(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3708583号
(P3708583)
(45)発行日　平成17年10月19日(2005.10.19)　(24)登録日　平成17年8月12日(2005.8.12)

(51)Int.Cl.[7]	F I
G02F 1/133	G02F 1/133 560
G02F 1/1368	G02F 1/133 550
G09G 3/36	G02F 1/1368
	G09G 3/36

請求項の数 4　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願平7-136072
(22)出願日　平成7年5月10日(1995.5.10)
(65)公開番号　特開平8-36161
(43)公開日　平成8年2月6日(1996.2.6)
審査請求日　平成14年5月10日(2002.5.10)
(31)優先権主張番号　特願平6-126804
(32)優先日　平成6年5月16日(1994.5.16)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000153878
株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷３９８番地
(72)発明者　西　毅
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内

審査官　小牧　修

(56)参考文献　特開平０４－０２２９２３（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－２９６８１６（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－０８２７５６（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１９１３０４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02F 1/13 - 1/141

(54)【発明の名称】液晶電気光学装置の駆動方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

薄膜トランジスタに接続された画素電極と、前記画素電極と対向する対向電極と、前記画素電極と前記対向電極の間の強誘電性の液晶とを有し、

１つのフレームは複数のサブフレームでなり、前記複数のサブフレームそれぞれにおいて、前記薄膜トランジスタをオン状態として前記画素電極と前記対向電極の間にパルス電圧を印加し、前記液晶の透過状態または非透過状態を選択して階調表示を行う液晶電気光学装置の駆動方法であって、

前記複数のサブフレームのうち連続する２つのサブフレームにおいて連続して透過状態を選択する場合または連続して非透過状態を選択する場合は、当該２つのサブフレームのうち後のサブフレームにおいて前記画素電極と前記対向電極の間に印加するパルス電圧は、当該２つのサブフレームのうち前のサブフレームにおける前記画素電極と前記対向電極の間の検知した電圧より絶対値が小さく、且つ、同一の極性を有し、

前記複数のサブフレームのうち連続する２つのサブフレームにおいて透過状態から非透過状態に変化する場合または非透過状態から透過状態に変化する場合は、当該２つのサブフレームのうち後のサブフレームにおいて前記画素電極と前記対向電極の間に印加するパルス電圧は、当該２つのサブフレームのうち前のサブフレームにおける前記画素電極と前記対向電極の間の検知した電圧より絶対値が大きく、且つ、異なる極性を有することを特徴とする液晶電気光学装置の駆動方法。

【請求項２】

薄膜トランジスタに接続された画素電極と、前記画素電極と対向する対向電極と、前記画素電極と前記対向電極の間の反強誘電性の液晶とを有し、

１つのフレームは複数のサブフレームでなり、前記複数のサブフレームそれぞれにおいて、前記薄膜トランジスタをオン状態として前記画素電極と前記対向電極の間にパルス電圧を印加し、前記液晶の透過状態または非透過状態を選択して階調表示を行う液晶電気光学装置の駆動方法であって、

前記複数のサブフレームのうち連続する２つのサブフレームにおいて連続して透過状態を選択する場合または連続して非透過状態を選択する場合は、当該２つのサブフレームのうち後のサブフレームにおいて前記画素電極と前記対向電極の間に印加するパルス電圧は、当該２つのサブフレームのうち前のサブフレームにおける前記画素電極と前記対向電極の間の検知した電圧より絶対値が小さく、且つ、同一の極性を有し、

前記複数のサブフレームのうち連続する２つのサブフレームにおいて透過状態から非透過状態に変化する場合または非透過状態から透過状態に変化する場合は、当該２つのサブフレームのうち後のサブフレームにおいて前記画素電極と前記対向電極の間に印加するパルス電圧は、当該２つのサブフレームのうち前のサブフレームにおける前記画素電極と前記対向電極の間の検知した電圧より絶対値が大きく、且つ、異なる極性を有することを特徴とする液晶電気光学装置の駆動方法。

【請求項３】

請求項１または請求項２において、

前記パルス電圧のパルス幅は、前記液晶の応答時間より短いことを特徴とする液晶電気光学装置の駆動方法。

【請求項４】

請求項１乃至請求項３のいずれか一項において、

前記複数のサブフレームそれぞれにおいて、前記画素電極と前記対向電極との間の電圧は、前記薄膜トランジスタをオン状態としている間に検知されることを特徴とする液晶電気光学装置の駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】

本発明は、駆動用スイッチング素子として薄膜トランジスタを使用し、液晶材料として強誘電性または反強誘電性液晶を使用した液晶電気光学装置において、中間的な色調や濃淡の表現を得るための階調表示方法として、光学的に明または暗を示す時間を制御することで階調を得る液晶電気光学装置の駆動方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】

