



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 09 136 T2 2004.05.06**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 156 922 B1**

(51) Int Cl.7: **B29C 67/00**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 09 136.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/DK99/00549**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 948 719.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/21735**

(86) PCT-Anmeldetag: **12.10.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **20.04.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.11.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **25.06.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.05.2004**

(30) Unionspriorität:
129898 12.10.1998 DK

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:
Dicon A/S, Lystrup, DK

(72) Erfinder:
HENNINGSEN, Henning, DK-8670 Lasby, DK

(74) Vertreter:
**Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336
München**

(54) Bezeichnung: **RAPID-PROTOTYPING-VORRICHTUNG UND RAPID-PROTOTYPING-METHODE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER TECHNIK

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine sogenannte Rapid-Prototyping-Vorrichtung zur Herstellung von dreidimensionalen Objekten durch additive Behandlung von Querschnitten des dreidimensionalen Objekts, das ein vollkommen oder teilweise lichtsensitives bzw. lichtempfindliches Material umfasst, wobei die Vorrichtung zumindest eine Lichtquelle umfasst, wie in dem Oberbegriff von Anspruch 1 dargelegt.

[0002] Die Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren zur Herstellung von dreidimensionalen Objekten mittels einer Rapid-Prototyping-Vorrichtung, bei dem ein vollkommen oder teilweise lichtsensitives Material von zumindest einer Lichtquelle behandelt wird, die einen Querschnitt des Materials mit zumindest einer räumlichen Lichtmodulatoranordnung von einzeln bzw. individuell steuerbaren Lichtmodulatoren beleuchtet, wie in dem Oberbegriff von Anspruch 15 dargelegt.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0003] In Verbindung mit der Herstellung von mechanischen Prototypen, und insbesondere während den Produktionsdesignprozessen bzw. Produktionsentwurfsprozessen, wurden in den letzten Jahren verschiedenste Typen von Rapid-Prototyping-Techniken (RP) eingeführt, bei denen dreidimensionale Objekte durch sequentielle Querschnittsschichten hergestellt werden, die durch eine gegebene Beleuchtung, Sintern, Setzen oder Ablagern von Material usw. an jedem Querschnitt erzeugt werden. Die individuellen Querschnitte werden beispielsweise als computerunterstützte Entwürfe (computer-aided-designs) erzeugt. Der Vorteil von RP besteht darin, dass die Herstellung von teuren Formwerkzeugen für den Entwurf bzw. das Design der Vorrichtung für ihre Herstellung überflüssig wird, genauso wie schwierige und zeitaufwendige Modifikationen eines Formwerkzeugs fast vollständig vermieden werden können.

[0004] Außerdem wurden verschiedenste Techniken für die Herstellung eines relativ kostengünstigen und schnellen Prototyps oder Null-Serien-Formwerkzeugen auf der Grundlage eines hergestellten Rapid-Prototyps verfügbar gemacht.

[0005] Ein Typ einer RP-Technik findet beispielsweise in stereolithographischen Vorrichtungen, die auch SLAs genannt werden, Verwendung. Diese Technik basiert auf den individuellen Schichten oder Querschnitten eines Prototyps, der aus einem lichtempfindlichen Medium hergestellt wird, und mittels einer computerunterstützten Beleuchtung in einen monolithischen Prototyp gehärtet wird.

[0006] Vorrichtungen und Techniken des zuvor erwähnten Typs sind beispielsweise in US-Patent-Nummer 4,575,330 beschrieben, in dem die von

dem Querschnitt bestimmte Beleuchtung als ein Laserzeichnen jedes Querschnitts oder eine Durchleuchtungsmaske beschrieben ist, die den gewünschten Querschnitt belichtet.

[0007] Unterdessen besteht eines der Nachteile des zuvor erwähnten Systems darin, dass die Verteilung von Licht über den Querschnitt die Designflexibilität des Systems beschränkt, da Einstellungen von vorhandenen Beleuchtungsquellen auf bestimmte Systemdimensionen beschränkt sind.

[0008] Folglich ist es bei der Herstellung von Modellen großen Maßstabs erforderlich, einen gegebenen gewünschten Prototyp in mehrere Prototypenteile zu unterteilen, diese Teile einzeln bei separaten Durchläufen herzustellen, und dann den Prototyp schließlich durch Verbinden der Teile durch beispielsweise Kleben fertig zu stellen.

[0009] Jedoch umfasst dieser Prozess ein erhebliches Risiko, dass technische Probleme und Komplikationen auftreten. Es ist notwendig, dass beispielsweise nebensächliche Probleme für jedes Prototypenteil berücksichtigt werden, da sich der Toleranzpegel zwischen benachbarten Prototypenteilen von den Toleranzpegeln unterscheidet, die zwischen jeder der hergestellten Schichten vorhanden sind, die die einzelnen Prototyp-Teile umfassen. Unterdessen kann dies verhindert werden, indem die richtigen Vorsichtsmaßnahmen in Bezug auf die Beleuchtungsalgorithmen vorgenommen werden, oder durch eine tatsächliche mechanische Herstellung der einzelnen Prototypenteile, wenn erforderlich. Diese Kompensationsstrategie wäre insbesondere auf der „vertikalen Ebene“ schwierig und kann beispielsweise sowohl zu einer Unter- als auch einer Überbelichtung und konsequenterweise zu Toleranz- oder Verbindungsfehlern zwischen den einzelnen Schichten führen.

[0010] Außerdem können in Verbindung mit der Verklebung der Prototypenteile Probleme auftreten, da die Aushärtung des Klebers ein Zusammenziehen oder Ausdehnungen an Orten verursachen kann, an denen der Kleber Verwendung findet. Diese Änderungen bei der Aushärtung würden oft einen nicht linearen Charakter aufweisen und wären daher schwierig im Voraus zu schätzen oder vorauszusagen.

[0011] Ein weiteres Problem besteht darin, dass diese Verbindung im allgemeinen Festigkeitsprobleme verursachen, wenn sie an Modellen großen Maßstabs Verwendung finden.

[0012] Ein zusätzliches und bedeutendes bzw. erhebliches Problem besteht darin, dass allgemeine RPA-Materialien (Materialien für Rapid-Prototyping-Vorrichtungen), wie beispielsweise Acrylsäureester und Epoxydharz ziemlich gefährlich sind, was manuelle Durchläufe nicht wünschenswert macht. In dieser Verbindung sollte erwähnt werden, dass die Verbindung der einzelnen Prototypen manuell ausgeführt werden muss, was sich zu den Kosten addiert und Arbeitsbedingungen schwierig gestaltet. Darüber hinaus gestaltet es die Verkapselung der Vorrichtung, aufgrund der auszuführenden manuellen Arbeit, wie

gemäß dem vorangehenden Verfahren beschrieben, für die Erzeuger noch schwieriger, ihre Arbeit auszuführen. Dieses Problem ist in Bezug auf die Verwendung von beispielsweise gefährlichen oder direkt toxischen Materialien noch offensichtlicher.

