



(10) **DE 10 2014 006 126 B3** 2015.06.11

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 006 126.4**  
 (22) Anmeldetag: **24.04.2014**  
 (43) Offenlegungstag: –  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **11.06.2015**

(51) Int Cl.: **F24J 2/08 (2006.01)**  
**F24J 2/04 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Grimm, Friedrich, Prof. Dipl.-Ing., 70376 Stuttgart, DE; Herkommer, Alois, 73431 Aalen, DE**

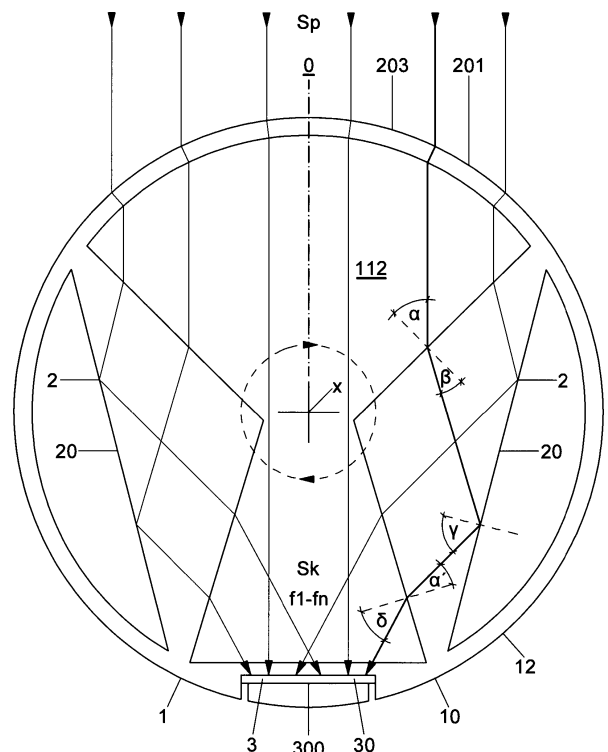
(56) Ermittelter Stand der Technik:

(72) Erfinder:  
**Grimm, Friedrich, 70376 Stuttgart, DE; Herkommer, Alois, 73431 Aalen, DE**

DE	198 34 089	A1
DE	199 31 976	A1
DE	10 2008 014 618	A1
DE	10 2009 038 962	A1
DE	20 2006 001 083	U1
DE	20 2007 015 968	U1
US	4 299 201	A
US	4 022 186	A
US	4 337 759	A

(54) Bezeichnung: **RÖHRENKOLLEKTOR MIT EINEM KONZENTRATORELEMENT UND EINEM EMPFÄNGERELEMENT**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Röhrenkollektor (1) mit einer Symmetrieebene (0), bestehend aus einem Konzentratorelement (2) und einem Empfängererelement (3), welcher Röhrenkollektor (1) insbesondere als Kollektorsäule (11) oder als Sonnenschutzelement (12) ausgebildet ist und bei einachsiger Nachführung zum Azimut- oder zum Höhenwinkel der Sonne um eine Drehachse (x) die tages- und jahreszeitlich in unterschiedlichen Winkeln einfallenden Strahlenbündel (Sp) der Sonne auf ein parallel zu einer Ebene von Brennpunkten (f1–fn) in der Symmetrieebene (0) angeordnetes Empfängererelement (3) konzentriert. Erfindungsgemäß weist das Konzentratorelement (2) mindestens zwei einzelne spiegelbildlich zur Symmetrieebene (0) angeordnete Dreiecksprismen (20) auf, die jeweils eine lichtbrechende Einstrahlungsseite mit einem Einfallswinkel ( $\alpha$ ) und eine totalreflektierende Seite mit einem Reflexionswinkel ( $\gamma$ ) und eine Ausfallsseite mit einem Ausfallswinkel ( $\delta$ ) aufweisen und so ausgebildet sind, dass der Einfallswinkel ( $\alpha$ ) und der Ausfallswinkel ( $\delta$ ) denselben Betrag haben und der Reflexionswinkel ( $\gamma$ ) an der totalreflektierenden Seite größer als der glastypenspezifische Grenzwinkel der Totalreflexion, vorzugsweise größer als 42 Grad ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Röhrenkollektor mit einem Konzentratorelement und einem Empfängerelement, bei dem das Konzentratorelement aus mindestens zwei spiegelbildlich zueinander angeordneten Dreiecksprismen besteht, die jeweils eine lichtbrechende Einfallsseite, eine totalreflektierende Seite und eine lichtbrechende Ausfallsseite haben und so angeordnet sind, dass ein Einfallswinkel am Einfallslot und ein Ausfallswinkel am Ausfallslot jeweils den selben Betrag aufweist. Die Seiten eines Dreiecksprismas sind entweder als planebene Flächen oder als gekrümmte Flächen ausgebildet. Die dreiecksförmigen Prismen bündeln die parallel einfallenden Strahlenbündel der Sonne auf eine Vielzahl von Brennpunkten, die einen Schnittpunkt mit der Symmetrieebene des Röhrenkollektors aufweisen. Ein parallel zu den Brennpunkten angeordnetes Empfängerelement besteht bei einem photovoltaischen Röhrenkollektor aus PV-Zellen, die auf einem Brennstreifen angeordnet sind oder bei einem solarthermischen Kollektor aus einem von einem Wärmeträgerfluid durchströmten Absorberrohr oder im Falle eines Hybridkollektors aus PV-Zellen, die auf der Oberfläche eines Absorberrohrs angeordnet sind. In einer ersten Anwendung der Erfindung ist der Röhrenkollektor als freistehender Säulenkollektor ausgebildet und folgt in einem Azimutlager dem jeweiligen Sonnenstand. In einer zweiten Anwendung der Erfindung ist der Röhrenkollektor als transluzentes Sonnenschutzelement ausgebildet, das in eine Gebäudehüllkonstruktion integriert ist.

## Stand der Technik

**[0002]** Neben Flachkollektoren und Parabolrinnenkollektoren stellt ein Röhrenkollektor eine sehr verbreitete Bauform für Solarkollektoren dar. Als zum Sonnenstand ausrichtbarer Kollektor benötigt ein Röhrenkollektor nur eine Drehachse. Unter den solarthermischen Kollektoren sind Vakuumröhrenkollektoren, die in einer lückenlosen Reihung z. B. auf geneigten Dachflächen angeordnet werden, besonders effektiv. Nachteilig an dieser Anordnung ist, dass pro Quadratmeter Dachfläche sehr viele einzelne aufwändig hergestellte Röhrenkollektoren erforderlich sind. Um diesen Nachteil zu kompensieren sind Röhrenkollektoren bekannt, die einen außerhalb des Röhrenkollektors angeordneten sekundären Konzentratorspiegel haben und deshalb in einem horizontalen oder vertikalen Abstand zueinander angeordnet sind. Bei konzentrierenden Röhrenkollektoren mit einem photovoltaischen Empfängerelement stellt die Kühlung der Solarzellen ein Problem dar.

**[0003]** Bekannte Solarleuchten, die eine vom Stromnetz unabhängige Beleuchtung ermöglichen, weisen eine oder mehrere starr zur Sonne ausgerichtete Solarzellen auf, die Strom produzieren, der in einer Batterie im Gehäuse der Solarleuchte gespeichert wird. Bei Nacht liefert die Batterie den Strom für den Betrieb von Leuchtmitteln für eine Umgebungsbeleuchtung.

**[0004]** Unter den zahlreichen Möglichkeiten der Ausbildung einer Sonnenschutzeinrichtung für Gebäude gelten außenliegende Sonnenschutzelemente wie starre oder bewegliche Lamellen, Raffstoren oder Rollläden-Jalousien als besonders wirksam, da sie einerseits nur temporär zum Einsatz kommen und andererseits unerwünschte energiereiche Sonnenstrahlung von einem Gebäude fernhalten bevor die energiereiche Strahlung das Innere des Gebäudes erreicht hat. Bekannte Sonnenschutzsysteme wie Jalousien und Rollläden haben den Nachteil, dass sie in einer wirksamen Sonnenschutzstellung ein Gebäude so sehr beschatten, dass im Inneren eine künstliche Beleuchtung notwendig wird.

**[0005]** Die DE 199 31 976 A1 zeigt einen starr zur Sonne ausgerichteten Röhrenkollektor mit einem transluzenten Gehäuse, das auf seiner Innenseite ein System aus unterschiedlichen Linsen und Prismen trägt und dazu ausgebildet ist, die in unterschiedlichen Winkeln einfallenden parallelen Strahlenbündel der Sonne auf ein innerhalb des Röhrenkollektors angeordnetes Empfängerelement zu bündeln. Nachteilig an dieser Anordnung ist, dass immer nur ein schmaler, dem jeweiligen Sonnenstand zugewandter Sektor des Röhrenkollektors dazu geeignet ist, die Strahlen der Sonne auf das Empfängerelement zu bündeln.

**[0006]** Die US 4 022 186 A zeigt einen linear fokussierenden solarthermischen Sonnenkollektor mit einem einstrahlungsseitig, symmetrisch zu einem Absorberrohr, angeordneten Gehäuse, das im zentralen Bereich von einer Fresnel-Linse und in den anschließenden Bereichen von einer Prismenanordnung gebildet wird. Sowohl die Fresnel-Linse als auch die Prismen können, bei einachsiger Nachführung des Sonnenkollektors, die parallelen Strahlenbündel der Sonne nur ungenau auf das Absorberrohr lenken, da es auf Grund der unterschiedlichen Einfallswinkel der Sonnenstrahlen beim Durchtritt durch eine Fresnel-Linse oder durch ein Prisma, bei dem der Einfallswinkel und der Ausfallswinkel nicht denselben Betrag aufweisen, zu unerwünschten Streuungen kommt.

**[0007]** Die US 4 337 759 A zeigt ebenfalls einen linear fokussierenden solarthermischen Sonnenkollektor, bei dem ein transluzentes Gehäuse spiegelbildlich zu einem Absorberrohr angeordnet ist. Bei einachsiger Nachführung zum jeweiligen Sonnenstand werden die Strahlen durch Totalreflektion an Prismen auf das Empfängererelement gelenkt. Da der Ein- und Ausfallswinkel der Strahlenbündel der Sonne bei diesem Konzentratorelement denselben Betrag aufweisen, können die Strahlen bei einachsiger Nachführung präzise auf das Absorberrohr fokussiert werden. Nachteilig an dieser Prismenanordnung ist ein, durch Spaltöffnungen stark zerklüftetes Konzentratorelement, das auf Grund der kerbenförmigen angeordneten Prismenflächen seine strukturelle Stabilität verliert und deshalb nicht mit der nötigen Präzision hergestellt werden kann. Ein weiteres Problem stellt die Reinigung der totalreflektierenden Prismenflächen dar, die aus geometrischen Gründen ebenfalls kaum möglich ist.

**[0008]** Die DE 198 34 089 A1 zeigt einen linear konzentrierenden solarthermischen Sonnenkollektor, der als Röhrenkollektor ausgebildet ist. Das transluzente Kollektorgehäuse ist als zylinderförmiges Rohr ausgebildet, dessen Innenseite einstrahlungsseitig stufenförmig angeordnete Prismen trägt, die die parallel einfallenden Strahlenbündel der Sonne auf ein zentrales mediendurchströmtes Absorberrohr konzentrieren sollen. Bei einer einachsigen Nachführung verschiebt sich der Fokusbereich der Prismen je nach Sonnenstand, sodass mit der hier vorgeschlagenen Prismenanordnung eine exakte Fokussierung der Sonnenstrahlen nicht möglich ist.

**[0009]** Bei dem in **Fig. 3** gezeigten Ausführungsbeispiel sind die einstrahlungsseitig angeordneten Prismen jeweils mit einem Abstand zueinander angeordnet, sodass etwa die Hälfte der Lichtstrahlung auf einem hinter dem Absorberrohr liegenden Parabolspiegel fällt, der das parallel einfallende Strahlenbündel in einem konvergenten Strahlenbündel auf die strahlungsabgewandte Seite des Absorberrohrs lenkt.

**[0010]** Die DE 10 2008 014 618 A1 zeigt eine Vorrichtung zur Konzentrierung und Umwandlung von Solarenergie, bei dem eine ebene Prismenplatte auf ihrer strahlungsabgewandten Seite Prismen trägt, die die Sonneneinstrahlung bei einachsiger Nachführung auf jeweils ein linkes und ein rechtes Empfängererelement, das gegenüber dem Strahlungsteiler versetzt angeordnet ist, umlenkt. Da die Empfängererelemente selbst direkte Einstrahlung empfangen können, ist mit dieser Vorrichtung zur Konzentrierung und Umwandlung der Solarenergie eine etwa zweifache Konzentration des Sonnenlichts auf ein Empfängererelement möglich.

**[0011]** Die DE 20 2006 001 083 U1 zeigt einen Sonnenstrahlkonzentrator, bei dem auf einem Dreieck angeordnete Fresnel-Linsen die parallel einfallenden Sonnenstrahlen auf ein zentrales Absorberrohr lenken. Dabei wird das Dreieck mit einer Seite zur Einstrahlung orientiert während die beiden strahlungsabgewandten Seiten des Dreiecks von Spiegeln reflektiertes Licht erhalten, die auf beiden Seiten des Dreiecks in einem Winkel zur Sonne angeordnet sind.

**[0012]** Die US 4 299 201 A zeigt einen, in eine Dachkonstruktion integrierbaren, starr zur Sonne ausgerichteten Sonnenkollektor, der aus Halbschalen ausgebildet ist, die jeweils auf ihrer strahlungsabgewandten Seite Prismen oder Linsen tragen, die das in unterschiedlichen Winkeln einfallende Sonnenlicht auf ein zentrales Absorberrohr lenken. Auf Grund der starren Ausrichtung zur Sonne werden immer nur unterschiedliche Abschnitte des Absorberrohrs von der gebündelten Strahlung erreicht.

**[0013]** Die DE 20 2007 015 968 U1 zeigt ein Absorberrohr für solarthermische Anwendungen, bei dem das Absorberelement und ein gläsernes Hüllrohr an den Stirnseiten des gläsernen Hüllrohrs mittels einer Glasmetallverbindung vakuumdicht untereinander verbunden werden.

**[0014]** Aus der DE 10 2009 038 962 A1 ist ein konzentrierender Sonnenkollektor mit einem auf eine Brennlinie fokussierenden Parabolspiegel bekannt, bei dem der Parabolspiegel als tragendes Element einer biege-, schub- und torsionssteifen Röhre ausgebildet ist.

#### Aufgabenstellung

**[0015]** Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik besteht die Aufgabe der Erfindung darin, eine Prismenanordnung für einen Röhrenkollektor zu finden, die bei einachsiger Nachführung zu den tages- und jahreszeitlich bedingt wechselnden Sonnenständen eine exakte Fokussierung mit einer bis zu 100-fachen Konzentration des Sonnenlichts auf ein Empfängererelement ermöglicht. Wenn Einfalls- und Ausfallswinkel an einem Dreiecksprisma identisch gewählt werden, bleibt die Fokussierung bei wechselndem Sonnenstand erhalten, wobei sich die Streueffekte an den Ein- und Ausfallsseiten eines totalreflektierenden Prismas gegenseitig aufheben. Diese Aufgaben werden mit den in Anspruch 1 genannten Merkmalen der Erfindung gelöst. Weitere vorteilhafte Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

**[0016]** In einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung sind die Seiten eines Dreiecksprismas als plangebene Flächen ausgebildet, wobei sich die Brennlinien einander benachbarter Dreiecksprismen am Empfängererelement eines Röhrenkollektors in einem Brennbereich überlappen. In einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung sind die Dreiecksprismen als Freiformprismen ausgebildet, bei denen mindestens eine Seite, bevorzugt jedoch alle drei Seiten eine Krümmung aufweisen, sodass die parallel einfallenden Strahlenbündel der Sonne von einem oder mehreren einander benachbarten Freiformprismen auf eine Brennlinie fokussiert werden. Um eine optimale Fokussierung auch bei wechselnden Einfallswinkeln der Sonne auf eine Brennlinie zu erreichen, sind alle drei Seiten eines Freiformprismas als gekrümmte Flächen ausgebildet, deren Krümmung jeweils durch ein Polynom höherer Ordnung definiert ist.

