



(10) **DE 10 2014 008 794 B4** 2017.02.02

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 008 794.8**
(22) Anmeldetag: **11.06.2014**
(43) Offenlegungstag: **17.12.2015**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **02.02.2017**

(51) Int Cl.: **F24J 2/00 (2006.01)**
F24J 2/12 (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, Prof. Dr., 73431 Aalen, DE**

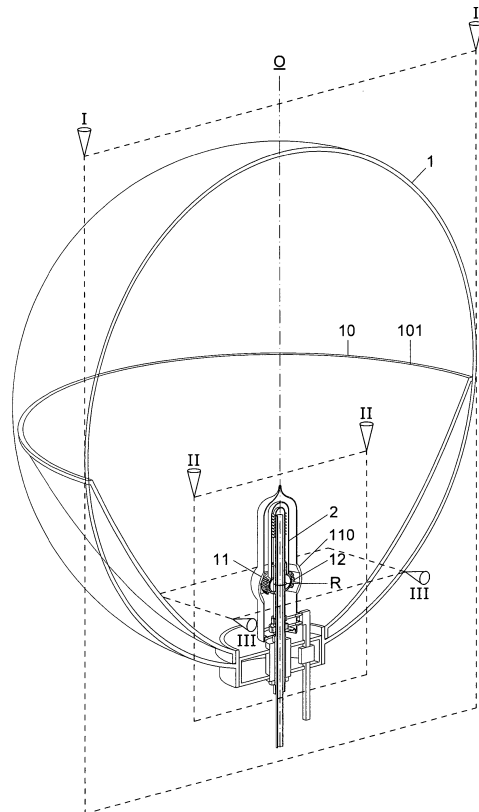
(72) Erfinder:
Grimm, Friedrich, 70376 Stuttgart, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	44 22 755	A1
DE	10 2009 038 962	A1
DE	10 2010 033 702	A1
US	2008 / 0 163 922	A1
US	5 269 851	A
US	4 893 612	A
US	4 048 983	A
US	5 882 434	A

(54) Bezeichnung: **Zweistufiges Konzentratoren-system für einen Paraboloidkollector**

(57) Hauptanspruch: Photovoltaischer und solarthermischer Sonnenkollector (1) mit einer Symmetrieachse (O), bestehend aus einer ersten Konzentratorstufe (10), die von einer auf einen Brennpunkt (F) fokussierenden Parabolschüssel (100) oder von einem auf einen Brennring (R) fokussierenden Parabolring (101) oder von einer auf einen Brennpunkt (F) oder einen Brennring (R) fokussierenden Fresnellinse (102) gebildet wird, und aus einer zweiten Konzentratorstufe (11) und aus einem Wärmeübertrager (2), der an seiner Oberfläche PV-Zellen (12) trägt, welche erste Konzentratorstufe (10) und welche zweite Konzentratorstufe (11) und welcher Wärmeübertrager (2) rotationssymmetrisch zu der Symmetrieachse (O) angeordnet sind und untereinander eine in sich unverdrehbare Einheit bilden und bei zweiachsiger Nachführung des Sonnenkollectors (1) um die Drehachsen (x, y) zum jeweiligen Stand der Sonne die tages- und jahreszeitlich in unterschiedlichen Winkeln einfallenden parallelen Strahlen (Sp) auf den Wärmeübertrager (2) bündeln, wobei die zweite Konzentratorstufe (11) einen Linsenring (110) oder einen Prismenring (111) aufweist, der die von der ersten Konzentratorstufe (10) zentrierten Strahlen (Sz) in mindestens einem konvergenten Strahlenbündel (Sk) auf mindestens einen Brennring (r1) oder in einer Vielzahl von konvergenten Strahlenbündeln (Sk) auf eine Vielzahl von Brennringen (r1-rn) an der Oberfläche des Wärmeübertragers (2) fokussiert und die Brennringe (r1-rn) mit einem radialen Abstand konzentrisch zu dem Brennpunkt (F) auf der Oberfläche eines Kugelschichtkörpers oder mit einem radialen Abstand zu dem Brennring (R) auf der Oberfläche eines Torus angeordnet sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen rotationssymmetrisch um eine Symmetrieachse aufgebauten photovoltaischen und solarthermischen Sonnenkollektor, der bei zweiachsiger Nachführung zum jeweiligen Stand der Sonne mittels einer ersten und einer zweiten Konzentradorstufe die parallel zu der Symmetrieachse des Sonnenkollektors einfallenden Sonnenstrahlen auf PV-Zellen an der Oberfläche eines Wärmeübertragers fokussiert. Die PV-Zellen sind auf einem Brennring oder auf mehreren Brennringen der zweiten Konzentradorstufe angeordnet und stehen auf ihrer strahlungsabgewandten Seite in einem wärmeleitenden Kontakt mit dem Wärmeübertrager. Die Erfindung betrifft Sonnenkollektoren, die jeweils als Einzelelemente innerhalb eines einstrahlungsseitig transparenten Kollektorgehäuses zur Sonne ausrichtbar sind oder als Module aus einer Vielzahl von Einzelkollektoren aufgebaut sind, die gemeinsam zur Sonne ausrichtbar sind. Erfindungsgemäße Sonnenkollektoren eignen sich sowohl für die Integration in den Kontext eines Gebäudes im Bereich von Dach und Wand als auch für die Energiegewinnung im kraftwerkstechnischen Maßstab an geeigneten Standorten. Bei den im Rahmen der Erfindung als PV-Zellen bezeichneten Solarzellen handelt es sich um mehrfach dotierte Solarzellen, wie sie z. B. von der Firma SOITEC hergestellt werden und bei einer 250- bis 500-fachen Konzentration des Sonnenlichts auf eine nur etwa 2×2 mm große Fläche einen Wirkungsgrad von bis zu 44,7% erreichen. Mehrfach dotierte Solarzellen der Firma Azursolar sind etwa 3×3 mm groß und erreichen bei einer 1000-fachen Konzentration des Sonnenlichts einen Wirkungsgrad von 40%. Diese Mehrfach-Solarzellen werden aus Halbleitermaterialien der Gruppen III und V des Periodensystems hergestellt, die in einem sog. Waferbond-Verfahren untereinander so verbunden werden das die Grenzflächen zwischen den einzelnen Schichten stromführend ausgebildet werden können. Die französische Firma SOITEC stellt Solaranlagen her, die den hohen Wirkungsgrad der Stapelsolarzellen im kraftwerkstechnischen Maßstab nutzen. Dabei wird eine Vielzahl von Kollektormodulen, die jeweils aus einer Fresnellinse und einer Stapelsolarzelle bestehen, auf einer Trägerfläche angeordnet, die zweiachsig zur Sonne ausrichtbar ist. Die Tatsache, dass die Mehrfach-Solarzellen im Kraftwerksbetrieb nur etwa die Hälfte der unter Laborbedingungen gemessenen Leistung erreichen, hängt mit einer Reihe von Problemen zusammen, die bisher nicht gelöst sind. Die hohen Temperaturen, denen die Stapelsolarzellen ausgesetzt sind, verringern deren Leistung dramatisch und können bis zur Zerstörung der Zelle selbst führen. Die durch die Konzentration des Sonnenlichts hervorgerufenen hohen Temperaturen bewirken auch unerwünschte Längenänderungen an der Tragkonstruktion der Kollektormodule, die sich wiederum negativ auf die optische Präzision der Konzentratortechnik auswirken. Sowohl die Solarzellen als auch die Fresnellinsen sind den atmosphärischen Bedingungen ausgesetzt, sodass die hochempfindlichen Oberflächen durch die sich einstellende Verschmutzung negativ beeinträchtigt werden. Bekannte solarthermische Kraftwerke nutzen Parabolrinnenkollektoren oder sog. Parabolschüsseln zur Konzentration des Sonnenlichts auf ein Absorberrohr. Bei einem Parabolrinnenkollektor z. B. beträgt die Aperturweite des Parabolspiegels bis zu 8 m, wobei der Durchmesser des Absorberrohrs nur etwa 95 mm beträgt, sodass eine circa 80-fache Konzentration des Sonnenlichts ermöglicht wird. Dabei sind der Parabolspiegel und das Absorberrohr durch eine Tragkonstruktion aus Stahl so präzise zueinander ausgerichtet, dass ein Intercept-Faktor von etwa 98% erreicht wird. Die Winkelabweichungen des Spiegelnormalenvektors von seiner idealen Richtung dürfen auch unter den Betriebslasten aus Windbeanspruchung und Eigengewicht nur wenige Millirad betragen. Strukturverformungen des Parabolrinnenkollektors können deshalb in sehr engen Grenzen gehalten werden. Dies gilt insbesondere auch für rotationssymmetrisch aufgebaute Parabolspiegel, die aufgrund ihrer zweiachsigen Krümmung eine höhere Strukturstabilität haben als einfachgekrümmte Parabolrinnen und theoretisch eine mehrere tausendfache Konzentration des Sonnenlichts ermöglichen. Bei einer auf einen Brennpunkt fokussierenden Parabolschüssel ist es praktisch unmöglich, ein allseitig belichtetes photovoltaisches Element im Brennpunkt selbst anzuordnen und den gewonnenen Strom abzuleiten. Eine Möglichkeit zur Erweiterung des Fokalbereichs stellt ein auf einen Brennring fokussierender Parabolringsspiegel dar. Bei solarthermischen Kollektoren wandelt eine absorbierende Beschichtung auf der Oberfläche des Absorberrohrs die eingestrahlte elektromagnetische Energie der Sonne in Wärme um, die unter Vermeidung von Wärmeverlusten seitens eines konzentrisch um das Absorberrohr angeordneten transparenten Hüllrohrs mit einem Vakuum zwischen dem Absorberrohr und dem transparenten Hüllrohr auf ein in dem Absorberrohr geführtes Wärmeträgerfluid übertragen wird. Bei Parabolrinnenkraftwerken besteht das Wärmeträgerfluid aus einem Silikonöl, das auf bis zu 400°C erhitzt wird um Wasserdampf für Turbinen zur Stromerzeugung bereitzustellen. Der Gesamtwirkungsgrad derartiger Parabolrinnenkraftwerke beträgt ca. 16%. Bei bekannten solarthermischen Kollektoren mit Konzentratorelementen erfolgt die Wärmeübertragung auf ein Wärmeträgerfluid durch Wärmeleitung. Um eine möglichst gleichmäßige Wärmeübertragung sicherzustellen, sollte der Wärmeeintrag auf das Absorberrohr möglichst allseitig erfolgen, was bei herkömmlichen Kollektoren nicht der Fall ist, da der Wärmeeintrag vornehmlich von der einstrahlungsabgewandten Seite her erfolgt. Ein Wärmerohr nutzt die Verdampfungsenthalpie einer Flüssigkeit beim Phasenwechsel von flüssig zu gasförmig und umgekehrt. Das Wärmerohr selbst wird als ein mit einem Unterdruck beaufschlagter, gegenüber der Atmosphäre hermetisch abgeschlossener und mit einem Arbeitsmedium befüllter Druckbehälter hergestellt, um die Verdampfungstemperatur des Ar-

beitsmediums herabzusetzen. Eine besonders vorteilhafte Bauart des Wärmerohrs ist ein sogenannter Zweiphasen-Thermosyphon mit einer Wärmequelle am unteren Ende des Druckbehälters und einer Wärmesenke am seinem oberen Ende. Bei Wärmeeintrag verdampft das Arbeitsmedium, kondensiert an der Wärmesenke und fließt unter dem Einfluss der Schwerkraft wieder zurück an das untere Ende des Druckbehälters. Für die Übertragung der Wärme von einer Wärmequelle auf ein Wärmeträgerfluid, das z. B. in einem berippten Wärmeträgerrohr am oberen Ende des Druckbehälters angeordnet ist, wird die Verdampfungsenthalpie des phasenwechselnden Arbeitsmediums genutzt.

[0002] Die DE 44 22 755 A1 zeigt einen Röhrenkollektor mit einer äußeren Prismenanordnung, die dazu ausgebildet ist, die parallel einfallenden Strahlenbündel der Sonne auf ein konzentrisch und coaxial zur Längsmittelachse des Röhrenkollektors angeordnetes Absorberrohr zu fokussieren. Eine zweite Konzentradorstufe ist bei diesem Röhrenkollektor nicht vorgesehen. Ein Spiegel auf der strahlungsabgewandten Seite des Absorberrohrs soll von den Prismen nicht erfasste Strahlen auf das Absorberrohr lenken. Aufgrund der tages- und jahreszeitlich in unterschiedlichen Winkeln einfallenden, parallelen Strahlen der Sonne ist mit dieser Prismenanordnung an dem äußeren Glasrohr nur eine grobe Ablenkung der Strahlen auf das Absorberrohr möglich. Eine exakte Fokussierung auf eine Brennnlinie ist mit dieser Anordnung nicht möglich. Die DE 10 2010 033 702 A1 zeigt ein weitgespanntes Kollektorfeld mit zweiachsig nachführbaren PV-Paneelen. Eine Konzentration der Sonnenstrahlen auf die PV-Zellen geht aus dieser Druckschrift nicht hervor. Die US 2008/0 163 922 A1 zeigt einen Sonnenkollektor, bei dem die erste und die zweite Konzentradorstufe jeweils von Spiegelflächen gebildet werden und die dritte Konzentradorstufe einen von totalreflektierenden Prismen/Linsen gebildeten Ring aufweist. Nachteilig dabei ist der Energieverlust durch Reflexion an den Spiegeln der ersten und der zweiten Konzentradorstufe sowie die Notwendigkeit eines dritten Konzentradorelements. Bei jeder Reflexion an einem Spiegel werden ca. 2–3% der Strahlungsenergie absorbiert. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass bei der angegebenen Strahlführung über einen zweiten Spiegel die PV-Zellen senkrecht zu der optischen Achse angeordnet werden müssen, wobei eine lückenlose Belegung des Brennrings mit PV-Zellen nicht möglich ist und deshalb geometrisch bedingte Verluste in Kauf genommen werden müssen. Die US 5 882 434 A zeigt einen starr zur Sonne ausgerichteten rotationssymmetrisch aufgebauten konzentrierenden Sonnenkollektor, der ein primäres Konzentradorelement aus einem Parabolringsspiegel mit einem Brennringsring offenbart. Ein sekundäres Konzentradorelement, das aus einer Vielzahl kegelförmiger Röhren aus Glas besteht und auf der Oberfläche eines kegelförmigen Absorberelements angeordnet ist, konzentriert die von dem Parabolringsspiegel reflektierten Sonnenstrahlen auf streifenförmig an dem Kegelförmigen 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 ringförmige Brennringslinien ist mit den in dieser Druckschrift beschriebenen Maßnahmen nicht möglich. 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. 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 Empfängerelement zu konzentrieren, das von einem Wärmeträgerfluid durchströmt und von einem transparenten Hüllrohr umgeben wird. Die US 5 269 851 A zeigt einen rotationssymmetrisch aufgebauten Sonnenkollektor, der starr zur Sonne ausgerichtet ist mit einem Konzentradorelement, das von einem Parabolspiegel gebildet wird. Eine Vielzahl von Photovoltaikzellen ist in einer Ebene senkrecht zur Symmetrieachse 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.

[0003] Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, das Strahlungsangebot der Sonne mit einem photovoltaischen und solarthermischen, zweiachsig nachgeführten Sonnenkollektor möglichst vollständig zu nutzen und den hohen Wirkungsgrad mehrfach dotierter 2 V-Zellen im Dauerbetrieb durch eine permanente Kühlung der PV-Zellen sicherzustellen. Es ist insbesondere die Aufgabe der Erfindung, für einen rotationssymmetrisch aufgebauten, zweiachsig nachgeführten Sonnenkollektor mit einer ersten Konzentradorstufe eine zweite Konzentradorstufe anzugeben, die das Sonnenlicht mit einer 300- bis 500-fachen Konzentration auf mindestens einen Brennringsring an der Oberfläche eines Wärmeübertragers fokussiert, wobei eine Vielzahl von nur wenige Millimeter großen PV-Zellen auf einem Brennringsring angeordnet sind, um Strom zu erzeugen und um die an den PV-Zellen absorbierte Wärme auf ein Wärmeträgerfluid

zu übertragen. Geht man von einem Wirkungsgrad von 44,7% bei der Umwandlung der elektromagnetischen Energie der Sonne in elektrische Energie aus, kann etwa die Hälfte der Energie als Wärme gewonnen, abgeführt und genutzt werden. Optisch besteht die Aufgabe der Erfindung darin, für eine erste, auf einen Brennpunkt oder einen Brennring fokussierende Konzentradorstufe eine zweite Konzentradorstufe zu finden, die die zentrierten Strahlen der ersten Konzentradorstufe in mindestens einem konvergenten Strahlenbündel auf mindestens einen konzentrisch und mit einem radialen Abstand zu dem Brennpunkt oder zu dem Brennring der ersten Konzentradorstufe angeordneten Brennring fokussiert. Diese Aufgaben werden mit den in Anspruch 1 genannten Merkmalen der Erfindung gelöst. Aus den Unteransprüchen gehen weitere vorteilhafte Merkmale und Ausgestaltungsmöglichkeiten der Erfindung hervor, die eine elektrische Schaltanordnung, ein Kühlsystem und eine Schutzhülle für hocheffiziente, mehrfach dotierte PV-Zellen innerhalb eines photovoltaischen und solarthermischen Sonnenkollektors betreffen. Im Rahmen der Erfindung besteht die erste Konzentradorstufe entweder aus einer Parabolsschüssel mit einem Brennpunkt oder aus einem Parabolring mit einem Brennring oder aus einer Fresnellinse, die auf einen Brennpunkt oder einen Brennring fokussiert. Im Falle einer Parabolsschüssel mit einem Brennpunkt weisen die zweite Konzentradorstufe und der Absorberkolben jeweils einen Kugelschichtkörper auf. Im Falle eines auf einen Brennring fokussierenden Parabolring spiegels weisen die zweite Konzentradorstufe und der Absorberkolben jeweils einen Torus auf, der als Spindel-, Horn- oder Ringtorus ausgebildet sein kann. Ein Linsenring oder ein Prismenring konzentrieren als zweite Konzentradorstufe die von der ersten Konzentradorstufe auf einen Brennpunkt oder einen Brennring zentrierten Strahlen auf jeweils mindestens einen Brennring oder auf mehrere Brennringe, die mit einem konstanten radialen Abstand konzentrisch zu einem Brennpunkt oder zu einem Brennring angeordnet sind. Die Brennringe selbst liegen auf radial angeordneten Rippen an der Oberfläche einer kugel- oder torusförmigen Erweiterung eines Absorberkolbens oder einer torusförmigen Absorberringleitung. Mit ihrer strahlungsabgewandten Seite stehen die PV-Zellen in einem wärmeleitenden Kontakt mit diesen Rippen, gegenüber denen sie jedoch elektrisch isoliert sind. Im Falle eines direkt durchströmten Absorberrohrs übertragen die Rippen die Wärme unmittelbar auf ein Wärmeträgerfluid. Ein Absorberkolben ist konzentrisch und koaxial zur Symmetrieachse des Sonnenkollektors angeordnet und besteht von innen nach außen aus einem Vorlaufrohr für die Zufuhr des Wärmeträgerfluids, einem koaxial zum Vorlaufrohr angeordneten Rücklaufrohr mit einer kugel- oder torusförmigen Erweiterung für die Wärmeübertragung von den PV-Zellen auf das Wärmeträgerfluid und einer ebenfalls koaxial angeordneten transparenten Hülle mit einem Vakuum zwischen der transparenten Hülle und dem Rücklaufrohr zur Vermeidung von Wärmeverlusten bei der Wärmeübertragung auf das Wärmeträgerfluid. In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung ist ein Linsenring mittels einer Glas-Glas-Verbindung in die transparente Hülle eines Absorberkolbens integriert, wobei z. B. ein oder mehrere Linsen ein zentriertes Strahlenbündel exakt auf einen oder mehrere Brennringe an der Oberfläche eines Wärmeübertragers konzentrieren. Ein Linsenring und ein Prismenring bestehen jeweils aus einem eisenoxydarmen Glas mit einer Brechungsanzahl von 1–1,8 oder aus einem transparenten Kunststoff (z. B. PLEXIGLAS Solar IM20 der Evonik AG mit einer Brechungsanzahl von 1,49). Die Linse bzw. Linsen eines Linsenrings oder die Prismen eines Prismenrings können in einem Gussglasverfahren oder im Falle von Kunststoff in einem Spritzgussverfahren als Einzelelemente oder als einstückige Formkörper hergestellt werden. Verbindungselemente aus Metall oder Kunststoff verbinden die einzelnen Linsen oder Prismen untereinander und stellen die Verbindung eines Linsen- oder Prismenrings mit der ersten Konzentradorstufe des Sonnenkollektors her. In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung weist der Wärmeübertrager einen in einen Absorberkolben integrierten Zweiphasen-Thermosyphon auf, wobei eine kugel- oder torusförmige Erweiterung des Absorberkolbens die Wärmequelle und ein beripptes Wärmeträgerrohr die Wärmesenke bilden. Ein Zweiphasen-Thermosyphon besitzt in seinem mit einem Unterdruck beaufschlagten Arbeitsraum eine Strömungsleiteneinrichtung, die dazu ausgebildet ist, die Innenseite einer kugel- oder torusförmigen Erweiterung des Absorberkolbens mit der Flüssigphase eines Arbeitsmediums zu benetzen, wobei sich das flüssige Arbeitsmedium am unteren Ende des Zweiphasen-Thermosyphons in einem Zwischenraum zwischen der Innenseite des Absorberkolbens und einer konzentrisch dazu angeordneten Dampfbremse sammelt. Bei Wärmeeintrag seitens der Stapelsolarzellen drückt der entstehende Dampfdruck das Arbeitsmedium als Dampfphase durch mikroporöse Öffnungen in der Dampfbremse, sodass es zu dem berippten Wärmeträgerrohr am oberen Ende des Zweiphasen-Thermosyphons aufsteigen kann, um dort zu kondensieren. Der Absorberkolben ist dabei so ausgebildet, dass der Zweiphasen-Thermosyphon auch bei einer Neigung des Absorberkolbens im Zusammenhang mit der Nachführung des Sonnenkollektors zum jeweiligen Sonnenstand von bis zu 20 Grad gegenüber der Horizontalen als Wärmeübertrager arbeiten kann. Die Wärmesenke des Zweiphasen-Thermosyphons besteht aus einem berippten Wärmeträgerrohr, das in einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung von dem Rücklaufrohr des Absorberkolbens gebildet wird, wobei die Rippen auf der Außenseite des Rücklaufrohrs angebracht sind und in den Arbeitsraum des Zweiphasen-Thermosyphons hineinragen. Das berippte Wärmeträgerrohr kann aber auch als gewendeltes Rohr ausgebildet werden und hat in diesem Fall bei einer angenommenen Temperaturdifferenz von 50°K eine Wärmeleistung von 4 kW bei einer angenommenen Abwicklung der Kühlschlange von 1 m. Gewendelte Rippenrohre sind als Heizschlangen für Warmwasserspeicher bekannt. Ein rotationssymmetrisch aufgebauter photovoltaischer

