



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108397920 A

(43)申请公布日 2018.08.14

(21)申请号 201810324436.4

(22)申请日 2018.04.12

(71)申请人 北京民利储能技术有限公司

地址 100076 北京市大兴区经济技术开发
区科创十三街18号院16号楼三层D-10

(72)发明人 赵曙光 穆世慧

(74)专利代理机构 天津翰林知识产权代理事务
所(普通合伙) 12210

代理人 付长杰

(51)Int.Cl.

F24S 10/70(2018.01)

F24S 23/79(2018.01)

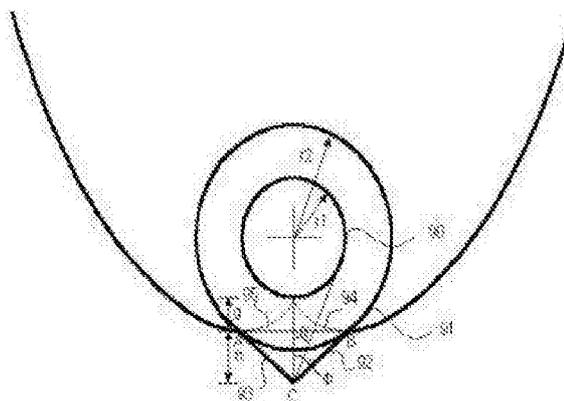
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

一种高效免追踪聚光平板太阳能集热装置

(57)摘要

本发明涉及一种高效免追踪聚光平板太阳能集热装置,包括第一反射面、第二反射面、第一反射面的对称反射面、第二反射面的对称反射面及设置在第二反射面和第二反射面的对称反射面上部中间的圆形吸接管,在圆形吸接管的外部设置有内部圆形玻璃管,在第一反射面和第一反射面的对称反射面的上部开口部面上设置平板形玻璃板;上述第一反射面、第二反射面、第一反射面的对称反射面、第二反射面的对称反射面、圆形吸接管、内部圆形玻璃管及平板形玻璃板构成一个集热单元,多个集热单元通过支架固定在一起;第二反射面和第二反射面的对称反射面构成V形态反射面或W形态反射面。该装置在所具有的极限入射角中获得最大的聚光比,减少热损失。



1. 一种高效免追踪聚光平板太阳能集热装置,包括第一反射面、第二反射面、第一反射面的对称反射面、第二反射面的对称反射面及设置在第二反射面和第二反射面的对称反射面上部中间的圆形吸收管,其特征在于,在圆形吸收管的外部设置有内部圆形玻璃管,在第一反射面和第一反射面的对称反射面的上部开口部面上设置平板形玻璃板;上述第一反射面、第二反射面、第一反射面的对称反射面、第二反射面的对称反射面、圆形吸收管、内部圆形玻璃管及平板形玻璃板构成一个集热单元,多个集热单元通过支架固定在一起;

第二反射面和第二反射面的对称反射面构成V形态反射面或W形态反射面,V形态反射面的高度为 h , $h=r_1\cot^2\psi+g(\cot^2\psi-1)/2$,V形态反射面的宽度为 w , $w=h*\tan\psi$,

其中, ψ 为过V形态反射面最低点的圆形吸收管的切线和中心轴之间的夹角; g 为V形态反射面的两个上端点的连线至圆形吸收管最低点的距离, g 不大于圆形吸收管的半径 r_1 ;

W形态反射面通过切割V形态反射面后构成,W形态反射面中以内部圆形玻璃管的最低点为对称点,以该最低点为基准切割V形态反射面,切割线与相应侧的V形态反射面之间的夹角为 β ,且满足 $\beta=2\psi$ 。

2. 根据权利要求1所述的高效免追踪聚光平板太阳能集热装置,其特征在于在第一反射面、第二反射面、第一反射面的对称反射面及第二反射面的对称反射面的外部整体设置有外部圆形玻璃管。

一种高效免追踪聚光平板太阳能集热装置

技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能集热技术领域,特别是涉及一种高效免追踪聚光平板太阳能集热装置。

背景技术

[0002] 太阳能集热器根据聚光能力分为非聚光集热器和聚光集热器两种。由于单位面积接受太阳辐射能量密度较低,非聚光集热器很难达到较高的温度,抛物面聚光器又需要复杂的跟踪系统,价格昂贵。复合抛物面集热器(CPC)是一种根据边缘光学原理设计的非成像聚光器,是一种固定形态的太阳能聚光集热器,只要光线入射角小于其设计值,则可全部反射到集热管上,它可做为菲涅尔反射系统的接收器来吸收能量。因此复合抛物面集热器(CPC)有着广泛的应用前景,但也存在集热效率、集热温度等方面的不足。

