、画像分野の従来の意味で使用され、画素の二つの極度光学状態間の状態を指し、当該極度光学状態は必ずしも黒白間の転移を意味しない。例えば、下記の複数の登録特許や特許公報に記載の電気泳動ディスプレイでは、極度状態が白と濃紺であり、したがって中間の「グレー状態」は実際には淡い青色である。また既述のように、二つの極度状態間の転移が全く色の変化ではない可能性もある。
【０００５】
「双安定型（ｂｉｓｔａｂｌｅ）」および「双安定性（ｂｉｓｔａｂｉｌｉｔｙ）」という用語は、本出願においては、表示分野の従来の意味で使用され、少なくとも一つの光学的性質が異なる第一、第二表示状態を有する表示要素により構成されるディスプレイを意味し、ある特定要素が、継続時間に限界のあるアドレスパルスで駆動された後、当該アドレスパルス終了後に第一、あるいは第二表示状態を取り、当該状態は、当該表示要素の状態を変更するのに必要な当該アドレスパルスの最低継続時間の少なくとも数倍、例えば最低４倍の時間の間持続する。米国特許出願公開２００２／０１８０６８７号によると、グレースケール表示が可能な粒子型電気泳動ディスプレイは、極度な黒・白状態だけでなく、中間グレー状態でも安定しているものがあり、同様のことが他種の電気光学ディスプレイにも該当する。この種のディスプレイは、正確には双安定型でなく「多安定型（ｍｕｌｔｉ－ｓｔａｂｌｅ）」と呼ばれるが、便宜上、本出願においては、「双安定型」という用語を双安定型ディスプレイと多安定型ディスプレイの両方を指す意味で使用する。
【０００６】
「ガンマ電圧（ｇａｍｍａ　ｖｏｌｔａｇｅ）」という用語は、本出願においては、表示画素に印加される電圧を決定するためにドライバが使用する外部電圧基準を意味する。当然ながら、双安定型電気光学媒体は、液晶の印加電圧と光学状態の性質間の一対一の相関関係は表示せず、本出願で使用される「ガンマ電圧」という用語は、ガンマ電圧が電圧レベルと出力電圧曲線上の変曲点を決定する、通常の液晶表示で使用される意味とは精密には同じではない。
【０００７】
「インパルス（ｉｍｐｕｌｓｅ）」という用語は、本出願においては、時間に対する積分電圧という従来の意味で使用される。しかし双安定型電気光学媒体の一部にはチャージトランスデューサとして作動するものがあるので、そのような媒体にはインパルスの別の定義、つまり「経時的積分電流」（印加された総電荷量と同等）が使用されることがある。当該媒体が電圧・時間トランスデューサとして作動するか、チャージインパルストランスデューサとして作動するかによって、適切なインパルスの定義が使用されるべきである。
【０００８】
複数の種類の電気光学ディスプレイが知られているが、その一種としては、例えば米国特許５，８０８，７８３号、５，７７７，７８２号、５，７６０，７６１号、６，０５４，０７１号、６，０５５，０９１号、６，０９７，５３１号、６，１２８，１２４号、６，１３７，４６７号、６，１４７，７９１号などに記載の回転式二色要素ディスプレイ（

ただし、この種のディスプレイは「回転式二色ボール」ディスプレイと呼ばれることが多いが、上記特許中、回転要素は必ずしも球状ではないので、より正確には「回転式二色要素」である）がある。上述のディスプレイは、光学的性質の異なる二つかそれ以上の部分と内部双極子を有する、数多くの小さな物体（通常、球状か円柱状）を使用する。電場を印加することにより、当該物体は様々な位置に回転し、画面から見える当該物体の部分が変化することで、当該ディスプレイの外観が変化する。この種の電気光学媒体は通常双安定型である。

【０００９】

他のタイプの電気光学ディスプレイとしては、エレクトロクロミック媒体、例えば、少なくとも一部が半導体金属酸化物より形成された電極と、当該電極に付着した多数の可逆変色性の色素分子より構成するナノクロミックフィルム形態のエレクトロクロミック媒体を使用するものがある。例として、Ｏ’Ｒｅｇａｎら著「Ｎａｔｕｒｅ　１９９１」誌３５３号７３７ページとＷｏｏｄ著「Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ　Ｄｉｓｐｌａｙ」誌１８（３）号２４ページ（２００２年３月出版）、およびＢａｃｈら著「Ａｄｖａｎｃｅｄ　Ｍａｔｅｒｉａｌｓ」誌２００２年１４（１１）号８４５ページを参照。上述のタイプのナノクロミックフィルムも、例えば米国特許６，３０１，０３８号、国際公開公報ＷＯ　０１／２７６９０号、および米国特許出願２００３／０２１４６９５号に記載されている。この種の電気光学媒体は通常双安定型である。

【００１０】

何年にも渡り熱心な研究開発の対象となっている電気光学ディスプレイとしては、電場の影響下、複数の荷電粒子が懸濁液中を移動する、粒子型電気泳動ディスプレイがある。電気泳動ディスプレイは、液晶ディスプレイに比べ、良好な明るさと対照、広範な視角、状態の双安定性、低消費電力などの特徴を有する。いずれにせよ、上記ディスプレイの長期的画質に問題があるため、幅広い使用には及んでいない。その理由は、例として、電気泳動ディスプレイを構成する粒子が沈着傾向にあるので、当該ディスプレイの耐用年数が不十分な結果に終わるからである。

【００１１】

マサチューセッツ工科大学（ＭＩＴ）とＥ　Ｉｎｋ社に譲渡された、あるいは両者名義の数多くのマイクロカプセル式電気泳動媒体に関する特許や特許出願が、昨今公開されている。当該カプセル式媒体は、数多くの小さなカプセルより構成し、各カプセルはそれぞれ液状の懸濁剤に懸濁された電気泳動式可動粒子を含む内相と、当該内相を包むカプセル壁により構成される。通常、当該カプセルはそれら自体が高分子バインダー内に収容され、二つの電極に挟まれた密着層を形成する。当該カプセル式媒体は、例えば以下の文献に記載される：米国特許５，９３０，０２６号、５，９６１，８０４号、６，０１７，５８４号、６，０６７，１８５号、６，１１８，４２６号、６，１２０，５８８号、６，１２０，８３９号、６，１２４，８５１号、６，１３０，７７３号、６，１３０，７７４号、６，１７２，７９８号、６，１７７，９２１号、６，２３２，９５０号、６，２４９，７２１号、６，２５２，５６４号、６，２６２，７０６号、６，２６２，８３３号、６，３００，９３２号、６，３１２，３０４号、６，３１２，９７１号、６，３２３，９８９号、６，３２７，０７２号、６，３７６，８２８号、６，３７７，３８７号、６，３９２，７８５号、６，３９２，７８６号、６，４１３，７９０号、６，４２２，６８７号、６，４５５，３７４号、６，４５５，４８９号、６，４５９，４１８号、６，４７３，０７２号、６，４８０，１８２号、６，４９８，１１４号、６，５０４，５２４号、６，５０６，４３８号、６，５１２，３５４号、６，５１５，６４９号、６，５１８，９４９号、６，５２１，４８９号、６，５３１，９９７号、６，５３５，１９７号、６，５３８，８０１号、６，５４５，２９１号、６，５８０，５４５号、６，６３９，５７８号、６，６５２，０７５号、６，６５７，７７２号、６，６６４，９４４号、６，６８０，７２５号、６，６８３，３３３号、６，７０４，１３３号、米国特許出願公開２００２／００１９０８１号、２００２／００２１２７０号、２００２／００５３９００号、２００２／００６０３２１号、２００２／００６３６６１号、２００２／００６３６７７号、２００２／０

０９０９８０号、２００２／０１０６８４７号、２００２／０１１３７７０号、２００２／０１３０８３２号、２００２／０１３１１４７号、２００２／０１４５７９２号、２００２／０１７１９１０号、２００２／０１８０６８７号、２００２／０１８０６８８号、２００２／０１８５３７８号、２００３／００１１５６０号、２００３／００１１８６８号、２００３／００２０８４４号、２００３／００２５８５５号、２００３／００３４９４９号、２００３／００３８７５５号、２００３／００５３１８９号、２００３／００９６１１３号、２００３／０１０２８５８号、２００３／０１３２９０８号、２００３／０１３７５２１号、２００３／０１３７７１７号、２００３／０１５１７０２号、２００３／０１８９７４９号、２００３／０２１４６９５号、２００３／０２１４６９７号、２００３／０２２２３１５号、２００４／０００８３９８号、２００４／００１２８３９号、２００４／００１４２６５号、２００４／００２７３２７号、国際公開公報ＷＯ　９９／６７６７８号、ＷＯ　００／０５７０４号、ＷＯ　００／３８０００号、ＷＯ　００／３８００１号、ＷＯ　００／３６５６０号、ＷＯ　００／６７１１０号、ＷＯ　００／６７３２７号、ＷＯ　０１／０７９６１号、ＷＯ　０１／０８２４１号、ＷＯ　０３／０９２０７７号、ＷＯ　０３／１０７，３１５号。

【００１２】

多くの上記特許と特許出願では、マイクロカプセル式電気泳動媒体の不連続なカプセルを包囲する壁を連続相に置き換えることで、電気泳動媒体が複数の不連続な電気泳動液の液滴と高分子材の連続相より構成するいわゆる「高分子分散型電気泳動ディスプレイ」を形成し、さらに上記高分子分散型電気泳動ディスプレイ内の当該不連続な電気泳動液の液滴が、各液滴ごとに個別のカプセル膜で包囲されていなくても、カプセル、あるいはマイクロカプセルと見なされることが認められている。例として、上述２００２／０１３１１４７号参照。したがって、本出願における適用上、上述の高分子分散型電気泳動ディスプレイはマイクロカプセル式電気泳動媒体の亜種と見なされる。

【００１３】

通常、マイクロカプセル式電気泳動ディスプレイは、従来の電気泳動装置のような集積や沈着などの故障に見舞われることはなく、様々な、柔軟・剛体を問わない基材にディスプレイの印刷・塗装が可能であるなど、新たな利点を提供している。（「印刷（ｐｒｉｎｔｉｎｇ）」という語には、あらゆる形式の印刷や塗装が含まれ、これらに限られないが、以下のものを含む：パッチダイコーティング、スロット・押し出しコーティング、スライド・カスケードコーティング、カーテンコーティングなどの事前従量制コーティング、ＫＯＲ（ナイフ）コーティング、ロールコーティング、正回転・リバースロールコーティングなどのロールコーティング、ディップコーティング、スプレーコーティング、凹凸コーティング、スピンコーティング、ブラシコーティング、エアナイフコーティング、シルクスクリーン印刷法、静電印刷法、感熱印刷法、インクジェット印刷法、およびその他の類似法。）したがって、結果として形成されるディスプレイは柔軟でも構わない。さらに、表示媒体が（様々な方法を使用して）印刷できるので、ディスプレイそのものが安価で生産できる。

【００１４】

関連した電気泳動ディスプレイとしては、いわゆる「マイクロセル電気泳動ディスプレイ」がある。マイクロセル電気泳動表示法では、荷電粒子と懸濁液はカプセルに封入される代わりに、基材メディア（通常、高分子フィルム）内に形成される複数の空洞内に収容される。例として、Ｓｉｐｉｘ　Ｉｍａｇｉｎｇ社に譲渡された、国際公開公報ＷＯ　０２／０１２８１号と米国特許出願公開２００２／００７５５５６号参照。

【００１５】

電気泳動媒体は、（例えば、多くの電気泳動媒体において、粒子がディスプレイからの可視光伝送を著しく遮断するので）多くの場合不透明であり、反射モードで作動する。多くの電気泳動ディスプレイは、一方の表示状態は著しく不透明で、もう一方は透光的である、いわゆる「シャッターモード」で作動できる。例として、上述の米国特許６，１３０，７７４号と６，１７２，７９８号、および米国特許５，８７２，５５２号、６，１４４

，３６１号、６，２７１，８２３号、６，２２５，９７１号、６，１８４，８５６号を参照。電気泳動表示に類似しているが、様々な電場強度に依存する誘電泳動ディスプレイは、同様のモードで作動できる。米国特許４，４１８，３４６号参照。

【００１６】

粒子型電気泳動ディスプレイの双安定あるいは多安定反応、並びに類似の反応を示す他の電気光学ディスプレイは、従来の液晶（ＬＣ）ディスプレイとは、好対照を成している。ねじれネマチック（ＴＮ）液晶は双安定や多安定でなく、電圧変換器として作動するので、当該ディスプレイの画素に特定の電場を印加すると、当該画素に先行表示されたグレーレベルに関わらず、当該画素で特定のグレーレベルを形成する。さらにＬＣディスプレイは、電場の減少や削減により達成される明るい状態から暗い状態への逆転移による、単一方向のみ（非透光性あるいは「暗い方」から透光性あるいは「明るい方」）への駆動より構成される。最後に、ＬＣディスプレイの画素のグレーレベルは電場の極性に左右されることはなく、その規模にのみ影響を受ける。実際に、技術的な理由により、市販のＬＣディスプレイは、駆動領域の極性を通常頻繁に逆転させる。

【００１７】

逆に、双安定型電気光学ディスプレイは、まず得られた近似の結果では、インパルス変換器として作動するので、画素の最終状態は印加された電場と当該電場が印加された時間だけでなく、当該電場印加以前の画素状態にも依存する。さらに、少なくとも多くの粒子型電気泳動ディスプレイにおいて、グレーレベルへの同等の変化によりある画素を変化させるのに必要なインパルス（目、あるいは標準的光学機器の判断に基づく）は必ずしも一定ではなく、また必ずしも可換的でもないことが今までに分っている。効果的に間隔の開いた０（白）、１、２、あるいは３（黒）のグレーレベルを、各画素が表示できるディスプレイを例に取ってみる。（レベル間の間隔は、目あるいは機器の測定に基づく、百分率の反射率で直線でも、他の間隔方法でもよい。例えば、間隔は、Ｌ＊上で直線でも（ここで、Ｌ＊は通常の以下のＣＩＥ定義に基づく：

$$L^* = 116(R/R_0)^{1/3} - 16$$

式中、Ｒは反射率、R_0は標準反射率値を示す）、特定のガンマ値を出すように選択されても構わない。モニターにはガンマ値２．２がよく利用され、本出願のディスプレイはモニターの代わりとなるのが目的であるので、同等のガンマ値が好ましい。）当該画素をレベル０からレベル１に変化（以下、便宜上「０－１転移」と呼ぶ）させるのに必要なインパルスは、１－２転移や２－３転移に要されるインパルスとは同様でないことが多いことが判明している。さらに、１－０転移に必要なインパルスは、必ずしも０－１転移の逆と同じではない。また、（例えば）０－１転移に必要なインパルスが、特定の画素の転移の種類、０－０－１、１－０－１、あるいは３－０－１などに従って若干変動するように、見かけ上「メモリ」効果を表示するシステムもある。（上記中、ｘ、ｙ、ｚが全光学状態０、１、２、３である、「ｘ－ｙ－ｚ」という表記法は、時間的に早い順から遅い順にアクセスされる光学状態の順序を示す）。上記の問題は、目的の画素を次の状態に移動する前に、かなりの期間、全表示画素を一方の極度状態へ駆動することで低減あるいは克服できるが、結果として生じる無地の「フラッシュ」は許容し難いことが多い。例えば、電子ブックの読者が画面の文をスクロールダウンしたい時、もし画面が頻繁に黒か白の無地のフラッシュを表示する必要があるとすると、気が散ったり、読んでいた場所が分らなくなったりする可能性がある。さらに、そのような画面のフラッシュは、消費電力を増加させ、当該ディスプレイの作動時間を減少させる可能性がある。最後に、少なくとも幾つかの事例において、ある特定の転移に必要なインパルスは、ディスプレイの温度と総作動時間、並びに、ある特定の転移以前にある特定の画素がある特定の光学状態に滞留していた時間の影響を受け、また正確なグレースケール演出の確保には、これらの要因の補正が望ましいことが明らかになっている。

【００１８】

さらに前述の考察より容易に分かるように、双安定型電気光学媒体のドライブ要件は、アクティブマトリクス型液晶表示（ＡＭＬＣＤ）の駆動用にデザインされ、双安定型電気

光学媒体式ディスプレイには適さない未修正ドライバを提供する。しかし当該ＡＭＬＣＤドライブは、許容電圧範囲が大きく、ハイピンカウト（ＨＰＣ）パッケージのものが市販されており、容易に入手可能な上に安価なので、双安定型電気光学ディスプレイの駆動には魅力的である。一方、双安定型電気光学ディスプレイ用に特別設計された同様のドライバはかなり高額になり、設計と生産時間が相当掛かる。したがって、ＡＭＬＣＤドライバの構成を双安定型電気光学ディスプレイ用に変更することで、コストと開発時間が削減できるので、本発明はそれを可能にする方法と変形ドライバの提供を目指す。

【００１９】

また既述のように、本発明はディスプレイに印加された駆動インパルスの長期に渡るＤＣバランスの維持を可能にする、電気泳動ディスプレイ（ＥＰＩＤ）の駆動方法にも関係する。マイクロカプセル式電気泳動ディスプレイ、およびその他の電気泳動ディスプレイは、画像安定性を保護し、左右対称のスイッチング特性を維持し、ディスプレイの有効な最長作動時間を提供するため、正確にＤＣバランスが取れた波形（つまり、どんな特定の表示画素でも、時間に対する積分電流が、作動時間の長期に渡ってゼロに維持される）により駆動される必要があることが判明している。正確なＤＣバランス維持のための従来方法では、精密調整された電源、グレーレベル用の精密電圧で調節されたドライバ、および時間調節のための水晶発振子が必要とされ、上記機器や類似機器を提供するとディスプレイのコストが大幅に上昇する。

【００２０】

（厳密に言うと、ＤＣバランスは電気光学媒体そのものが受けた電圧を考慮して、「内部」で計測されるべきである。しかし実際には、そのような内部計測を、数十万もの画素を有する作動中のディスプレイ内で実行するのは不可能であるので、現実にはＤＣバランスは「外部」測量、つまり電気光学媒体の両面に配置された電極への印加電圧を使用して計測されている。さらに、ＤＣバランスを検討する際に、通常二つの想定がなされる。まず、通常最もな理由で、電気光学媒体の伝導性は極性関数ではなく、一定の電圧が印加されている場合、ＤＣバランスの追跡記録にはパルス長が適切であると想定され、次に、電気光学媒体の伝導性は印加電圧に比例するので、ＤＣバランスの追跡記録にはインパルスが使用できると想定される。）

以下、初期画像から最終画像への、全ての不可欠なグレーレベルの変更に必要な連続表示のスキャンフレームの配列を示すのに、「スーパーフレーム」という用語が使用される。通常、ディスプレイ更新は一スーパーフレームの初期段階でのみ起動する。

