

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-519727  
(P2004-519727A)

(43) 公表日 平成16年7月2日(2004.7.2)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G02F 1/167

F I

G02F 1/167

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2002-572498 (P2002-572498)  
 (86) (22) 出願日 平成14年2月28日 (2002. 2. 28)  
 (85) 翻訳文提出日 平成15年7月30日 (2003. 7. 30)  
 (86) 国際出願番号 PCT/IB2002/000611  
 (87) 国際公開番号 W02002/073304  
 (87) 国際公開日 平成14年9月19日 (2002. 9. 19)  
 (31) 優先権主張番号 01200952.8  
 (32) 優先日 平成13年3月14日 (2001. 3. 14)  
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)  
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR) , CN, JP, KR

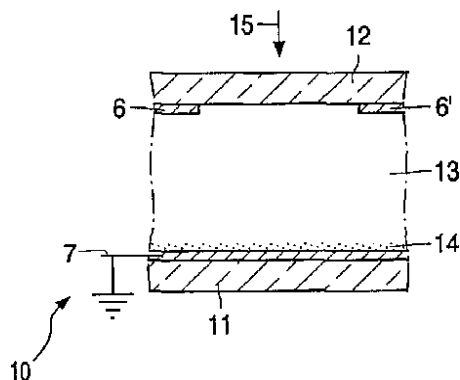
(71) 出願人 590000248  
 コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴィ  
 Koninklijke Philips Electronics N. V.  
 オランダ国 5621 ペーアー アインドーフェン フルーネヴァウツウェeg 1  
 Groenewoudseweg 1, 5621 BA Eindhoven, The Netherlands  
 (74) 代理人 100087789  
 弁理士 津軽 進  
 (74) 代理人 100114753  
 弁理士 宮崎 昭彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気泳動ディスプレイデバイス

(57) 【要約】

電気泳動ディスプレイにおいて、2つの状態を操作するための従来の電極(6, 7)に加えて別の電極(6')を導入することにより、グレー値が実現される。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

画素を種々の光学状態にする駆動手段に加えて、電気泳動媒体及び2つの切り替え電極を有する少なくとも一つの画素を含む電気泳動ディスプレイデバイスであって、前記画素は、少なくとも一つの別の電極と、電圧を介して中間の光学状態を実現する駆動手段とを含む電気泳動ディスプレイデバイス。

**【請求項 2】**

請求項 1 記載の電気泳動ディスプレイデバイスであって、前記ディスプレイデバイスは、選択前に、規定された状態に画素を導くための手段を含む電気泳動ディスプレイデバイス。

10

**【請求項 3】**

請求項 1 記載の電気泳動ディスプレイデバイスであって、前記電気泳動媒体は、切り替え電極をそれぞれ含み、少なくとも一つの基板が前記別の電極を備える、2つの基板間に存在する電気泳動ディスプレイデバイス。

**【請求項 4】**

請求項 1 又は請求項 2 記載の電気泳動ディスプレイデバイスであって、前記電気泳動媒体は、マイクロカプセル内に存在する電気泳動ディスプレイデバイス。

**【請求項 5】**

請求項 1 又は請求項 3 記載の電気泳動ディスプレイデバイスであって、画素が互いにバリアにより分離されている電気泳動ディスプレイデバイス。

20

**【請求項 6】**

請求項 1 記載の電気泳動ディスプレイデバイスであって、前記電気泳動媒体は、2つの基板間に存在し、一つの基板が前記切り替え電極及び前記別の電極を含む電気泳動ディスプレイデバイス。

**【請求項 7】**

請求項 3 又は請求項 6 記載の電気泳動ディスプレイデバイスであって、前記切り替え電極がくし型で互いに組み合わせられている電気泳動ディスプレイデバイス。

**【請求項 8】**

請求項 3 又は請求項 6 記載の電気泳動ディスプレイデバイスであって、前記別の電極は、誘電材料の層により前記切り替え電極から分離されている電気泳動ディスプレイデバイス。

30

**【請求項 9】**

請求項 8 記載の電気泳動ディスプレイデバイスであって、前記別の電極の部分が2つの切り替え電極の歯の間に配置されている電気泳動ディスプレイデバイス。

**【請求項 10】**

請求項 1 記載の電気泳動ディスプレイデバイスであって、前記電気泳動媒体がプリズム構造内に存在する電気泳動ディスプレイデバイス。

**【請求項 11】**

請求項 10 記載の電気泳動ディスプレイデバイスであって、前記プリズム構造は、前記2つの切り替え電極を有するそのベースの近くに与えられ、前記別の電極は、前記プリズム構造の上部近くに配置される電気泳動ディスプレイデバイス。

40

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、画素を種々の光学状態にし得る駆動手段に加えて、電気泳動媒体を有する少なくとも一つの画素と、2つの切り替え電極と、を含む電気泳動ディスプレイデバイスに関する。切り替え電極がこの出願において言及される場合、所望により、それは、切り替え素子の外部又は切り替え素子を介して一つの及び同じ電圧を供給する複数のサブ電極に分割されていても良い。

**【0002】**

50

**【従来の技術】**

電気泳動ディスプレイデバイスは、異なる透過率又は反射率を有する2つの極端な状態間での電場の影響下における帯電した、通常着色した粒子の移動に基づく。これらのディスプレイデバイスで、暗（着色）キャラクタが明（着色）背景に映され得る。その逆の場合も同様である。

**【0003】**

したがって、電気泳動ディスプレイデバイスは、「ホワイトペーパー」アプリケーション（電子新聞、電子日記）と呼ばれる紙の機能を引き継ぐディスプレイデバイスにおいてとりわけ使用される。

