(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
15. Oktober 2015 (15.10.2015)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/154875 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01J 3/02 (2006.01) *G01J 3/28* (2006.01)
G01J 3/26 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/000747

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. April 2015 (09.04.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 105 222.6
11. April 2014 (11.04.2014) DE

(71) Anmelder: **JENOPTIK OPTICAL SYSTEMS GMBH** [DE/DE]; Göschwitzer Straße 25, 07745 Jena (DE).

(72) Erfinder: **WERSCHNIK, Jan**; Thomas-Mann-Straße 12, 07743 Jena (DE).

(74) Anwalt: **WALDAUF, Alexander**; JENOPTIK AG, Carl-Zeiss-Straße 1, 07743 Jena (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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: CAMERA WITH INTEGRATED SPECTROMETER

(54) **Bezeichnung** : KAMERA MIT INTEGRIERTEM SPEKTROMETER

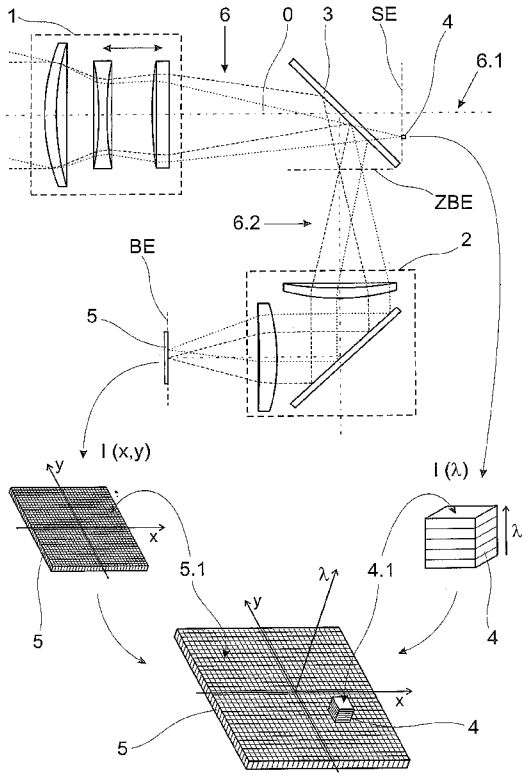


Fig. 2

(57) **Abstract**: The invention relates to a camera with a matrix-shaped arrangement of detector surfaces (5.1) of a detector array (5) for generating a pixel-based image and a spectrometer (4) with a sensor surface (4.1) which can be associated with at least the position of a detector surface (5.1) of the detector array (5) and a pixel of the image. At most, the position of a linked group of detector surfaces (5.1), which is smaller than the detector array (5), is associated with the detector surfaces and a linked group of pixels of the image can be associated so that a spectrum which can be produced with the spectrometer (4) can be associated with an image area of the image.

(57) **Zusammenfassung**: Kamera mit einer matrixförmigen Anordnung von Detektorflächen (5.1) eines Detektorarrays (5) zur Erzeugung eines pixelbasierten Bildes und einem Spektrometer (4) mit einer Sensorfläche (4.1), die wenigstens der Position einer Detektorfläche (5.1) des Detektorarrays (5) und damit einem Pixel des Bildes und maximal der Position einer zusammenhängenden Gruppe von Detektorflächen (5.1), die kleiner als das Detektorarray (5) ist, und damit einer zusammenhängenden Gruppe von Pixeln des Bildes zugeordnet werden kann, womit ein mit dem Spektrometer (4) erzeugbares Spektrum einem Bildausschnitt des Bildes zugeordnet werden kann.

WO 2015/154875 A1

CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, 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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Kamera mit integriertem Spektrometer

Die Erfindung betrifft eine Kamera mit einem Detektorarray zur Erzeugung eines pixelbasierten ortsaufgelösten Bildes und einem in der Kamera integrierten Spektrometer zur Erzeugung eines Spektrums, welches wenigstens einem Pixel und maximal einer zusammenhängenden Pixelgruppe und damit einem Bildausschnitt zugeordnet werden kann.

Vorteilhafte Anwendungen ergeben sich insbesondere, wenn sehr hohe Frameraten erreicht werden sollen, zum Beispiel bei der Beobachtung sich schnell bewegender Objekte, gleichzeitig aber auch spektrale Informationen von dem beobachteten Objekt gewonnen werden sollen.

Im Vergleich zu Spektralkameras, die ein orts- und wellenlängenaufgelöstes Bild, nachfolgend spektrales Bild, liefern, sind durch klassische Kameras, die ein ortsaufgelöstes, jedoch nicht spektral aufgelöstes Bild, nachfolgend klassisches Bild, liefern, deutlich höhere Frameraten erzielbar. Sie liefern jedoch keine spektralen Informationen.

Eine klassische Kamera kann für eine Bandbreite in einem beliebigen Spektralbereich optischer Strahlung (z. B. Röntgenstrahlung, visuell sichtbares Licht, Infrarotlicht) ausgelegt sein.

In vielen Fällen sind solche klassischen Kameras Wärmebildkameras.

Wärmebildkameras werden von einer Reihe von Herstellern in unterschiedlichen Ausführungen angeboten. Technisch lässt sich damit ein klassisches Bild, hier konkret ein Wärmebild, z. B. im nahen Infrarotbereich durch die für sichtbares Licht gängigen Technologien wie CCD- oder CMOS-Sensoren erzeugen. Ein Wärmebild im mittelwelligen und langwelligen Infrarotbereich lässt sich durch ein Mikrobolometerarray aus matrixförmig angeordneten Mikrobolometern erzeugen. Anstelle von Mikrobolometern kommen im mittelwelligen Infrarotbereich insbesondere Cadmium-Quecksilber-Tellurid-Detektoren (MCT) oder Indium-Antimonid-Detektoren und im langwelligen Infrarotbereich insbesondere Gallium-Arsenid-Quantentopf-Detektoren (QWIP) zum Einsatz.

So wie dem Fachmann die für eine Wärmebildkamera geeigneten Detektorarrays bekannt sind, sind sie ihm auch für andere klassische Kameras bekannt, die für andere als Infrarotspektralbereiche ausgelegt sind.

Mit diesen Detektorarrays können, über eine Optik belichtet, pixelbasierte klassische Bilder erzeugt werden. Pixelbasiert heißt hier, dass das klassische Bild mit einer bestimmten Anzahl und Anordnung von Positionen diskretisiert ist, an denen die Strahlungsintensitäten von auftreffender Strahlung innerhalb des spektralen Empfindlichkeitsbereiches der Detektorelemente des Detektorarrays aufintegriert werden. Die örtlich unterschiedlichen Intensitätswerte werden in einem sichtbar gemachten

BESTÄTIGUNGSKOPIE

klassischen Bild in unterschiedlichen Graustufen oder für eine bessere Differenzierung durch das menschliche Auge in verschiedenen Falschfarben dargestellt.

Gleichzeitig kann das klassische Bild elektronisch als sogenannter Frame abgespeichert werden.

Unter einem Frame wird ein Datensatz verstanden, gebildet aus den für ein Bild, sowohl für ein klassisches Bild als auch ein spektrales Bild, erfassten Pixelintensitätswerten des matrixförmigen Detektorarrays.

Das heißt, für ein klassisches Bild entsteht ein Frame üblicherweise im Ergebnis eines einzelnen Auslesevorgangs der gesamten Matrixanordnung des Detektorarrays und stellt entsprechend eine Matrix der Pixelintensitäten eines kompletten Auslesevorgang dar, wobei die einzelnen Pixelintensitäten jeweils der Position eines Pixels und damit einer Position eines Detektorelementes in der Matrix des Detektorarrays zugeordnet werden können. Ein Frame lässt sich als zweidimensionale Anordnung von Pixeln in Zeilen (x-Richtung) und Spalten (y-Richtung) in Form eines Informationsrechtecks darstellen, wobei jedem Pixel ein Intensitätswert zugeordnet ist (Fig. 1a). Folglich lässt sich in einem solchen klassischen Bild die auf das Detektorarray auftreffende Strahlungsintensität entsprechend der Anzahl der Detektorelemente ortsaufgelöst zuordnen.

