

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3750565号

(P3750565)

(45) 発行日 平成18年3月1日(2006.3.1)

(24) 登録日 平成17年12月16日(2005.12.16)

(51) Int. Cl.

F I

G09G 3/34 (2006.01)

G09G 3/34 C

G02F 1/167 (2006.01)

G02F 1/167

G09G 3/20 (2006.01)

G09G 3/20 623C

G09G 3/20 624B

G09G 3/20 641A

請求項の数 5 (全 49 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-185566 (P2001-185566)

(22) 出願日 平成13年6月19日(2001.6.19)

(65) 公開番号 特開2002-116733 (P2002-116733A)

(43) 公開日 平成14年4月19日(2002.4.19)

審査請求日 平成16年6月11日(2004.6.11)

(31) 優先権主張番号 特願2000-187923 (P2000-187923)

(32) 優先日 平成12年6月22日(2000.6.22)

(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(31) 優先権主張番号 特願2000-237090 (P2000-237090)

(32) 優先日 平成12年8月4日(2000.8.4)

(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(74) 代理人 100098084

弁理士 川▲崎▼ 研二

(72) 発明者 片瀬 誠

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

審査官 西島 篤宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気泳動表示装置の駆動方法、駆動回路、および電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の電極と第2の電極との間に電気泳動粒子を含有する分散系を配する電気泳動表示装置の駆動方法であって、

前記電気泳動粒子を表示すべき諧調に応じた位置まで移動させるために必要な時間、前記第1および前記第2の電極間に一定電圧を印加し、

表示画面の切替があったとき、前記電気泳動粒子が切替後の表示諧調に対応する位置と切替前の表示諧調に対応する位置との間の距離を移動するために必要な時間、一定電圧を印加する

ことを特徴とする電気泳動表示装置の駆動方法。

10

【請求項2】

第1の電極と第2の電極との間に電気泳動粒子を含有する分散系を配する電気泳動表示装置の駆動方法であって、

前記電気泳動粒子を表示すべき諧調に応じた位置まで移動させるために必要な時間、前記第1および前記第2の電極間に一定電圧を印加し、

前記一定電圧の印加後、前記電気泳動粒子の運動に制動をかけるための電圧を前記第1および前記第2の電極間に印加し、その後、前記第1および前記第2の電極を等電位にする

ことを特徴とする電気泳動表示装置の駆動方法。

【請求項3】

20

複数のデータ線と、前記複数のデータ線と立体交差する複数の走査線と、共通電極と、各々画素の一要素として前記複数のデータ線と前記複数の走査線との各交差部に対応して設けられ、前記共通電極と対向する複数の画素電極と、前記画素の他の要素として前記複数の画素電極と前記共通電極との間に配され、電気泳動粒子を各々含有する複数の分散系と、前記複数のデータ線と前記複数の走査線との各交差部に対応して各々設けられ、当該交差部を通過する走査線に各々のオン/オフ切換制御端子が接続され、オン状態であるときに当該交差部を通過するデータ線を当該交差部に対応して設けられた画素電極に接続する複数のスイッチング素子とを有する電気泳動表示装置の駆動方法であって、

前記共通電極に共通電極電圧を印加し、

前記走査線を順次選択し、選択した走査線に対し、当該走査線に接続された全てのスイッチング素子を一括してオン状態にする電圧を一定期間印加し、前記一定期間に、前記複数のデータ線の各々に対し、そのデータ線と前記選択された走査線との交差部に対応した画素における電気泳動粒子をその画素の表示階調に対応した位置まで移動させるために必要な時間、一定電圧を印加した後、前記共通電極電圧を印加し、

表示画面の切換があったとき、前記電気泳動粒子が切換後の表示階調に対応する位置と切換前の表示階調に対応する位置との間の距離を移動するために必要な時間、一定電圧を印加する

ことを特徴とする電気泳動表示装置の駆動方法。

#### 【請求項4】

複数のデータ線と、前記複数のデータ線と立体交差する複数の走査線と、共通電極と、各々画素の一要素として前記複数のデータ線と前記複数の走査線との各交差部に対応して設けられ、前記共通電極と対向する複数の画素電極と、前記画素の他の要素として前記複数の画素電極と前記共通電極との間に配され、電気泳動粒子を各々含有する複数の分散系と、前記複数のデータ線と前記複数の走査線との各交差部に対応して各々設けられ、当該交差部を通過する走査線に各々のオン/オフ切換制御端子が接続され、オン状態であるときに当該交差部を通過するデータ線を当該交差部に対応して設けられた画素電極に接続する複数のスイッチング素子とを有する電気泳動表示装置の駆動方法であって、

前記共通電極に共通電極電圧を印加し、

前記走査線を選択し、選択した走査線に対し、当該走査線に接続された全てのスイッチング素子を一括してオン状態にする電圧を一定期間印加し、前記一定期間に、前記複数のデータ線の各々に対し、そのデータ線と前記選択された走査線との交差部に対応した画素における電気泳動粒子をその画素の表示階調に対応した位置に移動させるために必要な時間、一定電圧を印加した後、前記電気泳動粒子の制動を行うための制動電圧を印加し、その後、前記共通電極電圧を印加する

ことを特徴とする電気泳動表示装置の駆動方法。

#### 【請求項5】

複数のデータ線と、前記複数のデータ線と立体交差する複数の走査線と、共通電極と、各々画素の一要素として前記複数のデータ線と前記複数の走査線との各交差部に対応して設けられ、前記共通電極と対向する複数の画素電極と、前記画素の他の要素として前記複数の画素電極と前記共通電極との間に配され、電気泳動粒子を各々含有する複数の分散系と、前記複数のデータ線と前記複数の走査線との各交差部に対応して各々設けられ、当該交差部を通過する走査線に各々のオン/オフ切換制御端子が接続され、オン状態であるときに当該交差部を通過するデータ線を当該交差部に対応して設けられた画素電極に接続する複数のスイッチング素子とを含む駆動回路を有する電気泳動表示装置であって、

前記共通電極に共通電極電圧を印加する印加部と、

前記走査線を選択し、選択した走査線に対し、当該走査線に接続された全てのスイッチング素子を一括してオン状態にする選択電圧を印加する走査線駆動部と、

前記走査線の選択期間において、当該走査線に対応する各画素における電気泳動粒子を各画素の表示階調に対応した位置に移動させるために必要な時間、一定電圧を各データ線に印加した後、前記電気泳動粒子の運動を減衰させる制動電圧を当該各々データ線に各々

10

20

30

40

50

供給し、その後、前記共通電極電圧を当該各データ線に印加するデータ線駆動部とを備えることを特徴とする電気泳動表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電気泳動粒子を含有する分散系を有する電気泳動表示装置の駆動方法、その駆動回路、これを用いた電子機器に関する。

【0002】

【従来の技術】

非発光型の表示デバイスとして、電気泳動現象を利用した電気泳動表示装置が知られている。電気泳動現象は、液体中（分散媒）に微粒子（電気泳動粒子）を分散させた分散系に電界を印加したときに、粒子がクーロン力により泳動する現象である。

電気泳動表示装置の基本的な構造は、一方の電極と他方の電極とを所定の間隔で対向させ、その間に分散系を封入した構成となっている。この両電極間に電位差を与えると、電界の方向によって帯電した電気泳動粒子がどちらか一方の電極に引き付けられることになる。ここで、分散媒を染料で染色するとともに電気泳動粒子を顔料粒子で構成すれば、観測者には、電気泳動粒子の色または染料の色が見えることになる。

しかしながら、アクティブマトリックス形式の電気泳動表示装置については、従来例がなく、その駆動方法や駆動回路については知られていない。

本発明は上述した事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、アクティブマトリックス形式の電気泳動表示装置の駆動方法および駆動回路を提供すること等にある。

【0003】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明は、第1の電極と第2の電極との間に電気泳動粒子を含有する分散系を配する電気泳動表示装置の駆動方法であって、前記電気泳動粒子を表示すべき階調に応じた位置まで移動させるために必要な時間、前記第1および前記第2の電極間に一定電圧を印加し、表示画面の切替があったとき、前記電気泳動粒子が切替後の表示階調に対応する位置と切替前の表示階調に対応する位置との間の距離を移動するために必要な時間、一定電圧を印加することを特徴とする電気泳動表示装置の駆動方法を提供する。

【0004】

この発明によれば、一定電圧を電極間に表示階調に応じた期間だけ印加するので、電気泳動粒子にクーロン力を作用させて、その空間的な状態を変化させることができる。また、表示画面の切替があったとき、前記一定電圧の印加時間を切替後の表示階調と切替前の表示階調との差分に対応したものとす。こうすることによって、分散系に差分階調に応じた時間だけ電場が印加されるので、電気泳動粒子は現在の状態を基準として、その空間的な状態を変化させる。即ち、電気泳動粒子の空間的な状態を初期化して次の階調を表示するのではなく、連続的に空間的な状態を変化させる。従って、初期化の工程を省略できるので、表示階調を高速に変化させることが可能となる。

【0005】

本発明は、また、第1の電極と第2の電極との間に電気泳動粒子を含有する分散系を配する電気泳動表示装置の駆動方法であって、前記電気泳動粒子を表示すべき階調に応じた位置まで移動させるために必要な時間、前記第1および前記第2の電極間に一定電圧を印加し、前記一定電圧の印加後、前記電気泳動粒子の運動に制動をかけるための電圧を前記第1および前記第2の電極間に印加し、その後、前記第1および前記第2の電極を等電位にすることを特徴とする電気泳動表示装置の駆動方法を提供する。

【0006】

分散媒の粘性抵抗が小さい場合には、両電極に同一の電圧を印加して電界の発生を停止したとしても、電気泳動粒子は惰性で運動を続けるため、表示画像の輝度が変化することになるが、この発明によれば、運動を減衰させる電圧を給電するから、電気泳動粒子を短

10

20

30

40

50

時間で停止させることができる。電気泳動粒子の運動方向は最初に印加する電圧の向きによって定まるから、停止のための電圧は、これと逆極性であることが好ましい。

【0007】

本発明は、また、複数のデータ線と、前記複数のデータ線と立体交差する複数の走査線と、共通電極と、各々画素の一要素として前記複数のデータ線と前記複数の走査線との各交差部に対応して設けられ、前記共通電極と対向する複数の画素電極と、前記画素の他の要素として前記複数の画素電極と前記共通電極との間に配され、電気泳動粒子を各々含有する複数の分散系と、前記複数のデータ線と前記複数の走査線との各交差部に対応して各々設けられ、当該交差部を通過する走査線に各々のオン/オフ切換制御端子が接続され、オン状態であるときに当該交差部を通過するデータ線を当該交差部に対応して設けられた画素電極に接続する複数のスイッチング素子とを有する電気泳動表示装置の駆動方法であって、前記共通電極に共通電極電圧を印加し、前記走査線を順次選択し、選択した走査線に対し、当該走査線に接続された全てのスイッチング素子を一括してオン状態にする電圧を一定期間印加し、前記一定期間に、前記複数のデータ線の各々に対し、そのデータ線と前記選択された走査線との交差部に対応した画素における電気泳動粒子をその画素の表示階調に対応した位置まで移動させるために必要な時間、一定電圧を印加した後、前記共通電極電圧を印加し、表示画面の切換があったとき、前記電気泳動粒子が切換後の表示階調に対応する位置と切換前の表示階調に対応する位置との間の距離を移動するために必要な時間、一定電圧を印加することを特徴とする電気泳動表示装置の駆動方法を提供する。

10

【0008】

本発明は、また、複数のデータ線と、前記複数のデータ線と立体交差する複数の走査線と、共通電極と、各々画素の一要素として前記複数のデータ線と前記複数の走査線との各交差部に対応して設けられ、前記共通電極と対向する複数の画素電極と、前記画素の他の要素として前記複数の画素電極と前記共通電極との間に配され、電気泳動粒子を各々含有する複数の分散系と、前記複数のデータ線と前記複数の走査線との各交差部に対応して各々設けられ、当該交差部を通過する走査線に各々のオン/オフ切換制御端子が接続され、オン状態であるときに当該交差部を通過するデータ線を当該交差部に対応して設けられた画素電極に接続する複数のスイッチング素子とを有する電気泳動表示装置の駆動方法であって、前記共通電極に共通電極電圧を印加し、前記走査線を選択し、選択した走査線に対し、当該走査線に接続された全てのスイッチング素子を一括してオン状態にする電圧を一定期間印加し、前記一定期間に、前記複数のデータ線の各々に対し、そのデータ線と前記選択された走査線との交差部に対応した画素における電気泳動粒子をその画素の表示階調に対応した位置に移動させるために必要な時間、一定電圧を印加した後、前記電気泳動粒子の制動を行うための制動電圧を印加し、その後、前記共通電極電圧を印加することを特徴とする電気泳動表示装置の駆動方法を提供する。

20

30

【0009】

これらの発明によれば、各画素電極に表示すべき階調に応じた期間だけ一定電圧を書き込むことができるので、画像をマトリクス表示することが可能となる。しかも、画素電極に共通電極電圧を書き込むことによって、画素容量に蓄積された電荷が放電されるので、スイッチング素子をオフ状態にしても電極間の電界が発生しない。したがって、電気泳動粒子の空間的な状態を固定することができ、表示画像を保持することが可能となる。

40

【0020】

また、本発明は、上記駆動回路を用いた電気泳動表示装置およびこの電気泳動表示装置を有する電子機器を提供する。本発明に係る電子機器は、電気泳動装置を表示部として用いることを特徴とするものであって、例えば、電子書籍、パーソナルコンピュータ、携帯電話、電子広告掲示板、電子道路標識等が該当する。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0022】

50

< 1 : 第 1 実施形態 >

第 1 実施形態に係る電気泳動表示装置は、入力画像信号 V I D に応じた画像を表示するものである。この装置は、静止画・動画のいずれの表示が可能であるが、特に、静止画の表示に適している。

【 0 0 2 3 】

< 1 - 1 : 電気泳動表示装置の全体構成 >

本実施形態の電気泳動表示装置は、電気泳動表示パネルと周辺回路とを備えている。まず、電気泳動表示パネルの機械的な構成について説明する。図 1 は本発明の一実施形態に係る電気泳動表示パネルの機械的な構成を示す分解斜視図である。図 2 は、電気泳動表示パネルの部分断面図である。

10

【 0 0 2 4 】

図 1 および図 2 に示すように電気泳動表示パネル A は、素子基板 1 0 0 と対向基板 2 0 0 とを備える。素子基板 1 0 0 は、ガラスや半導体等を材料とする。素子基板 1 0 0 の上には画素電極 1 0 4 や隔壁 1 1 0 が形成される。対向基板 2 0 0 には、共通電極 2 0 1 が形成される。

【 0 0 2 5 】

電気泳動表示パネル A は、素子基板 1 0 0 と対向基板 2 0 0 とを互いに電極形成面が対向するように貼り合わせたものである。そして、分散系 1 が素子基板 1 0 0 と対向基板 2 0 0 との間隙に封入されている。隔壁 1 1 0 の高さは一定である。したがって、素子基板 1 0 0 と対向基板 2 0 0 との距離は一定となる。対向基板 2 0 0 、共通電極 2 0 1 および封

20

【 0 0 2 6 】

また、分散系 1 は、分散媒 2 に電気泳動粒子 3 を分散させたものである。分散媒 2 には、界面活性剤等の添加剤が必要に応じて添加してもよい。電気泳動粒子 3 の重力による沈降を避けるため、分散媒 2 と電気泳動粒子 3 は、それらの比重が略等しいことが望ましい。

【 0 0 2 7 】

隔壁 1 1 0 は、画像の表示単位である画素を区別する。隔壁 1 1 0 によって仕切られた空間は分割セル 1 1 C と呼ばれる。分割セル 1 1 C には分散系 1 が充填されている。隔壁 1 1 0 は、電気泳動粒子 3 が泳動可能な領域を 1 つの分割セル 1 1 C の内部に制限する。分散系 1 では、電気泳動粒子 3 の位置が偏ることがある。また、分散系 1 では凝結が起き

30

【 0 0 2 8 】

この例の分散媒 2 は黒色である。電気泳動粒子 3 は酸化チタン等の白色粒子である。また、電気泳動粒子 3 には正電荷が帯電している。

もっとも、電気泳動表示パネル A をフルカラー表示に対応させることも可能である。そのような場合には、各画素は、原色 ( R G B ) のうち 1 色を表示する。このため、分散系 1 として、R 色、G 色、B 色に対応する 3 種類のものを用いる。

R 色に対応する分散系 1 r は、赤色の電気泳動粒子 3 r とシアン色の分散媒 2 r とを含む。電気泳動粒子 3 r として、例えば、酸化鉄を用いることができる。G 色に対応する分散系 1 g は、緑色の電気泳動粒子 3 g とマゼンダ色の分散媒 2 g とを含む。電気泳動粒子 3 g としては、例えば、コバルトグリーンの顔料粒子を用いることができる。B 色に対応する分散系 1 b は、青色の電気泳動粒子 3 b とイエロー色の分散媒 2 b を含む。電気泳動粒子 2 b としては、例えば、コバルトブルーの顔料粒子を用いることができる。

40

【 0 0 2 9 】

換言すれば、電気泳動粒子 3 として表示色に対応したものを用いる一方、分散媒 2 として表示色を吸収する色 ( 上述した例では補色 ) のものを用いる。電気泳動粒子 3 が表示面側の電極近傍に浮上していれば、電気泳動粒子 3 は表示色に対応する波長の光を反射する。この反射光によって観測者は色を認識する。一方、電気泳動粒子 3 が表示面と反対側の電極近傍に沈降していれば、表示色に対応する波長の光は分散媒 2 によって吸収される。す

50

ると、表示色に対応する波長の光は観測者に届かないので、観測者は色を認識できない。

#### 【0030】

観測者に到達する光の強度は、電気泳動粒子3によって反射される光を分散媒2がどれだけ吸収するかによって定まる。また、分散系1に印加する電界強度は、分散系1の厚さ方向に電気泳動粒子3がどのように分布するかを定める。したがって、所望の階調を電気泳動表示パネルAに表示させるためには、以下の2つ要素が必要である。第1の要素は、電気泳動粒子3と電気泳動粒子3が反射する光を吸収する分散媒2と組み合わせて用いることである。第2の要素は、電界強度を制御することである。

#### 【0031】

次に、素子基板100において、隔壁110が形成される領域は、表示領域A1である。そこには、画素電極104の他に、走査線、データ線、および薄膜トランジスタ(Thin Film Transistor:以下、TFTと称する)が形成される。TFTはスイッチング素子として機能する。また、周辺領域A2には、後述する走査線駆動回路、データ線駆動回路、および外部接続電極が形成される。

10

#### 【0032】

次に、電気泳動表示装置の電氣的な構成について、図3を参照しつつ説明する。図3は電気泳動表示装置の電氣的な構成を示すブロック図である。この図に示すように電気泳動表示装置は、電気泳動表示パネルA、画像信号処理回路300Aおよびタイミングジェネレータ400Aを備えている。ここで、画像信号処理回路300Aは、入力画像信号VIDに、補正処理を施して画像データDを生成する。補正処理は電気泳動表示パネルAの電氣的な特性に応じたものである。カラー表示の場合には、画像データDをRGB各色に対応する3種類のデータから構成すればよい。

20

#### 【0033】

また、タイミングジェネレータ400Aは、画像データDに同期して各種タイミング信号を生成する。タイミング信号は、走査線駆動回路130Aやデータ線駆動回路140Aを制御するために用いる。

#### 【0034】

電気泳動表示パネルAの表示領域A1には、X方向と平行に複数本の走査線101が形成される。Y方向はX方向と直交する。表示領域A1には、Y方向と平行に複数本のデータ線102が形成される。そして、これらの走査線101とデータ線102との各交点の近傍にTFT103が配置される。

30

#### 【0035】

TFT103のゲート電極は走査線101に接続される。TFT103のソース電極はデータ線102に接続される。TFT103のドレイン電極は画素電極104に接続される。各画素は、画素電極104と、対向基板102に形成された共通電極201と、これら両電極間に挟持された分散系1とを含む。これにより、画素は、走査線101とデータ線102との交差に対応して、マトリクス状に配列する。なお、走査線駆動回路130Aおよびデータ線駆動回路140Aは、TFTを用いて構成される。走査線駆動回路130Aおよびデータ線駆動回路140Aは、画素のTFT103と共通の製造プロセスで形成される。これにより、電気泳動表示パネルAの集積化と製造コストの低減を図ることができる。

40

#### 【0036】

このような電気泳動表示パネルAにおいて、ある走査線信号Yjがアクティブになると、j番目の走査線101に接続されたTFT103がオン状態となる。このとき、データ線信号X1、X2、...、Xnが画素電極104に供給される。一方、対向基板200の共通電極201には図示せぬ電源回路(給電部)から共通電極電圧Vcomが給電される。これにより、画素電極104と共通電極201との間に電界が発生する。すると、分散系1の電気泳動粒子3が泳動して画像データDの値に応じた階調の表示が各画素毎に行われる。

#### 【0037】

50

## &lt; 1 - 2 : 表示原理 &gt;

次に、階調表示の原理について説明する。図4は分割セルの構造を簡略化して示した断面図である。この例の電気泳動表示装置にあっては、まず、図4の左側に示すように電気泳動粒子3を画素電極104側に引き寄せせる。正に帯電した電気泳動粒子3を用いるとすれば、共通電極201の電圧を基準として負極性の電圧を画素電極104に所定時間給電する。以下の説明では、このように一方の電極に電気泳動粒子3を引き寄せせる動作をリセット動作と呼ぶことにする。

## 【0038】

次に、図4の右側に示すように正極性の電圧を画素電極104に印加する。すると、クーロン力によって電気泳動粒子3は共通電極201側に移動する。一方、電圧の印加を停止すると、クーロン力が作用しなくなるので、電気泳動粒子3は分散媒2の粘性抵抗によって停止する。電気泳動粒子3の移動速度は、電界強度、すなわち印加電圧に応じて定まる。したがって、電気泳動粒子3の移動距離は、印加電圧と印加時間に応じて定まる。印加電圧を一定にすれば、印加時間を調整することによって、電気泳動粒子3の位置を厚さ方向に制御できる。

10

## 【0039】

共通電極201から入射した光は電気泳動粒子3によって反射され、この反射光が共通電極201を通過して観測者の目に至る。入射光と反射光は分散媒2によって吸収され、その程度は光路長に比例する。したがって、観測者が認識する階調は、電気泳動粒子3の位置によって定まることになる。上述したように、印加電圧を一定にしたとき電気泳動粒子3の厚さ方向の位置は、印加時間に応じて定まるから、表示すべき階調に応じた時間だけ一定電圧を印加すれば、所望の階調表示を得ることができる。

20

## 【0040】

ところで、分散系1は多数の電気泳動粒子3を含んでいる。ここで、電気的特性(例えば、電荷量)や機械的特性(例えば、粒子径、重量)等の粒子特性が、総ての粒子について揃っているとすれば、総ての粒子は同一の速度で移動する。つまり、総ての電気泳動粒子3は同じようにふるまうことになる。

