



(10) **DE 10 2009 013 623 B4** 2011.05.05

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 013 623.1**

(22) Anmeldetag: **10.03.2009**

(43) Offenlegungstag: **16.09.2010**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **05.05.2011**

(51) Int Cl.: **F24J 2/10** (2006.01)
F24J 2/14 (2006.01)

Innerhalb von drei 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**

(72) Erfinder:

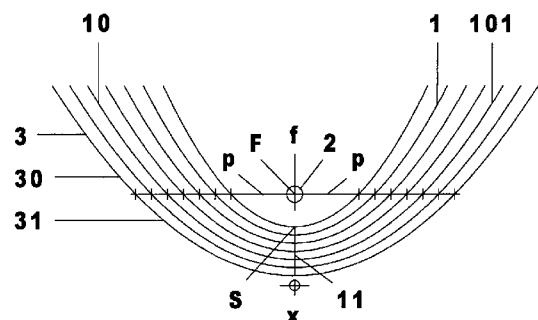
gleich Patentinhaber

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	44 25 891	A1
DE	30 16 672	A1
AT	5 05 075	A1
US	66 76 263	B2
US	55 73 600	A
EP	00 25 834	A2

(54) Bezeichnung: **Sonnenkollektor mit einer linear konzentrierenden Reflektorfläche**

(57) Hauptanspruch: Kollektormodul (3) mit einer rinnenförmigen, im Querschnitt aus Kreisbogen (100), Parabelbogen (101), elliptischen oder hyperbolischen Bogen, deren Scheitelpunkte (S) jeweils auf einer gemeinsamen Grundlinie (11) liegen, bestehenden Reflektorfläche (1), die mittels einachsiger Nachführung die in unterschiedlichen Winkeln einfallenden Strahlenbündel der Sonne auf ein koaxial oder konzentrisch zu einer Brennlinie (f) angeordnetes Empfängerelement (2), das bei einem solarthermischen Kollektor (30) von einem Absorberrohr (20) und bei einem photovoltaischen Kollektor (31) von Photovoltaikzellen (21) gebildet wird, bündelt, dadurch gekennzeichnet, dass die rinnenförmige Reflektorfläche (1) eine zweiachsige Krümmung aufweist und jeweils von einer Bogenschar (10) gleichartiger Bogen mit wechselnder Sperrung (2p) gebildet wird, deren Brennpunkte (F) auf einer gemeinsamen Brennlinie (f) liegen, wobei der Abstand der Grundlinie (11) zur Brennlinie (f) in einem Kollektormodul (3) regelmäßig wechselt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kollektormodul mit einer rinnenförmigen Reflektorfläche, das die in unterschiedlichen Winkeln einfallenden Strahlenbündel der Sonne mittels einachsiger Nachführung auf ein konzentrisch oder koaxial zur Brennnlinie angeordnetes Empfängerelement konzentriert. Ein Kollektormodul kann dabei entweder als solarthermischer Kollektor, bei dem das Empfängerelement von einem selektiv beschichteten Absorberrohr, das von einer Wärmeträgerflüssigkeit durchströmt wird, oder als photovoltaischer Kollektor, bei dem das Empfängerelement von Photovoltaikzellen gebildet wird, oder als Hybridkollektor, der die beiden Kollektortypen miteinander kombiniert, ausgebildet sein.

Stand der Technik

[0002] Ein Parabolrinnenkraftwerk stellt eine der effektiven Möglichkeiten dar, die elektromagnetische Energie der Sonnenstrahlung in elektrische Energie umzuwandeln. Große, in der Regel nach Süden ausgerichtete, parabolrinnenförmige Spiegel können dabei mit einer einachsigen Nachführung dem im Laufe des Tages wechselnden Höhenwinkel der Sonne folgen und konzentrieren die in unterschiedlichen Winkeln einfallenden Strahlenbündel auf ein selektiv beschichtetes Absorberrohr, wobei eine Wärmeträgerflüssigkeit auf etwa 400°C erhitzt wird. Wärmetauscher wandeln diese Energie in Dampf um, der in Turbinen Strom erzeugt. Bereits seit Mitte der 80er Jahre produzieren beispielsweise neun solarthermische Parabolrinnenkraftwerke in der Wüste Kaliforniens Solarstrom mit einer Gesamtleistung von 354 MW. Diese Art der Energiegewinnung wird zukünftig zunehmend an Bedeutung gewinnen und kann einen erheblichen Beitrag zur Reduktion unerwünschter CO₂-, SO₂-, NO_x-Emissionen und die Freisetzung von Staubpartikeln, die bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe anfallen, leisten. Naturgemäß ist die Energieausbeute eines Sonnenkollektors von der Ekliptik der Sonne abhängig und liefert in den Morgenstunden erst allmählich Energie, um in den Mittagsstunden ein Maximum zu erreichen und gegen Abend wieder an Leistung zu verlieren. Die weitgehend horizontal angeordnete Brennnlinie einer Parabolrinne kann sowohl in ostwestlicher als auch in nordsüdlicher Richtung orientiert werden. Die liegende Anordnung der Parabolrinnen bedingt dabei für eine optimale Wirksamkeit Standorte südlich des 40sten Breitengrads. Ein Modul eines herkömmlichen Parabolrinnenkraftwerks ist etwa 12 m lang und weist eine etwa 6 m breite Apertur auf. Eine Stahlkonstruktion in Form eines biegebeanspruchten Fachwerkträgers unterstützt die von gebogenen und verspiegelten Glastafeln gebildete Reflektorfläche und stellt über einen Verschwenkmechanismus eine kontinuierliche Nachführung zum Sonnenstand sicher. Solarthermische Kollektoren kön-

nen aber nicht nur im kraftwerkstechnischen Maßstab Energie liefern, sondern z. B. auch die Energie zur raumlufttechnischen Konditionierung eines Gebäudes bereitstellen. Eine Möglichkeit zur Senkung der Gesteungskosten für Strom aus Photovoltaikzellen besteht in der Verwendung optischer Konzentratorelemente, die das Licht auf die Solarzellen bündeln. Dabei kommen neben herkömmlichen, mono- oder polykristallinen Solarzellen aus Silizium sogenannte Tandem-, Tripel- und Quinto-Solarzellen zum Einsatz, die mittels komplexer Schichtstrukturen Wirkungsgrade über 30% erzielen. Neben einem Einsatz im Weltraum verspricht man sich bei terrestrischen Anwendungen in Verbindung mit Konzentratorsystemen eine wirtschaftlichere Stromerzeugung. Bekannte Konzentratorsysteme in Form von geprägten Fresnellinsen erreichen für eine 2 × 2 mm große Zelle eine etwa 500-fache Konzentration der solaren Einstrahlung. Mittels eines Parabolspiegels ist eine tausendfache Konzentration des Sonnenlichts auf die Solarzellen möglich. Ein wesentlicher Nachteil dabei sind die hohen Temperaturen, die eine verminderte elektrische Leistung der PV-Zellen bewirken. Deshalb ist für einen wirtschaftlichen Betrieb eine effektive Kühlung der PV-Zellen erforderlich.

[0003] In der EP 0 025 834 A2 werden Sonnenkollektoren vorgestellt, bei denen die Reflektorfläche aus einer vorgespannten Membran besteht. Im Rahmen dieser Schrift wird zwischen punkt- und linienförmigen Konzentratorsystemen unterschieden.

[0004] Aus der AT 505 075 A1 geht ein aufblasbarer Sonnenkollektor als Membrankonstruktion hervor. Die verspiegelte Reflektorfläche ist hier als einachsig gekrümmte Membranfläche ausgebildet.

[0005] Aus der US 5573600 A ist ein Hybridkollektor bekannt, bei dem eine Wasserkühlung der Solarzellen gleichzeitig zur Brauchwassererwärmung herangezogen wird.

[0006] Aus der US 66 76 263 B2 ist eine Reflektorrinne mit einer quer zu ihrer Längsachse gefalteten Reflektorfläche, wie in [Fig. 12](#) dieser Patentschrift dargestellt, bekannt. Hier wird der mathematische Nachweis geführt, dass bei einer feststehenden, tiefen Rinne mit evolventenförmigem Querschnitt die Strahlenbündel der Sonne passiv durch Mehrfachreflektion zu einem Absorberrohr am Grund der Reflektorrinne gelenkt werden.

