(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

PCT

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. Juli 2007 (19.07.2007)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/079904 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01M 11/02 (2006.01) *G03F 7/20* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/012103

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. Dezember 2006 (15.12.2006)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2005 062 237.2
22. Dezember 2005 (22.12.2005) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **CARL ZEISS SMS GMBH** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745 Jena (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **GREIF-WÜSTENBECKER, Jörn** [DE/DE]; Sophienstrasse 1, 07743 Jena (DE). **STRÖSSNER, Ulrich** [DE/DE]; Fritz-Reuter-Strasse 50, 07745 Jena (DE).

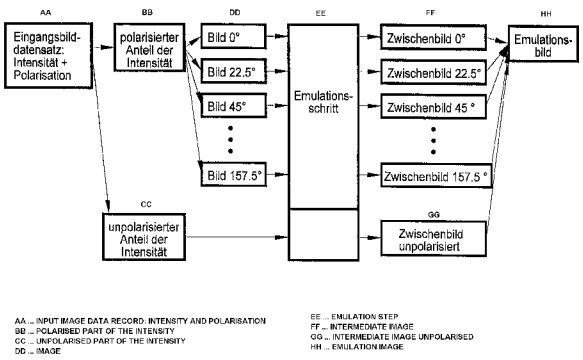
(74) Anwalt: **MUHSFELDT, Willi**; Carl Zeiss Jena GmbH, Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745 Jena (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ANALYSING THE IMAGING BEHAVIOUR OF AN OPTICAL IMAGING ELEMENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR UNTERSUCHUNG DES ABBILDUNGSVERHALTENS EINER ABBILDUNGSOPTIK



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for analysing the imaging behaviour of a first optical imaging element, whereby an object is imaged into an image plane by a second optical imaging element and light in the image plane is detected in a spatially resolved manner, the two optical imaging elements differing in terms of at least one imaging characteristic. Values are determined for the intensity and for at least one second characteristic of the light, said values being then stored in image points, and processed in an emulation step. An emulation image is produced, emulating the imaging of the object by the first optical imaging element, taking into account the influence of the second characteristic. A series of images is produced by dividing a range of values of the second characteristic into subdomains, associating an image with each subdomain, and associating the corresponding intensity value with the image points of each image, in case the value of the second characteristic, associated with the image point, falls in the subdomain associated with the respective image. Otherwise, a pre-determined intensity value is associated therewith. The series of images is converted into a series of intermediate images in the emulation step. A constant value of the second characteristic is used in the emulation for each intermediate image, said value originating from the respective subdomain and differing from the values of the second characteristic for the other intermediate images. The intermediate images are then combined to form an emulation image.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Untersuchung des Abbildungsverhaltens einer ersten Abbildungsoptik, bei dem ein Objekt durch eine zweite Abbildungsoptik in eine Bildebene abgebildet wird und Licht in der Bildebene ortsaufgelöst detektiert wird, wobei sich beide Abbildungsoptiken in mindestens einer Abbildungseigenschaft unterscheiden. Es werden Werte für die Intensität und für mindestens eine zweite Eigenschaft des Lichts bestimmt, in

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/079904 A1

RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Bildpunkten gespeichert und in einem Emulationsschritt verarbeitet, und es wird ein Emulationsbild erzeugt, welches eine Abbildung des Objektes mit der ersten Abbildungsoptik unter Berücksichtigung des Einflusses der zweiten Eigenschaft emuliert. Dabei wird eine Serie von Bildern erzeugt, indem ein Wertebereich der zweiten Eigenschaft in Teilbereiche zerlegt, jedem Teilbereich ein Bild zugeordnet, und den Bildpunkten jedes Bildes der entsprechende Intensitätswert zugeordnet wird, falls der dem Bildpunkt zugeordnete Wert der zweiten Eigenschaft in den dem jeweiligen Bild zugeordneten Teilbereich fällt. Andernfalls wird ihm ein vorgegebener Intensitätswert zugeordnet. Die Serie von Bildern wird im Emulationsschritt in eine Serie von Zwischenbildern umgewandelt. Für jedes Zwischenbild geht ein konstanter Wert der zweiten Eigenschaf in die Emulation ein, der aus dem jeweiligen Teilbereich stammt und sich von den Werten der zweiten Eigenschaft für die anderen Zwischenbilder unterscheidet. Dann werden di Zwischenbilde zum Emulationsbild kombiniert.

Verfahren und Vorrichtung zur Untersuchung des Abbildungsverhaltens einer Abbildungsoptik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Untersuchung des Abbildungsverhaltens einer ersten Abbildungsoptik, bei dem ein Objekt durch eine zweite Abbildungsoptik in eine Bildebene abgebildet wird und Licht in der Bildebene in Pixeln ortsaufgelöst detektiert wird, wobei sich die erste und zweite Abbildungsoptik in mindestens einer Abbildungseigenschaft unterscheiden, wobei für jedes Pixel Werte für die Intensität als eine erste Eigenschaft des Lichts und für mindestens eine weitere, zweite Eigenschaft des Lichts bestimmt und in Bildpunkten gespeichert werden, und die gespeicherten Werte in einem Emulationsschritt verarbeitet werden und ein Emulationsbild erzeugt wird, welches eine Abbildung des Objektes mit der ersten Abbildungsoptik unter Berücksichtigung der Abbildungseigenschaft und des Einflusses der zweiten Eigenschaft auf das Abbildungsverhalten emuliert.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Untersuchung des Abbildungsverhaltens einer ersten Abbildungsoptik. Eine solche Vorrichtung umfaßt eine zweite Abbildungsoptik, durch die ein Objekt in eine Bildebene abgebildet wird, und die sich von der ersten Abbildungsoptik in mindestens einer Abbildungseigenschaft unterscheidet, einen ortsauflösenden Detektor mit Pixeln, mit dem Licht in der Bildebene in den Pixeln detektiert wird, ein Speichermodul, in welchem ortsaufgelöst Werte für die Intensität als eine erste Eigenschaft des Lichts und für mindestens eine weitere, zweite Eigenschaft des Lichts in Bildpunkten gespeichert werden, sowie ein Emulationsmodul, in dem die gespeicherten Werte verarbeitet werden und ein Emulationsbild er-

zeugt wird, welches eine Abbildung des Objektes mit der ersten Abbildungsoptik unter Berücksichtigung der Abbildungseigenschaft und des Einflusses der zweiten Eigenschaft auf das Abbildungsverhalten emuliert. Die Erfindung bezieht sich auf das Problem, daß im Stand der Technik Abhängigkeiten von der zweiten Eigenschaft - bei der es sich beispielsweise um die Farbe oder die Polarisation handeln kann - bei der Emulation nur unvollständig, beispielsweise summarisch berücksichtigt werden können.