scher und solarthermischer Sonnenkollektor kann als Einzelkollektor ausgebildet und mit einem kugelförmigen Kollektorgehäuse in einem Kalottenlager zur Sonne ausgerichtet werden. Die strahlungsabgewandte Seite der ersten Konzentradorstufe ist dabei als Halbkugel ausgebildet und gleitet auf einer Vielzahl von Kugellagern, die in das kalottenförmige Widerlager eines Kollektorgehäuses eingelassen sind. Seilzüge, die mit dem Rand einer Parabolschüssel oder eines Parabolringspiegels verbunden sind, stehen mit Hebelarmen in Verbindung, die durch pneumatische Steuerungselemente betätigt werden, um den Parabolspiegel exakt zur Sonne auszurichten. Die Nachführung erfolgt in diesem Fall analog zur Steuerung eines Augapfels über Ziliarmuskeln. Mehrere kugelförmige Sonnenkollektoren können z. B. an einem Mast jeweils mit einem vertikalen Abstand zueinander angelenkt und gemeinsam zur Sonne ausgerichtet werden. Der Mast nimmt alle motorischen, elektrischen und hydraulischen Elemente zur Steuerung und Medienversorgung auf. Eine Vielzahl von Sonnenkollektoren kann aber auch zu einem Modul zusammengefasst und auf einer ebenen oder gekrümmten Trägerfläche mit rundem oder polygonalem Zuschnitt angeordnet und in einem Lager auf einer Unterkonstruktion gemeinsam zur Sonne ausgerichtet werden. Als Wärmeträgerfluid kommt Wasser oder ein Gemisch aus Wasser und Glycerin oder Alkohol in Frage, das in einem geschlossenen Kreislauf mit einem Rückkühlsystem zirkuliert. Ein Vorratsbehälter, der z. B. in einem als Zisterne ausgebildeten Fundament eines Sonnenkollektors integriert werden kann, enthält soviel Wasser, dass eine effektive Kühlung der Solarzellen über die gesamte Sonnenscheindauer eines Tages ermöglicht wird. Bei Nacht wird das in einer Zisterne gesammelte Wasser mittels eines Registers in dem umgebenden Boden rückgekühlt, sodass am nächsten Morgen wieder kühles Wasser zur Kühlung der PV-Zellen zur Verfügung steht. Die Ableitung der Wärme in den Boden steigert den Ertrag einer landwirtschaftlich genutzten Fläche. Zwischen den Masten der Solaranlagen kann eine transparente Folie als Dachkonstruktion aufgespannt werden, um den landwirtschaftlichen Ertrag mit einem Gewächshaus noch weiter zu steigern.

[0004] Aus den **Fig. 1–Fig. 4**, **Fig. 5–Fig. 8**, **Fig. 9–Fig. 13**, **Fig. 14–Fig. 18** und **Fig. 19–Fig. 21** gehen fünf unterschiedliche Ausgestaltungsmöglichkeiten der Erfindung hervor, die jeweils in einem Meridianschnitt I-I, in einem Meridian-Detailschnitt II-II, in einem Äquatorialschnitt III-III und in einem räumlichen Schnitt dargestellt sind. Die **Fig. 22–Fig. 27** zeigen Anordnungsmöglichkeiten der Sonnenkollektoren in unterschiedlichen Kollektorgehäusen und Mechanismen zur zweiachsigen Nachführung der Sonnenkollektoren.

[0005] Es zeigen:

[0006] **Fig. 1** einen Sonnenkollektor, dessen zweite Konzentradorstufe von einem Linsenring gebildet wird, mit exemplarischer Darstellung der Schnittführung für alle weitere Ausführungsbeispiele der Erfindung in einem räumlichen Schnitt entlang der Symmetrieachse

[0007] **Fig. 2** den Sonnenkollektor nach **Fig. 1** in einem Meridianschnitt I-I

[0008] **Fig. 3** den Sonnenkollektor nach **Fig. 1** und **Fig. 2** in einem Meridian-Detailschnitt II-II

[0009] **Fig. 4** den Sonnenkollektor nach **Fig. 1–Fig. 3** in einem Äquatorialschnitt III-III durch den Brennring der ersten Konzentradorstufe

[0010] **Fig. 5** einen Sonnenkollektor, dessen zweite Konzentradorstufe von einem Prismenring gebildet wird, in einem Meridianschnitt I-I

[0011] **Fig. 6** den Sonnenkollektor nach **Fig. 5** in einem Meridian-Detailschnitt II-II

[0012] **Fig. 7** den Sonnenkollektor nach **Fig. 5** und **Fig. 6** in einem Äquatorialschnitt III-III durch den Brennpunkt der ersten Konzentradorstufe

[0013] **Fig. 8** den Sonnenkollektor nach **Fig. 5–Fig. 7** in einem perspektivischen Meridianschnitt

[0014] **Fig. 9** einen Sonnenkollektor, dessen zweite Konzentradorstufe von einem Prismenring mit rautenförmigen Prismen gebildet wird, in einem Meridianschnitt I-I

[0015] **Fig. 10** den Sonnenkollektor nach **Fig. 9** in einem Detailschnitt

[0016] **Fig. 11** den Sonnenkollektor nach **Fig. 9** und **Fig. 10** in einem Meridian-Detailschnitt II-II

[0017] **Fig. 12** den Sonnenkollektor nach **Fig. 9–Fig. 11** in einem Äquatorialschnitt III-III durch den Brennring der ersten Konzentradorstufe

- [0018] Fig. 13 den Sonnenkollektor nach Fig. 9–Fig. 12 in einem perspektivischen Meridianschnitt
- [0019] Fig. 14 einen Sonnenkollektor, dessen Wärmeübertrager von einer Absorberringleitung gebildet wird, in einem Meridianschnitt I-I
- [0020] Fig. 15 den Sonnenkollektor nach Fig. 14 mit PV-Zellen in einer Ausschnittsperspektive
- [0021] Fig. 16 den Sonnenkollektor nach Fig. 14 und Fig. 15 in einem Meridian-Detailschnitt II-II
- [0022] Fig. 17 den Sonnenkollektor nach Fig. 14–Fig. 16 in einem Äquatorialschnitt III-III durch den Brennring der ersten Konzentradorstufe
- [0023] Fig. 18 den Sonnenkollektor nach Fig. 14–Fig. 17 in einem perspektivischen Meridianschnitt
- [0024] Fig. 19 einen Sonnenkollektor, dessen erste Konzentradorstufe von einer Kombination aus einem Parabolringspiegel und einer Fresnellinse gebildet wird, in einem Meridianschnitt I-I
- [0025] Fig. 20 den Sonnenkollektor nach Fig. 19 in einem Meridian-Detailschnitt II-II
- [0026] Fig. 21 den Sonnenkollektor nach Fig. 19 und Fig. 20 in einer Ausschnittsisometrie
- [0027] Fig. 22 eine Vielzahl von Sonnenkollektoren, die in einem flächenförmigen Modul zusammengefasst und auf einem Mast mit einem Abstand zu einem Baugrund gelagert sind, in der isometrischen Übersicht
- [0028] Fig. 23 ein nachführbares Modul aus 24 Sonnenkollektoren, die in ihrem Aufbau dem in Fig. 9–Fig. 13 gezeigten Ausführungsbeispiel entsprechen, in einer perspektivischen Frontansicht
- [0029] Fig. 24 das nachführbare Modul nach Fig. 23 in einer perspektivischen Rückansicht
- [0030] Fig. 25 einen Sonnenkollektor mit einem feststehenden Kollektorgehäuse in einem Meridianschnitt I-I
- [0031] Fig. 25 den Sonnenkollektor nach Fig. 25 in einer isometrischen Schnittdarstellung
- [0032] Fig. 27 sechs an einen Mast angelenkte Sonnenkollektoren in einer perspektivischen Übersicht
- [0033] Fig. 1 zeigt einen rotationssymmetrisch um eine Symmetrieachse \underline{O} aufgebauten Sonnenkollektor **1** in einer isometrischen Schnittdarstellung mit Angabe der Schnittebenen für alle weiteren Ausführungsbeispiele der Erfindung. Der Meridianschnitt I-I ist ein vertikaler Übersichtsschnitt entlang der Symmetrieachse \underline{O} und zeigt den Aufbau des jeweiligen Sonnenkollektors **1** mit der ersten Konzentradorstufe **10**, der zweite Konzentradorstufe **11**, dem Wärmeübertrager **2** und den PV-Zellen **12**. Der Meridian-Detailschnitt II-II ist ein vertikaler Schnitt durch die zweite Konzentradorstufe **11**, den Wärmeübertrager **2** und die PV-Zellen **12**. Der Äquatorialschnitt III-III ist ein horizontaler Schnitt durch die zweite Konzentradorstufe **11**, den Wärmeübertrager **2** und den Brennpunkt F oder wie im vorliegenden Fall durch den Brennring R der ersten Konzentradorstufe **10**.
- [0034] Fig. 2 zeigt den Sonnenkollektor **1** nach Fig. 1 in einem Meridianschnitt I-I mit einer ersten Konzentradorstufe **10**, die aus einem Parabolringspiegel **101** besteht, der die parallelen Strahlen S_p der Sonne bei zweiachsiger Nachführung auf einen Brennring R fokussiert. Der Wärmeübertrager **2** für die PV-Zellen **12** besteht aus einem Zweiphasen-Thermosyphon **24**, dessen mit einem Unterdruck \underline{U} beaufschlagter Arbeitsraum **240** konzentrisch zu dem Vorlaufrohr und dem Rücklaufrohr des Absorberkolbens **200** angeordnet ist. Die Wirkungsweise des Zweiphasen-Thermosyphon **24** wird in Fig. 3 und Fig. 4 näher erläutert. Wie in Fig. 3 gezeigt, weist der Linsenring **110** auf seiner den zentrierten Strahlen S_z zugewandten Seite einen Torus auf, der als Abschnitt eines Spindeltorus ausgebildet ist und fokussiert, die auf den Brennring R zentrierten Strahlen S_z auf die Brennnlinien r_1 – r_3 .
- [0035] Fig. 3 zeigt den Sonnenkollektor **1** nach Fig. 1 und Fig. 2 in einem Meridian-Detailschnitt II-II durch die als Linsenring **110** ausgebildete zweite Konzentradorstufe **11** und den als Zweiphasen-Thermosyphon **24** ausgebildeten Wärmeübertrager **2**. Wie in Fig. 2 gezeigt, konzentriert der Parabolringspiegel **101** das Sonnenlicht bei zweiachsiger Nachführung als zentrierte Strahlen S_z auf einen Brennring R. Die zentrierten Strahlen S_z werden von dem Linsenring **110** auf insgesamt drei Brennringe r_1 – r_3 fokussiert, die auf einer spindelrüsformigen Erweiterung des Absorberkolbens **200** angeordnet sind. Die Außenkontur des Linsenrings **110**

weist einen Torus als Segment eines Spindeltorus auf. Der Brennring R liegt auf der äußeren Mantelfläche des Absorberrohrs **20**. Bei einem angenommenen Durchmesser des Parabolringspiegels **101** von 1 m erfolgt eine 500-fache Konzentration des Sonnenlichts auf die insg. 330 PV-Zellen **12**. Der an seinem oberen Ende geschlossene Absorberkolben **200** besteht aus konzentrisch um eine Symmetrieachse \underline{O} angeordneten Rohren die im Bereich des Linsenrings **110** eine spindeltorusförmige Erweiterung aufweisen. In einem koaxial und konzentrisch zu der Symmetrieachse \underline{O} angeordneten Vorlaufrohr wird ein Wärmeträgerfluid **21** in ein ebenfalls koaxial zu der Symmetrieachse \underline{O} angeordnetes Rücklaufrohr eingeleitet. Ein weiteres koaxiales Rohr bildet den äußeren Mantel des Absorberkolbens **20** und begrenzt den mit einem Unterdruck \underline{U} beaufschlagten Arbeitsraum **240** des Zweiphasen-Thermosyphons **24**. Das Rücklaufrohr weist ein beripptes Wärmeträgerrohr **243** auf und bildet am oberen Ende des Zweiphasen-Thermosyphons **24** die Wärmesenke **242**, während eine Vielzahl von PV-Zellen **12** am unteren Ende des Zweiphasen-Thermosyphons **24** die Wärmequelle **241** bildet. Auf ihrer strahlungsabgewandten Seite stehen die PV-Zellen **12** in einem wärmeleitenden Kontakt mit der spindeltorusförmigen Erweiterung des Arbeitsraums **240**. Der Zweiphasen-Thermosyphon **24** nimmt ein phasenwechselndes Arbeitsmedium auf das bei Wärmeintrag seitens der PV-Zellen **12** verdampft und innerhalb des Arbeitsraums zur Wärmesenke **242** aufsteigt, wo es kondensiert und als Kondensat in einen von einer Strömungsleitereinrichtung **244** gebildeten Zwischenraum **247** zwischen der Innenseite des Absorberkolbens **20** und einer konzentrisch dazu angeordneten Dampfbremse **245** geleitet wird. Die Dampfbremse **245** ist für die Flüssigphase des Arbeitsmediums undurchlässig und für die Gasphase des Arbeitsmediums durchlässig. Die Strömungsleitereinrichtung **244** stellt sicher, dass die Flüssigphase des Arbeitsmediums auch bei einer geneigten Anordnung des Absorberkolbens **20** die Wärmequelle **241** auf der Innenseite der spindeltorusförmigen Erweiterung des Absorberkolbens **20** vollständig benetzt. Der Brennring R des Parabolringspiegels **101** liegt auf der äußeren Mantelfläche des als beripptes Wärmeträgerrohr **243** ausgebildeten Rücklaufrohrs des Absorberkolbens **20**. Der mit einem Unterdruck \underline{U} beaufschlagte Arbeitsraum **240** des Zweiphasen-Thermosyphons **24** ist mit Wasser, Methanol, Ethanol, Ammoniak oder einem anderen Kältemittel aus der Stoffgruppe der Kohlenwasserstoffe befüllt. Am unteren Ende der transparenten Hülle **22** befindet sich der Elektroanschluss **223** zur Ausleitung des an den PV-Zellen **12** gewonnenen Gleichstroms.

[0036] Fig. 4 zeigt den Sonnenkollektor **1** nach Fig. 1–Fig. 3 in einem Äquatorialschnitt III-III durch den Linsenring **110** und den Brennring R des Parabolringspiegels **101**. Die auf den Brennring R zentrierten Strahlen Sz behalten beim Durchgang durch den Linsenring **110** ihre radiale Ausrichtung bei, werden aber, wie in Fig. 3 gezeigt, als konvergente Strahlenbündel Sk auf Brennringe r1–r3 fokussiert. Der Äquatorialschnitt zeigt den Brennring r2 an der Oberfläche einer von dem Absorberkolben **200** abragenden Rippe **202**. Sammelleitungen **204** mit Anode (–) und Kathode (+) werden mittels einer Isolierung **203** durch die Rippen **202** geführt und leiten den an den PV-Zellen **12** gewonnenen Strom, wie in Fig. 3 gezeigt, zu einem Anodenring **221** und einem Kathodenring **222** am unteren Ende der transparenten Hülle **22**. Der Linsenring **110** ist Bestandteil der transparenten Hülle **22**. Der Absorberkolben **20** weist einen mit einem Unterdruck \underline{U} beaufschlagten Arbeitsraum **240** für einen Zweiphasen-Thermosyphon **24** auf. Die Funktionsweise des Zweiphasen-Thermosyphons **24** wird in Fig. 7 näher erläutert.

[0037] Fig. 5 zeigt einen rotationssymmetrisch um eine Symmetrieachse \underline{O} aufgebauten Sonnenkollektor **1** in einem Meridianschnitt I-I, bei dem die erste Konzentradorstufe **10** von einer Parabolschüssel **100** gebildet wird, die bei einer zweiachsigen Nachführung des Sonnenkollektors **1** die tages- und jahreszeitlich in unterschiedlichen Winkeln einfallenden parallelen Strahlen Sp der Sonnen als zentrierte Strahlen Sz auf einen Brennpunkt F fokussiert. Die zweite Konzentradorstufe **11** ist als Prismenring **111** aus drei dreiecksförmigen Prismen aufgebaut, die das Sonnenlicht, wie in Fig. 6 gezeigt, als konvergente Strahlenbündel Sk auf insgesamt vier Brennpunkten r1–r4 konzentrieren, die auf radialen Rippen **202** an der kugelförmig erweiterten Oberfläche eines als Absorberkolben **200** ausgebildeten Wärmeübertragers **2** angeordnet sind. Die Außenkontur des Prismenrings **111** weist einen Kugelschichtkörper auf. An seinem unteren Ende besitzt der von einer transparenten Hülle **22** umgebene Absorberkolben **200** einen Elektroanschluss **223**, der als Steckverbindung in der transparenten Hülle **22** ausgebildet und außerhalb des Absorberkolbens **200** mit einem Gleichspannungswandler **23** verbunden ist.

[0038] Fig. 6 zeigt einen Meridian-Detailschnitt II-II durch die zweite Konzentradorstufe **11** und den Wärmeübertrager **2** des Sonnenkollektors **1** nach Fig. 5. Der Absorberkolben **200** weist an seinem oberen Ende eine konzentrisch zum Brennpunkt F der in Fig. 5 gezeigten Parabolschüssel **100** angeordnete kugelförmige Erweiterung auf. Ein koaxial und konzentrisch zur Symmetrieachse \underline{O} angeordnetes Vorlaufrohr leitet das Wärmeträgerfluid **21** an die Innenseite der kugelförmigen Erweiterung des Absorberkolbens **200**. Die PV-Zellen **12** sind an ihrer strahlungsabgewandten Seite über Rippen **202** wärmeleitend mit der kugelförmigen Erweiterung des Absorberkolbens **200** verbunden, sodass die von den PV-Zellen **12** absorbierte Wärme auf das Wärmeträgerfluid **21** übertragen und in einem koaxial zum Vorlaufrohr angeordneten Rücklaufrohr abgeleitet werden

kann. Der Absorberkolben **200** besitzt eine transparente Hülle **22**, die am unteren Ende des Absorberkolbens **200** über eine Stirnkappe **220** aus Kupfer mit der transparenten Hülle **22** aus einem eisenarmen Glas vakuumdicht verlötet ist. In dem mit einem Vakuum \underline{V} beaufschlagten Raum zwischen dem Absorberkolben **200** und der transparenten Hülle **22** sind die PV-Zellen **12** einschließlich ihrer Sammelleitungen **204** angeordnet und über einen Anodenring **221** und einen Kathodenring **222** mit einem externen Elektroanschluss **223** für einen Stecker verbunden. Der Prismenring **111** ist als hohler Kugelschichtkörper ausgebildet und zeigt im Querschnitt einen Prismenring **111**, der aus drei konzentrisch um den Brennpunkt F angeordneten Prismen aufgebaut ist. Die zentrierten Strahlen Sz werden beim Durchtritt durch den Prismenring **111** als konvergente Strahlenbündel Sk auf insgesamt vier Brennringe r1–r4 konzentriert. Der externe Elektroanschluss **223** ist an einen Gleichspannungswandler **23** angeschlossen.

[0039] Fig. 7 zeigt den Sonnenkollektor **1** nach Fig. 5 und Fig. 6 in einem Äquatorialschnitt III-III durch den als Kugelschichtkörper ausgebildeten Prismenring **111**, den Absorberkolben **200** und den Brennpunkt F der ersten Konzentradorstufe **10**. Ein Wärmeträgerfluid **21** wird in einem Vorlaufrohr und einem Rücklaufrohr geführt. Eine Vielzahl von PV-Zellen **12** ist auf radial von dem Absorberkolben **200** auskragenden Rippen **202** angeordnet. Die Brennringe r1–r4 liegen auf dem den zentrierten Strahlen Sz zugewandten Ende der Rippen **202** und tragen eine Vielzahl von PV-Zellen **12** in einer ringförmigen Anordnung. Sammelleitungen **204** der PV-Zellen **12** mit Anode (–) und Kathode (+) werden durch isolierte Durchbrüche in den Rippen **202** geführt. Die transparente Hülle **22** umschließt den Absorberkolben **200** und verhindert durch ein Vakuum \underline{V} zwischen dem Absorberkolben **200** und der transparenten Hülle **22** Wärmeverluste bei der Übertragung der an den PV-Zellen **12** absorbierten Wärme auf das Wärmeträgerfluid **21**.

