

(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2004-525402

(P2004-525402A)

(43) 公表日 平成16年8月19日(2004.8.19)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
<b>G09G 3/36</b>	G09G 3/36	2H093
<b>G02F 1/133</b>	G02F 1/133 545	5C006
<b>G09G 3/20</b>	G02F 1/133 550	5C080
	G02F 1/133 575	
	G09G 3/20 611E	
審査請求 有 予備審査請求 有 (全 118 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2002-559749 (P2002-559749)	(71) 出願人	390009531
(86) (22) 出願日	平成13年12月20日 (2001.12.20)		インターナショナル・ビジネス・マシー ズ・コーポレーション
(85) 翻訳文提出日	平成15年7月25日 (2003.7.25)		I N T E R N A T I O N A L B U S I N E S S M A S C H I N E S C O R P O R A T I O N
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/049538		アメリカ合衆国10504 ニューヨーク 州 アーモンク ニュー オーチャード ロード
(87) 国際公開番号	W02002/059685		
(87) 国際公開日	平成14年8月1日 (2002.8.1)	(74) 代理人	100086243
(31) 優先権主張番号	09/771,323		弁理士 坂口 博
(32) 優先日	平成13年1月26日 (2001.1.26)	(74) 代理人	100091568
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 市位 嘉宏
		(74) 代理人	100108501
			弁理士 上野 剛史
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 液晶ディスプレイにおけるサブピクセルの輝度特性に基づくサブピクセル信号強度値の調節

(57) 【要約】

【課題】

液晶ディスプレイ (LCD) (112) の視野角特性を、画像内の中間トーンの輝度値を持つサブピクセルの数を減らすことによって改善する。

【解決手段】

ある実施の形態においては、少なくとも一つの視野角方向においてLCDのサブピクセル信号強度値とサブピクセル輝度値とを関連付けた第一のエントリー・テーブルが与えられる。少数の隣接サブピクセルにまたがる平均サブピクセル輝度に相当するように、目標信号強度値が当該第一のテーブルから決定される。第二のエントリー・テーブルは、当該信号強度値を、目標より上および下の信号強度値と関連付ける。隣接するサブピクセル信号強度値は当該第二のテーブルに従って修正され、それにより中間トーンの輝度値を持つサブピクセルの数が減らされる。当該サブピクセル・データは、ディスプレイ・モジュール (112-2) に含まれる特定用途向け集積回路 (ASIC) (303) の一部分内で処理されることが望ましい。

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数のサブピクセルを持ったディスプレイ装置上に表示用画像を生成する方法であって、信号強度値を、これに対応する輝度値で少なくとも一つの視野角方向において前記信号強度値の範囲に渡って前記サブピクセルの輝度の特性を示したものの、に関連付けている、輝度データを、デジタル様式にて提供するステップと、

前記画像のある部分のカラーを表している一グループのサブピクセル・データ要素を提供するステップで、前記サブピクセル・データ要素の各々がひとつの信号強度値から構成されるステップと、

明るい輝度値と暗い輝度値の間の中間トーンの輝度値の範囲におけるある輝度値を持った前記サブピクセルの数を減らすために、前記グループ中の前記サブピクセル・データ要素用の前記信号強度値を、前記輝度データに基いて修正するステップと、

前記グループ中の前記サブピクセル・データ要素用の前記修正された信号強度値を、前記ディスプレイ装置上での表示のために出力するステップと、

を有する方法。

**【請求項 2】**

前記修正用ステップが、

ある信号強度値と、それに対応する少なくとも一つの視野角方向における当該サブピクセルの輝度の特性を示した輝度値と、の間の関連性をその各々が提供する、複数のエントリー（記入項目）を、第 1 のメモリに記憶するサブステップと、

ある目標信号強度値と、それに対応する前記目標信号強度値より上および下である一組の信号強度値と、の間の関連性をその各々が提供する、複数のエントリーを、第二のメモリに記憶するサブステップと、

前記グループの前記サブピクセル・データ要素の信号強度値に対応した、前記第 1 のメモリに記憶された特定の輝度値、を確認するサブステップと、

前記第 1 のメモリに記憶された特定の輝度値に基いて第 1 の輝度値を生成するサブステップと、

前記第 1 の輝度値に対応した、前記第 1 のメモリに記憶された第 1 の目標信号強度値、を確認するサブステップと、

前記第 1 の目標信号強度に対応した、前記第 2 のメモリ内に記憶された特定の 1 組の信号強度値、を確認するサブステップと、

前記特定の 1 組の信号強度値に基いて、前記グループ内の前記サブピクセル・データ要素用の信号強度値を修正するサブステップと、

を更に有する、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記グループ内の前記サブピクセル・データ要素が、前記画像内でお互いに隣合ったフル・ピクセルの要素である、請求項 2 に記載の方法。

**【請求項 4】**

前記修正用ステップが、

前記グループ内の前記サブピクセル・データ要素用の信号強度値を前記特定の 1 組の信号強度値に設定するステップ、

を更に有する、請求項 2 に記載の方法。

**【請求項 5】**

前記第 1 の輝度値が前記メモリに記憶された特定の輝度値の平均輝度値を計算することによって導かれる、請求項 2 に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記修正用ステップが、

一組の所定の判定基準を満足するために前記サブピクセル・データ要素を評価するサブステップと、

もし前記判定基準が満足されない場合には前記信号強度値を修正するサブステップと、

もし前記判定基準が満足される場合には前記信号強度値を維持するサブステップと、  
を更に有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記グループの前記サブピクセル・データ要素に対する修正された信号強度値をデジタル形式からアナログ形式のデータ信号へと変換する、デジタル - アナログ変換を実行するステップと、

アナログ形式のデータ信号を、前記グループの前記サブピクセル・データ要素に相当する画像の部分を表示するためにディスプレイ装置のサブピクセルに供給するステップと、  
を更に有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

ディスプレイ装置に不可欠な回路が前記デジタル - アナログ変換を実行し、アナログ形式でのデータ信号を前記ディスプレイ装置のサブピクセルに供給する、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記ディスプレイ装置と有効につながったディスプレイ・サブシステムのディスプレイ・ロジックが、

前記輝度データをデジタル形式で提供し、

前記画像のある部分のカラーを表すサブピクセル・データ要素の前記グループを提供し、

前記輝度データに基いて、前記グループ内の前記サブピクセル・データ要素用の信号強度値を修正し、

前記ディスプレイ装置上での表示のために、前記グループの前記サブピクセル・データ要素用の前記修正された信号強度値を出力する、  
請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

各々のステップが、コンピュータ・システム上で動くアプリケーション・ソフトウェアによって実行される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記画像を表す前記サブピクセル・データ要素が行と列の配列に論理的に区分けされる、  
請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

サブピクセル・データ要素の前記グループが前記アレイの 1 つの行内にある一対のデータ要素を有する、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 13】

サブピクセル・データ要素の前記グループが前記アレイの 1 つの列内にある一対のデータ要素を有する、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 14】

サブピクセル・データ要素の前記グループが、前記アレイ内のデータ要素の 2 × 2 クワッド・ブロックを有するフル・ピクセルの要素である、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 15】

前記修正用ステップが、画像の表示に関して異なった視野角にわたる輝度の知覚可能な変動を緩和すること、を更に有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 16】

前記修正用ステップが、画像の表示に関して異なった視野角にわたるカラーの知覚可能な変動を緩和すること、を更に有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 17】

デジタル処理装置によって読み出し可能であり、複数のサブピクセルを持つディスプレイ装置上に表示用画像を生成するための方法ステップを遂行するデジタル処理装置によって実行可能な命令プログラムを明白に具現化できる、プログラム可能記憶装置であって、信号強度値を、これに対応する輝度値であって少なくとも一つの視野角方向において前記信号強度値の範囲に渡っての前記サブピクセルの輝度の特性を示したものの、に関連付ける

10

20

30

40

50

輝度データをデジタル形式にて提供する方法ステップと、  
前記画像のある部分のカラーを表している一グループのサブピクセル・データ要素を提供する方法ステップであって、前記サブピクセル・データ要素の各々は一つの信号強度値からなる方法ステップと、  
明るい輝度値と暗い輝度値の間の中間トーンの輝度値範囲におけるある輝度値を持った前記サブピクセルの数を減らすために、前記グループ内の前記サブピクセル・データ要素用の前記信号強度値を、前記輝度データに基いて修正する方法ステップと、  
前記グループの前記サブピクセル・データ要素用の前記修正された信号強度値を、前記ディスプレイ装置上での表示のために出力する方法ステップと、  
を有するプログラム可能記憶装置。

10

【請求項 18】

前記修正用ステップが、  
ある信号強度値と、それに対応する少なくとも一つの視野角方向における当該サブピクセルの輝度特性を示した輝度値と、の間の関連性をその各々が提供する、複数のエントリー（記入項目）を、第1のメモリに記憶するサブステップと、  
ある目標信号強度値と、それに対応する前記目標信号強度値より上および下である一組の信号強度値と、の間の関連性をその各々が提供する、複数のエントリーを、第2のメモリに記憶するサブステップと、  
前記グループの前記サブピクセル・データ要素の信号強度値に対応した、前記第1のメモリに記憶された特定の輝度値、を確認するサブステップと、  
前記第1のメモリに記憶された特定の輝度値に基いて第1の輝度値を生成するサブステップと、  
前記第1の輝度値に対応した、前記第1のメモリに記憶された第1の目標信号強度値、を確認するサブステップと、  
前記第1の目標信号強度に対応した、前記第2のメモリ内に記憶された特定の1組の信号強度値、を確認するサブステップと、  
前記特定の1組の信号強度値に基いて、前記グループ内の前記サブピクセル・データ要素用の信号強度値を修正するサブステップと、  
を更に有する、請求項17に記載のプログラム可能記憶装置。

20

【請求項 19】

前記グループ内の前記サブピクセル・データ要素が、前記画像内でお互いに隣合ったフル・ピクセルの要素である、  
請求項18に記載のプログラム可能記憶装置。

30

【請求項 20】

前記第1の輝度値が、前記メモリに記憶された特定の輝度値の平均輝度値を計算することによって導かれる、請求項18に記載のプログラム可能記憶装置。

【請求項 21】

複数のサブピクセルを持つディスプレイ装置上に表示用画像を生成するための装置であって、  
信号強度値と、それに対応する、ある信号強度値の範囲での少なくとも一つの視野角方向における当該サブピクセルの輝度の特性を示した輝度値と、を関連付ける輝度データがデジタル形式にて記憶された第1のメモリと、  
前記画像のある部分のカラーを表している一グループのサブピクセル・データ要素が記憶され、前記サブピクセル・データ要素の各々が信号強度値からなる、第2のメモリと、  
明るい輝度値と暗い輝度値の間の中間トーンの輝度値の範囲におけるある輝度値を持った前記サブピクセルの数を減らすために、前記グループ中の前記サブピクセル・データ要素用の前記信号強度値を、前記輝度データに基いて修正する信号強度コントローラと、  
を有する装置。

40

【請求項 22】

画像を表示するディスプレイ装置と、

50

前記ディスプレイ装置にデータを供給するプロセッサと、を有するコンピュータであって、  
前記データは前記画像を表示するために前記ディスプレイ装置を制御するように構成され、  
また前記データは前記画像が以下のものとして表示されるように構成されるもの、即ち、

第1の部類と第2の部類とに論理的に区分けされた複数のサブピクセルであって、  
第1の部類のサブピクセルには第1の極性のデータ信号が供給され、第2の部類のサブピクセルには前記第1の極性の反対の第2の極性のデータ信号が供給され、サブピクセルは表示画像の知覚可能なフリッカーを低減するように区分けされたものであり、更に、  
サブピクセルは前記画像の少なくとも一部分のカラーを表すデータ要素に対応しており、  
前記データ要素の各々はある信号強度値からなり、明るい輝度値と暗い輝度値の間のある範囲の中間トーンの輝度値における前記信号強度値に対応したある輝度値を持った前記データ要素の数を減らすために前記信号強度値が修正されたコンピュータ。

10

【請求項23】

前記画像を表す前記データ要素が論理的に行及び列に区分けされている、請求項22に記載のコンピュータ。

【請求項24】

前記サブピクセルの各々が、2色以上のカラーからなるあるグループ内の特定のカラーを表すあるデータ要素に対応しており、また、あるフル・ピクセルが前記グループの前記カラーに対応するサブピクセルを有している、請求項23に記載のコンピュータ。

20

【請求項25】

前記修正された信号強度値に対応した前期サブピクセルが、二つ一組のサブピクセルとして配列され、また、各々のサブピクセル対に対して、前記サブピクセル対の第1のサブピクセルの輝度が前記サブピクセル対の平均輝度よりも明るく、前記サブピクセル対の第2のサブピクセルの輝度が前記サブピクセル対の平均輝度よりも暗い、請求項24に記載のコンピュータ。

【請求項26】

前記パターンが、前記行に沿って2フル・ピクセル分の、そして前記列に沿って2フル・ピクセル分の周期性を持っており、また、前記サブピクセル対は、前記画像内でお互いに隣合ったフル・ピクセルの要素である、請求項25に記載のコンピュータ。

30

【請求項27】

前記修正された信号強度値に対応するサブピクセルを有する各々のフル・ピクセルに対して、前記フル・ピクセルを有する前記サブピクセルが、前記サブピクセル対の前記第2のサブピクセルと前記サブピクセル対の前記第1のサブピクセルとの内的一方である、請求項26に記載のコンピュータ。

【請求項28】

前記パターンが、前記行に沿って2フル・ピクセル分の、そして前記列に沿って4フル・ピクセル分の周期性を持っており、また、前記サブピクセル対は、前記画像内でお互いに隣合ったフル・ピクセルの要素である、請求項25に記載のコンピュータ。

【請求項29】

前記修正された信号強度値に対応するサブピクセルを有する各々のフル・ピクセルに対して、前記フル・ピクセルを有する前記サブピクセルが、前記サブピクセル対の前記第2のサブピクセルと前記サブピクセル対の前記第1のサブピクセルとの内的一方である、請求項28に記載のコンピュータ。

40

【請求項30】

前記パターンが、前記行に沿って4フル・ピクセル分の、そして前記列に沿って2フル・ピクセル分の周期性を持っており、また、前記サブピクセル対は、前記画像内でお互いに隣合ったフル・ピクセルの要素である、請求項25に記載のコンピュータ。

【請求項31】

前記修正された信号強度値に対応するサブピクセルを有する各々のフル・ピクセルに対し

50

て、前記フル・ピクセルを有する前記サブピクセルが、前記サブピクセル対の前記第 2 のサブピクセルと前記サブピクセル対の前記第 1 のサブピクセルとの内の一方である、請求項 30 に記載のコンピュータ。

【請求項 32】

前記修正された信号強度値に対応する前期サブピクセルが、前記サブピクセル対の前記第 2 のサブピクセルと前記サブピクセル対の前記第 1 のサブピクセルとの内の一方を有する、隣接する対として配列される、請求項 30 に記載のコンピュータ。

【請求項 33】

前記パターンが、前記行に沿って 2 フル・ピクセル分の、そして前記列に沿って 2 フル・ピクセル分の周期性を持っており、また、前記サブピクセルは、前記サブピクセル対の前記第 2 のサブピクセルの一つによって隔てられた、前記サブピクセル対の前記第 1 のサブピクセルを有する隣接対からなる第 1 の行と、前記サブピクセル対の前記第 1 のサブピクセルの一つによって隔てられた、前記サブピクセル対の前記第 2 のサブピクセルを有する隣接対からなる第 2 の行と、の間を交互に入れ替わりながら幾行にも配置される、請求項 25 に記載のコンピュータ。

10

【請求項 34】

前記第 1 および第 2 の行が、一つのグリーン・サブピクセルによって隔てられたブルーおよびレッド・サブピクセルの隣接対を有する、請求項 33 に記載のコンピュータ。

【請求項 35】

前記第 1 および第 2 の行が、一つのレッド・サブピクセルによって隔てられたブルーおよびグリーン・サブピクセルの隣接対を有する、請求項 33 に記載のコンピュータ。

20

【請求項 36】

前記第 1 および第 2 の行が、一つのブルー・サブピクセルによって隔てられたグリーンおよびレッド・サブピクセルの隣接対を有する、請求項 33 に記載のコンピュータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

当該発明は、液晶ディスプレイ（LCD）に関するものであり、特に液晶ディスプレイの視野角特性の改善に関するものである。

【背景技術】

30

【0002】

現代のほとんどの液晶ディスプレイ・パネルは、明るい状態と暗い状態の間のサブピクセルの信号強度値のある範囲に渡って、粗末な視野角特性（視野角の関数としてのカラー・シフト（色味のずれ）やレベル（階調レベル）反転）に悩まされている。これらのディスプレイで用いられる各種の液晶モードのうち、最も広く使われているのがツイステッド・ネマティック・モード（TNモード）であり、（このモードは）他のモードに比べて視野角特性がより粗末である。典型的にはノーマリー・ホワイト・モードが使用されるので、完全に明るい状態が低印加電圧に対応し、完全に暗い状態が高印加電圧に対応する。ディスプレイ画素は一般にピクセルと呼ばれており、各々のピクセルは通常 3 つのサブピクセル、即ちレッド（赤）、グリーン（緑）、およびブルー（青）のサブピクセルの集まりで構成される。典型的な LCD はストライプ・ピクセル構成をとっており、即ちピクセルの形は正方形で、すべてのサブピクセルは高さがピクセルいっぱい分、幅がピクセルいっぱい分の 3 分の 1 である縦ストライプの形をしている。ノーマリー・ホワイト・モードにおいては、一色当り 8 ビットのドライバを用いると、最も高い印加電圧が信号強度値ゼロに対応し、最も低い印加電圧が信号強度値 255 に対応する。信号強度値はまた、デジタル・ピクセル・レベルとも、デジタル・アナログ変換値（DAC 値）とも呼ばれる。

40

【0003】

粗末な視野角特性は、液晶のセル・ギャップに電圧が印加された時の異なった角度における光の透過度の変動に起因している。ディスプレイの表面に対して垂直に入射する視野

50

角においては、一般にガンマ曲線と呼ばれるが、およそベキ乗則に従って、デジタル・ピクセル・レベルに応じて輝度が増加する。図1は垂直入射における輝度とデジタル・ピクセルレベルとの間の関係を表す理想化されたガンマ曲線である。視野角が垂直入射から離れていくに従い、ガンマ曲線は歪んでゆく。ある所定のデジタル・ピクセル・レベルに対しては、視野角に伴って輝度が大きく変動する。図2は、全ての視野角に渡っての相対輝度の変化の一般的傾向を、デジタル・ピクセル・レベルの関数として示したものである。輝度の変化はピクセル・レベルと単調な相関関係には無く、暗い状態と明るい状態との間のどこかのある範囲のピクセル・レベルにおいて最大の変化が起っている。

#### 【0004】

Ohiraによる米国特許 第5847688号では、一つおきのフレーム毎に新しいアナログ参照電圧一式をデータ・ドライバに与える手法について述べられている。これは、パネルの駆動電子回路に追加の特別な回路が付加されることを必要とする。うまく動作するためには、この方法は異なったガンマ曲線用の参照電圧が2以上のフレーム毎に切り替えられることを必要とする。これは、正負両電圧を連続してピクセルに供給するために必要である。もしフレーム・レートが60Hzであるならばガンマ曲線の切り換えレートは30Hz以下になることになる。もし視野角特性を改善する要求に応じて行った2種類のガンマ曲線間での輝度変調の程度が十分に大きいならば、フリッカー（画面のちらつき）が発生することになる。人間のフリッカーに対する視覚感度は約10Hzでピークであり、30Hzにおける感度は非常に大きい。これに対し、もし液晶の応答速度が、2フレーム時間内に完全に応答するのに十分な速さを持っていないならば、液晶ダイレクタ（液晶分子の配向ベクトル）はセル構造内の平均の位置に留まることになり、輝度は時間と共に変化しないことになる。結果としての輝度値は2種のガンマ曲線の平均値となり、視野角特性におけるいかなる改善もおこなわれないことになる。

#### 【0005】

Ikezakiらによる米国特許 第5489917号では、レベル反転を押えるために、最も低い参照電圧を引き上げることで参照電圧一式を通常の状態から変化させる手法について述べられている。通常のラビング（液晶分子の配向のための薄膜表面をこする操作）と偏光膜構造を伴ったTNモードのLCDにおいては、この方法は上向き方向（下向き視線方向）のみにあってしか視野角を改善しない。レベル反転の状況は下向き方向（上向き視線方向）の方がより強烈であるため、本方法では縦方向の視野角特性における最も目立つ欠陥に対処していない。当該方法は参照電圧の全範囲を減少させることを必要とし、それはパネルのダイナミック・レンジやコントラスト比を著しく低減させる。

#### 【0006】

SID会報27/4巻（1986年）305～8ページ「Halftoning Techniques Using Error Correction」においてG.S. Fawcett及びG.F. Schrackは、限られた階調表現能力を持ついかなる装置、ディスプレイ、あるいはプリンターにおいてでもハーフトーン画像を作り出すための一般的なアルゴリズムについて記述している。Feigenblattらによる米国特許 第5254982号では、比較的信号強度の階調値の数が少ないLCDを対象としていた、時間的に変化する位相シフトを用いたハーフトーン手法について述べられている。FawcettらやFeigenblattらの目的は両者とも、限られた階調表現能力を持つ装置でほとんど連続的なトーンの画像を作り出すことである。本発明は、十分な階調表現能力を持ったLCDでの使用を対象としており、この能力の長所を十分に活かしている。最終的に、FawcettらやFeigenblattらによる手法は、ハーフトーンの処理を用いて視野角特性の改善を行う方法は提供していない。

#### 【0007】

ハネウエル及びホシデン・コーポレーションの両者によってなされた研究においては、TNモードのTFTLCDの許容できる視野角の範囲を広げるために分割ピクセル構造が用いられてきた。この研究は、SarmaらによるSIDダイジェスト（1989年）148～150ページ「Active-Matrix LCDs Using Gray-Scale in Halftone Methods」、Sarma

10

20

30

40

50

らによるSIDダイジェスト(1991年)555~557ページ「A Wide-Viewing-Angle 5-in.-Diagonal AMLCD Using Halftone Grayscale」、SunataらによるInt. Display Res. Conf.会議資料(1991年)255~257ページ「A Wide-Viewing-Angle 10-Inch-Diagonal Full-Color Active Matrix LCD Using a Halftone-Grayscale Method」、およびUgaiらによるElectronics and Communication in Japan第2部 80巻 第5号(1997年)89~98ページにおいて記述された。この研究の要約はまた、Ohiらによる米国特許 第5847688号においても与えられている。この手法では、各サブピクセルは2個のより小さな分割サブピクセルに分けられる。2個の分割サブピクセルに対し異なったピクセル電圧を与えるために、2つの分割サブピクセルの異なった負荷容量と組合せて追加の蓄積容量が利用される。このように、2つの分割サブピクセルの組合せに対して印加される所定のサブピクセル電圧に対して、当該分割サブピクセルの(光の)透過は同じではない。この手法は当該著者らによって「ハーフトーン階調方式」として記述されている。当該方式は、一方の分割サブピクセルが他方よりも明るいという点においてハーフトーンである。両分割サブピクセルに印加される電圧の比は両容量の比としてなぞらえるので、電圧の比は全てのサブピクセルのレベルにおいてほぼ同じになることになる。所定のサブピクセル電圧と別のより低いサブピクセル電圧とに対し、当該2つの小サブピクセルの透過特性および視野角特性は同じでは無い。2つの小サブピクセルからの光を混ぜ合わせるにより、視野角特性もまた混ぜ合わさり、単一サブピクセルの場合と比べて改善される。このアプローチの主な欠点は、ガラス・パネル上のアレイ(画素配列)内に特別なサブピクセル構造を必要とするということである。今日までこの技術は、 $159\mu\text{m} \times 477\mu\text{m}$ ほどの小ささのサブピクセルを含む航空機キャビン娯楽用ディスプレイにうまく適用されてきた。ピクセル面積が減少するに従い、追加の蓄積容量及び分割ピクセル構造は実現するのが著しく困難になる。このことは、多数でかつ密度の高いピクセルが必要とされるコンピュータ情報ディスプレイに本アプローチが適用できる範囲を限定する。例えば、200ピクセル/インチのディスプレイはおおよそ $42\mu\text{m} \times 126\mu\text{m}$ のサブピクセル寸法を必要とする。

10

20

30

40

#### 【0008】

OguraらによるSIDダイジェスト(1992年)593~596ページ「A Wide-Viewing-Angle Gray-Scale TFTLCD Using Additive Gray-Level Mixture Driving」においては、付加的なグレイ・レベル混合駆動を用いることによってTFTLCDの視野角特性を改善する手法が述べられている。その動作においては、奇数番目の列にあるピクセルは、偶数番目の列にあるピクセルとは異なった電圧を印加される。列間の電圧差は液晶材のしきい値電圧よりわずかに低い定数値で与えられる。当該手法はデュアル・バンクのデータ・ドライバ配置を必要とし、交互の列がそれぞれアレイの上側及び下側のデータ・ドライバ・チップに接続される。更に、当該上部と下部の各バンクのデータ・ドライバ・チップにはそれぞれ異なる参照電圧一式が供給されなければならない。このアプローチはノーマリー・ホワイト、ツイステッド・ネマティック、OモードLCDに適用された。縦方向の視野範囲が約10度増加することがわかった。この論文には、一対のピクセル列を組み合わせて視野角特性を改善できることがわかったことが表されている。当該手法の一つの欠点は特別なガラス上の構造、即ちデュアル・バンク構造が必要であるということである。制御用電子回路もまた追加の参照電圧一式を提供できるように修正されなければならない。今一つの問題は、列ピクセル電圧間が一定のオフセットでは、すべてのレベルに対して、両方の列が同じピクセル電圧を持つ場合に匹敵するほどの輝度を得られないであろうということである。これは、すべてのツイステッド・ネマティック・モードのLCDに特有であるS字型(光)透過対電圧特性の結果である。入力ピクセル・データに関係なく一定のオフセット電圧を持つことはまた、繊細な画像パターンで問題を引き起こす。チェッカーボードあるいは交互に並ぶ列のような画像パターンは正確に描画されないであろう。ピクセル・データがオフセット電圧に一致するような特定のパターンでは、輝度が倍になるかあるいは全く消えてしまうかもしれないかのいずれかが起り得る。

50



## 【 0 0 0 9 】

液晶ディスプレイの視野角特性を改善するその他の手法は、修正されたあるいは特別な、ピクセル構造、液晶モード、あるいはパネル・アレイ内の配線を必要とする。その他の手法の例としては、デュアル・ドメイン T N モード、マルチ・ドメイン垂直配列 ( M V A )、及びイン・プレーン・スイッチング ( I P S ) がある。ガラスのパネル内に特別な構造を必要とするこれらの手法は、特別な構造を避けた手法よりも本質的に開発や製造のコストが高い。I P S モードは一般に動作時に他のモードよりも多くの電力を必要とする。それ故、これらの手法は、ノートブック・コンピュータのディスプレイよりもデスクトップ・モニターに対して、より一般的な適用性を持っている。更には、特別なピクセル構造により総有効面積の多くの部分が視野角を改善する目的に割かれてしまうので、これらのアプローチの多くは一般に高精細のピクセル・アレイには拡張できない。残りの部分は、ピクセルの面積が減少するに連れ、設計時に達成できる開口面積を制限する。複雑なピクセル構造はまた、高歩留まりで製造するのが困難である。

## 【 特許文献 1 】

Ohi他、米国特許 第 5 8 4 7 6 8 8 号

## 【 特許文献 2 】

Ikezaki他、米国特許 第 5 4 8 9 9 1 7 号

## 【 非特許文献 1 】

G.S. Fawcett及びG.F. Schrack、S I D 会報 2 7 / 4 巻 ( 1 9 8 6 年 ) 3 0 5 ~ 8 ページ  
「Halftoning Techniques Using Error Correction」

## 【 特許文献 3 】

Feigenblatt他、米国特許 第 5 2 5 4 9 8 2 号

## 【 非特許文献 2 】

Sarma他、S I D ダイジェスト ( 1 9 8 9 年 ) 1 4 8 ~ 1 5 0 ページ「Active-Matrix LCDs Using Gray-Scale in Halftone Methods」

## 【 非特許文献 3 】

Sarma他、S I D ダイジェスト ( 1 9 9 1 年 ) 5 5 5 ~ 5 5 7 ページ「A Wide-Viewing-Angle 5-in.-Diagonal AMLCD Using Halftone Grayscale」

## 【 非特許文献 4 】

Sunata他、Int. Display Res. Conf. 会議資料 ( 1 9 9 1 年 ) 2 5 5 ~ 2 5 7 ページ「A Wide-Viewing-Angle 10-Inch-Diagonal Full-Color Active Matrix LCD Using a Halftone-Grayscale Method」

## 【 非特許文献 5 】

Ugai他、Electronics and Communication in Japan 第 2 部 8 0 巻 第 5 号 ( 1 9 9 7 年 ) 8 9 ~ 9 8 ページ

## 【 非特許文献 6 】

Ogura他、S I D ダイジェスト ( 1 9 9 2 年 ) 5 9 3 ~ 5 9 6 ページ「A Wide-Viewing-Angle Gray-Scale TFTLCD Using Additive Gray-Level Mixture Driving」

## 【 発明の開示 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 1 0 】

従って、当該技術分野において、現代の液晶ディスプレイ・パネルの、特にノートブック・コンピュータのディスプレイ用の、視野角特性を改善する効果的で低コストの仕組みを提供する必要性が残る。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 1 】

本発明の方法および装置は、液晶ディスプレイの視野角特性を改善するための非常に低コストの方法を提供する。本発明は、パネルのサブピクセルの非理想的な輝度特性を考慮に入れたディザリング手法を用いることでディスプレイのサブピクセルの ( デジタル形式における ) 信号強度値を修正し、その結果、広範囲の視野角に渡るレベル反転やカラー・