Bei der Emulation der Abbildungseigenschaften optischer Systeme kann es dabei zu Ungenauigkeiten in der Emulation kommen. Einige Fehler machen sich beispielsweise besonders bemerkbar, wenn man mit einer niederaperturigen Abbildungsoptik eine hochaperturige Abbildungsoptik emuliert. Bisher wurden beispielsweise polarisierende Elemente wie Polarisatoren oder Gitter im wesentlichen anhand ihrer integralen Wirkung untersucht und bewertet. Mit der Entwicklung von mikro- oder nanostrukturierten optischen Bauelementen gewinnt jedoch die Bestimmung der lokalen optischen Eigenschaften immer mehr an Bedeutung für die Weiterentwicklung und Verbesserung von Fertigungsprozessen und der Gewährleistung der Produktqualität. Als Beispiel für solche optischen Bauelemente sei hier ein diffraktiv optisches Element (DOE) erwähnt, wie es beispielsweise im in der WO 03/001272 A3 beschriebenen Hybridobjektiv verwendet wird. Die optische Wirkung dieses DOE entsteht an den Stegen, die konzentrisch um die optische Achse angeordnet sind. Dabei ist der Abstand zwischen zwei Stegen nicht konstant, sondern variiert in Abhängigkeit vom Radius. Die Aufgabe dieses Elements ist eine dispersiv abbildende Farbkompensation innerhalb des Objektivs, wobei sich die optische Güte des Objektivs aus dem Zusammenwirken zwischen den refraktiven Linsen

und dem DOE ergibt. Um nicht erst bei der Endmontage des Objektivs die optischen Eigenschaften des DOE beurteilen zu können, ist es wünschenswert, die optische Wirkung vorab im Detail zu studieren. Dies kann unabhängig von dem Objektiv erfolgen, oder aber auch durch Einbringen in den Strahlengang einer abbildenden Optik, z.B. einem Emulationsabbildungssystem als zweiter Abbildungsoptik zur Emulation des betreffenden Objektivs, der ersten Abbildungsoptik. Das Einbringen des DOE erfordert in der Regel eine Anpassung des Strahlengangs, beide Abbildungsoptiken unterscheiden sich zumindest darin. Außerdem kann die zweite Abbildungsoptik auch so ausgestaltet sein, daß sie das Objekt gegenüber dem Objektiv vergrößert oder verkleinert abbildet.

Ein anderes Beispiel für solche Bauelemente sind klassische lineare Beugungsgitter. Bei den beispielsweise in der Telekommunikation eingesetzten Gittern wird mit steigender Anzahl von Linienpaaren pro Flächeneinheit der Energieanteil und somit die Effizienz in der nullten Beugungsordnung erhöht. Mit steigender Linienzahl, d.h. kleineren Strukturgrößen, steigt beim Gitter die polarisierende Wirkung.

Auch bei Photolithographie-Scannern, bei denen der Trend zu immer höhern numerischen Aperturen und immer kleineren Maskenstrukturen geht, spielen Polarisationseffekte eine immer größere Rolle. Mit den bisher im Stand der Technik bekannten Emulationsabbildungsverfahren und -systemen lassen sich solche Polarisationseffekte jedoch nur unvollständig beschreiben, da die Polarisationswirkung nur summarisch, d.h. über die Bildfläche integriert, berücksichtigt wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs beschriebenen Art

dahingehend weiterzuentwickeln, daß optische Eigenschaften und Faktoren, die das Abbildungsverhalten einer zu untersuchenden ersten Abbildungsoptik beeinflussen, besser berücksichtigt werden.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art dadurch gelöst, daß zunächst eine Serie von Bilder erzeugt wird, indem (a) ein Wertebereich der zweiten Eigenschaft in Teilbereiche zerlegt wird, (b) jedem Teilbereich ein Bild zugeordnet wird, und (c) den Bildpunkten jedes Bildes der entsprechende, gespeicherte Intensitätswert zugeordnet wird, falls der dem Bildpunkt zugeordnete Wert der zweiten Eigenschaft in den dem jeweiligen Bild zugeordneten Teilbereich fällt, und ihnen andernfalls ein vorgegebener Intensitätswert zugeordnet wird. Dann wird die Serie von Bildern im Emulationsschritt in eine Serie von Zwischenbildern umgewandelt, wobei für jedes der Zwischenbilder ein konstanter Wert der zweiten Eigenschaft in die Emulation eingeht. Der konstante Wert der zweiten Eigenschaft stammt aus dem jeweiligen Teilbereich und ist von den Werten der zweiten Eigenschaft für die jeweils anderen Zwischenbilder verschieden. Anschließend werden die Zwischenbilder zum Emulationsbild kombiniert.

Bei der Erzeugung einer Abbildung mit einem zu untersuchenden optischen Bauelement wird neben der Intensität noch eine weitere Eigenschaft, beispielsweise die Farbe oder die Polarisationswirkung für jedem Bildpunkt bestimmt, wozu im Stand der Technik bekannte Verfahren verwendet werden können. Wie auch die Intensität, so wird auch der Wert der zweiten Eigenschaft in der Regel in Abhängigkeit vom Ort variieren. Die Zerlegung in einzelne Bilder, für die der Wert der zweiten Eigenschaft, der in das Auswerteverfahren

bzw. den Emulationsschritt als Parameter eingeht, jeweils konstant ist, ermöglicht es, den Fehler, der gegenüber einer Auswertung bzw. Emulation - wie sie dem Stand der Technik entspricht - mit einem über das gesamte Bild gemittelten Wert für die zweite Eigenschaft gemacht worden wäre, zu verringern. Je mehr und je engere Teilbereiche erzeugt werden, desto geringer wird der Fehler.

Die Teilbereiche können dabei aneinander angrenzend gewählt werden, für die Verarbeitung und den Bezug zur Praxis ist es jedoch vorteilhaft, einander zumindest teilweise überlappende Teilbereiche zu wählen, wobei sich bevorzugt nur benachbarte Teilbereiche überlappen. Eine Aufteilung in Teilbereiche kann auf diese Weise beispielsweise mit Hilfe von trigonometrischer Funktionen erfolgen - die Durchlässigkeit eines Farbfilters oder Polarisators zum Beispiel wird durch das Quadrat einer Sinusfunktion beschrieben.

Als vorgegebenen Intensitätswert wählt man vorzugsweise 0, d.h. sobald der Wert der zweiten Eigenschaft nicht mehr in den einem Zwischenbild zugeordneten Teilbereich fällt, wird der Intensitätswert für dieses Zwischenbild und den betreffenden Bildpunkt zu Null gesetzt. Dabei ist es zweckmäßig, wenn Bilder, Zwischenbilder und das Emulationsbild jeweils die gleiche Größe aufweisen, da so die Verarbeitung erleichtert wird. Jedes Bild, Zwischenbild und das Emulationsbild verfügen also bevorzugt über die gleiche Anzahl von Bildpunkten bzw. Bildpunktzeilen und -spalten. Selbstverständlich lassen sich auch verschiedene Größen verwenden, wenn eine entsprechende Anpassung erfolgt.

