

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4753942号
(P4753942)

(45) 発行日 平成23年8月24日 (2011. 8. 24)

(24) 登録日 平成23年6月3日 (2011. 6. 3)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 21/027 (2006. 01)
 GO 3 F 7/20 (2006. 01)
 GO 3 F 1/08 (2006. 01)
 GO 6 T 1/00 (2006. 01)

HO 1 L 21/30 5 2 9
 GO 3 F 7/20 5 2 1
 GO 3 F 1/08 A
 GO 6 T 1/00 3 0 5

請求項の数 15 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2007-519490 (P2007-519490)
 (86) (22) 出願日 平成17年7月1日 (2005. 7. 1)
 (65) 公表番号 特表2008-505364 (P2008-505364A)
 (43) 公表日 平成20年2月21日 (2008. 2. 21)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2005/023590
 (87) 国際公開番号 WO2006/007570
 (87) 国際公開日 平成18年1月19日 (2006. 1. 19)
 審査請求日 平成20年6月26日 (2008. 6. 26)
 (31) 優先権主張番号 10/882, 959
 (32) 優先日 平成16年7月1日 (2004. 7. 1)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390040660
 アプライド マテリアルズ インコーポレ
 イテッド
 APPLIED MATERIALS, I
 NCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
 054 サンタ クララ パウアーズ ア
 ベニュー 3050
 (74) 代理人 100109726
 弁理士 園田 吉隆
 (74) 代理人 100101199
 弁理士 小林 義教

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角適合テンプレートに基づくラスタ走査型印刷における光学近接効果補正

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高感度記録面に書き込まれるパターンの角を調整する為の方法において：

前記パターンの画像に対しデータファイルをラスタライズすることによりグレースケールのピクセル・マップを生成するステップであって、前記ピクセル・マップは、0 から整数Nの間の対応グレースケール値を有するピクセル・アレイを備える、前記ステップと；

前記グレースケールのピクセル・マップ内の対応ピクセルのグレースケール値に依存して、0 か 1 のブーリアン値を有するピクセル・アレイを備えるブーリアン型ピクセル・マップを生成するステップと；

角に対応するピクセル用テンプレートに、角型ピクセルに対応するピクセル及び囲んでいるピクセルを含む前記ブーリアン型マップ内のピクセル・アレイを比較することにより、前記グレースケールのピクセル・マップ内で角型ピクセルを検出するステップと；

角型ピクセルと、角型ピクセルに隣接するピクセルのうち少なくとも一つのグレースケール値を調整するステップと；

を備える、前記方法。

【請求項 2】

角形ピクセルと、角形ピクセルに隣接するピクセルのうち少なくとも一つのグレースケール値を調整するステップは、前記当初のグレースケール・バッファにおいてグレースケール値を修正することなく、前記補正バッファ内のグレースケール値を修正する工程を備える、請求項 1 に記載の方法。

10

20

【請求項 3】

角形ピクセルと、角形ピクセルに隣接するピクセルのうち少なくとも一つのグレースケール値を調整するステップは：

当初のグレースケール・バッファ内の凸状角形ピクセルのグレースケール値と、第 1 補正係数との和を計算する工程と；

前記計算された和が最大グレースケール値以下である場合、前記凸状角形ピクセルに対応する前記補正バッファ内のピクセルのグレースケール値を、前記第 1 補正係数だけ増加する工程と；

を備える、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

角形ピクセルと、角形ピクセルに隣接するピクセルのうち少なくとも一つのグレースケール値を調整するステップは：

前記計算された和が前記最大のグレースケール値を超える場合、前記凸状角形ピクセルに対応するピクセルに隣接する前記補正バッファ内の 1 以上のピクセルのグレースケール値を増加するステップを更に備える、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記計算された和が前記最大のグレースケール値を超える場合、前記凸状角形ピクセルに対応するピクセルに隣接する前記補正バッファ内の 1 以上のピクセルのグレースケール値を増加するステップは、前記凸状角に対応するピクセルから、斜め外側の 1 以上のピクセルのグレースケール値を、前記計算された和が前記最大のグレースケール値を超える量だけ、増加する工程を備える、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

角形ピクセルと、角形ピクセルに隣接するピクセルのうち少なくとも一つのグレースケール値を調整するステップは：

前記当初のグレースケール・バッファ内の凹状角のグレースケール値から、第 2 補正係数を減算することにより、差の値を計算する工程と；

計算された差が最小のグレースケール値以下である場合、前記補正バッファ内の前記凹状角に対応するピクセルのグレースケール値から、第 2 補正係数だけ減少させる工程と；
を備える、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 7】

角形ピクセルと、角形ピクセルに隣接するピクセルのうち少なくとも一つのグレースケール値を調整するステップは：

前記計算された差が前記最小のグレースケール値未満である場合、前記凹状角に対応するピクセルに隣接する前記補正バッファ内の 1 以上のピクセルのグレースケール値を減少させる工程を更に備える、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 1 補正值および第 2 補正值は、独立して調整可能である、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

高感度記録面に書き込まれるパターンの角を調整する為の方法において：

前記パターンの画像に対しデータファイルをラスタライズすることによりグレースケールのピクセル・マップを生成するステップであって、前記ピクセル・マップは、対応するグレースケール値を有するピクセル・アレイを備える、前記ステップと；

ブーリアン値を有するピクセル・アレイを備えるブーリアン型ピクセル・マップを生成するステップであって、1 のブーリアン値は、0 でないグレースケールを有するグレースケールのピクセル・マップ内の対応するピクセルを示し、0 のブーリアン値は、0 のグレースケール値を有するグレースケールのピクセル・マップ内の対応するピクセルを示す、前記ステップと；

各々が潜在的角形ピクセルにセンタリングされた前記ブーリアン型ピクセル・マップ内の一以上のピクセル・アレイを、凸状角および凹状角の両方に対応する複数のテンプレートと同時に比較することにより、前記グレースケールのピクセル・マップ内で角形ピクセル

10

20

30

40

50

ルを検出するステップと；

検出された角形ピクセルと、検出された角形ピクセルに隣接するピクセルのうち少なくとも一つのグレースケール値を調整するステップと；

を備える、前記方法。

【請求項 10】

各々が潜在的角形ピクセルにセンタリングされた前記ブーリアン型ピクセル・マップ内の一以上のピクセル・アレイを、凸状角および凹状角の両方に対応する複数のテンプレートと同時に比較するステップは、各々が潜在的角形ピクセルにセンタリングされた前記ブーリアン型ピクセル・マップ内の複数のピクセル・アレイを、凸状角および凹状角の両方に対応する複数のテンプレートと比較する為にハードウェアを利用する工程を備える、請求項 9 に記載の方法。

10

【請求項 11】

各々が潜在的角形ピクセルにセンタリングされた前記ブーリアン型ピクセル・マップ内の一以上のピクセル・アレイを、凸状角および凹状角の両方に対応する複数のテンプレートと同時に比較するステップは、各々が潜在的角形ピクセルにセンタリングされた前記ブーリアン型ピクセル・マップ内の複数の異なるピクセル・アレイを、複数の異なるクロックサイクルの各々に対して、凸状角および凹状角の両方に対応する複数のテンプレートと比較する為にハードウェアを利用する工程を備える、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

抵抗面にパターンを書き込む為のシステムであって；

20

前記パターンの画像に対するデータファイルからグレースケールのピクセル・マップを生成するように構成されたラスタライザであって、前記グレースケール・マップは、対応するグレースケール値を有するピクセル・アレイを備える、前記ラスタライザと；

前記グレースケールのピクセル・マップ内の対応するピクセルのグレースケール値に依存して、0 か 1 のブーリアン値を有するピクセル・アレイを備えるブーリアン型ピクセル・マップを生成する為の論理回路と；

前記ブーリアン型ピクセル・マップ内のピクセル・アレイを、角に対応するピクセルの角用テンプレートと比較することにより、グレースケールのピクセル・マップ内で角形ピクセルを検出するように構成された角検出ユニットと；

角形ピクセルと、角形ピクセルに隣接するピクセルのうち少なくとも一つのグレースケールのピクセル・マップ内でグレースケール値を調整するように構成された角補正ユニットと；

30

を備える、前記システム。

【請求項 13】

前記角検出ユニットは、角形ピクセルと、角形ピクセルに隣接するピクセルのうち少なくとも一つを；

前記グレースケール・ピクセル・マップ内の凸状角形ピクセルのグレースケール値と第 1 補正係数の和を計算すること；

計算された和が最大のグレースケール値以下である場合、前記第 1 補正係数だけ前記凸状角形ピクセルのグレースケール値を増加し、他の場合には、前記最大値に前記凸状角形ピクセルのグレースケール値を設定し、計算された和の残分を 1 以上の隣接ピクセルに普及させること；

40

により、調整するように構成されている、請求項 12 に記載のシステム。

【請求項 14】

前記角検出ユニットは、角形ピクセルと、角形ピクセルに隣接するピクセルのうち少なくとも一つを；

前記グレースケール・ピクセル・マップ内の凹状角形ピクセルのグレースケール値から第 2 補正係数を減算することにより差を計算すること；

計算された差が最小のグレースケール値以下である場合、前記第 2 補正係数だけ前記凹状角型ピクセルのグレースケール値を減少させ、他の場合には、前記最小のグレースケール

50

ル値に前記凹状角形ピクセルのグレースケール値を設定し、計算された差の残分だけ、1以上の隣接ピクセルのグレースケール値を減少させること；
により、調整するように構成されている、請求項13に記載のシステム。

【請求項15】

ユーザに前記第1補正係数と第2補正係数を独立して調整することを許容するグラフィカルユーザインターフェースを更に備える、請求項14に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【発明の背景】

【0001】

発明の分野

[0001]本発明の実施形態は、一般に、パターン印刷に使用されるリソグラフィ・システム又は半導体ウエハ上のマスク、より具体的には、それにより印刷されたパターン特徴部の鋭敏さを改善することに関する。

【0002】

関連技術の説明

[0002]集積回路のフォトリソグラフィ製造において放射粒子エネルギーに敏感なレジストは、所定のパターンで露光され、回路特徴部を画成する。一部の場合、エネルギーは、パターンを含むマスクを通過し、半導体ボディ上のフォトレジストを選択的に露光する。他の場合、レジストはマスク基板上にあり、放射エネルギー自体の方向は、レジスト内でパターンを画成する為に制御される。紫外線、可視光、コヒーレント光、X線、電子ビーム（Eビーム）を含む幾つかの放射エネルギー源が使用されてきた。

【0003】

[0003]集積回路のフォトリソグラフィ製造の為の一つのシステムは、本発明の譲受人に譲渡された"Laser Pattern Generation Apparatus"と題する米国特許第4,796,038号に説明されている。ここで説明されたシステムにおいて、レーザービームを照射し、レーザービームに対してワークピースを動かすことにより、ワークピースに回路パターンが書き込まれる。そのようなシステムにおいて、露光された場所の各々におけるレーザービームの強度または投与量は、ピクセル・アレイ（一般にピクセル・マップと呼ばれる）により制御されるが、各ピクセルの値は、露光された、対応する場所における投与量を決定する。露光の投与量またはレベルは、通常、対応するピクセルに与えられたグレースケール値（通常、ゼロから最大値）として表わされるが、ゼロは投与量がゼロ又は白、最大値は投与量の全て又は黒に対応する。

【0004】

[0004]ピクセル・マップは、ラスタライゼーション処理により生成されるが、グラフィック・デザイン・システム（GDS）又はMEBESフォーマットファイルのようなパターンを示すデータファイルは、（「ラスタライジング・エンジン」と呼ばれる構成要素を使用して）パターンが存在するピクセルを決定することにより、個々のピクセル値に変換される。データファイルは、パターン特徴部の個々の鋭角部（vertices）を識別するデータを備え通常、階層的なフォーマット内で画像を示す。そのようなラスタライゼーション処理を実行する為の技術や回路の一実施例は、本発明の譲受人に譲渡され、参考の為に本願に組み込まれている、"Rasterizer for A Pattern Generation Apparatus"と題する米国特許第5,553,170号に説明されている。

【0005】

[0005]リソグラフィ・システムを用いてパターンを書き込むとき、放射された電子又はレーザービーム内に供給される電力に関連した、例えば回折限定波長効果や電気光学的効果のような多くの境界や端部の影響が、実際に書き込まれたパターン内で欠陥を生じさせる場合がある。ラスタライゼーション処理で使用されるサブサンプリング技術、書き込みの為にガウス成形ビーム使用のような書き込み処理のファクタも、これらの欠陥に貢献する場合がある。これらの欠陥は、鋭利でない縁の為にライン短縮（通常、ライン端部の短縮と呼ばれる。）や丸くなった角を含む場合がある。

【 0 0 0 6 】

[0006]丸くなった角を補償する一つの方法は、角の領域に近接する露光領域を増やす為に、有効に追加のジオメトリを含めるようにデータファイル进行操作することを伴う。この方法は、図1に示されているが、図1は、パターン111のデータファイル110をラスライジングする標準処理フロー102と、「ジオメトリ・ベース」の光学的近接補正(OPC)を含む処理フロー104の両方を示す。図示ように、標準処理フロー102において、データファイル110は、ラスライゼーション処理によりビット・マップ120に変換される。しかし、前述した境界の影響のため、ビット・マップ120に基づくパターンの書き込みは、丸くなった角132sを有する最終書き込みパターン130sを生じさせる(比較のため、理想的な「形」の角134が点線で示されている)。図1Aにおける丸い角132Sの拡大図で示された、角の丸みを定量化する為に使用される一つの測定基準は、理想的な角の先端と、実際の丸い角における最も近い場所との間の距離であり、一般に角の後退(CPB: Corner Pull Back)と呼ばれている。

10

【 0 0 0 7 】

[0007]ジオメトリ・ベースのOPC処理フロー104において、データファイル110sは、シェリーフ112をパターン111の角に加える為に操作され、新しいデータファイル110_Gが生じるが、これが、新しいビット・マップ120_Gを形成するようにラスライズされる。シェリーフ112のため、この新しいビット・マップ120_Gは、パターンの角の近くに配置されたゼロでない値を持つ追加ピクセルを有する。その結果、ビット・マップ120_Gに基づくパターン書き込みは、より丸くない角132_Gを備えて書き込まれたパターン130_Gが生じ、理想的な角134に向けて、外側に効果的に伸ばされ、角領域を「回復」即ちCPBを減少させる。

20

【 0 0 0 8 】

[0008]残念なことに、このジオメトリ・ベースのOPC処理に伴う多くの短所が存在する。一つの短所は、シェリーフ112の追加のため、表示されなければならない角の数が増え、データファイル110_Gは比例して増大することである。例えば、図1に示された単純な実施例において、当初の形状111は、4つの角しか持たない。しかし、シェリーフ112の各々は、追加の2つの外側(凸状)角と2つの内側(凹状)角とをパターン111の当初の角の各々に加える。前述したように、これらの角は、通常、データファイル110_G内で鋭角部として表示されているので、これらの追加の角は、結果として5のファクタだけデータファイル110_Gを増大させる。データファイル110_Gが増大するにつれて、パターンデータをラスライザーに転送するのに必要な時間、すなわち、全体の処理時間(印刷する為の時間)は、比例して増大する可能性がある。

30

【 0 0 0 9 】

[0009]ジオメトリ・ベースOPCに伴う他の短所は、ラスライゼーション・エンジンに依存し、一部の欠陥に対し良好に補正可能な一定の理想的なピクセル構成が、シェリーフ112のような単純なジオメトリの追加のために達成できないことである。関連する短所は、所望のピクセル構成を達成する為に複雑なジオメトリの追加に努めても、それに伴ってデータファイルが増大するので、データ移動に伴う前述した問題を悪化させる。

