

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 11 月 6 日(06.11.2014)



(10) 国際公開番号

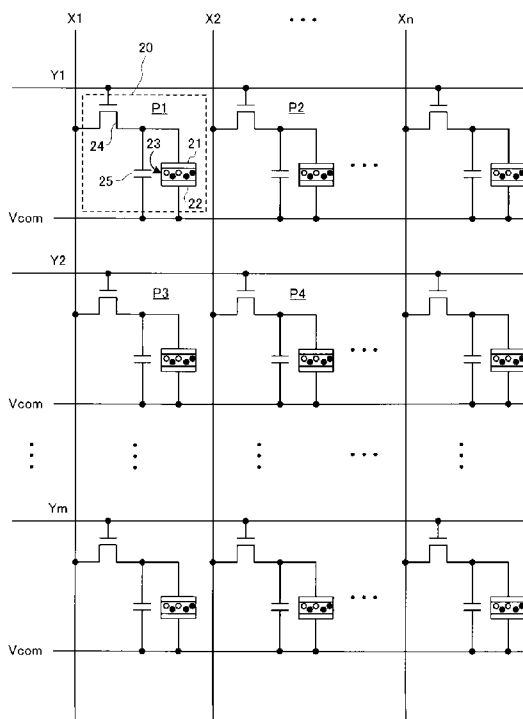
WO 2014/178330 A1

- (51) 国際特許分類:
G09G 3/34 (2006.01) G09G 3/20 (2006.01)
G02F 1/167 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/061604
- (22) 国際出願日: 2014 年 4 月 24 日(24.04.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-095223 2013 年 4 月 30 日(30.04.2013) JP
特願 2013-095224 2013 年 4 月 30 日(30.04.2013) JP
- (71) 出願人: 三菱鉛筆株式会社(MITSUBISHI PENCIL COMPANY, LIMITED) [JP/JP]; 〒1408537 東京都品川区東大井 5 丁目 2 3 番 3 7 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 阪上 正史(SAKAGAMI, Masashi); 〒3758501 群馬県藤岡市立石 1 0 9 1 番地 三菱鉛筆株式会社群馬工場内 Gunma (JP). 藤沢 清志(FUJISAWA, Kiyoshi); 〒3758501 群馬県藤岡市立石 1 0 9 1 番地 三菱鉛筆株式会社群馬工場内 Gunma (JP).
- (74) 代理人: 青木 宏義, 外(AOKI, Hiroyoshi et al.); 〒1020076 東京都千代田区五番町 5 番地 1 J S 市ヶ谷ビル 5 F Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR DRIVING ELECTROPHORETIC DISPLAY DEVICE, AND ELECTROPHORETIC DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称: 電気泳動表示装置の駆動方法及び電気泳動表示装置



(57) Abstract: In order to simultaneously achieve an improvement in display performance such as contrast and reflectance, and an improvement in precision gradation display performance, an electrophoretic display device and a method for driving the electrophoretic display device are provided, said device and method being characterized by being provided with: a step for identically driving all pixels, wherein all pixel electrodes (21) are placed in an identical display state by a common swing that changes the potential of common electrodes (22); a gradation display drive step, wherein the potential of the common electrodes (22) is fixed at an intermediate potential of the potential applied by the common swing to the common electrodes (22), a number of scans is controlled in such a manner that target pixels attain a desired gradation, while pixel signals are applied to a plurality of data lines (X) corresponding to the target pixels, and the aforementioned pixel electrodes are placed in a high impedance state after the final scan; and a stopping step, wherein a short circuit is produced between the pixel electrodes (21) and the common electrodes (22) of the target pixels once the target pixels have attained the desired gradation.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/178330 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

コントラストや反射率などの表示性能の向上と精密な階調表示性能の向上を同時に実現すること。共通電極 (22) の電位を変化させるコモン振りによって全画素電極 (21) を同一の表示状態にする全画素同一表示駆動ステップと、共通電極 (22) の電位を当該共通電極 (22) にコモン振りで印加された電位の間電位に固定され、対象画素に対応した複数のデータ線 (X) に画素信号が印加された状態で、対象画素が所望の階調となるように走査回数を制御し、最後の走査後に前記画素電極をハイインピーダンス状態とする階調表示駆動ステップと、対象画素が所望の階調に到達した後、当該対象画素の画素電極 (21) と共通電極 (22) との間を短絡する停止ステップと、を具備することを特徴とする電気泳動表示装置及びその駆動方法とする。

明 細 書

発明の名称：電気泳動表示装置の駆動方法及び電気泳動表示装置 技術分野

[0001] 本発明は、電界等の作用により可逆的に視認状態を変化させる電気泳動表示装置の駆動方法及び電気泳動表示装置に関する。

背景技術

[0002] 電子ペーパーに適した表示装置として、電気泳動表示インクにより画像を形成する電気泳動表示装置が知られている。一般的な電気泳動表示装置は、表示画素がマトリクス状に配置され、各表示画素に電気泳動表示インクが封入されると共に一対の電極が設けられる。データ線駆動回路からデータ線及びTFTを介して各表示画素の一方の電極（画素電極）に画素信号を供給し、各表示画素の電気泳動表示インクに画素信号（駆動電圧）が印加されるように走査線駆動回路から各表示画素（画素電極）のTFTに走査線を介して走査信号を供給する。走査信号は矩形波の電圧からなる信号（パルス信号）であり、各走査線はパルス幅の期間だけTFTをオンして画素電極に画素信号が印加される。走査線が選択されている間（TFTオン期間）のみ、各表示画素には画素電極と共通電極の電位差が駆動電圧として印加される。

[0003] 電気泳動表示装置では、各画素の電気泳動表示インクを、より高い電圧にて駆動した方が画像品質（コントラスト等）を向上可能である。このため、スイッチング素子を用いたパネルにおいて、共通電極電位を変動させることでより大きな駆動電圧を印加させる方法などが採用されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2002-149115号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記のとおり、電気泳動表示装置では、より高い電圧を用いて駆動することで高速書換や高白反射率、高コントラストが達成されるものであるが、その後に階調表示する用途を想定した場合、次のような問題がある。すなわち、高い電圧を用いて階調表示しようとする、画素電極と共通電極の間に印加される駆動電圧が大きいために電気泳動粒子の移動速度が速くなり、電気泳動粒子の位置（分布）の制御が難しくなって階調表示性能が大幅に低下するなどの問題があった。

[0006] 本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、コントラストや反射率などの表示性能の向上と精密な階調表示性能の向上を同時に実現することができる電気泳動表示装置の駆動方法及び電気泳動表示装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の電気泳動表示装置の駆動方法は、少なくとも一方が光透過性を有する一対の基板と、一方の前記基板の基板面にマトリクス状に配置された複数の画素電極と、他方の前記基板の基板面に前記複数の画素電極に対向して配置された共通電極と、前記基板間に封入され、少なくとも1又は2種類以上の電気泳動粒子からなる電気泳動表示インクと、前記画素電極が行毎に接続された複数のデータ線に対して個別に画素信号を供給する第1の駆動回路と、前記複数のデータ線上に夫々設けられ、オン状態において当該データ線に供給される前記画素信号を対応する前記画素電極に印加する複数のスイッチと、前記スイッチが列毎に接続された複数の走査線を、前記スイッチをオン状態にする走査信号によって走査する第2の駆動回路と、前記各画素電極と前記共通電極との間にそれぞれ並列に接続された複数の保持容量と、を具備した電気泳動表示装置の駆動方法であって、前記共通電極の電位を変化させるコモン振りによって全画素を同一の表示状態にする全画素同一表示駆動ステップと、前記共通電極の電位を当該共通電極にコモン振りで印加された電位の間電位に固定され、対象画素に対応した複数のデータ線に画素信号が印加された状態で、対象画素が所望の階調となるように走査回数を制御し

、最後の走査後に前記画素電極をハイインピーダンス状態とする階調表示駆動ステップと、対象画素が所望の階調に到達した後、当該対象画素の前記画素電極と前記共通電極との間を短絡する停止ステップと、を具備したことを特徴とする。

[0008] この構成により、コモン振りによる高い電圧で、例えば白や黒の表示をはっきりと出した後、通常駆動の低い電圧で色の階調表示を制御することが可能となり、コントラストや反射率などの表示性能の向上と精密な階調表示性能の向上とを同時に実現することができることとなる。一般的に、通常よりも大きい駆動電圧で画素を駆動した場合、電気泳動粒子をより高密度で表示面に集めることとなるため粒子間の凝集力や電極面との付着力も高まってしまふ。この凝集や付着をほぐすために同じ駆動電圧で階調表示駆動を実施するのが一般的だが、複数回走査による階調駆動を組み合わせることで、高い駆動電圧を印加することなしに、凝集や付着を解消することが可能となる。さらに、階調表示後の停止ステップにおいて、共通電極と画素電極の電位を等しくして短絡状態を作り、各画素の電気泳動インクと保持容量に蓄えられた電荷を除去することで、パネルの長寿命化を達成することができる。

[0009] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記全画素同一表示駆動ステップは、第1の電圧V1を前記共通電極に印加し、第2の電圧V2を画素信号として前記各データ線に印加した状態で前記複数の走査線を用いて全画素に一斉に駆動電圧を印加して全画素を第1の表示状態に変化させる駆動により全画素を同一の表示状態にすること、を含むコモン振りが適用されてもよい。

[0010] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記全画素同一表示駆動ステップは、第1の電圧V1を前記共通電極に印加し、第2の電圧V2を画素信号として前記各データ線に印加した状態で前記複数の走査線を順次走査する駆動を、1または複数フレーム繰り返すことで全画素を同一の表示状態にすること、を含むコモン振りが適用されてもよい。

[0011] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記全画素同一表示駆動ステ

ップは、第1の電圧V1を画素信号として前記各データ線に印加し、第2の電圧V2を前記共通電極に印加した状態で前記複数の走査線を用いて全画素に一斉に駆動電圧を印加して全画素を第1の表示状態に変化させる第1の印加動作と、前記第2の電圧V2を画素信号として前記各データ線に印加し、前記第1の電圧V1を前記共通電極に印加した状態で前記複数の走査線を用いて全画素に一斉に駆動電圧を印加し、全画素を前記第1の表示状態とは異なる第2の表示状態に変化させる第2の印加動作とを連続して行う一連の動作を1セットとして、この一連の動作を1または複数セット繰り返すこと、を含むコモン振りが適用されてもよい。

[0012] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記全画素同一表示駆動ステップは、第1の電圧V1を画素信号として前記各データ線に印加し、第2の電圧V2を前記共通電極に印加した状態で前記複数の走査線を順次走査して全画素を第1の表示状態に変化させる第1の印加動作と、前記第2の電圧V2を画素信号として前記各データ線に印加し、前記第1の電圧V1を前記共通電極に印加した状態で前記複数の走査線を順次走査して全画素を前記第1の表示状態とは異なる第2の表示状態に変化させる第2の印加動作とを連続して行う一連の動作を1セットとして、この一連の動作を1または複数セット繰り返すこと、を含むコモン振りが適用されてもよい。

[0013] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記階調表示駆動ステップは、対象画素を第1の極性の駆動電圧で繰り返し駆動して所望の階調に変化させる途中で、当該対象画素に第1の極性とは逆向きの第2の極性の駆動電圧を印加してもよい。

[0014] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記階調表示駆動ステップは、階調を表現するために必要な走査回数を、1フレーム又は複数フレームに相当する休止期間で分離されるいくつかのブロックに分け、前記ブロック単位で対象画素を走査してもよい。

[0015] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記ブロックと前記ブロックの間の前記休止期間において、対象画素の前記画素電極と前記共通電極との

間を順次短絡してもよい。

[0016] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記ブロックと前記ブロックの間の前記休止期間において、対象画素の前記画素電極を順次開放してもよい。

[0017] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記ブロックの1つのブロック内で対象画素を第1の極性の駆動電圧で繰り返し駆動して階調変化させる途中で、当該対象画素に第1の極性とは逆向きの第2の極性の駆動電圧を印加してもよい。

[0018] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記停止ステップは、対象画素が所望の階調に到達した後、前記対象画素電極に前記共通電極と同電位として短絡してもよい。

[0019] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記停止ステップは、全画素が所望の階調に到達した後、全画素の前記画素電極と前記共通電極との間を順次短絡してもよい。

[0020] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記停止ステップは、全画素が所望の階調に到達した後、全画素の前記画素電極と前記共通電極との間を一斉に短絡してもよい。

[0021] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記階調表示駆動ステップと前記停止ステップの間に、休止期間を設けてもよい。

[0022] 本発明の電気泳動表示装置の駆動方法は、少なくとも一方が光透過性を有する一対の基板と、一方の前記基板の基板面にマトリクス状に配置された複数の画素電極と、他方の前記基板の基板面に前記複数の画素電極に対向して配置された共通電極と、前記基板間に封入され、少なくとも1又は2種類以上の電気泳動粒子からなる電気泳動表示インクと、前記画素電極が行毎に接続された複数のデータ線に対して個別に画素信号を供給する第1の駆動回路と、前記複数のデータ線上に夫々設けられ、オン状態において当該データ線に供給される前記画素信号を対応する前記画素電極に印加する複数のスイッチと、前記スイッチが列毎に接続された複数の走査線を、前記スイッチをオ

ン状態にする走査信号によって走査する第2の駆動回路と、前記各画素電極と前記共通電極との間にそれぞれ並列に接続された複数の保持容量と、を具備した電気泳動表示装置の駆動方法であって、前記共通電極の電位を変化させるコモン振りにによって全画素を同一の表示状態にする全画素同一表示駆動ステップと、前記共通電極の電位を当該共通電極にコモン振りで印加された電位の間電位に固定され、対象画素に対応した複数のデータ線に画素信号が印加された状態で、対象画素が所望の階調となるように走査回数を制御する階調表示駆動ステップと、対象画素が所望の階調に到達した後、当該対象画素の前記画素電極を開放する停止ステップと、を具備したことを特徴とする。

[0023] この構成により、コモン振りによる高い電圧で、例えば白や黒の表示をはっきりと出した後、通常駆動の低い電圧で色の階調表示を制御することが可能となり、コントラストや反射率などの表示性能の向上と精密な階調表示性能の向上とを同時に実現することができることとなる。一般的に、通常よりも大きい駆動電圧で画素を駆動した場合、電気泳動粒子をより高密度で表示面に集めることとなるため粒子間の凝集力や電極面との付着力も高まってしまふ。この凝集や付着をほぐすために同じ駆動電圧で階調表示駆動を実施するのが一般的だが、複数回走査による階調駆動を組み合わせることで、高い駆動電圧を印加することなしに、凝集や付着を解消することが可能となる。さらに、階調表示できた後の停止ステップにおいて、対象画素の画素電極を開放することから、対象画素に蓄積された電荷が自然放電されるまで駆動電圧が保持されることから、表示装置におけるメモリ性を向上することが可能となる。この結果、コントラストや反射率などの表示性能の向上と精密な階調表示性能の向上を同時に実現することができ、さらに表示装置のメモリ性の向上を図ることができる。

[0024] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記全画素同一表示駆動ステップは、第1の電圧V1を前記共通電極に印加し、第2の電圧V2を画素信号として前記各データ線に印加した状態で前記複数の走査線を用いて全画素

に一齐に駆動電圧を印加して全画素を第1の表示状態に変化させる駆動により全画素を同一の表示状態にすること、を含むコモン振りが適用されてもよい。

[0025] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記全画素同一表示駆動ステップは、第1の電圧V1を前記共通電極に印加し、第2の電圧V2を画素信号として前記各データ線に印加した状態で前記複数の走査線を順次走査する駆動を、1または複数フレーム繰り返すことで全画素を同一の表示状態にすること、を含むコモン振りが適用されてもよい。

[0026] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記全画素同一表示駆動ステップは、第1の電圧V1を画素信号として前記各データ線に印加し、第2の電圧V2を前記共通電極に印加した状態で前記複数の走査線を用いて全画素に一齐に駆動電圧を印加して全画素を第1の表示状態に変化させる第1の印加動作と、前記第2の電圧V2を画素信号として前記各データ線に印加し、前記第1の電圧V1を前記共通電極に印加した状態で前記複数の走査線を用いて全画素に一齐に駆動電圧を印加し、全画素を前記第1の表示状態とは異なる第2の表示状態に変化させる第2の印加動作とを連続して行う一連の動作を1セットとして、この一連の動作を1または複数セット繰り返すこと、を含むコモン振りが適用されてもよい。

[0027] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記全画素同一表示駆動ステップは、第1の電圧V1を画素信号として前記各データ線に印加し、第2の電圧V2を前記共通電極に印加した状態で前記複数の走査線を順次走査して全画素を第1の表示状態に変化させる第1の印加動作と、前記第2の電圧V2を画素信号として前記各データ線に印加し、前記第1の電圧V1を前記共通電極に印加した状態で前記複数の走査線を順次走査して全画素を前記第1の表示状態とは異なる第2の表示状態に変化させる第2の印加動作とを連続して行う一連の動作を1セットとして、この一連の動作を1または複数セット繰り返すこと、を含むコモン振りが適用されてもよい。

[0028] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記階調表示駆動ステップは

、対象画素を第1の極性の駆動電圧で繰り返し駆動して所望の階調に変化させる途中で、当該対象画素に第1の極性とは逆向きの第2の極性の駆動電圧を印加してもよい。

[0029] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記階調表示駆動ステップは、階調を表現するために必要な走査回数を、1フレーム又は複数フレームに相当する休止期間で分離されるいくつかのブロックに分け、前記ブロック単位で対象画素を走査してもよい。

[0030] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記ブロックと前記ブロックの間の前記休止期間において、対象画素の前記画素電極と前記共通電極との間を順次短絡してもよい。

[0031] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記ブロックと前記ブロックの間の前記休止期間において、対象画素の前記画素電極を順次開放してもよい。

[0032] 上記電気泳動表示装置の駆動方法において、前記ブロックの1つのブロック内で対象画素を第1の極性の駆動電圧で繰り返し駆動して階調変化させる途中で、当該対象画素に第1の極性とは逆向きの第2の極性の駆動電圧を印加してもよい。

[0033] 上記全画素同一表示駆動に先立って、現在表示されている画像が次の画像を書き込んだ後もぼんやりと残って見える残像現象を防ぐための消去駆動が行われてもよい。この残像消去駆動は上記コモン振りをを用いて全走査線同時選択によってなされてもよいし、走査線順次選択によってなされてもよい。また、コモン振りをを用いないこれらの駆動にて実現してもよい。また、これら以外の方法でも、残像現象を防ぐことが可能な駆動であればどのような手段を用いてもよい。

[0034] 本発明の電気泳動表示装置は、少なくとも一方が光透過性を有する一対の基板と、一方の前記基板の基板面にマトリクス状に配置された複数の画素電極と、他方の前記基板の基板面に前記複数の画素電極に対向して配置された共通電極と、前記基板間に封入され、1又は2種類以上の電気泳動粒子が分

散する電気泳動表示インクと、前記画素電極が行毎に接続された複数のデータ線に対して個別に画素信号を供給する第1の駆動回路と、前記複数のデータ線上に夫々設けられ、オン状態において当該データ線に供給される前記画素信号を対応する前記画素電極に印加する複数のスイッチと、前記スイッチが列毎に接続された複数の走査線を、前記スイッチをオン状態にする走査信号によって走査する第2の駆動回路と、前記各画素電極と前記共通電極との間にそれぞれ並列に接続された複数の保持容量と、具備し、前記共通電極の電位を変化させるコモン振りによって全画素を同一の表示状態にした後、前記共通電極の電位を当該共通電極にコモン振りで印加された電位の間電位に固定して、対象画素に対応した複数のデータ線に画素信号を印加した状態で、対象画素が所望の階調となるように走査回数を制御して階調表示し、対象画素が所望の階調に到達した後、当該対象画素の前記画素電極を開放することを特徴とする。

発明の効果

[0035] 本発明によれば、コントラストや反射率などの表示性能の向上と精密な階調表示性能の向上を同時に実現することができ、さらに表示装置の長寿命化を図ることができる電気泳動表示装置の駆動方法及び電気泳動表示装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0036] [図1]第1の実施の形態に係る電気泳動表示装置の全体構成図である。

[図2]上記電気泳動表示装置における画素の電氣的な構成を示す回路図である。

[図3]上記電気泳動表示装置における表示部の部分断面図である。

[図4]上記電気泳動表示装置における全走査線同時選択によるパルス方式によるコモン振りをを用いた全画素同一表示駆動ステップの説明図である。

[図5]上記電気泳動表示装置における走査線順次選択によるパルス方式によるコモン振りをを用いた全画素同一表示駆動ステップの説明図である。

[図6]上記電気泳動表示装置における全走査線順次選択によるスイングパルス

方式によるコモン振りをを用いた全画素同一表示駆動ステップの説明図である。

[図7]上記電気泳動表示装置における走査線順次選択によるスイングパルス方式によるコモン振りをを用いた全画素同一表示駆動ステップの変更例の説明図である。

[図8]上記電気泳動表示装置における順次階調駆動方式を用いた階調表示駆動ステップの説明図である。

[図9]上記電気泳動表示装置におけるブロックスキャン階調駆動方式を用いた階調表示駆動ステップの説明図である。

[図10]上記電気泳動表示装置でブロックスキャン階調駆動方式と順次階調駆動方式とを用いた場合の駆動エネルギーの説明図である。

[図11]上記電気泳動表示装置における逆スキャン挿入駆動方式を用いた階調駆動制御の説明図である。

[図12]上記電気泳動表示装置における逆スキャン挿入駆動方式を用いた階調駆動制御の説明図である。

[図13]上記電気泳動表示装置における階調駆動制御を終了する場合の短絡動作及び開放動作の説明図である。

[図14]上記電気泳動表示装置における階調駆動制御を終了する場合の波形の説明図である。

[図15]上記電気泳動表示装置における一斉短絡方式を用いた停止ステップの説明図である。

[図16]上記電気泳動表示装置における順次短絡方式を用いた停止ステップの説明図である。

[図17]上記電気泳動表示装置における階調駆動制御を終了する場合の波形の説明図である。

[図18]第1の実施の形態に係る電気泳動表示装置の実施例における駆動動作に関する検証結果の説明図である。

[図19]第2の実施の形態に係る電気泳動表示装置の実施例における駆動動作

に関する検証結果の説明図である。

発明を実施するための形態

[0037] (第1の実施の形態)

