

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-178564

(P2014-178564A)

(43) 公開日 平成26年9月25日 (2014.9.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G09G 3/34 (2006.01)</b>	G09G 3/34 C	2 K 1 0 1
<b>G09G 3/20 (2006.01)</b>	G09G 3/20 6 1 2 U	5 C 0 8 0
<b>G02F 1/167 (2006.01)</b>	G09G 3/20 6 2 3 C	
	G09G 3/20 6 1 1 A	
	G09G 3/20 6 4 1 E	
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 27 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2013-53236 (P2013-53236)  
 (22) 出願日 平成25年3月15日 (2013.3.15)

(71) 出願人 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 100095728  
 弁理士 上柳 雅誉  
 (74) 代理人 100127661  
 弁理士 宮坂 一彦  
 (74) 代理人 100116665  
 弁理士 渡辺 和昭  
 (72) 発明者 金森 広晃  
 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  
 (72) 発明者 宮▲崎▼ 淳志  
 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

最終頁に続く

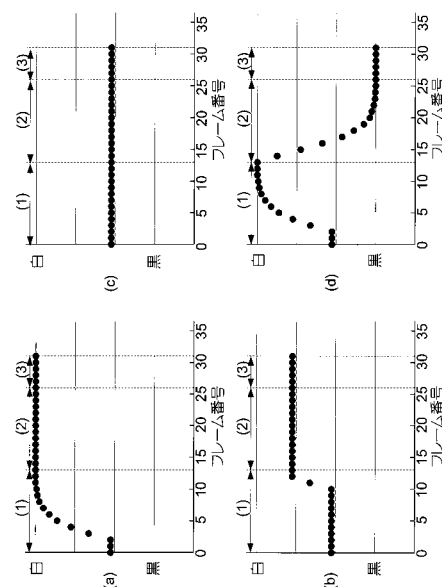
(54) 【発明の名称】 制御装置、電気光学装置、電子機器及び制御方法

## (57) 【要約】

【課題】画像を書き換えるときに画素の階調の変化が目立たないようにする。

【解決手段】画像を書き換えるときに低階調側から高階調側へ階調を変化させる画素については、第1フェーズ(1)で階調を変化させる。画像を書き換えるときに高階調側から黒へ階調を変化させる画素については、第1フェーズ(1)で白にした後、第2フェーズ(2)で黒にする。画像を書き換えるときに高階調側から低階調側の中間調へ変化させる画素については、第1フェーズ(1)で白にした後、第2フェーズ(2)で黒にし、第3フェーズ(3)で中間調にする。

【選択図】図9



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数の画素ごとに設けられた第 1 電極と、前記第 1 電極に対向して配置された第 2 電極と、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に配置された記憶性を有する電気光学材料と、を備える電気光学装置の制御装置であって、

前記画素により表示される画像を書き換える階調制御部を有し、

前記階調制御部は、前記画像を書き換える場合、

書き換え後の階調が書き換え前の階調より第 2 基準階調側の画素については、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させる電圧を、書き換え前の階調と書き換え後の階調との階調差に応じた印加回数で、前記第 1 電極へ印加し、

書き換え後の階調が書き換え前の階調より第 1 基準階調側の画素については、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させてから前記第 1 基準階調側へ変化させた後、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させる電圧を、書き換え後の階調に応じた印加回数で、前記第 1 電極へ印加する

制御装置。

10

**【請求項 2】**

前記階調制御部は、書き換え前と書き換え後とで階調が変化しない画素については、前記第 1 電極の電圧を前記第 2 電極の電圧にすること

を特徴とする請求項 1 に記載の制御装置。

20

**【請求項 3】**

前記画素の階調を前記第 1 基準階調側へ変化させる第 1 電圧と、前記画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させる第 2 電圧は、予め定められた一定の電圧であり、前記第 1 電圧と前記第 2 電圧は極性が異なること

を特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の制御装置。

**【請求項 4】**

前記階調制御部が画像を書き換える期間においては、前記第 1 電圧を前記第 1 電極へ印加するフェーズと、前記第 2 電圧を前記第 1 電極へ印加するフェーズとがあること

を特徴とする請求項 3 に記載の制御装置。

**【請求項 5】**

階調を前記第 2 基準階調側へ変化させる電圧を前記第 1 基準階調の画素へ印加したときの階調の変化量が、階調を前記第 1 基準階調側へ階調を変化させる電圧を前記第 2 基準階調の画素へ印加したときの階調の変化量より小さいこと

を特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の制御装置。

30

**【請求項 6】**

前記第 2 基準階調は、表示される画像の背景色であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の制御装置。

**【請求項 7】**

複数の画素ごとに設けられた第 1 電極と、前記第 1 電極に対向して配置された第 2 電極と、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に配置された記憶性を有する電気光学材料と、を備える電気光学装置の制御装置であって、

前記画素により表示される画像を書き換える階調制御部を有し、

前記階調制御部は、前記画像を書き換える場合、

書き換え後の階調が書き換え前の階調より第 2 基準階調側の画素については、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させる電圧を、書き換え前の階調と書き換え後の階調との階調差に応じた印加時間で、前記第 1 電極へ印加し、

書き換え後の階調が書き換え前の階調より第 1 基準階調側の画素については、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させてから前記第 1 基準階調側へ変化させた後、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させる電圧を、書き換え後の階調に応じた印加時間で、前記第 1 電極へ印加する

制御装置。

40

50

## 【請求項 8】

複数の画素ごとに設けられた第 1 電極と、前記第 1 電極に対向して配置された第 2 電極と、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に配置された記憶性を有する電気光学材料と、を備える電気光学装置であって、

前記画素により表示される画像を書き換える階調制御部を有し、

前記階調制御部は、前記画像を書き換える場合、

書き換え後の階調が書き換え前の階調より第 2 基準階調側の画素については、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させる電圧を、書き換え前の階調と書き換え後の階調との階調差に応じた印加回数で、前記第 1 電極へ印加し、

書き換え後の階調が書き換え前の階調より第 1 基準階調側の画素については、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させてから前記第 1 基準階調側へ変化させた後、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させる電圧を、書き換え後の階調に応じた印加回数で、前記第 1 電極へ印加する

電気光学装置。

## 【請求項 9】

請求項 8 に記載の電気光学装置を有する電子機器。

## 【請求項 10】

複数の画素ごとに設けられた第 1 電極と、前記第 1 電極に対向して配置された第 2 電極と、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に配置された記憶性を有する電気光学材料と、を備える電気光学装置の制御方法であって、

前記画素により表示される画像を書き換える場合、

書き換え後の階調が書き換え前の階調より第 2 基準階調側の画素については、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させる電圧を、書き換え前の階調と書き換え後の階調との階調差に応じた印加回数で、前記第 1 電極へ印加し、

書き換え後の階調が書き換え前の階調より第 1 基準階調側の画素については、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させてから前記第 1 基準階調側へ変化させた後、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させる電圧を、書き換え後の階調に応じた印加回数で、前記第 1 電極へ印加する

制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、記憶性を有する表示素子を制御する技術に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

特許文献 1 には、電気泳動方式の表示装置において、ブラック、ダークグレー、ライトグレー及びホワイトの 4 階調を表示する技術が開示されている。この表示装置においては、画素をダークグレーにする場合、画素をブラックにしてからダークグレーに遷移させ、画素をライトグレーにする場合、画素ホワイトにしてからライトグレーに遷移させている。なお、特許文献 1 においては、画素の駆動方法として、パルス幅変調駆動法を用いる構成が開示されており、画素へ印加する駆動電圧の印加時間や極性などを制御することにより、画素の階調を制御している。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献 1】特表 2007 - 513368 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

特許文献 1 の表示装置では、階調を黒からダークグレーにする場合には、黒から直接ダ

10

20

30

40

50

ークグレーに遷移させているが、階調を黒又はダークグレーからライトグレーにする場合には、画素をホワイトにしてからライトグレーに遷移させている。つまり、階調をライトグレーより低い階調からライトグレーに変更に変更する場合には、一旦、階調を上げてから下げているため、画像の書き換え中においては、画素の階調の変化が目立つこととなる。

【0005】

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであり、その目的の一つは、画像を書き換えるときに画素の階調の変化が目立たないようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

10

上記目的を達成するために、本発明に係る制御装置は、複数の画素ごとに設けられた第1電極と、前記第1電極に対向して配置された第2電極と、前記第1電極と前記第2電極との間に配置された記憶性を有する電気光学材料と、を備える電気光学装置の制御装置であって、前記画素により表示される画像を書き換える階調制御部を有し、前記階調制御部は、前記画像を書き換える場合、書き換え後の階調が書き換え前の階調より第2基準階調側の画素については、当該画素の階調を前記第2基準階調側へ変化させる電圧を、書き換え前の階調と書き換え後の階調との階調差に応じた印加回数で、前記第1電極へ印加し、書き換え後の階調が書き換え前の階調より第1基準階調側の画素については、当該画素の階調を前記第2基準階調側へ変化させてから前記第1基準階調側へ変化させた後、当該画素の階調を前記第2基準階調側へ変化させる電圧を、書き換え後の階調に応じた印加回数で、前記第1電極へ印加する構成を備える。

20

この構成によれば、第1基準階調側から第2基準階調側へ階調を変化させる画素については、第2基準階調を経由せずに階調が変化するため、第2基準階調を経由する構成と比較すると、画像の書き換え中において、画素の階調の変化が目立たなくなる。

【0007】

前記制御装置においては、前記階調制御部は、書き換え前と書き換え後とで階調が変化しない画素については、前記第1電極の電圧を前記第2電極の電圧にする構成としてもよい。

この構成によれば、書き換え前と書き換え後とで階調が変化しない画素については、画素の階調を変化させる電圧が印加されないため、画像の書き換え中において、画素の階調の変化が目立たなくなる。

30

【0008】

また、前記制御装置においては、前記画素の階調を前記第1基準階調側へ変化させる第1電圧と、前記画素の階調を前記第2基準階調側へ変化させる第2電圧は、予め定められた一定の電圧であり、前記第1電圧と前記第2電圧は極性が異なる構成としてもよい。

この構成によれば、第1電極への電圧の印加回数を制御することにより、画素の階調を制御することができる。

【0009】

また、前記制御装置においては、前記階調制御部が画像を書き換える期間においては、前記第1電圧を前記第1電極へ印加するフェーズと、前記第2電圧を前記第1電極へ印加するフェーズとがある構成としてもよい。

40

この構成によれば、同じフェーズ内においては、第1電圧が印加される画素と第2電圧が印加される画素が混在しないため、データ線の振幅を抑えることができ、その結果電力消費を抑えることができる。

【0010】

また、前記制御装置においては、階調を前記第2基準階調側へ変化させる電圧を前記第1基準階調の画素へ印加したときの階調の変化量が、階調を前記第1基準階調側へ階調を変化させる電圧を前記第2基準階調の画素へ印加したときの階調の変化量より小さい構成としてもよい。

