

(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2009-69366
(P2009-69366A)

(43) 公開日 平成21年4月2日(2009.4.2)

(51) Int. Cl. F 1 テーマコード (参考)
GO2F 1/167 (2006.01) GO2F 1/167
GO2F 1/17 (2006.01) GO2F 1/17

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2007-236434 (P2007-236434)
 (22) 出願日 平成19年9月12日 (2007.9.12)

(71) 出願人 706000920
 太田 勲夫
 大阪府大阪市東住吉区駒川1丁目19番2
 1号
 (72) 発明者 太田 勲夫
 大阪府大阪市東住吉区駒川1丁目19番2
 1号

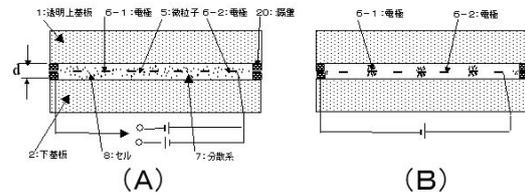
(54) 【発明の名称】 表示装置とその製造法

(57) 【要約】

【課題】液晶表示装置は偏光板を用いることで50%の光ロスを生じていた。また従来の横電界粒子移動型表示装置では応答速度、駆動電圧、明るさ、コントラストなどで難点を有していた。

【解決手段】少なくとも1方は透明な基板間に、微粒子が分散された分散系が挟まれてセルを構成しており、該微粒子を横電界で移動させて、該セルの基板に垂直方向の光透過性変化させる表示装置において、電界を印加するために設けられた駆動電極と共通電極のうち粒子を堆積させる駆動電極は少なくとも上下両面および/ないし側面両面に堆積するように構成したことによって、高透過率、高コントラスト、低電圧駆動のモノクロおよびカラー表示が薄型、軽量、高速で可能となり、超高精細の光変調素子、ポータブル機器用表示、電子ペーパー、大型モニター、大型TV、超大型の公衆ディスプレイなど多方面への適用が可能となった

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも一方は透明な基板間に、帯電した微粒子が液体、液晶またはガス媒体中に分散された分散系が挟まれてセルを構成しており、該微粒子を横電界で移動させて、分散状態の該微粒子の量を変調することによって該セルの基板に垂直方向の光透過性を変化させる横電界粒子移動型表示装置において、該分散系に電界を印加するために網状駆動電極と共通電極が設けられており、該微粒子を該網状駆動電極の上下方向両面および/ないし左右方向両面に堆積するように構成されていることを特徴とした表示装置

【請求項 2】

請求項 1 において駆動電極と共通電極の電極間ピッチ P が $5 \sim 100 \mu\text{m}$ 、画素内の駆動電極面積率が 20% 以下、セルギャップ d をピッチ p の $0.2 \sim 3.0$ 倍に設定したことを特徴とした表示装置

10

【請求項 3】

請求項 1 ~ 請求項 2 において該セル中の微粒子量は微粒子分散状態において該セルの光学的透過率が 10% 以下になるように調整されていることを特徴とした表示装置

【請求項 4】

請求項 1 ~ 請求項 3 のセルは基板間に設けられた隔壁ないしはカプセル粒子によって形成されていることを特徴とした表示装置

【請求項 5】

請求項 1 ~ 請求項 4 において該微粒子は単一極性に荷電したものであることを特徴とした表示装置

20

【請求項 6】

請求項 1 ~ 請求項 4 において該微粒子は正、負に荷電したものが混在していることを特徴とした表示装置

【請求項 7】

請求項 1 ~ 請求項 6 の表示装置において該分散系は (1) 色と移動速度が異なる混合粒子系ないしは (2) 色が異なりかつ電極からの脱着閾値特性も異なる粒子が混在した混合粒子系からなることを特徴とした表示装置

【請求項 8】

請求項 1 ~ 請求項 6 の表示装置において異なる色の微粒子が分散された分散系が積層されていることを特徴とした表示装置

30

【請求項 9】

請求項 8 において、微粒子がそれぞれ赤色を吸収するシアン色透過性、緑色を吸収するマゼンタ色透過性、青色を吸収するイエロー色透過性であり少なくともこれら 3 層が積層されていることを特徴としたフルカラー表示装置

【請求項 10】

請求項 8 ~ 請求項 9 の表示装置において、異なる色の分散系が n 層積層されている時、基板垂線からの角度を θ 、画素サイズを S とした時、必要な視野角 θ を得るために、基板および分散系からなる 1 色当りのセルの厚み q が、 $q \geq S / \tan(\theta) / 2 / n$ を満たすように構成されていることを特徴としたカラー表示装置

40

【請求項 11】

請求項 1 ~ 請求項 7 の表示装置は隣り合う画素にそれぞれ R, G, B のカラーフィルタが設けられていることを特徴としたカラー表示装置

【請求項 12】

請求項 1 ~ 請求項 11 において、該駆動電極が単純マトリクス駆動、スタチック駆動ないしアクティブマトリクス駆動されるように構成されたことを特徴とした表示装置

【請求項 13】

請求項 1 ~ 請求項 12 の表示装置は背面に光源を設けていることを特徴とした表示装置

【請求項 14】

請求項 1 ~ 請求項 13 の表示装置は単一セルないし多数のセルからなるパネルを X, Y 方

50

向に多数集合させて構成されていることを特徴とした表示装置

【請求項 15】

請求項 1 ~ 請求項 14 の表示装置は剛体基板に設けられた剥離層上に、電極膜形成プロセスまで、分散系層形成までのプロセス、またはパネル形成までのプロセスを実施してのち剥離することを特徴とした表示装置の製造法

【請求項 16】

請求項 1 ~ 請求項 14 の表示装置はロールフィルムを用いたロールツーロールで製造されることを特徴とした表示装置の製造法

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

少なくとも一方は透明な基板間に、帯電した微粒子が液体、液晶またはガス媒体中に分散された分散系が挟まれてセルを構成しており、該微粒子を横電界で移動させて、分散状態の該微粒子の量を変調することによって該セルの基板に垂直方向の光透過性を変化させる横電界粒子移動型表示装置において、電界を印加するために網状駆動電極と共通電極が設けられており、該網状駆動電極の上下方向両面および/ないし左右方向両面に堆積するように構成されていることを特徴とした表示装置であって、高精細小型パネルをライトバルブとした拡大投射表示、小型からメートルサイズの直視型表示装置、薄型フレキシブルな白黒およびフルカラー電子ペーパー表示、基本セルないし基本パネルを2次元状に多数配列した数10メートルを超える超大型表示装置まで広範囲の表示サイズに適用でき、また反射専用、透過専用あるいは反射、透過両用に適用可能な表示装置とその製造法に関するものである。

20

【0002】

従来薄型表示装置の代表は液晶表示装置であり、モノクロはじめ赤(R)、緑(G)、青(B)の3色カラーフィルタを設けてそれに対応した液晶層を、透過率を変化させるシャッターとして動作させ、R、G、B光の加色法によってフルカラーを実現している。背後に白色バックライトが設けられたものは透過型カラー液晶装置であり、液晶TV、パソコンモニター、携帯電話の表示装置など広く利用されている。しかるに液晶表示装置の重大なる難点の1つは偏光板を用いることによる50%を超える光ロスである。

【0003】

30

他の表示装置として透明液体ないしガス体に分散された微粒子を表示面に対して水平方向に移動集積させることによって光線透過性を変化させる横電界粒子移動型表示法が提案されている(特許文献1~13)。

その構成は図1(A)、(B)に示す通り、透明カウンター電極3を設けた透明基板1と、コレクト電極4を設けた基板2との間に微粒子分散系が挟まれており、電極3と電極4間に電圧を印加して粒子をカウンター電極3上に堆積させるか、面積の小さいコレクト電極4上に集積させるかによってセルの光透過率を変えることを特徴としている。すなわち微粒子が黒色光吸収性の場合(A)で暗状態、(B)で明状態になる。図1(C)、(D)は透明カウンター電極3がコレクト電極4と同一面上に形成されている場合であり、動作は(A)、(B)と同じである。

40

【0004】

他の構成は図2に示されている。ここではコレクト電極4が網目状電極よりなり、粒子を透明カウンター電極3上に堆積させるかあるいは粒子分散状態で暗状態、網目状コレクト電極4上に堆積させた時明状態となる。

【0005】

図1および図2の如き電極構成及び表示モードでは駆動電圧の上昇、応答速度の低下を来たすという重大な問題を抱えていた。更に電子シャッターとして最重要な光線透過率、光線遮断率についても十分考慮されていなかった。従来図1の構成では両端のコレクト電極4の中間辺り(すなわちセル中央部)にある粒子は電界が弱い上に、明暗時にこれらの粒子をコレクト電極上ないしカウンター電極中央部までもたすには長い距離を移動させ

50

る必要があり、明、暗の切替時間（応答速度）が極端に悪化する問題があった。また不均一電界中で面積の大きいベタ透明カウンター電極上に粒子を均一に堆積させることが困難であるため、コントラストに優れた表示を実現することが難かしかった。

図2の如き電極構成及び表示モードでは確かに画素面内で電界強度を均一化した点で優れている。また暗状態を必ずしも粒子をカウンター電極に集積した状態ではなく、粒子がほぼ均一に分散した状態を用いていることも応答性改善に繋がる。しかしながら分散粒子量、電極構成、コレクト電極幅、電極ピッチ、セル厚等について実用面からの検討がなされておらず、高コントラスト、高透過率、低電圧駆動、高速応答を実現する条件も提示されていなかったために実用性に乏しいものであった。

【特許文献1】特開昭49-24695公報

【特許文献2】特開平03-91722公報

【特許文献3】USP5,745,094

【特許文献4】特開平9-211499

【特許文献5】特開2001-201770

【特許文献6】特開2004-20818

【特許文献7】特表2005-500572

【特許文献8】特開2002-333643

【特許文献9】特開2003-248244

【特許文献10】特開2005-3964

【特許文献11】特開2004-258615

【特許文献12】特開2004-252277

【特許文献13】特開2002-122890

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

表示装置では応答速度は早いことが望ましい。粒子移動表示法の場合実用的な応答速度を実現するには通常0.2~2V/ μm 程度の電界強度が必要である。表示装置の画素は用途によって種々のサイズが存在する。拡大投射に用いるライトバルブでは小型、高精細が要求されるから画素サイズは10 μm 以下の場合もある。一方屋内外に設置される公衆ディスプレイではセンチメートルオーダの画素になる場合もある。本願では粒子ディスプレイをあらゆるサイズの画素に適用し、尚且つ実用的な駆動電圧で透過率、コントラスト、応答速度等ディスプレイとしての重要な特性を最適化することによって実用性を向上させたものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明は従来同様横電界を用いる粒子移動表示法であるが、応答速度を向上させ、駆動電圧を低減させると共に特に透過率とコントラストを向上させる新規なセル構成を提案するものであり、発明者の特願2007-506602の改良に関するものである。

【0008】

本発明の基本セルの構成は図3(A)に示す通り、ガラス、プラスチックなど少なくとも一方は透明な2枚の基板1,2間に設けられた隔壁20によりセル8が構成され、該セル内には透明媒体に微粒子5が分散された分散系7が充填されており、細線からなる一対の電極6-1,6-2が基板に接することなく基板1,2間に介在され、セルの全面に設けられてセル8が構成されている。

図3(A)のようにセル8中にカーボンブラックなどの黒色光吸収性の微粒子5が均一に分散された状態では透明基板2から入射した光は、微粒子5の隠ぺい力が十分ならば黒色となる。

【0009】

図3(B)のように電極6-1と6-2間にDC電圧を印加すれば、主として電極6-1

10

20

30

40

50

、6 - 2で形成される電気力線に沿って微粒子5が移動し、正に帯電している場合負極の電極6 - 1の周りに集積する。電極6 - 2に透明なものを用いておれば、粒子が集積した線状電極6 - 1以外の領域は光を遮るものがなく透明となる。ここで6 - 1、6 - 2間に逆極性の適切なDC電圧パルスないしAC電圧を印加すれば6 - 1上の微粒子は電極を離れてセル8中に拡散分布し、セル8は再び不透明となる。このようにセル8内の分散状態の粒子量(したがって6 - 1へ集積させる粒子量)を変えることによってセル8の基板に垂直方向の透過率を連続的に変化でき集積状態の粒子は電圧を切って後もその状態を維持するため表示はメモリ性を有する。分散系7は透明な液体、透明液晶体、ガス体中に正または負に帯電した微粒子が分散されたものから成り、分散媒が液体や液晶の場合は粒子の移動は電気泳動と呼ばれる。電極6 - 1、6 - 2の形状は図4に示すように、櫛型、渦型、網目状など種々の形が用いられるがいずれも細線から構成されていることが共通している。細線の断面は短形、板状、楕円状など種々の形状が可能であり、平面形状は短形、円形、六角形など任意である。

