

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50220/2018 (51) Int. Cl.: **G02B 5/02** (2006.01)
 (22) Anmeldetag: 15.03.2018 **F21V 3/04** (2018.01)
 (43) Veröffentlicht am: 15.09.2019 **F21V 5/08** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen: WO 2010094441 A1 DE 102014100520 A1 WO 2006108611 A2 DE 112005000835 T5 EP 2270557 A1 WO 2013066048 A1 DE 10330017 A1 US 2015029717 A1 WO 2017050923 A1 DE 102012102986 A1 DE 69618929 T2 AT 515640 A1 DE 202006018617 U1	(71) Patentanmelder: Färber Werner 8413 St. Georgen an der Stiefing (AT) Trois Wolfgang 8625 Turnau (AT) (72) Erfinder: Färber Werner 8413 St. Georgen an der Stiefing (AT) Trois Wolfgang 8625 Turnau (AT) Resch Gerald 8421 St. Stefan i. R. (AT) (74) Vertreter: WIRNSBERGER & LERCHBAUM Patentanwälte OG 8700 Leoben (AT)
---	---

(54) **Verfahren zur Herstellung einer Lichtlenkfolie und damit hergestellte Folie**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Lichtlenkfolie (1) zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes, wobei in eine Folie (3) an zumindest einer Oberfläche der Folie (3) eine Struktur (S) mit Erhöhungen (4) und Vertiefungen eingeprägt wird, um eine Richtung eines auf die Struktur (S) auftreffenden Lichtes der Lichtquelle zu ändern, wobei Abmessungen der Erhöhungen (4) und Vertiefungen größer als eine Wellenlänge des auf diese auftreffenden Lichtes der Lichtquelle sind. Um eine Lichtlenkfolie (1) herzustellen, welche eine optimierte Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes ermöglicht, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Herstellung der Lichtlenkfolie (1) folgende Schritte umfasst:

- Vorgeben einer gewünschten, gegebenenfalls inhomogenen, Lichtstärkeverteilung (LV2);
- Berechnen der Struktur (S) abhängig von einem Abstand (A) zwischen Lichtquelle und Lichtlenkfolie (1) sowie einer Abstrahlcharakteristik (LV1) der Lichtquelle, um die vorgegebene Lichtstärkeverteilung (LV2) zu erreichen;
- Einprägen der berechneten Struktur (S) in die zumindest eine Oberfläche der Folie (3), um die Lichtlenkfolie (1) auszubilden. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine mit dem Verfahren herstellbare Lichtlenkfolie (1).

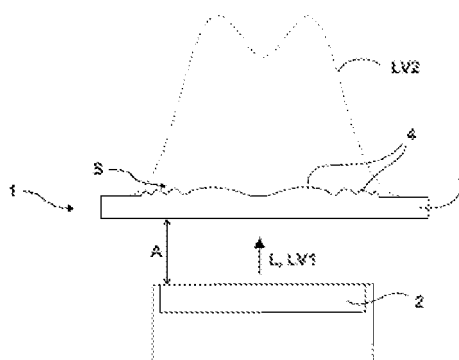


Fig. 1

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Lichtlenkfolie (1) zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes, wobei in eine Folie (3) an zumindest einer Oberfläche der Folie (3) eine Struktur (S) mit Erhöhungen (4) und Vertiefungen eingeprägt wird, um eine Richtung eines auf die Struktur (S) auftreffenden Lichtes der Lichtquelle zu ändern, wobei Abmessungen der Erhöhungen (4) und Vertiefungen größer als eine Wellenlänge des auf diese auftreffenden Lichtes der Lichtquelle sind. Um eine Lichtlenkfolie (1) herzustellen, welche eine optimierte Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes ermöglicht, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Herstellung der Lichtlenkfolie (1) folgende Schritte umfasst:

- a) Vorgeben einer gewünschten, gegebenenfalls inhomogenen, Lichtstärkeverteilung (LV2);
- b) Berechnen der Struktur (S) abhängig von einem Abstand (A) zwischen Lichtquelle und Lichtlenkfolie (1) sowie einer Abstrahlcharakteristik (LV1) der Lichtquelle, um die vorgegebene Lichtstärkeverteilung (LV2) zu erreichen;
- c) Einprägen der berechneten Struktur (S) in die zumindest eine Oberfläche der Folie (3), um die Lichtlenkfolie (1) auszubilden.

Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine mit dem Verfahren herstellbare Lichtlenkfolie (1).

Fig. 1

Verfahren zur Herstellung einer Lichtlenkfolie und damit hergestellte Folie

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Lichtlenkfolie zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes, wobei in eine Folie an
 5 zumindest einer Oberfläche der Folie eine Struktur mit Erhöhungen und Vertiefungen eingeprägt wird, um eine Richtung eines auf die Struktur auftreffenden Lichtes der Lichtquelle zu ändern, wobei Abmessungen der Erhöhungen und Vertiefungen größer als eine Wellenlänge des auf diese auftreffenden Lichtes der Lichtquelle sind.

10 Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Lichtlenkfolie zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes, aufweisend eine Folie, wobei in zumindest einer Oberfläche der Folie eine Struktur mit Erhöhungen und Vertiefungen eingebracht, insbesondere eingeprägt, ist, um eine Richtung eines auf die Struktur auftreffenden Lichtes der Lichtquelle zu ändern, wobei Abmessungen der
 15 Erhöhungen und Vertiefungen größer als eine Wellenlänge des auf diese auftreffenden Lichtes der Lichtquelle sind.

Zur Verbesserung der Leuchteigenschaften von Leuchten werden üblicherweise transparente Optiken vor einer Lichtquelle der Leuchte angeordnet, um eine
 20 Lichtstärkeverteilung der Leuchte bzw. des von der Lichtquelle emittierten Lichtes zu optimieren. Derartige Optiken werden in der Regel hergestellt, indem in eine transparente Kunststoff- oder Glasplatte Strukturen geschliffen werden, sodass auf die Strukturen auftreffendes Licht durch Lichtbrechung abgelenkt wird. Es sind auch Spritzgussverfahren bekannt, mit welchen solche Optiken hergestellt werden können. Auf Kunststoff- oder
 25 Glasplatten basierende Optiken sind jedoch mit einem großen Herstellungsaufwand verbunden und unterliegen zudem Einschränkungen in Bezug auf deren Formgestaltung.

Als vorteilhafte Weiterentwicklung wurden Optiken auf Folienbasis entwickelt, sogenannte Lichtlenkfolien mit einer durchschnittlichen Dicke von kleiner als 1 mm. Dabei wird in eine
 30 Oberfläche einer Folie eine Struktur mit Erhöhungen und Vertiefungen eingefügt, um eine Richtung eines auf die Struktur auftreffenden Lichtes zu ändern. Die Struktur ist dabei in der Regel als Mikrostruktur mit einer durchschnittlichen Strukturdicke von etwa 400 µm ausgeführt. Zur Herstellung einer solchen Feinstruktur haben sich insbesondere UV-Lithographie-Verfahren oder Prägeverfahren bewährt. Derartig hergestellte Lichtlenkfolien

können beispielsweise auf einem transparenten Abdeckelement einer Leuchte vor einer Lichtquelle der Leuchte angeordnet werden, um eine Lichtstärkeverteilung der Leuchte zu beeinflussen. Abhängig von einer Form und/oder Anordnung der in die Oberfläche der Lichtlenkfolie eingebrachten Erhöhungen und Vertiefungen, welche auch als

5 Mikroprismen bezeichnet werden, kann eine Lichtstärkeverteilung unterschiedlich beeinflusst bzw. geändert werden. Es wurden unterschiedliche Formen und Anordnungsvarianten von Erhöhungen bzw. Vertiefungen entwickelt, welche eine bestimmte Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes bewirken sollen.

10

Bekannt sind etwa Lichtlenkfolien, welche als Diffusor ausgebildet sind und eine Lichtstreuung zum Ziel haben. Eine derartige Diffusorfolie ist beispielsweise im Dokument WO 2012/141899 A1 offenbart. Die Lichtlenkfolie ist dabei mit einer Mikrostruktur aus Konen oder Pyramiden mit zufällig variierenden Öffnungswinkeln ausgebildet, wodurch

15 eine Homogenisierung von auf die Lichtlenkfolie auftreffendem Licht erreicht werden soll.

Ähnliche Varianten von Diffusorstrukturen sind beispielsweise auch in den Dokumenten EP 2 309 316 A1 oder WO 2015/095189 A1 offenbart. Derartige Diffusorfolien bezwecken in der Regel eine Homogenisierung oder Entblendung eines Lichtes einer Lichtquelle.

20

Als Weiterentwicklung wurden darüber hinaus Lichtlenkelemente auf Folienbasis, sogenannte Lichtlenkfolien, entwickelt, welche eine Formung einer bestimmten Lichtstärkeverteilung bzw. Lichtverteilungskurve zum Ziel haben und damit einen praktikablen Ersatz von mit Kunststoff- oder Glasplatten hergestellten Optiken darstellen

25 sollen.

So offenbart das Dokument WO 2017/050929 A1 eine Lichtlenkfolie, wobei eine Oberfläche der Folie Erhöhungen aufweist, welche insbesondere konusförmig oder pyramidenförmig sind. Die Erhöhungen weisen dabei Flankenabschnitte mit einem

30 einheitlichen Winkel zu einer parallel zur Oberfläche ausgerichteten Referenzebene auf. Durch den einheitlichen Winkel der Flankenabschnitte soll eine starke Entblendung und eine Formung insbesondere einer flügelartigen Lichtverteilungskurve erreichbar sein.

