

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5226532号  
(P5226532)

(45) 発行日 平成25年7月3日(2013.7.3)

(24) 登録日 平成25年3月22日(2013.3.22)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L 21/027	(2006.01)	HO 1 L	21/30	5 1 5 D
GO 1 M 11/02	(2006.01)	GO 1 M	11/02	B
		HO 1 L	21/30	5 1 6 A

請求項の数 29 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2008-546211 (P2008-546211)	(73) 特許権者	502442359
(86) (22) 出願日	平成18年12月15日 (2006.12.15)		カール ツアイス エスエムエス ゲゼル
(65) 公表番号	特表2009-521107 (P2009-521107A)		シャフト ミット ベシュレンクテル ハ
(43) 公表日	平成21年5月28日 (2009.5.28)		フツング
(86) 国際出願番号	PCT/EP2006/012103		ドイツ国 07745 イエナ カール
(87) 国際公開番号	W02007/079904		ツアイス プロムナーデ 10
(87) 国際公開日	平成19年7月19日 (2007.7.19)	(74) 代理人	100068755
審査請求日	平成21年12月10日 (2009.12.10)		弁理士 恩田 博宣
(31) 優先権主張番号	102005062237.2	(74) 代理人	100105957
(32) 優先日	平成17年12月22日 (2005.12.22)		弁理士 恩田 誠
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(74) 代理人	100142907
			弁理士 本田 淳
		(72) 発明者	グライフーヴェステンベッカー、イェルン
			オーストリア国 1030 ウィーン ダ
			ボンテガッセ 11/13
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結像光学系の結像動作を検査する方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の結像光学系の結像動作を検査する方法であって、被写体(6)が第2の結像光学系(2)によって像平面で結像され、該像平面の光が空間分解的に画素において検出され、該第1の結像光学系および第2の結像光学系(2)は少なくとも1つの撮像特性において異なり、

画素ごとに、該光の第1の特性としての輝度の値、および該光の少なくとも1つの追加の第2の特性の値が決定されて、該画素に格納され、

該格納された値がエミュレーションステップにおいて処理され、該撮像特性および該結像動作における該第2の特性の影響を考慮して、該第1の結像光学系によって生成される該被写体(6)の画像をエミュレートするエミュレーション画像が生成される、方法において、

一連の画像が、

a. 該第2の特性の値の範囲を部分的な範囲に分割すること、

b. 各部分的な範囲に画像を割り当てること、

c. 該画素に割り当てられた該第2の特性の値が該個々の画像に割り当てられた該部分的な範囲に収まる場合、対応する格納された輝度値を各画像の該画素に割り当て、そうでなければ、前記画素に所定の輝度を割り当てることによって生成され、

該一連の画像が該エミュレーションステップにおいて一連の中間画像に変換され、該エミュレーションが該中間画像の各々の該第2の特性の一定値を含み、前記値は、該個々の

部分的な範囲から生じ、該個々の他の中間画像の該第 2 の特性の値とは異なり、

次に、該中間画像が結合され、該エミュレーション画像が形成されることを特徴とする方法。

【請求項 2】

該部分的な範囲間に部分的な重複があることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

該所定の輝度値がゼロであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

該画像と該中間画像の両方がそれぞれ同じサイズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

10

【請求項 5】

該中間画像の該輝度値が画素ごとに加算されて、該エミュレーション画像が生成されることを特徴とする請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

該中間画像の輝度値の平均が画素ごとに採取されて、該エミュレーション画像が生成されることを特徴とする請求項 4 に記載の方法。

【請求項 7】

該輝度値を該一連の画像に割り当てるときに、該輝度値が重み付けられることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

20

【請求項 8】

該第 2 の特性が該偏光状態であり、画素ごとに該偏光度および / または該偏光の方向が格納されることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 9】

該一連の画像が、検出前に光を偏光子 ( 5 ) に通過させることにより生成され、該部分的な範囲が該偏光子 ( 5 ) の異なる位置により画定されることを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

該一連の画像が、該格納されている値に基づいてコンピュータで生成されることを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

30

【請求項 11】

画素に割り当てられる偏光の角度  $\theta$  が該部分的な範囲に収まる場合に、該輝度値が、関数

$$C \cdot \left| \cos \left( \theta - \theta_0 \right) \right|$$

を使用して重み付けられ、ここで、 $C$  が定数であり、 $\theta_0$  が該対応する部分的な範囲の中心における偏光の角度であることを特徴とする請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

