

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2006年5月11日 (11.05.2006)

PCT

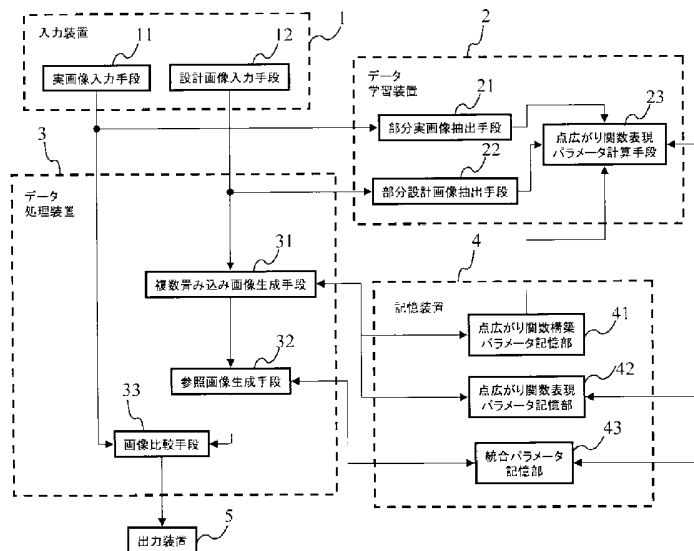
(10) 国際公開番号  
WO 2006/049243 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01N 21/956 (2006.01) G06T 1/00 (2006.01)  
G01B 11/30 (2006.01) H01L 21/027 (2006.01)  
G03F 1/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/020282
- (22) 国際出願日: 2005年11月4日 (04.11.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2004-322200 2004年11月5日 (05.11.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080014 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 宮野 博義 (MIYANO, Hiroyoshi) [JP/JP]; 〒1080014 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 山下 穰平 (YAMASHITA, Johei); 〒1050001 東京都港区虎ノ門五丁目13番1号虎ノ門4 O M Tビル 山下国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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),

[続葉有]

(54) Title: PATTERN TESTING APPARATUS, PATTERN TESTING METHOD, AND PATTERN TESTING PROGRAM

(54) 発明の名称: パターン検査装置、パターン検査方法及びパターン検査プログラム



- 1... ENTERING APPARATUS  
11... REAL IMAGE ENTERING MEANS  
12... DESIGN IMAGE ENTERING MEANS  
2... DATA LEARNING APPARATUS  
21... PARTIAL REAL IMAGE EXTRACTING MEANS  
22... PARTIAL DESIGN IMAGE EXTRACTING MEANS  
23... POINT SPREAD FUNCTION EXPRESSING PARAMETER CALCULATING MEANS  
3... DATA PROCESSING APPARATUS  
31... MULTIPLE CONVOLUTION IMAGE GENERATING MEANS  
32... REFERENCE IMAGE GENERATING MEANS  
33... IMAGE COMPARING MEANS  
5... OUTPUT APPARATUS  
4... STORING APPARATUS  
41... POINT SPREAD FUNCTION CONSTRUCTING PARAMETER STORING PART  
42... POINT SPREAD FUNCTION EXPRESSING PARAMETER STORING PART  
43... INTEGRATED PARAMETER STORING PART

(57) Abstract: A defect test having a possible high precision is achieved by producing, from captured images and design data, reference images in which aging of blur has been reflected. There are included a point spread function estimating part (23) for estimating a point spread function from an observed image and design information; a convolution image generating part (31) for generating a convolution image through a convolution of the point spread function to the design information; a reference image generating part (32) for generating a reference image from the convolution image obtained by the convolution image; and an image comparing part (33) for comparing the observed image with the reference image so as to detect a defect of the pattern.

(57) 要約: 採取画像と設計データからぼけの経時変化を反映させた参照画像を作成することで推定高精度な欠陥検査を実現することを目的とする。観測画像と設計情報から点広がり関数を推定する点広がり関数推定部23と、前記設計情報に対して前記点広がり関数を畳み込むことによって畳み込み画像を生成する畳み込み画像生成部31と、前記畳み込み画像生成部で得られた前記畳み込み画像から参照画像を生成する参照画像生成部32と、観測画像と参照画像とを比較する

ることによりパターンの欠陥を検出する画像比較部33とを備える。



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

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

パターン検査装置、パターン検査方法及びパターン検査プログラム  
技術分野

[0001] 本発明は半導体集積回路の製造に用いられるパターン等を検査するためのパターン検査装置、パターン検査方法及びパターン検査プログラムに関し、特に、光学系の経時変化に強いパターン検査装置、パターン検査方法及びパターン検査プログラムに関する。

## 背景技術

[0002] レティクル、フォトマスクといった半導体集積回路の製造に用いられるマスクのパターン検査は、近年のパターンの微細化要請に伴って、よりいっそうの高度な精度が求められている。

[0003] 一般に、パターン検査は、マスクにレーザー光や荷電粒子ビームを照射することで採取される実画像と、対応する箇所の設計データから計算によって作成される参照画像を作成し、実画像と参照画像を比較して一致していない箇所を見つけることで行われる。

[0004] 高精度な欠陥検査を実現するためには、欠陥ではない箇所では実画像上のパターンとそれに対応した参照画像上のパターンが正確に一致している必要がある。

[0005] そのためには設計データで作成されるマスクが光学系を通して観測されるときに発生する、画像のぼけをシミュレーションによって再現しなければならない。

[0006] 以下ではマスクが表す複素透過率画像を $E(x, y)$ と定義する。

[0007] シミュレーションにおいて、光学系を通した場合の像強度分布を $I(x, y)$ と定義する。

[0008] 像強度分布 $I(x, y)$ は、光学系がコヒーレント結合系、あるいはインコヒーレント結合系の場合は、例えば非特許文献1などに記述されているように、インパルス応答を $K(x, y)$ と定義し、畳み込み演算を $*$ で表現すれば、

[0009] コヒーレント結像系の場合は、

[数1]

$$I(x, y) = |E * K|^2 \quad \dots (1)$$

インコヒーレント結像系の場合は、

[数2]

$$I(x, y) = |E|^2 * |K|^2 \quad \dots (2)$$

とどちらも畳み込み演算を用いて求めることができる。

[0010] ここで、インパルス応答Kは、具体的にはレンズの瞳関数や波面収差の値から求めることができる量である。

[0011] 部分コヒーレント結像系では、例えば非特許文献2にも書かれるように、像強度分布はHopkinsの積分表現

[数3]

$$I(x, y) = \iiint E(x', y') E^*(\tilde{x}, \tilde{y}) J(x' - \tilde{x}, y' - \tilde{y}) K(x - x', y - y') K^*(x - \tilde{x}, y - \tilde{y}) dx' dy' d\tilde{x} d\tilde{y}$$

で表現される。ただしJはmutual intensity functionと呼ばれる関数であり、対物レンズとコンデンサレンズの瞳関数から求められる。コヒーレント結像の場合はJ=1となり、インコヒーレント結像の場合はJ=δ(x, y)とディラックのデルタ関数になる。

[0012] マスクを表す複素透過率画像に対して、Hopkinsの積分やその実践的方法であるM. Yeungの方法を用いて像強度分布を算出するという方法については、例えば特許文献1に記述されている。

[0013] しかし、Hopkinsの積分表現やM. Yeungの方法では処理が重くて計算が大変であるという弱点があり、実用時間で欠陥検査を行う必要がある欠陥検査装置には向いていない方法である。

[0014] そこで、Hopkinsの積分計算を畳み込み演算で近似するという試みもなされている。

[0015] 例えば、非特許文献2では、Kをレンズの瞳関数や波面収差から算出されるインパルス応答とし、μ及びfをそれぞれ、

[数4]

$$\mu(\tilde{x}, \tilde{y}) = \frac{J(\tilde{x}, \tilde{y})}{J(0,0)} \quad \dots (3)$$

[数5]

$$f(x-x', y-y') = \frac{\iint |K(x-x'-\tilde{x}, y-y'-\tilde{y})|^2 \mu(\tilde{x}, \tilde{y}) d\tilde{x} d\tilde{y}}{\iint |K(x-x'-\tilde{x}, y-y'-\tilde{y})|^2 d\tilde{x} d\tilde{y}} \quad \dots (4)$$

と定義した場合、2つの点広がり関数 $K_c$ 、 $K_i$ を

[数6]

$$K_c = f^{1/2} K$$

$$K_i = (1-f)^{1/2} K$$

のように計算して、像強度分布を、 $K_c$ と $K_i$ を用いて計算式

[数7]

$$I(x, y) = |E * K_c|^2 + |E|^2 * |K_i|^2 \quad \dots (5)$$

のように計算する方法を示した。

[0016] コヒーレント結像系の場合は $J=1$ となるので、それを式(3)に代入することで $\mu=1$ が得られ、それを式(4)に代入することで $f=1$ が得られる。よって最終的に式(5)は式(1)に一致する。またインコヒーレント結像系の場合は $J=\delta(x, y)$ となるので、それを式(3)に代入することで $\mu=0$ が得られ、それを式(4)に代入することで $f=0$ が得られる。よって最終的に式(5)は式(2)に一致する。すなわち式(5)はコヒーレント結像系、インコヒーレント結像系を拡張した部分コヒーレント結像系の近似表現と見なせる。

[0017] また特許文献2では、別の部分コヒーレント結像系の近似方法で、点広がり関数 $P$ と $Q$ をやはりレンズの瞳関数や波面収差から算出されるインパルス応答 $K$ を用いて

[数8]

$$P(x, y) = J(0, 0) \cdot |K(x, y)|^2$$

$$Q(x, y) = \begin{cases} 0 & (x, y) = (0, 0) \\ 2K^*(0, 0) \cdot J(x, y) \cdot K(x, y) & otherwise \end{cases}$$

のように計算し、そのPとQを用いて、

[数9]

$$I(x, y) = P(x, y) \cdot |E(x, y)|^2 + \text{Re}[E^*(x, y) \{Q(x, y) \cdot E(x, y)\}]$$

のように像強度分布を計算する方法を示している。

[0018] さらに、上記で示した部分コヒーレント結像モデルもすべての光学系誤差を考慮したものではない。

[0019] 非特許文献3に書かれているように、部分コヒーレントモデルでは再現できない光学系誤差もさまざまなものが存在するため、ベクトル結像モデルといったより複雑なモデルも検討されている。

[0020] 特許文献1:特開平07-220995号公報

特許文献2:特開2002-107309号公報

特許文献3:特開平11-304453号公報

特許文献4:特開平10-325806号公報

特許文献5:特開平11-211671号公報

非特許文献1:谷田貝豊彦著、"現代人の物理5 光とフーリエ変換"、朝倉書店、1992年、92～97頁

非特許文献2:ボーズサリック(Boaz Salik)他著、"Average coherence approximation for partially coherent optical systems"、ジャーナル・オブ・ザ・オプティカル・ソサイエティ・オブ・アメリカ・エー(Journal of the Optical Society of America A)、1996年、第13巻、第10号、2086～2090頁

非特許文献3:東木達彦著、"光リソグラフィ技術 - 実践的基礎と課題"、EDリサー

チ社フォーカスレポートシリーズ、2002年、45～49頁

非特許文献4:日吉久礎著、"Voronoi図を用いた重心座標の拡張とその多次元データ補間への応用"、応用数理、2002年、176～190頁

非特許文献5:リチャード・オー・デューダ(Richard O. Duda)他著、尾上守夫監訳、"パターン識別(第2刷)"、2003年、111頁～113頁

非特許文献6:「ニューメリカルレシピ」、W. H. Press, P. Flannery, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling著、丹慶勝市、奥村晴彦、佐藤俊郎、小林誠訳、技術評論社発行、平成13年11月1日発行、第307～312ページ

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

- [0021] 従来技術での問題点は、モデル想定外の光学的要因で発生する誤差のみ考察し光学系の経時変化で発生する誤差を考慮していないため、結果として参照画像の高精度化が実現できない点である。
- [0022] たしかにモデル想定外の光学的要因で発生する誤差を削減するためには、シミュレーションモデルを複雑にしなければならない。
- [0023] しかし、シミュレーションモデルに用いる各パラメータは経時変化を伴う量であるため、マスクの検査毎に測定しなければ高精度化は実現しない。
- [0024] 例えば、従来技術に示したモデルでは収差を測定することは避けられないが、収差は温度変化や大気圧変化、あるいは光学系の蓄熱量の変化によって無視できない程度で変動し得るので、マスクの検査毎に収差の測定を行わなければ欠陥検査の高精度化につながらない。
- [0025] しかし収差の測定には特別な光学系を必要とするため大変な手間がかかる。
- [0026] さらにモデルを複雑にすれば、より多くのパラメータの経時変化に対応しなければならず、増加したパラメータの検査毎の測定に大変な手間がかかり、現実的な欠陥検査の運用ができない。
- [0027] 本発明の目的は、モデル想定外の光学的要因の誤差をおさえつつ、経時変化による誤差にも高速処理で対応可能にすることにある。

### 課題を解決するための手段

- [0028] 本発明の欠陥検査システムでは、少数のパラメータから作成できる複数の点広がり関数を用いた畳み込み演算に基づいた、コヒーレント結像モデルとインコヒーレント結像モデルを包含する物理的裏付けがある参照画像生成方法によって参照画像を生成して検査を行う。前記点広がり関数を構成する少数のパラメータはマスクの各検査毎に、実画像と設計画像の一部分から学習によって算出する。少数のパラメータを用いることで、過学習の問題を回避した画像からのパラメータ推定を可能にする。このような構成を採用することで、経時変化による誤差とモデルと実際の環境との誤差を同時に削減でき、参照画像の精度の向上につながるため、本発明の目的を達成することができる。
- [0029] 本発明の第1の観点によれば、観測画像と設計情報から点広がり関数を推定する点広がり関数推定部と、前記設計情報に対して前記点広がり関数を畳み込むことによって畳み込み画像を生成する畳み込み画像生成部と、前記畳み込み画像生成部で得られた前記畳み込み画像から参照画像を生成する参照画像生成部を備えたことを特徴とする参照画像生成装置が提供される。
- [0030] 上記の参照画像生成装置において、前記点広がり関数が複数であってもよい。
- [0031] 上記の参照画像生成装置において、前記点広がり関数が所定数個以下のパラメータで表現されていてもよい。
- [0032] 上記の参照画像生成装置において、前記点広がり関数が複数のガウシアン関数で表現されていてもよい。
- [0033] 上記の参照画像生成装置において、前記点広がり関数が積和演算で表現されていてもよい。
- [0034] 上記の参照画像生成装置において、前記点広がり関数が等方的であってもよい。
- [0035] 上記の参照画像生成装置において、前記点広がり関数が歪みを許容した形状であってもよい。
- [0036] 上記の参照画像生成装置において、前記点広がり関数は、点広がり関数構築パラメータと点広がり表現パラメータにより表され、前記点広がり関数推定部は、点広がり関数構築パラメータを更に入力し、点広がり関数表現パラメータを推定するようにしてもよい。

