

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. Juni 2019 (20.06.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/115010 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01S 3/784 (2006.01) G01S 3/781 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/000557

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Dezember 2018 (11.12.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 129 433.3
11. Dezember 2017 (11.12.2017) DE

(71) Anmelder: **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS
GMBH** [DE/DE]; Leibnizstr. 4, 93055 Regensburg (DE).

(72) Erfinder: **MÜLLER, Michael**; Hüterweg 8d, 85748 Gar-
ching (DE). **BACHMANN, Alexander**; Flurstr. 2b, 85737

Ismaning (DE). **ENZMANN, Roland Heinrich**; The light
Collection 2, 1D-3A-01 Jalan Pantai Sinaran, 11700 Ge-
lugar Penang (MY).

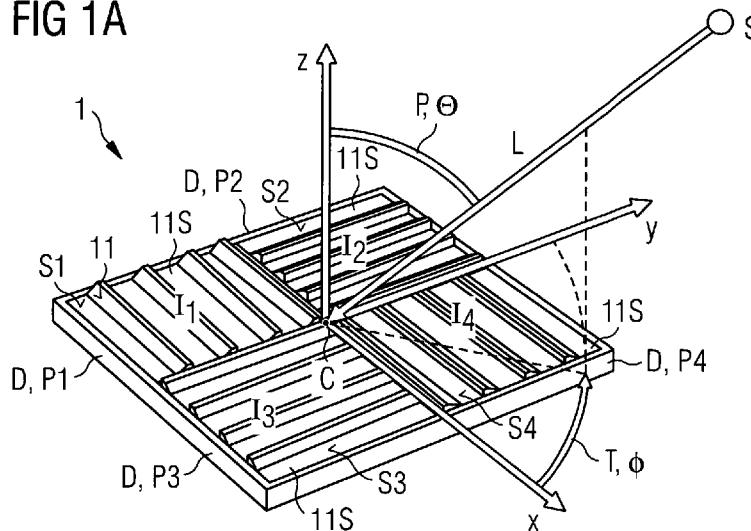
(74) Anwalt: **ZACCO PATENT- UND RECHTSANWAL-
TSGESELLSCHAFT mbH**; Bayerstrasse 83, 80335 Mün-
chen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: LIGHT SENSOR, METHOD FOR PRODUCING A LIGHT SENSOR, AND METHOD FOR DETERMINING THE
POSITION OF A LIGHT SOURCE

(54) Bezeichnung: LICHTSENSOR, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES LICHTSENSORS UND VERFAHREN ZUR
BESTIMMUNG DER POSITION EINER LICHTQUELLE

FIG 1A



(57) Abstract: The invention relates to a light sensor (1) which has a plurality of subregions (P1, P2, P3, P4) and a front side (11) having a plurality of segments (S1, S2, S3, S4), wherein the segments of the front side are each associated with one of the subregions of the light sensor. The light sensor has shading elements (IIS) on the front side, which are designed to achieve at least partially different shading effects in different segments of the front side which are covered by the shading elements when the light sensor is irradiated in a non-perpendicular manner. The invention also relates to a method for producing such a light sensor and to a method for determining the position of a light source using such a light sensor.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Lichtsensor (1) angegeben, der eine Mehrzahl von Teilbereichen (PI, P2, P3, P4) und eine Vor-
derseite (11) mit einer Mehrzahl von Segmenten (S1, S2, S3, S4) aufweist, wobei die Segmente der Vorderseite jeweils einem der



WO 2019/115010 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Teilbereiche des Lichtsensors zugeordnet sind. Der Lichtsensor weist Abschattungselemente (IIS) auf der Vorderseite auf, die bei einer nicht-senkrechten Bestrahlung des Lichtsensors zur Erzielung zumindest teilweise unterschiedlicher Abschattungseffekte in verschiedenen von den Abschattungselementen bedeckten Segmenten der Vorderseite eingerichtet sind. Des Weiteren werden ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Lichtsensors sowie ein Verfahren zur Bestimmung der Position einer Lichtquelle mit einem solchen Lichtsensor angegeben.

- 1 -

**LICHTSENSOR, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES LICHTSENSORS UND
VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER POSITION EINER LICHTQUELLE**

Es wird ein Lichtsensor, insbesondere ein Sonnenstandssensor,
5 angegeben. Des Weiteren werden ein Verfahren zur Herstellung
eines Lichtsensors und ein Verfahren zur Bestimmung der Posi-
tion einer Lichtquelle angegeben.

Gängige Sensoren zur Bestimmung der Position einer Lichtquelle
10 können eine Mehrzahl von getrennten und zueinander gekippt
angeordneten Photodioden aufweisen, die etwa auf einer mehr-
fach gebogenen Leiterplatte befestigt sind. Solche Photodioden
können über die Leiterplatte nur aufwendig und relativ insta-
bil miteinander verbunden werden, sodass die Sensoren insge-
15 samt mechanisch instabil sind und außerdem einen hohen Aufwand
bezüglich der Montage und der Kalibrierung erfordern.

Eine Aufgabe ist es, einen kompakten und mechanisch stabilen
Lichtsensor anzugeben. Des Weiteren wird ein vereinfachtes und
20 kosteneffizientes Verfahren zur Herstellung eines oder einer
Mehrzahl von Lichtsensoren angegeben. Zudem wird ein zuverläs-
siges Verfahren zur Bestimmung der Position einer Lichtquelle
angegeben.

25 Diese Aufgaben werden durch einen Lichtsensor gemäß dem unab-
hängigen Anspruch und/oder im Zusammenhang mit einem solchen
Lichtsensor gelöst. Weitere Ausgestaltungen und Weiterbildun-
gen des Lichtsensors sowie des Verfahrens zur Herstellung des
Lichtsensors oder zur Bestimmung der Position einer Licht-
30 quelle sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform eines Lichtsensors weist
dieser eine Mehrzahl von Teilbereichen und eine Vorderseite

- 2 -

mit einer Mehrzahl von Segmenten auf. Insbesondere sind die Segmente der Vorderseite jeweils einem der Teilbereiche des Lichtsensors zugeordnet und umgekehrt. Die Segmente der Vorderseite können aneinander angrenzen, insbesondere unmittelbar aneinander angrenzen. Die gesamte Vorderseite des Lichtsensors kann zusammenhängend ausgeführt sein. Zum Beispiel ist die Vorderseite als Strahlungseintrittsfläche des Lichtsensors ausgebildet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors weist dieser Abschattungselemente auf, die insbesondere auf der Vorderseite angeordnet sind. Zum Beispiel sind die Abschattungselemente unmittelbar auf der Vorderseite gebildet. Die Abschattungselemente sind somit keine Bestandteile einer externen Optik, die etwa auf dem Lichtsensor angeordnet ist. Es ist jedoch auch denkbar, dass der Lichtsensor eine Optik mit solchen Abschattungselementen aufweist.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die Segmente von den Abschattungselementen bedeckt, und die Abschattungselemente sind dazu eingerichtet, bei einer nicht senkrechten Bestrahlung des Lichtsensors zumindest teilweise unterschiedliche Abschattungseffekte in den verschiedenen Segmenten der Vorderseite zu erzielen.

Bevorzugt sind Abschattungselemente bezüglich ihrer Geometrien, ihrer Positionen und/oder ihrer Orientierung oder Verteilungsdichte in den einzelnen Segmenten der Vorderseite derart eingerichtet, dass zumindest teilweise unterschiedliche Abschattungseffekte in verschiedenen von den Abschattungselementen bedeckten Segmenten der Vorderseite etwa bei einer nicht-senkrechten Bestrahlung des Lichtsensors erzielt werden.

- 3 -

Alle Segmente können mit solchen Abschattungselementen versehen sein. Abweichend davon ist es möglich, dass zumindest eines der Segmente frei von solchen Abschattungselementen ist. Die Abschattungselemente können unterschiedlich geformte Strukturierungen auf der Vorderseite sein.

Zum Beispiel sind die Abschattungselemente strahlungsabsorbierend oder strahlungsreflektierend ausgeführt. Die Abschattungselemente können aus einem Licht absorbierenden oder aus einem Licht reflektierenden Material gebildet sein. Abhängig von der Position der Lichtquelle können die Abschattungselemente unterschiedlich große Schatten auf freiliegende, von den Abschattungselementen nicht unmittelbar bedeckte Regionen der Vorderseite werfen. Die unterschiedlichen Abschattungseffekte in den verschiedenen von den Abschattungselementen bedeckten Segmenten können dadurch erzielt werden, dass unterschiedliche prozentuale Anteile oder unterschiedliche Teilflächen einer Gesamtfläche der jeweiligen Segmente bei einer Bestrahlung des Lichtsensors durch die Abschattungselemente beschattet werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors unterscheiden sich die Abschattungseffekte in mindestens zwei verschiedenen von den Abschattungselementen bedeckten Segmenten aufgrund der unterschiedlich ausgebildeten Abschattungselemente voneinander, insbesondere bei einer vorgegebenen relativen Position der Lichtquelle zum Lichtsensor. Die vorgegebene relative Position der Lichtquelle zum Lichtsensor kann etwa bis auf die Position der senkrechten Bestrahlung des Lichtsensors beliebig sein. Es ist bevorzugt, allerdings nicht zwingend erforderlich, dass sich die Abschattungseffekte in allen Segmenten voneinander unterscheiden. Es ist möglich, dass die Abschattungselemente auf der Vorderseite derart ausgeführt sind, dass bei einer vorgegebenen relativen Position

- 4 -

der Lichtquelle zum Lichtsensor die Abschattungseffekte in einem ersten Segment und in einem zweiten Segment identisch sind, während sich diese von den Abschattungseffekten in einem dritten Segment und/oder in einem vierten Segment unterscheiden.

5

Die Segmente können paarweise gleiche oder unterschiedliche Flächen aufweisen. Bevorzugt weisen alle Segmente oder zumindest alle von den Abschattungselementen bedeckten Segmente die gleiche Fläche auf. Zum Beispiel weisen alle Segmente oder
10 zumindest alle von den Abschattungselementen bedeckten Segmente den gleichen Umfang und/oder die gleiche Fläche und/oder dieselbe Geometrie auf. Es ist möglich, dass die Segmente jeweils die Form eines gleichseitigen oder regelmäßigen Vielecks, etwa die Form eines gleichseitigen oder regelmäßigen
15 Dreiecks, Vierecks, Fünfecks oder Sechsecks, oder andere geometrische Formen aufweisen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors sind die Abschattungselemente etwa bezüglich ihrer Geometrien, Positionen und/oder ihrer Orientierung oder Verteilungsdichte
20 auf der Vorderseite derart ausgeführt, dass die Verläufe der Abschattungseffekte in verschiedenen von den Abschattungselementen bedeckten Segmenten bei Änderung der Positionen der Lichtquelle zumindest teilweise oder vollständig unterschiedlich sind. Die Verläufe der Abschattungseffekte können durch
25 die Änderungen der beschatteten Teilflächen der jeweiligen Segmente und/oder durch die in den jeweiligen zugehörigen Teilbereichen des Lichtsensors registrierten Photoströme angegeben werden.

30

Aufgrund der unterschiedlichen Abschattungseffekte und/oder der unterschiedlichen Verläufe der Abschattungsstärken in den

- 5 -

verschiedenen von den Abschattungselementen bedeckten Segmenten können unterschiedliche elektrische Stromstärken oder Stromverläufe, etwa Photoströme oder Photostromverläufe, in den einzelnen Segmenten der Vorderseite oder in den einzelnen Teilbereichen des Lichtsensors registriert werden. Anhand der registrierten elektrischen Stromstärken kann die relative Position einer Lichtquelle zum Lichtsensor insbesondere eindeutig identifiziert werden. Die relative Position der Lichtquelle zum Lichtsensor kann durch eine Einfallsrichtung und/oder einen Einfallswinkel eines von der Lichtquelle emittierten und auf die Vorderseite des Lichtsensors auftreffenden Lichtstrahls angegeben werden. Zum Beispiel ist die Lichtquelle die Sonne und der Lichtstrahl ein Sonnenlichtstrahl. Mit Hilfe des Lichtsensors können die Höhe und die Richtung der Lichtquelle, etwa der Sonne, eindeutig bestimmt werden. Der Lichtsensor kann ein Sonnenstandssensor sein. Die vertikale Höhe der Lichtquelle kann durch den Polarwinkel und die laterale Richtung der Lichtquelle durch den Azimutwinkel angegeben werden. Ein solcher Lichtsensor kann Anwendung in einem Fahrzeug finden, etwa für die Klimaanlage-Regelung in einem Auto.

In mindestens einer Ausführungsform des Lichtsensors weist dieser eine Mehrzahl von Teilbereichen und eine Vorderseite mit einer Mehrzahl von Segmenten auf, wobei die Segmente der Vorderseite jeweils einem der Teilbereiche des Lichtsensors zugeordnet sind. Der Lichtsensor weist Abschattungselemente auf der Vorderseite auf, die bei einer Bestrahlung des Lichtsensors, insbesondere bei einer nicht-senkrechten Bestrahlung des Lichtsensors, zur Erzielung zumindest teilweise unterschiedlicher Abschattungseffekte in den verschiedenen von den Abschattungselementen bedeckten Segmenten der Vorderseite eingerichtet sind.