この構成によれば、中間調の階調を制御しやすくなる。

50

## 【 0 0 1 1 】

また、前記制御装置においては、前記第 2 基準階調は、表示される画像の背景色である構成としてもよい。

この構成によれば、画像を書き換えるときに第 2 基準階調を経由する画素が少なくなるため、画像の書き換え中において、画素の階調の変化が目立たなくなる。

## 【 0 0 1 2 】

また、本発明の制御装置は、複数の画素ごとに設けられた第 1 電極と、前記第 1 電極に対向して配置された第 2 電極と、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に配置された記憶性を有する電気光学材料と、を備える電気光学装置の制御装置であって、前記画素により表示される画像を書き換える階調制御部を有し、前記階調制御部は、前記画像を書き換える場合、書き換え後の階調が書き換え前の階調より第 2 基準階調側の画素については、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させる電圧を、書き換え前の階調と書き換え後の階調との階調差に応じた印加時間で、前記第 1 電極へ印加し、書き換え後の階調が書き換え前の階調より第 1 基準階調側の画素については、当該画素の階調を前記第 2 基準階調へ変化させてから前記第 1 基準階調へ変化させた後、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させる電圧を、書き換え後の階調に応じた印加時間で、前記第 1 電極へ印加する構成を有する。

この構成によれば、第 1 基準階調側から第 2 基準階調側へ階調を変化させる画素については、第 2 基準階調を経由せずに階調が変化するため、第 2 基準階調を経由する構成と比較すると、画像の書き換え中において、画素の階調の変化が目立たなくなる。

## 【 0 0 1 3 】

また、本発明に係る電気光学装置は、複数の画素ごとに設けられた第 1 電極と、前記第 1 電極に対向して配置された第 2 電極と、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に配置された記憶性を有する電気光学材料と、を備える電気光学装置であって、前記画素により表示される画像を書き換える階調制御部を有し、前記階調制御部は、前記画像を書き換える場合、書き換え後の階調が書き換え前の階調より第 2 基準階調側の画素については、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させる電圧を、書き換え前の階調と書き換え後の階調との階調差に応じた印加回数で、前記第 1 電極へ印加し、書き換え後の階調が書き換え前の階調より第 1 基準階調側の画素については、当該画素の階調を前記第 2 基準階調へ変化させてから前記第 1 基準階調へ変化させた後、当該画素の階調を前記第 2 基準階調側へ変化させる電圧を、書き換え後の階調に応じた印加回数で、前記第 1 電極へ印加する構成を有する。

この構成によれば、第 1 基準階調側から第 2 基準階調側へ階調を変化させる画素については、第 2 基準階調を経由せずに階調が変化するため、第 2 基準階調を経由する構成と比較すると、画像の書き換え中において、画素の階調の変化が目立たなくなる。

## 【 0 0 1 4 】

なお、本発明は、制御装置及び電気光学装置のみならず、電気光学装置の制御方法、当該電気光学装置を有する電子機器としても概念することが可能である。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 5 】

【 図 1 】 表示装置 1 0 0 0 のハードウェア構成を示した図。

【 図 2 】 表示領域 1 0 0 の断面を示した図。

【 図 3 】 画素 1 1 0 の等価回路を示した図。

【 図 4 】 コントローラ 5 の構成を示した図。

【 図 5 】 記憶領域の構成を示した図。

【 図 6 】 第 1 実施形態の L U T 5 0 3 が有するテーブルの一例を示した図。

【 図 7 】 第 1 実施形態の L U T 5 0 3 が有するテーブルの一例を示した図。

【 図 8 】 第 1 実施形態の動作を説明するための図。

【 図 9 】 第 1 実施形態の動作を説明するための図。

【 図 1 0 】 第 1 実施形態の動作を説明するための図。

10

20

30

40

50

【図 1 1】第 1 実施形態の動作を説明するための図。

【図 1 2】第 2 実施形態の L U T 5 0 3 が有するテーブルの一例を示した図。

【図 1 3】第 2 実施形態の L U T 5 0 3 が有するテーブルの一例を示した図。

【図 1 4】第 2 実施形態の動作を説明するための図。

【図 1 5】第 2 実施形態の動作を説明するための図。

【図 1 6】第 2 実施形態の動作を説明するための図。

【図 1 7】第 2 実施形態の動作を説明するための図。

【図 1 8】電子ブックリーダー 2 0 0 0 の外観図。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 6】

10

[ 第 1 実施形態 ]

( 第 1 実施形態の構成 )

図 1 は、本発明の一実施形態に係る表示装置 1 0 0 0 のハードウェア構成を示したブロック図である。表示装置 1 0 0 0 は、画像を表示する装置であり、電気泳動方式の電気光学装置 1 と、制御部 2 を備えている。また、電気光学装置 1 は、表示部 1 0 とコントローラ 5 を備えている。

【0 0 1 7】

制御部 2 は、C P U ( Central Processing Unit )、R O M ( Read Only Memory )、R A M 等を備えたマイクロコンピュータであり、コントローラ 5 を制御する。また、制御部 2 は、表示領域 1 0 0 に表示させる画像を示す画像データを、図示を省略した記録媒体から取得し、コントローラ 5 に供給する。

20

コントローラ 5 は、表示部 1 0 の表示領域 1 0 0 に画像を表示させるための各種信号を、表示部 1 0 の走査線駆動回路 1 3 0 とデータ線駆動回路 1 4 0 に供給するものである。コントローラ 5 は、電気光学装置 1 の制御装置に相当する。なお、制御部 2 とコントローラ 5 を合わせた部分を電気光学装置 1 の制御装置と定義することもできる。

【0 0 1 8】

表示領域 1 0 0 では、複数の走査線 1 1 2 が図において行 ( X ) 方向に沿って設けられ、複数のデータ線 1 1 4 が、列 ( Y ) 方向に沿って、かつ、各走査線 1 1 2 と互いに電氣的に絶縁を保つように設けられている。そして、各走査線 1 1 2 と各データ線 1 1 4 との交差に対応して、画素 1 1 0 がそれぞれ設けられている。便宜的に走査線 1 1 2 の行数を「 m 」とし、データ線 1 1 4 の列数を「 n 」としたとき、画素 1 1 0 は、縦 m 行 × 横 n 列でマトリクス状に配列して表示領域 1 0 0 を構成することになる。

30

【0 0 1 9】

図 2 は、表示領域 1 0 0 の断面を示した図である。表示領域 1 0 0 は、図 2 に示したように大別して第 1 基板 1 0 1、電気泳動層 1 0 2 および第 2 基板 1 0 3 によって構成されている。第 1 基板 1 0 1 は、絶縁性及び可撓性を有する基板 1 0 1 a 上に回路の層が形成された基板である。基板 1 0 1 a は、本実施形態においてはポリカーボネートで形成されている。なお、基板 1 0 1 a としては、ポリカーボネートに限定されることなく、軽量性、可撓性、弾性及び絶縁性を有する樹脂材料を用いることができる。また、基板 1 0 1 a は、可撓性を持たないガラスで形成されていてもよい。基板 1 0 1 a の表面には、接着層 1 0 1 b が設けられ、接着層 1 0 1 b の表面には回路層 1 0 1 c が積層されている。

40

回路層 1 0 1 c は、行方向に配列された複数の走査線 1 1 2 と、列方向に配列された複数のデータ線 1 1 4 を有している。また、回路層 1 0 1 c は、走査線 1 1 2 とデータ線 1 1 4 との交差のそれぞれに対応して、画素電極 1 0 1 d ( 第 1 電極 ) を有している。

【0 0 2 0】

電気光学材料の一例である電気泳動層 1 0 2 は、バインダー 1 0 2 b と、バインダー 1 0 2 b によって固定された複数のマイクロカプセル 1 0 2 a で構成されており、画素電極 1 0 1 d 上に形成されている。なお、マイクロカプセル 1 0 2 a と画素電極 1 0 1 d との間には、接着剤により形成された接着層を設けてもよい。

【0 0 2 1】

50

バインダー 102b としては、マイクロカプセル 102a との親和性が良好で電極との密着性が優れ、且つ絶縁性を有するものであれば特に制限はない。マイクロカプセル 102a 内には、分散媒と電気泳動粒子が格納されている。マイクロカプセル 102a を構成する材料としては、アラビアゴム・ゼラチン系の化合物やウレタン系の化合物等の柔軟性を有するものを用いるのが好ましい。

#### 【0022】

分散媒としては、水、アルコール系溶媒（メタノール、エタノール、イソプロパノール、ブタノール、オクタノール、メチルセルソルブなど）、エステル類（酢酸エチル、酢酸ブチルなど）、ケトン類（アセトン、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトンなど）、脂肪族炭化水素（ペンタン、ヘキサン、オクタンなど）、脂環式炭化水素（シクロヘキサン、メチルシクロヘキサンなど）、芳香族炭化水素（ベンゼン、トルエン、長鎖アルキル基を有するベンゼン類（キシレン、ヘキシルベンゼン、ヘプチルベンゼン、オクチルベンゼン、ノニルベンゼン、デシルベンゼン、ウンデシルベンゼン、ドデシルベンゼン、トリデシルベンゼン、テトラデシルベンゼンなど））、ハロゲン化炭化水素（塩化メチレン、クロロホルム、四塩化炭素、1,2-ジクロロエタンなど）、カルボン酸塩などのいずれかを用いることができ、また、分散媒は、その他の油類であってもよい。また、これらの物質は単独又は混合して分散媒に用いることができ、さらに界面活性剤などを配合して分散媒としてもよい。

#### 【0023】

電気泳動粒子は、分散媒中で電界によって移動する性質を有する粒子（高分子あるいはコロイド）である。本実施形態においては白の電気泳動粒子と黒の電気泳動粒子がマイクロカプセル 102a 内に格納されている。黒の電気泳動粒子は、例えば、アニリンブラックやカーボンブラック等の黒色顔料からなる粒子であり、本実施形態では正に帯電されている。白の電気泳動粒子は、例えば、二酸化チタンや酸化アルミニウム等の白色顔料からなる粒子であり、本実施形態では負に帯電されている。

#### 【0024】

第2基板 103 は、フィルム 103a と、フィルム 103a の下面に形成された透明な共通電極層 103b（第2電極）で構成されている。フィルム 103a は、電気泳動層 102 の封止及び保護の役割を担うものであり、例えばポリエチレンテレフタレートのフィルムである。フィルム 103a は、透明で絶縁性を有している。共通電極層 103b は、例えば、酸化インジウム膜（ITO 膜）などの透明な導電膜で構成されている。

#### 【0025】

図3は、画素 110 の等価回路を示した図である。なお、本実施形態では、各走査線 112 を区別するために、図1に示した走査線 112 を上から順に 1、2、3、・・・、(m-1)、m 行目という呼び方をする場合がある。また同様に、各データ線 114 を区別するために、図1に示したデータ線 114 を左から順に 1、2、3、・・・、(n-1)、n 列目という呼び方をする場合がある。

図3においては、i 行目の走査線 112 と j 列目のデータ線 114 との交差に対応した画素 110 の等価回路を示している。他のデータ線 114 と走査線 112 との交差に対応した画素 110 も構成は図に示した構成と同じであるため、ここでは、代表して i 行目のデータ線 114 と j 列目の走査線 112 との交差に対応した画素 110 の等価回路について説明し、他の画素 110 の等価回路については説明を省略する。

#### 【0026】

図3に示したように、各画素 110 は、n チャンネル型の薄膜トランジスタ（thin film transistor：以下単に「TFT」と略称する）110a と、表示素子 110b と、補助容量 110c とを有する。画素 110 において、TFT 110a のゲート電極は i 行目の走査線 112 に接続される一方、そのソース電極は j 列目のデータ線 114 に接続され、そのドレイン電極は、表示素子 110b の一端である画素電極 101d と補助容量 110c の一端とにそれぞれ接続されている。補助容量 110c は、回路層 101c に形成された一対の電極によって誘電体層を挟持した構成である。補助容量 110c の他端の電極は