**【0004】**

2つの切り替え電極間に電気泳動媒体を有する既知の電気泳動ディスプレイデバイスにおいて、切り替え電極は駆動電圧を供給する。その後、画素は、排他的に2つの極端な光学状態に導かれ得る。そのとき、切り替え電極の一つは、例えば、ディスプレイ素子の上面で2つの互いに内部接続された狭い導電性ストリップとして実現される。ディスプレイ素子の全底部表面を覆う底部電極に対してこの切り替え電極の全体にわたる正の電圧で、帯電粒子（この例では負に帯電）は、2つの内部接続された狭い導電性ストリップにより規定された電位面に動く。（負に）帯電した粒子は、その後帯電粒子の色を呈するディスプレイ素子（画素）の前面の全体にわたり広がる。底部電極に対して切り替え電極の全体にわたる負の電圧で、（負に）帯電した粒子は、ディスプレイ素子（画素）が液体の色を呈するように底面の全体にわたり広がる。

10

20

**【0005】**

実際に、中間の光学状態（グレー値と呼ぶ）を表示するための要求がますます増加している。グレー値を導入する既知の方法は、大抵は十分なものではなかった。例えば、電気泳動ディスプレイデバイスは、遅すぎるので、時間重畳駆動期間（時間比グレースケール）を介してグレー値を導入することができない。異なる表面への画素の分割（面積比グレースケール）は、大抵互いのクロストークを防止するように異なるサブ画素間でのバリアが必要となる。

**【0006】****【課題を解決するための手段】**

本発明の目的はこの欠点に対処することである。本発明に係る電気泳動ディスプレイデバイスにおいては、グレー値（中間の光学状態）は、少なくとも一つの別の電極及びその別の電極に電圧を供給する駆動手段を画素に与えることにより導入される。

30

**【0007】**

本発明は、上記の例において、負に帯電した粒子が2つの電極間の表面の部分に向かって動くように、底部電極に対して切り替え電極の全体にわたる正の電圧で電場ラインが分布されるように、ディスプレイセル内の電場が別の電極の電圧により影響され得るという認識に基づく。切り替え電極及び一つ（又はそれ以上）の別の電極の全体にわたる電圧に依存して、より多い又はより少ない粒子が2つの電極間の表面に向かって動き、種々の中間の光学状態（グレー値）が得られる。

**【0008】**

設定が変わったときに、2つの電極間の表面の全体にわたる十分な分布を得るために、例えば、画素を選択前に規定された状態にすることにより、例えば、必要に応じて、小さい交流場部品と組み合わせて、リセットパルスを与えることにより、予め他の電極の全体にわたって均一に帯電粒子を広げることが好ましい。

40

**【0009】**

第1の実施の形態において、電気泳動媒体は、それぞれ切り替え電極を備え、少なくとも一つの電極が別の電極を備えた2つの電極間に存在する。そのとき、帯電粒子は、基板間の液体に存在し得るが、あるいは電気泳動媒体がマイクロカプセルに存在することも可能である。最初に言及するケースにおいて、画素は、バリアにより互いに分離され得る。

**【0010】**

50

別の実施の形態において、電気泳動媒体は、一つの基板が切り替え電極と別の電極とを含む2つの基板間に存在する。とりわけ、使用する場合には、"Development of InPlane EPD", SID 2000 Digest, pp. 24 - 27に記載されているような側面の効果になる。

【0011】

好ましい実施の形態においては、切り替え電極は、くし型であり、互いに組み合わせてあり、(絶縁された)別の電極の部分は、2つの切り替え電極の歯の間に配置される。あるいは、電気泳動媒体は、"New Reflective Display Based on Total Internal Reflection in Prismatic Microstructures", Proc. 20th IDRC conference, pp. 311 - 314 (2000)に記載されたプリズム構造に存在しても良い。

【0012】

【発明の実施の形態】

本発明のこれら及び他の態様は、以下に記載した実施の形態に関して明らかであり、説明されるであろう。

【0013】

図は、比較するために図示されてなく、対応する部分は、概して同じ参照番号で示される。

【0014】

図1は、本発明が適用可能であるディスプレイデバイスの一部の電氣的等価回路を示す。それは、選択電極7上の行及びデータ電極6上の列の交差部のエリアでの画素10のマトリクスを有する。行電極1~mは、行ドライバ4により連続して選択され、列電極1~nは、データレジスタ5を介してデータを与える。このため、入力データ2は、必要に応じてプロセッサ10でまず処理される。行ドライバ4とデータレジスタ5との間の相互の同期は、駆動ライン8を介して行われる。

【0015】

行ドライバ4及びデータレジスタ5からの駆動信号は画素10を選択する(パッシブ駆動と呼ぶ)。既知のデバイスにおいて、列電極6は、画素が交差部のエリアで2つの極端な状態の一つを呈するような、行電極7に関する電圧を得る(例えば、液体及び電気泳動粒子の色により黒又は着色されたもの)。

【0016】

所望により、行ドライバ4からの駆動信号は、ゲート電極が行電極7に電氣的に接続され、ソース電極21が列電極6に電氣的に接続されるように、薄膜トランジスタ(TFT)9を介して画像電極を選択し得る(アクティブ駆動と呼ぶ)。列電極6での信号は、画素10の、ドレイン電極に結合された画像電極にTFTを介して転送される。画素10の他の画像電極は、例えば一つ(又はそれ以上)の共通対向電極により、例えばグラウンドに接続される。図1の例において、そのようなTFT9は、一つのみ画素10に対して図によって示されている。

【0017】

本発明に係るディスプレイデバイスにおいては、それぞれの画素は、別の電極及び別の電極に電圧を供給するための駆動手段を備える。これは図2に示されており、第3の電極6'を備えたそのような画素の断面が示される。駆動手段は、例えばデータレジスタ5(及び場合によってはドライバの一部)と、追加の列電極6'(及びアクティブ駆動に場合に追加のTFT)を含む。

【0018】

画素10(図2)は、切り替え電極7を備えた、例えばガラス又は合成材料の第1の基板11と、切り替え電極6を備えた第2の透明基板とを有する。画素は、電気泳動媒体、例えばこの例では、正に帯電した黒い粒子14を含む白い懸濁液13で充填される。画素は、第3の電極の全体にわたる電圧を介して中間の光学状態を実現するように、第3の電極6'をさらに備える(及び必要であれば、上述したように、図2に示さない駆動手段を有

