

(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  
09. November 2017 (09.11.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/190856 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

G02B 5/09 (2006.01) G09F 19/16 (2006.01)  
G02B 27/09 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/053250

(22) Internationales Anmeldedatum:  
14. Februar 2017 (14.02.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2016 108 234.1  
03. Mai 2016 (03.05.2016) DE

(71) Anmelder: PCH INNOVATIONS GMBH [DE/DE];  
Swinemünder Straße 121, 10435 Berlin (DE).

(72) Erfinder: KISON, Markus; Topsstraße 33, 10437 Berlin (DE).

(74) Anwalt: MÜLLER, Wolfram Hubertus; Teltower Damm 15, 14169 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: LIGHT-REFLECTING OBJECT AND METHOD FOR PROVIDING AN OBJECT OF THIS TYPE

(54) Bezeichnung: LICHTREFLEKTIERENDES OBJEKT UND VERFAHREN ZUM BEREITSTELLEN EINES SOLCHEN OBJEKTS

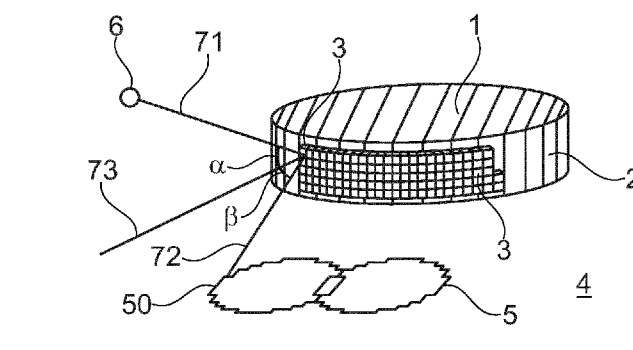


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a light-reflecting object (1), having a plurality of individually aligned mirrors (3), which are suitable for reflecting incident light in such a way that reflected light forms a predefined pattern (5) on a projection surface (4). According to the invention, the plurality of mirrors (3) are arranged or designed on a curved target surface (2) of the object (1), wherein each of the mirrors (3) is aligned on the curved target surface of the object in such a way that it projects light coming from a predetermined direction onto exactly one pixel (50) of the projection surface (4), and wherein the pattern (5) formed on the projection surface (4) is formed via the plurality of pixels (50) generated in this way. The invention also relates to a method for providing a light-reflecting object of this type.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein lichtreflektierendes Objekt (1), das eine Vielzahl von einzeln ausgerichteten Spiegeln (3) aufweist, die geeignet sind, einfallendes Licht derart zu reflektieren, dass das reflektierte Licht auf einer Projektionsfläche (4) ein vordefiniertes Muster (5) bildet. Es ist vorgesehen, dass die Vielzahl von Spiegeln (3) an einer gekrümmten Zieloberfläche (2) des Objekts (1) ausgebildet oder angeordnet ist, wobei jeder der Spiegel (3) auf der gekrümmten Zieloberfläche des Objekts so ausgerichtet ist, dass er aus einer vorgegebenen Richtung einfallendes Licht auf genau ein Pixel (50) der Projektionsfläche (4) abbildet, und wobei das auf der Projektionsfläche (4) gebildete Muster (5) durch die Vielzahl der auf diese Weise erzeugten Pixel (50) gebildet ist. Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren zum Bereitstellen eines solchen lichtreflektierenden Objekts.



---

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

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
-

5

10

15

20

---

**Lichtreflektierendes Objekt und  
Verfahren zum Bereitstellen eines solchen Objekts**

---

**25 Beschreibung**

Die Erfindung betrifft ein lichtreflektierendes Objekt gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und ein Verfahren zum Bereitstellen eines solchen Objekts.

**30 Hintergrund der Erfindung**

T. Weyrich et al: „Fabricating Microgeometry for Custom Surface Reflectance“, ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH) 28(3), August 2009, beschreiben, auf einer Projektionsfläche ein vordefiniertes Muster bereitzustellen, indem eine Vielzahl von  
35 Spiegeloberflächen in einem ebenen zweidimensionalen Array in definierter Weise ausgerichtet werden. Das von den Spiegeloberflächen reflektierte Licht bildet das gewünschte Muster.

40

Allgemeine Beschreibung der Erfindung

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein lichtreflektierendes Objekt und ein Verfahren zu dessen Herstellung bereitzustellen, die ein gewünschtes  
5 vordefiniertes Muster durch Lichtreflexion an einer Vielzahl von Spiegeln erzeugen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein lichtreflektierendes Objekt mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 11  
10 gelöst. Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

10

Danach sieht die vorliegende Erfindung vor, dass eine Vielzahl von Spiegeln an einer gekrümmten Zieloberfläche eines 3-dimensionalen Objekts ausgebildet oder angeordnet sind, wobei jeder der Spiegel auf der gekrümmten Zieloberfläche des 3-dimensionalen Objekts so ausgerichtet ist, dass er aus einer vorgegebenen Richtung einfallendes Licht  
15 auf genau ein Pixel der Projektionsfläche abbildet. Ein Pixel der Projektionsfläche stellt dabei einen Bereich der Projektionsfläche dar, auf den von einem Spiegel reflektiertes Licht fällt. Das auf der Projektionsfläche gebildete Muster wird durch die Vielzahl der auf diese Weise erzeugten Pixel gebildet.

20 Die erfindungsgemäße Lösung beruht auf dem Gedanken, eine Vielzahl reflektierender Spiegel an einer gekrümmten Zieloberfläche auszubilden. Hierdurch können gewünschte, durch Lichtreflexion entstehende Muster durch beliebig geformte Objekte bereitgestellt werden, wodurch ein erhöhter Einsatzbereich entsteht. Die Anordnung der reflektierenden Spiegel an einer gekrümmten Zieloberfläche ist darüber hinaus mit dem  
25 Vorteil verbunden, dass die Gefahr reduziert wird, dass ein Spiegel sich im Strahlengang des von einem benachbarten Spiegel reflektierten Lichts befindet und hierdurch die Lichtreflexion am benachbarten Spiegel behindert.

Das erzeugte Muster stellt ein Beleuchtungsmuster dar. Es ist vordefiniert, da es durch  
30 die Ausrichtung der Spiegel auf der Zieloberfläche und die Richtung des einfallenden Lichts eindeutig festgelegt ist.

Ein vordefiniertes Muster im Sinne der vorliegenden Erfindung weist eine zusammenhängende, auf der Projektionsfläche durch Lichtreflexion an den Spiegeln  
35 erzeugte Form auf. Zusammenhängend bedeutet dabei, dass jedes Pixel des Musters, auf das von einem Spiegel reflektiertes Licht fällt, an mindestens ein weiteres Pixel des Musters, auf das von einem Spiegel reflektiertes Licht fällt, angrenzt. Das Muster bildet

also eine beleuchtete Fläche oder eine beleuchtete Linie, die aus mehreren Pixeln besteht. Im Falle eines Musters, das aus einer beleuchteten Fläche besteht, bilden die äußersten Pixel der Fläche dabei eine Umrandungslinie des Musters. Die ein vordefiniertes Muster bildenden Pixel bilden somit auf der Projektionsfläche eine  
5 zusammenhängende Ansammlung von Pixeln. Ein einzelnes Pixel für sich allein stellt dagegen kein Muster im Sinne der vorliegenden Erfindung dar.

Dass die Pixel zusammenhängend sind bzw. mindestens zwei Pixel aneinander angrenzen bedeutet dabei nicht notwendigerweise, dass die Pixel einander berühren  
10 oder sogar überschneiden. Ein gewisser Abstand zwischen den Pixeln kann vorhanden sein, der bevorzugt kleiner ist als der kleinste Durchmesser der Pixel. Insgesamt bilden die Pixel aber eine Linie oder eine Fläche, die ein Design darstellt.

Das Muster kann eine semantische oder ästhetische Bedeutung besitzen, z.B. ein Tier  
15 oder einen Gegenstand darstellen oder eine ästhetisch wirkende Form aufweisen. Auch kann vorgesehen sein, dass auf die Projektionsfläche in Nachbarschaft zueinander mehrere Muster projiziert werden.

Die Projektionsfläche ist in der Regel eine ebene Fläche. Grundsätzlich kann es sich  
20 aber auch um eine gewölbte Fläche handeln.

Das lichtreflektierende Objekt ist gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung unbewegt, insbesondere nichtrotierend im Raum angeordnet. Typischerweise steht es auf einer Unterlage. Gleichwohl können Ausgestaltungen der Erfindung eine schwenkbare  
25 Anordnung des 3-dimensionalen Objekts vorsehen (z.B. auf einer drehbaren Scheibe), wobei das auf der Projektionsfläche abgebildete Muster bewegt wird, wenn die Lichtquelle, die das 3-dimensionale Objekt bestrahlt, nicht mitbewegt wird.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Spiegel derart  
30 angeordnet und ausgerichtet sind, dass für mindestens eines der Pixel gilt, dass Licht, das das Pixel bildet, von genau einem der Spiegel reflektiert wurde. Ein solches Pixel des auf der Projektionsfläche gebildeten Musters wird somit durch das Licht genau eines Spiegels gebildet.

35 Alternativ kann vorgesehen sein, dass die Spiegel derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass für mindestens eines der Pixel gilt, dass das Licht, das das Pixel bildet, von mehreren der Spiegel reflektiert wurde. Bei dieser Variante wird ein Pixel des auf der

Projektionsfläche gebildeten Musters somit durch das Licht mehrerer Spiegel gebildet. Mit anderen Worten sind mehrere der Spiegel so ausgerichtet, dass das von ihnen reflektierte Licht auf das gleiche Pixel fällt bzw. dieses bildet. Der hierdurch erzielte Effekt besteht darin, dass das fragliche Pixel heller ausgebildet ist als andere Pixel, die durch  
5 das nur an einem Spiegel reflektierten Licht gebildet sind. Dies kann unabhängig davon vorgesehen sein, ob die Zieloberfläche des reflektierenden Objekts, an dem die Spiegel angeordnet sind, gekrümmt oder plan ausgebildet ist.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass solchen Pixeln der  
10 Projektionsfläche mehrere Spiegel zugeordnet sind, die einen größeren Abstand von der gekrümmten Zieloberfläche aufweisen. Als „größerer Abstand“ wird dabei ein Abstand bezeichnet, der größer ist als der mittlere Abstand zwischen Spiegel und zugehörigem Pixel des durch Reflexion gebildeten Musters. Pixel, die einen größeren Abstand von der gekrümmten Zieloberfläche des Objekts aufweisen, weisen naturgemäß eine geringere  
15 Helligkeit auf, da das Licht seit der Reflexion an einem Spiegel eine längere Strecke zurückgelegt hat und durch Divergenz und Streuung eine geringere Beleuchtungsstärke aufweisen kann. Insbesondere werden solchen Pixeln der Projektionsfläche mehrere Spiegel zugeordnet, die zu den 20 %, zu den 10 % oder zu den 5 % der Pixel gehören, die den größten Abstand zum jeweils zugeordneten Spiegel aufweisen.

20

Die Zuordnung mehrerer Spiegel zu einem Pixel kann jedoch auch aus anderen Gründen als einem großen Abstand zur Zieloberfläche erfolgen, beispielsweise um bestimmte Strukturen innerhalb des Musters stärker herauszustellen.

