



(10) **DE 10 2015 001 284 B3** 2016.03.10

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 001 284.3**

(22) Anmeldetag: **30.01.2015**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.03.2016**

(51) Int Cl.: **H02S 40/44 (2014.01)**

H02S 40/22 (2014.01)

H02S 20/32 (2014.01)

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, Prof. Dr., 73431 Aalen, DE**

(72) Erfinder:

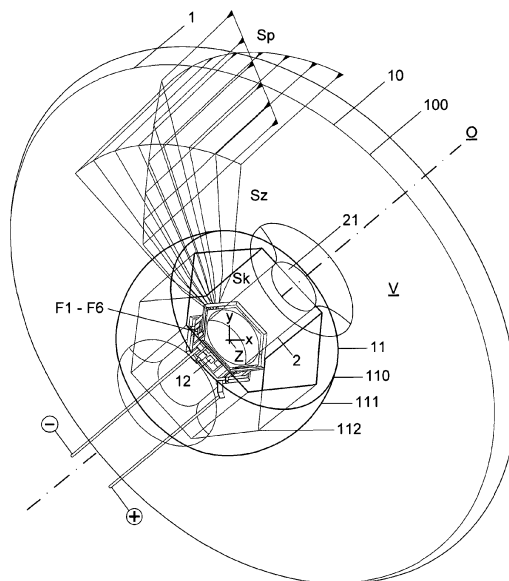
Grimm, Friedrich, 70376 Stuttgart, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2011 000 455	A1
US	7 763 840	B2
US	2009 / 0 159 115	A1
US	5 269 851	A
US	4 893 612	A
US	4 048 983	A
US	5 882 434	A

(54) Bezeichnung: **Sonnenkollektor mit einer zweistufigen Konzentratorstechnik**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Sonnenkollektor (1) mit einer zweistufigen Konzentratorstechnik und einer zweiachsigen Nachführung seiner optischen Achse (Q) um die Drehachsen (x, y) zum jeweiligen Stand der Sonne. Der Sonnenkollektor (1) ist dazu ausgebildet, die elektromagnetische Energie direkter Sonneneinstrahlung in elektrische Energie und Wärme umzuwandeln, wobei eine erste Konzentratorstufe (10) die tages- und jahreszeitlich in unterschiedlichen Winkeln einfallenden parallelen Strahlen (Sp) der Sonne als zentrierte Strahlen (Sz) auf einen Brennpunkt (Z) fokussiert, während eine zwischen der ersten Konzentratorstufe (10) und ihrem Brennpunkt (Z) angeordnete, zweite Konzentratorstufe (11) die zentrierten Strahlen (Sz) der ersten Konzentratorstufe (10) auf eine Vielzahl von in Brennpunkten (F1–Fn) angeordneten PV-Zellen (12), die auf DCB-Boards (120) montiert und auf ihrer strahlungsabgewandten Seite vollflächig mit der Oberfläche eines Wärmeübertragers (2) verbunden sind, fokussiert. Die zweite Konzentratorstufe (11) weist einen konzentrisch zu dem Brennpunkt (Z) der ersten Konzentratorstufe (10) angeordneten, transparenten und hohlen Kugelschichtkörper (110) auf, der auf seiner der ersten Konzentratorstufe (10) zugewandten Außenseite eine sphärische Oberfläche (111) und auf seiner dem Brennpunkt (Z) der ersten Konzentratorstufe (10) zugewandten Innenseite eine der Anzahl der Brennpunkte (F1–Fn) entsprechende Vielzahl von Facetten (112) besitzt, an denen die zentrierten Strahlen (Sz) der ersten Konzentratorstufe (10) gebrochen und als konvergente Strahlen-bündel (Sk) auf die konzentrisch zum Brennpunkt (Z) der ersten Konzentratorstufe (10) angeordneten Brennpunkte (F1–Fn) fokussiert werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen in zwei Achsen zum jeweiligen Stand der Sonne nachführbaren Sonnenkollektor mit einer zweistufigen Konzentratorstechnik für eine mehr als 1000-fache Konzentration des Sonnenlichts auf hocheffiziente PV-Zellen mit einem Wirkungsgrad größer als 40%. Die PV-Zellen sind auf DCB-Boards montiert und stehen auf ihrer strahlungsabgewandten Seite in einem wärmeleitenden Kontakt zu einem Wärmeübertrager, der dazu ausgebildet ist, die Solarzellen zu kühlen, indem die an den Solarzellen absorbierte Wärme auf ein Wärmeträgerfluid übertragen wird. Die erste Konzentratorstufe des Sonnenkollektors fokussiert die tages- und jahreszeitlich bedingt in unterschiedlichen Winkeln einfallenden, als parallel angenommenen Strahlenbündel der Sonne auf einen Brennpunkt und besteht entweder aus einem Parabolspiegel oder aus einer Fresnellinse. Die zweite Konzentratorstufe wird von einem konzentrisch zum Brennpunkt der ersten Konzentratorstufe angeordneten, transparenten und hohlen Kugelschichtkörper gebildet. Während die äußere Oberfläche des Kugelschichtkörpers eine sphärische Oberfläche besitzt, besteht die innere Oberfläche aus einer Vielzahl von konzentrisch zu dem Brennpunkt der ersten Konzentratorstufe angeordneten Facetten, die durch Brechung die auf den Brennpunkt der ersten Konzentratorstufe zentrierten Strahlen als konvergente Strahlenbündel auf eine der Anzahl der Facetten entsprechende Vielzahl von an der Oberfläche eines Wärmeübertragers konzentrisch zum Brennpunkt der ersten Konzentratorstufe angeordneten Brennpunkten zu fokussieren. Eine innere Facette des hohlen Kugelschichtkörpers wirkt dabei als Sammellinse und kann entweder als planebene Fläche oder als konvex gewölbte Fläche oder als Stufenlinse ausgebildet werden.

Stand der Technik

[0002] Bekannte Konzentrator-Photovoltaik-Systeme (CPV) nutzen Linsen und Spiegel zur Bündelung des Lichts auf die Solarzellen und erreichen dabei einen Konzentrationsfaktor von 300–500. Mit punktfokussierenden Modulen, wie z. B. dem Flatcon- oder Concentrix-System der Firma Soitec, hat die Konzentrator-Photovoltaik die Wettbewerbsfähigkeit mit herkömmlichen PV-Modulen erreicht, insbesondere in Ländern mit einer hohen Sonnenscheindauer. In Konzentrator-Photovoltaik-Solarthermie-Systemen (CPVT) ist eine aktive Kühlung der PV-Zellen vorgesehen. Die kombinierte Nutzung des Energieangebots der Sonne durch Photovoltaik und Solarthermie ermöglicht Wirkungsgrade von mehr als 80%. Die aktive Kühlung der Mehrfachsolarzellen ermöglicht außerdem einen höheren Konzentrationsfaktor des Sonnenlichts, z. B. eine tausendfache Konzentration des Sonnenlichts durch einen Parabolspiegel. Bei einem bekannten CPVT-System ist eine Vielzahl von Solarzellen in einer Rasteranordnung auf einem mediendurchströmten Wärmetauscher im Brennpunkt eines Parabolspiegels angeordnet. Eine zweite Konzentratorstufe ist dabei nicht vorgesehen. Nachteilig dabei ist, dass die eingestrahlte Energie nicht gleichmäßig auf alle Solarzellen verteilt werden kann und die Übertragung der absorbierten Wärme auf ein Wärmeträgerfluid ebenfalls ungleichmäßig erfolgt. Ein wirksamer Schutz vor Korrosion und Verschmutzung für die PV-Zellen ist nicht gegeben, da sie den Einflüssen der Atmosphäre ausgesetzt sind. Im Unterschied zu Silicium-Solarzellen bestehen Mehrfach-Solarzellen nicht nur aus einem Halbleitermaterial, sondern aus mehreren Halbleitermaterialien, die übereinander gestapelt jeweils einen anderen Wellenlängenbereich des Sonnenlichts nutzen, um Strom zu erzeugen. Die Halbleitermaterialien der Gruppen 3 und 5 des Periodensystems bestehen z. B. aus Germanium (Ge), aus Galliumarsenid (GaAs) und aus Galliumindiumphosphid (GaInP) und werden mittels der metallorganischen Gasphasenepitaxie (MOVPE) in dünnen Schichten auf einem Wafer abgeschieden. Die Nutzung des Sonnenlichts vom blauen bis zum infraroten Spektralbereich ermöglicht einen Wirkungsgrad der Solarzellen größer als 40%. Am Fraunhofer ISE in Freiburg konnte im Labor ein Wirkungsgrad der Zellen von 44,7% gemessen werden. Dabei ist zu beachten, dass der Wirkungsgrad der Module bei etwa 32% und der Wirkungsgrad des gesamten CPV-Systems nur noch bei etwa 28% liegt. Damit zeichnen CPV- und CPVT-Systeme zurzeit im Vergleich zu der Silicium-basierten Photovoltaik durch einen etwa doppelt so großen Wirkungsgrad aus. Bei der Firma AZUR SPACE in Heilbronn werden ebenfalls Mehrfach-Solarzellen in unterschiedlichen Größen z. B. 3×3 mm, $5,5 \times 5,5$ mm oder 10×10 mm hergestellt, deren Wirkungsgrad, abhängig von der Konzentration des Sonnenlichts, ebenfalls über 40% liegt.

[0003] Ein DCB-Board ist als spezielle Platine bekannt, bei der zwei dünne Kupferschichten mittels einer isolierenden Keramikschicht untereinander verbunden und gegeneinander isoliert werden. Ein DCB(direct copper bonded)-Board (Platine) erlaubt die Ausbildung eines elektrischen Schaltelements und die Ausbildung voneinander getrennter Plus- und Minuspole zum Abgreifen des an der Solarzelle gewonnenen elektrischen Stroms. Auf einem DCB-Board kann entweder nur eine oder mehrere, z. B. in einer Reihe oder in einem Raster angeordnete PV-Zellen montiert werden. Der besondere Vorteil des DCB-Boards besteht in einer elektrisch-thermischen Verbindung über Kupfer, die eine optimale Ableitung der an den Solarzellen absorbierten Wärme ermöglicht. Ein DCB-Substrat ermöglicht die Ausbildung großflächiger metallischer Leiterbahnstrukturen, die eine Verschaltung der Solarzellen eines Kollektormoduls parallel oder in Reihe ermöglichen. Neben dem DCB-

Board kann auch ein IMS-Substrat (insulated metal substrate) zur Anwendung kommen, bei dem die dem Wärmeübertrager zugewandte Schicht aus Aluminium statt aus Kupfer besteht. In beiden Fällen wird das Substrat durch eine Klebeverbindung oder eine Lötverbindung vollflächig und hohlraumfrei mit dem Wärmeübertrager verbunden, der seinerseits aus Kupfer oder Aluminium besteht. Probleme der Konzentrator-Photovoltaik betreffen den eher geringen Konzentrationsfaktor des Sonnenlichts, der z. B. bei den Flatcon-Modulen 350–500 Sonnen beträgt. Für die Wirtschaftlichkeit von CPV-Systemen ist ein Konzentrationsfaktor größer gleich 1000 Sonnen anzustreben. Ein bisher ungelöstes Problem stellt der dauerhafte Korrosionsschutz der witterungs- und feuchtigkeitsempfindlichen Schichten der PV-Zellen, insbesondere des Elements Germanium (Ge) dar. Bei der Flatcon-Technik sind die PV-Zellen zwar durch ein Kollektorgehäuse aus Glas vor dem unmittelbaren Einfluss der Witterung geschützt. Da das Gehäuse aber zur Ableitung von Feuchtigkeit belüftet werden muss, ist es der Atmosphäre ausgesetzt, sodass ein wirksamer Korrosionsschutz für die empfindlichen PV-Zellen und ihre elektrischen Kontakte auf Dauer nicht gegeben ist. Dazu kommen Beeinträchtigungen des optischen Systems durch Feinstäube und thermische Dilatation in Folge großer Temperaturunterschiede.

[0004] Bei großen Parabolspiegel, die das Sonnenlicht auf einen Brennpunkt fokussieren, führen geringe Abweichungen der Parallelität der Sonnenstrahlen zu einer ungleichmäßigen Energieverteilung im Brennpunkt des Spiegels, was sich nachteilig auf die Leistungsbilanz und die Kühlung der PV-Zellen auswirkt.

[0005] Die US 7 763 840 B2 zeigt einen Sonnenkollektor mit einer ersten Konzentratorstufe, die von einem Parabolspiegel oder einer Parabolrinne gebildet wird. Die Aufgabe des Sonnenkollektors besteht darin, bei Nachführung der Konzentratorstufe zum jeweiligen Sonnenstand die Sonnenstrahlen auf ein Empfängererelement definierten Abmessungen möglichst gleichmäßig zu bündeln. In **Fig. 9** der Anmeldung ist ein rotations-symmetrisch ausgebildeter Linsenkörper offenbart, an dessen konvexer oder fassförmiger Oberfläche die von dem Parabolspiegel fokussierten Strahlen gebrochen werden, um allseitig möglichst senkrecht auf einen Empfänger mit einer Längenausdehnung verteilt zu werden. Ein hohler, konzentrisch zu dem Brennpunkt des Parabolspiegels angeordneter Kugelschichtkörper, der die auf den Brennpunkt des Parabolspiegels zentrierten Strahlen ohne Richtungsänderung aufnimmt, um sie an inneren Facetten auf eine Vielzahl von Brennpunkten, die der Anzahl der Facetten entspricht, zu fokussieren, geht aus dieser Patentschrift nicht hervor.

[0006] Die DE 10 2011 000 455 A1 bezieht sich auf eine Anordnung und ein Verfahren zum Kühlen eines elektronischen Bauelements, das von Konzentrator-Solarzellen gebildet wird und mittels eines DCB-Boards vollflächig mit einem Träger verbunden ist, wobei die von den Solarzellen absorbierte Wärme auf ein Kühlfluid übertragen wird.

[0007] Die US 4 048 983 A zeigt einen rotationssymmetrisch aufgebauten solarthermischen Kollektor, der starr zur Sonne ausgerichtet ist und einen Parabolspiegel zur Konzentration des Sonnenlichts auf ein zentrales kolbenförmiges Absorberelement besitzt, das von einem Wärmeträgerfluid durchströmt wird. Zwischen dem Absorberelement und dem transparenten Hüllrohr ist ein Vakuum vorgesehen.

[0008] Die US 4 893 612 A zeigt einen starr zur Sonne ausgerichteten und rotationssymmetrisch ausgebildeten solarthermischen Kollektor, bei dem das Kollektorgehäuse eine Prismenanordnung besitzt die dazu ausgebildet ist, die in unterschiedlichen Winkeln einfallenden Strahlenbündel der Sonne auf ein zentrales, kolbenförmiges Empfängererelement zu konzentrieren, das von einem Wärmeträgerfluid durchströmt und von einem transparenten Hüllrohr umgeben wird.

[0009] Die US 5 269 851 A zeigt einen rotationssymmetrisch aufgebauten Sonnenkollektor, der starr zur Sonne ausgerichtet ist mit einem Konzentratorelement, das von einem Parabolspiegel gebildet wird. Eine Vielzahl von Photovoltaikzellen ist in einer Ebene senkrecht zur optischen Achse des Parabolspiegels angeordnet. Zwischen dem Parabolspiegel und den PV-Zellen dient eine Prismenanordnung der Umlenkung unterschiedlich geneigter, an dem Parabolspiegel reflektierter Strahlenbündel auf die Solarzellen. Wasser als Wärmeträgerfluid leitet die an den Solarzellen absorbierte Wärme in einem Kreislaufsystem ab. Die Prismenstruktur ist dazu ausgebildet, die von dem Parabolspiegel in unterschiedlichen Winkeln reflektierten Strahlenbündel gleichmäßig auf die in einer Ebene angeordneten Solarzellen zu verteilen.

[0010] Die US 2009/0159115 A1 zeigt einen zweiachsig nachgeführten Sonnenkollektor, bei dem die an den PV-Zellen absorbierte Wärme auf ein Wärmeträgerfluid übertragen wird, wobei eine erste und eine zweite Konzentratorstufe vorgesehen sind. Bei diesem Sonnenkollektor besteht die erste Konzentratorstufe aus einem Spiegel, der aus einer Vielzahl einzelner Flächen aufgebaut ist, die bei zweiachsiger Nachführung das Sonnenlicht auf eine Vielzahl von konzentrisch zur optischen Achse des Sonnenkollektors angeordneten Schalen

fokussieren. Durch eine sekundäre Optik sind die Schalen dazu ausgebildet, das Sonnenlicht auf Empfänger-elemente, die aus PV-Zellen oder von wärmeabsorbierenden Flächen bestehen, zu fokussieren.

[0011] Die US 5 882 434 A zeigt einen starr zur Sonne ausgerichteten rotationssymmetrisch aufgebauten konzentrierenden Sonnenkollektor, der ein primäres Konzentratorelement aus einem Parabolringspiegel mit einem Brennring offenbart. Ein sekundäres Konzentratorelement, das aus einer Vielzahl kegelförmiger Röhren aus Glas besteht und auf der Oberfläche eines kegeltumpfförmigen Absorberelements angeordnet ist, konzentriert die von dem Parabolringspiegel reflektierten Sonnenstrahlen auf streifenförmig an dem Kegeltumpf angeordnete Solarzellen. Zur Kühlung der Solarzellen werden die transparenten Kegelrohre von Wasser durchströmt und können so als optische Sammellinsen wirken. Eine exakte Konzentration der zentrierten Strahlenbündel auf einzelne Brennpunkte ist mit den in dieser Druckschrift beschriebenen Maßnahmen nicht möglich.

Aufgabenstellung

[0012] Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik liegen der Erfindung folgende Aufgaben zugrunde:

- Gleichmäßige Verteilung der parallel einfallenden Strahlenbündel der Sonne mittels einer zweistufigen Konzentratortechnik auf eine definierbare Anzahl von Brennpunkten, die in mindestens einer Ringanordnung konzentrisch zu dem Brennpunkt einer ersten Konzentratorstufe angeordnet sind
- Anordnung von mindestens einer PV-Zelle jeweils in einem Brennpunkt der zweiten Konzentratorstufe
- Gleichmäßige Verteilung und Übertragung der von den PV-Zellen absorbierten Wärme auf ein Wärmeträgerfluid, das konzentrisch zur optischen Achse des Sonnenkollektors geführt wird

[0013] Diese Aufgaben werden mit den in Anspruch 1 genannten Merkmalen der Erfindung gelöst. Weitere Aufgaben und vorteilhafte Eigenschaften der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Konzentratorstechnik

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung wird die erste Konzentratorstufe des Sonnenkollektors von einem Parabolspiegel, der das Sonnenlicht auf einen Brennpunkt fokussiert gebildet. In einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung wird die erste Konzentratorstufe von einer Fresnellinse gebildet, die das Sonnenlicht ebenfalls auf einen Brennpunkt fokussiert. Bei einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung besteht die Primäroptik aus einstrahlungsseitig angeordneten Fresnellinsen. Im Falle einer lückenlosen Anordnung quadratischer Fresnellinsen in einem Raster treten in den Eckbereichen der einzelnen Fresnellinsen Beugungsverluste auf.

