

(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2004-522983

(P2004-522983A)

(43) 公表日 平成16年7月29日(2004.7.29)

(51) Int.Cl.⁷

G02F 1/1335

G02B 5/30

G02F 1/13363

G09F 9/35

F I

G02F 1/1335 510

G02B 5/30

G02F 1/13363

G09F 9/35

テーマコード (参考)

2H049

2H091

5C094

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 91 頁)

(21) 出願番号 特願2002-532996 (P2002-532996)
 (86) (22) 出願日 平成13年9月21日 (2001.9.21)
 (85) 翻訳文提出日 平成15年3月31日 (2003.3.31)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2001/029610
 (87) 国際公開番号 W02002/029484
 (87) 国際公開日 平成14年4月11日 (2002.4.11)
 (31) 優先権主張番号 09/676, 138
 (32) 優先日 平成12年9月29日 (2000.9.29)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

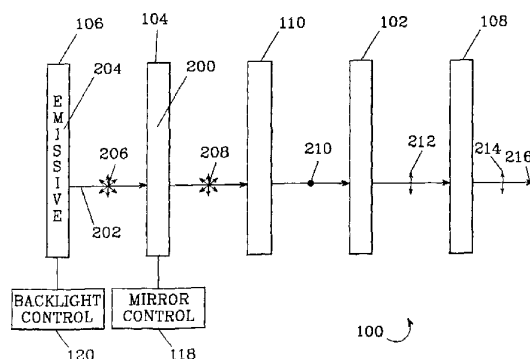
(71) 出願人 501469788
 ロックウェル・サイエンティフィック・ラ
 イセンシング・エルエルシー
 アメリカ合衆国カリフォルニア州9135
 8-0085, サウザンド・オークス, エ
 ムシーエイ 15, カミノ・ドス・リオス
 1049, ピー・オー・ボックス 10
 85
 (74) 代理人 100089705
 弁理士 社本 一夫
 (74) 代理人 100076691
 弁理士 増井 忠武
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高輝度部分透過型LCDとチューナブルミラーの使用法

(57) 【要約】

液晶ディスプレイ (LCD) は部分反射ミラーの代わりにチューナブルミラーを使用する。チューナブルミラーは、制御可能な反射率と透過率を有するので、LCDが反射モードで動作しているときにはミラーは主に光を反射し、LCDが透過モードで動作しているときにはミラーは主にバックライトからの光を透過させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液晶セルと、

前記液晶セルに光学的に揃えられ、制御可能な反射モードと透過モードを有し、該反射モードでは主に前記液晶セルから受光した光を反射して戻して該セルを通過させ、該透過モードでは主に前記液晶セルに向けて光を透過するチューナブルミラーと

を備えた液晶（LCD）。

【請求項 2】

前記チューナブルミラーは反転可能電気化学ミラー（REM）である請求項 1 に記載の LCD。

10

【請求項 3】

前記 REM は拡散反射を発生するように艶消し表面を有する請求項 2 に記載の LCD。

【請求項 4】

前記液晶セルの反対側の前記チューナブルミラー側にあり、発光状態と非発光状態との間で動作を制御により切り替え可能で、該発光の動作状態では前記 LCD を背面照明するバックライトをさらに備えた請求項 1 に記載の LCD。

【請求項 5】

前記チューナブルミラーの反対側で前記液晶セルに光学的に揃えられ、第 1 の直線方向の第 1 の偏光面を有する第 1 の直線偏光要素をさらに備えた請求項 4 に記載の LCD。

【請求項 6】

前記チューナブルミラーと前記液晶セルとの間に光学的に揃えられ、前記第 1 の偏光面に直交する第 2 の直線方向の第 2 の偏光面を有する第 2 の直線偏光要素をさらに備えた請求項 5 に記載の LCD。

20

【請求項 7】

前記第 1 の偏光要素と前記液晶セルとの間の第 1 の A 板と、
前記第 2 の偏光要素と前記液晶セルとの間の第 2 の A 板と
をさらに備えた請求項 6 に記載の LCD。

【請求項 8】

前記液晶セルに光学的に揃えられ、拡散した LCD 出力画像を生成する光拡散要素をさらに備えた請求項 7 に記載の LCD。

30

【請求項 9】

前記チューナブルミラーによる反射時または該チューナブルミラーを透過する時に光が拡散するように前記光拡散要素はチューナブルミラーに一体化されている請求項 8 に記載の LCD。

【請求項 10】

前記チューナブルミラーを反射モードと透過モードとの間で切り替える第 1 の制御システムと、
前記バックライトを発光状態と非発光状態との間で動作を切り替える第 2 の制御システムと
をさらに備えた請求項 4 に記載の LCD。

40

【請求項 11】

前記第 1 の制御システムと第 2 の制御システムは、前記バックライトが前記発光状態のときには前記チューナブルミラーが前記透過モードで動作し、前記バックライトが前記非発光状態のときには前記チューナブルミラーが前記反射モードで動作するように直列形式で動作する請求項 10 に記載の LCD。

【請求項 12】

前記第 1 の制御システムと第 2 の制御システムは、周囲光のレベルが低いときには前記バックライトは前記発光状態で動作し、前記チューナブルミラーは前記透過モードで動作し、周囲光のレベルが高いときには前記バックライトは前記非発光状態で動作し、前記チューナブルミラーは前記反射モードで動作するように、周囲光に自動的に対応する請求項 1

50

1 に記載の LCD。

【請求項 13】

前記第 1 の制御システムと第 2 の制御システムは手動制御可能か周囲光に対応するかのどちらかに設定可能である請求項 12 に記載の LCD。

【請求項 14】

前記チューナブルミラーは、さらに、前記液晶セルから受光した光を部分的に反射して戻して該セルを通過させ、前記バックライトから受光した光を前記液晶セルに向けて部分的に透過する少なくとも 1 つの中間モードで動作可能であり、
前記バックライトは、さらに、部分的に前記 LCD を照明する少なくとも 1 つの中間動作状態で動作可能である請求項 4 に記載の LCD。

10

【請求項 15】

前記チューナブルミラーは、

前記第 2 の直線方向に直線偏光された光を第 2 の回転方向に円偏光された光に円偏光し、前記第 2 の回転方向に円偏光された光を前記第 2 の直線方向に直線偏光した光に直線偏光するための 4 分の 1 波 ($\lambda/4$) リターダであって、不規則に偏光された光に対しては実質的に透過的な $\lambda/4$ リターダと、

前記 $\lambda/4$ リターダに光学的に揃えられた前記液晶セルと反対側の液晶リフレクタであって、透過状態と反射状態との間で動作を制御により切り替え可能で、該反射状態で前記第 2 の回転方向に円偏光された光を反射し、該透過状態で光を透過するための液晶リフレクタとを備え、

20

前記チューナブルミラーは、前記液晶リフレクタが前記反射状態のときには前記反射モードで動作し、前記液晶リフレクタが前記透過状態のときには前記透過モードで動作する請求項 4 に記載の LCD。

【請求項 16】

前記チューナブルミラー要素は、

2 つの状態の光学位相遅れが $\lambda/2$ である第 1 の状態と第 2 の状態との間で動作を制御により切り替え可能なチューナブルリターダと、

前記液晶セルの反対側で前記リターダに光学的に揃えられ、前記リターダが前記第 1 の状態では該リターダから受光した光を反射し、該リターダが前記第 2 の状態では光を該リターダを通して透過させる反射偏光子とを備え、

30

前記チューナブルミラーは、前記リターダが前記第 1 の状態のときには前記反射モードで動作し、該リターダが前記第 2 の状態のときには前記透過モードで動作する請求項 4 に記載の LCD。

【請求項 17】

前記チューナブルミラー要素は、

0 状態と $\lambda/2$ 状態との間で動作を制御により切り替え可能で、該 $\lambda/2$ 状態では前記第 1 の方向に直線偏光された光の偏光面を前記第 2 の方向に直線偏光された光に回転し、該 0 状態では光を透過するゼロ - 半波 ($0 - \lambda/2$) リターダと、

前記液晶セルの反対側で前記 $0 - \lambda/2$ リターダに光学的に揃えられ、前記第 2 の方向に直線偏光された光を反射し、前記第 1 の方向の直線偏光を有する光を透過する反射偏光子とを備え、

40

前記チューナブルミラーは、前記 $0 - \lambda/2$ リターダが前記 0 状態のときには前記反射モードで動作し、前記 $0 - \lambda/2$ リターダが前記 $\lambda/2$ 状態のときには前記透過モードで動作する請求項 4 に記載の LCD。

【請求項 18】

前記 $0 - \lambda/2$ リターダはネマチック液晶リターダである請求項 17 に記載の LCD。

【請求項 20】

前記バックライトと前記チューナブルミラーとの間に 4 分の 1 波 ($\lambda/4$) リターダをさらに備えた請求項 17 に記載の LCD。

【請求項 21】

50

前記液晶セルに光学的に揃えられた光拡散要素をさらに備え、拡散したLCD出力画像を生成する請求項17に記載のLCD。

【請求項22】

前記チューナブルミラーは、

2つの状態の光学位相遅れが $\pi/2$ である動作の第1の状態と第2の状態との間で動作を制御により切り替え可能なチューナブルリターダと、

前記液晶セルの反対側で前記リターダに光学的に揃えられ、前記第1の状態の該リターダから受光した光を反射し、前記第2の状態の該リターダを通して光を透過するコレステリックリフレクタとを備え、

前記チューナブルミラーは、前記リターダが前記第1の状態のときには前記反射モードで動作し、該リターダが前記第2の状態のときには前記透過モードで動作する請求項4に記載のLCD。 10

【請求項23】

前記チューナブルリターダは、 $-\pi/4$ 状態と $+\pi/4$ 状態との間で動作を制御により切り替え可能な負4分の1波 - 正4分の1波 ($+\pi/4$ - $-\pi/4$) リターダであり、

それにより、前記リターダは、前記 $+\pi/4$ 状態では第2の直線方向に直線偏光された光を第2の回転方向に円偏光された光に変換し、前記第2の回転方向に円偏光された光を前記第2の直線方向に直線偏光された光に変換し、前記リターダは、前記 $+\pi/4$ 状態では第1の回転方向に円偏光された光を前記第2の直線方向に直線偏光された光に変換し、

それにより、前記コレステリックリフレクタは前記第2の回転方向に円偏光された光を反射し、不規則に偏光された光の前記第1の回転方向の円偏光を有する成分を透過し、 20

前記チューナブルミラーは、前記 $+\pi/4$ - $-\pi/4$ リターダが前記 $+\pi/4$ 状態のときには前記反射モードで動作し、前記 $+\pi/4$ - $-\pi/4$ リターダが前記 $-\pi/4$ 状態のときには前記透過モードで動作する請求項22に記載のLCD。

【請求項24】

前記 $+\pi/4$ - $-\pi/4$ リターダは、ゼロ - 2分の1波 ($0 - \pi/2$) リターダに光学的に揃えられた4分の1波 ($\pi/4$) リターダを備える請求項23に記載のLCD。

【請求項25】

前記コレステリックリフレクタは拡散反射コレステリック液晶ポリマーフィルムである請求項23に記載のLCD。 30

【請求項26】

前記 $+\pi/4$ - $-\pi/4$ リターダは強誘電性液晶リターダである請求項23に記載のLCD。

【請求項27】

第1の直線方向に直線偏光された光を第1の回転方向に円偏光された光に円偏光し、前記第1の回転方向に円偏光された光を前記第1の直線方向に直線偏光された光に直線偏光する4分の1波 ($\pi/4$) リターダであって、不規則に偏光された光に対しては実質的に透過的である、 $\pi/4$ リターダと、

前記 $\pi/4$ リターダに光学的に揃えられた液晶リフレクタであって、反射状態と透過状態との間で動作を制御により切り替え可能で、前記反射状態で前記第1の回転方向に円偏光された光を反射し、前記透過状態で光を透過する、液晶リフレクタとを備え、 40

前記液晶リフレクタが前記反射状態にあるときには該液晶リフレクタとは反対側から前記 $\pi/4$ リターダに入射する前記第1の直線方向に直線偏光された光を反射し、前記液晶リフレクタが前記透過状態にあるときには前記円偏光要素とは反対側から該液晶リフレクタに入射する光を透過するチューナブルミラー。

【請求項28】

0 状態と $\pi/2$ 状態との間で動作を制御により切り替え可能で、前記 $\pi/2$ 状態では第1の方向に直線偏光された光の偏光面を第2の方向に直線偏光された光に回転し、前記0 状態では光を透過するゼロ - 半波 ($0 - \pi/2$) リターダと、

前記 $0 - \pi/2$ リターダに光学的に揃えられ、該リターダから受光した前記第2の方向に直線偏光された光を反射して戻して前記リターダを通過させ、前記第1の方向の直線偏光 50

を有する光を該リターダに向けて透過する反射偏光子とを備え、

前記 0 - / 2 リターダが前記 0 状態にあるときには前記反射偏光子とは反対側から該 0 - / 2 リターダを通して受光した前記第 2 の方向に直線偏光された光を反射し、前記 0 - / 2 リターダが前記 / 2 状態にあるときには該 0 - / 2 リターダとは反対側から前記反射偏光子を通して受光した前記第 1 の方向の直線偏光を有する光を透過するチューナブルミラー。

【請求項 29】

前記 0 - / 2 リターダはネマチック液晶リターダである請求項 28 に記載のチューナブルミラー。

【請求項 30】

- / 4 状態と + / 4 状態との間で動作を制御により切り替え可能な負 4 分の 1 波 - 正 4 分の 1 波 (+ / - / 4) リターダを備え、

それにより、前記 + / 4 状態では、前記リターダは第 1 の直線方向に直線偏光された光を第 1 の回転方向に円偏光された光に円偏光し、前記第 1 の回転方向に円偏光された光を前記第 1 の直線方向に直線偏光された光に直線偏光し、前記 - / 4 状態では、前記リターダは第 2 の回転方向に円偏光された光を第 1 の直線方向に直線偏光された光に直線偏光し、

前記 + / - / 4 リターダに光学的に揃えられ、該 + / - / 4 リターダから受光した前記第 1 の回転方向の偏光を有する円偏光された光を反射して戻して該 + / - / 4 リターダを通過させ、前記第 2 の回転方向に円偏光された光を該 + / - / 4 リターダに向けて透過させるコレステリックリフレクタを備え、

前記チューナブルミラーは、前記 + / - / 4 リターダが前記 + / 4 状態にあるときには前記コレステリックリフレクタとは反対側から前記 + / - / 4 リターダを通して受光した前記第 1 の直線方向の直線偏光された光を反射し、前記 + / - / 4 リターダが前記 - / 4 状態にあるときには該 + / - / 4 リターダとは反対側の前記コレステリックリフレクタを通して受光した前記第 2 の回転方向に円偏光された光を透過させるチューナブルミラー。

【請求項 31】

前記コレステリックリフレクタは拡散反射コレステリック液晶フィルムである請求項 30 に記載のチューナブルミラー。

【請求項 32】

前記 + / - / 4 リターダは 0 - / 2 リターダと / 4 リターダとを備える請求項 31 に記載のチューナブルミラー。

【請求項 33】

液晶セルの第 1 の側から入射する光の量が目視可能しきい値を超えるときには、前記液晶セルの前記第 1 の側から入射し、該液晶セルの第 2 の側から出射する光を、主に反射して戻して該液晶セルを通過させることと、

前記液晶セルの前記第 1 の側から入射する光の量が前記目視可能しきい値よりも低いときには、バックライト発光を生成し、前記液晶セルの前記第 2 の側から該液晶セルを通して該バックライト発光を主に透過することと

を含む液晶 (LCD) を動作させる方法。

【請求項 34】

前記主に反射する手順は、

前記液晶セルの前記第 1 の側から入射する不規則に偏光された光を第 1 の偏光方向に直線偏光することと、

前記直接偏光された光を選択的に第 2 の偏光方向に回転させることであって、それにより前記第 1 と第 2 の偏光方向は相互に直交する、回転させることと、

前記第 2 の偏光方向を有する前記光を選択的に反射して戻し前記液晶セルを通過させるが、第 1 の偏光方向を有する光は反射しないこととを備えたこととを含む請求項 33 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 35】

前記選択的に反射する手順は、

前記第2の偏光方向を有する前記光を透過するが、前記第1の偏光方向を有する光は透過しないことと、

前記第2の偏光方向を有する前記光を反射して戻し前記液晶セルを通過させることとを含む請求項34に記載の方法。

【請求項 36】

前記主に透過する手順は、

前記生成されたバックライト発光を前記第2の直線偏光方向に偏光することと、

前記第2の直線偏光方向を有する前記光を前記第1の直線偏光方向に選択的に回転させることとを含む請求項34に記載の方法。 10

【請求項 37】

前記液晶セルの前記第1の側から出射し、前記第1の偏光方向を有するが前記第2の偏光方向は有さない前記光をLCD出力に対して透過することをさらに含む請求項36に記載の方法。

【請求項 38】

前記LCDを透過した前記光を拡散することであって、それにより拡散LCD出力画像を生成する、拡散することをさらに含む請求項37に記載の方法。

【請求項 39】

液晶セルの第1の側から入射する光の量が目視可能しきい値を超えるときには、前記液晶セルの前記第1の側から入射し、該液晶セルの第2の側から出射する光を主に反射して戻し該液晶セルを通過させることと、 20

前記液晶セルの前記第1の側から入射する光がほとんどないときには、バックライト発光を生成し、前記液晶セルの前記第2の側から該液晶セルを通して該バックライト発光を主に透過させることと、

前記液晶セルの前記第1の側から入射する光が前記目視可能しきい値よりも低いときには、前記液晶セルの前記第1の側から入射し、前記液晶セルの前記第2の側から出射する光を反射して戻して該液晶セルを通過させ、バックライト発光を生成し、該バックライト発光を前記液晶セルの前記第2の側から該液晶セルを通して部分的に透過し、前記光が前記目視可能しきい値に達するように、前記反射光を補うのに十分な量だけ前記バックライト 30

発光が生成されることとを含む液晶(LCD)を動作させる方法。

【請求項 40】

液晶セルの第1の側から入射した、第1の直線偏光の方向を有する直線偏光された光を前記液晶セルに透過させることと、

前記偏光された光を前記液晶セルを通して透過させながら第2の直線偏光方向に選択的に回転させることであって、それにより前記第2と前記第1の直線偏光方向は相互に直交する、回転させることと、

前記第2の直線偏光方向を有する前記直線偏光された光を第2の回転方向の円偏光に円偏光することと、 40

前記液晶セルの前記第1の側から入射する光の量が所定の目視可能しきい値を超えるときには、前記第2の回転方向の円偏光を有する前記円偏光された光を反射して戻して前記液晶セルを通過させることと

を含む液晶(LCD)を動作させる方法。

【請求項 41】

前記第2の直線偏光の方向を有する前記直線偏光された光を円偏光する前に、該第2の直線偏光の方向を有する該直線偏光された光を透過し、前記第1の直線偏光の方向を有する光を吸収することをさらに含む請求項40に記載のLCDの方法。

【請求項 42】

前記液晶セルの前記第1の側から入射する光の量が、所定の目視可能しきい値よりも低い 50

ときには、前記第 1 の側とは反対の前記液晶セル側でバックライト発光を生成することと、
前記バックライト発光を前記第 2 の直線偏光方向に直線偏光すること、
前記第 1 の側とは反対の前記液晶セル側に入射する前記第 2 の直線偏光の方向を有する前記バックライト発光を該液晶セルを通して透過しながら、前記第 1 の直線偏光の方向に選択的に回転させることと
をさらに含む請求項 40 に記載の LCD の方法。

【請求項 43】

前記液晶セルの前記第 1 の側から出射し、前記第 1 の偏光方向を有するが前記第 2 の偏光方向は有さない前記光を LCD 出力に対して透過させることをさらに含む請求項 42 に記載の LCD の方法。 10

【請求項 44】

液晶セルの第 1 の側から入射した、第 1 の直線偏光の方向を有する直線偏光された光を該液晶セルに透過させることと、

前記偏光された光を前記液晶セルに透過させながら第 2 の直線偏光方向に選択的に回転させることであって、それにより前記第 2 と前記第 1 の直線偏光方向は相互に直交する、回転させることと、