25 Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Spiegel derart angeordnet und ausgerichtet sind, und die Richtung, aus der das Licht auf die Spiegel einfällt, derart vorgegeben ist, dass für zumindest einige der Spiegel gilt (insbesondere für die Mehrzahl oder alle der Spiegel gilt), dass der Winkel eines an einem betrachteten Spiegel reflektierten Lichtstrahls zu einer Ebene, die senkrecht zu der Ebene der  
30 Projektionsfläche liegt, zwischen 30° und 60°, insbesondere zwischen 40° und 50° liegt. Für den Fall, dass die gekrümmte Zieloberfläche des 3-dimensionalen Objekts und die Projektionsfläche senkrecht aufeinander stehen, ist die genannte Ebene gleich der Ebene, in der die Zieloberfläche liegt. Für diesen Fall liegt auch der Winkel zwischen dem an einem betrachteten Spiegel reflektierten Lichtstrahl und der Projektionsfläche  
35 zwischen 30° und 60°, besonders zwischen 40 und 50°. Mit anderen Worten verläuft der Lichtstrahl nach Reflexion an dem betrachteten Spiegel bevorzugt in einem Winkel von 45° oder näherungsweise in einem Winkel von 45°, nämlich einem Winkel zwischen 30° und 60° zur Zieloberfläche und zur Projektionsfläche. Hierdurch wird vermieden, dass

Spiegel im unteren Bereich der Zieloberfläche in einem sehr flachen Winkel weit weg projizieren und dadurch das Bild verzerren. Gleichzeitig wird vermieden, dass Spiegel im oberen Bereich der Zieloberfläche knapp vor die Zieloberfläche projizieren und hierdurch stark geneigt werden müssen, wodurch sie nur wenig einfallendes Licht reflektieren können, was ebenfalls zu einer Qualitätsminderung führt.

Durch Ausrichtung der Spiegel derart, dass das reflektierte Licht im Bereich zwischen  $30^\circ$  und  $60^\circ$ , insbesondere bei oder nahe  $45^\circ$  zur Zieloberfläche verläuft, werden Verzerrungen und Verdunkelungen weitgehend vermieden und zumindest näherungsweise gleich helle Pixel des Musters bereitgestellt. Dies schließt nicht aus, dass, wie bereits ausgeführt, bestimmte Pixel des Musters dadurch eine erhöhte Helligkeit erfahren, dass das Licht mehrerer Spiegel auf sie gerichtet ist. Auch für diese Ausführungsvariante gilt, dass sie unabhängig davon vorgesehen sein kann, ob die Zieloberfläche des reflektierenden Objekts, an dem die Spiegel angeordnet sind, gekrümmt oder plan ausgebildet ist.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Spiegel derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass einige der Spiegel, die benachbart sind, eine identische oder ähnliche Ausrichtung derart aufweisen, dass sie in der Vielzahl der Spiegel für einen Betrachter erkennbare Buchstaben oder Zahlen oder ein bestimmtes Design bilden. Der hierdurch bereitgestellte Effekt ermöglicht es, Buchstaben, Zahlen oder Designs in die reflektierende Oberfläche zu integrieren, die beispielsweise eine Firmenlogo oder ein Firmenschlagwort bilden. Diejenigen Spiegel, die an der Bildung von Buchstaben, Zahlen oder Designs teilhaben, dienen dabei wie alle anderen Spiegel auch dazu, Pixel des gewünschten Musters zu bilden. Hierzu kann es erforderlich sein, die benachbarten Pixel, die Buchstaben, Zahlen oder ein Design bilden, nicht optimal in dem Sinne auszurichten, dass beispielsweise der oben erwähnte Winkelbereich zwischen  $30^\circ$  und  $60^\circ$  für diese Pixel nicht realisiert ist. Auch für diese Ausführungsvariante gilt, dass sie unabhängig davon vorgesehen sein kann, ob die Zieloberfläche des reflektierenden Objekts, an dem die Spiegel angeordnet sind, gekrümmt oder plan ausgebildet ist.

Die einzelnen Spiegel können in einem Materialblock oder in mehreren Materialblöcken ausgebildet sein, die aus einer Aluminiumlegierung bestehen oder eine solche aufweisen. Die einzelnen Materialblöcke können dabei grundsätzlich eine beliebige Form aufweisen, insbesondere würfelförmig oder quaderförmig oder als dünne Plättchen ausgebildet sein. Auch können die Materialblöcke statt einer Aluminiumlegierung eine

andere spiegelnde Legierung aufweisen. Für die vorliegende Erfindung kommt es nicht auf das Material, dass die spiegelnde Oberfläche bildet, an. Grundsätzlich können beliebige spiegelnde Materialien Einsatz finden.

- 5 Weiter kann vorgesehen sein, dass die Spiegel in Materialblöcken ausgebildet sind, die an ihrer Rückseite miteinander verbunden sind und dabei eine gekrümmte Platte bilden, wobei die gekrümmte Platte die gekrümmte Zieloberfläche des 3-dimensionalen Objekts bildet und in eine am 3-dimensionalen Objekt ausgebildete Aussparung eingesetzt ist. Gemäß dieser Ausgestaltung werden die Spiegel somit an einer Platte vorgefertigt und
- 10 vorausgerichtet, bevor sie dann an dem 3-dimensionalen Objekt befestigt werden, wozu an diesem eine Aussparung ausgebildet wird oder schon vorhanden ist, in die die vorgefertigte Platte mit den einzelnen Spiegeln eingesetzt wird.

- Die einzelnen Spiegel sind gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung als ebene bzw.
- 15 plane Spiegel ausgeführt. Hierdurch kann bei Kenntnis bzw. Vordefinition der Lichtquelle in einfacher Weise die Ausrichtung der Spiegel berechnet werden, wenn der Spiegel ein bestimmtes Pixel in einer definierten Projektionsfläche bilden soll. Grundsätzlich kann jedoch alternativ vorgesehen sein, dass einzelne oder alle Spiegel gekrümmt sind. Beispielsweise können einzelne oder alle der Spiegel als Hohlspiegel ausgebildet sein,
- 20 um das reflektierte Licht zu fokussieren und Pixel größerer Beleuchtungsstärke zu bilden.

Die Spiegel werden beispielsweise durch einen hochpräzisen Fräsvorgang bereitgestellt, wobei vorgesehen sein kann, eine Spiegeloberfläche mehrfach, insbesondere zweifach zu Fräsen, um die Spiegelqualität zu optimieren.

25

- Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Spiegel derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass das reflektierte Licht auf der Projektionsfläche das vordefinierte Muster bildet, wenn das aus einer vorgegebenen Richtung einfallende Licht paralleles Licht ist. Paralleles Licht bedeutet dabei, dass die einfallenden
- 30 Lichtstrahlen im Wesentlichen parallel verlaufen, d.h. von einer sehr weit weg liegenden Lichtquelle stammen. Das aus einer vorgegebenen Richtung einfallende Licht, das auf die Mehrzahl von an der gekrümmten Zieloberfläche angeordneten Spiegel fällt, ist somit paralleles Licht. Wenn die Lichtstrahlen dabei nicht exakt parallel verlaufen und/oder wenn sie nicht exakt aus der vorgegebenen Richtung stammen, bedeutet dies nicht, dass
- 35 das vordefinierte Muster nicht mehr erzeugt würde; dieses ist dann lediglich verzerrt, wobei der Verzerrungsgrad vom Grad der Abweichung von Richtung und Parallelität abhängt.



Alternativ kann vorgesehen sein, dass die Spiegel derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass das reflektierte Licht auf der Projektionsfläche ein vordefiniertes Muster bildet, wenn das aus einer vorgegebenen Richtung einfallende Licht von einer Punktlichtquelle stammt. Das aus einer vorgegebenen Richtung einfallende Licht, das auf die Mehrzahl von an der gekrümmten Zieloberfläche angeordneten Spiegel fällt, stammt somit von einer Punktlichtquelle. Diese Variante kann beispielsweise dann sinnvoll sein, wenn das mit der Spiegelfläche versehene Objekt ortsfest ausgestellt und ihm eine an definierter Stelle angeordnete beleuchtende Lichtquelle zugeordnet ist. Auch hier gilt, dass das vordefinierte Muster immer noch, wenn auch mit geringerer Qualität erzeugt wird, wenn das Licht nicht exakt von dem als Lichtquelle angenommenen Raumpunkt auf die Spiegel fällt.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Bereitstellen einer lichtreflektierenden Oberfläche, die aus einer Vielzahl von einzeln ausgerichteten Spiegeln besteht und die geeignet ist, einfallendes Licht derart zu reflektieren, dass das reflektierte Licht auf einer Projektionsfläche ein vordefiniertes Muster bildet. Das Verfahren umfasst das Anordnen oder Ausbilden einer Vielzahl von Spiegeln an einer gekrümmten Zieloberfläche eines 3-dimensionalen Objekts, wobei jeder der Spiegel auf der gekrümmten Zieloberfläche des 3-dimensionalen Objekts so ausgerichtet wird, dass er aus einer vorgegebenen Richtung einfallendes Licht auf genau ein Pixel der Projektionsfläche abbildet, und wobei das auf der Projektionsfläche gebildete Muster durch die Vielzahl der auf diese Weise erzeugten Pixel gebildet ist.

Die einzelnen Spiegel können an der gekrümmten Zieloberfläche angeordnet werden, d.h. die Spiegel werden an der Zieloberfläche beispielsweise durch Kleben befestigt und dabei in der gewünschten Weise ausgerichtet. Die einzelnen Spiegel können an der gekrümmten Zieloberfläche jedoch auch ausgebildet werden, d.h. die Spiegel werden am 3-dimensionalen Objekt oder an einem Objekt, das mit dem 3-dimensionalen Objekt verbunden wird, ausgebildet. Letztere Variante weist den Vorteil auf, dass nicht jeder einzelne Spiegel gesondert ausgerichtet werden muss.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung weist jeder der Spiegel eine ebene Oberfläche auf, die derart ausgerichtet ist, dass ihre Flächennormale die Winkelhalbierende des Winkels bildet, den der einfallende Lichtstrahl und der auf einen der Pixel reflektierte Lichtstrahl bilden. Dabei wird für jeden Spiegel gesondert die ebene Oberfläche durch einen Fräsvorgang hergestellt, so dass jeder Spiegel die gewünschte

Ausrichtung aufweist. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Spiegel durch Fräsen von einem Materialblock oder durch Fräsen von mehreren Materialblöcken ausgebildet werden, bevor der Materialblock oder die Materialblöcke an dem 3-dimensionalen Objekt angeordnet werden, oder nachdem der Materialblock oder die Materialblöcke an dem 3-dimensionalen Objekt angeordnet worden sind.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Spiegel derart auf der gekrümmten Oberfläche angeordnet werden, dass das an einem betrachteten ersten Spiegel reflektierte Licht nicht von einem dem ersten Spiegel benachbarten zweiten Spiegel blockiert werden kann. Die Reduzierung der Gefahr, dass das von einem Spiegel reflektierte Licht von einem benachbarten Spiegel blockiert wird, ist eine immanente Folge des Umstandes, dass die Spiegel an einer gekrümmten Oberfläche angeordnet werden. Durch Anordnung von Spiegeln an stark gekrümmten Bereichen der Zieloberfläche des Objekts kann diese Gefahr weiter reduziert werden.

Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass zum Fräsen der einzelnen Spiegel geeignete Daten einer Fräsmaschine zugeführt werden. Hierzu kann vorgesehen sein, dass 3D-Daten der gekrümmten Oberfläche des 3-dimensionalen Objekts und Daten zu Anzahl, Position und Ausrichtung der Spiegel in einer Datei zusammengeführt werden, die Fräsdaten für eine Fräsmaschine bereitstellt. Um die Anzahl der Parameter einer solchen Datei und damit die Menge der zu verarbeitenden Daten zu reduzieren, kann dabei vorgesehen sein, dass die X- und Y-Daten der gekrümmten Oberfläche und/oder die X- und Y-Daten der Position der Spiegel jeweils durch die Position in einer Liste kodiert werden, so dass die Liste nur noch die entsprechende Z-Daten aufweisen muss. Die Position innerhalb der Sequenz der Daten codiert somit die X-Y Informationen.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Anordnung mit einem lichtreflektierenden Objekt, das eine Vielzahl von Spiegeln aufweist, die bei Beleuchtung aus einer vorgegebenen Richtung auf einer Projektionsfläche ein Muster bilden;

35

Figur 2 die Anordnung der Figur 1 unter Darstellung der Lichtreflexion an einem der Spiegel des lichtreflektierenden Objekts;

- Figur 3 eine vergrößerte Darstellung der einzelnen Spiegel des lichtreflektierenden Objekts, wobei die einzelnen Spiegel in unterschiedlicher Weise ausgerichtet sind;
- 5
- Figur 4 schematisch den Vorgang des Fräsens der einzelnen Spiegel zur Erzeugung einer jeweils planen und dabei definiert ausgerichteten Spiegelfläche;
- 10
- Figur 5A schematisch eine Lichtreflexion an Spiegeln, die an einer gekrümmten Zieloberfläche eines lichtreflektierenden Objekts angeordnet sind;
- Figur 5B schematisch eine Lichtreflexion an Spiegeln, die an einer planen Zieloberfläche eines lichtreflektierenden Objekts angeordnet sind;
- 15
- Figur 6 eine weitere Darstellung einer Anordnung mit einem lichtreflektierenden Objekt, das auf einer Projektionsfläche bei Beleuchtung ein Muster bildet;
- Figur 7 ein durch ein lichtreflektierendes Objekt in einer Projektionsfläche gebildetes Muster, wobei einige der Pixel des Musters durch Licht mehrerer der Spiegel des lichtreflektierenden Objektes gebildet sind;
- 20
- Figur 8 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines lichtreflektierenden Objektes, das auf einer Projektionsfläche bei Beleuchtung ein Muster bildet, unter Darstellung der Zuordnung von Spiegeln und durch die Spiegel erzeugten Pixeln, und unter Integration von Buchstaben in die lichtreflektierende Oberfläche des lichtreflektierenden Objekts; und
- 25
- Figur 9 ein Ablaufdiagramm zur Erzeugung einer lichtreflektierenden Oberfläche eines lichtreflektierenden Objekts.
- 30

Die Figur 1 zeigt ein dreidimensionales lichtreflektierendes Objekt 1, das eine lichtreflektierende Oberfläche 2 aufweist. Diese ist gekrümmt und wird im Folgenden auch als Zieloberfläche 2 bezeichnet. Auf der Zieloberfläche 2 sind eine Vielzahl von  
35 Spiegeln 3 angeordnet. Sinn und Zweck der Anordnung der Spiegel 3 auf der Zieloberfläche 2 ist es, dass die Spiegel 3 bei Beleuchtung mit aus einer vorgegebenen

Richtung einfallendem Licht auf einer Projektionsfläche 4 ein vordefiniertes Muster 5 erzeugen.

Das Muster 5 besteht aus einer definierten Anzahl von hellen Pixeln 50. Ein Pixel 50 stellt  
5 dabei einen Bereich des Musters dar, auf den Licht fällt, das von einem der Spiegel 3 reflektiert wurde. Die Vielzahl der auf diese Weise erzeugten, aneinander angrenzenden Pixel 50 bildet das Muster 5. Das Muster 5 ist somit ein Beleuchtungsmuster.

Das 3-dimensionale Objekt 1 kann beliebig gewählt sein und eine beliebig geformte  
10 Zieloberfläche 2 aufweisen. Die einzelnen Spiegel 3 werden in einem CAD-Programm auf die Zieloberfläche 2 einzeln aufgesetzt und dort ausgerichtet. Ihre physische Ausbildung erfolgt mittels eines Fräsvorgangs, wie noch erläutert werden wird.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Zieloberfläche 2 und die Projektionsfläche 4, in die  
15 das Muster 5 projiziert wird, zumindest näherungsweise senkrecht aufeinander stehen. Da die Zieloberfläche grundsätzlich eine beliebige Form aufweisen kann, kann es sich jedoch ebenfalls derart verhalten, dass ein betrachteter Teilbereich der Zieloberfläche 2, der näherungsweise eben ausgebildet ist, in einer Ebene liegt, die nicht senkrecht zur Projektionsfläche 4 steht. Auch wird darauf hingewiesen, dass die Projektionsfläche 4  
20 nicht durch die Fläche gebildet sein muss, auf der das Objekt 1 steht, sondern alternativ auch durch eine andere Fläche bereitgestellt sein kann, beispielsweise durch einen angrenzenden Wandbereich.

Anhand der Figur 2 wird im Folgenden die Ausrichtung der einzelnen Spiegel 3 erläutert.  
25 Jeder Spiegel 3 ist derart ausgerichtet, dass er das aus einer vorgegebenen Richtung einfallende Licht auf einen zugeordneten Pixel 50 des Musters 5 reflektiert (abbildet). Im Ausführungsbeispiel der Figur 2 ist angenommen, dass das Licht von einer Punktlichtquelle 6 ausgesandt wird, die eine vordefinierte Position im Raum und damit in Bezug auf das Objekt 1 besitzt. Die Lichtquelle 6 sendet Lichtstrahlen 71 aus. Ein  
30 Lichtstrahl 71 wird an einem Spiegel 3 gemäß dem Reflexionsgesetz reflektiert, wobei gilt, dass der Einfallswinkel  $\alpha$  gleich dem Ausfallswinkel  $\beta$  ist. Der reflektierte Lichtstrahl ist mit 72 bezeichnet. Die Winkelhalbierende 73 zwischen dem Einfallsstrahl 71 und dem Ausfallsstrahl 72 stellt dabei das Lot der ebenen Spiegeloberfläche des Spiegels 3 dar. Um zu erreichen, dass das an einem bestimmten Spiegel 3 reflektierte Licht 71 auf ein  
35 bestimmtes Pixel 50 fällt, muss somit die Spiegeloberfläche bzw. deren Lot 73 derart ausgerichtet werden, dass das einfallende Licht 71 auf das gewünschte Pixel 50 reflektiert wird.

Wenn man die Position der Lichtquelle 6 kennt und ein gewünschtes Reflexionsmuster 5 bereitstellen will, so kann die hierfür erforderliche Ausrichtung der einzelnen Spiegel 3 über die genannten Beziehungen mathematisch relativ einfach berechnet werden. Wenn  
5 die Spiegel dann an dem Objekt 1 bzw. dessen Zieloberfläche 2 entsprechend ausgerichtet sind, führt eine Beleuchtung der Spiegel mittels einer am vordefinierten Ort angeordneten Lichtquelle 6 notwendigerweise zu dem gewünschten Muster 5.

Es wird darauf hingewiesen, dass nicht notwendigerweise angenommen werden muss,  
10 dass das auf die Spiegel 3 fallende Licht von einer im Fernfeld punktförmigen Lichtquelle 6 stammt. Alternativ kann auch angenommen werden, dass das einfallende Licht paralleles Licht ist. Bei der Berechnung der Ausrichtung der Spiegel 3 ist in letzterem Fall für alle Spiegel 3 die gleiche Richtung zu berücksichtigen, aus der das einfallende Licht kommt.

15 Die Figur 3 zeigt in vergrößerter Darstellung eine Vielzahl von Spiegeln 3, die auf einer Zieloberfläche 2 eines 3-dimensionalen Objekts 1 angeordnet sind. Jeder der Spiegel 3 ist dabei entsprechend der Figur 2 derart ausgerichtet, das Licht, das aus einer vordefinierten Richtung auf den Spiegel 3 fällt, ein definiertes Pixel eines  
20 Beleuchtungsmusters 5 bildet. Die einzelnen Spiegel sind in Zeilen und Spalten angeordnet. Jeder Spiegel 3 weist eine plane Spiegeloberfläche 30 auf, die dem Objekt 1 abgewandt ist. Die einzelnen Spiegel 3 sind unmittelbar aneinander angrenzend in Zeilen und Spalten angeordnet, so dass sie in ihrer Gesamtheit eine im Wesentlichen kontinuierliche Spiegelfläche bilden.

25 Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass die Anordnung der Spiegel 3 in Zeilen und Spalten nicht zwingend ist. Beispielsweise könnten die Spiegel 3 alternativ in konzentrischen Ringen angeordnet sein. Auch wird darauf hingewiesen, dass die Darstellung der einzelnen Spiegel 3 als Miniaturwürfel in den Figuren 1-3 nur beispielhaft  
30 und zur besseren Veranschaulichung erfolgt. Grundsätzlich können die Materialblöcke 9, die die Spiegel 3 bilden, eine beliebige Form aufweisen. Beispielsweise sind die Spiegel 3 alternativ an flachen, plättchenförmigen Materialblöcken ausgebildet. Auch können die einzelnen Spiegel an nur einem Materialblock ausgebildet sein.

35 Zur Realisierung reflektierender Oberflächen sind die Spiegel 3 beispielsweise in Materialblöcken 9 ausgebildet, die aus einer Aluminiumlegierung bestehen oder eine solche aufweisen. Beispielsweise handelt es sich um eine Aluminiumlegierung mit Kupfer

als Hauptlegierungselement, beispielsweise des Typs EN AW 7075 (AlZn5,5MgCu). Statt einer Aluminiumlegierung kann jedoch auch grundsätzlich jedes andere Metall (zum Beispiel Gold) oder jede andere Metalllegierung eingesetzt werden, die eine reflektierende Oberfläche bereitstellt.

5

Weiter wird zur Figur 3 darauf hingewiesen, dass vorgesehen sein kann, dass die einzelnen Materialblöcke 9 an ihrer Rückseite miteinander verbunden sind und dabei eine gekrümmte Platte bilden. Eine solche gekrümmte Platte wird dann in eine entsprechend geformte Aussparung (nicht dargestellt) am Objekt 1 eingesetzt. Der Vorteil einer solchen Ausgestaltung besteht darin, dass die einzelnen Spiegel bereitgestellt und ausgerichtet werden können, bevor die Anordnung am Objekt 1 erfolgt, und dementsprechend ein Ausrichten und Fräsen nicht am Objekt selbst erfolgen muss (aber kann).

10

Die Figur 4 zeigt einen Fräskopf 8 einer Fräsvorrichtung, die mittels einer CAD Software die einzelnen Spiegel 3 fräst. Der Fräskopf 8 ist dabei beispielsweise Bestandteil einer 5-Achs-Fräse, wobei das Werkstück, also das Objekt 1 oder ein Objekt, das mit dem Objekt 1 verbunden wird, für jede einzelne Spiegeloberfläche 30 eines Materialblocks 9 um drei Achsen drehbar ist. Jede einzelne Spiegelfläche 30 wird plan von dem Fräskopf 8 in einer horizontalen Ebene 10 abgefräst.

20

Grundsätzlich ist es dabei möglich, dass die einzelnen Spiegel 3 bzw. Spiegeloberflächen 30 allein durch den Fräsvorgang erzeugt werden, ohne dass den einzelnen Spiegeln jeweils einzelne Materialblöcke 9 zugeordnet sind. Die einzelnen Spiegel 3 werden bei dieser Ausgestaltung somit aus einem Gesamt-Materialblock gefräst. Die Bereitstellung einzelner Materialblöcke 9, an denen die einzelnen Spiegel 3 ausgebildet sind, ist allerdings mit dem Vorteil verbunden, dass durch geeignete Ausrichtung der Materialblöcke 9 eine Vorausrichtung der Materialblöcke erfolgen kann, so dass der Fräsvorgang verkürzt und vereinfacht wird. Wenn alleine durch den Fräsvorgang die einzelnen Spiegeloberflächen 30 erzeugt werden, muss beim Fräsen ein stärkerer Materialabtrag realisiert werden, als wenn lediglich die Oberflächen 30 vorausgerichteter Materialblöcke 9 nachbearbeitet werden. Beide Varianten können realisiert werden.

25

30

Wie bereits erläutert, kann der Fräsvorgang darüber hinaus wahlweise entweder erfolgen, bevor die einzelnen Materialblöcke am Objekt 1 angeordnet werden, oder nachdem sie am Objekt 1 angeordnet worden sind. In beiden Fällen kann vorgesehen

35

sein, dass die einzelnen Materialblöcke, wie bereits erläutert, gemäß einer Ausführungsvariante an ihren Rückseiten miteinander verbunden sind.