Für ein spektrales Bild stellt ein Frame, wie es für das klassische Bild beschrieben wurde, nur ein Teilframe dar. Zeitgleich oder zeitlich nacheinander werden die einzelnen Teilframes als Datensätze für jeweils ein Teilbild, das mit der Strahlung eines schmalen spektralen Wellenlängenbereiches, nachfolgend nur Wellenlänge genannt, erzeugt wird, gebildet. Der Frame für das Gesamtbild wird anschließend aus allen Teilframes zusammengesetzt.

Die dem Detektorarray in Einfallsrichtung der Strahlung vorgeordnete Optik ist optimal so gerechnet und konstruiert, dass sie für eine Strahlung mit einer Bandbreite innerhalb des spektralen Empfindlichkeitsbereiches des Detektorarray gut durchlässig ist.

Da die Strahlungsintensität des gesamten auf ein Detektorelement auftreffenden Anteils der Strahlung aufintegriert wird, vorausgesetzt die Bandbreite der Strahlung liegt innerhalb des spektralen Empfindlichkeitsbereiches der Detektorelemente, ist die Integrationszeit vergleichsweise zu einer spektralen Kamera, wo pro Belichtung nur die Strahlungsintensität eines monochromatischen Anteils der Strahlung aufintegriert wird, verhältnismäßig kurz. Selbst wenn alle Teilframes für ein spektrales Bild zeitgleich gebildet werden, sind die erreichbaren Frameraten aufgrund der notwendigen längeren Integrationszeiten vergleichsweise geringer als bei klassischen Kameras.

Es ist bekannt, zur Veränderung der Größe des Sehfeldes (field of view = FOV) einer Kamera ein Zoom-Objektiv zu verwenden, welches eine für alle Zoom-Stellungen ortsfeste Bildebene aufweist. Im Falle, dass die abzubildende Szene im Unendlichen liegt, fällt diese Bildebene mit der Brennebene des Zoom-Objektives zusammen. Bei vielen Kameras, oder im speziellen Fall bei Wärmebildkameras, die mit einem ungekühlten Detektorarray ausgestattet sind, ist üblicherweise das Detektorarray in dieser Bildebene angeordnet.

Es ist auch bekannt, z. B. bei Wärmebildkameras mit einem gekühlten Detektorarray, welches folglich einen größeren Bauraum benötigt, dass die Bildebene des Zoom-Objektives lediglich eine Zwischenbildebene darstellt, die über eine Zusatzoptik, einen sogenannten Re-Imager, in eine Bildebene abgebildet wird, in der dann das Detektorarray steht. Um die Baulänge der Kamera zu reduzieren, wird diese oft nicht als ein gestrecktes optisches System ausgeführt, sondern über die Einbringung wenigstens eines Umlenkspiegels gefaltet, wobei ein Umlenkspiegel zwischen dem Zoom-Objektiv und der Zusatzoptik möglichst fern von der Zwischenbildebene angeordnet wird.

Für verschiedene Anwendungen ist ein klassisches Bild allein oft nicht ausreichend, um eine gewünschte ausreichende Information von der beobachteten Szenerie zu erhalten.

Aus der Astronomie sind seit Ende des 19. Jahrhunderts, insbesondere mit den Arbeiten von Fabry und Pérot, erste Verfahren der abbildenden Spektroskopie bekannt (sogenanntes „Hyperspectral Imaging" oder „Spectral Imaging"), mit denen spektrale Bilder (sogenannte. „spectral images" oder „hyperspectral images") erzeugt werden.

Diese Verfahren und folglich auf diesen Verfahren basierende Kameras werden in sogenannte scannende Verfahren und sogenannte Snapshot-Verfahren unterteilt.

Wie bereits erwähnt, wird ein Frame für ein spektrales Bild aus Teilframes gebildet. Dabei werden die Teilframes im scannenden Verfahren nacheinander gewonnen, indem ein Detektorarray zeitlich nacheinander mit Strahlung unterschiedlicher Wellenlänge belichtet wird. Eine hierfür geeignete Kamera kann z. B. in ihrem Strahlengang vor dem Detektorarray einen Fabry-Pérot-Filter aufweisen. Dieser wird durch zwei Platten gebildet, deren Abstand verändert, das heißt durchgestimmt wird, womit sich die transmittierende Wellenlänge ändert.

In sogenannten Snapshot-Verfahren werden mit mehreren Detektorarrays zeitgleich die Teilframes gewonnen. Die einfallende Strahlung muss also auf mehrere Kamerakanäle aufgeteilt werden. Damit wird die auf ein Detektorelement auftreffende Intensität noch einmal herabgesetzt, was zu einer weiteren Steigerung der Integrationszeit führt, um durch die Detektorelemente eine oberhalb des Eigenrauschens liegende Intensität detektieren zu können.

Eine im Snapshot-Verfahren arbeitende Kamera ist also im Vergleich zu einer Kamera, die im scannenden Verfahren arbeitet, noch lichtschwächer. Eine derartige Kamera ist aus der US 2005/0030533 A1 bekannt.

Im Unterschied zu den Informationen eines klassischen Bildes, welches durch den ortsaufgelösten Empfang von Strahlungsintensitäten als 2D-Bild bzw. als Informationsrechteck (Fig. 1a) darstellbar ist, kann man sich die Informationen eines spektralen Bildes, wie es mit Verfahren der abbildenden Spektroskopie gewonnen wird, als 3D-Bild bzw. als Informationsquader vorstellen (Fig. 1b).

Im einfachsten Fall könnte die Auflösung in der dritten Dimension (λ-Achse) 3 betragen und der Informationsquader z. B. aus 640 x 480 x 3 Punkten bestehen. Dabei entspräche 640 x 480 der örtlichen Bildauflösung, da das Detektorarray aus 640 Detektoren in x-Richtung und 480 Detektoren in y-Richtung besteht, und 3 der spektralen Bildauflösung, die durch den RGB-Filter eines Standard-CCD- oder CMOS- Sensors zu Stande kommt.

Ab einer Wellenlängenabtastung von größer 3 wird in der Regel von einem hyperspektralen Bild (sogenanntes „hyperspectral image") gesprochen.

In dem Artikel "Review of snapshot spectral imaging technologies" (Hagen and Kudenov; Optical Engineering 52 (9), 090901 (September 2013)) wurden verschiedene Verfahren der abbildenden Spektroskopie aufgezeigt und die Datengewinnung anhand eines Daten- bzw. Informationsquaders beschrieben.

Ein konkretes Beispiel für eine Hyperspektral-Kamera, mit der ein hyperspektrales Bild erzeugt werden kann, ist die Nahinfrarot-Kamera mit Spektrometer (Near-Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer - NICMOS) des Hubble-Space-Teleskops (HST).

Der Informationsgehalt eines solchen hyperspektralen Bildes ist beeindruckend, bringt aber Nachteile mit sich.

Der größte Nachteil entsteht durch die geringe Lichtstärke der hyperspektralen Kameras. Eine Framerate (Bildwiederholrate) von größer 10 Bilder/Sekunde zur Verfolgung von Objekten im freien Gelände ist damit kaum zu erreichen.

