

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50496/2022
(22) Anmeldetag: 07.07.2022
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2024

(51) Int. Cl.: **G02B 5/02** (2006.01)
G02B 27/09 (2006.01)
B44B 5/00 (2006.01)
B33Y 10/00 (2015.01)
B29C 64/153 (2017.01)
B22F 10/28 (2021.01)

(56) Entgegenhaltungen:
AT 520942 A4
DE 202017005883 U1
WO 2015095189 A1
EP 2886366 A1
US 4293990 A
US 3550258 A

(73) Patentinhaber:
ECOCAN GmbH
8700 Leoben (AT)

(74) Vertreter:
WIRNSBERGER & LERCHBAUM
Patentanwälte OG
8700 Leoben (AT)

(54) **Verfahren zur Herstellung einer Strukturfolie, insbesondere Lichtlenkfolie, und damit hergestellte Lichtlenkfolie**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Lichtlenkfolie, wobei mit einem additiven Fertigungsverfahren, insbesondere einem Keramik 3D Druckverfahren, ein Profil (5) eines Profilgegenstandes (3) generiert wird, wonach mit dem Profil (5) eine Prägestruktur (6) in einen Prägekörper (4), insbesondere eine Prägewalze, eingeprägt wird, wonach mit der Prägestruktur (6) des Prägekörpers (4) eine zur Prägestruktur (6) korrespondierende Folienstruktur in eine Folienmaterialschiicht eingeprägt wird.

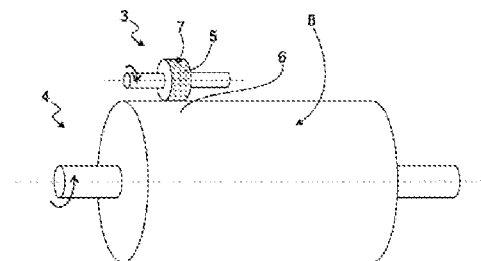


Fig. 2

Beschreibung

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER STRUKTURFOLIE, INSBESONDERE LICHTLENKFOLIE, UND DAMIT HERGESTELLTE LICHTLENKFOLIE

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer als Lichtlenkfolie ausgebildeten Strukturfolie.

[0002] Als Weiterentwicklung von Optiken in Leuchten zur Lichtlenkung wurden Optiken auf Folienbasis entwickelt, sogenannte Lichtlenkfolien, mit einer durchschnittlichen Dicke von kleiner als 1 mm. Dabei wird üblicherweise in eine Oberfläche einer Folie eine Folienstruktur mit Erhöhungen und Vertiefungen eingeprägt, um eine Richtung eines auf die Folienstruktur auftreffenden Lichtes zu ändern. In der Regel wird in einer Leuchte die Lichtlenkfolie vor einem Leuchtmittel der Leuchte angeordnet, um mit der Lichtlenkfolie eine Lichtstärkeverteilung eines vom Leuchtmittel emittierten Lichtes zu ändern.

[0003] Eine industrielle Herstellung von Lichtlenkfolien erfolgt üblicherweise, indem mit einer Prägewalze, deren Oberfläche eine Prägestruktur aufweist, eine zur Prägestruktur korrespondierende Folienstruktur in eine Folie bzw. deren Folienmaterial eingeprägt wird. Eine Fähigkeit der Lichtlenkfolie, eine Lichtstärkeverteilung auf gewünschte Weise zu ändern, hängt in hohem Maße von einer Genauigkeit der in die Folie eingeprägten Folienstruktur und damit von einer Genauigkeit, mit welcher die Prägestruktur in die Prägewalze eingebracht ist, ab. Bekannt ist es, die Prägestruktur in die Prägewalze mittels spanabhebender Bearbeitung oder mittels Laserablation durch Materialabtragung in eine Oberfläche der Prägewalze einzubringen. Insbesondere bei einer komplexen Folienstruktur bzw. Prägestruktur, üblicherweise mit definierten Krümmungsänderungen, erweist es sich häufig als schwierig, eine gewünschte, üblicherweise vorberechnete, Folienstruktur bzw. Prägestruktur umzusetzen.

[0004] Bekannt sind die Dokumente AT 520942 A4 und WO 2015/095189 A1, gemäß welchen zur Herstellung einer Lichtlenkfolie mit einer Prägewalze Mikroprismen eingeprägt werden können.

[0005] Das Dokument DE 20 2017 005 883 U1 betrifft eine Einrichtung zur Umformung einer Werkstückoberfläche mit einer Walze. Das Dokument EP 2 886 366 A1 betrifft eine Herstellung eines Prägezyinders für Kunststofffolien von Verpackungen. Das Dokument US 4,293,990 A betrifft eine Prägewalze zur Prägung von Papiertüchern. Das Dokument US 3,550,258 A betrifft eine Herstellung einer Walze mit einem hohen Reibungskoeffizienten.

[0006] Hier setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art zur Herstellung einer als Lichtlenkfolie ausgebildeten Strukturfolie anzugeben, welches eine optimierte Umsetzung einer Folienstruktur der Strukturfolie ermöglicht.

[0007] Die verfahrensmäßige Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass bei einem Verfahren zur Herstellung einer Lichtlenkfolie mit einem additiven Fertigungsverfahren, insbesondere einem Keramik 3D Druckverfahren, ein Profil eines Profilgegenstandes generiert wird, wonach mit dem Profil eine Prägestruktur in einen Prägekörper, insbesondere eine Prägewalze, eingeprägt wird, wonach mit der Prägestruktur des Prägekörpers eine zur Prägestruktur korrespondierende Folienstruktur in eine Folienmaterialsicht eingeprägt wird.

[0008] Grundlage der Erfindung ist die Idee, die Folienstruktur zu optimieren, indem ein Prozess einer Strukturbildung im Rahmen einer Herstellung der Strukturfolie verbessert wird. Hierzu hat es sich als günstig herausgestellt, eine Struktur, welche schließlich durch Prägung einer Folienmaterialsicht mit einer Prägestruktur eines Prägekörpers umgesetzt wird, vom Prägekörper entkoppelt in einem separaten Fertigungsschritt mit hoher Genauigkeit zu generieren. Die Strukturfolie ist gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Lichtlenkfolie.

[0009] Wenn ein Profilgegenstand mit einem Profil vorgesehen ist, um mit dem Profil die Prägestruktur in den Prägekörper einzuprägen, ist eine Entkoppelung des Profils von der Prägestruktur erreichbar. Wenn das Profil mit einem additiven Fertigungsverfahren generiert bzw. gebildet

wird, kann eine hohe Genauigkeit und/oder komplexe Form des Profils praktikabel umgesetzt werden. Durch Prägen des Prägekörpers mit dem Prägegegenstand bzw. dem Profil ist die Prägestruktur umsetzbar. Durch Prägen der Folienmaterialschiicht mit der Prägestruktur ist die Folienstruktur umsetzbar. Üblicherweise wird die Prägestruktur in eine Oberfläche des Prägekörpers eingebracht. Günstig ist es, wenn das Profil auf den Prägekörper gepresst wird, sodass mit Verformung einer Oberfläche des Prägekörpers die Prägestruktur gebildet wird. Üblicherweise wird die Folienstruktur in die Folienmaterialschiicht, insbesondere eine Oberfläche der Folienmaterialschiicht, eingebracht. Hierzu wird in der Regel die Prägestruktur auf die Folienmaterialschiicht gepresst, sodass mit Verformung einer Oberfläche der Folienmaterialschiicht die Folienstruktur gebildet wird. Üblicherweise bildet die Folienmaterialschiicht, insbesondere nach Einprägen bzw. nach Abschluss des Einprägens der Folienstruktur in die Folienmaterialschiicht, eine Folie. In der Regel weist die Folie dann die Folienstruktur auf. Die Folienmaterialschiicht kann am Beginn des Einprägens der Folienstruktur flüssig, teilflüssig oder fest vorliegen. An einem Ende bzw. nach Abschluss des Einprägens der Folienstruktur liegt die Folienmaterialschiicht üblicherweise in einem festen Zustand bzw. mit einer Folienstruktur in einem festen Zustand vor. Typischerweise wird die Folienmaterialschiicht in einem festen Zustand als Folie bezeichnet. Häufig findet während eines Einprägens der Folienstruktur in die Folienmaterialschiicht eine Abkühlung der Folienmaterialschiicht statt, sodass die Folienstruktur eine feste Struktur bildet. Dies gilt insbesondere, wenn die Folienmaterialschiicht bei einem Einprägen der Folienstruktur in einem flüssigen oder teilflüssigen Zustand vorliegt. Zweckmäßig kann mit einem Erstarren der Folienmaterialschiicht während des Einprägens der Folienstruktur in die Folienmaterialschiicht die Folie gebildet werden.

[0010] Üblicherweise ist die Prägestruktur korrespondierend, insbesondere formkorrespondierend, zum Profil ausgebildet, in der Regel als Negativbild. Üblicherweise ist die Folienstruktur korrespondierend, insbesondere formkorrespondierend, zur Prägestruktur ausgebildet, in der Regel als Negativbild. In der Regel wird das Profil mit dem additiven Fertigungsverfahren generiert, wonach mit dem Profil die Prägestruktur in den Prägekörper eingeprägt wird, wonach mit der Prägestruktur die Folienstruktur in die Folienmaterialschiicht eingeprägt wird.

[0011] Das additive Fertigungsverfahren ist vorzugsweise ein 3D-Druckverfahren, besonders bevorzugt ein Keramik-3D-Druckverfahren. Auf diese Weise kann das Profil mit hoher Genauigkeit und insbesondere komplexer Form generiert werden. Üblicherweise wird bei einem Keramik-3D-Druckverfahren ein Keramikmaterial schichtweise aufgetragen, um eine dreidimensionale Struktur zu generieren. Das Profil wird vorzugsweise mit, insbesondere aus, einem keramischen Material, vorzugsweise Zirkoniumoxid bzw. Zirkoniumdioxid, gebildet. Das keramische Material kann mit, insbesondere aus, Aluminiumoxid, Zirkoniumoxid, Siliciumnitrid und/oder Siliciumcarbid gebildet sein. Das keramische Material kann aus einem anderen dem Fachmann bekannten für eine additive Fertigung geeigneten keramischen Werkstoff gebildet sein. Üblicherweise wird die Prägestruktur des Prägekörpers mit, insbesondere aus, Metall, insbesondere einer Metalllegierung, gebildet. Durch Einprägung der Prägestruktur mit dem Profil kann die Form des Profils mit hoher Genauigkeit korrespondierend zum Profil ausgebildet werden.

[0012] Prägen bzw. Einprägen bezeichnet üblicherweise ein Erzeugen einer Struktur mittels eines Prägeverfahrens, wobei in der Regel durch Pressen einer ersten Struktur eines Prägeobjektes gegen ein zu prägendes Objekt bzw. dessen Oberfläche im zu prägenden Objekt, üblicherweise mit Verformung einer Oberfläche des zu prägenden Objektes, eine zur ersten Struktur formkorrespondierende zweite Struktur, üblicherweise als Negativbild, gebildet wird.

[0013] Üblicherweise weist die Strukturfolie die Folienmaterialschiicht, insbesondere die Folie, auf bzw. ist aus dieser gebildet. Die Strukturfolie ist vorzugsweise eine Lichtlenkfolie zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes. Die Folienstruktur der Lichtlenkfolie ist üblicherweise ausgebildet, eine Richtung eines auf die Folienstruktur auftreffenden Lichtes der Lichtquelle durch Lichtbrechung und/oder Lichtreflexion und/oder Lichtstreuung des Lichtes an der Folienstruktur zu ändern, wobei Lichtbrechung hierbei bevorzugt ist. Zweckmäßig kann vorgesehen sein, dass die Lichtreflexion unter Totalreflexion eines auf die Lichtlenkfolie auftreffenden Lichtes erfolgt. Die Bezeichnung Licht ist in diesem Zusammenhang als Synonym für eine elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge zu verstehen, welche in einem

für das menschliche Auge sichtbaren Bereich, in einem Ultraviolett-Bereich, auch UV-Bereich genannt, oder in einem Infrarot-Bereich, auch IR-Bereich genannt, des elektromagnetischen Wellenspektrums liegt. Die Lichtquelle kann beispielsweise ein Leuchtmittel, insbesondere ein Leuchtmittel einer Leuchte, oder die Sonne sein. Das Leuchtmittel kann beispielsweise mit einer oder mehreren LEDs gebildet sein.

