

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
04. April 2024 (04.04.2024)



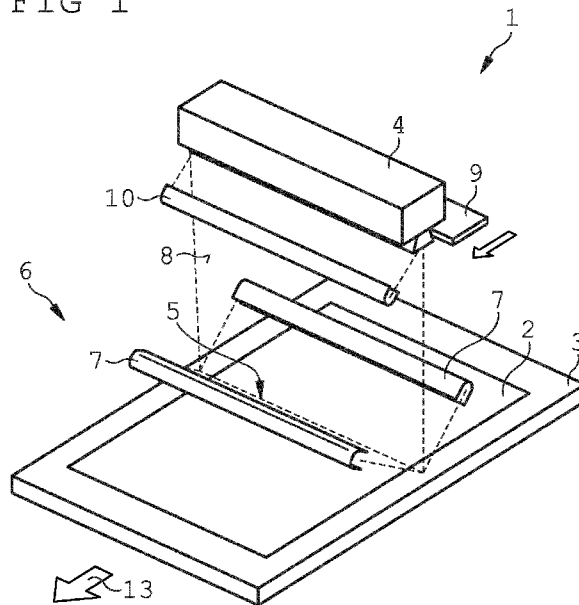
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/068468 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: *G01N 21/93* (2006.01) *G06T 7/00* (2017.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/076232
- (22) Internationales Anmeldedatum: 22. September 2023 (22.09.2023)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 10 2022 125 409.7
30. September 2022 (30.09.2022) DE
- (71) Anmelder: **CRUSE TECHNOLOGIES GMBH**
[DE/DE]; Siebengebirgsblick 16, 53343 Wachtberg (DE).
- (72) Erfinder: **DEGENER, Patrick**; Clara-Viebig-Straße 15, 53123 Bonn (DE). **REETZ, Christof**; Königsberger Straße 4, 67259 Beindersheim (DE).
- (74) Anwalt: **HABERMANN INTELLECTUAL PROPERTY PARTNERSCHAFT VON PATENTANWÄLTEN MBB**; Dolivostraße 15 A, 64293 Darmstadt (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR RECORDING A PLURALITY OF IMAGES OF AN OBJECT USING DIFFERENT LIGHTING CONFIGURATIONS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR AUFNAHME MEHRERER ABBILDUNGEN EINES OBJEKTS MIT UNTERSCHIEDLICHEN BELEUCHTUNGSKONFIGURATIONEN

FIG 1



(57) Abstract: In a method and a device (1) for recording a plurality of images of an object (2) using different lighting configurations, the object (2) and a line camera (4) can be displaced relative to one another along a recording trajectory, and a lighting apparatus (6) can be used to specify successive repetitions of a lighting sequence with different lighting configurations in successive recording cycles. For each individual lighting configuration of the lighting sequence, the image lines of the object strips (5) in each case recorded in succession within a recording cycle with this lighting configuration are combined to form a gap-free image of the object (2) using the relevant lighting configuration. At least one calibration lighting configuration may be specified within the lighting sequence; it is used



WO 2024/068468 A1

SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

in a recording cycle to record an object-independent calibration image line which is used for a calibration of the individual image lines within the relevant lighting sequence.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung (1) zur Aufnahme mehrerer Abbildung eines Objekts (2) mit unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen können das Objekt (2) und eine Zeilenkamera (4) relativ zueinander entlang einer Aufnahmetrajektorie verlagert werden, mit einer Beleuchtungseinrichtung (6) in aufeinanderfolgenden Aufnahmetakten aufeinanderfolgende Wiederholungen einer Beleuchtungssequenz mit unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen vorgegeben werden. Für jede einzelne Beleuchtungskonfiguration der Beleuchtungssequenz werden die mit dieser Beleuchtungskonfiguration in jeweils einem Aufnahmetakt nacheinander aufgenommenen Abbildungszeilen der Objektstreifen (5) zu einer lückenlosen Abbildung des Objekts (2) mit der betreffenden Beleuchtungskonfiguration zusammengesetzt. Mindestens eine Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration kann innerhalb der Beleuchtungssequenz vorgegeben werden, mit welcher in einem Aufnahmetakt eine objektunabhängige Kalibrationsbildzeile aufgenommen wird, die für eine Kalibration der einzelnen Abbildungszeilen innerhalb der betreffenden Beleuchtungssequenz verwendet wird.

Cruse Technologies GmbH

Verfahren und Vorrichtung zur Aufnahme mehrerer Abbildungen
5 eines Objekts mit unterschiedlichen
Beleuchtungskonfigurationen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Aufnahme mehrerer
Abbildung eines Objekts mit unterschiedlichen
10 Beleuchtungskonfigurationen, wobei das Objekt und eine
Zeilenkamera relativ zueinander entlang einer
Aufnahmetrajektorie verlagert werden, wobei während eines
Aufnahmeschritts mit einer Beleuchtungseinrichtung in
aufeinanderfolgenden Aufnahmetakten aufeinanderfolgende
15 Wiederholungen einer Beleuchtungssequenz mit
unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen vorgegeben
werden, wobei mit der Zeilenkamera in jedem Aufnahmetakt
jeweils eine Abbildungszeile eines Objektstreifens
aufgenommen wird, und wobei der Aufnahmetakt in Abhängigkeit
20 von einer relativen Verlagerungsgeschwindigkeit entlang der
Aufnahmetrajektorie und der Anzahl unterschiedlicher
Beleuchtungskonfigurationen in der Beleuchtungssequenz
ausreichend kurz ist, sodass in einem
Abbildungserzeugungsschritt für jede einzelne
25 Beleuchtungskonfiguration der Beleuchtungssequenz die mit
dieser Beleuchtungskonfiguration nacheinander aufgenommenen
Abbildungszeilen der Objektstreifen zu einer lückenlosen
Abbildung des Objekts mit der betreffenden
Beleuchtungskonfiguration zusammengesetzt werden können. Die
30 Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Aufnahme
mehrerer Abbildungen eines Objekts mit unterschiedlichen
Beleuchtungskonfigurationen, wobei die Vorrichtung eine

Aufnahmeeinrichtung für das Objekt und eine Zeilenkamera aufweist, mit welcher in einem Aufnahmetakt Abbildungszeilen eines Objektstreifens aufgenommen werden können, wobei die Aufnahmeeinrichtung und die Zeilenkamera relativ zueinander
5 entlang einer Aufnahmetrajektorie verlagerbar sind, sodass aus einer Anzahl von Abbildungszeilen einzelner Objektstreifen eine lückenlose Abbildung des Objekts zusammengesetzt werden kann, und wobei die Vorrichtung eine Beleuchtungseinrichtung aufweist, mit welcher mindestens zwei
10 verschiedene Beleuchtungskonfigurationen vorgebar sind, mit denen das Objekt beleuchtbar ist, während mit der Zeilenkamera eine Abbildungszeile aufgenommen wird.

Insbesondere bei großformatigen Objekten oder bei einer
15 kontinuierlichen Aufnahme von Endlosmaterialien, wie sie beispielsweise in Produktionsprozessen verwendet und der Produktion zugeführt oder als Produktionsergebnis erzeugt werden, eignen sich Zeilenkameras, die eine Anzahl von lichtempfindlichen Sensorpixeln aufweisen, die zeilenförmig
20 angeordnet sind und mit denen sich mit jeder Aufnahme eine Abbildungszeile eines streifenförmigen Objektbereichs aufnehmen lässt. Durch die Aufnahme vieler Abbildungszeilen während einer Relativbewegung der Zeilenkamera relativ zu dem Objekt können eine entsprechende Anzahl von Objektstreifen
25 abgebildet werden und durch einen geeigneten Verlauf der Aufnahmetrajektorie eine lückenlose Abbildung des Objekts aus den einzelnen Abbildungszeilen beziehungsweise aus den einzelnen Abbildungen der Objektstreifen zusammengesetzt werden.