10

20

30

40

50

【0010】

本発明では粒子を集積する電極6 - 1を駆動電極、他方の電極6 - 2を共通電極と呼ぶ。細線状の駆動電極がセル全面に存在し、共通電極6 - 2との間の強いエッジ電界で粒子は集積、分散を繰り返すことが出来る。勿論粒子は両電極で形成される垂直電界と水平電界の合成で集積、分散を果たすが、水平電界成分が不可欠であるため従来の垂直電界型粒子移動表示法と区別するために便宜上本願の粒子移動型表示法を水平(横)電界型粒子移動表示法と名づけている。電極間ピッチを適切に選べば、セルの周辺のみならずセル内部にも電極を設けた図1の場合に較べて特に画素が大きくなった場合応答速度が向上する。また粒子を移動させる電界強度は6 - 1と6 - 2の電極間距離、駆動電圧で決まるからセルサイズに拘わらず低電圧でも十分な電界を作用させることが可能になり、低電圧駆動で高速応答を実現できることになる。本願は粒子を堆積させる駆動電極を基板表面に設けずに基板間に設けたことによって粒子は駆動電極の表裏両面および/ないしは左右両面に付着することが可能となったため、粒子集積状態(明状態)で光を遮蔽する駆動電極部の光線遮断断面積を減じ、セルの光透過率を向上させたことを特徴としている。

【0011】

細線状の網状電極はアルミ、クロム、金、タンタルなどの金属やITO(インジウム錫酸化物)などを蒸着やスパッタで設けてフォト処理でパタン化した薄膜や、電鍍で設けた細線、導電性塗料を印刷、インクジェット描画などで設けた導電性厚膜などが利用できる。

【0012】

図3では粒子は正か負の単一極性のものを用いるとして説明した。確かに従来の図1の構成では粒子は単一極性でないと十分な明透過率および表示コントラストが得られないことは明白であり、単粒子系の使用が必須条件であった。しかるに図3の構成で粒子の分散状態を暗状態とする本願の場合、正負粒子が混在した双極性分散系が有効に利用できる。すなわち明状態で正負粒子は電極6 - 1、6 - 2両方の特に上下面に多量に堆積し、幅の狭い電極を適切なピッチで設け、細線電極に粒子を十分に厚く堆積すれば透過率の高い明状態を実現できる。双極性分散系を用いる場合は共通電極6 - 2も透明なものを用いる必要がなく電極材料の選択自由度が増す。(0010)で粒子を集積する電極を駆動電極と定義した。これはあくまでも正しいが共通電極も粒子を集積する場合もあることは注意すべきで、この場合は共通電極も駆動電極となる。

【0013】

図3のように網状電極を基板間に設けるには一例として図5に示すように基板2に金属ないしITOなど電極6を成膜(A)、図4に示すような網状にパタン化(6 - 1, 6 - 2の材料が異なる場合は再度成膜&パタン化)して基板2上に網状電極対を形成(B)、ついでセル単位で網状電極部の下部をエッチングで掘り下げる(C)、高さがセルギャップdの約1/2の隔壁を設けた他方の基板1と位置合わせしてこの間に粒子分散系を挟み込んで図3の如きセル(D)が形成できる。ただし網状電極の支えは画素周辺の隔壁部のみであるから画素サイズに応じて十分な強度を確保する必要がある。図3の網状駆動電極に

粒子を細幅で厚くおよび/ないしギャップ方向に広面積に薄く粒子を堆積した時、堆積時の透過率向上にはより有利になる。勿論電極形成の容易さから後に述べるスペクトル比の小さな断面形状の駆動電極、共通電極を基板 1、2 のいずれかに直接設けてもよい。

【0014】

図 6 には図 3 の如きセルを形成する他の方法について示す。図 6 (A) はあらかじめフォトリソグラフィやマイクロエンボスによってセル状に窪みを設けた基板 2 を用いるものであり、図 6 (B) は基板 2 上に格子状の隔壁 20 を印刷、成膜とフォトリソグラフィなどによって形成したものである。図 6 (A) , (B) の隔壁に図 4 に示すような網状電極対シートを貼り付ければ一気に図 5 (C) の状態を実現できる。あとは図 5 (D) と同様に図 6 (A) , (B) 状に構成された基板 1 との間に分散系 7 を封入して表示シートを構成できる。

10

【0015】

微粒子を駆動電極に集積した時共通電極表面や上下基板内面に固着して残存することはセルの明状態の光透過性を阻害するゆえに好ましくない。従ってセルのこの部分には微粒子の固着を妨げるようフッ素化合物などの低表面張力物質のコーティングあるいは粒子の帯電と同極性に帯電するような表面処理がなされていることが望ましい。また分散媒が液体の場合は微粒子と液体の比重は出来るだけ近接していることが粒子の沈降や浮上を生じさせにくいことから望ましい。

【0016】

本発明で暗状態を作り出す粒子分散状態とはブラウン運動により比重差に拘わらず液体中に安定に微粒子が均一分散したコロイド状態は勿論、基板 1 , 2 内面のいずれかないし両面に一部ないし殆どの粒子がゆるく付着した状態、粒子が互いにゆるく凝集し、両基板間に 3 次元網目構造を形成している状態も含むものである。また微粒子は 1 種類である必要はなく、光学的特性を最適化するため各種のものが混在していてもよい。

20

【0017】

微粒子 5 は通常光吸収性のものが使用されるが、二酸化チタンのように白色反射性のものを用いることも可能である。粒子に白色反射性のものを用いた反射型表示装置の場合、セル 8 の背面基板 2 側をたとえば黒色にしておけば、微粒子分散状態で明状態、電極に粒子を集積した状態で暗状態となる。粒子が隠蔽性の高い有色粒子の場合、粒子分散状態で粒子の色、基板 2 ないし透明基板 2 の下部を粒子と異なる対比色にしておけば電極への粒子集積状態での反射色はほぼ対比色となる。

30

【0018】

本願の如き受動型表示装置では表示性能を決めるものは、透過率、コントラスト、色純度、応答速度、解像度、視野角などであり、装置としては駆動電圧、消費電力も重要な要素となる。

図 3 の如き表示装置で透過コントラストは粒子分散状態 (暗) の透過率と粒子集積状態 (明) の透過率で決定される。特に十分な暗状態を作り出すことがコントラスト向上には必須要件となる。コントラスト 1000 : 1、100 : 1、10 : 1 以上を実現するにはセルの粒子分散状態での透過率は各々 0.1% (光学濃度 3 以上)、1% (光学濃度 2 以上)、10% 未満 (光学濃度 1 以上) である必要がある。本願のセル構成では分散系の粒子濃度を増せば分散状態の透過率を上記値にすることは極めて容易である。しかし粒子濃度を増すと一般に粒子の移動速度が遅くなる、明状態の透過率が悪化しやすいなどの障害が発生するから不必要に粒子濃度を上げるのは得策ではない。

40

【0019】

図 7 を用いて本表示装置での粒子集積時の明状態でのセル透過率について述べる。十分ないんべい性が得られる濃度に微粒子を分散させた分散系中の粒子をすべて上基板に集積したと想定 (粒子が双極性であってもとにかく全粒子を片側基板に集積したと想定) しこの時の粒子層の厚みを h 、画素の面積を S とする (A)。1 画素の表示面から見た粒子を堆積させる電極の総面積を s とし、分散粒子をすべて s の上下に仮に短形状に集積した

50

とした明状態では、電極上の粒子層の厚み e は $h \cdot S / s / 2$ となる(B)。明状態は $S - s$ を最大化すなわち s を最小化することで実現される。 s / S を駆動電極の面積率と定義する。面積率を10%、20%とすればほぼ90%、80%の透過率を実現できることになる。

しかしながらこの時の s 上の粒子層の厚み e は各々 h の5倍、2.5倍になる。すなわち極小の面積の駆動電極に出来るだけ厚く粒子を積み上げれば高透過率と高コントラストを実現できることになる。

【0020】

粒子を堆積させる駆動電極の断面形状は極めて重要である。駆動電極の断面を短形として表示面と平行方向のサイズを $RLCx$ 、垂直方向の厚みを $RLCy$ とし、 $RLCx / RLCy$ をアスペクト比と名づける。図7(B)、(C)では各々 $RLCx$ 、 $RLCy$ が基板に平行と考えている。仮に $S = 200 \mu$ 、 $h = 2 \mu$ 、1画素内に $RLCx = 20 \mu$ の駆動電極($RLCy = 0.2 \mu$ とする。従って図7(B)、(C)でのアスペクト比は各々100、0.01である)が $n = 2$ 本設けてあるとすれば、図7(B)では $S \times h = RLCx \times 2 \times e \times 2$ より堆積粒子層厚 $e = 5 \mu$ 、粒子堆積時の画素透過率は $(S - RLCx \times 2) / S$ より $T = 80\%$ 。一方図7(C)では $e = 5 \mu$ 、粒子堆積時の画素透過率は $(S - (RLCy + 2e) \times 2) / S$ より $T = 89.8\%$ となりアスペクト比の小さい網状電極にセル厚方向に広面積に粒子を付着させることが透過率向上に有利となる。

10

【0021】

本発明で粒子を堆積させる電極を両基板1, 2に接しない構成を推奨しているのは電極の上下両面に出来るだけ厚く粒子を堆積させるか、アスペクト比の小さな駆動電極の両側面に出来るだけ広面積に粒子を集積させて粒子集積状態でのセルの透過率を向上させるためである。また h が小すなわち隠ぺい力の高い粒子を用いるほど薄い粒子層で上記高パフォーマンスが実現できることが期待できる。隠ぺい力は粒子そのものの特性は勿論、粒径が深く関与し、隠ぺい力が高くなる粒径を選ぶべきである。

20

【0022】

極小の面積率は図4の如き細線状の電極を利用して実現でき、駆動電極幅と厚みは製造の容易さ、電極の機械的強度、信頼性および集積粒子層の安定性を考慮して最小幅で形成すべきである。線幅 $50 \mu m$ 以下、ライトバルブ等では数 μm 以下で用いるのが望ましい。たとえば $100 \mu m$ 幅の画素に $5 \mu m$ 幅の駆動電極を4本設けても面積率20%であり、電極をより細線化することによって面積率を10%以下にすることは可能である。粒子濃度を下げれば一般に粒子の移動速度は速くなり、分散系を厚くすれば低粒子濃度(g / cm^3)でも隠ぺい性を高めることができる。しかしながら電極から遠のくほど粒子に作用する電界が弱まり、かつ電極に集積するには粒子は長い距離を移動する必要があり応答が遅くなる。経験上セルギャップ d は電極ピッチ p の0.4~3.0倍程度に選ぶと電界の波及性が確保され従ってオン(明)、オフ(暗)時の応答性が確保できる。

30

【0023】

電気泳動での粒子移動で実用的な応答性実現には先述の通り $0.2 \sim 2 V / \mu m$ 程度の電界強度が必要であり、画素サイズに係らずこの電界強度は確保したい。図4(A)に示す電極ピッチ p を $5 \sim 100 \mu m$ 程度に選び、セルギャップ d を電極ピッチ p の0.4~3.0倍($2 \mu m \sim 300 \mu m$)にすれば、対向電極間電圧 $1 V \sim 200 V$ で上記電界強度 $0.2 \sim 2 V / \mu m$ がほぼ確保できる。直視型ディスプレイに限れば電極ピッチは $20 \sim 50 \mu m$ 程度、セルギャップ $8 \sim 150 \mu m$ 、印加電圧 $4 \sim 100 V$ が実用的である。公衆表示の超大型ディスプレイで画素が数 $mm \sim$ 数 cm のものでも電極ピッチを上記 $20 \sim 50 \mu m$ 程度で構成すれば十分低電圧で駆動できることになる。

40

【0024】

一方ライトバルブのような小型高精細パネルで画素サイズが $10 \mu m$ 程度では駆動電極をセル中央に1本、共通電極を隔壁部に設けた電極ピッチ約 $5 \mu m$ で用いればよい。以上、電極ピッチ、セル厚は駆動電圧、応答速度に深く係り、それぞれの実用的な値を示した。

50

【0025】

ちなみに特許文献2では400 μ m幅の電極が1000 μ mの間隙で配置される実例が記載されているから櫛状電極のピッチは1400 μ mであり、電極の面積率 = $s / S = 400 / 1400 = 28.5\%$ となる。100 μ mのセルギャップに100~300Vを印加して55%の透過率と110のコントラストが報告されている。セルギャップの電極ピッチに対する割合は100/1400 = 7.1%で極めて小さく帯状電極間中央部の電界は極度に弱くなってしまふ。最大電界強度1~3V/ μ mであるが、これはあくまでも対向している電極間の電界であって帯状電極間中央部では粒子に作用する電界は図1(A)と同様極めて低下せざるを得ず応答速度の低下をきたし電界均一化がなされているとは言い難い。また櫛形電極は基板上に設けられており、粒子を電極の両面に堆積させることが出来ず明透過率が不利にならざるを得なかった。