[0014] Das Profil ist üblicherweise mit einer Oberfläche des Profilgegenstandes gebildet. Die Prägestruktur ist in der Regel mit einer Oberfläche des Prägekörpers gebildet bzw. wird in diese eingebracht. Bewährt hat es sich, wenn der Profilgegenstand und/oder der Prägekörper walzenförmig ausgebildet sind. Der Profilgegenstand und/oder der Prägekörper können hierzu im Wesentlichen zylinderförmig ausgebildet sein. Der Profilgegenstand kann eine Profilwalze sein. Der Prägekörper kann eine Prägewalze sein. Alternativ kann der Prägekörper ein Formgebungsband sein. Das Profil kann mit einer Mantelfläche der Profilwalze bzw. des Formgebungsbandes gebildet sein. Die Prägestruktur kann mit einer Mantelfläche der Prägewalze gebildet sein. Günstig ist es, wenn der Profilgegenstand und der Prägekörper aufeinander abgerollt werden, um mit dem Profil die Prägestruktur in den Prägekörper einzuprägen. Zweckmäßig kann das Profil und/oder eine Oberfläche des Prägekörpers jeweils um eine Rotationsachse rotiert werden, um mit dem Profil die Prägestruktur in die Oberfläche des Prägekörpers einzuprägen.

[0015] Für eine Robustheit der Prägestruktur ist es günstig, wenn die Prägestruktur mit einem Metallmaterial des Prägekörpers gebildet wird. Das Metallmaterial kann eine Metalllegierung, insbesondere Eisenlegierung, bevorzugt Stahl, oder eine Aluminiumbasislegierung oder eine Kupferbasislegierung, wie Messing oder Bronze, oder Nickelbasislegierung sein. Das Metallmaterial kann mit, insbesondere aus, Titan, Aluminium, Kupfer, Gold und/oder Eisen gebildet sein. Im Besonderen kann das Metallmaterial ein Formgedächtnismaterial, wie Nitinol, sein, bevorzugt mit einer Transformationstemperatur, welche kleiner als 20 °C ist. Vorteilhaft ist es, wenn während und/oder nach einer Verformung des Metallmaterials mittels des Profils eine Härte der Prägestruktur erhöht wird. Dies kann durch plastische Verformung des Metallmaterials und/oder durch metallurgisches Härten des Metallmaterials und/oder durch Aufbringen einer Härteschicht auf das Metallmaterial, erfolgen. In der Regel ist die durchschnittliche Härte der Härteschicht größer als eine durchschnittliche Härte des Metallmaterials. Die Verformung des Metallmaterials mittels des Profils erfolgt dabei üblicherweise, um die Prägestruktur in den Prägekörper einzuprägen. Die metallurgische Härtung umfasst üblicherweise ein Erwärmen und/oder ein Abkühlen, insbesondere Abschrecken, des Metallmaterials. Zweckmäßig ist es, wenn zumindest das Abkühlen während und/oder nach der Verformung des Metallmaterials stattfindet. Insbesondere kann das Erwärmen vor und/oder während der Verformung des Metallmaterials stattfinden. Das Erwärmen des Metallmaterials kann mit einer Heizvorrichtung, beispielsweise einer elektrischen Widerstandsheizung, erfolgen. Das Abkühlen kann mit einer Abkühlvorrichtung, insbesondere mittels einer Gaskühlung, insbesondere Luftkühlung, und/oder einer Flüssigkeitskühlung, insbesondere Ölkühlung oder Wasserkühlung, erfolgen.

[0016] Eine hohe Robustheit ist erreichbar, wenn auf die Prägestruktur zumindest bereichsweise eine Festigkeitsschicht, welche eine größere durchschnittliche Festigkeit und/oder eine größere durchschnittliche Härte als das Metallmaterial der Prägestruktur aufweist, aufgebracht oder als Teil dieser ausgebildet wird. Die Festigkeitsschicht kann mittels chemischer Gasphasenabscheidung, auch als CVD bezeichnet, und/oder mittels physikalischer Gasphasenabscheidung, auch als PVD bezeichnet, und/oder mittels elektrolytischer Abscheidung und/oder mittels chemischer Beschichtung auf die Prägestruktur aufgebracht werden. Zweckmäßig kann die Prägestruktur mehrere mit solchen Festigkeitsschichten bedeckte Gebiete aufweisen. Zweckmäßig kann es sein, wenn auf einen Großteil, insbesondere im Wesentlichen einer Gesamtheit, der Prägestruktur eine solche Festigkeitsschicht aufgebracht ist. Die Festigkeitsschicht kann vorgenannte Belagsschicht sein. Vorteilhaft ist es, wenn die chemische Beschichtung mit bzw. durch chemische Vernickelung, auch als chemisch Nickel bezeichnet, umgesetzt wird. Chemische Vernickelung ist üblicherweise ein autokatalytisches Reduktionsverfahren, wobei Nickel, häufig Nickel-Phosphor und/oder Nickel-Bor, als Beschichtungsmaterial abgeschieden wird. Die Festigkeitsschicht kann dabei mit, insbesondere aus, im Wesentlichen Nickel, insbesondere Nickel-Phosphor und/oder

Nickel-Bor, gebildet werden. Die chemische Vernickelung ist in der Regel als außenstromlose Abscheidung umgesetzt, wobei üblicherweise durch abgeschiedenes Beschichtungsmaterial die weitere Abscheidung katalysiert wird. Dies ermöglicht eine besonders konturentreue Beschichtung bzw. Ausbildung der Festigkeitsschicht.

[0017] Üblicherweise wird das Profil bzw. die Prägestruktur bzw. die Folienstruktur jeweils mit als Erhöhungen und/oder als Vertiefungen ausgebildeten Strukturelementen gebildet. Die Strukturelemente des Profils, der Prägestruktur und der Folienstruktur können unterschiedlich ausgebildet sein. Häufig werden die Strukturelemente des Profils als Profilstrukturelemente, die Strukturelemente der Prägestruktur als Prägestrukturelemente und die Strukturelemente der Folienstruktur als Folienstrukturelemente bezeichnet.

[0018] Günstig ist es, wenn eine durchschnittliche Höhe der Strukturelemente von 10 μm bis 500 μm , insbesondere von 80 μm bis 200 μm , beträgt. Eine Höhe bezeichnet üblicherweise einen Abstand zwischen einem höchsten Punkt einer Erhöhung und einem tiefsten Punkt einer, insbesondere an die Erhöhung angrenzenden, Vertiefung. Eine solche Höhe kann mit hoher Genauigkeit mit dem additiven Fertigungsverfahren generiert werden und ermöglicht insbesondere eine effiziente Lichtlenkung. Besonders günstig ist es, wenn die durchschnittliche Höhe kleiner als 80 μm , insbesondere zwischen 10 μm und 80 μm , beträgt. Eine solche Struktur kann von einem Anwender mit freiem Auge kaum wahrgenommen werden. Eine Höhe der Strukturelemente wird üblicherweise orthogonal zu einer Längserstreckung und orthogonal zu einer Breitenerstreckung des Profils bzw. der Prägestruktur bzw. der Folienstruktur gemessen. Die Höhe ist dabei üblicherweise kleiner als eine Länge und kleiner als eine Breite jeweils des Profils bzw. der Prägestruktur bzw. der Folienstruktur.

[0019] Günstig ist es, wenn die Strukturelemente voneinander beabstandet sind. Dadurch können bei einer Folienstruktur unerwünschte Lichtwellenübertragungseffekte zwischen Strukturelementen der Folienstruktur minimiert bzw. verhindert werden. Solche Lichtwellenübertragungseffekte können sich beispielsweise als optisch sichtbare Kreise, Ringe oder Streifen äußern. Bewährt hat es sich, wenn ein durchschnittlicher Abstand der Strukturelemente von 5 μm bis 200 μm , insbesondere von 5 μm bis 80 μm , beträgt. Die Strukturelemente können in mehreren in einer Anordnungsrichtung orientierten Reihen angeordnet sein, wobei die Reihen vorzugsweise parallel zueinander ausgerichtet sind. Zweckmäßig können die Strukturelemente von unmittelbar benachbarten Reihen in Richtung der Anordnungsrichtung versetzt zueinander angeordnet sein.

[0020] Die Prägestruktur, insbesondere dessen Strukturelemente, bilden üblicherweise ein Negativbild des Profils, insbesondere dessen Strukturelemente. Die Folienstruktur, insbesondere dessen Strukturelemente, bilden üblicherweise ein Positivbild des Profils, insbesondere dessen Strukturelemente.

[0021] Von Vorteil ist es, wenn zumindest eines der Strukturelemente einen Oberflächenbereich, welcher eine Rotationsfläche bildet, aufweist, wobei die Rotationsfläche in einem Querschnitt entlang einer Rotationsachse der Rotationsfläche eine Außenkontur bildet, welche mit mehreren mit jeweils einer Ecke aneinander anschließenden Ellipsensegmenten gebildet ist. Die Rotationsachse kann dabei in einer Querschnittsebene des Querschnitts liegen. Die Rotationsachse stellt in der Regel jene Rotationsachse dar, mit welcher die Rotationsfläche durch Rotation einer Kurve um die Rotationsachse definiert ist. Üblicherweise sind jeweils zwei aneinander anschließende Ellipsensegmente über eine Ecke miteinander verbunden. Günstig ist es, wenn die Rotationsachse im Wesentlichen durch eine Ecke hindurchverläuft. Die Rotationsfläche stellt üblicherweise eine Mantelfläche eines Rotationskörpers dar, welcher die Rotationsachse aufweist. Die Ellipsensegmente können spiegelsymmetrisch zueinander in Bezug auf die Rotationsachse verlaufen. Zweckmäßig kann der höchste Punkt des Strukturelementes durch eine Ecke gebildet sein. Bewährt hat es sich, wenn die Außenkontur mit bzw. aus zwei Ellipsensegmenten gebildet ist, welche in einer Ecke aneinander anschließen. Die Ecke wird vorzugsweise von der Rotationsachse geschnitten. Zweckmäßig ist es dabei, wenn die Ecke den höchsten Punkt des Strukturelementes bildet. Die zwei Ellipsensegmente können spiegelsymmetrisch zueinander in Bezug auf die Rotationsachse verlaufen.

[0022] Vorteilhaft ist es, wenn zumindest eines der Strukturelemente ein Oberflächensegment mit einer Form eines mit einer Schnittebene abgeschnittenen Teilstückes eines Ellipsoids aufweist. Mit einer ellipsoiden Form kann eine effiziente Lichtlenkung und gleichzeitig eine Entblendung umgesetzt werden. Üblicherweise ist es jedoch praktisch schwierig, eine ellipsoide Oberfläche effektiv bzw. mit ausreichender Genauigkeit in einer Folienstruktur nachzubilden. Mit dem additiven Fertigungsverfahren kann dies umgesetzt werden und durch die Kombination von Ausbildung eines entsprechenden Profils des Profilgegenstandes, um mit dem Profil eine korrespondierende Prägestruktur in den Prägekörper einzuprägen, kann schließlich eine Folienstruktur bzw. ein Folienstrukturelement mit einem solchen Oberflächensegment bzw. einer solchen ellipsoiden Form durch Prägung der Folienmaterialschrift, insbesondere Folie, mit der Prägestruktur umgesetzt werden. Dies gilt besonders, wenn das additive Fertigungsverfahren ein 3D-Druckverfahren, insbesondere Keramik-3D-Druckverfahren, ist und die Prägestruktur mit, insbesondere aus, Metall gebildet ist. Eine Oberfläche des Strukturelementes weist üblicherweise das Oberflächensegment auf. Insbesondere kann zumindest eines der Profilstrukturelemente bzw. der Prägestrukturelemente bzw. der Folienstrukturelemente derart ausgebildet sein.