前記第 2 の直線偏光の方向を有するが、前記第 1 の直線偏光の方向は持たない前記偏光された光を透過することと、

前記液晶セルの前記第 1 の側から入射する光の量が目視可能しきい値を超えるときには前記第 2 の方向の直線偏光を有する偏光された光を反射して戻して該液晶セルを通過させることを含む LCD の方法。 20

【請求項 45】

前記液晶セルの前記第 1 の側から入射する光の量が、前記所定の目視可能しきい値よりも低いときには、前記第 1 の側とは反対の前記液晶セル側でバックライト発光を生成することと、

前記第 1 の方向の直線偏光を有する前記バックライト発光の成分を透過させることと、

前記第 1 の方向の直線偏光を有する前記光を前記第 2 の方向の直線偏光に回転させることと、

前記光を前記液晶セルを通して透過しながら、前記第 2 の方向の直線偏光を有する該光を前記第 1 の方向の直線偏光に選択的に回転することと 30

をさらに含む請求項 44 に記載の LCD の方法。

【請求項 46】

前記液晶セルの前記第 1 の側から出射し、前記第 1 の偏光方向を有するが前記第 2 の偏光方向は有さない前記光を LCD 出力に対して透過させることをさらに含む請求項 45 に記載の LCD の方法。

【請求項 47】

前記 LCD を透過する前記光を拡散することであって、それにより拡散 LCD 出力画像を生成する、拡散すること

をさらに含む請求項 44 に記載の LCD の方法。 40

【請求項 48】

液晶セルの第 1 の側から入射した、第 1 の直線偏光の方向を有する直線偏光された光を該液晶セルに透過させることと、

前記第 1 の直線偏光の方向を有する偏光された前記光を前記液晶セルに透過させながら第 2 の直線偏光方向に選択的に回転させることであって、それにより前記第 2 と前記第 1 の直線偏光方向は相互に直交する、回転させることと、

前記液晶セルの前記第 1 の側に入射する光のレベルが目視可能しきい値を超えるときには、前記第 2 の方向の直線偏光を有する前記光を第 2 の回転方向の円偏光に円偏光することと、

前記第 2 の回転方向の円偏光を有する前記偏光された光を前記液晶セルに向けて反射する 50

ことと

を含むＬＣＤの方法。

【請求項４９】

前記第１の直線偏光の方向を有する前記偏光した光を選択的に回転した後、前記第２の直線偏光の方向を有するが第１の直線偏光の方向を有さない該偏光した光を透過させることをさらに含む請求項４８に記載のＬＣＤの方法。

【請求項５０】

前記第２の回転方向の円偏光を有する前記反射された偏光光を前記液晶セルに向けて反射した後、前記光を前記第２の方向の直線偏光に直線偏光することと、

前記直線偏光された光を前記液晶セルに透過させながら、前記第１の方向の直線偏光に選択的に回転させることと

をさらに含む請求項４９に記載のＬＣＤの方法。

【請求項５１】

前記液晶セルの前記第１の側に入射する光のレベルが前記所定の目視可能しきい値よりも低いときには、バックライト発光を生成することと、

第１の回転方向の回転偏光を有する前記バックライトの成分を透過させることと、

前記光を前記第２の方向の偏光に直線偏光することと、

前記光を前記液晶セルに透過させながら、前記第１の方向の直線偏光に選択的に回転させることと

をさらに含む請求項５０に記載のＬＣＤの方法。

【請求項５２】

前記液晶セルの前記第１の側から出射し、前記第１の偏光方向を有するが前記第２の偏光方向は有さない前記光をＬＣＤ出力に対して透過することをさらに含む請求項５１に記載のＬＣＤの方法。

【請求項５３】

動作システムと、

前記動作システムに接続され、該動作システムの特徴を表示する液晶ディスプレイ（ＬＣＤ）であって、

液晶セルと、

前記液晶セルに光学的に揃えられ、制御可能な反射モードと透過モードとを有するチューナブルミラーと、

前記液晶セルとは反対の前記チューナブルミラー側のバックライトであって、前記反射モードでは該チューナブルミラーが該液晶セルから受光した光を主に反射して戻して該セルを通過させ、前記透過モードでは前記ミラーは前記バックライトから受光した光を前記液晶セルに向けて主に透過するように、オン状態とオフ状態との間で動作を制御により切り替え可能である、バックライトと、

前記チューナブルミラーとは反対側で前記液晶セルに光学的に揃えられ、第１の直線方向の第１の偏光面を有する第１の直線偏光要素を備えたＬＣＤと

を備えた表示システム。

【請求項５４】

前記チューナブルミラーと前記液晶セルとの間に光学的に揃えられ、前記第１の偏光面に直交する第２の直線方向の第２の偏光面を有する第２の直線偏光要素をさらに備えた請求項５３に記載の表示システム。

【請求項５５】

チューナブルミラーを動作させる方法であって、

前記チューナブルミラーが反射モードにあるときには、該チューナブルミラーからの第１の偏光の光を主に反射することと、

前記チューナブルミラーが透過モードにあるときには、第２の偏光の光を該チューナブルミラーを主に透過することと、

を含む方法。

10

20

30

40

50

【請求項 5 6】

光を主に反射する前に、不規則に偏光された光を前記第 1 の偏光に偏光させることをさらに含む請求項 5 5 に記載の方法。

【請求項 5 7】

前記第 1 の偏光は第 1 の回転方向の円偏光である請求項 5 6 に記載の方法。

【請求項 5 8】

前記第 2 の偏光は不規則な偏光である請求項 5 7 に記載の方法。

【請求項 5 9】

前記第 1 の偏光は第 1 の方向の直線偏光である請求項 5 6 に記載の方法。

【請求項 6 0】

前記第 1 の偏光された光を主に反射する前に、不規則に偏光された光を前記第 1 の偏光に偏光させることをさらに含む請求項 5 9 に記載の方法。

【請求項 6 1】

不規則に偏光された光を前記第 2 の方向に偏光させ、前記第 2 の方向の光を主に透過することをさらに含む請求項 6 0 に記載の方法。

【請求項 6 2】

前記第 2 の偏光は前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向の直線偏光である請求項 6 1 に記載の方法。

【請求項 6 3】

前記主に透過する手順は、前記不規則に偏光された光を前記第 2 の方向に偏光した後、90°回転することであって、それにより、その光は前記第 1 の方向の偏光に回転される、回転することをさらに含む請求項 6 2 に記載の方法。

【請求項 6 4】

前記主に透過する手順は、前記第 2 の偏光の光を前記第 1 の偏光に変換することをさらに含む請求項 5 5 に記載の方法。

【請求項 6 5】

前記第 1 の偏光は第 1 の方向の直線偏光である請求項 6 4 に記載の方法。

【請求項 6 6】

前記主に反射する手順は、
前記第 1 の方向の直線偏光を有する前記光を第 1 の回転方向の円偏光に変換することと、
前記第 1 の回転方向の円偏光を有する前記光を反射することと、
前記第 1 の回転方向の円線偏光を有する前記光を前記第 1 の方向の直線偏光に変換して戻すこととを含む
請求項 6 5 に記載の方法。

【請求項 6 7】

前記第 2 の偏光は第 2 の回転方向の円偏光である請求項 6 6 に記載のミラーの方法。

【請求項 6 8】

前記光を主に透過する前に、不規則に偏光された光を前記第 2 の偏光に変換することをさらに含む請求項 6 7 に記載のミラーの方法。

【請求項 6 9】

前記光を主に反射する前に、不規則に偏光された光を前記第 1 方向の偏光に変換することをさらに含む請求項 6 8 に記載のミラーの方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、液晶ディスプレイ（LCD）に関し、特に電池消費が少なくコントラストが高い半透過型 LCD に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の半透過型 LCD は、スクリーンから受光した周囲光を LCD を通して反射して戻し

10

20

30

40

50

、周囲照明が弱いときに作動するバックライト発光を透過する半反射・半透過ミラー要素（半透過板としても知られている）を有する。

【0003】

従来の半透過型LCDでは、部分反射・部分透過ミラーにより、光の反射と透過が同時に行われるので、光の使用が非効率的である。さらに、透過率と反射率が固定値である。任意の時点で、ミラーの透過率と反射率の和は100%を超えることはあり得ないため、部分反射・部分透過ミラーは、反射板と透過板として同時に動作することで効率を犠牲にしている。通常そのようなミラーは70～90%の反射率と10～30%の透過率を有する。

【0004】

そのような非効率を補償するために、周囲光が弱い場合の透過モードでの動作時にはより多くの電池電力を使用してバックライト発光を増加させなければならない。同様に、周囲光が強い反射モードでの動作時にはコントラストが失われる。

【0005】

【発明の概要】

本発明は、部分反射・部分透過ミラーをチューナブルミラーに置き換えることで従来の部分透過型LCDの効率を改善するシステムと方法を提供する。チューナブルミラーは、透過率と反射率の程度が制御可能な任意の素子である。

【0006】

チューナブルミラーを使用する利点は、反射モードと透過モードとを切り替え、周囲照明が強いときには主に光を反射し、周囲照明が弱く背面照明が必要なときには主に光を透過することが可能なことである。これにより、LCDの透過モードでの動作時に必要な背面照明の量を減少して電池の寿命が節約され、反射モードでの動作時にコントラストと輝度が増加する。

【0007】

反転可能電気化学ミラー（REM）は、本発明に使用するのに適した種類のチューナブルミラーである。さらに、チューナブルミラーは、そのうちの少なくとも1つが電氣的に切り替え可能な光学的性質を有する複数の光学要素から構築可能である。

【0008】

チューナブルミラーの1つの適切な構造は、4分の1波（ $\lambda/4$ ）リターダを有するコレステリック液晶リフレクタを備える。この組み合わせでは、液晶リフレクタは、反射状態と透過状態との間で動作を切り替えて、ミラーに調整可能な性質を持たせることが可能である。

【0009】

チューナブルミラーの別の適切な構造は、ゼロ - 半波（0 - $\lambda/2$ ）チューナブル液晶リターダを有する反射偏光子を備える。そのようなリターダは、 $\lambda/2$ と0との状態の間で動作を切り替え、ミラーに調整可能な性質を持たせることが可能である。

【0010】

チューナブルミラーの第3の適切な構造は、負4分の1波～正4分の1波（ $+\lambda/4$ - $-\lambda/4$ ）チューナブルリターダを有するコレステリックリフレクタを備える。そのようなリターダは、 $+\lambda/4$ と $-\lambda/4$ との状態の間で動作を切り替え、ミラーに調整可能な性質を持たせることが可能である。

【0011】

ミラーとバックライトについてはさまざまな制御が可能である。たとえば、バックライトがオンに切り替えられたときにミラーが透過状態に設定されるように、ミラーとバックライトを直列に動作させるミラー制御システムとバックライト制御システムが採用可能である。ミラーとバックライトの制御を周囲光のレベルに自動的に対応するように設定することも可能である。

【0012】

【発明の実施の態様】

10

20

30

40

50

本発明は、従来技術の部分透過型ＬＣＤで使用される部分反射・部分透過ミラーをチューナブルミラーに置き換える。部分透過型ＬＣＤを作成するには、多くの方法がある。特定の種類のＬＣＤを図に示すが、本発明は、部分反射・部分透過ミラーをチューナブルミラーで置き換え可能な、任意の部分透過型ＬＣＤに一般的に適用可能である。

【００１３】

図１と図２は、それぞれ反射モードと透過モードで動作している本発明のＬＣＤ１００を示している図である。

ＬＣＤ１００は液晶セル１０２、そのセルの背面のチューナブルミラー１０４、チューナブルミラー１０４の背面に設置されたバックライト１０６、セル１０２の前面の第１の偏光子１０８、セル１０２とチューナブルミラー１０４との間の第２の偏光子１１０、チューナブルミラー１０４用の制御部１１８、およびバックライト１０８用の制御部１２０を含む。

10

【００１４】

液晶セル１０２は、超ねじれネマチック（ＳＴＮ）セル、アクティブマトリックスねじれネマチック（ＴＮ）セルであっても、パッシブＴＮセルであってもよい。液晶セルの構造は、通常、区画に分割された一対の電極間に挟まれた液晶層を含む。

【００１５】

動作のノーマリホワイトモードでは、セル１０２は、オン（発光）状態またはオフ状態のいずれかで、オフ状態では電圧がセルの電極間に印加され、オン状態では電圧はセルの両端に印加されない。第１と第２の偏光子１０８と１１０の向きは、セルがオン状態のときには、一方の偏光子を通して入射した光がセルを通した透過時に、偏光方向が他方の偏光子の透過軸にほぼ平行になるように回転し、その偏光子から出射するように設定されている。セルがオフ状態のときには、一方の偏光子を通して入射する光は、セルによって回転し、偏光方向が他方の偏光子の透過軸に対してほぼ直交し、そのため光はその偏光子により遮断または吸収される。オン状態でセルが光を９０°回転させるノーマリホワイトモードで動作する９０°ＴＮセルの例では、偏光子は、相互に直交する偏光面を有する。

20

【００１６】

ＳＴＮセルでは、偏光面は直交しないこともある。ノーマリブラックモードも使用可能で、その場合、オン状態で電圧が印加され、オフ状態では電圧は印加されない。ノーマリブラックモードで動作する９０°ＴＮセルの例では、偏光子は平行である（ＴＮセルについての参照情報については、Ｔ．Ｊ．Ｓｃｈｅｆｆｅｒ，Ｊ．Ｎｅｈｒｉｎｇ，"Ｓｕｐｅｒｔｗｉｓｔｅｄ Ｎｅｍａｔｉｃ ＬＣＤＳ"，Ｓociety for Information Display Seminar Lecture Notes，Vol．１，M-１２，May １５，２０００とその中の参考文献を参照されたい）。

30

【００１７】

チューナブルミラー１０４は、それぞれ主に光を反射するか主に光を透過する反射モードと透過モードとの間で切り替え可能である。チューナブルミラーのより詳細な例を以下で説明する。

【００１８】

バックライト１０６は、発光状態と非発光状態との間で動作を切り替え可能で、反対側から液晶セルに入射する周囲光が暗過ぎ、そのため目視可能しきい値よりも低いときには発光状態で発光する。適切なバックライトアセンブリのいくつかの例は、Okumuraの特許（米国特許第６，００８，８７１号）に見ることができる。さらに、部分透過型ディスプレイ用の適切なバックライト製造業者は、Durel CorporationとElitechである。

40

【００１９】

液晶セル１０２、チューナブルミラー１０４、偏光子１０８と１１０は、独立したものとして図示されているが、これは説明の便宜を図るためであり、実際にはこれらの要素は、通常、補償屈折率を有する粘着剤で１つに接合されている。これらの個々の要素の構造は、ＬＣＤ技術分野ではよく知られている。たとえば、参照先として、Okumuraの特

50

許（米国特許第6,008,871号）があり、（部分反射・部分透過ミラーを有する）これらの構成部品を備えた部分透過LCDユニットは、Seiko-EpsonやOptrexなどの企業により販売されている。

【0020】

図示した構成部品以外に、他の任意選択の要素は図示されてないが、それらの要素は本発明の説明に必要なためである。これらの要素には、液晶セル102の両側に配置可能で、STNセルと共に使用される補償（位相差）フィルムが含まれる。そのような要素はよく知られている。

【0021】

さらに、光拡散要素を追加して、拡散画像を生成することもできる。そのような光拡散要素は、エンボス加工されたプラスチック板やビーズを分散させたプラスチック板から作成可能である。さらに、分散させるビーズは、任意の上述の要素に隣接する粘着層の1つに混合することができる（Okumuraの特許参照）。また、チューナブルミラーについての説明でより詳細に説明するように、拡散表面を得るために艶消し表面でチューナブルミラーを作成することも可能であり、もともと光を拡散する性質を有するミラーもあり、その場合、拡散用に光拡散要素の追加は必要ない。

【0022】

さらに、従来の部分透過型LCDでは、透過モードでの動作時には、バックライトは発光状態に切り替えられる。本発明では、バックライトとチューナブルミラーは、どちらも制御する必要がある。選択可能な制御方法はいくつか存在する。ミラーの制御部とバックライトの制御部118と120は、ユーザが手動で設定するか、周囲光のレベルに自動的に対応するかのいずれかが可能である。ユーザは、制御部を手動モードか自動周囲光対応モードのどちらで設定するかを選択することもできる。周囲光に自動的に対応するシステムでは、周囲光センサーを使用して、たとえば、周囲光が弱い場合には、バックライトを発光状態に切り替え、ミラーを透過モードに設定し、周囲光が強い場合には、バックライトを非発光状態に切り替え、ミラーを反射モードに設定することができる。さらに、2つの制御部118と120は、互いに独立して動作しても、直列で動作してもよい。どちらの制御部も、電位源を適用することで動作する場合、直列または並列で動作する2つの制御回路が使用可能である。

【0023】

図1は、周囲光が強い反射モードでのLCD100の動作を示し、チューナブルミラー104は、陰128で示される反射モードで動作するように切り替えられる。さらに、バックライト106は、非発光の動作状態129に切り替えられる。図示のために、液晶セル102は、ノーマリホワイトモードで動作する90°TNセルで、直線偏光された光の偏光面を90°回転させるオン状態にあると仮定する。さらに、図示のために、偏光子108と110は、それぞれ互いに直交する垂直方向と水平方向の偏光面を有する。この仮定は、STNセルやノーマリブラックモードディスプレイなどの場合のように、すべてのディスプレイに対しては当てはまらないが、図示を簡略化するために採用したもので、本発明をTNセルやホワイトモードディスプレイに限定するものではない。

【0024】

まず、非偏光光ベクトル130で示される不規則に偏光した周囲光126が、第1の偏光子108を通過して、偏光光ベクトル132で示されるように、通過時に直線偏光される。それから、光は液晶セル102を通過し、紙面から出る光ベクトルを表す点134で示される第2の偏光子の透過軸とほぼ平行な偏光面を有するように、通過中に回転される。それから、光は、その直線偏光136を維持しながら第2の偏光子110を通過し、チューナブルミラー128により主に反射される。それから、反射した光は、一連の偏光138、140、142、144を有する逆の経路をたどり、LCD出力145として出射する（セル102がオフ状態のときには、第1の偏光子108を通して入射する光は、セル102を通過し、通過時に第2の偏光子の透過軸にほぼ直交する偏光面を有するように回転され、遮断される）。

10

20

30

40

50

【0025】

図2は、チューナブルミラー104が、陰200のないことで示される透過モードで動作するように切り替えられる透過モードでのLCD100の動作を示す。さらに、バックライト106は、発光の動作状態204に切り替えられる。図1の説明と同様に、液晶セル102は再び直線偏光された光の偏光面を90°回転させると仮定する。まず、非偏光光ベクトル206で示される不規則に偏光されたバックライト発光202は、チューナブルミラー104を主に透過する。ベクトル208で示される結果として得られる非偏光光は、第2の偏光子110を通過し、直線偏光される210。それから、その偏光は液晶セル102によって、第1の偏光子108の透過軸にほぼ平行な直線偏光212に回転される。最後に、光は、直線偏光214を有する第1の偏光子108から出射して、LCD出力216として現れる（液晶セル102がオフ状態のときには、液晶セル102から出射する光は、第1の偏光子108の透過軸と直交する偏光方向を有し、遮断される）。

10

チューナブルミラー

本発明の目的のために、チューナブルミラーは、制御可能な透過率と反射率を有する任意の素子として定義される。制御可能な透過率と反射率には、不連続な状態または連続した状態で切り替え可能な透過率・反射率が含まれる。電気光学素子は、電気信号によりその光学特性が変化する素子である。本発明は、部分透過型LCD用のチューナブルミラーとして振る舞う任意の電気光学素子または他の素子の使用を意図している。

【0026】

Tenchの特許（米国特許第5,923,456号）は、制御可能な反射モードと屈折モードを有する反転可能電気化学ミラー（REM）を開示している。REMは、極性が反転可能で電位が調整可能な電位源を適用することで制御できる。REMは、反射モードと透過モードとの切り替えに約1秒かかる。さらに、REMは、拡散反射率を生じるように艶消し表面を有することもある。REMは、光の吸収のため、達成可能な透過率が最大60%であり、そのため効率が限定される。