10

【0026】

以上述べた通り、駆動電圧の低減、応答速度の向上は電極ピッチとそれに対応したセル厚の設定により、透過率、コントラストの向上はsの低減、上下方向への粒子堆積層厚の増大、左右方向への粒子堆積面積の増大、分散粒子の選定、分散粒子量の最適化によって実現できると言える。

【0027】

本発明で用いる電極構成は図3、図4に示したものの他、種々の形式が利用可能である。図8(A)は共通電極を両基板内面に、駆動電極と対向した位置に設けた場合を示す。基板間に介在するのは共通電極だけであるから電極として図4の駆動電極形状のほか図9に示すように櫛型、渦型、網目状など種々の閉じられた形状の電極も使用できる。本願では図4、図9に示すような細線からなる面状電極を総称して網状駆動電極と名づける。駆動電極が共通電極に挟まれる構成であり、図3の場合より粒子に垂直方向の強い電界を印加でき、粒子を駆動電極両面に厚く堆積させるのに有効である。この場合共通電極は不透明であってもよい。

20

【0028】

図8(B)は図8(A)の駆動電極と共通電極を半ピッチずらして構成してある。図では粒子を単一極性として示しているから共通電極は透明が望ましいが双極性粒子系を用いる場合は共通電極は不透明でよい。

【0029】

図8(C)は駆動電極に対応して両基板に交互に共通電極を設けたもので、やはり駆動電極の両面に粒子を堆積することが出来る。図8(C)以下では粒子の図示は省略している。本構成では双極性分散系、単極性分散系に拘わらず共通電極は不透明でよい。

30

【0030】

図8(D)は図3の駆動電極、共通電極対を2層分散系中に内在させてもので1層目と2層目の電極配置は半ピッチずらしている。

共通電極も不透明でよく、双極性分散系を用いれば分散系内のすべての電極の上下に粒子を堆積でき、堆積層は実質的に4層になるから明状態の透過率向上に大きく寄与する。

【0031】

図8(E)は駆動電極、共通電極共複数の電極層が分散系内に挿入されているもので、セル構成は複雑化するが等価的に狭い駆動電極に出来るだけ厚く粒子を積み上げて、明状態の透過率を向上させるのには有効な方法である。双極性分散系を用いれば実質的に堆積粒子層を8層にでき明状態の透過率を更に向上し易い。

40

【0032】

図8(F)は図8(A)の共通電極の1つを透明ベタ電極に置き換えたものである。下側の共通電極は不透明でよい。図8(A)の共通電極の2つ共透明ベタ電極に置き換えた構成でもかまわない。

【0033】

以上図8のすべての構成で網状駆動電極の断面はアスペクト比の小さなものを選び電極左右に広面積に粒子を堆積することによってセルの明状態の更なる透過率向上がはかれる。

50

【 0 0 3 4 】

以上、図 8 の各電極構成で駆動電極、共通電極の各々が同一面上にない場合であっても隔壁内部や隔壁表面ないしパネル周辺部において互いに電氣的に結合されており、セルは駆動電極、共通電極の 2 端子素子として動作させるよう構成されている。

【 0 0 3 5 】

本発明で共通電極がベタ電極からなる図 8 (F) を除き、駆動電極と共通電極の電極間ピッチ P とは駆動電極と共通電極の最短距離を意味する。共通電極がベタ電極の図 8 (F) の場合はピッチ P は駆動電極のピッチを意味する。

【 0 0 3 6 】

粒子の光学反射性が互いに異なりかつ帯電極性も異なる双極性分散系を用いることは垂直電界型粒子移動表示法の基本構成の 1 つである。

本願の横電界型表示法で有効に活用される双極性分散系では粒子の光学反射性が異なっている必要はない。共に黒色光吸収性であっても、共に白色光散乱性であってもかまわない。特に分散媒がガス体から成るエアロゾル分散系では摩擦帯電で互いに異なる帯電極性のものが混在している方が粒子の帯電安定性に優れた分散系が実現できる点で双極性分散系は好都合である。

【 0 0 3 7 】

粒子集積状態から粒子分散状態を作り出すために駆動電極と共通電極間に印加する電圧波形の例を図 1 0 に示す。分散系が単粒子系の場合粒子が駆動電極を離れる極性の適切なパルス幅の逆電圧を印加 (A) 。単粒子系、双粒子系に拘わらず次第に高周波化する A C 電圧 (B) , 波高値の減衰する A C 電圧 (C) 。また (B) , (C) の組み合わせも有効である。

【 0 0 3 8 】

図 3 で粒子を隔壁 2 0 によってセル内部に閉じ込めるのは微粒子が隣のセルに移動するのを妨げ各画素内の粒子濃度を一定に維持するためである。またセルを小さく構成する限り分散媒と粒子の比重差は障害にならないというメリットも発生する。

【 0 0 3 9 】

基板にフィルムを用いたフレキシブルシートディスプレイの場合は特に、両基板は隔壁を通じて各々接着していることが好ましい。

【 0 0 4 0 】

分散系を隔壁でセル内に閉じ込める代わりに、分散系をカプセル粒子の内部に閉じ込めてもよい。図 1 1 にカプセル粒子を用いた本発明の表示装置を示す。基板 2 上にカプセル粒子がバインダー樹脂に分散されたインキを塗布し、表面に平滑層を塗布するなどして平滑化したのち、図 4 に示すような電極対を形成する。ついでカプセル粒子を塗布した基板 1 のカプセル粒子面をバインダー層を介して電極面に貼り付けることによって表示シートが形成される。図にはスペーサ材の図示は省略してあるが、ほぼ球状のカプセル粒子を適切なサイズのスペーサ材を用いて図のような直方体に変形させた方が開口率にすぐれた表示シートになり得る。図 1 1 の表示シートでは電極は分散系に直接接していないが、図 3 と同様、粒子は電極の表裏両面側に集積させまたカプセル粒子内に分散させることが出来るから表示シートの透過率を変調することが可能である。ただし電極と分散系の間にカプセル壁とバインダー樹脂層が介在することにより、電圧減衰を生じ、駆動電圧の上昇に繋がるからこれら絶縁性ないし半導電性層はできるだけ薄く保つことが望ましい。図 1 1 で上基板 1 を用いずに、カプセル粒子層の上に電極対を形成した段階でこの上にカプセル粒子を敷き詰め、剛体基板を被せてカプセル粒子を変形させ、UV 照射や加温するなどしてバインダーを硬化してもよくその後剛体基板を剥離してもよい。最上層に保護膜を塗布すれば単一基板の表示シートが形成できる。

【 0 0 4 1 】

カプセル粒子を用いるパネル構成は図 3 の構成のみでなく図 9 (A) ~ (F) のすべての構成に適用可能であることは言うまでもない。

【 0 0 4 2 】

本発明でセルとは、隔壁やカプセルで分散系を閉じ込めた領域を言う。一对の電極は1つのセルに設けられる場合もあれば、多数のセルに対して1組設けられる場合もある。画素とは図4に示すような一对の電極を有する領域を言うから1個のセルの場合もあれば多数のセルから成る場合もある。

【0043】

図3ないし図11の如きセルを3層積み重ねることによってフルカラー表示パネルを構成できる。ただし3層の微粒子5は各々C(シアン)、M(マゼンタ)、Y(イエロー)色のものが用いられる。図12にC、M、Yカプセル粒子系を用いるフルカラー表示パネルの断面を示す。ここでは1画素は4×4×6のカプセル粒子から構成されており、各色変調用の電極は図4に示すような面状電極対が用いられると想定している。C、Y、M粒子が適度に分散状態にあり、C粒子が電極集積状態にあれば、その部分はR(赤)、C、M粒子が適度に分散状態でY粒子が電極集積状態では同じく減法混色によりB(青)、Y、C粒子が分散状態ではG(緑)となる。勿論C粒子、M粒子、Y粒子のみ分散状態では各々C、M、Y色となる。C、M、Yパネルに加えて、より完全に光を遮断するために白-黒に変調できる第4の色変調層が追加され4層構成をとる場合もある。またセルの積層順序は任意に選択可能である。白色バックライト13オフ、オンの状態では白色拡散板兼白色バックライトにより反射カラーパネルないし透過カラーパネルとして使用できる。マルチカラー表示では色の異なる分散系の2層構成でもかまわない。

10

【0044】

図12の色変調層3層積層型表示装置では画素サイズにくらべて各色変調層の厚さが厚い場合、反射で見た時視角が制約される。図12において表示装置を反射で使用する場合下基板は白色反射板で構成される。表示装置に入射した光線のうち基板垂線からの角度を越えた方向から見ると反射光線は3層すべてを通過していないから正しい色を見ることが出来ない。正しい色は角度以内に限られる。画素サイズをSとし、一般にn層積層では $q = S / (2 \times n \times \tan(\theta))$ となる。 $\theta = 60$ 度($\tan(\theta) = 1.73$)では $q = S / 10.38$ より、画素サイズが0.1mm、1mmの場合 $q = 9.6 \mu\text{m}$ 、 $96 \mu\text{m}$ 、 $\theta = 80$ 度($\tan(\theta) = 5.65$)の時 $q = 2.9 \mu\text{m}$ 、 $29 \mu\text{m}$ となる。すなわち積層型反射表示装置は間に入る光変調層を極力薄くしないと視野角に優れた表示を実現することが困難になる。この点カプセル粒子を積み重ねた図12の構成のカラーパネルは、図3や図11の単色パネルを3枚積層するのに比べて間に入る基板を削減できるから視角特性上有利になる。

20

30

【0045】

セルを多数積層する表示装置において注意すべきは、界面反射である。屈折率が異なる界面では必ず界面反射が生じる。図12の積層型表示セルでは特に多数の層から成るから各層は着色粒子以外は出来るだけ透明性が高いのは勿論、分散媒、カプセル壁、バインダー樹脂、基板など屈折率のできるだけ等しい材料で構成し、不要な界面反射を軽減することが重要である。

【0046】

多数の画素から構成される表示装置の駆動法には(1)スタチック(2)単純マトリクス(3)2端子アクティブマトリクス(4)3端子アクティブマトリクスなどがある。

40

【0047】

図13は単純マトリクス構成のパネルを製造する工程の1例を示す。ガラス、プラスチックなどの基板2にたとえばカプセル粒子層を形成してのち、アルミ、クロム、金などの電極薄膜を蒸着やスパッタで設け、フォトリソプロセスで図13(A)に示すように列電極Ciおよびこれに連なった駆動電極6-1を形成する。次に少なくとも列電極の所定箇所絶縁層23を形成した後、共通電極6-2、行電極Riを形成する(B)。こうして得られた電極膜上にカプセル粒子層を形成し、この上に保護のための基板1を設けて単純マトリクス表示パネルが構成される。列電極Ciに信号を、線状共通電極Riに走査信号を加えて線順次で表示が果たされる。パネル構成が単純であるから低コストで製造できるメリットがあるが、各画素には閾値特性が要求されるため通常、表示容量の大きい用途には

50

使えない。

【0048】

表示容量を拡大するにはアクティブマトリクス（以下AMと略称する）構成を採用する必要がある。図14は陽極酸化膜が金属電極間に挟まれたいわゆるMIM（Metal Insulator Metal）素子からなる2端子AMアレーの製造工程を示す。下基板の必要箇所にカプセル粒子層を形成、この上にアルミ、タンタルなどの金属薄膜で平行線状列電極Ciを形成して後、列電極Ciを陽極酸化して表面に酸化膜を形成（A）。ついで金属膜を蒸着ないしスパッタによって設け、たとえば楕型駆動電極6-1を形成（B）。駆動電極と列電極が交差する領域に2端子素子21が形成される。次に列電極の、少なくとも後に行電極と交差する箇所に絶縁層23を形成して後、共通電極6-2、走査電極Riを形成（C）することによって2端子AMアレーが形成される。こうして得られた電極付き基板と他の絶縁性基板との間にカプセル粒子を挟み込んで表示パネルが構成される。MIMの代りに、電極6-1とCiの交点部に酸化亜鉛のような半導体を樹脂に分散した非直線抵抗素子を挟み込んで2端子AMアレーを形成できる。

