

(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
12. November 2015 (12.11.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/169666 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G03B 21/20 (2006.01) **G03B 33/08** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/059353
- (22) Internationales Anmeldedatum:
29. April 2015 (29.04.2015)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2014 208 416.4 6. Mai 2014 (06.05.2014) DE
- (71) Anmelder: **OSRAM GMBH** [DE/DE]; Marcel-Breuer-
Straße 6, 80807 München (DE).
- (72) Erfinder: **MEHL, Oliver**; Kilstetterstraße 32, 14167
Berlin (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,
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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN ILLUMINATING DEVICE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BELEUCHTVORRICHTUNG

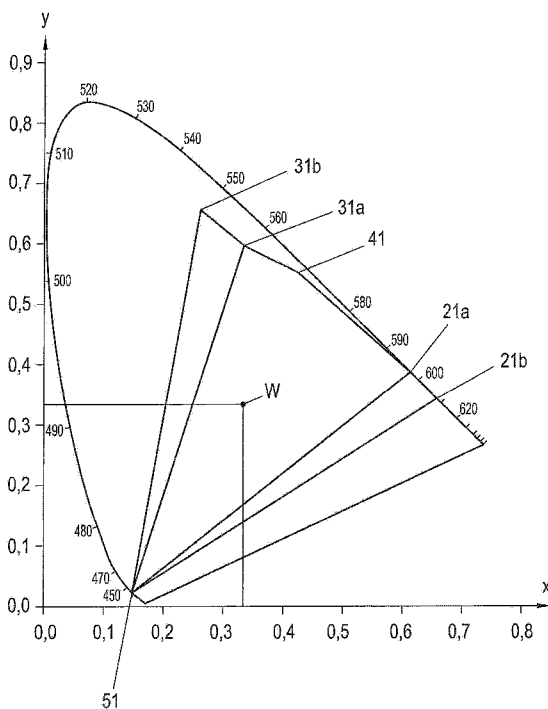


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an illuminating device with a pump radiation source and a phosphor wheel (1) which provides a first useful light by means of a first phosphor (2a, 3a) and a second useful light by means of a second phosphor (2b, 3b), wherein the first and the second useful light are the same color but have a different color location in the CIE standard color system. According to the method, the first phosphor (2a, 3a) is irradiated with a first pump radiation output and the second phosphor (2b, 3b) is irradiated with a second pump radiation output, which is different from the first pump radiation output, during a 360° rotation of the phosphor wheel (1).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Beleuchtungsvorrichtung mit einer Pumpstrahlungsquelle und einem Leuchtstoffrad (1), welches über einen ersten Leuchtstoff (2a, 3a) ein erstes Nutzlicht zur Verfügung stellt und über einen zweiten Leuchtstoff (2b, 3b) ein zweites Nutzlicht zur Verfügung stellt, wobei das erste und das zweite Nutzlicht dieselbe Farbe, jedoch im CIE-Normfarbsystem einen unterschiedlichen Farbort haben, bei welchem Verfahren während einer 360°-Umdrehung des Leuchtstoffrads (1) der erste Leuchtstoff (2a, 3a) mit einer ersten Pumpstrahlungsleistung bestrahlt wird und der zweite Leuchtstoff (2b, 3b) mit einer zweiten Pumpstrahlungsleistung bestrahlt wird, die von der ersten Pumpstrahlungsleistung verschieden ist.

Beschreibung

Verfahren zum Betreiben einer Beleuchtungsvorrichtung

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Beleuchtungsvorrichtung mit einer Pumpstrahlungsquelle und einem Leuchtstoffrad.

Stand der Technik

5 Lichtquellen hoher Leuchtdichte können beispielsweise im Bereich der Endoskopie oder bei Projektionsgeräten Anwendung finden, wobei gegenwärtig Gasentladungslampen noch am weitesten verbreitet sind. Jüngere Entwicklungen betreffen die Kombination einer Strahlungsquelle hoher
10 Strahldichte, etwa eines Lasers, mit einem die davon emittierte Pumpstrahlung konvertierenden Leuchtstoffelement, welches zu der Pumpstrahlungsquelle beabstandet angeordnet wird. Das Leuchtstoffelement konvertiert die beispielsweise ultraviolette oder blaue Pumpstrahlung und
15 emittiert Konversionslicht längerer Wellenlänge.

Als Leuchtstoffelement kann insbesondere auch ein Leuchtstoffrad vorgesehen sein, das um eine Rotationsachse rotiert und dabei auf einer Kreisspur mit Pumpstrahlung bestrahlt wird. Dabei können in Umlaufrichtung aufeinanderfolgend auch verschiedene Leuchtstoffe auf dem
20 Leuchtstoffrad angeordnet werden, sodass die Farben des Konversionslichts dann beispielsweise sequentiell gemeinsam ein RGB-Farbgamut aufspannen. Als „Farbgamut“ wird die von den Farben, konkret deren Farborten in einem
25 Farbraum, gemeinsam aufgespannte Fläche bezeichnet.

- 2 -

Der vorliegenden Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, ein besonders vorteilhaftes Verfahren zum Betreiben einer Beleuchtungsvorrichtung mit Leuchtstoffrad sowie eine entsprechend eingerichtete Beleuchtungsvorrichtung anzugeben.

Darstellung der Erfindung

Erfindungsgemäß löst dieses Problem ein Verfahren zum Betreiben einer Beleuchtungsvorrichtung mit einer Pumpstrahlungsquelle zur Emission von Pumpstrahlung und

10 einem Leuchtstoffrad, auf welchem ein erster Leuchtstoff zur Emission von erstem Konversionslicht und ein zweiter Leuchtstoff zur Emission von zweitem Konversionslicht vorgesehen sind,

wobei der erste und der zweite Leuchtstoff räumlich

15 voneinander getrennt auf dem Leuchtstoffrad angeordnet sind,

und wobei ein erstes Nutzlicht, das auf dem ersten Konversionslicht basiert, und ein zweites Nutzlicht, das auf dem zweiten Konversionslicht basiert, dieselbe

20 Farbe, jedoch im CIE-Normfarbsystem einen unterschiedlichen Farbort haben,

bei welchem Verfahren das Leuchtstoffrad um eine Rotationsachse rotiert und dabei in einem Bestrahlungsbereich derart exzentrisch zu der Rotationsachse mit der Pumpstrahlung bestrahlt wird, dass infolge der Rotation des

25 Leuchtstoffrads eine Kreisspur bestrahlt wird, wobei während einer 360°-Umdrehung des Leuchtstoffrads der erste Leuchtstoff mit einer ersten Pumpstrahlungsleistung bestrahlt wird und der zweite Leuchtstoff mit einer zweiten

- 3 -

Pumpstrahlungsleistung bestrahlt wird, die von der ersten Pumpstrahlungsleistung verschieden ist;

sowie

eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer Steuereinheit zur
5 Steuerung der Pumpstrahlungsquelle, welche Steuereinheit für ein entsprechendes Verfahren eingerichtet ist.

Bevorzugte Ausführungsformen finden sich in den abhängigen Ansprüchen und in der nachstehenden Beschreibung, wobei nicht immer im Einzelnen zwischen einer Darstellung
10 des Verfahrens und einer Beschreibung der Beleuchtungsvorrichtung unterschieden wird; jedenfalls implizit ist die Offenbarung hinsichtlich sämtlicher Anspruchskategorien zu lesen.

Die Beleuchtungsvorrichtung ist also zunächst so vorgesehen, dass sich das erste und zweite Nutzlicht in der Farbe nicht unterscheiden, also zum Beispiel zueinander nicht wie R(ot) und G(rün) oder G und B(lau) (bzw. R und B) sind, sondern dieselbe Farbe haben, jedoch unterschiedliche Farborte besitzen. Mit dem erfindungsgemäßen
15 Verfahren werden nun die zugrunde liegenden Leuchtstoffe, also der erste, der dem ersten Nutzlicht zugrunde liegt, und der zweite, der dem zweiten Nutzlicht zugrunde liegt, mit unterschiedlicher Pumpstrahlungsleistung bestrahlt.

Die erste und die zweite Pumpstrahlungsleistung können
25 sich beispielsweise insofern unterscheiden, als die größere Leistung um in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt mindestens 25%, 50%, 75%, 100%, 125%, 150%, 175% bzw. 200% größer als die kleinere sein kann; soweit sich

die Pumpstrahlungsleistung je Leuchtstoff während eines Umlaufs ändert, bezieht sich „Pumpstrahlungsleistung“ auf einen jeweils über den entsprechenden Umfangsabschnitt (des ersten oder zweiten Leuchtstoffs) gebildeten Mittelwert.
5 wert.