20

【0027】

さらに、チューナブルミラーは、そのうちの少なくとも1つが切り替え可能な光学的性質を有する電気光学素子である複数の光学要素を組み合わせて構築可能である。図3～17は、本発明によるそのようなチューナブルミラーとそれらのミラーを内蔵するLCDの例を示す。

30

【0028】

図3～6は、第1のチューナブルミラーアセンブリ300と、チューナブルミラー300を内蔵するLCD500を示す。チューナブルミラー300は、4分の1波（ $\lambda/4$ ）リターダ304を有する切り替え可能コレステリック液晶リフレクタ302と液晶リフレクタ302用の制御部305とを備える。液晶リフレクタ302は、反射状態と透過状態との間で動作を制御により切り替え可能であり、反射状態で特定の回転方向に円偏光された光を反射し、透過状態で光を透過する。そのようなコレステリック液晶素子は、Kent DisplaysとAdvanced Display Systems（ADS）から市販されている。コレステリック液晶リフレクタ302は、LCD全体と同一の寸法を有する単一アドレス指定画素を有するように専用に設計されることが好ましい。そのような液晶リフレクタは、反射状態では拡散反射性があり、したがって、光拡散素子を追加することなく拡散画像を生成する。電圧（約20～80ボルト）がリフレクタ302に印加されると（つまり透過状態において）、リフレクタは偏光の変化なしに光が透過するホメオトロピック状態から変化する（D. K. Yang, J. L. West, L. C. Chien, J. W. DOANE, "Control of Reflectivity and Bistability in Displays using Cholesteric Liquid Crystals", J. APPL. Phys. 76, 1331 (1994)を参照）。

40

【0029】

$\lambda/4$ リターダ304は、円偏光形態と直線偏光形態との間で光を変換するのに使用され

50

る要素である。このリフレクタは、水平または垂直に直線偏光光を、その方向に従って、右回転または左回転に円偏光された光に変換する。逆に、このリフレクタは、右回転または左回転に円偏光された光を直線偏光された光に変換し、不規則に偏光された光を実質的に透過する。そのような $\lambda/4$ リターダは、複屈折結晶または配向ポリマーフィルムにより実現することが可能で、Fuji Film、Nitto Denko、Meadowlark Opticsにより製造される(Polarization Manipulation with Retarders, Meadowlark Optics, Product Catalogue, 1999 - 2000を参照)。

【0030】

さらに、液晶リフレクタ302と $\lambda/4$ リターダ304は、反射モードではリフレクタ302がリターダ304から受光した光を反射するように、互いに向きが設定されている。また、図3～6では、液晶リフレクタ302と $\lambda/4$ リターダ304が分離しているように図示されているが、LCDの構成部品として、これらの要素は通常1つに接合される。

【0031】

図3は、液晶リフレクタ302が反射状態になる反射モードでのチューナブルミラー300の動作を示している。この状態では、液晶リフレクタ302は、円反射ベクトル306で示された1つの特定の回転方向、たとえば、左回転ではなく、右回転に円偏光された光を反射することができる。

【0032】

まず、偏光光ベクトル312で示される直線偏光された光308(たとえば、水平方向)は、 $\lambda/4$ リターダ304によって、偏光光ベクトル314で示される右回転の円偏光に変換される。それから、光は液晶リフレクタ302により右回転円偏光316を維持したまま反射され、水平直線偏光318に戻すように変換する $\lambda/4$ リターダ304を透過して戻される。

【0033】

図4は、液晶リフレクタ302が透過状態になる透過モードでのチューナブルミラー300の動作を示している。この状態では、反射ベクトルが存在しないこと400で示されるように、液晶リフレクタは光を透過する。非偏光光ベクトル404で示される不規則に偏光された光402は、ベクトル406と408で示される不規則な偏光を維持したまま、液晶リフレクタ302と $\lambda/4$ リターダ304の両方を透過する。

【0034】

図5と6は、チューナブルミラー300を内蔵するLCD500の動作を示している。LCD500の要素は、実質的に前の図と同じであるが、チューナブルミラーとチューナブルミラー制御部が異なる。これらの要素は、チューナブルミラー300の $\lambda/4$ リターダ304の前面に配置された液晶セル502、チューナブルミラー300の液晶リフレクタ302の背面に配置され、発光状態と非発光状態との間で切り替え可能なバックライト506、セル502の前面の第1の偏光子508、セル502と $\lambda/4$ リターダ304との間の第2の偏光子510、およびバックライト506用の制御部520である。ここでも、図示のために、液晶セル502は、ノーマリホワイトモードで動作する90°TNセルで、直線偏光された光の偏光面を90°回転させるオン状態にあると仮定する。また、図示のために、第1の偏光子と第2の偏光子508と510は、それぞれ互いに直交する垂直方向と水平方向の偏光面を有する。

【0035】

図5は、円反射ベクトル306で示すように液晶リフレクタ302が反射状態にあり、バックライト506が非発光状態526にある反射モードで動作しているLCD500を示す。まず、非偏光光ベクトル530で示される不規則に偏光した周囲光526が、第1の偏光子508を通過して、偏光光ベクトル532で示されるように、通過時に直線偏光される。それから、光は液晶セル502を通過し、偏光光ベクトル534で示すように、通過時に第2の偏光子の透過軸にほぼ平行な偏光面を有するように回転され、直線偏光536を維持したまま第2の偏光子510を通過する。

【0036】

それから、光は $\lambda/4$ リターダ 304 を通過し、通過時に右回転方向 538 に円偏光される。それから、円偏光した光 538 は、液晶リフレクタ 302 で反射され、一連の偏光 540、542、544、546、548 を有する逆の経路をたどり、LCD 出力 550 として出射する（液晶セル 502 がオフ状態のときには、第 1 の偏光子 508 を通って入射する光は、セル 502 を通過し、通過時に第 2 の偏光子 510 の透過軸にほぼ直交する偏光面を有するように回転され、遮断される）。

【0037】

図 6 は、反射ベクトル 400 がないことで示されるように液晶リフレクタが透過状態にあり、バックライトが発光状態 600 のにある透過モードで動作している LCD 500 を示す。まず、非偏光光ベクトル 606 で示された不規則に偏光されたバックライト 602 は、非偏光光ベクトル 607 と 608 を有しながら、液晶リフレクタ 302 と $\lambda/4$ リフレクタ 304 を通過する。通過後の光は、第 2 の偏光子 510 を通過し、直線偏光される 610。それから、その偏光は液晶セル 502 によって、第 1 の偏光子 508 の透過軸にほぼ平行な直線偏光 612 に回転される。最後に、光は、直線偏光 614 を有する第 1 の偏光子 508 を通過し、LCD 出力 616 として出射する（液晶セル 502 がオフ状態のときには、セル 502 から出射する光は、第 1 の偏光子 508 の透過軸と直交する偏光方向を有し、遮断される）。

【0038】

図 7 ~ 12 は、第 2 のチューナブルミラーアセンブリ 700 と、チューナブルミラー 700 を内蔵する LCD 900、1100、1200 を示す。チューナブルミラー 700 は、反射偏光子 702、ゼロ - 半波 ($0 - \lambda/2$) チューナブル液晶リターダ 704、および $0 - \lambda/2$ リターダ 704 用の制御部 705 を備える。反射偏光子 702 は、1 方向（たとえば水平方向）に直線偏光された光を反射し、別の方向（たとえば垂直方向）に偏光された光を透過する。市販の反射偏光子（Merck と 3M から供給される）は、拡散反射性ではなく正反射性を有する。

【0039】

$0 - \lambda/2$ リターダ 704 は、 0 と $\lambda/2$ 状態との間で動作を制御により切り替え可能で、 $\lambda/2$ 状態では直線偏光された光の偏光面を 90° 回転させ、 0 状態では変化なしに光を透過させる（Meadowlark Optics のカタログを参照）。そのようなリターダは、通常ネマチック型で、電圧（約 10V）を印加することで 20ms の速度で 0 状態に切り替え可能で、アナログモードで動作する。

【0040】

さらに、図 7 ~ 12 に示すように、反射偏光子 702 とリターダ 704 は、反射モードでは、反射偏光子 702 がリターダ 704 から受光した光を反射するように互いに向きが設定されている。また、図 7 ~ 12 では、反射偏光子 702 とリターダ 704 が分離しているように図示されているが、LCD の構成部品として、これらの要素は通常 1 つに接合される。さらに、拡散反射が望ましい LCD では、この種のチューナブルミラーに光拡散要素を追加することもできる。その場合、偏光を乱さないホログラフィックディフューザの使用が好ましい。

【0041】

図 7 は、 $0 - \lambda/2$ リターダ 704 が 0 状態 708 である反射モードでのチューナブルミラー 700 の動作を示す。最も簡単な場合、偏光光ベクトル 712 で示される水平直線偏光 710 を有する光がリターダ 704 を透過し、反射偏光子 702 で反射され、リターダ 704 を通過して戻り、一連の偏光 714、716、718 を有する。入射する光が水平と垂直の両方の偏光成分を有することも可能である。その場合も、水平直線偏光を有する成分だけが反射されて戻る。

【0042】

図 8 は、リターダ 704 が $\lambda/2$ 状態 800 である透過モードでのチューナブルミラー 700 の動作を示す。まず、非偏光光ベクトル 804 で示される不規則に偏光された光 80

10

20

30

40

50

2 が反射偏光子 702 を透過し、透過時には、偏光光ベクトル 806 で示したように、垂直成分だけが透過する。その後、光はリターダを通過し、通過時には、偏光光ベクトル 808 で示したように、光の偏光が 90 度回転される。

【0043】

図 9 と図 10 は、チューナブルミラー 700 を内蔵する LCD 900 の動作を示している。LCD 900 の要素は、実質的に前の図と同じであるが、チューナブルミラーとチューナブルミラー制御部が異なる。これらの要素は、チューナブルミラー 700 の 0 - / 2 リターダ 704 の前面に配置された液晶セル 902、チューナブルミラー 700 の反射偏光子 702 の後面に配置され、発光状態と非発光状態との間で動作を切り替え可能なバックライト 906、セル 902 の前面の第 1 の偏光子 908、セル 902 とリターダ 704 との間の第 2 の偏光子 910、およびバックライト 906 用の制御部 920 である。ここでも、液晶セル 902 は、ノーマリホワイトモードで動作する 90° TN セルで、直線偏光された光の偏光面を 90° 回転させるオン状態にあると仮定する。また、図示のために、第 1 の偏光子と第 2 の偏光子 908 と 910 は、それぞれ互いに直交する垂直方向と水平方向の偏光面を有する。

10

【0044】

図 9 は、リターダ 704 が 0 状態 708 で、バックライト 906 が非発光状態 926 の反射モードで動作している LCD 900 を示している。まず、非偏光光ベクトル 930 で示される不規則に偏光した周囲光 928 が、第 1 の偏光子 908 を通過して、通過時に偏光光ベクトル 932 で示されるように、直線偏光される。それから、光は液晶セル 902 を通過し、偏光光ベクトル 934 で示されるように、通過時に第 2 の偏光子 910 の透過軸にほぼ平行な偏光面を有するように回転され、直線偏光 936 を維持したまま第 2 の偏光子 910 を通過する。それから、光は、直線偏光 938 を維持したまま 0 - / 2 リターダ 704 を透過し、反射偏光子 702 により反射して戻される。それから、光は、一連の偏光 940、942、944、946、948 を有する逆の経路をたどり、LCD 出力 950 として出射する（液晶セル 902 がオフ状態のときには、第 1 の偏光子 908 を通って入射する光は、セル 902 を通過し、通過時に第 2 の偏光子 910 の透過軸にほぼ直交する偏光面を有するように回転され、遮断される）。

20

【0045】

図 10 は、0 - / 2 リターダ 704 が / 2 状態 800 で、バックライト 906 が発光状態 1000 の透過モードで動作している LCD 900 を示している。まず、非偏光光ベクトル 1004 で示される不規則に偏光されたバックライト発光 1002 が反射偏光子 702 を通って透過し、透過時に偏光光ベクトル 1006 で示されるように、垂直成分だけが透過する。その後、光はリターダ 704 を通過し、通過時に偏光光ベクトル 1008 で示されるように、偏光が 90 度回転される。それから、光は、直線偏光 1010 を維持しながら第 2 の偏光子 910 を通過する。それから、その偏光は液晶セル 902 によって、第 1 の偏光子 908 の透過軸に平行なほぼ直線の偏光 1012 に回転される。最後に、光は、直線偏光 1014 を有する第 1 の偏光子 908 を通過し、LCD 出力 1016 として出射する（液晶セル 902 がオフ状態のときには、セル 902 から出射する光は、第 1 の偏光子 908 の透過軸と直交する偏光方向を有し、遮断される）。

30

40

【0046】

図 11 は、/ 4 リターダ 1102 がバックライト 906 と反射偏光子 702 との間に設置された LCD 900 と同様の LCD 1100 を示す。当該技術分野で知られているように、/ 4 リターダ 1102 をバックライト 906 と反射偏光子 702 との間に配置すると、ディスプレイの輝度を改善することができる。これは、透過モードで反射偏光子 702 により透過されない水平に偏光された光が / 4 リターダ 1102 を通して反射して戻るためである。それから、光は、右回転方向に円偏光され、リターダを通して左回転の円偏光された光として反射して戻される。それから、光は、リターダ 1102 を通して垂直直線偏光されて出射し、反射偏光子 702 を通過する（Taber の米国特許第 5,731,886 号を参照）。

50

【0047】

第2の偏光子910なしにLCD900を組み立てることも可能である。これは、反射偏光子702が、液晶セルにより回転されない光を除去することで第2の偏光子910の機能を果たすためである。図12はこのLCDアセンブリ1200を示している。

【0048】

図13～17は、第3のチューナブルミラーアセンブリ1300と、チューナブルミラー1300を内蔵するLCD1500と1700を示す。チューナブルミラー1300には、コレステリックリフレクタ1302と、負4分の1波 - 正4分の1波 (+ / - / 4) 液晶リターダ1304と + / - / 4 液晶リターダ用の制御部1306とが含まれる。

【0049】

コレステリックリフレクタ1302は、ある回転方向を有する円偏光された光を反射し、反対の回転方向に円偏光された光を透過する。コレステリックリフレクタ1302は、光を拡散する拡散反射コレステリック液晶ポリマーフィルムであってもよい。そのようなリフレクタは、Wacker-Chemie, R. Maurer, F. H. Kreuzer, J. Stohrer, "Cholesteric Reflectors with a Color Pattern", SID 94 Digest, p. 399 (1994) に記述された工程に従って作成することができる。

【0050】

+ / - / 4 液晶リターダは、円偏光形態と直線偏光形態との間で光を変換するという点で、 / 4 リターダと同様に機能する。しかし、+ / - / 4 液晶リターダ1304は、2つの状態の間の光学位相遅れが半波長 / 2 である - / 4 状態と + / 4 状態との間で動作を制御により切り替え可能である。+ / 4 状態では、リターダ1304は、水平または垂直に直線偏光された光を右回転または左回転の円偏光された光にそれぞれ変換する。逆に、リターダ1304は、右回転または左回転の円偏光された光を水平または垂直に直線偏光された光にそれぞれ変換する。- / 4 状態では、リターダ1304は、水平または垂直に直線偏光された光を左回転または右回転に円偏光された光にそれぞれ変換し、逆に、右回転または左回転に円偏光された光を垂直または水平に直線偏光された光にそれぞれ変換する。そのようなリターダは、ネマチック型または強誘電型のいずれかである。ネマチック型は、 / 4 リターダを0 - / 2 波リターダと組み合わせることで作成することができる。適切なチューナブルリターダを構築する方法は他に存在する可能性もある。本発明は、2つの状態の間の光学位相遅れが / 2 だけ異なる2つの状態の間を制御により切り替え可能な任意の適切なリターダの使用を意図している。

【0051】

さらに、図13～17に示すように、コレステリックリフレクタ1302とリターダ1304は、反射モードでは、コレステリックリフレクタ1302がリターダ1304から受光した光を反射するように互いに向きが設定されている。また、図13～17では、コレステリックリフレクタ1302と + / - / 4 リターダリターダ1304が分離しているように図示されているが、LCDの構成部品として、これらの要素は通常1つに接合される。

【0052】

図13は、リターダ1304が + / 4 状態1308にあり、水平に直線偏光された光を右回転方向に円偏光された光に変換する反射モードでのチューナブルミラー1300の動作を示している。また、コレステリックリフレクタは、右回転に円偏光された光を反射して、左回転に円偏光された光を透過させる。最も簡単な場合では、偏光光ベクトル1314で示される水平直線偏光1312を有する光はリターダ1304を透過し、偏光ベクトル1316で示される右回転に円偏光された光に変換される。それから、光は、偏光1318を維持したままコレステリックリフレクタ1302により反射され、それからリターダ1304を通して直線偏光され元の水平偏光1302に戻される。入射する光が水平と垂直の両方の偏光を有することも可能である。その場合も、水平直線偏光を有する成分だけが右回転の円偏光に変換され、反射して戻される。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

図 1 4 は、+ / - / 4 リターダ 1 3 0 4 が - / 4 状態 1 4 0 0 にある透過モードでのチューナブルミラー 1 3 0 0 の動作を示す。まず、非偏光光ベクトル 1 4 0 4 で示される不規則に偏光された光 1 4 0 2 がコレステリックリフレクタ 1 3 0 2 を透過し、透過時には、偏光光ベクトル 1 4 0 6 で示されるように、左回転円偏光成分だけが透過する。その後、光はリターダ 1 3 0 4 を通過し、通過時に水平直線偏光 1 4 0 8 に直線偏光される。

【 0 0 5 4 】

図 1 5 と 1 6 は、チューナブルミラー 1 3 0 0 を内蔵する LCD 1 5 0 0 の動作を示している。LCD 1 5 0 0 の要素は、実質的に前の図と同じであるが、チューナブルミラーとチューナブルミラー制御部が異なる。これらの要素は、チューナブルミラー 1 3 0 0 の + / - / 4 リターダ 1 5 0 4 の前面に配置された液晶セル 1 5 0 2、チューナブルミラー 1 3 0 0 のコレステリックリフレクタ 1 3 0 2 の背面に配置され、発光状態と非発光状態との間で切り替え可能なバックライト 1 5 0 6、セル 1 5 0 2 の前面の第 1 の偏光子 1 5 0 8、セル 1 5 0 2 と + / - / 4 リターダ 1 3 0 4 との間の第 2 の偏光子 1 5 1 0、およびバックライト 1 5 0 6 用の制御部 1 5 2 0 である。ここでも、液晶セル 1 5 0 2 は、ノーマリホワイトモードで動作する 90° TN セルで、直線偏光された光の偏光面を 90° 回転させるオン状態にあると仮定する。また、図示のために、第 1 の偏光子と第 2 の偏光子 1 5 0 8 と 1 5 1 0 は、それぞれ垂直の方向と水平の方向の互いに直交する偏光面 1 5 2 2 と 1 5 2 4 を有する。

10

【 0 0 5 5 】

図 1 5 は、+ / - / 4 リターダ 1 3 0 4 が + / 4 状態 1 3 0 8 で、バックライト 1 5 0 6 が非発光状態 1 5 2 6 の反射モードで動作している LCD 1 5 0 0 を示している。まず、非偏光光ベクトル 1 5 3 0 で示される不規則に偏光した周囲光 1 5 2 8 が、第 1 の偏光子 1 5 0 8 を通過して、偏光光ベクトル 1 5 3 2 で示されるように直線偏光される。それから、光は液晶セル 1 5 0 2 を通過し、偏光光ベクトル 1 5 3 4 で示されるように、通過時に第 2 の偏光子の透過軸にほぼ平行な偏光面を有するように回転され（約 90°）、それから、直線偏光 1 5 3 6 を維持したまま第 2 の偏光子 1 5 1 0 を通過する。それから、光はリターダ 1 3 0 4 を透過し、偏光ベクトル 1 5 3 8 で示されるように右回転方向に円偏光される。それから、光は、コレステリックリフレクタ 1 3 0 2 によって反射されて戻る。それから、光は、一連の偏光 1 5 4 0、1 5 4 2、1 5 4 4、1 5 4 6、1 5 4 8 を有する逆の経路をたどり、LCD 出力 1 5 5 0 として出射する（液晶セルがオフ状態のときには、第 1 の偏光子 1 5 0 8 を通って入射する光は、セル 1 5 0 2 を通過し、通過時に第 2 の偏光子 1 5 1 0 の透過軸にほぼ直交する偏光面を有するように回転され、遮断される）。