[0003] 一般情况下,太阳能集热器可以根据不同的温度来分为低温用、中温用及高温用,而作为低温用,通常以平板形集热器为主,并且,为了中温用以上使用太阳能,必须要聚集太阳能。

[0004] 为了以固定形聚集太阳光,以往的反射面的设计方法利用了使抛物线旋转规定角度,并通过吸收面反射进入这种旋转角度以内的太阳光的原理(图1)。在采用以往的反射面的情况下,吸收面呈平面,而在设置以这种平面作为直径的圆形管的情况下,会小于所需的聚光比。图1为示出以往的聚光型集热器的图。对原理进行说明如下:使焦点为F1的抛物线11以吸热圆的圆点为中心旋转 θ_c ,使焦点为F2的抛物线12以吸热圆的圆点为中心旋转 $-\theta_c$,之后以分别位于焦点互不相同的抛物线上的方式进行移动,则形成如图1所示的聚光型集热器。若设定抛物线旋转轴13和线段BF1所形成的角为 θ_c ,则设定这一角度为入射极限角(half acceptance angle),而这一角度与抛物线11和抛物线12的旋转角度相同,以入射极限角以下进行入射的光线聚集于线段F1、F2上。在这种抛物线型聚光集热器中,以入射极限角进入的太阳光均聚集于点F1,因此,无法避免吸收面得到不均衡的加热的现象,而为了避免发生这种缺点,在设置以线段F1、F2为直径的圆形管的情况下,会使得真实聚光比小于设计聚光比。

发明内容

[0005] 本发明的目的是,提供一种高效免追踪聚光平板太阳能集热装置,该装置设计利用渐开线切割反射面的下部而构成的由第一反射面和第二反射面(involute)组合的反射面形状结构,该反射面形状结构能减少不追踪太阳且以固定形态聚集太阳光来转换为热能,同时在使用圆形玻璃管的情况下能减少圆管形吸收器的热损失。

[0006] 为了实现上述目的,本发明的技术方案是:

[0007] 一种高效免追踪聚光平板太阳能集热装置,包括第一反射面、第二反射面、第一反射面的对称反射面、第二反射面的对称反射面及设置在第二反射面和第二反射面的对称反射面上部中间的圆形吸收管,其特征在于,在圆形吸收管的外部设置有内部圆形玻璃管,在

第一反射面和第一反射面的对称反射面的上部开口部面上设置平板形玻璃板；上述第一反射面、第二反射面、第一反射面的对称反射面、第二反射面的对称反射面、圆形吸收管、内部圆形玻璃管及平板形玻璃板构成一个集热单元，多个集热单元通过支架固定在一起；

[0008] 第二反射面和第二反射面的对称反射面构成V形态反射面或W形态反射面，V形态反射面的高度为 h ， $h=r_1\cot^2\psi+g(\cot^2\psi-1)/2$ ，V形态反射面的宽度为 w ， $w=h*\tan\psi$ ，

[0009] 其中， ψ 为过V形态反射面最低点的圆形吸收管的切线和中心轴之间的夹角； g 为V形态反射面的两个上端点的连线至圆形吸收管最低点的距离， g 不大于圆形吸收管的半径 r_1 ；

[0010] W形态反射面通过切割V形态反射面后构成，W形态反射面中以内部圆形玻璃管的最低点为对称点，以该最低点为基准切割V形态反射面，切割线与相应侧的V形态反射面之间的夹角为 β ，且满足 $\beta=2\psi$ 。

[0011] 与现有技术相比，本发明的有益效果是：

[0012] 本发明作为可以通过渐开线的使用及以入射极限角入射的太阳光与圆形吸收管相接触的方式构成反射面的形状，从而一边使光损失最小化，一边使聚光太阳光均匀地分布于圆形吸收管，并且，针对规定的吸收面增加受光面积的新概念的反射面形状，以这种反射面构成的高效免追踪聚光平板集热装置以固定设置进行运行，因此，无需追踪太阳，可以仅通过选择聚光比来与使用温度相匹配地进行设计。并且，当被利用为中温用时，为了解决热损失问题而在玻璃管内设置圆形吸收管，从而可以将热损失减少至 $4\text{KW}/\text{m}^2\text{C}$ 以下，且便于制作成单元圆管形态，因此，具有便于进行设计，且容易制作成模块形态的优点。装置结构简单，体积小，制造成本低，传热效率高，可靠性好，是太阳能中高温利用技术的突破；方便，角度任意选择；安装简单使用范围宽广，中高温太阳能集热器可用于太阳能锅炉、太阳能热发电、太阳能烘干干燥、海水淡化等高端用途。

[0013] 本发明增加针对规定吸收面积的受光面积，改进反射面的形状，能使固定形态的聚光集热器在所具有的极限入射角中获得最大的聚光比。在设置内部圆形玻璃管的情况下，以W-形态或V-形态形成反射面的下部，减少热损失。

