

(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2008-519331

(P2008-519331A)

(43) 公表日 平成20年6月5日(2008.6.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 6 F 3/033 (2006.01)	G O 6 F 3/033 3 4 O B	2 F O 6 5
G O 1 B 11/00 (2006.01)	G O 1 B 11/00 G	5 B O 8 7

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 32 頁)

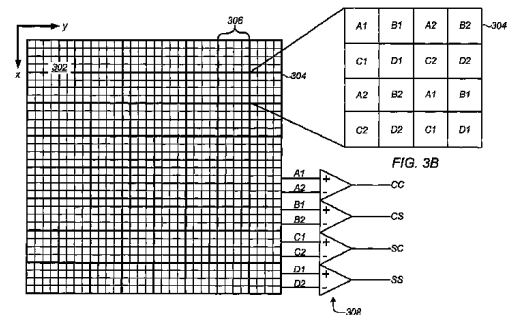
(21) 出願番号 特願2007-539224 (P2007-539224) (86) (22) 出願日 平成17年10月29日 (2005.10.29) (85) 翻訳文提出日 平成19年6月25日 (2007.6.25) (86) 国際出願番号 PCT/US2005/039189 (87) 国際公開番号 W02006/050229 (87) 国際公開日 平成18年5月11日 (2006.5.11) (31) 優先権主張番号 60/623, 320 (32) 優先日 平成16年10月29日 (2004.10.29) (33) 優先権主張国 米国 (US) (31) 優先権主張番号 11/261, 316 (32) 優先日 平成17年10月28日 (2005.10.28) (33) 優先権主張国 米国 (US)	(71) 出願人 504438783 シリコン・ライト・マシーンズ・コーポレーション アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94 089、サニーベイル、モフェット・パーク・ドライブ 385、スイート 115 (74) 代理人 100087642 弁理士 古谷 聡 (74) 代理人 100076680 弁理士 溝部 孝彦 (74) 代理人 100121061 弁理士 西山 清春
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 二次元モーションセンサ

(57) 【要約】

センサと表面(512)の間の相対運動を表面から反射された光の光学的特徴の変化を検出することによって検出する光センサ、及びそれを使用する方法を提供する。一実施形態において、センサは、感光素子(304)の二次元アレイ(302)を含み、該アレイは、少なくとも2本の非平行な第1の組の軸に沿った第1の合成運動を検出するように配置され、接続された第1の複数の感光素子と、少なくとも2本の非平行な第2組の軸に沿った第2の合成運動を検出するように配置され、接続された第2の複数の感光素子とを含む。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

センサと表面との間の相対運動を前記表面から反射された光の光学的特徴の変化を検出することによって検出する光センサであって、感光素子の二次元（2D）アレイを含み、該アレイが、少なくとも2本の非平行な第1組の軸に沿った第1の合成運動を検出するように配置され、接続された第1の複数の感光素子と、少なくとも2本の非平行な第2組の軸に沿った第2の合成運動を検出するように配置され、接続された第2の複数の感光素子とを少なくとも含む、光センサ。

【請求項 2】

前記第1の複数の感光素子は、前記少なくとも2本の非平行な第1組の軸に沿って周期的に配置され、前記第2の複数の感光素子は、前記少なくとも2本の非平行な第2組の軸に沿って周期的に配置される、請求項1に記載の光センサ。

10

【請求項 3】

前記アレイは二次元くし形アレイであり、前記第1の複数の感光素子と前記第2の複数の感光素子は、規則正しい間隔で配置され、前記二次元くし形アレイの少なくとも1つのディメンションにおいて周期性を有する、請求項2に記載の光センサ。

【請求項 4】

前記第1の複数の感光素子と前記第2の複数の感光素子は、規則正しい間隔で配置され、前記アレイの2つのディメンションにおいて周期性を有する、請求項3に記載の光センサ。

20

【請求項 5】

前記光センサは、前記表面から反射されたコヒーレント光源からの光により生成される複雑な干渉パターンの変化に基づいて運動を検出するように構成された、スペックルを利用するセンサである、請求項3に記載の光センサ。

【請求項 6】

前記アレイは非周期性アレイであり、前記第1の複数の感光素子と前記第2の複数の感光素子は、規則正しい間隔で配置されるが、周期的ではない、請求項1に記載の光センサ。

【請求項 7】

前記アレイは準周期性アレイであり、前記第1の複数の感光素子と前記第2の複数の感光素子は、規則正しい間隔で配置され、かつ、準周期的である、請求項1に記載の光センサ。

30

【請求項 8】

前記第1の複数の感光素子、及び前記第2の複数の感光素子は、前記少なくとも2本の非平行な第1組の軸、及び前記少なくとも2本の非平行な第2組の軸に沿った運動を検出するように配置された少なくとも1つの共用感光素子を含む、請求項1に記載の光センサ。

【請求項 9】

データ入力装置に使用され、表面に対する前記データ入力装置の変位を前記表面から反射された光の光学的特徴の変化を検出することによって検出する光ナビゲーションシステムであって、

40

前記表面の一部を照明する照明器と、

前記表面の照明された部分を光センサに写像する撮像光学部品と

を含み、前記光センサが、感光素子の二次元（2D）アレイを含み、該アレイが、少なくとも2本の非平行な第1組の軸に沿った第1の合成運動を検出するように配置され、接続された第1の複数の感光素子と、少なくとも2本の非平行な第2組の軸に沿った第2の合成運動を検出するように配置され、接続された第2の複数の感光素子とを少なくとも含む、光ナビゲーションシステム。

【請求項 10】

前記二次元アレイは二次元くし形アレイであり、前記第1の複数の感光素子は、前記少

50

なくとも 2 本の非平行な第 1 組の軸に沿って周期的に配置され、前記第 2 の複数の感光素子は、前記少なくとも 2 本の非平行な第 2 組の軸に沿って周期的に配置され、前記第 1 の複数の感光素子と前記第 2 の複数の感光素子が、規則正しい間隔で配置され、前記二次元アレイの少なくとも 1 つのディメンションにおいて周期性を有する、請求項 9 に記載の光ナビゲーションシステム。

【請求項 1 1】

前記光センサは、前記表面から反射されたコヒーレント光源からの光により生成される複雑な干渉パターンの変化に基づいて運動を検出するように構成された、スペックルを利用するセンサである、請求項 1 0 に記載の光ナビゲーションシステム。

【請求項 1 2】

10

前記第 1 の複数の感光素子の出力を第 1 の同相信号、及び第 1 の直角位相信号に結合するとともに、前記第 2 の複数の感光素子の出力を第 2 の同相信号、及び第 2 の直角位相信号に結合するフロントエンド回路を更に含む、請求項 1 1 に記載の光ナビゲーションシステム。

【請求項 1 3】

前記フロントエンド回路は、前記出力に重みを付け、該重み付けされた出力を前記同相信号、及び前記直角位相信号に加算する手段を更に含む、請求項 1 2 に記載の光ナビゲーションシステム。

【請求項 1 4】

前記撮像光学部品は、運動中に前記スペックルの完全性を維持するためのテレセントリック撮像を提供し、前記スペックルの平均サイズを前記くし形アレイの周期に一致させるように構成された開口部を有する、請求項 1 1 に記載の光ナビゲーションシステム。

20

【請求項 1 5】

前記照明器は、前記データ入力装置の前記表面からの持ち上げ動作を検出するために、前記表面の一部を所定の入射角で照明するように構成される、請求項 1 1 に記載の光ナビゲーションシステム。

【請求項 1 6】

表面に対する光センサの二次元 (2D) 変位を検出する方法であって、前記光センサが、感光素子の二次元 (2D) アレイを含み、前記アレイが、第 1 の複数の感光素子と第 2 の複数の感光素子とを少なくとも含むものにおいて、

30

前記表面の一部を照明するステップと、

前記表面の照明された部分を前記アレイに写像するステップと、

前記第 1 の複数の感光素子を使用して、少なくとも 2 つの非平行な第 1 組の軸に沿った第 1 の合成運動を検出するステップと、

前記第 2 の複数の感光素子を使用して、少なくとも 2 つの非平行な第 2 組の軸に沿った第 2 の合成運動を検出するステップと

からなる方法。

【請求項 1 7】

前記二次元アレイは二次元くし形アレイであり、前記第 1 の複数の感光素子と前記第 2 の複数の感光素子は、規則正しい間隔で配置され、前記二次元アレイの少なくとも 1 つのディメンションにおいて周期性を有する、請求項 1 6 に記載の方法。

40

【請求項 1 8】

前記光センサは、スペックルを利用するセンサであり、前記少なくとも 2 つの非平行な第 1 組の軸に沿った運動を検出するステップ、及び前記少なくとも 2 つの非平行な第 2 組の軸に沿った運動を検出するステップは、前記表面から反射されたコヒーレント光源からの光により生成される複雑な干渉パターンの変化に基づいて運動を検出するステップを含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記少なくとも 2 つの非平行な第 1 組の軸に沿った運動を検出するステップ、及び前記少なくとも 2 つの非平行な第 2 組の軸に沿った運動を検出するステップは、前記第 1 の複

50

数の感光素子の出力を第 1 の同相信号、及び第 1 の直角位相信号に結合するステップと、前記第 2 の複数の感光素子の出力を第 2 の同相信号、及び第 2 の直角位相信号に結合するステップとを含む、請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

前記少なくとも 2 つの非平行な第 1 組の軸に沿った運動を検出するステップ、及び前記少なくとも 2 つの非平行な第 2 組の軸に沿った運動を検出するステップは、前記出力に重みを付け、該重み付けされた出力を前記第 1 及び第 2 の同相信号及び直角位相信号に加算するステップを更に含む、請求項 19 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

[関連出願の相互参照]

本願は、「Two-Dimensional Comb-Detector Array For Displacement Measurement」と題する暫定米国特許出願第 60/623,320 号の恩恵を受けて特許請求するものである。この特許出願は、参照により本明細書に援用される。

【0002】

[技術分野]

本願は、光ナビゲーションシステム、及び該光ナビゲーションシステムを使用して動きを検出する方法に関する。

20

【背景技術】

【0003】

コンピュータマウス、タッチスクリーン、及びトラックボールのような、パーソナルコンピュータやワークステーションにデータを入力したり、それらとのインタフェースとして使用されるデータ入力デバイスが、知られている。こうしたデバイスによれば、モニタ上でカーソルを迅速に移動させることができ、また、それらのデバイスは、多くのテキストプログラム、データベース、グラフィックプログラムにおいても有用である。ユーザは、例えば、表面の上でマウスを動かすことによってカーソルを動かし、カーソルはマウスの移動方向に、マウスの移動に比例した距離だけ移動される。

【0004】

30

コンピュータマウスには、光学式のもの、機械式のものがある。機械式マウスは通常、回転球を使用して動きを検出し、球に接触する一対のシャフトエンコーダにより、コンピュータがカーソルを動かすためのデジタル信号を生成する。機械式マウスの 1 つの問題点は、塵の蓄積等による連続使用の後、不正確になったり、誤動作を引き起こしたりする点である。また、特に、シャフトエンコーダのような機械的構成部品の動きとその結果発生する磨耗が原因で、デバイスの寿命には常に限界がある。

【0005】

機械式マウスに関する上記の問題に対する 1 つの解決策は、光ナビゲーションを利用したマウスの開発であった。そのようなマウスが普及した理由は、ポインティング精度が高く、塵の蓄積による誤動作があまり発生しないからである。