**[0017]** Eine erste Anwendung der Erfindung betrifft eine freistehende Kollektorsäule. Das Konzentratorelement und das Empfängererelement der Kollektorsäule bilden untereinander eine unverschiebliche Einheit und folgen innerhalb eines starren, transparenten Kollektorgehäuses dem jeweiligen Sonnenstand. In einer weiteren Ausführungsvariante bilden das Konzentratorelement und das Empfängererelement mit dem Kollektorgehäuse eine in sich unverschiebliche Einheit, die mit einem Azimutlager an dem Sockel der Kollektorsäule zur Sonne ausrichtbar ist. Das Empfängererelement einer Kollektorsäule besteht aus PV-Zellen, die untereinander durch eine Stromsammelschiene so verschaltet sind, dass jede einzelne Solarzelle mit einem Gleichspannungswandler verbunden ist, sodass die Solarzellen einzeln auf die unterschiedlichen Einstrahlungsbedingungen der Sonne reagieren können. Die Größe der PV-Zellen hängt von der Wafer-Größe ab und beträgt z. B.  $156 \times 156$  mm bei einer bis zu 10-fachen Konzentration des Sonnenlichts. Ab einer Konzentration größer als 100 Sonnen können spezielle Silizium-Konzentrator-Solarzellen mit einer Größe von  $4,5 \times 4,5$  mm verwendet werden. Sog. Stapel-Solarzellen, die nur wenige Millimeter groß sind, erfordern eine mindestens 300-fache Konzentration des Sonnenlichts.

**[0018]** Auf ihrer strahlungsabgewandten Seite sind die PV-Zellen mit einem Wärmeübertrager verbunden, der z. B. aus einem stranggepressten Aluminiumprofil mit Kühlrippen, die die von den Solarzellen absorbierte Wärme durch Konvektion auf die Umgebungsluft übertragen, besteht. Bei einer Fluidkühlung wird die von den Solarzellen absorbierte Wärme auf ein Wärmeträgerfluid, das in einem Wärmeträgerrohr geführt wird, übertragen. Bei einer Kühlung durch ein phasenwechselndes Material sind die Solarzellen auf ihrer strahlungsabgewandten Seite wärmeleitend mit einem Behälter verbunden, der ein PCM wie z. B. ein Salzhydrat  $[\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$  enthält. Dieser Behälter hat bei einer 5 m hohen Kollektorsäule und einem angenommenen Querschnitt von  $150 \times 150$  mm ein Fassungsvermögen von  $0,112 \text{ m}^3$ , was einer Schmelzenthalpie von  $61,9 \text{ MJ}$  entspricht. Das Salzhydrat mit einer Schmelztemperatur von  $79^\circ\text{C}$  bei Normaldruck ist damit in der Lage den Temperaturanstieg der Solarzellen temporär zu begrenzen. Um temporär auftretende Temperaturspitzen an den PV-Zellen zu kappen, kann auch ein anderes Salzhydrat, dessen Schmelztemperatur z. B. bei  $50^\circ\text{C}$  liegt, in den Behälter eingebaut werden. Während der Nachtabkühlung kristallisiert ein PCM zu einem festen Körper und verflüssigt sich ab einer bestimmten Temperatur bei intensiver Sonneneinstrahlung. Dabei kann die spezifische Schmelzenthalpie eines PCM zur Kühlung der Solarzellen genutzt werden.

**[0019]** In einer weiteren Ausführungsvariante ist vorgesehen, eine Windturbine in die Kollektorsäule zu integrieren, wobei die Kollektorsäule an ihrer Basis eine Lufteinlassöffnung und an ihre oberen Ende eine Luftauslassöffnung besitzt, sodass der Kamineffekt innerhalb eines Kollektorgehäuses genutzt werden kann, um eine Windturbine anzutreiben und um die von den Solarzellen absorbierte Wärme abzuleiten.

**[0020]** Den stirnseitigen Abschluss eines Röhrenkollektors bildet ein Stirnspiegel, der dazu ausgebildet ist, die von den Dreiecksprismen konzentrierten Strahlenbündel auf das Empfängererelement zu reflektieren. Um die Dreiecksprismen vor Verschmutzungen zu schützen ist ein transparentes Gehäuse vorgesehen. Bei einem solarthermischen Röhrenkollektor werden Wärmeverluste durch ein Vakuum zwischen dem transparenten Hüllrohr und dem Absorberrohr vermieden. Zur Vermeidung von Reflektionsverlusten sind die lichtempfangenden Oberflächen eines Röhrenkollektors entspiegelt. In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung ist ein Röhrenkollektor als Solarleuchte ausgebildet, bei der eine Vielzahl von LED-Leuchten parallel zu den Solarzellen angeordnet sind. Bei Nacht sind die divergenten Strahlenbündel der LED-Leuchten auf die Dreiecksprismen gerichtet und ermöglichen eine gleichmäßige Beleuchtung der Umgebung in einer ausgewählten Richtung.

**[0021]** Bei einem zweischalig aufgebauten transparenten Kollektorgehäuse können die Dreiecksprismen kraftschlüssig mit der inneren und der äußeren Schale des Kollektorgehäuses verbunden werden, sodass ein Prismen-Hohlkammerprofil als Leichtbauteil hergestellt werden kann, das das Konzentratorelement eines Röhrenkollektors bildet. Die dreiecksförmigen Prismen können aber auch in einer gestaffelten Formation innerhalb eines feststehenden transparenten Hüllrohrs angeordnet werden. Über einen Gründungselement ist eine Kol-

lektorsäule mit einem Baugrund verbunden und kann dabei einen Durchmesser von minimal nur 15 cm und maximal von mehreren Metern aufweisen. Mit einer Einspannung am Baugrund über ein geeignetes Gründungselement kann eine schlanke Kollektorsäule z. B. 2 m hoch sein und eine Kollektorsäule mit mehreren Metern Durchmesser kann eine Höhe von bis zu 20 m gebaut werden. Der Kamineffekt ist für den Betrieb einer Turbine bereits ab einer Höhe der Kollektorsäule von drei bis vier Metern und einem Durchmesser von etwa einem Meter möglich. Das Gehäuse einer Kollektorsäule besteht entweder aus einem ein- oder zweischalig ausgebildeten transparenten Hüllrohr oder aus einer pneumatisch gestützten transparenten Folie oder aus einer transparenten Hohlkammerschale. In dem Sockel der Kollektorsäule sind sowohl eine Steuerungseinheit und der Stellmotor für die Nachführung der Säule zum jeweiligen Sonnenstand als auch ein oder mehrere Gleichspannungswandler für die Umwandlung des von den PV-Zellen produzierten Gleichstroms in Wechselstrom sowie auch Batterien zur Speicherung des an den Solarzellen gewonnenen Stroms untergebracht. Die Oberflächen eines transparenten Hüllrohrs oder einer transluzenten Hohlkammerschale und die Oberflächen der Dreiecksprismen selbst tragen jeweils eine antireflektierende Beschichtung. Alle transparenten oder transluzenten Teile eines Röhrenkollektors werden aus einem eisenoxidarmen Kalknatronglas, einem Borosilicatglas oder aus transparenten Kunststoffen hergestellt. Zur Herstellung von Prismen-Hohlkammerprofilen, bei denen Dreiecksprismen als strukturell wirksame Abstandhalter zwischen einer transparenten Außen- und einer transparenten Innenschale angeordnet sind, eignen sich Polymethylmetacrylat (PMMA) oder Polycarbonat für ein Extrusionsverfahren. Eine zweite Anwendungsmöglichkeit eines erfindungsgemäßen Röhrenkollektors betrifft ein Sonnenschutzelement. Eine Vielzahl kreisrunder Sonnenschutzelemente bilden ein Röhrenregister, bei dem die einzelnen Röhrenkollektoren gemeinsam zur Sonne ausgerichtet werden. Eine Vielzahl von lamellenförmigen Röhrenkollektoren bildet ein Lamellenregister, bei dem die einzelnen Lamellen als Jalousie oder als Rollladen-Jalousie jeweils gemeinsam zur Sonne ausgerichtet werden. Ein transluzenter Sonnenschutz hat den Vorteil, dass die energiereiche direkte Sonneneinstrahlung aus einem Gebäude ferngehalten und nur diffuse Strahlung durchgelassen wird. In Kombination mit einem innenraumseitigen Blendschutz erfüllt ein transluzenter Sonnenschutz alle Anforderungen, die an einen wirksamen Sonnenschutz gestellt sind.

**[0022]** Röhrenkollektoren, die in einem Röhrenregister zusammengefasst sind, bilden ebenfalls einen außenliegenden Sonnenschutz, der durch einfache Drehung der Röhrenkollektoren zum jeweiligen Sonnenstand ausrichtbar ist. Dabei sind die Röhrenkollektoren entweder in einer Ebene oder in zwei Ebenen gegeneinander versetzt angeordnet, sodass direkte Sonneneinstrahlung aus einem Gebäude ferngehalten werden kann.

**[0023]** Der Verstellmechanismus zur Nachführung der Röhrenkollektoren kann in die Glashaltekonstruktion einer Fassade oder in einen vor der Fassade beweglich gelagerten Rahmen integriert werden. Ein derartiger Schieberahmen wird z. B. bedarfsweise vor eine Fensteröffnung gefahren.

**[0024]** Schließlich können die Röhrenkollektoren mit einem kreisrunden oder ovalen oder polygonalen oder lamellenförmigen Querschnitt hergestellt werden. Eine Lamelle weist dabei ein Gehäuse mit einer strahlungszugewandten und einer strahlungsabgewandten Seite auf. Die dreiecksförmigen Prismen sind in die einstrahlungsseitige Schale einer Lamelle integriert. Eine Vielzahl derartiger Lamellen kann in einem Lamellenregister zusammengefasst und zur Sonne ausgerichtet werden. Die Verstellung der einzelnen Lamellen erfolgt bei einem Lamellenregister oder einer Rollladen-Jalousie an Trag- und Stellseilen. Ein Sonnenschutzelement, bei dem zwei Dreiecksprismen in ein transparentes Kollektorgehäuse integriert sind, kann in einem Extrusionsverfahren aus Kunststoff wirtschaftlich hergestellt werden, wobei die PV-Zellen mit Wärmeübertrager außerhalb des Kollektorgehäuses angeordnet sind. Die Dreiecksprismen können z. B. in einem Ziehverfahren aus einem Borosilicatglas hergestellt werden und vakuumdicht in ein Glasrohr aus einem eisenarmen Kalknatronglas eingeschlossen werden. Dafür sind Stirnkappen aus Metall erforderlich, die mit dem Glasrohr vakuumdicht verlötet werden und auf ihrer Innenseite einen Stirnspiegel tragen, der sicherstellt, dass die konvergenten Strahlenbündel auf die PV-Zellen reflektiert werden. Ausgewählte Ausführungsbeispiele der Erfindung und ihre jeweiligen vorteilhaften Eigenschaften gehen aus den Figuren hervor.

**[0025]** Es zeigen:

**[0026]** Fig. 1 einen Röhrenkollektor mit zwei spiegelbildlich angeordneten Dreiecksprismen, die kraftschlüssig mit einem transparenten Hüllrohr verbunden sind, im Querschnitt

**[0027]** Fig. 2 einen Röhrenkollektor mit zwei spiegelbildlich angeordneten Freiformprismen, die über Halteklammern in einem evakuierten transparenten Hüllrohr angeordnet sind, im Querschnitt

**[0028]** Fig. 3 eine Röhrenkollektor mit Freiformprismen in einer gestaffelten Formation und einem Gehäuse, das von einer feststehenden, transparenten und pneumatisch gestützten Folie gebildet wird im schematischen Querschnitt

**[0029]** Fig. 4 einen Röhrenkollektor mit Dreiecksprismen in einer gestaffelten Formation und einem Gehäuse, das von einem feststehenden transparenten Hüllrohr gebildet wird, im schematischen Querschnitt

**[0030]** Fig. 5 einen Röhrenkollektor mit Dreiecksprismen in einer gestaffelten Formation und einem Gehäuse, das von einem zweischaligen evakuierten und transparenten Hüllrohr gebildet wird, im schematischen Querschnitt

**[0031]** Fig. 6 einen Röhrenkollektor mit Dreiecksprismen in einer gestaffelten Formation und einem Gehäuse, das von zwei exzentrisch zu einander angeordneten transparenten Hüllrohren gebildet wird, im schematischen Querschnitt

**[0032]** Fig. 7 einen Röhrenkollektor mit Dreiecksprismen in einer gestaffelten Formation und einem Gehäuse, das von einem Prismen-Hohlkammerprofil gebildet wird, im schematischen Querschnitt

**[0033]** Fig. 8 einen Röhrenkollektor mit Freiformprismen in einer gestaffelten Formation und einem Gehäuse, das von einem Prismen-Hohlkammerprofil gebildet wird, als solarthermischen Kollektor im schematischen Querschnitt

**[0034]** Fig. 9 einen Röhrenkollektor als Sonnenschutzelement in Lamellenform mit Dreiecksprismen in einer gestaffelten Formation und einem Gehäuse, das von einem Prismen-Hohlkammerprofil gebildet wird, im schematischen Querschnitt

**[0035]** Fig. 10 eine Kollektorsäule in einer isometrischen Ausschnittsdarstellung

**[0036]** Fig. 11 eine Kollektorsäule mit integrierter Turbine in einem schematischen Längsschnitt

**[0037]** Fig. 12 eine Kollektorsäule mit integrierter Turbine in einer isometrischen Ausschnittsdarstellung

**[0038]** Fig. 13 den Längsabschnitt einer Kollektorsäule, die als Solarleuchte ausgebildet ist in einer isometrischen Ausschnittsdarstellung

**[0039]** Fig. 14 eine Anordnung von Röhrenkollektoren als Sonnenschutzelemente für eine Fassade in der perspektivischen Übersichtsdarstellung

**[0040]** Fig. 15 das Röhrenregister nach Fig. 14 in einer perspektivischen Ausschnittsdarstellung

**[0041]** Fig. 16 Röhrenkollektoren als Sonnenschutzelemente in einem Schieberahmen vor einer Fensteröffnung

**[0042]** Fig. 17 eine Rollladen-Jalousie aus Röhrenkollektoren in der perspektivischen Übersicht

**[0043]** Fig. 18 ein hochgefahrenes Lamellenregister aus lamellenförmigen Röhrenkollektoren in einem schematischen Querschnitt

**[0044]** Fig. 19 das Lamellenregister nach Fig. 18 in einer aktiven Sonnenschutzstellung in einem schematischen Querschnitt

**[0045]** Fig. 20 ein Röhrenregister aus Röhrenkollektoren als Sonnenschutzelemente jeweils mit horizontaler Drehachse in einem schematischen Vertikalschnitt

**[0046]** Fig. 21 ein Röhrenregister aus Röhrenkollektoren als Sonnenschutzelemente jeweils mit vertikaler Drehachse in einer isometrischen Ausschnittsdarstellung

**[0047]** Fig. 1 zeigt den Querschnitt durch einen Röhrenkollektor **1** mit spiegelbildlich zu der Symmetrieebene  $\underline{O}$  angeordneten Dreiecksprismen **20**, die die tages- und jahreszeitlich in unterschiedlichen Winkeln einfallenden, parallelen Strahlenbündel  $Sp$  der Sonne bei einachsiger Nachführung des Röhrenkollektors **1** auf

ein Empfängerelement **3** fokussieren, das von einer Vielzahl von in Reihe parallel zu den Brennpunkten  $f_1$ – $f_n$  angeordneten PV-Zellen **30** gebildet wird. Ein beispielhaft hervorgehobener Lichtstrahl des Strahlenbündels  $S_p$  durchquert zunächst das Gehäuse **10** des Prismenrohrs **201** und dringt mit einem Einfallswinkel  $\alpha$  an der strahlungszugewandten Seite des Dreiecksprismas **20** in den optisch dichteren Prismenkörper ein, wo er mit einem Brechungswinkel  $\beta$  zum Einfallslot hin gebrochen wird. An der gegenüberliegenden Seite des Dreiecksprismas **20** wird der Lichtstrahl mit einem Reflektionswinkel  $\gamma$  totalreflektiert, um an der Ausfallsseite des Dreiecksprismas **20** mit einem Einfallswinkel  $\alpha'$  und einem Ausfallswinkel  $\delta$  bei dem Übergang von dem optisch dichteren zu dem optisch dünneren Medium vom Ausfallslot weg auf die PV-Zelle **30** gelenkt zu werden. Eine Vielzahl von jeweils spiegelbildlich zu der Symmetrieebene  $\underline{O}$  des Röhrenkollektors **1** angeordneten Lichtstrahlen eines konvergenten Strahlenbündels  $S_k$  schneidet sich in einer Vielzahl von Brennpunkten  $f_1$ – $f_n$  in der Symmetrieebene  $\underline{O}$  und bildet einen sich überlappenden Fokalbereich. Beim Austritt aus den Dreiecksprismen **20** werden die Lichtstrahlen als konvergente Strahlenbündel  $S_k$  auf die senkrecht zu der Symmetrieebene  $\underline{O}$  angeordneten PV-Zellen **30** konzentriert. Mit dieser Prismenanordnung ist eine etwa vierfache Konzentration des Sonnenlichts auf die PV-Zellen **30** möglich. Bei einer angenommenen Breite von 15 mm für die PV-Zellen **30** hat der Röhrenkollektor ein Durchmesser von etwa 60 mm. Eine Längsnut in dem Prismenrohr **201** nimmt die PV-Zellen **30**, die durch eine Stromsammelschiene **300** untereinander verbunden sind, auf. Ein Prismenrohr **201**, bei dem die Dreiecksprismen **20** einstückig mit einem transparenten Gehäuse **10** verbunden sind, kann auf einfache Weise in einem Extrusionsverfahren aus einem transparenten Kunststoff, wie Polymethylmetacrylat (Pmma) oder Polycarbonat hergestellt werden. Alternativ kann der Röhrenkollektor **1** auch aus senoxidarmem Kalknatronglas hergestellt werden, wobei die Dreiecksprismen **20** in ein transparentes Glasrohr eingeklebt werden. An den Stirnseiten sind jeweils Kappen vorgesehen, die auf ihrer Innenseite einen Stirnspiegel 112 tragen, sodass ein schräg einfallendes Strahlenbündel  $S_k$  auf die PV-Zellen **30** reflektiert wird.