シフトを抑えるか除去することで表示画像を改善する、効率的な機構を提供する。

【0012】

本発明によれば、パネルに供給されるデータは修正され、それ故、実施するのが高価で困難な、液晶セル、ピクセル構造、あるいはガラス・パネルを修正したり変更したりする必要は無い。本発明は、ディスプレイ・サブシステム、ディスプレイ・モジュール内のコントローラ電子回路、あるいはオペレーティング・システムやアプリケーション・ソフトウェアの中で実施することができる。ピクセルの精細度が増すに従い、本手法の画質と全般的な性能は向上する。物理的なピクセル構造の変更を必要とする他手法と違って、本発明はピクセル精細度が増すに連れ実施するのが容易になる。当該手法はガラス・パネル内に特別な構造を必要としないし、十分な階調表現能力を持ったLCDでの使用を対象としており、そのパネルの十分なダイナミック・レンジと同様にその能力を十分に活用している。それに加え、以下により詳細に述べるように、テキスト、線画、あるいはその他の情報を含んだ画像データを維持することができる。データのみが改められるので、当該方法あるいは機構は、その機能を完全に止めたりあるいは視野角特性をどこまで変更するかを程度を改めたりする選択機能付きでユーザーによってコントロールすることができる。本発明においては、視野角に伴う輝度変化とカラー変化の両方が低減される。

10

【0013】

本発明は、視野角特性を改善するだけでなく、サブピクセルの色を振舞いの良い状態の範囲に限定することで、描画できる色の数を減らすこと無しにカラー・マネジメントやカラー・コントロールを改善する、ということのために用いることもまた可能である。

20

【0014】

本手法は視野角によるばらつきがあるいかなる液晶ディスプレイに適用することも可能である。例としては、薄膜トランジスタ液晶ディスプレイ(TFTLCD)、もしくはアクティブ・マトリックス液晶ディスプレイ(AMLCD)として知られるものがある。アレイ内のピクセルをアドレス指定するアクティブ薄膜トランジスタ・デバイスは、アモルファス・シリコン(a-Si)、多結晶シリコン(poly-Si)、単結晶シリコン、あるいは有機物質といったいかなる物質からでも作ることも可能である。当該発明はまた、パッシブ・マトリックスLCD、もしくはスーパー・ツイステッド・ネマティック液晶ディスプレイ(STN LCD)や強誘電体LCDとして知られるものと言った、他の種類の液晶ディスプレイ装置にも適用可能である。

30

【0015】

本発明による改善された画像を生成する方法においては、ある画像のデータ要素に関連する信号強度値が、明るい信号強度値と暗い信号強度値の間の中間トーンの信号強度値の個数を減らすように修正される。信号強度値は、液晶ディスプレイの少なくとも1つの視野角における、信号強度に対するサブピクセル輝度の相関関係に従って修正される。信号強度値はまた、画像のデータ要素に関する他の明確な条件に従っても修正される。例えば、画像のある部分のデータ要素がある判定基準を満たすならば、信号強度値の修正はされない。

【0016】

ある実施の形態において、LCDディスプレイの少なくとも1つの視野角方向におけるサブピクセルの信号強度値と輝度値の間の関連付けを提供する第1の複数個のエントリー(記入項目)が与えられる。更に、目標信号強度値と、中間トーンの信号強度の範囲外の信号強度値と、の間の関連付けを提供する第2の複数個のエントリーが与えられる。画像データ用の第1の複数個のエントリーを用いてサブピクセル信号強度値から第1の輝度値を生成することによって、そして第1の複数個のエントリーを用いてその輝度に対応する目標信号強度を特定することによって、更に第2の複数個のエントリーを用いて中間トーンの範囲外の信号強度を特定することによって、信号強度値が中間トーン値の個数を減らすように修正される。

40

【0017】

50

本発明による実施の装置は、ディスプレイ・コントローラの電子回路にあるピクセル・データ・プロセッサであり、ディスプレイ・パネル・モジュールに含まれる特殊用途向け集積回路（ASIC）の一部として具現化される。ピクセル・データ・プロセッサは、明るい信号強度値と暗い信号強度値の間の中間トーンの信号強度値の個数を減らすように、ある画像のデータ要素に関連した信号強度値を修正する。信号強度値は、液晶ディスプレイの少なくとも1つの視野角ないしは視野角範囲における、信号強度に対するサブピクセル輝度の相関関係に従って修正される。

#### 【0018】

本発明の上記やその他の特徴や長所は、付随の図面に関連した当該発明の実施の形態の以下の記述により明らかになるであろう。

10

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0019】

本発明を具現化する模範的なシステムの全体的なアーキテクチャを図3に表す。ここに示されたように、コンピュータ・システム100は、作動時にシステム・メモリ104や他のコンポーネントにシステム・バス106を介して結合されるプロセッサ102を含んでいる。システム・メモリ104には、コンピュータ・システム100のオペレーティング・システムや、もし必要ならアプリケーション・ソフトウェアを記憶するランダム・アクセス・メモリ104が含まれる。記述上、システム・バス106は単一のバスとして示されているが、当該技術分野に精通しているものであれば、当該システム・バスは、コンピュータ・システム100のアーキテクチャおよび設計によって決まる1つ以上のバス（異なったバス・プロトコルを用いることがある）から成ることがあることは容易に明らかである。例えば、システム・バス106は、現代のインテル準拠のアーキテクチャ・システムにおいて典型的であるように、階層的様式で体系化された複数のバスからなることがある。オペレーティング・システムおよびアプリケーション・ソフトウェアは、一般的に固定ディスク・ドライブやその他の不揮発性メモリといった固定記憶装置109からシステム・メモリ104にロードされる。更に、オペレーティング・システム及びアプリケーション・ソフトウェアは、モデム、ローカル・エリア・ネットワーク・アダプターのネットワーク、ワイド・エリア・ネットワーク・アダプター、あるいはその他の通信装置といった通信アダプター（図示せず）を介してネットワーク・リソースからシステム・メモリ104にロードされることがある。入出力（I/O）装置108は、作動時にシステム・バス106を介してプロセッサ102に結合される。I/O装置108には、キーボード、テキスト入力用のテンプレートやタッチ・パッド、マウスやトラックボールあるいはユーザー入力用ライト・ペンといったポインティング・デバイス、および音声入力用の音声認識が含まれることがある。

20

30

#### 【0020】

オペレーティング・システムはコンピュータ・システム100のハードウェア・リソースの割当てと使用を制御し、アプリケーション・ソフトウェアが構築される土台となる。アプリケーション・ソフトウェアは、オペレーティング・システムおよび特定タスク実行用のユーザー入力と連動して動作する。アプリケーション・ソフトウェアの例にはワード・プロセッサ、スプレッドシート（表計算）・プログラム、ウェブ・ブラウザ、ビデオ・プレイヤー、3-D（3次元）モデリング及びナビゲーション・ソフトウェア、3-Dゲーム・ソフトウェア、などがある。

40

#### 【0021】

コンピュータ・システム100は、プロセッサ102とシステム・メモリ104にシステム・バス106を介してインターフェースするディスプレイ・サブシステム110を含んでいる。一般に、ディスプレイ・サブシステム110は、プロセッサ102により生成されシステム・バス106を介してディスプレイ・サブシステム110に転送されたコマンドに基き、ディスプレイ装置112上で表示用の画像を生成するように動作する。

#### 【0022】

オペレーティング・システムには、ディスプレイ装置上で表示用の画像を生成する目的で

50

コマンドやデータをディスプレイ・サブシステム 110 に転送するために、オペレーティング・システムの他の部分やアプリケーション・ソフトウェアで使われる、プログラミング・インターフェース（以後、グラフィクス・プログラミング・インターフェースと呼ぶ）の実施が含まれる。より具体的には、オペレーティング・システムまたはアプリケーション・ソフトウェアは、（テキスト・データ、ビットマップ・ピクセル・データ、3次元グラフィクス・データといった）データを、ディスプレイ・サブシステム 110 の使用に適した形にてシステム・メモリ 104 にロードするため、グラフィクス・プログラミング・インターフェースと連動して機能する。更に、オペレーティング・システムまたはアプリケーション・ソフトウェアは、ディスプレイ・サブシステム 110 の使用に最適な形のデータに関連するコマンドを生成するため、グラフィクス・プログラミング・インターフェースと連動して機能し、システム・バス 106 を介して当該コマンドをディスプレイ・サブシステム 110 に転送する。ディスプレイ・サブシステム 110 は、ディスプレイ装置上に表示用の画像データを生成するためのコマンドによって指示された演算を実行する。ディスプレイ・システムに転送されるコマンドは、例えば、直線を描画するコマンド、ウィンドウを描画するコマンド、ビットマップ画像を面描画するコマンド、3次元画像を面描画するコマンド、ビデオ・ストリームを解読するコマンド、等のことがある。ディスプレイ装置 112 がピクセルを表示するのに、（CRTディスプレイ装置のような）ラスタ・スキャン手法が利用されるかもしれないし、あるいは（液晶/TFTディスプレイ装置のような）アレイ・スイッチング手法が利用されるかもしれない。

10

20

30

40

50

#### 【0023】

以下に述べるように、本発明のディスプレイ・サブシステム 110 は、例えば、少なくとも 1 つのプログラマブル・シーケンサ（プログラム可能な順序論理回路）を含むゲート・アレイやチップ・セット、メモリ、整数演算処理ユニット、そして必要なら浮動小数点ユニット、としてハードウェアに実現されることがある。更に、ディスプレイ・サブシステム 110 は並列またはパイプラインのアーキテクチャを備えることがある。別の方法では、ディスプレイ・サブシステム 110 は、プロセッサを伴ってソフトウェアに実現することがある。当該プロセッサは、従来型の汎用プロセッサであるかもしれないし、ホスト・プロセッサ 102 の一部であるかもしれないし、あるいはホスト・プロセッサ 102 に組み入れられたコプロセッサの一部であるかもしれない。

#### 【0024】

ディスプレイ・サブシステム 110 の一例を図 4 に示す。より具体的には、模範的なディスプレイ・サブシステム 110 は、ディスプレイ・サブシステム 110 の他の要素により実行される操作を管理するコントロール・プロセッサ 200（図示せず）を備える。ディスプレイ・サブシステム 110 はホスト・インターフェース 202 を介してシステム・バス 106 に接続され、システム・バス 106 の通信プロトコルを実行することによりシステム・バス 106 に対するデータの読み書きを行う。

#### 【0025】

ディスプレイ・サブシステム 110 は、ディスプレイ装置 112 上での表示用の画像データを生成するためにシステム・バス 106 を介して受け取ったコマンドによって指示される操作を実行するディスプレイ・ロジック（論理回路）を備える。ディスプレイ・ロジック 204 は、マイクロプロセッサを備えているかもしれないし、あるいはある特定の種類の操作を実行するための特殊用途のハードウェアを備えているかもしれない。

#### 【0026】

ディスプレイ・ロジック 204 により生成される画像データは、メモリ・コントローラの制御の下にフレーム・バッファ 206 に記憶される。更に、フレーム・バッファ 206 の内容はメモリ・コントローラ 208 とホスト・インターフェース 202 とを介してシステム制御プロセッサに読み戻されたり転送されることが可能である。

#### 【0027】

フレーム・バッファ 206 は、一般的にディスプレイ装置 112 の各ピクセル用の（デジタル形式の）カラー・データを記憶するのに十分なメモリを持っている。従来より、カ

ラー・データは、各ピクセルのレッド、グリーン、およびブルー（r、g、b）の色を表している3組のビット列（例えば、3つの8ビット整数値）で構成されている。従来より、フレーム・バッファ206は、各々がnビットの深さの行と列のからなるマトリクス（行列）形式で配置されており、特定の行と列のアドレスがディスプレイ装置112上のピクセルの位置に対応している。更に、ディスプレイ・サブシステム110は2つのフレーム・バッファを備えることがある。従来のシステムにおいては、当該（2つの）フレーム・バッファの内の一方が動作中の表示部分としての機能を果たし、一方でもう一方のフレーム・バッファは後に続く表示のために更新される。どちらのフレーム・バッファも、システム100の必要に応じて動作状態から非動作状態へ切り替わることがあるが、切り替えを完遂する特定の方法については本発明とは関係がない。

10

**【0028】**

ディスプレイ・サブシステム110はまた、ピクセル・データのフレーム・バッファ206からディスプレイ装置112への転送を制御するビデオ・タイミング信号を生成するビデオ・タイミング・ロジック214をも備える。より具体的には、ビデオ・タイミング・ロジック214は、ピクセル・クロック信号、水平同期信号（あるいはHSYNCH信号）、そして垂直同期信号（VSYNCH）を生成する。ピクセル・クロック信号は、ディスプレイの所定のライン（行）のピクセル間の（時間）経過を表している。HSYNCH信号は、ディスプレイ装置のあるラインから次のラインまでの（時間）経過を表しており、またVSYNCH信号はディスプレイ装置のあるフレーム（即ち、あるフレームの最後のライン）から次のフレーム（即ち、次のフレームの最初のライン）までの（時間）経過を表している。

20

**【0029】**

ビデオ・タイミング信号はメモリ・コントローラ208に供給され、供給された当該ビデオ・タイミング信号に基いてアドレス信号が生成される。メモリ・コントローラ208で生成されたアドレス信号は、フレーム・バッファ206のピクセルの位置を循環するようにフレーム・バッファ206に供給される。各々のアドレス・サイクルにおいて、1つ以上のピクセル用のピクセル・データがフレーム・バッファ206から読み出され、パレットDAC220に転送される。

**【0030】**

パレットDAC220は、フレーム・バッファ206からのピクセル・データ出力をディスプレイで用いられるカラー空間（例えば、24ビット整数値かもしれない）に割り当てる。当該パレットDACは、ビデオ・タイミング・ロジック214で生成されたピクセル・クロック信号に同期して機能するテーブル参照を利用することが望ましい。

30

**【0031】**

コンピュータ・システム（例えば、デスクトップ型コンピュータ・システム）において、パレットDAC220は、CRTモニターなどのビデオ装置112-1へ出力するために当該変換されたピクセル・データをNTSC信号、MP EGビデオ信号ビデオ信号、あるいはHDTV信号といったビデオ信号へと符号化する（働きの）ビデオ・エンコーダ（符号器）230に対して、当該変換されたピクセル・データを転送する。ビデオ装置112-1はデコーダ（復号器）と、ディスプレイ・コントローラと、当該ビデオ信号を復号しかつそこに復号されたピクセル・データによって表される画像を表示するディスプレイとを備える。

40

**【0032】**

いくつかのコンピュータ・システム（例えば、ノートブック型コンピュータ）においては、パレットDAC220は変換されたピクセル・データを、通常は一度に1ピクセル、シリアル・リンク・トランスミッタ222に転送する。シリアル・リンク・トランスミッタ222は、ピクセル・データを受け取り、ピクセル・データをビット・ストリームにシリアルライズ（直列化）し、そして高速シリアル・チャネルで当該ビット・ストリームをディスプレイ・モジュール112-2に転送する。ディスプレイ・モジュール112-2は、ビット・ストリームを受け取るシリアル・リンク・レシーバ224を備える。シリ

50

アル・リンク・トランスミッタ 2 2 2 およびレシーバ 2 2 4 は、ビデオ・タイミング・ロジック 2 1 4 によって生成されるピクセル・クロックに同期して機能することが望ましい。シリアル・リンク・トランスミッタ 2 2 2 およびレシーバ 2 2 4 の一例は、ナショナル・セミコンダクター社製造の D S 9 0 C R 3 8 3 / D S 9 0 C R 2 8 4 チャネル・リンクである。更に、シリアル・リンク・トランスミッタ 2 2 2 とレシーバ 2 2 4 の間で通信される信号は、ビデオ・タイミング・ロジック 2 1 4 で生成されたピクセル・クロック信号に由来してシリアル・リンク・トランスミッタ 2 2 2 で生成されたクロック信号を含んでいることが望ましい。シリアル・リンク・レシーバ 2 2 4 は、シリアル・リンク・トランスミッタ 2 2 2 とレシーバ 2 2 4 の間で通信されるクロック信号を、ピクセル・クロック信号を再構成するのに利用する。例えば、シリアル・リンク・トランスミッタ 2 2 2 とレシーバ 2 2 4 の間で通信されるクロック信号は、 $2N$ （ここで、 $N$  は 0 以上の整数値）の係数で分周されたピクセル・クロック信号であるかもしれない。

10

#### 【0033】

シリアル・レシーバ 2 2 4 はシリアル・ビット・ストリームからピクセル・データを再生し、当該ピクセル・データをディスプレイ・コントローラ 2 2 6 に転送する。更に、シリアル・リンク・レシーバ 2 2 4 はシリアル・リンク・トランスミッタ 2 2 2 とレシーバ 2 2 4 の間で通信されるクロック信号をピクセル・クロック信号を再構成するのに利用し、当該ピクセル・クロック信号をディスプレイ・コントローラ 2 2 6 に転送する。ディスプレイ・コントローラ 2 2 6 は、ディスプレイ・アレイ 2 2 8 に供給する信号を生成し、それにより表示用画像を生成するために、シリアル・リンク・レシーバ 2 2 4 から受け取ったピクセル・クロック信号とピクセル・データを利用する。

20

#### 【0034】

ディスプレイ・コントローラ 2 2 6 は、所定の駆動手順（例えば、行反転、列反転、あるいはドット反転）を表示用画像を生成するのに利用する。図 5 は、図 4 のディスプレイ・コントローラ 2 2 6 およびディスプレイ・アレイ 2 2 8 の模範的な実施例を表す。

より具体的には、ディスプレイ・コントローラ 2 2 6 は、シリアル・レシーバ 2 2 4 によって転送されるピクセル・データを記憶するためのメモリ 3 0 1 を備える。（主にコントローラやゲート・アレイによって具現化される）ピクセル処理用回路 3 0 3 は、メモリ 3 0 1 に記憶されたピクセル・データを変換し、当該変換されたピクセル・データをディスプレイ・アレイ 2 2 8 に出力する。ディスプレイ・アレイ 2 2 8 は液晶セル制御回路 3 1 0、液晶セル 3 1 8、およびバックライト 3 2 4 を備える。液晶セル制御回路 3 1 0 は、パネル・ドライバ・コンポーネントとして、LCD コントローラ L S I 3 1 2、ソース・ドライバ 3 1 6、およびゲート・ドライバ 3 1 4 を備える。LCD コントローラ L S I は、レシーバ 2 2 4 によって供給されたピクセル・データ・クロックを含み、ディスプレイ・コントローラ 2 2 6 によって受け取られた、変換されたピクセル・データを処理し、そしてピクセル・データ・クロックから生成されたタイミング制御信号を含む信号をソース・ドライバ 3 1 6 とゲート・ドライバ 3 1 4 とに出力する。ソース・ドライバ 3 1 6 は、供給されたピクセル・データに対応する（アナログ形態の）階調信号を生成し、ディスプレイ・アレイの適切なデータ線上に当該（アナログ形態の）階調信号を出力する。ソース・ドライバ 3 1 6 の一例は、テキサス・インスツルメンツ社により製造および販売されている M P T 5 7 4 8 1 ソース・ドライバである。ゲート・ライン・ドライバ 3 1 4 は、データ線上に供給された（アナログ形態の）階調信号をディスプレイ・アレイ内の適切なサブピクセルに対して供給するために、ディスプレイ・アレイ内の作動中の適切なサブピクセルに対してアドレスをする信号を生成する。ゲート・ライン・ドライバ回路 3 0 9 の一例は、テキサス・インスツルメンツ社により製造および販売されている M P T 5 7 6 0 4 ゲート・ドライバである。バックライト 3 2 4 は、液晶セル 3 1 8 に背面あるいは側面から光をあてる。バックライト 3 2 4 は、蛍光管 3 2 0 とインバータ電源 3 2 2 とを備える。ディスプレイ・コントローラ 2 2 6 にはまた、ユーザーが例えば視野角特性を変える程度を調整することを可能にするために、ユーザー・インターフェース 3 0 5 が備わることがある。

30

40

50

## 【 0 0 3 5 】

本発明によれば、ディスプレイ・アレイに送られたデータは、液晶ディスプレイの視野角特性を向上させるように修正される。データの修正は、ディスプレイ・サブシステム内のハードウェア内で実施されるかもしれないし、あるいは好みによっては、完全にディスプレイ・モジュール内のコントローラ電子回路のデータ処理部内であるかもしれないし、あるいはまたオペレーティング・システムやアプリケーション・ソフトウェア内であるかもしれない。ソフトウェアは、ディスプレイを持ったコンピュータ・システムが可読ないかなる媒体、例えばディスク、テープ、CD等、にも存在する可能性がある。

## 【 0 0 3 6 】

データ修正の手順は、輝度や視野角特性といった液晶ディスプレイの性質に依存している。現在使われている液晶ディスプレイは、明るい状態においては良好な視野角特性を持っている。暗い状態での視野角特性は粗末であるかもしれないが、輝度が比較的小さいので、視聴者の感覚に影響を与えない。明るい状態と暗い状態の間の輝度のあるレベルあるいは範囲においては、輝度は視野角にともなう均等分布あるいはランバート分布から大きく逸脱し、一部の視野角においては、輝度はピクセル・レベルに対して単調に増加しない。このことは、カラー・シフトやコントラスト反転を引き起こしたりして、画像の品質に悪影響を及ぼす。より明るいあるいは暗いレベルのほうを選んでこれらの問題のある中間トーンのレベルを削除することで、本発明は視聴者にとって好ましい輝度レベルを達成しているが、良好な視野角特性を持ったディスプレイ要素を利用してそうしているのである。視野角特性の改善は、画像の解像度を幾分か喪失することと併さって達成されるのである。

## 【 0 0 3 7 】

液晶ディスプレイのサブピクセル輝度は、おおよそはデジタル・ピクセル・レベルに依存したベキ乗則に従っており、時にはガンマ特性あるいはガンマ曲線と呼ばれる。理想的には、入力デジタル・サブピクセル・レベルに対するサブピクセル輝度は、以下の数1で与えられる単純な関係に従う。 $Y_{max}$ および $Y_{min}$ は、ディスプレイに対して垂直に入射したときの最大および最少の輝度であり、 $n$ はピクセル・デジタル・レベルあるいはDACレベルである。8ビット・カラーのディスプレイにおいては、各サブピクセルは256レベルあり、レベルは0から255までの範囲に渡っている。(ガンマ) = 3.0、 $Y_{max} / Y_{min} = 500$ に対するこの関係を示すプロットが図6に与えられている。

## 【 数 1 】

$$Y = Y_{min} + (Y_{max} - Y_{min}) \cdot (n/255)^{\gamma}$$

多くの液晶ディスプレイは正確にはこの関係に従わず、代わりにS字曲線を持つガンマ特性を見せ、即ち、最大輝度はどこかレベル255よりも低いピクセル・レベルにて現れる。ノートブック型コンピュータに見受けられる典型的な液晶ディスプレイ用のS字ガンマ曲線の一例もまた図6に示す。典型的な液晶セルはセル電圧に対する(光)透過特性を持ち、それもまたS字をしている。透過特性のS字がS字ガンマ曲線をもたらししているとしばしば誤って思い込まれる。ガンマ曲線の形は、ピクセル・レベルと液晶パネルに供給される駆動電圧との間の関係を特別に選択することによって決定される。

## 【 0 0 3 8 】

TFTLCDで用いられるほとんどの液晶モードとピクセル・セル構造にとって、輝度は視野角に対して一定に維持されない。その上、ある範囲の視野角における対視野角の輝度変化は、ピクセル・レベルが明るい状態から減少していくに連れて大きくなる。図7および図8に、すべてのサブピクセルが同じ値( $R = G = B$ )、即ちグレイ条件でのレベル255および0での、ツイステッド・ネマティック・モードのTFTLCDにおける対視野角の輝度の極座標プロットの例が与えられる。全ピクセル・レベル範囲(0から255)に渡って表示された特性の範囲を考慮すると、特定の視野角においては、ピクセル・レベルのある範囲に渡っての輝度は、垂直入射におけるガンマ曲線と比べて過度に明る

いか、あるいはまた当該ガンマ曲線に比べて過度に暗いことがあり得る。いくつかの液晶の構成においては、特定の視野角において、ピクセル・レベルに対する輝度の関係が逆転し得る、即ち、低い方のピクセル値における輝度が、高い方のピクセル値における輝度よりも明るくなり得る。この状態は、レベル反転とも呼ばれており、この範囲のピクセル値でこれらの角度で眺められた画像は、コントラストの反転を示す。ツイステッド・ネマティック・モードの液晶ディスプレイにおいては、これら全ての影響が一般に発生する。ツイステッド・ネマティック・モード以外の広視野角モードの液晶ディスプレイにおいても、視野角に伴う輝度（およびカラーの）変化はあるが、それらは一般にレベル反転は示さない。

#### 【0039】

ツイステッド・ネマティック・モードの液晶ディスプレイにおいては、最も強い輝度変化は、縦方向において入射の視野角が垂直入射より下側から垂直入射より上側に変化するに連れて発生する。ツイステッド・ネマティック・モードの液晶ディスプレイにおける縦方向視野角に対する輝度特性の一例は図9に示されており、輝度の極座標プロットを方位角90度で縦方向に切断したのに対応する曲線群からなる。視野角（シータ）の正の値はパネルの法線に対して上側の方向（下目に見るように）に対応しており、視野角の負の値はパネルの法線に対して下側の方向（上目に見るように）に対応している。ピクセル・レベルが255から0へと減少するに連れ、輝度のピークがシータが縦方向視野角0（度）から正のシータ角へ移動しているのが分かる。入射角が0から大きくなるに従い、輝度曲線はより接近していき、最大のピクセル・レベルに向って収束していく。この領域での輝度の様子は過度に明るい。入射角が0から小さくなるに従い、輝度曲線群は相対的間隔をほとんど維持しているが、全体的に見た曲線の大きさは、正の入射角の場合に比べて、より急激に入射角に連れて落ち込んでいる。この領域での輝度の様子は過度に暗い。最低のピクセル・レベルにおいては、視野角の負の値が大きくなるに連れ輝度曲線は交差し、先に述べたレベル反転状態に該当することになる。正の最大の入射視野角とピクセル・レベルにおいてもまた、いくらかのレベル反転が存在し得る。

#### 【0040】

図10には、縦方向視野角 - 62度における対ピクセル・レベルの輝度のプロットが、図9におけるデータ用に示されている。この視野角においては、輝度は一般に局部的最大を示しており、ガンマ型の関係には従っていない。輝度は単調ではなく、レベル範囲の中間点より下の中間トーンのグレイ・レベルにおいて最高点に達している。この輝度は、中間域のピクセル・レベルで最大誤差を持つ誤差関数だと見ることもできる。

#### 【0041】

レベル反転の影響をより詳しく調べるために、図11に示すように、図9のデータから一群の差分コントラスト比のプロットを構成することができる。差分コントラスト比とは選ばれたピクセル・レベル間の輝度の比である。図11には、いくつかのレベル比が示されている。理想的には、2つのレベル $n_1$ と $n_2$ の間の差分コントラスト比（ $CR'$ ）は、ガンマの関係から次式に従うべきである。

#### 【数2】

$$CR' \simeq (n_1/n_2)^{\gamma}$$

図11においては、差分コントラスト比がこの関係に従わないのは明白である。0度から+35度の範囲の入射視野角では、垂直入射角付近でのLCDに典型的な非理想的なガンマ関係を反映して、差分コントラスト比は比較的良い性質を維持している。+35度から+80度の範囲の入射視野角においては、最も高いレベルからなる差分コントラスト比は1より下に落ち、レベル反転を示す。0度から-80度までの範囲の入射視野角においては、差分コントラスト比特性は許容できる性質から非常に大きく逸脱している。レベル31より下の最も低いピクセル・レベルにおいては、縦方向視野角がおよそ-10度のところで差分コントラスト比の最小値が1付近の値に達する。ピクセル・レベルが

10

20

30

40

50



増加するに連れ、差分コントラスト比の最小値は1より下に大きく落ち込み、比の最小値をとる場所は入射視野角の負の大きい方へ移動していく。最も小さい差分コントラスト比は、レベル223とレベル207の間で、入射視野角およそ-65度のところで起る。これより高いレベルにおいては、0度から-80度の全ての縦方向視野角において差分コントラストは1より大きくなる。このプロットより明らかなように、負の縦方向視野角においては、およそレベル31からレベル223までの広範なピクセル・レベルの範囲において好ましくないレベル反転の特性を示す。

#### 【0042】

ツイステッド・ネマティック・モードの液晶における同様の透過特性は、Ik ez a k i らによる米国特許 第5489917号の図2bおよび図3bにも明らかにされており、  
正確な液晶モードによって決る上向きおよび下向き方向におけるレベル反転現象が示されている。図11やIk ez a k i 特許に示された特性の一般的な特徴は、所定の視野角条件とピクセル・レベル範囲の組合せに対し、レベル反転に関連する輝度の誤差は、中間トーンの階調領域のどこか、即ち最大と最小の間のどこかのピクセル・レベル、において頂点に達するということである。