画素に割り当てられる偏光の該角度  $\theta$  が該部分的な範囲に収まる場合に、該輝度値が、関数

40

$$C \cdot \cos^2 \left( \theta - \theta_0 \right)$$

を使用して重み付けられ、ここで、 $C$  が定数であり、 $\theta_0$  が該対応する部分的な範囲の中心における偏光の角度であることを特徴とする請求項 10 に記載の方法。

【請求項 13】

該部分的な範囲の 1 つが、該 1 つの範囲に割り当てられたゼロの偏光度を排他的に有し、該部分的な範囲に割り当てられる該画像が、該画像に割り当てられた検出済みの非偏光の輝度値を有することを特徴とする請求項 8 から 12 のいずれか 1 つに記載の方法。

【請求項 14】

50

ゼロの偏光度を有する該画像に指定された該輝度値が他の画像に割り当てられ、該対応する輝度値に加算され、前記割り当てが好ましくは均一に行われることを特徴とする請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

該第 2 の特性が色であり、波長および/または彩度が画素ごとに格納されることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 16】

フォトリソグラフィックスキャナが該第 1 の結像光学系として使用され、該フォトリソグラフィックスキャナのエミュレーションのためのエミュレーション結像光学系が該第 2 の結像光学系(2)として使用されることを特徴とする請求項 1 乃至 15 のいずれか 1 項に記載の方法。

10

【請求項 17】

第 1 の結像光学系の結像動作を検査する装置であって、

被写体(6)を像平面の中に結像し、少なくとも 1 つの撮像特性において該第 1 の結像光学系と異なる第 2 の結像光学系(2)と、

画素を有する空間分解式検出器(3)であって、検出器(3)によって該像平面の光が該画素で検出される、空間分解式検出器と、

該光の第 1 の特性としての輝度の値および該光の少なくとも 1 つの追加の該光の第 2 の特性の値が画素に空間分解的に格納されるメモリモジュール(4)と、

該格納されている値を処理し、該撮像特性、および該結像動作に対する該第 2 の特性の影響を考慮して、該第 1 の結像光学系によって生成される該被写体(6)の画像をエミュレートするエミュレーション画像を生成するエミュレーションモジュール(7)とを備えた装置において、

20

該装置が、

a. 該第 2 の特性の値の範囲を部分的な範囲に分割すること、

b. 各部分的な範囲に画像を割り当てること、

c. 該画素に割り当てられる該第 2 の特性の値が該個々の画像に割り当てられた該部分的な範囲に収まる場合に、対応する格納された輝度値を各画像の該画素に割り当て、そうでなければ、前記画素に所定の輝度値を割り当てることによって一連の画像を生成し、

該エミュレーションモジュール(7)が該一連の画像を一連の中間画像に変換し、該エミュレーションが該中間画像の各々の該第 2 の特性の一定値を含み、該第 2 の特性の値が該個々の部分的な範囲から生じ、該個々の他の中間画像のための該第 2 の特性の該値とは異なり、

30

該エミュレーションモジュールが該中間画像を結合して、該エミュレーション画像を形成することを特徴とする装置。

【請求項 18】

該部分的な範囲間に部分的な重複があることを特徴とする請求項 17 に記載の装置。

【請求項 19】

該所定の輝度値がゼロであることを特徴とする請求項 17 または 18 に記載の装置。

【請求項 20】

装置がそれぞれ同じサイズを有する一連の画像および一連の中間画像を生成することを特徴とする請求項 17 乃至 19 のいずれか 1 項に記載の装置。

40

【請求項 21】

エミュレーションモジュールが画素ごとに該中間画像の該輝度値を加算して、該エミュレーション画像を生成することを特徴とする請求項 17 乃至 20 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 22】

エミュレーションモジュールが画素ごとに該中間画像の輝度値の平均を取って、該エミュレーション画像を生成することを特徴とする請求項 17 乃至 20 のいずれか 1 項に記載の装置。

