

(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
02. Januar 2025 (02.01.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/002994 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F21K 9/64 (2016.01)

FUCHS, Leon; c/o JENOPTIK Optical Systems GmbH,
Göschwitzer Strasse 25, 07745 Jena (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/067381

(74) **Anwalt: WALDAUF, Alexander // Jenoptik AG**; Carl-
Zeiß-Straße 1, 07743 Jena (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Juni 2024 (21.06.2024)

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

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 116 945.9
27. Juni 2023 (27.06.2023) DE

(71) **Anmelder: JENOPTIK OPTICAL SYSTEMS GMBH**
[DE/DE]; Göschwitzer Straße 25, 7745 Jena (DE).

(72) **Erfinder: WEISE, Hannes**; c/o JENOPTIK Optical Sys-
tems GmbH, Göschwitzer Strasse 25, 07745 Jena (DE).

(54) **Title:** MULTISPECTRAL LIGHT SOURCE AND METHOD

(54) **Bezeichnung:** MULTISPEKTRALE LICHTQUELLE UND VERFAHREN

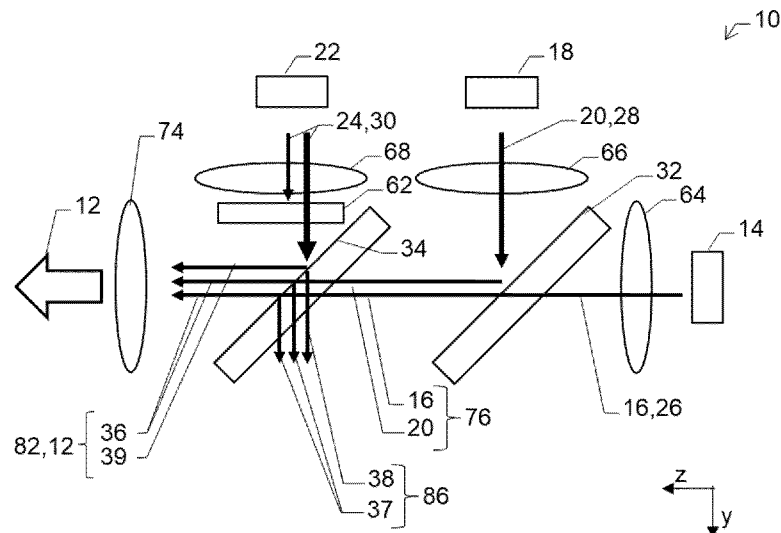


Fig.1

(57) **Abstract:** The invention relates to a multispectral light source (10) for producing an output radiation (12), said multispectral light source comprising: - a first light source (14), wherein a first light beam (16) having a first wavelength (λ_1) can be emitted from the first light source (14), - a second light source (18), wherein a second light beam (20) having a second wavelength (λ_2) can be emitted from the second light source (18), - a third light source (22), wherein a third light beam (24), which has a wavelength range of λ_{3min} to λ_{3max} , can be emitted from the third light source (22), wherein the first light source (14), the second light source (18), and the third light source (22) are arranged at a distance from one another, - at least one first dichroic mirror (32) for combining the first light beam (16) and the second light beam (20) into a fourth light beam (76), wherein the first dichroic mirror (32) is designed to reflect the second light beam (20) and transmit the first light beam (16), and wherein the first dichroic mirror (32) is arranged in such a way that the second light beam (20) can be reflected by the first dichroic mirror (32) and the first light beam (16) can be transmitted by the first dichroic mirror (32), and - a beam splitter (34) positioned downstream of the first dichroic mirror (32), wherein the beam splitter (34)



(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)

is designed to divide the fourth light beam (76), formed from the first light beam (16) and the second light beam (20), into a first power component (36) and a second power component (37), and to divide the third light beam (24) into a third power component (38) and a fourth power component (39), wherein the first power component (36) can be superimposed on the fourth power component (39) by the beam splitter (34) in order to form the output radiation (12), and the second power component (37), together with the third power component (38), can be output as a residual radiation (86) or an additional output radiation (86).

(57) **Zusammenfassung:** Multispektrale Lichtquelle (10) zum Erzeugen einer Ausgangsstrahlung (12), umfassend: - eine erste Lichtquelle (14), wobei aus der ersten Lichtquelle (14) ein erstes Lichtstrahlbündel (16) mit einer ersten Wellenlänge (λ_1) emittierbar ist, - eine zweite Lichtquelle (18), wobei aus der zweiten Lichtquelle (18) ein zweites Lichtstrahlbündel (20) mit einer zweiten Wellenlänge (λ_2) emittierbar ist, - eine dritte Lichtquelle (22), wobei aus der dritten Lichtquelle (22) ein drittes Lichtstrahlbündel (24) emittierbar ist, welches einen Wellenlängenbereich λ_{3min} bis λ_{3max} aufweist, wobei die erste Lichtquelle (14), die zweite Lichtquelle (18) und die dritte Lichtquelle (22) beabstandet zueinander angeordnet sind, - zumindest einen ersten dichroitischen Spiegel (32) zum Vereinigen des ersten (16) und zweiten Lichtstrahlbündels (20) zu einem vierten Lichtstrahlbündel (76), wobei der erste dichroitische Spiegel (32) zum Reflektieren des zweiten Lichtstrahlbündels (20) und Transmittieren des ersten Lichtstrahlbündels (16) ausgebildet ist, und wobei der erste dichroitische Spiegel (32) derart angeordnet ist, dass das zweite Lichtstrahlbündel (20) von dem ersten dichroitischen Spiegel (32) reflektierbar ist und das erste Lichtstrahlbündel (16) von dem ersten dichroitischen Spiegel (32) transmittierbar ist, und - einen dem ersten dichroitischen Spiegel (32) nachgeordneten Strahlteiler (34), wobei der Strahlteiler (34) zum Teilen des aus dem ersten Lichtstrahlbündel (16) und dem zweiten Lichtstrahlbündel (20) gebildeten vierten Lichtstrahlbündel (76) in einen ersten Leistungsanteil (36) und einen zweiten Leistungsanteil (37) sowie zum Teilen des dritten Lichtstrahlbündels (24) in einen dritten Leistungsanteil (38) und einen vierten Leistungsanteil (39) ausgebildet ist, wobei durch den Strahlteiler (34) der erste Leistungsanteil (36) mit dem vierten Leistungsanteil (39) zur Bildung der Ausgangsstrahlung (12) überlagerbar sind, und der zweite Leistungsanteil (37) zusammen mit dem dritten Leistungsanteil (38) als eine Reststrahlung (86) oder eine weitere Ausgangsstrahlung (86) ausgebar sind.

Multispektrale Lichtquelle und Verfahren

Die Erfindung betrifft eine multispektrale Lichtquelle zum Erzeugen einer Ausgangsstrahlung mit mehreren Farbkanälen mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren zum Erzeugen einer multispektralen Ausgangsstrahlung mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 11.

Aus EP 3 193 503 A1 ist ein Beleuchtungssystem mit drei Wellenlängenbändern (Farbkanälen) bekannt. Zwei Wellenlängenbänder weisen den gleichen Strahlengang auf und werden mittels einer rotierenden Scheibe mit zwei verschiedenen Phosphoragenten wechselweise aktiviert. Das hat den Nachteil, dass die Einstellung einer bestimmten Koordinate im Farbraum bzw. ein Weißabgleich schwierig zu realisieren sind.

Aus EP 3 409 011 A1 ist ein Laser-Phosphor-Projektor bekannt. Nachteilig ist der komplizierte Aufbau.

Aus US 8 608 329 A1 ist ein Beleuchtungssystem mit einer rotierenden Scheibe mit Phosphoragenten bekannt. Nachteilig ist die Verwendung rotierender Teile im Strahlengang.

Aus EP 2 530 520 A1 ist ein optisches Beleuchtungssystem bekannt mit einer einzigen Primärlichtquelle. Das hat den Nachteil, dass die Einstellung einer bestimmten Koordinate im Farbraum bzw. ein Weißabgleich schwierig zu realisieren sind.

Aus RU 51 734 U1 ist eine Lichtquelle bekannt, bei welcher das Licht dreier Lichtemitterdioden mittels zweier dichroitischer Spiegel überlagert wird. Der erreichbare Farbwiedergabeindex kann für anspruchsvolle Anwendungen zu gering sein.

Aus EP 1 024 539 A2 ist eine Festkörperlichtquelle mit dichroitischen Reflektoren bekannt. Dabei kann der erreichbare Farbwiedergabeindex für Anwendungen mit hohen Anforderungen zu gering sein.

Aus US 2018/0210213 A1 ist ein multispektraler Laserprojektor bekannt, umfassend drei Laserlichtquellen mit unterschiedlichen Wellenlängen, einen ersten Strahlteiler, der die Strahlung der ersten beiden Lichtquellen vereinigt, und ein zweiter Strahlteiler, der die Strahlung der dritten Lichtquelle teilt und einen Teilstrahl davon mit der kombinierten Strahlung der ersten und zweiten Lichtquelle zu einem Ausgangsstrahl vereinigt. Nachteilig ist, dass der erreichbare Farbwiedergabeindex eher gering ist.

Aus US 2012/0307514 A1 ist eine multispektrale Lichtquelle bekannt ist, umfassend drei Lichtemitterdioden mit unterschiedlichen Wellenlängen und zwei dichroitische Spiegel, mit denen ein gemeinsamer Ausgangsstrahl erzeugt wird. Dabei kann der erreichbare Farbwiedergabeindex für Anwendungen mit hohen Anforderungen zu gering sein.

Aus CN 111399241 A ist eine weitere multispektrale Lichtquelle bekannt ist, umfassend drei Lichtquellen mit unterschiedlichen Wellenlängen, sowie einen schmalbandigen, d.h. wellenlängenabhängigen, Polarisationsstrahlteiler und einen dichroitischen Spiegel, mit denen ein gemeinsamer Ausgangsstrahl erzeugt wird. Dabei kann ebenfalls der erreichbare Farbwiedergabeindex für Anwendungen mit hohen Anforderungen zu gering sein. Außerdem kann der verwendete Polarisationsstrahlteiler kostenintensiv sein.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, wenigstens einen der voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu überwinden. Insbesondere ist es Aufgabe der Erfindung eine einfache Lichtquelle zum Erzeugen einer multispektralen Ausgangsstrahlung mit einem einer hohen Leistungsdichte zur Verfügung zu stellen.

Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch eine multispektrale Lichtquelle mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 11. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen multispektralen Lichtquelle beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

Ein erster Aspekt der Erfindung ist eine multispektrale Lichtquelle zum Erzeugen einer Ausgangsstrahlung. Die Ausgangsstrahlung ist dabei eine sichtbare Lichtstrahlbündelstrahlung. Diese kann mehrere, vorzugsweise wenigstens drei, spektrale Anteile umfassen. Die spektralen Anteile können jeweils verschiedene Peakwellenlängen und/oder Schwerpunktwellenlängen aufweisen. Die einzelnen spektralen Anteile können mittels Farbkanälen, das heißt mittels der Anteile unterschiedlicher Wellenlängen, erzeugt werden. Als ein Farbkanal kann man den Teil der multispektralen Lichtquelle bezeichnen, mit dem jeweils ein spektraler Anteil der Ausgangsstrahlung erzeugt wird.

Hierfür umfasst die multispektrale Lichtquelle:

- eine erste Lichtquelle, wobei aus der ersten Lichtquelle ein erstes Lichtstrahlbündel mit einer ersten Wellenlänge emittierbar ist,
- eine zweite Lichtquelle, wobei aus der zweiten Lichtquelle ein zweites Lichtstrahlbündel mit einer zweiten Wellenlänge emittierbar ist, und
- eine dritte Lichtquelle, wobei aus der dritten Lichtquelle ein drittes Lichtstrahlbündel emittierbar ist, welches einen Wellenlängenbereich λ_{3min} bis λ_{3max} aufweist. Das dritte Lichtstrahlbündel weist eine Peakwellenlänge λ_3 auf.

Die Wellenlängen können jeweils als Peakwellenlänge bestimmt werden. Dabei können das erste und zweite Lichtstrahlbündel schmalbandig sein, beispielsweise mit einer spektralen Breite, welche als Halbwertsbreite (FWHM) bestimmt werden kann, von weniger als 100nm, bevorzugt weniger als 50nm. Eine schmalbandige Lichtquelle kann man auch als monochrom bezeichnen.

Das dritte Lichtstrahlbündel kann breitbandig sein, beispielsweise mit einer spektralen Breite (Halbwertsbreite FWHM) von mehr als 100nm, bevorzugt mehr als 200nm. Dabei kann es sich um Weißlicht handeln, beispielsweise warmweiß, neutralweiß oder kaltweiß.