Zur Kombination der Zwischenbilder zum Emulationsbild gibt es verschiedene Möglichkeiten. Eine besonders einfache be-

steht darin, die Zwischenbilder für jeden Bildpunkt zu addieren. Eine andere, ebenfalls einfach zu realisierende Möglichkeit besteht darin, für jeden Bildpunkt den Mittelwert der Intensitätswerte der Zwischenbilder zu bilden und so das Emulationsbild zu erzeugen.

Insbesondere dann, wenn die Teilbereiche einander überlappen, ist es vorteilhaft, die Intensitätswerte bei der Zuordnung zu einem Bild der Serie zu wichten. Bevorzugt erfolgt diese Wichtung so, daß die Summe der für einen Bildpunkt gewichteten Intensitätswerte bei Zuordnung zu mehreren Teilbereichen den ursprünglichen Intensitätswerten des Bildpunktes entspricht.

Als zweite Eigenschaft kommen verschiedene Eigenschaften des zu detektierenden Lichtes in Frage, eine wichtige Eigenschaft ist beispielsweise die Farbe. Hier bestimmt und speichert man für jeden Bildpunkt vorzugsweise die Wellenlänge und/oder den Farbsättigungsgrad. Dies läßt sich beispielsweise erzielen, indem in jedem Bildpunkt die Farben unabhängig voneinander detektiert werden, indem beispielsweise ein wellenlängenselektiver Detektor mit entsprechend vorgeschalteter Optik verwendet wird, der für jeden Farbbereich - Rot, Grün und Blau - getrennt detektiert. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Serie von Einzelbildern mit Hilfe von Farbfiltern, die in den Strahlengang eingebracht werden, zu erzeugen.

Eine besonders bevorzugte Wahl der zweiten Eigenschaft ist der Polarisationszustand, der z.B. bei der Emulation hochaperturiger Optiken an Einfluß gewinnt. Da dieser nicht wie die Intensität direkt auf einer CCD detektierbar ist, müssen für jeden Bildpunkt der Polarisationsgrad und/oder die

Polarisationsrichtung durch Messung bestimmt und gespeichert werden. Zur ortsaufgelösten Bestimmung der Polarisation können beispielsweise ortsaufgelöst die Stokes-Parameter, die das polarisierende optische Element charakterisieren, bestimmt werden. Diese Methode ist beispielsweise von H. W. Berry et al. in Applied Optics 16, 3200 (1977) beschrieben. Anschließend kann die Serie von Bildern rechnerisch anhand der gespeicherten Werte erzeugt werden.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Serie von Bildern zu erzeugen, indem das Licht vor der Detektion durch einen Polarisator geleitet wird, wobei die Teilbereiche durch die verschiedenen Stellungen des Polarisators festgelegt werden. In einem solchen Polarisator ist bereits eine natürliche Wichtungsfunktion inkorporiert, die im wesentlichen dem Quadrat einer Sinusfunktion entspricht. Die Teilbereiche sind daher in der Regel recht groß und überlappen sich. Auch eine Kombination von Polarisator und rechnerischer Erzeugung der Bilder ist möglich.

Erzeugt man die Serie von Bildern rechnerisch anhand der gespeicherten Werte, so läßt sich diese natürliche Wichtungsfunktion ebenfalls verwenden, es stehen jedoch noch eine große Anzahl und in der Regel günstigere Wichtungsfunktionen zur Verfügung. In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens werden die Intensitätswerte beispielsweise mit einer Funktion

$$C \cdot |\varphi - \theta|$$

gewichtet, wenn der einem Bildpunkt zugeordnete Polarisationswinkel θ in den Teilbereich fällt, wobei C eine Konstan-

te und φ der Polarisationwinkel im Zentrum des entsprechenden Teilbereichs ist. Liegt der einem Bildpunkt zugeordnete Polarisationswinkel außerhalb des Teilbereichs, so wird dementsprechend einem Bildpunkt der vorgegebene Intensitätswert, also beispielsweise Null, zugeordnet. Mit dieser Dreiecksfunktion, deren Steigung durch eine entsprechende Wahl der Konstante beeinflußt werden kann, läßt sich eine Wichtung derart erzielen, daß für jedes Bild die Polarisation als im Wesentlichen homogen angenommen werden kann. Dabei ist die Genauigkeit um so höher, je höher die Anzahl der Teilbereiche gewählt wird, wobei jedoch die Anzahl der Teilbereiche mit der Dauer der Emulation abgestimmt werden muß, da mit steigender Anzahl von Bildern der Emulationsschritt länger dauert. Als guter Kompromiß hat sich beispielsweise eine Wahl von 6, 8 oder 12 Teilbereichen herausgestellt. Grundsätzlich ist die Zahl der Teilbereiche frei wählbar. Um die eben beschriebene Dreiecksfunktion im Auswerteverfahren bzw. Emulationsschritt besser handhabbar zu machen, kann sie außerdem beispielsweise mit einer Glättungsfunktion gefaltet werden, so daß sie mindestens einmal stetig differenzierbar wird.

Eine andere Möglichkeit besteht in der Wichtung der Intensitätswerte mit der Funktion

$$C \cdot \cos^2(\varphi - \theta) \ ,$$

wenn der einem Bildpunkt zugeordnete Polarisationswinkel θ in den Teilbereich fällt, wobei C eine Konstante und φ der Polarisationswinkel im Zentrum des entsprechenden Teilbereichs ist. Diese Funktion entspricht bei angepaßter Wahl

der Konstanten im wesentlichen einer gerundeten Dreiecksfunktion.

Für die mit diesen Funktionen erzeugten Bilder der Serie ist die Polarisation über das Bildfeld näherungsweise konstant. Die Bilder können dann im Auswerteverfahren bzw. im Emulationsschritt, wo eine Ortsabhängigkeit der Polarisation nicht berücksichtigt wird, im wesentlichen fehlerfrei verarbeitet werden.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird unpolarisiertes Licht, zu dem auch zirkular polarisiertes Licht zählen soll, ebenfalls berücksichtigt. Dies wird erreicht, indem einem der Teilbereiche ausschließlich der Polarisationsgrad Null zugeordnet wird und dem diesem Teilbereich zugeordneten Bild die Intensitätswerte von detektiertem, unpolarisierten Licht zugeordnet werden. Die dem Bild mit dem Polarisationsgrad Null zuordneten Intensitätswerte können dann auf andere Bilder aufgeteilt und zu den entsprechenden Intensitätswerten addiert werden. Die Aufteilung erfolgt dabei bevorzugt gleichmäßig. Alternativ kann dieses Bild auch getrennt verarbeitet werden, entweder als Ganzes oder indem es seinerseits wiederum auf verschiedene Bilder aufgeteilt wird.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird als erste Abbildungsoptik ein Photolithographie-Scanner und als zweite Abbildungsoptik eine Emulationsabbildungsoptik zur Emulation des Photolithographie-Scanners verwendet. Bei dem Photolithographie-Scanner handelt es sich um eine Abbildungsoptik mit einer sehr hohen numerischen Apertur, während es sich bei der Emulationsabbildungsoptik um eine Optik mit einer niedrigen numerischen