[0015] Die zweite Konzentratorstufe wird von einem konzentrisch zum Brennpunkt der ersten Konzentratorstufe angeordneten, hohlen und transparenten Kugelschichtkörper mit inneren Facetten gebildet und bündelt die von der ersten Konzentratorstufe auf einen Brennpunkt zentrierten Strahlen auf eine der Anzahl der Facetten entsprechende Vielzahl von konzentrisch zu dem Brennpunkt der ersten Konzentratorstufe angeordnete Brennpunkte. Eine Facette weist entweder eine überwiegend planebene Fläche oder eine konvex gewölbte Fläche oder im Falle einer Stufenlinse eine in zueinander konzentrisch angeordnete Stufen gegliederte Fläche auf. Freiformflächen an den Facetten können Abbildungsfehler bei der exakten Fokussierung der Sonnenstrahlen auf den einer Facette zugeordneten Brennpunkt korrigieren. Liegen die Facetten in einer Schicht des Kugelschichtkörpers, sind sie parallel zur optischen Achse des Sonnenkollektors angeordnet. Im Falle von zwei und mehr Schichten weisen die Facetten einen Neigungswinkel gegenüber der optischen Achse auf, wobei eine Facette jeweils senkrecht zu einem durch ihren optischen Mittelpunkt auf den Brennpunkt der ersten Konzentratorstufe zentrierten Lichtstrahl angeordnet ist. Für eine gleichmäßige Verteilung der konvergenten Strahlenbündel auf die PV-Zellen kann eine einstrahlungsseitig unmittelbar vor den PV-Zellen angeordnete, aus einer Linse oder einem Prisma bestehende tertiäre Optik sinnvoll sein. In einem Brennpunkt der zweiten Konzentratorstufe kann entweder nur eine PV-Zelle oder aber auch eine Vielzahl von PV-Zellen in einer Rasteranordnung vorgesehen sein. Der Durchmesser eines erfindungsgemäßen Sonnenkollektors reicht von nur ca. 20 cm bis zu mehreren Metern. Ordnet man z. B. nur sechs Weltrekord-PV-Zellen, die jeweils eine Fläche von nur 5 mm² haben, in den sechs Brennpunkten einer zweiten Konzentratorstufe an, hat die erste Konzentratorstufe bei einer angenommenen 1000-fachen Konzentration der Sonnenstrahlung einen Durchmesser von nur etwa 20 cm. Deshalb ist es möglich die erste Konzentratorstufe in eine evakuierte transparente Hülle zu integrieren, sodass die empfindlichen PV-Zellen und ihre einstrahlungsseitig angeordneten elektrischen Kontakte wirksam vor Verschmutzung und Korrosion geschützt sind und eine hohe Lebensdauer des Kollektors gewährleistet ist. Ein größerer Sonnenkollektor mit z. B. 32 jeweils 5,5 × 5,5 mm großen PV-Zellen hat entsprechend einen Durchmesser von 1,20 m. Zum Schutz der PV-Zellen in einer evakuierten transparenten

Hülle kann der Kugelschichtkörper der zweiten Konzentratorstufe zu einer kugelförmigen transparenten Hülle erweitert werden. Schließlich ist es auch möglich den Wärmeübertrager mit den PV-Zellen unmittelbar mit einer transparenten Hülle zu umgeben, wobei die zweite Konzentratorstufe außerhalb der transparenten Hülle liegt. Die zweite Konzentratorstufe besteht aus Glas und kann aus einem transparenten Kunststoff oder einem natronarmen Silikatglas, z. B. aus Borosilikatglas mit einer Brechzahl von 1,5–1,7 hergestellt werden.

Wärmeübertrager

[0016] Auf ihrer strahlungsabgewandten Seite sind die auf DCB-Boards montierten PV-Zellen vollflächig und hohlraumfrei mit einem Wärmeübertrager verbunden. Dazu werden die DCB-Boards mit dem Wärmeübertrager durch Kleben, Löten oder mittels einer Schraub- oder Klemmverbindung mit Wärmeleitpaste verbunden. Besteht der Wärmeübertrager aus einer an beiden Enden offenen Röhre, kann der Kamineffekt in der Röhre genutzt werden, um die an den PV-Zellen absorbierte Wärme konvektiv auf die Umgebungsluft zu übertragen. Wird der Wärmeübertrager von einem an einem Ende geschlossenen Kolben gebildet, ist ein flüssiges Wärmeträgerfluid vorgesehen, dass z. B. in einem Koaxialrohr mit Vor- und Rücklauf geführt wird, um die PV-Zellen zu kühlen und um die auf das Wärmeträgerfluid übertragene Wärme z. B. für die thermische Konditionierung eines Gebäudes zu nutzen. Im Falle einer Ringleitung ist ein Vor- und Rücklauf vorgesehen, um die PV-Zellen zu kühlen und die von den PV-Zellen absorbierte Wärme einem Nutzsysteem, das z. B. von einem Adsorptions- oder Absorptionswärmetauscher gebildet wird, zuzuführen. Bei einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung ist ein Zweiphasen-Thermosiphon als Wärmeübertrager vorgesehen. Dabei enthält der mit einem Unterdruck beaufschlagte Arbeitsraum des Zweiphasen-Thermosiphons ein phasenwechselndes Arbeitsmedium, das an einer Wärmesenke am oberen Ende eines kolbenförmigen Wärmeübertragers kondensiert und an der Wärmequelle, die von den PV-Zellen am unteren Ende des Zweiphasen-Thermosiphons gebildet wird, in die Gasphase übergeht, um zur Wärmesenke aufzusteigen und erneut zu kondensieren. Das Arbeitsmedium des Zweiphasen-Thermosiphons besteht aus Alkohol oder Wasser oder aus einem natürlichen Kältemittel. Das Wärmeträgerfluid besteht vorzugsweise aus mit einem Frostschutzmittel versetztem Wasser.

Kollektorgehäuse

[0017] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung ist ein Kollektorgehäuse aus Glas vorgesehen, dessen untere Hälfte als Parabolspiegel und dessen obere Hälfte als transparente Abdeckung ausgebildet sind. Beide Hälften bestehen aus Glas und können untereinander vakuumdicht verschweißt werden, sodass die erste und die zweite Konzentratorstufe einschließlich der PV-Zellen und ihrer elektrischen Verschaltung witterungsgeschützt innerhalb eines evakuierten Kollektorgehäuses angeordnet sind. Ein evakuiertes Kollektorgehäuse kann einen Durchmesser von ca. 20–100 cm haben.

[0018] Ein vakuumdichtes Gehäuse für die PV-Zellen und ihre elektrische Verschaltung kann aber auch dadurch hergestellt werden, dass die transparente Hülle für den Wärmeübertrager von der zweiten Konzentratorstufe gebildet wird, indem der hohle Kugelschichtkörper zu einem kolbenförmigen, den Wärmeübertrager in Form eines Kolbens oder einer Ringleitung vollständig umschließenden Gefäß erweitert wird. Auf diese Weise sind die PV-Zellen optimal vor Witterungseinflüssen geschützt, andererseits ist sichergestellt, dass die an den PV-Zellen absorbierte Wärme ohne Wärmeverlust auf das Wärmeträgerfluid übertragen wird. Mit dieser Technik können über 90% der direkten Sonneneinstrahlung genutzt werden. Die Größe des Kollektorgehäuses ist in diesem Fall keinen Einschränkungen unterworfen. Schließlich kann die transparente Hülle nur den Wärmeübertrager mit den PV-Zellen und ihrer elektrischen Verschaltung umschließen, wobei der Kugelschichtkörper der zweiten Konzentratorstufe als separates Element außerhalb der transparenten Hülle angeordnet ist. In den Zeichnungen nicht näher dargestellte Verbindungselemente aus Edelstahl stellen eine exakte Positionierung der ersten und der zweiten Konzentratorstufe zueinander sicher.

Solaranlagen

[0019] Ein einzelner erfindungsgemäßer Sonnenkollektor kann als ein Modul einer Solaranlage ausgebildet werden. Die Zusammenfassung einer Vielzahl von Kollektormodulen durch eine gemeinsame Tragkonstruktion, bei der z. B. 100 Module gemeinsam zur Sonne ausgerichtet werden, die zusammen an einen Gleichspannungswandler angeschlossen sind und z. B. auf einem Mast mit einem Abstand zum Baugrund gehalten werden, stellt den wirtschaftlichen Betrieb einer Solaranlage sicher. Für den rationalisierten Betrieb von Solaranlagen im kraftwerkstechnischen Maßstab kann eine Vielzahl von Parabolspiegeln oder Fresnellinsen vorgesehen sein, die, lückenlos aneinandergereiht, die Apertur der Solaranlage definieren. Schließlich können mehrere Sonnenkollektoren mit einem kugelförmigen Kollektorgehäuse an einem Mast gelagert werden. Bei diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, eine Lichtquelle z. B. aus LEDs innerhalb des Kol-

lektorgehäuses anzuordnen, sodass ein Sonnenkollektor bei Nacht als Solarleuchte betrieben werden kann. Der stromsparende Betrieb mit LEDs ermöglicht eine positive Energiebilanz einer derartigen Solarleuchte, wobei im Kollektorbetrieb mehr Strom erzeugt wird, als durch den Betrieb der Leuchte verbraucht wird. Da der Wirkungsgrad von Mehrfach-Solarzellen in Zukunft noch steigen wird – zurzeit geht man von einer jährlichen Leistungssteigerung von 1–2% aus – gewinnt die Photovoltaik mit Konzentratorsystemen zunehmend an Wettbewerbsfähigkeit gegenüber der Silicium-basierten Photovoltaik.

Verschaltung der PV-Zellen

[0020] In wirtschaftlicher und wärmetechnischer Hinsicht ist die einstrahlungsseitige Verschaltung der PV-Zellen besser als eine ebenfalls mögliche Verschaltung auf der strahlungsabgewandten Seite der PV-Zellen. Einstrahlungsseitig auf die DCB-Boards montierte Kontakte in Form einer Anode und einer Kathode ermöglichen die Ausbildung einer Reihenschaltung für die PV-Zellen. Sammelleitungen, die vakuumdicht aus einem Kollektorgehäuse herausgeführt werden, sind in die transparente Hülle eingeschweißt. Die Ausbildung eines in die transparente Hülle integrierten Elektroanschlusses für eine Steckverbindung ist ebenfalls möglich. Innerhalb einer Solaranlage, die aus einer Vielzahl von Sonnenkollektoren besteht, ist ein Gleichspannungswandler vorgesehen, sodass der an der Solaranlage gewonnene Gleichstrom über einen Wechselrichter als Wechselstrom ins Netz einspeist werden kann.

[0021] Die Figuren zeigen unterschiedliche Ausführungsmöglichkeiten und Anwendungen der Erfindung.

[0022] Es zeigen:

[0023] Fig. 1 eine dem Stand der Technik entsprechende, auf ein DCB-Board montierte, hocheffiziente Solarzelle in isometrischer Darstellung

[0024] Fig. 2 einen Sonnenkollektor mit sechs Brennpunkten in der isometrischen Übersicht

[0025] Fig. 3 den Sonnenkollektor nach Fig. 2 in einer perspektivischen Schnittdarstellung

[0026] Fig. 4 den Sonnenkollektor nach Fig. 1–Fig. 3 in einem Meridianschnitt

[0027] Fig. 5 den Sonnenkollektor nach Fig. 1–Fig. 4 in einem horizontalen Detailschnitt

[0028] Fig. 6 einen Sonnenkollektor mit acht Brennpunkten in einer meridionalen Schnittperspektive

[0029] Fig. 7 den Sonnenkollektor nach Fig. 6 in einem horizontalen Detailschnitt

[0030] Fig. 8 einen Sonnenkollektor mit acht Brennpunkten in einer meridionalen Schnittperspektive

[0031] Fig. 9 den Sonnenkollektor nach Fig. 8 in einer vertikalen Schnittperspektive

[0032] Fig. 10 den Sonnenkollektor nach Fig. 8 und Fig. 9 in einem meridionalen Detailschnitt

[0033] Fig. 11 den Sonnenkollektor nach Fig. 8–Fig. 10 in einem horizontalen Detailschnitt

[0034] Fig. 12 einen Sonnenkollektor mit 16 Brennpunkten in einer meridionalen Schnittperspektive

[0035] Fig. 13 den Sonnenkollektor nach Fig. 12 in einer vertikalen Schnittansicht

[0036] Fig. 14 den Sonnenkollektor nach Fig. 12 und Fig. 13 in einem meridionalen Detailschnitt

[0037] Fig. 15 einen Sonnenkollektor mit 32 Brennpunkten in einer meridionalen Schnittperspektive

[0038] Fig. 16 den Sonnenkollektor nach Fig. 15 in einem meridionalen, perspektivischen Detailschnitt

[0039] Fig. 17 den Sonnenkollektor nach Fig. 15 und Fig. 16 in einem meridionalen Detailschnitt

[0040] Fig. 18 einen Sonnenkollektor, bei dem die erste Konzentratorstufe von einer Fresnellinse gebildet wird, in einer perspektivischen Übersicht

- [0041]** Fig. 19 die zweite Konzentratorstufe des Sonnenkollektors nach Fig. 18 in einer meridionalen Schnittperspektive
- [0042]** Fig. 20 den Sonnenkollektor nach Fig. 18–Fig. 19 mit 16 Brennpunkten in einer meridionalen Schnittperspektive
- [0043]** Fig. 21 den Sonnenkollektor nach Fig. 18–Fig. 20 in einem meridionalen Detailschnitt
- [0044]** Fig. 22 eine aus einer Vielzahl von Sonnenkollektoren aufgebaute und auf einem Mast beweglich gelagerte Solaranlage in einer isometrischen Ausschnittsdarstellung
- [0045]** Fig. 23 eine aus einer Vielzahl von Sonnenkollektoren aufgebaute Solaranlage in einer einstrahlungsseitigen Ansichtsperspektive
- [0046]** Fig. 24 die Solaranlage nach Fig. 23 in einer isometrischen Rückansicht
- [0047]** Fig. 25 zeigt sechs beweglich an einem Mast gelagerte Kugelkollektoren jeweils mit integrierter Lichtquelle in der perspektivischen Übersicht
- [0048]** Fig. 1 zeigt ein dem Stand der Technik entsprechendes DCB-Board **120** auf dem eine PV-Zelle **12** als Mehrfachsolarzelle montiert ist. Anode (–) und Kathode (+) sind als elektrisch von einander isolierte Kontakte mit dem DCB-Board **120** verbunden. Neben der PV-Zelle **12** selbst sind auf dem DCB-Board **120** eine nicht näher bezeichnete Bypass-Diode sowie von einander isolierte Kontakte für Anode (–) und Kathode (+) montiert. Eine derartige PV-Zelle **12** wird von der AZUR SPACE Solar Power GmbH in Heilbronn hergestellt und vertrieben.
- [0049]** Fig. 2 zeigt einen Sonnenkollektor **1** mit 6 Brennpunkten F1–F6 in denen jeweils eine auf einem DCB-Board montierte PV-Zelle **12** angeordnet ist, die auf ihrer strahlungsabgewandten Seite vollflächig mit einem Wärmeübertrager **2** verbunden ist. Die PV-Zellen **12** sind über einen Kupferring einstückig mit dem Wärmeübertrager **2** verbunden. In der an beiden Enden zur Atmosphäre offenen Röhre **21** entsteht bei Wärmeeintrag seitens der PV-Zellen **12** ein Kamineffekt zur Übertragung der Wärme an die Umgebungsluft. In den Drehachsen x, y des zum jeweiligen Sonnenstand nachführbaren Sonnenkollektors **1** wird die erste Konzentratorstufe **10** von einem rotationssymmetrischen Parabolspiegel **100** gebildet, der die parallelen Strahlen der Sonne S_p als zentrierte Strahlen S_z auf einen auf der optischen Achse $\underline{O}$ gelegenen Brennpunkt Z fokussiert. Die zweite Konzentratorstufe **11** wird von einem hohlen Kugelschichtkörper **110** mit einer sphärischen Oberfläche **111** und mit 6 inneren Facetten **112** gebildet, der als Linse wirkt und die konzentrierten Strahlenbündel S_z als konvergente Strahlenbündel S_k auf 6 konzentrisch zum Brennpunkt Z der ersten Konzentratorstufe **10** angeordnete Brennpunkte F1–F6 fokussiert.
- [0050]** Fig. 3 zeigt den Sonnenkollektor **1** nach Fig. 2 in einer meridionalen Schnittansicht. Das Kollektorgehäuse **13** des Sonnenkollektors **1** besteht einstrahlungsseitig aus einer oberen transparenten Abdeckung **130** und einem unteren Parabolspiegel **100**, die jeweils aus Glas gefertigt sind und untereinander ein mit einem Vakuum $\underline{V}$ beaufschlagtes Kollektorgehäuse **13** bilden. Konzentrisch und coaxial zur optischen Achse $\underline{O}$ wird das Kollektorgehäuse **13** von einer an beiden Enden offenen Röhre **21** durchzogen, sodass die von den PV-Zellen **12** absorbierte Wärme über einen sich in der Röhre **21** einstellenden Kamineffekt auf die Umgebungsluft übertragen werden kann. Elektroleitungen **26** durchdringen das Kollektorgehäuse **13** vakuumdicht und bilden einen Elektroanschluss **260** für eine externe Steckverbindung mit Anode (–) und Kathode (+). Die parallel einfallenden Strahlenbündel S_p der Sonne werden von der ersten Konzentratorstufe **10** in Form eines Parabolspiegels **100** als zentrierte Strahlen S_z auf den Brennpunkt Z der ersten Konzentratorstufe **10** fokussiert. Die zweite Konzentratorstufe **11** wird von einem hohlen Kugelschichtkörper **110** mit sechs inneren Facetten **112** gebildet. Die Facetten **112** bestehen aus planebenen Flächen **113** und wirken als Linsen zur Konzentration des Sonnenlichts auf die Brennpunkte F1–F6. Für eine exakte Fokussierung können Teilbereiche der planebenen Flächen **113** als Freiformflächen ausgebildet sein.
- [0051]** Fig. 4 zeigt den Sonnenkollektor **1** nach Fig. 2 und Fig. 3 in einem Meridianschnitt entlang der optischen Achse $\underline{O}$. Die in den Brennpunkten F1–F3 angeordneten und auf DCB-Boards **120** montierten PV-Zellen **12** sind jeweils in der Ansicht dargestellt. Der Meridianschnitt des Sonnenkollektors **1** zeigt das Zusammenwirken der ersten mit der zweiten Konzentratorstufe **10**, **11**. Beim Eintritt eines zentrierten Strahls S_z in den hohlen Kugelschichtkörper **110** der zweiten Konzentratorstufe **11** behält der zentrierte Strahl S_z seine Richtung bei und trifft mit einem Einfallswinkel α auf die als planebene Fläche **113** ausgebildete Facette **112** des Kugel-

schichtkörpers **110**, wo er gebrochen wird und mit einem Ausfallswinkel β als ein Strahl eines konvergenten Strahlenbündels S_k auf einen der Brennpunkte F_1 – F_6 gebündelt wird.

