

(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
7. Januar 2010 (07.01.2010)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/000230 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

G03B 15/03 (2006.01) H04N 5/235 (2006.01)
G06T 5/50 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2009/000877

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. Juni 2009 (25.06.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 031 243.6 2. Juli 2008 (02.07.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): EADS DEUTSCHLAND GMBH [DE/DE];
Willy-Messerschmitt-Strasse, 85521 Ottobrunn (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): PEUSER, Peter [DE/
DE]; Nelkenstrasse 46 B, 85521 Riemerling (DE).
SCHERTLER, Klaus [DE/DE]; Tulpenstrasse 4a, 85748
Garching (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

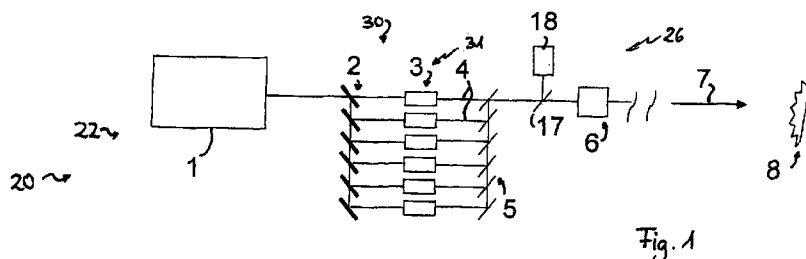
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,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

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR PRODUCING HIGH DYNAMIC RANGE (HDR) PICTURES, AND EXPOSURE APPARATUSES FOR USE THEREIN

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERZEUGUNG VON HIGH DYNAMIC RANGE (HDR)-BILDAUFNAHMEN SOWIE BELICHTUNGSVORRICHTUNGEN ZUR VERWENDUNG DARIN



(57) Abstract: The invention relates to an apparatus (20) and a method for producing DRI or HDR pictures, in which frames with different exposure are combined by means of image editing to form an HDR or DRI picture. So as also to be able to record moving objects (8) more easily and to remove the restrictions regarding immobility of a recording device (28), it is proposed that the exposure be effected by means of laser radiation (7) of different intensity.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (20) und ein Verfahren zur Erzeugung von DRI- oder HDR-Bildaufnahmen, bei dem unterschiedlich belichtete Einzelbilder durch Bildbearbeitung zu einer HDR oder DRI-Bildaufnahme zusammengefasst werden. Um auch bewegte Objekte (8) einfacher aufnehmen zu können und die Restriktionen hinsichtlich Unbeweglichkeit einer Aufnahmeeinrichtung (28) aufzuheben, wird vorgeschlagen, dass die Belichtung mittels Laserstrahlung (7) mit unterschiedlicher Intensität erfolgt.

WO 2010/000230 A2

Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung von High Dynamic Range (HDR)- Bildaufnahmen sowie Belichtungsvorrichtungen zur Verwendung darin

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erzeugung von High Dynamic Range (HDR)-Bildaufnahmen. Außerdem betrifft die Erfindung vorteilhafte Belichtungsvorrichtungen zur Verwendung in einem solchen Verfahren und einer solchen Vorrichtung.

10 In der Fotografie und Bildverarbeitung ist die HDR-Bilderzeugung oder auch Dynamic Range Increase – oder DRI-Technik als Verfahren bekannt, mit welchem sich aus einer Serie von unterschiedlich belichteten Einzelbildern (Belichtungsse-
rie) algorithmisch ein neues Bild mit sehr hohem Kontrastverhältnis erzeugen lässt.

15 Die HDR-Bilderzeugung oder auch Dynamic Range Increase-Technik genannt, wird in der Digitalfotografie verwendet, um den Dynamik-Umfang eines Bildes zu erhöhen.

20 Ziel des HDR-Bilderzeugungsverfahrens oder des DRI-Verfahrens ist es, den Gesamt-Kontrast eines Motivs mit großen Helligkeitsunterschieden auf einem Bild abzubilden und damit möglichst viele oder alle Details zu erhalten, wobei als Quelle mehrere Bilder mit geringerem Kontrastumfang als dem des Originalmotivs dienen.

25 Dabei werden mehrere Aufnahmen des exakt selben Bildausschnittes mit verschiedenen Belichtungszeiten gemacht. So entstehen bei den länger belichteten Aufnahmen überbelichtete Stellen, dafür sind aber auch schwach ausgeleuchtete Bereiche sichtbar. In den Aufnahmen mit den kürzeren Belichtungszeiten sind da-
30 gegen die hellen Stellen differenziert sichtbar, die schwach ausgeleuchteten Bereiche jedoch schwarz.

Diese einzelnen Aufnahmen werden nachträglich mit einem Bildbearbeitungsprogramm zusammengefügt, wobei jeweils die hellsten Stellen einer Aufnahme durch die aus der nächstdunkleren ersetzt werden. Dadurch erhält man ein Bild, welches
5 einen höheren Kontrastbereich widerspiegeln kann und bei dem sowohl die hellsten als auch die dunkelsten Stellen in ihrer Struktur sichtbar sind.

Generell Schwierigkeiten bereiten Szenen mit bewegten oder sich bewegenden Objekten, wie z. B. laufenden Personen oder Tieren, flatternden Fahnen, etc.

10

Zum Beispiel werden zur Erzeugung einer Belichtungsserie nacheinander Aufnahmen mit Belichtungen von 1/125 Sekunden, 1/60 Sekunden, 1/30 Sekunden, 1/15 Sekunden usw. aufgenommen. Durch den darum erforderlichen langen Zeitbedarf zur Erzeugung der Belichtungsserie ergeben sich folgende Einschränkungen des Verfahrens:

15

- Die abgebildete Szene muss statisch sein.
- Die Szene darf beispielsweise keine sich bewegenden oder sich verformenden Objekte aufweisen (laufende Personen, Pflanzen im Wind, Wellen, usw. sind generell schwierig).
- 20 - Die Kamera muss statisch installiert sein, z. B. auf einem Stativ befestigt sein.

20

Aufgabe der Erfindung ist es, HDR- oder DRI-Aufnahmen zu ermöglichen, bei denen auch bewegte Objekte leichter aufnehmbar sind und/oder bei denen auch die
25 Kamera beweglich angeordnet sein kann.

25

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Schritten des beigefügten Patentanspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens mit den Merkmalen des beigefügten Patentanspruches 16 gelöst.

30

Vorteilhafte Belichtungseinrichtungen zur Verwendung in einem solchen Verfahren sowie einer solchen Vorrichtung sind Gegenstand der weiteren Nebenansprüche.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

5

Durch die Erfindung ist die Erzeugung von hochdynamischen Bildern (HDR- oder DRI-Bildern) durch ein bildgebendes System mit aktiver laserbasierter Beleuchtung ermöglicht.

- 10 Insbesondere lässt sich durch einen Laserbeleuchtungspuls, welcher mehrere Wellenlängen bei unterschiedlichen Intensitäten enthält, oder durch eine (vorzugsweise extrem schnelle) Abfolge von (vorzugsweise sehr kurzen) Laserlicht-Pulsen mit verschiedenen Intensitäten die Erzeugung von Bildserien mit einem im Vergleich zur Belichtungsserie im bisherigen bekannten Verfahren sehr kurzen
- 15 Zeitbedarf realisieren, so dass keine Einschränkung in Bezug auf die Dynamik der Szene oder der Eigenbewegung der Kamera mehr vorliegt.

Damit wird beispielsweise eine DRI- oder HDR-Aufnahme von schnell bewegten, weit entfernten Objekten aus fliegenden Plattformen möglich.

20

Mittels Laserstrahlung von einer Laservorrichtung wird das aufzunehmende Objekt mit unterschiedlicher Intensität bestrahlt und zu jeder Intensität jeweils ein Einzelbild aufgenommen.