[0013] Schließlich sollte auch erwähnt werden, dass das bekannte Verfahren ziemlich zeitaufwendig ist, welches abhängig von der Größe des Prototyps viele Stunden und manchmal mehrere Tage einschließt.

[0014] EP 0 676 275 offenbart ein DMD-basierendes stereolithographisches Gerät, das eine Vielzahl von Beleuchtungsmodulen umfasst, wobei jedes Modul eine zugewiesene bzw. dedizierte Lichtquelle umfasst. Durch Verändern der Anzahl der verwendeten Module kann eine beliebige Größe und Form des Beleuchtungskopfes erlangt werden. Jedoch weist das Gerät den Nachteil auf, dass es voluminös und ziemlich teuer ist. Zudem resultiert die gegenseitige Variation der Lichtquellen in einem unterschiedlichen Beleuchtungsgrad der verschiedensten beleuchteten Unterbereiche und konsequenterweise in sowohl einer Unterbelichtung als auch einer Überbelichtung von sowohl der vertikalen als auch der horizontalen Ebene der Beleuchtungsfläche.

[0015] Ein Problem des veranschaulichten Systems besteht jedoch darin, dass das System eine entsprechend große Anzahl von Beleuchtungsquellen erfordert, 1-zu-1, und dass die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung durch beispielsweise eine nicht gleichmäßige Einstellung der verschiedenen angewendeten Beleuchtungsquellen gefährdet werden kann.

[0016] US 4 575 330 offenbart eine Rapid-Prototyping-Vorrichtung mit einem Beleuchtungssystem, das für die Beleuchtung eines lichtempfindlichen Mediums eingerichtet ist. Das offenbarte System ist dahingehend ausgestaltet, um ein dreidimensionales Objekt so zu erzeugen, indem sukzessive, benachbarte, dünne Querschnittsschichten dieses Objektes an der Oberfläche eines flüssigen Mediums geformt werden, das ansprechend auf eine geeignete synergistische Stimulation in der Lage ist, seinen physikalischen Zustand zu ändern. Ein Problem des veranschaulichten Systems besteht darin, dass das Beleuchtungssystem einen Einzelpunkt-Beleuchtungskopf umfasst, wodurch eine ziemlich zeitaufwendige Beleuchtungsprozedur hervorgerufen wird, insbesondere wenn es sich um Rapid-Prototyping großen Maßstabs handelt.

[0017] US 4 801 477 offenbart ein Rapid-Prototyping mit einem Einzelquellen-Beleuchtungssystem, das als eine Besonderheit eine optische Führung bzw. einen optischen Leiter an der Ausgabe des eingesetzten Modulators aufweist. Ein Problem des veranschaulichten Systems besteht darin, dass es aufgrund der Verwendung eines einzelnen Beleuchtungsmodulators nicht für eine Großmaßstabsverwendung erweitert werden kann.

[0018] Das Ziel der Erfindung besteht darin, eine RP-Technik und eine RP-Vorrichtung zu schaffen, die für die Herstellung von beispielsweise Prototypen

großen Maßstabs verwendet werden können, während es außerdem das Ziel der Erfindung ist, ein Designsystem zu schaffen, das in Bezug auf das Design von verschiedensten Typen von RPA-Systemen angewendet werden kann, ohne dass bedeutende bzw. signifikante Designmodifikationen erforderlich sind.

DIE ERFINDUNG

[0019] Die Erfindung bezieht sich auf eine Rapid-Prototyping-Vorrichtung für die Herstellung von dreidimensionalen Objekten durch additive Behandlung von Querschnitten des dreidimensionalen Objekts, das ein vollkommen oder teilweise lichtsensitives bzw. lichtempfindliches Material umfasst, wobei die Vorrichtung zumindest eine Lichtquelle zur Beleuchtung eines Querschnitts des lichtsensitiven Materials mit zumindest einer räumlichen Lichtmodulatoranordnung von einzeln bzw. individuell steuerbaren Lichtmodulatoren umfasst, wobei zumindest eine Lichtquelle optisch mit einer Vielzahl von Lichtführungen bzw. Lichtleitern gekoppelt ist, die in Hinblick auf die räumliche Lichtmodulatoranordnung auf eine derartige Weise angeordnet sind, dass jede Lichtführung einen Unterbereich des Querschnitts beleuchtet.

[0020] Besondere Ausführungsbeispiele der Rapid-Prototyping-Vorrichtung gemäß der Erfindung sind der Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 14.

[0021] Die Erfindung stellt die Möglichkeit zur Verfügung, ein gegebenes RP-System zum Behandeln von Prototypen beliebiger Größe zu entwerfen, da die Anzahl von Lichtemittern und dadurch abzudeckende individuelle Bereiche erhöht oder vermindert werden können, bis sie mit der Größe des fraglichen Prototyps übereinstimmen, da die selbe Beleuchtungsquelle von zumindest zwei verschiedenen Unterbereichen gemeinsam genutzt werden kann. Auf diese Weise wird es möglich und einfach, ein Beleuchtungssystem für ein RP-System zu entwerfen, das als ein Modulsystem mit einer Anzahl von Beleuchtungsmodulen konstruiert ist, die in Bezug auf den Systementwurf geeignet hinzugefügt oder angeordnet werden können. Diese Flexibilität kann im Prinzip sowohl für den Entwurf bzw. das Design von RPs für Prototypen großen Maßstabs als auch für mehr kundenorientierte RPs für Modelle kleinen Maßstabs Verwendung finden.

[0022] Außerdem stellen die vielfachen Lichtemitter die Möglichkeit zur Verfügung, Lichtquellen in der Form von Punkten zu verwenden. Durch Einsatz eines Systems gemäß der Erfindung ist es möglich, einen so kleinen Durchmesser des punktförmigen Beleuchtungspunkts wie $10\ \mu$ zu erhalten, im Vergleich mit der vorhandenen Technik mit einem absoluten Tiefpunkt von $80\ \mu$. Dies bedeutet einen großen Vorteil, wenn Prototypen hergestellt werden, bei denen große Präzisionseigenschaften erforderlich sind. Dies umfasst beispielsweise die Herstellung von

Werkzeugen, bei denen der Prototyp nach der Herstellung mit einem Metallüberzug bzw. -beschichtung ausgestattet wird, bevor er für das Formen eines Werkzeugs verwendet wird.

[0023] Bestimmte Bereiche dieser Technik setzen eine verlängerte bzw. ausgedehnte Lichtquelle wie beispielsweise eine fluoreszierende Lampe oder eine Excimer-Lampe ein, um in der Lage zu sein, Prototypen in einer gewissen Dimension zu produzieren. Jedoch stellen, gemäß den optischen Gesetzen, verlängerte Lichtquellen allein nur die Möglichkeit zur Verfügung, einen verlängerten bzw. ausgedehnten Beleuchtungspunkt zu schaffen, welcher wiederum das Potential zum Anfertigen von Einzelheiten bzw. Details bei dem Prototyp signifikant beschränkt. Zusätzlich dazu unterliegen verlängerte Lichtquellen relativ großen Verlusten.