40

【0006】

光学式マウスに現在使用されている主な技術は、かすめ入射角、又はそれに近い角度で表面を照らす発光ダイオード (LED) のような光源と、得られた像を撮影する二次元 (2D) CMOS (相補的金属酸化物半導体) 検出器と、多数の連続画像における数千もの特徴や点の相互関係を判定し、マウスが移動した方向、距離、及び速度を判定する信号処理ユニットとを利用するものである。この技術によれば、高い精度が得られるが、設計が複雑になるため、比較的高い画像処理能力が必要となる。

【0007】

改良として、レーザのようなコヒーレント光源を使用して荒い表面を照明し、スペックルと呼ばれる複雑な干渉パターンを生成するものがある。これは、レーザによる光生成の

50

効率が高くなるとか、通常の入射角で照らした場合でも高いコントラストの画像が得られるといった幾つかの利点を有する。レーザによる光生成は、電気から光への変換効率が高く、方向性も強いため、フォトダイオードアレイの設置面積に見合った小さくて有効な設置面積が可能となる。また、スペックルパターンを利用すれば、事実上どのような荒い表面上でもトラッキング動作が可能となり（表面許容範囲が広い）、同時に、「焦点外れ」のような望ましくない撮影条件下であっても、最大コントラストを維持することが可能となる。

【 0 0 0 8 】

直線移動を測定する代替方法として、くし形アレイと一般に呼ばれる、フォトダイオードのような感光素子の一次元アレイを備えた光学センサを使用するものがある。一次元センサ内のフォトダイオードは、受信信号のアナログ並列処理を可能にするために幾つかのグループに分けて直接配線される場合があり、それによって、必要とされる信号処理の量が減り、モーション検出が容易になる場合がある。

10

【 0 0 0 9 】

こうした一次元くし形アレイデバイスは、従来の相関型光学マウスに比べて大幅に単純化されているものの、多くの理由から、完全に満足できるものではない。特に、こうしたスペックルを利用したデバイスの1つの欠点は、一次元アレイの向きから大きく外れた方向における精度に限界がある点である。これが特に問題となるのは、光学式マウスが軸外方向に動かされ、一次元アレイの視野内に対するスペックルパターン、又は像の速すぎる出入りが発生し、像から明確な信号を形成する機会を得ることができない場合である。この欠点は、軸の数を増やせば部分的に解消されるが、線形くし形アレイの単純性は犠牲になる。

20

【 0 0 1 0 】

したがって、相関型デバイスの二次元変位測定精度と、くし形アレイデバイスの信号処理の単純性を組み合わせた光学ポインティングデバイスが必要とされている。

【 0 0 1 1 】

本発明は、それらの問題、及び他の問題に対する解決手段を提供するとともに、従来のデバイス、及び従来のデバイスを使用する方法に比べて更なる利点を提供する。

【 発明の開示 】

【 課題を解決するための手段 】

30

【 0 0 1 2 】

本発明のこれらの特徴、及び利点、並びに種々の他の特徴及び利点は、下記の詳細な説明、及び添付の図面から完全に理解することができるであろう。ただし、それらは、添付の特許請求の範囲を特定の実施形態に制限するものとして解釈すべきものではない。それらは、説明と理解を目的とするものである。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 3 】

本発明は、概して光ナビゲーションシステムに関し、特に、センサと、該センサが動かされる表面との間の相対的な横方向の動きを検出する光学センサに関する。光ナビゲーションシステムの例としては、パーソナルコンピュータやワークステーションにデータを入力したり、それらに対するインタフェースとして使用される光学式コンピュータマウス、及びトラックボールなどがある。

40

【 0 0 1 4 】

下記の説明では、本発明を完全に理解してもらうために、説明の都合上、多数の具体的な詳細を開示する。しかしながら、当業者には明らかなように、本発明は、そうした特定の詳細がなくても実施することが可能である。また、本明細書の説明の解釈を不必要にあいまいにしないようにするために、既知の構造や技術については、詳細に説明しないか、又はブロック図の形で示すものとする。

【 0 0 1 5 】

本明細書において「1つの実施形態」や「一実施形態」と呼ばれるものは、その実施形

50

態に関して説明される特定の特徴、構造、又は性質が、本発明の少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味している。明細書中の種々の場所に登場する「1つの実施形態」というフレーズは、必ずしもすべて同じ実施形態を指すものとは限らない。本明細書で用いられる「結合する」という用語は、直接接続と、1又は複数の中間構成要素を介した間接接続との両方の意味を含む。

【0016】

本発明の光センサは、スペックルと呼ばれる光の複雑な強度分布パターンの変化に基づいて動きを検出する、スペックルを利用したセンサであることが好ましい。スペックルとは、荒い表面から反射されたコヒーレント光の散乱によって生成される複雑な干渉パターンであり、有限の視野角（開口数）を有するフォトダイオードのような感光素子によって検出される。好ましくは、光センサは、二次元相関器の変位測定精度と、線形、すなわち一次元くし形アレイの単純性や効率とを併せ持つ二次元（2D）アレイを含む。二次元アレイは、一次元、又は二次元の周期性を持ち、規則正しい間隔で配置された多数の感光素子を含む周期的な二次元くし形アレイであっても、準周期性二次元アレイ（例えばペンローズタイルのようなもの）であってもよく、また、規則的なパターンは有するが周期性は持たない非周期性二次元アレイであってもよい。二次元くし形アレイとは、規則正しい間隔で配置され、電氣的に接続された多数の感光素子からなる平面状アレイであって、感光素子が、少なくとも2本の非平行な方向に延び、2つのディメンションにおいて周期性を有するものを言う。

【0017】

下記の説明では、二次元くし形アレイ信号処理に関する理論を展開し、二次元くし形アレイアーキテクチャの種々の例示的实施形態について説明する。

【0018】

画像相関とくし形アレイ処理の対比

画像相関のための信号処理を一次元（1D）のくし形アレイ技術と比較することは有益である。

【0019】

一次元相関

2つの信号 f と g の間の相関は、次のように表される。

【0020】

【数1】

$$\text{corr}(f, g)_m = \sum_{n=0}^{N-1} f_n g_{n-m}^* \quad (1)$$

【0021】

f と g の両方がゼロ平均を有するものと仮定する。また、これらの信号は、それぞれ対応する手段を用いてオフセットすることにより、常に再定義可能である。

【0022】

g がある程度 f に類似している場合、2つの信号の共通の特徴がほぼ最良に整合、すなわち「相関」する特定のシフト値 m のときに、相関はピークになる。「一次元」マウスの場合、 g が f を大幅にずらしたものである場合、すなわち、 $g_n = f_{n+x}$ である場合を考えれば十分である。相関は次のようになる。

【0023】

【数2】

$$\text{corr}(f, f_{+x})_m = \sum_{n=0}^{N-1} f_n f_{n+x-m}^* \quad (2)$$

【0024】

ただし、 x は変位である。

【0025】

相関関数（式 2）のピークは、 $m = x$ のときに発生する。したがって、ピーク位置が分かれば、変位を判定することができる。

【 0 0 2 6 】

従来の光学マウスでは、取り込み信号 f は、後の撮影に関連付けられる短期テンプレートとして使用される。変位が判定された後、新たな撮影により、古いテンプレートは置き換えられる。以下同様である。この動的テンプレートは、どのような信号に対しても望ましい。信号の種類が、周期信号のようにあらかじめ決まっている場合、固定テンプレートを使用することで、信号テンプレートを常に更新続ける必要性を無くすることができる。その結果、相関処理だけでなく、デバイスの実施形態も非常に単純化される。実際、後で詳しく説明するように、くし形アレイはそのようなデバイスである。

10

【 0 0 2 7 】

その目的のために、信号は、次のような離散フーリエ変換（DFT）で表わされることがある。

【 0 0 2 8 】

【数 3】

$$f_n = \sum_{a=0}^{N-1} F_a e^{2\pi i a n / N}, \quad g_n = \sum_{a=0}^{N-1} G_a e^{2\pi i a n / N} \quad (3)$$

【 0 0 2 9 】

したがって、相関（1）は次のようになる。

20

【 0 0 3 0 】

【数 4】

$$\begin{aligned} \text{corr}(f, g)_m &= \sum_{n=0}^{N-1} \left(\sum_{a=0}^{N-1} F_a e^{2\pi i a n / N} \right) \left(\sum_{b=0}^{N-1} G_b^* e^{-2\pi i b (n-m) / N} \right) = \\ &= \sum_{a=0}^{N-1} \sum_{b=0}^{N-1} F_a G_b^* e^{2\pi i b m / N} \sum_{n=0}^{N-1} e^{2\pi i (a-b) n / N} = \\ &= \sum_{a=0}^{N-1} \sum_{b=0}^{N-1} F_a G_b^* e^{2\pi i b m / N} \delta_{ab} = \\ &= \sum_{a=0}^{N-1} F_a G_a^* e^{2\pi i a m / N} \end{aligned} \quad (4)$$

30

【 0 0 3 1 】

また、相関（2）は次のようになる。

【 0 0 3 2 】

【数 5】

$$\text{corr}(f, f_{+x})_m = \sum_{a=0}^{N-1} F_a F_a^* e^{2\pi i a (m-x) / N} \quad (5)$$

【 0 0 3 3 】

40

一次元くし形アレイ

線形の、すなわち一次元のくし形アレイは、周期的態様で接続された多数の感光素子を備え、信号から 1 つの空間周波数成分を取り出すための固定テンプレートとしての働きをするアレイである。そのような一次元くし形アレイの 1 つの実施形態を図 1 に示し、以下で詳しく説明する。多数の感光素子を周期的態様で接続することにより、くし形アレイは、1 つの空間周波数 K （アレイ内の感光素子間のピッチと相関光学系によって決まる）において、相関器として有効に機能する。ここで、くし形信号は、次のように、変位 x の関数とみなすことができる。

【 0 0 3 4 】

【数 6】

$$V_x = F_A F_A^* e^{2\pi i A(m-x)/N} = C e^{iK(m-x)} \quad (6)$$

【0 0 3 5】

ただし、C は、ゆっくりと変化する振幅であり、 $K \equiv 2\pi A/N$ は選択された空間周波数である。要素 $e^{iK(m-x)}$ は選択された空間周波数成分とテンプレートの初期整合状態をエンコードする位相と考えることができる。

【0 0 3 6】

つまり、一次元くし形アレイは実質的に、1つの空間周波数における一次元相関であると言える。

10

【0 0 3 7】

二次元くし形アレイ

上記の考察から、二次元くし形アレイは、1つの空間周波数ベクトル $K = (K_x, K_y)$ における2次元相関を提供するように構築、又は構成できるという結論が得られる。

【0 0 3 8】

画像 f と、その画像の変位したもの (x, y) を変位とする) との間の二次元相関は、次のようになる。

【0 0 3 9】

【数 7】

$$\text{corr}(f, f_{+x,+y})_{m,n} = \sum_{a=0}^{N-1} \sum_{b=0}^{N-1} F_{a,b} F_{a,b}^* e^{2\pi i a(m-x)/N} e^{2\pi i b(n-y)/N} \quad (7)$$

20

【0 0 4 0】

上記の式 6 と同様に、二次元くし形アレイ信号は、次のように表される。

【0 0 4 1】

【数 8】

$$V_{x,y} = C e^{iK_x(m-x)} e^{iK_y(n-y)} \quad (8)$$

【0 0 4 2】

上記のように、 $(K_x, K_y) \equiv (2\pi A/N, 2\pi B/N)$ は、選択された二次元空間周波数である。このくし形信号は、単なる x 変位と y 変位の調和関数の積である。なお、このくし形アレイ信号は、周期的であり、テンプレートが画像空間周波数と空間的に同相であるときは常にピークとなる。

