

(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2004-529396  
(P2004-529396A)

(43) 公表日 平成16年9月24日(2004.9.24)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
GO2F 1/1335	GO2F 1/1335 505	2H048
GO2B 5/20	GO2B 5/20 101	2H091
GO2F 1/133	GO2F 1/133 535	2H093
GO2F 1/13357	GO2F 1/133 575	5C006
GO9F 9/30	GO2F 1/13357	5C080

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 103 頁) 最終頁に続く

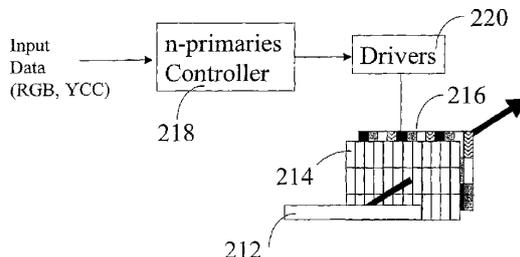
(21) 出願番号 特願2003-504324 (P2003-504324)	(71) 出願人 503455651 ゲノア・テクノロジーズ・リミテッド イスラエル国46733 ヘルツィヤ, ピー・オー・ボックス 12209
(86) (22) 出願日 平成14年6月11日 (2002.6.11)	
(85) 翻訳文提出日 平成15年12月11日 (2003.12.11)	
(86) 国際出願番号 PCT/IL2002/000452	
(87) 国際公開番号 W02002/101644	(71) 出願人 503455662 イーアン・ベンデービット イスラエル国48611 ロッシュ・ハーイン, ハパーモン・ストリート 55
(87) 国際公開日 平成14年12月19日 (2002.12.19)	
(31) 優先権主張番号 60/296,767	
(32) 優先日 平成13年6月11日 (2001.6.11)	
(33) 優先権主張国 米国 (US)	
(31) 優先権主張番号 60/318,626	(71) 出願人 503455673 シュメル・ロス イスラエル国49550 ペタッチ・ティクバ, ゼリッグ・バス・ストリート 7
(32) 優先日 平成13年9月13日 (2001.9.13)	
(33) 優先権主張国 米国 (US)	
(31) 優先権主張番号 60/371,419	
(32) 優先日 平成14年4月11日 (2002.4.11)	
(33) 優先権主張国 米国 (US)	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カラーディスプレイ用の装置、システム、および方法

(57) 【要約】

少なくとも4つの相異なる原色を使用してカラーイメージを表示するカラー液晶ディスプレイ(LCD)装置であって、液晶(LC)素子のアレイと、カラーイメージに対応する入力を受け取り、LCアレイのLC素子を選択的に活動化し、カラーイメージのグレイレベル表現に対応する減衰パターンを生成するように適合された駆動回路と、LC素子のアレイと並べられ、各カラー・サブピクセル・フィルタ素子がLC素子の1つと共に登録されるようにLC素子のアレイと共に登録されたカラー・サブピクセル・フィルタ素子のアレイであって、少なくとも4つの原色の光をそれぞれ透過する少なくとも4つのタイプのカラー・サブピクセル・フィルタ素子を含むカラー・サブピクセル・フィルタ素子のアレイを含む装置が提供される。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

少なくとも 4 つの相異なる原色を使用してカラーイメージを表示するカラー液晶ディスプレイ (LCD) 装置であって、  
液晶 (LC) 素子のアレイと、  
前記カラーイメージに対応する入力を受け取り、前記 LC アレイの前記 LC 素子を選択的に活動化し、前記カラーイメージのグレイレベル表現に対応する減衰パターンを生成するように適合された駆動回路と、  
前記 LC 素子のアレイと並べられ、各カラー・サブピクセル・フィルタ素子が前記 LC 素子の 1 つと共に登録されるように前記 LC 素子のアレイと共に登録されたカラー・サブピクセル・フィルタ素子のアレイであって、  
前記少なくとも 4 つの原色の光をそれぞれ透過する少なくとも 4 つのタイプのカラー・サブピクセル・フィルタ素子を含むカラー・サブピクセル・フィルタ素子のアレイとを備える装置。

10

**【請求項 2】**

前記少なくとも 4 つの原色が、赤、緑、青、および黄を含む請求項 1 に記載の装置。

**【請求項 3】**

前記少なくとも 4 つの原色が少なくとも 5 つの原色を含み、前記少なくとも 4 つのタイプのカラー・サブピクセル・フィルタ素子が、少なくとも 5 つの原色の光をそれぞれ透過する前記少なくとも 5 つのタイプのカラー・サブピクセル・フィルタ素子を含む請求項 1 に記載の装置。

20

**【請求項 4】**

前記少なくとも 5 つの原色が、赤、緑、青、黄、およびシアンを含む請求項 3 に記載の装置。

**【請求項 5】**

前記少なくとも 5 つの原色が少なくとも 6 つの原色を含み、前記少なくとも 5 つのタイプのカラー・サブピクセル・フィルタ素子が、少なくとも 6 つの原色の光をそれぞれ透過する前記少なくとも 6 つのタイプのカラー・サブピクセル・フィルタ素子を含む請求項 3 に記載の装置。

30

**【請求項 6】**

前記少なくとも 6 つの原色が、赤、緑、青、黄、シアン、およびマゼンタを含む請求項 5 に記載の装置。

**【請求項 7】**

少なくとも 4 つの原色イメージのシーケンスを含む時間的に統合されるカラーイメージを表示するカラー液晶ディスプレイ (LCD) 装置であって、  
液晶 (LC) 素子のアレイと、  
前記少なくとも 4 つの原色イメージのそれぞれに対応する入力を受け取り、前記 LC アレイの前記 LC 素子を選択的に活動化し、前記少なくとも 4 つの原色イメージのグレイレベル表現に対応する減衰パターンをそれぞれ生成するように適合された駆動回路と、  
少なくとも 4 つの相異なる原色の光で前記 LC アレイを順次後方照明し、前記少なくとも 4 つの原色イメージを順次生成するように適合された照明システムとを備え、  
前記各減衰パターンが原色イメージに対応する原色光でそれぞれ照明されるように駆動回路と照明システムが同期される装置。

40

**【請求項 8】**

前記少なくとも 4 つの原色イメージが、赤、緑、青、および黄色のイメージを含む請求項 7 に記載の装置。

**【請求項 9】**

前記少なくとも 4 つの原色イメージが、赤、緑、青、黄、およびシアン色のイメージを含む請求項 7 に記載の装置。

**【請求項 10】**

50

前記少なくとも4つの原色イメージが、赤、緑、青、黄、シアン、およびマゼンタ色のイメージを含む請求項7に記載の装置。

【請求項11】

前記照明システムが、  
出力経路を有する光源と、  
前記光源の前記出力経路中に少なくとも4つの相異なる原色フィルタを順次挿入して少なくとも4つの相異なる原色の光をそれぞれ生成するフィルタ切換え機構と、  
少なくとも4つの相異なる前記原色光を前記フィルタ切換え機構から前記LCアレイに誘導し、それによって前記LCアレイを後方照明する光学系とを備える請求項7ないし10のいずれかに記載の装置。

10

【請求項12】

前記光源が、ほぼ白色の光源を含む請求項11に記載の装置。

【請求項13】

前記照明システムが、  
発光ダイオード(LED)のアレイと、  
前記複数のLEDを選択的に活動化して、少なくとも4つの相異なる前記原色光にそれぞれ対応する少なくとも4つの照明パターンのシーケンスを生成するように適合された照明制御回路と、  
前記LEDのアレイによって生成された少なくとも4つの照明パターンで、概して空間的に均一な前記少なくとも4つの原色光を用いてそれぞれ前記LCアレイを後方照明する光学装置とを備える請求項7ないし10のいずれかに記載の装置。

20

【請求項14】

前記LEDのアレイが、少なくとも3つの相異なるカラーLEDを含む請求項13に記載の装置。

【請求項15】

前記少なくとも3つの相異なるカラーLEDが、赤、緑、および青色のLEDを含む請求項14に記載の装置。

【請求項16】

前記少なくとも4つの相異なる照明パターンのうち少なくとも1つが、前記少なくとも3つの相異なるカラーLEDの色以外の原色に対応する請求項14または15に記載の装置

30

【請求項17】

前記少なくとも4つの照明パターンのうち少なくとも1つが、前記少なくとも3つの相異なるカラーLEDのうち少なくとも2つを同時に活動化することによって生成される請求項15または16に記載の装置。

【請求項18】

n原色イメージを表示するカラーディスプレイ装置であって、nが3よりも大きく、n原色イメージ全体をほぼ覆う周期的な反復的スーパーピクセル構造のアレイとして構成された少なくとも4つの相異なる原色それぞれのサブピクセル素子を含むカラーサブピクセル素子のアレイを有し、各スーパーピクセル構造が、所定の固定数のn原色ピクセルを含み、各n原色ピクセルが、前記少なくとも4つの相異なる原色のそれぞれの1カラーサブピクセル素子を含み、前記スーパーピクセル構造の一部だけを覆うn原色ピクセルの非固定の組合せを、前記n原色イメージ全体をほぼ覆うように周期的に反復することができるカラーディスプレイ装置。

40

【請求項19】

前記カラーサブピクセル素子のアレイが、カラー・サブピクセル・フィルタ素子のアレイを含み、各スーパーピクセルの各n原色ピクセルが、前記少なくとも4つの相異なる原色のそれぞれの光を透過する1つのカラー・サブピクセル・フィルタ素子を含む、n原色液晶ディスプレイ(LCD)装置を含む請求項18に記載のカラーディスプレイ装置。

【請求項20】

50

前記少なくとも4つの相異なる原色が、赤、緑、青、および黄を含む請求項18または19に記載の装置。

【請求項21】

前記少なくとも4つの相異なる原色が、少なくとも5つの相異なる原色を含む請求項18ないし20のいずれかに記載の装置。

【請求項22】

前記少なくとも5つの相異なる原色が、赤、緑、青、黄、およびシアンを含む請求項21に記載の装置。

【請求項23】

前記スーパーピクセル構造が、各シーケンスが前記5つの原色のうち4つのサブピクセル素子の相異なる組合せをそれぞれ含む4つのサブピクセル素子の5つのシーケンスを含むほぼ矩形の構成を含む請求項21または22に記載の装置。 10

【請求項24】

前記少なくとも5つの相異なる原色が、少なくとも6つの相異なる原色を含む請求項21または22に記載の装置。

【請求項25】

前記少なくとも6つの相異なる原色が、赤、緑、青、黄、シアン、およびマゼンタを含む請求項24に記載の装置。

【請求項26】

前記スーパーピクセル構造が、各シーケンスが前記6つの原色のうち4つのサブピクセル素子の相異なる組合せをそれぞれ含む4つのサブピクセル素子の3つのシーケンスを含むほぼ矩形の構成を含む請求項24または25に記載の装置。 20

【請求項27】

n原色ディスプレイ上にn原色イメージを表示する方法において、nが3よりも大きく、n原色ディスプレイが、n原色イメージ全体をほぼ覆う周期的な反復的スーパーピクセル構造のアレイとして構成された少なくとも4つの相異なる原色それぞれのサブピクセル素子を含むカラーサブピクセル素子のアレイを有し、各スーパーピクセル構造が、所定の固定数のn原色ピクセルを含み、各n原色ピクセルが、前記少なくとも4つの相異なる原色のそれぞれの1カラーサブピクセル素子を含み、前記スーパーピクセル構造の一部だけを覆うn原色ピクセルの非固定の組合せを、n原色イメージ全体をほぼ覆うように周期的に 30

反復することができる方法であって、複数の3成分ピクセルを含み、第1の解像度を有する3成分カラー・イメージ・データを表す入力を受け取るステップと、

前記3成分カラー・イメージ・データをスケールリングして、前記第1の解像度とは異なる第2の解像度を有するスケールリング済み3成分カラー・イメージ・データを生成するステップと、

前記スケールリング済み3成分カラー・イメージ・データを、前記n原色イメージを表す対応するn原色ピクセルデータに変換するステップと、

前記n原色ピクセルデータに対応するn原色入力信号を生成するステップとを含む方法。

【請求項28】 40

前記n原色入力信号を生成するステップの前に、

各スーパーピクセルのすべてのn原色ピクセルの前記n原色ピクセルデータを収集するステップと、

各スーパーピクセル構造を表す前記収集したデータを、各スーパーピクセルの1つのサブピクセルをそれぞれ表す複数のサブピクセル・データ・セグメント内に配布するステップとをさらに含み、

前記n原色入力信号を生成するステップが、前記サブピクセルごとのグレイレベル値を生成するステップを含む請求項27に記載の方法。

【請求項29】

前記n原色ディスプレイがn原色液晶ディスプレイ(LCD)装置を含み、前記カラーサ 50

ブピクセル素子のアレイが、カラー・サブピクセル・フィルタ素子のアレイを含み、各スーパーピクセルの各  $n$  原色ピクセルが、前記少なくとも 4 つの相異なる原色のそれぞれの光を透過する 1 つのカラー・サブピクセル・フィルタ素子を含む請求項 27 または 28 に記載の方法。

【請求項 30】

前記少なくとも 4 つの相異なる原色が、赤、緑、青、および黄を含む請求項 27 ないし 29 のいずれかに記載の方法。

【請求項 31】

前記少なくとも 4 つの相異なる原色が、少なくとも 5 つの相異なる原色を含む請求項 27 ないし 30 のいずれかに記載の方法。

10

【請求項 32】

前記少なくとも 5 つの相異なる原色が、赤、緑、青、黄、およびシアンを含む請求項 31 に記載の方法。

【請求項 33】

前記スーパーピクセル構造が、各シーケンスが前記 5 つの原色のうち 4 つのサブピクセル素子の相異なる組合せをそれぞれ含む 4 つのサブピクセル素子の 5 つのシーケンスを含むほぼ矩形の構成を含む請求項 31 または 32 に記載の方法。

【請求項 34】

前記少なくとも 5 つの相異なる原色が、少なくとも 6 つの相異なる原色を含む請求項 31 に記載の方法。

20

【請求項 35】

前記少なくとも 6 つの相異なる原色が、赤、緑、青、黄、シアン、およびマゼンタを含む請求項 34 に記載の方法。

【請求項 36】

前記スーパーピクセル構造が、各シーケンスが前記 6 つの原色のうち 4 つのサブピクセル素子の相異なる組合せをそれぞれ含む 4 つのサブピクセル素子の 3 つのシーケンスを含むほぼ矩形の構成を含む請求項 34 または 35 に記載の方法。

【請求項 37】

$n$  原色ディスプレイ上に  $n$  原色イメージを表示する方法において、 $n$  が 6 以上であり、 $n$  原色ディスプレイが、原色の少なくとも第 1 組および原色の第 2 組を含む少なくとも 6 つの相異なる原色のそれぞれのカラーサブピクセル素子を含む、少なくとも 6 つの相異なる原色のそれぞれの少なくとも 1 つのカラーサブピクセル素子を含む周期的に反復する構成として構成されたカラーサブピクセル素子のアレイを有する方法であって、

30

前記原色の第 1 組のそれぞれの 1 つのサブピクセルをそれぞれ含む複数のピクセルを含むイメージデータを表すイメージ入力を受け取るステップと、

前記イメージデータを、前記ピクセルの第 1 グループを含む第 1 イメージ成分と、前記ピクセルの第 2 グループを含む第 2 イメージ成分に分離するステップであって、前記第 1 グループ中の各ピクセルが前記第 2 グループ中のピクセルにそれぞれほぼ隣接するステップと、

前記第 2 グループ中の前記ピクセルを、前記原色の第 2 組のそれぞれの 1 つのサブピクセルをそれぞれ含む対応する変換済みピクセルに変換するステップと、

40

前記第 2 グループ中の前記変換済みカラーピクセルのそれぞれと、前記第 1 グループ中のほぼ隣接するピクセルのそれぞれとに対応するデータを表す  $n$  原色入力信号を生成するステップとを含む方法。

【請求項 38】

前記少なくとも 6 つの相異なる原色が、赤、緑、青、黄、シアン、およびマゼンタを含み、前記原色の第 1 組が、赤、緑、および青を含み、前記原色の第 2 組が、黄、シアン、およびマゼンタを含む請求項 37 に記載の方法。

【請求項 39】

前記  $n$  原色入力信号を生成するステップの前に、

50

前記第 2 グループ中の前記変換済みピクセルのそれぞれを、前記第 1 グループのほぼ隣接するピクセルと組み合わせ、前記少なくとも 6 つの原色のそれぞれの 1 つのサブピクセルを含む対応する n 原色ピクセルを生成するステップを含み、前記 n 原色入力信号を生成するステップが、前記各 n 原色ピクセルに対応するデータを表す信号を生成するステップを含む請求項 37 または 38 に記載の方法。

【請求項 40】

前記イメージ入力が、3 成分カラー・イメージ・データを表すカラーイメージ入力を含み、前記原色の少なくとも第 1 組および第 2 組が、3 つの原色の第 1 組および第 2 組を含み、前記 n 原色イメージの各カラーピクセルが、前記 3 つの原色の第 1 組または第 2 組のどちらかによって再現される請求項 37 または 38 に記載の方法。

10

【請求項 41】

前記イメージ入力が、複数の白黒ピクセルを含む白黒イメージデータを表す白黒イメージ入力を含む請求項 37 または 38 に記載の方法。

【請求項 42】

前記原色の少なくとも第 1 組および第 2 組が、3 つの相補的な原色の第 1 組および第 2 組を含み、前記 n 原色イメージの各白黒ピクセルが、前記原色の第 1 組または第 2 組のどちらかによって生成される請求項 41 に記載の方法。

【請求項 43】

前記原色の少なくとも第 1 組および第 2 組が、相補的な原色の第 1 対、第 2 対、および第 3 対を含み、前記 n 原色イメージの各白黒ピクセルが、前記原色の第 1 対、第 2 対、および第 3 対のうちの一つによって生成される請求項 41 に記載の方法。

20

【請求項 44】

n 原色イメージを表示するカラーディスプレイ装置であって、n が 6 以上であり、少なくとも原色の第 1 組および原色の第 2 組を含む少なくとも 6 つの相異なる原色のそれぞれのカラーサブピクセル素子を含む、少なくとも 6 つの相異なる原色のそれぞれの少なくとも 1 つのカラーサブピクセル素子を含む周期的に反復する構成として構成されたカラーサブピクセル素子のアレイを有し、周期的に反復する構成内の各サブピクセルが、相補的な原色の少なくとも 1 つのサブピクセルに隣接する装置。

【請求項 45】

前記少なくとも 6 つの相異なる原色が、赤、緑、青、黄、シアン、およびマゼンタを含み、前記原色の第 1 組が、赤、緑、および青を含み、前記原色の第 2 組が、黄、シアン、およびマゼンタを含み、各赤色サブピクセル素子が、少なくとも 1 つのシアンサブピクセル素子に隣接し、各緑色サブピクセル素子が、少なくとも 1 つのマゼンタサブピクセル素子に隣接し、各青色サブピクセル素子が、少なくとも 1 つの黄色サブピクセル素子に隣接する請求項 44 に記載の装置。

30

【請求項 46】

前記周期的に反復する構成が、前記原色の第 1 組のそれぞれのサブピクセル素子の第 1 シーケンスと、前記原色の第 2 組のそれぞれのサブピクセル素子の第 2 シーケンスとを含み、前記第 1 シーケンス中の各サブピクセル素子が、前記第 2 シーケンス中の相補的な原色のサブピクセル素子に隣接する請求項 44 または 45 に記載の装置。

40

【請求項 47】

前記周期的に反復する構成が、隣接するサブピクセル素子の第 1 行および第 2 行を含み、前記第 1 行が、前記原色の第 1 組のそれぞれの 1 つのサブピクセル素子を含み、前記第 2 行が、前記原色の第 2 組のそれぞれの 1 つのサブピクセル素子を含み、前記第 1 行中の各サブピクセル素子が、前記第 2 行中の相補的な原色のサブピクセル素子に隣接する請求項 46 に記載の装置。

【請求項 48】

前記サブピクセル素子のアレイの各行が、前記原色の第 1 組のサブピクセルだけを含む請求項 44 ないし 47 のいずれかに記載の装置。

【請求項 49】

50

前記サブピクセル素子のアレイの各行が、前記原色の第1組および第2組の両方のサブピクセルを含む請求項44ないし47のいずれかに記載の装置。

【請求項50】

n原色イメージを表示するシステムであって、nが3よりも大きく、  
n原色イメージ全体をほぼ覆う周期的な反復的スーパーピクセル構造のアレイとして構成された、少なくとも4つの相異なる原色のそれぞれのサブピクセル素子を含むカラーサブピクセル素子のアレイを有するn原色カラーディスプレイ装置であって、各スーパーピクセル構造が、所定の固定数のn原色ピクセルを含み、各n原色ピクセルが、前記少なくとも4つの相異なる原色のそれぞれの1つのカラーサブピクセル素子を含み、前記スーパーピクセル構造の一部だけを覆うn原色ピクセルの非固定の組合せを、前記n原色イメージ全体をほぼ覆うように周期的に反復することができるn原色カラーディスプレイ装置と、複数の3成分ピクセルを含み、第1の解像度を有する3成分カラー・イメージ・データを表す入力を受け取るための手段と、  
前記3成分カラー・イメージ・データをスケールリングして、前記第1の解像度とは異なる第2の解像度を有するスケールリング済み3成分カラー・イメージ・データを生成するスケールリングユニットと、  
前記スケールリング済み3成分カラー・イメージ・データを、前記n原色イメージを表す対応するn原色ピクセルデータに変換する変換器と、  
前記n原色ピクセルデータに対応するn原色入力信号を生成するための手段とを備えるシステム。

10

20

【請求項51】

各スーパーピクセルのすべてのn原色ピクセルのn原色ピクセルデータを収集する収集ユニットと、  
各スーパーピクセル構造を表す前記収集したデータを、前記各スーパーピクセルの1つのサブピクセルをそれぞれ表す複数のサブピクセル・データ・セグメント内に配布する配布ユニットとをさらに備え、  
前記n原色入力信号を生成するための前記手段が、前記サブピクセルごとにグレイレベル値を生成する請求項50に記載のシステム。

【請求項52】

前記n原色ディスプレイ装置がn原色液晶ディスプレイ(LCD)装置を含み、前記カラーサブピクセル素子のアレイが、カラー・サブピクセル・フィルタ素子のアレイを含み、各スーパーピクセルの各n原色ピクセルが、前記少なくとも4つの異なる原色のそれぞれの光を透過する1つのカラー・サブピクセル・フィルタ素子を含む請求項50または51に記載のシステム。

30

【請求項53】

前記少なくとも4つの相異なる原色が、赤、緑、青、および黄を含む請求項50ないし52のいずれかに記載のシステム。

【請求項54】

前記少なくとも4つの相異なる原色が、少なくとも5つの相異なる原色を含む請求項50ないし53のいずれかに記載のシステム。

40

【請求項55】

前記少なくとも5つの相異なる原色が、赤、緑、青、黄、およびシアンを含む請求項54に記載のシステム。

【請求項56】

前記スーパーピクセル構造が、各シーケンスが前記5つの原色のうち4つのサブピクセル素子の相異なる組合せをそれぞれ含む4つのサブピクセル素子の5つのシーケンスを含むほぼ矩形の構成を含む請求項54または55に記載のシステム。

【請求項57】

前記少なくとも5つの相異なる原色が、少なくとも6つの相異なる原色を含む請求項54に記載のシステム。

50

## 【請求項 58】

前記少なくとも6つの相異なる原色が、赤、緑、青、黄、シアン、およびマゼンタを含む請求項57に記載のシステム。

## 【請求項 59】

前記スーパーピクセル構造が、各シーケンスが前記6つの原色のうち4つのサブピクセル素子の相異なる組合せをそれぞれ含む4つのサブピクセル素子の3つのシーケンスを含むほぼ矩形の構成を含む請求項57または58に記載のシステム。

## 【請求項 60】

n原色イメージを表示するシステムであって、nが6以上であり、  
 少なくとも原色の第1組および原色の第2組を含む少なくとも6つの相異なる原色のそれぞれのカラーサブピクセル素子を含む、少なくとも6つの相異なる原色のそれぞれの少なくとも1つのカラーサブピクセル素子を含む周期的に反復する構成として構成されたカラーサブピクセル素子のアレイを有するn原色ディスプレイ装置と、  
 前記原色の第1組のそれぞれの1つのサブピクセルをそれぞれ含む複数のピクセルを含むイメージデータを表すイメージ入力を受け取るイメージコレクタと、  
 前記カラー・イメージ・データを、前記ピクセルの第1グループを含む第1イメージ成分と、前記ピクセルの第2グループを含む第2イメージ成分に分離するための手段であって、前記第1グループ中の各ピクセルが前記第2グループ中のピクセルにそれぞれほぼ隣接する手段と、  
 前記第2グループ中の前記ピクセルを、前記原色の第2組のそれぞれの1つのサブピクセルをそれぞれ含む対応する変換済みピクセルに変換するための手段と、  
 前記第2グループ中の前記変換済みカラーピクセルのそれぞれと、前記第1グループ中のほぼ隣接するピクセルのそれぞれとに対応するデータを表すn原色入力信号を生成するための手段とを備えるシステム。

## 【請求項 61】

前記少なくとも6つの相異なる原色が、赤、緑、青、黄、シアン、およびマゼンタを含み、前記原色の第1組が、赤、緑、および青を含み、前記原色の第2組が、黄、シアン、およびマゼンタを含む請求項60に記載のシステム。

## 【請求項 62】

前記第2グループ中の前記変換済みカラーピクセルのそれぞれを、第1グループのほぼ隣接するピクセルと組み合わせ、少なくとも6つの原色のそれぞれの1つのサブピクセルを含む対応するn原色ピクセルを生成するピクセルコンバイナをさらに備え、前記n原色入力信号を生成するための前記手段が、前記各n原色ピクセルに対応するデータを表す信号を生成する請求項60または61に記載のシステム。

## 【請求項 63】

前記イメージ入力が、3成分カラー・イメージ・データを表すカラーイメージ入力を含み、前記原色の少なくとも第1組および第2組が、3つの原色の第1組および第2組を含み、前記n原色イメージの各カラーピクセルが、前記3つの原色の第1組または第2組のどちらかによって再現される請求項60または61に記載のシステム。

## 【請求項 64】

前記イメージ入力が、複数の白黒ピクセルを含む白黒イメージデータを表す白黒イメージ入力を含む請求項60または61に記載のシステム。

## 【請求項 65】

前記原色の少なくとも第1組および第2組が、3つの相補的な原色の第1組および第2組を含み、前記n原色イメージの各白黒ピクセルが、前記原色の第1組または第2組のどちらかによって生成される請求項64に記載のシステム。

## 【請求項 66】

前記原色の少なくとも第1組および第2組が、相補的な原色の第1対、第2対、および第3対を含み、前記n原色イメージの各白黒ピクセルが、前記原色の第1対、第2対、および第3対のうちの一つによって生成される請求項64に記載のシステム。

10

20

30

40

50

## 【請求項 67】

前記 n 原色ディスプレイ装置が n 原色液晶ディスプレイ (LCD) 装置を含み、前記カラーサブピクセル素子のアレイが、前記少なくとも 6 つの相異なる原色のそれぞれの光を透過するフィルタ素子を含むカラー・サブピクセル・フィルタ素子のアレイを含む請求項 60 ないし 66 のいずれかに記載のシステム。

## 【請求項 68】

前記 n 原色ディスプレイ装置が n 原色液晶ディスプレイ (LCD) 装置を含み、前記カラーサブピクセル素子のアレイが、前記少なくとも 6 つの相異なる原色のそれぞれの光を透過するフィルタ素子を含むカラー・サブピクセル・フィルタ素子のアレイを含む請求項 37 ないし 43 のいずれかに記載の方法。

10

## 【請求項 69】

前記 n 原色ディスプレイ装置が n 原色液晶ディスプレイ (LCD) 装置を含み、前記カラーサブピクセル素子のアレイが、前記少なくとも 6 つの相異なる原色のそれぞれの光を透過するフィルタ素子を含むカラー・サブピクセル・フィルタ素子のアレイを含む請求項 44 ないし 49 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 70】

前記少なくとも 4 つの原色の波長範囲が、表示するイメージの最適な全輝度を提供するように選択される請求項 1 ないし 26 のいずれかに記載の装置。

## 【請求項 71】

前記少なくとも 4 つの原色の波長範囲が、表示するイメージの最適な色域幅を提供するように選択される請求項 1 ないし 26 のいずれかに記載の装置。

20

## 【請求項 72】

前記少なくとも 4 つの原色の波長範囲が、表示するイメージの最適な全輝度を提供するように選択される請求項 27 ないし 36 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 73】

前記少なくとも 4 つの原色の波長範囲が、表示するイメージの最適な色域幅を提供するように選択される請求項 27 ないし 36 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 74】