- [0037] 上記の参照画像生成装置において、前記参照画像生成部は、複数の畳み込み画像を部分コヒーレント結合モデルに従って統合することにより前記参照画像を生成するようにしてもよい。
- [0038] 上記の参照画像生成装置において、前記点広がり関数は、点広がり関数構築パラメータと点広がり表現パラメータにより表され、前記点広がり関数推定部は、点広がり関数構築パラメータを更に入力し、前記統合のための統合パラメータを推定するようにしてもよい。
- [0039] 上記の参照画像生成装置において、仮想的な設計画像を基に前記畳み込み画像生成部と前記参照画像生成部により生成した参照画像を仮想的な実画像とし、前記関数推定部は前記仮想的な設計画像と前記仮想的な実画像も点広がり関数を推定するときの入力とするようにしてもよい。
- [0040] 上記の参照画像生成装置において、前記観測画像と前記設計情報は、現在検査対象となっているパターンに関するもののみならず、過去に検査対象となったパターンに関するものも含んでいてもよい。
- [0041] 本発明の第2の観点によれば、上記の参照画像生成装置と、前記観測画像と前記参照画像を比較する画像比較部を備えることを特徴とするパターン検査装置が提供される。
- [0042] 本発明の第3の観点によれば、観測画像と設計情報から参照画像を生成する手段と、前記観測画像と前記参照画像とを比較することによりパターン検査を行う手段と、を備えることを特徴とするパターン検査装置が提供される。

### 発明の効果

- [0043] 本発明の第1の効果は、高い精度の参照画像を生成できる点である。
- [0044] その理由は、点広がり関数を観測画像と設計情報を基に推定するために、経時変化の誤差を吸収できることにある。
- [0045] 第2の効果は、欠陥検査を非常に高速に実現できることである。
- [0046] その理由は、点広がり関数を用いた畳み込み演算に基づく参照画像生成方式を採用していることにある。

### 図面の簡単な説明

- [0047] [図1]バイナリマスクとそれに対する設計画像を示す図である。
- [図2]ハーフトーンマスクとそれに対する設計画像を示す図である。
- [図3]トライトーンマスクとそれに対する設計画像を示す図である。
- [図4]本発明の第1の発明を実施するための最良の形態の構成を示すブロック図である。
- [図5]第1の発明を実施するための最良の形態の動作を示す流れ図である。
- [図6]点広がり関数を矩形からの補間によって求める例を示す図である。
- [図7]点広がり関数を矩形からの補間によって求める例を示す図である。
- [図8]4つのエッジパターンを示す図である。
- [図9]本発明の第2の発明を実施するための最良の形態の構成を示すブロック図である。
- [図10]第2の発明を実施するための最良の形態の動作を示す流れ図である。
- [図11]本発明の第3の発明を実施するための最良の形態の構成を示すブロック図である。
- [図12]第3の発明を実施するための最良の形態の動作を示す流れ図である。
- [図13]本発明の第4の発明を実施するための最良の形態の構成を示すブロック図である。
- [図14]点広がり関数構築パラメータの具体例を示す図である。
- [図15]点広がり関数表現パラメータから点広がり関数構築パラメータを用いて点広がり関数を作成した具体例を示す図である。
- [図16]実画像の具体例を示す図である。
- [図17]設計画像の具体例(1枚目)を示す図である。
- [図18]設計画像の具体例(2枚目)を示す図である。
- [図19]実画像に学習を行う領域を設定した具体例を示した図である。
- [図20]設計画像に学習を行う領域を設定した具体例を示した図である。

#### 符号の説明

- [0048]   1       入力装置
- 2       データ学習装置

- 3 データ処理装置
- 4 記憶装置
- 5 出力装置
- 6 データ学習装置
- 7 記憶装置
- 8 パラメータ学習用プログラム
- 9 欠陥検査用プログラム
- 11 実画像入力手段
- 12 設計画像入力手段
- 21 部分実画像抽出手段
- 22 部分設計画像抽出手段
- 23 点広がり関数表現パラメータ計算手段
- 24 仮想学習画像生成手段
- 31 複数畳み込み画像生成手段
- 32 参照画像生成手段
- 33 画像比較手段

#### 発明を実施するための最良の形態

[0049] 以下、図面を参照して本発明を実施するための最良の形態について詳細に説明する。

[0050] 図4を参照すると、本発明の第1の最良の形態は、画像を入力する入力装置1と、プログラム制御により動作するデータ学習装置2と、プログラム制御により動作するデータ処理装置3と、情報を記憶する記憶装置4と、ディスプレイ装置や印刷装置等の出力装置5とを含む。

[0051] 入力装置1は、実画像入力手段11と、設計画像入力手段12とを備えている。

[0052] 実画像入力手段11は、欠陥検査を行いたいマスクをレーザー光や荷電粒子ビーム等で走査し光量をCCD等で電気信号へと変換することにより実画像として画像化する。ここで、実画像入力手段11で取り込んだ画像を $R(x, y)$ と定義する。実画像入力手段11における実画像採取の手段は透過光学系に限定せず、反射光学系でも

問題無い。

- [0053] 設計画像入力手段12は、欠陥検査を行いたいマスクの設計データを入力する。
- [0054] ここでマスクの設計データの画像による表現方法について説明する。画像はx座標とy座標の2つの座標で表現される。
- [0055] マスクは複数の材質から構成されているので、マスクの設計データは、それぞれの材質の有無を表す2値画像の集合で表現することができる。
- [0056] 例えば、図1のように、石英ガラスの上にクロムの遮蔽部が存在するクロムマスクの場合は、石英ガラスのみの領域であるときに1、そうで無い場合に0を示す2値画像と、クロムが存在する領域であるときに1を、そうで無い場合に0を示す2値画像で表現できる。
- [0057] 図2のように、石英ガラスの上に吸収体部が存在する位相シフトマスクであれば、石英ガラスのみの領域であるか否かを表す2値画像と、吸収体が存在するか否かを表す2値画像で表現できる。
- [0058] 図3のように、石英ガラス、吸収体、クロムの3種で構成されるトライトーンマスクの場合は、石英ガラスのみの部分、石英ガラスの上に吸収体のみがある部分、石英ガラスの上にクロムのみがある部分、石英ガラスの上に吸収体とクロムがある部分の4種類の場所が存在するため、4種類の2値画像で表現できる。
- [0059] マスクを表現する2値画像の数をMとし、M個の2値画像を $f_m(x, y)$  ( $m=1, \dots, M$ )と定義する。また、M種の材質が持つ透過率値を $\alpha_1, \dots, \alpha_M$ と定義する。
- [0060] マスク上の任意の領域は、M個の材質のうちのどれかにならなければならないので、

[数10]

$$\sum_{m=1}^M f_m(x, y) = 1 \quad \dots (6)$$

の関係が成り立っている。

- [0061] なお、例えば特許文献2や特許文献3に書かれてあるように、画像の解像度よりも細かい解像度の2値画像を表現するために、設計データを表す画像を2値画像から

多値画像に拡張しても良い。

[0062] また、設計画像 $f_m(x, y)$ としては、図1及び図2のような単純なマスクの設計情報では無く、特許文献3に書かれてあるようなパターンのコナーを丸めるなどのマスク作成時の製造誤差を吸収する処理を予め施しておいた画像を用いても良い。

[0063] 次に、従来の参照画像の作成方法、すなわちシミュレーション方法について説明する。

[0064] シミュレーションを行うときは、まずマスクを複素透過率を持つ画像であると考えて出発する。マスクの透過率 $E(x, y)$ は、

[数11]

$$E(x, y) = \sum_{m=1}^M \alpha_m f_m(x, y)$$

と記述できる。また、マスクの透過率の絶対値 $|E(x, y)|$ は、

[数12]

$$|E(x, y)| = \sum_{m=1}^M |\alpha_m| |f_m(x, y)|$$

と記述できる。

[0065] 記憶装置4は、点広がり関数構築パラメータ記憶部41と、点広がり関数表現パラメータ記憶部42と、統合パラメータ記憶部43とを備えている。

[0066] 点広がり関数パラメータ構築パラメータ記憶部41は、点広がり関数表現パラメータ記憶部42に記憶されているパラメータから点広がり関数を構築する際に必要となるパラメータを記憶している。以下では点広がり関数パラメータ構築パラメータ記憶部41に格納されているパラメータを点広がり構築パラメータと呼ぶ。

[0067] 点広がり関数表現パラメータ記憶部42は、3つの点広がり関数を表す元になる3種類のパラメータセットを格納している。以下では、前記3種類のパラメータセットを $p, q, r$ と定義し、パラメータ $p, q, r$ のことを点広がり関数表現パラメータと呼ぶ。各パラメータセット $p, q, r$ は、1つまたは複数のパラメータで構成される。

[0068] 点広がり関数表現パラメータ記憶部42に格納されている3種類のパラメータセット $p$

, q, rから、点広がり関数パラメータ構築パラメータ記憶部41に格納されているパラメータを用いて、3つの点広がり関数を作成することができる。以下では点広がり関数表現パラメータpから構築される点広がり関数を $h_p(x, y)$ 、点広がり関数表現パラメータqから構築される点広がり関数を $h_q(x, y)$ 、点広がり関数表現パラメータrから構築される点広がり関数を $h_r(x, y)$ 、と定義する。

[0069] 点広がり関数表現パラメータと点広がり関数構築パラメータの例として、例えば、点広がり関数が2つの等方的2次元正規分布の和で表現できると考えた場合を考える。

[0070] 等方的2次元正規分布とは、

$$\begin{aligned} & \text{GAUSS}(\mu, \nu, \sigma) \\ &= (1/(2\pi\sigma^2)) \exp[-((x-\mu)^2 + (y-\nu)^2)/2\sigma^2] \end{aligned}$$

と表記される関数のことを言う。

[0071] この場合、点広がり関数表現パラメータ記憶部42と点広がり関数構築パラメータ記憶部41には、例えば、以下のようなデータが記憶されている。

[0072] 点広がり関数表現パラメータとして、

$$\begin{aligned} p &= (\sigma_1, \sigma_1'), \\ q &= (\sigma_2, \sigma_2'), \\ r &= (\sigma_3, \sigma_3') \end{aligned}$$

が記憶されている。

[0073] 点広がり関数構築パラメータとして、 $\mu, \mu', \nu, \nu'$  及びtが記憶されている。

[0074] 前記点広がり関数表現パラメータ及び点広がり関数構築パラメータから、点広がり関数は、

$$\begin{aligned} h_p(x, y) &= (1-t) \cdot \text{GAUSS}(\mu, \nu, \sigma_1) \\ &+ t \cdot \text{GAUSS}(\mu', \nu', \sigma_1') \\ h_q(x, y) &= (1-t) \cdot \text{GAUSS}(\mu, \nu, \sigma_2) \\ &+ t \cdot \text{GAUSS}(\mu', \nu', \sigma_2') \\ h_r(x, y) &= (1-t) \cdot \text{GAUSS}(\mu, \nu, \sigma_3) \\ &+ t \cdot \text{GAUSS}(\mu', \nu', \sigma_3') \end{aligned}$$

$$= (1-t) \cdot \text{GAUSS}(\mu, \nu, \sigma_3) \\ + t \cdot \text{GAUSS}(\mu', \nu', \sigma_3')$$

のように2つの等方的正規分布の和で構築される。

- [0075] ここで、2つの等方的2次元正規分布の和で構築される例において、点広がり関数構築パラメータと点広がり関数表現パラメータの分け方を変更した例も考えることが可能である。例えば、点広がり関数表現パラメータとして、

$$p = (\sigma_1, \sigma_1', t_1), \\ q = (\sigma_2, \sigma_2', t_2), \\ r = (\sigma_3, \sigma_3', t_3)$$

が記憶されている。点広がり関数構築パラメータとして、 $\mu, \mu', \nu, \nu'$ が記憶されている。

- [0076] 前記点広がり関数表現パラメータ及び点広がり関数構築パラメータから、点広がり関数は、

$$h_p(x, y) \\ = (1-t_1) \cdot \text{GAUSS}(\mu, \nu, \sigma_1) \\ + t_1 \cdot \text{GAUSS}(\mu', \nu', \sigma_1') \\ h_q(x, y) \\ = (1-t_2) \cdot \text{GAUSS}(\mu, \nu, \sigma_2) \\ + t_2 \cdot \text{GAUSS}(\mu', \nu', \sigma_2') \\ h_r(x, y) \\ = (1-t_3) \cdot \text{GAUSS}(\mu, \nu, \sigma_3) \\ + t_3 \cdot \text{GAUSS}(\mu', \nu', \sigma_3')$$

のように2つの等方的正規分布の和で構築される、と考えるのも良い。また、2つの等方的2次元正規分布の和で点広がり関数を表現するのではなく、より多くの正規分布の和で表現することももちろん可能である。

- [0077] あるいは、非等方的な2次元正規分布を考えることも可能である。

- [0078] また上記とは別の例として、点広がり関数が積和演算で構築する場合も考えられる。この場合、点広がり関数表現パラメータとして、

$$p = (p_1, \dots, p_z),$$

$$q = (q_1, \dots, q_z),$$

$$r = (r_1, \dots, r_z)$$

が記憶されている。

[0079] 点広がり関数構築パラメータとして、Z個の関数値 $w_z(x, y)$  ( $z=1, \dots, Z$ )が記憶されている。

[0080] 前記点広がり関数表現パラメータ及び点広がり関数構築パラメータから、点広がり関数は、

$$h_p(x, y) = \sum_z p_z w_z(x, y)$$

$$h_q(x, y) = \sum_z q_z w_z(x, y)$$

$$h_r(x, y) = \sum_z r_z w_z(x, y)$$

のように積和計算で構築される。

[0081] ここで上記点広がり関数構築パラメータ $w_z(x, y)$  ( $z=1, \dots, Z$ )の具体的な設定方法としては、さまざまな方法が考えられる。

[0082] 例えば、点広がり関数を補間で表現する方法が考えられる。

[0083] 例として、点広がり関数 $h(x, y)$ が $x=-J, \dots, +J, y=-J, \dots, +J$ の整数値で定義された関数である場合を考える。そして点広がり関数を図6のように9つの点

$$p_1 = (-J, -J),$$

$$p_2 = (0, -J),$$

$$p_3 = (+J, -J),$$

$$p_4 = (-J, 0),$$

$$p_5 = (0, 0),$$

$$p_6 = (+J, 0),$$

$$p_7 = (-J, +J),$$

$$p_8 = (0, +J),$$

$$p_9 = (+J, +J)$$

における値 $h_1 \sim h_9$ を用いて区分線形補間で構築する場合を考える。

[0084]  $s = |x| / J, \quad t = |y| / J$ と定義すれば、

[数13]

$$h(x, y) = \begin{cases} (1-s)(1-t)h_5 + s(1-t)h_4 + (1-s)th_2 + sth_1 & (x < 0, y < 0) \\ (1-s)(1-t)h_5 + s(1-t)h_6 + (1-s)th_2 + sth_3 & (x \geq 0, y < 0) \\ (1-s)(1-t)h_5 + s(1-t)h_4 + (1-s)th_8 + sth_7 & (x < 0, y \geq 0) \\ (1-s)(1-t)h_5 + s(1-t)h_6 + (1-s)th_8 + sth_9 & (x \geq 0, y \geq 0) \end{cases}$$

と表現できる。この時、

[数14]

$$h(x, y) = \sum_{z=1}^9 h_z w_z(x, y)$$

$$w_1(x, y) = \begin{cases} st & (x < 0, y < 0) \\ 0 & (otherwise) \end{cases}$$

$$w_2(x, y) = \begin{cases} (1-s)t & (y < 0) \\ 0 & (otherwise) \end{cases}$$

$$w_3(x, y) = \begin{cases} st & (x \geq 0, y < 0) \\ 0 & (otherwise) \end{cases}$$