以下、本発明の実施の形態について添付図面を参照して詳細に説明する。

図1は、本発明の実施の形態に係る電気泳動表示装置の全体構成図である。図1に示すように、この電気泳動表示装置1は、マトリクス状に表示画素が配置された表示部2と、表示部2に画素信号を供給するデータ線駆動回路3と、表示部2に矩形波のパルス信号からなる走査信号を供給する走査線駆動回路4と、表示部2の各表示画素に共通電位を与える共通電位供給回路5と、装置全体の動作を制御するコントローラ6と、を備えて構成される。

[0038] コントローラ6は、データ線駆動回路3、走査線駆動回路4及び共通電位供給回路5を制御することで、現在ある画像を消去して全画素を同一の表示状態（全白又は全黒）にする全画素同一表示駆動ステップと、表示したい画像の階調データに応じてスキャン回数を変化させて階調画像を表示させる階調表示駆動ステップと、短絡動作を入れて画素が保持している電荷を放電する停止ステップと、を1画像表示する度に実行する。後述するように、全画素同一表示駆動ステップ、階調表示駆動ステップ及び停止ステップは、データ線駆動回路3から供給される画素信号、走査線駆動回路4から供給される走査信号、共通電位供給回路5から供給される電圧の組み合わせによって実現される。

[0039] 表示部2には、データ線駆動回路3から列方向（Y方向）に並列に伸びるn本のデータ線X1からXnが延在するとともに、これらのデータ線と交差して走査線駆動回路4から行方向（X方向）に並列に伸びるm本の走査線Y1からYmが延在している。表示部2において、データ線（X1, X2, …, Xn）と、走査線（Y1, Y2, …, Ym）とが交差する各交差部に表示画素20がそれぞれ形成されている。このように、表示部2には、n行m列のマトリクス状に複数の表示画素20が配置されている。

[0040] データ線駆動回路3は、コントローラ6から供給されるタイミング信号に

基づいて、各データ線（ X_1 、 X_2 、 $\dots X_n$ ）に画素信号を供給する。データ線駆動回路3は、高電位 V_1 （例えば、15V）、低電位 V_2 （例えば、-15V）、 V_1 と V_2 の中間電圧である V_{mid} （例えば、0V）の3つの電位、およびハイインピーダンス状態を選択可能に構成されている。

[0041] 走査線駆動回路4は、コントローラ6から供給されるタイミング信号に基づいて、各走査線（ Y_1 、 Y_2 、 $\dots Y_m$ ）に任意のパルス幅の走査信号を同時に又は順番に供給する。これにより、駆動対象となる表示画素20に対して、走査信号が供給される。走査信号によって階調制御対象となる画素を選択するので、走査信号のことを選択信号と呼ぶこともできる。

[0042] 表示部2を構成する各表示画素20には、共通電位供給回路5から共通電位線11を介して共通電位 V_{com} が印加される。共通電位供給回路5は、共通電位 V_{com} として、高電位 V_1 （例えば、15V）、低電位 V_2 （例えば、-15V）、 V_1 と V_2 の中間電圧である V_{mid} （例えば、0V）の3つの電位、およびハイインピーダンス状態を選択可能に構成されている。すなわち、共通電位供給回路5は、データ線駆動回路3が画素信号として選択可能な3つの電圧 V_1 、 V_2 、 V_{min} と同一電圧を選択可能に構成されている。

[0043] コントローラ6は、クロック信号、スタートパルス等のタイミング信号を、データ線駆動回路3、走査線駆動回路4及び共通電位供給回路5に供給して各回路を制御する。例えば、コントローラ6は、表示対象画素の階調データをデータ線駆動回路3または共通電位供給回路5に供給する。データ線駆動回路3または共通電位供給回路5は、階調データに応じて書込みパルスの印加回数及び電圧値を決定し、走査線駆動回路4のフレーム走査（画素行選択）動作に同期して対象画素に画素信号または共通電位を供給する。

[0044] 図2は、表示画素20の電氣的な構成を示す等価回路図である。なお、表示部2にマトリクス状に配置された各表示画素20は同一構成であるので、表示画素20を構成する各部には共通の符号を付して説明する。

[0045] 表示画素20は、画素電極21と、共通電極22と、電気泳動表示インク

23と、画素スイッチング用トランジスタ24と、保持容量25と、を備えている。画素スイッチング用トランジスタ24は、例えばTFT (Thin Film Transistor) で構成することができる。画素スイッチング用トランジスタ24のゲートは、対応する行の走査線(Y1, Y2, ... Ym) に電氣的に接続されている。画素スイッチング用トランジスタ24のソースは、対応する列のデータ線(X1, X2, ... Xn) に電氣的に接続されている。また、画素スイッチング用トランジスタ24のドレインは、画素電極21及び保持容量25に電氣的に接続されている。画素スイッチング用トランジスタ24は、データ線駆動回路3からデータ線(X1, X2, ... Xn) を介して供給される画素信号を、走査線駆動回路4から対応する行の走査線(Y1, Y2, ... Ym) を介して供給される走査信号に応じたタイミングで、画素電極21及び保持容量25に出力する。

[0046] 画素電極21には、データ線駆動回路3からデータ線(X1, X2, ... Xn) 及び画素スイッチング用トランジスタ24を介して、画素信号が供給される。画素電極21は、電気泳動表示インク23を介して共通電極22と互いに対向して配置されている。共通電極22は、共通電位Vcomが供給される共通電位線11に電氣的に接続されている。

[0047] 電気泳動表示インク23は、少なくとも1種類の電気泳動粒子が分散された液状体であり、電極間に図示しない封止材にて漏れ出さないように保持されている。

[0048] 保持容量25は、誘電体膜を介して対向配置された一対の電極からなり、一方の電極が画素電極21及び画素スイッチング用トランジスタ24に電氣的に接続され、他方の電極が共通電位線11に電氣的に接続されている。例えば、保持容量25は、1回の選択で表示画素20の電極間に生じる駆動電圧がオフした後も電気泳動粒子を所定期間よりも長い時間に亘り駆動電圧に応じた方向へ移動させ続ける電荷を蓄積可能な容量サイズを有する。

[0049] 次に、電気泳動表示装置1の表示部2の具体的な構成について、図3に基づいて説明する。図3は、電気泳動表示装置1における表示部2の部分断面

図である。図3に示すように、表示部2は、素子基板28と、対向基板29とが、図示しないスペーサを介して対向配置され、基板間に電気泳動表示インク23が封入された構成となっている。なお、本実施の形態では、対向基板29側に画像を表示することを前提として説明する。

[0050] 素子基板28は、例えば、ガラス又はプラスチック等からなる基板である。素子基板28上には、ここでは図示を省略するが、図2を参照して上述した画素スイッチング用トランジスタ24、保持容量25、走査線(Y1, Y2, …Ym)、データ線(X1, X2, …Xn)、共通電位線11などが作り込まれた積層構造が形成されている。この積層構造の上層側に、複数の画素電極21がマトリクス状に設けられている。

[0051] 対向基板29は、例えば、ガラス又はプラスチック等からなる光透過性の基板である。対向基板29における素子基板28との対向面上には、共通電極22が、複数の画素電極21と対向して形成されている。共通電極22は、例えば、マグネシウム銀(MgAg)、インジウムスズ酸化物(ITO)、インジウム亜鉛酸化物(IZO)などの透明導電材料から形成されている。

[0052] 電気泳動表示インク23は、少なくとも正又は負に帯電した第1の色を有する電気泳動粒子とそれとコントラスト表示可能となるような第2の色に着色された分散媒とからなる構成や、少なくとも正又は負に帯電した第1の色を有する第1の電気泳動粒子と、第1の電気泳動粒子とは異なる帯電特性を有し、第1の色とコントラスト表示可能となるような第2の色を有する第2の電気泳動粒子と分散媒とからなる構成をとることが可能である。本実施の形態では、正に帯電した黒色粒子83と、負に帯電した白色粒子82と、これらの黒色粒子83及び白色粒子82を分散させる分散媒81と、からなる構成を例にとって説明するが、これに限定されるものではない。すなわち、白色、黒色の粒子をコントラスト表示可能な範囲で任意に選択することにより、例えば、赤色、緑色、青色などの粒子に変えることによって、表示部2の表示面を赤色表示、緑色表示、青色表示などにすることができるものであ

る。

[0053] 画素電極 2 1 と共通電極 2 2 との間に、相対的に共通電極 2 2 の電位が高くなるように電圧が印加された場合には、正に帯電した黒色粒子 8 3 は、クーロン力によって画素電極 2 1 側に引き寄せられるとともに、負に帯電した白色粒子 8 2 は、クーロン力によって共通電極 2 2 側に引き寄せられる。この結果、表示面側（共通電極 2 2 側）には、白色粒子 8 2 が集まり、表示部 2 の表示面は白色表示となる。一方、画素電極 2 1 と共通電極 2 2 との間に、相対的に画素電極 2 1 の電位が高くなるように（相対的に共通電極 2 2 の電位が低くなるように）電圧が印加された場合には、正に帯電した黒色粒子 8 3 は、クーロン力によって共通電極 2 2 側に引き寄せられるとともに、負に帯電した白色粒子 8 2 は、クーロン力によって画素電極 2 1 側に引き寄せられる。この結果、表示面側（共通電極 2 2 側）には、黒色粒子 8 3 が集まり、表示部 2 の表示面は黒色表示となる。

[0054] 次に、以上のように構成された電気泳動表示装置 1 における駆動動作について説明する。階調画像を電気泳動表示装置 1 に表示させる駆動動作は、上述した全画素同一表示駆動ステップ、階調表示駆動ステップ及び停止ステップの 3 つに分割される。以下、これらの全画素同一表示駆動、階調表示駆動ステップ及び停止ステップについて、順番に説明する。

[0055] まず、電気泳動表示装置 1 における全画素同一表示駆動ステップについて説明する。全画素同一表示駆動ステップでは、コモン振りを行って電気泳動表示装置の画素を一旦全て同一の表示状態にできる駆動方法であれば特に限定されるものではないが、以下に示す方法を用いることで、効果的に本発明の効果を奏することができるものである。

[0056] 全画素同一表示駆動ステップにおいては、共通電極 2 2 に印加される共通電位 V_{com} を変化させるコモン振りが適用され、全ての表示画素 2 0 が同一の表示状態に設定される。例えば、全画素同一表示駆動ステップにおいては、共通電極 2 2 を画素電極 2 1 に対して高電位に設定して全ての表示画素 2 0 を第 1 の表示状態（例えば、全白状態）に変化させる第 1 の印加動作、

もしくは共通電極 22 を画素電極 21 に対して低電位に設定して全ての表示画素 20 を第 2 の表示状態（例えば、全黒状態）に変化させる第 2 の印加動作（以下、上記のような駆動方式を「パルス方式」と呼ぶ。）の少なくともどちらか一方の動作によって全画素を同一の表示状態とする。

[0057] このように、全画素同一表示駆動ステップにコモン振りを適用することにより、画素電極 21 と共通電極 22 との間に大きな電位差を確保でき、各表示画素 20（より具体的には、画素電極 21 と共通電極 22 との電極間）に大きな駆動電圧を印加できる。これにより、電気泳動表示インク 23 内の電気泳動粒子（白粒子 82、黒粒子 83）に、より大きな運動エネルギーを与えることができる。この結果、電気泳動粒子を効率よく表示面側や背面側に移動させることができ、また、白及び黒の電気泳動粒子をきれいに分離することが可能となり、白黒のコントラストや反射率などの表示性能の向上が図られる。

[0058] 全画素同一表示駆動ステップにコモン振りを適用することで得られる作用をより効果的に得るために、パルス方式の印加動作は 1 回だけではなく、前記第 1 の印加動作を複数回繰り返すことや、前記第 2 の印加動作を複数回繰り返して行っても良い。また、第 1 の印加動作と第 2 の印加動作を連続して行う一連の動作（セット）として、そのセットを 1 回又は複数回繰り返す方式（以下、「スイングパルス方式」と呼ぶ。）を用いても良い。なお、スイングパルス方式にて行われる第 1 の印加動作と第 2 の印加動作は、その回数がそれぞれ異なってもよい。

[0059] 本実施の形態に係る電気泳動表示装置 1 においては、全画素同一表示駆動ステップに適用されるコモン振りとして、例えば、全ての走査線 Y1～Ym に対して同時に走査信号を供給して全ての表示画素 20 に同時に駆動電圧を印加する方式（全走査線同時選択によるパルス方式、及び全走査線同時選択によるスイングパルス方式）と、各走査線 Y1～Ym に対して順次に走査信号を供給して全ての表示画素 20 に駆動電圧を順番に印加する方式（走査線順次選択によるパルス方式、及び走査線順選択によるスイングパルス方式）

と、を選択できる。

[0060] 以下、全走査線同時選択によるパルス方式、走査線順次選択によるパルス方式、全走査線同時選択によるスイングパルス方式、走査線順次選択によるスイングパルス方式を用いたコモン振りについて、図4、図5、図6及び図7に基づいて説明する。図4は、本実施の形態に係る電気泳動表示装置1における全走査線同時選択によるパルス方式によるコモン振りを用いた全画素同一表示駆動ステップの説明図である。図5は、本実施の形態に係る電気泳動表示装置1における走査線順次選択によるパルス方式によるコモン振りを用いた全画素同一表示駆動ステップの説明図である。図6は、本実施の形態に係る電気泳動表示装置1における全走査線同時選択によるスイングパルス方式によるコモン振りを用いた全画素同一表示駆動ステップの説明図である。図7は、本実施の形態に係る電気泳動表示装置1における走査線順次選択によるスイングパルス方式によるコモン振りを用いた全画素同一表示駆動ステップの説明図である。

[0061] 図4、図5、図6、及び図7に示すコモン振りにおいては、画素電極21及び共通電極22に印加される高電位の電圧V1として15Vを用いる一方、低電位の電圧V2として-15Vを用い、これらの中間電圧Vmidとして0Vを用いて説明する。

[0062] 図4に示すように、全走査線同時選択によるパルス方式を用いたコモン振りにおいては、共通電極22に15Vの電圧V1が印加され、画素電極21に-15Vの電圧V2が印加される。また、全ての走査線Y1～Ymに対して同時に走査信号（オン電位）が供給される。これにより、各表示画素20の電気泳動表示インク23には、V1-V2の駆動電圧（すなわち、30V）が印加される。

[0063] 図5に示すように、走査線順次選択によるパルス方式を用いたコモン振りにおいては、各走査線Y1～Ymに対して順次に走査信号（オン電位）が供給され、この走査信号が供給されるタイミングで該当する画素電極21に電圧V2、共通電極22に電圧V1が印加される点で、図4に示した全走査線

同時選択によるスイングパルス方式を用いたコモン振りと相違する。図5 Aにおいては、フレーム先頭の走査線Y 1に対して走査信号が供給された場合について示し、図5 Bにおいては、フレーム最後の走査線Y mに対して走査信号が供給された場合について示している。なお、走査線Y 2～Y (m - 1)については、走査線Y 1に対する走査信号の供給タイミングと、Y mに対する走査信号の供給タイミングとの間で、順次シフトしたタイミングで走査信号が供給される。

[0064] 図6に示すように、全走査線同時選択によるスイングパルス方式を用いたコモン振りにおいては、まず、共通電極22に-15Vの電圧V 2が印加され、画素電極21に15Vの電圧V 1が印加された状態で全ての走査線Y 1～Y mに対して同時に走査信号（オン電位）が供給される第2の印加動作を行う。これにより、各表示画素20の電気泳動表示インク23には、V 2 - V 1の電圧（すなわち、-30V）が印加される。その後に共通電極22の電位を15Vの電圧V 1に変更し、画素電極21の電位を-15Vの電圧V 2に変更した状態で、全ての走査線Y 1～Y mに対して同時に走査信号（オン電位）が供給される第1の印加動作を行う。これにより、各表示画素20の電気泳動表示インク23には、V 1 - V 2の駆動電圧（すなわち、30V）が印加される。図6ではこの一連の印加動作を1セットとして、2セット印加した場合を示している。これらの印加動作を繰り返す回数については任意に選択可能であり、3回以上に設定することができる。

[0065] 図7に示すように、走査線順次選択によるスイングパルス方式を用いたコモン振りにおいては、まず、共通電極22に-15Vの電圧V 2が印加され、画素電極21に15Vの電圧V 1が印加された状態で全ての走査線Y 1～Y mに対して順次走査信号（オン電位）が供給される第2の印加動作を行う。これにより、各表示画素20の電気泳動表示インク23には、V 2 - V 1の電圧（すなわち、-30V）が順次印加される。その後に共通電極22の電位を15Vの電圧V 1に変更し、画素電極21の電位を-15Vの電圧V 2に変更した状態で、全ての走査線Y 1～Y mに対して順次走査信号（オン

電位)が供給される第1の印加動作を行う。これにより、各表示画素20の電気泳動表示インク23には、 $V1 - V2$ の駆動電圧(すなわち、30V)が順次印加される。図7では、第1の印加動作を2回繰り返した後に第2の印加動作を二回繰り返した印加動作を1セットとして、2セット印加した場合を示している。これらの印加動作を繰り返す回数については任意に選択可能であり、それぞれ3回以上に設定することができる。またそれぞれ異なる回数に設定することもできる。

[0066] 図4から図7に示すインクにかかる電圧の点線部は全画素同一表示駆動ステップを終えた後の電圧波形を示しているが、本発明においては、上記のコモン振りが適用される全画素同一表示駆動ステップが行われた後、各表示画素20を用いて階調画像を表示させる諧調表示動作に移行する。なお、この諧調表示動作ステップについては後述する。

[0067] 以上に記載した全画素同一表示駆動ステップに先立って、現在表示されている画像(書換前の画像)が次の画像(書換後の画像)を書き込んだ後もぼんやりと残って見える現象(残像現象)を解消するための消去駆動が行われてもよい。この残像消去駆動は、上記コモン振りをを用いて全走査線同時選択によってなされてもよいし、走査線順次選択によってなされてもよい。また、コモン振りをを用いないこれらの駆動にて実現してもよい。また、これら以外の方法でも、残像現象を解消することが可能な駆動であればどのような手段を用いてもよい。

[0068] なお、図5、図7に示すように、特定の走査線に対する走査信号の供給は、全ての走査線 $Y1 \sim Ym$ を1回走査(連続して全走査線を選択)するのに要する時間を1フレーム期間とすると、1フレーム周期で行われる。すなわち、走査線 $Y1$ に走査信号を連続して供給する場合、あるタイミングで走査信号を供給した後、その供給タイミングから1フレーム経過した後に次の走査信号が供給される(図5参照)。したがって、走査線 $Y1$ にて選択される表示画素20に連続して駆動電圧が印加される周期も1フレーム周期となる。

[0069] このように各走査線 $Y_1 \sim Y_m$ に対して順次に走査信号を供給することにより、第1の印加動作において、走査信号が供給された走査線 Y_1 に接続された各表示画素20の電気泳動表示インク23には、瞬時的に $V_1 - V_2$ の電圧（すなわち、30V）が印加される。そして、印加された駆動電圧は、保持容量25を充電し、保持容量25に蓄積された電荷は、その後、漸次放電されていく。一方、第2の印加動作において、走査信号が供給された各表示画素20の電気泳動表示インク23には、瞬時的に $V_2 - V_1$ の電圧（すなわち、-30V）が印加される。そして、印加された駆動電圧は、保持容量25を逆電圧で充電し、保持容量25に蓄積された電荷は、その後、漸次放電されていく。

[0070] 次に、電気泳動表示装置1における階調表示駆動ステップについて説明する。階調表示駆動ステップにおいては、共通電極22の電位を、コモン振りで印加された電圧 V_1 、 V_2 の中間電位 V_{mid} に固定した状態にて、複数のデータ線 $X_1 \sim X_n$ に表示画像に対応した画素信号を印加すると共に、複数の走査線 $Y_1 \sim Y_m$ を所定パターンで選択することにより、対象となる表示画素20が印加回数に応じて所望の階調に調整される。さらに、階調表示駆動ステップにおいては少なくとも最後の走査後に前記画素電極をハイインピーダンス状態とし、各画素は所望の階調を得た時点で階調表示駆動ステップから停止ステップへ移行する。

[0071] 電気泳動表示装置1における階調表示駆動ステップにおいては、全画素同一表示駆動ステップと異なり、共通電極22に印加される電位を切り替えることなく、中間電位 V_{mid} に固定した状態で各画素電極21に対する駆動が制御される。一般に各表示画素20における階調表現においては、電気泳動表示インク23に印加される電位差が大きいほど1回の駆動制御で変化する階調度（色味）が大きくなる。このため、上述した全画素同一表示駆動ステップのようにコモン振りを行う場合には、電気泳動表示インク23に印加される電位差が大きくなり、階調表示制御には必ずしも適さない。このため、階調表示駆動ステップにおいては、中間電位 V_{mid} に固定した状態で各

画素電極 21 に対する駆動を制御している。これにより、相対的に小さい電位差により階調表示を調節でき、電気泳動表示装置 1 における精密な階調表示性能を向上することが可能となる。

[0072] 本実施の形態に係る電気泳動表示装置 1 においては、階調表示駆動ステップとして、例えば、階調表示制御対象となる表示画素 20 が所望の階調に到達するまで、当該表示画素 20 に対応する走査線に走査信号を 1 フレーム周期で順次供給して表示画素 20 を駆動する順次階調駆動方式と、所望の階調を表現するために必要な表示画素 20 の駆動回数（走査回数）を、1 フレーム又は複数フレームに相当する休止期間で分離されるいくつかのブロックに分け、ブロック単位で階調表示制御対象となる表示画素 20 を駆動するブロックスキャン階調駆動方式と、のいずれかを適用する。

[0073] 以下、順次階調駆動方式、又はブロックスキャン階調駆動方式を用いた階調表示駆動ステップについて図 8 及び図 9 に基づいて説明する。図 8 は、順次階調駆動方式を用いた階調表示駆動ステップの説明図である。図 9 は、ブロックスキャン階調駆動方式を用いた階調表示駆動ステップの説明図である。