、各画素 1 1 0 にわたって共通の電圧にされている。画素電極 1 0 1 d は、共通電極層 1 0 3 b と対向し、画素電極 1 0 1 d と共通電極層 1 0 3 b との間にはマイクロキャセル 1 0 2 a を含む電気泳動層 1 0 2 が挟まれている。このため、表示素子 1 1 0 b は、等価回路で見たときに、画素電極 1 0 1 d と共通電極層 1 0 3 b とで、電気泳動層 1 0 2 を挟持した容量になる。そして、表示素子 1 1 0 b は、両電極間の電圧を保持（記憶）するとともに、この保持した電圧によって生じる電界方向にしたがって表示を行うことになる。なお、本実施形態においては、図示省略した外部回路によって、各画素 1 1 0 の補助容量 1 1 0 c の他端の電極と、共通電極層 1 0 3 b の電圧は、共通の電圧  $V_{com}$  が印加される。

#### 【0027】

図 1 に戻り、走査線駆動回路 1 3 0 は、表示領域 1 0 0 の各走査線 1 1 2 と接続されている。走査線駆動回路 1 3 0 は、コントローラ 5 による制御にしたがって、走査線 1 1 2 を 1、2、・・・、m 行目という順番で選択し、選択した走査線 1 1 2 に対してハイ（High）レベルの信号を供給し、選択されていない他の走査線 1 1 2 に対しロー（Low）レベルの信号を供給するものである。

データ線駆動回路 1 4 0 は、表示領域の各データ線 1 1 4 と接続されており、選択された走査線 1 1 2 に接続されている画素 1 1 0 の画素電極 1 0 1 d へ印加する電圧を示すデータをコントローラ 5 から取得する。データ線駆動回路 1 4 0 は、取得したデータに応じて各列のデータ線 1 1 4 にデータ信号をそれぞれ供給する。

#### 【0028】

走査線駆動回路 1 3 0 が 1 行目の走査線 1 1 2 を選択してから m 行目の走査線 1 1 2 の選択が終了するまでの期間（以下、「フレーム期間」又は単に「フレーム」と称する）において各走査線 1 1 2 は一回ずつ選択され、各画素 1 1 0 には 1 フレームに一回ずつデータ信号が供給される。

走査線 1 1 2 がハイレベルとなると、当該走査線 1 1 2 にゲートが接続された TFT 1 1 0 a がオン状態になり、画素電極 1 0 1 d がデータ線 1 1 4 に接続される。走査線 1 1 2 がハイレベルであるときにデータ線 1 1 4 にデータ信号を供給すると、当該データ信号は、オン状態になった TFT 1 1 0 a を介して画素電極 1 0 1 d に印加される。走査線 1 1 2 がローレベルになると、TFT 1 1 0 a はオフ状態になるが、データ信号によって画素電極 1 0 1 d に印加された電圧は、補助容量 1 1 0 c に蓄積され、画素電極 1 0 1 d の電位及び共通電極層 1 0 3 b の電位との電位差（電圧）に応じて電気泳動粒子が移動する。

#### 【0029】

例えば、共通電極層 1 0 3 b の電圧  $V_{com}$  に対して画素電極 1 0 1 d の電圧が + 1.5 V である場合、負に帯電している白の電気泳動粒子が画素電極 1 0 1 d 側に移動し、正に帯電している黒の電気泳動粒子が共通電極層 1 0 3 b 側に移動して画素 1 1 0 は黒の表示となる。また、共通電極層 1 0 3 b の電圧  $V_{com}$  に対して画素電極 1 0 1 d の電圧が - 1.5 V である場合、正に帯電している黒の電気泳動粒子が画素電極 1 0 1 d 側に移動し、負に帯電している白の電気泳動粒子が共通電極層 1 0 3 b 側に移動して画素 1 1 0 は白の表示となる。なお、画素電極 1 0 1 d の電圧は、上述した電圧に限定されるものではなく、共通電極層 1 0 3 b の電圧  $V_{com}$  に対してプラス（正極）の電圧またはマイナス（負極）の電圧であれば、上述した + 1.5 V や - 1.5 V 以外の電圧であってもよい。

#### 【0030】

本実施形態においては、各画素 1 1 0 の表示状態を変化させる際には、1 フレームだけ画素 1 1 0 へデータ信号を供給して表示状態を変化させるのではなく、複数フレームに渡って画素 1 1 0 へデータ信号を供給することにより表示状態を変化させる。例えば、画素 1 1 0 の表示状態を白（W）から黒（B）へ変化させる場合、画素 1 1 0 に黒を表示させるためのデータ信号が複数フレームに渡って画素 1 1 0 へ供給され、画素 1 1 0 の表示状態を黒から白へ変化させる場合には、画素 1 1 0 に白を表示させるためのデータ信号が複数フレームに渡って画素 1 1 0 へ供給される。なお、1 フレームだけ電気泳動粒子に電位

10

20

30

40

50



差を与えても黒又は白にならないことを利用し、本実施形態においては、画素電極 1 0 1 d に + 1 5 V 又は - 1 5 V の電圧を印加する回数を制御することにより、ダークグレー ( D G ) とライトグレー ( L G ) の表示を行う。

#### 【 0 0 3 1 】

次にコントローラ 5 の構成について説明する。図 4 は、本実施形態のコントローラ 5 の構成を示したブロック図である。コントローラ 5 は、R A M 5 0 1、階調制御部 5 0 2、L U T 5 0 3 を有する。

R A M 5 0 1 には、後述する各フェーズにおいて、何番目のフレームを制御しているかを管理するフレーム番号を記憶する記憶領域が設けられている。

また、R A M 5 0 1 には、制御部 2 により供給された画像データを記憶する第 1 記憶領域と、表示した画像の画像データを記憶する第 2 記憶領域とが設けられている。各記憶領域は、m 行 × n 列で配列された画素 1 1 0 毎に記憶領域 ( バッファ ) を有している。画像データは、各画素 1 1 0 の階調を表す画素データを含んでおり、一の画素 1 1 0 の階調を表す画素データは、R A M 5 0 1 において当該画素 1 1 0 に対応した一の記憶領域に記憶される。なお、第 1 記憶領域に記憶された画像データに対応した画像の表示が終了すると、第 2 記憶領域に記憶されていた画像データが第 1 記憶領域に記憶されていた画像データで上書きされる。

#### 【 0 0 3 2 】

図 5 は、表示領域 1 0 0 の画素 1 1 0 の一部と、これらの画素 1 1 0 に対応する各記憶領域を示した図である。図 5 の ( a ) は、画素 1 1 0 の配列を示した図である。画素 P ( i , j ) は、i 行 j 列目にある一つの画素 1 1 0 を表している。添字の i は、行列に配置された画素 1 1 0 の行番号を表し、添字の j は、列番号を表している。図 5 の ( b ) は、第 1 記憶領域において、図 5 の ( a ) に示した画素 1 1 0 の各々に対応したバッファを示した図であり、図 5 の ( c ) は、第 2 記憶領域において、図 5 の ( a ) に示した画素 1 1 0 の各々に対応したバッファを示した図である。

例えば、第 1 記憶領域のバッファ A ( i , j ) は、画素 P ( i , j ) に対応した記憶領域である。バッファ A ( i , j ) には、画素 P ( i , j ) に表示させる階調を示す画素データが書き込まれる。なお、画素 1 1 0 を黒にする場合には値が「 0 」である画素データが書き込まれ、画素 1 1 0 を白にする場合には値が「 3 」である画素データが書き込まれる。また、画素 1 1 0 をダークグレーにする場合には値が「 1 」である画素データが書き込まれ、画素 1 1 0 をライトグレーにする場合には値が「 2 」である画素データが書き込まれる。また、第 2 記憶領域のバッファ B ( i , j ) は、画素 P ( i , j ) に対応した記憶領域である。バッファ B ( i , j ) には、画素 P ( i , j ) が表示した階調を示す画素データが書き込まれる。

なお、R A M 5 0 1 は、コントローラ 5 に内蔵される構成に限定されるものではなく、外付けされる構成であってもよい。

#### 【 0 0 3 3 】

L U T 5 0 3 は、表示する画像を書き換えるときに、フレーム期間において画素電極 1 0 1 d に印加する電圧を記憶したルックアップテーブル ( Look Up Table ) である。階調制御部 5 0 2 が L U T 5 0 3 に対し、書き換えにより新たに表示する新階調 ( 第 1 記憶領域に記憶された画素データ ) や、書き換える前に表示していた旧階調 ( 第 2 記憶領域に記憶された画素データ )、フレーム番号などを入力すると、入力されたフレーム番号のフレームにおいて画素電極 1 0 1 d に印加する電圧が階調制御部 5 0 2 へ出力される。

図 6、7 は、本実施形態の L U T 5 0 3 が記憶しているテーブルの一例を示した図である。図 6、7 においては、フレーム番号の列に格納されているデータは、当該フレームにおいて画素電極 1 0 1 d に印加する電圧を表しており、「 + 」は、+ 1 5 V の電圧を表し、「 - 」は - 1 5 V の電圧を表している。なお、「 0 」は、画素電極 1 0 1 d に電圧 V c o m を印加し、画素電極 1 0 1 d と共通電極層 1 0 3 b との電位差を 0 V にすることを示している。例えば、書き換え前の階調が黒であり、書き換え後の階調が白である画素については、L U T 5 0 3 は、図 6 ( a ) の「 W 」の行を参照し、入力されたフレーム番号の

10

20

30

40

50

列にあるデータを出力する。

【0034】

階調制御部502は、画素110の階調を制御するブロックである。階調制御部502は、走査線駆動回路130とデータ線駆動回路140を制御し、電圧Vcom、+15Vの電圧又は-15Vの電圧をフレーム期間において画素電極101dへ印加することにより、画素110の階調を制御する。具体的には、本実施形態においては、階調制御部502は、画像を書き換える書き換え期間において、第1フェーズ、第2フェーズ及び第3フェーズを用いて画像を書き換える。

【0035】

第1フェーズは、書き換え前と書き換え後の階調が異なる画素であって、書き換え前の階調が白以外の画素について、階調を変化させるフェーズである。なお、本実施形態においては、第1フェーズのフレーム数は13フレームとなっている。つまり、画像を書き換えるときの最初のフレームの番号を1とした場合、1～13番目までのフレームが第1フェーズとなる。

10

【0036】

第2フェーズは、第1フェーズの後、書き換え前の階調より書き換え後の階調が低い画素について、階調を黒へ変化させるフェーズである。なお、本実施形態においては、第2フェーズのフレーム数は13フレームとなっている。画像を書き換えるときの最初のフレームの番号を1とした場合、14～26番目までのフレームが第2フェーズとなる。

【0037】

20

第3フェーズは、第2フェーズの後、書き換え前の階調より書き換え後の階調が低く、書き換え後にライトグレー又はダークグレーになる画素について、階調を変化させるフェーズである。なお、本実施形態においては、第3フェーズのフレーム数は5フレームとなっている。画像を書き換えるときの最初のフレームの番号を1とした場合、27～31番目までのフレームが第3フェーズとなる。

【0038】

制御部2は、表示領域100の画像を書き換える場合、画像データをコントローラ5へ出力する。コントローラ5は、制御部2が出力した画像データを取得すると、取得した画像データをRAM501の第1記憶領域に書き込む。なお、第2記憶領域には、画像データを取得する前に表示していた画像の画像データが書き込まれる。階調制御部502は、第1記憶領域に新たな画像データが書き込まれると、画像の書き換え処理を開始する。

30

【0039】

階調制御部502は、画像の書き換え処理において、複数フレームに渡って画素110の階調を制御するにあたり、何番目のフレームを制御しているかを管理するフレーム番号を初期化して1にする。階調制御部502は、フレーム番号を初期化した後、第1記憶領域と第2記憶領域の画素データを取得する。