Aufgabenstellung

[0007] Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, den Wirkungsgrad eines einachsig der Sonne nachgeführten, solarthermischen Kollektors oder eines photovoltaischen Kollektors zu erhöhen und den Betrieb eines solarthermischen Kraftwerks, z. B. auf

der nördlichen Hemisphäre, auch nördlich des 40sten Breitengrades zu ermöglichen. Die mit zunehmendem Abstand zum Äquator längere Sonnenscheindauer und eine einfache Nachführung eines erfindungsgemäßen Kollektors mit horizontal oder vertikal ausgerichteter Brennlinie lassen den wirtschaftlichen Betrieb solarthermischer und photovoltaischer Kollektoranlagen auch in gemäßigten Breiten sinnvoll erscheinen. Die Möglichkeit, linear konzentrierende Reflektorflächen bei einachsig nachgeführten Kollektorsystemen mit einer definierbaren Neigung zur Sonne auszurichten, erhöht nicht nur den Wirkungsgrad, sondern erschließt neue Anwendungsmöglichkeiten für solarthermische und photovoltaische Kollektoren.

[0008] Diese Aufgaben werden mit einem Kollektormodul mit den im Hauptanspruch genannten Merkmalen gelöst.

[0009] Die Brennlinie eines erfindungsgemäßen Kollektormoduls ist entweder horizontal oder vertikal angeordnet. Kollektormodule mit horizontaler Brennlinie können eine Nord-Süd- oder eine Ost-West-Ausrichtung aufweisen. Zur Verbesserung des Wirkungsgrads ist in beiden Fällen die Neigung einer Reflektorfläche zur Sonneneinstrahlung entscheidend. Bei der Nord-Süd-Ausrichtung sind alle Reflektorflächen in eine Richtung zur Sonne hin geneigt, während bei der Ost-West-Ausrichtung die Reflektorflächen eine alternierende Neigung aufweisen, sodass die Hälfte der in Reihe angeordneten Reflektorflächen zur Morgensonne geneigt ist, während die andere Hälfte zur Abendsonne hin geneigt ist. Ein Kollektormodul mit vertikal ausgerichteter Brennlinie wird über ein Azimutlager der Sonne nachgeführt. Mehrere übereinander angeordnete Kollektormodule bilden in diesem Fall eine Turmkonstruktion. Dabei ist eine Reflektorfläche drehbar an einem eingespannten Mast gelagert. Der Mast besteht z. B. aus einer Stahlrohrkonstruktion, die koaxial oder auch konzentrisch zur Brennlinie angeordnet ist. So können erfindungsgemäße Kollektoranlagen mit Masten und Türmen anderer technischer Anlagen, z. B. Lichtmaste oder Strommaste kombiniert werden. Insbesondere wird vorgeschlagen, mindestens den unteren, nicht vom Rotor bestrichenen Turmabschnitt einer Windkraftanlage mit einem erfindungsgemäßen photovoltaischen Kollektor auszurüsten. Zweiachsig gekrümmte Membransegel als Spiegel bündeln dabei das Sonnenlicht auf die mit Solarzellen bestückte Mantelfläche des Turms. Die aerodynamische Form eines koaxial zum Turm angeordneten, reusenförmigen Schlauchs, bei dem die Formstabilität der Membran durch ein unterstützendes Seilnetz gewährleistet wird, erhöht ggf. die Anströmgeschwindigkeit des Windes.

Konstruktion

[0010] Kollektormodule mit horizontaler Brennlinie und einer Nord-Süd-Ausrichtung oder einer Ost-

West-Ausrichtung werden mittels eines Drehgelenks mit horizontaler Drehachse dem tages- und jahreszeitlich wechselnden Höhenwinkel der Sonne nachgeführt, während Kollektormodule mit vertikaler Ausrichtung der Brennlinie über ein Azimutlager dem Azimutwinkel der Sonne folgen. Für den großtechnischen Einsatz der Kollektormodule als Solarkraftwerk zur Stromerzeugung werden im Rahmen der Erfindung unterschiedliche Tragsysteme vorgeschlagen, die geeignet sind, die Stromgestehungskosten von derzeit 10–15 €/kWh drastisch zu senken. Es ist allgemein bekannt, dass eine zweiachsig gekrümmte Fläche bei Belastungen aus Wind und Eigengewicht wesentlich steifer ist, als eine ebene oder einachsig gekrümmte Fläche. Mit geringstem Materialaufwand lassen sich z. B. zug- und dehnsteife zweiachsig gekrümmte Membranflächen herstellen. Derartige Membranflächen bestehen entweder aus einem hochfesten Material in Form mehrschichtig aufgebauter, kunststoffbeschichteter Gewebe oder aus transparenten Kunststofffolien. Funktionsschichten, wie eine Haftschiicht für die Spiegelschiicht aus Metall und Siegelschichten, z. B. aus Silizium, werden dabei auf die Folie aufgedampft. Zur Unterstützung größerer Membranflächen kommt ein Seilnetz in Frage. Das Seilnetz kann auch als Unterkonstruktion für eine Reflektorfläche, die von einzelnen, zweiachsig gekrümmten, verspiegelten Scheiben aus eisenarmem Glas gebildet wird, herangezogen werden. Durch Vorspannung einer Membran oder eines Seilnetzes innerhalb eines druckbeanspruchten Rahmens aus Stahl wird die nötige Formstabilität der zweiachsig gekrümmten Reflektorfläche, die für eine präzise Bündelung der Sonnenstrahlen auf das Empfängererelement von entscheidender Bedeutung ist, gewährleistet. Ein Schlauch aus transparenter Folie mit abschnittsweiser Verspiegelung kann alternativ oder zusätzlich zur konstruktiven Vorspannung der Folie auch pneumatisch stabilisiert werden.

[0011] Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung einer zweiachsig gekrümmten Reflektorfläche ist die Ausbildung einer biegesteifen Schalenkonstruktion aus Blechen, glasfaserverstärktem Kunststoff oder Faserbeton, die jeweils in Matrizen aus Metall hergestellt werden. Analog zur Produktion von Rotorblättern für Windkraftanlagen können Reflektormodule aus zwei entlang ihrer Längsachse getrennten Hälften aufgebaut sein und als dünnwandige Schalenkörper mit versteifenden Längs- und Querrippen wirtschaftlich in großen Stückzahlen hergestellt werden.

Ausführungsbeispiele

[0012] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer solarthermischer und photovoltaischer Kollektoren unter Bezugnahme zu beiliegenden Figuren beschrieben. In diesen zeigt:

[0013] Fig. 1 ein Kollektormodul im schematischen Querschnitt

[0014] Fig. 2 mehrere, in Reihe angeordnete Kollektormodule nach Fig. 1 als zusammenhängende Rinne mit geknickter Grundlinie im schematischen Längsschnitt

[0015] Fig. 3 mehrere, in Reihe angeordnete Kollektormodule nach Fig. 1 als zusammenhängende Rinne mit wellenförmiger Grundlinie im schematischen Längsschnitt

[0016] Fig. 4 mehrere, in Reihe angeordnete Kollektormodule nach Fig. 1 als zusammenhängende Rinne mit bogenförmiger Grundlinie im schematischen Längsschnitt

[0017] Fig. 5 mehrere, in Reihe angeordnete Einzelmodule nach Fig. 1 mit gerader Grundlinie im schematischen Längsschnitt

[0018] Fig. 6 mehrere, in Reihe angeordnete Einzelmodule nach Fig. 1 mit wellenförmiger Grundlinie im schematischen Längsschnitt

[0019] Fig. 7 mehrere, in Reihe angeordnete Einzelmodule nach Fig. 1 mit bogenförmiger Grundlinie im schematischen Längsschnitt

[0020] Fig. 8 zwei solarthermische Kollektormodule mit Absorberrohr, deren Reflektorfläche aus Einzelflächen besteht, in der isometrischen Übersicht

[0021] Fig. 9 zwei solarthermische Kollektormodule mit Absorberrohr, deren Reflektorflächen eine zusammenhängende Fläche bilden, in der isometrischen Übersicht