[0074] 図 8 に示すように、順次階調駆動方式においては、共通電極 22 に印加される電位が中間電位 V_{mid} に固定されると共に、画素電極 21 に印加される画素信号及び走査線に供給される走査信号の供給回数（走査回数または駆動回数）によって表示画素 20 における階調表示が調節される。対象画素となる特定の表示画素 20 を 1 回走査した場合を考える。すなわち、対象画素となる表示画素 20 の画素電極 21 に画素信号（例えば $V_2 = -15V$ ）を印加し、共通電極 22 に中間電位 V_{mid} （例えば $V_{mid} = 0V$ ）が印加されていれば、 V_2 の駆動電圧が表示画素 20 に印加される。これは、図 4 に示すコモン振りと比較して半分の駆動電圧で表示画素 20 が駆動されることになる。階調表示駆動ステップの中では、コモン振りを適用しないことで（共通電極 22 に中間電位 V_{mid} に固定）、全画素同一表示駆動ステップ時の駆動電圧の半分の駆動電圧で階調駆動することができる。小さな駆

動電圧を用いて走査回数を調整することで精密な階調表示性能を向上することができる。具体的には、図8に示すように、階調制御対象となる表示画素20に対する画素信号及び走査信号の供給が2回で停止された場合、当該表示画素20の階調は階調Cに設定される。また、階調制御対象となる表示画素20に対する画素信号及び走査信号の供給が5回で停止された場合、当該表示画素20の階調は階調Bに設定される。さらに、階調制御対象となる表示画素20に対する画素信号及び走査信号の供給が7回で停止された場合、当該表示画素20の階調は階調Aに設定される。なお、表示画素20の階調が階調C、Bに設定される場合、それぞれ3回目、6回目以降の画素信号電位は V_{mid} もしくはハイインピーダンス状態となるが、図8においては、説明の便宜上、画素信号及び走査信号が7回供給される場合について示している。なお、ハイインピーダンス状態については後述する。

[0075] 順次階調駆動方式においては、階調制御対象となる表示画素20に対する走査回数（画素信号及び走査信号の同時印加回数又は階調駆動回数ということもできる）を調節することで、当該表示画素20における階調表示が調節される。この図では全画素同一表示駆動ステップにおいて全画素を白にした場合について説明しているので、走査回数が多いほど表示画素20における濃度を濃く表現でき、走査回数が少ないほど表示画素20における濃度を薄く表現できる。図8に示す例では、2回の走査回数（画素信号及び走査信号の同時印加）により設定される階調Cの濃度が最も薄く、5回の走査回数（画素信号及び走査信号の同時印加）により設定される階調Aの濃度が最も濃くなる。

[0076] 図8に示す順次階調駆動方式においては、階調制御対象となる表示画素20に対して画素信号及び走査信号を連続して供給し、その供給回数を調節することで当該表示画素20における階調表示を調節する。これに対し、ブロックスキャン階調駆動方式においては、所望の階調を表現するために必要な表示画素20の駆動回数（走査回数）を、1フレーム又は複数フレームに相当する休止期間で分離されるいくつかのブロックに分け、ブロック単位で表

示画素20を駆動する。

[0077] ブロックスキャン階調駆動方式においては、図8に示す階調Bを階調表現する場合において、図9に示すように、例えば、1フレーム又は複数フレームの休止期間（同図に示す領域A1、A2、A3～A6）で分離される複数のブロック（同図に示すB1～B3、B4～B8）に分け、このブロック単位で表示画素20を駆動する。なお、図9の中段に示すブロックスキャン階調駆動方式においては、1フレームの休止期間A1及び3フレームの休止期間A2で分離される3つのブロックB1～B3で表示画素20を駆動する。一方、図9の下段に示すブロックスキャン階調駆動方式においては、4つの1フレームの休止期間A3～A6で分離される5つのブロックB4～B8で表示画素20を駆動する。

[0078] このようにブロック単位で表示画素20を駆動する場合には、ブロック間に少なくとも1フレーム以上の休止期間が挿入されることから、図8に示す順次階調駆動方式のように、1フレーム周期で連続して同一表示画素20を駆動する場合と比較して電気泳動表示インク23内の電気泳動粒子（白粒子82、黒粒子83）の総移動量が変化する。この特性を利用することにより、ブロックスキャン階調駆動方式においては、表示画素20の階調の微調整を行うことができる。例えば、図9の中段に示すブロックスキャン階調駆動方式においては、同図の上段に示す階調Bよりも僅かに薄い階調を有する階調B'が表現され、同図の下段に示すブロックスキャン階調駆動方式においては、この階調B'よりも僅かに薄い階調を有する階調B''が表現される。

[0079] ここで、ブロックスキャン階調駆動方式を用いる場合に順次階調駆動方式と比べて表示画素20の階調の微調整が可能となる理由について説明する。図10は、本実施の形態に係る電気泳動表示装置1でブロックスキャン階調駆動方式と順次階調駆動方式とを用いた場合の駆動エネルギーの説明図である。

[0080] 図10Aは、図9に示す破線Cで囲んだ領域の拡大図を示している。図1

図 10 A に示す左方側の波形は、表示画素 20 に駆動電圧が印加されていない初期状態から最初に駆動電圧が印加された場合の波形（以下、便宜上「一次波形」という）を示し、図 10 B に示す右方側の波形は、先行して印加された駆動電圧による電荷を保持容量 25 に蓄積後、その全てが放電されていない状態で後続する駆動電圧が印加された場合の波形（以下、便宜上「二次波形」という）を示している。

[0081] 図 10 A に示すように、一次波形及び二次波形における駆動電圧の印加時間 t は同一の時間である。しかしながら、一次波形における駆動電圧が中間電圧 V_{mid} から立ち上がるのに対し、二次波形における駆動電圧は中間電圧 V_{mid} と高電位の電圧 V_2 との間の電圧値から立ち上がる。このため、二次波形の立ち上がりは、一次波形と比較して急速に立ち上がる。

[0082] 図 10 B は、一次波形及び二次波形の印加時間 t に対応する駆動電圧 S_{v1} 、 S_{v2} を示している。図 10 C は、これらの駆動電圧 S_{v1} 、 S_{v2} の比較結果を示している。なお、図 10 C においては、縦軸に電圧を示し、横軸に時間を示している。図 10 C に示すように、二次波形の駆動電圧 S_{v2} は、その先頭時間部分にて一次波形の駆動電圧 S_{v1} よりも高い電圧値を有する。このため、二次波形の駆動電圧 S_{v2} に基づく駆動エネルギーは、一次波形の駆動電圧 S_{v1} に基づく駆動エネルギーよりも ΔS だけ大きいことが分かる。なお、この ΔS は、以下の式により求められる。

$$\Delta S = S_{v2} - S_{v1}$$

[0083] ここで、図 9 に示す例で説明する。図 9 の上段に示す順次階調駆動方式で表示画素 20 を駆動した場合における駆動エネルギーの総量は、5 回の駆動電圧 S_{v1} に 4 つの ΔS を付加した値（すなわち、 $5 \times S_{v1} + 4 \times \Delta S$ ）であることが分かる。

[0084] 一方、図 9 の中段に示すブロックスキャン階調駆動方式で表示画素 20 を駆動した場合における駆動エネルギーの総量は、5 回の駆動電圧 S_{v1} に 2 つの ΔS を付加した値（すなわち、 $5 \times S_{v1} + 2 \times \Delta S$ ）であることが分かる。すなわち、図 9 の上段に示す順次階調駆動方式で表示画素 20 を駆動した

場合における駆動エネルギーの総量よりも2つの ΔS 分だけ駆動エネルギーが小さい。このため、階調B'は、階調Bよりも僅かに薄い階調に変化することになる。

[0085] また、図9の下段に示すブロックスキャン階調駆動方式で表示画素20を駆動した場合における駆動エネルギーの総量は、5回の駆動電圧 S_{V1} を合計した値（すなわち、 $5 \times S_{V1}$ ）であることが分かる。すなわち、図9の中段に示すブロックスキャン階調駆動方式で表示画素20を駆動した場合における駆動エネルギーの総量よりも更に2つの ΔS 分だけ駆動エネルギーが小さい。このため、階調B''は、階調B'よりも僅かに薄い階調となる。

[0086] なお、ブロックスキャン階調駆動方式における二つの前記ブロックの間の期間においては、画素電極21に共通電極22と等しい電圧を印加することで短絡させてもよく、共通電極22をハイインピーダンス状態として開放してもよく、最後の走査後に前記画素電極をハイインピーダンス状態とすることが可能な範囲で適宜選択することができる。順次階調駆動方式およびブロックスキャン駆動方式において、各画素は所望の階調を得た時点で階調表示駆動ステップから停止ステップへ移行する。

[0087] また、これらの順次階調駆動方式及びブロックスキャン階調駆動方式において、所望の階調に変化させる途中で、階調制御対象の表示画素20に対して逆向きの電圧を印加することで階調を調節することは、実施の形態として好ましい。このように所望の階調に変化させる途中で表示画素20に逆向きの電圧を印加する方式を、以下「逆スキャン挿入駆動方式」と呼ぶものとする。

[0088] 以下、この逆スキャン挿入駆動方式を用いた階調駆動制御について図11及び図12に基づいて説明する。図11及び図12は、本実施の形態に係る電気泳動表示装置1における逆スキャン挿入駆動方式を用いた階調駆動制御の説明図である。階調制御対象となる表示画素20に対して駆動電圧を5回（図11）又は2回だけ印加する場合について例示している。なお、図11に示す階調G1～G5においては、階調G1の濃度が最も薄く、階調G5に

向けて次第に濃度が濃くなる階調を示している。

[0089] 図 1 1 においては、階調表示制御される 2 種類のインク（電気泳動粒子 8 2, 8 3）A、B の階調変化について示している。ここでは、図 1 1 に示す階調 G 5 が所望の階調であるものとする。インク A においては、白（又は黒）の状態から 5 回の駆動（駆動電圧の印加）で階調 G 5 が得られる電気特性を有する。一方、インク B においては、白（又は黒）の状態から 2 回の駆動（駆動電圧の印加）で階調 G 5 が得られる電気特性を有する。また、インク B においては、階調を濃くする方向の駆動電圧の印加により 4 階調分だけ階調が変化するのに対し、階調を薄くする方向の駆動電圧の印加により 3 階調分だけ階調が変化する電気特性を有するものとする。

[0090] 順次階調駆動方式を適用した場合、インク A においては、階調 G 1 から階調 G 5 までの間の中間階調として 3 つの階調 G 2 ～ G 4 を順に得ることができる。一方、インク B においては、階調 G 1 の状態から駆動電圧を 1 回だけ印加しただけで、表示画素 2 0 の階調は階調 G 5 に達する。すなわち、インク B においては、中間階調 G 2 ～ G 4 を得ることができない。そこで、逆スキャン挿入駆動方式を適用して階調駆動制御することで、このような電気特性を有するインク B の階調表現性能を向上するものである。

[0091] 図 1 2 に示す逆スキャン挿入駆動方式を用いた階調駆動制御においては、2 回目の駆動電圧の印加により階調 G 5 に達した表示画素 2 0 の画素電極 2 1 に対し、先行する駆動電圧（階調を濃くする方向の画素信号）とは逆向きの電圧を有する駆動電圧（階調を薄くする方向の画素信号）を印加する（3 回目の駆動）。これにより、この表示画素 2 0 においては、階調 G 2 を得ることができる。さらに、表示画素 2 0 の画素電極 2 1 に対して階調を濃くする方向の画素信号を印加する（4 回目の駆動）。これにより、この表示画素 2 0 においては、階調 G 6 を得ることができる。なお、この階調 G 6 は、階調 G 5 よりも濃い階調を示す。さらに、表示画素 2 0 の画素電極 2 1 に対して階調を薄くする方向の画素信号を印加する（5 回目の駆動）。これにより、この表示画素 2 0 においては、階調 G 3 を得ることができる。

[0092] このように逆スキャン挿入駆動方式を用いた階調駆動制御においては、階調制御対象となる表示画素 20 を所望の階調に変化させる途中で、逆向きの電圧を有する駆動電圧を印加することで階調を調節する。これにより、階調の変化が大きい電気特性を有するインク（電気泳動粒子 82, 83）を用いる場合においても、上述した階調 G2 ~ G4 のような中間階調を得ることができるので、豊かな階調表現を実現することが可能となる。

[0093] 次に、電気泳動表示装置 1 における停止ステップについて説明する。本実施の形態に係る電気泳動表示装置 1 においては、停止ステップとして、それぞれの表示画素 20 が所望の階調に達した後、各画素ごとの画素電極 21 の電位を共通電極 22 と同電位として短絡する画素毎順次短絡方式と、表示画素すべての表示画素 20 が所望の階調に到達した後、全ての表示画素 20 の画素電極 21 と共通電極 22 との間を一齐に短絡する一齐短絡方式と、全ての表示画素 20 の画素電極 21 と共通電極 22 との間を順次に短絡する走査線毎順次短絡方式と、がある。それぞれの短絡方式は階調表示駆動ステップ終了後から一定時間が経過してから行ってもよい（休止後画素毎順次短絡方式、休止後一齐短絡方式、休止後走査線毎順次短絡方式）。

[0094] ここで、短絡動作および開放動作について図 13 に基づいて説明する。図 13 は、本実施の形態に係る電気泳動表示装置 1 における階調駆動制御を終了する場合の短絡動作及び開放動作の説明図である。図 13 A においては、停止ステップの短絡動作を示し、図 13 B においては階調表示駆動ステップ中の開放動作について示し、図 13 C においては、停止ステップの開放動作を示している。

[0095] 短絡動作においては、図 13 A に示すように、走査線 Y に対する走査信号をオン電位とし、データ線 X を介して画素電極 21 に印加される電圧と、共通電極 22 に印加される電圧とが同電位に設定される。一方、開放動作においては、図 13 B に示すように、データ線 X を何らかの方法によりハイインピーダンス状態に設定し、或いは、図 13 C に示すように、走査線 Y をオフ電位に設定することでハイインピーダンス状態に設定する。前者が走査線 Y

に対する走査信号がオン電位であるのに対し、後者が走査線 Y に対する走査信号がオフ電位である点で相違する。

[0096] 以下、画素毎順次短絡方式と休止後画素毎順次短絡方式を用いた停止ステップについて説明する。画素毎順次短絡方式は、階調表示駆動ステップを終えた画素を次の操作タイミングで短絡とする方式で、図 14 A に示すように、例えば、表示画素 20 に 5 回目の走査信号が供給される一方、この走査信号に対応するタイミングにて、画素電極 21 及び共通電極 22 が同一電圧（ここでは、 V_{mid} （0V））に設定することで 5 回目の走査信号が供給されたタイミングで電気泳動表示インク 23 及び保持容量 25 に蓄積された電荷が除去する方式である。休止後画素毎順次短絡方式は、図 14 A の 4 回目と 5 回目の間に画素電極 21 をハインピーダンス状態にして走査信号を供給する開放動作を 1 または複数回挿入した後に短絡動作を行う方式である。特に休止後画素毎順次短絡方式においては、停止までのタイミングを画素毎に設定できるためにより豊かな階調表示性能を得ることが可能となる。

[0097] 以下、一斉短絡方式及び順次短絡方式を用いた停止ステップについて図 15 及び図 16 に基づいて説明する。図 15 は、一斉短絡方式を用いた停止ステップの説明図である。図 16 は、走査線毎順次短絡方式を用いた停止ステップの説明図である。なお、図 15 及び図 16 においては、走査線 Y1 ~ Ym に対する走査信号に応じて制御されるライン L1 ~ Lm を示している。

[0098] 一斉短絡方式においては、図 15 に示すように、各表示画素 20 から構成される表示部 2 のすべての画素が階調表示駆動ステップを終えた直後、一斉に画素電極 21 に印加される電位と共通電極 22 に印加される電位とを同電位とすることで、全ての走査線 Y1 ~ Ym を同時に短絡する。この一斉短絡方式を用いた停止ステップによれば、電気泳動表示インク 23 及び保持容量 25 に蓄積された電荷が強制的に除去されることから、電気泳動表示インク 23 において消費される電荷の量を低減できる。これにより、電気泳動表示インク 23 が受けるダメージを低減できるので、表示部 2 の長寿命化を実現することが可能となる。特に、一斉短絡方式においては、全ての走査線 Y1

～Y_mを一括的に短絡できるので、複雑な制御を必要とすることなく、停止ステップに必要な処理時間を短縮することが可能となる。

[0099] 一方、走査線毎順次短絡方式においては、図16に示すように、各表示画素20から構成される表示部のすべての画素が階調表示駆動ステップを終えた直後、順次に走査線Y₁～Y_mに走査信号を与えて各画素における画素電極21に印加される電位と共通電極22に印加される電位とを同電位とする。この走査線毎順次短絡方式を用いた停止ステップによれば、一斉短絡方式と同様に、電気泳動表示インク23及び保持容量25に蓄積された電荷が強制的に除去されることから、電気泳動表示インク23において消費される電荷の量を低減できる。これにより、電気泳動表示インク23が受けるダメージを低減できるので、表示部2の長寿命化を実現することが可能となる。特に、順次短絡方式においては、走査線Y₁～Y_m毎に表示画素20に対する駆動電圧の印加時間を揃えることが可能となる。

[0100] なお、図15及び図16に示す一斉短絡方式及び順次短絡方式においては、表示部2のすべての画素が階調表示駆動ステップを終えた直後に短絡動作を行う場合について説明している。しかしながら、これらの短絡動作については、画像を書き込んだ後、一定時間の休止期間の経過後に行うようにしてもよい（休止後短絡方式）。この休止後短絡方式においては、例えば、休止期間として、電気泳動表示インク23内の粒子（白粒子82、黒粒子83）の移動が終了する期間に設定することができる。この場合には、休止期間を挟んで短絡動作が行われることから、階調表現性能を維持しながら表示部2の長寿命化を確保することが可能となる。

[0101] 次に、本実施の形態に係る電気泳動表示装置1における停止ステップの波形について説明する。図14は、本実施の形態に係る電気泳動表示装置1における階調駆動ステップが終了した画素における停止ステップの説明図である。図14Aにおいては、画素毎順次短絡方式により階調表示駆動ステップが終了した画素を次の走査のタイミングで短絡とする場合の波形を示し、図14Bにおいては、画素毎順次開放方式により階調表示駆動ステップが終了

した画素を次の捜査のタイミングで開放とする場合の波形を示している。

[0102] 階調表示駆動ステップを終えた画素を次の操作タイミングで短絡とする画素毎順次短絡方式を適用する停止ステップでは、図14Aに示すように、例えば、表示画素20に5回目の走査信号が供給される一方、この走査信号に対応するタイミングにて、画素電極21及び共通電極22が同一電圧（ここでは、 V_{mid} （0V））に設定される。この場合、5回目の走査信号が供給されたタイミングで電気泳動表示インク23及び保持容量25に蓄積された電荷が除去される。

[0103] このように停止ステップに画素毎順次短絡方式を適用する場合には、電気泳動表示インク23及び保持容量25に蓄積された電荷が強制的に除去されることから、電気泳動表示インク23において消費される電荷の量を低減できる。これにより、電気泳動表示インク23が受けるダメージを低減できるので、表示部2の長寿命化を実現することが可能となる。

[0104] 一方、停止ステップで画素毎順次開放方式を適用する場合には、図14Bに示すように、例えば、表示画素20に5回目以降の走査信号が供給されるタイミングにて画素電極21をハイインピーダンス状態として駆動される。その結果、4回目の走査で保持容量25に蓄積された電荷が徐々に放電される。

[0105] このように階調駆動制御を終了する際に画素電極21を順次開放する場合には、電気泳動表示インク23及び保持容量25に蓄積された電荷が自然放電されるまで駆動電圧が保持されることから、表示部2におけるメモリ性を向上することが可能となる。

[0106] 同様に、ブロックスキャン階調駆動方式を用いて階調駆動制御を行う場合において、順次短絡、又は順次開放により階調駆動制御を終了する場合の波形について図9に示す例を用いて説明する。ブロックスキャン階調駆動方式を用いた階調駆動制御を順次短絡方式により終了する場合、図9に示すように、最後のブロック（階調B'のブロックB3、階調B''のブロックB8）にて電気泳動表示インク23及び保持容量25に蓄積された電荷は、強制

的に除去される。一方、ブロックスキャン階調駆動方式を用いた階調駆動制御を順次開放方式により終了する場合には、図 17 に示すように、上述した順次短絡方式のように除去されずに保持され、時間経過に伴って自然放電される。

[0107] ブロックスキャン階調駆動方式を用いた階調駆動制御を終了する場合においても、順次短絡方式を適用する場合には、電気泳動表示インク 23 及び保持容量 25 に蓄積された電荷が強制的に除去されることから、電気泳動表示インク 23 で消費される電荷量の低減を通じて電気泳動表示インク 23 が受けるダメージを低減できるので、表示部 2 の長寿命化を実現することが可能となる。一方、順次開放方式を適用する場合には、電気泳動表示インク 23 及び保持容量 25 に蓄積された電荷を階調表現に有効に活用できるので、表示部 2 におけるメモリ性を向上することが可能となる。

[0108] 以上説明したように、本実施の形態に係る電気泳動表示装置 1 においては、全画素同一表示駆動ステップ、階調表示駆動ステップ及び停止ステップを順次実行することで表示部 2 に画像を表示させる。ある画像を表示部 2 に表示した後、新たな別の画像を表示する場合には、全画素同一表示駆動ステップを挟んで階調表示駆動ステップが行われ、停止ステップが行われる。この場合において、全画素同一表示駆動ステップではコモン振りが適用されることから、高コントラストの白又は黒の表示を実現できる。一方、階調表示駆動ステップではコモン振りを適用することなく中間電位 V_{mid} に固定した状態で各画素電極 21 に対する駆動が制御されることから、細かい階調の変化を実現できる。この結果、白黒二値の表示性能を向上すると共に、階調表現性能を向上することが可能となる。

実施例

[0109] 以下に実施例を挙げて本発明をさらに詳しく説明するが、本発明はこれら実施例のみに限られるものではない。

[0110] 以下、本実施の形態に係る電気泳動表示装置 1 における駆動動作に関する検証実験について説明する。ここでは、共通電極 22 と画素電極 21 の素材

には、酸化インジウムスズ（スズドープ酸化インジウム）によって表面抵抗が $250\ \Omega/\square$ となる透明な電極がPETフィルム上に形成された基板（以下ITO-PETと呼ぶ）を使用した。また、共通電極22には、インクを仕切るための高さ $20\ \mu\text{m}$ 、ピッチ $300\ \mu\text{m}$ のマイクロセルが形成されている。電気泳動表示インク23を電極間（画素電極21－共通電極22間）が $20\ \mu\text{m}$ 、表示エリアが $50\text{mm}\times 40\text{mm}$ となるようにUV硬化接着剤で周囲を封止した。上記のように構成されたパネル1枚を以下単セルと呼称する。