## 【0041】

分割セル11cの厚さは数 $\mu\text{m}$ ~数 $10\mu\text{m}$ であり、最大移動距離は極めて短い。このため、階調数を多くしようとする、微小な移動距離を制御する必要がある。すると、1階調分の印加時間が極めて小さくなり、階調制御が困難になる。

30

## 【0042】

そこで、本実施形態の電気泳動粒子3には、粒子特性にバラツキを持たせてある。粒子特性にバラツキを持たせると、ある一定電圧をある時間印加したとき電気泳動粒子3の位置は広がりを持つ。図5は、電圧の印加時間と階調濃度との関係の一例を示すグラフである。このグラフは、以下の条件下にシミュレーションをして得られたものである。第1の条件は、5Vの電圧を印加したとき、電気泳動粒子3が共通電極201に到達する時間の平均値が $50\text{ms}$ であることである。第2の条件は、到達するのに要する印加電圧の標準偏差が $2\text{ms}$ であることである。

## 【0043】

図5において、実線は印加時間に対する階調特性を示しており、点線は印加時間に対する確率密度を示している。ここで、確率密度とは、共通電極201に到達する電気泳動粒子3の個数を、平均値 $50\text{ms}$ で正規化したものである。この図に示すように、印加時間が $45\text{ms}$ 以下の場合には、電気泳動粒子3が殆ど共通電極201に到達しない。印加時間が $50\text{ms}$ の場合には、半分の電気泳動粒子3が共通電極201に到達する。さらに印加時間が $55\text{ms}$ 以上の場合には殆どの電気泳動粒子3が共通電極201に到達する。したがって、表示すべき階調に応じて印加時間を $45\text{ms}$ から $55\text{ms}$ の間で制御すれば、所望の階調表示を行うことが可能となる。

40

## 【0044】

## &lt; 1 - 3 : 駆動回路 &gt;

50

次に、各走査線 101 および各データ線 102 を駆動する駆動回路について説明する。まず、図 3 に示す走査線駆動回路 130A は、シフトレジスタを有する。走査線駆動回路 130A は、Y クロック信号 YCK および反転 Y クロック YCKB に基づいて、Y 転送開始パルス DY を順次シフトして、走査線信号 Y1、Y2、...、Ym を生成する。Y 転送開始パルス DY は垂直走査期間の開始から一定期間アクティブとなる。タイミングジェネレータ 400A は、Y クロック信号 YCK、反転 Y クロック YCKB、および Y 転送開始パルス DY を走査線駆動回路 130A に供給する。これにより、走査線信号 Y1、Y2、...、Ym のアクティブ期間 (H レベル期間) は、図 7 に示すように順次シフトしていく。

#### 【0045】

次に、データ線駆動回路 140A について説明する。図 6 はデータ線駆動回路 140A のブロック図である。図 7 はデータ線駆動回路 140A のタイミングチャートである。図 6 に示すようにデータ線駆動回路 140A は、X シフトレジスタ 141、バス BUS、スイッチ SW1 ~ SWn、第 1 ラッチ 142、第 2 ラッチ 143、および PWM 回路 145 を備えている。バス BUS には 6 ビットの画像データ D が外部から供給される。

10

#### 【0046】

まず、X シフトレジスタ 141 は、X クロック XCK および反転 X クロック XCKB にしたがって、X 転送開始パルス DX を順次シフトする。これにより、図 7 に示すサンプリングパルス SR1、SR2、...、SRn が生成される。

次に、第 1 ラッチ 142 は複数のラッチ回路を含む。バス BUS は、スイッチ SW1 ~ SWn を介して第 1 ラッチ群 142 の各ラッチ回路に接続されている。スイッチ SW1 ~ SWn の各制御入力端子には、サンプリングパルス SR1、SR2、...、SRn が供給される。したがって、サンプリングパルス SR1、SR2、...、SRn に各々同期して、画像データ D が第 1 ラッチ 142 に取りこまれる。なお、図 6 に示す各スイッチ SW1 ~ SWn は、実際には各々 6 個のスイッチ回路の組から構成される。6 ビットの画像データ D に対応するためである。

20

#### 【0047】

次に、第 1 ラッチ 142 は、スイッチ SW1 ~ SWn から供給される画像データ D をラッチする。これにより、点順次の画像データ Da1 ~ Dan が得られる (図 7 参照)。また、第 2 ラッチ 143 は、点順次の画像データ Da1 ~ Dan をラッチパルス LAT によってラッチする。ここで、ラッチパルス LAT は、図 7 に示すように 1 水平走査期間毎にアクティブとなる信号である。したがって、この第 2 ラッチ 143 は、点順次の画像データ Da1 ~ Dan の位相を水平走査期間毎に揃えて、線順次の画像データ Db1 ~ Dbn を生成する。

30

#### 【0048】

図 8 は、PWM 回路 145 の構成を示すブロック図である。この図に示すように PWM 回路 145 は、n 個の単位回路 R1 ~ Rn とカウンタ 144 とを備えている。各単位回路 R1 ~ Rn は、比較器 1451、SR ラッチ 1452、および選択回路 1453 を備えている。

#### 【0049】

カウンタ 144 は、水平走査期間の始まりからクロック信号 CK をカウントして、そのカウント結果を示すカウントデータ CNT を生成する。比較器 1451 は、線順次の画像データ Db1 ~ Dbn とカウントデータ CNT とを比較して比較信号 CS を生成する。比較信号 CS は、線順次の画像データ Db1 ~ Dbn とカウントデータ CNT とが一致する場合に H レベルとなる一方、不一致の場合に L レベルとなる。比較信号 CS は、SR ラッチ 1452 のリセット端子に供給される。SR ラッチ 1452 のセット端子には、セット信号 SET がタイミングジェネレータ 400C から供給される。セット信号 SET は水平走査期間の始まりから所定期間 H レベルとなる。

40

#### 【0050】

各単位回路 R1 ~ Rn の SR ラッチ 1452 は、PWM 信号 (パルス幅変調信号) W1 ~ Wn を生成する。PWM 信号 W1 ~ Wn は、セット信号 SET が H レベルになると H レベ

50



ルとなり、その後、比較信号CSがHレベルになるとLレベルになる。

【0051】

図9は、線順次の画像データの値とPWM信号の波形を示したタイミングチャートである。この図に示すように、各PWM信号のアクティブ（Hレベル）期間は、線順次の画像データの指示する階調値に応じた期間となる。もっとも、階調値が「111111」（100%）の場合であっても、1水平走査期間に占めるPWM信号のアクティブ期間の割合が2/3程度になるようにクロック信号CKの周波数が選ばれている。

【0052】

次に、各選択回路1453は、PWM信号W1～Wnとリセットタイミング信号Crとに基づいて、共通電極電圧Vcom、印加電圧Va、およびリセット電圧Vrestの中から所定の電圧を選択して出力する。選択条件は以下の通りである。第1に、選択回路1453は、リセットタイミング信号Crがアクティブ（Hレベル）のときにリセット電圧Vrestを選択する。第2に、選択回路1453は、リセットタイミング信号Crが非アクティブ（Lレベル）かつPWM信号がアクティブ（Hレベル）のときに印加電圧Vaを選択する。第3に、選択回路1453は、リセットタイミング信号Crが非アクティブ（Lレベル）かつPWM信号が非アクティブ（Lレベル）のときに共通電極電圧Vcomを選択する。

10

【0053】

ここで、j番目の単位回路Rjの動作を図10に示すタイミングチャートを参照して、具体的に説明する。なお、この例では、ある水平走査期間において、リセットタイミング信号Crは非アクティブになっており、また、線順次の画像データDbjが指示する階調値が「32」であるものとする。

20

【0054】

この図に示すように、水平走査期間の開始時刻Tssから、カウントデータCNTが増加し始めるとともにセット信号SETがアクティブになる。PWM信号Wjはセット信号に同期してHレベルとなる。そして、時刻Teに至ると、カウントデータCNTの値が「32」になり、比較信号CSがアクティブとなる。すると、PWM信号WjがHレベルからLレベルに遷移する。この結果、時刻Tssから時刻Teまでの期間において、PWM信号WjはHレベルとなる。

【0055】

上述したように選択回路1453は、PWM信号WjがHレベルとなる期間において印加電圧Vaを選択する一方、そのLレベル期間あつては共通電極電圧Vcomを選択する。したがって、データ線信号Xjは、図10に示すように、時刻Tsから時刻Teまでの期間において印加電圧Vaとなる一方、時刻Teから当該水平走査期間が終了するまで共通電極電圧Vcomとなる。

30

【0056】

つまり、データ線信号Xjは、表示すべき階調に応じた期間だけ一定電圧となり、他の期間にあつては共通電極電圧Vcomとなる。このようにして、データ線駆動回路140Aは、データ線信号X1～Xnを各々生成し、これらを各データ線102に供給する。

【0057】

<1-4：電気泳動表示装置の動作>

次に、電気泳動表示装置の動作について説明する。

【0058】

<1-4-1：全体動作>

図11は電気泳動表示装置の全体動作を示すタイミングチャートである。この図を参照しつつ、動作の概要を説明する。まず、時刻t0において、電気泳動表示装置の電源がオフ状態からオン状態に切り替わると、画像信号処理回路300A、タイミングジェネレータ400Aおよび電気泳動表示パネルAに電源が給電される。

【0059】

そして、所定期間が経過し回路動作が安定した時刻t1において、タイミングジェネレー

40

50

タ400Aは、リセットタイミング信号Crを1フィールド期間アクティブにする。このリセット期間Trにあつては、表示原理で説明したように、電気泳動粒子3が画素電極104側に引き寄せられる。この結果、電気泳動粒子3の空間的な状態が初期化される。

【0060】

データ線駆動回路140Aの各選択回路1453は、当該期間においてリセット電圧Vrestを選択し、これをデータ線信号X1~Xnとして各データ線102に出力する。そして、走査線駆動回路130Aが各走査線101を順次選択することにより、総ての画素電極104にリセット電圧Vrestが書き込まれる。

【0061】

次に、時刻t2に至ると、書込期間Twが開始する。この書込期間Twにあつては、画像信号処理回路300Aは1フィールド期間にわたって画像データDを出力する。各画素電極104には表示すべき階調に応じた期間だけ印加電圧Vaが書き込まれ、1枚の表示画面が完成することになる。

10

【0062】

次に、時刻t3から時刻t4までの保持期間Thは、直前の書込期間Twで書き込まれた画像を保持する期間である。保持期間Thの長さは任意に設定できる。当該期間において、画像信号処理回路300Aは動作を停止する。また、画素電極104と共通電極201との間には、電界が発生しないようになっている。電気泳動粒子3はクーロン力によって泳動するから、電界がなければ空間的な状態に変化がない。したがって当該期間にあつては、静止画像が表示されることになる。

20

【0063】

次に、時刻t4から時刻t6までの期間は画像を書き換えるための書換期間Tcである。書換期間Tcでは、時刻t1から時刻t3までの期間と同様に、リセット動作と書込動作が行われる。これにより、表示画面の更新を行うことができる。

【0064】

<1-4-2:リセット動作>

次に、リセット動作について詳細に説明する。図12はリセット動作における電気泳動表示装置のタイミングチャートである。なお、以下の説明では、i行j列の画素をPijと、画素Pijの画素電極104の印加電圧をVijと表すことにする。上述したようにリセット期間Trにあつては、リセットタイミング信号Crが図12に示すようにアクティブ(Hレベル)となるので、データ線信号X1~Xnの電圧はリセット電圧Vrestとなる。

30

【0065】

この例では、電気泳動粒子3に正電荷が帯電しているため、リセット電圧Vrestは共通電極電圧Vcomを中心として負極性の値を取る。ここで、走査線信号Y1がアクティブ(Hレベル)になると、第1行目のTFT103がオン状態となり、リセット電圧Vrestが各画素電極104に書き込まれる。以後、第2行目、第3行目、...、第m行目の各画素電極104にリセット電圧Vrestが書き込まれる。例えば、時刻txにおいて走査線信号Y1がアクティブから非アクティブに変化すると、第1行目の各TFT103がオフ状態になり、画素電極104とデータ線102とが切断される。しかしながら、TFT103がオフ状態になっても第1行目の画素電極104ではリセット電圧Vrestが維持される。各画素は、画素電極104、分散系1、および共通電極201等によって構成される画素容量を備えており、画素容量にリセット電圧Vrestに相当する電荷が蓄積されるからである。

40

【0066】

こうして画素電極104にリセット電圧Vrestが印加されると、分散系1中の電気泳動粒子3が画素電極104に引き寄せられ、その空間的な状態が初期化される。

【0067】

<1-4-3:書込動作>

次に、書込動作について詳細に説明する。図13は書込動作における電気泳動表示装置の

50

タイミングチャートである。ここでは、 $i$ 行( $i$ 番目の走査線)・ $j$ 列( $j$ 番目のデータ線)の画素における書込動作を説明する。他の画素においても同様の書き込みがなされることは勿論である。なお、以下の説明では、画素 $P_{ij}$ の輝度を $I_{ij}$ と表すことにする。

【0068】

$j$ 番目のデータ線102に供給されるデータ線信号 $X_j$ は、図12に示すように、PWM信号 $W_j$ のアクティブ期間である電圧印加期間 $T_v$ において印加電圧 $V_a$ となる。一方、PWM信号 $W_j$ の非アクティブ期間である無バイアス期間 $T_b$ において、PWM信号 $W_j$ は共通電極電圧 $V_{com}$ となる。なお、実線で示すデータ線信号 $X_j$ の波形は表示すべき階調が100%の場合であり、一点鎖線で示すデータ線信号 $X_j$ の波形は表示すべき階調が50%の場合である。

10

【0069】

また、 $i$ 番目の走査線101に供給される走査線信号 $Y_i$ は $i$ 番目の水平走査期間においてアクティブとなる。このため、画素 $P_{ij}$ のTFT103は当該水平走査期間においてオン状態となり、画素 $P_{ij}$ の画素電極104には、時刻 $T_1$ から時刻 $T_3$ までのデータ線信号 $X_j$ が取り込まれることになる。すなわち、この例ではある走査線のある選択期間において、画素電極104に印加電圧 $V_a$ を書き込んでから、共通電極電圧 $V_{com}$ を書き込むまでの動作が終了する。

【0070】

次に、画素 $P_{ij}$ における電気泳動粒子3の挙動について考察する。この書込動作の前には上述したリセット動作が行われているから、時刻 $T_1$ において、画素 $P_{ij}$ の電気泳動粒子3は画素電極104側に総て位置している。このとき、画素電極104に印加電圧 $V_a$ が印加されると、画素電極104から共通電極201へ向けて電界が付与される。したがって、時刻 $T_1$ から電気泳動粒子3は移動を開始する。

20

【0071】

この例の電気泳動粒子3は白色であり分散媒2は黒色であるから、電気泳動粒子3が共通電極201に近づくほど、画素 $P_{ij}$ の輝度 $I_{ij}$ は高くなる。したがって、図13に示すように輝度 $I_{ij}$ は、時刻 $T_1$ から次第に高くなる。

【0072】

ところで、画素 $P_{ij}$ は、画素電極104と共通電極201との間に分散系1を挟持して構成されている。このため、画素 $P_{ij}$ は、等価的に、電極面積、電極間の距離、および分散系1の誘電率に応じた容量値を有する画素容量を含む。したがって、TFT103をオフ状態にして画素電極104への給電を停止したとしても、画素容量には電荷が蓄積される。よって、両電極間には一定の電界が継続して発生することになる。電界が付与される限り電気泳動粒子3は共通電極201に向けて泳動を続けるので、電界の発生を停止する期間、換言すれば、画素容量に蓄積されている電荷を取り去る工程が必要となる。無バイアス期間 $T_b$ はこのために設けられたものである。

30

【0073】

無バイアス期間 $T_b$ にあつては、共通電極電圧 $V_{com}$ が画素電極104に印加されるので、時刻 $T_2$ において画素電極104と共通電極201との電圧が一致する。このため、時刻 $T_2$ から電気泳動粒子3にクーロン力が作用しなくなる。ここで、分散媒2の粘性抵抗がある程度大きいとすれば、電気泳動粒子3は外力が作用しなくなる時刻 $T_2$ において泳動を停止する。この結果、輝度 $I_{ij}$ は図13に示すように時刻 $T_2$ から一定の値を取るようになる。なお、分散媒2の粘性抵抗が小さい場合にはクーロン力が作用しなくなっても電気泳動粒子3が惰性で泳動した後に停止する。そのような場合には、画像信号処理回路300Aにおいて、惰性による泳動を見込んで補正した画像データDを生成すればよい。

40

【0074】

この書込動作にあつては、まず、画素 $P_{ij}$ の画素電極104に印加電圧 $V_a$ を階調に応じた電圧印加期間 $T_v$ だけ印加する。すると、電気泳動粒子3が表示すべき階調に応じた

50

距離だけ移動する。次に、画素電極 104 に共通電極電圧  $V_{com}$  を書き込んで、電気泳動粒子 3 の泳動を停止させる。これらの 2 つの工程によって、の画素  $P_{ij}$  の輝度  $I_{ij}$  を表示すべき階調に応じたものとするができる。

【0075】

なお、この例では、電気泳動粒子 3 の泳動を停止させるために共通電極電圧  $V_{com}$  を書き込んだ。しかし、完全に共通電極電圧  $V_{com}$  と一致する電圧を書き込む必要はなく、電気泳動粒子 3 の泳動を停止させることができる電圧であればよい。電気泳動粒子 3 は粘性抵抗に打ち勝たなければ泳動できないので、分散媒 2 の粘性抵抗などが大きい場合には、無バイアス期間  $T_b$  の電圧が共通電極電圧  $V_{com}$  と多少相違してもよい。

【0076】

< 1 - 4 - 4 : 保持動作 >

次に、保持動作について説明する。図 13 において、時刻  $T_3$  に至ると、走査線信号  $Y_i$  はアクティブから非アクティブに遷移するので、画素  $P_{ij}$  の  $TFT_{103}$  はオフ状態となる。上述したように無バイアス期間  $T_b$  において画素電極 104 には共通電極電圧  $V_{com}$  が印加されるから電界が発生しないことになる。

【0077】

したがって、新たな電圧を画素電極 104 に書き込まない限り、分散系 1 には電界が付与されない。この結果、分散系 1 中の電気泳動粒子 3 の空間的な状態は保持されることになる。つまり、表示画像の内容を保持することができる。

【0078】

保持期間  $T_h$  にあつては、画素電極 104 に電圧を書き込む必要がないので、走査線信号  $Y_1 \sim Y_m$  を生成する必要もなければ、データ線信号  $X_1 \sim X_n$  を生成する必要もない。このため、当該期間にあつては、以下に述べる各種の方法で消費電力を削減できる。

【0079】

第 1 の方法は、電気泳動表示装置自体の主電源をオフ状態にすることである。これにより、電気泳動表示パネル A や周辺回路たる画像信号処理回路 300 A およびタイミングジェネレータ 400 A は動作を停止することになり、一切電力を消費しないことになる。

【0080】

第 2 の方法は、電気泳動表示パネル A への給電を停止することである。これにより、電気泳動表示パネル A で消費される電力を削減することができる。

【0081】

第 3 の方法は、Y クロック  $Y_{CK}$  および反転 Y クロック  $Y_{CKB}$  と、X クロック  $X_{CK}$ 、反転 X クロック  $X_{CKB}$ 、およびクロック信号  $CK$  を、走査線駆動回路 130 A およびデータ線駆動回路 140 A へ供給するのを停止することである。上述したように走査線駆動回路 130 A およびデータ線駆動回路 140 A は相補型の  $TFT$  で構成されているため、電流が流れるときだけ、換言すれば、論理レベルの反転があるときに限り電力を消費する。したがって、クロックの供給を停止することによって消費電力を削減することが可能となる。

【0082】

< 1 - 4 - 5 : 書換動作 >

次に、表示画面の内容を書き換える書換動作について説明する。書換動作にあつては、以下に述べる各種の態様がある。

まず、第 1 の態様では、上述したリセット動作を行って各行毎に順次初期化を行い、次に、上述した書込動作を行って各行毎に順次、パルス幅変調されたデータ線信号  $X_1 \sim X_n$  を画素電極 104 に書き込む。これにより、画面全体を書き換えることが可能となる。

【0083】

次に、第 2 の態様では、書き換えが必要となるラインに限って、リセット動作と書込動作を行う。ここでは、一例として第  $j$  番目と第  $j + 1$  番目のラインを書き換える場合について説明する。図 14 は第 2 の態様に係るリセット動作を説明するためのタイミングチャートである。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 4 】

まず、リセット期間  $T_r$  においては、画像信号処理回路 300A が画像データ  $D$  として共通電極電圧  $V_{com}$  を指示するデータを出力する。すなわち、画像データ  $D$  の値は当該期間中「0」となっている。また、走査線駆動回路 130A は、図 14 に示すように走査線信号  $Y_1$ 、...、 $Y_j$ 、 $Y_{j+1}$ 、...、 $Y_m$  を順次出力する。

## 【 0 0 8 5 】

次に、リセットタイミング信号  $C_r$  は、書き換えるべき走査線 101 を選択する期間のみ  $L$  レベルとなる。この例では、 $j$  番目と  $j+1$  番目のラインを書き換えるので、走査線信号  $Y_j$ 、 $Y_{j+1}$  がアクティブとなる期間中にリセットタイミング信号  $C_r$  は  $L$  レベル（非アクティブ）となる。上述したように選択回路 1453（図 8 参照）はリセットタイ  
10  
ミング信号  $C_r$  が  $H$  レベル（アクティブ）のときに共通電極電圧  $V_{com}$  を出力する一方、リセットタイミング信号  $C_r$  が  $L$  レベルのときに  $PWM$  信号を出力する。ここで、画像データ  $D$  の値は「0」であるから、 $PWM$  信号は常に非アクティブ（ $L$  レベル）となる。

## 【 0 0 8 6 】

したがって、 $j$  番目と  $j+1$  番目の走査線 101 を選択する期間においては、総てのデータ線 102 にリセット電圧  $V_{reset}$  が供給される。そして、他の走査線 101 の選択期間においては、総てのデータ線 102 に共通電極電圧  $V_{com}$  が供給される。

## 【 0 0 8 7 】

この結果、図 14 に示すように第 1 行～第  $j-1$  行目と第  $j+2$ ～第  $m$  行の画素電極 104  
20  
には共通電極電圧  $V_{com}$  が供給される。また、第  $j$  行および第  $j+1$  行の画素電極 104 には、リセット電圧  $V_{reset}$  が供給される。したがって、第  $j$  行および第  $j+1$  行の画素においては、電気泳動粒子 3 の空間的な状態が初期化されることになる。一方、共通電極電圧  $V_{com}$  が画素電極 104 に書き込まれても電界は発生しないので、第 1 行～第  $j-1$  行目と第  $j+2$ ～第  $m$  行の画素では電気泳動粒子 3 の空間的な状態が変化しない。

## 【 0 0 8 8 】

次に、書込動作においては、画像信号処理回路 300A は、書き換えるべきラインについてのみ有効な画像データ  $D$  を出力し、他のラインについては画像データ  $D$  の値を「0」にする。これにより、第  $j$  行と第  $j+1$  行に限って書き換えを行うことができる。