10

【0049】

次に各画素にTFTスイッチング素子を設けたAMパネルの構成を示す。

カプセル粒子を敷き詰め表面を平滑化した基板の上に図15に示すようなTFT（Thin film Transistor）3端子素子AMアレーを形成する。信号線Ciとは絶縁層で分離された駆動電極6-1はドレイン（D）電極に接続されており、ソース（S）電極は列電極Ciの1部からなり、S、D間には半導体、ゲート絶縁膜が積層されている。列電極部に層間絶縁膜を設けてのち行電極Ri（ゲート電極）を設けて3端子AMアレーが形成されている。共通電極6-2は列電極、行電極と絶縁層で隔てられて、列電極ないし行電極同様パネル全体に張り巡らされており、全画素共通の1端子としてパネル外に取り出される。こうして得られたカプセル粒子層、TFTからなるAMアレー層と透明絶縁性基板との間に更にカプセル粒子を挟み込んで表示パネルが構成される。図15ではTFTはスタagger型で示したが、逆スタagger型TFTも勿論可能である。勿論TFTアレーを基板2に設け、その上にカプセル粒子層を形成し、図4の如き電極対を形成して後、各画素の駆動電極をスルーホールにより対応するTFTアレーの各ドレイン電極と接続し、ついでこの上にカプセル粒子層を形成してもよい。全画素共通の共通電極電位に対して、正ないし負電圧を列電極Ciに、ゲート電極Riに選択パルスを順次印加することによって駆動電極側に粒子を集積するか、カプセル内に粒子を分散するかを選択でき所望の画像を表示できる。

20

30

40

【0050】

図12のような色変調層積層構成のアクティブマトリクスパネルを製造する方法として大きくは3つの方法が可能である。すなわち（1）C、M、Yカプセル粒子駆動用AMアレーはすべて基板2に形成（開口率向上のため隔壁ないしスペーサ部の下に設けられていることが望ましい）されており、（0044）で述べたように、（イ）1色目カプセル粒子層形成（ロ）駆動・共通電極対形成（ハ）駆動電極を下部の対応するドレイン端子とスルーホール接続（ニ）1色目カプセル粒子層形成（1色目光変調層完成）というふうに残り2色についても上記（イ）～（ニ）を繰り返すことによって図12の如きパネル構成を実現（2）（イ）基板に1色目カプセル粒子層形成（ロ）この上に1色目TFTアレー、駆動電極、共通電極形成（ハ）1色目カプセル粒子層形成以上（イ）～（ハ）を他の色変調層で繰り返す（3）あらかじめ色粒子、TFTアレー、色粒子の3層で構成された単色アクティブマトリクスを形成した転写用剛体基板から、接着層を設けた最終基板側に順次転写して3層を積層

以上いずれの方法に於ても導体の積み上げには導体ペーストのインクジェット描画法やディティブ法として広く用いられている電解ないし無電解メッキ法などが利用できる。

【0051】

以上述べたようなたとえば縦M画素、横N画素からなる基本パネルを縦m枚、横n枚並べることによってM×m×N×n画素からなる大型表示システムを構成することが可能であ

50

る。それぞれパネル間の隙間を出来る限り狭くするよう各パネルの電極は薄いFPCなどを用いてパネル面と垂直方向にパネル背面に引き出し、背面基板ないしバックライトの背後に設けた駆動回路と接続して駆動するように構成される。このような基本パネルを用いて、数10mサイズの反射、透過両用の低電力、高精細フルカラー大型表示システムを構成することが可能になる。

【0052】

図16はプロジェクターなどに用いる、シリコン基板を用いたAM反射型ライトバルブを示す。シリコン基板15上にFET素子からなるAMアレーを形成(A)、画素部のシリコンをエッチングで掘り下げ半セル形成(B)、反射膜形成(C)、半セル分に樹脂埋め込み(D)、駆動・共通電極形成(E)(各電極は対応するFETアレー端子と接続)、駆動・共通電極下の埋め込み樹脂をエッチング除去(F)、画素を囲むように隔壁形成(G)、透明基板との間のセルに分散系充填(H)以上で隔壁構成型反射ライトバルブが形成される。たとえば1インチサイズでフルHD(1920×1440画素)のライトバルブを構成する場合、画素ピッチはほぼ11μm程度になる。数μm幅の駆動電極を画素中央に1本、両サイドに透明共通電極を設けセル厚を数ミクロンとすれば、10V以下で駆動できるライトバルブが構成可能である。隔壁20を絶縁性黒色にするか上基板と隔壁の間に黒色膜を形成することが望ましい。

図16の方法はシリコン基板を用いるライトバルブの形成だけでなくガラス基板、プラスチックシート基板などを用いた本発明の表示パネルの形成に適用できることは言うまでもない。

【0053】

図16の反射型ライトバルブの構成はLCOS(liquid-crystal-on-silicon)と称する液晶ライトバルブでの液晶を微粒子分散系に置き換えることによって構成される。LCOSと同様、超高圧水銀ランプなどの白色光源をダイクロイックミラーやプリズムでR、G、B光に分離し各色光を図16のライトバルブに照射して得たR、G、B色光像をレンズを用いてスクリーン上に拡大投射、合成してフルカラー像を得ることが出来る。光源にLEDや半導体レーザを用いれば小型プロジェクターを構成できる。フロントプロジェクターは勿論、途中で光路を折り曲げてリアプロジェクターも可能である。画素ピッチはモノクロの1/3になるが前面にカラーフィルタを設けることによって単板カラーライトバルブを構成することも可能であり、図12の如き3層積層パネルを構成すれば光利用率の高い単板式カラーライトバルブが構成可能である。分散系は隔壁型、カプセル型いずれを用いてもよい。反射型は光線が分散系層を2度通過するから分散系の粒子濃度が透過型の1/2でよく高速応答が可能である。

【0054】

上記シリコン基板の代りに、石英などの耐熱性ガラスにポリシリコンなどでAMアレーを構成したAM基板を用いれば、単板式あるいは3板式高精細透過型ライトバルブを構成することが可能である。

【0055】

図17にR、G、B並置カラーフィルタを用いる透過型フルカラーパネルの断面図を示す。現在の液晶カラーパネルのライトバルブとしての液晶を、白黒に透過率を変調できる微粒子を分散した分散系7に置き替えることによって構成している。すなわちX-Yマトリクス構成のAMアレー13cが形成された透明ガラス基板2の画素部を図6(A)のようにエッチング等で凹みを設けカプセル粒子を配置した後駆動、共通電極対を設け、対応するAM素子と接続し、さらにストライプ状あるいはドット状にR、G、Bカラーフィルタ13a、ブラックマトリクス13bが設けられた透明基板1との間にカプセル粒子を配置して構成されている。各画素の電極は図3、図9に示す構成が選択できる。

【0056】

図17では隣り合う画素にR、G、Bカラーフィルタを設ける構成について述べたが、カラーフィルタを用いる代りに各セルの分散媒をR、G、Bに着色してもよい。但し各色セルをストライプ状ないしドット状に色分けして設ける必要がある。

【 0 0 5 7 】

図 1 7 のカラーパネルは R , G , B 並置カラーフィルタないし R , G , B 着色液を用いているため光変調素子への白色入射光の 2 / 3 をロスする欠点があるが、現状確立している TFT アレーの量産プロセスと設備がほぼそのまま利用できる利点があり、小型から 1 0 0 インチを超える大型までサイズを問わず製造可能である。液晶カラーパネルの場合と違って、視角拡大フィルム、偏光板、配向膜、配向処理プロセスなどは不要であり、プロセスの簡易化、部材の低減化に加えて、偏光板が不要であることからより明るく、広視角の表示を実現することができる。

【 0 0 5 8 】

電子値札やメッセージ表示などでは必ずしもフルカラー表示でなくてもよい用途もある。図 1 8 では 1 層の分散系でカラーフィルタを用いることなくマルチカラー表示を行う例について述べる。透明分散媒中に色と移動速度の異なる微粒子が混合分散された分散系が用いられる。すなわち電極 6 - 1 , 6 - 2 間に DC 電圧を印加 (第一パルス) して粒子を一方の電極に堆積 (同極性粒子の場合) (図 1 8 (A)) させれば、セルは透明 (反射で見ると場合反射板が白色なら白色) に見える。ここで適切な幅ないし波高値の逆極性 DC パルス (第二パルス) を印加すれば、移動速度の速い粒子 (第一粒子 : 赤色とする) がまず電極を離れ分散状態になるからここでパルスを止めればセルは移動速度の速い粒子の分散状態である赤色に見える (図 1 8 (B)) 。第二パルスより幅ないし波高値の大なる逆極性パルスの場合では第一粒子は対向電極 6 - 2 に集積してしまい、分散系には速度の遅い第二粒子 (黒色とする) のみ分散していることになり、セルはほぼ黒色に見える (図 1 8 (C)) 。電極間に適切な AC 電圧を印加すれば第一、第二粒子が共に分散状態になるからこれらの混合色である赤黒色が提示される。すなわち単層パネルで 4 色の色が選択できることになる。色の異なる微粒子が異極性でも移動速度が異なっていれば利用可能である。

【 0 0 5 9 】

図 1 8 では粒子の移動速度の違いを利用して多色表示する例について述べたが、電極に堆積した粒子を逆極性電圧の印加で電極から脱着させるのに粒子ならびに電極の性質により閾値電圧が存在する場合がある。異なる色の微粒子のこの閾値性の違いは有効に利用可能である。第一、第二粒子の閾値を各々 V_1 , V_2 ($V_1 > V_2$) とし、 $V_1 > V > V_2$ の電圧 V では第二粒子のみ分散させることが出来、 $V > V_1$ の電圧 V では主として第一粒子のみの分散状態を生じさせることが出来るからである。また $V > V_1$ の AC 電圧で混合分散色を得ることができ、泳動速度の違いと併せて閾値性の違いも粒子の選択的分散に有効に活用でき、簡単な構成のパネルでマルチカラー表示が可能となる。

【 0 0 6 0 】

薄いフィルム基板を用いて両基板に電極を有するパネルや積層パネルを形成する場合、フィルムの温度や張力による伸縮等のため両基板や各パネルの位置合わせが困難化する。両フィルム基板をあらかじめガラスなどの剛体基板に単個取りあるいは多数個取りを想定したサイズで貼り付けておき、分散系層形成、電極、スイッチ素子、隔壁、スペーサなどの形成プロセスを実施した後、他方のフィルム基板との間に分散系層を挟み込んでフィルムパネルを形成し、しかる後剛体基板からパネルを剥離する法をとれば、フィルムの薄さ、伸縮性から生じる電極の上下位置合わせなどのプロセスの困難性は軽減する。

【 0 0 6 1 】

パネル自体がフレキシブルであっても駆動回路、バッテリーなどを搭載すると表示パネルのペーパライク性が損なわれてしまいがちである。本発明の表示パネルはメモリ性があるから一旦表示を更新すればドライバを切り離しても表示は維持される。従ってパネル電極端子部あるいは信号供給回路部を露出しておき、表示を更新する時のみ信号供給源に接続する、パネル / 信号源分離方式を取ることでもでき、ドライバを実装していない分低コストでパネルのフレキシブル性を確保できる。

【 0 0 6 2 】

本発明で使用する光変調素子の透明基板としてプラスチックフィルムを使用するとロールツーロールで連続量産できる特徴が発揮できる。

10

20

30

40

50

図19はロールツーロールでカプセル粒子系を用いて単純マトリクス構成のパネルを製造する例を示す。上下フィルムに各々印刷でカプセル粒子層を形成。下基板の粒子層上に図4の如き電極対を印刷。ついで上基板のカプセル粒子層と下基板の電極層の間に気泡が残らないようバインダー樹脂で接着してロール状パネルが形成される。UV照射などでバインダーを硬化してのちパンチングなどで切断して1色用フィルムパネルを一括複数枚連続生産することが可能である。低温プロセスが可能な有機TFEなどのAM形成プロセスはロールツーロールプロセスには相性がよく、勿論本願のロールツーロールパネル形成に有効に適用可能である。電極パターンやAM形成などの工程もロールツーロールで形成すれば正に理想的なロールツーロール量産工法になり得る。

【0063】

フィルム材料としてはビニル系のポリエチレン、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリプロピレン、ポリスチレン、フッ素樹脂系など、またポリエステル系のポリカーボネート、ポリエチレンテレフタレートなど、ポリアミド系のナイロン、耐熱性エンジニアリングプラスチックとしてのポリイミド、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリフェニレンサルファイド、ポリエーテルケトン、ポリエーテルイミドなど種々のものが利用できる。

【0064】

ポリマーフィルムは一般にガラス等にくらべてガスを透過しやすい。フィルムを使用した表示装置でフィルムが外気に曝されて水分などが分散系に入り込み特性を劣化させる場合が生じる。従ってフィルムパネルの信頼性を向上するためにはフィルム表面にガスバリア層を設けるのが有効である。ガスバリア層としては酸化ケイ素、窒化ケイ素などの薄膜、およびこれらの膜とビニルアルコール含有重合体などの有機膜との積層膜が有効なことが知られている。