30

Die räumliche Auflösung der Abbildungszeile der Zeilenkamera ist in Richtung der zeilenförmigen Anordnung der Sensorpixel

durch die Abmessungen der einzelnen Sensorpixel vorgegeben. In der Richtung der Aufnahmetrajektorie, die üblicherweise quer zu der Richtung der zeilenförmigen Anordnung der Sensorpixel verläuft, kann die räumliche Auflösung durch eine

5 Relativverlagerung der Zeilenkamera und dem Objekt vorgegeben werden, wobei die räumliche Auflösung umso größer werden kann, je kleiner die Relativverlagerung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Aufnahmen mit der Zeilenkamera ist. Bei vielen Zeilenkameras ist ein Aufnahmetakt fest eingestellt

10 oder variabel einstellbar, mit welchem der zeitliche Abstand von zwei aufeinanderfolgenden Aufnahmen mit der Zeilenkamera vorgegeben wird. Der Aufnahmetakt beziehungsweise die Aufnahmezeilenfrequenz wird in der Praxis meistens so vorgegeben, dass die mit den Sensorpixeln aufgenommenen

15 Abbildungsstreifen für jeden Sensorpixel eine quadratische Abbildungsfläche ergeben, sodass die räumliche Auflösung entsprechend den Abmessungen der Sensorpixel entlang der Zeile vorgegeben wird. Aus der Praxis sind Zeilenkameras mit mehreren hundert bis mehreren tausend zeilenförmig

20 angeordneten Sensorpixeln bekannt, mit denen mehrere tausend Abbildungszeilen pro Sekunde aufgenommen werden können, sodass der Aufnahmetakt beispielsweise 10.000 Hz oder mehr betragen kann.

25 Aus der Praxis sind verschiedene Verfahren und Vorrichtung zur Aufnahme mehrerer Abbildungen eines Objekts mit unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen bekannt. Durch die Beleuchtung des Objekts mit unterschiedlich farbigem Licht oder mit unterschiedlich intensivem Licht können

30 verschiedene optische Eindrücke in den auf diese Weise erzeugten Abbildungen des Objekts erzeugt oder verstärkt werden. Durch eine Beleuchtung des Objekts aus

unterschiedlichen Richtungen können unterschiedliche Schattenwürfe erzeugt werden. Durch eine geeignete Kombination von Beleuchtungskonfigurationen mit unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen kann im Rahmen einer anschließenden Auswertung der einzelnen Abbildungen mit den unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen eine fotometrische Stereoanalyse durchgeführt und ein Höhenprofil für mit den Abbildungen abgebildete Oberflächen des Objekts ermittelt werden.

10

Zeilenkameras können vorteilhaft zur Inspektion von Oberflächen eines Objekts verwendet werden, wobei durch verschiedene Aufnahmen mit unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen viele Informationen für die Inspektion der Oberflächen wie beispielsweise Farbe, Glanz und dreidimensionale Strukturierung ermittelt werden können. Entsprechende Verfahren und Vorrichtungen sind beispielsweise in DE 100 63 293 A1 oder in EP 1 742 041 A1 gezeigt und beschrieben. Zeilenkameras können auch zur Erzeugung von qualitativ hochwertigen und hochaufgelösten Abbildungen von großformatigen Objekten wie beispielsweise von Gemälden oder von dreidimensional strukturierten Oberflächen von Produktionsvorlagen verwendet werden.

20

25

Um die Qualität der einzelnen Abbildungen mit den unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen zu verbessern ist es bekannt, dass mit Hilfe von geeigneten Kalibrierungsverfahren eine für die Aufnahme der Abbildungen verwendete Kamera vorab kalibriert wird, um kamerabedingte Fehler bei der Erzeugung der Abbildungen zu reduzieren.

30

Werden elektronische Kameras mit lichtempfindlichen Halbleitersensoren für die Aufnahme der Abbildungen

verwendet, können mit geeigneten Kalibrierungsverfahren unerwünschte Einflüsse eines Dunkelstromrauschens oder von unterschiedlichen Lichtempfindlichkeiten der Halbleitersensoren reduziert werden. Kalibrierungsverfahren und für deren Durchführung erforderliche Vorrichtungen sind beispielsweise in DE 10 2016 104 917 A1 oder in DE 10 2016 111 714 A1 beschrieben.

Üblicherweise werden vor einer ersten Verwendung der Zeilenkamera die erforderlichen Kalibrierungsverfahren durchgeführt und entsprechende Korrekturen oder Korrekturfaktoren ermittelt, bevor anschließend mit der Zeilenkamera Abbildungszeilen von Objektstreifen aufgenommen werden. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die verwendeten Korrekturen komplex sind und sich die Eigenschaften einer Zeilenkamera mit der Zeit ändern können, sodass in zeitlichen Abständen eine erneute Durchführung der Kalibrierungsverfahren vorteilhaft ist. Der hierfür erforderliche Aufwand ist jedoch insbesondere bei kontinuierlich durchgeführten Inspektionsverfahren während eines Produktionsprozesses groß, da der Produktionsprozess regelmäßig unterbrochen werden muss, während ein Kalibrierungsverfahren durchgeführt wird. Es wird auch bei der Aufnahme einzelner Abbildungen beispielsweise von großformatigen Gemälden oder Objektoberflächen als lästiger Aufwand empfunden, wenn vor jeder einzelnen Aufnahme oder in zeitlichen Abständen ein Kalibrierungsverfahren durchgeführt werden muss, um die gewünschte Qualität der Abbildungen zu erreichen.

30

Derartige Kalibrierungsverfahren stützen sich meistens auf die Annahme, dass etwaige Störungen sich über die Zeit nicht

ändern. Unter dieser Annahme kann die Zeilenkamera zu einem bestimmten Zeitpunkt eingemessen und die einmal vorab berechnete Korrektur zu späteren Zeitpunkten angewendet werden. Allerdings trifft diese Annahme in der Praxis nur
5 eingeschränkt zu. Sensoren können hier auch dynamischen Störungen beispielsweise durch elektromagnetische Einstrahlung unterliegen, die kurzfristiger Natur sind oder zeitlich variabel. Diese Störungen sind oft nur mit sehr hohem Aufwand und erheblichen Anforderungen an
10 gleichbleibende Umgebungs- und Betriebsbedingungen sowie durch eine umfangreiche Abschirmung auszuschließen und verletzen die Annahme und Voraussetzung für solche Kalibrierungsmethoden.

15 Es wird deshalb als eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung angesehen, ein Verfahren mit den eingangs beschriebenen Aspekten zur Aufnahme mehrerer Abbildungen eines Objekts mit unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen so auszugestalten, dass mit geringem Aufwand eine über einen
20 langen Zeitraum gute Kalibrierung der Zeilenkamera ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass mindestens eine Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration
25 innerhalb der Beleuchtungssequenz vorgegeben wird, mit welcher in einem Aufnahmetakt eine objektunabhängige Kalibrationsbildzeile aufgenommen wird, und dass die aufgenommene Kalibrationsbildzeile für eine Kalibration der einzelnen Abbildungszeilen innerhalb der betreffenden
30 Beleuchtungssequenz verwendet wird. Für die meisten Anwendungsfälle bieten die handelsüblich erhältlichen Zeilenkameras bereits einen Aufnahmetakt an, der für die

Aufnahme gewünschte räumliche Auflösung der Abbildungen des Objekts mehr als ausreicht, auch wenn eine Beleuchtungssequenz mit mehreren unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen vorgegeben wird, sodass bei der
5 relativen Verlagerung der Zeilenkamera und des Objekts gleichzeitig mehrere Abbildungen mit den unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen aufgenommen werden. Durch die Aufnahme einer Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration in die Beleuchtungssequenz verlangsamt sich die Erfassung einer
10 Aufnahmesequenz während der Verlagerung entlang der Aufnahmetrajektorie nicht oder nicht übermäßig, sodass die Aufnahme der Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration als weitere Beleuchtungskonfiguration in die Beleuchtungssequenz nicht störend wahrgenommen wird. Auf diese Weise entfällt der
15 Aufwand für eine gesondert durchzuführende Kalibration der Zeilenkamera entweder mit einer gesonderte Kalibrationsvorrichtung oder vor Beginn einer Aufnahmesequenz. Es ist nicht einmal eine zusätzliche relative Verlagerung der Zeilenkamera und des Objekts entlang
20 der Aufnahmetrajektorie erforderlich.