[0023] Das Ellipsoid kann ein Rotationsellipsoid sein. Das Ellipsoid ist üblicherweise über drei Halbachsen definiert, welche ausgehend vom Mittelpunkt des Ellipsoids orthogonal zueinander ausgerichtet sind, insbesondere entsprechend den Achsen eines kartesischen Koordinatensystems. Üblicherweise ist eine der Halbachsen eine Höhenhalbachse, welche im Wesentlichen parallel zu einer Höhe des Profils bzw. der Prägestruktur bzw. der Folienstruktur ausgerichtet ist. Im Besonderen können die drei Halbachsen mit unterschiedlichen Längen ausgebildet sein bzw. das Ellipsoid triaxial sein. Mit einer entsprechenden Umsetzung der Folienstruktur bzw. dessen Strukturelementes kann effizient eine hohe Anpassung einer Lichtstärkeverteilung an einen jeweiligen Anwendungszweck erfolgen bei gleichzeitig hoher Entblendung. Günstig kann es sein, wenn zwei der Halbachsen eine gleiche Länge aufweisen, welche Länge unterschiedlich zu einer Länge der weiteren Halbachse, insbesondere der Höhenhalbachse, ist. Dadurch ist eine ausgeprägte Rotationssymmetrie der Lichtstärkeverteilung umsetzbar. In einer einfachen Form können die drei Halbachsen im Wesentlichen eine gleiche Länge aufweisen bzw. kann das Rotationsellipsoid eine Kugel bilden. Bewährt hat es sich, wenn die Schnittebene orthogonal zu einer der Halbachsen, insbesondere der Höhenhalbachse, orientiert ist, um das Teilstück des Ellipsoids zu definieren bzw. abzuschneiden. Ein umzusetzender Entblendungswert, insbesondere UGR (unified-glare-rating), kann effizient gewählt werden, indem ein Abstand der Schnittebene vom Mittelpunkt des Ellipsoids variiert wird. Ein besonders hoher Entblendungswert ist erreichbar, wenn die Schnittebene orthogonal zu einer ersten Halbachse der Halbachsen ist, wobei die Schnittebene die erste Halbachse ausgehend vom Mittelpunkt des Ellipsoids in einem ersten Drittel einer Länge der ersten Halbachse schneidet. Ein guter Entblendungswert mit verbreiteter Lichtstärkenverteilung ist üblicherweise erreichbar, wenn dabei die erste Schnittebene die erste Halbachse ausgehend vom Mittelpunkt des Ellipsoids in einem zweiten Drittel einer Länge der ersten Halbachse schneidet. Wenn die erste Schnittebene die erste Halbachse ausgehend vom Mittelpunkt des Ellipsoids in einem dritten Drittel einer Länge der ersten Halbachse schneidet, ist üblicherweise ein weniger ausgeprägter Entblendungswert, aber im Gegenzug eine besonders breite Lichtstärkeverteilung erreichbar. Ausgehend vom Mittelpunkt des Ellipsoids ist dabei das zweite Drittel dem ersten Drittel und das dritte Drittel dem zweiten Drittel nachgeordnet. Die erste Halbachse ist vorzugsweise die Höhenhalbachse.

[0024] Das Strukturelement ist üblicherweise auf einer Basisfläche von der Basisfläche abragend angeordnet. Die Basisfläche ist üblicherweise Teil des Profils bzw. der Prägestruktur bzw. der Folienstruktur, üblicherweise jeweils deren Oberfläche. Die Basisfläche ist in der Regel eine Basisebene. Es kann vorgesehen sein, dass das Oberflächensegment bzw. der Oberflächenbereich unmittelbar an die Basisfläche angrenzt, vorzugsweise entlang eines gesamten Umfangs des Oberflächensegmentes. Günstig ist es, wenn das Oberflächensegment bzw. der Oberflächenbereich auf einem zylindrischen Oberflächenabschnitt des Strukturelementes angeordnet ist. Üblicherweise ragt der zylindrische Oberflächenabschnitt von der Basisfläche ab. Der zylindrische Oberflächenabschnitt kann unmittelbar an die Basisfläche angrenzen, vorzugsweise entlang eines gesamten Umfangs des zylindrischen Oberflächenabschnitts. Auf diese Weise kann eine

besonders abgegrenzte Lichtstärkeverteilung erreicht werden.

[0025] Vorteilhaft können das Profil bzw. die Prägestruktur bzw. die Folienstruktur solche Strukturelemente aufweisen. Üblicherweise sind mehrere, insbesondere ein Großteil, der Strukturelemente des Profils bzw. der Prägestruktur bzw. der Folienstruktur wie beschrieben ausgebildet.

[0026] Abhängig von einem Einsatzzweck einer als Lichtlenkfolie ausgebildeten Strukturfolie ist es bevorzugt, wenn die Strukturelemente der Folienstruktur der Lichtlenkfolie als Erhöhungen oder Vertiefungen ausgebildet sind. Wird die Lichtlenkfolie für eine Beleuchtungsvorrichtung, wie eine Leuchte, ausgebildet, ist es bevorzugt, wenn die Strukturelemente als Erhöhungen ausgebildet sind. Wenngleich weniger bevorzugt, können dabei die Strukturelemente alternativ als Vertiefungen ausgebildet sein. Wird die Lichtlenkfolie für ein Solarmodul verwendet, insbesondere wie in diesem Dokument beschrieben, ist es bevorzugt, wenn die Strukturelemente als Vertiefungen ausgebildet sind. Insbesondere kann dadurch eine Blendung eines Solarmoduls, insbesondere wenn das Lichtumwandlungselement eine Solarzelle ist, reduziert werden. Wenngleich weniger bevorzugt, können dabei die Strukturelemente alternativ als Erhöhungen ausgebildet sein.

[0027] Vorteilhaft ist es, wenn eine, insbesondere beschriebene, Folienstruktur auf einer Seite oder beiden Seiten der Folienmaterialsicht, insbesondere Folie, eingeprägt wird. Dadurch kann eine genaue Abstimmung auf ein Anwendungserfordernis erreicht werden. Die Seiten bezeichnen üblicherweise die mit einer Länge und einer Breite der Folienmaterialsicht definierten Seiten der Folienmaterialsicht. Die Höhe der Folienmaterialsicht ist üblicherweise kleiner als die Länge und kleiner als die Breite der Folienmaterialsicht. Dies gilt in analoger Weise, wenn die Folienmaterialsicht eine Folie bildet bzw. als solche ausgebildet ist. Üblicherweise unterscheiden sich die Folienstrukturen, welche in die beiden Seiten der Folienmaterialsicht bzw. Folie eingeprägt werden, voneinander.

[0028] Günstig ist es, wenn die Folienmaterialsicht, insbesondere Folie, entlang einer Längserstreckung und/oder entlang einer Breitenerstreckung der Folienmaterialsicht gekrümmt ausgebildet wird. Insbesondere wenn die Strukturfolie eine Lichtlenkfolie ist, kann auf diese Weise eine gewünschte Lichtstärkeverteilung weiter optimiert werden. In der Regel ist eine Abstimmung zwischen einer Folienstruktur und einer Krümmung der Folienmaterialsicht bzw. Folie erforderlich, insbesondere um eine gewünschte Lichtumlenkung mit einer Lichtlenkfolie zu erreichen. Durch die Kombination von additiven Fertigungsverfahren und Bildung der Prägestruktur mit dem Profilgegenstand ist dies mit hoher Genauigkeit ermöglicht. Eine Höhe der Folienmaterialsicht, insbesondere Folie, wird üblicherweise orthogonal zu einer Längserstreckung und orthogonal zu einer Breitenerstreckung der Folienmaterialsicht bzw. Folie gemessen. Die Höhe ist dabei üblicherweise kleiner als eine Länge und kleiner als eine Breite der Folienmaterialsicht bzw. Folie.

[0029] Günstig ist es, wenn die Strukturfolie, insbesondere Lichtlenkfolie, mit einer durchschnittlichen Dicke kleiner als 900 μm , insbesondere kleiner als 600 μm , vorzugsweise kleiner als 400 μm , ausgebildet wird. Dadurch ist eine Flexibilität der Strukturfolie erreichbar, welche es ermöglicht, die Strukturfolie an eine Form einer gekrümmten Fläche, beispielsweise eine gekrümmt geformte Abdeckung einer Leuchte, passgenau anzulegen. Im Falle einer Lichtlenkfolie kann im Besonderen ein vorteilhaftes Transmissionsverhalten für Licht durch die Lichtlenkfolie, insbesondere mit geringer Lichtstreuung an einem Material der Lichtlenkfolie, umgesetzt werden.

[0030] Günstig ist es, wenn die Strukturfolie, insbesondere Lichtlenkfolie, mit einer gekrümmten Form ausgebildet oder angeordnet wird. Zweckmäßig kann die Lichtlenkfolie, mit einer gekrümmten Form ausgebildet im Bereich einer Lichtquelle zur Lichtumlenkung angeordnet werden. Die gekrümmte Form ermöglicht eine größere Bedeckung eines Raumwinkels mit der Lichtlenkfolie, in welchen Raumwinkel die Lichtquelle Licht emittiert. Vorteilhaft kann die Lichtlenkfolie im Wesentlichen einen gesamten Halbraum über einer Lichtquelle bedecken, um von der Lichtquelle in den Halbraum emittiertes Licht mit der Lichtlenkfolie zu erfassen. Zweckmäßig kann die Lichtquelle mit einer oder mehreren LEDs gebildet sein. Mit der gekrümmten Form der Strukturfolie, insbesondere Lichtlenkfolie, kann eine mechanische Stabilität der Strukturfolie gesteigert werden. Günstig ist es, wenn die Strukturfolie, insbesondere Lichtlenkfolie, die gekrümmte Form selbsttragend aufweist. Insbesondere kann die Strukturfolie dadurch eine Abdeckung, beispielsweise

eine Abdeckung einer Lichtquelle, bilden.

[0031] Vorzugsweise wird die Prägestruktur mit Rotieren des Profilgegenstandes und/oder mit Rotieren des Prägekörpers mit dem Profil in eine Oberfläche des Prägekörpers eingeprägt. Der Profilgegenstand ist vorzugsweise als Profilwalze ausgebildet. Der Prägekörper kann als Prägewalze oder als Formgebungsband ausgebildet sein. Die Profilwalze kann um eine Rotationsachse, welche insbesondere parallel zu einer Längsachse der Profilwalze ist, rotierbar sein. Die Prägewalze kann um eine Rotationsachse, welche insbesondere parallel zu einer Längsachse der Prägewalze ist, rotierbar sein. Vorzugsweise wird die Folienstruktur mit Rotieren des Prägekörpers mit der Prägestruktur in die Folienmaterialsicht, insbesondere eine Oberfläche der Folienmaterialsicht, eingeprägt. Üblicherweise wird die Prägewalze abrollend über die Folienmaterialsicht geführt, um die Folienstruktur in die Folienmaterialsicht, insbesondere deren Oberfläche, mit der Prägestruktur einzuprägen.