- 25 Durch unterschiedliche Intensitäten ist man unabhängig von Belichtungszeiten, so dass sich allein dadurch bereits ein erheblicher Zeitvorteil für die Bildaufnahme realisieren lässt.

- Die Einzelbildaufnahme kann zeitlich nacheinander erfolgen, wozu bevorzugt eine
- 30 Kamera mit extrem schneller Einzelbildaufnahme im Takt der Laserpulse verwendet wird.

Die Bildverarbeitungssoftware setzt das Gesamtbild aus den Einzelbildern wie im klassischen Verfahren zusammen, wobei eine Information über die Intensität, welche zur Aufnahme des jeweiligen Einzelbildes eingesetzt worden ist, benötigt wird.

5

Dies lässt sich gemäß einer Ausführungsform der Erfindung durch eine Messapparatur bewerkstelligen, die zeitgleich mit einem Teil der Strahlung zur Messung der Intensität versorgt wird.

- 10 Eine schnellere und zuverlässigere Information über die Intensitäten zwecks Bildbearbeitung erhält man, wenn die jeweiligen ausgesandten Intensitäten bereits bei der Aussendung entsprechend kodiert oder markiert werden.

- 15 Dies lässt sich bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung durch eine vorbestimmte Zeitabfolge erreichen, mit der Laserpulse bestimmter Intensitäten abgesandt werden. Der Empfangsteil wird dann mit der Information über die zeitliche Abfolge versorgt, so dass er den einzelnen nacheinander aufgenommenen Einzelbildern die jeweilige Intensität zuordnen kann.

- 20 Ein schnelleres Verfahren lässt sich dadurch erreichen, dass man den jeweiligen Intensitäten unterschiedliche Wellenlängen der auszusendenden Laserstrahlung zuordnet. Der Empfangsteil kann dann die Wellenlängen entsprechend ausfiltern und zu unterschiedlichen Aufnahmeeinrichtungen, insbesondere Kameras, lenken. Dadurch ist eine sehr kurze Aufnahme der Einzelbilder nacheinander, die nicht
25 mehr so stark durch die Aufnahmegeschwindigkeit der Einzelkamera bestimmt wird, möglich.

- Es ist aber auch möglich, die Wellenlängen mit unterschiedlichen Intensitäten gleichzeitig, beispielsweise in einem vereinigten Laserpuls abzusenden. Aufgrund
30 der unterschiedlichen Wellenlänge lassen sich die unterschiedlichen Intensitäten

dann unterschiedlichen Kameras zuordnen, die dann die entsprechenden Einzelbilder aufnehmen.

Die Teilstrahlung unterschiedlicher Wellenlänge lässt sich im Sendeteil z. B. ebenfalls durch eine Aufsplittung der Strahlung eines Lasers in unterschiedliche Teilstrahlung und entsprechende Wellenkonvertierung erreichen.

Andere Ausführungsformen für geeignete Laservorrichtungen zur Bereitstellung der als Lichtstrahlung zur Beleuchtung des aufzunehmenden Objektes eingesetzten Laserstrahlung weisen mehrere Laser, angeordnet in einer gemeinsamen Laservorrichtung, auf, die die unterschiedlichen Laserteilstrahlungen abstrahlen.

Besonders vorteilhaft lässt sich dies durch Diodenlaser erreichen, die auch sehr eng zusammen gestapelt werden können.

Bei dem zuvor erwähnten Verfahren, bei dem die Laserpulse unterschiedlicher Intensität nacheinander abgestrahlt werden, lässt sich ein Diodenlaser mit einer entsprechenden Strompulsfolge ansteuern. Vorteilhaft ist auch hierzu eine Diodenlaseranordnung mit entsprechend hoher Strahlleistung vorgesehen.

Bei der Ausbildung mit unterschiedlichen Wellenlängen lässt sich eine Anordnung aus Diodenlasern mit unterschiedlichen Emissionswellenlängen bilden. Unterschiedliche Intensitäten können durch unterschiedliche Dimensionierung der Diodenlasereinheiten – beispielsweise durch Vorsehen von unterschiedlichen Anzahlen von Diodenlaser-Barren, welche z. B. jeweils gestapelt angeordnet werden – erreichen.

Eine Puls laserfolge mit wechselnder Intensität lässt sich alternativ auch beispielsweise durch einen Laseroszillator-Verstärker erreichen. Hierbei kann der Laseroszillator Laserpulse gleicher Wellenlänge und gleicher Intensität ausstrahlen. Der

nachgeschaltete Laserverstärker wird mit zeitlich variierender Pumpenergie angesteuert, um die einzelnen Pulse dieser Pulsfolge unterschiedlich zu verstärken.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der beigefügten

5 Zeichnung näher erläutert. Darin zeigt:

- 10 Fig. 1 einen Sendeteil einer ersten Ausführungsform einer Vorrichtung zur Erzeugung von HDR- oder DRI-Bildaufnahmen in einem schematisierten Aufbau;
- Fig. 2 einen Graph mit einer beispielhaften Intensitätsverteilung der von dem Sendeteil nach Fig. 1 abgestrahlten Laserstrahlung;
- 15 Fig. 3 ein Empfangsteil der ersten Ausführungsform der Vorrichtung zur Erzeugung von DRI- oder HDR-Bildaufnahmen in schematischer vereinfachter Darstellung;
- Fig. 4 u. 5 zwei Graphen, die Beispiele für in einem einzigen Laserpuls gleichzeitig gesendete Wellenlängenspektren mit unterschiedlichen Intensitäten bei unterschiedlichen Wellenlängen darstellen;
- 20 Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Sendeteils für eine zweite Ausführungsform der Vorrichtung zur DRI- oder HDR-Bilderzeugung;
- 25 Fig. 7 eine schematische Darstellung einer einzelnen Diodenlasereinheit;
- Fig. 8 eine schematische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels eines Sendeteils für eine Vorrichtung zur DRI- oder HDR-Bilderzeugung, welche aus mehreren Diodenlasereinheiten nach Fig. 7 zusammengesetzt ist;
- 30

- Fig. 9 einen Graph, der eine Pulsfolge von Laserpulsen mit unterschiedlicher Amplitude als Beispiel für eine weitere zu Belichtungszwecke bei DRI-Bildaufnahmen oder HDR-Bildaufnahmen eingesetzte Laserstrahlung;
- 5 Fig. 10 eine schematische Darstellung einer Laseroszillator-Laserverstärker-Vorrichtung, die als Sendeteil bei einer weiteren Ausführungsform der Vorrichtung zur HDR- oder DRI-Bilderzeugung verwendbar ist, und
- 10 Fig. 11 einen Graphen zur Darstellung einer bei der Laseroszillator-Laserverstärker-Vorrichtung von Fig. 10 auf den Laserverstärker aufgetragenen zeitlich verändernden Pumpenergie.

Bei einer ersten Ausführungsform eines Verfahrens zur DRI- oder HDR-Bilderzeugung wird die typische Belichtungsserie der klassischen HDR (High Dynamic Range) -Bilderzeugung oder DRI (Dynamic Range Increase) –
15 Bilderzeugung durch eine Abfolge von K in sehr kurzen Zeitabständen aufeinanderfolgenden kurzen Laserlichtpulsen ersetzt. Beispielsweise folgen die Laserlichtpulse im Nanosekunden oder Pikosekundenbereich aufeinander.

20 Bei der ersten Ausführungsform des Verfahrens besitzen die Einzelimpulse ($N = 1 \dots K$) dabei unterschiedliche Wellenlängen λ_N (Farbkodierung) und Intensitäten I_N (Beleuchtungsstärke).