[数15]

$$w_4(x, y) = \begin{cases} s(1-t) & (x < 0) \\ 0 & (otherwise) \end{cases}$$

$$w_5(x, y) = (1-s)(1-t)$$

$$w_6(x, y) = \begin{cases} s(1-t) & (x \geq 0) \\ 0 & (otherwise) \end{cases}$$

[数16]

$$w_7(x, y) = \begin{cases} st & (x < 0, y \geq 0) \\ 0 & (otherwise) \end{cases}$$

$$w_8(x, y) = \begin{cases} (1-s)t & (y \geq 0) \\ 0 & (otherwise) \end{cases}$$

$$w_9(x, y) = \begin{cases} st & (x \geq 0, y \geq 0) \\ 0 & (otherwise) \end{cases}$$

と設定すれば、点広がり関数を、

[数17]

$$h(x, y) = \sum_{z=1}^9 h_z w_z(x, y)$$

のように積和演算によって構築できる。

[0085] 点広がり関数は裾野の部分ではその絶対値が小さくなることから、特に端点部分の  $h_1, h_3, h_7, h_9$  の値を0に固定して、点広がり関数を  $w_2, w_4, w_5, w_6, w_8$  の5つの関数値のみを用いて構成しても良い。

[0086] 上記例では点広がり関数を4つの矩形で区切って線形補間を行ったが、より細分化

して矩形の数を増やすことも可能である。

[0087] さらに、補間を線形補間からより高次の補間を採用しても良いし、あるいは矩形分割による補間の代わりに、例えば三角形分割を行って補間を行う方法や、非特許文献4に記されているようなVoronoi分割を利用した補間を採用しても良い。

[0088] また、上記とは別に、点広がり関数を等方的であると仮定した補間の方法も考えられる。

[0089] 例えば、原点での点広がり関数の値を $h_1$ とし、原点からの距離が $r_1 (=0) < r_2 < \dots < r_z < r_{z+1}$ の時の $Z+1$ 個の点広がり関数の値をそれぞれ $h_1, h_2, \dots, h_z, 0$ とすると、

[数18]

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

と定義して、

[数19]

$$w_z(x, y) = \begin{cases} 0 & (r \leq r_{z-1}, r > r_{z+1}) \\ \frac{r - r_{z-1}}{r_z - r_{z-1}} & (r_{z-1} \leq r < r_z) \\ \frac{r_{z+1} - r}{r_{z+1} - r_z} & (r_z \leq r < r_{z+1}) \end{cases}$$

と設定すれば、点広がり関数を

[数20]

$$h(x, y) = \sum_{z=1}^Z h_z w_z(x, y)$$

のように積和演算で等方的な点広がり関数を構築できる。

[0090] 前記補間の方法を完全な等方性ではなく、ある程度方向別にゆがみがある場合も許容するように拡張することも考えられる。

[0091] ベクトル  $u_1, \dots, u_K$  の方向にゆがみがある場合を考える。それぞれのベクトルの  $x$  軸方向となす角度を  $\theta_1, \dots, \theta_K$  とする。

[0092] 原点を支点としてベクトル  $u_k$  の向きの半直線上で、原点からの距離が  $r_1 (=0) < r_2 < \dots < r_Z < r_{Z+1}$  の時の点広がり関数の値をそれぞれ  $h_{k1}, h_{k2}, \dots, h_{kZ}$ , 0 とする ( $k=1, \dots, K$ )。例えば、角度  $\theta_1, \theta_2, \theta_3$  のベクトル  $u_1, u_2, u_3$  のベクトルを考え、 $Z=3$  の時の一例を図7に示す。

[0093]  $\theta$  を  $(x, y)$  と  $x$  軸のなす角として、

[数21]

$$w_{\ell z}(x, y) = \begin{cases} \frac{\theta - \theta_{\ell}}{\theta_{\ell} - \theta_{\ell-1}} \cdot \frac{r - r_{z-1}}{r_z - r_{z-1}} (\theta_{\ell-1} \leq \theta < \theta_{\ell}, r_{z-1} \leq r < r_z) \\ \frac{\theta - \theta_{\ell}}{\theta_{\ell} - \theta_{\ell-1}} \cdot \frac{r_{z+1} - r}{r_{z+1} - r_z} (\theta_{\ell-1} \leq \theta < \theta_{\ell}, r_z \leq r < r_{z+1}) \\ \frac{\theta_{\ell} - \theta}{\theta_{\ell+1} - \theta_{\ell}} \cdot \frac{r - r_{z-1}}{r_z - r_{z-1}} (\theta_{\ell} \leq \theta < \theta_{\ell+1}, r_{z-1} \leq r < r_z) \\ \frac{\theta_{\ell} - \theta}{\theta_{\ell+1} - \theta_{\ell}} \cdot \frac{r_{z+1} - r}{r_{z+1} - r_z} (\theta_{\ell} \leq \theta < \theta_{\ell+1}, r_z \leq r < r_{z+1}) \\ 0 \text{ (otherwise)} \end{cases}$$

と設定すれば、点広がり関数を

[数22]

$$h(x, y) = \sum_{\ell, z} h_{\ell z} w_{\ell z}(x, y)$$

のようにやはり積和演算で点広がり関数を構築できる。

[0094] また、補間のアプローチとは別に、以前に推定した点広がり関数の情報を大量に持

っているのならば、主成分分析に基づくアプローチも考えられる。例えば、点広がり関数 $h(x, y)$ が $x = -J, \dots, +J, y = -J, \dots, +J$ の整数値で定義された関数である場合を考えると、1つの点広がり関数は $(2J+1)^2$ 個の数値で表現できるので、前記点広がり関数は1つの $(2J+1)^2$ 次元空間上の点で表現できることになる。以前に多量の点広がり関数を推定した結果があれば、前記多量のデータをすべて前記 $(2J+1)^2$ 次元空間上の点として表現して、前記点の集合に対して例えば非特許文献5に書かれてあるような主成分分析を行い、得られた主成分のうち最初から $Z$ 個のみ使用して第 $z$ 主成分を $w_z(x, y)$ と設定する方法も考えられる。

- [0095] 前記さまざまな点広がり関数構築方法はいずれも $Z$ の数を調整することが可能である。よって、学習をさせるデータの数に応じて、適切な大きさの $Z$ を設定すれば良い。
- [0096] 統合パラメータ記憶部43は、点広がり関数を用いて得られる畳み込み演算結果から参照画像の画素値を計算する際に必要となるパラメータを記憶している。以下では統合パラメータ記憶部43に格納されているパラメータを統合パラメータと呼ぶ。
- [0097] データ処理装置3は、欠陥検査を行う装置であり、複数畳み込み画像生成手段31と、参照画像生成手段32と、画像比較手段33とを備えている。
- [0098] 複数畳み込み画像生成手段31は、設計画像入力手段12から供給された $M$ 枚の画像 $f_1(x, y), \dots, f_M(x, y)$ に対して、点広がり関数パラメータ再現記憶部42と点広がり関数構築パラメータ記憶部41に記憶されているパラメータから再現される3個の点広がり関数 $h_p, h_q, h_r$ との畳み込み演算を実行して、 $3M$ 枚の画像 $f_m * h_p(x, y), f_m * h_q(x, y), f_m * h_r(x, y)$ （ただし $m=1, \dots, M$ ）を生成する。
- [0099] 参照画像生成手段32は、複数畳み込み画像生成手段31で得られる $3M$ 枚の画像を、統合パラメータ記憶部43で得られるパラメータを利用して統合して1枚の参照画像を生成する。
- [0100] 参照画像は実画像入力手段11で得られる実画像を、設計画像入力手段12で得られる $M$ 枚の設計画像から計算処理によって推測した画像である。ここで、参照画像を $G(x, y)$ と定義する。
- [0101]  $G(x, y)$ は、統合パラメータを $C, a_m, b_m, c_m$ （ $m=1, \dots, M$ ）として、(5)式の近似計算手法を用いることで、次のように計算される。

[数23]

$$\begin{aligned}
 G(x, y) = & \left[ \sum_{m=1}^M \{a_m(f_m * h_p) - b_m(f_m * h_q)\} \right]^2 \\
 & + \left[ \sum_{m=1}^M \{b_m(f_m * h_p) + a_m(f_m * h_q)\} \right]^2 \\
 & + \sum_{m=1}^M c_m(f_m * h_r) + C
 \end{aligned}
 \quad \dots (7)$$

$a_m = \text{Re}[\alpha_m]$ 、 $b_m = \text{Im}[\alpha_m]$  (ただし  $m=1, \dots, M$ )、 $h_p = \text{Re}[K_c]$ 、 $h_q = \text{Im}[K_c]$ 、 $h_r = K_i$ 、 $C=0$  とすれば、(5) 式に一致する。

[0102] また、 $a_m = \text{Re}[\alpha_m]$ 、 $b_m = \text{Im}[\alpha_m]$  (ただし  $m=1, \dots, M$ )、 $h_p = \text{Re}[K]$ 、 $h_q = \text{Im}[K]$ 、 $h_r = 0$ 、 $C=0$  とすれば、

[数24]

$$G(x, y) = \left| \sum_{m=1}^M \alpha_m f_m * K \right|^2 = |E * K|^2$$

となつて、(7) 式は(1) 式で表すコヒーレント結像の結像画像の形になる。

[0103] また、 $h_p = 0$ 、 $h_q = 0$ 、 $c_m = |\alpha_m|^2$ 、 $h_r = |K|^2$ 、 $C=0$  とすれば、

[数25]

$$G(x, y) = \sum_{m=1}^M |\alpha_m|^2 f_m * |K|^2 = |E|^2 * |K|^2$$

となつて、(7) 式は(2) 式で表すインコヒーレント結像の結像画像の形になる。すなわち、(7) 式はコヒーレント結像モデルとインコヒーレント結像モデル両方を包含するモデルであり、部分コヒーレント結像の近似モデルである。

[0104] 画像を得る際には光を電気信号に変換して測定するが、変換の際にルートの効果がかかる場合もある。なぜならば、電気回路においては、

(単位時間エネルギー)

$$= (\text{電流})^2 \times (\text{抵抗}) = (\text{電圧})^2 \times (\text{抵抗})^{-1}$$

のように、エネルギーと電流ないし電圧の間には2乗の計算が介在するため、逆にエネルギーを電流ないし電圧で測定するとルートの効果が生じるためである。

[0105] そこで、式(7)の代わりに、

[数26]

$$G(x, y) = \sqrt{\left[ \sum_{m=1}^M \{a_m(f_m * h_p) - b_m(f_m * h_q)\} \right]^2 + \left[ \sum_{m=1}^M \{b_m(f_m * h_p) + a_m(f_m * h_q)\} \right]^2 + \sum_{m=1}^M c_m(f_m * h_r)} + C$$

と参照画像を作成しても良い。この場合、 $G(x, y)$ のルートの中の非負性を数式の上でも保証するために、ルートの中をすべて2乗和の形式にして、

[数27]

$$G(x, y) = \sqrt{\left[ \sum_{m=1}^M \{a_m(f_m * h_p) - b_m(f_m * h_q)\} \right]^2 + \left[ \sum_{m=1}^M \{b_m(f_m * h_p) + a_m(f_m * h_q)\} \right]^2 + \left[ \sum_{m=1}^M c_m(f_m * h_r) \right]^2} + C$$

とする方法を採用しても良い。

[0106] また、電気信号変換部や測定部でのセンサ系の入力出力間の線形性が十分では無く、対数特性が生じる可能性もある。この場合に対応するために、

[数28]

$$G(x, y) = \log \left( \begin{aligned} & \left[ \sum_{m=1}^M \{a_m(f_m * h_p) - b_m(f_m * h_q)\} \right]^2 \\ & + \left[ \sum_{m=1}^M \{b_m(f_m * h_p) + a_m(f_m * h_q)\} \right]^2 \\ & + \sum_{m=1}^M c_m(f_m * h_r) \end{aligned} \right) + C$$

とする方法を採用しても良い。

[0107] さらに、(6)式の関係式を用いれば、 $f_M$ に関する項を消去して、計算量を減らすことができる。(7)式から(6)式を用いて $f_M$ に関する項を消去すれば、

[数29]

$$\begin{aligned} G(x, y) = & \left[ V_p - V_q + \sum_{m=1}^{M-1} \{ (a_m - a_M)(f_m * h_p) - (b_m - b_M)(f_m * h_q) \} \right]^2 \\ & + \left[ V_p + V_q + \sum_{m=1}^{M-1} \{ (b_m - b_M)(f_m * h_p) + (a_m - a_M)(f_m * h_q) \} \right]^2 \\ & + V_r + \sum_{m=1}^{M-1} (c_m - c_M)(f_m * h_r) + C \end{aligned}$$

となる。そこで、 $V_p - V_q \rightarrow A$ 、 $V_p + V_q \rightarrow B$ 、 $V_r + C \rightarrow C$ 、 $a_m - a_M \rightarrow a_m$ 、 $b_m - b_M \rightarrow b_m$ 、 $c_m - c_M \rightarrow c_m$ 、 $M-1 \rightarrow M$ と変数置き換えを行えば、統合パラメータを $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $a_m$ 、 $b_m$ 、 $c_m$  ( $m=1, \dots, M$ )として、

[数30]

$$\begin{aligned} G(x, y) = & \left[ \sum_{m=1}^M \{a_m(f_m * h_p) - b_m(f_m * h_q)\} + A \right]^2 \\ & + \left[ \sum_{m=1}^M \{b_m(f_m * h_p) + a_m(f_m * h_q)\} + B \right]^2 \\ & + \sum_{m=1}^M c_m(f_m * h_r) \\ & + C \end{aligned}$$

… (8)

と書けるので、参照画像を式(8)を用いて計算しても良い。

[0108] あるいは、式(7)に対して行ったさまざまな拡張方法を、式(8)に対して適用しても良い。

[0109] 画像比較手段33は、実画像入力手段11で得られた実画像 $R(x, y)$ と、参照画像生成手段32で得られた参照画像 $G(x, y)$ とを比較して、2枚の画像の違いが大きい場所を欠陥として判定する。具体的には、例えば、予め定めた定数 $T$ を用いて、  
[数31]

$$|R(x, y) - G(x, y)| > T$$

となる領域を欠陥であると判定すれば良い。

[0110] または、例えば特許文献4や特許文献5に記載の方法を用いて欠陥であると判定しても良い。

[0111] 特許文献4の方法は、微細パターンの外観検査を高速且つ高精度に実行できる方法及び装置を提供することを目的としたものであり、物体の検査画像とその検査画像に対応する基準画像とを入力し、検査画像の各画素について当該検査画素及びその近傍画素からなる検査画素領域における画素間の輝度差の絶対値を加算することで検査画像特徴データを生成すると共に、同様にして、基準画像の各画素について当該基準画素及びその近傍画素からなる基準画素領域における画素間の輝度差の絶対値を加算することで基準画像特徴データを生成する。そして、検査画像特徴データと基準画像特徴データとを画素毎に比較することで物体の欠陥判定を行うものである。

[0112] 特許文献5の方法は、検出パターンと光学的性質が同じ異物の検出を可能とし、エッジ付近の濃度勾配が異なっているいても疑似欠陥発生頻度を低くでき、所要計算時間と記憶領域とを小さくすることができる外観検査方法及び装置を提供することを目的としたものであり、観検査装置は、入力画像からエッジ要素画像を生成するエッジ検出手段と各エッジ要素の互いの距離が基準値の範囲内にあるものについては同じラベルを与えて各エッジ要素を連結し1つのエッジを生成するエッジ連結手段と、エッジ要素から異物あるいは形状欠陥の存在位置の座標及び欠陥の種類を識別

し出力する形状識別手段と、形状識別手段の出力する異物あるいは形状欠陥の存在位置の座標に目印をつけ記憶する画像保持手段とから構成される、形状識別手段4は、エッジ要素の曲率と並行するエッジ要素部分距離と閉領域の面積とから異物あるいは形状欠陥の存在位置を認定するものである。