【００２１】

前述ＷＯ　０３／０４４７６５号は、各画素が少なくとも三つのグレーレベル（従来の表示分野での規則通り、極度な黒状態と白状態はグレーレベルの計算上、二つのグレーレベルと見なされる）を表示可能な、複数の画素を有する双安定型電気光学ディスプレイの駆動方法について記載する。当該方法は、

初期グレーレベルを最終グレーレベルに変換するのに必要なインパルスを表すデータを含むルックアップテーブルの保存、

各表示画素の少なくとも初期状態を表すデータの保存、

少なくとも一表示画素の希望最終状態を表す入力信号の受信、および

ルックアップテーブルに基づき決定される、当該一画素の初期状態を希望最終状態へ変換するのに必要なインパルスを表す出力信号の生成、から構成する。

【００２２】

当該方法は、以下、便宜上「基本的ルックアップテーブル法」と呼ばれる。

【００２３】

保存された先行状態の数に基づき、ルックアップテーブル法で使用されるルックアップテーブルの数は非常に多くなることがある。極端な例として、初期状態、最終状態、および二つの先行状態を考慮するアルゴリズムを利用した２５６（2^8）階調のグレーレベルを表示するディスプレイに使用されるルックアップテーブル法を検討する。必要な四次元ルックアップテーブルは2^{32}入力あり、もし各入力に（例えば）６４ビット（８バイト

）必要なら、当該ルックアップテーブルの合計サイズは約３２ギガバイトになる。デスクトップコンピュータへの保存なら、このサイズのデータでも全く問題はないが、携帯機器の場合は問題になる可能性がある。別の面で、本発明は、当該ルックアップテーブル法に類似した結果を実現するが、多数のルックアップテーブルを保存する必要のない双安定型電気光学ディスプレイの駆動方法を提供する。

【００２４】

本発明のある局面は、表示の一部が表示の残りの部分とは異なるビット深度（つまり、グレースケールレベルの異なる数値）で作動できるような双安定型電気光学ディスプレイの駆動方法と駆動装置に関係する。上述ＷＯ　０３／０４４７６５号の図１１Ａと１１Ｂに図示される鋸歯状駆動方法の説明によると、多数のグレースケールレベルを有する双安定型電気光学ディスプレイの全体的なイメージフローにおける連続した画像間の転移は、同様の画像がモノクロモードで駆動されている場合に比べ、かなり時間が掛かるということは当業者にとって明らかである。通常、グレースケール転移は対応するモノクロ転移の最高四倍の時間が掛かることがある。比較的速度の遅いグレースケール転移は、ディスプレイが一連の写真や電子ブックの連続したページなどの一連の画像を表示している場合などに好ましくない。しかし場合によっては、当該ディスプレイの限定領域のみ迅速に更新するのが有用である。例えば、ユーザーが当該ディスプレイを使用してデータベースに保存された一連の写真を検討し、後のデータベースからの画像検索を容易にするためにキーワードや他の索引用語を各写真に入力する場合など、連続した写真間の転移が比較的遅くても我慢できるかもしれない。例えば、もし各写真の検討と索引用語の選択に１～２分掛かるとすると、連続した写真間で転移に１～２秒掛かっても、ユーザーの生産性に然程影響はない。しかし処理能力が不十分なコンピュータでワープロソフトの起動を試みた経験がある者なら十分承知のように、入力した索引用語を表示するダイアログボックスの更新が１～２秒遅れると、非常に苛立たしく、多くのタイプミスに繋がる可能性がある。したがって、上記および類似状況において、敏速な転移のために、ダイアログボックスはモノクロモードで駆動し、残りのディスプレイは画像が正確に再現されるようにグレースケールモードで表示し続けるのは効果的な方法であり、本発明はそれを可能にする方法と装置を提供する。

【００２５】

本発明の他局面は、電圧の微調整の必要なしに、インパルス駆動式画像媒体のグレーレベルの微調節を実現する方法に関係する。既に指摘されているが、電気泳動ディスプレイと他の電気光学ディスプレイの一部は双安定性を示し、当該双安定性は無限ではないので、当該ディスプレイの画像は時間と共に徐々に色褪せるので、ある画像を長期間に渡って維持する場合には、画像の初期光学状態を復元するため、定期的に画像をリフレッシュする必要がある。

【００２６】

しかし、そのような画像のリフレッシュは、それ自体が問題を起こす可能性がある。上述の米国特許６，５３１，９９７号と６，５０４，５２４号に記載されているように、もしディスプレイの駆動方法が電気光学媒体全体に渡って正味時間平均的に印加された電場が、結果的にゼロかゼロ近似値にならなければ、問題が起こり、当該ディスプレイの作動時間が減少することになる。電気光学媒体全体に渡って正味時間平均的に印加された電場が、結果的にゼロになる駆動方法は、便利にも「直流バランス駆動方法」あるいは「ＤＣバランス駆動方法」と呼ばれる。リフレッシングパルスを印加することで画像を長期間維持する場合、当該パルスは、該当する表示画素を維持する対象の光学状態に当初移動するのに使用されたアドレスパルスと同様の極性である必要があり、結果としてＤＣバランス不平衡な駆動方式に陥る。

【００２７】

インパルス駆動式媒体において正確なグレースケールレベルを実現する際の難問は、適切な電圧インパルスを印加して希望グレートーンを実現することにある。光学状態間における満足の行く転移は、駆動波形全体、あるいは一部で電圧を微調節することで実現でき

る。精度の必要性は以下の例より理解できる。現画像が半分黒で半分白の画面から成り、希望する次の画像は黒と白の中間の均一したグレーである場合を例に取る。均一なグレーレベルを実現するには、黒から実現するグレーレベルと白から実現するグレーレベルが一致するように、黒からグレーおよび白からグレーへの転移に使用されるインパルスは微調節される必要がある。実現された最終グレーレベルがディスプレイに記録された先行グレーレベルの相関的要素である場合は、更なる同調が必要である。例えば、既述のように、黒からグレーへの転移により実現された光学状態は、印加された波形だけでなく、現状の黒状態以前にアクセスされた状態の相関的要素でもある。この場合、ディスプレイモジュールで、先行画像状態などのディスプレイの一部のヒストリーを追跡し、波形の微同調により当該先行状態のヒストリーを補正するのが好ましい（この点に関するより詳細な考察は以下参照）。

【００２８】

インパルスの微同調は、印加パルス幅を高精度で調節することで、わずか３レベル（０、＋Ｖ、－Ｖ）の電圧で実現できる。しかし当該微同調は、高パルス幅の解像度を実現するためにフレーム率を上昇させる必要があるので、アクティブマトリクスディスプレイには適さない。高度なフレーム率はディスプレイの消費電力を増加させ、制御装置や駆動装置などの電子機器により過酷な条件を課す。したがって、６０－７５Ｈｚを著しく超過するフレーム率でアクティブマトリクスディスプレイを作動させるのは好ましくない。

【００２９】

インパルスの微同調は、細かく間隔の開いた多くの電圧が使用可能な場合にも実現できる。アクティブマトリクスドライブで上記を実現するには、使用可能な電圧の少なくとも一部に渡り、使用可能な数多くの電圧の内一つを出力できるソースドライバが必要となる。例えば、－１０から＋１０ボルトの電圧を出力するドライバでは、０Ｖと、－１０から－７ボルト、および７から１０ボルトの二帯域の電圧を備え、－１０から－７ボルト間と７から１０ボルト間にそれぞれ１６レベルの別々な電圧レベルを設けることで、必要な電圧レベルの総数を３３レベル（表１参照）にするのが効果的である場合がある。それから、例えば、アドレス期間の最後の一つかそれ以上のスキャンフレームの電圧を＋７から＋１０ボルト間あるいは－１０から－７ボルト間で変化させることで、最終光学状態の微調節が実現できる。当該方法は、許容できるディスプレイ性能を実現するための、電圧調節テクニックの一例である。

【００３０】

（表１：電圧調節ドライブに必要な電圧例）

【００３１】

【表１】

-10.0 V	-7.8 V	8.0 V
-9.8 V	-7.6 V	8.2 V
-9.6 V	-7.4 V	8.4 V
-9.4 V	-7.2 V	8.6 V
-9.2 V	-7.0 V	8.8 V
-9.0 V	0.0 V	9.0 V
-8.8 V	7.0 V	9.2 V
-8.6 V	7.2 V	9.4 V
-8.4 V	7.4 V	9.6 V
-8.2 V	7.6 V	9.8 V
-8.0 V	7.8 V	10.0 V

電圧調節テクニックの使用上の不利点は、ドライバである程度の電圧微調節ができる必要があるという点である。ディスプレイモジュールのコストは２～３レベルの電圧しかないドライバを使用することで削減できる。

【００３２】

他の局面で、本発明は、特にインパルスの調節が、許容できるディスプレイ性能に必要な微同調を実現するには粗過ぎる場合に、使用可能な電圧が少数しかないドライバを使用してグレーレベルの微調節を実現する方法の提供を目指す。つまり本発明の当該局面では、電圧の微調節の必要なしに、インパルス駆動式画像媒体のグレーレベルの微調節を実現する方法の提供を目指すのである。本発明の当該局面は、例えば、２～３レベルの電圧しか出力できないソースドライバを備えたアクティブマトリクスディスプレイに適用できる。

【００３３】

他の局面で、本発明は、少なくともある程度の直流（ＤＣ）バランス転移を含む駆動方式を使用した電気光学ディスプレイの駆動方法に関係する。上述の同時係属出願に詳述された理由により、電気光学ディスプレイを駆動する際には、ＤＣバランスが取れている、すなわち最終光学状態が初期光学状態に一致する際は、光学状態の配列を問わず、印加電圧の積分が必ずゼロになる特質を有する駆動方式の使用が好ましい。そうすることで、電気光学層が経験する正味ＤＣバランス不平衡度は既知の値に必ず束縛されることになる。例えば、１５Ｖで３００ｍｓのパルスを使用して、電気光学層が白状態から黒状態へ移行されたとする。当該転移の後、画像層は４．５ＶのＤＣバランス不平衡インパルスを経験したことになる。さらにフィルムを白へ戻すのに－１５Ｖで３００ｍｓのパルスが印加されたとすると、一連の白から黒、および黒から白の転移全体に渡って、当該画像層はＤＣバランスが取れていることになる。

【００３４】

少なくともある程度の転移がそれ自体ＤＣバランスが取れている駆動方式の使用が望ましいことも判明している。このような転移は、以下「ＤＣバランス転移」と呼ぶ。ＤＣバランス転移には正味電圧インパルスが存在しない。ＤＣバランス転移のみ使用する駆動方式の波形は、各転移後に当該電気光学層をＤＣバランス状態のまま残す。例えば、－１５Ｖで３００ｍｓのパルスの次に１５Ｖで３００ｍｓのパルスを印加して、当該電気光学層が白から黒へ転移させられるとする。当該転移中、当該電気光学層の正味電圧インパルスはゼロになる。それから、１５Ｖで３００ｍｓのパルスに続いて－１５Ｖで３００ｍｓのパルスを印加して当該電気光学層を黒から白へ転移したとすると、当該転移中の正味電圧インパルスもゼロになる。

【００３５】

ＤＣバランス転移要素のみで構成された駆動方式は、必然的にＤＣバランス波形を取るが、ＤＣバランス転移とＤＣバランス不平衡転移を含むＤＣバランス駆動方式を形成するのも可能である。詳述は以下に続く。

【００３６】

ある局面で、本発明はそれぞれが少なくとも三つのグレーレベルを表示可能な複数の画素を持ち、

初期グレーレベルを最終グレーレベルに変換するのに必要なインパルスを表すデータを含むルックアップテーブルの保存、

各表示画素の少なくとも初期状態を表すデータの保存、

いずれの画素の補正電圧も、各画素に以前印加された少なくとも一つのインパルスに基づき計算される、各表示画素の補正電圧を表す補正電圧データの保存、

少なくとも一表示画素の希望最終状態を表す入力信号の受信、および

当該画素電圧が、当該画素と当該ルックアップテーブルの当該初期・最終状態より決定される駆動電圧と当該画素の当該補正電圧データより決定される補正電圧の合計であり、当該一画素に印加される画素電圧を表す出力信号の生成から構成する双安定型電気光学ディスプレイの駆動方法を提供する。

【００３７】

本方法は、以下、便宜上、本発明の「補正電圧」法と呼ばれる。

【００３８】

当該補正電圧法において、各画素の当該補正電圧は、当該画素の時間的先行状態あるい

は当該画素の先行グレーレベル状態の少なくとも一つに基づき計算される。また各画素の当該補正電圧は、当該画素に駆動電圧が印加される期間と当該画素に駆動電圧が印加されない停止期間の両期間中に当該画素に印加できる。

【００３９】

以下に詳述される理由により、本発明の補正電圧法において使用される補正電圧を定期的に更新する必要がある。各画素の当該補正電圧は、各スーパーフレーム（ディスプレイの完全アドレスに必要な期間）中に更新してもよい。各画素の当該補正電圧は、（１）該当するスーパーフレーム中に印加されたパルスとは独立した固定アルゴリズムを使用して当該補正電圧の先行値に変更を加えるか、（２）該当するスーパーフレーム中に印加されたパルスにより決定される数値分だけステップ（１）の値を増加させることにより更新できる。当該更新方法の好適な変形法では、各画素の当該補正電圧は、（１）固定定数により当該補正電圧の先行値を等分するか、（２）該当するスーパーフレーム中に電気光学媒体に印加された電圧・時間曲線下の総面積に十分に比例する数値分だけステップ（１）の値を増加させることにより更新される。

【００４０】

本発明の補正電圧法において、当該補正電圧は、少なくとも一駆動パルスの終末で印加された指数関数的に減少する電圧という形式で、印加されることもできる。

【００４１】

本発明はこのような補正電圧法において使用されるデバイスコントローラも提供する。当該コントローラは、

初期グレーレベルを最終グレーレベルに変換するのに必要なインパルスを表すデータを含むルックアップテーブルの保存、各表示画素の少なくとも初期状態を表すデータの保存、並びに各表示画素の補正電圧データの保存するよう設定された保存手段、

少なくとも一表示画素の希望最終状態を表す入力信号を受信するための入力手段、

当該画素の初期状態とルックアップテーブルを表す保存データと、当該一画素の初期状態を希望最終状態に変更するのに必要な駆動電圧を入力信号より決定し、さらに当該画素の補正電圧データより、当該画素の補正電圧を決定し、駆動電圧と補正電圧の合計より画素電圧を決定する計算手段、および

当該画素電圧を表す出力信号を生成するための出力手段から構成する。

【００４２】

当該コントローラにおいて、当該計算手段は、当該画素の時間的先行状態あるいは当該画素の先行グレーレベル状態の少なくとも一つに基づいて当該補正電圧を決定するように設定されてもよい。また当該出力手段は、当該画素に駆動電圧が印加される期間と当該画素に駆動電圧が印加されない停止期間の両期間中に、当該画素に当該補正電圧を印加するように設定されてもよい。

【００４３】

さらに当該コントローラにおいて、当該計算手段は、当該ディスプレイの完全アドレスに必要な各スーパーフレーム中に、各画素の当該補正電圧を更新するように設定されてもよい。当該更新において、当該計算手段は、各画素の当該補正電圧を（１）該当するスーパーフレーム中に印加されたパルスとは独立した固定アルゴリズムを使用して当該補正電圧の先行値に変更を加えるか、（２）該当するスーパーフレーム中に印加されたパルスにより決定される数値分だけステップ（１）の値を増加させることにより更新するように設定されてもよい。当該手段の好適な変形法では、当該計算手段は各画素の当該補正電圧を（１）固定定数により当該補正電圧の先行値を等分するか、（２）該当するスーパーフレーム中に電気光学媒体に印加された電圧・時間曲線下の総面積に十分に比例する数値分だけステップ（１）の値を増加することにより更新するように設定される。

【００４４】

当該コントローラの当該出力手段は、少なくとも一駆動パルスの終末で印加された指数関数的に減少する電圧という形式で、当該補正電圧を印加するように設定されてもよい。

【００４５】

他の局面で、本発明は、各画素が特定の行と特定の縦列の交点で独自に定義される、複数の行と縦列に配列された複数の画素と、少なくとも三つの異なる表示状態を有する各画素の表示状態を変更するため、各画素とは独立して電場を印加する駆動手段を備えた双安定型電気光学ディスプレイの更新方法を提供する。当該方法は、

当該ディスプレイの全域よりは小さいが、一部を構成する特定領域を表す領域データの保存、

各画素につき、当該画素が特定領域内か領域外かの決定、

特定領域内の画素への第一駆動方式の適用、および特定領域外の画素への第一駆動方式とは異なる第二駆動方式の適用、から構成する。

【００４６】

当該方法は、以下、便宜上、本発明の「特定領域」法と呼ばれる。

【００４７】

当該特定領域法において、第一、第二駆動方式はビット深度が異なることがある。具体的には、第一、第二駆動方式の一方式はモノクロで、もう一方の方式は少なくとも四つの異なるグレーレベルを有するグレースケールである可能性がある。当該特定領域は、ディスプレイ上にテキストを入力するために使用されるテキストボックスを構成することもある。

【００４８】

他の局面で、本発明は、それぞれが少なくとも三つのグレーレベルを表示可能な、複数の画素を持ち、

初期グレーレベルを最終グレーレベルに変換するのに必要なインパルスを表すデータを含むルックアップテーブルの保存、

各表示画素の少なくとも初期状態を表すデータの保存、

少なくとも一表示画素の希望最終状態を表す入力信号の受信、および

ルックアップテーブルに基づき決定される、当該一画素の初期状態を希望最終状態へ変換するのに必要なインパルスを表す出力信号の生成から構成し、

初期状態から最終状態への少なくとも一度の転移で、当該出力信号がＤＣバランス不平衡の微同調シーケンスを構成し、当該微同調シーケンスは、

（ａ）非ゼロの正味インパルスを有し、

（ｂ）非連続的で、

（ｃ）ＤＣ基準パルスが電圧V_0のパルスで、V_0は微同調シーケンス中の最大印加電圧であるが、当該微同調シーケンスの正味インパルスＧと同様の符号で示され、当該基準パルスの継続時間がＧ／V_0であるところの当該ＤＣ基準パルスの光学状態からの変化とはかなり異なる（通常５０％以上異なる）画素のグレーレベル変化に終わり、

（ｄ）時間基準パルスの定義が、当該微同調シーケンスと同じ継続時間の単極電圧パルスで、当該基準パルスの符号はグレーレベルにより大きな変化を与えるものであるところの当該時間基準パルスによるグレーレベル変化と比べ規模が小さい（通常、半分以下）画素のグレーレベル変化に終わる双安定型電気光学ディスプレイの駆動方法を提供する。

【００４９】

本方法（および以下に定義される類似方法）は、以下、便宜上、本発明の「非連続アドレス」法と呼ばれる。二つの方法を区別する必要がある場合は、それぞれ「ＤＣバランス不平衡非連続アドレス」法、および「ＤＣバランス非連続アドレス」法と呼ばれる。