Zudem wird es mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ermöglicht, dass quasi kontinuierlich eine Kalibration der Zeilenkamera durchgeführt werden kann, sodass beispielsweise
25 Umgebungseinflüsse oder eine Betriebstemperatur oder auch eine zeitliche Veränderung der Aufnahmecharakteristik einzelner Sensorpixel mit der ständig durchgeführten Kalibration erfasst und korrigiert werden können.

30 Bei der Durchführung einer Aufnahmesequenz werden die Zeilenkamera und das Objekt entlang der Aufnahmetrajektorie verlagert und mit der Zeilenkamera mit dem vorgegebenen

Aufnahmetakt Abbildungszeilen aufgenommen. Die relative Verlagerung der Zeilenkamera relativ zu dem Objekt kann durch eine Verlagerung des Objekts relativ zu der ortsfest angeordneten Zeilenkamera bewirkt werden. Es ist ebenfalls
5 möglich, dass das Objekt ortsfest angeordnet ist und die Zeilenkamera entlang der Aufnahmetrajektorie relativ zu dem Objekt verlagert wird. Weiterhin kann alternativ auch vorgesehen sein, dass sowohl die Zeilenkamera als auch das Objekt gleichzeitig verlagert werden, sodass die relative
10 Verlagerung der Zeilenkamera relativ zu dem Objekt entlang der Aufnahmetrajektorie verläuft.

Während der Durchführung einer Aufnahmesequenz wird eine Beleuchtungseinrichtung so angesteuert, dass nacheinander die
15 verschiedenen Beleuchtungskonfigurationen innerhalb einer Beleuchtungssequenz vorgegeben und eine entsprechende Anzahl von Abbildungszeilen mit jeweils einer vorgegebenen Beleuchtungskonfiguration aufgenommen wird. Sobald eine Beleuchtungssequenz abgearbeitet und eine entsprechende
20 Anzahl von Abbildungszeilen aufgenommen wurde, wird die Beleuchtungssequenz wiederholt und erneut eine entsprechende Anzahl von Abbildungszeilen aufgenommen. Die relative Verlagerung der Zeilenkamera und des Objekts ist zweckmäßigerweise synchronisiert, was mit Hilfe eines
25 geeigneten Inkrementgebers oder Encoders bewirkt werden kann, sodass keine räumliche Lücke oder Verzerrung der aus den einzelnen Abbildungszeilen beziehungsweise aus den einzelnen Abbildungen der Objektstreifen zusammengesetzten Abbildungen des Objekts entsteht. Die relative Verlagerung wird dabei so
30 vorgegeben, dass zwei Abbildungszeilen von zwei aufeinanderfolgend durchgeführten Beleuchtungssequenzen, die jeweils mit derselben Beleuchtungskonfiguration aufgenommen

wurden, zwei in Richtung der Aufnahmetrajektorie unmittelbar angrenzende oder überlappende Objektstreifen abbilden. Aus allen Abbildungszeilen, die mit derselben Beleuchtungskonfiguration durchgeführt werden, kann dann eine
5 lückenlose Abbildung des Objekts mit der betreffenden Beleuchtungskonfiguration erzeugt werden. Während der Durchführung einer Aufnahmesequenz können auf diese Weise im Wesentlichen gleichzeitig mehrere Abbildungen des Objekts mit jeweils verschiedenen Beleuchtungskonfigurationen erzeugt
10 werden. Zudem kann quasi kontinuierlich eine Kalibration der Zeilenkamera durchgeführt werden, sodass bei den einzelnen Abbildungszeilen die auf die Zeilenkamera zurückgehenden Beeinträchtigungen reduziert werden und die Abbildungsqualität verbessert werden kann.

15

Für eine objektunabhängige Kalibrationsbildzeile kann durch die Beleuchtungseinrichtung ein vorgegebenes Kalibrationsleuchtmuster erzeugt werden, welches mit der Zeilenkamera aufgenommen wird. Das für die Kalibration
20 verwendete Kalibrationsleuchtmuster kann beispielsweise eine homogene Ausleuchtung der Zeilenkamera, eine vollständige Abdunkelung der Zeilenkamera oder aber eine regelmäßige Abfolge von hellen und dunklen Leuchtstreifen aufweisen, die mit der Zeilenkamera aufgenommen und abgebildet werden.

25

Vorzugsweise ist optional vorgesehen, dass die mindestens eine Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration eine Dunkelbildbeleuchtung beinhaltet, bei welcher kein Licht mit der Zeilenkamera erfasst und eine Dunkelbildabbildungszeile
30 aufgenommen wird. Zu diesem Zweck können beispielsweise die Aufnahmesequenz in einem abgedunkelten Raum oder Gehäuse durchgeführt werden und bei der Beleuchtungseinrichtung in

der Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration alle Leuchten ausgeschaltet sein, sodass kein Licht von der Zeilenkamera erfasst werden kann und die aufgenommene Dunkelbildabbildungszeile ausschließlich das

5 Dunkelstromrauschen der einzelnen Sensorpixel erfasst. Es kann auch alternativ oder zusätzlich zu der Abdunklung der Beleuchtungseinrichtung vorgesehen sein, dass die Lichteintrittsöffnung der Zeilenkamera lichtdicht mit einer verlagerbaren Abdeckung abgedeckt wird.

10

Eine Dunkelbildabbildungszeile, die während der Dunkelbildbeleuchtung mit der Zeilenkamera erfasst wird, ermöglicht es, für jeden Sensorpixel einen Dunkelstropixelwert zu ermitteln. Der Dunkelstropixelwert kann beispielsweise dem betreffenden Sensorpixelwert dieser Dunkelbildabbildungszeile entsprechen, die innerhalb einer Beleuchtungssequenz während der Dunkelbildbeleuchtung aufgenommen wird. Es ist ebenfalls möglich, aus mehreren aufeinanderfolgenden Aufnahmen einer

15

20

Dunkelbildabbildungszeile für jeden Sensorpixel einen Mittelwert oder einen Erwartungswert für den betreffenden Dunkelstropixelwert zu ermitteln.

25

Für eine einfache Kalibration der Zeilenkamera können die mit den verschiedenen Beleuchtungskonfigurationen aufgenommenen Abbildungszeilen jeweils durch das Abziehen einer Dunkelbildkorrekturzeile korrigiert werden, wobei die Dunkelbildkorrekturzeile für jeden Sensorpixel den ausgehend von der Dunkelbildbeleuchtung ermittelten

30

Dunkelstropixelwert aufweist.