[0040] Fig. 8 zeigt den rotationssymmetrisch zu einer Symmetrieachse \underline{O} aufgebauten Sonnenkollektor **1** nach Fig. 5–Fig. 7 in einem perspektivischen Meridianschnitt. Der Sonnenkollektor **1** besitzt, wie in Fig. 5 gezeigt, eine auf einen Brennpunkt F fokussierende Parabolanschüssel **100** als erste Konzentradorstufe **10** und einen auf die in Fig. 6 gezeigten Brennringe r1–r4 an der Oberfläche des Wärmeübertragers **2** fokussierenden Prismenring **111** als zweite Konzentradorstufe **11**. Der Prismenring **111** ist als Kugelschichtkörper ausgebildet. Die PV-Zellen **12** einschließlich ihrer elektrischen Kontakte und einem Elektroanschluss **223** sind innerhalb des Vakuums \underline{V} zwischen dem Absorberkolben **200** und der transparenten Hülle **22** angeordnet.

[0041] Fig. 9 zeigt einen um eine zentrale Symmetrieachse \underline{O} rotationssymmetrisch aufgebauten Sonnenkollektor **1** in einem Meridianschnitt I-I, bei dem die erste Konzentradorstufe **10** von einem Parabolringspiegel **101** gebildet wird, der die parallelen Strahlen Sp der Sonne als zentrierte Strahlen Sz auf einen Brennring R fokussiert. Die zweite Konzentradorstufe **11** weist einen Prismenring **111** mit zwei untereinander verbundenen rautenförmigen Prismen auf. Die äußeren Spitzen der rautenförmigen Prismen liegen auf einer Hüllkurve, die durch einen Torus in Form eines Spindeltorus definiert wird. Der Prismenring **111** fokussiert die zentrierten Strahlen Sz, wie in Fig. 10 gezeigt, auf drei Brennringe r1–r3, die auf einer torusförmigen Erweiterung des Wärmeübertragers **2** angeordnet sind. Der Wärmeübertrager **2** weist einen koaxial und konzentrisch zu einem Absorberkolben **200** angeordneten Zweiphasen-Thermosyphon **24** auf. Der Brennring R des Parabolringspiegels **101** liegt auf der äußeren Mantelfläche des Rücklaufrohrs des Absorberkolbens **200**.

[0042] Fig. 10 zeigt den Sonnenkollektor **1** nach Fig. 9 in einem Detailschnitt durch die von einem Prismenring **111** gebildete zweite Konzentradorstufe **11**. Am Beispiel eines ausgewählten Lichtstrahls ist dargestellt, wie der Lichtstrahl beim Durchtritt durch das rautenförmige Prisma des Prismenrings **111** zweimal gebrochen und an der Einfallseite mit dem Einfallswinkel α und dem Brechungswinkel β und an der Ausfallseite mit dem Einfallswinkel α' und dem Ausfallswinkel δ auf den Brennring r2 fokussiert wird. Dabei weisen der Einfallswinkel α und der Ausfallswinkel δ denselben Betrag auf. Um eine gleichmäßige Verteilung des zu einem konvergenten Strahlenbündel Sk konzentrierten Lichts zu gewährleisten, sind auf der Brennnlinie r2 zwei PV-Zellen **12** parallel nebeneinander angeordnet. Die elektrische Kontaktierung mit Anode (–) und Kathode (+) erfolgt in diesem speziellen Fall jeweils durch Sammelleitungen **204** an einer Seite der PV-Zellen **12**. An den Brennnlinien r1, r3 erfolgt der Anschluss an eine ringförmige Sammelleitung **204** jeweils an den zwei einander gegenüberliegenden Seiten der PV-Zellen **12**.

[0043] Fig. 11 zeigt den Sonnenkollektor **1** nach Fig. 9 und Fig. 10 in einem Meridian-Detailschnitt II-II durch den rotationssymmetrisch um die Symmetrieachse \underline{O} aufgebauten Absorberkolben **200**, der von einer transparenten Hülle **22** umschlossen wird. Im Inneren des Absorberkolbens **200** dient ein Vorlaufrohr der ständigen Zufuhr eines Wärmeträgerfluids **21**, das am oberen Ende des Vorlaufrohrs in das konzentrisch und koaxial zum Vorlaufrohr angeordnete Rücklaufrohr umgelenkt wird. Ein weiteres, koaxiales und an seinem oberen Ende abgeschlossenes Rohr, das sich an seinem unteren Ende spindeltorusförmig erweitert und vakuumdicht an das Rücklaufrohr anschließt, bildet zusammen mit der äußeren Mantelfläche des Rücklaufrohrs den Arbeits-

raum **240** des Zweiphasen-Thermosyphons **24**. Der Arbeitsraum **240** ist mit einem Unterdruck \underline{U} beaufschlagt, sodass ein Arbeitsmedium bereits bei einer Temperatur von etwa 25°C verdampft und als Dampf von der Wärmequelle **241** am unteren Ende des Zweiphasen-Thermosyphons **24** zu der Wärmesenke **242** am oberen Ende des Zweiphasen-Thermosyphons **24** aufsteigt. Das Rücklaufrohr ist an seinem oberen Ende als beripptes Wärmeträgerrohr **243** ausgebildet, an dem das Arbeitsmedium des Zweiphasen-Thermosyphons **24** kondensiert. Unter dem Einfluss der Schwerkraft wird das Kondensat von einer Strömungsleiteneinrichtung **244** in einen Zwischenraum **247** zwischen dem an seinem unteren Ende torusförmig erweiterten Absorberkolben **200** und einer konzentrisch dazu angeordneten Dampfbremse **245** geleitet. Bei Wärmeaufnahme durch die PV-Zellen **12** verdampft das Arbeitsmedium und gelangt durch mikroporöse Öffnungen in der Dampfbremse **245** in einen zentralen Arbeitsraum **240** und steigt über Dampfdurchtrittsöffnungen **246** zu der Wärmesenke **242** am oberen Ende des Rücklaufrohrs auf um dort erneut zu kondensieren. Der Prismenring **111** als eine Anordnung von zwei im Querschnitt rautenförmigen Prismen konzentriert, wie in **Fig. 10** gezeigt, die zentrierten Strahlen S_z in der Meridianebene des Sonnenkollektors **1** als konvergente Strahlenbündel S_k auf die Brennringe r_1 – r_3 am äußeren Ende der Rippen **202**, auf denen eine Vielzahl von PV-Zellen **12** jeweils in einem Kreisring angeordnet ist. An der strahlungsabgewandten Seite der PV-Zellen **12** leiten Sammelleitungen **204** den an den PV-Zellen **12** gewonnenen Gleichstrom jeweils als Anode (–) und Kathode (+) zu einem Anodenring **221** und einem Kathodenring **222** am unteren Ende des Absorberkolbens **200**. Ein vakuumdichter Elektroanschluss **223** mit einer Steckverbindung ermöglicht die Ausleitung des Gleichstroms. Die transparente Hülle **22** ist mit einer Stirnkappe **224** vakuumdicht verlötet, die ihrerseits vakuumdicht mit dem Rücklaufrohr verbunden ist.

[0044] **Fig. 12** zeigt den Sonnenkollektor **1** nach **Fig. 9–Fig. 11** in einem Äquatorialschnitt III-III durch den Prismenring **111** der zweiten Konzentradorstufe **11** und den Brennring R der ersten Konzentradorstufe **10** und den als Zweiphasen-Thermosyphon **24** ausgebildeten Wärmeübertrager **2** an der Oberfläche eines Absorberkolbens **200**. Die zentrierten Strahlen S_z durchqueren den Prismenring **111** unter Beibehaltung ihrer radialen Fokussierung auf den Brennring R des Parabolringspiegels **101**. Wie in **Fig. 10** und **Fig. 11** gezeigt, werden die zentrierten Strahlen S_z in der Meridianebene des Sonnenkollektors **1** von dem Prismenring **111** in drei konvergenten Strahlenbündeln S_k auf drei Brennringe r_1 – r_3 mit einer Vielzahl von PV-Zellen **12** fokussiert. Die Brennringe r_1 – r_3 sind auf radial zum Brennring R der ersten Konzentradorstufe **10** vom Absorberkolben **200** auskragenden Rippen **202** angeordnet. Der Äquatorialschnitt zeigt auch den Arbeitsraum **240** des Zweiphasen-Thermosyphons **24** im Bereich der Wärmequelle **241** an der Innenseite des Absorberkolbens **200**. Der Arbeitsraum **240** ist mit einem Unterdruck \underline{U} beaufschlagt und nimmt ein phasenwechselndes Arbeitsmedium auf, das die an den PV-Zellen **12** absorbierte Wärme auf ein Wärmeträgerfluid **21** überträgt. Dazu ist eine Strömungsleiteneinrichtung **244** mit einer Dampfbremse **245** vorgesehen, wobei sich das phasenwechselnde Arbeitsmedium als Kondensat in dem Zwischenraum **247**, der von der Dampfbremse **245** selbst und der Innenoberfläche des Absorberkolbens **200** gebildet wird, sammelt. Die Dampfbremse **245** besteht aus einem mikroporösen Gewebe oder aus einer mikroporösen Metallmembran, die wasserdicht aber dampfdurchlässig ist. Bei Sonneneinstrahlung steigt der Dampfdruck des Arbeitsmediums, das durch die mikroporösen Öffnungen in der Dampfbremse **245** in den zentralen Arbeitsraum **240** gelangt und, wie in **Fig. 11** gezeigt, zur Wärmesenke **242** am oberen Ende des Absorberkolbens **200** aufsteigt. In der Rippe **202** sind Durchbrüche erkennbar, in denen die Sammelleitungen **204** abwechselnd als Anode (–) und Kathode (+) geführt werden. Zwischen der Rippe **202** und der Sammelleitung **204** ist eine Isolierung **203** vorgesehen. Das Wärmeträgerfluid **21** zirkuliert in einem Vorlauf- und einem Rücklaufrohr, die konzentrisch zur Symmetrieachse \underline{O} des Sonnenkollektors **1** angeordnet sind. Zwischen der transparenten Hülle **22** und dem Absorberkolben **200** ist zur Vermeidung von Verlusten der an den PV-Zellen **12** absorbierten Wärme ein Vakuum \underline{V} vorgesehen. Der Sonnenkollektor **1** wird über eine vertikale Achse y zum Azimutwinkel der Sonne und über eine horizontale Achse x zum jeweiligen Höhenwinkel der Sonne ausgerichtet.

[0045] **Fig. 13** zeigt den Sonnenkollektor **1** nach **Fig. 9–Fig. 12** in einem perspektivischen Meridianschnitt zur Erläuterung des Zusammenwirkens der optischen, elektrischen und wärmetechnischen, rotationssymmetrisch um die Symmetrieachse \underline{O} angeordneten Komponenten des Sonnenkollektors **1**.

[0046] **Fig. 14** zeigt einen rotationssymmetrisch um die Symmetrieachse \underline{O} aufgebauten Sonnenkollektor **1** in einem Meridianschnitt I-I mit einem auf einen Brennring R fokussierenden Parabolringspiegel **101** als erste Konzentradorstufe **10** und einen Prismenring **111**, der als Abschnitt eines Torus in Form eines Horntorus ausgebildet ist, als zweite Konzentradorstufe **11**. Bei zweiachsiger Nachführung um die Achsen x und y werden die parallelen Strahlen S_p der Sonne als zentrierte Strahlen S_z auf den Prismenring **111** konzentriert. Der Torus weist auf seiner dem Brennring R des Parabolringspiegels **101** zugewandten Seite drei untereinander verbundene Prismenringe **111** auf, die das Sonnenlicht, wie in **Fig. 18** gezeigt, exakt auf vier Brennringe r_1 – r_4 konzentrieren. Der konzentrisch zu dem Brennring R der ersten Konzentradorstufe **10** angeordnete Wärmeübertrager **2** ist als eine von einer transparenten Hülle **22** umgebene und an ein Vorlauf- und ein Rücklaufrohr für

das Wärmeträgerfluid **21** angeschlossene Absorberringleitung **201** ausgebildet. Über einen Elektroanschluss **223** und einen nachgeschalteten Gleichspannungswandler **23** wird der an den 2 V-Zellen gewonnene Strom in ein externes Netz eingespeist.

[0047] Fig. 15 zeigt den Sonnenkollektor **1** nach Fig. 14 mit der elektrischen Kontaktierung der PV-Zellen **12** an flankierenden Ringleitungen als Anode (-) und Kathode (+) in einer Ausschnittsperspektive, exemplarisch auch für die Ausführungsbeispiele in Fig. 1–Fig. 4 und Fig. 5–Fig. 8. Die PV-Zellen **12** werden mittels nicht näher bezeichneter winkelförmiger Kontakte auf die Sammelleitungen **204** aufgesteckt. Wie in Fig. 16–Fig. 18 gezeigt, sind auf der Absorberringleitung **201** Rippen **202** als umlaufende Ringe angeordnet, die auf ihrer den zentrierten Strahlen Sz zugewandten Oberfläche eine Vielzahl von PV-Zellen **12** tragen. Auf der strahlungsabgewandten Seite der Rippen **202** sind Durchbrüche mit einer Isolierung **203** für die Durchleitung der Sammelleitungen **204** vorgesehen. Die an den PV-Zellen **12** absorbierte Wärme wird von den Rippen **202** durch Wärmeleitung auf ein in der Absorberringleitung **201** zirkulierendes Wärmeträgerfluid **21** übertragen.

[0048] Fig. 16 zeigt den Sonnenkollektor **1** nach Fig. 14 und Fig. 15 in einem Meridian-Detailschnitt II-II durch den Prismenring **111** und die Absorberringleitung **201**, wobei der Prismenring **111** einen als Horntorus ausgebildeten Torus und die Absorberringleitung **201** einen Ringtorus aufweisen. Die auf den Brennring R der ersten Konzentradorstufe **10** zentrierten Strahlen Sz werden beim Eintritt in den Prismenring **111** an jedem einzelnen der drei Prismen totalreflektiert und gebrochen und als konvergente Strahlenbündel Sk auf die Brennringe r1–r4 konzentriert. Auf den Brennringen r1–r4 ist jeweils eine Vielzahl von PV-Zellen **12** in Ringen angeordnet. Rippen **202**, die radial auf den Brennring R ausgerichtet sind, leiten die von den PV-Zellen **12** absorbierte Wärme an der strahlungsabgewandten Seite der PV-Zellen **12** auf das als Absorberringleitung **201** ausgebildete Absorberrohr **20**, in dem ein Wärmeträgerfluid **21** für die Wärmeableitung zirkuliert. Die elektrische Kontaktierung der PV-Zellen **12** erfolgt sowohl über die die PV-Zellen **12** flankierenden, ringförmigen Sammelleitungen **204** als auch über Sammelleitungen **204** auf der strahlungsabgewandten Seite der PV-Zellen **12**, die durch isolierte Öffnungen in den Rippen **202** geführt werden. In einem Anodenring **221** und einem Kathodenring **222**, die mit einem Elektroanschluss **223** in der transparenten Hülle **22** verbunden sind, wird der an den PV-Zellen **12** gewonnene Gleichstrom abgeleitet und über einen Gleichspannungswandler **23** als Wechselstrom in ein externes Stromnetz eingespeist.

[0049] Fig. 17 zeigt den Sonnenkollektor **1** nach Fig. 14–Fig. 16 in einem Äquatorialschnitt III-III durch den Brennring R der ersten Konzentradorstufe **10** und den Prismenring **111** der zweiten Konzentradorstufe **11** und durch das als Absorberringleitung **201** ausgebildete Absorberrohr **20** des Wärmeübertragers **2**. Die zentrierten Strahlen Sz sind auf den Brennring R des Parabolring spiegels **101** konzentriert und werden beim Eintritt in den Prismenring **111**, wie in Fig. 16 gezeigt, als konvergente Strahlenbündel Sk auf insgesamt vier Brennringe r1–r4 fokussiert. Auf diesen Brennringen ist eine Vielzahl von PV-Zellen **12** angeordnet. Das in der Absorberringleitung **201** zirkulierende Wärmeträgerfluid **21** dient der Kühlung der PV-Zellen **12**.

[0050] Fig. 18 zeigt den Sonnenkollektor **1** nach Fig. 14–Fig. 17 in einem perspektivischen Meridianschnitt durch den Prismenring **111** und die konzentrisch zu dem Brennring R des Parabolring spiegels **101** angeordnete Absorberringleitung **201**. Ringförmige Rippen **202** auf der Oberfläche des als Ringtorus ausgebildeten Wärmeübertragers **2** tragen auf ihren den Prismen zugewandten Oberflächen eine Vielzahl von PV-Zellen **12** jeweils in einer Ringanordnung.

[0051] Fig. 19 zeigt einen Sonnenkollektor **1**, bei dem die erste Konzentradorstufe **10** aus der Kombination eines Parabolring spiegels **101** und einer Fresnellinse **102** mit einem gemeinsamen Brennring R besteht, in einem Meridianschnitt I-I. Die zweite Konzentradorstufe **11** weist, wie in Fig. 20 gezeigt, einen Linsenring **110** auf, der konzentrisch zu dem Brennring R der ersten Konzentradorstufe **10** und zu dem als Absorberringleitung **201** ausgebildeten Wärmeübertrager **2** angeordnet ist. Die Fresnellinse **102** besteht aus einer flexiblen transparenten Folie, die sich durch einen Überdruck P innerhalb einer pneumatischen Konstruktion auf den Parabolring spiegels **101** abstützt. Nicht näher bezeichnete, konzentrisch zueinander angeordnete Regenrinnen mit radialen Querträgern bilden als Druckringe die Widerlager für die pneumatisch gestützte Fresnellinse **102**. Der Sonnenkollektor **1** ist in einer Regenwasser-Sammelstellung mit einem vertikalen Abstand zu einem Baugrund dargestellt und stützt sich auf einen Mast **14**, sodass eine Nutzung des Baugrunds unterhalb des Sonnenkollektors ermöglicht wird. Der zentrale Mast **14** ist in einer Zisterne **15** gegründet, in der das auf den Sonnenkollektor **1** niedergehende Regenwasser gesammelt wird. Die als transparente Folie ausgebildete Fresnellinse **102** der ersten Konzentradorstufe **10** trägt konzentrisch angeordnete Prismenringe, die jeweils mit einem Abstand zueinander angeordnet sind, sodass etwa die Hälfte der Strahlung von der transparenten Folie durchgelassen und auf den Parabolring spiegels **101** trifft. Wie in Fig. 20 gezeigt, ermöglicht die Kombination des Parabolring spiegels **101** und der Fresnellinse **102** in der ersten Konzentradorstufe **10** des Sonnenkollektors **1**

ermöglicht eine allseitige Fokussierung der zentrierten Strahlen Sz auf insgesamt 12 Brennringe r1–r12. Bei Regen wird der Sonnenkollektor **1** in eine horizontale Stellung geschwenkt, wobei die Fresnellinse **102** das Regenwasser an konzentrisch zueinander angeordnete Regenrinnen an der Außen- und Innenseite des Parabolringespiegels **101** und der Fresnellinse **102** leiten. Die Regenrinnen sind über einen flexiblen Schlauch mit dem Mast **14** verbunden, sodass das Regenwasser durch den Mast **14** in die Zisterne **15** geleitet werden kann. Die Zisterne **15** dient als Vorratsbehälter für ein Wärmeträgerfluid **21**, das in einem geschlossenen Kreislauf, wie in **Fig. 21** beschrieben, in einem Rückkühlregister **25** gekühlt wird.

[0052] **Fig. 20** zeigt den Sonnenkollektor **1** nach **Fig. 19** in einem Meridian-Detailschnitt II-II durch den als Ringtorus ausgebildeten Linsenring **110** der zweiten Konzentradorstufe **11** und den als Absorberringleitung **201** ausgebildeten Wärmeübertrager **2**. Die zentrierten Strahlen Sz sind auf den Brennring R der ersten Konzentradorstufe **10** gerichtet und werden durch den Linsenring **110** durch einmalige Brechung in 12 konvergenten Strahlenbündeln Sk auf 12 Brennringe r1–r12 fokussiert. Auf den Brennringen r1–r12 ist jeweils eine Vielzahl von PV-Zellen **12** angeordnet, die von ringförmigen Sammelleitungen **204** als Anode (–) und Kathode (+) flankiert werden.

[0053] **Fig. 21** zeigt den Sonnenkollektor **1** nach **Fig. 19** und **Fig. 20**, bei dem die erste Konzentradorstufe **10** aus einer Kombination von einer einstrahlungsseitigen Fresnellinse **102** und einem Parabolringespiegel **101** mit einem gemeinsamen Brennring R gebildet wird, in einer isometrischen Ausschnittsdarstellung. Die Fresnellinse **102** und der Parabolringespiegel **101** bilden einen durch Überdruck P stabilisierten Pneu, der zwischen zwei konzentrisch zueinander angeordneten und durch nicht näher bezeichnete radiale Träger untereinander verbundene, im Querschnitt U-förmigen Regenrinnen aufgespannt wird. Der Sonnenkollektor **1** ist in einer Regenwassersammelstellung dargestellt, in der die ringförmigen Regenrinnen das auf die Fresnellinse **102** niedergehende Regenwasser über einen nicht näher bezeichneten, flexiblen Schlauch in den Mast **14** und in die Zisterne **15** einleiten. Wie in **Fig. 20** gezeigt, bildet das Regenwasser das Wärmeträgerfluid **21** zur Kühlung der auf dem Wärmeübertrager **2** angeordneten PV-Zellen **12**. Ein im Baugrund verlegtes Rückkühlregister **25** überträgt die von den PV-Zellen **12** tagsüber absorbierte Wärme in einen umgebenden, landwirtschaftlich genutzten Baugrund.