【００５０】

当該非連続アドレス法の好適な形態では、当該微同調シーケンスは、時間基準パルスによるグレーレベル変化の半分以下の、画素のグレーレベル変化に終わる。

【００５１】

また当該発明は、それぞれが少なくとも三つのグレーレベルを表示可能な、複数の画素を持ち、

初期グレーレベルを最終グレーレベルに変換するのに必要なインパルスを表すデータを含むルックアップテーブルの保存、

各表示画素の少なくとも初期状態を表すデータの保存、
少なくとも一表示画素の希望最終状態を表す入力信号の受信、および
ルックアップテーブルに基づき決定される、当該一画素の初期状態を希望最終状態へ変換するのに必要なインパルスを表す出力信号の生成から構成し、
初期状態から最終状態への少なくとも一度の転移で、当該出力信号がＤＣバランスの取れた微同調シーケンスを構成し、当該微同調シーケンスは、
（ａ）実質ゼロの正味インパルスを有し、
（ｂ）当該微同調シーケンスのどの時点においても、画素のグレーレベルが、当該微同調シーケンス当初のグレーレベルから、当該画素の二つの極度光学状態間のグレーレベルの差の約３分の１以上変化することはない双安定型電気光学ディスプレイの駆動方法も提供する。

【００５２】
本発明の非連続アドレス法の両形態において、当該出力信号は、通常、当該微同調シーケンスに加えて、少なくとも一つの単極駆動パルスから構成する。当該非連続出力信号は非周期信号である可能性もある。当該ルックアップテーブルにおける転移の大部分において、当該出力信号の正味インパルスは非ゼロで、信号は非連続的である。非連続出力信号を使用した少なくとも一回の転移において、当該出力信号は電圧レベルが＋Ｖ、０、－Ｖであるパルスのみから構成、あるいは望ましくは、電圧レベルが０と、＋Ｖと－Ｖの内一つを有するパルスのみから構成する。当該方法の好適な形態では、非連続出力信号を使用した少なくとも一回の転移において、また望ましくは、当該画素の当該初期状態と当該最終状態が異なる当該ルックアップテーブルにおける転移の大部分において、当該出力信号は、＋Ｖか－Ｖの内どちらか一つの同じ電圧レベルを有する少なくとも二つのパルスに先行、および後行される０の電圧レベルを有するパルスより構成する。望ましくは、当該転移テーブルはＤＣバランスが取れている。また非連続出力信号を使用した少なくとも一回の転移において、当該出力信号は、単一区間の整数の倍数である一連のパルスから構成することもある。

【００５３】
本発明の非連続アドレス法は、さらに、当該一画素の少なくとも一つの時間的先行状態あるいは／または当該一画素の少なくとも一つの先行グレーレベル状態を表すデータの保存と、当該一画素の少なくとも一つの時間的先行状態あるいは／または少なくとも一つの先行グレーレベル状態に基づく当該出力信号の生成から構成する。

【００５４】
また当該発明は、それぞれが少なくとも三つのグレーレベルを表示可能な、複数の画素を持ち、各表示画素に画素を初期状態から最終状態に変更できる出力信号を印加することから構成し、当該画素の当該初期状態と当該最終状態が異なる少なくとも一回の転移において、当該出力信号は、＋Ｖか－Ｖの内どちらか一つの同じ電圧レベルを有する少なくとも二つのパルスに先行、および後行される０の電圧レベルを有するパルスより構成する双安定型電気光学ディスプレイの駆動方法も提供する。

【００５５】
他の局面において、当該発明は、それぞれが少なくとも三つのグレーレベルを表示可能な、複数の画素を持ち、各表示画素に画素を初期状態から最終状態に変更できる出力信号を印加することから構成し、少なくとも一回の転移において、当該出力信号は非ゼロであるがＤＣバランスの取れた双安定型電気光学ディスプレイの駆動方法も提供する。

【００５６】
当該方法は、以下、便宜上、本発明の「ＤＣバランス型アドレス」法と呼ばれる。

【００５７】
当該ＤＣバランス型アドレス法において、少なくとも一回の転移で、当該出力信号は、同長であるが符号が逆であるパルスにより先行される電圧パルスより構成する一組目のパルスを構成する。当該出力信号は、さらに二つのパルス間に電圧ゼロのある期間を構成、あるいは少なくとも一パルス電圧ゼロのある期間で中断する。さらに当該出力信号は、同

長であるが符号が逆である二組目のパルスを構成することもある。当該二組目のパルスは一組目のパルスとはパルス長が異なる場合がある。当該二組目のパルスの一つ目のパルスは、当該一組目のパルスの一つ目のパルスとは極性が異なることもある。当該一組目のパルスは、当該二組目のパルスの一つ目のパルスと二つ目のパルスの間に出現することもある。

【００５８】

さらに、当該ＤＣバランス型アドレス法において、上述の転移においては、当該出力信号は、一方の光レールへ画素を著しく移動できる、少なくとも一つのパルス要素から構成する。

【００５９】

以下にさらに詳述されるように、本発明のＤＣバランス型アドレス法はＤＣバランス転移とＤＣバランス不平衡転移の組み合わせを利用することもある。例えば、画素の初期状態と最終状態が同様である各転移において、当該出力信号は非ゼロであるがＤＣバランスが取れており、当該画素の当該初期状態と当該最終状態が同様ではない各転移において、当該出力信号はＤＣバランス不平衡である。当該アドレス法において、当該画素の当該初期状態と当該最終状態が同様ではない各転移においては、ある場合においては、当該出力信号の形式は－ｘ／ΔＩＰ／ｘであり、当該形式中、ΔＩＰは当該画素の当該初期状態と当該最終状態間のインパルスポテンシャルの差を示し、－ｘとｘは同長であるが符号が逆である一組のパルスを示す。

【００６０】

本発明のＤＣバランス型アドレス法は、さらに、

初期グレーレベルを最終グレーレベルに変換するのに必要なインパルスを表すデータを含むルックアップテーブルの保存、

各表示画素の少なくとも初期状態を表すデータの保存、

少なくとも一表示画素の希望最終状態を表す入力信号の受信、および

ルックアップテーブルに基づき決定される、当該一画素の初期状態を希望最終状態へ変換するのに必要なインパルスを表す出力信号の生成、から構成する。

【００６１】

また本発明は、少なくとも一画素を持ち、

【００６２】

【数３】

$$J=\int_0^T V(t)M(T-t)dt \qquad (1)$$

（式中、Ｔは波形の長さを示し、積分は波形の継続期間にわたり、Ｖ（ｔ）は時間ｔの関数としての波形電圧で、Ｍ（ｔ）は、ゼロ時に短パルスより派生する滞留時間依存性を誘起するために、残留電圧の効果減少を特徴付けるメモリ関数である）が約１ボルト秒より少なくなるような、画素への波形Ｖ（ｔ）の印加より構成する双安定型電気光学ディスプレイの駆動方法も提供する。当該方法は、以下便宜上、本発明の「ＤＴＤ積分減少」法と呼ぶ。望ましくは、Ｊは約０．５ボルト秒以下で、最も望ましくは約０．１ボルト秒以下が良い。実際に、Ｊは出来るだけ小さな値、理想的にはゼロに設定するべきである。

【００６３】

当該方法の好適な形態において、Ｊは以下の式により計算される：

【００６４】

【数４】

$$J=\int_0^T V(t)\exp\left(-\frac{T-t}{\tau}\right)dt \qquad (2)$$

式中、τは減衰（緩和）時間を示し、望ましくは約０．７から約１．３秒の間の値である。

【００６５】

前述より、本発明は、電気光学ディスプレイの駆動方法、および当該駆動方法を実現するためのデバイスコントローラやその他の装置に対し、様々な異なる改良を加えていることが明白である。以下の記載では、本発明により提供される様々な異なる改良点が通常別々に記載されるが、実際には、単一のディスプレイが一つ以上の重要な方法を利用すること、例えば本発明の非連続アドレス法を使用するディスプレイが特定領域法も使用することなどは、画像分野に精通した者にとっては当然のことである。

【００６６】

インパルス駆動式電気光学ディスプレイの理想的なアドレス法は、いわゆる「全般的グレースケールイメージフロー」法と呼ばれる、各画素が初期グレーレベルから最終グレーレベルへ直接転移するようにコントローラが画像の各書き込みを整理する方法であるかのように当初見えるかもしれない。しかし必然的に、インパルス駆動式ディスプレイへの画像の書き込みにはエラーが伴う可能性がある。一部既述のように、実際に直面する当該エラーには、以下が含まれる：

（ａ）先行状態依存性：画素を新規光学状態へ切り替えるのに必要なインパルスは、初期光学状態と希望光学状態だけでなく、当該画素の以前の光学状態にも依存する。

【００６７】

（ｂ）滞留時間依存性：画素を新規光学状態へ切り替えるのに必要なインパルスは、当該画素が様々な光学状態下で過ごした時間に依存する。本依存性のはっきりとした性質はよく理解されていないが、一般に、画素が現行の光学状態に留まる時間が長ければ長いほど、必要となるインパルスも大きくなる。

【００６８】

（ｃ）温度依存性：画素を新規光学状態へ切り替えるのに必要なインパルスは、温度に大きく依存する。

【００６９】

（ｄ）湿度依存性：画素を新規光学状態へ切り替えるのに必要なインパルスは、少なくともある種の電気光学ディスプレイでは、周辺湿度に大きく依存する。

【００７０】

（ｅ）機械的一貫性：画素を新規光学状態へ切り替えるのに必要なインパルスは、ディスプレイにおける機械的多様性、例えば電気光学媒体の厚みや関連するラミネート接着剤などから影響を受けることがある。その他の機械的非一貫性は、媒体の異なる製造バッチにおける不可避な多様性や、製造公差、材質の多様性などから生じることがある。

【００７１】

（ｆ）電圧誤差：ドライバが供給する電圧における不可避な若干の誤差のため、実際に画素に印加されたインパルスは理論的に印加されたものとは若干異なる。

【００７２】

一般的なグレースケールイメージフローは「誤差の蓄積」現象を被る。例えば、温度依存性が各転移ごとに正方向における０．２Ｌ＊誤差を生じるとする。５０回の転移後、当該誤差は１０Ｌ＊まで蓄積する。恐らくより現実的には、ディスプレイの理論上の反射率と実際の反射率の違いとして表される各転移の平均誤差が±０．２Ｌ＊であるとすると、連続した１００回の転移後、当該画素の予想状態からの平均偏差は２Ｌ＊となる。当該偏差は、ある種の画像の平均的観測者にとっては明らかである。

【００７３】

当該誤差の蓄積現象は、温度による誤差のみでなく、他の種類の誤差にも該当する。当該誤差の補正は可能であるが、精度には限界がある。例えば、温度誤差は温度センサーとルックアップテーブルで補正できるが、温度センサーの解像度は限られているので、電気光学媒体が読み取った温度とは若干異なる温度を読み取る可能性がある。同様に、先行状態依存性は先行状態の保存と多次元転移マトリクスにより補正できるが、記録できる状態

数と保存できる転移マトリクスのサイズをコントローラのメモリが限定するので、上述のように、この種の補正には限界がある。

【００７４】

したがって、一般的なグレースケールイメージフローはよい結果を提供するには印加インパルスの非常に精密なコントロールを要し、電気光学ディスプレイ技術の現状では、一般的なグレースケールイメージフローは市販用のディスプレイとしては通常不適切であることが実験的に分っている。

【００７５】

ほとんどすべての電気光学ディスプレイにはリセット（誤差制限）メカニズム、つまり「光レール」として機能する極度（通常黒と白）光学状態が内蔵されている。ある特定のインパルスが電気光学ディスプレイのある画素に印加された後、当該画素はより白く（あるいはより黒く）なることはできない。例えば、マイクロカプセル式電気光学ディスプレイにおいて、ある特定のインパルス印加後、すべての電気泳動粒子は粒子同士、あるいはカプセル壁に対して強制的に押し付けられ、移動不可能になるため、限定的な光学状態あるいは光レールを生じる。そのような媒体において、電気泳動粒子の大きさや電荷にばらつきがあるため、他の粒子より先にレールに到達する粒子もあり、転移の最終光学状態が極度黒・白状態に近づくと必要なインパルス精度が減少し、画素の光学領域の中央付近で終了する転移の場合には必要な光学精度が激増する、「ソフトレール」現象を生じる。言うまでもなく、純粋に一般的なグレースケールイメージフローの駆動方式において、ある特定の画素のグレーレベルはいずれの光レールにも触れることなく無限大に変化し得るので、当該駆動方式は光レールに依存してグレーレベルの誤差を防止することはできない。

【００７６】

上述の米国特許６，５０４，５２４号と６，５３１，９９７号に記載されるように、多くの電気光学媒体、特に粒子型電気泳動媒体において、当該媒体の駆動には、長期間に渡り特定の画素を通過する電流の代数和がゼロ、あるいはできるだけゼロ近似値であるべきであるという意味で、直流（ＤＣ）バランスの取れた駆動方式の使用が望ましく、本発明の当該駆動方式は上記の基準を念頭において設計されるべきである。より厳密には、画素の一つの極度光学状態（黒、白）で開始・終了する転移の全配列のＤＣバランスが取れるようにルックアップテーブルを設計するべきである。上記の内容によると、グレーからグレーへの特定転移に必要なインパルス、如いては画素を通過する電流はかなり一定であるので、当該ＤＣバランス化は当初実現不可能に思われるかもしれない。しかし、これはまず得られた近似の結果にのみ真であり、少なくとも粒子型電気泳動媒体（他の電気光学媒体でも同様のようである）において、（例えば）五つの間隔の開いた５０ｍｓパルスを画素へ印加する効果は、同電圧の２５０ｍｓパルスを印加するのと同様ではないことが実験的に判明している。したがって、ある転移を実現するために画素を通過する電流にはある程度の柔軟性があり、この柔軟性がＤＣバランス達成の役に立つのである。例えば、本発明のルックアップテーブルは、ある転移につき複数のインパルス、並びに当該インパルスのそれぞれにより提供される総電流の値を保存することができ、コントローラは、各画素ごとに、ある先行時間（画素が最後に黒状態にあった時など）より画素へ印加されたインパルスの代数和を保存するよう設定されたレジスタを維持することができる。ある特定の画素が白かグレー状態から黒状態へ移動される時、当該コントローラはその画素と関連したレジスタを調査して、先行黒状態から次回の黒状態への転移の全配列においてＤＣバランスを実現するのに必要な電流を決定し、関連したレジスタをゼロ、あるいは少なくとも残余ができるだけ小さくなるように（この場合、関連したレジスタは当該残余の値を保持し、後の転移中に印加される電流に付加する）、白・グレーから黒への転移に必要なインパルスを多数の保存されたインパルスの中から選択する。当該プロセスを繰り返すことにより、各画素の長期に渡る正確なＤＣバランスが実現できることは明白である。

【００７７】

本発明の多局面に関する以下の考察は、前述特許ＷＯ　０３／０４４７６５号の全内容、特に当該特許で開示される様々な波形との精通を前提とする。本発明の様々な方法が、

前述特許ＷＯ　０３／０４４７６５号に記載の基本的ルックアップテーブル法の多様なオプション機能（温度補正、耐用寿命補正、湿度補正など）を加えるために変更できることは、表示分野に精通した者にとっては当然明白である。本発明の様々な方法は、ルックアップテーブルに保存するべきデータ量を削減するため、前述特許ＷＯ　０３／０４４７６５号に記載の方法を利用することもある。さらに、ルックアップテーブルを構成するデータは一般的な多次元データセットとして扱えるので、（ａ）データセットに必要なストレッジの大きさ、（ｂ）データ抽出に必要な計算量、あるいは（ｃ）当該セットからある特定要素の位置を確認し抽出するのに必要な時間の内、一つかそれ以上を削減するためには、データ保存とデータ処理分野に精通した者に既知のどんな標準的機能、アルゴリズム、記号化法でも使用できる。上記ストレッジ技術には、例えばハッシュ関数、可逆・不可逆圧縮、および基底関数の組み合わせとしてのデータセットの表現が含まれる。

【００７８】

（非連続アドレス法）

本発明法におけるグレーレベルの微調節は、本発明の非連続アドレス法により実現できる。上述のように、当該非連続アドレス法には二つの主な形態、つまりＤＣバランス不平衡形態とＤＣバランス形態がある。ＤＣバランス不平衡形態は、非ゼロの正味インパルス（つまり、正セグメントと負セグメントの長さが同等でない）を有する出力信号によりグレーレベル間の少なくとも一転移を達成するので、内部的にはＤＣバランスが取れておらず、非連続である（つまり、パルスが電圧ゼロの部分、あるいは異極性を含む）。当該非連続アドレス法に使用される当該出力信号は非周期的であることもないこともある（つまり、＋／－／＋／－や＋＋／－－／＋＋／－－などの反復単位で構成することも構成しないこともある）。

【００７９】

上記非連続波形（以下、「微同調（ｆｉｎｅ　ｔｕｎｉｎｇ）」あるいは「ＦＴ」波形と呼ばれる）は異極性のフレームを持たず、あるいは／またはディスプレイ（通常、当該ディスプレイは、電気光学媒体の画素に印加される電場が、関係する画素電極と前部電極間の電圧差により決定されるように、各画素に関係した画素電極と多数の画素、通常ディスプレイ前面、に跨って延長する前部電極を有するアクティブマトリクスディスプレイである）前面の効果的な電圧に関しては、＋Ｖ、０、－Ｖの３レベルの電圧しか含まないことがある。あるいは、ＦＴ波形は３レベル以上の電圧を含み、非連続波形が印加された上述のどの種の一波形（ｎ－ｐｒｅｐｕｌｓｅなど）からでも構成することができる。

【００８０】

ＦＴ波形は、（通常）一つかそれ以上の先行画像状態に依存し、標準的パルス幅変調（ＰＷＭ）技術により実現できる光学状態の変化より小さな変化を実現するために使用される。（したがって実際に使用されるＦＴ波形は、転移によりルックアップテーブル内で異なるので、例えば電気泳動粒子がカプセル壁などの表面に付着するのを防止するために交互極性のパルスを使用すると申し立てている、ある先行技術の波形とは対照的である。）当該非連続アドレス法の好適な形態においては、ディスプレイの全許容光学転移（「転移マトリクス」を達成するのに必要なすべての波形の組み合わせが提供され、少なくとも一波形は本発明のＦＴ波形で、波形の組み合わせはＤＣバランスが取れている。当該非連続アドレス法の他の好適な形態においては、全電圧セグメントの長さは単一間隔（「フレーム時間」）の整数の倍数である。電圧セグメントとは、電圧が一定である波形の一部を指す。

【００８１】

本発明の当該非連続アドレス法は、多くのインパルス駆動式電気光学媒体において、正味インパルスがゼロで、それゆえに理論的には画素のグレーレベルに全面的な変化を及ぼさないと予測される波形が、当該媒体の性質上のある非線形効果のため、実際にはグレーレベルに若干の変化を及ぼすので、パルス幅および／またはパルス長の変化力が限られている単純なＰＷＭ駆動方式やドライバと比べ、グレーレベルのより微細な調節が実現できるという発見に基づいている。上記のような「微同調」波形を起こすパルスは、グレーレ