強誘電性または反強誘電性液晶を用いた液晶電気光学装置は、近年盛んに研究されている。その中でも、液晶材料が挟まれた基板の間隔を数μｍと狭くし、それによって液晶分子の螺旋構造を解いた、表面安定化型の液晶電気光学装置は、その高速性、双安定性等の優れた特性を有するため、注目されている。

【０００３】

強誘電性または反強誘電性液晶を用いた表面安定化型の液晶電気光学装置においては、双安定性を持つが故に、明または暗の２状態表示が主となっていた。

【０００４】

しかし、濃淡を表示したり、中間色表示を行う場合には、明、暗の間の２状態の中間の表示状態を任意に得られるようにする必要があった。すなわち階調表示とする必要があった。

【０００５】

強誘電性または反強誘電性液晶を用いた表面安定化型の液晶電気光学装置において階調表示を行うために考えられてきた方法として、

（１）印加電圧値により、ドメインの反転領域と非反転領域の面積を制御し、階調を行う

方法。
（２）複数の画素を１まとめにして１つの画素とし、所望の階調数に応じて明表示を行う部分と暗表示を行う部分とを同時に表示させ、その結果階調表示を行う方法。
等が考えられているが、（１）の方法は、印加電圧値の制御が極めて難しく、（２）の方法は階調数を上げると表示解像度を低くせざるを得ず、また、階調数を上げると装置の電極等の構造が極めて微細となって製造が難しくなるため、階調数をさほど大きくできない、といった欠点があった。
【０００６】
一方、一般にフレーム階調方法と言われる階調表示方法がある。
一般に表示装置において表示を行う場合、１秒間に数１０枚例えば３０枚のフレーム（映像）を表示することにより行われる。
フレームの表示は通常、画面の上部から１ラインづつ走査して描かれる。例えば、６４０×４８０のマトリクスの場合、第１のフレームを表示するために先ず第１ラインの６４０個の各画素に対し信号を印加し、次に第２のラインの６４０個の各画素に対して信号を印加し、というように順次描いていき、一番下の第４８０のラインを描き終えて、第１のフレームを終了し、再び第１のラインから走査して第２のフレームを描き始める。
【０００７】
このフレーム数を更に増加させることで、各フレームにおいては、明または暗の２状態のみが表示されていても、残像により擬似的に階調表示を行うことができる。
例えば、２枚のサブフレームで１つのフレームを構成して、フレーム数を３０枚／秒とし、１／６０秒で各サブフレームを表示する事にすると、１つの画素につき、第１のサブフレームで明および暗の２状態（２階調）を得、さらに第２のサブフレームの２状態により、明、明と暗の中間、暗の３つの階調を得ることができる。
このような階調表示方法がフレーム階調方法と呼ばれている。
すなわち、明または暗の状態を示す時間を制御することで階調表示を行う方法である。
この場合、フレーム数は、階調数－１必要であり、３２階調表示を行う場合、３１枚のフレームが必要となる。
【０００８】
このフレーム階調表示方式に関し、本出願人は１つのフレームを構成する各サブフレームの表示時間が、最小単位を１とすると１、２、４、８・・・というように２のｎ乗の関係になっている方式を特願平３－１６９３０６において提案した。これは、サブフレーム数を極めて少なくしても階調数の多い階調表示を行うことができるものであった。
【０００９】
例えば、その表示時間が、１６単位、８単位、４単位、２単位、１単位の長さを有する５枚のサブフレームを用意し、この５枚のサブフレームで１フレームを構成して、これらのサブフレームを組み合わせることで３２階調の表示が可能となる。
【００１０】
サブフレームの組み方としては種々の方法が挙げられる。図１にサブフレームの組み方の例を示す。図１の場合、１フレーム内で１、１６、２、８、４単位の順番でサブフレームが組まれている。また、図１は０～３１階調の各階調レベルでの明暗の期間を示したもので、明（または透過）状態の期間を実線で、暗（または透過）状態の期間を破線で示した。
このようにすることで、駆動のための処理が極めて容易となり、容易かつ確実にフレーム階調による表示を行うことができる。
【００１１】
本出願人はさらに、この方法についてより良好な光学特性となるように、階調表示時に表示画素に注入すべき電荷量について、液晶電気光学装置に用いる液晶材料、表示画素形状など、表示装置の構成要素との関係を明らかにした駆動方法についても提案した。その詳細は特願平５－３４７６７６に示される。
【００１２】

これらのフレーム階調方法は、液晶材料の駆動素子として薄膜トランジスタを用いることで、スイッチングのための電圧を印加する駆動パルスのパルス幅が、強誘電性または反強誘電性液晶の短い応答時間より更に短い数μ秒以下であっても駆動が可能となり、多階調表示をより効果的に行うことが可能であった。