[0024] Gemäß der Erfindung ist die Definition von Licht breit und umfasst elektromagnetische Strahlung, sowohl innerhalb als auch außerhalb des sichtbaren Spektrums.

[0025] Alternativ müssen in Verbindung mit den verlängerten Lichtquellen ziemlich viele optische Instrumente verwendet werden, um die Form des Beleuchtungspunktes einzustellen. Natürlicherweise gestaltet dies das System teurer, während außerdem ein großes Maß von Genauigkeit erforderlich ist, wenn die optischen Instrumente überwacht werden.

[0026] Die vielfachen bzw. vielen Lichtemitter stellen außerdem die Möglichkeit zur Verfügung, den Beleuchtungseffekt über den beleuchteten Querschnitt zu erhöhen, da jeder Bereich durch einen einzelnen Lichtemitter oder sogar einen Leuchtkörper beleuchtet werden kann. Dies stellt einen Vorteil dar, da es möglich wird, den Beleuchtungseffekt auf den individuellen Prototyp auf eine derartige Weise maß zu schneiden, dass er mit optimalem Beleuchtungseffekt geschaffen wird.

[0027] Wie in Anspruch 1 spezifiziert ist, ist es durch Beleuchtung der Unterbereiche möglich, eine effektive Summe der Anzahl von Unterbereichen zu erlangen.

[0028] Ein besonderer Vorteil eines erfindungsgemäßen Beleuchtungssystems besteht außerdem darin, dass die Beleuchtung der Unterbereiche die Möglichkeit zur Verfügung stellt, Unterbereiche in separaten Beleuchtungsmodulen zu entwerfen, die einfach ausgetauscht werden können, da die einzelnen Beleuchtungsmodule gegenseitig bzw. gemeinsam ausgerichtet werden können.

[0029] Dies sollte unter dem Licht der Tatsache betrachtet werden, dass die Beleuchtungsmodule in Bezug zu verschiedensten RP-Technologien als ziemlich verwundbar angesehen werden müssen, da das Beleuchtungssystem dauerhaft beschädigt werden wird, sobald es in Kontakt mit bestimmten Arten von Medien gebracht wird, weshalb die Möglichkeit zum Schaffen eines ziemlich einfachen Verfahrens zum Austausch der Beleuchtungsschließer wünschenswert ist.

[0030] Außerdem weisen etliche der vorhandenen Beleuchtungstechnologien eine beschränkte Brauchbarkeitsdauer auf. Dies umfasst die LCD-basierenden Lichtventile, bei denen die starke Lichtenregung, insbesondere mit UV-Licht, eine Gefahr eines allmählichen Defekts der aktiven Kristalle zur Folge hat, was auch bei dem mikromechanischen Schließer der Fall ist, wobei gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung erwartet wird, dass die mikromechanischen Schließer eine beschränkte Anzahl von Ein-/Aus-Umschaltungen aufweisen.

[0031] Behandlung ist in ihrem breitesten Sinne definiert und umfasst beispielsweise Aushärten oder Zersetzung des lichtempfindlichen Materials.

[0032] Wie in Anspruch 2 spezifiziert, ist es durch Zulassen, dass jede räumliche Modulatoranordnung lichtdurchlässige Lichtventile umfasst, gemäß der Erfindung möglich, ein zusätzliches vorteilhaftes Ausführungsbeispiel zu erlangen. Unter Verwendung von Lichtführungen bzw. Lichtleitern wird der zuvor erwähnte Vorteil des einfachen Austauschs der Beleuchtungsmodule ausgeprägt sein, da die gegenseitige Ausrichtung der Beleuchtungsmodule nur ein zusätzliches unkritisches Zusammenbauen oder Auseinanderbauen des lichtemittierenden Endes einer Lichtquelle erfordert. Folglich ist keine kritische Kalibrierung des Beleuchtungssystems notwendig.

[0033] Durch Verteilung des Lichts durch mehrere Lichtführungen, die jede eine Anzahl von Lichtventilen beleuchtet, ist es außerdem möglich, mehr Lichtquellen auf eine einfache Weise zu verwenden, da jede Lichtquelle einer bestimmten Lichtführung zugeordnet werden kann, so dass der Effekt maximiert wird.

[0034] Ein weiterer Vorteil des Verteilens von Licht mittels einer Lichtführung besteht darin, dass das Licht in optischen Kopplern oder ähnlichen Geräten geeignet gemischt werden kann, um in der einzelnen Lichtführung einen größeren Gesamtdurchlasseffekt zu erlangen.

[0035] Noch ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass es allmählich möglich wird, erhöhte Leistungseingaben von beispielsweise Lampen in dem UV-Bereich zu erlangen, was darin resultiert, dass der an die Lichtventile übertragene Effekt so groß ist, dass die einzelnen Lichtführungen ein Licht emittieren können, das ausreichende Energie aufweist, um gleichzeitig mehr Lichtventile zu beleuchten.

[0036] Im Zusammenhang mit der Verwendung von beispielsweise W-Lampen ergab sich außerdem, dass die Einführung von „Makro-Beleuchtungsbereichen“, das heißt Bereichen, die durch eine einzige optische Faser pro Bereich beleuchtet werden, keine signifikanten Kanteneffekte zwischen jedem Beleuchtungsbereich zur Folge hat, genauso wie es sich ergab, dass Potential und signifikante Variationen zwischen den emittierten Effekten von jeder Lichtführung (resultierend aus einem variierenden Intensitätsprofil einer verbundenen Lampe beispiels-

weise aufgrund von verschiedensten Anordnungen der optischen Kopplungsinstrumente und der einzelnen Fasern in Bezug auf die Lampe) durch eine geeignete Vermischung der Lichtführungen kompensiert werden können, wodurch das Ergebnis der Beleuchtung einen sichtbaren homogenen Eindruck hinterlässt, ohne das irgendwelche signifikanten Intensitätsunterschiede bei den Kantenbereichen vorhanden sind.

[0037] Die zuvor erwähnte Vermischung kann beispielsweise in Bezug auf die benachbarten Makro-Beleuchtungsbereiche ausgeführt werden, die mit einem optischen Effekt ausgestattet werden können, der nicht signifikant variiert, während sich relativ weit voneinander entfernt befindende Makro-Beleuchtungsbereiche in der Intensität variieren können, ohne signifikante sichtbare Unterbrechungen an der Beleuchtungsfläche zur Folge zu haben.

[0038] Ein zusätzlicher Vorteil gemäß der Erfindung besteht darin, dass es möglich ist, zu oder von den einzelnen optischen Fasern emittiertes Licht zu filtern, so dass die Beleuchtungsintensität für alle oder einen Teil der optischen Fasern homogen ist.

[0039] Erfindungsgemäß kann eine derartige Vorrichtung verglichen mit den vorhandenen Techniken einer relativ einfachen Technik zugrunde liegen, während außerdem eine hohe Auflösung, eine hohe Beleuchtungsgeschwindigkeit, gute Präzisionseigenschaften und eine gleichmäßige Beleuchtungsintensität über einen sehr großen Beleuchtungsbereich geschaffen wird.