40

【 0 0 1 0 】

[0010]したがって、リソグラフィにより書き込まれたパターンにおいて、丸くなった角のような欠陥の補正用技術を改善する必要がある。そのような技術は、データ移動にほとんど影響が無いが、何も影響がないことが好ましい。

【 発明の概要 】

【 0 0 1 1 】

[0011]本発明は、一般に、リソグラフィを介して印刷されたパターン内の角を補正する方法およびシステムを提供する。

【 0 0 1 2 】

[0012]一実施形態は、高感度記録面に書き込まれるパターンの角を調整する方法を提供する。この方法は、一般に：パターンの画像に対しデータファイルをラスライ

50

ズすることによりグレースケールのピクセル・マップを生成するステップであって、上記ピクセル・マップは、0から整数Nの間の対応グレースケール値を有するピクセル・アレイを備える、上記ステップと；上記グレースケールのピクセル・マップ内の対応ピクセルのグレースケール値に依存して、0か1のブーリアン値を有するピクセル・アレイを備えるブーリアン型ピクセル・マップを生成するステップと；角に対応するピクセル用テンプレートに、角型ピクセルに対応するピクセルと囲んでいるピクセルを含む上記ブーリアン型マップ内のピクセル・アレイを比較することにより、上記グレースケールのピクセル・マップ内で角型ピクセルを検出するステップと；角型ピクセルと、角型ピクセルに隣接するピクセルのうち少なくとも一つのグレースケール値を調整するステップと；を備える。

【0013】

[0013]他の実施形態は、高感度記録面に書き込まれるパターンの角を調整する方法を提供する。この方法は、一般に：上記パターンの画像に対しデータファイルをラスタライズすることによりグレースケールのピクセル・マップを生成するステップであって、上記ピクセル・マップは、対応するグレースケール値を有するピクセル・アレイを備える、上記ステップと；ブーリアン値を有するピクセル・アレイを備えるブーリアン型ピクセル・マップを生成するステップであって、1のブーリアン値は、0でないグレースケールを有するグレースケールのピクセル・マップ内の対応するピクセルを示し、0のブーリアン値は、0のグレースケール値を有するグレースケールのピクセル・マップ内の対応するピクセルを示す、上記ステップと；各々が潜在的角形ピクセルにセンタリングされた上記ブーリアン型ピクセル・マップ内の一以上のピクセル・アレイを、凸状角および凹状角の両方に対応する複数のテンプレートと同時に比較することにより、上記グレースケールのピクセル・マップ内で角形ピクセルを検出するステップと；検出された角形ピクセルと、検出された角形ピクセルに隣接するピクセルのうち少なくとも一つのグレースケール値を調整するステップと；を備える。

【0014】

[0014]他の実施形態は、ラスタライザー、論理回路、角検出ユニット、角補正ユニットを一般に含む、抵抗面にパターンを書き込むためのシステムを提供する。上記ラスタライザーは、一般に、上記パターンの画像に対するデータファイルからグレースケールのピクセル・マップを生成するように構成され、前記グレースケール・マップは、対応するグレースケール値を有するピクセル・アレイを備える。上記論理回路は、一般に、上記グレースケールのピクセル・マップ内の対応するピクセルのグレースケール値に依存して、0か1のブーリアン値を有するピクセル・アレイを備えるブーリアン型ピクセル・マップを生成する。上記角検出ユニットは、一般に、上記ブーリアン型ピクセル・マップ内のピクセル・アレイを、角に対応するピクセルの角用テンプレートと比較することにより、グレースケールのピクセル・マップ内で角形ピクセルを検出するように構成されている。上記角補正ユニットは、一般に、角形ピクセルと、角形ピクセルに隣接するピクセルのうち少なくとも一つのグレースケールのピクセル・マップ内でグレースケール値を調整するように構成されている。

【0015】

[0015]本発明の前述された特徴が詳細に理解し得る方式で、簡単に前述された本発明の詳細な説明は、添付図面に一部が示された実施形態を参照して行われる。しかし、添付された図面は、本発明の典型的な実施形態だけを示すので、本発明の範囲を限定するものではなく、本発明は、他の有効な実施形態を許容することに注意すべきである。

【詳細な説明】

【0016】

[0044]本発明の実施形態は、一般に、放射されたビーム（レーザや電子ビームなど）を使用してリソグラフィを介して形成されたパターンにおいて、欠陥（丸くなった角、ライン端部短縮など）を補正する方法および装置を提供する。追加のジオメトリオブジェクトを含めるようにパターンのデータファイルを操作することにより、そのような欠陥を補償するというより、むしろ、欠陥は、ピクセル・マップのグレースケール値を操作する

ことにより、「後のラスライゼーション」の為に補償される。その結果、データファイルの大きさは、増えず、データの転送時間は影響されない。

【 0 0 1 7 】

[0045]欠陥の補償をラスライゼーション後に実行することにより、角付近の投与量を操作（増加または減少）するように達成可能な実際のピクセル構成において、より大きな自由度を与えることが可能である。さらに、本願で説明されるように、ピクセル・ベースの欠陥の補償は、パターンの地域領域で実行可能であり、処理を分散可能にする。例えば、欠陥の補償がソフトウェアで実行されるとき、並列に作用する複数のプロセッサで処理は分散可能であり、プロセッサの各々はパターン残部を知る必要がなく、パターンの比較的小さな部分で動作する。同様に、欠陥補償がハードウェアで実行されるとき、並列に作用する複数のハードウェア構成要素間で処理は分散可能である。

10

【 0 0 1 8 】

ピクセル・ベースの角増強

[0046]図 2 は、リソグラフィを介してパターンを書き込む為の「ピクセル・ベース」の光学近接効果補正（OPC）を含む処理フロー 202 を示す。図示のように、データファイル 110s は、標準フロー 102 にあるように、ラスライゼーション処理によりビット・マップ 120s に変換可能である。しかし、パターン 111 を書き込む為に、丸くなった角 132s が生じ得る上記標準ビット・マップ 120s を使用するのではなく、画質向上（enhanced）ビット・マップ 120p が使用される。画質向上されるビット・マップ 120p は、標準ビット・マップ 120s においてピクセルの様々なグレースケール値を操作することにより生成される。グレースケール値は、本願で説明される様々な技術を使用して操作可能であり、パターンを書き込むとき角形ピクセルの近傍や、角形ピクセルにおいて供給されたエネルギーの投与量の修正に努め、或いは、パターン 111 の理想的な角に、かなり密接に近づく角 132p の達成に努める。

20

【 0 0 1 9 】

[0047]図 3 は、処理フロー 202 の一部として実行可能である典型的な操作 300 を示す。操作 300 は、書き込まれるパターンのデータファイルを受け取ることにより、ステップ 302 で始まる。データファイルは、パターンのジオメトリ特徴部を示すのに適した、あらゆるファイルフォーマットが可能であり、例えば、グラフィック・デザイン・システム（GDS）、MEBES フォーマットがある。ステップ 304 では、グレースケール値でピクセルのマップを作成する為に、データファイルがラスライズされる。一部の実施形態に対し、ピクセルはサブピクセル・アレイから構成され、ラスライゼーション処理は、パターンがカバーするサンプル・サブピクセル（又はサブサンプル）の限定数をどれだけ多く決定するステップを伴う場合がある。その後、各ピクセルに対してグレースケール値を設定することは、先に言及された米国特許第 5,533,170 号に説明されたようにカバーされたサブサンプルの全てを数えることを実質的に伴う場合がある。換言すると、一般に、パターンによりカバーされるピクセルの領域が大きくなるほど、より高いグレースケール値になる。

30

【 0 0 2 0 】

[0048]ステップ 306 では、パターンの角が上に横たわるピクセル（以下、「角形ピクセル」という。）が識別される。ステップ 308 では、識別された角形ピクセル及び／又は隣接ピクセルのグレースケール値が調整される。これらの角形ピクセルを検出し補正することは、丸くなった角のピクセル・ベース補正に伴う基本ステップであるが、数多くの異なるアプローチが各々を達成する為に取りられてもよい。全体的に説明されるように、各々に対し取るべき正確なアプローチを決定することは、様々な考慮事項を伴い、コストとパフォーマンスとのトレードオフを含む。

40

【 0 0 2 1 】

[0049]角形ピクセルを検出する難題は、図 4A を参照して例示可能であるが、図 4A は、ピクセル 402 のグリッド 400 の上に横たわる典型的パターン 411 を示す。示されるように、パターン 411 は、5 つの凸状（外側）角 404 と一つの凹状（内側）角 40

50

6を有する。これらの角が含まれるピクセルは、見る者にとって容易に識別可能であるが、必要であるものは、これらの角形ピクセルを信頼性良く検出できるハードウェア及び/又はソフトウェアにおいて実現可能なアルゴリズムである。そのようなアルゴリズムの一つは、角形ピクセルに隣接するピクセルのグレースケール値を検査することにより角形ピクセルを検出する。

【0022】

[0050]以前に説明したように、各ピクセル402のグレースケール値は、どれだけのピクセル比率がパターン411により覆われているかを示すことが可能である。これは、図4Aに示されたパターン411に対応するグレースケール値のマップ450を示す図4Bに示されている。図で示す為に、最小グレースケール値(0)は白を表し、最大グレースケール値(16)は黒を表すように、より高いグレースケール値が大きなピクセル・カバレッジに対応するという仮定で、0-16の範囲のグレースケール値が使用されている。したがって、パターン411により何もカバーされていないピクセルはゼロであり、パターン411により完全にカバーされたピクセルは16であり、部分的にカバーされたピクセルは中間値であり、ある程度、カバレッジ量に比例している。

【0023】

ゼロスケール隣接部に基づく角の検出

[0051]図5は、角形ピクセルを囲むピクセルのグレースケール値を検査することにより、角形ピクセルを検出する為の典型的操作500を示す。異なる実施形態では、操作500は、ソフトウェア、ハードウェア、これらの組合せで実行可能である。例えば、ある実施形態において、ピクセル・マップは、ラスタライジング・エンジンから、各々が検出を実行するようにプログラムを実行する一以上の汎用プロセッサに、ピクセル・マップが転送されてもよい。他の実施形態において、特定用途向け集積回路またはフィールドプログラム可能なゲートアレイ(FPGA)のようなハードウェア構成要素が検出を実行可能である。

【0024】

[0052]いずれの場合でも、操作500は、ピクセル・マップ502を受け取ることにより、ステップ502で開始する。ステップ504では、操作506-522のループは、各々のピクセルで実行されるように挿入されている。換言すると、各々のピクセルは、それが角形ピクセルであるなら、ゼロのグレースケール値を有する隣接ピクセルの数を検査することにより、その角形ピクセルの型を決定するように検査される。

【0025】

[0053]図4Bに示されたように、各々の角形ピクセルは、ゼロのグレースケール値を持つ少なくとも一つの隣接ピクセルを有する。これにより、角は、2つの縁の間の交差点に存在するという結果になる。各々の縁のピクセルは、黒から白の移行であるので、各々の縁のピクセルは、黒と白の間の「グレー値」を有するピクセルとして識別可能であるか、更に/又は、(縁がピクセル・グリッドに整列されており、最大のグレースケール値を有する場合であっても)ピクセルに隣接する少なくとも一つのゼロのグレースケール値を持たなければならない。さらに、各々の異なる型(凸状及び凹状)の角形ピクセルは、異なる数のゼロのグレースケール隣接部を有する場合がある。そのため、ゼロのグレースケール隣接部の数は、ピクセルの角の存在を検出すること、それらを(凸状または凹状として)分類すること、それらの向きを決定することに役立つ可能性がある。

【0026】

[0054]したがって、ステップ506では、ゼロのグレースケールを持つ、隣接する(検査されるピクセルの)ピクセルの数(Nz)が数えられる。例えば、図4Bで示されるように、ピクセルの3×3のアレイ452は、ピクセル454を用いた中心検査の下で集められてもよい。その後、ゼロのグレースケールを持つアレイ452の外側ピクセルが数えられる。

【0027】

[0055]前述したように、各々の角形ピクセルは、縁にあり、各々の縁にあるピクセルは

、少なくとも一つのゼロのグレースケールの隣接ピクセル (neighbor) を有しなければならない。したがって、ゼロのグレースケールを持たない隣接ピクセルを有するピクセルは、ステップ 510 で決定されるように、縁でも角形ピクセルでもないの、更なる処理は不要である。典型的なパターンにおいて、小さな比率 (およそ 10%) のピクセルだけが、縁であるかもしれない。そのため、ピクセルが縁形ピクセルでないの、角形ピクセルでないことを決定する為に迅速に試験することにより、縁でないピクセルの、後の不要な処理を避けることができる。

【0028】

[0056] 図 4 B に示されるように、凸状ピクセル 454 は、5 つのゼロのグレースケール隣接ピクセルを有する場合がある。図示されていないが、一部の凸状ピクセルは、4 つのグレースケール隣接ピクセルしか持たないかもしれず、1 つのピクセルだけ角がオフセットされた小さな特徴部のパターンは、他の角から一つのピクセルだけ外側に伸びる。したがって、ステップ 512 で決定されるように、ピクセルが 4 つ又は 5 つのグレースケール隣接ピクセルを有する場合、そのピクセルはステップ 514 で凸状角として記すことができる。

10

【0029】

[0057] 一方、凹状角形ピクセル 456 は、(斜めに配置された) 一つのゼログレースケールの隣接ピクセルだけを有する。したがって、ピクセルが一つのグレースケールの隣接ピクセルだけを有する場合、ステップ 516 で決定されるように、そのピクセルは、ステップ 518 で凹状角として記すことができる。一部の、サンプリング中の誤差は、パターンが実際にピクセルに当たっていても、ピクセルに対し、ゼログレースケール値が生じる場合がある。そのような場合、ピクセルは、誤差ゼロのグレースケールによる凹状角として、間違って記される場合がある。さらに、一部の、台形ジョグの頂点も、一つのゼロのグレースケール隣接ピクセルを有する場合がある。その結果、ステップ 518 におけるマーキングは、実際にピクセルが「おそらく」凹状角であり、(例えば、ステップ 524 において、後の角検出処理の一部として実行される) 更なる処理が必要であることを実際に表示してもよい。一部の実施形態に対し、サンプリング中のピクセルは、(例えば、ステップ 502 でピクセル・マップを受領する前の) ラスタライゼーション中に検出可能であり、単一のサブサンプル・ビットの設定のように、サブサンプルされた誤差を避ける為に補正手段がとられてもよい。

20

30

【0030】

[0058] いったんピクセルが角形ピクセルとして認識されると、凹か凸か、それらの向き (例えば、左上、右上、左下、右下) が、ステップ 520 で決定可能である。適した技術であれば、どんな技術でも、角の向きを決定する為に利用可能である。例えば、凹状角の向きは、単一のゼログレースケールの斜めの隣接ピクセルの場所を識別することにより決定可能である。同様に、凸状角の向きは、単一の、ゼロでないグレースケールの斜め隣接ピクセルの場所を識別することにより、決定可能である。

【0031】

[0059] 数個の (0, 1, 4, 5 以外の) ゼロのグレースケール隣接ピクセルを有するピクセルは、一部の他の特徴の型を示す場合がある。例えば、ジョグ又はネックは、2, 3 個のゼロのグレースケール隣接ピクセルを有する場合があり、1 個のピクセル・幅ラインは、6 または 7 つのゼロのグレースケール隣接ピクセルを有するが、隔離されたピクセルは、8 つのゼロのグレースケール隣接ピクセルを有する。