50

## 【請求項 2 3】

輝度値を該一連の内の 1 つの画像に割り当てるときに該輝度値に重み付けることを特徴とする請求項 1 7 から 2 2 のいずれか 1 項に記載の装置。

## 【請求項 2 4】

該第 2 の特性が該偏光度であり、画素ごとに該偏光度および / または該偏光の方向が該メモリモジュールに格納されることを特徴とする請求項 1 7 乃至 2 3 のいずれか 1 項に記載の装置。

## 【請求項 2 5】

該光が検出前に通過する偏光子 ( 5 ) が提供され、該部分的な範囲が該偏光子 ( 5 ) の異なる位置によって画定されることを特徴とする請求項 2 4 に記載の装置。

10

## 【請求項 2 6】

該格納されている値に基づいて一連の画像を計算量的に生成することを特徴とする請求項 2 4 に記載の方法。

## 【請求項 2 7】

該部分的な範囲の 1 つにゼロの偏光度を排他的に割り当て、この部分的な範囲に割り当てられている画像に、検出済みの非偏光の該輝度値を割り当ててことを特徴とする請求項 2 4 乃至 2 6 のいずれか 1 項に記載の装置。

## 【請求項 2 8】

該第 2 の特性が色であり、画素ごとに該波長および / または該彩度が該メモリモジュール ( 4 ) に格納されることを特徴とする請求項 1 7 乃至 2 3 のいずれか 1 項に記載の装置。

20

## 【請求項 2 9】

フォトリソグラフィックスキャナが該第 1 の結像光学系として使用され、該フォトリソグラフィックスキャナのエミュレーションのためのエミュレーション結像光学系が該第 2 の結像光学系 ( 2 ) として使用されることを特徴とする請求項 1 7 乃至 2 8 のいずれか 1 項に記載の装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、第 1 の結像光学系の結像動作を検査する方法に関し、その方法では、被写体が第 2 の結像光学系によって像平面の中に結像され、像平面の光が空間分解的に画素において検出され、第 1 の結像光学系および第 2 の結像光学系が少なくとも 1 つの撮像特性で異なり、光の第 1 の特性としての輝度の値および光の少なくとも 1 つの追加の第 2 の特性の値が画素ごとに決定され、画素に格納され、格納された値がエミュレーションステップにおいて処理され、撮像特性、および結像動作に対する第 2 の特性の影響を考慮して、第 1 の結像光学系によって生成される被写体の画像をエミュレートするエミュレーション画像が生成される。

30

## 【0002】

本発明は、第 1 の結像光学系の結像動作を検査する装置にも関する。このような装置は、被写体を像平面の中に結像し、少なくとも 1 つの撮像特性において第 1 の結像光学系と異なる第 2 の結像光学系と、像平面の光を画素において検出する、画素を有する空間分解式検出器と、光の第 1 の特性としての輝度の値および光の少なくとも 1 つの追加の光の第 2 の特性の値が画素に空間分解的に格納されるメモリモジュールと、格納された値を処理し、撮像特性および第 2 の特性の結像動作に対する影響を考慮して、第 1 の結像光学系によって生成される被写体の画像をエミュレートするエミュレーション画像を生成するエミュレーションモジュールとを備える。本発明は、第 2 の特性 ( 例えば色または偏光であり得る ) に対する依存性を、エミュレーションにおいて例えば概略的に不完全にしか従来の技術で考慮に入れることができないという問題に関する。

40

## 【背景技術】

## 【0003】

光学系の撮像特性のエミュレーションの間、誤りがエミュレーションに出現することが

50

ある。例えば、高開口結像光学系が低開口結像光学系によってエミュレートされる時、特に誤差が明白になる場合もある。例えば偏光子または回折格子等の偏光素子は、これまで実質的にはそれらの積分効果に関して検査され、評価されてきた。しかしながら、微細構造またはナノ構造の光学部品の発展に伴い、局所的な光学特性の決定が、製造工程のさらなる発展および改善のために、および製品品質の保証のために重要度を増してきている。このような光学部品の例として、例えば国際公開第03/001272号パンフレットに説明されているようなハイブリッド対物レンズで使用されるタイプの回折光学素子(DOE)がここで言及される必要がある。このDOEの光学的効果は光軸の回りに同心円的に配置されるウェブで発生する。この場合、2つのウェブの間の距離は一定ではなく、半径に応じて変化する。この素子の目的は対物レンズ内での分散的な結像色補償であり、その場合、対物レンズの光学的品質は屈折レンズとDOEの協調から生じる。対物レンズの最終的な組み立てまでDOEの光学特性を判定できないことを回避するために、光学的効果をあらかじめ詳細に検討することが望ましい。これは、対物レンズとは無関係に、あるいは個々の対物レンズのエミュレーションのための第2の結像光学系としてのエミュレーション結像システムを第1の結像光学系等の結像光学系のビーム経路に挿入することによって達成できる。両方の結像光学系は少なくともその点では異なるため、通常、DOEの挿入は、ビーム経路の適応を必要とする。さらに第2の結像光学系は、対物レンズに関して大きさが拡大されるか、または縮小されるように被写体を結像するように設計されてもよい。