前記少なくとも 6 つの原色の波長範囲が、表示するイメージの最適な全輝度を提供するように選択される請求項 37 ないし 43 のいずれかに記載の方法。

30

## 【請求項 75】

前記少なくとも 6 つの原色の波長範囲が、表示するイメージの最適な色域幅を提供するように選択される請求項 37 ないし 43 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 76】

前記少なくとも 6 つの原色の波長範囲が、表示するイメージの最適な全輝度を提供するように選択される請求項 44 ないし 49 のいずれかに記載の装置。

## 【請求項 77】

前記少なくとも 6 つの原色の波長範囲が、表示するイメージの最適な色域幅を提供するように選択される請求項 44 ないし 49 のいずれかに記載の装置。

## 【請求項 78】

前記少なくとも 4 つの原色の波長範囲が、表示するイメージの最適な全輝度を提供するように選択される請求項 50 ないし 59 のいずれかに記載のシステム。

40

## 【請求項 79】

前記少なくとも 4 つの原色の波長範囲が、表示するイメージの最適な色域幅を提供するように選択される請求項 50 ないし 59 のいずれかに記載のシステム。

## 【請求項 80】

前記少なくとも 6 つの原色の波長範囲が、表示するイメージの最適な全輝度を提供するように選択される請求項 60 ないし 66 のいずれかに記載のシステム。

## 【請求項 81】

前記少なくとも 6 つの原色の波長範囲が、表示するイメージの最適な色域幅を提供するよ

50

うに選択される請求項 60 ないし 66 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 82】

n 原色イメージを表示するカラーディスプレイ装置であって、n が 3 よりも大きく、n 原色イメージ全体をほぼ覆う周期的な反復的スーパーピクセル構造のアレイとして構成された少なくとも 4 つの相異なる原色それぞれのサブピクセル素子を含むカラーサブピクセル素子のアレイを有し、各スーパーピクセル構造が、所定の固定数の n 原色ピクセルを含み、各 n 原色ピクセルが、前記少なくとも 4 つの相異なる原色のそれぞれの 1 カラーサブピクセル素子を含み、前記スーパーピクセル構造内の前記サブピクセル素子が、1 に十分近い平均アスペクト比を有する矩形のサブアレイとして構成されるカラーディスプレイ装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般にカラーディスプレイ装置、システム、および方法に関し、より詳細には、カラーイメージ再現能力が向上したディスプレイ装置、システム、および方法に関する。

【背景技術】

【0002】

標準的なコンピュータモニタおよび TV ディスプレイは通常、3 つの加法混色の原色、例えば RGB と総称される赤、緑、および青の再現に基づいている。遺憾ながら、こうしたモニタは、表示することができる色の範囲が限られているので、人間が知覚する多くの色を表示することができない。図 1 A に、当技術分野で周知の色度図の略図を示す。蹄鉄の形の閉じた領域は、人間が見ることのできる色の色度範囲を表す。しかし、色度だけではすべての可視色の変化は完全には表されない。例えば、図 1 A の 2 次元色度平面上の各色度値は、様々な異なる輝度レベルで再現することができる。したがって、可視色空間を完全に表すには、例えば色度を表す 2 つの座標と輝度を表す第 3 の座標とを含む 3 次元空間が必要となる。その他の 3 次元空間の表現も定義することができる。図 1 A の蹄鉄図の縁の各点は一般に「スペクトル軌跡」と呼ばれ、例えば 400 nm から 780 nm の範囲の波長の単色励起に対応する。最長波長と最短波長での極値の単色励起間の、蹄鉄の底部を「閉じる」直線は、一般に「パープルライン」と呼ばれる。パープルラインの上の蹄鉄図の領域によって表される、人間の目が識別可能な様々な輝度レベルの色の範囲は、一般に目の色域と呼ばれる。図 1 A の点線の三角形領域は、標準的な RGB モニタで再現可能な色の範囲を表す。

20

30

【0003】

限定はしないが CRT、LED、プラズマ、投影ディスプレイ、LCD 装置などを含む様々なディスプレイ技術を用いた、多数の周知のタイプの RGB モニタが存在する。過去数年にわたって、カラー LCD 装置の使用が着実に増加している。典型的なカラー LCD 装置を図 2 A に略図で示す。このような装置は、光源 202、液晶 (LC) 素子 (セル) のアレイ 204、例えば当技術分野で周知の薄膜トランジスタ (TFT) アクティブマトリックス技術を使用する LC アレイを含む。この装置は、例えば当技術分野で周知のアクティブマトリックスアドレッシングによって LC アレイセルを駆動する電子回路 210 と、LC アレイと並べられた 3 色フィルタアレイ、例えば RGB フィルタアレイ 206 とをさらに含む。既存の LCD 装置では、表示されるイメージの各フルカラーピクセルが、相異なる原色に対応する 3 つのサブピクセルによって再現され、例えば各ピクセルは、1 組の R、G、および B のサブピクセルを駆動することによって再現される。サブピクセルごとに、LC アレイ内の対応するセルが存在する。後方照明源 202 は、カラーイメージを生成するのに必要な光を供給する。各サブピクセルの透過率は、対応するピクセルについての RGB データ入力に基づいて、対応する LC セルに印加される電圧によって制御される。コントローラ 208 は、入力 RGB データを受け取り、それを必要なサイズおよび解像度にスケールし、各ピクセルについての入力データに基づいて、相異なるドライバに

40

50

送達される信号の大きさを調節する。後方照明源によって供給される白色光の輝度は、LCアレイによって空間変調され、サブピクセルの所望の輝度に従ってサブピクセルごとの光が選択的に減衰される。選択的に減衰された光はRGBカラーフィルタアレイを通過し、各LCセルは、対応するカラーサブピクセルと共に登録されており、所望のカラーサブピクセルの組合せを生成する。人間の視覚系は、相異なるカラーサブピクセルを通じてフィルタされた光を空間的に統合し、カラーイメージを知覚する。

#### 【0004】

参照によりその開示全体が本明細書に組み込まれる米国特許第4800375号(「'375特許」)には、カラーフィルタのアレイと並べられ、それと共に登録されたLC素子のアレイを含むLCD装置が記載されている。このフィルタアレイは、3原色サブピクセルフィルタ、例えばRGBカラーフィルタを含み、この3原色サブピクセルフィルタが、第4のタイプのカラーフィルタとインターレースされて所定の反復的シーケンスが形成される。'375特許に記載される様々な反復的ピクセル構成、例えば反復的16ピクセルシーケンスは、ピクセル構成を単純化し、かつ一定のイメージパターン、例えばより対称的なラインパターンを再現するディスプレイ装置の能力を改善することを意図している。ピクセルの幾何学的構成を制御する以外は、'375には、反復的シーケンス中の3原色および第4の色の間のどんな視覚的干渉も記載または提案されていない。

#### 【0005】

LCDは様々な応用例で使用されており、特にLCDは、ポータブル装置、例えば小型サイズディスプレイのPDA装置、ゲームコンソール、携帯電話や、中型サイズディスプレイのラップトップ(「ノートブック」)コンピュータで一般的である。こうした応用例では、設計を薄くかつ小型化し、電力消費を低くすることが必要である。しかし、LCD技術はまた、より大きなディスプレイサイズを一般に必要とする非ポータブル装置、例えばデスクトップ・コンピュータ・ディスプレイやTVセットでも使用される。様々なLCD応用例が、最適な結果を達成するために様々なLCD設計を必要とする可能性がある。LCD装置についてのより「伝統的な」市場、例えば電池駆動式装置(例えばPDA、携帯電話、ラップトップコンピュータ)の市場では、高い輝度効率を有し、電力消費が低減されるLCDが必要とされる。デスクトップ・コンピュータ・ディスプレイでは、解像度、イメージ品質、およびカラーリッチネスが高いことが主な問題点であり、低電力消費は二次的な問題に過ぎない。ラップトップ・コンピュータ・ディスプレイは高解像度と低電力消費を共に必要とする。しかし、多くのそうした装置では、画像品質およびカラーリッチネスに折り合いがつけられる。TVディスプレイ応用例では、画像品質およびカラーリッチネスは一般に最も重要な問題である。そうした装置では、電力消費および高解像度は二次的な問題である。

#### 【0006】

通常、後方照明をLCD装置に供給する光源は冷陰極蛍光灯(CCFL)である。図3に、当技術分野で周知のCCFLの典型的なスペクトルの略図を示す。図3に示すように、光源スペクトルは、それぞれ赤、緑、および青の光に対応する、3つの比較的狭い主波長範囲を含む。あるいは、当技術分野で周知のその他の適切な光源を使用することもできる。フィルタサブピクセルアレイ内のRGBフィルタは通常、(例えば、対応するCRTモニタの色域に可能な限り近い)十分に広い色域を再現するように設計されるが、例えば図3のCCFLスペクトルピークと概して重なる透過曲線を有するフィルタを選択することにより、表示効率を最大にするようにも設計される。一般には、所与のソース輝度に対して、より狭い透過スペクトルを有するフィルタはより広い色域を与えるが、ディスプレイ輝度が低下し、逆も同様である。例えば、電力効率が重要な問題である応用例では、色域幅がしばしば犠牲にされる。あるTV応用例では、輝度が重要な問題であるが、鈍い色は許容されない。

#### 【0007】

図4Aに、既存のラップトップ・コンピュータ・ディスプレイの典型的なRGBフィルタスペクトルを略図で示す。図4Bに、理想的なNTSC色域(図4Bの点線の三角形領域

10

20

30

40

50

)と比べた典型的なラップトップスペクトルの再現可能な色域(図4Bの破線の三角形領域)を表す色度図を示す。図4Bに示すように、NTSC色域は、典型的なラップトップ・コンピュータ・ディスプレイの色域よりもかなり広く、したがって、NTSC色域に含まれる多くの色の組合せは、典型的なカラー・ラップトップ・コンピュータ・ディスプレイでは再現することができない。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

人間の見る多くの色は、標準的な赤・緑・青(RGB)モニタ上では認識することができない。4つ以上の原色を用いるディスプレイ装置を使用することにより、ディスプレイの再現可能な色域は拡張される。加えて、または別法として、ディスプレイによって生成される輝度レベルを著しく向上させることができる。本発明の諸実施形態は、4つ以上の原色を使用して、ディスプレイ装置、例えば液晶ディスプレイ(LCD)装置などのシンプロファイル(thin profile)ディスプレイ装置上にカラーイメージを表示するシステムおよび方法を提供する。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様は、4つ以上の相異なる色のサブピクセルを使用して各ピクセルを生成する、改良型の多原色ディスプレイ装置を提供する。本発明のこの態様の諸実施形態では、ピクセル当たり4から6個(またはそれ以上)の相異なるカラーサブピクセルを使用することにより、色域をより広くし、視感度係数をより高くすることが可能となる。ある実施形態では、ピクセル当たりのサブピクセルの数と相異なるサブピクセルのカラースペクトルとを最適化して、所望の十分広い色域、十分高い輝度、および十分高いコントラストの組合せを得ることができる。

20

【0010】

本発明のある実施形態では、4つ以上の原色を使用することにより、その原色の一部、例えば赤、緑、および青に対して比較的狭い波長範囲を使用することが可能となり、したがってその原色の彩度が向上することによって、ディスプレイの再現可能な色域を拡張することができる。そのような狭い範囲からの輝度レベルが潜在的に低下するのを補償するために、本発明の一部の実施形態では、狭い波長範囲の色に加えて、広い波長範囲の原色、例えば専用に設計された黄および/またはシアンを使用することができ、それによってディスプレイの全輝度が向上する。本発明の別の実施形態では、追加の原色(例えばマゼンタ)および/または様々な原色スペクトルを使用して、表示するイメージの様々なその他の性質を改善することができる。本発明の諸実施形態によれば、特定の原色とサブピクセル構成を設計することにより、所与のシステムの要件に適合するように色域幅と全ディスプレイ輝度の最適な組合せを達成することができる。

30

【0011】

本発明の実施形態による4原色以上のLCD装置の色域およびその他の属性は、装置の使用相異なる原色サブピクセルフィルタ素子のスペクトル透過特性を制御することによって制御することができる。本発明の一態様によれば、4つ以上の原色、例えばRGBと黄(Y)を生成するために、4つ以上の相異なる原色サブピクセルフィルタが使用される。本発明の別の実施形態では、少なくとも5つの相異なる原色サブピクセルフィルタ、例えばRGB、Y、およびシアン(C)の各フィルタが使用される。本発明の追加の実施形態では、少なくとも6つの相異なる原色サブピクセルフィルタ、例えばRGB、Y、C、およびマゼンタ(M)の各フィルタが使用される。

40

【0012】

本発明による4原色以上のLCD装置用の原色サブピクセルフィルタは、様々な基準に従って選択することができ、例えば所望の色域の十分な網羅を確立し、ディスプレイによって生成することができる輝度レベルを最大にし、かつ/または所望の色度標準に従って原色の相対輝度を調節するように選択することができる。

50

## 【0013】

本発明の別の実施形態は、4つ以上の原色を使用するシーケンシャル・カラー・ディスプレイ装置、システム、および方法、例えばシーケンシャルカラーLCD装置を提供する。このような装置では、あらかじめ選択した4つ以上の原色の光を用いて液晶(LC)セルのアレイを順次後方照明し、その4つ以上の原色イメージの周期的シーケンスを生成し、それが閲覧者の視覚系によってフルカラーイメージとして時間的に統合されることによってカラーイメージが生成される。ある実施形態では、4つ以上の原色を用いたシーケンシャル後方照明が、その4つ以上のカラーフィルタを通じて光を順次フィルタすることによって生成される。別の実施形態では、多色光源、例えば4つ以上の原色のうちのいずれかを別々に生成することができる複数の発光ダイオード(LED)が活動化され、相異なる原色後方照明が順次生成される。

## 【0014】

本発明の一態様の諸実施形態によれば、少なくとも4つの相異なる原色を使用してカラーイメージを表示するカラー液晶ディスプレイ(LCD)装置であって、液晶(LC)素子のアレイと、カラーイメージに対応する入力を受け取り、LCアレイのLC素子を選択的に活動化し、カラーイメージのグレイレベル表現に対応する減衰パターンを生成するように適合された駆動回路と、LC素子のアレイと並べられ、各カラー・サブピクセル・フィルタ素子がLC素子の1つと共に登録されるようにLC素子のアレイと共に登録されたカラー・サブピクセル・フィルタ素子のアレイであって、少なくとも4つの原色の光をそれぞれ透過する少なくとも4つのタイプのカラー・サブピクセル・フィルタ素子を含むカラー・サブピクセル・フィルタ素子のアレイとを含む装置が提供される。

## 【0015】

本発明の別の態様の諸実施形態によれば、少なくとも4つの原色イメージのシーケンスを含む時間的に統合されるカラーイメージを表示するカラー液晶ディスプレイ(LCD)装置であって、液晶(LC)素子のアレイと、その少なくとも4つの原色イメージのそれぞれに対応する入力を受け取り、LCアレイのLC素子を選択的に活動化し、その少なくとも4つの原色イメージのグレイレベル表現に対応する減衰パターンをそれぞれ生成するように適合された駆動回路と、少なくとも4つの相異なる原色の光でLCアレイを順次後方照明し、その少なくとも4つの原色イメージを順次生成するように適合された照明システムとを含み、各減衰パターンが原色イメージに対応する原色光でそれぞれ照明されるように駆動回路と照明システムが同期されるカラー液晶ディスプレイ(LCD)装置が提供される。

## 【0016】

本発明のこの態様のある実施形態では、照明システムは、出力経路を有する光源と、光源の出力経路中に少なくとも4つの相異なる原色フィルタを順次挿入して少なくとも4つの相異なる原色の光をそれぞれ生成するフィルタ切換え機構と、少なくとも4つの相異なる原色光をフィルタ切換え機構からLCアレイに誘導し、それによってLCアレイを後方照明する光学系とを含む。本発明のこの態様の他の実施形態では、照明システムは、発光ダイオード(LED)のアレイと、複数のLEDを選択的に活動化して、少なくとも4つの相異なる原色光にそれぞれ対応する少なくとも4つの照明パターンのシーケンスを生成するように適合された照明制御回路と、LEDのアレイによって生成された少なくとも4つの照明パターンで、概して空間的に均一な少なくとも4つの原色光を用いてそれぞれLCアレイを後方照明する光学装置とを含む。

## 【0017】

本発明の別の態様の諸実施形態によれば、n原色イメージを表示するカラーディスプレイ装置であって、nが3よりも大きく、n原色イメージ全体をほぼ覆う周期的な反復的スーパーピクセル構造のアレイとして構成された少なくとも4つの相異なる原色それぞれのサブピクセル素子を含むカラーサブピクセル素子のアレイを有し、各スーパーピクセル構造が、所定の固定数のn原色ピクセルを含み、各n原色ピクセルが、少なくとも4つの相異なる原色のそれぞれの1カラーサブピクセル素子を含み、スーパーピクセル構造の一部だ

けを覆う  $n$  原色ピクセルの非固定の組合せを、 $n$  原色イメージ全体をほぼ覆うように周期的に反復することができるカラーディスプレイ装置が提供される。

**【0018】**

本発明のこの態様のある実施形態では、少なくとも4つの原色は、少なくとも5つの原色を含み、スーパーピクセル構造は、各シーケンスが5つの原色のうち4つのサブピクセル素子の相異なる組合せをそれぞれ含む4つのサブピクセル素子の5つのシーケンスを含むほぼ矩形の構成を含む。本発明のこの態様の別の実施形態では、少なくとも4つの原色は、少なくとも6つの原色を含み、スーパーピクセル構造は、各シーケンスが6つの原色のうち4つのサブピクセル素子の相異なる組合せをそれぞれ含む4つのサブピクセル素子の3つのシーケンスを含むほぼ矩形の構成を含む。

10

**【0019】**

本発明の追加の態様の諸実施形態によれば、 $n$  原色ディスプレイ上に  $n$  原色イメージを表示する方法において、 $n$  が3よりも大きく、 $n$  原色ディスプレイが、 $n$  原色イメージ全体をほぼ覆う周期的な反復的スーパーピクセル構造のアレイとして構成された少なくとも4つの相異なる原色それぞれのサブピクセル素子を含むカラーサブピクセル素子のアレイを有し、各スーパーピクセル構造が、所定の固定数の  $n$  原色ピクセルを含み、各  $n$  原色ピクセルが、少なくとも4つの相異なる原色のそれぞれの1カラーサブピクセル素子を含み、スーパーピクセル構造の一部だけを覆う  $n$  原色ピクセルの非固定の組合せを、 $n$  原色イメージ全体をほぼ覆うように周期的に反復することができる方法であって、複数の3成分ピクセルを含み、第1の解像度を有する3成分カラー・イメージ・データ、例えばRGBデータまたはYCCデータを表す入力を受け取るステップと、3成分カラー・イメージ・データをスケールリングして、第1の解像度とは異なる第2の解像度を有するスケールリング済み3成分カラー・イメージ・データを生成するステップと、スケールリング済み3成分カラー・イメージ・データを、 $n$  原色イメージを表す対応する  $n$  原色ピクセルデータに変換するステップと、 $n$  原色ピクセルデータに対応する  $n$  原色入力信号を生成するステップとを含む方法が提供される。

20

**【0020】**

本発明のこの態様のある実施形態では、この方法は、 $n$  原色入力信号を生成するステップの前に、各スーパーピクセルのすべての  $n$  原色ピクセルの  $n$  原色ピクセルデータを収集するステップと、各スーパーピクセル構造を表す収集したデータを、各スーパーピクセルの1つのサブピクセルをそれぞれ表す複数のサブピクセル・データ・セグメント内に配布するステップとを含み、 $n$  原色入力信号を生成するステップは、サブピクセルごとのグレイレベル値を生成するステップを含む。

30

**【0021】**

本発明のさらに別の態様の諸実施形態によれば、 $n$  原色ディスプレイ上に  $n$  原色イメージを表示する方法において、 $n$  が6以上であり、 $n$  原色ディスプレイが、少なくとも原色の第1組および原色の第2組を含む少なくとも6つの相異なる原色のそれぞれのカラーサブピクセル素子を含む、少なくとも6つの相異なる原色のそれぞれの少なくとも1つのカラーサブピクセル素子を含む周期的に反復する構成として構成されたカラーサブピクセル素子のアレイを有する方法であって、原色の第1組のそれぞれの1つのサブピクセルをそれぞれ含む複数のピクセルを含むイメージデータを表すイメージ入力を受け取るステップと、イメージデータを、ピクセルの第1グループを含む第1イメージ成分と、ピクセルの第2グループを含む第2イメージ成分に分離するステップであって、第1グループ中の各ピクセルが第2グループ中のピクセルにそれぞれほぼ隣接するステップと、第2グループ中のピクセルを、原色の第2組のそれぞれの1つのサブピクセルをそれぞれ含む対応する変換済みピクセルに変換するステップと、第2グループ中の変換済みカラーピクセルのそれぞれと、第1グループ中のほぼ隣接するピクセルのそれぞれとに対応するデータを表す  $n$  原色入力信号を生成するステップとを含む方法が提供される。

40

**【0022】**

本発明のこの態様のある実施形態では、この方法は、 $n$  原色入力信号を生成するステップ

50

の前に、第2グループ中の変換済みピクセルのそれぞれを、第1グループのほぼ隣接するピクセルと組み合わせ、少なくとも6つの原色のそれぞれの1つのサブピクセルを含む対応するn原色ピクセルを生成するステップを含み、n原色入力信号を生成するステップは、各n原色ピクセルに対応するデータを表す信号を生成するステップを含む。

**【0023】**

さらに、本発明のこの態様のある実施形態では、イメージ入力は、3成分カラー・イメージ・データ、例えばRGBデータまたはYCCデータを表すカラーイメージ入力を含み、少なくとも原色の第1組および第2組は、3つの原色の第1組および第2組を含み、n原色イメージの各カラーピクセルは、3つの原色の第1組または第2組のどちらかによって再現される。本発明のこの態様のその他の実施形態では、イメージ入力は、複数の白黒ピクセルを含む白黒イメージデータを表す白黒イメージ入力を含む。原色のこの少なくとも第1組および第2組は、3つの相補的な原色の第1組および第2組を含むことができ、n原色イメージの各白黒ピクセルは、原色の第1組または第2組のどちらかで生成することができる。あるいは、原色のこの少なくとも第1組および第2組は、相補的な原色の第1対、第2対、および第3対を含み、n原色イメージの各白黒ピクセルは、原色の第1対、第2対、および第3対のうちの1つで生成される。

10

**【0024】**

本発明のさらに別の態様の諸実施形態によれば、n原色イメージを表示するカラーディスプレイ装置であって、nが6以上であり、少なくとも原色の第1組および原色の第2組を含む少なくとも6つの相異なる原色のそれぞれのカラーサブピクセル素子を含む、少なくとも6つの相異なる原色のそれぞれの少なくとも1つのカラーサブピクセル素子を含む周期的に反復する構成として構成されたカラーサブピクセル素子のアレイを有し、周期的に反復する構成内の各サブピクセルが、相補的な原色の少なくとも1つのサブピクセルに隣接するカラーディスプレイ装置が提供される。

20

**【0025】**

本発明のこの態様のある実施形態では、周期的に反復する構成が、原色の第1組のそれぞれのサブピクセル素子の第1シーケンスと、原色の第2組のそれぞれのサブピクセル素子の第2シーケンスとを含み、第1シーケンス中の各サブピクセル素子が、第2シーケンス中の相補的な原色のサブピクセル素子に隣接する。

**【0026】**

本発明のさらに追加の態様の諸実施形態によれば、n原色イメージを表示するシステムであって、nが3よりも大きく、n原色イメージ全体をほぼ覆う周期的な反復的スーパーピクセル構造のアレイとして構成された、少なくとも4つの相異なる原色のそれぞれのサブピクセル素子を含むカラーサブピクセル素子のアレイを有するn原色カラーディスプレイ装置であって、各スーパーピクセル構造が、所定の固定数のn原色ピクセルを含み、各n原色ピクセルが、少なくとも4つの異なる原色のそれぞれの1つのカラーサブピクセル素子を含み、スーパーピクセル構造の一部だけを覆うn原色ピクセルの非固定の組合せを、n原色イメージ全体をほぼ覆うように周期的に反復することができるn原色カラーディスプレイ装置と、複数の3成分ピクセルを含み、第1の解像度を有する3成分カラー・イメージ・データ、例えばRGBデータまたはYCCデータを表す入力を受け取るための手段と、3成分カラー・イメージ・データをスケーリングして、第1の解像度とは異なる第2の解像度を有するスケーリング済み3成分カラー・イメージ・データを生成するスケーリングユニットと、スケーリング済み3成分カラー・イメージ・データを、n原色イメージを表す対応するn原色ピクセルデータに変換する変換器と、n原色ピクセルデータに対応するn原色入力信号を生成するための手段とを含むシステムが提供される。

30

40

**【0027】**

本発明のこの態様のある実施形態では、このシステムは、各スーパーピクセルのすべてのn原色ピクセルのn原色ピクセルデータを収集する収集ユニットと、各スーパーピクセル構造を表す収集したデータを、各スーパーピクセルの1つのサブピクセルをそれぞれ表す複数のサブピクセル・データ・セグメント内に配布する配布ユニットとをさらに含み、n

50

原色入力信号を生成するための手段が、サブピクセルごとにグレイレベル値を生成する。

【0028】

本発明のさらに別の態様の諸実施形態によれば、 $n$ 原色イメージを表示するシステムであって、 $n$ が6以上であり、少なくとも原色の第1組および原色の第2組を含む少なくとも6つの相異なる原色のそれぞれのカラーサブピクセル素子を含む、少なくとも6つの相異なる原色のそれぞれの少なくとも1つのカラーサブピクセル素子を含む周期的に反復する構成として構成されたカラーサブピクセル素子のアレイを有する $n$ 原色ディスプレイ装置と、原色の第1組のそれぞれの1つのサブピクセルをそれぞれ含む複数のピクセルを含むイメージデータを表すイメージ入力を受け取るイメージコレクタと、カラー・イメージ・データを、ピクセルの第1グループを含む第1イメージ成分と、ピクセルの第2グループを含む第2イメージ成分に分離するための手段であって、第1グループ中の各ピクセルが第2グループ中のピクセルにそれぞれほぼ隣接する手段と、第2グループ中のピクセルを、原色の第2組のそれぞれの1つのサブピクセルをそれぞれ含む対応する変換済みピクセルに変換するための手段と、第2グループ中の変換済みカラーピクセルのそれぞれと、第1グループ中のほぼ隣接するピクセルのそれぞれとに対応するデータを表す $n$ 原色入力信号を生成するための手段とを含むシステムが提供される。

10

【0029】

本発明のこの態様のある実施形態では、このシステムは、第2グループ中の変換済みカラーピクセルのそれぞれを、第1グループのほぼ隣接するピクセルと組み合わせ、少なくとも6つの原色のそれぞれの1つのサブピクセルを含む対応する $n$ 原色ピクセルを生成するピクセルコンバイナをさらに含み、 $n$ 原色入力信号を生成するための手段は、各 $n$ 原色ピクセルに対応するデータを表す信号を生成する。

20

【0030】

本発明の諸実施形態では、少なくとも4つの原色、またはある実施形態では少なくとも5つまたは6つの原色の波長範囲が、表示するイメージの最適な全輝度を提供するように選択される。加えて、または別法として、少なくとも4つの原色の波長範囲は、表示するイメージの最適な色域幅を提供するように選択される。

【0031】

本発明のさらに別の態様の諸実施形態によれば、 $n$ 原色イメージを表示するカラーディスプレイ装置であって、 $n$ が3よりも大きく、 $n$ 原色イメージ全体をほぼ覆う周期的に反復するスーパーピクセル構造のアレイとして構成された少なくとも4つの相異なる原色のそれぞれのサブピクセル素子を含むカラーサブピクセル素子のアレイを有し、各スーパーピクセル構造が、所定の固定数の $n$ 原色ピクセルを含み、各 $n$ 原色ピクセルが、少なくとも4つの異なる原色のそれぞれの1つのカラーサブピクセル素子を含み、各スーパーピクセル構造内のサブピクセル素子が、1に十分近い平均アスペクト比を有する矩形のサブアレイとして構成されるカラーディスプレイ装置が提供される。

30

【0032】

添付の図面と共に行われる本発明の諸実施形態の下記の詳細な説明から、本発明をより完全に理解されよう。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0033】

下記の説明では、本発明の完全な理解を可能にする特定の実施形態を参照して本発明の様々な態様を説明する。しかし、本発明が本明細書に記載の特定の実施形態および実施例に限定されないことは当業者には明らかであろう。さらに、本明細書に記載の装置、システム、および方法のある細部がカラーディスプレイ装置、システム、および方法の周知の態様に関係する範囲で、話をわかりやすくするためにそのような細部を省略または単純化していることがある。