10

#### 【0043】

ほとんどの液晶ディスプレイのモードにおけるもう一つの視点は、ピクセル・レベルと共に起るカラー変動である。ツイステッド・ネマティック・モードの典型的な特性は図12に示されており、全ての3種のサブピクセルが同一レベル、 $R = G = B$ であるという条件での階調レベルに対する色度がプロットされている。 $u'$  値はレッド(赤) - グリーン(緑)系に対する目の感度を表しており、 $u'$  値が大きくなるとレッドに対する感度も大きくなる。 $v'$  値はイエロー(黄) - グリーン(緑)系に対する目の感度を表しており、 $v'$  値が大きくなるとイエローに対する感度も大きくなる。完全に明るいもの(レベル255)と完全に暗いもの(レベル0)との間の範囲において、 $v'$  の変化は $u'$  よりも大きく、よって色度はレベル255での黄色っぽい状態からレベル0での青っぽい状態まで変化する。このイエロー - ブルー・シフトはほとんどの液晶ディスプレイのモードで典型的なものである。かなりの数の明るいピクセルを含んだ画像においては、色の見かけは、参照光源としてはたらくホワイト(白)の状態との対比で決る。色度の変化は、レベルが減少するに連れてのブルーへのカラー・シフトとして判断されることになる。ディスプレイが大きなコントラスト比を持っている、即ち明るい状態における輝度が暗い状態における輝度よりもはるかに大きいとすると、カラー・シフトは中間トーンの階調レベルにおいて最も顕著なものとなる。レベル0に近い完全に暗いピクセルの青っぽい状態は、ホワイトからの違いを見分けることができず、その輝度が十分に低いのでブラックに見えてしまう。しかしながら、十分明るいピクセルの輝度と比較しても中間トーンの階調レベルの輝度はかなりあるので、中間トーンのグレイ・ピクセルの青っぽい状態はホワイトからの違いを見分けることができる。

20

30

#### 【0044】

本発明では、中間トーンのレベルを持った画像ピクセル値の数(個数)を減らすことで、これらの好ましからざる影響が取り除かれる。このことは、一方のグループのピクセルを入力ピクセル値よりも明るくし、今一方のグループのピクセルを入力値よりも暗くするというように、ハーフトーン画像を生成するようピクセル・データ値を処理することによっておこなわれる。ピクセル・データ値は、画像中で局所的に輝度が保たれるような方法で選ぶことができる。明るいピクセルと暗いピクセルの双方とも、(それらが使われなければ)代りに画像中に存在したであろう中間トーンのグレイ・ピクセルよりも好ましい視野角特性を持っている。明るいピクセルは暗いピクセルよりもより目に見えるので、視野角特性は明るいピクセルによって左右されることになる。このように、ハーフトーン画像の輝度視野角特性は、明るいピクセルのそれ(特性)にほぼ等しく、個々の明るいピクセルの明るさに比例した全体的な輝度を減少させる暗いピクセルの存在によって単にマスクされるだけである。

40

#### 【0045】

50

ピクセルのグループにおける必須の制約は、明るいサブピクセルのグループが、パネルを駆動するのに用いられる反転方式によって決まるおおよそ等しい数の正と負のサブピクセルを含んでいなければならないということである。フリッカー（ちらつき）や画像の焼付きの現象を最小限にするために、連続するフレーム毎にピクセル電圧の極性を変えることが必要である。その上、容量性のクロストーク効果の抑制を含んだ、画像の質の更なる改善を行うために、アレイ内においてピクセルの極性を交互に切り替えることも有益である。フレーム反転とは、アレイ内の全てのピクセルが同じフレーム内では同じ極性を持ち、後に続くフレームで交互に切り替えていく場合であると定義される。列反転とは、ピクセル電圧がアレイ内の列間で交互に切り替わり、フレーム間でも交互に切り替わる場合であると定義される。行反転は、図 13 に示すように、ピクセル電圧がアレイ内の行間で交互に切り替わり、フレーム間でも交互に切り替わる場合である。ドット反転は、図 14 に示すように、行と列の両方でピクセル電圧の極性を交互に切り替えるとフレーム間で切り替えるのを組み合わせたものである。概して現在は、市販のノートブック型コンピュータの TFT-LCD は行反転を用いて駆動されており、一方現在のデスクトップ型モニタの TFT-LCD はドット反転を用いて駆動されている。

10

20

30

40

50

#### 【0046】

フリッカーが見えないという要求を満足するために、明るいサブピクセルの値はほぼ均等に正と負の値に分けなければならない。正と負のピクセルのバランスは、人間の視覚系がフリッカーを知覚する能力と整合するように調和がとられるべきである。当該バランスは、人間の視覚系がフリッカーを知覚できる最小の領域よりも更に小さい範囲で達成されなければならない。画像の焼付きとクロストークとの抑制といったその他の問題もまた、ピクセル電圧のバランスに要求を求める。もし正と負のピクセルの数が数パーセント以内でバランスが取れており、そしてバランスが達成される範囲の大きさが 1 から 10 ピクセルの間であれば、全ての要求は満足される。

#### 【0047】

明るい正と負のピクセルのバランスをほぼとることにより、反転の要求を満足する広範なハーフトーン・ピクセル・パターンを利用することができる。当該パターンは、明るいピクセルと暗いピクセルの数の正確なバランスをとることができ、即ち 50% のピクセルは明るく 50% は暗いものであったり、あるいは 66% が暗いピクセルで 33% が明るいピクセルであるといったような他のいくつかの明暗比率であったりする。最も単純なパターンは全パネル画像に渡って均一なものである。当該パターンはまた、画像の領域が変わるに連れて周波数やパターンを変えることで画像の内容に適合させるというような確率的なもののこともあり得る。

#### 【0048】

異なった領域におけるハーフトーン・パターンの信号強度は、それらの領域の画像の内容に依存するものであるということを理解しておくべきである。これらパターンは、画像の内容がピクセルからピクセルへと徐々に変わっていく場合にのみ同じ全体的外見をすることになる。もし画像の内容がピクセルからピクセルへと急激に変化していく場合は、ハーフトーン・パターンは分裂することになる。以下での議論の目的のため様々なパターンについて説明するために、画像データは中間レベルのグレイ・カラーのようにピクセルからピクセルへと均一であると仮定する。

#### 【0049】

均一なパターンの例について説明をする。最も単純なパターンの 1 つは、図 15 に示した 2 x 2 フル・ピクセル・チェッカーボードである。このパターンでは、3 つのサブピクセル R、G、および B からなるフル・ピクセルの各々を暗いか明るいかのどちらかの状態にする。フル・ピクセルが暗と明の間を交互に替わる。行反転の下では、各々の明るいピクセル内の全てのサブピクセルの極性は同一であり、極性は行間で交互に替わり、正の明るいピクセルの数は、負の明るいピクセルの数と正確に一致している。このパターンは、行反転の下で駆動されるパネルでは受け入れることができる。しかしながらドット反転の下では、図 15 に示したような極性になるので、正の明るいピクセルと負の明

るいピクセルとの数は均衡していないということが分かる。

#### 【0050】

行反転とドット反転のどちらの下でも正の明るいピクセルと負の明るいピクセルの数の正確な均衡をとるパターンを図16、図17、図18、および図19に示す。これらの図にあるすべてのパターンはまた、正確に半数のピクセルが暗くなり、半数のピクセルが明るくなるという属性を共に持っている。図16はフル・ピクセル2×4パターンを表しており、その周期性は横方向に2ピクセル、縦方向に4ピクセルである。明るくされるあるいは暗くされる範囲はフル・ピクセルからなる。図17はフル・ピクセル4×2パターンを表しており、その周期性は横方向に4ピクセル、縦方向に2ピクセルである。明るくされるあるいは暗くされる範囲はフル・ピクセルからなる。

10

図18はダブル・サブピクセル4×2パターンを表している。明るくされるあるいは暗くされる範囲は一对のサブピクセルからなる。図19はサブピクセル2×2パターンを表している。周期性は横方向、縦方向共に2ピクセルである。明るくされるあるいは暗くされる範囲は、単一のサブピクセルかあるいは一对のサブピクセルかの何れかからなる。サブピクセル2×2パターンには3種類の可能なカラー配列、即ちグリーン/マゼンタ、レッド/シアン、そしてブルー/イエローがある。グリーン/マゼンタのカラー配列を図19に示す。

#### 【0051】

より大きな繰り返し距離を持つパターンの例を図20および図21に示す。これらのパターンはスタガ(千鳥配列)型サブピクセル14×14パターンとして記述することができる。これらのパターンは、縦と横の両方向に14フル・ピクセルの周期性を持ち、各繰り返しパターンの中に計588個のサブピクセルを持つ。図20では、明るいサブピクセルは、反対の極性を持った同数のサブピクセルを伴って、繰り返しパターン内の総サブピクセル数の57.1%を構成している。暗いサブピクセルは、これもまた反対の極性を持った同数のサブピクセルを伴って、総数の42.9%を構成している。図21に示したパターンは、暗いサブピクセルと明るいサブピクセルがそれぞれ総数の57.1%と42.9%を構成しているということ以外はたった今述べたのと同様である。

20

#### 【0052】

これらのパターンの記述から、本発明のために要求される条件を満足する多くの可能な均一パターンを構成することができることは明らかである。

30

#### 【0053】

1行ずつの基本に則りピクセル・データを進みながら、画像データの中の同一行内のピクセル対の群を処理することによって、これらのパターンのほとんどを表示画像データ内に生成することができる。いくつかのパターンでは、隣り合った行のピクセルを一緒に処理することを必要とするものもまたある。その場合、全ライン分のピクセル値をライン・バッファに記憶しなければならない。もし少ない数のピクセルを少ない数の演算でグループで処理できる場合には、ピクセル・データをディスプレイのリフレッシュ・フレーム・レートに適合する速度で高速に処理することができる。同一行内での一对毎のピクセル処理の流れを図22のフロー・チャートに示す。

#### 【0054】

40

図23は、図15に示した2×2フル・ピクセル・チェッカーボード・パターン用にピクセル・データをどのようにして処理するかの一例を示している。最初のステップは、その行の最初のピクセルを読み飛ばすべきかどうかを判断することである。もしピクセル行が偶数であれば、最初の3つのサブピクセルは無視され、開始点はその行内で1フル・ピクセルだけ移動させられる。もしピクセル行が奇数であれば、開始点は行内の最初のピクセルに留まる。ポイントの位置から開始して、隣接したサブピクセルを含めた行内の一对のサブピクセル・レベル値を記憶する。次に、あるまとまった大きさの純色(飽和色)を含んだ線画やテキストを失わないように保存するために、この素材が画像データに存在するかをテストすることが必要である。もしいずれかのサブピクセルがレベル0か255のいずれかであるならば、当該アルゴリズムによって、こ

50

の場所でのサブピクセル・レベル値は不変のままである。別の方法として、入力サブピクセル・レベル値間の差があるしきいのレベル値よりも大きい場合にピクセル・レベル値を変更するのを止めることを行う、あるしきい値テストをサブピクセルのために用いることもできる。適切なしきい値差はおよそ100レベルである。次に、特性記述参照テーブル(LUT)を用いて、当該一对のピクセル・レベルのためにピクセル輝度の2つの値が決定される。特性記述LUTは、単にピクセル・レベルに対するピクセル輝度を表すキャリブレーション(校正)曲線である。もしパネルの特性が簡単な数学的関係で表すことができるのであれば、LUT#1は数式になり得る。そして当該一对のピクセルの平均輝度が計算される。次に、LUT#1を逆に引いて、目標の平均レベルが、当該一对のピクセルの平均輝度に相当するピクセル・レベルとして決定される。そして最後に、あるアルゴリズムLUTを用いて2つの新しいDACレベルが当該一对のピクセル用に決定される。当該アルゴリズムLUTは、ハーフトーン・アルゴリズム曲線である。最適のハーフトーン・アルゴリズム曲線は、異なったキャリブレーション曲線や異なった液晶ディスプレイの技術によって異なることになる。

#### 【0055】

別の、図18におけるダブル・サブピクセル4×2パターンの生成のためのフロー・チャートを図24に示す。一般的な特質は図23のフロー・チャートに関してと同じであるが、異なる分岐条件を備えている。図23と図24の両フロー・チャート共、画像の中の同じ行内のピクセル・データ対の群を処理することを含んでいる。同じ列内であるが異なる行であるピクセル・データ対の群を処理することを含むフロー・チャートの一例を図25に示す。このフロー・チャートは、図19に示した2×2サブピクセル・パターンを生成する処理について説明するものである。

#### 【0056】

情報ディスプレイが良い性能を持つためには、数1で述べたようなガンマ型の変換曲線が望ましい。市販用のほとんどの陰極管(CRT)ディスプレイは、2.2から2.8の範囲のガンマ値を持っており、一般には2.2のガンマ値が望ましい目標値である。今、ディスプレイの変換特性が、無視できるほどに小さな最小輝度 $Y_{min}$ を持ったガンマ型曲線に従っている場合を考える。このとき変換特性は以下ようになる。

#### 【数3】

$$Y = Y_{\max} \cdot (n/255)^\gamma$$

以下の議論において、正確に半数のピクセルが明るく、半数が暗いパターンを検討する。ハーフトーン・パターンの巨視的な輝度を均一なパターンのそれに一致させることが望まれる。全てのピクセルが同じレベルである均一なパターンに対しては、微視的なピクセル輝度は巨視的な輝度と同じである。ハーフトーン・パターンの巨視的な輝度は以下で与えられる。

#### 【数4】

$$Y_{ht} = \frac{1}{2} Y_{\max} \cdot \left(\frac{n_d}{255}\right)^\gamma + \frac{1}{2} Y_{\max} \cdot \left(\frac{n_b}{255}\right)^\gamma$$

ここで、 $n_d$ および $n_b$ はハーフトーン・パターンの暗いピクセルと明るいピクセルのレベルである。

#### 【0057】

最初に、暗いピクセルは限りなく暗く、即ち無視できる輝度である $n_d = 0$ 、にすることを考える。このハーフトーン・パターンの巨視的な輝度は、個々の明るいピクセルの微視的な輝度が、均一なパターンのピクセルのそれ(微視的な輝度)の正確に2倍であるとき、均一なパターンの巨視的な輝度に一致することになる。均一なパターンの所定の目標レベル $n$ に対して、以下が得られる。

#### 【数5】

$$Y_{ht} = \frac{1}{2} Y_{\max} \cdot \left(\frac{n_b}{255}\right)^\gamma = Y_{\max} \cdot \left(\frac{n}{255}\right)^\gamma$$

これを  $n_b$  について解くと、以下が得られる。

【数 6】

$$n_b = n \cdot (2)^{1/\gamma}$$

これらの条件の下では、ハーフトーンの明るいピクセル・レベルと目標ピクセル・レベルとの間の関係は線形である。図示する目的のために、以下の例が与えられる。 $\gamma = 2.2$  に対しては  $n_b = 1.37n$  となる。また、 $\gamma = 2.2$  に対しては、均一なパターンの輝度は、186 のピクセル・レベルにおいて  $1/2 Y_{\max}$  となる。この輝度は、同数のレベル 255 の完全に明るいピクセルとレベル 0 の完全に暗いピクセルとを持ったハーフトーン・パターンによって一致させることができる。

【0058】

186 よりも大きい目標レベルに対しては、ハーフトーンの明るいピクセルはレベル 255 で飽和してしまうので、目標レベル輝度に一致させるには暗いピクセルのレベルを 0 より増加させなければならない。

【数 7】

$$Y_{\max} \cdot \left(\frac{n}{255}\right)^\gamma = Y = Y_{ht} = \frac{1}{2} Y_{\max} \cdot \left(\frac{n_d}{255}\right)^\gamma + \frac{1}{2} Y_{\max} \cdot \left(\frac{255}{255}\right)^\gamma$$

暗いピクセル・レベルについての解は以下になる。

【数 8】

$$n_d = 255 \cdot \left[ 2 \cdot \left(\frac{n}{255}\right)^\gamma - 1 \right]^{(1/\gamma)}$$

この線形アルゴリズムと呼ばれる、明るいおよび暗いハーフトーン・ピクセル値の目標レベルに対する関係を、図 26 に示す。このアルゴリズムの好ましからざる側面は、50% 輝度の地点付近でみられる、明るい、および暗いピクセル値の曲線における尖った角の存在である。このアルゴリズムで処理された液晶ディスプレイ上の画像は、最大（輝度）の 50% 付近の輝度に対して、典型的に輝度バンディング（縞模様）と激しいカラー・シフトとを示す。当該アルゴリズムに対する適切な関数的修正を通して、当該曲線における尖った角を滑らかにすることができる。適切な関数の例には、ベキ乗則および（付加）誤差関数がある。ベキ乗則の関係は実験的に探求されてきており、線形アルゴリズムに比べて輝度バンディングとカラー・シフトが軽減されたことが判明した。出力 DAC 値の明るい分枝と暗い分枝が最大に広がったものは線形アルゴリズムにて実現されるのであるが、より良き結果はベキ乗則アルゴリズムによって得られてきた。次にこのベキ乗則の関係について述べる。

【0059】

再び、数 3 に表したような理想的なガンマ法則の変換特性を持ったパネルについて検討する。ベキ乗則の関係にとって、ハーフトーン・ピクセル対の暗い分枝を規定する便利な方法は、暗いピクセルの DAC 値  $n_d$  を、目標 DAC 値  $n$  に対して指数  $p$  のベキ乗則関係を持つものとして規定することである。

【数 9】

$$n_d = 255 \cdot \left(\frac{n}{255}\right)^p$$

故に、暗いサブピクセルの輝度  $Y_{\text{dark}}$  は次式で与えられる。

【数 10】

10

20

30

40

50

$$Y_{dark} = Y_{max} \cdot \left[ \frac{255 \cdot (\frac{n}{255})^p}{255} \right]^{\gamma} = Y_{max} \cdot (\frac{n}{255})^{p\gamma}$$

ピクセル対の各々は表面積の半分を占めるということを考慮に入れて正規化をすると、暗いピクセルと明るいピクセルとの輝度の和は、目標 D A C 値の輝度に等しくならなければならない。

【数 1 1】

$$2Y = 2Y_{max} \cdot (\frac{n}{255})^{\gamma} = Y_{dark} + Y_{bright} = Y_{max} \cdot (\frac{n}{255})^{p\gamma} + Y_{bright}$$

10

$Y_{bright}$ について解くと次式を得る。

【数 1 2】

$$Y_{bright} = Y_{max} \cdot \left[ 2(\frac{n}{255})^{\gamma} - (\frac{n}{255})^{p\gamma} \right] = Y_{max} \cdot (\frac{n_b}{255})^{\gamma}$$

$n_b$ について解くと次式を得る。

【数 1 3】

$$n_b = 255 \cdot \left[ 2(\frac{n}{255})^{\gamma} - (\frac{n}{255})^{p\gamma} \right]^{1/\gamma}$$

20

もし、指数  $p = 1$  であるなら、明るいサブピクセルと暗いサブピクセルの輝度は同じ、即ちハーフトーン化は無い。指数  $p$  が増大していくに連れ、それぞれ暗い分枝および明るい分枝と呼ぶことができる曲線に従って、暗いサブピクセルの輝度は下がり、明るいサブピクセルの輝度は上がる。もし指数  $p$  を極めて大きくしたなら、255に近い目標 D A C 値に対して暗い分枝の輝度は非常に小さくなり、それ故に明るいサブピクセルに必要とされる輝度が、少なくとも  $n$  のある値については、最大の輝度を超えてしまう程である。この場合、レベル 255 より幾分下の D A C 値において最大の誤差が発生する。現在では、いかなる輝度誤差をも引き起こさない  $p$  の最大値に関しての周知の分析的解は無いが、 $p$  の値は数的に見つけることができる。例えば、もし  $\gamma = 2.2$  であれば  $p$  の最大値は 2.01 である。更なる数的検討の結果、 $p$  が 2.01 を超えて増加するに連れて、誤差は非常にゆっくりと増加することが示された。一般に視野角特性は明るい分枝と暗い分枝との分離が大きくなるほど改善されるので、引き起こされる輝度誤差が許容できるものである限りは  $p$  の値を増加させることが望ましい。

30

【0060】

$\gamma = 2.2$  の場合に  $p$  の異なった値によって引き起こされる誤差についてまとめたものを表 1 に示す。誤差が発生する範囲が、その範囲内の平均値、最大誤差、および最大誤差が発生する D A C 値とともに示されている。人間の視覚系は、極めて接近しあった光の斑に対し、およそ 0.5% から 1.0% の輝度の違いを識別することができる。ガンマ曲線変換特性の総合的影響は画像内では顕著なものとはならないので、隣どうしの比較をすることが無ければ、数パーセントまでの誤差はおそらくは許容可能である。 $p = 2.4$  に対する平均および最大の誤差はおよそ 1% であり、徐々に増加して、 $p = 3.0$  に対しては 3 から 4% の間になる。ベキ乗則アルゴリズムの明るい分枝と暗い分枝の例を図 27 に示す。

40

【表 1】

指数	誤差範囲	平均誤差	最大誤差	最大誤差の位置
2.01	(無し)	0	0	-
2.1	245-254	0.0007	0.0011	250
2.2	237-254	0.0026	0.0038	246
2.3	230-254	0.0051	0.0076	243
2.4	225-254	0.0083	0.0121	240
2.5	220-254	0.0115	0.0171	238
2.6	216-254	0.0149	0.0223	237
2.7	213-254	0.0187	0.0277	235
2.8	210-254	0.0223	0.0332	234
2.9	208-254	0.0262	0.0388	234
3	205-254	0.0294	0.0443	233

= 2 . 2 に対するベキ乗則の誤差のまとめ

10

#### 【 0 0 6 1 】

誤差は、線形アルゴリズムとベキ乗則アルゴリズムのDAC値の適切な組合せにより抑制することができる。具体的には、暗い分枝のDACレベルは、誤差が起る範囲より下ではベキ乗則の値を、そしてベキ乗則アルゴリズムでは通常、誤差が発生するであろう範囲内では線形アルゴリズムの値を、とることが可能である。

#### 【 0 0 6 2 】

図4に示したように、典型的な液晶ディスプレイ・パネルでは理想的なガンマ型変換特性を示さない。先に述べたアルゴリズムは非理想的変換特性にも適用可能であり、得られる結果もまた非理想的なハーフトーン画像特性となる。これは、理想的特性に基く公式の代りに、パネルの既知の輝度値に基いてすべてのハーフトーン・ピクセル・レベルを計算することによって行うこともできる。図6に示したような非理想的なディスプレイの変換特性を持った典型的なパネルに適用された線形アルゴリズム・レベルの一例を図28に示す。

20

#### 【 0 0 6 3 】

別の手段としては、固有の非理想的変換特性を補正するためにパネルに対するピクセル・データ入力を最初に修正し、そして理想的なガンマ法則の変換特性を実現するというものがある。これを行うために、出力特性が今度は理想的なガンマ法則の特性に従うように入力レベルを新しいレベルに変更するための、ガンマ補正LUTが構築される。ガンマ補正とハーフトーン・アルゴリズム生成とが一つの演算で行えるように、ガンマ補正LUTはアルゴリズムLUTと組み合わせることが可能である。

30

#### 【 0 0 6 4 】

最大(輝度)の50%より低い巨視的な目標輝度に対しては、明るいハーフトーン・ピクセルの輝度に対する上限は容易に定まる。暗い状態の輝度を無視し得ると仮定すれば、いかなる巨視的な目標輝度に対しても、明るいピクセルの輝度が2倍より大きな値で目標輝度を上まわるということはあり得ない。このことは単に、暗いハーフトーン・ピクセルの輝度がゼロより小さいことはあり得ないという結果から分かることである。暗い状態が非ゼロの輝度であることを考慮に入れると、明るいハーフトーン・ピクセル輝度の論理的上限は目標輝度の2倍よりも幾分少な目となる。この条件が、ハーフトーン・ピクセル・レベルの明るい分枝と暗い分枝の間の最大許容分離度を定める。

#### 【 0 0 6 5 】

40

曲線の明るい分枝と暗い分枝の間の差異が、許容し得る最大分離よりも幾分小さい場合に、最良の視野角特性が得られるということが実験により示されてきた。2つの分枝間の分離度が少なくなるに連れ、カラー変動やパターンの目立ち具合の減少もまた起る。画質その他の様相を最適化するいくつかのアルゴリズム曲線を確認するのに、半経験的な方法を用いることができる。これらの曲線は、ユーザーが選べるようになっていることがある。一般に当該曲線は、明るい分枝と暗い分枝の間の分離の程度や、50%輝度付近の変化領域における角の尖り度は異なるが、図26あるいは図27の曲線の形に従うことになる。

#### 【 0 0 6 6 】

明るい分枝と暗い分枝の間が最大に分離した線形アルゴリズム曲線を一对毎のピクセル処

50

理で用いた場合の、 $2 \times 4$  ダブル・サブピクセル・ハーフトーン・パターンでの、TN モードのパネルの縦方向視野角特性に対する測定輝度のプロットを、図 29 に示す。当該特性は、異なった目標輝度値に対して示されている。目標輝度が 100 % から減少するに連れ、視野角特性は当初、ホワイต์状態の条件から低下していき、輝度の最高点の場所が垂直入射方向からずれていく。目標輝度が最大（輝度）の 50 % に接近するに連れ、視野角特性はホワイต์状態の条件に戻って行き、単に 100 % の条件が  $1/2$  に縮小される。50 % 輝度の条件が、総ピクセル数の半数を完全に明るい条件におき残りの半数を完全に暗くすることに相当するものであることから、このことは望まれることである。目標輝度が更に 50 % より下がるに連れ、輝度の最高点は再び垂直入射方向から離れていく。

10

#### 【0067】

アルゴリズムの詳細に関するこれまでの全ての議論は、ハーフトーン画像の中で正確にピクセルの半数が暗くされピクセルの半数が明るくされるパターンに対して適用された。明るいピクセルと暗いピクセルとの比率がこれ以外のものについては、それに応じて詳細なアルゴリズムが変更されなければならない。これまでの議論は、一対で存在するハーフトーン・サブピクセル値、即ち暗いサブピクセルと明るいサブピクセル、の計算に関わるものであった。処理されるサブピクセル対は同一行（ $2 \times 1$  ブロック）あるいは同一列（ $1 \times 2$  ブロック）内に含めることもできる。ハーフトーン・サブピクセルのブロックが許容パターン内にどのように配置されるかについてもまた議論された。

#### 【0068】

20

もしアレイ内のピクセル密度が十分に大きく、インチ当りおよそ 170 ピクセル以上であるなら、以後クワッド・ピクセル処理と呼ぶ  $2 \times 2$  ブロックのピクセルを処理することにより、画像の解像度を著しく目につくほど減退させること無しに、視野角特性を更に改善することができる。4 ピクセルを含んだクワッド・ブロックにより、明るいサブピクセルと暗いサブピクセルの輝度分布をより良きものにすることができる。クワッド・ブロックの平均輝度は、4 つのサブピクセルの輝度を加えて 4 で割ることによりキャリブレーション LUT を介して計算される。目標レベルもまた、LUT を逆引きで利用することにより決定される。もし 4 つのサブピクセルがすべて目標レベルのままだったなら、その輝度は元のサブピクセル・ブロックの平均輝度に一致していることになる。もし平均輝度が最大（輝度）の 75 % から 100 % であるなら、ブロック内の 4 つのピクセルの内 30 の 1 つが暗くされ、一方で残りの 3 つのピクセルは最大の明るさかあるいはその付近に留められる。もし平均輝度が 50 % から 75 % の間であれば、1 ピクセルは完全にあるいはほぼ完全に暗く、1 ピクセルは中間状態であり、残りの 2 ピクセルは最大の明るさかあるいはその付近に留められる。もし平均輝度が 25 % から 50 % の間であれば、2 ピクセルが完全にあるいはほぼ完全に暗く、1 ピクセルは中間状態であり、残りの 1 ピクセルは最大の明るさかあるいはその付近に留められる。もし平均輝度が 0 % から 25 % の間であれば、3 ピクセルが完全にあるいはほぼ完全に暗く、残りの 1 ピクセルは中間状態である。

30

#### 【0069】

クワッド・ピクセル処理用のアルゴリズムの一例を図 30 に示すが、ここでは 4 つのピクセルの各々の暗い分枝と明るい分枝の間の分離度は最大化されている。当該曲線は 5 列の LUT に対応しており、そこには各目標レベルに対し  $2 \times 2$  ブロック内の 4 つのピクセルの各々のデジタル・ピクセル・レベルが規定されている。4 つのピクセルを順次に明るくあるいは暗く変化させる順序は、アルゴリズムのパターン生成部にて決定される。これは、表 2 に示すように、各  $2 \times 2$  クワッド・ブロック内の 4 つのピクセル位置を A、B、C、および D と規定することで行うことができる。

40

#### 【表 2】



<b>A</b>	<b>B</b>
<b>C</b>	<b>D</b>

各 2 × 2 クワッド・ブロック内のピクセル位置

クワッド・ブロック内のサブピクセル（のレベル値）を変化させる順序を規定することによって、違ったパターンを生成することができる。目標ピクセル・レベルが 0 から 255 に増加するに連れ、個々のレッド、グリーン、あるいはブルーに対して、それらサブピクセル（のレベル値）を変化させる順序を示した図を表 3 および表 4 に示す。これらの変化させる順序は、先に論じた判定基準に従って、フリッカーを見せないパターンをもたらす。表 3 はどのようにして 2 × 2 サブピクセル・パターンを生成できるかを規定し、図 4 はどのようにして 4 × 2 ダブル・ピクセル・パターンを生成できるかを規定している。例えば、2 × 2 サブピクセル・パターンにおけるレッドのサブピクセルの変化させる順序は、横方向に続くクワッド・ブロックに対し、D、C、B、A と C、D、B、A との間を交互に入れ替わる。4 × 2 ダブル・サブピクセル・パターンにおけるレッドのサブピクセルの変化させる順序は、横方向に続くクワッド・ブロックに対し、C、B、A、D と A、D、C、B との間を交互に入れ替わる。

10

【表 3】

20

location	A	B	C	D	A	B	C	D
RED	4	3	2	1	3	4	1	2
GREEN	1	2	3	4	2	1	4	3
BLUE	4	3	2	1	3	4	1	2

2 × 2 サブピクセル・パターンを生成するためのサブピクセルの変化させる順序

【表 4】

location	A	B	C	D	A	B	C	D
RED	3	2	1	4	1	4	3	2
GREEN	4	3	2	1	2	1	4	3
BLUE	1	4	3	2	3	2	1	4