Bei einer Umdrehung werden die beiden Leuchtstoffe also unterschiedlich bestrahlt, wobei sich über die Umdrehung gemittelt eine (beispielsweise von einem Benutzer wahrgenommene) effektive Farbe mit einem effektiven Farbort im CIE-Normfarbsystem (CIE 1931, in der gesamten Offenbarung) ergibt.
10 CIE-Normfarbsystem (CIE 1931, in der gesamten Offenbarung) ergibt.

Zu dem „unterschiedlichen Farbort“: Das erste Nutzlicht hat im CIE-Normfarbsystem einen ersten Farbort und das zweite Nutzlicht einen zweiten, welche beiden Farborte nicht identisch sind; finden sich die beiden Farborte im Grünen, können sie dem Betrag nach um beispielsweise mindestens 0,02, 0,03, 0,04 bzw. 0,05 zueinander beabstandet sein (betrachtet wird der geometrische Abstand); mögliche Obergrenzen liegen etwa bei höchstens 0,20 bzw. höchstens 0,15.
15 nicht identisch sind; finden sich die beiden Farborte im Grünen, können sie dem Betrag nach um beispielsweise mindestens 0,02, 0,03, 0,04 bzw. 0,05 zueinander beabstandet sein (betrachtet wird der geometrische Abstand); mögliche Obergrenzen liegen etwa bei höchstens 0,20 bzw. höchstens 20 0,15.

Finden sich die beiden Farborte im Roten, können sie beispielsweise annähernd auf der Spektralfarblinie liegen, also etwa um weniger als 0,07, 0,05, 0,03 bzw. 0,01 dazu beabstandet sein (wiederum im CIE-Normfarbsystem), und kann sich das erste und zweite Nutzlicht in seiner jeweiligen Dominanten Wellenlänge um beispielsweise mindestens 5 nm, vorzugsweise mindestens 10 nm, weiter bevorzugt mindestens 15 nm, unterscheiden.
25 kann sich das erste und zweite Nutzlicht in seiner jeweiligen Dominanten Wellenlänge um beispielsweise mindestens 5 nm, vorzugsweise mindestens 10 nm, weiter bevorzugt mindestens 15 nm, unterscheiden.

Mit der anteilig unterschiedlichen Bestrahlung kann nun der effektive Farbort „zwischen“ dem ersten und dem zwei-
30 der effektive Farbort „zwischen“ dem ersten und dem zwei-

ten Farbort verschoben, also eingestellt werden. Die Farbe (des ersten und zweiten Nutzlichts) kann beispielsweise mit zwei weiteren Farben, die im Allgemeinen auch von einer/mehreren weiteren Beleuchtungsvorrichtung(en) zur Verfügung gestellt werden können, ein RGB-Farbgamut aufspannen. Dessen Fläche und damit die Größe des adressierbaren Farbgamuts lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren einstellen.

Bei vielen Leuchtstoffen gibt es einen Zusammenhang derart, dass einige zwar hinsichtlich ihres Farbortes Vorteile bieten (etwa ein größeres Farbgamut aufspannen), jedoch beispielsweise eine geringe Konversionseffizienz haben. Zudem wird dann vielfach bei erhöhtem Lichtstrom ein Sättigungsverhalten beobachtet, und die Konversionseffizienz nimmt weiter ab (die Leuchtstoffe sind bei erhöhter Temperatur weniger effizient). Effiziente Leuchtstoffe andererseits sind oftmals hinsichtlich ihres Farborts nachteilig.

Konkret, zur Illustration: Es kann beispielsweise der mit dem zweiten Farbort adressierbare Farbgamut größer sein. Ist dies nun in einer Anwendung vorteilhaft, etwa zur Wiedergabe von Bildinhalten mit einem Projektionsgerät, wird der erste Leuchtstoff, der dem ersten Nutzlicht zugrunde liegt, entsprechend weniger bestrahlt als der zweite Leuchtstoff, sodass der effektive Farbort zum zweiten Farbort hin verschoben, der Farbgamut also entsprechend groß ist. Wird der erste Leuchtstoff dann in einem anderen Betriebsmodus anteilig mehr bestrahlt, erhöht sich der Lichtstrom, ist der adressierbare Farbgamut jedoch kleiner, weil der effektive Farbort näher an den ersten Farbort rutscht. Die beiden Leuchtstoffe können

schließlich in einem Betriebsmodus „maximaler Lichtstrom“ über eine weitere Vielzahl aufeinanderfolgender Umdrehungen auch mit derselben Pumpstrahlungsleistung bestrahlt werden, womit sich eben der maximale Lichtstrom erreichen lässt.

Im Fall des Betriebsmodus „großer Farbgamut“ könnte der erste Leuchtstoff theoretisch auch gar nicht mehr bestrahlt werden, sodass die erste Pumpstrahlungsleistung gleich Null wäre. Wenngleich der effektive Farbort dann beim zweiten Farbort (der zweiten Farbe mit „großem Farbgamut“) läge, hat der Erfinder insofern Nachteile beobachtet, als bei einer wiederholt zwischen 0% und 100% variierenden Pumpstrahlungsleistung der 100%-Wert relativ groß werden müsste, um einen gewünschten mittleren Lichtstrom zu erhalten. Dazu müsste eine entsprechend groß dimensionierte Pumpstrahlungsquelle vorgehalten werden, also ein relativ großer technischer Aufwand für eine im Ergebnis geringe mittlere Pumpstrahlung. Vor diesem Hintergrund wird ein nicht vollständig optimierter effektiver Farbort in Kauf genommen, um eine insgesamt auch hinsichtlich der Herstellungskosten effiziente Beleuchtungsvorrichtung realisieren zu können.

Das erste und das zweite Nutzlicht haben „dieselbe Farbe“; ist die Farbe „Grün“, kann die Dominante Wellenlänge des ersten und zweiten Nutzlichts beispielsweise bei mindestens 520 nm, vorzugsweise mindestens 530 nm, weiter bevorzugt mindestens 535 nm, liegen und (von den Untergrenzen unabhängig) z. B. bei höchstens 570 nm, vorzugsweise höchstens 565 nm, weiter bevorzugt höchstens 560 nm. Ist die Farbe „Rot“, kann die Dominante Wellenlänge

des ersten und zweiten Nutzlichts bei beispielsweise mindestens 590 nm, vorzugsweise mindestens 595 nm, liegen.

Der Begriff „Leuchtstoffrad“ soll im Allgemeinen nicht implizieren, dass dieses notwendigerweise eine kreis-
5 scheiben- oder kreisringförmige Geometrie haben muss; es handelt sich im Allgemeinen um einen rotierenden Körper, der infolge der Rotation auf einer Kreisbahn bestrahlt wird. Die Anordnung kann also beispielsweise auch ein um seine Symmetrieachse rotierender Konus sein, wobei die
10 Einstrahlrichtung dann senkrecht zur Rotationsachse liegen und das Konversionslicht parallel zur Rotationsachse abgeführt werden kann, oder umgekehrt.

Ferner ist bspw. auch eine Anordnung der Leuchtstoffe auf einer Zylindermantelfläche, vorzugsweise einer Kreiszy-
15 lindermantelfläche, möglich, also etwa auf der Mantelfläche einer Walze. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Leuchtstoffrad jedoch um einen ebenen Körper, der für eine Rotation um eine sich quer zu der Fläche (in welcher die Leuchtstoffe angeordnet sind), vorzugsweise senkrecht
20 dazu, erstreckende Rotationsachse ausgelegt ist.

Ein jeweiliger „Leuchtstoff“ kann auch eine Leuchtstoffmischung sein, also eine Mischung mehrerer Konversionsmaterialien; bevorzugt ist für einen jeweiligen Leuchtstoff jedoch genau ein jeweiliges Konversionsmaterial vorgese-
25 hen. Auf dem Leuchtstoffrad kann es im Allgemeinen neben dem in Rede stehenden Bestrahlungsbereich auch einen weiteren bzw. weiteren Bestrahlungsbereich(e) geben, kann also auch eine bzw. weitere Kreisspur(en) bestrahlt werden (z. B. für einen anderen Kanal); bevorzugt ist jedoch ge-
30 nau ein Bestrahlungsbereich.