Als Lichtstrahlbündel, das man auch als Lichtstrahlenbündel, bezeichnen kann, kann man eine Lichtstrahlung verstehen. Diese kann in einem Strahlengang abschnittsweise divergent oder konvergent oder als Parallelstrahlung (kollimiert) verlaufen. Ein Lichtstrahlbündel kann einen Zentralstrahl aufweisen, der die Hauptrichtung des Lichtstrahlbündels repräsentieren kann.

Dabei sind die erste Lichtquelle (erster Farbkanal), die zweite Lichtquelle (zweiter Farbkanal) und die dritte Lichtquelle (dritter Farbkanal) beabstandet zueinander angeordnet. Es kann sich also um einzelne Lichtquellen handeln. Dabei können ein erster Strahlengang des ersten Lichtstrahlbündels und ein zweiter Strahlengang des zweiten Lichtstrahlbündels und ein dritter Strahlengang des dritten Lichtstrahlbündels sich in ihrem Verlauf zumindest abschnittsweise voneinander unterscheiden.

Zusätzlich umfasst die multispektrale Lichtquelle zumindest einen ersten dichroitischen Spiegel zum Vereinigen des ersten und zweiten Lichtstrahlbündels zu einem vierten Lichtstrahlbündel. Das vierte Lichtstrahlbündel kann sich in eine Richtung z , als Richtung des Zentralstrahls des vierten Lichtstrahlbündels ausbreiten. Dazu ist der erste dichroitische Spiegel zum Reflektieren des zweiten Lichtstrahlbündels und Transmittieren des ersten Lichtstrahlbündels ausgebildet. Das zweite Lichtstrahlbündel kann in einer zur Richtung z senkrechten Richtung y auf den ersten dichroitischen Spiegel einfallen. Der erste dichroitische Spiegel kann also im ersten Strahlengang und zweiten Strahlengang derart angeordnet sein, dass das zweite Lichtstrahlbündel von dem ersten dichroitischen Spiegel reflektierbar ist und das erste Lichtstrahlbündel von dem ersten dichroitischen Spiegel transmittierbar ist. Das vierte Lichtstrahlbündel kann somit aus dem transmittierten ersten Lichtstrahlbündel und dem reflektierten zweiten Lichtstrahlbündel durch räumliches Überlagern derselben gebildet werden. Wegen der dichroitischen Ausbildung des Spiegels können das erste und zweite Lichtstrahlbündel nahezu verlustfrei überlagert werden. Das kann bedeuten, dass das vierte Lichtstrahlbündel jeweils mehr als 90%, vorteilhaft mehr als 95% des ersten und zweiten Lichtstrahlbündels enthält.

Der erste dichroitische Spiegel kann als ein Würfel mit einer innenliegenden ebenen Spiegelschicht ausgebildet sein. In diesem Fall kann die Spiegelschicht von zwei parallelen Flächendiagonalen und zwei Kanten des Würfels begrenzt sein. Der erste dichroitische Spiegel kann aber auch als ein plattenförmiger Spiegel ausgebildet sein, welcher eine Spiegelschicht aufweist. Der plattenförmige Spiegel kann in einem Winkel der Plattennormale von 45° zum ersten Lichtstrahlbündel und in einem Winkel von 135° zum zweiten Lichtstrahlbündel angeordnet sein. Das erste und zweite Lichtstrahlbündel können hinsichtlich ihrer Zentralstrahlen senkrecht zueinander angeordnet sein. Die Spiegelnormale kann in der von den Zentralstrahlen des ersten und zweiten Lichtstrahlbündels aufgespannten Ebene liegen und die Plattenebene bzw. die Spiegelschichtebene kann eine Winkelhalbierende dieser beiden Zentralstrahlen bilden.

Die Spiegelschicht des ersten dichroitischen Spiegels kann beispielsweise als eine dichroitische dielektrische Beschichtung ausgebildet sein.

Ferner ist ein dem ersten dichroitischen Spiegel nachgeordneten Strahlteiler vorgesehen. Der Strahlteiler kann als ein Strahlteilerwürfel mit einer innenliegenden ebenen Spiegelschicht ausgebildet sein. In diesem Fall kann die Spiegelschicht von zwei parallelen Flächendiagonalen und zwei Kanten des Würfels begrenzt sein. Der Strahlteiler kann aber auch als ein plattenförmiger Spiegel ausgebildet sein, welcher eine Spiegelschicht aufweist. Der plattenförmige Spiegel kann in einem Winkel der Plattennormale von 45° zum vierten Lichtstrahlbündel und in einem Winkel von 135° zum dritten Lichtstrahlbündel angeordnet sein. Das dritte und vierte Lichtstrahlbündel können hinsichtlich ihrer Zentralstrahlen senkrecht zueinander angeordnet sein. Die Spiegelnormale kann in der von den Zentralstrahlen des dritten und vierten Lichtstrahlbündels aufgespannten Ebene liegen und die Plattenebene kann eine Winkelhalbierende dieser beiden Zentralstrahlen bilden. Die Spiegelschicht des Strahlteilers kann beispielsweise als eine dielektrische Beschichtung ausgebildet sein. Alternativ kann die Spiegelschicht des Strahlteilers als eine dünne Metallschicht ausgebildet sein, die beispielsweise halbdurchlässig für das auftreffende Licht ist. Der Strahlteiler kann nichtpolarisierend ausgeführt sein, d.h. mit einem polarisationsunabhängigen Teilverhältnis.

Der Strahlteiler ist zum Teilen des aus dem ersten Lichtstrahlbündel und dem zweiten Lichtstrahlbündel gebildeten vierten Lichtstrahlbündels in einen ersten Leistungsanteil und einen zweiten Leistungsanteil sowie zum Teilen des dritten Lichtstrahlbündels in einen dritten Leistungsanteil und einen vierten Leistungsanteil ausgebildet.

Durch den Strahlteiler ist außerdem der erste Leistungsanteil mit dem vierten Leistungsanteil zur Bildung der Ausgangsstrahlung überlagerbar. Die Ausgangsstrahlung kann also als eine räumliche Überlagerung des ersten und vierten Leistungsanteils aufgefasst werden. Der zweite Leistungsanteil ist zusammen mit dem dritten Leistungsanteil als eine Reststrahlung oder eine weitere Ausgangsstrahlung ausgebbar. Die Reststrahlung kann beispielsweise mittels eines Absorbers oder einer anderen Strahlfalle verworfen werden, falls diese nicht benötigt wird. Der zweite und dritte Leistungsanteil können zusammengekommen die gleiche Strahlungsleistung aufweisen, wie der erste und vierte Leistungsanteil zusammengekommen.

Unter einer räumlichen Überlagerung kann man verstehen, dass sich die überlagerten Strahlenbündel an der gleichen Stelle (Ort) befinden und die gleiche Ausbreitungsrichtung haben.

Das vierte Lichtstrahlbündel kann in der Richtung z auf den Strahlteiler einfallen. Das dritte Lichtstrahlbündel kann in der Richtung y auf den Strahlteiler einfallen. Der erste Leistungsanteil und der vierte Leistungsanteil können den Strahlteiler in der Richtung z verlassen. Der zweite Leistungsanteil und der dritte Leistungsanteil können den Strahlteiler in der Richtung y verlassen. In einer weiteren Ausführung können bei den vorgenannten Einfallsrichtungen der erste Leistungsanteil und der vierte Leistungsanteil

den Strahlteiler in der Richtung y verlassen und der zweite Leistungsanteil und der dritte Leistungsanteil den Strahlteiler in der Richtung z verlassen.

Mittels des Strahlteilers können die Leistungsanteile des aus dem ersten und zweiten Lichtstrahlbündel gebildeten vierten Lichtstrahlbündels und die Leistungsanteile des dritten Lichtstrahlbündels, abgesehen von einer Toleranz des Strahlteilers, wellenlängenunabhängig teilbar bzw. reflektierbar und transmittierbar sein. Deshalb kann man den Strahlteiler im Sinne der vorliegenden Erfindung als nicht dichroitisch verstehen. Die Ausgangsstrahlung kann aus dem durch den Strahlteiler transmittierten Anteil des vierten Strahlbündels (erster Leistungsanteil) und dem vom Strahlteiler reflektierten Anteil des dritten Strahlbündels (vierter Leistungsanteil) gebildet werden. Die Ausgangsstrahlung kann ebenso aus dem durch den Strahlteiler transmittierten Anteil des dritten Strahlbündels (vierter Leistungsanteil) und dem vom Strahlteiler reflektierten Anteil des vierten Strahlbündels (erster Leistungsanteil) gebildet werden. Dies ist abhängig von der Positionierung des Strahlteilers in den Strahlengängen der multispektralen Lichtquelle.

Dadurch, dass der Strahlteiler in Wesentlichen wellenlängenunabhängig die Leistungsanteile des ersten, zweiten und dritten Lichtstrahlbündels teilt, kann eine Ausgangsstrahlung mit einer homogenen Leistung über den Spektralbereich des Lichtstrahlbündels frei von spektralen Leistungsspitzen und damit einhergehend einer besonders guten Farbwiedergabe erzeugt werden. Es kann sich um ein kontinuierliches Leistungsspektrum handeln bezüglich der Wellenlänge. Dadurch kann der Weißabgleich der Lichtquelle optimiert werden, sodass die homogene Ausgangsstrahlung erzeugt werden kann.

Der Strahlteiler ist somit ausgebildet, einen Nutzstrahl, also die Ausgangsstrahlung, und einen Reststrahl zu erzeugen. Der Reststrahl kann verworfen werden, wenn nur eine Ausgangsstrahlung erforderlich ist. In einer weiteren Ausführung kann der Reststrahl genutzt werden und somit eine zweite Ausgangsstrahlung darstellen. Die Reststrahlung kann im bei dieser Erfindung aufgrund der Wellenlängenunabhängigkeit des Teilverhältnisses des Strahlteilers zwangsläufig entstehen. Der Vorteil einer perfekten Farbwiedergabe der multispektralen Lichtquelle kann mit dem Nachteil verbunden sein, dass ein Teil der erzeugten Lichtmenge als Reststrahlung verworfen werden muss. Die Ausgangsstrahlung kann idealerweise Lichtausbeute von 50% der von den Lichtquellen erzeugten ersten, zweiten und dritten Lichtstrahlbündel enthalten. Aufgrund der erfindungsgemäßen Anordnung und infolge von technisch bedingten Verlusten kann die Lichtausbeute der Ausgangsstrahlung bei 30% bis 50% des ersten, zweiten und dritten Lichtstrahlbündels zusammengekommen liegen.

Mittels der multispektralen Lichtquelle lässt sich nun Weißlichtstrahlung mit einem hohen Farbwiedergabeindex erzeugen. Dabei kann ein Farbwiedergabeindex von $R_f > 92$ erzeugt werden. Der Farbwiedergabeindex kann nach der Norm IES TM 30 -18 bestimmt werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der erste Strahlengang des ersten Lichtstrahlbündels und der zweite Strahlengang des zweiten Lichtstrahlbündels zwischen dem ersten dichroitischen Spiegel und dem

Strahlteiler einen gemeinsamen verlaufenden ersten Strahlabschnitt aufweisen, wobei der erste Strahlabschnitt eine erste Richtung, beispielsweise z Richtung, aufweist. Das vierte Lichtstrahlbündel kann als dieser erste Strahlabschnitt aufgefasst werden. Das heißt, der erste Strahlengang des ersten Lichtstrahlbündels und der zweite Strahlengang des zweiten Lichtstrahlbündels können örtlich überlagert angeordnet sein. Ferner kann das dritte Lichtstrahlbündel dem Strahlteiler auf dem dritten Strahlengang in einer zweiten Richtung, beispielsweise y Richtung zuleitbar sein, wobei sich die zweite Richtung, insbesondere um 90° , von der ersten Richtung, unterscheidet.

Im Rahmen der Erfindung kann es von Vorteil sein, dass ein zweiter Spiegel vorgesehen ist, wobei der zweite Spiegel zum Reflektieren des ersten Lichtstrahlbündels ausgebildet ist, und wobei der zweite Spiegel im ersten Strahlengang derart angeordnet ist, dass das erste Lichtstrahlbündel von dem zweiten Spiegel reflektierbar ist, bevor es auf den ersten dichroitischen Spiegel trifft. Vorteilhaft kann das Reflektieren um einen rechten Winkel erfolgen.

Mittels des zweiten Spiegels ist es möglich die Anordnung der ersten Lichtquelle zur Erzeugung des ersten Lichtstrahlbündels frei zu wählen, da nun eine Umlenkung des ersten Lichtstrahlbündels durch Reflektion möglich ist. Dies erhöht die Flexibilität der Anordnung der einzelnen Lichtquellen, sodass auch der Bauraum der multispektralen Lichtquelle flexibler gestaltet werden kann, ohne auf die Erzeugung der homogenen Ausgangsstrahlung mit der hohen Leistungsdichte verzichten zu müssen.