[0032] Es hat sich bewährt, wenn die Folienmaterialsicht mit einem Extrusionsprozess hergestellt wird, wobei ein Granulat, in der Regel ein Kunststoffgranulat, erwärmt und anschließend durch eine formgebende Öffnung bzw. Matrize gepresst wird. Dies kann mit einer Extrusionsvorrichtung erfolgen, wobei die formgebende Öffnung bzw. Matrize Teil der Extrusionsvorrichtung ist. Das Einprägen der Folienstruktur in die Folienmaterialsicht ist üblicherweise an den Extrusionsprozess anschließend vorgesehen. Zweckmäßig ist es, wenn die Folienmaterialsicht bzw. Folie für ein Einprägen der Folienstruktur in die Folienmaterialsicht bzw. Folie erwärmt wird. Hierzu kann eine Temperierungsvorrichtung, welche beispielsweise als elektrische Widerstandsheizung ausgebildet ist, vorgesehen sein. Dies gilt insbesondere, wenn die Folienmaterialsicht vor dem Einprägen der Folienstruktur einen festen Zustand aufweist. Bevorzugt ist es, wenn die Folienmaterialsicht bei einem Einprägen der Folienstruktur flüssig oder teilflüssig ist. Die Folienstruktur bzw. die Folienmaterialsicht kann während eines Einprägens der Folienstruktur abgekühlt werden, sodass die Folienstruktur bzw. die Folienmaterialsicht in einen festen Zustand übergeht. Das Abkühlen kann passiv durch Wärmeabgabe an eine Umgebung bzw. an den Prägekörper erfolgen. Alternativ oder kumulativ kann das Abkühlen aktiv mit einer Abkühleinrichtung, beispielsweise mittels einer Gaskühlung, insbesondere Luftkühlung, und/oder einer Flüssigkeitskühlung, insbesondere Ölkühlung oder Wasserkühlung, erfolgen. Die Abkühleinrichtung kann als Teil des Prägekörpers oder als Teil einer Stützfläche, auf welcher eine vom Prägekörper abgewandte Seite der Folienmaterialsicht bzw. Folie während des Einprägens der Folienstruktur aufliegt, ausgebildet sein. Beispielsweise kann der Prägekörper mit der Abkühleinrichtung gekühlt werden, um die Folienmaterialsicht bzw. Folienstruktur bei einem Einprägen der Folienstruktur durch Wärmeabgabe an den Prägekörper zu kühlen. Zweckmäßig kann der Prägekörper einen oder mehrere Kühlmitteltransportkanäle aufweisen, um zur Kühlung des Prägekörpers ein Kühlmittel durch die Kühlmitteltransportkanäle zu leiten. Das Kühlmittel kann flüssig und/oder gasförmig, beispielsweise Wasser, sein. Die Kühlmitteltransportkanäle können einem Kühlmittelkreislauf bilden. Günstig ist es, wenn die Folienmaterialsicht in einem flüssigen oder teilflüssigen Zustand aus der formgebenden Öffnung bzw. Matrize austritt und bis zum Einprägen der Folienstruktur nicht in einen festen Zustand übergeht. Die Folienmaterialsicht geht dann üblicherweise erst bei einem Einbringen der Folienstruktur in diese in den festen Zustand über.

[0033] Die Folienmaterialsicht bzw. Folie wird üblicherweise mit, insbesondere aus, Kunststoff gebildet. Der Kunststoff kann ein Polyamid, ein Polyurethan, ein Polyester, ein Polyolefine, ein Polycarbonat, ein Polymethylmethacrylat und/oder ein Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer sein. Die Folienmaterialsicht bzw. Folie wird üblicherweise transparent oder teiltransparent ausgebildet. Zweckmäßig kann als Kunststoff entsprechend ein fachüblicher transparent oder teiltransparent aushärtbarer, insbesondere thermoplastischer, Kunststoff verwendet sein. Der Kunststoff kann beispielsweise mittels UV-Strahlung, mittels Gaskontakt und/oder mittels eines chemischen Aktivators aushärtbar sein. Es kann zweckmäßig sein, wenn die Folienmaterialsicht bzw. Folie mit, insbesondere aus, Metall gebildet wird.

[0034] Praktikabel ist es, wenn das Profil als Teil eines Profilwalzenmantels der Profilwalze mit dem additiven Fertigungsverfahren generiert wird, wobei der Profilwalzenmantel mit einem Mantelträger der Profilwalze lösbar verbunden wird. Dadurch kann für ein Generieren des Profils

und/oder einen Austausch des Profilwalzenmantels mit einem anderen Profilwalzenmantel der Profilwalzenmantel vom Mantelträger gelöst werden. Der Profilwalzenmantel kann beispielsweise hülsenförmig ausgebildet sein. Zweckmäßig kann die Profilwalze mehrere Profilwalzenmäntel aufweisen als deren Teil das Profil mit dem additiven Fertigungsverfahren generiert wird. Üblicherweise bildet der Profilwalzenmantel bzw. bilden die Profilwalzenmäntel in einem mit dem Mantelträger verbundenen Zustand eine Außenfläche bzw. Mantelfläche der Profilwalze.

[0035] Günstig ist es, wenn die Prägestruktur mit dem Profil in einen Prägewalzenmantel der Prägewalze eingeprägt wird, wobei der Prägewalzenmantel mit einem Mantelflächenträger der Prägewalze lösbar verbunden ist. Dadurch kann für ein Einbringen der Prägestruktur und/oder einen Austausch des Prägewalzenmantels mit einem anderen Prägewalzenmantel der Prägewalzenmantel vom Mantelträger gelöst werden. Der Prägewalzenmantel kann beispielsweise hülsenförmig ausgebildet sein. Der Prägewalzenmantel kann dann die Oberfläche des Prägekörpers bilden, in welche die Prägestruktur eingeprägt wird. Zweckmäßig kann die Prägewalze mehrere Prägewalzenmäntel aufweisen, in welche die Prägestruktur mit dem Profil eingeprägt wird. Üblicherweise bildet der Prägewalzenmantel bzw. bilden die Prägewalzenmäntel in einem mit dem Mantelträger verbundenen Zustand eine Außenfläche bzw. Mantelfläche der Prägewalze.

[0036] Praktikabel ist es, wenn die Strukturfolie in einem Befestigungsrahmen angeordnet wird, um die Strukturfolie mit dem Befestigungsrahmen für einen Anwendungszweck zu positionieren. Ist die Strukturfolie eine Lichtlenkfolie kann die Lichtlenkfolie mit dem Befestigungsrahmen relativ zu einer Lichtquelle zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung der Lichtquelle positioniert werden. Beispielsweise kann der Befestigungsrahmen als Teil einer, insbesondere in diesem Dokument beschriebenen, Beleuchtungsvorrichtung oder als Teil eines, insbesondere in diesem Dokument beschriebenen, Solarmoduls ausgebildet sein. Günstig ist es, wenn die Strukturfolie mit einem elastisch verformbaren und/oder plastisch verformbaren Verbindungselement mit dem Befestigungsrahmen verbunden ist, sodass bei Wärmeausdehnung der Strukturfolie die Strukturfolie sich unter, insbesondere elastischer und/oder plastischer, Verformung des Verbindungselementes ausdehnen kann. Vorzugsweise wird die Strukturfolie unter, insbesondere vorgegebener, Vorspannung der Strukturfolie mit dem Befestigungsrahmen verbunden. Das Verbindungsmaterial ist vorzugsweise derart ausgebildet, dass die, insbesondere vorgegebene, Vorspannung bei Wärmeausdehnung der Strukturfolie erhalten bleibt. Hierzu kann das Verbindungselement ausgebildet sein, eine definierte, vorzugsweise im Wesentlichen konstante, mechanische Spannung auf die Strukturfolie auszuüben. Das Verbindungselement kann ein, insbesondere elastisch und/oder plastisch, verformbares Verbindungsmaterial oder Federelement sein. Üblicherweise ist ein Randbereich der Strukturfolie, insbesondere Lichtlenkfolie, mit dem Befestigungsrahmen verbunden, sodass im Einsatzzustand Licht durch einen Zentrumsbereich der Strukturfolie hindurchdringen bzw. transmittieren kann. In der Regel wird dabei der Zentrumsbereich vom Randbereich, insbesondere umfänglich, umgeben. Zweckmäßig kann der Randbereich durch den Befestigungsrahmen gestützt werden. Der Befestigungsrahmen ist vorzugsweise im Wesentlichen mit, insbesondere aus, Kunststoff, gebildet. Günstig ist es, wenn der Befestigungsrahmen formkorrespondierend zu einer Befestigungsrahmenaufnahme ausgebildet ist, sodass der Befestigungsrahmen und die Befestigungsrahmenaufnahme formschlüssig, insbesondere durch Einschieben des Befestigungsrahmens in die Befestigungsrahmenaufnahme, miteinander verbindbar sind. Der Befestigungsrahmen kann lösbar mit der Befestigungsrahmenaufnahme verbindbar sein. Die Befestigungsrahmenaufnahme kann Teil der Beleuchtungsvorrichtung oder des Solarmoduls sein. Der Befestigungsrahmen kann auf zumindest einer, vorzugsweise mehreren Seiten, insbesondere Außenseiten, eine Klebeschicht aufweisen, um den Befestigungsrahmen mit einem Aufbau der Beleuchtungsvorrichtung bzw. des Solarmoduls zu verbinden, wobei der Aufbau die Befestigungsrahmenaufnahme sein kann.

[0037] Vorteilhaft ist es, wenn die Strukturfolie zumindest abschnittsweise mit einem matten Bereich ausgebildet wird. Zweckmäßig kann die Strukturfolie mit mehreren matten Bereichen ausgebildet werden. Ein matten Bereich ist üblicherweise ein Bereich, welcher eine diffusive Lichtstreuung eines auf den matten Bereich auftreffenden Lichtes, insbesondere durch den matten Bereich hindurch, bewirkt. Ist die Strukturfolie eine Lichtlenkfolie kann auf diese Weise

eine Kombination von Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes durch Lichtbrechung an der Folienstruktur und Lichtstreuung am mattierte Bereich erfolgen. Der mattierte Bereich ist vorzugsweise auf einer der Folienstruktur gegenüberliegenden Seite der Folienmaterialschiicht bzw. Folie und/oder weniger bevorzugt auf einer die Folienstruktur aufweisenden Seite der Folienmaterialschiicht bzw. Folie angeordnet. Der mattierte Bereich kann mit einer, insbesondere folienartigen, Mattierungsschiicht gebildet sein, welche auf die Folienmaterialschiicht, insbesondere auf einer der Folienstruktur gegenüberliegenden Seite der Folienmaterialschiicht, angeordnet ist. Die Mattierungsschiicht kann auf die Folienmaterialschiicht geklebt werden. Zweckmäßig kann es sein, wenn ein Großteil, insbesondere im Wesentlichen eine Gesamtheit, einer Seite der Folienmaterialschiicht als mattierter Bereich ausgebildet ist. Vorgenanntes gilt insbesondere für die als Folie umgesetzte Folienmaterialschiicht.