Beispielsweise steigt innerhalb der Pulsserie von Puls zu Puls die Intensität an ($I_N \geq I_{N+1}$). Eine solche Pulsserie mit von Puls zu Puls ansteigender Intensität korrespondiert zu ansteigenden Belichtungszeiten im klassischen Verfahren, so dass
25 eine gleichartige Bildbearbeitungssoftware wie ein klassisches Verfahren einsetzbar ist.

30 Durch die Aufnahme von K entsprechend der Wellenlänge λ_N spektral gefilterten Bildern des Rückstreulichts ist nun eine Zuordnung der so erzeugten Einzelbilder

zu den ausgesendeten Intensitäten I_N möglich. Auf die Serie von K Einzelbildern mit bekannter Beleuchtungsstärke lassen sich nun die algorithmischen – grundsätzlich bekannten und in Form von Software auf dem Markt erhältlichen – Verfahren der HDR-Bilderzeugung oder DRI-Bilderzeugung anwenden.

5

Damit wird beispielsweise die HDR-Aufnahme von schnell bewegten Objekten aus fliegenden Plattformen möglich.

10 In einem alternativen Verfahren wird alternativ zur Verwendung einer Pulsfolge die Beleuchtung mit einem einzigen, besonders gestalteten Laserpuls durchgeführt, welcher unterschiedliche Wellenlängen mit unterschiedlichen Intensitäten enthält.

15 In den Figuren 1 und 3 ist eine Ausführungsform einer Vorrichtung 20 zur HDR- oder DRI-Bilderzeugung dargestellt. Die Vorrichtung 20 weist einen in Fig. 1 dargestellten Sendeteil 22 und einen in Fig. 3 dargestellten Empfangsteil 24 auf. Der Sendeteil weist eine Laservorrichtung 26 auf. Die Laservorrichtung 26 erzeugt in dem hier dargestellten Beispiel einen in Fig. 2 als Spektrum dargestellten Laserstrahl.

20 Der Empfangsteil 24 weist eine Aufnahmeeinrichtung 28 sowie eine Bildverarbeitungseinheit 14 auf.

25 In einer ersten Version der Vorrichtung 20 weist die Laservorrichtung 26 einen Kurzpulslaser 1 auf, der Strahlung mit Pulsbreiten im ns- oder ps-Bereich aussendet. Die Laservorrichtung 26 weist weiter eine spezielle Strahlformungsanordnung 30 auf, in der Pulssequenzen erzeugt werden, bei welchen jeder einzelne Puls 15a bis 15f eine andere Wellenlänge und eine unterschiedliche Intensität hat. Dabei liegen die Pulsabstände vorzugsweise im ns- oder ps-Bereich.

30 Mit einem solchen Laserstrahl 7 wird ein Messobjekt oder aufzunehmendes Objekt 8 angestrahlt. Das zurückreflektierte Licht – reflektierte Strahlung 9 – durchläuft

- eine optische Filteranordnung 11, welche die Strahlung 9 auf einzelne Messkanäle – Farbkanäle 12 - verteilt, so dass Strahlung jeweils einer einzigen Wellenlänge von einer zugeordneten Kamera 13 aufgenommen wird. Dadurch wird erreicht, dass jeweils einem Bild in einem Messzweig oder Messkanal eine bestimmte Aufnahme zugeordnet werden kann, welche mit einer bestimmten Beleuchtungsstärke aufgenommen worden ist. Die Pulsabstände sind dabei so klein, dass die einzelnen Aufnahmen quasi von einem stationären Objekt gewonnen werden. Aus den somit gewonnenen Einzel-Aufnahmen kann dann mittels geeigneter Bildverarbeitungsmethoden ein DRI- oder HDR-Bild erzeugt werden.
- Bei einer zweiten Version der Vorrichtung 20 werden durch die Anwendung anderer Kurzpuls-Lasertechniken in einem einzigen Laserpuls mehrere Wellenlängen erzeugt, welche unterschiedliche Intensitäten haben.
- Die Vorrichtung 20 weist demnach den Sendeteil 22 mit der Laservorrichtung 26 und einen Beleuchtungslaser auf. Der Empfangsteil 24 weist die Aufnahmeeinrichtung 28 - hier mit der optischen Filteranordnung 11 und den einzelnen Kameras 13 - und die Bildverarbeitungseinheit 14 auf.
- Bei der in den Figuren 1 bis 3 dargestellten ersten Ausführungsform wird die Strahlung des KurzpulsLasers 1, der Laserpulse mit Pulsbreiten im ns- oder ps-Bereich emittiert, mittels Strahlteilern 2 unterschiedlicher Reflexion und Transmission für die Pumpstrahlung in mehrere Zweige aufgeteilt.
- In dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 ist dies für sechs Teilstrahlen 4 beispielhaft dargestellt, welche sechs Teilstrahlen 4 jeweils unterschiedliche Intensitäten haben. Jeder einzelne Teilstrahl 4 wird mittels optisch nicht linearer Materialien 3 wellenlängentransformiert, wobei unterschiedliche Wellenlängen erzeugt werden. Dies wird erreicht, indem optisch-nichtlinere Prozesse genutzt werden.
- Beispielsweise können die Erzeugung höherer Harmonischer, die Konversion mittels optisch parametrischer Oszillatoren bzw. Generatoren, die Stimulierte Ra-

manstreuung oder Vierwellenmischungsprozesse genutzt werden, um die Primärstrahlung zu anderen Wellenlängen zu konvertieren.

Die auf diese Weise erhaltenen farblich unterschiedlichen Teilstrahlen 4 werden
5 zu einem einzigen Laserstrahl 7 vereinigt, was beispielsweise mit einer einfachen Anordnung von Kantenfiltern 5 erreicht wird.

Die Intensitäten bei den verschiedenen Wellenlängen können auch auf einfache Weise mittels eines (nicht dargestellten) geeigneten Farbfilters eingestellt werden,
10 welches in den Laserstrahl 7 eingefügt wird.

Um die für die Bildverarbeitung erforderlichen unterschiedlichen Beleuchtungsstärken bei den einzelnen Wellenlängen zu bestimmen, wird ein Bruchteil des Laserstrahls mit einem Strahlteiler 17 in eine Messeinheit 18 geleitet.

15 Der Laserstrahl 7 enthält nun eine Pulsfolge 16, welche sich aus Einzelpulsen 15a bis 15f zusammensetzt, die unterschiedliche Wellenlängen λ_N und unterschiedliche Intensitäten I_N aufweisen, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist.

20 Die Divergenz des resultierenden Laserstrahls 7 kann mit einem geeigneten ersten Teleskop 6 angepasst werden, so dass das Objekt 8 optimal beleuchtet wird. Die Pulsfolgen können sich entsprechend der Repetitionsrate des Kurzpulslasers 1 wiederholen.

25 Wie in Fig. 3 dargestellt wird die vom Objekt 8 zurückreflektierte Strahlung 9 mit einem zweiten Teleskop 10 erfasst und anschließend mit einer Filteranordnung 11 in einzelne Farbkanäle 12 geleitet, die jeweils eine Kamera 13 enthalten, mit der die farblich kodierten Bilder aufgenommen werden.

Aus den Bildern der einzelnen Messkanäle oder Farbkanäle 12, welche mit unterschiedlichen Beleuchtungsstärken aufgenommen worden sind, kann nun mit der Bildverarbeitungseinheit 14 ein DRI-Bild oder HDR-Bild erzeugt werden.

- 5 Da die Laserstrahlung mit großen Intensitäten erzeugt werden kann, wobei eine große Photonenzahl bereitgestellt wird, können auch schwach reflektierende und/oder weit entfernte Objekte erfasst werden.