- [0111] インク（電気泳動表示インク23）の電気的特性は、体積固有抵抗が $10^{10}\ (\Omega\text{cm})$ 、比誘電率が3である。電気泳動表示インク23は、白色粒子82及び黒色粒子83を含む。白色粒子82は、負に帯電しており、共通電極22が画素電極21と比較して高電圧の場合に共通電極22側に集まり、表示面側（共通電極22側）が白色表示となる。一方、黒色粒子83は、正に帯電しており、共通電極22が画素電極21と比較して低電圧の場合に共通電極22側に集まり、表示面側（共通電極22側）が黒色表示となる。
- [0112] 前記単セル1枚に静電容量が $14.7\ \mu\text{F}$ の保持容量25を並列に接続しこれを1画素とみなして検証実験を実施した。
- [0113] 検証実験においては、データ線数が320本であり、走査線数が240本の一般的なQVGAパネル（表示部2）を想定した。
- [0114] 走査線順次選択方式にて駆動する場合、走査線の選択時間を $20\ \mu\text{s}$ とした。この場合、走査線数が240本であるので、1フレームの走査信号の供給に要する時間は、 4.8ms である。したがって前記単セルには、1フレーム 4.8ms のうちに $20\ \mu\text{s}$ だけ電圧が印加される。なお、階調表示駆動ステップでは、階調に合わせてフレーム数を変化させた。
- [0115] また、全走査線同時選択駆動方式にて駆動する場合は、1フレームを 100ms として全画素が 100ms の期間、電圧が印加されるようにした。
- [0116] 全画素同一表示駆動ステップに適用されるコモン振りにおいては、共通電極22に $+15\text{V}$ を印加し、画素電極21に -15V を印加することで、共

通電極 22 側（表示面側）に白色粒子 82 を移動させる電圧として電位差 30 V を得た。一方、共通電極 22 に -15 V を印加し、画素電極 21 に $+15\text{ V}$ を印加することで、共通電極 22 側（表示面側）に黒色粒子 83 を移動させる電圧として電位差 30 V を得た。

[0117] コモン振りを適用しない階調表示駆動ステップ（階調表示駆動）においては、共通電極 22 を 0 V に設定し、画素電極 21 に $+15\text{ V}$ を印加することで、共通電極 22 側（表示面側）に白色粒子 82 を移動させる電圧として電位差 15 V を得た。一方、共通電極 22 を 0 V に設定し、画素電極 21 に -15 V を印加することで、共通電極 22 側（表示面側）に黒色粒子 83 を移動させる電圧として電位差 15 V を得た。

[0118] （実施例 1）

共通電極 22 に $+15\text{ V}$ を印加し、画素電極 21 に -15 V を印加した状態で走査線を順次選択するスキャン動作を 20 回繰り返して全画素の表示状態を白に変化させる全画素同一表示駆動ステップの後に、共通電極 22 に 0 V を印加し、画素電極 21 には、次表示画像データに従って表示状態を変化させたい画素には $+15\text{ V}$ を印加し、表示状態を変化させない画素には 0 V を印加させて走査線を順次選択するスキャン動作を 60 回繰り返す階調表示駆動ステップを行い、表示したい階調に到達した画素の画素電極 21 に 0 V を印加することで、共通電極と同電位とする停止ステップを行った。

[0119] （実施例 2）

共通電極 22 に -15 V を印加し、画素電極に $+15\text{ V}$ を印加した状態で走査線を順次選択するスキャン動作を 20 回繰り返したのちに、共通電極 22 に $+15\text{ V}$ を印加し、画素電極 21 に -15 V を印加した状態で走査線を順次選択するスキャン動作を 20 回繰り返して全画素の表示状態を白に変化させる全画素同一表示駆動ステップの後に、共通電極 22 に 0 V を印加し、画素電極 21 には、次表示画像データに従って表示状態を変化させたい画素には $+15\text{ V}$ を印加し、表示状態を変化させない画素には 0 V を印加させて走査線を順次選択するスキャン動作を 60 回繰り返す階調表示駆動ステップ

を行い、表示したい階調に到達した画素の画素電極 21 に 0 V を印加することで、共通電極と同電位とする停止ステップを行った。

[0120] (実施例 3)

共通電極 22 に +1.5 V を印加し、画素電極 21 に -1.5 V を印加した状態で全走査線を同時に 100 ms の間、選択する動作によって全画素の表示状態を白に変化させる全画素同一表示駆動ステップの後に、共通電極 22 に 0 V を印加し、画素電極 21 には、次表示画像データに従って表示状態を変化させたい画素には +1.5 V を印加し、表示状態を変化させない画素には 0 V を印加させて走査線を順次選択するスキャン動作を 60 回繰り返す階調表示駆動ステップを行い、表示したい階調に到達した画素の画素電極 21 に 0 V を印加することで、共通電極と同電位とする停止ステップを行った。

[0121] (実施例 4)

共通電極 22 に -1.5 V を印加し、画素電極に +1.5 V を印加した状態で全走査線を同時に 100 ms の間、選択する動作ののちに、共通電極 22 に +1.5 V を印加し、画素電極 21 に -1.5 V を印加した状態で全走査線を同時に 100 ms の間、選択する動作によって全画素の表示状態を白に変化させる全画素同一表示駆動ステップの後に、共通電極 22 に 0 V を印加し、画素電極 21 には、次表示画像データに従って表示状態を変化させたい画素には +1.5 V を印加し、表示状態を変化させない画素には 0 V を印加させて走査線を順次選択するスキャン動作を 60 回繰り返す階調表示駆動ステップを行い、表示したい階調に到達した画素の画素電極 21 に 0 V を印加することで、共通電極と同電位とする停止ステップを行った。

[0122] (実施例 5)

実施例 2 の、階調表示駆動ステップにおいて、スキャン動作を 31 回繰り返して全画素を中間階調 1 の表示状態にした。

[0123] (実施例 6)

実施例 2 の、階調表示駆動ステップにおいて、スキャン動作を 30 回繰り返して全画素を中間階調 2 の表示状態にした。

[0124] (実施例 7)

実施例 2 の、階調表示駆動ステップにおいて、スキャン動作を 29 回繰り返して全画素を中間階調 3 の表示状態にした。

[0125] (実施例 8 : 逆スキャン挿入駆動)

実施例 6 の、階調表示駆動ステップにおいて、スキャン動作を 15 回繰り返した後に画素電極に +1.5 V を印加した状態でスキャン動作を 1 回行い、その後再び画素電極に -1.5 V を印加した状態でスキャン動作を 15 回繰り返して全画素を中間階調 4 の表示状態にした。

[0126] (実施例 9 : ブロックスキャン駆動)

実施例 6 の、階調表示駆動ステップにおいて、スキャン動作を 15 回繰り返した後にスキャン動作 10 回分の休止期間を設け、その後スキャン動作を 15 回繰り返して全画素を中間階調 5 の表示状態にした。

[0127] (実施例 10 : 逆スキャン挿入駆動とブロックスキャン駆動の組合わせ)

実施例 6 の、階調表示駆動ステップにおいて、スキャン動作を 15 回繰り返した後にスキャン動作 10 回分の休止期間を設けたのちに画素電極に +1.5 V を印加した状態でスキャン動作を 1 回行い、再びスキャン動作 10 回分の休止期間を設けた後に画素電極に -1.5 V を印加した状態でスキャン動作を 15 回繰り返して全画素を中間階調 5 の表示状態にした。

[0128] (比較例 1)

全画素同一表示駆動ステップにおいて、共通電極 22 には常に 0 V が印加されていることのみ実施例 2 と異なる駆動にて表示を行った。

[0129] (比較例 2)

全画素同一表示駆動ステップにおいて、共通電極 22 には常に 0 V が印加され、階調表示駆動において、共通電極 22 には常に -1.5 V が印加されていることのみ実施例 2 と異なる駆動にて表示を行った。

[0130] (比較例 3)

停止ステップにおいて、画素電極がハイインピーダンス状態となることのみ実施例 2 と異なる駆動にて表示を行った。

[0131] (比較例 4)

階調表示駆動において、共通電極 22 には常に -1.5 V が印加されていることのみ実施例 2 と異なる駆動にて表示を行った。

[0132] (評価方法)

駆動後の評価にはスガ試験機社製の分光測色計「SC-P」を用いて反射率 (Y 値) を測定した。測定に使用した光源は D65、 10° 視野、測定孔は $\phi 1.5$ 、正反射を除いて測定した。

[0133] (評価項目 A : 全画素同一表示反射率)

各実施例及び比較例の駆動において全画素同一表示駆動ステップ後に駆動を停止して反射率を計測し全画素同一表示反射率とした。本実施例では白反射率となり、数値が高いほど性能がよい。今回は「反射率 4.5 以上 : ◎」「反射率 4.0 以上 4.5 未満 : ○」「反射率 3.5 以上 4.0 未満 : △」「反射率 3.5 未満 : ×」と表現した。

[0134] (評価項目 B : 階調駆動表示時最終反射率)

各実施例及び比較例の駆動において、階調表示駆動ステップでスキャンを 60 回繰り返した後の反射率を計測し、階調駆動表示時最終反射率とした。本実施例ではこの状態が最も黒い状態を得た場合の反射率となり、数値が低いほど性能がよい。今回は「反射率 4.0 未満 : ◎」「反射率 4.0 以上 4.5 未満 : ○」「反射率 4.5 以上 5.0 未満 : △」「反射率 5.0 以上 : ×」と表現した。

[0135] (評価項目 C : 階調表示性能)

スキャン回数階調においては、スキャンのたびに粒子は反対側電極へ移動することとなり、逆方向への移動はない。したがって、評価 A で得られた反射率から評価 B で得られた反射率へ移行するのに必要となるスキャン回数が、表現できる中間階調の最大値となる。本実施例においては、「スキャン回数を一回増加しても反射率変動が、スキャン回数増加前の反射率から 5% 以上変化しない」時点で粒子の移動が終了したと判断し、それまでに要したスキャン回数を階調表示性能とした。各実施例及び比較例の駆動において、階

調表示駆動ステップでスキャンを1回から60回まで変化させて停止し、各スキャン回数印加後の反射率を計測して評価した。今回は「スキャン回数が64回以上：◎」「スキャン回数が32回以上64回未満：○」「スキャン回数が16回以上32回未満：△」「スキャン回数が15回以下：×」と表現した。

[0136] (評価項目D：書換耐久性)

表示書換駆動を繰り返していくと「全画素同一表示の反射率」は低下し、「階調駆動表示時最終反射率」は上昇する。また「中間階調反射率」は変動するといった表示性能劣化が発生する。今回は書換駆動20万回後の表示を見て劣化状態を判断した。「表示性能の変化が実感できない：○」「表示の低下が実感できる：△」「表示性能が著しく低下する：×」と表現した。

[0137] (評価の結果その1)

実施例1～4及び比較例1～4の評価の結果を表1に示した。

[表1]

番号	全画素同一表示駆動ステップ		階調表示駆動ステップ		停止 ステップ	評価項目			
	コモン 振り	駆動 詳細	コモン 振り	階調駆動方式		[A] 全画素 同一表示 反射率 [白]	[B] 階調 表示時 反射率 [黒]	[C] 階調 表示 性能	[D] 書換 耐久性 (寿命)
実施例①	有	白側スキャンのみ20回	無	走査線順次選択駆動	短絡	○	◎	○	○
実施例②	有	黒側スキャン20回後白側スキャン20回	無	走査線順次選択駆動	短絡	○	○	○	○
実施例③	有	白側単駆動100ms	無	走査線順次選択駆動	短絡	○	◎	○	○
実施例④	有	黒側単駆動100ms後白側単駆動100ms	無	走査線順次選択駆動	短絡	○	○	○	○
比較例①	無	黒側スキャン20回後白側スキャン20回	無	走査線順次選択駆動	短絡	△	△	△	○
比較例②	無	黒側スキャン20回後白側スキャン20回	有	走査線順次選択駆動	短絡	△	△	×	○
比較例③	有	黒側スキャン20回後白側スキャン20回	無	走査線順次選択駆動	開放	○	◎	○	△
比較例④	有	黒側スキャン20回後白側スキャン20回	有	走査線順次選択駆動	短絡	○	○	△	○

[0138] (評価の結果その1の考察)

実施例1～4は、評価4項目すべてにおいて○以上の結果となった。これに対し、比較例1と2では、評価項目A及び評価項目Bで○とならない。このことから、全画素同一表示駆動ステップにおいて共通電極22を0Vとする駆動（コモンを振らない駆動）を実施した場合、白及び黒の表示性能が低

下し、パネルのコントラストが低下する。比較例 4 では、評価項目 C では△となる。このことから全画素同一表示駆動ステップ及び階調表示駆動ステップの両方でコモン振りによる駆動を実施した場合、階調表示性能が低下することがわかる。比較例 3 は評価項目 D にて△となる。このことから、停止ステップにおいて画素電極をハイインピーダンス状態とする駆動は書換耐久性が低下することがわかる。

[0139] (評価の結果その 2)

実施例 5 ～ 10 の評価の階調表示駆動ステップ後の反射率を図 18 に示した。

[0140] (評価結果その 2 の考察)

実施例 5 ～ 7 は階調表示駆動ステップにおいてスキャン回数が 1 ずつ異なる駆動である。したがって、従来技術のスキャン回数階調方式を用いる場合、この間の反射率を得ることはできない。しかし、実施例 8 の逆スキャンを挿入する駆動や実施例 9 の休止を挿入する駆動、また、実施例 10 の、逆スキャンとブロックスキャンを組み合わせた駆動により、実施例 5 ～ 7 の間の反射率を得ることができた。このことから、逆スキャン挿入駆動およびブロックスキャン駆動を用いることで階調表示の微調整を行うことが可能となることがわかる。

[0141] なお、上記の効果を、TF T を用いた QVGA の表示パネルにて検証した結果、同様の結果が得られた。

[0142] (第 2 の実施の形態)

第 2 の実施の形態に係る電気泳動表示装置は、停止ステップにおいて、第 1 の実施の形態に係る電気泳動表示装置と相違する。第 2 の実施の形態に係る電気泳動表示装置は、第 1 の実施の形態に係る電気泳動表示装置と共通の構成を有している。また、第 2 の実施の形態に係る電気泳動表示装置は、停止ステップを除き、第 1 の実施の形態に係る電気泳動表示装置と同一のステップ（全画素同一表示駆動ステップ及び階調表示駆動ステップ）を実行する。なお、以下においては、第 1 の実施の形態に係る電気泳動表示装置と共通

する構成要素について同一の符号を用いて説明を行う。

[0143] 第2の実施の形態に係る電気泳動表示装置においては、停止ステップとして、それぞれの表示画素20が所望の階調に達した後、各画素ごとの画素電極21の電位をハイインピーダンス状態として走査信号を供給する開放動作を行う(図13B参照)。階調表示駆動ステップが終了した後の停止ステップにおいて、対象画素の画素電極を開放することから、対象画素に蓄積された電荷が自然放電されるまで駆動電圧が保持されることとなり、表示装置におけるメモリ性を向上することが可能となる。

[0144] ここで、短絡動作および開放動作について図13に基づいて説明する。図13は、本実施の形態に係る電気泳動表示装置1における階調駆動制御を終了する場合の短絡動作及び開放動作の説明図である。図13Aにおいては、停止ステップの短絡動作を示し、図13Bにおいては階調表示駆動ステップ中の開放動作について示し、図13Cにおいては、停止ステップの開放動作を示している。

[0145] 短絡動作においては、図13Aに示すように、走査線Yに対する走査信号をオン電位とし、データ線Xを介して画素電極21に印加される電圧と、共通電極22に印加される電圧とが同電位に設定される。一方、開放動作においては、図13Bに示すように、データ線Xを何らかの方法によりハイインピーダンス状態に設定し、或いは、図13Cに示すように、走査線Yをオフ電位に設定することでハイインピーダンス状態に設定する。前者が走査線Yに対する走査信号がオン電位であるのに対し、後者が走査線Yに対する走査信号がオフ電位である点で相違する。

[0146] 次に、本実施の形態に係る電気泳動表示装置1における停止ステップの波形について説明する。図14は、本実施の形態に係る電気泳動表示装置1における階調駆動ステップが終了した画素における停止ステップの説明図である。図14Aにおいては、画素毎順次短絡方式により階調表示駆動ステップが終了した画素を次の走査のタイミングで短絡とする場合の波形を示し、図14Bにおいては、画素毎順次開放方式により階調表示駆動ステップが終了

した画素を次の捜査のタイミングで開放とする場合の波形を示している。

[0147] 階調表示駆動ステップを終えた画素を次の操作タイミングで短絡とする画素毎順次短絡方式を適用する停止ステップでは、図14Aに示すように、例えば、表示画素20に5回目の走査信号が供給される一方、この走査信号に対応するタイミングにて、画素電極21及び共通電極22が同一電圧（ここでは、 V_{mid} （0V））に設定される。この場合、5回目の走査信号が供給されたタイミングで電気泳動表示インク23及び保持容量25に蓄積された電荷が除去される。

[0148] このように停止ステップに画素毎順次短絡方式を適用する場合には、電気泳動表示インク23及び保持容量25に蓄積された電荷が強制的に除去されることから、電気泳動表示インク23において消費される電荷の量を低減できる。これにより、電気泳動表示インク23が受けるダメージを低減できるので、表示部2の長寿命化を実現することが可能となる。

[0149] 一方、停止ステップで画素毎順次開放方式を適用する場合には、図14Bに示すように、例えば、表示画素20に5回目以降の走査信号が供給されるタイミングにて画素電極21をハイインピーダンス状態として駆動される。その結果、4回目の走査で保持容量25に蓄積された電荷が徐々に放電される。

[0150] このように階調駆動制御を終了する際に画素電極21を順次開放する場合には、電気泳動表示インク23及び保持容量25に蓄積された電荷が自然放電されるまで駆動電圧が保持されることから、表示部2におけるメモリ性を向上することが可能となる。

[0151] 同様に、ブロックスキャン階調駆動方式を用いて階調駆動制御を行う場合において、順次短絡、又は順次開放により階調駆動制御を終了する場合の波形について図9に示す例を用いて説明する。ブロックスキャン階調駆動方式を用いた階調駆動制御を順次短絡方式により終了する場合、図9に示すように、最後のブロック（階調B'のブロックB3、階調B''のブロックB8）にて電気泳動表示インク23及び保持容量25に蓄積された電荷は、強制

的に除去される。一方、ブロックスキャン階調駆動方式を用いた階調駆動制御を順次開放方式により終了する場合には、図 17 に示すように、上述した順次短絡方式のように除去されずに保持され、時間経過に伴って自然放電される。

[0152] ブロックスキャン階調駆動方式を用いた階調駆動制御を終了する場合においても、順次短絡方式を適用する場合には、電気泳動表示インク 23 及び保持容量 25 に蓄積された電荷が強制的に除去されることから、電気泳動表示インク 23 で消費される電荷量の低減を通じて電気泳動表示インク 23 が受けるダメージを低減できるので、表示部 2 の長寿命化を実現することが可能となる。一方、順次開放方式を適用する場合には、電気泳動表示インク 23 及び保持容量 25 に蓄積された電荷を階調表現に有効に活用できるので、表示部 2 におけるメモリ性を向上することが可能となる。

[0153] 以上説明したように、本実施の形態に係る電気泳動表示装置 1 においては、全画素同一表示駆動ステップ、階調表示駆動ステップ及び停止ステップを順次実行することで表示部 2 に画像を表示させる。ある画像を表示部 2 に表示した後、新たな別の画像を表示する場合には、一旦、全画素同一表示駆動ステップを挟んで階調表示駆動ステップが行われ、停止ステップが行われる。この場合において、全画素同一表示駆動ステップではコモン振りが適用されることから、高コントラストの白又は黒の表示を実現できる。一方、階調表示駆動ステップではコモン振りを適用することなく中間電位 V_{mid} に固定した状態で各画素電極 21 に対する駆動が制御されることから、細かい階調の変化を実現できる。また、停止ステップにおいて、対象画素の画素電極を開放することから、対象画素に蓄積された電荷が自然放電されるまで駆動電圧が保持されることから、表示装置におけるメモリ性を向上することが可能となる。この結果、白黒二値の表示性能を向上すると共に、階調表現性能を向上することが可能となる。

[0154] また、上記全画素同一表示駆動に先立って、現在表示されている画像が次の画像を書き込んだ後もぼんやりと残って見える残像現象を防ぐための消去

駆動が行われてもよい。この残像消去駆動は上記コモン振りをを用いて全走査線同時選択によってなされてもよいし、走査線順次選択によってなされてもよい。また、コモン振りをを用いないこれらの駆動にて実現してもよい。また、これら以外の方法でも、残像現象を防ぐことが可能な駆動であればどのような手段を用いてもよい。

[0155] 以下、本実施の形態に係る電気泳動表示装置 1 における駆動動作に関する検証実験について説明する。ここでは、共通電極 22 と画素電極 21 の素材には、酸化インジウムスズ（スズドープ酸化インジウム）によって表面抵抗が $250\ \Omega/\square$ となる透明な電極が PET フィルム上に形成された基板（以下 ITO-PET と呼ぶ）を使用した。また、共通電極 22 には、インクを仕切るための高さ $20\ \mu\text{m}$ 、ピッチ $300\ \mu\text{m}$ のマイクロセルが形成されている。電気泳動表示インク 23 を電極間（画素電極 21 - 共通電極 22 間）が $20\ \mu\text{m}$ 、表示エリアが $50\text{mm} \times 40\text{mm}$ となるように UV 硬化接着剤で周囲を封止した。上記のように構成されたパネル 1 枚を以下単セルと呼称する。