Ein weiterer Nachteil besteht in der erforderlichen hohen Speicherkapazität zur Abspeicherung jeweils eines Informationsquaders pro Frame, die bei gewünschten hohen Frameraten erheblich sein kann.

Auch ist, wie erläutert, die erreichbare Framerate bei der Erzeugung von spektralen Bildern im Vergleich zur Framerate bei der Erzeugung von klassischen Bildern gering.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine kompakte Kamera zu schaffen, die Frameraten größer 10, das heißt mehr als 10 Bilder pro Sekunde erlaubt und ein ortsaufgelöstes Bild sowie spektrale Informationen (Spektraldaten) liefert.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe für eine Kamera mit einer optischen Achse, entlang derer ein Zoom-Objektiv mit einem Zoomantrieb und eine Zusatzoptik angeordnet sind, mit einem ebenen Umlenkspiegel und einer feststehenden Zwischenbildebene zwischen dem Zoom-Objektiv und der Zusatzoptik sowie einer Bildebene hinter der Zusatzoptik, in der eine matrixförmige Anordnung von Detektorflächen eines Detektorarrays zur Erzeugung eines pixelbasierten Bildes, bestehend aus einer matrixförmigen Anordnung von Pixeln, angeordnet ist, sowie einer Steuer- und Recheneinheit gelöst. Dazu ist der Umlenkspiegel vor der Zwischenbildebene angeordnet und für ein durch das Zoom-Objektiv einfallendes Strahlenbündel permanent oder wenigstens zeitweise teilweise durchlässig. Von dem Strahlenbündel 6 wird so permanent oder wenigstens zeitweise ein erstes Teilstrahlenbündel ausgekoppelt und durch den Umlenkspiegel hindurch in eine Sensorebene geführt. Diese stellt eine konjugierte Ebene zu der Zwischenbildebene und der Bildebene dar. In der Sensorebene steht eine Sensorfläche eines Spektrometers in einer Position, die wenigstens der Position einer Detektorfläche des Detektorarrays und damit einem Pixel des Bildes zugeordnet ist. Maximal ist die Detektorfläche der Position einer zusammenhängenden Gruppe von Detektorflächen zugeordnet, die kleiner als das Detektorarray ist und damit einer zusammenhängenden Gruppe von Pixeln des Bildes zugeordnet werden kann, womit ein mit dem Spektrometer erzeugbares Spektrum einem Bildausschnitt des Bildes zugeordnet werden kann.

Für Anwendungen, in denen z. B. ein sich von der Kamera entfernendes Objekt verfolgt werden soll, ist das Spektrometer vorteilhaft auf der optischen Achse angeordnet.

Für Anwendungen, in denen z. B. ein statisches Objekt aufgenommen werden soll, kann das Spektrometer vorteilhaft außerhalb der optischen Achse angeordnet sein.

Vorteilhaft ist das Spektrometer innerhalb der Sensorebene verschiebbar, um wahlweise ein Spektrum von verschiedenen Bildausschnitten zu erhalten.

Für eine automatisierte Verschiebung des Spektrometers auch während der Verfolgung eines Objektes ist vorteilhaft ein Antrieb vorhanden, der mit der Steuer- und Recheneinheit verbunden ist.

Es ist von Vorteil, wenn der Antrieb synchron zum Zoom-Antrieb ansteuerbar ist.

Für eine kompakte Bauweise ist es vorteilhaft, wenn das Spektrometer ein Mikrospektrometer ist.

Erste Wahl ist hier ein Spektrometer mit einem Fabry-Pérot-Filter.

Für eine einfache Bedienung kann ein Touchbedienfeld vorhanden sein, das mit der Steuer- und Recheneinheit verbunden ist, wobei die Steuer- und Recheneinheit so ausgelegt ist, dass durch lokale Berührung des Touchbedienfeldes der Bildausschnitt ausgewählt werden kann.

Die Erfindung basiert auf der Grundüberlegung, bei einer bekannten klassischen Kamera, nachfolgend nur Kamera, mit einem Zoom-Objektiv und einer Zusatzoptik einen dazwischen angeordneten Umlenkspiegel teildurchlässig auszuführen, um aus dem in die Kamera einfallenden Strahlenbündel ein erstes Teilstrahlenbündel auszukoppeln, welches nicht in die Zusatzoptik umgelenkt wird, sondern durch den Umlenkspiegel hindurch auf die Sensorfläche eines Spektrometers auftrifft. Diese Sensorfläche ist in einer Sensorebene an einer ausgewählten Position angeordnet oder innerhalb der Sensorebene bei einer festen Zoom-Stellung oder auch synchron mit der Änderung der Zoom-Stellung des Zoom-Objektives verschiebbar. Da die Sensorebene in einer durch Strahlteilung zur Zwischenbildebene konjugierten Ebene liegt, die durch Strahlabbildung in einer zur Bildebene der Wärmebildkamera konjugierten Ebene liegt, kann die in der Sensorebene angeordnete Sensorfläche des Spektrometers einer Position in einem in der Bildebene stehenden Detektorarray zugeordnet werden, womit ein mittels des Spektrometers erhaltenes Spektrum einem Bildausschnitt des Bildes zugeordnet werden kann.

Die Erfindung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. Hierzu zeigen die Zeichnungen:

Fig. 1a ein Informationsrechteck,

Fig. 1b einen Informationsquader,

Fig. 2 ein vereinfachtes Optikschema einer erfindungsgemäßen Kamera und

Fig. 3 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Kamera.

Fig. 2 zeigt die optisch wirksamen Komponenten, wie sie eine Kamera gemäß der Erfindung grundsätzlich umfasst, sowie ihre Anordnung zueinander und sich ergebende ausgezeichnete Ebenen. Bei der Kamera handelt es sich um eine Kamera, wie sie in der Beschreibung zum Stand der Technik als klassische Kamera beschrieben wurde.

In Fig. 3 sind alle wesentlichen Komponenten, zuzüglich vorteilhafter Komponenten, in einem Blockschaltbild dargestellt.

Die Kamera umfasst im Wesentlichen ein Zoom-Objektiv 1 mit einem Zoom-Antrieb 1.1, eine Zusatzoptik 2, einen teildurchlässigen ebenen Umlenkspiegel 3, ein Spektrometer 4, ein Detektorarray 5 und

eine Steuer- und Recheneinheit 7. Vorteilhaft umfasst sie darüber hinaus einen Antrieb 8 und ein Touchbedienfeld 9.

Wie aus dem Optikschema in Fig. 2 zu ersehen ist, weist das Zoom-Objektiv 1 eine feststehende Zwischenbildebene ZBE auf, das heißt, ein in die Kamera einfallendes Strahlenbündel 6 wird unabhängig von der Zoom-Stellung des Zoom-Objektives 1 und damit der sich ändernden Brennweite des Zoom-Objektives 1 stets in eine örtlich unverändert stehende Ebene, die Zwischenbildebene ZBE, zwischenabgebildet.

Der teildurchlässige ebene Umlenkspiegel 3 ist in Einfallsrichtung des Strahlenbündels 6 dem Zoom-Objektiv 1 nachgeordnet und der Zwischenbildebene ZBE vorgeordnet und reflektiert die optische Achse des Zoom-Objektives 1, die gleich einer optischen Achse 0 der Kamera ist, in die optische Achse der in Reflexionsrichtung des Umlenkspiegels 3 nachgeordneten Zusatzoptik 2, auch Re-Imager genannt. Diese Zusatzoptik 2 bildet die Zwischenbildebene ZBE in eine hierzu konjugierte Ebene, die Bildebene BE, ab, in der Detektorflächen 5.1 der matrixförmig angeordneten Detektorelemente des Detektorarrays 5 angeordnet sind.