Das Leuchtstoffrad ist beispielsweise aus einem von dem Leuchtstoff verschiedenen Substrat, etwa aus Metall oder einem Glas aufgebaut, auf das die Leuchtstoffe aufgebracht sind, etwa durch Dispensen, Aufsprengen, Rakeln, Streichen oder Sprühen einer Leuchtstoffsuspension. Aufgrund der Rotationseignung ist das Substrat vorzugsweise gleichwohl kreisring/kreisscheibenförmig und ist eine Rotationswelle mit dem Substrat verbunden; die Rotationswelle kann auch mit einem kreisringförmigen Substrat verbunden sein beziehungsweise dieses durchsetzen.

Ein solches Substrat ist üblicherweise flach ausgebildet, hat also in Flächenrichtung eine größere Erstreckung als senkrecht dazu, etwa um mindestens das 2-, 5-, 10-, 20-fache größer (bei einer nicht kreisförmigen Geometrie auf den Mittelwert aus kürzester und längster Erstreckung bezogen); gleiches gilt für die auf dem Substrat vorgesehene Leuchtstoffschicht, sodass das Leuchtstoffrad insgesamt flächig ist (beispielsweise von Befestigungsmitteln für eine Rotationswelle oder dergleichen abgesehen). Das Leuchtstoffrad kann in Transmission und/oder in Reflexion betrieben werden.

Während einer 360°-Umdrehung wird der erste Leuchtstoff mit einer ersten Pumpstrahlungsleistung und der zweite Leuchtstoff mit einer davon verschiedenen, zweiten Pumpstrahlungsleistung bestrahlt. Diese Variation zwischen erster Pumpstrahlungsleistung und zweiter Pumpstrahlungsleistung wird vorzugsweise über eine erste Vielzahl aufeinanderfolgender 360°-Umdrehungen wiederholt, etwa über in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt mindestens 50, 250, 500, 750 bzw. 1000 aufeinanderfolgende Umdrehungen. Vorzugsweise sind über die erste Vielzahl Umdrehungen die

erste und/oder die zweite Pumpstrahlungsleistung von Umdrehung zu Umdrehung jeweils für sich gleich, unterscheiden sich also erste und zweite Pumpstrahlungsleistung je Umdrehung zueinander, ist jedoch die erste Pumpstrahlungsleistung bei einer folgenden Umdrehungen immer gleich zu der ersten Pumpstrahlungsleistung bei der vorhergehenden Umdrehung und gilt dies analog auch für die zweite Pumpstrahlungsleistung.

In bevorzugter Ausgestaltung folgt auf die erste Vielzahl aufeinanderfolgender Umdrehungen, also den Betriebsmodus „großer Farbgamut“, eine zweite Vielzahl aufeinanderfolgender Umdrehungen, während welcher der erste und der zweite Leuchtstoff in einem Betriebsmodus „maximaler Lichtstrom“ mit derselben Pumpstrahlungsleistung bestrahlt werden.

Das erste/zweite (im Folgenden „jeweilige“) Nutzlicht „basiert“ auf dem jeweiligen Konversionslicht. Dies meint, dass das jeweilige Nutzlicht entweder gleich dem jeweiligen Konversionslicht ist oder durch Filtern des jeweiligen Konversionslichts bereitgestellt wird. In anderen Worten soll also das jeweilige Nutzlicht in zumindest einem spektralen Teilbereich (der nicht ausgefiltert ist) dem jeweiligen Konversionslicht entsprechen, kann es diesem aber auch über den gesamten Spektralbereich entsprechen, kann das jeweilige Konversionslicht also auch ohne Filtern genutzt werden. Der Begriff „Nutzlicht“ soll hierbei nicht implizieren, dass dieses Licht dann zwingend ohne weitere Modifikation einer Anwendung zugeführt werden soll, sondern es handelt sich eben um das von der Beleuchtungsvorrichtung abgegebene Licht, welcher bei-

- 10 -

spielsweise in einem Projektionsgerät auch weitere optische Komponenten nachgelagert vorgesehen sein können.

Hinsichtlich eines Wirkzusammenhangs lässt sich das Verhältnis von jeweiligem Leuchtstoff, jeweiligem
5 Konversionslicht und jeweiligem Nutzlicht dahingehend konkretisieren, dass, wenn der jeweilige Leuchtstoff nicht bestrahlt wird und damit nicht das jeweilige Konversionslicht emittiert, auch das jeweilige Nutzlicht nicht zur Verfügung steht (egal ob es sich dabei um das
10 jeweilige Konversionslicht selbst oder einen nicht gefilterten Anteil davon handelt); das jeweilige Nutzlicht und das jeweilige Konversionslicht verhalten sich direkt proportional zueinander.

Bevorzugt ist zumindest eines von erstem und zweitem
15 Nutzlicht gefiltertes jeweiliges Konversionslicht. „Filtern“ meint insofern, dass der Lichtstrom in einem Spektralbereich, der sich beispielsweise über mindestens 50 nm bzw. mindestens 100 nm erstrecken kann, jedenfalls verringert ist, etwa um mindestens 50% bzw. 75% (jeweils im
20 Mittel), vorzugsweise jedoch gleich Null ist. Besonders bevorzugt kann ein sogenannter Kantenfilter sein, welcher das Licht unterhalb einer Grenzwellenlänge transmittiert und darüber blockiert (beispielsweise durch Reflexion), oder umgekehrt. Der Filter kann beispielsweise auf dem
25 Leuchtstoffrad selbst vorgesehen sein, etwa auf den jeweiligen Leuchtstoff aufgebracht, oder beispielsweise auch auf einem eigenen Filterrad angeordnet bzw. generell dem Leuchtstoffrad nachgelagert (dazu beabstandet) vorgesehen sein.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung sind der erste und der zweite Leuchtstoff der gleiche Leuchtstoff, haben das erste und das zweite Konversionslicht also identische spektrale Eigenschaften, und wird die unterschiedliche
5 Farbe dann allein durch das Filtern eingestellt. Dabei kann dann nur ein einziges von erstem und zweitem Nutzlicht gefiltertes Licht sein, was beispielsweise bevorzugt sein kann, wenn „dieselbe Farbe“ Grün ist.

Es kann also beispielsweise der ungefilterte Grün-
10 Leuchtstoff als erster Leuchtstoff effizienter sein, jedoch einen schlechteren Farbort haben (das Licht des ersten Leuchtstoffs); demgegenüber kann im Falle des zweiten Leuchtstoffs das Licht des Grün-Leuchtstoffs gefiltert und so die zweite Farbe auf eine besseren Farbort hin angepasst sein. Durch das Filtern wird jedoch die Lichtaus-
15 beute schlechter.

Ferner können im Falle des gleichen ersten und zweiten Leuchtstoffs auch sowohl das erste als auch das zweite Nutzlicht jeweils gefiltertes jeweiliges Konversionslicht
20 sein. Liegt die Farbe also beispielsweise im Roten, kann als erster und zweiter Leuchtstoff beispielsweise ein Gelb-Leuchtstoff vorgesehen sein, dessen originär gelbes Konversionslicht dann unterschiedlich gefiltert das rote erste und das rote zweite Nutzlicht ergibt.

25 Die Abhängigkeit von Lichtausbeute/Farbort wurde bereits diskutiert. Eine bevorzugte Ausführungsform betrifft generell erstes Nutzlicht, das mit einer ersten Lichtausbeute bereitgestellt wird, und zweites Nutzlicht, das mit einer zweiten Lichtausbeute bereitgestellt wird, wobei
30 die erste Lichtausbeute um in dieser Reihenfolge zuneh-

mend bevorzugt mindestens 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% bzw. 80% größer als die zweite Lichtausbeute ist.

Die unterschiedliche Lichtausbeute kann beispielsweise durch unterschiedliches Filtern bedingt sein, etwa wenn
5 das erste Nutzlicht gar nicht oder zumindest weniger als das zweite Nutzlicht gefiltert wird. Andererseits kann die Lichtausbeute auch aufgrund der jeweiligen Leuchtstoffe selbst unterschiedlich sein (wenn der erste und der zweite Leuchtstoff also nicht der gleiche
10 Leuchtstoff sind), weil sich Leuchtstoffe eben nicht nur in ihren spektralen Eigenschaften, sondern auch in der Effizienz unterscheiden können. „Lichtausbeute“ bezieht sich im Rahmen dieser Offenbarung auf den Lichtstrom des jeweiligen Nutzlichts pro auf den jeweiligen Leuchtstoff
15 eingestrahlter Pumpstrahlungsleistung, also auf Lumen pro Watt.