Die Zieloberfläche 2 des Objekts 1 ist gemäß dem Ausführungsbeispiel der Figuren 1 bis 4 gekrümmt ausgebildet, also nicht plan. Dies ist mit dem Vorteil verbunden, dass das Problem reduziert wird, dass ein Spiegel Licht, das an einem benachbarten Spiegel reflektiert wurde, blockiert. Dies wird anhand der Figuren 5A und 5B erläutert. Gemäß der Figur 5A sind eine Vielzahl von Spiegeln an einer gekrümmten Zieloberfläche 2 eines Objekts 1 angeordnet. Ein eingehender Lichtstrahl 71 wird an einem Spiegel 3 reflektiert und bildet nach Reflexion einen reflektierten Lichtstrahl 72, der auf einer Projektionsfläche 4 ein Lichtpixel 50 bildet. Aufgrund der Krümmung der Oberfläche 2 sind die einzelnen Spiegeloberflächen zueinander relativ stark versetzt, sodass die Gefahr reduziert ist, dass ein reflektierter Lichtstrahl durch einen angrenzenden Spiegel bzw. den Materialblock 9 oder Materialbereich, in dem der Spiegel 3 ausgebildet ist, blockiert wird.

Anders verhält sich die Situation gemäß der Figur 5B bei einem Objekt 1 mit planer Zieloberfläche 2. Hier besteht die Gefahr, dass insbesondere Lichtstrahlen 71, die im Randbereich eines Spiegels 3 auf diesen treffen, durch den Materialblock 9, an dem der benachbarte Spiegel ausgebildet ist, blockiert werden. Die Bildung eines Pixels durch diesen Lichtstrahl ist dann nicht mehr möglich oder ein entsprechendes Pixel weist eine geringere Lichtstärke auf.

Die Figur 6 zeigt eine weitere Anordnung, bei der ein lichtreflektierendes Objekt 1, das mit Licht 60 aus einer bestimmten Richtung bestrahlt wird, ein vordefiniertes Muster 5 auf einer Projektionsfläche 4 bereitstellt. Das lichtreflektierende Objekt 1 weist wiederum eine gekrümmte Zieloberfläche 2 auf, die eine Vielzahl von Spiegeln 3 umfasst. Das einfallende Licht 60 ist anders als beim Ausführungsbeispiel der Figur 2 paralleles Licht. Alternativ könnte jedoch vorgesehen sein, dass das Licht von einer Punktlichtquelle stammt.

Das an einem Spiegel 3 reflektierte Licht bildet auf der Projektionsfläche 4 ein Pixel (Lichtpixel) 50, wobei die Gesamtheit der Pixel das gewünschte Muster 5 bildet. Bei der Projektionsfläche 4 handelt es sich beispielsweise um die Oberfläche eines Tisches oder dergleichen, auf dem das Objekt 1 steht. Die Zieloberfläche 2 des Objekts 1 und die Projektionsfläche 4 stehen zumindest näherungsweise senkrecht aufeinander, wobei dies nicht notwendigerweise der Fall ist.

Es ist zur Anordnung und Ausrichtung der Spiegel 3 an der Zieloberfläche 2 erforderlich, jedem Spiegel einen Pixel 50 zuzuordnen. Es hat also eine Zuordnung zwischen Spiegel 3 einerseits und Pixeln 50 andererseits zu erfolgen. Die folgenden Ausführungen  
5 einschließlich die Erläuterungen zu den Figuren 7 und 8 stellen darauf ab, eine möglichst günstige Zuordnung in dem Sinne vorzunehmen, dass das abzubildende Muster 5 mit hoher Qualität vorliegt.

Eine einfache Zuordnung zwischen Spiegeln und Pixeln kann in der Weise erfolgen, dass  
10 die in einem Raster angeordneten Spiegel zeilenweise durchnummeriert werden, wobei nach Erreichen des Endes einer Zeile am Anfang der darunterliegenden Zeile weiter gezählt wird. Wenn zum Beispiel Spiegel in 5 Zeilen und 10 Spalten angeordnet sind, so besitzt jede Zeile 10 Elemente und können die Spiegel von 1-50 durchnummeriert werden. In entsprechender Weise können auch die Pixel 50 des zu bildenden Musters 5  
15 durchnummeriert werden, wobei Zeile für Zeile hoch gezählt wird. Wenn man annimmt, dass genau so viele Spiegel 3 wie Pixel 50 vorliegen (Ausnahmen hierzu werden in Bezug auf die Figur 7 erläutert werden), so kann man eine Zuordnung zwischen Spiegeln und Pixeln in einfacher Weise dadurch vornehmen, dass dem N-ten Spiegel der N-te Pixel zugeordnet wird. Die Spiegel sind dabei der Art auszurichten, dass das aus einer  
20 bestimmten Richtung einfallende Licht 60 von jedem Spiegel auf das dem Spiegel zugeordnete Pixel reflektiert wird, entsprechend der in Bezug auf die Figur 2 erläuterten Vorgehensweise.

Eine solche einfache Zuordnung kann jedoch mit Nachteilen verbunden sein. Zwei  
25 solcher Nachteile werden im Folgenden in Bezug auf die Figur 6 erläutert.

Zum einen verhält es sich so, dass reflektiertes Licht, das zwischen Spiegel und Pixel einen relativ langen Weg zurückgelegt hat, ein Pixel mit geringerer Leuchtkraft bildet als Licht, das einen relativ kurzen Weg zwischen Spiegel und Pixel zurückgelegt hat.  
30 Beispielsweise werden die Pixel 50-1 und 50-3, die einen relativ großen Abstand zur Kante 11 aufweisen, die das Objekt 1 gegenüber der Projektionsfläche 4 bildet, eine geringere Leuchtkraft besitzen als die Pixel 50-2 und 50-4, die relativ nahe der Kante 11 liegen. Der Grund hierfür besteht darin, dass das Licht mit zunehmender Wegstrecke aufgrund von Reflexion (beispielsweise in staubiger Luft) und aufgrund von Divergenz  
35 eine geringere Beleuchtungsstärke aufweist. Eine Lösung dieses Problems wird in Bezug auf die Figur 7 beschrieben.



Zum anderen sei angenommen, dass der Spiegel 3-1 und das Pixel 50-1 einander zugeordnet sind, d.h. das auf den Spiegel 3-1 fallende Licht 60 auf das Pixel 50-1 reflektiert wird. Nun verhält es sich so, dass der Spiegel 3-1 relativ weit unten an der Zieloberfläche 2 ausgebildet ist, nahe der Kante 11, und daher in einem flachen Winkel zur Projektionsfläche 4 projizieren muss, wobei noch hinzukommt, dass das zugeordnete Pixel 50-1 vergleichsweise weit weg von der Kante 11 ausgebildet ist, die das Objekt 1 gegenüber der Projektionsfläche 4 bildet. Da der Lichtstrahl durch den Spiegel 3-1 weit weg und in einem flachen Winkel projiziert wird, besteht eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, dass das durch den Spiegel 3-1 gebildete Pixel 50-1 verzerrt ist.

Weiter sei angenommen, dass der Spiegel 3-2 und das Pixel 50-2 einander zugeordnet sind. Hier verhält es sich so, dass der Spiegel 3-2 relativ weit oben an der Zieloberfläche 2 ausgebildet ist und auf einen Pixel 50-2 projiziert, der benachbart der Kante 11 angeordnet ist. Der Spiegel 3-2 muss daher sehr stark geneigt werden, insbesondere, wenn das Muster 5 sehr nahe an der Kante 11 ausgebildet ist. Eine Lösung dieses Problems wird in Bezug auf die Figur 8 beschrieben.

Die Figur 6 verdeutlicht auch die Begriffe Projektionsweite und Projektionshöhe. Es seien ein Spiegel 3-5 und ein Pixel 50-5 betrachtet, die einander zugeordnet sind. Das vom Spiegel 3-5 auf das Pixel 50-5 reflektierte Licht ist mit 72 bezeichnet. Der vertikale Abstand zwischen dem Spiegel 3-5 und der Projektionsfläche 4 wird als Projektionshöhe PH bezeichnet. Der horizontale Abstand, d.h. der in der Projektionsfläche 4 liegende Abstand zwischen dem Pixel 50-5 und der Projektion des Spiegels 3-5 auf die Projektionsfläche 4 wird als Projektionsweite PW bezeichnet.

Die Figur 7 zeigt ein Muster 5, das in einer Projektionsfläche 4 ausgebildet ist und eine Vielzahl von Pixeln umfasst. Das zugehörige Objekt 1 mit einer lichtreflektierenden Oberfläche 2 ist in der Figur 7 nicht dargestellt. Es erstreckt sich im Wesentlichen senkrecht zur Zeichenebene. Es ist lediglich die Kante 11 dargestellt, die das Objekt 1 gegenüber der Projektionsfläche 4 bildet.

Bei der Figur 7 ist vorgesehen, dass das Muster 5 Pixel 51 aufweist, auf die das Licht mehrerer Spiegel der Zieloberfläche 2 reflektiert ist. Diese Pixel werden somit durch Licht gebildet, das an zwei oder mehr Spiegeln reflektiert wurde. Dementsprechend sind diese Pixel 51 heller ausgebildet als Pixel 52, auf die das Licht lediglich eines Spiegels reflektiert ist. Durch Zuordnung von mindestens zwei Spiegeln zu einem Pixel wird die Helligkeit eines solchen Pixels 51 erhöht. Dabei kann, wie in der Figur 7 dargestellt ist,

vorgesehen sein, dass solche helleren Pixel 51 in Bereichen des Musters 5 ausgebildet sind, die einen größeren Abstand vom Objekt 1 bzw. der Kante 11 aufweisen. Hierdurch kann der Effekt, dass im größeren Abstand vom Objekt 1 bzw. der Kante 11 gebildete Pixel eine geringere Helligkeit aufweisen, ausgeglichen werden.

5

Die Zuordnung von mehreren Spiegeln zu einem Pixel kann jedoch auch aus anderen Gründen erfolgen, beispielsweise um bestimmte Regionen des Musters heller darzustellen.

- 10 Bei der Figur 8 ist vorgesehen, dass in bestimmter Weise bestimmte Spiegelbereiche der Zieloberfläche 2 bestimmten Bereichen des Musters 5 zugeordnet sind. Die Zuordnung erfolgt dabei derart, dass zumindest für die Mehrzahl der Spiegel gilt, dass der Winkel eines an einem betrachteten Spiegel reflektierten Lichtstrahls und der Zieloberfläche 2 zwischen 30° und 60°, insbesondere zwischen 40° Grad und 50°, insbesondere nahe 45°
- 15 liegt. Mit anderen Worten soll für möglichst viele Bereiche der Spiegeloberfläche gelten, dass das reflektierte Licht in einem Winkel nahe 45° zur Zieloberfläche 2 des lichtreflektierenden Objekts 1 reflektiert wird, so dass weder einzelne Spiegel Licht in einem sehr flachen Winkel weit weg projizieren müssen noch Spiegel unter starker Neigung knapp vor die Zieloberfläche projizieren müssen.