40

【0032】

[0060] 一部の実施形態において、いったん各々のピクセルが検査されると、後の角検出処理が、ステップ 524 で実行される。後 - 角処理は、(ラスタライゼーション中にも行われる) サンプリング中の誤差解決のような様々な処理操作を含み、隣りの角を解消し、台形ジョグを検出する。例えば、サンプリング中の誤差は、サブサンプリングされたピクセルに当たることなく、パターンの一部がゼロのグレースケール・ピクセルの上に横たわるかを決定するように追加処理により解消可能である。隣りの角を解消することは、識別

50

された角の隣りのピクセルを検査することを伴い、後の凸状角補正中に追加量が、隣りの特徴部の間で結合させず、後の凹状角補正中の解消量が連続性の喪失を生じさせないことを確実にすることに努める。

【 0 0 3 3 】

[0061] 幾つかの実施形態において、当初パターンのデータファイルからのデータのような外部情報は、後の角処理でアシストするように使用可能である。そのような外部情報は、サンプリング中の誤差を解消する為にピクセル・グリッドに対するパターンに関連する正確な情報を提供可能であり、この情報は、正確なパターンの場所のように、グレースケール・ピクセル・マップから容易に利用可能ではない。

【 0 0 3 4 】

角の補正

[0062] 後 - 角検出処理の後、角補正が、ステップ 5 2 6 で実行可能である。図 6 は、角を補正する為の典型的な操作 6 0 0 を示す。操作 6 0 0 は、角形ピクセルとして識別された一組のピクセルを受領することにより、ステップ 6 0 2 で始まる。ステップ 6 0 4 には、各々の角形ピクセルで実行される操作 6 0 8 - 6 1 4 のループが挿入されている。前述したように、角補正は、角形ピクセル及び / 又は隣接ピクセルのグレースケール値の操作に努めることを伴い、凸状角を「伸ばす」為に投与量を加え（凹状角の縮める為に量を減らし）、書き込まれるパターンの理想的な角へと、より密接に合致させる。

【 0 0 3 5 】

[0063] そのため、角形ピクセルが凸状ピクセルである場合、ステップ 6 0 6 で決定されるように、角形ピクセルのグレースケール値は、ステップ 6 0 8 において、補正係数だけ増加される。一部の場合、補正係数は、例えば、グラフィカル・ユーザ・インターフェース（GUI）を介してユーザにより調整可能であり、例えば、同一パターンを書き込む以前の試みから決定されるように、必要とされる補正量により、選択された正確な値に基礎が置かれる。一部の実施形態に対し、別個の補正係数は、凸状及び凹状角を補正する為に使用可能であり、各々は、別個にユーザにより調整可能である。複数の隣接ピクセルのグレースケール値を調整する為に、複数の補正係数を伴う、より複雑なスキームが可能である。いずれの場合でも、一部の状況において、当初のグレースケール値と補正係数の合計が最大のピクセル値を超える場合がある。角形ピクセルに、これ以上の投与量を追加することはできないので、残りは、ステップ 6 1 0 において、外側斜めの隣接ピクセルに加算可能である。

【 0 0 3 6 】

[0064] 一方、角形ピクセルが凹状ピクセルの場合、角形ピクセルのグレースケール値は、ステップ 6 1 2 において、補正係数だけ減少される。補正係数が、当初のグレースケール値より大きい場合、角形ピクセルのグレースケール値はゼロに設定される。所望量の投与量が除去され、凹状角が補正されることを確実にする為、その後、残りは、ステップ 6 1 4 において、内側斜めの隣接ピクセルから減算可能である。

【 0 0 3 7 】

[0065] 一部の実施形態において、ピクセルの水平寸法と垂直寸法は、対称でないかもしれない。例えば、Y 方向の寸法が X 方向の寸法より大きいと、幅より高さがあるピクセルが生じる。そのため、斜めに隣接するピクセルは、正確に 4 5 度のラインで配置されるのではなく、むしろ、ピクセルの寸法により決定される、異なる角度で配置される。したがって、このような場合に斜め外側に投与量を増加または斜め内側に投与量を減少するため、1 個以上のグレースケール値の（例えば、X 方向の寸法および Y 方向の寸法に基づき、レシオメトリック的に）調整が必要かもしれない。さらに、一部の場合、六角形グリッドのような非デカルト型グリッドが利用可能である。そのような場合、投与量の加減算が、それに応じて普及されてもよい。

【 0 0 3 8 】

[0066] 図 7 は、図 4 B に示された当初のグレースケール値における操作 6 0 0 を実行することにより生成された「補正済み」グレースケール値の典型的なマップ 7 5 0 を示す。

解説の為に、補正係数は 10 であり、1 個の補正係数が、凹状角と凸状角の両方を補正する為に適用され、グレースケール値の範囲は 0 から 16 であることを仮定されている。上の凸状角を用いて開始すると、これらの角形ピクセルの、当初のグレースケール値は 2 であった。したがって、これらの角形ピクセルに補正係数を加算すると、補正済みピクセル値は 12 になる。同様に、左下の凸状角形ピクセルの、当初のグレースケール値に補正係数 10 を加算すると、補正済みピクセル値は 14 になる。

【0039】

[0067] 一方、補正係数 10 と右下の凸状角形ピクセルのグレースケール値との合計は、最大グレースケール値 16 より大きくなる。したがって、この角形ピクセルは、最大値 16 に設定され、残りの 6 だけ、斜め外側に隣接するピクセルが普及される。同様に、(下の)凹状角形ピクセル値(6)のグレースケール値は補正係数(10)より小さいので、その補正済みグレースケール値はゼロに設定されるが、残り(4)は、斜め内側に隣接するピクセルから減算され、このピクセルに対する補正済みグレースケール値は 12 になる。

10

【0040】

[0068] 図 8 A に示されるように、凸状角付近および凸状角におけるグレースケール値を増加する効果は、補正済み凸状角 832_p が、補正されていない凸状角 832_s に対して伸ばされ、それより理想パターンの鋭利な縁に近づくことである。同様の効果で、図 8 B に示されるように、凹状角付近および凹状角におけるグレースケール値を減少することは、補正済み凹状角 834_p が、補正されていない凹状角 834_s に対して引き戻されることである。

20

【0041】

テンプレート・ベースの角検出

[0069] 角形ピクセルを検出する為の他のアプローチは、検査されているピクセル上にセンタリングされたピクセル・アレイに角用テンプレートを付けることを伴う。このテンプレート・ベースのアプローチも、角形ピクセルを識別し分類する為に角形ピクセルの、ゼログレースケール隣接ピクセルに関する情報に依存する。一部の実施形態に対し、この情報はブーリアン型ピクセル・マップで獲得可能であり、これは、ゼロ又はゼロでないグレースケール値のいずれか一方を有するピクセルを識別する。(図 11 及び図 12 を参照して)更に詳述されるように、このアプローチは、ハードウェアにおける有効な実現に特に良く適しているかもしれない。図 9 は、そのようなテンプレート・ベースの角検出を実行する為の典型的な操作 900 を示す。

30

【0042】

[0070] 操作 900 は、例えばラスライザーから、グレースケール値の、当初のマップを受領することにより、ステップ 902 で始まる。ステップ 904 では、ブーリアン型ピクセル・マップが生成されるが、ブーリアン型ピクセル・マップにおいて、各ピクセルの値は、当初のピクセル・マップにおいて対応するピクセルがゼロでないグレースケール値を有するかを表示する。例えば、1 という値を持つブーリアン型ピクセルは、当初のピクセル・マップにおいて対応するピクセルがゼロでないグレースケールを有することを表示するが、0 という値を持つブーリアン型ピクセル・マップにおけるピクセルは、当初のピクセル・マップにおける対応ピクセルがゼロのグレースケールを有することを表示する。幾つかの実施形態において、ブーリアン型ピクセルの値は、当初のピクセル・マップにおいて対応グレースケール値のビットを単純に論理 OR 処理すること (OR'ing) により生成可能である。

40

【0043】

[0071] ステップ 906 において、各ブーリアン型ピクセルに対し実行される操作 908 - 914 のループが挿入されている。ステップ 908 では、選択された、検査中のピクセルでセンタリングされたピクセル・アレイが構築される。ステップ 910 では、一組の角用テンプレートが、一定の型、向きの角に対応した角用テンプレートの各々を用いて、構築されたアレイに付けられる。アレイが、どのテンプレートにも合致しない場合、ステッ

50

プ 9 1 2 で決定されるように、選択されたピクセルは角形ピクセルとして記されず、操作はステップ 9 0 6 に戻って検査の為に他のピクセルを選択する。一方、アレイがテンプレートの一つと合致する場合、選択されたピクセルは合致したテンプレートに対応した型の角として記される。いったん全てのピクセルが検査されると、角補正がステップ 9 1 6 で実行される。

【 0 0 4 4 】

[0072]テンプレートに対し比較の為に集められたピクセル・アレイの大きさは、一部の場合には、角形ピクセルの、あらゆる型の角ピクセルを容易に識別して分類するように検査されるのに必要とされたピクセルの最小数として選択されてもよいが、一部の場合には、角形ピクセルと台形ジョグとを区別する。一部の実施形態に対しては、アレイは 5 × 5 のピクセル・アレイでもよい。

10

【 0 0 4 5 】

[0073]図 1 0 は、テンプレート 1 0 0 2 - 1 0 3 2 に合致する角の 1 0 0 0 の典型的な組を示すが、これらは、内部でセンタリングされたピクセルが角形ピクセルであるかを決定する為に 5 × 5 のアレイピクセルに付けられてもよい。換言すると、これらのテンプレートを利用する一部の実施形態に対し、中心ピクセル " P " が角として検出される為に、ピクセル " P " とそれを囲む 2 4 個の隣接ピクセルは、図 1 0 に示されるブーリアン型角検出用テンプレートの一つに合致しなければならない。図 1 0 に示されたテンプレートは、（交差する水平縁と垂直縁により形成された）マンハッタン型角だけを検出するように意図され、実際、2 方向で一つのピクセルより近い角を拒絶するように設計されており、これは、縁の粗さを引き起こすことを避ける為に補正されるべきでない台形ジョグである可能性がある。

20

【 0 0 4 6 】

[0074]図 1 0 に示されるテンプレートの各々において、白（クロスハッチングが無い）は、' 0 ' のブーリアン型ピクセル・グレースケール = 0 ）を表示する為に使用され、第 1 クロスハッチングは、' 1 ' のブーリアン型ピクセル（グレースケール値 > 0 ）を表示する為に使用されるが、第 2 クロスハッチングは「無視する」状況を表示する為に使用される。各々の型の向き（左上、右上、左下、右下）の凸状角と凹状角の両方を検出する為のテンプレートが提供される。

【 0 0 4 7 】

[0075]凸状角用テンプレート 1 0 0 2 - 1 0 0 8 は、比較的率直であり、凸状角は、2 方向で 1 個のピクセルより近い他の角（又は特徴部）を持たないで伸びることを仮定する。凸状テンプレート 1 0 0 2 - 1 0 0 8 で検出された角の斜め反対側にある領域の角にある白い追加の空間は、普及されたグレー値に、おそらくカバー可能な領域に存在する特徴部が無いことを保証するように設計されている。このエリア内に特徴部が存在した場合、普及は当接する特徴部間の結合を引き起こすであろう。

30

【 0 0 4 8 】

[0076]凹状角検出用テンプレート 1 0 1 0 - 1 0 3 2 も同様に、2 つのピクセル空間を仮定する。（以下に更に詳細に説明される）サブピクセル情報の欠如において、このチェックは、縁の粗さを引き起こす可能性がある実際に台形のジョグである角の補正を避けるのに重要であるかもしれない。換言すると、偽の（aliased）、矩形グリッドを通して引かれたサンプル中でないラインは、直交するマンハッタン方向の一つで最大でも単一のピクセルだけ上下動（jog）可能なので、この 2 つのピクセル・チェックは、全ての角度が付けられたラインが角補正の為の候補として拒絶されることを確実にする為に使用可能である。凹状角用テンプレート 1 0 1 8 - 1 0 3 2 は、高さが単一ピクセルだけのクリアな（白い）エリアを持った内側凹部領域という特別な場合を扱うように設計されている。

40

【 0 0 4 9 】

[0077]図示のように、凹状テンプレート 1 0 1 0 - 1 0 3 2 の全ては、角形ピクセルからの、斜め外側全方向において、1 ピクセル、ゼロでないグレースケール周囲を必要とする。これは、印刷された画像におけるジオメトリの連結性の喪失に対し保護することであ

50

り、これは、連結性を残すべき特徴部を分離する為に、過剰な投与量が角形ピクセルから除去されるときに発生する場合がある。また、これは、どのようにテンプレートの賢明な設計が、前述された後の角検出処理（例えば、図5のステップ524）の一部を実行する為の必要性を減少または除去してもよい、そのため、（処理時間を減少することにより）システムパフォーマンスを改善することができることを解説する。

【0050】

テンプレート・ベースの角検出の為の典型的なハードウェア

[0078]図11は、前述されたテンプレート・ベースの角検出操作を実現する為に使用可能な典型的なハードウェアの実施1100を示す。前述されたように、ラスタライザ1104は、印刷されるパターンを示すデータファイル1102に基づくグレースケール・ピクセル・マップを生成してもよい。図示のように、ラスタライザ1104から出力されたピクセル・データは、フレーム・バッファ1106に保存可能であり、ここで、角検出及び補正ユニット1110によりアクセス可能である。図示のように、角検出及び補正ユニット1110は、一組のバッファ内でピクセル列を蓄積可能である。

【0051】

[0079]バッファは、当初のグレースケール・バッファ1112（例えば、到来するグレースケール・ピクセル値の直接的コピー）、ブーリアン型ピクセル・バッファ1114、補正ピクセル・バッファ1116を含んでもよい。前述されたように、ブーリアン型ピクセル・バッファ1114内に保存されたブーリアン値は、当初のグレースケール・バッファ1112内でピクセルのビットを論理OR処理すること（OR'ing）により生成されてもよい。補正ピクセル・バッファ1116も、到来するグレースケール値ピクセルのコピーでもよいが、角が検出されるとき、角検出ユニット1120により、リアルタイムで修正されてもよい。より詳細に以下に説明されるように、補正ピクセル・バッファ1116に対する修正は、当初の（未修正の）グレースケール・バッファ1112内のグレー値に基づく。これは、角が近い近傍と補正干渉（interfere）で検出されるとき、ピクセルの二重修正を避けることに努める為に行われてもよい。

【0052】

[0080]幾つかの実施形態において、ピクセルは、16個のピクセル列内で、並列に処理可能な角検出及び補正ユニット1110に入力されてもよいので、更にパフォーマンスを改善する。5×5のピクセル・アレイを集める為に、角検出が始められる前に5列が蓄積される。さらに、16個のピクセル列の縁にあるピクセルで角検出を実行する為に、（20ピクセルの全列幅に対し）いずれかの縁にある2つの境界ピクセルも、角検出及び補正ユニットに提供されてもよい。図12に示されるように、ブーリアン型ピクセル・バッファ1114は、（追加の境界ピクセル1220L、1220Rを備えた）5ピクセル列の高さ、16ピクセルの幅のレジスタとして構成可能である。