**[0048]** Fig. 2 zeigt einen Röhrenkollektor **1**, bei dem das Konzentratorelement **2** aus zwei spiegelbildlich zu der Symmetrieebene  $\underline{O}$  angeordneten Dreiecksprismen **20** besteht. Die Dreiecksprismen **20** sind als Freiform-Prismen **200** ausgebildet, bei denen alle drei Prismenseiten eine Krümmung aufweisen, die durch ein Polynom höherer Ordnung definiert ist. Die Freiform-Prismen **200** sind in ein transparentes Hüllrohr **102** integriert und werden durch abschnittsweise angeordnete Halteklammern **100** innerhalb des transparenten Hüllrohrs **102** in Position gehalten. Der Röhrenkollektor **1** wird in einer horizontal, vertikal oder geneigt angeordneten Drehachse  $x$  zum jeweiligen Sonnenstand ausgerichtet, wobei ein paralleles Strahlenbündel  $S_p$  von den Freiform-Prismen **200** in zwei konvergenten Strahlenbündeln  $S_k$  auf einen Brennpunkt  $f_1$  konzentriert wird. Außerhalb des an seiner strahlungsabgewandten Seite abgeflacht ausgebildeten, transparenten Hüllrohrs **102** treffen die beiden konvergenten Strahlenbündel  $S_k$  auf einen etwa 15 mm breiten Streifen aus PV-Zellen **30** als Empfängerelement **3** des Röhrenkollektors **1**. Die PV-Zellen **30** sind auf ihrer strahlungsabgewandten Seite mit einem Wärmeübertrager **31** verbunden, der von einem extrudierten Metallträger mit Kühlrippen **310** gebildet wird. Die Freiform-Prismen **200** ermöglichen eine etwa siebenfache Konzentration des Sonnenlichts auf die PV-Zellen **30**. Um die Freiform-Prismen **200** vor Verschmutzung zu schützen, ist das transparente Hüllrohr **102** an beiden Enden mittels von Stirnkappen aus Metall, die jeweils einen Stirnspiegel 112 tragen, vakuumdicht verschlossen. Die Stirnspiegel 112 reflektieren ein konzentriertes Strahlenbündel  $S_k$  auf die PV-Zellen **30**. Die Konzentration des parallelen Strahlenbündels  $S_p$  auf die PV-Zellen **30** wird exemplarisch an einem Lichtstrahl dargestellt. Der Einfallswinkel  $\alpha$  definiert den Brechungswinkel  $\beta$  beim Eintritt des Lichtstrahls in das Freiform-Prisma **200**. An der im weiteren Strahlungsverlauf nächsten Prismenseite wird der Strahl mit einem Reflexionswinkel  $\gamma$  gegenüber dem Lot totalreflektiert, um an der Ausfallsseite des Prismas **20** mit einem Einfallswinkel  $\alpha'$  und einem Ausfallswinkel  $\delta$  gegenüber dem Ausfallslot auf die PV-Zellen **30** konzentriert zu werden. Die Freiform-Prismen **200** sind so gestaltet, dass für jeden Lichtstrahl der Einfallswinkel  $\alpha$  und der Ausfallswinkel  $\delta$  denselben Betrag aufweisen. Die PV-Zellen **30** sind als etwa 15 mm breite und 78 mm lange Minisolarzellen mittels einer Stromsammelschiene **300** einzeln untereinander verschaltet.

**[0049]** Fig. 3 zeigt den Querschnitt einer Kollektorsäule **11** mit einer vertikalen Drehachse  $x$ , die als Solarleuchte ausgebildet ist und bei der das Konzentratorelement **2** und das Empfängerelement **3** eine in sich unverdrehbare Einheit bilden und innerhalb eines feststehenden Gehäuses **10**, das von einer transparenten, pneumatisch gestützten Folie **104** gebildet wird, angeordnet sind. Die Dreiecksprismen **20** sind jeweils als Freiformprismen **200** ausgebildet, weisen eine gestaffelte Formation auf und stehen an ihrem unteren Ende auf einem Stirnspiegel 112, der innerhalb des Gehäuses **10** zusammen mit dem Empfängerelement **3** drehbar gelagert ist. Die Kollektorsäule **11** hat z. B. einen Durchmesser von 1 m und eine Höhe von 4 m. Die parallelen Strahlenbündel  $S_p$  der Sonne werden von den Freiformprismen **200** auf eine Brennpunktlinie  $f_1$  fokussiert. Hinter der Brennpunktlinie  $f_1$  sind PV-Zellen **30** auf ihrer Strahlungsabgewandten Seite mit einem Wärmeübertrager **31** verbunden, der als Behälter **311** mit einer Füllung aus PCM **312** besteht und die von den PV-Zellen **30** absorbierte Wärme auf die umgebende Luft überträgt. Das Konzentratorelement **2** aus Freiformprismen **200** ist in der Lage die parallelen Strahlenbündel  $S_p$  der Sonne mit bis zu 100-facher Konzentration auf die Brennpunktlinie

f1 zu konzentrieren. Bei dem gezeigten Beispiel ist das Empfängerelement **3** parallel zur Brennlinie f1 so angeordnet, dass eine etwa 10-fache Konzentration des Sonnenlichts auf einen 10 cm breiten, mit PV-Zellen **30** belegten Behälter **311** ermöglicht wird. Der Behälter **311** nimmt eine Stromsammelschiene **300** auf, über die jede einzelne PV-Zelle **30** mit einem nicht näher bezeichneten Gleichspannungswandler verbunden ist, sodass die PV-Zellen **30** einzeln auf die wechselnden Einstrahlungsbedingungen der Sonne reagieren können. Die PV-Zellen **30** werden auf der linken und der rechten Seite des Behälters **311** von einer Vielzahl von LED-Leuchten **116** flankiert, deren divergente Strahlenbündel Sd auf die Dreiecksprismen **20** gerichtet sind, sodass eine Solarleuchte bei Nacht eine Umgebungsbeleuchtung mit einem gegenüber der Kollektorfunktion umgekehrten Strahlengang ermöglicht.

**[0050]** Fig. 4 zeigt eine Kollektorsäule **11** als Solarleuchte in einem Horizontalschnitt, deren feststehendes Gehäuse **10** ein transparentes Hüllrohr **102** aufweist. Das Konzentratorelement **10** besteht aus Dreiecksprismen **20**, die in einer halbkreisförmigen gestaffelten Formation angeordnet sind und die parallelen Strahlenbündel Sp der Sonne auf einen mit PV-Zellen **30** belegten Wärmeübertrager **31** konzentrieren. Der Wärmeübertrager **31** besteht aus einem Behälter **311** mit einer Füllung aus PCM **312**, das aus einem Salzhydrat, z. B.  $[\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$  besteht. Die PV-Zellen **30** stehen auf ihrer strahlungsabgewandten Seite in einem wärmeleitenden Kontakt mit dem Behälter **311**. Der Wärmeübertrager **31** kappt Temperaturspitzen an den PV-Zellen **30** ab 79°C bei atmosphärischem Druck. An der Basis der Kollektorsäule **11** ist ein Stirnspiegel **112** vorgesehen, der die von den Dreiecksprismen **20** auf die Brennlinsen f1–fn konzentrierten Lichtstrahlen in einem konvergenten Strahlenbündel Sk auf die PV-Zellen **30** reflektiert. Der Behälter **311** wird links und rechts von einer Vielzahl von LED-Leuchten **116** flankiert, deren divergente Strahlenbündel Sd auf die Dreiecksprismen **20** gerichtet sind, sodass eine Solarleuchte bei Nacht eine Umgebungsbeleuchtung mit einem gegenüber der Kollektorfunktion umgekehrten Strahlengang ermöglicht. Das feststehende gläserne Hüllrohr **102** bildet einen Spannrahmen für die Dreiecksprismen **20**, die an ihrem oberen und an ihrem unteren Ende jeweils über einen drehbaren Ring mit dem transparenten Hüllrohr **102** verbunden sind und deshalb als zugbeanspruchte Dreiecksprismen **20** ausgebildet werden können.

**[0051]** Fig. 5 zeigt den Horizontalschnitt durch eine Kollektorsäule **11**, die als Solarleuchte ausgebildet ist und bei der Dreiecksprismen **20** in einer gestaffelten Formation zwischen zwei konzentrisch zueinander angeordneten, transparenten Hüllrohren **102** angeordnet sind. Bei dieser Kollektorsäule **11** bilden das Konzentratorelement **2**, das Empfängerelement **3** und das zweischalige transparente Hüllrohr **102** eine in sich unverdrehbare Einheit, die als ganzes in einem Azimutlager **110** an der Basis der Kollektorsäule **11** zum jeweiligen Sonnenstand ausgerichtet wird. Auch bei diesem Beispiel ist ein Stirnspiegel **112** zur Reflektion der konvergenten Strahlenbündel Sk auf die PV-Zellen **30** vorgesehen. Die konzentrischen transparenten Hüllrohre **102** sind an ihren Stirnseiten untereinander zu einem Hohlkörper verschmolzen, an den ein Vakuum  $\underline{V}$  angelegt wird um die Dreiecksprismen **20** vor Umwelteinflüssen zu schützen. Die einzelnen Prismen werden durch nicht näher dargestellte Metallklammern, wie in Fig. 2 exemplarisch dargestellt, in ihrer jeweiligen Position gehalten. PV-Zellen **30** sind auf ihrer strahlungsabgewandten Seite wärmeleitend mit einem Wärmeübertrager **31** verbunden, der aus einem Behälter **311** mit einer Füllung aus PCM **312** besteht. LED-Leuchten **116** sind auf beiden Seiten des Behälters **311** angeordnet und emittieren bei Nacht ein divergentes Strahlenbündel Sd auf die Dreiecksprismen **20**.

**[0052]** Fig. 6 zeigt einen Horizontalschnitt durch eine Kollektorsäule **11** mit einem zweischaligen Gehäuse **10**, das aus zwei exzentrisch zueinander angeordneten transparenten Hüllrohren **102** aufgebaut ist. Zwischen den beiden Hüllrohren **102** aus Glas ist ein Vakuum  $\underline{V}$  vorgesehen, um den Zwischenraum, in dem die Dreiecksprismen **20** angeordnet sind, vor Verschmutzung zu schützen. Die Dreiecksprismen **20** sind spiegelbildlich zu der Symmetrieebene  $\underline{0}$  angeordnet und weisen jeweils ein unterschiedliches Profil mit planebenen Prismenseiten auf. Individuell verstellbare LED-Leuchten **116**, die beidseitig an dem Wärmeübertrager **31** befestigt sind, sorgen bei Nacht für eine Beleuchtung der Umgebung. Die PV-Zellen **30** sind auf einem metallischen Träger angeordnet, auf dessen strahlungsabgewandter Seite Kühlrippen **310** für die Ableitung der an den PV-Zellen **30** absorbierten Wärme sorgen. Durch nicht näher dargestellte Metallklammern zwischen den transparenten Hüllrohren **102** werden die einzelnen Dreiecksprismen **20** exakt in ihrer jeweiligen Position fixiert.

**[0053]** Fig. 7 zeigt den Horizontalschnitt durch eine Kollektorsäule **11**, bei der das Gehäuse **10** einstrahlungsseitig von einem Prismen-Hohlkammerprofil **202** und auf der strahlungsabgewandten Seite von einer transparenten Hohlkammerschale **103** gebildet wird. Das zweischalige und kreisrund aufgebaute Kollektorgehäuse **10** kann in einem Extrusionsverfahren an einem Stück oder in Segmenten hergestellt werden. Mit einer etwa zehnfachen Konzentration werden die parallelen Strahlenbündel Sp der Sonne auf eine Vielzahl von Brennlinsen f1–fn, die jeweils ein Schnittpunkt mit der Symmetrieebene  $\underline{0}$  aufweisen, auf ein quer zur Symmetrieebene  $\underline{0}$  angeordnetes Empfängerelement **3** konzentriert. Das Empfängerelement **3** weist einen 100–150 mm breiten,



mit einer Reihe von Solarzellen **30** belegten Streifen auf, der eine zur Einstrahlung orientierte Seite des Wärmeübertragers **31** bildet. Der Wärmeübertrager **31** besteht aus einem Behälter **311** mit einer Füllung aus PCM **312**. Seitlich an dem Behälter **311** befestigte LED-Leuchten **116** sind bei Nacht auf die Dreiecksprismen **20** gerichtet, sodass das Licht von der Solarleuchte gleichmäßig in eine auswählbare Richtung abgestrahlt wird.

**[0054]** Fig. 8 zeigt einen Röhrenkollektor **1** mit einem zweischalig aufgebauten transparenten Gehäuse **10**, das einstrahlungsseitig ein Prismen-Hohlkammerprofil **202** aufweist und auf der strahlungsabgewandten Seite von einer transparenten Hohlkammerschale **103** gebildet wird. Das Konzentratorelement **2** wird von Dreiecksprismen **20** als Freiformprismen **200** in einer gestaffelten, spiegelbildlich zur Symmetrieebene  $0$  angeordneten Formation gebildet und konzentrieren die parallel einfallenden Strahlenbündel  $S_p$  der Sonne auf eine Brennnlinie  $f_1$ . Das Empfängerelement **3** ist konzentrisch und koaxial zur Brennnlinie  $f_1$  und zur Drehachse  $x$  des Röhrenkollektors **1** angeordnet und besteht aus einem Absorberrohr **32** mit einer absorbierenden Beschichtung **320**, das von einem Wärmeträgerfluid **33** durchströmt und von einem transparenten Hüllrohr **102** umgeben wird. Zwischen dem Absorberrohr **32** und dem transparenten Hüllrohr **102** ist ein Vakuum  $V$  vorgesehen, um Wärmeverluste zu vermeiden. Der Stirnspiegel **112** ist dazu ausgebildet, ein von den Dreiecksprismen **20** konzentriertes Strahlenbündel  $S_k$  jeweils an den Stirnseiten des Kollektors auf das Absorberrohr **32** zu konzentrieren.

**[0055]** Fig. 9 zeigt einen Röhrenkollektor **1** mit einer Lamellenform als Sonnenschutzelement **12**. Einstrahlungsseitig ist dieser Röhrenkollektor als Prismen-Hohlkammerprofil **202** ausgebildet, während auf der strahlungsabgewandten Seite das Gehäuse **10** einschalig ausgebildet ist und ein mit PV-Zellen **30** bestücktes Empfängerelement **3** trägt. Das Sonnenschutzelement **12** wird um eine vertikal, geneigt oder horizontal angeordnete Drehachse  $x$  zum jeweiligen Sonnenstand ausgerichtet. Das Sonnenschutzelement **12** kann in einem Extrusionsverfahren aus einem transparenten Kunststoff hergestellt werden.