[0040] Die Erfindung ist insbesondere in Bezug auf Lichtventile vorteilhaft, die mit einem relativ großen Verlust in Zusammenhang stehen. Ein Beispiel von derartigen Lichtventilen können beispielsweise räumliche Lichtmodulatoren sein wie beispielsweise LCD, PDLC, PLZT, FELCD und Kerr-Zellen. Andere Typen von Lichtventilen können beispielsweise elektromechanische reflexionsbasierende Lichtventile des DMD-Typs sein.

[0041] Folglich ist es gemäß der Erfindung möglich, Licht auf eine einfache Weise über eine große Fläche mit der Verwendung von relativ wenigen Lichtführungen aufzusummieren, genauso wie es möglich ist, die Lichtemitter des Beleuchtungssystems relativ frei zu orientieren, da die Lichtemitter aus Lichtführungsenden und nicht aus einem optischen System, Treibern und Kühleinrichtungen bestehen.

[0042] Ein besonders vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird mit lichtdurchlässigen Lichtventilen erlangt, da sie wenig optische Verluste erzeugen, was für die Funktionalität von gewissen Anwendungen zwingend notwendig sein kann.

[0043] Wie in Anspruch 3 spezifiziert, wird es durch Zulassen, dass die Vorrichtung eine erste Linsenanordnung umfasst, wobei die erste Linsenanordnung zumindest eine in Bezug auf jedes Lichtventil auf eine derartige Weise angeordnete Mikrolinse umfasst, dass das emittierte Licht von der (den) Lichtführung(en) (8) auf oder in der Nähe der optischen Ach-

se der einzelnen Lichtventile fokussiert, möglich, ein hohes Verwendungsmaß des Lichteffekts und schnelle von der Lichtquelle erzeugte Durchgangszeiten zu erlangen.

[0044] Wie in Anspruch 4 spezifiziert, wird es durch Zulassen, dass die Rapid-Prototyping-Vorrichtung zwischen den Lichtventilen und der Beleuchtungsfläche eine zweite Mikrolinsenanordnung auf eine derartige Weise umfasst, dass durch die Lichtkanäle der individuellen Lichtventile hindurchgelassenes Licht geeignet auf der Beleuchtungsfläche fokussiert ist, möglich, das Licht von jedem Kanal in kleineren Punkten mit hoher Intensität auf die Beleuchtungsfläche hindurchzulassen.

[0045] Die Erfindung stellt auch eine sehr vorteilhafte Möglichkeit des Verhinderns von Operationsfehlern bzw. Betriebsfehlern zur Verfügung. Folglich wird es möglich, die Beleuchtungsfläche so weit wie möglich von der Lichtventilanordnung hinweg zu bewegen, was das Risiko reduziert, dass die fraglichen Medien mit der Lichtventilanordnung in Kontakt kommen.

[0046] Die Beleuchtungsentfernung bzw. der Beleuchtungsabstand kann durch den Entwurf bzw. das Design der Mikrolinsen bestimmt werden.

[0047] Diese Eigenschaft ist insbesondere vorteilhaft, da diese Technik – im Gegensatz zu anderen Anwendungen – für Positionsungenauigkeiten in der z-Fläche technisch verwundbar ist.

[0048] Wie in Anspruch 5 spezifiziert, ist es durch Zulassen, dass die Lichtführungen vorzugsweise aus Multimode-Fasern bestehen, möglich, einen beschränkten Beleuchtungsintensitätsverlust und eine große Flexibilität in dem Design durch die großräumige Anordnung der einzelnen Elemente zu erlangen.

[0049] Durch Verwendung von Multimode-Fasern wird es außerdem möglich, die Beleuchtungsfläche mit einem breiten Spektrum von Licht zu beleuchten.

[0050] Wie in Anspruch 6 spezifiziert, wird durch Zulassen, dass zumindest eine der Lichtquellen aus einer Kurzbogenlückenlampe besteht, ein hoher Effekt emittierten Lichts von einem Bereich eines beschränkten physikalischen Geltungsbereichs erlangt (hohe Strahlungsleistung).

[0051] Wie in Anspruch 7 spezifiziert, wird es durch Zulassen, dass die einzelnen Lichtventile in Reihen in der Querrichtung der Fläche bei einem gegebenen gegenseitigen Abstand angeordnet sind, wobei die Reihen in der Querrichtung gegenseitig versetzt sind, möglich, das Licht linear und weit aufzuteilen.

[0052] Wie in Anspruch 8 spezifiziert, wird es durch Anordnen der Reihen auf eine derartige Weise, dass die Projektion auf die Querrichtung der Fläche, die durch die Lichtventile zur Verfügung gestellt wird, eine Anzahl von Beleuchtungspunkten mit einem gegebenen gegenseitigen Abstand in der Querrichtung zur Folge hat, möglich, Licht in Punkten mit einer signifikant verbesserten Auflösung zu emittieren, als es der Fall gewesen wäre, wenn sie durch die physikalische Ausdehnung der Ventile bestimmt worden wä-

ren, und wenn sie in einer einzigen Reihe in Querrichtung angeordnet worden wären.

[0053] Wie in Anspruch 9 spezifiziert, wird erfindungsgemäß durch Zulassen, dass das (die) Flächenprofil(e) der räumlichen Modulatoranordnungen an einem oder mehr Belichtungsköpfen angeordnet sind, wobei die Belichtungsköpfe und die Beleuchtungsfläche entworfen sind, um eine relative Bewegung vorzunehmen, wobei die Rapid-Prototyping-Vorrichtung mit einer Steuerschaltung zur Steuerung der räumlichen Lichtmodulatoranordnungen abhängig von der Bewegung zwischen dem Belichtungskopf und der Beleuchtungsoberfläche ausgestattet ist, ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel erlangt.

[0054] Wie in Anspruch 10 spezifiziert ist, wird es durch Zulassen, dass der Belichtungskopf (die Belichtungsköpfe) einen Balken umfassen, dessen Bewegung über der Beleuchtungsfläche aus einer einzigen fortschreitenden Bewegung in der Querrichtung des Balkens besteht, möglich, beleuchtete Punkte zu schaffen, die aufgrund der Abtastbewegung die gesamte oder einen signifikanten Teil der Beleuchtungsfläche abdecken.

[0055] Wie in Anspruch 11 spezifiziert, wird es durch Zulassen, dass das Beleuchtungsgerät zwischen der räumlichen Lichtmodulatoranordnung und der Beleuchtungsfläche zusätzliche optische Einrichtungen für das Aufspreizen von Lichtstrahlen umfasst, die durch eine räumliche Lichtmodulatoranordnung über der Beleuchtungsfläche zur Verfügung gestellt werden, möglich, einen Bereich zu belichten, der physisch größer als der Bereich ist, der von den Lichtkanälen abgedeckt ist, wodurch auch nicht aktive Kantenbereiche um eine Lichtventilanordnung herum beleuchtet werden können.