【0040】

階調制御部502は、第1記憶領域及び第2記憶領域から取得した画素データと、フレーム番号をLUT503へ出力する。LUT503は、階調制御部502から供給された画素データとフレーム番号に基いて、図6、7のテーブルを参照し、画素電極101dに印加する電圧を示すデータを出力する。階調制御部502は、LUT503から出力されるデータに応じて、画素電極101dへ印加する電圧を指示する信号をデータ線駆動回路140へ出力する。データ線駆動回路140が、走査線112が選択されている期間において、この信号に基いてデータ線114にデータ信号を出力すると、信号に応じた電圧が画素電極101dに印加され、画素の階調が変化する。階調制御部502は、一フレーム期間が終了する毎に、フレーム番号に1を加算し、加算後のフレーム番号のフレームで画素電極101dへ印加する電圧を示すデータをLUT503から取得し、画素110の階調を制御する。階調制御部502は、31フレーム目が終了すると、画像の書き換え処理を終了する。

40

50

## 【 0 0 4 1 】

## ( 第 1 実施形態の動作例 )

次に第 1 実施形態において画素の階調を書き換えるときの動作例について説明する。なお、以下の説明においては、書き換え前の画素の階調が黒の場合、書き換え前の画素の階調がダークグレーの場合、書き換え前の画素の階調がライトグレーの場合、及び書き換え前の画素の階調が白の場合の動作例について説明する。

## 【 0 0 4 2 】

## ( 書き換え前の画素の階調が黒の場合の動作例 )

図 8 は、画像を書き換えるときに、書き換え前に黒であった画素の階調の遷移を示した図であり、図 8 ( a ) は、黒 白の場合、図 8 ( b ) は、黒 ライトグレーの場合、図 8 ( c ) は、黒 ダークグレーの場合、図 8 ( d ) は、黒 黒の場合の遷移を示している。図 8 及び後述する図 9 ~ 1 1 においては、横軸をフレーム番号とし、縦軸を画素の明度 ( 階調 ) としている。また、図 8 及び後述する図 9 ~ 1 1 においては、図中の「 ( 1 ) 」は、第 1 フェーズ、「 ( 2 ) 」は、第 2 フェーズ、「 ( 3 ) 」は、第 3 フェーズを示している。また、本実施形態においては、図 8 ( a ) でフレーム番号が 0 のときの階調を黒 ( 本実施形態の第 1 基準階調 ) 、フレーム番号が 2 のときの階調をダークグレー、フレーム番号が 4 のときの階調をライトグレー、フレーム番号が 1 2 のときの階調を白 ( 本実施形態の第 2 基準階調 ) としている。

## 【 0 0 4 3 】

まず、書き換え前の階調が黒であり、書き換え後の階調が白である画素については、L U T 5 0 3 は、図 6 ( a ) のテーブルの「 W 」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が 1 の列から 1 2 の列まで「 - 」が格納されているため、L U T 5 0 3 は、1 フレーム目から 1 2 フレーム目までは、「 - 」を出力する。階調制御部 5 0 2 は、当該画素の画素電極 1 0 1 d に印加する電圧を示すデータとして「 - 」を取得すると、当該画素の画素電極 1 0 1 d へ印加する電圧を - 1 5 V とするよう指示する信号をデータ線駆動回路 1 4 0 へ出力する。データ線駆動回路 1 4 0 が、この信号に基いてデータ線 1 1 4 にデータ信号を出力すると、当該画素に係る走査線 1 1 2 が選択されている期間において、- 1 5 V の電圧が当該画素の画素電極 1 0 1 d に印加され、図 8 ( a ) に示したように、1 フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、1 2 フレーム目で白になる。

また、図 6 ( a ) のテーブルの「 W 」の行でフレーム番号が 1 3 以降の列においては、「 0 」が格納されている。階調制御部 5 0 2 は、当該画素の画素電極 1 0 1 d に印加する電圧を示すデータとして「 0 」を取得すると、当該画素の画素電極 1 0 1 d へ印加する電圧を電圧 V c o m とするよう指示する信号をデータ線駆動回路 1 4 0 へ出力する。データ線駆動回路 1 4 0 が、この信号に基いてデータ線 1 1 4 にデータ信号を出力すると、電圧 V c o m が画素電極 1 0 1 d に印加されるため、図 8 ( a ) に示したように、1 3 フレーム目以降は、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

## 【 0 0 4 4 】

次に、書き換え前の階調が黒であり、書き換え後の階調がライトグレーである画素については、L U T 5 0 3 は、図 6 ( a ) のテーブルの「 L G 」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が 1 の列から 8 の列まで「 0 」が格納されているため、1 フレーム目から 8 フレーム目までは、図 8 ( b ) に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図 6 ( a ) のテーブルの「 L G 」の行でフレーム番号が 9 の列から 1 2 の列まで「 - 」が格納されているため、図 8 ( b ) に示したように、9 フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、1 2 フレーム目でライトグレーになる。また、図 6 ( a ) のテーブルの「 L G 」の行でフレーム番号が 1 3 以降の列については、「 0 」が格納されているため、1 3 フレーム目以降は、当該画素の階調が変化しないこととなる。

## 【 0 0 4 5 】

次に、書き換え前の階調が黒であり、書き換え後の階調がダークグレーである画素については、L U T 5 0 3 は、図 6 ( a ) のテーブルの「 D G 」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が 1 の列から 1 0 の列まで「 0 」が格納されているため、1 フレーム

ム目から 10 フレーム目までは、図 8 (c) に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図 6 (a) のテーブルの「D G」の行でフレーム番号が 11 の列と 12 の列には「-」が格納されているため、図 8 (c) に示したように、11 フレーム目と 12 フレーム目で当該画素の階調が白に近づき、12 フレーム目でダークグレーになる。また、図 6 (a) のテーブルの「D G」の行でフレーム番号が 13 以降の列については、「0」が格納されているため、13 フレーム目以降は、当該画素の階調が変化しないこととなる。

【0046】

次に、書き換え前の階調が黒であり、書き換え後の階調も黒である画素については、LUT503 は、図 6 (a) のテーブルの「B」の行を参照する。この行においては、全ての列に「0」が格納されているため、1 フレーム目から 31 フレーム目までは、図 8 (d) に示したように、当該画素の階調は、書き換え前から変化しないこととなる。

10

【0047】

(書き換え前の画素の階調がダークグレーの場合の動作例)

次に、画像の書き換え前の階調がダークグレーの場合の動作例について説明する。書き換え前の階調がダークグレーの場合、LUT503 は、図 6 (b) のテーブルを参照し、画素電極 101d に印加する電圧を示すデータを出力する。

【0048】

図 9 は、画像を書き換えるときに、書き換え前にダークグレーであった画素の階調の遷移を示した図であり、図 9 (a) は、ダークグレー 白の場合、図 9 (b) は、ダークグレー ライトグレーの場合、図 9 (c) は、ダークグレー ダークグレーの場合、図 9 (d) は、ダークグレー 黒の場合の遷移を示している。

20

【0049】

まず、書き換え前の階調がダークグレーであり、書き換え後の階調が白である画素については、LUT503 は、図 6 (b) のテーブルの「W」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が 1 の列と 2 の列には「0」が格納されているため、1 フレーム目と 2 フレーム目では、図 9 (a) に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図 6 (b) のテーブルの「W」の行においては、フレーム番号が 3 の列から 12 の列まで「-」が格納されているため、図 9 (a) に示したように、3 フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、12 フレーム目で白になる。また、図 6 (b) のテーブルの「W」の行でフレーム番号が 13 以降の列においては、「0」が格納されているため、13 フレーム目以降は、当該画素の階調が変化しないこととなる。

30

【0050】

次に、書き換え前の階調がダークグレーであり、書き換え後の階調がライトグレーである画素については、LUT503 は、図 6 (b) のテーブルの「L G」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が 1 の列から 10 の列までは「0」が格納されているため、1 フレーム目から 10 フレーム目までは、図 9 (b) に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図 6 (b) のテーブルの「L G」の行においては、フレーム番号が 11 の列と 12 の列で「-」が格納されているため、図 9 (b) に示したように、11 フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、12 フレーム目でライトグレーになる。また、図 6 (b) のテーブルの「L G」の行でフレーム番号が 13 以降の列においては、「0」が格納されているため、図 9 (b) に示したように、13 フレーム目以降は、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

40

【0051】

次に、書き換え前の階調がダークグレーであり、書き換え後の階調もダークグレーである画素については、LUT503 は、図 6 (b) のテーブルの「D G」の行を参照する。この行においては、全ての列に「0」が格納されているため、1 フレーム目から 31 フレーム目までは、図 9 (c) に示したように、当該画素の階調が変化しないこととなる。

【0052】

次に、書き換え前の階調がダークグレーであり、書き換え後の階調が黒である画素については、LUT503 は、図 6 (b) のテーブルの「B」の行を参照する。この行におい

50

ては、フレーム番号が 1 の列と 2 の列には「0」が格納されているため、1 フレーム目と 2 フレーム目では、図 9 ( d ) に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図 6 ( b ) のテーブルの「B」の行においては、フレーム番号が 3 の列から 1 2 の列まで「-」が格納されているため、図 9 ( d ) に示したように、3 フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、1 2 フレーム目で白になる。また、図 6 ( b ) のテーブルの「B」の行でフレーム番号が 1 4 の列から 2 5 の列までは、「+」が格納されている。階調制御部 5 0 2 は、画素電極 1 0 1 d に印加する電圧を示すデータとして「+」を取得すると、当該画素の画素電極 1 0 1 d へ印加する電圧を + 1 5 V とするよう指示する信号をデータ線駆動回路 1 4 0 へ出力する。当該画素に係る走査線 1 1 2 が選択されている期間において、データ線駆動回路 1 4 0 が、この信号に基いてデータ線 1 1 4 にデータ信号を出力すると、+ 1 5 V の電圧が当該画素の画素電極 1 0 1 d に印加され、図 9 ( d ) に示したように、1 3 フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、2 5 フレーム目で黒となる。なお、図 6 ( b ) のテーブルの「B」の行においては、フレーム番号が 2 6 の列以降は、「0」が格納されているため、図 9 ( d ) に示したように、2 6 フレーム目以降は、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

10

#### 【0053】

(書き換え前の画素の階調がライトグレーの場合の動作例)

次に、画像の書き換え前の階調がライトグレーの場合の動作例について説明する。書き換え前の階調がライトグレーの場合、LUT 5 0 3 は、図 7 ( a ) のテーブルを参照し、画素電極 1 0 1 d に印加する電圧を示すデータを出力する。

20

#### 【0054】

図 1 0 は、画像を書き換えるときに、書き換え前にライトグレーであった画素の階調の遷移を示した図であり、図 1 0 ( a ) は、ライトグレー 白の場合、図 1 0 ( b ) は、ライトグレー ライトグレーの場合、図 1 0 ( c ) は、ライトグレー ダークグレーの場合、図 1 0 ( d ) は、ライトグレー 黒の場合の遷移を示している。

#### 【0055】

まず、書き換え前の階調がライトグレーであり、書き換え後の階調が白である画素については、LUT 5 0 3 は、図 7 ( a ) のテーブルの「W」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が 1 の列から 4 の列までは「0」が格納されているため、1 フレーム目から 4 フレーム目では、図 1 0 ( a ) に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図 7 ( a ) のテーブルの「W」の行においては、フレーム番号が 5 の列から 1 2 の列まで「-」が格納されているため、図 1 0 ( a ) に示したように、5 フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、1 2 フレーム目で白になる。また、図 7 ( a ) のテーブルの「W」の行でフレーム番号が 1 3 以降の列においては、「0」が格納されているため、図 1 0 ( a ) に示したように、1 3 フレーム目以降は、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