Das Dokument WO 2017/050923 A1 offenbart eine ähnliche Lichtlenkfolie, wobei durch einen bestimmten Winkelbereich von Flankenabschnitten zusätzlich zur Formung einer Lichtverteilungskurve eine hohe Light-Output-Rate erreichbar sein soll.

- 5 Diese Lichtlenkfolien stellen häufig einen praktikablen Ersatz für auf Basis von Kunststoffplatten gefertigten Optiken bei einem Einsatz in gebräuchlichen Leuchten dar, um eine Lichtstärkeverteilung zu optimieren. So können mit den vorgenannten Ausgestaltungen von Erhöhungen in Form von Konen oder Pyramiden, welche nach erprobten Schemata angeordnet werden, passable Lichtlenkungen erreicht werden, um
10 übliche Lichtverteilungskurven auszubilden.

- Im Zuge des Einführens von lichtemittierenden Dioden (LEDs) zum Zweck einer Alltagsbeleuchtung und einem vermehrten Verdrängen von konventionellen Leuchtmitteln wie Glühlampen bzw. Leuchtstofflampen durch LEDs sind neue Beleuchtungskonzepte
15 entstanden, welche dem veränderten Abstrahlverhalten von LEDs Rechnung tragen. LEDs sind üblicherweise als Punktstrahler ausgebildet und weisen zudem eine gerichtete Abstrahlcharakteristik auf. Dieses Abstrahlverhalten berücksichtigend weisen moderne auf LEDs basierende Lichtquellen häufig eine Vielzahl von einzelnen LEDs auf, welche zudem über einen räumlich ausgedehnten Bereich verteilt angeordnet sind. Dies führt zu
20 komplexen Abstrahlcharakteristiken, wodurch eine Lichtlenkung mit üblichen Lichtlenkfolien erschwert wird und gewünschte Lichtstärkeverteilungen häufig nur mit geminderter Präzision erreicht werden können.

- Hier setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs
25 genannten Art anzugeben, mit welchem eine Lichtlenkfolie hergestellt werden kann, welche eine optimierte Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes ermöglicht.

- Weiter ist es ein Ziel, eine Lichtlenkfolie der eingangs genannten Art anzugeben, welche
30 eine optimierte Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes ermöglicht.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei welchem die Herstellung der Lichtlenkfolie folgende Schritte umfasst:

- a) Vorgeben einer gewünschten, gegebenenfalls inhomogenen, Lichtstärkeverteilung;
- b) Berechnen der Struktur abhängig von einem Abstand zwischen Lichtquelle und Lichtlenkfolie sowie einer Abstrahlcharakteristik der Lichtquelle, um die vorgegebene Lichtstärkeverteilung zu erreichen;
- 5 c) Einprägen der berechneten Struktur in die zumindest eine Oberfläche der Folie, um die Lichtlenkfolie auszubilden.

Grundlage der Erfindung ist die Idee, Lichtlenkfolien entsprechend spezifischer Anwendungsanforderungen auszubilden und damit eine an einen Einsatzzweck
 10 angepasste Lichtstärkeverteilung zu erreichen. Dabei ist vorgesehen, dass die Lichtstärkeverteilung des von der Lichtquelle emittierten Lichtes durch Reflexion an der Lichtlenkfolie oder durch Transmission durch die Lichtlenkfolie hindurch geändert bzw. gezielt angepasst wird. Ein erfindungsgemäßes Verfahren ermöglicht es daher, Lichtlenkfolien herzustellen, welche als Optik wirken, indem Licht durch diese transmittiert
 15 und dabei an der Struktur gebrochen wird, und/oder als Reflektor wirken, indem Licht an der Struktur reflektiert wird.

Die Bezeichnung Licht ist in diesem Zusammenhang als Synonym für eine elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge zu verstehen, welche in einem für
 20 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.

Indem eine gewünschte Lichtstärkeverteilung vorgegeben wird und eine in zumindest eine
 25 Oberfläche der Folie einzuprägende Struktur entsprechend der vorgegebenen Lichtstärkeverteilung berechnet wird, um diese zu erreichen, ist die Lichtlenkfolie spezifisch auf einen jeweiligen Einsatzzweck abgestimmt herstellbar. Je nach Positionierung der Lichtlenkfolie relativ zur Lichtquelle treffen abhängig von einem Abstand zwischen Lichtlenkfolie und Lichtquelle sowie abhängig von einer
 30 Abstrahlcharakteristik der Lichtquelle Lichtstrahlen in unterschiedlichen Winkeln und/oder mit unterschiedlichen Intensitäten auf die Lichtlenkfolie. Indem vorgesehen ist, dass in eine Berechnung der Struktur der Abstand zwischen Lichtquelle und Lichtlenkfolie sowie die Abstrahlcharakteristik der Lichtquelle eingeht, wird das Abstrahlverhalten der Lichtquelle und eine spätere Arbeitsposition der Lichtlenkfolie relativ zur Lichtquelle bei

einer Erstellung der Struktur berücksichtigt, wodurch die vorgegebene Lichtstärkeverteilung in hohem Maße nachgebildet bzw. erreicht werden kann. Zweckmäßig erfolgt das Berechnen mit analytischen und/oder numerischen Berechnungsalgorithmen, insbesondere in Kombination mit computerunterstützter

5 Modellbildung und/oder Simulation.

Die berechnete Struktur wird in die zumindest eine Oberfläche der Folie eingeprägt, um die Lichtlenkfolie auszubilden. Prägeverfahren ermöglichen es, Strukturen, insbesondere Strukturen im Mikrometer-Bereich, mit hoher Genauigkeit in eine Oberfläche einer Folie

10 einzuprägen. Die berechnete Struktur wird formpräzise in die Oberfläche der Folie eingeprägt, wodurch eine Lichtstärkefolie ausgebildet wird, welche eine präzise Formung des von der Lichtquelle emittierten Lichtes entsprechend der vorgegebenen Lichtstärkeverteilung ermöglicht, wodurch eine optimierte Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes erreicht werden kann.

15 Grundsätzlich wird die berechnete Struktur in eine der Oberflächen der Folie eingeprägt. Um komplexe Lichtstärkeverteilungen zu formen, kann es auch erforderlich sein, dass die berechnete Struktur in beide Oberflächen der Folie eingeprägt wird. Dies erhöht zwar einen Herstellungsaufwand und/oder einen Berechnungsaufwand, allerdings sind dadurch

20 besonders starke Änderungen einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes möglich. Lichtstärkeverteilungen können damit besonders präzise geformt und/oder komplex ausgebildet werden. Es versteht sich, dass sich die in die beiden Oberflächen der Folie eingeprägten Ausformungen der Struktur üblicherweise voneinander unterscheiden.

25 Es hat sich gezeigt, dass es vorteilhaft ist, wenn eine Oberfläche der Lichtlenkfolie mit einer bestimmten Rauheit ausgebildet wird. Mit Vorteil ist hierzu vorgesehen, dass eine Oberfläche der Lichtlenkfolie mit einer mittleren Rauheit R_a , auch Mittelrauwert genannt, zwischen $0,4\ \mu\text{m}$ und $0,9\ \mu\text{m}$ und/oder einer gemittelten Rautiefe R_z , auch Zehnpunkthöhe

30 genannt, zwischen $3\ \mu\text{m}$ und $7\ \mu\text{m}$ ausgebildet wird. Dadurch wird eine Homogenisierung des auf die Lichtlenkfolie und/oder die Struktur auftreffenden Lichtes erreicht. Unerwünschte raumwinkelabhängige Intensitätsschwankungen in der durch die Lichtlenkfolie geformten Lichtstärkeverteilung werden auf diese Weise minimiert. Derartige Intensitätsschwankungen können beispielsweise durch Lichtreflexionen

innerhalb eines Aufbaus der Lichtquelle verursacht sein, etwa wenn die Lichtquelle mit mehreren räumlich beabstandeten Leuchtmitteln gebildet ist. Bewährt hat es sich, wenn sowohl die mittlere Rauheit als auch die mittlere Rautiefe Werte entsprechend den vorgenannten Werte-Bereichen aufweisen, wodurch eine besonders gleichmäßige

- 5 Homogenisierung erreicht wird. Als besonders praktikabel haben sich dabei eine mittlere Rauheit zwischen $0,5\ \mu\text{m}$ und $0,7\ \mu\text{m}$ und/oder eine gemittelte Rautiefe zwischen $4\ \mu\text{m}$ und $5\ \mu\text{m}$ herausgestellt. Rauheitswerte in diesem Bereich ermöglichen eine ausreichende Homogenisierung, ohne dass dabei gleichzeitig durch die Rauheit verursachte Streueffekte berücksichtigt werden müssen.

10

Grundsätzlich wird die Homogenisierung erreicht, wenn eine der Oberflächen der Lichtlenkfolie mit einer Rauheit entsprechend den vorgenannten Werte-Bereichen für die mittlere Rauheit und/oder gemittelte Rautiefe ausgebildet wird. Dies kann jene Oberfläche der Folie sein, in welche die Struktur eingeprägt ist oder jene welche dieser

- 15 gegenüberliegt. Um eine stärkere Homogenisierung zu erreichen, können aber auch beide Oberflächen der Lichtlenkfolie mit einer solchen Rauheit ausgebildet sein.