[0022] Fig. 10 ein photovoltaisches Kollektormodul im schematischen Querschnitt

[0023] Fig. 11 vier Kollektormodule, deren zusammenhängende Reflektorflächen zwei bogenförmige Schalenkörper bilden, in der isometrischen Übersicht

[0024] Fig. 12 vier Kollektormodule, deren zusammenhängende Reflektorflächen einen wellenförmigen Schalenkörper bilden, in der isometrischen Übersicht

[0025] Fig. 13 acht Kollektormodule jeweils mit wechselnder Apertur, die in zwei Richtungen zu einer zusammenhängenden Fläche addiert sind, in der isometrischen Übersicht

[0026] Fig. 14 acht Kollektormodule jeweils mit gleich bleibender Apertur, die in zwei Richtungen zu einer zusammenhängenden Fläche addiert sind, in der isometrischen Übersicht

[0027] Fig. 15 vier vertikal übereinander angeordnete Kollektormodule mit kreisförmigem Querschnitt als zugbeanspruchte Membrankonstruktion in einem druckbeanspruchten Turm in der isometrischen Übersicht

[0028] Fig. 16 die in Fig. 15 dargestellten Kollektormodule in der Aufsicht

[0029] Fig. 17 insgesamt 8 Kollektormodule, die in einem reusenförmigen Seilnetz einen drehbar gelagerten Mast abspannen, in der isometrischen Übersicht

[0030] Fig. 18 vier vertikal übereinander angeordnete Kollektormodule mit parabelförmigem Querschnitt als zugbeanspruchte Membrankonstruktion in einem druckbeanspruchten Rahmen in der isometrischen Übersicht

[0031] Fig. 1 zeigt ein Kollektormodul **3** für einen solarthermischen Kollektor **30** oder einen photovoltaischen Kollektor **31** im schematischen Querschnitt. Eine Bogenschar **10** aus Parabelbogen **101** mit unterschiedlicher Sperrung **2p** definiert die Reflektorfläche **1**. Dabei sind die Parabelbogen **101** so angeordnet, dass ihre Brennpunkte **F** auf einer gemeinsamen Brennlinie **f** und ihre Scheitelpunkte **S** auf einer gemeinsamen Grundlinie **11** liegen. Im Rahmen der Erfindung gilt diese Anordnung auch für eine Schar von Kreisbogen, elliptischen Bogen oder hyperbolischen Bogen. Eine Bogenschar kann vertikal geschnitten werden, sodass ein Kollektormodul **3** eine gleich bleibende Apertur **a** aufweist, während eine horizontale Schnittlinie an einer Bogenschar **10** eine kontinuierlich wechselnde Apertur **a** bewirkt. Die einachsige Nachführbarkeit zum Stand der Sonne erfolgt über eine koaxial oder konzentrisch zur Brennlinie **f** angeordnete Schwenkachse **x**.

[0032] Fig. 2 zeigt die lineare Reihung von vier Kollektormodulen **3** nach Fig. 1, die jeweils an ihren Extremstellen **M** aneinander gefügt sind, wobei sie eine aus einzelnen Streckenabschnitten **110** gebildete, zusammenhängende Grundlinie **11** aufweisen. Mittels einer koaxial zur Brennlinie **f** angeordneten Schwenkachse **x** werden die Kollektormodule dem Höhenwinkel der Sonne nachgeführt.

[0033] Fig. 3 zeigt eine alternative Möglichkeit der Reihung einer Bogenschar **10** nach Fig. 1 entlang einer gemeinsamen Brennlinie **f**. Die jeweils an ihren Extremstellen **M** zu einer kontinuierlichen Rinne verbundenen Module **3** zeigen hier eine Grundlinie **11** als Welle **112**, deren Neigung gegenüber der Brennlinie **f** periodisch wechselt.

[0034] Fig. 4 zeigt die Reihung einer Bogenschar **10** nach Fig. 1, die eine gemeinsame Brennlinie **f** aufweisen und mittels einer Schwenkachse **x** der Sonne

ne nachgeführt werden mit einer Grundlinie 11 in Form einer Bogenkette 111. Mittels einer horizontalen Schwenkachse x werden die Kollektormodule dem Höhenwinkel der Sonne nachgeführt. In den [Fig. 2–Fig. 4](#) erweist sich eine Ost-West-Ausrichtung der Parabolrinne als Vorteil, da die periodisch wechselnde Neigung der Grundlinie 11 zur Morgen- bzw. Abendsonne den Wirkungsgrad z. B. eines Parabolrinnenkraftwerks erhöht.

[0035] [Fig. 5–Fig. 7](#) zeigen jeweils linear an einer gemeinsamen Brennlinie f aufgereihete Kollektormodule 3, deren Reflektorfläche 1 dem in [Fig. 1](#) beschriebenen Bildungsgesetz entspricht. Die Reflektorflächen 1 sind hier voneinander getrennt und weisen an der Grundlinie 10 jeweils eine Neigung gegenüber der Brennlinie f auf. Die horizontale Schwenkachse x stellt jeweils die einachsige Nachführbarkeit der Kollektormodule 3 zum Höhenwinkel der Sonne sicher. Bei einer Nord-Süd-Orientierung N-S der Brennlinie f weisen die Reflektorflächen 1 jeweils eine Neigung zur Sonne auf, sodass der Wirkungsgrad einer nord-süd-orientierten Parabolrinne erheblich gesteigert werden kann. Das Ausführungsbeispiel in [Fig. 5](#) zeigt einer Grundlinie 11 als Strecke 110, während die Grundlinie 11 in [Fig. 6](#) als Welle 112 und die Grundlinie 11 in [Fig. 7](#) als Bogen 111 ausgebildet ist. Eine Bogenschar 10 nach [Fig. 1](#) kann wie in den [Fig. 2](#) und [Fig. 5](#) dargestellt nach oben horizontal begrenzt werden, sodass ein Kollektormodul 3 eine wechselnde Apertur a aufweist. Begrenzt man eine Bogenschar 10 nach [Fig. 1](#) vertikal, erhält man eine gleich bleibende Apertur a für ein Kollektormodul 3 und einen geschwungenen oberen Rand der Reflektorflächen 1 wie in den [Fig. 3](#), [Fig. 4](#), [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) dargestellt. Diese Anordnung der Reflektorflächen 1 eignet sich auch für eine Turmkonstruktion mit vertikal ausgerichteter Brennlinie f, wie in den [Fig. 15–Fig. 18](#) dargestellt.

[0036] [Fig. 8](#) zeigt die Anordnung von zwei Kollektormodulen 3 mit einer gemeinsamen Brennlinie f entsprechend dem Längsschnitt in [Fig. 5](#). Das Tragsystem 32 der Reflektorfläche 1 ist eine zweiachsig gekrümmte Schale 320, die aus Metall, Glas oder glasfaserverstärktem Kunststoff hergestellt werden kann. Der solarthermische Kollektor 30 besitzt ein Empfängerelement 2 mit einem Absorberrohr 20, das eine selektive Beschichtung 200 trägt, von einer Wärmeträgerflüssigkeit 201 durchströmt und von einem transparenten Hüllrohr 202 umgeben wird. Dem Stand der Technik entsprechend ist zwischen dem Hüllrohr 202 und dem Absorberrohr 20 ein Vakuum vorgesehen. Die einseitige Neigung der Reflektorflächen 1 bedingt eine Nord-Süd-Ausrichtung der Brennlinie f.

[0037] [Fig. 9](#) zeigt die Anordnung von zwei Kollektormodulen 3 mit einer gemeinsamen Brennlinie f entsprechend dem Längsschnitt in [Fig. 2](#). Der Aufbau

der Reflektorflächen 1 und des Empfängerelements 2 entspricht dem in [Fig. 8](#) beschriebenen Ausführungsbeispiel. Eine zur Brennlinie f parallele Schwenkachse x gewährleistet die einachsige Nachführung der in [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) beschriebenen solarthermischen Kollektoren 30. Die als zusammenhängende Reflektorfläche 1 ausgebildete Schale 320 ist mit ihrer regelmäßig wechselnden Neigung für eine Ost-West-Ausrichtung des solarthermischen Kollektors 30 vorgesehen.