Infolge der Teildurchlässigkeit des Umlenkspiegels 3 setzt sich die optische Achse 0 auch durch den Umlenkspiegel 3 hindurch fort, wo für ein ausgekoppeltes erstes Teilstrahlenbündel 6.1 eine Sensorebene SE entsteht, die zur Zwischenbildebene ZBE und damit zur Bildebene BE eine konjugierte Ebene darstellt.

Zwei zueinander konjugierte Ebenen zeichnen sich dadurch aus, das jedem Punkt in einer Ebene exakt ein Punkt in der anderen Ebene und umgekehrt zugeordnet werden kann. Konjugierte Ebenen können über eine Strahlabbildung, aber auch durch eine Strahlteilung entstehen. Bei den durch Strahlteilung gebildeten, zueinander konjugierten Ebenen SE und ZBE ist kein Abbildungsmaßstab bei der Zuordnung zu beachten. Hingegen ist bei den durch Strahlabbildung gebildeten konjugierten Ebenen ZBE und BE der Abbildungsmaßstab der Zusatzoptik 2 zu beachten. Aufgrund dieser Gegebenheiten kann die ausgewählte Position des Spektrometers 4, genauer gesagt seiner Sensorfläche 4.1, wenigstens einer Detektorfläche 5.1 eines Detektorelementes des Detektorarrays 5 zugeordnet werden.

So wird z. B. bei einer Größe der Sensorfläche 4.1 gleich der Größe einer Detektorfläche 5.1 und einem Abbildungsmaßstab der Zusatzoptik 2 von 1 : 1 die Sensorfläche 4.1 und damit das mit dem Spektrometer 4 gewonnene Spektrum genau einem Detektorelement und damit einem Pixel im Bild, welches einen Bildausschnitt darstellt, zugeordnet. Das Spektrum wird in diesem Fall mit einer größtmöglichen Ortsauflösung einem Bildausschnitt im Bild zugeordnet.

Praktisch wird man allerdings bevorzugt für eine hohe Bildauflösung ein Detektorarray 5 mit einer möglichst hohen Anzahl von Detektorelementen und damit verhältnismäßig kleinen Detektorflächen 5.1 bei gleicher Größe des Detektorarrays 5 verwenden.

Hingegen wird man bevorzugt ein Spektrometer 4 mit einer zu den Detektorflächen 5.1 vergleichsweise großen Sensorfläche 4.1 auswählen.

Um für die Abbildung auf dem Detektorarray 5 möglichst viel Strahlungsintensität zur Verfügung zu haben, sollte das erste Teilstrahlenbündel 6.1 bevorzugt nur einen Bruchteil von kleiner 10% des gesamten Strahlenbündels 6 ausmachen.

Wird nun von dem ersten Teilstrahlenbündel 6.1 nur der Strahlungsanteil einer ausgewählten Wellenlänge von der Sensorfläche 4.1 des Spektrometers 4 als Strahlungsintensität detektiert, ist es von Vorteil, wenn die Sensorfläche 4.1 größer gewählt wird, sodass sie, z. B. wie in Fig. 2 dargestellt, einer zusammenhängenden Gruppe von neun Detektorflächen 5.1 zugeordnet wird, da sie die neunfache Größe einer Detektorfläche 5.1 aufweist. Übliche Größen für die Sensorfläche 4.1 liegen zwischen 0,5 mm x 0,5 mm und 2 mm x 2 mm.

Die Größe des Sehfeldes der Kamera wird durch den Bildwinkel bestimmt, welcher sich aus der Brennweite der Kamera und der Diagonale des Detektorarrays 5 ergibt. Für nachfolgende Erläuterungen soll der eventuelle Einfluss der Zusatzoptik 2 auf die Brennweite der Kamera vernachlässigt werden, indem hier von einem Abbildungsmaßstab von 1 : 1 ausgegangen werden soll.

Mit der Änderung der Zoom-Stellung des Zoom-Objektives 1 und damit der Brennweite der Kamera wird die Größe des Bildwinkels und damit die Größe des Sehfeldes verändert.

Das Sehfeld wird vollständig auf dem Detektorarray 5 abgebildet, sodass ein dadurch entstehendes Bild ein Abbild des gesamten Sehfeldes darstellt.

Nur ein Ausschnitt aus diesem Sehfeld ist die Basis für ein mittels des Spektrometers 4 gebildetes Spektrum. Bei einem angenommenen Abbildungsmaßstab der Zusatzoptik 2 von 1 : 1 ist das Größenverhältnis zwischen dem Ausschnitt aus dem Sehfeld und dem Sehfeld nur durch das Größenverhältnis zwischen der Sensorfläche 4.1 des Spektrometers 4 und der durch alle Detektorflächen 5.1 gebildeten Gesamtdetektorfläche des Detektorarrays 5 gegeben.

Als Spektrometer 4 wird vorteilhaft ein auf dem Fabry-Pérot-Prinzip basierendes Mikrospektrometer verwendet. Es besteht aus einem breitbandigen Infrarotsensor und einem mikromechanisch durchstimmbaren Fabry-Pérot-Filter.

Die üblichen Größen der Detektorflächen 5.1 der Detektorelemente eines Detektorarrays 5 liegen bei 20 µm x 20 µm. Bei einer Pixelanzahl von 640 x 480 sind die Außenmaße des Detektorarrays 5 gleich 12,8 mm x 9,6 mm.

Ein mit einer Sensorfläche 4.1 von z. B. 0,5 mm x 0,5 mm gewonnenes Spektrum kann damit bei einem Abbildungsmaßstab der Zusatzoptik 2 von 1 : 1 einem Ausschnitt aus dem Sehfeld zugeordnet werden, welcher einer Größe von 25 x 25 Pixeln oder ca. 0,2 % des gesamten Sehfeldes entspricht.

Der teildurchlässige Umlenkspiegel 3 kann vorteilhaft permanent teildurchlässig aufgrund einer geometrischen Strahlteilung oder aufgrund einer teildurchlässigen Beschichtung, einer sogenannten neutralen Strahlteilung, sein. Er kann auch temporär teildurchlässig sein, indem nur zeitweise ein erstes Teilstrahlenbündel 6.1 ausgekoppelt wird und ansonsten das gesamte Strahlenbündel 6 reflektiert wird.

Die geometrische Strahlteilung erfolgt, indem in dem Umlenkspiegel 3 ein Loch ausgebildet wird bzw. die Spiegelbeschichtung des Umlenkspiegels 3 ein Loch aufweist und der Grundkörper des Umlenkspiegels 3 transparent ist. Dieses Loch sollte den auf das Spektrometer 4 auftreffenden Strahlungsanteil des Strahlenbündels 6 zum einen möglichst nicht begrenzen, zum anderen aber auch den Querschnitt des ausgekoppelten ersten Teilstrahlenbündels 6.1 so begrenzen, dass keine Strahlungsanteile ausgekoppelt werden, die nicht auf die Sensorfläche 4.1 auftreffen. Das heißt, das hindurchtretende erste Teilstrahlenbündel 6.1 sollte die Sensorfläche 4.1 vollständig ausleuchten, jedoch auch nicht wesentlich größer als die Sensorfläche 4.1 sein, da das ausgekoppelte erste Teilstrahlenbündel 6.1 der Abbildung verloren geht. Vorteilhaft ist hier, dass das auf die Sensorfläche 4.1 auftreffende erste Teilstrahlenbündel 6.1 mit höchstmöglicher Strahlungsintensität auftrifft, womit sich die kürzestmögliche Integrationszeit für das Spektrometer 4 ergibt. Zum Spektrometer 4 und der Integrationszeit hierfür wird an späterer Stelle ausgeführt.