- 6 -

Sind die Abschattungseffekte in den verschiedenen Segmenten der Vorderseite zumindest teilweise unterschiedlich, können in den verschiedenen Teilbereichen des Lichtsensors zumindest teilweise unterschiedliche elektrische Signale oder Ströme, insbesondere unterschiedliche Stromstärken, registriert werden. Wird die Position der Lichtquelle verändert, ändern/ändert sich die Einfallrichtung und/oder der Einfallswinkel des auf die Vorderseite auftreffenden Lichtstrahls. Entsprechend der Änderung der Position der Lichtquelle ändert sich der prozentuale Anteil der beschatteten Gesamtfläche auf den einzelnen Segmenten. Für jede Position der Lichtquelle können die in elektrischen Ströme umgewandelten Photoströme in verschiedenen Teilbereichen des Lichtsensors gemessen werden. Die gemessenen elektrischen Stromstärken in den Segmenten oder Teilbereichen bilden für jede Position der Lichtquelle jeweils eine Istwert-Gruppe, zum Beispiel ein n -Tupel aus den normierten Werten der registrierten Photoströme. Mit der Istwert-Gruppe kann die Position der Lichtquelle etwa anhand von vorgegebenen Sollwert-Gruppen aus gemessenen oder aus theoretisch ermittelten Soll-Stromstärken in verschiedenen Teilbereichen des Lichtsensors identifiziert werden. Zur Vereinfachung der Identifizierung können die Werte für die Stromstärken der Istwert-Gruppe und der Sollwert-Gruppen jeweils normiert sein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors weist die Vorderseite n von den Abschattungselementen bedeckte Segmente auf. Zum Beispiel weist die Vorderseite mindestens n , genau n oder genau $n+1$ Segmente auf. Die Nummer n ist insbesondere eine natürliche Zahl größer oder gleich 2, etwa zwischen einschließlich 3 und 12 oder zwischen einschließlich 3 und 9 oder zwischen einschließlich 4 und 8. Der Lichtsensor weist insbesondere n Teilbereiche auf, die jeweils einem der n Segmente zugeordnet sind. Zweckmäßig sind die n Segmente

- 7 -

ebenfalls jeweils einem der Teilbereiche eindeutig zugeordnet. Bevorzugt sind die Abschattungselemente in den jeweiligen Segmenten bezüglich ihrer Geometrie, Position, Orientierung und/oder Verteilung auf der Vorderseite derart ausgeführt,

5 dass zu jeder relativen Position einer Lichtquelle zum Lichtsensor aufgrund der bei einer Bestrahlung des Lichtsensors durch die Lichtquelle hervorgerufenen unterschiedlichen Abschattungseffekte in den Segmenten ein unterschiedliches n -Tupel aus den in den n Teilbereichen des

10 Lichtsensors registrierten Photoströme zuordenbar ist. Die Photoströme können in Form von elektrischen Signalen oder Stromstärken in den jeweiligen Teilbereichen des Lichtsensors ermittelt werden.

15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors sind/ist eine Einfallsrichtung und/oder ein Einfallswinkel eines im Betrieb des Lichtsensors auf die Vorderseite auftreffenden Lichtstrahls anhand der in den Teilbereichen des Lichtsensors registrierten elektrischen Stromstärken eindeutig

20 bestimmbar. Die in den Teilbereichen des Lichtsensors registrierten elektrischen Stromstärken sind insbesondere aufgrund der unterschiedlichen Abschattungseffekte in verschiedenen von den Abschattungselementen bedeckten Segmenten zumindest teilweise unterschiedlich. Verschiedene Positionen der

25 Lichtquelle entsprechen daher verschiedenen n -Tupeln aus den Photoströmen. Anhand der Einfallsrichtung und des Einfallswinkels des Lichtstrahls kann die relative Position der Lichtquelle zum Lichtsensor eindeutig bestimmt werden.

30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors sind die unterschiedlichen Abschattungseffekte in den verschiedenen von den Abschattungselementen bedeckten Segmenten durch die

- 8 -

Geometrie, Position und/oder durch die Orientierung oder Verteilung der Abschattungselemente auf der Vorderseite realisiert.

- 5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors sind die Abschattungselemente in Draufsicht auf die Vorderseite bezüglich ihrer Orientierung und/oder ihrer Verteilung in verschiedenen Segmenten unterschiedlich gestaltet.
- 10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors bilden die Abschattungselemente in Draufsicht auf die Vorderseite in verschiedenen Segmenten, insbesondere in allen von den Abschattungselementen bedeckten Segmenten, jeweils ein geometrisch gleiches Muster. Die Abschattungselemente können jedoch
- 15 in den verschiedenen Segmenten unterschiedlich orientiert angeordnet sein. Das geometrisch gleiche Muster kann in den verschiedenen Segmenten unterschiedlich orientiert angeordnet sein. Die unterschiedlich orientierten Muster in den verschiedenen Segmenten sind insbesondere durch Drehung ineinander
- 20 überführbar. Ist die Anzahl der von den Abschattungselementen bedeckten Segmente n , kann das Muster eines Segments insbesondere durch eine Drehung um einen Winkel von $360^\circ/n$ oder Mehrfachen davon auf das unterschiedlich orientierte Muster eines weiteren beliebigen Segments abgebildet werden. Abhängig von
- 25 der Orientierung solcher Segmente kann in Draufsicht auf der Vorderseite ein Gesamtmuster aus allen Mustern der Segmente eine n -zählige Drehsymmetrie oder keine n -zählige Drehsymmetrie aufweisen.
- 30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors bilden die Abschattungselemente in Draufsicht auf die Vorderseite ein Gesamtmuster, das eine 3-zählige, eine 4-zählige Drehsymmetrie oder eine n -zählige Drehsymmetrie aufweist, wobei n die Anzahl

- 9 -

der von den Abschattungselementen bedeckten Segmente ist. Es ist möglich, dass die Vorderseite mit den darauf angeordneten Abschattungselementen in Draufsicht eine 3-zählige, eine 4-zählige Drehsymmetrie oder eine n-zählige Drehsymmetrie aufweist. Das durch die Abschattungselemente gebildete Gesamtmuster oder die Vorderseite mit den darauf angeordneten Abschattungselementen weist insbesondere keine Rotationssymmetrie, das heißt keine Symmetrie bezüglich einer Drehung um einen beliebigen Winkel, und insbesondere keine Achsensymmetrie, das heißt keine Spiegelsymmetrie bezüglich einer Symmetrieachse, auf. Eine mögliche Rotationssymmetrie oder Achsensymmetrie des Gesamtmusters oder der Vorderseite wird insbesondere durch die Anordnung der Abschattungselemente gebrochen.

Das Gesamtmuster aus den Abschattungselementen weist eine n-zählige Drehsymmetrie auf, wenn es durch eine Drehung um einen Winkel von $360^\circ/n$ um eine Drehachse auf sich selbst abgebildet wird. Die Drehachse ist etwa senkrecht zu der Vorderseite gerichtet und erstreckt sich insbesondere durch einen Symmetriepunkt hindurch. Der Symmetriepunkt ist etwa mittig auf der Vorderseite angeordnet und kann der gedachte geometrische Schwerpunkt der Vorderseite sein. Zum Beispiel ist der Symmetriepunkt der Grenzpunkt aller von den Abschattungselementen bedeckten Segmente der Vorderseite. Ist die Vorderseite oder das Gesamtmuster n-zählig drehsymmetrisch ausgeführt, weist die Vorderseite oder das Gesamtmuster insbesondere keine Drehsymmetrie bezüglich einer Drehung um einen Winkel kleiner als $360^\circ/n$ und somit auch keine Rotation- oder Achsensymmetrie auf.

30

Ist die Anzahl der von den Abschattungselementen bedeckten Segmente zum Beispiel genau vier, kann die Vorderseite oder das Gesamtmuster mit der 4-zähligen Drehsymmetrie durch eine

- 10 -

Drehung um einen Winkel von 90° , 180° oder 270° auf sich selbst abgebildet werden. Eine solche Vorderseite oder ein solches Gesamtmuster weist jedoch keine Drehsymmetrie um einen Winkel kleiner als 90° auf. Weist die Vorderseite mit den darauf angeordneten Abschattungselementen oder das Gesamtmuster zum Beispiel eine 3-zählige Drehsymmetrie auf, ist die Vorderseite oder das Gesamtmuster symmetrisch bezüglich einer Drehung um einen Winkel von 120° oder 240° um die zugehörige Drehachse.

Für die Identifizierung der relativen Position der Lichtquelle zum Lichtsensor ist es besonders zweckmäßig, wenn die Vorderseite mit den darauf angeordneten Abschattungselementen und/oder das Gesamtmuster eine n-zählige Drehsymmetrie aufweist, da die Erfassung der Sollwerte für die Sollwert-Gruppen besonders vereinfacht wird. Werden die den verschiedenen Segmenten zugehörigen Stromstärken-Sollwerte als Kurvendiagramme dargestellt, unterscheiden sich die Kurvenverläufe dieser Stromstärken-Sollwerte als Funktion der Richtung der Lichtquelle, etwa als Funktion des Azimutwinkels, und bei konstanter Höhe der Lichtquelle, etwa bei konstantem Polarwinkel, lediglich um eine Phasenverschiebung um eine Phase von $360^\circ/n$.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors bilden die Abschattungselemente in Draufsicht auf die Vorderseite in jedem Segment ein Muster, wobei die Muster der Segmente allein durch Vertauschung der Positionen der Segmente in ein Gesamtmuster überführbar ist, das eine 3-zählige, eine 4-zählige Drehsymmetrie oder eine n-zählige Drehsymmetrie aufweist, wobei n die Anzahl der von den Abschattungselementen bedeckten Segmente ist.

- 11 -

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors weist die Vorderseite genau vier von den Abschattungselementen bedeckte Segmente auf. Bevorzugt weist das aus den Abschattungselementen gebildetes Gesamtmuster oder die Vorderseite mit den
5 darauf angeordneten Abschattungselementen in Draufsicht keine Rotationssymmetrie oder Achsensymmetrie auf. Die Abschattungselemente können jedoch ein Gesamtmuster aufweisen, das eine 4-zählige Drehsymmetrie aufweist.

10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors weist die Vorderseite genau drei oder genau sechs von den Abschattungselementen bedeckte Segmente auf. Bevorzugt weist das Gesamtmuster aus den Abschattungselementen oder die Vorderseite mit den darauf angeordneten Abschattungselementen in Drauf-
15 sicht keine Rotationssymmetrie oder Achsensymmetrie auf. Die Abschattungselemente können ein Gesamtmuster bilden, das eine 3-zählige oder eine 6-zählige Drehsymmetrie aufweist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors sind
20 die verschiedenen, insbesondere benachbarten Abschattungselemente desselben Segments oder der verschiedenen Segmente auf der Vorderseite voneinander lateral beabstandet, oder zumindest bereichsweise voneinander lateral beabstandet.

25 Unter einer lateralen Richtung wird eine Richtung verstanden, die insbesondere parallel zu einer Haupterstreckungsfläche der Vorderseite des Lichtsensors verläuft. Entlang der lateralen Richtungen sind die Segmente der Vorderseite nebeneinander angeordnet. Unter einer vertikalen Richtung wird eine Richtung
30 verstanden, die insbesondere senkrecht zu der Haupterstreckungsfläche der Vorderseite des Lichtsensors gerichtet ist. Die vertikale Richtung und die laterale Richtung sind etwa orthogonal zueinander.

- 12 -

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors sind die Abschattungselemente vertikale Erhebungen auf der Vorderseite. Zum Beispiel weisen die Abschattungselemente zumindest eine schräg ausgebildete Seitenfläche auf. Eine Seitenfläche
5 des Abschattungselements ist schräg ausgebildet, wenn diese mit der Vorderseite des Lichtsensors einen inneren Winkel bildet, der etwa zwischen einschließlich 10° und 80° ist, zum Beispiel zwischen einschließlich 20° und 70° oder zwischen einschließlich 30° und 60° . Es ist möglich, dass die Abschattungselemente jeweils mindestens zwei oder alle Seitenflächen
10 aufweisen, die jeweils zu der Vorderseite schräg ausgebildet sind. Die schrägen Seitenflächen desselben Abschattungselements können unterschiedlich große Winkel mit der Vorderseite bilden.

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors sind die Abschattungselemente unmittelbar auf der Vorderseite angeordnet. Zum Beispiel ist die Vorderseite des Lichtsensors durch Strahlungseintrittsflächen der Teilbereiche gebildet.

20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors umfasst dieser eine einzige Photodiode. Die Teilbereiche des Lichtsensors können durch segmentierte Teilregionen der einzigen Photodiode gebildet sein. Die Abschattungselemente können
25 auf der Strahlungseintrittsfläche, insbesondere unmittelbar auf der Strahlungseintrittsfläche der einzigen Photodiode gebildet sein.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors umfasst dieser eine Mehrzahl von einzelnen Photodioden, deren Strahlungseintrittsflächen jeweils einem der Segmente der Vorderseite des Lichtsensors zugeordnet sind. Die Photodioden können

- 13 -

jeweils einem der Teilbereiche des Lichtsensors zugeordnet sein.

Es ist möglich, dass die Photodioden jeweils genau einen der
5 Teilbereiche des Lichtsensors bilden. Die Anzahl der Photodioden und die Anzahl der gesamten Segmente und/oder die Anzahl der von den Abschattungselementen abgedeckten Segmente der Vorderseite und/oder die Anzahl der Teilbereiche des Lichtsensors können identisch sein.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors weisen die Strahlungseintrittsflächen der einzelnen Photodioden in Draufsicht auf die Vorderseite jeweils ein derart geometrisch gleiches Muster aus den Abschattungselementen auf, dass das
15 Muster der Abschattungselemente eines Segments lediglich durch Drehung in das Muster der Abschattungselemente eines anderen Segments überführbar ist. In Draufsicht auf die Vorderseite können die Muster der einzelnen Segmente in ihrer Orientierung und/oder Anordnung voneinander unterscheiden.