[0052] Fig. 5 zeigt die zweite Konzentratorstufe **11** und den Wärmeübertrager **2** des Sonnenkollektors **1** nach Fig. 2–Fig. 4 in einem Horizontalschnitt. Auch im Horizontalschnitt wirkt die sphärische Oberfläche **111** des Kugelschichtkörpers **110** jeweils mit einer inneren Facette **112**, die bei diesem Ausführungsbeispiel eine im Wesentlichen planebene Fläche **113** aufweist als Sammellinse zur Konzentration eines auf den Brennpunkt Z der ersten Konzentratorstufe **10** konzentrierten Strahlenbündels S_z . Exemplarisch ist ein Strahl des Strahlenbündels S_z hervorgehoben und zeigt den Strahlendurchgang durch den hohlen Kugelschichtkörper **110** mit sphärischer Oberfläche **111** und inneren Facetten **112**. Der mit einem Einfallswinkel α auf die Facette **112** auftreffende Strahl des zentrierten Strahlenbündels S_z wird an der Facette **112** gebrochen und als Bestandteil eines konvergenten Strahlenbündels S_k auf den Brennpunkt F_6 fokussiert. Insgesamt sechs PV-Zellen **12** sind in den Brennpunkten F_1 – F_6 angeordnet und durch Elektroleitungen **26** jeweils mit Anode (–) und Kathode (+) untereinander in Reihe geschaltet. Sechs DCB-Boards **120** sind auf einen außenseitig sechseckig und innen-seitig rund ausgebildeten Kupfering aufgelötet, der seinerseits auf den als Röhre **21** ausgebildeten Wärmeübertrager **2** aufgelötet ist.

[0053] Fig. 6 zeigt den Meridianschnitt eines Sonnenkollektors **1** mit einem kugelförmigen Kollektorgehäuse **13** entlang der optischen Achse $\underline{O}$. Die auf einem achteckigen Ring liegenden PV-Zellen **12** und ein Längsschnitt des als eine an beiden Enden offene Röhre **21** ausgebildeten Wärmeübertragers **2** sind in der isometrischen Ansicht dargestellt. Die Röhre **21** verläuft koaxial und konzentrisch zur optischen Achse $\underline{O}$ des Sonnenkollektors **1** und durchschneidet das von der Atmosphäre durch ein Vakuum $\underline{V}$ abgeschottete Kollektorgehäuse **13**. Die an den acht PV-Zellen **12** absorbierte Wärme wird durch einen außenseitig polygonal und innenseitig rund ausgebildeten Ring auf die Röhre **21** übertragen. Durch Wärmeleitung, Wärmestrahlung und Konvektion wird die Wärme auf die Umgebungsluft übertragen, wobei der konvektive Anteil durch den sich in der Röhre **21** einstellenden Kamineffekt überwiegt. Die meridionale Schnittperspektive zeigt das Zusammenwirken der ersten Konzentratorstufe **10** und der zweiten Konzentratorstufe **11** bei der Fokussierung der tages- und jahreszeitlich bedingt in unterschiedlichen Winkeln einfallenden, parallelen Strahlenbündel S_p der Sonne auf die insgesamt acht 2 V-Zellen **12**. Jede der acht Facetten **112** des hohlen Kugelschichtkörpers **110** wirkt dabei als Sammellinse, sodass die von der ersten Konzentratorstufe **10** auf einen Brennpunkt zentrierten Strahlenbündel S_z jeweils als konvergentes Strahlenbündel S_k auf die PV-Zellen **12** konzentriert werden. Wie in Fig. 25 gezeigt kann ein derartiger über die Achsen x, y kontinuierlich dem Stand der Sonne folgender Sonnenkollektor **1** mit einem kugelförmigen Kollektorgehäuse **13** an einem Mast gelagert werden.

[0054] Fig. 7 zeigt einen Horizontalschnitt durch den Brennpunkt Z der ersten Konzentratorstufe **10** und durch den konzentrisch zu dem Brennpunkt Z angeordneten hohlen Kugelschichtkörper **110** mit acht Facetten **112**. Das von der ersten Konzentratorstufe **10** auf den Brennpunkt Z zentrierte Strahlenbündel S_z wird von der zweiten Konzentratorstufe **11** durch acht innere Facetten **112** auf acht Brennpunkte F_1 – F_8 an der Oberfläche eines als Röhre **21** ausgebildeten Wärmeübertragers **2** fokussiert. Beim Durchgang durch die sphärische Oberfläche **111** des Kugelschichtkörpers **110** ändern die zentrierten Strahlen S_z ihre Richtung nicht. Erst beim Austritt aus dem hohlen Kugelschichtkörper **110** an einer der acht Facetten **112**, die jeweils als planebene Flächen **113** ausgebildet sind, werden die Strahlen S_z gebrochen und in acht konvergenten Strahlenbündeln S_k auf die Brennpunkte F_1 – F_8 fokussiert. Die Brechung eines Strahls S_z mit Einfallswinkel α und Ausfallswinkel β ist in der Zeichnung exemplarisch hervorgehoben. Um eine exakte Fokussierung der konvergenten Strahlenbündel S_k auf die Brennpunkte F_1 – F_8 zu gewährleisten, können Teilbereiche einer planebenen Fläche **113** auch als Freiformfläche ausgebildet sein. Wie in Fig. 6 gezeigt, sind in den Brennpunkten F_1 – F_8 PV-Zellen **12** angeordnet, die jeweils auf ein DCB-Board **120** montiert sind. Die in Reihe geschalteten PV-Zellen **12** sind jeweils über Anode (–) und Kathode (+) untereinander verbunden.

[0055] Fig. 8 zeigt einen Sonnenkollektor **1** mit einem kugelförmigen Kollektorgehäuse **13** in einer isometrischen Schnittansicht. Die erste Konzentratorstufe **10** aus einem Parabolspiegel **100** und die zweite Konzentratorstufe **11** aus einem Kugelschichtkörper **110** mit inneren Facetten **112** konzentrieren die parallelen Strahlenbündel S_p auf acht Brennpunkte F_1 – F_8 an der Oberfläche eines Wärmeübertragers **2**. Der Wärmeübertrager **2** weist einen Kolben **22** auf, dessen oberes Ende zu einem Rhombenkuboktaeder erweitert ist. Auf den acht äquatorialen Flächen des Rhombenkuboktaeders sind insgesamt acht Solarzellen **12** angeordnet. Die Aufspaltung der parallel einfallenden Sonnenstrahlen S_p durch die erste Konzentratorstufe **10** und die zweite Konzentratorstufe **11** in acht konvergente Strahlenbündel S_k ist an einer Facette **112** exemplarisch dargestellt.

[0056] Fig. 9 zeigt die zweite Konzentratorstufe **11** und den als Kolben **22** ausgebildeten Wärmeübertrager **2** in einer isometrischen Schnittansicht. Der Kugelschichtkörper **110** mit acht inneren Facetten **112**, die jeweils

eine konvexe Fläche **114** aufweisen, ist in eine transparente Hülle **25** integriert, die als ein mit einem Vakuum V beaufschlagtes Gefäß den Wärmeübertrager **2** mit den PV-Zellen **12** und ihren elektrischen Kontakten einschließt. Die PV-Zellen **12** sind, wie in **Fig. 1** gezeigt, jeweils auf DCB-Boards **120** montiert und stehen auf ihrer strahlungsabgewandten Seite in einem vollflächigen Kontakt mit den acht äquatorialen Flächen des Rhombenkuboktaeders. Elektroleitungen **26** leiten den an den 2 V-Zellen **12** gewonnenen Gleichstrom durch eine Stirnkappe **250** der transparenten Hülle **25** an die Atmosphäre. Durch das Vakuum V zwischen der transparenten Hülle **25** und dem Wärmeübertrager **2** sind die empfindlichen PV-Zellen **12** einschließlich ihrer elektrischen Verschaltung optimal vor Verschmutzung und Witterungseinflüssen geschützt. Außerdem kann, wie in **Fig. 10** gezeigt, die an den PV-Zellen **12** absorbierte Wärme ohne nennenswerte Verluste von dem Wärmeübertrager **2** auf ein Wärmeträgerfluid **20** übertragen werden.

[0057] **Fig. 10** zeigt den in **Fig. 8** und **Fig. 9** beschriebenen Sonnenkollektor **1** in einem meridionalen Detailschnitt entlang der optischen Achse O durch die zu einer transparenten Hülle **25** erweiterten zweiten Konzentratorstufe **11**. Wie in **Fig. 9** erläutert ist der Wärmeübertrager **2** in Form eines Kolbens **22** allseitig von einer transparenten Hülle **25** aus Glas umschlossen. Der Kugelschichtkörper **110** mit einer sphärischen Oberfläche **111** und acht inneren Facetten **112** ist mit der transparenten Hülle **25** zu einem mit einem Vakuum V beaufschlagten Gefäß zur Aufnahme des Wärmeübertragers **2** verschmolzen. Die Facetten **112** des Kugelschichtkörpers **110** weisen jeweils eine konvexe Fläche **114** auf, die dazu ausgebildet ist, die zentrierten Strahlen S_z auf insgesamt 8 Brennpunkte F_1 – F_8 auf der Oberfläche des Wärmeübertragers **2** zu fokussieren. Ein exemplarisch hervorgehobener Strahl des zentrierten Strahlenbündels S_z zeigt die Brechung mit Einfallswinkel α und Ausfallswinkel β gegenüber dem Lot an einer Facette **112** mit konvexer Fläche **114**. Das geschlossene Ende des Kolbens **22** ist zum einem Rhombenkuboktaeder erweitert, der an seinen acht äquatorialen, quadratischen Flächen acht PV-Zellen **12**, die, wie in **Fig. 1** gezeigt, auf DCB-Boards **120** montiert sind, aufnimmt. Der Längsschnitt durch den Kolben **22** zeigt ein Koaxialrohr **220** mit Vor- und Rücklauf **230**, **231** in dem das Wärmeträgerfluid **20** geführt wird. Das Wärmeträgerfluid **20** besteht vorzugsweise aus Wasser mit einem Frostschutz oder aus Alkohol oder aus einem Gemisch beider Flüssigkeiten. Die Wärmeübertragung der an den PV-Zellen **12** absorbierten Wärme auf das Wärmeträgerfluid **20** erfolgt durch Wärmeleitung und Konvektion. An ihrem unteren Ende ist die transparente Hülle **25** über eine Stirnkappe **250**, z. B. aus Kupfer, vakuumdicht mit dem Koaxialrohr **220** des Kolbens **22** verbunden.

[0058] **Fig. 11** zeigt den Horizontalschnitt durch den Brennpunkt Z der ersten Konzentratorstufe **10** des in den **Fig. 8**–**Fig. 10** beschriebenen Sonnenkollektors **1**. Die auf den Brennpunkt Z der ersten Konzentratorstufe **10** des Sonnenkollektors **1** konzentrierten Strahlen S_z werden jeweils an den acht Facetten **112** der zweiten Konzentratorstufe **11** gebrochen und in acht konvergenten Strahlenbündeln S_k auf acht Brennpunkte F_1 – F_8 , in denen jeweils eine PV-Zelle **12** angeordnet ist, fokussiert. Der Horizontalschnitt durch den Kolben **22** zeigt den hohlen Rhombenkuboktaeder mit dem Koaxialrohr **220** für den Vor- und Rücklauf **230**, **231**. Jede Facette **112** besitzt einen optischen Mittelpunkt M , der durch einen die Facette **112** ungebrochen durchquerenden Strahl S_z definiert ist. Alle weiteren Strahlen des Strahlenbündels S_z werden, wie an einem hervorgehobenen Strahl des Strahlenbündels S_z an einer Facette **112**, mit Einfallswinkel α und Ausfallswinkel β gegenüber dem Lot gebrochen. Dabei können die konvexen Flächen **114** der acht Facetten **112** auch als Freiformflächen ausgebildet werden, um eine exakte Fokussierung der konvergenten Strahlenbündel S_k auf die Brennpunkte F_1 – F_8 zu gewährleisten. Die PV-Zellen **12** einschließlich der Elektroleitungen **26** mit Anode (–) und Kathode (+) sind in einem Raum mit Vakuum V zwischen der transparenten Hülle **25** und dem Kolben **22** angeordnet und deshalb vor Verschmutzung und Korrosion geschützt.

[0059] **Fig. 12** zeigt einen Sonnenkollektor **1** in einem Meridianschnitt entlang der optischen Achse O , bei dem die erste Konzentratorstufe **10** in Form eines Parabolspiegels **100** und die zweite Konzentratorstufe **11** in Form eines Kugelschichtkörpers **110** sowie die den Wärmeübertrager **2** umgebende transparente Hülle **25** jeweils im Vertikalschnitt und der als Kolben **22** ausgebildete Wärmeübertrager **2** in der isometrischen Ansicht dargestellt sind. Wie in **Fig. 14** gezeigt, weist der Absorberkolben **22** eine konzentrisch zum Brennpunkt Z der ersten Konzentratorstufe **10** kugelförmige Erweiterung auf, an deren Äquator **16** Brennpunkte F_1 – F_{16} zur Aufnahme von 16 PV-Zellen **12** vorgesehen sind. Dem entsprechend besitzt der Kugelschichtkörper **110** 16 Facetten **112**, die die zentrierten Strahlen S_z auf die Brennpunkte F_1 – F_{16} fokussieren.

[0060] **Fig. 13** zeigt die zweite Konzentratorstufe **11** und die transparente Hülle **25** für den Wärmeübertrager **2** in einem Vertikalschnitt entlang der optischen Achse O . Der Wärmeübertrager **2** in Form eines Kolbens **22** und die PV-Zellen **12**, die in Brennpunkten F_1 – F_{16} auf der kugelförmigen Erweiterung des Kolbens **22** angeordnet sind, sind in der Ansicht dargestellt. Ein hervorgehobener Strahl des Strahlenbündels S_z zeigt die Brechung an einer Facette **112** mit Einfallswinkel α und Ausfallswinkel β gegenüber dem Lot. Die insgesamt 16 Facetten **112** des hohlen Kugelschichtkörpers **110** sind als im Wesentlichen planebene Flächen **113** ausgebildet. Elektrolei-

tungen **26** sind mit einem Elektroanschluss **260** innerhalb der transparenten Hülle **25** verbunden, sodass der von den in Reihe geschalteten PV-Zellen **12** gewonnene Strom über Anode (–) und Kathode (+) mittels eines Steckers **261** ausgeleitet werden kann. Die transparente Hülle **25** für den Kolben **22** besteht aus einem koaxial und konzentrisch zur optischen Achse $\underline{O}$ angeordneten Glaskolben, der an seinem unteren Ende mittels einer Stirnkappe **250** vakuumdicht mit dem Koaxialrohr **220** des Wärmeübertragers **2** verbunden ist.

[0061] Fig. 14 zeigt einen Vertikalschnitt durch die zweite Konzentratorstufe **11**, den Wärmeübertrager **2** und die transparente Hülle **25** des in den Fig. 12 und Fig. 13 dargestellten Sonnenkollektors **1**. Die Wärmeübertragung der an den PV-Zellen **12** absorbierten Wärme auf ein in einem Koaxialrohr **220** geführtes Wärmeträgerfluid **20** mit Vor- und Rücklauf **230**, **231** erfolgt durch einen Zweiphasen-Thermosiphon **24**. Der mit einem Unterdruck $\underline{U}$ beaufschlagte Arbeitsraum **240** enthält ein phasenwechselndes Arbeitsmedium, das an einer von den PV-Zellen **12** gebildeten Wärmequelle **241** verdampft und an einer Wärmesenke **242** am oberen Ende des Arbeitsraums kondensiert und selbsttätig zur Wärmequelle **241** zurück fließt. Der Wärmeübertrager **2** ist konzentrisch und koaxial zur optischen Achse $\underline{O}$ des Sonnenkollektors **1** aufgebaut und besteht von außen nach innen aus der transparenten Hülle **25**, dem Arbeitsraum **240** des Zweiphasen-Thermosiphons **24** und dem Koaxialrohr **220**, das an seiner dem Arbeitsraum **240** zugewandten Außenseite als beripptes Wärmeträgerrohr **243** ausgebildet ist und die Wärmesenke **242** des Zweiphasen-Thermosiphons **24** bildet. An der Wärmequelle **241** ist eine Strömungsleiteinrichtung **244** vorgesehen, die von einer, für die Flüssigphase des Arbeitsmediums undurchlässigen und für die Dampfphase des Arbeitsmediums durchlässigen, Dampfbremse **245** gebildet wird. Die Dampfbremse **245** ist mit einem Zwischenraum **247** von der Wärmequelle **241** beabstandet, indem sich die Flüssigphase des Arbeitsmediums sammelt, sodass an der Wärmequelle **241** die Innenseite des Arbeitsraums durch das Arbeitsmedium benetzt wird. Auch bei einer Schrägstellung der optischen Achse $\underline{O}$ des Sonnenkollektors **1** bis zu einem Grenzwinkel von ca. 20° gegenüber der Horizontalen, ist die Funktionsweise des Zweiphasen-Thermosiphons **24** sichergestellt.

[0062] Fig. 15 zeigt einen Sonnenkollektor **1** in einem Meridianschnitt entlang seiner optischen Achse $\underline{O}$, bei dem die erste Konzentratorstufe **10** von einem Parabolspiegel **100** und die zweite Konzentratorstufe **11** von einem Kugelschichtkörper **110**, der zu einer transparenten Hülle **25** für den Kolben **22** und die PV-Zellen **12** erweitert ist. Der Kolben **22** mit den PV-Zellen **12** ist in einer isometrischen Ansicht dargestellt. Wie auch in den Fig. 16 und Fig. 17 dargestellt, weisen der hohle Kugelschichtkörper **110** und die kugelförmige Erweiterung des Kolbens **22** insgesamt 32 Facetten **112** auf. Die parallelen Strahlenbündel $\underline{Sp}$ der Sonne werden von der ersten Konzentratorstufe **10** von einem Parabolspiegel **100** auf einen Brennpunkt $\underline{Z}$, der in Fig. 17 dargestellt ist, fokussiert. Die zentrierten Strahlen $\underline{Sz}$ werden an den 32 Facetten **112** gebrochen und, wie in Fig. 16 gezeigt, auf 32 Brennpunkte an der Oberfläche des Wärmeübertragers **2** fokussiert.

[0063] Fig. 16 zeigt den als transparente Hülle **25** für den Wärmeübertrager **2** in Form eines Kolbens **22** ausgebildeten hohlen Kugelschichtkörper **110**, dessen 32 Facetten **112** in zwei Schichten übereinander angeordnet sind und das Sonnenlicht in 32 konvergenten Strahlenbündeln $\underline{Sk}$ auf 32 Brennpunkte $\underline{F1-F32}$ an der Oberfläche des Wärmeübertragers **2** fokussieren.