ベルに主変化を起こす「主駆動」パルスとは別で、当該主駆動パルスを先行・後行することもできる。また場合によっては、当該微調節パルスと当該主駆動パルスは、当該主駆動パルスシーケンスの単一地点に微調節パルスの一ブロックを置くか、当該主駆動パルスシーケンスの複数地点に単一、あるいは小グループの微調節パルスを置くことにより、混合されても構わない。

【００８２】

当該非連続アドレス法は、非常に一般的に適応できるが、三つの電圧出力（正、負、ゼロ）を有するソースドライバと以下三種の波形要素から成る波形を使用した駆動方式を例として主に記載される（他種のドライバと波形要素と使用するための本発明への必要な変更は、電気光学ディスプレイ技術に精通した者には容易に理解できると考えられているからである）：

１）飽和パルス：一符号、あるいは一符号とゼロボルトの電圧を持ち、反射率を一極度光学状態（光レール、すなわち本出願で黒状態と呼ばれる暗い状態と本出願で白状態と呼ばれる明るい状態）付近へ転移するフレームシーケンス、

２）セットパルス：一符号、あるいは一符号とゼロボルトの電圧を持ち、反射率を希望グレーレベル（黒、白、あるいは中間のグレーレベル）へ転移するフレームシーケンス、

３）ＦＴシーケンス：同長の単一符号シーケンスと比べ、インクの光学状態の移動量が著しく減少するように、正、負、あるいはゼロになるように個々に選択された電圧を有するフレームシーケンス。全長が５スキャンフレームであるＦドライブシーケンスの例は、［＋－＋－－］（ここで各フレームの電圧は順番に正電圧が＋、電圧ゼロが０、負電圧が－で示されている）、［－－０＋＋］、［０００００］、［００＋－０］、［０－＋００］などである。上記のシーケンスは、図１Ａ～１Ｅに上記の順で図式的に図に示されており、図中の丸はＦＴシーケンスの始点と終点を表し、各点の間には５つのスキャンフレームが存在する。

【００８３】

ＦＴシーケンスは、前述のように、光学状態の微調節ができるように使用されるか、単極（単一符号）電圧であるが異なる正味電圧インパルス（当該インパルスは経時的に印加される電圧の積分として定義される）を有するシーケンスの光学状態に類似した状態に変化を加えるために使用される。したがって、波形内のＦＴシーケンスは、ＤＣバランスを実現するための手段として使用できる。

【００８４】

まず、ＦＴシーケンスを使って光学状態の微調節を実現する方法に関して説明する。図２において、０、１、２、３あるいはそれ以上の単極電圧で実現できる光学状態が反射率軸上の点として図式的に示されている。当該図から、軸上に相当する点として示される反射率を実現するには単極パルスの長さが選択できることが分る。しかし、図２の上記グレーレベルにあまり近くない「ターゲット」で示されるグレーレベルを実現したい時もあるので、この場合は、ＦＴシーケンスを使用して、単極駆動パルス使用後に実現した最終状態を微同調するか、初期状態を微同調してから単極駆動パルスを使用することで、反射率を希望状態に微同調できる。

【００８５】

図３に示されるＦＴシーケンスの第一例は、二パルスの単極駆動後にＦＴシーケンスが使用された例を示す。ＦＴシーケンスは最終光学状態をターゲット状態へ微同調するのに使用される。図２のように、図３は多数のスキャンフレームで実現できる光学状態を黒丸で示し、ターゲット光学状態と、二つのスキャンフレームの印加後の光変化、およびＦＴシーケンスに誘導される光変化も示している。

【００８６】

ＦＴシーケンスの第二例は図４に示される。同図では、まずＦＴシーケンスを用いて、単極駆動シーケンスで希望光学状態を実現できる位置に光学状態が微同調される。ＦＴシーケンス使用後に実現できる光学状態は図４では白丸で示される。

【００８７】

またＦＴシーケンスは、前述特許ＷＯ　０３／０４４７６５号の図１１Ａと１１Ｂ示されるようなレール安定型グレースケール（ＲＳＧＳ）波形との使用も可能である。当該ＲＳＧＳ波形の本質は、特定の画素が一つの極度光学状態へ移動される前に実行できるグレーからグレーへの転移許容数は限られているというものである。したがって、当該波形は極度光学状態（光レールと呼ばれる）へ頻繁に転移することで、ＤＣバランスを維持しつつ光学誤差を削減する（ここでＤＣバランスは、正味電圧インパルスがゼロで、詳細は以下に記載される）。よく分割されたグレースケールは、一つかそれ以上のスキャンフレームに微調節電圧を選択することで、当該波形を使用して実現できる。しかし、上記微調節電圧が使用不可能な場合は、他方法を使用して、できればＤＣバランスも維持しつつ、微同調を実現しなければならない。その目的を達成するのにＦＴシーケンスが使用できる。

【００８８】

まず、各転移が上述のセットパルス（画素を希望グレーレベルへ移動するパルス）に後行される０、１、２の飽和パルス（画素を一光レールへ転移するパルス）から構成する環状形のレール安定型グレースケール波形を考察する。本波形でどのようにＦＴシーケンスが使用できるかを示すため、各波形要素は記号表記される：「ｓａｔ」は飽和パルスを示し、「ｓｅｔ」はセットパルスを、「Ｎ」はＦＴドライブシーケンスを示す。環状レール安定型グレースケールの三つの基本形は、

ｓｅｔ（ＷＯ　０３／０４４７６５号、図１１Ａ中転移１１０４など）

ｓａｔ－ｓｅｔ（ＷＯ　０３／０４４７６５号、図１１Ａ中転移１１０６／１１０８など）

ｓａｔ－ｓａｔ’－ｓｅｔ（ＷＯ　０３／０４４７６５号、図１１Ａ中転移１１１６／１１１８／１１２０など）

であり、ｓａｔとｓａｔ’は二つの異なる飽和パルスを示す。

【００８９】

上記の一番目の形式をＦＴシーケンスで変更すると、以下の波形が生じる：

Ｎ－ｓｅｔ

ｓｅｔ－Ｎ

つまり、ＦＴシーケンスがセットパルスに後行されるか、同じ要素が逆になるかである。

【００９０】

上記の二番目の形式を一つか二つのＦＴシーケンスで変更すると、例えば、以下のようなＦＴ変更波形が生じる：

Ｎ－ｓａｔ－ｓｅｔ

ｓａｔ－Ｎ－ｓｅｔ

ｓａｔ－ｓｅｔ－Ｎ

ｓａｔ－Ｎ－ｓｅｔ－Ｎ’

Ｎ－ｓａｔ－ｓｅｔ－Ｎ’

Ｎ－ｓａｔ－Ｎ’－ｓｅｔ

Ｎ－ｓａｔ－Ｎ’－ｓｅｔ－Ｎ”

上記中、Ｎ、Ｎ’、Ｎ”は三つのＦＴシーケンスであり、相異なることも異ならないこともある。

【００９１】

上記の二番目の形式の変更は、基本的に上述の形式に従い、三つの波形要素間にＦＴシーケンスを散在することで実現できる。例の一部として、以下が挙げられる：

Ｎ－ｓａｔ－ｓａｔ’－ｓｅｔ

Ｎ－ｓａｔ－ｓａｔ’－ｓｅｔ－Ｎ’

ｓａｔ－Ｎ－ｓａｔ’－Ｎ’－ｓｅｔ－Ｎ”

Ｎ－ｓａｔ－Ｎ’－ｓａｔ’－Ｎ”－ｓｅｔ－Ｎ”’

ＦＴシーケンスにより変更できる他の基本的波形としては、黒（あるいは白）へ駆動する単一パルスのスライドショー型グレースケールがある。当該波形において、光学状態は

、まず光レール、それから希望画像へ移行される。各転移波形は以下二つのシーケンスのどちらででも記号的に示される：

ｓａｔ－ｓｅｔ

ｓｅｔ

上記の波形は、レール安定型グレースケールシーケンスで既述の方法と基本的に同じ方法で、ＦＴドライブシーケンス要素を挿入することで変更でき、結果的に以下のようなシーケンスが生じる：

ｓａｔ－ｓｅｔ－Ｎ

ｓａｔ－Ｎ－ｓｅｔ

など。

【００９２】

上記二例は、波形の飽和パルスとセットパルス要素の前後にＦＴシーケンスを挿入する例を示している。また、飽和パルスやセットパルスの途中でＦＴシーケンスの挿入を実施するのも効果があることがある。つまり、基本シーケンス：

ｓａｔ－ｓｅｔ

は、以下のような形式に変更される：

｛ｓａｔ、ｐａｒｔ　Ｉ｝－Ｎ－｛ｓａｔ、ｐａｒｔ　ＩＩ｝－ｓｅｔ

あるいは、

ｓａｔ－｛ｓｅｔ、ｐａｒｔ　Ｉ｝－Ｎ－｛ｓｅｔ、ｐａｒｔ　ＩＩ｝

既述のように、一連の転移後に実現される多くの電気光学媒体の光学状態は先行光学状態、および当該先行光学状態における経過時間に敏感であることが明らかになっており、転移波形を適宜調節することで先行状態と先行滞留時間を補正する方法が報告されている。同様の方法でＦＴシーケンスを使用することにより、先行光学状態と先行滞留時間が補正できる。

【００９３】

当該概念をより詳細に記述するため、特定の画素に表示されるグレーレベルのシーケンスを考察する。当該レベルはR_1、R_2、R_3、R_4などと表示され、R_1は検討対象の転移の次の希望（最終）グレーレベルを表し、R_2は当該転移の初期グレーレベルを表し、R_3は第一先行グレーレベル、R_4は第二先行グレーレベルを表す、という具合に続く。したがって、グレーレベルのシーケンスは以下のように表される：

$R_nR_{n-1}R_{n-2}\cdots\cdots R_3R_2R_1$

グレーレベルｉに先行する滞留時間はD_iで表記される。D_iはグレーレベルｉに滞留するスキャンフレーム数を表すこともできる。

【００９４】

上述のＦＴシーケンスは、現行グレーレベルから希望グレーレベルへの転移に適切であるとして選択され得る。したがって、最も単純な形態では、当該ＦＴシーケンスは現行および希望グレーレベルの関数であり、以下の式で象徴的に表され、

Ｎ＝Ｎ（R_2、R_1）

ＦＴシーケンスＮがR_2かR_1に依存することを示す。

【００９５】

装置性能を改善し、特に先行画像に関連した残留グレーレベルの変動を削減するため、転移波形の微調節をするのは効果的である。多くのＦＴシーケンスが当該調節の実現に利用できるが、様々なＦＴシーケンスは、様々な最終光学状態を生み、ある画素の異なる光学ヒストリーには異なるＦＴシーケンスが選択できる。例えば、第一先行画像（R_3）を補正するためには、R_3に依存するＦＴシーケンスが選択でき、以下の式で表される：

Ｎ＝Ｎ（R_3、R_2、R_1）

つまり、ＦＴシーケンスはR_1とR_2だけでなく、R_3にも基づいて選択できる。

【００９６】

当該概念を一般化すると、ＦＴシーケンスは任意数の先行グレーレベル、あるいは／または任意数の先行滞留時間に依存でき、以下の式で表される：

$N=N(D_m, D_{m-1}, \cdots D_3, D_2; R_n, R_{n-1}, \cdots R_3, R_2, R_1)$
式中、D_kはグレーレベルR_kに滞留した時間を示し、光学状態数ｎはＦＴ決定関数に必要な滞留時間数ｍと同等である必要はない。したがって、ＦＴシーケンスは先行画像あるいは／または先行・現行グレーレベル滞留時間の関数であり得る。

【００９７】

当該概念の特例として、本来単極なパルスに電圧ゼロのスキャンフレームを挿入することで、実現される最終光学状態が変化することが分っている。例えば、電圧ゼロのスキャンフレームが挿入される図５のシーケンス後に実現される光学状態は、電圧ゼロのスキャンフレームはないが図５のシーケンスと総インパルスが同等である、図６の対応する単極シーケンス後に実現される光学状態とは若干異なる。

【００９８】

当該最終光学状態へのある特定パルスの影響は、当該パルスと先行パルス間の遅延時間の長さに依存することが分っている。したがって、パルス要素間に電圧ゼロのフレームを挿入することで波形の微同調が実現できる。

【００９９】

本発明は、ＦＴドライブ要素の使用と電圧ゼロのスキャンフレームの挿入を他の波形構造における単極ドライブ要素にまで拡張する。他の例としては、これらに限られないが、一光学状態から他の光学状態へ移行する際に、両光レールにアクセスする二重プリパルス（三重プリパルス、四重プリパルスなどを含む）のスライドショー型グレースケール波形や、レール安定型グレースケール波形などが含まれる。またＦＴシーケンスは、グレーレベル間で直接転移が行われる、一般的なイメージフローグレースケール波形にも使用できる。

【０１００】

電圧ゼロのフレームの挿入が、すべてゼロであるＦＴシーケンス挿入の具体例と考えられる中、当該特例が最終光学状態の変更に効果的なことが分っているので、注意が向けられる。

【０１０１】

上述の考察はグレーレベルの微同調達成のためのＦＴシーケンス使用に焦点を当ててきた。現時点からは、ＤＣバランス達成のための当該ＦＴシーケンスの使用を検討する。ＦＴシーケンスは、波形におけるＤＣバランス不平衡のレベルを変化（できれば、ＤＣバランス不平衡の削減あるいは削除）するのに使用できる。ＤＣバランスとは、すべての完全回路式グレーレベルシーケンス（同様のグレーレベルで開始・終了するシーケンス）の正味電圧インパルスがゼロであることを意味する。ＦＴシーケンスが（ａ）飽和パルスやセットパルスと同様の方法で光学状態を変更できるが、非常に異なる正味電圧インパルスを有する、あるいは（ｂ）光学状態にわずかな変化をもたらすが、最終的にＤＣバランス不平衡であるという事実を利用して、一つかそれ以上のＦＴシーケンスにより、波形のＤＣバランスを取る、あるいはＤＣバランス不平衡度を減少させることができる。

【０１０２】

以下の実例は、どのようにＦＴシーケンスを使用してＤＣバランスが達成できるかを示す。当該例において、セットパルスのパルス長は様々、具体的には１、２、３スキャンフレームあるいはそれ以上であり得る。複数のスキャンフレームのそれぞれで実現される最終グレーレベルは図７に示され、図中、各点の下の数字はグレーレベル達成に使用されたスキャンフレーム数を示す。

【０１０３】

図７は、数値が最終グレーレベルの実現に使用された単極フレーム数を特定する、単極ドライブで正電圧のスキャンフレームを用いて使用可能な光学状態を示す。当該例において、ＤＣバランス維持には合計二つの正電圧フレームから成る電圧インパルス印加が必要であると仮定する。希望（ターゲット）グレーレベルはインパルスの三つのスキャンフレームにより実現できるが、そうすることで、システムは一フレーム分ＤＣバランス不平衡のまま残される。一方、三つのスキャンフレームの代わりに二つの正電圧スキャンフレー

ムを使用するとＤＣバランスが実現できるが、最終光学状態はターゲットよりかなり逸脱することになる。

【０１０４】

ＤＣバランスを実現する一方法としては、二つの正電圧フレームを使用して電気光学媒体を希望グレーレベル付近に移動し、さらにＤＣバランスの取れたＦＴシーケンス（正味電圧インパルスがゼロのＦＴシーケンス）を使用してターゲットグレーレベルに十分近づけるように最終調節をする方法がある。当該方法は図８に図式的に示され、当該図中、光学状態に適切な変更を加えるように選択された正味電圧インパルスがゼロのＦＴシーケンスに後行された二つのスキャンフレームにより、ターゲットグレーレベルが実現されている。

【０１０５】

また別の方法として、単極ドライブの三つの正電圧スキャンフレームを使用して反射率をターゲットの光学状態へ移動し、さらに最終的なＤＣバランスの不平衡度が一負電圧スキャンフレームと同等である一つのＦＴシーケンスを使用する方法がある。最終的な光学状態がほとんど変化しないＦＴシーケンスを使用した場合は、最終光学状態は正確なまま維持され、ＤＣバランスが回復される。当該例は図９に示される。当然ながら、通常、ＦＴシーケンスの使用は光学状態の調節と共にＤＣバランスにもある程度の影響を与えるので、上記二例は極端な例である。

【０１０６】

例証のみを目的としているが、以下に次の実施例を提示することで、本発明に基づいたＦＴシーケンスの実験的使用例を示す。

【実施例】

【０１０７】

（環状ＲＳＧＳ波形におけるＦＴシーケンス使用）

本実施例は、単一画素ディスプレイにおいて、４グレーレベル（２ビット）アドレス達成を目的とした、ＦＴシーケンスの使用による波形の光学性能の改善を示す。当該ディスプレイはマイクロカプセル式電気泳動媒体を使用し、前述２００２／０１８０６８７号の［００６９］～［００７６］項記載の方法に実質的に基づき構成された。

【０１０８】

波形電圧は、２ビット（４状態）グレースケール内でグレーレベルシーケンスを実現するため、転移マトリクス（ルックアップテーブル）に基づき画素に印加された。既述のように、転移マトリクスやルックアップテーブルは、グレースケール内であるグレーレベルから他のグレーレベルへ移行するために画素に電圧を印加する際の一連の規則である。

【０１０９】

波形は電圧とタイミングに拘束され、三つの電圧レベル、－１５Ｖ、０Ｖ、＋１５Ｖのみが画素全体に印加された。また、フレーム率が５０Ｈｚのアクティブマトリクスドライブを刺激するため、電圧は２０ｍｓ間隔で印加された。波形を最適化するため、つまりテストシーケンス全体に及ぶ４グレーレベルそれぞれの実際の光学状態における展開が最小限になる条件を実現するため、同調アルゴリズムが反復して使用された。

【０１１０】

最初の実験において、単純な飽和・セットパルスを使用して、環状レール安定式グレースケール（ｃＲＳＧＳ）波形が最適化された。転移マトリクス確定に際し、先行状態への考慮は初期（R_2）と希望最終（R_1）グレーレベルに限定され、当該波形は全体に渡りＤＣバランスが取れていた。同調に使用可能な最小インパルス（１５Ｖで２０ｍｓ）が粗く、当該転移マトリクスにおけるR_2先行状態が欠如していたため、当該波形からはかなり低質な成績が予想された。

【０１１１】

当該転移マトリクスの行動は、ランダムに配列された全グレーレベルの五個一組のシーケンスを含む、「五個一組で完全な」グレーレベルシーケンス中でテスト画素を切り替えて検証された。（五個一組のシーケンス要素とは、０－１－０－２－３や２－１－３－０