10

**【0004】**

20

このような構成部品の他の例は、典型的な線形回折格子である。例えば電気通信で使用されている格子の場合、表面積の単位あたりの線対の数の増加により、エネルギー比率の増加、引いては回折のゼロ次数効率の増加につながる。格子の偏光効果は、線の数が増加するにつれて、つまり構造寸法が小さくなるにつれて高まる。

**【0005】**

また、偏光効果は、開口数がますます大きくなり、マスク構造がますます小さくなる傾向があるフォトリソグラフィックスキナにおいてより重要な役割を果たす。しかしながら、これまで従来技術で公知であるエミュレーション結像方法およびシステムは、偏光効果が概略的にしか考慮されない、つまり画像領域を介して統合されるため、このような偏光効果の不完全な描写しか可能にしていない。

30

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

本発明の目的は、検査されるべき結像光学系の結像動作に影響を及ぼす光学特性および要因についてさらに良好な検討がなされるように、前述されたタイプの方法および装置を改善することである。

**【課題を解決するための手段】****【0007】**

前述されたタイプの方法では、この目的は、一連の画像が、最初に(a)第2の特性の値の範囲を部分的な範囲に分割すること、(b)各部分的な範囲に画像を割り当てること、および(c)画素に割り当てられた第2の特性の値が個々の画像に割り当てられた部分的な範囲に収まる場合、対応する格納された輝度値を各画像の画素に割り当て、そうでなければ前記画素に所定の輝度値を割り当てることによって生成されることで達成される。次に、一連の画像はエミュレーションステップにおいて一連の中間画像に変換され、エミュレーションは中間画像の各々の第2の特性の一定値を含む。第2の特性の一定値は個々の部分的な範囲から生じ、個々の他の中間画像の第2の特性の値とは異なる。次に、中間画像は結合され、エミュレーション画像が形成される。

40

**【0008】**

検査される光学要素を使用して画像が生成されると、輝度だけではなく、例えば、色または偏光効果等の追加の特性も画素ごとに決定され、そのためには従来技術で公知の方

50

法が使用できる。輝度のように、通常、第2の特性の値は場所によっても変化する。評価方法またはエミュレーションステップにおいて、パラメータとして含まれる第2の特性の値がそれぞれの場合で一定である個々の画像に分割することにより、第2の特性の値が全体的な画像上で平均化されるという点で、評価またはエミュレーションと比較して従来の技術で生じる誤差を削減することが可能になる。多くの部分的な範囲が形成され、それらがより狭くなるにつれて、誤差は小さくなる。

#### 【0009】

部分的な範囲は、それらが互いに隣接するように選択されてよい。しかしながら、処理および実行可能性のために、それらの間に、および好ましくは隣接する部分的な範囲のみに少なくとも部分的な重複がある部分的な範囲を選択することが有利である。部分的な範囲への分割は、例えばカラーフィルタ又は偏光子の透過率が正弦関数の二乗により記述される三角関数を利用して行われてもよい。

10

#### 【0010】

中間画像の、所定の輝度値は好ましくは0が選択される。即ち、第2の特性の値が中間画像に割り当てられた部分的な範囲に収まらない場合、中間画像および対応する画素の輝度値はゼロに設定される。そのようにする際に、画像、中間画像、およびエミュレーション画像がそれぞれ同じサイズを有すると、処理が容易になるという点で便利である。したがって、好ましくは各画像、中間画像、およびエミュレーション画像は同数の画素または画素線と画素列をそれぞれ有する。対応する応用が実行される場合、種々のサイズも使用できることは言うまでもない。