【００１３】

【従来技術の問題点】

これらのフレーム階調方法は、階調数があまり多くない場合には、各階調レベルの差異が明確に表現できており、例えば画面に縦ストライプを複数表示し、左側から右側に向かって暗から明となるように各ストライプ毎に階調数を増加させた場合、良好な階調表示を行っていることが認識できた。しかし、階調数を増やしていくと、特定の階調レベルにおいては隣合う階調レベルの差異が不明確になった。例えば、３２階調表示で第１階調（最も暗い状態）と第２階調（第１階調の次に暗い状態）とで、透過率がほとんど同じになってしまった。

【００１４】

このため、駆動波形と表示装置の光学応答の関係を一画素について調べたところ、所望の階調レベルを表示できない部分は、透過率が本来必要とされる値になってないことが分かった。即ち、明状態を表示するサブフレームにおいて透過率が所望のレベルより低く、一方暗状態を表示するサブフレームにおいては透過率が所望のレベルより高くなっていた。この現象は明もしくは暗の一方の表示状態が連続した後に他方の表示状態に移った場合に見られた。

【００１５】

この現象は画素での電荷収支の点から言えば次のように説明される。一方の表示状態（例えば明）が特定回数継続した場合、即ち液晶材料のスイッチング終了後も同一極性の電圧が印加され続けた場合、画素には液晶材料のスイッチングに要する電荷のほかに過剰な電荷が供給されることになる。従って、その後他方の表示状態（例えば暗）とする場合、印加された異なる極性の電圧によって注入される電荷が過剰な電荷がある為打ち消されてしまい、その結果液晶分子が十分に反転せず十分な明または暗の状態を得られなくなる。階調数が多い場合には印加電圧のパルス幅が短くなり、各サブフレームで画素に注入される電荷量が限られてくるため、過剰な電荷を打ち消すだけの電荷を注入するのがより困難になり、光学応答の不具合が顕著になってくる。

【００１６】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、駆動用スイッチング素子として薄膜トランジスタを使用し、液晶材料として強誘電性または反強誘電性液晶を使用した液晶電気光学装置において、中間的な色調や濃淡の表現を得るための階調表示方法として、明または暗を示す時間を制御することで階調を得るに際し、所望の階調の度合いが得られる液晶電気光学装置とその駆動方法を提供することを目的とする。

【００１７】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題を解決するために、本発明は、

薄膜トランジスタが接続された画素電極が複数マトリクス状に設けられた基板と、

対向電極が設けられた前記基板と対向する基板と、

前記基板間に設けられた強誘電性または反強誘電性を有する液晶材料を有する液晶電気光学装置において、

前記対向電極と選択された前記画素電極との間の電圧値を検知する手段を有することを特徴とする液晶電気光学装置である。

【００１８】

また本発明は、

薄膜トランジスタが接続された画素電極が複数マトリクス状に設けられた基板と、

対向電極が設けられた前記基板と対向する基板と、

前記基板間に設けられた強誘電性または反強誘電性を有する液晶材料を有する液晶電気光学装置において、
前記各画素電極と前記対向電極とにより、前記各画素電極と前記対向電極との間の前記液晶材料への電圧の印加と、前記各画素電極と前記対向電極との間の電圧値の検知とを行うことを特徴とする液晶電気光学装置である。
【００１９】
また本発明は、
薄膜トランジスタが接続された画素電極が複数マトリクス状に設けられた基板と、
対向電極が設けられた前記基板と対向する基板と、
前記基板間に設けられた強誘電性または反強誘電性を有する液晶材料を有する液晶電気光学装置において、
前記対向電極と選択された前記画素電極との間の電圧値を検知する手段と、
該手段により検知した前記電圧値に対応した電圧値を、前記対向電極と前記選択された画素電極との間に印加することを特徴とする液晶電気光学装置である。
【００２０】
また、この液晶電気光学装置において、検知した電圧値に対応した電圧値は、次の表示状態が前の表示状態と同じ場合は、前記検知した電圧値より小さい電圧値であって同一極性を有する電圧値であり、
次の表示状態が前の表示状態と違う場合、前記検知した画素電圧値より大きい電圧値であって異なる極性を有する電圧値であること、
を特徴とする液晶電気光学装置である。
【００２１】
また本発明は、上記構成の液晶電気光学装置において、検知した電圧値を一時記憶する手段を有することを特徴とする液晶電気光学装置である。
【００２２】
また本発明は、
薄膜トランジスタが接続された画素電極が複数マトリクス状に設けられた基板と、
対向電極が設けられた前記基板と対向する基板と、
前記基板間に設けられた強誘電性または反強誘電性を有する液晶材料を有する液晶電気光学装置において、
前記対向電極と選択した前記画素電極との間の電圧値を検知する工程と、
検知した前記電圧値に対応した電圧値を前記選択した画素電極に印加する工程と、
を有することを特徴とする液晶電気光学装置の駆動方法である。
【００２３】
また、本発明は、
薄膜トランジスタが接続された画素電極が複数マトリクス状に設けられた基板と、
対向電極が設けられた前記基板と対向する基板と、
前記基板間に設けられた強誘電性または反強誘電性を有する液晶材料を有する液晶電気光学装置において、
１つのフレームを複数のサブフレームで構成して、各画素における明または暗を表示する時間を制御することで階調表示を行うに際し、
前記対向電極と選択した前記画素電極との間の電圧値を検知する工程と、
検知した前記電圧値に対応した電圧値を前記選択した画素電極に印加する工程と、
を有することを特徴とする液晶電気光学装置の駆動方法である。
【００２４】
また、本発明は、
薄膜トランジスタが接続された画素電極が複数マトリクス状に設けられた基板と、
対向電極が設けられた前記基板と対向する基板と、
前記基板間に設けられた強誘電性または反強誘電性を有する液晶材料を有する液晶電気光学装置において、