Vorstehend wurde bereits auf die Dominante Wellenlänge eines jeweiligen Nutzlichts Bezug genommen, die sich als Schnittpunkt einer von Weißpunkt ausgehenden, durch den
20 jeweiligen Farbort verlaufenden Halbgeraden mit der Spektralfarblinie ergibt. Es hat dann das erste Nutzlicht eine erste Dominante Wellenlänge und das zweite Nutzlicht eine zweite Dominante Wellenlänge.

Ist nun einerseits „dieselbe Farbe“ bevorzugt Rot, ist
25 die zweite Dominante Wellenlänge vorzugsweise größer als die erste Dominante Wellenlänge, etwa um mindestens 5 nm, vorzugsweise mindestens 10 nm, weiter bevorzugt mindestens 15 nm; mögliche Obergrenzen können beispielsweise bei höchstens 30 nm, 25 nm bzw. 20 nm liegen. Ist ande-
30 rerseits „dieselbe Farbe“ in bevorzugter Ausgestaltung

Grün, ist die zweite Dominante Wellenlänge bevorzugt kleiner als die erste Dominante Wellenlänge, etwa um mindestens 5 nm, vorzugsweise mindestens 10 nm, weiter bevorzugt mindestens 15 nm; mögliche Obergrenzen können
5 beispielsweise bei höchstens 70 nm, 50 nm, 30 nm bzw. 20 nm liegen.

Typischerweise korreliert eine kleinere Dominante Wellenlänge im Grünen bzw. eine größere Dominante Wellenlänge im Roten mit einem größeren Farbgamut (was als „besserer
10 Farbort“ bezeichnet wird), ist jedoch zugleich die Lichtausbeute geringer, entweder wegen eines Leuchtstoffs geringerer Effizienz oder aufgrund von Filterverlusten.

Bereits eingangs wurde diskutiert, dass der jeweilige Farbort des ersten und zweiten Nutzlichts in bevorzugter
15 Ausgestaltung zusammen mit einer dritten und vierten Farbe einen RGB-Farbgamut aufspannt. Dabei spannt dann der erste Farbort mit dem dritten und vierten Farbort einen RGB-Farbgamut auf und tut dies auch der zweite Farbort gemeinsam mit dem dritten und vierten Farbort, wobei sich
20 diese beiden RGB-Farbgamuts in ihrer Fläche im CIE-Normfarbsystem um mindestens 5%, vorzugsweise mindestens 10%, weiter bevorzugt mindestens 15%, unterscheiden. Mögliche Obergrenzen können etwa bei 50% bzw. 30% liegen. Es hätte dann also der RGB-Farbgamut mit der zweiten Farbe
25 des „besseren Farborts“ eine entsprechend größere Fläche (aufgrund des größeren Abstands des zweiten Farborts zum Weißpunkt).

Das dritte und/oder vierte Nutzlicht kann im Allgemeinen auch separat zu dem Leuchtstoffrad mit (einer) eigenen
30 Lichtquelle(n) zur Verfügung gestellt werden, etwa mit

(einer) LED-Lichtquelle(n). Ferner ist es auch möglich, mehrere Leuchtstoffräder vorzusehen.

Bevorzugt liegt jedoch dem dritten und vierten Nutzlicht dasselbe Leuchtstoffrad wie dem ersten und zweiten
5 Nutzlicht zugrunde, sind darauf also auch ein dritter und/oder vierter Leuchtstoff vorgesehen. Das dritte und/oder vierte Nutzlicht „basiert“ dann im vorstehend beschriebenen Sinn auf dem dritten und vierten Leuchtstoff, kann also das jeweilige Konversionslicht di-
10 rekt oder gefiltert sein. Das dritte oder vierte Nutzlicht kann andererseits auch konversionsfrei genutzte Pumpstrahlung sein, also blaues Pumplicht (siehe nachstehend im Detail).

Wenngleich bislang im Kontext des Farbgamuts von einem
15 RGB-Farbgamut die Rede war, kann dieser selbstverständlich auch um noch eine weitere Farbe ergänzt sein, etwa um Gelb (Yellow) und/oder Weiß (White). Anders ausgedrückt kann also auch ein fünftes Nutzlicht einer fünften Farbe (oder ein weiteres Nutzlicht einer weiteren Farbe)
20 bereitgestellt werden – der entsprechend fünfte oder weitere Farbort kann dann entweder innerhalb des RGB-Dreiecks oder außerhalb davon liegen.

Im erstgenannten Fall kann das entsprechende Nutzlicht dann beispielsweise einer Erhöhung des Lichtstroms die-
25 nen, wohingegen im letztgenannten Fall der Farbgamut vergrößert wird, eben beispielsweise ein Viereck (oder im Allgemeinen auch höherzähliges Vieleck) ist. Es sollen also einerseits sämtliche zu einem RGB-Farbgamut getroffenen Angaben ausdrücklich auch auf einen RGBY-, RGBYW-
30 oder generell höherzähligen RGB-Farbgamut zu lesen sein;

- 15 -

andererseits kann selbstverständlich auch ein RGB-Farbgamut bevorzugt sein, der ausschließlich aus den drei Kanälen RGB aufgebaut ist.

Im Falle eines RGB-Farbgamuts kann generell bevorzugt
5 sein, dass der blaue Kanal zwar über das Leuchtstoffrad
geführt wird, es sich dabei jedoch nicht um
Konversionslicht, sondern um die Pumpstrahlung selbst,
also blaues Pumplicht, handelt. Das blaue Pumplicht fällt
dann auf das Leuchtstoffrad, wobei in einem Abschnitt,
10 der den blauen Kanal zur Verfügung stellen soll, dann
beispielsweise ein Transmissionsfenster vorgesehen sein
kann, sodass das Pumplicht das Leuchtstoffrad durchsetzt.
Das Fenster kann beispielsweise ein transparenter Ab-
schnitt des Substrats sein, oder es kann auch einfach ein
15 entsprechender Bereich ausgeschnitten sein. Andererseits
ist es auch möglich, das Pumplicht im Bereich des blauen
Kanals zu reflektieren und/oder zu streuen, also etwa ei-
ne Verspiegelung oder einen Streuer mit hoher Remission
vorzusehen.

20 Eine bevorzugte Ausführungsform betrifft ein Leuchtstoff-
rad, auf dem nicht nur ein erster erster und erster zwei-
ter Leuchtstoff, sondern auch ein zweiter erster und
zweiter zweiter Leuchtstoff vorgesehen ist. Das eine
Leuchtstoffpaar aus erstem und zweitem Leuchtstoff ist
25 dabei für grünes (erstes und zweites) Nutzlicht vorgese-
hen und das zweite Leuchtstoffpaar für rotes (erstes und
zweites) Nutzlicht.

Im Betrieb kann dann beispielsweise auch entweder das ei-
ne Leuchtstoffpaar oder das andere Leuchtstoffpaar in er-
30 findungsgemäßer Weise mit während einer Umdrehung unter-

schiedlicher Leistung bestrahlt werden. In anderen Worten kann also der effektive Farbort im Roten oder der effektive Farbort im Grünen eingestellt werden.

Bevorzugt ist indes, dass während einer Umdrehung sowohl
5 der grüne erste und der grüne zweite Leuchtstoff mit unterschiedlicher Pumpstrahlungsleistung bestrahlt werden als auch der rote erste und der rote zweite Leuchtstoff (während derselben Umdrehung). In anderen Worten wird im Falle zweier Leuchtstoffpaare aus jeweils erstem und
10 zweitem Leuchtstoff, nämlich eines „grünen“ und eines „roten“ Leuchtstoffpaares, vorzugsweise jedes Leuchtstoffpaar in erfindungsgemäßer Weise betrieben; insoweit sollen ausdrücklich auch sämtliche vorstehend allgemein zu „erstem und zweitem Leuchtstoff,
15 Konversionslicht, Nutzlicht, etc.“ getroffenen Angaben ausdrücklich auch für ein Leuchtstoffrad mit zwei Leuchtstoffpaaren offenbart sein, die jeweils entsprechend betrieben werden.