【0034】

図1Bに、色度平面上で人間の目の知覚可能な色域を表す蹄鉄図によって囲まれた、本発明の一実施形態による3原色以上のディスプレイの色域を示す。図1Bの6つの辺を有す

50

る形状は、本発明の例示的实施形態による6原色ディスプレイの色域を表す。この色域は、図1Bの点線の三角形の形状で表される典型的なRGB色域よりもかなり広い。本発明の例示的实施形態による4つ以上の原色を用いるモニタ装置および実施形態ディスプレイ装置の諸実施形態が、「Device, System And Method For Electronic True Color Display」という名称の2000年11月14日出願の米国特許出願第09/710895号、2001年6月7日出願の「Device, System and Method For Electronic True Color Display」という名称の、PCT公開WO 01/95544として2001年12月13日に発行された国際出願PCT/IL01/00527、2001年12月18日出願の「Spectrally Matched Digital Print Proofer」という名称の米国特許出願第10/017546号、および2002年5月23日出願の「System and method of data conversion for wide gamut displays」という名称の国際出願PCT/IL02/00410に記載されており、この出願および公開のすべての開示は、参照により本明細書に組み込まれる。

#### 【0035】

本発明の諸実施形態では、上記で参照した特許出願で開示される方法およびシステム、例えばソースデータを原色データに変換する方法、あるいは原色材料またはフィルタを作成する方法を使用することができるが、代替実施形態では、本発明のシステムおよび方法を、 $n$ が3より大きいとして、その他の任意の適切な $n$ 原色ディスプレイ技術と共に使用することができる。こうした応用例で説明されるある実施形態は、リア/フロント投影装置、CRT装置、またはその他のタイプのディスプレイ装置に基づく。下記の説明では、 $n$ が3より大きいとして、好ましくはLCDを用いる、本発明の例示的实施形態による $n$ 原色フラットパネルディスプレイ装置に主に焦点を当てるが、代替実施形態では、本発明のシステム、方法、および装置を、その他のタイプのディスプレイや、その他のタイプの光源および変調技法と共に用いることもできることを理解されたい。例えば、本発明の $n$ 原色カラーディスプレイ装置の原理を適切に変更して、CRTディスプレイ、プラズマディスプレイ、発光ダイオード(LED)ディスプレイ、有機LED(OLED)ディスプレイ、フィールドエミッションディスプレイ(FED)装置、またはそうしたディスプレイ装置の任意の異種組合せとして容易に実装できることを当業者は理解されよう。

#### 【0036】

図2Bに、本発明の一実施形態による4原色以上のディスプレイシステムの略図を示す。このシステムは、光源212と、液晶(LC)素子(セル)のアレイ214、例えば当技術分野で周知の薄膜トランジスタ(TFT)アクティブマトリクス技術を用いるLCアレイとを含む。この装置は、LCアレイセルを、例えば当技術分野で周知のアクティブマトリクスアドレッシングによって駆動する電子回路220と、 $n$ が3より大きいとして、LCアレイと並べられた $n$ 原色フィルタアレイ216とをさらに含む。本発明の諸実施形態によるLCD装置の諸実施形態では、表示されるイメージの各フルカラーピクセルは、相異なる原色にそれぞれ対応する4つ以上のサブピクセルによって再現され、例えば、各ピクセルは、対応する4つ以上のサブピクセルの組を駆動することによって再現される。サブピクセルごとに、LCアレイ214内の対応するセルが存在する。後方照明源212は、カラーイメージを生成するのに必要な光を供給する。各サブピクセルの透過率は、対応するピクセルに対するイメージデータ入力に基づいて、対応するアレイ214のLCセルに印加される電圧によって制御される。 $n$ 原色コントローラ218は、入力データを、例えばRGBまたはYCCフォーマットとして受け取り、データを所望のサイズおよび解像度に最適にスケーリングし、各ピクセルに対する入力データに基づいて、相異なるドライバに送達される信号の大きさを調節する。後方照明源212によって供給される白色光の輝度は、LCアレイの素子によって空間変調され、サブピクセルに対するイメージデータに従って各サブピクセルの照明が選択的に制御される。選択的に減衰された各サブピクセルの光は、カラーフィルタアレイ216の対応するカラーフィルタを通過し、それに

よって所望のカラーサブピクセルの組合せが生成される。人間の視覚系は、相異なるカラーサブピクセルを通じてフィルタされた光を空間的に統合し、カラーイメージを知覚する。

【0037】

本発明の諸実施形態によるLCD装置の色域およびその他の属性は、いくつかのパラメータによって制御することができる。こうしたパラメータには、後方照明素子（光源）、例えば冷陰極蛍光灯（CCFL）のスペクトル、LCアレイ中のLCセルのスペクトラルトランスミッション、およびカラーフィルタのスペクトラルトランスミッションが含まれる。3原色ディスプレイでは、最初の2つのパラメータ、すなわち光源のスペクトルとLCセルのスペクトラルトランスミッションは、通常はシステムの制約によって指示され、したがって、フィルタに対するカラーを選択して、直接的に、図1Aに示す所望のRGB三角形の「コーナ」で、必要な表色値を提供することができる。3原色LCD装置の効率を最大にするため、フィルタのスペクトラルトランスミッションは、可能な範囲で光源の波長ピークとほぼ重なるように設計される。3原色LCD装置でのフィルタの選択は、主に全輝度効率を最大にすることに基づくことができる。この状況では、より狭いスペクトラルトランスミッション曲線を有するフィルタを選択することにより、より彩度の高い原色が得られ、一般にディスプレイの全輝度レベルが低下することに留意されたい。

10

【0038】

本発明の諸実施形態による3原色以上の多原色ディスプレイでは、必要な色域にほぼ重なるように無限の数のフィルタの組合せを選択することができる。本発明のフィルタ選択方法は、次の要件に従ってフィルタ選択を最適化することを含むことができる。その要件とは、所望の2次元色域の十分な網羅を確立すること、例えば、広色域応用例に対してはNTSC規格の色域、高輝度応用例に対しては「従来の」3色LCD色域を使用すること、すべての原色を組み合わせることによって得ることができる平衡白色点の輝度レベルを最大にすること、および所望の照明規格、例えば高精細度TV（HDTV）システムのD65白色点色度規格に従って原色の相対輝度を調節することである。

20

【0039】

本発明の諸実施形態は、3つ以上の原色を使用するディスプレイ装置、例えば液晶ディスプレイ（LCD）装置などのシンプロファイルディスプレイ装置上にカラーイメージを表示するシステムおよび方法を提供する。本明細書では、本発明のいくつかの実施形態を、ピクセル当たり使用するカラーフィルタ数が3つ以上である、3つ以上の原色を使用するLCD装置の状況で説明する。この構成には、従来のRGBディスプレイ装置と比べていくつかの利点がある。まず、本発明によるn原色ディスプレイ装置により、ディスプレイの網羅する色域を拡張することが可能となる。第2に、本発明による装置により、ディスプレイの視感度係数を著しく向上させることが可能となり、ある場合には、下記で論じるように約50パーセント以上の向上を達成することができる。本発明の特徴は、ポータブル（例えば電池駆動式の）ディスプレイ装置に対して特に有利である。視感度係数の向上により、そのような装置の電池寿命および全重量が伸びるからである。第3に、下記で本発明の特定の諸実施形態を参照してより詳細に説明するように、本発明による装置により、本発明のサブピクセルレンダリング技法を効率的に利用することによってグラフィックス解像度を向上させることが可能となる。

30

40

【0040】

本発明の諸実施形態によるある多原色ディスプレイ装置では、各ピクセルを作成するのに4つ以上の相異なる色のサブピクセルが使用される。本発明の諸実施形態では、ピクセル当たり4から6個（またはそれ以上）の相異なるカラーサブピクセルを使用することにより、色域をより広くし、視感度係数をより高くすることが可能となる。ある実施形態では、ピクセル当たりのサブピクセルの数と相異なるサブピクセルのカラースペクトルとを最適化して、所望の十分広い色域、十分高い輝度、および十分高いコントラストの組合せを得ることができる。

【0041】

50

例えば、本発明の一実施形態に従って3つ以上の原色を使用することにより、R、G、およびBカラーフィルタに対してより狭い透過曲線（例えば、より狭い実効透過範囲）を有するフィルタを使用することが可能となり、したがってR、G、およびBサブピクセルの彩度が向上することによって、再現可能な色域を拡張することが可能となる。そのような狭い範囲を補償するために、本発明のある実施形態では、RGB純色に加えてより広帯域のサブピクセルフィルタを使用することができ、それによってディスプレイの全輝度が向上する。本発明の諸実施形態では、n原色ディスプレイのサブピクセルフィルタとフィルタ構成を適切に設計することにより、所与のシステムの要件に適合するように色域幅と全ディスプレイ輝度の最適な組合せを達成することができる。

#### 【0042】

図5Aおよび図6Aに、本発明の諸実施形態による5原色ディスプレイ装置の2つの代替設計についての透過曲線の略図を示す。使用した5つの原色は、赤（R）、緑（G）、青（B）、シアン（C）、および黄（Y）であり、RGBCYと総称する。図5Bおよび図6Bに、それぞれ図5Aおよび図6Aのフィルタ設計により得られる色域の略図を示す。どちらの設計でも、下記で詳細に論じるように、対応する従来の3色LCD装置よりも色域の網羅が広く、かつ/または輝度レベルが高くなることを理解されよう。当技術分野で周知のように、従来の3色LCDの正規化全輝度レベルは以下のように計算することができる。

#### 【0043】

$$Y(3\text{-colors}) = (Y(\text{color}_1) + Y(\text{color}_2) + Y(\text{color}_3)) / 3 \quad 20$$

同様に、本発明の一実施形態による5色LCD装置の正規化輝度レベルは以下のように計算することができる。

#### 【0044】

$$Y(5\text{-colors}) = (Y(\text{color}_1) + Y(\text{color}_2) + Y(\text{color}_3) + Y(\text{color}_4) + Y(\text{color}_5)) / 5$$

上式で、 $Y(\text{color}_i)$  はi番目の原色の輝度レベルを表し、 $Y(n\text{-colors})$  はn原色ディスプレイの正規化全輝度レベルを表す。

#### 【0045】

図5Bに示す色域は、対応する3色LCD装置（図4B）の色域と同程度であるが、図5Aのフィルタ設計を使用して得ることができる輝度レベルは、対応する3色LCDの輝度レベルよりも約50%高い。この実施形態でより高い輝度レベルが達成されるのは、広い透過領域を有し、したがってRGBフィルタよりも多くの後方照明を透過するように特に設計された黄（Y）およびシアン（C）の各カラーサブピクセルを追加したためである。この新しいフィルタ選択基準は、狭い透過範囲を有するように通常設計される従来の原色フィルタの選択基準とは概念的に異なる。当技術分野で周知の方法を用いて透過スペクトルおよび後方照明スペクトルから計算される、この実施形態についての白色点色度座標は、 $x = 0.318$ 、 $y = 0.352$ である。

#### 【0046】

図6Bに示すように、図6Aのフィルタ設計についての色域は、対応する従来の3色LCDの色域（図4B）よりもかなり広く、カラーCRT装置についての理想的な基準色域である対応するNTSC色域よりも広く、輝度レベルは、大ざっぱには従来の3色LCDの輝度レベルと等しい。この実施形態では、5色LCD装置の全輝度レベルは、ずっと狭い色域を有する3色LCD装置の全輝度レベルと同様である。周知の技術分野で周知の方法を使用して透過スペクトルおよび後方照明スペクトルから計算した、この実施形態についての白色点座標は、 $x = 0.310$ 、 $y = 0.343$ である。本発明の諸実施形態では、様々な原色および/または追加の原色（例えば6色ディスプレイ）の使用を含むその他の設計を使用して、特定の応用例に適した、より高いまたは低い輝度レベル、より広いまたは狭い色域、あるいは輝度レベルと色域の任意の所望の組合せを生成することができる。

#### 【0047】

10

20

30

40

50

図7Aに、本発明の諸実施形態による6原色ディスプレイのフィルタ透過曲線の略図を示す。6つの原色は、赤、緑、青、シアン、マゼンタ(M)、および黄であり、R G B C M Yと総称する。図7Bに、図7Aのフィルタ設計によって得られる色域の略図を示す。図7Aおよび図7Bのフィルタ設計は、各ピクセルにマゼンタ(M)フィルタサブピクセルが追加されることを除いて、図5Aおよび図5Bのフィルタ設計と概して同じである。この例示的6原色ディスプレイについての白色点座標は $x = 0.319$ および $y = 0.321$ であり、輝度利得は1に等しい。

#### 【0048】

図15に、本発明の諸実施形態に従って効果的なカラーフィルタスペクトルを選択するのに使用することができる、6つの副色域、すなわち赤(R)、緑(G)、青(B)、黄(Y)、マゼンタ(M)およびシアン(C)の各副色域に分割された、人間が認識可能な色域の色度図の略図を示す。ある実施形態では、図15のそれぞれの副色域内の色度値を生成するのに、3つ以上の原色フィルタ、例えば図5Aおよび図6Aの実施形態のような5つのカラーフィルタ、または図7Aの実施形態のような6つのカラーフィルタを選択することができる。それぞれの副色域内の所与の原色に対して選択される正確な色度位置は、特定のシステム要件、例えば色度平面内の色域の所望の幅や所望のイメージ輝度に従って決定することができる。上記で詳細に論じたように、システム要件は特定の装置応用例に依存し、例えばある応用例では色域のサイズが優先され、別の応用例ではイメージ輝度が優先される。図15の副色域は、本発明の諸実施形態に従って、所望の白色点バランスを維持しながら広い色域網羅および/または高い輝度レベルを提供するように原色を選択することができる近似的境界を表す。所与のフィルタスペクトル選択と周知の後方照明スペクトルについての、図15の副色域内の原色の色度値の位置は、当技術分野で周知の直接的な数学的計算を用いて計算することができ、その所与のフィルタスペクトル選択に対して所望の色域が得られるかどうか判定される。

10

20

#### 【0049】

本発明の一実施形態では、前述の例示的6原色設計と共に、下記で詳細に説明するサブピクセルレンダリング技法を使用して、ディスプレイの解像度を著しく向上させることができ。本発明の代替実施形態では、特定のディスプレイ応用例に従って、様々な原色および原色スペクトル設計を使用して、所望の結果を生成することができる。

#### 【0050】

本発明の装置、システム、および方法のある実施形態では、従来の3サブピクセルディスプレイフォーマットと互換のフォーマットを用いて4つ以上の原色を表示することができる。当技術分野で周知のように、従来のR G BベースのLCD装置の各ピクセルは、3つのサブピクセル、すなわち赤、緑、および青から構成される。通常、各サブピクセルは、約1:3のアスペクト比を有し、それによって、得られるピクセルアスペクト比は約1:1となる。イメージのアスペクト比は、行中のピクセルの数と、列中のピクセルの数の比として定義される。典型的なフルスクリーンLCDディスプレイのイメージアスペクト比は約4:3である。各ピクセルが概して正方形であり、かつ4:3のアスペクト比構成として構成されると仮定すると、ディスプレイ解像度は全ピクセル数によって決定される。所与の解像度のビデオまたはグラフィックイメージを別の解像度のウィンドウ(例えばディスプレイピクセル構成)内に表示するとき、スケーリング機能が必要となる。スケーリング機能は、元のイメージピクセルデータの補間またはデシメーションを含むことができ、所望のディスプレイ解像度の所与の画面サイズに適した正確なピクセルの数および構成を生成する。大部分の応用例では、約1:1の全ピクセルアスペクト比が必要である。一般的なビデオやTVの応用例では、正確なアスペクト比の再現は重要ではない。その他の応用例、例えばAdobe Photoshop(R)などのグラフィック・ソフトウェア・アプリケーションのためのイメージを表示する際に、幾何学的精度を必要とする応用例では特に、ソフトウェアレンダリング方法をさらに使用して、ピクセルサイズの「ひずみ」を補償することができる。

30

40

#### 【0051】

50

下記で説明するように、ピクセルアスペクト比約 1 : 1 を維持するような、本発明の諸実施形態による 4 つ以上の原色を使用する装置のサブピクセルの構成には、多数の可能な方法がある。LCD 装置の全体の解像度およびアスペクト比は一般に、ハードウェアレベルで、例えば装置の LC アレイ中の LC セル数によって決定される。既存の LCD 装置の幾何学的設計を変更して、例えば 1 : 3 以外のサブピクセルアスペクト比を有する新しいサブピクセルレイアウトを設計することは可能であるが、そのような設計の変更は高価であり、したがって望ましくないことがある。したがって、発明のある実施形態では、サブピクセルを以下に述べるような効率的な構成として構成することによって、従来のサブピクセルアスペクト比 1 : 3 を維持することができる。そのような構成は、1 : 1 に可能な限り近いアスペクト比を有することができ、その構成は、標準的な RGB ディスプレイで使用される LC アレイの対応するセルによって照明することができる 3 つ以上のサブピクセルフィルタの周期的パターンを含むことができ、新しいタイプのディスプレイ、例えば新しい TFT アクティブマトリクス設計を設計する必要がなくなる。基本ディスプレイ構成要素の再設計、特に新しいタイプの TFT アクティブマトリクスの設計は非常に複雑かつ高価であるので、本発明の特徴を既存のディスプレイ設計に統合するというオプションは、本発明の諸実施形態の際立った利点である。

10

20

30

40

50

#### 【0052】

上述の周期的サブピクセルパターン（以後「スーパーピクセル」構造と呼ぶ）は、いくつかのカラーサブピクセル、例えば 3 つ以上の各原色について少なくとも 1 つのサブピクセルを含むことができる。上記で論じたように、基本ディスプレイ構成要素の再設計を回避するため、既存の RGB サブピクセルアレイフォーマットに適合するようにスーパーピクセル構造を設計することができる。矩形のスーパーピクセル構造を仮定すると、本発明のある実施形態によれば、各スーパーピクセルは、 $m \times k$  個のサブピクセルを含むことができ、それによって、スーパーピクセル構造内の  $n$  原色ピクセル ( $n > 3$ ) の数は  $(m \times k) / n$  に等しい。 $N_L$  および  $N_W$  がそれぞれ  $n$  原色ピクセル単位で測定したスーパーピクセルの長さおよび幅であるとすると、「スーパーピクセル」構造内の  $n$  原色ピクセルの数は、 $N_L \times N_W$  にも等しいので、以下の等式が成り立つ。

#### 【0053】

$$N_L \times N_W = (m \times k) / n$$

スーパーピクセル構造の長さは  $N_L \times L$  であり、これは  $m / 3$  に等しく、スーパーピクセルの幅は  $N_W \times W$  であり、これは  $k$  に等しい。ただし、 $L$  および  $W$  はそれぞれ、3 セルピクセル単位で測定した  $n$  原色ピクセルの平均長さおよび平均幅である。したがって、 $n$  原色ピクセルの平均アスペクト比は、以下の式で与えられる。

#### 【0054】

$$L / W = m (3k) \times N_W / N_L = m^2 / (3n) N_L^{-2}$$

上記の要件を満たす最小のスーパーピクセル構造を求めるために、各スーパーピクセル内の縦方向または横方向の  $n$  原色ピクセルの数を値 1、例えば  $N_L = 1$  に設定し、それによって多原色ピクセルのアスペクト比が  $m^2 / 3n$  によって与えられる。したがって、最小のスーパーピクセル構造は、 $m$  の値に対して、 $m^2$  を  $3n$  で割った値を可能な限り 1 に近づけることによって得られる。

#### 【0055】

例えば、本発明による RGBY (RGB + 黄) ディスプレイシステムなどの 4 原色ディスプレイについての直接的な構成は、図 8 に示すように、全イメージアスペクト比 4 : 3 を維持する構成としてサブピクセルを並べて構成することを含むことができる。この構成によって値  $m = 4$  が得られる。この構成では、例えば 3 原色ピクセル解像度  $1024 \times 768$  を有する XGA ディスプレイ用に設計された LC アレイを使用すると、前述の 4 原色マルチピクセル構成では実効解像度  $768 \times 768$  が得られる。同様に、3 原色ピクセル解像度  $1280 \times 1024$  を有する SXGA パネルは、本発明のこの実施形態に従って、4 原色イメージを解像度  $960 \times 1024$  ピクセルで再現するように適合させることができる。この実施形態による 4 原色ピクセル形状は矩形であって正方形ではなく、したがって

データスケーリングを適用したときにイメージアスペクト比は変化しないことを理解されたい。図8の実施形態では、4原色ピクセルのアスペクト比は4:3である。したがって例えば、本発明のこの実施形態によるXGA画面は、縦方向と横方向に同数のn原色ピクセルを有することができ、したがってそのようなXGA画面についてのイメージアスペクト比は4:3のままである。しかし、そのような画面の水平(行)解像度は、対応する3原色XGA画面と比べて低い。本発明の一実施形態では、この4原色ディスプレイの正しいイメージ形状を維持するために、元の入力データの水平解像度、例えばXGA画面では1024が、プロポーションに低減され、例えばXGA画面では768に低減される。他のディスプレイフォーマットでは異なる調節が必要となることを当業者は理解されよう。例えば解像度1280:1024のSXGA画面は、3原色フォーマットでは4:3ではなく、5:4のアスペクト比を有する。

#### 【0056】

図9に、本発明の一実施形態による5原色ディスプレイシステムにおけるスーパーピクセル構成の別の例を略図で示す。この5原色構成、例えば各原色がRGB、シアン(C)、および黄(Y)である構成では、値 $m=4$ により、5原色ピクセルアスペクト比16:15が得られる。図9のスーパーピクセル構成では、ピクセルごとに、5つのサブピクセルを、例えば2つの連続する行にわたって分割することができ、スーパーピクセル構造は4組の5原色ピクセルを含む。スーパーピクセルごとのアスペクト比は15:4であり、したがって、単一の5原色ピクセルの実効アスペクト比は16:15である。この構成では、例えば3原色ピクセル解像度1024×768を有するXGAディスプレイ用に設計されたLCアレイにより、実効5原色ピクセルピクセル解像度768×614が得られる。同様に、3原色ピクセル解像度1280×1024を有するSXGAパネルは、本発明のこの実施形態に従って、5原色ピクセル解像度960×819を再現するように適合させることができる。

#### 【0057】

上記の例において、多原色ピクセルの実効(色重み付け)中心は、水平方向および/または垂直方向にシフトすることができることに留意されたい。ピクセルの構造に合致するように入力データを補間するとき、このことを考慮に入れるべきである。前述のスーパーピクセル構成の周期的構造により、下記のように比較的単純な補間プロセスが可能となる。スーパーピクセルごとのデータを、まずスーパーピクセルの矩形グリッド上の位置として計算することができ、次いでデータが、各スーパーピクセル内部に配布される。スーパーピクセルの内部構造は固定されており、例えばすべてのスーパーピクセルは同一のサブピクセル構造を有するので、内部配布ステージも固定され、例えばディスプレイの各スーパーピクセルの位置の如何に関わらず、内部配布が同様に実施される。したがって、単純な矩形グリッドに対して補間プロセスを実施することができ、内部スーパーピクセル構造に関連する複雑な配布が、固定した反復的操作となる。その他の適切な補間方法も本発明と共に使用することができる。

#### 【0058】

上述の補間プロセスを実施するシステムを、図11に略図で示す。(例えばYCCまたはRGBフォーマットの)元の解像度の入力データをイメージ・スケーリング・ユニット1102で受け取り、イメージ・スケーリング・ユニット1102は、イメージ中のピクセル数で定義されるイメージ解像度を、ディスプレイの解像度にスケーリングする。スケーリングは、当技術分野で周知の様々なディスプレイ解像度を有するパーソナルコンピュータ(PC)上で実施されるスケーリングと同様でよい。例えばKeith Jack、「Video Demystified」、3<sup>rd</sup> Edition、LLH Technology Publishing、2001年で説明されているように、データをずっと高い解像度にアップスケーリングし、次いでディスプレイ解像度に再サンプリングすることができる。任意選択で、アップスケーリングに続いて、次のように再サンプリングを2つのステージで実施して、計算を単純化することができる。第1ステージでは、スーパーピクセルごとにデータを割り振る。第2ステージでは、スーパーピクセルの周知の構造に

基づいて、スーパーピクセルレベルで再サンプリングを実施する。データが  $n$  原色ピクセルグリッド（例えば、 $n$  原色ピクセルそれぞれの色重み付け中心によって定義することができる）に再サンプリングした後、 $n$  原色変換器 1104 によって  $n$  原色ピクセルごとに 1 組の  $n$  原色係数を計算することができる。各スーパーピクセルを構成するすべて、例えば  $m$  個の  $n$  原色ピクセルについての  $n$  原色データをスーパーピクセルコレクタ 1106 で組み合わせ、収集したデータをディストリビュータ 1108 で受け取り、ディストリビュータ 1108 は、定義された内部構成に従って  $m$  個の  $n$  原色ピクセルの  $m * n$  個の係数をサブピクセルに配布する。

#### 【0059】

本発明の一実施形態による 6 原色ディスプレイシステムでは、1 つの可能な構成は、図 9 を参照しながら上記で説明した 5 原色スーパーピクセル構成と本質的に類似し、適切な変更、例えばマゼンタサブピクセル素子をスーパーピクセル構成の各ピクセルに追加したスーパーピクセル構成を含むことができる。この実施形態による 6 原色イメージを生成するシステムと、そのようなシステムでのデータの流れは、図 11 を参照しながら上記で説明したのと本質的に同じでよい。図 10 に略図で示すように、 $n = 6$  および  $m = 4$  のスーパーピクセル構成は、長さが 3 原色ピクセルのスーパーピクセル構成の  $4/3$  倍、幅が 3 ピクセルである。したがってこのスーパーピクセル構成内のサブピクセルの合計数は、 $4/3 \times 3 \times 3 = 12$  であり、それによって図 10 の影付きの領域で概略的に示すように、各スーパーピクセルによって 2 つの 6 原色ピクセルが収容される。この 6 原色ピクセルの平均長さは  $4/3$ 、その幅は  $3/2$  であり、したがってこの実施形態でのスーパーピクセルのアスペクト比は  $8 : 9$  であり、所望の比  $1 : 1$  に比較的近い。

#### 【0060】

本発明の諸実施形態に従ってその他の構成も使用することができる。例えば、6 つのサブピクセルを、それぞれ 3 サブピクセルの 2 つの行として構成することができる。この 2 行構成では、本発明に従って 6 原色モードで動作するように適合された標準的 XGA ディスプレイの解像度は、 $1024 \times 384$  ピクセルに低下し、6 原色モードで動作する標準的 SXGA ディスプレイの解像度は  $1280 \times 512$  に低下する。このようなピクセル構成は、下記で説明するように TV やビデオの応用例に対して有用である。

#### 【0061】

上記の例は、LC アレイを適切に変更せずに、相異なるカラーフィルタ数を増加させる、例えば相異なる色を 3 個ではなく 4 ~ 6 個使用すると、ディスプレイの見かけの解像度が低下することがあることを実証している。しかし、TV やビデオの応用例では、この見かけの解像度の低下は重大ではない。標準解像度の NTSC TV システムは、インターレース・フィールド・レート  $60 \text{ Hz}$ （フレームレート  $30 \text{ Hz}$ ）で解像度 480 ライン（実質上はブランクラインと共に 525 ライン）を有する。デジタル化したとき、NTSC システムの解像度は、 $960 \times 480$  から  $352 \times 480$  の範囲内で変化する。PAL システムは、インターレース・フィールド・レート  $50 \text{ Hz}$ （フレームレート  $25 \text{ Hz}$ ）で解像度 576 TV ラインを有する。デジタル形式では、PAL システムの解像度は、アスペクト比（例えば  $4 : 3$  または  $16 : 9$ ）とピクセルの形状（例えば矩形または正方形）とに応じて  $1024 \times 576$  から  $480 \times 576$  の範囲内で変化する。したがって、本発明の諸実施形態によれば、イメージ解像度を劣化させることなく、既存の SXGA ディスプレイを、標準解像度の TV イメージを表示する前述の 4、5、または 6 原色ディスプレイシステムに変換することができる。そのように変換された装置の低下後の解像度は標準的 TV イメージデータの解像度よりもなお高いからである。解像度が水平方向に低下する上述のすべてのケース、ならびに解像度が垂直方向に低下する 5 原色および 6 原色のケースで、本発明の諸実施形態に従って変換されたディスプレイシステムの解像度は、NTSC システム（480 ライン）と互換であり（またはそれを上回り）、PAL システムの解像度（576 ライン）に少なくとも非常に近いことに留意されたい。XGA ディスプレイが 4 ~ 6 原色ディスプレイとして動作するように変換されるあるケースでは、一部の解像度が失われる可能性があるが、下記で説明する、各ピクセル内のサブピクセルの精巧