[0064] Fig. 17 zeigt einen Vertikalschnitt durch den hohlen Kugelschichtkörper **110** und den als Kolben **22** ausgebildeten Wärmeübertrager **2** entlang der optischen Achse $\underline{O}$ des Sonnenkollektors **1**. Der Kolben **22** ist als Koaxialrohr **220** mit Vorlauf **230** und Rücklauf **231** ausgebildet. Der Vorlauf **230** flutet die kugelförmige Erweiterung des Kolbens **22** von innen und überträgt die von den PV-Zellen **12** absorbierte Wärme konvektiv auf ein Wärmeträgerfluid **20**. Die in zwei Schichten angeordneten Facetten **112** des Kugelschichtkörpers **110** weisen jeweils einen Neigungswinkel δ zur optischen Achse $\underline{O}$ auf. Der Hohlraum zwischen der transparenten Hülle **25** und dem Kolben **22** ist mit einem Vakuum $\underline{V}$ beaufschlagt, sodass die Facetten **112**, die PV-Zellen **12** und die Elektroleitungen **26** vor Verschmutzung und korrosiven Einflüssen geschützt sind.

[0065] Fig. 18 zeigt einen Sonnenkollektor **1**, bei dem die erste Konzentratorstufe **10** von einer senkrecht zur optischen Achse $\underline{O}$ einstrahlungsseitig angeordneten Fresnellinse **101** gebildet wird, die bei zweiachsiger Nachführung des Sonnenkollektors **1** um die Drehachsen $\underline{x}$, $\underline{y}$ die parallel einfallenden Sonnenstrahlen $\underline{Sp}$, wie in Fig. 20 gezeigt, auf ein Brennpunkt $\underline{Z}$ fokussieren. Konzentrisch zu dem Brennpunkt $\underline{Z}$ ist die zweite Konzentratorstufe **11** mit einem hohlen Kugelschichtkörper **110** angeordnet, der in die transparente Hülle **25** für den Wärmeübertrager **2** integriert ist. Das Kollektorgehäuse **13** wird von einem Raumfachwerk **270** gebildet.

[0066] Quadratische Obergurtrohre bilden ein linienförmiges Auflager für die transparente Abdeckung **130** aus einer Fresnellinse **101**. Die von einem Wärmeträgerfluid **20** durchströmten Untergurtstäbe des Kollektorgehäuses **13** dienen in einer Richtung als Vorlauf **230** und in der anderen Richtung als Rücklauf **231** für das Wärmeträgerfluid **20** und weisen eine Wärmedämmung **27** auf. Die Zeichnung zeigt eine Zelle einer in beiden

Richtungen erweiterbaren Halboktaeder-Tetraeder-Struktur des Raumfachwerks **270** als formstabilen Kollektorgehäuse **13** für eine Vielzahl von Sonnenkollektoren **1**, die gemeinsam zur Sonne ausrichtbar sind.

[0067] Fig. 19 zeigt die zweite Konzentratorstufe **11** des Sonnenkollektors **1** nach Fig. 18 und einen Knotenpunkt des Raumfachwerks **270** in einer meridionalen Schnittperspektive. Die zweite Konzentratorstufe **11** weist einen hohlen Kugelschichtkörper **110**, dessen innere Facetten **112** jeweils als Stufenlinse **115** ausgebildet sind. Auf der den Stufenlinsen **115** zugewandten Oberfläche der Ringleitung **23** mit Vorlauf **230** und Rücklauf **231** sind, wie in Fig. 20 gezeigt, **16** auf DCB-Boards **120** montierte PV-Zellen **12** in 16 Brennpunkten F1–F16 angeordnet. Das kugelförmige Kollektorgehäuse **25** umschließt den als Ringleitung **23** ausgebildeten Wärmeübertrager **2** und nimmt die PV-Zellen **12** einschließlich ihrer elektrischen Kontakte und der Elektroleitungen **26** auf. Das als ein System aus Knotenpunkten und Stäben elementierte Raumfachwerk **270** nimmt in wärmegeprägten Untergurtrohren den Vorlauf **230** und den Rücklauf **231** für die Ringleitung **23** auf. Innerhalb des Raumfachwerks **270** sind jeweils mehrere Sonnenkollektoren **1** in Reihe an einen Vorlauf **230** und einen Rücklauf **231** angeschlossen.

[0068] Fig. 20 zeigt den Ausschnitt des Sonnenkollektors **1** nach Fig. 18 und Fig. 19 in einer meridionalen Schnittperspektive. Der Wärmeübertrager **2** weist eine Ringleitung **23** auf, deren den Stufenlinsen **115** zugewandte, facettierte Oberfläche **16** PV-Zellen **12** trägt, die in den 16 Brennpunkten F1–F16 der 16 Stufenlinsen **115** des Kugelschichtkörpers **110** angeordnet sind. Die Fresnellinse **101** fokussiert die parallel einfallenden Strahlenbündel Sp der Sonne auf den Brennpunkt Z der ersten Konzentratorstufe **10**. Beim Durchgang durch den Kugelschichtkörper **110** werden die zentrierten Strahlen Sz von den 16 Stufenlinsen **115** der zweiten Konzentratorstufe **11** jeweils als konvergente Strahlenbündel Sk auf die 16 PV-Zellen **12** in den 16 Brennpunkten F1–F16 konzentriert. Der hohle Kugelschichtkörper **110** ist Teil einer mit einem Vakuum **V** beaufschlagten Glaskugel, die die transparente Hülle **25** für den als Ringleitung **23** ausgebildeten Wärmeübertrager **2** bildet.

[0069] Fig. 21 zeigt den Sonnenkollektor **1** nach Fig. 18–Fig. 20 in einem meridionalen Detailschnitt durch die zweite Konzentratorstufe **11**, die transparente Hülle **25** und die von einem Wärmeträgerfluid **20** durchströmte Ringleitung **23** des Wärmeübertragers **2** mit Vorlauf **230** und Rücklauf **231**. Die Stufenlinsen **115** und die PV-Zellen **12** einschließlich der als Anode (–) und Kathode (+) ausgebildeten Elektroleitungen **26** sind durch das Vakuum **V** innerhalb der transparenten Hülle **25** vor Verschmutzung und Korrosion geschützt. Die von den PV-Zellen **12** absorbierte Wärme wird von dem Wärmeträgerfluid **20** über den Rücklauf **231** durch die Stirnkappe **250** der transparenten Hülle **25** abgeleitet und einem Nutzsysteem zugeführt. Außerhalb der transparenten Hülle **25** ist eine Wärmedämmung **27** für den Vor- und Rücklauf **230**, **231** des Wärmeübertragers **2** vorgesehen.

[0070] Fig. 22 zeigt eine Vielzahl von Sonnenkollektoren **1**, die auf einer Trägerfläche zu einer Solaranlage zusammengefasst sind und durch Verschwenken in den Drehachsen x, y gemeinsam zur Sonne ausgerichtet werden. Die Solaranlage ist in einer Regenwassersammelstellung dargestellt, bei der die Trägerfläche mit den Sonnenkollektoren **1** in eine horizontale Stellung geschwenkt wird, um das an der von ebenen Glasscheiben gebildeten transparenten Abdeckung **130** gesammelte Regenwasser in den Mast **14** und die Zisterne **15** einzuleiten. Das Regenwasser dient als Wärmeträgerfluid **20** zur Kühlung der PV-Zellen **12**. Dabei entspricht ein Sonnenkollektor **1** im Wesentlichen dem in Fig. 12–Fig. 14 dargestellten Ausführungsbeispiel. Das im Erdreich verlegte Rückkühlregister **28** dient der permanenten Kühlung des Wärmeträgerfluids **20**.

[0071] Fig. 23 zeigt eine Solaranlage, bei der eine Vielzahl von Sonnenkollektoren **1** in einem Kollektorgehäuse **13** zusammengefasst und einstrahlungsseitig durch eine von Glasscheiben gebildete transparente Abdeckung **130** vor Witterungseinflüssen geschützt ist. Die Parabolspiegel **100** der ersten Konzentratorstufe **10** sind untereinander zu einer flächendeckenden, lückenlosen Struktur verbunden. Die Sonnenkollektoren **1** entsprechen in ihrem Aufbau im Wesentlichen dem in Fig. 12–Fig. 14 gezeigten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0072] Fig. 24 zeigt die Nachführung der Solaranlage nach Fig. 23 mittels eines von einer Kreistringschiene gebildeten Azimutlagers mit einer vertikalen Drehachse y und in einem als Scharnier ausgebildeten Drehlager mit einer horizontalen Drehachse x. Nicht näher bezeichnete Spindelantriebe stellen eine exakte, sensorgesteuerte Nachführung zum jeweiligen Höhenwinkel der Sonne sicher. Das Wärmeträgerfluid **20** wird in einem Rohrleitungsnetz mit Vor- und Rücklauf geführt.

[0073] Fig. 25 zeigt eine Solaranlage bestehend aus einem Mast **14** und sechs jeweils paarweise mit einem vertikalen Abstand zueinander angeordneten, kugelförmigen Sonnenkollektoren **1**, die in ihrem Aufbau im Wesentlichen dem in Fig. 6 und Fig. 7 gezeigten Ausführungsbeispiel eines Sonnenkollektors **1** entsprechen. Der Mast **14** besteht aus zwei konzentrisch und koaxial zu der vertikalen Achse y angeordneten Rohrabschnitten, die untereinander das Azimutlager für insgesamt sechs kugelförmige Sonnenkollektoren **1** bilden. Die horizon-

talen Drehachsen x dienen der Ausrichtung der Sonnenkollektoren **1** zum jeweiligen Höhenwinkel der Sonne. Das Kollektorgehäuse **13** mit der transparenten Abdeckung **130** ist kugelförmig ausgebildet und nimmt jeweils eine Lichtquelle **131** auf, sodass ein Sonnenkollektor **1** bei Nacht als Leuchte betrieben werden kann. Diese Form der Kollektoranordnung ist besonders für den öffentlichen Raum in einem städtischen Kontext geeignet.

Bezugszeichenübersicht

Sonnenkollektor	1	Wärmeübertrager	2
Optische Achse	<u>O</u>	Wärmeträgerfluid	20
Erste Konzentratorstufe	10	Röhre	21
Brennpunkt	Z	Kolben	22
Parabolspiegel	100	Koaxialrohr	220
Fresnellinse	101	Ringleitung	23
Zweite Konzentratorstufe	11	Vorlauf	230
Brennpunkte	F1–Fn	Rücklauf	231
Hohler Kugelschichtkörper	110	Zweiphasen-Thermosiphon	24
Sphärische Oberfläche	111	Arbeitsraum	240
Facette	112	Wärmequelle	241
Optischer Mittelpunkt	M	Wärmesenke	242
Planebene Fläche	113	Beripptes Wärmeträgerrohr	243
Konvexe Fläche	114	Strömungsleiteinrichtung	244
Stufenlinse	115	Dampfbremse	245
Drehachsen	x, y	Dampfdurchtrittsöffnung	246
Parallele Strahlen	Sp	Zwischenraum	247
Zentrierte Strahlen	Sz	Transparente Hülle	25
Konvergentes Strahlenbündel	Sk	Stirnkappe	250
Einfallswinkel	A	Anode	(–)
Ausfallswinkel	B	Kathode	(+)
Neigungswinkel	Δ	Elektroleitung	26
PV-Zelle	12	Elektroanschluss	260
DCB-Board	120	Stecker	261
Kollektorgehäuse	13	Wärmedämmung	27
Transparente Abdeckung	130	Raumfachwerk	270
Lichtquelle	131	Rückkühlregister	28
Mast	14	Unterdruck	<u>U</u>
Zisterne	15	Vakuum	<u>V</u>

Patentansprüche

1. Sonnenkollektor (**1**) mit einer zweistufigen Konzentratortechnik und einer zweiachsigen Nachführung seiner optischen Achse (O) um die Drehachsen (x, y) zum jeweiligen Stand der Sonne, welcher Sonnenkollektor (**1**) dazu ausgebildet ist, die elektromagnetische Energie direkter Sonneneinstrahlung in elektrische Energie und Wärme umzuwandeln, wobei eine erste Konzentratorstufe (**10**) die tages- und jahreszeitlich in unterschiedlichen Winkeln einfallenden parallelen Strahlen (Sp) der Sonne als zentrierte Strahlen (Sz) auf einen Brennpunkt (Z) fokussiert, während eine zwischen der ersten Konzentratorstufe (**10**) und ihrem Brennpunkt (Z) angeordnete, zweite Konzentratorstufe (**11**) die zentrierten Strahlen (Sz) der ersten Konzentratorstufe (**10**) auf eine Vielzahl von in Brennpunkten (F1–Fn) angeordneten PV-Zellen (**12**), die auf DCB-Boards

(120) montiert und auf ihrer strahlungsabgewandten Seite vollflächig mit der Oberfläche eines Wärmeübertragers (2) verbunden sind, fokussiert, wobei die zweite Konzentratorstufe (11) einen konzentrisch zu dem Brennpunkt (Z) der ersten Konzentratorstufe (10) angeordneten, transparenten und hohlen Kugelschichtkörper (110) aufweist, der auf seiner der ersten Konzentratorstufe (10) zugewandten Außenseite eine sphärische Oberfläche (111) und auf seiner dem Brennpunkt (Z) der ersten Konzentratorstufe (10) zugewandten Innenseite eine der Anzahl der Brennpunkte (F1–Fn) entsprechende Vielzahl von Facetten (112) besitzt, an denen die zentrierten Strahlen (Sz) der ersten Konzentratorstufe (10) gebrochen und als konvergente Strahlenbündel (Sk) auf die konzentrisch zum Brennpunkt (Z) der ersten Konzentratorstufe (10) angeordneten Brennpunkte (F1–Fn) fokussiert werden.

2. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Konzentratorstufe (10) entweder von einem Parabolspiegel (100) oder von einer einstrahlungsseitig angeordneten Fresnellinse (101) gebildet wird.

3. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Facetten (112) des Kugelschichtkörpers (110) parallel zur optischen Achse (O) des Sonnenkollektors (1) angeordnet sind und dabei einen polygonalen Ring um die optische Achse bilden oder dass die Facetten (112) des Kugelschichtkörpers (110) mit einem Neigungswinkel (δ) zur optischen Achse (O) des Sonnenkollektors (1) angeordnet sind und dabei zwei oder mehr, konzentrisch zum Brennpunkt (Z) der ersten Konzentratorstufe (10) angeordnete Schichten aufweisen.

4. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Facette (112) des Kugelschichtkörpers (110) einen optischen Mittelpunkt (M) aufweist und senkrecht zu einem zentrierten Strahl (Sz), der durch den optischen Mittelpunkt (M) einer Facette (112) und durch den Brennpunkt (Z) der ersten Konzentratorstufe (10) verläuft, angeordnet ist.

5. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Facette (112) des Kugelschichtkörpers (110) entweder eine planebene Fläche (113) oder eine konvexe Fläche (114) oder im Falle einer Stufenlinse (115) eine gestufte Fläche aufweist, wobei die Flächen der Facetten (112) jeweils als Freiformflächen ausgebildet sein können, um eine möglichst exakte Konzentration des Sonnenstrahlen auf die Brennpunkte (F1–Fn) zur erzielen.

6. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein zentrierter Lichtstrahl (Sz) an einer Facette (112) des Kugelschichtkörpers (110) mit einem Einfallswinkel (α) und einem Ausfallswinkel (β) gebrochen und auf einen der Brennpunkte (F1–Fn) fokussiert wird.

7. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in jedem der Brennpunkte (F1–Fn) der zweiten Konzentratorstufe (11) entweder nur eine PV-Zelle (12) oder jeweils mehrere, vorzugsweise in einem Raster angeordnete PV-Zellen (12) vorgesehen sind.

8. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die PV-Zellen (12) innerhalb einer vakuumdichten, transparenten Hülle (25) jeweils über Anode (–) und Kathode (+) durch Elektroleitungen (26) untereinander in Reihe oder parallel geschaltet sind und über einen externen außerhalb des Vakuums (V) liegenden Elektroanschluss (260) an einen Gleichspannungswandler angeschlossen sind.

9. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kollektorgehäuse (13) des Sonnenkollektors (1) eine ebene oder gewölbte oder sphärische transparente Abdeckung (130) aus Glas aufweist, wobei der Sonnenkollektor (1) z. B. als einzelner Kugelkollektor oder als eine Einheit aus einer Vielzahl von Sonnenkollektoren (1) aufgebaut ist.

10. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmeübertrager (2) aus einer an beiden Enden offenen Röhre (21) besteht und die an den PV-Zellen (12) absorbierte Wärme auf ein aus der Umgebungsluft bestehendes Wärmeträgerfluid (20) übertragen wird, wobei innerhalb der von unten nach oben durchströmten Röhre (21) der Kamineffekt für die Wärmeübertragung genutzt wird oder dass der Wärmeübertrager (2) einen, an einem Ende offenen Kolben (22) aufweist und die an den PV-Zellen (12) absorbierte Wärme auf ein den Kolben (22) als Flüssigkeit durchströmendes Wärmeträgerfluid (20) übertragen wird oder dass der Wärmeübertrager (2) eine Ringleitung (23) aufweist und die an den PV-Zellen (12) absorbierte Wärme auf ein in der Ringleitung (23) zirkulierendes Wärmeträgerfluid (20) übertragen wird oder dass der Wärmeübertrager (2) einen Zweiphasen-Thermosiphon (24) aufweist und die an den PV-Zellen (12) absorbierte Wärme über ein phasenwechselndes Arbeitsmedium auf ein Wärmeträgerfluid (20) übertragen wird.

11. Sonnenkollektor (**1**) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass innerhalb des Kollektorgehäuses (**13**) eine Lichtquelle (**131**), die z. B. aus LEDs besteht, vorgesehen ist, sodass der Sonnenkollektor (**1**) bei Nacht als Solarleuchte betrieben werden kann.