前記液晶材料の応答時間より短いパルス幅を有する駆動パルスを用いて、１つのフレームを複数のサブフレームで構成して、各画素における明または暗を表示する時間を制御することで階調表示を行うに際し、
前記対向電極と選択した前記画素電極との間の電圧値を検知する工程と、
検知した前記電圧値に対応した電圧値を前記選択した画素電極に印加する工程と、
を有することを特徴とする液晶電気光学装置の駆動方法である。
【００２５】
また本発明は、上記構成の液晶電気光学装置の駆動方法において、検知した電圧値に対応した電圧値は、次の表示状態が前の表示状態と同じ場合は、前記検知した電圧値より小さい電圧値であって同一極性を有する電圧値であり、
次の表示状態が前の表示状態と違う場合、前記検知した画素電圧値より大きい電圧値であって異なる極性を有する電圧値であること、
を特徴とする液晶電気光学装置の駆動方法である。
【００２６】
また本発明は、上記構成の液晶電気光学装置の駆動方法において、対向電極と選択した画素電極との間の電圧値を検知する工程の後に、検知した前記電圧値を一時記憶してから前記電圧値に対応した電圧値を前記対向電極と前記選択した画素電極との間に印加することを特徴とする液晶電気光学装置の駆動方法である。
【００２７】
【作用】
本発明は、明（または透過）状態または暗（または非透過）状態の表示状態を示している選択した画素における、対向電極と画素電極との間の電圧値（以下画素電圧値という）をまず検知し、
（１）次の表示状態（明または暗）が、前の表示状態と同じ、例えば明状態の画素において、その次の表示状態も明状態であれば、この検知した画素電圧値より小さい電圧値であって同一極性を有する画素電圧値を印加する。
（２）また、次の表示状態が前の表示状態と違う表示状態、例えば選択した画素が状態の画素であって、その次の表示状態が暗状態であれば、検知した画素電圧値より大きい電圧であって異なる極性を有する画素電圧値を画素電極に印加する。
【００２８】
このようにすることで、明または暗の一方の表示状態が連続した後に他方の表示状態に移るに際し、一方の表示状態が長く継続した場合、すなわち同一極性のサブフレームが続いた場合における電荷の蓄積を少なくできると共に、その後の他方すなわち逆極性の表示状態に移るために十分な電圧値を印加することができる。画素電圧値検知後の作業は、（１）、（２）のどちらかのみでもよい。
【００２９】
画素電圧値を検知するためには、画素電圧値検出用の電極を別途に設けても良いが、対向電極と画素電極を電圧印加のみならず、電圧値検知用の電極として機能させてもよい。
また、画素の選択期間内、すなわち特定の画素が選択されてゲイト電極に対し電圧が印加され、薄膜トランジスタのゲイトがＯＮ状態となっている期間内に、まず検知し、次に検知した画素電圧値に対応した電圧を画素電極と対向電極との間に印加することが好ましい。このとき、検知した電圧を一時的に記憶してもよい。
【００３０】
本発明構成とすることで、フレーム階調表示において明、暗の確実なスイッチングを行い、所望の階調表示を得ることができる。
【００３１】
以下に本発明の実施例を示す。
【００３２】
【実施例】
図２に、本実施例の駆動回路（基本構成）と、表示装置１画素についてのスイッチング素