Bevorzugt ist es, wenn Außenflächen der Erhöhungen und/oder Außenflächen der Vertiefungen mit einer mittleren Rauheit und/oder gemittelten Rautiefe entsprechend den

20 vorgenannten Werte-Bereichen ausgebildet werden. Damit wird sowohl die Lichtlenkung als auch die Homogenisierung des auf die Lichtlenkfolie auftreffenden Lichtes durch die eingeprägte Struktur bewirkt, wodurch unerwünschte potenzielle Streueffekte vermieden werden.

- 25 Gleichzeitig hat sich herausgestellt, dass die Lichtstärkeverteilung besonders scharf abgegrenzt geformt werden kann, wenn eine Oberfläche der Lichtlenkfolie besonders glatt ausgebildet wird. Vorteilhaft ist es hierzu, wenn eine Oberfläche der Lichtlenkfolie mit einer mittleren Rauheit kleiner als $0,25\ \mu\text{m}$ und/oder einer gemittelten Rautiefe kleiner als $2\ \mu\text{m}$ ausgebildet wird. Auch hier kann dies jene Oberfläche der Folie sein, in welche die
- 30 Struktur eingeprägt ist, oder jene, welche dieser gegenüberliegt.

Um sowohl die vorgenannte Homogenisierung zu nutzen als auch eine Ausbildung einer scharf abgegrenzten Lichtstärkeverteilung zu begünstigen, hat es sich als Kompromiss bewährt, eine der Oberflächen der Lichtlenkfolie mit einer Rauheit entsprechend den

vorgenannten Werte-Bereichen für eine glatte Oberfläche und die andere Oberfläche der Lichtlenkfolie mit einer Rauheit entsprechend den vorgenannten Werte-Bereichen für eine raue Oberfläche bzw. eine Oberfläche mit einer bestimmten Rauheit auszubilden.

- 5 Es hat sich bewährt, dass die Lichtlenkfolie mit einer durchschnittlichen Dicke kleiner als 900 μm , üblicherweise kleiner 850 μm , beispielsweise etwa 800 μm , ausgebildet wird. Zweckmäßig ist es, wenn die Lichtlenkfolie mit einer durchschnittlichen Dicke kleiner als 600 μm , vorzugsweise kleiner als 400 μm , ausgebildet wird. Dies ermöglicht einerseits eine materialreduzierte und/oder kostenreduzierte Herstellung, andererseits aber auch ein
- 10 vorteilhaftes Transmissionsverhalten, da eine Lichtstreuung verursacht durch ein Material der Folie in der Regel minimiert werden kann. Insbesondere kann es zweckmäßig sein, wenn die Lichtlenkfolie mit einer Dicke kleiner als 400 μm , ausgebildet wird. Dadurch wird eine Flexibilität bzw. Elastizität der Folie erreicht, welche es ermöglicht, die Folie an eine Form einer gekrümmten Fläche, beispielsweise eine gekrümmt geformte Abdeckung einer
- 15 Leuchte, passgenau anzulegen.

- Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Struktur mit einer durchschnittlichen Höhe zwischen 10 μm und 200 μm ausgebildet wird. Eine Höhe der Struktur meint dabei einen vertikalen Abstand zwischen den höchsten Punkten der Erhöhungen und den tiefsten Punkten der
- 20 Vertiefungen. Eine Struktur mit einer solchen Höhe ermöglicht einerseits eine effiziente Lichtlenkung, ist andererseits aber noch klein genug, dass die optische Wahrnehmbarkeit der Struktur durch einen Anwender nicht zu einem störenden Einfluss wird. Besonders bevorzugt ist es, wenn die Struktur mit einer Höhe kleiner als 90 μm ausgebildet ist. Dadurch wird die Struktur von einem Anwender praktisch kaum mehr wahrgenommen und
- 25 muss insbesondere hinsichtlich eines Erscheinungsbildes, welches bei einem Element für eine Beleuchtungsanwendung einen einsatzrelevanten Faktor darstellt, nicht mehr berücksichtigt werden.

- Es ist von Vorteil, dass im Schritt c) die Struktur mit zumindest einer rotierenden
- 30 Prägewalze in die Oberfläche der Folie eingeprägt wird. Dadurch wird die Struktur sehr präzise und formgenau in die Folie eingeprägt. Eine Prägewalze bezeichnet dabei eine insbesondere zylindrisch geformte Walze mit einer Mantelfläche, in welche ein zu einer einzuprägenden Struktur korrespondierendes Profil eingearbeitet ist. In einer üblichen Ausführungsvariante wird die Prägewalze mit einer Trägerwalze gebildet, auf welcher eine

Prägehülse lösbar angeordnet ist, wobei eine Außenfläche der Prägehülse die Mantelfläche der Prägewalze bildet. Zum Einarbeiten eines Profils in die Prägehülse bzw. um eine Prägehülse durch eine andere Prägehülse zu ersetzen, kann die Prägehülse von der Trägerwalze entfernt werden, auch bezeichnet als Sleeve-System. Zweckmäßig ist
 5 dabei vorgesehen, dass die Prägehülse durch seitliches Aufschieben auf die Trägerwalze auf dieser angeordnet wird.

Üblicherweise ist dabei vorgesehen, dass die berechnete Struktur als Negativbild in die Mantelfläche der Prägewalze bzw. Prägehülse eingearbeitet wird. In die Folie
 10 einzuprägende Erhöhungen bzw. Vertiefungen entsprechen also Vertiefungen bzw. Erhöhungen in der Mantelfläche der Prägewalze bzw. Prägehülse. Die Prägewalze ist um eine Rotationsachse rotierbar gelagert. Indem die Prägewalze bzw. deren Mantelfläche abrollend über eine Folienoberfläche geführt wird, wird eine zum Profil korrespondierende Struktur in die Folienoberfläche geprägt.

15 Wenn die Mantelfläche der Prägewalze bzw. Prägehülse aus einer Al-Zn-Basislegierung gefertigt ist, kann das Profil bzw. das Negativbild besonders präzise in die Mantelfläche eingearbeitet werden. Al-Zn-Legierungen weisen eine hohe Festigkeit auf und können formgenau bearbeitet werden. Bevorzugt ist dabei vorgesehen, dass die Al-Zn-
 20 Basislegierung einen Zinkanteil von 0,8 Gew.-% bis 12,0 Gew.-% aufweist. Eine Festigkeit der Legierung ist dann besonders erhöht, wodurch zwar deren Bearbeitbarkeit etwas schwieriger ist, aber das Profil besonders fein ausgebildet werden kann. Auch sehr komplex geformte Profile können dann mit hoher Präzision in die Mantelfläche der Prägewalze eingearbeitet werden.

25 Als praktikable Alternative hat es sich bewährt, wenn die Mantelfläche der Prägewalze bzw. Prägehülse aus einem Schnellarbeitsstahl gefertigt ist. Schnellarbeitsstähle ermöglichen aufgrund deren ausgesprochen guten Schleifbarkeit bei gleichzeitig hoher Härte eine präzise Bearbeitbarkeit. Als besonders geeignet hat sich hierzu ein
 30 Schnellarbeitsstahl aufweisend (in Gew.-%): 1,5 bis 2,2 % C; 0,45 bis 0,55 % Si; 0,25 bis 0,35 % Mn; 3,6 bis 5,0 % Cr; 1,7 bis 3,0 % Mo; 4,5 bis 5,5 % V; 10,0 bis 14,5 % W; 7,5 bis 11,5 Co; Rest Fe und herstellungsbedingte Verunreinigungen, erwiesen.

Ein Einarbeiten des Profils in die Mantelfläche der Prägewalze erfolgt in der Regel mit üblichen Methoden des Zerspanens, wie beispielsweise Fräsen, Drehen und Schleifen. Auch Prägen und/oder Laserablation haben sich hierzu als geeignet erwiesen.

- 5 Vorteilhaft kann es sein, wenn mehrere Prägewalzen bzw. Prägehülsen vorgesehen sind, um die berechnete Struktur in die Folie bzw. in eine oder beide Oberflächen der Folie einzuprägen. Dies ermöglicht es, insbesondere beide Oberflächen der Folie gleichzeitig zu bearbeiten bzw. in beide Oberflächen der Folie gleichzeitig die berechnete Struktur einzuprägen, wenn die Prägewalzen bzw. Prägehülsen eng beabstandet voneinander
10 angeordnet sind und die Folie zwischen diesen durchgeführt wird. Es versteht sich, dass sich die in die beiden Oberflächen der Folie eingepprägten Ausformungen der Struktur üblicherweise voneinander unterscheiden. Die Prägewalzen sind hierzu üblicherweise im Rahmen eines sogenannten Prägekalanders angeordnet.
- 15 Es hat sich bewährt, dass die Folie mit einem Extrusionsprozess hergestellt wird, wobei ein Granulat, in der Regel ein Kunststoffgranulat, erwärmt und anschließend durch eine formgebende Öffnung bzw. Matrize gepresst wird. Der Herstellungsprozess kann besonders effizient erfolgen, wenn das Einprägen der berechneten Struktur an den Extrusionsprozess anschließend vorgesehen ist. Insbesondere wenn das Einprägen ein
20 Erwärmen der Folie vorsieht, kann eine Produktion der Lichtlenkfolie dadurch zeitoptimiert und/oder energieeffizient durchgeführt werden.