Im Rahmen der Erfindung ist es denkbar, dass die erste Lichtquelle zum Bereitstellen des ersten Lichtstrahlbündels einen ersten Leuchtkörper und ein erstes Konverterelement aufweist, wobei aus dem ersten Leuchtkörper ein erstes Primärlicht emittierbar ist, und wobei aus dem ersten Konverterelement durch Bestrahlung mit dem ersten Primärlicht das erste Lichtstrahlbündel emittierbar ist, wobei der zweite dichroitische Spiegel in dem ersten Strahlengang zwischen dem ersten Leuchtkörper und dem ersten Konverterelement derart angeordnet ist, wobei das erste Primärlicht durch den zweiten Spiegel transmittierbar und das erste Lichtstrahlbündel von dem zweiten Spiegel reflektierbar ist. Dazu kann der zweite Spiegel dichroitisch ausgebildet sein, d.h. beispielsweise transmittierend für die Wellenlänge des Primärlichts und reflektierend für das erste Lichtstrahlbündel.

Das erste Konverterelement kann fluoreszenzfähig und/oder phosphoreszenzfähig sein. Bei dem ersten Konverterelement kann es sich um einen Wellenlängenkonverter, welche auch als Phosphore bezeichnet werden können, handeln. Zumeist sind Phosphore derart ausgebildet, dass die Primärwellenlänge des erstes Primärlichts kleiner ist als die jeweilige Sekundärwellenlänge des ersten Lichtstrahlbündels. Es kann sich aber auch um up-conversion Elemente handeln, welche beispielsweise durch Mehrphotonenprozesse eine Konversion einer größeren Primärwellenlänge zu kleineren Wellenlängen bewirken können. Das von dem Konverterelement emittierte erste Lichtstrahlbündel kann eine kurze Kohärenzlänge von weniger als 1mm und eine spektrale Bandbreite (FWHM) von mehr als 30nm haben.

Es kann im Rahmen der Erfindung vorgesehen sein, dass die zweite Lichtquelle zum Bereitstellen des zweiten Lichtstrahlbündels einen zweiten Leuchtkörper und ein zweites Konverterelement aufweist, wobei aus dem zweiten Leuchtkörper ein zweites Primärlicht emittierbar ist, und wobei aus dem zweiten Konverterelement durch Bestrahlung mit dem zweiten Primärlicht das zweite Lichtstrahlbündel emittierbar ist, wobei der erste dichroitische Spiegel in dem zweiten Strahlengang zwischen dem zweiten Leuchtkörper und dem zweiten Konverterelement derart angeordnet ist, dass das zweite Primärlicht transmittierbar und das zweite Lichtstrahlbündel reflektierbar ist.

Auch das zweite Konverterelement kann fluoreszenzfähig und/oder phosphoreszenzfähig sein. Bei dem zweiten Konverterelement kann es sich um einen Wellenlängenkonverter, welche auch als Phosphore bezeichnet werden können, handeln. Zumeist sind Phosphore derart ausgebildet, dass die Primärwellenlänge des zweiten Primärlichts kleiner ist als die jeweilige Sekundärwellenlänge des zweiten Lichtstrahlbündels. Es kann sich aber auch um up-conversion Elemente handeln, welche beispielsweise durch Mehrphotonenprozesse eine Konversion einer größeren Primärwellenlänge zu kleineren Wellenlängen bewirken können. Das von den photolumineszenzfähigen Körpern jeweils emittierte zweite Lichtstrahlbündel kann eine kurze Kohärenzlänge von weniger als 1mm und eine spektrale Bandbreite (FWHM) von mehr als 30nm haben.

Es ist ferner denkbar, dass die dritte Lichtquelle zum Bereitstellen des dritten Lichtstrahlbündels einen dritten Leuchtkörper, ein drittes Konverterelement und einen dritten dichroitischen Spiegel aufweist, wobei aus dem dritten Leuchtkörper ein drittes Primärlicht emittierbar ist, und wobei aus dem dritten Konverterelement durch Bestrahlung mit dem dritten Primärlicht das dritte Lichtstrahlbündel emittierbar ist, wobei der dritte dichroitische Spiegel zwischen dem Strahlteiler und dem dritten Konverterelement derart angeordnet ist, dass das dritte Primärlicht reflektierbar ist und das dritte Lichtstrahlbündel transmittierbar ist.

Auch das dritte Konverterelement kann fluoreszenzfähig und/oder phosphoreszenzfähig sein. Bei dem dritten Konverterelement kann es sich um einen Wellenlängenkonverter, welche auch als Phosphore bezeichnet werden können, handeln. Zumeist sind Phosphore derart ausgebildet, dass die Primärwellenlänge des dritten Primärlichts kleiner ist als die jeweilige Sekundärwellenlänge des dritten Lichtstrahlbündels. Es kann sich aber auch um up-conversion Elemente handeln, welche beispielsweise durch Mehrphotonenprozesse eine Konversion einer größeren Primärwellenlänge zu kleineren Wellenlängen bewirken können. Das von den photolumineszenzfähigen Körpern jeweils emittierte dritte Lichtstrahlbündel kann eine kurze Kohärenzlänge von weniger als 1mm und eine spektrale Bandbreite (FWHM) von mehr als 30nm haben.

Insbesondere wenn ein erstes, zweites und/oder drittes Konverterelement vorgesehen ist, kann es vorteilhaft sein, die zugehörige erste, zweite und/oder dritte Primärlichtquelle zum Erzeugen des jeweiligen Primärlichts als eine Laserdiode auszuführen.

Auch ist es denkbar, dass zwischen der dritten Lichtquelle, insbesondere einer breitbandigen dritten Lichtquelle, und dem Strahlteiler ein Wellenlängenfilter vorgesehen ist, wobei der Wellenlängenfilter ausgelegt ist eine vorbestimmte Wellenlänge aus dem dritten Lichtstrahlbündel zu filtern.

Diese Wellenlängenfilter können zum Einsatz kommen, wenn der Wellenlängenbereich $\lambda_{3\min}$ bis $\lambda_{3\max}$ der dritten Lichtquelle einen sehr großen Bereich umfasst, der Wellenlängenfilter kann dann spektrale Anteile, welche zur Erzeugung der Ausgangsstrahlung nicht benötigt werden oder bereits von dem ersten Lichtstrahlbündel oder dem zweiten Lichtstrahlbündel abgedeckt werden, herausfiltern.

Insbesondere kann die dritte Lichtquelle einen überhöhten Peak im blauen Wellenbereich aufweisen, der dann mittels des Filters beseitigt werden kann. Bei dem Wellenlängenfilter kann es sich dabei in vorteilhafterweise um einen Blaufilter handeln. Das kann ein Sperrfilter für blaues Licht sein.

Der Filter kann mittels dielektrischer Interferenzschichten und oder als optischer Farbfilter aus gefärbtem Glas ausgebildet sein.

Im Rahmen der Erfindung ist es optional möglich, dass der erste dichroitische Spiegel und/oder der zweite dichroitische Spiegel als Kurzpass-Spiegel und/oder der dritte dichroitische Spiegel als Langpass-Spiegel ausgebildet ist.

Dabei bezeichnet der Kurzpass-Spiegel einen Spiegel, der als Kurzpassfilter ausgebildet ist, und der Langpass-Spiegel einen Spiegel, der als Langpassfilter ausgebildet ist. Kennzeichnend für diese Filteroption des Kurzpass-Spiegels oder des Langpass-Spiegels ist der kurze Übergang zwischen dem Pass- und dem Sperrbereich. Bei einem Kurzpass-Spiegel werden Wellenlängen transmittiert, die kürzer sind als die Wellenlänge, die Absorptions- und Transmissionsbereich voneinander trennt, wobei längere Wellenlängen reflektiert werden. Langpass-Spiegel hingegen transmittieren Wellenlängen, die länger sind als die Wellenlänge, die Reflexions- und Transmissionsbereich voneinander trennt, und reflektiert die kürzeren Wellenlängen.

Demnach lassen sich die Wellenlängen des ersten Lichtstrahlbündels, des zweiten Lichtstrahlbündels und des dritten Lichtstrahlbündels, welche zur Ausgangsstrahlung überlagert werden, einfach festlegen und mittels der jeweiligen dichroitischen Spiegel so reflektieren bzw. transmittieren, dass die Überlagerung ohne wesentliche Verluste durchführbar ist.

Ferner kann es im Rahmen der Erfindung vorgesehen sein, dass der Strahlteiler ausgelegt ist, das erste Lichtstrahlbündel, das zweite Lichtstrahlbündel mit dem ersten Leistungsanteil des dritten Lichtstrahlbündels zur Bildung der Ausgangsstrahlung in einem Verhältnis von 80:20 bis 20:80, vorzugsweise von 70:30 bis 30:70, weiter vorzugsweise von 60:40 bis 40:60, zu überlagern. Das kann derart bewirkt werden, dass das vierte Lichtstrahlbündel, welches aus den überlagerten ersten und zweiten Lichtstrahlbündeln gebildet ist, auf einem ersten Eingang des Strahlteilers eintreffen und der erste Leistungsanteil dieses vierten

Lichtstrahlbündels mit dem vierten Leistungsanteil des auf einem zweiten Strahlteilereingang eintreffenden dritten Lichtstrahlbündel in einen Nutzstrahl- Strahlteilerausgang ausgegeben werden.

Dabei kann der Strahlteiler dazu ausgebildet sein, das in der ersten Richtung eintreffende, aus dem ersten und zweiten Lichtstrahlbündel gebildete, vierte Lichtstrahlbündel so aufzuteilen, dass jeweils zwischen 20% bis 80% des auf dem ersten und zweiten Strahlengang eintreffenden ersten und zweiten Lichtstrahlbündels in der ersten Richtung zur Ausgangsstrahlung überlagert werden. Des Weiteren kann zwischen 80% und 20% des in der zweiten Richtung auf dem dritten Strahlengang am Strahlteiler eintreffenden dritten Lichtstrahlbündels in die erste Richtung zur Überlagerung mit dem ersten und zweiten Strahlengang umgelenkt werden.

Dabei kann es aufgrund der Streuung und Absorption an den Bauelementen zu Verlusten des ersten, zweiten und dritten Lichtstrahlbündels von bis zu 5%, vorzugsweise bis zu 1%, kommen.

In Bezug auf die vorliegende Erfindung ist es vorstellbar, dass die zweite Wellenlänge des zweiten Lichtstrahlbündels größer ist als die dritte Wellenlänge des dritten Lichtstrahlbündels und, dass die dritte Wellenlänge des dritten Lichtstrahlbündels größer ist als die erste Wellenlänge des ersten Lichtstrahlbündels.

Diese Reihenfolge der Wellenlängen führt zu einem optimierten Verhalten der verschiedenen Lichter bzw. Wellenlängen, sodass die am Ende überlagerte Ausgangsstrahlung eine hohe Lichtdichte mit einem optimierten Weißabgleich aufweist.

Ferner ist es vorstellbar, dass die erste Lichtquelle und/oder die zweite Lichtquelle und/oder die dritte Lichtquelle oder der erste Leuchtkörper und/oder der zweite Leuchtkörper oder der dritte Leuchtkörper als eine Leuchtdiode oder als eine Laserdioden oder als ein Lichtaustrittsende einer Lichtleitfaser ausgebildet sind.

Diese erlauben eine platzsparende Bauweise und erzeugen einfach und sicher die benötigten spektralen Anteile des ersten, zweiten und dritten Lichtstrahlbündels. Ferner sind diese günstig und weisen eine hohe Lebensdauer auf.

Vorteilhaft kann die erste, zweite und/oder dritte Lichtquelle im Dauerstrichbetrieb betrieben werden. Ebenfalls vorteilhaft können eine, mehrere oder alle der Lichtquellen gepulst betrieben werden. Die Pulslänge kann beispielsweise zwischen 1ns und 1000ms betragen. Die Lichtquellen können im Gleichtakt oder sequentiell gepulst betrieben werden.