In einer nicht näher dargestellten, vom Grundaufbau jedoch sehr ähnlichen zweiten Ausgestaltung der Vorrichtung 20 erzeugt die als Sende- oder Beleuchtungslaser eingesetzte Laservorrichtung 26 mehrere Wellenlängen in einem einzigen Puls, wobei die Intensitäten bei diesen Wellenlängen unterschiedlich sind. Beispielsweise weist hierzu die Laservorrichtung 26 einen Multicolor-Laser auf. Bei einer solchen Anordnung mit einem Multicolor-Laser ist eine Aufspaltung des primären Laserstrahls in mehrere Zweige wie bei Fig. 1 nicht erforderlich. Beispielsweise nutzt ein solcher Multicolor-Laser den optisch nicht linearen Prozess der Stimulierten Raman-Streuung, bei dem aus einem Laserpuls einer bestimmten Wellenlänge mehrere diskrete Wellenlängen entstehen, welche je nach ihrer Ordnungszahl gemäß der sogenannten Stokes- oder Anti-Stokes-Linien unterschiedliche Intensitäten aufweisen, siehe hierzu im einzelnen J. Findeisen, H. J. Eichler, 10 P. Peuser, A. A. Kaminskii, J. Hulliger; Appl. Phys. B 70 (2000) 159. Ein derartig erzeugter Laserpuls ist beispielhaft in der Fig. 4 als Spektrum-Diagramm dargestellt.

- 25 Ein anderes Beispiel ist in Fig. 5 dargestellt, wobei eine Wellenlängenfolge mit unterschiedlichen Intensitäten durch vier Wellenlängenmischungen erzeugt worden ist, siehe hierzu näher im Einzelnen J. Findeisen, Dissertation, TU Berlin, 1999, D83, Kap. 3, S. 39-40.

- 30 Als andere nichtlineare Prozesse können auch die Erzeugung früherer Harmonischer und/oder die Konversion mittels optisch parametrischer Oszillatoren bzw.

Generatoren genutzt werden, um die Primärstrahlung zu anderen Wellenlängen zu konvertieren.

5 Für die Herstellung eines einzelnen Laserpulses, der unterschiedliche Wellenlängen bei unterschiedlichen Intensitäten enthält, kann weiterhin auch die Erzeugung von sog. "Chirped Pulses" genutzt werden, wobei die in einem ultrakurzen Puls enthaltenen Frequenzen bzw. Wellenlängen ein kontinuierliches Farbspektrum erzeugen, dessen Intensitätsverlauf in Abhängigkeit von der Wellenlänge auf einfache Weise, z. B. auch durch anschließende Farbfilterung, beeinflusst werden
10 kann, so dass sich signifikante Intensitätsunterschiede im Wellenlängenspektrum ergeben. Die Herstellung von Chirped Pulses kann z. B. auf einfache Weise herbeigeführt werden, indem ein ultrakurzer Puls durch ein transparentes Medium geleitet wird.

15 Als weitere Laser-Beleuchtungs-Strahlquellen, die in einem einzigen Beleuchtungspuls verschiedene Intensitäten bei unterschiedlichen Wellenlängen für DRI- oder HDR-Aufnahmen bereitstellen, sind auch Anordnungen von Halbleiterlasern mit hohen Leistungen geeignet, wie im folgenden näher anhand der Figuren 6 bis 8 näher erläutert wird.

20

In Fig. 6 ist eine weitere Ausführungsform der Laservorrichtung 26 dargestellt, die in einem Sendeteil 22 einer weiteren Ausführungsform der Vorrichtung 20 einsetzbar ist. Die Laservorrichtung 26 weist eine Anordnung 32 von mehreren Lasern, hier in Form von Hochleistungs-Diodenlasern 117 auf. Bei einer ersten Ausgestaltung dieser Anordnung 32 sind Diodenlaser 117 mit unterschiedlichen Emissionswellenlängen vorgesehen. Beispielsweise sind Diodenlaser vorgesehen, die auf
25 780 nm, 800 nm, 820 nm, 840 nm, etc... strahlen. Die Strahlungen unterschiedlicher Emissionswellenlängen werden jeweils mit unterschiedlichen Leistungen emittiert. Die Teilstrahlen 4 der einzelnen Diodenlaser 117 werden kollinear überlagert und zu einem einzigen Laserstrahl 7 vereinigt. Dies erfolgt beispielsweise mittels Kantenfiltern 111. Hierzu ist eine geeignete hohe Strahlqualität von Vorteil.
30

Diese kann für jeden einzelnen Diodenlaser 117 beispielsweise mit den gleichen Strahlformungstechniken erreicht werden, wie sie für die effiziente Einkopplung von Diodenlaserstrahlung hoher Leistung in eine optische Faser angewandt werden. So ist es beispielsweise möglich, Diodenlaserstrahlung mit mehr als 1 kW in
5 eine optische Faser einzukoppeln. Für nähere Einzelheiten zu den anwendbaren Techniken wird auf P. Peuser et al., Opt. Lett. 31 (2006) 1991 verwiesen.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 6 sind die einzelnen Diodenlaser 117 mit Hilfe einer gemeinsamen Steuereinheit 118 synchronisiert, so dass die Emission
10 zeitgleich erfolgt. Die Pulslängen liegen typischerweise im Bereich von 110 μ s bis zu einer ms. Größere Pulslängen sind möglich. Die verfügbaren Pulsenergien können dabei im Bereich bis zu ein J oder höher liegen, so dass eine große Zahl von Photonen bereitgestellt wird.

15 Es können aber auch andere Diodenlasertypen verwendet werden, die Pulsbreiten im Bereich von mehreren 10 ns oder 100 ns erzeugen. In diesem Falle ist die erreichbare Photonenzahl jedoch um Größenordnungen geringer. Weitere verfügbare Wellenlängenbereiche liegen bei etwa 900 nm bis 980 nm oder auch bei
20 1.500 nm. Dieser Wellenlängenbereich ist besonders günstig im Bezug auf aus-
sicheren Betrieb.

Im folgenden wird unter Bezug auf die Figuren 7 und 8 eine neuartige kompakte Variante einer solchen Anordnung 32 von Hochleistungs-Diodenlasern 117 näher erläutert, die für die Anwendung als Beleuchtungsquelle in den hier vorgestellten
25 Verfahren und Vorrichtungen besonders geeignet ist.

Um hohe Ausgangsleistungen bis in den kW-Bereich zu erzeugen, werden nach dem Stand der Technik mehrere sog. Diodenlaser-Barren 119 aufeinander gestapelt. Dies ist beispielsweise in P. Peuser, N. P. Schmitt; Diodengepumpte Festkörperlaser; Springer-Verlag, Heidelberg, 1995 näher erläutert, worauf ausdrück-
30 lich verwiesen wird. Für die Anwendung als DIR- oder HDR-

Beleuchtungsstrahlquelle werden nun gemäß den Fig. 7 und 8 mehrere Diodenlaser-Barren 119 in einem gemeinsamen Stapel 120 vereinigt, welche unterschiedliche Emissionswellenlängen aufweisen. Typischerweise sind die Barren etwa 10 mm breit, wobei die Diodenlaserelemente 21 ("arrays") auf einem Träger 122 aufgebaut sind, über den die Verlustwärme zu einer gemeinsamen Wärmeableitungsplatte 123 geleitet wird.

Zur besseren Strahlformung werden, wie dies grundsätzlich im Stand der Technik bekannt ist, zusätzlich Mikro-Zylinderlinsen 124 aufgebracht. Die einzelnen Diodenlaser-Barren 119 sind durch Abstandselemente 125 voneinander getrennt. Die von den einzelnen Diodenlaser-Barren 119 emittierte Strahlung wird dann mit den geeigneten Strahlformungstechniken – siehe hierzu P. Peuser et al., Opl. Lett. 31 (2006) 1991 – zu einem einzigen Laserstrahl 7 zusammengefasst.

