



(10) **DE 10 2013 022 156 A1** 2015.07.02

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 022 156.0**

(51) Int Cl.: **G02F 1/23 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: **31.12.2013**

(43) Offenlegungstag: **02.07.2015**

(71) Anmelder:

Grusche, Sascha, 88250 Weingarten, DE

(72) Erfinder:

gleich Anmelder

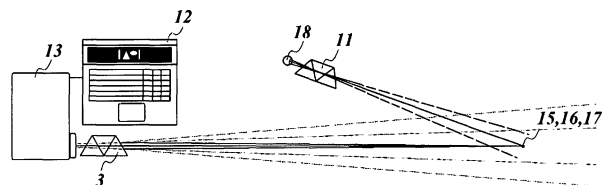
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung für Spekttralsynthese und Erzeugung spektral kodierter Bilder**

(57) Zusammenfassung: Bisher wurde nicht erkannt, dass spektral abstimmbare Lichtquellen als Projektoren für spektral kodierte Bilder genutzt werden können. Zudem sind bekannte abstimmbare Lichtquellen unnötig komplex. Das neue Verfahren und die neue Vorrichtung sollen Spekttralsynthese und spektrale Kodierung auf einfache Weise ermöglichen und das Potenzial nutzen, welches mit der Projektion von spektral kodierten Bildern einhergeht.

Mit einem Projektor (13), der eine breitbandige Lichtquelle und eine Helligkeitsmodulierende Maske enthält, werden vorzugsweise Graustufenbilder durch ein dispersives Element (3), zum Beispiel ein Prisma, projiziert. Die dispergierten Bilder enthalten jeweils eine Lichtlinie, die das Bild spektral enkodiert, so dass deren Spektrum dem Bild entspricht. Durch Projektion auf einen quasi-eindimensionalen, transluzenten Schirm (16) wird diese Lichtlinie rundum sichtbar. Für einen Betrachter (18), der durch ein dispersives Element (11) schaut, werden die kodierten Bilder dadurch ebenso rundum sichtbar. Bei Spiegelung der Lichtlinie wird das jeweilige Bild nicht umgekehrt, es ist spiegelimmun.

Das Verfahren und die Vorrichtung eignen sich zur Erzeugung von Licht beliebiger spektraler Zusammensetzung und beliebiger Farbe. Darüber hinaus eignen sie sich zur Projektion von zwei- oder dreidimensionalen Bildern auf einen oder mehrere eindimensionale Projektionsschirme. Die durch ein dispersives Element (11) betrachteten Bilder sind stets dem Betrachter (18) zugewandt.



Beschreibung

1. Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine geeignete Vorrichtung für Spektralsynthese und Erzeugung spektral kodierter Bilder. Sie gehört somit den technischen Gebieten der spektralen Lichtsynthese sowie der spektralen Kodierung an, und vereint diese beiden Gebiete im Bereich der Bildprojektion.

Stand der Technik

[0002] Sowohl für die Spektralsynthese als auch für die spektrale Kodierung von Bildern sind jeweils Vorrichtungen bekannt. Für die Spektralsynthese haben sich Spatial Light Modulator (SLM)-basierte abstimmbare Lichtquellen bewährt (US Patent 8,107,169; US Patent 7,106,435 B2; sowie I. Farup, J. H. Wold, T. Seim, und T. Søndrol, "Generating light with a specified spectral power distribution," Appl. Opt. 46, 2411–2422 (2007)). Auch für die spektrale Kodierung von Bildern wird häufig ein SLM genutzt (US Patent 5,315,423 A). Vorrichtungen dieser Art gleichen sich in der Anordnung der prinzipiellen Bestandteile und demzufolge in der grundlegenden Funktionsweise, was jedoch bisher übersehen wurde.

[0003] Fig. 1 ist eine schematische Darstellung der bekannten Verfahren und Vorrichtungen zur Spektralsynthese, die jenen zur spektralen Kodierung von Bildern im Wesentlichen gleichen. Eine breitbandige Lichtquelle [1], beispielsweise eine Xenon- oder Quecksilberbogenlampe, beleuchtet eine Spalt- oder Lochblende [2], deren Abbild durch ein dispersives Element [3] dispergiert wird, also je nach Wellenlänge an unterschiedlicher Stelle erzeugt wird. Sodann wird das dispergierte Blendenabbild, also das Spektrum der Lichtquelle, von einer Helligkeitsmodulierenden Maske [4], typischerweise einem Spatial Light Modulator, an wellenlängenspezifischen Stellen gemäß dem gewünschten Spektrum beziehungsweise dem zu enkodierenden Bild in seiner Helligkeit reduziert. Das Helligkeitsmodulierte Spektrum wird sodann von einer Rekombinationsoptik [5], beispielsweise von einem weiteren dispersiven Element oder einer Linse, zu einem Punkt [6], einer Linie [7] oder einer Fläche [8] zusammengeführt. Es kann somit über einen optischen Lichtleiter weitergeleitet, oder an einer geeigneten Fläche gestreut werden. Bei der Spektralsynthese wird das synthetisierte Licht üblicherweise mit einem Spektroradiometer [9] oder einer Kamera [10] spektral analysiert. Diese Analyse wird in einer optionalen Rückkopplungsschleife zwischen Helligkeitsmodulierender Maske [4] und Spektroradiometer [9] beziehungsweise Kamera [10] wiederum zur Kalibrierung und Optimierung der Synthese genutzt. Bei der spektralen Enkodierung hingegen werden die Bilder per Lichtleiter über weite Entfernungen übermittelt und am anderen Ende des Licht-