－３などの、五つのグレーレベルのシーケンスで、０、１、２、３は使用可能な四つのグレーレベルを示す。）完璧な転移マトリクスでは、四つのグレーレベルそれぞれの反射率は、ランダムシーケンスの各グレーレベルがいつ発現しても、いつも全く同じである。現実的な転移マトリクスでは、各グレーレベルの反射率はかなり変動する。現実に、図１０の棒グラフは、電圧とタイミングに拘束された転移マトリクスの性能不足を示している。各ターゲットグレーレベルの様々な発現の計測された反射率は非常に様々である。本実験の当該部分で展開されたＦＴシーケンスなしに最適化されたｃＲＳＧＳ波形は、以下基本波形と呼ばれる。

【０１１２】

次に、ＦＴシーケンスはｃＲＳＧＳ波形に組み込まれた。当該実験において、ＦＴシーケンスは５スキャンフレームに限定され、ＤＣバランスの取れたＦＴシーケンスのみを含有した。各転移で、ＦＴシーケンスは当該基本波形の終末に配置された。つまり各転移の当該波形は、以下の形態の内の一形態を取っていた：

ｓｅｔ－Ｎ

ｓａｔ－ｓｅｔ－Ｎ

ｓａｔ－ｓａｔ’－ｓｅｔ－Ｎ

ＦＴシーケンス要素をうまく当該波形に取り入れるには、次の二つのステップが、各グレーレベルでの様々なＦＴシーケンスの光学状態への影響の確認と、様々な波形要素へ印加するＦＴシーケンスの選択が必要であった。

【０１１３】

各グレーレベルでの様々なＦＴシーケンスの光学状態への影響を確認するため、「ＦＴ効果」実験が実施された。まず黒と白の光レール間で、繰り返し電気泳動媒体を切り替えて、一貫した始点が確立された。それから本フィルムは、本出願では光学状態R_2と呼ばれる、四つのグレーレベル（０、１、２、３）の内の一レベルへ移動され、さらにＦＴシーケンスが印加された他のグレーレベル（本出願ではR_1と呼ばれる）の内の一レベルへR_2を転移するのに適切な基本波形が印加された。当該ステップは全５１のＤＣバランスの取れた５フレームのＦＴシーケンスに対して反復され、最終光学状態は各ＦＴシーケンスごとに記録された。それから、当該ＦＴシーケンスはそれぞれの最終反射率に基づいて整理された。当該プロセスは初期（R_2）および最終（R_1）グレーレベルのすべての組合せに対して反復された。当該最終グレーレベル１（R_1＝１）と現行グレーレベル０、２、３（R_2＝０、２、３）のＦＴシーケンスの順序は、順番に表２～４に示され、「フレーム１」から「フレーム５」と題された縦列には該当するＦＴシーケンスの五つの連続したフレーム中に印加された電位をボルトで表している。様々なＦＴシーケンスを使用して波形に実現された最終光学状態は図１１に曲線で示されている。当該図から、正味電圧インパルスが全く変わることなく、ＦＴシーケンスを使用して最終光学状態に大きな変化を及ぼせること、また五つのスキャンフレームを有するＦＴシーケンスにより最終光学状態の微調節ができることが分る。

【０１１４】

（表２：様々なＦＴシーケンスにおけるグレーレベル０～１の最終光学状態）

【０１１５】

【表２－１】

索引番号	光学状態 (L*)	フレーム1	フレーム2	フレーム3	フレーム4	フレーム5
1	35.13	0	15	15	-15	-15
2	35.20	15	0	15	-15	-15

【０１１６】

【表２－２】

3	35.22	15	15	0	-15	-15
4	35.48	15	15	-15	-15	0
5	35.65	15	15	-15	0	-15
6	36.07	0	15	-15	15	-15
7	36.10	15	-15	0	15	-15
8	36.23	15	0	-15	15	-15
9	36.26	15	-15	15	0	-15
10	36.32	15	-15	15	-15	0
11	36.34	-15	0	15	15	-15
12	36.36	-15	15	0	15	-15
13	36.37	0	0	15	0	-15
14	36.42	0	15	0	0	-15
15	36.47	0	0	0	15	-15
16	36.51	-15	15	15	0	-15
17	36.51	0	15	0	-15	0
18	36.55	0	0	15	-15	0
19	36.59	-15	15	15	-15	0
20	36.59	0	15	-15	0	0
21	36.59	0	-15	15	15	-15
22	36.68	15	0	0	0	-15
23	36.73	15	-15	-15	0	15
24	36.76	15	0	0	-15	0
25	36.79	15	0	-15	0	0
26	36.86	0	15	-15	-15	15
27	36.87	15	-15	0	0	0
28	37.00	15	0	-15	-15	15
29	37.03	-15	0	0	0	15
30	37.05	15	-15	-15	15	0
31	37.11	-15	0	0	15	0
32	37.19	15	-15	0	-15	15
33	***37.19***	***-15***	***15***	***-15***	***0***	***15***
34	37.22	0	-15	0	0	15
35	37.24	-15	0	15	0	0
36	37.26	-15	0	15	-15	15
37	37.33	0	-15	0	15	0
38	37.43	0	0	-15	0	15
39	37.43	-15	15	-15	15	0
40	37.49	-15	-15	15	0	15
41	37.50	-15	15	0	0	0
42	37.53	-15	15	0	-15	15
43	37.55	0	-15	15	-15	15
44	37.58	0	-15	15	0	0
45	37.61	0	0	-15	15	0
46	37.62	-15	-15	0	15	15

【０１１７】

【表２－３】

47	37.69	0	0	0	-15	15
48	37.72	0	0	0	0	0
49	37.85	-15	-15	15	15	0
50	37.96	-15	0	-15	15	15
51	37.99	0	-15	-15	15	15

（表３：様々なＦＴシーケンスにおけるグレーレベル２～１の最終光学状態）

【０１１８】

【表３－１】

索引番号	光学状態 (L*)	フレーム 1	フレーム 2	フレーム 3	フレーム 4	フレーム 5
1	34.85	0	15	15	-15	-15
2	34.91	15	0	15	-15	-15
3	35.07	15	15	-15	-15	0
4	35.15	15	15	0	-15	-15
5	35.35	15	15	-15	0	-15
6	35.43	0	15	-15	15	-15
7	35.46	15	-15	0	15	-15
8	35.51	0	0	15	-15	0
9	35.52	0	15	-15	0	0
10	35.52	0	0	0	15	-15
11	35.61	15	-15	15	-15	0
12	35.62	0	0	15	0	-15
13	35.63	15	-15	0	0	0
14	35.65	-15	15	0	15	-15
15	35.67	0	15	0	-15	0
16	35.70	-15	0	15	15	-15
17	35.75	15	-15	15	0	-15
18	35.76	0	15	0	0	-15
19	35.77	15	0	-15	0	0
20	35.78	15	0	-15	15	-15
21	35.80	-15	15	15	-15	0
22	35.97	-15	15	15	0	-15
23	35.98	15	0	0	-15	0
24	36.00	0	-15	15	15	-15
25	36.06	0	0	0	0	0
26	36.09	-15	0	0	15	0
27	36.10	-15	0	0	0	15
28	36.10	15	0	0	0	-15
29	36.14	-15	0	15	0	0
30	36.28	-15	15	0	0	0
31	36.38	15	-15	-15	0	15
32	36.40	0	15	-15	-15	15
33	36.41	0	-15	0	0	15
34	36.44	0	-15	0	15	0

【０１１９】

【表３－２】

35	36.45	15	-15	-15	15	0
36	36.49	-15	15	-15	0	15
37	36.49	0	-15	15	0	0
38	36.55	-15	0	15	-15	15
39	36.57	-15	15	-15	15	0
40	36.59	0	0	-15	0	15
41	36.63	0	0	-15	15	0
42	36.72	15	-15	0	-15	15
43	36.72	15	0	-15	-15	15
44	36.77	0	0	0	-15	15
45	36.81	-15	15	0	-15	15
46	36.89	0	-15	15	-15	15
47	36.98	-15	-15	15	0	15
48	37.16	-15	-15	15	15	0
49	***37.19***	***-15***	***-15***	***0***	***15***	***15***
50	37.42	-15	0	-15	15	15
51	37.51	0	-15	-15	15	15

（表４：様々なＦＴシーケンスにおけるグレーレベル３～１の最終光学状態）

【０１２０】

【表４－１】

索引番号	光学状態 (L*)	フレーム1	フレーム 2	フレーム 3	フレーム 4	フレーム 5
1	36.86	0	15	15	-15	-15
2	36.92	15	0	15	-15	-15
3	37.00	15	15	-15	-15	0
4	***37.13***	***15***	***15***	***0***	***-15***	***-15***
5	37.39	15	15	-15	0	-15
6	37.47	0	15	-15	15	-15
7	37.48	15	-15	0	15	-15
8	37.50	0	15	-15	0	0
9	37.52	0	0	15	-15	0
10	37.53	0	0	0	15	-15
11	37.60	15	-15	15	-15	0
12	37.62	15	-15	0	0	0
13	37.63	0	0	15	0	-15
14	37.65	0	15	0	-15	0
15	37.67	-15	15	0	15	-15
16	37.71	-15	0	15	15	-15
17	37.76	0	15	0	0	-15
18	37.77	15	-15	15	0	-15
19	37.79	15	0	-15	15	-15
20	37.80	15	0	-15	0	0
21	37.82	-15	15	15	-15	0
22	37.96	15	0	0	-15	0

【０１２１】

【表４－２】

23	38.01	-15	15	15	0	-15
24	38.03	0	-15	15	15	-15
25	38.04	0	0	0	0	0
26	38.09	-15	0	0	15	0
27	38.09	15	0	0	0	-15
28	38.15	-15	0	0	0	15
29	38.16	-15	0	15	0	0
30	38.24	-15	15	0	0	0
31	38.40	15	-15	-15	0	15
32	38.43	0	-15	0	0	15
33	38.44	0	-15	0	15	0
34	38.44	0	15	-15	-15	15
35	38.46	15	-15	-15	15	0
36	38.51	-15	15	-15	0	15
37	38.52	0	-15	15	0	0
38	38.59	-15	0	15	-15	15
39	38.61	-15	15	-15	15	0
40	38.65	0	0	-15	0	15
41	38.66	0	0	-15	15	0
42	38.74	15	0	-15	-15	15
43	38.74	15	-15	0	-15	15
44	38.82	0	0	0	-15	15
45	38.89	-15	15	0	-15	15
46	38.95	0	-15	15	-15	15
47	39.02	-15	-15	15	0	15
48	39.21	-15	-15	15	15	0
49	39.22	-15	-15	0	15	15
50	39.44	-15	0	-15	15	15
51	39.53	0	-15	-15	15	15

次に、表２～４と図１１（特に表２のシーケンス３３、表３のシーケンス４９、および表４のシーケンス４）に示される結果と他のグレーレベルの類似物を用いて選択されたＦＴシーケンスを使用して、ｃＲＳＧＳ波形が構成された。図１１のｙ軸上の～３６．９と～３７．５Ｌ＊間部は、ＤＣバランスの取れたＦＴシーケンスで使用可能になった同じ最終（R_1）状態と異なる初期（R_2）状態の光反射率間の重複部を示す。したがって、R_1＝１のターゲットグレーレベルは３７．２Ｌ＊で選択され、本ターゲットに最も近い最終光学状態を提示する各R_2のＦＴシーケンスが選択された。本プロセスは他の最終光学状態（R_1＝０、２、３）に対しても反復された。

【０１２２】

最後に、結果として得た波形が、五段階濃度の状態ヒストリーを全て含んだ前述の擬似ランダムシーケンスを用いて検査された。当該シーケンスには３２４の重要な転移が含まれる。選ばれたＦＴシーケンスによって変更されたｃＲＳＧＳ波形を用いて、当該シーケンス中の全ての転移が実現され、実現された各光学状態の反射率が記録された。実現された光学状態は図１２に示される。図１２と図１０との比較から、各グレーレベルの反射率の広がりが、当該ＦＴシーケンスを組み込んだことにより著しく小さくなったことが明白である。

【０１２３】

要約すれば、非連続アドレス法に関する面で、本発明は、（ｉ）　光学状態の変化を可能とするか、（ｉｉ）　波形のＤＣバランス実現、あるいは少なくとも波形のＤＣバランス不平衡の度合いを変化させる手段を可能にする、複数のＦＴシーケンスを提供する。既述の通り、例えば当該方法のＤＣバランスが不平衡な形態に対し、ＦＴシーケンスを多少数学的に定義できる。

【０１２４】
（ａ）　ＤＣ基準パルスの光学状態の変化とは大幅に異なる光学状態の変化をもたらすようなＤＣバランスが不平衡なＦＴシーケンスの使用。当該「ＤＣ基準パルス」とは電圧$Ｖ_0$のパルスであり、$Ｖ_0$とはＦＴシーケンス中に印加される最大の電圧振幅に対応する電圧であって、ＦＴシーケンスの正味インパルスと符号を同じくする電圧である。あるシーケンスの正味インパルスは、電圧・時間曲線下の面積であり、記号Ｇで表される。当該基準パルスの継続時間はＴ　＝　Ｇ／$Ｖ_0$で表される。当該ＦＴシーケンスは、当該基準パルスの当該正味ＤＣバランス不平衡とは大きく異なるＤＣバランス不平衡を導入するのに用いられる。
【０１２５】
（ｂ）　時間基準パルスで実現される光学状態の変化よりも著しく小規模な光学状態の変化をもたらすようなＤＣバランスが不平衡なＦＴシーケンスの使用。当該「時間基準パルス」の定義は、ＦＴシーケンスと持続時間が同等の単一の符号を有する電圧パルスであるが、当該基準パルスの符号は光学状態の変化が最大になるように選ばれる。すなわち、当該電気光学媒体が白状態に近い場合は、負電圧パルスは当該電気光学媒体を若干白状態に近付けるだけであるかもしれないが、正電圧パルスは当該電気光学媒体を黒状態へ強く変化させることがある。この場合の当該基準パルスの符号は正である。このタイプのＦＴパルスの目的は、光学状態に強い影響を与えることなく、正味電圧インパルスを（例えば、ＤＣバランスを取るために）調節することである。
【０１２６】
非連続アドレス法に関する面で、本発明は転移波形のパルス要素間、あるいはパルス要素内に一つかそれ以上のＦＴシーケンスを用いる構想、および先行グレーレベルと先行滞留時間の影響を相殺するためにＦＴシーケンスを用いる構想にも関連する。本発明の一具体例として、最終光学状態を変更するために、電圧ゼロのフレームを波形の一パルス要素中、または複数のパルス要素間に挿入して使用する例が挙げられる。
【０１２７】
非連続アドレス法に関する面で、本発明は希望する精度で希望グレーレベルを実現するための波形の微同調、および電圧を微同調できないソースドライバ、特に二つか三つの電圧レベルしか持たないソースドライバを使用して、ある波形をＤＣバランス状態に近づける（すなわち、様々なグレーレベルへの全ての環状転移運動において正味電圧インパルスをゼロにする）手段も可能にする。
【０１２８】
（ＤＣバランス型アドレス法）
上述ＷＯ　０３／０４４７６５号の図１１Ａと１１Ｂに示された鋸歯状駆動方式は、いかなる任意の画素についても、黒状態を連続して通過する間である限られた数の転移しか起らないという点で、また実際に一画素は平均して全転移の半数でしか黒状態を通過しないという点で、ＤＣバランスを取るために用いるのに好適であるという事実は注目に値する。
【０１２９】
しかし、既述の通り、本発明によるＤＣバランス法は、連続転移中に電気光学媒体に印加されるインパルスの合計の平衡を取ることに限定されず、本発明のＤＣバランス型アドレス法にしたがって、表示画素が経験する転移の少なくとも一部を「内部的に」平衡が取れるようにするものでもある。当該方法を以下に詳述する。
【０１３０】
本発明のＤＣバランス型アドレス法は、ディスプレイ用のマイクロカプセル式電気泳動方式など、インパルス駆動式電気光学媒体を駆動するのに効果的なＤＣバランスの取れた転移に関連する。当該方法は、例えば二、三レベルの電圧しか出力できないソースドライバを有するアクティブマトリクス型ディスプレイに適用できる。これ以外の形式のドライバも使えるが、以下の詳細な説明の大部分は、三つの電圧出力（正、負、およびゼロ）を有するソースドライバを用いた例に着目する。

【０１３１】
本発明のＤＣバランス型アドレス法に関する以下の説明では、本発明の他の局面についての上記の記述と同様に、電気光学媒体のグレーレベルを１からＮで表す。ここで、１は最も暗い状態、Ｎは最も明るい状態を示し、中間状態には暗い順から明るい順に増加する番号が付けられる。インパルス駆動式画像媒体の駆動方式は、初期グレーレベルから最終グレーレベルへの転移を実現するために一連のルールを使用する。表５に２ビット（４グレーレベル）のグレースケールディスプレイで実現可能な１６の各転移について示すように、当該駆動方式は各転移について時間の関数としての電圧として表せる。
【０１３２】
（表５）
【０１３３】
【表５】

		最終グレーレベル			
		1	2	3	4
初期グレーレベル	1	$V_{11}(t)$	$V_{12}(t)$	$V_{13}(t)$	$V_{14}(t)$
	2	$V_{21}(t)$	$V_{22}(t)$	$V_{23}(t)$	$V_{24}(t)$
	3	$V_{31}(t)$	$V_{32}(t)$	$V_{33}(t)$	$V_{34}(t)$
	4	$V_{41}(t)$	$V_{42}(t)$	$V_{43}(t)$	$V_{44}(t)$

表５で$V_{ij}(t)$は、グレーレベルｉからグレーレベルｊへの転移に使用される波形を示す。ＤＣバランス転移とは、波形$V_{ij}(t)$の時間積分値がゼロとなる転移である。
【０１３４】
「光レール（ｏｐｔｉｃａｌ　ｒａｉｌｓ）」という用語は、電気光学媒体の極度光学状態を意味するとして既に定義されているが、以下「媒体を一方の光レールへ向けて、あるいは光レールの中へ押込む」という表現が使用される。ここで「（光レール）へ向けて」という語は、当該媒体の当該光学状態を一方の光レールへ向けて移動させるように電圧を印加するという意味である。また「押込む」という語は、電圧パルスが、当該電気光学媒体の光学状態を一方の光レールに近づけるために十分な持続時間と振幅を有しているという意味である。「一方の光レールの中へ押込む」という文は、必ずしもパルスの終わりである光レール状態が実現されることを意味するのではなく、当該パルスの終わりである光学状態が最終光学状態にかなり近い状態になっていることを意味することに留意する必要がある。例えば、反射率１％と５０％地点に光レールを有する電気光学媒体を例に挙げると、３００ｍｓのパルスが最終光学状態を（反射率１％から）反射率５０％に移動することが分っている。この場合、最終的に達成する反射率が４５％に過ぎないにも関わらず、２００ｍｓのパルスを印加することを高反射率の光レールへディスプレイを押込むと見なすことがある。２００ｍｓという持続時間は、例えば光学範囲を３分の１に区切った時の中間部分という大きな光学範囲を横切るのに必要な時間と比べれば長いので、当該２００ｍｓのパルスは媒体を一方の光レールの中へ押込むと見なされる（この場合、２００ｍｓは媒体を中間に位置する反射率幅の３分の１の範囲、つまり反射率１７％から３４％の範囲、を横切るのに必要なパルスに比べれば長いのである。）
本発明のＤＣバランス型アドレス法に従った三種類のＤＣバランス転移、およびＤＣバランス転移とＤＣバランス不平衡転移の両方を用いた複合型駆動方式を以下に説明する。以下の記述では、便宜上、各パルスは数字で表記され、数字の大きさは持続時間の長さをを示す。数字が正数ならばパルスは正電圧であり、数字が負数ならばパルスは負電圧である。したがって、例えば使用可能な電圧が＋１５Ｖ、０Ｖ、－１５Ｖで、パルスの持続時間がミリ秒（ｍｓ）で測られるならば、ｘ　＝３００という性質を持つパルスは３００ｍ