して)。これに関して、第3の電極6'はまた、2つの極端な状態間での切り替え挙動に影響を及ぼすことに留意されたい。以下でさらに説明されるように、この電極の全体にわたる電圧はまた、2つの極端な状態にも影響を及ぼす。

【0019】

例えば、図2Aにおいて、切り替え電極7はグラウンドに接続され、両電極6, 6'は電圧+Vに接続される。黒い粒子14(この例では、正に帯電される)は、最も低い電位の電極、この場合電極7に向かって動く。ビューイング方向15から見ると、ここでは画素は液体13の色(この場合白)を有する。図2Bにおいて、切り替え電極7はグラウンドに接続され、両電極6, 6'が電圧-Vに接続される。正に帯電された黒い粒子14は、最も低い電位に向って、この場合基板12に平行で並列した電極6, 6'により規定された電位面に向って動く。ビューイング方向15から見ると、ここでは画素は黒い粒子14の色を有する。また、図2Cにおいて、切り替え電極7はグラウンドに接続される。電極6は再び電圧-Vに接続される。しかしながら、電極7と同様に、第3の電極6'はここではグラウンドに接続される。正に帯電された黒い粒子14は、最も低い電位、この場合電極6の周りのエリアに向って動く。これは、図2Dに示すように、第3の電極6'が電圧+Vに接続されたときにさらにより強くなる。ビューイング方向15から見ると、ここでは画素は、部分的にのみ黒い粒子14の色及び部分的に白い液体の色を有する。それにより、グレーの色合いが得られる(図2Cの場合において暗いグレーであり、図2Dの場合において明るいグレーである)。これは、電位ラインが電極6, 6', 7全体にわたる電圧の6つの候補の組み合わせで示され、矢印16が粒子14に及ぼされた電氣的な力の方向を図によって示す、図3に関して説明されるであろう。

【0020】

粒子は、例えば液体における動きのために、基板上に位置されたままにならないので、スティック層(sticking layer)を与えることが有利である。

【0021】

液体の動きを制限する他の手段は、"Micro-encapsulated Electrophoretic Materials for Electronic Paper Displays", 20th IDRC conference, pp. 84-87 (2000)に記載されたようなマイクロカプセルの使用である。電気泳動媒体である、正に帯電した粒子14を含む液体13は、ここでは透明基板18におけるマイクロカプセル17に存在する(図4参照)。

【0022】

図4Aにおいて、切り替え電極7はまたグラウンド(0V)に接続され、電極6, 6'はまた電圧+Vに接続される。正に帯電された黒い粒子14は、最も低い電位の電極、この場合電極7に向って、すなわちマイクロカプセル17の最も低い部分に向って動く。ビューイング方向15から見ると、画素はまた液体13の色を有する。図4Bにおいて、切り替え電極7はグラウンドに接続され、両電極6, 6'は電圧-Vに接続される。ビューイング方向15から見ると、ここでは画素は黒い粒子14の色を有する。

【0023】

また、図4Cにおいて、切り替え電極7はグラウンドに接続される。電極6はまた電圧-Vに接続される。しかしながら、電極7と同様に、ここでは第3の電極はグラウンドに接続される。正に帯電された黒い粒子14は、最も低い電位に向って、この場合電極6に向って動き、最終的にはマイクロカプセル17の上部に多く存在する。ビューイング方向15から見ると、ここでは画素は暗いグレー色を有する。第3の電極6'が電圧+Vに接続されるとき、図4Dに示すように、粒子14は、最終的にはマイクロカプセル17の側部に沿って存在する。ここでは画素は、明るいグレー色を有する。

【0024】

図5のディスプレイデバイスにおいて、切り替え電極6, 7及び第3の電極6'は同じ基板11上に存在するが、第3の電極は誘電材料の層18により切り替え電極から分離されている。この例では、切り替え電極6, 7はくし型であり、互いに組み合わされており、

第3の電極6'の部分は2つの切り替え電極の歯の間に配置されている。くし型は必ずしも厳格である必要はない。2つの切り替え電極6,7間の横電界はまた十分である。図6に示す断面は、図5のディスプレイデバイスの完全な画素及び画素の一部を描写し得る。図2,3における方法と同じ方法で図示され、種々の電場構成が付随的な種々のグレー値を有して再び導入され得る。2つの画素に属する粒子14の混合を防止するために、壁又はバリア19が与えられ得る。複数の色が使用されるとき、しばしばこれらの壁又はバリア(画素の高さ全体にわたるか又はそうでないか)を与えることが望ましい。

#### 【0025】

電気泳動媒体はまた、"New Reflective Display Based on Total Internal Reflection in Prismatic Microstructures", Proc. 20th IDRC conference, pp. 311-314 (2000)に記載されているようなプリズム構造において存在しても良い。これは図7,8に示される。既知のデバイスは、(この例では)正に帯電した粒子を含有する液体13を含む中空(例えばガラス)三角形の繰り返し構造のプリズム構造を有する。電極6,7の全体にわたる電圧に依存して、正に帯電した粒子は、金属の(底部)電極7上又はITO(上部)電極6上に存在する。最初に言及したケースにおいて、入射ビームは、ガラス-液体界面で全反射を受け、反射される(矢印a)。第2のケースにおいて、入射ビームは、ガラス-液体界面で吸収される(矢印b)。

10

#### 【0026】

第3の電極6'を再び導入することにより、図2,4と同様に、付随的な種々のグレー値を有する種々の電場構成が再び導入され得る。光吸収する、正に帯電した粒子14が液体13において使用されるとき、構成8A,8B,8C及び8Dは、白、黒、暗いグレー及び明るいグレーの色に対応する。別の電極6''を導入することにより、電極6',6'で種々の電圧を供給すると、中間のグレー値が実現され得る(図8E参照)。