Weiterhin ist vorzugsweise optional vorgesehen, dass die mindestens eine Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration eine Hellbildbeleuchtung beinhaltet, bei welcher ein homogener Lichtintensitätswert mit der Zeilenkamera erfasst und eine
5 Hellbildabbildungszeile aufgenommen wird. Da jeder Sensorpixel eine unterschiedliche Lichtempfindlichkeit aufweisen kann unterscheiden sich die während einer Hellbildbeleuchtung erfassten Sensorpixelwerte der einzelnen Sensorpixel einer Zeilenkamera erfahrungsgemäß voneinander,
10 obwohl die Hellbildbeleuchtung für jeden Sensorpixel der Zeilenkamera gleich ist und deshalb identische Sensorpixelwerte in einer Hellbildabbildungszeile erzeugen sollte.

15 Ausgehend von einer Hellbildabbildungszeile kann wie bei der Dunkelbildabbildungszeile für jeden Sensorpixel ein Hellbildkorrekturzeile mit Hellbildpixelwerten ermittelt werden, die ein Maß für die Lichtempfindlichkeit des betreffenden Sensorpixels darstellen können und dazu
20 verwendet werden können, die Auswirkungen der unterschiedlichen Lichtempfindlichkeiten der einzelnen Sensorpixel auf die einzelnen Abbildungen zu reduzieren, die während einer Aufnahmesequenz für die verschiedenen Beleuchtungskonfigurationen aufgenommen und anschließend
25 zusammengefügt werden.

Als besonders vorteilhaft wird es erachtet, dass optional innerhalb einer Beleuchtungssequenz sowohl eine Dunkelbildbeleuchtung als auch eine Hellbildbeleuchtung
30 vorgegeben und sowohl eine Dunkelbildabbildungszeile als auch eine Hellbildabbildungszeile aufgenommen werden. Auf diese Weise ist es für jede einzelne Beleuchtungssequenz möglich,

eine Kalibration der Zeilenkamera mit einer Dunkelbildkorrektur und mit einer Hellbildkorrektur durchzuführen, wobei die jeweils aktuellen Informationen der Dunkelbildabbildungszeile und der Hellbildabbildungszeile für die Kalibration berücksichtigt werden und für die Korrekturen verwendet werden.

Es können auch komplexe Leuchtmuster mit einer Kalibrationsleuchteinrichtung erzeugt und als Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration vorgegeben werden. Zudem sind viele Zeilenkameras mehrkanalig ausgestaltet, wobei die einzelnen Kanäle der Zeilenkamera für verschiedene Wellenlängenbereiche des Lichts eine unterschiedliche Empfindlichkeit aufweisen und bei jeder Aufnahme einer Abbildungszeile für jeden Kanal gesondert eine Abbildungskanalzeile aufgenommen wird. Ausgehend von den einzelnen Messwerten der einzelnen Abbildungskanalzeilen werden von den Zeilenkameras üblicherweise die Sensorwerte für eine Abbildungszeile ermittelt beziehungsweise berechnet. Die Kalibration sowie einzelne Korrekturen können wahlweise für die sich ergebenden Sensorwerte einer Abbildungszeile oder aber für jede Abbildungskanalzeile gesondert durchgeführt werden.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des Erfindungsgedankens ist vorgesehen, dass mehrere aufeinanderfolgend aufgenommene gleichartige Kalibrationsbildzeilen gemittelt und eine gemittelte Kalibrationsbildzeile für die Kalibration der einzelnen Abbildungszeilen innerhalb der betreffenden Beleuchtungssequenz verwendet wird. Durch eine derartige Mittelung der einzelnen Messwerte kann der Einfluss extremer

Messwerte reduziert werden, der sich oftmals nachteilig auf die Abbildungsqualität auswirkt. Es kann auch vorgesehen sein, dass mehrere aufeinanderfolgend aufgenommene gleichartige Kalibrationsbildzeilen ausgewertet und mit Hilfe weiterer Annahmen oder Informationen Erwartungswerte für die einzelnen Sensorpixelwerte einer Kalibrationsbildzeile ermittelt und verwendet werden. So könnte beispielsweise unter der Annahme eines normalverteilten Dunkelstromrauschens eines Sensorpixels aus einer Anzahl von Dunkelstromsensorwerten des betreffenden Sensorpixels, die in aufeinanderfolgenden Dunkelbildabbildungszeilen erfasst wurden, ein Erwartungswert für das Dunkelstromrauschen des betreffenden Sensorpixels ermittelt und für die Korrekturen der Abbildungszeilen verwendet werden, die mit anderen Beleuchtungskonfigurationen innerhalb einer Beleuchtungssequenz aufgenommen werden.

Dabei kann vorgesehen sein, dass mehrere in aufeinanderfolgenden Wiederholungen einer Beleuchtungssequenz aufgenommene Kalibrationsbildzeilen gemittelt werden. Wenn beispielsweise nur ein oder zwei Kalibrationsbildzeilen innerhalb einer Beleuchtungssequenz mit mehreren Beleuchtungskonfigurationen zusätzlich zu den Aufnahmen der Abbildungszeilen mit den betreffenden Beleuchtungskonfigurationen aufgenommen werden, wird die Gesamtdauer für die Aufnahme aller Abbildungszeilen nicht nennenswert verlängert, sodass eine große Anzahl von Beleuchtungssequenzen innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne aufgenommen werden können. Dadurch können entweder räumlich sehr hoch aufgelöste Abbildungen mit den jeweiligen Beleuchtungskonfigurationen erzeugt werden, oder aber die relative Verlagerung der Zeilenkamera und des Objekts mit

hoher Geschwindigkeit durchgeführt werden, sodass die insgesamt für die Aufnahme und Erzeugung der Abbildungen benötigte Verfahrensdauer reduziert werden kann.

- 5 Es kann ebenfalls optional vorgesehen sein, dass mehrere innerhalb einer Beleuchtungssequenz aufgenommene Kalibrationsbildzeilen gemittelt werden. Die mehreren Kalibrationsbildzeilen können dabei entweder unmittelbar aufeinanderfolgend aufgenommen werden, oder aber
- 10 beispielsweise jeweils im Wechsel Kalibrationsbildzeilen mit einer Aufnahme einer Aufnahmezeile mit einer der mehreren Beleuchtungskonfigurationen innerhalb der Beleuchtungssequenz aufgenommen werden. So könnte beispielsweise nach jeder Beleuchtungskonfiguration eine
- 15 Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration vorgesehen sein. Auf diese Weise können sehr aktuelle Informationen für die Korrekturen der einzelnen Abbildungszeilen verwendet werden, die für die Kalibration der Zeilenkamera erforderlich sind. Die Kalibration der Zeilenkamera kann für jede
- 20 Beleuchtungssequenz innerhalb einer Aufnahme ausschließlich auf der Grundlage der innerhalb dieser Beleuchtungssequenz aufgenommenen Kalibrationsbildzeilen vorgenommen werden.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Aufnahme

25 mehrerer Abbildungen eines Objekts mit unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen, wobei die Vorrichtung eine Aufnahmeeinrichtung für das Objekt und eine Zeilenkamera aufweist, mit welcher in einem Aufnahmetakt Abbildungszeilen eines Objektstreifens aufgenommen werden können, wobei die

30 Aufnahmeeinrichtung und die Zeilenkamera relativ zueinander entlang einer Aufnahmetrajektorie verlagerbar sind, sodass aus einer Anzahl von Abbildungszeilen einzelner