- Die Folie bzw. Lichtlenkfolie wird üblicherweise mit Kunststoff gebildet. Als geeignet erwiesen haben sich hierzu insbesondere Polyamide, Polyurethane, Polyester,
25 Polyolefine, Polycarbonate, Polymethylmethacrylate und/oder Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere.

- Die Bildung der Folie bzw. Lichtlenkfolie mit Kunststoff ermöglicht insbesondere eine gute Formbarkeit, wodurch die Lichtlenkfolie mit einer weitgehend beliebigen Krümmung
30 hergestellt werden kann. Vorteilhaft ist es deshalb, wenn die Folie gekrümmt ausgebildet wird. Auf diese Weise kann eine in einer Arbeitsposition der Lichtlenkfolie erforderliche Krümmung der Lichtlenkfolie schon im Rahmen der Herstellung der Lichtlenkfolie berücksichtigt werden. Ein Einbringen einer Krümmung in die Lichtlenkfolie erfolgt dabei in der Regel mit einem Erwärmen der Lichtlenkfolie sowie gleichzeitigem und/oder

anschließendem Verbiegen der Lichtlenkfolie. Zum Beispiel kann vorgesehen sein, dass die Lichtlenkfolie in der Arbeitsposition eine Lichtquelle umhüllen soll. Zweckmäßig wird die Lichtlenkfolie dann entsprechend der Form der Lichtquelle gekrümmt ausgebildet, sodass ein späteres zusätzliches Verformen bzw. Verbiegen, welches grundsätzlich
 5 aufgrund der üblicherweise großen Elastizität der Lichtlenkfolie möglich ist, nicht oder nur in geringem Maße erforderlich wird und damit spätere Biegebelastungen auf die Lichtlenkfolie vorteilhaft reduziert sind.

Insbesondere wenn die Lichtlenkfolie gekrümmt ausgebildet wird und/oder in einer
 10 Arbeitsposition stark gekrümmt wird, beeinflusst dies eine durch die Lichtlenkfolie verursachte Lichtlenkung. Zweckmäßig ist es daher, wenn ein Berechnen der Struktur im Schritt c) abhängig von einer Krümmung der Lichtlenkfolie in einer Arbeitsposition der Lichtlenkfolie erfolgt, um die vorgegebene Lichtstärkeverteilung zu erreichen. Dadurch wird die Lichtlenkfolie weiter auf den Einsatzzweck hin abgestimmt und eine präzise
 15 Lichtformung durch die Lichtlenkfolie erreicht bzw. sichergestellt.

Zur Änderung der Lichtstärkeverteilung kann vorgesehen sein, dass das Licht durch die Lichtlenkfolie transmittiert wird und an der Struktur gebrochen wird. Eine Änderung der Richtung des auf die Struktur auftreffenden Lichtes erfolgt dann durch Lichtbrechung. Die
 20 Lichtlenkfolie wirkt als Optik. Alternativ dazu kann zur Änderung der Lichtstärkeverteilung vorgesehen sein, dass das Licht an der Struktur reflektiert wird. Eine Änderung der Richtung des auf die Struktur auftreffenden Lichtes erfolgt dann durch Lichtreflexion. Die Lichtlenkfolie wirkt als Reflektor. Ist vorgesehen, dass das Licht an der Struktur reflektiert wird, ist es zweckmäßig, wenn die Struktur reflektierend ausgebildet wird. Dies kann
 25 beispielsweise erfolgen, indem die Folie aus einem reflektierendem Material hergestellt und/oder auf eine Oberfläche der Folie bzw. die Struktur eine Reflexionsschicht aufgebracht ist. Die Reflexionsschicht kann beispielsweise mit Aluminium oder Silber gebildet sein. Vorteilhaft ist es, wenn die Reflexionsschicht hochreflektierend ausgebildet wird. Dadurch kann, insbesondere durch Totalreflexion, eine präzise Lichtlenkung erreicht
 30 werden. Als günstig hat es sich erwiesen, wenn die Reflexionsschicht färbig ausgebildet wird, wodurch eine spektrale Zusammensetzung eines an der Reflexionsschicht reflektierten Lichtes beeinflusst werden kann.

Grundsätzlich kann die Lichtlenkfolie je nach geplantem Einsatzzweck transparent bzw. teiltransparent oder nicht transparent bzw. opak ausgebildet werden. Ist vorgesehen, dass eine Lichtlenkung erfolgt, indem Licht durch die Lichtlenkfolie transmittiert wird, wird die Lichtlenkfolie üblicherweise transparent oder zumindest teiltransparent ausgebildet. Ist
 5 vorgesehen, dass eine Lichtlenkung durch Reflexion von Licht an der Lichtlenkfolie erfolgt, wird die Lichtlenkfolie meist nicht transparent ausgebildet. Denkbar ist aber auch, dass eine Reflexion des Lichtes an der Lichtlenkfolie erfolgt, indem das Licht durch eine der Lichtquelle zugewandten Oberfläche der Lichtlenkfolie hindurchtritt und erst an einer der Lichtquelle abgewandten Oberfläche der Lichtlenkfolie reflektiert wird.

10

Günstig kann es sein, wenn die Lichtlenkfolie mit Bereichen unterschiedlicher Transparenz ausgebildet wird. Auf diese Weise kann eine Intensität der Lichtstärkeverteilung, insbesondere raumwinkelabhängig, beeinflusst werden. Die Bereiche können je nach Anforderungen transparent, teiltransparent oder nicht
 15 transparent ausgebildet werden. Denkbar ist aber auch, dass bereichsweise eine Schicht eines Materials, beispielsweise eine Kunststoffschicht, auf die Lichtlenkfolie bzw. die Folie aufgebracht wird, wobei diese Schicht teiltransparent oder nicht transparent ausgebildet ist. Eine nicht transparente Schicht kann aus einem reflektierenden Material, beispielsweise einer Metallschicht, etwa Aluminium oder Silber, gebildet werden.

20

Mit Vorteil kann vorgesehen sein, dass Partikel in die Lichtlenkfolie bzw. die Folie eingebracht und/oder auf die Lichtlenkfolie bzw. die Folie aufgebracht werden, um eine Transparenz eines Bereiches zu beeinflussen. Je nach Partikeldichte kann eine unterschiedliche Transparenz eingestellt werden. Um Bereiche unterschiedlicher
 25 Transparenz auszubilden, können die Partikel inhomogen verteilt angeordnet werden. Üblicherweise weisen die Partikel eine durchschnittliche Größe auf, die größer als eine durchschnittliche Wellenlänge des Lichtes der Lichtquelle ist, wodurch eine notwendige Partikeldichte zur Erreichung einer gewünschten Transparenz leichter eingestellt werden kann. Um eine Lichtfarbe bzw. eine spektrale Zusammensetzung des Lichtes zu
 30 beeinflussen, können die Partikel eine bestimmte Farbe aufweisen.

Um unerwünschte Reflexionen bei einem Eintritt des Lichtes in die Lichtlenkfolie zu vermeiden bzw. zu vermindern bzw. eine Transmission durch die Lichtlenkfolie zu erhöhen, ist es günstig, wenn eine Antireflexbeschichtung auf eine Oberfläche der Folie

aufgebracht wird. Zweckmäßig wird hierzu vorgesehen, dass die Antireflexbeschichtung einen Brechungsindex aufweist, welcher kleiner als der Brechungsindex der Folie und größer als der Brechungsindex einer Umgebungsatmosphäre, üblicherweise Luft, ist.

Bevorzugt wird die Antireflexbeschichtung mit mehreren Schichten mit unterschiedlichen Brechungsindizes ausgebildet, wodurch unerwünschte Reflexionen über einen breiten Wellenlängenbereich und/oder Einfallswinkelbereich des Lichtes vermindert werden können. Üblicherweise wird die Antireflexbeschichtung hierzu auf eine der Lichtquelle zugewandten Oberfläche der Folie aufgebracht.

Vorteilhaft ist es, wenn die Lichtlenkfolie bereichsweise phototrop ausgebildet wird oder zumindest bereichsweise eine phototrope Schicht auf die Lichtlenkfolie bzw. Folie aufgebracht wird. Dadurch kann das Transmissionsverhalten der Lichtlenkfolie abhängig von einer spektralen Zusammensetzung des Lichtes geändert werden. Phototrop bezeichnet eine Eigenschaft von bestimmten Molekülen, bei Einwirkung von elektromagnetischer Strahlung eines bestimmten Wellenlängenbereiches deren Absorptionseigenschaften zu ändern. Bekannt ist dies etwa von selbsttönenden Sonnenbrillen. Praktisch umgesetzt wird dies beispielsweise durch ein Einbringen von phototropen Substanzen in ein Glas oder Kunststoff. Um beispielsweise eine Erhöhung einer Absorption bei einem Einwirken von Licht im Spektralbereich von UV-Licht oder kurzwelligem blaufarbigem Licht zu erreichen, werden üblicherweise Indolino-Spironaphthoxazine als phototrope Substanz verwendet. So können zum Beispiel Indolino-Spironaphthoxazine zumindest bereichsweise in die Lichtlenkfolie bzw. die Folie eingebracht oder auf die Lichtlenkfolie bzw. die Folie aufgebracht werden, um eine Lichtstärkeverteilung von Licht zu ändern, welches in dessen elektromagnetischem Wellenspektrum einen Anteil von ultravioletttem Licht aufweist. Wird beispielsweise die Lichtlenkfolie verwendet, um eine Lichtstärkeverteilung von Sonnenlicht für eine optimierte Beleuchtung anzupassen, kann auf diese Weise bei einer unerwünscht starken Sonnenlichtintensität ein automatisches Abdunkeln vorgesehen werden.