Nachteilig an der geometrischen Strahlteilung ist, dass ein lokal begrenzter Strahlungsanteil des Strahlenbündels 6 vollständig für die Abbildung auf dem Detektorarray 5 verloren geht, was zu einem Informationsverlust im Bild führen kann, und zwar genau in dem Bildausschnitt, dem das Spektrum zugeordnet wird.

Dieser Informationsverlust entsteht nicht mit einer neutralen Strahlteilung, bei der dann allerdings auch Strahlungsanteile ausgekoppelt werden, die nicht auf das Spektrometer 4 auftreffen, und so für die Messung und die Abbildung verloren gehen. Die neutrale Strahlteilung hat allerdings den Vorteil, dass das Spektrometer 4 unabhängig davon, wo es in der Sensorebene SE steht, Strahlungsanteile empfängt, da das erste Teilstrahlenbündel 6.1 keinen eingeschränkten Querschnitt gegenüber dem Strahlenbündel 6 aufweist.

Der Umlenkspiegel 3 kann eine Auskopplung eines ersten Teilstrahlenbündels 6.1 auch durch eine polarisationsteilende oder spektralteilende Beschichtung ermöglichen.

Das hat den Vorteil, dass das Spektrometer 4 in der Sensorebene SE verschoben werden kann. Eine Verschiebung kann zum Beispiel von Interesse sein, wenn man zu mehr als nur einem Ausschnitt des Sehfeldes bzw. einem Bildausschnitt spektrale Informationen erhalten möchte.

Auch kann die Verwendung eines verspiegelten Shutters als teildurchlässiger Umlenkspiegel 3 von Vorteil sein. Dieses könnte z. B. über die Dauer der Verfolgung und Abbildung eines Objektes mit einer hohen Framerate geschlossen sein, womit das gesamte Strahlenbündel 6 der Abbildung zur Verfügung steht, und nur wenige Male bzw. nur einmal für die Dauer der Integrationszeit des Spektrometers 4 geöffnet werden. Der Umlenkspiegel 3 ist dann nur temporär teildurchlässig.

Eine Alternative für einen teildurchlässigen Umlenkspiegel 3 kann ein Spiegel sein, der zeitgleich oder nacheinander alternierend in zwei verschiedene Richtung reflektiert. Hierfür könnte ein sogenanntes Digital Micromirror Device (DMD) verwendet werden, bei dem einzelne matrixförmig angeordnete Mikrospiegel einzeln ansteuerbar sind.

Die Lage des Ausschnittes aus dem Sehfeld und damit die Lage des Bildausschnittes im Bild wird vorgegeben, indem das Spektrometer 4 in einer ausgewählten Position in der Sensorebene SE angeordnet oder in ausgewählte Positionen innerhalb der Sensorebene SE verschoben wird.

Insbesondere für eine Anwendung, bei welcher die Kamera bei der Erstellung von Bildern in einer zeitlichen Abfolge gezoomt wird, z. B. bei der Verfolgung sich entfernender oder annähernder Objekte, ist es von Vorteil, wenn das Spektrometer 4 auf der durch den Umlenkspiegel 3 geführten optischen Achse 0 der Kamera angeordnet ist. Das hat den Vorteil, dass auch bei sich ändernder Zoom-Stellung und sich folglich ändernder absoluter Größe des Ausschnittes des Sehfeldes unverändert der Mittelpunkt des Sehfeldes den Mittelpunkt des Ausschnittes bildet aus dem Strahlung kommend auf das Spektrometer 4 auftrifft.

Für Anwendungsfälle, in denen nicht die Sehfeldmitte der Bereich des Interesses ist, sondern zum Beispiel ein örtlicher Bereich, der sich z. B. im Sehfeld rechts oberhalb der Sehfeldmitte befindet, kann das Spektrometer 4 von der optischen Achse 0 entfernt angeordnet sein. In einem solchen Fall ist es von Vorteil, wenn das Spektrometer 4 mit der Änderung der Brennweite des Zoom-Objektives 1 radial verschoben wird, womit z. B. ein ausgewähltes Objekt trotz des sich ändernden Bildwinkels, unter dem es abgebildet wird, mit dem Spektrometer 4 verfolgt werden kann. Für diesen Fall ist der Antrieb 8 vorgesehen, der ebenso wie der Zoom-Antrieb 1.1 mit der Steuer- und Recheneinheit 7 verbunden ist.

Wie aus dem Blockschaltbild in Fig. 3 zu entnehmen ist, ist die Steuer- und Recheneinheit 7 über eine Steuerleitung jeweils mit dem Zoom-Antrieb 1.1, dem Detektorarray 5 und dem Spektrometer 4 und darüber hinaus wenigstens über eine Datenleitung mit dem Detektorarray 5 und dem Spektrometer 4 verbunden.

Für den Fall, dass das Spektrometer 4 verschiebbar sein soll, ist die Steuer- und Recheneinheit 7 vorteilhaft über eine weitere Steuerleitung mit dem Antrieb 8 des Spektrometers 4 verbunden. Die Steuer- und Datenleitungen sind in Fig. 3 als Volllinie dargestellt.

Die dargestellten Strichlinien stellen den optischen Fluss in der Kamera dar.

Als Spektrometer 4 kann grundsätzlich jedes herkömmliche Spektrometer verwendet werden, wobei die hierfür zur Anwendung kommenden Verfahren zur zeitgleichen oder zeitlich aufeinanderfolgenden Auskopplung einer bestimmten Wellenlänge aus dem ersten Teilstrahlenbündel 6.1 denen entsprechen, wie sie auch in dem Artikel "Review of snapshot spectral imaging technologies" (Hagen and Kudenov; Optical Engineering 52 (9), 090901 (September 2013)) für die abbildende Spektroskopie und damit für spektrale Kameras beschrieben wurden.

Das heißt, grundsätzlich könnte das Spektrometer 4 nach dem Snapshot-Verfahren arbeiten. Dazu müsste es allerdings mehrere Sensorflächen 4.1 aufweisen, die in zueinander konjugierten Positionen stehen. Eine solche Ausführung wäre technisch sehr aufwendig und würde dem Wunsch nach einer kompakten Kamera entgegenstehen. Sie wäre eine verschlechterte Ausführung des Grundgedankens der Erfindung.

Für eine erfindungsgemäße Kamera soll daher ein nach einem scannenden Verfahren arbeitendes Spektrometer 4 verwendet werden, welches nur eine Sensorfläche 4.1 aufweist, auf welche zeitlich nacheinander Strahlung unterschiedlicher Wellenlängen auftrifft und detektiert wird. Wie im Zusammenhang mit den spektralen Kameras erläutert, wird die Integrationszeit, welche das Spektrometer 4 benötigt, um eine Intensität zu detektieren, durch das Grundrauschen des Sensors des Spektrometers 4 nach unten hin begrenzt. Je höher die Anzahl der Wellenlängen ist, die aus der von einem Ausschnitt des Sehfeldes kommenden Strahlung detektiert werden soll, desto länger ist die Gesamtintegrationszeit des Spektrometers 4, die sich aus den Integrationszeiten für die Strahlungsanteile der einzelnen spektralen Bereiche ergibt. Wie für klassische Kameras in der Einleitung erläutert, hat das Detektorarray 5, welches die gesamte auftreffende Strahlungsintensität aufintegriert, eine vergleichsweise geringe Integrationszeit, die sich im Vergleich noch verkürzen lässt, wenn das zweite Teilstrahlenbündel 6.2 durch einen deutlich größeren Anteil vom Strahlenbündel 6 gebildet wird als das erste Teilstrahlenbündel 6.1.