Apertur handelt. Mit der vorangehend beschriebenen Erfindung lassen sich auf diese Weise im Emulationsschritt beispielsweise Verfahren zur Emulation von abbildungsoptischen Effekten bei hohen numerischen Aperturen, wie sie in der deutschen Patentanmeldung 10 2004 033 603.2 beschrieben sind, ortsaufgelöst emulieren, obwohl die dort beschriebenen Verfahren eine Ortsabhängigkeit der Polarisation nicht berücksichtigen.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Untersuchung des Abbildungsverhaltens einer ersten Abbildungsoptik. Bei einer solchen Vorrichtung, wie sie oben beschrieben wurde, wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Vorrichtung eine Serie von Bilder erzeugt, indem (a) ein Wertebereich der zweiten Eigenschaft in Teilbereiche aufgeteilt wird, (b) jedem Teilbereich ein Bild zugeordnet wird, und (c) den Bildpunkten jedes Bildes der entsprechende, gespeicherte Intensitätswert zugeordnet wird, falls der dem Bildpunkt zugeordnete Wert der zweiten Eigenschaft in den dem jeweiligen Bild zugeordneten Teilbereich fällt, und ihnen anderenfalls ein vorgegebener Intensitätswert zugeordnet wird. Das Emulationsmodul wandelt dann die Serie von Bildern in eine Serie von Zwischenbildern um, wobei für jedes der Zwischenbilder ein konstanter Wert der zweiten Eigenschaft in die Emulation eingeht. Der konstante Wert der zweiten Eigenschaft stammt aus dem jeweiligen Teilbereich und ist von den Werten der zweiten Eigenschaft für die jeweils Zwischenbilder verschieden. Anschließend kombiniert das Emulationsmodul die Zwischenbilder zum Emulationsbild. Auf diese Weise läßt sich der Einfluß der zweiten Eigenschaft auf das Abbildungsverhalten im Emulationsbild ortsaufgelöst berücksichtigen.

Bevorzugt ist der vorgegebene Intensitätswert Null, was die Auswertung vereinfacht. Auch ist es zweckmäßig, wenn sich die Teilbereiche teilweise überlappen, je nach dem welche Wichtungsfunktion die Vorrichtung verwendet.

Bevorzugt erzeugt die Vorrichtung eine Serie von Bildern und eine Serie von Zwischenbildern jeweils gleicher Größe, da dies die Handhabbarkeit erheblich vereinfacht und keine Schwierigkeiten bei der Aufteilung der Intensitätswerte auf die Bilder bzw. Zwischenbilder entstehen. Selbstverständlich ist es bei entsprechender Anpassung auch möglich, verschiedene Bildgrößen zu verwenden. Bevorzugt addiert die Vorrichtung die Intensitätswerte der Zwischenbilder für jeden Bildpunkt und erzeugt so das Emulationsbild. Dies ist die einfachste Methode, um die Ortsabhängigkeit der zweiten Größe bzw. deren Variabilität über das Bildfeld im Emulationsbild zu berücksichtigen. Alternativ kann die Vorrichtung auch für jeden Bildpunkt den Mittelwert der Intensitätswerte der Zwischenbilder bilden und auf diese Weise das Emulationsbild erzeugen. Bevorzugt wichtet die Vorrichtung dabei die Intensitätswerte bei der Zuordnung zu einem Bild der Serie, was insbesondere dann von Vorteil ist, wenn sich die Teilbereiche überlappen und ein Intensitätswert mehreren Teilbereichen zugeordnet werden kann.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Vorrichtung ist die zweite Eigenschaft die Farbe, wobei im Speichermodul für jeden Bildpunkt die Wellenlänge und/oder der Farbsättigungsgrad gespeichert werden. Diese Eigenschaft läßt sich mit Hilfe moderner Detektoren auf CCD- oder CMOS-Basis relativ leicht detektieren, wobei beispielsweise vorgesehen sein kann, für jeden Bildpunkt die Farbbereiche Rot, Grün

und Blau einzeln auf je einer CCD mit Hilfe entsprechender Optiken zu detektieren.

Die Farbe ist jedoch nicht die einzige Wahl für die zweite Eigenschaft. Auch andere Eigenschaften, die nicht notwendigerweise sofort sichtbar sein müssen, kommen in Frage. Eine wichtige zweite Eigenschaft, insbesondere im Hinblick auf die Emulation hochaperturiger Abbildungsoptiken mit niederaperturigen Abbildungsoptiken, ist der Polarisationszustand. Hier wird im Speichermodul für jeden Bildpunkt der Polarisationsgrad und/oder Polarisationsrichtung gespeichert. Dabei kann bei der Vorrichtung ein Polarisator vorgesehen sein, durch den das Licht vor Detektion geleitet wird. Die Teilbereiche werden dabei durch verschiedene Stellungen des Polarisators festgelegt. Auf diese Weise kann die Serie von Bildern direkt erzeugt werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Serie von Bildern rechnerisch anhand der gespeicherten Werte zu erzeugen. Hierbei werden für jeden Bildpunkt am Anfang Polarisationsgrad und/oder -richtung gespeichert. Auch eine Kombination von Polarisator und rechnerischer Auswertung ist möglich. Bevorzugt ordnet die Vorrichtung außerdem einem der Teilbereiche ausschließlich den Polarisationsgrad Null zu. Dem diesen Teilbereich zugeordneten Bild ordnet sich dann die Intensitätswerte von detektiertem, unpolarisiertem Licht zu.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist bei der Vorrichtung als erste Abbildungsoptik ein Photolithographie-Scanner und als zweite Abbildungsoptik eine Emulationsabbildungsoptik zur Emulation des Photolithographie-Scanners vorgesehen. Auf diese Weise lassen sich mit der Emulationsabbildungsoptik die Polarisationseigenschaf-

ten des Photolithographie-Scanners ortsaufgelöst emulieren, obwohl das zugrundeliegende, im Emulationsmodul implementierte Emulationsverfahren diese Ortsabhängigkeit nicht berücksichtigen kann.

Die Erfindung soll im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

In den dazugehörigen Zeichnungen zeigt

Fig.1 eine beispielhafte Vorrichtung und
Fig.2 den Ablauf des Verfahrens.