20

#### 【0027】

もちろん、本発明は上述した例に限定されない。例えば、4つの候補のグレーの色合いが上述した例で得られる。変動する電圧で複数のグレーの色合いが表示され得ること、及びアナログ方式でフルグレースケールが実現され得ることは明らかであろう。例として、図9における断面に図示されるように、屋根形状、球形又は円筒構造のような種々の変形例もまた、図8のプリズム構造の形状のための候補である。あるいは、液体13は、白いTiO<sub>2</sub>粒子14を含有する黒インクで充填されても良い。画素間のクロストークを防止するために、画素は、できる限り互いに電氣的に遮断されるべきである。これは、とても高い誘電定数を有する壁を与えることにより、又は壁を導電性にすることにより実現され得る。その導電性の壁は、電極7(グランド)に接続され得る。

30

#### 【0028】

実際には、一つ又はそれ以上の手段の組み合わせが適用可能である。

#### 【0029】

本発明の保護的範囲は記載された実施の形態に限定されない。

#### 【0030】

本発明は、それぞれの及びすべての新規な特徴的な形態並びにそれぞれの及びすべての特徴的な形態の組み合わせに存在する。請求項における参照番号はそれらの保護的範囲を限定しない。動詞「to comprise(含む)」及びその活用形は、請求項において述べられる要素以外の要素の存在を排除しない。要素に先行する冠詞「a」又は「an」は、そのような要素の複数の存在を排除しない。

40

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、ディスプレイデバイスを図によって示す。

【図2A】図2Aは、種々のグレー値(中間の光学状態)が実現される、本発明に係る電気泳動ディスプレイデバイスの画素を示す。

【図2B】図2Bは、種々のグレー値(中間の光学状態)が実現される、本発明に係る電気泳動ディスプレイデバイスの画素を示す。

50

【図 2 C】図 2 C は、種々のグレー値（中間の光学状態）が実現される、本発明に係る電気泳動ディスプレイデバイスの画素を示す。

【図 2 D】図 2 D は、種々のグレー値（中間の光学状態）が実現される、本発明に係る電気泳動ディスプレイデバイスの画素を示す。

【図 3】図 3 は、本発明の説明のため、本発明に係る電気泳動ディスプレイデバイスの画素における電場変動を示す。

【図 4 A】図 4 A は、種々のグレー値（中間の光学状態）が実現される、本発明に係る他の電気泳動ディスプレイデバイスを示す。

【図 4 B】図 4 B は、種々のグレー値（中間の光学状態）が実現される、本発明に係る他の電気泳動ディスプレイデバイスを示す。

【図 4 C】図 4 C は、種々のグレー値（中間の光学状態）が実現される、本発明に係る他の電気泳動ディスプレイデバイスを示す。

【図 4 D】図 4 D は、種々のグレー値（中間の光学状態）が実現される、本発明に係る他の電気泳動ディスプレイデバイスを示す。

【図 5】図 5 は、本発明に係る他の電気泳動ディスプレイデバイスの一部の平面図である。

【図 6】図 6 は、図 5 における V I - V I 線に沿う断面図である。

【図 7】図 7 は、本発明に係るさらに他の電気泳動ディスプレイデバイスを示す。

【図 8 A】図 8 A は、図 8 のディスプレイデバイスにおいてどのように種々のグレー値（中間の光学状態）を実現するかを示す。

【図 8 B】図 8 B は、図 8 のディスプレイデバイスにおいてどのように種々のグレー値（中間の光学状態）を実現するかを示す。

【図 8 C】図 8 C は、図 8 のディスプレイデバイスにおいてどのように種々のグレー値（中間の光学状態）を実現するかを示す。

【図 8 D】図 8 D は、図 8 のディスプレイデバイスにおいてどのように種々のグレー値（中間の光学状態）を実現するかを示す。

【図 8 E】図 8 E は、図 8 のディスプレイデバイスにおいてどのように種々のグレー値（中間の光学状態）を実現するかを示す。

【図 9】図 9 は、図 7 の変形例を示す。

10

20

【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
19 September 2002 (19.09.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 02/073304 A2

(51) International Patent Classification: G02F 1/167 (74) Agent: RAAP, Adrian, V.; Internationaal Octrooibureau B.V., Prof. Holstlaan 6, NL-5656 AA Eindhoven (NL).

(21) International Application Number: PCT/IB02/00611

(81) Designated States (national): CN, JP, KR.

(22) International Filing Date: 28 February 2002 (28.02.2002)

(84) Designated States (regional): European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

Published:  
— without international search report and to be republished upon receipt of that report

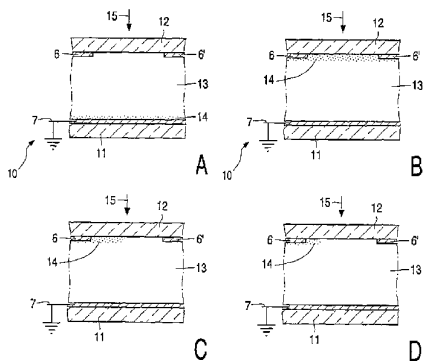
(30) Priority Data: 01200952.8 14 March 2001 (14.03.2001) IP

(71) Applicant: KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V. [NL/NL]; Groenewoudseweg 1, NL-5621 BA Eindhoven (NL).

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(72) Inventors: JOHNSON, Mark, T.; Prof. Holstlaan 6, NL-5656 AA Eindhoven (NL). DE BOER, Dirk, K., G.; Prof. Holstlaan 6, NL-5656 AA Eindhoven (NL).

(54) Title: ELECTROPHORETIC DISPLAY DEVICE



WO 02/073304 A2

(57) Abstract: In electrophoretic displays, grey values are realized by introducing a further electrode (6') in addition to the conventional electrodes (6, 7) for bistable operation.



WO 02/073304

PCT/IB02/00611

1

Electrophoretic display device

The invention relates to an electrophoretic display device comprising at least one pixel with an electrophoretic medium, and two switching electrodes, as well as drive means via which the pixel can be brought to different optical states. Where a switching electrode is mentioned in this application, it may be divided, if desired, into a plurality of sub-electrodes which are supplied with one and the same voltage either externally or via

5 switching elements.

Electrophoretic display devices are based on the motion of charged, usually colored particles under the influence of an electric field between two extreme states having a different transmissivity or reflectivity. With these display devices, dark (colored) characters

10 can be imaged on a light (colored) background, and vice versa.