- [0113] データ学習装置2は、データ処理装置で欠陥検査を行う前に光学系の経時変化を学習するために作動させる装置であり、部分実画像抽出手段21と、部分設計画像抽出手段22と、点広がり関数表現パラメータ計算手段23とを備えている。
- [0114] 部分実画像抽出手段21は、実画像入力手段11で得られた実画像から、学習に使用したい一部の領域を抽出する。以下では学習に使用する領域をLと定義する。
- [0115] 部分設計画像抽出手段22は、設計画像入力手段21で得られた設計画像から、部分実画像抽出手段21で抽出された実画像の一部の領域に対応する設計画像の一部の領域を抽出する。
- [0116] 点広がり関数表現パラメータ計算手段23では、部分実画像抽出手段21で得られる実画像の一部の領域と、部分設計画像抽出手段22で得られる前記実画像の一部の領域に対応する設計画像の一部の領域と、点広がり関数構築パラメータ記憶部41に記憶されている点広がり関数構築パラメータから、点広がり関数表現パラメータp, q, rを計算し、計算された点広がり関数表現パラメータを点広がり関数表現パラメータ記憶部42に格納し、計算された統合パラメータを統合パラメータ記憶部43に格納する。
- [0117] 点広がり関数表現パラメータp, q, rの計算は、設計画像の学習を行う一部領域から、実画像の一部領域をよりよく再現できるように、一部領域における参照画像と実画像の誤差 $S_L$

[数32]

$$S_L = \sum_{(x,y) \in L} |R(x,y) - G(x,y)|^2 \quad \dots (9)$$

が最小になるp, q, r及び統合パラメータを求めれば良い。

- [0118]  $S_L$ を最小化する方法は、目的関数が多変数関数の場合の最適化手法を用いれば実現可能である。例えば非特許文献6に記載の共役勾配法を用いて計算する。

- [0119] また、統合パラメータを固定にして $p$ ,  $q$ ,  $r$ のみ計算しても良いし、あるいは $p$ ,  $q$ ,  $r$ を固定にして統合パラメータのみを求めても良い。
- [0120] 次に、図4及び図5を参照して本発明を実施するための最良の形態の動作について詳細に説明する。
- [0121] 入力装置1の実画像入力手段11から実画像が、設計画像入力手段12から $M$ 枚の設計画像が、それぞれ入力される。
- [0122] 入力装置1で入力された画像を用いて欠陥検査を行う時に、あらかじめ参照画像作成に必要となる点広がり関数表現パラメータを学習するか否かを判断する(ステップA1)。例えば、光学系の経時変化を考慮してマスクの検査毎に毎回パラメータを学習することにするならば、ステップA1の判断は常にイエスとなる。
- [0123] また、前回の欠陥検査時から今回の欠陥検査までの経過時間が、光学系の経時変化に比べて十分短いとユーザーが判断した場合は、ステップA1の判断としてノーを選択しても良い。
- [0124] または、前記経過時間が予め与えてある一定の閾値以下であればユーザーの判断無しにステップA1で強制的にノーを選択する、というシステムを構築しても良い。
- [0125] ステップA1でイエスが選択された場合は、実画像入力手段11から入力された実画像が部分実画像抽出手段21に供給される。部分実画像抽出手段21では、実画像のうち、学習すべき領域を設定する(ステップA2)。
- [0126] 学習すべき領域の設定方法としては、ユーザーが学習する場所を選択設定するという方法が考えられる。
- [0127] または、機械的にランダムに領域を選択しても良い。さらに画像全部を学習すべき領域として設定してもかまわない。
- [0128] なぜならば仮に画像の一部に欠陥があったとしても、欠陥の面積はごく一部であるから、欠陥の悪影響は受けないからである。
- [0129] 学習する場所として、マスクに記述されるパターンのコナー部分が多く含まれるように学習領域を設定する方法は良い方法である。
- [0130] なぜならばパターンが複雑であるからコナー部分が多く含まれるため、さまざまなバリエーションを持つパターンを用いて学習ができるからである。

- [0131] さらに学習する場所として、図8に示すような4つの向きのエッジも他の学習するべき領域と共に設定する方法も良い方法である。
- [0132] なぜならば複雑なパターンばかり学習すると、高周波成分に過度に適応しすぎる学習結果になる可能性があるためである。
- [0133] 次に、設計画像入力手段12から入力されたM枚の設計画像が部分設計画像抽出手段22に供給される。部分設計画像抽出手段22では、設計画像のうち、部分実画像抽出手段21で設定された学習するべき領域に対応する設計画像の部分領域を設定する(ステップA3)。
- [0134] 部分実画像抽出手段21で得られた実画像部分画像と、部分設計画像抽出手段22で得られた設計画像部分画像は、点広がり関数表現パラメータ計算手段23に供給される。
- [0135] 点広がり関数表現パラメータ計算手段23では、前記部分画像と、点広がり関数構築パラメータ記憶部41に格納されている点広がり関数構築パラメータと、統合パラメータ記憶部43に格納されている統合パラメータを用いて、点広がり関数表現パラメータを計算して、その計算結果を点広がり関数表現パラメータ記憶部42に格納する(ステップA4)。
- [0136] ステップA1でノーが選択されるか、あるいはステップA1でイエスが選択され、ステップA4までの処理で学習が行われたならば、データ処理装置3において入力装置1から入力された画像に対して欠陥検査が開始される。まず、設計画像入力手段12から入力された設計画像が複数畳み込み画像生成手段32に供給される。
- [0137] 複数畳み込み画像生成手段32においては、まず点広がり関数構築パラメータ記憶部41と点広がり関数表現パラメータ記憶部42に記憶されているパラメータから、3個の点広がり関数が作成され(ステップA5)、次にM枚の設計画像と前記3個の点広がり関数との間の畳み込み演算が実行され、3M枚の画像を生成する(ステップA6)。
- [0138] 複数畳み込み画像生成手段31で生成された3M枚の画像は参照画像生成手段32に供給される。参照画像生成手段32では、前記3M枚の画像と統合パラメータ記憶部43に格納されている統合パラメータから、参照画像を作成する(ステップA7)。
- [0139] 参照画像生成手段32で作成された参照画像は画像比較手段33に供給される。画

像比較手段33では、実画像入力手段11から入力された実画像を、参照画像生成手段32から供給された参照画像と比較し、違いの大きい場所を欠陥として判定する(ステップA8)。

- [0140] 本実施の形態では、点広がり関数を少数のパラメータで表現し、検査前に学習によってパラメータを推定している。従って、光学系の経時変化とモデル想定外の誤差要因を同時に低減できる。
- [0141] 次に、本発明の第2の発明を実施するための最良の形態について図面を参照して詳細に説明する。
- [0142] 図9を参照すると、本発明の第2の発明を実施するための最良の形態は、データ学習装置6が、図4に示された第1の実施の形態におけるデータ学習装置2の構成に加え、仮想学習画像生成手段24を有し、点広がり関数表現パラメータ計算手段23の仕様が変更されている点で異なる。
- [0143] 仮想画像学習生成手段24は、部分設計画像抽出手段22で得られた設計画像とは別に仮想的な設計画像を用意して、既に記憶装置4に記憶されている点広がり関数構築パラメータと点広がり関数表現パラメータと統合パラメータを用いて複数畳み込み画像生成手段31と参照画像生成手段32と同等の機能により参照画像を作成し、それを仮想的な実画像として点広がり関数表現パラメータ計算手段23に提供する。仮想画像学習生成手段24で用意する設計画像としては、例えばさまざまな方向のステップエッジ画像が考えられる。または、ステップエッジの代わりに、さまざまな幅のラインパターンを用意しても良い。さらに、部分設計画像抽出手段22で得られた設計画像には存在しない幅や方向を持つラインパターンのみ選択的に用意すればさらに良い。ラインパターン以外にも、さまざまな大きさの矩形パターンを用意しておいても良い。
- [0144] 点広がり関数表現パラメータ計算手段23は、部分実画像抽出手段21で得られた実画像と、部分設計画像抽出手段22で得られた設計画像と、仮想画像学習生成手段24で得られた仮想的な実画像と設計画像を用いて、点広がり関数表現パラメータを計算する。
- [0145] 次に、図9及び図10のフローチャートを参照して本実施の形態の全体の動作につ

いて詳細に説明する。

[0146] 図10のステップA1、A2、A3、A5、A6、A7、A8は、本発明を実施するための最良の形態における動作と同一動作のため、説明は省略する。

[0147] 本実施の形態では、ステップA3の後で、仮想画像生成手段24において、仮想的な設計画像と仮想的な実画像が生成される(ステップB1)。ステップA2及びA3の実画像と参照画像に加え、ステップB1で生成された仮想的な設計画像と仮想的な実画像が点広がり関数表現パラメータ計算手段23に提供される。

[0148] 点広がり関数表現パラメータ計算手段23は、部分実画像抽出手段21で得られた実画像と、部分設計画像抽出手段22で得られた設計画像と、仮想画像学習生成手段24で得られた仮想的な実画像と設計画像を用いて、点広がり関数表現パラメータを計算する(ステップA4)。

[0149] 次に、本発明を実施するための最良の形態の効果について説明する。

[0150] 本発明を実施するための最良の形態では、学習を行わせる領域のパターンの種類が少ない場合にも、仮想的な画像で補い、学習データを増やすことができる。これにより、未学習パターンに対しての精度を維持することができる。

[0151] 次に、本発明の第3の発明を実施するための最良の形態について図面を参照して詳細に説明する。

[0152] 図11を参照すると、本発明の第3の発明を実施するための最良の形態は、記憶装置3が、図4に示された第1の実施の形態における記憶装置3の構成に加え、過去学習部分画像記憶部44を有し、点広がり関数表現パラメータ計算手段23の仕様が変更されている点で異なる。

[0153] 過去学習部分画像記憶部44は、以前にデータ学習装置で用いた部分実画像と対応する部分参照画像を記憶し、点広がり関数表現パラメータ計算手段23に提供する。提供する画像は、過去学習部分画像記憶部44に格納されている実画像と参照画像すべてでもかまわない。または部分設計画像抽出手段22で得られた設計画像には存在しない幅や方向を持つラインパターンのうちで、過去学習部分画像記憶部44には記憶されているラインパターンのみ提供すればなお良い。

[0154] 点広がり関数表現パラメータ計算手段23は、部分実画像抽出手段21で得られた

実画像と、部分設計画像抽出手段22で得られた設計画像と、過去学習部分画像記憶部44から与えられた過去に学習に用いた実画像と設計画像を用いて、点広がり関数表現パラメータを計算する。

[0155] 次に、図11及び図12のフローチャートを参照して本実施の形態の全体の動作について詳細に説明する。

[0156] 図12のステップA1、A2、A3、A5、A6、A7、A8は、本発明を実施するための最良の形態における動作と同一動作のため、説明は省略する。

[0157] 本実施の形態では、ステップA3の後で、ステップA3の実画像と参照画像に加え、過去学習部分画像記憶部44に記憶されてある過去に学習に用いた実画像と設計画像も取り出してきて(ステップC1)、前記画像すべてを点広がり関数パラメータ計算手段23に提供する。

[0158] 広がり関数表現パラメータ計算手段23は、部分実画像抽出手段21で得られた実画像と、部分設計画像抽出手段22で得られた設計画像と、過去学習部分画像記憶部44から与えられた過去に学習に用いた実画像と設計画像を用いて、点広がり関数表現パラメータを計算する(ステップA4)。

[0159] 次に、本発明を実施するための最良の形態の効果について説明する。

[0160] 本発明を実施するための最良の形態では、学習を行わせる領域のパターンの種類が少ない場合にも、前回学習に使用した画像で補い、学習データを増やすことができる。これにより、未学習パターンに対しての精度を維持することができる。

[0161] 次に、本発明の第4の発明を実施するための最良の形態について図面を参照して詳細に説明する。

[0162] 図13を参照すると、本発明の第4の発明を実施するための最良の形態は、第1及び第2及び第3の発明を実施するための最良の形態と同様に、入力装置、データ学習装置、データ処理装置、記憶装置、出力装置を備える。

[0163] パラメータ学習用プログラム8は、データ学習装置10に読み込まれデータ学習装置10の動作を制御し、第1及び第2及び第3の実施の形態におけるデータ学習装置2及び6による処理と同一の処理を実行する。

[0164] 欠陥検査プログラム9は、データ処理装置9に読み込まれデータ処理装置11の動

作を制御し、第1及び第2及び第3の実施の形態におけるデータ処理装置3による処理と同一の処理を実行する。

### 実施例 1

[0165] 次に、図4を用いて本発明の実施するための最良の形態を具体的な実施例を用いて説明する。本実施例は、データ学習装置、データ処理装置のいずれもパーソナルコンピュータの中央演算装置を利用する。またデータ記憶装置として磁気ディスク装置を利用する。検査するマスクとして図2のようなハーフトーンマスクが入力された場合を考え、参照画像を生成する計算式としては(8)式を適用した場合について考える。ハーフトーンマスクは2種の透過率を持つ透過率画像と考えることができるが、(8)式を用いた場合は前記(8)式の導出部分に書かれてあるようにMの数を1だけ減じることになるのでM=1として以後考える。

[0166] 磁気ディスク装置には、統合パラメータA、B、C、 $a_1$ 、 $b_1$ 、 $c_1$ と、図14で示されるような点広がり関数構築パラメータ $w_1(x, y)$ 、 $w_2(x, y)$  ( $x=-1, 0, +1; y=-1, 0, +1$ )及び点広がりパラメータ表現パラメータ $p_1, p_2, q_1, q_2, r_1, r_2$ が記憶されている。点広がり関数表現パラメータ $p_1, p_2$ は1つめの点広がり関数 $h_p(x, y)$ を表現するパラメータ、点広がり関数表現パラメータ $q_1, q_2$ は2つめの点広がり関数 $h_q(x, y)$ を表現するパラメータ、点広がり関数表現パラメータ $r_1, r_2$ は3つめの点広がり関数 $h_r(x, y)$ を表現するパラメータであり、それぞれ点広がり関数構築パラメータを用いて

[数33]

$$h_p(x, y) = p_1 w_1(x, y) + p_2 w_2(x, y) \quad \cdots (10)$$

$$h_q(x, y) = q_1 w_1(x, y) + q_2 w_2(x, y) \quad \cdots (11)$$

$$h_r(x, y) = r_1 w_1(x, y) + r_2 w_2(x, y) \quad \cdots (12)$$

と積和演算によって計算され、図15のように求められる。

[0167] 今回、参照画像の計算方法として式(5)を用いる。今回はM=1であることから、式(5)は、

[数34]

$$\begin{aligned}
G(x, y) = & \left[ \{a_1(f_1 * h_p) - b_1(f_1 * h_q)\} + A \right]^2 \\
& + \left[ b_1(f_1 * h_p) + a_1(f_1 * h_q) + B \right]^2 \quad \dots (13) \\
& + c_1(f_1 * h_r) + C
\end{aligned}$$

となる。あるいは、さらに式(10)、式(11)、式(12)を代入することで、 $G(x, y)$ を求める式は、

[数35]

$$\begin{aligned}
G(x, y) = & \left[ \{a_1(p_1T_1 + p_2T_2) - b_1(q_1T_1 + q_2T_2)\} + A \right]^2 \\
& + \left[ b_1(p_1T_1 + p_2T_2) + a_1(q_1T_1 + q_2T_2) + B \right]^2 \\
& + c_1(r_1T_1 + r_2T_2) + C \quad \dots (14)
\end{aligned}$$