な構成を用いて、わずかに低下した解像度を補償することができる。したがって、多くの既存のタイプの3色LCD装置を、実質上の解像度を低下させることなくTV標準イメージを表示することのできる、本発明の諸実施形態による4つ以上の原色を使用するディスプレイに変換できることは当業者には明らかであろう。他の解像度、原色数、およびピクセル構成も本発明の諸実施形態に従って使用することができる。

#### 【0062】

様々な応用例、特にビデオとコンピュータグラフィックスが混合された応用例では、いかなる解像度の損失も回避することが好ましい。前述の2つの行として構成された6個のサブピクセルを有するピクセルでは、相異なるサブピクセルカラーの特別な構成を実施してディスプレイ解像度を改善することができる。そのような構成の一例を図12Aに示す。この構成では、各ピクセル内のサブピクセルが、3つのサブピクセルをそれぞれ含む2つの行として構成される。行Aは「純色の」RGBピクセルを含み、行Bは「明るい」CMYピクセルを含む。CMYピクセルの組合せは、彩度の低いRGB色、例えばC、M、およびYの色度値によって定義される三角形の色域に含まれる色も生成することができる。この構造を列方向に解析すると、各垂直サブピクセル対は、R+C、G+M、またはB+Yとして個々に白色(中性)色度を再現することができる。このことは、各原色サブピクセルを相補的な原色サブピクセルと垂直方向に隣接して配置するようにサブピクセルを構成することによって達成される。したがって、この方法を使用して、グラフィックス応用例での水平白黒解像度を3倍に向上させることができる。

10

#### 【0063】

図12Bに、本発明の諸実施形態によるディスプレイピクセルの別の例示的構成を示す。図12Aの構成では、行AはRGBサブピクセルだけを含み、行BはCMYサブピクセルだけを含むが、図12Bの代替構成では、RGBピクセルとCMYピクセルが各行に含まれる。より具体的には、図12Bに示すように、行Aは、第1ピクセルのRGBサブピクセルと、その後続く第2ピクセルのCMYサブピクセルとを含み、行Bは、第1ピクセルのCMYサブピクセルと、その後続く第2ピクセルのRGBサブピクセルとを含む。本発明の諸実施形態によるスーパーピクセル構造を設計するのに、様々な他のピクセル構成も適しており、例えばある実施形態では、3原色の各組内の原色の順序を添付の図面に示す順序とは異なるものにできることを理解されたい。

20

#### 【0064】

上述の6原色構成により、本発明による6原色ディスプレイの少なくとも3つの動作モードが可能となる。図13Aに、そのような6原色ディスプレイの色度平面上の色域を略図で示す。全色域は、6原色をつなぐ点線で表される。RGB原色の色域は、破線の三角形で表され、CMY原色の色域は、実線の三角形の範囲に及ぶ。図13A中の影を付けた六角形の領域は、CMY原色集合とRGB原色集合の論理積を取った色域を表す。このディスプレイの第1動作モードは高解像度の「限定色域」モードであり、とりわけグラフィックス応用例に適している。このモードでは、解像度は、対応する3原色ディスプレイの解像度(例えば、SXGAディスプレイでは1280×1024ピクセル、XGAディスプレイでは1024×768など)と同一にすることができる。このタイプの構成に対する色の組合せは、RGB3原色(副構造)とCMY3原色のどちらでも生成することができ、それによってディスプレイの色域が、CMY色域とRGB色域の論理積、例えば図13A中の影の付いた六角形によって定義される。この動作モードでは、色が3サブピクセルレベルで処理され、例えば、3原色ディスプレイを駆動するのに適したデータが、ピクセルに割り当てられた原色の組、例えばRGBやCMYの如何に関わらず、各ピクセルに送達される。RGBピクセルとCMYピクセルの差は、入力データを、サブピクセルを駆動するのに使用する係数に変換するマトリックスにある。より細密なデータフローも可能であり、それを下記で提示する。

30

40

#### 【0065】

本発明の諸実施形態による6原色ディスプレイの第2動作モードは、例えばリッチカラーとカラーピクチャ品質の向上とを必要とするビデオやその他のディスプレイ応用例向けに

50

設計された、中間解像度のスーパーワイド色域モードである。このモードでは、解像度を、フルシステム解像度（例えばS X G Aディスプレイでは1 2 8 0 × 1 0 2 4ピクセル）で表示される「彩度の低いカラーオブジェクト」に適した通常の解像度から、解像度が1 / 2に減少した（1 2 8 0 × 5 1 2ピクセル）非常に彩度の高い「超高彩度カラーオブジェクト」の解像度に徐々に低下させることができる。このモードでは、色が6原色ピクセルレベルで処理され、したがってディスプレイ解像度を低下させることができる。しかし、提示される色が純色でない場合、例えば表示される色が図1 3 A中の影の付いた六角形内に含まれない場合、R G BピクセルまたはC M Yピクセルのどちらかによってそのような色を適切に再現することができ、したがって元の解像度を復元することができる。図1 3 Aの影の付いた領域の外側の純色については、解像度が1 / 2に低下する（1 2 8 0 × 5 1 2ピクセル）。しかし、人間の視覚系は色の空間的变化よりも輝度の空間的变化に敏感であるので、非常に彩度の高い色に対しては通常はフル解像度は不要である。

10

#### 【0066】

本発明の一実施形態による6原色ディスプレイの第3動作モードは、超高解像度モードである。このモードは、例えばS X G Aディスプレイを使用する、白黒のグラフィックスに対して使用することができ、元の1 2 8 0 × 1 0 2 4解像度の代わりに実効解像度3 8 4 0 × 1 0 2 4ピクセルが得られる。この動作モードでのピクセルの配置および処理は、上述の高解像度の「限定色域」モードと同様でよい。本発明の諸実施形態に従って追加の動作モードも可能であり、そのような追加のモードは、特定のディスプレイ要件に従って設計することができる。

20

#### 【0067】

図1 3 Bに、前述のR G B - C M Y原色集合を使用する、本発明の例示的实施形態による6原色ディスプレイシステムについての可能なデータフロー方式の略図を示す。この例では、入力データの解像度は、ディスプレイの元の解像度であると想定され、そうでない場合、前述の適切なスケールが必要となる。ピクセルコレクタ1 3 0 2は、単一の6原色ピクセルを形成する1対の3原色ピクセル、すなわちR G BピクセルおよびC M Yピクセルに対応するイメージデータを収集する。元のイメージデータは、当技術分野で周知の任意の適切なフォーマット、例えばR G BフォーマットやY C Cフォーマットとして提供することができる。マトリクス乗算ユニット1 3 0 4および1 3 0 6と、それに続いてn原色コンパイナ1 3 0 8を使用して、収集した2つの3色ピクセルのデータを、相異なるサブピクセルについてのグレイスケール値に変換する。両方のピクセルのカラー値が図1 3 A中の影を付けた六角形領域内にある場合、例えばすべてのサブピクセルが正のグレイスケール値を有する場合、それぞれのL Cサブピクセルを駆動するのに使用するグレイレベルは不変である。

30

#### 【0068】

図1 3 Aを参照すると、入力データがC M Yの三角形の外側にあるがR G Bの三角形内にある場合、特定の応用例に応じて、データをいくつかの異なる方式で処理することができる。一実施形態では、データがR G Bサブピクセル構成要素だけで表され、C M Y構成要素がゼロ照明に設定される。別の実施形態では、入力データがR G B構成要素によって表され、C M Y構成要素が、所望の色に最も近い色の組合せを表す。本発明のこの実施形態では、「最も近い」色の組合せを輝度または色度によって定義することができ、あるいは単に任意の負のサブピクセル値をゼロに設定することによって定義することもできる。別の実施形態では、C M Y構成要素は、所望の色に可能な限り最も近い色の組合せを表し、所望の色とC M Y表現との差がR G B構成要素によって補正される。上記で論じた3つの異なる実施形態は、主に純色を提示する方法が異なっている。第1の実施形態では、純色が、表色の観点から正確に再現されるが、輝度レベルが比較的低い。第2の実施形態では、輝度レベルが最大となるが、彩度が低下する。第3の実施形態では、彩度と輝度レベルが、第1と第2の実施形態の最大レベルと最小レベルの間の範囲内にある。上記の分析でC M YとR G Bへの参照を入れ換えることにより、入力データが図1 3 AのR G Bの三角形の外側にあるがC M Yの三角形内にある状況にも同じ分析が当てはまることを理解され

40

50

たい。

【0069】

図13Aを参照すると、RGB色域の三角形領域とCMY色域の三角形領域の結合によって形成される「ダビデの星」形状の外側にある、6色域（点線の六角形）内の任意の色の組合せは、フル6原色ピクセル表現だけで正確に再現できることに留意されたい。本発明の一実施形態では、参照によりその開示が本明細書に組み込まれる2002年5月23日出願の「System and method of data conversion for wide gamut displays」という名称の本出願人らの係属中の国際出願PCT/IL02/00410に記載されている、2次元ルックアップテーブル（「LUT」）を使用するアルゴリズムを適用して、リアルタイムにすべての6つの原色についての正確なサブピクセル値を導出することができる。本発明のこの実施形態では、RGBとCMYの組合せの平均色を計算することができ、得られる色を、例えば6原色変換器を使用して変換し、対応するn原色ピクセルのサブピクセル係数を生成することができる。

10

【0070】

上述のシステムおよび方法は、人間の視覚系によるサブピクセルの空間的統合によって色が知覚されるディスプレイ装置に適している。しかし、人間の視覚系による色の統合は時間的にも実施することができ、したがって、本発明の諸実施形態は、4つ以上の原色を使用するシーケンシャルディスプレイ装置、システム、および方法、例えばシーケンシャルカラーLCD装置も提供する。この概念は、参照によりその開示が本明細書に組み込まれる「Device, System and Method For Electronic True Color Display」という名称の2001年6月7日出願の、2001年12月13日にWO 01/95544として発行された本出願人らの国際出願PCT/IL01/00527に、シーケンシャルn原色イメージ投影装置の状況で詳細に記載されている。シーケンシャル投影カラーディスプレイ装置では、4つまたは5つの相異なるカラーフィールドが、それぞれ短い時間枠の間順次投影され、このプロセスが十分高い周波数で周期的に反復され、それによって人間の視覚系が、相異なるカラーフィールドを時間的にフルカラーイメージに統合する。

20

【0071】

本発明の諸実施形態によるシーケンシャルカラー表現に基づくLCD装置の一利点は、そうした装置が4つ以上の原色を使用するイメージを、同じ装置が3原色イメージ、例えばRGBイメージを表示することができる解像度と同程度の解像度で表示できることである。シーケンシャルLCDディスプレイ装置は、LCアレイと共に登録されたカラー・サブピクセル・フィルタマトリックスを必要としない。その代わりに、各LC素子は、所与のピクセルについてのすべての原色の輝度を制御し、各原色が指定の時間スロットの間制御され、それによってLCアレイがそのフル解像度に利用される。色の組合せは、シーケンシャル投影装置と同様に、相異なる原色でLCアレイを順次後方照明することによって生成される。しかし、投影光学装置、すなわちミニチュア空間光変調因子を画面上に投影する光学機器を含むかなりの物理的空間を通常必要とする投影装置とは異なり、本発明のシーケンシャルLCD装置は投影光学装置を必要とせず、したがってフラットな構成として実装することができる。

30

40

【0072】

本発明の一実施形態によるフラットn原色ディスプレイのアーキテクチャは、所望のサイズおよび解像度を有するLCアレイ（パネル）を含む。このようなLCDパネルは、例えば当技術分野で周知のポータブルコンピュータで使用される。しかし、本発明のシーケンシャルLCD装置では、カラー・サブピクセル・フィルタの隣接するアレイなしにLCパネルを使用することができ、それによってLCアレイは単色グレイレベル装置として動作することができる。LCアレイのセルは、表示されるイメージの4つ以上の原色構成要素のうち1つにそれぞれ対応する、一連の4原色以上のグレイレベルパターンを生成するように選択的に減衰される。各グレイレベルパターンは、対応する原色の光で後方照明され

50

る。相異なる後方照明色の切換えは、LCアレイによって生成されるグレイレベルパターンのシーケンスと同期され、それによってシーケンス中の各グレイレベルパターンが、正しい原色の光で照明される。所望の後方照明用の光は、4つ以上の原色のうち1つにそれぞれ対応するあらかじめ選択したカラーフィルタを介して白色光（またはその他の色の光）をフィルタすることによって生成することができる。後方照明カラーシーケンスは、LCアレイによって生成されるパターンの周期的シーケンスと同期した十分高い周波数で反復され、それによって閲覧者は、前述の時間的統合によってフルカラーイメージを知覚する。

#### 【0073】

本発明の一実施形態によるシーケンシャルLCD装置の各部を図14に略図で示す。本明細書に記載のシーケンシャルカラーLCD装置は、本発明の例示的实施形態を示すに過ぎないことを理解されたい。本発明の代替実施形態では、その他のシステムおよび方法を使用して、相異なる色の後方照明光を生成することができる。加えて、または別法として、本発明の一部の実施形態では、上述のLCアレイを使用する代わりに、当技術分野で周知のその他の方法を使用して、相異なる原色成分に対応するグレイレベルパターンを順次生成することができる。

10

#### 【0074】

図14に略図で示す本発明の一実施形態では、単一光源または1組の光源を使用して相異なる照明色が順次生成され、例えば白色光源1410を使用して、一連の相異なるカラーフィルタ1413を通じて白色光を順次フィルタすることによって相異なる照明色が順次生成される。カラーフィルタは、回転フィルタホイール1412上に配置することができる。所望の後方照明を得るために、フィルタホイール1412上のカラーフィルタ1413のうちの1つを通過する有色光を、例えばレンズ1414を使用して、光ガイド1416に集束させることができる。光ガイドは、フィルタした光を、当技術分野で周知の、LCアレイ1420に並べられた後方照明装置1422に送り、LCアレイをほぼ一様に照明する。この実施形態のある変形形態では、後方照明装置および光ガイドは、後方照明ポータブルコンピュータ、例えばラップトップコンピュータ、またはライトテーブル装置で使用されるものと同様である。そのようなある装置では、蛍光灯からの光が反射器/ディフューザの構成によって反射され、ほぼ一様な照明が得られる。あるいは、図14に略図で示すように、光路1416は複数の光出口1418を含むことができ、光出口1418を後方照明装置1422内の反射器/ディフューザと共に使用して、一様な照明を得ることができる。代替諸実施形態では、その他の構造を使用して、相異なる原色の後方照明を提供することができる。

20

30

#### 【0075】

本発明の代替実施形態では、後方照明が、4つ以上の異なる波長範囲のうち1つで光を選択的にそれぞれ生成することができる発光ダイオード(LED)のアレイによって生成される。相異なるカラーLED放射が順次活動化され、カラーシーケンスが、LCアレイによって生成されるグレイレベルパターンのシーケンスと同期される。LED後方照明を使用する3原色装置、例えばRGB装置では、十分広い色域を得るために、赤、緑、および青のLED放射は通常、それぞれ狭いスペクトルを有するように設計される。具体的には、そのような装置の放射分布のピークは通常、赤の放射に対しては630~680nmの範囲であり、緑の放射に対しては500~540nmの範囲であり、青の放射に対しては400~480nmの範囲である。遺憾ながら、既存の3色の装置は、人間の目が最も敏感な波長範囲である、黄橙色として知覚される輝度効率の良い波長範囲540~570nmを使用しない。したがって、本発明の諸実施形態に従って540~570nmの範囲の第4のLED放射を追加することにより、輝度効率を著しく改善することができる。すべてのダイオードの量子効率がほぼ同じであると仮定すると、黄色LEDは、アンペア当たりより高い視覚的輝度を生成することになる。上述の4つのLED放射範囲を活動化することによってこの効率を利用するために、本発明のある実施形態では、少なくとも4つの原色、すなわち赤、緑、青、および黄橙が使用される。

40

50

## 【0076】

本発明の代替実施形態では、第4の放射範囲を使用する代わりに、所望の後方照明シーケンスをより高い輝度で生成する活動化シーケンスに従って標準的RGB LEDのアレイを活動化することができる。標準的活動化シーケンスR-G-B-R-G-Bの代わりに、本発明のある実施形態では、混成の周期的活動化シーケンス、例えばR-G-B-RG-BG-RBを使用して、所望の後方照明シーケンスを生成する。RGB LED放射のその他の活動化シーケンス、例えば同じ放射成分（例えば、R、G、B、RG、BG、およびRB）を含む、異なる順序で構成されたシーケンス、「混合」成分（例えばRG、BG、またはRB）の一部が省略されたシーケンス、追加の成分（例えば、フルRGB放射成分）を含むシーケンス、あるいは所望の後方照明シーケンスを生成することができる「純粋な」LED放射および/または「混合」LED放射の任意その他の組合せも可能である。和 $3R + 3G + 3B$ によって決定される、例示的活動化シーケンスR-G-B-RG-BG-RBによって生成される全輝度レベルは、和 $2R + 2G + 2B$ によって決定される、対応する標準的R-G-B-R-G-Bシーケンスによって生成される平均輝度よりも約50パーセント高いことを理解されたい。

## 【0077】

本発明の諸実施形態によるシーケンシャルLCD装置は、閲覧者がn原色イメージのシーケンスをフルカラーイメージに時間的に統合できるように十分高い周波数で活動化される。加えて、ビデオイメージを生成するために、本発明の諸実施形態によるシーケンシャルLCD装置は、必要な毎秒当たりのフレーム数の再現が可能となるように十分高いレートで活動化される。3原色、すなわち赤、緑、および青色の光の後方照明を使用して十分高速なレートで動作するシーケンシャルカラーLCD装置が、参照により本明細書に組み込まれるKen-ichi Takatori、Hiroshi Imai、Hideki Asada and Masao Imai、「Field-Sequential Smectic LCD with TFT Pixel Amplifier」、機能デバイス研究所、日本電気株式会社、216-8555神奈川県川崎市、SID 01 Digestに記載されている。本発明の一実施形態では、この3色装置のバージョンが、nが3よりも大きいとしてn原色イメージを生成するように適合される。そのようなn原色に適合されたシーケンシャル照明装置では、（好ましくは）白色光源によって生成された光が、順次挿入されるn個のカラーフィルタを通じてフィルタされ、所望のn原色後方照明のシーケンスが生成される。フィルタ切換え機構、例えば図14を参照しながら上記で説明したフィルタホイールなどの4つ以上の相異なるカラーフィルタを含むフィルタホイールを回転するフィルタ切換え機構を使用して、後方照明の光経路中に相異なるカラーフィルタを順次挿入することができる。既存のラップトップコンピュータで使用される構成と類似の構成を使用して、LCアレイを照明するフィルタ済みの光を送り、拡散させることができる。ある実施形態では、光源およびフィルタ切換え機構（あるいは、上述のLEDのアレイ）が外部装置内に収容され、図14の実施形態を参照しながら上記で説明したように、光ガイドが使用されて、有色光がLCD装置の後方照明構成に送られる。

## 【0078】

上記および添付の図面で具体的に図示および説明したものに本発明が限定されないことを当業者は理解されよう。むしろ、本発明は、頭記の特許請求の範囲のみによって限定される。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0079】

【図1】図1Aは当技術分野で周知の従来技術のRGB色域を表す色度図に、人間の視覚系の色域の色度図を重ねた略図である。

図1Bは本発明の例示的实施形態による広い色域を表す色度図に、図1Aの色度図を重ねた略図である。

【図2】図2Aは従来技術の3原色LCDシステムを示す概略ブロック図である。

図2Bは本発明の一実施形態によるn原色LCDシステムを示す概略ブロック図である。

【図 3】従来技術の冷陰極蛍光灯 ( C C F L ) 光源の典型的なスペクトルを示す概略的グラフである。

【図 4】図 4 A は従来技術のラップトップ・コンピュータ・ディスプレイの典型的な R G B フィルタスペクトルを示す概略的グラフである。

図 4 B は図 4 A の従来技術の R G B フィルタスペクトルによって再現される色域を表す色度図に、理想的な従来技術の N T S C 色域を重ねた略図である。

【図 5】図 5 A は本発明の一実施形態による 5 原色ディスプレイ装置用の 1 つの例示的フィルタ設計の透過曲線を示す概略的グラフである。

図 5 B は図 5 A のフィルタ設計の色域を表す色度図に、2 つの例示的な従来技術の色域表現を重ねた略図である。

10

【図 6】図 6 A は本発明の一実施形態による 5 原色ディスプレイ装置用の別の例示的フィルタ設計の透過曲線を示す概略的グラフである。

図 6 B は図 6 A のフィルタ設計の色域を表す色度図に、2 つの例示的な従来技術の色域表現を重ねた略図である。

【図 7】図 7 A は本発明の一実施形態による 6 原色ディスプレイ装置用のフィルタ設計の透過曲線を示す概略的グラフである。

図 7 B は図 7 A のフィルタ設計の色域を表す色度図に、2 つの例示的な従来技術の色域表現を重ねた略図である。

【図 8】本発明の諸実施形態による 4 原色ディスプレイ装置内のサブピクセルの例示的構成の略図である。

20

【図 9】本発明の諸実施形態による 5 原色ディスプレイ装置内の、スーパーピクセル構造を含むサブピクセルの例示的構成の略図である。

【図 10】本発明の諸実施形態による 6 原色ディスプレイ装置内の、スーパーピクセル構造を含むサブピクセルの例示的構成の略図である。

【図 11】本発明の一実施形態による n 原色ディスプレイシステムの各部におけるデータフローを示す概略ブロック図である。

【図 12】図 12 A は本発明の諸実施形態による 6 原色カラーディスプレイ装置用の 1 つの例示的ピクセル構成を示す略図である。

図 12 B は本発明の諸実施形態による 6 原色カラーディスプレイ装置用の別の例示的ピクセル構成を示す略図である。

30

【図 13】図 13 A は本発明の諸実施形態による 6 原色ディスプレイの例示的色域の略図である。

図 13 B は本発明の例示的実施形態による 6 原色カラーディスプレイシステム用のデータフロー方式を示す概略ブロック図である。

【図 14】本発明の例示的実施形態によるシーケンシャル n 原色 L C D 装置の略図である。

【図 15】複数の副色域に分割された人間の視覚の色域の色度図の略図である。

【 図 1 】

Fig. 1A  
(従来技術)

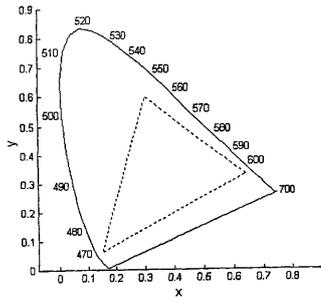
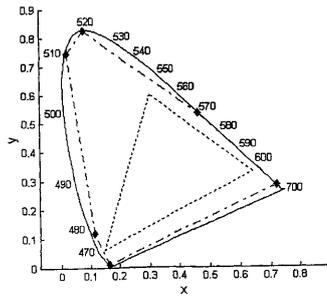


Fig. 1B



【 図 2 】

Fig. 2A  
(従来技術)

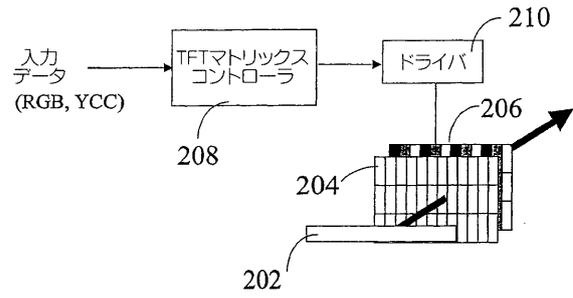
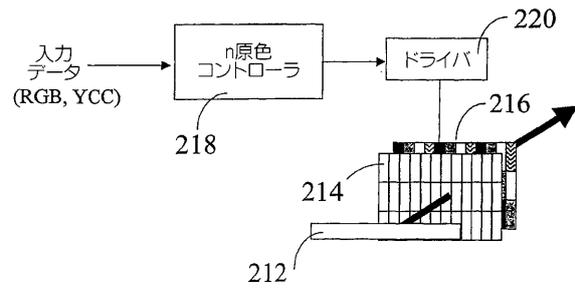
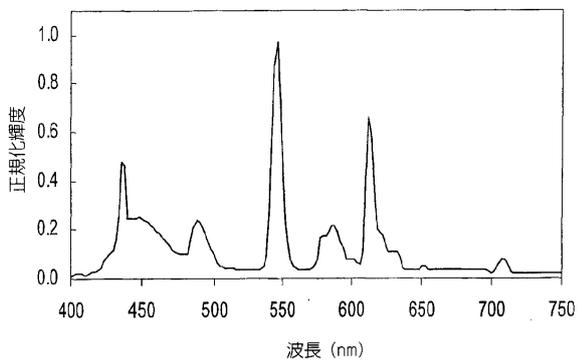


Fig. 2B



【 図 3 】

Fig. 3  
(従来技術)



【 図 4 】

Fig. 4A  
(従来技術)

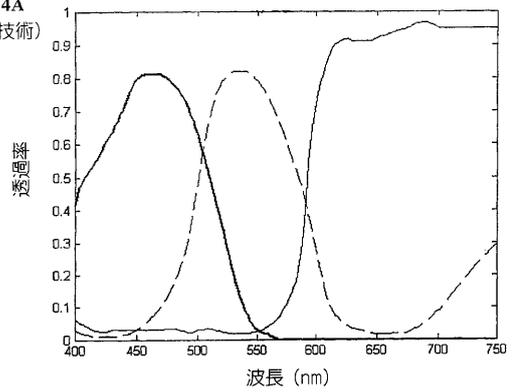
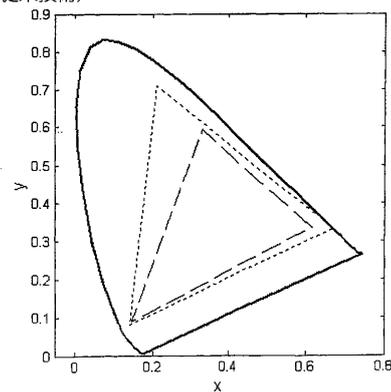
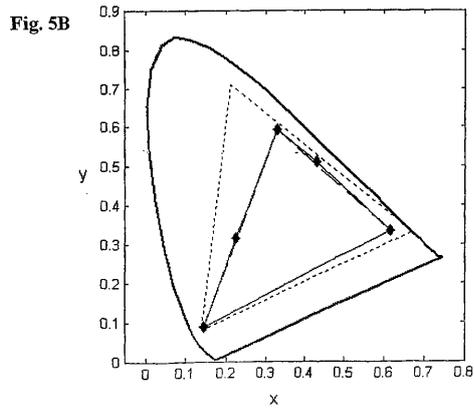
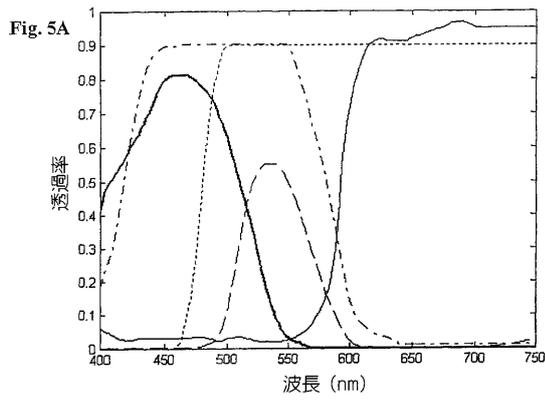


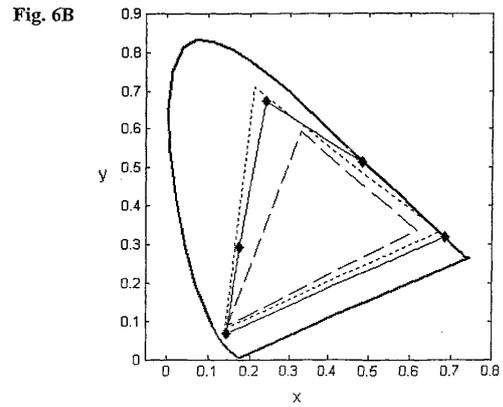
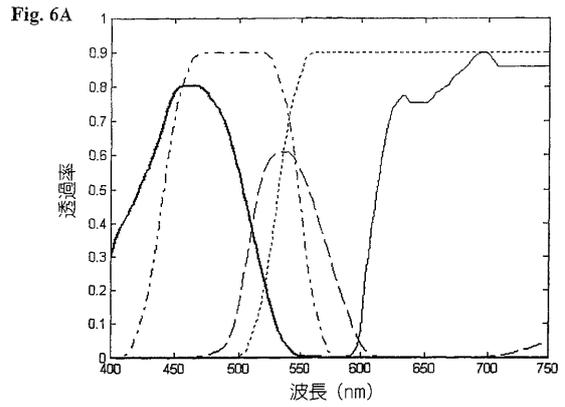
Fig. 4B (従来技術)