## 【 0 0 8 9 】

次に、第 3 の態様では、書き換えるべき複数のラインを同時にリセットして、この後、通常  
30  
の書込動作によって書き換えを行う。第 2 の態様では、第  $j$  行の次に第  $j+1$  行をリセットするといったように、行毎に順次リセット動作を行った。書き換えるべき複数の走査線 101 を同時に選択できる走査線駆動回路を用いれば、同時にリセットを行うことが可能である。例えば、図 15 に示すように、走査線信号  $Y_j$ 、 $Y_{j+1}$  のみを同時にアクティブにして、データ線 102 にリセット電圧  $V_{reset}$  を供給すれば、図 16 に示すように書き換えるべき  $j$  番目と  $j+1$  番目のラインを同時にリセットすることができることは勿論である。また、書込動作においては、画像信号処理回路 300A が書き換えるべきラインについてのみ有効な画像データ  $D$  を出力し、他のラインについてはそのデータ値を「0」とする。そして、通常  
40  
の書込動作と同様に書き込みを行う。これにより、第  $j$  行と第  $j+1$  行に限って書き換えを行うことができる。

## 【 0 0 9 0 】

次に、第 4 の態様では総ての画素を同時にリセットして、この後、通常  
の書込動作を行って書き換えを実行する。図 17 は、第 4 の態様に係る電気泳動パネル B のブロック図である。この電気泳動パネル B は、各列毎に  $TFT105$  が設けられている点、および走査線駆動回路 130B が総ての走査線信号  $Y_1 \sim Y_m$  を同時にアクティブとできるようになっている点を除いて、図 3 に示す電気泳動パネル A と同様に構成されている。

## 【 0 0 9 1 】

図 17 において、各  $TFT105$  のソース電極にはリセット電圧  $V_{reset}$  が供給される。各  $TFT105$  のゲート電極にはリセットタイミング信号  $C_r$  が供給される。さらに、  
50

各 T F T 1 0 5 のドレイン電極は各データ線 1 0 2 に接続されている。リセットタイミング信号 C r がアクティブになると、総ての T F T 1 0 5 が同時にオン状態となって、リセット電圧 V r e s t が各データ線 1 0 2 に供給される。一方、走査線駆動回路 1 3 0 B は、リセットタイミング信号 C r がアクティブになると、総ての走査線信号 Y 1 ~ Y m を同時にアクティブにする。したがって、リセットタイミング信号 C r のアクティブ期間に、総ての画素電極 1 0 4 にリセット電圧 V r e s t が書き込まれる。これにより、総ての画素が同時にリセットされる。

#### 【 0 0 9 2 】

なお、この場合に T F T 1 0 5 の各ソース電極を接地しておき、共通電極電圧 V c o m として接地電位を基準として初期化するのに十分な正極性の電圧を給電するようにしてもよい。すなわち、画素電極 1 0 4 と共通電極 2 0 1 とのうちいずれか一方の電位を基準として、他方の電極に初期化するのに十分な電圧を印加すればよい。なお、共通電極 2 0 1 を分割して複数の分割電極（例えば、上半分と下半分）を設けておき、書き換えるべき画像領域が属する分割電極に初期化するための電圧を給電するようにしてもよい。

10

#### 【 0 0 9 3 】

< 2 : 第 2 実施形態 >

< 2 - 1 : 第 2 実施形態の概要 >

上述した第 1 実施形態では、画面を書き換える際には、図 1 8 の右側に示すリセット動作を行った後、図 1 8 の中央に示す書き込み動作を行い、表示画面を更新していた。この場合、電気泳動粒子 3 の空間的な状態は一旦初期化される。例えば、分散媒 2 が黒色に着色されており、電気泳動粒子 3 が白色であるとすれば、表示を更新する際に、画面全体が暗転（黒）することになる。人の視覚は短時間の変化を検知することができないので、リセット動作に要する期間が短ければ、次々と画面を更新することによって、動画を表示することも可能である。

20

#### 【 0 0 9 4 】

しかしながら、分散系 1 の物理的な性質によっては、リセット動作に長い時間を必要とし、電気泳動粒子 3 の初期化に伴う輝度変化が人に検知されることもある。

#### 【 0 0 9 5 】

そこで、第 2 実施形態の電気泳動表示装置は、第 1 に、次に表示すべき階調に対応する電気泳動粒子の平均位置と、現在表示中の階調に対応する電気泳動粒子の平均位置との差分を算出し、第 2 に差分に相当する時間、電極間に一定電圧を印加するようにしている。例えば、現在の階調が 5 0 % であり、これを 7 5 % の階調に変化させる場合を想定する。図 1 8 の中央に示すように電気泳動粒子 3 の平均的な位置が分散系 1 の厚さ方向の約 1 / 2 にあると、表示階調は 5 0 % になる。この階調を 7 5 % に変化させるためには、図 1 8 右側に示すように電気泳動粒子 3 の平均的な位置を厚さ方向に約 3 / 4 まで移動させる必要がある。そこで、次に表示すべき階調と現在の階調との差分に応じた期間だけ画素電極 1 0 4 に一定電圧を印加する。これにより、電気泳動粒子 3 は表示階調に応じた位置まで移動するから、表示画面の更新が可能となる。リセット動作を行うことなく画面の更新が可能となる点は、動画を表示する場合に重要である。

30

#### 【 0 0 9 6 】

< 2 - 2 : 電気泳動表示装置の構成 >

第 2 実施形態の電気泳動表示装置は、画像信号処理回路 3 0 0 A の代わりに画像信号処理回路 3 0 1 A を用いる点、データ線駆動回路 1 4 0 A において P W M 回路 1 4 5 の代わりに P W M 回路 1 4 5 A を用いる点を除いて、図 3 に示す第 1 実施形態の電気泳動表示装置と同様に構成されている。

40

< 2 - 2 - 1 : 画像信号処理回路 >

図 1 9 は画像信号処理回路 3 0 1 A の構成を示すブロック図である。この図に示すように、画像信号処理回路 3 0 0 A は、A / D 変換器 3 1 0、補正部 3 2 0、および演算部 3 3 0 を備えている。外部から供給される画像信号 V I D は A / D 変換器 3 1 0 を介して入力画像データ D i n に変換される。補正部 3 2 0 は R O M 等を有している。補正部 3 2 0 は

50

、入力画像データ  $D_{in}$  にガンマ補正等の補正処理を施して、画像データ  $D_v$  を生成する。

【0097】

次に、演算部 330 は、メモリ 331 と減算器 332 と備えている。画像データ  $D_v$  は減算器 332 の一方の入力端子とメモリ 331 とに供給される。メモリ 331 は、第1フィールドメモリ 331 A と第2フィールドメモリ 331 B とを備えている。第1フィールドメモリ 331 A は、奇数フィールドで書込動作を行う一方、偶数フィールドで読出動作を行う。第2フィールドメモリ 331 B は、奇数フィールドで読出動作を行う一方、偶数フィールドで書込動作を行う。このメモリ 331 によって画像データ  $D_v$  は1フィールド遅延される。遅延された画像データ  $D_v$  は、遅延画像データ  $D_{v'}$  として減算器 332 の他  
10  
方の入力端子に供給される。減算器 332 は、画像データ  $D_v$  から遅延画像データ  $D_{v'}$  を減算して差分画像データ  $D_d$  を生成し、これを出力する。この差分画像データ  $D_d$  の MSB は符号ビットとなっており、そのデジットが「0」のとき正を、「1」のとき負を示すようになっている。

【0098】

なお、最初のフィールドにあつては、遅延画像データ  $D_{v'}$  が存在しないので、減算器 332 の他方の入力端子には、データ値が「0」となるダミーデータが供給されるようになっている。したがって、最初のフィールドでは、画像信号処理回路 301 A は、画像データ  $D_v$  を差分画像データ  $D_d$  として出力する。

【0099】

ここで、遅延画像データ  $D_{v'}$  を現在の表示階調とすれば、画像データ  $D_v$  は次に表示すべき階調に相当する。したがって、差分画像データ  $D_d$  は現在の階調と次に表示すべき階調の差分に応じたデータとなる。差分画像データ  $D_d$  は、画像データ  $D$  の代わりにデータ線駆動回路 140 A に供給される。  
20

【0100】

< 2 - 2 - 2 : PWM回路 >

図 20 は、PWM回路 145 A の構成を示すブロック図である。PWM回路 145 A が図 8 に示す PWM回路 145 と相違するのは、データ  $D_{b1} \sim D_{bn}$  を最上位ビットと他のビットとに分けて処理する点である。PWM回路 145 A においては、データ  $D_{b1} \sim D_{bn}$  の最上位ビットが選択信号  $M_s$  として選択回路 1453 A に供給される。また、データ  $D_{b1} \sim D_{bn}$  から最上位ビットを除いたものは、比較器 1451 に供給される。比較器 1451 は下位ビットとカウントデータ  $CNT$  を比較して比較信号  $CS$  を生成する。  
30

【0101】

また、選択回路 1453 A は、PWM信号  $W_1 \sim W_n$ 、リセットタイミング信号  $C_r$ 、および選択信号  $M_s$  に基づいて、共通電極電圧  $V_{com}$ 、印加電圧  $+V_a$ 、 $-V_a$  およびリセット電圧  $V_{rest}$  の中から所定の電圧を選択して出力する。

【0102】

選択条件は以下の通りである。第1に、選択回路 1453 A は、リセットタイミング信号  $C_r$  がアクティブ (Hレベル) のときにリセット電圧  $V_{rest}$  を選択する。第2に、選択回路 1453 A は、リセットタイミング信号  $C_r$  が非アクティブ (Lレベル) かつ PWM信号がアクティブ (Hレベル) かつ選択信号  $M_s$  が Hレベルのとき、印加電圧  $+V_a$  を選択する。第3に、選択回路 1453 A は、リセットタイミング信号  $C_r$  が非アクティブ (Lレベル) かつ PWM信号がアクティブ (Hレベル) かつ選択信号  $M_s$  が Lレベルのとき、印加電圧  $-V_a$  を選択する。第4に、選択回路 1453 A は、リセットタイミング信号  $C_r$  が非アクティブ (Lレベル) かつ PWM信号が非アクティブ (Lレベル) のときに共通電極電圧  $V_{com}$  を選択する。  
40

【0103】

第1実施形態と異なり、選択回路 1453 A において、選択信号  $M_s$  に基づいて印加電圧  $+V_a$  と  $-V_a$  を選択したのは、以下の理由による。第1実施形態では、画像を更新する場合、画素電極 104 にリセット電圧  $V_{rest}$  を印加して、電気泳動粒子 3 を画素電極  
50

104に引き寄せた。このため、書込期間 $T_w$ においては、電気泳動粒子3を画素電極104側から共通電極201側へ移動させればよかった。つまり、書込期間 $T_w$ における電気泳動粒子3の移動方向は一方向に限られていた。これに対して、第2実施形態では、差分画像データ $D_d$ に基づいて電気泳動粒子3の位置を制御するため、電気泳動粒子3を両方向に移動させる必要がある。そこで、選択信号 $M_s$ に基づいて、共通電極電圧 $V_{com}$ を基準として正極性の電圧 $+V_a$ と負極性の電圧 $-V_a$ とを選択できるようにしたのである。

#### 【0104】

<2-3：電気泳動表示装置の動作>

次に、電気泳動表示装置の動作について説明する。図21は電気泳動表示装置の全体動作を示すタイミングチャートである。この図を参照しつつ、動作の概要を説明する。 10

#### 【0105】

まず、時刻 $t_0$ において、電気泳動表示装置の電源がオフ状態からオン状態に切り替わると、画像信号処理回路301A、タイミングジェネレータ400Aおよび電気泳動表示パネルAに電源が給電される。そして、所定期間が経過し回路動作が安定した時刻 $t_1$ において、タイミングジェネレータ400Aは、リセットタイミング信号 $C_r$ を1フィールド期間アクティブにする。このリセット期間 $T_r$ にあつては、データ線駆動回路140Aはリセット電圧 $V_{reset}$ を各データ線102に出力する。また、走査線駆動回路130が各走査線101を順次選択する。これにより、総ての画素電極104にリセット電圧 $V_{reset}$ が書き込まれると、電気泳動粒子3が画素電極104側に移動する。つまり、電気泳動粒子3の空間的な状態が初期化される。 20

#### 【0106】

次に、時刻 $t_2$ に至ると、書込期間 $T_w$ が開始する。この書込期間 $T_w$ にあつては、画像信号処理回路300Aは差分画像データ $D_d$ を出力する。各画素電極104には表示中の階調と次に表示すべき階調との差に応じた時間だけ印加電圧 $+V_a$ または $-V_a$ が書き込まれる。ただし、最初のフィールド(時刻 $t_2$ から時刻 $t_3$ まで)にあつては、画像データ $D_v$ が差分画像データ $D_d$ としてデータ線駆動回路140Aに供給されるから、表示すべき階調に応じた期間だけ印加電圧 $+V_a$ が各画素電極104に書き込まれることになる。もっとも、リセット動作によって、表示階調は0%(あるいは100%)になっているから、基本的な機能に着目すれば、最初のフィールドにあつても、表示中の階調と次に表示すべき階調との差分に応じた期間だけ印加電圧 $+V_a$ を書き込んでいるといえる。 30

#### 【0107】

<2-3-1：書込動作>

次に、書込動作について詳細に説明する。図22は書込動作における電気泳動表示装置のタイミングチャートである。ここでは、 $i$ 行( $i$ 番目の走査線)・ $j$ 列( $j$ 番目のデータ線)の画素における書込動作を説明する。他の画素においても同様の書き込みがなされることは勿論である。この例では、直前のフィールドにおいて画素 $P_{ij}$ は100%の階調レベルを表示したものとす。くわえて、現在のフィールドで表示すべき階調が50%の場合を実線で、0%の場合を一点鎖線で示す。

#### 【0108】

$j$ 番目のデータ線102に供給されるデータ線信号 $X_j$ の電圧は、図22に示す差分電圧印加期間 $T_{dv}$ において印加電圧 $+V_a$ または $-V_a$ となる。現在のフィールドで表示すべき階調が50%であれば、直前のフィールドの階調より50%減少している。このため、図22に示すように差分電圧印加期間 $T_{dv}$ では印加電圧 $-V_a$ が選択される。一方、無バイアス期間 $T_{db}$ はPWM信号 $W_j$ が非アクティブとなる期間である。 40

#### 【0109】

また、 $i$ 番目の走査線101に供給される走査線信号 $Y_i$ は $i$ 番目の水平走査期間においてアクティブとなる。画素 $P_{ij}$ を構成するTF103は当該水平走査期間においてオン状態となる。画素 $P_{ij}$ の画素電極104には、時刻 $T_1$ から時刻 $T_3$ までのデータ線信号 $X_j$ が取り込まれる。すなわち、この例ではある走査線のある選択期間において、画 50



素電極 104 に印加電圧 -  $V_a$  を書き込んでから、共通電極電圧  $V_{com}$  を書き込むまでの動作が終了する。

なお、画像保持動作は第 1 実施形態を同様のため、説明を省略する。

【0110】

< 3 : 第 3 実施形態 >

次に、第 3 実施形態に係る電気泳動表示装置について説明する。第 1 実施形態の電気泳動表示装置にあつては、第 1 に、画素電極 104 に表示階調に応じた期間だけ印加電圧  $V_a$  を印加して、階調に応じた距離だけ電気泳動粒子 3 を移動させ、第 2 に、画素電極 104 に共通電極電圧  $V_{com}$  を印加して電気泳動粒子 3 にクローン力を作用させないようにした。また、分散媒 2 の粘性抵抗が小さい場合には、共通電極電圧  $V_{com}$  を印加した後も電気泳動粒子 3 が惰性で泳動するため、画像信号処理回路 300A において、惰性による泳動を見込んで画像データ D を生成していた。

10

【0111】

しかしながら、分散媒 2 の粘性抵抗の値によっては、電気泳動粒子 3 の運動エネルギーを減衰させるのに長時間を要する場合もある。上述した例では電気泳動粒子 3 が画素電極 104 から共通電極 201 に向けて泳動するから、粘性抵抗が極端に小さいと表示画面が次第に明るくなり、やがてある明るさに落ち着くことになる。

【0112】

第 3 実施形態は、このような表示画面の明るさの変動を防止できる電気泳動表示装置を提供するものである。第 3 実施形態の電気泳動表示装置は、画像信号処理回路 300A の代わりに画像信号処理回路 300B を用いる点、データ線駆動回路 140A の代わりにデータ線駆動回路 140B を用いる点を除いて、図 3 に示す第 1 実施形態の電気泳動表示装置と同様に構成されている。

20

【0113】

< 3 - 1 : 画像信号処理回路 >

まず、画像信号処理回路 300B について説明する。図 23 は画像信号処理回路 300B のブロック図であり、図 24 はその出力データのタイミングチャートである。

【0114】

図 23 に示すように画像信号処理回路 300B は、A/D 変換器 310、補正部 320、制動データ生成部 330、および選択部 340 を備えている。A/D 変換器 310 は画像信号 VID をアナログ信号からデジタル信号に変換して入力画像データ  $D_{in}$  を出力する。補正部 320 は、ROM 等を有しており、入力画像データ  $D_{in}$  にガンマ補正等の補正処理を施して画像データ D を生成する。

30

【0115】

制動データ生成部 330 は、その内部にテーブルを有している。このテーブルは、制動データ  $D_s$  のデータ値を画像データ D の取り得るデータ値と対応付けて記憶する。制動データ生成部 330 は、画像データ D をアドレスとして当該テーブルにアクセスして制動データ  $D_s$  を得る。なお、テーブルは、RAM や ROM 等の記憶回路を含む。ここで、制動データ  $D_s$  は、電気泳動粒子 3 の運動を減衰させるために用いられる。制動データ  $D_s$  は、制動電圧印加期間  $T_s$  に対応する。

40

【0116】

電気泳動粒子 3 には、印加電圧  $V_a$  応じた電界によってクローン力が与えられる。電圧印加期間  $T_v$  において、電気泳動粒子 3 はクローン力によって加速され泳動する。この後、分散系 1 に電界を付与することを停止しても、電気泳動粒子 3 は惰性による運動を続ける。その運動を減衰させるには、第 1 に逆向きの電界を印加する必要がある。第 2 に逆向きの電界を印加すべき期間は、電気泳動粒子 3 の運動エネルギー、換言すれば表示すべき階調に応じて定まる。そこで、本実施形態にあつては、分散媒 2 の粘性抵抗等を考慮した制動データ  $D_s$  を予め生成し、これを画像データ D の値に対応付けてテーブルに予め記憶しておき、画像データ D に基づいて制動データ  $D_s$  をテーブルから読み出す。

【0117】

50

次に、選択部 340 は、図 24 に示すように書込期間にあっては、画像データ D と制動データ D<sub>s</sub> を多重した多重データ D<sub>m</sub> を出力する。この例において、画像データ D は 6 ビット、制動データ D<sub>s</sub> は 6 ビットである。多重データ D<sub>m</sub> は 12 ビットのデータである。また、多重データ D<sub>m</sub> は、MSB から 6 ビットが画像データ D、LSB から 6 ビットが制動データ D<sub>s</sub> となる。

【0118】

< 3 - 2 : データ線駆動回路 >

次に、データ線駆動回路 140B について説明する。データ線駆動回路 140B は PWM 回路 145B の構成を除いて第 1 実施形態のデータ線駆動回路 140A と同様に構成されている。

10

【0119】

図 25 は、第 3 実施形態に用いる PWM 回路 145B のブロック図であり、図 26 はそのタイミングチャートである。図 25 に示すように、この PWM 回路 145B は、各单位回路 R<sub>1</sub> ~ R<sub>n</sub> を備える。各单位回路 R<sub>1</sub> ~ R<sub>n</sub> は、比較器 1454 と SR ラッチ 1455 が追加された点、および選択回路 1453 の代わりに選択回路 1456 を用いる点で、図 8 に示す第 1 実施形態の PWM 回路 145 と相違する。

【0120】

各单位回路 R<sub>1</sub> ~ R<sub>n</sub> を構成する比較器 1451 には、多重データ D<sub>m</sub> の上位ビットから構成される画像データ D が供給される一方、比較器 1454 にはその下位ビットから構成される制動データ D<sub>s</sub> が供給される。比較器 1454 は、比較信号 CS' を生成する。比較信号 CS' はカウントデータ CNT と制動データ D<sub>s</sub> とが一致したときにアクティブ (H レベル) となる

20

【0121】

次に、各 SR ラッチ 1455 は、立ち下りエッジで出力レベルをセットし (H レベル)、立ち上がりエッジでリセットする (L レベル)。また、セット端子には各 SR ラッチ 1452 の出力信号たる PWM 信号 W<sub>1</sub> ~ W<sub>n</sub> が供給され、リセット端子には比較信号 CS' が供給される。各 SR ラッチ 1455 の出力信号は、制動信号 W<sub>1</sub>' ~ W<sub>n</sub>' として選択回路 1456 に供給される。

【0122】

次に、各選択回路 1456 は、リセットタイミング信号 C<sub>r</sub>、PWM 信号 W<sub>1</sub> ~ W<sub>n</sub> および制動信号 W<sub>1</sub>' ~ W<sub>n</sub>' に基づいて、リセット電圧 V<sub>rest</sub>、印加電圧 V<sub>a</sub>、制動電圧 V<sub>s</sub> および共通電極電圧 V<sub>com</sub> の中から所定の電圧を選択して出力する。その選択条件は以下の通りである。

30

【0123】

第 1 に、選択回路 1456 は、リセットタイミング信号 C<sub>r</sub> がアクティブ (H レベル) のときにリセット電圧 V<sub>rest</sub> を選択する。第 2 に、選択回路 1456 は、リセットタイミング信号 C<sub>r</sub> が非アクティブ (L レベル) かつ PWM 信号がアクティブ (H レベル) のときに印加電圧 V<sub>a</sub> を選択する。第 3 に、選択回路 1456 は、リセットタイミング信号 C<sub>r</sub> が非アクティブ (L レベル) かつ制動信号がアクティブ (H レベル) のときに制動電圧 V<sub>s</sub> を選択する。第 4 に、選択回路 1456 は、リセットタイミング信号 C<sub>r</sub>、PWM 信号および制動信号が非アクティブ (L レベル) のときに共通電極電圧 V<sub>com</sub> を選択する。

40

【0124】

ここで、j 番目の単位回路 R<sub>j</sub> の動作を図 26 に示すタイミングチャートを参照して、具体的に説明する。なお、この例では、ある水平走査期間において、リセットタイミング信号 C<sub>r</sub> は非アクティブになっており、また、線順次の画像データ D<sub>bj</sub> は画像データ D と制動データ D<sub>s</sub> とを含む。この例の画像データ D が指示する階調値は「32」である。また、この例の制動データ D<sub>s</sub> が指示する値は「48」である。この図に示すように、PWM 信号 W<sub>j</sub> は、水平走査期間の開始からカウントデータ CNT の値が「32」になるまでの期間、H レベルとなる (時刻 t<sub>20</sub> から時刻 t<sub>21</sub> までの期間)。