Electrophoretic display devices are therefore notably used in display devices taking over the function of paper, referred to as the "white paper" applications (electronic newspapers, electronic diaries).

In the known electrophoretic display devices with an electrophoretic medium between two switching electrodes, the switching electrodes are supplied with drive voltages. The pixel may then be brought exclusively to two extreme optical states. One of the switching electrodes is then realized, for example, as two mutually interconnected narrow

15 conducting strips on the upper side of a display element. At a positive voltage across this switching electrode with respect to a bottom electrode covering the entire bottom surface of the display element, charged particles (negatively charged in this example) move to the potential plane which is defined by the two interconnected narrow conducting strips. The (negatively) charged particles spread across the front face of the display element (pixel) which then assumes the color of the charged particles. At a negative voltage across the

20 switching electrode with respect to the bottom electrode, the (negatively) charged particles spread across the bottom face so that the display element (pixel) assumes the color of the liquid.

In practice, there is an ever increasing need for displaying intermediate optical states (referred to as grey values). Known methods of introducing grey values are usually not

WO 02/073304

PCT/IB02/00611

2

satisfactory. For example, electrophoretic display devices are too slow to introduce grey values via time-weighted drive periods (time ratio grey scale). Division of the pixel into different surfaces (area ratio grey scale) usually requires barriers between the different sub-pixels so as to prevent mutual crosstalk.

5 It is an object of the present invention to meet this drawback. In an electrophoretic display device according to the invention, grey values (intermediate optical states) are introduced by providing the pixel with at least one further electrode and drive means for supplying the further electrode with electric voltages.

10 The invention is based on the recognition that the electric field within a display cell can be influenced by means of electric voltages on the further electrode in such a way that, in the example described above, the electric field lines at a positive voltage across the switching electrode with respect to the bottom electrode are disturbed in such a way that the negatively charged particles move towards a portion of the surface between the two electrodes. Dependent on the electric voltages across the switching electrodes and one (or  
15 more) further electrode(s), more or fewer particles move towards the surface between the two electrodes and different intermediate optical states (grey values) are obtained.

To obtain a satisfactory distribution across the surface between the two electrodes when the settings are changed, it is preferred to spread the charged particles uniformly across the other electrode in advance, for example, by bringing the pixel to a  
20 defined state prior to selection, for example, by giving a reset pulse, if necessary in combination with a small alternating field component.

In a first embodiment, the electrophoretic medium is present between two substrates, each of which is provided with a switching electrode, while at least one of the substrates is provided with the further electrode. The charged particles may then be present in  
25 a liquid between the substrates, but it is alternatively possible that the electrophoretic medium is present in a microcapsule. In the first-mentioned case, the pixels may be mutually separated by a barrier.

In a further embodiment, the electrophoretic medium is present between two substrates, one of the substrates comprising the switching electrodes and the further  
30 electrode, notably when use is made of a lateral effect as described in "Development of In-Plane EPD", SID 2000 Digest, pp. 24-27.

In a preferred embodiment, the switching electrodes are comb-shaped and interdigital, and parts of the (insulated) further electrode are situated between the teeth of the two switching electrodes. Alternatively, the electrophoretic medium may be present in a

WO 02/073304

PCT/IB02/00611

3

prismatic structure as described in "New Reflective Display Based on Total Internal Reflection in Prismatic Microstructures", Proc. 20<sup>th</sup> IDRC conference, pp. 311-314 (2000).

These and other aspects of the invention are apparent from and will be elucidated with reference to the embodiments described hereinafter.

5

In the drawings:

Fig. 1 shows diagrammatically a display device,

10 Fig. 2 shows a pixel of an electrophoretic display device according to the invention, in which different grey values (intermediate optical states) have been realized,

Fig. 3 shows the electric field variation in pixels of an electrophoretic display device according to the invention, for elucidating the invention,

Fig. 4 shows another electrophoretic display device according to the invention, in which different grey values (intermediate optical states) have been realized,

15 Fig. 5 is a plan view of a part of another electrophoretic display device according to the invention,

Fig. 6 is a cross-section taken on the line VI-VI in Fig. 5,

Fig. 7 shows yet another electrophoretic display device according to the invention, while

20 Fig. 8 shows how different grey values (intermediate optical states) have been realized in the display device of Fig. 8, and

Fig. 9 shows a variant of Fig. 7.

The Figures are diagrammatic and not drawn to scale; corresponding parts are generally denoted by the same reference numerals.

25

Fig. 1 shows an electric equivalent of a part of a display device 1 to which the invention is applicable. It comprises a matrix of pixels 10 at the area of crossings of row or selection electrodes 7 and column or data electrodes 6. The row electrodes 1 to m are consecutively selected by means of a row driver 4, while the column electrodes 1 to n are provided with data via a data register 5. To this end, incoming data 2 are first processed, if necessary, in a processor 10. Mutual synchronization between the row driver 4 and the data register 5 takes place via drive lines 8.

30 Drive signals from the row driver 4 and the data register 5 select a pixel 10 (referred to as passive drive). In known devices, a column electrode 6 acquires such a voltage

WO 02/073304

PCT/IB02/00611

4

with respect to a row electrode 7 that the pixel assumes one of two extreme states at the area of the crossing (for example, black or colored, dependent on the colors of the liquid and the electrophoretic particles).

5 If desired, drive signals from the row driver 4 may select the picture electrodes via thin-film transistors (TFTs) 9 whose gate electrodes are electrically connected to the row electrodes 7 and whose source electrodes 21 are electrically connected to the column electrodes 6 (referred to as active drive). The signal at the column electrode 6 is transferred via the TFT to a picture electrode, coupled to the drain electrode, of a pixel 10. The other picture electrodes of the pixel 10 are connected to, for example, ground, for example, by  
10 means of one (or more) common counter electrode(s). In the example of Fig. 1, such a TFT 9 is shown diagrammatically for only one pixel 10.