20

30

【 0 0 5 6 】

図 1 6 は、リターダ 1 3 0 4 が - / 4 状態 1 4 0 0 で、バックライト 1 5 0 6 が発光状態 1 6 0 0 の反射モードで動作している LCD 1 5 0 0 を示している。まず、非偏光光ベクトル 1 6 0 4 で示される不規則に偏光されたバックライト発光 1 6 0 2 が反射偏光子 1 3 0 2 を透過し、透過時には、偏光光ベクトル 1 6 0 6 で示されるように、左回転の円偏光成分だけが透過する。その後、光はリターダ 1 3 0 4 を通過し、通過時に水平直線偏光 1 6 0 8 に直線偏光される。それから、光は、直線偏光 1 6 1 0 を維持しながら第 2 の偏光子 1 5 1 0 を通過する。それから、その偏光は液晶セル 1 5 0 2 によって、第 1 の偏光子 1 5 0 8 の透過軸にほぼ平行な直線偏光 1 6 1 2 に回転される。最後に、光は、直線偏光 1 6 1 4 を有する第 1 の偏光子 1 5 0 8 を通過し、LCD 出力 1 6 1 6 として出射する（セルがオフ状態のときには、液晶セル 1 5 0 2 から出射する光は、第 1 の偏光子 1 5 0 8 の透過軸と直交する偏光方向を有し、遮断される）。

40

【 0 0 5 7 】

当該技術分野で知られているように（Taber の米国特許第 5,731,886 号を参照）、コレステリックリフレクタ 1 3 0 2 から反射される右回転の光は、バックライト表面からの反射時に 180° の位相変化をし、右回転円偏光が左回転円偏光に変化し、ディ

50

スプレイの輝度を改善する。

【0058】

第2の偏光子1510なしにLCD1500を組み立てることも可能である。これは、コレステリックリフレクタ1302が、液晶セルにより回転されない光を除去することで第2の偏光子1510の役割を果たすためである。図17はこのLCDアセンブリ1700を示している。

【0059】

前述の反射モードと透過モードに加え、LCDとチューナブルミラーは、チューナブルミラーとバックライトが中間状態で動作する中間動作モードを任意選択で含んでもよい。

【0060】

前述の任意の実施形態によるチューナブルミラーを備えたLCDは、多種の動作システムに組み込み可能であり、動作システムには、全地球測位衛星(GPS)受信ユニット、ラップトップユニットやノートブックユニットを含むコンピュータ、PDA、電卓、個人用カレンダー、携帯電話、腕時計および置き時計、自動車用のディスプレイ、飛行機用のディスプレイ、船舶用のディスプレイが含まれるが、これらには限定されない。

【0061】

本発明を実施する動作システムの3つの例を図18a~18cに示す。図18aは、本発明のLCD1802を備えた携帯電話1800である。図18bは、本発明のLCD1806を備えた腕時計1804、図18cは、キーボード部分1812に取り付けられた本発明のLCD画面1810を備えたラップトップ1808である。携帯電話、腕時計、ラップトップコンピュータは、電池で動作可能なため、本発明のLCDを使用すると、電池寿命が節約され、さらにディスプレイのコントラストと輝度が増加するので望ましい。

【図面の簡単な説明】

【図1】

反射モードで動作している本発明に従ったLCDの概略図である。

【図2】

透過モードで動作している図1のLCDの概略図である。

【図3】

反射モードで動作している液晶リフレクタと4分の1波リターダを含むチューナブルミラーの概略図である。

【図4】

透過モードで動作している図3のチューナブルミラーの概略図である。

【図5】

反射モードで動作している図3のチューナブルミラーを有するLCDの概略図である。

【図6】

透過モードで動作している図5のLCDの概略図である。

【図7】

反射モードで動作している0 - 半波(0 - $\lambda/2$)チューナブル液晶リターダを有する反射偏光子を含むチューナブルミラーの概略図である。

【図8】

透過モードで動作している図7のチューナブルミラーの概略図である。

【図9】

反射モードで動作している図7のチューナブルミラーを有するLCDの概略図である。

【図10】

透過モードで動作している図9のLCDの概略図である。

【図11】

$\lambda/4$ リターダを備える図7のチューナブルミラーを有するLCDの代替の構造の概略図である。

【図12】

図8のチューナブルミラーを有するLCDの代替の構造の概略図である。

10

20

30

40

50

【図 13】

反射モードで動作している負 4 分の 1 波 - 正 4 分の 1 波 (+ / - / 4) チューナブル液晶リターダを有するコレステリックリフレクタを含むチューナブルミラーの概略図である。

【図 14】

透過モードで動作している図 13 のチューナブルミラーの概略図である。

【図 15】

反射モードで動作している図 13 のチューナブルミラーを有する LCD の概略図である。

【図 16】

透過モードで動作している図 15 の LCD の概略図である。

10

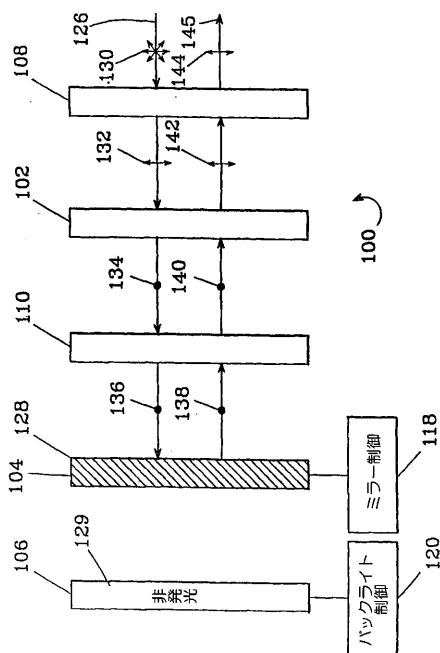
【図 17】

図 13 のチューナブルミラーを有する LCD の代替の構造の概略図である。

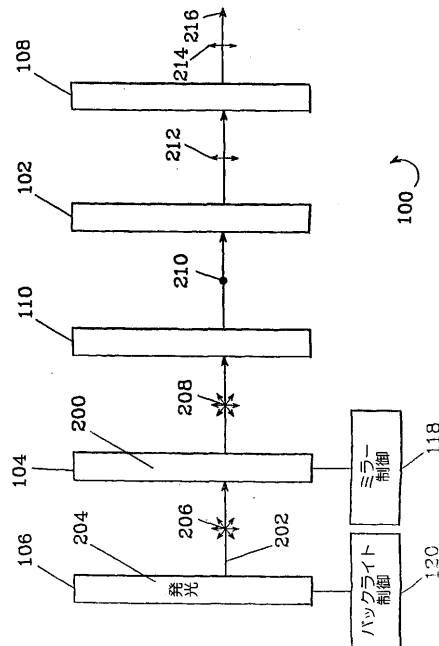
【図 18】

図 18 a ~ 図 18 c は、本発明の電子装置の外観を示す斜視図で、図 18 a は携帯電話、図 18 b は腕時計、図 18 c はラップトップコンピュータである。

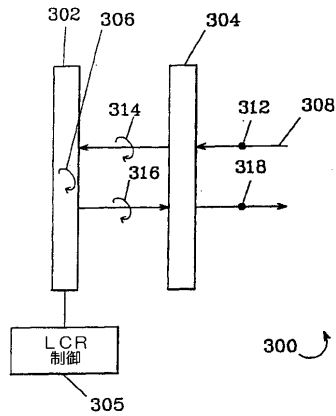
【図 1】



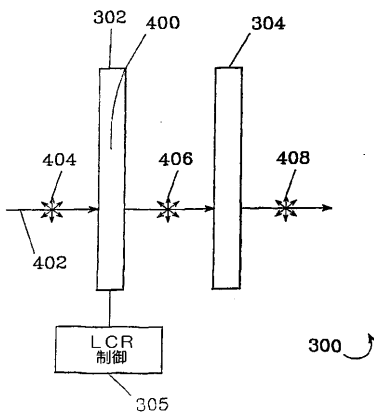
【図 2】



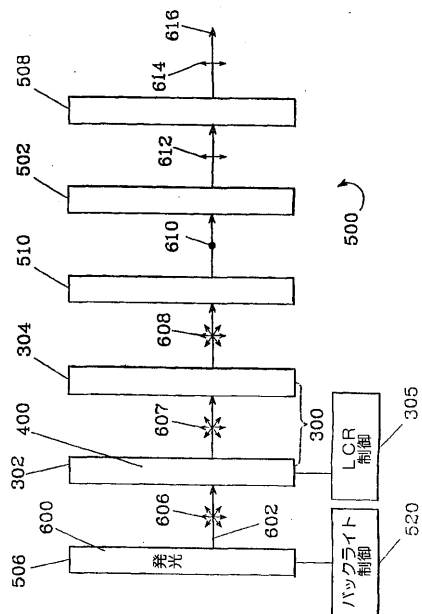
【図 3】



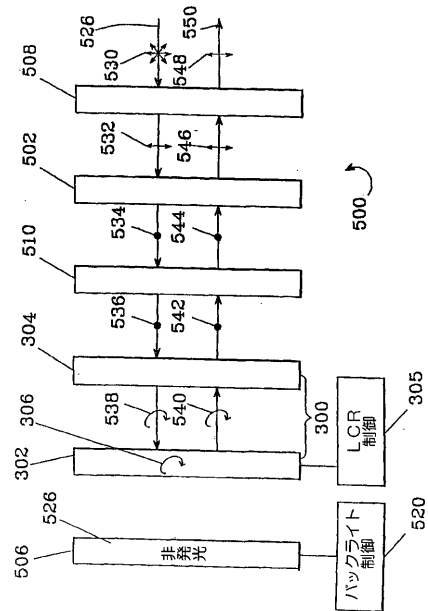
【図 4】



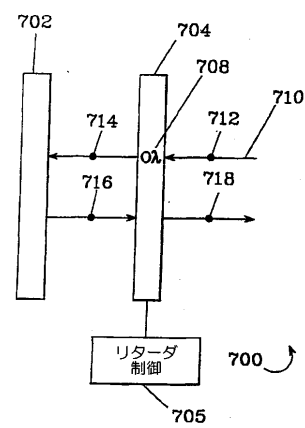
【図 6】



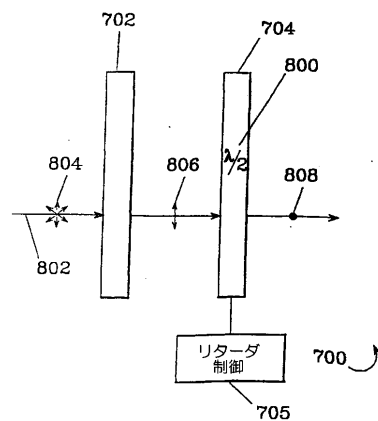
【図 5】



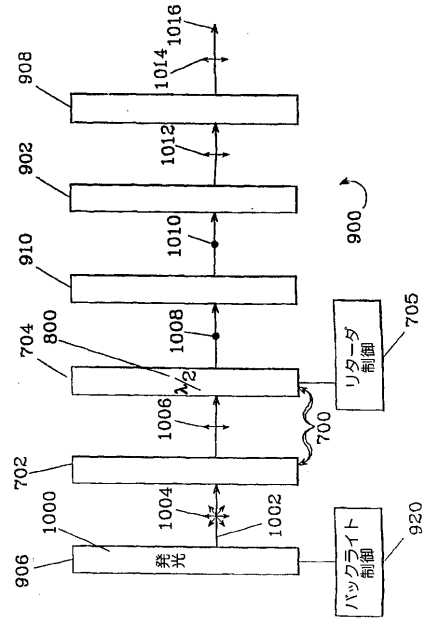
【図 7】



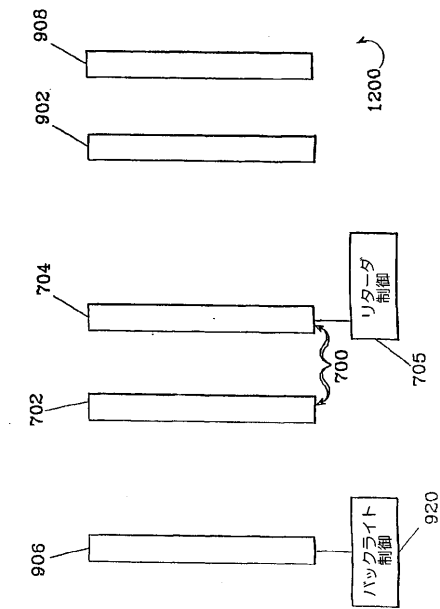
【図 8】



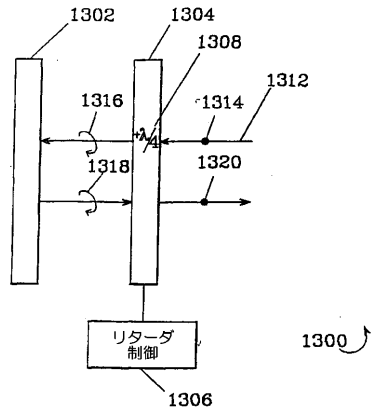
【 図 1 0 】



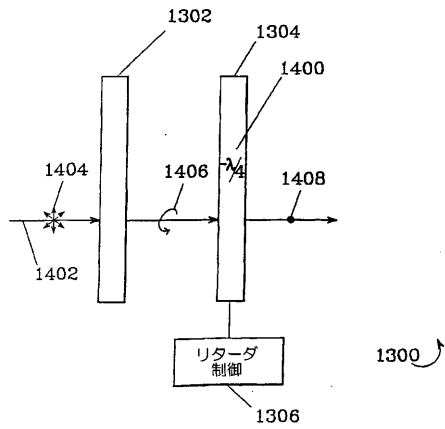
【 図 1 2 】



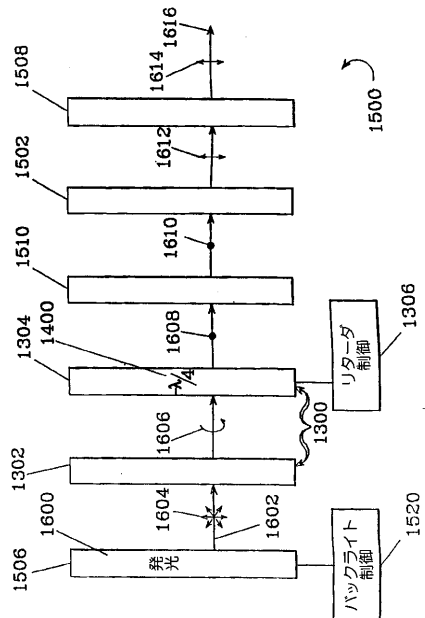
【図 13】



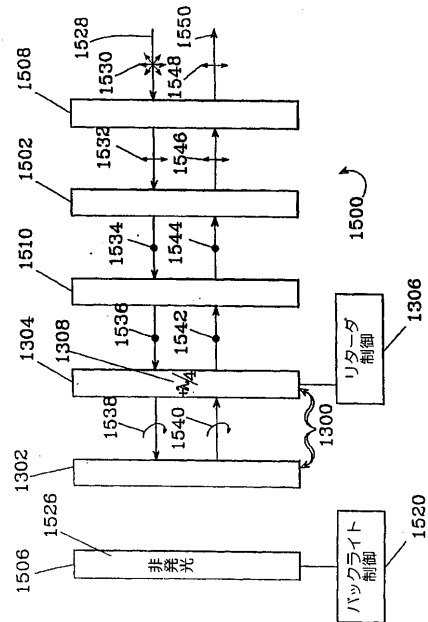
【図 14】



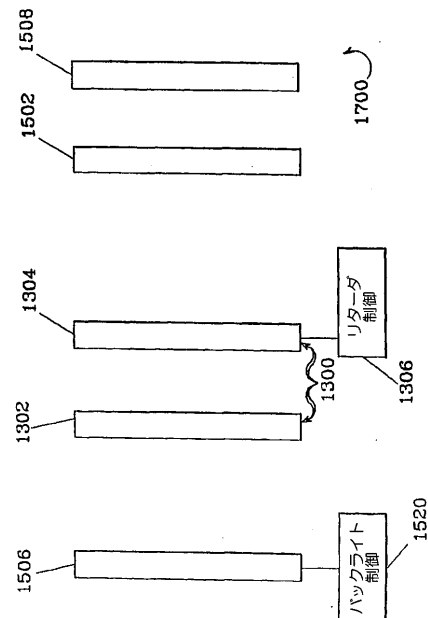
【図 16】



【図 15】



【図 17】



【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
11 April 2002 (11.04.2002)

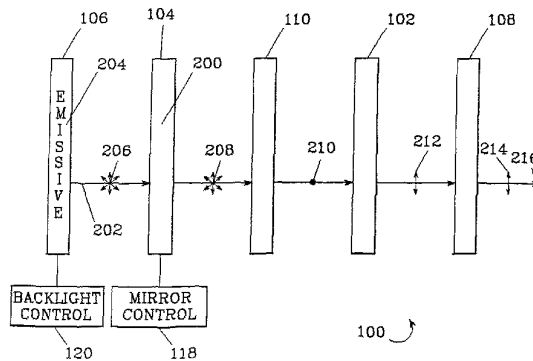
PCT

(10) International Publication Number
WO 02/29484 A2

- (51) International Patent Classification: **G02F 1/1347**, 1/137, 1/13357, 1/141 (74) Agent: **MOK, Louis, A.**, Koppel & Jacobs, 555 St. Charles Drive, Suite 107, Thousand Oaks, CA 91360 (US).
- (21) International Application Number: **PCT/US01/29610** (81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (22) International Filing Date: 21 September 2001 (21.09.2001) (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BI, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: 09/676,138 29 September 2000 (29.09.2000) US
- (71) Applicant: **INNOVATIVE TECHNOLOGY LICENSING, LLC** [US/US]; 1049 Camino Dos Rios, P.O. Box 1085, Thousand Oaks, CA 91358-0085 (US).
- (72) Inventors: **WINKER, Bruce**; 1363 Spinnaker Drive, Box 74, Ventura, CA 93001 (US). **GUNNING, William, J.**; 3924 Calle Valle Vista, Newbury Park, CA 91320 (US).
- Published: — without international search report and to be republished upon receipt of that report

[Continued on next page]

(54) Title: HIGH BRIGHTNESS TRANSFLECTIVE LCD AND METHOD USING TUNABLE MIRROR



(57) Abstract: A Liquid Crystal Display (LCD) uses a tunable mirror in place of a partially reflective mirror. The tunable mirror has a controllable reflectivity and transmittance which allows the mirror to primarily reflect light when the LCD is operated in a reflective mode, and to primarily transmit light from a backlight when the LCD is operated in a transmissive mode.

WO 02/29484 A2

WO 02/29484 A2



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.

WO 02/29484

PCT/US01/29610

1

HIGH BRIGHTNESS TRANSFLECTIVE LCD AND METHOD USING
TUNABLE MIRROR

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of the Invention

5 This invention is concerned with liquid crystal displays (LCDs) and particularly with transflective LCDs that achieve lower battery usage and higher contrast.

Description of the Related Art

10 Conventional transflective LCDs have a partially-reflective partially-transmissive mirror element (also known as a translector) which reflects ambient light received from the viewing screen back through the LCD, and transmits backlight emission which is switched on
15 when ambient lighting is low.

 In conventional transflective LCDs, the utilization of light is inefficient because light is both reflected and transmitted at the same time, by the partially-reflective partially-transmissive mirror. Additionally,
20 the transmission and reflection have fixed values. Since at any given time, the sum of the transmission and reflection of a mirror can not exceed 100%, the partially-reflective partially-transmissive mirror sacrifices efficiency by simultaneously operating as a

WO 02/29484

PCT/US01/29610

2

reflector and a transmitter. Typically such mirrors have a 70-90% reflectance and a 10-30% transmission.