**[0056]** Fig. 10 zeigt eine Kollektorsäule **11**, die in ihrem Aufbau dem in Fig. 3 im Horizontalschnitt dargestellten Ausführungsbeispiel entspricht. Das transparente Gehäuse **10** wird von einer transparenten Folie **104** gebildet, die durch einen Innendruck mittels eines nicht näher dargestellten Ventilators pneumatisch gestützt wird. Das Konzentratorelement **2** und das Empfängerelement **3** bilden eine in sich unverdrehbare Einheit, die in einem Azimutlager **110** an der Basis der Röhrenkollektorsäule **11** über einen nicht näher dargestellten Stellmotor zur Sonne ausgerichtet wird. Das Konzentratorelement **2** besteht aus einer Vielzahl von Dreiecksprismen **20**, die in einer V-förmig gestaffelten Formation angeordnet und als Freiformprismen **200** ausgebildet sind. Das Empfängerelement **3** besteht aus PV-Zellen **30**, die auf ihrer strahlungsabgewandten Seite wärmeleitend mit einem Wärmeübertrager **31** verbunden sind. Wie in Fig. 3 beschrieben weist der Wärmeübertrager **31** einen Behälter **311** mit einer Füllung aus PCM **312** auf.

**[0057]** Fig. 11 zeigt einen Röhrenkollektor **1** als Kollektorsäule **11**, die an ihrer Basis eine Lufteinlassöffnung **113** und an ihrer Spitze eine Luftauslassöffnung **114** aufweist. Im Bereich des Azimutlagers **110** ist eine Turbine **115** mit koaxial zur Drehachse  $x$  des Röhrenkollektors **1**, angeordneter Rotationsachse eingebaut. Wird das Konzentratorelement **2**, das dem in Fig. 4 gezeigten Beispiel entspricht und aus einer Vielzahl von Dreiecksprismen **20** besteht, zur Sonne ausgerichtet, werden die parallelen Sonnenstrahlen von den Dreiecksprismen **20** als konvergentes Strahlenbündel auf die PV-Zellen **30** des Empfängerelements **3** konzentriert. Bei einem 4 m bis 5 m hohen Säulenkollektor entsteht dabei innerhalb des transparenten Hüllrohrs **102** ein Kamineffekt, der von der an den PV-Zellen **30** absorbierten Wärme ausgelöst wird und die Turbine **115** antreibt.

**[0058]** Fig. 12 zeigt eine Kollektorsäule **11**, die in ihrem Aufbau dem in Fig. 6 im Horizontalschnitt gezeigten Beispiel entspricht. In einem Azimutlager **110** folgt die Kollektorsäule **11** mittels eines, nicht näher dargestellten Stellmotors mit Steuerungseinheit dem jeweiligen Sonnenstand. Über eine Lufteinlassöffnung **113** an der Basis und eine Luftauslassöffnung **114** am oberen Ende der Kollektorsäule **11** kann innerhalb des zweischalig aufgebauten Gehäuses **10** der Kamineffekt genutzt werden um eine Turbine **115** anzutreiben. Die PV-Zellen **30** sind auf ihrer strahlungsabgewandten Seite wärmeleitend mit einem Wärmeübertrager **31** verbunden, der von einem metallischen Trägerprofil mit Kühlrippen **310** gebildet wird. Die Luftkühlung der PV-Zellen **30** bewirkt eine vertikale Luftströmung, die für den Betrieb einer Turbine **115** im Bereich der Lufteinlassöffnung **113** genutzt wird. Die Luftauslassöffnung **114** befindet sich an dem nach oben offenen Ende der Kollektorsäule **11**.

**[0059]** Fig. 13 zeigt einen Längsabschnitt einer Kollektorsäule **11** nach Fig. 12, die als Solarleuchte ausgebildet ist. Die Dreiecksprismen **20** weisen jeweils einen unterschiedlichen Profilquerschnitt mit planebenen Prismenseiten auf und sind in ein zweischalig aufgebautes Gehäuse **10** mit einem äußeren und einem inneren transparenten Hüllrohr **102** eingebaut. Das Empfängerelement **3** besteht aus PV-Zellen **30**, die auf ihrer strahlungsabgewandten Seite mit einem Wärmeübertrager **31** verbunden sind. Der Wärmeübertrager **31** besteht aus einem extrudierten Träger mit Kühlrippen **310**, an den LED-Leuchten **116** angeschlossen sind. Die LED-

Leuchten **116** werfen divergente Strahlenbündel  $S_d$  auf die Dreiecksprismen **20**, sodass bei Nacht eine gleichmäßige Beleuchtung der Umgebung ermöglicht wird.

**[0060]** Fig. 14 zeigt ein Röhrenregister **120** aus Röhrenkollektoren **1**, die jeweils als Sonnenschutzelemente **12** ausgebildet sind und im Wesentlichen den in den Fig. 1 und Fig. 2 im Querschnitt erläuterten Röhrenkollektoren **1** entsprechen. In die Glashaltekonstruktion einer Gebäudehüllkonstruktion **13** ist ein Stellmotor **118** integriert, der die Röhrenkollektoren **1** zum jeweiligen Sonnenstand ausrichtet. Die Sonnenschutzelemente **12** sind als außenliegender Sonnenschutz einstrahlungsseitig vor einer Isolierverglasung **130** angeordnet. Jeder Röhrenkollektor **1** wird um eine horizontale Drehachse  $x$  zur Sonne ausgerichtet.

**[0061]** Fig. 15 zeigt das Röhrenregister **120** nach Fig. 14 mit einem in die Glashaltekonstruktion integrierten Zahnriemenantrieb. Jeder Röhrenkollektor **1** besitzt ein Konzentratorelement **2** aus zwei spiegelbildlich zueinander angeordneten Dreiecksprismen **20** und ein Empfängerelement **3**, das von PV-Zellen **30** gebildet wird und entspricht in seinem Aufbau den in den Fig. 1 und Fig. 2 im Querschnitt gezeigten Ausführungsbeispielen.

**[0062]** Fig. 16 zeigt ein Röhrenregister **120**, bei dem eine Vielzahl von Röhrenkollektoren **1** in einen nicht näher bezeichneten verschieblichen Metallrahmen vor einer Fensteröffnung mit Isolierverglasung **130** integriert ist. Dabei bildet das Röhrenregister **120** einen transluzenten Sonnenschutz, der, wie in Fig. 15 gezeigt, mittels eines in den Rahmen integrierten Zahnriemenantriebs zum jeweiligen Sonnenstand ausgerichtet wird. Ein Sonnenschutzelement **12** entspricht in seinem Aufbau und seinen Abmessungen den in den Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispielen.

**[0063]** Fig. 17 zeigt eine Rollladen-Jalousie **122**, die aus einer Vielzahl von lamellenförmig ausgebildeten Röhrenkollektoren **1** aufgebaut ist. Die Röhrenkollektoren **1** entsprechen in ihrem Aufbau dem in Fig. 9 gezeigten Ausführungsbeispiel eines Sonnenschutzelements **12**. Das Gehäuse **10** eines Röhrenkollektors **1** weist auf seiner strahlungszugewandten Seite ein Prismen-Hohlkammerprofil **202** auf. In einem nicht näher bezeichneten Rollladenkasten werden die Sonnenschutzelemente **12** aufgerollt. Die Rollladen-Jalousie **122** ist als temporärer Sonnenschutz vor einem Fenster mit Isolierverglasung **130** angebracht. Das Konzentratorelement **2** fokussiert die Sonnenstrahlen auf ein Empfängerelement **3**, das mit PV-Zellen **30** bestückt ist. Die Sonnenschutzelemente **12** tragen eine Antireflexbeschichtung **203** und werden in einem Extrusionsverfahren aus Acrylglas oder Polycarbonat hergestellt.

**[0064]** Fig. 18 zeigt ein Lamellenregister **121** im hochgefahrenen Zustand. Das Lamellenregister **121** ist aus lamellenförmig ausgebildeten Röhrenkollektoren **1** aufgebaut, die dem in Fig. 9 gezeigten Beispiel entsprechen.

**[0065]** Fig. 19 zeigt das Lamellenregister **121** nach Fig. 18 in einer Sonnenschutzstellung, wobei jedes einzelne Sonnenschutzelement **12** um eine horizontale Achse  $x$  zu den tages- und jahreszeitlich in unterschiedlichen Winkeln einfallenden parallelen Strahlenbündeln  $S_p$  der Sonne ausrichtbar ist. Damit wird nicht nur ein effektiver Sonnenschutz für eine Gebäudehüllkonstruktion **13** sichergestellt, sondern auch eine photovoltaische Stromgewinnung an jedem einzelnen Sonnenschutzelement **12** ermöglicht. Analog zur einer herkömmlichen Jalousie bilden die einzelnen Sonnenschutzelemente **12** ein an Seilen geführtes, verstellbares Lamellenregister **121**.

**[0066]** Fig. 20 zeigt ein Röhrenregister **120**, das aus einer Vielzahl von Röhrenkollektoren **1** besteht, die in ihrem Aufbau dem in Fig. 8 gezeigten Ausführungsbeispiel entsprechen und die jeweils ein Konzentratorelement **2** und ein Empfängerelement **3** aufweisen und um eine horizontale Achse  $x$  zu den parallel einfallenden Strahlenbündeln  $S_p$  der Sonne ausrichtbar sind. Das Empfängerelement **3** ist als ein von einem Wärmeträgerfluid durchströmtes und von einem transparenten Hüllrohr umgebenes Absorberrohr ausgebildet. Die an einem solarthermischen Röhrenkollektor **1** gewonnene Wärme kann im Winter zur Heizungsunterstützung und im Sommer im Zusammenwirken mit Absorptions- oder Adsorptionswärmetauschern zur Kühlung des Gebäudes beitragen. Der schematische Vertikalschnitt zeigt eine Gebäudehüllkonstruktion **13** mit Isolierverglasung **130** und außenliegenden transluzenten Sonnenschutzelementen **12**.

**[0067]** Fig. 21 zeigt ein Röhrenregister **120**, das aus vertikal vor einer Gebäudehüllkonstruktion **13** mit Isolierverglasung **130** angeordneten, im Querschnitt kreisrunden Röhrenkollektoren **1** aufgebaut ist. Die Röhrenkollektoren **1** entsprechen in ihrem Aufbau dem in Fig. 8 gezeigten Ausführungsbeispiel und können als solarthermische Kollektoren, wie in Fig. 20 gezeigt, oder als photovoltaische Kollektoren ausgebildet werden. Die Sonnenschutzelemente **12** werden um eine vertikale Achse  $x$  zum jeweiligen Sonnenstand ausgerichtet.

## Bezugszeichenübersicht

Röhrenkollektor	<b>1</b>	Konzentratorelement	<b>2</b>
Gehäuse	<b>10</b>	Dreiecksprisma	<b>20</b>
Halteklammer	<b>100</b>	Freiform-Prisma	<b>200</b>
Stirnspiegel	<b>101</b>	Prismenrohr	<b>201</b>
Transparentes Hüllrohr	<b>102</b>	Prismen-Hohlkammerprofil	<b>202</b>
Transparente Hohlkammerschale	<b>103</b>	Antireflexbeschichtung	<b>203</b>
Transparente Folie	<b>104</b>	Brennlinien	f1–fn
Kollektorsäule	<b>11</b>	Paralleles Strahlenbündel	Sp
Azimutlager	<b>110</b>	Divergentes Strahlenbündel	Sd
Stirnspiegel	<u>112</u>	Konvergentes Strahlenbündel	Sk
Lufteinlassöffnung	<b>113</b>	Einfallswinkel	$\alpha, \alpha'$
Luftauslassöffnung	<b>114</b>	Brechungswinkel	$\beta$
Turbine	<b>115</b>	Reflexionswinkel	$\gamma$
LED-Leuchten	<b>116</b>	Ausfallswinkel	$\delta$
Stellmotor	<b>118</b>	Empfängerelement	<b>3</b>
Sonnenschutzelement	<b>12</b>	PV-Zelle	<b>30</b>
Röhrenregister	<b>120</b>	Stromsammelschiene	<b>300</b>
Lamellenregister	<b>121</b>	Wärmeübertrager	<b>31</b>
Rollladen-Jalousie	<b>122</b>	Kühlrippen	<b>310</b>
Gebäudehüllkonstruktion	<b>13</b>	Behälter	<b>311</b>
Isolierverglasung	<b>130</b>	PCM	<b>312</b>
Vakuum	<u>V</u>	Absorberrohr	<b>32</b>
Drehachse	x	absorbierende Beschichtung	<b>320</b>
Symmetrieebene	<u>O</u>	Wärmeträgerfluid	<b>33</b>

## Patentansprüche

1. Röhrenkollektor (**1**) mit einer Symmetrieebene (O), bestehend aus einem Konzentratorelement (**2**) und einem Empfängerelement (**3**), welcher Röhrenkollektor (**1**) insbesondere als Kollektorsäule (**11**) oder als Sonnenschutzelement (**12**) ausgebildet ist und bei einachsiger Nachführung zum Azimut- oder zum Höhenwinkel der Sonne um eine Drehachse (x) die tages- und jahreszeitlich in unterschiedlichen Winkeln einfallenden Strahlenbündel (Sp) der Sonne auf das parallel zu einem Bündel von Brennlinien (f1–fn) in der Symmetrieebene (O) angeordnete Empfängerelement (**3**) konzentriert, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Konzentratorelement (**2**) mindestens zwei einzelne, spiegelbildlich zur Symmetrieebene (O) angeordnete, Dreiecksprismen (**20**) aufweist, die jeweils eine lichtbrechende Einstrahlungsseite mit einem Einfallswinkel ( $\alpha$ ) und eine totalreflektierende Seite mit einem Reflexionswinkel ( $\gamma$ ) und eine Ausfallsseite mit einem Ausfallswinkel ( $\delta$ ) aufweisen und so ausgebildet sind, dass der Einfallswinkel ( $\alpha$ ) und der Ausfallswinkel ( $\delta$ ) denselben Betrag haben und der Reflexionswinkel ( $\gamma$ ) an der totalreflektierenden Seite größer als der glastypenspezifische Grenzwinkel der Totalreflexion, vorzugsweise größer als 42 Grad ist.
2. Röhrenkollektor (**1**) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Seiten der Dreiecksprismen (**20**) als planebene Flächen ausgebildet sind, wobei ein parallel einfallendes Strahlenbündel (Sp) der Sonne von mindestens zwei spiegelbildlich zueinander angeordneten Dreiecksprismen (**20**) auf einen Brennbereich mit sich überlappenden Brennlinien (f1–fn) fokussiert wird.
3. Röhrenkollektor (**1**) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Dreiecksprisma (**20**) als Freiformprisma (**200**) ausgebildet ist, bei dem mindestens eine Seite, bevorzugt jedoch alle drei Seiten eine ge-

krümmte Flächen aufweisen, wobei die Oberfläche einer Prismenseite durch ein Polynom höheren Grades definiert ist, um eine Fokussierung auf eine Brennpunktlinie ( $f_1$ ) zu erzeugen.

4. Röhrenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Röhrenkollektor (1) ein transparentes Gehäuse (10) aufweist, das entweder von einem ein- oder zweischalig aufgebauten transparenten Hüllrohr (102) oder von einer transparenten Hohlkammerschale (103) oder von einer pneumatisch gestützten transparenten Folie (104) gebildet wird, wobei eine in sich unverdrehbare Einheit aus den Dreiecksprismen (20), dem Empfängerelement (3) und dem Gehäuse (10) zur Sonne ausrichtbar ist, oder eine in sich unverdrehbare Einheit aus den Dreiecksprismen (20) und dem Empfängerelement (3) innerhalb eines starren Gehäuses (10) zur Sonne ausrichtbar ist.

5. Röhrenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Vielzahl einzelner Dreiecksprismen (20) in dem Zwischenraum eines zweischalig ausgebildeten, transparenten Hüllrohrs (102) angeordnet ist oder dass eine Vielzahl von Dreiecksprismen (20) Bestandteil eines extrudierten Prismen-Hohlkammerprofils (202) ist.

6. Röhrenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Empfängerelement (3) des Röhrenkollektors (1) von PV-Zellen (30) gebildet wird, die auf ihrer strahlungsabgewandten Seite mit einem Wärmeübertrager (31) verbunden sind, der im Falle einer Luftkühlung aus einem Träger mit Kühlrippen (310) besteht und im Falle einer Fluidkühlung ein von einem Wärmeträgerfluid (33) durchströmtes Absorberrohr (32) aufweist und im Falle einer PCM-Kühlung aus einem mit einem PCM (312) befüllten Behälter (311) besteht.