20

#### 【0011】

中間画像を結合し、エミュレーション画像を形成する多様な可能性がある。特に単純な可能性は画素ごとに中間画像を追加することにある。同様に実現が容易な別の可能性は、画素ごとに中間画像の輝度値の平均を取り、このようにしてエミュレーション画像を生成することにある。

#### 【0012】

特に部分的な範囲が重複する場合には、輝度値を一連の内の1つの画像に割り当てるときに、輝度値に重みを付けることが有利である。重み付けは、輝度値が複数の部分的な範囲に割り当てられるときに、1個の画素について重みが付けられた輝度値の和が、画素の元の輝度値に一致するように行われることが好ましい。

30

#### 【0013】

検出される光の多様な特性は第2の特性として適切であり、重要な特性は例えば色である。この場合、波長および/または彩度は、好ましくは画素ごとに決定され、格納される。これは、例えば、波長選択的な検出器を使用することによって等、適切に先行して配列される光学部品を用いて、各画素で色を個別に検出することによって達成することができ、前記検出器は各色の範囲(赤、緑および青)を別々に検出する。別の可能性は、ビーム経路の中に導入されるカラーフィルタを用いて一連の個別画像を生成することにある。

#### 【0014】

第2の特性にとって特に好ましい選択肢は、例えば大開口光学部品のエミュレーションにおいてさらに大きな影響を与える偏光状態である。輝度とは異なり、偏光状態はCCD上で直接的に検出できないため、偏光度および/または偏光の方向は、画素ごとに測定によって決定され、格納されなければならない。偏光の空間分解決定のために、光学素子の特徴付けるストークスパラメータを、例えば空間分解的に決定できる。この方法は、例えば、応用光学(Applied Optics)16、3200(1977年)にエイチ・ダブリュ・ベリー(H.W.Berry)らによって説明されている。一連の画像は、続いて格納されている値に基づいてコンピュータで生成できる。

40

#### 【0015】

別の可能性は、検出前に偏光子を通して光を誘導することにより一連の画像を生成し、このようにして偏光子のさまざまな位置によって部分的な範囲を画定することにある。このような偏光子は、正弦関数の二乗に実質的に相当する自然重み付け関数を予め組み込ん

50

でいる。したがって、部分的な範囲は通常やや大きく、重複する。画像の生成の偏光子およびコンピュータの組み合わせも可能である。

【0016】

一連の画像が格納されている値に基づいてコンピュータで生成される場合、この自然重み付け関数も使用できるが、依然として、使用可能な多数の通常はさらに好ましい重み付け関数がある。方法の有利な実施形態では、輝度値は、画素に割り当てられる偏光の角度が部分的な範囲に収まる場合に、例えば関数

$$C \cdot \left| \cos \left( \theta - \theta_0 \right) \right|$$

を使用して重み付けられ、ここで、 $C$  は定数であり、 $\theta_0$  は対応する部分的な範囲の中心における偏光の角度である。画素に割り当てられている偏光の角度が部分的な範囲外である場合、例えばゼロのような所定の輝度値が画素に割り当てられる。重み付けは、傾きが定数の適切な選択により影響を受けることがある三角関数を使用して、実質的に同次の偏光が画像ごとに仮定できるように行われる。この場合、選択される部分的な範囲の数が多いほど、精度が高くなる。しかしながら、エミュレーションステップは画像数が増えるにつれてさらに長い時間を要するため、部分的な範囲の数はエミュレーションの持続時間に適応されなければならない。例えば、6個、8個または12個の部分的な範囲を選択することが、良好な妥協点であることが判明している。原則的には、部分的な範囲の数は自由に選択できる。評価方法またはエミュレーションステップにおいて説明した三角関数のさらに良好な処理を可能にするために、それは、少なくとも一度は継続的に微分可能になるように、例えば平滑化関数を用いて折り畳まれてもよい。

【0017】

別の可能性は、画素に割り当てられる偏光の角度  $\theta$  が部分的な範囲内に収まる場合に、関数

$$C \cdot \cos^2 \left( \theta - \theta_0 \right)$$

を有する輝度値に重み付けすることであり、ここで、 $C$  は定数であり、 $\theta_0$  は対応する部分的な範囲の中心における偏光の角度である。この関数は、実質的には適応された定数の選択のために四捨五入された三角関数に対応している。