20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Lichtsensors weist dieser ein weiteres von den Abschattungselementen unbedecktes Segment und einen weiteren dem weiteren Segment zugehörigen Teilbereich auf, wobei das weitere Segment und der weitere
25 Teilbereich zur Ermittlung einer tatsächlichen auf die Vorderseite des Lichtsensors auftreffende Lichtintensität pro unbedeckte Flächeneinheit eingerichtet sind. Die tatsächlich auf die Vorderseite des Lichtsensors auftreffende Lichtintensität pro Flächeneinheit kann als Referenzwert etwa für die Normierung der in den übrigen Teilbereichen des Lichtsensors registrierten Photoströme beziehungsweise elektrischen Stromstärken dienen.
30

- 14 -

Das weitere Segment oder der weitere Teilbereich kann eine beliebige geometrische Form aufweisen. Bevorzugt sind/ist das weitere Segment und/oder der weitere Teilbereich jedoch kreisförmig oder n-seitig ausgeführt, wobei n die Anzahl der von den Abschattungselementen bedeckten Segmente des Lichtsensors ist. Das weitere Segment und die von den Abschattungselementen bedeckten Segmente können die gleiche Geometrie und/oder Fläche aufweisen. Es ist möglich, dass das weitere Segment und die von den Abschattungselementen bedeckten Segmente unterschiedliche Geometrie und/oder Fläche aufweisen. Zum Beispiel weist das weitere Segment im Vergleich zu den von den Abschattungselementen bedeckten Segmenten eine kleinere Fläche auf. In Draufsicht auf die Vorderseite können/kann das weitere Segment und/oder der weitere Teilbereich randseitig oder zentral auf der Vorderseite angeordnet sein.

In mindestens einer Ausführungsform eines Verfahrens zur Herstellung eines Lichtsensors, insbesondere des hier beschriebenen Lichtsensors, wird zumindest eine oder eine Mehrzahl von Photodioden bereitgestellt. Der herzustellende Lichtsensor weist zumindest eine Photodiode auf. Die Abschattungselemente können unmittelbar auf einer Strahlungseintrittsfläche der Photodiode oder der jeweiligen Photodioden gebildet werden, zum Beispiel mittels eines Gießverfahrens oder eines lithographischen Verfahrens oder eines Beschichtungsverfahrens insbesondere unter Verwendung einer Maske. Die Abschattungselemente sind somit keine Bestandteile einer externen Optik, die etwa auf der Photodiode oder auf den Photodioden angeordnet ist.

Unter einem Gießverfahren wird allgemein ein Verfahren verstanden, mit dem eine Formmasse bevorzugt unter Druckeinwirkung gemäß einer vorgegebenen Form ausgestaltet und erforderlichenfalls ausgehärtet werden kann. Insbesondere umfasst der

- 15 -

Begriff „Gießverfahren“ zumindest Gießen (molding), Spritzgießen (injection molding), Spritzpressen (transfer molding) und Formpressen (compression molding). Zur Bildung der Abschattungselemente wird insbesondere eine Formmasse aus einem strahlungsreflektierenden oder strahlungsabsorbierenden Material verwendet.

Bei einem lithographischen Verfahren kann eine Photolackschicht, die insbesondere strahlungsabsorbierend oder strahlungsreflektierend ausgeführt ist, auf die Strahlungseintrittsfläche der Photodiode aufgebracht werden. Die Photolackschicht kann zunächst flächig auf die Strahlungseintrittsfläche der Photodiode aufgebracht werden. Zur Bildung der Abschattungselemente wird die Photolackschicht strukturiert, insbesondere durch Belichtung der Photolackschicht. Nach der Belichtung kann die Photolackschicht auf der Strahlungseintrittsfläche der Photodiode oder auf den Strahlungseintrittsflächen der Photodioden verbleiben. Alternativ ist es möglich, zunächst eine strahlungsabsorbierende oder strahlungsreflektierende Schicht insbesondere flächig auf die Strahlungseintrittsfläche der Photodiode oder auf die Strahlungseintrittsflächen der Photodioden aufzubringen. Mit der Photolackschicht kann eine Maske zur teilweisen Entfernung oder Ätzung der strahlungsabsorbierenden oder strahlungsreflektierenden Schicht zur Erzeugung der Abschattungselemente gebildet werden. Auch ist es möglich, zunächst die Maske aus der Photolackschicht auszubilden und zur Erzeugung der Abschattungselemente ein strahlungsabsorbierendes oder strahlungsreflektierendes Medium mit Hilfe der Maske strukturiert auf die Strahlungseintrittsfläche der Photodiode oder auf die Strahlungseintrittsflächen der Photodioden aufzubringen. Mittels eines Beschichtungsverfahrens unter Verwendung einer Maske können

- 16 -

die Abschattungselemente zunächst flächig, strukturiert und/oder direkt auf die Strahlungseintrittsfläche der Photodiode oder auf die Strahlungseintrittsflächen mehrerer Photodiode aufgebracht werden.

5

Es ist möglich, dass der Lichtsensor eine einzige oder eine Mehrzahl von Photodioden aufweist. Weist der Lichtsensor eine Mehrzahl von Photodioden auf, können diese zunächst zusammengesetzt und mechanisch verbunden werden, bevor die Abschattungselemente etwa in einem gemeinsamen Verfahrensschritt auf den Strahlungseintrittsflächen der Photodioden gebildet werden.

10

Alternativ ist es möglich, dass die einzelnen Photodioden zur Bildung des Lichtsensors erst zusammengesetzt werden, nachdem die Abschattungselemente auf den Strahlungseintrittsflächen der einzelnen Photodioden gebildet sind. Ein solcher Lichtsensor weist eine Mehrzahl von Photodioden auf, die nebeneinander angeordnet und gegebenenfalls miteinander mechanisch verbunden sind.

15

20

Es ist bevorzugt, dass die Abschattungselemente auf der Strahlungseintrittsfläche der Photodiode ein Muster bilden, welches insbesondere nicht rotationsymmetrisch ist und insgesamt unterschiedlich große Schatten auf der Strahlungseintrittsfläche wirft, wenn die Photodiode aus verschiedenen lateralen und/oder vertikalen Richtungen bestrahlt wird. Der Lichtsensor kann aus einer Mehrzahl von Photodioden mit identischen Abschattungselementen und/oder mit einem identischen Muster aus den Abschattungselementen zusammengesetzt werden, wobei die Photodioden lediglich zueinander gedreht angeordnet sind.

25

30

- 17 -

Weist der Lichtsensor eine Mehrzahl von Photodioden auf, ist es möglich, dass zumindest eine dieser Photodioden keine Abschattungselemente aufweist. Weist der Lichtsensor eine einzige Photodiode mit segmentierten Teilregionen auf, ist es
5 ebenfalls möglich, dass zumindest eine dieser Teilregionen keine Abschattungselemente aufweist.

Das hier beschriebene Verfahren ist für die Herstellung eines hier beschriebenen Lichtsensors besonders geeignet. Die in Zusammenhang mit dem Lichtsensor beschriebenen Merkmale können
10 daher auch für das Verfahren herangezogen werden und umgekehrt.

In mindestens einer Ausführungsform eines Verfahrens zur Bestimmung einer Einfallrichtung und eines Einfallswinkels eines auftreffenden Lichtstrahls, und somit insbesondere zur Bestimmung der relativen Position einer Lichtquelle zum Lichtsensor, wird ein Lichtsensor, bevorzugt ein hier beschriebener Lichtsensor verwendet.

20 Es werden Daten aus den Sollwerten der elektrischen Stromstärken in den Teilbereichen des Lichtsensors zur Erfassung von Sollwert-Gruppen erstellt, zum Beispiel für eine Halbsphäre mit den Kugelkoordinaten ϕ sowie θ . Jede Sollwert-Gruppe kann genau einem $\{\phi, \theta\}$ -Paar zugeordnet sein, oder umgekehrt. Insbesondere ist jede Sollwert-Gruppe ein Tupel aus den Sollwerten der elektrischen Stromstärken, insbesondere normierten elektrischen Stromstärken, die jeweils einem der Teilbereiche des Lichtsensors zugeordnet sind. Die Kugelkoordinate ϕ beschreibt etwa den Azimutwinkel zwischen einschließlich 0° und
30 360° und kann die laterale Position der Lichtquelle angeben. Die Kugelkoordinate θ beschreibt etwa den Polarwinkel, dessen Betrag zwischen einschließlich 0° und 90° ist, und kann die

- 18 -

vertikale Position der Lichtquelle angeben. Die relative Position der Lichtquelle zum Lichtsensor, das heißt die Richtung des auftreffenden Lichtstrahls, kann durch die Kugelkoordinaten $\{\phi, \theta\}$ eindeutig wiedergegeben werden.

5

Durch die Erstellung der Sollwert-Gruppen für eine Halbsphäre, wobei jede Sollwert-Gruppe die Sollwerte der elektrischen Stromstärken aus allen Teilbereichen des Lichtsensors enthält, ist eine ein-eindeutige Zuordnung zwischen den Sollwert-Gruppen und den durch die Kugelkoordinaten $\{\phi, \theta\}$ angegebenen Positionen der Lichtquelle möglich. Die eindeutige Zuordnung zwischen den Sollwert-Gruppen und den Kugelkoordinaten $\{\phi, \theta\}$ kann in Form von Tabellen oder Diagrammen wiedergegeben werden.

15

Zur Bestimmung der Einfallsrichtung und des Einfallswinkels des auftreffenden Lichtstrahls beziehungsweise der Position der Lichtquelle werden Ist-Werte der elektrischen Stromstärken in den Teilbereichen des Lichtsensors zur Bildung einer Istwert-Gruppe gemessen. Die Istwert-Gruppe enthält zweckmäßig genauso viele Parameter wie eine Sollwert-Gruppe.

20

Zur Bestimmung, insbesondere zur eindeutigen Bestimmung der Einfallsrichtung und des Einfallswinkels des auftreffenden Lichtstrahls anhand der Kugelkoordinaten ϕ und θ wird die Istwert-Gruppe mit den Daten der Sollwert-Gruppen verglichen. Bei diesem Vergleich kann die Istwert-Gruppe mit einer Sollwert-Gruppe aus den erstellten Daten identifiziert werden. Anhand der identifizierten Sollwert-Gruppe kann die relative Position der Lichtquelle zum Lichtsensor, welche durch die Kugelkoordinaten $\{\phi, \theta\}$ eindeutig angegeben ist, ermittelt werden.

25

30

- 19 -

Weitere bevorzugte Ausführungsformen und Weiterbildungen des Lichtsensors sowie des Verfahrens zur Herstellung des Lichtsensors oder zur Bestimmung der Position einer Lichtquelle mit einem solchen Lichtsensor ergeben sich aus den im Folgenden in Verbindung mit den Figuren 1A bis 5G erläuterten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Figur 1A eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für einen Lichtsensor zur Bestimmung der Position einer Lichtquelle,

Figur 1B eine schematische Darstellung des in der Figur 1A dargestellten Lichtsensors in Draufsicht, wobei Teilbereiche des Lichtsensors bereichsweise in Schnittansichten dargestellt sind,

Figuren 2A und 2B schematische Darstellungen zur Veranschaulichung eines Verfahrensschritts eines Verfahrens zur Bestimmung der Position einer Lichtquelle mit einem Lichtsensor,

Figuren 3A, 3B, 4A, 4B und 4C weitere schematische Darstellungen zur Veranschaulichung eines Verfahrensschritts eines Verfahrens zur Bestimmung der relativen Position der Lichtquelle zum Lichtsensor, und

Figuren 5A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F, 5G schematische Darstellungen weiterer Ausführungsbeispiele für einen Lichtsensor.

Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen. Die Figuren sind jeweils schematische Darstellungen und daher nicht unbedingt maßstabsgetreu. Vielmehr können vergleichsweise kleine

- 20 -

Elemente und insbesondere Schichtdicken zur Verdeutlichung übertrieben groß dargestellt sein.

5 In Figur 1A ist ein Lichtsensor 1 mit einer Vorderseite 11 dargestellt. Die Vorderseite 11 ist insbesondere eine Strahlungseintrittsfläche des Lichtsensors 1. Die Vorderseite 11 oder die Strahlungseintrittsfläche des Lichtsensors 1 kann durch eine Strahlungseintrittsfläche einer einzigen Photodiode D oder durch eine Mehrzahl von Strahlungseintrittsflächen mehrerer Photodioden D gebildet sein. Der Lichtsensor 1 kann eine
10 einzige Photodiode D oder eine Mehrzahl von Photodioden D aufweisen, die insbesondere nebeneinander angeordnet und bevorzugt miteinander mechanisch befestigt sind.

15 Gemäß Figur 1A kann der Lichtsensor 1 genau eine Photodiode D aufweisen, die insbesondere segmentierte Teilregionen aufweisen, welche etwa die vier Teilbereiche P1, P2, P3 und P4 des Lichtsensors 1 bilden. Es ist möglich, dass der Lichtsensor 1 vier oder genau vier einzelne Photodioden D aufweisen, die die
20 vier Teilbereiche P1, P2, P3 und P4 des Lichtsensors 1 bilden. Abweichend von der Figur 1A ist es möglich, dass der Lichtsensor 1 genau drei, fünf, sechs oder mehr Teilbereiche aufweist.

25 Die Vorderseite 11 weist eine Mehrzahl von Abschattungselementen 11S auf. Zum Beispiel sind die Abschattungselemente 11S vertikale Erhebungen auf der Vorderseite 11. Insbesondere sind die Abschattungselemente 11S strahlungsabsorbierend oder strahlungsreflektierend ausgeführt. Die Vorderseite 11 weist
30 eine Mehrzahl von Segmenten S1, S2, S3 und S4 auf, die von den Abschattungselementen 11S bedeckt sind. In den verschiedenen Segmenten S1, S2, S3 und S4 sind die Abschattungselemente 11S zumindest teilweise unterschiedlich orientiert.