30

【0 0 4 3】

単純化のために $m, n = 0$ とした場合、式 8 における指数関数の積は、次の4つの三角関数の積に展開することができる。

【0 0 4 4】

【数 9】

$$\begin{aligned} CC &= \cos(K_x x) \cos(K_y y) \\ CS &= \cos(K_x x) \sin(K_y y) \\ SC &= \sin(K_x x) \cos(K_y y) \\ SS &= \sin(K_x x) \sin(K_y y) \end{aligned} \quad (9)$$

40

【0 0 4 5】

次のステップは、上の式 (9) に示した4つの信号を生成する二次元アレイ構成を判定することである。

【0 0 4 6】

50

一周期あたり4つの素子を備えた二次元くし形アレイ構成における同相信号、及び直角位相信号の生成を最初に検討することは有益である。図1は、フォトダイオード104のような多数の感光素子からなる二次元くし形アレイ102の(1つの軸に沿った)一般的構成を示している。この構成では、インタレース方式でグループ化された感光素子の組み合わせが、スペックル画像(又は、非スペックル画像)によって生成される明暗信号の空間周波数に対する周期性フィルタとして機能する。図示の実施形態において、二次元くし形アレイ102は、多数のフォトダイオードの組から構成され、すなわち多数の周期を有し、各周期は、A、B、C、及びDというラベルの付いた4つのフォトダイオードを有する。各周期における対応するフォトダイオード104、すなわち同じラベルの付いたフォトダイオード104からの電流、又は信号は、電氣的に接続され(配線により合算され)、アレイ102から出力される4つのライン信号106を形成する。バックグラウンド抑制や信号増強は、差動アナログ回路108を使用して、 C_{out} というラベルの付いた同相差動電流信号を生成し、差動アナログ回路110を使用して S_{out} というラベルの付いた直角位相差動電流信号を生成することにより達成される。同相信号の位相と直角位相信号の位相を比較することにより、散乱表面に対する二次元くし形アレイ102の動きの大きさ、及び方向を判定することができる。

10

20

30

40

【0047】

図1を参照すると、同相信号 C_{out} 、及び直角位相信号 S_{out} は、基礎スペックルパターンを得て、それらをコサインテンプレート112、及びサインテンプレート114にしたがってそれぞれ処理することによって得られる。好ましくは、システムは、光学的な「明暗」パターン、すなわちスペックルのサイズが、くし形アレイの周期、すなわち図1の実施形態における4つのフォトダイオード104、又はピクセルのサイズに等しくなるように設計される。図1に示すように、同相信号電流は $C_{out} = A - C$ から得られ、直角位相信号電流は $S_{out} = B - D$ から得られる。

【0048】

次に、上記のコサイン・サイン割り当ては二次元の場合にも適用できる。その結果、上の式9に示したような4つの調和関数の積について、図2A~2Dに示す4つのマトリクスが得られる。具体的には、図2Aは、二次元くし形アレイの感光素子を1セルあたり 4×4 素子の構成でグループ化した場合の CC 、すなわち $\cos(K_x x) \cos(K_y y)$ 信号を示している。表記を単純化するために、添え字「out」は省略してある。同様に、図2Bは、 CS 信号を得るためマトリクスを示し、図2Cは、 SS 信号を得るためのマトリクスを示し、図2Dは、 SS 信号を得るためのマトリクスを示している。

【0049】

次に、図3A、及び図3Bに示すような上記のマトリクスから二次元くし形アレイを構築することができる。ここで、二次元くし形アレイ302は、複数のセル306に編成、すなわちグループ化された複数の感光素子304を有し、各セル306は、1セルあたり 4×4 個の素子(すなわち、 4×4 素子/周期)にグループ化された感光素子を有する。図3Bに詳細を示すような同じ文字、及び同じ数字を持つセル306内の感光素子304と、二次元くし形アレイ302内のすべてのセルの同じ数字を持つ対応する素子は、電氣的に接続され、すなわち配線により合算され、8つの信号A1~D2が生成される。

【0050】

これら8つの合算信号は更に、差動増幅器308に結合され、下記の4つの信号が生成される。

【0051】

【数 1 0】

$$CC = A1 - A2$$

$$CS = B1 - B2$$

(10)

$$SC = C1 - C2$$

$$SS = D1 - D2$$

【0 0 5 2】

10

これら 4 つの信号は、x 方向、及び y 方向における同相情報、及び直角位相情報を含む。三角関数を使用すれば、これらの調和関数の積は、下記のような単純な調和関数（の和、又は差）に変換することができる。

【0 0 5 3】

【数 1 1】

$$\cos(K_x x + K_y y) = CC - SS$$

$$\sin(K_x x + K_y y) = SC + CS$$

(11)

$$\cos(K_x x - K_y y) = CC + SS$$

20

$$\sin(K_x x - K_y y) = SC - CS$$

【0 0 5 4】

任意選択で、座標系、又はアレイを 45 度だけ回転させることにより、純粋な x - y 表現を得ることもできる。そして、いずれの向きであっても、二次元変位を判定することができる。実際には、 K_x と K_y は、同じ値をとる可能性がある。

【0 0 5 5】

二次元くし形アレイは、設計の単純さに加え、従来の二次元相関アレイ、及び / 又は多軸一次元くし形アレイに比べて優れた幾つかの別の利点を提供する。例えば、(i) 高速な信号処理、(ii) 低い消費電力、(iii) 高い角度精度、及び (iv) アレイの向きに対する運動方向に依存しない性能である。

30

【0 0 5 6】

二次元くし形アレイは、生成及び処理しなければならないデータ量が少なく、その結果、非常に単純なアルゴリズムで実行できるため、相関処理に比べて非常に高速な信号処理が可能である。例えば、ゼロ交差検出アルゴリズムを使用して、変位を判定することができる。平面における変位を表すためには、2 つの実数、すなわち、x 直線移動と y 直線移動が必要となる。従来の相関を利用する光学マウスでは、これら 2 つの実数は、連続画像間の相関から判定される。相関を利用するアプローチでは一般に、各画像が約 10^3 個のピクセルから構成されるため、x と y の 2 つの直線移動値を判定するだけでも、大量のデータを処理しなければならない。これに対し、二次元くし形アレイは、4 つの正の実数しか生成せず、それらは、たった 2 つの符号付き実数と等価である。ある意味、二次元くし形アレイでは、並列処理が配線アーキテクチャに組み込まれているといえる。処理を配線アーキテクチャに「組み込む」ことで、残りの外部計算は比較的単純になり、高速に実施することができる。計算の単純さは、言い換えれば、信号処理回路の小型化が可能であることを意味し、また、高速処理により、高速なトラッキングが可能となり、リソースを増加させることで、複雑なデジタル信号処理 (DSP) アルゴリズムを実施することもでき、それにより、本発明の光センサを使用した光ナビゲーションシステムのトラッキング能力を増大させることが可能となる。

40

【0 0 5 7】

二次元くし形アレイは、相関を利用した装置に比べて電力消費が少ないことも期待でき

50

る。なぜなら、二次元くし形アレイは、処理すべきデータ量が非常に少なく、そのため、非常に単純なアルゴリズムで実施できるからである。これは、ワイヤレス光学マウスのような電力消費量に気を配らなければならない用途において、非常に望ましい特徴である。レーザスペckルを利用したマウスのように、レーザ光を組み合わせることで、電力消費量は更に低減することができる。

【0058】

二次元くし形アレイの角度精度は、従来の二次元相関マウスのものに比べて、非常に簡単に調節することができる。二次元センサにより検出可能な最小角は、一行又は一列中の感光素子の数に反比例する。角度精度の向上は一般に、アレイ内の感光素子の数を増やすことによって成される。そのため、二次元相関マウスの場合は、大きな不都合を伴う。なぜなら、処理すべきデータ量が、一行又は一列中の素子数の二乗に比例して増加してゆくからである。これに対し、二次元くし形アレイマウスにおいて処理すべきデータ量、すなわち信号数は、素子数とは無関係である。つまり、図3Aや図3Bに示したものと同様の構成の二次元くし形アレイの場合、二次元くし形アレイから出力される種々の信号の数は常に4つであり、したがって、角度精度は、実施可能なアレイサイズによって制限されるにすぎない。

【0059】

最後に、一次元くし形アレイと違い、二次元くし形アレイの能力は、アレイに対する動きの向きに依存しない。図4A、及び図4Bを参照すると、二次元くし形アレイ402は、複数の線形の、すなわち一次元のくし形アレイ406を備えた光学センサ404に比べて非常に優れている。なぜなら、二次元くし形アレイ402の活性領域の内側を通して走査される画像上の各点を通る経路408は、平均的に、あらゆる方向において、一次元くし形アレイの場合の経路410よりも長く、それが変位の推定に大きく貢献するからである。また、上で説明した二次元くし形アレイの実施形態は、対称的なピクセル幾何構成で動作するため、「明暗」信号パターン、すなわちスペckルを二次元くし形アレイの周期に一致させることが比較的簡単にでき、その結果、全く「非対称」なピクセル形状を一般に使用している従来の一次元くし形アレイに比べて、良好な信号コントラスト、及び高いフロント-エンドSNRが得られる。最後に、二次元アレイの効率的な照明は非常に簡単であり、したがって、多軸一次元くし形アレイに比べて電力消費は少なくなる。

【0060】

例示の実施形態、及び立証実験

図5は、本発明の一実施形態による、スペckルを利用した二次元くし形アレイを有する光ナビゲーションシステムの一実施形態を示している。図5に示すように、光ナビゲーションシステム502は通常、V C S E L（面発光レーザ）のような光源506と、発散ビームを平行化するためのコリメートレンズ508（すなわち、第1のレンズ）を含む照明光学部品と、荒い散乱表面512の照明された部分を第2のレンズの撮像面にある二次元くし形アレイ514に写像、すなわち結像するための撮像レンズ510（すなわち、第2のレンズ）を含む撮像光学部品とを含む。好ましくは、照明光学部品は、持ち上げ動作の検出が可能となるように、表面512を選択された所定の入射角で照明するように構成され、それにより、光学ヘッド504、又はデータ入力装置が表面512から所定の離間距離を越えて離れたときに、その動きを装置にトラッキングさせるように構成される。撮像光学部品は、テレセントリック撮像光学系を形成するために、第2のレンズ510の裏側の焦平面に開口部516を有する。テレセントリック撮像光学系は、モーション検出中にスペckルパターンの完全性を良好に維持し、スペckルの平均サイズを二次元くし形アレイの周期に一致させる。

【0061】

本発明の二次元くし形アレイ514を備えた光ナビゲーションシステム502の利点を検証するために、 32×32 個のフォトダイオード(PD)又は素子を有する、図3Aや図3Bに示したものと同様の対称な正方形の二次元くし形アレイを作成した。開示したアプローチの有効性を示す、2つの異なる表面上における種々の速度の円軌道の結果を図6