To compensate for such inefficiency, more battery power must be used to increase the backlight emission when operating in the transmissive mode in low ambient light. Likewise, contrast is lost when operating in the reflective mode, at high ambient light.

10 SUMMARY OF THE INVENTION

This invention provides a system and method which improve the efficiency of conventional transreflective LCDs by replacing the partially-reflective partially-transmissive mirror with a tunable mirror. A tunable mirror is any device having controllable degrees of transmission and reflection.

The advantage of using a tunable mirror is that it can be switched between "reflective" and "transmissive" modes to primarily reflect light when ambient lighting is high, and to primarily transmit light when ambient lighting is low and backlighting is needed. This saves battery life by reducing the amount of backlighting needed when operating the LCD in the transmissive mode, and increases contrast and brightness when operating in the reflective mode.

The electrochemical reversible mirror (REM) is a suitable type of tunable mirror for use with this invention. Additionally, tunable mirrors may be constructed from a plurality of optical elements, at least one of which has an electrically switchable optical property.

WO 02/29484

PCT/US01/29610

3

One suitable construction for the tunable mirror includes a cholesteric liquid crystal reflector with a quarter-wave ($\lambda/4$) retarder. In this combination, the liquid crystal reflector is switchable between reflecting and transmitting states of operation to give the mirror its tunable characteristic.

Another suitable construction for the tunable mirror includes a reflective polarizer with a zero to half-wave ($0-\lambda/2$) tunable liquid crystal retarder. Such retarder is and is switchable between $\lambda/2$ and 0λ states of operation to give the mirror its tunable characteristic.

A third suitable construction for the tunable mirror includes a cholesteric reflector with a negative quarter-wave to positive quarter-wave ($+\lambda/4$) tunable liquid crystal retarder. Such retarder is switchable between $+\lambda/4$ and $-\lambda/4$ states of operation to give the mirror its tunable characteristic.

There are various possibilities for controlling the mirror and backlight. For example, mirror and backlight control systems may be employed which operate the mirror and backlight in tandem, such that when the backlight is switched on, the mirror is set to the transmissive state. Another possibility is to set the mirror and backlight controls automatically responsive to the level of ambient light.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 is a schematic diagram of an LCD in accordance with the present invention LCD operating in the reflective mode.

WO 02/29484

PCT/US01/29610

4

FIG. 2 is a schematic diagram of the LCD of FIG. 1, operating in the transmissive mode.

FIG. 3 is a schematic diagram of a tunable mirror comprising a liquid crystal reflector and quarter wave retarder, operating in the reflective mode.

FIG. 4 is a schematic diagram of the tunable mirror of FIG. 3 operating in the transmissive mode.

FIG. 5 is a schematic diagram of an LCD with the tunable mirror of FIG. 3 operating in the reflective mode.

FIG. 6 is a schematic diagram of the LCD of FIG. 5 operating in the transmissive mode.

FIG. 7 is a schematic diagram of a tunable mirror comprising a reflective polarizer with a zero to half-wave ($0-\lambda/2$) tunable liquid crystal retarder, operating in the reflective mode.

FIG. 8 is a schematic diagram of the tunable mirror of FIG. 7, operating in the transmissive mode.

FIG. 9 is a schematic diagram of an LCD with the tunable mirror of FIG. 7, operating in the reflective mode.

FIG. 10 is a schematic diagram of the LCD of FIG. 9, operating in the transmissive mode.

FIG. 11 is a schematic diagram of an alternate construction for an LCD with the tunable mirror of FIG. 7, which includes a $\lambda/4$ retarder.

FIG. 12 is a schematic diagram of an alternate construction for the LCD with the tunable mirror of FIG. 8.

FIG. 13 is a schematic diagram of a tunable mirror comprising a cholesteric reflector with a negative

WO 02/29484

PCT/US01/29610

5

quarter-wave to positive quarter-wave ($\pm\lambda/4$) tunable liquid crystal retarder, operating in the reflective mode.

FIG. 14 is a schematic diagram of the tunable mirror of FIG. 13, operating in the transmissive mode.

FIG. 15 is a schematic diagram of an LCD with the tunable mirror of FIG. 13, operating in the reflective mode.

FIG. 16 is a schematic diagram of the LCD of FIG. 15, operating in the transmissive mode.

FIG. 17 is a schematic diagram of an alternate construction for the LCD with the tunable mirror of FIG. 13.

FIGS. 18a - 18c are perspective views illustrating the appearance of electronic apparatus of the present invention, in which FIG. 18a is a cellular telephone, FIG. 18b is a watch, and FIG. 18c is a laptop computer.

20 DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

The present invention replaces the partially-reflective partially-transmissive mirror used in prior art transfective LCDs with a tunable mirror. There are many ways to make transfective LCDs. While a particular type of LCD is shown in these figures, the invention is applicable in general to any transfective LCD in which the partially-reflective partially-transmissive mirror can be replaced by a tunable mirror.

WO 02/29484

PCT/US01/29610

6

FIGS. 1 and 2 are diagrams illustrating an LCD 100, according to the present invention, operating in the reflective and transmissive mode, respectively.

The LCD 100 includes a liquid crystal cell 102; a tunable mirror 104 behind the cell; a backlight 106 which is located behind the tunable mirror 104; a first polarizer 108 in front of the cell 102; a second polarizer 110 between the cell 102 and the tunable mirror 104; a control 118 for the tunable mirror 104; and a control 120 for the backlight 106.

The liquid crystal cell 102 may be a Supertwisted-Nematic (STN) cell, an Active Matrix Twisted-Nematic (TN) cell or a Passive TN cell. The construction of the liquid crystal cell typically includes a liquid crystal layer sandwiched between a pair of segmented electrodes.

In a normally white mode of operation, the cell 102 can be either in an ON (light emitting) state or an OFF state, wherein voltage is applied across the electrodes of the cell in the OFF state and no voltage is applied across the cell in the ON state. The first and second polarizers 108 and 110 are oriented such that when the cell is in the ON state, light entering through one polarizer is rotated upon transmission through the cell, such that the polarization direction is approximately parallel to the transmission axis of the other polarizer, and exits through that polarizer. When the cell is in the OFF state, light entering through one polarizer is rotated by the cell, such that the polarization direction is approximately orthogonal to the transmission axis of the other polarizer, and is therefore blocked or absorbed by that polarizer. In the example of a 90° TN cell

WO 02/29484

PCT/US01/29610

7

operating in the normally white mode where the cell rotates light by 90° in the ON state, the polarizers have mutually orthogonal planes of polarization.

In an STN cell the planes of polarization may not be orthogonal. A normally black mode may also be used, in which the voltage is applied in the ON state and no voltage in the OFF state. In the example of a 90° TN cell operating in the normally black mode the polarizers are parallel (For a reference on STN cells see T.J. Scheffer and J. Nehring, "Supertwisted Nematic LCDs," Society for Information Display Seminar Lecture Notes, Vol. 1, M-12, May 15, 2000, and the references therein.)

The tunable mirror 104 can be switched between reflective and transmissive modes, for primarily reflecting or primarily transmitting light, respectively. More detailed examples of tunable mirrors will be described below.

The backlight 106 can be switched between emissive and non-emissive states of operation, for emitting light in its emissive state when ambient light entering the liquid crystal cell from the opposite side is too low, and is therefore below a "viewability threshold". Some examples of a suitable backlight assembly can be found in Okumara, (U.S. Pat. No. 6,008,871). Additionally, manufacturers of suitable backlights for transreflective displays are Durel Corporation and Eltech.

While the liquid crystal cell 102, tunable mirror 104, polarizers 108 and 110 are illustrated as being separated, this is for convenience of illustration; in practice these elements would normally be bonded together with adhesives having compensatory indices of refraction.

WO 02/29484

PCT/US01/29610

8

The construction of these individual elements is well known in the LCD art. For example, see Okumara, (U.S. Pat. No. 6,008,871); and transreflective LCD units having these components (with a partially-reflective partially-transmissive mirror) are sold by companies such as Seiko-Epson and Optrex.

Besides those illustrated, other optional elements are left out of the illustrations because they are not necessary to describe the present invention. These include compensation (retardation) films, which can be located on each side of the liquid crystal cell 102, and are used with an STN cell. Such elements are well known.

Additionally, a light diffusing element may be added to produce a diffused image. Such light diffusing element can be made of embossed plastic plate, or a plastic plate dispersed with beads. In addition, diffusing beads can be mixed into one of the adhesive layers adjacent to any of the above-described elements (See Okumura). Also, it may be possible to produce a tunable mirror with a matte surface for obtaining a diffused surface, and some mirrors may have an inherent light diffusion quality so an additional light diffusing element is not required for diffusion, as will be mentioned in more detail in the discussion regarding tunable mirrors.

Moreover, in conventional transreflective LCDs, the backlight is switched to the emissive state when operating in a transmissive mode. In the present invention, both the backlight and tunable mirror need to be controlled. There are several options for this. The mirror and backlight controls 118 and 120 can be either

manually set by the user or automatically responsive to the level of ambient light. The user may also be given the option of setting the controls at either manual or automatic ambient light responsive modes. In a system
5 which is automatically responsive to ambient light, an ambient light sensor can be used to switch the backlight to its emissive state and set the mirror in its transmissive mode at low ambient light, and at high ambient light, switch the backlight to its non-emissive
10 state and set the mirror in its reflective mode, for example. Additionally, the two controls 118 and 120 may either operate independently of each other, or in tandem. Where both controls are operated by applying a source of electrical potential, two control circuits operating in
15 series or parallel may be utilized.

Fig. 1 illustrates the operation of the LCD 100 in the reflective mode in which there is high ambient light, and the tunable mirror 104 is switched to operate in the reflective mode, indicated by the shading 128.
20 Additionally, the backlight 106 is switched to the non-emissive state of operation 129. For the purpose of illustration, the liquid crystal cell 102 is assumed to be a 90° TN cell operating in a normally white mode, and in its ON state, wherein it rotates the plane of
25 polarization of linearly polarized light by 90°. Additionally, for the purpose of illustration, polarizers 108, 110 have mutually orthogonal planes of polarization in the vertical and horizontal directions, respectively. Although this assumption may not be true for all
30 displays, as in the case of an STN cell, or a normally black mode display, it is adopted for the purpose of

simplifying the illustration and does not limit the invention to TN cells or white mode displays.

First, randomly polarized ambient light 126, indicated by unpolarized light vectors 130, travels through the first polarizer 108, where it is linearly polarized, as indicated by the polarized light vector 132. The light then travels through the liquid crystal cell 102, where it is rotated to have a plane of polarization approximately parallel to the transmission axis of the second polarizer, indicated by the dot 134 representing a light vector coming out of the plane of the paper. The light then passes through the second polarizer 110, maintaining its linear polarization 136, and is primarily reflected by the tunable mirror 128. The reflected light then follows a reversed path with successive polarizations 138, 140, 142 and 144, to emerge as an LCD output 145. (When the cell 102 is in the OFF state, the light entering through the first polarizer 108 travels through the cell 102, where it is rotated to have a plane of polarization approximately orthogonal to the transmission axis of the second polarizer and is blocked.)

FIG. 2 illustrates the operation of the LCD 100 in the transmissive mode, in which the tunable mirror 104 is switched to operate in the transmissive mode, indicated by the absence of shading 200. Additionally, the backlight 106 is switched to the emissive state of operation 204. As in the description of FIG. 1, the liquid crystal cell 102 is again assumed to rotate the plane of polarization of linearly polarized light by 90°. First, randomly polarized backlight emission 202,

WO 02/29484

PCT/US01/29610

11

indicated by unpolarized light vectors 206, is primarily transmitted through the tunable mirror 104. The resultant unpolarized light, indicated by vector 208, then travels through the second polarizer 110 and is linearly polarized 210. Its polarization is then rotated by the liquid crystal cell 102 to a linear polarization 212, approximately parallel to the transmitting axis of the first polarizer 108. Finally the light exits the first polarizer 108 with linear polarization 214, to emerge as the LCD output 216. (When the liquid crystal cell 102 is in the OFF state, the light exiting the cell 102 has a polarization direction orthogonal to the transmitting axis of the first polarizer 108 and is blocked.)

TUNABLE MIRRORS

For purposes of this invention, a tunable mirror is defined as any device having a controllable transmission and reflection. This includes a transmission/reflection which can be switched among either discrete or continuous states. An electro-optic device is one whose optical properties change with an electric signal. This invention contemplates the use of any electro-optic or other device which acts as a tunable mirror for a transreflective LCD.

Tench (U.S. Pat. No. 5,923,456) discloses a suitable reversible electrochemical mirror (REM) having controllable reflective and transmissive modes. The REM can be controlled by applying a source of electrical potential which has reversible polarity and adjustable potential. The REM takes about 1 second to switch between reflective and transmissive modes. Additionally,

WO 02/29484

PCT/US01/29610

12

the REM may have a matte surface to produce a diffused reflectance. The REM can achieve a transmittance of up to 60% due to light absorption, and therefore has limited efficiency.

5 Additionally, tunable mirrors may be constructed by combining a plurality of optical elements, at least one of which is an electro-optic device having switchable optical properties. FIGS. 3-17 illustrate examples of such tunable mirrors, and LCDs incorporating these
10 mirrors, according to this invention.

FIGS. 3-6 illustrate a first tunable mirror assembly 300, and an LCD 500 incorporating the tunable mirror 300. The tunable mirror 300 includes a switchable cholesteric liquid crystal reflector 302 with a quarter-wave ($\lambda/4$)
15 retarder 304 and a control 305 for the liquid crystal reflector 302. The liquid crystal reflector 302 is controllably switchable between reflecting and transmitting states of operation, for reflecting
20 circularly polarized light of a particular rotational direction in the reflecting state, and for transmitting light in the transmitting state. Such Cholesteric liquid crystal devices are commercially available from Kent
Displays and Advanced Display Systems (ADS). Preferably, the cholesteric liquid crystal reflector 302 should be
25 custom designed to have a single addressing pixel, which has the same dimensions as the overall LCD. Such liquid crystal reflector has a diffuse reflectance in the reflecting state and thus will produce a diffused image without the addition of a light diffusing element. When a
30 voltage (approximately between 20 and 80 Volts) is applied to the reflector 302 (i.e. in the transmitting

state) it changes from a homeotropic state, in which light is transmitted without a change in polarization. (For a reference see D.K. Yang, J.L. West, L.C. Chien, and J.W. Doane, "control of Reflectivity and Bistability in Displays using Cholesteric Liquid Crystals," J. Appl. Phys. 76, 1331 (1994)).

The $\lambda/4$ retarder 304 is an element used for conversion of light between circular and linear polarization forms. It converts horizontal or vertical linearly polarized light to right-handed or left-handed circularly polarized light, depending on the orientation. Conversely, it will convert right-handed or left-handed circularly polarized light to linearly polarized light, and is substantially transmissive to randomly polarized light. Such $\lambda/4$ retarder can be either birefringent crystal or oriented polymer film and are manufactured by Fuji Film, Nitto Denko, and Meadowlark Optics. (For a reference see Polarization Manipulation with Retarders, Meadowlark Optics, Product Catalogue, 1999-2000). Furthermore, the liquid crystal reflector 302 and $\lambda/4$ retarder 304 are oriented with respect to each other such that in the reflective mode, the reflector 302 reflects light received from the retarder 304. Also, in FIGS. 3 - 6, the liquid crystal reflector 302 and $\lambda/4$ retarder 304 are illustrated as being separated, however, as components of an LCD, these elements would normally be bonded together.

FIG. 3 illustrates the operation of the tunable mirror 300 in the reflective mode in which the liquid crystal reflector 302 is in the reflecting state. In this state, the liquid crystal reflector 302 is capable of

WO 02/29484

PCT/US01/29610

14

reflecting circularly polarized light of one particular rotational direction, e.g. right handed circular polarization but not left handed, indicated by the circular reflection vector 306.

5 First, linearly polarized light 308 (e.g. in the horizontal direction), as indicated by the polarized light vector 312, is converted by the $\lambda/4$ retarder 304 to a circular right handed polarization, indicated by the polarized light vector 314. The light is then reflected
10 by the liquid crystal reflector 302, maintaining its circular right handed polarization 316, and travels back through the $\lambda/4$ retarder 304 which converts it back to a horizontal linear polarization 318.

FIG. 4 illustrates the operation of the tunable
15 mirror 300 in the transmissive mode, in which the liquid crystal reflector 302 is in the transmitting state. In this state the liquid crystal reflector is transmits light, as indicated by the absence of a reflection vector 400. Randomly polarized light 402, indicated by the
20 unpolarized light vectors 404, is transmitted through both the liquid crystal reflector 302 and $\lambda/4$ retarder 304, maintaining its random polarization indicated by vectors 406 and 408.

FIGS. 5 and 6 illustrate the operation of the LCD
25 500 which incorporates the tunable mirror 300. The elements of the LCD 500 are essentially the same as those in the previous figures, with the exception of the tunable mirror, and tunable mirror control. These elements are a liquid crystal cell 502 located in front
30 of the $\lambda/4$ retarder 304 of the tunable mirror 300; a backlight 506 which is located behind the liquid crystal

WO 02/29484

PCT/US01/29610

15

reflector 302 of tunable mirror 300 and can be switched between emissive and non-emissive states; a first polarizer 508 in front of the cell 502; a second polarizer 510 between the cell 502 and the $\lambda/4$ retarder 304; and a control 520 for the backlight 506. Again, for the purpose of illustration, the liquid crystal cell 502 is assumed to be a 90° TN cell operating in the normally white mode, and in its ON state wherein it rotates the plane of polarization of linearly polarized light by 90° . Also for the purpose of illustration, the first and second polarizers 508 and 510 have mutually orthogonal planes of polarization in the vertical and horizontal directions, respectively.

FIG. 5 illustrates the LCD 500 operating in the reflective mode, in which the liquid crystal reflector 302 is in the reflecting state, as indicated by the circular reflection vector 306, and the backlight 506 is in the non-emissive state 526. First, randomly polarized ambient light 526, indicated by unpolarized light vectors 530, travels through the first polarizer 508, where it is linearly polarized, as indicated by the polarized light vector 532. The light then travels through the liquid crystal cell 502, where it is rotated to have a plane of polarization approximately parallel to the transmission axis of the second polarizer, as indicated by the polarized light vector 534 and through the second polarizer 510, maintaining its linear polarization 536. The light then passes through the $\lambda/4$ retarder 304 wherein it is circularly polarized in the right handed direction 538. The circularly polarized light 538 is then reflected by liquid crystal reflector 302, following a

WO 02/29484

PCT/US01/29610

16

reversed path with successive polarizations 540, 542, 544, 546, and 548 to emerge as an LCD output 550. (When the liquid crystal cell 502 is in the OFF state, the light entering through the first polarizer 508 travels through the cell 502, where it is rotated to have a plane of polarization approximately orthogonal to the transmission axis of the second polarizer 510 and is blocked.)

FIG. 6 illustrates the LCD 500 operating in the transmissive mode, in which the liquid crystal reflector is in the transmitting state, as indicated by the absence of a reflection vector 400, and the backlight is in its emissive state 600. First, randomly polarized backlight 602, indicated by unpolarized light vectors 606, is transmitted through the liquid crystal reflector 302 and $\lambda/4$ retarder 304, having unpolarized light vectors 607 and 608. The resultant light then travels through the second polarizer 510 and is linearly polarized 610. Its polarization is then rotated by the liquid crystal cell 502 to an approximately linear polarization 612, parallel to the transmitting axis of the first polarizer 508. Finally the light passes through the first polarizer 508 with linear polarization 614, to emerge as the LCD output 616. (When the liquid crystal cell 502 is in the OFF state, the light exiting the cell 502 has a polarization direction orthogonal to the transmitting axis of the first polarizer 508 and is blocked.)