20

Hierzu ist es erforderlich, dass Spiegeln in einem oben liegenden Bereich der Zieloberfläche 2 Pixel des auf der Projektionsfläche 4 gebildeten Musters 5 zugeordnet sind, die weit weg von der Kante 11 angeordnet sind, und dass Spiegeln in einem unten liegenden Bereich der Zieloberfläche Pixel des Musters 5 zugeordnet sind, die nahe der

25 Kante 11 ausgebildet sind.

- So weist die Zieloberfläche 2 im Ausführungsbeispiel der Figur 8 fünf Bereiche 21-25 auf, denen fünf Bereiche 53-57 des Musters 5 zugeordnet sind. Anders als bei der Figur 7 zeigen die unterschiedlichen Helligkeiten der einzelnen Bereiche nicht notwendigerweise
- 30 eine unterschiedliche Pixelhelligkeit an, sondern sollen grundsätzlich lediglich die Zuordnung der einzelnen Bereiche verdeutlichen. So sind Spiegeln im Bereich 21 der Zieloberfläche Pixeln des Bereichs 53 des Musters 5 zugeordnet, Spiegeln im Bereich 22 der Zieloberfläche Pixeln des Bereichs 54 des Musters 5 zugeordnet, Spiegeln im Bereich 23 der Zieloberfläche Pixeln des Bereichs 55 des Musters 5 zugeordnet, usw.

35

Durch die beschriebene Zuordnung einzelner Bereiche von Zieloberfläche 2 und Muster 5 wird die Bildqualität des Musters 5 verbessert, da Verzerrungen reduziert werden, und

gleichzeitig vermieden, an der Zieloberfläche 2 Spiegel 3 mit starker Neigung ausbilden zu müssen.

Der Gedanke des Ausführungsbeispiels der Figur 7, dass das Muster 5 Pixel aufweist, auf die das Licht mehrerer Spiegel der Zieloberfläche 2 reflektiert wird, ist auch in der  
5 Figur 8 realisiert, wobei dies nicht notwendigerweise der Fall ist. So erfolgt bei der Figur 8 zum einen wie erläutert eine bestimmte Zuordnung von Bereichen der Zieloberflächen 2 zu Bereichen des Musters 5 und werden zum anderen entsprechend der Figur 7 unterschiedliche Helligkeiten realisiert. So ist konkret vorgesehen, dass jeweils sechs  
10 Spiegel des Bereichs 21 der Zieloberfläche 2 auf einen Lichtpixel des Bereichs 53 reflektieren. Zwei Spiegel des Bereichs 25 der Zieloberfläche 2 leuchten auf einen Lichtpixel des Bereichs 57.

Weiter ist bei der Figur 8, jedoch nicht notwendigerweise, vorgesehen, dass die  
15 Zieloberfläche „blinde Spiegel“ aufweist, d.h. Spiegel, an denen das einfallende Licht nicht auf das Muster 5 reflektiert wird. So sind in der Figur 8 nahe der Kante 11 Spiegel vorgesehen, die derart ausgerichtet sind, dass das reflektierte Licht im Wesentlichen parallel oder in einem flachen Winkel zur Projektionsfläche 4 verläuft, so dass der Betrachter ihr Licht nicht sehen kann, sie aber auch nicht stören. Diese „blinden Spiegel“  
20 werden nicht zur Bildung des Musters 5 eingesetzt, da sie so weit unten, d.h. benachbart der Kante 11 angeordnet sind, dass sie nicht geeignet sind, ein Bild zu projizieren. Solche „blinden Spiegel“ können alternativ auch ganz weggelassen werden. Aus Gründen der Standfestigkeit des Objekts 1 auf der Projektionsfläche 4 und/oder aus fertigungstechnischen Gründen kann es jedoch sinnvoll sein, solche „blinden Spiegel“  
25 vorzusehen.

Die Figur 8 zeigt noch eine weitere Ausgestaltung der Erfindung. So ist bei der Figur 8 vorgesehen, dass in die Zieloberfläche 2 Bereiche 28 integriert sind, die Buchstaben bilden. Statt Buchstaben könnten diese Bereiche 28 auch Zahlen oder andere definierte  
30 geometrische Formen wie zum Beispiel Firmenlogos bilden. In den Bereichen 28 weisen die Spiegel eine identische oder ähnliche Ausrichtung auf, so dass sie in der Vielzahl der Spiegel für einen Betrachter erkennbare Buchstaben bilden.

Die Ausbildung von Bereichen 28, in denen identisch oder ähnlich ausgerichtete Spiegel  
35 angeordnet sind, so dass sie für den Betrachter definierte Formen wie Buchstaben, Zahlen oder Designs bilden, erfordert allerdings einen Kompromiss im Hinblick auf die Qualität der mit diesen Spiegeln erzeugten Pixel des Designs 5. So sind die Teilbereiche

28-1 und 28-2 des Bereichs 28 gegenüber den sie umgebenden Bereichen 23, 24 abweichend ausgebildet, d.h. Spiegeln des Teilbereichs 28-1 sind Pixel des Teilbereichs 56 zugeordnet und Spiegeln des Teilbereichs 28-2 sind Pixel des Teilbereichs 55 zugeordnet, auch wenn hierdurch die reflektierten Lichtstrahlen in einem ungünstigeren Winkel zur Zieloberfläche verlaufen.

Die Figur 9 zeigt ein Ablaufdiagramm zur Herstellung einer lichtreflektierenden Oberfläche, die aus einer Vielzahl von Spiegeln besteht, an einem 3-dimensionalen Objekt 1. Als vorgegebene Ausgangsentitäten liegen zum einen das dreidimensionale Objekt 1 und das gewünschte Muster 5 vor. Das Muster 5 soll auf einer Spiegeloberfläche des Objekts 1 mittels einer Vielzahl von definiert ausgerichteten Spiegeln derart codiert werden, dass bei Beleuchtung der Spiegel mit Licht aus einer vorgegebenen Richtung das Muster 5 auf einer Projektionsfläche, beispielsweise der Fläche, auf der das Objekt 1 steht, gebildet wird.

15

Das Objekt 1 wird einem Objekt-Analyse-Algorithmus 110 zugeführt. Dieser umfasst einen Algorithmus 111 zum Scannen der Objektoberfläche. Dabei werden Position und Größe der Objektoberfläche erfasst und erfolgt ein Abtasten der Oberfläche in Bezug auf Tiefenunterschiede. Im Algorithmus 112 erfolgt eine Umwandlung der Tiefenwerte in eine Liste von Z-Werten. Mit anderen Worten wird wie folgt vorgegangen. Es werden die 3-D-Koordinaten X, Y, Z zu jedem Raumpunkt der Objektoberfläche, an der Spiegel ausgebildet werden sollen, erfasst. Der Bereich der Objektoberfläche, an der Spiegel ausgebildet werden sollen, stellt dabei die Zieloberfläche gemäß der bisher verwendeten Terminologie dar. Die einzelnen Raumpunkte bzw. diesen zugeordnete Bereiche, die später jeweils einen Spiegel ausbilden sollen, werden entsprechend den auszubildenden Spiegeln in Zeilen und Spalten angeordnet. Hierdurch ist es möglich, den X-Wert und den Y-Wert eines Raumpunktes durch die Position zu kodieren, die dieser Raumpunkt in einer Liste besitzt, die die Raumpunkte enthält.

30 Dementsprechend muss für jeden Raumpunkt als gesonderter Wert nur noch der Z-Wert erfasst werden, der einen Tiefenwert angibt (siehe die Definition der Z-Achse in den Figuren 1 und 6).

Das Muster 5 wird einem Bildanalyse-Algorithmus 120 zugeführt. Der Algorithmus 120 umfasst einen Lichtverstärkungs-Algorithmus 121, in den eingegeben werden kann oder der automatisch Vorschläge dazu bereitstellt, ob bestimmte der Pixel des Bildes 50 eine verstärkte Helligkeit aufweisen sollen, für welchen Fall gemäß der Figur 7 solchen Pixeln

35

mindestens zwei Spiegel zuzuordnen sind. Der Algorithmus 120 umfasst des Weiteren einen Pixel-Array-Algorithmus 122, mittels dessen das Bild 5 in eine Vielzahl von Pixeln umgewandelt wird, die in einem Array mit Zeilen und Spalten angeordnet sind. Jedem Pixel ist dabei ein Helligkeitswert zugeordnet, unter Berücksichtigung des Lichtverstärkungs-Algorithmus 121. In der Regel werden somit Pixel definiert sein, die eine normale Helligkeit aufweisen, wobei solchen Pixeln jeweils ein Spiegel zugeordnet ist, und Pixel definiert sein, die eine erhöhte Helligkeit aufweisen, wobei solchen Pixeln jeweils mindestens 2 Spiegel zugeordnet sind.

- 10 Der Algorithmus 120 umfasst des Weiteren einen Algorithmus 123 zur Bestimmung der Spiegelanzahl. Dieser Algorithmus berechnet die erforderliche gesamte Zahl an Spiegeln, die erforderlich ist, um die durch den Lichtverstärkungs-Algorithmus 122 festgelegten Pixel und deren Helligkeit zu realisieren.
- 15 Die Ergebnisse des Objekt-Analyse-Algorithmus 110, d.h. die erstellte Liste der Objektpunkte, an denen Spiegel ausgebildet werden können, einschließlich der hierzu erfassten Z-Werte, und die Ergebnisse des Bildanalyse-Algorithmus 120 in Bezug auf die Anzahl und Helligkeitswerte der Pixel, deren Position in einer gewünschten, vordefinierten Projektionsfläche, sowie in Bezug auf die Anzahl der erforderlichen
- 20 Spiegel werden einem trigonometrischen Projektions-Algorithmus 130 zugeführt.

Der Algorithmus 130 umfasst einen Algorithmus 131 zur Auswahl der Lichtquelle. Hier kann festgelegt werden, ob die Lichtquelle paralleles Licht oder Licht einer an einem definierten Raumpunkt angeordneten Punktlichtquelle ist.

25

- Der Algorithmus 130 umfasst des Weiteren einen Algorithmus 132 zur Festlegung der Projektionseigenschaften. Hierzu werden die Projektionsweite und die Projektionshöhe eingegeben. Zur Definition dieser Begriffe wird auf die Figur 6 hingewiesen. Da die einzelnen Spiegel an dieser Stelle noch nicht definiert sind, kann vorgesehen sein, dass
- 30 eine minimale Projektionsweite und eine minimale Projektionshöhe vorgegeben werden. Wenn das Muster nahe an der Spiegeloberfläche 2 liegen soll, wird die minimale Projektionsweite klein und die minimale Projektionshöhe groß gewählt, wobei die reflektierten Lichtstrahlen, wie in Bezug auf die Figur 8 erläutert, gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung in einem Winkel zwischen 30° bis 60° zur
- 35 Zieloberfläche verlaufen (oder, falls die Zieloberfläche stark gekrümmt ist, in einem Winkel von 30° bis 60° zu einer Ebene, die senkrecht auf der Projektionsfläche steht).

Der Algorithmus 130 umfasst des Weiteren einen Algorithmus 133, der der Eingabe des Lichteinfallswinkels dient. Im Falle parallelen Lichts wird der Lichteinfallswinkel angegeben. Im Falle einer Punktlichtquelle werden die Raumkoordinaten der Punktlichtquelle eingegeben.

5

Der Algorithmus 130 umfasst weiter einen Algorithmus 134, der die Ausrichtung der einzelnen Spiegelflächen berechnet. Die Ausrichtung einer Spiegelfläche kann beispielsweise durch den Lotvektor definiert sein, wie in Bezug auf die Figur 2 erläutert. Der Algorithmus 130 ordnet die einzelnen Spiegel auf der Zieloberfläche des lichtreflektierenden Objekts an und richtet sie dort aus, wobei Zuordnungen entsprechend der Figur 8 vorgenommen werden können. Sofern die Spiegel rechteckförmig sind, was gemäß einem Ausführungsbeispiel der Fall ist, können die einzelnen Spiegel dabei durch ihre Eckpunkte definiert sein. Zwischen den Eckpunkten werden Polynome gezogen, aus denen sich die Spiegelflächen ergeben.

15

Damit liegen die erforderlichen Daten zur Generierung einer Spiegeloberfläche, die eine Vielzahl von in definierter Weise ausgerichteter Spiegel umfasst, vor. Die Daten werden in einer Datei an ein Lichtsimulationsmodul 140 gegeben. Dieses führt eine Lichtsimulation mittels einer 3D-Animationssoftware durch. Dies dient der Überprüfung, ob die vorgesehenen Spiegelflächen das gewünschte Bild 5 als Muster generieren.