【0065】

本発明の光変調素子では隔壁部分は光線透過率は変化しないから、光線透過方向のこの部分の幅は出来るだけ狭いことが望ましい。逆にこの部分が透明性であると光り抜けを生じ光変調素子の光線遮断力を低下させ純黒が得られなくなるからこの部分を黒色光吸収性にするか光反射性にするのが望ましい。1000:1以上の透過率変調を達成するには隔壁部を含む微粒子分散状態でのセルの光透過率を0.1%未満に押さえ込む必要があるが、隔壁部からの光り抜けを必要ならブラックマトリクス(BM)層を設けて防止した上でセルに含有される微粒子の濃度を選定することによって達成可能である。

【0066】

本発明に使用する材料について述べる。

微粒子としては先述の通りできるだけ隠ぺい力の高いものが望ましい。白黒用にはカーボンブラック、ピグメントブラック、黒鉛などまたはこれらが樹脂に埋め込まれたいわゆるトナーが利用できる。C、M、Y微粒子としては印刷インキ、カラー複写機用トナー、インクジェット用インキなどに用いられているアゾ系、フタロシアニン系、ニトロ系、ニトロソ系など各種有機顔料や酸化鉄、カドミウムエロー、カドミウムレッドなどの無機顔料など多様なものを用いることが出来る。Y色微粒子としてはハンザイエロー、ベンジジンイエロー、キノリンイエローなど、M色微粒子としてはピグメントレッド、ローダミンB、ローズベンガル、ジメチルキナクリドンなど、C色微粒子としてはアニリンブルー、フタロシアニンブルー、ピグメントブルーKなど、黒色微粒子としてはC、M、Y微粒子を混合して用いてもよい。

【0067】

微粒子は単体ばかりではなく帯電性や色調を最適化するため染料、顔料およびいくつかの色材を樹脂や液体と共に内包したカプセル微粒子を使用してもよい。粒子の形状は球形はじめ針状、棒状、鱗片状など異形状のものは本願のように線状電極を用いる場合適したものである。何故なら分散状態では粒子はあらゆる方向を向いており、光線吸収能、光散乱能が高く、電極に集積した状態では針状や棒状粒子は電極に平行に配列しやすく、鱗片状では互いに重なり易いから、共に吸収ないし散乱断面積が減じコントラストが高まり

10

20

30

40

50

易いからである。微粒子のサイズは5 nm ~ 5 μm程度が望ましい。微粒子は原子や分子レベルでの表面コートで表面変性したり、分散剤、界面活性剤等を用いて荷電性付与および良分散性がはかられ、電界で集積させた粒子層も逆電界で速やかに再分散されるように調整されている必要がある。

【0068】

本願図3のパネルでは駆動電極6-1、共通電極6-2は共に分散系に露出しているとして説明したが、粒子堆積の均一性向上、付着力制御、閾値性制御などの目的で導電性、半導電性あるいは絶縁性の皮膜で被覆する場合もある。

【0069】

屋外用では強力な光に曝されることになるから、使用する材料(基板、接着剤、微粒子、分散媒、分散剤、カプセル壁材料、バインダー樹脂、隔壁材料、電極、AMなど)には特に耐光性、耐熱性に優れたものを用いる必要がある。屋外用途では紫外線吸収剤を内蔵したフィルムないしは表面にコートして用いるのが望ましい。見易さ改善には反射防止膜も有用である。

10

【0070】

媒体が液体の場合シリコン系、石油系やハロゲン化炭化水素など多種類の高絶縁性溶媒が利用できる。液晶も有用な微粒子分散媒体であり、液晶の誘電異方性により粒子の電極からの脱着に閾値特性が発現することが知られており、単純マトリクスパネルの構成に有効に利用できる。

【0071】

非直線素子材料としては先述の通りTa, Alなどの薄膜を陽極酸化して他方の金属で挟み込んだMIMや、カルコゲナイト系化合物、酸化亜鉛などの半導体が利用でき、TFM材料としてはa-Si、a-InGaZnO、ポリシリコンなどの無機半導体またペンタセン、ポリフルオレン、ポリフェキシルチオフエンなどの低分子や高分子の有機半導体が用いられる。

20

【発明の効果】

【0072】

本発明は次のような効果を奏する。

帯電した微粒子を横電界で移動させて、光透過性を变化させる表示装置であって、電極構成、セル中の微粒子量、電極ピッチ、セル厚、駆動電極面積率に検討を加えたことによって低電圧で高コントラスト、高透過率を達成し、拡大投射用高精細小型ライトバルブ、小型からメートルサイズの直視型表示装置、薄型フレキシブルな白黒およびフルカラー電子ペーパー、数10メートルを超える超大型表示装置まで広範囲の表示サイズに適用可能となり、反射専用、透過専用あるいは反射、透過両用に適用可能な表示装置が実現した。

30

【図面の簡単な説明】

【0073】

【図1】は従来の横電界粒子移動型表示装置の原理を示す横断面図

【図2】は従来の横電界粒子移動型表示装置の原理を示す他の横断面図

【図3】は本発明の横電界粒子移動型表示装置の原理を示す横断面図

【図4】は本発明の表示装置に用いる電極の正面図

40

【図5】は本発明の表示装置の形成プロセスを示す図

【図6】は本発明の表示装置に使用する隔壁付きシートの斜視図

【図7】は本発明の表示装置において明状態、暗状態を等価的に示す図

【図8】は本発明の表示装置の他の電極構成を示す横断面図

【図9】は本発明の表示装置に用いる他の電極の正面図

【図10】本発明の表示装置で粒子分散状態を作り出すための印加電圧波形の例

【図11】本発明の表示装置をカプセル粒子で構成した横断面図

【図12】本発明のC, M, Y分散系積層型カラーパネルの断面図

【図13】本発明の単純マトリクスパネルの電極製造工程と電極構成の正面図

【図14】発明の2端子AMアレー製造工程と電極構成の正面図

50

【図 1 5】本発明の 3 端子 A M パネルの画素部の電極構成の正面図

【図 1 6】本発明のシリコン集積回路を下基板に用いた反射型 A M ライトバルブ製造時のパネル断面図

【図 1 7】本発明のカラーフィルタ付きカラーパネルの断面図

【図 1 8】本発明の単層マルチカラーパネルの動作原理を示す断面図

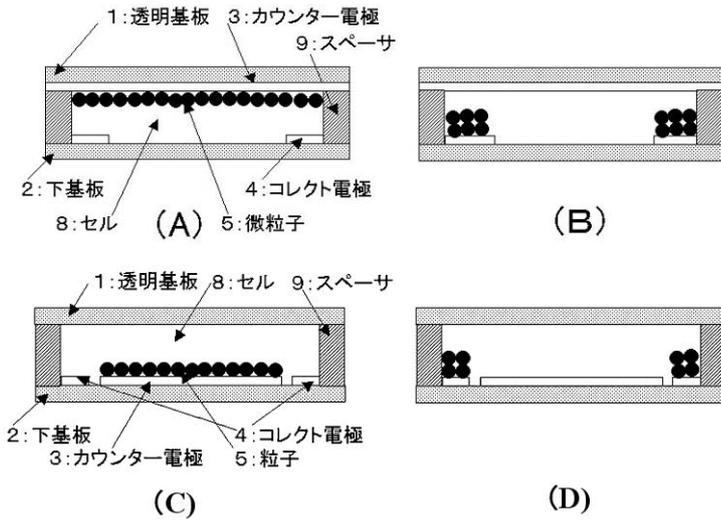
【図 1 9】本発明のパネルをロールツーロールで製造する工程図の 1 例

【符号の説明】

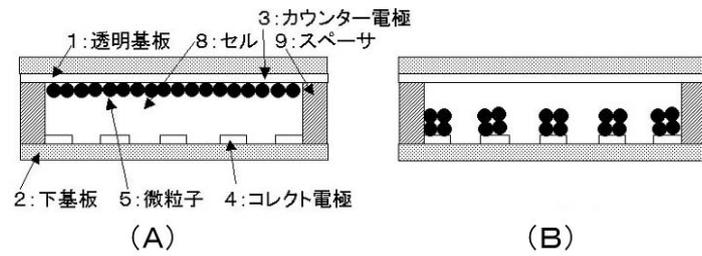
【 0 0 7 4 】

1	透明上基板	
2	下基板	10
3	カウンター電極	
4	コレクト電極	
5	微粒子	
6	電極	
6 - 1	駆動電極	
6 - 2	共通電極	
7	分散系	
8	セル	
9	スペーサ	
1 0	カプセル粒子	20
1 1	接着剤	
1 2	白色拡散板	
1 3	白色バックライト	
1 3 a	カラーフィルタ	
1 3 b	ブラックマトリクス	
1 3 c	X - Y アクティブマトリクスアレー	
1 3 d	3 色用 X - Y アクティブマトリクスアレー	
1 4	反射板	
1 5	シリコン基板	
1 6	バインダー	30
1 7	バックライトユニット	
1 8	C1, C2, C3, 列電極端子	
1 9	R1, R2, R3, 行電極端子	
2 0	隔壁	
2 1	2 端子素子	
2 2	T F T 素子	
2 3	絶縁膜	
2 4	積層セル	
2 5	F E T アレー	
2 6	樹脂	40
2 7	反射膜	
2 8	半セル	