Durch eine unterschiedliche Anzahl von Diodenlaser-Barren 119 für jeden einzelnen Wellenlängenbereich können die bei jeder einzelnen Wellenlänge verfügbaren Diodenlaserleistungen bestimmt werden.

Alternativ oder zusätzlich können aber auch einzelne, durch ihre Wellenlänge charakterisierte Diodenlaser-Barren 119 oder Emissionsgruppen von Diodenlasern 117/119 mittels entsprechender Strom-Zuleitungen 126 separat angesteuert werden, so dass durch die Regelung des Diodenstroms die Emissionsleistung für jede einzelne Wellenlänge bestimmt wird.

Zuvorstehend wurden Ausführungsbeispiele für die Vorrichtung 20 zur DRI- oder HDR-Bilderzeugung beschrieben, bei denen die jeweils von der Laservorrichtung 26 abgestrahlten unterschiedlichen Intensitäten durch Farbkodierung unterschieden werden. Jedoch gibt es in jüngerer Zeit immer größere Entwicklungen auf dem Gebiet von Hochgeschwindigkeitskameras. Mit entsprechend schnellen Kameras 13 kann ggf. auf die Farb- bzw. Wellenlängenkodierung der beleuchtenden Strahlung verzichtet werden. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Kame-

ra 13 hinreichend schnell solche Bilder differenzieren und aufnehmen kann, die mit Laserstrahlung beleuchtet wurden, die aus einer Sequenz von schnell aufeinander folgenden Pulsen besteht, welche unterschiedliche Leistungen aufweisen.

5 Geeignete Pulse können durch Anwendung entsprechender Lasertechniken nach dem Stand der Technik mit zeitlichen Abständen im Bereich von 10 μ s bis zu mehreren ms bereitgestellt werden. Eine beispielhafte Pulsfolge ist in der Fig. 9 dargestellt.

10 Ein Beispiel für eine solche Laservorrichtung 26, welche die geeigneten Pulse erzeugen kann, ist in der Fig. 10 dargestellt. Dieses Ausführungsbeispiel für die Laservorrichtung 26 ist als Laseroszillator-Laserverstärker-Vorrichtung 40 ausgebildet. Diese Laseroszillator-Laserverstärker-Vorrichtung 40 weist einen Laseroszillator 127 und einen Laserverstärker 129 sowie eine Stromversorgungs- und Puls-
15 formungseinheit 131 auf.

Von dem Laseroszillator 127 wird ein Laserstrahl 128 erzeugt, der eine Sequenz von mehreren Pulsen gleicher Amplitude erzeugt, z. B. mit Pulsbreiten im Bereich von 1 ns bis 500 ns.

20

Die Energie der einzelnen Pulse wird in dem danach angeordneten Laserverstärker 129 vergrößert.

Um die für die DRI- oder HDR-Aufnahmen notwendige Variation der Pulsamplituden in dem verstärkten Beleuchtungsstrahl 130 zu erreichen, wird die von der
25 Stromversorgungs- und Pulsformungseinheit 131 bereitgestellte Pumpenergie des Laserverstärkers für die Dauer der Oszillator-Pulsfolge so variiert, dass die nacheinander, d. h. zu verschiedenen Zeiten, den Laserverstärker 129 durchlaufenden Pulse eine unterschiedliche Verstärkung erfahren. Ein Beispiel für einen hierbei
30 Frage kommenden Verlauf der Pumpenergie des Laserverstärkers 129 als Funktion der Zeit ist in der Fig. 11 dargestellt.

Weiter kann auch mit den oben beschriebenen Anordnungen 32 mehrerer Laser, insbesondere mit den oben beschriebenen Hochleistungs-Diodenlaserkonfigurationen, eine geeignete Pulsfolge mit zeitlich veränderter Leistung erzeugt werden.

Auch hierbei sind unterschiedliche Emissionswellenlängen nicht erforderlich. Die einzelnen Diodenlaser 117 oder Diodenlaser-Barren 119 können (müssen aber nicht) im gleichen Wellenlängenbereich emittieren. Durch zeitlich nacheinander an die einzelnen Diodenlaser 117, 119 angelegte Pumpstrom-Pulse mit unterschiedlicher Stromstärke lässt sich ein entsprechendes zeitliches Beleuchtungsprofil erzeugen. Solche Strompulse haben eine typische Länge von etwa 100 µs bis zu 1 ms, so dass die gesamte Pulsfolge eine Länge von einigen ms haben kann, was jedoch für die Belichtungszwecke ausreicht.

Dies gilt in gleichem Maße auch für die kompakte Variante, welche gemäß Fig. 8 als Stapel 120 aufgebaut ist. Hierbei werden dann die einzelnen Diodenlaser-Barren 119 separat angesteuert, so dass durch unterschiedliche, zeitlich nacheinander zur Anregung der Diodenlaser-Barren 119 applizierte Stromstärken entsprechend unterschiedliche Emissionsleistungen die Folge sind.

Hierbei ist es vorteilhaft, die einzelnen Teilstrahlen 4 vorzugsweise mit einer wie in P. Peuser et al., Opt. Lett. 31 (2006) 1991 beschriebenen optischen Konfiguration in eine Quarz-Multimode-Faser einzukoppeln. Beim Durchlaufen der optischen Pulse durch die Faser, welche typischerweise eine Länge von mehreren Metern hat, wird eine Homogenisierung der Intensitätsverteilung über dem Faserquerschnitt bewirkt. Anschließend wird die Strahlung mit einer geeigneten optischen Anordnung, beispielsweise einem Teleskop – erstes Teleskop 6 – zur Beleuchtung der aufzunehmenden Szene verwendet.

- Das (nicht dargestellte) Empfangsteil einer solchen Vorrichtung 20, bei der die einzelnen Intensitäten rein durch Zeitabfolge identifiziert werden, würde sich durch eine entsprechend ausgebildete Hochleistungs-Kamera auszeichnen, die dann jeweils die nur mit einem der aufeinander folgenden Pulse belichteten Einzelbilder
- 5 nacheinander aufnimmt.

Bezugzeichenliste

- | | | |
|----|-----|----------------------------------|
| | 1 | Kurzpulslaser |
| | 2 | Strahlteiler |
| | 3 | optisch nicht-lineares Material |
| 5 | 4 | Teilstrahlen |
| | 5 | Kantenfilter |
| | 6 | erstes Teleskop |
| | 7 | vereinigter Laserstrahl |
| | 8 | Objekt |
| 10 | 9 | reflektierte Strahlung |
| | 10 | zweites Teleskop |
| | 11 | Filteranordnung |
| | 12 | Farbkanäle |
| | 13 | Kamera |
| 15 | 14 | Bildverarbeitungseinheit |
| | 15a | Einzelpuls |
| | 15b | Einzelpuls |
| | 15c | Einzelpuls |
| | 15d | Einzelpuls |
| 20 | 15e | Einzelpuls |
| | 15f | Einzelpuls |
| | 16 | Pulsfolge |
| | 17 | Strahlteiler |
| | 18 | Messeinheit |
| 25 | 20 | Vorrichtung |
| | 22 | Sendeteil |
| | 24 | Empfangsteil |
| | 26 | Laservorrichtung |
| | 28 | Aufnahmeeinrichtung |
| 30 | 30 | Strahlformungsanordnung |
| | 31 | Wellenlängenkonvertereinrichtung |

- 32 Anordnung mehrerer Laser
 - 40 Laseroszillator-Laserverstärker-Vorrichtung
 - 111 Kantenfilter
 - 110 Teleskop
 - 5 117 Diodenlaser
 - 118 Steuereinheit
 - 119 Diodenlaser-Barren
 - 120 Stapel
 - 121 Diodenlaserelemente
 - 10 122 Träger
 - 123 Wärmeableitungsplatte
 - 124 Mikro-Zylinderlinsen
 - 125 Abstandselement
 - 126 Strom-Zuleitung
 - 15 127 Laseroszillator
 - 128 Laserstrahl
 - 129 Laserverstärker
 - 130 verstärkter Beleuchtungsstrahl
 - 131 Stromversorgungs- und Pulsformungseinheit
- 20