30

#### 【0056】

次に、書き換え前の階調がライトグレーであり、書き換え後の階調もライトグレーである画素については、LUT 5 0 3 は、図 7 ( a ) のテーブルの「LG」の行を参照する。この行においては、全ての列に「0」が格納されているため、1 フレーム目から 3 1 フレーム目までは、図 1 0 ( b ) に示したように、当該画素の階調が変化しないこととなる。

40

#### 【0057】

次に、書き換え前の階調がライトグレーであり、書き換え後の階調がダークグレーである画素については、LUT 5 0 3 は、図 7 ( a ) のテーブルの「DG」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が 1 の列から 4 の列までは「0」が格納されているため、1 フレーム目から 4 フレーム目までは、図 1 0 ( c ) に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図 7 ( a ) のテーブルの「DG」の行においては、フレーム番号が 5 の列から 1 2 の列まで「-」が格納されているため、図 1 0 ( c ) に示したように、5 フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、1 2 フレーム目で白になる。また、図 7 ( a ) のテーブルの「DG」の行でフレーム番号が 1 4 の列から 2 5 の列までは、「+」が

50

格納されているため、図 10 (c) に示したように、14 フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、25 フレーム目で黒となる。また、図 7 (a) のテーブルの「D G」の行でフレーム番号が 27 の列と 28 の列においては、「-」が格納されているため、図 10 (c) に示したように、27 フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、28 フレーム目でダークグレーになる。なお、図 7 (a) のテーブルの「D G」の行でフレーム番号が 29 以降の列においては、「0」が格納されているため、図 10 (c) に示したように、29 フレーム目以降は、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

#### 【0058】

次に、書き換え前の階調がライトグレーであり、書き換え後の階調が黒である画素については、LUT503 は、図 7 (a) のテーブルの「B」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が 1 の列から 4 の列までは「0」が格納されているため、1 フレーム目から 4 フレーム目までは、図 10 (d) に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図 7 (a) のテーブルの「B」の行においては、フレーム番号が 5 の列から 12 の列まで「-」が格納されているため、図 10 (d) に示したように、5 フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、12 フレーム目で白になる。また、図 7 (a) のテーブルの「B」の行でフレーム番号が 14 の列から 25 の列までは、「+」が格納されているため、14 フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、25 フレーム目で黒となる。なお、図 7 (a) のテーブルの「B」の行においては、フレーム番号が 26 の列以降は、「0」が格納されているため、図 10 (d) に示したように、26 フレーム目以降は、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

#### 【0059】

(書き換え前の画素の階調が白の場合の動作例)

次に、画像の書き換え前の階調が白の場合の動作例について説明する。書き換え前の階調が白の場合、LUT503 は、図 7 (b) のテーブルを参照し、画素電極 101d に印加する電圧を示すデータを出力する。

#### 【0060】

図 11 は、画像を書き換えるときに、書き換え前に白であった画素の階調の遷移を示した図であり、図 11 (a) は、白 白の場合、図 11 (b) は、白 ライトグレーの場合、図 11 (c) は、白 ダークグレーの場合、図 11 (d) は、白 黒の場合の遷移を示している。

#### 【0061】

まず、書き換え前の階調が白であり、書き換え後の階調も白である画素については、LUT503 は、図 7 (b) のテーブルの「W」の行を参照する。この行においては、全ての列に「0」が格納されているため、1 フレーム目から 31 フレーム目までは、図 11 (a) に示したように、当該画素の階調が変化しないこととなる。

#### 【0062】

次に、書き換え前の階調が白であり、書き換え後の階調がライトグレーである画素については、LUT503 は、図 7 (b) のテーブルの「L G」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が 1 の列から 13 の列までは「0」が格納されているため、1 フレーム目から 13 フレーム目までは、図 11 (b) に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図 7 (b) のテーブルの「L G」の行においては、フレーム番号が 14 の列から 25 の列まで「+」が格納されているため、図 11 (b) に示したように、14 フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、25 フレーム目で黒となる。また、図 7 (b) のテーブルの「L G」の行でフレーム番号が 27 の列から 30 の列までは、「-」が格納されているため、図 11 (b) に示したように、27 フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、30 フレーム目でライトグレーになる。なお、図 7 (b) のテーブルの「L G」の行でフレーム番号が 31 の列においては、「0」が格納されているため、図 11 (b) に示したように、31 フレーム目では、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

#### 【0063】

次に、書き換え前の階調が白であり、書き換え後の階調がダークグレーである画素につ

いては、LUT503は、図7(b)のテーブルの「DG」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が1の列から13の列までは「0」が格納されているため、1フレーム目から13フレーム目までは、図11(c)に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図7(b)のテーブルの「DG」の行でフレーム番号が14の列から25の列までは、「+」が格納されているため、図11(c)に示したように、14フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、25フレーム目で黒となる。また、図7(b)のテーブルの「DG」の行でフレーム番号が27の列と28の列においては、「-」が格納されているため、図11(c)に示したように、27フレーム目から画素の階調が白に近づき、28フレーム目でダークグレーになる。なお、図7(b)のテーブルの「DG」の行でフレーム番号が28の列以降においては、「0」が格納されているため、図11(c)に示したように、28フレーム目以降では、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

10

#### 【0064】

次に、書き換え前の階調が白であり、書き換え後の階調が黒である画素については、LUT503は、図7(b)のテーブルの「B」の行を参照する。の行においては、フレーム番号が1の列から13の列までは「0」が格納されているため、1フレーム目から13フレーム目までは、図11(d)に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図7(b)のテーブルの「B」の行でフレーム番号が14の列から25の列までは、「+」が格納されているため、図11(d)に示したように、14フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、25フレーム目で黒となる。また、図7(b)のテーブルの「B」の行でフレーム番号が26の列以降においては、「0」が格納されているため、図11(d)に示したように、26フレーム目以降では、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

20

#### 【0065】

以上説明したように、本実施形態においては、低階調側(黒側：第1基準階調側)から高階調側(白側：第2基準階調側)へ階調を変化させる画素については、白を経由せずに階調が変化するため、白を経由する構成と比較すると、画像の書き換え中において、画素の階調の変化が目立たなくなる。

また、本実施形態においては、画像を書き換える際には、全画素に対し、各フェーズの最後のフレーム、即ち、13フレーム目、26フレーム目、31フレーム目で電圧 $V_{com}$ が画素電極101dへ印加される。これにより、各フェーズを開始するときには、電気泳動粒子が止まっているため、全ての画素110で電気泳動粒子の動きやすさが同じ状態から階調の制御を行うこととなり、同じ階調を表示する画素110同士においては階調に差が生じにくくなる。

30

また、本実施形態においては、ライトグレーとダークグレーを表示する際には、高階調側からはライトグレーやダークグレーにはせず、いずれも低階調側から-15Vの電圧を画素電極101dに印加し、電圧の印加回数を異ならせることにより階調を制御するため、ライトグレーとダークグレーの階調差にバラつきが生じにくくなる。

#### 【0066】

##### [第2実施形態]

次に、本発明の第2実施形態について説明する。本発明の第2実施形態は、第1実施形態と比較すると、LUT503の構成が第1実施形態と異なる。以下、第1実施形態と同じ構成については説明を省略し、相違点について説明する。

40

#### 【0067】

本実施形態の第1フェーズは、書き換え前と書き換え後の階調が異なる画素であって、書き換え前の階調が黒以外の画素について、階調を変化させるフェーズである。本実施形態においても、画像を書き換えるときの最初のフレームの番号を1とした場合、1~13番目までのフレームが第1フェーズとなる。

#### 【0068】

本実施形態の第2フェーズは、第1フェーズの後、書き換え前の階調より書き換え後の階調が高い画素について、階調を白へ変化させるフェーズである。本実施形態においても

50

、画像を書き換えるときの最初のフレームの番号を 1 とした場合、14 ~ 26 番目までのフレームが第 2 フェーズとなる。

【0069】

本実施形態の第 3 フェーズは、第 2 フェーズの後、書き換え前の階調より書き換え後の階調が高く、書き換え後にライトグレー又はダークグレーとなる画素について、階調を変化させるフェーズである。本実施形態においても、第 3 フェーズのフレーム数は 5 フレームとなっている。画像を書き換えるときの最初のフレームの番号を 1 とした場合、27 ~ 31 番目までのフレームが第 3 フェーズとなる。

【0070】

図 12、13 は、本実施形態に係る LUT503 が記憶しているテーブルを示した図である。図 12、13 に示したように、本実施形態においては、各フェーズにおいて画素の階調を変化させるときに画素電極 101d へ印加する電圧の極性が第 1 実施形態と異なる。具体的には、第 1 フェーズで画素の階調を変化させる場合、正極性の電圧を画素電極 101d へ印加し、第 2 フェーズで画素の階調を変化させる場合、負極性の電圧を画素電極 101d へ印加する。また、第 3 フェーズで画素の階調を変化させる場合、正極性の電圧を画素電極 101d へ印加する。

【0071】

(第 2 実施形態の動作例)

次に第 1 実施形態において画素の階調を書き換えるときの動作例について説明する。なお、以下の説明においては、書き換え前の画素の階調が黒の場合、書き換え前の画素の階調がダークグレーの場合、書き換え前の画素の階調がライトグレーの場合、及び書き換え前の画素の階調が白の場合の動作例について説明する。

【0072】

図 14 は、画像を書き換えるときに、書き換え前に白であった画素の階調の遷移を示した図であり、図 14 (a) は、白 白の場合、図 14 (b) は、白 ライトグレーの場合、図 14 (c) は、白 ダークグレーの場合、図 14 (d) は、白 黒の場合の遷移を示している。図 14 及び後述する図 15 ~ 17 においては、横軸をフレーム番号とし、縦軸を画素の明度(階調)としている。また、図 14 及び後述する図 15 ~ 17 においては、図中の「(1)」は、第 1 フェーズ、「(2)」は、第 2 フェーズ、「(3)」は、第 3 フェーズを示している。また、本実施形態においては、図 14 (d) でフレーム番号が 0 のときの階調を白(本実施形態の第 1 基準階調)、フレーム番号が 2 のときの階調をライトグレー、フレーム番号が 4 のときの階調をダークグレー、フレーム番号が 12 のときの階調を黒(本実施形態の第 2 基準階調)としている。

【0073】

まず、書き換え前の階調が白であり、書き換え後の階調が白である画素については、LUT503 は、図 13 (b) のテーブルの「W」の行を参照する。この行においては、全ての列に「0」が格納されているため、1 フレーム目から 31 フレーム目までは、図 14 (a) に示したように、当該画素の階調が変化しないこととなる。

【0074】

次に、書き換え前の階調が白であり、書き換え後の階調がライトグレーである画素については、LUT503 は、図 13 (b) のテーブルの「LG」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が 1 の列から 10 列までは「0」が格納されているため、1 フレーム目から 10 フレーム目までは、図 14 (b) に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図 13 (b) のテーブルの「LG」の行においては、フレーム番号が 11 の列と 12 の列で「+」が格納されているため、11 フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、12 フレーム目でライトグレーになる。また、図 13 (b) のテーブルの「LG」の行でフレーム番号が 13 以降の列においては、「0」が格納されているため、図 14 (b) に示したように、13 フレーム目以降は、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