とも表現できる。ただし、 $T_1$ 、 $T_2$ は、

[数36]

$$\begin{aligned}
T_1 &= f_1 * w_1 = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 f_1(x-i, y-j) w_1(i, j) \\
T_2 &= f_1 * w_2 = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 f_1(x-i, y-j) w_2(i, j)
\end{aligned}$$

として計算される量である。本実施例では参照画像を計算する式として(13)式あるいは(14)式と等価な式である(14)式を利用する。

[0168] まず、入力として、図16のようなx方向の幅がW、y方向の幅がHのハーフトーンマスクの実画像 $R(x, y)$  ( $x=0, \dots, W-1, y=0, \dots, H-1$ )と図17及び図18のようなハーフトーンマスクの設計画像 $f_1(x, y)$ 、 $f_2(x, y)$  ( $x=0, \dots, W-1, y=0, \dots, H-1$ )が入力されたとする。式(10)あるいは式(11)を見れば分かるように、以下では2つの設計画像のうち $f_1(x, y)$ のみ用いれば良い。

[0169] 入力された実画像 $R(x, y)$ と設計画像 $f_1(x, y)$ から、学習によるパラメータ更新を行うことにする(ステップA1でイエスを選択)。学習を行うために、学習に使用する部分画像を設定する。ここでは学習する領域を $0 < x < W'$ 、 $0 < y < H'$ の領域であると

設定し、この領域をLと定義する。学習に用いる部分実画像は図19の点線矩形で囲まれた領域である $R(x, y) ((x, y) \in L)$ であり、学習に用いる部分参照画像は図20の点線矩形で囲まれた領域である $f_1(x, y) ((x, y) \in L)$ である(ステップA2、ステップA3)。

- [0170] 次に磁気記憶装置に記憶されている点広がり関数構築パラメータ $w_1(x, y)$ 、 $w_2(x, y)$ を読み出し、(11)式を用いて計算される(9)式の $S_L$ を最小化する点広がり関数表現パラメータ $p_1$ 、 $p_2$ 、 $q_1$ 、 $q_2$ 、 $r_1$ 、 $r_2$ 、及び構築パラメータ $a_1$ 、 $b_1$ 、 $c_1$ 、 $A$ 、 $B$ 、 $C$ を共役勾配法によって算出する。
- [0171] そして、磁気記憶装置に記憶されている $p_1$ 、 $p_2$ 、 $q_1$ 、 $q_2$ 、 $r_1$ 、 $r_2$ 、 $a_1$ 、 $b_1$ 、 $c_1$ 、 $A$ 、 $B$ 、 $C$ の値を前記共役勾配法で算出した値で書き換える(ステップA4)。
- [0172] 次に入力画像に対する欠陥検査処理を行う。中央演算装置は、磁気記憶装置に記憶されている点広がり関数表現パラメータ $p_1$ 、 $p_2$ 、 $q_1$ 、 $q_2$ 、 $r_1$ 、 $r_2$ と点広がり関数構築パラメータ $w_1(x, y)$ 、 $w_2(x, y)$ を読み込み、(10)式、(11)式、(12)式を用いて3つの点広がり関数 $h_p$ 、 $h_q$ 、 $h_r$ を求める(ステップA5)。
- [0173] 次に、 $f_1$ と3つの点広がり関数 $h_p$ 、 $h_q$ 、 $h_r$ との畳み込みを計算し(ステップA6)、さらに磁気記憶装置に記憶されている構築パラメータ $a_1$ 、 $b_1$ 、 $c_1$ 、 $A$ 、 $B$ 、 $C$ を読み込み、(10)式を用いて参照画像 $G(x, y)$ を作成する(ステップA7)。
- [0174] 参照画像 $G(x, y)$ を作成した後は、実画像 $R(x, y)$ と参照画像 $G(x, y)$ 差分の絶対値を調べ、予め定めてある値 $T$ を用いて、

[数37]

$$|R(x, y) - G(x, y)| > T$$

となった点 $(x, y)$ の場所が欠陥があると判定する(ステップA8)。

#### 産業上の利用可能性

- [0175] 本発明によれば、半導体の製造過程で必要なマスク欠陥検査において、加工済パターンを走査して得られる実画像と、走査した加工パターンに対応した設計画像を用いて生成される参照画像との比較によって欠陥検査を行う用途に適用できる。

## 請求の範囲

- [1] 観測画像と設計情報から点広がり関数を推定する点広がり関数推定部と、前記設計情報に対して前記点広がり関数を畳み込むことによって畳み込み画像を生成する畳み込み画像生成部と、前記畳み込み画像生成部で得られた前記畳み込み画像から参照画像を生成する参照画像生成部を備えたことを特徴とする参照画像生成装置。
- [2] 前記点広がり関数が複数であることを特徴とする請求項1記載の参照画像生成装置。
- [3] 前記点広がり関数が所定数個以下のパラメータで表現されることを特徴とする請求項1記載の参照画像生成装置。
- [4] 前記点広がり関数が複数のガウシアン関数で表現されることを特徴とする請求項1記載の参照画像生成装置。
- [5] 前記点広がり関数が積和演算で表現されることを特徴とする請求項1記載の参照画像生成装置。
- [6] 前記点広がり関数が等方的であることを特徴とする請求項1記載の参照画像生成装置。
- [7] 前記点広がり関数が歪みを許容した形状であることを特徴とする請求項1記載の参照画像生成装置。
- [8] 前記点広がり関数は、点広がり関数構築パラメータと点広がり表現パラメータにより表され、  
前記点広がり関数推定部は、点広がり関数構築パラメータを更に入力し、点広がり関数表現パラメータを推定することを特徴とする請求項1記載の参照画像生成装置。
- [9] 前記参照画像生成部は、複数の畳み込み画像を部分コヒーレント結合モデルに従って統合することにより前記参照画像を生成することを特徴とする請求項1記載の参照画像生成装置。
- [10] 前記点広がり関数は、点広がり関数構築パラメータと点広がり表現パラメータにより表され、  
前記点広がり関数推定部は、点広がり関数構築パラメータを更に入力し、前記統合

のための統合パラメータを推定することを特徴とする請求項9記載の参照画像生成装置。

- [11] 仮想的な設計画像を基に前記畳み込み画像生成部と前記参照画像生成部により生成した参照画像を仮想的な実画像とし、前記関数推定部は前記仮想的な設計画像と前記仮想的な実画像も点広がり関数を推定するときの入力とすることを特徴とする請求項1記載の参照画像生成装置。
- [12] 前記観測画像と前記設計情報は、現在検査対象となっているパターンに関するもののみならず、過去に検査対象となったパターンに関するものも含むことを特徴とする請求項1記載の参照画像生成装置。
- [13] 請求項1乃至12の何れか1項に記載の参照画像生成装置と、  
前記観測画像と前記参照画像を比較する画像比較部を備えることを特徴とするパターン検査装置。
- [14] 観測画像と設計情報から点広がり関数を推定する点広がり関数推定ステップと、前記設計情報に対して前記点広がり関数を畳み込むことによって畳み込み画像を生成する畳み込み画像生成ステップと、前記畳み込み画像生成部で得られた前記畳み込み画像から参照画像を生成する参照画像生成ステップを備えたことを特徴とする参照画像生成方法。
- [15] 前記点広がり関数が複数であることを特徴とする請求項14記載の参照画像生成方法。
- [16] 前記点広がり関数が所定数個以下のパラメータで表現されることを特徴とする請求項14記載の参照画像生成方法。
- [17] 前記点広がり関数が複数のガウシアン関数で表現されることを特徴とする請求項14記載の参照画像生成方法。
- [18] 前記点広がり関数が積和演算で表現されることを特徴とする請求項14記載の参照画像生成方法。
- [19] 前記点広がり関数が等方的であることを特徴とする請求項14記載の参照画像生成方法。
- [20] 前記点広がり関数が歪みを許容した形状であることを特徴とする請求項14記載の

参照画像生成方法。

- [21] 前記点広がり関数は、点広がり関数構築パラメータと点広がり表現パラメータにより表され、

前記点広がり関数推定ステップは、点広がり関数構築パラメータを更に入力し、点広がり関数表現パラメータを推定することを特徴とする請求項14記載の参照画像生成方法。

- [22] 前記参照画像生成ステップは、複数の畳み込み画像を部分コヒーレント結合モデルに従って統合することにより前記参照画像を生成することを特徴とする請求項14記載の参照画像生成方法。

- [23] 前記点広がり関数は、点広がり関数構築パラメータと点広がり表現パラメータにより表され、

前記点広がり関数推定ステップは、点広がり関数構築パラメータを更に入力し、前記統合のための統合パラメータを推定することを特徴とする請求項22記載の参照画像生成方法。

- [24] 仮想的な設計画像を基に前記畳み込み画像生成ステップと前記参照画像生成ステップにより生成した参照画像を仮想的な実画像とし、前記関数推定ステップは前記仮想的な設計画像と前記仮想的な実画像も点広がり関数を推定するときの入力とすることを特徴とする請求項14記載の参照画像生成方法。

- [25] 前記観測画像と前記設計情報は、現在検査対象となっているパターンに関するもののみならず、過去に検査対象となったパターンに関するものも含むことを特徴とする請求項14記載の参照画像生成方法。

- [26] 請求項14乃至25の何れか1項に記載の参照画像生成方法と、  
前記観測画像と前記参照画像を比較する画像比較ステップを備えることを特徴とするパターン検査方法。

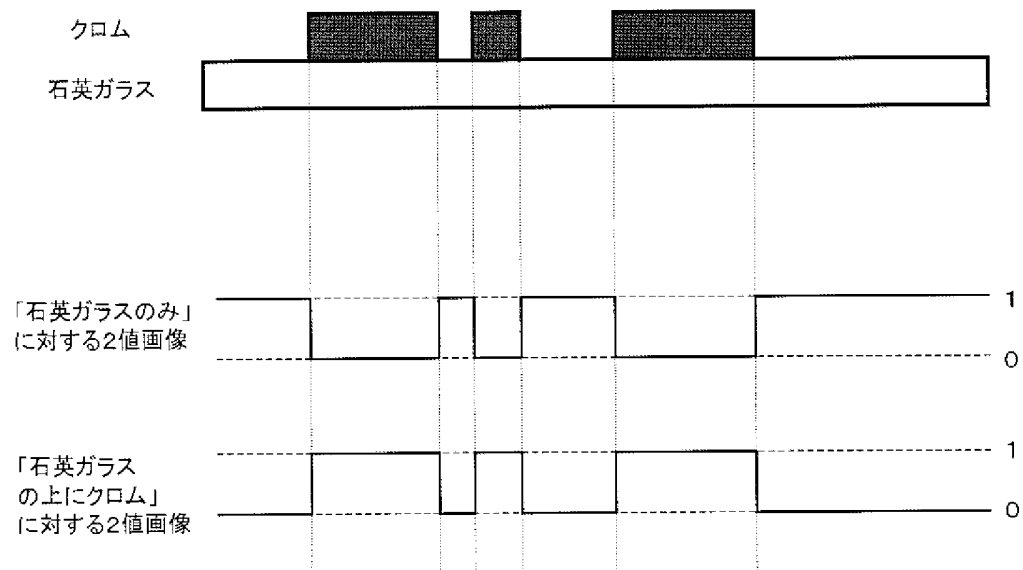
- [27] 請求項14乃至25の何れか1項に記載の参照画像生成方法をコンピュータに行わせるための参照画像生成プログラム。

- [28] 請求項27に記載の参照画像生成プログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

- [29] 請求項26に記載のパターン検査方法をコンピュータに行わせるためのパターン検査プログラム。
- [30] 請求項29に記載のパターン検査プログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。
- [31] 観測画像と設計情報から参照画像を生成する手段と、  
前記観測画像と前記参照画像とを比較することによりパターン検査を行う手段と、  
を備えることを特徴とするパターン検査装置。
- [32] 観測画像と設計情報から参照画像を生成するステップと、  
前記観測画像と前記参照画像とを比較することによりパターン検査を行うステップと  
、  
を備えることを特徴とするパターン検査方法。
- [33] 請求項32に記載のパターン検査方法をコンピュータに行わせるためのパターン検査プログラム。
- [34] 請求項33に記載のパターン検査プログラムを記録したコンピュータ読取り可能なプログラム。

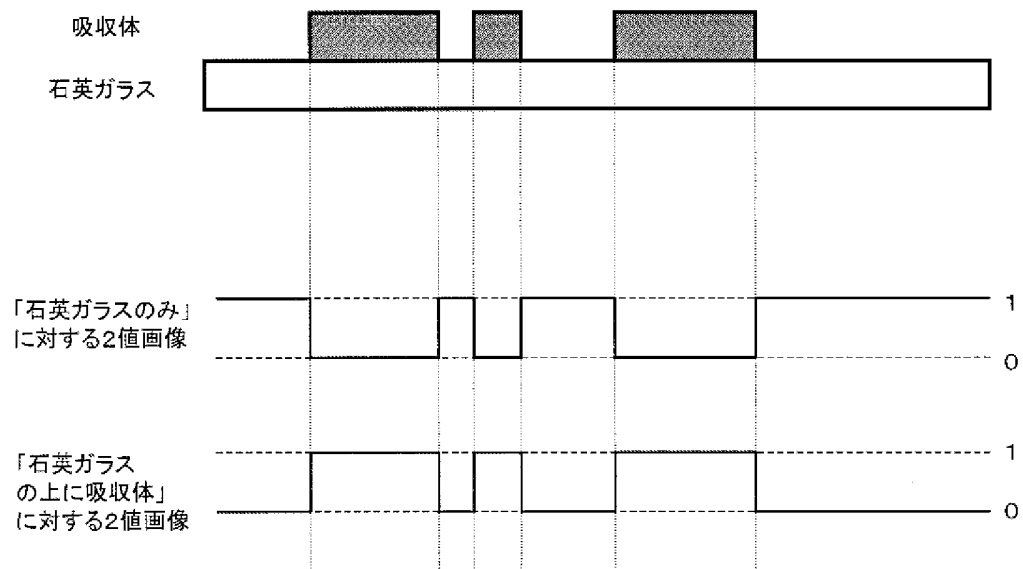
[図1]

## クロムマスク

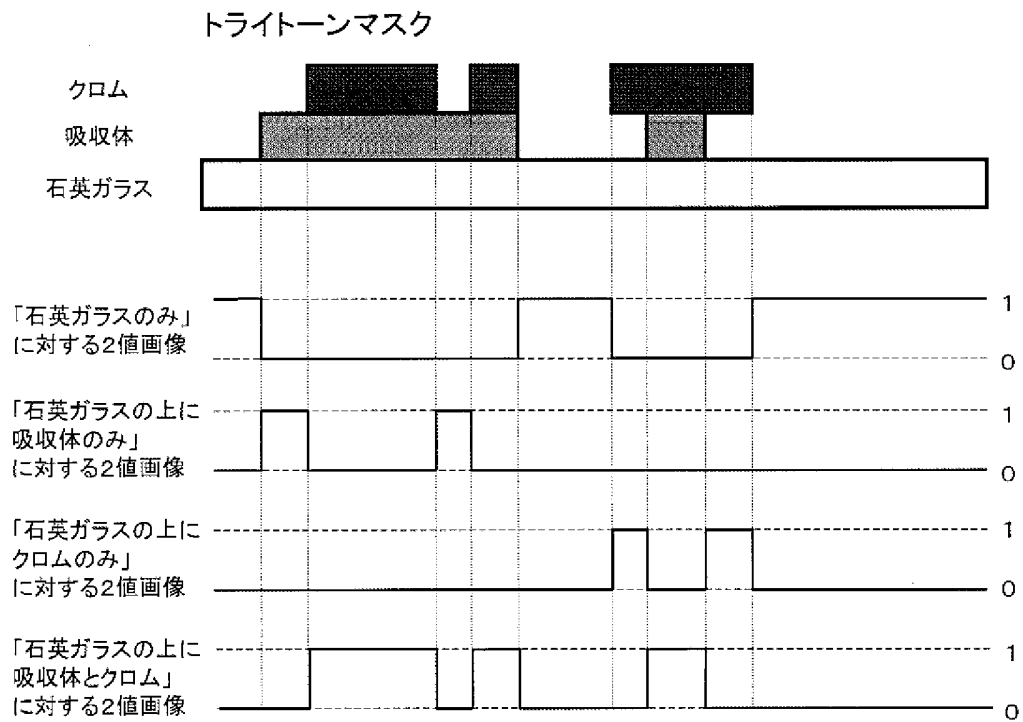


[図2]