Wie bereits eingangs erwähnt, betrifft die Erfindung auch
20 eine Beleuchtungsvorrichtung mit Pumpstrahlungsquelle, Leuchtstoffrad und Steuereinheit, wobei letztere zur Steuerung der Pumpstrahlungsquelle vorgesehen und für ein erfindungsgemäßes Verfahren eingerichtet ist. Wenngleich sich das erfindungsgemäße Verfahren, also konkret die
25 sich während der Umdrehung ändernde Pumpstrahlungsleistung, im Allgemeinen auch durch optische Mittel, also beispielsweise durch Filtern oder (teilweises) Reflektieren der Pumpstrahlung aus dem Bestrahlungspfad umsetzen ließe, wird bevorzugt die auf den jeweiligen Leuchtstoff
30 fallende Pumpstrahlungsleistung über eine Variation der Ausgangsleistung der Pumpstrahlungsquelle selbst einge-

stellt. Die Umsetzung kann so vereinfacht sein, weil keine aufwendigen optischen Komponenten notwendig sind; andererseits ist es auch aus Energieeffizienzgründen vorteilhaft, wenn die Pumpstrahlungsquelle nur die jeweils
5 auch tatsächlich benötigte Ausgangsleistung zur Verfügung stellt.

Die von der Pumpstrahlungsquelle emittierte Pumpstrahlung fällt im Bestrahlungsbereich auf das Leuchtstoffrad, und die verschiedenen Segmente davon, also zumindest erster
10 und zweiter Leuchtstoff, werden bei der Rotation des Leuchtstoffrads durch den Bestrahlungsbereich gedreht. In einem Umlaufwinkel (der sich auf die Rotation um die Rotationsachse bezieht) ausgedrückt, kann sich der Bestrahlungsbereich beispielsweise über nicht mehr als 30° , vorzugsweise nicht mehr als 20° , weiter bevorzugt nicht mehr
15 als 10° , erstrecken.

Das Leuchtstoffrad kann generell beispielsweise mit 3600 Umdrehungen pro Minute (U/min), 7200 U/m, 10800 U/m oder 14400 U/m rotieren.

20 Im Allgemeinen kann eine jeweilige (erste oder zweite) mittlere Pumpstrahlungsleistung auch über eine gepulste Pumpstrahlung erreicht werden, also durch Pulsweitenmodulation. Bevorzugt ist jedoch eine Amplitudenmodulation; generell muss dabei nicht zwingend über
25 das gesamte jeweilige Segment bestrahlt werden, sondern kann das Segment für sich beispielsweise auch nur abschnittsweise bestrahlt werden (maßgeblich ist ja das Mittel). Vorzugsweise wird die Pumpstrahlung jedoch über das Segment des jeweiligen Leuchtstoffs (wenn dieses also
30 durch den Bestrahlungsbereich bewegt wird) mit konstanter

Pumpstrahlungsleistung eingestrahlt, eben gegebenenfalls von einem Abfall oder Anstieg am Anfang oder Ende des jeweiligen Segments abgesehen.

Generell kann während einer 360°-Umdrehung auch die die
5 Wellenlänge der Pumpstrahlung segmentbezogen (von erstem zu zweitem Leuchtstoff) geändert werden, etwa indem als Pumpstrahlungsquelle ein Array aus LASER-Dioden vorgesehen wird, die sich in ihrer Wellenlänge unterscheiden und eben spezifisch zu- bzw. abgeschaltet werden. Ein Array
10 aus LASER-Dioden kann generell als Pumpstrahlungsquelle bevorzugt sein. Vorzugsweise bleibt die Wellenlänge der Pumpstrahlung während der 360°-Umdrehung indes konstant und wird allein die Pumpstrahlungsleistung verändert.

Bevorzugt wird mit der Steuereinheit also die Amplitude
15 der Pumpstrahlung derart mit dem Leuchtstoffrad getaktet verändert, dass eben für einen jeweiligen Leuchtstoff eine jeweilige Pumpstrahlungsleistung vorliegt. Generell können die Steuereinheit und das Leuchtstoffrad beispielsweise über einen Nullgeber, welcher der Steuerein-
20 heit mit jeder Umdrehung des Leuchtstoffrads den Durchgang einer bestimmten Position anzeigt, synchronisiert sein.

Wie bereits eingangs erwähnt, soll die gesamte Offenbarung ausdrücklich auch auf eine entsprechende Beleuch-
25 tungsvorrichtung zu lesen sein, wobei eben entweder die Steuereinheit für eine entsprechende Steuerung der Pumpstrahlungsquelle eingerichtet, also nicht nur geeignet, sondern auch entsprechend konfiguriert ist, beispielsweise mit einem entsprechenden Datensatz versehen bzw. ver-
30 sorgt, der zum Beispiel Pumpstrahlungsmuster für ver-

schiedene effektive Farborte (des Nutzlichts) enthalten kann.

Es können jedoch ferner auch die übrigen Komponenten der Beleuchtungsvorrichtung für ein vorliegend beschriebenes
5 Verfahren eingerichtet sein, also beispielsweise das Leuchtstoffrad eben entsprechend ausgestaltet sein, also beispielsweise mit einem dritten bzw. vierten Leuchtstoff ausgestattet sein.

Die Erfindung betrifft schließlich auch noch die Verwen-
10 dung einer entsprechenden Beleuchtungsvorrichtung als Lichtquelle eines Projektionsgeräts oder Endoskops bzw. für Raumbelichtungszwecke bzw. in allgemeinen Worten für industrielle und/oder medizinische Anwendungen.

Im Falle des Projektionsgeräts kann beispielsweise auch
15 dessen Bildqualität benutzerdefiniert bzw. situationsbedingt durch eine Veränderung des Verhältnisses von erster und zweiter Pumpstrahlungsleistung angepasst. „Situationsbedingt“ kann insoweit meinen, dass in Abhängigkeit von der Umgebungshelligkeit der effektive Farbort beispielsweise näher an den ersten Farbort verschoben und
20 damit die Lichtausbeute erhöht wird, wenn die Umgebungshelligkeit hoch ist, also beispielsweise bei Tageslichtbedingungen.

Bei anderenfalls geringer Umgebungshelligkeit, etwa in
25 einem abgedunkelten Raum, kann der effektive Farbort hingegen näher an den zweiten Farbort mit dem größeren Farbgamut verschoben werden. „Situationsbedingt“ kann sich zusätzlich oder alternativ auch auf die wiedergegebenen Inhalte beziehen, sodass etwa für Textinhalte der

- 20 -

hohe Lichtstrom und für Bildinhalte die hohe Farbsättigung gewählt werden kann.

Generell ist eine Verwendung der Beleuchtungsvorrichtung als Lichtquelle eines Projektionsgeräts bevorzugt, und
5 zwar besonders bevorzugt eines Projektionsgeräts mit einem DLP(*Digital Light Processing*)-, LCoS(*Liquid Crystal on Silicon*)- oder LCD(*Liquid Crystal Display*)-Bildgeber.

In einem Projektionsgerät kann die erfindungsgemäße Beleuchtungsvorrichtung beispielsweise auch für eine 3D-
10 Wiedergabe vorgesehen sein, kann sie also z.B. zwei Farbräume wiedergeben, die dann mit einer entsprechenden Brille selektiv augenbezogen gefiltert werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

15 Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, wobei auch weiterhin nicht im Einzelnen zwischen den Anspruchskategorien unterschieden wird und die Merkmale im Rahmen der nebengeordneten Ansprüche auch in anderer Kombination erfindungswesentlich
20 sein können.

Im Einzelnen zeigt:

Fig. 1 ein Leuchtstoffrad einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung in einer schematischen Schrägansicht;

25 Fig. 2 eine tabellarische Übersicht über die während einer 360°-Umdrehung auf das Leuchtstoffrad gemäß Fig. 1 eingestrahlte Pumpstrahlungsleistung;

Fig. 3 ein CIE-Normfarbsystem zur Illustration der verschiedenen, mit einem Leuchtstoffrad gemäß Fig. 1 zugänglichen Farbgamuts.