[0056] Wie in Anspruch 12 spezifiziert, wird durch Zulassen, dass die räumliche Lichtmodulatoranordnung der Beleuchtungseinheit aus räumliche Lichtventilen, wie beispielsweise LCD, PDLC, PLZT, FELCD oder Kerr-Zellen, angefertigt ist, in Bezug auf das Lichtmodulatorprinzip der einzelnen Anwendungen eine große Designflexibilität erlangt, was die Herstellung von standardisierten Komponenten preiswerter gestaltet.

[0057] Wie in Anspruch 13 spezifiziert, wird es durch Zulassen, dass die räumliche Lichtmodulatoranordnung des Beleuchtungsgeräts aus reflektierenden elektromechanischen Lichtventilen, wie beispielsweise DMD, besteht, möglich, ein weiteres vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der Erfindung zu erlangen, welches auf kommerziell weit verbreiteten Technologien basiert.

[0058] Durch zulassen, dass die Lichtventile der Beleuchtungseinheit aus durchlassbasierenden elektromechanischen Lichtventilen bestehen, wird durch den Modulator eine Auflösung mit nur einer kleinen Lichtreduktion erlangt. Dies ist in Bezug auf selbst kleine Verbesserungen der verfügbaren Strahlungsintensität insbesondere vorteilhaft, was eine signifi-

kant reduzierte Beleuchtungsdauer zur Folge hat. Dies muss unter dem Licht der Tatsache betrachtet werden, dass ein RP-Prototyp durch etliche Materialschichten aufgebaut wird, und die zu gewinnende Gesamtzeit daher signifikant ist.

[0059] Wie in Anspruch 14 spezifiziert, wird durch Zulassen, dass die Lichtführungen der Beleuchtungseinheit in Bezug auf die räumliche Lichtmodulatoranordnung auf eine derartige Weise angeordnet sind, dass die gelieferte optische Energie für jede Untergruppe von Lichtmodulatoren nicht signifikant variiert, sobald die Untergruppen von Lichtmodulatoren benachbarte Unterbereiche in großer Nähe zueinander auf der Beleuchtungsfläche beleuchten, die zulässige Variation der Lichtintensität zwischen allen Lichtquellen erlangt, und sie kann ohne sichtbar zu sein erhöht werden.

[0060] Die Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren, wie in Anspruch 15 spezifiziert, für die Herstellung von dreidimensionalen Objekten mittels einer Rapid-Prototyping-Vorrichtung, bei der zumindest eine Lichtquelle mit einer Vielzahl von Lichtführungen optisch gekoppelt ist, die in Bezug auf die räumliche Lichtmodulatoranordnung auf eine derartige Weise angeordnet sind, dass jede Lichtführung einen Unterbereich des Querschnitts beleuchtet.

[0061] Besondere Ausführungsbeispiele des Verfahrens gemäß der Erfindung sind der Gegenstand der abhängigen Ansprüche 16 und 17.

[0062] Auf diese Weise ist es möglich, ein Beleuchtungssystem zu erlangen, dass in der Lage ist, Prototypen mit einer Geschwindigkeit zu produzieren, welche gegenwärtig bis zu zehnmal schneller als die vorhandenen Techniken und Verfahren ist.

[0063] Je größer das Modell, desto größer ist der Vorteil gemäß der Erfindung.

[0064] Wie in Anspruch 16 spezifiziert, wird durch Zulassen, dass das vollkommen oder teilweise lichtempfindliche Material als eine Schicht an einer Platte in einem Behälter angeordnet wird, und nachfolgend von dem RP-Gerät belichtet wird, bevor eine neue Schicht auf die vorangehende Schicht angeordnet wird, ein allmählicher Aufbau des gewünschten Prototyps erlangt. Erfindungsgemäß ermöglicht das Verfahren die Konstruktion einer Schicht und ihre Verbindung mit einer vorangehenden Schicht bei einem einzigen Arbeitsprozess.

[0065] Wie in Anspruch 17 spezifiziert, wird es durch Zulassen, dass das RP-Gerät ein computerunterstütztes Entwurfsprogramm umfasst, das in der Lage ist, die dreidimensionalen Repräsentationen des zu konstruierenden Prototyps in Dateien umzuwandeln, die einen Querschnitt des Prototyps enthalten, wobei die Inhalte der Dateien Verwendung finden, um die steuerbaren Lichtmodulatoren zu steuern, möglich, beispielsweise graphische Repräsentationen in einen gegebenen Prototypen umzuwandeln. Erfindungsgemäß findet dieser Prozess mit einer sehr langsamen Umwandlungsgeschwindigkeit statt.

FIGUREN

[0066] Nachfolgend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die Figuren ausführlich beschrieben. Es zeigen:

[0067] **Fig. 1** ein Beispiel einer SLA-Anwendung gemäß der Erfindung und

[0068] **Fig. 2** ein zusätzliches Beispiel der SLA-Anwendung gemäß der Erfindung.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0069] 1 zeigt ein schematisches Schaubild eines Ausführungsbeispiels gemäß der Erfindung.

[0070] Mikroschließer oder Lichtventile sind in dem breitesten Sinne als lichtdurchlässige Lichtblenden definiert, die beispielsweise aus mikromechanischen Schließern angefertigt sein können. Die einzelnen Schließerelemente können beispielsweise der Typ sein, der in der französischen Patentanmeldung Nummer 9412928 beschrieben ist, oder der Typ sein, der in der entsprechenden EP-A 709 706 beschrieben ist, da es für das bevorzugte Ausführungsbeispiel der Erfindung für entscheidend gehalten wird, dass das zu modulierende Licht direkt durch den einzelnen Mikroschließer hindurchgelassen wird, um einen minimalen Durchlassverlust zu schaffen.

[0071] Die gezeigte Rapid-Prototyping-Vorrichtung (RP-Vorrichtung) umfasst einen stationären Teil, dessen signifikanteste Komponente aus einem Behälter **1** besteht, der entworfen ist, um eine geeignete Menge von flüssigem RP-Material **2** zu enthalten. Ein RP-Material ist das Material, aus dem der RP-Prototyp angefertigt wird, wie beispielsweise Epoxydharz, Acrylsäureester oder andere RP-Materialien. Zusätzlich ist der stationäre Teil mit einer Führung **4** entworfen, die für verschiedenste Zwecke zwischen dem stationären Teil und einem beweglichen Beleuchtungsgerät **3** angeordnet werden kann. Das Beleuchtungsgerät kann auch eine (nicht abgebildete) entsprechende Führung für beispielsweise eine vertikale Bewegung umfassen. Die RP-Vorrichtung umfasst auch andere (nicht abgebildete) computergesteuerte Einrichtungen, die entworfen sind, um eine relative Bewegung des Beleuchtungsgeräts **3** entsprechend einem geeigneten computerunterstützten Design des Beleuchtungssystems der RP-Vorrichtung zu steuern.

[0072] Das Beleuchtungsgerät **3** ist auch mit einem Beleuchtungssystem ausgestattet, dessen wichtigste Komponenten nachfolgend beschrieben werden.