Vorteilhaft können jeweils eine Kollimationsoptik zum Kollimieren des ersten, zweiten und dritten Strahlbündels vorgesehen sein. Unter Kollimieren kann man das Umwandeln eines divergenten Strahlbündels, wie es von der jeweiligen Lichtquelle emittiert wird, in ein paralleles Strahlbündel verstehen. Diese Kollimationsoptiken können Linsengruppen oder Einzellinsen sein. Diese können derart angeordnet sein, dass die Strahlengänge (erster Strahlengang, zweiter Strahlengang und dritter Strahlengang)

am ersten dichroitischen Spiegel und am Strahlteiler jeweils als kollimierte Strahlenbündel (Parallelstrahlenbündel) ausgebildete Abschnitte aufweisen. Das kann dadurch bewerkstelligt werden, dass die jeweilige Lichtquelle im Brennpunkt der zugehörigen Linsengruppe bzw. Einzellinse angeordnet wird. Dadurch können Farbfehler der Ausgangsstrahlung durch eine eventuelle Winkeldispersion des ersten dichroitischen Spiegels und/oder des Strahlteilers minimiert werden.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Erzeugen einer multispektralen Ausgangsstrahlung, insbesondere einer Weißlichtstrahlung mit einem hohen Farbwiedergabeindex, insbesondere $R_f > 92$, mit einer multispektralen Lichtquelle, insbesondere einer multispektralen Lichtquelle gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung, mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen eines ersten Lichtstrahlbündels mit einer ersten Wellenlänge,
- Bereitstellen eines zweiten Lichtstrahlbündels mit einer zweiten Wellenlänge,
- Bereitstellen eines dritten Lichtstrahlbündels, welches einen Wellenlängenbereich λ_{3min} bis λ_{3max} mit einer Peakwellenlänge λ_3 aufweist,
- Vereinigen des ersten Lichtstrahlbündels mit dem zweiten Lichtstrahlbündel mittels eines dichroitischen Spiegels zu einem vierten Lichtstrahlbündel,
- Zuleiten des vierten Lichtstrahlbündels zu einem Strahlteiler in einer ersten Richtung,
- Zuleiten des dritten Lichtstrahlbündels zu dem Strahlteiler in einer zweiten Richtung,
- Teilen des vierten Lichtstrahlbündels mittels des Strahlteilers in einen ersten Leistungsanteil und einen zweiten Leistungsanteil,
- Teilen des dritten Lichtstrahlbündels mittels des Strahlteilers in einen dritten Leistungsanteil und einen vierten Leistungsanteil,
- Vereinigen des ersten Leistungsanteils mit dem vierten Leistungsanteil mittels des Strahlteilers zu einem fünften Lichtstrahlbündel,
- Ausgeben des fünften Lichtstrahlbündels als Ausgangsstrahlung
- Ausgeben des zweiten Leistungsanteils und dritten Leistungsanteils als eine Reststrahlung oder eine weitere Ausgangsstrahlung,

wobei der Strahlteiler als ein teildurchlässiger Spiegel ausgebildet ist und ein bis auf eine Toleranz wellenlängenunabhängiges Teilverhältnis zwischen 30:70 und 70:30, insbesondere ein Teilverhältnis von 50:50, aufweist. Das Teilverhältnis kann als das Verhältnis zwischen transmittiertem und reflektiertem Licht definiert werden. Das Teilverhältnis kann für beide Strahlteilereingänge gleich sein. Das Teilverhältnis kann bezüglich der Leistung der jeweiligen Lichtstrahlbündel bestimmt werden.

Das Zuleiten des vierten Lichtstrahlbündels zum ersten Eingang eines Strahlteilers kann in einer ersten Richtung erfolgen. Das Zuleiten des dritten Lichtstrahlbündels zum zweiten Eingang des Strahlteilers kann in einer zweiten Richtung erfolgen, die senkrecht zur ersten Richtung angeordnet sein kann.

Das Vereinigen des ersten Leistungsanteils mit dem vierten Leistungsanteil kann man auch als Überlagern dieser beiden Leistungsanteile bezeichnen. Diese überlagerten Leistungsanteile können das fünfte

Lichtstrahlbündel bilden und im fünften Lichtstrahlbündel den gleichen Ort und die gleiche Richtung aufweisen.

Zum Ausgeben des fünften Lichtstrahlbündels als Ausgangsstrahlung kann ein Nutzstrahlausgang vorgesehen sein. Die Ausgangsstrahlung kann als paralleles Strahlenbündel (kollimiertes Strahlenbündel) ausgegeben werden. Ebenso ist es möglich, die Ausgangsstrahlung mittels einer sechsten Einzellinse oder Linsengruppe zu fokussieren, um beispielsweise die Ausgangsstrahlung in einen Wellenleiter, insbesondere eine Lichtleitfaser, auszugeben.

Das Ausgeben des zweiten Leistungsanteils und dritten Leistungsanteils kann in einen Reststrahlausgang des Strahlteilers erfolgen, Dieser kann als eine Strahlfalle oder ein Absorber ausgebildet sein, der die Reststrahlung in Wärme umsetzt. Der Reststrahlausgang kann auch als ein Sensor ausgebildet sein. Der Sensor kann zum Messen der Lichtleistung, der Farbtemperatur und/oder weiterer Kenngrößen verwendet werden. Der Reststrahlausgang kann auch als ein Photovoltaikgenerator ausgeführt sein, um aus der zu verwerfenden Reststrahlung elektrische Energie zurückzugewinnen.

Die Reststrahlung kann eine Überlagerung des zweiten und dritten Leistungsanteils darstellen. Das kann bedeuten, dass diese beiden Leistungsanteile vereinigt vorliegen.

Statt die Reststrahlung zu verwerfen kann es vorteilhaft sein, die Reststrahlung als eine weitere Ausgangsstrahlung einer Nutzung zuzuführen.

Das Teilverhältnis kann eine Toleranz aufweisen. Die Toleranz kann als Prozentwert, bezogen auf die Summe aus transmittiertem und reflektiertem Licht, angegeben werden. Die Toleranz kann sich darin äußern, dass eine innerhalb des Toleranzbereichs liegende Wellenlängenabhängigkeit und/oder eine wellenlängenunabhängige Abweichung vom Sollwert vorliegt. Die Toleranz des Teilverhältnisses kann beispielsweise $\pm 10\%$ betragen. Im oben angegebenen Fall kann beispielsweise ein vorgesehenes Teilverhältnis von 30:70 toleranzbedingt zwischen 20:80 und 40:60 liegen.

Vorteilhaft kann die Ausgangsstrahlung mittels einer Fokussieroptik, beispielsweise einer Einzellinse oder Linsengruppe, beispielsweise einem Achromat oder Apochromat auf einen Brennpunkt fokussiert und / oder in einen Wellenleiter, beispielsweise eine Lichtleitfaser, eingekoppelt werden.

Die Ausgangsstrahlung kann multimodig ausgebildet sein. Die Ausgangsstrahlung kann vorteilhaft zur Beleuchtung von Szenen zwecks farbtreuer Betrachtungsmöglichkeit und/oder zum Aufnehmen von Bildern oder Videos verwendet werden. Insbesondere kommt eine Verwendung zum Beleuchten von kunsthandwerklichen Gegenständen, insbesondere Juwelierartikeln, sowie Werken der Malerei in Betracht. Im Rahmen der visuellen Qualitätskontrolle beispielsweise von Tapeten oder anderen Druckerzeugnissen

kann eine farbechte Beleuchtung mit der Ausgangsstrahlung von Vorteil sein. Auch kann die Ausgangsstrahlung zum Beleuchten mikroskopischer Objekte für die Mikroskopie und Mikrofotografie verwendet werden.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein. Dabei ist die Erfindung in den folgenden Figuren gezeigt:

- Figur 1 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels einer multispektralen Lichtquelle,
- Figur 2 eine schematische Darstellung der Strahlengänge des ersten Ausführungsbeispiels einer multispektralen Lichtquelle,
- Figur 3 eine schematische Darstellung einer Abwandlung des ersten Ausführungsbeispiels einer multispektralen Lichtquelle,
- Figur 4 eine schematische Darstellung einer weiteren Abwandlung des ersten Ausführungsbeispiels einer multispektralen Lichtquelle,
- Figur 5 eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels einer multispektralen Lichtquelle,
- Figur 6 eine schematische Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels einer multispektralen Lichtquelle.
- Figur 7 eine schematische Darstellung eines Verfahrens zum Erzeugen einer Ausgangsstrahlung.

In Fig. 1 bis Fig. 4 ist eine Ausführung multispektrale Lichtquelle 10 zum Erzeugen einer Ausgangsstrahlung 12 dargestellt. Zu diesem Ausführungsbeispiel sind mehrere Abwandlungen beschrieben. Dabei umfasst die multispektrale Lichtquelle 10 eine erste Lichtquelle 14, wobei aus der ersten Lichtquelle 14 ein erstes Lichtstrahlbündel 16 mit einer ersten Wellenlänge λ_1 emittierbar ist, eine zweite Lichtquelle 18, wobei aus der zweiten Lichtquelle 18 ein zweites Lichtstrahlbündel 20 mit einer zweiten Wellenlänge λ_2 emittierbar ist, und eine dritte Lichtquelle 22, wobei aus der dritten Lichtquelle 22 ein drittes Lichtstrahlbündel 24 emittierbar ist, welches einen Wellenlängenbereich $\lambda_{3\min}$ bis $\lambda_{3\max}$ aufweist.

Dabei sind die erste Lichtquelle 14, die zweite Lichtquelle 18 und die dritte Lichtquelle 22 beabstandet zueinander angeordnet, sodass ein erster Strahlengang 26 des ersten Lichtstrahlbündels 16 und ein

zweiter Strahlengang 28 des zweiten Lichtstrahlbündels 20 und ein dritter Strahlengang 30 des dritten Lichtstrahlbündels 24 sich in ihrem Verlauf zumindest abschnittsweise voneinander unterscheiden.

Zusätzlich ist zumindest ein erster dichroitischer Spiegel 32 vorgesehen, wobei der erste dichroitische Spiegel 32 zum Reflektieren des zweiten Lichtstrahlbündels 20 und Transmittieren des ersten Lichtstrahlbündels 16 ausgebildet ist, und wobei der erste dichroitische Spiegel 32 im ersten Strahlengang 26 und zweiten Strahlengang 28 derart angeordnet ist, dass das zweite Lichtstrahlbündel 20 von dem ersten dichroitischen Spiegel 32 reflektierbar ist und das erste Lichtstrahlbündel 16 von dem ersten dichroitischen Spiegel 32 transmittierbar ist. Das erste 16 und zweite 20 Lichtstrahlbündel werden mittels des dichroitischen Spiegels zu einem vierten Lichtstrahlbündel 76 vereinigt.

Zusätzlich ist ein Strahlteiler 34 vorgesehen, welcher dem ersten dichroitischen Spiegel 32 nachgeordnet ist. Der Strahlteiler 34 teilt das vierte Lichtstrahlbündel 76, welches aus dem überlagerten ersten Lichtstrahlbündel 16 und zweiten Lichtstrahlbündel 20, gebildet ist und in z Richtung auf den Strahlteiler einfällt, in einen ersten Leistungsanteil 36 und einen zweiten Leistungsanteil 37. Senkrecht zum vierten Lichtstrahlbündel 76 fällt das dritte Lichtstrahlbündel 30 in y Richtung auf den Strahlteiler 34 ein. Das dritte Lichtstrahlbündel wird am Strahlteiler in einen dritten Leistungsanteil 38 und einen vierten Leistungsanteil 39 aufgeteilt.

Dabei sind durch den Strahlteiler 34 der erste Leistungsanteil 36 mit dem vierten Leistungsanteil 39 zur Bildung der Ausgangsstrahlung 12 überlagerbar. Die vereinigten ersten 36 und vierten 39 Leistungsanteile stellen ein fünftes Lichtstrahlbündel 82 dar. Zusätzlich sind der zweite Leistungsanteil 37 und der dritte Leistungsanteil 38 zur Bildung der Reststrahlung 86 mittels des Strahlteilers 34 überlagerbar.

Zwischen der dritten Lichtquelle 22, die vorliegend eine breitbandige dritte Lichtquelle 22 ist, und dem Strahlteiler 34 ist optional ein Wellenlängenfilter 62 vorgesehen. Dieser Wellenlängenfilter 62 filtert eine vorbestimmte Wellenlänge, hier einen Blauton, aus dem dritten Lichtstrahlbündel 24. In einer nicht figürlich dargestellten Abwandlung der Ausführungsbeispiele kann auf ein solches Filter verzichtet werden.

Der Strahlteiler 34 ist ausgelegt, das erste Lichtstrahlbündel 16, das zweite Lichtstrahlbündel 20 und den zweiten Leistungsanteil 37 des dritten Lichtstrahlbündels 24 zur Bildung der Ausgangsstrahlung 12 in einem Verhältnis von idealerweise 50:50 zu überlagern 150. Das Verhältnis kann innerhalb des Spektralbereichs der Ausgangsstrahlung allerdings aufgrund der Toleranz des Strahlteilers etwas variieren, beispielsweise zwischen 40:60 und 60:40. In weiteren Abwandlungen des Ausführungsbeispiels kann ein anderes Teilverhältnis vorgesehen sein.