50

## 【0125】

S Rラッチ1455はPWM信号 $W_j$ の立ち下りエッジでトリガされるので、時刻 $t_{21}$ において制動信号 $W_j'$ はLレベルからHレベルへ遷移する。そして、時刻 $t_{22}$ に至ると、カウンタデータCNTの値が「48」になり、カウンタデータCNTの値は制動データDsの値と一致する。このとき、比較信号CS'がLレベルからHレベルへ遷移し、この立ち上がりエッジに同期して制動信号 $W_j'$ がHレベルからLレベルへ遷移する。

## 【0126】

上述したように選択回路1455は、PWM信号 $W_j$ がHレベルとなる期間において印加電圧Vaを選択し、制動信号 $W_j'$ がHレベルとなる期間において制動電圧Vsを選択し、これらの信号がLレベル期間あつては共通電極電圧Vcomを選択出力する。このため、データ線信号 $X_j$ の電圧は、図26に示すように、時刻 $t_{20}$ から時刻 $t_{21}$ までの期間において印加電圧Vaとなり、時刻 $t_{21}$ から時刻 $t_{22}$ までの期間において制動電圧Vsとなり、さらに、時刻 $t_{22}$ から当該水平走査期間が終了するまで共通電極電圧Vcomとなる。このようにして生成されたデータ線信号 $X_1 \sim X_n$ は、各データ線102に供給される。そして、データ線信号 $X_1 \sim X_n$ は、走査線信号 $Y_1 \sim Y_m$ に同期して画素電極104に印加される。

10

## 【0127】

<3-3:電気泳動表示装置の動作>

次に、第3実施形態に係る電気泳動表示装置の動作について説明する。この電気泳動表示装置は、リセット動作 書込動作 保持動作 書換動作(リセット動作および書込動作)といった順に動作する点では、図11を参照して説明した第1実施形態の電気泳動表示装置と同様である。ただし、第3実施形態に係る電気泳動表示装置の動作は、書込動作(書換動作中のものを含む)中に、制動電圧Vsを所定期間だけ画素電極104に印加する工程が加えられている点で、第1実施形態に係る電気泳動表示装置の動作と相違する。以下、相違点である書込動作の詳細について説明する。

20

## 【0128】

図26は書込動作における電気泳動表示装置のタイミングチャートである。ここでは、i行j列の画素 $P_{ij}$ における書込動作を説明する。他の画素においても同様の書込動作がなされる。

データ線信号 $X_j$ はj番目のデータ線102に供給される。データ線信号 $X_j$ の電圧は、図26に示すように、電圧印加期間Tvにおいて印加電圧Vaとなる。電圧印加期間Tvは時刻T1から時刻T2までの期間である。データ線信号 $X_j$ の電圧は、制動電圧印加期間Tsにおいて制動電圧Vsとなる。制動電圧印加期間Tsは時刻T2から時刻T3までの期間である。データ線信号 $X_j$ の電圧は、無バイアス期間Tbにおいて共通電極電圧Vcomとなる。無バイアス期間Tbは時刻T3から時刻T4までの期間である。

30

## 【0129】

また、走査線信号 $Y_i$ はi番目の走査線101に供給される。走査線信号 $Y_i$ はi番目の水平走査期間においてアクティブとなる。このため、画素 $P_{ij}$ のTF T103は当該水平走査期間においてオン状態となり、画素 $P_{ij}$ の画素電極104には、時刻T1から時刻T4まで期間において、データ線信号 $X_j$ が印加される。すなわち、この例ではある走査線のある選択期間において、第1に画素電極104に印加電圧Vaを書き込み、第2に画素電極104に制動電圧Vsを書き込み、第3に画素電極104に共通電極電圧Vcomを書き込む。

40

## 【0130】

次に、画素 $P_{ij}$ における電気泳動粒子3の挙動について考察する。この書込動作の前にはリセット動作が行われているから、時刻T1において、画素 $P_{ij}$ の電気泳動粒子3は画素電極104側に総て位置している。このとき、画素電極104に印加電圧Vaが印加されると、画素電極104から共通電極201へ向けて電界が付与される。したがって、時刻T1から電気泳動粒子3は移動を開始し、輝度 $I_{ij}$ は次第に高くなる。

## 【0131】

50

そして、時刻  $T_2$  に至ると、画素電極 104 に制動電圧  $V_s$  が印加される。制動電圧  $V_s$  の印加期間は、直前の印加電圧  $V_a$  の印加期間に応じて設定されている。また、制動電圧  $V_s$  の極性は共通電極電圧  $V_{com}$  を基準として負極性のものである。これは、電圧印加期間  $T_v$  において、電気泳動粒子 3 には画素電極 104 から共通電極 201 へ向けてのクローン力が作用していたので、これを打ち消す方向に電界を付与する必要があるからである。

#### 【0132】

この制動電圧  $V_s$  は、いわばブレーキとして電気泳動粒子 3 に作用する。制動電圧  $V_s$  は、電気泳動粒子 3 の運動方向とは逆方向のクローン力を電気泳動粒子 3 に付与する。これにより、制動電圧印加期間  $T_s$  の終了時刻  $T_3$  までに電気泳動粒子 3 は泳動を停止する。 10

#### 【0133】

そして、時刻  $T_3$  に至ると、画素電極 104 には共通電極電圧  $V_{com}$  が印加される。すると、画素電極 104 と共通電極 201 との電圧が一致するから、画素容量に蓄積されていた電荷が放電される。これにより、 $TFT103$  をオフ状態にしても画素  $P_{ij}$  には電界が全く発生しないことになるので、電気泳動粒子 3 の空間的な状態を保持することができる。

#### 【0134】

このように本実施形態の書込動作にあつては、まず、画素  $P_{ij}$  の画素電極 104 に印加電圧  $V_a$  を表示すべき階調に応じた期間だけ書き込む。すると、電気泳動粒子 3 が移動する。さらに、画素  $P_{ij}$  の画素電極 104 に制動電圧  $V_s$  を所定期間書き込む。すると、電気泳動粒子 3 の運動が減衰して電気泳動粒子 3 が停止する。したがって、分散媒 2 の粘性抵抗が小さい場合であっても、電気泳動粒子 3 の惰性による泳動距離を短くすることができる。この結果、輝度の変化がない安定した画像を短時間で表示させることが可能となる。 20

#### 【0135】

< 4 : 第 4 実施形態形態 >

第 4 実施形態は、第 2 実施形態で説明した差分駆動に関する技術と第 3 実施形態で説明した電気泳動粒子 3 の制動に関する技術とを組み合わせたものである。第 3 実施形態の電気泳動表示装置においては、表示すべき階調に応じた期間だけ画素電極に一定電圧を印加したが、第 4 実施形態の電気泳動表示装置では次に表示すべき階調と現在表示中の階調の差分に対応した期間にわたって画素電極に一定電圧を印加する。 30

#### 【0136】

第 4 実施形態の電気泳動表示装置は、画像信号処理回路 301A の代わりに画像信号処理回路 301B を用いる点、PWM 回路 145A の代わりに PWM 回路 145B を用いる点を除いて、第 2 実施形態の電気泳動表示装置と同様に構成されている。以下に相違点を中心に説明する。

#### 【0137】

< 4 - 1 : 画像信号処理回路 >

まず、画像信号処理回路 301B について説明する。図 28 は画像信号処理回路 301B のブロック図である。図 28 に示す画像信号処理回路 301B は、図 19 に示す第 2 実施形態の画像信号処理回路 301A と比較して、演算部 330 の後段に制動データ生成部 350 と選択部 340 とを備える点で相違する。 40

#### 【0138】

制動データ生成部 350 は、テーブルを備える。テーブルは、RAM や ROM 等の記憶回路によって構成されている。テーブルは、制動データ  $D_{ds}$  のデータ値を差分画像データ  $D_d$  の取り得るデータ値と対応付けて記憶している。

#### 【0139】

ここで、制動データ  $D_{ds}$  は、電気泳動粒子 3 の運動を減衰させるために用いられる。制動データ  $D_{ds}$  の値は後述する制動電圧印加期間  $T_{ds}$  に対応する。上述したように、電気泳動粒子 3 はクローン力によって加速され泳動する。この後、分散系 1 に電界を付与す 50

ることを停止しても、電気泳動粒子3は惰性による運動を続ける。電気泳動粒子3を停止させるには、逆向きの電界を印加する必要がある。また、その電界強度は、電気泳動粒子3の運動エネルギー、換言すれば差分階調値に応じて定める必要がある。そこで、本実施形態にあっては、分散媒2の粘性抵抗等を考慮した制動データDdsを予め生成し、これを差分画像データDdの値に対応付けてテーブルに予め記憶しておき、差分画像データDdに基づいてテーブルから制動データDdsを読み出す。

#### 【0140】

次に、選択部340は、差分画像データDdと制動データDdsとを選択することによって、これらを多重した多重データDdmを生成する。この例において、多重データDmは12ビットのデータであり、多重データDmは、MSBから6ビットが差分画像データDd、LSBから6ビットが制動データDdsとなる。

10

なお、選択部340の選択動作は、図24において画像データDを差分画像データDdに置き換えるとともに、制動データDsを制動データDdsに置き換えたものと同じである。

#### 【0141】

<4-2: PWM回路>

図29は、PWM回路145Cの構成を示すブロック図である。図30は、多重データDdmとこれを分割して得られるデータの関係を示す図である。

図29に示すように、PWM回路145Cは、各单位回路R1~Rnを備えている。各单位回路R1~Rnには、多重データDdmが点順次の形式でデータDb1~Dbnとして供給される。多重データDdmは、図30に示すように差分画像データDdと制動データDdsとからなる。差分画像データDdのうち、最上位ビットは選択信号Msであり、最上位ビットを除く下位5ビットが差分画像データDd'である。つまり、選択信号Msと差分画像データDd'とは、差分画像データDdの符号ビット(MSB)と絶対値を示す他のビットとを分離したものである。また、制動データDdsのうち最上位ビットは選択信号Ms'であり、最上位ビットを除く下位5ビットが制動データDds'である。つまり、選択信号Ms'と差分画像データDd'とは、差分画像データDdの符号ビット(MSB)と大きさを示す他のビットとを分離したものである。

20

#### 【0142】

各单位回路R1~Rnは、比較器1451、比較器1454および選択回路1456を備える。比較器1451は、5ビットのカウントデータCNTと差分画像データDd'とを比較して、比較信号CSを生成する。比較信号CS'はカウントデータCNTと差分画像データDd'が一致したときにアクティブ(Hレベル)となる。比較器1454は、カウントデータCNTと制動データDds'とを比較して、比較信号CS'を生成する。比較信号CS'はカウントデータCNTと制動データDds'が一致したときにアクティブ(Hレベル)となる。

30

#### 【0143】

次に、各選択回路1456は、リセットタイミング信号Cr、PWM信号W1~Wn、制動信号W1'~Wn'、選択信号Ms、Ms'に基づいて、リセット電圧Vrest、印加電圧+Va、-Va、停止電圧+Vs、-Vsおよび共通電極電圧Vcomの中から所定の電圧を選択して出力する。

40

#### 【0144】

選択条件は、以下の通りである。第1に、選択回路1456は、リセットタイミング信号Crがアクティブ(Hレベル)のときにリセット電圧Vrestを選択する。第2に、選択回路1456は、リセットタイミング信号Crが非アクティブ(Lレベル)かつPWM信号がアクティブ(Hレベル)のときに印加電圧+Vaまたは-Vaを選択する。第3に、選択回路1456は、リセットタイミング信号Crが非アクティブ(Lレベル)かつ停止信号がアクティブ(Hレベル)のときに制動電圧+Vsまたは-Vsを選択する。第4に、選択回路1456は、リセットタイミング信号Cr、PWM信号および停止信号が非アクティブ(Lレベル)のときに共通電極電圧Vcomを選択する。

50

## 【 0 1 4 5 】

さらに、選択回路 1 4 5 6 は、印加電圧 +  $V_a$  または -  $V_a$  を選択するときには、選択信号  $M_s$  が H レベルのとき印加電圧 -  $V_a$  を選択し、それが L レベルのとき印加電圧 +  $V_a$  を選択する。くわえて、選択回路 1 4 5 6 は、制動電圧 +  $V_s$  または -  $V_s$  を選択するときには、選択信号  $M_s'$  が H レベルのとき、制動電圧 -  $V_s$  を選択し、それが L レベルのとき制動電圧 +  $V_s$  を選択する。

## 【 0 1 4 6 】

ここで、 $j$  番目の単位回路  $R_j$  の動作を図 3 1 に示すタイミングチャートを参照して、具体的に説明する。なお、この例では、ある水平走査期間において、リセットタイミング信号  $C_r$  は非アクティブである。また、差分画像データ  $D_d'$  の指示する階調値が「16」、制動データ  $D_s'$  の指示する値が「24」である。くわえて、選択信号  $M_s$  は「0」、選択信号  $M_s'$  は「1」である。

10

## 【 0 1 4 7 】

PWM 信号  $W_j$  が H レベルとなる期間は、水平走査期間の開始からカウントデータ  $CNT$  の値が「16」になるまでの期間である（時刻  $t_{20}$  から時刻  $t_{21}$  までの期間）。SR ラッチ 1 4 5 5 は PWM 信号  $W_j$  の立ち下りエッジでトリガされるので、時刻  $t_{21}$  において制動信号  $W_j'$  は L レベルから H レベルへ遷移する。そして、時刻  $t_{22}$  に至ると、カウントデータ  $CNT$  の値が「24」になり、制動データ  $D_s'$  の値と一致する。このとき、比較信号  $C_s'$  が L レベルから H レベルへ遷移し、この立ち上がりエッジに同期して制動信号  $W_j'$  が H レベルから L レベルへ遷移する。

20

## 【 0 1 4 8 】

上述したように選択回路 1 4 5 6 は、PWM 信号  $W_j$  が H レベルとなる期間において印加電圧 +  $V_a$  または -  $V_a$  を選択し、停止信号  $W_j'$  が H レベルとなる期間において停止電圧 +  $V_s$  または -  $V_s$  を選択する。また、選択信号  $M_s$ 、 $M_s'$  は、各々「0」、「1」であることから、選択回路 1 4 5 6 は、印加電圧 +  $V_a$ 、制動電圧 -  $V_s$  が選択されることになる。さらに、PWM 信号  $W_j$  および制動信号  $W_j'$  が L レベル期間あつては共通電極電圧  $V_{com}$  が選択される。このため、データ線信号  $X_j$  の電圧は、時刻  $t_{20}$  から時刻  $t_{21}$  までの期間において印加電圧 +  $V_a$  となる。データ線信号  $X_j$  の電圧は、時刻  $t_{21}$  から時刻  $t_{22}$  までの期間において制動電圧 -  $V_s$  となる。さらに、データ線信号  $X_j$  の電圧は、時刻  $t_{22}$  から当該水平走査期間が終了するまで期間、共通電極電圧  $V_{com}$  となる。

30

## 【 0 1 4 9 】

< 4 - 3 : 電気泳動表示装置の動作 >

この電気泳動表示装置は、リセット動作 書込動作 保持動作といった順に動作する点では、図 2 1 を参照して説明した第 2 実施形態の電気泳動表示装置と同様である。ただし、書込動作中に、制動電圧を画素電極 1 0 4 に印加する工程が加えられている点で相違する。以下、相違点である書込動作の詳細について説明する。

## 【 0 1 5 0 】

図 3 2 は書込動作における電気泳動表示装置のタイミングチャートである。ここでは、 $i$  行  $j$  列の画素  $P_{ij}$  における書込動作を説明する。他の画素においても同様の書き込みがなされる。また、この例では、直前のフィールドにおいて画素  $P_{ij}$  は 1 0 0 % の階調レベルを表示したものとす。くわえて、現在のフィールドで表示すべき階調が 0 % の場合を実線で、5 0 % の場合を一点鎖線で示す。

40

## 【 0 1 5 1 】

データ線信号  $X_j$  の電圧は、差分電圧印加期間  $T_{dv}$  において印加電圧 +  $V_a$  または -  $V_a$  となる。現在のフィールドで表示すべき階調が 5 0 % であれば、直前のフィールドの階調より 5 0 % 減少している。このため、図 2 8 に示すように差分電圧印加期間  $T_{dv}$  では印加電圧 -  $V_a$  が選択される。また、制動電圧印加期間  $T_{ds}$  において、データ線信号  $X_j$  の電圧は制動電圧 +  $V_s$  となる。さらに時刻  $T_3$  から時刻  $T_4$  までの無バイアス期間  $T_{db}$  において、データ線信号  $X_j$  の電圧は共通電極電圧  $V_{com}$  となる。

50

## 【0152】

また、走査線信号  $Y_i$  は  $i$  番目の水平走査期間においてアクティブとなる。このため、画素  $P_{ij}$  の T F T 1 0 3 は当該水平走査期間においてオン状態となる。画素  $P_{ij}$  の画素電極 1 0 4 には、時刻  $T_1$  から時刻  $T_4$  までのデータ線信号  $X_j$  の電圧が印加される。

## 【0153】

< 5 : 第5実施形態 >

第5実施形態の電気泳動表示装置は、第1実施形態の電気泳動表示装置と同様に、画像データ  $D$  の階調値に応じた期間、画素電極 1 0 4 にある電圧を印加する。ところで、第1実施形態では、1水平走査期間を電圧印加期間  $T_v$  と無バイアス期間  $T_b$  に分割し、1水平走査期間内で電気泳動粒子 3 の移動と停止とを完結させていた。これに対して第5実施形態では、水平走査期間単位で印加電圧  $V_a$  を画素電極 1 0 4 に印加するとともに、水平走査期間単位で共通電極電圧  $V_{com}$  を画素電極 1 0 4 に印加する。以下の説明では、前者は電圧印加期間  $T_{vf}$  と称し、後者を無バイアス期間  $T_{bf}$  と称する。ここで、電圧印加期間  $T_{vf}$  は、複数の水平走査期間から構成される。そして、水平走査期間の数は、画像データ  $D$  の指示する階調値に応じて定める。

10

## 【0154】

本実施形態の駆動方法においては、水平走査期間を前半期間  $H_a$  と後半期間  $H_b$  とに分割し各期間で異なる処理を行う。まず、各水平走査期間の前半期間  $H_a$  においては、各走査線 1 0 1 を順次選択し、印加電圧  $V_a$  を各行の画素電極 1 0 4 に書き込む。例えば、 $i$  行目の画素  $P_{i1}$ 、 $P_{i2}$ 、...、 $P_{im}$  の画素電極 1 0 4 には、 $i$  番目の水平走査期間の前半期間  $H_a$  に印加電圧  $V_a$  が書き込まれる。

20

## 【0155】

次に、各水平走査期間の後半期間  $H_b$  では、各画素電極 1 0 4 に共通電極電圧  $V_{com}$  を表示すべき階調に応じて適宜書き込む。例えば、 $i$  行 2 列目の画素  $P_{i2}$  に表示すべき階調が「3」であったとする。この場合には、第  $i+3$  番目の水平走査期間の後半期間  $H_b$  において、共通電極電圧  $V_{com}$  を当該画素に書き込む。これにより、当該画素  $P_{i2}$  では、第  $i$  番目から第  $i+2$  番目までの3水平走査期間にわたって、電界が印加されることになる。

## 【0156】

ところで、画素  $P_{ij}$  の画素電極 1 0 4 への電圧を書き込むためには、以下の2つの条件を満たす必要がある。第1の条件は、 $i$  番目の走査線 1 0 1 を選択して、画素  $P_{ij}$  の T F T 1 0 3 をオン状態にすることである。第2の条件は、当該選択期間において  $j$  番目のデータ線 1 0 2 に所定電圧 ( $V_a$  または  $V_{com}$ ) を印加することである。

30

## 【0157】

しかし、 $i$  番目の走査線 1 0 1 を選択すると、画素  $P_{ij}$  のみならず当該走査線 1 0 1 に接続される総ての T F T 1 0 3 がオン状態になる。したがって、画素  $P_{ij}$  に共通電極電圧  $V_{com}$  を書き込む場合には、ある水平走査期間の後半期間  $H_b$  において、他の画素  $P_{i1} \sim P_{ij-1}$  および  $P_{ij+1} \sim P_{im}$  の T F T 1 0 3 がオン状態になる。このとき、他の画素  $P_{i1} \sim P_{ij-1}$  および  $P_{ij+1} \sim P_{im}$  に何らかの電圧を書き込んだのでは、所望の階調表示を得ることができない。

40

## 【0158】

そこで、本実施形態にあつては、他の画素  $P_{i1} \sim P_{ij-1}$  および  $P_{ij+1} \sim P_{im}$  に接続されるデータ線 1 0 2 をハイインピーダンス状態にする。これにより、不必要な電圧が画素電極 1 0 4 に書き込まれないようにしている。

## 【0159】

第5実施形態の電気泳動表示装置は、以下の点を除いて、図3に示す第1実施形態の電気泳動表示装置と同様である。相違点は、画像信号処理回路 3 0 0 A の代わりに画像信号処理回路 3 0 0 C を用いる点、走査線駆動回路 1 3 0 A の代わりに走査線駆動回路 1 3 0 C を用いる点、データ線駆動回路 1 4 0 A の代わりにデータ線駆動回路 1 4 0 C を用いる点である。

50

## 【 0 1 6 0 】

< 5 - 1 : 画像処理回路 >

図 3 3 は、画像信号処理回路 3 0 0 C の回路構成を示すブロック図である。画像信号処理回路 3 0 0 C は、A / D 変換器 3 1 0 と補正部 3 2 0 を含む。A / D 変換器 3 1 0 は画像信号 V I D をデジタル信号に変換する。補正部 3 2 0 はガンマ補正等の補正処理を行って、画像データ D を生成する。ここで、画像データ D のビット幅は、走査線 1 0 1 の総数と一致する。この例では、走査線 1 0 1 の本数 m は 6 4 本であり、画像データ D のビット幅は 6 ビットである。

## 【 0 1 6 1 】

さらに、画像信号処理回路 3 0 0 C は、垂直カウンタ 3 3 1、水平カウンタ 3 3 2、加算回路 3 3 3、書込回路 3 3 4、第 1 および第 2 フィールドメモリ 3 3 5、3 3 6 および読出回路 3 3 8 を備える。

10

## 【 0 1 6 2 】

垂直カウンタ 3 3 1 は第 1 Y クロック Y C K 1 をカウントして行アドレス A y を生成する。水平カウンタ 3 3 2 は X クロック X C K をカウントして列アドレス A x を生成する。行アドレス A y と列アドレス A x は、現在の画像データ D を表示すべき 1 フィールド中のタイミングを特定する。加算回路 3 3 3 は、画像データ D のデータ値と行アドレス A y とを加算して、加算アドレス A y ' を生成する。

## 【 0 1 6 3 】

第 1 メモリ 3 3 5 は、図 3 4 に示すように 1 2 8 ( = 2 m ) 行 n 列の記憶領域を有する。各記憶領域は 1 ビットのデータを記憶する。この第 1 メモリ 3 3 5 には、データ線 1 0 2 に共通電極電圧 V c o m を印加するタイミングを示す情報が記憶される。第 1 メモリ 3 3 5 の各列は各データ線 1 0 2 に対応しており、第 1 メモリ 3 3 5 の各行は水平走査期間の順番に対応している。