【0075】



次に、書き換え前の階調が白であり、書き換え後の階調がダークグレーである画素については、LUT503は、図13(b)のテーブルの「DG」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が1の列から8の列までは「0」が格納されているため、1フレーム目から8フレーム目までは、図14(c)に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図13(b)のテーブルの「DG」の行においては、フレーム番号が9の列から12の列まで「+」が格納されているため、図14(c)に示したように、9フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、12フレーム目でダークグレーになる。また、図13(b)のテーブルの「DG」の行でフレーム番号が13以降の列においては、「0」が格納されているため、図14(c)に示したように、13フレーム目以降は、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

10

#### 【0076】

次に、書き換え前の階調が白であり、書き換え後の階調が黒である画素については、LUT503は、図13(b)のテーブルの「B」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が1の列から12の列まで「+」が格納されているため、図14(d)に示したように、1フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、12フレーム目で黒になる。また、図13(b)のテーブルの「B」の行でフレーム番号が13以降の列においては「0」が格納されているため、図14(d)に示したように、13フレーム目以降は、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

#### 【0077】

(書き換え前の画素の階調がライトグレーの場合の動作例)

20

次に、画像の書き換え前の階調がライトグレーの場合の動作例について説明する。書き換え前の階調がライトグレーの場合、LUT503は、図13(a)のテーブルを参照し、画素電極101dに印加する電圧を示すデータを出力する。

#### 【0078】

図15は、画像を書き換えるときに、書き換え前にライトグレーであった画素の階調の遷移を示した図であり、図15(a)は、ライトグレー 白の場合、図15(b)は、ライトグレー ライトグレーの場合、図15(c)は、ライトグレー ダークグレーの場合、図15(d)は、ライトグレー 黒の場合の遷移を示している。

#### 【0079】

まず、書き換え前の階調がライトグレーであり、書き換え後の階調が白である画素については、LUT503は、図13(a)のテーブルの「W」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が1の列と2の列では「0」が格納されているため、1フレーム目と2フレーム目では、図15(a)に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図13(a)のテーブルの「W」の行においては、フレーム番号が3の列から12の列まで「+」が格納されているため、図15(a)に示したように、3フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、12フレーム目で黒になる。また、図13(a)のテーブルの「W」の行でフレーム番号が14の列から25の列までは、「-」が格納されているため、図15(a)に示したように、14フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、25フレーム目で白となる。また、図13(a)のテーブルの「W」の行でフレーム番号が26以降の列においては、「0」が格納されているため、図15(a)に示したように、26フレーム目以降は、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

30

40

#### 【0080】

次に、書き換え前の階調がライトグレーであり、書き換え後の階調もライトグレーである画素については、LUT503は、図13(a)のテーブルの「LG」の行を参照する。この行においては、全て「0」が格納されている。このため、1フレーム目から31フレーム目までは、図15(b)に示したように、当該画素の階調が変化しないこととなる。

#### 【0081】

次に、書き換え前の階調がライトグレーであり、書き換え後の階調がダークグレーである画素については、LUT503は、図13(a)のテーブルの「DG」の行を参照する

50

。この行においては、フレーム番号が1の列から10列までは「0」が格納されているため、1フレーム目から10フレーム目までは、図15(c)に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図13(a)のテーブルの「DG」の行においては、フレーム番号が11の列と12の列で「+」が格納されているため、図15(c)に示したように、11フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、12フレーム目でダークグレーになる。また、図13(a)のテーブルの「DG」の行でフレーム番号が13以降の列においては、「0」が格納されているため、図15(c)に示したように、13フレーム目以降は、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

#### 【0082】

次に、書き換え前の階調がライトグレーであり、書き換え後の階調が黒である画素については、LUT503は、図13(a)のテーブルの「B」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が1の列と2の列では「0」が格納されているため、1フレーム目と2フレーム目では、図15(d)に示したように、当該画素の階調が変化しない。

また、図13(a)のテーブルの「B」の行においては、フレーム番号が3の列から12の列まで「+」が格納されているため、図15(d)に示したように、3フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、12フレーム目で黒になる。また、図13(a)のテーブルの「B」の行でフレーム番号が13以降の列においては、「0」が格納されている。このため、図15(d)に示したように、13フレーム目以降は、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

#### 【0083】

(書き換え前の画素の階調がダークグレーの場合の動作例)

次に、画像の書き換え前の階調がダークグレーの場合の動作例について説明する。書き換え前の階調がダークグレーの場合、LUT503は、図12(b)のテーブルを参照し、画素電極101dに印加する電圧を示すデータを出力する。

#### 【0084】

図16は、画像を書き換えるときに、書き換え前にダークグレーであった画素の階調の遷移を示した図であり、図16(a)は、ダークグレー 白の場合、図16(b)は、ダークグレー ライトグレーの場合、図16(c)は、ダークグレー ダークグレーの場合、図16(d)は、ダークグレー 黒の場合の遷移を示している。

#### 【0085】

まず、書き換え前の階調がダークグレーであり、書き換え後の階調が白である画素については、LUT503は、図12(b)のテーブルの「W」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が1の列から4の列までは「0」が格納されているため、1フレーム目から4フレーム目までは、図16(a)に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図12(b)のテーブルの「W」の行においては、フレーム番号が5の列から12の列まで「+」が格納されているため、図16(a)に示したように、5フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、12フレーム目で黒になる。また、図12(b)のテーブルの「W」の行でフレーム番号が14の列から25の列までは、「-」が格納されているため、図16(a)に示したように、14フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、25フレーム目で白となる。また、図12(b)のテーブルの「W」の行でフレーム番号が26以降の列においては、「0」が格納されているため、図16(a)に示したように、26フレーム目以降は、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

#### 【0086】

次に、書き換え前の階調がダークグレーであり、書き換え後の階調がライトグレーである画素については、LUT503は、図12(b)のテーブルの「LG」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が1の列から4の列までは「0」が格納されているため、1フレーム目から4フレーム目までは、図16(b)に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図12(b)のテーブルの「LG」の行においては、フレーム番号が5の列から12の列まで「+」が格納されているため、図16(b)に示したように、5フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、12フレーム目で黒になる。また、図

1 2 ( b ) のテーブルの「 L G 」の行でフレーム番号が 1 4 の列から 2 5 の列までは、「 - 」が格納されているため、図 1 6 ( b ) に示したように、 1 4 フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、 2 5 フレーム目で白となる。また、図 1 2 ( b ) のテーブルの「 L G 」の行でフレーム番号が 2 7 の列と 2 8 の列においては、「 + 」が格納されているため、図 1 6 ( b ) に示したように、 2 7 フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、 2 8 フレーム目でライトグレーになる。また、図 1 2 ( b ) のテーブルの「 W 」の行でフレーム番号が 2 9 以降の列においては、「 0 」が格納されているため、図 1 6 ( b ) に示したように、 2 9 フレーム目以降は、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

【 0 0 8 7 】

次に、書き換え前の階調がダークグレーであり、書き換え後の階調もダークグレーである画素については、 L U T 5 0 3 は、図 1 2 ( b ) のテーブルの「 D G 」の行を参照する。この行においては、全て「 0 」が格納されているため、 1 フレーム目から 3 1 フレーム目までは、図 1 6 ( c ) に示したように、当該画素の階調が変化しないこととなる。

【 0 0 8 8 】

次に、書き換え前の階調がダークグレーであり、書き換え後の階調が黒である画素については、 L U T 5 0 3 は、図 1 2 ( b ) のテーブルの「 B 」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が 1 の列から 4 の列までは「 0 」が格納されているため、 1 フレーム目から 4 フレーム目までは、図 1 6 ( d ) に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図 1 2 ( b ) のテーブルの「 B 」の行においては、フレーム番号が 5 の列から 1 2 の列まで「 + 」が格納されているため、図 1 6 ( d ) に示したように、 5 フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、 1 2 フレーム目で黒になる。また、図 1 2 ( b ) のテーブルの「 B 」の行でフレーム番号が 1 3 以降の列においては、「 0 」が格納されているため、図 1 6 ( d ) に示したように、 1 3 フレーム目以降は、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

【 0 0 8 9 】

( 書き換え前の画素の階調が黒の場合の動作例 )

次に、画像の書き換え前の階調が黒の場合の動作例について説明する。書き換え前の階調が白の場合、 L U T 5 0 3 は、図 1 2 ( a ) のテーブルを参照する。

【 0 0 9 0 】

図 1 7 は、画像を書き換えるときに、書き換え前に黒であった画素の階調の遷移を示した図であり、図 1 7 ( a ) は、黒 白の場合、図 1 7 ( b ) は、黒 ライトグレーの場合、図 1 7 ( c ) は、黒 ダークグレーの場合、図 1 7 ( d ) は、黒 黒の場合の遷移を示している。

【 0 0 9 1 】

まず、書き換え前の階調が黒であり、書き換え後の階調が白である画素については、 L U T 5 0 3 は、図 1 2 ( a ) のテーブルの「 W 」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が 1 の列から 1 3 の列までは「 0 」が格納されているため、 1 フレーム目から 1 3 フレーム目までは、図 1 7 ( a ) に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図 1 2 ( a ) のテーブルの「 B 」の行でフレーム番号が 1 4 の列から 2 5 の列までは、「 - 」が格納されているため、図 1 7 ( a ) に示したように、 1 4 フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、 2 5 フレーム目で白となる。また、図 1 2 ( a ) のテーブルの「 B 」の行でフレーム番号が 2 6 の列以降においては、「 0 」が格納されているため、図 1 7 ( a ) に示したように、 2 6 フレーム目以降では、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

【 0 0 9 2 】

次に、書き換え前の階調が白であり、書き換え後の階調がライトグレーである画素については、 L U T 5 0 3 は、図 1 2 ( a ) のテーブルの「 L G 」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が 1 の列から 1 3 の列までは「 0 」が格納されているため、 1 フレーム目から 1 3 フレーム目までは、図 1 7 ( b ) に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図 1 2 ( a ) のテーブルの「 L G 」の行でフレーム番号が 1 4 の列から

25の列までは、「-」が格納されているため、図17(b)に示したように、14フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、25フレーム目で白となる。また、図12(a)のテーブルの「LG」の行でフレーム番号が27の列と28の列においては、「+」が格納されているため、図17(b)に示したように、27フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、28フレーム目でライトグレーになる。なお、図12(a)のテーブルの「LG」の行でフレーム番号が28の列以降においては、「0」が格納されているため、図17(b)に示したように、28フレーム目以降では、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

#### 【0093】

次に、書き換え前の階調が黒であり、書き換え後の階調がダークグレーである画素については、LUT503は、図12(a)のテーブルの「DG」の行を参照する。この行においては、フレーム番号が1の列から13の列までは「0」が格納されているため、1フレーム目から13フレーム目までは、図17(c)に示したように、当該画素の階調が変化しない。また、図12(a)のテーブルの「DG」の行でフレーム番号が14の列から25の列までは、「-」が格納されているため、図17(c)に示したように、14フレーム目から当該画素の階調が白に近づき、25フレーム目で白となる。また、図12(a)のテーブルの「DG」の行でフレーム番号が27の列から30の列においては、「+」が格納されているため、図17(c)に示したように、27フレーム目から当該画素の階調が黒に近づき、30フレーム目でダークグレーになる。なお、図12(a)のテーブルの「DG」の行でフレーム番号が31の列においては、「0」が格納されているため、図17(c)に示したように、31フレーム目では、当該画素の階調は、変化しないこととなる。