FIGS. 7-12 illustrate a second tunable mirror assembly 700, and LCDs 900, 1100 and 1200 incorporating the tunable mirror 700. The tunable mirror 700 includes a reflective polarizer 702, a tunable liquid crystal zero

WO 02/29484

PCT/US01/29610

17

to half-wave ($0-\lambda/2$) retarder 704, and a control 705 for the $0-\lambda/2$ retarder 704. The reflective polarizer 702 reflects linearly polarized light of one direction, (e.g. the horizontal direction) and transmits linearly polarized light of another direction (e.g. the vertical direction). Commercially available reflective polarizers (supplied through Merck and 3M) have a specular rather than a diffuse reflectance.

The $0-\lambda/2$ retarder 704 is controllably switchable between 0λ and $\lambda/2$ states of operation, for rotating the plane of polarization of linearly polarized light by 90 in the $\lambda/2$ state, and for transmitting light with no change in the 0λ state. (see Meadowlark Optics) Such retarder is typically of a nematic type, and is switchable to the 0λ state with the application of a voltage (approximately 10V) at a speed of 20 ms, and works in analogue mode.

Furthermore, the reflective polarizer 702 and retarder 704 are oriented with respect to each other such that in the reflective mode, the reflective polarizer 702 reflects light received from the retarder 704, as illustrated in FIGS 7-12. Also, in FIGS. 7-12, the reflective polarizer 702 and retarder 704 are illustrated as being separated, however, as components of an LCD, these elements would normally be bonded together. Additionally, in an LCD where a diffuse reflectance is desired, an additional light diffusing element may be added with this type of tunable mirror. In this case it is preferable to use a holographic diffuser that does not scramble the polarization.

FIG. 7 illustrates the operation of the tunable mirror 700 in the reflective mode, in which the $0-\lambda/2$ retarder 704 is in the 0λ state 708. In the simplest case, light having horizontal linear polarization 710 as indicated by the polarized light vector 712, is transmitted through the retarder 704 and reflected by the reflective polarizer 702, back through the retarder 704, having successive polarizations 714, 716, and 718. It is also possible for the light entering to have both vertical and linear polarization components. In this case, still only the component having horizontal linear polarization will be reflected back.

FIG. 8 illustrates the operation of the tunable mirror 700 in the transmissive mode in which the retarder 704 is in the $\lambda/2$ state 800. First, randomly polarized light 802, as indicated by the unpolarized light vectors 804 is transmitted through the reflective polarizer 702, wherein only the vertical component is transmitted, as indicated by the polarized light vector 806. Thereafter, the light passes through the retarder, wherein its polarization is rotated 90° , as indicated by polarized light vector 808.

FIGS. 9 and 10 illustrate the operation of the LCD 900 which incorporates the tunable mirror 700. The elements of the LCD 900 are essentially the same as those in the previous figures, with the exception of the tunable mirror, and tunable mirror control. These elements are a liquid crystal cell 902 located in front of the $0-\lambda/2$ retarder 704 of the tunable mirror 700; a backlight 906 which is located behind the reflective polarizer 702 of tunable mirror 700 and can be switched

WO 02/29484

PCT/US01/29610

19

between emissive and non-emissive states of operation; a first polarizer 908 in front of the cell 902; a second polarizer 910 between the cell 902 and the retarder 704; and a control 920 for the backlight 906. Again, the liquid crystal cell 902 is assumed to be a 90° TN cell operating in a normally white mode, and in its ON state, wherein it rotates the plane of polarization of linearly polarized light by 90° . Also for the purpose of illustration, the first and second polarizers 908 and 910 have mutually orthogonal planes of polarization in the vertical and horizontal directions, respectively.

FIG. 9 illustrates the LCD 900 operating in the reflective mode, in which the retarder 704 is in the 0λ state 708, and the backlight 906 is in its non-emissive state 926. First, randomly polarized ambient light 928, indicated by unpolarized light vectors 930, travels through the first polarizer 908, where it is linearly polarized, as indicated by the polarized light vector 932. The light then travels through the liquid crystal cell 902, where it is rotated to have a plane of polarization approximately parallel to the transmission axis of the second polarizer 910, as indicated by the polarized light vector 934, and passes through the second polarizer 910, maintaining its linear polarization 936. The light is then transmitted through the $0-\lambda/2$ retarder 704 maintaining its linear polarization 938, and is reflected back by the reflective polarizer 702. The light then follows a reversed path with successive polarizations 940, 942, 944, 946, and 948 to emerge as an LCD output 950. (When the liquid crystal cell 902 is in its OFF state, the light entering through the first

WO 02/29484

PCT/US01/29610

20

polarizer 908 travels through the cell 902, where it is rotated to have a plane of polarization approximately orthogonal to the transmission axis of the second polarizer 910, and is blocked.)

5 FIG. 10 illustrates the LCD 900 operating in the transmissive mode, in which the $0-\lambda/2$ retarder 704 is in the $\lambda/2$ state 800, and the backlight 906 is in the emissive state 1000. First, randomly polarized backlight emission 1002, indicated by unpolarized light vectors 1004, is transmitted through the reflective polarizer 702, wherein only the vertical component is transmitted, as indicated by the polarized light vector 1006. Thereafter, the light passes through the retarder 704 wherein its polarization is rotated 90° , as indicated by 15 polarized light vector 1008. The light then passes through the second polarizer 910 maintaining its linear polarization 1010. Its polarization is then rotated by the liquid crystal cell 902 to an approximately linear polarization 1012, parallel to the transmitting axis of 20 the first polarizer 908. Finally the light passes through the first polarizer 908 with linear polarization 1014, to emerge as the LCD output 1016. (When the liquid crystal cell 902 is in its OFF state, the light exiting the cell 902 has a polarization direction orthogonal to 25 the transmitting axis of the first polarizer 908 and is blocked).

FIG. 11 illustrates an LCD 1100, similar to the LCD 900 in which a $\lambda/4$ retarder 1102 is located between the backlight 906 and reflective polarizer 702. As is known 30 in the art the placement of a $\lambda/4$ retarder 1120 between a backlight 906 and a reflective polarizer 702 can improve

the brightness of the display. This is because horizontally polarized light not transmitted by the reflective polarizer 702 in the transmissive mode is reflected back through the $\lambda/4$ retarder 1120. The light
5 is then circularly polarized in the right handed rotational direction, and is reflected back through the retarder as left handed circularly polarized light. The light then emerges through the retarder 1120 with vertical linear polarization, and passes through the
10 reflective polarizer 702. (See Taber, U.S. Pat. No. 5,731,886).

It is also possible to assemble the LCD 900 without the second polarizer 910. This is because the reflective polarizer 702 performs the function of the second
15 polarizer 910 by filtering out the light not rotated by the liquid crystal cell. FIG. 12 illustrates this LCD assembly 1200.

FIGS. 13-17 illustrate a third tunable mirror assembly 1300, and LCDs 1500 and 1700 incorporating the
20 tunable mirror 1300. The tunable mirror 1300 includes a cholesteric reflector 1302, a negative quarter-wave to positive quarter-wave ($\pm\lambda/4$) liquid crystal retarder 1304, and a control 1306 for the $\pm\lambda/4$ retarder.

The cholesteric reflector 1302 reflects circularly
25 polarized light having a polarization of one rotational direction, and transmits circularly polarized light of the opposite rotational direction. The cholesteric reflector 1302 may be a diffuse reflecting cholesteric liquid crystal polymer film, which diffuses light. Such
30 reflector may be made according to the process described in Wacker-Chemie, R. Maurer, F.H. Kreuzer, and J.

Stohrer, "Cholesteric Reflectors with a Color Pattern",
SID 94 Digest, p. 399 (1994).

The $\pm\lambda/4$ retarder functions similarly to the $\lambda/4$
retarder in that it converts light between circular and
linear polarization forms. However, the $\pm\lambda/4$ retarder
1304 is controllably switchable between $-\lambda/4$ and $+\lambda/4$
states of operation, wherein the optical phase delay
between the two states differs by half a wavelength
($\lambda/2$). In the $+\lambda/4$ state, the retarder 1304 converts
horizontal or vertical linearly polarized light to right-
handed or left-handed circularly polarized light,
respectively. Conversely, it will convert right-handed or
left handed circularly polarized light to horizontal or
vertical linearly polarized light, respectively. In the
15 $-\lambda/4$ state, the retarder 1304 converts horizontal or
vertical linearly polarized light to left-handed or
right-handed circularly polarized light, respectively,
and conversely, it will convert right-handed or left
handed circularly polarized light to vertical or
20 horizontal linearly polarized light, respectively. Such
retarder can be either of a nematic or ferroelectric
type. The nematic type can be made by combining a $\lambda/4$
retarder with a $0-\lambda/2$ wave retarder. There may be other
ways of constructing a suitable tunable retarder. This
25 invention contemplates the use of any suitable retarder
which can be controllably switched between two states,
with the optical phase delay between the two states
differing by $\lambda/2$.

Furthermore the cholesteric reflector 1303 and
30 retarder 1304 are oriented with respect to each other

such that in the reflective mode, the cholesteric reflector 1302 reflects light received from the retarder 1304, as illustrated in FIGS. 13-17. Also, in FIGS. 13-17, the cholesteric reflector 1302 and $\pm\lambda/4$ retarder 1304 are illustrated as being separated, however, as components of an LCD, these elements would normally be bonded together.

FIG. 13 illustrates the operation of the tunable mirror 1300 in the reflective mode, in which the retarder 1304 is in the $+\lambda/4$ state 1308, for converting horizontal linearly polarized light to circularly polarized light of a right rotational direction. Also, the cholesteric reflector reflects right handed circularly polarized light and transmits left handed circularly polarized light. In the simplest case, light having horizontal linear polarization 1312 as indicated by the polarized light vector 1314, is transmitted through the retarder 1304 and converted to right handed circularly polarized light, as indicated by polarization vector 1316. The light is then reflected by the cholesteric reflector 1302, maintaining its polarization 1318, and is then linearly polarized back through the retarder 1304, to its original horizontal polarization 1320. It is also possible for the light entering to have both horizontal and vertical polarizations. In this case, still only the component having horizontal linear polarization will be converted into circularly right handed polarization and reflected back.

FIG. 14 illustrates the operation of the tunable mirror 1300 in the transmissive mode, in which the $\pm\lambda/4$ retarder 1304 is in the $-\lambda/4$ state 1400. First, randomly

WO 02/29484

PCT/US01/29610

24

polarized light 1402, as indicated by the unpolarized light vectors 1404 is transmitted through the cholesteric reflector 1302, wherein only the left handed circularly polarized component is transmitted, as indicated by the polarized light vector 1406. Thereafter, the light passes through the retarder 1304 wherein it is linearly polarized to a horizontal linear polarization 1408.

FIGS. 15 and 16 illustrate the operation of the LCD 1500 which incorporates the tunable mirror 1300. The elements of the LCD 1500 are essentially the same as those in the previous figures, with the exception of the tunable mirror and tunable mirror control. These elements are a liquid crystal cell 1502 located in front of the $\pm\lambda/4$ retarder 1504 of the tunable mirror 1300; a backlight 1506 which is located behind the cholesteric reflector 1302 of tunable mirror 1300 and can be switched between emissive and non-emissive states; a first polarizer 1508 in front of the cell 1502; a second polarizer 1510 between the cell 1502 and the $\pm\lambda/4$ retarder 1304; and a control 1520 for the backlight 1506. Again, the liquid crystal cell 1502 is assumed to be a 90° TN cell operating in a normally white mode, and in its ON state wherein it rotates the plane of polarization of linearly polarized light by 90°. Also, for the purpose of illustration, the first and second polarizers 1508 and 1510 have mutually orthogonal planes of polarization 1522 and 1524 in the vertical and horizontal directions, respectively.

FIG. 15 illustrates the LCD 1500 operating in the reflective mode, in which the $\pm\lambda/4$ retarder 1304 is in the $+\lambda/4$ state 1308, and the backlight 1506 is in the

non-emissive state 1526. First, randomly polarized ambient light 1528, indicated by unpolarized light vectors 1530, travels through the first polarizer 1508, and is linearly polarized, as indicated by the polarized light vector 1532. The light then travels through the liquid crystal cell 1502, where it is rotated (approximately 90°) to have a plane of polarization approximately parallel to the transmission axis of the second polarizer, as indicated by the polarized light vector 1534, and then passes through the second polarizer 1510, maintaining its linear polarization 1536. The light is then transmitted through the retarder 1304 and is circularly polarized in the right handed direction, as indicated by polarization vector 1538. Thereafter, the light is reflected back by the cholesteric reflector 1302. The light then follows a reversed path with successive polarizations 1540, 1542, 1544, 1546, and 1548 to emerge as an LCD output 1550.

(When the liquid crystal cell is in its OFF state, the light entering through the first polarizer 1508 travels through the cell 1502, where it is rotated to have a plane of polarization approximately orthogonal to the transmission axis of the second polarizer 1510 and is blocked.)

FIG. 16 illustrates the LCD 1500 operating in the reflective mode, in which the retarder 1304 is in the $-\lambda/4$ state 1400, and the backlight 1506 is in the emissive state 1600. First, randomly polarized backlight emission 1602, indicated by unpolarized light vectors 1604, is transmitted through the reflective polarizer 1302, wherein only the left handed circularly polarized

WO 02/29484

PCT/US01/29610

26

component is transmitted, as indicated by the polarized light vector 1606. Thereafter, the light passes through the retarder 1304 wherein it is linearly polarized to a horizontal linear polarization 1608. The light then
5 passes through the second polarizer 1510 maintaining its linear polarization 1610. Its polarization is then rotated by the liquid crystal cell 1502 to an linear polarization 1612, approximately parallel to the transmitting axis of the first polarizer 1508. Finally
10 the light passes through the first polarizer 1508 with linear polarization 1614, to emerge as the LCD output 1616. (When the cell is in its OFF state, the light exiting the liquid crystal cell 1502, has a polarization direction orthogonal to the transmitting axis of the
15 first polarizer 1508 and is blocked).

As is known in the art, (see Taber, U.S. Pat. No. 5,731,886) the right handed light that is reflected from the cholesteric reflector 1302 will undergo a 180° phase change upon reflection from the backlight surface causing
20 the right handed circular polarization to change to left handed circular polarization which improves the brightness of the display.

It is also possible to assemble the LCD 1500 without the second polarizer 1510. This is because the
25 cholesteric reflector 1302 performs the function of the second polarizer 1510 by filtering out the light not rotated by the liquid crystal cell. FIG.17 illustrates this LCD assembly 1700.

In addition to the reflective and transmissive modes
30 described, the LCD and tunable mirror may optionally include an intermediate mode of operation, in which the

WO 02/29484

PCT/US01/29610

27

tunable mirror and backlight are operated at intermediate states.

An LCD with a tunable mirror according to any of the embodiments described above may be incorporated into many types of operating systems, including but not limited to: Global Positioning Satellite (GPS) receiver units; computers including the laptop and notepad units; personal digital assistants; calculators; personal calendars; cellular telephones; watches and clocks; automobile, aircraft, and boat displays.

Three examples of operating systems embodying the present invention are shown in FIGS. 18a-18c. FIG. 18a is a cellular telephone 1800 with an LCD 1802, according to the present invention. FIG. 18b is a watch 1804 with an LCD 1806, according to the present invention, and FIG. 18c is a laptop 1808 with an LCD screen 1810 according to the present invention, attached to the keypad section 1812. Since cellular telephones, watches and laptops can be battery operated, using an LCD in accordance with the present invention is desirable as it saves battery life, as well as increase the contrast and brightness of the display.

I CLAIM:

1. A liquid crystal display (LCD), comprising:
a liquid crystal cell; and
a tunable mirror, optically aligned with the liquid crystal cell, having controllable reflective and transmissive modes, such that in the reflective mode the tunable mirror primarily reflects light received from the liquid crystal cell back through the cell, and in the transmissive mode the mirror primarily transmits light towards the liquid crystal cell.
2. The LCD of claim 1, wherein the tunable mirror is a reversible electrochemical mirror (REM).
3. The LCD of claim 2, wherein the REM has a matte surface to produce a diffuse reflectance.
4. The LCD of claim 1, further comprising a backlight on a side of the tunable mirror opposite the liquid crystal cell, the backlight being controllably switchable between emissive and non-emissive states of operation, for providing backlighting the LCD in the emissive state of operation.
5. The LCD of claim 4, further comprising a first linearly polarizing element optically aligned with the

WO 02/29484

PCT/US01/29610

29

liquid crystal cell on a side opposite the tunable
mirror, and having a first plane of polarization in a
5 first linear direction.

6. The LCD of claim 5, further comprising a second
linearly polarizing element optically aligned between the
tunable mirror and the liquid crystal cell, having a
second plane of polarization in a second linear direction
5 which is orthogonal to said first plane of polarization.

7. The LCD of claim 6, further comprising:
a first A-plate between the first polarizing element
and the liquid crystal cell; and
a second A-plate between the second polarizing
5 element and the liquid crystal cell.

8. The LCD of claim 7, further comprising a light
diffusing element optically aligned with the liquid
crystal cell for producing a diffused LCD output image.

9. The LCD of claim 8, where the light diffusing
element is integral with the tunable mirror, such that
light is diffused upon being reflected by or transmitted
through the tunable mirror.

10. The LCD of claim 4, further comprising:

WO 02/29484

PCT/US01/29610

30

a first control system for switching the tunable mirror between reflective and transmissive modes; and
a second control system for switching the backlight
5 between emissive and non-emissive states of operation.

11. The LCD of claim 10, where the first and second controls operate in tandem, such that when the backlight is in the emissive state, the tunable mirror operates in the transmissive mode, and when the backlight is in the
5 non-emissive state, the tunable mirror operates in the reflective mode.

12. The LCD of claim 11, wherein the first and second controls are automatically responsive to the level of ambient light, such that at a low level of ambient light the backlight operates in the emissive state and
5 the tunable mirror operates in the transmissive mode, and at a high level of ambient light the backlight operates in the non-emissive state and the tunable mirror operates in the reflective mode.

13. The LCD of claim 12, wherein the first and second controls can be set to be either manually controllable or responsive to ambient light.

14. The LCD of claim 4 wherein:

WO 02/29484

PCT/US01/29610

31

said tunable mirror is further operable at at least one intermediate mode in which it partially reflects light received from the liquid crystal cell back through the cell, and partially transmits light received from the backlight towards the liquid crystal cell; and

said backlight is further operable at at least one intermediate state of operation in which it partially illuminates the LCD.

15. The LCD of claim 4, wherein the tunable mirror comprises:

a quarter-wave ($\lambda/4$) retarder for circularly polarizing linearly polarized light of the second linear direction to circularly polarized light of a second rotational direction, and for linearly polarizing circularly polarized light of the second rotational direction to linearly polarized light of the second linear direction, said $\lambda/4$ retarder being substantially transmissive to randomly polarized light; and

a liquid crystal reflector optically aligned with said $\lambda/4$ retarder on a side opposite the liquid crystal cell, said liquid crystal reflector being controllably switchable between transmitting and reflecting states of operation for reflecting circularly polarized light of the second rotational direction in the reflecting state, and for transmitting light in the transmitting state,

such that the tunable mirror operates in the reflective mode when the liquid crystal reflector is in the reflecting state, and in the transmissive mode when

WO 02/29484

PCT/US01/29610

32

the liquid crystal reflector is in the transmitting state.

16. The LCD of claim 4, wherein the tunable mirror element comprises:

a tunable retarder, being controllably switchable between first and second states of operation, the optical
5 phase delay of the two states differing by $\lambda/2$; and

a reflective polarizer optically aligned with the retarder on a side opposite the liquid crystal cell, for reflecting light received from the retarder when the retarder is in the first state and for transmitting light
10 through the retarder when the retarder is in the second state,

such that the tunable mirror operates in the reflective mode when the retarder is in the first state, and in the transmissive mode when the retarder is in the
15 second state.