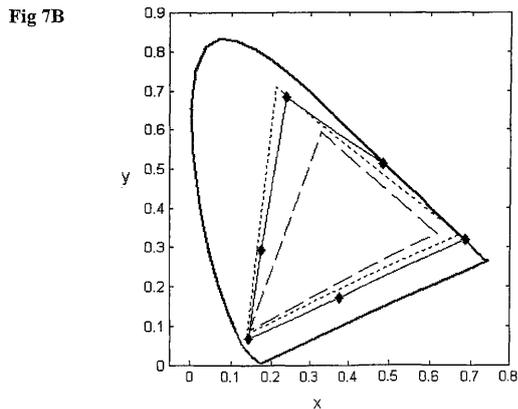
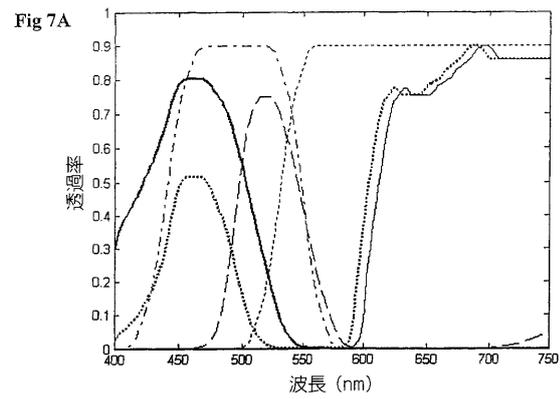
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 1 1 】

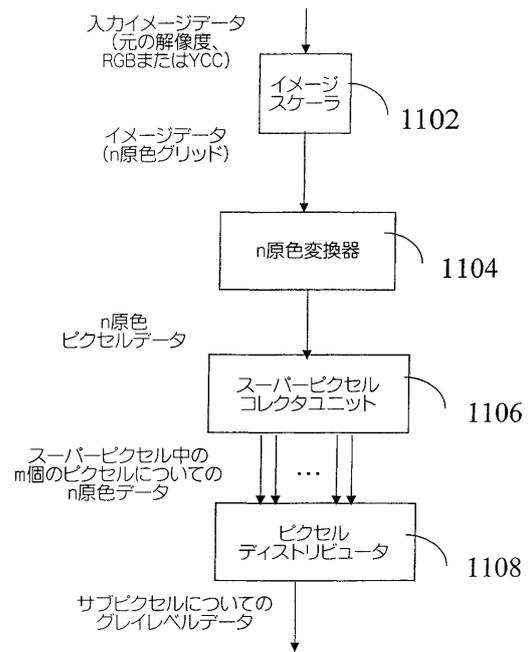


Fig. 11

【 図 1 2 】

Fig. 12A

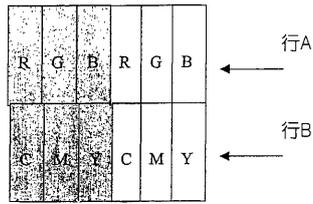
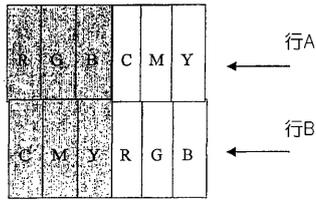


Fig. 12B



【 図 1 3 】

Fig. 13A

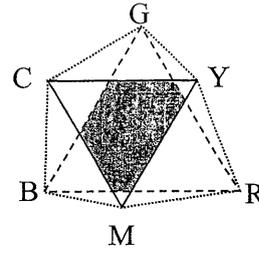
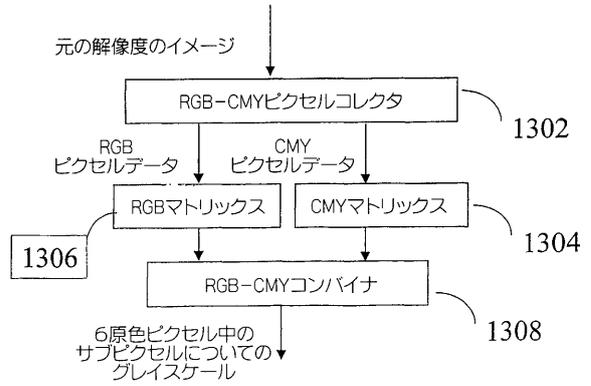


Fig. 13B



【国際公開パンフレット】

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

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
19 December 2002 (19.12.2002)

PCT

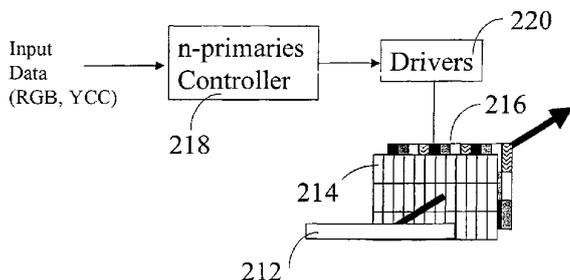
(10) International Publication Number  
WO 02/101644 A2

- (51) International Patent Classification: G06T
- (74) Agents: EITAN, PEARL, LATZER & COHEN-ZEDEK et al.; 2 Gav Yam Center, 7 Shenkar Street, 46725 Herzlia (IL).
- (21) International Application Number: PCT/IL02/00452
- (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, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (22) International Filing Date: 11 June 2002 (11.06.2002)
- (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KI, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZM, 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, BJ, CI, CG, CL, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NI, SN, TD, TG).
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:
  - 60/296,767 11 June 2001 (11.06.2001) US
  - 60/318,626 13 September 2001 (13.09.2001) US
  - 60/371,419 11 April 2002 (11.04.2002) US
- (71) Applicant (for all designated States except US): GENOA COLOR TECHNOLOGIES LTD. [GB/GB]; Trident Chambers, P.O. Box 146, Road Town, Tortola (VG).
- (71) Applicants and (72) Inventors: BEN-DAVID, Ilan [IL/IL]; 55 Hape'amon Street, 48611 Rosh Ha'ayin (IL); ROTH, Shmuel [IL/IL]; 7 Zelig Bas Street, 49550 Petach Tikva (IL); BEN-CHORIN, Moshe [IL/IL]; 34 Ya'kov Street, 76251 Rehovot (IL).

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

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

(54) Title: DEVICE, SYSTEM AND METHOD FOR COLOR DISPLAY



(57) Abstract: A color Liquid Crystal display (LCD) device for displaying a color image using at least four different primary colors, the device including an array of Liquid Crystal (LC) elements, driving circuitry adapted to receive an input corresponding to the color image and to selectively activate the LC elements of the LC array to produce an attenuation pattern corresponding to a gray-level representation of the color image, and an array of color sub-pixel filter elements juxtaposed and in registry with the array of LC elements such that each color sub-pixel filter element is in registry with one of the LC elements, wherein the array of color sub-pixel filter elements comprises at least four types of color sub-pixel filter elements, which transmit light of the at least four primary colors, respectively.



WO 02/101644 A2

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

**DEVICE, SYSTEM AND METHOD FOR COLOR DISPLAY**Field Of The Invention

The invention relates generally to color display devices, systems and methods  
5 and, more particularly, to display devices, systems and methods having improved color  
image reproduction capability.

Background Of The Invention

Standard computer monitors and TV displays are typically based on reproduction  
10 of three, additive, primary colors ("primaries"), for example, red, green, and blue,  
collectively referred to as RGB. Unfortunately, these monitors cannot display many  
colors perceived by humans, since they are limited in the range of color they are capable  
of displaying. Fig. 1A schematically illustrates a chromaticity diagram as is known in  
the art. The closed area in the shape of a horseshoe represents the chromaticity range of  
15 colors that can be seen by humans. However, chromaticity alone does not fully represent  
all visible color variations. For example, each chromaticity value on the  
two-dimensional chromaticity plane of Fig. 1A may be reproduced at various different  
brightness levels. Thus, a full representation of the visible color space requires a three  
dimensional space including, for example, two coordinates representing chromaticity  
20 and a third coordinate representing brightness. Other three dimensional space  
representations may also be defined. The points at the border of the horseshoe diagram  
in Fig. 1A, commonly referred to as "spectrum locus", correspond to monochromatic  
excitations at wavelengths ranging, for example, from 400 nm to 780 nm. The straight  
line "closing" the bottom of the horseshoe, between the extreme monochromatic  
25 excitation at the longest and shortest wavelengths, is commonly referred to as "the  
purple line". The range of colors discernible by the human eye, represented by the area  
of the horseshoe diagram above the purple line, at varying brightness levels, is  
commonly referred to as the color gamut of the eye. The dotted triangular area of Fig.  
1A represents the range of colors that are reproducible by a standard RGB monitor.

30 There are many known types of RGB monitors, using various display  
technologies, including but not limited to CRT, LED, plasma, projection displays, LCD  
devices and others. Over the past few years, the use of color LCD devices has been

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

increasing steadily. A typical color LCD device is schematically illustrated in Fig. 2A. Such a device includes a light source 202, an array of liquid crystal (LC) elements (cells) 204, for example, an LC array using Thin Film Transistor (TFT) active-matrix technology, as is known in the art. The device further includes electronic circuits 210 for driving the LC array cells, e.g., by active-matrix addressing, as is known in the art, and a tri-color filter array, e.g., a RGB filter array 206, juxtaposed the LC array. In existing LCD devices, each full-color pixel of the displayed image is reproduced by three sub-pixels, each sub-pixel corresponding to a different primary color, e.g., each pixel is reproduced by driving a respective set of R, G and B sub-pixels. For each sub-pixel there is a corresponding cell in the LC array. Back-illumination source 202 provides the light needed to produce the color images. The transmittance of each of the sub-pixels is controlled by the voltage applied to the corresponding LC cell, based on the RGB data input for the corresponding pixel. A controller 208 receives the input RGB data, scales it to the required size and resolution, and adjusts the magnitude of the signal delivered to the different drivers based on the input data for each pixel. The intensity of white light provided by the back-illumination source is spatially modulated by the LC array, selectively attenuating the light for each sub pixel according to the desired intensity of the sub-pixel. The selectively attenuated light passes through the RGB color filter array, wherein each LC cell is in registry with a corresponding color sub-pixel, producing the desired color sub-pixel combinations. The human vision system spatially integrates the light filtered through the different color sub-pixels to perceive a color image.

US Patent 4,800,375 ("the '375 patent"), the disclosure of which is incorporated herein by reference in its entirety, describes an LCD device including an array of LC elements juxtaposed in registry with an array of color filters. The filter array includes the three primary color sub-pixel filters, e.g., RGB color filters, which are interlaced with a fourth type of color filter to form predetermined repetitive sequences. The various repetitive pixel arrangements described by the '375 patent, e.g., repetitive 16-pixel sequences, are intended to simplify pixel arrangement and to improve the ability of the display device to reproduce certain image patterns, e.g., more symmetrical line patterns. Other than controlling the geometric arrangement of pixels, the '375 patent does not describe or suggest any visual interaction between the three primary colors and the fourth color in the repetitive sequences.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

LCDs are used in various applications. LCDs are particularly common in portable devices, for example, the small size displays of PDA devices, game consoles and mobile telephones, and the medium size displays of laptop ("notebook") computers. These applications require thin and miniaturized designs and low power consumption.

5 However, LCD technology is also used in non-portable devices, generally requiring larger display sizes, for example, desktop computer displays and TV sets. Different LCD applications may require different LCD designs to achieve optimal results. The more "traditional" markets for LCD devices, e.g., the markets of battery-operated devices (e.g., PDA, cellular phones and laptop computers) require LCDs with high

10 brightness efficiency, which leads to reduced power consumption. In desktop computer displays, high resolution, image quality and color richness are the primary considerations, and low power consumption is only a secondary consideration. Laptop computer displays require both high resolution and low power consumption; however, picture quality and color richness are compromised in many such devices. In TV display

15 applications, picture quality and color richness are generally the most important considerations; power consumption and high resolution are secondary considerations in such devices.

Typically, the light source providing back-illumination to LCD devices is a Cold Cathode Fluorescent Light (CCFL). Fig. 3 schematically illustrates typical spectra of a

20 CCFL, as is known in the art. As illustrated in Fig. 3, the light source spectra include three, relatively narrow, dominant wavelength ranges, corresponding to red, green and blue light, respectively. Other suitable light sources, as are known in the art, may alternatively be used. The RGB filters in the filter sub-pixel array are typically designed to reproduce a sufficiently wide color gamut (e.g., as close as possible to the color gamut

25 of a corresponding CRT monitor), but also to maximize the display efficiency, e.g., by selecting filters whose transmission curves generally overlap the CCFL spectra peaks in Fig. 3. In general, for a given source brightness, filters with narrower transmission spectra provide a wider color gamut but a reduced display brightness, and vice versa. For example, in applications where power efficiency is a critical consideration, color gamut

30 width may often be sacrificed. In certain TV applications, brightness is an important consideration; however, dull colors are not acceptable.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

Fig. 4A schematically illustrates typical RGB filter spectra of existing laptop computer displays. Fig. 4B schematically illustrates a chromaticity diagram representing the reproducible color gamut of the typical laptop spectra (dashed-triangular area in Fig. 4B), as compared with an ideal NTSC color gamut (dotted triangular area in Fig. 4B). As shown in Fig. 4B, the NTSC color gamut is significantly wider than the color gamut of the typical laptop computer display and therefore, many color combinations included in the NTSC gamut are not reproducible by the typical color laptop computer display.

#### Summary Of The Invention

Many colors seen by humans are not discernible on standard red-green-blue (RGB) monitors. By using a display device with more than three primary colors, the reproducible color gamut of the display is expanded. Additionally or alternatively, the brightness level produced by the display may be significantly increased. Embodiments of the present invention provide systems and methods of displaying color images on a display device, for example, a thin profile display device, such as a liquid crystal display (LCD) device, using more than three primary colors.

An aspect of the invention provides improved multi-primary display devices using more than three sub-pixels of different colors to create each pixel. In embodiments of this aspect of the invention, the use of four to six (or more) different color sub-pixels, per pixel, allows for a wider color gamut and higher luminous efficiency. In some embodiments, the number of sub-pixels per pixel and the color spectra of the different sub-pixels may be optimized to obtain a desired combination of a sufficiently wide color gamut, sufficiently high brightness, and sufficiently high contrast.

In some embodiments of the invention, the use of more than three primary colors may expand the reproducible color gamut of the display by enabling the use of relatively narrow wavelength ranges for some of the primary colors, e.g., red, green and blue, thus increasing the saturation of those primary colors. To compensate for a potentially reduced brightness level from such narrower ranges, in some embodiments of the invention, broad wavelength range primary colors, e.g., specifically designed yellow and/or cyan, may be used in addition to the narrow wavelength range colors, thus increasing the overall brightness of the display. In further embodiments of the invention, additional primary colors (e.g., magenta) and/or different primary color spectra may be

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

used to improve various other aspects of the displayed image. In accordance with embodiments of the invention, an optimal combination of color gamut width and over-all display brightness can be achieved, to meet the requirements of a given system, by designing specific primary colors and sub-pixel arrangements.

5           The color gamut and other attributes of a more-than-three primary color LCD device in accordance with embodiments of the invention may be controlled by controlling the spectral transmission characteristics of the different primary color sub-pixel filter elements used by the device. According to an aspect the invention, four  
10           or more different primary color sub-pixel filters are used, to produce four or more, respective, primary colors, for example, RGB and yellow (Y). In further embodiments of the invention, at least five different primary color sub-pixel filters are used, for example, RGB, Y and cyan (C) filters. In additional embodiments of the invention, at least six different primary color sub-pixel filters are used, for example, RGB, Y, C and magenta (M) filters.

15           The primary color sub-pixel filters for a more-than-three primary color LCD device in accordance with the invention may be selected in accordance with various criteria, for example, to establish sufficient coverage of a desired color gamut, to maximize the brightness level that can be produced by the display, and/or to adjust the relative intensities of the primary colors according to a desired chromaticity standard.

20           Further embodiments of the invention provide sequential color display devices, systems and methods, for example, sequential color LCD devices, using more than three primary colors. In such devices, color images are produced by sequentially back-illuminating an array of Liquid Crystal (LC) cells with light of four or more, pre-selected, primary colors, producing a periodic sequence of four or more, respective,  
25           primary color images, which are temporally integrated into a full color image by a viewer's vision system. In some embodiments, sequential back-illumination with four or more primary colors is produced by sequentially filtering light through four or more, respective, color filters. In other embodiments, a multi-color light source, for example, a plurality of light emitting diodes (LEDs) capable of separately producing any of the four  
30           or more primary colors, is activated to sequentially produce the different primary color back-illumination.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

In accordance with embodiments of an aspect of the invention, there is thus provided a color Liquid Crystal Display (LCD) device for displaying a color image using at least four different primary colors, the device including an array of Liquid Crystal (LC) elements, driving circuitry adapted to receive an input corresponding to the color image and to selectively activate the LC elements of the LC array to produce an attenuation pattern corresponding to a gray-level representation of the color image, and an array of color sub-pixel filter elements juxtaposed and in registry with the array of LC elements such that each color sub-pixel filter element is in registry with one of the LC elements, wherein the array of color sub-pixel filter elements includes at least four types of color sub-pixel filter elements, which transmit light of the at least four primary colors, respectively.

In accordance with embodiments of another aspect of the invention, there is provided a color Liquid Crystal Display (LCD) device for displaying a temporally-integrated color image including a sequence of at least four primary color images, the device including an array of Liquid Crystal (LC) elements, driving circuitry adapted to receive an input corresponding to each of the at least four primary color images and to selectively activate the LC elements of the LC array to produce an attenuation pattern corresponding to a gray-level representation of each of the at least four primary color images, respectively, and an illumination system adapted to sequentially back-illuminate the LC array with light of at least four different primary colors to sequentially produce the at least four, respective, primary color images, wherein the driving circuitry and the illumination system are synchronized such that each the attenuation pattern is illuminated with light of the primary color corresponding to the respective primary color image.

In some embodiments of this aspect of the invention, the illumination system includes a light source having an output path, a filter switching mechanism which sequentially interposes at least four different primary color filters in the output path of the light source to produce the light of at least four different primary colors, respectively, and an optical arrangement which guides the light of at least four different primary colors from the filter switching mechanism to the LC array thereby to back-illuminate the LC array. In other embodiments of this aspect of the invention, the illumination system includes an array of Light Emitting Diodes (LEDs), illumination control circuitry

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

adapted to selectively activate the plurality of LEDs to produce a sequence of at least four illumination patterns corresponding to the light of at least four different primary colors, respectively, and an optical arrangement which causes the at least four illumination patterns produced by the array of LEDs to back-illuminate the LC array with a generally spatially homogeneous light of the at least four, respective, primary colors.

In accordance with embodiments of a further aspect of the invention, there is provided a color display device for displaying an n-primary image, wherein n is greater than three, having an array of color sub-pixel elements including sub-pixel elements of each of at least four different primary colors arranged in an array of periodically repetitive super-pixel structures covering substantially the entire n-primary image, each super-pixel structure including a predetermined, fixed, number of n-primary pixels, each n-primary pixel including one color sub-pixel element of each of the at least four different primary colors, wherein no fixed combination of n-primary pixels covering only part of the super-pixel structure can be periodically repeated to cover substantially the entire n-primary image.

In some embodiments of this aspect of the invention, the at least four primary colors include at least five primary colors, and the super pixel structure includes a substantially rectangular arrangement including five sequences of four sub-pixel elements, each sequence including a different combination of sub-pixel elements of four of the five primary colors. In other embodiments of this aspect of the invention, the at least four primary colors include at least six primary colors, and the super pixel structure includes a substantially rectangular arrangement including three sequences of four sub-pixel elements, each sequence including a different combination of sub-pixel elements of four of the six primary colors.

In accordance with embodiments of an additional aspect of the invention, there is provided a method of displaying an n-primary color image, wherein n is greater than three, on an n-primary color display having an array of color sub-pixel elements including sub-pixel elements of each of at least four different primary colors arranged in an array of periodically repetitive super-pixel structures covering substantially the entire n-primary image, each super-pixel structure including a predetermined, fixed, number of n-primary pixels, each n-primary pixel including one color sub-pixel element of each of

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

the at least four different primary colors, wherein no fixed combination of n-primary pixels covering only part of the super-pixel structure can be periodically repeated to cover substantially the entire n-primary image, the method including receiving an input representing three-component color image data, e.g., RGB or YCC data, including a plurality of three-component pixels and having a first resolution, scaling the three-component color image data to produce scaled three-component color image data having a second resolution different from the first resolution, converting the scaled three-component color image data into corresponding n-primary color pixel data representing the n-primary color image, and generating an n-primary input signal corresponding to the n-primary color pixel data.

In some embodiments of this aspect of the invention, the method includes, before generating the n-primary input signal, collecting the n-primary color pixel data of all n-primary pixels of each super-pixel, and distributing the collected data representing each super-pixel structure into a plurality of sub-pixel data segments, each segment representing one sub-pixel of each the super-pixel, wherein generating the n-primary input signal includes generating a gray-level value for each of the sub-pixels.

In accordance with embodiments of yet another aspect of the invention, there is provided a method of displaying an n-primary image, wherein n is greater than or equal to six, on an n-primary display having an array of color sub-pixel elements including color sub-pixel elements of each of at least six different primary colors, including at least a first set of primary colors and a second set of primary colors, arranged in a periodically repeating arrangement including at least one color sub-pixel element of each of the at least six different primary colors, the method including receiving an image input representing image data including a plurality of pixels, each pixel including one sub-pixel of each of the first set of primary colors, separating the image data into a first image component, including a first group of the pixels, and a second image component, including a second group of the pixels, wherein each pixel in the first group is substantially adjacent to a respective pixel in the second group, converting the pixels in the second group into corresponding, converted pixels, each pixel including one sub-pixel of each of the second set of primary colors, and generating an n-primary input signal representing data corresponding to each of the converted color pixels in the second group and the respective, substantially adjacent, pixel in the first group.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

In some embodiments of this aspect of the invention, the method includes, before generating the n-primary input signal, combining each of the converted pixels in the second group with the respective, substantially adjacent, pixel of the first group, to produce a corresponding n-primary pixel including one sub-pixel of each of the at least six primary colors, wherein generating the n-primary input signal includes generating a signal representing data corresponding to each the n-primary pixel.

Further, in some embodiments of this aspect of the invention, the image input includes a color image input representing three-component color image data, e.g., RGB or YCC data, wherein the at least first and second sets of primary colors include first and second sets of three primary colors, and wherein each color pixel of the n-primary image is reproduced by either the first or second set of three primary colors. In other embodiments of this aspect of the invention, the image input includes a black-and-white image input representing black-and-white image data including a plurality of black-and-white pixels. The at least first and second sets of primary colors may include first and second sets of three, complementary, primary colors, and each black-and-white pixel of the n-primary image may be produced by either the first or second set of primary colors. Alternatively, the at least first and second sets of primary colors include first, second and third pairs of complementary primary colors, and each black-and-white pixel of the n-primary image is produced by one of the first, second and third pairs of primary colors.

In accordance with embodiments of a still further aspect of the invention, there is provided a color display device for displaying an n-primary image, wherein n is greater than or equal to six, having an array of color sub-pixel elements including color sub-pixel elements of each of at least six different primary colors, including at least a first set of primary colors and a second set of primary colors, arranged in a periodically repeating arrangement including at least one color sub-pixel element of each of the at least six different primary colors, wherein each sub-pixel in the periodically repeating arrangement is adjacent at least one sub-pixel of a complementary primary color.

In some embodiments of this aspect of the invention, the periodically repeating arrangement includes a first sequence of sub-pixel elements of each of the first set of primary colors and a second sequence of sub-pixel elements of each of the second set of

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

primary colors, wherein each sub-pixel element in the first sequence is adjacent a sub-pixel element of a complementary primary color in the second sequence.

In accordance with embodiments of yet an additional aspect of the invention, there is provided a system for displaying an n-primary color image, wherein n is greater than three, including an n-primary color display device having an array of color sub-pixel elements including sub-pixel elements of each of at least four different primary colors arranged in an array of periodically repetitive super-pixel structures covering substantially the entire n-primary image, each super-pixel structure including a predetermined, fixed, number of n-primary pixels, each n-primary pixel including one color sub-pixel element of each of the at least four different primary colors, wherein no fixed combination of n-primary pixels covering only part of the super-pixel structure can be periodically repeated to cover substantially the entire n-primary image, means for receiving an input representing three-component color image data, e.g., RGB or YCC data, including a plurality of three-component pixels and having a first resolution, a scaling unit, which scales the three-component color image data to produce scaled three-component color image data having a second resolution different from the first resolution, a converter which converts the scaled three-component color image data into corresponding n-primary color pixel data representing the n-primary color image, and means for generating an n-primary input signal corresponding to the n-primary color pixel data.

In some embodiments of this aspect of the invention, the system further includes a collection unit, which collects the n-primary color pixel data of all n-primary pixels of each super-pixel, and a distribution unit, which distributes the collected data representing each super-pixel structure into a plurality of sub-pixel data segments, each segment representing one sub-pixel of each the super-pixel, wherein the means for generating the n-primary input signal generates a gray-level value for each of the sub-pixels.

In accordance with embodiments of still another aspect of the invention, there is provided a system for displaying an n-primary image, wherein n is greater than or equal to six, including an n-primary display device having an array of color sub-pixel elements including color sub-pixel elements of each of at least six different primary colors, including at least a first set of primary colors and a second set of primary colors,

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

arranged in a periodically repeating arrangement including at least one color sub-pixel element of each of the at least six different primary colors, an image collector which receives an image input representing image data including a plurality of pixels, each pixel including one sub-pixel of each of the first set of primary colors, means for  
5 separating the color image data into a first image component, including a first group of the pixels, and a second image component, including a second group of the pixels, wherein each pixel in the first group is substantially adjacent to a respective pixel in the second group, means for converting the pixels in the second group into corresponding, converted pixels, each pixel including one sub-pixel of each of the second set of primary  
10 colors, and means for generating an n-primary input signal representing data corresponding to each of the converted color pixels in the second group and the respective, substantially adjacent, pixel in the first group.

In some embodiments of this aspect of the invention, the system further includes a pixel combiner which combines each of the converted color pixels in the second group  
15 with the respective, substantially adjacent, pixel of the first group, to produce a corresponding n-primary pixel including one sub-pixel of each of the at least six primary colors, wherein the means for generating the n-primary input signal generates a signal representing data corresponding to each the n-primary pixel.

In embodiments of the present invention, the wavelength ranges of the at least  
20 four primary colors or, in some embodiments, the at least five or six primary colors, are selected to provide an optimal over-all brightness of the displayed images. Additionally or alternatively, the wavelength ranges of the at least four primary colors are selected to provide an optimal color gamut width of the displayed images.

In accordance with embodiments of yet another aspect of the invention, there is  
25 provided a color display device for displaying an n-primary image, wherein n is greater than three, having an array of color sub-pixel elements including sub-pixel elements of each of at least four different primary colors arranged in an array of periodically repetitive super-pixel structures covering substantially the entire n-primary image, each  
super-pixel structure including a predetermined, fixed, number of n-primary pixels, each  
30 n-primary pixel including one color sub-pixel element of each of the at least four different primary colors, wherein the sub-pixel elements in each super-pixel structure

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

are arranged in a rectangular sub-array having an average aspect ratio sufficiently close to one.