#### 【0094】

次に、書き換え前の階調が黒であり、書き換え後の階調も黒である画素については、LUT503は、図12(a)のテーブルの「B」の行を参照する。この行においては、全て「0」が格納されているため、1フレーム目から31フレーム目までは、図17(d)に示したように、当該画素の階調が変化しないこととなる。

#### 【0095】

以上説明したように、本実施形態においては、高階調側（白側：第1基準階調側）から低階調側（黒側：第2基準階調側）へ階調を変化させる画素については、黒を経由せずに階調が変化するため、黒を経由する構成と比較すると、画像の書き換え中において、画素の階調の変化が目立たなくなる。

また、本実施形態においても、画像を書き換える際には、全画素に対し、各フェーズの最後のフレーム、即ち、13フレーム目、26フレーム目、31フレーム目で電圧Vcomが画素電極101dへ印加される。これにより、各フェーズを開始するときには、電気泳動粒子が止まっているため、全ての画素110で電気泳動粒子の動きやすさが同じ状態から階調の制御を行うこととなり、同じ階調を表示する画素110同士においては階調に差が生じにくくなる。

また、本実施形態においては、ライトグレーとダークグレーを表示する際には、低階調側からはライトグレーやダークグレーにはせず、いずれも高階調側から+15Vの電圧を画素電極101dに印加し、電圧の印加回数を異ならせることにより階調を制御するため、ライトグレーとダークグレーの階調差にバラつきが生じにくくなる。

#### 【0096】

##### [電子機器]

次に、上述した実施形態に係る表示装置1000を適用した電子機器の例について説明する。図18は、上述した実施形態に係る表示装置1000を用いた電子ブックリーダーの外観を示した図である。電子ブックリーダー2000は、板状のフレーム2001と、ボタン9A~9Fと、上述した実施形態に係る電気光学装置1と制御部2を備えている。電子ブックリーダー2000においては表示領域100が露出している。電子ブックリーダー2000においては、電子書籍の内容が表示領域100に表示され、ボタン9A~9

10

20

30

40

50

Fを操作することにより電子書籍のページがめくられる。なお、このほかにも、上述した実施形態に係る電気光学装置1が適用可能な電子機器としては、時計や、電子ペーパー、電子手帳、電卓、携帯電話機等などが挙げられる。

【0097】

[変形例]

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述した実施形態に限定されることなく、他の様々な形態で実施可能である。例えば、上述の実施形態を以下のように変形して本発明を実施してもよい。なお、上述した実施形態及び以下の変形例は、各々を組み合わせてもよい。

【0098】

上述した実施形態においては、表示領域100の全ての画素110に対して第1フェーズ～第3フェーズを実行し、表示する画像を書き換えているが、この構成に限定されるものではない。例えば、画像を書き換える際に書き換え前と書き換え後とで階調の変化が生じる領域を特定し、特定した領域については、上記の三つのフェーズを実行し、他の領域にある画素110については、画素電極101dに電圧Vcomを印加するようにしてもよい。

【0099】

本発明においては、各フェーズにおけるフレーム数は、上述した数に限定されるものではなく、他の数であってもよい。また、上述した実施形態においては、階調を白から黒にするときに画素電極101dに+15Vの電圧を12回印加しているが、11回以下又は13回以上であってもよい。また、上述した実施形態においては、階調を黒から白にするときに画素電極101dに-15Vの電圧を12回印加しているが、11回以下又は13回以上であってもよい。また、中間調を表示する際に印加する-15V又は+15Vの電圧の印加回数についても、上述した実施形態の数に限定されるものではなく、他の印加回数であってもよい。

また、上述した実施形態においては、温度センサーで表示領域100の温度を測定し、測定した温度に応じて、各フェーズにおけるフレーム数、+15Vや-15Vの電圧の印加回数を変更するようにしてもよい。

【0100】

上述した実施形態においては、アクティブマトリックス型の電気光学装置を例に説明したが、これに限定する趣旨ではない。電気光学装置は、第1電極としてセグメント電極を有するセグメント型の構成であってもよい。この場合、セグメント電極に電圧を印加する時間に応じて電気泳動粒子の移動距離、すなわち階調変化の大きさが決まる。このため、上記実施形態の説明において、画素電極101dに電圧を印加するフレーム数を、セグメント電極へ電圧を印加する時間と読み替えればセグメント型の電気光学装置の実施形態とすることができる。セグメント型の電気光学装置では、階調制御部は、画素の階調を変化させる電圧を、変化させる階調差に応じた印加時間だけセグメント電極へ印加し、当該階調差が大きい画素ほど、電圧の印加時間を長くする。

【0101】

上述した実施形態においては、電気光学装置として電気泳動層102を有するものを例に説明したが、これに限定する趣旨ではない。電気光学装置は、画素の表示状態を変化させるための書き込みが、電圧を複数回印加する書き込み動作によって行われるものであればどのようなものであってもよく、例えば電気光学材料として電子粉流体を用いた電気光学装置であってもよい。

【0102】

上述した実施形態においては、電気光学装置1は、黒、ダークグレー、ライトグレー、白の4階調を表示する構成となっているが、表示する階調は4階調に限定されるものではない。例えば、ダークグレー又はライトグレーのいずれか一方を表示しない構成、即ち、3階調を表示する構成としてもよい。また、中間調としてダークグレーやライトグレー以外の階調も表示し、5階調以上の階調を表示するようにしてもよい。

## 【 0 1 0 3 】

上述した実施形態においては、各フェーズの最後のフレームで画素電極 1 0 1 d に電圧 V c o m を印加する構成となっているが、この構成に限定されるものではない。例えば、3つのフェーズの少なくとも1つのフェーズの最後のフレームで画素電極 1 0 1 d に電圧 V c o m を印加する構成であってもよい。

## 【 0 1 0 4 】

上述した電子ブックリーダー 2 0 0 0 においては、第 1 実施形態の動作と第 2 実施形態の動作のいずれの動作を行うか、ボタン操作して設定するようにしてもよい。

例えば、文書を表示する場合、背景色を白とし、文字を黒又は中間調とする場合には、第 1 実施形態の動作を行うように設定し、背景色を黒とし、文字を白又は中間調とする場合には、第 2 実施形態の動作を行うように設定してもよい。

10

## 【 0 1 0 5 】

上述した実施形態においては、黒の画素の画素電極 1 0 1 d へ - 1 5 V の電圧を印加した場合と、白の画素の画素電極 1 0 1 d へ - 1 5 V の電圧を印加した場合とで、階調の変化量が異なる場合がある。例えば、黒の画素の画素電極 1 0 1 d へ - 1 5 V の電圧を一回印加したときの黒からの階調の変化量が、白の画素の画素電極 1 0 1 d へ + 1 5 V の電圧を一回印加したときの白からの階調の変化量より小さい場合、第 1 実施形態の動作を行うようにしてもよい。また、例えば、白の画素の画素電極 1 0 1 d へ + 1 5 V の電圧を一回印加したときの白からの階調の変化量が、黒の画素の画素電極 1 0 1 d へ - 1 5 V の電圧を一回印加したときの黒からの階調の変化量より小さい場合、第 2 実施形態の動作を行うようにしてもよい。

20

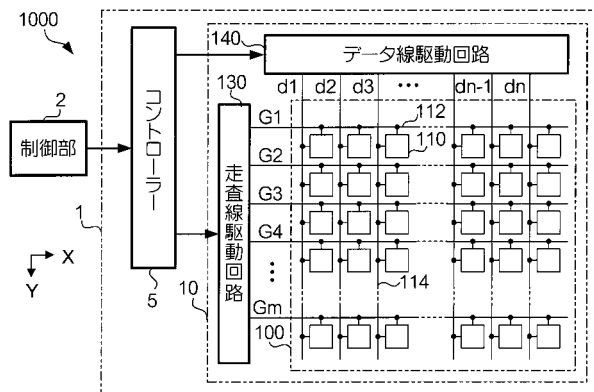
## 【 符号の説明 】

## 【 0 1 0 6 】

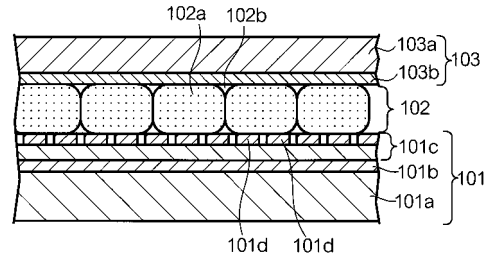
1 ... 電気光学装置、 2 ... 制御部、 5 ... コントローラー、 1 0 ... 表示部、 1 0 0 ... 表示領域、 1 0 1 ... 第 1 基板、 1 0 1 a ... 基板、 1 0 1 b ... 接着層、 1 0 1 c ... 回路層、 1 0 1 d ... 画素電極、 1 0 2 ... 電気泳動層、 1 0 2 a ... マイクロカプセル、 1 0 2 b ... バインダー、 1 0 3 ... 第 2 基板、 1 0 3 a ... フィルム、 1 0 3 b ... 共通電極層、 1 1 0 ... 画素、 1 1 0 a ... T F T、 1 1 0 b ... 表示素子、 1 1 0 c ... 補助容量、 1 1 2 ... 走査線、 1 1 4 ... データ線、 1 3 0 ... 走査線駆動回路、 1 4 0 ... データ線駆動回路、 5 0 1 ... R A M、 5 0 2 ... 階調制御部、 5 0 3 ... L U T、 1 0 0 0 ... 表示装置、 2 0 0 0 ... 電子ブックリーダー、 2 0 0 1 ... フレーム

30

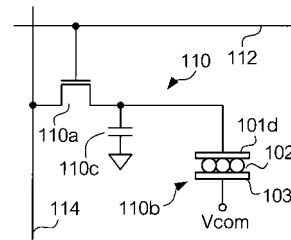
【 図 1 】



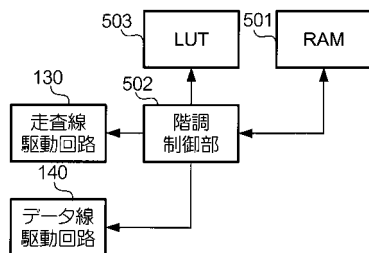
【 図 2 】



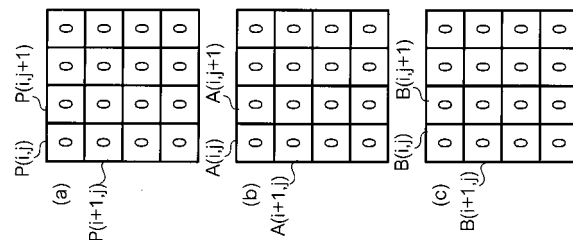
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

フェーズ		第1フェーズ								第2フェーズ								第3 フェーズ	
フレーム 番号		1	5	10	15	20	25	30											
後の階調 補正	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	DG	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0			
	G	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0			
	LW	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0			

(a) (黒から書き換え)

[illegible]

(b) (ダークグレーから書き換え)