ｓで１５Ｖのパルスを表し、ｘ　＝－６０という性質を持つパルスは６０ｍｓで－１５Ｖのパルスを表す。

【０１３５】

（タイプＩ）

本発明の最も単純な一番目のＤＣバランス転移では、図１３に示されるように、電圧パルス（ｘ）が、同じ持続時間で符号が逆の電圧パルス（－ｘ）に先行されている。（注：ｘの値自体が負であることもあり得るので、正と負のパルスが図１３とは逆の順番で現れることもある。）

前述の通り、本発明の非連続アドレス法に従えば、転移のために用いる波形の効果は、波形に含まれるいかなるパルスの途中、または出現以前に電圧がゼロの期間（事実上の時間遅延）が存在することによって変化することが分っている。図１３の波形の変形を図１４と図１５に示す。図１４では、図１３の二つのパルス間に時間遅延が挿入されている。一方、図１５では、図１３の二つ目のパルスの中間に時間遅延が挿入されている、つまり言い換えれば、図１３の二つ目のパルスは当該時間遅延によって二つのパルスに分割されているのである。既述の通り、当該時間遅延がなくては実現できない光学状態を実現するために、ある波形に時間遅延を導入することが可能なのである。時間遅延は、最終光学状態の微同調にも使用できる。アクティブマトリクス型駆動では、各パルスの時間分解能はディスプレイの走査速度によって決まるので、当該微同調能力は重要である。当該走査速度による時間分解能は、何らかの追加的な微同調手段なしでは正確な最終光学状態が実現できないほどに粗い可能性もある。時間遅延が最終光学状態に対し小規模な微同調を提供する一方、以下に述べるような他の特徴は最終光学状態の粗同調と微同調の追加手段を提供する。

【０１３６】

（タイプＩＩ）

タイプＩＩ型の波形は、図１６に記号的に示すように、上述のタイプＩ型の波形とそのある地点に挿入した正負１対のパルス（パルスｙ及び－ｙ）から構成する。これらｙ及び－ｙのパルスは連続している必要はなく、基本波形の異なる地点に存在するのでも構わない。当該タイプＩＩ型の波形には、特に有効な二つの形態がある。

【０１３７】

（タイプＩＩ：特例Ａ）

この特殊な形態では、－ｙとｙのパルス対が－ｘとｘのパルス対の前に位置している。図１７のようにｘとｙとの符号が逆の場合、ｙの持続時間の調節がある程度粗くても、最終光学状態の微同調が可能であることが分っている。したがって、電気光学媒体の最終光学状態の粗調整のためにはｘの値を調節し、最終調整のためにはｙの値を調節する方法が可能である。これは、ｙパルスが－ｘパルスを延長させ、その結果、電気光学媒体を一方の光レールに押込む程度が変化するためと考えられる。当該電気光学媒体を一方の光レールに押込む度合いにより、当該光レールから離れる方向へあるパルス（この場合、ｘパルスがもたらす）が印加された後、最終光学状態が微調整できることが知られている。

【０１３８】

（タイプＩＩ：特例Ｂ）

上記の理由により、電気光学媒体を一方の光レールへ著しく移動するのに十分な長さを有するパルス要素を少なくとも一つ有する波形を用いることが有効であることが分っている。また、さらに見た目の良い転移のためには、一方の光レールに近いグレーレベルを実現するには短い最終パルスさえあればよいので、最終光学状態の実現はより近い光レールから実施するのが望ましい。このタイプの波形は、ある光レールへ移動するのに少なくとも一つの長いパルスが必要で、さらに当該光レール近くの最終光学状態を実現するためには短いパルスが一つ必要であるので、上記のタイプＩの構造を有することはできないが、タイプＩＩ型の波形の特例はこのタイプの波形を実現できる。図１８はこの型の波形の一例を示すが、当該波形ではｙパルスは－ｘ／ｘパルス対の後に位置し、－ｙパルスは同パルス対の前に位置している。最終光学状態はｙの大きさに非常に敏感であるので、この型

の波形では当該最後ｙパルスが粗同調を行う。一方、最終光学状態は通常光レールへの移動の度合いにはそれほど強く左右されないので、当該ｘパルスが微同調を行う。

【０１３９】

（タイプＩＩＩ）

本発明のＤＣバランス波形の三番目のタイプ（タイプＩＩＩ型）では、図１９に図式的に示すように、当該波形にさらにもう一組のＤＣバランスの取れたパルス対（ｚと－ｚ）を導入する。当該タイプＩＩＩ型波形の好適例を図２０に示す。以下に述べる理由により、この型の波形は最終光学状態を微同調するのに有効である。ｚと－ｚのパルスがない状況（即ち、上記タイプＩＩ型の波形）を例に取ると、当該ｘパルス要素が微同調に用いられ、ｘを増加すると最終光学状態が減少され、ｘを減少すると最終光学状態が増加される。しかしながら、ｘをある点以下に減少させるのは、電気光学媒体を光レールに十分に、波形の安定性に必要な程度に近づけられなくなるため望ましくない。この問題を避けるために、ｘを減少させる代わりに、図２０に示すように、－ｚとｚのパルス対を追加すれば、ｘパルスを変えずに－ｘパルスを（実際に）延長させることが可能である。なお、ｚはｘとは符号が逆である。ｚパルスは－ｘパルスを延長させ、－ｚパルスは転移の正味インパルスをゼロに、即ち転移をＤＣバランスに維持する。

【０１４０】

当然ながら、以上で述べたタイプＩ、ＩＩ、ＩＩＩ型の波形は種々の方法で変形することが可能である。もっと一般的な構造とするために、さらに他のパルス対を波形に加えることも可能である。新たな追加パルス対の効果は、パルス要素の数が増加するにしたがって減少するが、結果として出来る波形はタイプＩ、ＩＩ、ＩＩＩ型波形の自然な延長形となる。また前述の通り、当該波形の様々な箇所に、図１４、１５に図示するのと同様の方法で、一つかそれ以上の時間遅延を挿入することが可能である。先に述べたが、パルス中の時間遅延は、結果として得られる最終光学状態に影響を与えるので、微同調に有効である。さらに、時間遅延の挿入により、同一転移中の他の要素や他の転移中の転移要素に関連して、ある転移要素の位置を変化させることで、転移の外観も変化できる。時間遅延はさらに波形中の特定転移要素の整列にも使用でき、特定の制御能力を有するある種のディスプレイモジュールに対して有効である場合がある。また印加パルスの順番における小変化が、その後の光学状態に大きな変化を与えることがあるという事実を考慮すると、上記の一パルス配列の全部または一部を入換えること、またはそうした入換えを繰り返すこと、または上記のパルス配列の任意の一箇所にゼロボルト期間を一回かそれ以上挿入することで出力信号を形成してもよい。さらに、こうした入換えや挿入の演算子は（例えば、ゼロボルト部分を挿入してから入換え、それからゼロボルト部分を挿入する）、どんな順番で組み合わせても良い。このような変形操作で形成される当該全てのパルス配列が正味インパルスゼロという必須特性を保つことに留意が必要である。

【０１４１】

最後に、ＤＣバランス転移は、ＤＣバランス不平衡転移と組合せて駆動方式を形成することも出来る。例えば、２００３年７月２日に出願された同時係属出願　６０／４８１，０５３号には、－ＴＭ（Ｒ１，Ｒ２）　［ＩＰ（Ｒ１）－ＩＰ（Ｒ２）］　ＴＭ（Ｒ１，Ｒ２）型の好ましい波形が記載されているが、ここで、［ＩＰ（Ｒ１）－ＩＰ（Ｒ２）］は当該転移の初期状態と最終状態の間でのインパルスポテンシャルの差を表し、他の二項はＤＣバランスの取れたパルス対を表す。以下、便宜上、当該波形を－ｘ／ΔＩＰ／ｘ波形と呼び、図２１に図示する。当該波形は種々の光学状態間の転移には適しているが、初期及び最終状態が同じであるゼロ転移にはあまり適さない。本実施例では、こうしたゼロ転移には図１７、１８に示すようなタイプＩＩの波形を用いる。表６に当該波形の完全な形態を記号で示す。当該表から、－ｘ／ΔＩＰ／ｘ波形は非ゼロ転移に用い、タイプＩＩの波形はゼロ転移に用いられることが分る。

【０１４２】

（表６）

【０１４３】

【表６】

		最終グレーレベル			
		1	2	3	4
初期グレーレベル	1	タイプII	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x
	2	-x/ΔIP/x	タイプII	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x
	3	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x	タイプII	-x/ΔIP/x
	4	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x	タイプII

ＤＣバランス転移は初期及び最終グレーレベルが同じである「リーディング・ダイアゴナル（ｌｅａｄｉｎｇ　ｄｉａｇｏｎａｌ）型」転移だけに限定されているが、当該ＤＣバランス型アドレス法は、当然ながら当該タイプの転移マトリクスだけに限られるものではない。グレーレベルの制御を最大限に改善するには、ＤＣバランス転移の数を極力多くすることが望ましい。しかしながら、使用する特定の電気光学媒体によっては、例えば黒や白へ、または黒や白からの転移、即ちグレーレベル１や４といった極度グレーレベルへの転移またはそういった極度グレーレベルからの転移を伴った転移のＤＣバランスを取ることが困難な場合がある。その上、どの転移のＤＣバランスを取るか決定する際、転移マトリクス全体を不平衡にしないこと、つまり同じグレーレベルから開始・終了する閉ループのＤＣバランスが不平衡である転移マトリクスを形成しないことが重要である。例えば、グレーレベルの０または１レベルの変化だけを含んだ転移のＤＣバランスは取れているが、その他の転移はＤＣバランスが取れていないなどの規則は好ましくない。なぜなら、こういった規則は、次の例で示すように、転移マトリクス全体のバランスを不平衡にするからである。２－４－３－２というグレーレベルのシーケンスを実施している画素は、２－４（ＤＣバランス不平衡）、４－３（ＤＣバランスが取れている）、３－２（ＤＣバランスが取れている）という転移を経過するので、全体のループのＤＣバランスが不平衡となる。上記の対立する二つの要求間で現実的な妥協を図るには、中間グレーレベル（レベル２と３）だけが関与する場合にＤＣバランス転移を用い、転移が極度グレーレベル（レベル１か４）で開始・終了する場合にはＤＣバランス不平衡転移を用いる方法がある。言うまでもなく、当該規則で選択される中間グレーレベルは、使用する具体的な電気光学媒体とコントローラによって異なるであろう。例えば、３ビット（８グレーレベル）のディスプレイでは、グレーレベル２～７（または、場合によって３～６）で開始・終了する全ての転移にはＤＣバランス転移を用い、グレーレベル１または８（あるいは１、２、７、８）で開始・終了する全ての転移にはＤＣバランス不平衡転移を用いることが可能な場合がある。

【０１４４】

上記より、電圧の微同調ができないソースドライバ、特に２～３レベルの電圧しか有しないソースドライバを用いて、希望グレーレベルを高精度で実現するために、本発明のＤＣバランス型アドレス法が、波形の微同調を可能にし、さらに波形転移がゼロ正味電圧を有することができる手段の獲得を可能にすることが分るであろう。ＤＣバランス波形による転移はＤＣバランス不平衡波形による転移よりも優れた性能をもたらすと考えられており、本発明は、ディスプレイ全般、またこれに限定されないが、特に２～３レベルの電圧しか有しないソースドライバを用いたアクティブマトリクス型ディスプレイモジュールに適用される。本発明は、より複数の電圧レベルを有するソースドライバを用いたアクティブマトリクス型ディスプレイモジュールにも適用される。

【０１４５】

本発明のＤＣバランス型アドレス法は、さらにまた別の効果を提供する。上述の通り、本発明の一部の駆動方法では、転移マトリクスは、先行光学状態以外にも、例えば最後の更新以来の経過時間の長さや、ディスプレイ媒体の温度といった変数の関数となっている

。上記の場合には、ＤＣバランス不平衡転移を使用してＤＣバランスを保持することは非常に難しい。例として、２５℃で白から黒へ、次いで０℃で黒から白へ繰り返し転移するディスプレイを考察してみると、普通より長いパルス長で普通より遅い反応が低温では通常指示される。その結果、当該ディスプレイは、白に偏ったＤＣバランスの不平衡に採取的に陥る。一方、全転移が内部的に平衡ならば、ＤＣバランス不平衡の影響を受けることなく、種々の転移マトリクスを自由に混合して用いることが可能となる。

【０１４６】

（特定領域法）

上記のようなリセット方法の好ましくない効果は、全体的ではなく部分的に更新を行う、つまり、ディスプレイの書き直す部分を「局部」または画素単位で選んで、連続した画像間で変化する部分だけを書き直すことで、さらに減少できる可能性がある。例えば、機械装置の一部を表示する図や、事故解析の図などに見られるように、大きな静止背景の中で比較的小さな物体が動くような一連の画像は珍しくない。部分更新を用いるには、ディスプレイのコントローラは最終画像と初期画像を比較して、二画像間でどの部分が変化し、したがってどの部分を書き直す必要があるかを決定しなければならない。当該コントローラは、一つかそれ以上の局部、通常、更新が必要な画素を含んだ、画素のマス目に沿って縦軸と横軸が並んだ長方形の領域を特定するか、または単純に更新が必要な画素を個別に特定することがある。上述のどの駆動方式でも使用して、上記で書き直しが必要と確認された局部または個々の画素だけを更新できる。上述の部分更新方式は、ディスプレイの消費電力を大幅に減少できる。

【０１４７】

さらに既述の通り、本発明の特定領域法は、ディスプレイの異なる領域に別々の更新方法を使用して、双安定型電気光学ディスプレイの更新を可能にする特定領域法を提供する。

【０１４８】

１ビットモードまたはグレースケールモードで全表示を駆動できる電気光学ディスプレイが複数知られているが、そのようなディスプレイが１ビットモードに設定されている場合、１ビットの全体イメージフロー（ＧＩＦ）波形を用いて更新が行われる。一方、当該ディスプレイがグレースケールモードに設定されている場合、ある特定の表示領域で１ビット情報だけが更新される場合でも、更新はマルチプリパルス型スライドショー波形、または他の低速波形を用いて行われる。

【０１４９】

当該電気光学ディスプレイは、当該コントローラ内でさらに二つのコマンド、即ち「領域特定（ＤＥＦＩＮＥ　ＲＥＧＩＯＮ）」コマンドと「全領域消去（ＣＬＥＡＲ　ＡＬＬ　ＲＥＧＩＯＮＳ）」コマンドを規定することにより、本発明の特定領域法を実行するように変更可能である。通常、当該「領域特定」コマンドは、例えば特定領域の右上角と左下角のような、ディスプレイ内の長方形の領域を完全に特定するのに十分な位置情報を独立変数として使用する。当該コマンドは、当該領域が設定されているビット深度を特定する独立変数をもう一つ持つことがあるが、当該特定領域が常にモノクロである場合、当該最終独立変数は単純な形式の特定領域法では必要ではない。当該最終独立変数が設定するビット深度は、当然ながら、当該領域について以前設定されたすべてのビット深度に優先する。もう一つの方法として、当該「領域特定」コマンドは多角形の頂点を形成する一連の点を特定することも可能である。当該「全領域消去」コマンドは独立変数を取らず、単にディスプレイ全体を予め定めた単一のビット深度にリセットする、または適用可能な各種ビット深度の中から、消去後に全表示画面をどのビット深度にするかを特定する一つの独立変数を取ることもある。

【０１５０】

当然のことながら、本発明の特定領域法は二つの領域だけの使用に限定されるものではなく、必要に応じてさらに多くの領域を提供できる。一例を挙げれば、画像編集プログラムでは、主要領域に編集中の画像を全ビット深度で表示し、情報表示領域（現在のカーソ

ルの位置を表示するボックス等）とダイアログボックス領域（ユーザーの文章入力等）とは１ビットモードで表示するのが有効である場合がある。二つ以上の領域を使用可能にする変更方法は、ディスプレイコントローラの構造に精通した者には容易に分るので、以下では、本発明は主として二つの領域を使用した方法に関して説明される。

【０１５１】

当該コントローラは、様々な領域の深度を追跡するために、各記憶要素がディスプレイの各画素に対応するような記憶要素の配列を維持し、各要素はその対応する画素の現在のビット深度を表す数値を記憶する。例えば、１ビットか２ビットモードで作動できるＸＶＧＡ（８００ｘ６００）ディスプレイは、１ビット要素を８００ｘ６００に配列して使用できる（各要素の０は１ビットモード、１は２ビットモードを示す）。上記のようなコントローラでは、当該「領域特定」コマンドはディスプレイの当該特定領域に対応する要素を希望のビット深度に設定し、当該「全領域消去」コマンドは配列の全要素を同じ一つの数値（既定の数値、またはコマンドの独立変数が定めた数値）にリセットする。

【０１５２】

別の方法としては、ある領域が特定または消去された場合、ＤＣバランスを確保する、または例えば前述のようにＦＴシーケンスで当該画素の光学状態を調節する目的で、ディスプレイをあるモードから他のモードへ転移するために当該コントローラは当該領域内の画素を更新する。

【０１５３】

あるディスプレイが特定領域モードで作動している時、新規画像が当該コントローラへ送信されると、当該ディスプレイを書き直す必要がある。次の三つのケースが存在する：

１．新しい画像では、特定（例えば）１ビット領域内の画素だけが変化した。この場合、ディスプレイの更新には１ビット（高速）波形が使用できる。

【０１５４】

２．新しい画像では、特定されない（グレースケールの）領域内の画素だけが変化した。この場合、ディスプレイを更新するにはグレースケール（低速）波形を使用する必要がある（なお、当然ながら、特定領域内で変更される画素は存在しないので、特定領域、例えばダイアログボックスの書き直し中の読みやすさは問題にはならない）。