[0054] **Fig. 22** zeigt eine Solaranlage, bei der eine Vielzahl von Sonnenkollektoren **1** auf einer Trägerfläche zu einem Modul 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 **21** zur Kühlung der auf den Absorberkolben **200** angeordneten PV-Zellen **12**, wie in den **Fig. 3**, **Fig. 6**, **Fig. 8**, **Fig. 10**, **Fig. 11** und **Fig. 13** gezeigt. Das im Erdreich verlegte Rückkühlregister **25** dient der permanenten Kühlung des Wärmeträgerfluids **21**.

[0055] **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 Parabolringespiegel **101** der ersten Konzentradorstufe **10** sind untereinander zu einer flächendeckenden, lückenlosen Struktur verbunden. Die Sonnenkollektoren **1** entsprechen in ihrem Aufbau dem in **Fig. 1–Fig. 4** gezeigten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0056] **Fig. 24** zeigt die Nachführung der Solaranlage nach **Fig. 23** in einem von einer Kreisringschiene gebildeten Azimutlager 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 **21** wird in einem Rohrleitungsnetz mit Vor- und Rücklauf geführt.

[0057] **Fig. 25** zeigt einen Sonnenkollektor **1**, dessen Kollektorgehäuse **13** von einer feststehenden, einstrahlungsseitig halbkugelförmigen, transparenten Abdeckung **130** gebildet wird. Der Sonnenkollektor **1** mit einer von einem Parabolringespiegel **101** gebildeten ersten Konzentradorstufe **10** und einer von einem Linsenring **110** gebildeten zweiten Konzentradorstufe **11** entspricht in seinem Aufbau dem in **Fig. 1–Fig. 4** dargestellten Ausführungsbeispiel. Ein Kalottenlager für den halbkugelförmig ausgebildeten, strahlungsabgewandten Teil der ersten Konzentradorstufe **10** mit einer Vielzahl kugelförmiger Lagerpunkte dient der freien Beweglichkeit des Sonnenkollektors **1** zur Nachführung zum jeweiligen Sonnenstand um die Drehachsen x, y. Seilzüge, die in der Art von Ziliarmuskeln eines Augapfels an den Parabolringespiegel **101** mit Kalottenlager angreifen, werden durch pneumatische, in ihrer Länge veränderbare, druckbefüllte Schläuche bewegt und dienen der exakten Ausrichtung des Sonnenkollektors **1** zur Sonne. Das Wärmeträgerfluid **21**, die Stromkabel und die Druckluft-

versorgung der pneumatischen Steuerung des Sonnenkollektors **1** werden in einem flexiblen Schlauch, der mit der Basis des Parabolringspiegels **101** verbunden ist, geführt. Um diesem flexiblen Schlauch die nötige Freiheit zu geben, weist das strahlungsabgewandte Kalottenlager eine trichterförmige Einbuchtung auf.

[0058] Fig. 26 zeigt den Sonnenkollektor **1** nach Fig. 25 in einer isometrischen Schnittdarstellung mit den pneumatischen Steuerungselementen, die in das Kollektorgehäuse **13** integriert sind. Ein Sonnenkollektor **1** mit einem Durchmesser von etwa 1 m weist eine Leistung von 500 W auf. Die PV-Zellen **12** werden durch ein Wärmeträgerfluid **21** permanent gekühlt. Die auf das Wärmeträgerfluid **21** übertragene Wärme kann innerhalb eines Gebäudes für Heizung oder Kühlung genutzt werden. Derartige Sonnenkollektoren **1** können in die Hüllkonstruktion eines Gebäudes im Bereich von Dach und Wand integriert werden.

[0059] Fig. 27 zeigt einen Mast **14** mit paarweise mit einem vertikalen Abstand zueinander angeordneten, kugelförmigen Sonnenkollektoren **1**, die in ihrem Aufbau im Wesentlichen dem in Fig. 1–Fig. 4 gezeigten Beispiel entsprechen. An den aus konzentrisch zueinander angeordneten Rohrabschnitten aufgebauten Mast **14** sind insgesamt sechs kugelförmige Sonnenkollektoren **1** angelenkt und werden um eine vertikale Drehachse y und um drei horizontale Drehachsen x exakt zum jeweiligen Sonnenstand ausgerichtet. Das Kollektorgehäuse **13** mit der transparenten Abdeckung **130** ist kugelförmig ausgebildet. LEDs, die auf dem Absorberkolben **200** eines Sonnenkollektors **1** angeordnet sind, machen den Sonnenkollektor **1** bei Nacht zu einem Scheinwerfer mit parallel zur Symmetrieachse \underline{O} ausgerichtetem Strahlengang. Diese Form der Kollektoranordnung ist besonders für den öffentlichen Raum in einem städtischen Kontext geeignet.

Bezugszeichenübersicht

Sonnenkollektor	1	Wärmeübertrager	2
Symmetrieachse	\underline{O}	Absorberrohr	20
Erste Konzentradorstufe	10	Absorberkolben	200
Parabolschüssel	100	Absorberringleitung	201
Brennpunkt	F	Rippe	202
Parabolringspiegel	101	Isolierung	203
Fresnellinse	102	Sammelleitung	204
Brennring	R	Anode	(–)
Zweite Konzentradorstufe	11	Kathode	(+)
Brennringe	r_1 – r_n	Wärmeträgerfluid	21
Linsenring	110	Transparente Hülle	22
Prismenring	111	Stirnkappe	220
Drehachsen	x, y	Anodenring	221
Parallele Strahlen	S_p	Kathodenring	222
Zentrierte Strahlen	S_z	Elektroanschluss	223
Konvergentes Strahlenbündel	S_k	Gleichspannungswandler	23
Einfallswinkel	α, α'	Zweiphasen-Thermosyphon	24
Brechungswinkel	β	Arbeitsraum	240
Reflexionswinkel	γ	Wärmequelle	241
Ausfallswinkel	δ	Wärmesenke	242
PV-Zellen	12	Beripptes Wärmeträgerrohr	243
Kollektorgehäuse	13	Strömungsleiteinrichtung	244
Transparente Abdeckung	130	Dampfbremse	245
Mast	14	Dampfdurchtrittsöffnung	246
Zisterne	15	Zwischenraum	247

Überdruck	<u>P</u>	Unterdruck	<u>U</u>
		Vakuum	<u>V</u>
		Rückkühlregister	25

Patentansprüche

1. Photovoltaischer und solarthermischer Sonnenkollektor (1) mit einer Symmetrieachse (O), bestehend aus einer ersten Konzentradorstufe (10), die von einer auf einen Brennpunkt (F) fokussierenden Parabolschüssel (100) oder von einem auf einen Brennring (R) fokussierenden Parabolringespiegel (101) oder von einer auf einen Brennpunkt (F) oder einen Brennring (R) fokussierenden Fresnellinse (102) gebildet wird, und aus einer zweiten Konzentradorstufe (11) und aus einem Wärmeübertrager (2), der an seiner Oberfläche PV-Zellen (12) trägt,

welche erste Konzentradorstufe (10) und welche zweite Konzentradorstufe (11) und welcher Wärmeübertrager (2) rotationssymmetrisch zu der Symmetrieachse (O) angeordnet sind und untereinander eine in sich unverdrehbare Einheit bilden und bei zweiachsiger Nachführung des Sonnenkollektors (1) um die Drehachsen (x, y) zum jeweiligen Stand der Sonne die tages- und jahreszeitlich in unterschiedlichen Winkeln einfallenden parallelen Strahlen (Sp) auf den Wärmeübertrager (2) bündeln,

wobei die zweite Konzentradorstufe (11) einen Linsenring (110) oder einen Prismenring (111) aufweist, der die von der ersten Konzentradorstufe (10) zentrierten Strahlen (Sz) in mindestens einem konvergenten Strahlenbündel (Sk) auf mindestens einen Brennring (r1) oder in einer Vielzahl von konvergenten Strahlenbündeln (Sk) auf eine Vielzahl von Brennringen (r1–rn) an der Oberfläche des Wärmeübertragers (2) fokussiert und die Brennringe (r1–rn) mit einem radialen Abstand konzentrisch zu dem Brennpunkt (F) auf der Oberfläche eines Kugelschichtkörpers oder mit einem radialen Abstand zu dem Brennring (R) auf der Oberfläche eines Torus angeordnet sind.

2. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Linsenring (110) mindestens eine auf einen Brennring (r1) fokussierende Linse aufweist und dass ein Prismenring (111) mindestens zwei auf einen Brennring (r1) fokussierende Prismen aufweist, wobei ein Linsenring (110) oder ein Prismenring (111) entweder als ein von der transparenten Hülle (22) unabhängiges Element ausgebildet ist oder mit der transparenten Hülle (22) zu einem vakuumdichten Glasbehälter verbunden ist.

3. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Absorberrohr (20) einen von einem Wärmeträgerfluid (21) durchströmten, mit Vor- und Rücklauf versehenen Absorberkolben (200) aufweist, der konzentrisch zu dem Brennpunkt (F) oder zu dem Brennring (R) einer primären Konzentradorstufe (10) angeordnet ist und von einer transparenten Hülle (22) umgeben wird, wobei ein Vakuum (V) zwischen dem Absorberkolben (200) und der transparenten Hülle (22) vorgesehen ist.

4. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Absorberrohr (20) eine von einem Wärmeträgerfluid (21) durchströmte, mit Zu- und Ableitung versehene Absorberringleitung (201) aufweist, die konzentrisch zu dem Brennring (R) einer primären Konzentradorstufe (10) angeordnet ist und von einer transparenten Hülle (22) umgeben wird, wobei ein Vakuum (V) zwischen der Absorberringleitung (201) und der transparenten Hülle (22) vorgesehen ist.

5. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmeübertrager (2) als Zweiphasen-Thermosyphon (24) ausgebildet ist, der einen in den Absorberkolben (200) integrierten und gegenüber der Atmosphäre hermetisch abgeschlossenen, mit einem Unterdruck (U) beaufschlagten und mit einem phasenwechselnden Arbeitsmedium befüllten Arbeitsraum (240) aufweist, an dessen unterem Ende sich die von den PV-Zellen (12) erzeugte Wärmequelle (241) und an dessen oberem Ende sich die von einem in einem berippten Wärmeträgerrohr (243) geführten Wärmeträgerfluid (21) gebildete Wärmesenke (242) befinden.

6. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zweiphasen-Thermosyphon (24) eine Strömungsleiteneinrichtung (244) aufweist, die dazu ausgebildet ist, die Wärmequelle (241) am unteren Ende des Zweiphasen-Thermosyphons (24) mit der Flüssigphase des Arbeitsmediums vollständig zu benetzen, wobei sich das Arbeitsmedium in einem Zwischenraum (247) zwischen der Innenseite des Absorberkolbens (200) und einer konzentrisch zu einer kugel- oder torusförmigen Erweiterung des Absorberkolbens (200) angeordneten Dampfbremse (245) sammelt, um bei Wärmeeintrag seitens der PV-Zellen (12) die Dampfbremse (245) unter Druck zu passieren und zu dem von einem Wärmeträgerfluid (21) durchströmten, berippten Wärmeträgerrohr (243) über eine Dampfdurchtrittsöffnung (246) aufzusteigen, um an dem berippten Wärmeträgerrohr (243) zu kondensieren.

7. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die PV-Zellen (12) auf einstückig mit dem Wärmeübertrager (2) verbundenen ringförmigen Rippen (202) angeordnet sind und dass zwischen dem Wärmeübertrager (2) und den Anoden (-) und den Kathoden (+) der PV-Zellen (12) eine Isolierung (203) angeordnet ist, wobei die Sammelleitungen (204) durch isolierte Durchbrüche in den ringförmigen Rippen (202) geführt werden.

8. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anoden (-) und die Kathoden (+) der PV-Zellen (12) jeweils in Sammelleitungen (204) zusammengefasst sind und innerhalb der transparenten Hülle (22) mit einem Anodenring (221) und einem Kathodenring (222) verbunden und durch einen Elektroanschluss (223) in der transparenten Hülle (22) über einen Gleichspannungswandler (23) an ein externes Stromkabel angeschlossen sind.

9. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Sonnenkollektor (1) ein Kollektorgehäuse (13) mit einer transparenten Abdeckung (130) aus Glas mit einer ebenen, gewölbten oder sphärischen Form aufweist und z. B. als einzelner Kugelkollektor oder als ein aus einer Vielzahl von Sonnenkollektoren (1) aufgebautes Kollektormodul ausgebildet ist.

10. Sonnenkollektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein aus einer Vielzahl von Sonnenkollektoren (1) aufgebautes Kollektormodul mit einem Abstand zu einem Baugrund angeordnet ist und über einen Mast (14) mit einer Zisterne (15) verbunden ist, wobei ein Kollektormodul als Regensammler ausgebildet ist und bei Regen sensorgesteuert in eine horizontale Stellung geschwenkt wird, sodass das Wärmeträgerfluid (21) als Regenwasser in der Zisterne (15) gesammelt und über ein Rückkühlregister (25) im Baugrund gekühlt werden kann.

Es folgen 23 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

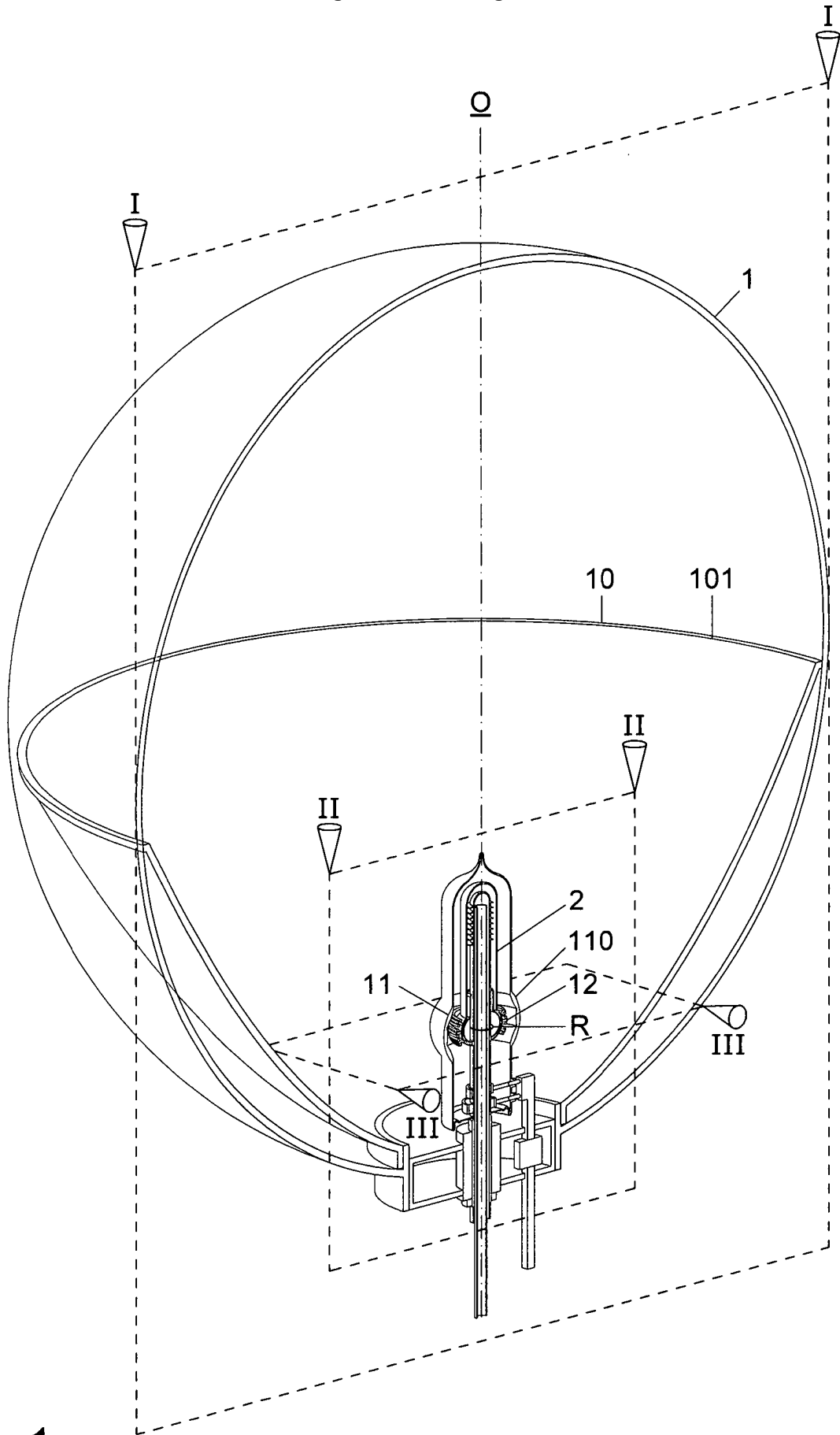
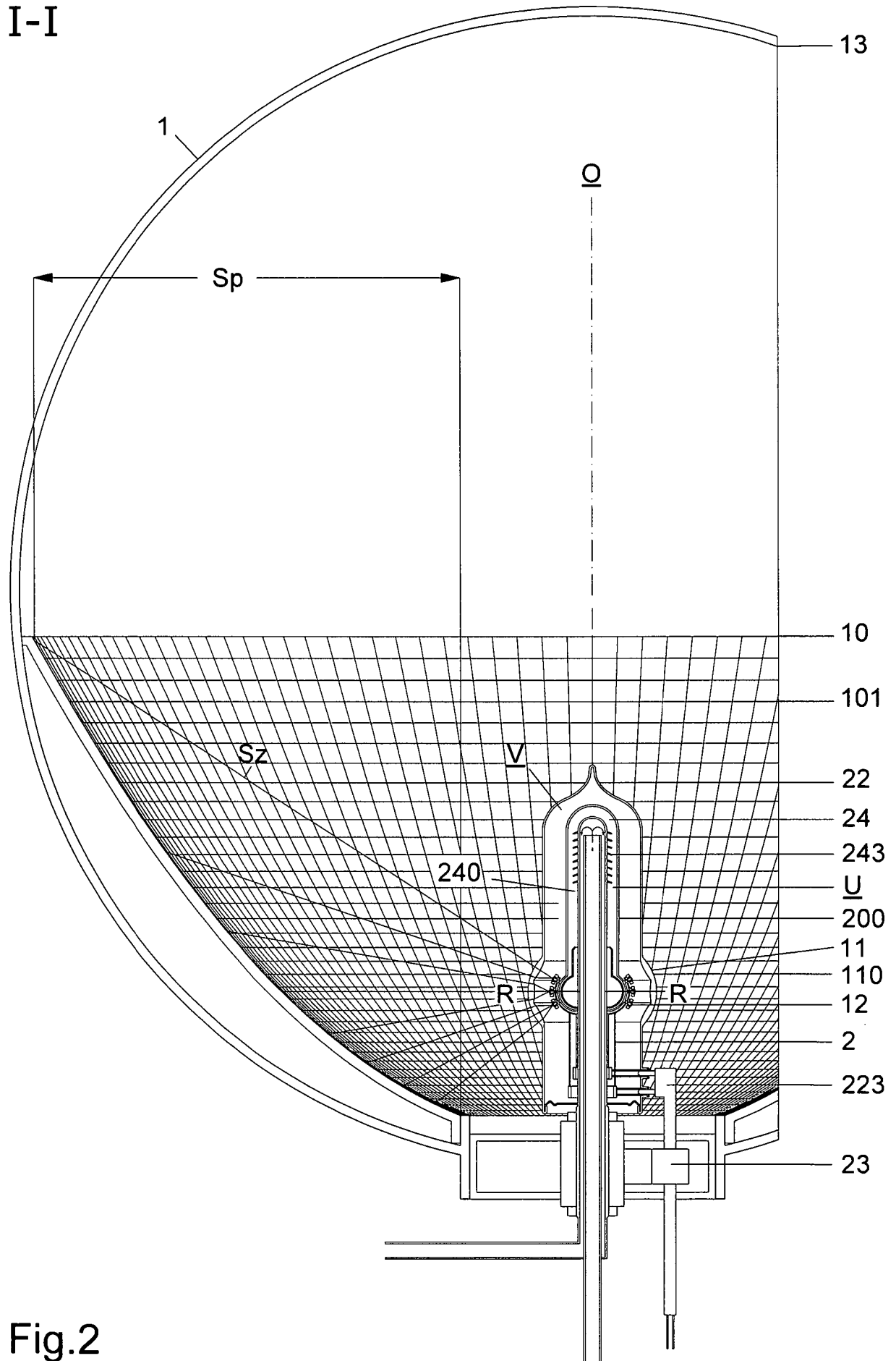