【0053】

[0081]図12に示されるように、角補正ユニット1120は、並列に複数の5×5のピクセル・アレイ1254M6に、レジスタの中心列1210においてピクセル（ P_{1-16} ）でセンタリングされたアレイの各々を用いて、角用テンプレートを同時に当てるように適合されてもよい。一部の実施形態に対し、即座の境界ピクセル（例えば、1220L、1220R）も、それに対する補正がピクセル P_{i-16} に流出させるかを決定する為に検査可能である。角検出ユニット1118は、検査中の現在のピクセル（ P_i ）及び囲んでいる隣接ピクセル（ N_{0-23} ）のブーリアン値を使用してチェックされる一組の論理式に対して角用テンプレートをマップにする為に比較的単純な論理を含んでもよい。例えば、凸状の左上（CVXUL）角（例えば、図10のテンプレート1002）の為の式は、以下のように実現される。

$$CVXUL = P \& N0 \& N6 \& N7 \& !N1 \& !N2 \& !N3 \& !N4 \& !N5$$

（ここで、記号"&"は、論理和関数を示し、記号"! "は、論理反転関数を示す。

凹状角に対し、特別な角の向きに対するテンプレート・マップの全ては、論理的に共に「OR処理される」。例えば、凹状の左上（CCVUL）の角（例えば、図10のテンプレ

10

20

30

40

50

ート 1 0 1 0 , 1 0 1 8 , 1 0 2 6) に対する式は、以下のように実現される。

CCVUL=(P & N0 & N9 & N4 & N1 & N2 & N3 & N5 & N6 & N21 & !N7 & !N8 & !N22) | (P & N0 & N9 & N4 & N1 & N2 & N3 & N5 & N6 & N21 & N22 & N23 & !N7) | (P & N0 & N9 & N4 & N1 & N2 & N3 & N5 & N6 & N8 & N21 & N23 & !N7)

(ここで、記号"|"は、論理OR関数を示す。)

サンプリング中の補償

[0082] 前述されたように、サンプリング中のピクセルは、テンプレート・ベースの角検出アルゴリズムのようにゼロのグレースケール値に基づき角を検出するアルゴリズムに課題を提示してもよい。ピクセルは、一般に、ピクセルに形状が僅かに当たるが、サンプリングされたサブピクセルの場所(「サブサンプル」)をカバーしないとき、サンプリング中に画成される。結果として生じるピクセルは、検出用アルゴリズムに対しゼロのグレースケール値を有し、(テンプレートは、角形ピクセルに、ゼロでないグレースケール値を有することを要求するので)これが、角検出の失敗を引き起こす。

【0054】

[0083] 図13は、ピクセル・マップ1300の一部をサブサンプル場所と共に示す。ピクセル・マップ1300に示された形状1301は、4つのピクセル1302-3を部分的にカバーする。解説の為に、形状1301は、白(ゼロのスケール・ピクセル)により囲まれていることが仮定されている。前述されたように、幾つかの実施形態に対し、ピクセルのグレースケール値は、形状1301にカバーされるピクセルのサブサンプル場所1303の数を単純に数えることにより決定可能である。しかし、右下角のピクセル1302₀は、カバーされたサブサンプル場所1303を持たず、ゼロのグレースケール値で終了することに注意されたい。この影響は、バイナリ5×5のブーリアン型ピクセル・アレイ1314に示され、ブーリアン型ピクセル1316は、「0」値を有するサンプリング中のピクセル1302₀に対応している。その結果、角マッチング・テンプレートに対する試験は、どの角も存在しないが、明らかに凸状の右下角と、3つの他の凸状角(右上、左上、左下)が存在することを表示する。

【0055】

[0084] この問題に対する一つの解決策は、ピクセルの中心サブサンプルに対応するビットをオンにする(設定する)為にラスタライゼーション用ハードウェアを増強することである。このビットを設定することにより、そのピクセルに対するグレースケール値が生じててもよく、ブーリアン型ピクセル・マップ内のピクセルに対して「1」というブーリアン値が生じててもよい。したがって、このビットを現在の実施例で設定することにより、全ての凸状角を検出可能にすることができるであろう。ラスタライゼーション中に、後の形状が、サンプリング中のピクセル内の他のサブサンプルをオンにさせる場合、ハードウェアは、最終的なグレースケール値でピクセルを修正する前に中心のサブサンプルを明らかにするように適合可能である。ハードウェアは、サブサンプルがサンプリング中の状況により「オン」であることを認識可能である。というのは、全体のピクセルのうち中心のサブサンプルだけが設定され、これは、有効な形状ではありそうもないからである。

【0056】

角補正バッファの調整

[0085] 前述されたように、当初の(未修正の)グレースケールピクセル・バッファ1112とブーリアン型ピクセル・バッファ1114に加えて、別個の補正バッファ1116は、角補正に対して実際の調整を行う為に維持され、使用可能である。図11に戻ると、角補正及び検出ユニット1110は、角補正ユニット1120を含んでもよいが、角補正ユニット1120は、角検出ユニット1118により検出された角の識別(例えば、マップ)を受け取り、当初のグレースケール・バッファ内のピクセル値に基づき、補正バッファ1116内でピクセルを修正する。その後、補正されたピクセル値は、実際の書き込み処理中の露光制御において使用される為に(1以上のレーザービームを変調することにより)補正バッファ1116から読み出されてもよい。

【0057】

[0086]図 1 4 A は、3つの別個のバッファを使用する、凸状角補正の一実施例を示す。図示のように、右上の凸状角の典型的な形状 1 4 1 1 は、ピクセル 1 4 1 5 内にあり、当初のグレースケール・バッファ 1 4 1 2 A 内に示されたグレースケール値と、ブーリアン型ピクセル・バッファ 1 4 1 4 A 内に示された対応するブーリアン型ピクセル値になる。その結果、凸状右上角は、ピクセル 1 4 1 5 にセンタリングされたブーリアン型 5 × 5 のピクセル・アレイに角用テンプレートを当てるときに検出される。

【 0 0 5 8 】

[0087]補正は、この実施例では 1 0 であると仮定された補正係数と当初のグレースケール値に基づいて、角形ピクセルにおいて或いはその近くで補正バッファお 1 4 1 6 A 内のグレースケール値を調整することにより実行可能である。前述されたように、幾つかの実施形態に対し、補正係数は、調整可能な凸状補正レジスタに保存可能であり、別個の補正用レジスタは、凸状角補正と凹状角補正の為に提供可能である。図示のように、ピクセル 1 4 1 5 は、当初のグレースケール・バッファ 1 4 1 2 A 内に 1 2 のグレースケール値を有する。検出された角を補正する為に、凸状補正レジスタ (1 0) で特定された投与量は、当初のグレースケール値に加算される。

【 0 0 5 9 】

[0088]幾つかの実施形態に対し、この加算は、最大に許容可能なグレースケール値より大きなグレースケール値になる場合、残りの投与量は、隣りのピクセルに普及可能である。残りの投与量を普及する為の一つのアプローチは、図示のように、角形ピクセルから斜め外側のピクセルに過剰分を加算することである。現在の実施例において、1 0 の補正投与量を 1 0 の当初のグレースケール値に加算すると、合計は 2 2 になる。図示のように、角形ピクセルは、1 6 に設定されており、過剰分 6 が斜め外側のピクセル 1 4 1 7 に普及される。前述されたように、幾つかの実施形態において、ピクセル・グリッドは、x 軸及び y 軸において対称でなくてもよく、過剰値は、「レシオメトリック (ratio-metric) 」方式で複数のピクセルに普及させてもよい。図示のように、補正されたグレースケール値は、補正バッファ 1 4 1 6 A 内に配置されるが、当初のバッファ 1 4 1 2 A は変更されないままである。

【 0 0 6 0 】

[0089]図 1 4 B は、3つの別個のバッファを使用する、凹状角補正の一実施例を示す。図示のように、典型的な形状 1 4 1 1 の左下の凹状角は、ピクセル 1 4 1 8 内にあり、当初のグレースケール・バッファ 1 4 1 2 B 内に示されたグレースケール値と、ブーリアン型ピクセル・バッファ 1 4 1 4 B 内の対応するブーリアン型ピクセル値になる。その結果、左下の凹状角は、ピクセル 1 4 1 8 にセンタリングされたブーリアン型 5 × 5 ピクセル・アレイに角用テンプレートを当てるときに検出される。補正のために、凹状補正レジスタ内で特定された投与量は、当初のバッファ 1 4 1 2 内のピクセル 1 4 1 8 のグレースケール値から減算される。

【 0 0 6 1 】

[0090]この減算が、許容された最小グレースケール値 (例えば、ゼロ) より小さい場合、残りの投与量は、隣りのピクセルから減算可能である。図示の実施例では、補正ピクセル 1 4 1 8 は、6 というグレースケール値を有する。そのため、この実施例では 1 0 と仮定された凹状補正投与量がグレースケール値から減算されると、補正バッファ内の角形ピクセル・グレースケール値はゼロに設定され、残りの投与量 4 は残され、斜め内側の隣接ピクセルから減算される。また、補正バッファ 1 4 1 6 B だけが修正され、当初のグレースケール・バッファ 1 4 1 2 B は、変更されないままである。

【 0 0 6 2 】

[0091]前述されたように、様々なタイプの追加処理が、角を補正する特別な状況に適するように実行可能である。例えば、小さな領域に複数の角が存在する場合、角に対する補正は、同一ピクセルが複数回だけ修正されるので、干渉を引き起こすかもしれない (例えば、ピクセルのグレースケール値は、最初に角形ピクセルとして、後に付近の角の隣接ピクセルとして修正可能である。)。ピクセルが処理される順番により、補正済みピクセル

ルは、予期せぬ値で終了する場合がある。例えば、補正済み値の蓄積、平均化、或いは最小 - 最大アプローチを使用することにより、様々なアプローチが、この状況を取り扱う為にとられてもよい。

【 0 0 6 3 】

[0092]平均化アプローチは、異なる補正済み値の間で妥協が生じる場合があるが、最小 - 最大アプローチは率直であり、補正が論理的に「 O R 処理される」(凸状ケース)か、論理的に「 A N D 処理される」(凹状ケース)場合、同一結果になるであろう。凸状角に対する最小 - 最大アプローチを適用すると、ピクセルが先に修正されたように検出される場合、新たな値が現在の値より大きい場合に更新されるだけである。この方法において、獲得する角は、その角形ピクセル及び/又は隣接ピクセルに追加される最大投与量を要する角である。以前に修正されたようにピクセルが検出される場合、凹状角に対し最小 - 最大アプローチを適用すると、新たな値が現在の値より小さい場合、それは、更新されるだけである。この方法において、獲得する角は、角形ピクセル及び/又は隣接ピクセルから減算される最大投与量を必要とする角である。

【 0 0 6 4 】

エリア・ベースの角検出

[0093]角形ピクセルの検出に対する他のアプローチは、サブピクセル情報の検査を伴い、実際、どの位のエリアのピクセルが、描写された形によりカバーされるかを決定する。サブピクセル・データ(例えば、16ビットのサンプリングされたサブピクセル)は、(描写された画像によりカバーされる、サンプリングされたサブピクセルの5ビットの合計にすぎないかもしれない)グレースケール値というよりは検査され、より高度な精度が、角検出のときに達成可能である。例えば、より詳細に以下に説明されるように、角が存在するピクセル内部の正確な位置は、放射投与量の加算または減算を介して角を検出するとき、何が大きな自由度を考慮に入れてもよいか決定されてもよい。

【 0 0 6 5 】

[0094]サブピクセル・データに基づく角検出の為のエリア・カバレッジ・アプローチを利用することは、ピクセル・ベースのシステムがグリッド・スナップに依存し、サンプリング中のピクセルにより狂い得るので、ピクセル・ベースの角検出を使用するより高精度である。ラスタライゼーションにおいて強調されて前述されたように、このアンダーサンプリングは克服可能であるが、ここで説明されたエリア・カバレッジ・アプローチは、角形ピクセルを検出する為に角検出用オーバーレイを利用することにより、その問題を避けることが可能である。注意深い設計を用いて、角検出用オーバーレイは、アンダーサンプリングの誤差に拘わらず、角が検出されることを確実にするように設計可能である。前述されたように、これらのオーバーレイは、実際、サブピクセル(例えば、4分の1ピクセル)ステップにおいて、ピクセル・アレイ内を動き回され、高精度の角の場所を検出することが可能である。

【 0 0 6 6 】

[0095]図15は、そのようなエリア・ベースの角検出を実行する為に典型的な操作1500を示す。操作1500は、ラスタ処理された画像のサブピクセル・データを取得することにより、ステップ1500で始まる。ステップ1504において、サブピクセル・データを備えたピクセル・アレイが構築される。ステップ1506において、サブピクセル・データの各アレイに対し、操作1508 - 1514のループが挿入されている。ステップ1508において、角検出用オーバーレイは、そのピクセル内に存在する角を検出する為に、選択されたアレイに適用される。ステップ1510において、角データは、角検出用オーバーレイを適用する結果に基づき、生成される。この角データは、ステップ1512で記されたように、検出された角の型と向きと、ステップ1514で作成された、これらの対応する角形ピクセル内部の検出された角の位置を識別する角用タグの組を含んでもよい。いったん、操作1508 - 1514が各アレイに対し実行されると、角補正が、ステップ1516で実行される。角用タグを利用する角補正を実行する為の典型的な操作は、図25を参照して以下に説明する。

【 0 0 6 7 】

[0096]ステップ 1 5 0 2 で受け取られたサブピクセル・データは、サンプリングされたサブピクセルの対応する組の場所の中から、書き込まれるパターンによりカバーされるサンプリングされたサブピクセルの場所を示すビット列のデータを含んでもよい。図 1 6 は、ピクセル・マップを生成する為にラスライゼーション中にサンプリングされたサブピクセル 1 6 0 2 の典型的なマップ 1 6 0 0 を示す。任意的に、右にあるマップ 1 6 0 0_oは、奇数ピクセルの為に使用可能であり、左にあるマップ 1 6 0 0_eは、偶数ピクセルの為に使用可能である。書き込まれるパターンの形状、特徴が補正されると、その X & Y の場所は、1 に設定されるサブサンプルを決定する為に、マップの「上方」に配置される。前述されたように、幾つかの実施形態の為に、サンプリングされたサブピクセル・データは、1 に設定されるサブサンプルの全てを本質的に数える、いわゆる「集計論理」を使用して、簡単にグレーレベルに変換可能である。そのような論理の詳細は、先に参照された米国特許第 5 , 5 3 3 , 1 7 0 号に詳細に説明されている。

10

【 0 0 6 8 】

[0097]サンプリングされたサブピクセルのグレースケール値への変換は、図 1 7 A に示されているが、この図は、4 つのピクセル 1 7 1 0 に交差する典型的な形状 1 7 1 1 A を示す。左上ピクセル 1 7 1 0 から始まり、時計回りに作業すると、これら 4 つのピクセルに対する結果として生じるグレースケール値（投与量）は、（0 , 1 6 が最小及び最大グレースケール値と仮定すると）1 1 , 9 , 1 0 , 1 3 になる。より正確な情報は、サブピクセル・データを検査することにより発見可能であることに注意されたい。例えば、形状 1 7 1 1 A の左上及び右上の角において、投与量がゼロである各ピクセルの少なくとも 1 / 1 6 が存在することが発見可能である。図 1 7 B は、9 個のピクセルと重複する他の形状 1 7 1 1 A を示す。この場合、中心ピクセルは、完全にカバーされ（即ち、全て黒）なので、1 6 という最大のグレースケール値を有する。

20

【 0 0 6 9 】

[0098]図 1 8 A , 図 1 8 B は、右下の凸状および凹状角検出用オーバーレイ 1 8 0 0 A , 1 8 0 0 B をそれぞれ示す。図示されるように、凸状角検出用オーバーレイ 1 8 0 0 A は、3 つの領域：全てのサブピクセルが黒（又はセット）でなければならない領域 1 8 1 0 ; 少なくとも幾つかのサブピクセルが白でなければならない（換言すると、これらは全てが黒ではない）領域 1 8 2 0 ; 全てのサブピクセルが白でなければならない領域 1 8 3 0 ; を有する。ピクセル・アレイの幾つかの部分が、これらの条件を満足するとき、表示された場所で角が検出される。