30

4 × 2 ダブル・サブピクセル・パターンを生成するためのサブピクセルの変化させる順序  
【0 0 7 0】

50% 目標輝度においてこの処理で生成されるサブピクセル・パターンは、図 19 に示した 2 × 2 サブピクセル・パターンや図 18 に示した 4 × 2 ダブル・サブピクセル・パターンと一致する。25% および 75% 目標輝度における 2 × 2 サブピクセル・パターンの例を図 31 および図 32 に示す。厳密に言えば、25% および 75% におけるパターンは、50% 輝度パターンに関しての完全な 2 × 2 サブピクセルの対称性を持ってはいないが、それらはこのパターンと同じカラー特性を維持している。25% および 75% 輝度における 4 × 2 ダブル・サブピクセル・パターンの例を図 33 および図 34 に示す。同様にこれらのパターンは完全な 4 × 2 ダブル・サブピクセルの対称性を持ってはいないが、それらはこのパターンと同じカラー特性を維持している。

40

【0 0 7 1】

2 × 2 ブロックに適用された手法に対しては、輝度が最大から最小に減少するに連れ、カラーや視野角特性の変化量は、ピクセル対に対して適用される手法によって現れるものの約半分となる。これは、各ピクセル毎に受け持つ目標輝度の範囲を 1 / 2 に低減させた結果である。一対毎のピクセル処理においては、対の中の各ピクセルが明るい方から暗い方へと輝度を横切ると、平均の目標輝度は 50% ずつ変化する。クワッド・ピクセル処理においては、ブロック内の各ピクセルが明るい方から暗い方へと輝度を横切ると、平

50

均の目標輝度は25%づつ変化する。このように、輝度最高点の垂直入射角からの逸脱度(図29に示すような)を、それに相当する視野角特性の改善を伴って、約半分に低減させることができる。

#### 【0072】

一対毎のピクセル処理用のアルゴリズムの洗練化に関する先の議論から、クワッド・ピクセル処理により得られるパターンの見かけの更なる改善もまた、図30に表した曲線の適切なスムージング(平滑化)や他の修正によって得られるのだということを認識すべきである。例えば、目標輝度が増加して行けば、別のピクセルを変化させるより前にクワッド・ブロック内のあるピクセルを完全に変化させることは必要ではなくなる。このようにして、図30に示した4つの曲線は重ね合わせることができ、これにより本来なら4つの曲線の境界付近で起るかもしれないカラーや輝度の急激な変化を改善することになる。

10

#### 【0073】

画像データによって起るある条件に対しては、ハーフトーン・アルゴリズム処理を停止させる必要がある。例えば、もし画像のある部分がホワイトの背景に対するブラック・テキストである場合は、レベル255か0のサブピクセルの存在を検出することでハーフトーン・アルゴリズムを停止させることができる。サブピクセル対の処理に対して、もしどちらかのサブピクセルが0か255の値を持つなら、当該サブピクセル・データに対して修正はなされない。テキストあるいは完全に飽和したサブピクセルを含んだその他の画像の部分はハーフトーン化されず、サブピクセル間の局所的なコントラストは維持される。アンチエイリアシング(ギザギザのぼかし技法)あるいはフォントのスムージングの存在をテストすることにより、他の判定基準を取り入れることもできる。このようにして、文字の高いコントラストが維持され、飽和したカラーを含んだグラフィカル(図式的)な画像のブロックもまた維持される。

20

#### 【0074】

本発明は、ハードウェア、ソフトウェア、あるいはハードウェアとソフトウェアの組合せによって実現することができる。本発明の実施例では、ディスプレイ・モジュール内のコントローラ電子回路のデータ処理部分内にすべてハードウェアにて実現している。しかしながら、当該技術に秀でている者にとって、本発明がディスプレイ・サブシステムのハードウェア内や、オペレーティング・システムのソフトウェア内や、あるいはアプリケーション・ソフトウェア内に実現可能であることは明らかである。

30

#### 【0075】

本発明は、あるコンピュータ・システムにおいて中央集中的な方法で、あるいはいくつかの相互に接続されたコンピュータ・システムに渡って異なった要素が広がっている場合には分散的な方法で、実現することができる。いかなる種類のコンピュータ・システム、あるいはその他のここに記載の発明を実施するのに適合した装置、も(実施に)適している。典型的なハードウェアとソフトウェアの組合せとしては、ロードして実行させた時にここに記載の方法を実行するような、コンピュータ・システムを制御するコンピュータ・プログラム、を備えた汎用コンピュータ・システムであることもある。本発明はまた、あるコンピュータ・プログラム記録媒体に組み込まれることも可能であり、(その記録媒体は)ここに記載の方法の実行を可能にするあらゆる機能を備え、またコンピュータ・システムにロードするとこれらの方法を実行することができる。

40

#### 【0076】

本文脈中のコンピュータ・プログラム手段あるいはコンピュータ・プログラムとは、情報処理能力を持ったシステムに、直接的にないしは以下の

- a) 他の言語、コード、あるいは表記法への変換
- b) 異なった物質形状での複製

のいずれかあるいは双方を行った後に、ある特定の機能を実行させるということを目的とした一組の命令の、いかなる言語、コード、あるいは表記法におけるいかなる表現をも意味するものである。

50

## 【 0 0 7 7 】

当該発明は、その説明用の実施例や実施の形態に関して特に示され記述されてきたのとはあるが、特許請求の範囲に記載された当該発明の精神や目的から乖離することなく、前述のあるいはその他の様式や詳細の変更が行われることがあるのだということを、当該技術に造詣のある者であれば理解することになるであろう。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 7 8 】

【 図 1 】 図 1 は、法線方向入射の視野角において、デジタル・ピクセル・レベルの信号強度値に対する、輝度の理想化された相関関係を表すグラフである。

【 図 2 】 図 2 は、明るい状態から暗い状態に信号強度値が減少するに連れての、視野角のある範囲における相対輝度の変化を表すグラフである。 10

【 図 3 】 図 3 は、本発明が実施されることがあるコンピュータ・システムの機能ブロック図である。

【 図 4 】 図 4 は、図 3 のディスプレイ・サブシステムの機能ブロック図である。

【 図 5 】 図 5 は、図 4 のディスプレイ・コントローラおよびディスプレイ・アレイの機能ブロック図である。

【 図 6 】 図 6 は、信号強度レベルに対する輝度の詳細な特性のグラフである。

【 図 7 】 図 7 は、レベル 2 5 5 における T N モードの T F T L C D の輝度の極座標プロットである。

【 図 8 】 図 8 は、レベル 0 における T N モードの T F T L C D の輝度の極座標プロットである。 20

【 図 9 】 図 9 は、縦方向平面内における T N モードの T F T L C D の輝度を示すグラフである。

【 図 1 0 】 図 1 0 は、図 9 で法線方向入射に対して下から 6 2 度の縦方向視野角における、デジタル・ピクセル・レベルに対する輝度のグラフである。

【 図 1 1 】 図 1 1 は、縦方向視野角に対する差分コントラスト比のグラフである。

【 図 1 2 】 図 1 2 は、 $R = G = B$  の均一グレイに対しての典型的な T N モードの T F T L C D のイエロー（黄） - ブルー・シフトのグラフである。

【 図 1 3 】 図 1 3 は、行反転方式において用いられるピクセル極性の図である。

【 図 1 4 】 図 1 4 は、ドット反転方式において用いられるピクセル極性の図である。 30

【 図 1 5 】 図 1 5 は、ドット反転方式での、フル・ピクセル 2 × 2 パターンの図である。

【 図 1 6 】 図 1 6 は、フル・ピクセル 2 × 4 パターンの図である。

【 図 1 7 】 図 1 7 は、フル・ピクセル 4 × 2 パターンの図である。

【 図 1 8 】 図 1 8 は、4 × 2 ダブル・サブピクセル・パターンの図である。

【 図 1 9 】 図 1 9 は、グリーン / マゼンタ配列での 2 × 2 サブピクセル・パターンの図である。

【 図 2 0 】 図 2 0 は、明るいサブピクセルが過半数である 1 4 × 1 4 千鳥状サブピクセル・パターンの図である。

【 図 2 1 】 図 2 1 は、暗いサブピクセルが過半数である 1 4 × 1 4 千鳥状サブピクセル・パターンの図である。 40

【 図 2 2 】 図 2 2 は、ハーフトーン・ピクセル処理の一般的なフロー・チャートである。

【 図 2 3 】 図 2 3 は、フル・ピクセル 2 × 4 パターン用のフロー・チャートである。

【 図 2 4 】 図 2 4 は、ダブル・サブピクセル 4 × 2 パターン用のフロー・チャートである。

【 図 2 5 】 図 2 5 は、ピクセルが同一列内で処理される 2 × 2 サブピクセル・パターン用のフロー・チャートである。

【 図 2 6 】 図 2 6 は、理想的なガンマ特性のための線形ハーフトーン関係を表すグラフである。

【 図 2 7 】 図 2 7 は、理想的なガンマ特性のためのべき乗則ハーフトーン関係を表すグラフである。 50

【図 28】図 28 は、典型的な T N モード・パネルの変換特性のための参照テーブル用に改善された線形ハーフトーン関係を示すグラフである。

【図 29】図 29 は、異なるハーフトーン曲線用の、視野角に対する輝度を示すグラフである。

【図 30】図 30 は、明るい分枝と暗い分枝の間を最大限に分離した、2 × 2 クワッド (4 重化) ピクセル処理用の線形法則アルゴリズムを表すグラフである。

【図 31】図 31 は、クワッド・ピクセル処理を用いた 25 % 輝度用 2 × 2 サブピクセル風パターンの図である。

【図 32】図 32 は、クワッド・ピクセル処理を用いた 75 % 輝度用 2 × 2 サブピクセル風パターンの図である。

10

【図 33】図 33 は、クワッド・ピクセル処理を用いた 25 % 輝度用 4 × 2 ダブル・サブピクセル風パターンの図である。

【図 34】図 34 は、クワッド・ピクセル処理を用いた 75 % 輝度用 4 × 2 ダブル・サブピクセル風パターンの図である。

【符号の説明】

【0079】

102 . . . システム制御プロセッサ、  
 104 . . . システム・メモリ、  
 106 . . . システム・バス、  
 108 . . . 入出力装置、  
 109 . . . 固定記憶装置、  
 110 . . . ディスプレイ・サブシステム、  
 112 . . . ディスプレイ装置、  
 112 - 1 . . . ディスプレイ・モジュール、  
 112 - 2 . . . ディスプレイ・モジュール、  
 202 . . . ホスト・インターフェース、  
 204 . . . ディスプレイ・ロジック、  
 206 . . . フレーム・バッファ、  
 208 . . . メモリ・コントローラ、  
 214 . . . ビデオ・タイミング・ロジック、  
 220 . . . パレット D A C、  
 222 . . . シリアル・トランスミッタ、  
 224 . . . シリアル・レシーバ、  
 226 . . . ディスプレイ・コントローラ、  
 228 . . . ディスプレイ・アレイ、  
 230 . . . ビデオ・エンコーダ、  
 301 . . . メモリ、  
 303 . . . ピクセル・プロセッサ、  
 305 . . . ユーザー・インターフェース  
 310 . . . 液晶セル制御回路、  
 312 . . . L S I、  
 314 . . . ゲート・ドライバ、  
 316 . . . ソース・ドライバ、  
 318 . . . 液晶セル、  
 320 . . . 蛍光管、  
 322 . . . インバータ電源

20

30

40

Figure 1 is a line graph showing the relationship between digital pixel level (0-255) and luminance (cd/m²). The x-axis is labeled 'デジタル・ピクセル・レベル (0-255)' and ranges from 0 to 300. The y-axis is labeled '輝度 (cd/m²)' and ranges from 0 to 300. The curve starts at (0,0) and increases non-linearly, reaching approximately 280 cd/m² at level 255.

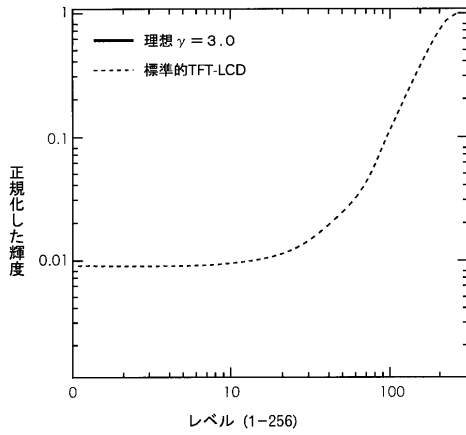
Figure 1 is a line graph showing the relationship between the digital pixel level (x-axis) and the relative change in luminance,  $\Delta L/L_{\text{white}}$  (y-axis). The x-axis is labeled "デジタル・ピクセル・レベル (0-255)" and ranges from 0 to 300. The y-axis is labeled "相対輝度の変化 ( $\Delta L/L_{\text{white}}$ )" and ranges from 0.0 to 1.0. The curve starts at approximately (0, 0.1), rises to a peak of about 0.92 at pixel level 100, and then falls back to about 0.2 at pixel level 255.

Figure 1 is a block diagram illustrating a system architecture. A central vertical line represents the **システムバス 106** (System Bus 106). Connected to this bus are several components:

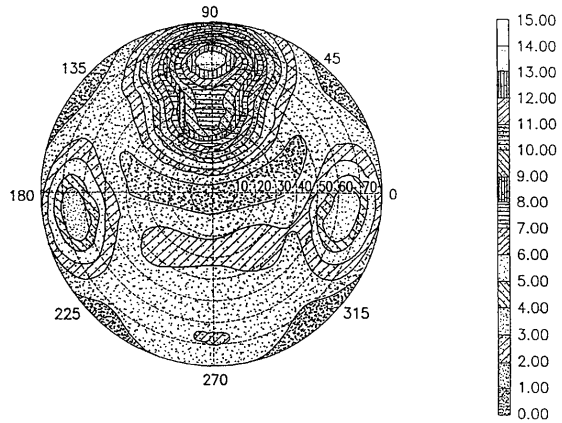
- システム制御プロセッサ 102** (System Control Processor 102) is connected to the bus via a bidirectional arrow.
- システムメモリ 104** (System Memory 104) is connected to the bus via a bidirectional arrow.
- 入出力装置 108** (Input/Output Device 108) is connected to the bus via a bidirectional arrow.
- 固定記憶装置 109** (Fixed Storage Device 109) is connected to the bus via a bidirectional arrow.
- ディスプレイサブシステム 110** (Display Subsystem 110) is connected to the bus via a bidirectional arrow. It is further connected to **ディスプレイ装置 112** (Display Device 112) via a downward arrow.

Figure 1 is a block diagram of a liquid crystal display system. The system is divided into two main sections by a dashed line. The left section, labeled "ディスプレイ・コントローラ 226" (Display Controller 226), contains a "メモリ" (Memory 301) and a "ピクセルプロセッサ" (Pixel Processor 303). The right section, labeled "ディスプレイ・アレイ 228" (Display Array 228), contains a "液晶セル制御回路" (Liquid Crystal Cell Control Circuit 310). This circuit includes an "LSI" (LSI 312), a "ソースドライバ" (Source Driver 316), a "ゲートドライバ" (Gate Driver 314), and "液晶セル" (Liquid Crystal Cells 318). A "バックライト" (Backlight 324) is connected to the "液晶セル" and includes an "インバータ電源" (Inverter Power Source 322). A "蛍光管" (Fluorescent Tube 320) is also connected to the "バックライト". A "ユーザーインターフェース" (User Interface 305) is connected to the "ピクセルプロセッサ". An external "シリアルレシーバ" (Serial Receiver) is connected to the "ピクセルプロセッサ".

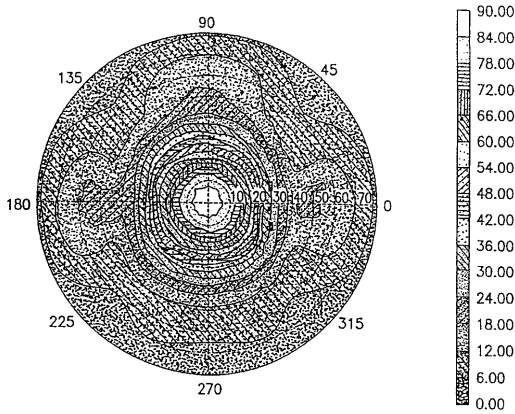
【図 6】



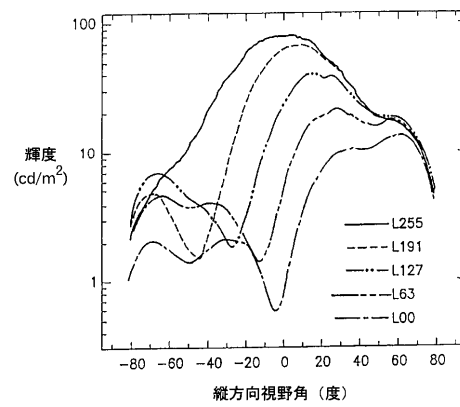
【図 8】



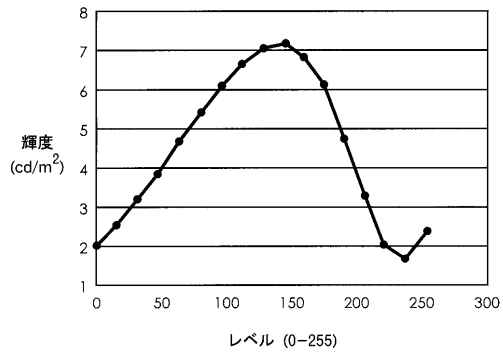
【図 7】



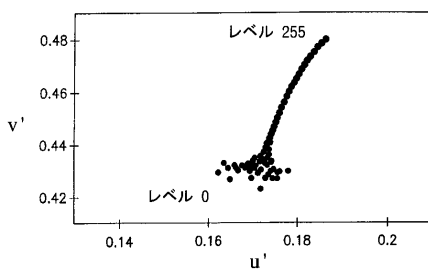
【図 9】



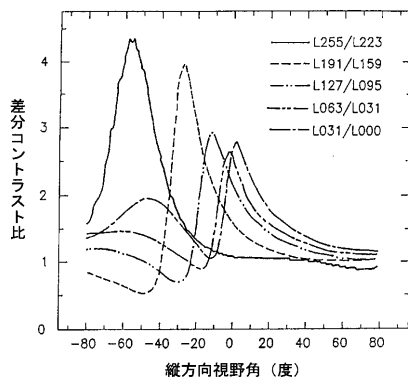
【図 10】



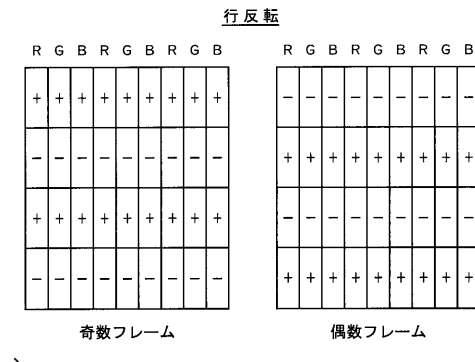
【図 12】



【図 11】

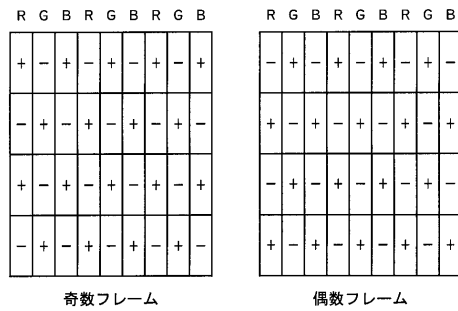


【図 13】



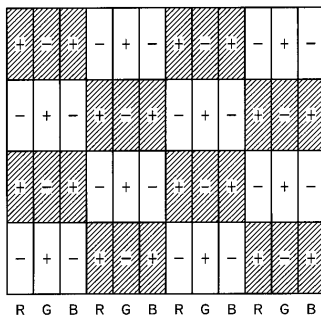
【図 14】

ドット反転



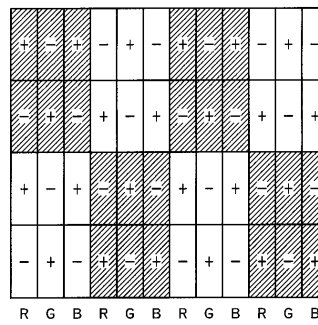
【図 15】

2×2 フル・ピクセル



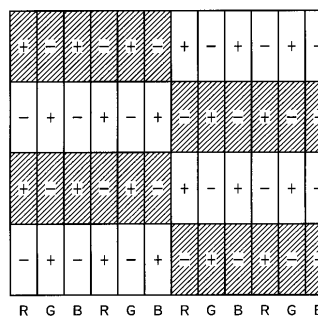
【図 16】

2×4 フル・ピクセル



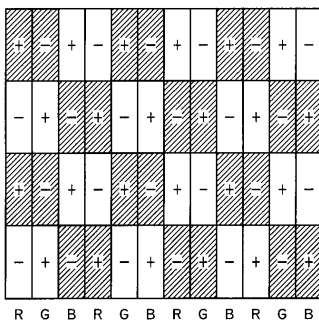
【図 17】

4×2 フル・ピクセル



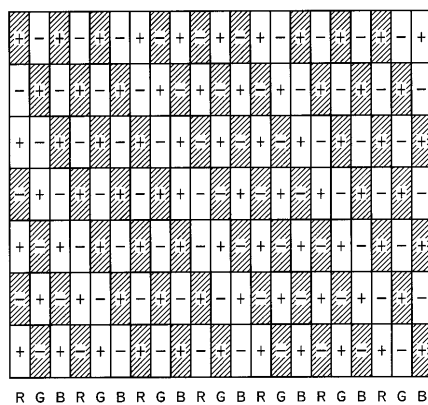
【図 18】

4×2 ダブル・サブピクセル



【図 20】

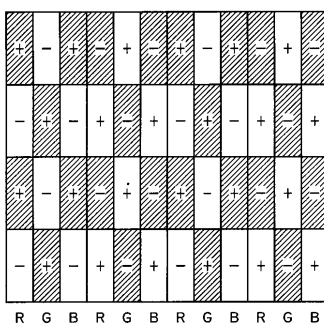
14×14 パターン (明)



【図 19】

2×2 サブピクセル・パターン

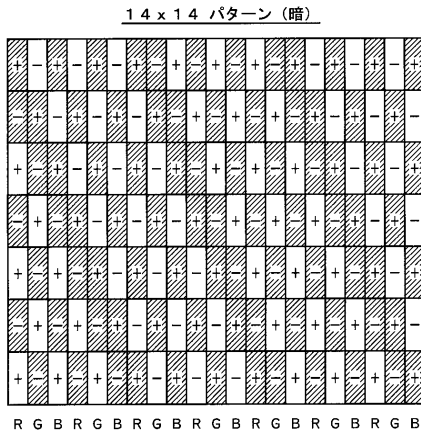
(グリーン/マゼンタ)



57.1% 明

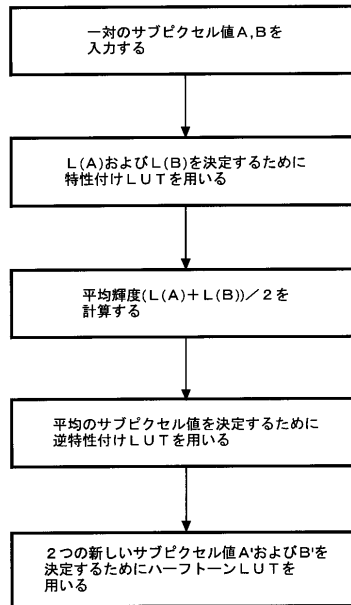
42.9% 暗

【図 2 1】

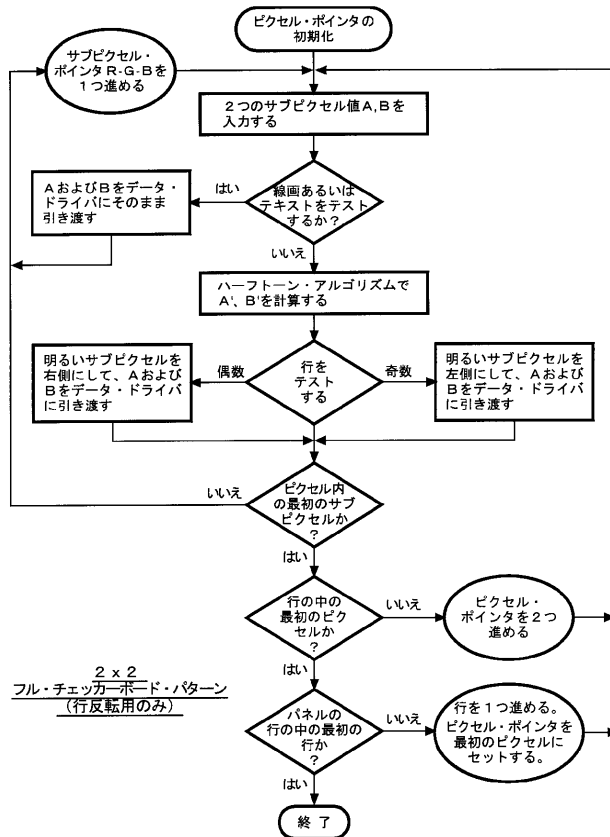


57.1% 明  
42.9% 暗

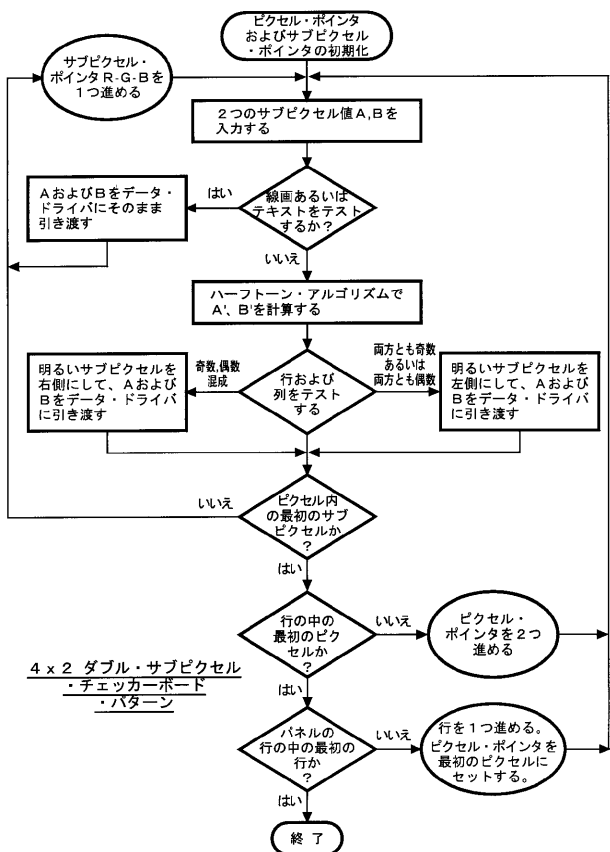
【図 2 2】



【図 2 3】

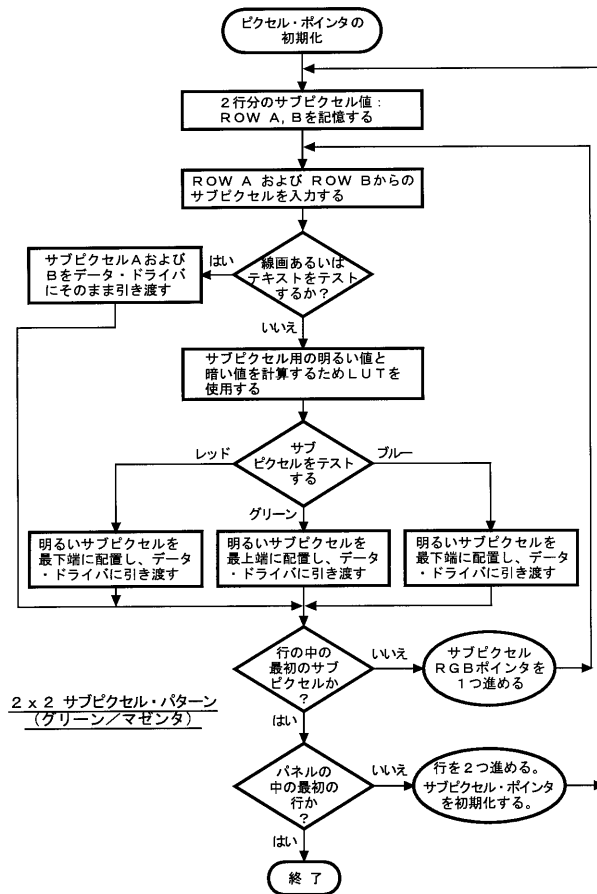


【図 2 4】

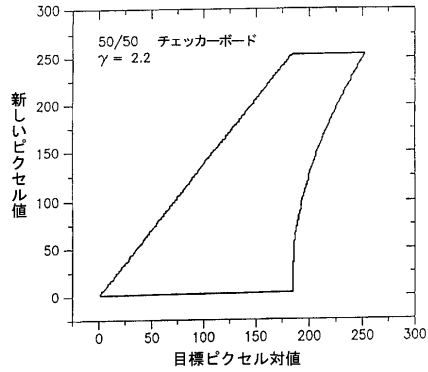




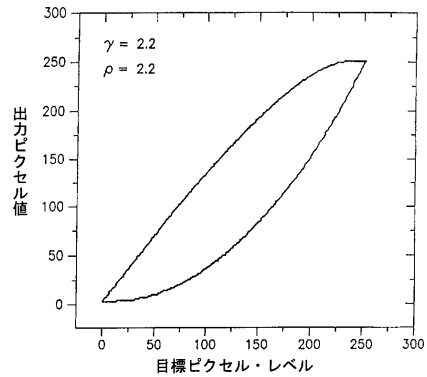
【図 25】



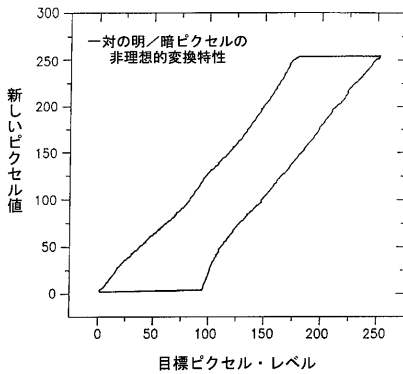
【図 26】



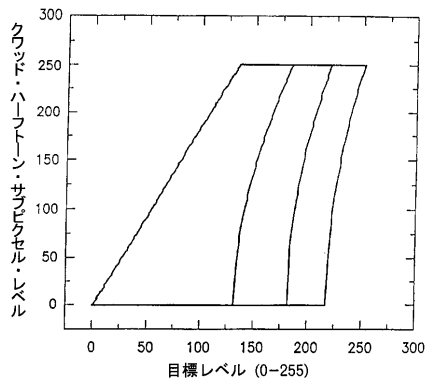
【図 27】



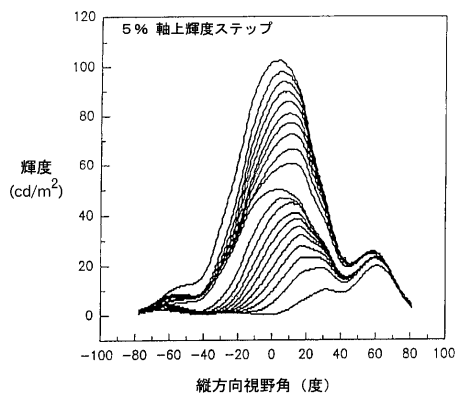
【図 28】



【図 30】

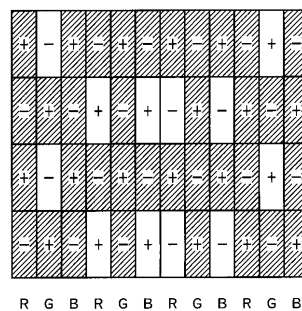


【図 29】



【図 31】

クラウド 25% 2 x 2 サブピクセル・パターン  
(グリーン/マゼンタ)



## 【図 3 2】

クワッド 75% 2×2 サブピクセル・パターン  
(グリーン／マゼンタ)

+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B

## 【図 3 4】

クワッド 75% 4×2 ダブル・サブピクセル・パターン

+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B

## 【図 3 3】

クワッド 25% 4×2 ダブル・サブピクセル・パターン

+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B

## 【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  
1 August 2002 (01.08.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 02/059685 A2

(51) International Patent Classification: G02F

(21) International Application Number: PCT/US01/49538

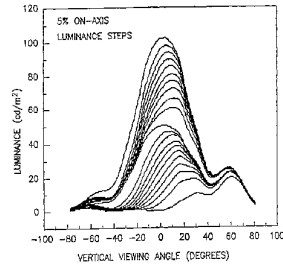
(22) International Filing Date:  
20 December 2001 (20.12.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
09/771,323 26 January 2001 (26.01.2001) US(71) Applicant: INTERNATIONAL BUSINESS  
MACHINES CORPORATION [US/US]; New Orchard  
Road, Armonk, NY 10504 (US).Steven, E.; 3 Michael St., Spring Valley, NY 10977 (US).  
THOMPSON, Gerhard, R.; 43 Regency Drive, Wap-  
pingers Falls, NY 12590 (US). WRIGHT, Steven, L.; 73  
South Hill Road, Cortlandt Manor, NY 10567 (US). WU,  
Chai, W.; 66 Orchard Dr., Poughquag, NY 12570 (US).(74) Agent: UNDERWEISER, Marian; International Busi-  
ness Machines Corporation, T.J. Watson Research Center,  
P.O. Box 218, Yorktown Heights, NY 10598 (US).(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, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI,  
SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA,  
ZW.(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GL, 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

[Continued on next page]

(54) Title: ADJUSTING SUBPIXEL INTENSITY VALUES BASED UPON LUMINANCE CHARACTERISTICS OF THE SUB-  
PIXELS IN LIQUID CRYSTAL DISPLAYS(57) Abstract: Viewing angle characteristics of a liquid crystal display (LCD) (112) are improved by reducing the number of sub-  
pixels in an image with mid-tone luminance values. In a preferred embodiment, a first table of entries associating subpixel intensity  
values and subpixel luminance values for a LCD in at least one viewing angle direction is provided. A target intensity value is de-  
termined from the first table, corresponding to the average subpixel luminance over a small number of adjacent subpixels. A second  
table of entries associates the target intensity values with intensity values above and below the target. The adjacent subpixel intensity  
values are modified according to the second table, thereby reducing the number of subpixels with mid-tone luminance values. The  
subpixel data is preferably processed within a portion of an application-specific integrated circuit (ASIC) (303), contained within  
the display module (112-2).