【 図 7 】

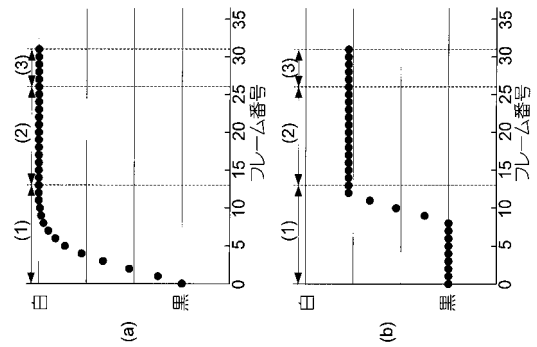
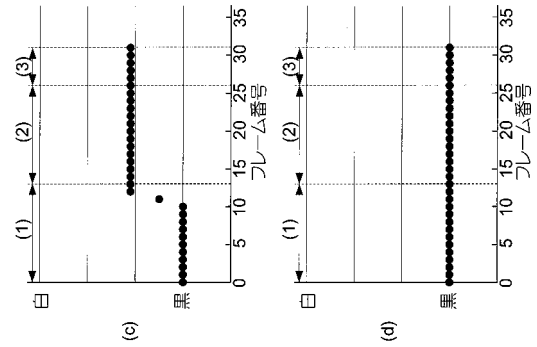
フェーズ	第1フェーズ										第2フェーズ										第3フェーズ													
フレーム番号	1	5	10	15	20	25	30											1	5	10	15	20	25	30										
後の書き換え 段階調	B	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	DG	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	-	-	0	0	0	0	0	0	0		
	LG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	W	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

(a) (LGから書き換え)

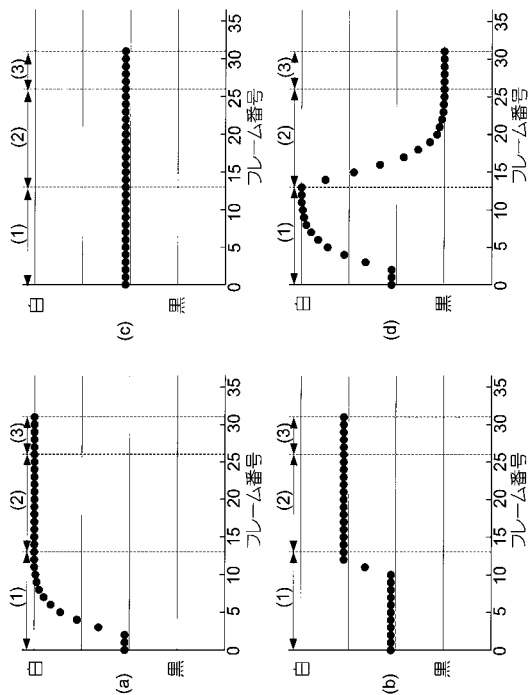
フェーズ	第1フェーズ										第2フェーズ										第3フェーズ						
フレーム番号	1	5	10	15	20	25	30																				
後の書き換え の階調	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0
	DG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	-	-	0	0
	LG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	-	-	0	0
	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(b) (白から書き換え)

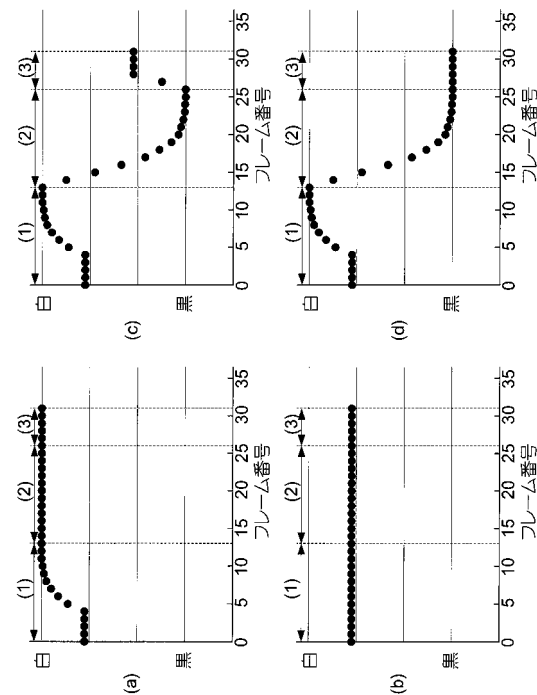
【 図 8 】



【 図 9 】

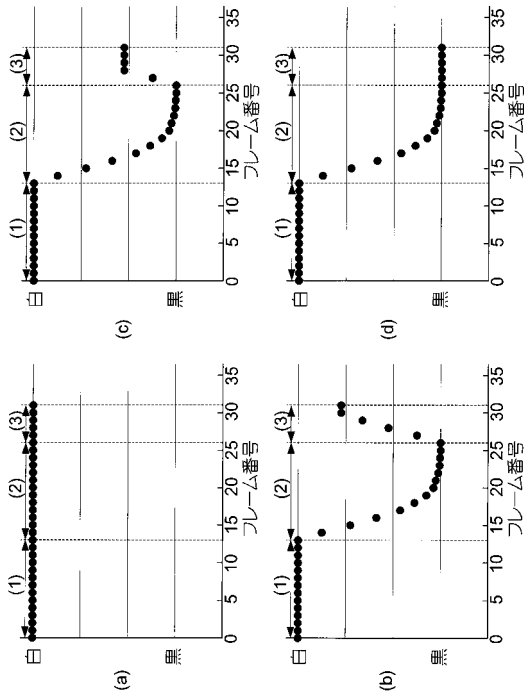


【 図 10 】





【図 1 1】



【図 1 2】

フェーズ	第1フェーズ										第2フェーズ										第3フェーズ
フレーム番号	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
後の書き換え	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
後の暗調	DG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(a) (黒から書き換え)

フェーズ	第1フェーズ										第2フェーズ										第3フェーズ
フレーム番号	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
後の書き換え	B	0	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
後の暗調	DG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LG	0	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	W	0	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

(b) (ダークグレーから書き換え)

【図 1 3】

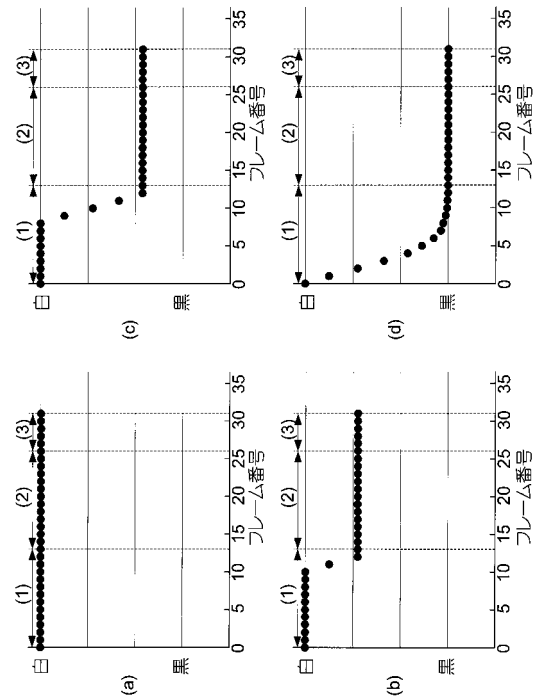
フェーズ	第1フェーズ										第2フェーズ										第3フェーズ
フレーム番号	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
後の書き換え	B	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
後の暗調	DG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	W	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

(a) (ライトグレーから書き換え)

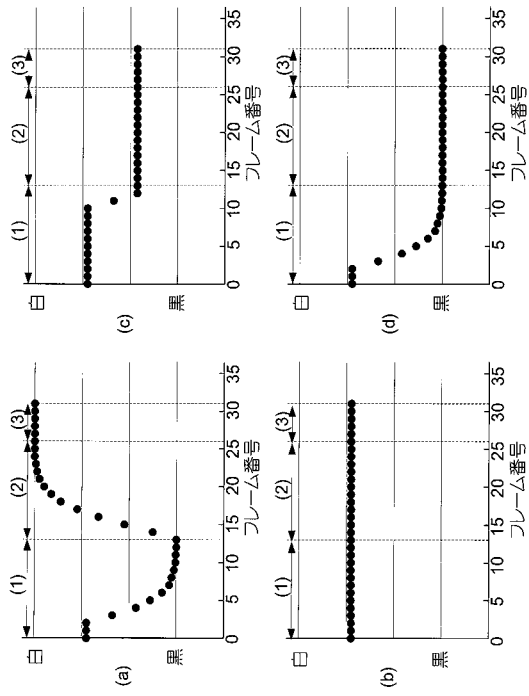
フェーズ	第1フェーズ										第2フェーズ										第3フェーズ
フレーム番号	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
後の書き換え	B	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
後の暗調	DG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(b) (白から書き換え)

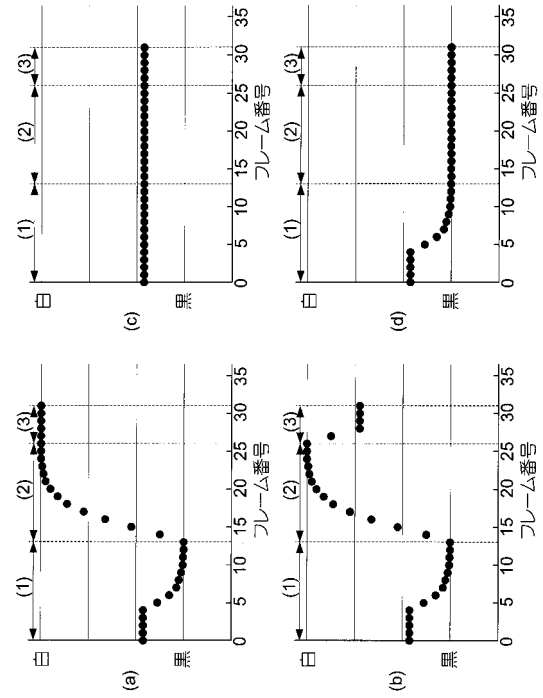
【図 1 4】



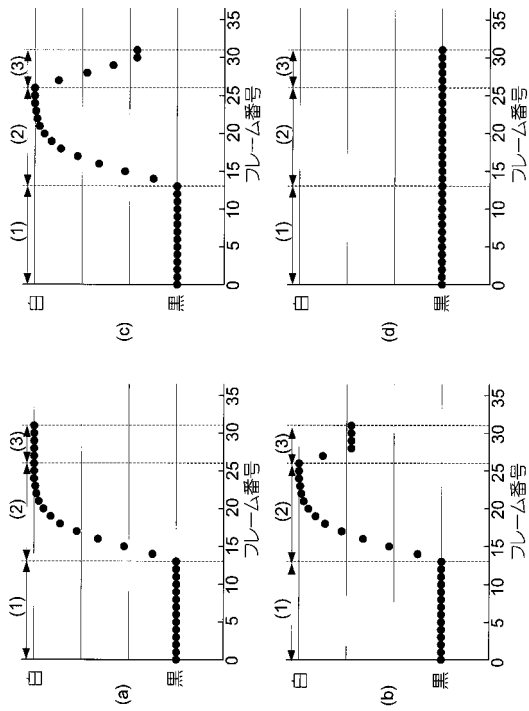
【図 15】



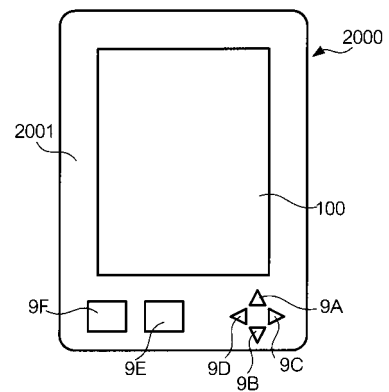
【図 16】



【図 17】



【図 18】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

G 0 2 F 1/167

(72)発明者 山田 利道

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

(72)発明者 武藤 幸太

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

Fターム(参考) 2K101 AA04 BA02 BC03 BD64 BE71 ED32 ED41 EE02 EE06 EJ11

5C080 AA13 BB05 DD01 DD26 EE29 FF11 JJ02 JJ03 JJ05 JJ06