20

## 【 0 1 6 4 】

一方、第 2 メモリ 3 3 6 は、図 3 4 に示すように 6 4 ( = m ) 行 1 2 8 ( = 2 m ) 列の記憶領域を有する。各記憶領域は 2 ビットのデータを記憶する。以下の説明では、ある記憶領域のうち上位ビットを記憶する領域を上位ビット記憶領域と呼び、ある記憶領域のうち下位ビットを記憶する領域を下位ビット記憶領域と呼ぶ。上位ビット記憶領域に記憶するデータは、水平走査期間の前半期間 H a において走査線 1 0 1 の選択を行うか否かを指示する。下位ビット記憶領域に記憶するデータは、水平走査期間の後半期間 H b において走査線 1 0 1 の選択を行うか否かを指示する。走査線 1 0 1 の駆動は第 2 メモリ 3 3 6 に記憶されたデータに基づいて行われる。なお、第 1 および第 2 メモリ 3 3 5、3 3 6 の記憶内容は動作開始前に「 0 」にリセットされる。

30

## 【 0 1 6 5 】

次に、書込回路 3 3 4 は、第 1 メモリ 3 3 5 に対して以下の手順で書き込みを行う。書込回路 3 3 4 は、行アドレスを A y '、列アドレスを A x として特定される記憶領域に「 1 」を書き込む。また、書込回路 3 3 4 は、第 2 メモリ 3 3 6 に対して以下の手順で書き込みを行う。第 1 に、書込回路 3 3 4 は、行アドレスを A y、列アドレスを A y として特定される記憶領域のうち上位ビット記憶領域に「 1 」を書き込む。第 2 に、書込回路 3 3 4 は、行アドレスを A y、列アドレスを A y ' として特定される記憶領域のうち下位ビット記憶領域に「 1 」を書き込む。

40

## 【 0 1 6 6 】

次に、読出回路 3 3 8 は、書き込みが終了した後、第 1 メモリ 3 3 5 の第 1 行第 1 列、第 1 行第 2 列、...、第 2 行第 1 列、第 2 行第 2 列、...、第 6 4 行第 1 列、... 第 1 2 8 行 n 列という順番で各記憶領域の記憶内容を順次読み出す。これにより、読出回路 3 3 8 は、1 ビットの印加時間データ D x を生成し、これをデータ線駆動回路 1 4 0 C に供給する。

## 【 0 1 6 7 】

さらに、読出回路 3 3 8 は、第 2 メモリ 3 3 6 から以下の手順でデータを読み出して走査データ D y を生成し、走査データ D y を走査線駆動回路 1 3 0 C に供給する。読出回路 3

50



38は、第2 Yクロック YCK2 に同期して第2メモリ336からデータを読み出す。第2 Yクロック YCK2 の周波数は、水平走査周波数を  $f_h$  とすると、 $2 \cdot m \cdot f_h$  ( $m = 64$ ) である。

【0168】

読出回路338は、まず、第1列第1行の上位ビット記憶領域、第1列第2行の上位ビット記憶領域、...、第1列第64行の上位ビット記憶領域からデータを順次読み出す。次に、第1列第1行の下位ビット記憶領域、第1列第2行の下位ビット記憶領域、...、第1列第64行の下位ビット記憶領域からデータを順次読み出す。以後、読出回路338は、第1列と同様に、第2列から第128列までの記憶領域からデータを順次読み出す。

【0169】

したがって、 $j$  番目の水平走査期間において、その前半期間  $H_a$  に生成される走査データ  $D_y$  は、第  $j$  列第1行の上位ビット記憶領域、第  $j$  列第2行の上位ビット記憶領域、...、第  $j$  列第64行の上位ビット記憶領域から読み出されたデータとなる。また、 $j$  番目の水平走査期間において、その後半期間  $H_b$  に生成される走査データ  $D_y$  は、第  $j$  列第1行の下記ビット記憶領域、第  $j$  列第2行の下位ビット記憶領域、...、第  $j$  列第64行の下位ビット記憶領域から読み出されたデータとなる。

【0170】

ここで、行アドレス  $A_y$  が「 $i$ 」、列アドレス  $A_x$  が「 $j$ 」、画像データ  $D$  の値が「3」である場合を一例として画像信号処理回路300Cの動作を具体的に説明する。なお、当該画像データ  $D$  は、 $i$  行  $j$  列の画素  $P_{ij}$  の階調を指示するものである。

【0171】

まず、書込回路334は、第2メモリ336に対して、 $i$  行  $i$  列の上位ビット記憶領域に「1」を書き込む。また、書込回路334は、図35に示すように  $i$  行  $i+3$  列の下位ビット記憶領域に「1」を書き込む。上述したように第2メモリ336の第  $i$  行は、第  $i$  番目の走査線101に対応している。また、第2メモリ336の  $i$  列目は  $i$  番目の水平走査期間に、 $i+3$  列目は  $i+3$  番目の水平走査期間に各々対応している。さらに、下位ビット記憶領域は水平走査期間のうち後半期間  $H_b$  に対応している。したがって、 $i$  行  $i+3$  列の下位ビット記憶領域に書き込まれた「1」は、第  $i$  番目の走査線101を  $i+3$  番目の水平走査期間の後半期間  $H_b$  に選択することを指示する。

【0172】

また、書込回路334は、第1メモリ335に対して、 $i+3$  行  $j$  列目の記憶領域に「1」を書き込む。 $j$  列目の各記憶領域は  $j$  番目のデータ線102に対応しており、 $i+3$  行目の各記憶領域は第  $i+3$  番目の水平走査期間に対応している。したがって、 $i+3$  行  $j$  列目の記憶領域に書き込まれた「1」は、 $j$  番目のデータ線102に対して第  $i+3$  番目の水平走査期間の後半期間  $H_b$  に共通電極電圧  $V_{com}$  を印加することを指示する。

【0173】

したがって、画素  $P_{ij}$  の画素電極104には、第  $i$  番目の水平走査期間の開始から第  $i+3$  番目の水平走査期間の前半期間  $H_a$  が終了するまでの期間、印加電圧  $V_a$  が印加される。そして、第  $i+3$  番目の水平走査期間の後半期間  $H_b$  が始めると、画素  $P_{ij}$  の画素電極104には、共通電極電圧  $V_{com}$  が印加される。この結果、画像データ  $D$  の示す階調値に応じた期間だけ、印加電圧  $V_a$  を当該画素電極104に印加することができる。

【0174】

< 5 - 2 : 走査線駆動回路 >

次に、走査線駆動回路130Cについて説明する。図36は走査線駆動回路130Cの構成を示すブロック図であり、図37および図38はそのタイミングチャートである。なお、この例では、走査線101の本数  $m$  が64本であるものとする。走査線駆動回路130Cは、Yシフトレジスタ131、スイッチ  $SW_1 \sim SW_{64}$ 、第1ラッチ132、および第2ラッチ133を備えている。

【0175】

Yシフトレジスタ131は、第2 Yクロック YCK2 と反転第2 Yクロック YCK2 Bに

10

20

30

40

50

基づいて、転送開始パルス $DY'$ を順次シフトして、サンプリングパルス $SR1$ 、 $SR2$ 、... $SR64$ を生成する。第2 Yクロック $YCK2$ の周波数は $2 \cdot m \cdot fh$  ( $m = 64$ )に選ばれているから、図37に示すように、1組のサンプリングパルス $SR1$ 、 $SR2$ 、... $SR64$ が $1/2$ 水平走査期間に生成される。これにより、ある $1/2$ 水平走査期間において、64個の走査データ $Dy$ が、スイッチ $SW1 \sim SW64$ によって順次サンプリングされる。第1ラッチ132は、サンプリング結果を保持する。第1ラッチ132は、図37に示す出力データ $Dy1 \sim Dy64$ を出力する。第2ラッチ133は、ラッチパルス $LAT'$ に基づいて出力データ $Dy1 \sim Dy64$ をラッチする。ラッチパルス $LAT'$ は図38に示すように $1/2$ 水平走査期間周期のパルスである。第2ラッチ133の出力信号は、走査線信号 $Y1' \sim Y64'$ として、各走査線101に供給される。

10

## 【0176】

例えば、図35に示すように、第2メモリ336の第 $i$ 行第 $i+3$ 列の下位ビット記憶領域が「1」を記憶しているとするれば、第1ラッチ132の出力データ $Dy_i \sim Dy_{i+3}$ は図38に示すものとなる。これらを図38に示すラッチパルス $LAT'$ でラッチすると、図38に示す走査線信号 $Y_i \sim Y_{i+3}$ が得られる。すなわち、第 $i$ 行目の走査線101に出力される走査線信号 $Y_i'$ は、第 $i$ 番目の水平走査期間に前半期間 $H_a$ においてアクティブになるとともに、第 $i+3$ 番目の水平走査期間の後半期間 $H_b$ でアクティブとなる。

## 【0177】

< 5 - 3: データ線駆動回路 >

20

次に、データ線駆動回路140Cについて説明する。図39は、データ線駆動回路140Cの構成を示すブロック図である。このデータ線駆動回路140Cは、以下の点を除いて、図6に示すデータ線駆動回路140Aと同様に構成されている。相違点は、画像データDの替わりに印加時間データ $D_x$ が供給される点、バスBUS、第1および第2ラッチ142C、143Cを1ビットで構成した点、および、PWM回路145の替わりにPWM回路144Cを用いる点である。

## 【0178】

第1ラッチ142Cは、印加時間データ $D_x$ を点順次の印加時間データ $D_{ax1} \sim D_{axn}$ に変換する。第2ラッチ143Cは点順次の印加時間データ $D_{ax1} \sim D_{axn}$ を線順次の印加時間データ $D_{bx1} \sim D_{bxn}$ に変換する。

30

また、PWM回路144Cは、 $n$ 個の選択ユニット $U1 \sim Un$ を備えている。選択ユニット $U1 \sim Un$ は、リセットタイミング信号 $Cr$ 、第1 Yクロック $YCK1$ 、および印加時間データ $D_{bx1} \sim D_{bxn}$ に基づいて、リセット電圧 $V_{rest}$ 、印加電圧 $V_a$ 、および共通電極電圧 $V_{com}$ の中から所定の電圧を選択して出力する。

## 【0179】

図40は $j$ 番目の選択ユニット $U_j$ の出力の状態を示す真理値表である。なお、他のユニットにあっても同様である。この真理値表から明らかのように、リセットタイミング信号 $Cr$ がアクティブ(Hレベル)のとき、データ線信号 $X_j$ はリセット電圧 $V_{rest}$ となる。

## 【0180】

40

次に、リセットタイミング信号 $Cr$ が非アクティブ(Lレベル)の場合、第1 Yクロック $YCK1$ と印加時間データ $D_{bj}$ とに基づいて、選択ユニット $U_j$ は選択を行う。第1 Yクロック $YCK1$ の1周期は水平走査期間周期である。

## 【0181】

図41は、リセットタイミング信号 $Cr$ が非アクティブの場合におけるデータ線信号 $X_j$ と第1 Yクロック $YCK1$ の関係を示すタイミングチャートである。この図に示すように水平走査期間中の前半期間 $H_a$ にあっては、第1 Yクロック $YCK1$ がHレベルとなる。真理値表に示すように、印加時間データ $D_{bj}$ の論理レベルに拘わらずデータ線信号 $X_j$ は印加電圧 $V_a$ となる。つまり、リセットタイミング信号 $Cr$ が非アクティブであれば、水平走査期間中の前半期間 $H_a$ において、総てのデータ線102の電圧は印加電圧 $V_a$ と

50

なる。

【0182】

一方、後半期間H<sub>b</sub>にあつては、第1 YクロックYCK<sub>1</sub>がLレベルとなる。この場合には、印加時間データD<sub>bj</sub>に基づいてデータ線信号X<sub>j</sub>の電圧が定まる。データ線信号X<sub>j</sub>は、印加時間データD<sub>bj</sub>がHレベルのとき共通電極電圧V<sub>com</sub>となる一方、印加時間データD<sub>bj</sub>がLレベルのときハイインピーダンス状態となる。つまり、後半期間H<sub>b</sub>にあつては、印加時間データD<sub>bj</sub>がHレベルにならない限り、j番目のデータ線102はハイインピーダンス状態となる。したがって、印加時間データD<sub>bj</sub>がLレベルであれば、走査信号がアクティブになったとしても、j番目のデータ線102に対応する各画素電極104には電圧が印加されないことになる。

10

【0183】

<5-4: 電気泳動表示装置の動作>

図42は、電気泳動表示装置の全体動作を示すタイミングチャートである。まず、リセット期間T<sub>r</sub>にあつては、電気泳動粒子3が画素電極104側に引き寄せられ、その空間的な状態が初期化される。

次に、書込期間T<sub>w</sub>は電圧印加期間T<sub>v</sub>fと無バイアス期間T<sub>b</sub>fとで構成される。電圧印加期間T<sub>v</sub>fにあつては、画像信号処理回路300Cから出力された印加時間データD<sub>x</sub>に基づいて、各画素電極104に印加電圧V<sub>a</sub>が所定時間書き込まれる。一方、無バイアス期間T<sub>b</sub>fにあつては、画素電極104に共通電極電圧V<sub>com</sub>が印加される。

次に、保持期間T<sub>h</sub>にあつては、画素電極104と共通電極201との間に、電界を発生させないようにしており、直前の書込期間で書き込まれた画像が保持される。

20

そして、書換期間T<sub>c</sub>にあつては、最初の画像表示と同様に、リセット階調電圧の印加無バイアス(共通電極電圧の印加)といった一連の処理が行われることになる。

【0184】

次に、第5実施形態に係る電気泳動表示装置の書込動作(書換動作中のものを含む)について詳細に説明する。図43は書込動作における電気泳動表示装置の動作例を示すタイミングチャートである。

この例では、i行j列目の画素P<sub>ij</sub>に対応する画像データDをD<sub>ij</sub>で表すものとする。また、D<sub>ij</sub>=2、D<sub>ij+1</sub>=0、D<sub>ij+2</sub>=3、D<sub>ij+3</sub>=2であるものとする。加算アドレスA<sub>y'</sub>は行アドレスA<sub>y</sub>と画像データDを加算したものであるから、加算アドレスA<sub>y'</sub>の値は「i+2」「i」「i+3」「i+2」といったように変化する。すると、第2メモリ336の第i行目の記憶領域には、図に示すデータが記憶される。上位ビット記憶領域に記憶されるデータは、前半期間H<sub>a</sub>における走査信号に対応しており、下位ビット記憶領域に記憶されるデータは、後半期間H<sub>b</sub>における走査信号に対応している。このため、i行目の走査信号Y<sub>i</sub>は、図43に示すものとなる。同図において、T<sub>i</sub>~T<sub>i+3</sub>はi番目~T<sub>i+3</sub>番目の水平走査期間を示している。一方、データ線信号X<sub>j</sub>~X<sub>j+2</sub>の電圧は、図43に示すものとなる。ただし、「H<sub>i</sub>」はハイインピーダンス状態であることを示す。

30

【0185】

ここで、i行j列の画素電極104の電圧V<sub>ij</sub>について考える。水平走査期間T<sub>i</sub>においてi番目の走査線101が選択され、また、その前半期間H<sub>a</sub>iにおいてデータ線信号X<sub>j</sub>は電圧V<sub>a</sub>となる。したがって、電圧V<sub>ij</sub>は、期間H<sub>a</sub>iにおいてV<sub>a</sub>となる。期間H<sub>b</sub>iにおいてもi番目の走査線101は選択されるが、期間H<sub>b</sub>iにおいてデータ線信号X<sub>j</sub>はハイインピーダンス状態となっている。したがって、期間H<sub>b</sub>iにおいて電圧V<sub>ij</sub>は変化しない。くわえて、期間H<sub>a</sub>i+1、H<sub>b</sub>i+1、およびH<sub>a</sub>i+2において、i番目の走査線101は選択されない。したがって、これらの期間において電圧V<sub>ij</sub>は変化しない。そして、期間H<sub>b</sub>i+2においてi番目の走査線101は選択されると、データ線信号X<sub>j</sub>の電圧V<sub>com</sub>がi行j列の画素電極104に印加される。したがって、期間H<sub>b</sub>iにおいて電圧V<sub>ij</sub>は電圧V<sub>com</sub>となる。電圧V<sub>ij</sub>がV<sub>a</sub>となるのは2.5Hの期間である。

40

50

## 【0186】

$i$  行  $j + 1$  列の画素電極 104 の電圧  $V_{ij+1}$  は、期間  $H_{ai}$  において電圧  $V_a$  になる。この後、期間  $H_{bi}$  においてデータ線信号  $X_{j+1}$  が電圧  $V_{com}$  となると、電圧  $V_{ij+1}$  は電圧  $V_{com}$  になる。電圧  $V_{ij+1}$  が  $V_a$  となるのは  $0.5H$  の期間である。さらに、 $i$  行  $j + 2$  列の画素電極 104 の電圧  $V_{ij+2}$  は、期間  $H_{ai}$  において電圧  $V_a$  になる。この後、期間  $H_{bi+3}$  においてデータ線信号  $X_{j+2}$  が電圧  $V_{com}$  となると、電圧  $V_{ij+2}$  は電圧  $V_{com}$  になる。電圧  $V_{ij+2}$  が  $V_a$  となるのは  $3.5H$  の期間である。

## 【0187】

さて、期間  $H_{ai} (= 0.5H)$  を除いて各電圧  $V_{ij}$ 、 $V_{ij+1}$ 、 $V_{ij+2}$  の値が  $V_a$  となる各期間は、 $2H$ 、 $0H$ 、 $3H$  である。つまり、水平走査期間単位で、画像データ  $D$  の値に応じた期間、画素電極 104 に電圧  $V_a$  を印加することになる。

10

## 【0188】

次に、画素  $P_{ij}$  に  $100\%$  の階調を表示する場合と  $50\%$  の階調を表示する場合の書込動作について、図 44 を参照して説明する。データ線信号  $X_j$  は、最初のフィールドにおいて 1 水平走査期間周期の信号となる。ただし、後半期間  $H_b$  において、データ線信号  $X_j$  は共通電極電圧  $V_{com}$  となっているが、図 35 を参照して説明したように、後半期間  $H_b$  においてデータ線信号  $X_j$  はハイインピーダンス状態になることもあれば、共通電極電圧  $V_{com}$  となることもある。

## 【0189】

20

ここで、画素  $P_{ij}$  に表示すべき階調が  $100\%$  であるものとすれば、走査線信号  $Y_{i'}$  の信号波形は図 44 に示す実線のように変化する。この場合には、まず、最初のフィールドにおいて  $i$  番目の水平走査期間の前半期間  $H_a$  で走査線信号  $Y_{i'}$  はアクティブとなる。また、この例では、表示すべき階調が  $100\%$  であるから、加算アドレス  $A_{y'}$  は「 $i + 64$ 」になる。このため、走査線信号  $Y_{i'}$  が次にアクティブになるのは、 $64$  個の水平走査期間が経過した後である。すなわち、1 フィールド期間が経過した後、走査線信号  $Y_{i'}$  はアクティブとなる。

## 【0190】

時刻  $T_1$  から時刻  $T_2$  までの期間において走査線信号  $Y_{i'}$  がアクティブ ( $H$  レベル) になると、印加電圧  $V_a$  が画素  $P_{ij}$  の画素電極 104 に書き込まれる。これにより、画素電極 104 の電圧は、時刻  $T_1$  においてリセット電圧  $V_{rest}$  から印加電圧  $V_a$  に遷移する。すると、分散系 1 に一定の電界が印加されることになる。

30

## 【0191】

また、時刻  $T_2$  において、走査線信号  $Y_{i'}$  が非アクティブ ( $L$  レベル) になると、画素  $P_{ij}$  の  $TF_{T103}$  はオフ状態になる。しかし、画素容量は電荷を蓄積しているため、画素電極 104 の電圧  $V_{ij}$  は印加電圧  $V_a$  を維持する。そして、次のフィールドにおいて  $i$  番目の水平走査期間の後半期間  $H_b$  (時刻  $T_4$  から時刻  $T_5$ ) において、走査線信号  $Y_{i'}$  がアクティブになる。このとき、データ線信号  $X_j$  は共通電極電圧  $V_{com}$  となっているので、共通電極電圧  $V_{com}$  が画素電極 104 に印加される。これにより、画素電極 104 の電圧  $V_{ij}$  は、時刻  $T_4$  に至ると、共通電極電圧  $V_{com}$  と一致する。

40

すなわち、電圧印加時間  $T_{vf}$  は画像データ  $D$  の指示する階調値に応じて定まる。そして、この電圧印加時間  $T_{vf}$  の後に共通電極電圧  $V_{com}$  を印加する無バイアス期間  $T_{bf}$  がある。

## 【0192】

次に、画素  $P_{ij}$  における電気泳動粒子 3 の挙動について考察する。時刻  $T_0$  において、画素  $P_{ij}$  の電気泳動粒子 3 は画素電極 104 側に総て位置している。書込動作の前にリセット動作が行われているからである。時刻  $T_1$  において、画素電極 104 に印加電圧  $V_a$  が印加されると、画素電極 104 から共通電極 201 へ向けて電界が付与される。したがって、電気泳動粒子 3 は時刻  $T_1$  から移動を開始し、輝度  $I_{ij}$  は次第に高くなる。印加電圧  $V_a$  に応じた電界は、階調に応じた期間だけ印加される。 $100\%$  の階調を表示

50

するのであれば、時刻  $T_1$  から時刻  $T_4$  までの 1 フィールド期間中印加される。50% の階調を表示するのであれば、1/2 フィールド期間だけ電界が印加される。

【0193】

第 1 実施形態にあっては、1 水平期間中の所定期間に印加電圧  $V_a$  を印加したが、第 5 実施形態では、水平走査期間単位で印加電圧  $V_a$  を印加している。電気泳動粒子 3 の移動量は、分散系 1 に付与する電界の強さと印加時間に応じて定まる。この例では、長時間に亘って電界を印加するから、弱い電界を印加しても所望の輝度  $I_{ij}$  を得ることができる。したがって、本実施形態によればデータ線信号  $X_1 \sim X_n$  によるデータ線 102 の駆動を低電圧で行うことができる。

【0194】

< 5 - 6 : 第 5 実施形態の変形例 >

第 5 実施形態では、図 4 2 に示すように、書込期間  $T_w$  を電圧印加期間  $T_{vf}$  と無バイアス期間  $T_{bf}$  とで構成した。しかし、書込期間  $T_w$  を、電圧印加期間  $T_{vf}$  と、制動電圧印加期間  $T_{sf}$  と、無バイアス期間  $T_{bf}$  とによって構成してもよい。

【0195】

図 4 5 は、第 5 実施形態の変形例に係わる電気泳動表示装置の書込期間における動作を示すタイミングチャートである。なお、書込期間  $T_w$  の直前には、第 5 実施形態と同様に、電気泳動粒子 3 の空間的な状態が初期化されている。