A、及び図 6 B に示す。図 6 A、及び図 6 B のグラフは、光ナビゲーションシステムの光学ヘッドと表面との間の相対運動を非常に高精度に制御するテストプラットフォーム上で実施された実験から得られた。図 6 A のグラフは、光学ヘッドが白い表面の上を半径 1 cm の円を描いて速度 1 cm / s、10 cm / s、25 cm / s、及び 40 cm / s の速度で 4 回動いたときに生成される円軌道を示している。図 6 B は、光学ヘッドが木目調の表面の上を先と同じ速度で動いたときに生成される円軌道を示している。図 6 A、及び図 6 B において、破線基準円は参照符号 602 で示され、光ナビゲーションシステムによって生成される軌跡、又は円軌道は、黒の実線で示されている。軸に沿って振られた数字は、任意の単位で示されている。これらの軌跡から分かるように、本発明の二次元くし形アレイを利用したセンサを有する光ナビゲーションシステムは、パターンを有する表面の上においても、有しない表面の上においても、最大で 40 cm / s までの速度の運動を検出し、一般に 5 % 未満の経路誤差しか生じない能力を持つ。後続のテストは、種々の表面、及び種々の動きについての、正確なトラッキング能力を例示している。

10

【0062】

アレイ生成

線形の、すなわち一次元のくし形アレイに関する多くの一般化は、本発明の二次元くし形アレイにも同様に適用することができる。例えば、(i) 1 セルあたり 4×4 以外の数の素子を有する二次元くし形アレイ、(ii) 所与の空間周波数の複数のサブアレイを有する二次元くし形アレイ、(iii) 異なる空間周波数の複数のサブアレイを有する二次元くし形アレイ、及び(iv) 感光素子間のくし形接続を動的に再構成することができ、空間周波数を動的に変化させ、それによって例えば、アレイからの信号強度を最適化することが可能な二次元くし形アレイにも適用することができる。当然ながら、本発明による二次元くし形アレイは、上記の一般化や実施形態の組み合わせを含む場合もある。

20

【0063】

次に、図 7、及び図 8 を参照し、上記の一般化のうちの幾つかを含む二次元くし形アレイの代替実施形態について詳細に説明する。

【0064】

二次元くし形アレイの 1 つの代替実施形態は、1 セルあたり 4×4 以外の数の素子を有する。例えば、図 7 に示すように、二次元くし形アレイ 702 は、1 セルあたり 6×6 個の素子（又は、 6×6 素子 / 周期）構成で複数のセルにグループ化され、すなわち編成されたフォトダイオード 704 のような多数の感光素子を有する。図 3 A、及び図 3 B を参照して上で説明した例におけるものと同様に、各セル 706 内の特定の素子 704、及び二次元くし形アレイ内のすべてのセルの対応する素子は、36 本の出力線のうちの 1 本に接続される。配線により合算された 36 個の信号に更に、マトリクス 708 にしたがって重み係数が結合され、4 つの出力信号 CC、CS、SC、及び SS が生成される。これら 4 つの信号のそれぞれの生成に使用されるマトリクスの詳細を下記の表に示す。

30

【0065】

【表 1】

$$CC$$

1	0.5	-0.5	-1	-0.5	0.5
0.5	0.25	-0.25	-0.5	-0.25	0.25
-0.5	-0.25	0.25	0.5	0.25	-0.25
-1	-0.5	0.5	1	0.5	-0.5
-0.5	-0.25	0.25	0.5	0.25	-0.25
0.5	0.25	-0.25	-0.5	-0.25	0.25

$$CS$$

0	0.866	0.866	0	-0.87	-0.87
0	0.433	0.433	0	-0.43	-0.43
0	-0.43	-0.43	0	0.433	0.433
0	-0.87	-0.87	0	0.866	0.866
0	-0.43	-0.43	0	0.433	0.433
0	0.433	0.433	0	-0.43	-0.43

$$SC$$

0	0	0	0	0	0
0.866	0.433	-0.43	-0.87	-0.43	0.433
0.866	0.433	-0.43	-0.87	-0.43	0.433
0	0	0	0	0	0
-0.87	-0.43	0.433	0.866	0.433	-0.43
-0.87	-0.43	0.433	0.866	0.433	-0.43

$$SS$$

0	0	0	0	0	0
0	0.75	0.75	0	-0.75	-0.75
0	0.75	0.75	0	-0.75	-0.75
0	0	0	0	0	0
0	-0.75	-0.75	0	0.75	0.75
0	-0.75	-0.75	0	0.75	0.75

【0066】

他の代替実施形態として、光センサは、所与の空間周波数、又は異なる空間周波数の複数の二次元くし形アレイ、又はサブアレイを含む場合がある。例えば、図8は、本発明の一実施形態にしたがって象限804、806、808、及び810に配置された2つの二次元くし形アレイ対を有する光センサ802の略ブロック図である。斜めに向かい合う象限804と象限806は接続され、第1の単一のアレイ対、すなわち第1の二次元くし形アレイを形成する。斜めに向かい合う象限808と象限810は接続され、第2の単一のアレイ対、すなわち第2の二次元くし形アレイを形成する。

【0067】

上で説明した例と同様に、象限804、806、808、及び810における各セル内の素子、並びにアレイ対におけるすべてのセルの対応する素子は接続され、配線により合算された16個の信号814を形成する。配線により合算されたこれらの信号814は更に、差動増幅器816に結合され、8個の信号、すなわち、第1の二次元くし形アレイから得られる信号CC1、CS1、SC1、SS1、及び第2の二次元くし形アレイから得られる信号CC2、CS2、SC2、SS2を形成する。動作時には、選択された空間周波数成分が、表面上の特定の場所において弱かったり、あるいは、アレイの種々の部分からの信号を合算したときに常にゼロになるといったことが原因で、二次元のくし形アレイ、又はアレイ対からの信号強度は低下することがある。ただし、当然ながら、いずれか一

10

20

30

40

50

方のアレイ対における信号減衰によって他方のアレイ対に減衰が起きることはめったにない。したがって、このようなマルチアレイ構成やサブアレイ構成は、信号減衰を低減するために、しばしば望ましい。また、正方形をした対称構成の光センサ 8 0 2 によれば、光センサ内のすべての感光素子を簡単かつ効率的に照明することが可能となる。

【 0 0 6 8 】

概念の一般化

次に、光センサにおける種々の感光素子の重み係数を変えることによって、任意の二次元アレイを使用して、任意の有限数の組の任意の軸に沿って速度ベクトルを展開することができるという驚くべき結果を示す一般化理論について説明する。これまでは、一次元、又は二次元の周期性を持つくし形アレイだけを検討してきた。しかしながら、周期性を持たない他のパターンや、複数のセルにグループ化された他のパターンを使用することも可能である。例えば、ひまわりの小花のパターンを有する二次元アレイを使用してもよいし、多数の感光素子が擬似ランダムな位置に配置されたパターンを使用してもよく、その場合もやはり、一次元や二次元のモーション情報を抽出することができる。

【 0 0 6 9 】

下記の例はすべて、一般的概念の特定ケース、すなわち一次元、又は二次元のアレイを使用して一次元、又は二次元の動きを撮影する特定のケースである。また、幾つかの新たな光センサ構成についても説明する。

【 0 0 7 0 】

スペックルを利用した光ナビゲーションシステムの背景には、2つの基本的考え方がある。1つは、スペックルパターンは、システムの光特性によって決まる特定範囲の空間周波数を含む幾つかの二次元空間周波数の重ね合わせであるという考え方である。もう1つは、特定の軸、又は選択された方向に沿った動きである一次元の動きは、スペックルパターンの一部を成す光の特定の分布を選択し、その選択された軸、又は選択された方向に沿った動きに応じて、その光の分布がどのように変化するかを観測することによって検出される、という考え方である。理想的には、乗算定数（この値が、動きの量、すなわち大きさを生み出す）を除き、分布の形は、動きによって変化しない。つまり、分布が $\phi(x, y)$ であるとすれば、何らかの方向における何らかの直線移動があった後でも、分布の形は一定に維持されることが望ましい。特に、一次元センサ内の素子は、いかなる方向の直線移動にも応答するが、選択された軸、又は選択された方向に沿った動きの成分だけしか抽出しないものであることが望ましい。例えば、光ナビゲーションシステムの光学ヘッドは、表面の上を x 方向と y 方向の両方に動かされる場合があるが、 x 軸に沿った動きの成分しか抽出しない場合がある。

【 0 0 7 1 】

x 方向における距離 d_x の直線移動演算子を $T_x(d_x)$ と定義し、 y 方向における距離 d_y の直線移動演算子を $T_y(d_y)$ と定義した場合、導出される関数は、 λ を何らかの定数として、次の式を満足することが望ましい。

【 0 0 7 2 】

【数 1 2】

$$T_x(d_x)T_y(d_y)\phi(x,y)=\lambda\phi(x,y) \quad (12)$$

【 0 0 7 3 】

すなわち、乗算定数を除き、 $\phi(x, y)$ は、直線移動によって変化しないことが望ましい。好ましくは、求められる動きは、定数 λ から抽出することができる。

【 0 0 7 4 】

これが、認識可能な式である。すなわち、求められる光分布 $\phi(x, y)$ は、既知の直線移動演算子 $T_x(d_x)$ 、及び $T_y(d_y)$ の固有関数となる。直線移動演算子の固有関数は、直線移動方向においては複素指数関数となり、垂直方向においてはどのような形の関数にもなり得る。したがって、 x 方向の直線移動に関し、固有関数は次のようになる。

。

【 0 0 7 5 】

【 数 1 3 】

$$\phi(x,y)=\exp(2\pi i x f_x)\exp(2\pi i y f_y) \quad (13)$$

【 0 0 7 6 】

また、固有値は次のようになる。

【 0 0 7 7 】

【 数 1 4 】

$$\lambda = \exp(2\pi i d_x f_x) \exp(2\pi i d_y f_y) \quad (14)$$

10

【 0 0 7 8 】

ただし、 f_x は、 x 方向における空間周波数であり、 f_y は y 方向における空間周波数である。

【 0 0 7 9 】

したがって、動きの前後で光分布を測定し、求められた固有関数の係数を抽出し、固有値 λ を計算すれば、計算された固有値を単純にスケーリングすることで、 x （又は、 y ）方向に沿って移動した距離を λ から導出することができる。この導出は、内積をとったときに固有関数が直交することを利用して達成される。その結果、特定の関心のある固有関数を含む分布が与えられれば、求められた固有関数との内積をとることにより、そのうちのどのくらいの量が存在するかを求めることができる。直線移動演算子は、次のようなエルミート内積である。

20

【 0 0 8 0 】

【 数 1 5 】

$$(u,v) \equiv \iint u(x,y)v^*(x,y) dx dy, \quad (15)$$

【 0 0 8 1 】

これは、スペックルパターン $S(x,y)$ が、比例係数 c を有する求められた固有関数の一部を含む場合、次のように、興味のある固有関数との内積をとることによって、比例係数 c を抽出できることを意味する。

【 0 0 8 2 】

30

【 数 1 6 】

$$c = \iint S(x,y) \exp(-2\pi i x f_x) \exp(-2\pi i y f_y) dx dy. \quad (16)$$

【 0 0 8 3 】

ここで、小さな複素性が確保される。これらの固有関数、及び固有値は複素量であるが、スペックルパターン $S(x,y)$ は実数であるため、ハードウェアで実施出来るのは、感光素子、及び重み付け係数との間の実数算術演算だけである。したがって、複素係数の実数部と虚数部は別々に計算され、一般的には次のように計算される。

【 0 0 8 4 】

【 数 1 7 】

40

$$\begin{aligned} c \equiv c_r + i c_i &= \iint S(x,y) \Re \left[\exp \left(-2\pi i (x f_x + y f_y + \phi_0) \right) \right] dx dy + \\ & i \iint S(x,y) \Im \left[\exp \left(-2\pi i (x f_x + y f_y + \phi_0) \right) \right] dx dy \end{aligned} \quad (17)$$