In a display device according to the invention, each pixel is provided with a further electrode and drive means for supplying the further electrode with electric voltages. This is shown in Fig. 2, in which a cross-section of such a pixel provided with a third  
15 electrode 6' is shown. The drive means comprise, for example, the data register 5 (and possibly a part of the driver), and extra column electrodes 6' (and an extra TFT in the case of active drive).

A pixel 10 (Fig. 2) comprises a first substrate 11, for example, of glass or a synthetic material, provided with a switching electrode 7, and a second, transparent substrate  
20 12 provided with a switching electrode 6. The pixel is filled with an electrophoretic medium, for example, a white suspension 13 containing, in this example, positively charged, black particles 14. The pixel is further provided with a third electrode 6' (and, if necessary, as described above, with drive means not shown in Fig. 2) so as to realize intermediate optical states via electric voltages across the third electrode. In this respect, it should be noted that  
25 the third electrode 6' also influences the switching behavior between the two extreme states. As will be further explained hereinafter, the voltage across this electrode also influences the two extreme states.

For example, in Fig. 2A, the switching electrode 7 is connected to ground, while both electrodes 6, 6' are connected to a voltage +V. The black particles 14 (positively  
30 charged in this example) move towards the electrode at the lowest potential, in this case the electrode 7. Viewed from the viewing direction 15, the pixel now has the color of the liquid 13 (which is white in this case). In Fig. 2B, the switching electrode 7 is connected to ground, while both electrodes 6, 6' are connected to a voltage -V. The positively charged, black particles 14 move towards the lowest potential, in this case towards the potential plane

WO 02/073304

PCT/IB02/00611

5

defined by the electrodes 6, 6', parallel to and just alongside the substrate 12. Viewed from the viewing direction 15, the pixel now has the color of the black particles 14.

Also in Fig. 2C, the switching electrode 7 is connected to ground. The electrode 6 is again connected to a voltage  $-V$ . However, similarly as electrode 7, the third electrode 6' is now connected to ground. The positively charged, black particles 14 move towards the lowest potential, in this case an area around electrodes 6. This is even more strongly the case when the third electrode 6' is connected to a voltage  $+V$ , as is shown in Fig. 2D. Viewed from the viewing direction 15, the pixel now has only partly the color of the black particles 14 and partly the color of the white liquid. A grey hue is thereby obtained (dark grey in the case of Fig. 2C and light grey in the case of Fig. 2D). This will be explained with reference to Fig. 3 in which the potential lines are shown for six possible combinations of voltages across the electrodes 6, 6', 7, and arrows 16 diagrammatically show the direction of the electric forces exerted on the particles 14.

Since the particles may not remain positioned on the substrate, for example, due to movement in the liquid, it may be advantageous to provide it with a sticking layer.

Another possibility of limiting the movement of the liquid is the use of microcapsules as described in "Micro-encapsulated Electrophoretic Materials for Electronic Paper Displays", 20<sup>th</sup> IDRC conference, pp. 84-87 (2000). The electrophoretic medium, a liquid 13 containing positively charged particles 14, is now present in microcapsules 17 in a transparent substrate 18 (see Fig. 4).

In Fig. 4A, the switching electrode 7 is again connected to ground (0 V), while the electrodes 6, 6' are again connected to a voltage  $+V$ . The positively charged, black particles 14 move towards the electrode at the lowest potential, in this case the electrode 7, i.e. towards the lowest part of the microcapsule 17. Viewed from the viewing direction 15, the pixel again has the color of the liquid 13. In Fig. 4B, the switching electrode 7 is connected to ground, while both electrodes 6, 6' are connected to a voltage  $-V$ . Viewed from the viewing direction 15, the pixel now has the color of the black particles 14.

Also in Fig. 4C, the switching electrode 7 is connected to ground. The electrode 6 is again connected to a voltage  $-V$ . However, similarly as electrode 7, the third electrode 6' is now connected to ground. The positively charged, black particles 14 move towards the lowest potential, in this case towards electrode 6 and are eventually largely present in the upper part of the microcapsule 17. Viewed from the viewing direction 15, the pixel now has a dark grey color. When the third electrode 6' is connected to a voltage  $+V$ , as

WO 02/073304

PCT/IB02/00611

6

is shown in Fig. 4D, the particles 14 are eventually present along an edge of the microcapsule 17. The pixel now has a light grey color.

In the display device of Fig. 5, the switching electrodes 6, 7 and the third electrode 6' are present on the same substrate 11, while the third electrode is separated from the switching electrodes by means of a layer 18 of a dielectric material. In this example, the switching electrodes 6, 7 are comb-shaped and interdigital, and parts of the third electrode 6' are situated between the teeth of the two switching electrodes. The comb shape is not strictly necessary. A lateral field between the two switching electrodes 6, 7 is also satisfactory. The cross-section shown in Fig. 6 may then depict both a complete pixel and a part of a pixel of the display device of Fig. 5. Illustrated in the same way as in Figs. 2, 3, various electric field configurations can be introduced again, with the attendant different grey values. To prevent mixing of particles 14 belonging to two pixels, walls or barriers 19 may be provided. When a plurality of colors is used, it is often desirable to provide these walls or barriers (either or not across the full height of the pixel).

The electrophoretic medium may also be present in a prismatic structure as described in "New Reflective Display Based on Total Internal Reflection in Prismatic Microstructures", Proc. 20th IDRC conference, pp. 311- 314 (2000). This is shown in Figs. 7, 8. The known device comprises a prismatic structure of (in this example) a repetitive structure of hollow (for example, glass) triangles comprising a liquid 13 which contains positively charged particles. Dependent on the voltages across the electrodes 6, 7, the positively charged particles are present on the (bottom) electrode 7 of metal or on the ITO (top) electrode 6. In the first-mentioned case, an incident beam undergoes total reflection on the glass-liquid interface and is reflected (arrow a). In the second case, an incident beam is absorbed on the glass-liquid interface (arrow b).