Fig.1



II-II

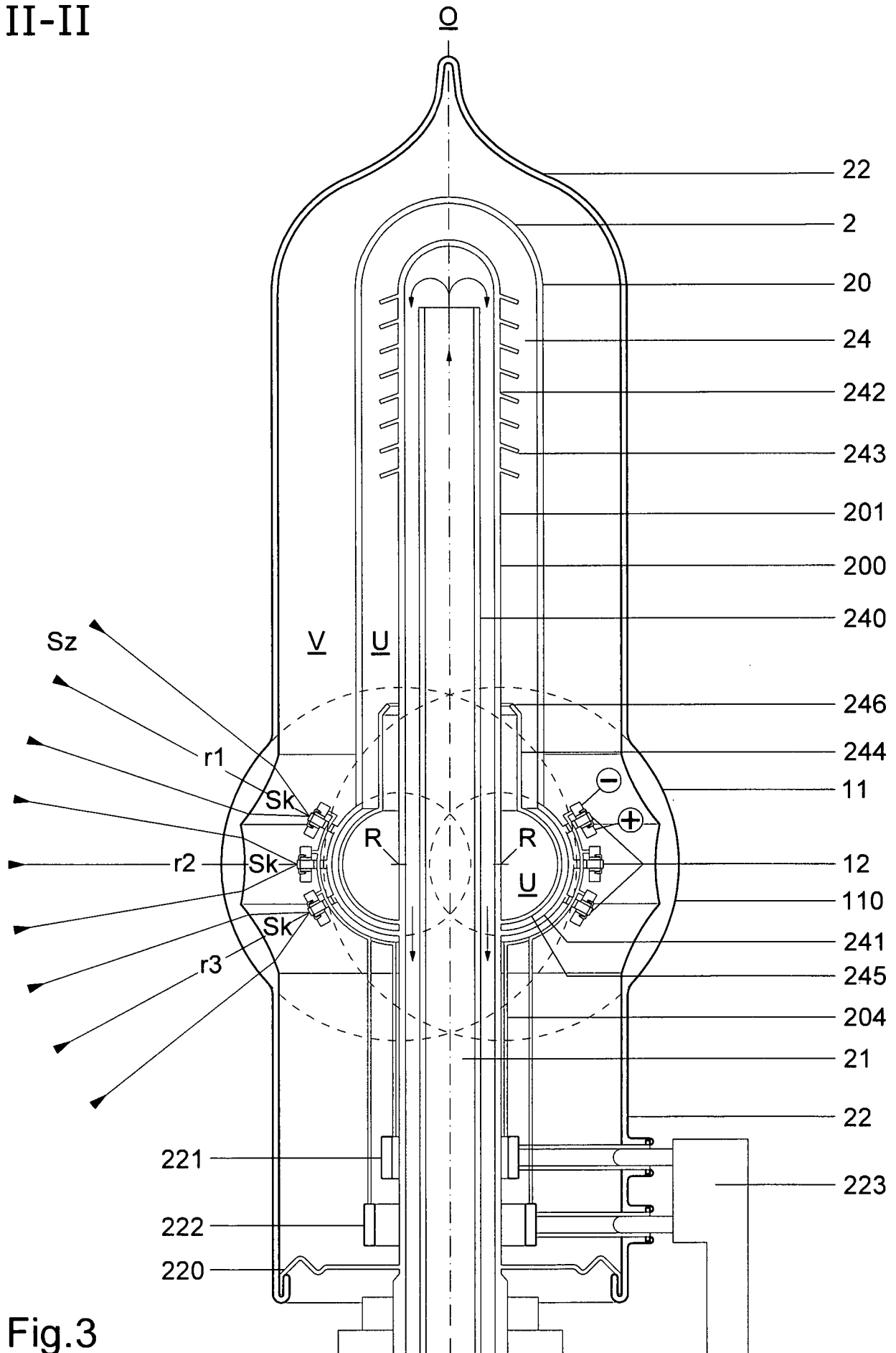


Fig.3

III-III

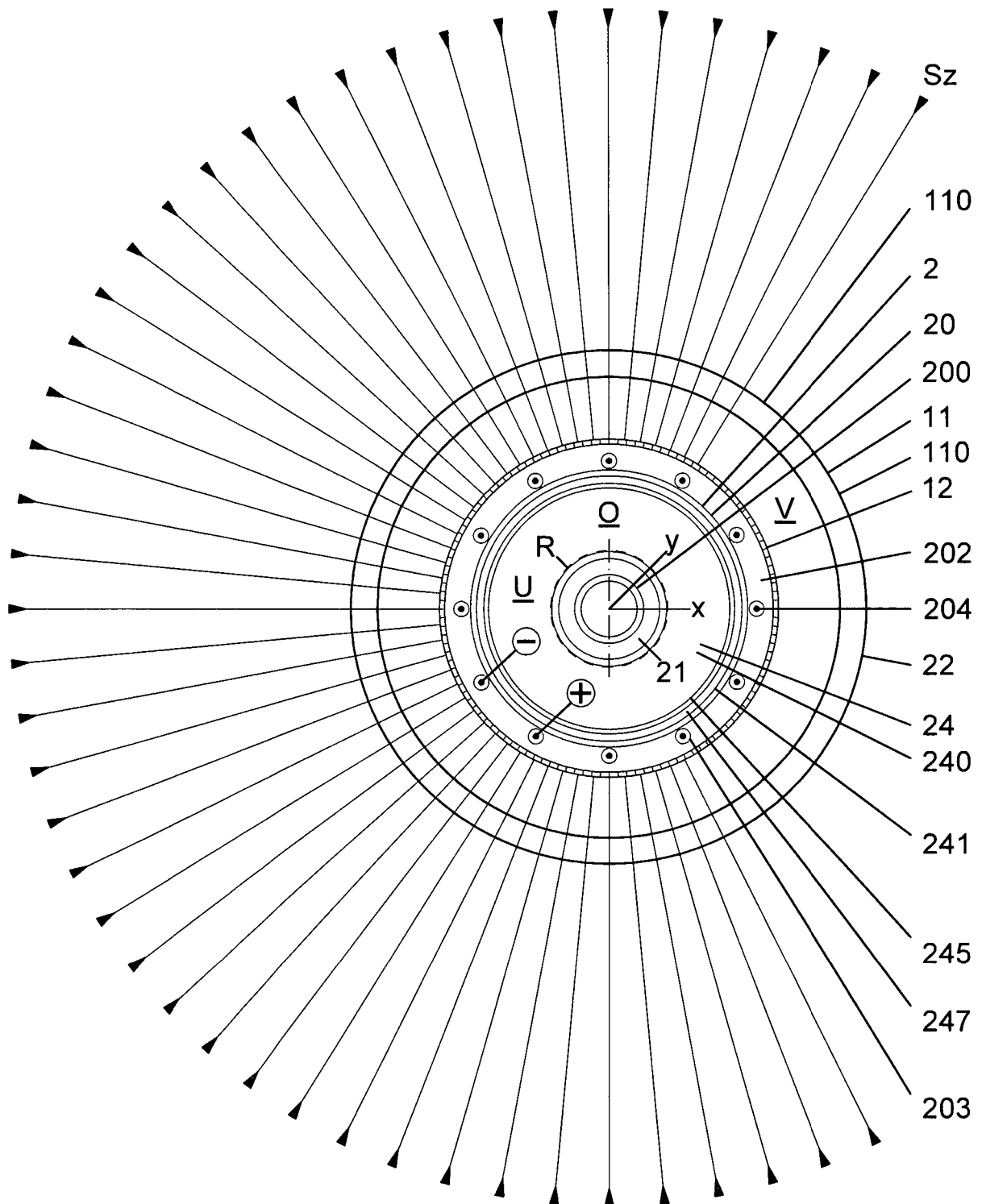


Fig.4

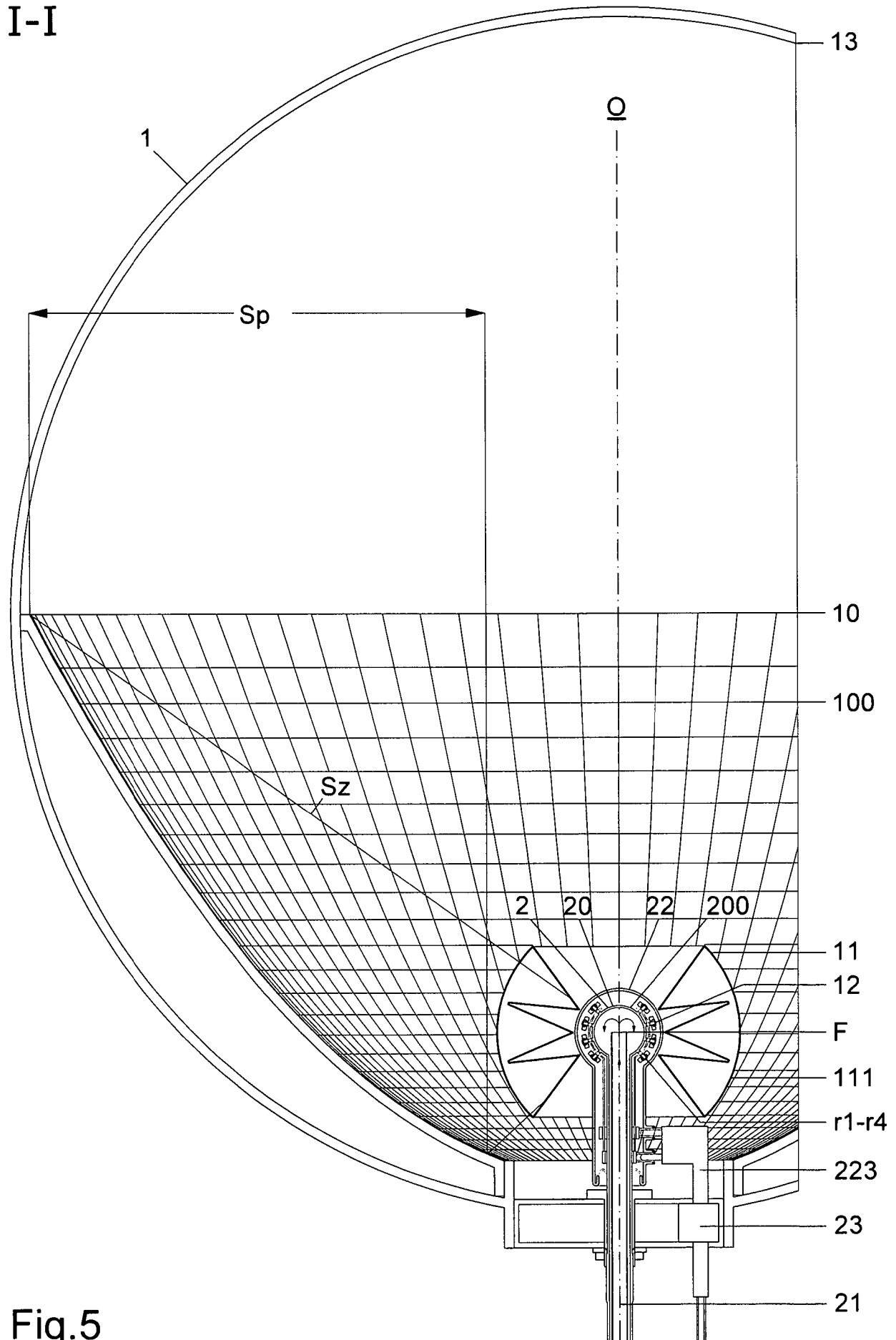


Fig.5

II-II

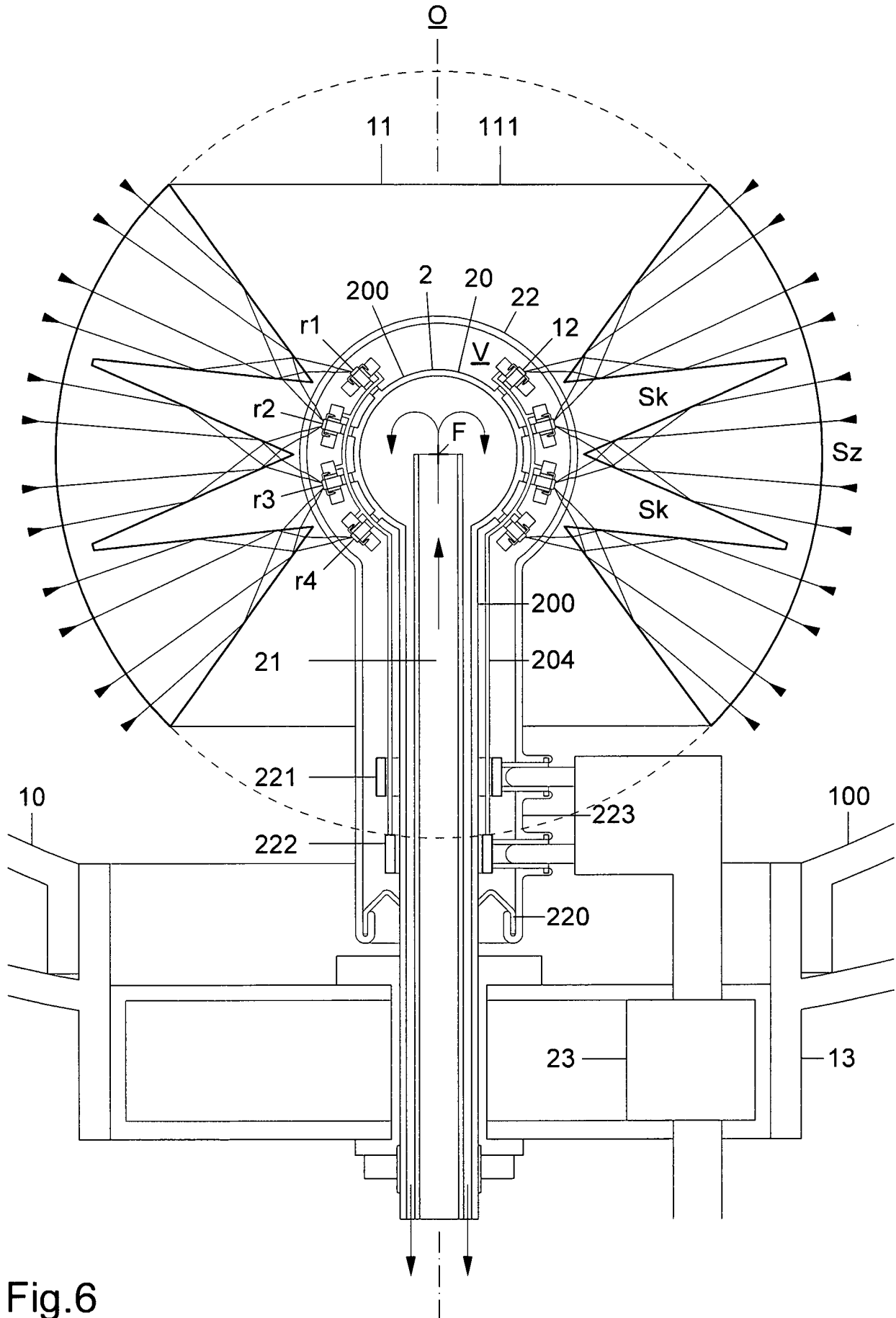


Fig.6

III-III

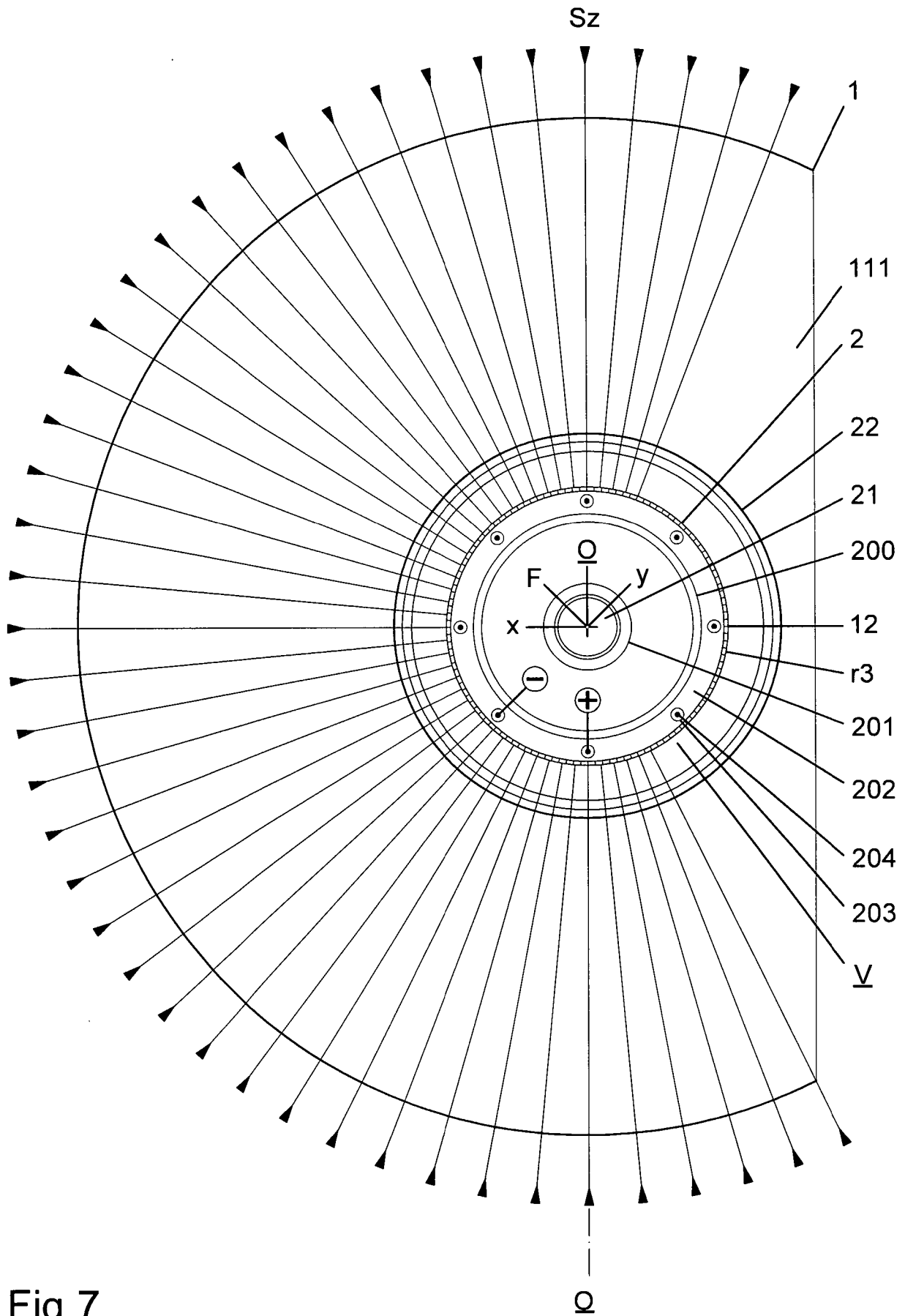
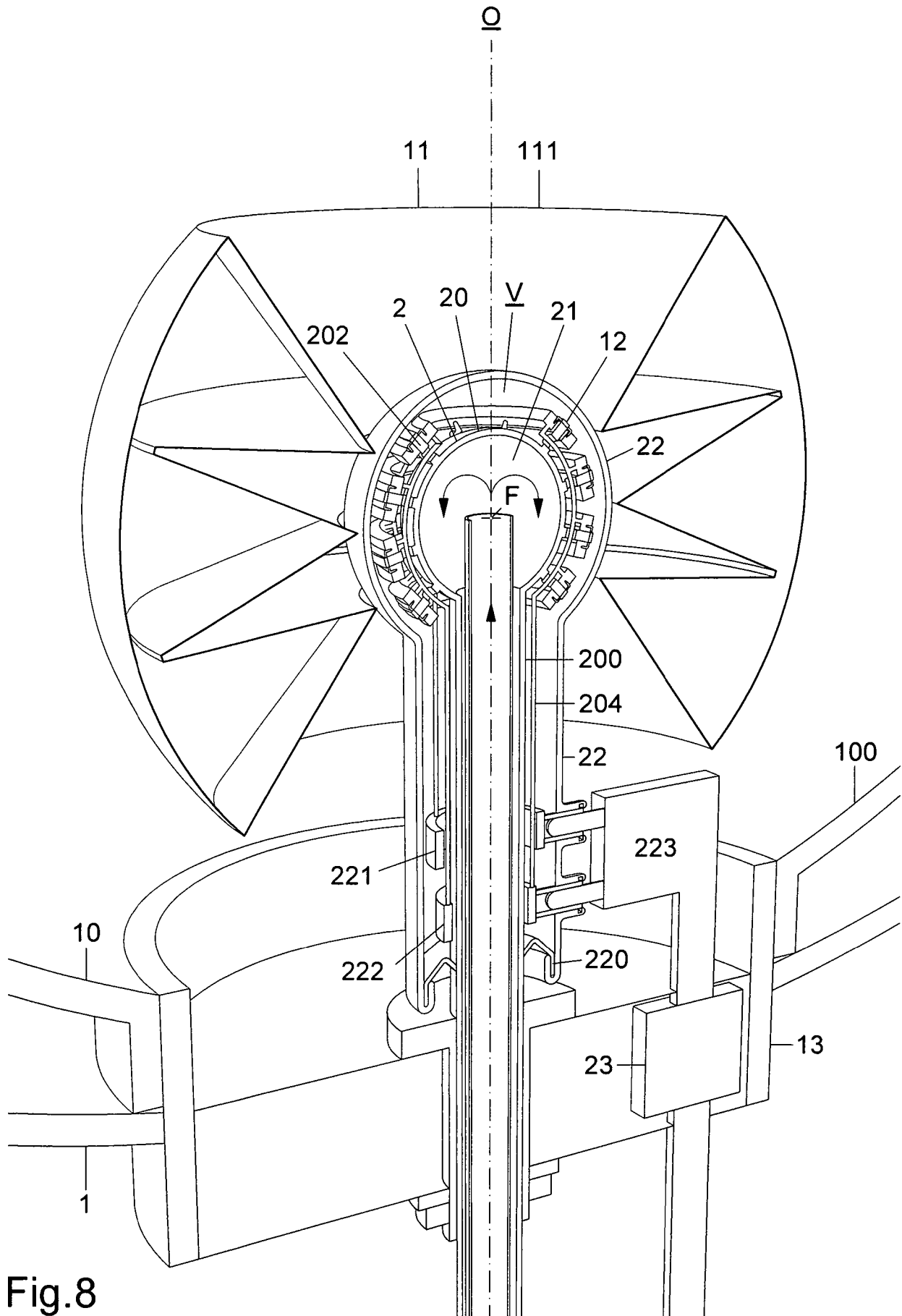