Je geringer die Integrationszeit des Detektorarrays 5 ist, desto höher ist die Framerate des Bildes. Durch ein getrenntes Ansteuern und Auslesen werden die Integrationszeiten des Spektrometers 4 und des Detektorarrays 5 voneinander entkoppelt. So können Frameraten für die Bilderfassung von größer 10, vorteilhaft größer 30 pro Sekunde, erreicht werden, während die Framerate für das Spektrometer 4 kleiner 1 pro Sekunde, vorteilhaft kleiner 3 pro Sekunde, die Bildung eines Spektrums mit einer hohen Anzahl von Wellenlängen ermöglicht.

Besonders vorteilhaft wird als Spektrometer 4 ein Mikrospektrometer verwendet. Es weist einen Querschnitt von kleiner 20 mm x 20 mm und eine Höhe von kleiner 30 mm auf. Es kommt so dem Wunsch nach einer kompakten Bauweise sehr entgegen. Vorteilhaft ist hier ein Spektrometer mit einem durchstimmbaren Fabry-Pérot-Filter.

Eine erfindungsgemäße Kamera kann beispielsweise vorteilhaft für die Überwachung von Industrie- und Produktionsanlagen eingesetzt werden, um z. B. die Anteilsmengen diverser Gase zu überwachen (Gasanalyse). Beispielsweise hat CO_2 eine typische Absorptionsbande bei 4,25 µm, während N_2O bei 4,66 µm stark absorbiert.

Der Vorteil besteht in den Zuordnungen eines Spektrums (Spektraldaten) zu einem bestimmten Bildausschnitt, d. h. man kann die Kamera entsprechend der Bildinformation auf einen interessierenden Bildausschnitt richten, zu dem ein Spektrum bestimmt werden soll. Das kann bei der Gerichtsverwertbarkeit vorteilhaft sein, weil mit dem Spektrum auch ein Bild fest verknüpft ist.

Aus dem Spektrum kann dann weitere gewinnbringende Information abgeleitet werden, die durch die ortsaufgelöste Kopplung an die Bildinformation zu einem Informationsgewinn führt.

Bezugszeichenliste

0	optische Achse
1	Zoom-Objektiv
1.1	Zoom-Antrieb
2	Zusatzoptik
3	Umlenkspiegel
4	Spektrometer
4.1	Sensorfläche (des Spektrometers 4)
5	Detektorarray
5.1	Detektorfläche (eines Detektorelementes des Detektorarrays 5)
6	Strahlenbündel
6.1	erstes Teilstrahlenbündel
6.2	zweites Teilstrahlenbündel
7	Steuer- und Recheneinheit
8	Antrieb (zur Verschiebung des Spektrometers 4)
9	Touchbedienfeld
ZBE	Zwischenbildebene
SE	Sensorebene
BE	Bildebene

Patentansprüche

1. Kamera mit einer optischen Achse (0), entlang derer ein Zoom-Objektiv (1) mit einem Zoom-Antrieb (1.1) und eine Zusatzoptik (2) angeordnet sind, mit einem ebenen Umlenkspiegel (3) und einer feststehenden Zwischenbildebene (ZBE) zwischen dem Zoom-Objektiv (1) und der Zusatzoptik (2) sowie einer Bildebene (BE) hinter der Zusatzoptik (2), in der eine matrixförmige Anordnung von Detektorflächen (5.1) eines Detektorarrays (5) zur Erzeugung eines pixelbasierten Bildes, bestehend aus einer matrixförmigen Anordnung von Pixeln, angeordnet ist, sowie einer Steuer- und Recheneinheit (7), wobei
der Umlenkspiegel (3) vor der Zwischenbildebene (ZBE) angeordnet ist und für ein durch das Zoom-Objektiv (1) einfallendes Strahlenbündel (6) teilweise durchlässig ist, sodass von dem Strahlenbündel (6) ein erstes Teilstrahlenbündel (6.1) ausgekoppelt und durch den Umlenkspiegel (3) hindurch in eine Sensorebene (SE) geführt wird, die eine konjugierte Ebene zu der Zwischenbildebene (ZBE) und der Bildebene (BE) darstellt, und in der Sensorebene (SE) die Sensorfläche (4.1) eines Spektrometers (4) mit einer Sensorfläche (4.1) in einer Position steht, die wenigstens der Position einer Detektorfläche (5.1) des Detektorarrays (5) und damit einem Pixel des Bildes und maximal der Position einer zusammenhängenden Gruppe von Detektorflächen (5.1), die kleiner als das Detektorarray (5) ist, und damit einer zusammenhängenden Gruppe von Pixeln des Bildes, zugeordnet ist, womit ein mit dem Spektrometer (4) erzeugbares Spektrum einem Bildausschnitt des Bildes zugeordnet werden kann.

2. Kamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Spektrometer (4) auf der optischen Achse (0) angeordnet ist.

3. Kamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Spektrometer (4) außerhalb der optischen Achse (0) angeordnet ist.

4. Kamera nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Spektrometer (4) innerhalb der Sensorebene (SE) verschiebbar ist, um wahlweise ein Spektrum von verschiedenen Bildausschnitten zu erhalten.

5. Kamera nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Antrieb (8) zur Verschiebung des Spektrometers (4) vorhanden ist, der mit der Steuer- und Recheneinheit (7) verbunden ist.

6. Kamera nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Antrieb (8) synchron zum Zoom-Antrieb (1.1) ansteuerbar ist.

7. Kamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Spektrometer (4) ein Mikrospektrometer ist.

8. Kamera nach Anspruch 1 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Spektrometer (4) einen Fabry-Pérot-Filter umfasst.

9. Kamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Touchbedienfeld (9) vorhanden ist, das mit der Steuer- und Recheneinheit (7) verbunden ist, und die Steuer- und Recheneinheit (7) so ausgelegt ist, dass durch lokale Berührung des Touchbedienfeldes (9) der Bildausschnitt ausgewählt werden kann.

10. Kamera nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Umlenkspiegel (3) ein Loch aufweist, sodass das durch das Loch hindurchtretende erste Teilstrahlenbündel (6.1) vollständig auf die Sensorfläche (4.1) auftrifft.

11. Kamera nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Umlenkspiegel (3) einen transparenten Grundkörper und eine Spiegelbeschichtung mit einem Loch aufweist, sodass das durch das Loch hindurchtretende erste Teilstrahlenbündel (6.1) vollständig auf die Sensorfläche (4.1) auftrifft.