30

【 0 0 7 0 】

[0099]例えば、右下の凸状角検出用オーバーレイ 1 8 0 0 A に対し、識別された角は、幾つかの白い領域 1 8 2 0 と白い領域 1 8 3 0 との間の右下境界点を含むピクセル内にある。幾つかの白い領域 1 8 2 0 が、黒と白の一定の組合せであることを要求すること、或いは、全てが黒であることを少なくとも許容しないことにより、複数の角が検出されることを妨げることができる（例えば、オーバーレイの要求は、別の方法で満足され、隣りのピクセルが角であることを表示する）。実例として、凸状角検出用オーバーレイ 1 8 0 0 A の黒い領域 1 8 1 0 及び幾つかの白い領域 1 8 2 0 により占有されたエリアは、1 - 1 / 4 ピクセルだけ高く、1 - 1 / 4 だけ広く測定する。図 1 8 B に示されるように、凹状角検出用オーバーレイ 1 8 0 0 B は、凸状角検出用オーバーレイ 1 8 0 0 A と同一であるが、黒い領域 1 8 1 0 と白い領域 1 8 3 0 は、互換性があり、幾つかの白い領域 1 8 2 0 は、幾つかの黒い領域 1 8 4 0 により交換される。

40

【 0 0 7 1 】

角検出用オーバーレイの適用

[0100]図 1 9 A - 図 1 9 D は、（図 1 5 のステップ 1 5 0 8 のように）内部にある形状 1 9 1 1 の角を検出する為に、ピクセル 1 9 1 0 の 3 × 3 のアレイ 1 9 0 0 に対して凸状角検出用オーバーレイの応用を示す。図示のように、アレイ 1 9 0 0 のピクセル 1 9 1 0 は、左上から始まり、0 から 9 までラベルが付されている。一般に、角検出用オーバーレイ

50

イ 1 8 0 0 は、オーバーレイを画成するサブピクセル状態が満足されるまで、（例えば、X 方向及び Y 方向において、1 / 4 ピクセル・ステップ内で）アレイ内を「滑り」回される。以下に詳細に説明されるように、幾つかのハードウェアの実現において、オーバーレイは、実際には滑り回されないが、内部に提供された論理が 3 × 3 アレイ内で全ての角を同時に検出する。

【 0 0 7 2 】

[0101] 図 1 9 A は、ピクセル 0 内で形状 1 9 1 1 の左上の凸状角を検出する為に、アレイ 1 9 0 0 内部でオーバーレイ 1 8 0 0 A-UL の「位置」を示す。図示のように、オーバーレイの黒い領域 1 8 1 0 内部の全てのサブピクセルは、形状 1 9 1 1 により完全にカバーされており、黒であるが、白い領域 1 8 3 0 内部のサブピクセルは完全に形状 1 9 1 1 の外側であり、白である。最後に、幾つかの白い領域 1 8 2 0 内部のサブピクセルの幾つかは、形状 1 9 1 1 によりカバーされているが、幾つかはカバーされておらず、黒と白のサブピクセルの混合になっている。そのため、オーバーレイにより課された状態の全ては、満足され、左上の凸状角がピクセル 0 内に配置されていることを表示する。しかし、注意すべき点は、オーバーレイを丁度僅かに下又は右に移動させることにより、幾つかの白い領域が全ての黒いサブピクセルを含ませるので、角は検出されず、角インジケータは、まだ、ピクセル 0 内で配置されるであろうということである。

【 0 0 7 3 】

[0102] 同様に、凸状角用テンプレート 1 8 0 0_{A-UR}、1 8 0 0_{A-LR}、1 8 0 0_{A-LL} は、図 1 9 B - D に示されるように、それぞれ、ピクセル 2 , 8 , 6 内で、形状 1 9 1 1 の残りの凸状角を検出する為に適用可能である。形状 1 9 1 1 は、凹状角を持たないが、内部にある凹状角を検出する為に、同様の方法で、ピクセル・アレイに凹状角用テンプレート 1 8 0 0 B が適用可能であることは確実に明らかである。

【 0 0 7 4 】

[0103] 内部に含まれる全てのサブピクセルは全て黒か全て白でなければならないオーバーレイ 1 8 0 0 の 2 つの「厳格な」領域 1 8 1 0 及び 1 8 2 0 があるが、幾つかの白い領域 1 8 2 0 内に含まれるピクセルは、全て白か、或いは、幾つかが白で幾つかが黒でもよい。領域 1 8 3 0 内の不明瞭性のため、1 つ以上のピクセルは、ピクセル境界で形状が完全に整列するときのように、実際に同一の角を有するとして検出可能である。

【 0 0 7 5 】

[0104] この状況は、図 2 0 A に示されているが、この図は、アレイ 2 0 0 0 のピクセル 1 , 2 , 4 , 5 にある形状 2 0 1 1 を示す。図示のように、形状 2 0 1 1 の凸状角は、ピクセル 3 , 4 の間の境界にある。この場合、オーバーレイは、両方のピクセル 3 , 4 が凸状角を有することを見つけるであろう。例えば、図 2 0 B に示された位置において、オーバーレイ 1 8 0 0_{A-LL} を用いて、ピクセル 4 は、角を含むとして識別されるであろう。オーバーレイを左に 1 4 ピクセルだけシフトさせることにより、ピクセル 3 は、角を含むとして識別されるであろう。前述されたように、書き込まれるパターン内の望ましくない結合や間隙を形成する角補正の可能性のため、隣りのピクセル内で角を検出することは望ましくない。

【 0 0 7 6 】

[0105] そのような隣りの角は、幾つかのタイプの、後の検出角処理を実行することにより解決可能である。そのような処理の、一つの簡単な実施例は、角形ピクセル、凸状角に対する最外部のピクセル、或いは凹状角の最内部のピクセルとして片づけることである。図 2 0 B、図 2 0 C に示された実施例における、このアプローチを適用すると、左下凸状角を含むとして識別された他のピクセル（ピクセル 4）に対し、ピクセル 3 は最外部（最も「左」）である。

【 0 0 7 7 】

角用タグ

[0106] 角をピクセル内で単に検出することに加えて、その角があるピクセル内部で正確な位置を決定することも望ましい。そのような正確な位置は、角を含む形状により正確に

10

20

30

40

50

どれがカバーされているかを決定する為にサンプリングされたサブピクセルを検査することにより決定可能であり、検出された角を補正するとき、より正確な投与量を見込むことができる（例えば、異なる補正投与量は、ピクセル内で角が配置される場所に依存して使用可能である）。幾つかの実施形態に対し、ピクセルは、領域とNビット数に分けられてもよく（以下、角用タグという。）、検出された角形ピクセルが存在する領域を識別する為に生成されてもよい。

【0078】

[0107]例えば、図21Aに示されるピクセル・マップ2100Aは、例示的に0-F（16進表記）までラベルが付された16個の領域2102_Aに分けられてもよい。したがって、4ビットの角用タグは、角を含む16個の領域2102_Aの一つを識別する為に使用可能である。図21Aも、ピクセル2110内の左上凸状角を検出する為に凸状角検出オーバーレイ1800_{A-UL}と、ピクセル2110の領域「B」内部に存在する角を表示する角用タグとを組み合わせたピクセル・マップ2100_Aの使用を示す。以下に詳細に説明されるように、角用タグは、対応する領域に依存して異なるかもしれない補正係数を含む一組の角補正登録を読み出す為に使用可能である。換言すると、検出可能な角の異なるタイプの各々に対し、4ビットの角用タグは、16個の異なる組の補正係数の一つを読み出す為に使用可能であり、検出された角で放射投与量の正確な制御を許容する。

【0079】

[0108]16個の領域は、幾つかの用途では正確な角位置情報を提供可能であるが、それより劣る精度も必要であるかもしれない。そのため、図21Bに示されるように、ピクセル・マップ2100_Bは、例示的に0-3でラベルが付けられるように、4つの領域2102_Bに分けられてもよい。従って、2ビットの角用タグは、4つの領域2102_Bの一つを識別し、対応する角補正登録の組を読み出す為に使用可能である。図21Bに示されたように、ピクセル・マップ2100_Bは、ピクセル2110内で左上凸状角を検出する為に凸状角検出オーバーレイ1800_{A-UL}と、ピクセル2110の領域「3」内部に角が存在することを示す角用タグとの組合せで使用可能である。当業者は、領域の数と、所定用途の為に使用される補正登録の数が、システムリソース、コスト等に利用可能な特定用途のニーズのような数多くの考慮事項に基づき、選択可能である。

【0080】

[0109]前述されたように、角用タグは、検出された角を含むピクセル内部の識別された領域に特有の補正係数を含む補正登録の組を読み出す為に使用可能である。幾つかの実施形態に対し、補正登録は、検出された角形ピクセルと数多くの囲むピクセルの放射投与量（グレースケール値）を調整する際に使用可能な、独立して調整可能な16ビットの補正係数を含んでもよい。図22に示されるように、異なるグループの補正登録2210は、検出可能な角の異なるタイプの各々に対し提供可能である。各グループは、各領域に対し異なる組の補正登録を含んでもよい。例えば、2ビット角用タグを仮定すると、各グループは、4組の補正登録2210₀₋₃を含んでもよい。

【0081】

[0110]例示的に、補正登録の各組は、検出された角形ピクセルのグレースケール値を調整する為に補正係数を含む一つの補正登録を含んでもよい。さらに、各組は、（凸状角の為に）外側に増加投与量を普及させる為に、囲んでいるピクセルのグレースケール値を調整する為に補正係数を含む3つの補正登録を含んでもよい。実際、角補正の登録は、角の型、生成されるタグに基づき、補正に重要性を付加するように働く。幾つかの実施形態に対し、最大4つのピクセル：角が配置された第1ピクセル；その角から45°の角の隣接ピクセル；左への（又は、発見された角に基づき右への）ピクセル；上方の（又は下方の）ピクセル；まで修正可能である角の型、角用タグにより、（例えば、対応する、ゼロに対する補正登録により）1つのピクセルは修正可能である。

【0082】

[0111]8つの角の型と（この例では）各角用タグに対し4つの登録があるので、全ての補正をカバーするには、ピクセル内部に4つの識別可能な角の位置がある場合には128

10

20

30

40

50

個の16ビット登録が必要であり、16個の識別可能な角の位置がある場合（例えば、4ビットの角用タグが使用される場合）には512個の16ビット登録が必要である。このプログラム化可能性は、ユーザに、高度の精度で角補正投与量を投射させることを許容し、また、投射された投与量に任意の形（例えば、三角形）をとらせることを許容する。

【0083】

[0112]これらの補正登録の使用は、図23に示されているが、この図は、中央のピクセルの領域「0」で検出された左上凸状角を有する描写された形状に対するピクセル・マップ2300を示す。図23に示された実施例は、2ビットの角用タグが使用されたことを仮定する。角用タグ「0」を使用すると、左上角に対する一組の補正の登録2210₀が読み出されてもよい。一つの登録（例示的に登録3）に含まれる補正係数は、角形ピクセルのグレースケール値を調整する為に使用されてもよいが、他の登録（例示的に登録0-2）に含まれた補正係数は、「補正された」囲んでいるピクセル2310₀のグレースケール値を調整する為に使用されてもよい。幾つかの実施形態に対し、識別されたピクセルのグレースケール値を調整する為に、既存のサブピクセル・データを用いて、（そこからグレースケール値を生成する前に）4つの補正登録が論理的にOR処理されてもよい。あるいは、グレースケール値は、補正の登録に基づき、直接、修正されてもよい。

【0084】

エリア・ベースの角補正の為の典型的なハードウェア

[0113]図24は、サンプリングされたサブピクセル・データに基づき、エリア・ベースの角補正を実行する為に使用可能な典型的なハードウェアの実現例2400を示す。前述されたアプローチのように、ラスタライザー2404は、書き込まれるパターンを示すデータファイル2402を受け取り、そのパターンによりカバーされる数多くのサブピクセルの場所をサンプリングしてもよい。単純にグレースケール値（例えば、設定された、サンプリングされたサブピクセルの数を符号することにより生成された5ビット値）のピクセル・マップを生成して出力するというより、むしろ、ラスタライザー2404は、実際の（例えば、16ビットの）サブピクセル・データを出力してエリア・ベースの角補正を見込むことが可能である。図示のように、このサブピクセル・データは、角検出及び補正ユニット2410によりアクセスされてもよいフレーム・バッファ2406に保存されてもよい。

【0085】

[0114]図示のように、角検出及び補正ユニット2410は、そのフレーム・バッファ2406からサブピクセル・データを受け取る角検出ユニット2418を含んでもよい。図示のように、幾つかの実施形態において、角検出ユニットは、ピクセル（例えば、16ピクセル）の「フレーム」用サブピクセル・データを受け取り、前述されたように、同時に角検出用オーバーレイを内部のピクセル・アレイに適用して角形ピクセルを検出してもよい。幾つかの実施形態において、オーバーレイの検出領域は、1-1/4ピクセルの高さ、広さでもよい（例えば、白と幾つかの白い領域の凸状角用オーバーレイでもよい）ので、縁で、或いは、縁で、或いは「見える」フレームから離れる角を考慮に入れる為に、フレームの周りに境界ピクセルを含むことが必要になるかもしれない。角検出ユニット2418は、また、角を含む、検出された角形ピクセル内部に位置を識別する角用タグを生成してもよい。

【0086】

[0115]角データ（例えば、識別された角、角の型、角用タグ）は、角補正を実行するように構成された角補正ユニット2420に送られてもよい。図25は、角補正ユニット2420により実行可能な典型的な操作2500を示す。ステップ2502において、角補正ユニット2420は、角データを受け取る。ステップ2504において、識別された各々を補正するように実行される操作（2506-2512）のループが挿入されている。

【0087】

[0116]ステップ2506、2508において、選択された角の内部で角の位置を識別する角用タグ、角の型が、それぞれ、取得される。ステップ2510において、角の型と角

用タグの組合せに対して、補正值（例えば、角補正登録 2 2 1 0 で保存されたもの）が読み出される。ステップ 2 5 1 2 において、識別された角形ピクセルと隣接ピクセルのグレースケール値が、読み出された補正值を使用して調整される。前述されたように、幾つかの実施形態に対し、グレースケール値は、グレースケール変換処理（例えば、符号セットサブピクセル・ビット）中、補正されたグレースケール値を導くサブピクセル情報で補正值を論理 OR 処理することにより、調整可能である。いったん補正が、識別された角の各々に対し行われると、ステップ 2 5 1 4 で、修正された（調整されたグレースケール値を備えた）ピクセル・マップを使用して、パターンが書き込まれる。

【 0 0 8 8 】

有効な階層構造のハードウェアの実現例

10

[0117]角補正及び検出ユニット 2 4 1 0 の構成要素は、FPGA や汎用 ASIC のような適切なハードウェア構成要素の、あらゆる組合せを使用して実現可能である。しかし、エリア・ベース・アプローチを使用して処理可能な潜在的に大量のサブピクセルのため、そのようなハードウェア構成要素で必要なゲート数は、構成要素の制限を達成可能である。そのため、幾つかの実施形態に対し、角補正の機能性を実現する為に必要なゲート数を最小にするように努めつつ、幾つかのタイプの最適化を実行することが望ましい。

【 0 0 8 9 】

[0118]FPGA 技術は、一般に、4 つの入力と 1 つの出力を有する原始的素子から成る。この基本的なビルディングブロックの利点を取ることににより、有効なエリア・ベースの角検出用アルゴリズムの一実施形態は、サブピクセル・データに基づき異なる階層のデータオブジェクトを生成する為に異なる層の論理を使用し、階層構造的アプローチを使用する FPGA で実現可能である。図 2 6 の角検出ユニット 2 4 1 0 において、そのような実現例が示されているが、図 2 6 には、（例えば、4 つの入力 / 1 つの出力プリミティブを使用する）第 1 の論理層 2 6 2 0 が利用され、「クワド」（Quad）を生成する為に 4 つのサブピクセルの組を組み合わせるように利用されている。第 2 の論理層 2 6 2 2 は、“Blocks”を生成する為に 4 つのクワドの組を組み合わせるように利用されているが、これらは、角信号を生成する為に第 3 の論理層 2 6 2 4 により組み合わせてもよい。全体のゲート数を最小にする一方、サブサンプル・ピクセル・アレイ 2 6 0 2 内の複数のピクセルに対し、並列に、前述された角検出用オーバーレイを適用するように努めつつ、論理層で使用されたプリミティブは、結合論理式を実現するように構成可能である。