[0156] インク（電気泳動表示インク 23）の電気的特性は、体積固有抵抗が $10^{10}\ (\Omega\text{cm})$ 、比誘電率が 3 である。電気泳動表示インク 23 は、白色粒子 82 及び黒色粒子 83 を含む。白色粒子 82 は、負に帯電しており、共通電極 22 が画素電極 21 と比較して高電圧の場合に共通電極 22 側に集まり、表示面側（共通電極 22 側）が白色表示となる。一方、黒色粒子 83 は、正に帯電しており、共通電極 22 が画素電極 21 と比較して低電圧の場合に共通電極 22 側に集まり、表示面側（共通電極 22 側）が黒色表示となる。前記単セル 1 枚に静電容量が $14.7\ \mu\text{F}$ の保持容量 25 を並列に接続しこれを 1 画素とみなして検証実験を実施した。

[0157] 検証実験においては、データ線数が 320 本であり、走査線数が 240 本の一般的な QVGA パネル（表示部 2）を想定した。

[0158] 走査線順次選択方式にて駆動する場合、走査線の選択時間を $20\ \mu\text{s}$ とした。この場合、走査線数が 240 本であるので、1 フレームの走査信号の供

給に要する時間は、4.8 ms である。したがって前記単セルには、1 フレーム 4.8 ms のうちに $20\ \mu\text{s}$ だけ電圧が印加される。なお、階調表示駆動ステップでは、階調に合わせてフレーム数を変化させた。

[0159] また、全走査線同時選択駆動方式にて駆動する場合は、1 フレームを 100 ms として全画素が 100 ms の期間、電圧が印加されるようにした。

[0160] 全画素同一表示駆動ステップに適用されるコモン振りにおいては、共通電極 22 に +15 V を印加し、画素電極 21 に -15 V を印加することで、共通電極 22 側（表示面側）に白色粒子 82 を移動させる電圧として電位差 30 V を得た。一方、共通電極 22 に -15 V を印加し、画素電極 21 に +15 V を印加することで、共通電極 22 側（表示面側）に黒色粒子 83 を移動させる電圧として電位差 30 V を得た。

[0161] コモン振りを適用しない階調表示駆動ステップ（階調表示駆動）においては、共通電極 22 を 0 V に設定し、画素電極 21 に +15 V を印加することで、共通電極 22 側（表示面側）に白色粒子 82 を移動させる電圧として電位差 15 V を得た。一方、共通電極 22 を 0 V に設定し、画素電極 21 に -15 V を印加することで、共通電極 22 側（表示面側）に黒色粒子 83 を移動させる電圧として電位差 15 V を得た。

[0162] （実施例 11）

共通電極 22 に +15 V を印加し、画素電極 21 に -15 V を印加した状態で走査線を順次選択するスキャン動作を 20 回繰り返して全画素の表示状態を白に変化させる全画素同一表示駆動ステップの後に、共通電極 22 に 0 V を印加し、画素電極 21 には、次表示画像データに従って表示状態を変化させたい画素には +15 V を印加し、表示状態を変化させない画素には 0 V を印加させて走査線を順次選択するスキャン動作を 60 回繰り返す階調表示駆動ステップを行い、表示したい階調に到達した画素の画素電極 21 をハイインピーダンス状態とする停止ステップを行った。

[0163] （実施例 12）

共通電極 22 に -15 V を印加し、画素電極に +15 V を印加した状態で

走査線を順次選択するスキャン動作を20回繰り返したのちに、共通電極22に+15Vを印加し、画素電極21に-15Vを印加した状態で走査線を順次選択するスキャン動作を20回繰り返して全画素の表示状態を白に変化させる全画素同一表示駆動ステップの後に、共通電極22に0Vを印加し、画素電極21には、次表示画像データに従って表示状態を変化させたい画素には+15Vを印加し、表示状態を変化させない画素には0Vを印加させて走査線を順次選択するスキャン動作を60回繰り返す階調表示駆動ステップを行い、表示したい階調に到達した画素の画素電極21をハイインピーダンス状態とする停止ステップを行った。

[0164] (実施例13)

共通電極22に+15Vを印加し、画素電極21に-15Vを印加した状態で全走査線を同時に100msの間、選択する動作によって全画素の表示状態を白に変化させる全画素同一表示駆動ステップの後に、共通電極22に0Vを印加し、画素電極21には、次表示画像データに従って表示状態を変化させたい画素には+15Vを印加し、表示状態を変化させない画素には0Vを印加させて走査線を順次選択するスキャン動作を60回繰り返す階調表示駆動ステップを行い、表示したい階調に到達した画素の画素電極21をハイインピーダンス状態とする停止ステップを行った。

[0165] (実施例14)

共通電極22に-15Vを印加し、画素電極に+15Vを印加した状態で全走査線を同時に100msの間、選択する動作ののちに、共通電極22に+15Vを印加し、画素電極21に-15Vを印加した状態で全走査線を同時に100msの間、選択する動作によって全画素の表示状態を白に変化させる全画素同一表示駆動ステップの後に、共通電極22に0Vを印加し、画素電極21には、次表示画像データに従って表示状態を変化させたい画素には+15Vを印加し、表示状態を変化させない画素には0Vを印加させて走査線を順次選択するスキャン動作を60回繰り返す階調表示駆動ステップを行い、表示したい階調に到達した画素の画素電極21をハイインピーダンス

状態とする停止ステップを行った。

[0166] (実施例 1 5)

実施例 1 2 の、階調表示駆動ステップにおいて、スキャン動作を 3 1 回繰り返して全画素を中間階調 1 の表示状態にした。

[0167] (実施例 1 6)

実施例 1 2 の、階調表示駆動ステップにおいて、スキャン動作を 3 0 回繰り返して全画素を中間階調 2 の表示状態にした。

[0168] (実施例 1 7)

実施例 1 2 の、階調表示駆動ステップにおいて、スキャン動作を 2 9 回繰り返して全画素を中間階調 3 の表示状態にした。

[0169] (実施例 1 8 : 逆スキャン挿入駆動)

実施例 1 6 の、階調表示駆動ステップにおいて、スキャン動作を 1 5 回繰り返した後に画素電極に + 1 5 V を印加した状態でスキャン動作を 1 回を行い、その後再び画素電極に - 1 5 V を印加した状態でスキャン動作を 1 5 回繰り返して全画素を中間階調 4 の表示状態にした。

[0170] (実施例 1 9 : ブロックスキャン駆動)

実施例 1 6 の、階調表示駆動ステップにおいて、スキャン動作を 1 5 回繰り返した後にスキャン動作 1 0 回分の休止期間を設け、その後スキャン動作を 1 5 回繰り返して全画素を中間階調 5 の表示状態にした。

[0171] (実施例 2 0 : 逆スキャン挿入駆動とブロックスキャン駆動の組合わせ)

実施例 1 6 の、階調表示駆動ステップにおいて、スキャン動作を 1 5 回繰り返した後にスキャン動作 1 0 回分の休止期間を設けたのちに画素電極に + 1 5 V を印加した状態でスキャン動作を 1 回を行い、再びスキャン動作 1 0 回分の休止期間を設けた後に画素電極に - 1 5 V を印加した状態でスキャン動作を 1 5 回繰り返して全画素を中間階調 5 の表示状態にした。

[0172] (比較例 1 1)

全画素同一表示駆動ステップにおいて、共通電極 2 2 には常に 0 V が印加されていることのみ実施例 1 2 と異なる駆動にて表示を行った。

[0173] (比較例 1 2)

全画素同一表示駆動ステップにおいて、共通電極 2 2 には常に 0 V が印加され、階調表示駆動において、共通電極 2 2 には常に -1.5 V が印加されていることのみ実施例 1 2 と異なる駆動にて表示を行った。

[0174] (比較例 1 3)

停止ステップにおいて、表示したい階調に到達した画素の画素電極 2 1 に 0 V を印加することで、共通電極と同電位とする停止ステップを行った。

[0175] (比較例 1 4)

階調表示駆動において、共通電極 2 2 には常に -1.5 V が印加されていることのみ実施例 1 2 と異なる駆動にて表示を行った。

[0176] (評価方法)

駆動後の評価にはスガ試験機社製の分光測色計「SC-P」を用いて反射率（Y 値）を測定した。測定に使用した光源は D 6 5、10° 視野、測定孔は ϕ 1.5、正反射を除いて測定した。

[0177] (評価項目 A：全画素同一表示反射率)

各実施例及び比較例の駆動において全画素同一表示駆動ステップ後に駆動を停止して反射率を計測し全画素同一表示反射率とした。本実施例では白反射率となり、数値が高いほど性能がよい。今回は「反射率 4.5 以上：◎」「反射率 4.0 以上 4.5 未満：○」「反射率 3.5 以上 4.0 未満：△」「反射率 3.5 未満：×」と表現した。

[0178] (評価項目 B：階調駆動表示時最終反射率)

各実施例及び比較例の駆動において、階調表示駆動ステップでスキャンを 60 回繰り返した後の反射率を計測し、階調駆動表示時最終反射率とした。本実施例ではこの状態が最も黒い状態を得た場合の反射率となり、数値が低いほど性能がよい。今回は「反射率 4.0 未満：◎」「反射率 4.0 以上 4.5 未満：○」「反射率 4.5 以上 5.0 未満：△」「反射率 5.0 以上：×」と表現した。

[0179] (評価項目 C：階調表示性能評価)

スキャン回数階調においては、スキャンのたびに粒子は反対側電極へ移動することとなり、逆方向への移動はない。したがって、評価Aで得られた反射率から評価Bで得られた反射率へ移行するのに必要となるスキャン回数が、表現できる中間階調の最大値となる。今回は、「スキャン回数を一回増加しても反射率変動が、スキャン回数増加前の反射率から5%以上変化しない」時点で粒子の移動が終了したと判断し、それまでに要したスキャン回数を階調表示性能とした。各実施例及び比較例の駆動において、階調表示駆動ステップでスキャンを1回から60回まで変化させて停止し、各スキャン回数印加後の反射率を計測して評価した。今回は「スキャン回数が64回以上：◎」「スキャン回数が32回以上64回未満：○」「スキャン回数が16回以上32回未満：△」「スキャン回数が15回以下：×」と表現した。

[0180] (評価項目D：画像保持性能)

電気泳動インクを用いた表示装置は画像表示後にはエネルギーを与えることなく表示を維持可能であるが、粒子に蓄えられた電荷の放電や重力の影響などにより粒子の位置が若干変動し、表示品質が低下する現象がある。具体的には白表示部は反射率が低下し、黒表示部は反射率が上昇する。この表示品質低下の度合いを評価するために表示書換を実施後3日間放置した後の表示を見て劣化状態を判断した。表では「表示性能の変化が実感できない：○」「表示の低下が実感できる：△」「表示性能が著しく低下する：×」と表現した。

[0181] (評価の結果その1)

実施例11～14及び比較例11～14の評価の結果を表2に示した。

[表2]

番号	全画素同一表示駆動		階調表示駆動		画 像 保 持	評価項目			
						【A】 全画素 同一表示 反射率 [白]	【B】 階調 表示時 反射率 [黒]	【C】 階調 表示 性能	【D】 画像 保持性能 (メモリ性)
	コモン 振り	駆動 詳細	コモン 振り	階調駆動方式					
実施例⑪	有	白側スキャンのみ20回	無	順次開放スキャン駆動	開放	◎	◎	○	○
実施例⑫	有	黒側スキャン20回後白側スキャン20回	無	順次開放スキャン駆動	開放	◎	◎	○	○
実施例⑬	有	白側単駆動100ms	無	順次開放スキャン駆動	開放	◎	◎	○	○
実施例⑭	有	黒側単駆動100ms後白側単駆動100ms	無	順次開放スキャン駆動	開放	◎	◎	○	○
比較例⑪	無	黒側スキャン20回後白側スキャン20回	無	順次開放スキャン駆動	開放	△	△	○	○
比較例⑫	無	黒側スキャン20回後白側スキャン20回	有	順次開放スキャン駆動	開放	△	○	×	○
比較例⑬	有	黒側スキャン20回後白側スキャン20回	無	順次開放スキャン駆動	短絡	○	○	○	△
比較例⑭	有	黒側スキャン20回後白側スキャン20回	有	順次開放スキャン駆動	開放	◎	◎	×	○

[0182] (評価の結果その1の考察)

実施例11～14は評価4項目すべてにおいて○以上の結果となった。これに対し、比較例11と比較例12で評価項目Aで○とならない。このことから、全画素同一表示駆動ステップにおいて共通電極22を0Vとする駆動（コモンを振らない駆動）を実施した場合、白の表示性能が低下し、パネルのコントラストが低下する。比較例14では評価項目Cが×となる。このこ

とから全画素同一表示駆動ステップ及び階調表示駆動ステップの両方でコモン振りによる駆動を実施した場合、階調表示性能が低下することがわかる。比較例 13 は評価項目 D にて△となる。このことから、停止ステップにおいて画素電極を短絡状態とする駆動は画像保持性能が低下することがわかる。

[0183] (評価の結果その 2)

実施例 15～20 の評価の階調表示駆動ステップ後の反射率を図 19 に示した。

[0184] (評価結果その 2 の考察)

実施例 15～17 は階調表示駆動ステップにおいてスキャン回数が 1 ずつ異なる駆動である。したがって、従来技術のスキャン回数階調方式を用いる場合、この間の反射率を得ることはできない。しかし、実施例 18 の逆スキャンを挿入する駆動や実施例 19 の休止を挿入する駆動、また、実施例 20 の、逆スキャンとブロックスキャンを組み合わせた駆動により、実施例 15～17 の間の反射率を得ることができた。このことから、逆スキャン挿入駆動およびブロックスキャン駆動を用いることで階調表示の微調整を行うことが可能となることがわかる。

[0185] なお、上記の効果を、TF T を用いた QVGA の表示パネルにて検証した結果、同様の結果が得られた。

[0186] なお、本発明は上記実施の形態に限定されず、さまざまに変更して実施可能である。上記実施の形態において、添付図面に図示されている大きさや形状などについては、これに限定されず、本発明の効果を発揮する範囲内で適宜変更が可能である。その他、本発明の目的の範囲を逸脱しない限りにおいて適宜変更して実施可能である。

[0187] 例えば、上記実施の形態においては、電気泳動表示インク 23 が白色粒子 82、黒色粒子 83 及び分散媒 81 からなる電気泳動表示用液で構成され、これを電子インクとして用いる場合について説明している。しかしながら、本発明に係る電気泳動表示装置 1 で用いられる電気泳動表示インク 23 については、これに限定されるものではなく適宜変更が可能である。例えば、電

子インクをマイクロカプセル内に充填した構成を採用することも可能である

。

[0188] 本出願は、2013年4月30日出願の特願2013-095223及び特願2013-095224に基づく。この内容は、全てここに含めておく

。

請求の範囲

[請求項1]

少なくとも一方が光透過性を有する一対の基板と、
一方の前記基板の基板面にマトリクス状に配置された複数の画素電極と、
他方の前記基板の基板面に前記複数の画素電極に対向して配置された共通電極と、
前記基板間に封入され、1又は2種類以上の電気泳動粒子が分散された電気泳動表示インクと、
前記画素電極が行毎に接続された複数のデータ線に対して個別に画素信号を供給する第1の駆動回路と、
前記複数のデータ線上に夫々設けられ、オン状態において当該データ線に供給される前記画素信号を対応する前記画素電極に印加する複数のスイッチと、
前記スイッチが列毎に接続された複数の走査線を、前記スイッチをオン状態にする走査信号によって走査する第2の駆動回路と、
前記各画素電極と前記共通電極との間にそれぞれ並列に接続された複数の保持容量と、
を具備した電気泳動表示装置の駆動方法であって、
前記共通電極の電位を変化させるコモン振りによって全画素を同一の表示状態にする全画素同一表示駆動ステップと、
前記共通電極の電位を当該共通電極にコモン振りで印加された電位の間電位に固定され、対象画素に対応した複数のデータ線に画素信号が印加された状態で、対象画素が所望の階調となるように走査回数を制御し、最後の走査後に前記画素電極をハイインピーダンス状態とする階調表示駆動ステップと、
対象画素が所望の階調に到達した後、当該対象画素の前記画素電極と前記共通電極との間を短絡する停止ステップと、
を具備したことを特徴とする電気泳動表示装置の駆動方法。

[請求項2] 前記全画素同一表示駆動ステップは、
第1の電圧V1を前記共通電極に印加し、第2の電圧V2を画素信号として前記各データ線に印加した状態で、前記複数の走査線を用いて全画素に一斉に駆動電圧を印加して全画素を第1の表示状態に変化させる駆動により全画素を同一の表示状態にすること
を含むコモン振りが適用されることを特徴とする請求項1記載の電気泳動表示装置の駆動方法。

[請求項3] 前記全画素同一表示駆動ステップは、
第1の電圧V1を前記共通電極に印加し、第2の電圧V2を画素信号として前記各データ線に印加した状態で、前記複数の走査線を順次走査する駆動を1または複数フレーム繰り返すことで全画素を同一の表示状態にすること
を含むコモン振りが適用されることを特徴とする請求項1記載の電気泳動表示装置の駆動方法。

[請求項4] 前記全画素同一表示駆動ステップは、
第1の電圧V1を前記共通電極に印加し、第2の電圧V2を画素信号として前記各データ線に印加した状態で、前記複数の走査線を用いて全画素に一斉に駆動電圧を印加して全画素を第1の表示状態に変化させる第1の印加動作と、
前記第2の電圧V2を前記共通電極に印加し、前記第1の電圧V1を画素信号として前記各データ線に印加した状態で、前記複数の走査線を用いて全画素に一斉に駆動電圧を印加し、全画素を前記第1の表示状態とは異なる第2の表示状態に変化させる第2の印加動作と、
を連続して行う一連の動作を1セットとして、
この一連の動作を1または複数セット繰り返すこと
を含むコモン振りが適用されることを特徴とする請求項1記載の電気泳動表示装置の駆動方法。

[請求項5] 前記全画素同一表示駆動ステップは、

第1の電圧V1を前記共通電極に印加し、第2の電圧V2を画素信号として前記各データ線に印加した状態で、前記複数の走査線を順次走査して全画素を第1の表示状態に変化させる第1の印加動作と、

前記第2の電圧V2を前記共通電極に印加し、前記第1の電圧V1を画素信号として前記各データ線に印加した状態で、前記複数の走査線を順次走査して全画素を前記第1の表示状態とは異なる第2の表示状態に変化させる第2の印加動作と、

を連続して行う一連の動作を1セットとして、

この一連の動作を1または複数セット繰り返すことを含むコモン振りが適用されることを特徴とする請求項1記載の電気泳動表示装置の駆動方法。

[請求項6] 前記階調表示駆動ステップは、

対象画素を第1の極性の駆動電圧で繰り返し駆動して所望の階調に変化させる途中で、当該対象画素に第1の極性とは逆向きの第2の極性の駆動電圧を印加することを特徴とする請求項1記載の電気泳動表示装置の駆動方法。

[請求項7] 前記階調表示駆動ステップは、

階調を表現するために必要な走査回数を、1フレーム又は複数フレームに相当する休止期間で分離されるいくつかのブロックに分け、前記ブロック単位で対象画素を走査することを特徴とする請求項1記載の電気泳動表示装置の駆動方法。

[請求項8] 前記ブロックと前記ブロックの間の前記休止期間において、対象画素の前記画素電極と前記共通電極との間を順次短絡することを特徴とする請求項7記載の電気泳動表示装置の駆動方法。

[請求項9] 前記ブロックと前記ブロックの間の前記休止期間において、対象画素の前記画素電極を順次開放することを特徴とする請求項7記載の電気泳動表示装置の駆動方法。

[請求項10] 前記ブロックの1つのブロック内で対象画素を第1の極性の駆動電

圧で繰り返し駆動して階調変化させる途中で、当該対象画素に第1の極性とは逆向きの第2の極性の駆動電圧を印加することを特徴とする請求項7記載の電気泳動表示装置の駆動方法。

[請求項11] 前記停止ステップは、
対象画素が所望の階調に到達した後、前記対象画素電極に前記共通電極と同電位として短絡することを特徴とする請求項1記載の電気泳動表示装置の駆動方法。

[請求項12] 前記停止ステップは、
全画素が所望の階調に到達した後、全画素の前記画素電極と前記共通電極との間を順次短絡することを特徴とする請求項1記載の電気泳動表示装置の駆動方法。

[請求項13] 前記停止ステップは、
全画素が所望の階調に到達した後、全画素の前記画素電極と前記共通電極との間を一斉に短絡することを特徴とする請求項1記載の電気泳動表示装置の駆動方法。

[請求項14] 前記階調表示駆動ステップと前記停止ステップの間に、休止期間を設けることを特徴とする請求項1記載の電気泳動表示装置の駆動方法。

[請求項15] 少なくとも一方が光透過性を有する一対の基板と、
一方の前記基板の基板面にマトリクス状に配置された複数の画素電極と、
他方の前記基板の基板面に前記複数の画素電極に対向して配置された共通電極と、
前記基板間に封入され、少なくとも1又は2種類以上の電気泳動粒子からなる電気泳動表示インクと、前記画素電極が行毎に接続された複数のデータ線に対して個別に画素信号を供給する第1の駆動回路と、
前記複数のデータ線上に夫々設けられ、オン状態において当該デー

タ線に供給される前記画素信号を対応する前記画素電極に印加する複数のスイッチと、

前記スイッチが列毎に接続された複数の走査線を、前記スイッチをオン状態にする走査信号によって走査する第2の駆動回路と、

前記各画素電極と前記共通電極との間にそれぞれ並列に接続された複数の保持容量と、

を具備し、

前記共通電極の電位を変化させるコモン振りにによって全画素を同一の表示状態にした後、前記共通電極の電位を当該共通電極にコモン振りで印加された電位の間電位に固定して、対象画素に対応した複数のデータ線に画素信号を印加した状態で、対象画素が所望の階調となるように走査回数を制御し、最後の走査後に前記画素電極をハイインピーダンス状態として階調表示し、対象画素が所望の階調に到達した後、当該対象画素の前記画素電極と前記共通電極との間を短絡することを特徴とする電気泳動表示装置。

[請求項16]