【0018】

これらの関数で生成された一連の画像に対して、画像フィールドを介した偏光はほぼ一定である。次に、偏光の空間的な依存を考慮しない場合には、画像は、評価方法またはエミュレーションステップにおいて実質的に誤差なしで処理できる。

【0019】

本発明の好適実施形態では、円偏光も含む非偏光も考慮される。これは、部分的な範囲の1つがゼロが割り当てられた偏光度のみを有し、この部分的な範囲に割り当てられる画像が、検出済みの非偏光が割り当てられた輝度値を有するという点で達成される。ゼロの偏光度を有する画像に割り当てられる輝度値は、次に他の画像に割り当てられて、対応する輝度値に加算できる。前記割り当ては、好ましくは均一に行われる。代替例として、この画像は、その全体として、あるいは同様にさまざまな画像に再び割り当てられることによって、別個に処理されてもよい。

【0020】

本発明の特に好ましい実施形態では、フォトリソグラフィックスキャナは第1の結像光学系として使用され、フォトリソグラフィックスキャナのエミュレーションのためのエミュレーション結像光学系が第2の結像光学系として使用される。エミュレーション結像光学系が小さい開口数を有する光学部品であるのに対し、フォトリソグラフィックスキャナは非常に大きな開口数を有する結像光学系によって構成される。従って、前述された発明は、例えば、独国特許出願第10 2004 033 603 . 2号で説明されるような

10

20

30

40

50

、大きな開口数の結像光学的效果のエミュレーションのための方法であって、偏光の空間的な依存を考慮に入れていない方法のようにエミュレーションステップにおいて空間分解的にエミュレートすることを可能にする。

【0021】

また、本発明は第1の結像光学系の結像動作を検査する装置にも関する。このような装置では、前述されたように、目的は、装置が(a)第2の特性の値の範囲を部分的な範囲に分割すること、(b)各部分的な範囲に画像を割り当てること、および(c)画素に割り当てられる第2の特性の値が個々の画像に割り当てられた部分的な範囲に収まる場合、対応する格納されている輝度値を各画像の画素に割り当て、そうでなければ、前記画素に所定の輝度値を割り当てることによって一連の画像を生成することで達成される。エミュレーションモジュールは、一連の画像を一連の中間画像に変換し、エミュレーションが中間画像の各々の第2の特性の一定値を含む。第2の特性の値が個々の部分的な範囲から生じ、個々の他の中間画像のための第2の特性の値とは異なる。次に、エミュレーションモジュールは中間画像を結合し、エミュレーション画像を形成する。このようにして、結像動作に対する第2の特性の影響は、空間分解的にエミュレーション画像で考慮される。

10

【0022】

所定の輝度値は好ましくはゼロであり、これにより評価が容易となる。また、装置がどの重み付け関数を使用するのかに応じて、部分的な範囲間に部分的な重複がある場合も有利である。

【0023】

装置は、好ましくは、それぞれ同じサイズを有する一連の画像および一連の中間画像を生成する。これは処理を大幅に簡略化し、画像または中間画像に輝度値を割り当てるのに問題が生じない。言うまでもなく、適切な応用により異なる画像サイズの使用も可能になる。装置は、好ましくは画素ごとに中間画像の輝度値を加算し、このようにしてエミュレーション画像を作成する。これは、第2の量の空間依存性または画像フィールドでの可変性をエミュレーション画像で考慮する最も容易な方法である。代替例として、装置は画素ごとに中間画像の輝度値の平均を形成し、このようにしてエミュレーション画像を生成することもできる。このようにする際に、装置は好ましくは、一連の内の1つの画像に輝度値を割り当てるときに輝度値に重みを付け、これは、特に、部分的な範囲が重複し、輝度値をいくつかの部分的な範囲に割り当てる場合に有利である。

20

30

【0024】

装置の好適実施形態では、第2の特性は色であり、その場合、波長および/または彩度はメモリモジュールに画素ごとに格納される。この特性はCCDまたはCMOSに基づいた近代的な検出器を利用すると検出が相対的に容易であり、その場合、例えば対応する光学部品を用いてそれぞれ1個のCCDで各画素の赤、緑および青の色範囲を個別に検出することが想定される。