leiters mit einem dispersiven Element [11] wiederum dekodiert, um weiterverarbeitet zu werden. Im US Patent 6,657,758 B1 werden ein etwas anderes Verfahren und anderer Aufbau beschrieben: Ein SLM-Projektor, der die breitbandige Lichtquelle [1] und die Helligkeitsmodulierende Maske [4] enthält, projiziert ein Graustufenbild durch einen linear variablen Filter zur ortsabhängigen Wellenlängenselektion, so dass nach Durchgang des Lichts durch eine Rekombinationsoptik [5] eine Lichtlinie [7] entsteht, deren Spektrum dem Graustufenbild entspricht.

Problemstellung

[0004] Ein Problem besteht darin, dass die oben beschriebenen, bekannten Vorrichtungen zur Spektralsynthese beziehungsweise zur spektralen Enkodierung von Bildern sehr komplex sind.

[0005] Ein weiteres Problem besteht darin, dass die anhand Fig. 1 aufgezeigten Parallelen zwischen den Verfahren für SLM-basierte Spektralsynthese beziehungsweise spektrale Bildkodierung noch nicht erkannt wurden. So wurden bekannte SLM-basierte abstimmbare Lichtquellen bisher nur genutzt, um Wellenlängen als Muster auf dem SLM zu enkodieren. Es wurde jedoch noch nicht erkannt, dass diese Lichtquellen andersherum betrachtet spektral enkodierte Muster projizieren. Folglich wurden diese abstimmbaren Lichtquellen noch nicht genutzt, um konkrete, spektral kodierte Bilder zu projizieren. Zudem wurde das Prinzip der spektralen Kodierung bisher nur für bildgebende Verfahren und für die Übertragung von Bildern über Lichtleiter genutzt, so etwa in M. Merman, A. Abramov, und D. Yelin, "Theoretical analysis of spectrally encoded endoscopy," Opt. Express 17, 24045–24059 (2009); oder in A. Schwarz, A. Weiss, D. Fixler, Z. Zalevskya, V. Micó, und J. García, "One-dimensional wavelength multiplexed microscope without objective lens," Opt. Commun. 282, 2780–2786 (2009); oder in J. Lunazzi und N. Rivera, "Pseudoscopic imaging in a double diffraction process with a slit," Opt. Express 10, 1368–1373 (2002); beziehungsweise in US Patent 5,315,423 A, sowie in D. E. Hulsey und S. K. Case, "Fiberoptic image transmission system with high resolution," Appl. Opt. 22, 2029–2033 (1983). Auf die Projektion wurde solche spektrale Kodierung allerdings noch nicht angewandt.

[0006] Allerdings bietet gerade die Projektion spektral kodierter Bilder bisher ungeahnte und ungenutzte Möglichkeiten. Da die Information in einem Punkt oder einer Linie spektral kodiert ist, kann ein Betrachter, der durch ein dispersives Element schaut, diese Information aus jeder beliebigen Blickrichtung dekodieren und dabei immer ein dem Betrachter zugewandtes Bild sehen. Schließlich dispergiert das dispersive Element die im Punkt oder der Linie kodierte Licht stets quer zur Sichtlinie. So lange der Lichtpunkt oder die Lichtlinie rundum sichtbar ist, sind es auch

die dekodierten Bilder. Solcherlei Art von Rundumsichtbarkeit, bei der sich das Bild stets dem Betrachter zuwendet, und zwar jedem Betrachter gleichzeitig, ist bisher nicht bekannt. Rundumsichtbarkeit ist jedoch entscheidend für die Lesbarkeit von Text und gewährleistet, dass Bilder weder perspektivisch verzerrt, noch falsch herum gesehen werden. Das Potenzial der Rundumsichtbarkeit von spektral kodierten Bildern wurde bisher nicht erkannt.

[0007] Ein weiteres bisher ungeahntes Potenzial spektral enkodierter Bilder besteht darin, dass eine Spiegelung des sie enkodierenden Lichtpunkts oder der sie enkodierenden Lichtlinie nicht zur Umkehr des dekodierten Bildes führt, da das Spiegelbild eines Punkts oder einer Linie dem Punkt oder der Linie selbst gleicht (so lange der Spiegel parallel zur Linie ist). Spiegelimmunität ist ein bisher nicht erdachtes Konzept, geschweige denn wurde es bisher umgesetzt.