【 0 0 8 5 】

なお、当該一般性では、何らかの位相係数 ϕ_0 が追加されている。

【 0 0 8 6 】

式 17 を積分すると、複素値 c が得られる。センサ、又はアレイを動かした後、上記の積分を繰り返し実施し、複素値 c の新たな値 c' を得る。複素数 c' は $c \lambda$ に等しいものでなければならない。固有値 λ は、これら 2 つの値の比をとることによって得られ、それ

50

により、センサ、又はアレイがどのくらい遠くまで移動されたかが判定される。これは、下記の式を使用して行うことが可能である。

【 0 0 8 7 】

【 数 1 8 】

$$\lambda = \exp(2\pi i(d_x f_x + d_y f_y)) \quad (18)$$

【 0 0 8 8 】

つまり、 λ の中には、 x 方向の動きと y 方向の動きの両方が混在している。もし x 方向の動きだけを純粋に抽出したい場合は、 $f_y = 0$ 、すなわち、 y 方向の変化なしを選択することで、 y の影響をなくすることができる。その場合、 λ 、すなわち式 18 は、下記のように短くなる。

【 0 0 8 9 】

【 数 1 9 】

$$\lambda = \exp(2\pi i(d_x f_x)). \quad (19)$$

【 0 0 9 0 】

ここで、 d_x は、計算された λ の値から簡単に導出することができる。

【 0 0 9 1 】

したがって、何らかの動きについて、その動きの x 成分を検出するためには、 $\phi(x, y)$ を $\exp(2\pi i x f_x)$ と等しくなるように選択する。すなわち、 $\phi(x, y) = \exp(2\pi i x f_x)$ である。

【 0 0 9 2 】

主信号、及び直交位相信号は、下記の式から算出することができる。

【 0 0 9 3 】

【 数 2 0 】

$$c \equiv c_r + ic_i = \iint S(x, y) \Re[\exp(-2\pi i(x f_x + \phi_0))] dx dy + i \iint S(x, y) \Im[\exp(-2\pi i(x f_x + \phi_0))] dx dy \quad (21)$$

【 0 0 9 4 】

次に、式 17、18、及び 19 を参照して上で説明したように、2回の連続した測定から固有値を算出し、 x 方向の移動距離を下記の式から算出する。

【 0 0 9 5 】

【 数 2 1 】

$$\lambda = \exp(2\pi i(d_x f_x)). \quad (22)$$

【 0 0 9 6 】

当然ながら、上記のアプローチは、 x （又は y ）方向に沿った動きだけでなく、任意の所望の方向に沿った一次元の動きの成分の検出にも一般化することができる。これを最も簡単に行う方法は、軸、又は方向 x が所望の方向に沿って延びるように座標回転を実施した後、その回転された座標系に上記の式をすべて適用することである。

【 0 0 9 7 】

次に、上記の積分を実際のハードウェアで実施する方法について説明する。センサ、又はアレイに衝突する利用可能な光子を最も有効に利用するためには、1に近いフィルファクタでアレイを均一に照明することが望ましい。つまり、アレイは、アレイ内の任意の位置 (x_i, y_i) にそれぞれ位置する多数の感光素子を有し、アレイ面積 B_i をカバーしようとする合計感光素子面積 A_i を有することになり、したがって、フィルファクタは比 A_i / B_i になる。アレイの動きを判定する際、感光素子の出力は最終的に、何らかの重み係数を付けて合算される。重み係数を正確に計算するために、例えば、 c_r が使用さ

10

20

30

40

50

れる。 c_r は、次のようなものであることが望ましい。

【 0 0 9 8 】

【 数 2 2 】

$$c_r = \sum_i \iint_{B_i} S(x, y) \Re \left[\exp \left(-2\pi i (x f_x + \varphi_0) \right) \right] dx dy. \quad (23)$$

【 0 0 9 9 】

ただし、上式をハードウェアで正確に実施することは不可能である。代わりに、各感光素子に重み係数 $w_{r,i}$ を与え、上式が、下記のような加重和になるようにする。

【 0 1 0 0 】

10

【 数 2 3 】

$$c_r = \sum_i w_{r,i} \iint_{A_i} S(x, y) dx dy. \quad (24)$$

【 0 1 0 1 】

式 (2 3) の形に最も近づけると、次のようになる。

【 0 1 0 2 】

【 数 2 4 】

$$c_r = \sum_i \frac{B_i}{A_i} \iint_{A_i} S(x, y) \Re \left[\exp \left(-2\pi i (x_i f_x + \varphi_0) \right) \right] dx dy, \quad (25) \quad 20$$

【 0 1 0 3 】

この式から、次のような重み係数の値が得られる。

【 0 1 0 4 】

【 数 2 5 】

$$w_{r,i} = \frac{B_i}{A_i} \Re \left[\exp \left(-2\pi i (x_i f_x + \varphi_0) \right) \right] = \frac{B_i}{A_i} \cos \left(-2\pi (x_i f_x + \varphi_0) \right) \quad (26)$$

【 0 1 0 5 】

同様に、虚数 (直角位相) 信号については、下記のようになる。

30

【 0 1 0 6 】

【 数 2 6 】

$$c_i = \sum_i w_{i,i} \iint_{A_i} S(x, y) dx dy \quad (27)$$

【 0 1 0 7 】

【 数 2 7 】

$$w_{i,i} = \frac{B_i}{A_i} \Im \left[\exp \left(-2\pi i (x_i f_x + \varphi_0) \right) \right] = \frac{B_i}{A_i} \sin \left(-2\pi (x_i f_x + \varphi_0) \right). \quad (28)$$

40

【 0 1 0 8 】

ただし、この式において、「 i 」は2つのものを表す。すなわち、最初の添え字は、それが c の虚数部に関するものであることを意味し、2番目の添え字は、感光素子の索引 (インデックス) である。

【 0 1 0 9 】

次に、上記の枠組みを使用して、任意の空間周波数において任意の二次元アレイを使用して任意の方向に沿った動きの一次元成分を検出することができる。なお、上記の例の中で、特定の二次元アレイや、特定の形の二次元アレイを前提としているものはない。ただし、幾らか望ましい特性を有する幾つかの二次元アレイは存在する。次に、そのような二次元アレイの詳細について以下で説明する。

50

【 0 1 1 0 】

アレイに関する方策

アレイの配置に取り入れることが可能な幾つかの異なる方策、又はアプローチがある。第1に、繰り返しになるが、少なくとも3回の一次元検出を実施することは有用である。少なくとも2回の一次元検出を利用して、動きの両方の成分を得ることが望ましい。ただし、スペックルは複雑であるため、何らかの固有関数が減衰し、信号損失が発生する場合がある。なお、信号が減衰した後でユーザが方向を変えた場合は、例えばカルマンフィルタリングのようなフィルタリング量から正しい動きを得ることは出来ない。したがって、減衰に対するある程度の耐性を得るためには、少なくとももう1つ信号を使用することが望ましい。また、更に良好なことに、余分な情報の処理に要する信号処理は比較的複雑であるが、二次元アレイを備えた、スペックルを利用した光センサを使用して実現される利点の一部は、それを相殺する。この冗長性を得る方法にはある程度の自由度があり、例えば、(i)空間的に離れた複数のアレイ(空間冗長性)の使用、(ii)所与の方向に対する異なる空間周波数の使用(空間周波数冗長性)、及び(iii)2つの異なる方向よりも多い多軸の使用(方向冗長性)などがある。(iii)の場合、計算されるモーション値は、もはや直交している必要はない。

10

【 0 1 1 1 】

単純化のために、下記の説明では、検出される任意の単一のモーション成分を「信号/直角位相対」(SQ-対)と呼ぶものとする。2以上のSQ-対を検出する場合、アレイ内の感光素子をどのように使うかに関する初期判断を行わなければならない。具体的には、アレイ内の素子は次のいずれかの形で接続することができる。(i)任意の所与の感光素子が、ただ1つのSQ-対を提供する。(ii)あらゆる感光素子からの信号を分割し、異なる重み係数を与え、任意の所与の感光素子があらゆるSQ-対を供給するようにする。あるいは(iii)(i)と(ii)の組み合わせ。このアプローチは、その一部に、電力割り当て量と、ICサイズ、すなわちチップサイズとの間のトレードオフを必要とする。なぜなら、すべてのSQ-対におけるすべての感光素子からの情報が必ずしも使用されない場合であっても、信号分割器やバッファがいずれもそれらを消費し、信号対雑音比(SNR)を低下させる可能性があるからである。

20

【 0 1 1 2 】

まず、純粋な一次元の動きを検出するための理想的な感光素子構成を検討する。二次元アレイの最適構成は、感光素子があらゆる場所において次のような重み係数を有する構成である。

30

【 0 1 1 3 】

【数28】

$$w_{r,i} = \frac{B_i}{A_i} \cos(-2\pi(x_i f_x + \varphi_0)) \quad (29)$$

【 0 1 1 4 】

【数29】

$$w_{i,i} = \frac{B_i}{A_i} \sin(-2\pi(x_i f_x + \varphi_0)) \quad (30)$$

40

【 0 1 1 5 】

これらの重み係数は y_i には全く依存しないため、垂直方向に列を成す感光素子は全て、全く同じ重み係数を有する。あるいは、垂直方向に列を成す全ての感光素子を単にまとめて1本に配線したり、背丈の高い細い感光素子を使用したりすることで、多数の同じ重み係数の使用を避けることもできる。この実施形態は、幅と同程度の高さを有する二次元アレイを使用して、一次元の動きに対して望ましい軸外性能を得るものである。

【 0 1 1 6 】

また、コサインとサインは交互にゼロになる。重み係数がゼロであれば、感光素子を浪

50

費する必要はない。したがって、感光素子を一周期の $1/4$ の間隔で配置すれば、主信号を得るための感光素子と直角位相信号を得るための感光素子がインタリーブされ、各感光素子は、単一の信号にしか影響を与えないことになる。したがって、一次元のモーション検出のための1つの好ましい二次元アレイは、多数の垂直ストライプを成すように配置された感光素子であり、信号は交互に、主信号か直角位相信号になる。また、感光素子のストライプは、必ずしも垂直方向に連続したものである必要はない。なぜなら、求められる固有関数は、 y 方向に連続しているからである。したがって、 y 方向における感光素子の並びを途切れさせることにより、 y 方向における固有関数をサンプリングすることができる。途切れの無い1つの列を成すように感光素子を作成するのではなく、1つおきに空きの行を残して、他の全ての感光素子を取り除いてもよい。次に、それらの空きの行を、垂直方向の動きを検出するように設計されたもう2組の感光素子で埋める。これが基本的に、図3A、及び図3Bを参照して上で説明した、 x 方向と y 方向の軸を有する対称二次元くし形アレイである。ただし、3以上の方向に軸を有する、同様のインタリーブ構成の二次元アレイを構築することも可能である。例えば、図9は、 120 度づつずらした軸904、906、及び908に沿って3つのSQ-対を生成するようにインタリーブ方式で配線された六角形アレイ902を示している。

10

20

30

40

50

【0117】

図9を参照すると、六角形の感光素子904のグリッドが、3つの異なる軸904、906、908に沿って一次元の動きを生成するように配線されている。同相信号を検出するための各軸に関連する感光素子904は、同じ符号1、2又は3で示されている。直角位相信号を検出するための感光素子904の1つ置きに行は、同様の符号1'、2'、及び3'で示されている。各軸904、906、908に沿って配置された感光素子からの同相信号、及び直角位相信号は、配線により合算され、同相信号を示す符号(+)と直角位相信号を示す符号(-)を交互に有している。