Günstig ist es, wenn die Erhöhungen in Draufsicht auf die Folie als Anordnung von konzentrischen Ringen und/oder parallelen Streifen ausgebildet werden. Eine derartige Anordnung hat sich insbesondere bei einer symmetrisch geformten vorgegebenen Lichtstärkeverteilung als praktikabel herausgestellt. Ein Ausbilden als Anordnung von konzentrischen Ringen hat sich insbesondere bei einer eher rotationssymmetrisch

geformten Abstrahlcharakteristik bewährt, ein Ausbilden als Anordnung von parallelen Streifen insbesondere bei eher spiegelsymmetrisch geformten Abstrahlcharakteristiken. Eine genaue Form der Erhöhungen sowie eine Beanstandung der Ringe bzw. Streifen ergibt sich allerdings erst durch Berechnen der Struktur abhängig von einem Abstand
 5 zwischen Lichtquelle und Lichtlenkfolie sowie einer Abstrahlcharakteristik der Lichtquelle.

Mit Vorteil ist vorgesehen, dass zumindest eine Erhöhung, vorzugsweise eine Vielzahl von Erhöhungen, in einem ersten zu einer Oberfläche der Folie vertikalen Querschnitt mit einer Außenkontur mit variierenden Krümmungen ausgebildet wird. Es hat sich gezeigt,
 10 dass mit einer oder mehreren derartig geformten Erhöhungen eine Lichtstärkeverteilung der Lichtquelle entsprechend einer vorgegebenen Lichtstärkeverteilung mit hoher Genauigkeit angepasst werden kann. Eine präzise Anpassung wird insbesondere dadurch erreicht, dass eine Vielzahl von Erhöhung derartig ausgebildet wird. Zudem werden dadurch Kanten und/oder Spitzen in der Außenkontur vermieden, wodurch eine
 15 unerwünschte Lichtstreuung vermindert wird.

Bevorzugt ist es, wenn die zumindest eine Erhöhung, vorzugsweise mehrere Erhöhungen, im ersten zu einer Oberfläche der Folie vertikalen Querschnitt mit einer Außenkontur ausgebildet wird, welche als Segment einer Ellipse oder Parabel geformt ist. Dies
 20 ermöglicht ein präzises Formen bzw. Umlenken des auf die Struktur auftreffenden Lichtes. Zudem können die Erhöhungen dadurch, insbesondere aufgrund deren stetigen Krümmungsänderungen, robust und mit relativ geringen Nachbearbeitungserfordernissen ausgebildet werden. Ein Ausbilden der Außenkontur als Segment einer Ellipse hat sich besonders bewährt, wenn starke Richtungsänderungen bzw. komplexere vorgegebene
 25 Lichtstärkeverteilungen erreicht werden sollen. Ein Ausbilden der Außenkontur als Segment einer Parabel ist besonders geeignet, um gerichtete bzw. kleinwinkeligere Lichtstärkeverteilungen zu erzeugen. Um Lichtstärkeverteilungen zu erreichen, welche mehrere Lichtstärkemaxima aufweisen, ist es günstig, wenn mehrere Erhöhungen mit einer Außenkontur ausgebildet werden, welche als Segment einer Ellipse oder Parabel
 30 geformt sind. Es versteht sich, dass es vorteilhaft sein kann, wenn die mehreren Erhöhungen dabei mit unterschiedlich geformten Außenkonturen ausgebildet werden bzw. die Außenkonturen der Erhöhungen als Segmente von unterschiedlichen Ellipsen oder Parabeln bzw. von verschiedenen Segmenten der gleichen Ellipse oder Parabel geformt

werden. Insbesondere flügelartige Lichtstärkeverteilungen, sogenannte Batwing-Verteilungen, können auf diese Weise mit komplexer Form gebildet werden.

Vorteilhaft ist es, wenn die zumindest eine Erhöhung in einem zweiten zu einer
 5 Oberfläche der Folie vertikalen Querschnitt, welcher rechtwinklig zum ersten vertikalen Querschnitt ausgerichtet ist, mit einer Außenkontur mit variierenden Krümmungen ausgebildet wird. Dadurch wird ermöglicht, dass insbesondere eine zu erreichende Lichtstärkeverteilung, welche sehr komplex geformt ist, formgenau ausgebildet werden
 10 optimiert durchgeführt werden kann. Bevorzugt ist zudem wieder vorgesehen, dass die zumindest eine Erhöhung im zweiten vertikalen Querschnitt, mit einer Außenkontur ausgebildet wird, welche als Segment einer Ellipse oder Parabel geformt ist. Auf diese Weise können Wirkungen analog zu den vorgenannten Wirkungen bei der Ausbildung der Außenkontur im ersten vertikalen Querschnitt erreicht werden, welche allerdings
 15 besonders optimiert sind. Insbesondere kann dadurch die Erhöhung mit einer sehr robusten Außenfläche ausgebildet werden, welche, insbesondere aufgrund deren üblicherweise stetigen Krümmungsänderungen, eine geringe Anfälligkeit gegenüber Verschleiß aufweist. Es versteht sich, dass die Außenkonturen im ersten und im zweiten zu einer Oberfläche der Folie vertikalen Querschnitt bevorzugt eine unterschiedliche
 20 Gestalt aufweisen, wodurch eine Form der Erhöhung besonders gut auf die vorgegebene Lichtstärkeverteilung sowie die Abstrahlcharakteristik der Lichtquelle abgestimmt werden kann.

Eine Funktionalität der Lichtlenkfolie kann dadurch erhöht werden, dass eine
 25 elektronische Schaltung in die Folie eingebracht und/oder auf die Folie aufgebracht wird, wobei die elektronische Schaltung zumindest einen Sensor aufweist, um eine Messgröße zu erfassen, und/oder zumindest einen Aktor aufweist, um eine physikalische Größe entsprechend eines Steuersignales zu ändern. Die spezielle Ausgestaltung der elektronischen Schaltung, insbesondere des Sensors und/oder des Aktors, hängt von
 30 einem jeweiligen Einsatzzweck der Lichtlenkfolie ab. So kann die Lichtlenkfolie bzw. deren elektronische Schaltung in einer Arbeitsposition als Teil eines Steuerungs- oder Regelsystems einer Leuchte fungieren, wobei die elektronische Schaltung der Lichtlenkfolie von der Leuchte gesteuert und/oder mit Energie versorgt wird.

Es versteht sich, dass dem Fachmann klar ist, dass der Begriff elektronische Schaltung in diesem Zusammenhang sowohl elektronische Schaltung, elektrische Schaltung als auch mikroelektronische Schaltung und/oder mikroelektrische Schaltung umfasst.

- 5 Um eine autarke Energieversorgung der elektronischen Schaltung zu ermöglichen, ist es günstig, wenn die elektronische Schaltung einen Energiespeicher umfasst, beispielsweise einen Kondensator, einen Akkumulator oder eine Batterie. Günstig kann es sein, wenn eine Energieversorgung durch Induktion erfolgt. Zweckmäßig kann die elektronische Schaltung eine photovoltaische Zelle bzw. ein Photoelement aufweisen, um einen
10 Energiespeicher der elektronischen Schaltung mit Energie zu versorgen.

- Mit Vorteil ist vorgesehen, dass elektrische Leitungen der elektronischen Schaltung transparent oder teiltransparent ausgebildet werden. Dadurch kann eine Beeinflussung einer Lichtlenkfunktion der Lichtlenkfolie gezielt gesteuert werden. Hierzu können die
15 elektrischen Leitungen beispielsweise mit Indiumzinnoxid, auch ITO genannt, gebildet werden. Je nach Transparenz der elektronischen Schaltung bzw. von Bauteilen der elektronischen Schaltung kann beispielsweise eine Reflexion und/oder Transmission an bzw. durch die Lichtlenkfolie beeinflusst werden. Auf diese Weise können die elektronische Schaltung bzw. deren Bauteile vorteilhaft zur Lichtlenkfunktion der
20 Lichtlenkfolie beitragen.

- Der Sensor kann beispielsweise als Temperatursensor, Helligkeitssensor, Wärmemengensensor, Feuchtigkeitssensor, Schallsensor, Datenerfassungssensor, Annäherungssensor usw. ausgebildet werden. Auf diese Weise kann die Lichtlenkfolie in
25 einer Arbeitsposition, gegebenenfalls unter Wechselwirkung mit weiteren Bauelementen und/oder Steuerungssystemen, beispielsweise eine Funktion eines Bewegungsmelders, Anwesenheitsmelders, Feuermelders und/oder einer Datenerfassungseinheit verwirklichen.

- 30 Zweckmäßig ist es, wenn der Aktor als Anzeigeelement ausgebildet wird, beispielsweise um einen Status der elektrischen Schaltung anzuzeigen. Es versteht sich, dass es vorgesehen sein kann, dass die elektronische Schaltung mehrere unterschiedliche Sensoren und/oder Aktoren umfasst.

Günstig ist es, wenn die elektronische Schaltung mit einem Eingabeelement ausgebildet wird, sodass eine Interaktion mit einem Benutzer ermöglicht wird. Das Eingabeelement kann hierzu zweckmäßig als Annäherungssensor oder Drucksensor ausgebildet werden.