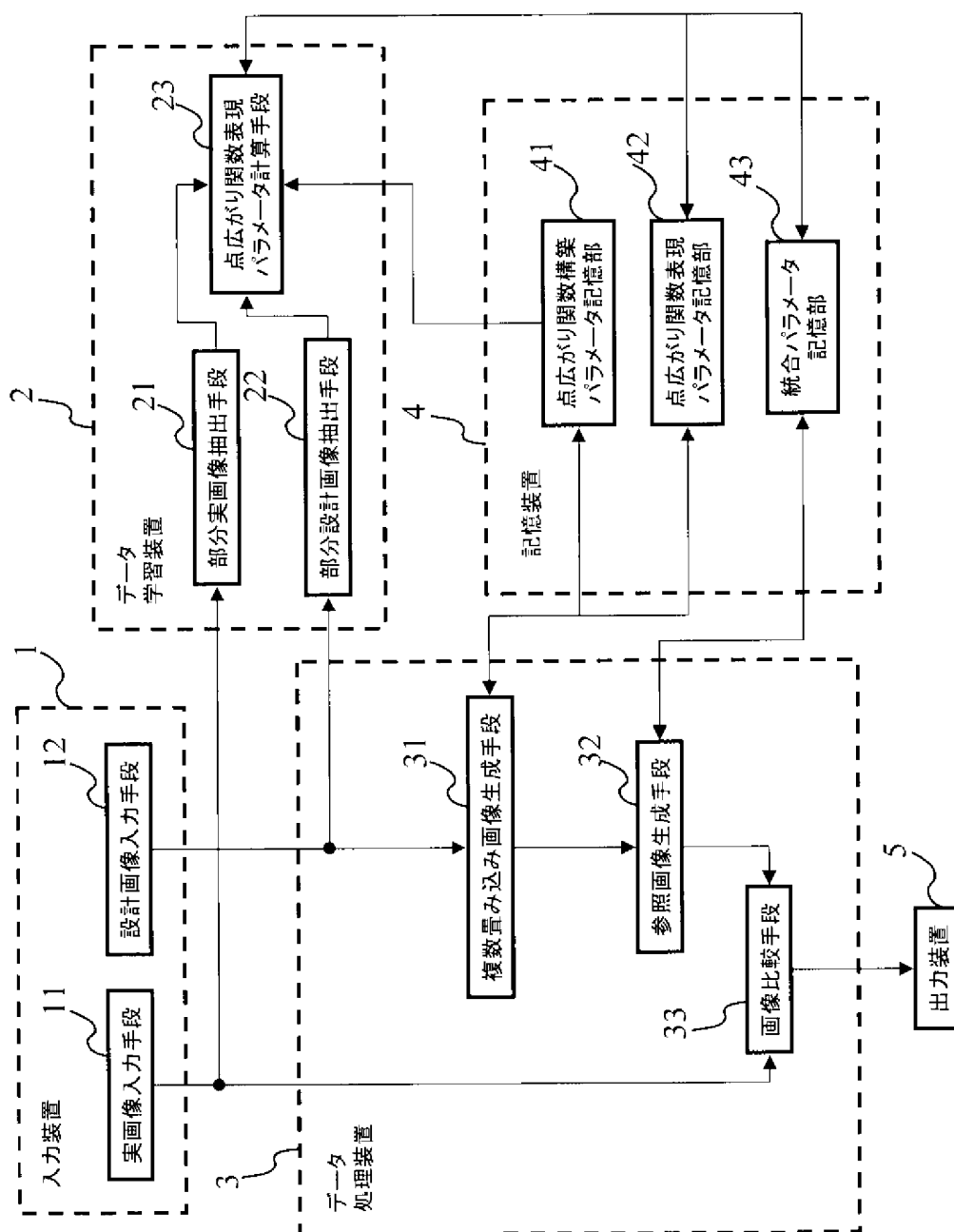
## ハーフトーンマスク



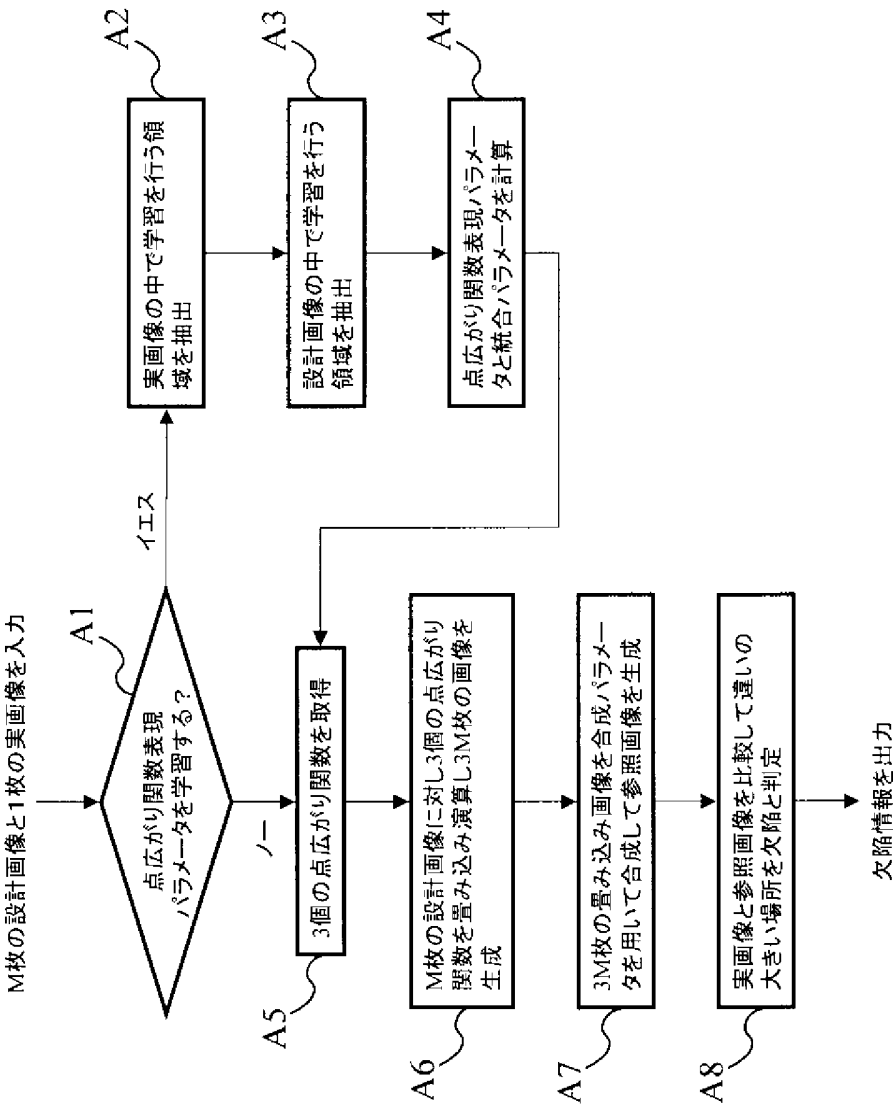
[図3]



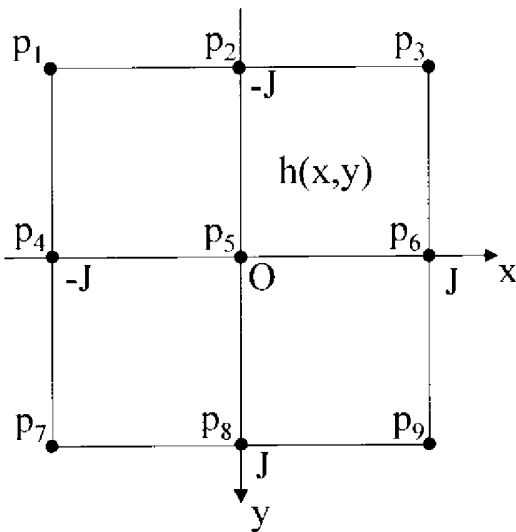
[図4]



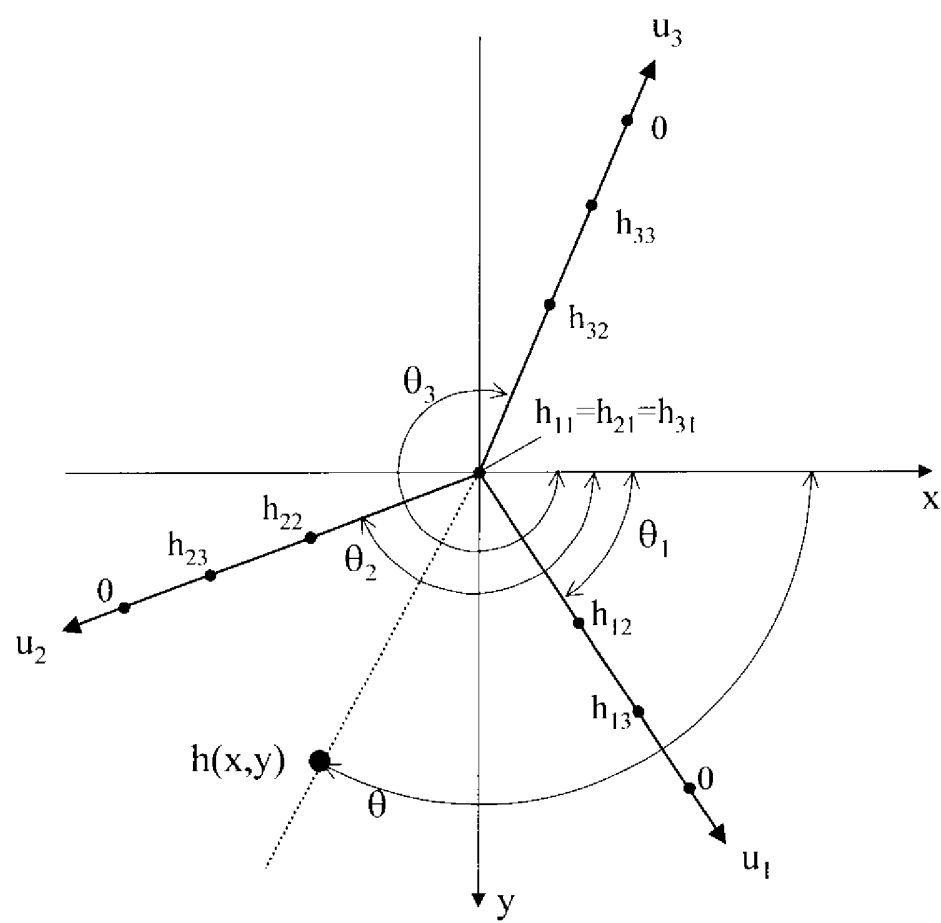
[図5]



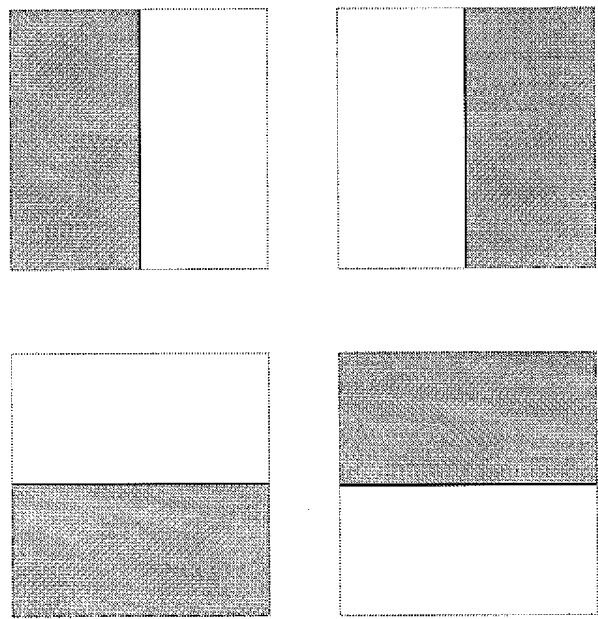
[図6]



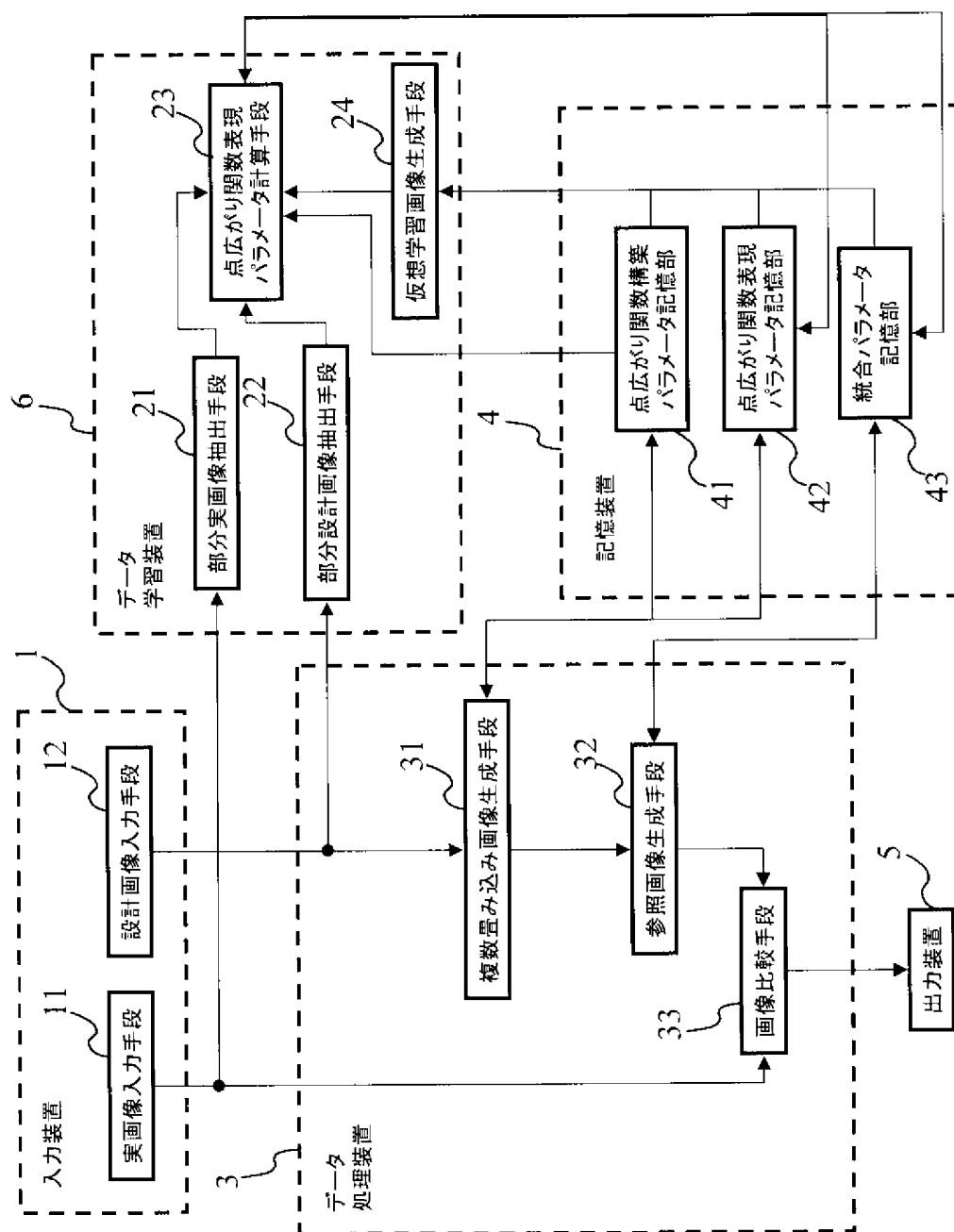
[図7]