子及び画素の等価回路を示す。
駆動回路は図２中の点線で囲われた内側２０１が基本構成であり、大きく分けると信号電極、走査電極、及び対向電極に駆動波形を出力する駆動波形発生源２０２と、対向電極に対する画素電極電圧値を検出する画素電圧検知部２０３からなる。画素電圧検知部より出力された画素電圧に関する情報（電流、電圧など）は駆動波形発生源にフィードバックされる。
【００３３】
また、駆動回路のデータ信号の出力段以降に画素電圧検知及びフィードバックを行う回路を設けられるようにすれば、従来のアクティブマトリクス型液晶電気光学装置の駆動回路をそのまま使用しながら、より階調数の大きい階調表示を行うことが可能となる。
【００３４】
また、本実施例の駆動方法では、信号電極１本につき１つの画素電圧検知のための回路が必要になってくる。画素数が多くなる場合にはこの回路を多数形成する必要があり、実際には画素電圧検知のための回路は集積回路化されることが駆動回路の小型化のためにも望まれる。このためには、単純な回路構成をとることが望まれるが、これはオペアンプを使用すると容易に実現できる。
【００３５】
また、トランジスタをオペアンプのフィードバック抵抗として利用すれば、画素電圧に応じたオペアンプの増幅度を自動的に変化させることが可能となり、回路の単純化に寄与する。このため本実施例では、画素電圧を検知し、画素電圧に対応した電圧値を有する駆動パルスを出力する手段として、トランジスタとオペアンプを組み合わせて実現した例を以下に示す。
【００３６】
例えば、オペアンプのフィードバック抵抗としてＦＥＴを使用する場合、オペアンプにドレインとソースを接続する。また、画素電極の何れか一方にはゲートを接続する。画素電圧が増加した場合にはドレイン・ソース間の抵抗が下がり（ドレイン・ソース間の電流量が増加し）オペアンプのフィードバック抵抗値が下がり、その結果オペアンプの増幅度が低下するので次のサブフレームでは画素電極と対向電極間の印加電圧値が低くなるように制御される。逆に画素電圧が減少したときにはオペアンプの増幅度が増加し、印加電圧値が大きくなるように出力される。
従って、この回路構成を取ることで、表示画素において電荷供給の過不足が生じなくなり、光学応答がサブフレームの幅に依存しなくなり、所望の階調表示を行うことができる。
【００３７】
また、本実施例は画素電極と対向電極との間の電圧値の検知は選択期間内のみで行われる。従って、非選択期間において電圧値検知の影響は原理的に現れず、表示状態を損なわない。
以下に、この回路構成を利用して液晶電気光学装置を駆動した例を示す。
【００３８】
（１）駆動回路の基本構成及び制御方法
本実施例の駆動回路として、データ信号、走査信号、対向電極信号の発生回路は基本的に従来の液晶電気光学装置の駆動回路と同じである。しかし、画素電圧を検知し、それに対応した電圧値を画素電極に出力する回路は本実施例独自であるため、図３に、画素電圧を検知し、それに対応した電圧値を画素電極に出力する回路の例を示した。画素電圧検知及び画素電圧に対応した電圧を出力する回路にはオペアンプ及びＦＥＴを使用した（図中３０１）。また、制御方法は次のように行われる。
【００３９】
まず、走査電極の選択期間を画素電圧検知期間W_Sと駆動パルス出力期間W_Pの２つに分ける。図７に画素電圧検知期間W_Sと駆動パルス出力期間W_Pのタイミングについて示した。
駆動パルスは、検知した画素電圧値に対応した電圧値を有するパルス電圧であり、データ