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

5 In Fig. 1 ist der Aufbau eines Leuchtstoffrads 1 einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung schematisch illustriert. Auf dem Leuchtstoffrad 1 sind ein roter erster Leuchtstoff 2a und ein roter zweiter Leuchtstoff 2b angeordnet, die rotes erstes Nutzlicht und rotes zweites
10 Nutzlicht zur Verfügung stellen. Die jeweiligen Farborte werden anhand von Fig. 3 weiter im Detail erläutert und sind in Fig. 2 tabellarisch aufgeführt.

Vorab zusammengefasst spannt das rote zweite Nutzlicht mit den übrigen Farben einen größeren Farbgamut auf als
15 das rote erste Nutzlicht mit denselben übrigen Farben. Andererseits kann jedoch das rote erste Nutzlicht mit höherer Lichtausbeute zur Verfügung gestellt werden, ergibt sich also bei gleicher Pumpstrahlungsleistung ein höherer Lichtstrom. Die Lichtausbeute des roten ersten Nutzlichts
20 ist um fast den Faktor 2 größer als jene des roten zweiten Nutzlichts.

Der Grund hierfür ist, dass im Falle des roten zweiten Nutzlichts ein spektral größerer Bereich ausgefiltert wird, um den Farbort weiter ins Rote zu verschieben.
25 Prinzipiell gefiltert wird indes in beiden Fällen, das jeweilige Nutzlicht ist also nicht gleich dem vom jeweiligen Leuchtstoff emittierten Konversionslicht. Im Falle des roten ersten und zweiten Leuchtstoffs ist der zugrunde liegende Leuchtstoff der gleiche, nämlich ein Gelb-

- 22 -

Leuchtstoff. Mit dem Filtern wird dann letztlich der jeweilige Farbart eingestellt.

Dies ist beispielsweise mit folgendem Aufbau möglich: Das Leuchtstoffrad 1 wird in Reflexion betrieben, es wird also von einer Seite blaues Pumplicht eingestrahlt (im Bestrahlungsbereich) und an derselben Seite das Konversionslicht abgeführt. Bezogen auf den Ausbreitungspfad des Konversionslichts dem Leuchtstoffrad nachgelagert sind dann eben entsprechende Filter angeordnet, und zwar auf einem Filterrad (nicht dargestellt), das hinsichtlich seiner Segmentierung und Rotation (Geschwindigkeit und Phase) auf das Leuchtstoffrad abgestimmt ist.

Die dem Leuchtstoffrad 1 nachgelagerten Filter können jeweils Mehrschichtsysteme sein, wobei die Transmissionseigenschaften über die dielektrischen Eigenschaften der Schichtenfolge und die Schichtdicken eingestellt sein können. Ferner weist das Filterrad auch Transmissionsfenster auf, durch welche bei entsprechenden Segmenten das Konversionslicht bzw. reflektierte Pumplicht (siehe unten) wechselwirkungsfrei passiert.

Der dem roten ersten und zweiten Nutzlicht zugrunde liegende Gelb-Leuchtstoff ist ein mit Cer-dotierter Yttrium-Aluminium-Granat.

Auf dem Leuchtstoffrad 1 sind ferner ein grüner erster Leuchtstoff 3a und ein grüner zweiter Leuchtstoff 3b angeordnet, und zwar zur Emission von grünem ersten und grünem zweiten Nutzlicht. Das grüne zweite Nutzlicht hat einen besseren Farbart, spannt nämlich einen größeren Farbgamut auf; jedoch kann das grüne erste Nutzlicht mit

höherer Lichtausbeute bereitgestellt werden, diese ist um ca. 15% höher.

Bei dem grünen ersten Nutzlicht handelt es sich um ungefiltertes vom grünen ersten Leuchtstoff 3a emittiertes
5 Konversionslicht, nämlich das Konversionslicht eines Grün-Leuchtstoffs. In diesem Fall ist ein Cer-dotierter Lutetium-Aluminium-Granat als Grün-Leuchtstoff vorgesehen. Der grüne zweite Leuchtstoff 3b ist der gleiche Grün-Leuchtstoff, allerdings wird das grüne zweite
10 Nutzlicht durch Filtern des grünen zweiten Konversionslichts bereitgestellt. Daraus resultiert einerseits der bessere Farbort, jedoch andererseits eben auch die verringerte Lichtausbeute.

Ferner sind auf dem Leuchtstoffrad 1 zwei gelbe 4a,b und
15 zwei blaue Segmente 5a,b vorgesehen, wobei in ersteren der vorstehend genannte Gelb-Leuchtstoff angeordnet ist, dessen Konversionslicht in diesem Fall nicht gefiltert wird. Das gelbe Nutzlicht beider Segmente ist gleich.

Für die beiden blauen Kanäle 5a,b ist das Leuchtstoffrad
20 1 mit zwei Reflexionssegmenten versehen, das blaue Pumplicht wird von dem Leuchtstoffrad 1 also konversionsfrei reflektiert und dann in der Anwendung als blaues Nutzlicht genutzt.

Als Pumpstrahlungsquelle ist in diesem Fall ein Laser mit
25 einer Wellenlänge von 452 nm vorgesehen. Alternativ könnte für den blauen Kanal jedoch auch ein Blau-Leuchtstoff vorgesehen und beispielsweise mit UV-Strahlung bzw. violetter Strahlung bei 405 nm angeregt werden; das blaue Konversionslicht hätte dann beispielsweise eine Wellen-
30 länge von 460 nm.

Entgegen dem Uhrzeigersinn, bei 12 Uhr beginnend, ist auf dem Leuchtstoffrad 1 also zweimal die Abfolge RGBY angeordnet, wobei Gelb (Y) und Blau (B) in den beiden Abfolgen identisch sind, sich aber eben Rot (R) und Grün (G) unterscheiden.

Fig. 2 illustriert anhand einer Tabelle, wie das Leuchtstoffrad in einem ersten Betriebsmodus beleuchtet wird. Es werden nämlich der rote erste Leuchtstoff 2a und der grüne erste Leuchtstoff 3a mit einer geringeren Pumplichtleistung (P) betrieben als der rote zweite Leuchtstoff 2b und der grüne zweite Leuchtstoff 3b. Zu Beginn der 360°-Umdrehung liegt die Pumplichtleistung bei 25%, und sie wird dann, nachdem der grüne erste Leuchtstoff 3a den Bestrahlungsbereich passiert hat, angehoben, und zwar zunächst auf rund 53% im blauen Segment 5a und anschließend auf 100% für den Rest der Umdrehung. Im Ergebnis werden also der rote erste 2a und grüne erste Leuchtstoff 3a jeweils mit nur 25% der maximalen Leistung beleuchtet, der rote zweite 2b und grüne zweite Leuchtstoff 3b jedoch mit 100%. Eine entsprechend variierende Beleuchtung wird dabei eine Vielzahl aufeinander folgender Umdrehungen wiederholt.

Im Übrigen ist in der Tabelle zu jedem der Segmente des Leuchtstoffrads 1 der Farbort des jeweiligen Nutzlichts angegeben, also Koordinaten im CIE-Normfarbsystem. Die erste Zeile entspricht dem X-Wert und die zweite Zeile dem Y-Wert. Ferner ist in der dritten Zeile der Umlaufwinkel angegeben, über welchen sich das jeweilige Segment erstreckt.

Fig. 3 illustriert die eben genannten Farborte in einem CIE-Normfarbsystem. Der grüne erste 31a und zweite Farbort 31b liegen beide im Grünen. Das zweite grüne Nutzlicht hat einen besseren Farbort als das erste grüne,
5 der zweite grüne Farbort 31b spannt also zusammen mit den übrigen Farborten (RBY) ein größeres Viereck als der erste grüne Farbort 31a auf.

In dem anhand von Fig. 2 erläuterten Betriebsmodus wird der grüne erste Leuchtstoff 3a im Verhältnis weniger gepumpt, sodass ein (sich in der Mittelung über die 360°-
10 Umdrehung ergebender) effektiver grüner Farbort nahe dem grünen zweiten Farbort 31b liegt. Der Betriebsmodus ist also für eine gute Farbwiedergabe geeignet und ausgelegt. Ein bevorzugtes Anwendungsbeispiel ist die Wiedergabe von
15 Bildinhalten mit einem Projektionsgerät.

Da der grüne erste Leuchtstoff 3a jedoch eben nur anteilig beleuchtet wird, ist andererseits der Lichtstrom (des Nutzlichts) geringer. Sollen deshalb andererseits mit dem Projektionsgerät Textinhalte und/oder Inhalte bei hoher
20 Umgebungshelligkeit, etwa bei Tageslichtbedingungen, wiedergegeben werden, kann in einen zweiten Betriebsmodus geschaltet werden, in dem sämtliche Segmente mit 100%-iger Pumplichtleistung beleuchtet werden.