By introducing a third electrode 6' again, various electric field configurations with the attendant different grey values may be introduced again, similarly as in the examples of Figs. 2 and 4. When light-absorbing, positively charged particles 14 are used in a liquid 13, the configurations 8A, 8B, 8C and 8D correspond to the colors white, black, dark grey and light grey. By introducing a further electrode 6'', with the electrodes 6', 6'' being supplied with different voltages, intermediate grey values can be realized (see Fig. 8E).

The invention is of course not limited to the examples described above. For example, four possible grey hues are obtained in the examples described above. It will be evident that a plurality of grey hues can be displayed at varying voltages and that a full grey scale can be realized in an analog manner. Several variations are also possible for the shape

WO 02/073304

PCT/IB02/00611

7

of the prismatic structure of Fig. 8, such as roof-shaped, spherical or cylindrical structures, as is shown diagrammatically in a cross-section, by way of example, in Fig. 9. Alternatively, the liquid 13 may be filled with a black ink containing white TiO<sub>2</sub> particles 14. To prevent crosstalk between pixels, the pixels should be electrically shielded from each other as much as possible. This may be realized by providing walls having a very high dielectric constant, or by conducting walls. The conducting walls may be connected to electrode 7 (ground).

5

A combination of one or more of said possibilities is alternatively applicable in practice.

The protective scope of the invention is not limited to the embodiments described.

10

The invention resides in each and every novel characteristic feature and each and every combination of characteristic features. Reference numerals in the claims do not limit their protective scope. Use of the verb "to comprise" and its conjugations does not exclude the presence of elements other than those stated in the claims. Use of the article "a" or "an" preceding an element does not exclude the presence of a plurality of such elements.

15

WO 02/073304

PCT/IB02/00611

8

## CLAIMS:

1. An electrophoretic display device comprising at least one pixel with an electrophoretic medium, and two switching electrodes, as well as drive means via which the pixel can be brought to different optical states, wherein the pixel comprises at least one further electrode and drive means for realizing intermediate optical states via electric  
5 voltages.
2. An electrophoretic display device as claimed in claim 1, wherein the display device comprises means for bringing the pixel to a defined state, prior to selection.
- 10 3. An electrophoretic display device as claimed in claim 1, wherein the electrophoretic medium is present between two substrates each comprising a switching electrode, at least one of the substrates being provided with the further electrode.
4. An electrophoretic display device as claimed in claim 1 or 2, wherein the  
15 electrophoretic medium is present in a microcapsule.
5. An electrophoretic display device as claimed in claim 1 or 3, wherein pixels are mutually separated by a barrier.
- 20 6. An electrophoretic display device as claimed in claim 1, wherein the electrophoretic medium is present between two substrates, one of the substrates comprising the switching electrodes and the further electrode.
7. An electrophoretic display device as claimed in claim 3 or 6, wherein the  
25 switching electrodes are comb-shaped and interdigital.
8. An electrophoretic display device as claimed in claim 3 or 6, wherein the further electrode is separated from the switching electrodes by a layer of dielectric material.



WO 02/073304

PCT/IB02/00611

9

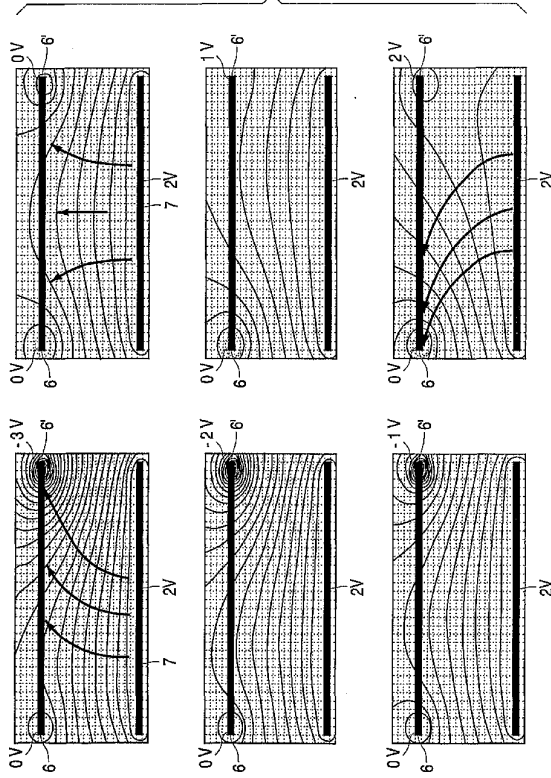
9. An electrophoretic display device as claimed in claim 8, wherein parts of the further electrode are situated between the teeth of the two switching electrodes.

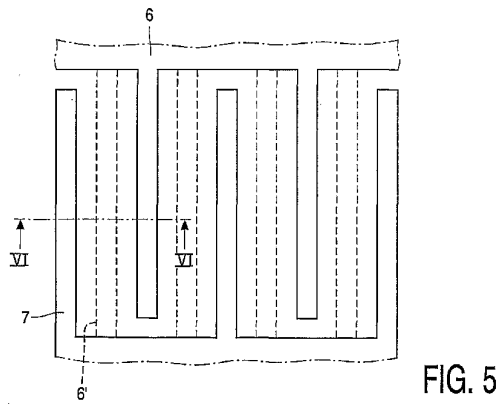
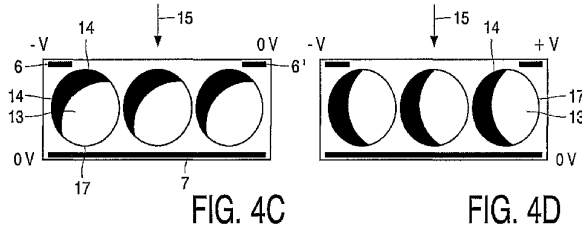
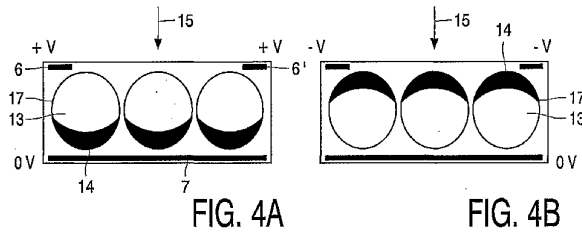
10. An electrophoretic display device as claimed in claim 1, wherein the  
5 electrophoretic medium is present in a prismatic structure.