17. The LCD of claim 4, wherein the tunable mirror element comprises:

a zero to half-wave ($0-\lambda/2$) retarder, being controllably switchable between 0λ and $\lambda/2$ states of
5 operation, for rotating the plane of polarization of linearly polarized light of the first direction to linearly polarized light of the second direction in the $\lambda/2$ state, and for transmitting light in the 0λ state; and

WO 02/29484

PCT/US01/29610

33

10 a reflective polarizer optically aligned with the 0- $\lambda/2$ retarder on a side opposite the liquid crystal cell, for reflecting linearly polarized light of the second direction, and for transmitting light having a linear polarization of the first direction,

15 such that the tunable mirror operates in the reflective mode when the 0- $\lambda/2$ retarder is in the 0 λ state, and in the transmissive mode when the 0- $\lambda/2$ retarder is in the $\lambda/2$ state.

18. The LCD of claim 17, wherein the 0- $\lambda/2$ retarder is a nematic liquid crystal retarder.

20. The LCD of claim 17, further comprising a quarter-wave ($\lambda/4$) retarder between the backlight and tunable mirror.

21. The LCD of claim 17, further comprising a light diffusing element optically aligned with the liquid crystal cell for producing a diffused LCD output image.

22. The LCD of claim 4, wherein the tunable mirror comprises:

a tunable retarder, being controllably switchable between first and second states of operation, the optical
5 phase delay of the two states differing by $\lambda/2$; and

WO 02/29484

PCT/US01/29610

34

a cholesteric reflector optically aligned with the retarder on a side opposite the liquid crystal cell, for reflecting light received from the retarder in the first state, and for transmitting light through the retarder in the second state.

such that the tunable mirror operates in the reflective mode when the retarder is in the first state, and in the transmissive mode when the retarder is in the second state.

23. The LCD of claim 22, wherein the tunable retarder is a negative quarter-wave to positive quarter-wave (+/- $\lambda/4$) retarder, controllably switchable between - $\lambda/4$ and + $\lambda/4$ states of operation,

5 whereby in the + $\lambda/4$ state, said retarder converts linearly polarized light of a second linear direction to circularly polarized light of a second rotational direction, and converts circularly polarized light of the second rotational direction to linearly polarized light of the second linear direction and, in the - $\lambda/4$ state, said retarder converts circularly polarized light of a first rotational direction to linearly polarized light of the second linear direction; and

15 whereby said cholesteric reflector reflects circularly polarized light of the second rotational direction and transmits a component of randomly polarized light having a circular polarization of the first rotational direction,

such that the tunable mirror operates in the reflective mode when the +/- $\lambda/4$ retarder is in the + $\lambda/4$

WO 02/29484

PCT/US01/29610

35

state, and in the transmissive mode when the $\pm \lambda/4$ retarder is in the $-\lambda/4$ state.

24. The LCD of claim 23, wherein the $\pm \lambda/4$ retarder comprises a quarter-wave ($\lambda/4$) retarder optically aligned with a zero to half-wave ($0-\lambda/2$) retarder.

25. The LCD of claim 23, wherein the cholesteric reflector is a diffuse reflecting cholesteric liquid crystal film.

p. 19 m. 25 9/28/00
9/28/00

26. The LCD of claim 23, wherein the $\pm \lambda/4$ retarder is a ferroelectric liquid crystal retarder.

27. A tunable mirror, comprising:

- a quarter-wave ($\lambda/4$) retarder for circularly polarizing linearly polarized light of a first linear direction to circularly polarized light of a first rotational direction, and for linearly polarizing circularly polarized light of the first rotational direction to linearly polarized light of the first linear direction, said $\lambda/4$ retarder being substantially transmissive to randomly polarized light; and
- a liquid crystal reflector optically aligned with said $\lambda/4$ retarder, said liquid crystal reflector being

WO 02/29484

PCT/US01/29610

36

controllably switchable between reflecting and transmitting states of operation for reflecting circularly polarized light of the first rotational direction in the reflecting state, and for transmitting light in the transmitting state,

such that the tunable mirror reflects linearly polarized light of the first linear direction entering the $\lambda/4$ retarder from a side opposite the liquid crystal reflector when the liquid crystal reflector is in the reflecting state, and transmits light entering the liquid crystal reflector from a side opposite the circularly polarizing element when the liquid crystal reflector is in the transmitting state.

28. A tunable mirror comprising:

a zero to half-wave ($0-\lambda/2$) retarder, being controllably switchable between 0λ and $\lambda/2$ states of operation, for rotating the plane of polarization of linearly polarized light of a first direction to linearly polarized light of a second direction in the $\lambda/2$ state, and for transmitting light in the 0λ state; and

a reflective polarizer optically aligned with the $0-\lambda/2$ retarder, for reflecting linearly polarized light of the second direction received from the retarder, back through the retarder, and for transmitting light having a linear polarization of the first direction towards the retarder,

such that the tunable mirror reflects linearly polarized light of the second direction received through

WO 02/29484

PCT/US01/29610

37

the $0-\lambda/2$ retarder from a side opposite the reflective polarizer when the $0-\lambda/2$ retarder is in the 0λ state, and transmits light having a linear polarization of the first direction received through the reflective polarizer from a side opposite the $0-\lambda/2$ retarder, when the $0-\lambda/2$ retarder is in the $\lambda/2$ state.

29. The tunable mirror of claim 28 wherein the $0-\lambda/2$ retarder is a nematic liquid crystal retarder.

30. A tunable mirror comprising:

a negative quarter-wave to positive quarter-wave ($\pm\lambda/4$) retarder, being controllably switchable between $-\lambda/4$ and $+\lambda/4$ states of operation,

5 whereby in the $+\lambda/4$ state, said retarder circularly polarizes linearly polarized light of a first linear direction to circularly polarized light of a first rotational direction, and linearly polarizes circularly polarized light of the first rotational direction to linearly polarized light of the first linear direction,
10 and, in the $-\lambda/4$ state, said retarder linearly polarizes circularly polarized light of a second rotational direction to linearly polarized light of the first linear direction; and
15 a cholesteric reflector optically aligned with the $\pm\lambda/4$ retarder, for reflecting circularly polarized light received from the $\pm\lambda/4$ retarder having a polarization of the first rotational direction, back

WO 02/29484

PCT/US01/29610

38

through the $\pm \lambda/4$ retarder, and transmitting circularly
20 polarized light of the second rotational direction
towards the $\pm \lambda/4$ retarder,

such that the tunable mirror reflects linearly
polarized light of the first linear direction, received
through the $\pm \lambda/4$ retarder from a side opposite the
25 cholesteric reflector when the $\pm \lambda/4$ retarder is in the
 $+\lambda/4$ state, and transmits circularly polarized light of
the second rotational direction received through the
cholesteric reflector, on a side opposite the $\pm \lambda/4$
retarder when the $\pm \lambda/4$ retarder is in the $-\lambda/4$ state.

31. The tunable mirror of claim 30, wherein the
cholesteric reflector is a diffuse reflecting cholesteric
liquid crystal film.

32. The tunable mirror of claim 31, wherein the \pm
 $\lambda/4$ retarder comprises a $0-\lambda/2$ retarder and a $\lambda/4$
retarder.

33. A method of operating a liquid crystal display
(LCD), comprising:
primarily reflecting light entering a first side of
a liquid crystal cell and exiting a second side of said
5 liquid crystal cell back through the liquid crystal cell
when the amount of light entering from the first side of

WO 02/29484

PCT/US01/29610

39

the liquid crystal cell is above a viewability threshold;
and

generating and primarily transmitting a backlight
10 emission from the second side of the liquid crystal cell
through the liquid crystal cell when the amount of light
entering from the first side of the liquid crystal cell
falls below said viewability threshold.

34. The method of claim 33, wherein the primarily
reflecting step comprises:

linearly polarizing randomly polarized light
entering from the first side of the liquid crystal cell
5 to a first direction of polarization;
selectively rotating the light thus linearly
polarized to a second direction of polarization, the
first and second directions of polarization being
mutually orthogonal; and

10 selectively reflecting the light having the second
direction of polarization, but not the light having the
first direction of polarization, back through the liquid
crystal cell.

35. The method of claim 34, wherein the selectively
reflecting step comprises:

transmitting the light having the second direction
of polarization, but not the light having the first
5 direction of polarization; and
reflecting said light having the second direction of
polarization back through the liquid crystal cell.

36. The method of claim 34, wherein the primarily transmitting step comprises:

- polarizing the generated backlight emission to said second direction of linear polarization; and
- 5 selectively rotating the light having the second direction of linear polarization to the first direction of linear polarization.

37. The method of claim 36, further comprising transmitting the light exiting said first side of the liquid crystal cell and having the first direction of polarization, but not the second, to an LCD output.

38. The method of claim 37, further comprising:
diffusing the light transmitted through the LCD to produce a diffused LCD output image.

39. A method of operating a liquid crystal display (LCD), comprising:

- primarily reflecting light entering a first side of a liquid crystal cell and exiting a second side of the
- 5 liquid crystal cell back through the liquid crystal cell when the amount of light entering from the first side of the liquid crystal cell is above a viewability threshold;
- generating and primarily transmitting a backlight emission from the second side of the liquid crystal cell

WO 02/29484

PCT/US01/29610

41

10 through the liquid crystal cell when approximately no
light enters the first side of the liquid crystal cell;
and
partially reflecting light entering a first side of
a liquid crystal cell and exiting a second side of the
15 liquid crystal cell back through the liquid crystal cell,
and generating and partially transmitting a backlight
emission from the second side of the liquid crystal cell
through the liquid crystal cell when light entering from
the first side of the liquid crystal cell falls below
20 said viewability threshold, said backlight emission being
generated in an amount sufficient to supplement the
reflected light such that it reaches said viewability
threshold.

40. A method of operating a liquid crystal display
(LCD) comprising:

transmitting linearly polarized light entering a
first side of a liquid crystal cell, through the liquid
5 crystal cell, said linearly polarized light having a
first direction of linear polarization;
selectively rotating while transmitting said
polarized light through the liquid crystal cell to a
second direction of linear polarization, said second and
10 first directions of linear polarization being mutually
orthogonal;
circularly polarizing the linearly polarized light
having the second direction of linear polarization to a
circular polarization of a second rotational direction;
15 and

WO 02/29484

PCT/US01/29610

42

reflecting the circularly polarized light having the circular polarization of the second rotational direction, back through the liquid crystal cell, when the amount of light entering the first side of the liquid crystal cell is above a predetermined viewability threshold.

41. The LCD method of claim 40, further comprising transmitting the linearly polarized light having the second direction of linear polarization, and absorbing the light having the first direction of linear polarization, before circularly polarizing said linearly polarized light having the second direction of linear polarization.

42. The LCD method of claim 40, further comprising: generating a backlight emission on a side of the liquid crystal cell opposite the first side, when the amount of light entering the first side of the liquid crystal cell is below a predetermined viewability threshold;

linearly polarizing the backlight emission to the second direction of linear polarization; and selectively rotating while transmitting said backlight emission entering on a side of the liquid crystal cell opposite the first, and having the second direction of linear polarization, through the liquid crystal cell, to the first direction of linear polarization.

43. The LCD method of claim 42, further comprising transmitting the light exiting said first side of the liquid crystal cell and having the first direction of polarization, but not the second, to the LCD output.

44. An LCD method comprising:

transmitting linearly polarized light entering a first side of a liquid crystal cell, through the liquid crystal cell, said linearly polarized light having a
5 first direction of linear polarization;
selectively rotating while transmitting said polarized light through the liquid crystal cell to a second direction of linear polarization, said second and first directions of linear polarization being mutually
10 orthogonal;
transmitting said polarized light having the second direction of linear polarization, but not the first; and
reflecting said polarized light having the second
15 direction of linear polarization back through the liquid crystal cell when the amount of light entering the first side of the liquid crystal cell is above a viewability threshold.

45. The LCD method of claim 44, further comprising:

generating a backlight emission on a side of the liquid crystal cell opposite the first side, when the amount of light entering the first side of the liquid

WO 02/29484

PCT/US01/29610

44

- 5 crystal cell is below the predetermined viewability threshold;
- transmitting a component of said backlight emission having a linear polarization of the first direction;
- rotating said light having the linear polarization
- 10 of the first direction to the linear polarization of the second direction; and
- selectively rotating said light having the linear polarization of the second direction, to a linear polarization of the first direction, while transmitting
- 15 said light through the liquid crystal cell.

46. The LCD method of claim 45, further comprising transmitting the light exiting said first side of the liquid crystal cell and having the first direction of polarization, but not the second, to the LCD output.

47. The LCD method of claim 44, further comprising: diffusing the light transmitted through the LCD to produce a diffused LCD output image.

48. An LCD method comprising:
- transmitting linearly polarized light entering a first side of a liquid crystal cell, through the liquid crystal cell, said linearly polarized light having a
- 5 first direction of linear polarization;
- selectively rotating while transmitting said polarized light having the first direction of linear

WO 02/29484

PCT/US01/29610

45

polarization, through the liquid crystal cell, to a
second direction of linear polarization, said second and
10 first directions of linear polarization being mutually
orthogonal;

circularly polarizing said light having the linear
polarization of the second direction to a linear
polarization of a second rotational direction when the
15 level of light entering
the first side of the liquid crystal cell is above a
viewability threshold; and

reflecting said polarized light having the circular
polarization of the second rotational direction towards
20 the liquid crystal cell.

49. The LCD method of claim 48, further comprising
transmitting the polarized light having the second
direction of linear polarization, but not the first,
after selectively rotating said polarized light having
5 said first direction of linear polarization.

50. The LCD method of claim 49, further comprising:
linearly polarizing said reflected polarized light
having the circular polarization of the second rotational
direction, to a linear polarization of the second
5 direction, after reflecting said light towards the liquid
crystal cell;

selectively rotating while transmitting said
linearly polarized light through the liquid crystal cell,
to a linear polarization of the first direction.

51. The LCD method of claim 50, further comprising:
generating a backlight emission when the level of
light entering the first side of the liquid crystal cell
falls below the predetermined viewability threshold;
5 transmitting the component of said backlight having
a circular polarization of a first rotational direction;
linearly polarizing said light to a polarization of
the second direction; and
selectively rotating while transmitting said light
10 through the liquid crystal cell to a linear polarization
of the first direction.

52. The LCD method of claim 51, further comprising
transmitting the light exiting said first side of the
liquid crystal cell and having the first direction of
polarization, but not the second, to the LCD output.

53. A display system, comprising:
an operating system and
a liquid crystal display (LCD) connected to said
operating system to display a characteristic of said
5 operating system, said LCD comprising:
a liquid crystal cell;
a tunable mirror optically aligned with the liquid
crystal cell, having controllable reflective and
transmissive modes,

WO 02/29484

PCT/US01/29610

47

10 a backlight on a side of the tunable mirror opposite
the liquid crystal cell, the backlight being controllably
switchable between on and off states of operation such
that, in the reflective mode, the tunable mirror
primarily reflects light received from the liquid crystal
15 cell back through the cell, and in the transmissive mode
the mirror primarily transmits light received from the
backlight towards the liquid crystal cell; and
a first linearly polarizing element optically
aligned with the liquid crystal cell on a side opposite
20 the tunable mirror, and having a first plane of
polarization in a first linear direction.

54. The display system of claim 53, further
comprising a second polarizing element optically aligned
between the tunable mirror and the liquid crystal cell,
having a second plane of polarization in a second linear
5 direction which is orthogonal to said first plane of
polarization.

55. A method of operating a tunable mirror,
comprising:
primarily reflecting light of a first polarization
from the tunable mirror when it is in a reflective mode;
5 and
primarily transmitting light of a second
polarization through the tunable mirror when it is in a
transmissive mode.

56. The method of claim 55, further comprising polarizing randomly polarized light to said first polarization before primarily reflecting the light.

57. The method of claim 56, wherein said first polarization is a circular polarization of a first rotational direction.

58. The method of claim 57, wherein said second polarization is random polarization.

59. The method of claim 56, wherein said first polarization is a linear polarization of a first direction.

60. The method of claim 59, further comprising polarizing randomly polarized light to said first polarization, before primarily reflecting said first polarization light.

61. The method of claim 60, further comprising polarizing randomly polarized light to said second direction, and primarily transmitting said second direction light.

62. The method of claim 61, wherein said second polarization is a linear polarization of a second direction, orthogonal to said first direction.

63. The method of claim 62, wherein said primarily transmitting step further comprises rotating by 90° after polarizing said randomly polarized light to said second direction, such that said light is rotated to the
5 polarization of the first direction.

64. The method of claim 55, wherein the primarily transmitting step further comprises converting light of said second polarization to said first polarization.

65. The method of claim 64, wherein said first polarization is a linear polarization in a first direction.

66. The method of claim 65, wherein the primarily reflecting step comprises:
converting the light having said linear polarization of said first direction to a circular polarization of a
5 first rotational direction;
reflecting the light having said circular polarization of said first rotational direction; and

WO 02/29484

PCT/US01/29610

50

converting the light having said circular
polarization of said first rotational direction back to a
10 linear polarization in said first direction.

67. The mirror method of claim 66, wherein said
second polarization is a circular polarization of a
second rotational direction.

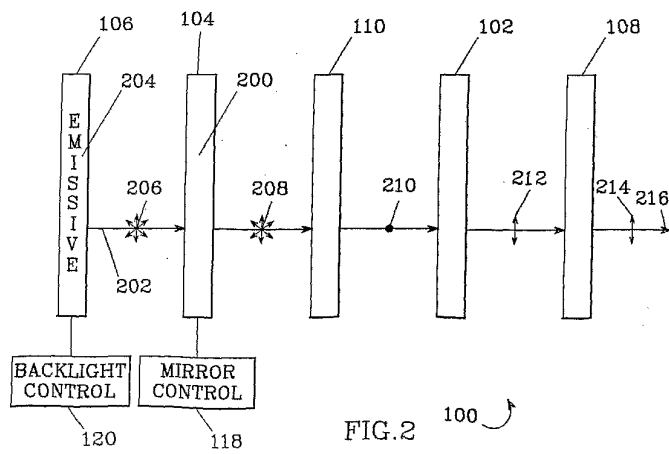
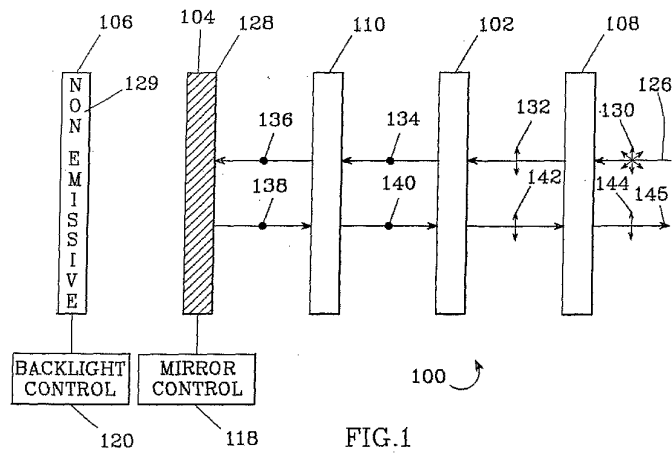
68. The mirror method of claim 67, further
comprising converting randomly polarized light to said
second polarization before primarily transmitting said
light.

69. The mirror method of claim 68, further
comprising converting randomly polarized light to said
first direction of polarization before primarily
reflecting said light.