[0038] [Fig. 10](#) zeigt den schematischen Querschnitt eines photovoltaischen Kollektors 31. Der Aufbau der Reflektorfläche 1 entspricht einer der in [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) dargestellten Anordnungen. PV-Zellen 21 auf einem von einer Kühlflüssigkeit 211 durchströmten, polygonalen Tragrohr 210 sind zum Boden der Reflektorfläche 1 ausgerichtet und absorbieren als Tandem-, Tripel- und Quinto-Solarzellen 21 das 500- bis 1000-fach fokussierte Sonnenlicht. Die dabei entstehende Wärme wird von der Kühlflüssigkeit 211 abgeführt. Abhängig vom Durchmesser des Empfängerelements können auch herkömmliche, mono- oder polykristalline PV-Zellen 21, die über Wärmeleitflächen 212 mit einem polygonalen Tragrohr 210 verbunden werden, zum Einsatz kommen. In diesem Fall dienen ein oder mehrere koaxial zur Brennlinie f angeordnete, von einer Kühlflüssigkeit durchströmte Tragrohre 210 ebenfalls einem erhöhten Wirkungsgrad der PV-Zellen 21.

[0039] [Fig. 11–Fig. 12](#) zeigen jeweils vier an ihren Extremstellen M an einer gemeinsamen Brennlinie f in Reihe angeordnete Kollektormodule 3 zur Herstellung eines solarthermischen Kollektors 30, oder eines photovoltaischen Kollektors 31 entsprechend den in den [Fig. 8–Fig. 10](#) dargestellten Ausführungsbeispielen. Bei einem Parabolrinnenkraftwerk mit ost-westlicher Ausrichtung O-W der Brennlinie f ist eine Reflektorfläche 1 jeweils aus zwei an ihren Extremstellen M gefügten Schalen 320 aufgebaut. Im Vergleich zu einer herkömmlichen, einachsig gekrümmten Fläche weist die zweiachsige Krümmung einer Reflektorfläche 1 eine wesentlich höhere Steifigkeit auf und kann deshalb materialsparend als dünnwandige Schale 320, z. B. aus glasfaserverstärktem Kunststoff, hergestellt werden. Für die Herstellung entsprechender Kunststoffschalen 320 aus GFK eignen sich Metallformen, wobei eine Schale 320 eine nicht näher dargestellte Elementierung in zwei Längshälften und versteifende Längs- und Querrippen für den Anschluss an die Schwenkachse x aufweisen kann. Analog zur Herstellung von Rotorblättern, an deren Oberflächen ebenfalls höchste Anforderungen an Präzision und Form gestellt sind, können entsprechende neuartige Reflektorflächen für ein Parabolrinnenkraftwerk mit Metallformen wirtschaftlich in großen Stückzahlen hergestellt werden.

[0040] Fig. 13 zeigt eine Anzahl von Kollektormodulen **3**, die längs und quer zu einer Fläche **12** addiert sind. Mit einem Empfängerelement **2**, das von einem Absorberrohr **20** mit selektiver Beschichtung **202** gebildet wird, zeigt die Isometrie einen Ausschnitt eines solarthermischen Kollektors **30**. Um Wärmeverluste zu vermeiden, wird das Absorberrohr **20** von einem transparenten Hüllrohr **202** umschlossen. Zwischen Hüll- und Absorberrohr ist ein Vakuum vorgesehen, sodass die absorbierte Wärme möglichst vollständig auf eine Wärmeträgerflüssigkeit **201** übertragen wird. Über eine Schwenkachse x wird der solarthermische Kollektor **30** einachsiger der Sonne nachgeführt und ist bevorzugt für eine Ost-West-Orientierung O-W geeignet. Die Reflektorflächen **1** weisen eine periodisch wechselnde Apertur a auf und sind als selbsttragende Schalen **320** aus Kunststoff, Glas oder Metallblech ausgebildet.

[0041] Fig. 14 zeigt eine Anzahl von Kollektormodulen **3**, die zu drei parallel angeordneten Rinnen gefügt sind und den Ausschnitt eines solarthermischen **30** oder eines photovoltaischen Kollektors **31** zeigen. Mit einer konstanten Apertur a zeigt die Oberfläche der Kollektormodule **3** eine gewellte Struktur. Die Schwenkachse x dient der einachsigen Nachführung eines bevorzugt ost-west-ausgerichteten Kollektors.

[0042] Fig. 15 zeigt den unteren Abschnitt eines Turms **14**, bei dem die Brennnlinie f mehrerer übereinander angeordneter Kollektormodule **3** senkrecht angeordnet ist. Die Reflektorfläche **1** ist auf einen vorgespannten, konkaven Schlauch **322** aus transparenter Folie aufgedampft und fokussiert die Sonnenstrahlen auf ein koaxial und konzentrisch zur Brennnlinie f angeordnetes Empfängerelement **2**, das im Falle eines solarthermischen Kollektors **30** von einem Absorberrohr **20** und im Falle eines photovoltaischen Kollektors **31** von PV-Zellen **21** gebildet wird. Der konkave Schlauch **322** wird mittels eines umgebenden, druckbeanspruchten Tragsystems **32** vorgespannt und ist über ein Azimutlager **34** an der Basis des Turms um eine Drehachse y drehbar gelagert, sodass er von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang dem jeweiligen Stand der Sonne folgen kann. Die Reflektorfläche **1** wird von einer Bogenschar **10** aus Kreisbogen **100** jeweils mit unterschiedlichem Durchmesser gebildet. Die gemeinsamen Brennpunkte F der Kreisbogen **100** liegen auf der Brennnlinie f , die durch den halben Radius jedes Kreises definiert ist.

[0043] Fig. 16 zeigt die Aufsicht auf den in Fig. 15 dargestellten Turm **14**. Die Brennpunkte F der Kreisbogen **100** liegen auf einer gemeinsamen Brennnlinie f . Über das umgebende Tragsystem **32** wird ein im Querschnitt kreisförmiger, konkaver Schlauch **322** vorgespannt. Bei größeren Konstruktionen wird der konkave Schlauch **322** von einem Seilnetz **324** getragen.

[0044] Fig. 17 zeigt einen Turm **14**, bei dem insgesamt 8 vertikal übereinander angeordnete Kollektormodule **3** einen Turm **14** bilden, bei dem das Empfängerelement **2** von einem konzentrisch und koaxial zur Brennnlinie f angeordneten Tragrohr **210** gebildet wird. Auf der Mantelfläche des Tragrohrs **210** sind photovoltaische Zellen angeordnet, die über ein von einer Kühlflüssigkeit **211** durchströmtes Register gekühlt werden. Die Reflektorfläche **1** besteht aus einer verspiegelten Membran **321** als teilverspiegelte, zweiachsig gekrümmte Fläche eines reusenförmigen Schlauchs **322** aus transparenter Kunststoffolie. Der konkav ausgebildete Schlauch **322** entspricht in seinem Querschnitt dem in Fig. 16 beschriebenen Ausführungsbeispiel und wird mittels eines minimalen Tragsystems **32** aus einem Seilnetz **324** und asymmetrischen Speichenrädern verspannt. Das Seilnetz **324** dient auch der Abspannung des Turms **14**, welcher an seiner Basis mittels eines Azimutlagers **34** dem Stand der Sonne nachgeführt wird. Das koaxial und konzentrisch zur Brennnlinie f angeordnete Tragrohr **210** ist dabei am Fußpunkt in eine mehrgeschossige Trommel eingespannt. Diese Trommel ist schwimmend in einem zylindrischen Fundamentkörper gelagert. Als alternative Turmkonstruktion für eine Windkraftanlage wird ein eingespanntes Stahlrohr vorgeschlagen, bei dem die schlauchförmige Membrankonstruktion **322** mit der Reflektorfläche **1** mittels der Speichenräder **32** drehbar an dem Turm einer Windkraftanlage gelagert ist und auf diese Weise dem Azimutwinkel der Sonne folgt. Neben der Möglichkeit, derartige vertikal angeordnete Sonnenkollektoren als eigenständige Konstruktionen auszubilden, kann die vorgeschlagene Bauweise auch mit Strom- und Lichtmasten kombiniert werden.