[0038] Vorteilhaft ist es, wenn die Folienstruktur erhitzt wird, um eine Glattheit einer Folienstrukturoberfläche der Folienstruktur zu erhöhen. Dies erfolgt üblicherweise nach Einprägung der Folienstruktur mit dem Prägekörper bzw. Prägeprofil. Eine Erhöhung der Glattheit bzw. Reduzierung einer Rauheit der Folienstrukturoberfläche ergibt sich bei Erhitzen der Folienstruktur üblicherweise als Folge einer Oberflächenspannung der Folienstrukturoberfläche. Zweckmäßig kann hierzu die Folienstrukturoberfläche auf eine Temperatur von zumindest einem 0,8-Fachen, insbesondere zumindest einem 0,9-Fachen, einer Schmelztemperatur bzw. Glasübergangstemperatur der Folienstrukturoberfläche bzw. deren Materials erhitzt werden. Es kann hierzu günstig sein, wenn die Folienstrukturoberfläche aufgeschmolzen wird. Zweckmäßig kann die Folienstrukturoberfläche auf eine Temperatur zwischen einem 0,9-Fachen und einem 1,2-Fachen einer Schmelztemperatur bzw. Glasübergangstemperatur der Folienstrukturoberfläche bzw. deren Materials erhitzt werden, bevorzugt auf eine Temperatur zwischen der Schmelztemperatur bzw. Glasübergangstemperatur und einem 1,2-Fachen der Schmelztemperatur bzw. Glasübergangstemperatur. Die Folienstrukturoberfläche kann auf eine Temperatur zwischen der Schmelztemperatur bzw. Glasübergangstemperatur und einer Temperatur, bei welcher eine thermische Degradation des Kunststoffes einsetzt, erhitzt werden. Üblicherweise wird die Folienstrukturoberfläche derart, insbesondere auf eine Temperatur größer oder gleich der Schmelztemperatur bzw. Glasübergangstemperatur der Folienstrukturoberfläche bzw. deren Materials, erhitzt, dass die Folienstruktur, insbesondere die Strukturelemente der Folienstruktur, erhalten bleiben. Zweck ist in der Regel, die Folienstrukturoberfläche zu glätten, ohne die Folienstruktur, insbesondere eine Form der Strukturelemente wesentlich zu beeinträchtigen. Üblicherweise wird die Folienstrukturoberfläche nach dem Erhitzen abgekühlt bzw. abkühlen gelassen, sodass sich die Folienstrukturoberfläche verfestigt. Zweckmäßig kann die Folienstruktur nach dem Erhitzen mit einer aktiven Kühlung abgekühlt werden. Das Erhitzen der Folienstruktur kann mit einer Heizeinrichtung, beispielsweise mittels einer elektrischen Widerstandsheizung, mittels einer Flamme, mittels einer Heißgasbeaufschlagung, beispielsweise Heißluft, mittels Bestrahlung mit Infrarotbestrahlung und/oder mittels einer Laser-Bestrahlung erfolgen. Das Abkühlen der Folienstruktur kann mit einer Kühleinrichtung, beispielsweise einer Luftkühlung und/oder Wasserkühlung, erfolgen. Die Temperatur der Folienstrukturoberfläche ist üblicherweise eine durchschnittliche Temperatur der Folienstrukturoberfläche. Vorteilhaft ist es, wenn die Folienstrukturoberfläche derart erhitzt wird, dass eine Temperatur der Folienstrukturoberfläche zumindest doppelt, insbesondere zumindest dreimal, so groß wie eine durchschnittliche Temperatur eines Rests der Folie ist. Bewährt hat es sich, wenn die Folienstrukturoberfläche auf eine Temperatur größer als eine Glasübergangstemperatur eines Materials der Folienstrukturoberfläche erhitzt wird, während ein Rest der Folie eine durchschnittliche Temperatur kleiner als die Glasübergangstemperatur, insbesondere kleiner als 0,9 %, bevorzugt kleiner als 0,8 %, besonders bevorzugt kleiner als 0,5 %, der Glasübergangstemperatur eines Materials des Rests der Folie aufweist bzw. auf einer solchen Temperatur bis zu einer Verfestigung der Folienstrukturoberfläche bleibt. Bevorzugt ist es, wenn vom Erhitzen der Folienstrukturoberfläche bis zu einem anschließenden Erstarren der Folienstrukturoberfläche eine Formstabilität der Folie, insbesondere Folienstruktur nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Hierzu ist es günstig, wenn von einem Erhitzen der Folienstrukturoberfläche bis zu einem anschließenden Erstarren der Folienstrukturoberfläche eine Gleichgewichtstemperatur des Folienmaterials der Folie entlang eines Querschnitts der Folie kleiner als eine Glastemperatur bzw.

Schmelztemperatur des Folienmaterials bleibt. Der Querschnitt ist üblicherweise in Richtung einer Höhe der Folie orientiert. Dadurch ist ein effizienter Wärmeabfluss bei ausreichender struktureller Stabilität der Folie gegeben. Insbesondere kann dann auf eine aktive Kühlung verzichtet werden. Die angegebenen Temperaturen beziehen sich üblicherweise auf eine Temperatur in °C. Besitzt das Material der Folienstrukturoberfläche bzw. das Material der Folie bzw. das Material eines Rests der Folie eine Glasübergangstemperatur, bezeichnet vorgenannte Schmelztemperatur insbesondere die Glasübergangstemperatur des jeweiligen Materials. Besitzt das Material der Folienstrukturoberfläche bzw. das Material der Folie bzw. das Material eines Rests der Folie eine Schmelztemperatur, bezeichnet vorgenannte Glasübergangstemperatur insbesondere die Schmelztemperatur des jeweiligen Materials.

[0039] Es hat sich bewährt, wenn zur Erhöhung einer Glattheit auf die Folienstruktur zumindest bereichsweise eine Beschichtung aufgebracht wird. Eine Erhöhung einer Glattheit bzw. Reduzierung einer Rauheit der Strukturfolie bzw. deren Oberflächenstruktur ergibt sich dabei üblicherweise durch Ausgleichen von Unebenheiten und/oder Poren der Folienstruktur. Die Beschichtung ist vorzugsweise auf die Folienstruktur in flüssiger Form aufbringbar und anschließend aushärtbar. Die Beschichtung kann beispielsweise eine Lackschicht sein. Günstig ist es, wenn ein Brechungsindex der Beschichtung, insbesondere im ausgehärteten Zustand, im Wesentlichen einem Brechungsindex der Folienmaterialschicht, insbesondere Folie, bzw. der Folienstruktur entspricht. Dadurch können Lichtbrechungen an einer Grenzschicht zwischen Folienstruktur und Beschichtung verhindert werden. Üblicherweise entspricht eine Oberflächenstruktur der Strukturfolie im Wesentlichen der Folienstruktur. Zweckmäßig kann die Folienstruktur mehrere mit einer solchen Beschichtung bedeckte Gebiete aufweisen. Zweckmäßig kann es sein, wenn auf einen Großteil, insbesondere im Wesentlichen einer Gesamtheit, der Folienstruktur eine Beschichtung aufgebracht ist. Dies kann für eine Folienstruktur auf einer der Seiten oder beiden Seiten der Folienmaterialschicht bzw. Folie gelten. Die Beschichtung ist üblicherweise transparent ausgebildet. Die Beschichtung, insbesondere die Lackschicht, kann mit Acrylsäureester, Polyesterharz, Epoxidharz und/oder Silikonharz gebildet sein. Die Lackschicht kann auch mit einem anderen transparenten oder teiltransparenten für diesen Zweck geeigneten Material gebildet sein. Zweckmäßig kann die Beschichtung einen Härtingsbeschleuniger aufweisen. Günstig ist es, wenn die Beschichtung aktiv gehärtet wird. Zweckmäßig kann die Beschichtung durch Erhitzen und/oder Bestrahlung mit Ultraviolettstrahlung härtbar sein bzw. gehärtet werden. Hierzu kann eine Erhitzungsvorrichtung bzw. eine Ultraviolettstrahlungsquelle vorgesehen sein. Günstig ist es, wenn die Folienmaterialschicht, insbesondere Folie, bzw. Folienstruktur während eines Aufbringens der Beschichtung derart ausgerichtet ist, dass überschüssiges Beschichtungsmaterial der Beschichtung abrinnen kann. Zweckmäßig kann die Folienmaterialschicht, insbesondere deren Längserstreckung, hierzu während eines Aufbringens der Beschichtung relativ zu einer waagrechten Ausrichtung der Folienmaterialschicht bzw. deren Längserstreckung gekippt sein. Dies gilt in analoger Weise für die Folie. Zweckmäßig kann vorgesehen sein, dass überschüssiges Beschichtungsmaterial der Beschichtung mit einer Gasströmung, insbesondere Luftströmung, abgeblasen wird. Hierzu kann eine Gasdüse, insbesondere in Form eines Luftmessers, vorgesehen sein, mit welcher die Gasströmung auf die Beschichtung geleitet wird. Vorteilhaft ist es, wenn die Beschichtung mit einer variierenden Dicke auf die Folienstruktur aufgebracht wird. Praktikabel ist es, wenn eine auf Strukturelemente, insbesondere deren jeweiliges Oberflächensegment, aufgebrachte Beschichtung eine größere Dicke aufweist als eine auf einen Zwischenbereich zwischen den Strukturelementen aufgebrachte Beschichtung. Insbesondere kann dabei auf den Zwischenbereich keine Beschichtung aufgebracht sein. Der Zwischenbereich ist üblicherweise jener Bereich der Folienstruktur, durch welchen benachbarte Strukturelemente voneinander beabstandet sind.

[0040] Günstig ist es, wenn ein Strukturfolienverbund bzw. ein Verfahren zur Herstellung eines Strukturfolienverbundes vorgesehen ist, wobei der Strukturfolienverbund mit mehreren miteinander verbundenen Strukturfolien gebildet ist bzw. wird. Die Strukturfolien können wie in diesem Dokument beschrieben hergestellt bzw. ausgebildet werden. Vorzugsweise weisen die Strukturfolien unterschiedliche Folienstrukturen auf. Die Strukturfolien sind üblicherweise entlang einer Stapelrichtung übereinander angeordnet. Die Stapelrichtung ist in der Regel im Wesentlichen parallel zu einer Höhe der jeweiligen Strukturfolien orientiert. Die Strukturfolien sind üblicherweise

einen Stapel bildend miteinander verbunden, wobei der Stapel insbesondere lichtdurchlässig ist. Die Strukturfolien können stoffschlüssig und/oder kraftschlüssig miteinander verbunden sein, beispielsweise miteinander verklebt oder laminiert sein. Vorzugsweise sind die Strukturfolien als Lichtlenkfolien ausgebildet. Dadurch kann eine besonders angepasste Lichtstärkeverteilung umgesetzt werden. Die Lichtlenkfolien sind in der Regel derart angeordnet, dass deren Folienstrukturen einander überlappen, sodass zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes, das Licht nacheinander an den Folienstrukturen gebrochen wird bzw. nacheinander durch die Lichtlenkfolien transmittiert wird. Die Höhe der Strukturfolie ist üblicherweise orthogonal zu einer Länge und orthogonal zu einer Breite der Strukturfolie. Die Höhe ist in der Regel kleiner als die Länge und kleiner als die Breite der Strukturfolie.

[0041] Vorteilhaft kann ein Verfahren zur Herstellung einer Beleuchtungsvorrichtung erfolgen, wobei die Beleuchtungsvorrichtung eine Lichtlenkfolie zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung einer Lichtquelle aufweist, wobei die Lichtlenkfolie eine Strukturfolie ist, welche wie in diesem Dokument beschrieben, hergestellt, insbesondere ausgebildet, wird. Entsprechend den Merkmalen und Wirkungen eines beschriebenen Verfahrens zur Herstellung einer Strukturfolie kann die Beleuchtungsvorrichtung mit einer optimierten Umsetzung einer Folienstruktur der Lichtlenkfolie ausgebildet werden. Zweckmäßig kann eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer solchen Lichtlenkfolie vorgesehen sein. Auf diese Weise kann die Beleuchtungsvorrichtung eine Lichtlenkfolie mit einer optimierten Folienstruktur zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung der Lichtquelle aufweisen. Die Lichtquelle kann Teil der Beleuchtungsvorrichtung sein. Die Lichtlenkfolie ist üblicherweise ausgebildet ein von der Lichtquelle emittiertes Licht mit der Folienstruktur der Lichtlenkfolie abzulenken, um eine Lichtstärkeverteilung der Lichtquelle zu ändern. Die Lichtquelle kann mit einer oder mehreren LEDs ausgebildet sein. Die Folienstruktur der Lichtlenkfolie kann derart angeordnet sein, dass die Folienstruktur der Lichtquelle zugewandt oder von dieser abgewandt ist.