【０１５５】

３．新しい画像では、特定領域と特定されない領域両方の画素が変化した。この場合、グレースケールの画素はグレースケール波形を用いて更新され、１ビットの画素は１ビット波形を用いて更新される（グレースケールの更新波形の長さに一致させるため、短い１ビット波形は正しくゼロで満たされなくてはならない）。

【０１５６】

ディスプレイを走査する前に、当該コントローラは下記の論理検証を行って上記のどのケースが存在するか判定できる（既に定義した通り、１ビットの数値が各画素に対応し、当該画素のモードを記憶するとの仮定に基づく）。

【０１５７】

（Ｏｌｄ＿ｉｍａｇｅ　ＸＯＲ　ｎｅｗ＿ｉｍａｇｅ）　＞　０：ディスプレイの画素が変更された

（Ｏｌｄ＿ｉｍａｇｅ　ＸＯＲ　ｎｅｗ＿ｉｍａｇｅ）　ＡＮＤ　ｍｏｄｅ＿ａｒｒａｙ　＞　０：グレースケールの画素が変更された

（Ｏｌｄ＿ｉｍａｇｅ　ＸＯＲ　ｎｅｗ＿ｉｍａｇｅ）　ＡＮＤ　（ＮＯＴ　ｍｏｄｅ＿ａｒｒａｙ）　＞　０：モノクロ画素が変更された

当該コントローラによって当該ディスプレイの走査中、ケース１かケース２では、全画素に対して一波形のルックアップテーブルが使用できる。理由は、１ビットモードでの無転移はグレースケールモードでの無転移と同じであると仮定すれば、無変化の画素にはゼロボルトの電圧が印加される（言い換えれば、両波形共に部分更新である）からである。反対に、グレースケール波形が全体更新（ディスプレイが更新される都度、全画素が更新される）であるなら、全体更新波形の使用可否を決定するため、当該コントローラはある

画素が正しい領域内に存在するか調査する必要がある。ケース３では、当該コントローラがどの波形を使用するか決定する目的で走査する際に、各画素のモードを表すビット配列の数値を確認する必要がある。

【０１５８】

他の方法として、１ビットモードで実現する黒・白状態の明度がグレースケールモードで実現するものと同様であるなら、上記ケース３では、グレースケール波形をディスプレイの全画素に対して使用でき、１ビット波形とグレースケール波形間での関数転移の必要がなくなる。

【０１５９】

上述の通り、本発明の特定領域法は基本ルックアップテーブル方式のどの選択機能でも使用できる。

【０１６０】

本発明の特定領域法の主な利点は、既に書き込まれたグレースケール画像を表示するディスプレイに対して、１ビットの高速波形を使用できるという点である。従来技術の一般的ディスプレイコントローラでは、どの時点でも、ディスプレイはグレースケールモードか１ビットモードのどちらか一方しか表示できなかった。グレースケールモードで１ビット画像を書き込むのは可能だが、グレースケールモードの波形は非常に遅い。その上、コントローラに画像を提供するホストシステム（システム、通常、コンピュータシステム）がコントローラにどちらの波形を使用するべきか伝達する必要がないので、本発明の特定領域法はホストシステムに対して本質的に透過的である。最後に、当該特定領域法がグレースケール波形と１ビット波形の両方を同時にディスプレイに表示できるのに対して、他の方法では両方の波形が使用されている場合には、更新を別々に二回行う必要がある。

【０１６１】

（波形に関するさらなる一般的な考察）

上記の駆動方式は、使用する特定の電気光学ディスプレイの特性に基づき、様々な方法で変形し得る。例えば、上記の駆動方式で、リセット手順を大幅に除外できる場合もある。一例を挙げると、使用する電気光学媒体が長期間に渡り双安定で（つまり、書き込まれた画素のグレーレベルが時間の経過と共に非常に低速でしか変化せず）、画素が初期グレー状態に滞留した時間によって特定の転移に必要なインパルスが大きく変化しない場合には、黒・白状態への干渉的な帰還を経過せずに、あるグレー状態から別のグレー状態へ直接転移するようにルックアップテーブルを配列し、かなりの時間が経過して画素がその名目上のグレーレベルから次第に「ドリフト」し、その結果、表示画像に目立った誤差が生じた場合にのみ、ディスプレイのリセットを実行すればよい。したがって、例えば、あるユーザーが電子ブックの読み出しに本発明のディスプレイを使用する場合には、当該ディスプレイのリセットが必要となるまでに数多くの情報画面が表示できるのである。適切な波形とドライバを使用すれば、リセットが必要になるまでに、千画面にも及ぶ情報画面が表示できるので、現実には電子ブックの通常の読み出しではリセットが必要ではないことが、実験的に分っている。

【０１６２】

ディスプレイ技術に精通する者には容易に分るように、本発明の装置は単独で有効的に、様々な条件下で使用できる複数の様々な駆動方式と共に提供できる。例えば、上述ＷＯ０３／０４４７６５号の図９と１０に示す駆動方式では、リセットパルスはディスプレイの総消費電力の大部分を消費するので、コントローラは、ディスプレイを頻繁にリセットすることによりグレースケールの誤差を最小限に抑える第一駆動方式と、グレースケールのより大きな誤差を許容する一方で消費電力を削減することで、ディスプレイを時々リセットする第二駆動方式を装備していることがある。当該二つの駆動方式間の切替えは、手動、または外部要因に基づいて実行できる。例えば、ディスプレイがラップトップコンピュータに使用されている場合、当該コンピュータが主電源で作動中には当該第一駆動方式を用い、当該コンピュータが内部電力で作動中には第二駆動方式が使用できる。

【０１６３】

（補正電圧法）
本発明の補正電圧法とその装置は、本発明の基本ルックアップテーブル法とその装置に対して、さらなる変化を提供する。詳細は以下に記載する。
【０１６４】
既述の通り、本発明の補正電圧法とその装置は、非常に大規模なルックアップテーブルを記憶する必要なしに、上記の基本ルックアップテーブル法と類似の結果の実現を試みるものである。ルックアップテーブルのサイズは、どのルックアップテーブルにインデックスが付加されるかに関連して、先行状態数の増加に伴い急速に拡大する。そのため、既述の通り、双安定型電気光学ディスプレイで希望の転移を実現するためのインパルスを選択するに当って使用する先行状態数の増加には、実践上の制約やコスト上の制約が絡んでくる。
【０１６５】
本発明の補正電圧法とその装置では、必要なルックアップテーブルのサイズは減少され、ディスプレイの各画素について補正電圧データが記憶される。当該補正電圧データは、当該画素に以前印加された少なくとも一つのインパルスに応じて　計算される。当該画素に最終的に印加される電圧は、当該ルックアップテーブルから通常の方法で選択された駆動電圧と、当該画素の補正電圧データから決定された補正電圧の合計である。実際に、当該補正電圧データは、他の方法では一つかそれ以上の先行状態についてルックアップテーブルにインデックスを付加することで実行される「修正」を画素に加える。
【０１６６】
当該補正電圧法で使用されるルックアップテーブルは、前述のどの形態であってもよい。したがって、当該ルックアップテーブルは、該当する転移について、画素の初期状態と最終状態だけを考慮した単純な二次元テーブルでよい。または、当該ルックアップテーブルは、画素の時間的先行状態あるいは画素の先行グレーレベル状態の一つかそれ以上を考慮することもある。当該補正電圧は、該当する画素について記憶された補正電圧データのみを考慮することもあるが、場合によっては一つかそれ以上の時間的先行状態あるいは先行グレーレベル状態を考慮することもある。当該補正電圧は、駆動電圧が画素に印加される期間だけでなく、駆動電圧が印加されない停止期間中にも当該画素に印加できる。
【０１６７】
当該補正電圧データを決定する正確な方法は、使用する双安定型電気光学媒体の特性によって大幅に異なる可能性がある。一般的には、現行のスキャンフレーム中あるいは一つかそれ以上のスキャンフレーム中に当該画素に印加される駆動電圧で決められる方法で、当該補正電圧データは定期的に変更される。本発明の好適な形態では、当該補正電圧データは、各表示画素に対応した単一の数値（レジスタ）で構成される。
【０１６８】
本発明の好適な一実施例では、スキャンフレームは既述の方法でスーパーフレームにグループ化されるので、ディスプレイの更新が開始されるのはスーパーフレームの開始時のみである。一つのスーパーフレームは、例えば１０個の表示スキャンフレームで構成するので、走査速度５０Ｈｚのディスプレイでは、一回のディスプレイ走査速度は２０ｍｓとなり、一回のスーパーフレーム走査速度は２００ｍｓとなる。当該ディスプレイ更新中の各スーパーフレームでは、各画素に対応した補正電圧データが更新される。当該更新は二構成であり、順番は以下の通りである。
【０１６９】
（１）該当するスーパーフレーム中に印加されたパルスとは独立した固定アルゴリズムを使用して、先行値を変更するステップと、
（２）該当するスーパーフレーム中に印加されたパルスにより決定される数値分だけ、上記ステップ（１）の数値を増加するステップ。
【０１７０】
本発明の特に好適な一実施例では、ステップ（１）、（２）は以下のように実施される。

【０１７１】
（１）先行値を、好都合にも２である固定定数で等分する。
【０１７２】
（２）該当するスーパーフレーム中に電気光学媒体に印加された電圧・時間曲線下の総面積に比例した数値分だけ、上記ステップ（１）の数値を増加する。
【０１７３】
上記ステップ（２）では、増加分は該当するスーパーフレーム中に印加する電圧の電圧・時間曲線下の面積に正確に比例しても、単におよそ比例するだけでもよい。例えば、以下に図２２を参照して詳述するように、当該増加分は、印加可能な全波形に関する有限集合形の分類に「量子化」してもよい。ここで各分類は、二つの境界線に挟まれた総面積と、印加波形が属する分類で決まるステップ（２）の増加分を有する全ての波形を包含する。
【０１７４】
ここで、以下の一例を挙げる。使用されたディスプレイは２ビットのグレースケールによるマイクロカプセル式電気泳動ディスプレイ１台で、当該ディスプレイに使用された駆動方式には、希望転移の初期状態と最終状態のみを考慮した、下記表７に示す二次元ルックアップテーブルを使用した。当該表で、縦列の見出しは希望最終状態、行の見出しは初期状態を示し、各マス目の数値は画素に既定の時間印加する電圧値をＶで示したものである。
【０１７５】
（表７）
【０１７６】
【表７】

		最終状態	最終状態	最終状態	最終状態
		0	**1**	**2**	**3**
初期状態	**0**	0	+6	+9	+15
初期状態	**1**	-6	0	+6	+9
初期状態	**2**	-9	-6	0	+6
初期状態	**3**	-15	-9	-6	0

本発明の補正電圧法を実行できるように、単一の数値で示すレジスタが各表示画素に割り振られた。表７に示された様々なインパルスは分類され、表８に示すように、各インパルスに付き一つのパルス分類が指定された。
【０１７７】
（表８）
【０１７８】
【表８】

パルス電圧 (V)	-15	-9	-6	0	+6	+9	+15
パルス分類	-30	-18	-12	0	12	18	30

各スーパーフレーム中に、各画素に対応した数値レジスタが２で等分され、次いで表１３に示した当該スーパーフレーム中に該当する画素に印加するパルスの数値だけ増加された。当該スーパーフレーム中に各画素に印加された電圧は、表１２に示す駆動電圧と下式から得られる補正電圧Ｖｃｏｍｐとの合計である。
【０１７９】
Ｖｃｏｍｐ　＝　Ａ＊（画素レジスタ）
式中、画素レジスタの値は該当する画素に対応したレジスタから読み取った数値で、Ａは所定の定数である。
【０１８０】

上記の本発明の好適な補正電圧法について実験室で実証実験を行った結果、平行電極間に挟まれたマイクロカプセル式電気泳動媒体を用いた数台の単一画素ディスプレイは、黒状態と白状態間で３００ｍｓで＋／-１５　Ｖの方形波パルスで駆動された。ここで、前側の平行電極は光伝達性のＩＴＯを用いた。当該ディスプレイは白状態から開始し、黒状態へ移動され、滞留時間を開けた後、白状態へ戻された。添付図面の図２２に示される通り、最終白状態の明度は滞留状態の関数であることが判明した。したがって、当該マイクロカプセル式電気泳動媒体は滞留時間に対する感度が高く、白状態のＬ＊は滞留時間の長さによって約３単位変動した。

【０１８１】

本発明の補正電圧法の効果を提示するため、当該実験は繰り返えされたが、その際に、各駆動パルスの終末から指数関数的に減衰する電圧で構成される補正電圧が各パルスに印加された。当該印加電圧は、当該駆動電圧と当該補正電圧の合計であった。図２２に示されるように、無補正パルスに比べて、当該補正電圧を使った場合は、滞留時間が様々に変化しても、白状態はより均一であった。このように、本発明による補正電圧を用いれば、マイクロカプセル式電気泳動媒体の滞留時間に対する感度が著しく減少できることが、当該実験により明らかとなった。

【０１８２】

本発明の補正電圧法は、前記の基本ルックアップテーブル法の何れの選択機能をも使うことができる。

【０１８３】

上述より、本発明によれば、電気光学ディスプレイの作動制御方法であって、双安定型粒子型電気泳動ディスプレイ及び類似のディスプレイの特性によく適した制御方法を提供できることが分るであろう。

【０１８４】

さらに上述より、本発明によれば、電気光学ディスプレイの作動制御方法であって、当該ディスプレイ全体が一方の極度光学状態へ頻繁にフラッシングする都合の悪い状態を経過することなく、グレースケールを正確に制御できる制御方法を提供できることが分るであろう。また本発明は、当該ディスプレイの温度や作動時間の変化に関らず、当該ディスプレイの消費電力を下げつつ、当該ディスプレイの正確な制御を可能にする。本発明のコントローラは市販の部品から構成できるので、上記の利点は安価で実現できる。

【０１８５】

（ＤＴＤ積分減少法）

既述の通り、少なくとも場合によっては、一定の転移に必要なインパルスは、双安定型電気光学ディスプレイではある光学状態下での画素の滞留時間によって異なることが判明した。先行文献で取り上げられたことがないようである当該現象は、以下、「滞留時間依存性」または「ＤＴＤ」と呼ぶ。上述の性質ゆえに、ある転移に印加するインパルスを、画素の初期光学状態での滞留時間の関数として変化させることが望ましい、あるいは実践上、場合によっては、それが必要なこともあるだろう。

【０１８６】

滞留時間依存性という現象を、以下、添付図面の図２３を参照して、さらに詳細に説明する。図２３は、$R_3 \rightarrow R_2 \rightarrow R_1$で表す一連の転移について、画素の反射率を時間の関数として示したもので、各々のR_k項はグレーレベルシーケンス中のあるグレーレベルを表し、指数の大きなＲは指数の小さなＲに先行する。R_3からR_2への転移とR_2からR_1への転移も図示されている。ＤＴＤは、滞留時間と呼ばれる光学状態R_2で経過した時間の変動から生じる最終光学状態R_1の変動である。本発明のＤＴＤ積分減少法は、双安定型電気光学ディスプレイを駆動するにあたって滞留時間依存性を減少させる方法を提供するものである。

【０１８７】

本発明はその起源について如何なる理論にも全く限定されないが、電気光学媒体により経験される残留電場が、ＤＴＤの大きな原因になっているようである。当該残留電場は媒

体に印加された駆動パルスの残留パルスである。当該印加パルスに起因する残留電圧に関する論議はよく普及しており、当該残留電圧は、単に、静電気学論に適合した通常の方法で残留電場に相当するスカラポテンシャルである。当該残留電圧は、ディスプレイフィルムの光学状態を時間の経過と共にドリフトさせることがある。また、当該残留電圧は次に印加する駆動電圧の有効性を変化させることもあるので、結果として当該後行パルス印加後に実現される最終光学状態も変化させる。このように、一転移波形からの残留電圧は、後行波形の印加後に得られる最終状態を、二つの転移が互いにかなり独立している場合の最終状態とは異なったものにする可能性がある。「かなり独立している」というのは、第一転移波形の残留電圧が第二転移波形の印加以前に実質的に減衰する程度に、二つの転移が時間的に十分離れているという意味である。

【０１８８】

電気光学媒体に印加される転移波形やその他の単一パルスに起因する残留電圧の測定から、当該残留電圧は時間の経過と共に減衰することが分っている。当該減衰は単調減衰であり、単純な指数関数的減衰ではないようである。しかし、まず得られる近似の結果によれば、検討したマイクロカプセル式電気泳動媒体の大部分について、１秒程度の減衰時間定数の付いた指数関数に従うと考えられ、その他の双安定型電気光学媒体も同様の減衰時間を示すものと予想される。

【０１８９】

したがって、本発明のＤＴＤ積分減少法は、少なくとも一画素を持ち、

【０１９０】

【数３】

$$J = \int_0^T V(t) M(T-t) dt \qquad (1)$$

（式中、Ｔは波形の長さを示し、積分は波形の継続期間にわたり、Ｖ（ｔ）は時間ｔの関数としての波形電圧で、Ｍ（ｔ）は、ゼロ時に短パルスより派生する滞留時間依存性を誘起するために、残留電圧の効果減少を特徴付けるメモリ関数である）が約１ボルト秒より少なくなるような、画素への波形Ｖ（ｔ）の印加より構成する双安定型電気光学ディスプレイの駆動方法も提供する。望ましくは、Ｊは約０．５ボルト秒以下で、最も望ましくは約０．１ボルト秒以下が良い。実際、Ｊは出来るだけ小さな値、理想的にはゼロに設定するべきである。

【０１９１】

複合パルスを形成することによって、非常に低数値のＪを提供し、その結果、ＤＴＤを非常に小さくするように波形を設計することできる。例えば、短い正電圧のパルスに先行する長い負電圧のパルス（電圧の振幅が同じで符号が異なる）はＤＴＤを大幅に減少させる。（本発明はこうした意見に決して制限されることはないが）当該二つのパルスは符号が逆の二つの残留電圧を残すと考えられている。二つのパルス長の比が正確に設定されていれば、二つのパルスの残留電圧は互いに互いの大部分を相殺することができる。当該二つのパルス長の適切な割合は、当該残留電圧のメモリ関数で決定される。

【０１９２】

本発明の現在時点で好適な実施例では、Ｊは以下の式で計算される。

【０１９３】

【数４】

$$J = \int_0^T V(t) \exp\left(-\frac{T-t}{\tau}\right) dt \qquad (2)$$

式中、τは実験的に求められた最適な減衰（緩和）時間を示す。

【０１９４】

ある種のマイクロカプセル式電気泳動媒体について、小さなＪ値を生じる波形は特に低数値のＤＴＤを生じ、一方、Ｊ値が特に大きい波形はＤＴＤも大きくすることが実験的に分っている。事実、τを電圧パルス印加後の残留電圧の実測減衰時間とおよそ同じである１秒に設定し、上記式（２）で計算した結果得られる複数のＪ値間には良好な相関関係が認められている。