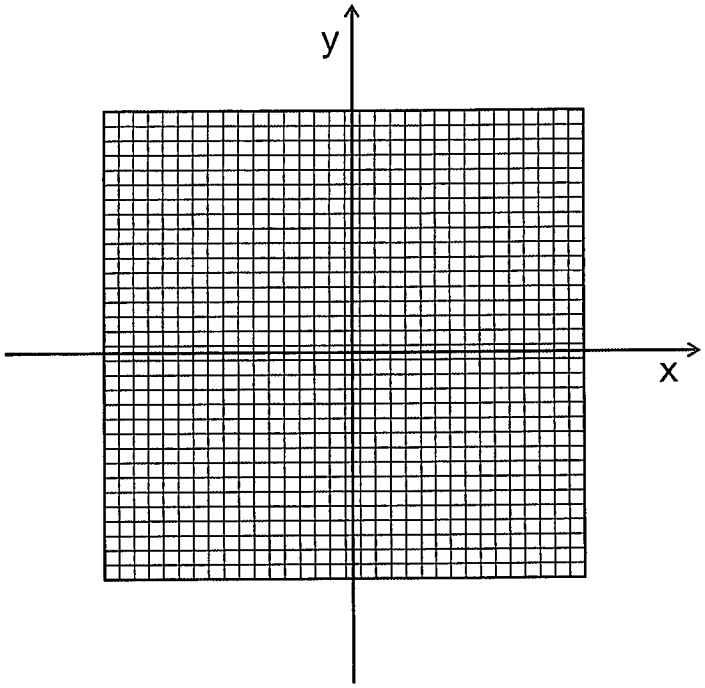


Fig. 1a

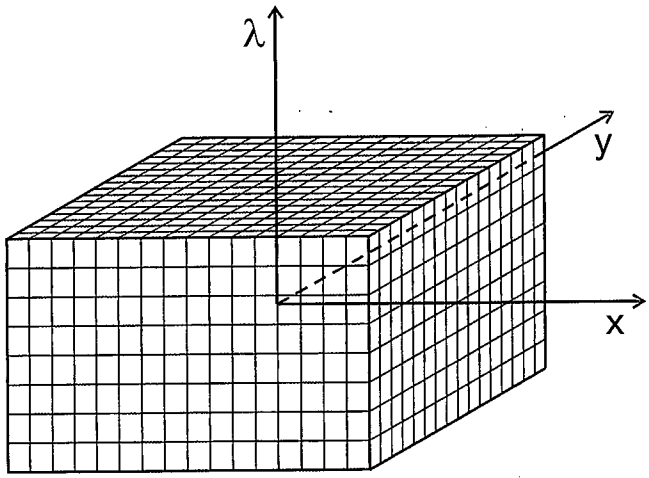


Fig. 1b

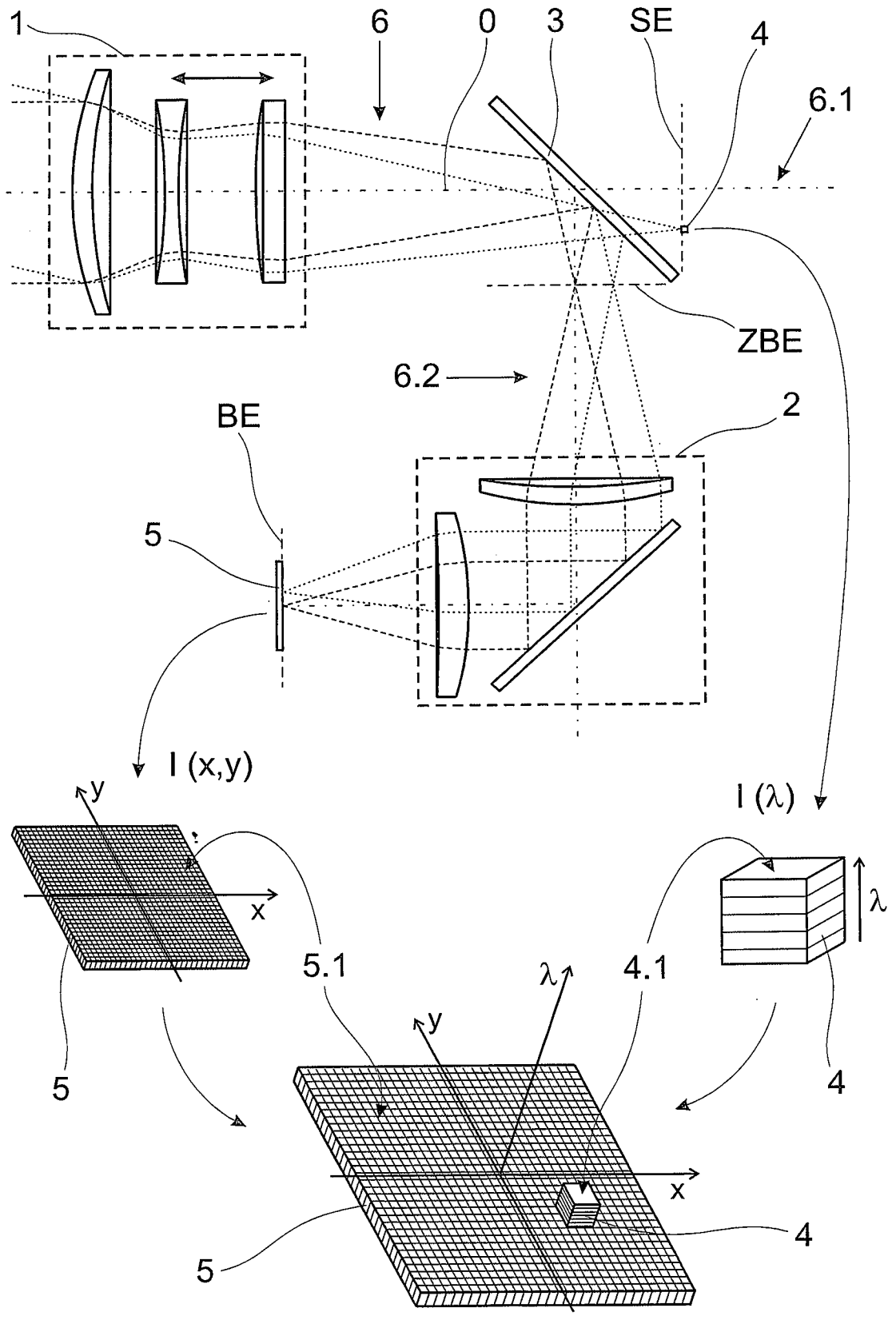


Fig. 2

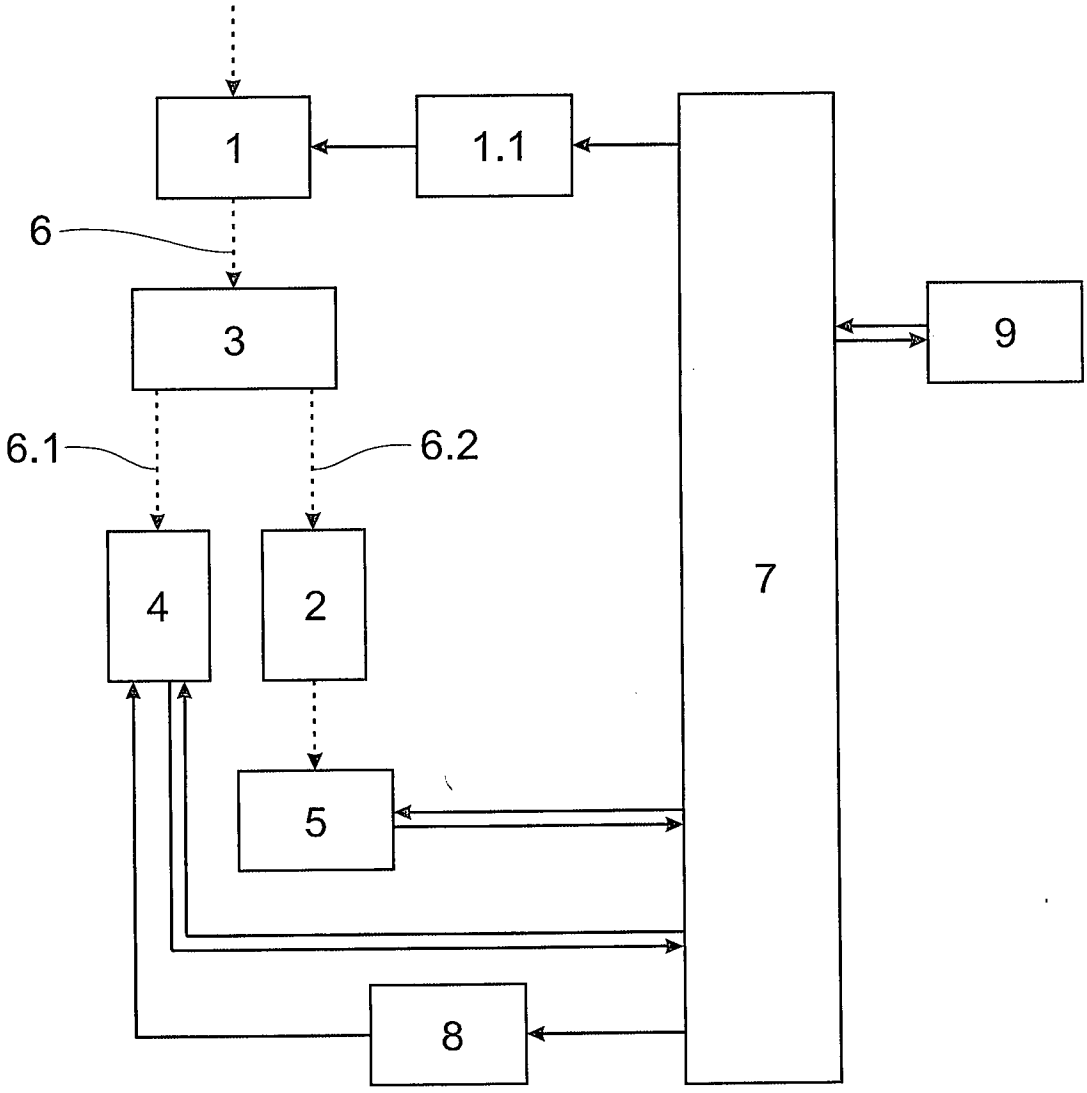


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/000747

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01J3/02 G01J3/26 G01J3/28
ADD.

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)
G01J

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.
X Y	EP 0 916 981 A1 (MAX PLANCK GESELLSCHAFT [DE]) 19 May 1999 (1999-05-19) paragraphs [0029], [0030], [0034]; figure 1	1-3 4-11
Y	WO 2011/076050 A1 (HANGZHOU EVERFINE PHOTO E INFO [CN]; PAN JIANGEN [CN]) 30 June 2011 (2011-06-30) page 9, last paragraph - page 10, paragraph 1; figure 3	4-6
Y	WO 96/21140 A1 (HONEYWELL INC [US]) 11 July 1996 (1996-07-11) page 2 - page 3; figure 1	7,8

-/--

[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 application or patent 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
8 July 2015	16/07/2015

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, Fax: (+31-70) 340-3016	Jacquin, Jérôme

1

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/000747

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP H06 129908 A (HAMAMATSU PHOTONICS KK; KAJITSU HIHAKAI HINSHITSU KENK) 13 May 1994 (1994-05-13) abstract	7,8
Y	WO 2008/085914 A1 (MALVERN INSTR INC [US]; LEWIS NEIL E [US]) 17 July 2008 (2008-07-17) page 6, paragraph 2	9
Y	US 4 844 617 A (KELDERMAN HERMAN F [US] ET AL) 4 July 1989 (1989-07-04) figure 9	10,11
Y	EP 2 634 559 A1 (MITAKA KOKI KK [JP]) 4 September 2013 (2013-09-04) paragraph [0011]; figures 1,2	10,11

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2015/000747

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0916981 A1	19-05-1999	AT 272224 T	15-08-2004
		DE 69730030 D1	02-09-2004
		DE 69730030 T2	21-07-2005
		EP 0916981 A1	19-05-1999
		JP 4712923 B2	29-06-2011
		JP H11249023 A	17-09-1999
		US 6128077 A	03-10-2000
WO 2011076050 A1	30-06-2011	CN 101813520 A	25-08-2010
		WO 2011076050 A1	30-06-2011
WO 9621140 A1	11-07-1996	CA 2205875 A1	11-07-1996
		DE 69530225 D1	08-05-2003
		DE 69530225 T2	19-02-2004
		EP 0800643 A1	15-10-1997
		JP H10511772 A	10-11-1998
		US 5550373 A	27-08-1996
		WO 9621140 A1	11-07-1996
JP H06129908 A	13-05-1994	JP 2713838 B2	16-02-1998
		JP H06129908 A	13-05-1994
WO 2008085914 A1	17-07-2008	EP 2106536 A1	07-10-2009
		US 2008180660 A1	31-07-2008
		US 2013010105 A1	10-01-2013
		WO 2008085914 A1	17-07-2008
US 4844617 A	04-07-1989	NONE	
EP 2634559 A1	04-09-2013	AU 2011321433 A1	23-05-2013
		CN 103189735 A	03-07-2013