[0073] Das Beleuchtungsgerät **3** umfasst eine an einem Gestell **5** angebrachte Lichtquellenanordnung **6**, die zusammen mit einer Energieversorgungseinrichtung und einer Kühleinrichtung bekannte notwendige Einrichtungen der Beleuchtung umfasst. Bei dem gezeigten Beispiel ist die Lichtquelle als eine W-Quelle veranschaulicht. Die Lichtquelle mit ihren Aggregaten und Kühleinrichtungen kann stationär oder beweglich sein.

[0074] Die Lichtquellenanordnung **6** ist optisch mit Bündeln **7** von optischen Multimode-Fasern verbunden. Diese Bündel **7** spreizen sich in acht einzelnen Fasern **8** auf, bei denen jede Faser eine Mikroschließeranordnung von beispielsweise 588 mikromechanischen Lichtventilen beleuchtet. Folglich beleuchten die acht einzelnen Fasern im Gleichklang ein Beleuchtungsgerät **9**, das acht Mikroschließeranordnungen umfasst, die jeweils einen einzelnen Bereich der gesamten Mikroschließeranordnung darstellen.

[0075] Die Konstruktion selbst und die Orientierung dieser Lichtventile wurde von dem Erfinder dieser Erfindung auch in den internationalen Anmeldungen Nr. PCT/DK98/00154 und Nr. PCT/DK98/00155 beschrieben.

[0076] Jeder einzelne Bereich umfasst eine Anzahl von Lichtventilen, die von einer (nicht abgebildeten) angeschlossenen Steuerschaltung individuell elektrisch gesteuert werden können. Die Lichtventilanordnung kann beispielsweise eine LCD-Anzeige mit einer gegebenen gewünschten Auflösung sein. Jedoch sind mikromechanische Schließer vorzuziehen. [0077] Der gesamte Bereich von Lichtventilen wird durch eine einzige Lichtführung **8** beleuchtet, die in einer derartigen Weise angeordnet ist, dass ein von der Lichtführung **8** emittierter Lichtstrahl alle einen individuellen Bereich belegenden Lichtventile mit optischer Energie beliefern bzw. speisen kann.

[0078] Es sollte beachtet werden, dass der Lichtstrahl normalerweise durch die kollimierenden optischen Instrumente an die Unterbereiche in einer derartigen Weise gespeist wird, dass der Lichtstrahl, mit welchem der räumliche Lichtmodulator gespeist worden ist, über den Modulatorbereich in Bezug auf Energie gleichmäßig ist.

[0079] Die Mikroschließer in den Beleuchtungsmodulen **9** wurden entworfen, um eine Abtastung über eine Abtastzeile von 25 bis 30 cm in der gezeigten Beleuchtungsanordnung auszuführen.

[0080] Aus dem Beispiel ist ersichtlich, dass die Länge der zu verwendenden Abtastzeile, das heißt, eine der Maximaldimensionen eines hergestellten RP-Prototyps, im Gegensatz zu vorhandenen Techniken wie gewünscht geformt werden kann, da die „lokale bzw. örtliche“ Beleuchtung der einzelnen Beleuchtungsmodule in beliebiger Richtung an der Beleuchtungsfläche orientiert werden kann. Abgesehen davon ist es auch unmittelbar ersichtlich, dass das Beleuchtungsverfahren mittels einer zentralen Lichtquelle und den gekoppelten optischen Führungen einen gewaltigen Vorteil in Bezug auf das Design zur Verfügung stellt, was sich natürlicherweise finanziell und in der Qualität der fertiggestellten Konstruktion widerspiegelt. Die gezeigte Konstruktion ist folglich extrem robust, und beliebige Defekte oder beschädigte Lichtmodulatoren können einfach ausgetauscht werden.

[0081] Zusätzlich ist die Vorrichtung mit einer (nicht abgebildeten) Steuerschaltung ausgestattet, die entworfen ist, um eine relative Z-Positionierung (vertika-

le Bewegung) und Orientierung zwischen dem Beleuchtungssystem und einem Material **2** zur Verfügung zu stellen. Ein Beispiel derartiger Materialien wurde bei dem Beispiel eines in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispiels ausführlich beschrieben.

[0082] **Fig. 2** zeigt eine RP-Vorrichtung mit einem stationären Teil, der aus einem starr angebrachten Balken besteht, der mit einem auf der x- und Y-Ebene beweglichen Schlitten **27** ausgestattet ist. Dieser Schlitten ist mit einer Halteeinrichtung **28** zur Fixierung eines Beleuchtungsgeräts ausgestattet, wobei das Beleuchtungsgerät horizontal bewegbar bzw. beweglich ist, während das Gerät vertikal fixiert ist.

[0083] Das Beleuchtungsgerät umfasst auch einen Lichtmodulator **21**, der aus einer Anzahl von Lichtventilen besteht. Die Speisung von Licht von einer Lichtquelle an die Ventile wird durch Befestigungspunkte für Lichtfasern **22** zur Verfügung gestellt, wobei die lichtemittierenden Enden der Lichtfasern mit einem Verbinder ausgestattet sind, der es leicht und einfach gestaltet, eine Verbindung ohne eine tatsächliche Kalibrierungsanforderung zu schaffen.

[0084] Der stationäre Teil der RP-Vorrichtung umfasst auch einen Aufzug **20**, mit dem ein Schlitten **29** vertikal bewegt wird. Der Schlitten ist mechanisch mit einer Platte **24** verbunden, wodurch es möglich ist, die Platte vertikal zu bewegen. Die Platte wird in einen Behälter **23** untergetaucht, der entworfen ist, um eine geeignete Menge von flüssigem RP-Material zu enthalten, und sie kann unter der Oberfläche gehalten werden.

[0085] Der Behälter **23** ist unter dem Beleuchtungsgerät angeordnet, welches von der Schlittenanordnung **26** bis **28** horizontal über den Behälter bewegt werden kann, während das RP-Material auf die geeignete Weise durch die Lichtventile des Beleuchtungsgeräts beleuchtet wird. Wird es beleuchtet, wird die belichtete Menge des RP-Materials von der Oberfläche und herunter nach dort aushärten, wo die Platte untergetaucht ist. Nach dem Aushärten wird die Platte erneut in das flüssige Material untergetaucht, und da die Platte mit einer Anzahl von Perforationslöchern **23** ausgestattet ist, findet das Untertauchen schnell statt, während ein nicht notwendiges Durchrühren bzw. Aufwühlen des Materials vermieden wird.

[0086] Sobald die Platte erneut vertikal positioniert wurde, wird sie nur so viel untergetaucht, um es möglich zu machen, eine neue Schicht von flüssigem RP-Material auf den zuvor ausgehärteten Schichten zu schaffen. Dann wird eine Beleuchtung der neuen Schicht ausgeführt.

[0087] Diese Technik ist beispielsweise in US 4,575,330 und US 5,174,931 beschrieben.