Brief Description Of The Drawings

The invention will be understood and appreciated more fully from the following detailed description of embodiments of the invention, taken in conjunction with the accompanying drawings in which:

Fig. 1A is a schematic illustration of a chromaticity diagram representing a prior art RGB color gamut, superimposed with a chromaticity diagram of the color gamut of a human vision system, as is known in the art;

Fig. 1B is a schematic illustration of a chromaticity diagram representing a wide color gamut in accordance with an exemplary embodiment of the invention, superimposed with the chromaticity diagram of Fig. 1A;

Fig. 2A is a schematic block diagram illustrating a prior art 3-primary LCD system;

Fig. 2B is a schematic block diagram illustrating an n-primary LCD system in accordance with an embodiment of the invention;

Fig. 3 is a schematic graph illustrating typical spectra of a prior art Cold Cathode Fluorescent Light (CCFL) source;

Fig. 4A is a schematic graph illustrating typical RGB filter spectra of a prior art laptop computer display;

Fig. 4B is a schematic illustration of a chromaticity diagram representing the color gamut reproduced by the prior art RGB filter spectra of Fig. 4A, superimposed with an ideal prior art NTSC color gamut;

Fig. 5A is a schematic graph illustrating transmission curves of one, exemplary, filter design for a five-primary display device in accordance with an embodiment of the invention;

Fig. 5B is schematic illustration of a chromaticity diagram representing the color gamut of the filter design of Fig. 5A, superimposed with two exemplary prior art color gamut representations;

Fig. 6A is a schematic graph illustrating transmission curves of another, exemplary, filter design for a five-primary display device in accordance with an embodiment of the invention;

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

Fig. 6B is schematic illustration of a chromaticity diagram representing the color gamut of the filter design of Fig. 6A, superimposed with two exemplary prior art color gamut representations;

Fig. 7A is a schematic graph illustrating transmission curves of a filter design for a six-primary display device in accordance with an embodiment of the invention;

Fig. 7B is schematic illustration of a chromaticity diagram representing the color gamut of the filter design of Fig. 7A, superimposed with two exemplary prior art color gamut representations;

Fig. 8 is a schematic illustration of an exemplary arrangement of sub-pixels in a four-primary display device according to embodiments of the invention;

Fig. 9 is a schematic illustration of an exemplary arrangement of sub-pixels, including a super-pixel structure, in a five-primary display device according to embodiments of the invention;

Fig. 10 is a schematic illustration of an exemplary arrangement of sub-pixels, including a super-pixel structure, in a six-primary display device according to embodiments of the invention;

Fig. 11 is a schematic block diagram illustrating data flow in parts of an n-primary color display system in accordance with an embodiment of the invention;

Fig. 12A is a schematic illustration depicting one exemplary pixel arrangement for a six-primary color display device in accordance with embodiments of the invention;

Fig. 12B is a schematic illustration depicting another exemplary pixel arrangement for a six-primary color display device in accordance with embodiments of the invention;

Fig. 13A is a schematic illustration of an exemplary color gamut of a six-primary display in accordance with embodiments of the invention;

Fig. 13B is schematic block diagram illustrating a data flow scheme for a six-primary color display system in accordance with an exemplary embodiment of the invention;

Fig. 14 is a schematic illustration of a sequential n-primary color LCD device in accordance with an exemplary embodiment of the invention; and

Fig. 15 is a schematic illustration of a chromaticity diagram of a human vision color gamut divided into a plurality of color sub-gamut regions.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

Detailed Description Of Embodiments Of The Invention

In the following description, various aspects of the invention are described, with reference to specific embodiments that provide a thorough understanding of the invention; however, it will be apparent to one skilled in the art that the present invention is not limited to the specific embodiments and examples described herein. Further, to the extent that certain details of the devices, systems and methods described herein are related to known aspects of color display devices, systems and methods, such details may have been omitted or simplified for clarity.

Fig. 1B schematically illustrates a color gamut of a more-than-three-primary display in accordance with an embodiment of the invention, enclosed by a horseshoe diagram representing the perceivable color gamut of the human eye, on a chromaticity plane. The six-sided shape in Fig. 1B represents the color gamut of a six-primary display in accordance with an exemplary embodiment of the invention. This color gamut is significantly wider than a typical RGB color gamut, which is represented by the dotted triangular shape in Fig. 1B. Embodiments of monitors and display devices with more than three primaries, in accordance with exemplary embodiments of the invention, are described in U.S. Patent Application No. 09/710,895, entitled "Device, System And Method For Electronic True Color Display", filed November 14, 2000, in International Application PCT/IL01/00527, filed June 7, 2001, entitled "Device, System and Method For Electronic True Color Display" and published December 13, 2001 as PCT Publication WO 01/95544, in U.S. Patent Application No. 10/017,546, filed December 18, 2001, entitled "Spectrally Matched Digital Print Proofer", and in International Application PCT/IL02/00410, filed May 23, 2002, entitled "System and method of data conversion for wide gamut displays", the disclosures of all of which applications and publications are incorporated herein by reference.

While, in embodiments of the present invention, methods and systems disclosed in the above referenced patent applications may be used, for example, methods of converting source data to primary data, or methods of creating primary color materials or filters; in alternate embodiments, the system and method of the present invention may be used with any other suitable n-primary display technology, wherein n is greater than three. Certain embodiments described in these applications are based on rear or front projection devices, CRT devices, or other types of display devices. While the following

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

description focuses mainly on n-primaries flat panel display devices in accordance with exemplary embodiments of the invention, wherein n is greater than three, preferably using LCDs, it should be appreciated that, in alternate embodiments, the systems, methods and devices of the present invention may also be used in conjunction with other types of display and other types of light sources and modulation techniques. For example, it will be appreciated by persons skilled in the art that the principles of the n-primary color display device of the invention may be readily implemented, with appropriate changes, in CRT displays, Plasma display, Light Emitting Diode (LED) displays, Organic LED (OLED) displays and Field Emissions Display (FED) devices, or any hybrid combinations of such display devices, as are known in the art.

Fig. 2B schematically illustrates a more-than-three primary color display system in accordance with an embodiment of the invention. The system includes a light source 212, an array of liquid crystal (LC) elements (cells) 214, for example, an LC array using Thin Film Transistor (TFT) active-matrix technology, as is known in the art. The device further includes electronic circuits 220 for driving the LC array cells, e.g., by active-matrix addressing, as is known in the art, and an n-primary-color filter array 216, wherein n is greater than three, juxtaposed the LC array. In embodiments of the LCD devices according to embodiments of the invention, each full-color pixel of the displayed image is reproduced by more than three sub-pixels, each sub-pixel corresponding to a different primary color, e.g., each pixel is reproduced by driving a corresponding set of four or more sub-pixels. For each sub-pixel there is a corresponding cell in LC array 214. Back-illumination source 212 provides the light needed to produce the color images. The transmittance of each of the sub-pixels is controlled by the voltage applied to a corresponding LC cell of array 214, based on the image data input for the corresponding pixel. An n-primaries controller 218 receives the input data, e.g., in RGB or YCC format, optionally scales the data to a desired size and resolution, and adjusts the magnitude of the signal delivered to the different drivers based on the input data for each pixel. The intensity of white light provided by back-illumination source 212 is spatially modulated by elements of the LC array, selectively controlling the illumination of each sub-pixel according to the image data for the sub-pixel. The selectively attenuated light of each sub-pixel passes through a corresponding color filter of color filter array 216, thereby producing desired color sub-pixel combinations. The human

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

vision system spatially integrates the light filtered through the different color sub-pixels to perceive a color image.

The color gamut and other attributes of LCD devices in accordance with embodiments of the invention may be controlled by a number of parameters. These parameters include: the spectra of the back illumination element (light source), for example a Cold Cathode Fluorescent Light (CCFL); the spectral transmission of the LC cells in the LC array; and the spectral transmission of the color filters. In a 3-primaries display, the first two parameters, namely, the spectra of the light source and the spectral transmission of the LC cell, are typically dictated by system constraints and, therefore, the colors for the filters may be selected straightforwardly to provide the required colorimetric values at the "corners" of the desired RGB triangle, as shown in Fig. 1A. To maximize the efficiency of 3-primaries LCD devices, the spectral transmissions of the filters are designed to substantially overlap, to the extent possible, with the wavelength peaks of the light source. The filters selection in 3-primary LCD devices may be based primarily on maximizing the overall brightness efficiency. In this context, it should be noted that selecting filters having narrower spectral transmission curves, which result in more saturated primary colors, generally decreases the over-all brightness level of the display.

For a multi-primary display with more than three primary colors, in accordance with embodiments of the invention, an infinite number of filter combinations can be selected to substantially overlap a required color gamut. The filter selection method of the invention may include optimizing the filter selection according to the following requirements: establishing sufficient coverage of a desired two-dimensional color gamut, for example, the NTSC standard gamut for wide-gamut applications and a "conventional" 3-color LCD gamut for higher brightness applications; maximizing the brightness level of a balanced white point that can be obtained from combining all the primary colors; and adjusting the relative intensities of the primary colors in accordance with a desired illumination standard, e.g., the D65 white point chromaticity standard of High Definition TV (HDTV) systems.

Embodiments of the present invention provide systems and methods of displaying color images on a display device, for example, a thin profile display device, such as a liquid crystal display (LCD) device, using more than three primary colors. A

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

number of embodiments of the invention are described herein in the context of an LCD device with more than three primary colors; wherein the number of color filters used per pixel is greater than three. This arrangement has several advantages in comparison to conventional RGB display devices. First, the n-primary display device in accordance with the invention enables expansion of the color gamut covered by the display. Second, the device in accordance with the invention enables a significant increase in the luminous efficiency of the display; in some cases, an increase of about 50 percent or higher may be achieved, as discussed below. This feature of the invention is particularly advantageous for portable (e.g., battery-operated) display devices, because increased luminous efficiency extends the battery life and overall weight of such devices. Third, a device in accordance with the invention enables improved graphics resolution by efficient utilization of a sub-pixel rendering technique of the present invention, as described in detail below with reference to specific embodiments of the invention.

In some multi-primary display devices in accordance with embodiments of the invention, more than three sub-pixels of different colors are used to create each pixel. In embodiments of the invention, the use of four to six (or more) different color sub-pixels, per pixel, allows for a wider color gamut and higher luminous efficiency. In some embodiments, the number of sub-pixels per pixel and the transmittance spectrum of the different sub-pixel filters may be optimized to obtain a desired combination of a sufficiently wide color gamut, sufficiently high brightness, and sufficiently high contrast.

For example, the use of more than three primaries in accordance with an embodiment of the invention may enable expansion of the reproducible color gamut by enabling the use of filters with narrower transmission curves (e.g., narrower effective transmission ranges) for the R, G and B color filters and, thus, increasing the saturation of the R, G and B sub-pixels. To compensate for such narrower ranges, in some embodiments of the invention, broader band sub-pixel filters may be used in addition to the RGB saturated colors, thus increasing the overall brightness of the display. In accordance with embodiments of the invention, an optimal combination of color gamut width and over-all picture brightness can be achieved, to meet the requirements of a given system, by appropriately designing the sub-pixel filters of the n-primary display and the filter arrangement.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

Figs. 5A and 6A schematically illustrate transmission curves for two, respective, alternative designs of a five-primary display device in accordance with embodiments of the invention, wherein the five primary colors used are red (R), green (G), blue (B), cyan (C) and yellow (Y), denoted collectively RGBCY. Figs. 5B and 6B schematically illustrate the resulting color gamut of the filter designs of Figs. 5A and 6A, respectively. It will be appreciated that both designs produce wider gamut coverage and/or higher brightness levels than corresponding conventional three-color LCD devices, as discussed in details below. As known in the art, the normalized over-all brightness level of a conventional 3-color LCD may be calculated as follows:

$$Y(3\text{-colors}) = (Y(\text{color}_1) + Y(\text{color}_2) + Y(\text{color}_3)) / 3$$

Analogously, the normalized brightness level of a 5-color LCD device in accordance with an embodiment of the present invention may be calculated as follows:

$$Y(5\text{-colors}) = (Y(\text{color}_1) + Y(\text{color}_2) + Y(\text{color}_3) + Y(\text{color}_4) + Y(\text{color}_5)) / 5$$

wherein  $Y(\text{color}_i)$  denotes the brightness level of the  $i$ 'th primary color and  $Y(n\text{-colors})$  denotes the over-all, normalized, brightness level of the  $n$ -primaries display.

Although the color gamut illustrated in Fig. 5B is comparable with that of a corresponding 3-color LCD device (Fig. 4B), the brightness level that can be obtained using the filter design of Fig. 5A is about 50% higher than that of the corresponding 3-color LCD. The higher brightness levels achieved in this embodiment are attributed to the addition of yellow (Y) and cyan (C) color sub-pixels, which are specifically designed to have broad transmission regions and, thus, transmit more of the back-illumination than the RGB filters. This new filter selection criterion is conceptually different from the conventional selection criteria of primary color filters, which are typically designed to have narrow transmission ranges. The white point chromaticity coordinates for this embodiment, as calculated from the transmission spectra and the back-illumination spectra using methods known in the known art, are  $x=0.318$ ;  $y=0.352$ .

As shown in Fig. 6B, the color gamut for the filter design of Fig. 6A is considerably wider than that of the corresponding conventional 3-color LCD (Fig. 4B), even wider than a corresponding NTSC gamut, which is the ideal reference gamut for color CRT devices, with brightness levels roughly equal to those of a conventional 3-color LCD. In this embodiment, the over-all brightness level of the 5-color LCD device is similar to that of a 3-color LCD device having a much narrower color gamut.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

The white point coordinates for this embodiment, as calculated from the transmission spectra and the back-illumination spectra using methods known in the known art, are  $x=0.310$ ;  $y=0.343$ . Other designs may be used in embodiments of the invention, including the use of different primaries and/or additional primaries (e.g., 6 color displays), to produce higher or lower brightness levels, a wider or narrower color gamut, or any desired combination of brightness level and color gamut, as may be suitable for specific applications.

Fig. 7A schematically illustrates filter transmission curves of a six-primary display according to embodiments of the present invention, wherein the six primary colors are red, green, blue, cyan, magenta (M) and yellow, denoted collectively RGBCMY. Fig. 7B schematically illustrates the resulting color gamut of the filter design of Fig. 7A. The filter design of Figs. 7A and 7B is generally similar to that of Fig. 5A and 5B, except for the addition of a magenta (M) filter sub-pixel to each pixel. The white point coordinates for this exemplary six-primaries display are  $x=0.319$  and  $y=0.321$  and the brightness gain is equal to one.

Fig. 15 schematically illustrates a chromaticity diagram of the color gamut discernable by humans, divided into six sub-gamut regions, namely red (R), green (G), blue (B), yellow (Y), magenta (M) and cyan (C) color sub-gamut regions, that may be used for selecting effective color filters spectra in accordance with embodiments of the invention. In some embodiments, more than three primary color filters, for example, five color filters as in the embodiments of Figs. 5A and 6A, or six color filters as in the embodiment of Fig. 7A, may be selected to produce chromaticity values within respective sub-gamut regions in Fig. 15. The exact chromaticity position selected for a given primary color within a respective sub-gamut region may be determined in accordance with specific system requirements, for example, the desired width of the color gamut in the chromaticity plane and the desired image brightness. As discussed in detail above, the system requirements depend on the specific device application, e.g., certain applications give preference to gamut size, while other applications give preference to image brightness. The sub-gamut regions in Fig. 15 represent approximated boundaries from which primary colors may be selected to provide large gamut coverage and/or high brightness levels, while maintaining a desired white point balance, in accordance with embodiments of the invention. The positions of the primary

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

chromaticity values within the sub-gamut regions of Fig. 15, for given filter spectra selections and known back-illumination spectra, can be calculated using straightforward mathematical calculations, as are known in the art, to determine whether a desired color gamut is obtained for the given filter spectra selections.

5 In an embodiment of the invention, a sub-pixel rendering technique as described in detail below may be used, in conjunction with the exemplary 6-primary design described above, to significantly increase the resolution of the display. In alternate embodiments of the invention, different primaries and primary spectra designs may be used to produce desired results, in accordance with specific display applications.

10 In some embodiments of the device, system and method of the invention, more than three primaries can be displayed using a format compatible with a conventional 3-sub-pixel display format. As known in the art, each pixel of conventional RGB-based LCD devices is composed of three sub-pixels, namely red, green and blue. Typically, each sub-pixel has an aspect ratio of approximately 1:3, whereby the resultant pixel aspect ratio is approximately 1:1. The aspect ratio of an image is defined as the ratio of the number of pixels in a row to the number of pixels in a column. The image aspect ratio of a typical full-screen LCD display is approximately 4:3. The display resolution is determined by the total number of pixels, assuming the pixels are generally square and arranged in a 4:3 aspect ratio configuration. When displaying a video or graphic image of a given resolution in a window (e.g., a display pixel arrangement) of another resolution, a scaling function may be required. The scaling function may include interpolation or decimation of the original image pixel data to produce the correct number and arrangement of pixels suitable for a given screen size at the desired display resolution. For most applications, an overall pixel aspect ratio of approximately 1:1 is required. For general video and TV applications, reproducing an exact aspect ratio is not critical. In other applications, particularly in applications that require geometrical accuracy, for example, in displaying images for graphic software applications, such as Adobe PhotoShop®, software rendering methods may additionally be used to compensate for pixel size "distortions".

20  
25  
30 There are many possible ways of arranging the sub-pixels of a more-than-three-primaries device in accordance with embodiments of the invention, as described below, such that a pixel aspect ratio of approximately 1:1 would be

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

maintained. The over-all resolution and the aspect ratio of an LCD device are generally determined at the hardware level, e.g., by the number of LC cells in the LC array of the device. Although it is possible to change the geometric design of an existing LCD device, for example, to design a new sub-pixel layout with a sub-pixel aspect ratio other than 1:3, such design change may be expensive and thus undesirable. Therefore, in some embodiments of invention, a conventional sub-pixel aspect ratio of 1:3 may be maintained by arranging the sub-pixels in efficient configurations as described below. Such configurations may have an aspect ratio as close as possible to 1:1, and the configurations may include periodic patterns of more-than-three sub-pixel filters that can be illuminated by corresponding cells of the LC arrays used in standard RGB displays, obviating the need to design a new type of display, e.g., a new TFT active matrix design. The option of integrating the features of the present invention into existing display designs is a significant advantage of embodiments of the invention, because re-designing of basic display components, particularly designing a new type of TFT active matrix, may be extremely complicated and costly.

The periodic sub-pixel patterns mentioned above, hereinafter referred to as "super-pixel" structures, may contain several color sub-pixels, for example, at least one sub-pixel for each of the more-than-three primaries. As discussed above, to avoid redesigning of basic display components, the super-pixel structures may be designed to fit existing RGB sub-pixel array formats. Assuming a rectangular super-pixel structure, in accordance with some embodiments of the invention, each super-pixel may include  $m \times k$  sub-pixels, whereby the number of n-primary pixels ( $n > 3$ ) in the super-pixel structure is equal to  $(m \times k)/n$ . Because the number of n-primary pixels in the "super-pixel" structure is also equal to  $N_L \times N_W$ , wherein  $N_L$  and  $N_W$  are the length and width of the super-pixels, measured in n-primary pixel units, the following equation holds:

$$N_L \times N_W = (m \times k)/n$$

The length of the super-pixel structure is  $N_L \times L$ , which is equal to  $m/3$ , and the width of the super-pixel is  $N_W \times W$ , which is equal to  $k$ , wherein  $L$  and  $W$  are the average length and average width, respectively, of an n-primary pixel, measured in three-cell pixel units. Therefore, the average aspect ratio of the n-primary pixels is given by:

$$L / W = m/(3k) \times N_W / N_L = m^2/(3n) N_L^{-2}$$

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

To determine the smallest super-pixel structure that meets the above requirements, the number of n-primary pixels lengthwise or widthwise in each super-pixel is set to a value of one, for example,  $N_L = 1$ , whereby the aspect ratio of the multi-primary pixel is given by  $m^2/3n$ . Therefore, the smallest super-pixel structure would be obtained for a value of  $m$  whereby  $m^2$  divided by  $3n$  is as close as possible to one.

For example, a straightforward configuration for a 4-primaries display, such as a RGBY (RGB + Yellow) display system in accordance with the invention, may include arranging the sub-pixels side by side in a structure that maintains an overall image aspect ratio of 4:3, as shown schematically in Fig. 8. This configuration yields a value of  $m=4$ . In this configuration, for example, using an LC array designed for an XGA display with a 3-primary pixel resolution of 1024 x 768, yields an effective resolution of 768 x 768 in the 4-primary multi-pixel configuration described above. Similarly, a SXGA panel with a 3-primary pixel resolution of 1280 x 1024 can be adapted in accordance with this embodiment of the invention to reproduce 4-primary color images at a resolution of 960 x 1024 pixels. It should be appreciated that the 4-primary pixel shape in accordance with this embodiment is rectangular and not square and, therefore, the image aspect ratio remains unchanged when data scaling is applied. In the embodiment of Fig. 8, the aspect ratio of the 4-primary pixels is 4:3. Therefore, for example, an XGA screen according to this embodiment of the invention may have an equal number of n-primary pixels lengthwise and widthwise and, thus, the image aspect ratio for such XGA screen remains 4:3. However, the horizontal (row) resolution of such a screen would be lower in comparison to a corresponding 3-primary XGA screen. In an embodiment of the invention, to maintain correct image geometry of this 4-primary display, the horizontal resolution of the original input data, e.g., 1024 for XGA screen, is reduced proportionally, e.g., to 768 for XGA screen. It will be appreciated by persons skilled in the art that other display formats may require different adjustments. For example, SXGA screens, at a resolution of 1280:1024, have a 5:4 aspect ratio, rather than 4:3, in 3-primaries format.

Fig. 9 schematically illustrates another example of a super-pixel configuration in a 5-primaries display system in accordance with an embodiment of the invention. In this 5-primaries configuration, wherein, for example, the primaries are RGB, cyan (C) and

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

yellow (Y), a value of  $m=4$  yields a 5-primary pixel aspect ratio of 16:15. In the super-pixel configuration of Fig. 9, for each pixel, the 5 sub-pixels may be divided, for example, across two consecutive rows, and the super-pixel structure includes four sets of 5-primary pixels. The aspect ratio for each super-pixel is 15:4 and, thus, the effective aspect ratio of a single 5-primary pixel is 16:15. In this configuration, for example, an LC array designed for an XGA display with a 3-primary pixel resolution of 1024 x 768, yields an effective 5-primary pixel resolution of 768 x 614. Similarly, a SXGA panel with a 3-primary pixel resolution of 1280 x 1024 can be adapted, in accordance with this embodiment of the invention, to reproduce 5-primary color pixel resolution of 960 x 819.

It should be noted that, in the above examples, the effective (color-weighted) centers of the multi-primary pixels may shift horizontally and/or vertically. This should be taken into account when input data is interpolated to match the structure of the pixel. The periodic structure of the super-pixel configuration described above allows a relatively simple interpolation process, as follows. The data for each super-pixel may be first calculated as a position on a rectangular grid of super-pixels; then the data is distributed internally within each super-pixel. Since the internal structure of the super-pixel is fixed, e.g., all super-pixels have the same sub-pixel structure, the internal distribution stage is also fixed, e.g., internal distribution is performed in the same manner regardless of the position of each super-pixel on the display. Thus, the interpolation process can be performed on a simple rectangular grid, and the complex distribution associated with the internal super-pixel structure is reduced to a fixed, repetitive, operation. Other suitable interpolation methods may also be used in conjunction with the invention.

A system that performs an interpolation process as described above is illustrated schematically in Fig. 11. The input data at the original resolution (e.g., in YCC or RGB format) is received by an image scaling unit 1102, which scales the image resolution, defined by the number of pixels in the image, to the resolution of the display. The scaling may be similar to the scaling performed on a personal computer (PC) with varying display resolution, as is known in the art. The data may be up-scaled to a much higher resolution and then re-sampled to the display resolution, as explained, for example, in *Keith Jack, "Video Demystified", 3<sup>rd</sup> Edition, LLH Technology Publishing,*

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

2001. Optionally, following the up scaling, re-sampling may be performed in two stages, to simplify computation, as follows. In a first stage, data is allocated for each of the super-pixels. In a second stage, re-sampling is performed at the super-pixel level, based on the known structure of the super-pixels. After the data is re-sampled to an n-primary pixel grid, which may be defined, for example, by the color-weighted centers of each of the n-primary pixels, a set of n-primary coefficients may be computed for each of the n-primary pixels by an n-primary converter 1104. The n-primary data for all, e.g., m, n-primary pixels making-up each of the super-pixels is combined by a super-pixel collector 1106, and the collected data is received by a distributor 1108, which distributes the m\*n coefficients of the m n-primary pixels to the sub-pixels according to the defined internal arrangement.

In a 6-primaries display system according to an embodiment of the invention, one possible configuration may include a super-pixel arrangement essentially analogous to the 5-primaries super-pixel arrangement described above with reference to Figs. 9, with appropriate changes, e.g., adding a magenta sub-pixel element to each pixel of the super-pixel structure. A system for producing 6-primary images in accordance with this embodiment, and the flow of data in such a system, may be substantially as described above with reference to Fig. 11. As illustrated schematically in Fig. 10, a super-pixel structure with  $n=6$  and  $m=4$  has a length  $4/3$  that of a 3-primary pixel, and a width of 3 pixels. The total number of sub-pixels in this super-pixel structure is thus  $4/3 \times 3 \times 3 = 12$ , whereby two 6-primary pixels are accommodated by each super-pixel, as illustrated schematically by the shadowed area in Fig. 10. The average length of this 6-primary pixel is  $4/3$  and its width is  $3/2$  and thus the super-pixel aspect ratio in this embodiment is 8:9, which is relatively close to the desired 1:1 ratio.

Other configurations may also be used in accordance with embodiments of the invention; for example, the six sub-pixels may be arranged in two rows of three sub-pixels each. In this two-row arrangement, the resolution of a standard XGA display adapted to operate in a six-primaries mode according to the invention is reduced 1024 x 384 pixels, and the resolution of a standard SXGA display operating in the 6-primaries mode is reduced to 1280 x 512. Such a configuration of pixels may be useful for TV and video applications as described below.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

The above examples demonstrate that an increase in the number of different color filters, e.g., 4-6 different colors instead of 3, without appropriate modification of the LC array, may reduce the apparent resolution of the display. However, for TV and video applications this reduction in apparent resolution may not be crucial. Standard definition NTSC TV systems have a resolution of 480 lines (effectively 525 lines with blanking lines) at an interlaced field rate of 60 Hz (frame rate of 30 Hz). When digitized, the resolution of NTSC systems varies within the range of 960 x 480 to 352 x 480. PAL systems have a resolution of 576 TV lines at an interlaced field rate of 50 Hz (frame rate of 25 Hz). In digital form, the resolution of PAL systems varies within the range of 1024 x 576 to 480 x 576, depending on the aspect ratio (e.g., 4:3 or 16:9) and on the shape (e.g., rectangular or square) of the pixels. Therefore, in accordance with embodiments of the invention, existing SXGA displays can be converted into four-, five- or six-primaries display systems, as described above, that display standard definition TV images without any degradation in image resolution, because the reduced resolution of such converted devices is still higher than the resolution of standard TV image data. It should be noted that in all the cases described above, where the resolution is reduced horizontally, and in the case of five- and six-primaries where the resolution is reduced vertically, the resolution of converted display systems in accordance with embodiments of the invention are compatible with (or exceed) the resolution of NTSC systems (480 lines) and are at least very close to the resolution of PAL systems (576 lines). In certain cases where an XGA display is converted to operate as a 4-6 primary display, some resolution may be lost; however, a sophisticated arrangement of the sub-pixels within each pixel, as described below, can be used to compensate for the slightly decreased resolution. Thus, it will be apparent to a person skilled in the art that many existing types of 3-color LCD devices can be converted into more-than-three-primary displays, according to embodiments of the invention, capable of displaying TV standard images with no effective reduction in resolution. Other resolutions, number of primaries and pixel arrangements may be used in accordance with embodiments of the invention.

In various applications, especially in mixed video and computer graphics applications, any loss of resolution should preferably be avoided. For pixels with six sub-pixels arranged in two rows, as described above, special arrangement of the different sub-pixel colors can be implemented to improve the display resolution. An example of

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

such an arrangement is shown in Fig. 12A. In this arrangement, the sub-pixels in each pixel are arranged in two rows, each row including three sub-pixels. Row A contains the "saturated" RGB pixels, and row B contains the "bright" CMY pixels. The CMY pixels combination can also produce less saturated RGB colors, for example, colors that are included in the triangular color gamut defined by the chromaticity values of C, M and Y. Analyzing this structure column-wise, each vertical sub-pixel pair can individually reproduce white (e.g., neutral) chromaticity, as follows: R+C; G+M; or B+Y. This is achieved by arranging the sub-pixels such that each primary color sub-pixel is positioned vertically adjacent a complementary primary color sub-pixel. Thus, using this method, the horizontal Black/White resolution for graphics applications can be increased by a factor of three.

Fig. 12B depicts another exemplary arrangement of display pixels in accordance with embodiments of the invention. While in the arrangement of Fig. 12A, row A contains only RGB sub-pixels, and row B contains only CMY sub-pixels, in the alternative arrangement of Fig. 12B both RGB and CMY pixels are included in each row. More specifically, as shown in Fig. 12B, row A contains the RGB sub-pixels of a first pixel followed by the CMY sub-pixels of a second pixel, and row B contains the CMY sub-pixels of the first pixel followed by the RGB pixels of the second pixel. It should be appreciated that various other pixel arrangements may also be suitable for designing super-pixel structures in accordance with embodiments of the invention; for example, in some embodiments, the order of primary colors within each triad of primaries may be different from the orders shown in the accompanying drawings.