11. An electrophoretic display device as claimed in claim 10, wherein the prismatic structure is provided proximate to its base with the two switching electrodes, and the further electrode is situated proximate to the top of the prismatic structure.



FIG. 3







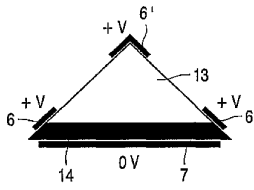


FIG. 8A

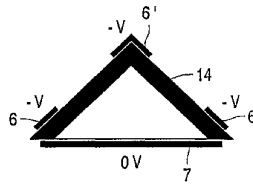


FIG. 8B

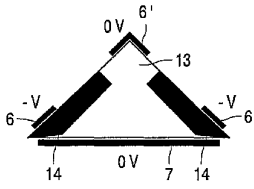


FIG. 8C

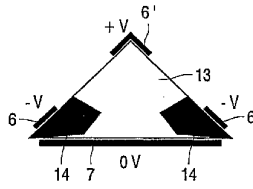


FIG. 8D

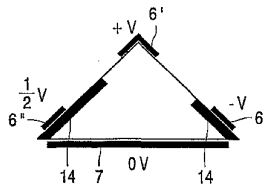


FIG. 8E

【 国際公開パンフレット ( コレクトバージョン ) 】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
19 September 2002 (19.09.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 02/073304 A3**

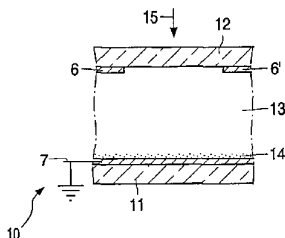
- (51) International Patent Classification: **G02F 1/167**
- (21) International Application Number: **PCT/IB02/00611**
- (22) International Filing Date: 28 February 2002 (28.02.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: 01200952.8 14 March 2001 (14.03.2001) EP
- (71) Applicant: **KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.** [NL/NL]; Groenewoudseweg 1, NL-5621 BA Eindhoven (NL).
- (74) Agent: **RAAP, Adriaan, Y.**; Internationaal Octrooibureau B.V., Prof. Holstlaan 6, NL-5656 AA Eindhoven (NL).
- (81) Designated States (*national*): CN, JP, KR.
- (84) Designated States (*regional*): European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IR, IT, I.U., MC, NL, PT, SE, TR).
- Published:**  
— with international search report  
— before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments
- (88) Date of publication of the international search report: 21 November 2002

(72) Inventors: **JOHNSON, Mark, T.**; Prof. Holstlaan 6, NL-5656 AA Eindhoven (NL). **DE BOER, Dirk, K., G.**; Prof. Holstlaan 6, NL-5656 AA Eindhoven (NL).

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*



(54) Title: ELECTROPHORETIC DISPLAY DEVICE



(57) Abstract: In electrophoretic display is disclosed, in which grey values are realized by introducing a further electrode (6') in addition to the conventional electrodes (6, 7) for bistable operation.

WO 02/073304 A3

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		In ternational Application No PCT/IB 02/00611
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G02F1/167		
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) IPC 7 G02F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 99 53373 A (E INK CORP) 21 October 1999 (1999-10-21) figures 3E-3M, 4A, 4B	1-11
A	KISHI, E. ET AL: "Development of In-plane EPD" SID INTERNATIONAL SYMPOSIUM DIGEST OF TECHNICAL PAPERS, May 2000 (2000-05), pages 24-27, XP001086658 cited in the application the whole document	7
A	US 6 172 798 B1 (ALBERT JONATHAN D ET AL) 9 January 2001 (2001-01-09) figure 4C	10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in 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 document 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) *C* 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. *S* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
4 September 2002	13/09/2002	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer G111, R	



INTERNATIONAL SEARCH REPORT Information on patent family members				International Application No. PCT/IB 02/00611				
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date					
WO 9953373	A	21-10-1999	AU	3487599 A	01-11-1999			
			CA	2300827 A1	04-03-1999			
			CA	2300830 A1	04-03-1999			
			CA	2300849 A1	04-03-1999			
			CA	2321131 A1	21-10-1999			
			EP	1070276 A1	24-01-2001			
			JP	2002511607 T	16-04-2002			
			WO	9953373 A1	21-10-1999			
			US	6262706 B1	17-07-2001			
			US	6177921 B1	23-01-2001			
			US	6249271 B1	19-06-2001			
			US 6172798	B1	09-01-2001	US	6130774 A	10-10-2000
						AU	3767899 A	16-11-1999
CA	2300827 A1	04-03-1999						
CA	2300830 A1	04-03-1999						
CA	2300849 A1	04-03-1999						
CA	2329173 A1	04-11-1999						
EP	1075670 A1	14-02-2001						
JP	2002513169 T	08-05-2002						
US	2002089735 A1	11-07-2002						
WO	9956171 A1	04-11-1999						
US	6252564 B1	26-06-2001						
US	6118426 A	12-09-2000						
US	6262706 B1	17-07-2001						
US	6067185 A	23-05-2000						
US	6300932 B1	09-10-2001						
US	6232950 B1	15-05-2001						
US	6392785 B1	21-05-2002						
US	6249271 B1	19-06-2001						
US	2002018042 A1	14-02-2002						

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national application No.  
PCT/IB 02/00611

Box III TEXT OF THE ABSTRACT (Continuation of item 5 of the first sheet)

An electrophoretic display is disclosed, in which grey values are realized by introducing a further electrode (6') in addition to the conventional electrodes (6, 7) for bistable operation.

---

フロントページの続き

(74)代理人 100121083

弁理士 青木 宏義

(72)発明者 ジョンソン マーク ティー

オランダ国 5 6 5 6 アーアー アインドーフエン プロフ ホルストラーン 6

(72)発明者 デ ボエル デイルク ケイ ジー

オランダ国 5 6 5 6 アーアー アインドーフエン プロフ ホルストラーン 6