7. Röhrenkollektor (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die PV-Zellen (30) untereinander durch eine Stromsammelschiene (303) verbunden und jeweils einzeln, über Anode und Kathode, an einen Gleichspannungswandler angeschlossen sind, sodass die PV-Zellen (30) individuell, abhängig von den im Tagesverlauf wechselnden Einstrahlungsbedingungen, schaltbar sind.

8. Röhrenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Kollektorsäule (11) als Solarleuchte ausgebildet ist und bei Sonneneinstrahlung in einem Azimutlager (10) mit Steuerungseinheit und Stellmotor (118) am Sockel der Kollektorsäule (11) zur Sonne ausrichtbar ist, während bei Nacht eine Vielzahl von LED-Leuchten (116), die parallel zu den PV-Zellen (30) angeordnet sind, jeweils mit einem divergenten Strahlenbündel ( $S_d$ ) auf die Dreiecksprismen (20) gerichtet sind und eine Umgebungsbeleuchtung ermöglichen, wobei der Strom für den Betrieb der LED-Leuchten (116) in einer Batterie im Sockel der Kollektorsäule (11) gespeichert ist oder über einen Netzanschluss der Solarleuchte erfolgt.

9. Röhrenkollektor (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse (10) eines Röhrenkollektors (1) an seinem Sockel eine Lufteinlassöffnung (113) und an seiner Spitze eine Luftauslassöffnung (114) aufweist, um im Innenraum des Gehäuses (10) den Kamineffekt für den Betrieb einer Turbine (115) zu nutzen.

10. Röhrenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Röhrenkollektor (1) an mindestens einem Ende einen senkrecht zur Symmetrieebene ( $O$ ) angeordneten Stirnspiegel (112) aufweist, der ein von den Dreiecksprismen (20) konzentriertes, konvergentes Strahlenbündel ( $S_k$ ) auf die PV-Zellen (30) reflektiert.

11. Röhrenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Röhrenkollektor (1) als transluzentes Sonnenschutzelement (12) ausgebildet ist und als Bestandteil eines Röhrenregisters (120) oder eines Lamellenregisters (121) oder einer Rollladen-Jalousie (122) einen außenliegenden Sonnenschutz für eine Gebäudehüllkonstruktion (13) mit Isolierverglasung (130) bildet.

12. Röhrenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Röhrenkollektor (1) im Querschnitt kreisrund oder oval oder lamellenförmig oder polygonal ausgebildet sein kann.