WO 02/059685 A2

---

**WO 02/059685 A2** 

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*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.*

**Published:**

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

WO 02/059685

PCT/US01/49538

**Adjusting Subpixel Intensity Values Based Upon Luminance  
Characteristics of the Subpixels in Liquid Crystal Displays**

**Background of the Invention**

5

Field of the Invention

The invention relates to liquid crystal displays (LCDs) and, more particularly, to improving the viewing angle characteristics of liquid crystal displays.

10 Description of the Related Art

Most modern liquid crystal display panels suffer from poor viewing angle characteristics (color shift and level reversal, as a function of viewing angle) over a range of subpixel intensity values between the bright and dark states. Of the various liquid crystal modes used in these displays, the most commonly used is the Twisted Nematic mode (TN mode), which has poorer  
15 viewing angle characteristics than other modes. Typically, a normally white mode is used, so that the fully bright state corresponds to a low applied voltage and the fully dark state corresponds to a high applied voltage. The display picture elements are commonly referred to as pixels, where each pixel usually consists of a group of three subpixels, namely red, green, and blue subpixels. Typical LCDs have a stripe pixel geometry, where the pixels are square in shape,  
20 and where all subpixels are shaped as vertical stripes with the height of a full pixel and width of one third of a full pixel. For the normally white mode, using 8-bit drive per color, the highest applied voltage corresponds to an intensity value of zero, and the lowest applied voltage corresponds to an intensity value of 255. Intensity values are also referred to as digital pixel levels, or digital to analog conversion values (DAC values).

25 The poor viewing angle characteristics result from the variation in optical transmission at different angles as voltage is applied across the liquid crystal cell gap. At a viewing angle of

WO 02/059685

PCT/US01/49538

normal incidence to the surface of the display, the luminance increases with digital pixel level, roughly following a power law, generally referred to as a gamma curve. FIG. 1 is an idealized gamma curve illustrating the relationship between luminance and digital pixel level at normal incidence. At viewing angles away from normal incidence, the gamma curve becomes distorted.

5 For a given digital pixel level, the luminance varies strongly with viewing angle. FIG. 2 shows the general trend of relative luminance variation over all viewing angles as a function of the digital pixel level. The variation in luminance has a non-monotonic dependence on pixel level, with the largest variation occurring over a range of pixel levels somewhere between the dark state and bright state.

10 U. S. Pat. No. 5,847,688 to Ohi et al. describes a technique that provides a new set of analog reference voltages to the data drivers every other frame. This requires additional, specialized circuitry to be added to the drive electronics for the panel. To work well, the method requires reference voltages for different gamma curves to be switched every two or more frames. This is necessary to provide both positive and negative voltages sequentially to the pixel. If the  
15 frame rate is 60 Hz, the switching rate of the gamma curve would be 30 Hz or less. If the modulation in luminance between the two gamma curves is large enough, as required to improve the viewing angle characteristics, then flicker will occur. Human visual sensitivity to flicker peaks at about 10 Hz, and the sensitivity at 30 Hz is quite large. Alternatively, if the liquid crystal response speed is not fast enough to fully respond within two frame times, then the liquid  
20 crystal director will maintain an average position within the cell structure, and the luminance will not vary with time. The resulting luminance value will be the average of the two gamma curves, and no improvement in viewing angle characteristics will occur.

U. S. Pat. No. 5,489,917 to Ikezaki et al. describes a technique whereby the reference voltage set is altered from the usual condition in that the lowest reference voltages are increased  
25 to suppress level reversal. For TN-mode LCDs with the usual rubbing and polarizer

WO 02/059685

PCT/US01/49538

configuration, this method improves the viewing angle characteristics in the upward direction (downward-looking) only. The level reversal condition is much stronger in the downward direction (upward-looking), so this method does not address the most noticeable deficiency in the vertical viewing angle characteristics. The method requires that the total range of reference  
 5 voltages be decreased, which significantly reduces the dynamic range and contrast ratio of the panel.

G. S. Fawcett and G. F. Schrack in "Halftoning Techniques Using Error Correction," Proceedings of the SID, Vol. 27/4, pp. 305-8 (1986), describes general algorithms for producing halftone images on any device, display, or printer which has limited grayscale capability. U.S.  
 10 Pat. No. 5,254,982 to Feigenblatt et al. describes a halftone method with time-varying phase shift which was intended for LCDs with relatively few intensity grayscale values. The goal of both Fawcett et al. and Feigenblatt et al. is to produce nearly continuous-tone images with devices which have limited grayscale capability. The present invention is intended for use with LCDs with full grayscale capability, and takes full advantage of this capability. Finally, the techniques  
 15 of Fawcett et al. and Feigenblatt et al. do not provide a method to improve the viewing angle characteristics with the halftone process.

In work done by both Honeywell and Hosiden Corporation, a split pixel structure has been used to increase the acceptable viewing angle range of TN-mode TFTLCDs. This work was described by Sarma et al. in "Active-Matrix LCDs Using Gray-Scale in Halftone Methods," SID  
 20 Digest, pp. 148-150 (1989); Sarma et al. in "A Wide-Viewing-Angle 5-in.-Diagonal AMLCD Using Halftone Grayscale," SID Digest, pp. 555-557 (1991); Sunata et al. in "A Wide-Viewing-Angle 10-Inch-Diagonal Full-Color Active Matrix LCD Using a Halftone-Grayscale Method," Int. Display Res. Conf. Record, pp. 255-257 (1991); Ugai et al. in "Deployment of Wide-Viewing-Angle TFT-LCDs Using Halftone Gray-Scale Method,"  
 25 Electronics and Communications in Japan, Pt. 2, Vol. 80, No. 5, pp. 89-98 (1997). A summary

WO 02/059685

PCT/US01/49538

of this work is also given in U. S. Pat. No. 5,847,688 to Ohi et al. In this technique, each subpixel is divided into two smaller split subpixels. An additional storage capacitor is utilized in combination with different load capacitances of the two split subpixels to provide a different pixel voltage to the two split subpixels. In this way, for a given subpixel voltage applied to the combination of two split subpixels, the transmission of the split subpixels is not the same. This technique is described by the authors as a "halftone gray-scale method." The method is halftone in the sense that one split subpixel is brighter than the other. Because the ratio of voltages applied to the split subpixels tracks as the ratio of the capacitances, the ratio of voltages will be approximately the same for all subpixel levels. For a given subpixel voltage, and different smaller-subpixel voltages, the transmission and viewing angle characteristics of the two small subpixels are not the same. By mixing together the light from the two smaller subpixels, the viewing angle characteristics are also mixed and improved as compared to a single subpixel. A major disadvantage of this approach is that a special subpixel structure is required within the array on the glass panel. To date, this technology has been successfully applied in aircraft cabin entertainment displays, containing subpixels as small as 159 by 477 microns. As the pixel area is decreased, the additional storage capacitance and split pixel structure become increasingly difficult to implement. This limits the extent to which this approach can be applied to computer information displays, in which both a large number and large density of pixels is required. For example, a display with 200 pixels per inch requires subpixel dimensions of approximately 42 x 126 microns.

Ogura, et al., in "A Wide-Viewing-Angle Gray-Scale TFT-LCD Using Additive Gray-Level Mixture Driving," SID Digest, pp. 593-596 (1992), describe a technique for improving the viewing angle characteristics of TFTLCDs by using additive gray-level mixture driving. In that work, pixels in odd columns are supplied with pixel voltages different from pixels in even columns. The voltage difference between columns is held at a constant value,



WO 02/059685

PCT/US01/49538

slightly less than the threshold voltage of the liquid crystal material. The technique requires a dual-bank data driver arrangement, in which alternate columns are connected to data driver chips above and below the array. Furthermore, the top and bottom banks of data driver chips must have different sets of reference voltages supplied to them. This approach was applied to a

5 normally-white twisted-nematic o-mode LCD. It was found that the horizontal viewing range was increased by about 10 degrees. This paper contains the understanding that pairs of pixel columns can be combined to improve the viewing angle characteristics. One deficiency of the technique is that a special, on-glass configuration is required, namely a dual-bank configuration. The control electronics must also be modified to provide an extra set of reference voltages.

10 Another problem is that a constant offset between column pixel voltages will not result in a luminance which for all levels matches the case where both columns have the same pixel voltage. This is a consequence of S-shaped transmission-voltage characteristics which are typical of all twisted nematic mode LCDs. Having a constant offset voltage which is independent of the input pixel data also causes problems with fine image patterns. A checkerboard or alternating-column

15 kind of image pattern will not be properly rendered. For certain patterns in which pixel data correspond to the offset voltage, the pattern could either be twice as intense or may disappear altogether.

Other techniques to improve the viewing angle characteristics of liquid crystal displays involve altered or special pixel structures, liquid crystal modes, or wiring within the panel array.

20 Examples of other techniques include dual-domain TN-mode, multidomain vertical alignment (MVA) and in-plane switching (IPS). These techniques which require special structures within the glass panel are inherently more expensive to develop and manufacture than techniques which avoid special structures. The IPS mode generally requires more power in operation than the other modes. As such, these techniques have more general applicability to desktop monitors than

25 to notebook computer displays. Furthermore, many of these approaches are generally not

WO 02/059685

PCT/US01/49538

extendible to high density pixel arrays because special pixel structures require that a large fraction of the total available area be devoted to the purpose of viewing angle improvement. The remaining fraction limits the aperture area which can be achieved in a design as the pixel area is decreased. Complicated pixel structures are also difficult to manufacture with high yield.

5 Thus, there remains a need in the art to provide an efficient and low cost mechanism that improves the viewing angle characteristics of modern liquid crystal display panels, especially for notebook computer displays.

#### **Summary of the Invention**

10

The method and apparatus of the present invention provide a very low-cost way to improve the viewing angle characteristics of liquid crystal displays. The present invention provides an efficient mechanism to modify the intensity values (in digital form) of the subpixels of the display using dithering techniques that take into consideration the non-ideal luminance characteristics of the subpixels of the panel, thereby improving the displayed image by suppressing or eliminating level reversal and color shift over a wide range of viewing angles.

According to the present invention, the data which is supplied to the panel is altered; therefore, it is not necessary to alter or change the liquid crystal cell, pixel structure, or glass panel, which are expensive and difficult to implement. The present invention can be implemented within the display subsystem, the data processing portion of the controller electronics within the display module, or operating system or application software. As the pixel density increases, the image quality and overall performance of this technique improves. Unlike other techniques which involve changes in physical pixel structure, this invention is easy to implement as the pixel density increases. This technique does not require special structures within the glass panel, and is intended for use with LCD's with full grayscale capability, and

20  
25

WO 02/059685

PCT/US01/49538

takes full advantage of that capability, as well as the full dynamic range of the panel. In addition, image data containing text, line art, or other information can be preserved, as described in more detail below. Because only the data is altered, the method or apparatus can be controlled by the user, with the option of turning it off completely or altering the degree to which the viewing

5 angle characteristics are changed. In this invention, both the luminance and color changes with viewing angle are reduced.

The present invention not only improves viewing angle characteristics, it can also be used to improve color management and control by restricting the subpixel colors to a range having well-behaved states, without reduction in the number of renderable colors.

10 This technique could be applied to any liquid crystal display which has viewing angle variations. Examples include thin-film-transistor liquid-crystal displays (TFTLCDs), otherwise known as active-matrix liquid-crystal displays (AMLCDs). The active thin film transistor devices which address the pixels in the array could be made of any material, such as amorphous silicon (a-Si), polycrystalline silicon (poly-Si), single-crystal silicon, or organic materials. The  
15 invention is also applicable to other kinds of liquid crystal display devices, such as passive-matrix LCDs, otherwise known as super-twisted nematic liquid crystal displays (STNLCs), and ferroelectric LCDs.

In the method of generating an improved image according to the present invention, intensity values associated with the data elements of an image are modified to reduce the number  
20 of mid-tone intensity values between the bright and dark intensity values. Intensity values are modified according to the dependence of subpixel luminance on intensity and at least one viewing angle of the liquid crystal display. Intensity values are also modified according to other defined conditions on the data elements of the image. For example, if the data elements of a portion the image meet certain criteria, there is no modification of the intensity values.

WO 02/059685

PCT/US01/49538

In a preferred embodiment, a first plurality of entries providing an association between intensity value and luminance value for subpixels of an LCD display in at least one viewing angle direction are provided. In addition, a second plurality of entries providing an association between a target intensity value and intensity values outside the mid-tone intensity range are

5 provided. The intensity values are modified to reduce the number of mid-tone values by: generating a first luminance value from subpixel intensity values using the first plurality of entries for image data, identifying a target intensity corresponding to that luminance by using the first plurality of entries, and identifying intensities outside the mid-tone range by using the second plurality of entries.

10 The preferred apparatus according to the present invention is a pixel data processor within the electronics of the display controller, implemented as part of an application-specific integrated circuit (ASIC) contained within the display panel module. The pixel data processor modifies intensity values associated with the data elements of an image to reduce the number of mid-tone intensity values between the bright and dark intensity values. Intensity values are

15 modified according to the dependence of subpixel luminance on intensity and at least one viewing angle or range of viewing angles of the liquid crystal display.

The above and other features and advantages of the present invention will be apparent from the following description of preferred embodiments of the invention with reference to the accompanying drawings.

20

#### Brief Description of the Drawings

FIG. 1 is a graph illustrating the idealized dependence of luminance on digital pixel level intensity values, at a viewing angle of normal incidence.

WO 02/059685

PCT/US01/49538

FIG. 2 is a graph illustrating the relative luminance variation over a range of viewing angles as the intensity value decreases from the bright state to the dark state.

FIG. 3 is functional block diagram of a computer system in which the present invention may be embodied.

5 FIG. 4 is a functional block diagram of the display subsystem of FIG. 3.

FIG. 5 is a functional block diagram of the Display Controller and Display Array of FIG.

4.

FIG. 6 is a graph of the detailed characteristics of luminance on intensity level.

FIG. 7 is a polar plot of luminance of a TN-mode TFTLCD for level 255.

10 FIG. 8 is a polar plot of luminance of a TN-mode TFTLCD for level 0.

FIG. 9 is a graph showing the luminance of a TN-mode TFTLCD in the vertical plane.

FIG. 10 is a graph of luminance versus digital pixel level from FIG. 9 at a vertical viewing angle of 62 degrees below normal incidence.

FIG. 11 is a graph of differential contrast ratios versus vertical viewing angle.

15 FIG. 12 is a graph of the yellow-blue shift of a typical TN-mode TFTLCD for uniform gray with  $R=G=B$ .

FIG. 13 is an illustration of pixel polarities used in row inversion.

FIG. 14 is an illustration of pixel polarities used in dot inversion.

FIG. 15 is an illustration of a full pixel 2x2 pattern, with dot inversion.

20 FIG. 16 is an illustration of a full pixel 2x4 pattern.

FIG. 17 is an illustration of a full pixel 4x2 pattern.

FIG. 18 is an illustration of a 4x2 double subpixel pattern.

FIG. 19 is an illustration of a 2x2 subpixel pattern with a green/magenta arrangement.

FIG. 20 is an illustration of a 14x14 staggered subpixel pattern, with a majority of bright  
25 subpixels.

WO 02/059685

PCT/US01/49538

FIG. 21 is an illustration of a 14x14 staggered subpixel pattern, with a majority of dark subpixels.

FIG. 22 is a general flow chart of halftone pixel processing.

FIG. 23 is a flow chart for full pixel 2x2 pattern.

5 FIG. 24 is a flow chart for double subpixel 4x2 pattern.

FIG. 25 is a flow chart for 2x2 subpixel pattern, where pixels are processed within the same column.

FIG. 26 is a graph illustrating a linear halftone relationship for ideal gamma characteristics.

10 FIG. 27 is a graph illustrating a power-law halftone relationship for ideal gamma characteristics.

FIG. 28 is a graph showing improved linear halftone relationship for lookup table for typical TN-mode panel transfer characteristics.

15 FIG. 29 is a graph showing luminance versus viewing angle for different linear halftone curves.

FIG. 30 is a graph illustrating a linear-law algorithm for 2x2 quad pixel processing, with maximal separation between light and dark branches.

FIG. 31 is an illustration of a 2x2 subpixel-like pattern for 25% luminance using quad pixel processing.

20 FIG. 32 is an illustration of a 2x2 subpixel-like pattern for 75% luminance using quad pixel processing.

FIG. 33 is an illustration of a 4x2 double subpixel-like pattern for 25% luminance using quad pixel processing.

25 FIG. 34 is an illustration of a 4x2 double subpixel-like pattern for 25% luminance using quad pixel processing.

WO 02/059685

PCT/US01/49538

**Description of the Preferred Embodiments**

The overall architecture of an exemplary system that embodies the present invention is depicted in FIG. 3. As shown, a computer system 100 includes a processor 102 which is  
5 operatively coupled to system memory 104 and other components via a system bus 106. The system memory 104 includes random access memory that stores the operating system of the computer system 100 and application software, if needed. For the sake of description, the system bus 106 is shown as a single bus; however, it is readily apparent to one skilled in the art that the system bus may comprise one or more buses (which may utilize different bus protocols)  
10 depending upon the architecture and design of the computer system 100. For example, the system bus 106 may include a plurality of buses organized in a hierarchical manner as is typical in modern Intel-based architected systems. The operating system and application software are typically loaded into the system memory 104 from persistent storage 109, such as a fixed disk drive or other nonvolatile memory. In addition, the operating system and application software  
15 may be loaded into system memory 104 from network resources via a communication adapter (not shown) such as a modem, a local area network adapter network, a wide area network adapter or other communication device. Input/output (I/O) devices 108 operatively couple to processor 102 via the system bus 106. The I/O devices 108 may include a keyboard, template or touch pad for text entry, a pointing device such as a mouse, trackball, or light pen for user input, and speech  
20 recognition for speech input.

The operating system controls the allocation and usage of the hardware resources of the computer system 100, and is the foundation on which the application software is built. The application software works in conjunction with the operating system and user input to perform specific tasks. Examples of application software include a word processor, spreadsheet program,  
25 web-browser, video player, 3-D modeling and navigation software, 3-D game software, etc.

WO 02/059685

PCT/US01/49538

The computer system 100 includes a display subsystem 110 that interfaces to the processor 102 and the system memory 104 via the system bus 106. Generally, the display subsystem 110 operates to generate images for display on the display device 112 based upon commands generated by the processor 102 and transferred to the display subsystem 110 via the system bus 106.

The operating system includes an implementation of a programming interface (hereinafter "graphics programming interface") that is used by other parts of the operating system and application software to transfer commands and data to the display subsystem 110 in order to generate images for display on the display device. More specifically, the operating system and/or application software works in conjunction with the graphics programming interface to load data (such as text data, bit-map pixel data, and three-dimensional graphics data) into system memory 104 in a form suitable for use by the display subsystem 110. In addition, the operating system and/or application software works in conjunction with the graphics programming interface to generate commands associated with the data in a form suitable for use by the display subsystem 110, and transfers the commands to the display subsystem 110 via the system bus 106. The display subsystem 110 performs the operations dictated by the commands to generate image data for display on the display device. The commands transferred to the display system may be, for example, a command to draw a line, a command to draw a window, a command to render a bit-map image, a command to render a three dimensional image, a command to decode a video stream, etc. The display device 112 may utilize raster scan techniques (such as a CRT display device) or array switching techniques (such as liquid crystal/TFT display device) to display the pixels.

The display subsystem 110 of the present invention as described below may be implemented in hardware as, for example, a gate array or a chip set that includes at least one programmable sequencer, memory, integer processing unit(s) and floating point unit(s), if



WO 02/059685

PCT/US01/49538

needed. In addition, the display subsystem 110 may include a parallel and/or pipelined architecture. In the alternative, the display subsystem 110 may be implemented in software together with a processor. The processor may be a conventional general purpose processor, a part of the host processor 102, or part of a coprocessor integrated with the host processor 102.

5 An example of the display subsystem 110 is shown in FIG. 4. More specifically, the exemplary display subsystem 110 includes a control processor 200 (not shown) that supervises the operations performed by the other elements of the display subsystem 110. The display subsystem 110 attaches to the system bus 106 via a host interface 202, which reads and writes data from and to the system bus 106 by performing the communication protocol of the system  
10 bus 106.

The display subsystem 110 includes display logic 204 that performs the operations dictated by the commands received via the system bus 106 to generate image data for display on the display device 112. The display logic 204 may include a microprocessor or may include special purpose hardware for performing a specific class of operations.

15 The image data generated by the display logic 204 is stored in a frame buffer 206 under control of a memory controller 208. In addition, the contents of the frame buffer 206 can be read back and transferred to the system control processor 102 via the memory controller 208 and host interface 202.

The frame buffer 206 typically contains sufficient memory to store color data (in digital  
20 form) for each pixel of the display device 112. Conventionally, the color data consists of three sets of bits (for example, 3 8-bit integers) representing red, green and blue (r,g,b) colors for each pixel. Conventionally, the frame buffer 206 is arranged in a matrix of rows and columns each n bits deep wherein the particular row and column address corresponds to the pixel location on the display device 112. In addition, the display subsystem 110 may include two frame buffers. In  
25 the conventional system, one of the frame buffers serves as the active display portion, while the

WO 02/059685

PCT/US01/49538

other frame buffer is updated for subsequent display. Either frame buffer may change from being active to inactive in accordance with the needs of the system 100; the particular manner in which the changeover is accomplished is not relevant to the present invention.

The display subsystem 110 also includes video timing logic 214 that generates video  
5 timing signals that control the transfer of pixel data from the frame buffer 206 to the display device 112. More specifically, the video timing logic 214 generates a pixel clock signal, a horizontal synchronization signal (or HSYNCH signal) and a vertical synchronization signal (VSYNCH). The pixel clock signal represents the transition between pixels in a given line of the display. The HSYNCH signal represents the transition from one line to another line of the  
10 display device, and the VSYNCH signal represents the transition from one frame (i.e., the last line of a frame) to the next frame (i.e., the first line of the next frame) of the display device.

The video timing signals are provided to memory controller 208, which generates an address signal based upon such video timing signals supplied thereto. The address signals generated by the memory controller 208 are provided to the frame buffer 206 to cycle through the  
15 pixel locations of the frame buffer 206. In each address cycle, the pixel data for one or more pixels is read from the frame buffer 206 and transferred to a palette DAC 220.

The palette DAC 220 maps the pixel data output from the frame buffer 206 to a color space (which, for example, may be a 24 bit integer value) used on the display. Preferably, the palette DAC 200 utilizes a table look-up that operates synchronously with the pixel clock signal  
20 generated by the video timing logic 214.

In computer systems (e.g., desktop computer systems), the palette DAC 220 forwards the transformed pixel data to a video encoder 230 that encodes the transformed pixel data into a video signal, such as an NTSC signal, MPEG video signal or HDTV signal, for output to a video device 112-1, such as a CRT monitor. The video device 112-1 includes a decoder, display

WO 02/059685

PCT/US01/49538

controller and a display that decodes the video signal and displays the image represented by the pixel data encoded therein.

In some computer systems (e.g., notebook computers), the palette DAC 220 forwards the transformed pixel data, typically one pixel at a time, to a serial link transmitter 222. The serial link transmitter 222 receives the pixel data, serializes the pixel data into a bit stream, and transfers the bit stream to a display module 112-2 over a high speed serial channel. The display module 112-2 includes a serial link receiver 224 that receives the bit stream. Preferably, the serial link transmitter 222 and receiver 224 operate synchronously with the pixel clock signal generated by the video timing logic 214. An example of the serial link transmitter 222 and receiver 224 is the DS90CR383/DS90CR284 channel link manufactured by National Semiconductor. In addition, the signals communicated between the serial link transmitter 222 and receiver 224 preferably include a clock signal generated by the serial link transmitter 222 that is derived from the pixel clock signal generated by the video timing logic 214. The serial link receiver 224 utilizes the clock signal communicated between the serial link transmitter 222 and receiver 224 to reconstruct the pixel clock signal. For example, the clock signal communicated between the serial link transmitter 222 and receiver 224 may be the pixel clock signal stepped down by a factor of  $2^N$  (where N is an integer greater than or equal to 0).

The serial receiver 224 recovers the pixel data from the serial bit stream, and forwards the pixel data to display controller 226. In addition, the serial link receiver 224 utilizes the clock signal communicated between the serial link transmitter 222 and receiver 224 to reconstruct the pixel clock signal, and forwards the pixel clock signal to the display controller 226. The display controller 226 utilizes the pixel clock signal and pixel data received from the serial link receiver 224 to generate signals supplied to a display array 228 to thereby generate an image for display.

The display controller 226 utilizes a predetermined driving scheme (for example, row inversion, column inversion, or dot inversion) to generate the image for display. FIG. 5

WO 02/059685

PCT/US01/49538

illustrates an exemplary embodiment of the display controller 226 and display array 228 of FIG.

4. More specifically, the display controller 226 includes memory 301 for storing the pixel data forwarded by the serial receiver 224. Pixel processing circuitry 303 (which is typically embodied by a controller or a gate array) transforms the pixel data stored in memory 301 and outputs the transformed pixel data to the display array 228. The display array 228 includes a liquid crystal cell control circuit 310, a liquid crystal cell 318, and a backlight 324. The liquid crystal cell control circuit 310 includes, as panel driver components, an LCD controller LSI 312, a source driver 316 and a gate driver 314. The LCD controller LSI processes the transformed pixel data, including the pixel data clock supplied by receiver 224, which signals are received from the display controller 226, and outputs signals to the source driver 316 and the gate driver 314, including timing control signals generated from the pixel data clock. The source driver 316 generates a gray scale signal (in analog form) corresponding to the supplied pixel data and outputs the gray scale signal (in analog form) on the appropriate data line of the display array. An example of the source driver 316 is the MPT57481 Source Driver manufactured and sold by Texas Instruments. Gate line driver 314 generates addressing signal(s) to activate appropriate subpixels of the display array in order to provide the gray scale signals (in analog form) supplied on the data lines to the appropriate subpixels of the display array. An example of the gate line driver circuitry 309 is the MPT57604 Gate Driver manufactured and sold by Texas Instruments. The backlight 324 illuminates the liquid crystal cell 318 from the back or the side. The backlight 324 includes a fluorescent tube 320 and an inverter power source 322. The display controller 226 may also be provided with a user interface 305, to allow the user to adjust, for example, the degree to which the viewing angle characteristics are changed.