- 5 Als geeignete Verfahren, um die elektronische Schaltung bzw. Bauteile der elektronischen Schaltung in die Folie einzubringen und/oder auf die Folie aufzubringen, haben sich Druckverfahren, Klemmverfahren und/oder Lötverfahren erwiesen. Vorteilhaft ist es, wenn die elektronische Schaltung bzw. Bauteile der elektronischen Schaltung auf die Folie aufgedruckt werden. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass Bauteile der
- 10 elektronischen Schaltung bei der Herstellung der Folie, etwa im Rahmen eines Extrusionsprozesses, in die Folie eingebracht werden. So können etwa Bauteile der elektronischen Schaltung einem Granulat beigefügt werden, welches mit dem Extrusionsprozess zu einer Folie verarbeitet wird.
- 15 Mit Vorteil ist ein Verfahren zur Herstellung einer Beleuchtungsvorrichtung vorgesehen, wobei die Beleuchtungsvorrichtung eine Lichtlenkfolie zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung einer Lichtquelle aufweist, wobei die Lichtlenkfolie mit einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung einer Lichtlenkfolie hergestellt wird. Entsprechend den erfindungsgemäß vorgesehenen Ausführungen, Merkmalen und
- 20 Wirkungen eines vorstehend beschriebenen Verfahrens zur Herstellung einer Lichtlenkfolie wird eine optimierte Änderung einer Lichtstärkeverteilung der Beleuchtungsvorrichtung ermöglicht, indem die Lichtlenkfolie der Beleuchtungsvorrichtung mit einem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wird. Auf diese Weise kann eine Beleuchtungsvorrichtung hergestellt werden, welche eine präzise Formung des von der
- 25 Lichtquelle emittierten Lichtes entsprechend einer vorgegebenen Lichtstärkeverteilung ermöglicht.

- Das weitere Ziel der Erfindung wird durch eine Lichtlenkfolie der eingangs genannten Art erreicht, wobei zumindest eine Erhöhung, vorzugsweise eine Vielzahl von Erhöhungen, in
- 30 einem ersten zu einer Oberfläche der Folie vertikalen Querschnitt mit einer Außenkontur mit variierenden Krümmungen ausgebildet ist. Dies ermöglicht es, dass eine zu erreichende Lichtstärkeverteilung sehr formgenau ausgebildet werden kann. Zudem können derartig geformte Erhöhungen auf bestimmte Abstrahlcharakteristiken von

Lichtquellen optimiert angepasst geformt sein, wodurch die zu erreichende Lichtstärkeverteilung besonders präzise erreichbar ist.

Mit Vorteil ist vorgesehen, dass eine Oberfläche der Lichtlenkfolie mit einer mittleren
 5 Rauheit R_a , auch Mittelrauwert genannt, zwischen $0,4\ \mu\text{m}$ und $0,9\ \mu\text{m}$ und/oder einer gemittelten Rautiefe R_z , auch Zehnpunkthöhe genannt, zwischen $3\ \mu\text{m}$ und $7\ \mu\text{m}$ ausgebildet ist. Dadurch wird eine Homogenisierung des auf die Lichtlenkfolie und/oder die Struktur auftreffenden Lichtes erreicht und insbesondere unerwünschte raumwinkelabhängige Intensitätsschwankungen in der durch die Lichtlenkfolie geformten
 10 Lichtstärkeverteilung minimiert. Als besonders praktikabel haben sich dabei eine mittlere Rauheit zwischen $0,5\ \mu\text{m}$ und $0,7\ \mu\text{m}$ und/oder eine gemittelten Rautiefe zwischen $4\ \mu\text{m}$ und $5\ \mu\text{m}$ herausgestellt. Rauheitswerte in diesem Bereich ermöglichen eine ausreichende Homogenisierung, ohne dass dabei gleichzeitig durch die Rauheit verursachte Streueffekte berücksichtigt werden müssen.

15

Bevorzugt ist vorgesehen, dass die zumindest eine Erhöhung, vorzugsweise mehrere Erhöhungen, im ersten zu einer Oberfläche der Folie vertikalen Querschnitt mit einer Außenkontur ausgebildet ist, welche als Segment einer Ellipse oder Parabel geformt ist. Eine derartige Außenkontur ermöglicht ein präzises Formen bzw. Umlenken des auf die
 20 Erhöhung auftreffenden Lichtes und ist zudem mit reduziertem Arbeitsaufwand herstellbar, insbesondere wenn eine Herstellung mit einer Prägewalze erfolgt. Zudem weist eine derartig geformte Außenkontur aufgrund deren stetigen Krümmungsänderungen eine hohe Robustheit auf, sodass Verschleißerscheinungen reduziert sind. Eine Außenkontur, welche als Segment einer Ellipse ausgebildet ist, hat
 25 sich besonders bewährt, wenn starke Richtungsänderungen bzw. komplexere vorgegebene Lichtstärkeverteilungen erreicht werden sollen. Ein Ausbilden der Außenkontur als Segment einer Parabel ist besonders geeignet, um gerichtete bzw. kleinwinkeligere Lichtstärkeverteilungen zu erzeugen.

30 Vorteilhaft ist es, wenn die zumindest eine Erhöhung in einem zweiten zu einer Oberfläche der Folie vertikalen Querschnitt, welcher rechtwinklig zum ersten vertikalen Querschnitt ausgerichtet ist, mit einer Außenkontur mit variierenden Krümmungen ausgebildet ist. Dadurch ist ermöglicht, dass insbesondere eine zu erreichende Lichtstärkeverteilung, welche sehr komplex geformt ist, formgenau ausgebildet werden

kann und zudem eine Anpassung an bestimmte Abstrahlcharakteristiken besonders optimiert durchführbar ist. Bevorzugt ist zudem wieder vorgesehen, dass die zumindest eine Erhöhung im zweiten vertikalen Querschnitt, mit einer Außenkontur ausgebildet ist, welche als Segment einer Ellipse oder Parabel geformt ist. Auf diese Weise werden

5 Wirkungen analog zu den vorgenannten Wirkungen bei der Ausbildung der Außenkontur im ersten vertikalen Querschnitt erreicht, welche allerdings besonders optimiert sind.

Insbesondere kann dadurch die Erhöhung mit einer sehr robusten Außenfläche ausgebildet werden, welche, insbesondere aufgrund deren üblicherweise stetigen Krümmungsänderungen, eine geringe Anfälligkeit gegenüber Belastungen aufweist.

10 Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Außenkonturen im ersten und im zweiten zu einer Oberfläche der Folie vertikalen Querschnitt eine unterschiedliche Gestalt aufweisen, wodurch eine Form der Erhöhung besonders gut auf eine zu erreichende Lichtstärkeverteilung sowie eine Abstrahlcharakteristik der Lichtquelle abstimmbare ist.

15 Es versteht sich, dass die erfindungsgemäße Lichtlenkfolie entsprechend bzw. analog den erfindungsgemäßen Ausgestaltungen, Merkmalen, Formen und/oder Ausprägungen und mit den entsprechenden korrespondierenden vorteilhaften Wirkungen, welche im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Lichtlenkfolie vorstehend beschrieben sind, ausgebildet sein kann. In Bezug auf weitere erfindungsgemäße

20 Ausgestaltungen, Formen und/oder Ausprägungen der Lichtlenkfolie sowie deren vorteilhaften Wirkungen darf also insbesondere auf die vorstehenden Absätze verwiesen werden.

Mit Vorteil ist eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer erfindungsgemäßen Lichtlenkfolie

25 vorgesehen. Entsprechend den erfindungsgemäß vorgesehenen Ausführungen, Merkmalen und Wirkungen einer erfindungsgemäßen Lichtlenkfolie, ist dadurch eine optimierte Änderung bzw. Formung einer Lichtstärkeverteilung der

Beleuchtungsvorrichtung ermöglicht. Zweckmäßig kann die Lichtlenkfolie dabei als Optik ausgebildet sein, wobei eine Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten

30 Lichtes geändert wird, indem das Licht durch die Lichtlenkfolie transmittiert wird, wobei das Licht an der Struktur der Lichtlenkfolie gebrochen wird. Alternativ kann die Lichtlenkfolie dabei als Reflektor ausgebildet sein, wobei das Licht durch die Lichtlenkfolie bzw. an der Struktur der Lichtlenkfolie reflektiert wird.

Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen ergeben sich aus den nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen. In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug genommen wird, zeigen:

- 5 Fig. 1 eine erfindungsgemäße Lichtlenkfolie, welche vor einer Lichtquelle angeordnet ist;
- Fig. 2 ein Lichtverteilungsdiagramm mit einer durch die Lichtlenkfolie der Fig. 1 erreichbaren Lichtstärkeverteilung;
- Fig. 3 ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Lichtlenkfolie.