The 6-primary arrangement described above allows for at least three modes of operation of a 6-primary display in accordance with the invention. Fig. 13A schematically illustrates the color gamut of such a 6-primary display on a chromaticity plane. The full color gamut is represented by the dotted line connecting the six primaries. The gamut of the RGB primaries alone is represented by the dashed triangle, and the gamut of the CMY primaries spans the solid triangle. The shadowed hexagonal area in Fig. 13A represents the conjunctive gamut of both the CMY and RGB primary sets. A first mode of operation of this display is a high resolution, "limited gamut" mode, which is suitable, *inter alia*, for graphics applications. In this mode, the resolution can be the same as that of a corresponding 3-primary display (e.g. 1280 x 1024 pixels for

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

SXGA displays; 1024 x 768 for XGA displays; etc.) The color combinations for this type of arrangement can be produced by both the RGB and CMY triads (sub-structures), whereby the color gamut of the display is defined by the conjunction of the CMY color gamut and the RGB color gamut, e.g., the shadowed hexagon in Fig. 13A. In this mode of operation, colors are handled at the three-sub-pixels level, e.g., data suitable for driving a 3-primary color display is delivered to each pixel, regardless of the set of primaries allocated to the pixel, e.g., RGB or a CMY. The difference between the RGB and the CMY pixels is in the matrix that converts the input data into the coefficients used to drive the sub-pixels. More elaborate data flows are also possible, and will be presented below.

A second mode of operation of a 6-primary display in accordance with embodiments of the invention is a medium resolution, super-wide gamut mode, designed, e.g., for video and other display applications requiring rich colors and improved color picture quality. In this mode, the resolution may gradually decrease from normal, suitable for "non-saturated color objects", that will be displayed at the full system resolution (e.g., 1280 x 1024 pixels for SXGA displays) to that of extremely colored "very saturated color objects" where resolution will decrease by a factor of two (1280 x 512 pixels). In this mode, color is handled at the six-primary pixel level and, therefore, the display resolution may be reduced. However, if the colors to be presented are not saturated, e.g., if the colors being displayed are included in the shadowed hexagon in Fig. 13A, such colors may be properly reproduced by either a RGB pixels or the CMY pixels and, therefore, the original resolution may be restored. For saturated colors outside the shadowed are in Fig. 13A, the resolution is reduced by a factor of two (1280 x 512 pixels); however, full resolution is not typically required for highly saturated colors because the human visual system is more sensitive to spatial variations in brightness than to spatial variations in color.

A third mode of operation of a 6-primary display in accordance with an embodiment of the invention is a super-high resolution mode, which may be used for black-and-white graphics, for example, using a SXGA display, yielding an effective resolution of 3840 x 1024 pixels, instead of the original 1280 x 1024 resolution. The arrangement and handling of the pixels for this mode of operation may be as in the high resolution, "limited gamut" mode described above. Additional modes of operation are

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

also possible in accordance with embodiments of the invention; such additional modes may be designed in accordance with specific display requirements.

Fig. 13B schematically illustrates possible data flow schemes for a 6-primary display system in accordance with exemplary embodiments of the invention, using RGB-CMY primary color sets as described above. In this example, the resolution of the input data is assumed to be at the original resolution of the display; otherwise, appropriate scaling may be required as described above. A pixel collector 1302 collects image data corresponding to a pair of three-primary pixels, namely, a RGB pixel and a CMY pixel, which together form a single 6-primary pixel. The original image data may be provided in any suitable format known in the art, for example, RGB or YCC format. Using matrix multiplication units 1304 and 1306 and, subsequently, an n-primary combiner 1308, the collected data of the two three-color pixels is converted into gray-scale values for the different sub-pixels. If the color values of both pixels fall within the shadowed hexagonal area in Fig. 13A, e.g., if all the sub-pixels have positive gray scale values, then the gray levels used to drive the respective LC sub-pixels are unchanged.

Referring to Fig. 13A, when the input data falls outside the CMY triangle but within the RGB triangle, the data may be handled in a number of different manners, depending on the specific application. In one embodiment, the data is represented only by the RGB sub-pixel component, and the CMY component is set to zero illumination. In another embodiment, the input data is represented by the RGB component, and the CMY component represents the color combination nearest the desired color. For the purpose of this embodiment of the invention, the "nearest" color combination may be defined in terms of brightness, chromaticity, or simply by setting any negative sub-pixel values to zero. In a further embodiment, the CMY component represents the color combination nearest as possible to the desired color, and any difference between the desired color and the CMY representation is corrected by the RGB component. The three different embodiments discussed above differ mainly in the method of presenting saturated colors. In the first embodiment, saturated colors are reproduced accurately, from colorimetric point of view, but at a relatively low brightness level. In the second embodiment, the brightness level is maximized, but saturation is decreased. In the third embodiment, the saturation and brightness level fall within the range in between the

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

maximum and minimum levels of the first and second embodiments. It should be appreciated that, by transposing the references to CMY and RGB, respectively, in the above analysis, the same analysis applies to a situation in which the input data falls outside the RGB triangle but within the CMY triangle in Fig. 13A.

5 Referring to Fig. 13A, it should be noted that any color combination within the 6-color gamut (the peripheral dotted hexagon) that falls outside the "star of David" shape formed by the conjoined triangular areas of the RGB gamut and CMY gamut, can be reproduced accurately only by the full six-primary pixel representation. In an embodiment of the invention, an algorithm using two-dimensional look-up-tables  
10 ("LUTs"), as described in Applicants' pending International Application PCT/IL02/00410, filed May 23, 2002, entitled "System and method of data conversion for wide gamut displays", the disclosure of which is incorporated herein by reference, may be applied to derive the correct sub-pixel values for all six primaries in real time. In this embodiment of the invention, the average color of the RGB and the CMY  
15 combinations may be calculated, and the resulting color may be transformed, e.g., using a six-primary converter, to produce the sub-pixel coefficients of the corresponding n-primary pixel.

The systems and methods described above are suitable for display devices in which colors are perceived by spatial integration of the sub-pixels by the human vision  
20 system. However, color integration by the human vision system can also be performed temporally and, therefore, embodiments of the present invention also provide sequential display devices, systems and methods, for example, sequential color LCD devices, using more than three primary colors. This concept is described in detail, in the context of sequential n-primary color image projection devices, in Applicants' International  
25 Application PCT/IL01/00527, entitled "Device, System and Method For Electronic True Color Display", filed June 7, 2001, and published December 13, 2001 as WO 01/95544, the entire disclosure of which is incorporated herein by reference. In sequential projection color displays devices, four or more different color fields are projected sequentially, each for a short time period, and the process is repeated periodically at a  
30 sufficiently high frequency, whereby the human vision system temporally integrates the different color fields into a full color image.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

An advantage of LCD devices based on sequential color representation, in accordance with embodiments of the present invention, is that such devices can display more-than-three-primary color images at a resolution comparable to the resolution at which the same devices can display three-primary-color, e.g., RGB, images. Sequential LCD display devices do not require a color sub-pixel filter matrix in registry with the LC array. Instead, each LC element controls the intensity of all the primary colors for a given pixel, each primary color being controlled during designated time slots, whereby the LC array is utilized to its full resolution. Color combinations are created by sequentially back-illuminating the LC array with different primary colors, in analogy to sequential projection devices. However, in contrast to projection devices, which typically require significant physical space to contain the projection optics, namely, the optical setup that projects a miniature spatial light modulator onto a screen, the sequential LCD device of the present invention does not require projection optics and may, thus, be implemented in flat configurations.

The architecture of a flat n-primaries display according to an embodiment of the present invention includes an LC array (panel) having a desired size and resolution. Such LCD panels are used, for example, in portable computers as are known in the art. However, in the sequential LCD devices of the present invention, the LC panel may be used without an adjacent array of color sub-pixel filters, whereby the LC array may operate as a monochromatic gray level device. The cells of the LC array are selectively attenuated to produce a series of more-than-three primary gray-level patterns, each pattern corresponding to one of more-than-three primary color components of the displayed image. Each gray-level pattern is back-illuminated with light of the corresponding primary color. Switching among the different back-illuminations colors is synchronized with the sequence of gray-level patterns produced by the LC array, whereby each gray level pattern in the sequence is illuminated with light of the correct primary color. The light for the desired back-illumination may be produced by filtering white light (or other color light) through pre-selected color filters, each filter corresponding to one of the more-than-three primary colors. The back-illumination color sequence is repeated at a sufficiently high frequency, synchronized with the periodic sequence of patterns produced by the LC array, whereby the viewer perceives a full color image by temporal integration of the as described above.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

Parts of a sequential LCD device in accordance with an embodiment of the invention are schematically illustrated in Fig. 14. It should be appreciated that the sequential color LCD devices described herein illustrate only an exemplary embodiment of the invention. In alternate embodiments of the invention, other systems and methods may be used to create the different colors of back-illumination light. Additionally or alternatively, in some embodiments of the invention, instead of using an LC array as described above, other methods known in the art may be used to sequentially produce the gray level patterns corresponding to the different primary color components.

In one embodiment of the invention, illustrated schematically in Fig. 14, the different illumination colors are produced sequentially, using a single light source, or a set of light sources, for example, a white light source 1410, by sequentially filtering the white light through a series of different color filters 1413. The color filters may be placed on a rotating filter wheel 1412. To obtain the desired back-illumination, the colored light passing through one of color filters 1413 on filter wheel 1412 may be focused, e.g., using a lens 1414, into a light guide 1416. The light guide funnels the filtered light to a back-illumination arrangement 1422 juxtaposed an LC array 1420, as known in the art, illuminating the LC array substantially uniformly. In some variations of this embodiment, the back-illumination arrangement and light guide are similar to those used in back-illuminated portable computers, e.g., laptop computers, or in light-table devices. In some such devices, light from fluorescent light bulbs is reflected by an arrangement of reflectors/diffusers to obtain substantially uniform illumination. Alternatively, as shown schematically in Fig. 14, the light funnel 1416 may include multiple light exits 1418 that may be used in conjunction with reflectors/diffusers in back-illumination arrangement 1422 to obtain uniform illumination. In alternate embodiments other structures may be used to provide back-illumination of different primary colors.

In alternate embodiments of the invention, the back-illumination is generated by an array of Light Emitting Diodes (LEDs), each LED capable of selectively producing light at one of more than three different wavelength ranges. The different color LED emissions are activated sequentially, and the color sequence is synchronized with the sequence of gray-level patterns produced by the LC array. In a three-primary, e.g., RGB, device using LED back-illumination, in order to obtain a sufficiently wide color gamut,

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

the red, green and blue LED emissions are typically designed to have narrow respective spectra. In particular, the peak of the emission distribution of such devices is typically in the range of 630-680 nm for the red emission, 500-540 nm for the green emission, and 400-480 nm for the blue emission. Unfortunately, existing three-color devices do not  
5 utilize the brightness-efficient wavelength range of 540-570 nm, perceived as orange-yellow light, at which wavelength range the human eye is most sensitive. Therefore, adding a fourth LED emission in the range of 540-570 nm, in accordance with embodiments of the invention, can significantly improve the brightness efficiency. Assuming that the quantum efficiency of all diodes is substantially the same, a yellow  
10 LED would produce more visual brightness per Ampere. To take advantage of this efficiency, by activating the four LED emission ranges described above, in some embodiments of the invention, at least four primary colors, namely, red, green, blue and yellow-orange, are used.

In an alternative embodiment of the invention, instead of using a fourth emission  
15 range, an array of standard RGB LEDs may be activated in accordance with an activation sequence that produces a higher intensity of the desired back-illumination sequence. Instead of the standard activation sequence of R-G-B-R-G-B, some embodiments of the invention use a hybrid periodic activation sequence, for example, R-G-B-RG-BG-RB, to produce the desired back-illumination sequence. Other activation  
20 sequences of the RGB LED emissions are also possible, for example, sequences including the same emission components (e.g., R, G, B, RG, BG and RB) arranged in different orders, sequences in which some of the "mixed" components (e.g., RG, BG, or RB) are omitted, sequences including additional components (e.g., a full RGB emission component), or any other suitable combinations of "pure" and/or "mixed" LED  
25 emissions capable of produce the desired back-illumination sequence. It should be appreciated that the over-all brightness level produced by the exemplary activation sequence of R-G-B-RG-BG-RB, determined by the sum  $3R+3G+3B$ , is about 50 percent higher than the average brightness produced by a corresponding standard R-G-B-R-G-B sequence, determined by the sum  $2R+2G+2B$ .

30 The sequential LCD device in accordance with embodiments of the invention is activated at a sufficiently high frequency to enable a viewer to temporally integrate the sequence of n-primary images into a full color image. Additionally, to produce a video

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

image, the sequential LCD device in accordance with embodiments of the invention is activated at a sufficiently high rate to enable reproduction of the required number of frames per second. A sequential color LCD device that operates at a sufficiently fast rate, using back-illumination of three primary colors, namely, red, green and blue light, is described in *Ken-ichi Takatori, Hiroshi Imai, Hidetaki Asada and Masao Imai, "Field-Sequential Smectic LCD with TFT Pixel Amplifier", Functional Devices Research Labs, NEC Corp., Kawasaki, Kanagawa 216-8555, Japan, SID 01 Digest*, incorporated herein by reference. In an embodiment of the present invention, a version of this three-color device is adapted to produce n-primary color images, wherein n is greater than three. In such n-primary-adapted sequential illumination device, light generated by a (preferably) white light source is filtered through n, sequentially interposed, color filters, to produce the desired sequence of n-primary color back-illumination. A filter switching mechanism, for example, a rotating filter wheel including more than three different color filters, such as the filter wheel described above with reference to Fig. 14, may be used to sequentially interpose the different color filters in light path of the back-illumination. An arrangement similar to that used in existing laptop computers may be used to funnel and diffuse the filtered light illuminating the LC array. In some embodiments, the light source and filter switching mechanism (or, alternatively, the array of LEDs described above) are housed in an external device, and a light guide is used to funnel colored light into the back-illumination arrangement of the LCD device, as described above with reference to the embodiment of Fig. 14.

It will be appreciated by persons skilled in the art that the present invention is not limited by what has been particularly shown and described hereinabove and with reference to the accompanying drawings. Rather, the invention is limited only by the following claims.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

CLAIMS

- 5 1. A color Liquid Crystal Display (LCD) device for displaying a color image using at least four different primary colors, the device comprising:  
an array of Liquid Crystal (LC) elements;  
driving circuitry adapted to receive an input corresponding to said color image and to selectively activate the LC elements of said LC array to produce an attenuation pattern corresponding to a gray-level representation of said color image; and  
10 an array of color sub-pixel filter elements juxtaposed and in registry with said array of LC elements such that each color sub-pixel filter element is in registry with one of said LC elements,  
wherein said array of color sub-pixel filter elements comprises at least  
15 four types of color sub-pixel filter elements, which transmit light of said at least four primary colors, respectively.
- 20 2. A device according to claim 1 wherein said at least four primary colors comprise red, green, blue, and yellow.
- 25 3. A device according to claim 1 wherein said at least four primary colors comprise at least five primary colors and wherein said at least four types of color sub-pixel filter elements comprise at least five types of color sub-pixel filter elements, which transmit light of said at least five primary colors, respectively.
4. A device according to claim 3 wherein said at least five primary colors comprise red, green, blue, yellow, and cyan.
- 30 5. A device according to claim 3 wherein said at least five primary colors comprise at least six primary colors and wherein said at least five types of color sub-pixel filter elements comprise at least six types of color sub-pixel filter elements, which transmit light of said at least six primary colors, respectively.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

6. A device according to claim 5 wherein said at least six primary colors comprise red, green, blue, yellow, cyan, and magenta.
- 5 7. A color Liquid Crystal Display (LCD) device for displaying a temporally-integrated color image comprising a sequence of at least four primary color images, the device comprising:
- an array of Liquid Crystal (LC) elements;
- driving circuitry adapted to receive an input corresponding to each of said  
10 at least four primary color images and to selectively activate the LC elements of said LC array to produce an attenuation pattern corresponding to a gray-level representation of each of said at least four primary color images, respectively; and
- an illumination system adapted to sequentially back-illuminate said LC  
15 array with light of at least four different primary colors to sequentially produce said at least four, respective, primary color images,
- wherein said driving circuitry and said illumination system are synchronized such that each said attenuation pattern is illuminated with light of the primary color corresponding to the respective primary color image.
- 20 8. A device according to claim 7 wherein said at least four primary color images comprise red, green, blue, and yellow images.
9. A device according to claim 7 wherein said at least four primary color  
25 images comprise red, green, blue, yellow, and cyan images.
10. A device according to claim 7 wherein said at least four primary color images comprise red, green, blue, yellow, cyan, and magenta images.
- 30 11. A device according to any of claims 7-10 wherein said illumination system comprises:
- a light source having an output path;

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

a filter switching mechanism which sequentially interposes at least four different primary color filters in the output path of said light source to produce said light of at least four different primary colors, respectively; and

5 an optical arrangement which guides said light of at least four different primary colors from said filter switching mechanism to said LC array thereby to back-illuminate said LC array.

10 12. A device according to claim 11 wherein said light source comprises a substantially white light source.

13. A device according to any of claims 7-10 wherein said illumination system comprises:

15 an array of Light Emitting Diodes (LEDs);  
illumination control circuitry adapted to selectively activate said plurality of LEDs to produce a sequence of at least four illumination patterns corresponding to said light of at least four different primary colors, respectively; and

20 an optical arrangement which causes the at least four illumination patterns produced by said array of LEDs to back-illuminate said LC array with a generally spatially homogeneous light of said at least four, respective, primary colors.

25 14. A device according to claim 13 wherein said array of LEDs comprises at least three different color LEDs.

15. A device according to claim 14 wherein said at least three different color LEDs comprise red, green, and blue LEDs.

30 16. A device according to claim 14 or claim 15 wherein at least one of said at least four different illumination patterns corresponds to a primary color other than the colors of said at least three different color LEDs.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

17. A device according to claim 15 or 16 wherein at least one of said at least four illumination patterns is produced by simultaneously activating at least two of said at least three different color LEDs.
- 5 18. A color display device for displaying an n-primary image, wherein n is greater than three, comprising an array of color sub-pixel elements including sub-pixel elements of each of at least four different primary colors arranged in an array of periodically repetitive super-pixel structures covering substantially the entire n-primary image, each super-pixel structure comprising a predetermined,  
10 fixed, number of n-primary pixels, each n-primary pixel comprising one color sub-pixel element of each of said at least four different primary colors, wherein no fixed combination of n-primary pixels covering only part of said super-pixel structure can be periodically repeated to cover substantially the entire n-primary image.
- 15 19. A color display device according to claim 18 comprising an n-primary color Liquid Crystal Display (LCD) device, wherein said array of color sub-pixel elements comprises an array of color sub-pixel filter elements, and wherein each n-primary pixel of each super-pixel comprises one color sub-pixel filter element  
20 transmitting light of each of said at least four different primary colors.
20. A device according to claim 18 or claim 19 wherein said at least four different primary colors comprise red, green, blue and yellow.
- 25 21. A device according to any of claims 18-20 wherein said at least four different primary colors comprise at least five different primary colors.
22. A device according to claim 21 wherein said at least five different primary colors comprise red, green, blue, yellow and cyan.
- 30 23. A device according to claim 21 or claim 22 wherein said super pixel structure comprises a substantially rectangular arrangement including five

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

sequences of four sub-pixel elements, each sequence including a different combination of sub-pixel elements of four of said five primary colors.

5 24. A device according to claim 21 or claim 22 wherein said at least five different primary colors comprise at least six different primary colors.

25. A device according to claim 24 wherein said at least six different primary colors comprise red, green, blue, yellow, cyan and magenta.

10 26. A device according to claim 24 or claim 25 wherein said super pixel structure comprises a substantially rectangular arrangement including three sequences of four sub-pixel elements, each sequence including a different combination of sub-pixel elements of four of said six primary colors.

15 27. A method of displaying an n-primary color image, wherein n is greater than three, on an n-primary color display comprising an array of color sub-pixel elements including sub-pixel elements of each of at least four different primary colors arranged in an array of periodically repetitive super-pixel structures covering substantially the entire n-primary image, each super-pixel structure comprising a predetermined, fixed, number of n-primary pixels, each n-primary pixel comprising one color sub-pixel element of each of said at least four different primary colors, wherein no fixed combination of n-primary pixels covering only part of said super-pixel structure can be periodically repeated to cover substantially the entire n-primary image, the method comprising:

25 receiving an input representing three-component color image data including a plurality of three-component pixels and having a first resolution;

scaling said three-component color image data to produce scaled three-component color image data having a second resolution different from said first resolution;

30 converting said scaled three-component color image data into corresponding n-primary color pixel data representing said n-primary color image; and

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

generating an n-primary input signal corresponding to said n-primary color pixel data.

5 28. A method according to claim 27 further comprising, before generating said n-primary input signal:

collecting the n-primary color pixel data of all n-primary pixels of each super-pixel; and

10 distributing the collected data representing each super-pixel structure into a plurality of sub-pixel data segments, each data segment representing one sub-pixel of each said super-pixel,

wherein generating said n-primary input signal comprises generating a gray-level value for each of said sub-pixels.

15 29. A method according to claim 27 or claim 28 wherein said n-primary color display comprises an n-primary color Liquid Crystal Display (LCD) device, wherein said array of color sub-pixel elements comprises an array of color sub-pixel filter elements, and wherein each n-primary pixel of each super-pixel comprises one color sub-pixel filter element transmitting light of each of said at least four different primary colors.

20 30. A method according to any of claims 27-29 wherein said at least four different primary colors comprise red, green, blue and yellow.

25 31. A method according to any of claims 27-30 wherein said at least four different primary colors comprise at least five different primary colors.

32. A method according to claim 31 wherein said at least five different primary colors comprise red, green, blue, yellow and cyan.

30 33. A method according to claim 31 or claim 32 wherein said super-pixel structure comprises a substantially rectangular arrangement including five

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

sequences of four sub-pixel elements, each sequence including a different combination of sub-pixel elements of four of said five primary colors.

5 34. A method according to claim 31 wherein said at least five different primary colors comprise at least six different primary colors.

35. A method according to claim 34 wherein said at least six different primary colors comprise red, green, blue, yellow, cyan and magenta.

10 36. A method according to claim 34 or claim 35 wherein said super-pixel structure comprises a substantially rectangular arrangement including three sequences of four sub-pixel elements, each sequence including a different combination of sub-pixel elements of four of said six primary colors.

15 37. A method of displaying an n-primary image, wherein n is greater than or equal to six, on an n-primary display comprising an array of color sub-pixel elements including color sub-pixel elements of each of at least six different primary colors, including at least a first set of primary colors and a second set of primary colors, arranged in a periodically repeating arrangement comprising at  
20 least one color sub-pixel element of each of said at least six different primary colors, the method comprising:

receiving an image input representing image data including a plurality of pixels, each pixel including one sub-pixel of each of said first set of primary colors;

25 separating said image data into a first image component, including a first group of said pixels, and a second image component, including a second group of said pixels, wherein each pixel in said first group is substantially adjacent to a respective pixel in said second group;

30 converting the pixels in said second group into corresponding, converted pixels, each pixel including one sub-pixel of each of said second set of primary colors; and

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

generating an n-primary input signal representing data corresponding to each of said converted color pixels in said second group and the respective, substantially adjacent, pixel in said first group.

5 38. A method according to claim 37 wherein said at least six different primary colors comprise red, green, blue, yellow, cyan and magenta, wherein said first set of primary colors comprises red, green and blue, and wherein said second set of primary colors comprises yellow, cyan and magenta.

10 39. A method according to claim 37 or claim 38 comprising, before generating said n-primary input signal, combining each of said converted pixels in said second group with the respective, substantially adjacent, pixel of said first group, to produce a corresponding n-primary pixel including one sub-pixel of each of said at least six primary colors, wherein generating said n-primary input signal comprises generating a signal representing data corresponding to each said  
15 n-primary pixel.

40. A method according to claim 37 or claim 38 wherein said image input comprises a color image input representing three-component color image data, wherein said at least first and second sets of primary colors comprise first and  
20 second sets of three primary colors, and wherein each color pixel of said n-primary image is reproduced by either the first or second set of three primary colors.

25 41. A method according to claim 37 or claim 38 wherein said image input comprises a black-and-white image input representing black-and-white image data including a plurality of black-and-white pixels.

30 42. A method according to claim 41 wherein said at least first and second sets of primary colors include first and second sets of three, complementary, primary colors, and wherein each black-and-white pixel of said n-primary image is produced by either the first or second set of primary colors.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

43. A method according to claim 41 wherein said at least first and second sets of primary colors include first, second and third pairs of complementary primary colors, and wherein each black-and-white pixel of said n-primary image is produced by one of the first, second and third pairs of primary colors.

5

44. A color display device for displaying an n-primary image, wherein n is greater than or equal to six, comprising an array of color sub-pixel elements including color sub-pixel elements of each of at least six different primary colors, including at least a first set of primary colors and a second set of primary colors, arranged in a periodically repeating arrangement comprising at least one color sub-pixel element of each of said at least six different primary colors, wherein each sub-pixel in the periodically repeating arrangement is adjacent at least one sub-pixel of a complementary primary color.

10

15

45. A device according to claim 44 wherein said at least six different primary colors comprise red, green, blue, yellow, cyan and magenta, wherein said first set of primary colors comprises red, green and blue, wherein said second set of primary colors comprises yellow, cyan and magenta, wherein each red sub-pixel element is adjacent at least one cyan sub-pixel element, wherein each green sub-pixel element is adjacent at least one magenta sub-pixel element, and wherein each blue sub-pixel element is adjacent at least one yellow sub-pixel element.

20

25

46. A device according to claim 44 or claim 45 wherein said periodically repeating arrangement comprises a first sequence of sub-pixel elements of each of said first set of primary colors and a second sequence of sub-pixel elements of each of said second set of primary colors, wherein each sub-pixel element in the first sequence is adjacent a sub-pixel element of a complementary primary color in the second sequence.

30

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

47. A device according to claim 46 wherein said periodically repeating arrangement comprises first and second, adjacent, rows of sub-pixel elements, the first row including one sub-pixel element of each of said first set of primary colors and the second row including one sub-pixel element of each of said second set of primary colors, and wherein each sub-pixel element in the first row is adjacent a sub-pixel element of a complementary primary color in the second row.

48. A device according to any of claims 44-47 wherein each row of said array of sub-pixel elements includes only sub-pixels of said first set of primary colors.

49. A device according to any of claims 44-47 wherein each row of said array of sub-pixel elements includes sub-pixels of both said first and second sets of primary colors.

50. A system for displaying an n-primary color image, wherein n is greater than three, comprising:

an n-primary color display device comprising an array of color sub-pixel elements including sub-pixel elements of each of at least four different primary colors arranged in an array of periodically repetitive super-pixel structures covering substantially the entire n-primary image, each super-pixel structure comprising a predetermined, fixed, number of n-primary pixels, each n-primary pixel comprising one color sub-pixel element of each of said at least four different primary colors, wherein no fixed combination of n primary pixels covering only part of said super-pixel structure can be periodically repeated to cover substantially the entire n-primary image;

means for receiving an input representing three-component color image data including a plurality of three-component pixels and having a first resolution;

a scaling unit, which scales said three-component color image data to produce scaled three-component color image data having a second resolution different from said first resolution;

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

a converter which converts said scaled three-component color image data into corresponding n-primary color pixel data representing said n-primary color image; and

5 means for generating an n-primary input signal corresponding to said n-primary color pixel data.

51. A system according to claim 50 further comprising:

a collection unit which collects the n-primary color pixel data of all n-primary pixels of each super-pixel; and

10 a distribution unit, which distributes the collected data representing each super-pixel structure into a plurality of sub-pixel data segments, each segment representing one sub-pixel of each said super-pixel,

wherein said means for generating said n-primary input signal generates a gray-level value for each of said sub-pixels.

15

52. A system according to claim 50 or claim 51 wherein said n-primary display device comprises an n-primary Liquid Crystal Display (LCD) device, wherein said array of color sub-pixel elements comprises an array of color sub-pixel filter elements, and wherein each n-primary pixel of each super-pixel  
20 comprises one color sub-pixel filter element transmitting light of each of said at least four different primary colors.

53. A system according to any of claims 50-52 wherein said at least four different primary colors comprise red, green, blue and yellow.

25

54. A system according to any of claims 50-53 wherein said at least four different primary colors comprise at least five different primary colors.

55. A system according to claim 54 wherein said at least five different  
30 primary colors comprise red, green, blue, yellow and cyan.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

56. A system according to claim 54 or claim 55 wherein said super-pixel structure comprises a substantially rectangular arrangement including five sequences of four sub-pixel elements, each sequence including a different combination of sub-pixel elements of four of said five primary colors.
57. A system according to claim 54 wherein said at least five different primary colors comprise at least six different primary colors.
58. A system according to claim 57 wherein said at least six different primary colors comprise red, green, blue, yellow, cyan and magenta.
59. A system according to claim 57 or claim 58 wherein said super-pixel structure comprises a substantially rectangular arrangement including three sequences of four sub-pixel elements, each sequence including a different combination of sub-pixel elements of four of said six primary colors.
60. A system for displaying an n-primary image, wherein n is greater than or equal to six, comprising:
- an n-primary display device comprising an array of color sub-pixel elements including color sub-pixel elements of each of at least six different primary colors, including at least a first set of primary colors and a second set of primary colors, arranged in a periodically repeating arrangement comprising at least one color sub-pixel element of each of said at least six different primary colors;
  - an image collector which receives an image input representing image data including a plurality of pixels, each pixel including one sub-pixel of each of said first set of primary colors;
  - means for separating said color image data into a first image component, including a first group of said pixels, and a second image component, including a second group of said pixels, wherein each pixel in said first group is substantially adjacent to a respective pixel in said second group;

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

means for converting the pixels in said second group into corresponding, converted pixels, each pixel including one sub-pixel of each of said second set of primary colors; and

5 means for generating an n-primary input signal representing data corresponding to each of said converted color pixels in said second group and the respective, substantially adjacent, pixel in said first group.