According to the present invention, the data sent to the display array is modified to enhance the viewing angle characteristics of the liquid crystal display. The data modification may be implemented in hardware within the display subsystem or, as is preferred, entirely within

WO 02/059685

PCT/US01/49538

the data processing portion of the controller electronics within the display module, or alternatively in operating system or application software. The software may reside on any medium readable by a computer system having a display, e.g. a disk, tape, CD, etc.

The data modification scheme depends on the properties of the liquid crystal display, such as its luminance and viewing angle characteristics. Presently used liquid crystal displays have good viewing angle characteristics in the bright state. The viewing angle characteristics in the dark state may be poor, but because the luminance is relatively small, this does not affect the viewer's perception. For certain levels or ranges of luminance between the dark and bright states, the luminance deviates strongly from an isotropic or Lambertian distribution with viewing angle, and at certain viewing angles the luminance does not monotonically increase with pixel level. This adversely affects the image quality by causing color shift and contrast reversal. By suppressing these problematic mid-tone levels in favor of brighter or darker levels, the present invention achieves the desired luminance level for the viewer, but does so using display elements which have good viewing angle characteristics. The improvements in viewing angle characteristics are achieved concurrent with some loss of image resolution.

The subpixel luminance of a liquid crystal display roughly follows a power-law dependence on digital pixel level, sometimes referred to as the gamma characteristics or gamma curve. Ideally, the subpixel luminance versus input digital subpixel level follows the simple relationship given in Eq. 1 below.  $Y_{max}$  and  $Y_{min}$  are the maximum and minimum luminances at normal incidence to the display, and  $n$  is the pixel digital level, or DAC level. For a display with 8-bit color, each subpixel has 256 levels, and the levels span the range from 0 to 255. A plot of this relationship is given in FIG. 6, for  $\gamma = 3.0$  and  $Y_{max}/Y_{min} = 500$ .

$$Y = Y_{min} + (Y_{max} - Y_{min}) \cdot (n/255)^\gamma \quad \text{Eq. (1)}$$

WO 02/059685

PCT/US01/49538

Many liquid crystal displays do not follow this relationship precisely, but instead exhibit gamma characteristics with an S-shaped curve, in which the maximum luminance occurs at a pixel level somewhat below level 255. An example of an S-shaped gamma curve for a typical liquid crystal display found in notebook computers is also shown in FIG. 6. Typical liquid crystal cells have transmission versus cell voltage characteristics, which are also S-shaped. It is often erroneously assumed that the S-shape of the transmission characteristics leads to an S-shaped gamma curve. The shape of the gamma curve is determined by the particular choice of relationship between pixel levels and drive voltages provided to the liquid crystal panel.

For most liquid crystal modes and pixel cell structures used in TFTLCDs, the luminance does not remain constant with viewing angle. Furthermore, as the pixel level is decreased from the bright state, the variation in luminance with viewing angle over a range of viewing angles becomes larger. Examples of polar plots of luminance versus viewing angle for a twisted-nematic mode TFTLCD are given in FIG. 7 and FIG. 8 for pixel levels 255 and 0, where all subpixels are the same value ( $R=G=B$ ), i.e. the gray condition. Considering the range of characteristics exhibited over the entire range of pixel levels (0 to 255), at particular viewing angles, the luminance over a range of pixel levels can be excessively bright compared to the gamma curve at normal incidence, or excessively dark compared to the gamma curve. For some liquid crystal configurations, at particular viewing angles, the luminance relationship with pixel level can become reversed, that is, the luminance at lower pixel values can be brighter than the luminance at higher pixel values. This situation is referred to as level reversal, and images viewed at these angles with pixel values in this range exhibit reverse contrast. For twisted-nematic mode liquid crystal displays, all of these effects generally occur. For liquid crystal displays with wide-viewing-angle modes other than twisted-nematic, there are also variations in luminance (and color) with viewing angle, but those generally do not exhibit level reversal.

WO 02/059685

PCT/US01/49538

For twisted-nematic mode liquid crystal displays, the strongest variation in luminance occurs in the vertical direction, as the incident viewing angle is varied from below normal incidence to above normal incidence. An example of the luminance characteristics versus vertical viewing angle for a twisted-nematic mode liquid crystal display is given in FIG. 9, which consists of a family of curves corresponding to vertical cuts in polar plots of luminance at an azimuthal angle of 90 degrees. Positive values of viewing angle ( $\theta$ ) correspond to the upward direction from the panel normal (as viewed downward) and negative values of viewing angle correspond to the downward direction from the panel normal (as viewed upward). It is seen that as the pixel level is reduced from 255 toward 0, the luminance peak moves from a vertical viewing angle  $\theta$  of zero to positive  $\theta$  angles. As the incident angle increases above zero, the luminance curves become more closely spaced, and cluster together toward the highest pixel levels. The luminance behavior in this region is excessively bright. As the incident angle decreases below zero, the family of luminance curves retain most of their relative spacing, but the overall magnitude of the curves drops off much more sharply with incident angle than for the case of positive incident angles. The luminance behavior in this region is excessively dark. For the lowest pixel levels, as the viewing angle is made more negative, the luminance curves cross, corresponding to the level reversal condition discussed previously. For the very highest positive incident viewing angles and pixel levels, there can also be some level reversal.

In FIG. 10, a plot of luminance versus pixel level at a vertical viewing angle of -62 degrees is shown for the data in FIG. 9. At this viewing angle, the luminance generally exhibits a local maximum, and does not follow a gamma-type relationship. The luminance is not monotonic, and peaks at a mid-tone gray level below the midpoint of the range of levels. This luminance can be viewed as an error function, with a maximum error for midrange pixel levels.

To examine the level reversal effect more closely, a plot of a family of differential contrast ratios can be constructed from the data in FIG. 9, as shown in FIG. 11. The differential

WO 02/059685

PCT/US01/49538

contrast ratios are the ratio of luminances between selected pixel levels. In FIG. 11, several ratios of levels are shown. Ideally, the differential contrast ratio (CR') for two levels  $n_1$  and  $n_2$  should follow from the gamma relationship:

$$CR' \simeq (n_1/n_2)^\gamma \quad \text{Eq. (2)}$$

- 5 In FIG. 11, it is evident that the differential contrast ratios do not follow this relationship. For incident viewing angles in the range 0 to +35 degrees, the differential contrast ratios remain relatively well behaved, reflecting the non-ideal gamma relationship typical of LCDs near normal incidence. For incident viewing angles in the range +35 to +80, the differential contrast ratios of the highest levels drops below 1, indicative of level reversal. For incident viewing angles in the
- 10 range of 0 to -80 degrees, the differential contrast ratio characteristics very strongly deviate from acceptable behavior. For the lowest pixel levels below level 31, the minimum differential contrast ratio reaches a value close to 1 for a vertical viewing angle of about -10 degrees. As the pixel level is increased, the minimum differential contrast ratio dips strongly below 1, and the location of the minimum ratio moves to larger negative incident viewing angles. The smallest
- 15 differential contrast ratio occurs between levels 223 and 207 at an incident viewing angle of about -65 degrees. For levels higher than this, the differential contrast becomes larger than 1 for all vertical viewing angles between 0 and -80 degrees. It is clear from this plot, that for negative vertical viewing angles, a broad range of pixel levels between approximately level 31 and level 223 exhibit undesirable level reversal characteristics.
- 20 Similar transmission characteristics for twisted-nematic mode liquid crystals are shown as FIG. 2b and FIG. 3b in U.S. Pat. No. 5,489,917 to Ikezaki, et al., in which level reversal phenomena are exhibited in upward and downward directions dependent upon the exact liquid crystal mode. A general feature of the characteristics shown in FIG. 11 and in Ikezaki is that for a given set of viewing angle conditions and range of pixel levels, the luminance error associated



WO 02/059685

PCT/US01/49538

with level inversion peaks somewhere in the mid-tone graylevel region, that is for pixel levels somewhere between the minimum and maximum.

Another aspect of most liquid crystal display modes is the color variation which occurs with pixel level. Typical characteristics of twisted-nematic mode are shown in FIG. 12, in which

5 the chromaticity is plotted versus graylevel, for the condition that all three subpixels have the same level,  $R=G=B$ . The value  $u'$  is indicative of the eye's red-green response, where larger  $u'$  values correspond to larger red response. The value  $v'$  is indicative of the eye's yellow-blue response, where larger  $v'$  values correspond to larger yellow response. Over the range between fully bright (level 255) and fully dark (level 0) the change in  $v'$  is larger than  $u'$ , such that the

10 chromaticity changes from yellowish at level 255 to bluish at level 0. This yellow-blue shift is typical of most liquid crystal display modes. For images which contain a significant number of bright pixels, the appearance of color occurs relative to the white state, which acts as a reference illuminant. The change in chromaticity will be judged as a color shift toward the blue as the level is decreased. Provided the display has a large contrast ratio, that is, the luminance of the

15 bright state is much larger than the luminance of the dark state, the color shift will be most noticeable for the mid-tone graylevels. The bluish condition of fully dark pixels near level 0 cannot be discerned relative to white; they appear black because their luminance is sufficiently low. However, the bluish condition of mid-tone gray pixels can be discerned relative to white because luminance of the mid-tone graylevels is significant compared to fully bright pixel

20 luminance.

In the present invention, these undesirable effects are removed by decreasing the number of image pixel values which have mid-tone levels. This is done by processing pixel data values to produce a halftone image, in which one group of pixels is made brighter than the input values and another group of pixels is made darker than the input values. The pixel data values can be

25 chosen in such a way that the luminance is locally preserved in the image. Both the bright and

WO 02/059685

PCT/US01/49538

dark pixels have more desirable viewing angle characteristics than the mid-tone gray pixels which would otherwise be present in the image. The viewing angle characteristics will be dominated by the bright pixels, which are much more visible than the dark pixels. In this way, it can be thought that the luminance viewing angle characteristics of a halftone image approaches  
5 that of the bright pixels, simply masked by the presence of dark pixels which reduce the overall luminance relative to the brightness of the individual bright pixels.

A necessary constraint on the groups of pixels is that the group of bright subpixels must contain approximately equal numbers of positive and negative subpixels, as determined by the inversion method used to drive the panel. To minimize flicker and image sticking phenomena, it  
10 is necessary to change the polarity of pixel voltages every subsequent frame. Furthermore, to further improve the image quality, including suppression of capacitive crosstalk effects, it is beneficial to alternate the polarity of pixels within the array. Frame inversion is defined to be the case that all pixels in the array are the same polarity within the same frame, alternating in subsequent frames. Column inversion is defined to be the case that the pixel voltages alternate  
15 between columns within the array and also alternate between frames. Row inversion is the case that the pixel voltages alternate between rows within the array and also alternate between frames, as shown in FIG. 13. Dot inversion combines alternation of pixel voltage polarity with both row and column and between frames as shown in FIG. 14. Typically, at present, commercially-available notebook computer TFTLCDs are driven using row inversion, while  
20 present desktop monitor TFTLCDs are driven using dot inversion.

To satisfy the requirement that flicker is not observed, the bright subpixel voltages must be approximately evenly split between positive and negative values. The balance of positive and negative pixels should be matched, consistent with the ability of the human visual system to perceive flicker. The balance must be achieved over a region smaller than the minimal area over  
25 which the human visual system can perceive flicker. Other issues of image sticking and crosstalk

WO 02/059685

PCT/US01/49538

suppression also place requirements on balance of pixel voltages. All of the requirements are satisfied if the number of positive and negative pixels are balanced within a few percent, and the size of the region over which the balance is achieved is between 1 and 10 pixels. A wide range of halftone pixel patterns can be used which satisfy the inversion requirements, by nearly

5 balancing the number of bright positive and negative pixels. The patterns can exactly balance the number of bright and dark pixels, in which 50% of the pixels are bright and 50% are dark, or some other ratio of bright and dark pixels, such as 66% dark pixels and 33% bright pixels. The simplest patterns are uniform over the entire panel image. The patterns could also be stochastic, adapting to the image content by changing frequency and pattern as regions of the image change.

10 It should be understood that the intensity of the halftone patterns in different regions depends upon the image content in those regions. The patterns will have the same overall appearance only if the image content is changing gradually from pixel to pixel. If the image content is changing sharply from pixel to pixel, then the halftone pattern will be disrupted. To describe the different patterns, for the purposes of the following discussion, it is assumed that the  
15 image data is uniform from pixel to pixel, such as a mid-level gray color.

Examples of uniform patterns are now described. One of the simplest patterns is a 2x2 full pixel checkerboard, shown in FIG. 15. In this pattern, each full pixel, consisting of three subpixels R, G, and B is made either dark or bright. The full pixels alternate between dark and bright. Under row inversion, the polarities of all subpixels within each bright pixel are the same,  
20 the polarities alternate between rows, and the number of bright positive pixels are exactly matched by the number of bright negative pixels. This pattern is acceptable for panels driven under row inversion. However, under dot inversion, with polarities as shown in FIG. 15, it is seen that the number of bright positive and bright negative pixels is not balanced.

Patterns which exactly balance the number of bright positive and bright negative pixels  
25 under both row inversion and dot inversion are shown in FIG. 16, FIG. 17, FIG. 18, and FIG. 19.

WO 02/059685

PCT/US01/49538

All patterns in these figures also share the property that exactly half the pixels are darkened and half the pixels are brightened. FIG. 16 illustrates a full pixel 2x4 pattern, in which the periodicity is 2 pixels in the horizontal direction and 4 pixels in the vertical direction. The brightened or darkened regions consist of a full pixel. FIG. 17 illustrates a full pixel 4x2 pattern, in which the periodicity is 4 pixels in the horizontal direction and 2 pixels in the vertical direction. The brightened or darkened regions consist of a full pixel. FIG. 18 illustrates a double subpixel 4x2 pattern. The brightened or darkened regions consist of a pair of subpixels. FIG. 19 illustrates a subpixel 2x2 pattern. The periodicity is 2 pixels in both horizontal and vertical directions. The brightened or darkened regions consist of either a single subpixel or a pair of subpixels. There are three possible color arrangements for the subpixel 2x2 pattern, namely green/magenta, red/cyan, and blue/yellow. The green/magenta color arrangement is depicted in FIG. 19.

Examples of patterns with much larger repeat distances are shown FIG. 20 and FIG. 21. These patterns can be described as staggered subpixel 14x14 patterns. These patterns have a periodicity of 14 full pixels in both the horizontal and vertical directions, with a total of 588 subpixels in each repeated pattern. In FIG. 20, the bright subpixels constitute 57.1% of the total number of subpixels within the repeated pattern, with equal numbers of subpixels with opposite polarity. The dark subpixels constitute 42.9% of the total, also with equal numbers of subpixels with opposite polarity. The pattern shown in FIG. 21 is similar to that just described, except that the dark subpixels and bright subpixels constitute 57.1% and 42.9% of the total, respectively.

From the description of these patterns, it is clear that many possible uniform patterns can be constructed which satisfy the required conditions for this invention.

Most of these patterns can be created in the display image data by processing pairs of pixels within the same row in the image data, moving through the pixel data on a row by row basis. Some patterns may also require that pixels in adjacent rows be processed together. In that case, an entire line of pixel values must be stored in a line buffer. If a small number of pixels can

WO 02/059685

PCT/US01/49538

be processed together in groups with a small number of operations, the pixel data can be processed rapidly, at a rate compatible with refresh frame rates for the display. A description of pairwise pixel processing flow within the same row is shown in the flow chart in FIG. 22.

FIG. 23 shows an example flow chart of how the pixel data could be processed for the 2x2 full pixel checkerboard pattern shown in FIG. 15. The first step is to determine whether or not the first pixel in the row is to be skipped. If the pixel row is even, the first three subpixels are ignored, and the starting point is shifted by 1 full pixel within the row. If the pixel row is odd, retain the starting point at the 1st pixel in the row. Store the pair of subpixel level values in the row, starting at the pointer location and including the adjacent subpixel. Next, to preserve line art and text which contain solid blocks of saturated colors, it is necessary to test for the presence of this material in the image data. If either subpixel is either level 0 or 255, the subpixel level values at this location remain unchanged by the algorithm. Alternatively, a threshold test could be used for the subpixels which prevents changing the pixel level values when the difference between input subpixel level values is larger than a threshold level value. A suitable threshold difference is about 100 levels. Next, the two values of pixel luminance are determined for the pair of pixel levels using a characterization lookup table (LUT). The characterization LUT is simply the calibration curve of the pixel luminance versus pixel level. If the panel characteristics can be described by a simple mathematical relationship, then LUT #1 could be formula. The average luminance of the pair of pixels is then calculated. Next, using LUT #1 in reverse, the target average level is determined as that pixel level which corresponds to the average luminance of the pair of pixels. Finally, the two new DAC levels are then determined for the pair of pixels, using an algorithm LUT. The algorithm LUT is the halftone algorithm curve. The optimal halftone algorithm curve will be different for different calibration curves and different liquid crystal display technologies.

WO 02/059685

PCT/US01/49538

A different flow chart for the generation of the double subpixel 4x2 pattern in FIG. 18 is shown in FIG. 24. The general characteristics are the same as for the flowchart in FIG. 23, but with different branching conditions. Both of the flow charts in FIG. 23 and FIG. 24 involve processing pairs of pixel data within the same row in the image. An example of a flow chart which involves processing pairs of pixel data within the same column, but with different rows is given in FIG. 25. This flow chart describes the process generation of the 2x2 subpixel pattern shown in FIG. 19.

For good performance of information displays, a gamma-type transfer curve, as described in Equation (1), is desired. Most commercial cathode-ray-tube displays have gammas in the range 2.2 to 2.8, and a gamma of 2.2 is generally the desired target value. We now consider the case that the display transfer characteristics follow a gamma-type curve, with a negligibly small minimum luminance,  $Y_{\min}$ . The transfer characteristics are then:

$$Y = Y_{\max} \cdot (n/255)^\gamma \quad \text{Eq. (3)}$$

For the following discussion, we consider a pattern in which exactly one half of the pixels are bright and one half are dark. We desire to match the macroscopic luminance of the halftone pattern to that of a uniform pattern. For a uniform pattern, in which all pixels have the same level, the microscopic pixel luminance is the same as the macroscopic luminance. The macroscopic luminance of the halftone pattern is given by:

$$Y_{ht} = \frac{1}{2} Y_{\max} \cdot \left(\frac{n_d}{255}\right)^\gamma + \frac{1}{2} Y_{\max} \cdot \left(\frac{n_b}{255}\right)^\gamma \quad \text{Eq. (4)}$$

where  $n_d$  and  $n_b$  are the levels of the dark and bright pixels in the halftone pattern.

We first consider that the dark pixels are made as dark as possible,  $n_d = 0$ , with negligible luminance. The macroscopic luminance of this halftone pattern will match the macroscopic luminance of a uniform pattern when the microscopic luminance of the individual bright pixels is

WO 02/059685

PCT/US01/49538

exactly twice that of the pixels of the uniform pattern. For a given target level of the uniform pattern,  $n$ , we have:

$$Y_{ht} = \frac{1}{2} Y_{\max} \cdot \left(\frac{n_b}{255}\right)^\gamma = Y_{\max} \cdot \left(\frac{n}{255}\right)^\gamma \quad \text{Eq. (5)}$$

5 Solving for  $n_b$ , we obtain:

$$n_b = n \cdot (2)^{1/\gamma} \quad \text{Eq. (6)}$$

Under these conditions, the relationship between halftone bright pixel level and target pixel level is linear. For purposes of illustration, the following example is provided. For  $\gamma = 2.2$ ,  $n_b = 1.37n$ .

Also, for  $\gamma = 2.2$ , the uniform pattern luminance becomes  $\frac{1}{2} Y_{\max}$  at a pixel level of 186. This

10 luminance can be matched by a halftone pattern with equal numbers of fully bright pixels at level 255 and fully dark pixels at level 0.

For target levels larger than 186, the halftone bright pixels have saturated at level 255, and to match the target level luminance, the level of the dark pixels must be increased above 0.

$$Y_{\max} \cdot \left(\frac{n}{255}\right)^\gamma = Y = Y_{ht} = \frac{1}{2} Y_{\max} \cdot \left(\frac{n_d}{255}\right)^\gamma + \frac{1}{2} Y_{\max} \cdot \left(\frac{255}{255}\right)^\gamma \quad \text{Eq. (7)}$$

15

The solution for the dark pixel levels becomes:

$$n_d = 255 \cdot \left[ 2 \cdot \left(\frac{n}{255}\right)^\gamma - 1 \right]^{(1/\gamma)} \quad \text{Eq. (8)}$$

This relationship of bright and dark halftone pixel values to the target level, referred to as the linear algorithm, is shown in FIG. 26. An undesirable aspect of this algorithm is the presence of

20 sharp corners in the curves for bright and dark pixel values, occurring near the point of 50% luminance. Images on liquid crystal displays processed with this algorithm typically exhibit luminance banding and strong color shifts for luminances near 50% of maximum. Through suitable functional modifications to the algorithm, the sharp corners in the curves can be smoothed. Examples of suitable functions include power-law and complementary error

WO 02/059685

PCT/US01/49538

functions. A power-law relationship has been explored experimentally, and found to have reduced luminance banding and color shifts as compared to the linear algorithm. Although the maximum spread in bright and dark branches of the output DAC values is achieved with the linear algorithm, better results have been obtained with a power law algorithm. This power-law relationship is described next.

We again consider a panel with ideal gamma-law transfer characteristics, as given in Equation 3. For a power-law relationship, a convenient way to define the dark branch of the halftone pixel pair is to define the dark pixel DAC value  $n_d$  as a power law relationship to the target DAC value,  $n$ , with an exponent  $p$ ,

$$n_d = 255 \cdot \left(\frac{n}{255}\right)^p \quad \text{Eq. (9)}$$

so that the luminance of the dark subpixels,  $Y_{dark}$ , is given by:

$$Y_{dark} = Y_{max} \cdot \left[ \frac{255 \cdot \left(\frac{n}{255}\right)^p}{255} \right]^\gamma = Y_{max} \cdot \left(\frac{n}{255}\right)^{p\gamma} \quad \text{Eq. (10)}$$

The sum of the luminances of the dark and bright pixels must equal the luminance of the target DAC value, normalized to take into account that each of the pixel pairs occupies one half of the surface area.

$$2Y = 2Y_{max} \cdot \left(\frac{n}{255}\right)^\gamma = Y_{dark} + Y_{bright} = Y_{max} \cdot \left(\frac{n}{255}\right)^{p\gamma} + Y_{bright} \quad \text{Eq. (11)}$$

Solving for  $Y_{bright}$ :

$$Y_{bright} = Y_{max} \cdot \left[ 2\left(\frac{n}{255}\right)^\gamma - \left(\frac{n}{255}\right)^{p\gamma} \right] = Y_{max} \cdot \left(\frac{n_b}{255}\right)^\gamma \quad \text{Eq. (12)}$$

Solving for  $n_b$ :

$$n_b = 255 \cdot \left[ 2\left(\frac{n}{255}\right)^\gamma - \left(\frac{n}{255}\right)^{p\gamma} \right]^{1/\gamma} \quad \text{Eq. (13)}$$



WO 02/059685

PCT/US01/49538

If the power  $p = 1$ , then the bright and dark subpixel luminances are the same, that is, there is no halftoning. As the power  $p$  is increased the luminance of the dark subpixels is lowered, and the luminance of the bright subpixels is raised, following curves which can be called the dark and bright branches, respectively. If the power  $p$  is made too large, then for target DAC values near to 5 255, the luminance of the dark branch is too small, such that the required luminance of the bright subpixels would exceed full brightness, at least for certain values of  $n$ . In this case, the maximum error occurs for DAC values somewhat below level 255. At present, there is no known analytical solution for the maximum value of  $p$  which will not result in any luminance error, but the value of  $p$  can be found numerically. For example, if  $\gamma = 2.2$ , then the maximum 10 value of  $p$  is 2.01. Further numerical study shows that the error increases quite slowly as  $p$  is increased beyond 2.01. Since the viewing angle characteristics generally improve as the separation between bright and dark branches is increased, it is desirable to increase the value of  $p$ , as long as the luminance error introduced is acceptable.

A summary of the error introduced for different values of  $p$  is shown in Table 1, for  $\gamma =$  15 2.2. The range over which error occurs is shown, with the average value within that range, the maximum error and the DAC value at which the maximum error occurs. The human visual system can detect luminance differences of approximately 0.5 to 1.0%, for patches of light which are in close proximity. Without side-by-side comparisons, errors of up to several percent are probably acceptable, because the overall effect on the gamma curve transfer characteristics will 20 not be noticeable in images. The average and maximum errors for  $p = 2.4$  are about 1%, gradually increasing to between 3 and 4% for  $p = 3.0$ . Examples of light and dark branches of the power-law algorithm are shown in FIG. 27.

WO 02/059685		PCT/US01/49538		
power	error range	avg error	max error	max error location
2.01	(none)	0	0	-
2.1	245-254	0.0007	0.0011	250
2.2	237-254	0.0026	0.0038	246
2.3	230-254	0.0051	0.0076	243
2.4	225-254	0.0083	0.0121	240
2.5	220-254	0.0115	0.0171	238
2.6	216-254	0.0149	0.0223	237
2.7	213-254	0.0187	0.0277	235
2.8	210-254	0.0223	0.0332	234
2.9	208-254	0.0262	0.0388	234
3	205-254	0.0294	0.0443	233

Table 1. Summary of power-law errors for  $\gamma = 2.2$ .

5        The errors can be suppressed by a suitable combination of linear algorithm and power-law algorithm DAC values. Specifically, the dark branch DAC levels can be the power-law values below the range in which error occurs, and linear algorithm values within the range where errors would normally occur with the power-law algorithm.

As shown in FIG. 4, typical liquid crystal display panels do not exhibit ideal gamma-type  
 10 transfer characteristics. The algorithms previously described can be applied to the non-ideal transfer characteristics, which will result in halftone image characteristics which are also non-ideal. This could be done by calculating all halftone pixel levels based on the known luminance values of the panel, instead of a formula based on ideal characteristics. In FIG. 28, an example of linear algorithm levels is shown, applied to a typical panel with non-ideal display  
 15 transfer characteristics, such as that shown in FIG. 6.

An alternative is to first modify the pixel data input to the panel to correct for the inherent non-ideal transfer characteristics, and achieve ideal gamma-law transfer characteristics. To do this, a gamma-correction LUT is constructed to change the input levels to new levels such that the output characteristics now follow an ideal gamma law characteristic. The gamma-correction

WO 02/059685

PCT/US01/49538

LUT can be combined with the algorithm LUT so that gamma correction and halftone algorithm generation are done in one operation.

For target macroscopic luminances less than 50% of maximum, an upper limit for the luminances of the bright halftone pixels is easily established. Assuming negligible luminance of the dark state, for any target macroscopic luminance, the luminance of the bright pixels cannot exceed the target luminance by more than a factor of two. This follows simply as a consequence that the luminance of the dark halftone pixels cannot be smaller than zero. Taking into account nonzero luminance of the dark state, the theoretical upper limit for bright halftone pixel luminance is somewhat less than twice the target luminance. This condition establishes the maximum allowable separation between bright and dark branches of the halftone pixel levels.

Experiments have shown that the best viewing angle characteristics are obtained when the difference between bright and dark branches of the curve are somewhat less than the maximum separation which is allowed. Reductions in color variation and pattern visibility also occur as the separation between the two branches is reduced. Semi-empirical methods can be used to establish several algorithm curves which optimize one aspect of the image quality or another.

These curves may be user-selectable. In general, the curves will follow the shape of the curves in FIG. 26 or FIG. 27, with different degrees of separation between the bright and dark branches, and sharpness of the corners in the transition region near 50% luminance.

FIG. 29 shows a plot of measured luminance versus vertical viewing angle characteristics of a TN-mode panel, for a 2x4 double subpixel halftone pattern, using a linear algorithm curve with maximum separation between the bright and dark branches, and pairwise pixel processing. The characteristics are shown for different target luminance values. As the target luminance is reduced from 100%, the viewing angle characteristics initially degrade from the white state condition, with the location of peak luminance shifting away from normal incidence. As the target luminance approaches 50% of maximum, the viewing angle characteristics return to the

WO 02/059685

PCT/US01/49538

white state condition, simply scaled from the 100% condition by a factor of two. This is expected, because the 50% luminance condition corresponds to one half the total number of pixels held in the fully bright condition, with the other half held fully dark. As the target luminance is further reduced below 50%, the luminance peak again moves away from normal incidence.

All of the preceding discussion regarding the algorithm details applied to patterns in which exactly half of the pixels are darkened and half of the pixels are brightened in the halftone image. For patterns with proportions of bright and dark pixels other than this, the detailed algorithm must be altered accordingly. The preceding discussion was concerned with the calculation of halftone subpixel values which occur in pairs, that is, a dark subpixel and a bright subpixel. The subpixel pairs which are processed could be contained within the same row (a 2x1 block) or within the same column (a 1x2 block). How the blocks of halftone subpixels are arranged into acceptable patterns was also discussed.