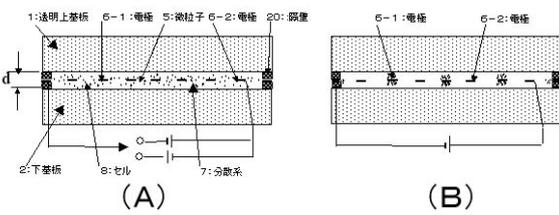
【 図 1 】



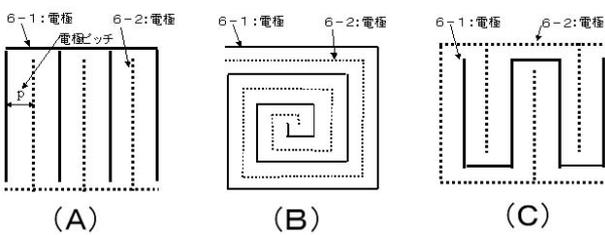
【 図 2 】



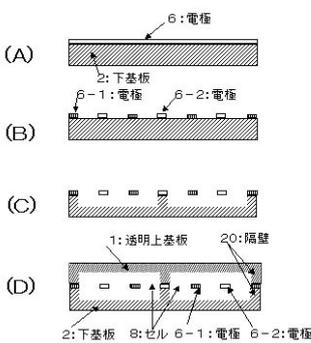
【 図 3 】



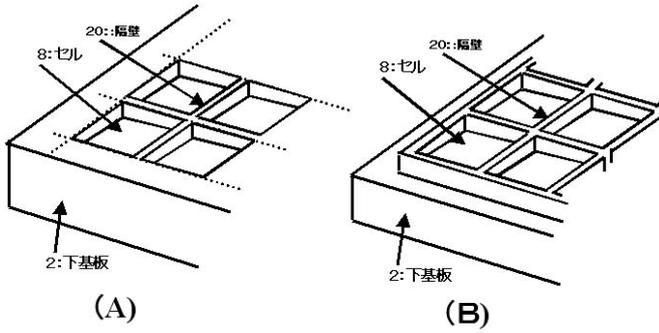
【 図 4 】



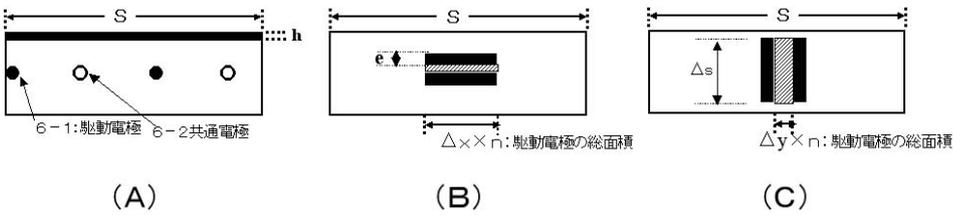
【 図 5 】



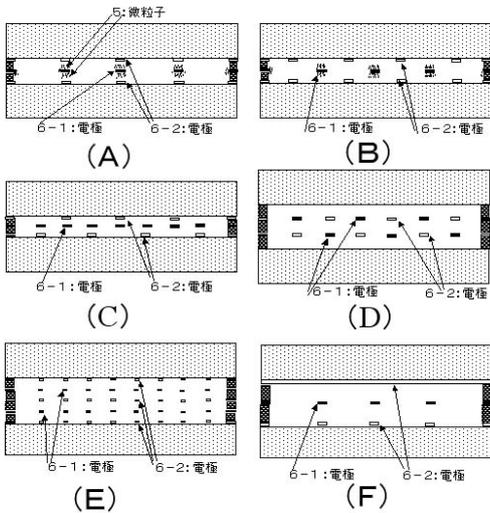
【 図 6 】



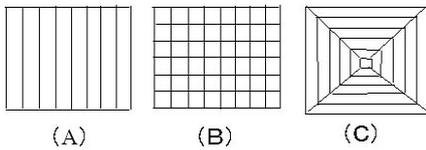
【 図 7 】



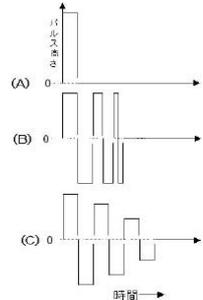
【 図 8 】



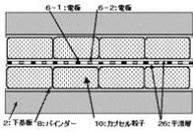
【 図 9 】



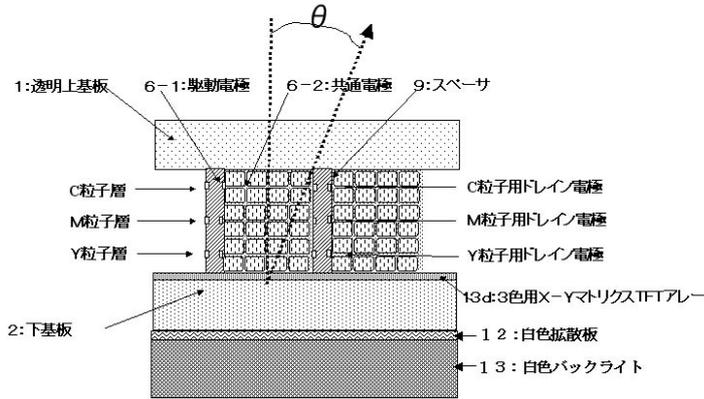
【 図 10 】



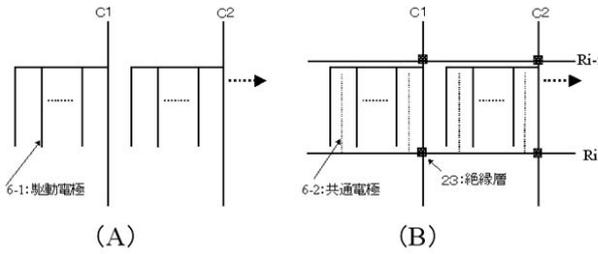
【 図 1 1 】



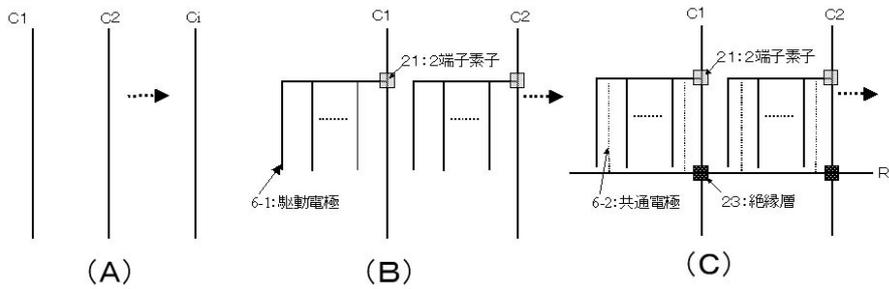
【 図 1 2 】



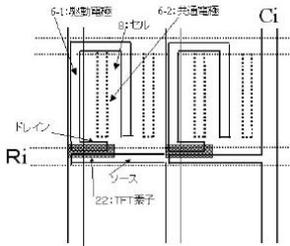
【 図 1 3 】



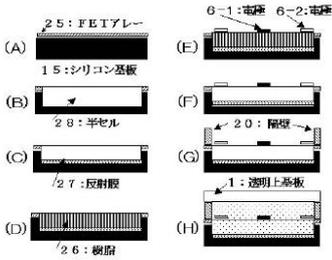
【 図 1 4 】



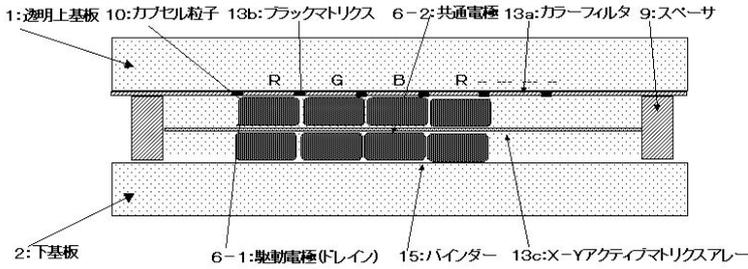
【 図 1 5 】



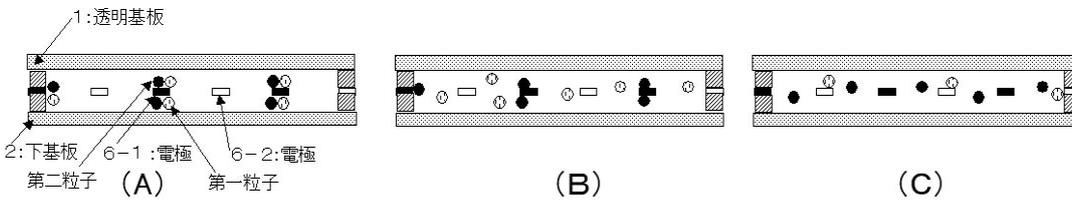
【 図 1 6 】



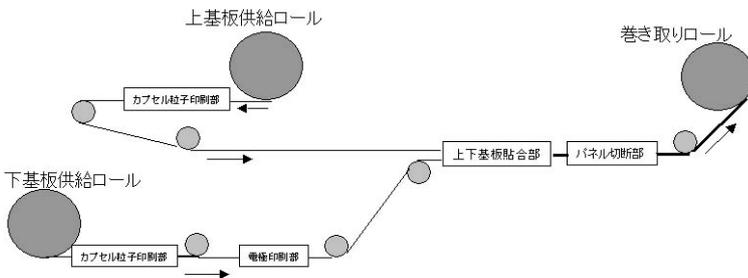
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



【 手続 補正 書 】

【 提出 日 】 平成 19 年 9 月 18 日 (2007.9.18)

【 手続 補正 1 】

【 補正 対象 書類 名 】 特 許 請 求 の 範 囲

【 補正 対象 項目 名 】 請 求 項 1

【 補正 方法 】 変 更

【 補正 の 内 容 】

【 請 求 項 1 】

少なくとも一方は透明な基板間に、帯電した微粒子が液体、液晶またはガス媒体中に分散された分散系が挟まれてセルを構成しており、該微粒子を横電界で移動させて、分散状態の該微粒子の量を変調することによって該セルの基板に垂直方向の光透過性を変化させる横電界粒子移動型表示装置において、該分散系に電界を印加するために網状駆動電極と共通電極が設けられており、該微粒子を該網状駆動電極の上下両面および/ないし側面両面に堆積するように構成されていることを特徴とした表示装置

【 手続 補正 2 】

【 補正 対象 書類 名 】 明 細 書

【補正対象項目名】 0 0 0 1

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 0 1】

少なくとも1方は透明な基板間に、帯電した微粒子が液体、液晶またはガス媒体中に分散された分散系が挟まれてセルを構成しており、該微粒子を横電界で移動させて、分散状態の該微粒子の量を変調することによって該セルの基板に垂直方向の光透過性を変化させる横電界粒子移動型表示装置において、電界を印加するために網状駆動電極と共通電極が設けられており、該網状駆動電極の上下両面および/ないし側面両面に堆積するように構成されていることを特徴とした表示装置であって、高精細小型パネルをライトバルブとした拡大投射表示、小型からメートルサイズの直視型表示装置、薄型フレキシブルな白黒およびフルカラー電子ペーパー表示、基本セルないし基本パネルを2次元状に多数配列した数10メートルを超える超大型表示装置まで広範囲の表示サイズに適用でき、また反射専用、透過専用あるいは反射、透過両用に適用可能な表示装置とその製造法に関するものである。

【手続補正3】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 0 9

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 0 9】

図3(B)のように電極6-1と6-2間にDC電圧を印加すれば、主として電極6-1, 6-2で形成される電気力線に沿って微粒子5が移動し、正に帯電している場合負極の電極6-1の周りに集積する。電極6-2に透明なものを用いておれば、粒子が集積した線状電極6-1以外の領域は光を遮るものがなく透明となる。ここで6-1, 6-2間に逆極性の適切なDC電圧パルスないしAC電圧を印加すれば6-1上の微粒子は電極を離れてセル8中に拡散分布し、セル8は再び不透明となる。このようにセル8内の分散状態の粒子量(したがって6-1へ集積させる粒子量)を変えることによってセル8の基板に垂直方向の透過率を連続的に変化でき集積状態の粒子は電圧を切つて後もその状態を維持するため表示はメモリ性を有する。分散系7は透明な液体、透明液晶体、ガス体中に正または負に帯電した微粒子が分散されたものから成り、分散媒が液体や液晶の場合は粒子の移動は電気泳動と呼ばれる。電極6-1, 6-2の形状は図4(A)~(C)に平面図で示すように、櫛型、渦型、網目状など種々の形が用いられる。細線の断面は矩形、板状、楕円状など種々の形状が可能であり、図4(D), (E)には一例として図4(A)の電極構成を斜視図で示す。平面形状は矩形、円形、六角形など任意である。

【手続補正4】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 1 0

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 1 0】

本発明では粒子を集積する電極6-1を駆動電極、他方の電極6-2を共通電極と呼ぶ。細線状の駆動電極がセル全面に存在し、共通電極6-2との間の電界の方向で粒子は集積、分散を繰り返すことが出来る。勿論粒子は両電極で形成される垂直電界と水平電界の合成で集積、分散を果たすが、水平電界成分が不可欠であるため従来の垂直電界型粒子移動表示法と区別するために便宜上本願の粒子移動型表示法を水平(横)電界型粒子移動表示法と名づけている。電極間ピッチを適切に選べば、セルの周辺のみならず電極を設けた図1の場合に較べて特に画素が大きくなった場合応答速度が向上する。また粒子を移動させる電界強度は6-1と6-2の電極間距離、駆動電圧で決まるからセルサイズに拘わらず低電圧でも十分な電界を作用させることが可能になり、低電圧駆動で高速応答を実現できるこ

とになる。本願は駆動電極の断面のアスペクト比が大きい構成では駆動電極を基板表面に設けず基板間に設けたことによって主として粒子は駆動電極の表裏両面に付着することが可能となったため、粒子集積状態（明状態）で光を遮蔽する駆動電極部の光線遮断断面積を減じ、セルの光透過率を向上させたことを特徴としている。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

図3のように網状電極を基板間に設けるには一例として図5に示すように基板2に金属ないしITOなど電極6を成膜(A)、図4に示すような網状にパタン化(6-1, 6-2の材料が異なる場合は再度成膜&パタン化)して基板2上に網状電極対を形成(B)、ついでセル単位で網状電極部の下部をエッチングで掘り下げる(C)、高さがセルギャップdの約1/2の隔壁を設けた他方の基板1と位置合わせしてこの間に粒子分散系を挟み込んで図3の如きセル(D)が形成できる。ただし網状電極の支えは画素周辺の隔壁部のみであるから画素サイズに応じて十分な強度を確保する必要がある。図3の網状駆動電極に粒子を細幅で厚くおよび/ないしギャップ方向に広面積に薄く粒子を堆積した時、堆積時の透過率向上にはより有利になる。勿論電極形成の容易さから後に述べるアスペクト比の小さな図4(E)に示す如き駆動電極、共通電極を基板1、2のいずれかに直接設けてもよい。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0019】

図7を用いて本表示装置での粒子集積時の明状態でのセル透過率について述べる。十分ないんべい性が得られる濃度に微粒子を分散させた分散系中の粒子をすべて上基板に集積したと想定(粒子が双極性であってもとにかく全粒子を片側基板に集積したと想定)しこの時の粒子層の厚みをh、画素の面積をSとする(A)。1画素の表示面から見た粒子を堆積させる電極の総面積をsとし、分散粒子をすべてsの上下に仮に短形状に集積したとした明状態では、電極上の粒子層の厚みeは $h \cdot S / s / 2$ となる(B)。明状態はS - sを最大化すなわちsを最小化することで実現される。s/Sを駆動電極の面積率と定義する。面積率を10%、20%とすればほぼ90%、80%の透過率を実現できることになる。

しかしながらこの時のs上の粒子層の厚みeは各々hの5倍、2.5倍になる。すなわち図4(D)の如きアスペクト比の大きい電極では極小の面積の駆動電極に出来るだけ厚く粒子を積み上げ、また図4(E)の如きアスペクト比の小さな電極では上面(または下面ないしは上下両面)への粒子積み上げに加えて側面に出来るだけ広く、薄く粒子を堆積すれば高透過率と高コントラストを実現できることになる。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0020】

粒子を堆積させる駆動電極の断面形状は極めて重要である。駆動電極の断面を短形として表示面と平行方向のサイズをx、垂直方向の厚みをyとし、 x / y をアスペクト比と名づける。断面が互いに90度異なる構成の図7(B)、(C)では各々x、y