61. A system according to claim 60 wherein said at least six different primary colors comprise red, green, blue, yellow, cyan and magenta, wherein said first set of primary colors comprises red, green and blue, and wherein said second set of primary colors comprises yellow, cyan and magenta.

62. A system according to claim 60 or claim 61 further comprising a pixel combiner which combines each of said converted color pixels in said second group with the respective, substantially adjacent, pixel of said first group, to produce a corresponding n-primary pixel including one sub-pixel of each of said at least six primary colors, wherein said means for generating said n-primary input signal generates a signal representing data corresponding to each said n-primary pixel.

63. A system according to claim 60 or claim 61 wherein said image input comprises a color image input representing three-component primary color image data, wherein said at least first and second sets of primary colors comprise first and second sets of three primary colors, and wherein each color pixel of said n-primary image is reproduced by either the first or second set of three primary colors.

64. A system according to claim 60 or claim 61 wherein said image input comprises a black-and-white image input representing black-and-white image data including a plurality of black-and-white pixels.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

- 5 65. A system according to claim 64 wherein said at least first and second sets of primary colors include first and second sets of three, complementary, primary colors, and wherein each black-and-white pixel of said n-primary image is produced by either the first or second set of primary colors.
66. A system according to claim 64 wherein said at least first and second sets of primary colors include first, second and third pairs of complementary primary colors, and wherein each black-and-white pixel of said n-primary image is produced by one of the first, second and third pairs of primary colors.
- 10 67. A system according to any of claims 60-66 wherein said n-primary display device comprises an n-primary Liquid Crystal Display (LCD) device, and wherein said array of color sub-pixel elements comprises an array of color sub-pixel filter elements including filter elements transmitting light of each of said at least six different primary colors.
- 15 68. A method according to any of claims 37-43 wherein said n-primary display device comprises an n-primary Liquid Crystal Display (LCD) device, and wherein said array of color sub-pixel elements comprises an array of color sub-pixel filter elements including filter elements transmitting light of each of said at least six different primary colors.
- 20 69. A device according to any of claims 44-49 wherein said n-primary display device comprises an n-primary Liquid Crystal Display (LCD) device, and wherein said array of color sub-pixel elements comprises an array of color sub-pixel filter elements including filter elements transmitting light of each of said at least six different primary colors.
- 25 70. A device according to any of claims 1-26 wherein the wavelength ranges of said at least four primary colors are selected to provide an optimal over-all brightness of the displayed images.
- 30

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

71. A device according to any of claims 1-26 wherein the wavelength ranges of said at least four primary colors are selected to provide an optimal color gamut width of the displayed images.
- 5 72. A method according to any of claims 27-36 wherein the wavelength ranges of said at least four primary colors are selected to provide an optimal over-all brightness of the displayed images.
- 10 73. A method according to any of claims 27-36 wherein the wavelength ranges of said at least four primary colors are selected to provide an optimal color gamut width of the displayed images.
- 15 74. A method according to any of claims 37-43 wherein the wavelength ranges of said at least six primary colors are selected to provide an optimal over-all brightness of the displayed images.
- 20 75. A method according to any of claims 37-43 wherein the wavelength ranges of said at least six primary colors are selected to provide an optimal color gamut width of the displayed images.
- 25 76. A device according to any of claims 44-49 wherein the wavelength ranges of said at least six primary colors are selected to provide an optimal over-all brightness of the displayed images.
- 30 77. A device according to any of claims 44-49 wherein the wavelength ranges of said at least six primary colors are selected to provide an optimal color gamut width of the displayed images.
78. A system according to any of claims 50-59 wherein the wavelength ranges of said at least four primary colors are selected to provide an optimal over-all brightness of the displayed images.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

79. A system according to any of claims 50-59 wherein the wavelength ranges of said at least four primary colors are selected to provide an optimal color gamut width of the displayed images.
- 5 80. A system according to any of claims 60-66 wherein the wavelength ranges of said at least six primary colors are selected to provide an optimal over-all brightness of the displayed images.
- 10 81. A system according to any of claims 60-66 wherein the wavelength ranges of said at least six primary colors are selected to provide an optimal color gamut width of the displayed images.
- 15 82. A color display device for displaying an n-primary image, wherein n is greater than three, comprising an array of color sub-pixel elements including sub-pixel elements of each of at least four different primary colors arranged in an array of periodically repetitive super-pixel structures covering substantially the entire n-primary image, each super-pixel structure comprising a predetermined, fixed, number of n-primary pixels, each n-primary pixel comprising one color sub-pixel element of each of said at least four different primary colors, wherein  
20 the sub-pixel elements in each super-pixel structure are arranged in a rectangular sub-array having an average aspect ratio sufficiently close to one.

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

1/15

Fig. 1A  
(Prior Art)

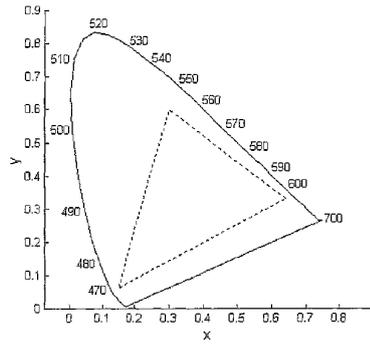
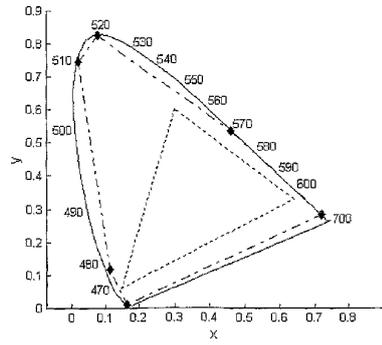


Fig. 1B



WO 02/101644

PCT/IL02/00452

2/15

Fig. 2A  
(prior art)

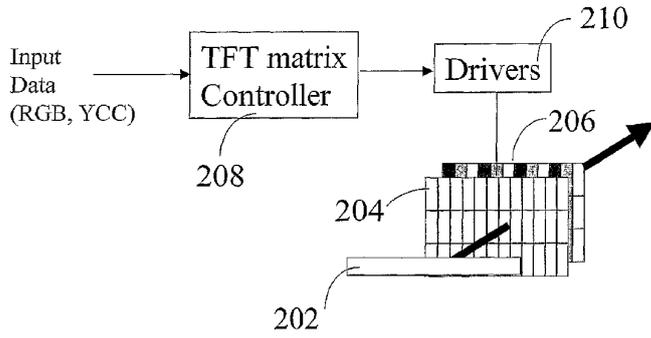
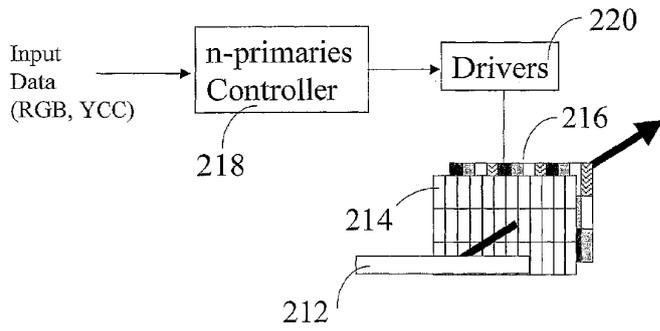


Fig. 2B

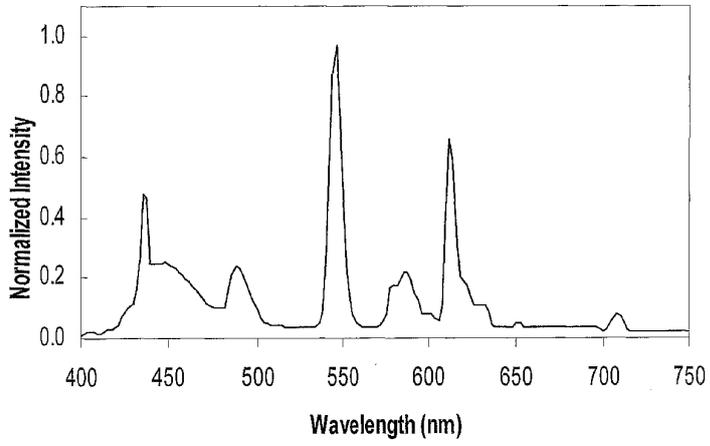


WO 02/101644

PCT/IL02/00452

3/15

Fig. 3  
(prior art)



WO 02/101644

PCT/IL02/00452

Fig. 4A  
(prior art)

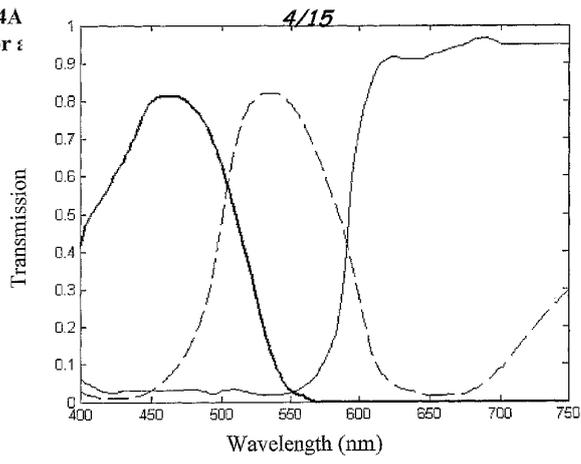
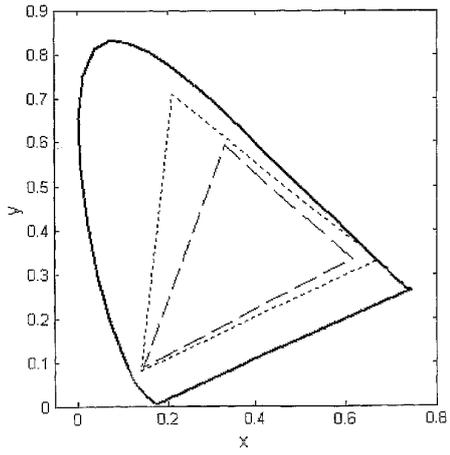
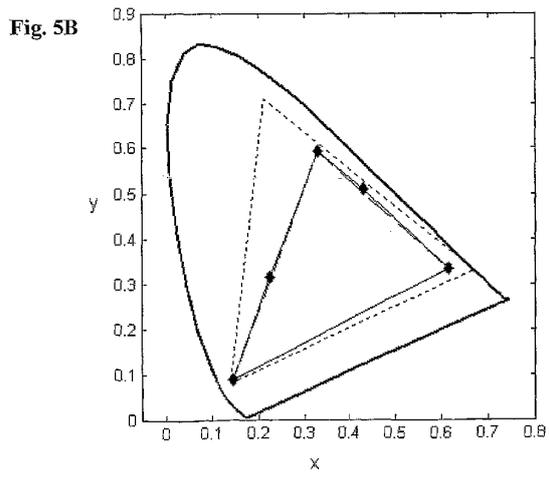
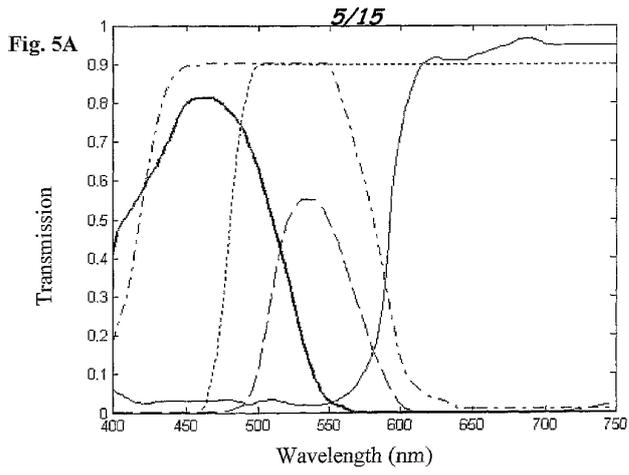


Fig. 4B (prior art)



WO 02/101644

PCT/IL02/00452



WO 02/101644

PCT/IL02/00452

Fig. 6A

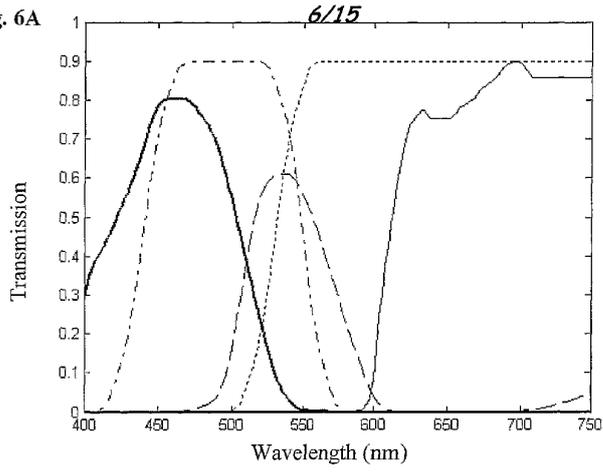
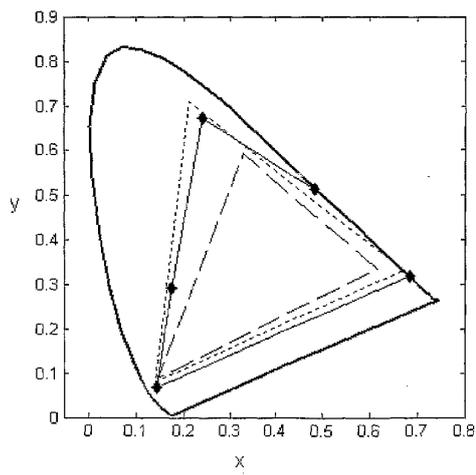
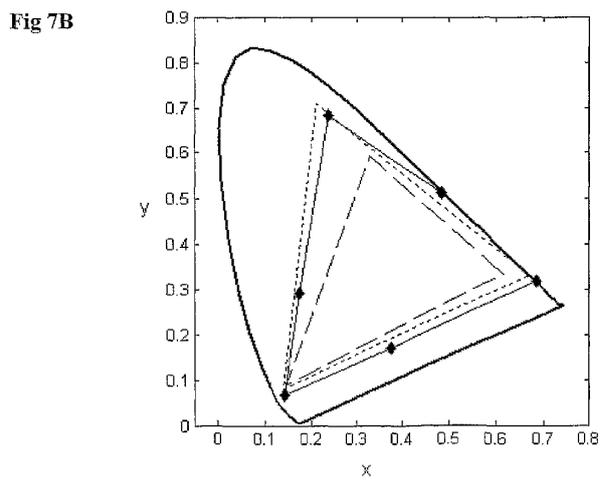
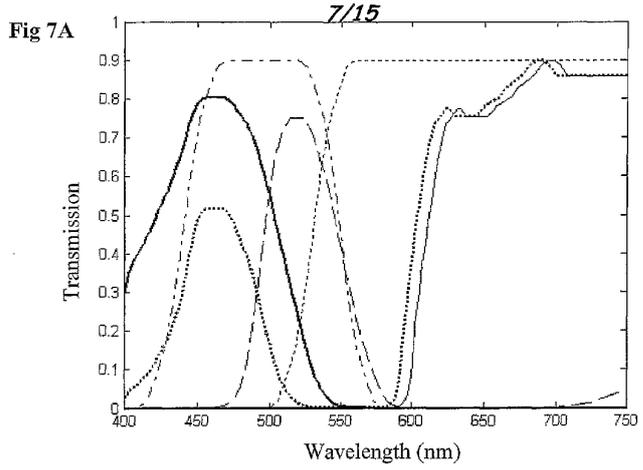


Fig. 6B



WO 02/101644

PCT/IL02/00452



WO 02/101644

PCT/IL02/00452

8/15

Fig. 8

R	G	Y	B	R	G	Y	B
R	G	Y	B	R	G	Y	B

9/15

Fig. 9

R	G	Y	B	C	R	G	Y
C	R	G	Y	B	C	R	G
B	C	R	G	Y	B	C	R
Y	B	C	R	G	Y	B	C
G	Y	B	C	R	G	Y	B
R	G	Y	B	C	R	G	Y

Fig. 10

R	G	B	Y	C
C	M	R	G	B
B	Y	C	M	R
R	G	B	Y	C

WO 02/101644

PCT/IL02/00452

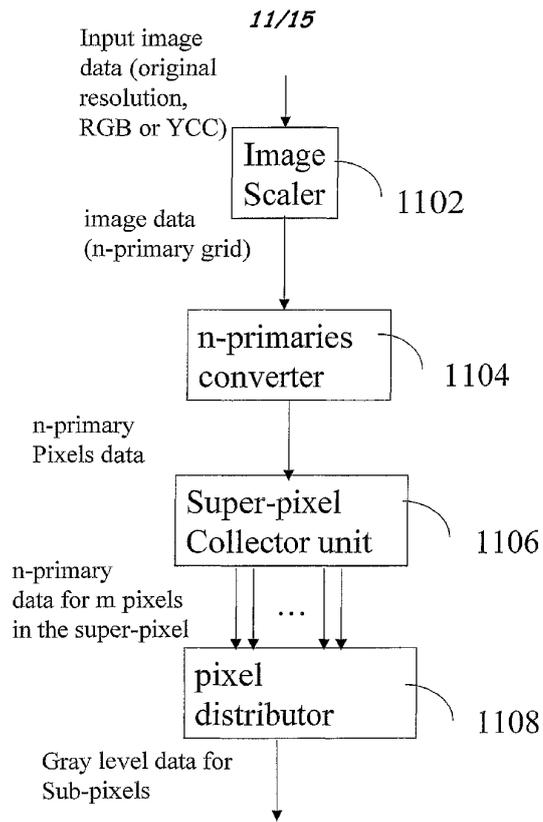


Fig. 11

Fig. 12A

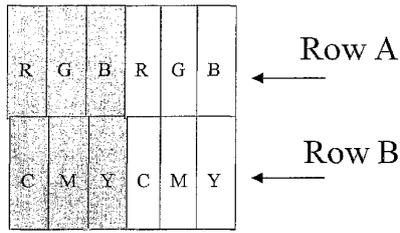
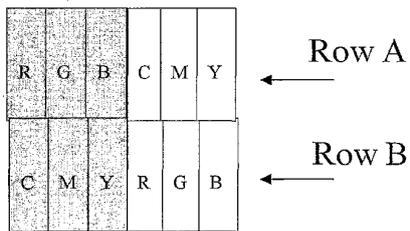


Fig. 12B



WO 02/101644

PCT/IL02/00452

Fig. 13A

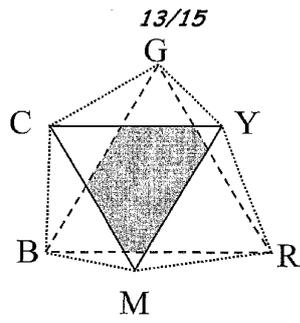
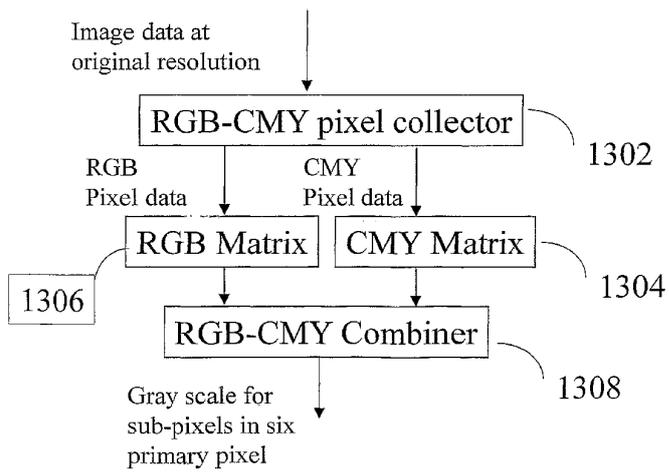


Fig. 13B

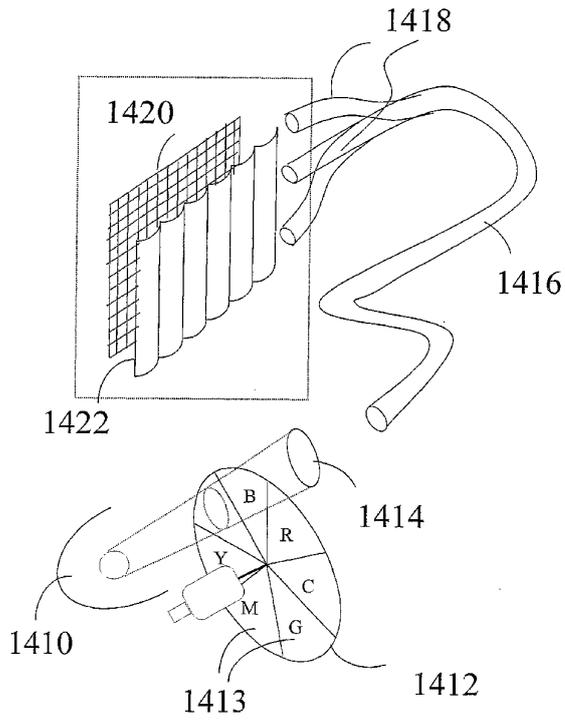


WO 02/101644

PCT/IL02/00452

14/15

Fig. 14





【国際公開パンフレット(コレクトバージョン)】

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

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
19 December 2002 (19.12.2002)

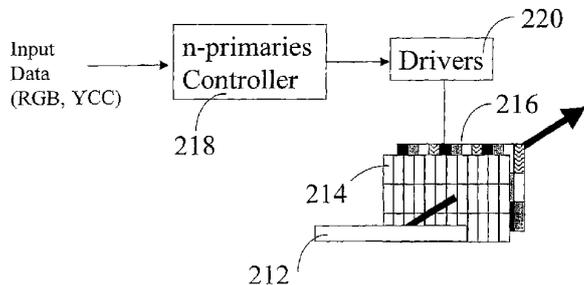
PCT

(10) International Publication Number  
WO 02/101644 A3

- (51) International Patent Classification: G09G 3/00, [IL/IL]; 7 Zehg Bas Street, 49550 Petach Tikva (IL), BEN-CHORIN, Moshe [IL/IL]; 34 Ya'akov Street, 76251 Rehovot (IL).
- (21) International Application Number: PCT/IL02/00452
- (22) International Filing Date: 11 June 2002 (11.06.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:
  - 60/296,797 11 June 2001 (11.06.2001) US
  - 60/318,625 13 September 2001 (13.09.2001) US
  - 60/371,419 11 April 2002 (11.04.2002) US
- (74) Agents: EITAN, PEARL, LATZER & COHEN-ZEDEK et al.; 2 Gav Yam Center, 7 Shenkar Street, 46725 Herzlia (IL).
- (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, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, 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 (BE, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (71) Applicant (for all designated States except US): GENOA COLOR TECHNOLOGIES LTD. [GB/GB]; Trident Chambers, P.O. Box 146, Road Town, Tortola (VG).
- (72) Inventors: BEN-DAVID, Ilan [IL/IL]; 55 Hapo'amon Street, 48611 Rosh Ha'ayin (IL); ROTH, Shmuel

[Continued on next page]

(54) Title: DEVICE, SYSTEM AND METHOD FOR COLOR DISPLAY



(57) Abstract: A color Liquid Crystal Display (LCD) device for displaying a color image using at least four different primary colors, the device including an array of Liquid Crystal (LC) elements (214), driving circuitry (218) adapted to receive an input corresponding to the color image and to selectively activate the LC elements (214) of the LC array to produce an attenuation pattern corresponding to a gray-level representation of the color image, and an array of color sub-pixel filter elements (216) juxtaposed and in registry with the array of LC elements (214) such that each color sub-pixel filter element is in registry with one of the LC elements, wherein the array of color sub-pixel filter elements comprises at least four types of color sub-pixel filter elements, which transmit light of the at least four primary colors, respectively.



WO 02/101644 A3

WO 02/101644 A3



**Published:**  
— with international search report

*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.*

**(88) Date of publication of the international search report:**  
24 April 2003

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/IL02/00452
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(7) : G09G 3/00, 3/24, 3/18, 3/20, 3/36 US CL : 345/32, 43, 50, 55, 88, 102 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 345/32, 43, 50, 55, 88, 102  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 practicable, search terms used) Please See Continuation Sheet		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4,800,375 A (SILVERSTEIN et al) 24 January 1989 (24.01.1989), column 2, lines 24 to 63, and figures 1, 4A and 4B.	1-2
Y	US 5,982,347 A (SHIGETA et al) 09 November 1999 (09.11.1999), column 5, lines 41 to 56, and figure 1.	1-2
A	US 6,259,430 B1 (RIDDLE et al) 10 July 2001 (10.07.2002), figure 1.	
A	US 5,214,418 A (FUKUMURA et al) 25 May 1993 (25.05.1993), figures 1 and 2	
A	US 4,892,391 A (STEWART et al) 09 January 1990 (09.01.1990), figure 1.	
A	US 5,642,176 A (ABUKAWA et al) 24 June 1997 (24.06.1997), figures 1 and 2.	
A	US 5,844,540 A (TERASAKI) 01 December 1998 (01.12.1998), figure 1.	
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance. "E" earlier application or patent published on or after the international filing date. "L" document which may throw doubts on priority claims) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified). "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means. "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed. "T" later document published after the international filing date or priority date and one is certified with the application not 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 20 November 2002 (20.11.2002)		Date of mailing of the international search report 09 DEC 2002
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20531 Facsimile No. (703)305-2230		Authorized officer: HENRY N. TRAN Telephone No. (703) 308-9410

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/IL02/00452
<b>Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 1 of first sheet)</b>		
This international report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:		
1.	<input type="checkbox"/>	Claim Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2.	<input type="checkbox"/>	Claim Nos.: because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3.	<input checked="" type="checkbox"/>	Claim Nos.: 14-17, 22-26, 30-36, 42-43, 47-49, 53-59, 65-81 because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).
<b>Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 2 of first sheet)</b>		
This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:		
1.	<input type="checkbox"/>	As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.	<input type="checkbox"/>	As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3.	<input type="checkbox"/>	As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4.	<input type="checkbox"/>	No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
Remark on Protest	<input type="checkbox"/>	The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
	<input type="checkbox"/>	No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/IL02/00452

Continuation of B. FIELDS SEARCHED Item 3:  
PALM INTRANET, EAST  
SEARCH TERMS: PRIMARY COLORS, COLOR GAMUT, BACKLIGHT, CIRCUITRY, RGB, CMY

## フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード(参考)
G 0 9 F 9/35	G 0 9 F 9/30	3 9 0 C
G 0 9 G 3/20	G 0 9 F 9/35	5 C 0 9 4
G 0 9 G 3/34	G 0 9 G 3/20	6 4 2 D
G 0 9 G 3/36	G 0 9 G 3/20	6 4 2 J
	G 0 9 G 3/20	6 5 0 M
	G 0 9 G 3/20	6 8 0 H
	G 0 9 G 3/34	J
	G 0 9 G 3/36	

(81) 指定国 AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, 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, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(71) 出願人 503455684

モーシェ・ベン・チョーリン

イスラエル国 7 6 2 5 1 レホボット, ヤーコブ・ストリート 3 4

(74) 代理人 100089705

弁理士 社本 一夫

(74) 代理人 100076691

弁理士 増井 忠次

(74) 代理人 100075270

弁理士 小林 泰

(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 100084283

弁理士 秋元 芳雄

(72) 発明者 イーアン・ベン・デービット

イスラエル国 4 8 6 1 1 ロッシュ・ハーイン, ハパーモン・ストリート 5 5

(72) 発明者 シュメル・ロス

イスラエル国 4 9 5 5 0 ペタッチ・ティクバ, ゼリッグ・バス・ストリート 7

(72) 発明者 モーシェ・ベン・チョーリン

イスラエル国 7 6 2 5 1 レホボット, ヤーコブ・ストリート 3 4

F ターム(参考) 2H048 BB02 BB04 BB42

2H091 FA02Y FA35Y FA45Z FB02 FD04 FD22 GA01 GA02 LA15 LA16

2H093 NA31 NA41 NA51 NA61 NC03 NC43 NC56 ND17 NE06

5C006 AA22 AC11 AC24 AF41 AF51 AF85 BB16 BC02 EA01 FA56

5C080 AA10 BB05 CC03 DD30 EE29 EE30 FF11 JJ01 JJ02 JJ05

5C094 AA08 BA43 CA24 ED03 HA08