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von DRI- oder HDR-Bildaufnahmen, bei dem unterschiedlich belichtete Einzelbilder durch Bildbearbeitung zu einer HDR-Bildaufnahme zusammengefasst werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Belichtung mittels Laserstrahlung (7) mit unterschiedlicher Intensität erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Laserstrahlung (7) mit unterschiedlicher Wellenlänge derart erzeugt wird, dass die Teilstrahlungen (4) auf unterschiedlichen Wellenlängen jeweils mit bestimmten unterschiedlichen Intensitäten abgestrahlt werden, und die so erzeugte Laserstrahlung (7) auf ein aufzunehmendes Objekt (8) gerichtet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass von dem mit der Laserstrahlung (7) belichteten Objekt (8) reflektierte Strahlung (9) nach Wellenlängen getrennt aufgenommen wird, um so Einzelbilder mit unterschiedlicher Beleuchtungsintensität zu erzeugen.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserstrahlung (7) unterschiedlicher Wellenlänge gemeinsam in einem Laserbeleuchtungspuls gesendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein aufzunehmendes Objekt (8) mit einer Folge von Laserpulsen mit unterschiedlicher Intensität belichtet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserpulse (15a-15f) in der Folge von Laserpulsen mit zeitlichen Abständen kleiner oder gleich etwa 1ms, vorzugsweise mit zeitlichen Abständen im Na-

nosekundenbereich oder Picosekundenbereich, mehr bevorzugt mit zeitlichen Abständen von kleiner oder gleich etwa 100ns, gesendet werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet,
5 dass Laserpulse (15a-15f) mit Pulsbreiten kleiner oder gleich 1ms, vorzugsweise mit Pulsbreiten im Nanosekundenbereich oder Picosekundenbereich, mehr bevorzugt mit Pulsbreiten von kleiner oder gleich etwa 100ns, erzeugt und zur Belichtung verwendet werden.
- 10 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserpulse (15a-15f) mit unterschiedlichen Wellenlängen und unterschiedlicher Intensität erzeugt werden, wobei zur DRI- oder HDR-Bildverarbeitung die Laserpulse bestimmter Intensität anhand ihrer Wellenlänge identifiziert werden.
15
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die einander nachfolgenden Laserpulse (15a-15f) in einer bestimmten Reihenfolge mit unterschiedlicher Intensität erzeugt werden, wobei zur DRI- oder HDR-Bildverarbeitung die Laserpulse bestimmter Intensität mittels ihrer Zeitabfolge identifiziert werden.
20
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Reihenfolge von Laserpulsen (15a-15f) unterschiedlicher Intensität mittels eines Laseroszillators (127) erzeugt wird, der zum Abgeben einer Sequenz
25 von Laserpulsen (15a-15f) fähig ist, wobei die Amplitude der aufeinanderfolgenden Laserpulse (15a-15f) aus dem Laseroszillator (127) anschließend in einem Laserverstärker (129) durch Veränderung einer Pumpenergie für den Laserverstärker variiert wird.
- 30 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet,

dass Laserstrahlung aus einem Laser (1) in mehrere Teilstrahlen (4) aufgeteilt wird, die Teilstrahlen (4) einer unterschiedlichen Bearbeitung zur Wellenlängenkonvertierung zugeführt werden, um Teilstrahlen (4) unterschiedlicher Wellenlänge mit der jeweiligen Wellenlänge jeweils zugeordneter unterschiedlicher Intensität zu erzeugen, und dass die Teilstrahlen (4) anschließend wieder zu einem Laserstrahl (7) vereinigt werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserstrahlung (7) durch eine Anordnung (32) von mehreren Lasern, insbesondere Diodenlasern (117, 119), erzeugt wird, deren Strahlung zur Belichtung eines aufzunehmenden Objekts (8) vereinigt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die mehreren Laser (117, 119) über eine gemeinsame Steuerung derart angesteuert werden, dass Teilstrahlen (4) vorbestimmter unterschiedlicher Intensität und

a) mit entsprechend der unterschiedlichen Intensität unterschiedlicher Wellenlänge und/oder
b) mit einer vorbestimmten zeitlichen Abfolge von Laserpulsen vorbestimmter unterschiedlicher Intensität
erzeugt werden, welche Teilstrahlen (4) zu der Laserstrahlung (7) vereinigt werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass im Fall a) die unterschiedlichen Laser (117, 119) durch die gemeinsame Steuereinheit derart angesteuert werden, dass die Teilstrahlen synchron abgegeben werden.

15. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

dass die jeweilige Intensität der ausgestrahlten Laserstrahlung gemessen und das Messergebnis einer Bildverarbeitungseinheit (14) für die DRI- oder HDR-Bildaufnahme zugeleitet wird, um Einzelbildern jeweils die zur Belichtung aufgewandte Strahlungsintensität zuzuordnen.

5

16. Vorrichtung (20) zur Erzeugung von DRI- oder HDR-Bildaufnahmen mit einer Aufnahmeeinrichtung (28) zum Aufnehmen von von einem aufzunehmenden Objekt (8) reflektierter Lichtstrahlung, welche Aufnahmeeinrichtung (28) zur Aufnahme von unterschiedlich belichteten Einzelbildern des Objekts (8) eingerichtet ist, und einer Bildbearbeitungseinheit (14) zur Erzeugung einer DRI- oder HDR-Bildaufnahme aus mehreren durch die Aufnahmeeinrichtung (28) aufgenommenen unterschiedlich belichteten Einzelbildern, gekennzeichnet durch einen Sendeteil (22) zum Aussenden von Lichtstrahlung (7) unterschiedlicher Intensität auf das aufzunehmende Objekt (8),
- 15 wobei der Sendeteil eine Laservorrichtung (26) aufweist, die eingerichtet ist, als Lichtstrahlung Laserstrahlung unterschiedlicher Intensität auf das Objekt (8) zu senden.

17. Vorrichtung (20) nach Anspruch 16,
- 20 dadurch gekennzeichnet,
- dass die Laservorrichtung (26) zum Markieren und/oder Codieren von Laserteilstrahlung (4) unterschiedlicher Intensität ausgebildet ist und dass die Aufnahmeeinrichtung (28) eine Filteranordnung (11) aufweist, die von dem Objekt (8) reflektierte Strahlung (9) anhand der Markierung bzw. Codierung filtert, um jeweils Einzelbilder aus Laserstrahlung einer bestimmten Intensität aufzunehmen.
- 25

18. Vorrichtung nach Anspruch 17,
- dadurch gekennzeichnet,
- dass die Laservorrichtung (26) zum Markieren oder Codieren der Laserteilstrahlung unterschiedlicher Intensität Laserstrahlung unterschiedlicher Wellenlänge aussendet, wobei einer Wellenlänge eine Intensität zugeordnet ist, und dass die
- 30

Filteranordnung (11) dazu eingerichtet ist, Laserteilstrahlung (4) unterschiedlicher Wellenlänge auszufiltern und daraus jeweils Einzelbilder zu erzeugen.

19. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet,
5 dass die Laservorrichtung (26) zum Aussenden einer bestimmte Reihenfolge von Laserpulsen unterschiedlicher Intensität eingerichtet ist und die Filteranordnung dazu eingerichtet ist, die Laserpulse anhand ihrer Zeitabfolge auszufiltern und daraus die Einzelbilder zu erzeugen.