WO 02/29484

PCT/US01/29610

1/10



WO 02/29484

PCT/US01/29610

2/10

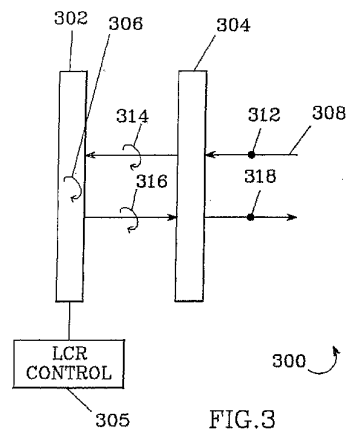


FIG. 3

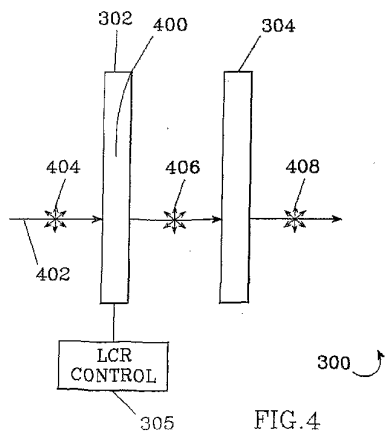
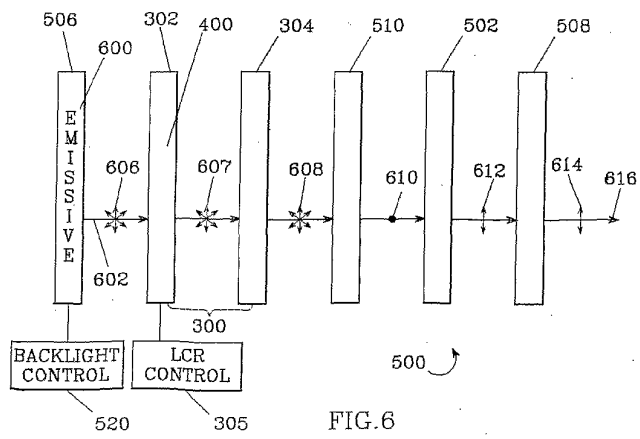
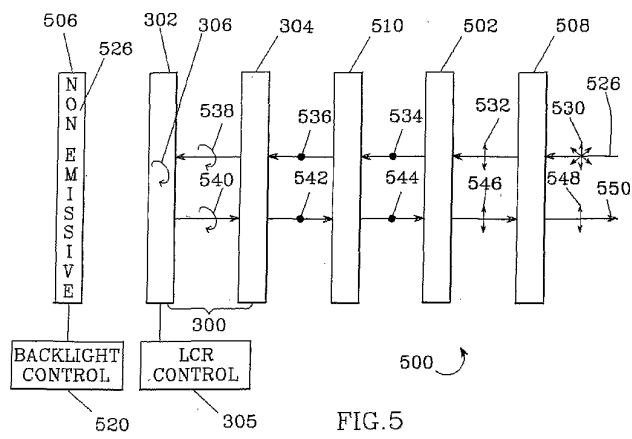


FIG. 4

WO 02/29484

PCT/US01/29610

3/10



WO 02/29484

PCT/US01/29610

4/10

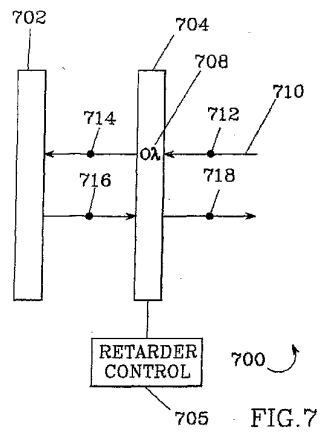


FIG. 7

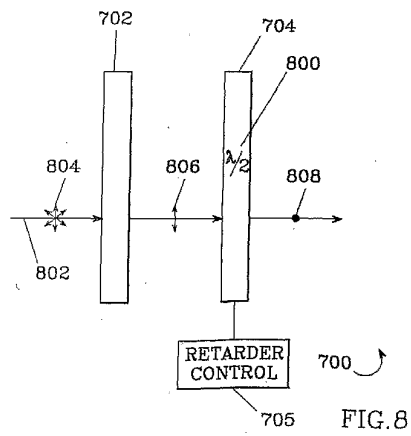
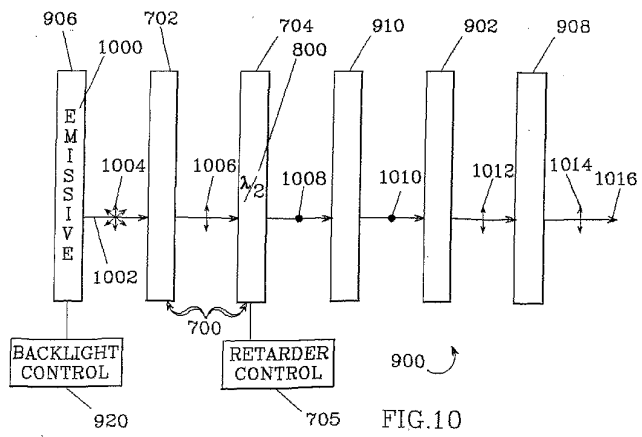
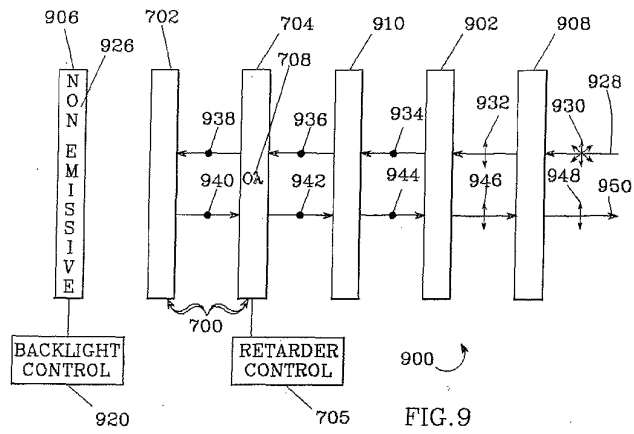


FIG. 8

WO 02/29484

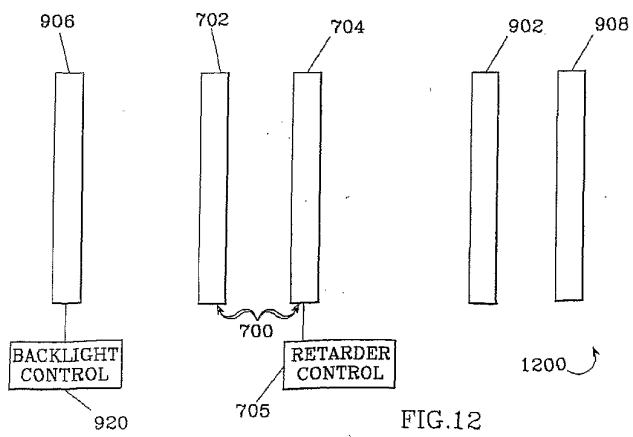
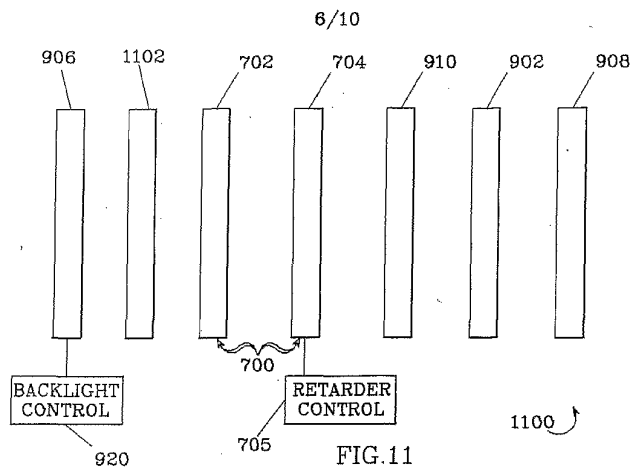
PCT/US01/29610

5/10



WO 02/29484

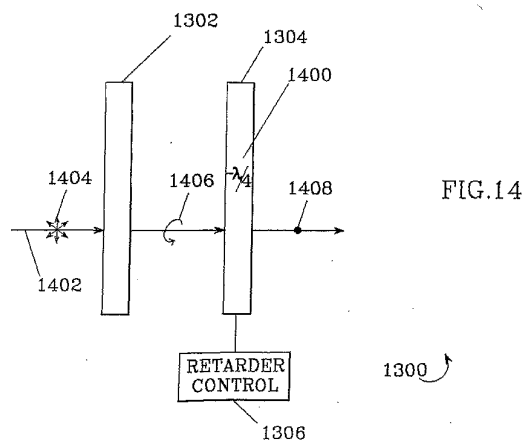
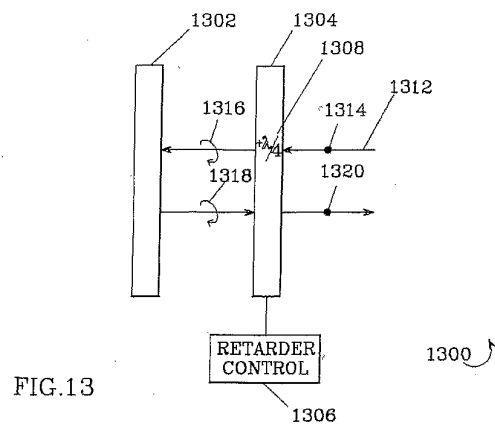
PCT/US01/29610



WO 02/29484

PCT/US01/29610

7/10



WO 02/29484

PCT/US01/29610

8/10

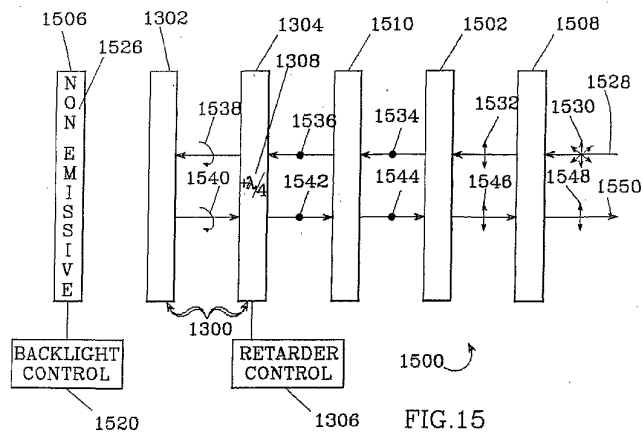


FIG.15

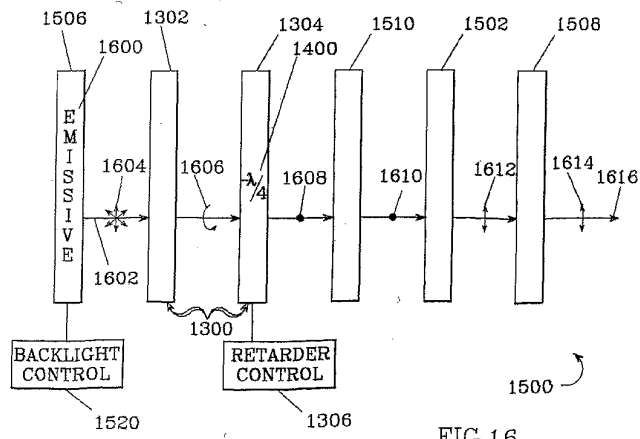
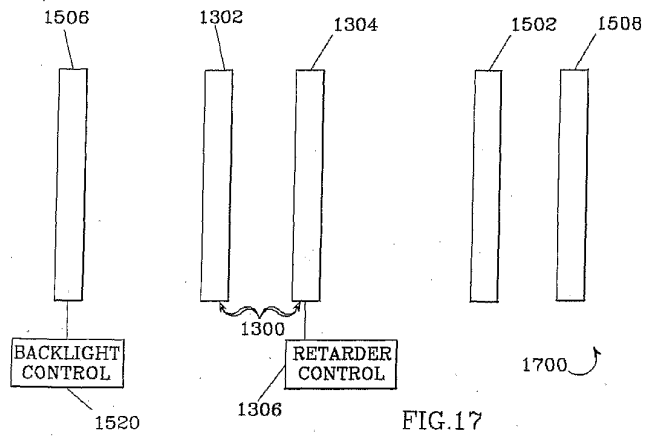


FIG.16

WO 02/29484

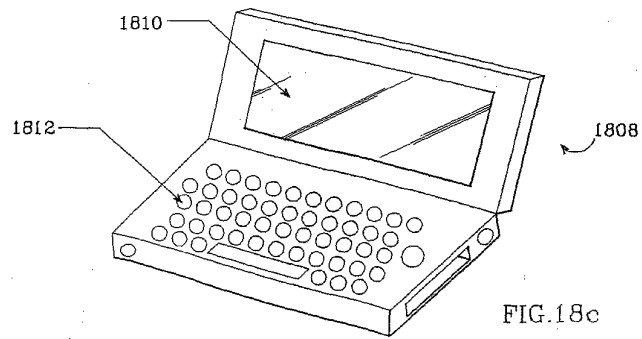
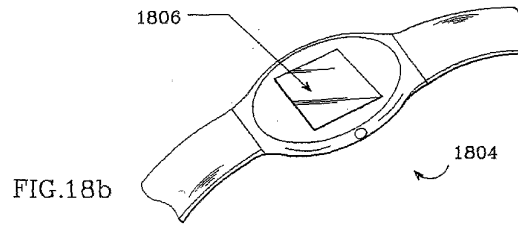
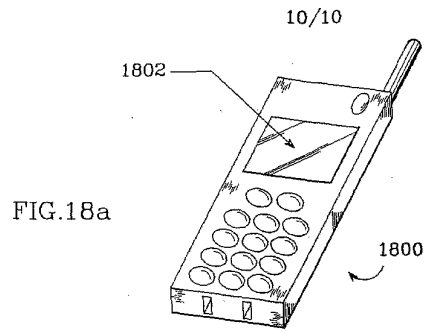
PCT/US01/29610

9/10



WO 02/29484

PCT/US01/29610



【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
11 April 2002 (11.04.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/029484 A3(51) International Patent Classification: G02F 1/1347,
1/137, 1/13357, 1/141, 1/1335, 1/139, 1/15(74) Agent: MOK, Louis, A.; Koppel & Jacobs, 555 St.
Charles Drive, Suite 107, Thousand Oaks, CA 91360 (US).

(21) International Application Number: PCT/US01/29610

(81) Designated States (national): AU, AG, AL, AM, AT, AU,
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU,
CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GI,
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MY, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI,
SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA,
ZW.(22) International Filing Date:
21 September 2001 (21.09.2001)

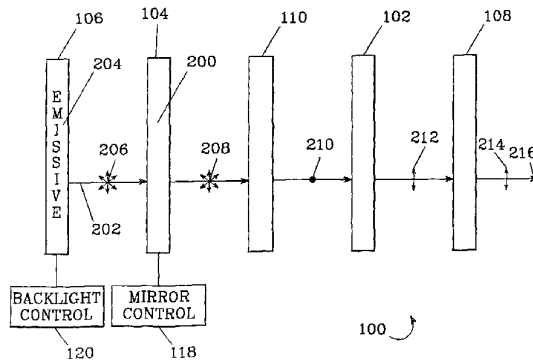
(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
09/676,138 29 September 2000 (29.09.2000) US(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM,
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW); Eurasian
patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM); European
patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, HU,
IT, LI, MC, NL, PT, SE, TR); OAPI patent (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).(71) Applicant: INNOVATIVE TECHNOLOGY LICENS-
ING, LLC [US/US]; 1049 Camino Dos Rios, P.O. Box
1085, Thousand Oaks, CA 91358-0085 (US).(72) Inventors: WINKER, Bruce; 1363 Spinnaker Drive, Box
74, Ventura, CA 93001 (US); GUNNING, William, J.;
3924 Calle Valle Vista, Newbury Park, CA 91320 (US).Published:
with international search report

[Continued on next page]

(54) Title: HIGH BRIGHTNESS TRANSLUCTIVE LCD AND METHOD USING TUNABLE MIRROR



(57) Abstract: A Liquid Crystal Display (LCD) uses a tunable mirror in place of a partially reflective mirror. The tunable mirror has a controllable reflectivity and transmittance which allows the mirror to primarily reflect light when the LCD is operated in a reflective mode, and to primarily transmit light from a backlight when the LCD is operated in a transmissive mode.

WO 02/029484 A3

WO 02/029484 A3 

(88) Date of publication of the international search report: 9 January 2003 *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.*

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Intern. Application No. PCT/US 01/29610
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G02F1/1347 G02F1/137 G02F1/13357 G02F1/141 G02F1/1335 G02F1/139 G02F1/15		
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, IBM-TDB		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category ¹	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 97 01789 A (MINNESOTA MINING & MFG) 16 January 1997 (1997-01-16) page 18, line 12 - page 21, line 25 page 14, line 4 - line 7; figures 9-11 page 14, line 23 - line 29 page 8, line 21 - line 26 --- -/--	1, 4-6, 14, 16-18, 21, 33-38, 44-47, 53-56, 59-64
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
¹ 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) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed **I* Inter 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 *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 5 July 2002		Date of mailing of the international search report 22/07/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 6818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 940-2340, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 940-2010		Authorized officer Stang, I

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1999)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Interno. Application No.
 PCT/US 01/29610

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 11, 3 January 2001 (2001-01-03) & JP 2000 221544 A (SAMSUNG SDI CO LTD), 11 August 2000 (2000-08-11) abstract	1,4-6
Y	-& DATABASE WPI Week 200052 Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 2000-561452 XPO02204574 abstract	15,27
Y	US 5 796 454 A (MA YAO-DONG) 18 August 1998 (1998-08-18) column 11, line 11 - line 37; figure 7	15,27
A	WO 98 38547 A (LI LE ;LI JIAN FENG (CN); FARIS SADEG M (US); REVEO INC (US)) 3 September 1998 (1998-09-03) * embodiments 1,2,4 * figures 1-5,8-11	16-20, 22-24, 28-32
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 13, 30 November 1998 (1998-11-30) -& JP 10 206844 A (SHARP CORP), 7 August 1998 (1998-08-07) abstract	1
X,P	WO 00 63745 A (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV) 26 October 2000 (2000-10-26) page 3, line 7 -page 4, line 20; figures 1-3	1-3
X,P	US 6 144 359 A (GRAVE DUANE A) 7 November 2000 (2000-11-07) column 2, line 30 -column 4, line 44; figures 1-3	1,33,39, 53,54
A	US 5 808 711 A (SHAW MICHAEL F ET AL) 15 September 1998 (1998-09-15) column 3, line 14 - line 60; figures 3,4	1,15,22, 27-31
A	US 5 923 456 A (TENCH D MORGAN ET AL) 13 July 1999 (1999-07-13) cited in the application column 2, line 38 - line 67; figure 1	1-3

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 2006)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern: i Application No
PCT/US 01/29610

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9701789	A	16-01-1997	US 5686979 A 11-11-1997 AU 5964696 A 30-01-1997 BR 9608641 A 29-06-1999 CA 2224324 A1 16-01-1997 EP 0835475 A2 15-04-1998 JP 11508377 T 21-07-1999 WO 9701789 A2 16-01-1997
JP 2000221544	A	11-08-2000	NONE
US 5796454	A	18-08-1998	NONE
WO 9838547	A	03-09-1998	US 5940150 A 17-08-1999 AU 6439498 A 18-09-1998 EP 0968456 A1 05-01-2000 JP 2001513908 T 04-09-2001 US 6072549 A 06-06-2000 US 2002039156 A1 04-04-2002 WO 9838547 A1 03-09-1998 US 2001003473 A1 14-06-2001 US 2002057400 A1 16-05-2002 US 2002041346 A1 11-04-2002
JP 10206844	4 A	NONE	
WO 0063745	A	26-10-2000	WO 0063745 A2 26-10-2000 EP 1090328 A1 11-04-2001
US 6144359	A	07-11-2000	NONE
US 5808711	A	15-09-1998	NONE
US 5923456	A	13-07-1999	AU 1827399 A 12-07-1999 BR 9813803 A 16-01-2001 CA 2313320 A1 01-07-1999 EP 1071980 A1 31-01-2001 JP 2001527226 T 25-12-2001 WO 9932929 A1 01-07-1999 US 6166847 A 26-12-2000 US 6111685 A 29-08-2000 US 6256135 B1 03-07-2001 US 6400491 B1 04-06-2002

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZW

(74)代理人 100080137

弁理士 千葉 昭男

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100087424

弁理士 大塚 就彦

(72)発明者 ウィンカー, ブルース

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 3 0 0 1, ベンチュラ, スピナカー・ドライブ 1 3 6 3, ボックス 7 4

(72)発明者 ガニング, ウィリアム・ジェイ

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 1 3 2 0, ニューベリー・パーク, カレ・ヴァレ・ピスタ 3 9 2 4

Fターム(参考) 2H049 BA02 BA03 BA06 BA42 BB03 BC22

2H091 FA11 FA14 FB02 HA11 LA03 LA11 LA12 LA18

5C094 AA06 AA07 AA22 BA43 CA19 DA13 EA05 EA06 ED01 ED11

FA02 HA02 HA03 HA05 HA08