Die Lichtquellen der Fig. 1 bis 3 sind in einem Spezialfall des ersten Ausführungsbeispiels so vorgesehen, dass die zweite Wellenlänge λ_2 des zweiten Lichtstrahlbündels 20 größer ist als die dritte Wellenlänge

λ_3 (Peakwellenlänge) des dritten Lichtstrahlbündels 24 und, dass die dritte Wellenlänge λ_3 (Peakwellenlänge) des dritten Lichtstrahlbündels 24 größer ist als die erste Wellenlänge λ_1 des ersten Lichtstrahlbündels 16.

In Figur 1 ist das erste Ausführungsbeispiel schematisch dargestellt. Die Lichtstrahlbündel sind hier schematisch als Pfeile dargestellt. Zur besseren Übersichtlichkeit sind hier die überlagerten Lichtstrahlbündel durch parallele Pfeile dargestellt. Tatsächlich liegen die in der Figur parallel nebeneinander eingezeichneten Zentralstrahlen jeweils identisch aufeinander (siehe Fig.2).

In Figur 2 sind die Randstrahlen der Strahlenbündel dargestellt. Hier ist die Überlagerung der Strahlenbündel ersichtlich. Im ersten Ausführungsbeispiel kann der Strahlteiler 34 plattenförmig ausgeführt sein, wie in Fig.1 dargestellt oder in einer vorteilhaften Abwandlung, als Strahlteilerwürfel wie in Fig. 2 dargestellt. Bei den plattenförmigen Ausführungen des ersten dichroitischen Spiegels 32 bzw. des Strahlteilers 34, kann die funktionale Beschichtung wie dargestellt auf der Seite der Platte liegen, auf der das zweite Lichtstrahlbündel 20 bzw. das dritte Lichtstrahlbündel 30 eintrifft.

Im ersten Ausführungsbeispiel kann die Ausgangsstrahlung mittels einer sechsten Linse 74 gebündelt und in eine Lichtleitfaser 88 ausgegeben werden. Die Linse 74 kann eine Einzellinse sein oder aus mehreren Einzellinsen im Sinne einer Linsengruppe zusammengesetzt sein. Vorteilhaft ist es, einem Achromat zu verwenden. Die Reststrahlung 86 kann durch Ausgeben in eine Strahlfalle 90 geblockt werden. In einer Abwandlung kann man die Strahlfalle 90 weglassen und die Reststrahlung als eine weitere Ausgangsstrahlung 84 verwerten. Die weitere Ausgangsstrahlung kann ein sechstes Strahlenbündel 86 darstellen, welches aus der Vereinigung des dritten 37 und vierten 38 Leistungsanteil gebildet ist.

In einer in Fig. 3 dargestellten Abwandlung des ersten Ausführungsbeispiels sind die Ausgangsstrahlung 12 und die Reststrahlung 36 vertauscht angeordnet. Die optionale Fokussieroptik (sechste Linse) wäre dann entsprechend im abgewandelten Ausgangsstrahl 12 zu positionieren. In dieser Abwandlung wird die Reststrahlung 86 auf einen Detektor 92 geleitet, mit welchem Kenngrößen des Lichts, wie Leistung oder Spektrum bestimmt werden können.

In einer weiteren Abwandlung des ersten Ausführungsbeispiels ist, wie in Fig. 4 dargestellt, zusätzlich ein zweiter Spiegel 40 vorgesehen. Der zweite Spiegel 40 ist zum Reflektieren des ersten Lichtstrahlbündels 16 ausgebildet. Dadurch lassen sich die erste Lichtquelle 14, die zweite Lichtquelle 18 und die dritte Lichtquelle 22 nebeneinander anordnen.

In der multispektralen Lichtquelle 10 des zweiten Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 4 ist zusätzlich ein zweiter dichroitischer Spiegel 40 vorgesehen. Der zweite dichroitische Spiegel 40 ist zum Reflektieren des ersten Lichtstrahlbündels 16 ausgebildet. Dieser ist im ersten Strahlengang 26 derart angeordnet ist, dass das erste Lichtstrahlbündel 16 von dem zweiten dichroitischen Spiegel 40 reflektierbar ist. In dem

dritten Ausführungsbeispiel ist ferner ein dritter dichroitischer Spiegel 58 vorgesehen, auf diesen wird weiter unten eingegangen.

Der erste dichroitische Spiegel 32 der Fig. 1 bis 4 ist vorliegend als Kurzpass-Spiegel ausgebildet.

Ferner sind in den Fig. 1 und 2 die erste Lichtquelle 14, die zweite Lichtquelle 18 und die dritte Lichtquelle 22 als eine Leuchtdiode ausgebildet.

In Fig. 5 ist ein zweites Ausführungsbeispiel einer multispektralen Lichtquelle 10 schematisch dargestellt. In diesem Ausführungsbeispiel weist die erste Lichtquelle 14 zum Bereitstellen 110 des ersten Lichtstrahlbündels 16 einen ersten Leuchtkörper 42 und ein erstes Konverterelement 44 auf. Dabei ist aus dem ersten Leuchtkörper 42 ein erstes Primärlicht 46 emittierbar, und wobei aus dem ersten Konverterelement 44 durch Bestrahlung mit dem ersten Primärlicht 46 das erste Lichtstrahlbündel 16 emittierbar ist. Hierbei ist der zweite Spiegel 40 dichroitisch ausgebildet und in dem ersten Strahlengang 26 zwischen dem ersten Leuchtkörper 42 und dem ersten Konverterelement 44 angeordnet ist, wobei das erste Primärlicht 46 durch den zweiten dichroitischen Spiegel 40 transmittierbar und das erste Lichtstrahlbündel 16 von dem zweiten dichroitischen Spiegel 40 reflektierbar ist.

Zusätzlich weist die zweite Lichtquelle 18 zum Bereitstellen 110 des zweiten Lichtstrahlbündels 20 einen zweiten Leuchtkörper 48 und ein zweites Konverterelement 50 auf. Dabei ist aus dem zweiten Leuchtkörper 48 ein zweites Primärlicht 52 emittierbar, sodass aus dem zweiten Konverterelement 50 durch Bestrahlung mit dem zweiten Primärlicht 52 das zweite Lichtstrahlbündel 20 emittierbar ist. Hier ist der erste dichroitische Spiegel 32 in dem zweiten Strahlengang 28 zwischen dem zweiten Leuchtkörper 48 und dem zweiten Konverterelement 50 derart angeordnet ist, dass das zweite Primärlicht 52 transmittierbar und das zweite Lichtstrahlbündel 20 reflektierbar ist. Die dritte Lichtquelle 22 ist als eine Leuchtdiode ausgebildet. In Fig. 6 ist ein drittes Ausführungsbeispiel einer multispektralen Lichtquelle 10 schematisch dargestellt. In diesem Ausführungsbeispiel weist die dritte Lichtquelle 22 zum Bereitstellen 110 des dritten Lichtstrahlbündels 24 einen dritten Leuchtkörper 54, ein drittes Konverterelement 56 und den dritten dichroitischen Spiegel 58 auf. Der dritte dichroitische Spiegel 58 ist dabei als Langpass-Spiegel ausgebildet.

Dabei ist aus dem dritten Leuchtkörper 54 ein drittes Primärlicht 60 emittierbar, und aus dem dritten Konverterelement 56 durch Bestrahlung mit dem dritten Primärlicht 60 ist das dritte Lichtstrahlbündel 24 emittierbar. Dabei ist der dritte dichroitische Spiegel 58 zwischen dem Strahlteiler 34 und dem dritten Konverterelement 56 derart angeordnet ist, dass das dritte Primärlicht 60 reflektierbar und das dritte Lichtstrahlbündel 24 transmittierbar ist.

Die multispektrale Lichtquelle 10 weist Laserdioden als ersten Leuchtkörper 42, zweiten Leuchtkörper 48 und dritten Leuchtkörper 54 auf. Alternativ können einzelne oder alle Leuchtkörper als Leuchtdioden ausgebildet sein.

In den Fig. 1 bis 4 umfasst der erste Strahlengang 26 eine erste Kollimationsoptik 64 mit der ersten Linse 64, der zweite Strahlengang 37 eine zweite Kollimationsoptik 66 mit der zweiten Linse 66 und der dritte Strahlengang 30 eine dritte Kollimationsoptik 68 mit der dritten Linse 68. Die als Linse bezeichneten Bauteile können jeweils eine Einzellinse sein oder aus mehreren Einzellinsen zusammengesetzt sein im Sinne einer Linsengruppe. Beispielsweise können Achromate verwendet werden, die aus zwei verkitteten Linsen zusammengesetzt sein können. In Fig. 1 bis 3 ist die erste Linse 64 zwischen der ersten Lichtquelle 14 und dem ersten dichroitischen Spiegel 32 und in Fig. 4 zwischen der ersten Lichtquelle 14 und dem zweiten Spiegel 40 angeordnet. Die zweite Linse 66 ist zwischen der zweiten Lichtquelle 18 und dem ersten dichroitischen Spiegel 32 angeordnet und die dritte Linse 68 ist zwischen der dritten Lichtquelle 22 und dem Strahlteiler 34 angeordnet. Dadurch weisen die Strahlengänge (erster Strahlengang 26, zweiter Strahlengang 28 und dritter Strahlengang 30) am ersten dichroitischen Spiegel und am Strahlteiler jeweils als kollimierte Strahlenbündel (Parallelstrahlenbündel) ausgebildete Abschnitte auf. Dadurch können Farbfehler der Ausgangsstrahlung 12 durch eine eventuelle Winkeldispersion des ersten dichroitischen Spiegels 32 und/oder des Strahlteilers 34 minimiert werden.

In dem zweiten und dritten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 5 und 6 weist eine erste Abbildungsoptik 64, 70 des ersten Strahlengangs 26 eine vierte Linse 70, welche zwischen dem Leuchtmittel 14, 42 und dem zweiten dichroitischen Spiegel 40 angeordnet ist, und eine erste Linse 64, welche zwischen dem ersten Konverterelement 44 und dem zweiten dichroitischen Spiegel 40 angeordnet ist, auf. Des Weiteren weist die multispektrale Lichtquelle 10 in der zweiten Abbildungsoptik eine dritte Linse 68 und eine siebente Linse 75 auf. Dabei ist eine fünfte Linse 72 zwischen dem Leuchtmittel 18, 48 und dem ersten dichroitischen Spiegel 32 angeordnet und die zweite Linse 66 zwischen dem ersten dichroitischen Spiegel 32 und dem zweiten Konverterelement 50 angeordnet. Die dritte Abbildungsoptik 68, 75 des dritten Ausführungsbeispiels in Fig. 6 weist zudem eine siebente Linse 75 zwischen dem Leuchtmittel 22, 54 und dem dritten dichroitischen Spiegel 58 und die dritte Linse 68 zwischen dem dritten dichroitischen Spiegel 58 und dem dritten Konverterelement 56 auf.

Die erste Abbildungsoptik 64, 70 dient zum Abbilden des ersten Leuchtkörpers 42 auf das erste Konverterelement 44. Sie hat mit der ersten Kollimationsoptik die erste Linse 64 gemeinsam. Die zweite Abbildungsoptik 66, 72 dient zum Abbilden des zweiten Leuchtkörpers 48 auf das zweite Konverterelement 50. Sie hat mit der zweiten Kollimationsoptik die zweite Linse 66 gemeinsam. Die dritte Abbildungsoptik 68, 75 dient zum Abbilden des dritten Leuchtkörpers 54 auf das dritte Konverterelement 56. Sie hat mit der dritten Kollimationsoptik die dritte Linse 68 gemeinsam.

In Fig. 7 ist das Verfahren 100 zum Erzeugen einer multispektralen Ausgangsstrahlung 12, insbesondere einer Weißlichtstrahlung mit einem hohen Farbwiedergabeindex, insbesondere $R_f > 92$, mit einer multispektralen Lichtquelle 10 gemäß einer der Fig. 1 bis 3 dargestellt.