【0118】

感光素子のならびに途切れのあるアレイの1つの弱点は、その信号がサンプリングされることよって発生する。したがって、エイリアシングの影響を受けやすい。特に、途切れのあるアレイは、感光素子の基本周期の倍数の空間周波数をとることがある。

【0119】

エイリアシングの影響は、全ての感光素子からの信号を使用することによって低減することができ、すなわち、各素子の出力を分割し、あらゆる一次元SQ-対にコピーを送ることによって低減することができる。その結果、サンプリングレートが向上し(1行中の素子を1つおきや2つおきに使用するのではなく、全ての感光素子が使用されるため)、また、より滑らかなサンプリング関数の使用も意味する(サンプリング関数が、一連のデルタ関数ではなく、比較的高次の高調波を抑制するステップ関数を含む場合があるため)。いずれにしても、例えば、織布やパターンのある表面からの光学パターンのように、光学パターンが強い周期性をもつ場合、交絡するエイリアスの影響が期待される。

【0120】

エイリアスの影響を低減する方法は、全く周期性のないアレイを使用することであり、特に、どのような空間周波数のときにも強いピークを持たないアレイを使用することである。これを得るためには、擬似ランダム分布の感光素子を使用して、周期性をなくすか、又は、周期性のない規則的パターンを使用する。そのような非周期性アレイでは、全ての感光素子からの出力を使用することが望ましい。なぜなら、低コスト、又はコストなしで素子の組をインタリーブすることが可能な偶発的ゼロは無いからである。

【0121】

特に興味深い非周期的パターンは、いわゆる葉序アレイ、すなわち「ヒマワリ」アレイである。このアレイは、次のような幾つかの優れた特性を有する。このアレイは、黄金比に基づく。黄金比とは、あらゆる数値の中で最も不合理な数であり、スペクトル中の最も高次の高調波を最小化することを意味する。このアレイは、生成が非常に簡単でもある。極座標において第 j のポイントは、次の位置にある。

【 0 1 2 2 】

【 数 3 0 】

$$(\rho_j, \phi_j) = \left(C\sqrt{j}, \frac{2\pi j}{\Phi} \right) \quad (31)$$

【 0 1 2 3 】

ただしΦは黄金比、1.618・・・である。200個の素子200を備えた葉序アレイ1002のドットパターンの一実施形態を図10に示す。

【 0 1 2 4 】

このアレイを使用する場合、最適な感光素子サイズは、感光素子の中心に対するポロノイ図（ウィグナー・ザイツ・セル）である。したがって、アレイ1104に関する感光素子パターン1102は、図11に示すように見える。

【 0 1 2 5 】

このような葉序アレイ1102は、フーリエスペクトルにおいて強いピークを何も持たないが、概ね平均的な感光素子サイズ1004を有する。したがって、このアレイは、パターンを有する表面に対して使用したときに、エイリアシングを受けにくい。上記の座標から計算された重み係数を使用することで、この1つのアレイから任意数の一次元S-Q対を抽出することが可能である。

【 0 1 2 6 】

図9に示したような3軸の二次元アレイに対して生じる制限は、任意の一本の軸について、モーションの各軸に対して影響を与える感光素子の分布が、比較的まばらである点である。上で説明した二次元くし形アレイの望ましい特徴は、感光素子のグループ和を適切にとったときに、各素子が、モーションの2つの軸の両方に影響を与えるように作成され、各素子に対して個別に重み係数を与える必要がないことである。これは、チップ表面積や電力消費の点で高くつく。したがって、各感光素子があらゆる軸からのモーション信号に影響を与えるような多軸二次元アレイであることが望ましい。

【 0 1 2 7 】

特に、この概念は、図9で説明したものと同様の3軸アレイにも適用することができる。この3軸アレイでは、各感光素子が、モーションの3つの軸全てに影響を与えるが、それでも、素子のグループ、すなわち行の和をとった後に、少数の重み係数が適用される。したがって、この実施形態は、上で説明した二次元くし形アレイに類似する3軸アレイである。

【 0 1 2 8 】

図12は、3軸モーション検出用に配線された六角形アレイ1202の概略図である。

【 0 1 2 9 】

図12において、各六角形は、フォトダイオードのような単一の感光素子1204を表している。アレイ1202内の各感光素子1204は、信号線1206、1208、及び1210の3つのグループのそれぞれにおける少なくとも一本の信号線に接続され、信号線に対して垂直な方向における動きを検出する。つまり、垂直な向きの信号線1206は、水平モーション検出するためのものである。なお、信号線1206、1208、及び1210のグループにおける各ラインは、実線パターンか、又は破線パターンのように見える。実線は、グループの主信号線、すなわち同相信号線であり、破線は、直交位相信号線のものである。符号+と-は、+1と-1の重み係数をそれぞれ示している。

【 0 1 3 0 】

ラインと交差する感光素子1204は、その素子が、そのラインによってエンコードされる信号に影響を与えることを意味する。図示の実施形態では、全ての感光素子1204が、3つの異なるグループの信号線1206、1208、及び1210に関連する3本のラインに交差している。これは、各素子が、3つの軸のそれぞれの信号に影響を与えることを意味する。例えば、六角形アレイ1202の一番上にある感光素子1204は、重み係数-1を有する信号線1206のグループの主信号に影響を与え、重み係数+1を有す

10

20

30

40

50

る信号線 1 2 0 8 のグループの主信号に影響を与え、重み係数 + 1 を有する信号線 1 2 1 0 のグループの主信号に影響を与える。すぐ右下にある感光素子は、重み係数 - 1 を有する信号線 1 2 0 6 のグループの直角位相信号に影響を与え、重み係数 + 1 を有する信号線 1 2 0 8 のグループの直角位相信号に影響を与え、重み係数 + 1 を有する信号線 1 2 1 0 のグループの主信号に影響を与える。以下同様である。

【 0 1 3 1 】

原理的には、3つの軸と、2つの重み係数をそれぞれ有する2種類の信号とを使用した場合、素子が各軸に影響を与える際に、64種類の組み合わせがあるかのように見える。しかしながら、実際には、一部の組み合わせは起こりえないため、16種類の組み合わせしか起こりえない。これは、パターン全体が周期的であり、太い黒い線が、その周期的パターンの単位セル 1 2 1 2 の外形を囲み、その単位セル内に16個の素子しか存在しないことから分かる。したがって、感光素子 1 2 0 4 は基本的に16種類の異なる「特性」しかもたず、各素子の特性は、3つの軸のそれぞれに適用される重み係数と、その素子がその軸の主信号に関するものであるか直角位相信号に関するものであるかによって決まる。(なお、大きな黒いドットは、同じ特性の感光素子であること、すなわち、各軸に対して同じ影響を与えるものであることを示している。)したがって、配線方式としては、所与の特性の感光素子 1 2 0 4 が全て1つに配線され、16種類の信号が生成される。各特性からの信号は、3つの方法で分割することができ、3つの信号のそれぞれに適した重み係数を適用した後、3つの軸のそれぞれについて、出力信号は、主信号、及び直角位相信号として結合される。

【 0 1 3 2 】

上記の実施形態によれば、3軸の情報の取得が可能となり、それらを結合することで、いずれか一本の軸における減衰に対する耐性が得られ、3つの軸全てにおいて各感光素子 1 2 0 4 を使用することができ、従来のスペックルを利用した光センサに使用されるアレイに比べて、良好な S N R が得られ、また、エイリアスに対する優れた耐性が得られる。

【 0 1 3 3 】

また、上記のアプローチは、感光素子の正方形アレイに適用し、アレイにおける異なる空間周波数の使用の考え方を利用することにより、4軸の情報を得ることも可能である。特に、図 3 A や図 3 B のものと同様に、4本の軸は、正方形の二次元アレイから導出することができ、事実上、感光素子に対する接続を増やすことによって導出することができる。この実施形態について、図 1 3 を参照して説明する。

【 0 1 3 4 】

図 1 3 は、4軸モーション検出の場合の、正方形の二次元アレイ 1 3 0 2 とその配線を示す図である。感光素子 1 3 0 4 の接続は、図 1 2 を参照して説明したものと同様であるが、ここでは4つの方向が存在するため、各感光素子は、4つの方向のそれぞれにおいて主信号(同相信号)と直角位相信号のいずれかに影響を与える。第1グループの信号線 1 3 0 6 は、水平方向における動きを検出するために全ての感光素子に接続される。第2グループの信号線 1 3 0 8 は、垂直方向の動きを検出するように接続され、第3グループの信号線 1 3 1 0 は、垂直から - 45度の向きにおける動きを検出するように接続され、第4グループの信号線 1 3 1 2 は、垂直から + 45度の向きにおける動きを検出するように接続される。なお、信号線 1 3 1 0 のグループに属する信号線と信号線 1 3 1 2 のグループに属する信号線との間の間隔は、信号線 1 3 0 6 のグループに属する信号線と信号線 1 3 0 8 に属する信号線との間の間隔に比べて短い。これは、それらが、信号線 1 3 0 6 や 1 3 0 8 のグループとは異なり、より高い周波数を検出することを示している。この場合も、信号線 1 3 0 6、1 3 0 8、1 3 1 0、及び 1 3 1 2 のグループに属する信号線はそれぞれ、実線パターン、又は破線パターンのように見える。実線は、グループの主信号線、すなわち同相信号線であり、破線は、直角位相信号線のものである。符号 + と - は、+ 1 と - 1 の重み係数を示している。

【 0 1 3 5 】

太い黒の実線が、周期的パターンの単位セル 1 3 1 4 の外側を囲み、単位セルの中には

、16個の感光素子がある。したがって、感光素子1304は、基本的に16種類の異なる「特性」を有し、各素子の特性は、各軸に適用される重み係数と、その素子とその軸の主信号線に関係するものであるか、直角位相信号線に関係するものであるかによって決まる。この場合も、大きな黒いドットは、同じ特性の感光素子であるか、又は各軸に対して同じ影響が加えられることを意味する。単一の特性の感光素子を全て結合した後、各特性からの信号は、適当な重み係数を使用して4つの方向に分割され、4つの軸のそれぞれについて、主信号、及び直角位相信号にルーティングされる。

【0136】

なお、この概念は、複数の周期的グリッドをアレイ上で重ね合わせることにより、任意の周期性アレイに一般化することができる。例えば、各計算において全ての検出器を使用し、個々の重み係数を追加することなく、複数の方向ベクトルを抽出することができる。また、アレイ内の他の周期性に基づいて、このアレイに更に方向を追加することもできる。ただし、当然ながら、セルの特性の数は大きく跳ね上がる。

【0137】

まとめると、二次元アレイ上の明暗パターンを使用して二次元の変位を測定する方法、及び、該アレイの種々の実施形態について説明した。一般に、この方法は、所与の変位測定にとって主に重要とされる所与の空間周波数の単純な信号処理が可能となるような仕方で接続されたピクセル、又は感光素子の二次元アレイを使用する。種々の実施形態のピクセル接続方式を使用することにより、異なる（又は複数の）空間周波数の処理が可能となる。この方法によれば、二次元相関デバイスに比べて、信号処理電子機器に必要とされる消費電力の少ない二次元スペックルを利用した変位測定が可能となり、かつ、線形の一次元くし形アレイを使用する従来のデバイスにおけるような測定精度の妥協は必要とされない。