Es folgen 18 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

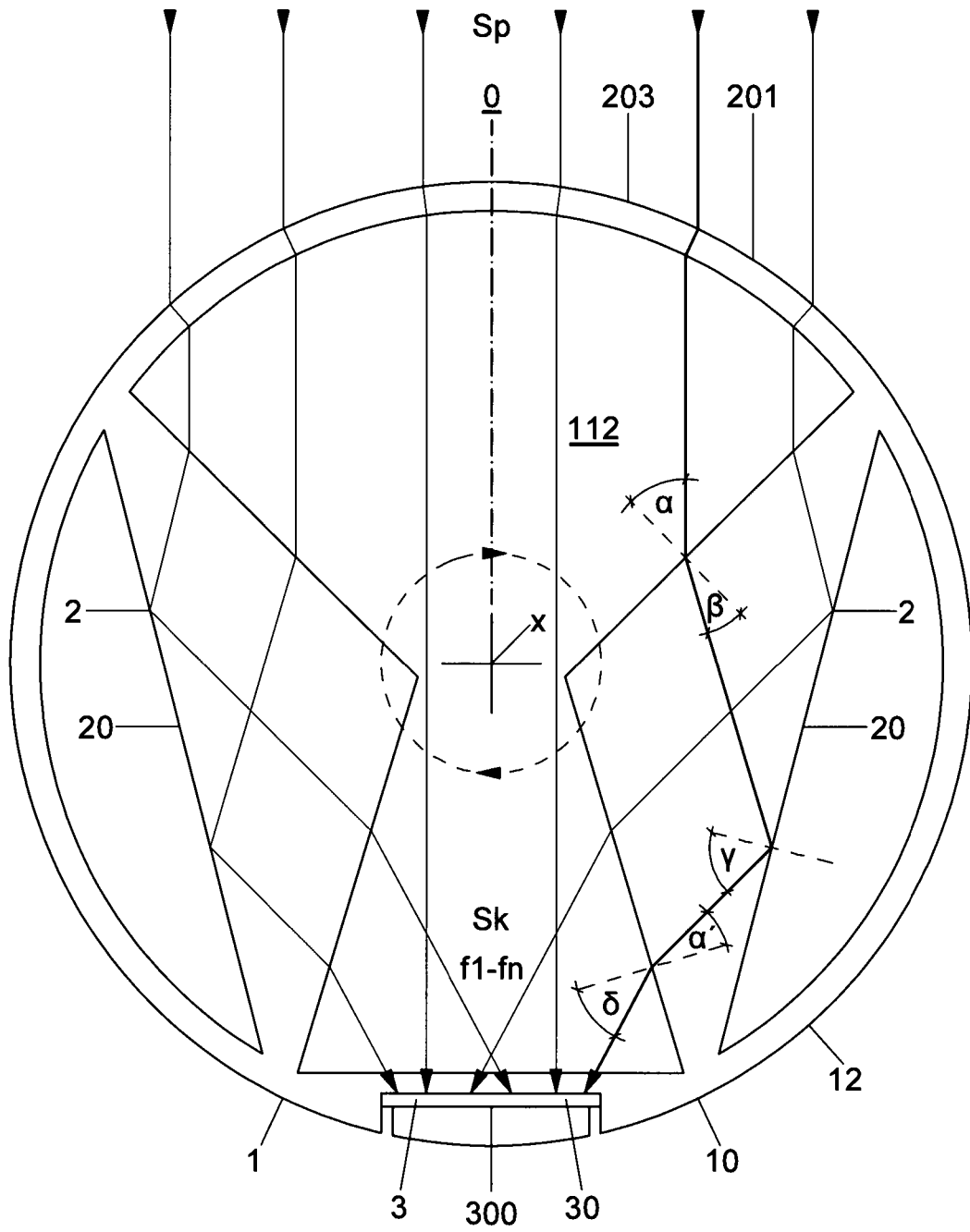


Fig.1

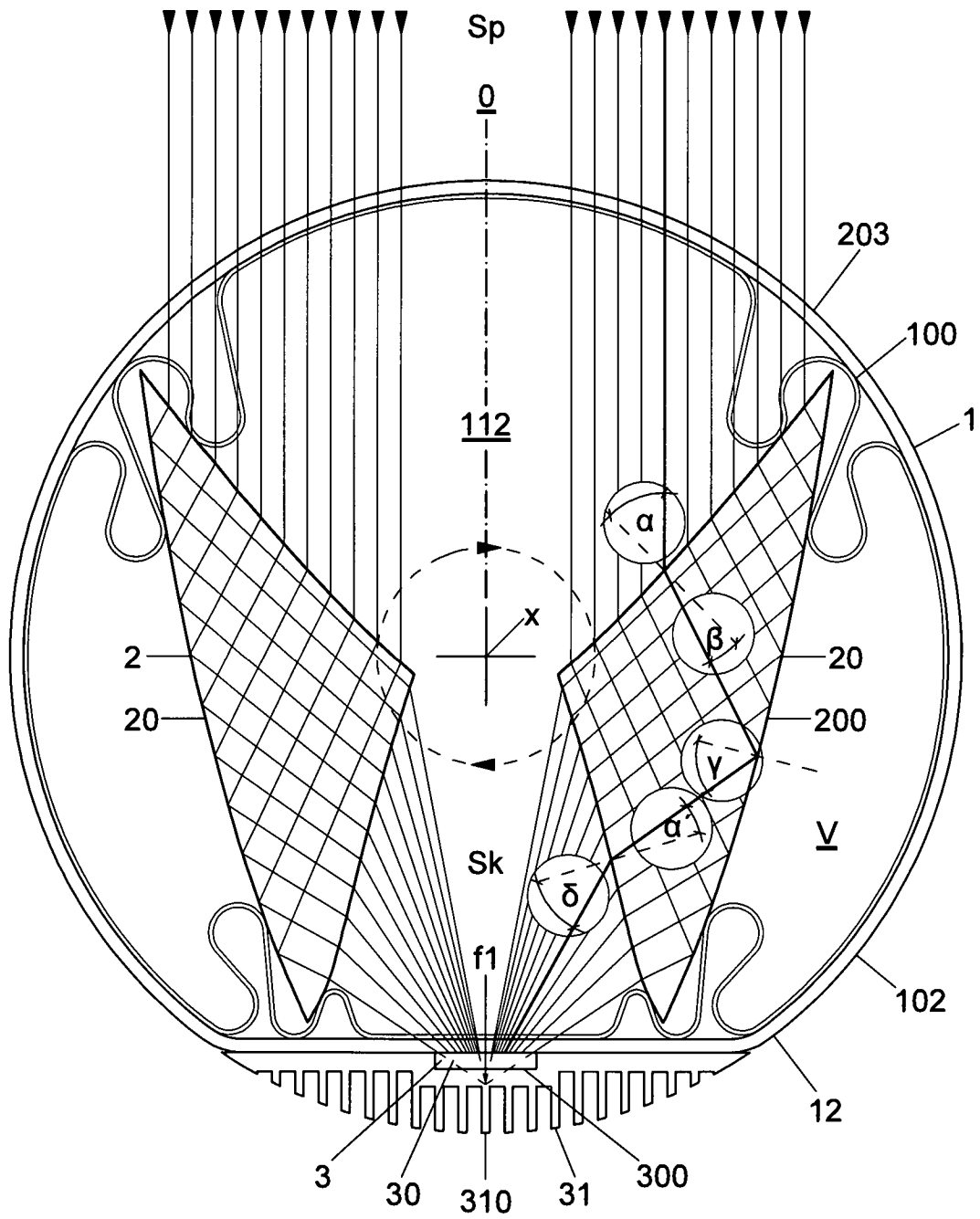


Fig.2

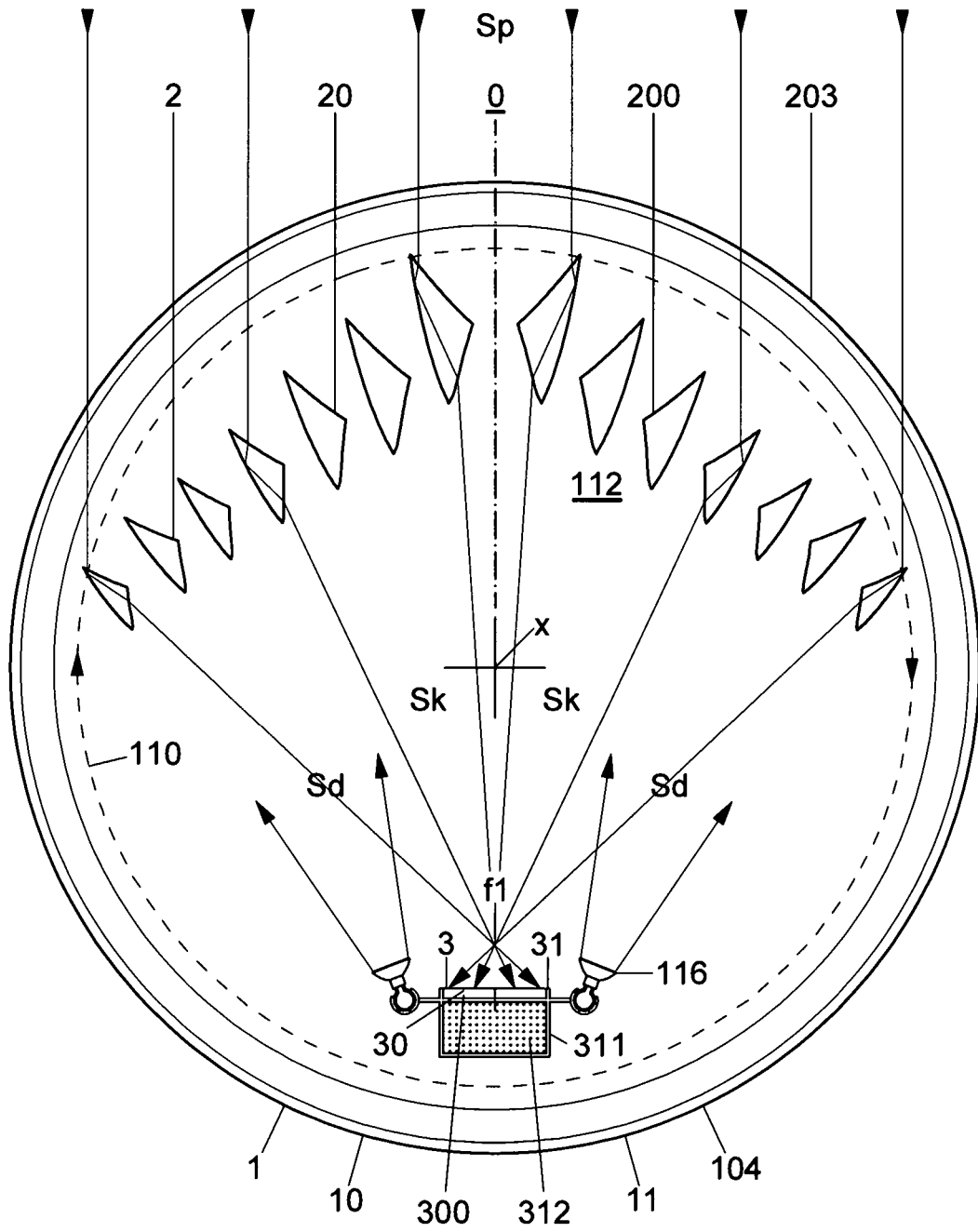


Fig.3

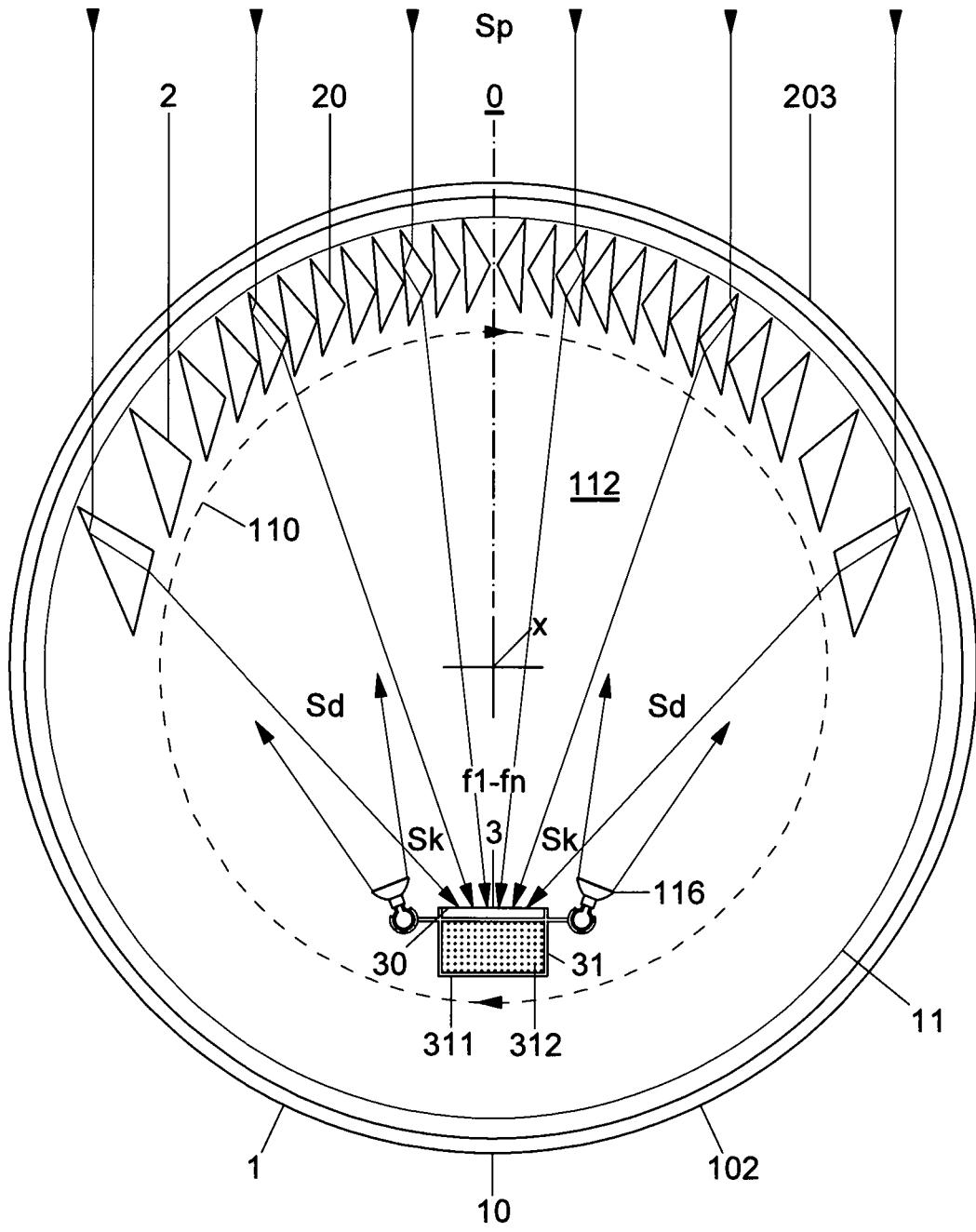


Fig.4



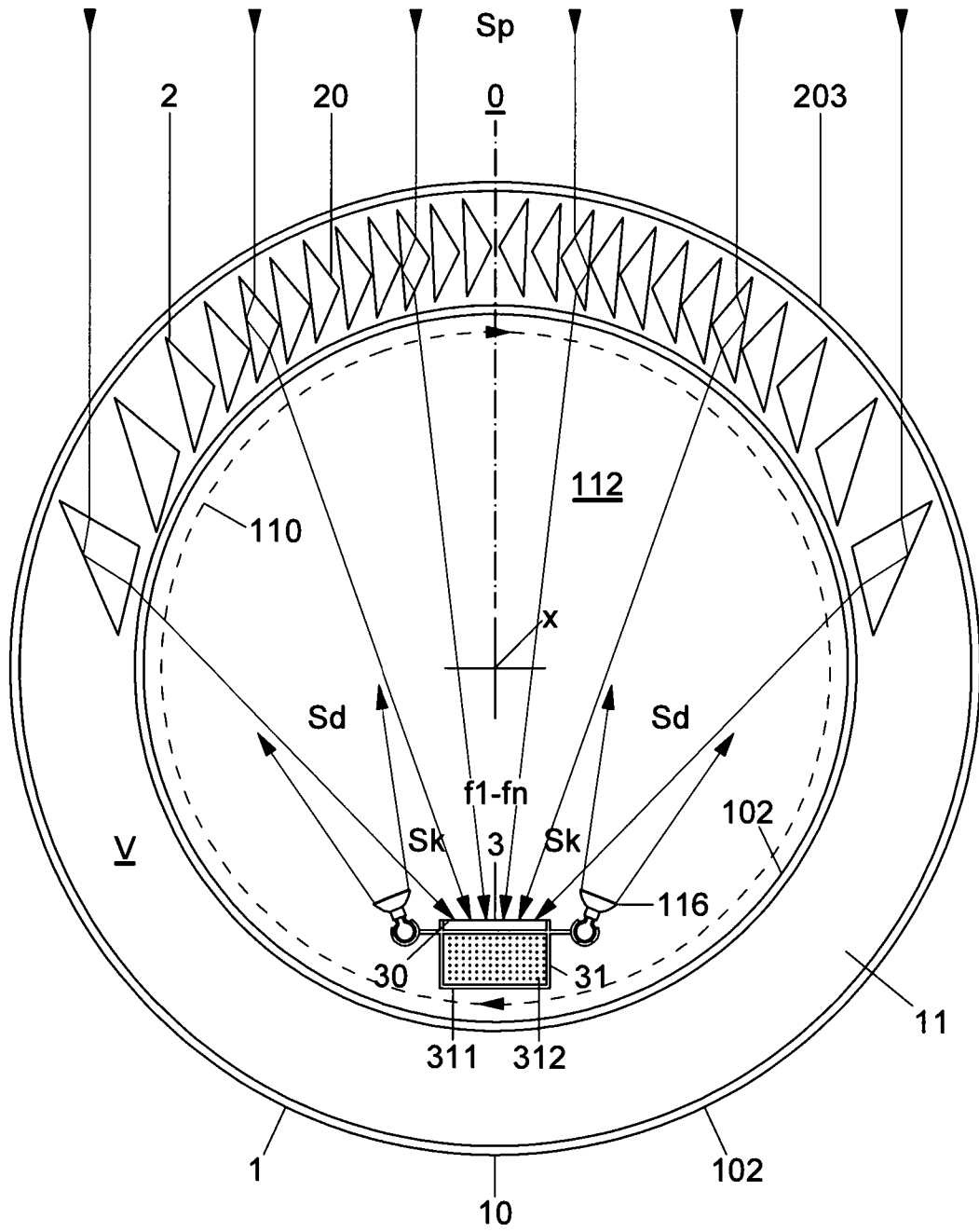


Fig.5

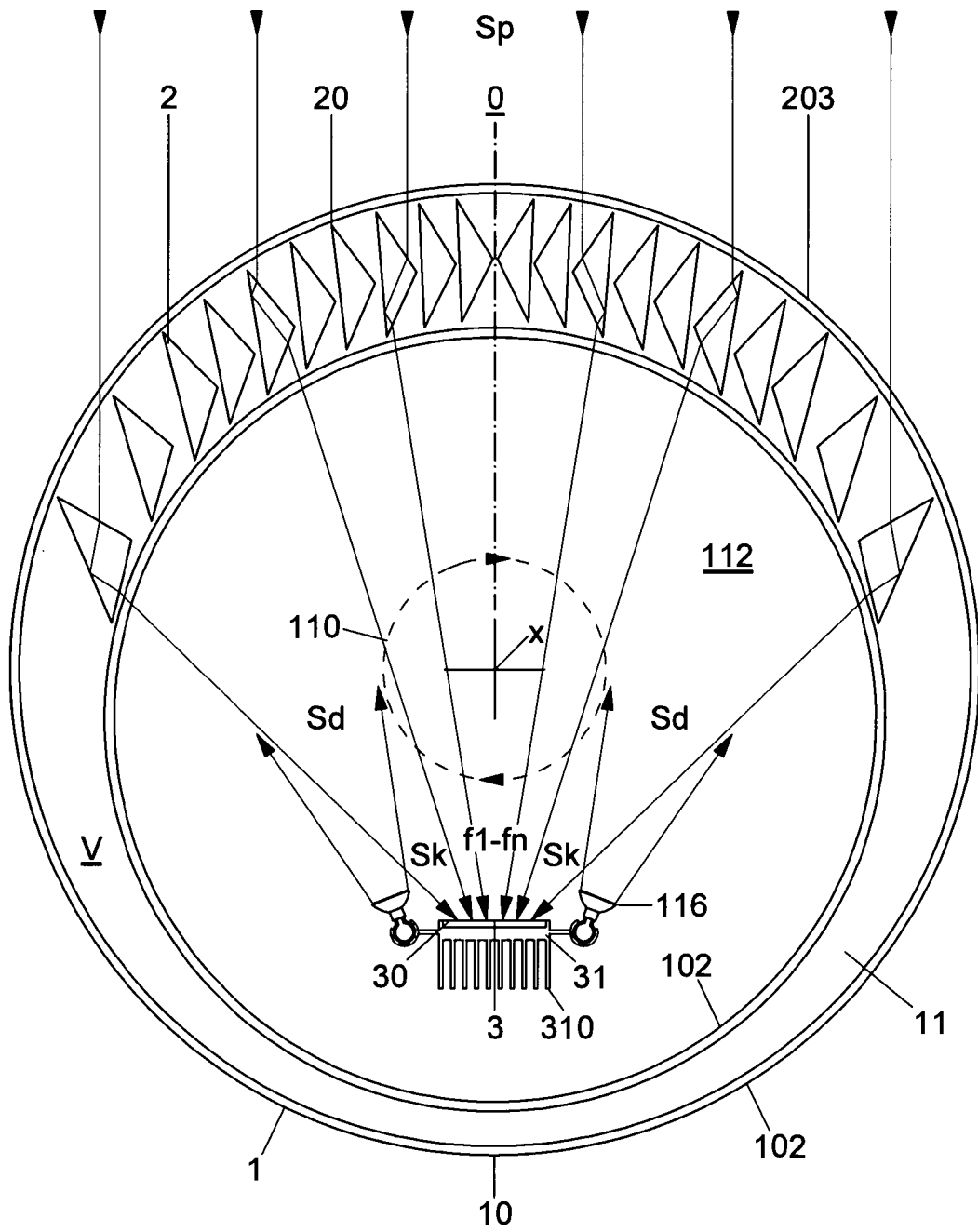


Fig.6