- 21 -

Mittig in Figur 1B ist die Vorderseite 11 in Draufsicht dargestellt. An den Rändern sind die Teilbereiche P1, P2, P3 und P4 des Lichtsensors 1 in Schnittansichten dargestellt. Die Abschattungselemente 11S in den verschiedenen Teilbereichen P1, P2, P3 und P4 oder in den verschiedenen Segmenten S1, S2, S3 und S4 weisen jeweils eine schräg ausgebildete Seitenfläche 11F auf, die mit der Vorderseite 11 des Lichtsensors 1 einen inneren spitzen Winkel bildet. Zum Beispiel beträgt der spitze Winkel 45° . Abweichend von der Figur 1B ist es möglich, dass die Abschattungselemente 11S jeweils mindestens zwei oder alle Seitenflächen 11F aufweisen, die jeweils zu der Vorderseite 11 schräg, insbesondere zu der Vorderseite 11 unterschiedlich schräg ausgebildet sind.

Gemäß Figur 1B weisen die Abschattungselemente 11S in den Segmenten S1 und S4 dieselbe Geometrie und dieselbe Hauptorientierung, nämlich entlang einer lateralen x-Richtung, auf. Die Abschattungselemente 11S in den Segmenten S1 und S4 unterscheiden sich voneinander in ihrer Orientierung bezüglich der schrägen Seitenflächen 11F. Die schrägen Seitenflächen 11F der Abschattungselemente 11S im ersten Segment S1 sind einem ersten Rand der Vorderseite 11 zugewandt. Die schrägen Seitenflächen 11F der Abschattungselemente 11S im vierten Segment S4 sind einem dem ersten Rand gegenüberliegenden vierten Rand der Vorderseite 11 zugewandt.

Die Abschattungselemente 11S in den Segmenten S2 und S3 sind ganz analog zu den der Segmenten S1 und S4 bis auf die Hauptorientierung entlang der y-Richtung ausgeführt. Während die schrägen Seitenflächen 11F der Abschattungselemente 11S im zweiten Segment S2 einem zweiten Rand der Vorderseite 11 zugewandt sind, sind die schrägen Seitenflächen 11F der Abschattungselemente 11S im dritten Segment S3 einem dem zweiten Rand

- 22 -

gegenüberliegenden dritten Rand der Vorderseite 11 zugewandt. Die Orientierungen der Seitenflächen 11F der Abschattungselemente 11S sind in der Figur 1B durch die von den Abschattungselementen 11S ausgehenden Pfeilen schematisch gekennzeichnet.

5

Die Abschattungselemente 11S bilden in Draufsicht auf die Vorderseite 11 ein Gesamtmuster, das nicht rotationsymmetrisch und insbesondere auch nicht achsensymmetrisch ist. Durch die Abschattungselemente 11S ist eine mögliche Achsensymmetrie der Vorderseite 11 gebrochen.

10

Das Gesamtmuster aus den Abschattungselementen 11S oder die Vorderseite 11 mit den darauf angeordneten Abschattungselementen 11S kann eine n-zählige Drehsymmetrie aufweisen, wobei n eine ganze Zahl wie 3, 4, 5, 6 oder die Anzahl der von den Abschattungselementen 11S bedeckten Segmente der Vorderseite 11 oder die Anzahl der Teilbereiche des Lichtsensors 1 ist.

15

Gemäß Figur 1B weist das Gesamtmuster aus den Abschattungselementen 11S oder die Vorderseite 11 mit den darauf angeordneten Abschattungselementen 11S insbesondere eine 4-zählige Drehsymmetrie auf. In diesem Fall kann das Gesamtmuster oder die Vorderseite durch eine Drehung um einen Winkel von 90° oder Mehrfachen davon um eine Drehachse auf sich selbst abgebildet werden, wobei sich die Drehachse entlang der vertikalen Richtung (z-Richtung in Figur 1A) durch einen Symmetriepunkt C erstreckt. Der Symmetriepunkt C ist insbesondere der geometrische Schwerpunkt C des Gesamtmusters beziehungsweise der Vorderseite 11.

20

25

30

Gemäß Figur 1B können die Segmente S1, S2, S3 und S4 in Draufsicht auf die Vorderseite 11 jeweils ein geometrisch gleiches

- 23 -

Muster aufweisen, wobei die Muster in den verschiedenen Segmenten S1 bis S4 unterschiedlich orientiert angeordnet sind. Durch eine Drehung von $\pm 90^\circ$ kann ein Muster eines Segments in das Muster eines benachbarten Segments überführt werden. In diesem Fall bilden die Muster aus allen von den Abschattungselementen 11S bedeckten Segmenten S1, S2, S3 und S4 ein Gesamtmuster, das eine 4-zählige Drehsymmetrie aufweist. Abweichend von Figur 1B ist es möglich, dass die Segmente S1, S2, S3 und S4 mit den darauf angeordneten Abschattungselementen 11S untereinander vertauscht werden. Als Folge davon kann die 4-zählige Drehsymmetrie gebrochen werden. In Draufsicht auf die Vorderseite 11 kann das Muster eines Segments jedoch weiterhin durch eine Drehung um einen Winkel von 90° oder Vielfachen davon auf das Muster eines anderen Segments abgebildet werden.

Weist der Lichtsensor 1 in Draufsicht auf die Vorderseite 11 gleiche und unterschiedlich orientierte Muster aus den Abschattungselementen 11S in verschiedenen Segmenten S1 bis S4 oder eine n-zählige Drehsymmetrie bezüglich der Abschattungselemente 11S auf, kann der Lichtsensor 1 aus einer Mehrzahl von Photodioden D mit identischem Muster aus den Abschattungselementen 11S auf ihren jeweiligen Strahlungseintrittsflächen gebildet werden, zum Beispiel aus n Photodioden D jeweils mit identischem Muster aus den Abschattungselementen 11S. Zur Bildung des Lichtsensors 1 können die Photodioden D lediglich gedreht zueinander angeordnet und erforderlichenfalls miteinander mechanisch verbunden werden.

Die Abschattungselemente 11S auf der Vorderseite 11 sind insbesondere bei einer nicht-senkrechten Bestrahlung des Lichtsensors 1 zur Erzielung zumindest teilweise unterschiedlicher Abschattungseffekte in den verschiedenen Segmenten S1,

- 24 -

S2, S3 und S4 der Vorderseite 11 eingerichtet. Dadurch kann erzielt werden, dass zumindest teilweise unterschiedliche prozentuale Flächenanteile der Segmente S1, S2, S3 und S4 bei einer vorgegebenen relativen Position der Lichtquelle S zum
5 Lichtsensor 1 durch die Abschattungselemente 11S beschattet werden.

Die relative Position der Lichtquelle S zum Lichtsensor 1 kann durch die Kugelkoordinaten ϕ und θ angegeben werden, wobei die
10 Koordinate ϕ den Azimutwinkel P des auf der xy-Ebene abgebildeten Lichtstrahls L und die Koordinate θ etwa den Polarwinkel T des Lichtstrahls L zum senkrechten Lot entlang der vertikalen z-Richtung angibt. Der Azimutwinkel P gibt die relative, laterale Einfallrichtung des von der Lichtquelle S emittierten
15 Lichtstrahls L an. Der Polarwinkel P gibt die relative, vertikale Einfallrichtung, nämlich den Einfallswinkel des Lichtstrahls L an. Ändert sich die relative Position der Lichtquelle S, können sich die beschatteten Flächenanteile der jeweiligen Segmente S1, S2, S3 und S4 etwa aufgrund der Geometrie, Posi-
20 tion, Verteilung und/oder Orientierung der Abschattungselemente 11S in den jeweiligen Segmenten S1, S2, S3 und S4 ebenfalls ändern.

Abhängig von den beschatteten Flächenanteilen in den jeweiligen Segmenten S1, S2, S3 und S4 können unterschiedliche Photoströme I1, I2, I3 beziehungsweise I4, etwa in Form von elektrischen Stromstärken I1, I2, I3 beziehungsweise I4, in den den Segmenten S1, S2, S3 und S4 zugehörigen Teilbereichen P1, P2, P3 beziehungsweise P4 des Lichtsensors 1 registriert
30 werden. Bevorzugt sind alle Teilbereiche des Lichtsensors 1, etwa die Teilbereiche P1, P2, P3 und P4, individuell ansteuerbar. Mit anderen Worten können die Stromstärken I1, I2, I3 und I4 durch die individuell ansteuerbaren Teilbereiche P1,

- 25 -

P2, P3 beziehungsweise P4 unabhängig voneinander registriert werden. Die Gruppe oder das Tupel aus den gemessenen Werten für die Photoströme I1, I2, I3 und I4 bei einer festen Position der Lichtquelle S bildet eine Istwert-Gruppe, mit der die relative Position der Lichtquelle S zum Lichtsensor 1 eindeutig identifiziert werden kann.

Gemäß Figuren 1A und 1B sind die Segmente S1, S2, S3 und S4 jeweils viereckig ausgeführt. Insbesondere bilden alle Segmente S1, S2, S3 und S4 jeweils ein Quadrat, wobei die Segmente S1, S2, S3 und S4 gleichen Umfang und gleiche Fläche aufweisen. Abweichend davon ist es möglich, dass die Segmente S1, S2, S3 und S4 - wie etwa in den Figuren 5A, 5D und 5E dargestellt - andere geometrische Formen annehmen. Auch ist es möglich, dass der Lichtsensor 1 ein weiteres Segment S0 und einen dem weiteren Segment S0 zugehörigen weiteren Teilbereich P0 aufweist (Figuren 5F und 5G).

Figuren 2A und 2B dienen der Veranschaulichung eines Verfahrensschritts eines Verfahrens zur Bestimmung der Position einer Lichtquelle S mit einem insbesondere in den Figuren 1A und 1B beschriebenen Lichtsensor 1. In diesem Verfahrensschritt werden die gemessenen oder theoretischen Verläufe der in den Segmenten S1, S2, S3 und S4 registrierten Stromstärken I1, I2, I3 beziehungsweise I4 als Funktion der Position der Lichtquelle S erstellt. Die Position der Lichtquelle kann durch die Kugelkoordinaten ϕ und θ angegeben werden. Zweckmäßig werden normierte Werten für die Stromstärken I1, I2, I3 und I4 verwendet.

In den Figuren 2A und 2B sind für einen festen Winkel θ kleiner als 45° normierte Werte für die Stromstärken I1, I2, I3 und I4 als Funktion des Winkels ϕ zwischen einschließlich 0° und 360° dargestellt. Die Abschattungselemente 11S des Lichtsensors 1

- 26 -

weisen jeweils eine schräge Seitenfläche 11F auf, die mit der Vorderseite 11 einen spitzen Winkel von zirka 45° bildet. Das Gesamtmuster aus den Abschattungselementen 11S weist in Draufsicht auf die Vorderseite 11 insbesondere eine 4-zählige Drehsymmetrie auf.

Dem Diagramm der Figur 2A und der Tabelle der Figur 2B kann entnommen werden, dass die Verläufe der Stromstärken I1, I2, I3 und I4 phasenverschoben sind, nämlich um eine ϕ -Phase von 90° zwischen I1 und I3, um eine ϕ -Phase von 180° zwischen I1 und I4 und um eine ϕ -Phase von 270° zwischen I1 und I2. Diese Zusammenhänge zwischen den Verläufen der Stromstärken I1, I2, I3 und I4 ist auf die 4-zählige Drehsymmetrie des etwa in der Figur 1B dargestellten Gesamtmusters aus den Abschattungselementen 11S auf der Vorderseite 11 zurückzuführen.

Anhand des in der Figur 2A dargestellten Diagramms wird verdeutlicht, dass jedem Paar $\{\theta, \phi\}$ einer Sollwert-Gruppe, in diesem Fall einem Quadrupel $\{I1, I2, I3, I4\}$, eindeutig zugeordnet werden kann, und umgekehrt. In der Tabelle der Figur 2B sind vier solche Sollwert-Gruppen $\{I1, I2, I3, I4\}$ für die vier Paare $\{\theta < 45^\circ, \phi = 0^\circ, 360^\circ\}$, $\{\theta < 45^\circ, \phi = 90^\circ\}$, $\{\theta < 45^\circ, \phi = 180^\circ\}$ und $\{\theta < 45^\circ, \phi = 270^\circ\}$ angegeben. Aufgrund der 4-zähligen Drehsymmetrie wird die Erfassung der theoretischen Verläufe der Stromstärken I1, I2, I3 und I4 besonders vereinfacht. Werden die Segmente S1, S2, S3 und S4 vertauscht kann die 4-zählige Drehsymmetrie zwar gebrochen werden, allerdings kann die Erfassung der theoretischen Verläufe der Stromstärken I1, I2, I3 und I4 weiterhin vereinfacht durchgeführt werden, etwa lediglich durch die Umnummerierung der theoretischen Verläufe der Stromstärken I1, I2, I3 und I4.

- 27 -

Ganz analog zu den Figuren 2A und 2B sind in den Figuren 3A und 3B für einen festen Winkel Θ größer als 45° normierte Werte für die Stromstärken I_1 , I_2 , I_3 und I_4 als Funktion des Winkels ϕ zwischen einschließlich 0° und 360° dargestellt. Die Abschattungselemente 11S des Lichtsensors 1 weisen jeweils eine schräge Seitenfläche 11F auf, die mit der Vorderseite 11 weiterhin einen spitzen Winkel von zirka 45° bildet. Das Erstellen von Sollwert-Gruppen $\{I_1, I_2, I_3, I_4\}$ zu jedem Paar $\{\Theta, \phi\}$ erfolgt weiterhin für einen vorgegebenen Lichtsensor 1 mit einem vorgegebenen Gesamtmuster aus den Abschattungselementen 11S. Die Daten aus den Sollwert-Gruppen sind insbesondere spezifisch für einen vorgegebenen Lichtsensor 1 oder für gleich aufgebauten Lichtsensoren 1.