Das Verfahren 100 weist die folgenden Schritte auf:

- a. Bereitstellen 110 eines ersten Lichtstrahlbündels 16 mit einer ersten Wellenlänge λ_1 ,

- b. Bereitstellen 110 eines zweiten Lichtstrahlbündels 20 mit einer zweiten Wellenlänge λ_2 ,
- c. Bereitstellen 110 eines dritten Lichtstrahlbündels 24, welches einen Wellenlängenbereich $\lambda_{3\min}$ bis $\lambda_{3\max}$ mit einer Peakwellenlänge λ_3 aufweist,
- d. Vereinigen 120 des ersten Lichtstrahlbündels 16 mit dem zweiten Lichtstrahlbündel 20 mittels eines ersten dichroitischen Spiegels 32 zu einem vierten Lichtstrahlbündel 76,
- e. Zuleiten 130 des vierten Lichtstrahlbündels 76 zu dem Strahlteiler 34 in einer ersten Richtung 78,
- f. Zuleiten 130 des dritten Lichtstrahlbündels 24 zu dem Strahlteiler 34 in einer zweiten Richtung 80,
- g. Teilen 140 des vierten Lichtstrahlbündels 76 mittels des Strahlteilers 34 in einen ersten Leistungsanteil 36 und einen zweiten Leistungsanteil 37,
- h. Teilen 140 des dritten Lichtstrahlbündels 24 mittels des Strahlteilers 34 in einen dritten Leistungsanteil 38 und einen vierten Leistungsanteil 39,
- i. Vereinigen 150 des ersten Leistungsanteils 36 des vierten Lichtstrahlbündels 76 mit dem vierten Leistungsanteil 39 des dritten Lichtstrahlbündels 24 mittels des Strahlteilers 34 zu einem fünften Lichtstrahlbündel 82,
- j. Ausgeben 160 des fünften Lichtstrahlbündels 82 als Ausgangsstrahlung 12,
- k. Ausgeben 160 des zweiten Leistungsanteils (37) und des dritten Leistungsanteils (38) als eine Reststrahlung (86) als oder eine weitere Ausgangsstrahlung (84),

wobei der Strahlteiler 34 als ein teildurchlässiger Spiegel ausgebildet ist und ein bis auf eine Toleranz von $\pm 10\%$ wellenlängenunabhängiges Teilverhältnis (Verhältnis zwischen transmittiertem und reflektiertem Licht) zwischen 30:70 und 70:30, insbesondere ein Teilverhältnis von 50:50, aufweist.

Bezugszeichenliste / List of reference signs

10	Multispektrale Lichtquelle
12	Ausgangsstrahlung
14	erste Lichtquelle
16	erstes Lichtstrahlbündel
18	zweite Lichtquelle
20	zweites Lichtstrahlbündel
22	dritte Lichtquelle
24	drittes Lichtstrahlbündel
26	erster Strahlengang
28	zweiter Strahlengang
30	dritter Strahlengang
32	erster dichroitischer Spiegel
34	Strahlteiler
36	erster Leistungsanteil
37	zweiter Leistungsanteil
38	dritter Leistungsanteil
39	vierter Leistungsanteil
40	zweiter Spiegel
42	erste Leuchtkörper
44	erstes Konverterelement
46	erstes Primärlicht
48	zweite Leuchtkörper
50	zweites Konverterelement
52	zweites Primärlicht
54	dritter Leuchtkörper
56	drittes Konverterelement
58	dritten dichroitischen Spiegel
60	drittes Primärlicht
62	Wellenlängenfilter
64	Erste Linsengruppe, erste Einzellinse
66	Zweite Linsengruppe, zweite Einzellinse
68	Dritte Linsengruppe, dritte Einzellinse
70	Vierte Linsengruppe, vierte Einzellinse
72	Fünfte Linsengruppe, fünfte Einzellinse
74	Sechste Linsengruppe, sechste Einzellinse
75	Siebente Linsengruppe, siebente Einzellinse
76	viertes Lichtstrahlbündel
78	erste Richtung

80	zweite Richtung
82	fünftes Lichtstrahlbündel
84	weitere Ausgangsstrahlung, sechstes Lichtstrahlbündel
86	Reststrahlung
88	Wellenleiter, Lichtleitfaser
90	Strahlfalle
92	Detektor
λ_1	erste Wellenlänge
λ_2	zweite Wellenlänge
λ_3	dritte Wellenlänge
100	Verfahren
110	Bereitstellen
120	Vereinigen
130	Zuleiten
140	Teilen
150	Vereinigen
160	Ausgeben

Patentansprüche

1. Multispektrale Lichtquelle (10) zum Erzeugen einer Ausgangsstrahlung (12), umfassend:
 - eine erste Lichtquelle (14), wobei aus der ersten Lichtquelle (14) ein erstes Lichtstrahlbündel (16) mit einer ersten Wellenlänge (λ_1) emittierbar ist,
 - eine zweite Lichtquelle (18), wobei aus der zweiten Lichtquelle (18) ein zweites Lichtstrahlbündel (20) mit einer zweiten Wellenlänge (λ_2) emittierbar ist,
 - eine dritte Lichtquelle (22), wobei aus der dritten Lichtquelle (22) ein drittes Lichtstrahlbündel (24) emittierbar ist, welches einen Wellenlängenbereich $\lambda_{3\min}$ bis $\lambda_{3\max}$ mit einer Peakwellenlänge λ_3 aufweist,wobei die erste Lichtquelle (14), die zweite Lichtquelle (18) und die dritte Lichtquelle (22) beabstandet zueinander angeordnet sind,
 - zumindest einen ersten dichroitischen Spiegel (32) zum Vereinigen des ersten (16) und zweiten Lichtstrahlbündels (20) zu einem vierten Lichtstrahlbündel (76), wobei der erste dichroitische Spiegel (32) zum Reflektieren des zweiten Lichtstrahlbündels (20) und Transmittieren des ersten Lichtstrahlbündels (16) ausgebildet ist, und wobei der erste dichroitische Spiegel (32) derart angeordnet ist, dass das zweite Lichtstrahlbündel (20) von dem ersten dichroitischen Spiegel (32) reflektierbar ist und das erste Lichtstrahlbündel (16) von dem ersten dichroitischen Spiegel (32) transmittierbar ist, und
 - einen dem ersten dichroitischen Spiegel (32) nachgeordneten Strahlteiler (34), wobei der Strahlteiler (34) zum Teilen des aus dem ersten Lichtstrahlbündel (16) und dem zweiten Lichtstrahlbündel (20) gebildeten vierten Lichtstrahlbündel (76) in einen ersten Leistungsanteil (36) und einen zweiten Leistungsanteil (37) sowie zum Teilen des dritten Lichtstrahlbündels (24) in einen dritten Leistungsanteil (38) und einen vierten Leistungsanteil (39) ausgebildet ist, wobei durch den Strahlteiler (34) der erste Leistungsanteil (36) mit dem vierten Leistungsanteil (39) zur Bildung der Ausgangsstrahlung (12) überlagerbar sind, und der zweite Leistungsanteil (37) zusammen mit dem dritten Leistungsanteil (38) als eine Reststrahlung (86) oder eine weitere Ausgangsstrahlung (86) ausgebar sind.
2. Multispektrale Lichtquelle (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Spiegel (40) vorgesehen ist, wobei der zweite Spiegel (40) zum Reflektieren des ersten Lichtstrahlbündels (16) ausgebildet ist, und wobei der zweite Spiegel (40) derart angeordnet ist, dass das erste Lichtstrahlbündel (16) von dem zweiten Spiegel (40) reflektierbar ist, bevor es auf den ersten dichroitischen Spiegel (32) trifft.
3. Multispektrale Lichtquelle (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

dass die erste Lichtquelle (14) zum Bereitstellen des ersten Lichtstrahlbündels (16) einen ersten Leuchtkörper (42) und ein erstes Konverterelement (44) aufweist, wobei aus dem ersten Leuchtkörper (42) ein erstes Primärlicht (46) emittierbar ist, und wobei aus dem ersten Konverterelement (44) durch Bestrahlung mit dem ersten Primärlicht (46) das erste Lichtstrahlbündel (16) emittierbar ist, wobei der zweite Spiegel (40) dichroitisch ausgebildet und zwischen dem ersten Leuchtkörper (42) und dem ersten Konverterelement (44) derart angeordnet ist, dass das erste Primärlicht (46) durch den zweiten Spiegel (40) transmittierbar und das erste Lichtstrahlbündel (16) von dem zweiten Spiegel (40) reflektierbar ist.

4. Multispektrale Lichtquelle (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Lichtquelle (18) zum Bereitstellen des zweiten Lichtstrahlbündels (20) einen zweiten Leuchtkörper (48) und ein zweites Konverterelement (50) aufweist, wobei aus dem zweiten Leuchtkörper (48) ein zweites Primärlicht (52) emittierbar ist, und wobei aus dem zweiten Konverterelement (50) durch Bestrahlung mit dem zweiten Primärlicht (52) das zweite Lichtstrahlbündel (20) emittierbar ist, wobei der erste dichroitische Spiegel (40) zwischen dem zweiten Leuchtkörper (48) und dem zweiten Konverterelement (50) derart angeordnet ist, dass das zweite Primärlicht (52) transmittierbar und das zweite Lichtstrahlbündel (20) reflektierbar ist.
5. Multispektrale Lichtquelle (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Lichtquelle (22) zum Bereitstellen des dritten Lichtstrahlbündels (24) einen dritten Leuchtkörper (54), ein drittes Konverterelement (56) und einen dritten dichroitischen Spiegel (58) aufweist, wobei aus dem dritten Leuchtkörper (54) ein drittes Primärlicht (60) emittierbar ist, und wobei aus dem dritten Konverterelement (56) durch Bestrahlung mit dem dritten Primärlicht (60) das dritte Lichtstrahlbündel (24) emittierbar ist, wobei der dritte dichroitische Spiegel (58) zwischen dem Strahlteiler (34) und dem dritten Konverterelement (56) derart angeordnet ist, dass das dritte Primärlicht (60) reflektierbar ist und das dritte Lichtstrahlbündel (24) transmittierbar ist.
6. Multispektrale Lichtquelle (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der dritten Lichtquelle (22), insbesondere einer breitbandigen dritten Lichtquelle (22), und dem Strahlteiler (34) ein Wellenlängenfilter (62) vorgesehen ist, wobei der Wellenlängenfilter (62) ausgelegt ist eine vorbestimmte Wellenlänge aus dem dritten Lichtstrahlbündel (24) zu filtern.
7. Multispektrale Lichtquelle (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet,

dass der erste dichroitische Spiegel (32) und/oder der zweite dichroitische Spiegel (40) als Kurzpass-Spiegel und/oder der dritte dichroitische Spiegel (58) als Langpass-Spiegel ausgebildet ist.

8. Multispektrale Lichtquelle (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Strahlteiler (34) ausgelegt ist, den ersten Leistungsanteil (36) mit dem vierten Leistungsanteil (37) zur Bildung der Ausgangsstrahlung (12) in einem Verhältnis von 80:20 bis 20:80, vorzugsweise von 70:30 bis 30:70, weiter vorzugsweise von 60:40 bis 40:60, zu überlagern.
9. Multispektrale Lichtquelle (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Wellenlänge (λ_2) des zweiten Lichtstrahlbündels (20) größer ist als die Peakwellenlänge (λ_3) des dritten Lichtstrahlbündels (24) und, dass die Peakwellenlänge (λ_3) des dritten Lichtstrahlbündels (24) größer ist als die erste Wellenlänge (λ_1) des ersten Lichtstrahlbündels (16).
10. Multispektrale Lichtquelle (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Lichtquelle (14) und/oder die zweite Lichtquelle (18) und/oder die dritte Lichtquelle (22) oder der erste Leuchtkörper (42) und/oder der zweite Leuchtkörper (48) oder der dritte Leuchtkörper (54) als eine Leuchtdiode oder als eine Laserdioden oder als ein Lichtaustrittsende einer Lichtleitfaser ausgebildet sind.
11. Verfahren (100) zum Erzeugen einer multispektralen Ausgangsstrahlung (12), insbesondere einer Weißlichtstrahlung mit einem hohen Farbwiedergabeindex, insbesondere $R_f > 92$, mit einer multispektralen Lichtquelle (10), insbesondere einer multispektralen Lichtquelle (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, mit den folgenden Schritten:
 - a. Bereitstellen (110) eines ersten Lichtstrahlbündels (16) mit einer ersten Wellenlänge (λ_1),
 - b. Bereitstellen (110) eines zweiten Lichtstrahlbündels (20) mit einer zweiten Wellenlänge (λ_2),
 - c. Bereitstellen (110) eines dritten Lichtstrahlbündels (24), welches einen Wellenlängenbereich λ_{3min} bis λ_{3max} mit einer Peakwellenlänge λ_3 aufweist,
 - d. Vereinigen (120) des ersten Lichtstrahlbündels (16) mit dem zweiten Lichtstrahlbündel (20) mittels eines ersten dichroitischen Spiegels (32) zu einem vierten Lichtstrahlbündel (76),
 - e. Zuleiten (130) des vierten Lichtstrahlbündels (76) zu einem Strahlteiler (34) in einer ersten Richtung (78),

- f. Zuleiten (130) des dritten Lichtstrahlbündels (24) zu dem Strahlteiler (34) in einer zweiten Richtung (80),
- g. Teilen (140) des vierten Lichtstrahlbündels (76) mittels des Strahlteilers (34) in einen ersten Leistungsanteil (36) und einen zweiten Leistungsanteil (37),
- h. Teilen (140) des dritten Lichtstrahlbündels (24) mittels des Strahlteilers (34) in einen dritten Leistungsanteil (38) und einen vierten Leistungsanteil (39),
- i. Vereinigen (150) des ersten Leistungsanteils (36) des mit dem vierten Leistungsanteil (39) mittels des Strahlteilers (34) zu einem fünften Lichtstrahlbündel (82),
- j. Ausgeben (160) des fünften Lichtstrahlbündels (82) als die Ausgangsstrahlung (12),
- k. Ausgeben (160) des zweiten Leistungsanteils (37) und des dritten Leistungsanteils (38) als eine Reststrahlung (86) als oder eine weitere Ausgangsstrahlung (84),

wobei der Strahlteiler (34) als ein teildurchlässiger Spiegel ausgebildet ist und ein bis auf eine Toleranz wellenlängenunabhängiges Teilverhältnis zwischen 30:70 und 70:30 insbesondere ein Teilverhältnis von 50:50, aufweist.