Fig.7



I-I

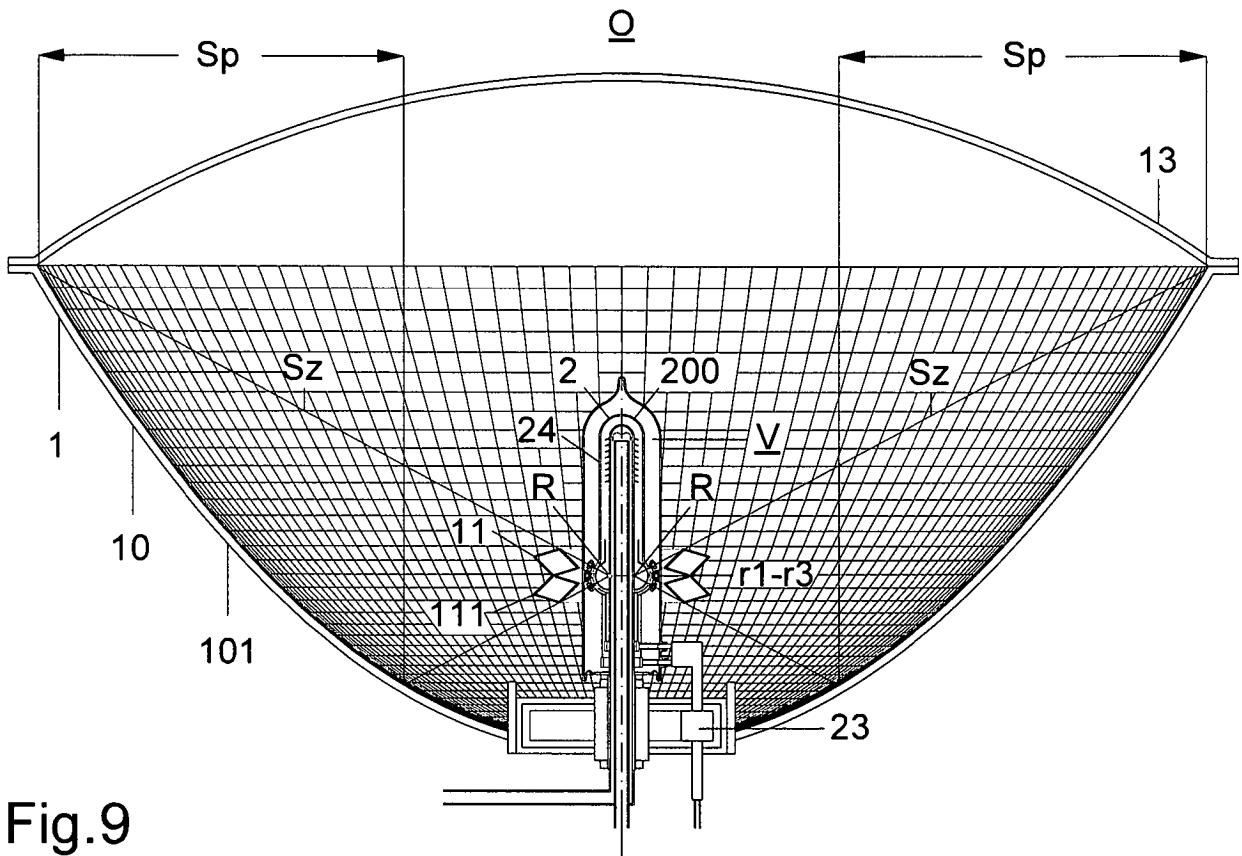


Fig. 9

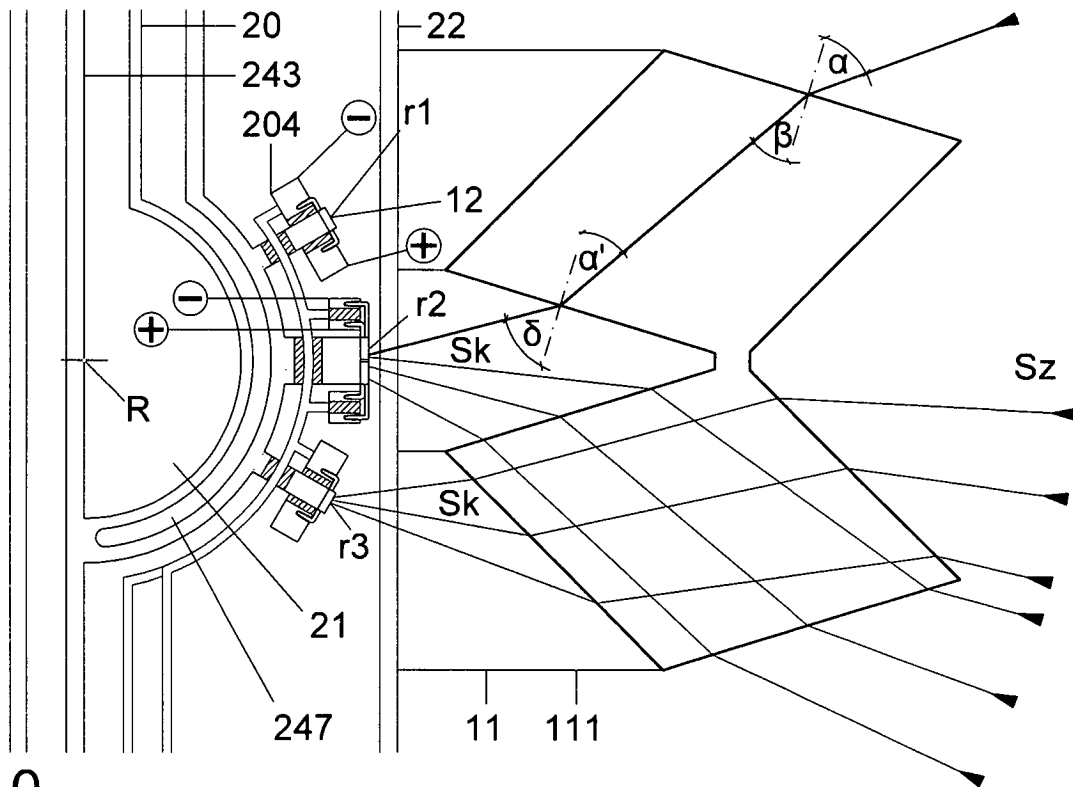


Fig. 10

II-II

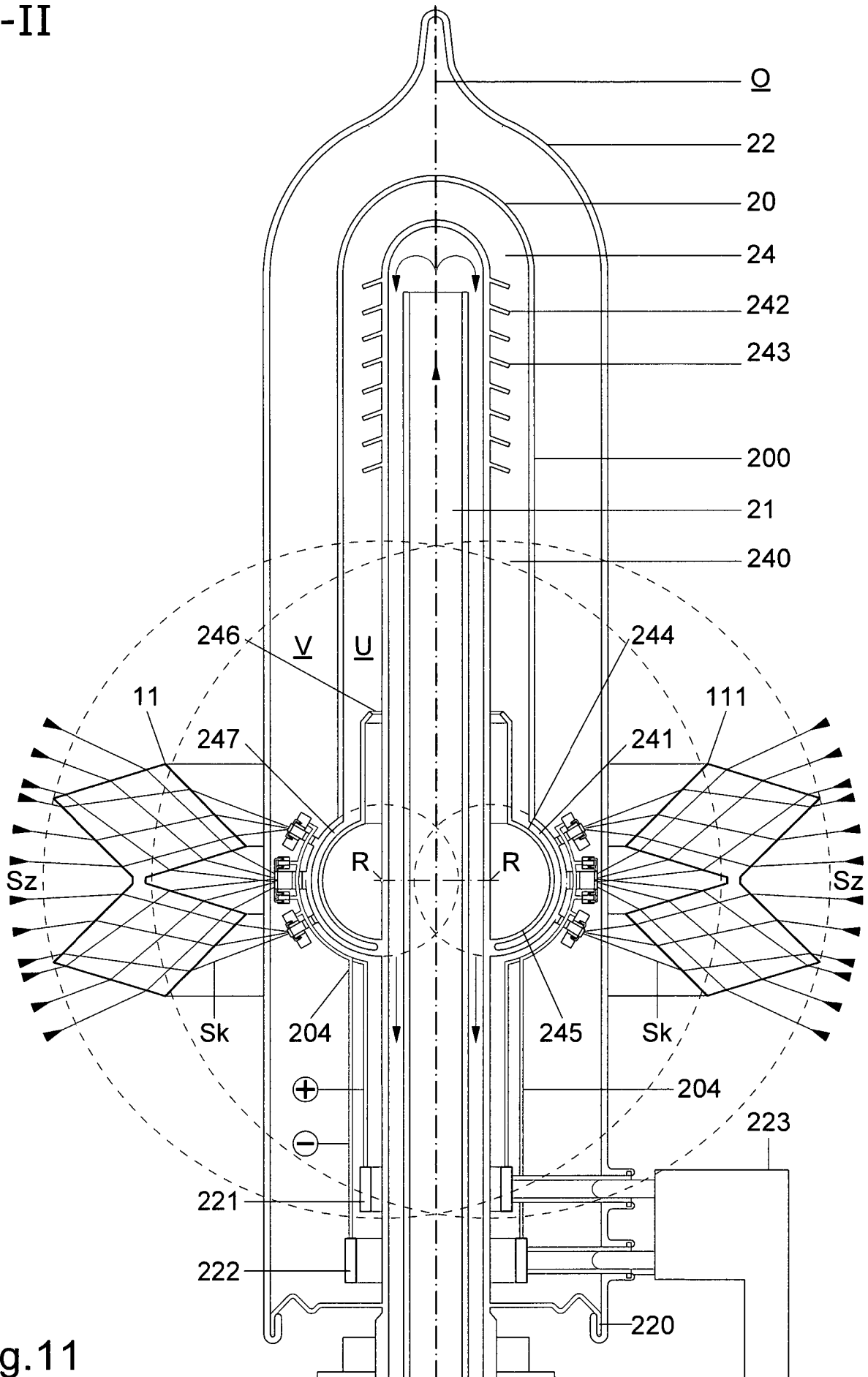


Fig.11

III-III

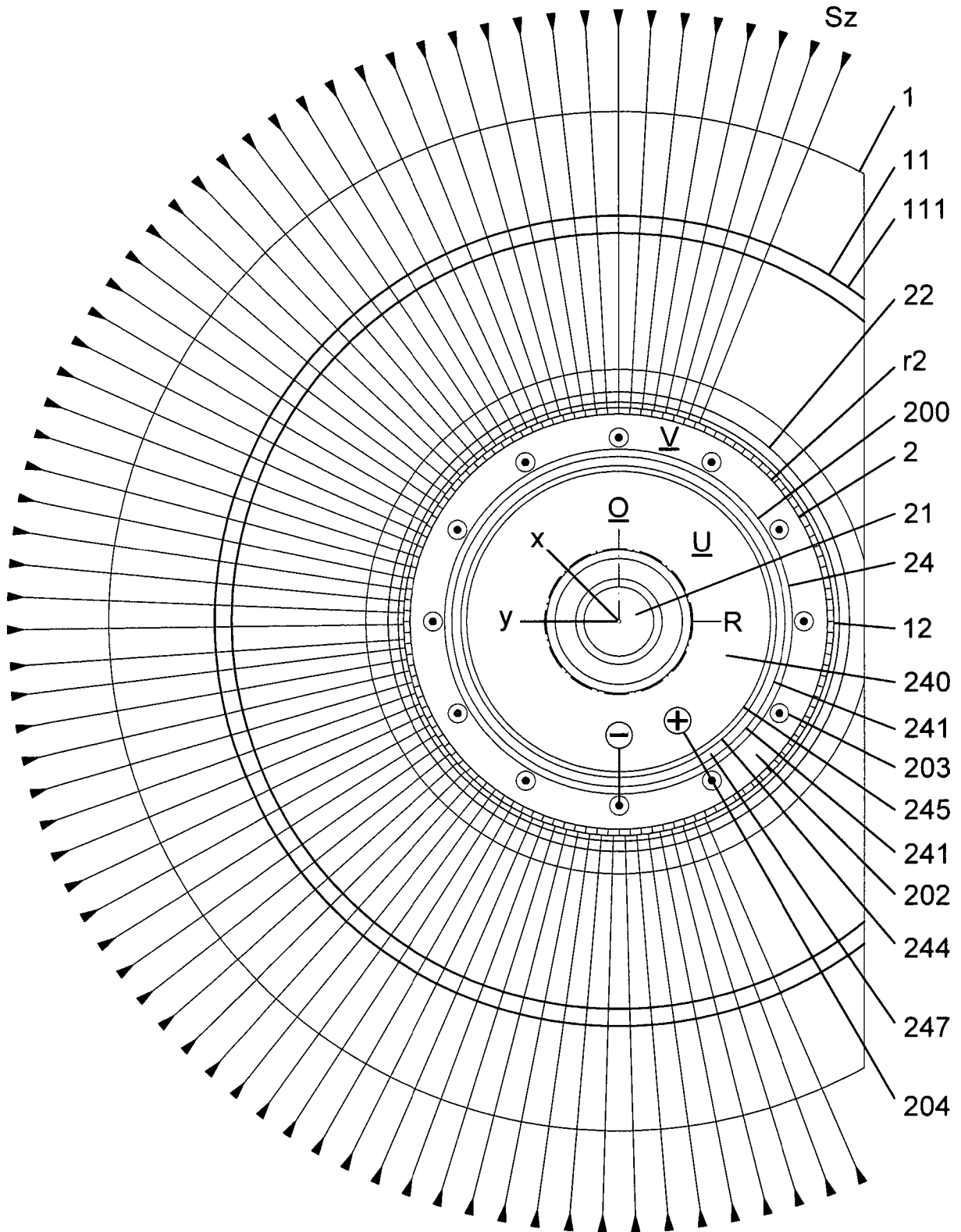
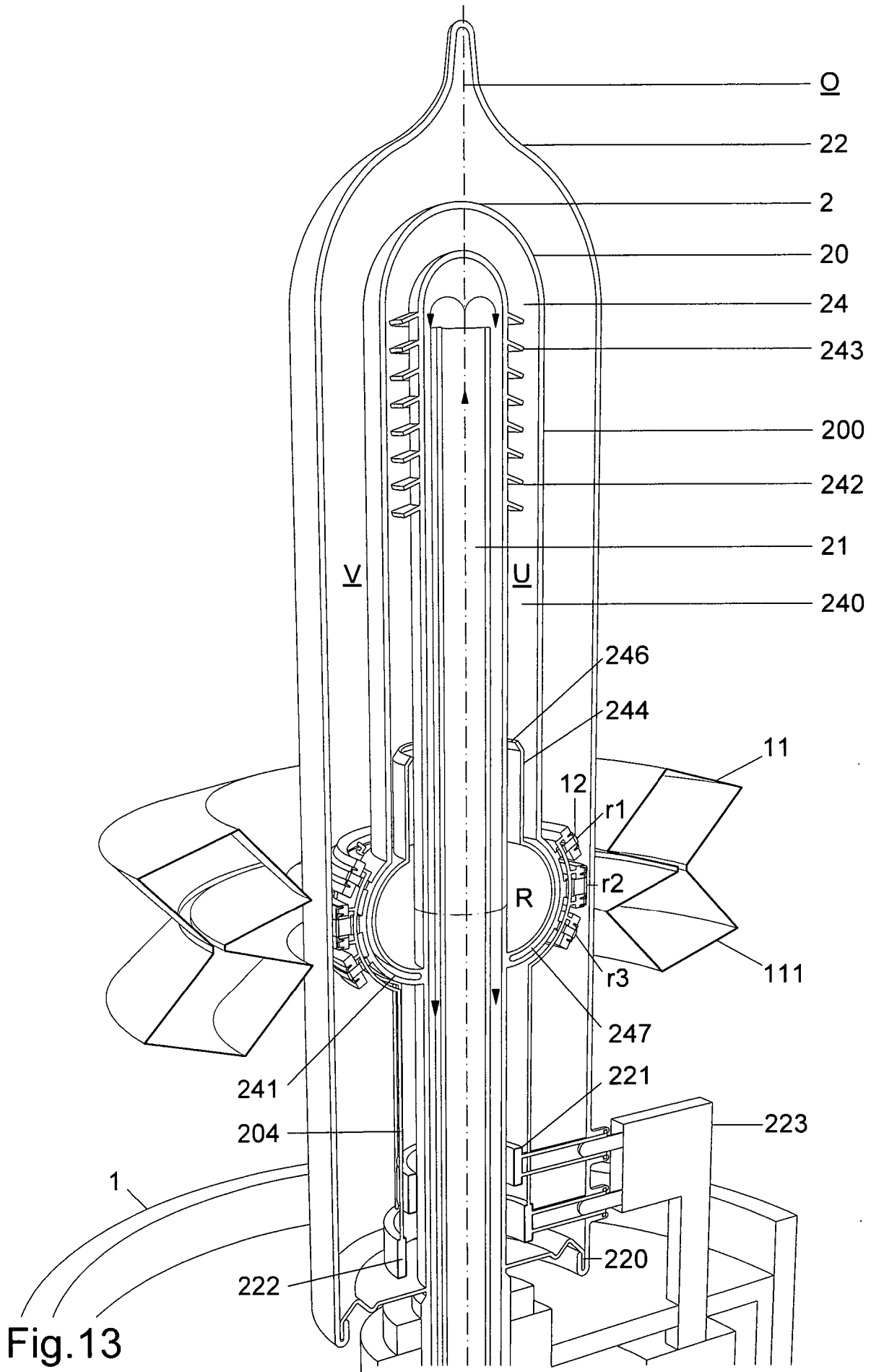