[0042] Vorteilhaft ist es, wenn ein Verfahren zur Herstellung eines Solarmoduls zur Umwandlung von Sonnenenergie vorgesehen ist, wobei das Solarmodul zumindest ein Lichtumwandlungselement, wie eine Solarzelle, sowie eine Lichtlenkfolie zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung von Sonnenlicht aufweist, um Sonnenlicht mit der Lichtlenkfolie in Richtung des zumindest einen Lichtumwandlungselementes zu lenken. Zweckmäßig kann ein solches Solarmodul zur Umwandlung von Sonnenenergie vorgesehen sein. Die Lichtlenkfolie kann eine Strukturfolie sein, welche wie in diesem Dokument beschrieben, hergestellt, insbesondere ausgebildet, ist bzw. wird. Entsprechend den Merkmalen und Wirkungen eines beschriebenen Verfahrens zur Herstellung einer Strukturfolie kann das Solarmodul mit einer optimierten Umsetzung einer Folienstruktur der Lichtlenkfolie ausgebildet werden. Das Lichtumwandlungselement kann ausgebildet sein, Sonnenenergie in eine nutzbare Energie, insbesondere eine elektrische Energie und/oder thermische Energie und/oder chemische Energie, zu wandeln. Das Solarmodul ist üblicherweise ausgebildet die nutzbare Energie, insbesondere elektrische Energie bzw. thermische Energie, zur Nutzung dieser weiterzuleiten, beispielsweise an einen Speicher zur Speicherung der Energie. Das Lichtumwandlungselement kann eine Solarzelle, auch als photovoltaische Zelle bezeichnet, sein, um Sonnenenergie in elektrische Energie umzuwandeln. Alternativ oder kumulativ kann das Lichtumwandlungselement ein Wärmekollektor sein, welcher ausgebildet ist, Sonnenenergie in Wärmeenergie eines Fluids des Kollektors umzuwandeln. Der Wärmekollektor weist üblicherweise einen Fluidkreislauf zum Transport des Fluids auf, um Wärmeenergie mit dem Fluid weiterzuleiten. Die Folienstruktur der Lichtlenkfolie kann derart angeordnet sein, dass Einsatzzustand die Folienstruktur der Sonne zugewandt oder von dieser abgewandt ist.

[0043] Es kann eine Vorrichtung zur Herstellung einer Strukturfolie vorgesehen sein, wobei die Vorrichtung einen Profilgegenstand mit einem Profil aufweist, um mit dem Profil eine Prägestruktur in einen Prägekörper einzuprägen, um mit der Prägestruktur eine zur Prägestruktur korrespondierende Folienstruktur in eine Folienmaterialsicht bzw. Folie einzuprägen, wobei das Profil mit einem additiven Fertigungsverfahren, insbesondere Keramik-3D-Druckverfahren, generiert bzw. hergestellt ist. Wie, insbesondere vorstehend, beschrieben ist auf diese Weise eine optimierte Umsetzung der Prägestruktur bzw. der Folienstruktur ermöglicht. Der Profilgegenstand

kann insbesondere im Verfahren zur Herstellung einer Strukturfolie, insbesondere wie in diesem Dokument beschrieben, verwendet werden. Üblicherweise wird mit dem Profil des Profilgegenstandes eine Prägestruktur in den Prägekörper, insbesondere einer Oberfläche des Prägekörpers, eingeprägt. Hierzu wird in der Regel das Profil auf den Prägekörper gepresst, sodass mit Verformung einer Oberfläche des Prägekörpers die Prägestruktur gebildet wird. Zweckmäßig kann der Prägekörper Teil der Vorrichtung sein. Üblicherweise sind der Profilgegenstand und der Prägekörper derart relativ zueinander bewegbar, dass mit dem Profil eine zum Profil korrespondierende Prägestruktur in den Prägekörper einprägbare ist. Hierzu können der Profilgegenstand und/oder Prägekörper mit einer Bewegungseinrichtung der Vorrichtung relativ zueinander bewegbar sein. Mit der Vorrichtung kann ein in diesem Dokument beschriebenes Verfahren zur Herstellung einer Strukturfolie umgesetzt sein.

[0044] Es versteht sich, dass die Vorrichtung, insbesondere der Profilgegenstand, entsprechend den Merkmalen und Wirkungen, welche im Rahmen eines Verfahrens zur Herstellung einer Strukturfolie, insbesondere vorstehend, in diesem Dokument beschrieben sind, ausgebildet sein kann. Analoges gilt auch für das Verfahren zur Herstellung der Strukturfolie im Hinblick auf die Vorrichtung, insbesondere den Profilgegenstand.

[0045] Günstig ist es, wenn der Profilgegenstand eine Profilwalze und/oder der Prägekörper eine Prägewalze ist, um durch Abrollen des Profilgegenstandes und des Prägekörpers aufeinander mit dem Profil eine Prägestruktur in den Prägekörper einzuprägen. Der Profilgegenstand bzw. Prägekörper kann im Wesentlichen zylinderförmig ausgebildet sein. Das Profil kann mit einer Mantelfläche der Profilwalze gebildet sein. Hierzu kann die Profilwalze bzw. das Profil um eine Rotationsachse der Profilwalze rotierbar gelagert sein. Die Prägestruktur kann mit einer Mantelfläche der Prägewalze gebildet werden. Hierzu kann die Prägewalze bzw. deren Mantelfläche um eine Rotationsachse der Prägewalze rotierbar gelagert sein.

[0046] Von Vorteil ist es, wenn eine Lichtlenkfolie zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes vorhanden ist, wobei die Lichtlenkfolie eine Folienmaterialschicht mit einer Folienstruktur aufweist, um eine Richtung eines auf die Folienstruktur auftreffenden Lichtes der Lichtquelle zu ändern, wobei die Folienstruktur mit als Erhöhungen und/oder Vertiefungen ausgebildeten Strukturelementen, auch als Folienstrukturelemente bezeichnet, gebildet ist, wobei zumindest eines der Strukturelemente ein Oberflächensegment mit einer Form eines mit einer Schnittebene abgeschnittenen Teilstückes eines Ellipsoids aufweist. Die Lichtlenkfolie kann eine Strukturfolie sein, welche mit dem Verfahren zur Herstellung einer Strukturfolie herstellbar ist. Mit einem derartigen Oberflächensegment kann eine effiziente Lichtlenkung und gleichzeitig eine Entblendung umgesetzt werden. Die Umsetzung eines solchen Oberflächensegmentes bei einer Folienstruktur einer Lichtlenkfolie ist erreichbar, wenn mit einem additiven Fertigungsverfahren ein entsprechend geformtes Profil eines Profilgegenstandes gebildet wird, um mit dem Profil eine korrespondierende Prägestruktur in einen Prägekörper einzuprägen, und schließlich eine Folienstruktur bzw. ein Strukturelement in der Folienmaterialschicht mit einem solchen Oberflächensegment durch Prägung der Folienmaterialschicht mit der Prägestruktur umgesetzt wird. Dies gilt besonders, wenn das additive Fertigungsverfahren ein 3D-Druckverfahren, insbesondere Keramik-3D-Druckverfahren, ist und die Prägestruktur mit, insbesondere aus, Metall gebildet ist. Damit ist eine Lichtlenkfolie mit einer optimierten Folienstruktur zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung umsetzbar. Zweckmäßig kann die Folienmaterialschicht wie beschrieben als Folie umgesetzt sein bzw. diese bilden.

[0047] Es versteht sich, dass die Lichtlenkfolie entsprechend den Merkmalen und Wirkungen, welche im Rahmen eines Verfahrens zur Herstellung einer Strukturfolie, insbesondere vorstehend, in diesem Dokument beschrieben sind, ausgebildet sein kann. Analoges gilt auch für das Verfahren zur Herstellung der Strukturfolie im Hinblick auf die Lichtlenkfolie.

[0048] Abmessungen der Erhöhungen bzw. Vertiefungen der Folienstruktur sind üblicherweise größer als eine Wellenlänge des auf diese auftreffenden Lichtes der Lichtquelle. Günstig ist es, wenn eine durchschnittliche Höhe der Folienstrukturelemente von 10 µm bis 500 µm, insbesondere von 80 µm bis 200 µm, beträgt. Eine Höhe bezeichnet üblicherweise einen Abstand zwi-

schen einem höchsten Punkt einer Erhöhung und einem tiefsten Punkt einer, insbesondere an die Erhöhung angrenzenden, Vertiefung. Eine solche Höhe ermöglicht eine effiziente Lichtlenkung und kann mit hoher Genauigkeit mit dem additiven Fertigungsverfahren generiert werden. Besonders günstig ist es, wenn die durchschnittliche Höhe kleiner als $80\text{ }\mu\text{m}$, insbesondere zwischen $10\text{ }\mu\text{m}$ und $80\text{ }\mu\text{m}$, beträgt. Eine solche Struktur kann von einem Anwender mit dem freien Auge kaum wahrgenommen werden. Eine Höhe der Folienstrukturelemente wird üblicherweise orthogonal zu einer Längserstreckung und orthogonal zu einer Breitenerstreckung der Lichtlenkfolie bzw. Folienstruktur gemessen. Die Höhe ist üblicherweise kleiner als eine Länge und kleiner als eine Breite der Lichtlenkfolie bzw. Folienstruktur.

[0049] Günstig ist es, wenn die Folienstrukturelemente voneinander beabstandet sind. Dadurch können unerwünschte Lichtwellenübertragungseffekte zwischen den Folienstrukturelementen minimiert bzw. verhindert werden. Solche Lichtwellenübertragungseffekte können sich beispielsweise in einem Einsatzzustand, in welchem mit der Lichtlenkfolie Licht einer Lichtquelle umgelenkt wird, als optisch sichtbare Kreise, Ringe oder Streifen äußern. Bewährt hat es sich, wenn ein durchschnittlicher Abstand der Folienstrukturelemente von $5\text{ }\mu\text{m}$ bis $200\text{ }\mu\text{m}$, insbesondere von $5\text{ }\mu\text{m}$ bis $80\text{ }\mu\text{m}$, beträgt.

[0050] Zweckmäßig kann die Lichtlenkfolie als Optik ausgebildet sein, wobei eine Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes geändert wird, indem das Licht durch die Lichtlenkfolie transmittiert wird, wobei das Licht an der Folienstruktur der Lichtlenkfolie gebrochen wird. Alternativ kann die Lichtlenkfolie als Reflektor ausgebildet sein, wobei das Licht durch die Lichtlenkfolie bzw. an der Folienstruktur der Lichtlenkfolie reflektiert wird.

[0051] Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Darstellung eines Ausführungsbeispiels. In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug genommen wird, zeigen:

- [0052]** Fig. 1 eine schematische Ablaufdarstellung eines Verfahrens zur Herstellung einer Strukturfolie;
- [0053]** Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Einprägens einer Prägestruktur in einen Prägekörper mit einem Profil eines Profilgegenstandes;
- [0054]** Fig. 3 bis Fig. 6 schematische Darstellungen von Strukturelementen in einem Querschnitt;
- [0055]** Fig. 7 eine schematische Darstellung einer Strukturfolie;
- [0056]** Fig. 8 eine schematische Darstellung einer Strukturfolie in einem Querschnitt;
- [0057]** Fig. 9 eine schematische Darstellung eines Strukturelementes in einem Querschnitt.

[0058] In Fig. 1 ist schematisch eine Ablaufdarstellung eines Verfahrens 1 zur Herstellung einer Strukturfolie 2 dargestellt. Vorgesehen ist, dass mit einem additiven Fertigungsverfahren, insbesondere einem Keramik-3D-Druckverfahren, ein Profil 5 eines Profilgegenstandes 3 generiert wird, bezeichnet als A in Fig. 1. Das Profil 5 wird bevorzugt mit, insbesondere aus, Keramik gebildet. Anschließend wird mit dem Profil 5 eine Prägestruktur 6 in einen Prägekörper 4 eingeprägt, bezeichnet als B in Fig. 1. Die Prägestruktur 6 wird bevorzugt mit, insbesondere aus, Metall gebildet. Anschließend wird mit der Prägestruktur 6 eine Folienstruktur 9 in eine Folienmaterialschicht eingeprägt, um die Strukturfolie 2 zu bilden, bezeichnet als C in Fig. 1. Bevorzugt ist es, wenn die Folienmaterialschicht bei einem Einprägen der Folienstruktur 9 in diese flüssig oder teilflüssig ist und während dem Einprägen abkühlt bzw. aktiv abgekühlt wird, sodass die Folienmaterialschicht eine Folie bildet bzw. sich zu einer solchen verfestigt. Alternativ oder kumulativ kann die Folienmaterialschicht vor einem Einprägen der Folienstruktur 9 in diese fest sein bzw. eine Folie bilden.