[0045] Fig. 18 zeigt einen Turm **14** als solarthermischen **30** oder als photovoltaischen Kollektor **31** mit einem Empfängerelement **2**, das konzentrisch und koaxial zu einer vertikalen Brennnlinie f angeordnet ist. Die Reflektorfläche **1** wird von einer Bogenschar **10** in Form von Parabelbogen **101** gebildet und nimmt den rückwärtigen Teil eines konkaven Schlauchs **322**, der von einer Membran **321** gebildet wird, ein. Spannseile **323** unterstützen den im Schnitt linsenförmigen, konkaven Schlauch **322** in den Eckpunkten und trennen die rückwärtige, verspiegelte Hälfte von der der Sonne zugewandten, transparenten Hälfte, die als transparente Abdeckung **15** der Reflektorfläche **1** dient. Eine parabelförmig ausgebildete Gitterschale bildet das umgebende Tragsystem **32** zur Vorspannung des konkaven Schlauchs **322**. Über ein Azimutlager **34** mit Drehachse y folgt der Turm **14** dem Stand der Sonne. Ein derartiger solarthermischer oder photovoltaischer Kollektor **30**, **31** kann bevorzugt auch auf Flachdächern oder Hochhäusern angeordnet werden.

Patentansprüche

1. Kollektormodul (3) mit einer rinnenförmigen, im Querschnitt aus Kreisbogen (100), Parabelbogen (101), elliptischen oder hyperbolischen Bogen, deren Scheitelpunkte (S) jeweils auf einer gemeinsamen Grundlinie (11) liegen, bestehenden Reflektorfläche (1), die mittels einachsiger Nachführung die in unterschiedlichen Winkeln einfallenden Strahlenbündel der Sonne auf ein koaxial oder konzentrisch zu einer Brennlinie (f) angeordnetes Empfängerelement (2), das bei einem solarthermischen Kollektor (30) von einem Absorberrohr (20) und bei einem photovoltaischen Kollektor (31) von Photovoltaikzellen (21) gebildet wird, bündelt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die rinnenförmige Reflektorfläche (1) eine zweiachsige Krümmung aufweist und jeweils von einer Bogenschar (10) gleichartiger Bogen mit wechselnder Sperrung (2p) gebildet wird, deren Brennpunkte (F) auf einer gemeinsamen Brennlinie (f) liegen, wobei der Abstand der Grundlinie (11) zur Brennlinie (f) in einem Kollektormodul (3) regelmäßig wechselt.

2. Kollektormodul (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundlinie (11) als Strecke (110), als Bogen (111) oder als Welle (112) ausgebildet ist und mehrere, in Reihe hintereinander angeordnete Kollektormodule (3) eine geschlossene Rinne (13) bilden.

3. Kollektormodul (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Kollektormodule (3) lückenlos zu einer Fläche (12) addiert werden können.

4. Kollektormodul (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine vertikale Anordnung der Brennlinie (f) vorgesehen ist und mehrere Kollektormodule (3) vertikal übereinander angeordnet werden und einen Turm (14) bilden.

5. Kollektormodul (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer horizontal angeordneten Brennlinie (f) die Kollektormodule (3) über ein Drehgelenk (33) mit einer Drehachse (x) dem Höhenwinkel der Sonne folgt, während bei einer vertikal angeordneten Brennlinie (f) die Kollektormodule (3) über ein Azimutlager (34) mit einer Drehachse (y) dem jeweiligen Azimutwinkel der Sonne folgen.

6. Kollektormodul (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundlinie (11) eines Kollektormoduls (3) zwei Extremstellen (M) hat und gegenüber einer horizontal oder vertikal angeordneten Brennlinie (f) eine Neigung aufweist.

7. Kollektormodul (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Tragsystem (32) für eine Reflektorfläche (1) eine biegesteife Schale (320), eine zugbeanspruchte Membran (321), ein Seil-

netz (324), ein vorgespannter, konkav gekrümmter Schlauch (322) aus Folie oder ein pneumatisch vorgespannter, konvex gekrümmter Schlauch vorgesehen ist.

8. Kollektormodul (3) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Tragsystem (32) ein zugbeanspruchtes Seilnetz (324) oder eine zugbeanspruchte Membrankonstruktion (321) und eine druckbeanspruchte Konstruktion als Spannrahmen zusammenwirken.

9. Kollektormodul (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Absorberrohr (20) eines solarthermischen Kollektors (30) eine selektive Beschichtung (200) trägt, von einer Wärmeträgerflüssigkeit (201) durchströmt und von einem transparenten Hüllrohr (202) umgeben wird, wobei zwischen dem Absorberrohr (20) und dem Hüllrohr (202) ein Vakuum vorgesehen ist.

10. Kollektormodul (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem photovoltaischen Kollektor (31) die Photovoltaikzellen (21) als Einfach-, Tandem-, Tripel-, oder Quinto-Solarzellen ausgebildet sind und mittelbar über eine Wärmeleitfläche (212) oder unmittelbar mit einem Tragrohr (210), das von einer Kühlflüssigkeit (211) durchströmt wird, verbunden sind.

11. Kollektormodul (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer rinnenförmigen Reflektorfläche (1) die Apertur (a) einen konstanten oder wechselnden Querschnitt aufweist.

12. Kollektormodul (3) nach den Ansprüchen 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Hybridkollektor als solarthermischer Kollektor (30) und photovoltaischer Kollektor (31) ein koaxial oder konzentrisch zur Brennlinie (f) angeordnetes Tragrohr (210) vorgesehen ist und die Schwenkachsen (x, y) mit der Brennlinie (f) zusammenfallen.

13. Kollektormodul (3) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mantelfläche des Tragrohrs (210) eines photovoltaischen Kollektors (31) PV-Zellen (21) trägt und als Teil des Tragsystems (32) eines Kollektormoduls (3) gleichzeitig den Turm einer Windkraftanlage bildet.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