後半期間  $H_b$  は、第 1 後半期間  $H_{b1}$  と第 2 後半期間  $H_{b2}$  に分けられている。そして、データ線信号  $X_j$  は、第 1 後半期間  $H_{b1}$  において、ハイインピーダンス状態または制動電圧  $V_s$  となる。さらに、データ線信号  $X_j$  は、第 2 後半期間  $H_{b2}$  において、ハイインピーダンス状態または共通電極電圧  $V_{com}$  となる。印加電圧期間  $T_{vf}$  において、画素電極 104 の電圧  $V_{ij}$  は印加電圧  $V_a$  となる。この期間において、電気泳動粒子 3 は移動を開始し、輝度  $I_{ij}$  は次第に高くなる。次に、時刻  $T_4$  から時刻  $T_6$  までの制動電圧印加期間  $T_{sf}$  にあっては、制動電圧  $V_s$  が画素電極 104 に印加される。

【0196】

制動電圧  $V_s$  は共通電極電圧  $V_{com}$  を基準として負極性の電圧であるから、電気泳動粒子 3 には、運動方向とは逆方向の力が働く。これにより、電気泳動粒子 3 の移動速度を低下させ、時刻  $T_6$  に至るまでに、その運動を完全に停止させることができる。この変形例では、水平走査期間単位で印加電圧  $V_a$  および制動電圧  $V_s$  を画素電極 104 に印加するから、データ線信号  $X_1 \sim X_n$  を低電圧で駆動することが可能となる。

【0197】

< 6 : 第 6 実施形態 >

第 5 実施形態においては、表示すべき階調に応じた期間だけ一定電圧を画素電極 102 に印加したが、その代わりに一定電圧を次に表示すべき階調と現在表示中の階調の差分に対応した期間にわたって印加しても良い。以下に相違点を中心に説明する。

【0198】

< 6 - 1 : 画像処理回路 >

まず、画像信号処理回路 301C について説明する。図 4 6 は、画像信号処理回路 301C の構成を示すブロック図である。この図に示すように画像信号処理回路 301C は、以下の点を除いて、図 1 9 に示す画像処理回路 301A と同様に構成されている。相違点は、演算部 330 の後段に、垂直カウンタ 341、水平カウンタ 342、加算回路 343、書込回路 344、第 1 および第 2 メモリ 345、346、および読出回路 348 を備える点である。なお、差分画像データ  $D_d$  のビット幅は、走査線 101 の総数と一致する。この例では、走査線 101 が 64 本あり、差分画像データ  $D_d$  のビット幅が 6 ビットであるものとする。差分画像データ  $D_d$  の MSB は符号ビットである。画像データ  $D_v$  のデータ値が遅延画像データ  $D_v'$  のデータ値以上である場合、符号ビットは「0」となる。一方、画像データ  $D_v$  のデータ値が遅延画像データ  $D_v'$  のデータ値未満である場合、符号ビットは「1」となる。

【0199】

10

20

30

40

50

垂直カウンタ341は第1YクロックYCK1をカウントして行アドレスAyを生成する。水平カウンタ342はXクロックXCKをカウントして列アドレスAxを生成する。この行アドレスAyと列アドレスAxは、現在の差分画像データDdを表示すべき1フィールド中のタイミングを特定する。加算回路343は、差分画像データDdと行アドレスAyとを加算して、加算アドレスAy'を生成する。

【0200】

次に、第1メモリ345は、図47に示すように128(=2m)行n列の記憶領域を有する。各記憶領域は上位ビット記憶領域と下位ビット記憶領域からなる。上位ビット記憶領域は差分画像データDdの符号ビット(MSB)を記憶する。下位ビット記憶領域はデータ線102に共通電極電圧Vcomを印加するタイミングを示すデータを記憶する。第1メモリ335の各列は各データ線102に対応しており、第1メモリ335の各行は水平走査期間の順番に対応している。なお、第2メモリ346は、図35に示す第2メモリ336と同様であるので、その説明を省略する。

10

【0201】

次に、書込回路344は、第1メモリ345に対して以下の手順で書き込みを行う。書込回路344は、行アドレスをAy、列アドレスをAxとして特定される記憶領域のうち上位ビット記憶領域に差分画像データDdの符号ビット(MSB)を書き込む。また、書込回路344は、行アドレスをAy'、列アドレスをAxとして特定される記憶領域のうち下位ビット記憶領域に「1」を書き込む。なお、第2メモリ346に対するデータの書き込みは、第5実施形態で説明した第2メモリ336に対するデータの書き込みと同様である。

20

【0202】

次に、読出回路348は、書き込みが終了した後、第1メモリ345の第1行第1列、第1行第2列、...、第2行第1列、第2行第2列、...、第64行第1列、...第128行n列の順番で、各記憶領域からデータを順次読み出す。読み出されたデータは、2ビットの極性・時間データDdxである。極性・時間データDdxの上位ビットは、差分画像データDdの符号ビットであり、画素電極104に印加すべき電圧の極性を指示する。また、極性・時間データDdxの下位ビットは、共通電極電圧Vcomを画素電極104に印加すべきタイミングを指示する。なお、第2メモリ346からデータを読み出す動作は、第5実施形態で説明した第2メモリ336からデータを読み出す動作と同様である。

30

【0203】

<6-2:データ線駆動回路>

次に、データ線駆動回路140Dについて説明する。図48は、データ線駆動回路140Dの構成を示すブロック図である。データ線駆動回路140Dは、以下の点を除いて、図39に示す第5実施形態のデータ線駆動回路140Cと同様である。相違点は、印加時間データDxの代わりに極性・時間データDdxが供給される点、バスBUS、第1および第2ラッチ142D、143Dを2ビットで構成した点、および、PWM回路144Cの代わりにPWM回路144Dを用いる点である。

【0204】

PWM回路144Dは、n個の選択ユニットU1~Unを備える。選択ユニットU1~Unは、リセットタイミング信号Cr、第1YクロックYCK1、および極性・時間データDbx1~Dbxnに基づいて、リセット電圧Vrest、印加電圧+Va、-Vaおよび共通電極電圧Vcomの中から所定の電圧を選択して出力する。

40

【0205】

図49はj番目の選択ユニットUjの選択動作を示す真理値表である。また、なお、他の選択ユニットも同様である。この真理値表から明らかのように、リセットタイミング信号Crがアクティブ(Hレベル)のとき、データ線信号Xjはリセット電圧Vrestとなる。

【0206】

次に、リセットタイミング信号Crが非アクティブ(Lレベル)の場合、第1Yクロック

50

YCK1と極性・時間データDbjとに基づいて、選択ユニットUjは選択を行う。図50は、リセットタイミング信号Crが非アクティブの場合におけるデータ線信号XjとYクロックYCKのタイミングチャートである。第1YクロックYCK1がHレベルの場合、極性・時間データDbjの上位ビットに基づいて、選択ユニットUjは印加電圧+Va、-Vaのうち一方を選択する。したがって、前半期間Haにおいて、データ線信号Xjの電圧は印加電圧+Vaまたは-Vaとなる。図50に示す実線は、上位ビットがLレベルの場合におけるデータ線信号Xjを示したものである。また、第1YクロックYCK1がLレベルの場合、極性・時間データDbjの下位ビットに基づいて、選択ユニットUjは選択を行う。したがって、後半期間Hbにおいては、極性・時間データDbjの下位ビットがHレベルの場合、データ線信号Xjは共通電極電圧Vcomとなる一方、極性・時間データDbjの下位ビットがLレベルの場合、データ線信号Xjはハイインピーダンス状態となる。

10

#### 【0207】

<6-3:電気泳動表示装置の動作>

図51は、電気泳動表示装置の全体動作を示すタイミングチャートである。まず、リセット期間Trにあっては、電気泳動粒子3が画素電極104側に引き寄せられ、その空間的な状態が初期化される。

次に、書込期間Twは、複数の単位期間から構成されている。1つの単位期間は電圧印加期間Tvfと無バイアス期間Tbfとの組で構成される。電圧印加期間Tvfにあっては、極性・時間データDxに基づいて、各画素電極104に印加電圧+Vaまたは-Vaが所定時間書き込まれる。一方、無バイアス期間Tbfにあっては、画素電極104に共通電極電圧Vcomが印加される。

20

次に、保持期間Thにあっては、画素電極104と共通電極201との間に、電界を発生させないようにしており、直前の書込期間で書き込まれた画像が保持される。

#### 【0208】

図52は書込動作における電気泳動表示装置のタイミングチャートである。ここでは、i行j列の画素Pijにおける書込動作を説明する。この例では、画素Pijにおける直前の単位期間の階調が10%であり、現在の単位期間で100%の階調を表示させるものとする。

水平走査期間の前半期間Haにおいて、データ線信号Xjの電圧極性は、表示中の階調とこれから表示すべき階調とのうちどちらが大きいかによって定まる。この例では、10%から100%へと階調を増加させるため、i番目の水平走査期間の前半期間Haにおいて、データ線信号Xjは電圧+Vaとなる。

30

#### 【0209】

走査線信号Yi'は、まず、最初のフィールドにおいてi番目の水平走査期間の前半期間Haでアクティブとなる。この例では、階調が90%増加するため、走査線信号Yi'は、時刻t1から0.9フィールド経過した時刻T3において、再びアクティブとなる。時刻T1から時刻T2までの期間において走査線信号Yi'がアクティブ(Hレベル)になると、印加電圧+Vaが画素Pijの画素電極104に書き込まれる。画素電極104の電圧Vijは、時刻T1において共通電極電圧Vcomから印加電圧+Vaに遷移する。走査線信号Yi'が再びアクティブになる期間(時刻T3~T4)、データ線信号Xjは共通電極電圧Vcomとなる。したがって、画素電極104の電圧Vijは、時刻T3に至ると、共通電極電圧Vcomと一致する。

40

#### 【0210】

次に、画素Pijにおける電気泳動粒子3の挙動について考察する。画素Pijは、直前の単位期間で10%の階調を表示しているから、画素Pijの電気泳動粒子3は、時刻T0において、画素電極104から若干共通電極201よりに位置している。時刻T1において、画素電極104に印加電圧+Vaが印加されると、画素電極104から共通電極201へ向けて電界が付与される。したがって、時刻T1から電気泳動粒子3は移動を開始し、輝度Iijは次第に高くなる。印加電圧+Vaに応じた電界は、差分階調に応じた期

50

間だけ発生する。この例では、10%から100%へと階調を変化させるため、電界が発生する期間は0.9フィールドである。

#### 【0211】

第2実施形態にあつては、1水平期間中の所定期間に印加電圧+V<sub>a</sub>または-V<sub>a</sub>を印加したが、第6実施形態では、水平走査期間単位で印加電圧+V<sub>a</sub>または-V<sub>a</sub>を画素電極102に印加している。電気泳動粒子3の移動量は、分散系1に付与する電界の強さと印加時間に応じて定まる。この例では、長時間に亘って電界を印加するから、弱い電界を印加しても所望の輝度I<sub>ij</sub>を得ることができる。したがって、本実施形態によればデータ線信号X<sub>1</sub>~X<sub>n</sub>を低電圧で駆動することが可能となる。

#### 【0212】

<6-4:第6実施形態の変形例>

第6実施形態では、図51に示すように、単位期間T<sub>u</sub>を電圧印加期間T<sub>v f</sub>と無バイアス期間T<sub>b f</sub>とで構成した。しかし、単位期間T<sub>u</sub>を、電圧印加期間T<sub>v f</sub>と、制動電圧印加期間T<sub>s f</sub>と、無バイアス期間T<sub>b f</sub>とによって構成してもよい。

#### 【0213】

図53は、第6実施形態の変形例に係わる電気泳動表示装置の単位期間T<sub>u</sub>における動作を示すタイミングチャートである。この例においても、第5実施形態の変形例と同様に、後半期間H<sub>b</sub>は、第1後半期間H<sub>b1</sub>と第2後半期間H<sub>b2</sub>に分けられている。ただし、データ線信号X<sub>j</sub>は、第1後半期間H<sub>b1</sub>において、ハイインピーダンス状態、制動電圧+V<sub>s</sub>、-V<sub>s</sub>のいずれかになる。+V<sub>s</sub>および-V<sub>s</sub>は共通電極電圧V<sub>com</sub>を中心電圧とする。制動電圧として極性の異なる+V<sub>s</sub>、-V<sub>s</sub>を選択できるようにしたのは、電気泳動粒子3が2方向に移動するからである。すなわち、印加電圧として+V<sub>a</sub>を選択した場合には、制動電圧として-V<sub>s</sub>を選択し、印加電圧として-V<sub>a</sub>を選択した場合には、制動電圧として+V<sub>s</sub>を選択する。

<7:応用例>

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲で応用・変形が可能である。

<7-1:動画の表示>

上述した各実施形態にあつては、1枚の画像をリセット動作、書込動作の順で形成してこれを保持し、必要に応じて書換動作を行うようにした。したがって、各実施形態の電気泳動表示装置は、静止画を表示するのに適している。しかし、リセット期間T<sub>r</sub>を短くするとともに、書換動作をある周期で繰り返すことによって、動画を表示してもよいことは勿論である。動画を表示する場合には、第1に、電気泳動粒子3に移動速度が速いことが望ましい。このため、分散媒2の粘性抵抗は小さいことが好ましい。このような場合には、分散系1へ電界を付与することを停止しても電気泳動粒子3が惰性で泳動することが多い。したがって、制動電圧V<sub>s</sub>を印加して、電気泳動粒子3の運動を減衰させることが好ましい。

#### 【0214】

<7-2:リフレッシュ期間>

分散系1を構成する分散媒2と電気泳動粒子3の比重は等しいことが好ましいが、素材の制約やバラツキによって両者の比重を完全に一致させることは難しい。このような場合、一旦、画像を書き込んでこれを長時間放置すると、電気泳動粒子3に重力が作用して、粒子3が沈降・浮上することがある。そこで、タイミングジェネレータ400Cの内部に図54に示すタイマー装置を設けて、所定周期で同一画像を再書込みすることが好ましい。

#### 【0215】

このタイマー装置410は、タイマー部411と比較部412とを備えている。

タイマー部411は、時間か計測して継続時間データD<sub>t</sub>を生成するとともに、通常書き込みを指示する書込開始信号W<sub>s</sub>と再書込信号W<sub>s</sub>'のうちいずれか一方がアクティブになると継続時間データD<sub>t</sub>の値を'0'にリセットするようになっている。比較部412は継続時間データD<sub>t</sub>と予め定められたリフレッシュ期間を指示する基準時間データD

10

20

30

40

50



refとを比較して、継続時間データDtと基準時間データDrefを比較して、両者が一致すると、所定時間アクティブとなる再書込信号Ws'を生成するようになっている。

#### 【0216】

図55は、タイマー装置410のタイミングチャートである。書込開始信号Wsがアクティブになると、タイマー部411の継続時間データDtがリセットされ、計測が開始される。そして、予め定められたリフレッシュ期間が経過すると、継続時間データDtと基準時間データDrefとが一致して再書込信号Ws'がアクティブとなる。以後、リフレッシュ期間が経過する毎に再書込信号Ws'がアクティブとなる一方、途中で書込開始信号Wsがアクティブとなれば、その時点からリフレッシュ期間の計測が開始されることとなる。

10

このようにして得られた再書込信号Ws'をトリガとして上述した実施形態で説明した書き換え動作(ただし同一画像)を実行することによって、表示画像のリフレッシュを図ることができる。

#### 【0217】

<7-3:電子機器>

次に、上述した電気泳動表示装置を用いた電子機器について説明する。

<7-3-1:電子書籍>

まず、電気泳動表示装置を電子書籍に適用した例について説明する。図56は、この電子書籍を示す斜視図である。図において、電子書籍1000は、電気泳動表示パネル1001、電源スイッチ1002、第1ボタン1003、第2ボタン1004、およびCD-ROMスロット1005を備えている。

20

#### 【0218】

利用者が電源スイッチ1002を押して、CD-ROMスロット1005にCD-ROMを装着すると、CD-ROMの内容が読み出され、電気泳動表示パネル1001にメニューが表示される。利用者が第1ボタン1003と第2ボタン1004を操作して、所望の書籍を選択すると電気泳動表示パネル1001に第1頁が表示される。頁を進める場合には第2ボタン1004を押し、頁を戻す場合には第1ボタン1003を押し。

#### 【0219】

この電子書籍1000にあっては、書籍の内容を表示した後は、第1ボタン1003および第2ボタン1004を操作したときだけ表示画面を更新する。上述したように電気泳動粒子3は電界が印加されなければ泳動しない。換言すれば、表示画像を維持するためには給電が不要である。このため、表示画面を更新するときだけ、駆動回路に電圧を給電して電気泳動表示パネル1001を駆動している。この結果、液晶表示装置と比較して消費電力を大幅に削減することができる。

30

#### 【0220】

また、電気泳動表示パネル1001の表示画像は、顔料粒子である電気泳動粒子3によって表示される。したがって、表示画面が光ることがない。したがって、電子書籍1000は印刷物と同様の表示が可能であり、これを長時間読んでも目の疲労が少ないといった利点がある。

#### 【0221】

<7-3-2:パーソナルコンピュータ>

次に、電気泳動表示装置を、モバイル型のパーソナルコンピュータに適用した例について説明する。図57は、このパーソナルコンピュータの構成を示す斜視図である。図において、コンピュータ1200は、キーボード1202を備えた本体部1204と、電気泳動表示パネル1206とから構成されている。この電気泳動表示パネル1206の表示画像は、顔料粒子である電気泳動粒子3によって表示されるので、透過型・半透過型の液晶表示装置で必要とされるバックライトが不要である。このため、コンピュータ1200を小型軽量化することができ、しかも、その消費電力を大幅に削減することが可能である。

40

#### 【0222】

<7-3-3:携帯電話>

50

さらに、電気泳動表示装置を、携帯電話に適用した例について説明する。図58は、この携帯電話の構成を示す斜視図である。図において、携帯電話1300は、複数の操作ボタン1302のほか、受話口1304、送話口1306とともに、電気泳動表示パネル1308を備えるものである。

液晶表示装置にあっては偏光板が必要であり、これにより表示画面が暗くなっていたが、電気泳動表示パネル1308は偏光板が不要である。このため、携帯電話1300は明るくて見やすい画面を表示することができる。

なお、電子機器としては、図56～図58を参照して説明した他にも、テレビジョンモニターや、屋外の広告板、道路標識、ビューファインダ型、モニタ直視型のビデオテープレコーダ、カーナビゲーション装置、ページャ、電子手帳、電卓、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレビ電話、POS端末、タッチパネルを備えた機器等などが挙げられる。そして、これらの各種電子機器に対して、各実施形態の電気泳動表示パネル、さらにはこれを備えた電気光学装置が適用可能なのは言うまでもない。

【0223】

【発明の効果】

以上説明したように本発明よれば、アクティブマトリックス形式の電気泳動表示装置を駆動して所望の画像を表示することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1実施形態に係る電気泳動表示パネルの機械的な構成を示す分解斜視図である。

【図2】 同パネルの部分断面図である。

【図3】 同パネルを用いた電気泳動表示装置の電氣的な構成を示すブロック図である。

【図4】 同パネルの分割セルの構造を簡略化して示した断面図である。

【図5】 電圧印加時間と階調濃度との関係の一例を示すグラフである。

【図6】 同装置のデータ線駆動回路140Aのブロック図である。

【図7】 走査線駆動回路130Aおよびデータ線駆動回路140Aのタイミングチャートである。

【図8】 データ線駆動回路140Aに用いるPWM回路145のブロック図である。

【図9】 PWM信号の信号波形を示すタイミングチャートである。

【図10】 PWM回路145の単位回路Rjの動作を示すタイミングチャートである。

【図11】 画像信号処理回路300Aの出力データを示すタイミングチャートである。

【図12】 リセット動作における電気泳動表示装置のタイミングチャートである。

【図13】 書込動作における電気泳動表示装置のタイミングチャートである。

【図14】 第2の態様に係るリセット動作を説明するためのタイミングチャートである。

【図15】 複数の水平ラインを同時にリセットする場合の動作を示すタイミングチャートである。

【図16】 書き換えるべき水平ラインを説明するための図である。

【図17】 第4の態様に係る電気泳動パネルBの電氣的な構成を示すブロック図である。

【図18】 分割セルの構造を簡略化して示した断面図である。

【図19】 画像処理回路301Aのブロック図である。

【図20】 PWM回路145Aのブロック図である。

【図21】 画像処理回路301Aの出力データを示すタイミングチャートである。

【図22】 書き込み動作における電気泳動表示装置のタイミングチャートである。

【図23】 画像信号処理回路300Bのブロック図である。

【図24】 画像信号処理回路300Bの出力データのタイミングチャートである。

【図25】 PWM回路145Bのブロック図である。

【図26】 PWM回路145Bの単位回路Rjの動作を示すタイミングチャートである。

。

10

20

30

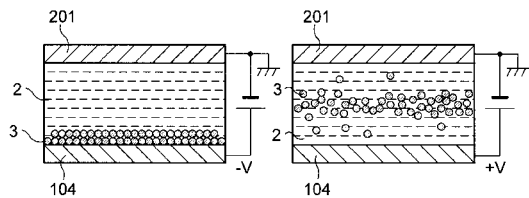
40

50

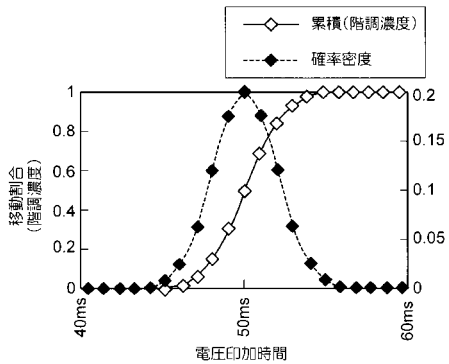
- 【図27】 書込動作における電気泳動表示装置のタイミングチャートである。
- 【図28】 画像処理回路301Bのブロック図である。
- 【図29】 PWM回路145Cのブロック図である。
- 【図30】 多重データDdmとこれを分割して得られるデータの関係を示す図である。
- 【図31】 PWM回路145Bの単位回路Rjの動作を示すタイミングチャートである。
- 【図32】 書込動作における電気泳動表示装置のタイミングチャートである。
- 【図33】 画像信号処理回路300Cのブロック図である。
- 【図34】 第1フィールドメモリ335の記憶領域を画素と対応付けて示す概念図である。 10
- 【図35】 第2フィールド336の記憶領域を画素と対応付けて示す概念図である。
- 【図36】 走査線駆動回路130Cのブロック図である。
- 【図37】 走査線駆動回路130Cのタイミングチャートである。
- 【図38】 走査線駆動回路130Cのタイミングチャートである。
- 【図39】 データ線駆動回路140Cのブロック図である。
- 【図40】 PWM回路144Cに用いる選択ユニットUjの真理値表である。
- 【図41】 リセットタイミング信号Crが非アクティブの場合におけるデータ線信号XjとYクロックYCKのタイミングチャートである。
- 【図42】 電気泳動表示装置の全体動作を示すタイミングチャートである。
- 【図43】 書込動作における電気泳動表示装置の動作例を示すタイミングチャートである。 20
- 【図44】 書込動作における電気泳動表示装置のタイミングチャートである。
- 【図45】 書込動作における電気泳動表示装置のタイミングチャートである。
- 【図46】 画像処理回路301Cのブロック図である。
- 【図47】 第1フィールドメモリ335の記憶領域を画素と対応付けて示す概念図である。
- 【図48】 データ線駆動回路140Dのブロック図である。
- 【図49】 PWM回路144Cに用いる選択ユニットUjの真理値表である。
- 【図50】 リセットタイミング信号Crが非アクティブの場合におけるデータ線信号Xjと第1YクロックYCK1のタイミングチャートである。 30
- 【図51】 電気泳動表示装置の全体動作を示すタイミングチャートである。
- 【図52】 電気泳動表示装置の書込動作を示すタイミングチャートである。
- 【図53】 電気泳動表示装置の書込動作を示すタイミングチャートである。
- 【図54】 タイマー装置410のブロック図である。
- 【図55】 タイマー装置410の動作を示すタイミングチャートである。
- 【図56】 電子機器の一例たる電子書籍の概観斜視図である。
- 【図57】 電子機器の一例たるパーソナルコンピュータの概観斜視図である。
- 【図58】 電子機器の一例たる携帯電話の概観斜視図である。
- 【符号の説明】
- 1 …… 分散系 40
- 2 …… 分散媒
- 3 …… 電気泳動粒子
- A …… 電気泳動表示パネル
- 101 …… 走査線
- 102 …… データ線
- 103 …… TFT (スイッチング素子)
- 104 …… 画素電極
- 201 …… 共通電極
- Va …… 印加電圧
- Vs …… 制動電圧 50