が基板に平行と考えている。仮に $S = 200 \mu$ 、 $h = 2 \mu$ 、1画素内に $\underline{x} = 20 \mu$ の駆動電極 ($\underline{y} = 0.2 \mu$ とする。従って図7(B), (C)でのアスペクト比は各々100、0.01である)が $n = 2$ 本設けてあるとすれば、図7(B)では $S \times h = \underline{x} \times 2 \times e \times 2$ より堆積粒子層厚 $e = 5 \mu$ 、粒子堆積時の画素透過率は $(S - \underline{x} \times 2) / S$ より $T = 80\%$ 。一方図7(C)では $e = 5 \mu$ 、粒子堆積時の画素透過率は $(S - (\underline{y} + 2e) \times 2) / S$ より $T = 89.8\%$ となりアスペクト比の小さい網状電極にセル厚方向に広面積に粒子を付着させることが透過率向上に有利となる。アスペクト比の小さな図4(E)の如き駆動電極を用いる時、駆動電極の側面の全面積を a とし、粒子をすべての側面に短形状に堆積させたと仮定すれば、 $S \times h = a \times e$ より、 a が大なる程粒子堆積層の厚み e は小さくなり、明状態の透過率を向上できる。図4(E)に代表される細幅、縦長の電極構成ではアスペクト比は少なくとも0.1以下であることが望ましい。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0021】

本発明でアスペクト比の大きい図4(D)の如き電極構成では粒子を堆積させる電極を両基板1, 2に接しない構成を推奨しているのは電極の上下両面に出来るだけ厚く粒子を堆積させるためである。また h が小すなわち隠ぺい力の高い粒子を用いるほど薄い粒子層で上記高パフォーマンスが実現できることが期待できる。隠ぺい力は粒子そのものの特性は勿論、粒径が深く関与し、隠ぺい力が高くなる粒径を選ぶべきである。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0022】

極小の面積率は図4の如き細線状または細幅状の電極を利用して実現でき、駆動電極幅と厚みは製造の容易さ、電極の機械的強度、信頼性および集積粒子層の安定性を考慮して最小幅で形成すべきである。線幅 $50 \mu\text{m}$ 以下、ライトバルブ等や図4(E)の如き細幅電極構成では数 μm 以下で用いるのが望ましい。たとえば $100 \mu\text{m}$ 幅の画素に $5 \mu\text{m}$ 幅の駆動電極を4本設けても面積率20%であり、電極をより細線化することによって面積率を10%以下にすることは可能である。図4(E)に示すようなたとえば駆動電極の厚みが $0.2 \mu\text{m}$ のアスペクト比の小さい縦長の駆動電極構成にすれば駆動電極の面積率は $(0.2 \times 4) / 100 = 0.8\%$ が実現できる。

粒子濃度を下げれば一般に粒子の移動速度は速くなり、分散系を厚くすれば低粒子濃度 (g/cm^3) でも隠ぺい性を高めることができる。しかしながら電極から遠のくほど粒子に作用する電界が弱まり、かつ電極に集積するには粒子は長い距離を移動する必要があり応答が遅くなる。経験上セルギャップ d は電極ピッチ p の $0.4 \sim 3.0$ 倍程度に選ぶと電界の波及性が確保され従ってオン(明)、オフ(暗)時の応答性が確保できる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0027】

本発明で用いる電極構成は図3、図4に示したものの他、種々の形式が利用可能である。まず図4(D)の如きアスペクト比の大なる電極を用いる場合について述べる。図8(A)は共通電極を両基板内面に、駆動電極と対向した位置に設けた場合を示す。基板間に介

在するのは共通電極だけであるから電極として図4の駆動電極形状のほか図9に示すように櫛型、渦型、網目状など種々の閉じられた形状の電極も使用できる。本願では図4、図9に示すような細線からなる面状電極を総称して網状駆動電極と名づける。駆動電極が共通電極に挟まれる構成であり、図3の場合より粒子に垂直方向の強い電界を印加でき、粒子を駆動電極両面に厚く堆積させるのに有効である。この場合共通電極は不透明であってもよい。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0033】

以上図3、図8の構成で網状駆動電極の断面にアスペクト比の小さなもの（すなわち表示面から見て細線状だが表示面と垂直方向に高さを有するもの）を用い駆動電極側面両面に広面積に粒子を堆積することによってセルの明状態の更なる透過率向上がはかれる。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0041】

カプセル粒子を用いるパネル構成は図3の構成のみでなく図8(A)～(F)のすべての構成に適用可能であることは言うまでもない。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0055

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0055】

図17にR、G、B並置カラーフィルタを用いる透過型フルカラーパネルの断面図を示す。現在の液晶カラーパネルのライトバルブとしての液晶を、白黒に透過率を変調できる微粒子を分散した分散系7に置き替えることによって構成している。すなわちX-Yマトリクス構成のAMアレ-13cが形成された透明ガラス基板2の画素部を図6(A)のようにエッチング等で凹みを設けカプセル粒子を配置して後駆動、共通電極対を設け、対応するAM素子と接続し、さらにストライプ状あるいはドット状にR、G、Bカラーフィルタ13a、ブラックマトリクス13bが設けられた透明基板1との間にカプセル粒子を配置して構成されている。各画素の電極は図3、図8に示す構成が選択できる。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0057

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0057】

図17のカラーパネルはR、G、B並置カラーフィルタないしR、G、B着色液を用いているため光変調素子への白色入射光の2/3をロスする欠点があるが、現状確立しているTFTアレ-の量産プロセスと設備がほぼそのまま利用できる利点があり、小型から100インチを超える大型までサイズを問わず製造可能である。液晶カラーパネルの場合と違って、視角拡大フィルム、偏光板、配向膜、配向処理プロセスなどは不要であり、プロセスの簡易化、部材の低減化に加えて、偏光板が不要であることからより明るく、広視角の表示を実現することができる。

【手続補正 15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0073】

【図1】は従来の横電界粒子移動型表示装置の原理を示す横断面図

【図2】は従来の横電界粒子移動型表示装置の原理を示す他の横断面図

【図3】は本発明の横電界粒子移動型表示装置の原理を示す横断面図

【図4】(A)～(C)は本発明の表示装置に用いる電極の正面図。(D)～(E)は(A)の構成の電極の部分斜視図。

【図5】は本発明の表示装置の形成プロセスを示す図

【図6】は本発明の表示装置に使用する隔壁付きシートの斜視図

【図7】は本発明の表示装置において明状態、暗状態を等価的に示す図

【図8】は本発明の表示装置の他の電極構成を示す横断面図

【図9】は本発明の表示装置に用いる他の電極の正面図

【図10】本発明の表示装置で粒子分散状態を作り出すための印加電圧波形の例

【図11】本発明の表示装置をカプセル粒子で構成した横断面図

【図12】本発明のC、M、Y分散系積層型カラーパネルの断面図

【図13】本発明の単純マトリクスパネルの電極製造工程と電極構成の正面図

【図14】発明の2端子AMアレー製造工程と電極構成の正面図

【図15】本発明の3端子AMパネルの画素部の電極構成の正面図

【図16】本発明のシリコン集積回路を下基板に用いた反射型AMライトバルブ製造時のパネル断面図

【図17】本発明のカラーフィルタ付きカラーパネルの断面図

【図18】本発明の単層マルチカラーパネルの動作原理を示す断面図

【図19】本発明のパネルをロールツーロールで製造する工程図の1例

【手続補正 17】

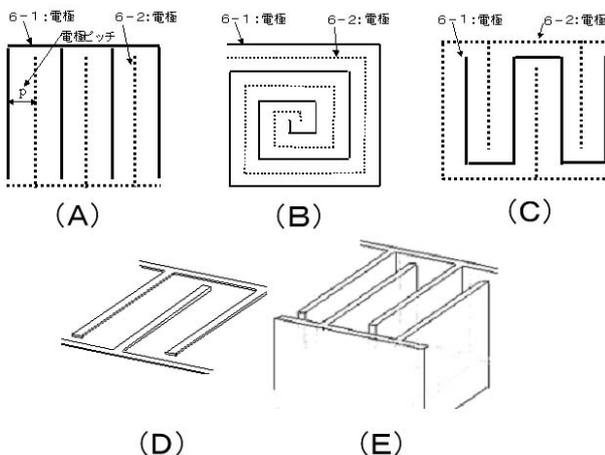
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図4】



【手続補正 18】

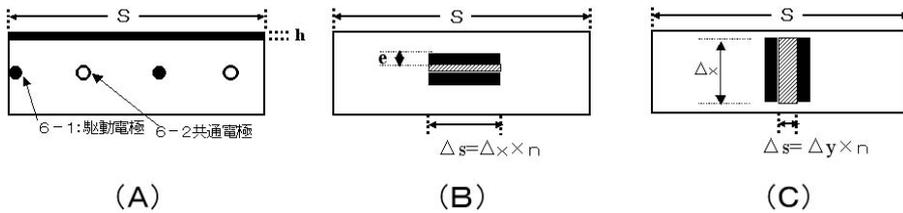
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 7】



【手続補正書】

【提出日】平成21年1月19日(2009.1.19)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】請求項 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項 1】

少なくとも一方は透明な基板間に、帯電した微粒子が液体、液晶またはガス媒体中に分散された分散系が挟まれてセルを構成しており、該微粒子を横電界で移動させて、分散状態の該微粒子の量を変調することによって該セルの基板に垂直方向の光透過性を変化させる横電界粒子移動型表示装置において、該分散系に電界を印加するために網状駆動電極と共通電極が設けられており、(1) 該微粒子を該網状駆動電極の上下両面に堆積させるか、(2) 駆動電極、共通電極は共にセル厚方向に薄板状で互いに相対向して配置されており、電極の主側面両面に該粒子を堆積する駆動電極がセル内に少なくとも1つ設けられているかいずれかであることを特徴とした表示装置

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0001】

少なくとも一方は透明な基板間に、帯電した微粒子が液体、液晶またはガス媒体中に分散された分散系が挟まれてセルを構成しており、該微粒子を横電界で移動させて、分散状態の該微粒子の量を変調することによって該セルの基板に垂直方向の光透過性を変化させる横電界粒子移動型表示装置において、電界を印加するために網状駆動電極と共通電極が設けられており、(1) 該微粒子を該網状駆動電極の上下両面に堆積させるか、(2) 駆動電極、共通電極は共にセル厚方向に薄板状で互いに相対向して配置されており、電極の主側面両面に該粒子を堆積する駆動電極がセル内に少なくとも1つ設けられているかいずれかであることを特徴とした表示装置であって、高精細小型パネルをライトバルブとした拡大投射表示、小型からメートルサイズの直視型表示装置、薄型フレキシブルな白黒およびフルカラー電子ペーパー表示、基本セルないし基本パネルを2次元状に多数配列した数10メートルを超える超大型表示装置まで広範囲の表示サイズに適用でき、また反射専用、透過専用あるいは反射、透過両用に適用可能な表示装置とその製造法に関するものである。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0004】

他の構成は図2(A)、(B)に示されている。ここではコレクト電極4が網目状電極よりなり、粒子を透明カウンター電極3上に堆積させるかないしは粒子分散状態で暗状態、

網目状コレクト電極 4 上に堆積させた時明状態となる。

また他の構成では (C), (D) にそれぞれ正面図と断面図で示すように、隔壁の内面に正面から見て四角形の輪状カウンター電極 3、画素中央部に四角柱のコレクト電極 4 を設け、微粒子をコレクト電極ないしカウンター電極に集めて明状態、粒子分散状態で暗状態を実現するものである。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0005】

図 1 の如き電極構成及び表示モードでは駆動電圧の上昇、応答速度の低下を来たすという重大な問題を抱えていた。更に電子シャッターとして最重要な光線透過率、光線遮断率についても十分考慮されていなかった。従来図 1 の構成では両端のコレクト電極 4 の中間辺り(すなわちセル中央部)にある粒子は電界が弱い上に、明暗時にこれらの粒子をコレクト電極ないしカウンター電極中央部までもたすには長い距離を移動させる必要があり、明、暗の切替時間(応答速度)が極端に悪化する問題があった。また不均一電界中で面積の大きいベタ透明カウンター電極上に粒子を均一に堆積させることが困難であるため、コントラストに優れた表示を実現することが難かかった。

図 2 (A), (B) の如き電極構成及び表示モードでは確かに画素面内で電界強度を均一化した点で優れている。また暗状態を必ずしも粒子をカウンター電極に集積した状態ではなく、粒子がほぼ均一に分散した状態を用いていることも応答性改善に繋がる。図 2 (C), (D) は粒子分散状態を暗状態に用いているが、電極構成から駆動電圧の上昇、応答速度の低下が避けられない。また不均一電界下での粒子脱着ゆえ表示ムラの発生が避けられなかった。さらに図 1, 2 の従来例では分散粒子量、コレクト電極幅、電極ピッチ、セル厚等について実用面からの検討がなされておらず、高コントラスト、高透過率、低電圧駆動、高速応答を実現する条件も提示されていなかったために実用性に乏しいものであった。