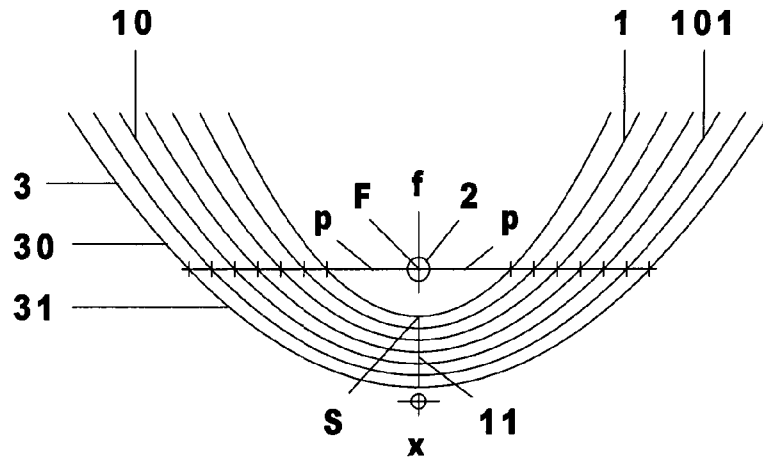


FIG. 1

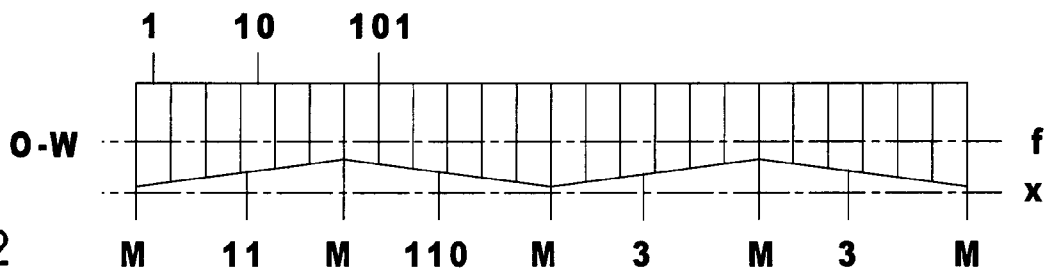


FIG. 2

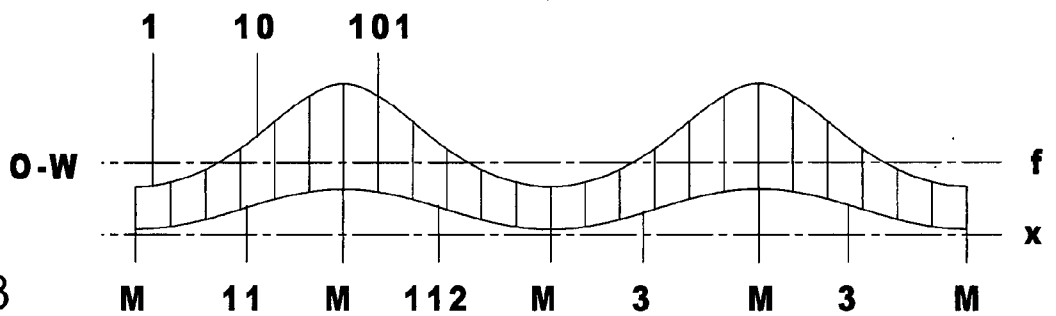


FIG. 3

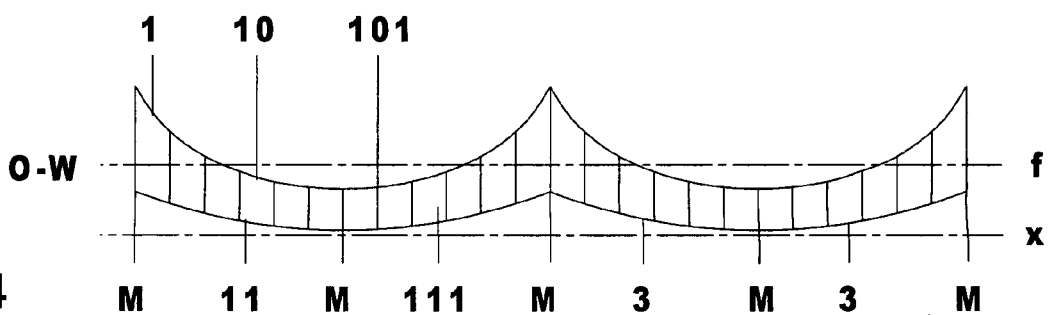


FIG. 4

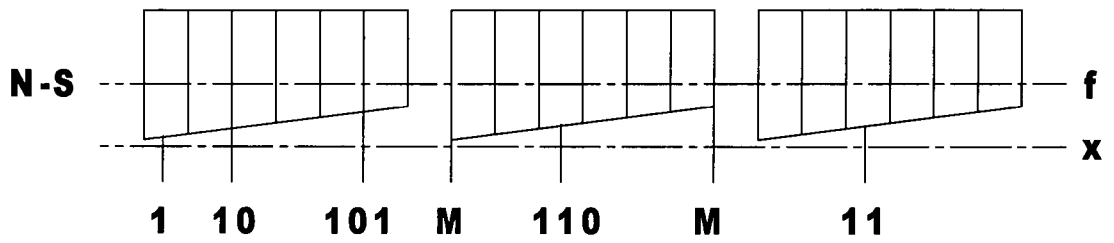


FIG. 5

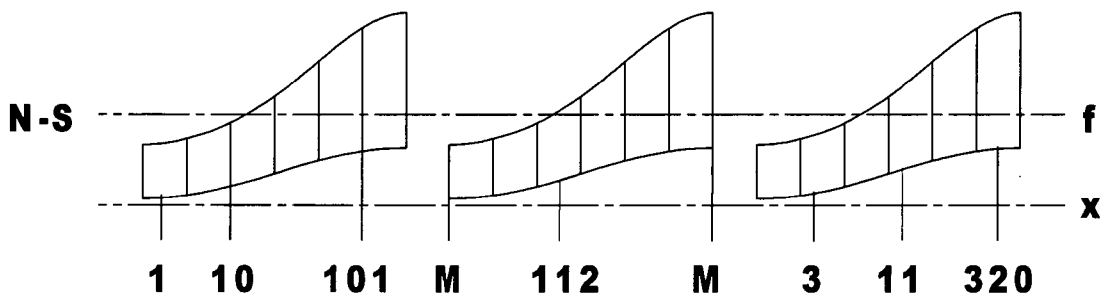


FIG. 6

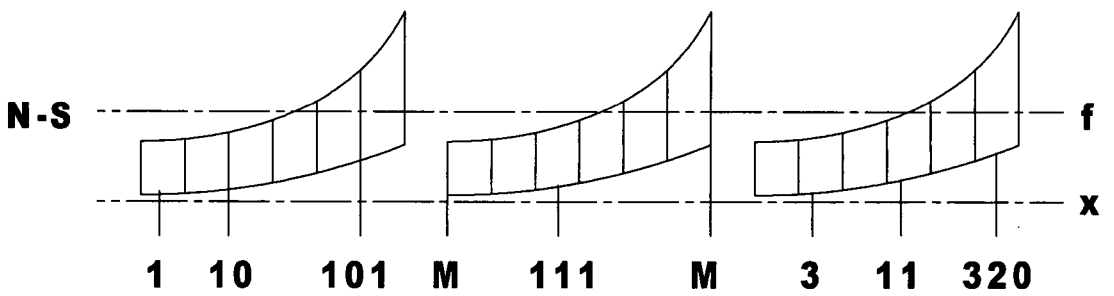
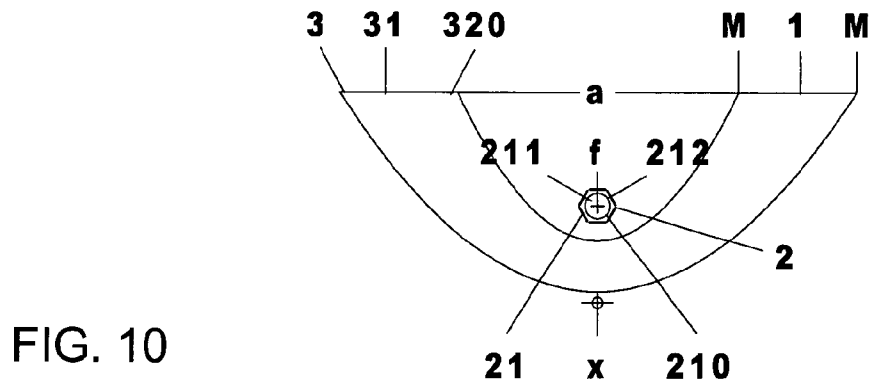
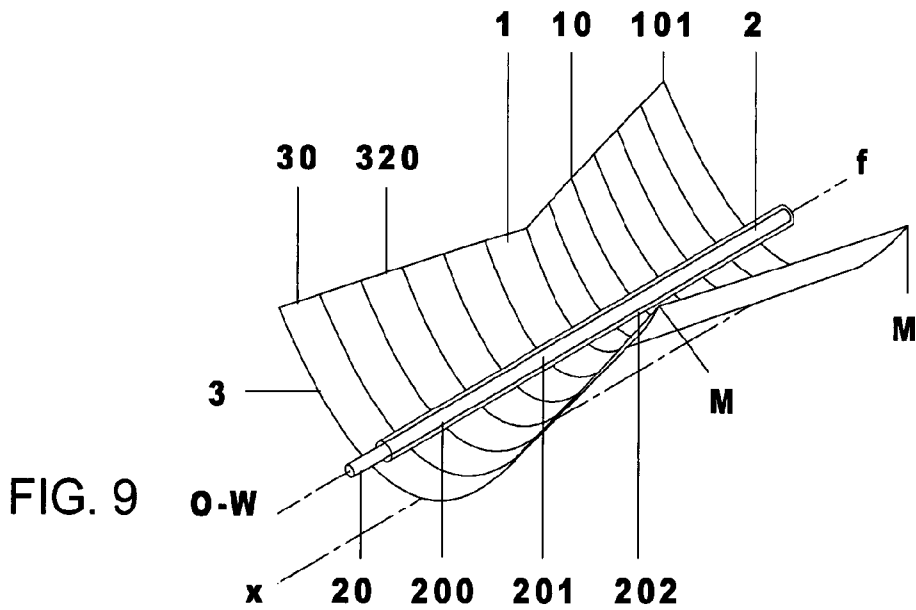
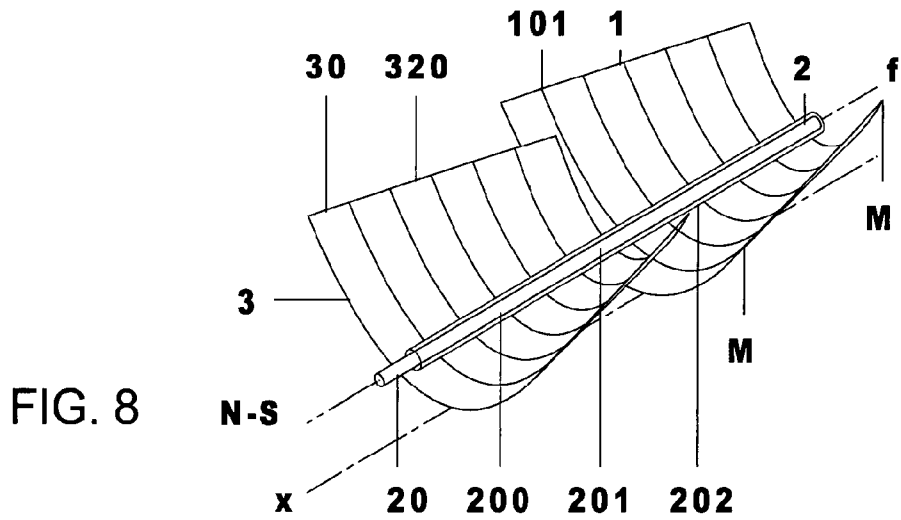