Objektstreifen eine lückenlose Abbildung des Objekts zusammengesetzt werden kann, und wobei die Vorrichtung eine Beleuchtungseinrichtung aufweist, mit welcher mindestens zwei verschiedene Beleuchtungskonfigurationen vorgebar sind, mit denen das Objekt beleuchtbar ist, während mit der Zeilenkamera eine Abbildungszeile aufgenommen wird. Die Beleuchtungseinrichtung kann beispielsweise zwei oder mehr zeilenförmige Leuchteinrichtungen mit jeweils einer dimmbaren oder mit einer hohen Frequenz schaltbaren LED-Zeile aufweisen. Die Leuchteinrichtungen können relativ zu dem Objekt verlagerbar sowie gegebenenfalls auch schwenkbar angeordnet sein. Die relative Verlagerung des Objekts und der Zeilenkamera kann durch eine zumindest linear und gegebenenfalls in einer Ebene verlagerbare Aufnahmeeinrichtung und insbesondere durch einen verlagerbaren Aufnahmetisch in Kombination mit einer ortsfest angeordneten Zeilenkamera bewirkt werden. Auch die Beleuchtungseinrichtung kann insgesamt verlagerbar, aber vorzugsweise ebenso wie die Zeilenkamera ortsfest angeordnet sein.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass mit der Beleuchtungseinrichtung mindestens eine Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration vorgebar ist, mit welcher in einem Aufnahmetakt eine objektunabhängige Kalibrationsbildzeile aufnehmbar ist. Dabei kann es sich beispielsweise um eine Dunkelfeldbeleuchtung oder um eine Hellfeldbeleuchtung handeln, mit denen jeweils eine vollständig homogene und von dem jeweiligen Objekt unabhängige Ausleuchtung bzw. Abdunkelung der Zeilenkamera bewirkt wird. Es ist ebenfalls möglich, für eine objektunabhängige Kalibrationsbildzeile ein durch die

Beleuchtungseinrichtung vorgegebenes Kalibrationsleuchtmuster zu erzeugen, welches mit der Zeilenkamera aufgenommen wird. Das für die Kalibration verwendete Kalibrationsleuchtmuster kann beispielsweise eine regelmäßige Abfolge von hellen und dunklen Leuchtstreifen aufweisen. Das Kalibrationsleuchtmuster bzw. die Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration kann auch eine homogene Ausleuchtung der Zeilenkamera oder eine vollständige Abdunkelung der Zeilenkamera vorgeben. Durch eine derartige Ausgestaltung der Vorrichtung können in einem einzigen Aufnahmevorgang mit einer gleichmäßigen Verlagerung der Zeilenkamera relativ zu dem Objekt alle Abbildungen mit den verschiedenen Beleuchtungskonfigurationen aufgenommen werden und gleichzeitig eine Kalibration der Aufnahmen der Zeilenkamera mit der Beleuchtungseinrichtung durchgeführt werden. Ein gesondert durchzuführendes Kalibrationsverfahren ist ebenso wenig erforderlich wie eine zusätzliche Verlagerung der Zeilenkamera relativ zu dem Objekt, die nicht für die Aufnahme der Abbildungszeilen mit den verschiedenen Beleuchtungskonfigurationen erforderlich ist. Da keine Umrüstung der Vorrichtung für die Durchführung eines Kalibrationsvorgangs erforderlich ist und die für die Kalibration erforderlichen Aufnahmen der Kalibrationsbildzeilen mit derselben relativen Positionierung und Ausrichtung der Zeilenkamera relativ zu dem Objekt aufgenommen werden können, kann auch mit geringem Aufwand eine besonders präzise Kalibration der Zeilenkamera erfolgen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Erfindungsgedankens ist vorgesehen, dass für eine Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration eine vollständige Verdunkelung des Objekts oder eine Abdeckung der Zeilenkamera

vorgebar ist. Die Abdeckung der Zeilenkamera kann beispielsweise durch eine linear verlagerbare oder verschwenkbare streifenförmige Objektivabdeckung bewirkt werden. Es ist ebenfalls möglich, dass die Vorrichtung in
5 einer lichtdichten Umhüllung oder in einem vollständig abgedunkelten Raum betrieben wird und die Verdunkelung des Objekts durch ein vollständiges Abschalten der Beleuchtungseinrichtung bewirkt wird.

10 Einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des Erfindungsgedankens zufolge ist vorgesehen, dass die Beleuchtungseinrichtung für eine Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration eine an die Zeilenkamera angepasste Kalibrationsleuchteinrichtung
15 aufweist, mit welcher homogenes und auf die Zeilenkamera gerichtetes Licht erzeugbar ist. Die Kalibrationsleuchteinrichtung kann beispielsweise ebenso wie eine zeilenförmige Leuchteinrichtung für eine Beleuchtungskonfiguration ausgestaltet sein und eine
20 zeilenförmige Anordnung von LEDs aufweisen. Um eine möglichst homogene Lichtabstrahlung zu ermöglichen kann die Kalibrationsleuchteinrichtung eine zwischen den einzelnen Leuchtmitteln wie beispielsweise den LEDs und der Zeilenkamera angeordnete Diffusoreinrichtung aufweisen. Um
25 zusätzlich das von der Kalibrationsleuchteinrichtung abgestrahlte Licht gezielt auf die Zeilenkamera richten zu können kann die Kalibrationsleuchteinrichtung auch eine Linse oder eine Linsenanordnung oder eine geeignete optische Lichtfokussiereinrichtung aufweisen, mit welcher das von den
30 Leuchtmitteln der Kalibrationseinrichtung abgestrahlte Licht in Richtung der Zeilenkamera gebündelt oder gerichtet werden kann. Auch die anderen Leuchteinrichtungen der

Beleuchtungseinrichtung können zusätzliche optische Komponenten wie beispielsweise Diffusoreinrichtungen, Linsen oder andere geeignete optische Lichtfokussiereinrichtungen aufweisen, mit welchen das von den Leuchtmitteln abgestrahlte
5 Licht direkt oder indirekt auf das Objekt gerichtet werden kann.

Die Kalibrierungsleuchteinrichtung sollte die Zeilenkamera möglichst homogen ausleuchten. Auch eine nicht vollständig
10 homogene Ausleuchtung kann für eine Kalibration verwendet werden, solange die Ausleuchtung zeitlich konstant ist. In diesem Fall kann die räumlich unterschiedliche Intensität der Ausleuchtung beziehungsweise die Abweichung der Kalibrierungsleuchteinrichtung von einer homogenen
15 Ausleuchtung vermessen und bei der Korrektur berücksichtigt werden.

Es ist ebenfalls denkbar, dass eine Leuchteinrichtung, die für eine vorgebbare Beleuchtungskonfiguration verwendet wird,
20 während eines anderen Aufnahmetakts als Kalibrationsleuchteinrichtung für eine vorgegebene Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration verwendet wird. Die betreffende Leuchteinrichtung kann beispielsweise schwenkbar oder rotierend gelagert sein und abwechselnd in Richtung des
25 Objekts oder in Richtung der Zeilenkamera gerichtet Licht abstrahlen.

Vorzugsweise ist optional vorgesehen, dass die Kalibrationsleuchteinrichtung einen zeilenförmigen
30 Leuchtstreifen aufweist, mit welchem ein an die Zeilenkamera angepasster und auf die Zeilenkamera gerichteter Lichtstreifen aus diffusem Licht erzeugbar ist. Mit einer

derartigen gesonderten Kalibrationsleuchteinrichtung kann ohne mechanische Verlagerungsvorgänge während der einzelnen Aufnahmetakte die gewünschte Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration vorgegeben werden.

5 Durch den zeilenförmigen Leuchtstreifen sowie die gerichtete Beleuchtung der Zeilenkamera mit diffusem Licht kann eine intensive homogene Beleuchtung der Zeilenkamera bewirkt werden, ohne dass durch unabsichtlich abgestrahltes Streulicht eine nachteilige Beeinträchtigung der Kalibration
10 befürchtet werden müsste.

In besonders vorteilhafter Weise ist optional vorgesehen, dass die Vorrichtung so ausgestaltet und eingerichtet ist, dass mit der Vorrichtung das vorangehend beschriebene
15 Verfahren gegebenenfalls mit einigen oder allen optionalen Verfahrensschritten durchgeführt werden kann.