In Fig.1 ist eine Vorrichtung gezeigt, wie sie zur Untersuchung des Abbildungsverhaltens einer - nichtgezeigten - ersten Abbildungsoptik verwendet werden kann. Von einer Lichtquelle 1 wird Licht in eine zweite Abbildungsoptik 2 eingespeist. Die zweite Abbildungsoptik 2 fokussiert das Licht auf einen ortauflösenden Detektor 3 mit Pixeln. Das Licht wird in der Bildebene in den Pixeln detektiert. In den Pixeln direkt detektiert wird die Intensität. Die Werte für die Intensität werden in einem Speichermodul 4 in Zuordnung zu den Bildpunkten gespeichert. Außerdem wird in dem Speichermodul 4 noch eine zweite Eigenschaft des Lichts gespeichert. Dies kann beispielsweise die Farbe sein, oder aber auch die Polarisation. Im letzteren Fall kann beispielsweise ein in den Strahlengang vor den Detektor einschiebbarer, drehbarer Polarisator 5 vorgesehen sein. Die zweite Abbildungsoptik 2 bildet dabei ein Objekt 6 auf den Detektor 3 ab. Dazu wird das Objekt 6 an entsprechender Stelle in die zweite Abbildungsoptik 2 eingebracht, so daß ein Bild des Objektes 6 auf dem Detektor 3 erzeugt wird. Bei dem Objekt 6 kann es sich beispielsweise um einen ein-

fachen oder nichtlinearen Farbfilter, einen Polarisator oder ein diffraktives optisches Element handeln. Im letzteren Fall muß unter Umständen die Einstellung der zweiten Abbildungsoptik an die Abbildungseigenschaften des Objektes 6 angepaßt werden. Schließlich kann es sich bei dem Objekt 6 auch um eine Maske handeln, wie sie in der Photolithographie verwendet wird. Bei der Lichtquelle 1 handelt es sich in diesem Fall bevorzugt um eine Quelle, die nur eine Wellenlänge aussendet. Falls es sich bei der zweiten Eigenschaft, die registriert werden soll, um die Polarisation oder nicht direkt sichtbare Eigenschaften handelt, so sind weitere Einrichtungen notwendig, die hier nicht gezeigt sind und der Detektion und Bestimmung dieser Eigenschaften dienen. Die Werte dieser Eigenschaften werden dann ebenfalls in Zuordnung zu den Bildpunkten im Speichermodul 4 gespeichert.

Die für die Intensität und die zweite Eigenschaft, beispielsweise die Polarisation, gespeicherten Werte werden anschließend von einem Emulationsmodul 7 verarbeitet. Im Emulationsmodul 7 wird ein Emulationsbild erzeugt, welches auf einen Bildschirm 8 dargestellt wird. Zusätzlich kann das Bild auch gespeichert werden oder/und ausgedruckt werden.

Die Erzeugung des Emulationsbildes ist in Fig.2 skizziert. Für jeden Bildpunkt sind Intensität und Polarisation, d.h. Polarisationsgrad und/oder -richtung gespeichert. Diese Daten bilden den sogenannten Eingangsbilddatensatz. Aus diesem Eingangsbilddatensatz wird eine Serie von Bildern erzeugt. Dabei kann zunächst das Minimum und das Maximum der zweiten Eigenschaft bestimmt werden, um so den Wertebereich dieser Eigenschaft festzulegen. Dieser Wertebereich wird

dann in Teilbereiche zerlegt, wobei der unpolarisierte Anteil der Intensität im Beispiel einem gesonderten Teilbereich mit dem Polarisationsgrad Null zugeordnet wird. Dieser Teilbereich enthält auch die Intensitätswerte des zirkular polarisierten Anteils des Lichts. Selbstverständlich ist die Zuordnung zu einem eigenen Teilbereich nicht zwingend. Der unpolarisierte Anteil kann beispielsweise auch auf die anderen Teilbereiche aufgeteilt werden - dies entspricht einer gleichmäßigen Aufteilung auf die einzelnen Bilder. Die weiteren Teilbereiche werden nach Polarisationswinkeln in einem Wertebereich von 0° bis 180° aufgeteilt. Im vorliegenden Beispiel ist zu jedem Bild der Polarisationswinkel ϕ im Zentrum des entsprechenden Teilbereichs angegeben. Die Teilbereiche können dabei überlappend oder nichtüberlappend in Abstimmung mit der zu verwendenden Wichtungsfunktion gewählt werden. Im vorliegenden Beispiel werden acht Teilbereiche gewählt. Die Bilder werden anschließend im Emulationsschritt verarbeitet. Dabei wird eine Abbildung des Objektes 6 mit der ersten Abbildungsoptik unter Berücksichtigung der Abbildungseigenschaft und des Einflusses der Polarisation auf das Abbildungsverhalten emuliert. Die unpolarisierte Intensität kann dabei gesondert behandelt werden, muß aber nicht. Auch eine Aufteilung auf die polarisierten Bilder ist beispielsweise möglich. Handelt es sich bei dem Objekt 6 beispielsweise um eine Maske, so läßt sich eine Abbildung dieser Maske mit einem Photolithographiescanner als erster Abbildungsoptik emulieren. Bei der zweiten Abbildungsoptik 2 handelt es sich in diesem Fall um eine Emulationsabbildungsoptik. Die Abbildungseigenschaften, in denen sich beide Optiken unterscheiden, sind die Vergrößerung und die numerische Apertur. Bei der Verarbeitung im Emulationsschritt werden für jeden Polarisationswinkel ϕ Zwischenbilder erzeugt, wobei im Emula-

tionsschritt die Polarisation für das jeweilige Bild als konstant angenommen wurde. Dies ist technisch bedingt, da die im Stand der Technik zur Verfügung stehenden Verfahren zur Emulation bzw. Berücksichtigung der Polarisation nur konstante Polarisationen berücksichtigen können. Zum Schluß werden die Zwischenbilder im vorliegenden Beispiel zum Emulationsbild bildpunktweise addiert. Auf diese Weise kann die Ortsabhängigkeit in der Polarisation bei der Emulation eines Photolithographiescanners berücksichtigt werden, obwohl das zur Verfügung stehende Emulationsverfahren nach dem Stand der Technik dies eigentlich nicht gestattet bzw. zu größeren Fehlern führt.