FIG. 7



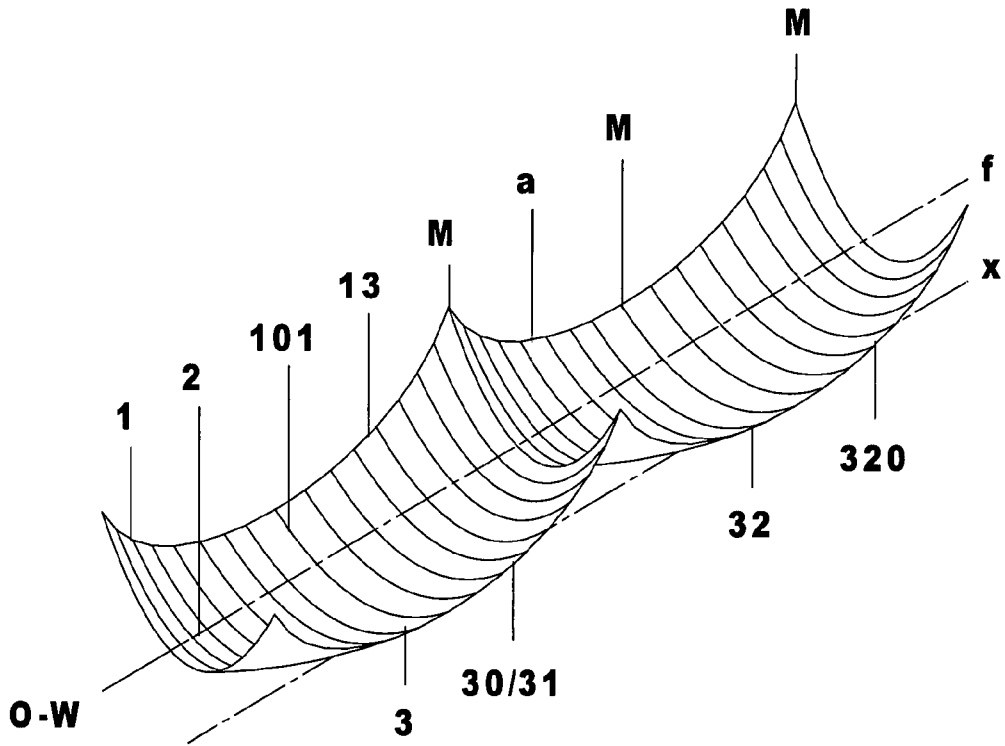


FIG. 11

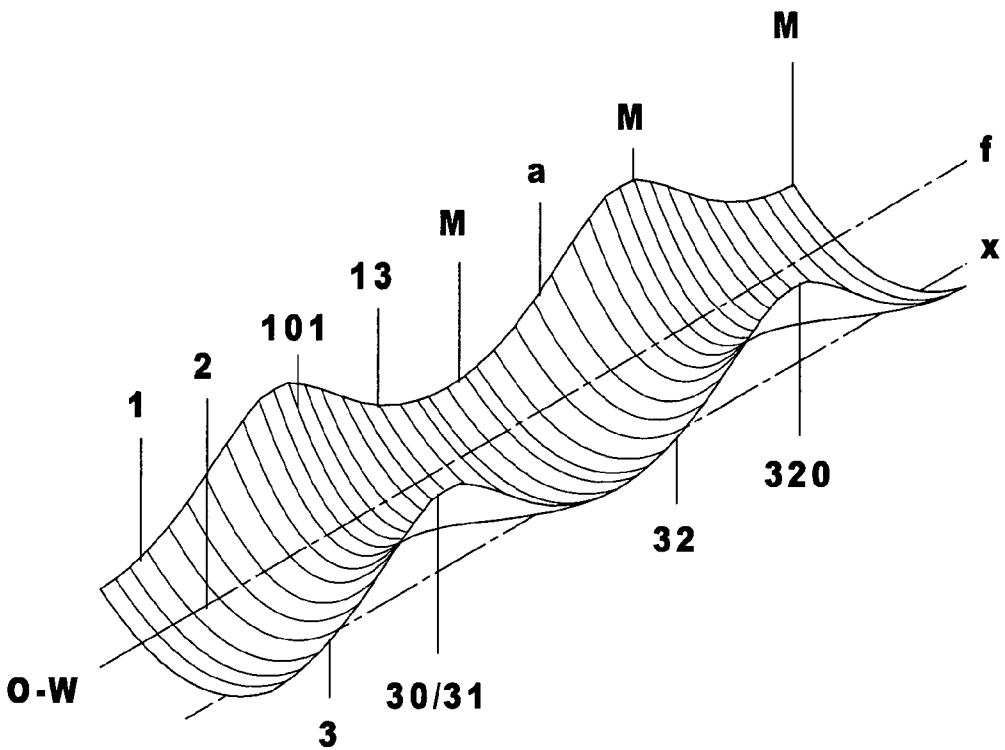


FIG. 12

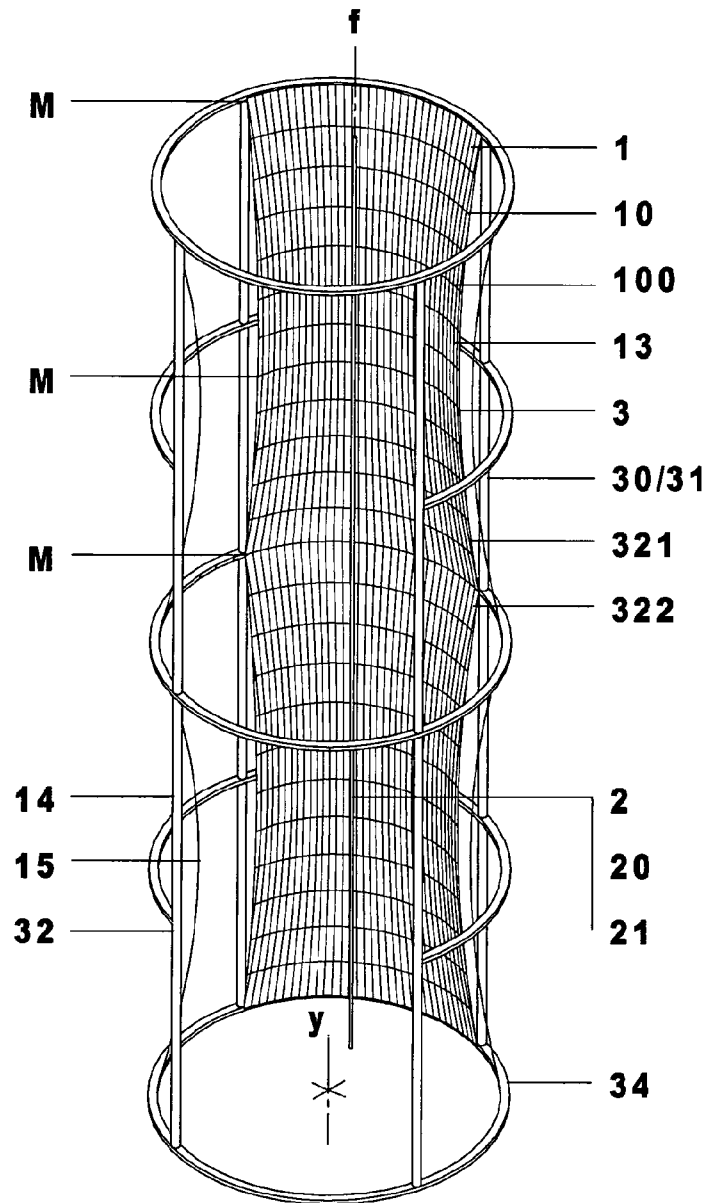