Nachfolgend wird ein exemplarisches Ausführungsbeispiel des Erfindungsgedankens näher erläutert, welches in den
20 Abbildungen schematisch dargestellt ist. Es zeigt:

Figur 1 eine schematische perspektivische Ansicht einer Vorrichtung zur Aufnahme mehrerer Abbildungen eines Objekts mit unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen, und
25

Figur 2 eine schematische Schnittansicht der in Figur 1 gezeigten Vorrichtung.

Eine in den Figuren 1 und 2 gezeigte Vorrichtung 1 zur
30 Aufnahme mehrerer Abbildungen eines Objekts 2 mit unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen weist eine Aufnahmeeinrichtung 3 für das Objekt 2 und eine Zeilenkamera

4 auf. Die Aufnahmeeinrichtung 3 ist beispielsweise ein
zumindest linear und gegebenenfalls innerhalb einer Ebene in
zwei Richtungen verlagerbarer Tisch oder eine auf Schienen
verlagerbare Auflageplatte, auf welcher das Objekt 2
5 angeordnet und festgelegt werden kann. Das Objekt 2 kann
beispielsweise ein Gemälde oder eine Buchseite sein, oder
aber auch eine dreidimensionale Formgebung aufweisen. Die
relative Verlagerung der Zeilenkamera 4 und des Objekts 2
wird zweckmäßigerweise durch eine Verlagerung der
10 Aufnahmeeinrichtung 3 entlang einer vorgegebenen
Aufnahmetrajektorie bewirkt, während die Zeilenkamera 4
ortsfest angeordnet ist. Mit der Zeilenkamera 4 können in
einem Aufnahmetakt beispielsweise mit einer Frequenz von 10
kHz Abbildungszeilen eines Objektstreifens des relativ zu der
15 Zeilenkamera 4 bewegten Objekts 2 aufgenommen werden. Der
Aufnahmetakt und die Verlagerungsgeschwindigkeit sind so
vorgegeben, dass aus einer Anzahl von nacheinander
aufgenommenen Abbildungszeilen einzelner in Figur 1
gestrichelt dargestellter Objektstreifen 5 eine lückenlose
20 Abbildung des Objekts 2 mit einer vorgegebenen räumlichen
Auflösung zusammengesetzt werden kann.

Die Vorrichtung 1 weist eine Beleuchtungseinrichtung 6 auf,
mit welcher mindestens zwei verschiedene
25 Beleuchtungskonfigurationen vorgebbar sind, mit denen das
Objekt 2 beleuchtbar ist, während mit der Zeilenkamera 4 eine
Abbildungszeile aufgenommen wird. Die Beleuchtungseinrichtung
6 weist zu diesem Zweck beispielsweise zwei zeilenförmige
Leuchteinrichtungen 7 mit einer Anzahl von zeilenförmig
30 angeordneten LEDs auf. Die Leuchteinrichtungen 7 sind relativ
zu der Zeilenkamera 4 so angeordnet, dass sie parallel zu der
Ausrichtung der Zeilenkamera 4 ausgerichtet sind und

beabstandet von einer Abbildungsprojektionsebene 8 angeordnet sind, welche von der Zeilenkamera 4 und dem Objektstreifen 5 des Objekts 2 aufgespannt wird. Die Leuchteinrichtungen 7 können gegebenenfalls relativ zu der Zeilenkamera 4 verlagert oder verschwenkt oder verlagert und verschwenkt werden, sodass ein während eines Betriebs einer Leuchteinrichtung 7 abgestrahltes Licht aus unterschiedlichen Richtungen auf den Objektstreifen 5 fällt und den Objektstreifen 5 während der Aufnahme einer Abbildungszeile mit der Zeilenkamera 4 beleuchtet. Die Leuchteinrichtungen 7 können synchron zu dem Aufnahmetakt der Zeilenkamera 4 an- und abgeschaltet werden sowie hinsichtlich ihrer Leuchtintensität variabel gedimmt und hinsichtlich ihrer Ausrichtung verschwenkt werden, sodass auf diese Weise mehrere unterschiedliche Beleuchtungskonfigurationen vorgegeben werden können. Eine Beleuchtungssequenz weist eine Anzahl vorgegebener unterschiedlicher Beleuchtungskonfigurationen auf, mit welchen der Objektstreifen 5 des Objekts 2 für die Dauer eines Aufnahmetakts beleuchtet wird. In den Figuren 1 und 2 sind die von den Leuchteinrichtungen 7 während des Betriebs der Leuchteinrichtungen 7 abgestrahlten Lichtstreifen mit gestrichelten Linien angedeutet.

Während eines Aufnahmeschritts wird das Objekt 2 relativ zu der Zeilenkamera 4 verlagert, und es werden kontinuierlich in aufeinanderfolgenden Aufnahmetakten die unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen vorgegeben und Aufnahmezeilen von dem jeweils unterschiedlich beleuchteten Objektstreifen 5 aufgenommen. Sobald alle Beleuchtungskonfigurationen einer Beleuchtungssequenz nacheinander vorgegeben und entsprechende Aufnahmen gemacht wurden, wird die Beleuchtungssequenz wiederholt und es werden erneut Aufnahmen mit den

verschiedenen Beleuchtungskonfigurationen aufgenommen. Dies wird solange wiederholt, bis das Objekt 2 vollständig entlang der Aufnahmetrajektorie an der Zeilenkamera 4 vorbeibewegt wurde und in jeder Beleuchtungskonfiguration eine ausreichend
5 große Anzahl von Abbildungszeilen der über das Objekt 2 wandernden Objektstreifen 5 aufgenommen wurden, sodass für jede Beleuchtungskonfiguration die einzelnen Abbildungszeilen zu einer lückenlosen Abbildung des Objekts 2 mit derselben Beleuchtungskonfiguration zusammengesetzt werden können.

10

Die Beleuchtungseinrichtung 6 ist so ausgestaltet und eingerichtet, dass mit der Beleuchtungseinrichtung 6 mindestens eine Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration vorgebar ist, mit welcher in einem Aufnahmetakt eine
15 Kalibrationsbeleuchtung erzeugt wird und eine objektunabhängige Kalibrationsbildzeile aufgenommen werden kann. Eine Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration kann beispielsweise durch das gleichzeitige Abschalten aller Leuchteinrichtungen 7 vorgegeben werden, sodass kein Licht
20 auf den Objektstreifen 5 fällt und die Zeilenkamera 4 ein Dunkelbild aufnimmt.

Um die Zeilenkamera 4 während der Aufnahme einer Kalibrationsbildzeile vollständig abzuschatten kann
25 vorgesehen sein, dass eine streifenförmige Objektivabdeckung 9 seitlich neben der Zeilenkamera 4 so angeordnet ist, dass die Objektivabdeckung 9 während einer vorgegebenen Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration vor die Zeilenkamera 4 verlagert wird und die Zeilenkamera 4 lichtdicht abdeckt,
30 sodass kein Licht in die Zeilenkamera 4 eindringen kann und ausgehend von einer derart vorgegebenen Dunkelbildbeleuchtung

eine Dunkelbildkorrekturzeile mit der Zeilenkamera 4 aufgenommen werden kann.

Weiterhin kann eine ebenfalls zeilenförmige
5 Kalibrationsleuchteinrichtung 10 vorgesehen sein, die in der Nähe der Zeilenkamera 4 so angeordnet ist, dass mit der Kalibrationsleuchteinrichtung 10 ein zeilenförmiger Leuchtstreifen so auf die Zeilenkamera 4 gerichtet werden kann, dass die Zeilenkamera 4 objektunabhängig homogen
10 beleuchtet wird und ausgehend von einer derart vorgegebenen Hellbildbeleuchtung eine Hellbildkorrekturzeile aufgenommen werden kann. Sowohl die Dunkelbildkorrekturzeile als auch die Hellbildkorrekturzeile können zur Kalibration der Zeilenkamera 4 und zu einer Korrektur der einzelnen
15 Abbildungszeilen verwendet werden, die mit den unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen der Beleuchtungseinrichtung 6 aufgenommen werden.