[0088] Es versteht sich natürlich von selbst, dass bei einem anderen Ausführungsbeispiel der Behälter auch beweglich und die Beleuchtungsmodule stationär sein können, oder dass beide Einheiten beweglich sein können, da zwischen den beiden Einheiten eine relative Bewegung stattfinden muss. Jedoch

wird bei dem ersten Ausführungsbeispiel mit dem beweglichen Behälter das RP-Material am wahrscheinlichsten viskoser oder fest sein, um ein Bremsen bzw. Dämpfen und die Bildung von Wellen zu vermeiden. [0089] Liste von in der Zeichnung/den Figuren verwendeten Bezugszeichen:

Bezugszeichenliste

1. Behälter
2. Flüssiges RP-Material
3. Beleuchtungsgerät
4. Führung
5. Gestell
6. Lichtquellenanordnung
7. Bündel von optischen Fasern
8. Lichtführungen bzw. Lichtleiter
9. Beleuchtungsmodule
20. Aufzug
21. Beleuchtungsmodule
22. Befestigungspunkte für lichtemittierende Enden
23. Behälter für RP-Material
24. Platte
25. Perforationen in Platte
26. Balken
27. Schlitten für Beleuchtungsgerät
28. Halteeinrichtung für Beleuchtungsgerät
29. Schlitten für Platte

Patentansprüche

1. Rapid-Prototyping-Vorrichtung zur Herstellung von dreidimensionalen Objekten durch additive Behandlung von Querschnitten des dreidimensionalen Objekts, das ein vollkommen oder teilweise lichtsensitives Material (**2**) umfasst, mit zumindest einer Lichtquelle zur Beleuchtung eines Querschnitts des lichtsensitiven Materials (**2**) mit zumindest einer räumlichen Lichtmodulatoranordnung von einzeln steuerbaren Lichtmodulatoren, **dadurch gekennzeichnet**, dass umindest eine Lichtquelle optisch mit einer Vielzahl von Lichtführungen (**8**) gekoppelt ist, die im Hinblick auf die räumliche Lichtmodulatoranordnung auf eine derartige Weise angeordnet sind, dass jede Lichtführung (**8**) einen Unterbereich des Querschnitts beleuchtet.

2. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede räumliche Lichtmodulatoranordnung lichtdurchlässige Lichtventile umfasst.

3. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch** eine erste Linsenanordnung mit zumindest einer Mikrolinse, die im Hinblick auf jedes Lichtventil auf eine

derartige Weise angeordnet ist, dass das von dem(n) Lichtemitter(n) (8) emittierte Licht auf oder in der Nähe der optischen Achse der einzelnen Lichtventile fokussiert.

4. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine zweite Linsenanordnung mit zumindest einer Mikrolinse, die zwischen den Lichtventilen und der Beleuchtungsoberfläche (2) in einer derartigen Weise angeordnet ist, dass das durch die Lichtkanäle der einzelnen Lichtventile hindurchlaufende Licht geeignet auf der Beleuchtungsoberfläche (2) fokussiert ist.

5. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 4, gekennzeichnet durch optische Fasern, vorzugsweise Multimodefasern, die die optischen Lichtführungen (8) bilden.

6. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine der Lichtquellen (6) aus einer Kurzbogen-Spaltlampe angefertigt ist.

7. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Lichtventile in der Querrichtung der Oberfläche mit einem gegebenen gegenseitigen Abstand in Reihen angeordnet sind, wobei die Reihen in der Querrichtung gegenseitig versetzt sind.

8. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Reihen in einer derartigen Weise angeordnet sind, dass die Projektion von jedem einzelnen Lichtventil in der Querrichtung auf der Oberfläche (2) eine Anzahl von Beleuchtungspunkten bei einem gegebenen gegenseitigen Abstand in der Querrichtung zur Folge hat.

9. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das (die) Oberflächenprofil(e) der räumlichen Modulatoranordnungen auf einem oder mehr Belichtungsköpfen (21) angeordnet ist (sind), wobei die Belichtungsköpfe und die Beleuchtungsoberfläche (2) so gestaltet sind, dass sie eine relative Bewegung ausführen, wobei die Rapid-Prototyping-Vorrichtung mit einer Steuerschaltung zur Steuerung der räumlichen Lichtmodulatoranordnungen in Abhängigkeit von der Bewegung zwischen dem Belichtungskopf und der Beleuchtungsoberfläche ausgestattet ist.

10. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach An-

spruch 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Belichtungskopf (die Belichtungsköpfe) (21) eine Schiene umfassen, deren relative Bewegung über die Beleuchtungsoberfläche (2) aus einer einzigen fortschreitenden Bewegung in der Querrichtung der Schiene besteht.

11. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungsvorrichtung (3) zwischen der räumlichen Lichtmodulatoranordnung und der Beleuchtungsoberfläche (2) eine optische Einrichtung zur Verbreitung der von der Lichtmodulatoranordnung emittierten Lichtstrahlen über die Beleuchtungsoberfläche umfasst.

12. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulationsanordnung der Beleuchtungsvorrichtung räumliche Lichtmodulatoren wie beispielsweise LCD-, PDLC-PLZT-, FELCD- oder Kerr-Zellen sind.

13. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulatoranordnung (21) der Beleuchtungsvorrichtung reflektierende elektromechanische Lichtventile wie beispielsweise DMD sind.

14. Rapid-Prototyping-Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtführungen der Beleuchtungsvorrichtung im Hinblick auf die Modulatoranordnung (21) in einer derartigen Weise angeordnet sind, dass die gelieferte optische Energie an jede Untergruppe von Lichtventilen nicht signifikant variiert, sobald die Untergruppen von Lichtventilen in großer Nähe zueinander benachbarte Unterbereiche auf der Beleuchtungsoberfläche (2) beleuchten.

15. Verfahren zur Herstellung von dreidimensionalen Objekten mittels einer Rapid-Prototyping-Vorrichtung bei dem ein vollkommen oder teilweise lichtsensitives Material (2) von zumindest einer Lichtquelle (6) behandelt wird, die einen Querschnitt des Materials mit zumindest einer räumlichen Lichtmodulatoranordnung (21) von einzeln steuerbaren Lichtmodulatoren beleuchtet, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Lichtquelle mit einer Vielzahl von Lichtführungen (8) optisch gekoppelt ist, die im Hinblick auf die räumliche Lichtmodulatoranordnung auf eine derartige Weise angeordnet sind, dass jede Lichtführung (8) einen Unterbereich des Querschnitts beleuchtet.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass ein vollkommen oder teilweise lichtsensitives Material (2) in einer Schicht an einer Platte (24) in einem Behälter angeordnet ist und nachfolgend mit einer Rapid-Prototyping-Vorrichtung belichtet wird, bevor oberhalb der vorangehenden Schicht eine neue Schicht erzeugt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass eine Rapid-Prototyping-Vorrichtung mit einem Computer-Unterstützten-Konstruktions-Programm ausgestattet ist, wobei eine 3D-Präsentation des gewünschten Prototyps in Dateien umgewandelt wird, die einen Querschnitt des Prototyps enthalten und wobei die Inhalte der Dateien verwendet werden, um die räumliche Lichtmodulatoranordnung zu steuern.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