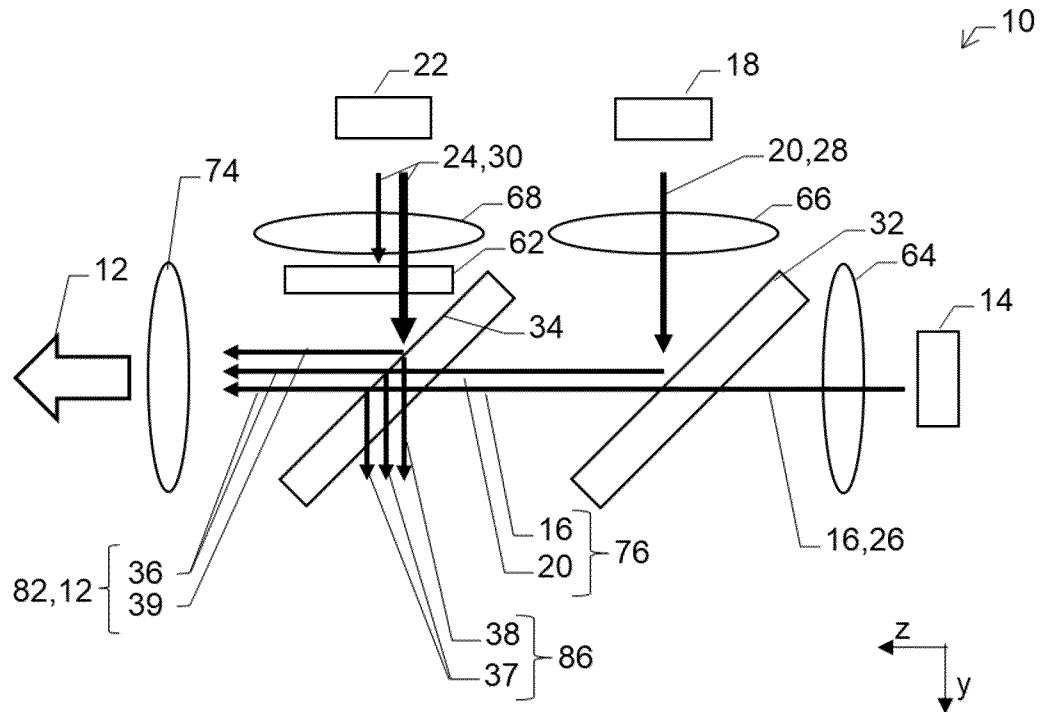


Fig. 1

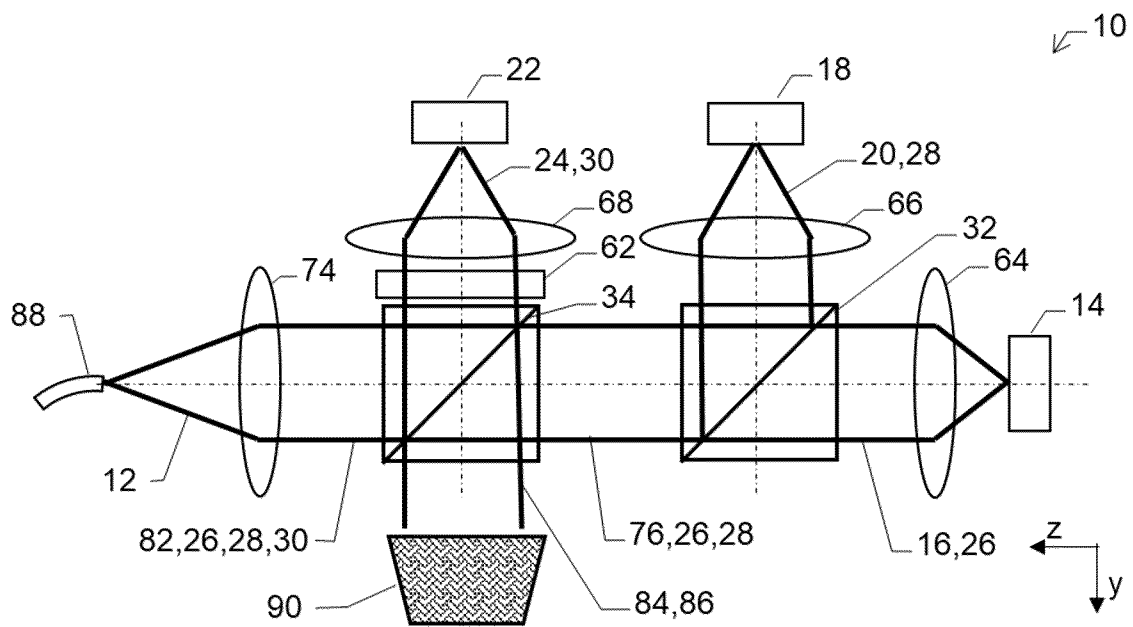


Fig. 2

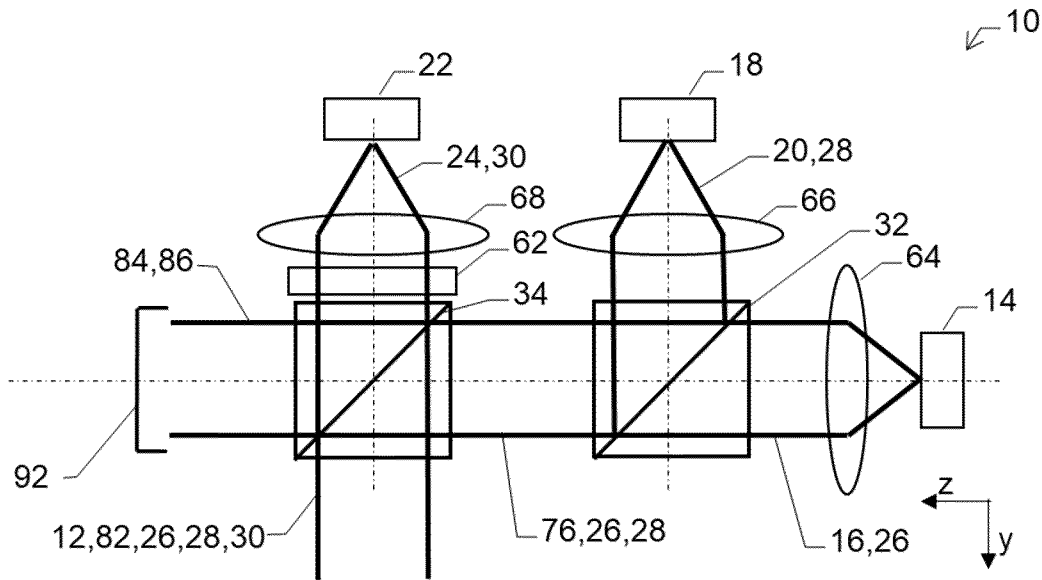


Fig.3

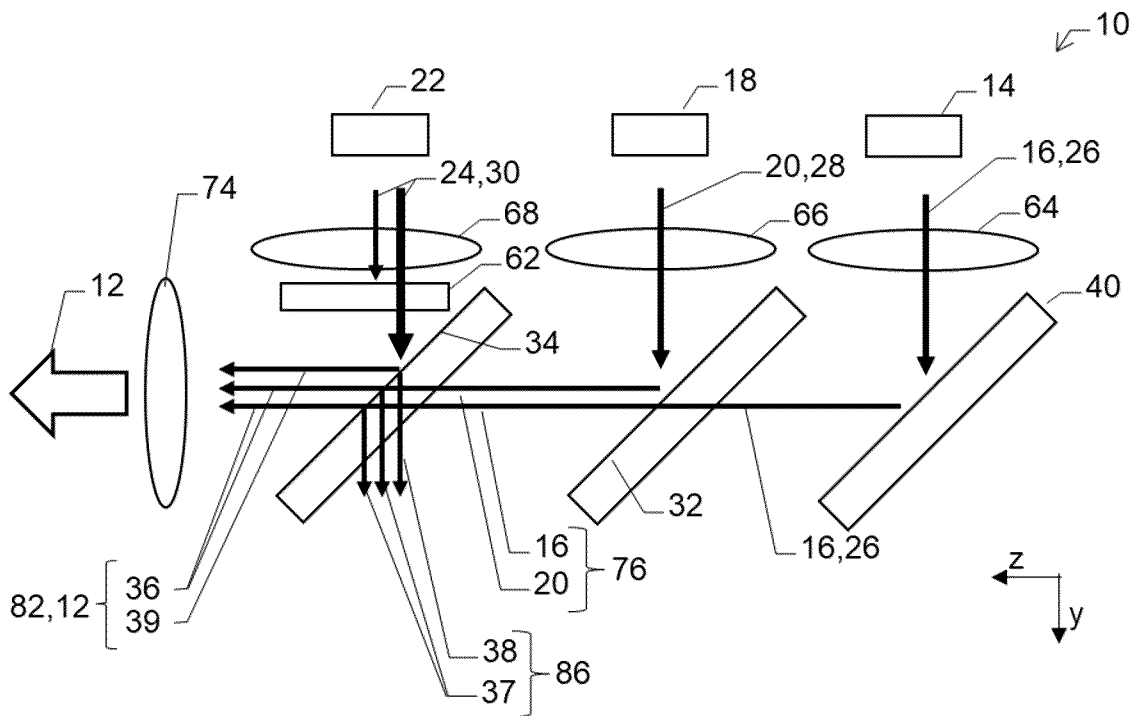


Fig.4

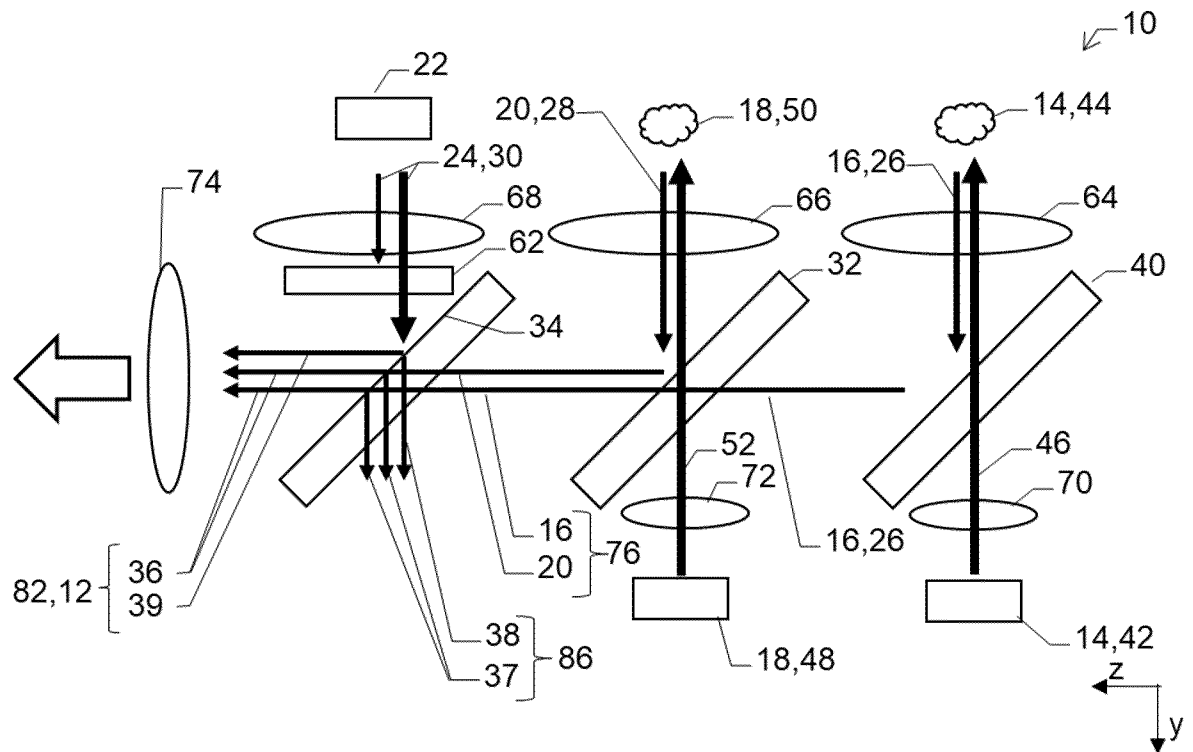


Fig. 5

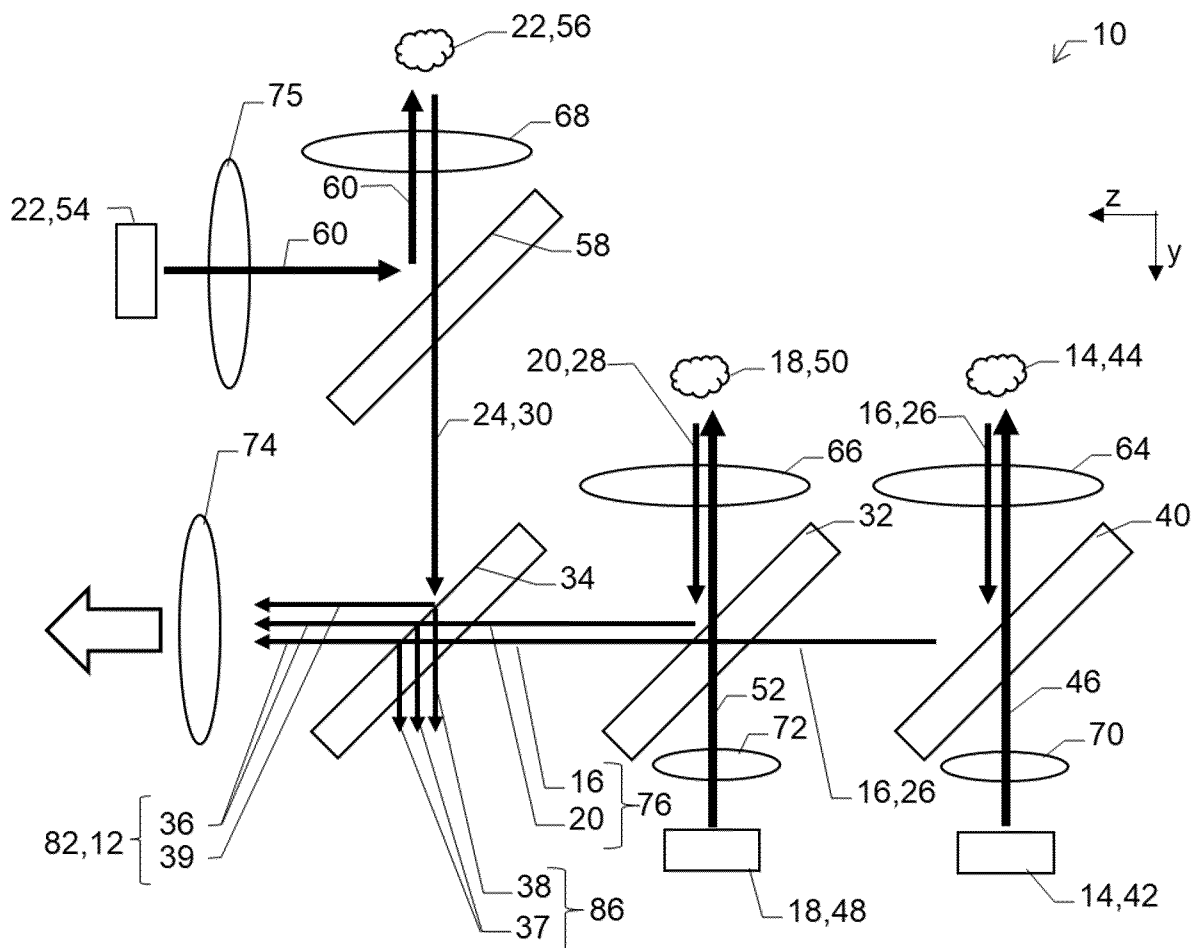


Fig. 6

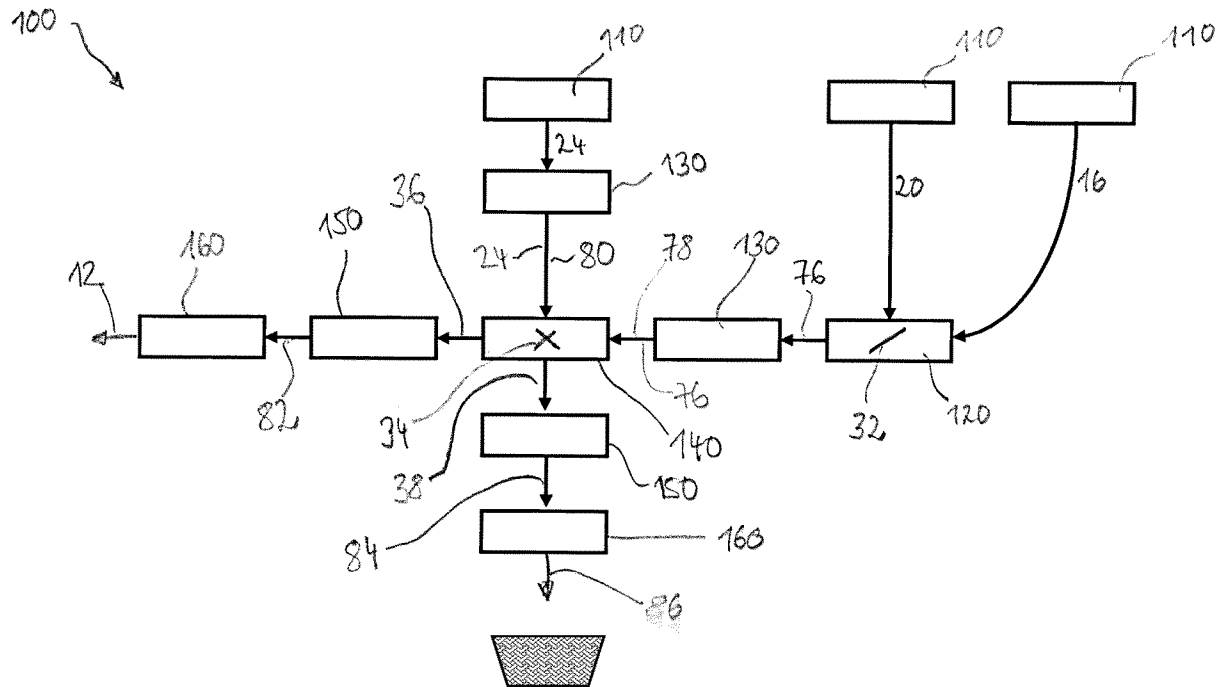


Fig.7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/067381

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F21K 9/64**(2016.01)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)

F21K

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 3719481 A2 (LIFE TECHNOLOGIES CORP [US]) 07 October 2020 (2020-10-07) paragraphs [0024], [0025], [0028], [0029]; figure 2	1-11
X	EP 1949082 B1 (ZEISS CARL MICROSCOPY GMBH [DE]) 11 March 2020 (2020-03-11) paragraphs [0065] - [0072]; claims 1,12; figure 1	1-6, 10, 11
X	CN 103974046 A (HUZHOU SINOVA TECHNOLOGY CO LTD) 06 August 2014 (2014-08-06) claims 1,7,8; figure 1	1-5, 10, 11
X	US 2019037185 A1 (TARPAN MIHAELA [BE] ET AL) 31 January 2019 (2019-01-31) paragraphs [0264] - [0267]; figures 5,6	1, 2, 11
X	US 2009231549 A1 (CHEN SUNG-NAN [TW] ET AL) 17 September 2009 (2009-09-17) paragraph [0028]; figure 3	1, 2, 11
A	DE 202020005883 U1 (JENOPTIK OPTICAL SYS GMBH [DE]) 30 January 2023 (2023-01-30) paragraphs [0019], [0020]; figure 1	1,7,9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

27 September 2024

Date of mailing of the international search report

16 October 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Krikorian, Olivier

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2024/067381

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
EP	3719481	A2	07 October 2020	BR	112017016937	A2	03 April 2018
				CN	107548453	A	05 January 2018
				CN	113049553	A	29 June 2021
				EP	3254085	A1	13 December 2017
				EP	3719481	A2	07 October 2020
				EP	4220139	A2	02 August 2023
				ES	2943159	T3	09 June 2023
				JP	6985144	B2	22 December 2021
				JP	7389095	B2	29 November 2023
				JP	2018506039	A	01 March 2018
				JP	2022031290	A	18 February 2022
				JP	2023099589	A	13 July 2023
				KR	20170125838	A	15 November 2017
				KR	20230022450	A	15 February 2023
				RU	2017131221	A	06 March 2019
				SG	10201811725S	A	27 February 2019
				SG	10202103903U	A	29 June 2021
				SG	11201706367W	A	28 September 2017
				US	2016230210	A1	11 August 2016
				US	2021214771	A1	15 July 2021
				US	2024309441	A1	19 September 2024
				WO	2016127128	A1	11 August 2016
EP	1949082	B1	11 March 2020	DE	102005054184	A1	16 May 2007
				EP	1949082	A1	30 July 2008
				US	2009121154	A1	14 May 2009
				US	2012085929	A1	12 April 2012
				US	2014070106	A1	13 March 2014
				WO	2007054301	A1	18 May 2007
CN	103974046	A	06 August 2014	NONE			
US	2019037185	A1	31 January 2019	CN	108781279	A	09 November 2018