[0059] Durch die Kombination von Bildung des Profils 5 mit einem additiven Fertigungsverfahren und einer Erzeugung der Prägestruktur 6 durch Prägung mit dem Profil 5 kann eine robuste Prägestruktur 6 mit hoher Genauigkeit und/oder komplexer Form und damit eine entsprechend vor-

teilhafte Folienstruktur 9 umgesetzt werden. Bevorzugt ist die Strukturfolie 2 eine Lichtlenkfolie, um mit der Folienstruktur 9 eine Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines Lichtes einer Lichtquelle zu bewirken.

[0060] In Fig. 2 ist schematisch ein Zustand eines Einprägens einer Prägestruktur 6 in einen Prägekörper 4 mit einem Profil 5 eines Profilgegenstandes 3 dargestellt. Insbesondere kann die Prägestruktur 6 des Verfahrens 1 der Fig. 1 derart umgesetzt werden. Der Prägekörper 4 ist als Prägewalze ausgebildet. Der Profilgegenstand 3 ist als Profilwalze ausgebildet. Das Profil 5 ist als Teil eines Profilwalzenmantels 7 des Profilgegenstandes 3 ausgebildet. Der Profilgegenstand 3 und der Prägekörper 4 werden aufeinander abgerollt, um mit dem Profil 5 eine zum Profil 5 korrespondierende Prägestruktur 6 in einen Prägewalzenmantel 8 des Prägekörpers 4 einzuprägen. Der Profilgegenstand 3 und der Prägekörper 4 sind jeweils um eine Rotationsachse rotierbar gelagert, sodass die Prägestruktur 6 unter Rotation des Profilgegenstandes 3 und unter Rotation des Prägekörpers 4 mit dem Profil 5 in den Prägekörper 4 einprägbare ist. Das Profil 5 wird üblicherweise im Wesentlichen umfänglich in den Prägewalzenmantel 8 eingeprägt. Eine Längserstreckung des Profilwalzenmantels 7 bzw. des Profils 5 ist üblicherweise kleiner als eine Längserstreckung des Prägewalzenmantels 8. Die Längserstreckungen werden dabei üblicherweise parallel zur jeweiligen Rotationsachse gemessen. Der Profilgegenstand 3 bzw. Profilwalzenmantel 7 wird üblicherweise in einer Verschieberichtung parallel zur Rotationsachse des Profilgegenstandes 3 relativ zum Prägewalzenmantel 8 verschoben, um die Prägestruktur 6 mit dem Profil 5 an unterschiedlichen Bereichen des Prägewalzenmantels 8 entlang einer Erstreckung des Prägewalzenmantels 8 in Verschieberichtung einzuprägen.

[0061] Üblicherweise sind das Profil 5 bzw. die Prägestruktur 6 bzw. die Folienstruktur 9 jeweils mit als Erhöhungen und/oder Vertiefungen ausgebildeten Strukturelementen 10 gebildet. Die Strukturelemente 10 der Prägestruktur 6 sind in der Regel formkorrespondierend zu den Strukturelementen 10 des Profils 5, in der Regel als Negativbild dieser, ausgebildet. Die Strukturelemente 10 der Folienstruktur 9 sind in der Regel formkorrespondierend zu den Strukturelementen der Prägestruktur 6, in der Regel als Negativbild dieser, ausgebildet.

[0062] Für eine Lichtlenkfolie ist es günstig, wenn die Strukturelemente 10 der Lichtlenkfolie voneinander beabstandet sind, üblicherweise mit einem durchschnittlichen Abstand der Strukturelemente 10 von 5 μm bis 200 μm . In der Regel sind mehrere Strukturelemente 10 vorgesehen, wobei das jeweilige Strukturelement 10 ein Oberflächensegment 11 mit einer Form eines mit einer Schnittebene 14 abgeschnittenen Teilstückes eines Ellipsoids aufweist. Das Ellipsoid kann ein Rotationsellipsoid, insbesondere eine Kugel, sein. Üblicherweise ist vorgesehen, dass die Schnittebene 14 eine der Halbachsen 13 des Ellipsoids orthogonal schneidet. Abhängig davon, in welchem Abstand vom Mittelpunkt des Ellipsoids die Schnittebene 14 die Halbachse 13 schneidet kann eine Lichtstärkeverteilung bzw. können Entblendungseigenschaften eines mit dem Folienstrukturelementen 10 umgelenkten Lichtes variiert werden. Das Teilstück ist üblicherweise derart angeordnet, dass die Halbsachse parallel zu einer Höhe des Strukturelementes 10 bzw. der Lichtlenkfolie ist. In analoger Weise sind üblicherweise die Strukturelemente 10 des Profils 5 bzw. der Prägestruktur 6 ausgebildet.

[0063] In Fig. 3 bis Fig. 6 sind schematisch verschiedene Strukturelemente 10 in einem Querschnitt dargestellt. Vorteilhaft kann die Folienstruktur 9 mit solchen Strukturelementen 10 ausgebildet werden. Das jeweilige Oberflächensegment 11 ist mit einer Form eines mit einer Schnittebene 14 abgeschnittenen Teilstückes eines exemplarisch als Kugel ausgebildeten Ellipsoids umgesetzt. Beim Strukturelement 10 der Fig. 3 ist die Schnittebene 14 orthogonal zur Halbachse 13, wobei die Schnittebene 14 durch den Mittelpunkt des Ellipsoids verläuft. Das Oberflächensegment 11 ist auf einem zylindrischen Oberflächenabschnitt 12 des Strukturelementes 10 angeordnet. Dadurch kann eine besonders abgegrenzte Lichtstärkeverteilung erreicht werden. Fig. 4 zeigt ein Strukturelement 10, welches entsprechend dem Strukturelement 10 der Fig. 3 ausgebildet ist, jedoch ohne den zylindrischen Oberflächenabschnitt 12. Eine Umsetzung gemäß Fig. 3 und Fig. 4 ermöglicht einen besonders hohen Entblendungswert. Beim Strukturelement 10 der Fig. 5 ist die Schnittebene 14 orthogonal zur Halbachse 13, wobei die Schnittebene 14 die Halbachse 13 ausgehend vom Mittelpunkt des Ellipsoids bei einem ersten Drittel einer Länge der

Halbachse 13 schneidet. Dadurch ist ein guter Entblendungswert mit verbreiteter Lichtstärkeverteilung erreichbar. Beim Strukturelement 10 der Fig. 6 ist die Schnittebene 14 orthogonal zur Halbachse 13, wobei die Schnittebene 14 die Halbachse 13 ausgehend vom Mittelpunkt des Ellipsoids bei einem zweiten Drittel einer Länge der Halbachse 13 schneidet. Dadurch ist ein klein ausgeprägter Entblendungswert und eine besonders breite Lichtstärkeverteilung umsetzbar. Das jeweilige Strukturelement 10 kann als Erhöhung oder Vertiefung der Folienmaterialschiicht bzw. Folie bzw. Strukturfolie 2 ausgebildet sein.

[0064] In Fig. 7 ist schematisch eine Strukturfolie 2, welche insbesondere als Lichtlenkfolie ausgebildet ist, in Draufsicht bzw. mit Sicht parallel zu einer Höhe der Strukturfolie 2 dargestellt. Die Strukturfolie 2 kann wie zu Fig. 1 bis Fig. 6 beschrieben ausgebildet sein. Die Strukturfolie 2 bzw. deren Folienstruktur 9 weist reihenförmig angeordnete Strukturelemente 10 auf. Vorzugsweise sind dabei mehrere in einer Anordnungsrichtung orientierte Reihen von Strukturelementen 10 vorgesehen, wobei die Reihen parallel zueinander ausgerichtet sind. Bewährt hat es sich, wenn unmittelbar benachbarte Reihen in Richtung der Anordnungsrichtung versetzt zueinander angeordnet sind, vorzugsweise im Wesentlichen um eine halbe durchschnittliche Länge in Anordnungsrichtung eines Strukturelementes 10 der Reihe. Die Folienstruktur 9 der Strukturfolie 2 bzw. das jeweilige Strukturelement 10 kann wie zu Fig. 1 bis Fig. 6 beschrieben ausgebildet sein, insbesondere ein entsprechendes Oberflächensegment 11 aufweisen. Das jeweilige Strukturelement 10, insbesondere dessen Oberflächensegment 11, kann als Erhöhung oder Vertiefung ausgebildet sein. Wenn die Strukturfolie 2 eine Lichtlenkfolie einer Beleuchtungsvorrichtung, wie einer Leuchte, ist, hat es sich bewährt, wenn das jeweilige Strukturelement 10 eine Erhöhung ist. Wenn die Strukturfolie 2 eine Lichtlenkfolie eines Solarmoduls ist, hat es sich bewährt, wenn das jeweilige Strukturelement 2 eine Vertiefung ist.

[0065] In Fig. 8 ist schematisch eine Strukturfolie 2, insbesondere Lichtlenkfolie, in einem Querschnitt dargestellt. Die Strukturfolie 2 ist insbesondere die Strukturfolie 2 der Fig. 7. Die Strukturfolie 2 bzw. deren Folienstruktur 9 weist mehrere jeweils als Vertiefung ausgebildete Strukturelemente 10 auf. Zweckmäßig kann die Strukturfolie 2 als Lichtlenkfolie als Teil eines Solarmoduls ausgebildet sein, um Sonnenlicht L mit der Lichtlenkfolie 2 bzw. der Folienstruktur 9 in Richtung eines Lichtumwandlungselementes des Solarmoduls zu lenken. Zweckmäßig kann im Einsatzzustand die Folienstruktur 9 der Sonne zugewandt ausgerichtet sein.

[0066] In Fig. 9 ist schematisch ein weiteres Strukturelement 10 in einem Querschnitt dargestellt. Vorteilhaft kann die Folienstruktur 9 mit solchen Strukturelementen 10 ausgebildet werden. Die Lichtlenkfolie kann wie vorstehend ausgeführt mit mehreren solchen Strukturelementen 10 gebildet sein. Das Strukturelement 10 weist einen Oberflächenbereich 16, welcher eine Rotationsfläche bildet, auf, wobei die Rotationsfläche in einem Querschnitt entlang einer Rotationsachse 20 der Rotationsfläche eine Außenkontur 17 bildet, welche mit zwei mit einer Ecke 18 aneinander anschließenden Ellipsensegmenten 19 gebildet ist. Die Ecke 18 wird von der Rotationsachse 20 geschnitten. Die zwei Ellipsensegmente 19 verlaufen spiegelsymmetrisch zueinander in Bezug auf die Rotationsachse 20. Bevorzugt ist es, wenn die Ecke 18 den höchsten Punkt des Strukturelementes 10 bildet. Im Besonderen kann die Strukturfolie 2 bzw. Lichtlenkfolie der Fig. 7 und Fig. 8 in analoger Weise mit solchen Strukturelementen 10 gebildet sein.