Der effektive grüne Farbort wird dadurch näher zum grünen
25 ersten Farbort 31a hin verschoben, womit also die Fläche des aufgespannten Vierecks kleiner wird.

Dies gilt analog für den roten ersten Farbort 21a und den roten zweiten Farbort 21b. In dem in Fig. 2 aufgelisteten Betriebsmodus ist der sich durch Mittelung ergebende ef-
30 fektive rote Farbort näher zu dem roten zweiten Farbort

- 26 -

21b hin verschoben. Wird andererseits auch der erste rote
Leuchtstoff 2a mit einer Pumplichtleistung von 100% be-
trieben, ist der effektive rote Farbort näher zum roten
ersten Farbort 21a hin verschoben. Damit ist das
5 Farbgamut kleiner, der Lichtstrom jedoch größer.

Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Beleuchtungs-
vorrichtung mit
- 5 einer Pumpstrahlungsquelle zur Emission von
Pumpstrahlung und
- einem Leuchtstoffrad (1), auf welchem ein ers-
ter Leuchtstoff (2a, 3a) zur Emission von ers-
tem Konversionslicht und ein zweiter
Leuchtstoff (2b, 3b) zur Emission von zweitem
10 Konversionslicht vorgesehen sind,
- wobei der erste Leuchtstoff (2a, 3a) und der
zweite Leuchtstoff (2b, 3b) räumlich voneinan-
der getrennt auf dem Leuchtstoffrad (1) ange-
ordnet sind,
- 15 und wobei ein erstes Nutzlicht, das auf dem
ersten Konversionslicht basiert, und ein zwei-
tes Nutzlicht, das auf dem zweiten
Konversionslicht basiert, dieselbe Farbe, je-
doch im CIE-Normfarbsystem einen unterschiedli-
chen Farbort haben,
- 20 bei welchem Verfahren das Leuchtstoffrad (1) um ei-
ne Rotationsachse rotiert und dabei derart in einem
Bestrahlungsbereich exzentrisch zu der Rotation-
sachse mit der Pumpstrahlung bestrahlt wird, dass
- 25 infolge der Rotation des Leuchtstoffrads eine
Kreisspur bestrahlt wird,
- wobei während einer 360°-Umdrehung des Leuchtstoff-
rads (1) der erste Leuchtstoff (2a, 3a) mit einer
ersten Pumpstrahlungsleistung bestrahlt wird und
- 30 der zweite Leuchtstoff (2b, 3b) mit einer zweiten

Pumpstrahlungsleistung bestrahlt wird, die von der ersten Pumpstrahlungsleistung verschieden ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem diese Variation zwischen der ersten Pumpstrahlungsleistung und der zweiten Pumpstrahlungsleistung über eine erste Vielzahl aufeinander folgender 360°-Umdrehungen wiederholt wird und während einer zweiten Vielzahl aufeinander folgender 360°-Umdrehungen des Leuchtstoffrads (1), die auf die erste Vielzahl 360°-Umdrehungen folgen, der erste Leuchtstoff (2a, 3a) und der zweite Leuchtstoff (2b, 3b) mit derselben Pumpstrahlungsleistung bestrahlt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem das erste Nutzlicht durch Filtern des ersten Konversionslichts bereitgestellt wird und/oder das zweite Nutzlicht durch Filtern des zweiten Konversionslichts bereitgestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei welchem der erste Leuchtstoff (2a, 3a) und der zweite Leuchtstoff (2b, 3b) der gleiche Leuchtstoff sind und der unterschiedliche Farbort allein durch das Filtern eingestellt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem das erste Nutzlicht mit einer ersten Lichtausbeute bereitgestellt wird und das zweite Nutzlicht mit einer zweiten Lichtausbeute bereitgestellt wird, wobei die erste Lichtausbeute um min-

destens 20 % größer als die zweite Lichtausbeute ist.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
5 bei welchem dieselbe Farbe Rot oder Grün ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei welchem das erste
Nutzlicht eine erste Dominante Wellenlänge hat und
das zweite Nutzlicht eine zweite Dominante Wellen-
10 länge hat, wobei im Falle von Rot die zweite Domi-
nante Wellenlänge größer als die erste Dominante
Wellenlänge ist und im Falle von Grün die zweite
Dominante Wellenlänge kleiner als die erste Domi-
nante Wellenlänge ist.
15
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
bei welchem das erste Nutzlicht einen ersten
Farbort (21a, 31a) hat und das zweite Nutzlicht ei-
nen zweiten Farbort (21b, 31b) hat, wobei zusätz-
20 lich zumindest ein drittes Nutzlicht mit einem
dritten Farbort und ein viertes Nutzlicht mit einem
vierten Farbort bereitgestellt werden, welcher
dritte und vierte Farbort zusammen mit jeweils dem
ersten (21a, 31a) oder dem zweiten Farbort (21b,
25 31b) zumindest einen Dreifarben-RGB-Farbgamut auf-
spannen, wobei sich die beiden Farbgamuts in ihrer
Fläche im CIE-Normfarbsystem um mindestens 5 % un-
terscheiden.
- 30 9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
bei welchem die Farbe des ersten und des zweiten
Nutzlichts Grün ist, dieses Nutzlicht also auf ei-

- nem grünen ersten Leuchtstoff (3a) und einem grünen zweiten Leuchtstoff (3b) basiert, wobei ferner rotes erstes Nutzlicht und rotes zweites Nutzlicht bereitgestellt wird, das sich in dem Farbort unterscheidet, jedoch dieselbe Farbe Grün hat, wozu auf dem Leuchtstoffrad (1) zusätzlich ein roter erster Leuchtstoff (2a) und ein roter zweiter Leuchtstoff (2b) räumlich voneinander getrennt angeordnet sind.
- 10 10. Verfahren nach Anspruch 9, bei welchem während einer 360°-Umdrehung des Leuchtstoffrads (1) der grüne erste Leuchtstoff (3a) mit einer grünen ersten Pumpstrahlungsleistung bestrahlt wird und der grüne zweite Leuchtstoff (3b) mit einer grünen zweiten Pumpstrahlungsleistung bestrahlt wird, die von der grünen ersten Pumpstrahlungsleistung verschieden ist, und während derselben 360°-Umdrehung der rote erste Leuchtstoff (2a) mit einer roten ersten Pumpstrahlungsleistung bestrahlt wird und der rote zweite Leuchtstoff (2b) mit einer roten zweiten Pumpstrahlungsleistung bestrahlt wird, die von der grünen ersten Pumpstrahlungsleistung verschieden ist, wobei ferner diese Variation zwischen den Pumpstrahlungsleistungen über die erste Vielzahl aufeinander folgender 360°-Umdrehungen wiederholt wird.
11. Beleuchtungsvorrichtung mit einer Pumpstrahlungsquelle zur Emission von Pumpstrahlung, einem Leuchtstoffrad (1), auf welchem ein erster Leuchtstoff (2a, 3a) zur Emission von erstem

- Konversionslicht und ein zweiter Leuchtstoff (2b, 3b) zur Emission von zweitem Konversionslicht vorgesehen sind, und
einer Steuereinheit zur Steuerung der Pumpstrahlungsquelle,
5 wobei der erste (2a, 3a) und der zweite Leuchtstoff (2b, 3b) räumlich voneinander getrennt auf dem Leuchtstoffrad (1) angeordnet sind,
und wobei ein erstes Nutzlicht, das auf dem ersten Konversionslicht basiert, und ein zweites Nutzlicht, das auf dem zweiten Konversionslicht basiert, dieselbe Farbe, jedoch im CIE-Normfarbsystem einen unterschiedlichen Farbort haben,
10 und wobei ferner die Steuereinheit für ein Verfahren nach Anspruch 1 eingerichtet ist.
12. Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 11, welche für ein Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 10 eingerichtet ist.
- 20 13. Verwendung einer Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 11 oder 12 für zumindest eines von einem Projektionsgerät, einem Endoskop, Raumbeleuchtungszwecke, industrielle und medizinische Anwendungen.
- 25 14. Verwendung nach Anspruch 13 für ein Projektionsgerät, bei welchem als der Beleuchtungsvorrichtung nachgelagertes bildgebendes Element eine von einer DLP-, LCoS und LCD-Einheit vorgesehen ist.