20

Sofern diese Prüfung positiv ist, werden die Daten an ein Fräsprogramm übergeben, das eine Umwandlung der erhaltenen Daten in ein geschlossenes, dreidimensionales Objekt vornimmt. Des Weiteren werden Fräspfade für einen Fräskopf berechnet, eine Fräsgeschwindigkeit eingestellt und erfolgt eine Auswahl des Fräskopfes. Im Modul 160 erfolgt dann ein hochpräzises Fräsen der Spiegel. Hierzu wird beispielsweise eine 5-Achs-Fräsmaschine eingesetzt. Die eingesetzte Frästechnologie bzw. Abtragtechnologie kann grundsätzlich beliebiger Art sein. Es kann beispielsweise ein mechanisches Fräsen, ein Fräsen mittels Laser, chemisches Ätzen oder ein Fräsen durch Wasserstrahlen erfolgen.

30

Um hochqualitative plane Spiegeloberflächen bereitzustellen, kann ein Untermodul 161 realisiert sein, dass einmal gefräste Oberflächen durch nochmaliges gleiches Fräsen entgratet, ohne zusätzliches Material abzutragen. Das Untermodul 162 dient dazu, das gewünschte spiegelnde Material auszusuchen, bei dem es sich beispielsweise um eine Aluminiumlegierung handelt. Es kann dabei vorgesehen sein, dass spiegelnde Materialien durch oder an Materialblöcken bereitgestellt werden, die an ihrer Rückseite

35

miteinander verbunden sind und dabei eine gekrümmte Platte bilden. Eine solche gekrümmte Platte wird in eine am 3-dimensionalen Objekt ausgebildete Aussparung eingesetzt ist. Anschließend erfolgt der Fräsvorgang. Alternativ erfolgt der Fräsvorgang, bevor eine solche Platte am Objekt angeordnet wird.

5

Nach Beendigung des Fräsvorgang (Schritt 170) liegt ein kaustisches Objekt vor, das eine Vielzahl von reflektierenden Spiegeln aufweist, die bei Beleuchtung mit Licht aus einer vorgegebenen Richtung das gewünschte Muster 5 auf einer Projektionsfläche 4 abbilden.

10

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausgestaltung nicht auf die vorstehend dargestellten Ausführungsbeispiele, die lediglich beispielhaft zu verstehen sind. Beispielsweise sind Form und Anzahl der Spiegelflächen sowie Lage und Form der Zieloberfläche und der Projektionsfläche in den Ausführungsbeispielen nur beispielhaft zu verstehen.

15

Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass die Merkmale der einzelnen beschriebenen Ausführungsbeispiele der Erfindung in verschiedenen Kombinationen miteinander kombiniert werden können. Sofern Bereiche definiert sind, so umfassen diese sämtliche Werte innerhalb dieser Bereiche sowie sämtliche Teilbereiche, die in einen Bereich fallen.

20

## Patentansprüche

1. Lichtreflektierendes Objekt (1), das eine Vielzahl von einzeln ausgerichteten  
5 Spiegeln (3) aufweist, die geeignet sind, einfallendes Licht derart zu reflektieren, dass das reflektierte Licht auf einer Projektionsfläche (4) ein vordefiniertes Muster (5) bildet,

**dadurch gekennzeichnet,**

10

dass die Vielzahl von Spiegeln (3) an einer gekrümmten Zieloberfläche (2) des Objekts (1) ausgebildet oder angeordnet ist, wobei

15

- jeder der Spiegel (3) auf der gekrümmten Zieloberfläche (2) des Objekts (1) so ausgerichtet ist, dass er aus einer vorgegebenen Richtung einfallendes Licht auf genau ein Pixel (50) der Projektionsfläche (4) abbildet, und
- das auf der Projektionsfläche (4) gebildete Muster (5) durch die Vielzahl der auf diese Weise erzeugten Pixel (50) gebildet ist.

20

2. Objekt nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiegel (3) derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass für mindestens eines der Pixel (50) gilt, dass Licht, das das Pixel (50) bildet, von genau einem der Spiegel (3) reflektiert wurde.

25

3. Objekt nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiegel (3) derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass für mindestens eines der Pixel (50) gilt, dass das Licht, das das Pixel (50) bildet, von mehreren der Spiegel (3) reflektiert wurde.

30

4. Objekt nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass solchen Pixeln (50) der Projektionsfläche (4) mehrere Spiegel (3) zugeordnet sind, die einen größeren Abstand von der gekrümmten Zieloberfläche (2) aufweisen.

35

5. Objekt nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiegel (3) derart angeordnet und ausgerichtet sind, und die Richtung, aus der das Licht auf die Spiegel (3) einfällt, derart vorgegeben ist, dass für zumindest einige der Spiegel (3) gilt, dass der Winkel eines an einem betrachteten Spiegel (3) reflektierten Lichtstrahls (72) zu einer Ebene, die senkrecht zu der Ebene der Projektionsfläche (4) liegt, zwischen 30° und 60°, insbesondere zwischen 40° Grad und 50° liegt.



6. Objekt nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiegel (3) derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass einige der Spiegel (3), die benachbart sind, eine identische oder ähnliche Ausrichtung derart aufweisen, dass sie in der Vielzahl der Spiegel (3) für einen Betrachter erkennbare Buchstaben (28), Zahlen oder Designs bilden.
7. Objekt nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiegel (3) in einem Materialblock oder in mehreren Materialblöcken (9) ausgebildet sind, die aus einer Aluminiumlegierung bestehen oder eine solche aufweisen.
8. Objekt nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiegel (3) in Materialblöcken (9) ausgebildet sind, die an ihrer Rückseite miteinander verbunden sind und dabei eine gekrümmte Platte bilden, wobei die gekrümmte Platte die gekrümmte Zieloberfläche (2) des Objekts (1) bildet und in eine am Objekt (1) ausgebildete Aussparung eingesetzt ist.
9. Objekt nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiegel (3) plan ausgebildet sind.
10. Objekt nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Objekt (1) dazu vorgesehen und ausgebildet ist, mittels der Vielzahl von einzeln ausgerichteten Spiegeln (3) auf der Projektionsfläche (4) eine zusammenhängende Ansammlung von Pixeln zu bilden, die das vordefinierte Design bilden.
11. Verfahren zum Bereitstellen eines lichtreflektierenden Objekts, das eine Vielzahl von einzeln ausgerichteten Spiegeln (3) aufweist, die geeignet sind, einfallendes Licht derart zu reflektieren, dass das reflektierte Licht auf einer Projektionsfläche (4) ein vordefiniertes Muster (5) bildet,

#### **gekennzeichnet durch**

- Anordnen oder Ausbilden einer Vielzahl von Spiegeln (3) an einer gekrümmten Zieloberfläche (2) des Objekts (1), wobei
- jeder der Spiegel (3) auf der gekrümmten Zieloberfläche (2) des Objekts (1) so ausgerichtet wird, dass er aus einer vorgegebenen Richtung einfallendes Licht auf genau ein Pixel (50) der Projektionsfläche (4) abbildet, und

- das auf der Projektionsfläche (4) gebildete Muster (5) durch die Vielzahl der auf diese Weise erzeugten Pixel (50) gebildet ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder der Spiegel (3)  
5 eine plane Oberfläche (30) aufweist, die derart ausgerichtet ist, dass ihre Flächennormale (73) die Winkelhalbierende des Winkels bildet, den der einfallende Lichtstrahl (71) und der auf eines der Pixel (50) reflektierte Lichtstrahl (72) bilden, wobei für jeden Spiegel (3) gesondert die plane Oberfläche (30) durch einen Fräsvorgang hergestellt wird.

10 13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiegel (3) derart auf der gekrümmten Oberfläche (2) angeordnet werden, dass das an einem betrachteten ersten Spiegel reflektierte Licht nicht von einem dem ersten Spiegel benachbarten zweiten Spiegel blockiert werden kann.

15 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gekrümmte Zieloberfläche (2) des Objekts (1) und die Projektionsfläche (4) im Wesentlichen senkrecht zueinander stehen.

20 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiegel (3) derart angeordnet und ausgerichtet werden, und die Richtung, aus der das Licht auf die Spiegel (3) einfällt, derart vorgegeben wird, dass für zumindest einige der Spiegel (3) gilt, dass der Winkel eines an einem betrachteten Spiegel (3) reflektierten Lichtstrahls (72) zu einer Ebene, die senkrecht zu der Ebene der  
25 Projektionsfläche (4) liegt, zwischen 30° und 60°, insbesondere zwischen 40° Grad und 50° liegt.

30 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das aus einer vorgegebenen Richtung einfallende Licht, das auf die Mehrzahl von an der gekrümmten Zieloberfläche (2) angeordneten Spiegel (3) fällt, paralleles Licht (60) ist.

35 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass das aus einer vorgegebenen Richtung einfallende Licht, das auf die Mehrzahl von an der gekrümmten Zieloberfläche (2) angeordneten Spiegel (3) fällt, von einer Punktlichtquelle (6) stammt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiegel (3) durch Fräsen von einem oder mehreren Materialblöcken (9) ausgebildet werden, bevor der Materialblock oder die Materialblöcke (9) an dem Objekt (1) angeordnet werden.

5

19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiegel (3) in Materialblöcken (9) ausgebildet werden, die an ihrer Rückseite miteinander verbunden sind und dabei eine gekrümmte Platte bilden, wobei die gekrümmte Platte die gekrümmte Zieloberfläche des Objekts (1) bildet und in eine am Objekt (1) ausgebildete Aussparung eingesetzt wird.

10

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass 3D-Daten der gekrümmten Zieloberfläche (2) des Objekts (1) und Daten zu Anzahl, Position und Ausrichtung der Spiegel (3) in einer Datei zusammengeführt werden, die Fräsdaten für eine Fräsmaschine bereitstellt.

15

21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die X- und Y-Daten der gekrümmten Oberfläche und/oder die X- und Y-Daten der Position der Spiegel jeweils durch die Position in einer Liste kodiert werden, so dass die Liste nur die entsprechende Z-Daten aufweist.

20

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Projektionsfläche (4) eine ebene Fläche verwendet wird.