信号として各画素に供給される。
駆動波形発生源からは、図７に示すタイミングでパルス幅W_SとW$_P$のタイミングパルスがＦＥＴ３０２、３０４のゲイトへ出力される。まず、W_S期間中にＦＥＴ３０１がＯＮ状態となり、ＦＥＴ３０３のゲイトに電荷が流れ込み、ＦＥＴ３０３のドレイン・ソース間抵抗R_{TR}が画素電圧に応じて変化する。
【００４０】
本実施例の回路構成の場合、オペアンプ３０５の増幅度A_{NF}は、$A_{NF}=1+(R_{TR}+R_2)/R_1$で表される。
ここで、R_1、R_2、R_{TR}、はそれぞれ図中に示す抵抗の抵抗値である。このようにしてオペアンプの増幅度が画素電圧値に対応した値となる。
【００４１】
次にW$_P$では、駆動パルス出力用タイミングパルスが駆動波形発生源よりＦＥＴ３０４のゲイトに出力されるためＦＥＴ３０４がＯＮとなり、電圧値制御された駆動パルスが出力される。
【００４２】
なお、ＦＥＴ３０２のソースからの出力の極性は画素電極間の電界の極性に応じて正負両方の場合があるが、ＦＥＴ３０３のゲイト電極には常に極性が正の電圧が印加されなければ、画素電極間の電界の極性が負の場合には画素電圧に応じた駆動波形が出力されない。このため、ＦＥＴ３０３のゲイトへの出力を常に正にする回路を、ダイオード及びオペアンプによって設けた（図３中３０６）。
【００４３】
なお、本実施例ではトランジスタとして電界効果型トランジスタを使用したが、バイポーラ型トランジスタを使用しても何等問題はない。
【００４４】
（２）液晶電気光学装置の構成
図４に、本実施例の液晶電気光学装置の構成を示す。セルの一方の基板４０１上には無アルカリガラス基板上に形成した結晶性シリコンＴＦＴ４０５を用いたアクティブマトリクスを作製した。また、本実施例においては、下記に示すように自発分極の大きな液晶材料を使用したため、補助容量４０９を設けた。補助容量は図４に示すように基板４０１上に設けた。該補助容量４０９の大きさは５．４×１０$^{-5}$ｐＦであり、画素容量に対して並列となるように設けた。ＴＦＴにはシングルゲイトのＰＭＯＳを用いたが、これはリーク電流が小さく、ＯＮ／ＯＦＦが大きくとれるためである。典型的にはリーク電流は１ｐＡ以下（ゲイト電圧＋１５Ｖ、ドレイン電圧－１０Ｖ）以下、ＯＮ／ＯＦＦ比７．５桁以上（ゲイト電圧－１５Ｖ／＋１５Ｖ、ドレイン電圧－１０Ｖ）であった。
【００４５】
他方の基板４０２には対向電極４０４として全面にＩＴＯ膜を形成し、その上にショート防止用の酸化珪素膜４０８を形成した基板を使用した。画素電極４０３の大きさは２０μｍ×６０μｍとし、マトリクスの規模は１９２０×４８０であった。
【００４６】
次に前記基板上に配向膜４０６として、溶媒を溶かした高分子樹脂をスピンコート法により塗布した。ここで使用した高分子樹脂はポリイミド系の樹脂（東レ（株）製）であり、溶媒にはｎ－メチル－２－ピロリドンを使用した。高分子樹脂の希釈濃度は８倍である。高分子樹脂を塗布した基板は２８０℃で２．５時間加熱して溶媒を乾燥し樹脂をイミド化させた。次にこの基板上の樹脂をベルベット等の布が巻いてあるローラーで１０００ｒｐｍの回転数で一方向に擦った。次に前記基板を間隔１～７μｍここでは２μｍの無機製のスペーサーを間に挟んで加圧して挟んだ。これら２枚の基板間に液晶材料４０７を注入した。
また、２枚の基板の外側には、偏光板４１０、４１１を設けた。
【００４７】
次に液晶材料について説明する。本実施例においてはフェニルピリミジン系の強誘電性液

晶を使用した。この液晶はその相系列はＩｓｏ－ＳｍＡ－ＳｍＣ* －Ｃｒｙをとるものであり、その転移温度はＩｓｏ－ＳｍＡは９８．４℃、ＳｍＡ－ＳｍＣ* は８１．５℃、ＳｍＣ* －Ｃｒｙは－３３．５℃であった。液晶セルの厚さは１．６μｍとした。液晶の自発分極は５．０ｎＣ／ｃｍ^2 であった。

【００４８】

なお、上記液晶材料に印加される電圧が５Ｖ以下では液晶中にドメイン構造が生成しているのが確認された。このようなドメイン構造はこのようなデジタル階調表示を行う上で特性を悪化するので、ドメインが発生しないように、印加電圧を高めにすることが望まれる。

【００４９】

また、本実施例の液晶電気光学装置について、フレーム周波数６０Ｈｚとしてコントラスト比のデータ信号印加時間依存性を調べたところ、データ信号である駆動パルスのパルス幅が液晶材料の応答時間（数１０μｓｅｃ）より短い１μｓｅｃであっても、１画面走査している間に液晶材料は充分に応答していた。したがって、ここでは駆動パルスのパルス幅を１μｓｅｃとした。

【００５０】

（３）駆動例

このような液晶電気光学装置の駆動回路により、明暗の状態の切替えによるデジタル階調表示を行った。すなわち、図１に示されたように１フレームを５つのサブフレームによって構成し、３２階調のデジタル階調表示を行った。各サブフレームの持続時間を第１サブフレームは０．５４ｍｓｅｃ、第２サブフレームは８．６１ｍｓｅｃ、第３サブフレームは１．０７ｍｓｅｃ、第４サブフレームは４．２９ｍｓｅｃ、第５サブフレームは２．１５ｍｓｅｃとし、１フレームは１６．５ｍｓｅｃすなわち６０Ｈｚとした。

【００５１】

また、走査電極の選択期間を画素電圧検知期間と駆動パルス出力期間の２つに分けた。オペアンプの応答時間はこれら期間より１０倍以上速いので、駆動パルスを出力するのには問題はなかった。このため上記のように選択期間を分けても表示特性には何ら影響は無かった。

【００５２】

図５に本実施例による液晶電気光学装置の画素電圧及び光学応答の例を示す。
図５に示すように、明、暗ともに、明確にスイッチングすることができた。

【００５３】

また、図６に各階調における光学応答レベルの測定結果を示す。光学応答レベルは、フレーム１周期間のフォトマル出力の実効値である。図中には、同じ液晶電気光学装置を従来の駆動方法である駆動パルスの電圧値を±１５Ｖ固定として駆動したときの光学応答レベルを併せて示した。本実施例の回路構成の駆動回路により駆動した結果、駆動パルスの電圧値を固定した従来のものより、階調の線型性が改善された。