10

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Lichtlenkfolie 1, die in einem Abstand A vor einer Lichtquelle, welche als LED 2 ausgebildet ist, angeordnet ist. Die Lichtlenkfolie 1 ist dabei in einem zu einer Oberfläche der Folie 3 vertikalen Querschnitt dargestellt. Die Lichtlenkfolie 1 ist mit einer Folie 3 gebildet, wobei in eine

15 Oberfläche der Folie 3 eine Struktur S mit Erhöhungen 4 und Vertiefungen eingeprägt ist, um eine Richtung eines auf die Struktur S auftreffenden Lichtes der Lichtquelle zu ändern, wobei Abmessungen der Erhöhungen 4 und Vertiefungen größer als eine Wellenlänge des auf diese auftreffenden Lichtes der LED 2 sind. Die LED 2 weist eine bestimmte Abstrahlcharakteristik LV1 auf, welche eine räumliche Intensitätsverteilung eines von der

20 LED 2 emittierten Lichtes beschreibt. Um eine bestimmte Lichtstärkeverteilung LV2 mit hoher Präzision zu erreichen, ist vorgesehen, dass mehrere Erhöhungen 4 in einem zu einer Oberfläche der Folie 3 vertikalen Querschnitt mit einer Außenkontur mit variierenden Krümmungen ausgebildet sind. Ersichtlich ist, dass die Erhöhungen 4 dabei eine Außenkontur aufweisen, welche als Segmente von Ellipsen geformt sind. Auf diese Weise

25 kann das auf die Struktur S auftreffende Licht präzise umgelenkt bzw. geformt werden. Zudem weist eine derartig geformte Struktur S bzw. Erhöhung 4 eine hohe Robustheit auf und kann, insbesondere durch Einprägen mit einer Prägewalze, mit relativ geringem Nachbearbeitungsaufwand hergestellt werden.

30 Eine derartig geformte Struktur S ergibt sich vorteilhaft dadurch, dass bei einer Herstellung der Lichtlenkfolie 1 eine gewünschte, gegebenenfalls inhomogene, Lichtstärkeverteilung LV2 vorgegeben wird, ein Berechnen der Struktur S abhängig vom Abstand A zwischen Lichtquelle und Lichtlenkfolie 1 sowie der Abstrahlcharakteristik LV1 der Lichtquelle erfolgt, um die vorgegebene Lichtstärkeverteilung LV2 zu erreichen und

wonach schließlich ein Einprägen der berechneten Struktur S in die Oberfläche der Folie 3 durchgeführt wird. Auf diese Weise ist die vorgegebene Lichtstärkeverteilung LV2 mit hoher Präzision erreichbar bzw. formbar.

- 5 Ersichtlich ist, dass die Folie 3 im vertikalen Querschnitt zu einer Oberfläche der Folie 3 zwei, insbesondere beabstandet, angeordnete Erhöhungen 4 aufweist, deren Außenkonturen als Segmente von Ellipsen geformt sind. Dadurch ist eine Lichtstärkeverteilung LV2 mit zwei Intensitätsmaxima erreichbar. Zudem sind weitere Erhöhungen 4 mit einer Außenkontur ausgebildet, welche winkelig geformt ist, wobei ein
- 10 erster Winkelschenkel als Gerade und ein zweiter Winkelschenkel als Segment einer Ellipse ausgebildet ist. Diese ermöglichen es, eine Anpassung an eine vorgegebene Lichtstärkeverteilung LV2 weiter zu präzisieren. Die Struktur S ermöglicht schließlich aufgrund deren speziellen Ausgestaltung eine formpräzise Ausgestaltung einer flügelartigen Lichtstärkeverteilung LV2, einer sogenannten Batwing-Verteilung.

15

Fig. 2 zeigt ein Lichtverteilungsdiagramm 5 mit einer durch die Lichtlenkfolie 1 der Fig. 1 erreichbaren Lichtstärkeverteilung LV2 bzw. Lichtverteilungskurve. Ersichtlich ist, dass eine formpräzise flügelartige Lichtstärkeverteilung LV2 erreichbar ist, welche insbesondere ohne Kanten fein ausgeformt ist.

20

- Fig. 3 zeigt ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Lichtlenkfolie 1. Indem bei einer Herstellung der Lichtlenkfolie 1 eine gewünschte Lichtstärkeverteilung LV2 vorgegeben wird und eine in zumindest eine Oberfläche der Folie 3 einzuprägende Struktur S entsprechend der vorgegebenen
- 25 Lichtstärkeverteilung LV2 berechnet wird, um diese zu erreichen, ist die Lichtlenkfolie 1 spezifisch auf einen jeweiligen Einsatzzweck abgestimmt herstellbar. Wie im Ablaufdiagramm schematisch gezeigt, umfasst die Herstellung der Lichtlenkfolie 1 folgende, insbesondere aufeinanderfolgende, Schritte:

- 30 a) Vorgeben einer gewünschten, gegebenenfalls inhomogenen, Lichtstärkeverteilung LV2, welche durch die Lichtlenkfolie 1 erreichbar sein soll. Dadurch ist die Lichtlenkfolie 1 spezifisch auf einen jeweiligen Einsatzzweck abgestimmt herstellbar.

- b) Berechnen der Struktur S abhängig von einem Abstand A zwischen Lichtquelle und Lichtlenkfolie 1 sowie einer Abstrahlcharakteristik LV1 der Lichtquelle, um die vorgegebene Lichtstärkeverteilung LV2 zu erreichen. Indem vorgesehen ist, dass in die Berechnung der Struktur S der Abstand A zwischen Lichtquelle und Lichtlenkfolie 1 in einer späteren Arbeitsposition der Lichtlenkfolie 1 sowie die Abstrahlcharakteristik LV1 der Lichtquelle in dieser Arbeitsposition eingeht, wird eine Struktur S geschaffen, welche geeignet ist, die vorgegebene Lichtstärkeverteilung LV2 mit hoher Präzision zu erreichen.
- 5
- c) Einprägen der berechneten Struktur S in die zumindest eine Oberfläche der Folie 3, um die Lichtlenkfolie 1 auszubilden. Durch Einprägen, insbesondere mit einer Prägewalze, wird die berechnete Struktur S formpräzise in die Oberfläche der Folie 3 eingeprägt, wodurch eine Lichtstärkefolie ausgebildet wird, welche eine präzise Formung des von der Lichtquelle emittierten Lichtes entsprechend der vorgegebenen Lichtstärkeverteilung LV2 ermöglicht.
- 10

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Lichtlenkfolie (1) zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes, wobei in eine
 - 5 Folie (3) an zumindest einer Oberfläche der Folie (3) eine Struktur (S) mit Erhöhungen (4) und Vertiefungen eingeprägt wird, um eine Richtung eines auf die Struktur (S) auftreffenden Lichtes der Lichtquelle zu ändern, wobei Abmessungen der Erhöhungen (4) und Vertiefungen größer als eine Wellenlänge des auf diese auftreffenden Lichtes der Lichtquelle sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Herstellung der Lichtlenkfolie (1)
 - 10 folgende Schritte umfasst:
 - a) Vorgeben einer gewünschten, gegebenenfalls inhomogenen, Lichtstärkeverteilung (LV2);
 - b) Berechnen der Struktur (S) abhängig von einem Abstand (A) zwischen Lichtquelle und Lichtlenkfolie (1) sowie einer Abstrahlcharakteristik (LV1) der Lichtquelle, um die
 - 15 vorgegebene Lichtstärkeverteilung (LV2) zu erreichen;
 - c) Einprägen der berechneten Struktur (S) in die zumindest eine Oberfläche der Folie (3), um die Lichtlenkfolie (1) auszubilden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Oberfläche der
 - 20 Lichtlenkfolie (1) mit einer mittleren Rauheit R_a zwischen $0,4\ \mu\text{m}$ und $0,9\ \mu\text{m}$ und/oder einer gemittelten Rautiefe R_z zwischen $3\ \mu\text{m}$ und $7\ \mu\text{m}$ ausgebildet wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die
 - 25 Lichtlenkfolie (1) mit einer durchschnittlichen Dicke kleiner als $600\ \mu\text{m}$, vorzugsweise kleiner als $400\ \mu\text{m}$, ausgebildet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die
 - 30 Struktur (S) mit einer durchschnittlichen Höhe zwischen $10\ \mu\text{m}$ und $200\ \mu\text{m}$ ausgebildet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass im
 - Schritt c) die Struktur (S) mit zumindest einer rotierenden Prägewalze in die Oberfläche der Folie (3) eingeprägt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie (3) gekrümmt ausgebildet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtlenkfolie (1) mit Bereichen unterschiedlicher Transparenz ausgebildet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhöhungen (4) in Draufsicht auf die Folie (3) als Anordnung von konzentrischen Ringen und/oder parallelen Streifen ausgebildet werden.

10

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Erhöhung (4), vorzugsweise eine Vielzahl von Erhöhungen (4), in einem ersten zu einer Oberfläche der Folie (3) vertikalen Querschnitt mit einer Außenkontur mit variierenden Krümmungen ausgebildet wird.

15

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Erhöhung (4), vorzugsweise mehrere Erhöhungen (4), im ersten zu einer Oberfläche der Folie (3) vertikalen Querschnitt mit einer Außenkontur ausgebildet wird, welche als Segment einer Ellipse oder Parabel geformt ist.

20

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Erhöhung (4) in einem zweiten zu einer Oberfläche der Folie (3) vertikalen Querschnitt, welcher rechtwinklig zum ersten vertikalen Querschnitt ausgerichtet ist, mit einer Außenkontur mit variierenden Krümmungen ausgebildet wird.

25

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Erhöhung (4) im zweiten vertikalen Querschnitt mit einer Außenkontur ausgebildet wird, welche als Segment einer Ellipse oder Parabel geformt ist.

30

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass vor oder nach dem Schritt c) eine elektronische Schaltung in die Folie (3) eingebracht und/oder auf die Folie (3) aufgebracht wird, wobei die elektronische Schaltung zumindest einen Sensor aufweist, um eine Messgröße zu erfassen, und/oder zumindest ein Aktor aufweist, um eine physikalische Größe entsprechend eines Steuersignales zu ändern.