少なくとも一方が光透過性を有する一对の基板と、

一方の前記基板の基板面にマトリクス状に配置された複数の画素電極と、

他方の前記基板の基板面に前記複数の画素電極に対向して配置された共通電極と、

前記基板間に封入され、少なくとも1又は2種類以上の電気泳動粒子からなる電気泳動表示インクと、

前記画素電極が行毎に接続された複数のデータ線に対して個別に画素信号を供給する第1の駆動回路と、

前記複数のデータ線上に夫々設けられ、オン状態において当該データ線に供給される前記画素信号を対応する前記画素電極に印加する複数のスイッチと、

前記スイッチが列毎に接続された複数の走査線を、前記スイッチを

オン状態にする走査信号によって走査する第2の駆動回路と、

前記各画素電極と前記共通電極との間にそれぞれ並列に接続された複数の保持容量と、

を具備した電気泳動表示装置の駆動方法であって、

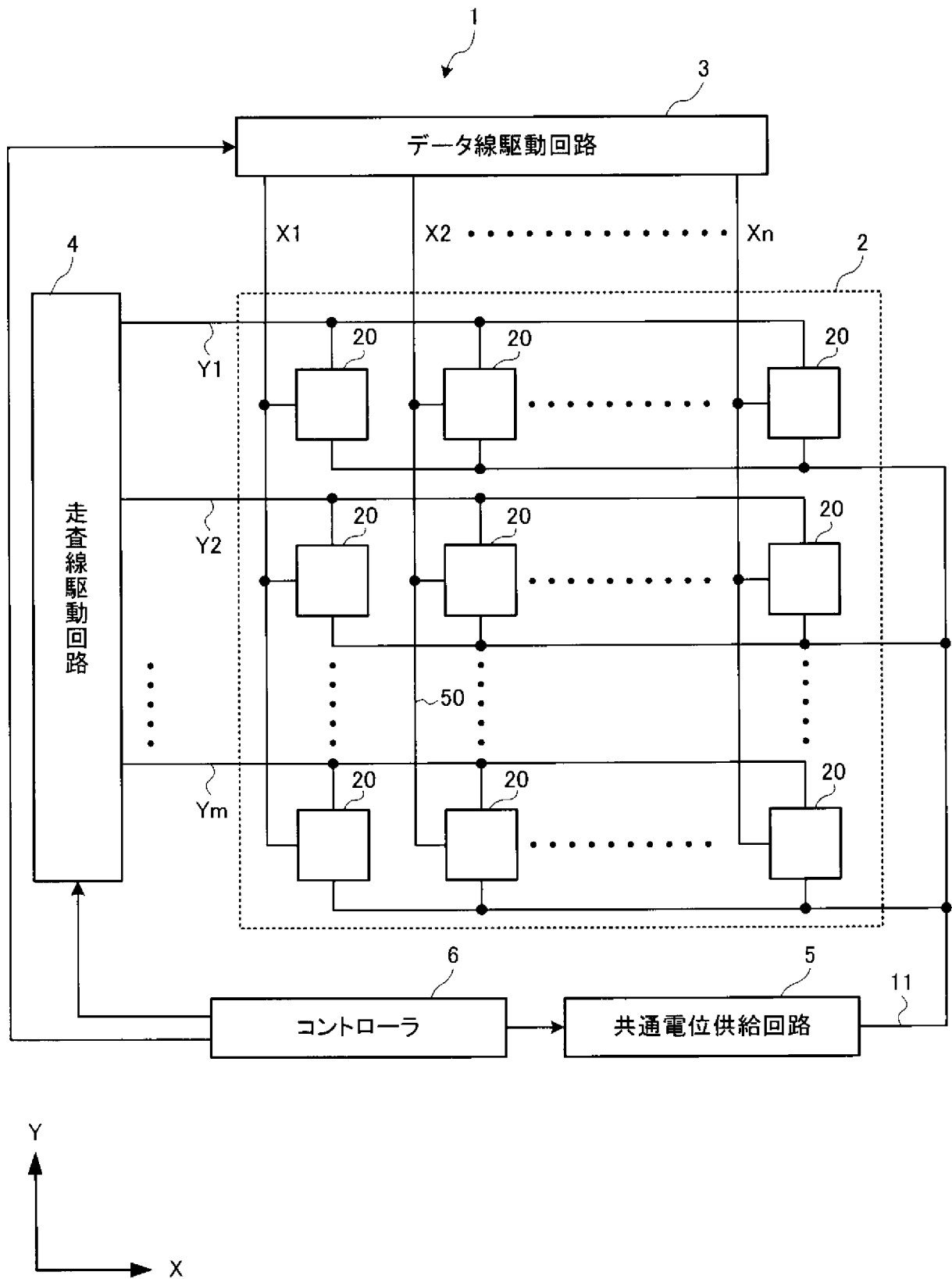
前記共通電極の電位を変化させるコモン振りにによって全画素を同一の表示状態にする全画素同一表示駆動ステップと、

前記共通電極の電位を当該共通電極にコモン振りで印加された電位の間電位に固定され、対象画素に対応した複数のデータ線に画素信号が印加された状態で、対象画素が所望の階調となるように走査回数を制御する階調表示駆動ステップと、

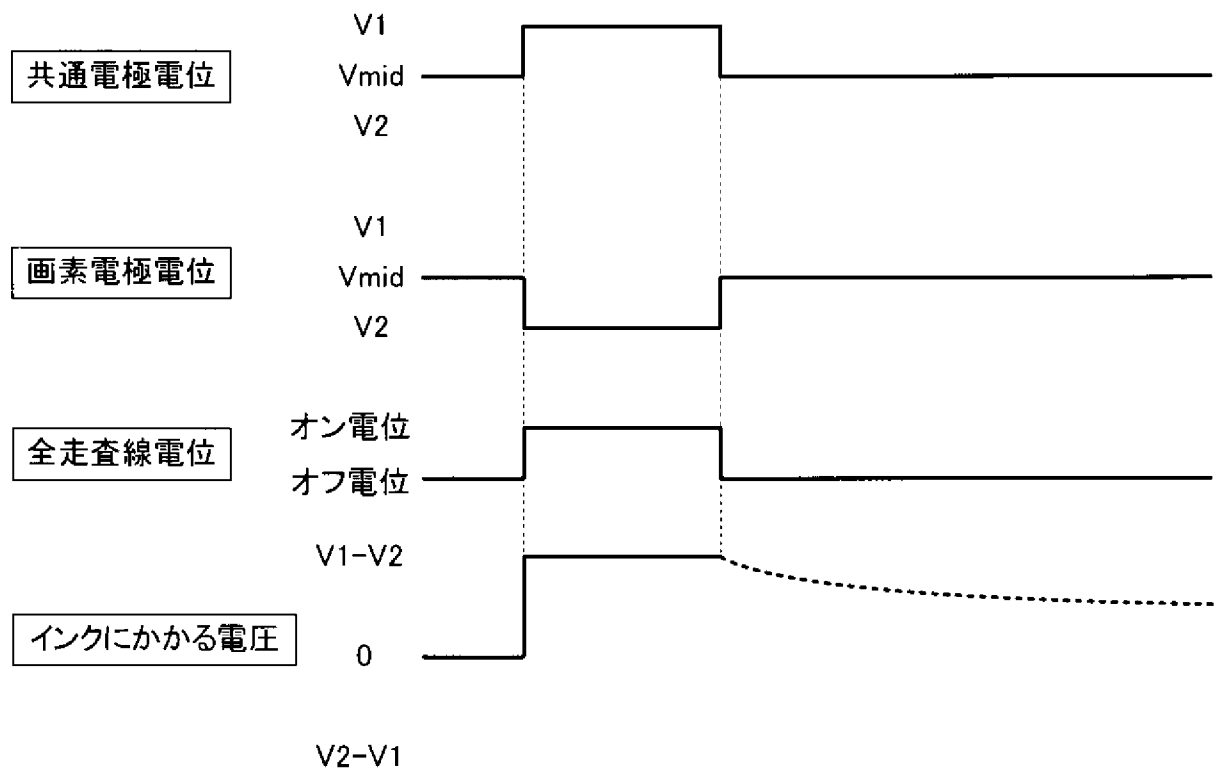
対象画素が所望の階調に到達した後、当該対象画素の前記画素電極を開放する停止ステップと、

を具備したことを特徴とする電気泳動表示装置の駆動方法。

[図1]



[図4]



[図5]

図 5A

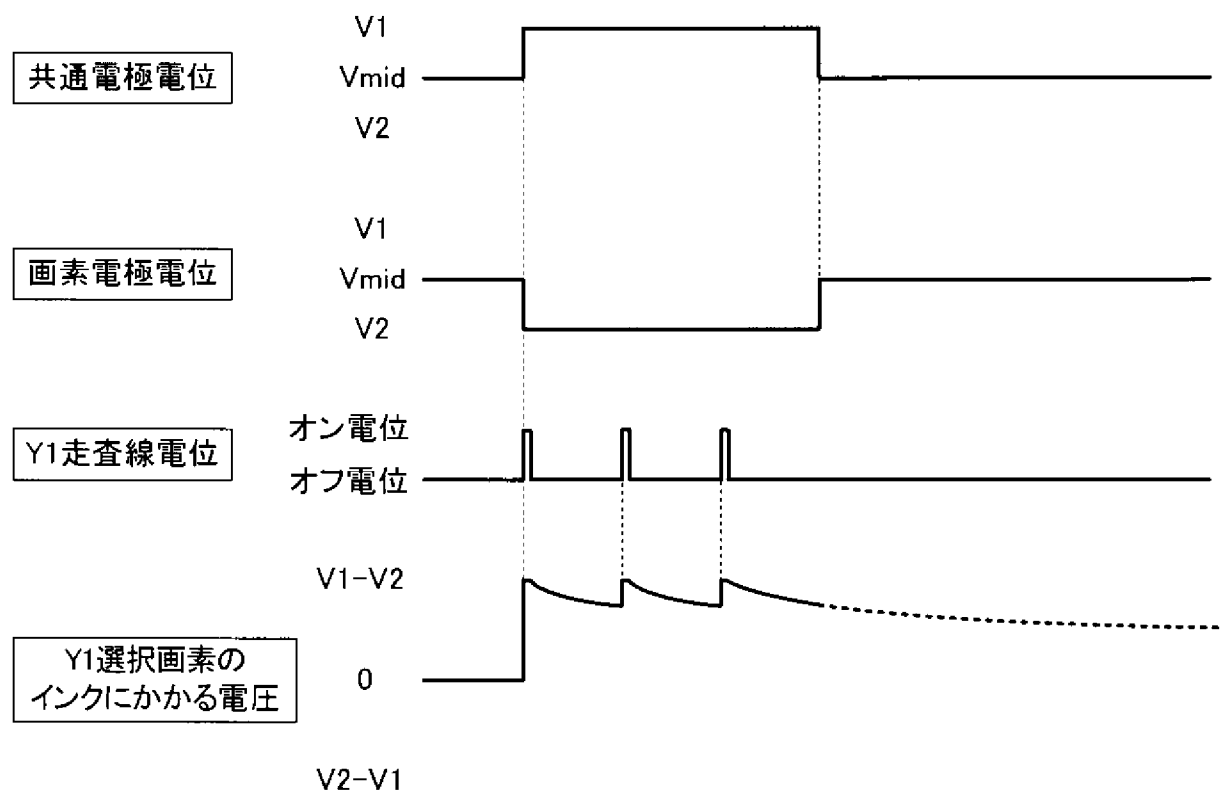
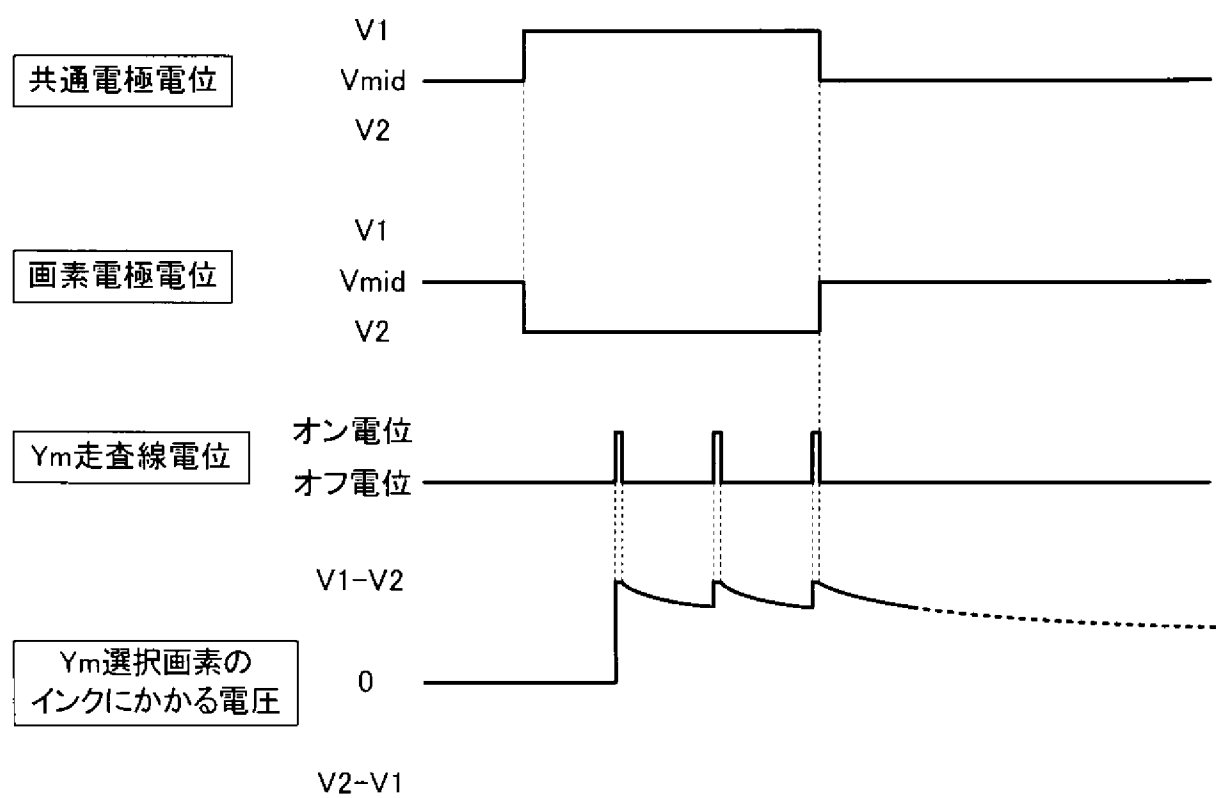
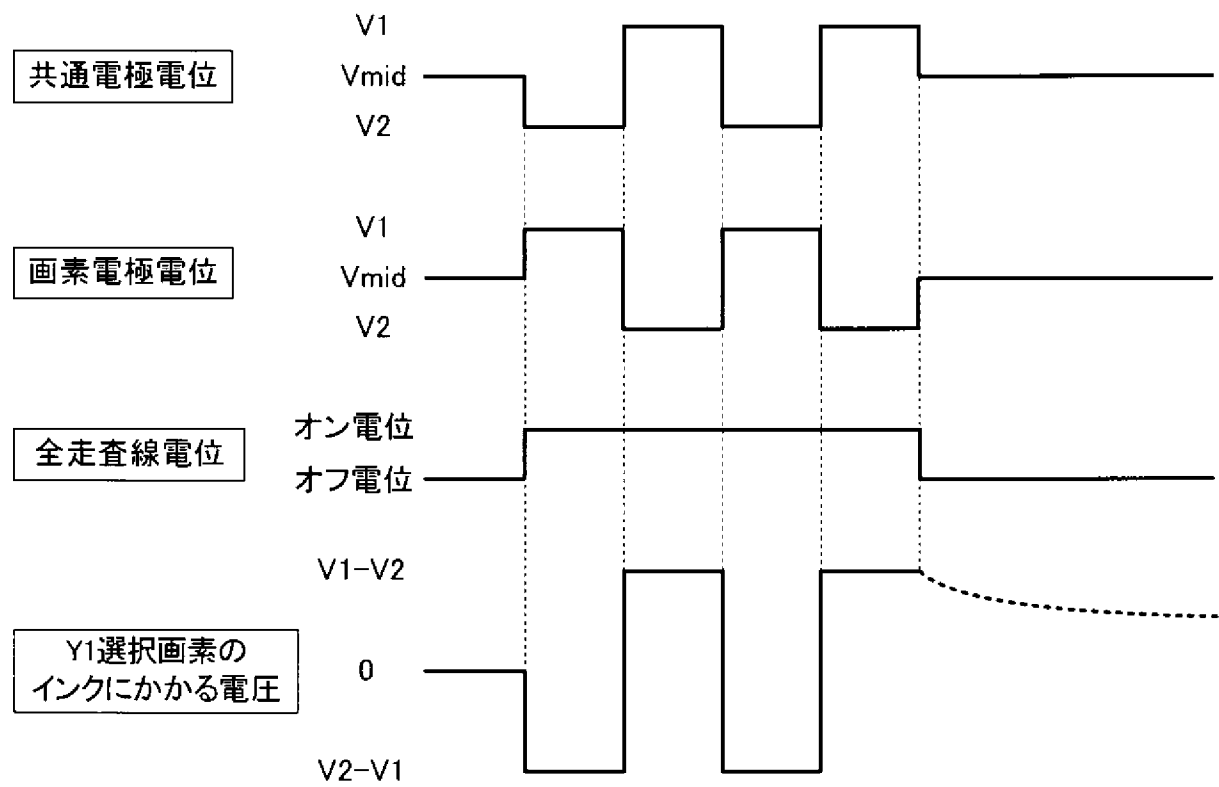


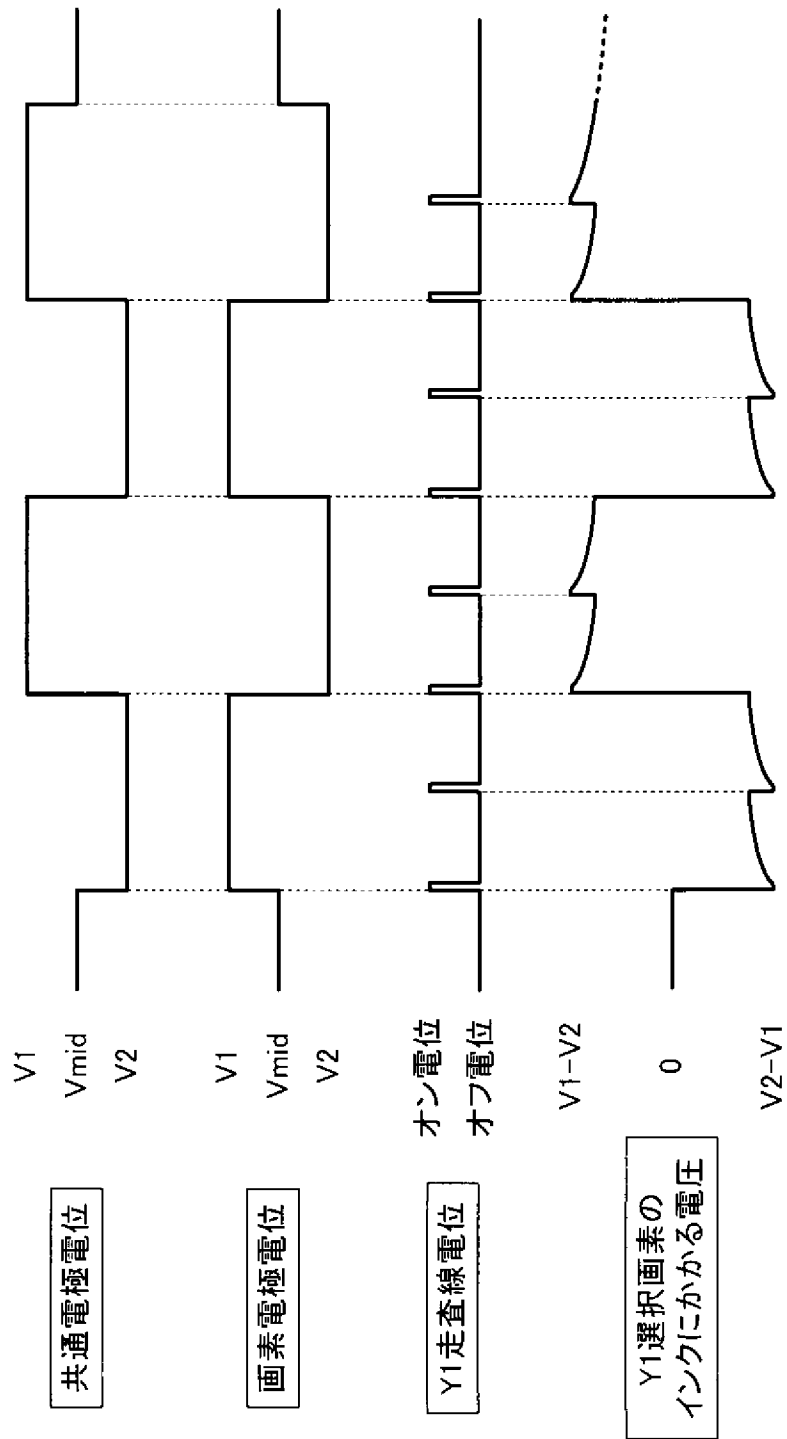
図 5B



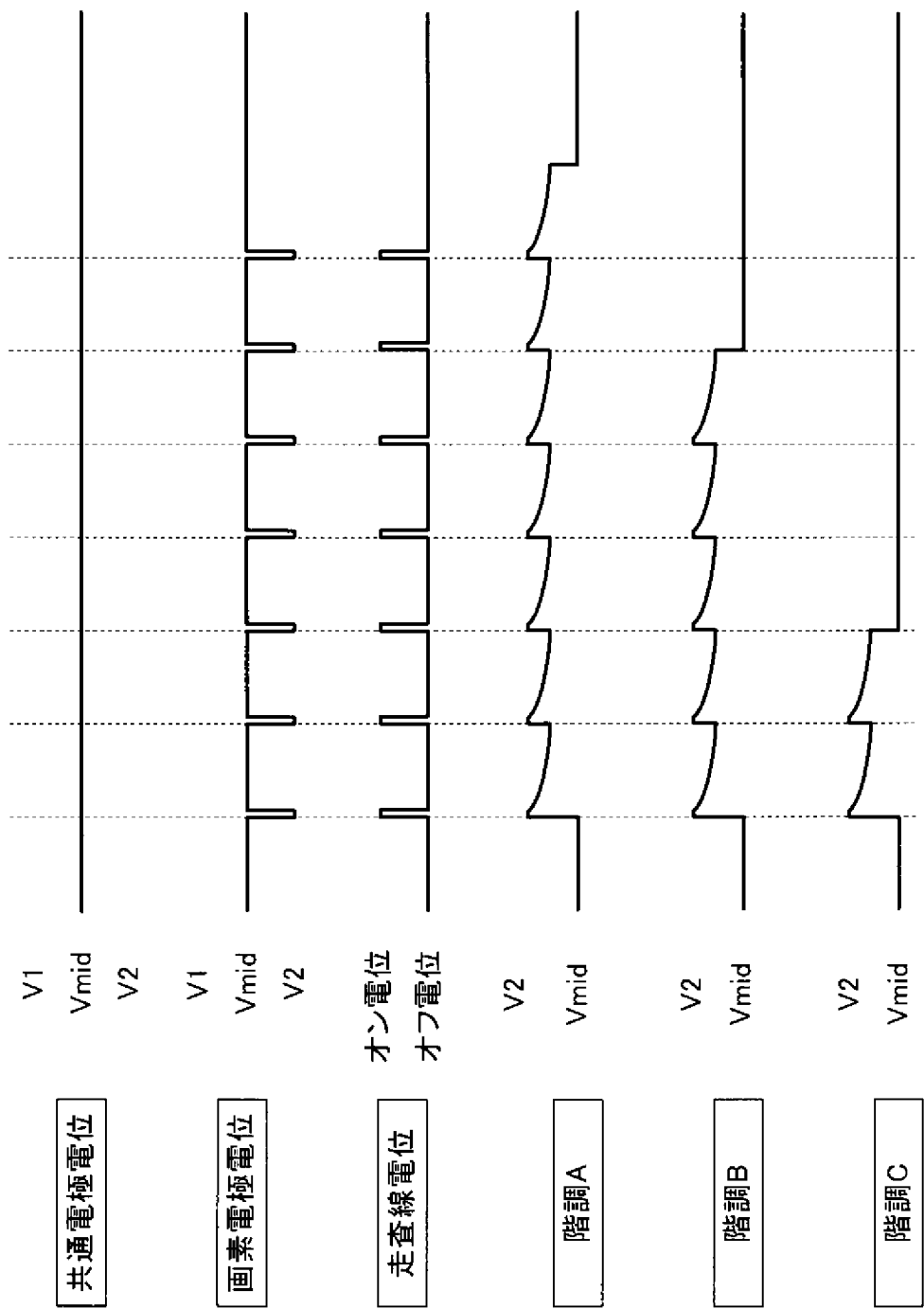
[図6]