In Figuren 4A und 4B sind für einen festen Winkel $\phi = 0^\circ$ und für einen festen Winkel $\phi = 180^\circ$ normierte Werte für die Stromstärken I_1 , I_2 , I_3 und I_4 als Funktion des Winkels Θ zwischen einschließlich 0° und 90° dargestellt. Ist der Winkel $\phi = 0^\circ$, befindet sich die Lichtquelle S in Draufsicht auf die Vorderseite auf der $\{x > 0; y = 0\}$ -Linie. Ist der Winkel $\phi = 180^\circ$, befindet sich die Lichtquelle S in Draufsicht auf die Vorderseite auf der $\{x < 0; y = 0\}$ -Linie. In dem Diagramm der Figur 4A und in der Tabelle der Figur 4B werden Werte für den Winkel Θ zwischen einschließlich 0° und 90° oder zwischen einschließlich -90° und 0° lediglich zur Unterscheidung der beiden Fälle, bei den der Winkel ϕ 0° oder 180° ist, angegeben.

Ist der Winkel $\Theta = 0^\circ$, befindet sich die Lichtquelle S, etwa die Sonne, im Zenit, wobei der Lichtsensor 1 in diesem Fall senkrecht bestrahlt wird. Der durch die Abschattungselemente 11S hervorgerufene Abschattungseffekt wäre in allen Segmenten S_1 , S_2 , S_3 und S_4 Null, sodass die in den Teilbereichen P_1 , P_2 , P_3 und P_4 registrierten I_1 , I_2 , I_3 und I_4 jeweils ihren

maximalen Wert annehmen. Wie in den Figuren 4A und 4B dargestellt, können unterschiedliche Sollwert-Gruppen $\{I_1, I_2, I_3, I_4\}$ verschiedenen Paaren $\{\Theta, \phi\}$ eindeutig zugeordnet werden, und umgekehrt.

5

Figur 5A zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine Lichtsensor 1. Im Unterschied zu dem in der Figur 1B beschriebenen Ausführungsbeispiel weist die Vorderseite 11 des Lichtsensors 1 gemäß Figur 5A lediglich zwei von den Abschattungselementen 11S bedeckten Segmente S1 und S2 auf. Die Seg-
10 mente S1 und S2 mit den darauf angeordneten Abschattungselementen 11S der Figur 5A entsprechen im Wesentlichen den in der Figur 1B dargestellten Segmenten S1 beziehungsweise S2. Im Unterschied hierzu sind die Segmente S1 und S2 der Figur 5A
15 zwar rechteckig jedoch nicht quadratisch ausgeführt.

Des Weiteren weist die Vorderseite 11 ein weiteres Segment S0 auf, das von den Abschattungselementen 11S unbedeckt und somit frei von den Abschattungselementen 11S ist. Das Segment S0
20 kann einem weiteren Teilbereich P0 des Lichtsensors 1 zugeordnet sein, wobei der weitere Teilbereich P0 insbesondere zur Ermittlung der tatsächlichen Intensität des Lichtstrahls L pro Fläche eingerichtet ist. Die tatsächliche Intensität kann durch den in dem weiteren Teilbereich P0 registrierten Pho-
25 tostrom I0 oder durch die in dem weiteren Teilbereich P0 registrierte Stromstärke I0 ermittelt werden. Die von dem weiteren Teilbereich P0 des Lichtsensors 1 registrierte Stromstärke I0 kann als Referenzwert insbesondere für die Normierung der in den übrigen Teilbereichen des Lichtsensors 1 re-
30 gistrierten Stromstärken benutzt werden. Es ist möglich, dass ein hier allgemein beschriebener Lichtsensor 1, etwa gemäß den Figuren 1A und 1B, ebenfalls ein solches weiteres Segment S0

- 29 -

aufweist, das frei von den Abschattungselementen 11S ist (Figuren 5E, 5F, 5G).

Das in der Figur 5B dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 1B dargestellten Ausführungsbeispiel für einen Lichtsensor 1. Im Unterschied hierzu sind die Segmente S3 und S4 vertauscht. Das aus den Abschattungselementen 11S gebildete Gesamtmuster auf der Vorderseite 11 weist in diesem Fall keine n-zählige Drehsymmetrie und ebenfalls keine Achsensymmetrie auf. Das einzelne Muster aus den Abschattungselementen 11S eines beliebigen Segments S1, S2, S3 oder S4 kann jedoch weiterhin durch eine Drehung um einen Winkel von entweder 90° oder 180° oder 270° auf ein Muster eines weiteren beliebigen von den Abschattungselementen 11S bedeckten Segments der Vorderseite 11 abgebildet werden. Zum Beispiel wird das Segment S1 durch eine Drehung um 90° auf das Segment S2, durch eine Drehung um 180° auf das Segment S4 und durch eine Drehung um 270° auf das Segment S3 abgebildet. Es ist daher möglich, dass das Gesamtmuster lediglich durch Vertauschung der Positionen der Segmente S1, S2, S3 und S4 wieder in ein symmetrisches Gesamtmuster überführbar ist, das eine 4-zählige Drehsymmetrie aufweist, zum Beispiel durch die Vertauschung der Positionen der Segmente S3 und S4.

Ganz analog zur Figur 5B entspricht das in der Figur 5C dargestellte Ausführungsbeispiel im Wesentlichen dem in der Figur 1B dargestellten Ausführungsbeispiel für einen Lichtsensor 1. Im Unterschied hierzu sind lediglich die Segmente S2 und S4 vertauscht.

30

Das in der Figur 5D dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 1B dargestellten Ausführungsbeispiel für einen Lichtsensor 1. Im Unterschied

- 30 -

hierzu sind die Segmente S1, S2, S3 und S4 zwar weiterhin rechteckig jedoch nicht quadratisch ausgeführt. Das Gesamtmuster aus den Abschattungselementen 11S weist in Draufsicht eine 4-zählige Drehsymmetrie auf. Abweichend davon ist es sinngemäß analog zu den Figuren 5B und 5C möglich, dass die Segmente S1, S2, S3 und S4 untereinander beliebig vertauscht sind.

Das in der Figur 5E dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 1B dargestellten Ausführungsbeispiel für einen Lichtsensor 1. Im Unterschied hierzu weist die Vorderseite 11 genau sechs mit den Abschattungselementen 11S bedeckte Segmente S1, S2, S3, S4, S5 und S6 auf. Diese Segmente S1, S2, S3, S4, S5 und S6 weisen in Draufsicht auf die Vorderseite 11 jeweils die Form eines Hexagons, insbesondere die Form eines gleichseitigen oder regelmäßigen Hexagons auf. Die Abschattungselemente 11S auf den Segmenten S1 bis S6 bilden ein Gesamtmuster, das insbesondere eine 6-zählige Drehsymmetrie aufweist. Der Lichtsensor 1 kann sechs Teilbereiche P1, P2, P3, P4, P5 und P6 aufweisen, die jeweils einem der Segmente S1, S2, S3, S4, S5 und S6 zugeordnet sind. Abweichend von der Figur 5E ist es möglich, dass die Segmente S1, S2, S3, S4, S5 und S6 untereinander beliebig vertauscht sind.

Analog zu der Figur 5A weist der Lichtsensor 1 gemäß Figur 5E ein weiteres Segment S0 und einen weiteren Teilbereich P0 auf, wobei das weitere Segment S0 oder der weitere Teilbereich P0 frei von einer Bedeckung durch die Abschattungselemente 11S ist. Zum Beispiel weisen die Segmente S0, S1, S2, S3, S4, S5 und S6 denselben Umfang und dieselbe Fläche auf. Das weitere Segment S0 ist von den Segmenten S1, S2, S3, S4, S5 und S6 in den lateralen Richtungen insbesondere vollumfänglich umgeben. Auch ist es möglich, dass der Lichtsensor 1 frei von einem

- 31 -

weiteren Segment S0 und/oder frei von einem dem weiteren Segment S0 zugeordneten Teilbereich P0 ist.

Die in den Figuren 5F und 5G dargestellten Ausführungsbeispiele
5 entsprechen im Wesentlichen dem in der Figur 1B dargestellten
Ausführungsbeispiel für einen Lichtsensor 1 jedoch mit einem
von den Abschattungselementen 11S unbedeckten weiteren Segment
S0 beziehungsweise Teilbereich P0. Das Segment S0 oder der
weitere Teilbereich P0 kann in Draufsicht auf die Vorderseite
10 11 kreisförmig (Figur 5G) oder in Form eines n-seitigen Viel-
ecks, insbesondere in Form eines gleichseitigen oder regelmä-
ßigen n-Ecks ausgeführt sein. Insbesondere ist das Segment S0
von den übrigen Segmenten lateral vollumfänglich umgeben,
welche von den Abschattungselementen 11S bedeckt sind. Der
15 weitere Teilbereich P0 kann von den übrigen Teilbereichen la-
teral vollumfänglich umgeben sein.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung der Erfindung
anhand der Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt. Die Er-
20 findung umfasst vielmehr jedes neue Merkmal sowie jede Kombi-
nation von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von
Merkmalen in den Ansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merk-
mal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den An-
sprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

25

Bezugszeichenliste

	1	Lichtsensord
	11	Vorderseite des Lichtsensors
5	11S	Abschattungselement
	11F	Seitenfläche des Abschattungselements
	I0, I1, I2, I3, I4	elektrische Stromstärke/ Photoströme
10	P0, P1, P2, P3, P4, P5, P6	Teilbereiche des Lichtsensors
	S1, S2, S3, S4, S5, S6	Segmente der Vorderseite
15	S0	unbedecktes Segment der Vorderseite
	C	Symmetriepunkt
	D	Photodiode/ Photodioden
20	L	Lichtstrahl
	P	Einfallsrictung des Lichtstrahls
	T	Einfallswinkel des Lichtstrahls
	S	Lichtquelle
25	x, y	laterale Richtungen
	z	vertikale Richtung
	Θ	Kugelkoordinate, Polarwinkel
	ϕ	Kugelkoordinate, Azimutwinkel

- 33 -

Patentansprüche

1. Lichtsensor (1), der eine Mehrzahl von Teilbereichen (P1, P2, P3, P4) und eine Vorderseite (11) mit einer Mehrzahl von
5 Segmenten (S1, S2, S3, S4) aufweist, wobei
- die Segmente der Vorderseite jeweils einem der Teilbereiche des Lichtsensors zugeordnet sind, und
 - der Lichtsensor Abschattungselemente (11S) auf der Vorder-
10 seite aufweist, die bei einer nicht-senkrechten Bestrahlung des Lichtsensors zur Erzielung zumindest teilweise unterschiedlicher Abschattungseffekte in den verschiedenen von den Abschattungselementen bedeckten Segmenten der Vorder-
seite eingerichtet sind.
- 15 2. Lichtsensor nach Anspruch 1,
bei dem die Vorderseite (11) n von den Abschattungselementen (11S) bedeckte Segmente (S1, S2, S3, S4) aufweist, wobei
- n eine natürliche Zahl größer oder gleich 2 ist,
 - der Lichtsensor zumindest n Teilbereiche (P1, P2, P3, P4)
20 aufweist, die jeweils einem der n Segmente zugeordnet sind, und
 - die Abschattungselemente in den jeweiligen Segmenten bezüglich ihrer Geometrie, Position, Orientierung und/oder Verteilung auf der Vorderseite derart ausgeführt sind, dass zu
25 jeder relativen Position einer Lichtquelle (S) zum Lichtsensor aufgrund der bei einer Bestrahlung des Lichtsensors durch die Lichtquelle hervorgerufenen unterschiedlichen Abschattungseffekte in den Segmenten ein unterschiedliches n-Tupel aus den in den n Teilbereichen des
30 Lichtsensors registrierten Photoströme zuordenbar ist.

- 34 -

3. Lichtsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei im Betrieb des Lichtsensors eine Einfallrichtung (P)
und ein Einfallswinkel (T) eines auf die Vorderseite (11) auf-
treffenden Lichtstrahls (L) anhand der in den Teilbereichen
5 (P1, P2, P3, P4) des Lichtsensors registrierten elektrischen
Stromstärken (I1, I2, I3, I4), die aufgrund der unterschied-
lichen Abschattungseffekte in verschiedenen von den Abschatt-
tungselementen bedeckten Segmenten (S1, S2, S3, S4) zumindest
teilweise unterschiedlich sind, eindeutig bestimmbar sind.

10

4. Lichtsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem in Draufsicht auf die Vorderseite (11) die Abschatt-
tungselemente (11S) bezüglich ihrer Orientierung und/oder ih-
rer Verteilung in verschiedenen Segmenten (S1, S2, S3, S4)
15 unterschiedlich gestaltet sind.

5. Lichtsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem in Draufsicht auf die Vorderseite (11) die Abschatt-
tungselemente (11S) in verschiedenen Segmenten (S1, S2, S3,
20 S4) jeweils ein geometrisch gleiches Muster bilden, jedoch in
verschiedenen Segmenten unterschiedlich orientiert angeordnet
sind.

6. Lichtsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
25 bei dem die Abschattungselemente (11S) in Draufsicht auf die
Vorderseite (11) ein Gesamtmuster bilden, das eine 3-zählige,
eine 4-zählige Drehsymmetrie oder eine n-zählige Drehsymmetrie
aufweist, wobei n die Anzahl der von den Abschattungselementen
bedeckten Segmente (S1, S2, S3, S4) ist.

30

- 35 -

7. Lichtsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die Vorderseite (11) genau vier oder genau sechs von
den Abschattungselementen bedeckte Segmente (S1, S2, S3, S4,
S5, S6) aufweist.