20

30

【 0 0 9 0 】

[0119]図 2 7 は、クワド Q0 - Q7 の組を生成する為に使用可能な隣接ピクセルに対し、それぞれ、奇数及び偶数の典型的なピクセル・マップ 2 6 0 0_O と 2 6 0 0_E を示す。クワドを生成する為に使用される論理層 2 6 2 0 は、実際、4 つのサブピクセル入力の関数のような出力信号を生成する。クワドは、集合的に、角によりカバーされた、ピクセル・エリア又はピクセルの組を示す為に使用されるので、対応した論理層は、典型的に、サブピクセルの組の直接の合計ではない。むしろ、各クワドは、ピクセルの 4 / 1 6 を示し、（P1 - P4 とラベルが付けられた）4 つの位置に分けられる。（クワド Q0 の位置 P3 のような）サブサンプルを含まないクワドの位置が存在する場合、それは、対応する式において有効に考慮されない。一方、クワドの位置が（クワド Q0 の位置 P1 のような）2 つのサブサンプルを有する場合には、2 つのサブサンプルは、共に、OR 処理される。そのため、論理層 2 6 2 0 は、クワド Q1 - Q3 に対し、以下の式を実現してもよい。

40

$$Q0 = (s0 \mid s1) \& s2 \& s3$$

$$Q1 = s4 \& (s5 \mid s6) \& s7$$

$$Q2 = s8 \& s9 \& s10 \& s11$$

$$Q3 = s12 \& s13 \& s14 \& s15$$

ここで、シンボル | と & は、論理 OR 処理及び論理 AND 処理関数をそれぞれ示し、サンプリングされたサブサンプル s0 - s15 は、奇数のマップ 2 7 0 0_A からである。同様の式が、偶数のピクセル・マップ 2 7 0 0_E からサンプリングされたサブピクセルを使用して、クワド Q4 - Q7 を生成する為に実現可能である。

50

【 0 0 9 1 】

[0120]図 2 6 に示されたように、第 2 論理層 2 6 2 2 は、それぞれがブロックを生成する為に 4 つのクワドを組み合わせるプリミティブ要素の組を含む。そのため、それぞれのクワドが 4 / 1 6 のピクセル・エリアを示すので、ブロックは、ピクセルと同一寸法を有する。前述されたように、角検出用オーバーレイは、実際、ピクセル・アレイ内部で、1 A ピクセル増分でスライドされてもよい。そのため、ピクセルの隣りに横たわるクワドを生成することが望ましい。例えば、図 2 7 を参照すると、Q3.25 とラベルが付けられたクワドは、奇数ピクセル内に含まれた 3 つの部分 (P 2 - P 4) と隣りの偶数ピクセルに含まれた 1 つの部分 (P 1) 内のサブサンプルから生成可能であり、Q3.5 とラベルが付けられたクワドは、奇数ピクセルに含まれた 2 つの部分 (P 1 - P 2) 内のサブサンプルから生成可能であり、Q3.75 とラベルが付けられたクワドは、奇数ピクセルに含まれた 1 つの部分 (P 4) と、隣りの偶数ピクセルに含まれた 3 つの部分 (P 1 - P 3) 内のサブサンプルから生成可能である。これらの「重複する」クワドは、ピクセル境界に整列しないブロックを生成する為に組み合わせることが可能である。

10

【 0 0 9 2 】

[0121]図 2 8 は、どのようにブロック 2 8 0 2 が、図 1 8 A に示された検出用オーバーレイ 1 8 0 0 A の要件を一組のピクセルが満足することを確実にすることにより、右下凸状角を検出するように組み合わせることが可能を示す、典型的なダイアグラムを含む。実際、様々なブロック 2 8 0 2 は、角検出用オーバーレイ 1 8 0 0 A と同一寸法を有するサブピクセル・データのアレイの為に生成可能であり、第 3 の論理層 2 6 2 4 は、検出用オーバーレイの要件が満足されることを確実にする為の論理を実現する。

20

【 0 0 9 3 】

[0122]例えば、左上のダイアグラムに示され、B0 とラベルが付された第 1 のブロックは、アレイの左上角に含まれる 4 つのクワドから集めることが可能であり、これは、オーバーレイ 1 8 0 0 A の「黒でなければならない」領域 1 8 1 0 に対応する。したがって、左下の凸状角信号を生成する為に使用される論理層 2 6 2 4 内の関数ユニットは、ブロック B0 を生成する為に使用されるクワドに含まれるサンプリングされたサブピクセルの各々が全て 1 であることを確実にしなければならない。同様に、ブロック B 1 __ , B 2 __ , B 3 __ は、白い領域 1 8 3 0 をカバーすることに努めつつ、様々なクワドから集めることができる。これらのブロックは、全てのゼロのサブサンプルでクワドから生成されるべきである。これら 3 つのブロックは、全体的に白い領域 1 8 3 0 をカバーしないので、右上のダイアグラムに示された追加のブロック B 5 __ , B 6 __ は、残りの部分をカバーするように構築可能である。(右上、左下、右下のダイアグラムに示された) ブロック B 4 , B 7 , B 8 は、幾つかの白い領域 1 8 2 0 をカバーするように生成されてもよい。

30

【 0 0 9 4 】

[0123]前述されたブロックを使用することにより、第 3 の論理層 2 6 2 4 は、以下の式を使用して、右下の凸状角を検出可能である。

$$C_{CVX-LR} = B0 \& B1_ \& B2_ \& B3_ \& (!B4 \mid !B7 \mid !B8) \& B5_ \& B6_$$

ここで、シンボル ! は、論理否定関数を示す。そのため、この式は、以下のように解釈可能である。ブロック B 0 は、全てが 1 でなければならない、B 1 __ , B 2 __ , B 3 __ , B 5 , B 6 は、全てがゼロでなければならない、ブロック B 4 , B 7 , B 8 内のサブピクセルの少なくとも一つは 1 でなければならない。同様に、ブロック・ベースの式は、他の角の型の為に角検出用オーバーレイを実現するように案出されてもよい。さらに、当業者は、幾つかのブロックの組合せが特定の角の型を検出する為に使用可能であり、使用される正確なブロックの組合せが任意に選択可能であることを認識するであろう。いずれの場合でも、ここで説明された階層構造のスキームの実現は、有効なハードウェアの利用を考慮に入れ、全体のゲート総数を減少させる。この方式と分かれた角検出、クワド、ブロックの使用は、また、(各クロックサイクルで実行される複数の操作を用いて) 操作の有効なパイプラインを許容し、全体の検出及び補正操作が最大のクロックレートで行われること許容し、全体のパターン書き込み時間を減少させる。

40

50

【 0 0 9 5 】

結論

[0124]ピクセルのグレースケール値（後のラスタライゼーション）をうまく処理することにより、ピクセル角における放射投与量またはピクセルの角付近の放射投与量は、境界の影響を補償する為に増減されてもよい。その結果、書き込まれるパターンの実際の角は、そのパターンを示すデータファイルのサイズやデータ転送時間を増加することなく、より密接に理想的な角のパターンに似るようになる。

【 0 0 9 6 】

[0125]前述したことは、本発明の実施形態に向けられているが、他の更なる本発明の実施形態も、本発明の基本的範囲を逸脱することなく、案出可能であり、その範囲は添付された請求項により決定される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 9 7 】

【図 1】[0017]図 1 は、従来技術に従うジオメトリ・ベースの光学近接効果補正の為の処理を示す。

【図 2】[0018]図 2 は、本発明の実施形態に係るピクセル・ベースの光学近接効果補正の為の処理を示す。

【図 3】[0019]図 3 は、本発明の実施形態に従うピクセル・ベース光学近接効果補正の為の典型的操作のフローチャートである。

【図 4 A】[0020]図 4 A は、本発明の実施形態に従って書き込み可能な例示的パターンである。

【図 4 B】図 4 B は、対応するグレースケール値ピクセル・マップに従って書き込み可能な典型的なパターンである。

【図 5】[0021]図 5 は、本発明の一実施形態に従って角を検出する為の典型的な操作のフローチャートである。

【図 6】[0022]図 6 は、本発明の一実施形態に従って角を補正する為の典型的な操作のフローチャートである。

【図 7】[0023]図 7 は、本発明の実施形態に従って補正されたグレースケール値のマップである。

【図 8 A】[0024]図 8 A は、本発明の実施形態に従う、典型的な補正済みの凸状角を示す。

【図 8 B】図 8 B は、本発明の実施形態に従う、典型的な補正済みの凹状角を示す。

【図 9】[0025]図 9 は、本発明の一実施形態に従うテンプレート・ベースの角検出の為の典型的な操作のフローチャートである。

【図 1 0】[0026]図 1 0 は、本発明の実施形態に従う角検出に使用可能な一組の典型的な角用テンプレートを示す。

【図 1 1】[0027]図 1 1 は、本発明の実施形態に従うテンプレート・ベースの光学近接効果補正の為の典型的なハードウェア配置を示す。

【図 1 2】[0028]図 1 2 は、本発明の実施形態に従う典型的なバイナリピクセル・バッファを示す。

【図 1 3 A】[0029]図 1 3 A は、本発明の実施形態に従って補正可能なサンプリング中の（undersampled）ピクセル誤差を示す。

【図 1 3 B】図 1 3 B は、本発明の実施形態に従って補正可能なサンプリング中のピクセル誤差を示す。

【図 1 4 A】[0030]図 1 4 A は、本発明の実施形態に従う、凸状角の補正を示す。

【図 1 4 B】図 1 4 B は、本発明の実施形態に従う、凹状角の補正を示す。

【図 1 5】[0031]図 1 5 は、本発明の実施形態に従う領域ベースの光学近接効果補正の為の典型的な操作を示すフローチャートである。

【図 1 6】[0032]図 1 6 は、本発明の実施形態に従う典型的なサブピクセル・マップを示す。

10

20

30

40

50

【図 1 7 A】[0033]図 1 7 A は、本発明の実施形態に従って補正可能な典型的な形状と角を示す。

【図 1 7 B】図 1 7 B は、本発明の実施形態に従って補正可能な典型的な形状と角を示す。

【図 1 8 A】[0034]図 1 8 A は、本発明の実施形態に従う、典型的な凸状角検出用オーバーレイを示す。

【図 1 8 B】図 1 8 B は、本発明の実施形態に従う、典型的な凹状角検出用オーバーレイを示す。

【図 1 9 A】[0035]図 1 9 A は、本発明の実施形態に従う典型的な凸状角検出用オーバーレイの適用例を示す。

10

【図 1 9 B】図 1 9 B は、本発明の実施形態に従う典型的な凸状角検出用オーバーレイの適用例を示す。

【図 1 9 C】図 1 9 C は、本発明の実施形態に従う典型的な凸状角検出用オーバーレイの適用例を示す。

【図 1 9 D】図 1 9 D は、本発明の実施形態に従う典型的な凸状角検出用オーバーレイの適用例を示す。

【図 2 0 A】[0036]図 2 0 A は、本発明の実施形態に従う隣りの角の解像度を示す。

【図 2 0 B】図 2 0 B は、本発明の実施形態に従う隣りの角の解像度を示す。

【図 2 0 C】図 2 0 C は、本発明の実施形態に従う隣りの角の解像度を示す。

【図 2 1 A】[0037]図 2 1 A は、本発明の実施形態に従う典型的な 4 ビット角用タグを示す。

20

【図 2 1 B】図 2 1 B は、本発明の実施形態に従う典型的な 2 ビット角用タグを示す。

【図 2 2】[0038]図 2 2 は、本発明の実施形態に従う典型的な組の角補正の登録を示す。

【図 2 3】[0039]図 2 3 は、本発明の実施形態に従う一組の角補正の登録の適用例を示す。

【図 2 4】[0040]図 2 4 は、本発明の実施形態に従う領域ベースの角補正に使用される典型的なハードウェアを示す。

【図 2 5】[0041]図 2 5 は、本発明の実施形態に従う領域ベースの角補正の為の典型的な操作のフローチャートを示す。

【図 2 6】[0042]図 2 6 は、本発明の実施形態に従う角検出ユニットの典型的なハードウェア実現例 (implementation) を示す。

30

【図 2 7】[0043]図 2 7 は、本発明の実施形態に従うサブピクセル・データに基づく典型的なデータ構造を示す。

【図 2 8】[0044]図 2 8 は、本発明の実施形態に従う角検出用オーバーレイを実現する為の典型的なブロック・ベースのアルゴリズムを示す。

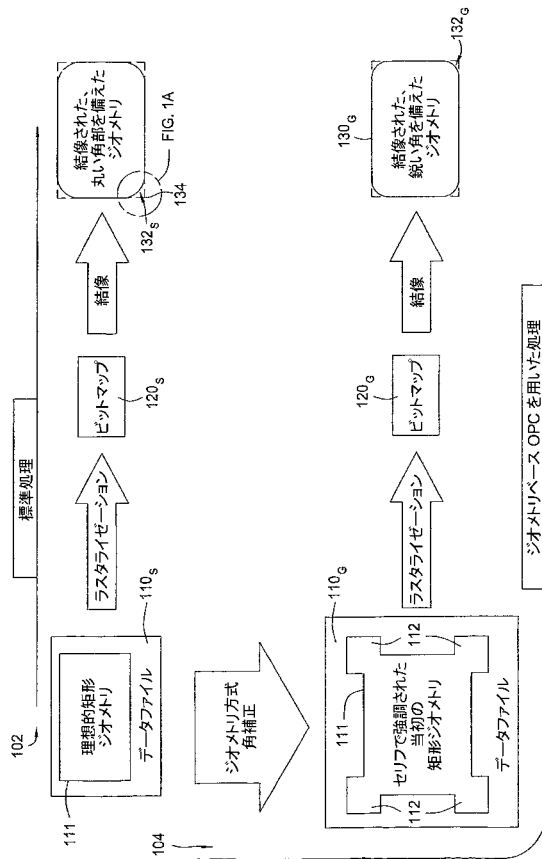
【符号の説明】

【0098】

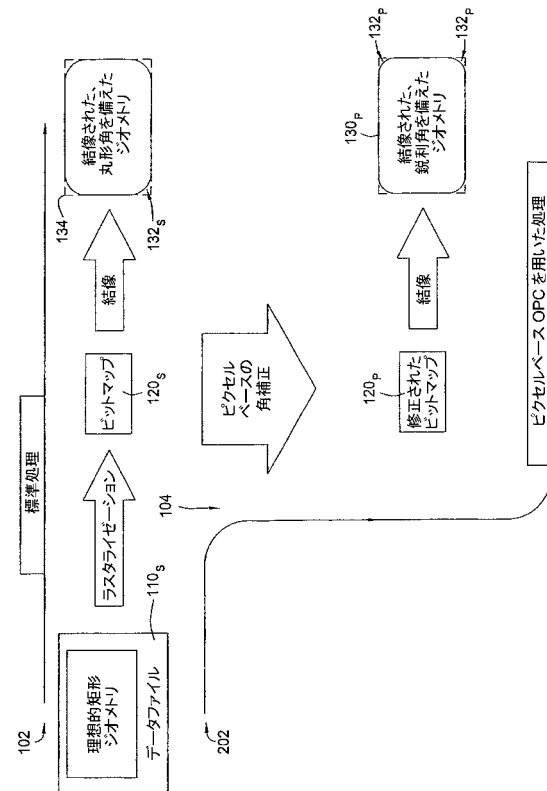
1 1 0 1 ... データファイル、 1 1 0 4 ... ラスタライザー、 1 1 0 6 ... フレーム・バッファ、 1 1 1 0 ... 角検出及び補正ユニット、 1 1 1 2 ... 当初グレースケール・バッファ、 1 1 1 4 ... ブーリアン型ピクセル・バッファ、 1 1 1 6 ... 補正されたピクセル・バッファ、 1 1 1 8 ... 角検出ユニット、 1 1 2 0 ... 角補正ユニット