Fig.12



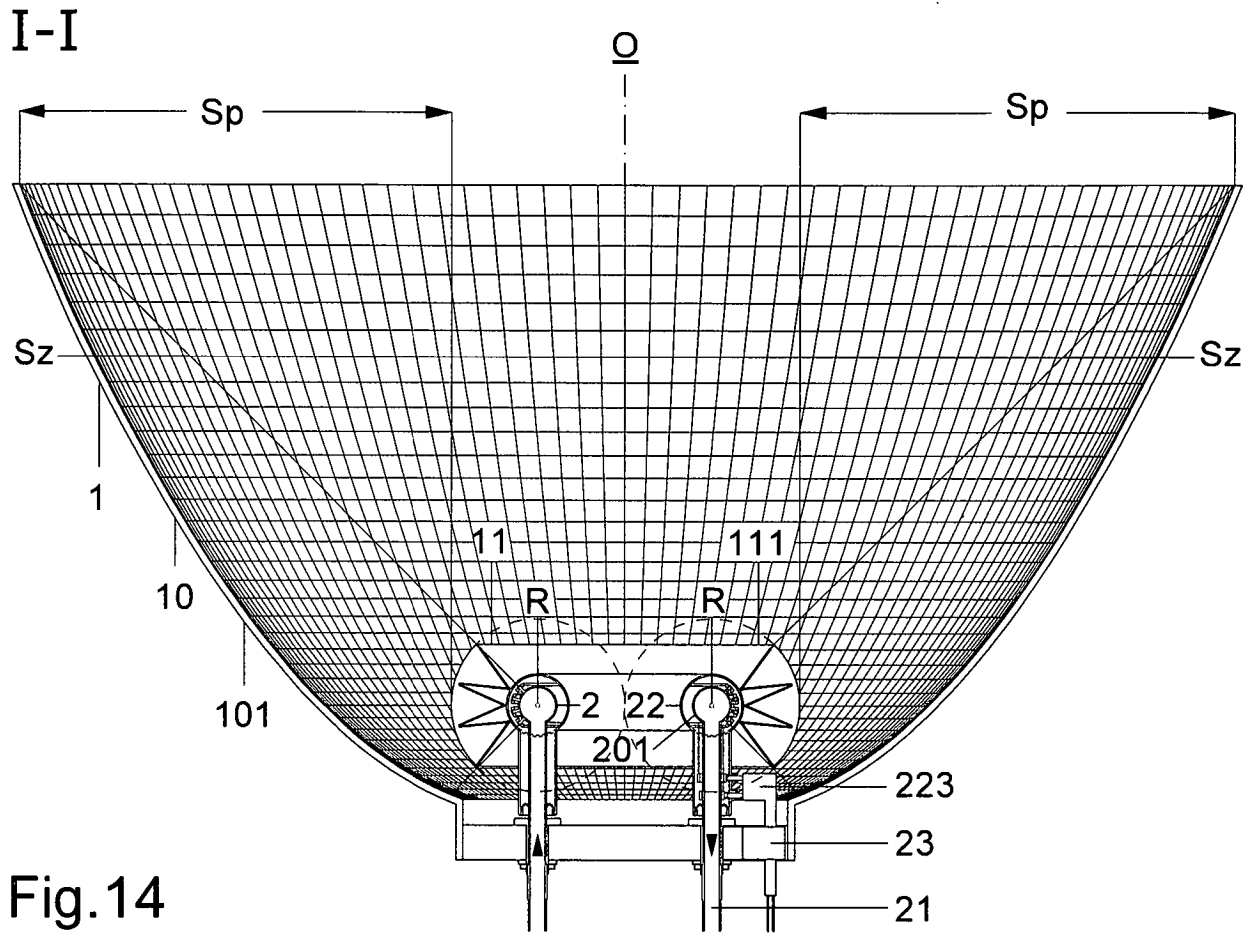


Fig.14

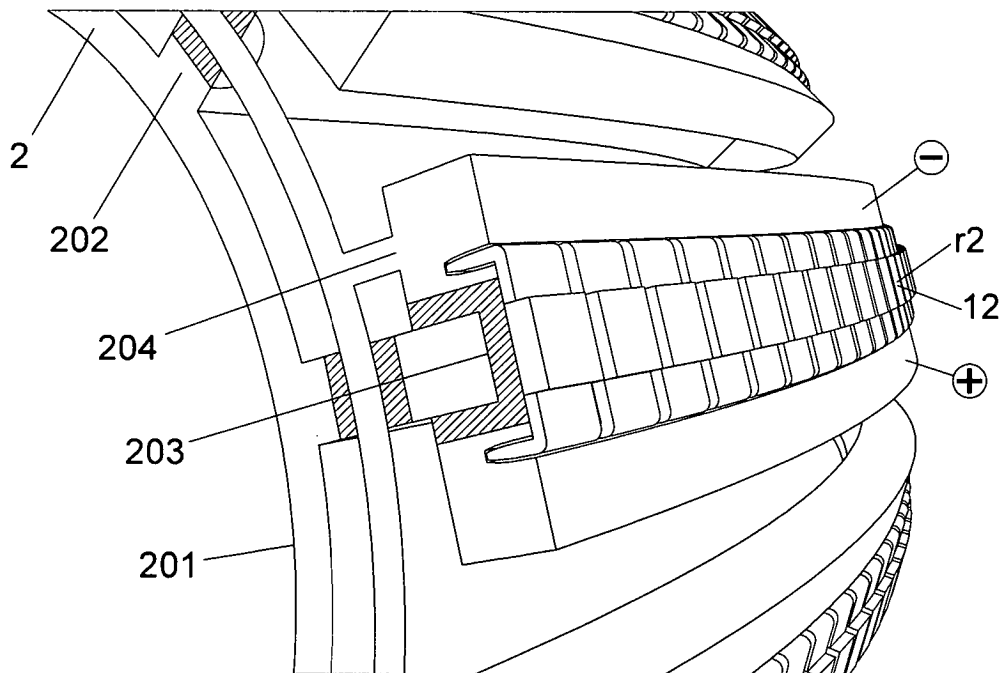


Fig.15

II-II

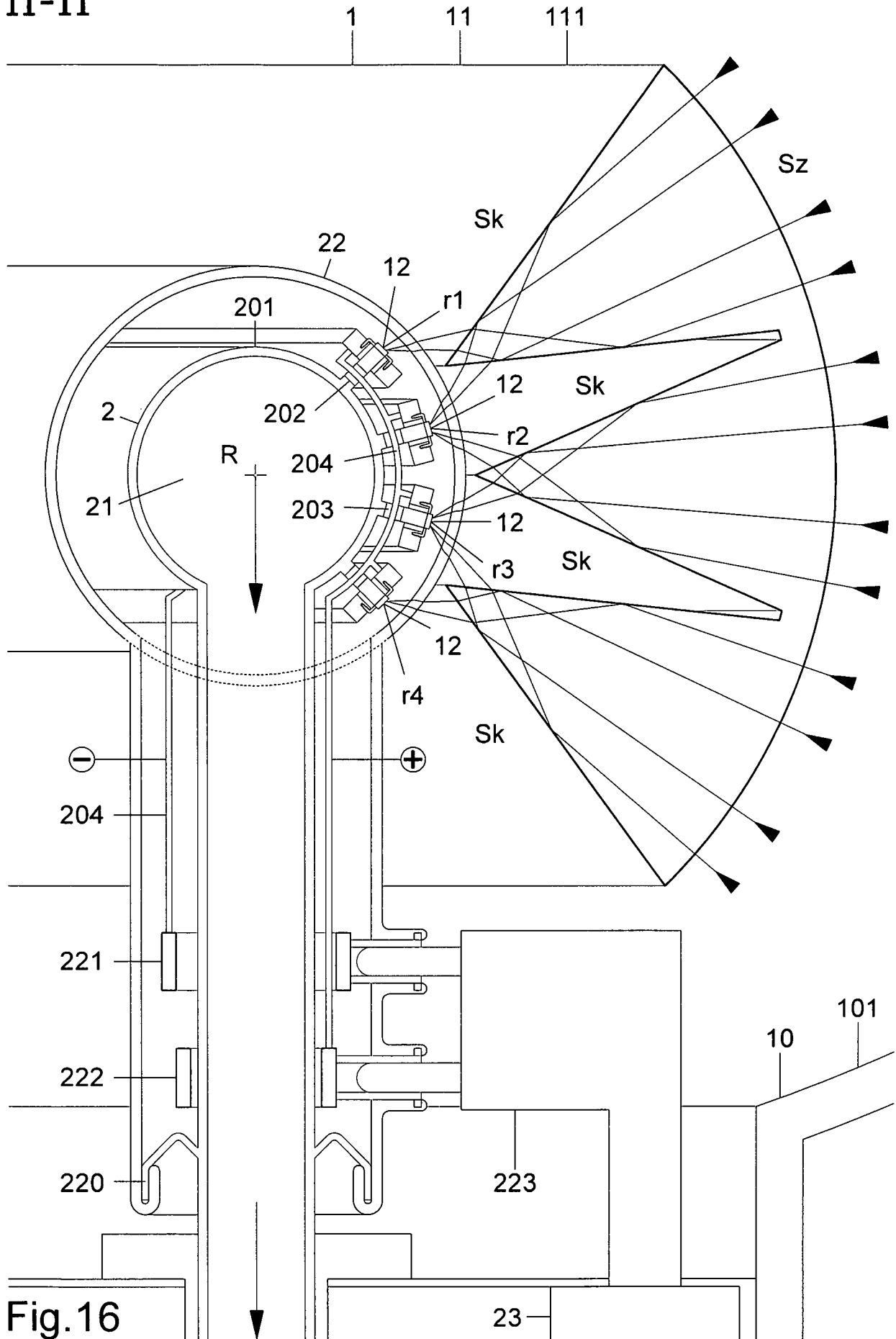


Fig.16

III-III

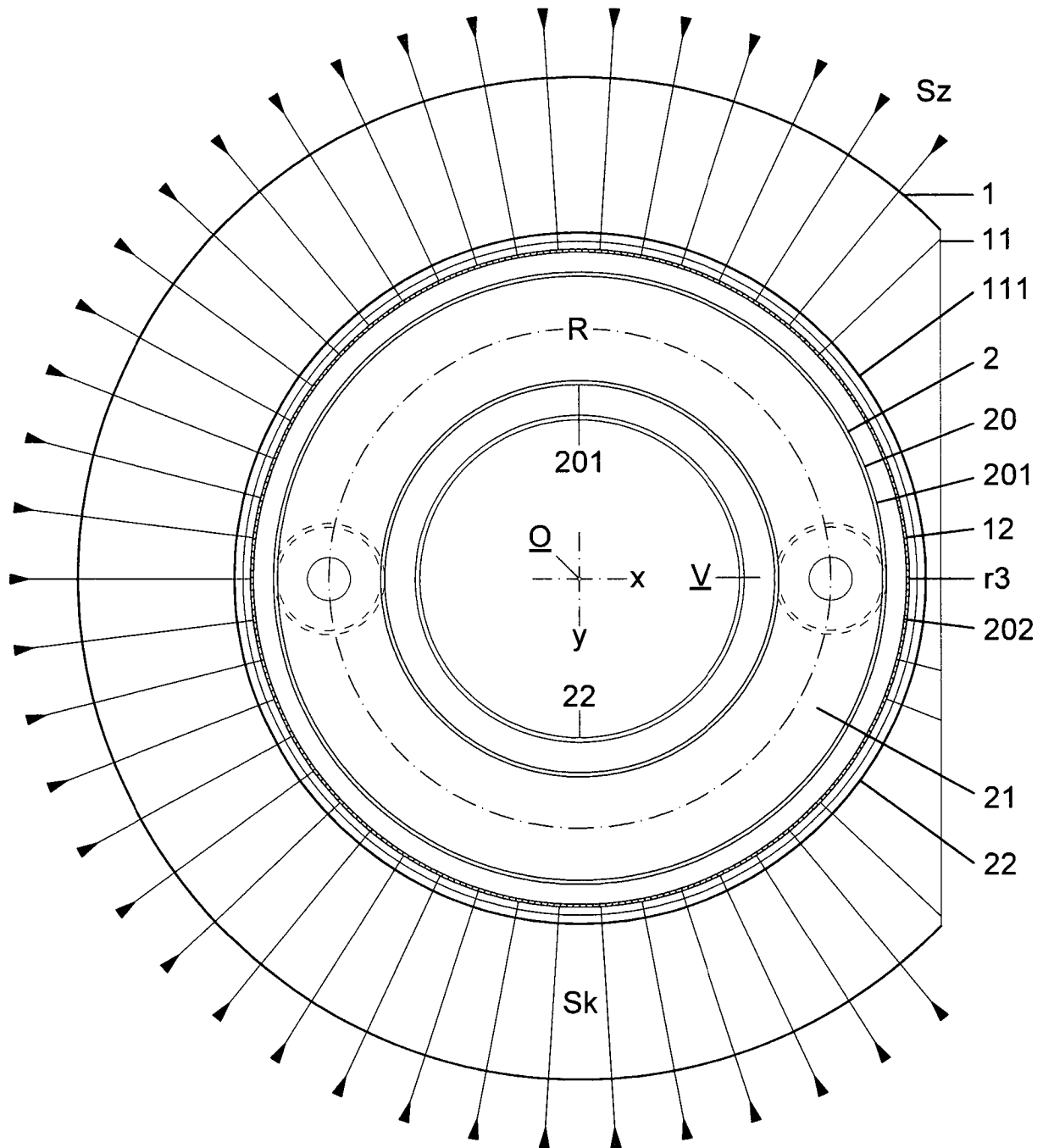


Fig.17

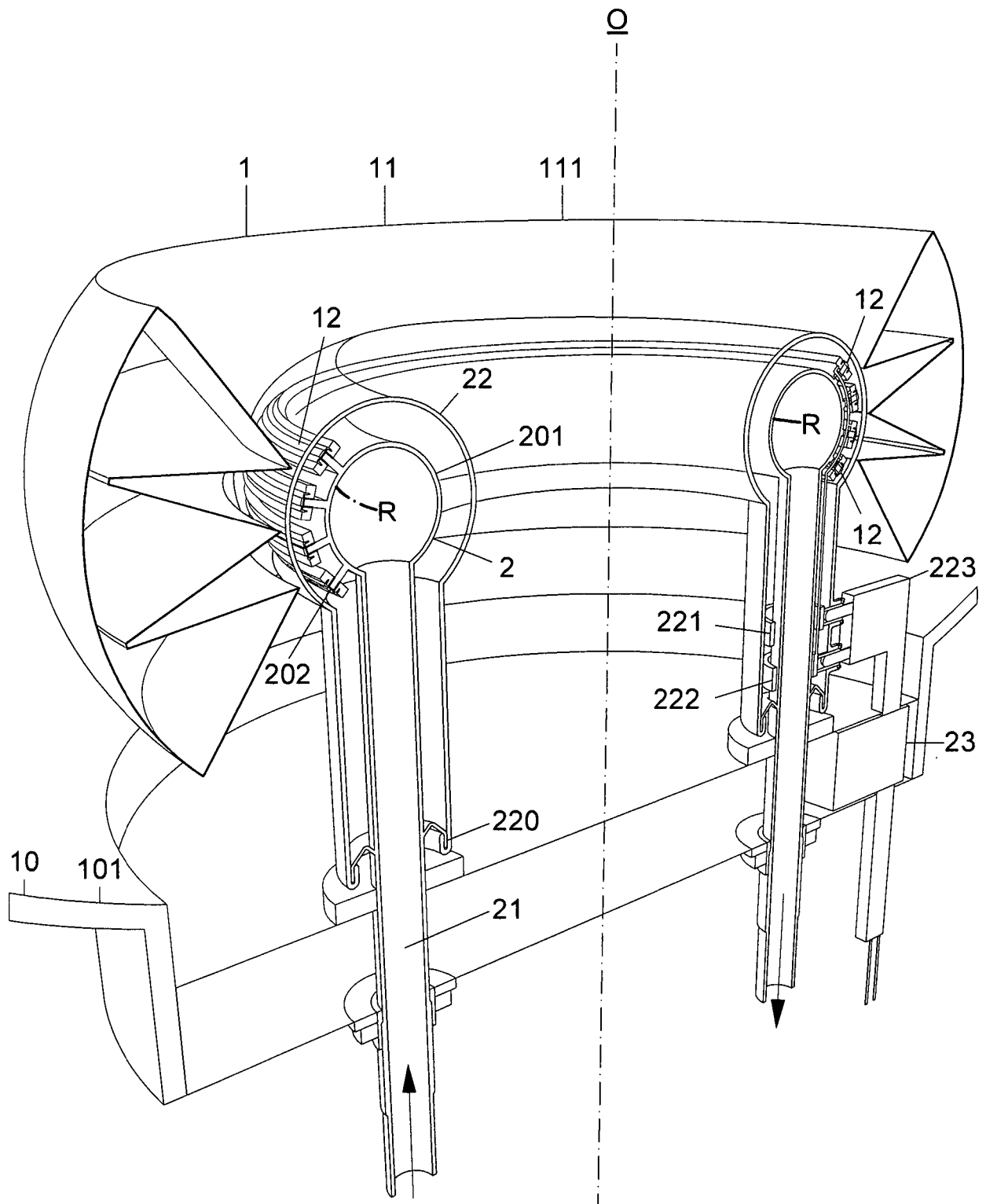


Fig.18

I-I

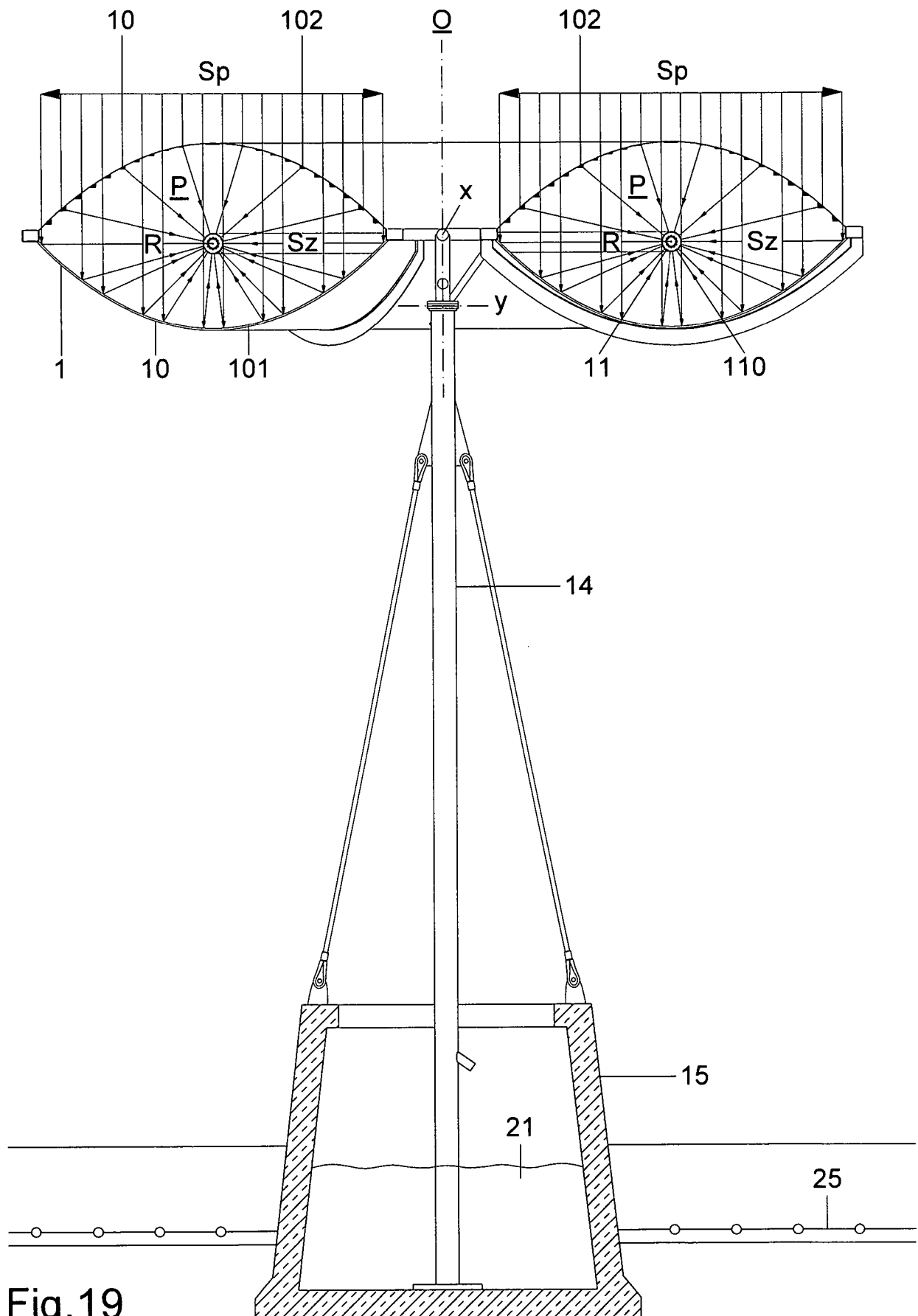


Fig.19

II-II

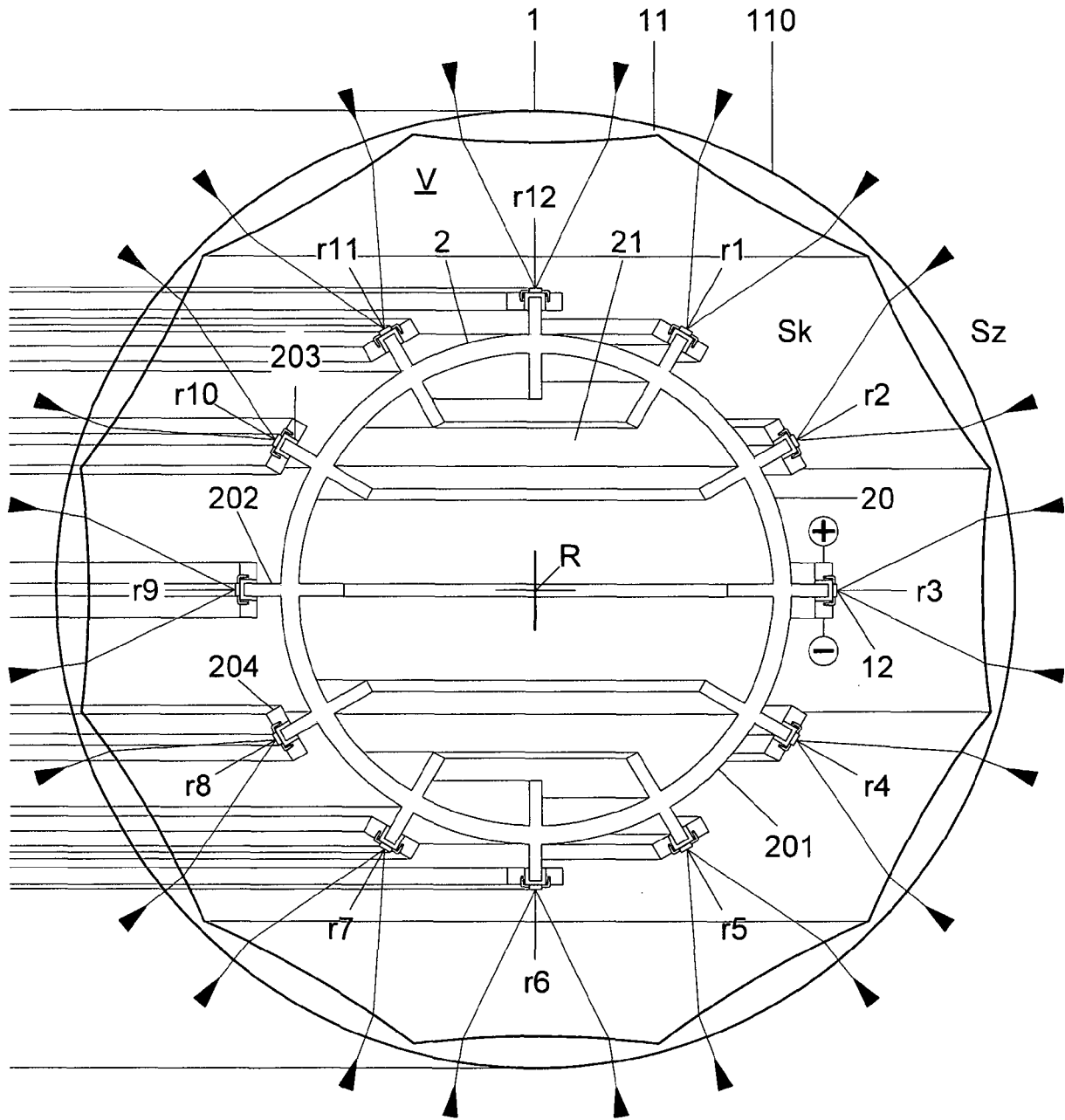