FIG. 15

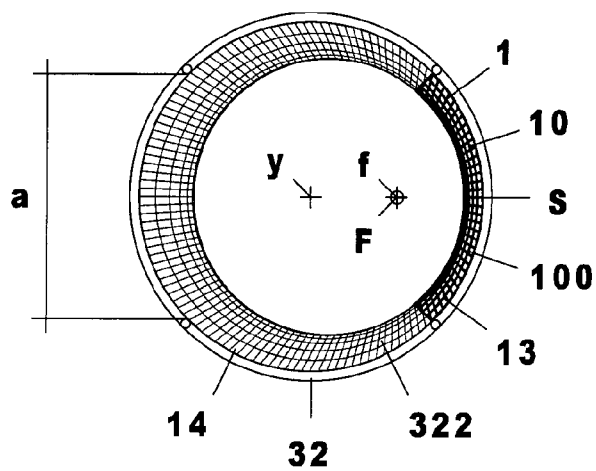


FIG. 16

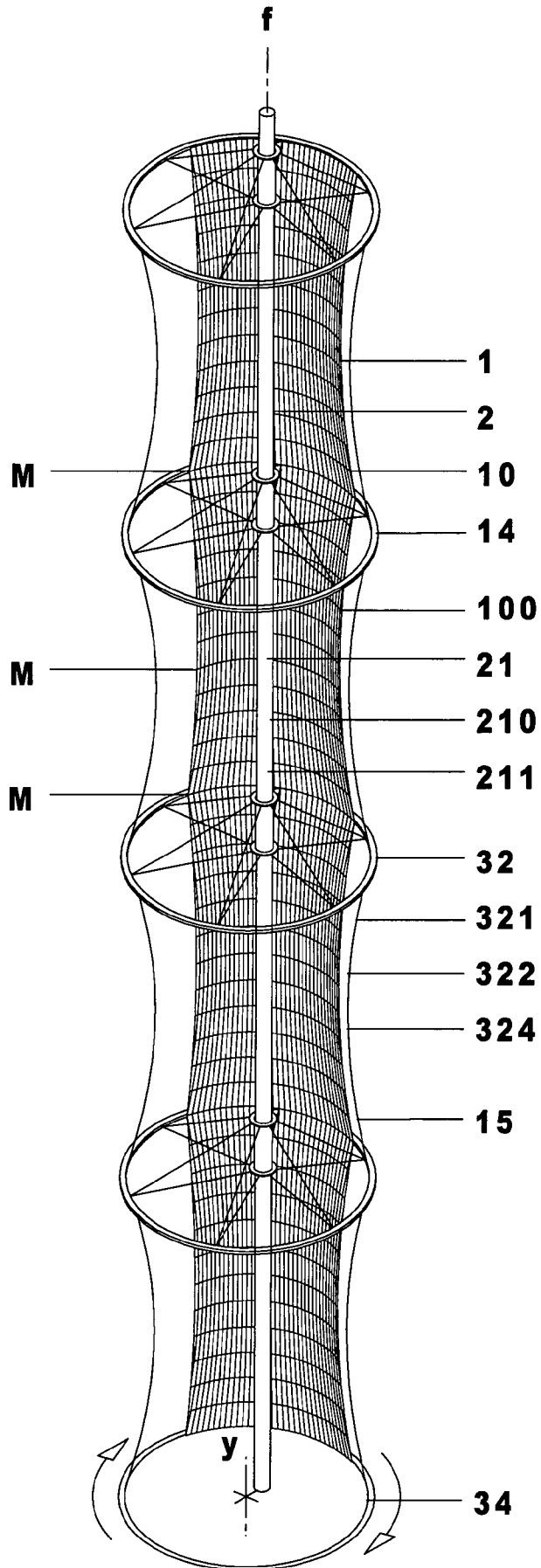


FIG. 17

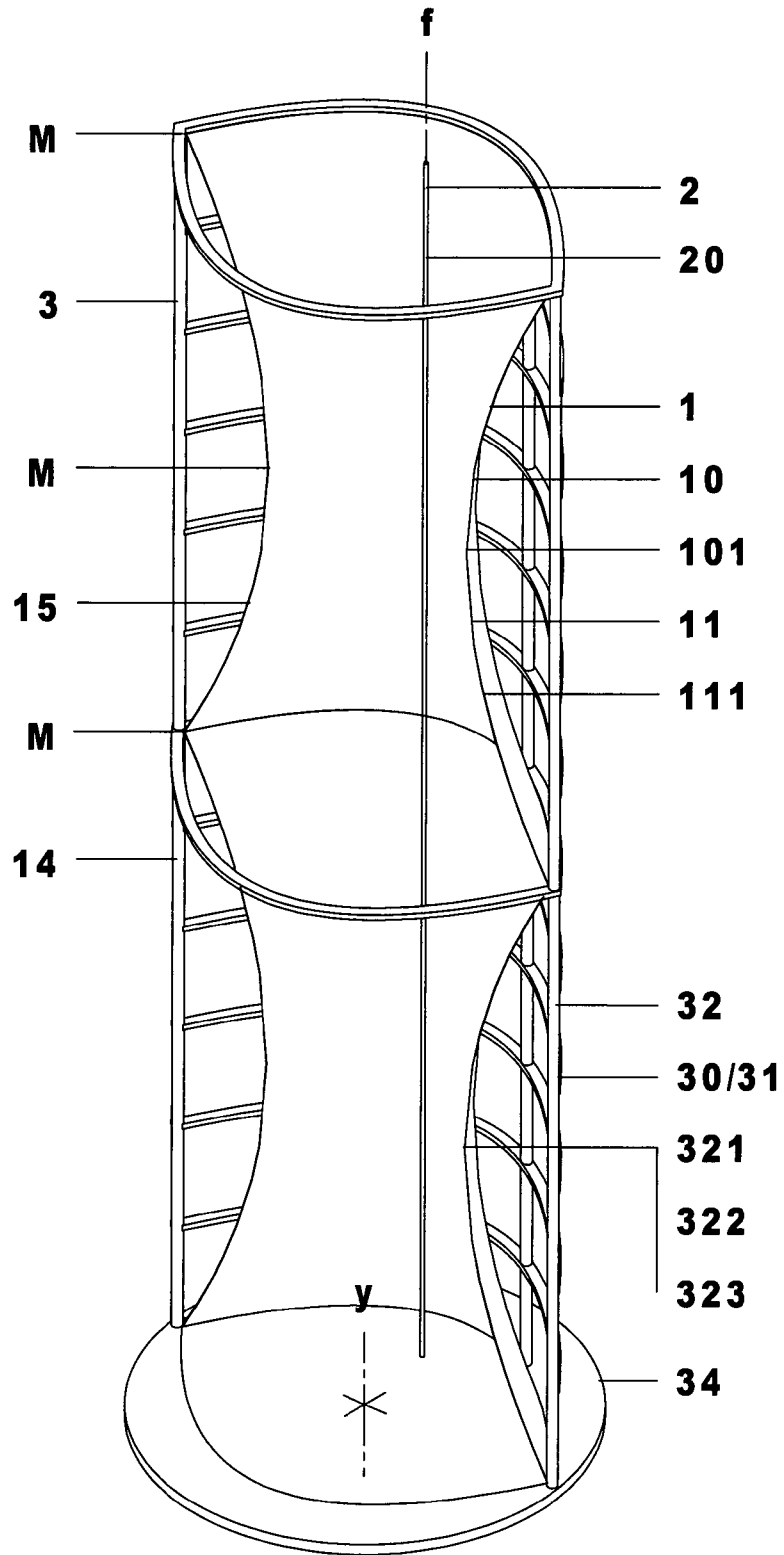


FIG. 18