【００５４】

また各サブフレームの残留電圧V_{rem}は、各サブフレームにおいてもスイッチング後の液晶材料の配向状態を保持するのに十分な値であった。

【００５５】

【発明の効果】

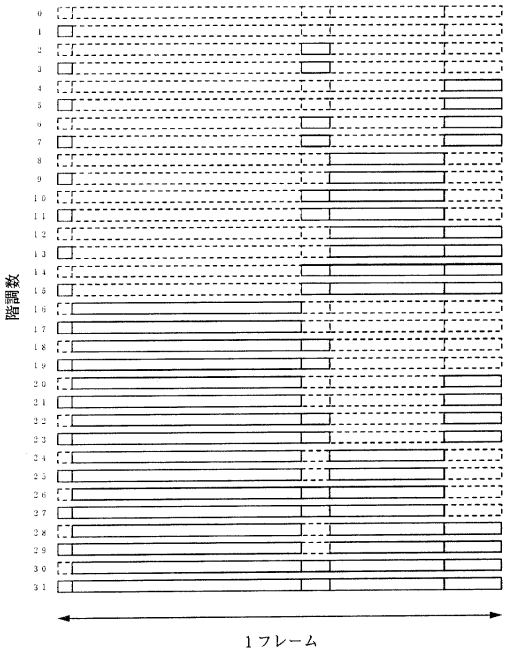
以上のように、　本発明は、駆動用スイッチング素子として薄膜トランジスタを使用し、液晶材料として強誘電性または反強誘電性液晶を使用した液晶電気光学装置において、中間的な色調や濃淡の表現を得るための階調表示方法として、明または暗を示す時間を制御することで階調を得るに際し、所望の階調の度合いが得られる液晶電気光学装置およびその駆動方法を得ることができた。

【００５６】

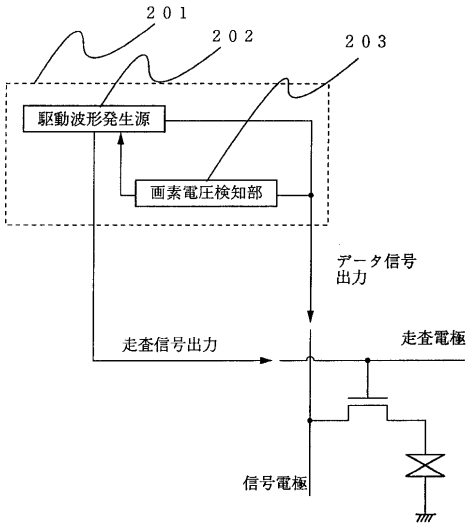
すなわち、本発明により明確な光学的スイッチングを高速駆動時においても十分に得ることができ、明暗の状態の時間を制御する階調表示方式において、極めて明確かつ階調数の

高い階調表示を得ることができた。
【００５７】
このように、本発明は従来詳しく検討されることのなかった、印加電圧値と該電圧が印加される直前の画素電圧の関係を調べ、画素電圧に対応した適切な電圧値を印加することで、可能な限り好ましい条件のもとで液晶材料を駆動することができ、強誘電性液晶の有する高速応答性、高コントラスト比、高視野角特性を活かした高性能かつ多階調表示までも可能な液晶ディスプレイを実現できた。
【００５８】
【図面の簡単な説明】
【図１】　サブフレームの組み方の例を示す。
【図２】　実施例の駆動回路（基本構成）と、表示装置１画素についてのスイッチング素子及び画素の等価回路を示す。
【図３】　画素電圧を検知し、それに対応した電圧値を画素電極に出力する回路の例を示した。
【図４】　実施例の液晶電気光学装置の構成を示す図。
【図５】　実施例による液晶電気光学装置の画素電圧及び光学応答を示す図。
【図６】　実施例による各階調における光学応答レベルの測定結果を示す図。
【図７】　画素電圧検知期間と駆動パルス出力期間のタイミングを示す図。
【符号の説明】
２０１　　駆動回路
２０２　　駆動波形発生源
２０３　　画素電圧検知部
３０１　　画素電圧検知・出力部
３０２、３０３、３０４　　ＦＥＴ
３０５　　オペアンプ
３０６　　画素電圧極性調整部
４０１、４０２　　基板
４０３　　画素電極
４０４　　電極
４０５　　薄膜トランジスタ
４０６　　配向膜
４０７　　液晶材料
４０８　　酸化珪素膜
４０９　　補助容量
４１０、４１１　　偏光板