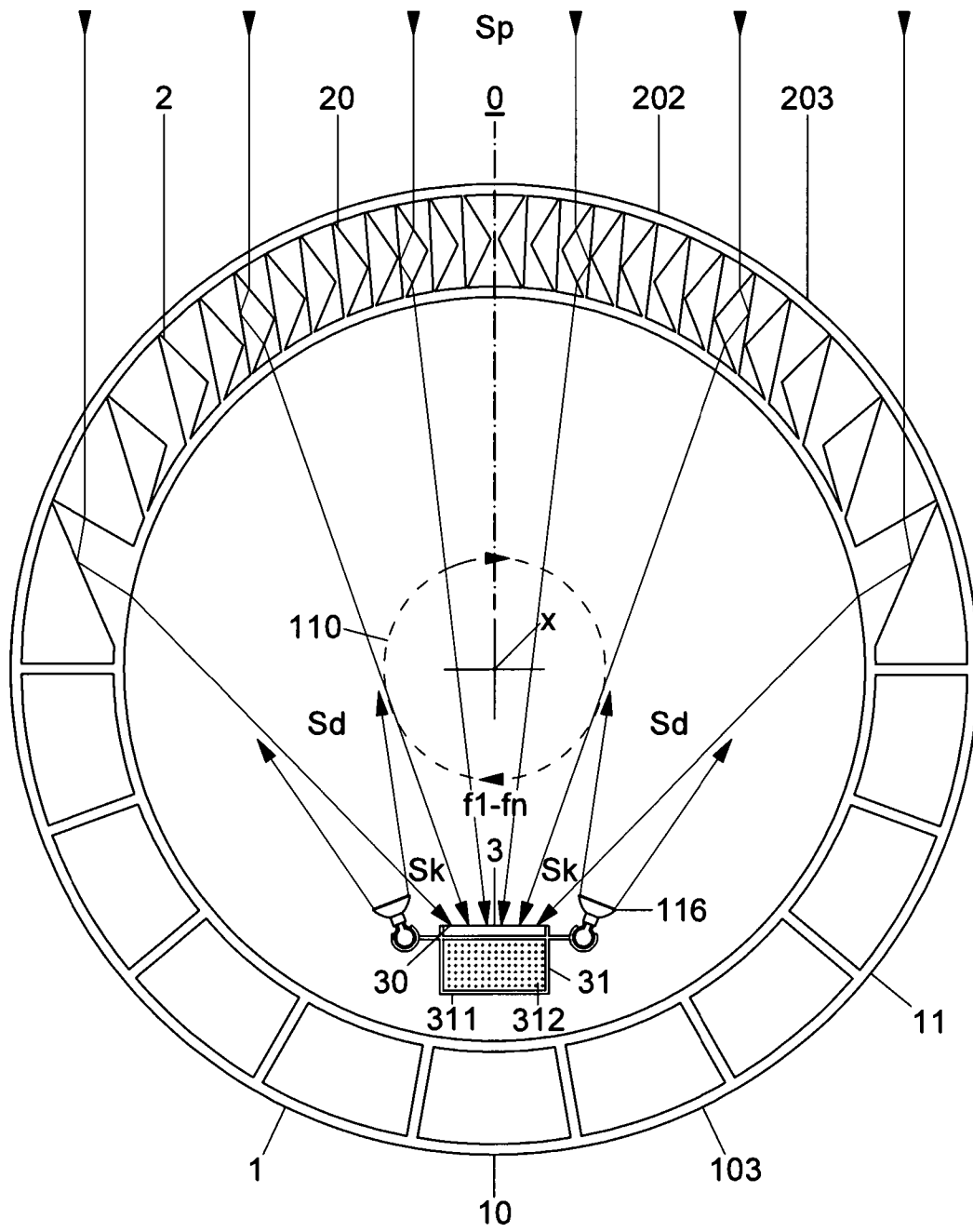


Fig.7

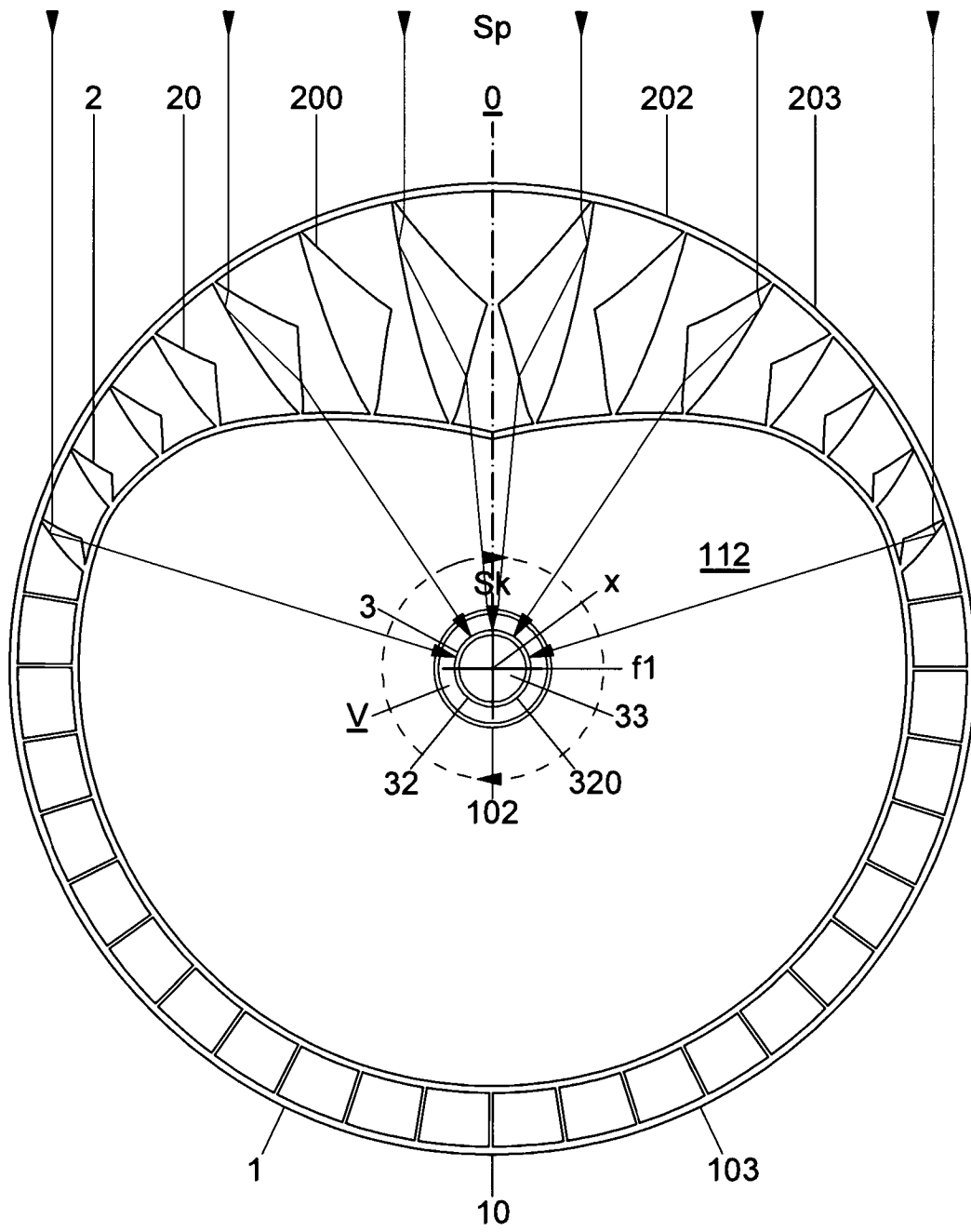


Fig.8

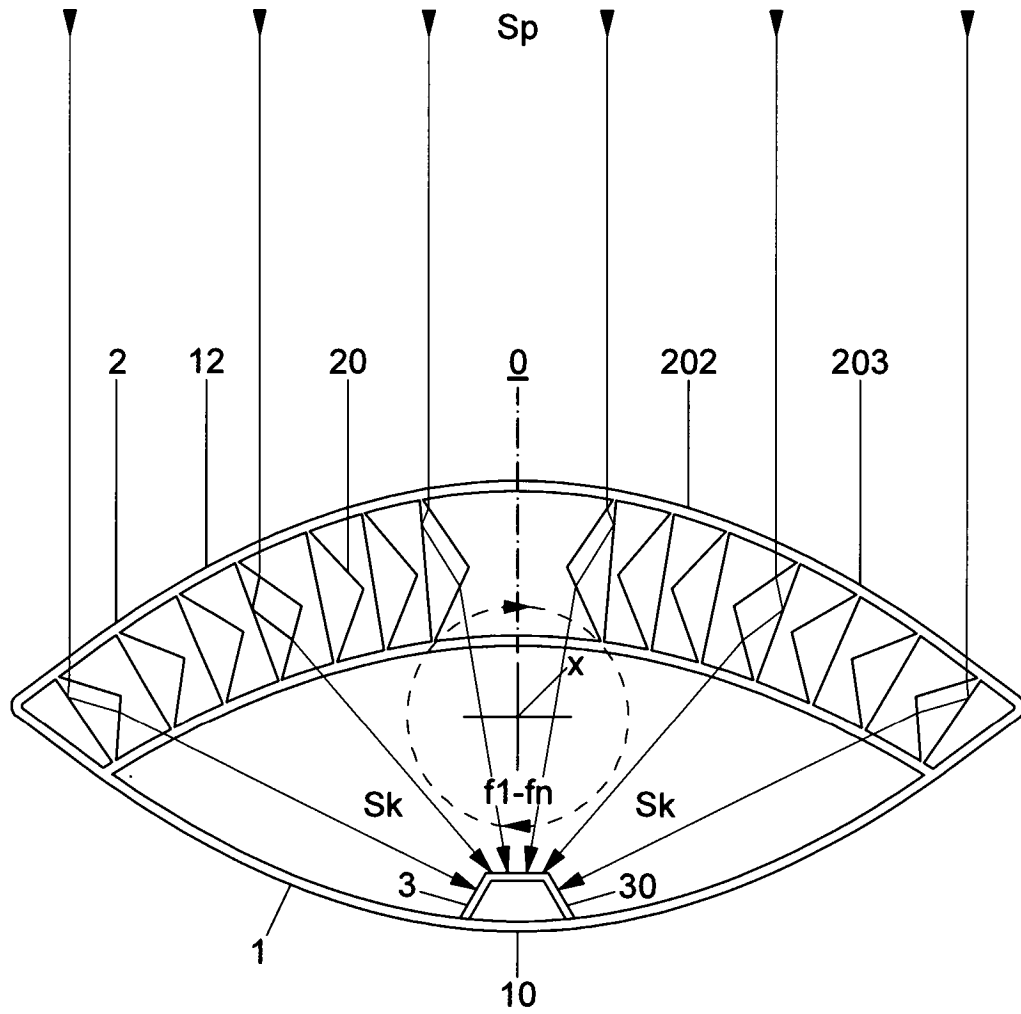


Fig.9

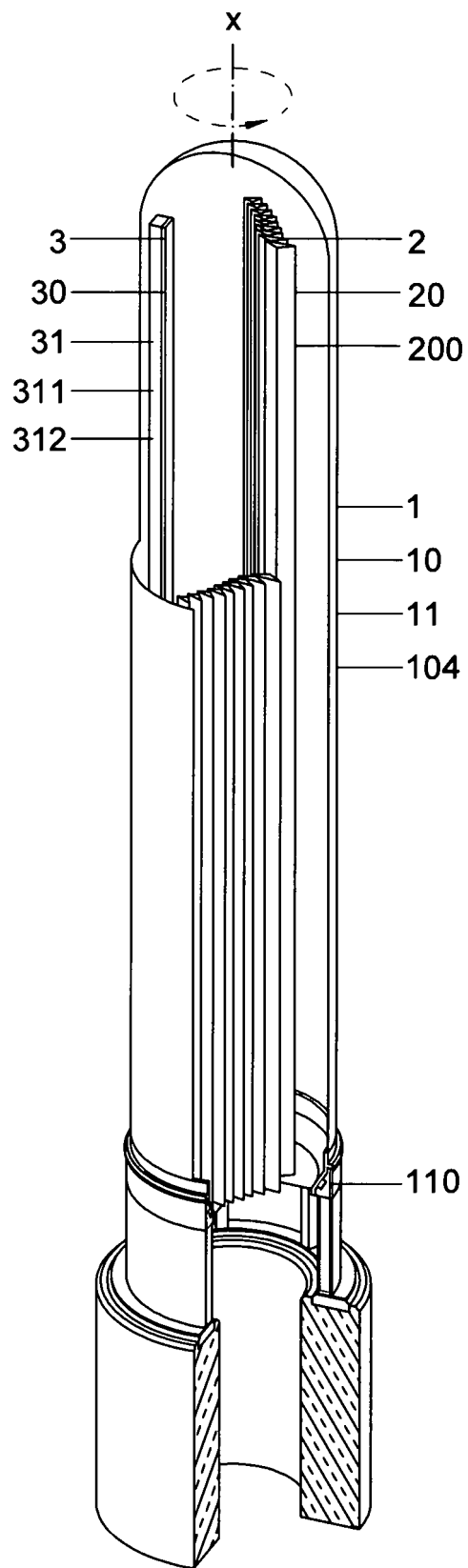


Fig.10

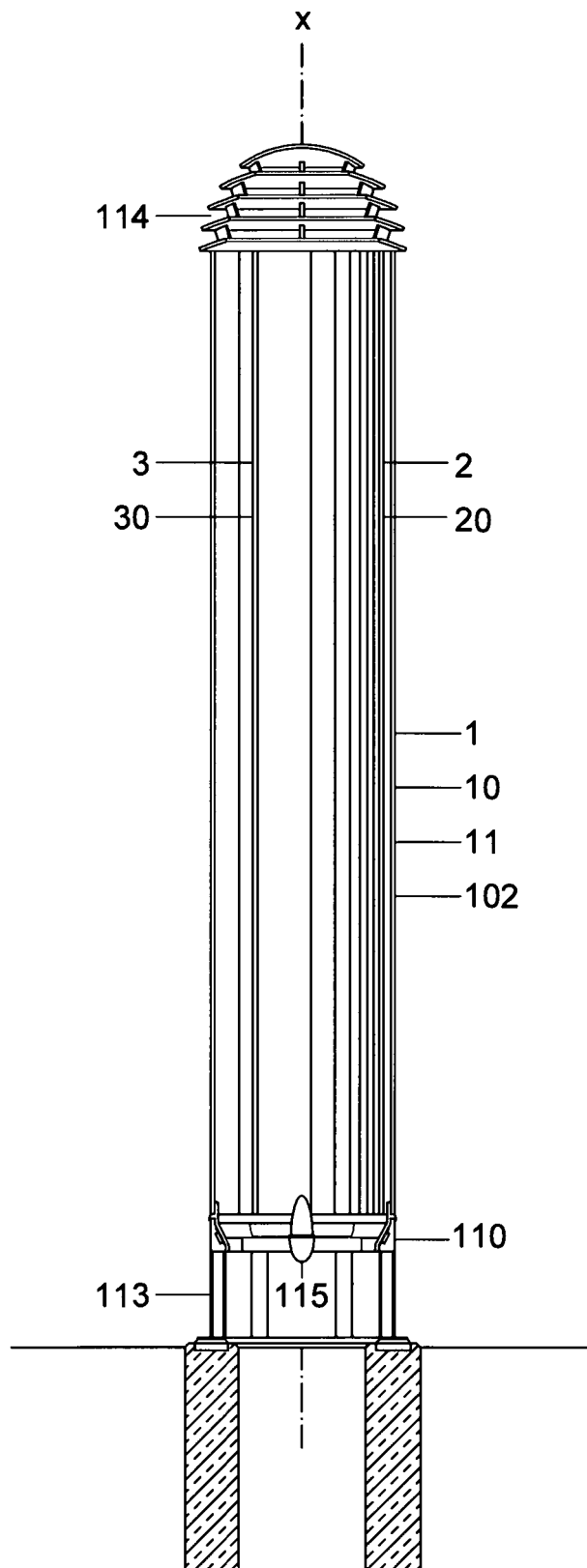


Fig.11

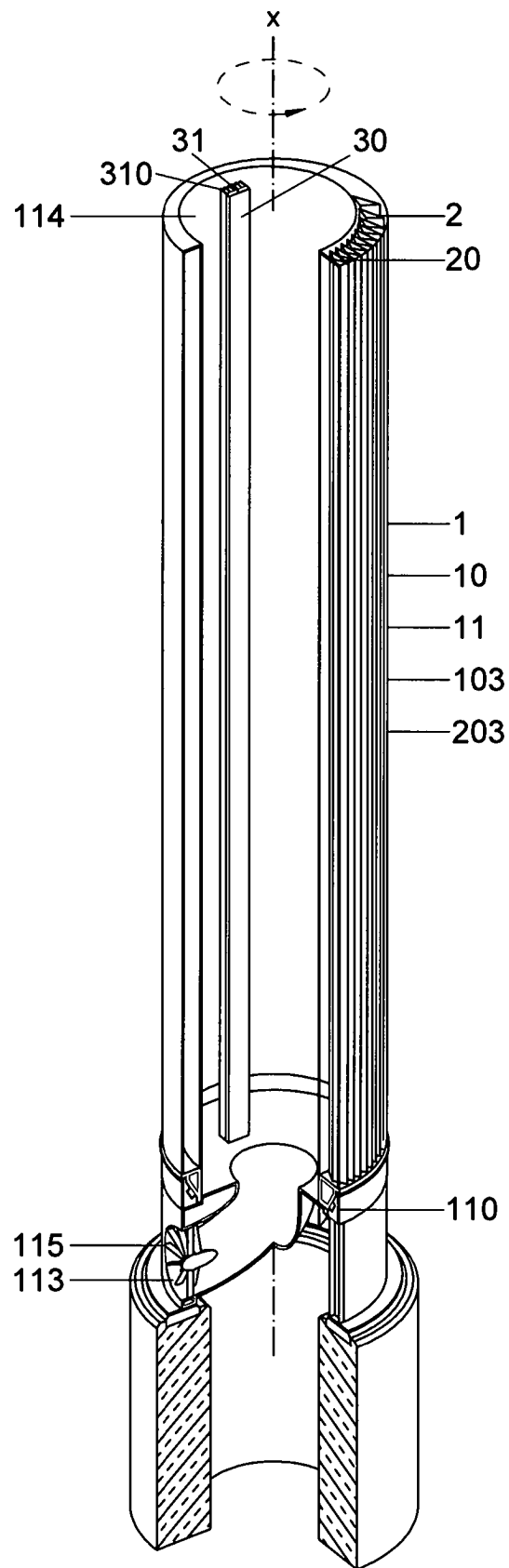


Fig.12



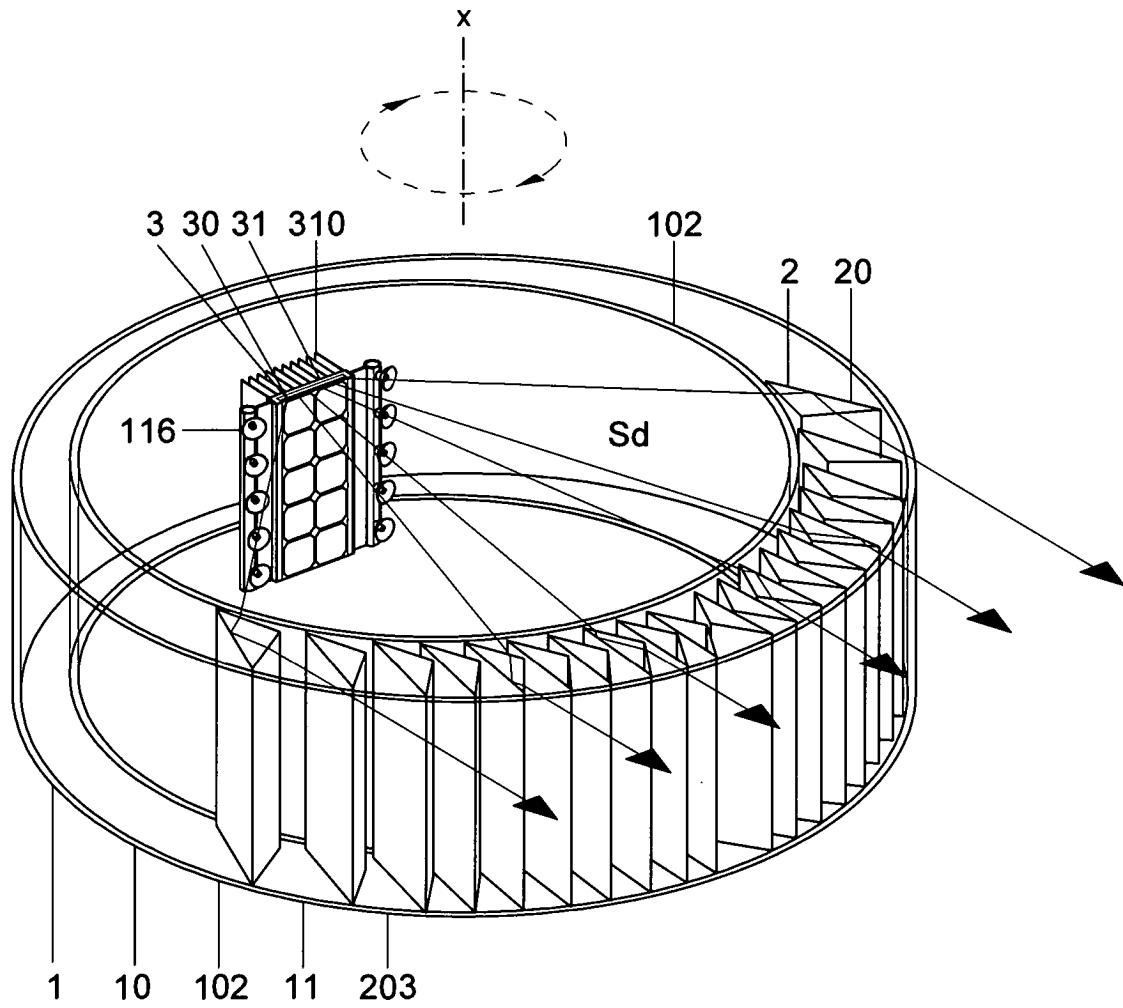


Fig.13

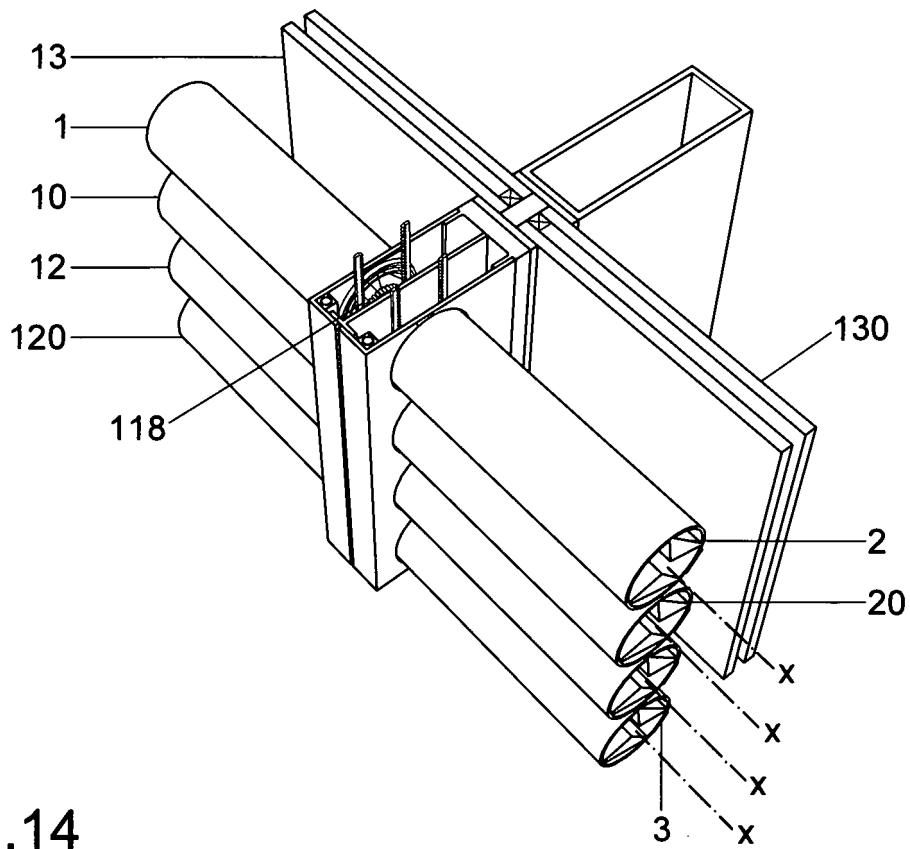