40

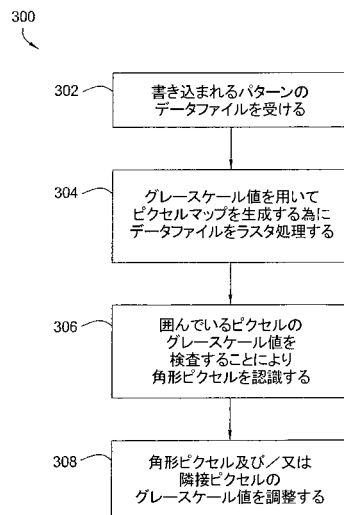
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4 A】

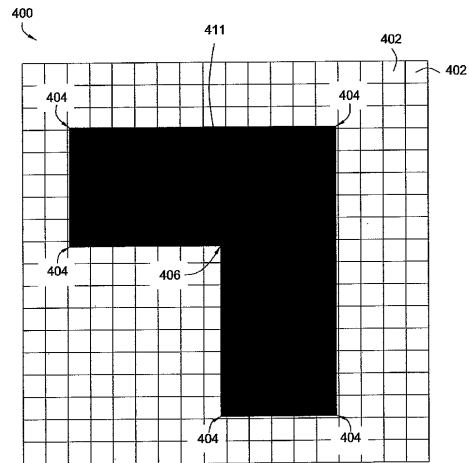
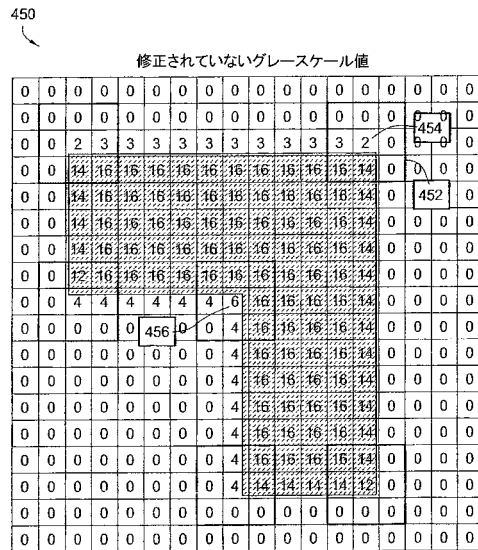
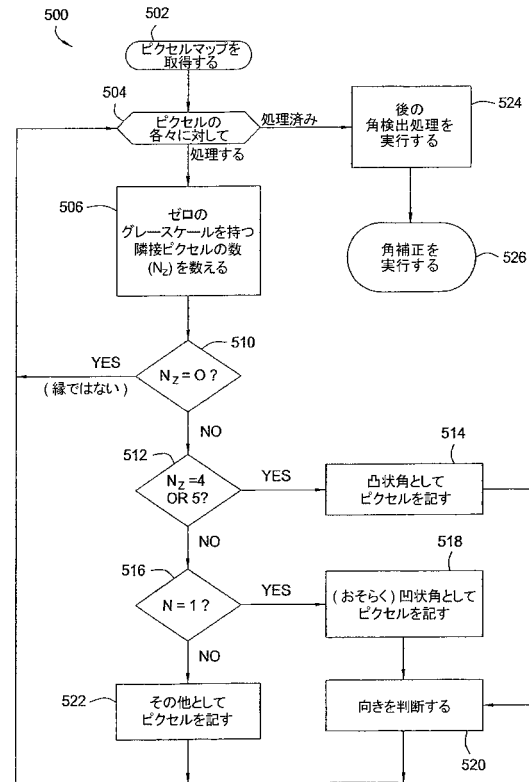