【0025】

しかしながら、色は第2の特性の唯一のオプションではない。必ずしも即座に可視である必要がない他の特性も適切である。特に小さな開口の結像光学系による大きな開口の結像光学系のエミュレーションに関して、重要な第2の特性は偏光条件である。この場合、画素ごとの偏光度および/または偏光の方向がメモリモジュールに格納される。装置は、検出前に光が通過して誘導される偏光子を備えてもよい。部分的な範囲は偏光子上の異なる位置で画定される。このようにして、一連の画像は直接的に生成できる。別の可能性は格納されている値に基づいて一連の画像をコンピュータで生成することにある。この場合、各画素の偏光度および/または偏光の方向は初めに格納される。偏光子およびコンピュータを使用した評価の組み合わせも可能である。さらに、装置は、好ましくは部分的な範囲の1つにゼロの偏光度を排他的に割り当てる。その結果、この部分的な範囲に割り当てられる画像は、画素に割り当てられた検出済みの非偏光の輝度値を有する。

40

【0026】

本発明の特に好適実施形態では、装置はフォトリソグラフィックスキャナの形をとる第

50

1の結像光学系と、フォトリソグラフィックスキャナのエミュレーションのためのエミュレーション結像光学系の形をとる第2の結像光学系を備える。これにより、エミュレーションモジュールの基礎となり、エミュレーションモジュールにおいて実現されるエミュレーション方法は、この空間依存性を考慮することができないものの、フォトリソグラフィックスキャナの偏光特性を空間分解的にエミュレーション結像光学系によってエミュレートできるようになる。

【0027】

本発明は例示的な実施形態に関してさらに詳細に後述される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

図1は、図示されていない第1の結像光学系の結像動作を検査するために使用できるタイプの装置を示す。光源1からの光は第2の結像光学系2に供給される。第2の結像光学系2は、画素を有する空間分解式検出器3上に光を合焦する。光は画素における像平面で検出される。輝度は画素において直接的に検出される。輝度の値は、画素に割り当てられるように、メモリモジュール4に格納される。さらに、光の第2の特性もメモリモジュール4に格納される。この第2の特性は、光の色または偏光であり得る。後者のケースでは、例えば、ビーム経路に滑入され、検出器3に先行して配置できる回転自在の偏光子5が提供される。第2の結像光学系2は被写体6を検出器3の上に結像する。このために、被写体6は第2の結像光学系2の適切な位置に挿入され、被写体6の画像が検出器3上で生成される。被写体6は、例えば単純なまたは非線形のカラーフィルタ、偏光子、または回折光学素子であってよい。後者の場合、第2の結像光学系の設定は、被写体6の撮像特性に適応させる必要があり得る。被写体6は、フォトリソグラフィで使用されるタイプのマスクであってもよい。この場合、光源1は好ましくは1つの波長だけを発する光源である。登録されるべき第2の特性が、偏光において、または特徴において直接的に可視ではない場合、ここでは図示されていない、これらの特性を検出し、決定する役割を有する追加の装置が必要となる。また、これらの特性の値も、メモリモジュール4に、画素に割り当てられる形で格納される。

【0029】

輝度、および例えば偏光等の第2の特性に対して格納されている値は、次にエミュレーションモジュール7によって処理される。エミュレーションモジュール7では、画面8に表示されるエミュレーション画像が生成される。加えて、画像は格納され、あるいはノック印刷され得る。

【0030】

図2は、エミュレーション画像がどのようにして生成されるのかを概略で示す。輝度および偏光、つまり偏光度およびノまたは偏光の方向は、画素ごとに格納される。これらのデータはいわゆる入力画像データセットを形成する。一連の画像は、この入力画像データセットに基づいて生成される。このようにする際に、この特性の値の範囲を画定するために第2の特性の最小値と最大値が最初に求められる。次に、この値の範囲が部分的な範囲に分解され、その際、輝度の非偏光部分は、例ではゼロの偏光度を有する別個の部分的な範囲に割り当てられる。この部分的な範囲は、光の円偏光部分の輝度値も含む。言うまでもなく、前記部分をそれ自体の部分的な範囲に割り当てることは必須ではない。例えば、非偏光部分は、他の部分的な範囲の間で分割されてもよい。他の部分的な範囲は、個々の画像の間での均一な分割に相当する。追加の部分的な範囲は、0°から180°の範囲内で偏光の角度に従って分割される。本例では、対応する部分的な範囲の中心における偏光の角度が画像ごとに示される。部分的な範囲は、使用される重み付け関数に従ってそれらが重複するか、あるいは重複しないように選択され得る。本例では、8個の部分的な範囲が選択される。画像は、後にエミュレーションステップで処理される。このようにする際に、被写体6の画像は、撮像特性および結像動作における偏光の影響を考慮して、第1の結像光学系によってエミュレートされる。非偏光の輝度は別個に処理できるが、これは必須ではない。例えば、非偏光の輝度は偏光画像の間で分割することもできる。被写体6