【０１９５】

したがって、上述特許及び特許出願に記載された方法を、あるグレーレベルから他のグレーレベルへの各転移（または、少なくともルックアップテーブル内のほとんどの転移）が低数値のＪを生じる波形で実現される波形を用いて利用するのは効果的である。このＪの値はゼロであることが望ましいが、少なくとも上述特許及び特許出願に記載されたマイクロカプセル式電気泳動媒体については、常温でＪの値が約１ボルト秒未満である限り、結果として生じる滞留時間依存性も非常に小さいことが実験的に分っている。

【０１９６】

上記の通り、本発明は一連の光学状態間の転移を実現するための波形として、どのような転移についてもＪの計算値が小さい波形を提供する。当該Ｊ値の計算は、単調減少すると想定されるメモリ関数を用いて実施される。当該メモリ関数は任意に決定されるのではなく、ディスプレイフィルムの単一電圧パルスや複合電圧パルスに対する滞留時間依存性を観察することで推定できる。例えば、第一光学状態から第二光学状態への転移を実現するため、ディスプレイフィルムに一電圧パルスを印加し、滞留時間を置いてから、さらに二つ目の電圧パルスを印加して、第二電圧パルスから第三電圧パルスへの転移を実現する方法がある。滞留時間の関数として第三光学状態での変化を観察することにより、メモリ関数の形状が概略的に決定できる。当該メモリ関数は、滞留時間の関数として、第三光学状態とその長い滞留時間値の差に大体類似した形態を有する。そうすると、当該メモリ関数は上記の形態を印加され、その独立変数がゼロの時、単一の振幅を有することになる。上記方法では当該メモリ関数が近似的に求められるだけであり、測定したメモリ関数の形態は様々な最終光学状態に付き若干変化することが予想されるが、特有の減衰時間など、当該メモリ関数の全体的な特性は種々の光学状態に対して同様であるはずである。しかしながら、最終光学状態によって形態に大きな差異が出るならば、採用に最も適したメモリ関数の形態は、第三光学状態がディスプレイ媒体の光学範囲の中間の３分の１の領域にある場合に得られるものである。電圧パルス印加後の残留電圧の減衰を測定すれば、当該メモリ関数の全体的特性が推定できるはずである。

【０１９７】

上述した当該メモリ関数の推定方法は精密なものではないが、おおよそのメモリから計算されたＪ値であっても、ＤＴＤの低い波形にはよい指針となることが分っている。上述のように、有効なメモリ関数は、ＤＴＤの時間依存性の全体的特性を示す。例えば、１秒の減衰時間で指数関数的なメモリ関数は、低いＤＴＤを提供する波形を予測するのに有効であることが分っている。減衰時間を０．７秒や１．３秒に変えても、ＤＴＤの低い波形を予測する役割に対するＪ値の有効性は損なわれない。しかし、減衰せず永久に１であり続けるメモリ関数の当該予測効果の有効性はかなり低く、０．０５秒などの非常に短い減衰時間を有するメモリ関数はＤＴＤの低い波形の予測には有効ではなかった。

【０１９８】

図１９及び２０の上記波形はＪの値を小さくする波形の例であるが、これらの波形では、ｘ、ｙ、ｚパルスはどれも持続時間がメモリ関数特有の減衰時間よりも著しく短い。当該波形は符号が逆の連続したパルス要素で構成されており、当該パルス要素の残留電圧は互いに殆ど相殺し合うので、上記条件が満たされている場合には、当該波形は有効に機能する。当該メモリ関数特有の減衰時間よりも大幅に短くはないが、長くもないｘ値とｙ値については、ｘとｙの符号が逆である波形は小さなＪ値を提供する傾向があることが分っており、種々のパルス要素は、波形が印加された後に相殺し合う、または大幅に相殺し合う残留電圧を生じるので、ｘとｙパルスの持続時間が非常に小さなＪ値を実際に許容することもある。

【０１９９】
波形に電圧ゼロの期間を挿入する、あるいは既に波形に存在する電圧ゼロのある期間の長さを調節することによって、ある波形のＪ値を変更できることは、以上から明白である。このように、Ｊ値を常にゼロ付近に保ちつつ、様々な波形が使用できる。
【０２００】
本発明のＤＴＤ積分減少法は広く適用できる。波形構造は工夫して複数のパラメータで表現でき、当該パラメータの値に応じて当該波形のＪ値を計算し、Ｊ値を最小にするために適切なパラメータ値を選択することで、波形のＤＴＤが減少できる。
【図面の簡単な説明】
【０２０１】
【図１】図１Ａ～１Ｅは、本発明の非連続アドレス法にて使用できる五つの波形を示す図である。
【図２】図２は、単極電圧の多数のフレームを使用して電気光学ディスプレイをアドレスする際の問題を示す図である。
【図３】図３は、本発明の非連続アドレス法を使用して、図２の問題を解決する一方法を示す図である。
【図４】図４は、本発明の非連続アドレス法を使用して、図１３の問題を解決する二つ目の方法を示す図である。
【図５】図５は、本発明の非連続アドレス法に使用できる波形を示す図である。
【図６】図６は、図５の波形を生成するため、本発明に基づいて変更できる基本波形を示す図である。
【図７】図７は、ＤＣバランスを保ちつつ、単極電圧の多数のフレームを使用して電気光学ディスプレイをアドレスする際の問題を示す図である。
【図８】図８は、本発明の非連続アドレス法を使用して、図７の問題を解決する一方法を示す図である。
【図９】図９は、本発明の非連続アドレス法を使用して、図７の問題を解決する二つ目の方法を示す図である。
【図１０】図１０は、以下の実施例に記載のように、本発明の非連続アドレス法を使用せずに、わずか４グレーレベルの電気光学ディスプレイ上で取得されたグレーレベルを示す図である。
【図１１】図１１は、様々な非連続アドレス系列を使用して、図１０と同様のディスプレイより取得されたグレーレベルを示す図である。
【図１２】図１２は、本発明の非連続アドレス法に基づき変更された駆動方式を使用して、図１０と同様のディスプレイより取得されたグレーレベルを示す図である。
【図１３】図１３は、電気光学ディスプレイを駆動するのに使用できる単純なＤＣバランス波形を示す図である。
【図１４】図１４は、電圧ゼロのある期間を組み込むための図１３の波形への二つの変更を示す図である。
【図１５】図１５は、電圧ゼロのある期間を組み込むための図１３の波形への二つの変更を示す図である。
【図１６】図１６は、どのように図１３の波形を変形して一組の駆動パルスを印加できるかを図解的に示す図である。
【図１７】図１７は、図１６に図示の方法で、図１３の波形を変更することで形成される一つの波形を示す図である。
【図１８】図１８は、図１６に図示の方法で、図１３の波形を変更することで形成される二つ目の波形を示す図である。
【図１９】図１９は、どのように図１８の波形をさらに変形して三組目の駆動パルスを印加できるかを図解的に示す図である。
【図２０】図２０は、図１９に図示の方法で、図１８の波形を変更することで形成される一つの波形を示す図である。

【図２１】図２１は、本発明の方法で使用される完全なルックアップテーブルを提供するために、ＤＣバランス波形と併せて使用できる一つの好適なＤＣバランス不平衡波形を示す図である。
【図２２】図２２は、本発明の補正電圧法により実現できる滞留時間依存性の減少を示すグラフである。
【図２３】図２３は、電気光学ディスプレイにおいて滞留時間依存性の効果を示すグラフである。

【図１】

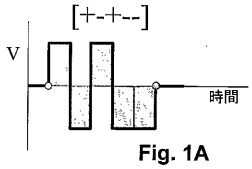


Fig. 1A

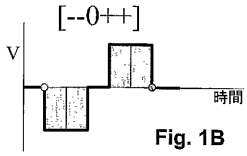


Fig. 1B

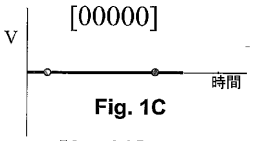


Fig. 1C

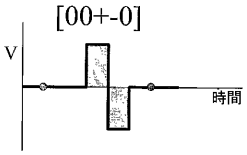


Fig. 1D

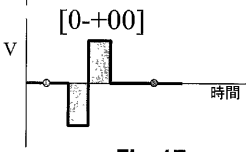


Fig. 1E

【図２】

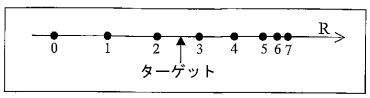


Fig. 2

【図３】

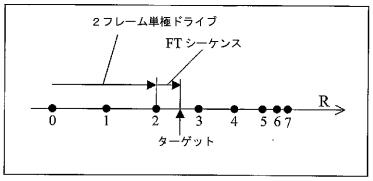


Fig. 3

【図４】

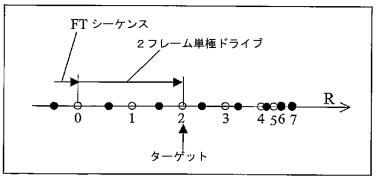


Fig. 4

【図５】

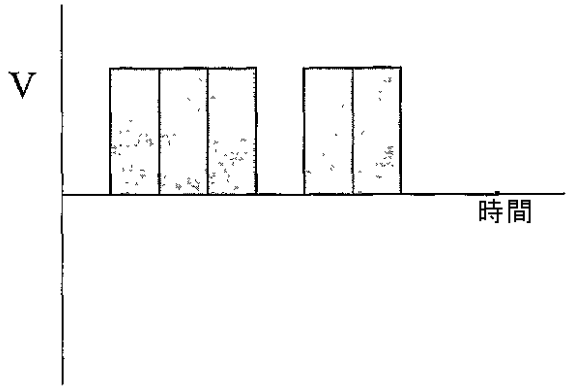


Fig. 5

【図６】

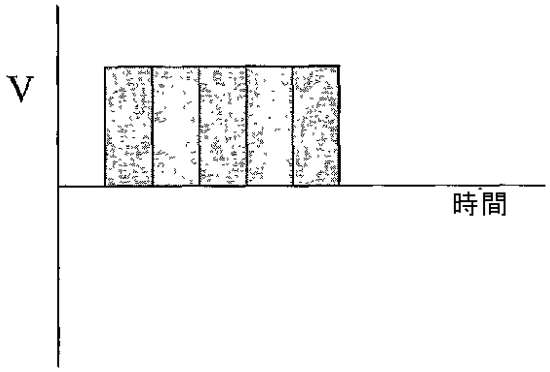


Fig. 6

【図７】

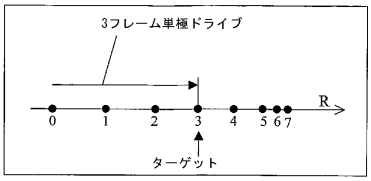


Fig. 7

【図８】

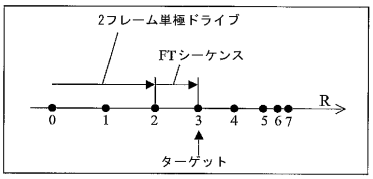


Fig. 8

【図９】

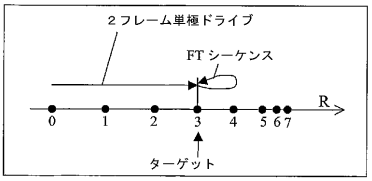


Fig. 9

【図１０】

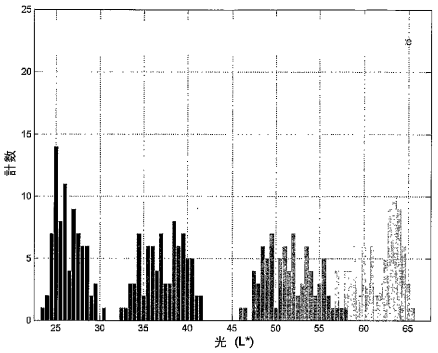


Fig. 10

【図１１】

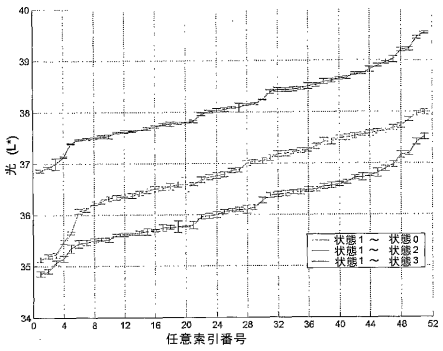


Fig. 11

【図１２】

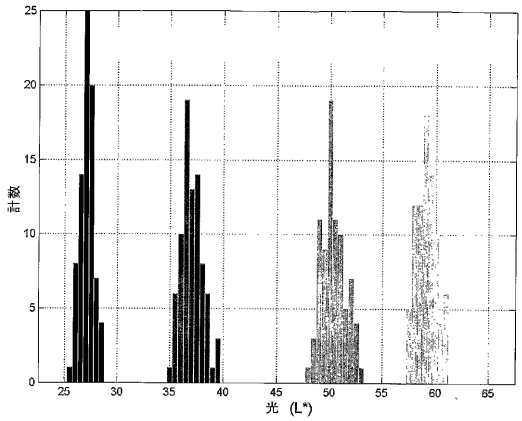


Fig. 12

【図１３】

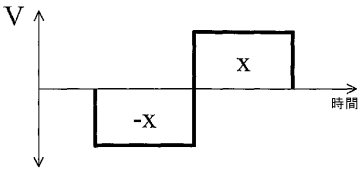


Fig. 13

【図１４】

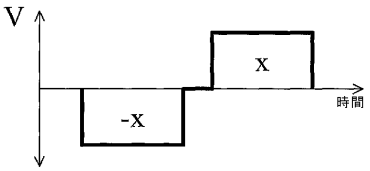


Fig. 14

【図１５】

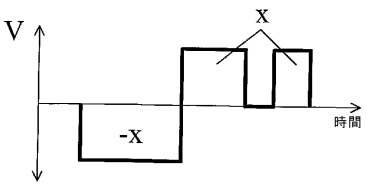


Fig. 15

【図１６】

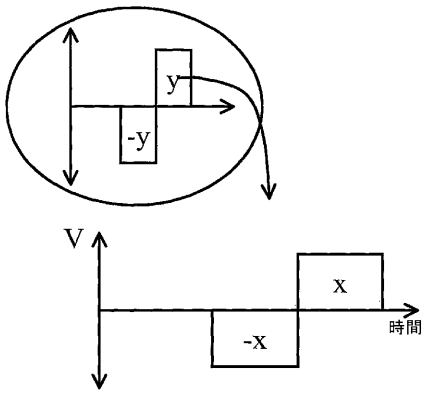


Fig. 16

【図１７】

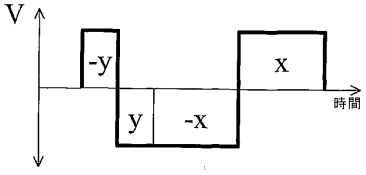


Fig. 17

【図１８】

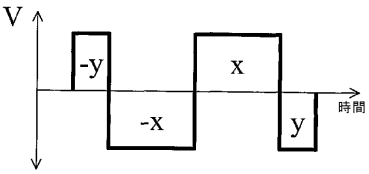


Fig. 18

【図１９】

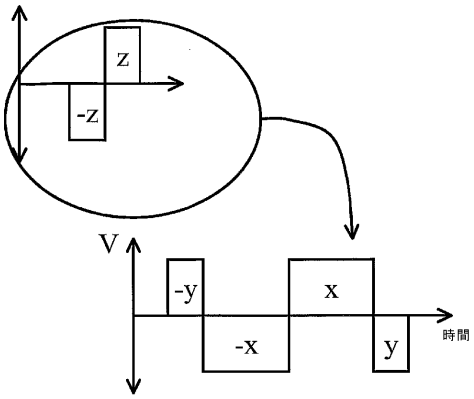


Fig. 19

【図２０】

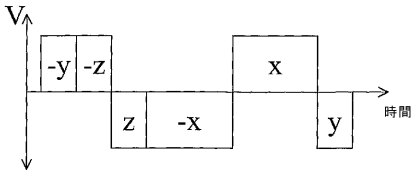


Fig. 20

【図２１】

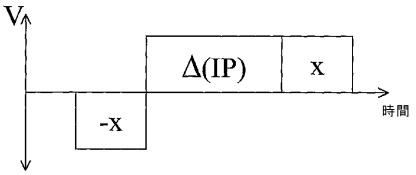


Fig. 21

【図２２】

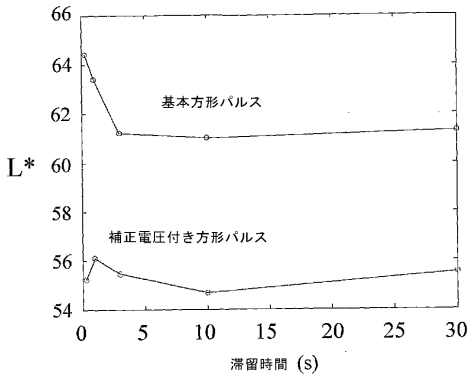


Fig. 22

【図２３】

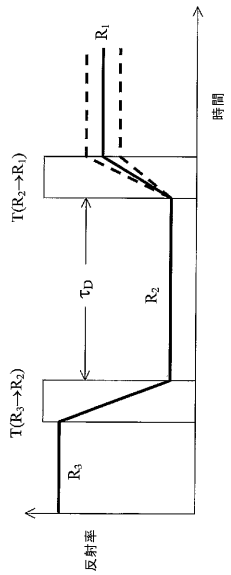


Fig. 23

フロントページの続き

(51)Int.Cl. FI
G09G 3/20 631V
G02F 1/167

(31)優先権主張番号 60/481,669
(32)優先日 平成15年11月19日(2003.11.19)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 60/481,675
(32)優先日 平成15年11月20日(2003.11.20)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 60/557,094
(32)優先日 平成16年3月26日(2004.3.26)
(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 アマンドソン, カール アール.
アメリカ合衆国 マサチューセッツ ０２１３８, ケンブリッジ, トローブリッジ ストリート ９１, アパートメント ナンバー ２１
(72)発明者 ゼーナー, ロバート ダブリュー.
アメリカ合衆国 マサチューセッツ ０２４７４, アーリントン, エディス ストリート ７
(72)発明者 ナイアン, アラ
アメリカ合衆国 マサチューセッツ ０２４６５, ニュートン, チェリー ストリート ９０
(72)発明者 ジオン, ベンジャミン
アメリカ合衆国 ペンシルバニア １６８０１, ステイト カレッジ, イースト ニッタニー アベニュー １３５, アパートメント ナンバー ５０１

審査官 鳥居 祐樹

(56)参考文献 米国特許出願公開第２００２／０１８０６８７（ＵＳ，Ａ１）
特開平１１－３５２９４２（ＪＰ，Ａ）
国際公開第０３／０４４７６５（WO，Ａ１）
特表２００７－５０８５９５（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－００４２６７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
G09G 3/00 - 3/08
G09G 3/12
G09G 3/16 - 3/26
G09G 3/30
G09G 3/34 - 3/38
G02F 1/133
G02F 1/15 - 1/19