Lösung

[0008] Um die oben ausgeführten Probleme der Komplexität und der mangelnden Potenzialnutzung bestehender Vorrichtungen gleichzeitig zu lösen, wird gemäß Anspruch 1 SLM-basierte Spektralsynthese als Spezialform der spektralen Enkodierung betrachtet. Somit erweisen sich SLM-basierte abstimmbare Lichtquellen als potenzielle Projektoren für spektral enkodierte Bilder, was in Anspruch 3 zur Anwendung kommt. Zudem werden die Bestandteile der bekannten Vorrichtung in eine andere Reihenfolge gebracht, so dass einige Bestandteile zusätzlich Funktionen erfüllen, für die bisher zusätzliche Bestandteile vonnöten waren. Durch die Wegnahme der nun überflüssigen Bestandteile ergibt sich mit dem weniger komplexen Aufbau gemäß Anspruch 3 ein einfacheres Verfahren zur Spektralsynthese und spektralen Kodierung statt gemäß dem Stand der Technik mehrere Anteile aus einem einzelnen Spektrum zu subtrahieren, werden gemäß Anspruch 1 einzelne Anteile mehrerer Spektren addiert, indem ein zweidimensionales (2-D) Bild – vorzugsweise eine Graustufenversion des gewünschten Spaltpektrums – dispergiert wird. Hierbei wird jeder Bildpunkt zu einem Spektrum transformiert, das je nach Position und Helligkeit des Bildpunktes unterschiedliches monochromatisches Licht entsprechender Intensität zu einer gegebenen Linie beiträgt. Dieses Verfahren und die zugehörige Vorrichtung erlauben zudem die Projektion von spektral enkodierten Bildern sowie die anschließende Dekodierung mittels optischer Dispersion. Die Dekodierung gemäß Anspruch 2 kann prinzipiell rund um die synthetisierte Lichtlinie (oder gegebenenfalls einen synthetisierten Lichtpunkt) erfolgen, was Rundumsichtbarkeit der kodierten Bilder erlaubt. Zudem erweisen sich diese 2-D Bilder als spiegelimmun, werden also selbst bei Spiegelung der synthe-

tisierten Lichtlinie (oder gegebenenfalls des synthetisierten Lichtpunkts) nicht umgekehrt.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0009] Fig. 1 ist eine schematische Darstellung des Verfahrens und der Vorrichtung zur SLM-basierten Spektralsynthese und spektralen Kodierung, gemäß dem Stand der Technik.

[0010] Fig. 2 ist eine schematische Darstellung des Verfahrens und der Vorrichtung zur Spektralsynthese und spektralen Bildkodierung, gemäß der Erfindung.

[0011] Fig. 3 zeigt exemplarisch die Wellenlängenzusammensetzung eines Querschnitts eines 2-D Bildes vor und nach der Dispersion.

[0012] Fig. 4 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Spektralsynthese.

[0013] Fig. 5 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur spektralen Enkodierung und Dekodierung von 2-D Bildern.

Ausführung der Erfindung

[0014] Fig. 2 stellt in Analogie zur Fig. 1 auf schematische Weise daß erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Spektralsynthese und spektralen Bildkodierung dar. Hierbei kennzeichnen gleiche Zahlen gleiche Bestandteile. So ist zu erkennen, dass durch Neuordnung der Bestandteile der bekannten Vorrichtungen eine Vereinfachung zu erreichen ist: Die breitbandige Lichtquelle [1] durchleuchtet die Helligkeitsmodulierende Maske [4], so dass ein zweidimensionales Bild projiziert wird. Das projizierte Licht wird von einem dispersiven Element [3] dispergiert, und zwar so, dass eine Lichtlinie [7] entsteht. Das dort synthetisierte Licht kann mit einem Spektroradiometer [9] oder einer Kamera [10] spektral analysiert werden. Alternativ kann die Lichtlinie durch ein dispersives Element [11] projiziert beziehungsweise betrachtet werden, wodurch eine regenbogenfarbige Version des ursprünglichen zweidimensionalen Bildes als reelles beziehungsweise virtuelles Bild entsteht.

[0015] Fig. 3 stellt schematisch und exemplarisch die spektrale Zusammensetzung eines projizierten Bildes b) mit, beziehungsweise a) ohne Dispersion durch das dispersive Element [3] dar. Die x-Achse stellt eine der beiden räumlichen Dimensionen des projizierten 2-D Bildes dar, während die lambda-Achse die spektrale Dimension des 2-D Bildes darstellt. Hierbei stehen schwarze Flächen für Abwesenheit von Licht, weiße Flächen für maximale Helligkeit, und schraffierte Flächen für einen dazwischenliegenden Helligkeitswert. So ist erkennbar, dass das dispergierte Bild doppelt so breit sein muss wie es das un-

dispargierte Bild im selben Projektionsabstand wäre, damit entlang dessen Mitte und quer zur Dispersionsrichtung eine Lichtlinie [7] synthetisiert wird, deren spektrale Leistungsverteilung im relevanten Spektralbereich die räumliche Helligkeitsverteilung des kompletten 2-D Bildes widerspiegelt. Mit anderen Worten, eine räumliche Dimension des 2-D Bildes wird entlang einer Linie inmitten des dispargierten Bildes spektral enkodiert, während die andere räumliche Dimension der Länge der Linie entspricht.