14. Verfahren zur Herstellung einer Beleuchtungsvorrichtung, wobei die Beleuchtungsvorrichtung eine Lichtlenkfolie (1) zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung einer Lichtquelle aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtlenkfolie (1) mit einem
5 Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 hergestellt wird.

15. Lichtlenkfolie (1), welche insbesondere mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 hergestellt ist, zur Änderung einer Lichtstärkeverteilung eines von einer Lichtquelle emittierten Lichtes, aufweisend eine Folie (3), wobei in zumindest eine
10 Oberfläche der Folie (3) eine Struktur (S) mit Erhöhungen (4) und Vertiefungen eingebracht, insbesondere eingeprägt, ist, um eine Richtung eines auf die Struktur (S) auftreffenden Lichtes der Lichtquelle zu ändern, wobei Abmessungen der Erhöhungen (4) und Vertiefungen größer als eine Wellenlänge des auf diese auftreffenden Lichtes der Lichtquelle sind, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Erhöhung (4),
15 vorzugsweise eine Vielzahl von Erhöhungen (4), in einem ersten zu einer Oberfläche der Folie (3) vertikalen Querschnitt mit einer Außenkontur mit variierenden Krümmungen ausgebildet ist.

16. Lichtlenkfolie (1) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass eine
20 Oberfläche der Lichtlenkfolie (1) mit einer mittleren Rauheit R_a zwischen $0,4\text{ }\mu\text{m}$ und $0,9\text{ }\mu\text{m}$ und/oder einer gemittelten Rautiefe R_z zwischen $3\text{ }\mu\text{m}$ und $7\text{ }\mu\text{m}$ ausgebildet ist.

17. Lichtlenkfolie (1) nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Erhöhung (4), vorzugsweise mehrere Erhöhungen (4), im ersten zu einer
25 Oberfläche der Folie (3) vertikalen Querschnitt mit einer Außenkontur ausgebildet ist, welche als Segment einer Ellipse oder Parabel geformt ist.

18. Lichtlenkfolie (1) nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Erhöhung (4) in einem zweiten zu einer Oberfläche der Folie (3)
30 vertikalen Querschnitt, welcher rechtwinklig zum ersten vertikalen Querschnitt ausgerichtet ist, mit einer Außenkontur mit variierenden Krümmungen ausgebildet ist.

19. Lichtlenkfolie (1) nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Erhöhung (4) im zweiten vertikalen Querschnitt, mit einer Außenkontur ausgebildet wird, welche als Segment einer Ellipse oder Parabel geformt ist.
- 5 20. Beleuchtungsvorrichtung mit einer Lichtlenkfolie (1) nach einem der Ansprüche 15 bis 19.

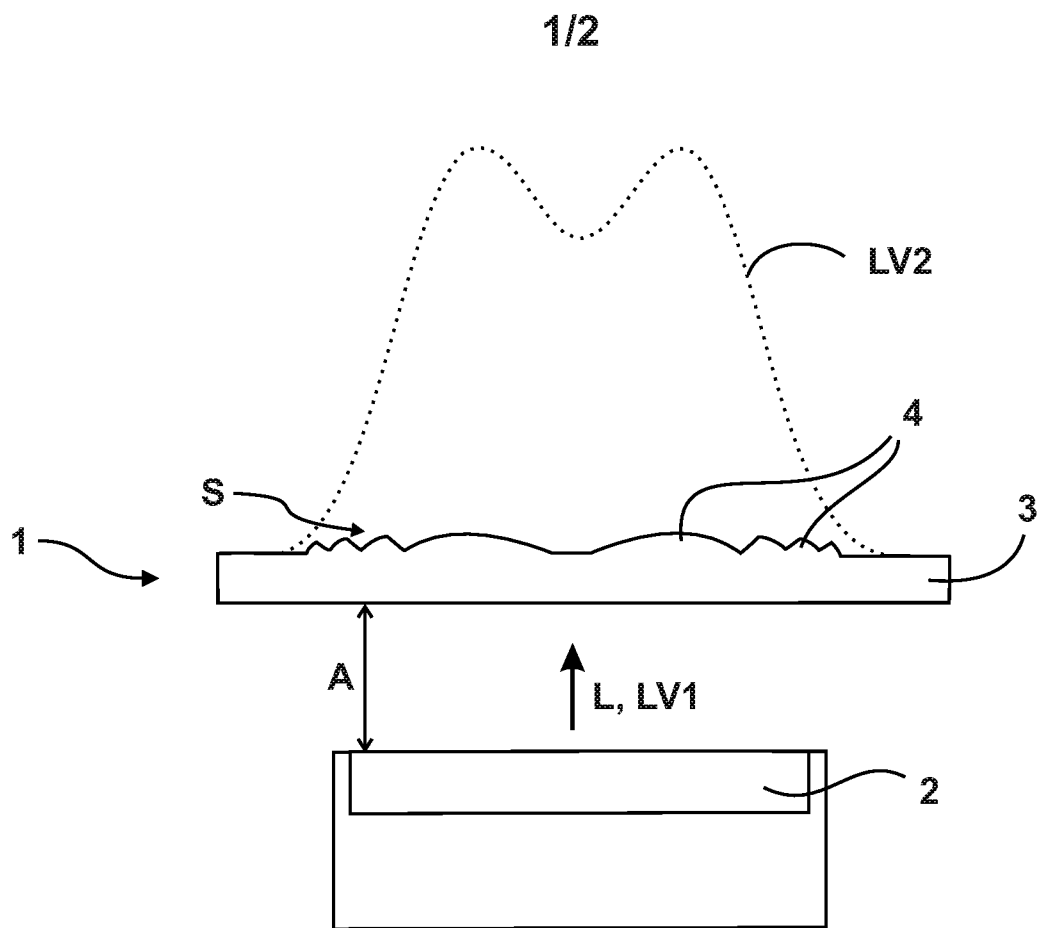


Fig. 1

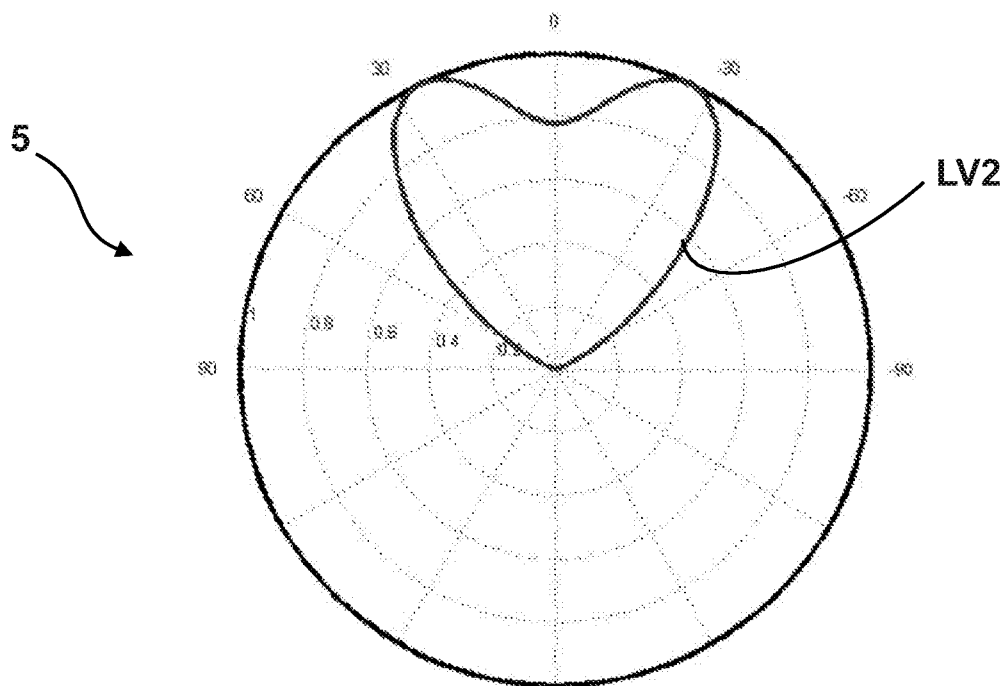


Fig. 2

2/2

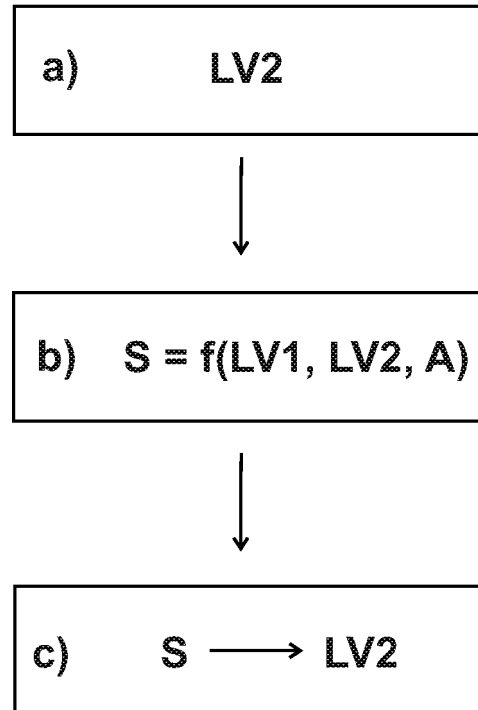


Fig. 3