10

20

30

40

50

がマスクである場合には、例えばこのマスクの画像は、第1の結像光学系としてのフォトリソグラフィックスキャナを使用してエミュレートできる。この場合、第2の結像光学系2は、エミュレーション結像光学系である。両方の光学部品が異なる場合、撮像特性は倍率および開口数である。エミュレーションステップにおける処理中、中間画像が偏光の角度ごとに生成される。偏光は、エミュレーションステップにおいて個々の画像に対して一定であると仮定されていた。これには技術的な理由があり、従来の技術で利用可能なエミュレーションの方法、あるいは偏光を考慮する方法は、一定の偏光だけしか考慮できないというものである。最終的に、本例では、中間画像が画素ごとにエミュレーション画像に加えられる。利用可能な従来の技術のエミュレーション方法は実際にはこれを許さない、あるいはこれがさらに大きな誤差の原因になるが、このようにして、フォトリソグラフィックスキャナをエミュレートする際に空間依存性を偏光において考慮することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】例示的な装置を示す。

【図2】方法の順序を示す。

【符号の説明】

【0032】

- 1 光源
- 2 第2の結像光学系
- 3 検出器
- 4 メモリモジュール
- 5 偏光子
- 6 被写体
- 7 エミュレーションモジュール
- 8 画面

20

【 図 1 】

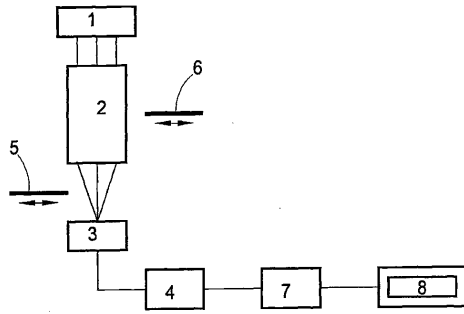
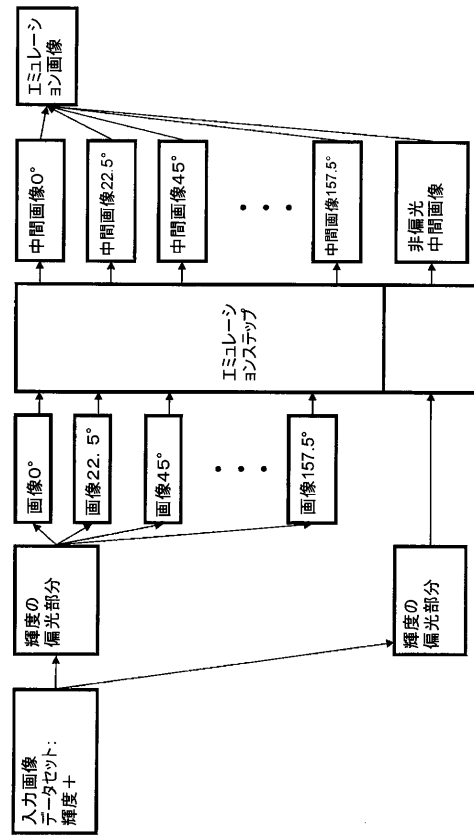


Fig.1

【 図 2 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 シュトレッスナー、ウルリヒ  
ドイツ連邦共和国 07745 イェナ フリッツ-ロイター-シュトラッセ 50

審査官 新井 重雄

(56)参考文献 特開2005-191568(JP,A)  
特開平08-022953(JP,A)  
特表2007-535135(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/027  
G01M 11/02