【0138】

本発明の特定の実施形態、及び例に関する上記の説明は、図示説明の目的で提供するものであり、それによって本発明が制限されるものと解釈してはならない。それらは、本発明の形態を網羅的に示すためのものでも、本発明を開示した形態に厳密に制限するためのものでもない。上記の教示に照らして、本発明の範囲内において多数の変更、改良、及び改変が可能である。本発明の範囲は、本明細書に開示されるような一般的範囲を含み、以下に添付する特許請求の範囲、及びその均等によって規定されることを意図している。

【図面の簡単な説明】

【0139】

【図1】（従来技術）。一周期あたり4つの感光素子で構成された線形一次元（1D）くし形アレイと、関連コサインテンプレート、及びサインテンプレートとを示す略ブロック図である。

【図2A】本発明の一実施形態による二次元（2D）くし形アレイに対するコサイン・サイン割り当てを示すマトリクスである。

【図2B】本発明の一実施形態による二次元（2D）くし形アレイに対するコサイン・サイン割り当てを示すマトリクスである。

【図2C】本発明の一実施形態による二次元（2D）くし形アレイに対するコサイン・サイン割り当てを示すマトリクスである。

【図2D】本発明の一実施形態による二次元（2D）くし形アレイに対するコサイン・サイン割り当てを示すマトリクスである。

【図3A】図2A～図2Dのマトリクスから構成された二次元くし形アレイの略ブロック図であり、本発明の一実施形態にしたがって1セルあたり4×4ピクセルの構成を成すようにグループ化された感光素子を有している。

【図3B】図2A～図2Dのマトリクスから構成された二次元くし形アレイの略ブロック図であり、本発明の一実施形態にしたがって1セルあたり4×4ピクセルの構成を成すようにグループ化された感光素子を有している。

【図4A】本発明の一実施形態による二次元くし形アレイを備えた2つの直交する線形（

すなわち、 $1D \times 1D$) くし形アレイを比較する図である。

【図 4 B】本発明の一実施形態による二次元くし形アレイを備えた 2 つの直交する線形 (すなわち、 $1D \times 1D$) くし形アレイを比較する図である。

【図 5】本発明の一実施形態によるスペックルを利用した二次元くし形アレイを有する光ナビゲーションシステムの略ブロック図である。

【図 6 A】本発明の一実施形態による二次元くし形アレイを有する光ナビゲーションシステムに関する、種々の表面の上における種々の速度の円形軌道と、システムの実際の動きとを対比するグラフである。

【図 6 B】本発明の一実施形態による二次元くし形アレイを有する光ナビゲーションシステムに関する、種々の表面の上における種々の速度の円形軌道と、システムの実際の動きとを対比するグラフである。

【図 7】本発明の一実施形態による、1セルあたり 6×6 素子の構成でグループ化された感光素子を有する二次元くし形アレイを示す略ブロック図である。

【図 8】本発明の一実施形態による、複数の象限に配置された二次元くし形アレイを有する光センサを示す略ブロック図である。

【図 9】本発明の他の実施形態による、3つの異なる軸に沿って一次元動作を検出するように配線された六角形感光素子の二次元アレイを有する光センサの略ブロック図である。

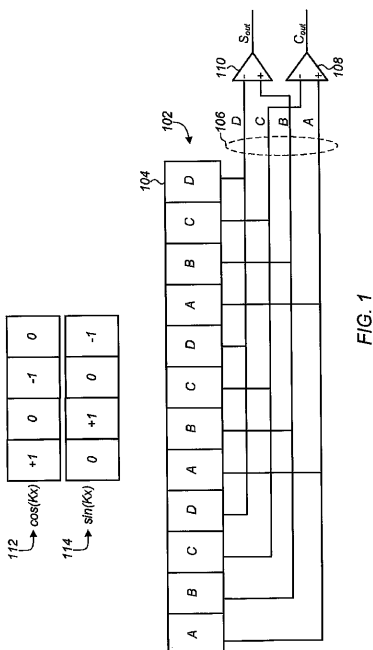
【図 10】本発明の更に別の実施形態による、感光素子の非周期的葉序アレイのドットパターンを示す図である。

【図 11】図 10 の葉序アレイの感光素子パターンを示すボロノイ図である。

【図 12】本発明の他の実施形態による六角形感光素子の六角形二次元アレイを有する光センサを示す略ブロック図である。

【図 13】本発明の一実施形態による、4軸モーション検出のために配線された正方形二次元アレイを有する光センサを示す略ブロック図である。

【図 1】



【図 2 B】

$$\begin{bmatrix} +1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \cos(K_x x) \sin(K_y y) \\ 0 & +1 & 0 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & +1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & +1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

FIG. 2B

【図 2 C】

$$\begin{bmatrix} 0 \\ +1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \sin(K_x x) \cos(K_y y) \\ +1 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ +1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & +1 & 0 \end{bmatrix}$$

FIG. 2C

【図 2 D】

$$\begin{bmatrix} 0 \\ +1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \sin(K_x x) \sin(K_y y) \\ 0 & +1 & 0 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & +1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & +1 \end{bmatrix}$$

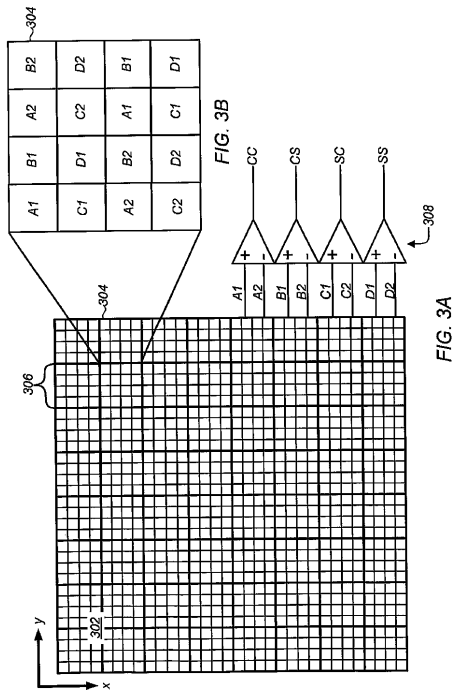
FIG. 2D

【図 2 A】

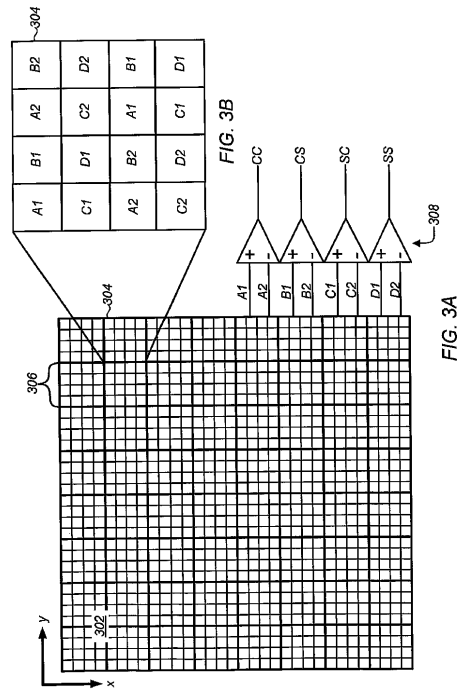
$$\begin{bmatrix} +1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \cos(K_x x) \cos(K_y y) \\ +1 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & +1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