1/6

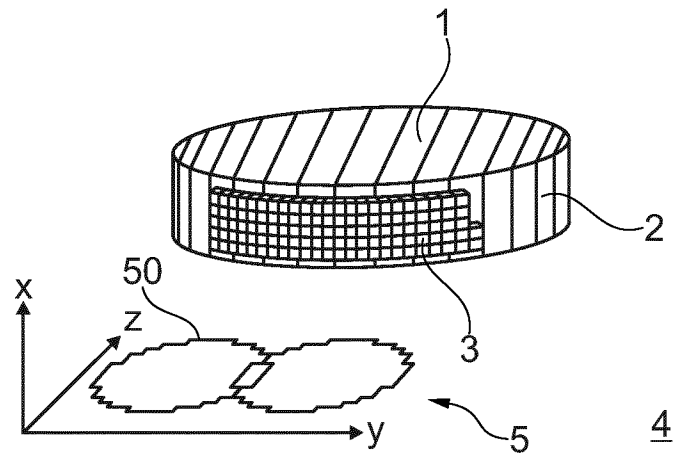


Fig. 1

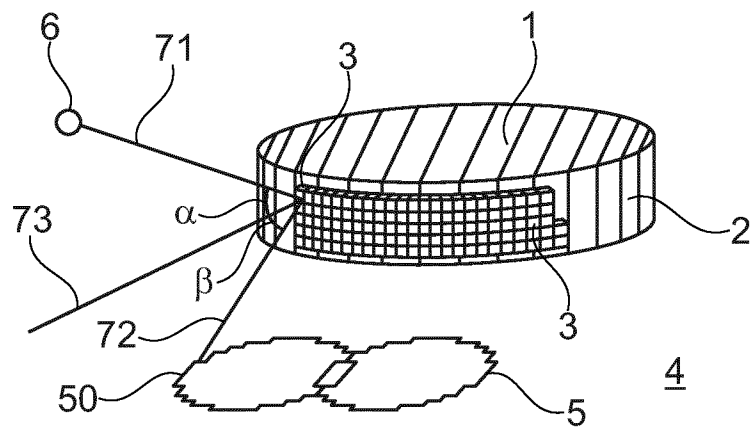


Fig. 2

2/6

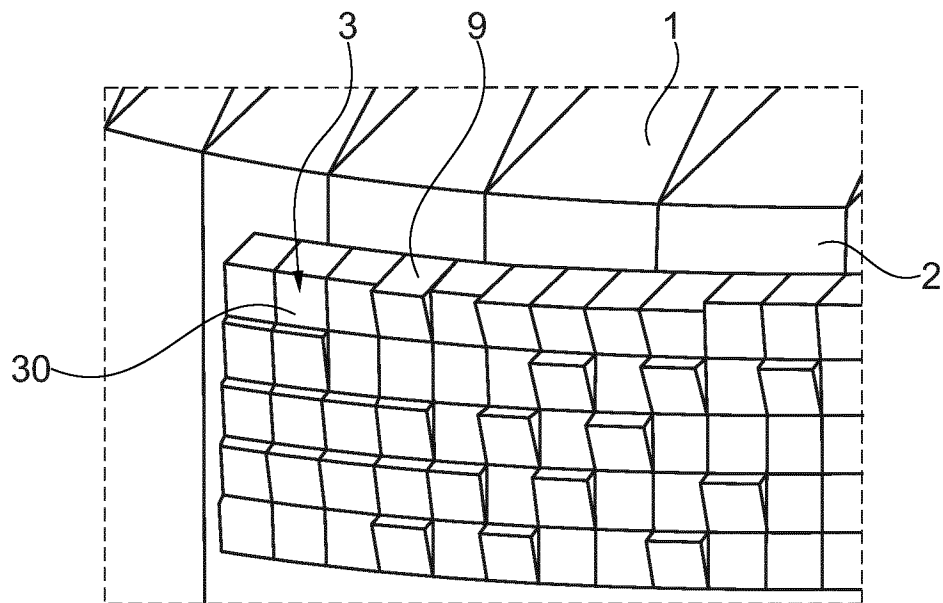


Fig. 3

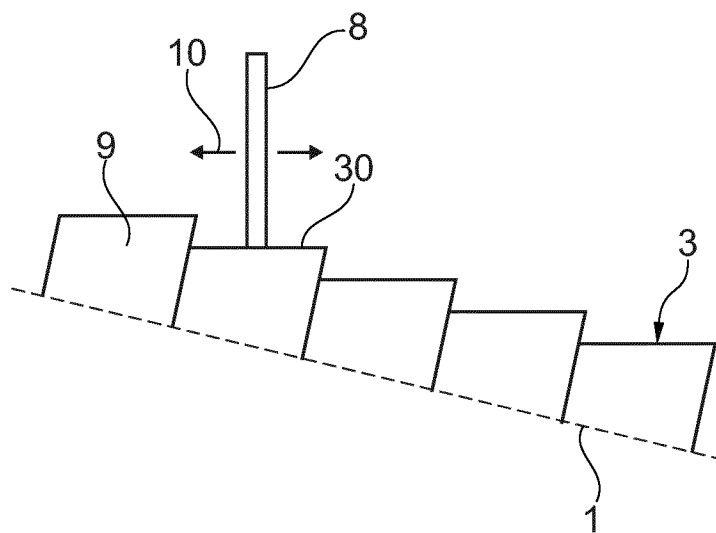


Fig. 4

3/6

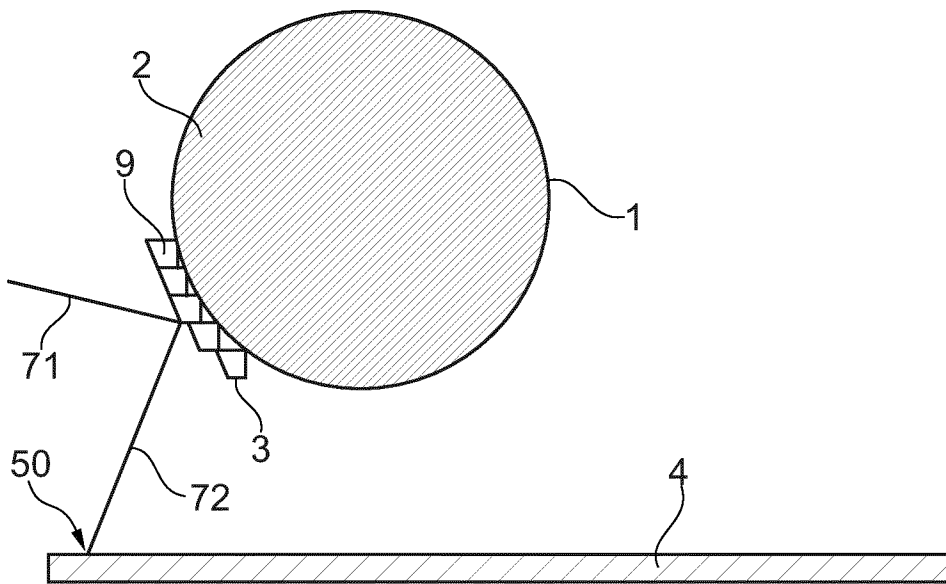


Fig. 5A

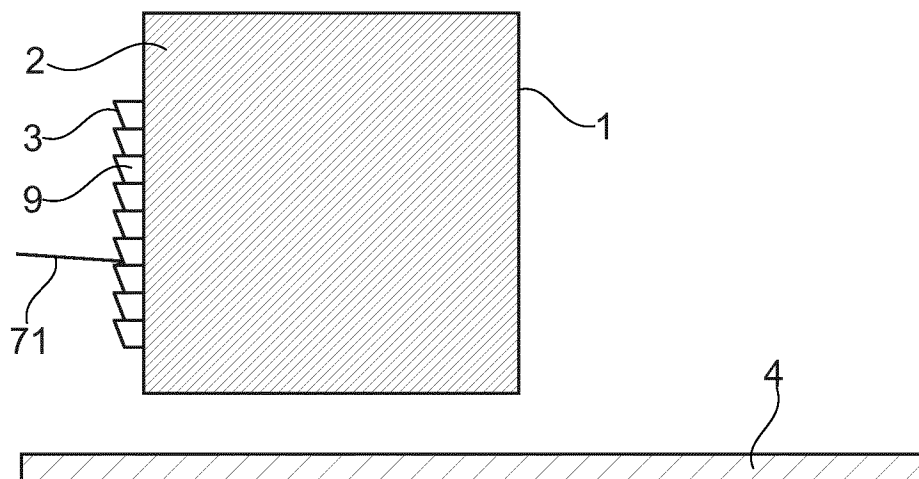


Fig. 5B

4/6

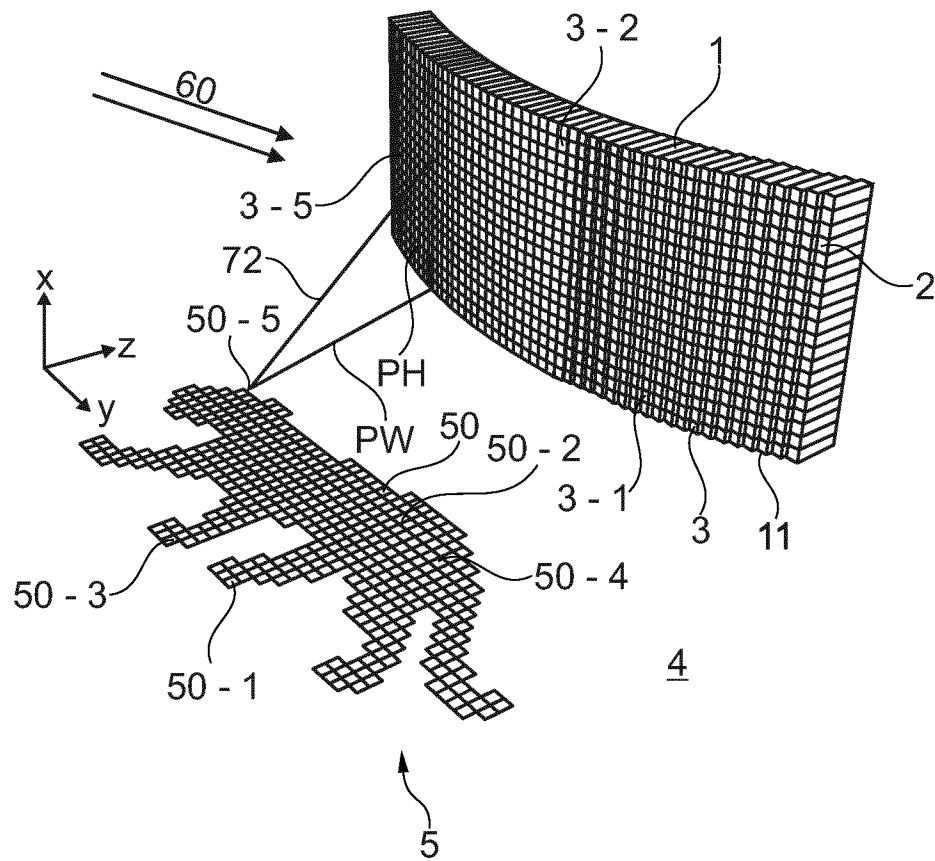


Fig. 6

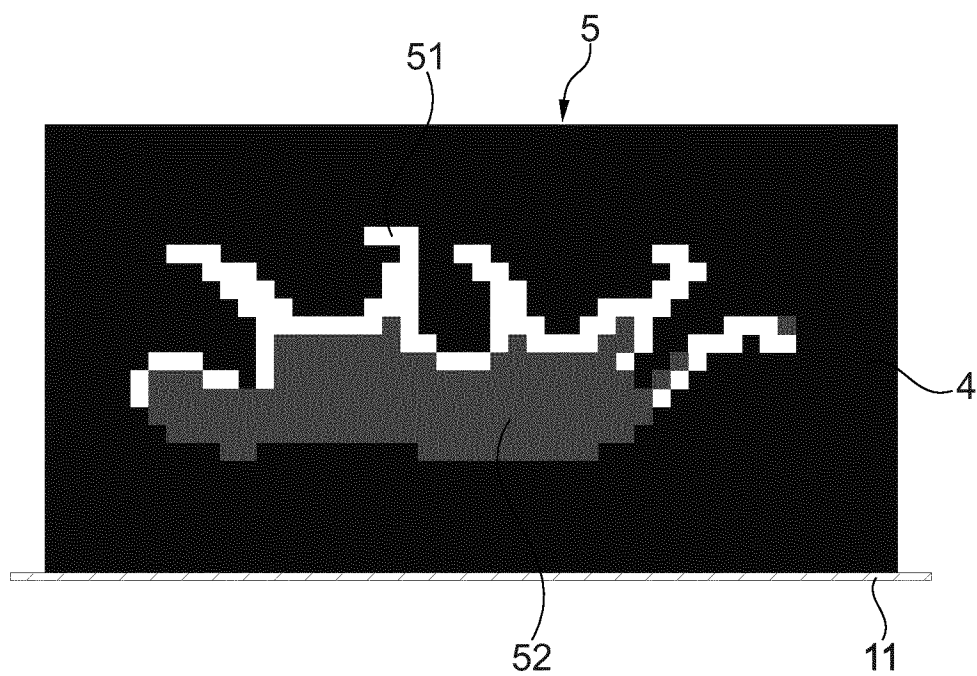


Fig. 7

5/6

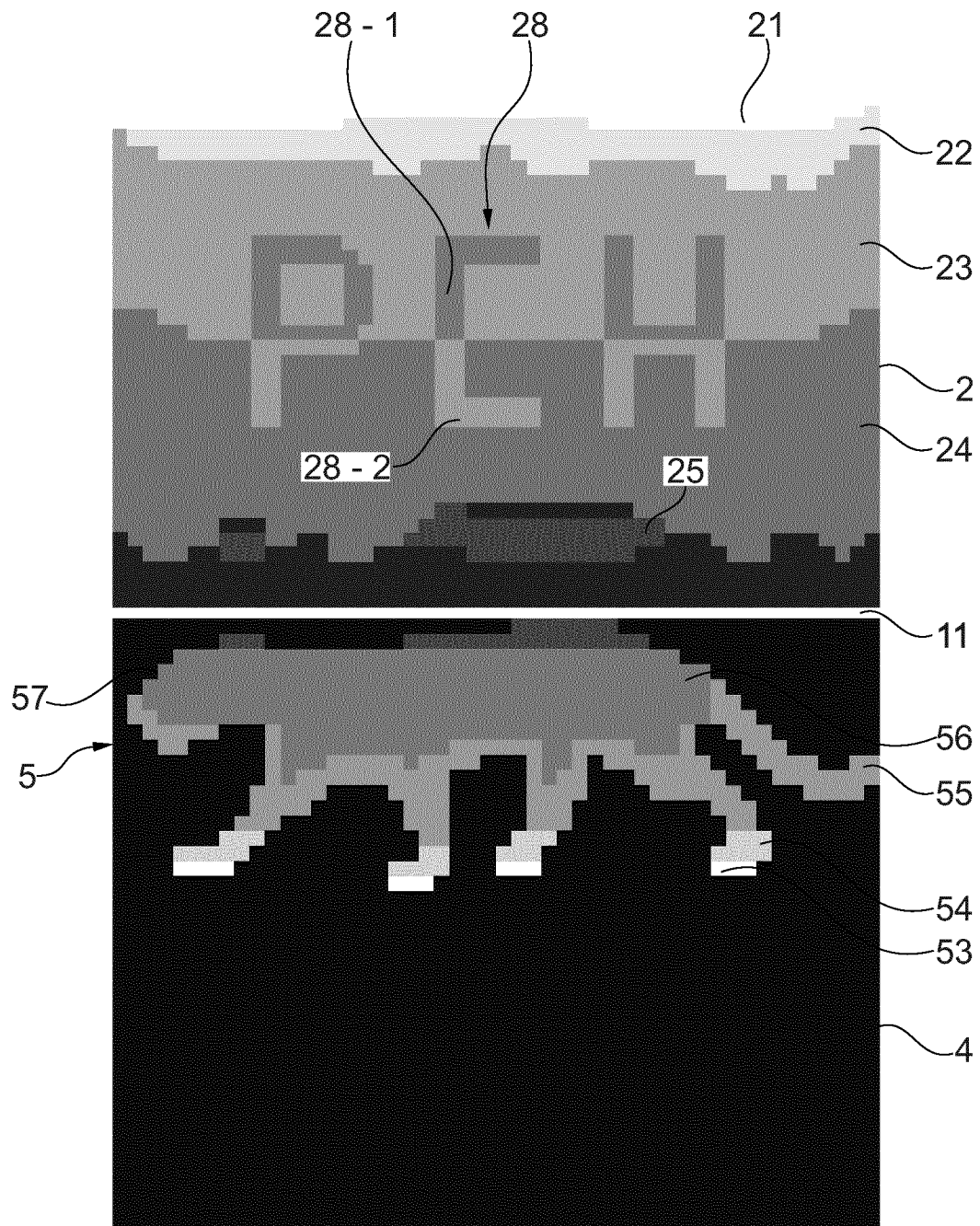


Fig. 8



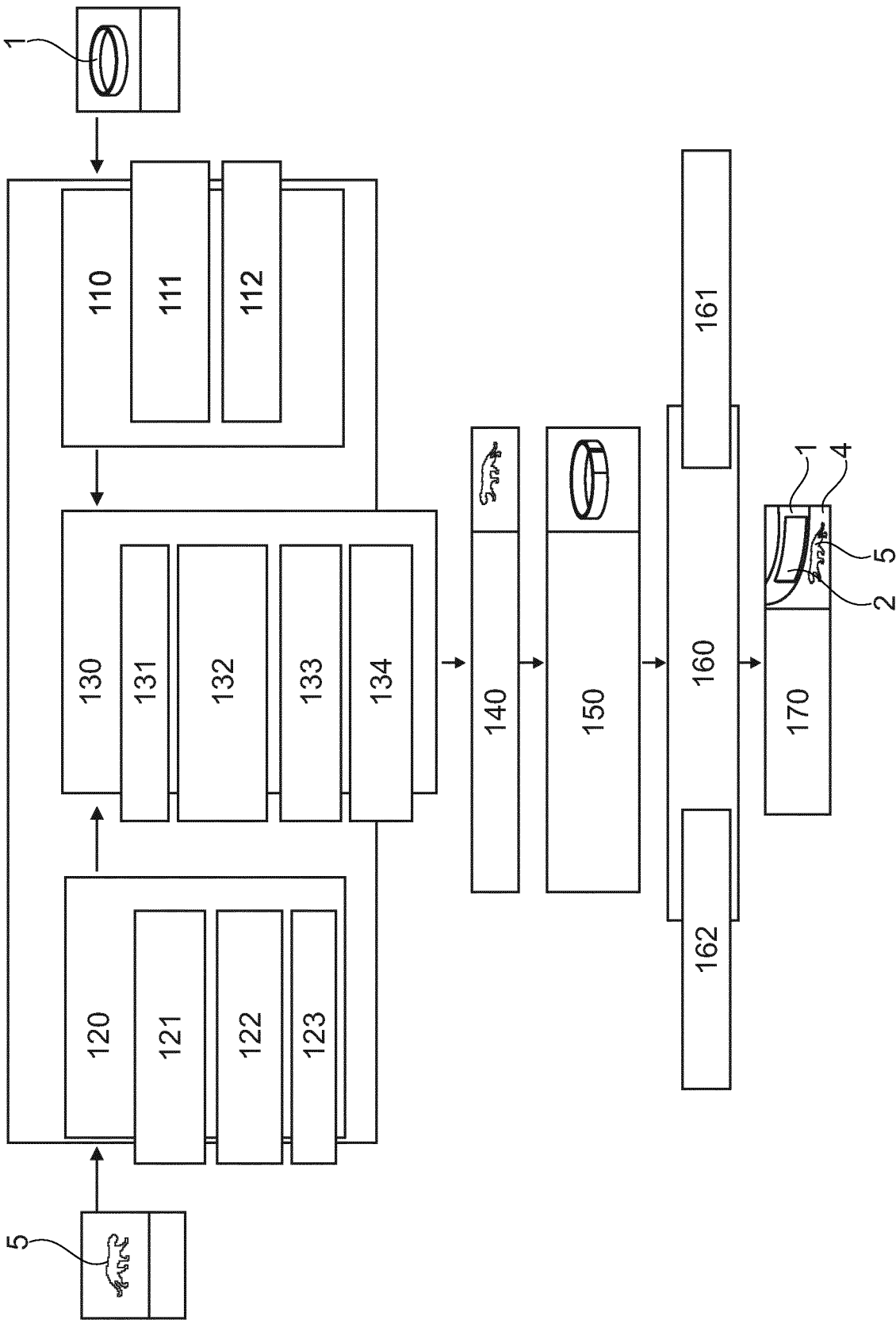


Fig. 9

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/053250

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G02B5/09 G02B27/09 G09F19/16  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G02B G09F

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

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

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 2015/233540 A1 (KRIJN MARCELLINUS PETRUS CAROLUS MICHAEL [NL] ET AL) 20 August 2015 (2015-08-20) figures 1B, 2, 3	1-11, 13-17, 19,22 12,18, 20,21
X	----- US 2013/107520 A1 (O'KANE MONA [US]) 2 May 2013 (2013-05-02) figure 1	1,9,11
X	----- US 2005/122575 A1 (PENTICO CLARK [US] ET AL) 9 June 2005 (2005-06-09) figure 2	1,11
	----- -/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 April 2017

Date of mailing of the international search report

23/05/2017

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Serbin, Jesper

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/053250

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	TIM WEYRICH ET AL: "Fabricating microgeometry for custom surface reflectance", ACM TRANSACTIONS ON GRAPHICS (TOG), ACM, US, vol. 28, no. 3, 27 July 2009 (2009-07-27), pages 1-6, XP058145343, ISSN: 0730-0301, DOI: 10.1145/1531326.1531338 cited in the application figure 1	12,18, 20,21
A	----- US 2007/223095 A1 (BROWN DAVID R [US]) 27 September 2007 (2007-09-27) figures 1, 7 -----	1-22

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/053250

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2015233540 A1	20-08-2015	CN 104641167 A	20-05-2015
		EP 2898256 A1	29-07-2015
		JP 2015531897 A	05-11-2015
		US 2015233540 A1	20-08-2015