[0016] Fig. 4 stellt eine bevorzugte Vorrichtung zur Spektralsynthese gemäß Fig. 2 und Fig. 3 vor. Hierbei wird über einen Personal Computer (PC) [12] das 2-D Bild gemäß Anspruch 1 an einen SLM-Projektor [13], der eine breitbandige Lichtquelle [1] und eine helligkeitsmodulierende Maske [4] in Form eines Spatial Light Modulator (SLM) enthält, übermittelt. Am einfachsten ist es, eine Graustufenversion des gewünschten Spaltspektrums zu verwenden, wobei jede Position x aus Fig. 3a) einer bestimmten Wellenlänge λ entspricht, während der Grauwert an der jeweiligen Position x die spektrale Intensität bestimmt. Ebenso denkbar sind jedoch auch Bilder, deren spektrale Zusammensetzung zwar weniger umfangreich als die eines breitbandigen Graustufenbildes ist, aber mindestens genauso umfangreich sein muss wie das zu synthetisierende Licht. Beispielsweise lassen sich Bilder verwenden, die entsprechend der Wellenlängenskalerung für die Spektralsynthese im kurzwelligen Bereich blau gefärbt sind, im langwelligen rot, und im dazwischenliegenden Bildabschnitt grün. Ebenso lassen sich andere Einfärbungen denken, so lange die für die Synthese benötigten Wellenlängen im entsprechenden Bildbereich vorhanden sind. Der SLM-Projektor [13] projiziert das Bild durch ein dispersives Element [3], beispielsweise ein Geradsichtprisma, so dass das Bild dispargiert wird. Dort, wo das dispargierte Bild doppelt so breit ist, wie es ohne dispersives Element [3] wäre, enthält es eine Lichtlinie [7], deren Spektrum dem Bild entspricht. Mit einer optionalen Spaltblende [14] kann das relevante Licht isoliert werden. Mit einem optionalem Spektrometriemeter [9] oder, alternativ, einer Kamera [10] wird das synthetisierte Licht spektral analysiert. Die so gewonnene Information wird genutzt, um am PC das projizierte Bild zu kalibrieren und zu optimieren.

[0017] Fig. 5 stellt eine bevorzugte Vorrichtung zur spektralen Enkodierung und Dekodierung gemäß Fig. 2 und Fig. 3 vor. Hierbei wird über einen Personal Computer [12] das 2-D Bild gemäß Anspruch 1 an einen SLM-Projektor [13], der eine breitbandige Lichtquelle [1] und eine helligkeitsmodulierende Maske [4] in Form eines Spatial Light Modulator (SLM) enthält, übermittelt. Wenn Farbbilder verwendet werden, sind die dekodierten Bilder meist noch gut erkennbar; allerdings werden Bildgegenstände in jenen Abschnitten des spektralen Bildes dunkel dargestellt, in denen die Wellenlängen nicht Bestandteil der Gegen-

standsfarbe sind. Beispielsweise werden rote Gegenstände nur im langwelligen Bereich des spektralen Bildes hell dargestellt; in den kurzwelligen und mittelwelligen Bereichen des spektralen Bildes erscheinen sie dunkel. Insofern empfiehlt sich die Verwendung von Graustufenbildern. Der SLM-Projektor [13] projiziert das jeweilige Bild durch ein dispersives Element [3], beispielsweise ein Geradsichtprisma, so dass das Bild dispargiert wird. Dort, wo das dispargierte Bild doppelt so breit ist, wie es ohne dispersives Element [3] wäre, enthält es eine Lichtlinie [7], deren Spektrum dem kompletten Bild entspricht. Näher am dispersiven Element [3] wird nur ein Teil des Bildes enkodiert, weiter weg vom dispersiven Element [3] kann ein größeres Bild enkodiert werden. Mit einem quasi-eindimensionalen, transluzenten [16] beziehungsweise opaken [15] Projektionsschirm, der in einer Variante [17] auch mehrere schmale Seitenflächen aufweisen kann, kann das relevante Licht gestreut werden. Mit einem dispersiven Element [11], gegebenenfalls auch mit [3], kann das synthetisierte Licht als 2-D Bild dekodiert werden, indem der Betrachter durch das dispersive Element [11] beziehungsweise [3] Richtung Schirm [15], [16], bzw. [17] schaut. Wenn das dispersive Element [11] sich über einen weiten Bereich erstreckt oder vom Betrachter mitgeführt wird, ergibt sich stets ein dem Betrachter zugewandtes, im Raum schwebendes, 2-D, halbtransparentes, virtuelles spektrales Bild.

Weitere Ausgestaltung der Erfindung

[0018] Bei transluzentem, quasi-eindimensionalem Schirm [16] oder bei beidseitiger Projektion auf einen opaken, quasi-eindimensionalen Schirm [15] ist das spektrale Bild rundum sichtbar, also für einen azimutalen Winkel von 360° . Zudem können weitere quasi-eindimensionale Projektionsschirme im dispargierten Licht aufgestellt werden und weitere Bilder um das ursprüngliche Bild herum angeordnet werden, um ähnliche oder andere Bilder spektral zu kodieren.