				EP	3409011	A1	05 December 2018
				US	2019037185	A1	31 January 2019
US	2009231549	A1	17 September 2009	TW	200938940	A	16 September 2009
				US	2009231549	A1	17 September 2009
DE	202020005883	U1	30 January 2023	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F21K9/64 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F21K Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 3 719 481 A2 (LIFE TECHNOLOGIES CORP [US]) 7. Oktober 2020 (2020-10-07) Absätze [0024], [0025], [0028], [0029]; Abbildung 2 -----	1-11
X	EP 1 949 082 B1 (ZEISS CARL MICROSCOPY GMBH [DE]) 11. März 2020 (2020-03-11) Absätze [0065] - [0072]; Ansprüche 1,12; Abbildung 1 -----	1-6,10,11
X	CN 103 974 046 A (HUZHOU SINOVA TECHNOLOGY CO LTD) 6. August 2014 (2014-08-06) Ansprüche 1,7,8; Abbildung 1 -----	1-5,10,11
X	US 2019/037185 A1 (TARPAN MIHAELA [BE] ET AL) 31. Januar 2019 (2019-01-31) Absätze [0264] - [0267]; Abbildungen 5,6 ----- -/-	1,2,11
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ 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 27. September 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 16/10/2024
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 Krikorian, Olivier

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2009/231549 A1 (CHEN SUNG-NAN [TW] ET AL) 17. September 2009 (2009-09-17) Absatz [0028]; Abbildung 3 -----	1,2,11
A	DE 20 2020 005883 U1 (JENOPTIK OPTICAL SYS GMBH [DE]) 30. Januar 2023 (2023-01-30) Absätze [0019], [0020]; Abbildung 1 -----	1,7,9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/067381

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3719481	A2	07-10-2020	BR 112017016937 A2	03-04-2018
			CN 107548453 A	05-01-2018
			CN 113049553 A	29-06-2021
			EP 3254085 A1	13-12-2017
			EP 3719481 A2	07-10-2020
			EP 4220139 A2	02-08-2023
			ES 2943159 T3	09-06-2023
			JP 6985144 B2	22-12-2021
			JP 7389095 B2	29-11-2023
			JP 2018506039 A	01-03-2018
			JP 2022031290 A	18-02-2022
			JP 2023099589 A	13-07-2023
			KR 20170125838 A	15-11-2017
			KR 20230022450 A	15-02-2023
			RU 2017131221 A	06-03-2019
			SG 10201811725S A	27-02-2019
			SG 10202103903U A	29-06-2021
			SG 11201706367W A	28-09-2017
			US 2016230210 A1	11-08-2016
			US 2021214771 A1	15-07-2021
			US 2024309441 A1	19-09-2024
			WO 2016127128 A1	11-08-2016

EP 1949082	B1	11-03-2020	DE 102005054184 A1	16-05-2007
			EP 1949082 A1	30-07-2008
			US 2009121154 A1	14-05-2009
			US 2012085929 A1	12-04-2012
			US 2014070106 A1	13-03-2014
			WO 2007054301 A1	18-05-2007

CN 103974046	A	06-08-2014	KEINE	

US 2019037185	A1	31-01-2019	CN 108781279 A	09-11-2018
			EP 3409011 A1	05-12-2018
			US 2019037185 A1	31-01-2019

US 2009231549	A1	17-09-2009	TW 200938940 A	16-09-2009
			US 2009231549 A1	17-09-2009

DE 202020005883	U1	30-01-2023	KEINE	