5

8. Lichtsensor nach dem vorhergehenden Anspruch,
bei dem ein aus den Abschattungselementen (11S) gebildetes
Gesamtmuster in Draufsicht auf die Vorderseite keine Rotati-
onssymmetrie und keine Achsensymmetrie jedoch eine 4-zählige
10 oder eine oder 6-zählige Drehsymmetrie aufweist.

9. Lichtsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die Abschattungselemente (11S) vertikale Erhebungen
auf der Vorderseite (11) sind, welche zumindest eine schräg
15 ausgebildete Seitenfläche (11F) aufweisen.

10. Lichtsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die Abschattungselemente (11S) unmittelbar auf der
Vorderseite (11) angeordnet sind, wobei die Vorderseite des
20 Lichtsensors durch Strahlungseintrittsflächen der Teilberei-
che (P1, P2, P3, P4) gebildet ist.

11. Lichtsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Lichtsensor (1) eine einzige Photodiode (D) umfasst,
25 wobei die Teilbereiche (P1, P2, P3, P4) segmentierte Teilre-
gionen der einzigen Photodiode sind.

12. Lichtsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
wobei der Lichtsensor (1) eine Mehrzahl von einzelnen Photo-
30 dioden (D) umfasst, deren Strahlungseintrittsflächen jeweils
einem der Segmente (S1, S2, S3, S4) zugeordnet sind, und wobei
die Photodioden jeweils einem der Teilbereiche (P1, P2, P3,
P4) des Lichtsensors zugeordnet sind.

- 36 -

13. Lichtsensor nach dem vorhergehenden Anspruch,
bei dem in Draufsicht auf die Vorderseite (11) die Strahlungseintrittsflächen der einzelnen Photodioden (D) jeweils ein
derart geometrisch gleiches Muster aus den Abschattungselemen-
5 ten (11S) aufweisen, dass das Muster der Abschattungselemente
eines Segments (S1, S2, S3, S4) lediglich durch Drehung in das
Muster der Abschattungselemente eines anderen Segments (S1,
S2, S3, S4) überführbar ist.
- 10 14. Lichtsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
der ein weiteres von den Abschattungselementen (11S) unbedeck-
tes Segment (S0) und einen weiteren dem weiteren Segment zu-
gehörigen Teilbereich (P0) aufweist, wobei das weitere Segment
und der weitere Teilbereich zur Ermittlung einer tatsächlichen
15 auf die Vorderseite (11) auftreffende Lichtintensität pro un-
bedeckte Flächeneinheit eingerichtet sind.
15. Verfahren zur Herstellung des Lichtsensors (1) gemäß einem
der Ansprüche 1 bis 14,
20 bei dem der Lichtsensor zumindest eine Photodiode (D) aufweist,
wobei die Abschattungselemente (11S) unmittelbar auf einer
Strahlungseintrittsfläche der Photodiode gebildet werden.
16. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,
25 bei dem die Abschattungselemente mittels eines Gießverfahrens
oder eines lithographischen Verfahrens oder eines Beschich-
tungsverfahrens unter Verwendung einer Maske gebildet werden.
17. Verfahren zur Herstellung des Lichtsensors (1) gemäß An-
30 spruch 15 oder 16,

- 37 -

bei dem die einzelnen Photodioden (D) zur Bildung des Lichtsensors zusammengesetzt werden, nachdem die Abschattungselemente (11S) auf den Strahlungseintrittsflächen der einzelnen Photodioden gebildet sind.

5

18. Verfahren zur Bestimmung einer Einfallsrichtung (P) und eines Einfallswinkels (T) eines auftreffenden Lichtstrahls (L) mit dem Lichtsensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, mit folgenden Schritten:

- 10 - Erstellen von Daten aus den Sollwerten der elektrischen Stromstärken (I1, I2, I3, I4) in den Teilbereichen (P1, P2, P3, P4) des Lichtsensors zumindest für eine Halbsphäre mit den Kugelkoordinaten ϕ sowie Θ zur Erfassung von Sollwert-Gruppen;
- 15 - Messen von Ist-Werten der elektrischen Stromstärken (I1, I2, I3, I4) in den Teilbereichen (P1, P2, P3, P4) zur Bildung einer Istwert-Gruppe; und
- Vergleichen der Istwert-Gruppe mit den erstellten Daten der Sollwert-Gruppen zur Bestimmung der Einfallsrichtung und des
- 20 Einfallswinkels des auftreffenden Lichtstrahls anhand der Kugelkoordinaten ϕ und Θ .

FIG 1A

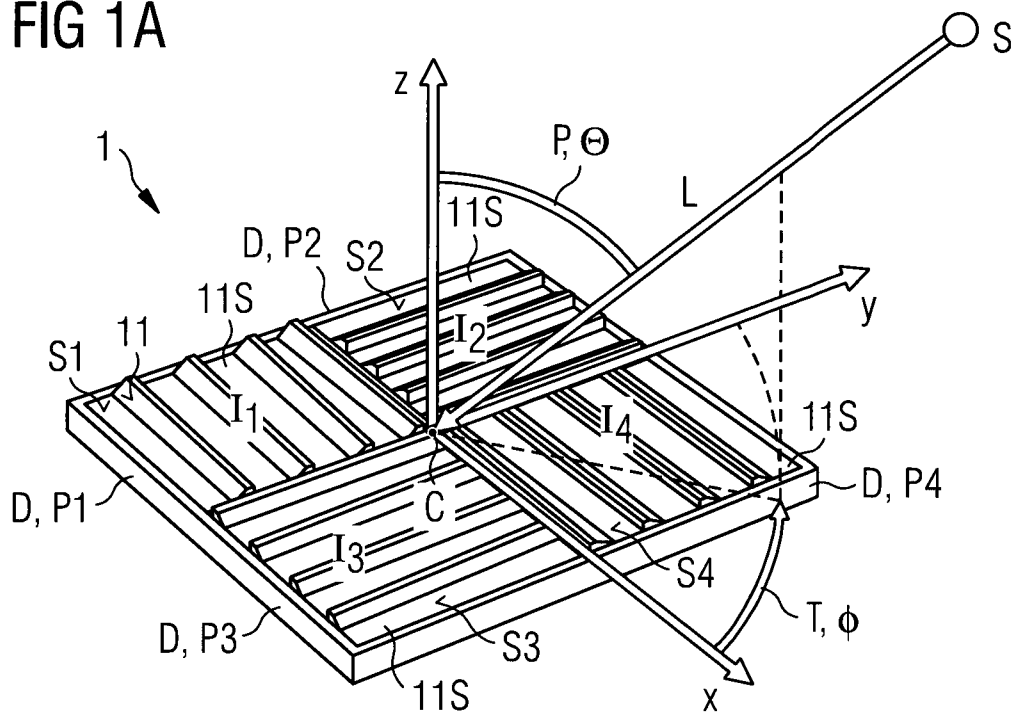


FIG 1B

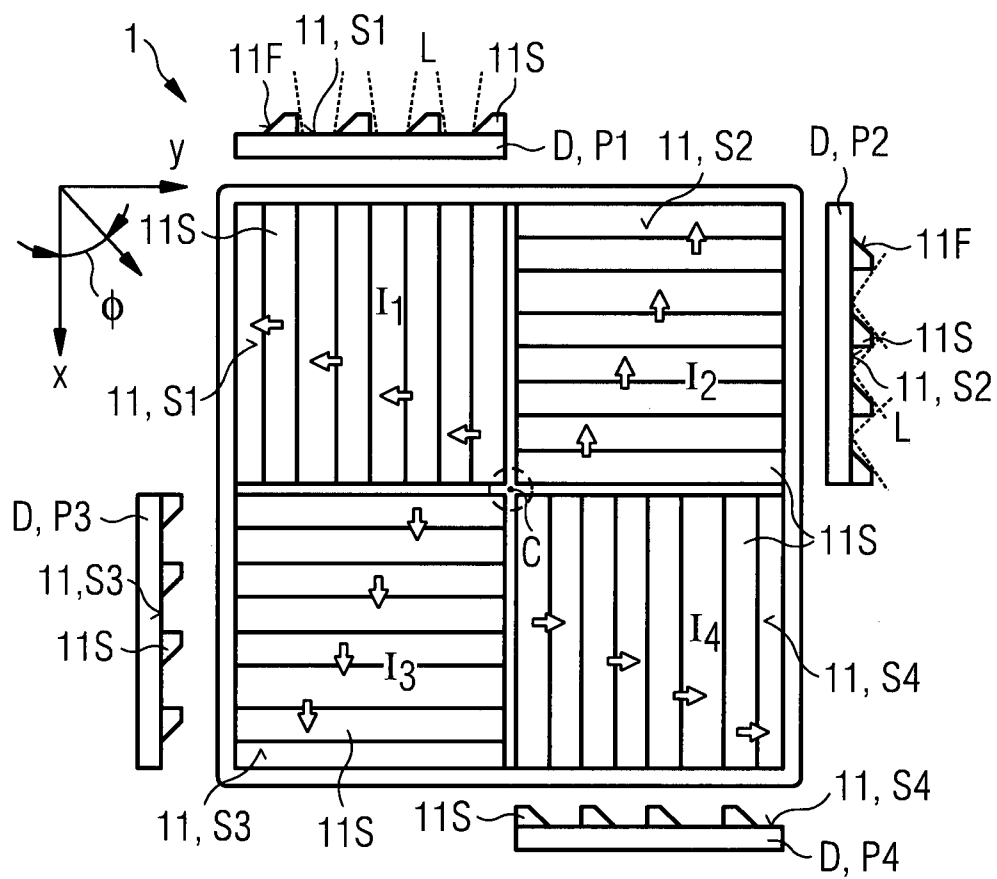


FIG 2A

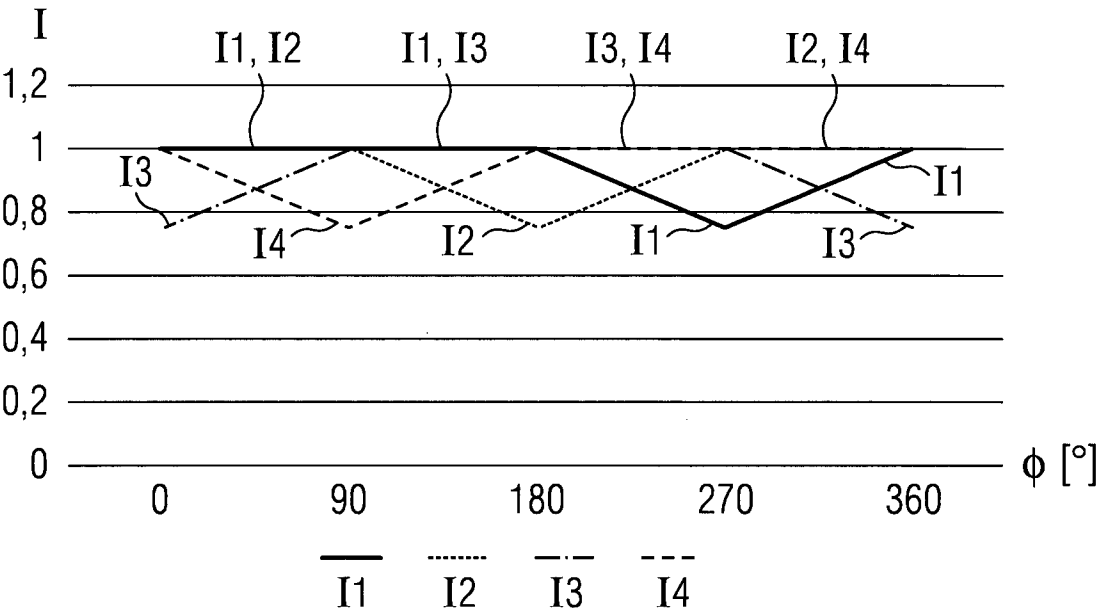


FIG 2B

$\Theta < 45^\circ$

$\phi [^\circ]$	0	90	180	270	360
I1	1	1	1	0,75	1
I2	1	1	0,75	1	1
I3	0,75	1	1	1	0,75
I4	1	0,75	1	1	1

FIG 3A

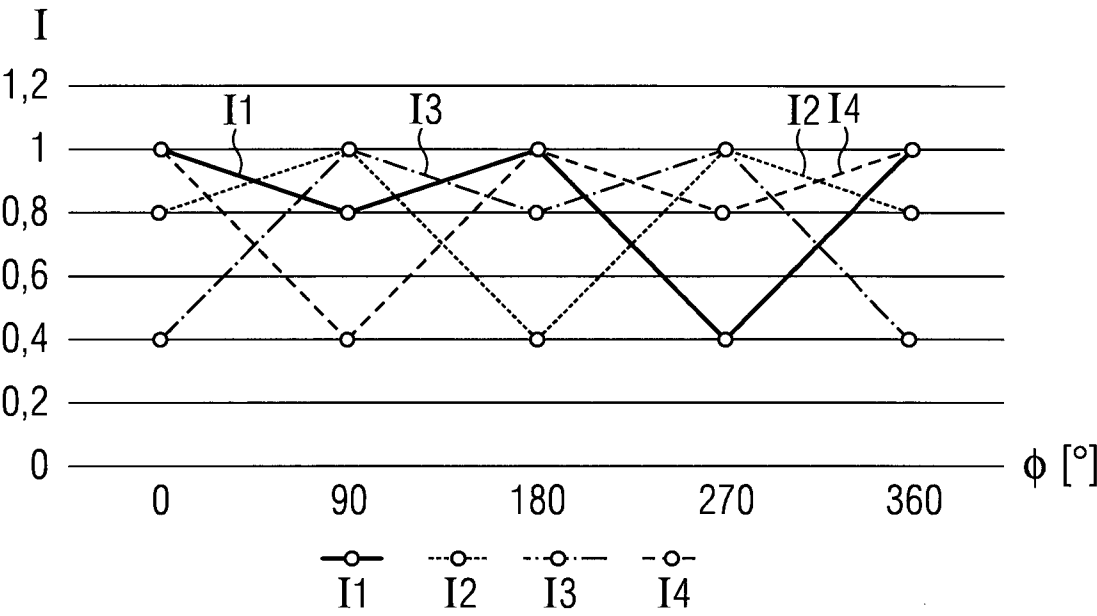


FIG 3B

$\Theta > 45^\circ$

ϕ [°]	0	90	180	270	360
I1	1	0,8	1	0,4	1
I2	0,8	1	0,4	1	0,8
I3	0,4	1	0,8	1	0,4
I4	1	0,4	1	0,8	1