【特許文献 1】特開昭 49 - 24695 公報

【特許文献 2】特開平 03 - 91722 公報

【特許文献 3】USP 5,745,094

【特許文献 4】特開平 9 - 211499

【特許文献 5】特開 2001 - 201770

【特許文献 6】特開 2004 - 20818

【特許文献 7】特表 2005 - 500572

【特許文献 8】特開 2002 - 333643

【特許文献 9】特開 2003 - 248244

【特許文献 10】特開 2005 - 3964

【特許文献 11】特開 2004 - 258615

【特許文献 12】特開 2004 - 252277

【特許文献 13】特開 2002 - 122890

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

図 3 のように網状電極を基板間に設けるには一例として図 5 に示すように基板 2 に金属ないし ITO など電極 6 を成膜 (A)、図 4 に示すような網状にパタン化 (6-1, 6-2 の材料が異なる場合は再度成膜 & パタン化) して基板 2 上に網状電極対を形成 (B)、つ

いでセル単位で網状電極部の下部をエッチングで掘り下げる(C)、高さがセルギャップdの約1/2の隔壁を設けた他方の基板1と位置合わせしてこの間に粒子分散系を挟み込んで図5の如きセル(D)が形成できる。ただし網状電極の支えは画素周辺の隔壁部のみであるから画素サイズに応じて十分な強度を確保する必要がある。図3の網状駆動電極に粒子を細幅で厚く、ないしギャップ方向に広面積に薄く粒子を堆積した時、堆積時の透過率向上にはより有利になる。勿論電極形成の容易さから後に述べるアスペクト比の小さな図4(E)に示す如き駆動電極、共通電極を基板1、2のいずれかに直接設けてもよい。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0019】

図7を用いて本表示装置での粒子集積時の明状態でのセル透過率について述べる。十分ないんぺい性が得られる濃度に微粒子を分散させた分散系中の粒子をすべて上基板に集積したと想定(粒子が双極性であってもとにかく全粒子を片側基板に集積したと想定)しこの時の粒子層の厚みをh、画素の面積をSとする(A)。1画素の表示面から見た粒子を堆積させる電極の総面積をsとし、分散粒子をすべてsの上下に仮に短形状に集積したとした明状態では、電極上の粒子層の厚みeは $h \cdot S / s / 2$ となる(B)。明状態は $S - s$ を最大化すなわちsを最小化することで実現される。s/Sを駆動電極の面積率と定義する。面積率を10%、20%とすればほぼ90%、80%の透過率を実現できることになる。

しかしながらこの時のs上の粒子層の厚みeは各々hの5倍、2.5倍になる。すなわち図4(D)の如きアスペクト比の大きい電極では極小の面積の駆動電極に出来るだけ厚く粒子を積み上げ、また図4(E)の如きセル厚方向に板状のアスペクト比の小さな電極では面積の大きい主側面に出来るだけ広く、薄く粒子を堆積すれば高透過率、高コントラスト、高速応答を実現できることになる。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0020】

粒子を堆積させる駆動電極の断面形状は極めて重要である。図4(A)に示すようにA-A'で切った駆動電極の断面を短形として表示面と平行方向の幅をx、セル厚方向の高さをyとし、x/yをアスペクト比と名づける。断面が互いに90度異なる構成の図7(B)、(C)では各々x、yが基板に平行と考えている。仮に $S = 200 \mu\text{m}^2$ 、 $h = 2 \mu\text{m}$ 、1画素内に $x = 20 \mu\text{m}$ の駆動電極($y = 0.2 \mu\text{m}$ とする。従って図7(B)、(C)でのアスペクト比は各々100、0.01である)がn=2本設けてあるとすれば、図7(B)では $S \times h = x \times 2 \times e \times 2$ より堆積粒子層厚 $e = 5 \mu\text{m}$ 、粒子堆積時の画素透過率は $(S - x \times 2) / S$ より $T = 80\%$ 。一方図7(C)では $e = 5 \mu\text{m}$ 、粒子堆積時の画素透過率は $(S - (y + 2e) \times 2) / S$ より $T = 89.8\%$ となりアスペクト比の小さい網状電極にセル厚方向に広面積に粒子を付着させることが透過率向上に有利となる。アスペクト比の小さな図4(E)の如き駆動電極を用いる時、駆動電極の側面の全面積をaとし、粒子をすべての側面に短形状に堆積させたと仮定すれば、 $S \times h = a \times e$ より、aが大なる程粒子堆積層の厚みeは小さくなり、明状態の透過率を向上できる。図4(E)に代表される細幅、縦長の電極構成ではセルギャップにほぼ等しい電極高さで用いられ、アスペクト比は少なくとも0.1以下であることが望ましい。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0 0 2 2

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 2 2 】

極小の面積率は図4の如き細線状または細幅状の電極を利用して実現でき、駆動電極幅と厚みは製造の容易さ、電極の機械的強度、信頼性および集積粒子層の安定性を考慮して最小幅で形成すべきである。線幅50 μm 以下、ライトバルブ等や図4(E)の如き細幅電極構成では数 μm 以下で用いるのが望ましい。たとえば100 μm 幅の画素に5 μm 幅の駆動電極を4本設けても面積率20%であり、電極をより細線化することによって面積率を10%以下にすることは可能である。図4(E)に示すようなたとえば駆動電極の厚みが0.2 μm のアスペクト比の小さい縦長の駆動電極構成にすれば駆動電極の面積率は $(0.2 \times 4) / 100 = 0.8\%$ が実現できる。

粒子濃度を下げれば一般に粒子の移動速度は速くなり、分散系を厚くすれば低粒子濃度(g/cm³)でも隠ぺい性を高めることができる。図4(D)の如きアスペクト比大の電極の上下両面に粒子を堆積させる構成のセルでは、電極から遠のくほど粒子に作用する電界が弱まり、かつ電極に集積するには粒子は長い距離を移動する必要があり応答が遅くなる。経験上セルギャップdは電極ピッチpの0.4~3.0倍程度に選ぶと電界の波及性が確保され従ってオン(明)、オフ(暗)時の応答性が確保できる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 2 3

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 2 3 】

電気泳動での粒子移動で実用的な応答性実現には先述の通り0.2~2V/ μm 程度の電界強度が必要であり、画素サイズに係らずこの電界強度は確保したい。図4(A)に示す電極ピッチpを5~100 μm 程度に選び、セルギャップdを電極ピッチpの0.4~3.0倍(2 μm ~300 μm)にすれば、電極ピッチにほぼ比例した電圧を印加するとの前提に立てば、対向電極間電圧1V~200Vで上記電界強度0.2~2V/ μm がほぼ確保できる。直視型ディスプレイに限れば電極ピッチは20~50 μm 程度、セルギャップ8~150 μm 、印加電圧4~100Vが実用的である。公衆表示の超大型ディスプレイで画素が数mm~数cmのものでも電極ピッチを上記20~50 μm 程度で構成すれば十分低電圧で駆動できることになる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 2 7

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 2 7 】

本発明で用いる電極構成は図3、図4に示したものの他、種々の形式が利用可能である。まず図4(D)の如きアスペクト比の大なる電極を用いる場合について述べる。図8(A)は共通電極を両基板内面に、駆動電極と対向した位置に設けた場合を示す。駆動、共通電極はそれぞれ別基板上であるから電極として図4の形状のほか図9に示すように櫛型、渦型、網目状など種々の閉じられた形状の電極も使用できる。本願では図4、図9に示すような細線からなる面状電極を総称して網状駆動電極と名づける。駆動電極が共通電極に挟まれる構成であり、図3の場合より粒子に垂直方向の強い電界を印加でき、粒子を駆動電極上下両面に厚く堆積させるのに有効である。この場合共通電極は不透明でよい。

【手続補正11】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 3 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0033】

以上図3の構成で網状駆動電極の断面にアスペクト比の小さなもの（すなわち表示面から見て細線状だが表示面と垂直方向に高さを有するもの）を用い駆動電極側面両面に広面積に粒子を堆積することによってセルの明状態の更なる透過率向上がはかれる。

図2(C)、(D)のように画素中央部に柱状電極、画素周辺部に輪状電極を設けた従来の構成の最大の難点は画素内での電界の不均一性である。画素内の不均一電界のため画素内での場所的粒子濃度の均一性が確保できず、明状態、暗状態の劣化を生じ、画素間での特性のバラツキが表示ムラとなって現れるのは必然である。しかるに図4(E)では画素内での電界の均一性が著しく向上するからこの問題から解放されることが十分期待できる。一方直視型表示の中精細度では画素ピッチ300μm程度であり、図2(C)では電極間距離が最短でも約150μmになってしまい、高電圧、低速駆動が避けられなかった。しかるに図4(E)では駆動電極と共通電極間ピッチを自由に選択できるから電極面積率増大と視野角低下が許容できる範囲で画素内に複数の電極を挿入することで画素サイズに拘わらず低電圧、高速応答が実現できる利点がある。また図2(C)の構成では粒子を堆積できる大面積電極は周囲4面のみに制約される。ほぼ同等の面積は3電極構成の図4(E)で実現できる。平板電極に同じ厚みのものを使用すれば電極面積率は図4(E)の方が柱電極部を無視しても $3/4 = 75\%$ ですみより明るい表示を実現できる。図2(C)と同じ面積率なら画素内に2枚の電極を挿入でき、6面分の粒子堆積面積を確保できるから電界強度の上昇に加えて薄い粒子層の着脱で明・暗を切り替えることが可能になり応答速度を顕著に向上することができる。これまで平板電極の片面のみに粒子を堆積する構成は図3, 4などで提案されているが、表示面と垂直方向に面積の大きい平板電極の両面に粒子を堆積する構成は本願が初めてである。これによって厚みの薄い堆積粒子層で高明透過率の実現、堆積粒子層による電界減衰を免れることによる応答速度の向上を、ほぼ同サイズ、同形状の駆動、共通電極間での粒子移動の実現により画素内での粒子濃度の均一化を果たすなど種々の表示性能において本願図4(E)の構成の優位さは歴然としている。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0035

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0035】

本発明で駆動電極と共通電極の電極間ピッチPとは両者が同一面にある構成((D))では図4(A)に記載の通り、同一面内の電極ピッチであり、両者が異なる面にある構成((A)~(C)、(E)、(F))ではピッチPは駆動電極のピッチを意味する。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0041】

カプセル粒子を用いるパネル構成は図3のアスペクト比大の上下電極堆積型、アスペクト比小の板状電極対向型構成のみでなく図8(A)~(F)のすべての構成に適用可能であることは言うまでもない。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0057

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0057】

図17のカラーパネルはR、G、B並置カラーフィルタないしR、G、B着色液を用いているため光変調素子への白色入射光の2/3をロスする欠点があるが、現状確立しているTFTアレーの量産プロセスと設備がほぼそのまま利用できる利点があり、小型から100インチを超える大型までサイズを問わず製造可能である。液晶カラーパネルの場合と違って、視角拡大フィルム、偏光板、配向膜、配向処理プロセスなどは不要であり、プロセスの簡易化、部材の低減化に加えて、偏光板が不要であることからより明るく、広視角の表示を実現することができる。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0059

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0059】

図18では粒子の移動速度の違いを利用して多色表示する例について述べたが、電極に堆積した粒子を逆極性電圧の印加で電極から脱着させるのに粒子ならびに電極の性質により閾値電圧が存在する場合がある。異なる色の微粒子のこの閾値性の違いは有効に利用可能である。第一、第二粒子の閾値を各々 V_1 、 V_2 ($V_1 > V_2$)とし、 $V_1 > V > V_2$ の電圧 V では第二粒子のみ分散させることが出来、 $V > V_1$ の電圧 V では主として第一粒子のみの分散状態を生じさせることが出来るからである。また $V > V_1$ のAC電圧で混合分散色を得ることができ、泳動速度の違いと併せて閾値性の違いも粒子の選択的分散に有効に活用でき、簡単な構成のパネルでマルチカラー表示が可能となる。

図18では図4(D)の電極構成について述べたが図4(E)のセル構成も移動速度違い、ないし閾値性の違いを利用して単板セルでのマルチカラー表示に有効に利用できることは言うまでもない。

【手続補正16】

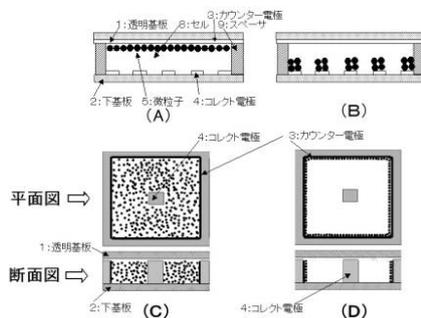
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図2】



【手続補正17】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 図 4 】