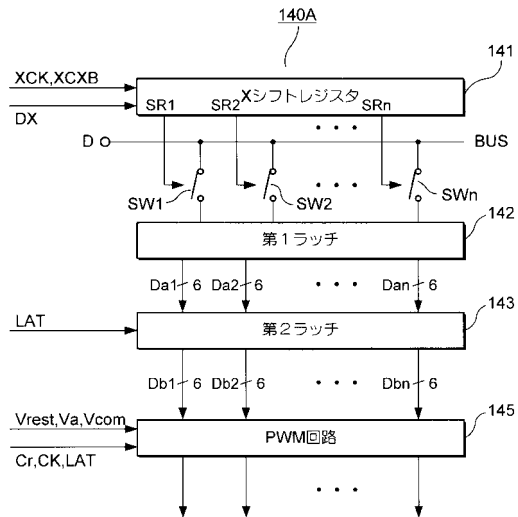
【図4】



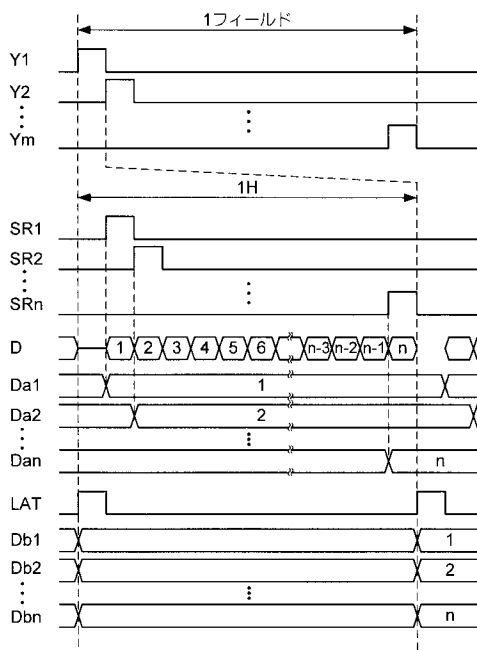
【図5】



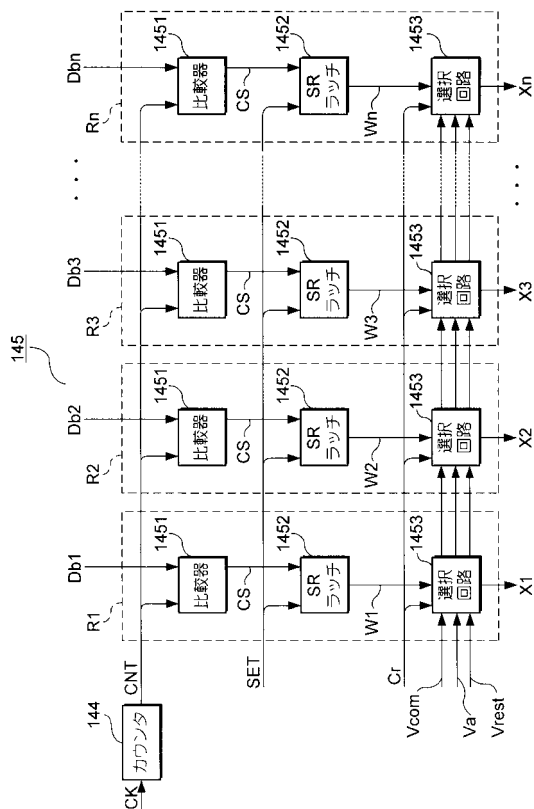
【図6】



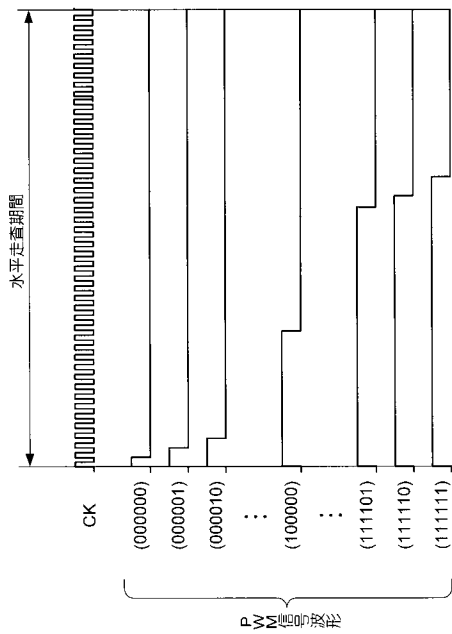
【図7】



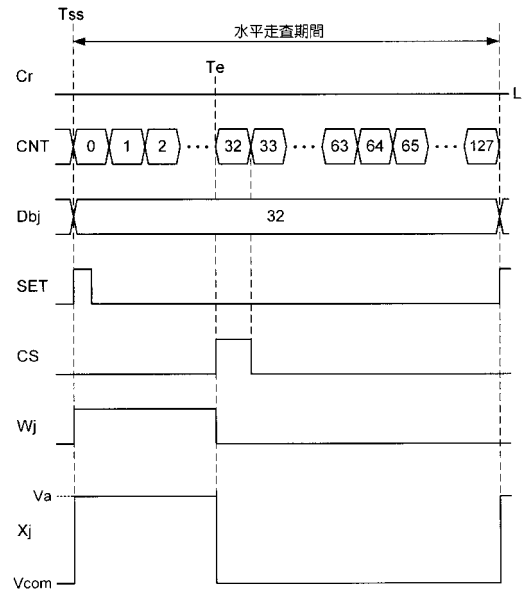
【図8】



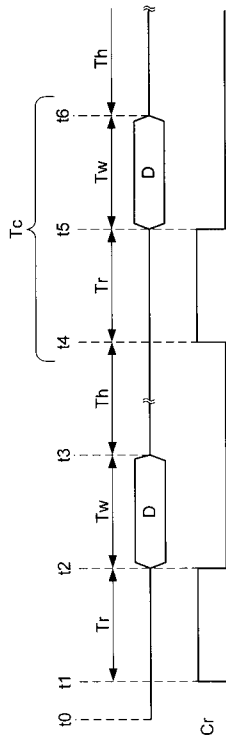
【 図 9 】



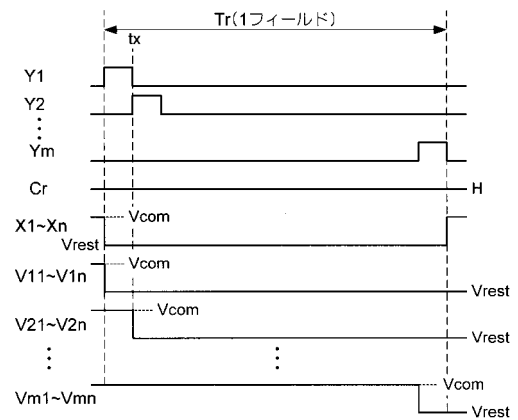
【 図 10 】



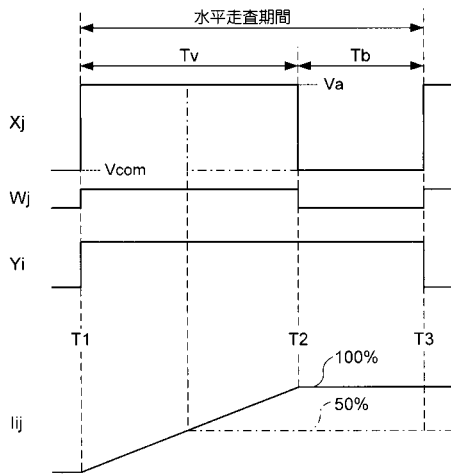
【 図 11 】



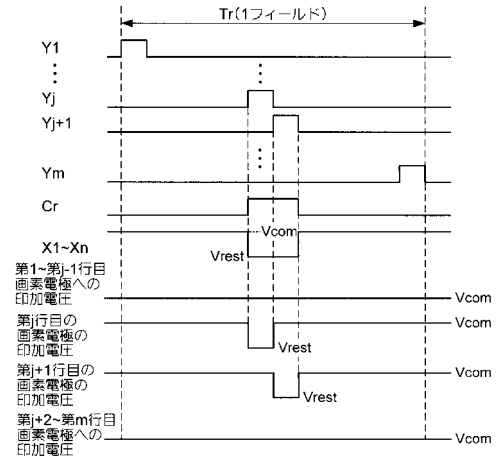
【 図 12 】



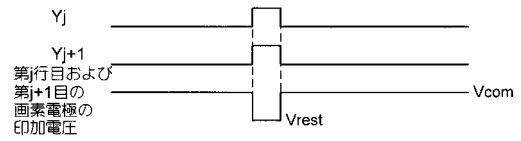
【 図 1 3 】



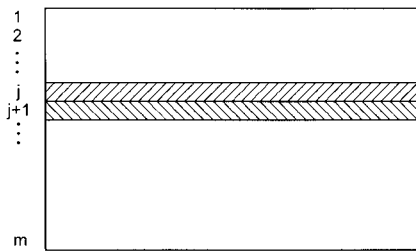
【 図 1 4 】



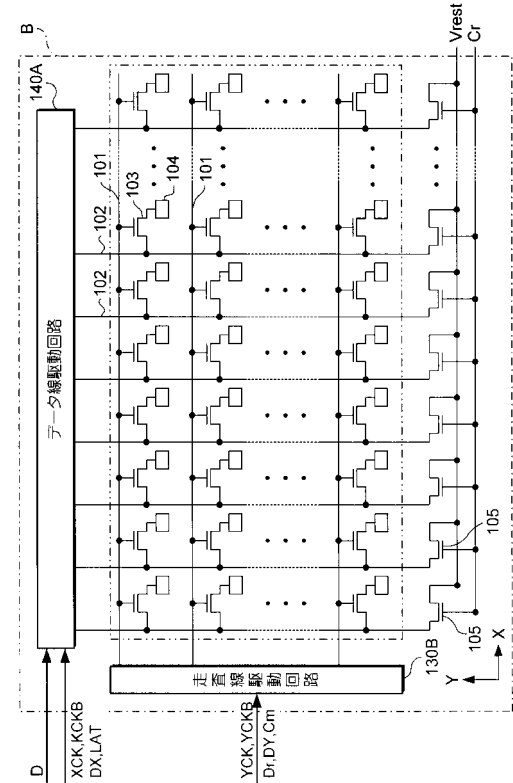
【 図 1 5 】



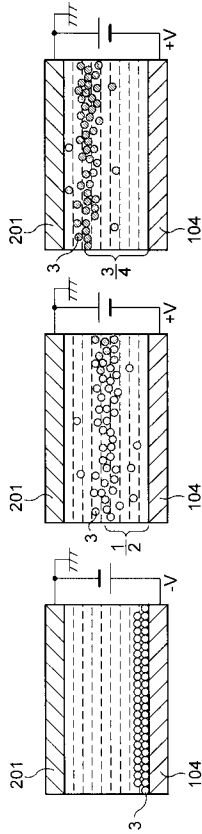
【 図 1 6 】



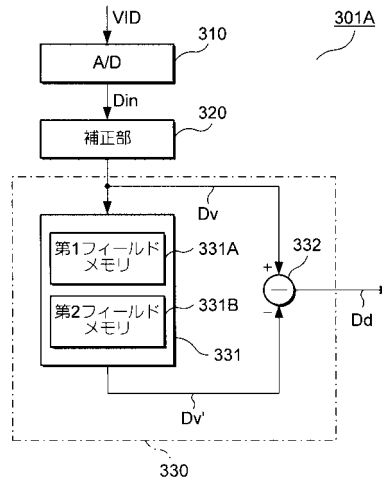
【 図 1 7 】



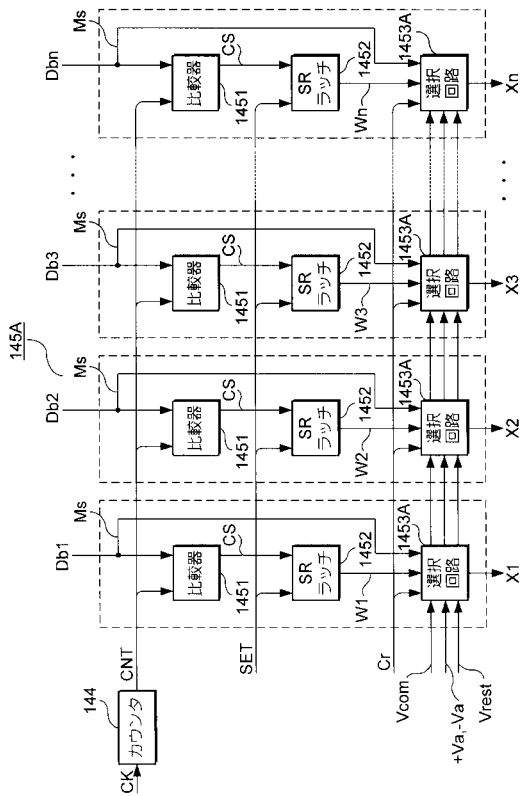
【図18】



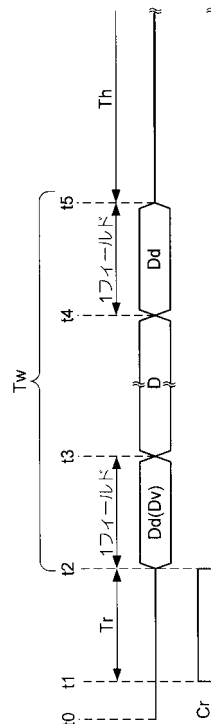
【図19】



【図20】

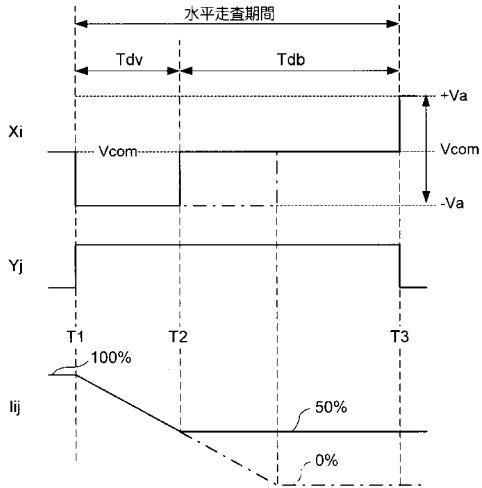


【図21】

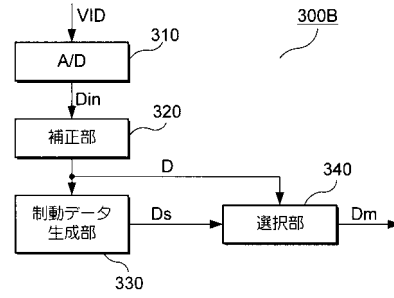




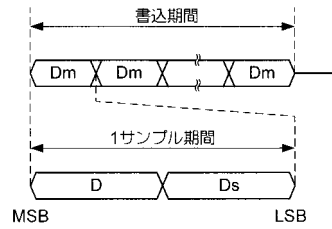
【図 2 2】



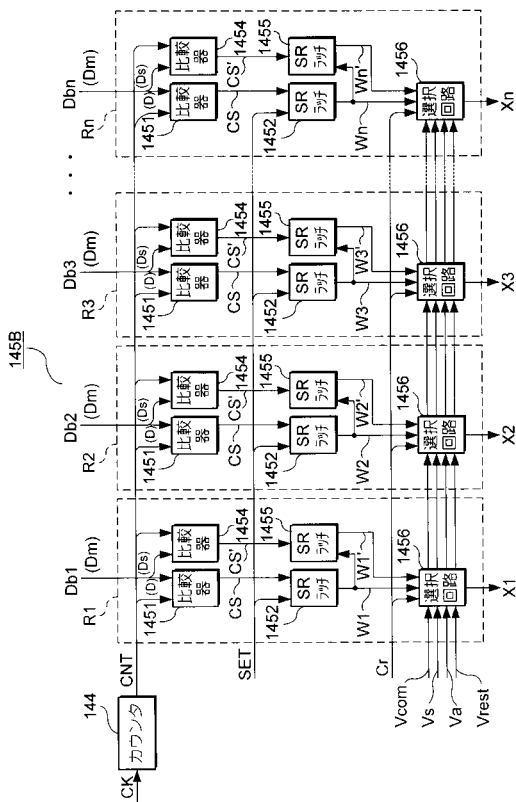
【図 2 3】



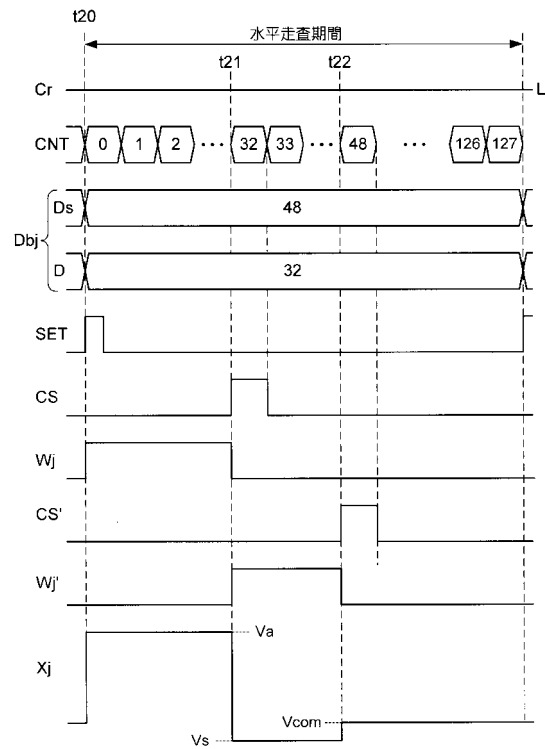
【図 2 4】



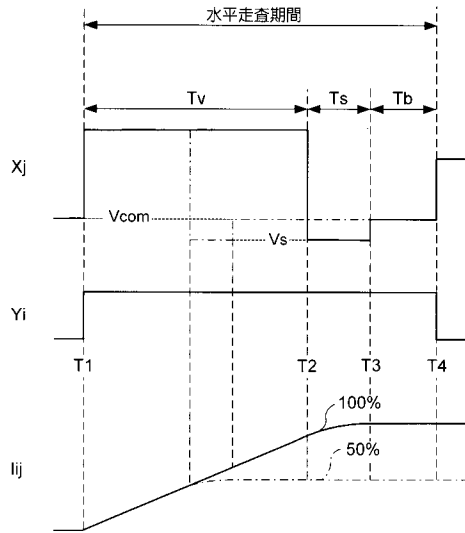
【図 2 5】



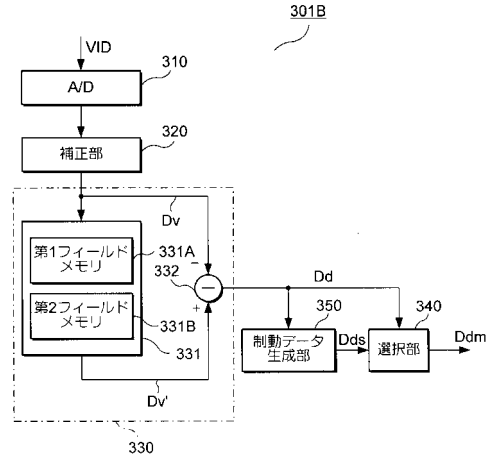
【図 2 6】



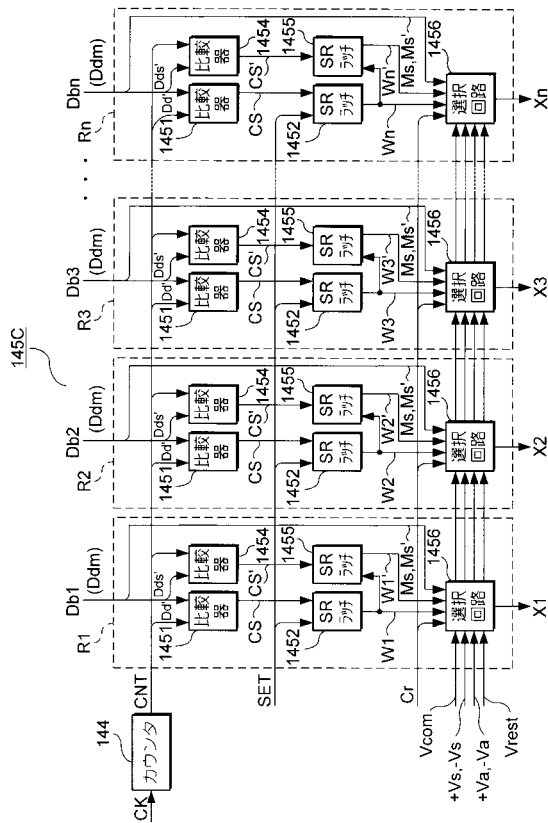
【図 27】



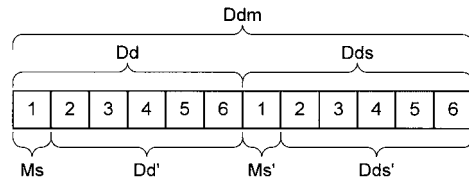
【図 28】



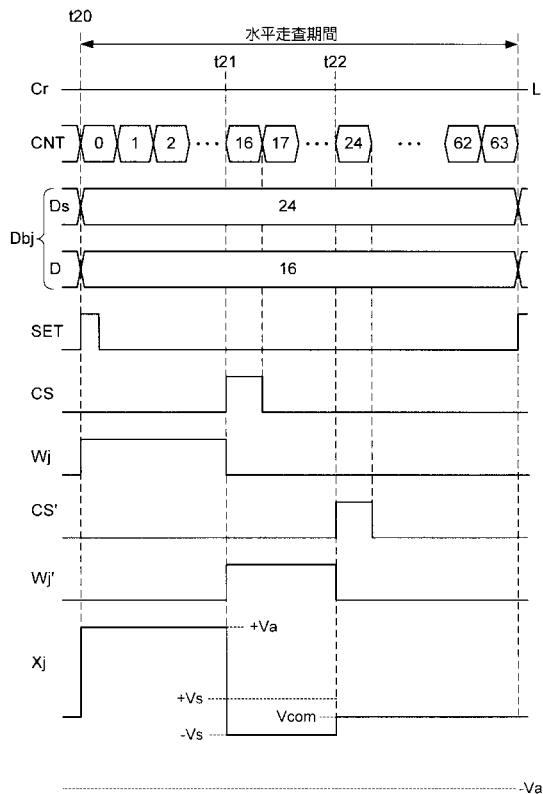
【図 29】



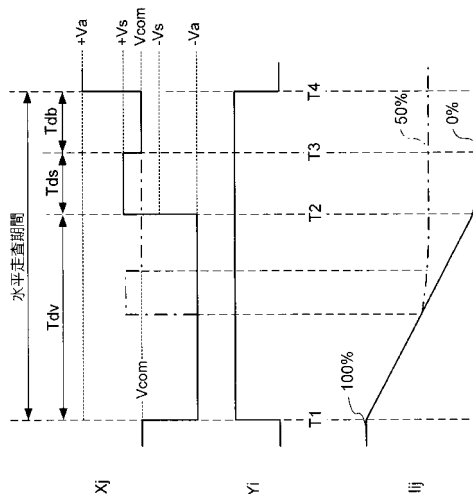
【図 30】



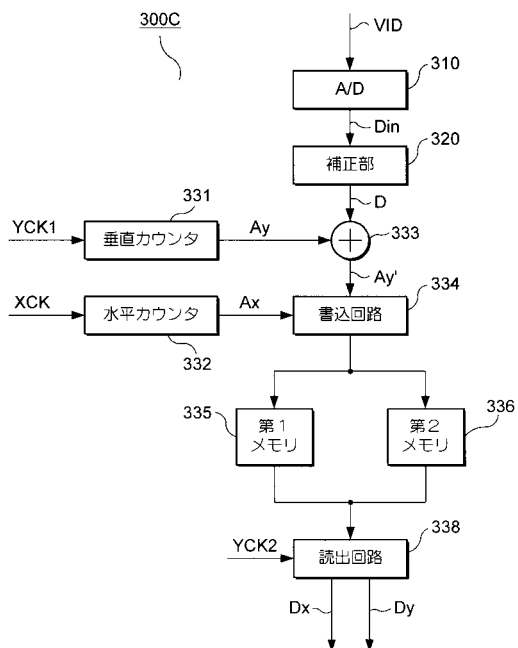
【図 3 1】



【図 3 2】



【図 3 3】



【図 3 4】

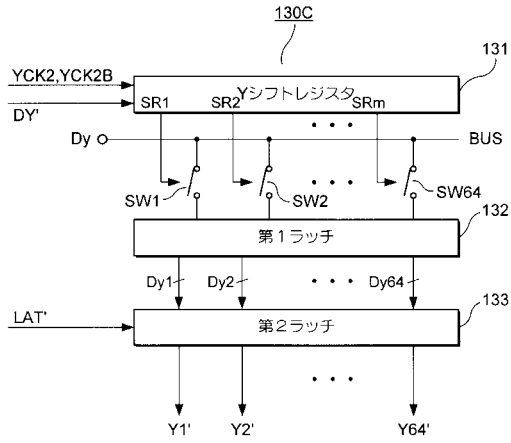
列	1	2	...	j	...	n
行	1		...		...	
2			...		...	
...	...	...	...	...	...	...
i			...		...	
i+1			...	1	...	
i+2			...		...	
i+3			...		...	
...	...	...	...	...	...	...
128			...		...	

【図 3 5】

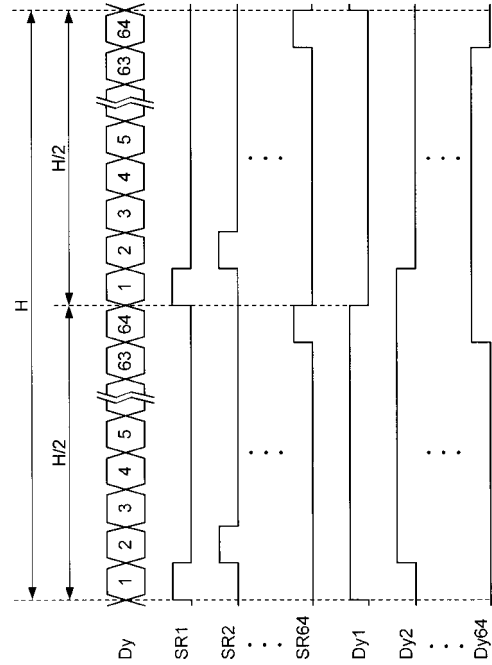
列	1	2	...	i	i+1	i+2	i+3	...	64	65	...	128
行	1	1	...					...	0	...		
2		1	...					...	0	...		
...	...	...	...	...	...	...	...	...	0	...	...	...
i			...	1			1	...	0	...		
i+1			...		1			...		...		