Es folgen 23 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

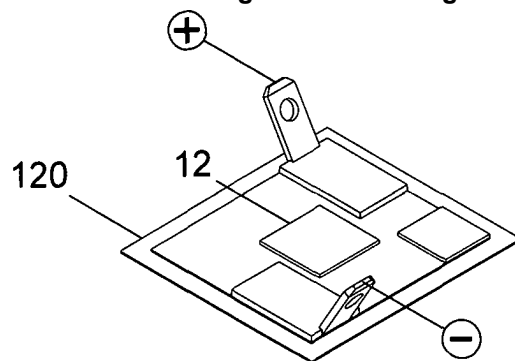


Fig.1

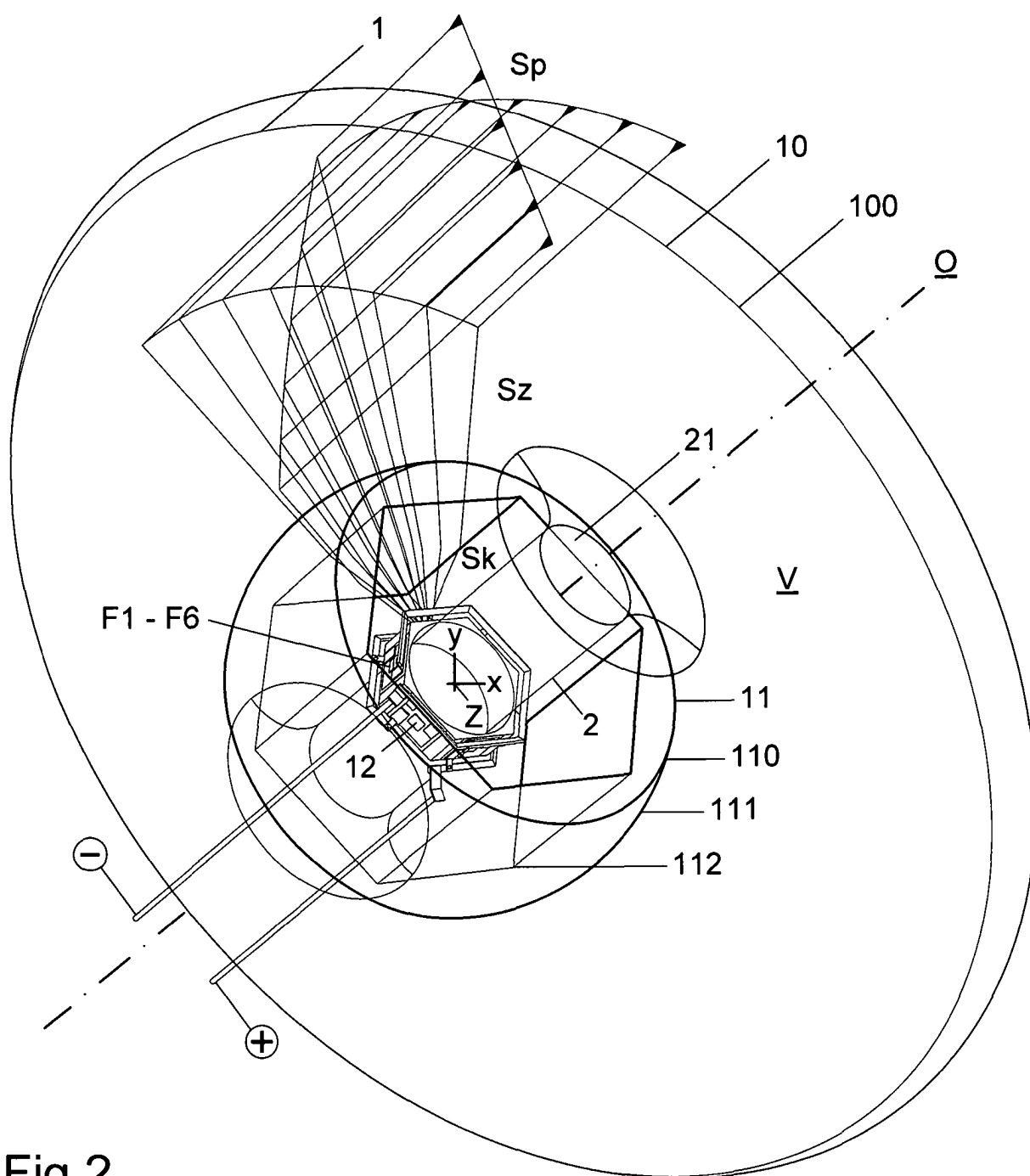


Fig.2

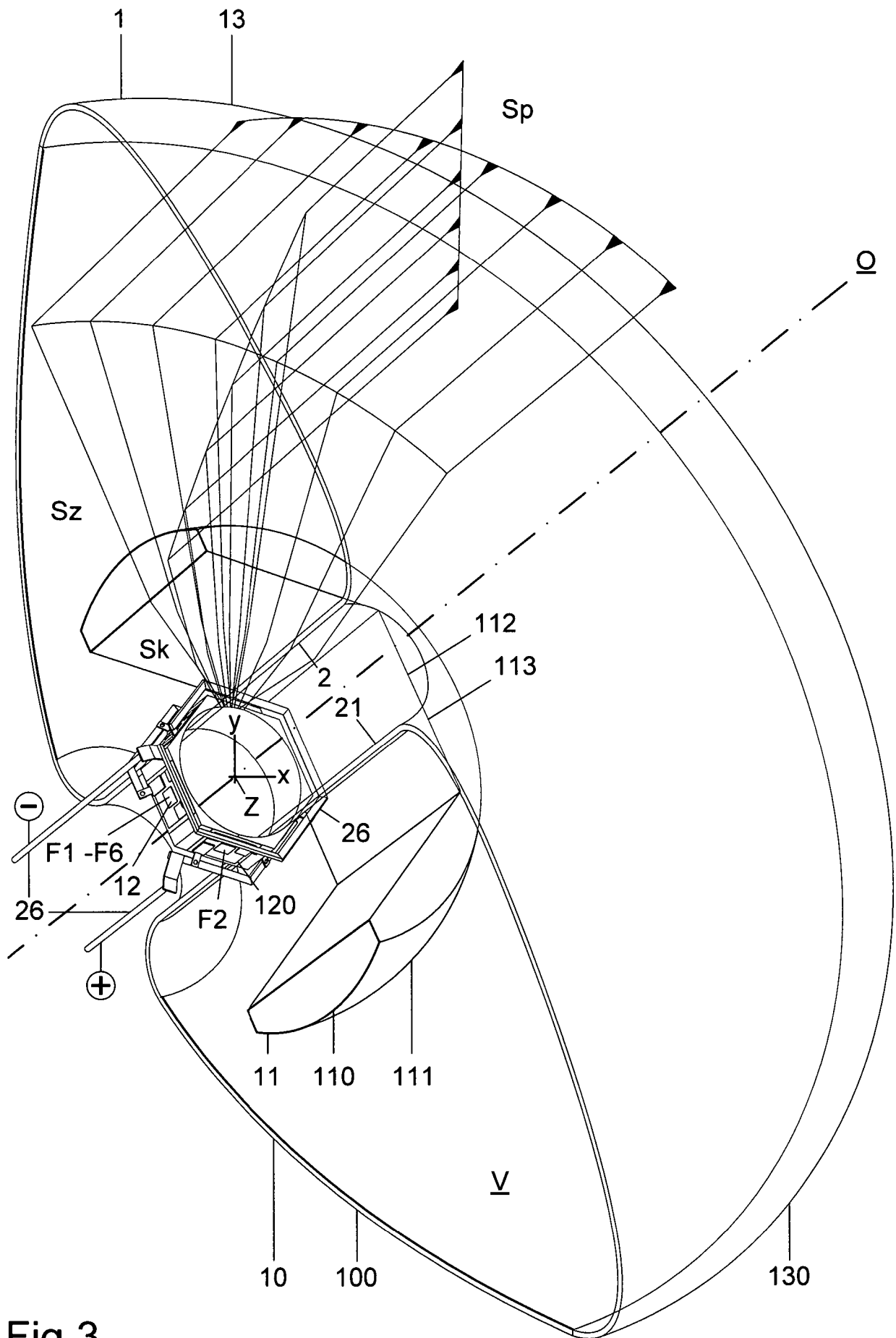


Fig.3



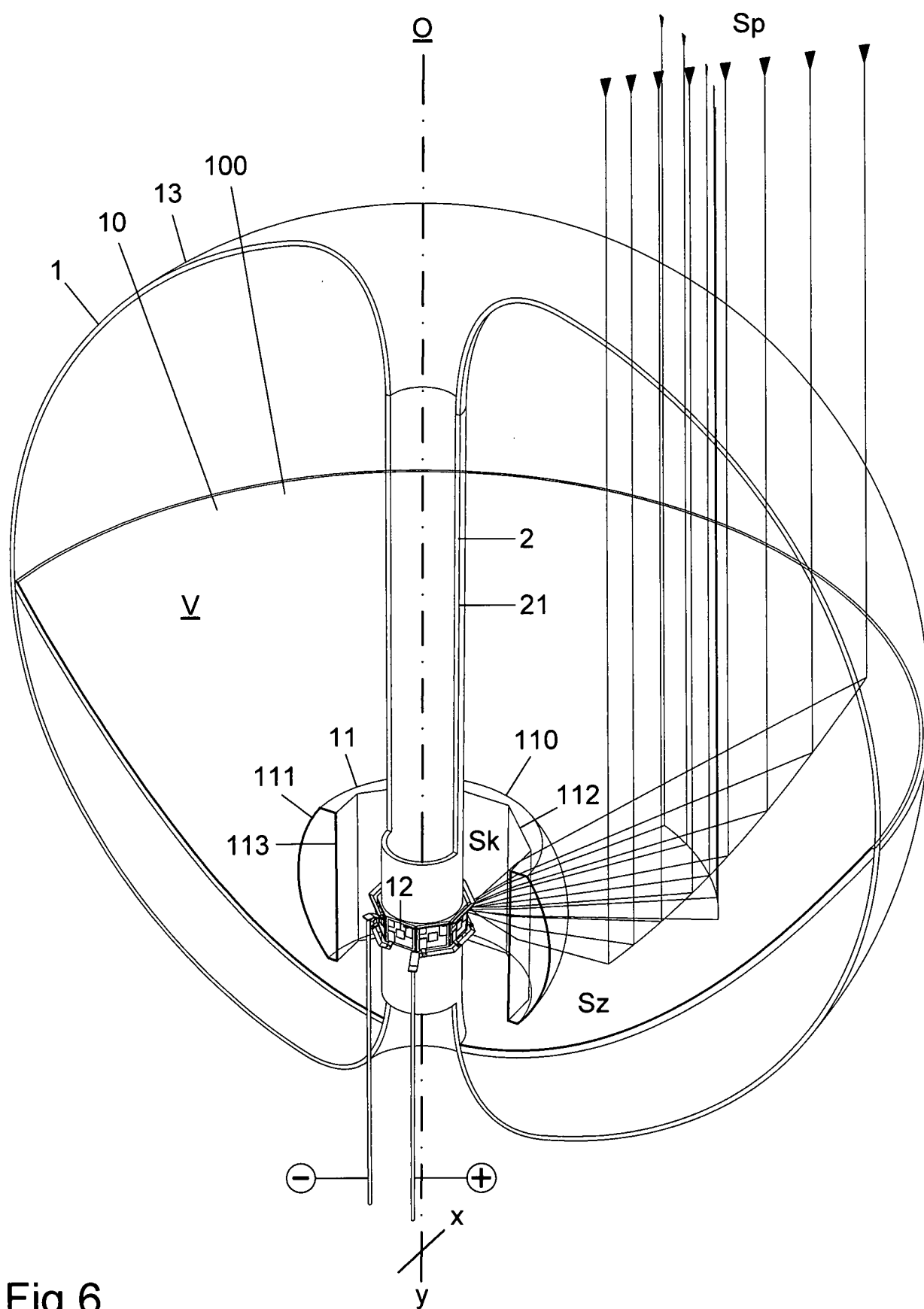