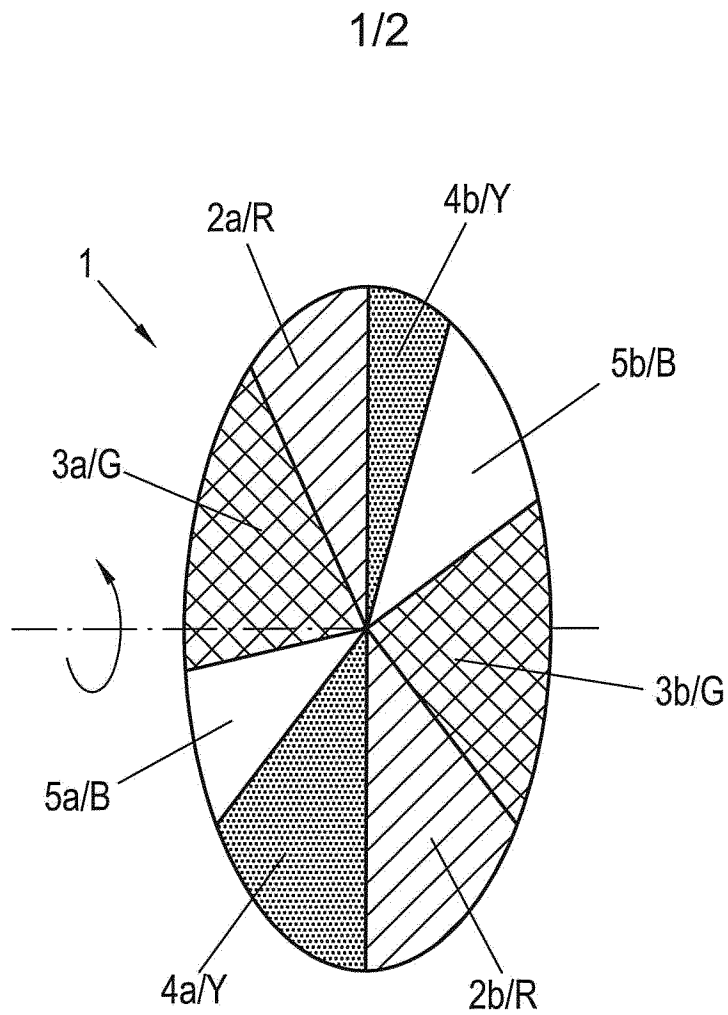


Fig. 1

	2a/R	3a/G	5a/B	4a/Y	2b/R	3b/G	5b/B	4b/Y
CIE _x	0,614	0,337	0,152	0,427	0,658	0,265	0,152	0,427
CIE _y	0,386	0,598	0,022	0,553	0,341	0,654	0,022	0,553
	40°	57°	28°	55°	55°	57°	28°	40°
P	25%	25%	53%	100%	100%	100%	100%	100%

Fig. 2

2/2

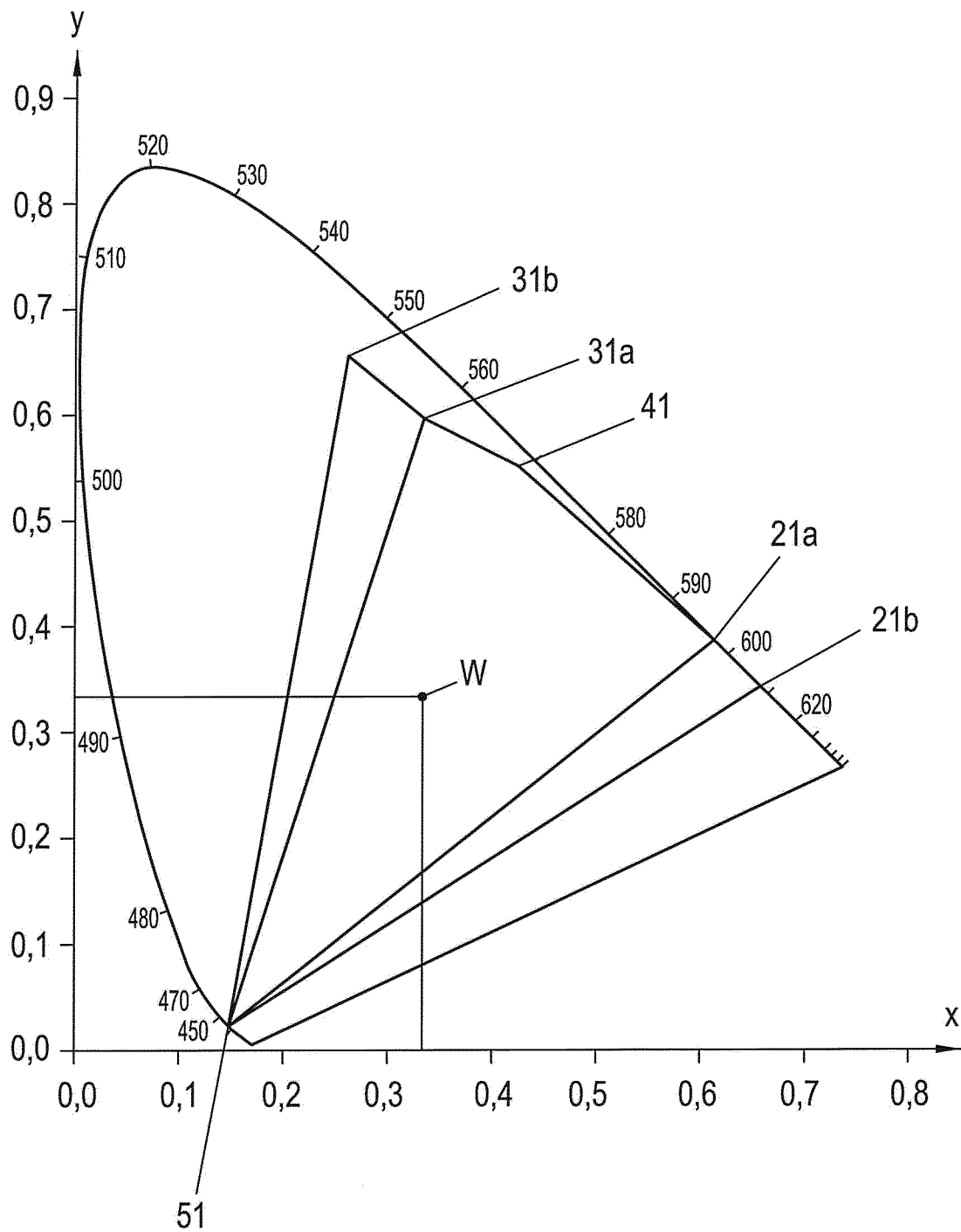


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/059353

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G03B21/20 G03B33/08
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)
G03B

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2012 209426 A1 (OSRAM GMBH [DE]) 5 December 2013 (2013-12-05) abstract	1-14
A	US 2013/163224 A1 (CHANG KEH-SU [TW]) 27 June 2013 (2013-06-27) abstract	1-14



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

29 June 2015

Date of mailing of the international search report

07/07/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pavón Mayo, Manuel

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/059353

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102012209426 A1	05-12-2013	CN 103453447 A	18-12-2013
		DE 102012209426 A1	05-12-2013
		US 2014022760 A1	23-01-2014

US 2013163224 A1	27-06-2013	CN 103186021 A	03-07-2013
		TW 201327015 A	01-07-2013
		US 2013163224 A1	27-06-2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G03B21/20 G03B33/08
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G03B

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2012 209426 A1 (OSRAM GMBH [DE]) 5. Dezember 2013 (2013-12-05) Zusammenfassung -----	1-14
A	US 2013/163224 A1 (CHANG KEH-SU [TW]) 27. Juni 2013 (2013-06-27) Zusammenfassung -----	1-14



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

29. Juni 2015

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/07/2015

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

Pavón Mayo, Manuel

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/059353

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102012209426 A1	05-12-2013	CN 103453447 A	18-12-2013
		DE 102012209426 A1	05-12-2013
		US 2014022760 A1	23-01-2014

US 2013163224 A1	27-06-2013	CN 103186021 A	03-07-2013
		TW 201327015 A	01-07-2013
		US 2013163224 A1	27-06-2013