Bezugszeichenliste

1	Lichtquelle
2	zweite Abbildungsoptik
3	Detektor
4	Speichermodul
5	Polarisator
6	Objekt
7	Emulationsmodul
8	Bildschirm

Patentansprüche

1. Verfahren zur Untersuchung des Abbildungsverhaltens einer ersten Abbildungsoptik, bei dem ein Objekt (6) durch eine zweite Abbildungsoptik (2) in eine Bildebene abgebildet wird und Licht in der Bildebene in Pixeln ortsaufgelöst detektiert wird, wobei sich die erste und zweite Abbildungsoptik (2) in mindestens einer Abbildungseigenschaft unterscheiden,
   - wobei für jedes Pixel Werte für die Intensität als eine erste Eigenschaft des Lichts und für mindestens eine weitere, zweite Eigenschaft des Lichts bestimmt und in Bildpunkten gespeichert werden, und
   - die gespeicherten Werte in einem Emulationsschritt verarbeitet werden und ein Emulationsbild erzeugt wird, welches eine Abbildung des Objektes (6) mit der ersten Abbildungsoptik unter Berücksichtigung der Abbildungseigenschaft und des Einflusses der zweiten Eigenschaft auf das Abbildungsverhalten emuliert,
   - **dadurch gekennzeichnet, daß**
   - eine Serie von Bildern erzeugt wird, indem
     a. ein Wertebereich der zweiten Eigenschaft in Teilbereiche zerlegt wird,
     b. jedem Teilbereich ein Bild zugeordnet wird, und
     c. den Bildpunkten jedes Bildes der entsprechende, gespeicherte Intensitätswert zugeordnet wird, falls der dem Bildpunkt zugeordnete Wert der zweiten Eigenschaft in den dem jeweiligen Bild zugeordneten Teilbereich fällt, und ihnen andernfalls ein vorgegebener Intensitätswert zugeordnet wird,
   - die Serie von Bildern im Emulationsschritt in eine Serie von Zwischenbildern umgewandelt wird, wobei für jedes der Zwischenbilder ein konstanter Wert der zweiten

Eigenschaft in die Emulation eingeht, der aus dem jeweiligen Teilbereich stammt und von den Werten der zweiten Eigenschaft für die jeweils anderen Zwischenbilder verschieden ist, und

- anschließend die Zwischenbilder zum Emulationsbild kombiniert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Teilbereiche teilweise überlappen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Intensitätswert Null ist.

4. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl die Bilder als auch die Zwischenbilder jeweils die gleiche Größe aufweisen.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensitätswerte der Zwischenbilder für jeden Bildpunkt addiert werden und so das Emulationsbild erzeugt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß für jeden Bildpunkt der Mittelwert der Intensitätswerte der Zwischenbilder gebildet und so das Emulationsbild erzeugt wird.

7. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensitätswerte bei der Zuordnung zu einem Bild der Serie gewichtet werden.

8. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Eigenschaft der

Polarisationszustand ist, wobei für jeden Bildpunkt der Polarisationsgrad und/oder die Polarisationsrichtung gespeichert werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Serie von Bildern erzeugt wird, indem das Licht vor der Detektion durch einen Polarisator (5) geleitet wird, wobei die Teilbereiche durch verschiedene Stellungen des Polarisators (5) festgelegt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Serie von Bildern rechnerisch anhand der gespeicherten Werte erzeugt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensitätswerte mit einer Funktion

$$C \cdot |\varphi - \theta|$$

gewichtet werden, wenn der einem Bildpunkt zugeordnete Polarisationswinkel θ in den Teilbereich fällt, wobei C eine Konstante und φ der Polarisationswinkel im Zentrum des entsprechenden Teilbereichs ist.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensitätswerte mit der Funktion

$$C \cdot \cos^2(\varphi - \theta)$$

gewichtet werden, wenn der einem Bildpunkt zugeordnete Polarisationswinkel θ in den Teilbereich fällt, wobei C eine Konstante und φ der Polarisationswinkel im Zentrum des entsprechenden Teilbereichs ist.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß einem der Teilbereiche ausschließ-

lich der Polarisationsgrad Null zugeordnet wird und dem diesem Teilbereich zugeordneten Bild die Intensitätswerte von detektiertem, unpolarisierten Licht zugeordnet werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Bild mit dem Polarisationsgrad Null zugeordneten Intensitätswerte auf andere Bilder aufgeteilt und zu den entsprechenden Intensitätswerten addiert werden, wobei die Aufteilung vorzugsweise gleichmäßig erfolgt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Eigenschaft die Farbe ist, wobei für jeden Bildpunkt die Wellenlänge und/oder der Farbsättigungsgrad gespeichert werden.

16. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als erste Abbildungsoptik ein Photolithographiescanner und als zweite Abbildungsoptik (2) eine Emulationsabbildungsoptik zur Emulation des Photolithographiescanners verwendet wird.

17. Vorrichtung zur Untersuchung des Abbildungsverhaltens einer ersten Abbildungsoptik, umfassend

- eine zweite Abbildungsoptik (2), durch die ein Objekt (6) in eine Bildebene abgebildet wird, und die sich von der ersten Abbildungsoptik in mindestens einer Abbildungseigenschaft unterscheidet,
- einen ortsauflösenden Detektor (3) mit Pixeln, mit dem Licht in der Bildebene in den Pixeln detektiert wird,
- ein Speichermodul (4), in welchem ortsaufgelöst Werte für die Intensität als eine erste Eigenschaft des Lichts und für mindestens eine weitere, zweite Eigen-

schaft des Lichts in Bildpunkten gespeichert werden, sowie

- ein Emulationsmodul (7), in dem die gespeicherten Werte verarbeitet werden und ein Emulationsbild erzeugt wird, welches eine Abbildung des Objektes (6) mit der ersten Abbildungsoptik unter Berücksichtigung der Abbildungseigenschaft und des Einflusses der zweiten Eigenschaft auf das Abbildungsverhalten emuliert,
- **dadurch gekennzeichnet, daß**
- die Vorrichtung eine Serie von Bildern erzeugt, indem
  a. ein Wertebereich der zweiten Eigenschaft in Teilbereiche aufgeteilt wird,
  b. jedem Teilbereich ein Bild zugeordnet wird, und
  c. den Bildpunkten jedes Bildes der entsprechende, gespeicherte Intensitätswert zugeordnet wird, falls der dem Bildpunkt zugeordnete Wert der zweiten Eigenschaft in den dem jeweiligen Bild zugeordneten Teilbereich fällt, und ihnen andernfalls ein vorgegebener Intensitätswert zugeordnet wird,
- das Emulationsmodul (7) die Serie von Bildern in eine Serie von Zwischenbildern umwandelt, wobei für jedes der Zwischenbilder ein konstanter Wert der zweiten Eigenschaft in die Emulation eingeht, der aus dem jeweiligen Teilbereich stammt und von den Werten der zweiten Eigenschaft für die jeweils anderen Zwischenbilder verschieden ist, und
- das Emulationsmodul die Zwischenbilder zum Emulationsbild kombiniert.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Teilbereiche teilweise überlappen.

19. Vorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Intensitätswert Null ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Serie von Bildern und eine Serie von Zwischenbildern jeweils gleicher Größe erzeugt.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß sie die Intensitätswerte der Zwischenbilder für jeden Bildpunkt addiert und so das Emulationsbild erzeugt.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß sie für jeden Bildpunkt den Mittelwert der Intensitätswerte der Zwischenbilder bildet und so das Emulationsbild erzeugt.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß sie die Intensitätswerte bei der Zuordnung zu einem Bild der Serie wichtet.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Eigenschaft der Polarisationszustand ist, wobei im Speichermodul für jeden Bildpunkt der Polarisationsgrad und/oder die Polarisationsrichtung gespeichert werden.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß ein Polarisator (5) vorgesehen ist, durch den das Licht vor der Detektion geleitet wird, wobei die Teilbereiche durch verschiedene Stellungen des Polarisators (5) festgelegt werden.

26. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß sie die Serie von Bildern rechnerisch anhand der gespeicherten Werte erzeugt.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß sie einem der Teilbereiche ausschließlich den Polarisationsgrad Null und dem diesem Teilbereich zugeordneten Bild die Intensitätswerte von detektiertem, unpolarisierten Lichts zuordnet.

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Eigenschaft die Farbe ist, wobei im Speichermodul (4) für jeden Bildpunkt die Wellenlänge und/oder die Farbsättigung gespeichert werden.

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß als erste Abbildungsoptik ein Photolithographiescanner und als zweite Abbildungsoptik (2) eine Emulationsabbildungsoptik zur Emulation des Photolithographiescanners vorgesehen ist.

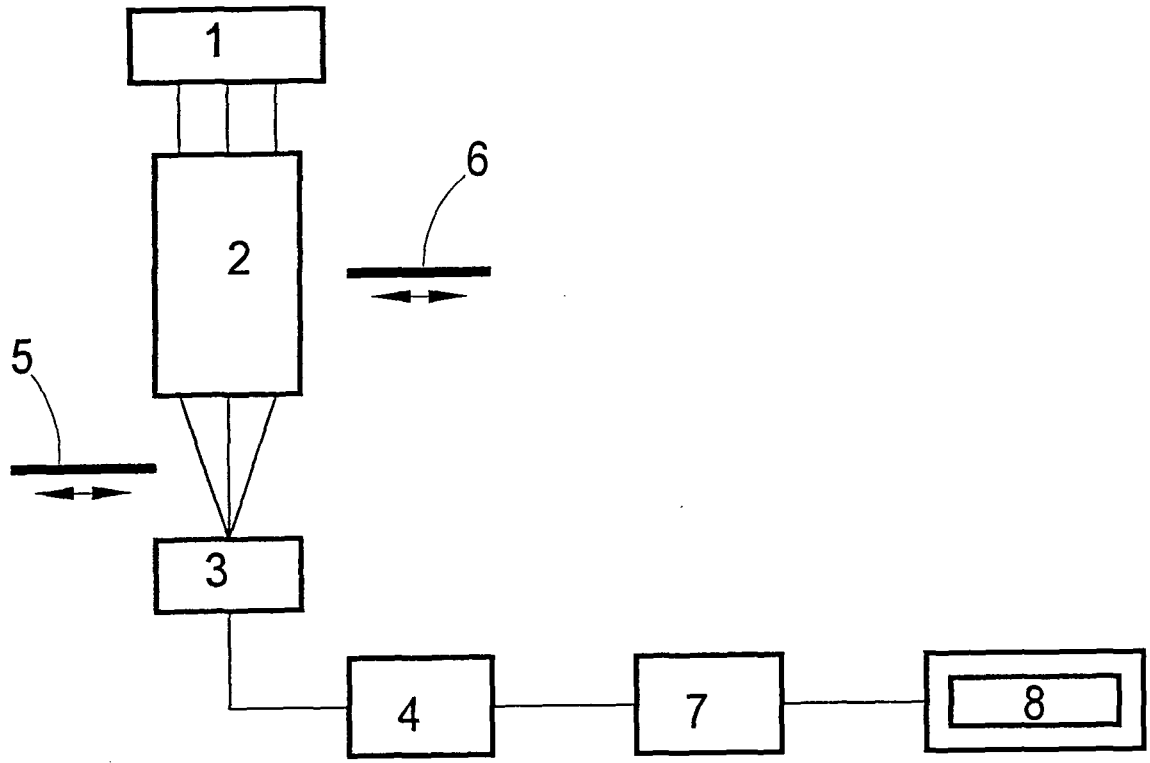


Fig.1

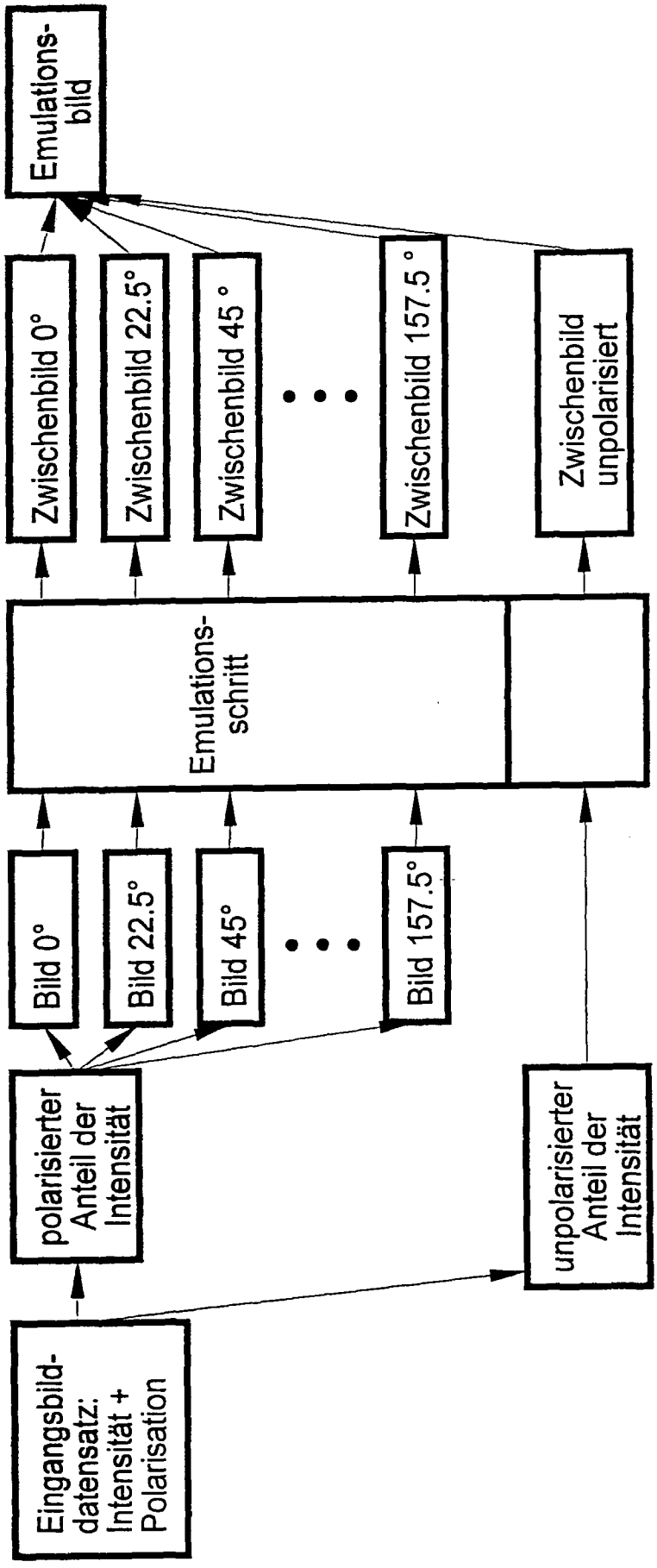

Emulations-bild
Zwischenbild 0°
Zwischenbild 22.5°
Zwischenbild 45 °
Zwischenbild 157.5 °
Zwischenbild unpolarisiert
Emulations-schritt
Bild 0°
Bild 22.5°
Bild 45°
Bild 157.5°
polarisierter Anteil der Intensität
unpolarisierter Anteil der Intensität
Eingangsbild-datensatz: Intensität + Polarisation