Fig.20

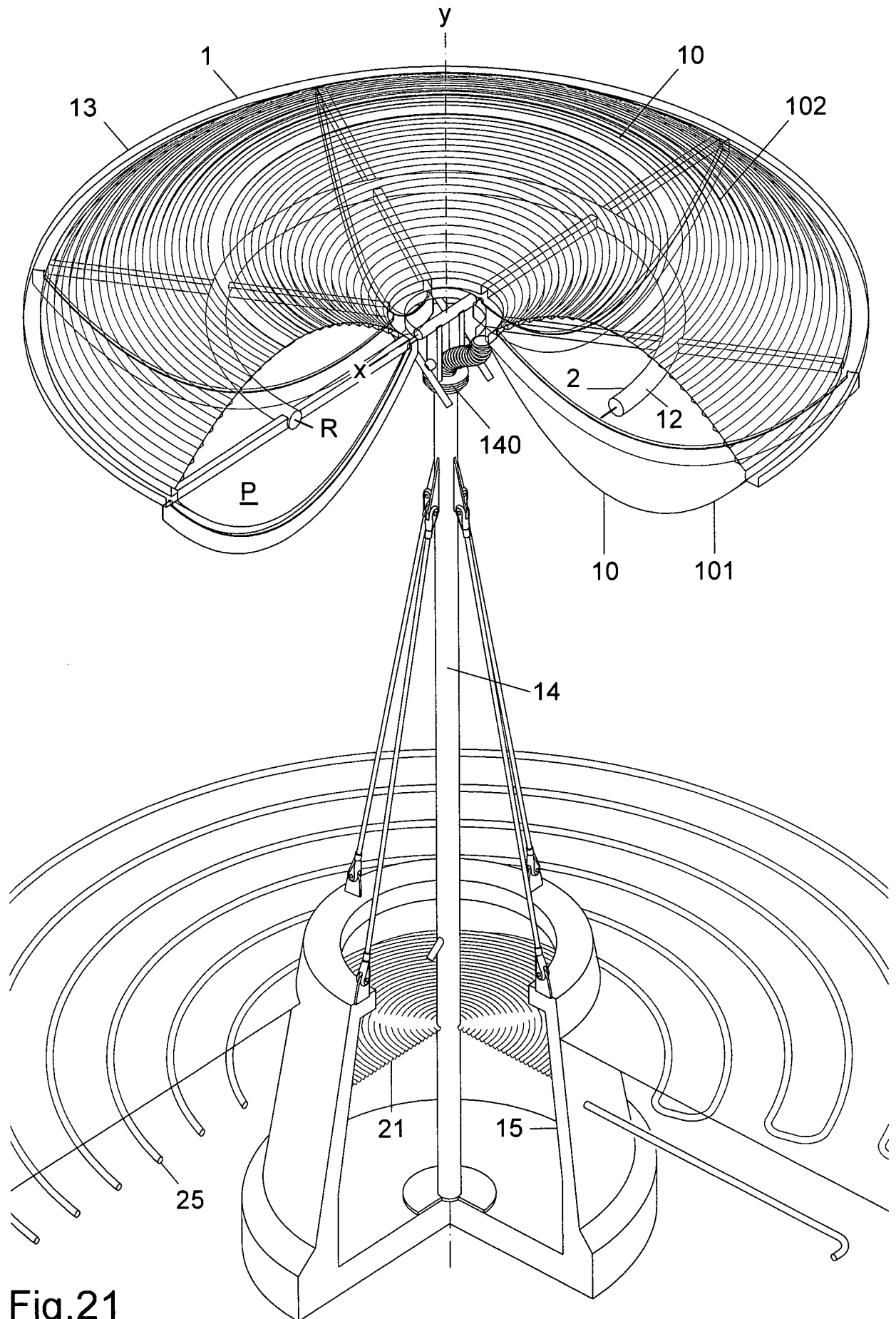


Fig.21

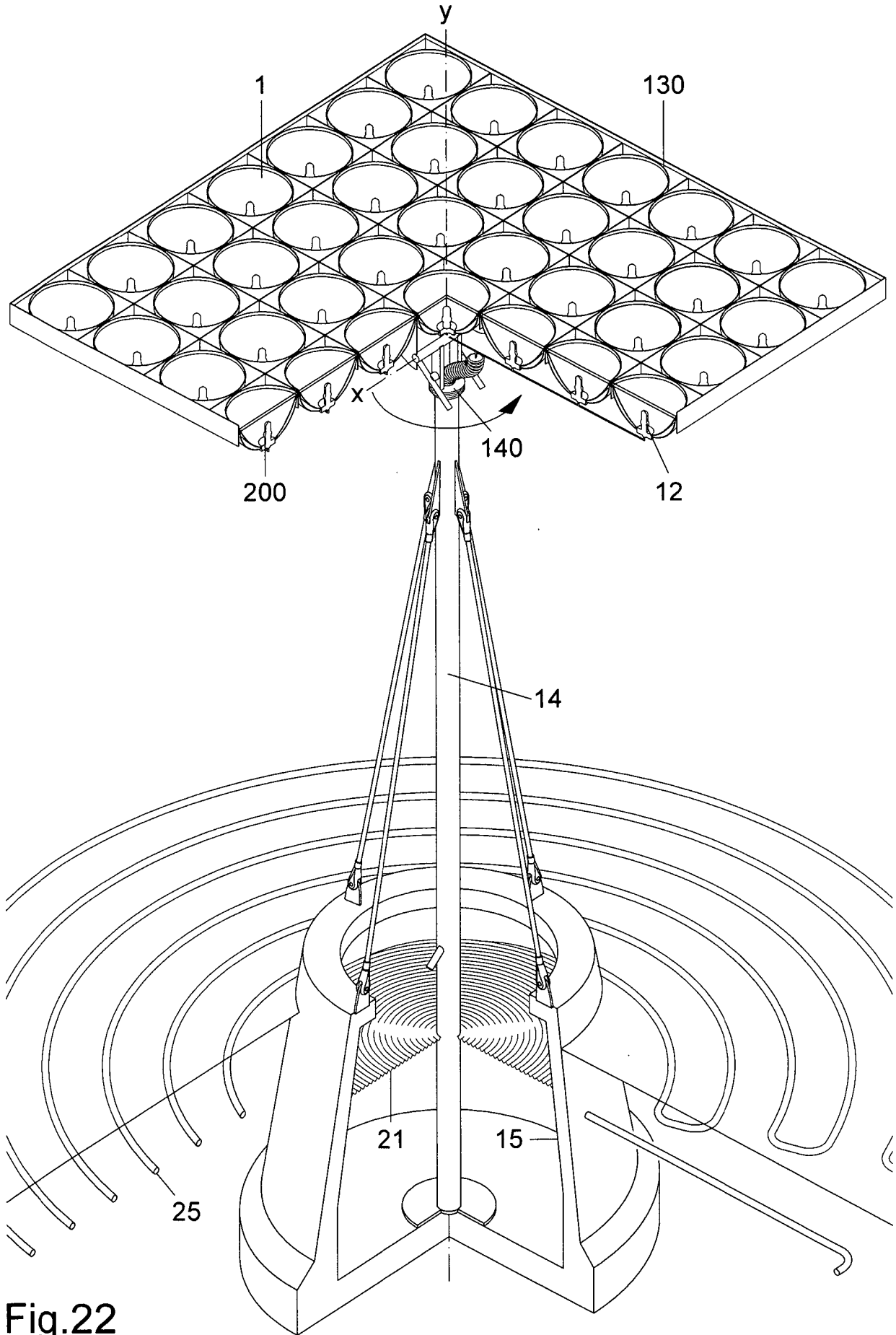


Fig.22

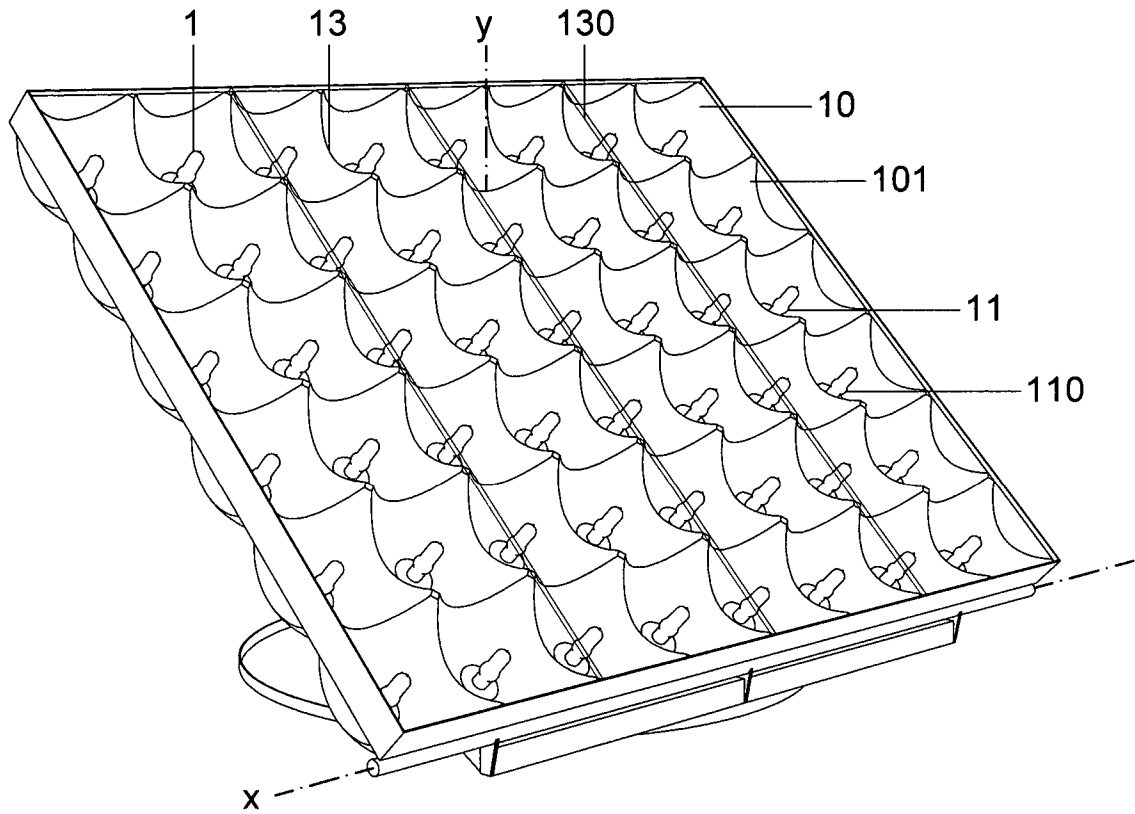


Fig. 23

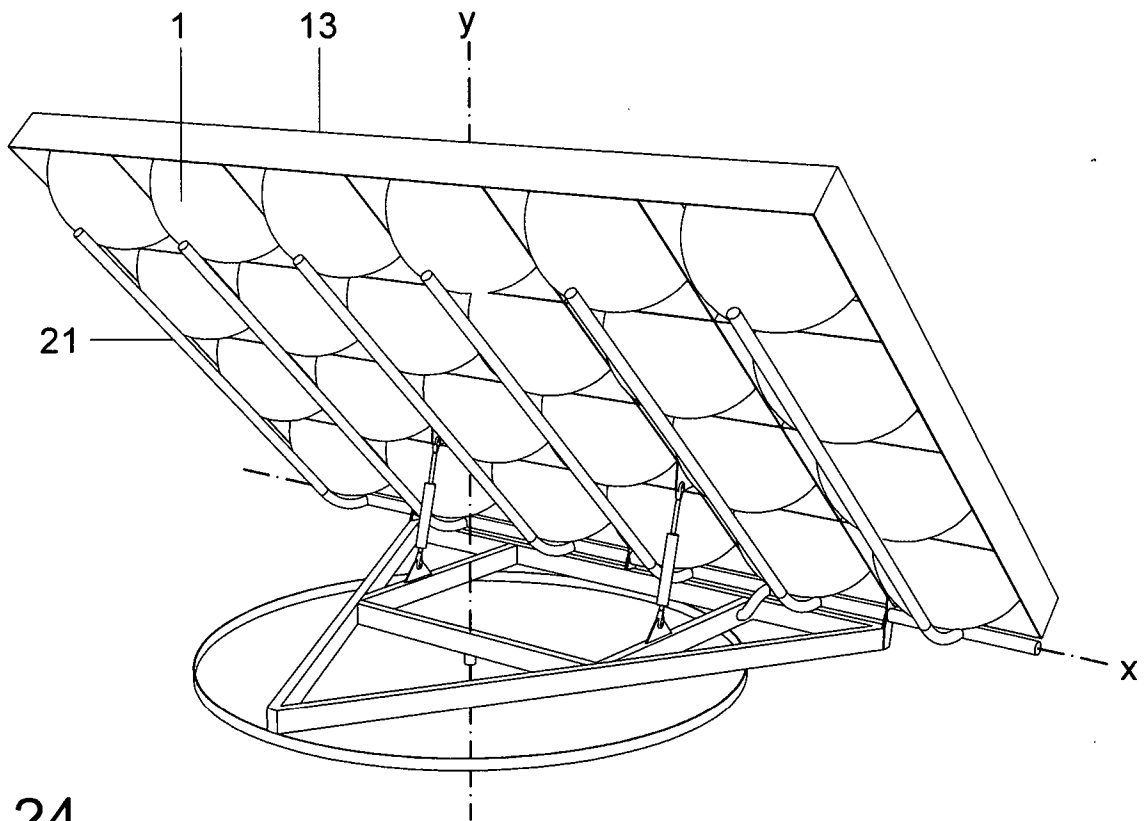


Fig. 24

I-I

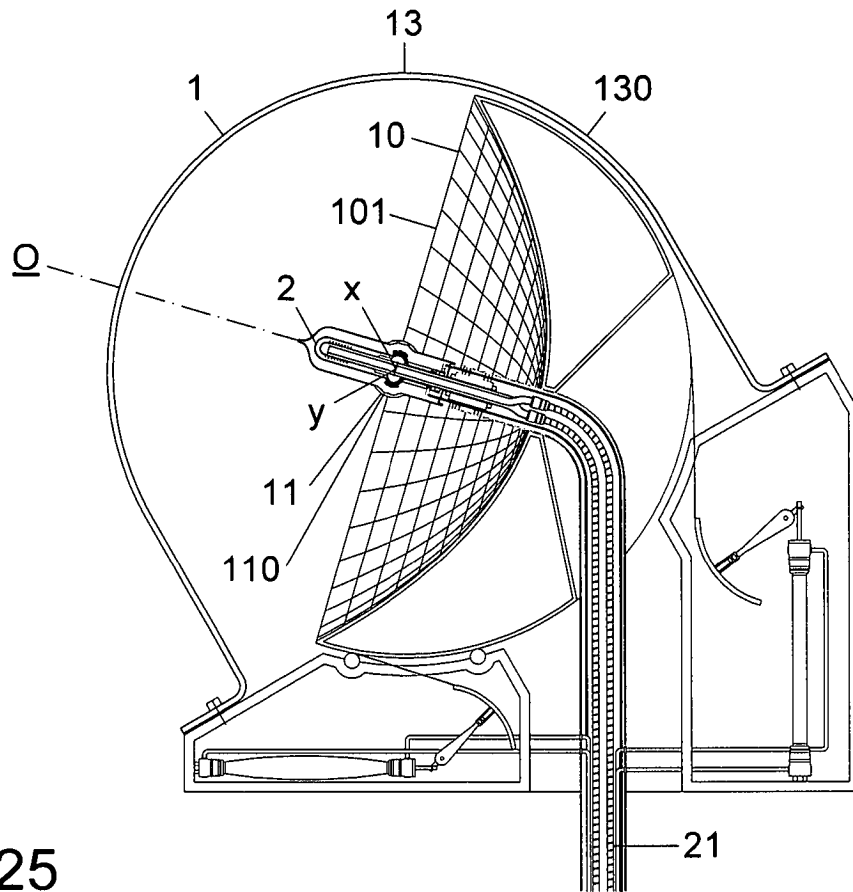


Fig. 25

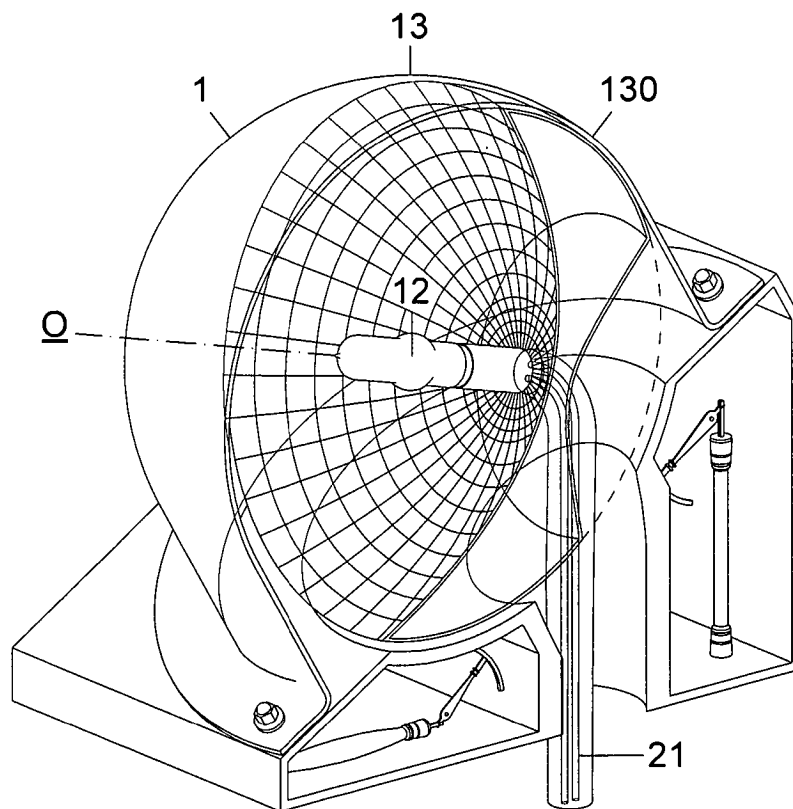


Fig. 26

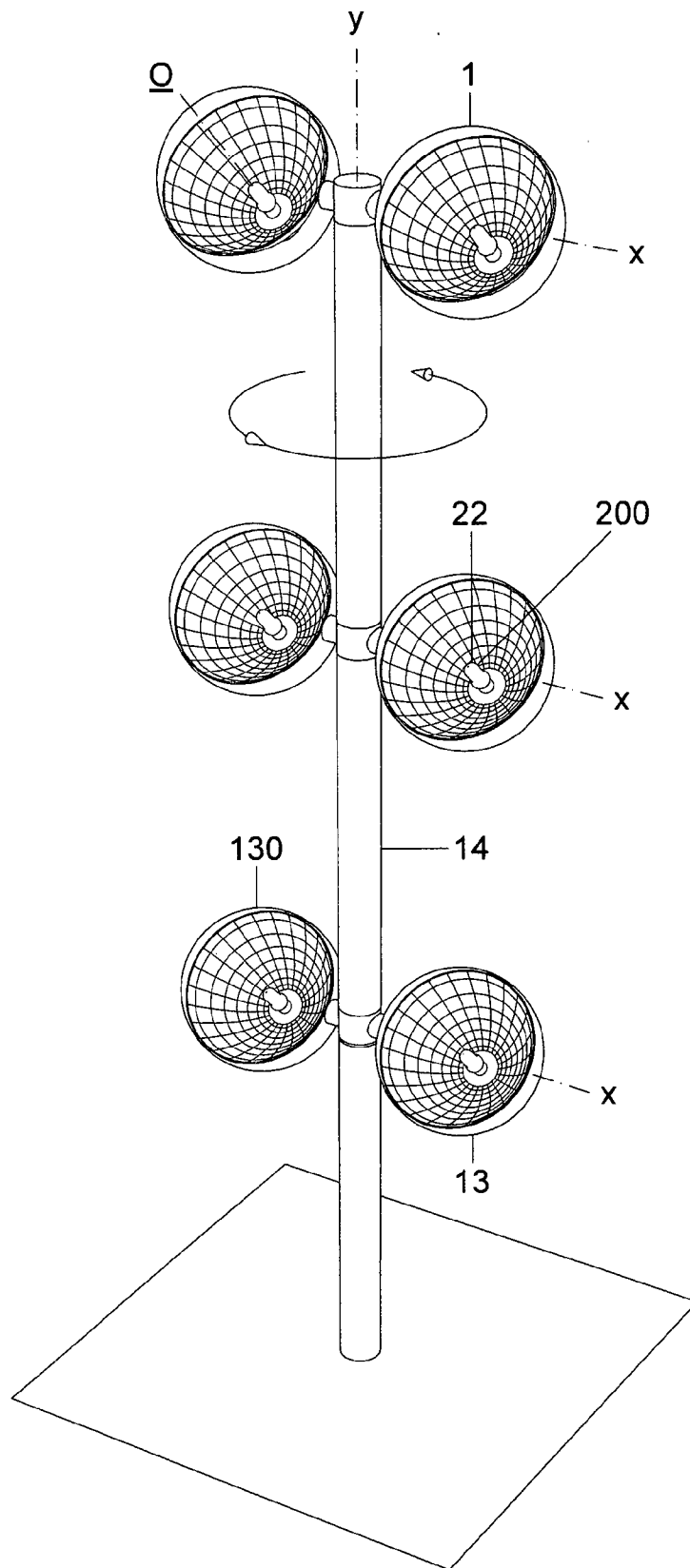


Fig.27