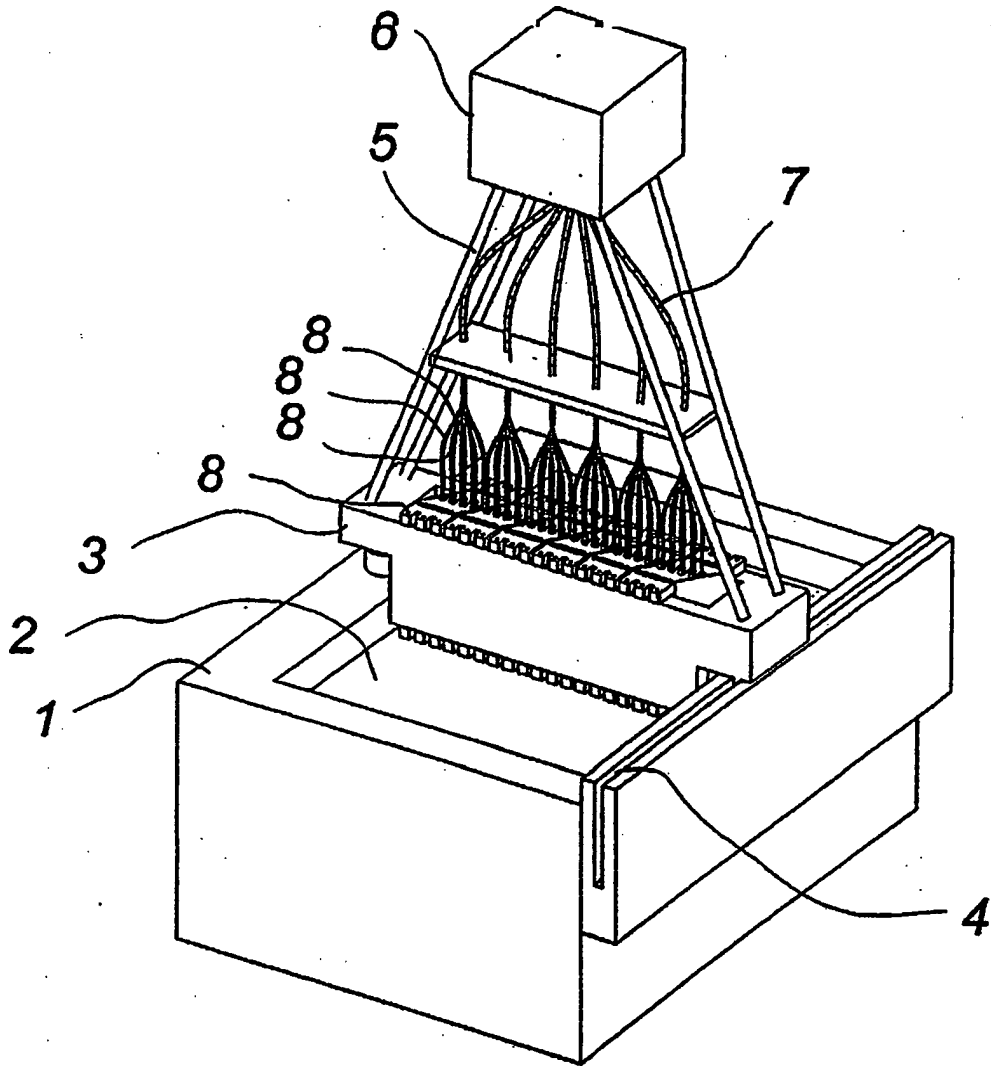


Fig.1

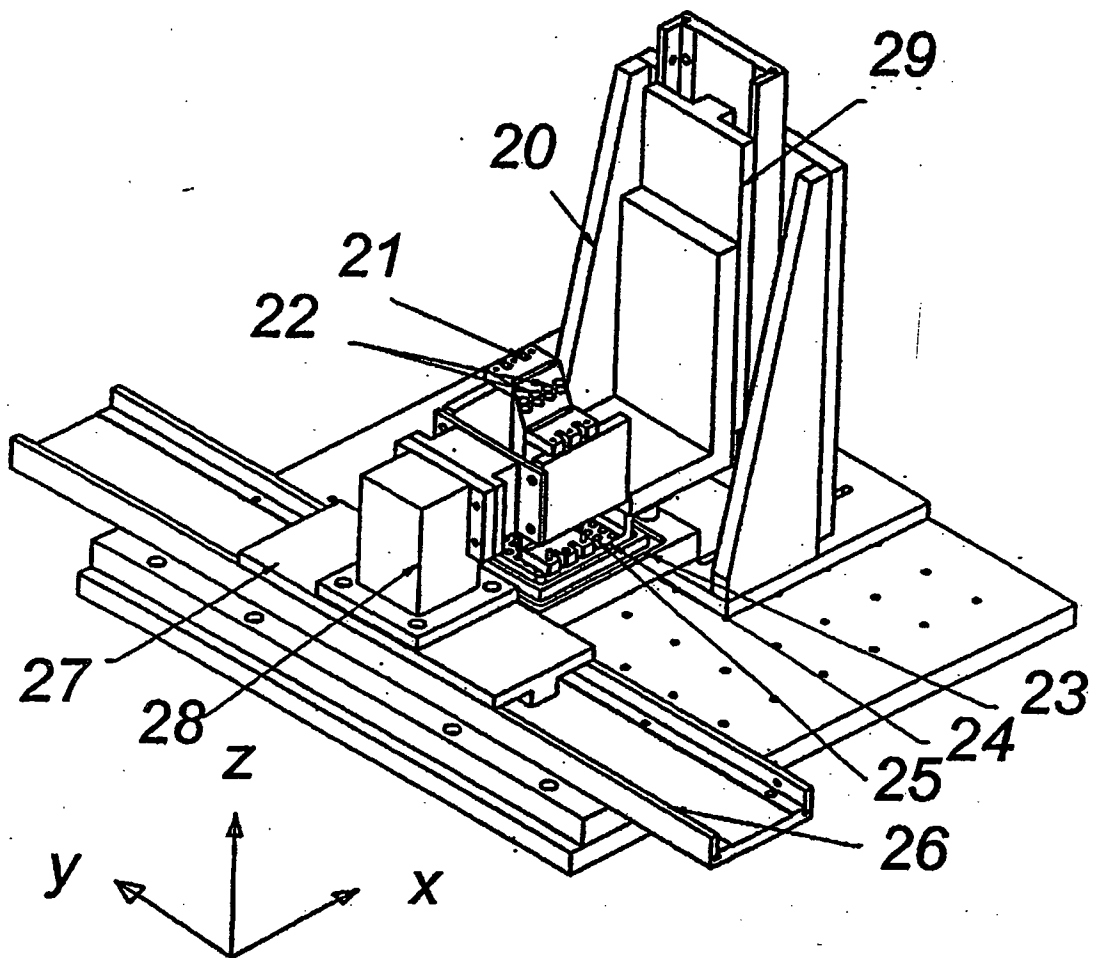


Fig.2