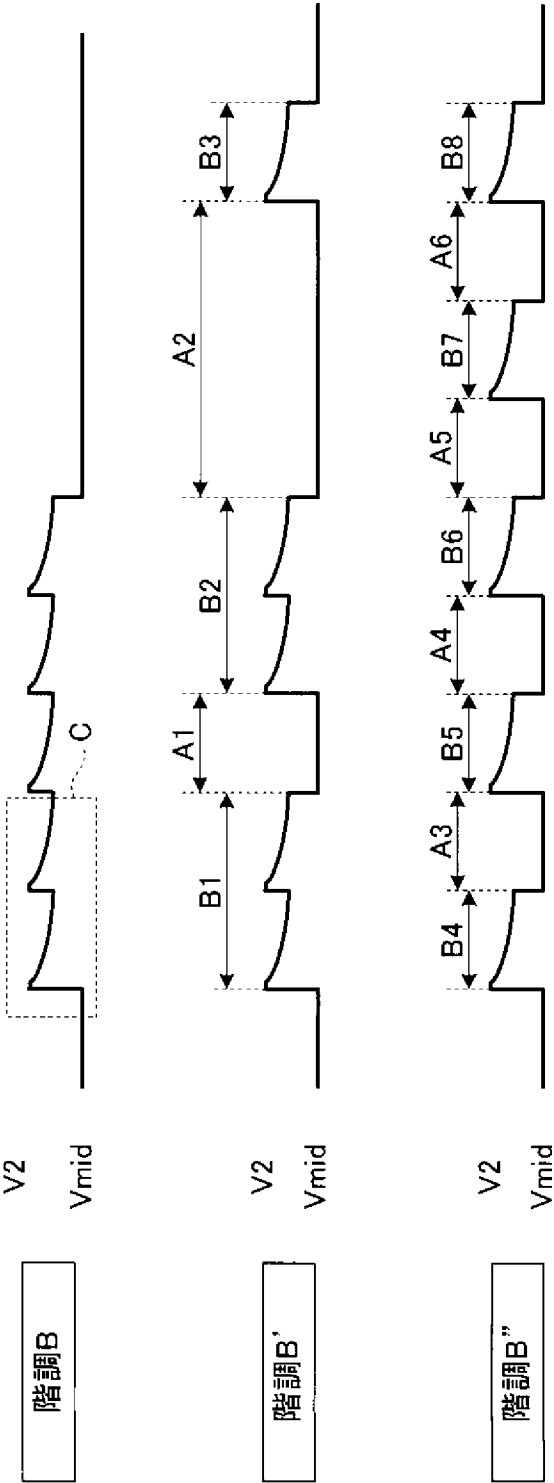
[図7]



[図8]



[図9]



[図10]

図 10A

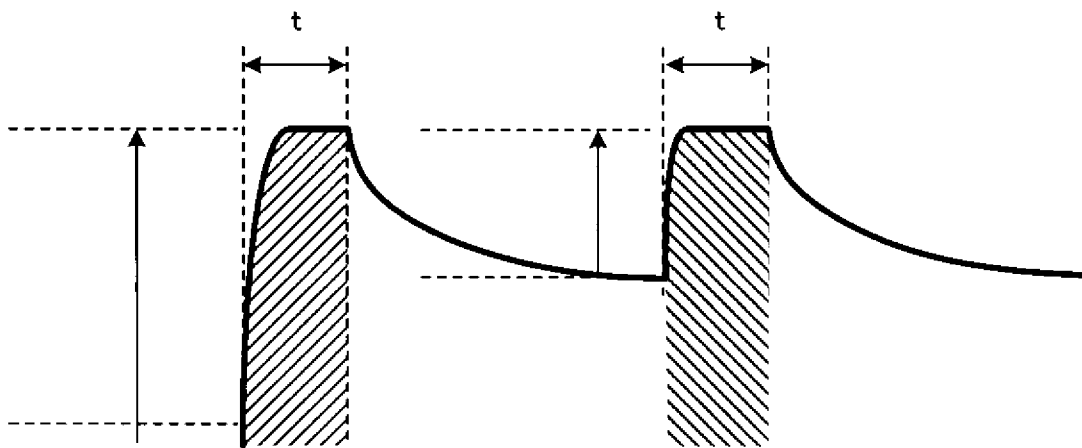


図 10B

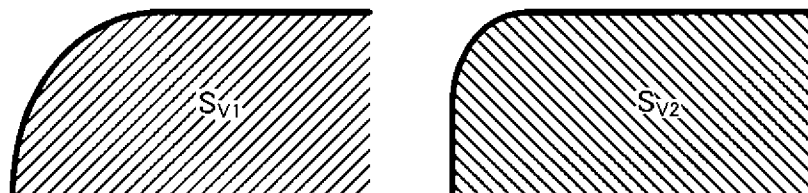
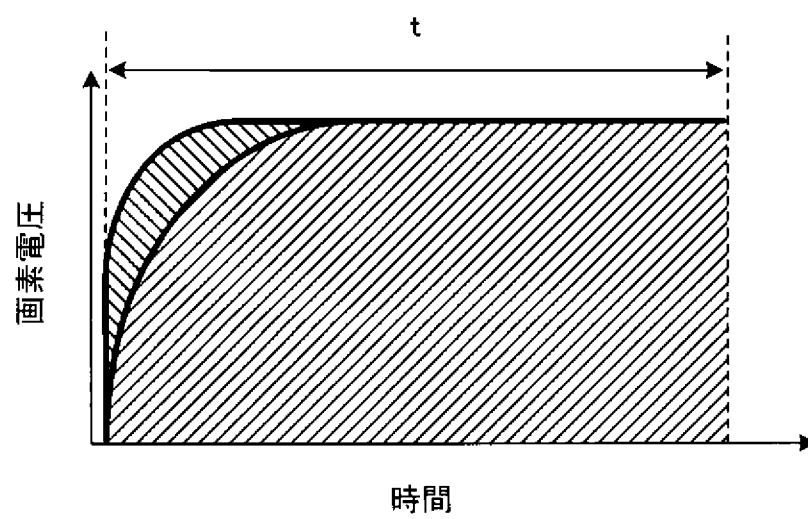
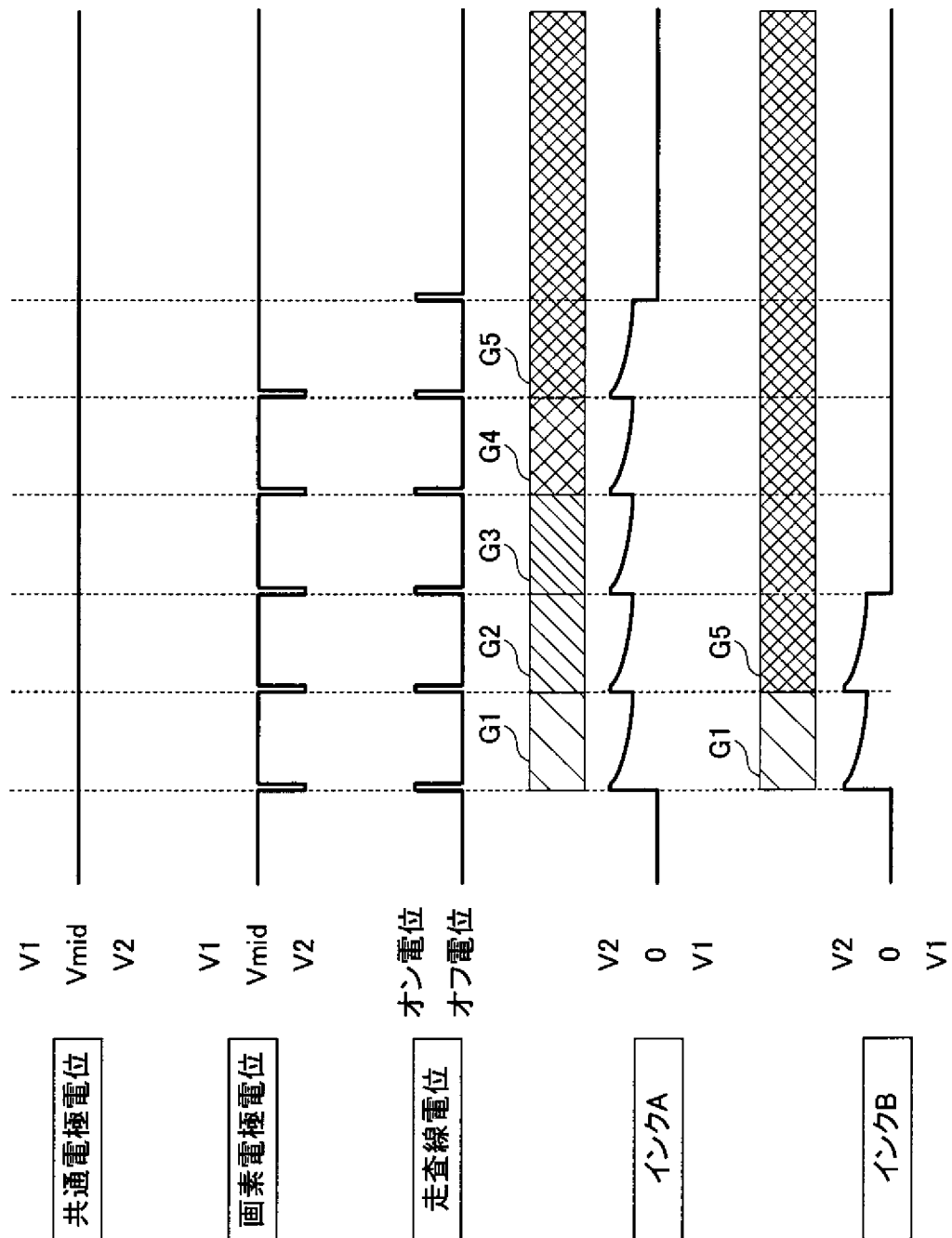


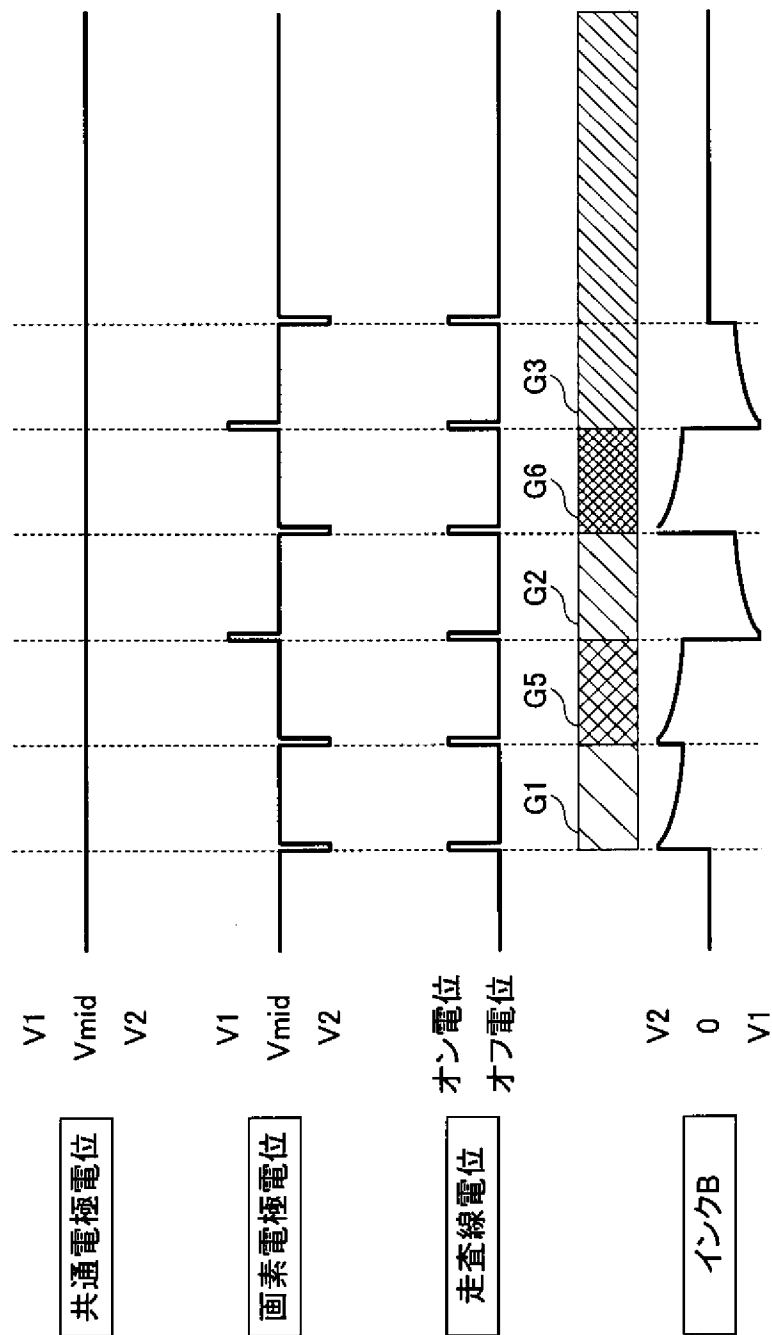
図 10C



[図11]



[図12]



[図13]

図 13A

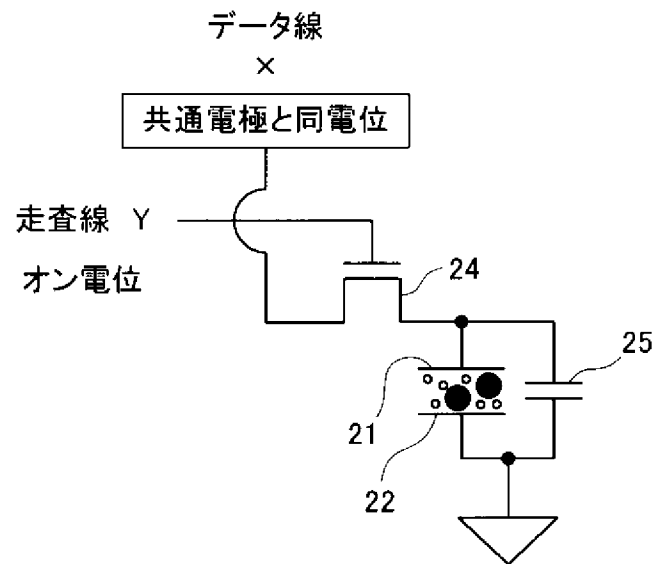


図 13B

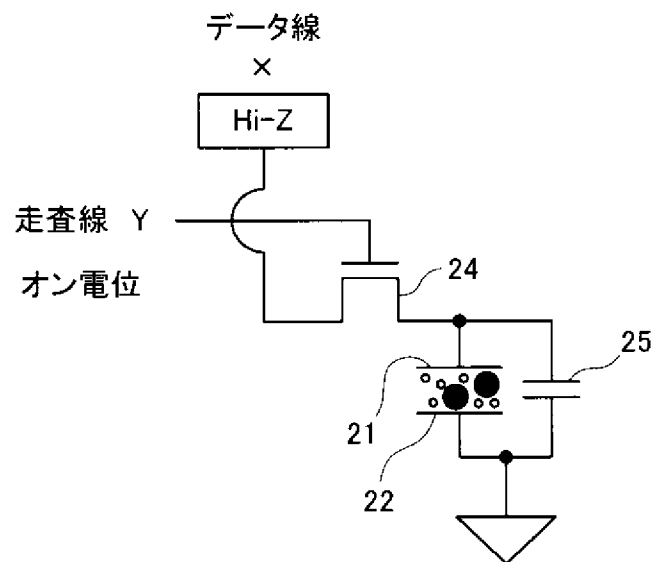
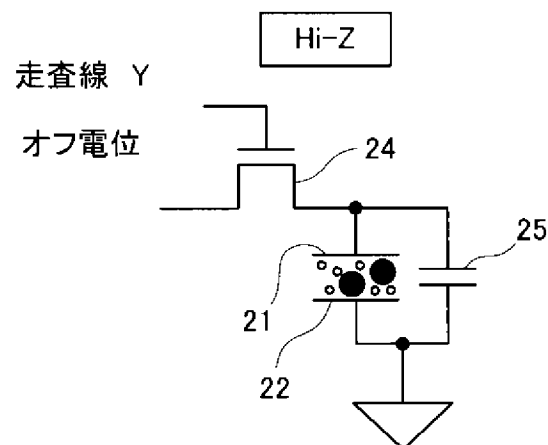


図 13C



[図14]