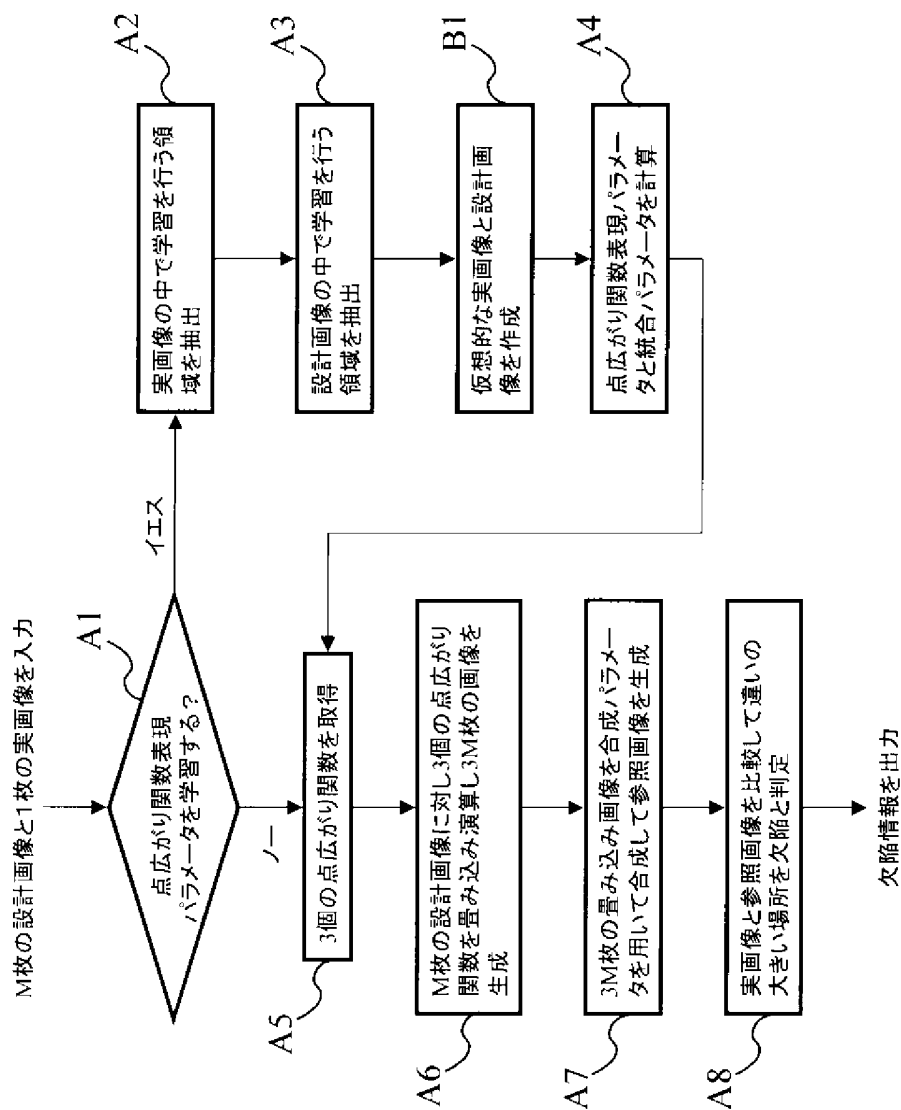
[図8]



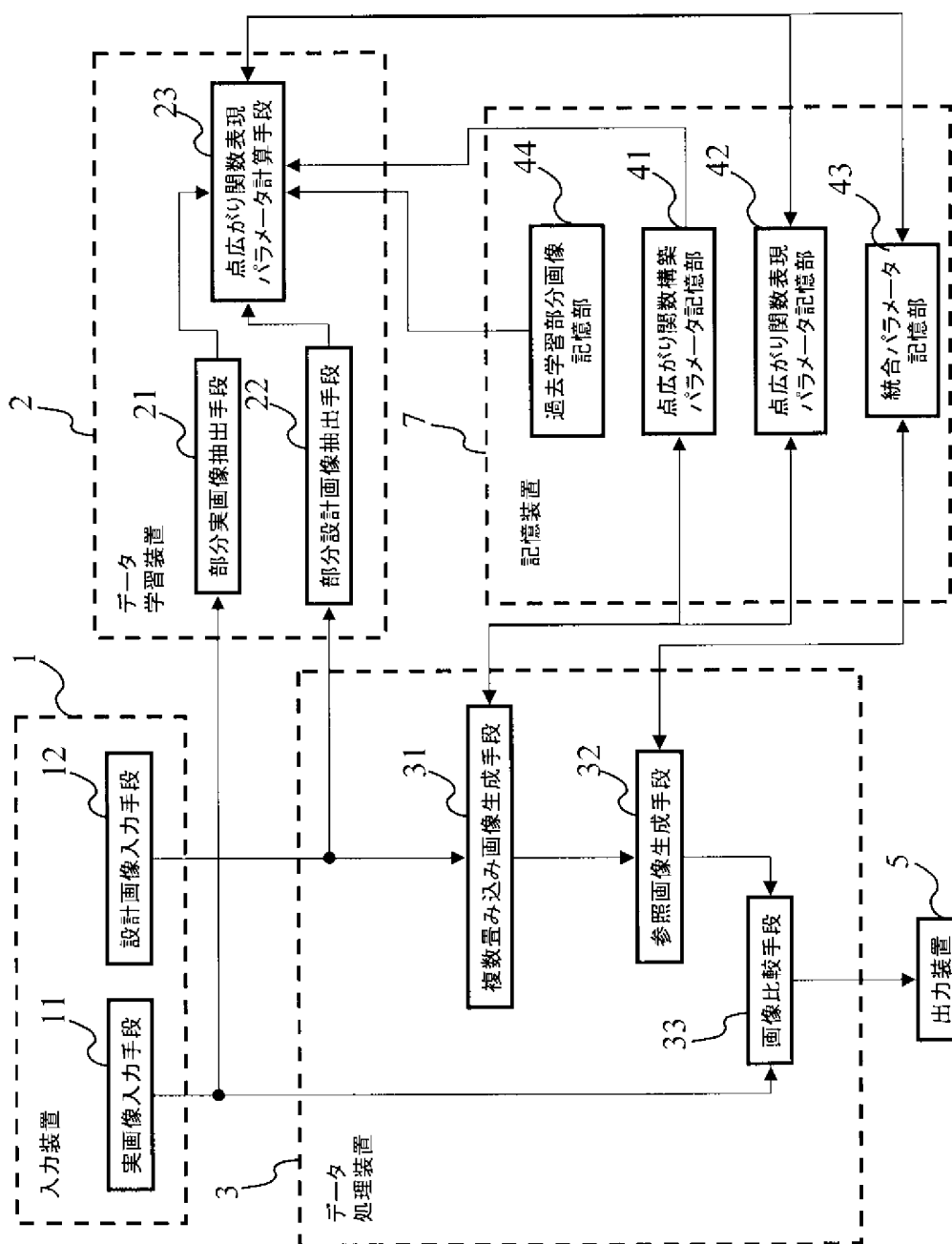
[図9]



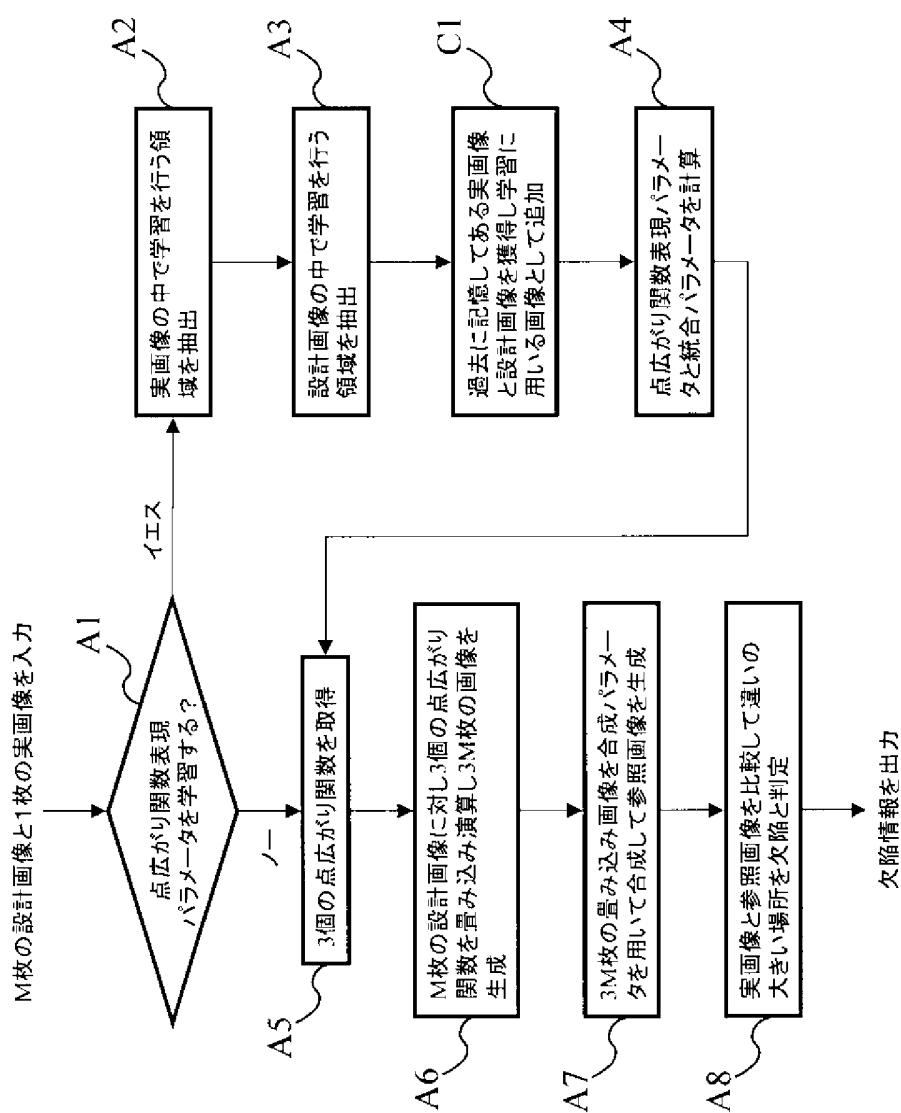
[図10]



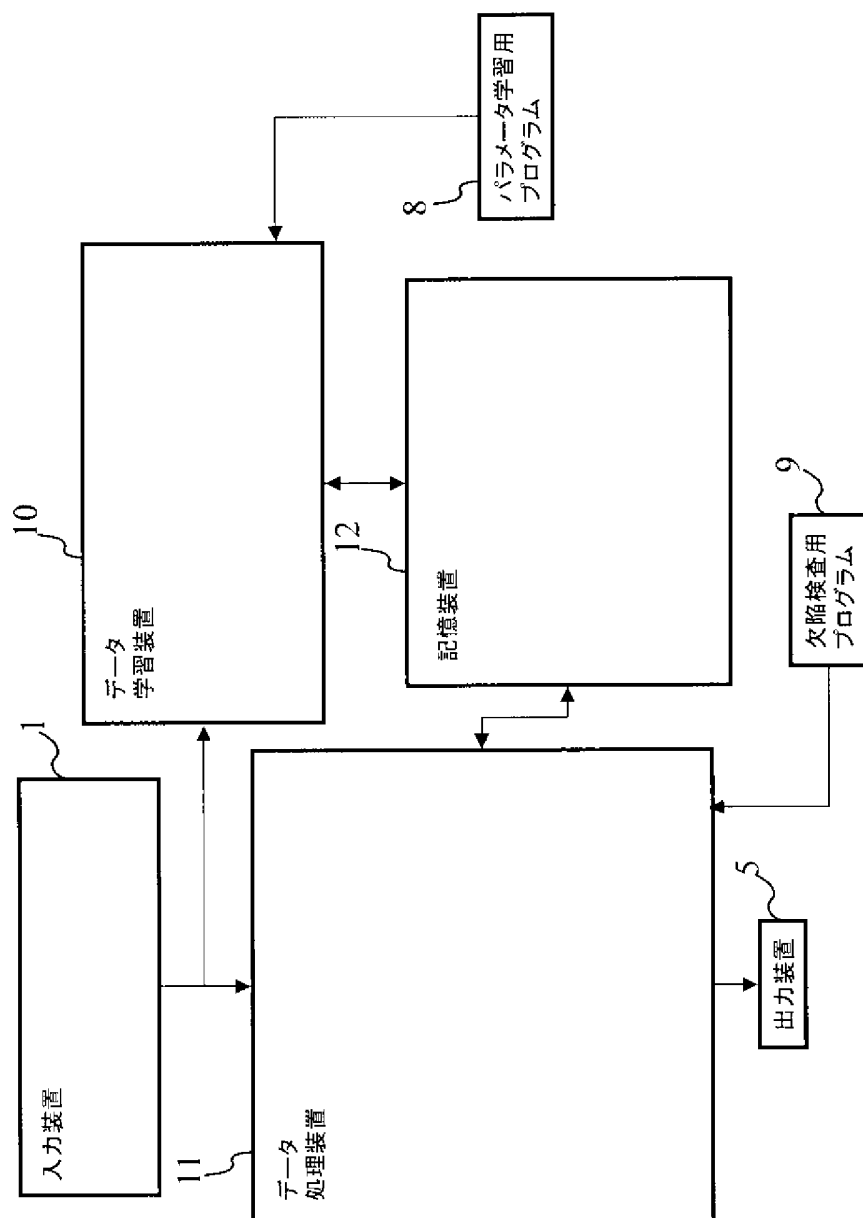
[図11]



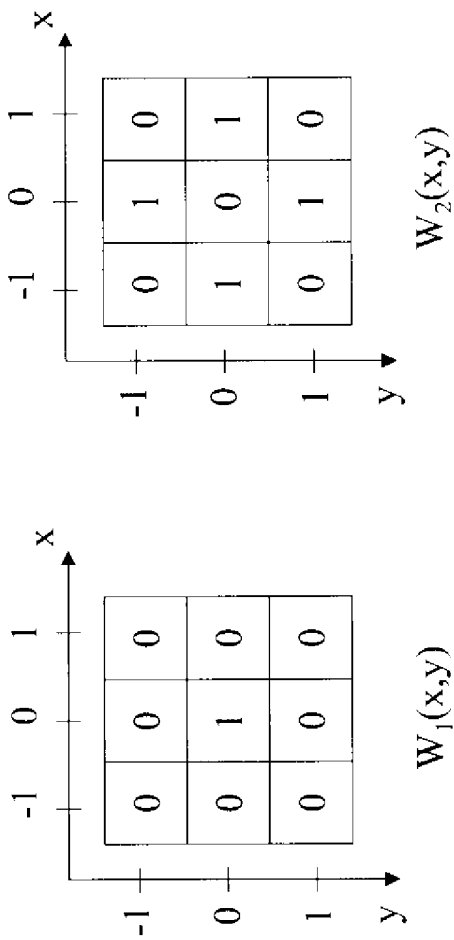
[図12]