[0067] Wenn zur Herstellung einer Lichtlenkfolie mit einem Profil 5 eines Profilgegenstandes 3, wie einer Profilwalze, welches Profil 5 mit einem additiven Fertigungsverfahren gebildet ist, eine Prägestruktur 6 in einen Prägekörper 4, wie einer Prägewalze, eingeprägt wird, wonach mit der Prägestruktur 6 eine Folienstruktur 9 in eine Folienmaterialschiicht bzw. Folie eingeprägt wird, kann eine hohe Genauigkeit und/oder komplexe Form der Folienstruktur 9 umgesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren (1) zur Herstellung einer Lichtlenkfolie, wobei mit einem additiven Fertigungsverfahren, insbesondere einem Keramik-3D-Druckverfahren, ein Profil (5) eines Profilgegenstandes (3) generiert wird, wonach mit dem Profil (5) eine Prägestruktur (6) in einen Prägekörper (4), insbesondere eine Prägewalze, eingeprägt wird, wonach mit der Prägestruktur (6) des Prägekörpers (4) eine zur Prägestruktur (6) korrespondierende Folienstruktur (9) in eine Folienmaterialschiicht eingeprägt wird.
2. Verfahren (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Profilgegenstand (3) und/oder der Prägekörper (4) walzenförmig ausgebildet sind und aufeinander abgerollt werden, um mit dem Profil (5) die Prägestruktur (6) in den Prägekörper (4) einzuprägen.
3. Verfahren (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Prägestruktur (6) mit einem Metallmaterial des Prägekörpers (4) gebildet wird, wobei während und/oder nach einer Verformung des Metallmaterials mittels des Profils (5) eine Härte der Prägestruktur (6) erhöht wird, vorzugsweise durch plastische Verformung des Metallmaterials und/oder durch metallurgisches Härten des Metallmaterials und/oder durch Aufbringen einer Härteschicht auf das Metallmaterial.
4. Verfahren (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Profil (5) mit als Erhöhungen und/oder als Vertiefungen ausgebildeten Strukturelementen (10) gebildet ist, wobei eine durchschnittliche Höhe der Strukturelemente (10) von 10 µm bis 500 µm, insbesondere von 80 µm bis 200 µm, beträgt.
5. Verfahren (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Profil (5) mit als Erhöhungen und/oder als Vertiefungen ausgebildeten Strukturelementen (10) gebildet ist, wobei ein durchschnittlicher Abstand der Strukturelemente (10) von 5 µm bis 200 µm, insbesondere von 5 µm bis 80 µm, beträgt.
6. Verfahren (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Profil mit als Erhöhungen und/oder als Vertiefungen ausgebildeten Strukturelementen (10) gebildet ist, wobei zumindest eines der Strukturelemente (10) ein Oberflächensegment (11) mit einer Form eines mit einer Schnittebene (14) abgeschnittenen Teilstückes eines Ellipsoids aufweist.
7. Verfahren (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Oberflächensegment (11) auf einem zylindrischen Oberflächenabschnitt (12) des Strukturelementes (10) angeordnet ist.
8. Verfahren (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Folienstruktur (9) auf einer Seite oder beiden Seiten der Folienmaterialschiicht eingeprägt wird.
9. Verfahren (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Folienmaterialschiicht entlang einer Längserstreckung und/oder entlang einer Breitenerstreckung der Folienmaterialschiicht gekrümmt ausgebildet wird.
10. Verfahren (1) zur Herstellung einer Beleuchtungsvorrichtung, wobei die Beleuchtungsvorrichtung eine Lichtlenkfolie zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung einer Lichtquelle aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lichtlenkfolie mit einem Verfahren (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 hergestellt wird.
11. Verfahren (1) zur Herstellung eines Solarmoduls zur Umwandlung von Sonnenenergie, wobei das Solarmodul zumindest ein Lichtumwandlungselement, wie eine Solarzelle, sowie eine Lichtlenkfolie zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung von Sonnenlicht aufweist, um Sonnenlicht mit der Lichtlenkfolie in Richtung des zumindest einen Lichtumwandlungselementes zu lenken, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lichtlenkfolie mit einem Verfahren (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 hergestellt wird.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

1/3

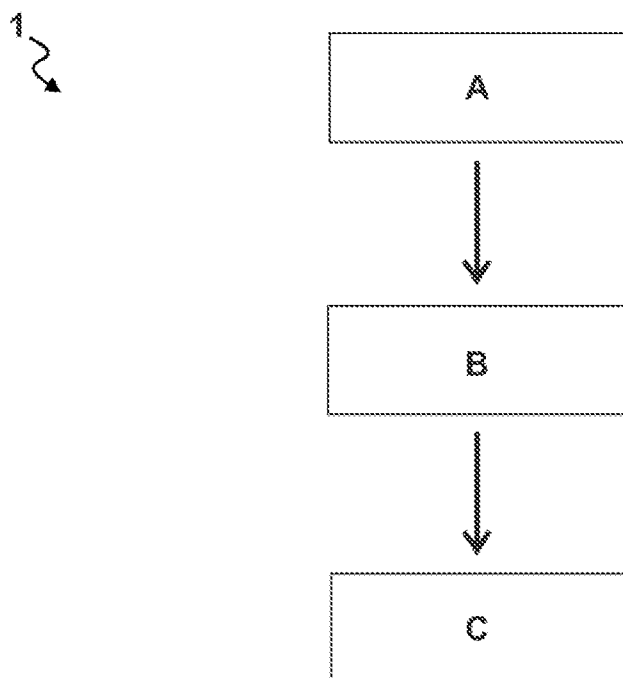


Fig. 1

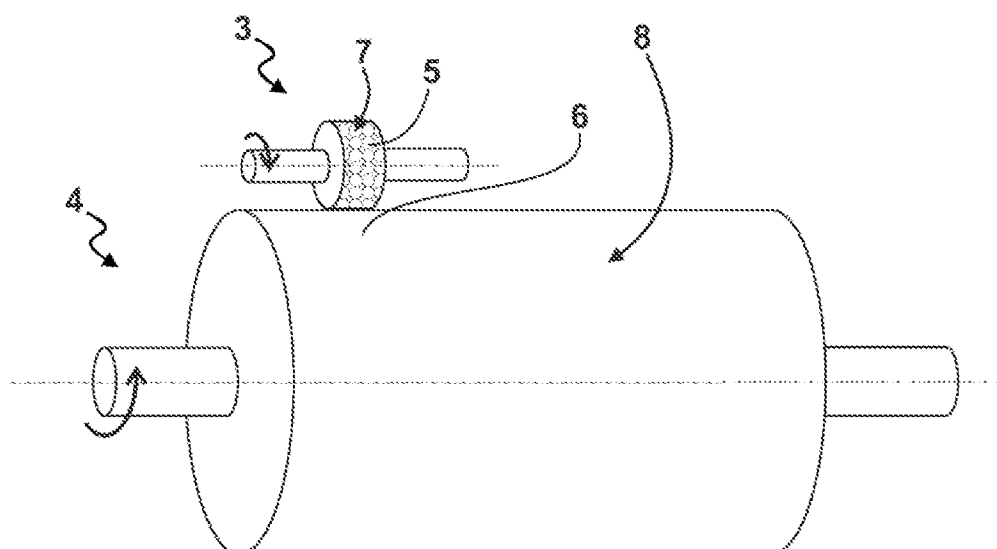


Fig. 2

2/3

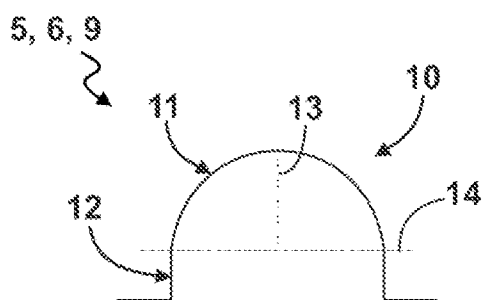


Fig. 3

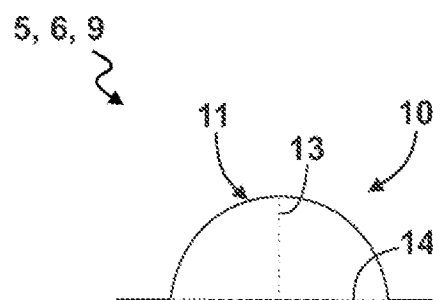


Fig. 4

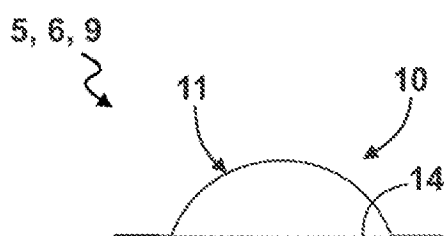


Fig. 5

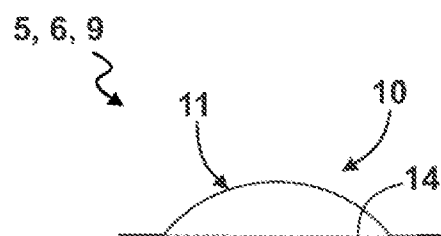


Fig. 6

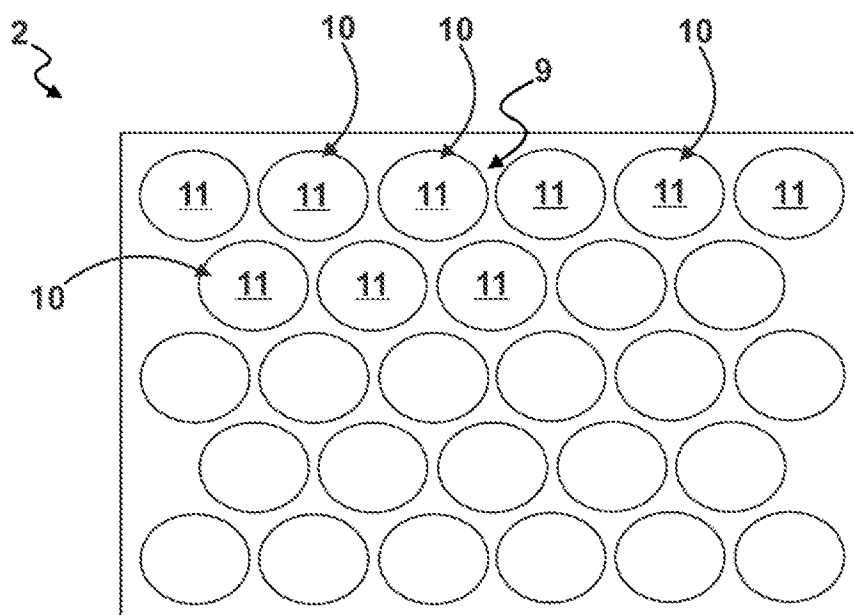


Fig. 7

3/3

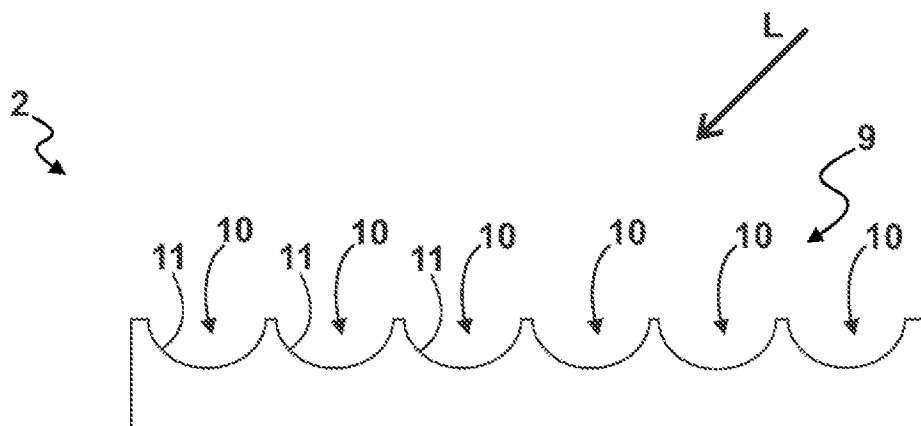


Fig. 8

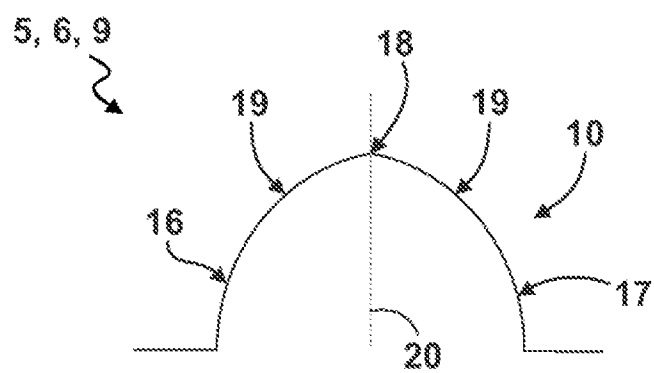


Fig. 9