FIG. 2A

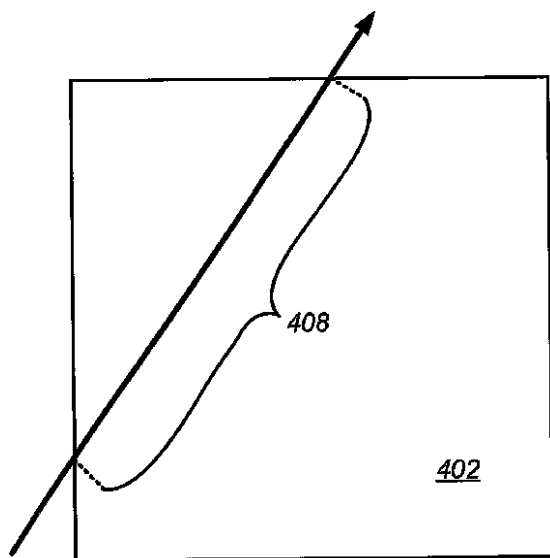
【図 3 A】



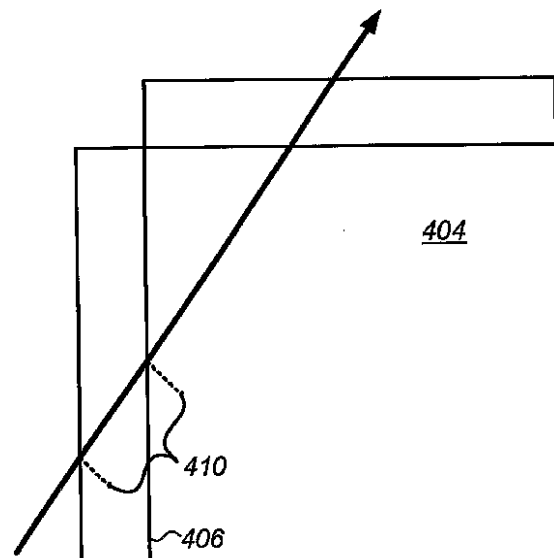
【図 3 B】



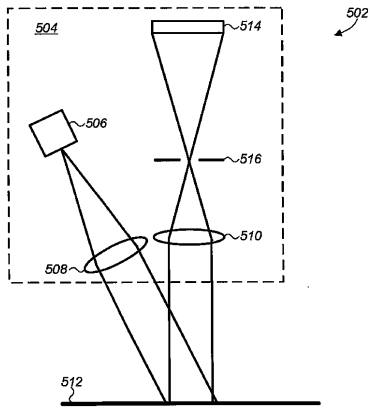
【図 4 A】



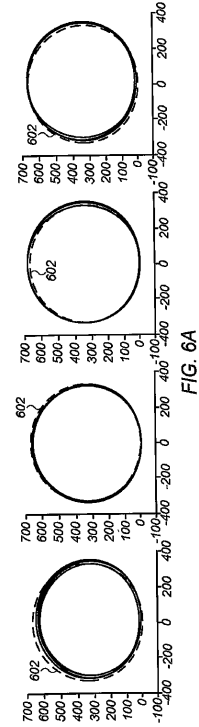
【図 4 B】



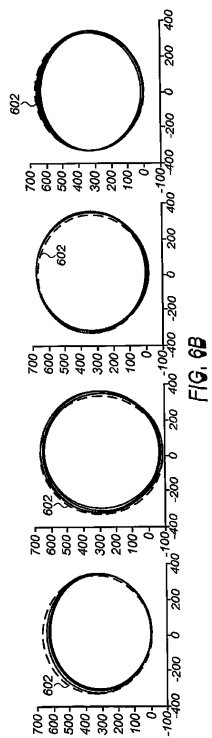
【図 5】



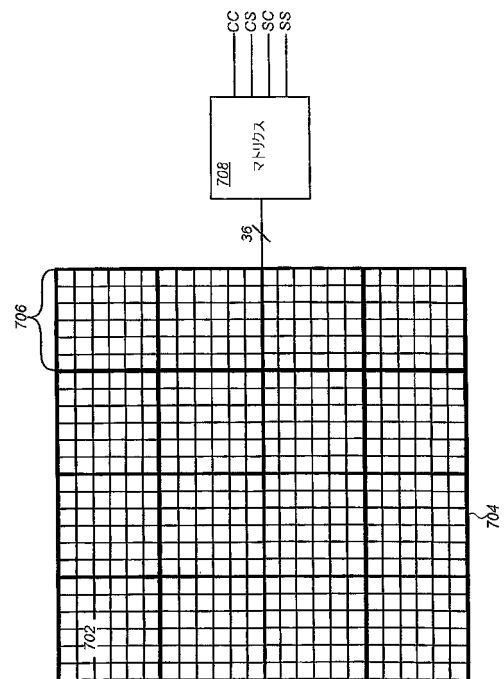
【図 6 A】



【図 6 B】



【図 7】



【図 13】

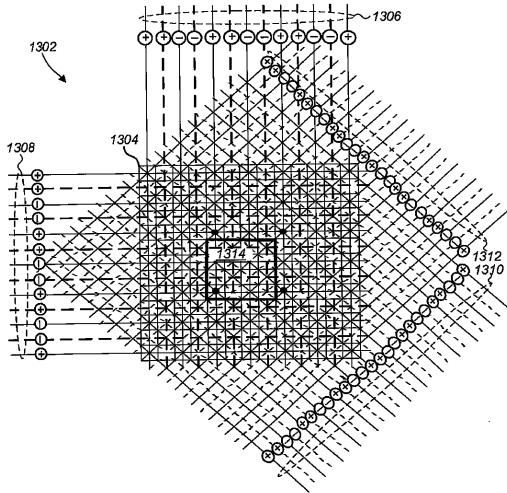


FIG. 13

【手続補正書】

【提出日】平成19年7月11日(2007.7.11)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光センサと表面との間の相対運動を前記表面から反射された光の光学的特徴の変化を検出することによって検出する光センサであって、該光センサが、感光素子の二次元(2D)くし形アレイを含み、該アレイが、少なくとも2本の非平行な第1組の軸に沿った第1の合成運動を検出するように配置され、接続された第1の複数の感光素子と、少なくとも2本の非平行な第2組の軸に沿った第2の合成運動を検出するように配置され、接続された第2の複数の感光素子とを少なくとも含み、

前記第1の複数の感光素子と前記第2の複数の感光素子が、規則正しい間隔で配置され、前記二次元くし形アレイの少なくとも1つのディメンションにおいて周期性を有し、

前記光センサが、前記表面から反射されたコヒーレント光源からの光によって生成される複雑な干渉パターンの変化に基づいて運動を検出するように構成された、スペックルを利用するセンサである、光センサ。

【請求項 2】

前記第1の複数の感光素子は、少なくとも2本の非平行な第1組の軸に沿って周期的に配置され、前記第2の複数の感光素子は、少なくとも2本の非平行な第2組の軸に沿って周期的に配置される、請求項1に記載の光センサ。

【請求項 3】

前記第 1 の複数の感光素子と前記第 2 の複数の感光素子は、規則正しい間隔で配置され、前記アレイの 2 つのディメンションにおいて周期性を有する、請求項 1 に記載の光センサ。

【請求項 4】

光センサと表面との間の相対運動を前記表面から反射された光の光学的特徴の変化を検出することによって検出する光センサであって、該光センサが、感光素子の二次元（2D）アレイを含み、該アレイが、少なくとも 2 本の非平行な第 1 組の軸に沿った第 1 の合成運動を検出するように配置され、接続された第 1 の複数の感光素子と、少なくとも 2 本の非平行な第 2 組の軸に沿った第 2 の合成運動を検出するように配置され、接続された第 2 の複数の感光素子とを少なくとも含み、

前記アレイは非周期性アレイであり、前記第 1 の複数の感光素子と前記第 2 の複数の感光素子は規則正しい間隔で配置されるが、周期的ではない、光センサ。

【請求項 5】

光センサと表面との間の相対運動を前記表面から反射された光の光学的特徴の変化を検出することによって検出する光センサであって、該光センサが、感光素子の二次元（2D）アレイを含み、該アレイが、少なくとも 2 本の非平行な第 1 組の軸に沿った第 1 の合成運動を検出するように配置され、接続された第 1 の複数の感光素子と、少なくとも 2 本の非平行な第 2 組の軸に沿った第 2 の合成運動を検出するように配置された、接続された第 2 の複数の感光素子とを少なくとも含み、

前記アレイは準周期性アレイであり、前記第 1 の複数の感光素子と前記第 2 の複数の感光素子は規則正しい間隔で配置され、かつ準周期的である、光センサ。

【請求項 6】

光センサと表面との間の相対運動を前記表面から反射された光の光学的特徴の変化を検出することによって検出する光センサであって、該光センサが、感光素子の二次元（2D）アレイを含み、該アレイが、少なくとも 2 本の非平行な第 1 組の軸に沿った第 1 の合成運動を検出するように配置され、接続された第 1 の複数の感光素子と、少なくとも 2 本の非平行な第 2 組の軸に沿った第 2 の合成運動を検出するように配置され、接続された第 2 の複数の感光素子とを少なくとも含み、

前記第 1 の複数の感光素子と前記第 2 の複数の感光素子が、前記少なくとも 2 本の非平行な第 1 組の軸と前記少なくとも 2 本の非平行な第 2 組の軸の両方に沿った運動を検出するように配置された少なくとも 1 つの共用感光素子を含む、光センサ。

【請求項 7】

データ入力装置において使用され、表面から反射された光の光学的特徴の変化を検出することによって前記表面に対するデータ入力装置の変位を検出する光ナビゲーションシステムであって、

前記表面の一部を照明する照明器と、

前記表面の照明された部分を光センサに写像する撮像光学部品と

を含み、前記光センサは、前記表面から反射されたコヒーレント光源からの光により生成された複雑な干渉パターンの変化に基づいて運動を検出するように構成された、スペックルを利用するセンサであり、

前記光センサは、感光素子の二次元（2D）くし形アレイを含み、該アレイは、少なくとも 2 本の非平行な第 1 組の軸に沿った第 1 の合成運動を検出するように配置され、接続された第 1 の複数の感光素子と、少なくとも 2 本の非平行な第 2 組の軸に沿った第 2 の合成運動を検出するように配置され、接続された第 2 の複数の感光素子とを少なくとも含み、

前記第 1 の複数の感光素子と前記第 2 の複数の感光素子は、規則正しい間隔で配置され、前記二次元アレイの少なくとも 1 つのディメンションにおいて周期性を有する、光ナビゲーションシステム。

【請求項 8】

前記第 1 の複数の感光素子は、前記少なくとも 2 本の非平行な第 1 組の軸に沿って周期

的に配置され、前記第 2 の複数の感光素子は、前記少なくとも 2 本の非平行な第 2 組の軸に沿って周期的に配置される、請求項 7 に記載の光ナビゲーションシステム。

【請求項 9】

前記第 1 の複数の感光素子の出力を第 1 の同相信号、及び第 1 の直角位相信号に結合するとともに、前記第 2 の複数の感光素子の出力を第 2 の同相信号、及び第 2 の直角位相信号に結合するフロントエンド回路を更に含む、請求項 7 に記載の光ナビゲーションシステム。

【請求項 10】

前記フロントエンド回路は、前記出力に重み付けをし、該重み付けされた出力を前記同相信号、及び前記直角位相信号に加算する手段を更に含む、請求項 9 に記載の光ナビゲーションシステム。

【請求項 11】

前記撮像光学部品は、動作検出中に前記スペックルパターンの完全性を維持するとともに、前記スペックルパターンの平均サイズを前記くし形アレイの周期に一致させるためのテレセントリック撮像を提供するように構成された開口部を有する、請求項 7 に記載の光ナビゲーションシステム。

【請求項 12】

前記照明器は、前記データ入力装置の前記表面からの持ち上げ動作を検出できるように、所定の入射角で前記表面の一部を照明するように構成される、請求項 7 に記載の光ナビゲーションシステム。

【請求項 13】

スペックルを利用した光センサの表面に対する二次元（2D）変位を検出する方法であって、前記光センサが、感光素子の二次元（2D）くし形アレイを含み、該アレイが、第 1 の複数の感光素子と第 2 の複数の感光素子とを含み、前記第 1 の複数の感光素子と前記第 2 の複数の感光素子が、規則正しい間隔で配置され、前記二次元アレイの少なくとも 1 つのディメンションにおいて周期性を有するものにおいて、

前記表面の一部を照明するステップと、

前記表面の照明された部分を前記アレイに写像するステップと、

前記第 1 の複数の感光素子を使用して、少なくとも 2 本の非平行な第 1 組の軸に沿った第 1 の合成運動を検出するステップと、

前記第 2 の複数の感光素子を使用して、少なくとも 2 本の非平行な第 2 組の軸に沿った第 2 の合成運動を検出するステップと

を含み、前記少なくとも 2 本の非平行な第 1 組の軸に沿った運動を検出するステップ、及び前記少なくとも 2 本の非平行な第 2 組の軸に沿った運動を検出するステップは、前記表面から反射されたコヒーレント光源からの光によって生成される複雑な干渉パターンの変化に基づいて運動を検出するステップを含む、方法。

【請求項 14】

前記少なくとも 2 本の非平行な第 1 組の軸に沿った運動を検出するステップ、及び前記少なくとも 2 本の非平行な第 2 組の軸に沿った運動を検出するステップは、前記第 1 の複数の感光素子の出力を第 1 の同相信号、及び第 1 の直角位相信号に結合するとともに、前記第 2 の複数の感光素子の出力を第 2 の同相信号、及び第 2 の直角位相信号に結合するステップを更に含む、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

前記少なくとも 2 本の非平行な第 1 組の軸に沿った運動を検出するステップ、及び前記少なくとも 2 本の非平行な第 2 組の軸に沿った運動を検出するステップは、前記出力に重みを付け、該重み付けされた出力を前記第 1、及び第 2 の同相信号、及び直角位相信号に加算するステップを更に含む、請求項 14 に記載の方法。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US05/39189

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC: H01J 40/14(2006.01);G09G 5/08(2006.01) USPC: 250/221;345/166 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 250/221, 222.1; 345/156, 163, 166, 175 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched NONE Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Please See Continuation Sheet		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6,057,540 A (GORDON et al) 2 May 2000 (02.05.2000), column.5, lines 26-47.	1-20
A	US 5,825,044 A (ALLEN et al) 20 October 1998 (20.10.1998), column 7, lines 56-67, and column 11, line 6-column 12, line 57.	1-20
X	US 5,288,993 A (BIDIVILLE et al) 22 February 1994 (22.02.1994), column 6, lines 36-40, and col.7, lines 21-46.	1-4, 9, 10, 14-17
A		5-8, 11-13, 18-20
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority 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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 21 May 2006 (21.05.2006)		Date of mailing of the international search report 07 JUL 2006
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (571) 273-3201		Authorized officer <i>Kevin Pyo</i> Kevin Pyo Telephone No. 703-308-0956

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US05/39189

Continuation of B. FIELDS SEARCHED Item 3:

EAST

search terms: computer, data, input, devcie, correlat\$3, comb\$1-array, two dimension\$2,

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, 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, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 トリスナディ, ジャージャ, アイ

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 5 0 1 4, クパティーノ, マクレラン・ロード・2 1 7 5 7

(72)発明者 カーリスル, クリントン, ビー

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 4 3 0 6, パロアルト, ミランダ・グリーン・8 4 0

(72)発明者 ラン, ロバート, ジェイ

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 4 5 0 7, アラモ, フォレスト・レーン・8 9 9

F ターム(参考) 2F065 AA03 AA20 DD02 FF04 FF56 GG06 GG18 JJ02 JJ03 JJ18

JJ25 JJ26 LL04 LL59 QQ13 QQ16 QQ29 QQ31 QQ38 UU05

5B087 AA02 BB08 BB21