[0019] Wird das dispargierte Licht über Spiegel umgelenkt oder wird der quasi-eindimensionale Projektionsschirm gespiegelt, kehrt sich das jeweilige virtuelle spektrale Bild nicht um, es ist spiegelimmun. Nur durch Umkehrung eines der dispersiven Elemente [3] oder [11] kann das spektrale Bild umgekehrt werden.

[0020] Wird der mehrseitige quasi-eindimensionale Projektionsschirm [17] über Spiegel oder zusätzliche Projektoren und dispersive Elemente beleuchtet, zeigen sich je nach Betrachterstandort andere spektrale Bilder. So kann beispielsweise auf einem quasi-eindimensionalen Projektionsschirm mit dreieckigem Querschnitt pro Seitenfläche mindestens ein anderes Gesicht enkodiert werden. Beim Umherschreiten des Betrachters [18] zeigen sich beim Blick durch das dispersive Element [11] kontinuierlich ineinander übergehende Gesichter, so dass Gesichtsmor-

ping erzielt wird. Auf ähnliche Weise können mehrere Ansichten eines Gegenstands bei Projektion auf einen mehrseitigen Projektionsschirm den Eindruck eines dreidimensionalen Gegenstands hervorrufen, um den der Betrachter schreiten kann. So ist ein quasi-eindimensionaler Projektionsschirm [17] denkbar, der beispielsweise 12 nischenartige Projektionsflächen besitzt und somit einen sternartigen Querschnitt aufweist, so dass 12 verschiedene spektral enkodierte Bilder projiziert werden können.

[0021] Unabhängig davon können ein rotes und ein grünes spektrales Bild von einem einzigen quasi-eindimensionalen Projektionsschirm unter Verwendung einer Rot-Grün-Brille im Gehirn des Betrachters zu einem dreidimensionalen (3-D) Bild zusammengeführt werden, gemäß dem bekannten Anaglyphenverfahren. So ergeben sich rundum sichtbare, stets sich dem Betrachter zuwendende, dreidimensionale Bilder von Gegenständen, die stets aus derselben Perspektive zu sehen sind, selbst wenn der Betrachter um die synthetisierte Lichtlinie umherschreitet.

[0022] Das Ausführungsbeispiel stellt lediglich eine einfache Möglichkeit dar, das vorgeschlagene Verfahren umzusetzen. Ebenso ist es physikalisch möglich, anstelle einer Lichtlinie einen Lichtpunkt zu synthetisieren. Hierbei erfolgt die Enkodierung und Dekodierung der Bildinformation mittels zweidimensionaler Dispersion. Anspruch 2 umfasst diese Idee. Zudem sind zu den Ansprüchen 3 bis 10 gleichwertige Aufbauten und Vervielfältigung sowie neue Kombination einzelner Komponenten ebenso denkbar und nützlich, aber können hier im Einzelnen nicht erläutert werden. Der Fachmann wird diese aus den gegebenen Beispielen einfach herleiten können, sie sind Bestandteil der Erfindung.

Vorteile der Erfindung

[0023] Die Hauptvorteile der Erfindung bestehen darin, dass Spektralsynthese und spektrale Enkodierung mit ein und derselben Vorrichtung und Methode bewerkstelligt werden können. Dabei ist die Vorrichtung weniger komplex als alle bisher bekannten abstimmbaren Lichtquellen, und trotzdem mindestens genauso effektiv. Zudem verleihen das Verfahren und zugehörige Vorrichtung den kodierten Bildern zwei neue Eigenschaften. Zum einen erlangen die Bilder 360°-Sichtbarkeit, sind also rund um die synthetisierte Lichtlinie sichtbar, stets dem Betrachter zugewandt. Zum anderen werden die Bilder spiegelimmun, ändern ihre Ausrichtung also selbst dann nicht, wenn die synthetisierte Lichtlinie in einem parallelen Spiegel reflektiert wird.

[0024] Selbst mit nur einem einzigen Projektor [13] und einem einzigen dispersiven Element [3] kann die Projektion von identischen oder verschiedenen Bildern auf mehreren quasi-eindimensionalen Bildschir-

men erfolgen, die im Raum verteilt sind. Hierbei sind die virtuellen spektralen Bilder halbtransparent und schweben mitten im Raum, können sich also je nach Betrachterstandort anders überlagern. Auch dreidimensionale Bilder können hierbei erzeugt werden. Dies bietet ein vollkommen neues Seherlebnis.