Fig.6

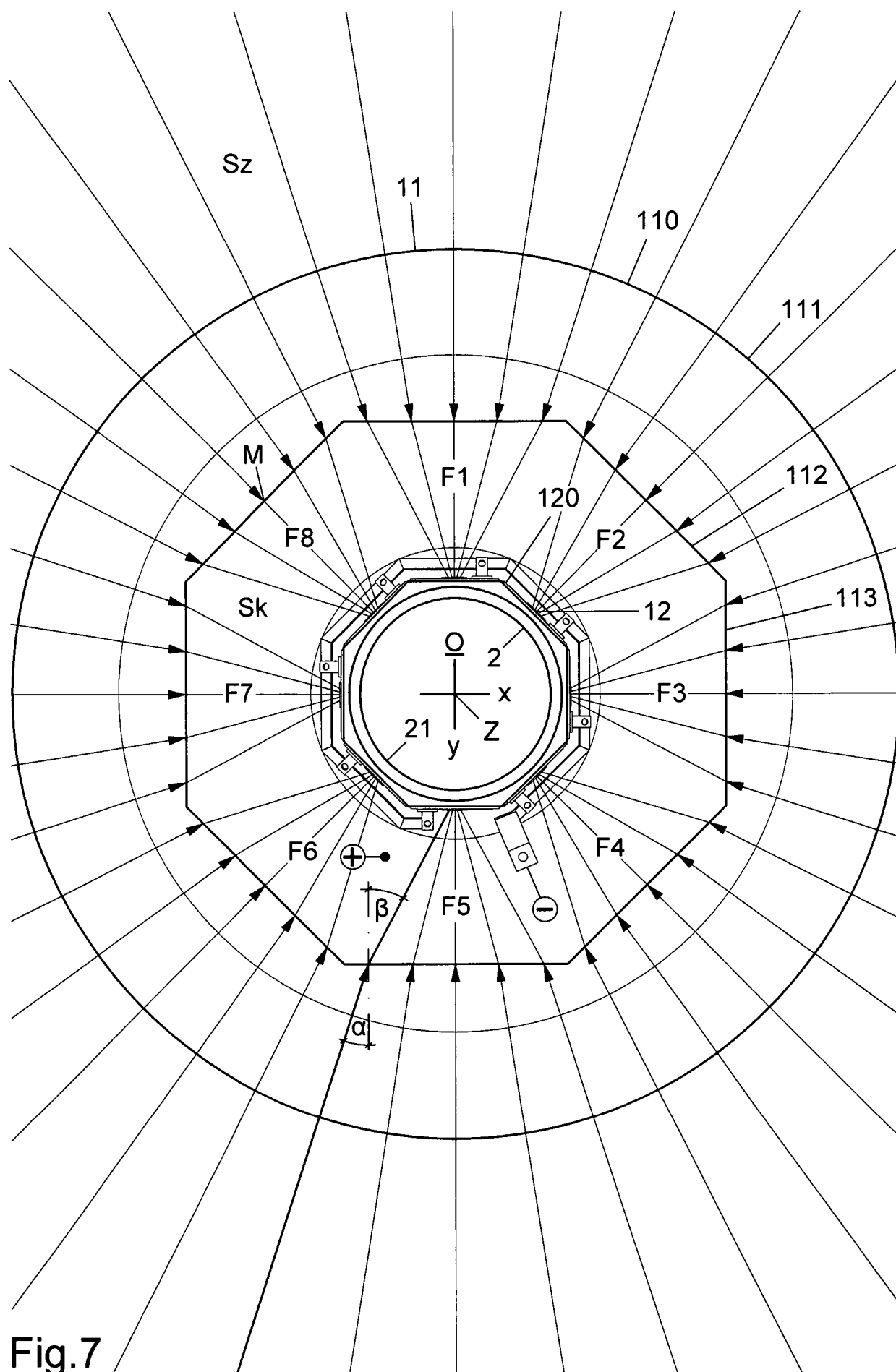


Fig.7

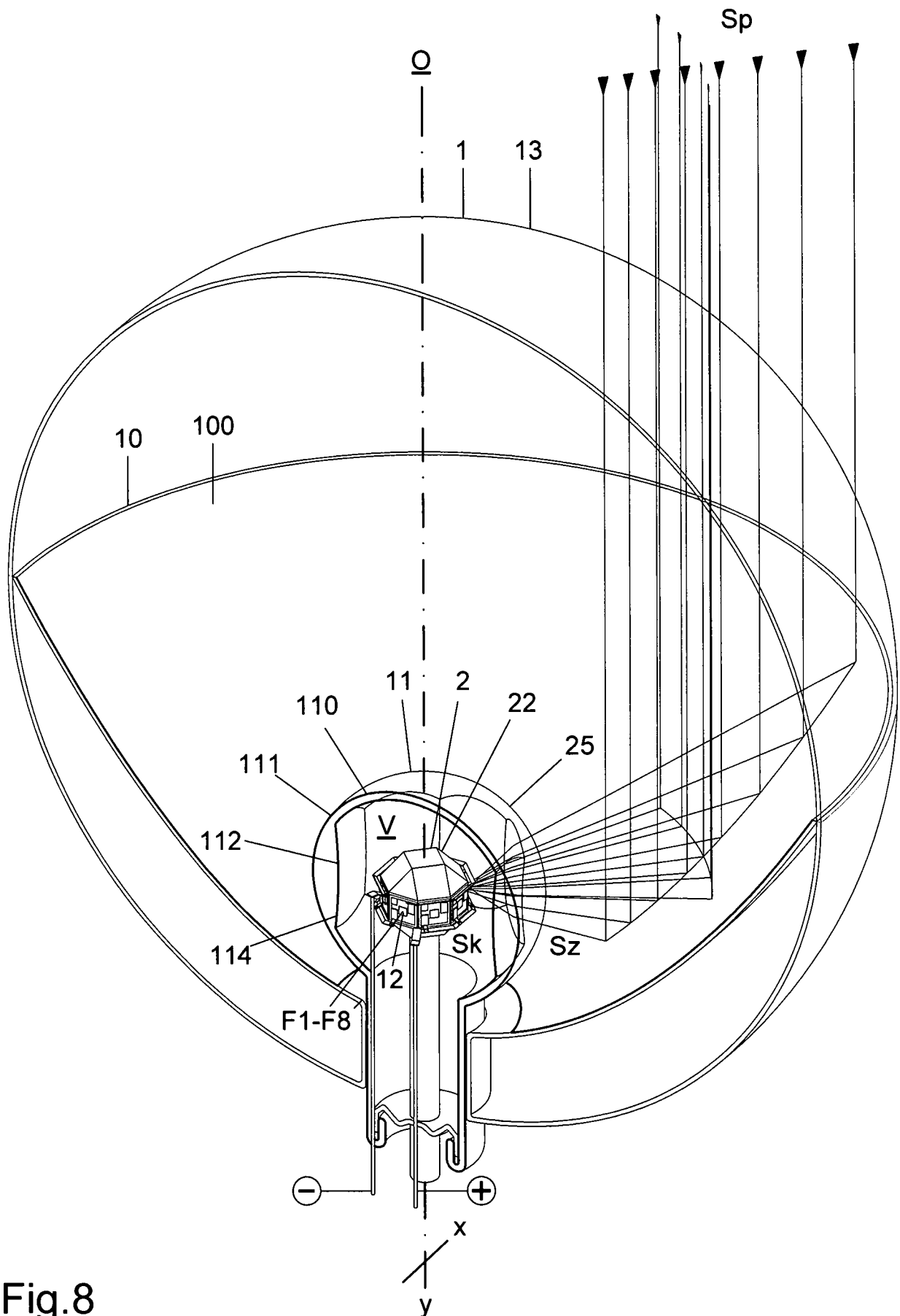


Fig.8

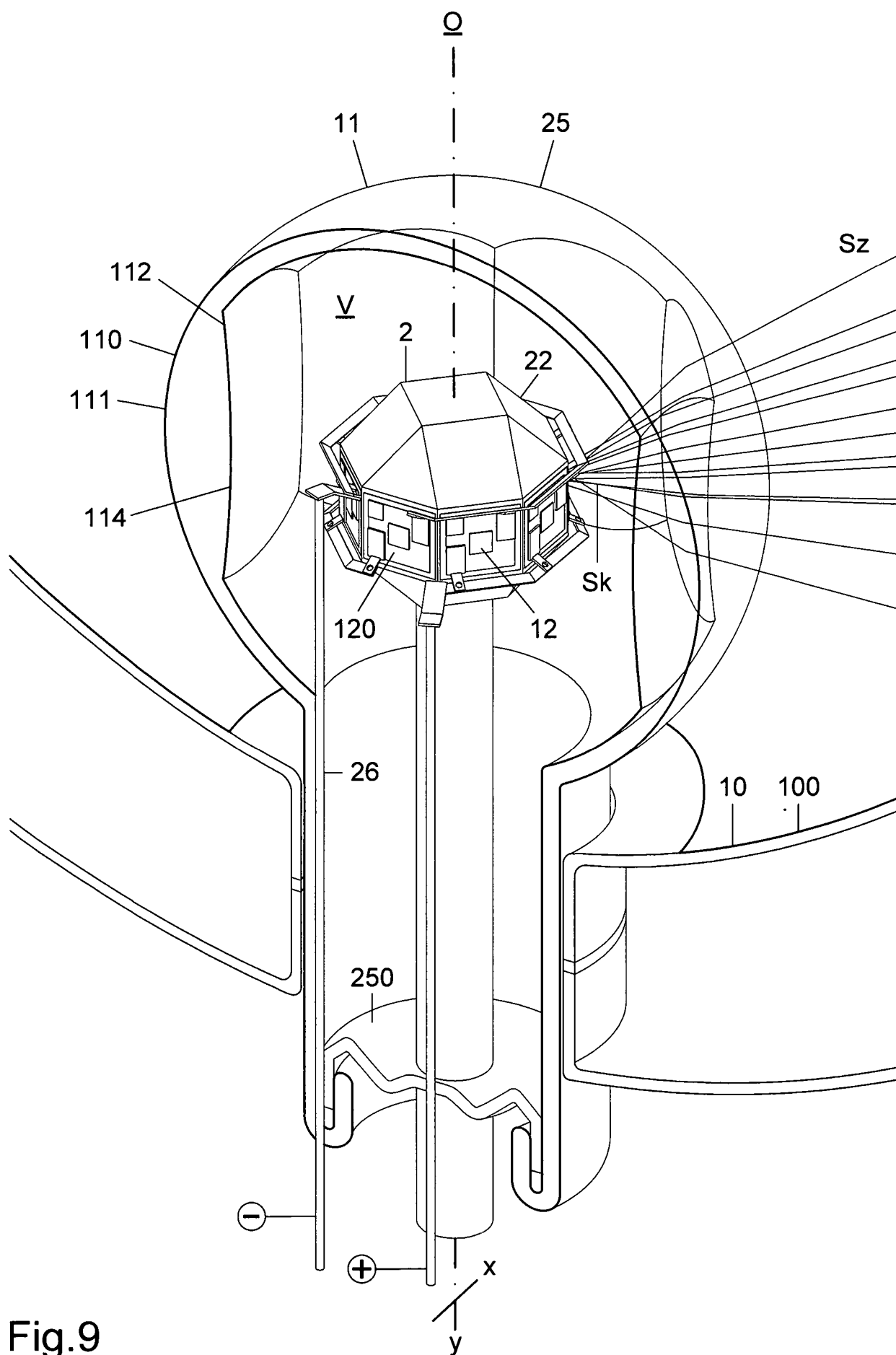


Fig.9

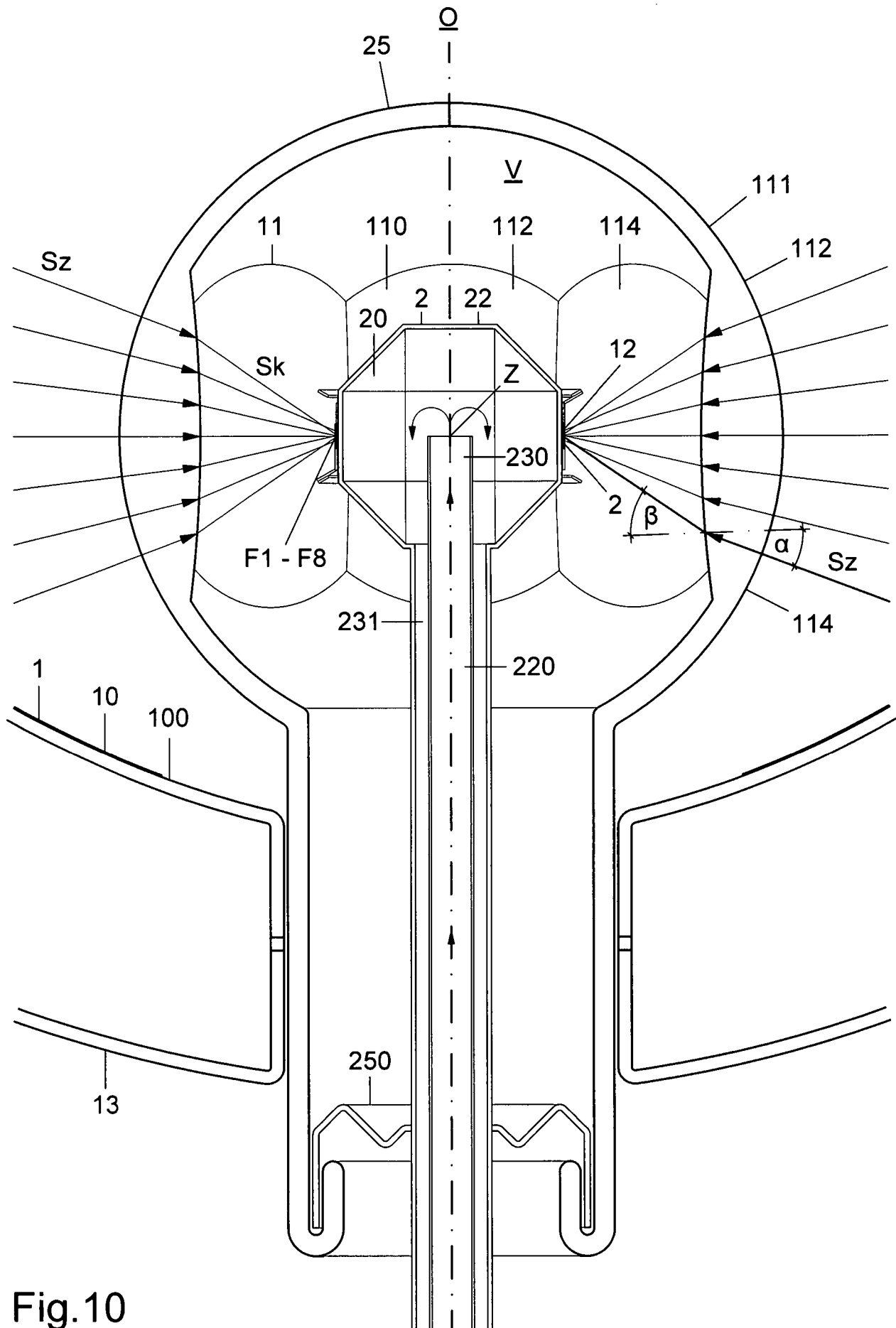
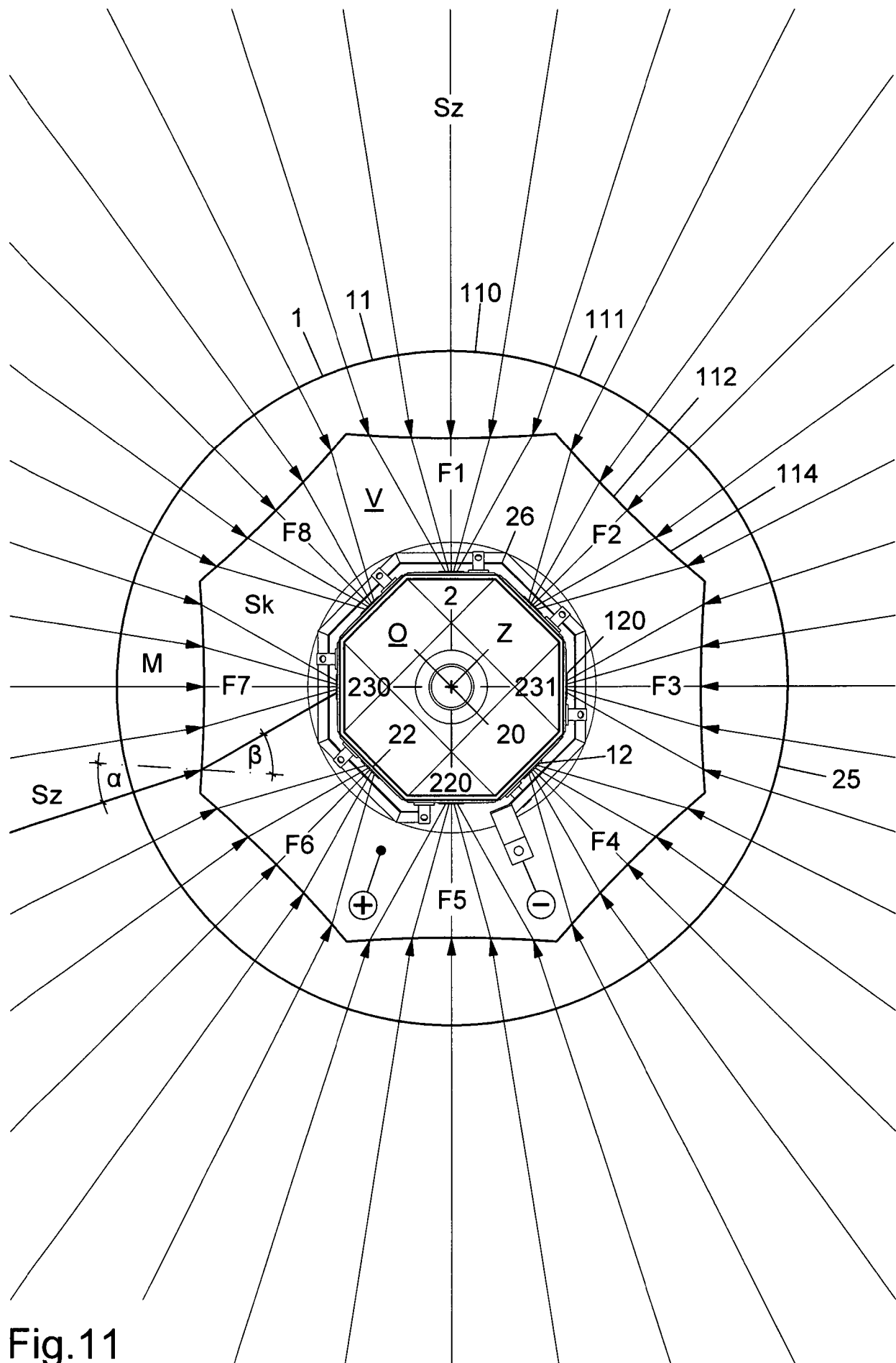