		WO 2014045168 A1	27-03-2014
-----			
US 2013107520 A1	02-05-2013	NONE	
-----			
US 2005122575 A1	09-06-2005	CN 1683990 A	19-10-2005
		DE 102004059118 A1	28-07-2005
		JP 2005182013 A	07-07-2005
		US 2005122575 A1	09-06-2005
-----			
US 2007223095 A1	27-09-2007	DE 10108637 A1	20-09-2001
		JP 2001272629 A	05-10-2001
		US 7009789 B1	07-03-2006
		US 2007223095 A1	27-09-2007
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. G02B5/09 G02B27/09 G09F19/16  
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 G02B G09F

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2015/233540 A1 (KRIJN MARCELLINUS PETRUS CAROLUS MICHAEL [NL] ET AL) 20. August 2015 (2015-08-20)	1-11, 13-17, 19,22
Y	Abbildungen 1B, 2, 3	12,18, 20,21
X	----- US 2013/107520 A1 (O'KANE MONA [US]) 2. Mai 2013 (2013-05-02) Abbildung 1	1,9,11
X	----- US 2005/122575 A1 (PENTICO CLARK [US] ET AL) 9. Juni 2005 (2005-06-09) Abbildung 2	1,11
	----- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. April 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/05/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Serbin, Jesper

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>TIM WEYRICH ET AL: "Fabricating microgeometry for custom surface reflectance", ACM TRANSACTIONS ON GRAPHICS (TOG), ACM, US, Bd. 28, Nr. 3, 27. Juli 2009 (2009-07-27), Seiten 1-6, XP058145343, ISSN: 0730-0301, DOI: 10.1145/1531326.1531338 in der Anmeldung erwähnt Abbildung 1</p>	12,18, 20,21
A	<p>----- US 2007/223095 A1 (BROWN DAVID R [US]) 27. September 2007 (2007-09-27) Abbildungen 1, 7 -----</p>	1-22

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/053250

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2015233540	A1	20-08-2015	CN	104641167 A	20-05-2015
			EP	2898256 A1	29-07-2015
			JP	2015531897 A	05-11-2015
			US	2015233540 A1	20-08-2015
			WO	2014045168 A1	27-03-2014
-----					
US 2013107520	A1	02-05-2013	KEINE		
-----					
US 2005122575	A1	09-06-2005	CN	1683990 A	19-10-2005
			DE	102004059118 A1	28-07-2005
			JP	2005182013 A	07-07-2005
			US	2005122575 A1	09-06-2005
-----					
US 2007223095	A1	27-09-2007	DE	10108637 A1	20-09-2001
			JP	2001272629 A	05-10-2001
			US	7009789 B1	07-03-2006
			US	2007223095 A1	27-09-2007
-----					