10 20. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass die Laservorrichtung (26) zum Aussenden von Laserpulsen von maximal 1ms, bevorzugt maximal etwa 100ns, in einem Pulsabstand von maximal 1ms, bevorzugt maximal etwa 100ns, geeignet ist.

15 21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet,
dass die Laservorrichtung (26) zum Aussenden der Laserpulse mit unterschiedlicher Intensität eingerichtet ist.

20 22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet,
dass die Laservorrichtung (26) dazu eingerichtet ist, Laserpulse unterschiedlicher Wellenlänge derart auszusenden, dass die Laserpulse unterschiedlicher Wellenlänge jeweils mit unterschiedlichen Intensitäten ausgesandt werden.

25 23. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass die Laservorrichtung (26) zum Aussenden eines Laserimpulses eingerichtet ist, der Lichtteilstrahlung unterschiedlicher Wellenlänge mit jeweils unterschiedlichen Intensitäten enthält.

30 24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet,

dass die Laservorrichtung (26) einen Laser (1) zum Abstrahlen einer Primärstrahlung und wenigstens eine Wellenlängenkonvertereinrichtung (31) zum Verschieben eines Teils der Primärstrahlung zu einer anderen Wellenlänge aufweist.

- 5 25. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass die Laservorrichtung (32) eine Anordnung (32) mehrerer Laser (117, 119) aufweist, um Laserteilstrahlung unterschiedlicher Intensität zu erzeugen.
- 10 26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet,
dass die mehreren Laser (117, 119) zur Abstrahlung auf unterschiedlichen Wellenlängen eingerichtet sind.
27. Vorrichtung nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet,
15 dass die mehreren Laser (117, 119) derart gesteuert sind, dass sie in einer bestimmten Zeitabfolge aussenden.
28. Diodenlaservorrichtung zur Verwendung in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15 zur Erzeugung von Beleuchtungsstrahlen und/oder zur Ver-
20 wendung als Laservorrichtung (26) in dem Sendeteil (22) einer Vorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 16 bis 27,
gekennzeichnet durch eine Anordnung (32) von mehreren Diodenlasern (117, 119), die vorzugsweise zu einem Stapel (120) gruppiert sind, wobei die Diodenlaser (117, 119) oder mehrere Gruppen von Diodenlaserelementen (121) zur Erzeu-
25 gung von Laserstrahlung mit unterschiedlicher Intensität ausgebildet sind und wobei
a) die Diodenlaser (117, 119) unterschiedliche Emissionswellenlängen aufweisen und/oder
b) die Diodenlaser (117, 119) zur Abstrahlung in einer bestimmten zeitlichen
30 Abfolge nacheinander angesteuert sind.

29. Diodenlaservorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Diodenlaser (117, 119) gemeinsam angesteuert sind und für jede Emissionswellenlänge eine unterschiedliche Anzahl von Diodenlaserelementen (121) oder Diodenlaser-Barren (119) vorgesehen ist, um so auf den unterschiedlichen Emissionswellenlängen mit unterschiedlichen Intensitäten abzustrahlen.
30. Diodenlaservorrichtung nach Anspruch 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Diodenlaser (117, 119) einzeln oder in Emissionsgruppen separat mit einer Steuereinheit (118) verbunden sind, die dazu eingerichtet ist, die einzelnen Diodenlaser (117) oder Emissionsgruppen unterschiedlich stark anzusteuern, um unterschiedliche Intensitäten der auf den einzelnen Wellenlängen abgestrahlten Teilstrahlung zu erzeugen.
31. Diodenlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Diodenlaser (117, 119) mit einer Steuereinheit (118) verbunden sind, die zum Abgeben einer Abfolge von zeitlich getrennten Strompulsen mit jeweils unterschiedlicher Stromamplitude eingerichtet ist, um eine Pulsfolge mit zeitlich variierender Leistung zu erzeugen.
32. Laseroszillator-Laserverstärker-Vorrichtung (40) zur Verwendung in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15 zur Erzeugung von Beleuchtungsstrahlen und/oder zur Verwendung als Laservorrichtung (26) in dem Sendeteil (22) einer Vorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 16 bis 27, gekennzeichnet durch einen Laseroszillator (127) zur Erzeugung eines Laserstrahles (128), der eine Sequenz von mehreren Pulsen enthält, und einen Laserverstärker (129) zur Verstärkung der von dem Laseroszillator (127) erzeugten Pulse sowie eine Pumpquelle (131) für den Laserverstärker (129), die zum Versorgen des Laserverstärkers (129) mit einer sich zeitlich verändernden Pumpenergie ausgebildet ist, um die Pulse zeitlich variierend zu verstärken.

1/4

Fig. 1

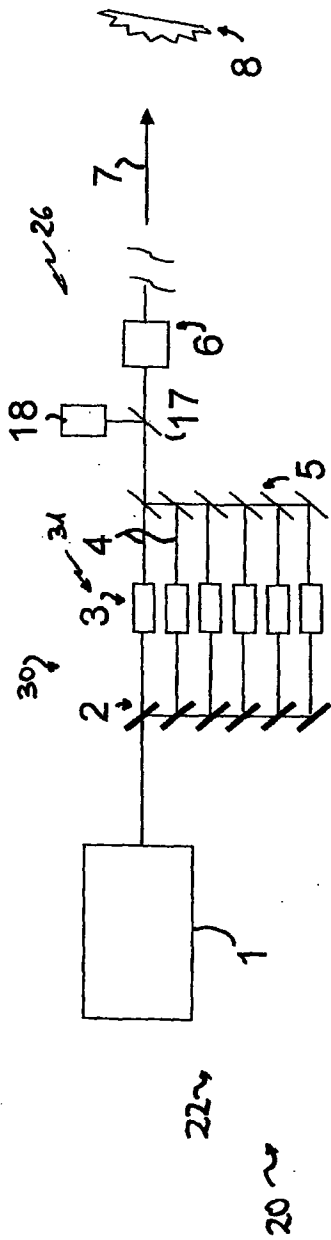


Fig. 2

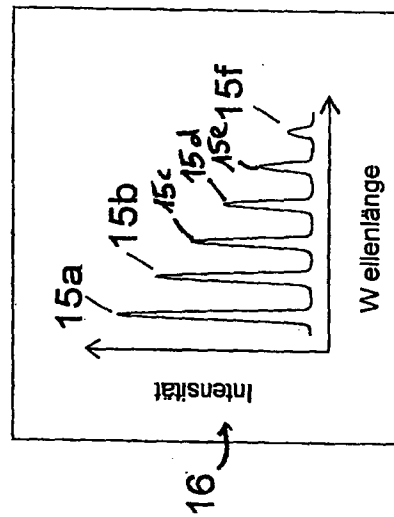
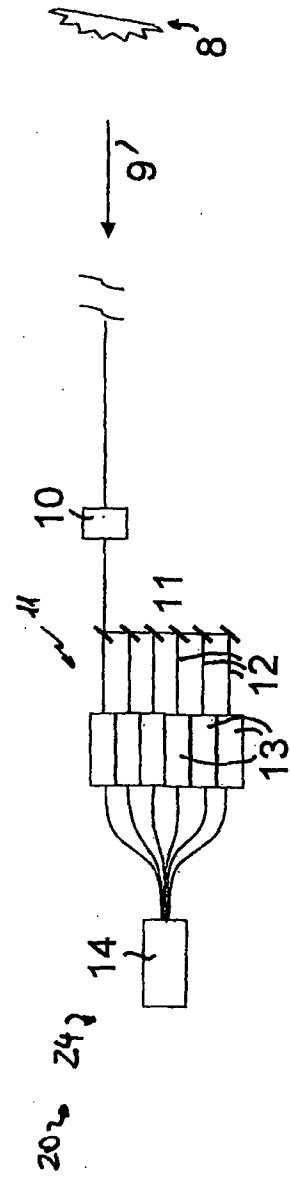