Zwischen dem Objektstreifen 5 und der Zeilenkamera 4 kann
20 eine optische Abbildungseinrichtung 11 angeordnet sein, um den Objektstreifen 5 auf eine Sensorfläche der Zeilenkamera 4 abzubilden. Zwischen der Kalibrationsleuchteinrichtung 10 und der Zeilenkamera 4 kann eine Diffusorlinse 12 angeordnet sein, mit welcher das von der Kalibrationsleuchteinrichtung
25 10 abgestrahlte Licht diffus auf die Zeilenkamera 4 gerichtet werden kann.

Innerhalb einer Beleuchtungssequenz können wahlweise eine oder mehrere verschiedene
30 Kalibrationsbeleuchtungskonfigurationen jeweils einfach oder mehrfach vorgegeben werden, mit welchen zusätzlich zu den Abbildungszeilen in den verschiedenen

Beleuchtungskonfigurationen für die verschiedenen Aufnahmen des Objekts 2 weitere Konfigurationsbildzeilen aufgenommen werden, die für eine Kalibration der Zeilenkamera 4 und eine entsprechende Korrektur der mit den

5 Beleuchtungskonfigurationen aufgenommenen Abbildungszeilen verwendet werden können.

Auf diese Weise können während eines Aufnahmeschritts und während einer einzigen Verlagerung des Objekts 2 mit der

10 Aufnahmeeinrichtung 3 entlang der in den Figuren 1 und 2 mit einem großen Pfeil 13 angedeuteten Aufnahmetrajektorie alle Abbildungszeilen für die verschiedenen Abbildungen des Objekts 2 mit unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen sowie alle für die gegebenenfalls kontinuierlich

15 durchgeführte Kalibration der Zeilenkamera 4 erforderlichen Kalibrationsbildzeilen aufgenommen werden. Eine gesonderte Kalibration vor Beginn der Verlagerung des Objekts 2 entlang der Aufnahmetrajektorie und der Aufnahmen für die einzelnen Abbildungen ist nicht erforderlich.

20

P A T E N T A N S P R Ü C H E

5

1. Verfahren zur Aufnahme mehrerer Abbildung eines Objekts (2) mit unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen, wobei das Objekt (2) und eine Zeilenkamera (4) relativ zueinander entlang einer Aufnahmetrajektorie verlagert werden, wobei

10 während eines Aufnahmeschritts mit einer Beleuchtungseinrichtung (6) in aufeinanderfolgenden Aufnahmetakten aufeinanderfolgende Wiederholungen einer Beleuchtungssequenz mit unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen vorgegeben werden, wobei mit der

15 Zeilenkamera (4) in jedem Aufnahmetakt jeweils eine Abbildungszeile eines Objektstreifens (5) aufgenommen wird, und wobei der Aufnahmetakt in Abhängigkeit von einer relativen Verlagerungsgeschwindigkeit entlang der Aufnahmetrajektorie und der Anzahl unterschiedlicher

20 Beleuchtungskonfigurationen in der Beleuchtungssequenz ausreichend kurz ist, sodass in einem Abbildungserzeugungsschritt für jede einzelne Beleuchtungskonfiguration der Beleuchtungssequenz die mit dieser Beleuchtungskonfiguration nacheinander aufgenommenen

25 Abbildungszeilen der Objektstreifen (5) zu einer lückenlosen Abbildung des Objekts (2) mit der betreffenden Beleuchtungskonfiguration zusammengesetzt werden können, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration innerhalb der

30 Beleuchtungssequenz vorgegeben wird, mit welcher in einem Aufnahmetakt eine objektunabhängige Kalibrationsbildzeile aufgenommen wird, und dass die aufgenommene

Kalibrationsbildzeile für eine Kalibration der einzelnen Abbildungszeilen innerhalb der betreffenden Beleuchtungssequenz verwendet wird.

5 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration einer Dunkelbildbeleuchtung entspricht, bei welcher kein Licht mit der Zeilenkamera (4) erfasst und eine Dunkelbildabbildungszeile aufgenommen wird.

10

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch zwei, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration einer Hellbildbeleuchtung entspricht, bei welcher ein homogener
15 Lichtintensitätswert mit der Zeilenkamera (4) erfasst und eine Hellbildabbildungszeile aufgenommen wird.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb einer Beleuchtungssequenz
20 sowohl eine Dunkelbildbeleuchtung als auch eine Hellbildbeleuchtung vorgegeben und sowohl eine Dunkelbildabbildungszeile als auch eine Hellbildabbildungszeile aufgenommen werden.

25 5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere aufeinanderfolgend aufgenommene gleichartige Kalibrationsbildzeilen gemittelt und eine gemittelte Kalibrationsbildzeile für die Kalibration der einzelnen Abbildungszeilen innerhalb der betreffenden
30 Beleuchtungssequenz verwendet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere in aufeinanderfolgenden Wiederholungen einer Beleuchtungssequenz aufgenommene Kalibrationsbildzeilen gemittelt werden.

5

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere innerhalb einer Beleuchtungssequenz aufgenommene Kalibrationsbildzeilen gemittelt werden.

10

8. Vorrichtung (1) zur Aufnahme mehrerer Abbildungen eines Objekts (2) mit unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen, wobei die Vorrichtung (1) eine Aufnahmeeinrichtung (3) für das Objekt (2) und eine Zeilenkamera (4) aufweist, mit welcher in einem Aufnahmetakt Abbildungszeilen eines Objektstreifens (5) aufgenommen werden können, wobei die Aufnahmeeinrichtung (3) und die Zeilenkamera (4) relativ zueinander entlang einer Aufnahmetrajektorie verlagerbar sind, sodass aus einer Anzahl von Abbildungszeilen einzelner Objektstreifen (5) eine lückenlose Abbildung des Objekts (2) zusammengesetzt werden kann, und wobei die Vorrichtung (1) eine Beleuchtungseinrichtung (6) aufweist, mit welcher mindestens zwei verschiedene Beleuchtungskonfigurationen vorgebar sind, mit denen das Objekt (2) beleuchtbar ist, während mit der Zeilenkamera (4) eine Abbildungszeile aufgenommen wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungseinrichtung (6) derart eingerichtet ist, dass mindestens eine Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration vorgebar ist, mit welcher in einem Aufnahmetakt eine objektunabhängige Kalibrationsbildzeile mit der Zeilenkamera (4) aufnehmbar ist.

9. Vorrichtung (1) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,
dass für eine Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration eine
vollständige Verdunkelung des Objekts (2) oder eine Abdeckung
5 der Zeilenkamera (4) vorgebbar ist.

10. Vorrichtung (1) nach Anspruch 8 oder Anspruch 9, dadurch
gekennzeichnet, dass die Beleuchtungseinrichtung (6) für eine
Kalibrationsbeleuchtungskonfiguration eine an die
10 Zeilenkamera (4) angepasste Kalibrationsleuchteinrichtung
(10) aufweist, mit welcher homogenes und auf die Zeilenkamera
(4) gerichtetes Licht erzeugbar ist.

11. Vorrichtung (1) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,
15 dass die Kalibrationsleuchteinrichtung (10) einen
zeilenförmigen Leuchtstreifen aufweist, mit welchem ein an
die Zeilenkamera (4) angepasster und auf die Zeilenkamera (4)
gerichteter Lichtstreifen aus diffusem Licht erzeugbar ist.