Fig.10



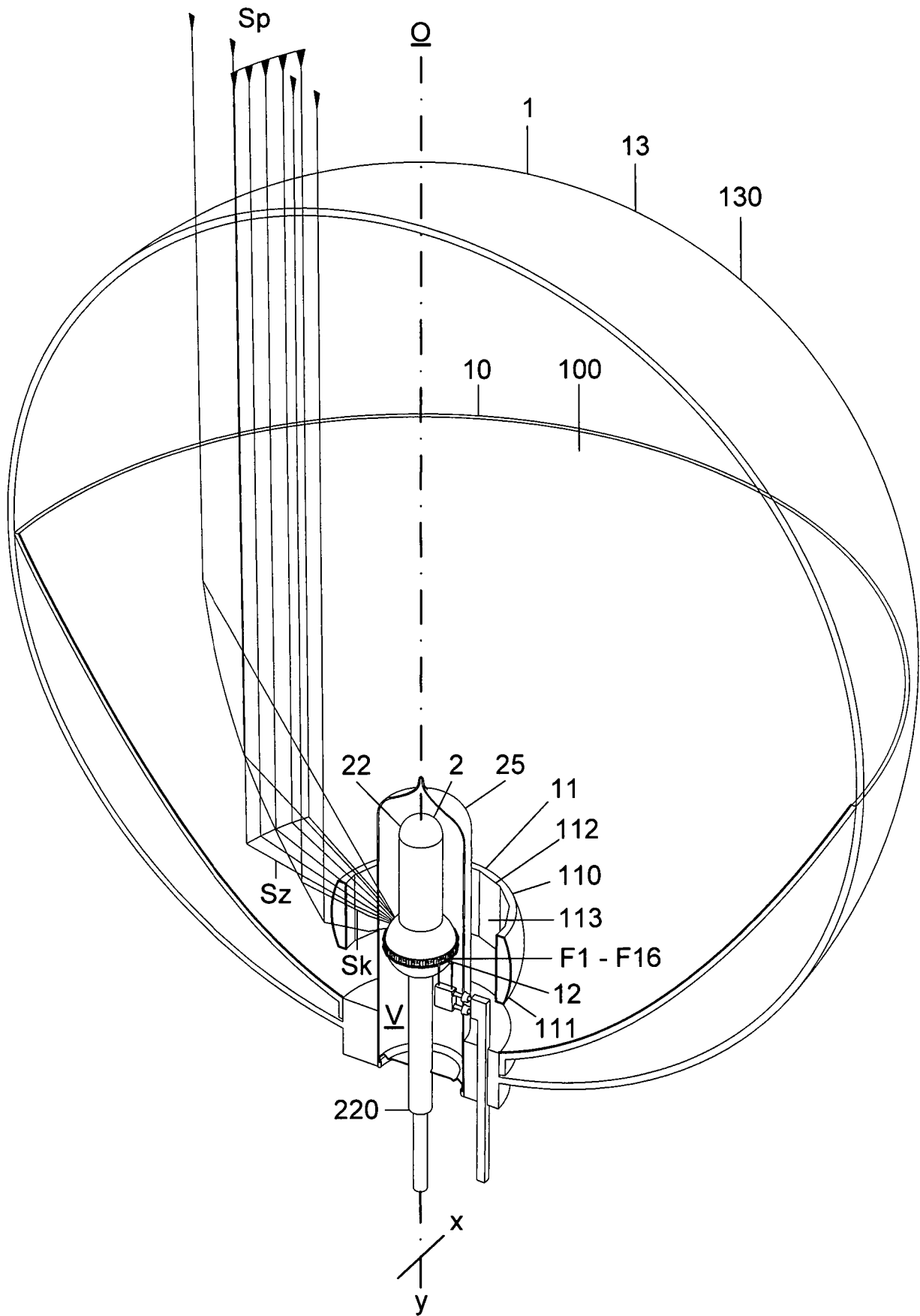


Fig.12

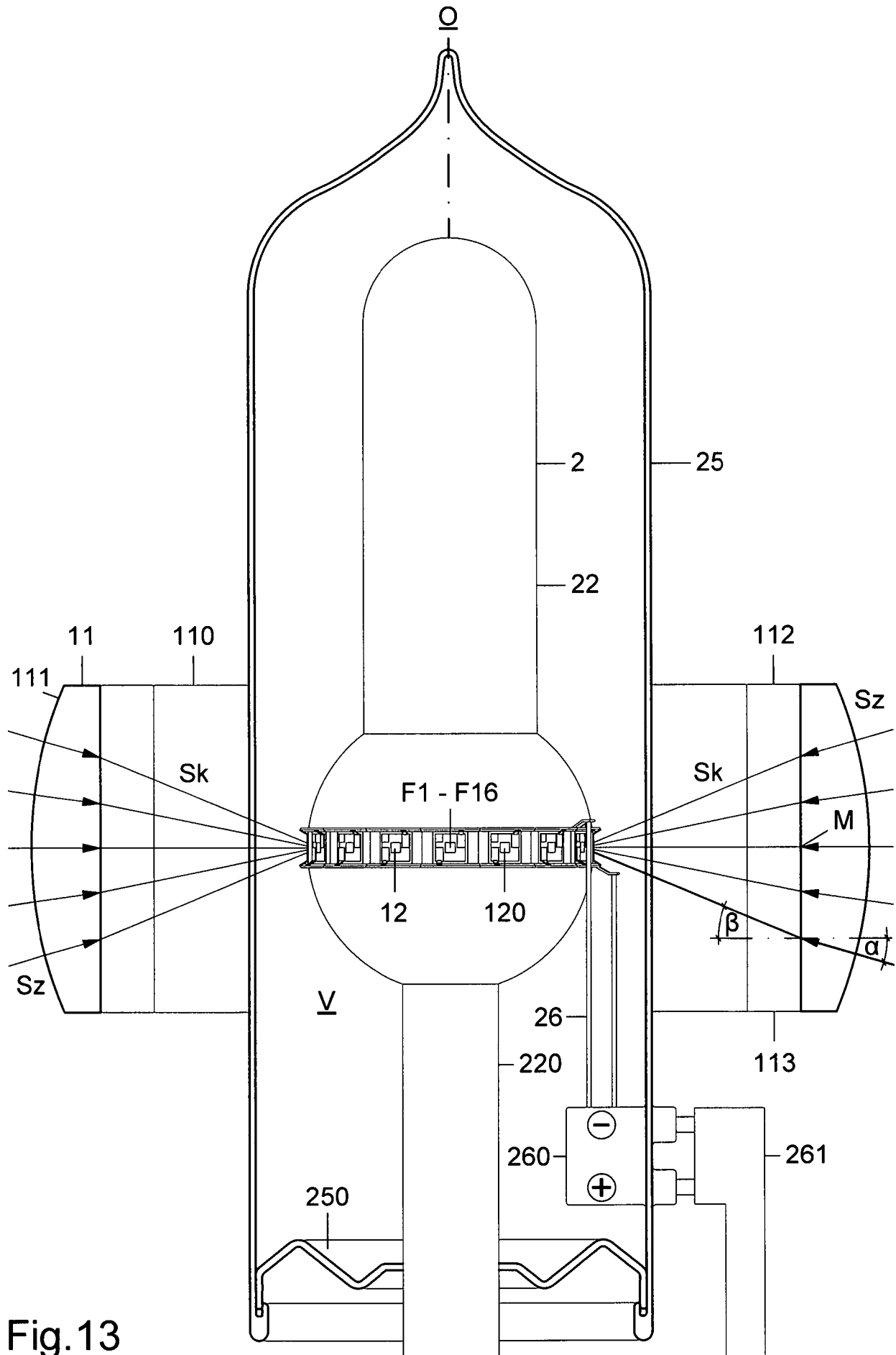


Fig.13

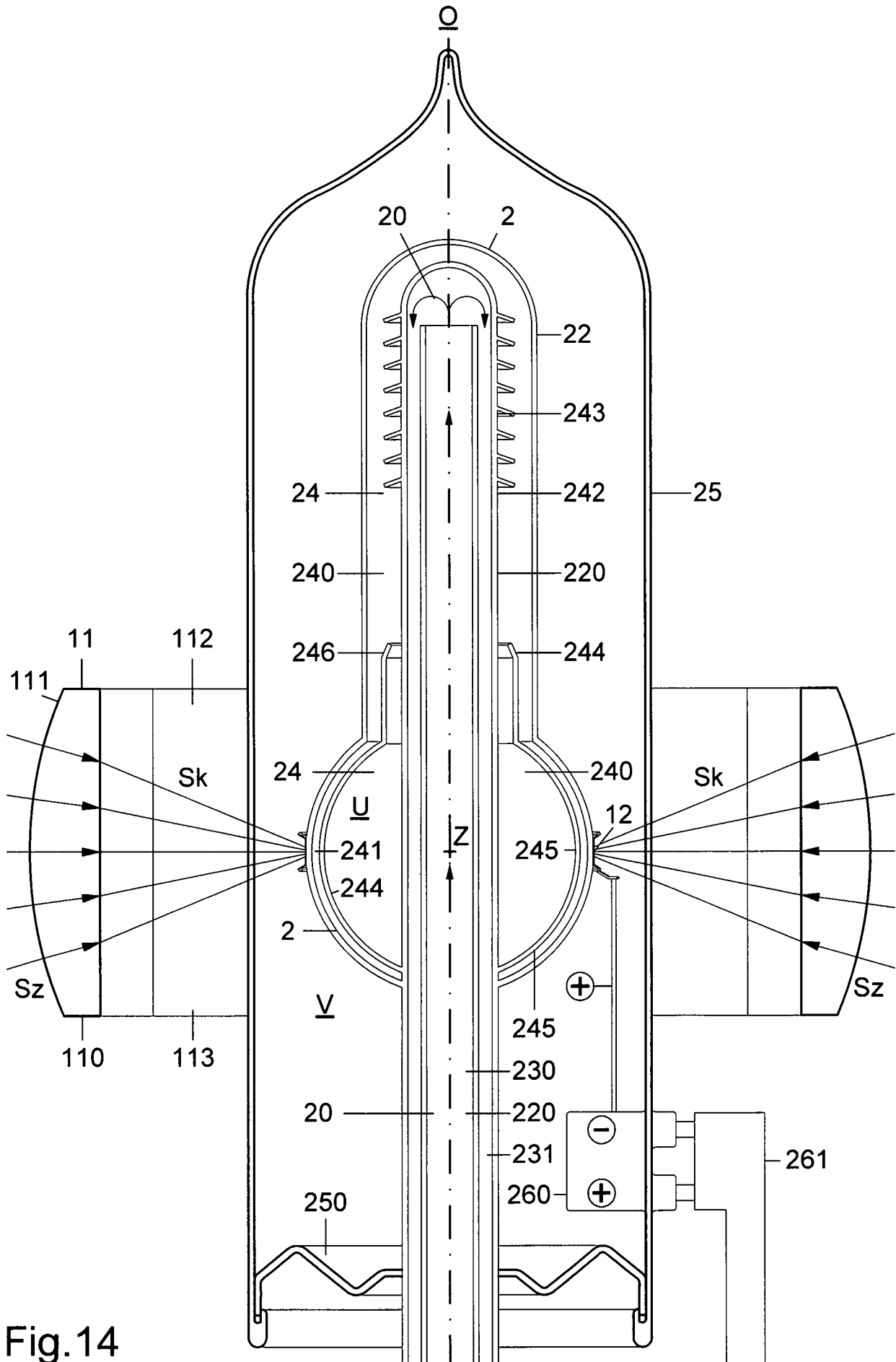


Fig.14

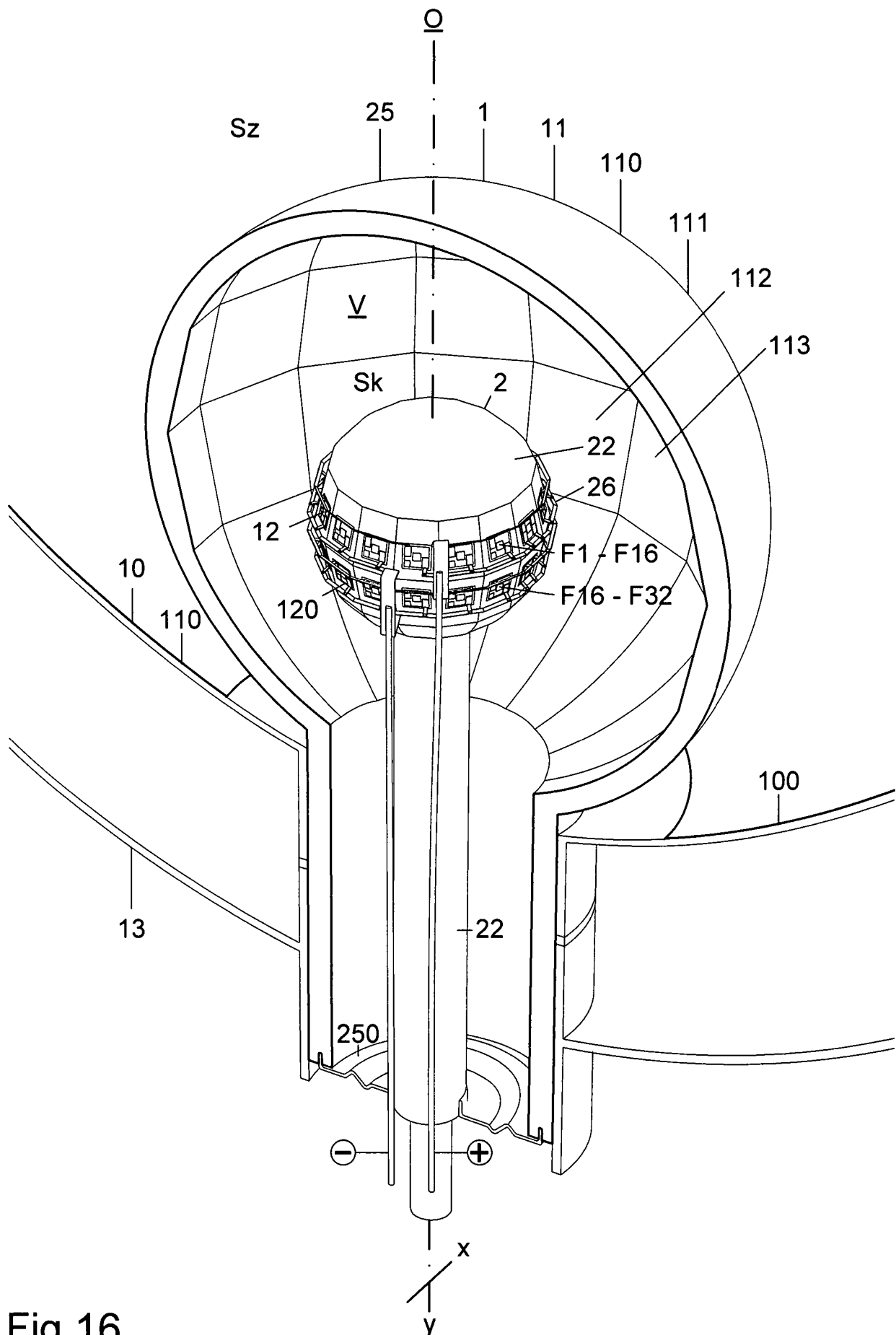


Fig.16

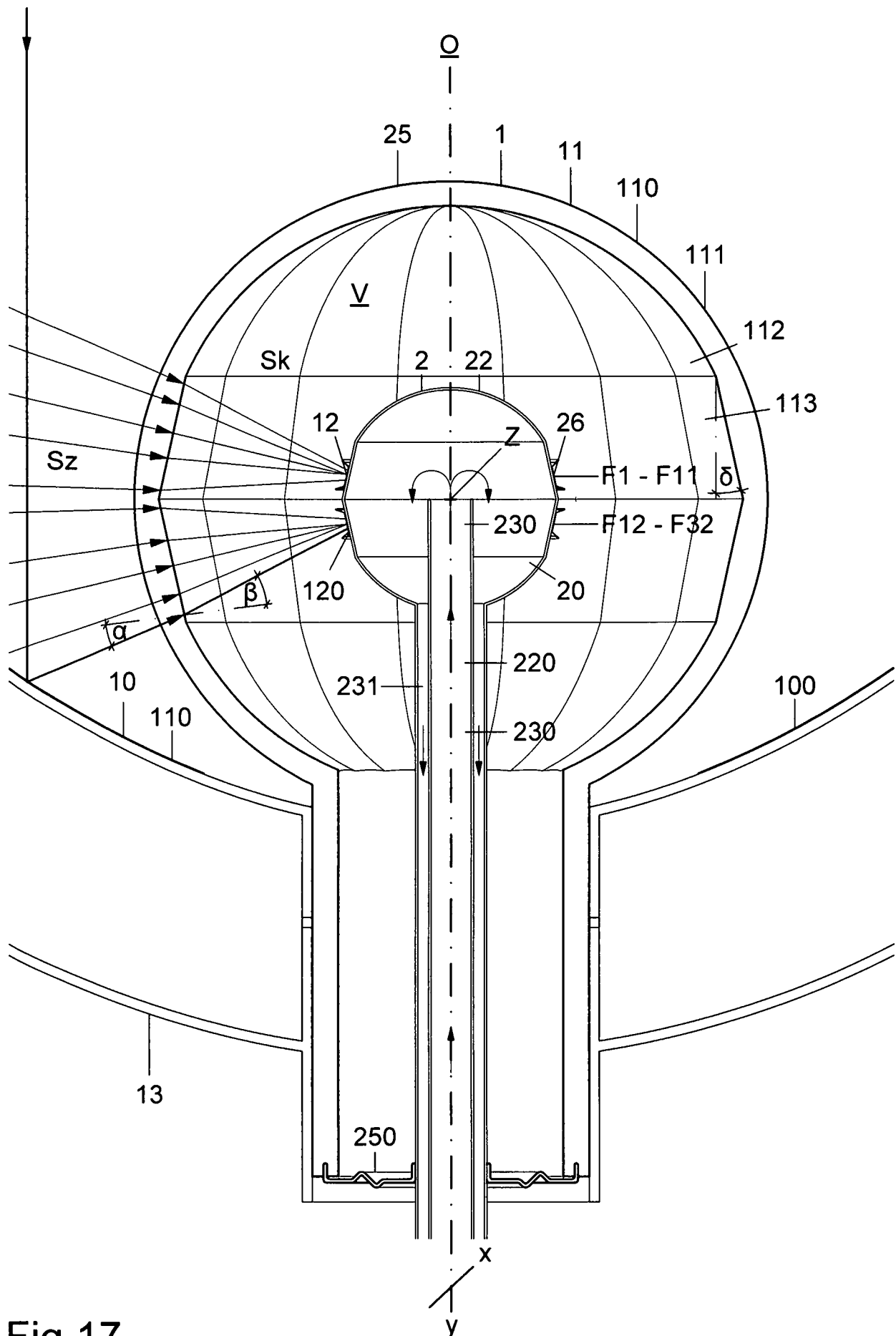


Fig.17

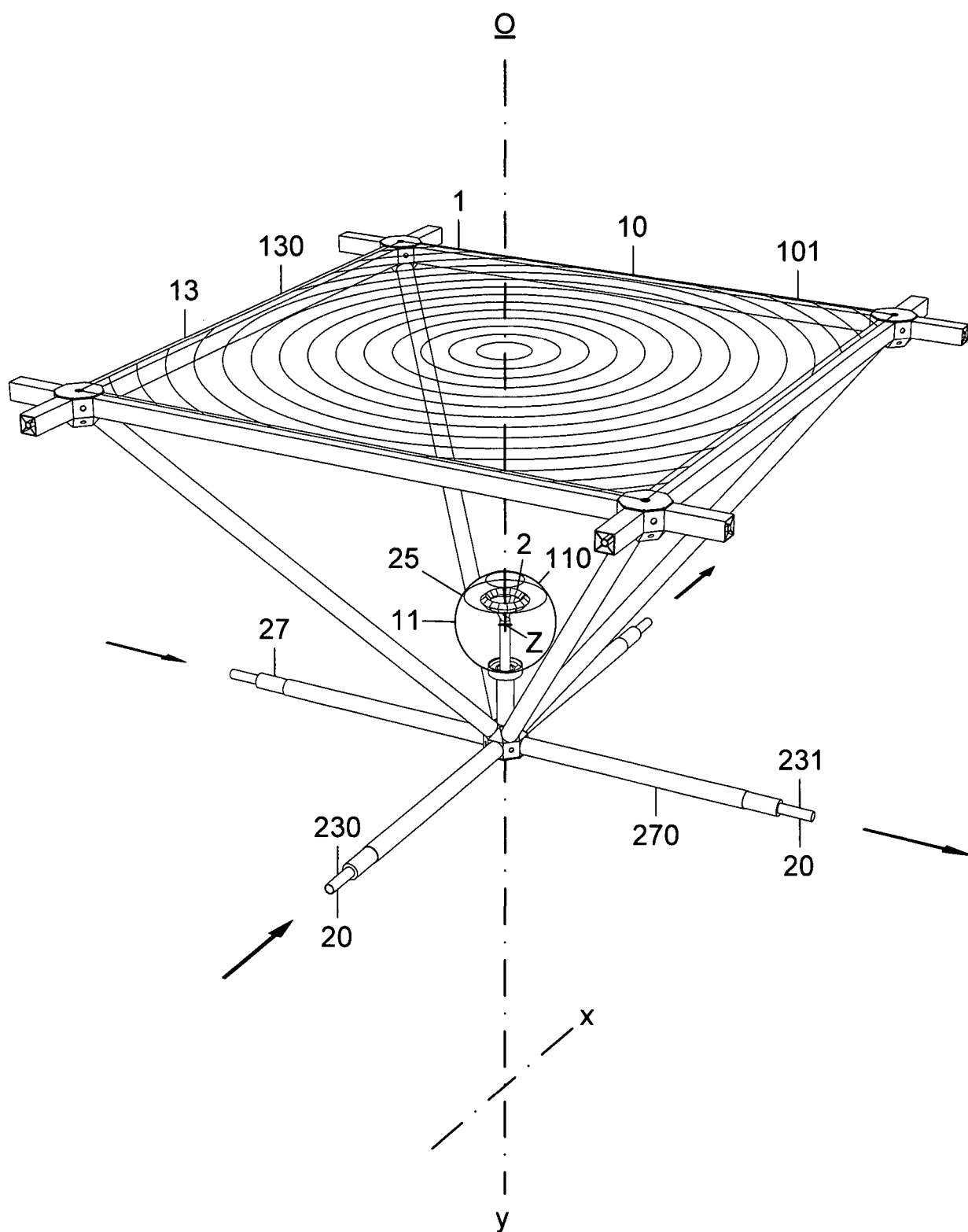


Fig.18