		EP 2634559 A1	04-09-2013
		JP 2012098050 A	24-05-2012
		SG 189984 A1	28-06-2013
		US 2013201475 A1	08-08-2013
		WO 2012057254 A1	03-05-2012

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/000747

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01J3/02 G01J3/26 G01J3/28
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01J

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.
X Y	EP 0 916 981 A1 (MAX PLANCK GESELLSCHAFT [DE]) 19. Mai 1999 (1999-05-19) Absätze [0029], [0030], [0034]; Abbildung 1	1-3 4-11
Y	WO 2011/076050 A1 (HANGZHOU EVERFINE PHOTO E INFO [CN]; PAN JIANGEN [CN]) 30. Juni 2011 (2011-06-30) Seite 9, letzter Absatz - Seite 10, Absatz 1; Abbildung 3	4-6
Y	WO 96/21140 A1 (HONEYWELL INC [US]) 11. Juli 1996 (1996-07-11) Seite 2 - Seite 3; Abbildung 1	7,8

-/--

[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" 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8. Juli 2015	16/07/2015

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Jacquin, Jérôme

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	JP H06 129908 A (HAMAMATSU PHOTONICS KK; KAJITSU HIHAKAI HINSHITSU KENK) 13. Mai 1994 (1994-05-13) Zusammenfassung	7,8
Y	WO 2008/085914 A1 (MALVERN INSTR INC [US]; LEWIS NEIL E [US]) 17. Juli 2008 (2008-07-17) Seite 6, Absatz 2	9
Y	US 4 844 617 A (KELDERMAN HERMAN F [US] ET AL) 4. Juli 1989 (1989-07-04) Abbildung 9	10,11
Y	EP 2 634 559 A1 (MITAKA KOKI KK [JP]) 4. September 2013 (2013-09-04) Absatz [0011]; Abbildungen 1,2	10,11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/000747

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0916981 A1	19-05-1999	AT 272224 T	15-08-2004
		DE 69730030 D1	02-09-2004
		DE 69730030 T2	21-07-2005
		EP 0916981 A1	19-05-1999
		JP 4712923 B2	29-06-2011
		JP H11249023 A	17-09-1999
		US 6128077 A	03-10-2000
WO 2011076050 A1	30-06-2011	CN 101813520 A	25-08-2010
		WO 2011076050 A1	30-06-2011
WO 9621140 A1	11-07-1996	CA 2205875 A1	11-07-1996
		DE 69530225 D1	08-05-2003
		DE 69530225 T2	19-02-2004
		EP 0800643 A1	15-10-1997
		JP H10511772 A	10-11-1998
		US 5550373 A	27-08-1996
		WO 9621140 A1	11-07-1996
JP H06129908 A	13-05-1994	JP 2713838 B2	16-02-1998
		JP H06129908 A	13-05-1994
WO 2008085914 A1	17-07-2008	EP 2106536 A1	07-10-2009
		US 2008180660 A1	31-07-2008
		US 2013010105 A1	10-01-2013
		WO 2008085914 A1	17-07-2008
US 4844617 A	04-07-1989	KEINE	
EP 2634559 A1	04-09-2013	AU 2011321433 A1	23-05-2013
		CN 103189735 A	03-07-2013
		EP 2634559 A1	04-09-2013
		JP 2012098050 A	24-05-2012
		SG 189984 A1	28-06-2013
		US 2013201475 A1	08-08-2013
		WO 2012057254 A1	03-05-2012