FIG 4A

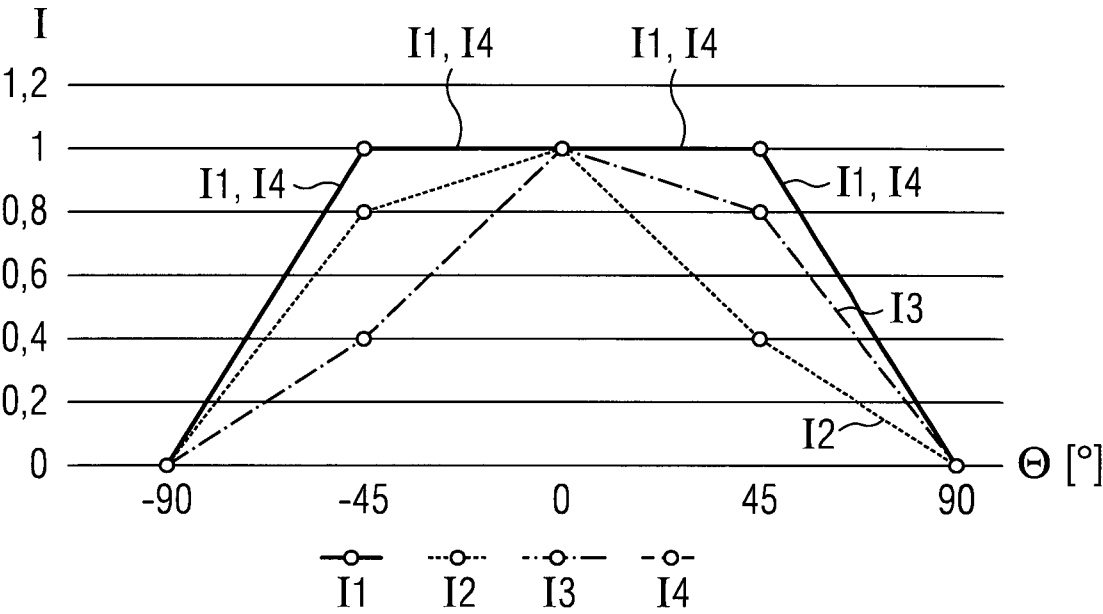
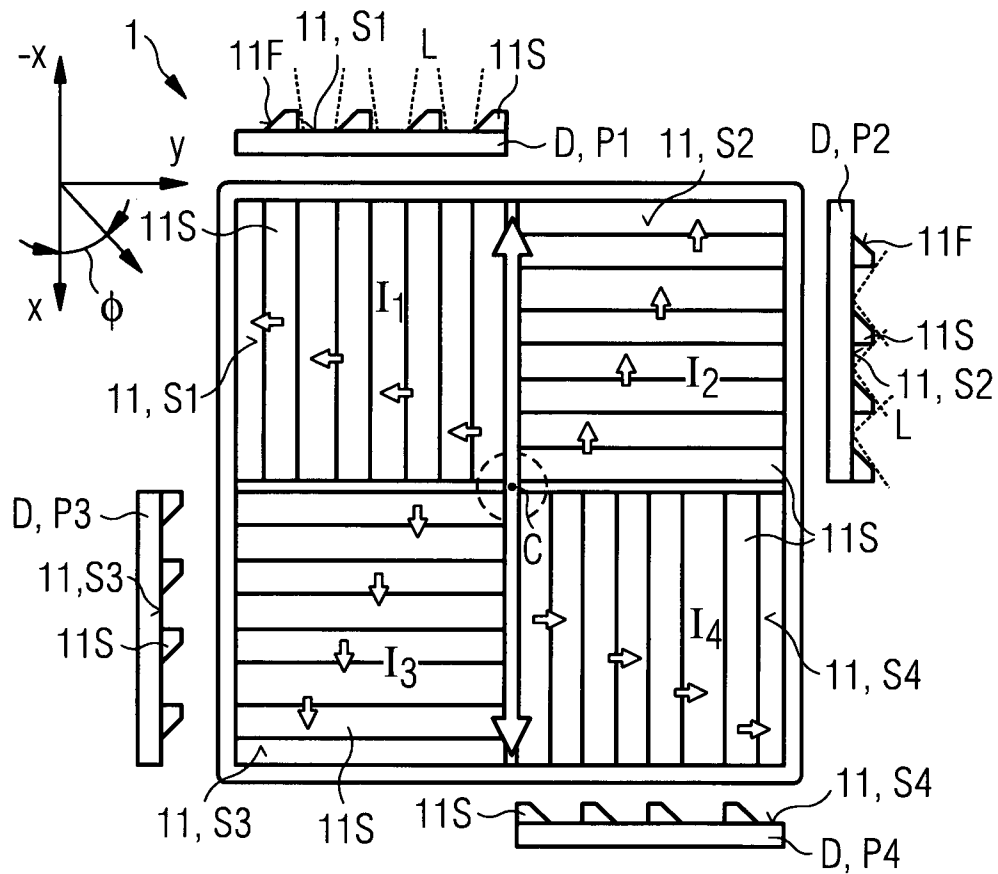