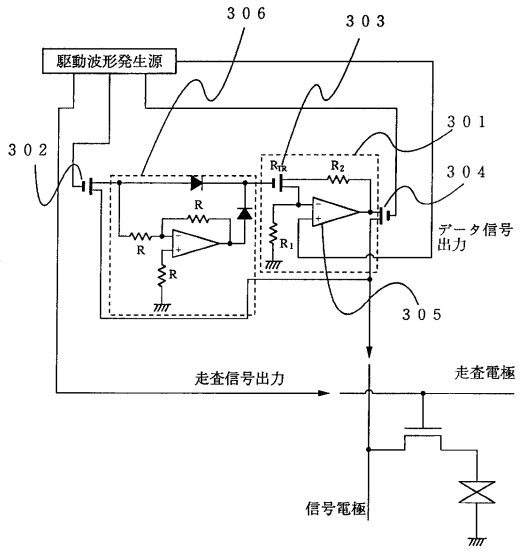
【図１】


階調数
1フレーム

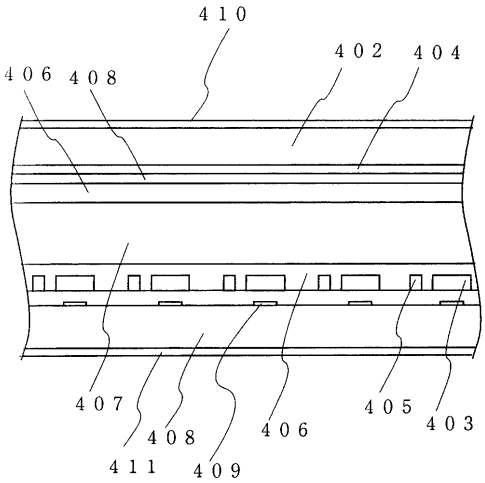
【図２】


２０１
２０２
２０３
駆動波形発生源
画素電圧検知部
データ信号
出力
走査信号出力
走査電極
信号電極

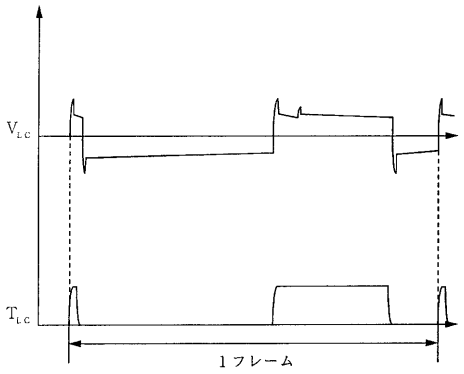
【図３】


３０６
３０３
駆動波形発生源
３０１
３０２
３０４
R
R
R
R
R1
データ信号
出力
３０５
走査信号出力
走査電極
信号電極

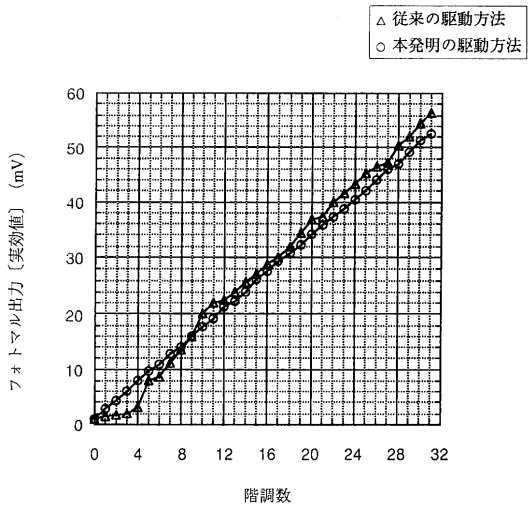
【図４】


４１０
４０２
４０４
４０６
４０８
４０７
４０８
４１１
４０９
４０６
４０５
４０３

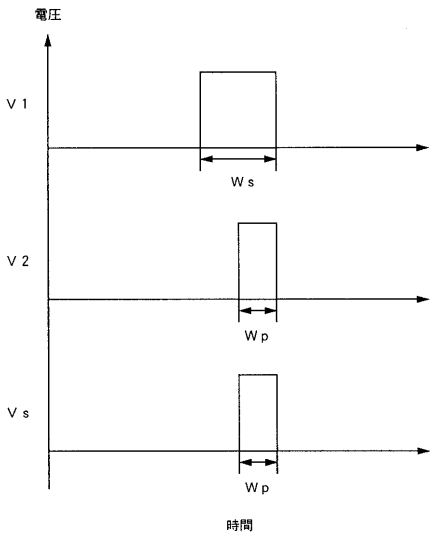
【図５】


V_{LC}
T_{LC}
１フレーム

【図６】


△ 従来の駆動方法
○ 本発明の駆動方法
フォトマル出力〔実効値〕（mV）
0
10
20
30
40
50
60
0
4
8
12
16
20
24
28
32
階調数

【図７】


電圧
V 1
W s
V 2
W p
V s
W p
時間