Fig.2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/012103

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01M11/02 G03F7/20

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)
G01M G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 03/076891 A2 (ZEISS CARL SMT AG [DE]; WEGMANN ULRICH [DE]; SCHELLHORN UWE [DE]; KLAE) 18 September 2003 (2003-09-18) abstract page 13, line 20 - page 26, line 2 figures	1-29
A	US 6 665 059 B2 (KANNO TOSHIYUKI [JP] ET AL) 16 December 2003 (2003-12-16) abstract column 2, line 40 - column 3, line 11 figures	1-29
A	US 5 396 329 A (KALAWSKY ROY S [GB]) 7 March 1995 (1995-03-07) abstract; figures	1-29

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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 document but 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	Date of mailing of the international search report
7 March 2007	22/03/2007

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Seibert, Joachim

2

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/012103

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 298 972 A (HEFFNER BRIAN L [US]) 29 March 1994 (1994-03-29) abstract; figures	1-29
A	US 5 828 500 A (KIDA ATSUSHI [JP] ET AL) 27 October 1998 (1998-10-27) abstract; figures	1-29
A	US 6 266 141 B1 (MORITA NOBUHIRO [JP]) 24 July 2001 (2001-07-24) abstract; figures	1-29
A	US 2004/114150 A1 (WEGMANN ULRICH [DE] ET AL) 17 June 2004 (2004-06-17) abstract; figures	1-29
P,A	EP 1 615 062 A2 (CARL ZEISS SMS GMBH [DE]) 11 January 2006 (2006-01-11) abstract; figures	1-29
A	WO 03/001272 A2 (ZEISS CARL JENA GMBH [DE]; BRUNNER ROBERT [DE]; HAGE KNUT [DE]; DOBSCH) 3 January 2003 (2003-01-03) cited in the application	1-29

2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2006/012103

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 03076891 A2	18-09-2003	AU 2003212309 A1	22-09-2003
		EP 1483559 A2	08-12-2004
		JP 2005519299 T	30-06-2005
US 6665059 B2	16-12-2003	JP 2001228034 A	24-08-2001
		US 2001028451 A1	11-10-2001
US 5396329 A	07-03-1995	DE 3824968 A1	26-05-1994
		GB 2271845 A	27-04-1994
US 5298972 A	29-03-1994	NONE	
US 5828500 A	27-10-1998	NONE	
US 6266141 B1	24-07-2001	CN 1236098 A	24-11-1999
		CN 1536348 A	13-10-2004
		HK 1023180 A1	25-02-2005
US 2004114150 A1	17-06-2004	JP 2004061515 A	26-02-2004
EP 1615062 A2	11-01-2006	DE 102004033603 A1	16-02-2006
		JP 2006023307 A	26-01-2006
		US 2006012873 A1	19-01-2006
WO 03001272 A2	03-01-2003	DE 10130212 A1	02-01-2003
		EP 1397716 A2	17-03-2004
		JP 2004530937 T	07-10-2004
		TW 226938 B	21-01-2005
		US 2004174607 A1	09-09-2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2006/012103

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01M11/02 G03F7/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01M G03F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 03/076891 A2 (ZEISS CARL SMT AG [DE]; WEGMANN ULRICH [DE]; SCHELLHORN UWE [DE]; KLAE) 18. September 2003 (2003-09-18) Zusammenfassung Seite 13, Zeile 20 - Seite 26, Zeile 2 Abbildungen	1-29
A	US 6 665 059 B2 (KANNO TOSHIYUKI [JP] ET AL) 16. Dezember 2003 (2003-12-16) Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 40 - Spalte 3, Zeile 11 Abbildungen	1-29
A	US 5 396 329 A (KALAWSKY ROY S [GB]) 7. März 1995 (1995-03-07) Zusammenfassung; Abbildungen	1-29

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
7. März 2007	22/03/2007

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Seibert, Joachim

2

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 298 972 A (HEFFNER BRIAN L [US]) 29. März 1994 (1994-03-29) Zusammenfassung; Abbildungen	1-29
A	US 5 828 500 A (KIDA ATSUSHI [JP] ET AL) 27. Oktober 1998 (1998-10-27) Zusammenfassung; Abbildungen	1-29
A	US 6 266 141 B1 (MORITA NOBUHIRO [JP]) 24. Juli 2001 (2001-07-24) Zusammenfassung; Abbildungen	1-29
A	US 2004/114150 A1 (WEGMANN ULRICH [DE] ET AL) 17. Juni 2004 (2004-06-17) Zusammenfassung; Abbildungen	1-29
P,A	EP 1 615 062 A2 (CARL ZEISS SMS GMBH [DE]) 11. Januar 2006 (2006-01-11) Zusammenfassung; Abbildungen	1-29
A	WO 03/001272 A2 (ZEISS CARL JENA GMBH [DE]; BRUNNER ROBERT [DE]; HAGE KNUT [DE]; DOBSCH) 3. Januar 2003 (2003-01-03) in der Anmeldung erwähnt	1-29

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2006/012103

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 03076891 A2	18-09-2003	AU 2003212309 A1	22-09-2003
		EP 1483559 A2	08-12-2004
		JP 2005519299 T	30-06-2005
US 6665059 B2	16-12-2003	JP 2001228034 A	24-08-2001
		US 2001028451 A1	11-10-2001
US 5396329 A	07-03-1995	DE 3824968 A1	26-05-1994
		GB 2271845 A	27-04-1994
US 5298972 A	29-03-1994	KEINE	
US 5828500 A	27-10-1998	KEINE	
US 6266141 B1	24-07-2001	CN 1236098 A	24-11-1999
		CN 1536348 A	13-10-2004
		HK 1023180 A1	25-02-2005
US 2004114150 A1	17-06-2004	JP 2004061515 A	26-02-2004
EP 1615062 A2	11-01-2006	DE 102004033603 A1	16-02-2006
		JP 2006023307 A	26-01-2006
		US 2006012873 A1	19-01-2006
WO 03001272 A2	03-01-2003	DE 10130212 A1	02-01-2003
		EP 1397716 A2	17-03-2004
		JP 2004530937 T	07-10-2004
		TW 226938 B	21-01-2005
		US 2004174607 A1	09-09-2004