If the pixel density in the array is large enough, approximately 170 pixels per inch or larger, then the viewing angle characteristics can be further improved, without a significantly noticeable reduction in image resolution, by processing 2x2 blocks of pixels, referred to herein as quad pixel processing. With quad blocks containing 4 pixels, the bright and dark subpixel luminance distribution can be refined. The average luminance of a quad block is calculated via the calibration LUT by adding up the 4 subpixel luminances and dividing by 4. The target level is also determined using the LUT in reverse. If all 4 subpixels were held at the target level, the luminance would match the average luminance of the original block of subpixels. If the average luminance is between 75% and 100% of maximum, then one of the 4 pixels in the block is made darker, while the remaining 3 pixels are held at or close to maximum brightness. If the average luminance is between 50% and 75%, then 1 pixel is fully or nearly fully dark, 1 pixel is in an intermediate state, and the 2 remaining pixels are held at or close to maximum brightness. If the

WO 02/059685

PCT/US01/49538

average luminance is between 25% and 50%, then 2 pixels are fully or nearly fully dark, 1 pixel is in an intermediate state, and the 1 remaining pixel is held at or close to maximum brightness.

If the average luminance is between 0% and 25%, then 3 pixels are fully or nearly fully dark, and the 1 remaining pixel is at an intermediate state.

5 An example of an algorithm for quad pixel processing is shown in FIG. 30, in which the separation between the light and dark branches of each of the four pixels is maximized. The curves correspond to a 5-column LUT in which for each target level, the digital pixel levels of each of the four pixels in the 2x2 block are specified. The order in which the four pixels are sequentially turned brighter or darker is determined by the pattern generation portion of the  
10 algorithm. This can be done by defining the four pixel locations in each 2x2 quad block as locations A,B,C, and D, as shown in Table 2.

A	B
C	D

15

Table 2. Pixel locations within each 2x2 quad block.

Different patterns can be generated by specifying the order in which the subpixels within the quad block are turned on. As the target pixel level is increased from 0 to 255, for the individual  
20 red, green, or blue subpixels, charts showing the order in which the subpixels are turned on are given in Table 3 and Table 4. These turn-on sequences result in patterns which do not exhibit flicker, following the criteria discussed previously. Table 3 defines how the 2x2 subpixel pattern may be generated, and Table 4 defines how the 4x2 double subpixel pattern may be generated.

WO 02/059685

PCT/US01/49538

For example, the turn-on sequence for the red subpixels in the 2x2 subpixel pattern alternates between D,C,B,A and C,D,A,B for quad blocks in horizontal sequence. The turn-on sequence for the red subpixels in the 4x2 double subpixel pattern alternates between C,B,A,D and A,D,C,B for quad blocks in horizontal sequence.

5

location	A	B	C	D	A	B	C	D
RED	4	3	2	1	3	4	1	2
GREEN	1	2	3	4	2	1	4	3
BLUE	4	3	2	1	3	4	1	2

Table 3. Subpixel turn-on sequence to generate a 2x2 subpixel pattern.

10

location	A	B	C	D	A	B	C	D
RED	3	2	1	4	1	4	3	2
GREEN	4	3	2	1	2	1	4	3
BLUE	1	4	3	2	3	2	1	4

Table 4. Subpixel turn-on sequence to generate a 4x2 double subpixel pattern.

At 50% target luminance the subpixel patterns generated with this process match the 2x2 subpixel pattern shown in FIG. 19 and the 4x2 double subpixel pattern shown in FIG. 18. Examples of the 2x2 subpixel pattern at 25% and 75% target luminance are shown in FIG. 31 and FIG. 32. Strictly speaking, the patterns at 25% and 75% do not have perfect 2x2 subpixel symmetry as for the 50% luminance pattern, but they do maintain the same color character of this pattern. Examples of the 4x2 double subpixel pattern at 25% and 75% luminance are shown in FIG 33 and FIG 34. In similar fashion, these patterns do not possess perfect 4x2 double subpixel symmetry, but they do maintain the same color character of this pattern.

WO 02/059685

PCT/US01/49538

For the technique applied in 2x2 blocks, as the luminance decreases from maximum to minimum, the shifts in color and in viewing angle characteristics are about one half that exhibited by the technique applied to pairs of pixels. This is a consequence of reducing the target luminance range spanned by each pixel by a factor of two. For pairwise pixel processing, as each pixel within the pair traverses luminance from bright to dark, the target average luminance changes by 50%. For quad pixel processing, as each pixel within the block traverses luminance from bright to dark, the target average luminance changes by 25%. In this way, the excursion of the peak luminance from normal incidence (as shown in FIG. 29) can be reduced by about one half, with corresponding improvement in viewing angle characteristics.

From the earlier discussion regarding refinements in the algorithm for pairwise pixel processing, it should be recognized that further improvements in the appearance of the patterns resulting from quad pixel processing can also be achieved by appropriate smoothing or other modification of the curves illustrated in FIG. 30. For example, as the target luminance is increased, it is not necessary to fully turn on one pixel within the quad block before another pixel is turned on. In this way, the four curves shown in FIG. 30 can overlap, which will ameliorate the abrupt color and luminance changes which might otherwise occur near the boundaries of the four curves.

For certain conditions met by the image data, it is necessary to turn off the halftone algorithm process. For example, if a portion of the image is black text on a white background, the halftone algorithm can be turned off by detecting the presence of a subpixel with level 255 or 0. For processing of subpixel pairs, if either subpixel has a value of 0 or 255, then no modification is made to the subpixel data. Text or other portions of the image which contain fully saturated subpixels are not halftoned, and the local contrast between subpixels is preserved. Other criteria can be introduced, by testing for the presence of antialiasing or font smoothing. In

WO 02/059685

PCT/US01/49538

this way, the high contrast of letters can be preserved, and blocks of graphical images which contain saturated color can also be preserved.

The present invention can be realized in hardware, software, or a combination of hardware and software. A preferred embodiment of this invention is implemented in hardware  
5 entirely within the data processing portion of the controller electronics within the display module. However, to one skilled in the art, it is clear that this invention can be implemented within the display subsystem hardware, operating system software or within the application software.

The present invention can be realized in a centralized fashion in one computer system, or  
10 in a distributed fashion where different elements are spread across several interconnected computer systems. Any kind of computer system - or other apparatus adapted for carrying out the invention described herein - is suited. A typical combination of hardware and software could be a general purpose computer system with a computer program that, when being loaded and executed, controls the computer system such that it carries out the methods described herein.  
15 The present invention can also be embedded in a computer program product, which comprises all the features enabling the implementation of the methods described herein, and which - when loaded in a computer system - is able to carry out these methods.

Computer program means or computer program in the present context means any expression, in any language, code or notation, of a set of instructions intended to cause a system  
20 having an information processing capability to perform a particular function either directly or after either or both of the following a) conversion to another language, code or notation; b) reproduction in a different material form.

While the invention has been particularly shown and described with respect to illustrative and preferred embodiments thereof, it will be understood by those skilled in the art that the



WO 02/059685

PCT/US01/49538

foregoing and other changes in form and detail may be made therein without departing from the spirit and scope of the invention as set forth in the claims.

WO 02/059685

PCT/US01/49538

We claim:

1. A method for generating an image for display on a display device having a plurality of subpixels, the method comprising the steps of:
- Providing, in digital form, luminance data which associates intensity values with
- 5 corresponding luminance values characterizing luminance of said subpixels in at least one viewing angle direction for a range of said intensity values;
- providing a group of subpixel data elements representing color of a portion of said image, wherein each of said subpixel data elements comprises an intensity value;
- modifying said intensity values for said subpixel data elements in said group
- 10 based upon said luminance data to reduce the number of said subpixels that have a luminance value in a range of mid-tone luminance values between a bright luminance value and a dark luminance value; and
- outputting said modified intensity values for said subpixel data elements of said group for display on said display device.
- 15 2. The method of claim 1, wherein the modifying step further comprises the sub-steps of:
- storing, in a first memory, a plurality of entries each providing an association between an intensity value and a corresponding luminance value characterizing luminance of said subpixels in at least one viewing angle direction;
- 20 storing, in a second memory, a plurality of entries each providing an association between a target intensity value and a corresponding set of intensity values that are above and below said target intensity value;
- identifying particular luminance values stored in said first memory that correspond to intensity values of said subpixel data elements of said group;

WO 02/059685

PCT/US01/49538

generating a first luminance value based upon the particular luminance values stored in said first memory;

identifying a first target intensity value stored in said first memory corresponding to said first luminance value;

5 identifying a particular set of intensity values stored in said second memory that correspond to said first target intensity value; and

modifying intensity values for said subpixel data elements in said group based upon said particular set of intensity values.

3. The method of claim 2, wherein said subpixel data elements in said group are  
10 elements of full pixels which are adjacent to each other in said image.

4. The method of claim 2, wherein the modifying step further comprises the step of:  
setting intensity values for said subpixel data elements in said group to said  
particular set of intensity values.

5. The method of claim 2, wherein said first luminance value is derived by  
15 calculating an average luminance value of the particular luminance values stored in the first  
memory.

6. The method of claim 1, wherein the modifying step further comprises the  
sub-steps of:

evaluating said subpixel data elements for satisfaction of a set of predetermined  
20 criteria;

modifying said intensity values if said criteria are not satisfied; and  
maintaining said intensity values if said criteria are satisfied.

7. The method of claim 1, further comprising the steps of:

WO 02/059685

PCT/US01/49538

performing a digital-to-analog conversion that converts the modified intensity values for said subpixel data elements of said group from digital form to data signals in analog form; and

supplying the data signals in analog form to subpixels of the display device for  
5 displaying the portion of the image represented by said subpixel data elements of said group.

8. The method of claim 7, wherein circuitry integral to the display device performs said digital-to-analog conversion and supplies the data signals in analog form to subpixels of the display device.

9. The method of claim 1, wherein display logic of a display subsystem operatively  
10 coupled to said display device:

provides said luminance data in digital form;

provides said group of subpixel data elements representing color of a portion of  
said image;

modifies said intensity values for said subpixel data elements in said group based  
15 upon said luminance data; and

outputs said modified intensity values for said subpixel data elements of said  
group for display on said display device.

10. The method of claim 1, wherein each step is performed by application software  
executing on a computer system.

20 11. The method of claim 1, wherein said subpixel data elements representing said  
image are logically partitioned into an array of rows and columns.

12. The method of claim 10, wherein said group of subpixel data elements comprise a  
pair of data elements in one of the rows of the array.

13. The method of claim 10, wherein said group of subpixel data elements comprise a  
25 pair of data elements in one of the columns of the array.

WO 02/059685

PCT/US01/49538

14. The method of claim 10, wherein said group of subpixel data elements are elements of full pixels which comprise a 2x2 quad block of data elements in the array.

15. The method of claim 1, wherein said modifying step further comprises reducing perceptible variance in luminance over different viewing angles with respect to the display of the  
5 image.

16. The method of claim 1, wherein said modifying step further comprises reducing perceptible variance in color over different viewing angles with respect to the display of the image.

17. A programmable storage device readable by a digital processing apparatus and  
10 tangibly embodying a program of instructions executable by the digital processing apparatus to perform method steps for generating an image for display on a display device having a plurality of subpixels, the method steps comprising:

providing luminance data, in digital form, which associates intensity values with corresponding luminance values characterizing luminance of said subpixels in at least one  
15 viewing angle direction for a range of said intensity values;

providing a group of subpixel data elements representing color of a portion of said image, wherein each of said subpixel data elements comprises an intensity value;

modifying said intensity values for said subpixel data elements in said group based upon said luminance data to reduce the number of said subpixels that have a luminance  
20 value in a range of mid-tone luminance values between a bright luminance value and a dark luminance value; and

outputting said modified intensity values for said subpixel data elements of said group for display on said display device.

18. The programmable storage device of claim 17, wherein the modifying step further  
25 comprises the sub-steps of:

WO 02/059685

PCT/US01/49538

storing, in a first memory, a plurality of entries each providing an association between an intensity value and a corresponding luminance value characterizing luminance of said subpixels in at least one viewing angle direction;

5 storing, in a second memory, a plurality of entries each providing an association between a target intensity value and a corresponding set of intensity values that are above and below said target intensity value;

identifying particular luminance values stored in said first memory that correspond to intensity values of said subpixel data elements of said group;

generating a first luminance value based upon the particular luminance values  
10 stored in said first memory;

identifying a first target intensity value stored in said first memory corresponding to said first luminance value;

identifying a particular set of intensity values stored in said second memory that correspond to said first target intensity value; and

15 modifying intensity values for said subpixel data elements in said group based upon said particular set of intensity values.

19. The programmable storage device of claim 18, wherein said subpixel data elements in said group are elements of full pixels which are adjacent to each other in said image.

20. The programmable storage device of claim 18, wherein said first luminance value  
20 is derived by calculating an average luminance value of the particular luminance values stored in the first memory.

21. An apparatus for generating an image for display on a display device having a plurality of subpixels comprising:

WO 02/059685

PCT/US01/49538

a first memory wherein luminance data, in digital form, which associates intensity values with corresponding luminance values characterizing luminance of said subpixels in at least one viewing angle direction for a range of intensity values are stored;

a second memory wherein a group of subpixel data elements representing color of a portion of said image, wherein each of said subpixel data elements comprises an intensity value are stored; and

an intensity controller which modifies said intensity values for said subpixel data elements in said group based upon said luminance data to reduce the number of said subpixels that have a luminance value in a range of mid-tone luminance values between a bright luminance value and a dark luminance value.

22. A computer, comprising:

a display device which displays an image; and

a processor which provides data to said display device, wherein said data is configured to control said display device in order to display said image, and wherein said data is configured so that said image is displayed as:

a plurality of subpixels logically partitioned into a first category and a second category, wherein:

the first category of subpixels are supplied with a data signal of a first polarity,

the second category of subpixels are supplied with a data signal of a second

polarity opposite said first polarity, and

the subpixels are partitioned to reduce perceived flicker in the displayed image;

and wherein:

the subpixels correspond to data elements representing color of at least a portion of said image, wherein each of said data elements comprises an intensity value, and wherein said intensity values have been modified to reduce the number of said data elements having a

WO 02/059685

PCT/US01/49538

luminance value corresponding to said intensity value in a range of mid-tone luminance values between a bright luminance value and a dark luminance value.

23. The computer of claim 22, wherein said data elements representing said image are logically partitioned into rows and columns.

5 24. The computer of claim 23, wherein each of said subpixels corresponds to a data element representing a particular color in a group of two or more colors, and wherein a full pixel comprises subpixels corresponding to the colors of said group.

25. The computer of claim 24, wherein said subpixels corresponding to said modified intensity values are arranged in pairs of subpixels, and wherein for each pair of subpixels, the  
10 luminance of a first subpixel of said pair of subpixels is brighter than the average luminance of said pair of subpixels and the luminance of a second subpixel of said pair of subpixels is darker than the average luminance of said pair of subpixels.

26. The computer of claim 25, wherein said pattern has a periodicity of 2 full pixels along said rows and 2 full pixels along said columns, and wherein said pair of subpixels are  
15 elements of full pixels which are adjacent to each other in said image.

27. The computer of claim 26, wherein for each full pixel comprising subpixels corresponding to said modified intensity values, said subpixels comprising said full pixel are one of said second subpixels of said pair of subpixels and said first subpixels of said pair of subpixels.

20 28. The computer of claim 25, wherein said pattern has a periodicity of 2 full pixels along said rows and 4 full pixels along said columns, and wherein said pair of subpixels are elements of full pixels which are adjacent to each other in said image.

29. The computer of claim 28, wherein for each full pixel comprising subpixels corresponding to said modified intensity values, said subpixels comprising said full pixel are one



WO 02/059685

PCT/US01/49538

of said second subpixels of said pair of subpixels and said first subpixels of said pair of subpixels.

30. The computer of claim 25, wherein said pattern has a periodicity of 4 full pixels along said rows and 2 full pixels along said columns, and wherein said pair of subpixels are  
5 elements of full pixels which are adjacent to each other in said image.

31. The computer of claim 30, wherein for each full pixel comprising subpixels corresponding to said modified intensity values, said subpixels comprising said full pixel are one of said second subpixels of said pair of subpixels and said first subpixels of said pair of subpixels.

10 32. The computer of claim 30, wherein said subpixels corresponding to said modified intensity values are arranged in adjacent couples comprising one of said second subpixels of said pair of subpixels and said first subpixels of said pair of subpixels.

33. The computer of claim 25, wherein said pattern has a periodicity of 2 full pixels along said row and 2 subpixels along said column, and wherein said subpixels are arranged in  
15 rows alternating between a first row of adjacent couples comprising said first subpixels of said pair of subpixels, separated by one of said second subpixels of said pair of subpixels and a second row of adjacent couples comprising said second subpixels of said pair of subpixels, separated by one of said first subpixels of said pair of subpixels.

34. The computer of claim 33, wherein said first and second rows comprise adjacent  
20 couples of blue and red subpixels separated by one green subpixel.

35. The computer of claim 33, wherein said first and second rows comprise adjacent couples of blue and green subpixels separated by one red subpixel.

36. The computer of claim 33, wherein said first and second rows comprise adjacent couples of green and red subpixels separated by one blue subpixel.

25

WO 02/059685

PCT/US01/49538

1/34

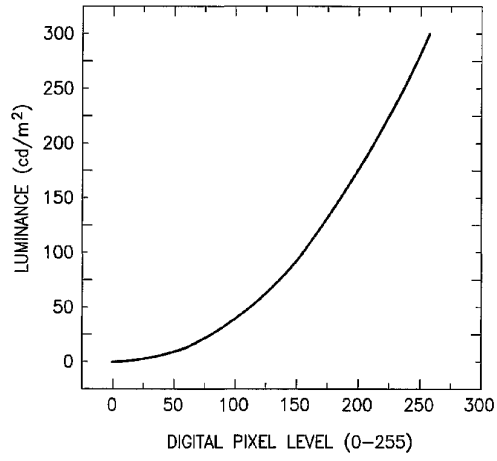


FIG.1

WO 02/059685

PCT/US01/49538

2/34

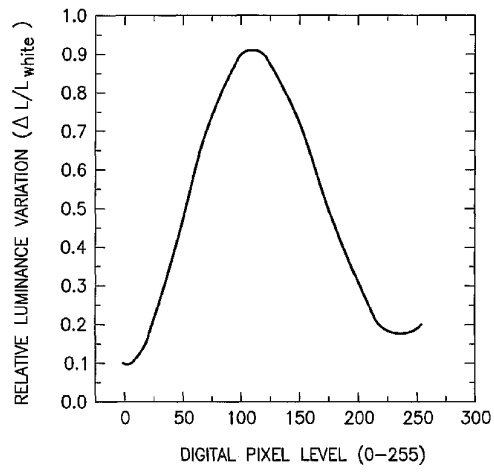


FIG.2

WO 02/059685

PCT/US01/49538

3/34

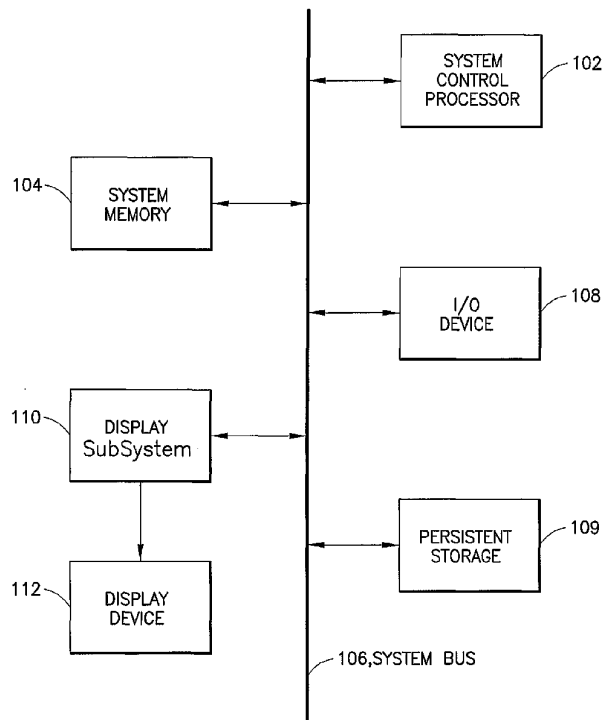


FIG.3

4/34

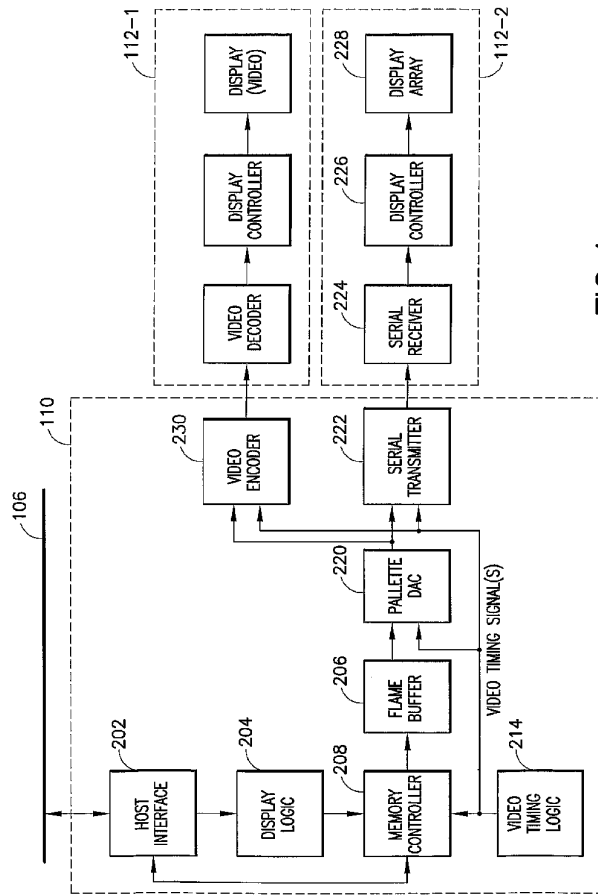


FIG. 4

5/34

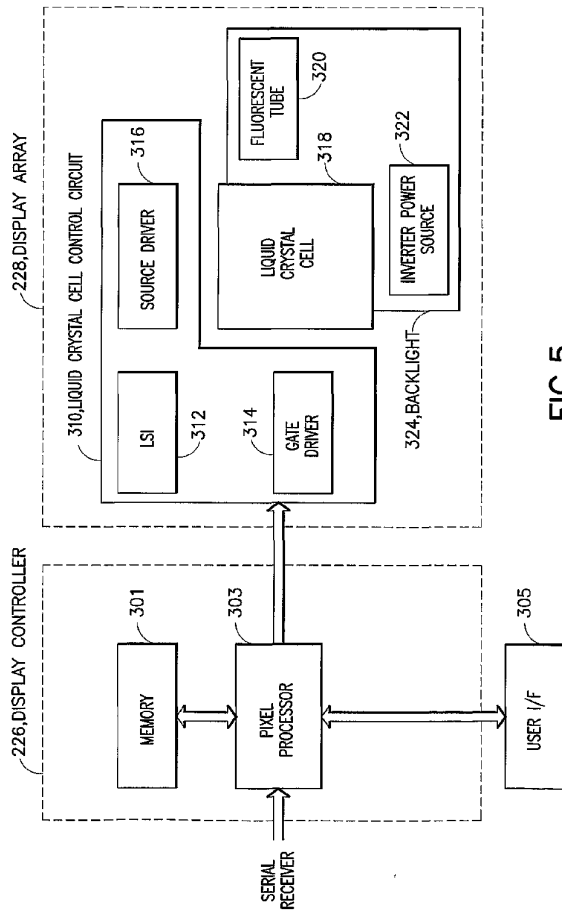


FIG. 5

WO 02/059685

PCT/US01/49538

6/34

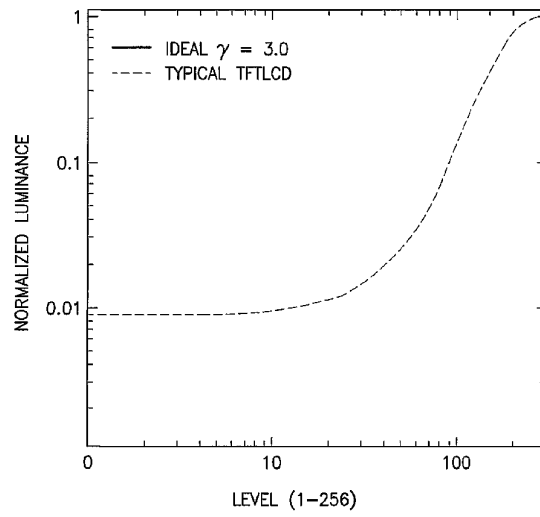


FIG.6

WO 02/059685

PCT/US01/49538

7/34

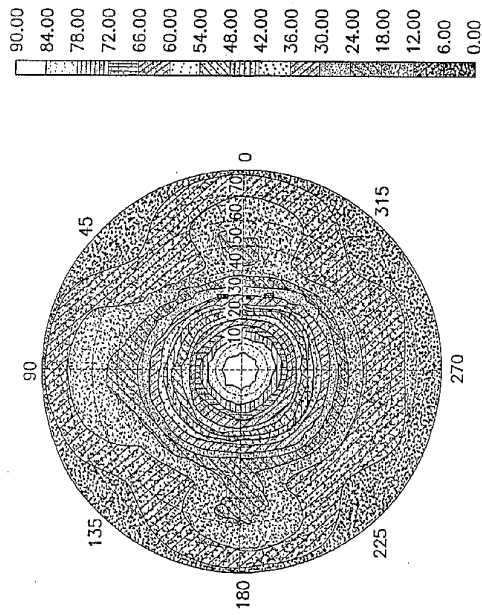


FIG.7



WO 02/059685

PCT/US01/49538

8/34

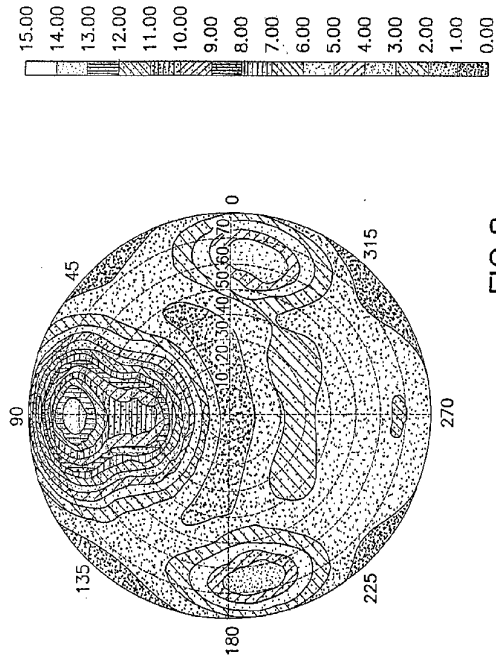


FIG.8

WO 02/059685

PCT/US01/49538

9/34

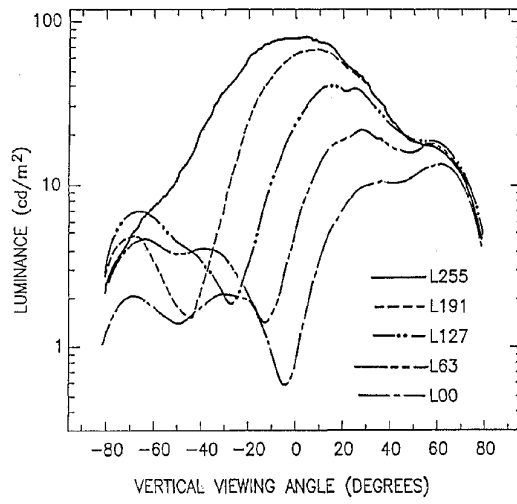


FIG.9

WO 02/059685

PCT/US01/49538

10/34

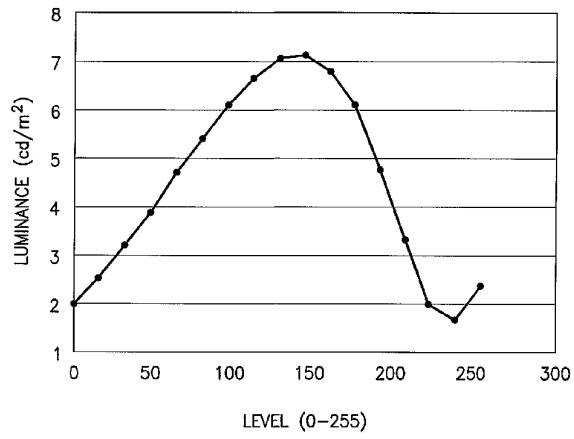


FIG.10

WO 02/059685

PCT/US01/49538

11/34

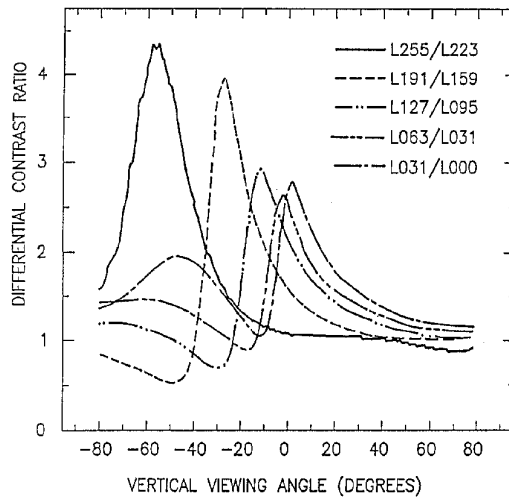


FIG.11

WO 02/059685

PCT/US01/49538

12/34

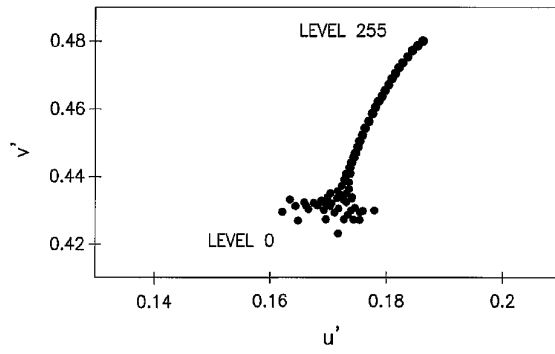
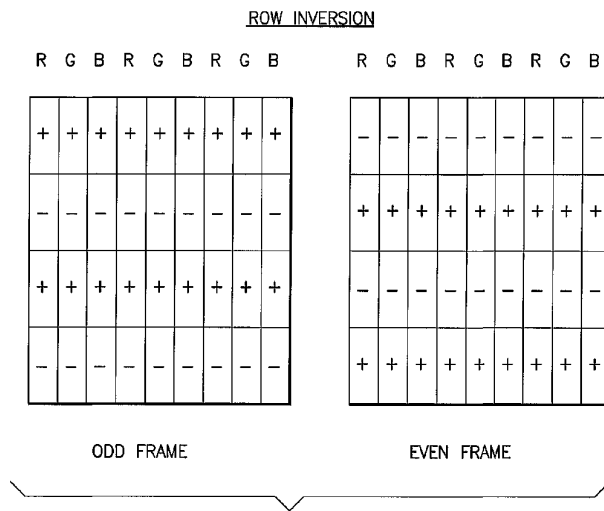