i+2			...			1		...		...		
i+3			...				1	...		...		
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
64			...					...	1	...		

下位ビット記憶領域  
上位ビット記憶領域

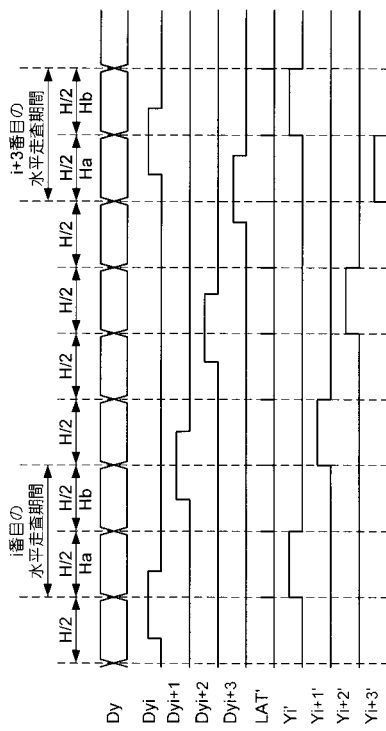
【 図 3 6 】



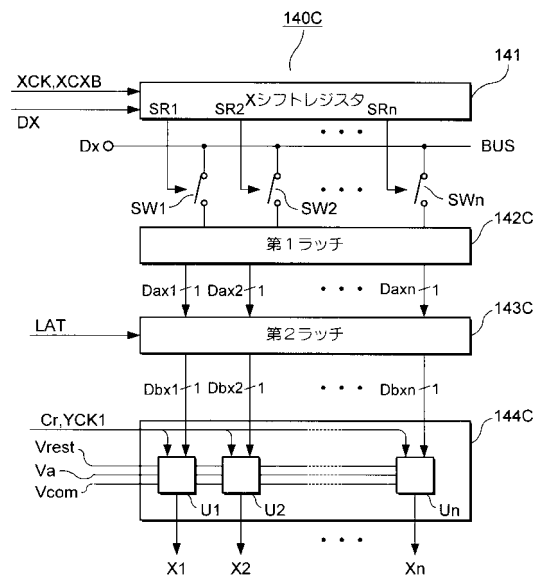
【 図 3 7 】



【 図 3 8 】



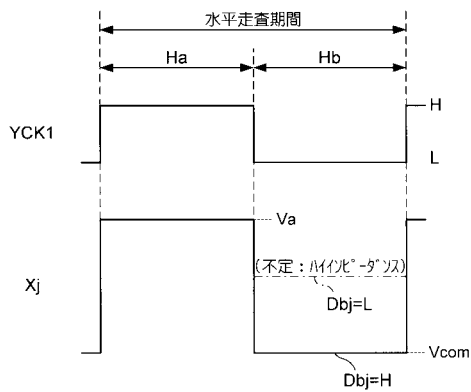
【 図 3 9 】



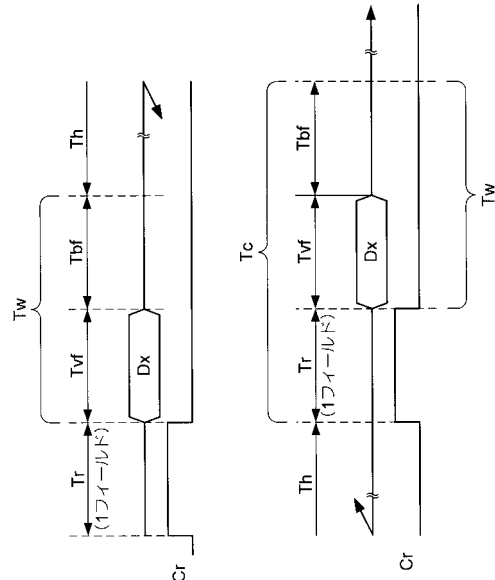
【図40】

Cr	YCK1	Dbj	Xj
L	L	L	ハイインピーダンス
L	L	H	Vcom
L	H	L	Va
L	H	H	Va
H	L	L	Vrest
H	L	H	Vrest
H	H	L	Vrest
H	H	H	Vrest

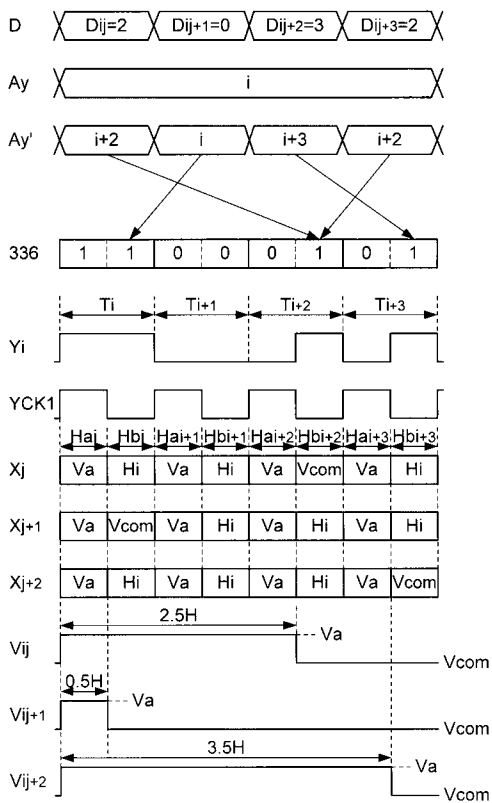
【図41】



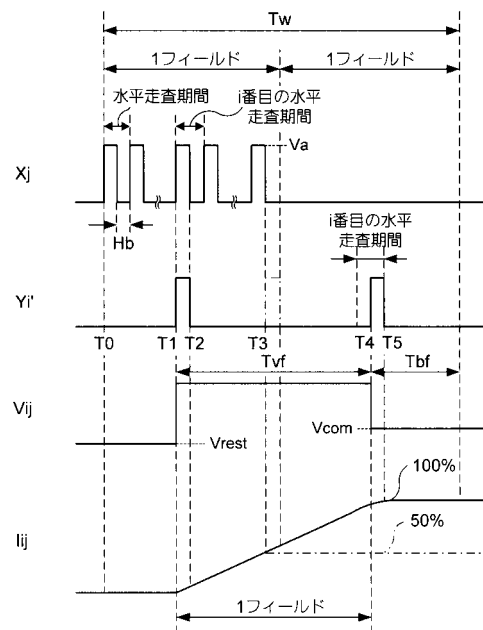
【図42】



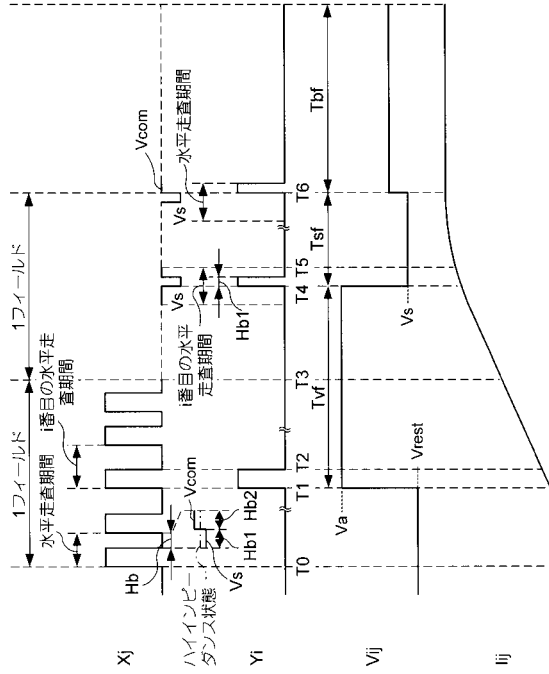
【図43】



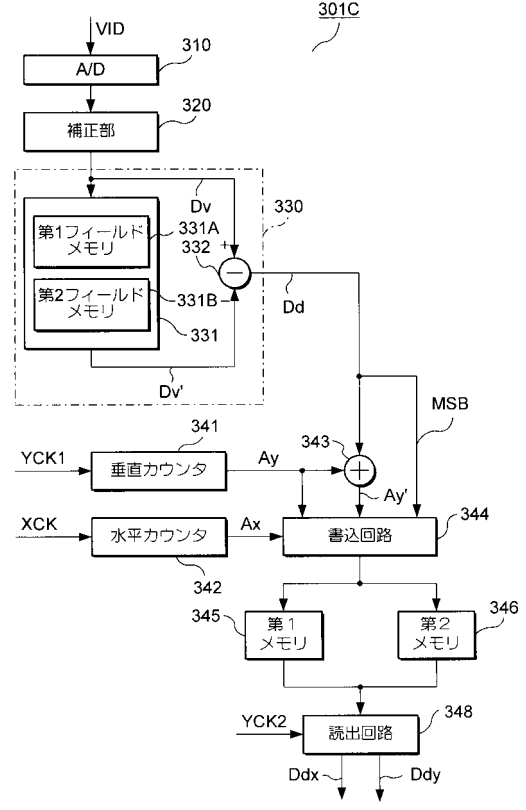
【図44】



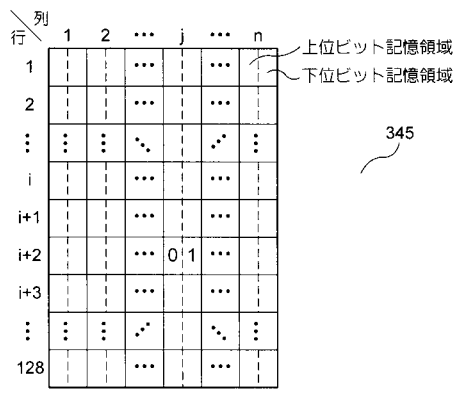
【 図 4 5 】



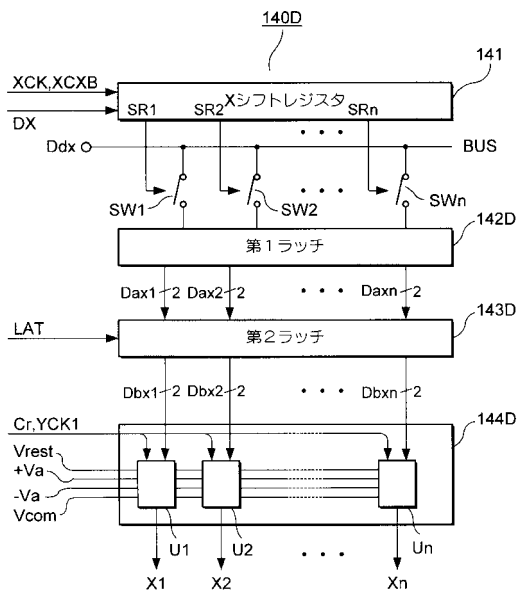
【 図 4 6 】



【 図 4 7 】



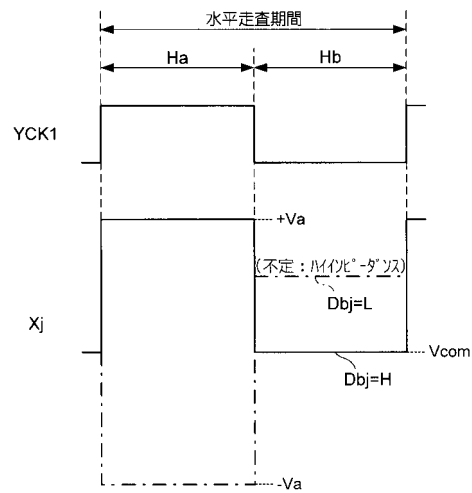
【 図 4 8 】



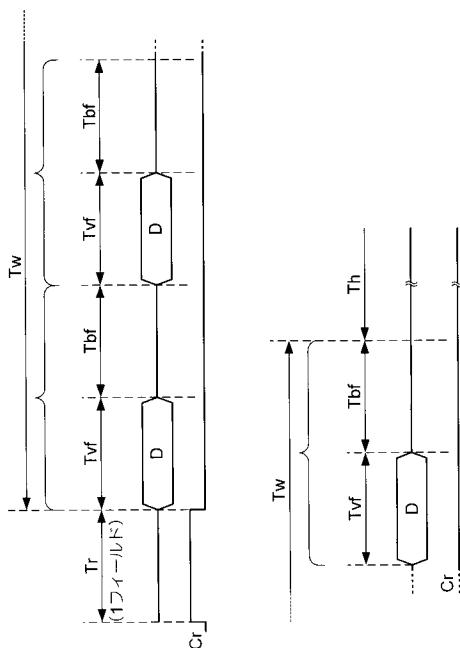
【 図 4 9 】

Cr	YCK1	Ddbj		Xj
		下位ビット	上位ビット	
L	L	L	L or H	ハイインピーダンス
L	L	H	L or H	Vcom
L	H	L	L (0)	+Va
			H (1)	-Va
L	H	H	L (0)	+Va
			H (1)	-Va
H	L	L	L or H	Vrest
H	L	H	L or H	Vrest
H	H	L	L or H	Vrest
H	H	H	L or H	Vrest

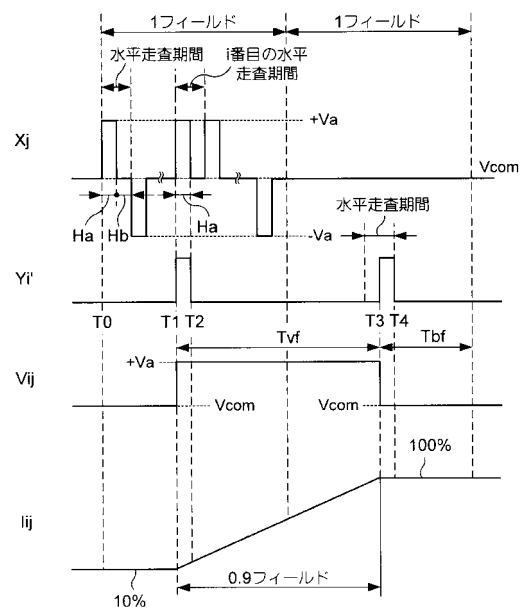
【 図 5 0 】



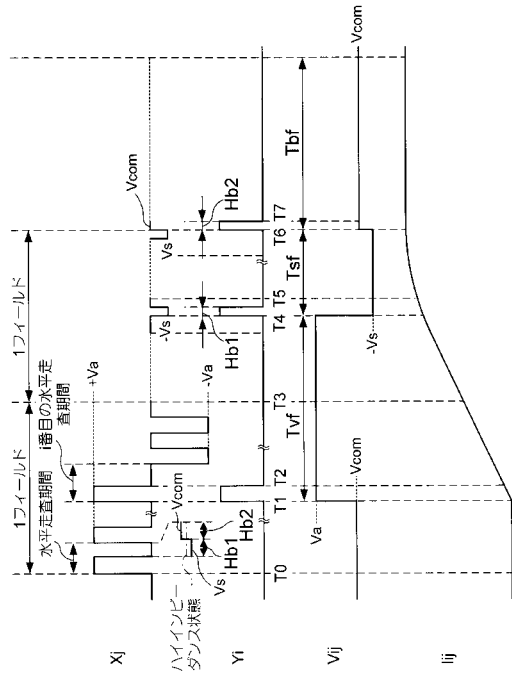
【 図 5 1 】



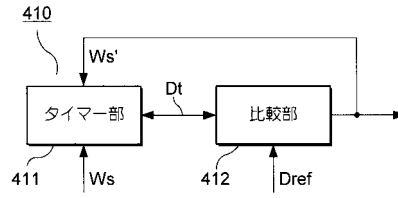
【 図 5 2 】



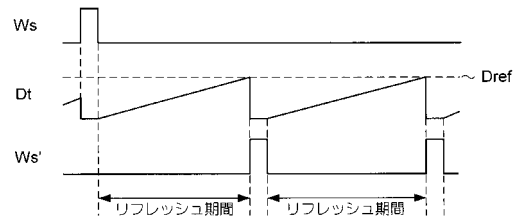
【図53】



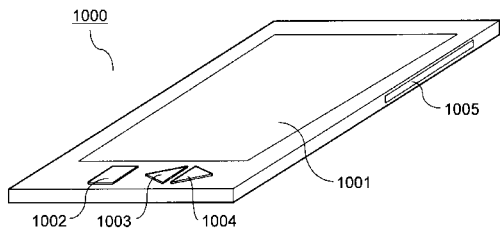
【図54】



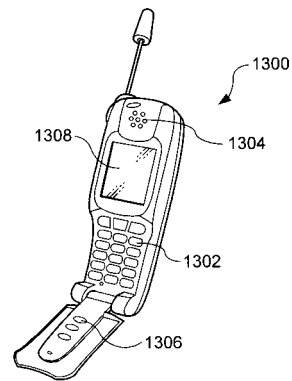
【図55】



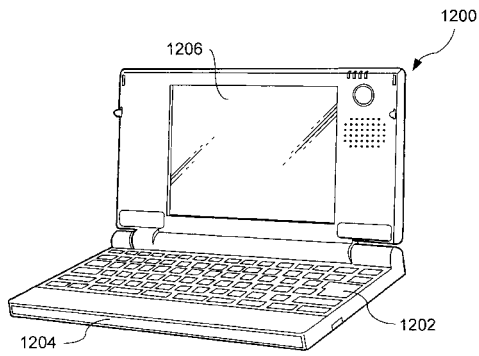
【図56】



【図58】



【図57】





---

フロントページの続き

(51) Int.Cl.

F I

G 0 9 G 3/20 6 4 2 C

(56) 参考文献 特開昭 5 2 - 0 7 0 7 9 1 ( J P , A )  
特開昭 5 1 - 1 1 2 3 6 0 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 0 3 5 7 7 5 ( J P , A )  
特表平 0 9 - 5 0 4 6 1 8 ( J P , A )  
米国特許第 0 4 8 3 3 4 6 4 ( U S , A )  
特開平 0 7 - 1 7 5 4 2 4 ( J P , A )  
特開平 0 6 - 2 6 6 3 0 9 ( J P , A )  
特開昭 6 1 - 1 8 0 2 9 2 ( J P , A )

(58) 調査した分野(Int.Cl. , D B名)

G09G 3/00- 3/38

G02F 1/167