FIG 4B

$\phi = 0^\circ, 180^\circ$

Θ [°]	-90	-45	0	45	90
I1	0	1	1	1	0
I2	0	0,8	1	0,4	0
I3	0	0,4	1	0,8	0
I4	0	1	1	1	0

FIG 4C



6/9

FIG 5A

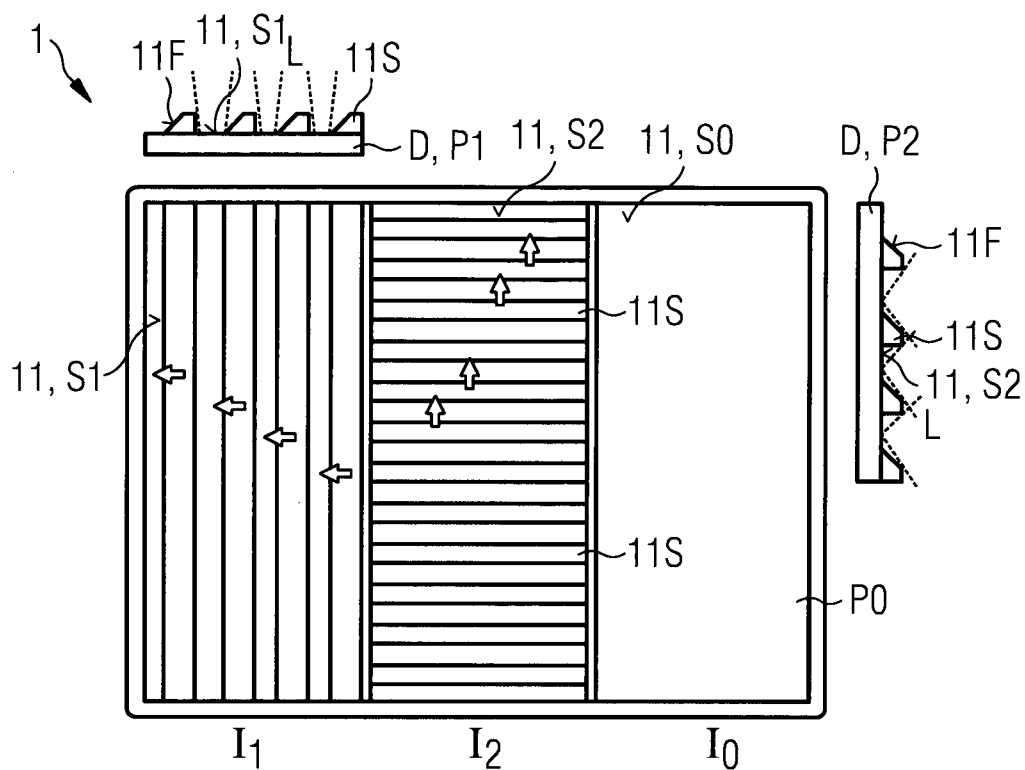


FIG 5B

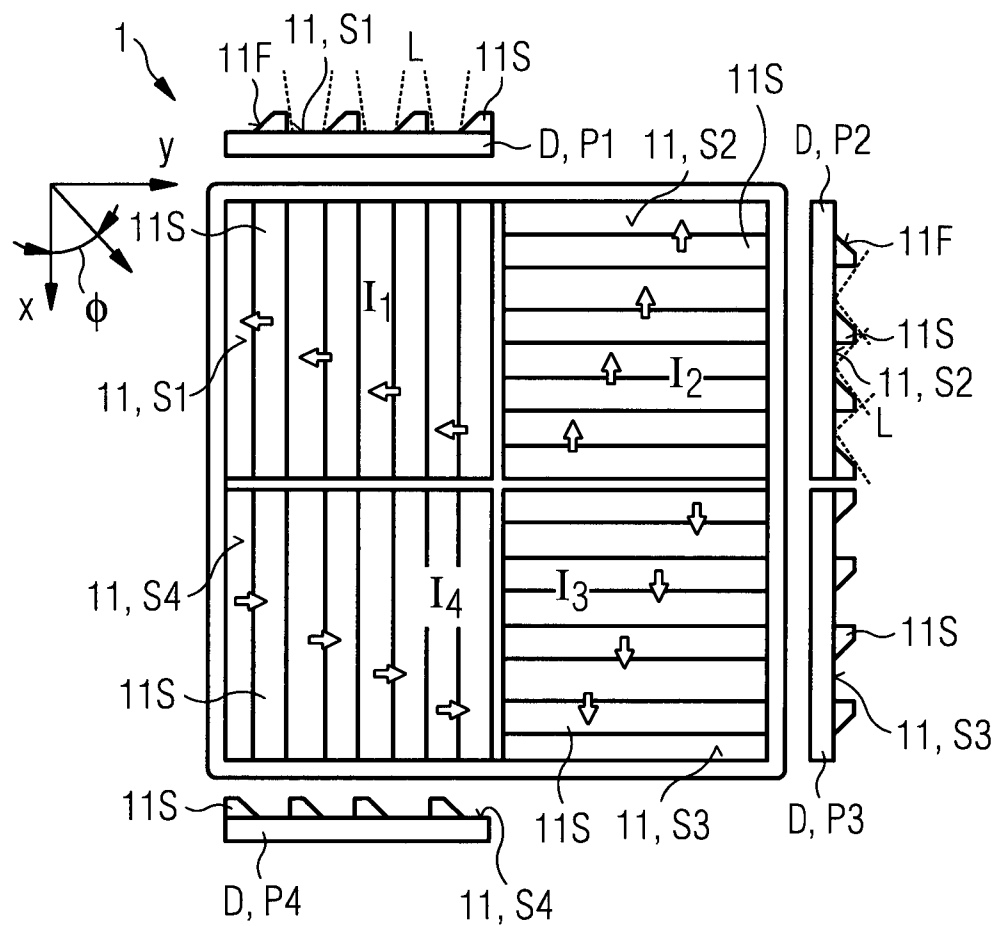


FIG 5C

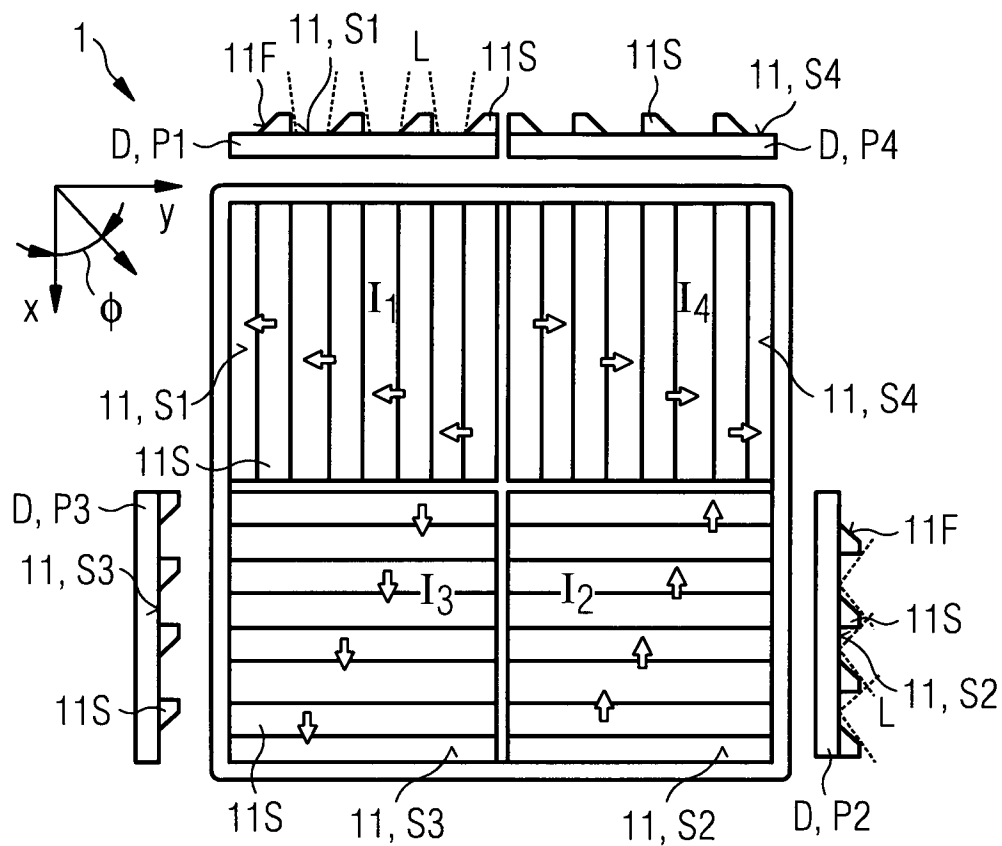
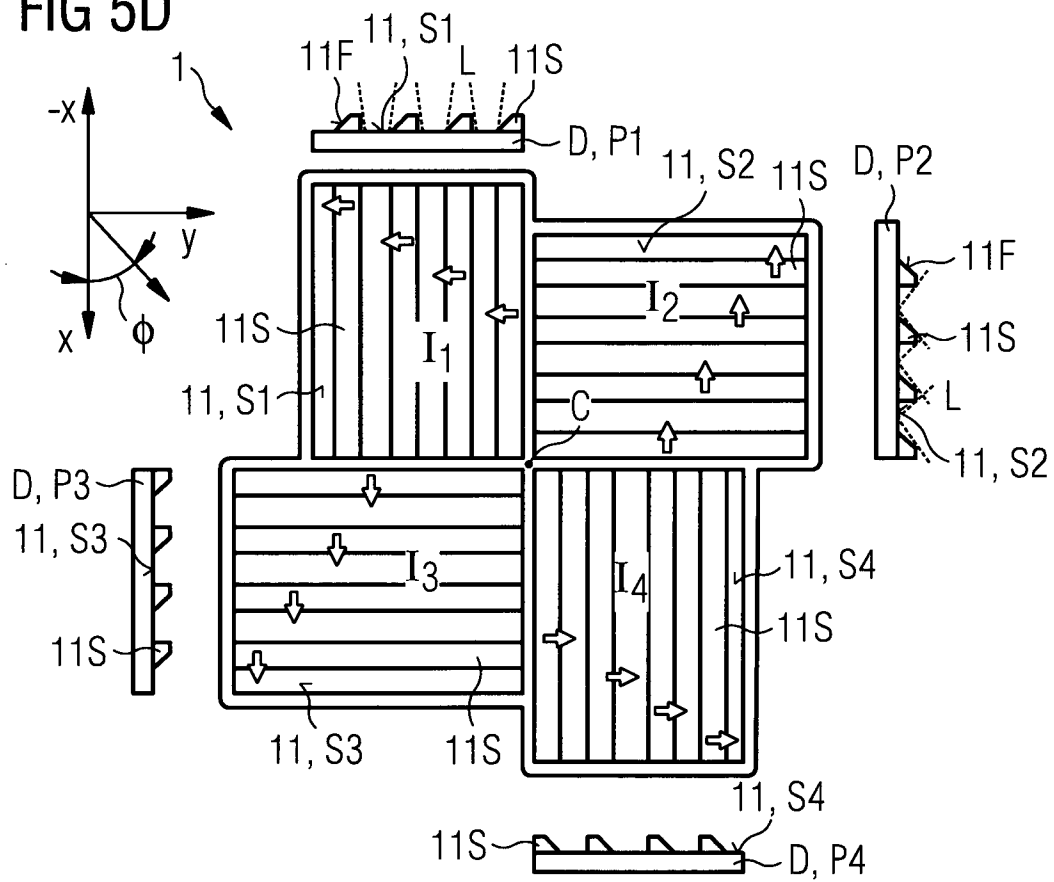


FIG 5D



8/9

FIG 5E

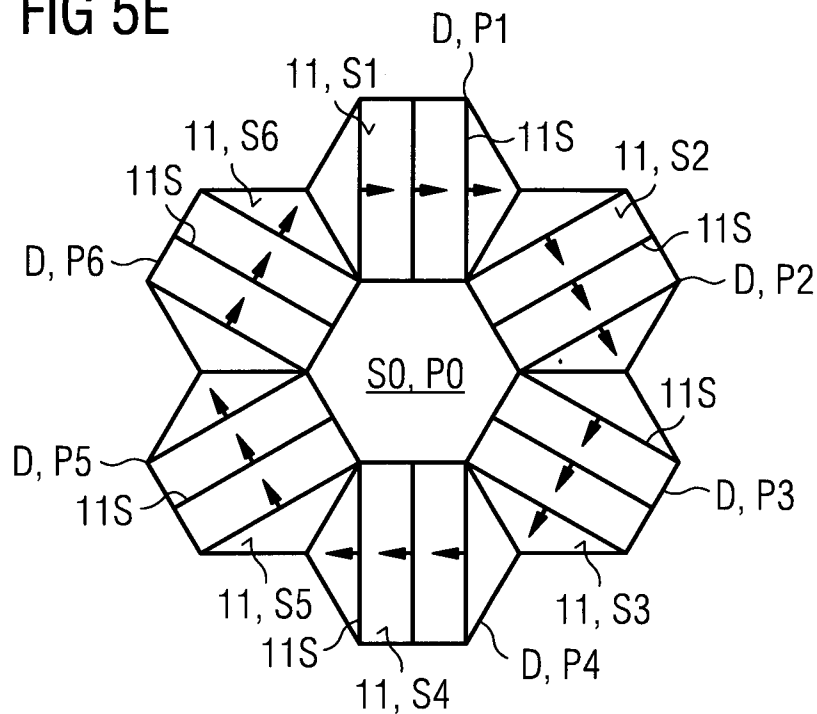


FIG 5F

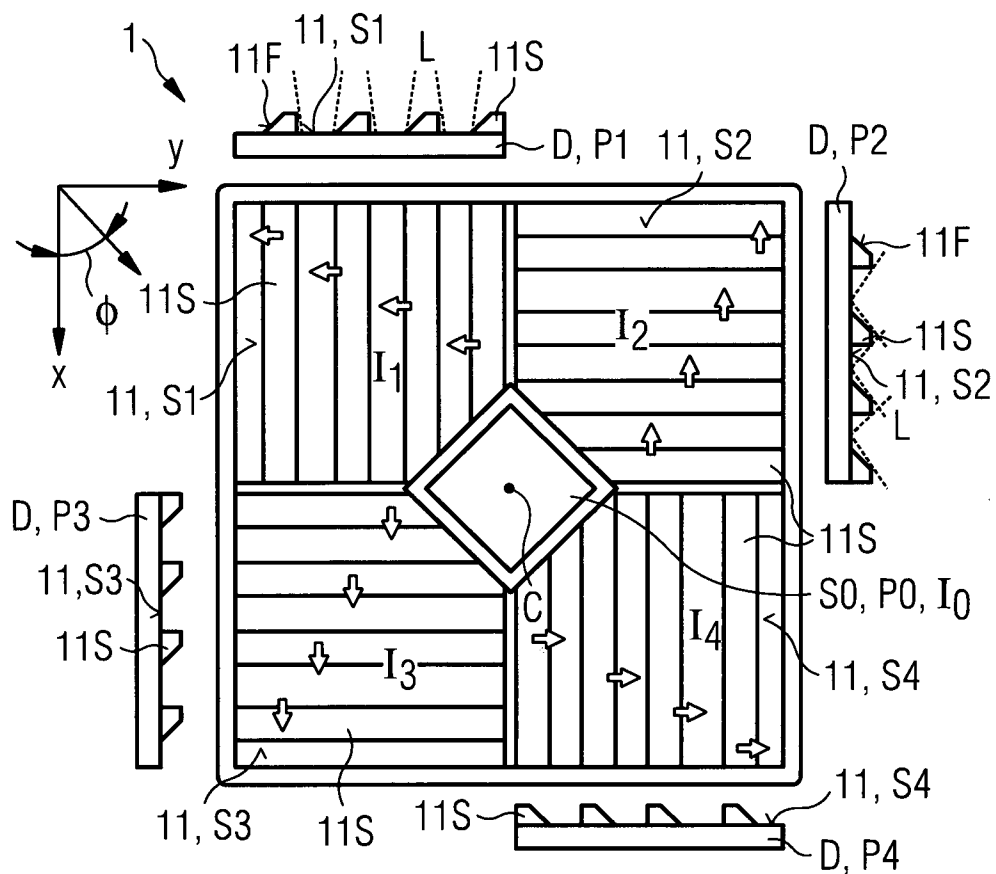
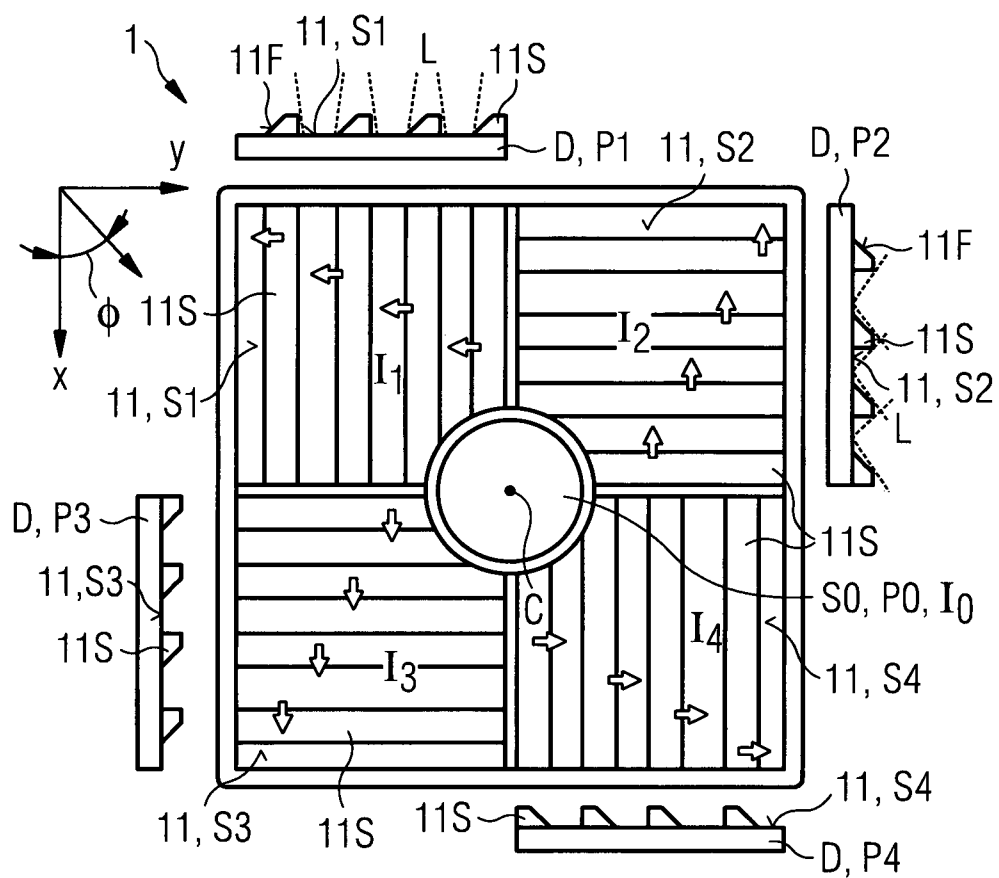


FIG 5G



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/000557

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01S 3/784**(2006.01)i; **G01S 3/781**(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S

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

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

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2010283998 A1 (SOUCHKOV VITALI [US] ET AL) 11 November 2010 (2010-11-11) figures 4A, 4B, 5B, 5D, 5D, 7-10 equations (7)-(8) paragraphs [0025] - [0035], [0042] - [0045]	1-18
X	US 2014203391 A1 (DAAMEN ROEL [NL] ET AL) 24 July 2014 (2014-07-24) figures 5-17 paragraphs [0048] - [0079]	1-7, 9-18
X	US 2008017784 A1 (HOOT JOHN E [US] ET AL) 24 January 2008 (2008-01-24) figures 1-7 paragraphs [0029] - [0056]	1-7, 9-18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

04 April 2019

Date of mailing of the international search report

16 April 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Tancredi, Urbano

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/000557

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2010283998	A1	11 November 2010	CN	101910808	A	08 December 2010
				EP	2232209	A1	29 September 2010
				US	2010283998	A1	11 November 2010
				WO	2009087531	A1	16 July 2009
US	2014203391	A1	24 July 2014	EP	2662895	A1	13 November 2013
				US	2014203391	A1	24 July 2014
US	2008017784	A1	24 January 2008	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01S3/784 G01S3/781
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01S

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

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

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2010/283998 A1 (SOUCHKOV VITALI [US] ET AL) 11. November 2010 (2010-11-11) Abbildungen 4A, 4B, 5B, 5D, 5D, 7-10 Gleichungen (7)-(8) Absätze [0025] - [0035], [0042] - [0045] -----	1-18
X	US 2014/203391 A1 (DAAMEN ROEL [NL] ET AL) 24. Juli 2014 (2014-07-24) Abbildungen 5-17 Absätze [0048] - [0079] -----	1-7,9-18
X	US 2008/017784 A1 (HOOT JOHN E [US] ET AL) 24. Januar 2008 (2008-01-24) Abbildungen 1-7 Absätze [0029] - [0056] -----	1-7,9-18



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. April 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/04/2019

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Tancredi, Urbano

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/000557

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2010283998	A1	11-11-2010	CN	101910808 A	08-12-2010
			EP	2232209 A1	29-09-2010
			US	2010283998 A1	11-11-2010
			WO	2009087531 A1	16-07-2009

US 2014203391	A1	24-07-2014	EP	2662895 A1	13-11-2013
			US	2014203391 A1	24-07-2014

US 2008017784	A1	24-01-2008	KEINE		