Bezugszeichenliste

- | | |
|-----------|---|
| 1 | Breitbandige Lichtquelle; beispielsweise Xenon- oder Quecksilberbogenlampe |
| 2 | Spalt- oder Lochblende |
| 3 | Dispersives Element; beispielsweise Dispersionsprisma oder Beugungsgitter |
| 4 | Helligkeitsmodulierende Maske; beispielsweise Spatial Light Modulator (SLM) |
| 5 | Rekombinationsoptik; beispielsweise dispersives Element, Linse oder Integrationskammer |
| 6 | synthetisierter Lichtpunkt |
| 7 | synthetisierte Lichtlinie |
| 8 | synthetisierte Lichtfläche |
| 9 | Spektroradiometer |
| 10 | Kamera |
| 11 | Dispersives Element |
| 12 | Personal Computer mit Monitor |
| 13 | SLM-Projektor mit breitbandiger Lichtquelle |
| 14 | Spaltblende |
| 15 | opaker, quasi-eindimensionaler Projektionsschirm |
| 16 | transluzenter, quasi-eindimensionaler Projektionsschirm |
| 17 | opaker, quasi-eindimensionaler Projektionsschirm mit mehreren quasi-eindimensionalen Projektionsflächen |
| 18 | Betrachter |

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 8107169 [0002]
- US 7106435 B2 [0002]
- US 5315423 A [0002, 0005]
- US 6657758 B1 [0003]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- I. Farup, J. H. Wold, T. Seim, und T. Sønderol, "Generating light with a specified spectral power distribution," Appl. Opt. 46, 2411–2422 (2007) [0002]
- M. Merman, A. Abramov, und D. Yelin, "Theoretical analysis of spectrally encoded endoscopy," Opt. Express 17, 24045–24059 (2009) [0005]
- A. Schwarz, A. Weiss, D. Fixler, Z. Zalevskya, V. Micó, und J. García, "One-dimensional wavelength multiplexed microscope without objective lens," Opt. Commun. 282, 2780–2786 (2009) [0005]
- J. Lunazzi und N. Rivera, "Pseudoscopic imaging in a double diffraction process with a slit," Opt. Express 10, 1368–1373 (2002) [0005]
- D. E. Hulsey und S. K. Case, "Fiberoptic image transmission system with high resolution," Appl. Opt. 22, 2029–2033 (1983) [0005]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Licht mit beliebiger spektraler Leistungsverteilung beziehungsweise zur Erzeugung von spektral enkodierten Bildern, beides unter Nutzung von Dispersion und Helligkeitsmodulation von breitbandigem Licht, sowie optischer Rekombination des helligkeitsmodulierten breitbandigen Lichts, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Helligkeitsmodulation schon vor der Dispersion durchgeführt wird, indem mindestens ein 2-D Bild erst projiziert und dann dispergiert wird; und die optische Rekombination schon durch selbige Dispersion erreicht wird, indem das jeweils dispergierte Bild entlang dessen Mitte eine Lichtlinie [7] ergibt, die das gewünschte Spektrum aufweist beziehungsweise das komplette 2-D Bild spektral enkodiert.

2. Verfahren zur spektralen Dekodierung von spektral enkodierten Bildern, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Licht, welches die 2-D Bilder spektral enkodiert, durch ein entsprechendes dispersives Element [11] projiziert wird beziehungsweise betrachtet wird und somit als reelles beziehungsweise virtuelles spektrales 2-D Bild gesehen wird.

3. Vorrichtung zur Spektralsynthese beziehungsweise spektralen Enkodierung von Bildern, enthaltend eine Lichtquelle [1] zur Erzeugung breitbandigen Lichts, ein dispersives Element [3] zur Dispersion des breitbandigen Lichts und eine helligkeitsmodulierende Maske [4] zur Helligkeitsmodulation des breitbandigen Lichts, sowie Rekombinationsoptik [5], und optional ein Spektrometer [9], eine Kamera [10] oder gleichwertige Vorrichtung zur Kalibrierung und Optimierung der Spektralsynthese, gekennzeichnet dadurch, dass die breitbandige Lichtquelle [1] und die helligkeitsmodulierende Maske [4] integriert sind in einem Projektor [13] oder einem gleichwertigen Apparat zur Projektion von 2-D-Bildern gemäß Anspruch 1, und dass sich das dispersive Element [3] jenseits der helligkeitsmodulierenden Maske des Projektors [13] befindet, wodurch es zeitgleich zur Dispersion des jeweiligen Bildes auch die Funktion der Rekombinationsoptik [5] erfüllt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, zusätzlich gekennzeichnet durch wenigstens einen zweidimensionalen opaken beziehungsweise transluzenten Projektionsschirm zur Streuung des dispergierten Lichts, so dass es für einen Azimutalwinkel von nahezu 180° beziehungsweise 360° sichtbar ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, zusätzlich gekennzeichnet durch wenigstens eine Spaltblende [14] zur Selektion jeweils einer Lichtlinie, insbesondere jeweils derjenigen, die das relevante Spaltspektrum besitzt beziehungsweise das relevante Bild enkodiert.

6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 5, zusätzlich gekennzeichnet durch wenigstens einen quasi-eindimensionalen opaken [15] beziehungsweise transluzenten [16] Projektionsschirm zur Streuung des dispergierten Lichts, so dass die jeweilige Linie gestreuten Lichts für einen Azimutalwinkel von mindestens 180° beziehungsweise von 360° sichtbar ist.

7. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 6, zusätzlich gekennzeichnet durch wenigstens einen opaken, quasi-eindimensionalen Schirm mit mehreren quasi-eindimensionalen Projektionsflächen [17] zur Projektion mehrerer spektral enkodierter Bilder aus mehreren Richtungen.

8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 7, zusätzlich gekennzeichnet durch wenigstens eine spiegelnde Oberfläche zur Umlenkung des dispergierten Lichts beziehungsweise Ansicht eines Spiegelbildes des jeweiligen Projektionsschirms.

9. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 8, zusätzlich gekennzeichnet durch ein dispersives Element [11] beziehungsweise [3] zwischen projizierter Lichtlinie (oder deren Spiegelbild) und Betrachter [18] zur Dekodierung der spektral enkodierten Bilder.

10. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 9, zusätzlich gekennzeichnet durch eine Brille mit geeigneten Filtern, beispielsweise rot und grün, die für den Betrachter [18] zwei spektrale (Teil-)Bilder zu einem dreidimensionalen Bild zusammensetzt, beispielsweise nach dem Anaglyphenverfahren.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

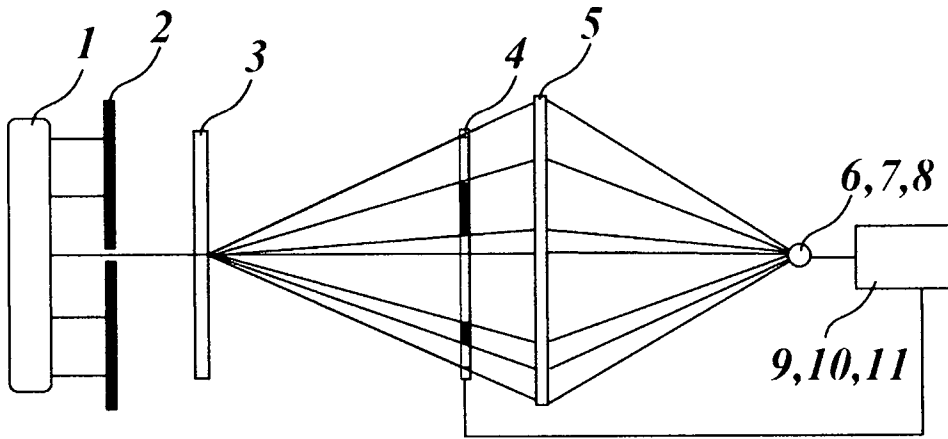


Fig. 1
- Stand der Technik -

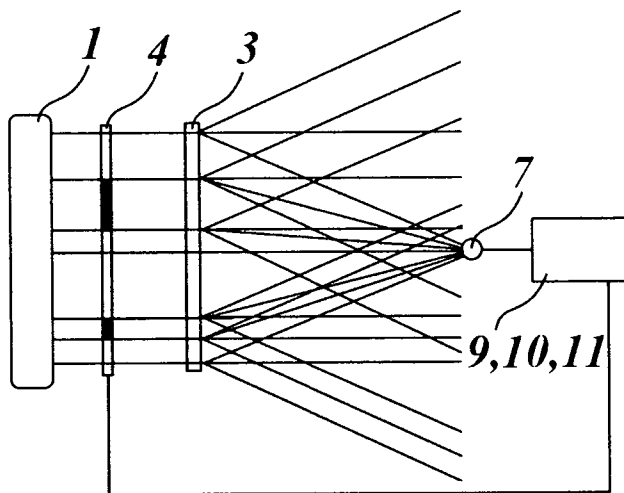


Fig. 2

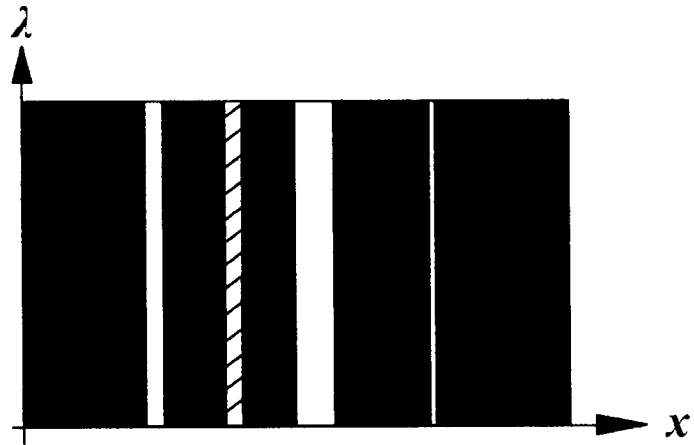


Fig. 3a)