Fig. 14

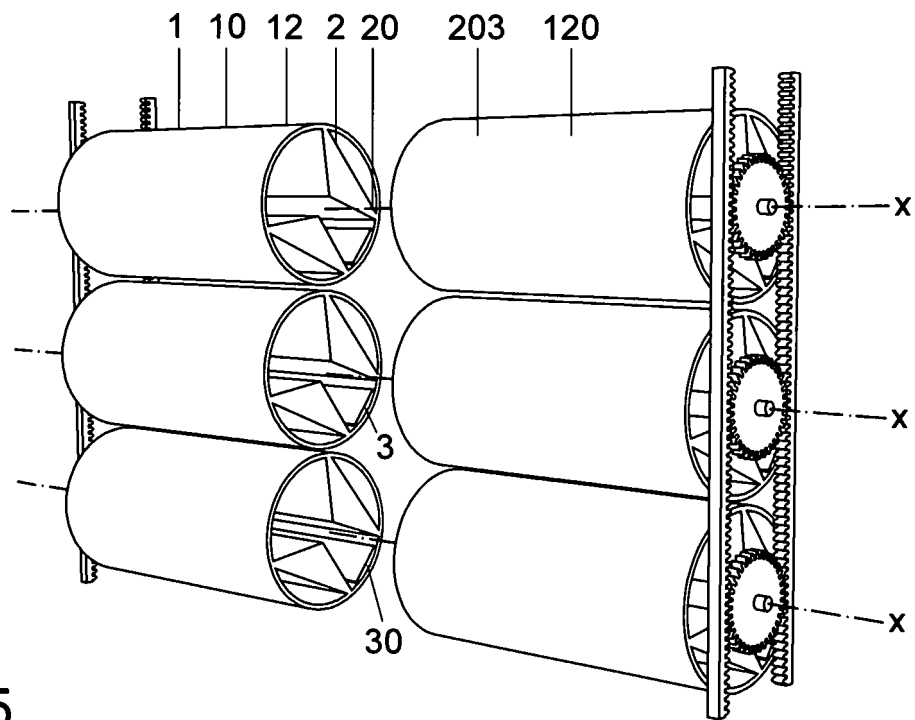


Fig. 15

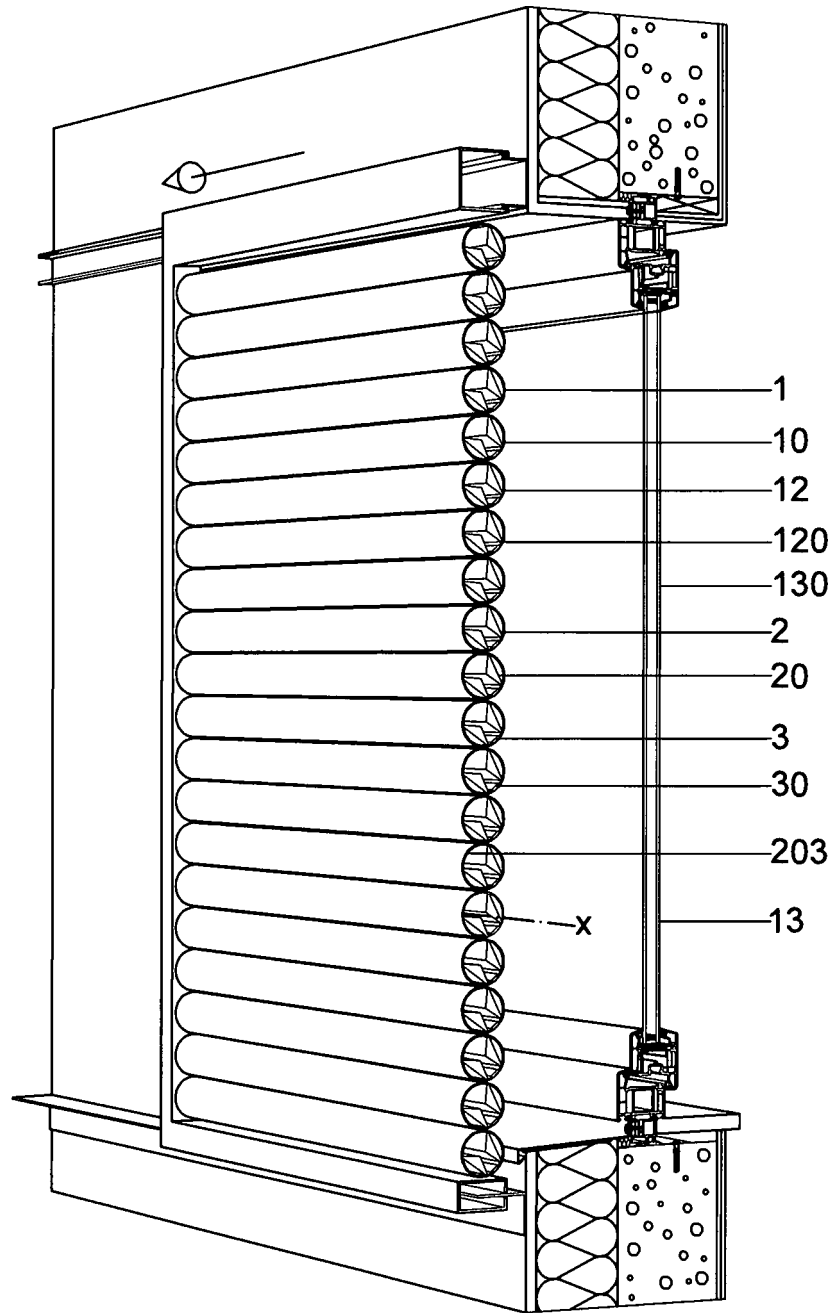


Fig.16

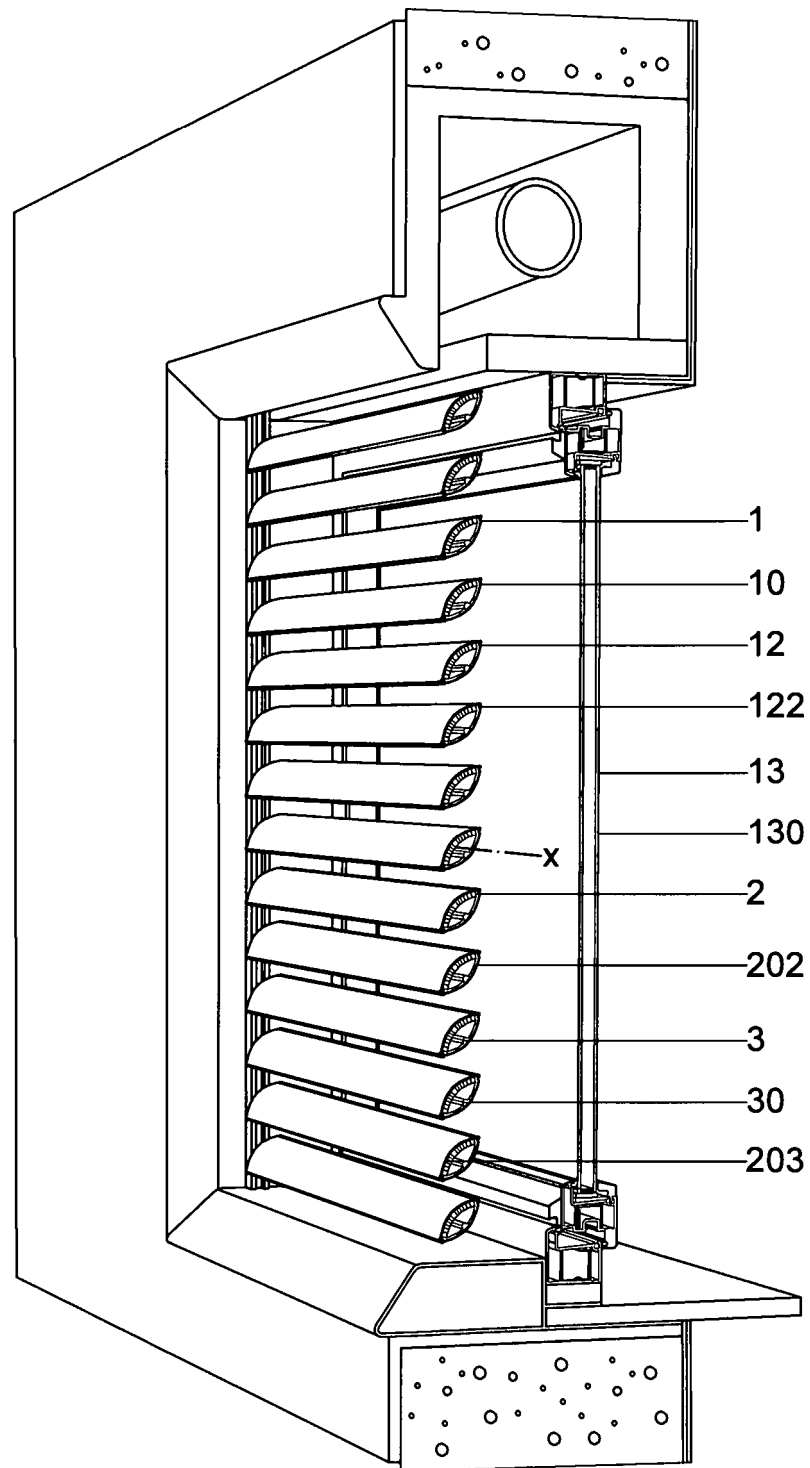


Fig.17

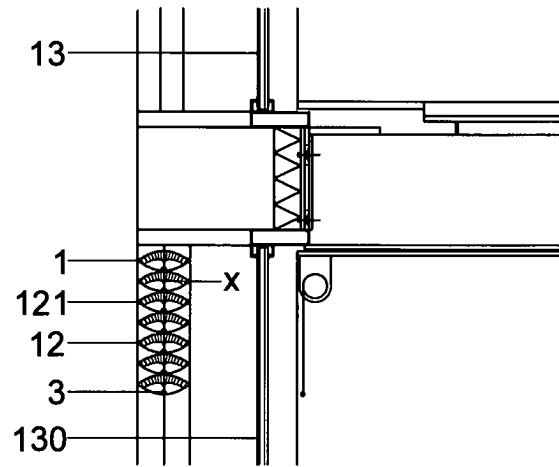


Fig.18

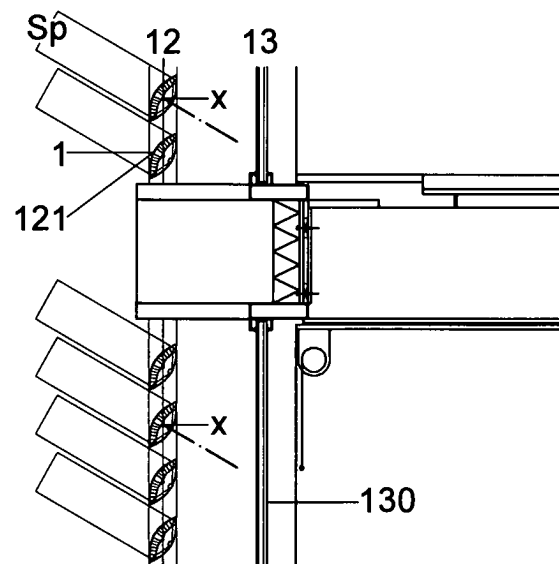


Fig.19

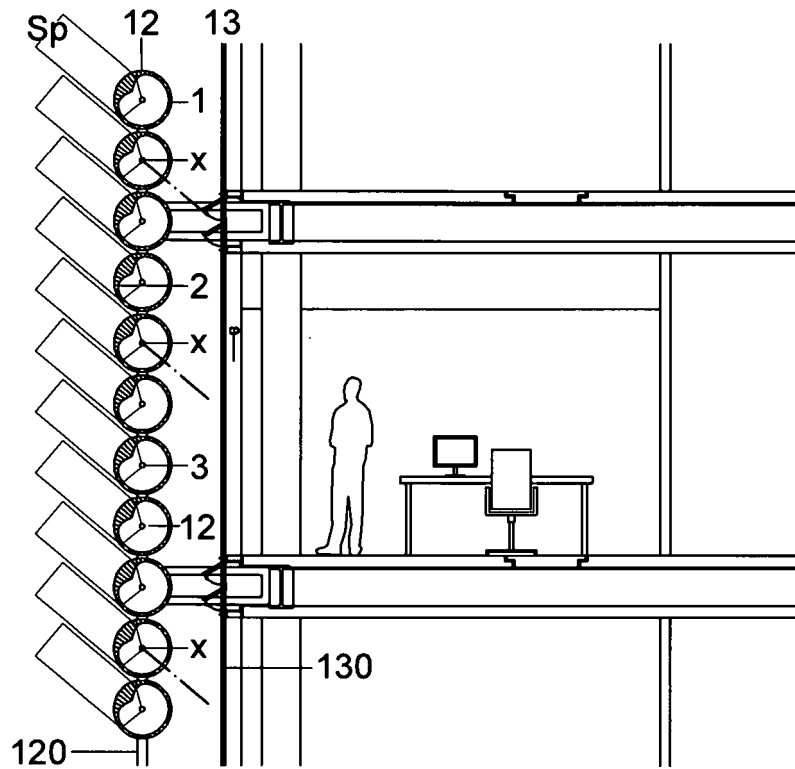


Fig.20

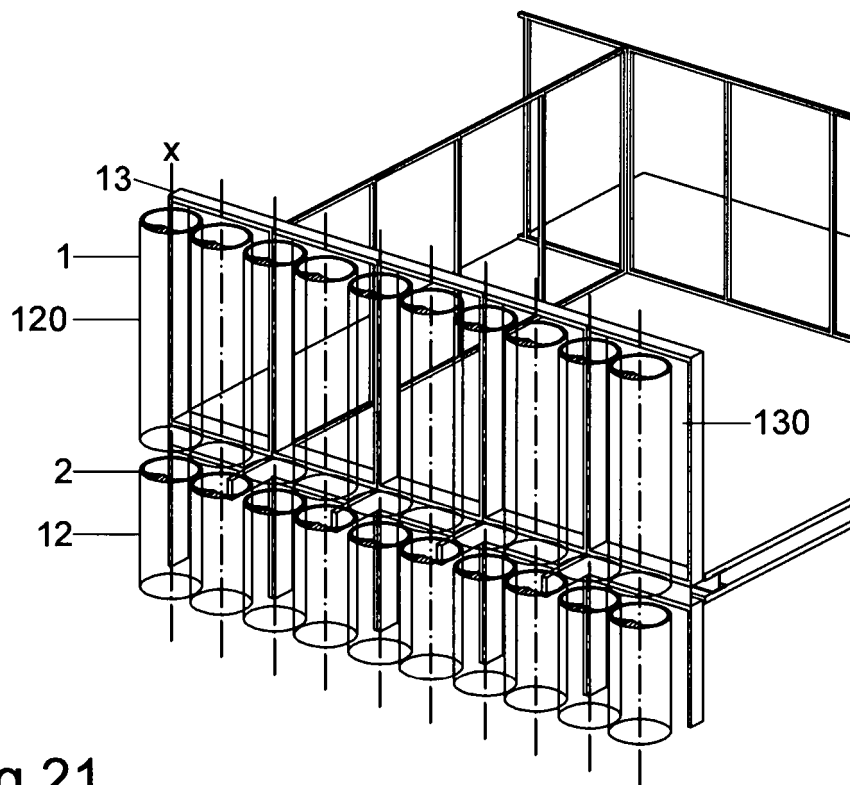


Fig.21