図 14A

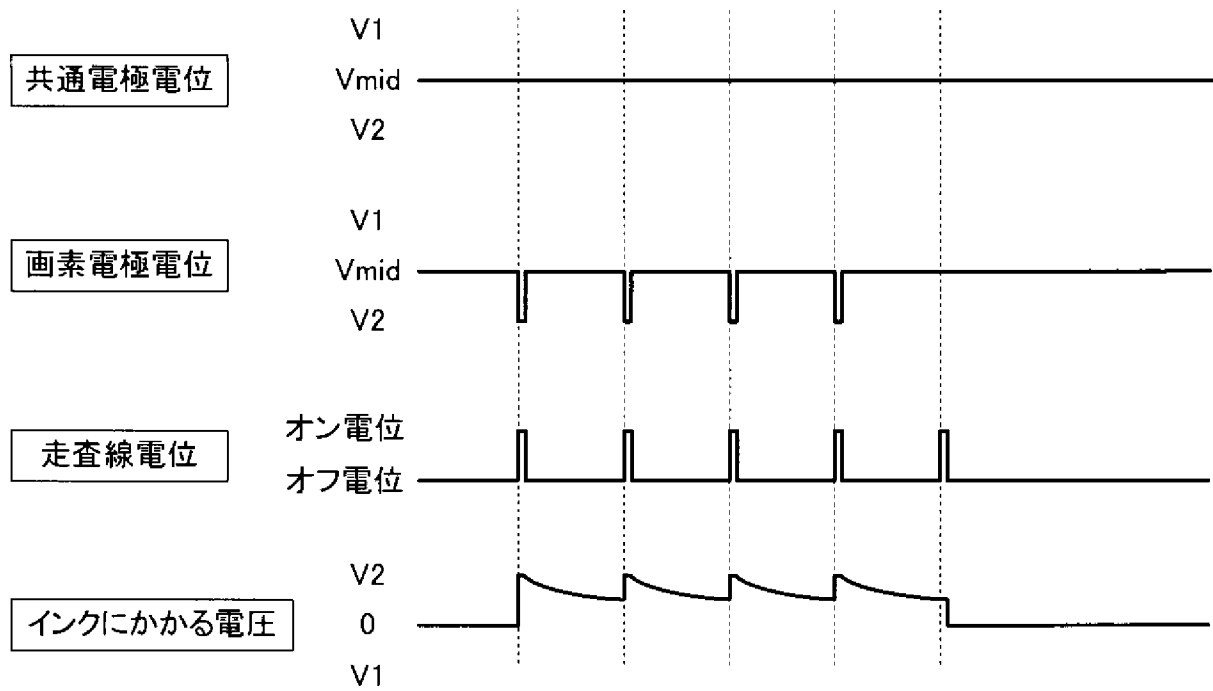
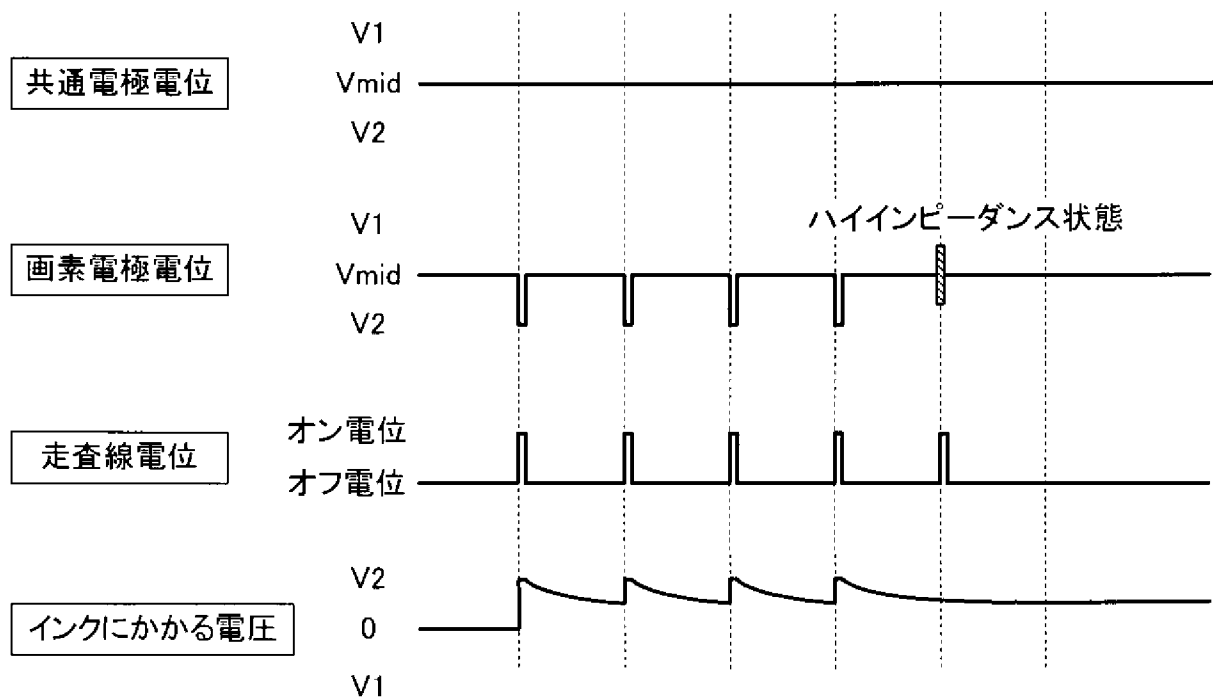
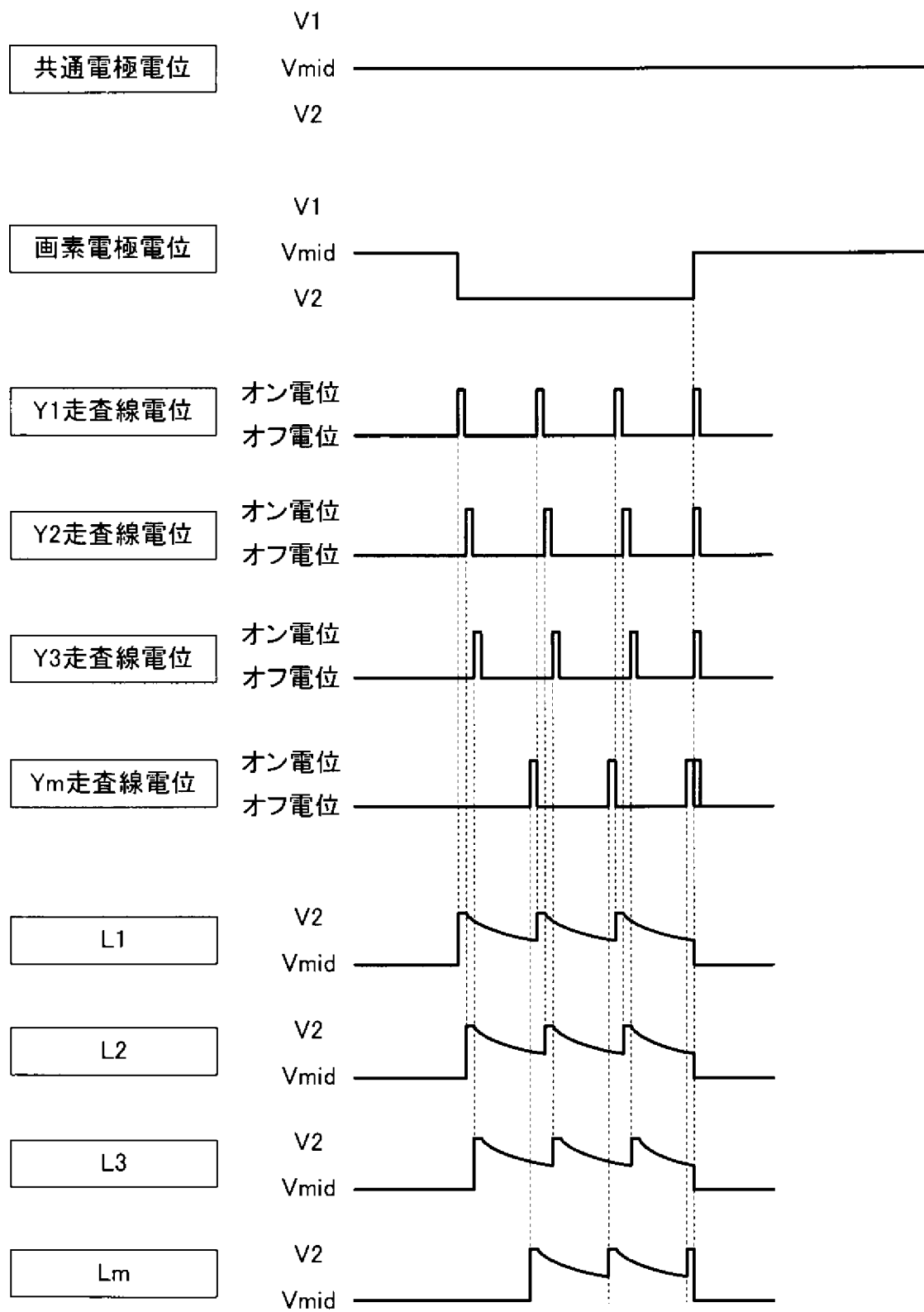


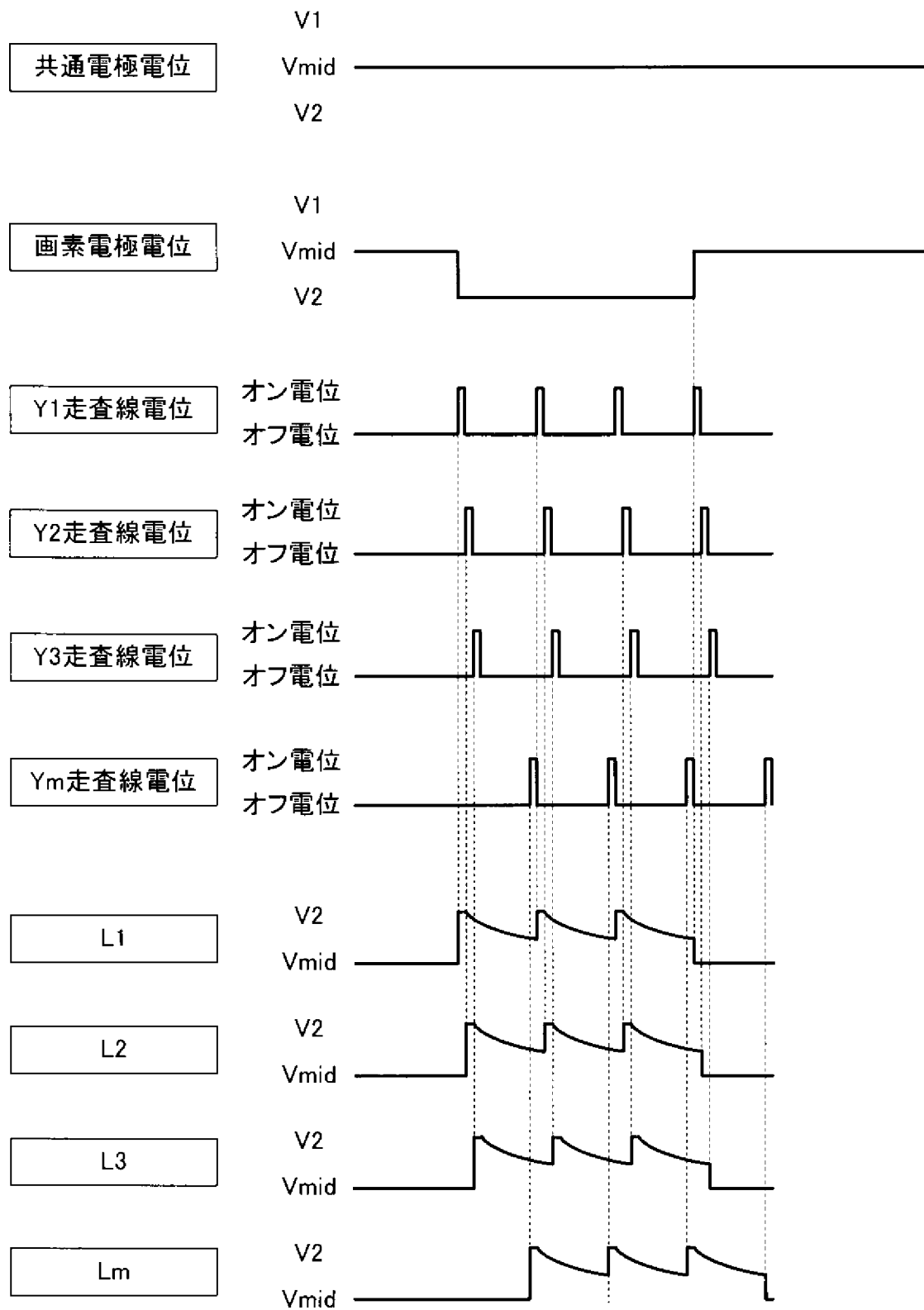
図 14B



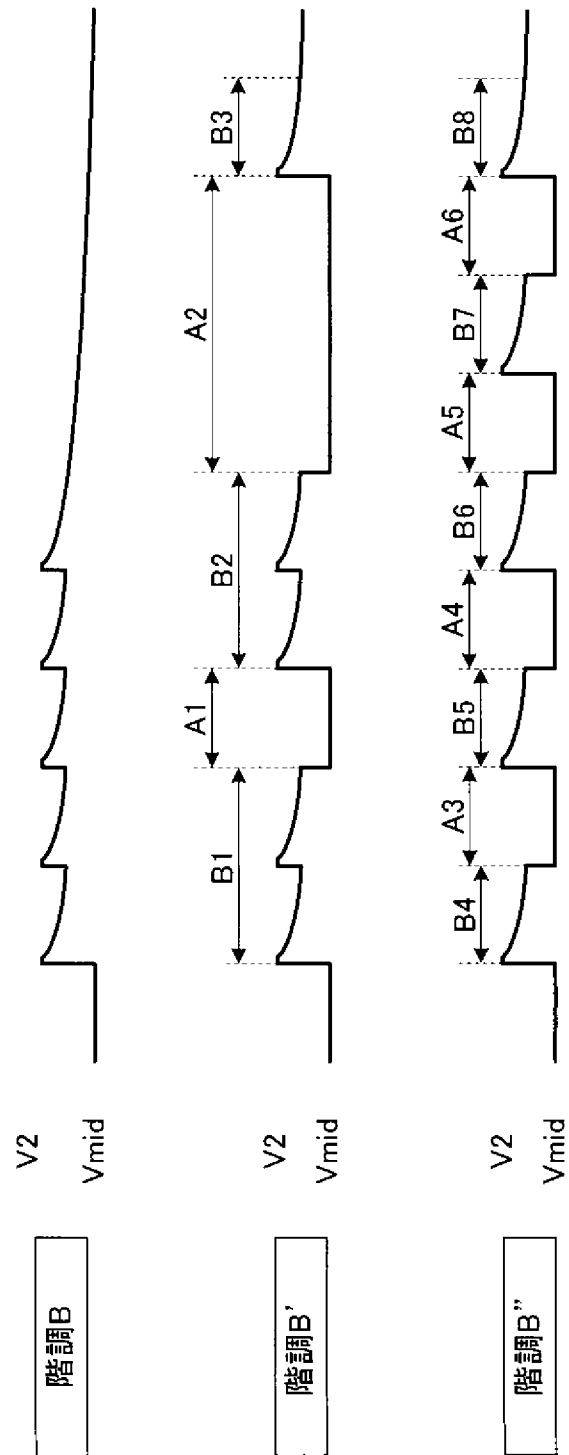
[図15]



[図16]

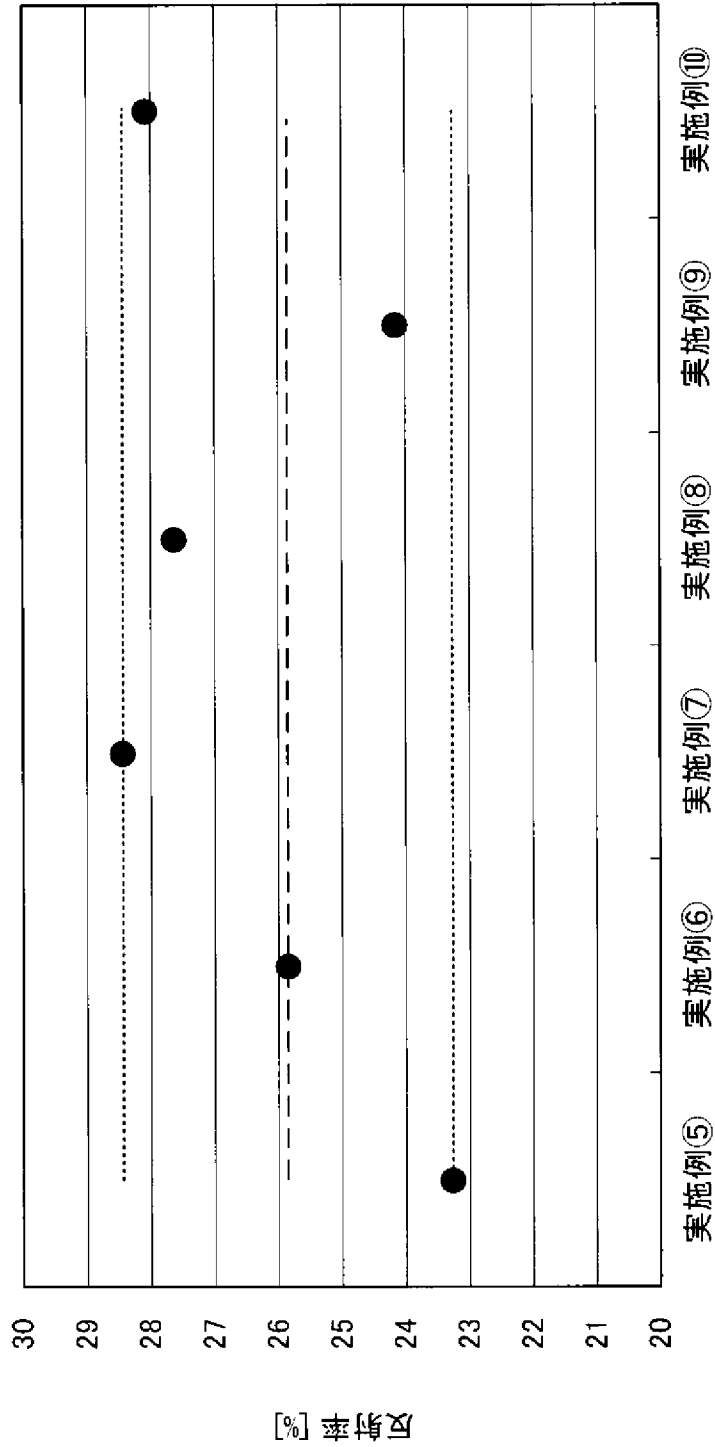


[図17]



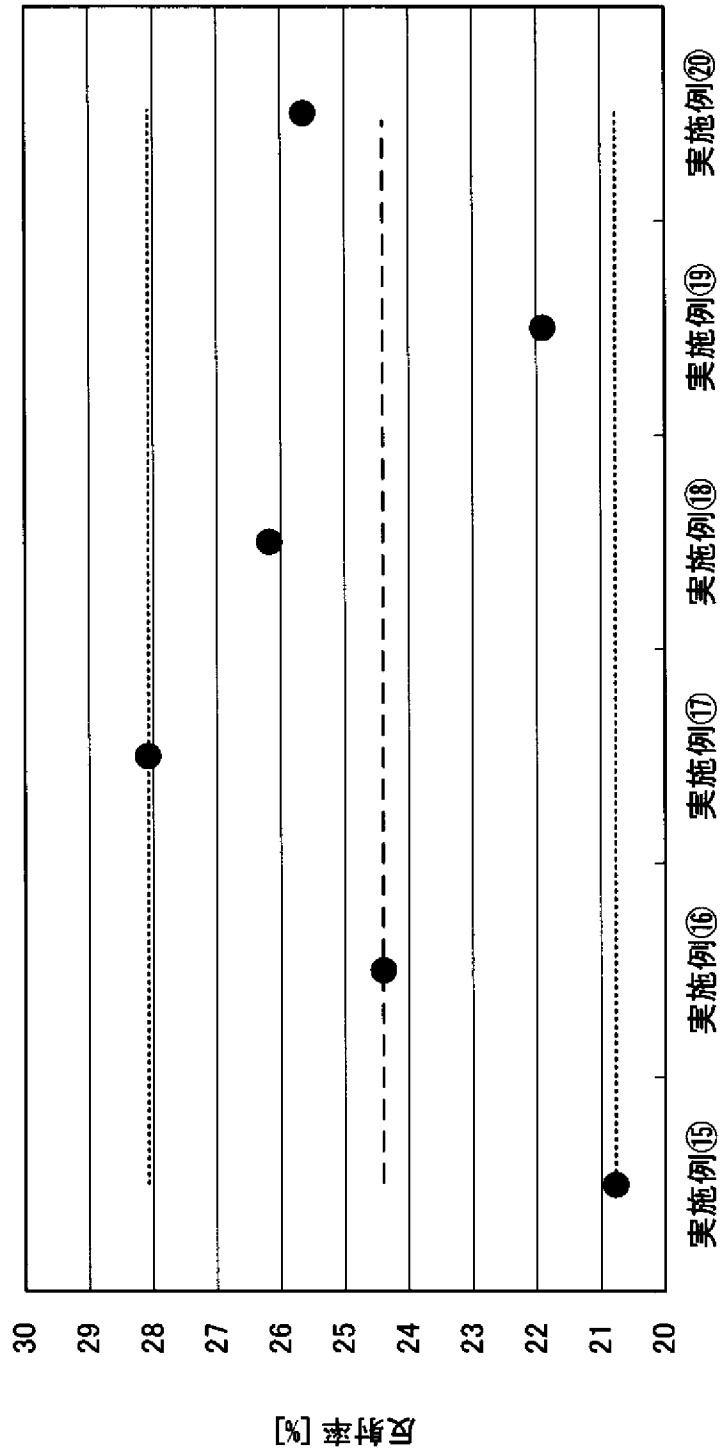
[図18]

階調表示駆動における逆スキャンとブロックスキャン挿入の効果



[図19]

階調表示駆動における逆スキャンとブロックスキャン挿入の効果



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/061604

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G09G3/34(2006.01)i, G02F1/167(2006.01)i, G09G3/20(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G09G3/00-3/38, G02F1/167

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-85921 A (Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.), 28 April 2011 (28.04.2011), paragraphs [0025] to [0032], [0044] to [0053]; fig. 1 to 2 & US 2011/0063340 A1 & CN 102024428 A & KR 10-2011-0030348 A & TW 201128604 A	1-16
Y	JP 2008-242383 A (Seiko Epson Corp.), 09 October 2008 (09.10.2008), paragraphs [0042] to [0053]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-16
Y	JP 2012-168209 A (Seiko Epson Corp.), 06 September 2012 (06.09.2012), paragraphs [0039] to [0040], [0051] to [0061] & US 2012/0200597 A1	1-16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 June, 2014 (26.06.14)

Date of mailing of the international search report
08 July, 2014 (08.07.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/061604

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-180409 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 15 September 2011 (15.09.2011), paragraphs [0035], [0052] & WO 2011/108404 A1	1-16
Y	WO 2012/008355 A1 (Mitsubishi Pencil Co., Ltd.), 19 January 2012 (19.01.2012), paragraph [0003] & JP 2013-15776 A & JP 2012-22145 A & US 2013/0176613 A1 & EP 2594989 A1 & CN 103229096 A & KR 10-2013-0094301 A & TW 201220271 A	1-15
Y	JP 2006-227053 A (Seiko Epson Corp.), 31 August 2006 (31.08.2006), paragraphs [0041] to [0045]; fig. 5 to 7 (Family: none)	2, 4, 13
Y	WO 2011/111594 A1 (Konica Minolta Holdings, Inc.), 15 September 2011 (15.09.2011), paragraphs [0048] to [0051], [0073] to [0080]; fig. 4, 8 (Family: none)	3, 5, 7-9, 12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G09G3/34(2006.01)i, G02F1/167(2006.01)i, G09G3/20(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G09G3/00-3/38, G02F1/167

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2011-85921 A（株式会社半導体エネルギー研究所）2011.04.28, 【0025】 - 【0032】 , 【0044】 - 【0053】 , 図 1-2 & US 2011/0063340 A1 & CN 102024428 A & KR 10-2011-0030348 A & TW 201128604 A	1-16
Y	JP 2008-242383 A（セイコーエプソン株式会社）2008.10.09, 【0042】 - 【0053】 , 図 1-6 (ファミリーなし)	1-16

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 6 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 8 . 0 7 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

中 村 直 行

2 G

9 2 1 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 2 6

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2012-168209 A (セイコーエプソン株式会社) 2012. 09. 06, 【0039】 - 【0040】 , 【0051】 - 【0061】 & US 2012/0200597 A1	1-16
Y	JP 2011-180409 A (大日本印刷株式会社) 2011. 09. 15, 【0035】 , 【0052】 & WO 2011/108404 A1	1-16
Y	WO 2012/008355 A1 (三菱鉛筆株式会社) 2012. 01. 19, [0003] & JP 2013-15776 A & JP 2012-22145 A & US 2013/0176613 A1 & EP 2594989 A1 & CN 103229096 A & KR 10-2013-0094301 A & TW 201220271 A	1-15
Y	JP 2006-227053 A (セイコーエプソン株式会社) 2006. 08. 31, 【0041】 - 【0045】 , 図 5-7 (ファミリーなし)	2, 4, 13
Y	WO 2011/111594 A1 (コニカミノルタホールディングス株式会社) 2011. 09. 15, [0048]-[0051], [0073]-[0080], 図 4, 8 (ファミリーなし)	3, 5, 7-9, 12