FIG.12

WO 02/059685

PCT/US01/49538

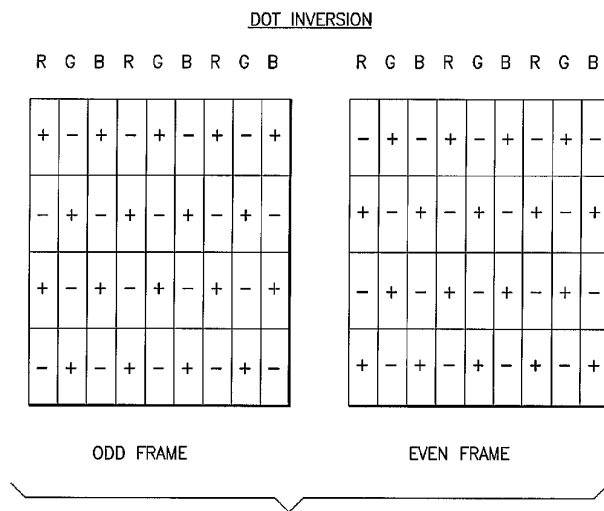
13/34



WO 02/059685

PCT/US01/49538

14/34



WO 02/059685

PCT/US01/49538

15/34

2 x 2 FULL PIXEL

+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B

FIG.15



WO 02/059685

PCT/US01/49538

16/34

2 x 4 FULL PIXEL

+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B

FIG.16

WO 02/059685

PCT/US01/49538

17/34

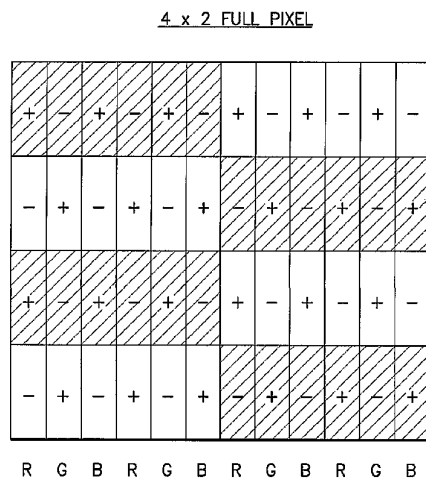


FIG.17

WO 02/059685

PCT/US01/49538

18/34

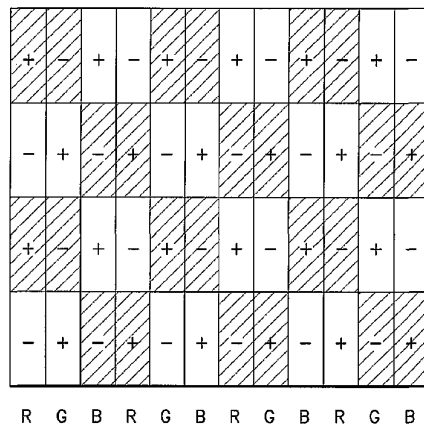
4 x 2 DOUBLE SUBPIXEL

FIG.18

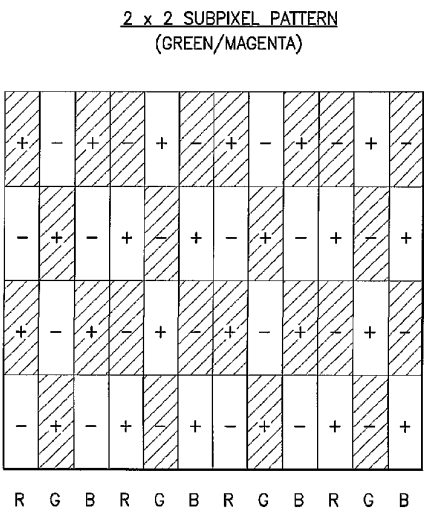


FIG.19

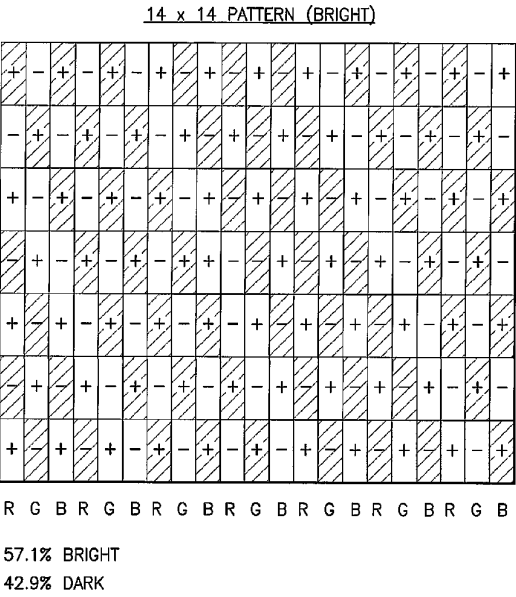


FIG.20

WO 02/059685

PCT/US01/49538

21/34

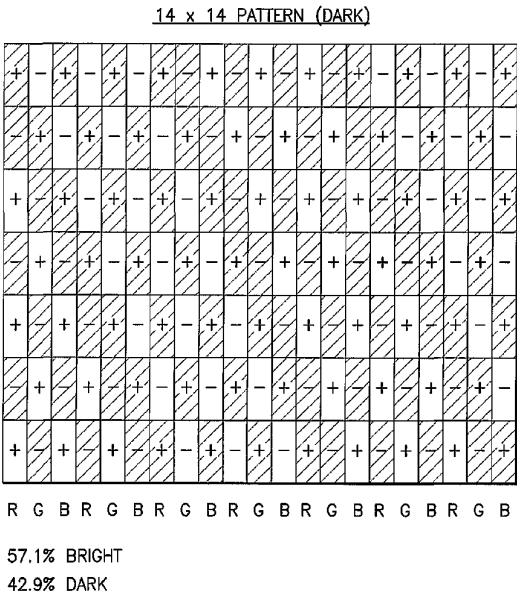


FIG.21

22/34

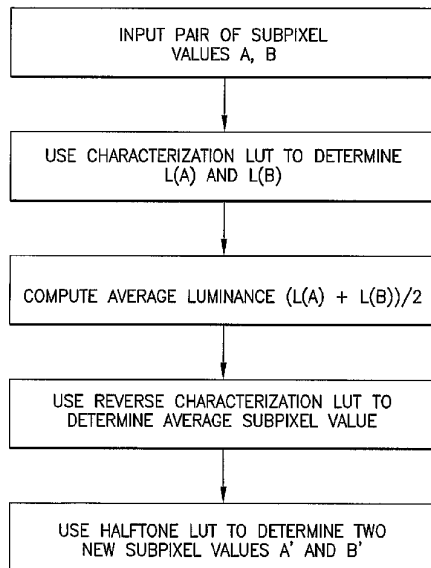
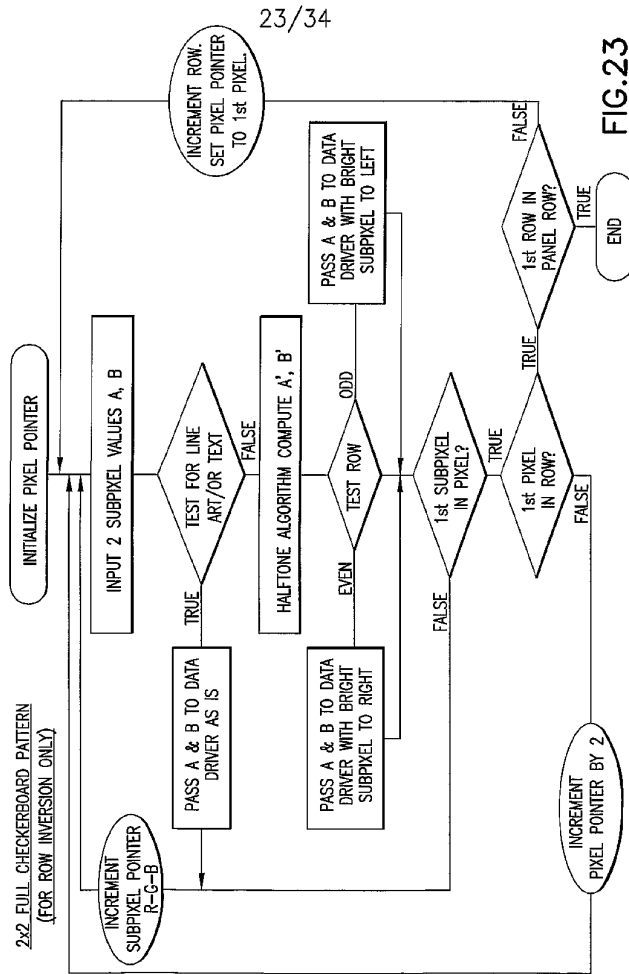


FIG.22

WO 02/059685

PCT/US01/49538





WO 02/059685

PCT/US01/49538

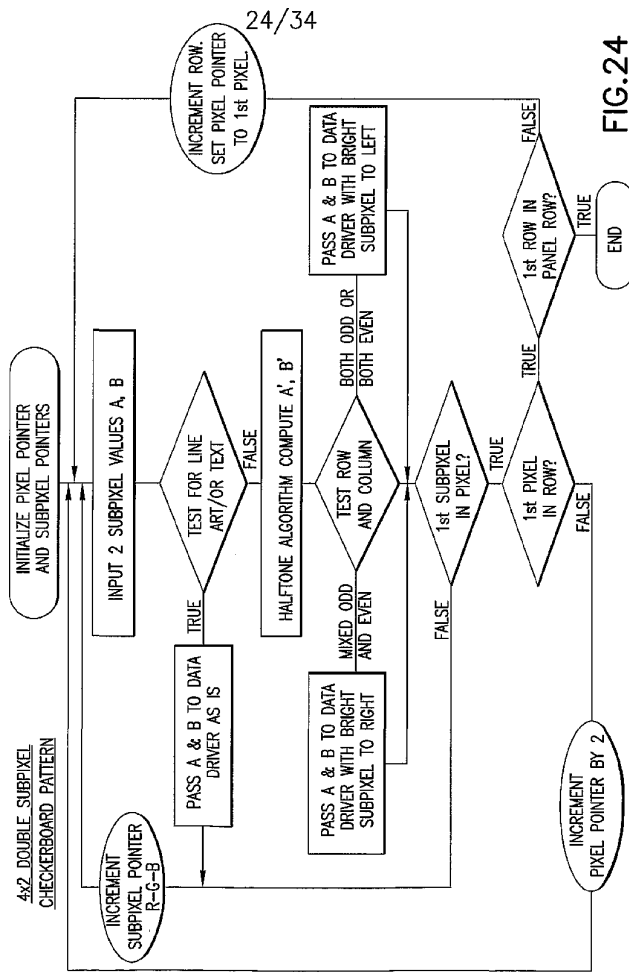
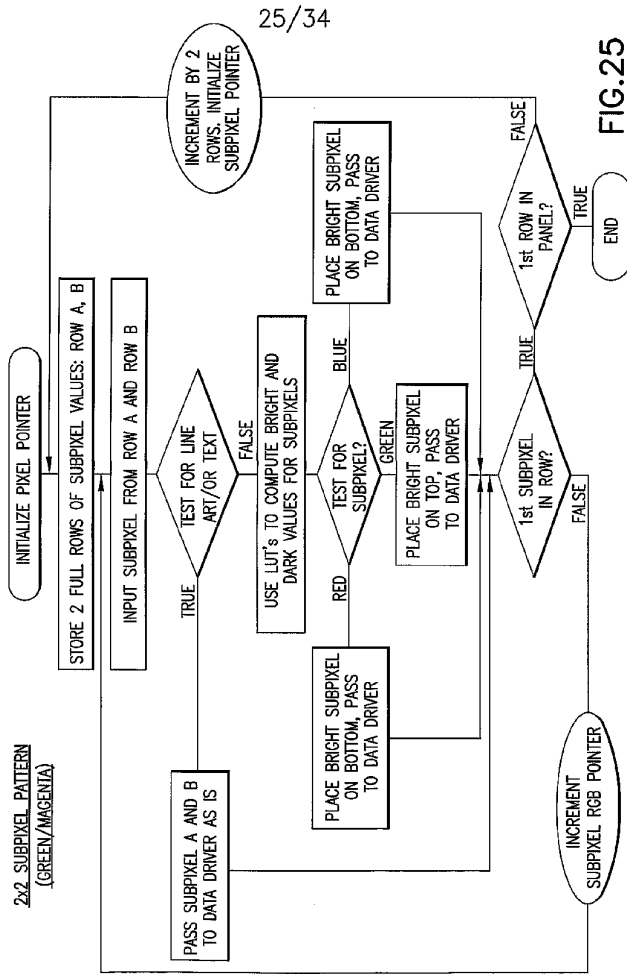


FIG.24

WO 02/059685

PCT/US01/49538



WO 02/059685

PCT/US01/49538

26/34

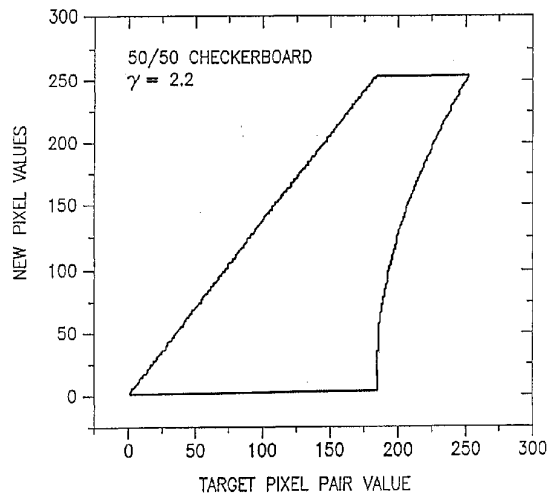


FIG.26

WO 02/059685

PCT/US01/49538

27/34

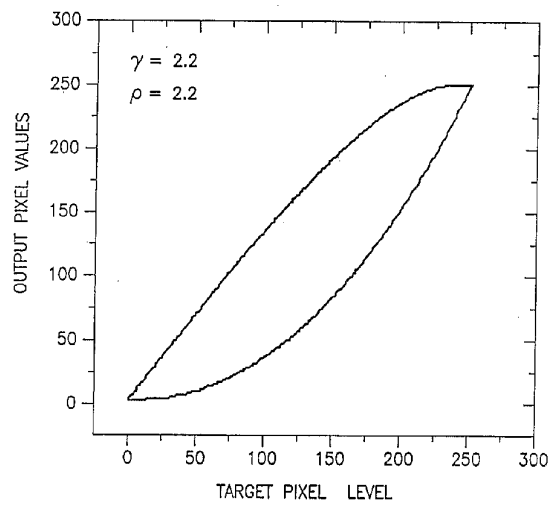


FIG.27

WO 02/059685

PCT/US01/49538

28/34

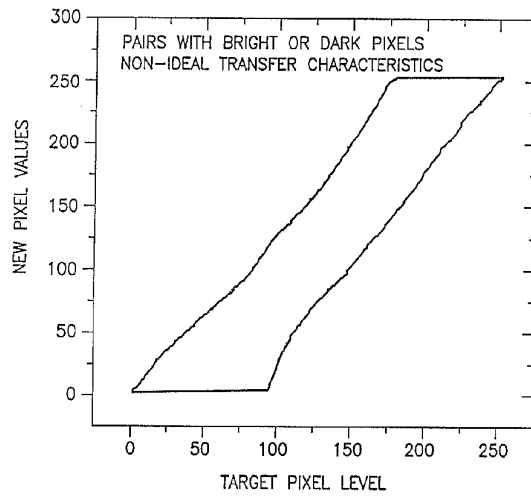


FIG.28

WO 02/059685

PCT/US01/49538

29/34

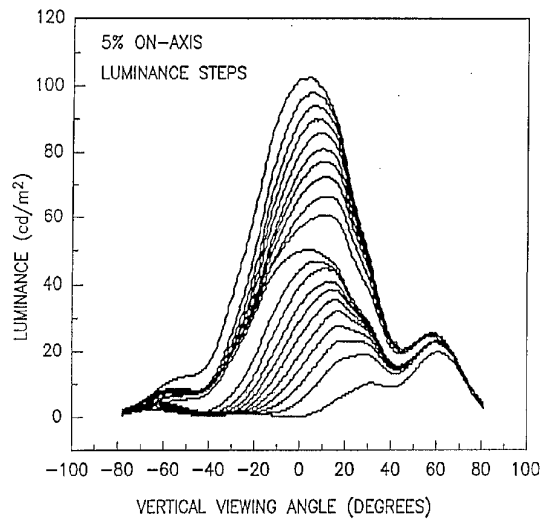


FIG.29

WO 02/059685

PCT/US01/49538

30/34

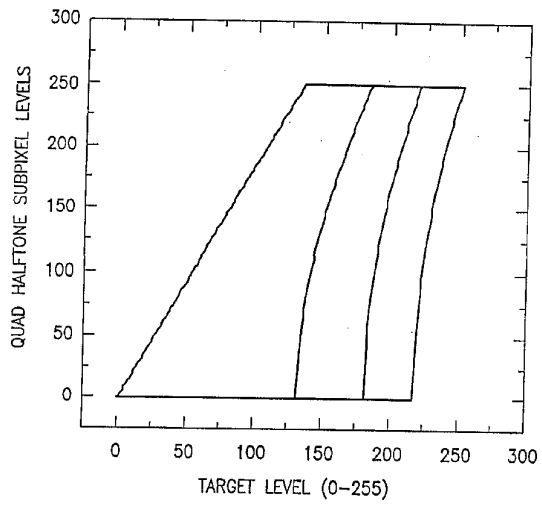


FIG.30

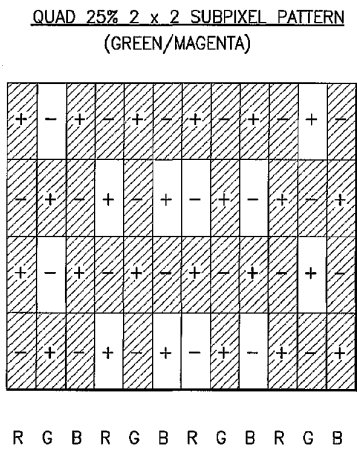


FIG.31



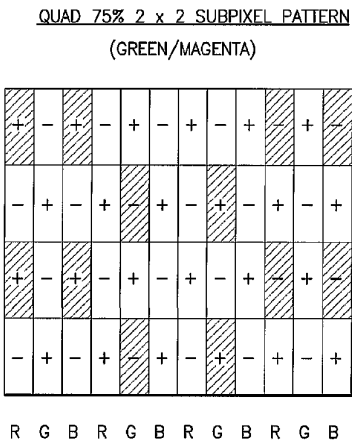


FIG.32

WO 02/059685

PCT/US01/49538

33/34

QUAD 25% 4 x 2 DOUBLE SUBPIXEL PATTERN

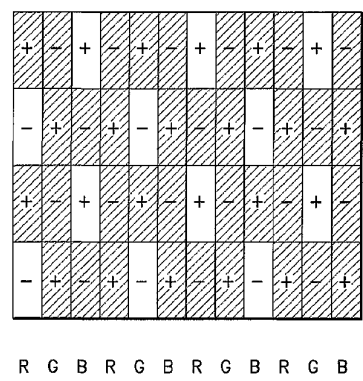


FIG.33

QUAD 75% 4 x 2 DOUBLE SUBPIXEL PATTERN

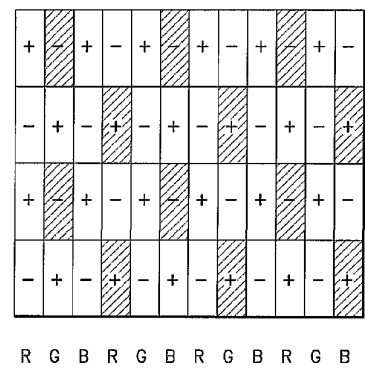


FIG.34

## 【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  
1 August 2002 (01.08.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 02/059685 A3**(51) International Patent Classification: **G06T 15/00**(74) Agent: **UNDERWEISER, Marian**; International Business Machines Corporation, T.J. Watson Research Center, P.O. Box 218, Yorktown Heights, NY 10598 (US).

(21) International Application Number: PCT/US01/49538

(22) International Filing Date:  
20 December 2001 (20.12.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
09/771,323 26 January 2001 (26.01.2001) US(71) Applicant: **INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION** [US/US]; New Orchard Road, Armonk, NY 10504 (US).

(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, GI, GM, GR, GU, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, NZ, PA, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, 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 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(72) Inventors: **GREIER, Paul, E.**; 91 Deer Hill Court, Carmel, NY 10512 (US). **HO, Kenneth, C.**; 245 Runsey Road, Yonkers, NY 10701 (US). **KAUFMAN, Richard, L.**; 46 Wilmer Road, Somers, NY 10589 (US). **MILLMAN, Steven, E.**; 3 Michael St., Spring Valley, NY 10977 (US). **THOMPSON, Gerhard, R.**; 43 Regency Drive, Wappingers Falls, NY 12590 (US). **WRIGHT, Steven, L.**; 73 South Hill Road, Cortlandt Manor, NY 10567 (US). **WU, Chai, W.**; 66 Orchard Dr., Poughquag, NY 12570 (US).**Published:**  
— with international search report(88) Date of publication of the international search report:  
30 January 2003

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

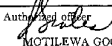


WO 02/059685 A3

(54) Title: ADJUSTING SUBPIXEL INTENSITY VALUES BASED UPON LUMINANCE CHARACTERISTICS OF THE SUBPIXELS IN LIQUID CRYSTAL DISPLAYS

(57) Abstract: Viewing angle characteristics of a liquid crystal display (LCD) (112) are improved by reducing the number of subpixels in an image with mid-tone luminance values. In a preferred embodiment, a first table of entries associating subpixel intensity values and subpixel luminance values for a LCD (112) in at least one viewing angle direction is provided. A second table associates the target intensity values with values above and below the target. The adjacent subpixel intensity values are modified according to the second table, thereby reducing the number of subpixels with mid-tone luminance values.

## 【国際調査報告】

<b>INTERNATIONAL SEARCH REPORT</b>		International application No. PCT/US01/49538		
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(?) : G06T 15/00 US CL : 345/589, 602 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. : 345/589, 602 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) EAST				
<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, E	US 6,384,837 B1 (LEE et al.) 07 May 2002, see entire document.	1, 17		
Y, E	US 6,392,657 B1 (HILLIARD et al.) 21 May 2002, see entire document	1, 17		
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.				
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;">           * Special categories of cited documents:            "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance            "E" earlier document published on or after the international filing date            "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)            "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means            "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed         </td> <td style="vertical-align: top;">           "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention            "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone            "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art            "A" document member of the same patent family         </td> </tr> </table>			* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "A" document member of the same patent family
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "A" document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search 03 JUNE 2002		Date of mailing of the international search report 09 AUG 2002		
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 805-3290		Authorized officer  MOTILEWA GOOD-JOHNSON Telephone No. (703) 808-4700		

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

## 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 G	3/20	6 1 2 U
G 0 9 G	3/20	6 4 1 P

(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, PH, PL, P T, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW

(72) 発明者 グレイヤー、ポール、エフ  
アメリカ合衆国 1 0 5 1 2 ニューヨーク州カーメル ディア・ヒル・コート 9 1

(72) 発明者 ホー、ケネス、シー  
アメリカ合衆国 1 0 7 0 1 ニューヨーク州ヨンカーズ ラムジー・ロード 2 4 5

(72) 発明者 カウフマン、リチャード、エル  
アメリカ合衆国 1 0 5 8 9 ニューヨーク州ソマーズ ウィルナー・ロード 4 6

(72) 発明者 ミルマン、スティーヴン、イー  
アメリカ合衆国 1 0 9 7 7 ニューヨーク州スプリング・ヴァリー マイケル・ストリート 3

(72) 発明者 トンプソン、ガーハート、アール  
アメリカ合衆国 1 2 5 9 0 ニューヨーク州ワピンジャーズ・フォールズ リージェンシー・ドライブ 4 3

(72) 発明者 ライト、スティーヴン、エル  
アメリカ合衆国 1 0 5 6 7 ニューヨーク州コートランド・マナー サウス・ヒル・ロード 7 3

(72) 発明者 ウー、チャイ、ダブリュー  
アメリカ合衆国 1 2 5 7 0 ニューヨーク州パークワグ オーチャード・ドライブ 6 6

F ターム(参考) 2H093 NA16 NA58 NC24 NC28 NC34 NC54 ND06 ND09 ND13 ND24  
NF05 NG20  
5C006 AA11 AF01 AF11 AF44 AF45 AF46 BB16 BC16 FA55  
5C080 AA10 BB05 DD01 EE29 FF11 FF12 GG09 GG12 JJ01 JJ02  
JJ05 JJ07

专利名称(译)	基于液晶显示器中子像素的亮度特性调整子像素信号强度值		
公开(公告)号	<a href="#">JP2004525402A</a>	公开(公告)日	2004-08-19
申请号	JP2002559749	申请日	2001-12-20
[标]申请(专利权)人(译)	国际商业机器公司		
申请(专利权)人(译)	国际商业机器公司		
[标]发明人	グレイヤーポールエフ ホーケネスシー カウフマンリチャードエル ミルマンステイーヴンイー トンプソンガーハードアール ライトステイーヴンエル ウーチャイダブリュー		
发明人	グレイヤー、ポール、エフ ホー、ケネス、シー カウフマン、リチャード、エル ミルマン、ステイーヴン、イー トンプソン、ガーハード、アール ライト、ステイーヴン、エル ウー、チャイ、ダブリュー		
IPC分类号	G02F1/133 G09G3/20 G09G3/36 G09G5/00		
CPC分类号	G09G3/3611 G09G3/2051 G09G3/3614 G09G5/006 G09G2300/0443 G09G2300/0447 G09G2320/0276 G09G2320/028		
FI分类号	G09G3/36 G02F1/133.545 G02F1/133.550 G02F1/133.575 G09G3/20.611.E G09G3/20.612.U G09G3/20.641.P		
F-TERM分类号	2H093/NA16 2H093/NA58 2H093/NC24 2H093/NC28 2H093/NC34 2H093/NC54 2H093/ND06 2H093/ND09 2H093/ND13 2H093/ND24 2H093/NF05 2H093/NG20 5C006/AA11 5C006/AF01 5C006/AF11 5C006/AF44 5C006/AF45 5C006/AF46 5C006/BB16 5C006/BC16 5C006/FA55 5C080/AA10 5C080/BB05 5C080/DD01 5C080/EE29 5C080/FF11 5C080/FF12 5C080/GG09 5C080/GG12 5C080/JJ01 5C080/JJ02 5C080/JJ05 5C080/JJ07		
代理人(译)	坂口 博 上野武		
优先权	09/771323 2001-01-26 US		
其他公开文献	JP4065780B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

#### 摘要(译)

亲切代码：通过减少图像中具有中间调的亮度值的子像素的数量来改善液晶显示器（LCD）（112）的视角特性。— 在一个实施例中，提供第一条目表，其将LCD的子像素信号强度值与至少一个视角方向上的子像素强度值相关联。从第一表确定目标信号强度值，使得其对应于跨越少量相邻子像素的平均子像素亮度。第二个条目表将信号强度值与目标之上和之下的信号强度值相关联。根据第二表修改相邻的子像素信号强度值，从而减少具有中间色调亮度值的子像素的数量。子像素数据优选地在包括在显示模块（112-2）中的专用集成电路（ASIC）（303）的一部分内处理。

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>		F I	テーマコード (参	
G O 9 G	3/36	G O 9 G	3/36	2 H O 9 3
G O 2 F	1/133	G O 2 F	1/133	5 4 5
G O 9 G	3/20	G O 2 F	1/133	5 5 0
		G O 2 F	1/133	5 7 5
		G O 9 G	3/20	6 1 1 E
		審査請求 有 予備審査請求 有 (全 118 頁) 最終		
(21) 出願番号	特願2002-559749 (P2002-559749)	(71) 出願人	390009531	
(86) (22) 出願日	平成13年12月20日 (2001.12.20)		インターナショナル・ビジネス・マ	
(85) 翻訳文提出日	平成15年7月25日 (2003.7.25)		ス・コーポレーション	
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/049538		I N T E R N A T I O N A L B U	
(87) 国際公開番号	W02002/059685		E S S M A S C H I N E S C C	
(87) 国際公開日	平成14年8月1日 (2002.8.1)		R A T I O N	
(31) 優先権主張番号	09/771,323		アメリカ合衆国10504 ニュー	
(32) 優先日	平成13年1月26日 (2001.1.26)		州 アーモンク ニュー オーチャ	
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ロード	
		(74) 代理人	100086243	
			弁理士 坂口 博	
		(74) 代理人	100091568	
			弁理士 市位 嘉宏	
		(74) 代理人	100108501	
			弁理士 上野 剛史	
		最終頁に		

(54) 「発明の名称」 液晶ディスプレイにおけるサブピクセルの輝度特性に基づきサブピクセル信号強度補正の