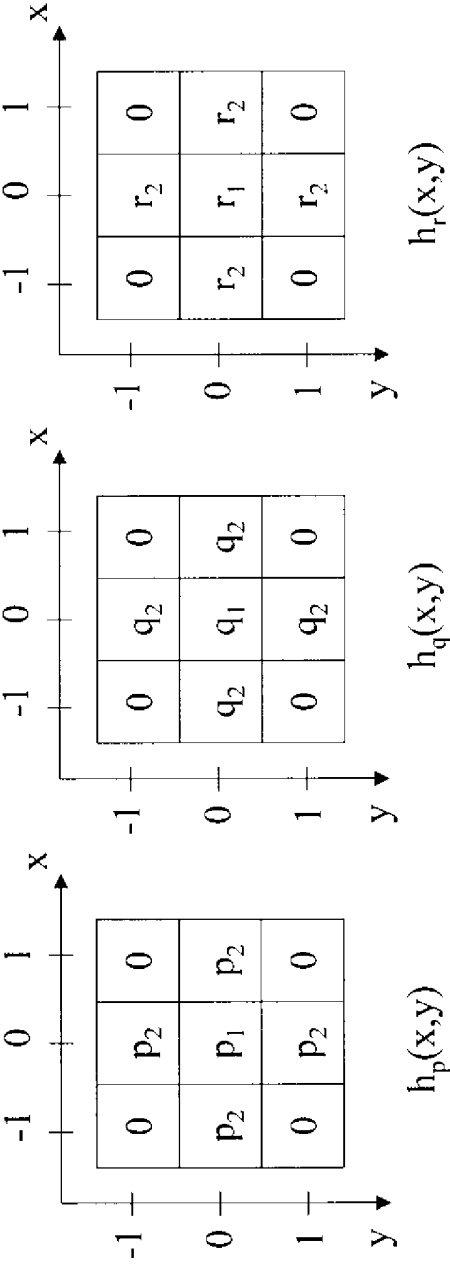
[図13]



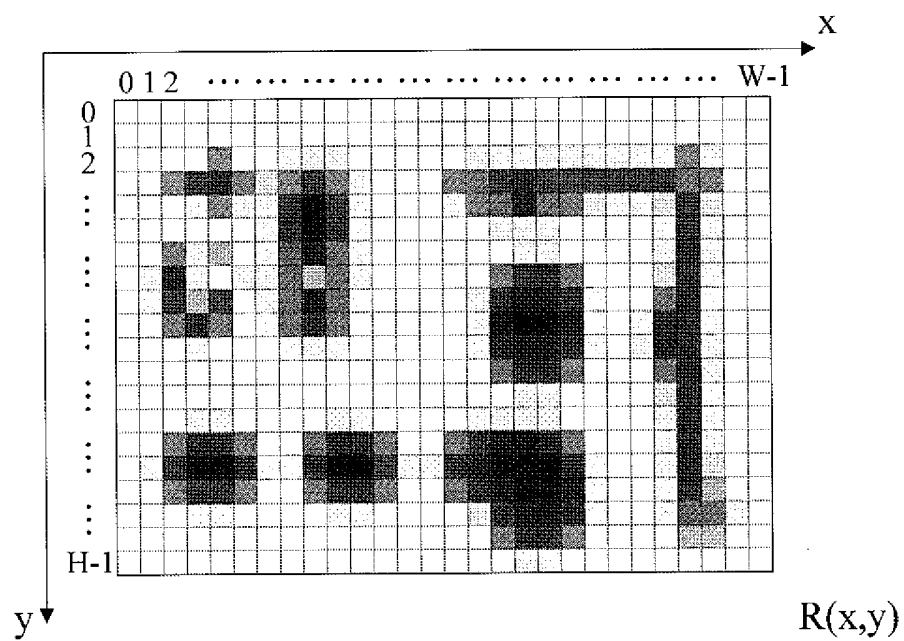
[図14]



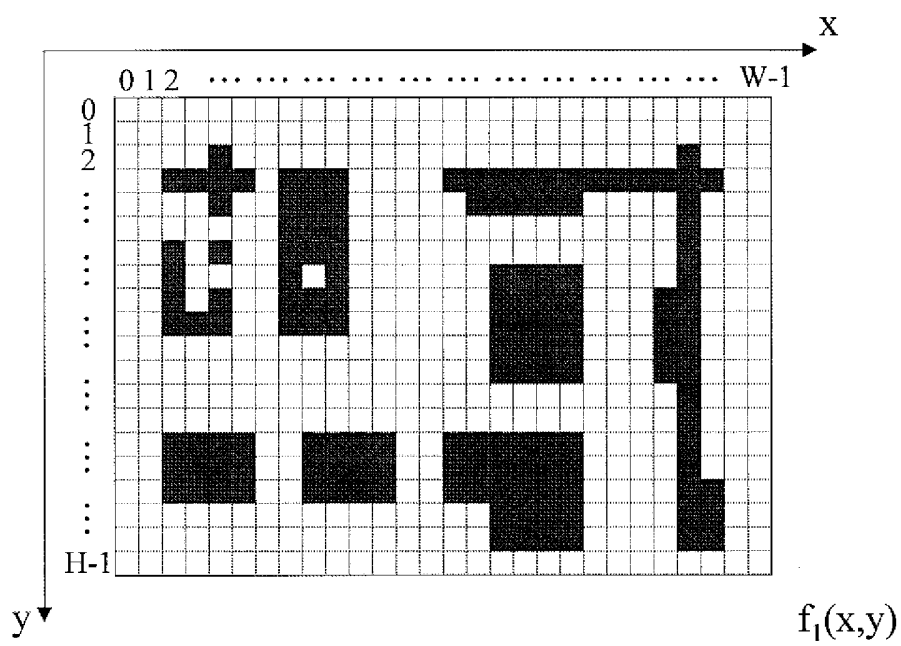
[図15]



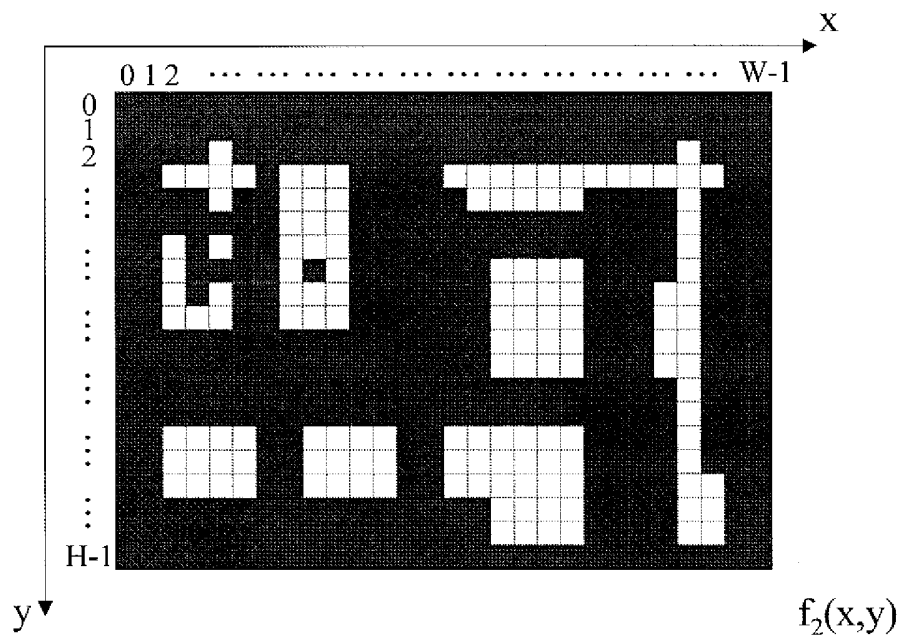
[図16]



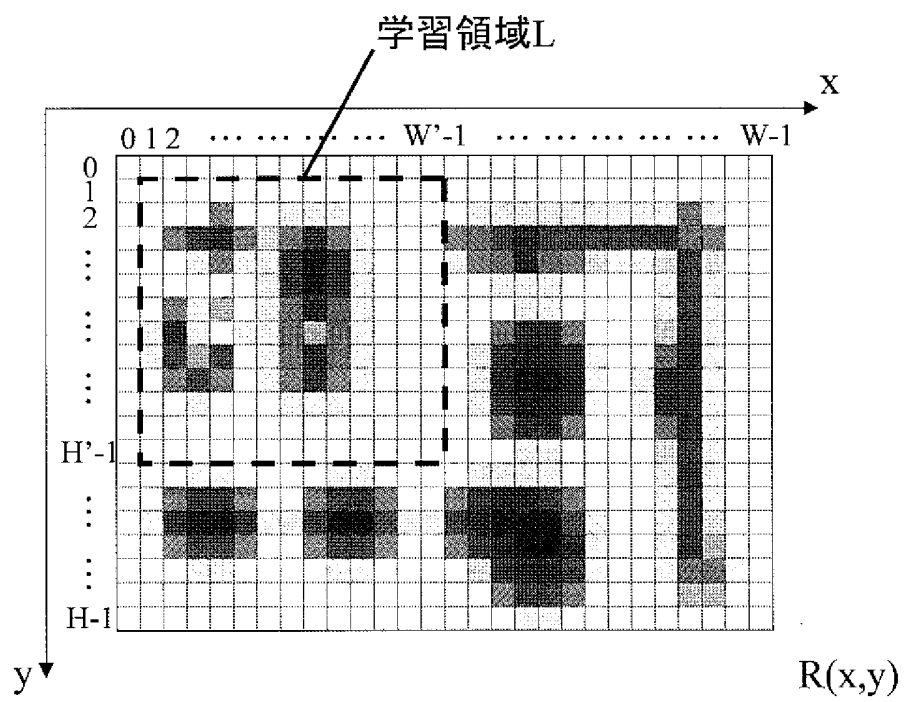
[図17]



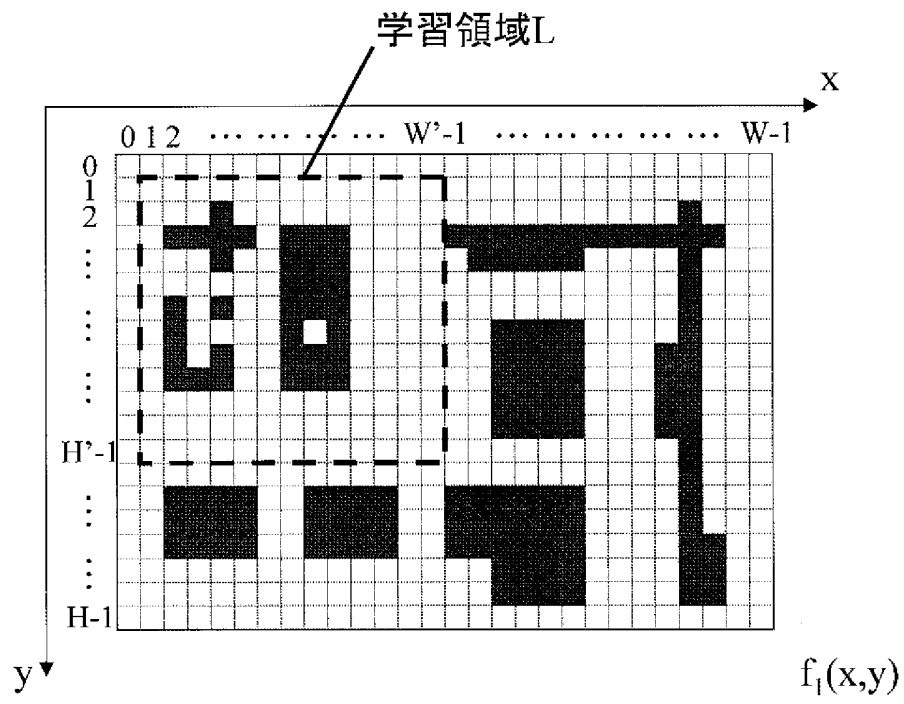
[図18]



[図19]



[図20]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/020282

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br><b>G01N21/956</b> (2006.01) , <b>G01B11/30</b> (2006.01) , <b>G03F1/08</b> (2006.01) ,<br><b>G06T1/00</b> (2006.01) , <b>H01L21/027</b> (2006.01)<br><br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                               |                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>G012N1/956, G03F1/08, H01L21/027<br><br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Jitsuyo Shinan Koho                      1922-1996      Jitsuyo Shinan Toroku Koho      1996-2006<br>Kokai Jitsuyo Shinan Koho            1971-2006      Toroku Jitsuyo Shinan Koho      1994-2006<br><br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                               |                                                                                   |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                               |                                                                                   |
| Category*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                            | Relevant to claim No.                                                             |
| Y<br>A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | JP 8-247738 A (Toshiba Corp.),<br>27 September, 1996 (27.09.96),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)                                 | 1-7, 9, 12-20,<br>22, 25-34<br>8, 10-11, 21,<br>23-24                             |
| Y<br>A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | EP 952548 A2 (NEC CORP.),<br>27 October, 1999 (27.10.99),<br>Full text; all drawings<br>& JP 11-304453 A                      & US 6504947 B1 | 1-7, 9, 12-20,<br>22, 25-34<br>8, 10-11, 21,<br>23-24                             |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | JP 2002-107309 A (Toshiba Corp.),<br>10 April, 2002 (10.04.02),<br>Full text; all drawings<br>& US 2002-51566 A1                              | 9, 22                                                                             |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                               |                                                                                   |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"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)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"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<br>"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<br>"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<br>"&" document member of the same patent family |                                                                                                                                               |                                                                                   |
| Date of the actual completion of the international search<br>11 January, 2006 (11.01.06)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                               | Date of mailing of the international search report<br>31 January, 2006 (31.01.06) |
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japanese Patent Office                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                               | Authorized officer                                                                |
| Facsimile No.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                               | Telephone No.                                                                     |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N21/956 (2006.01), G01B11/30 (2006.01), G03F1/08 (2006.01), G06T1/00 (2006.01), H01L21/027 (2006.01)

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N21/956, G03F1/08, H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2006年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2006年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2006年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                  | 関連する<br>請求の範囲の番号                                      |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Y<br><br>A      | JP 8-247738 A (株式会社東芝) 1996.09.27, 全文, 全図 (ファミリーなし)                                | 1-7, 9, 12-20,<br>22, 25-34<br>8, 10-11, 21,<br>23-24 |
| Y<br><br>A      | EP 952548 A2 (NEC CORPORATION) 1999.10.27, 全文, 全図 & JP 11-304453 A & US 6504947 B1 | 1-7, 9, 12-20,<br>22, 25-34<br>8, 10-11, 21,<br>23-24 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11.01.2006

国際調査報告の発送日

31.01.2006

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

渡戸 正義

電話番号 03-3581-1101 内線 3274

2M

9023

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                    |                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                  | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
| Y                     | JP 2002-107309 A (株式会社東芝) 2002.04.10, 全文, 全図 & US<br>2002-51566 A1 | 9, 22            |