Fig. 3



2/4

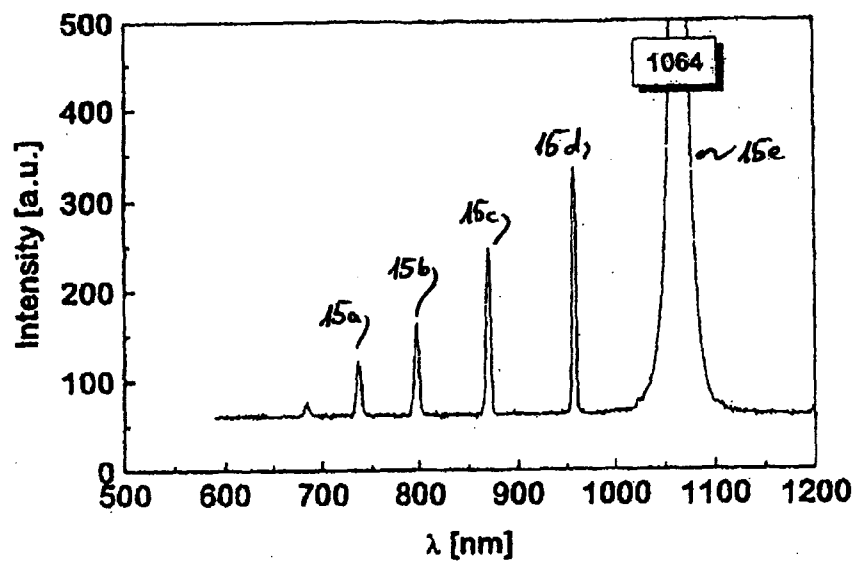


Fig. 4

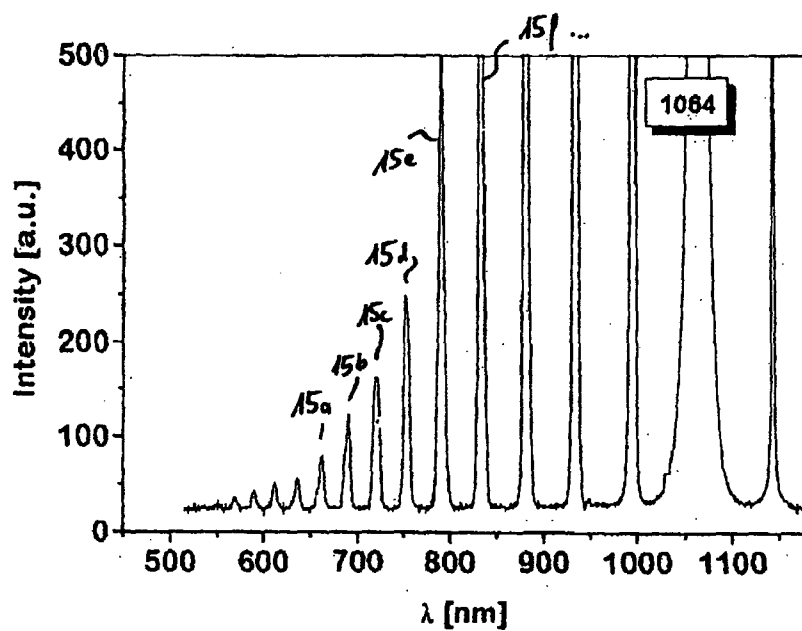
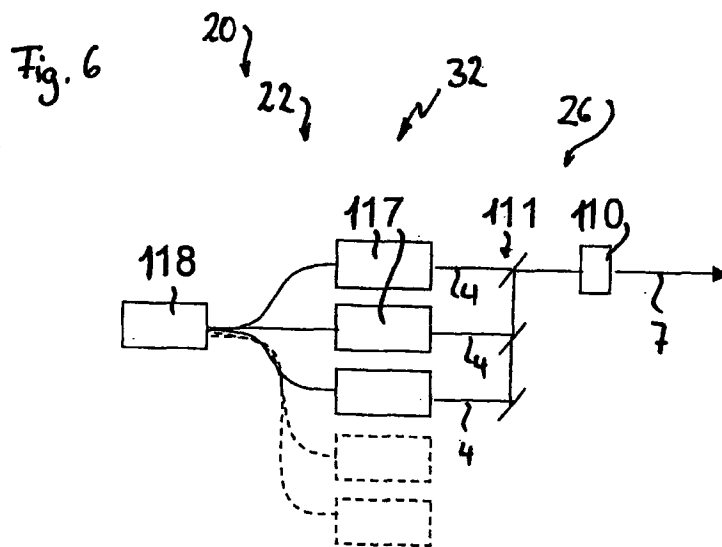
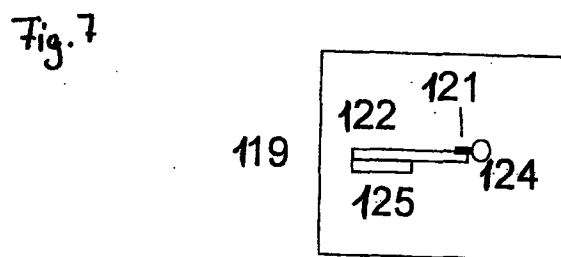
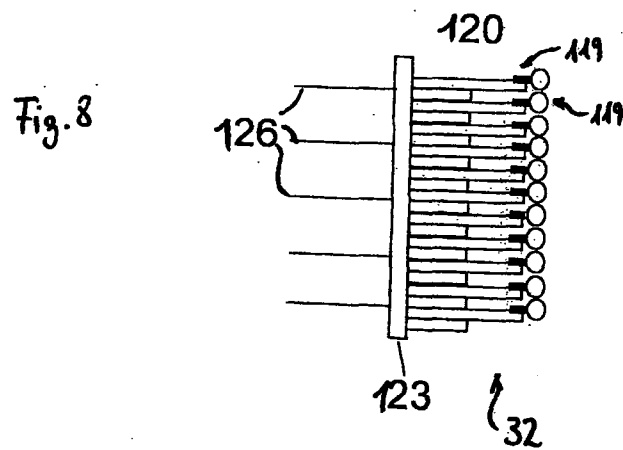


Fig. 5

3/4



4/4

Fig. 9

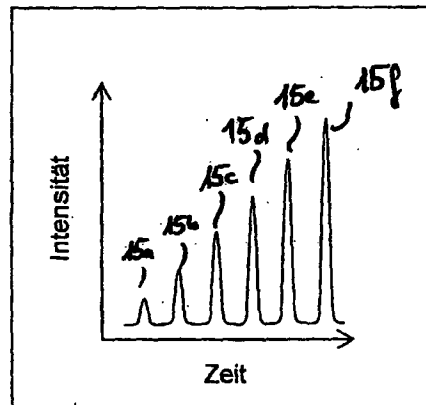


Fig. 10

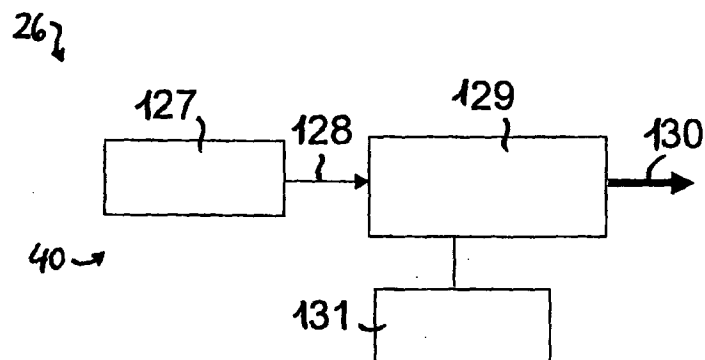


Fig. 11