FIG. 4A

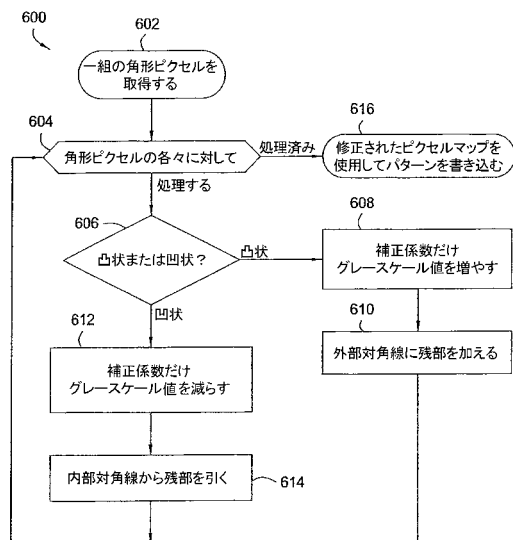
【 ㊦ 4 B 】



【 図 5 】



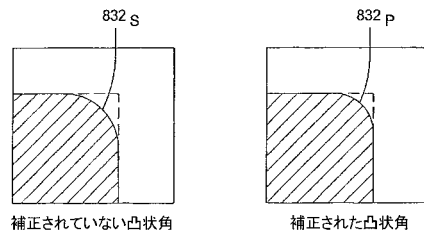
【 図 6 】



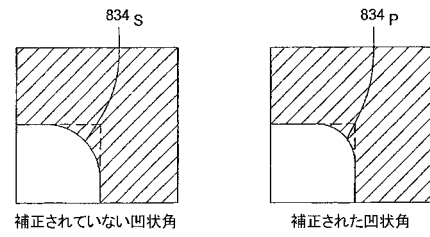
【圖 7】



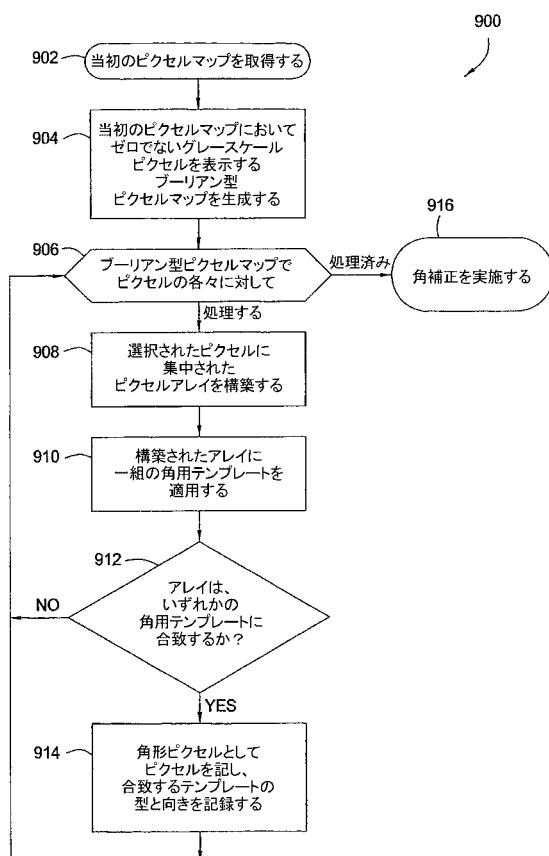
【図 8 A】



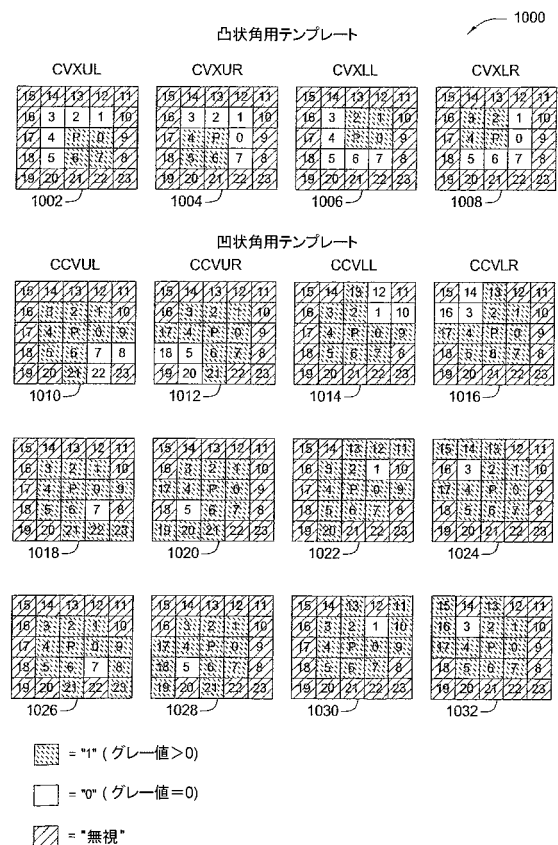
【図 8 B】



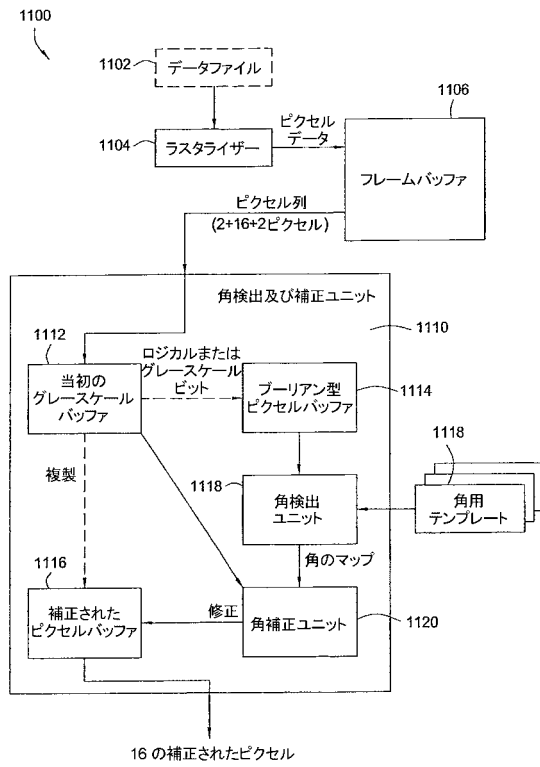
【図 9】



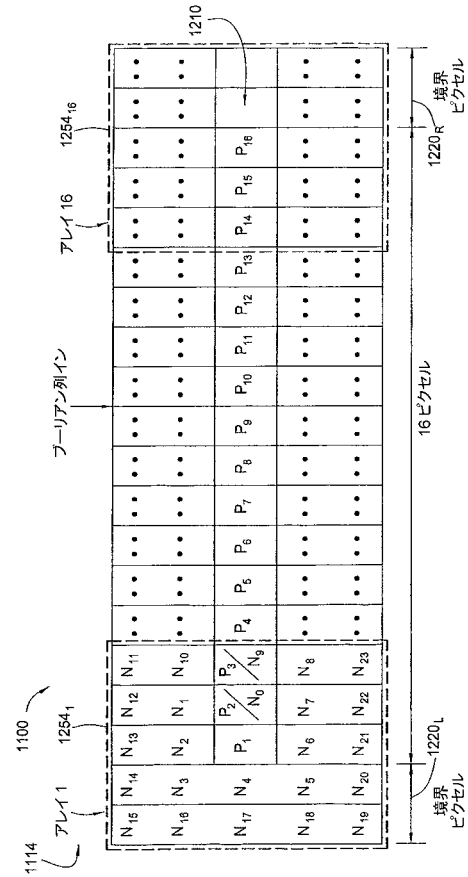
【図 10】



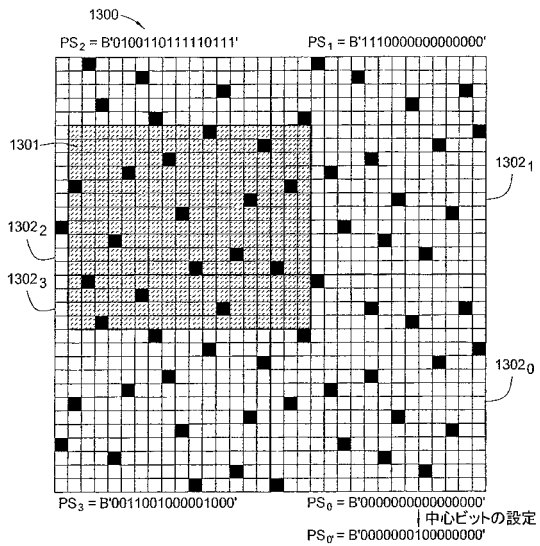
【図 1 1】



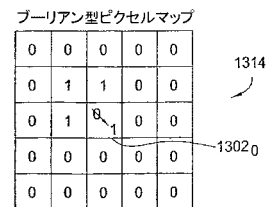
【図 1 2】



【図 1 3 A】



【図 1 3 B】



【図 17 A】

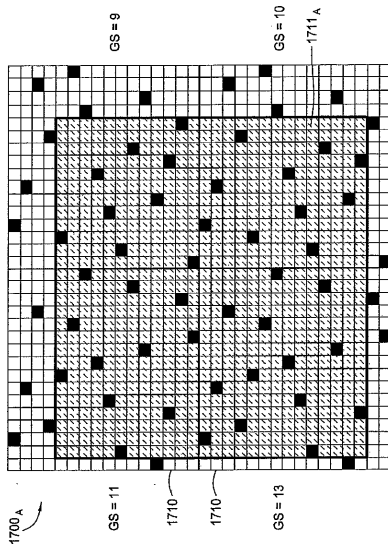


FIG. 17A

【図 17 B】

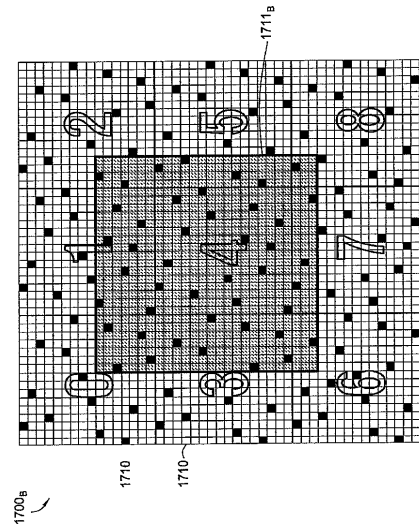


FIG. 17B

【図 18 A】

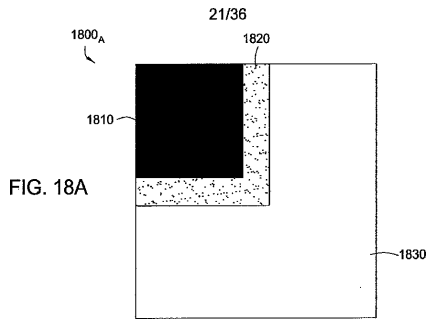


FIG. 18A

【図 18 B】

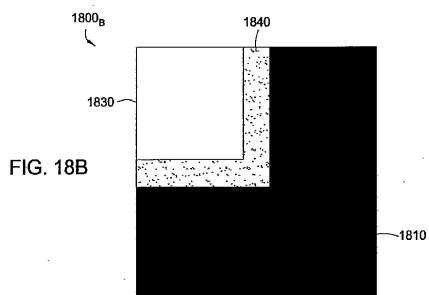


FIG. 18B

【図 19 A】

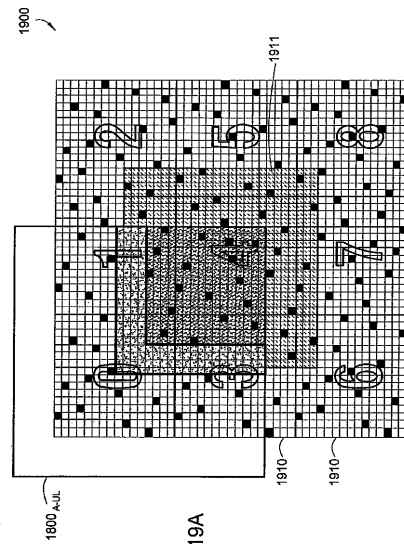


FIG. 19A

【図 19 B】

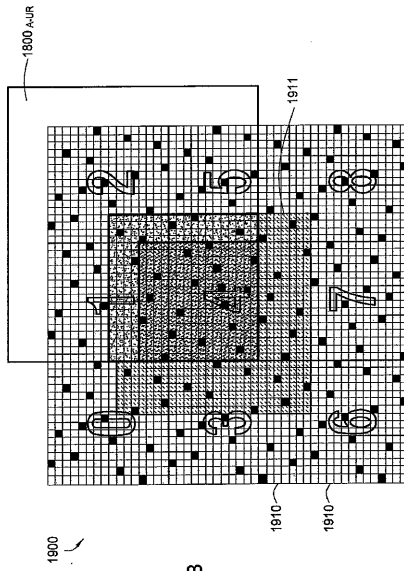


FIG. 19B

【図 19 C】

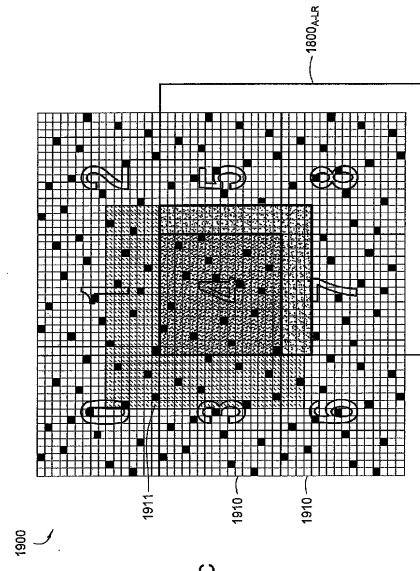


FIG. 19C

【図 19 D】

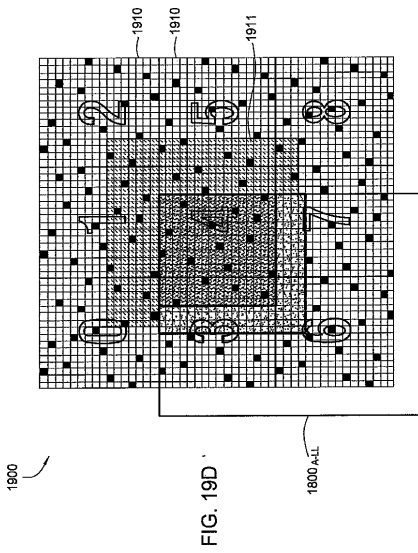


FIG. 19D

【図 20 A】

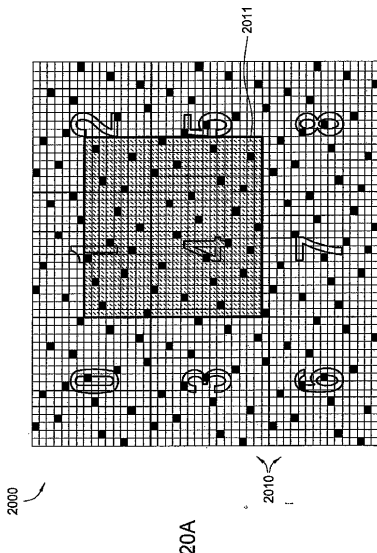
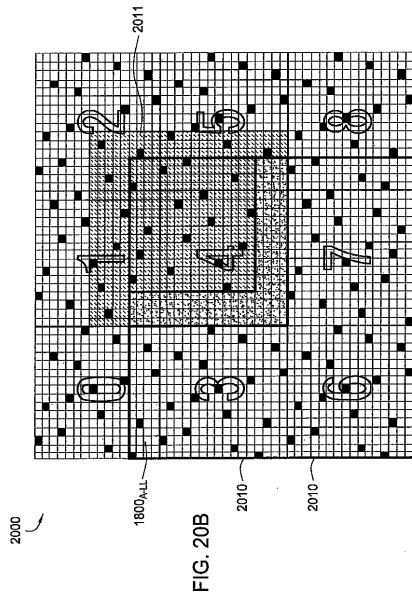
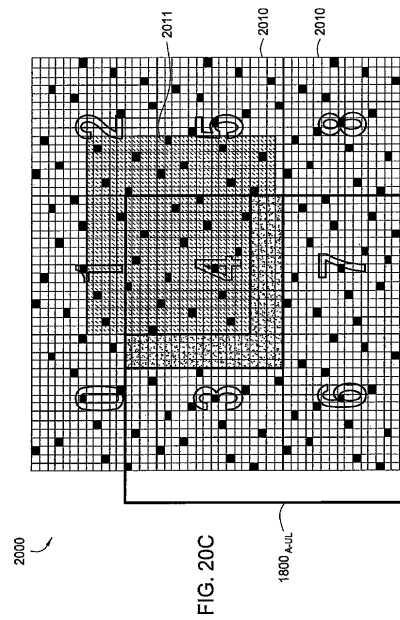


FIG. 20A

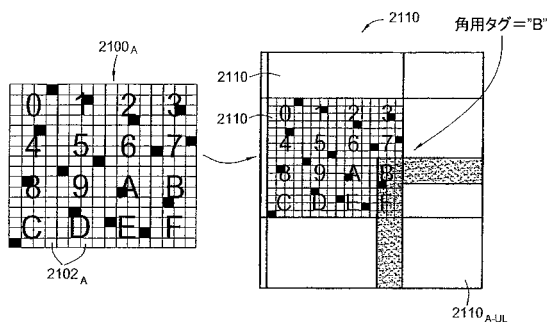
【図 20 B】



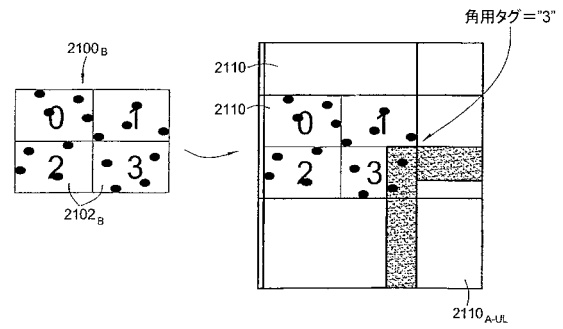
【図 20 C】



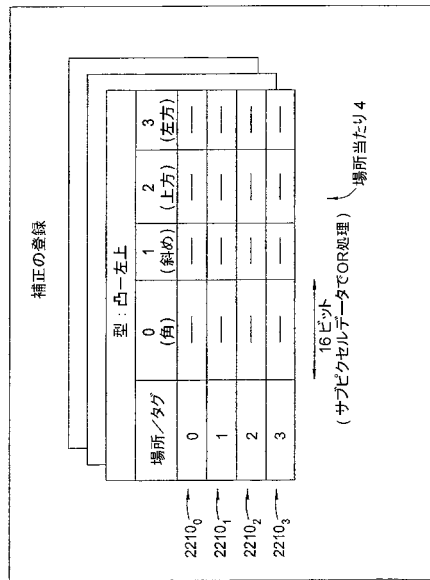
【図 21 A】



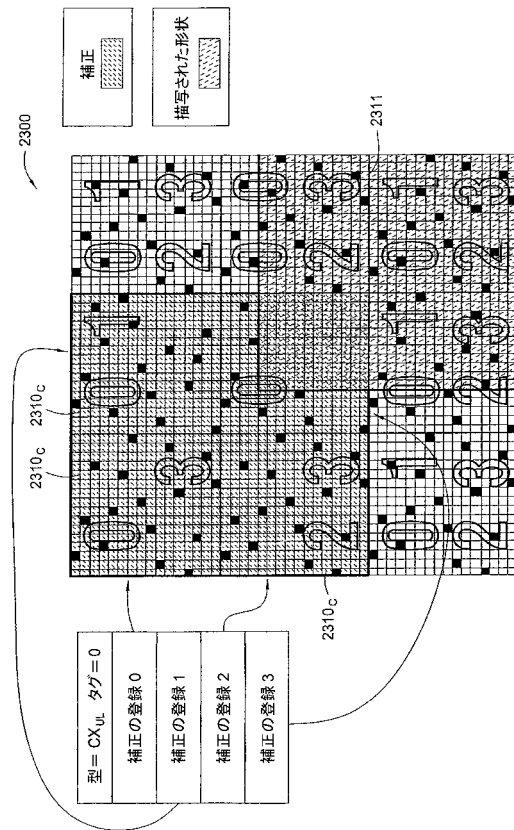
【図 21 B】



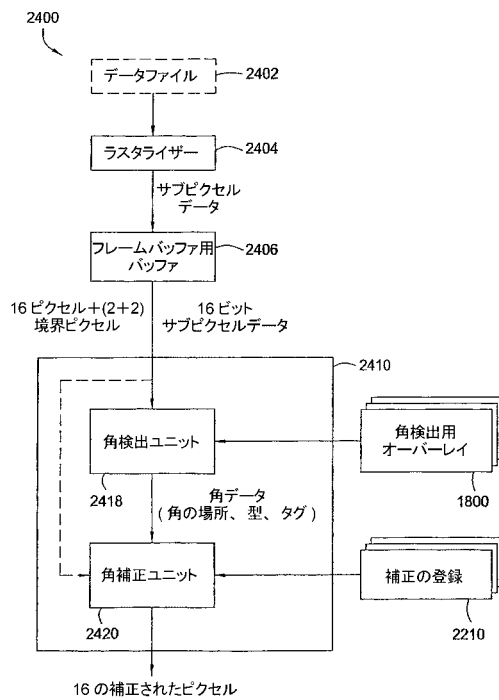
【図 22】



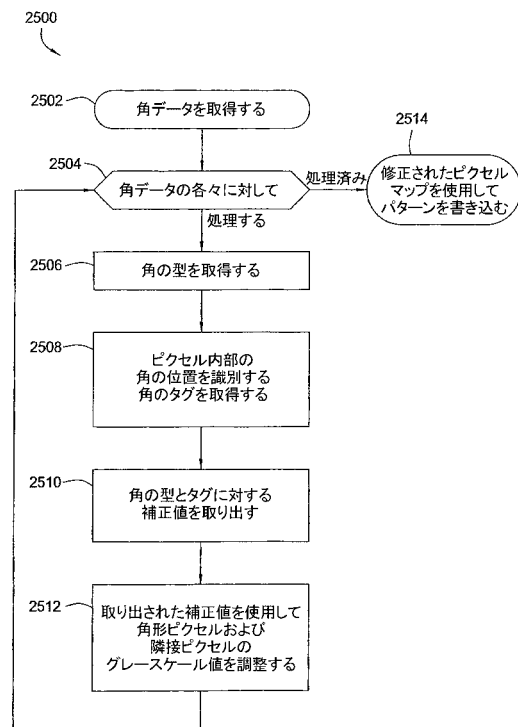
【図 23】



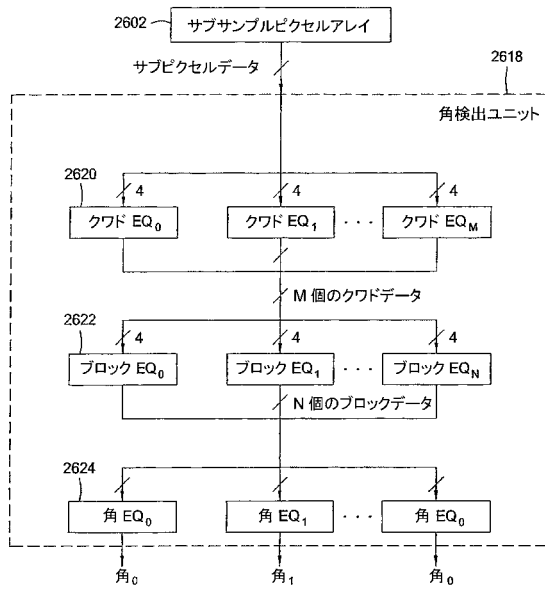
【図 24】



【図 25】



【図 26】



【図 27】

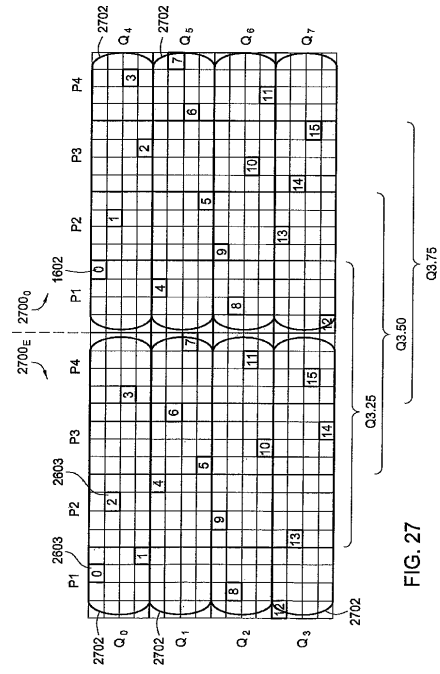


FIG. 27

【図 28】

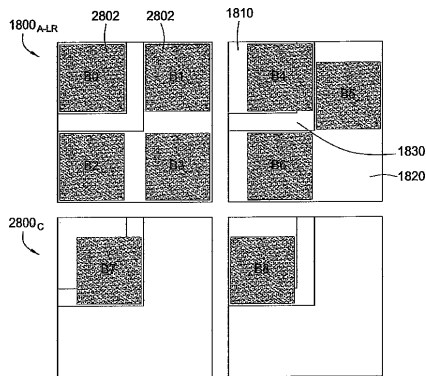


FIG. 28

フロントページの続き

- (72)発明者 ビューチェン, ロバート ジェー.
アメリカ合衆国, オレゴン州, ギヤストン, サウスウェスト ラサレ ロード 40342
- (72)発明者 チャブレック, トーマス イー.
アメリカ合衆国, オレゴン州, ティガード, サウスウェスト ピーク コート 14612
- (72)発明者 ハウウェルズ, サミュエル シー.
アメリカ合衆国, オレゴン州, ポートランド, サウスウェスト フォーティーサード 3327
- (72)発明者 ハバード, ジョン ジェー.
アメリカ合衆国, オレゴン州, レイク オスウェゴ, サウスウェスト ストーンハースト
コート 2317
- (72)発明者 クラチコ, アッシャー
アメリカ合衆国, オレゴン州, ポートランド, サウスイースト トウェンティーエイス ア
ヴェニュー 4324
- (72)発明者 ピロゴフスキー, ピーター
アメリカ合衆国, オレゴン州, ポートランド, サウスウェスト フォーティフィフス ドラ
イヴ 8815
- (72)発明者 テイツェル, ロビン エル.
アメリカ合衆国, オレゴン州, ポートランド, ノースウェスト マーリー レーン 9385

審査官 岩本 勉

- (56)参考文献 国際公開第2004/032000(WO, A1)
国際公開第2003/052516(WO, A1)
国際公開第2003/023488(WO, A1)
国際公開第00/41209(WO, A1)
国際公開第00/41208(WO, A1)
国際公開第00/41207(WO, A1)
米国特許出願公開第2003/0107770(US, A1)
米国特許第6556702(US, B1)
特開2001-283219(JP, A)
特開平11-201908(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G03F 7/20
G03F 1/08
G06T 1/00