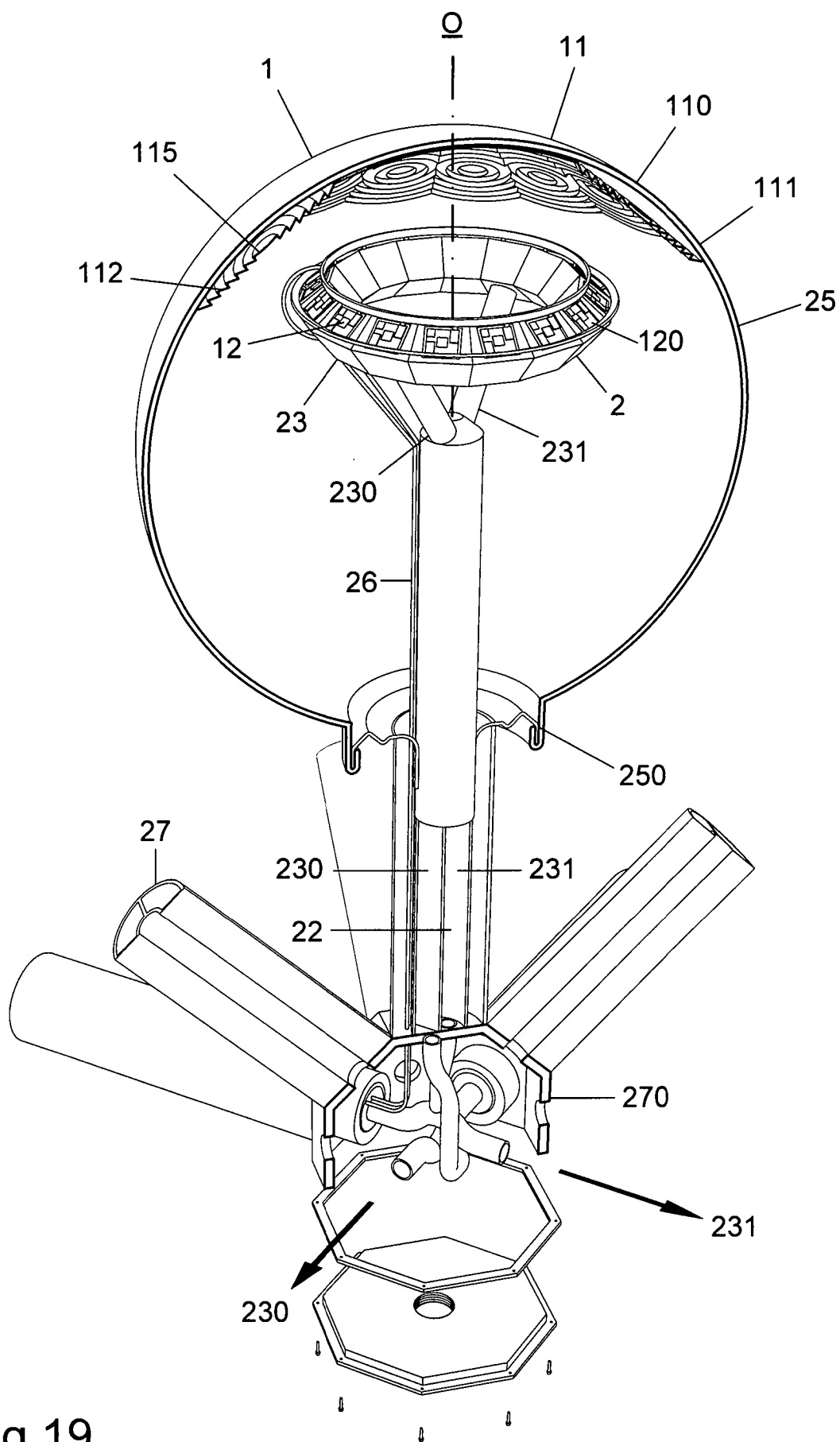


Fig.19

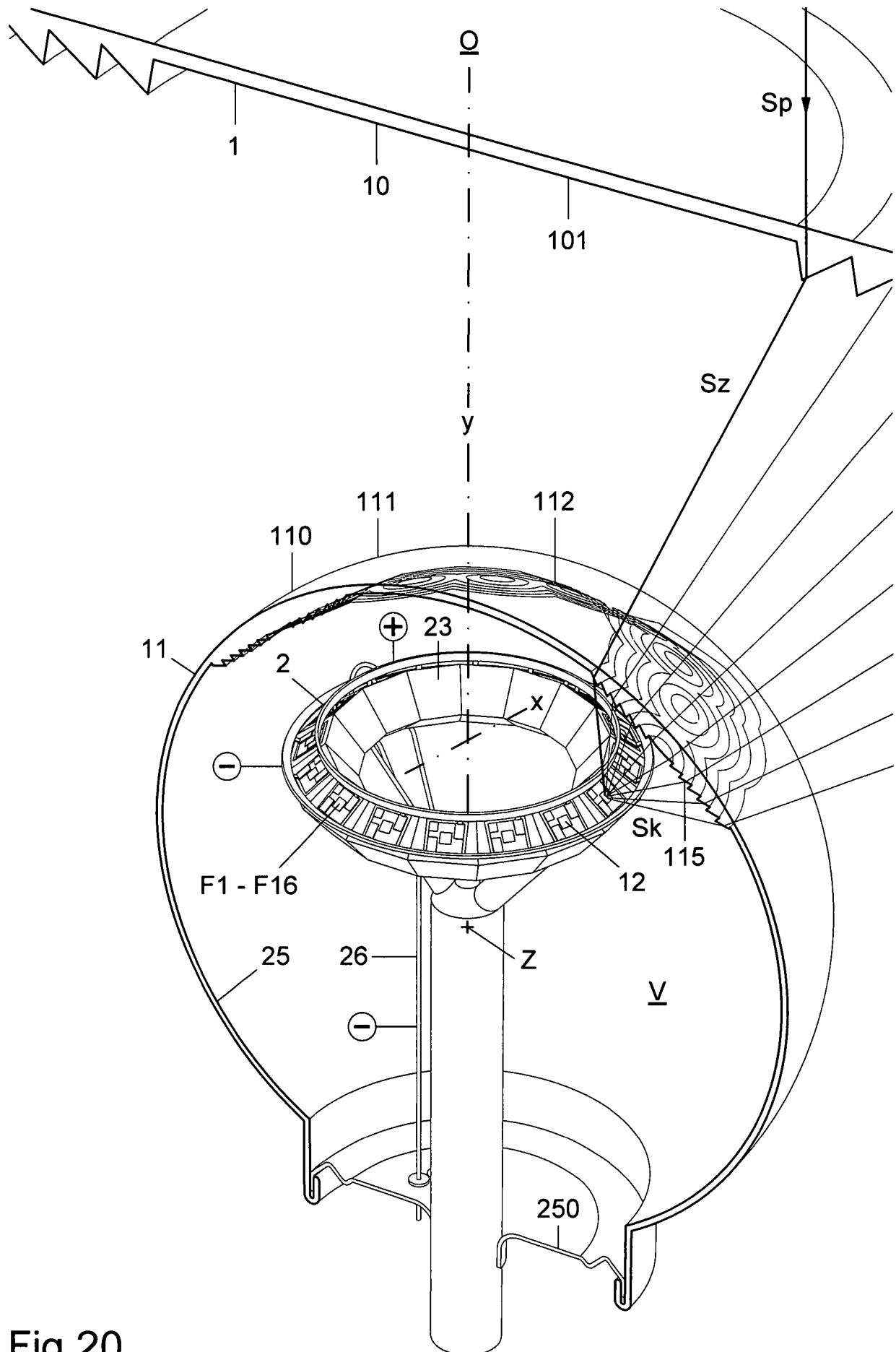


Fig.20

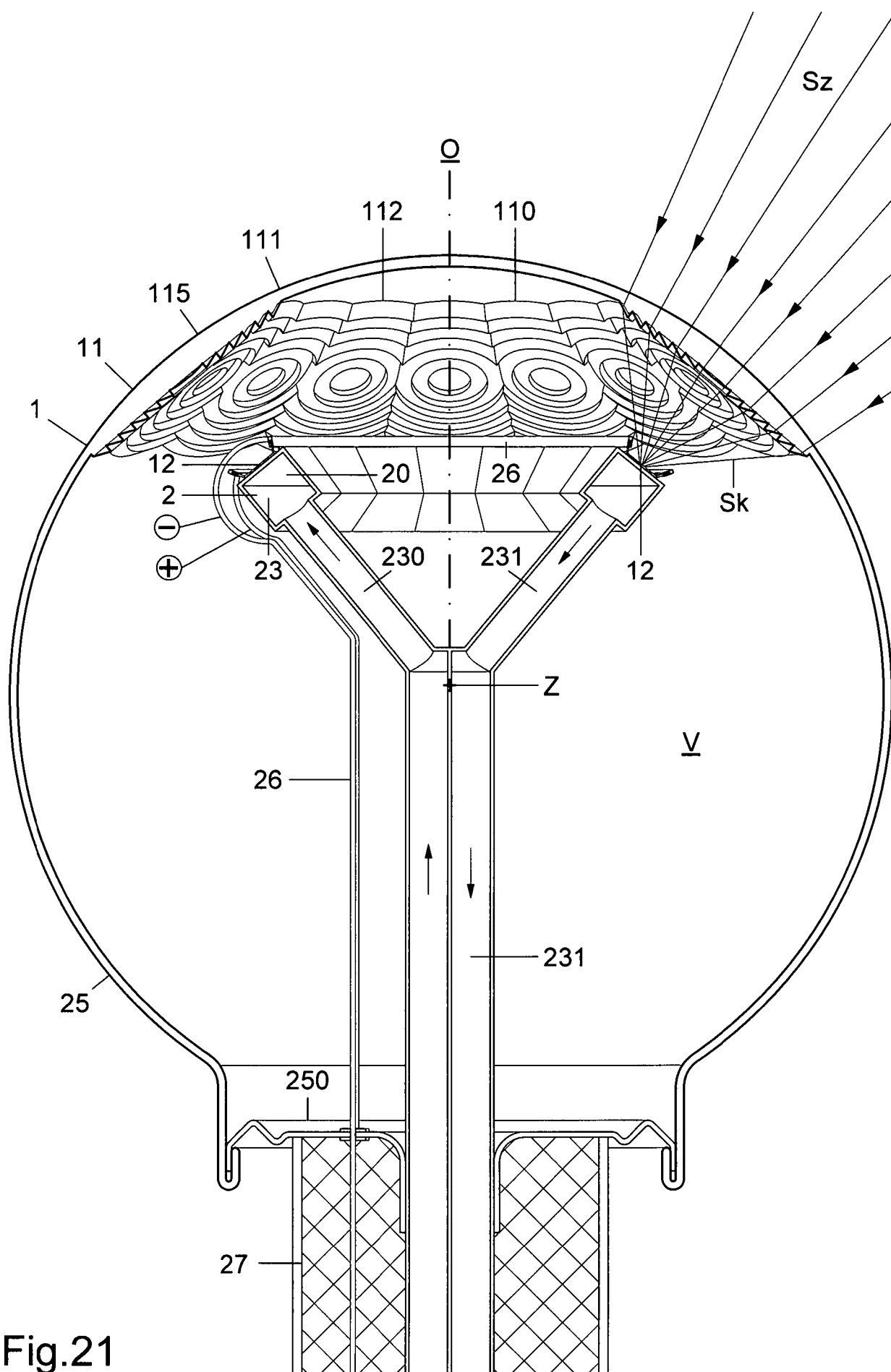


Fig. 21

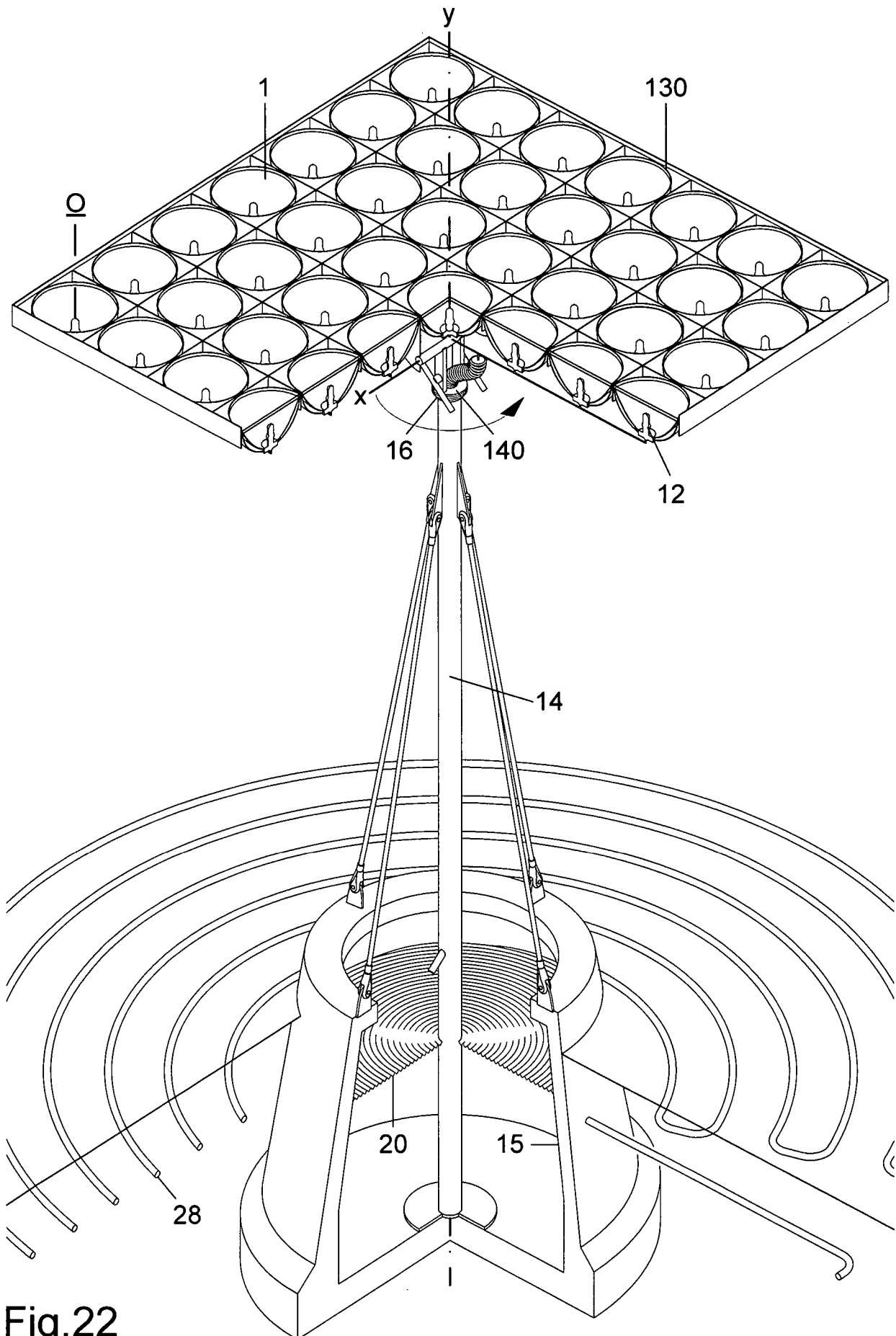


Fig.22

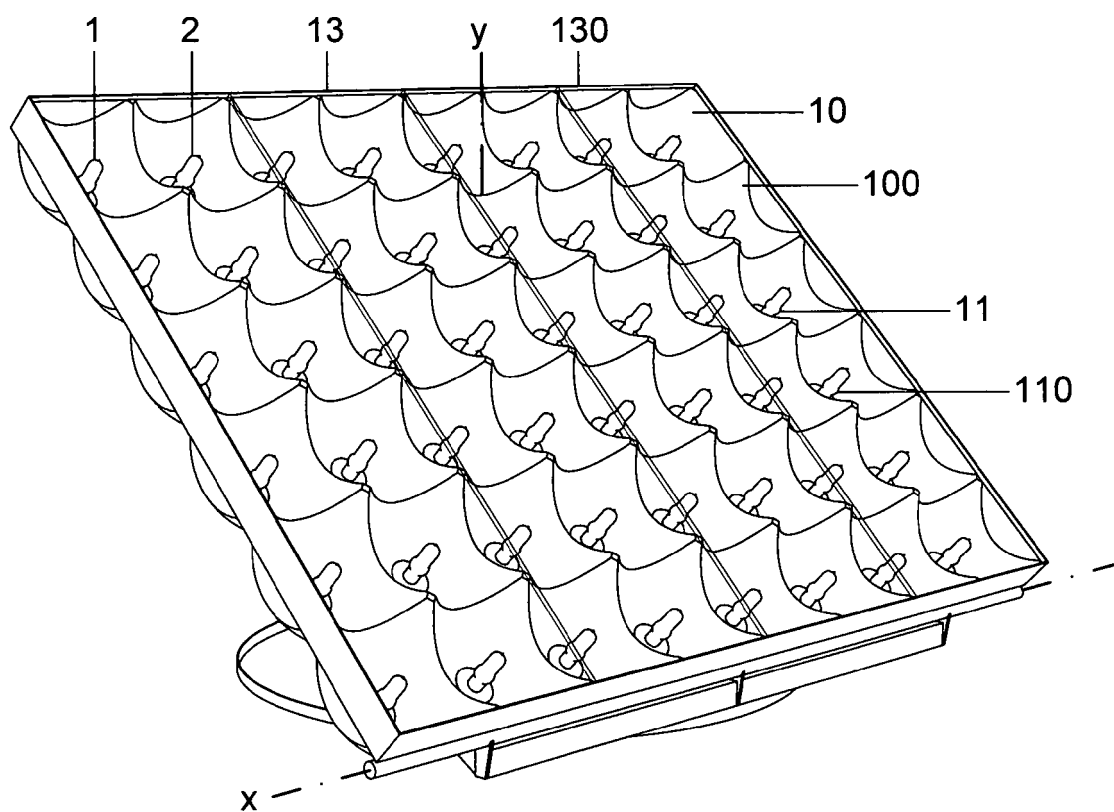


Fig. 23

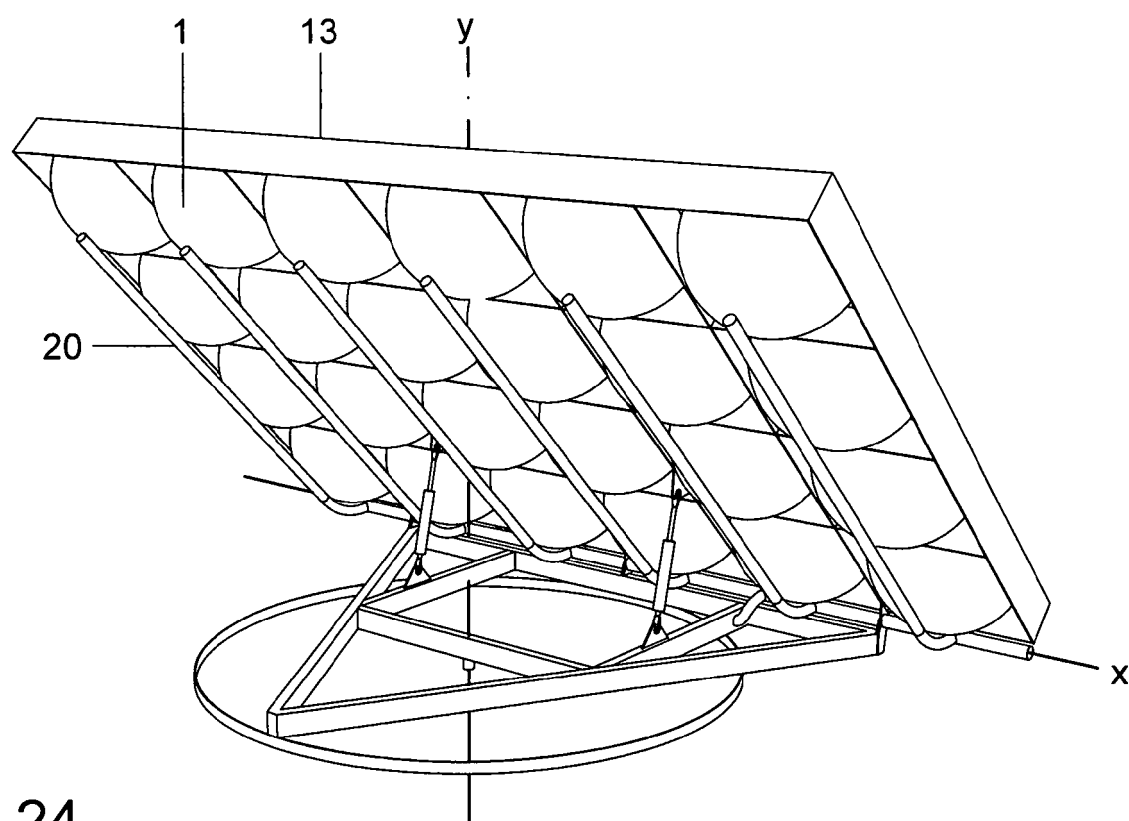


Fig. 24

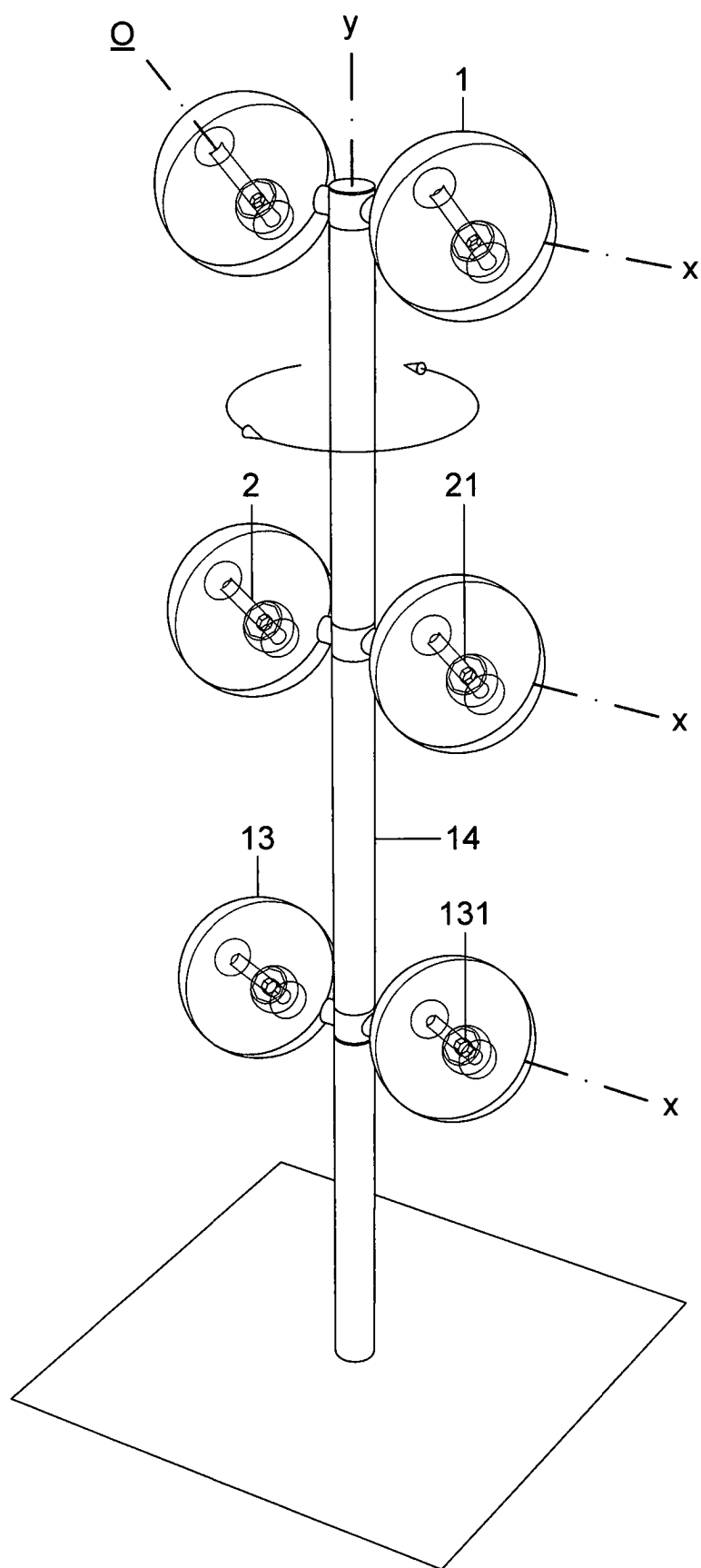


Fig.25