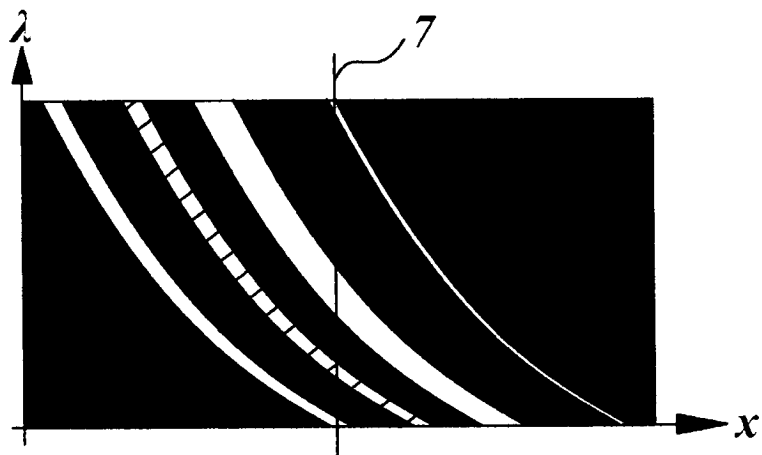


Fig. 3b)

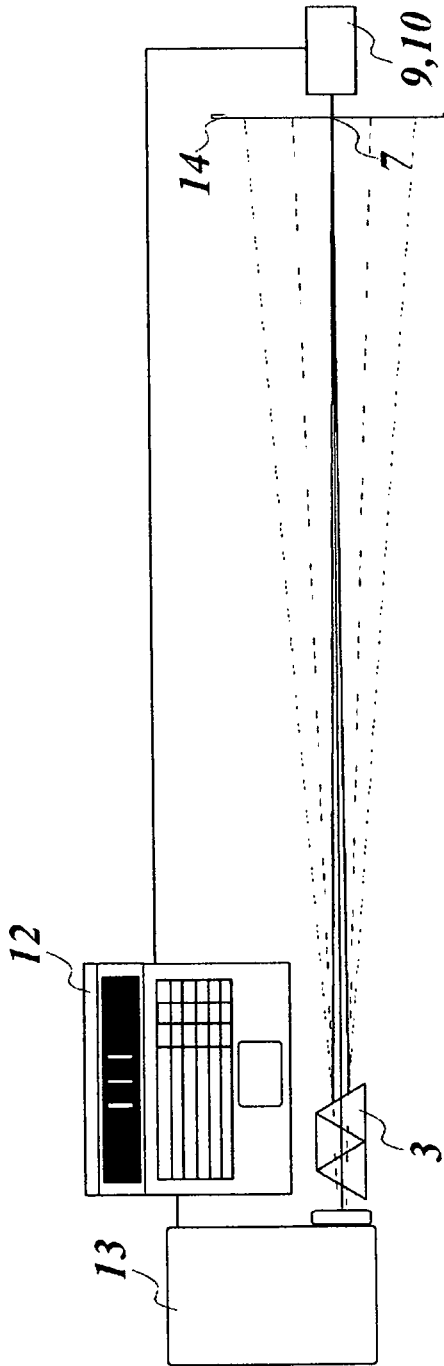


Fig. 4

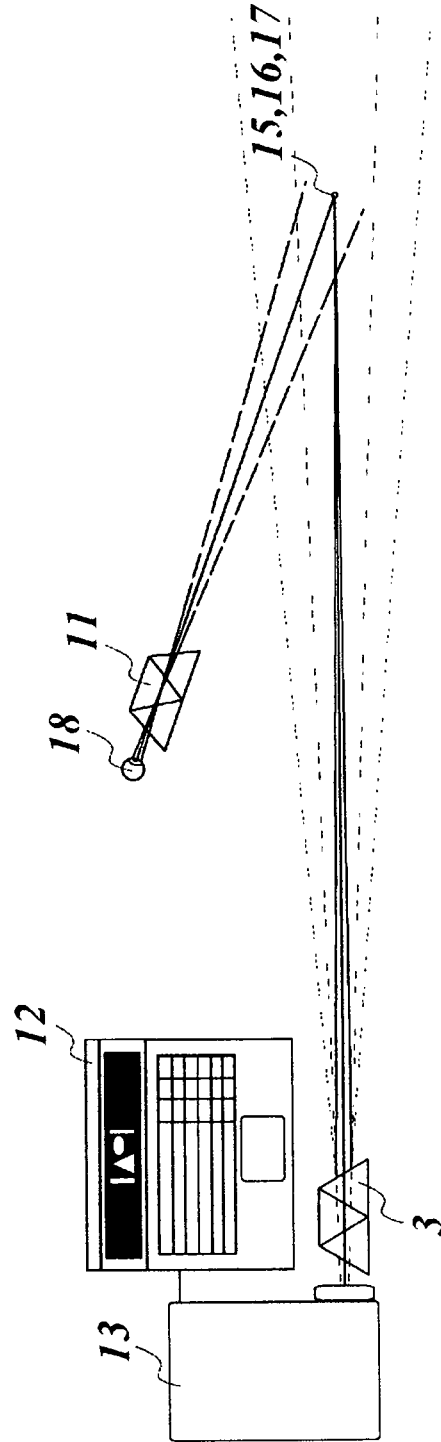


Fig. 5