FIG 1

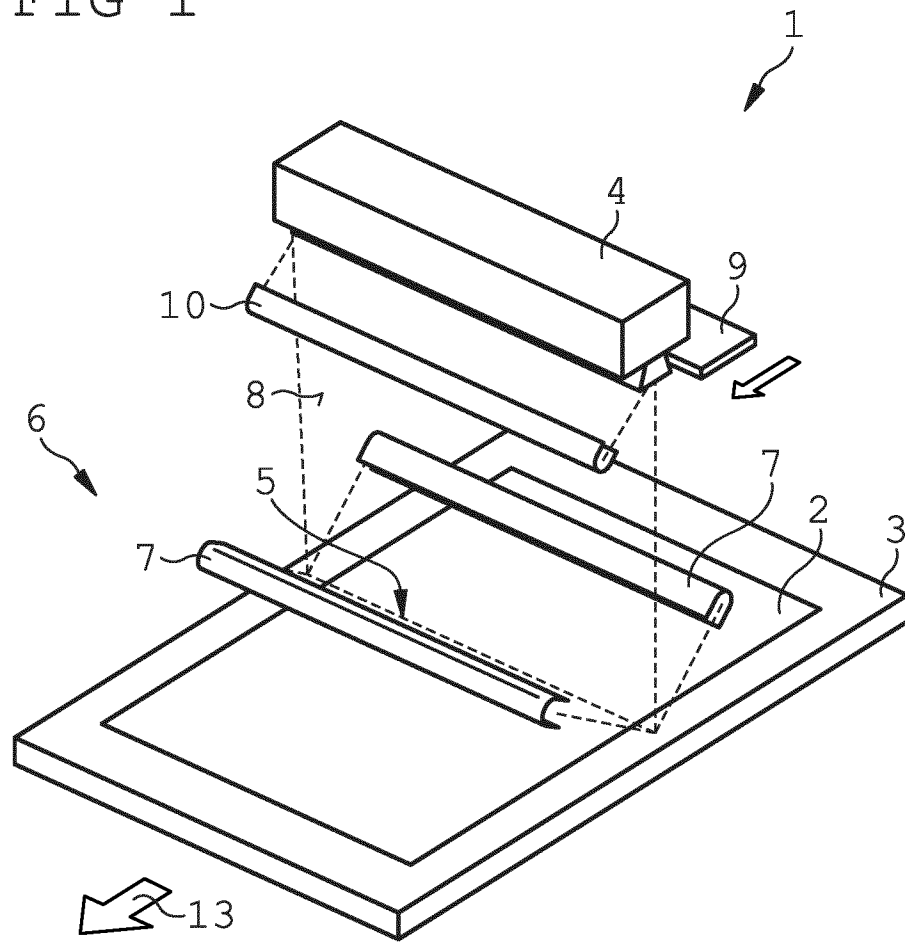
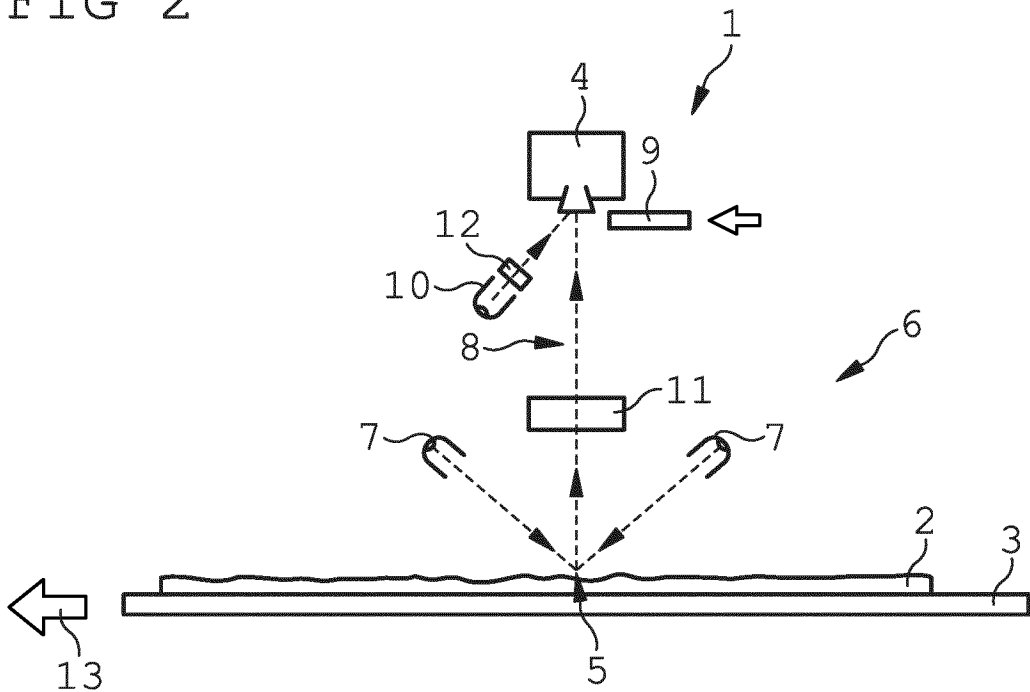


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/076232

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G01N 21/93</i> (2006.01)i; <i>G06T 7/00</i> (2017.01)i		
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) G01N; G06T; B07C		
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 practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2019154578 A1 (RICHARD MATTHIEU [FR] ET AL) 23 May 2019 (2019-05-23) paragraphs [0059], [0008], [0053] - [0056], [0026], [0040]; figures 1-6	1-11
A	DE 102012001868 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 25 July 2013 (2013-07-25) paragraphs [0043], [0041]; figure 1	1-11
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 12 December 2023		Date of mailing of the international search report 21 December 2023
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Roy, Christophe Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/076232

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2019154578	A1	23 May 2019	BR	112018071434	A2	05 February 2019
				CA	3021912	A1	07 December 2017
				CN	109313133	A	05 February 2019
				EP	3465155	A1	10 April 2019
				ES	2894869	T3	16 February 2022
				JP	6893219	B2	23 June 2021
				JP	2019517003	A	20 June 2019
				KR	20190002637	A	08 January 2019
				KR	20200126025	A	05 November 2020
				US	2019154578	A1	23 May 2019
				WO	2017207116	A1	07 December 2017

DE	102012001868	A1	25 July 2013	DE	102012001868	A1	25 July 2013
				EP	2807634	A1	03 December 2014
				WO	2013110529	A1	01 August 2013

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2023/076232

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01N21/93 G06T7/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01N G06T B07C		
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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2019/154578 A1 (RICHARD MATTHIEU [FR] ET AL) 23. Mai 2019 (2019-05-23) Absätze [0059], [0008], [0053] - [0056], [0026], [0040]; Abbildungen 1-6 -----	1-11
A	DE 10 2012 001868 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 25. Juli 2013 (2013-07-25) Absätze [0043], [0041]; Abbildung 1 -----	1-11
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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 12. Dezember 2023		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 21/12/2023
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Roy, Christophe

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/076232

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2019154578 A1	23-05-2019	BR 112018071434 A2	05-02-2019
		CA 3021912 A1	07-12-2017
		CN 109313133 A	05-02-2019
		EP 3465155 A1	10-04-2019
		ES 2894869 T3	16-02-2022
		JP 6893219 B2	23-06-2021
		JP 2019517003 A	20-06-2019
		KR 20190002637 A	08-01-2019
		KR 20200126025 A	05-11-2020
		US 2019154578 A1	23-05-2019
		WO 2017207116 A1	07-12-2017

DE 102012001868 A1	25-07-2013	DE 102012001868 A1	25-07-2013
		EP 2807634 A1	03-12-2014
		WO 2013110529 A1	01-08-2013