附图说明

[0014] 图1为使用抛物线的以往的太阳能聚光平板集热装置的剖视图。

[0015] 图2为使用圆管形吸收器的高效免追踪聚光平板集热装置的反射面的剖视图。

[0016] 图3为第一反射面的结构。

[0017] 图4为基于圆形吸收管的直径的反射面形状的剖视图。

[0018] 图5为V形态的反射面形状的剖视图。

[0019] 图6为W形态的反射面形状的剖视图。

[0020] 图7为由内部圆形玻璃管、圆管形吸收器及反射面的组合所形成的单元高效免追踪聚光平板集热装置。

[0021] 图8为使用平板形玻璃的高效免追踪聚光平板集热装置。

[0022] 图9为使用圆形玻璃管的高效免追踪聚光平板集热装置模块。

[0023] 图10为太阳光的入射角为极限入射角的情况下开口部面的情况下的光线跟踪的结果。

- [0024] 图11为太阳光垂直入射(入射角为 0°)的情况下开口部面的情况下的光线跟踪的结果。
- [0025] 附图标记说明
- [0026] 11:焦点为F1的抛物线
- [0027] 12:焦点为F2的抛物线
- [0028] 13:抛物线旋转轴
- [0029] 20:渐开线
- [0030] 21、51、81、83、85、103:第一反射面
- [0031] 22、94、106:第二反射面
- [0032] 31:第一反射面的对称反射面
- [0033] 32、95:第二反射面的对称反射面
- [0034] 41:中心轴
- [0035] 42:入射太阳光开口部面
- [0036] 43、53、80、82、84、90、105:圆形吸收管
- [0037] 91、104:圆形玻璃管
- [0038] 92:V形态的第二反射面
- [0039] 93:V形态的第二反射面的对称反射面
- [0040] 101、106:W形态的第二反射面
- [0041] 102:W形态的第二反射面的对称反射面
- [0042] 201:平板形玻璃板
- [0043] 202、301:支架
- [0044] 302:外部圆形玻璃
- [0045] θ_c :极限入射角
- [0046] g:V形态反射面的开口部和吸收管之间的距离
- [0047] h:V形态反射面的深度
- [0048] α :从V形态的反射面的顶点至圆管形吸收器的切线和中心轴所形成的角

具体实施方式

[0049] 以下是本发明的具体实施例并结合附图,对本发明的技术方案作进一步的描述,但本发明并不限于这些实施例。

[0050] 以下,参照附图对本发明进行详细说明如下:图1为使用抛物线的以往的太阳能聚光平板集热装置的剖视图,图2为使用圆管形吸收器的高效免追踪聚光平板集热装置的反射面的剖视图,图3为第一反射面的结构,图4为基于圆形吸收管的直径的反射面形状的剖视图,图5为V形态的反射面形状的剖视图,图6为W形态的反射面形状的剖视图,图7为由内部圆形玻璃管、圆管形吸收器及反射面的组合所形成的单元高效免追踪聚光平板集热装置,图8为使用平板形玻璃的高效免追踪聚光平板集热装置模块,图9为使用圆形玻璃管的高效免追踪聚光平板集热装置模块,图10为示出太阳光的入射角为极限入射角的情况下和垂直入射(0°)于开口部面的情况下的光线跟踪(ray tracing)的结果的图。

[0051] 本发明的太阳能聚光集热装置的反射面为了使以入射极限角(halfacceptance

angle) 入射的太阳光与圆形吸收管相接触而使反射面包括图2的第一反射面21、第二反射面22、第一反射面的对称反射面31和第二反射面的对称反射面32,第一反射面的对称反射面31和第二反射面的对称反射面32与第一反射面21和第二反射面22以中心轴41为对称轴。

[0052] 为了构成图2的反射面,首先需要以圆点O为中心构成半径为r的圆43,设定半径为r的圆的中心为圆点,圆43的最低点为Q点,并在点Q中构成渐开线(involute)20,而这种渐开线形成的轨迹为曲线。渐开线是指在渐开线的任意一点中对圆形成切线的情况下,点Q至接点的半径为r的圆的周长和在渐开线的任意一点中至接点为止的切线的长度相同的多个点的集合。以光学方式进行说明如下:以垂直方式入射于渐开线面的所有的太阳光具有在与圆相接触的情况下进行反射的特性。图2中B点为第一反射面和第二反射面的相接点,E点为截断的第一反射面的对称反射面31的上端点,BE的连线与圆43相切,切点为A点,因此,直线AB为相对于渐开线以最大的角度入射的情况,而入射于直线QB的太阳光因入射角小于直线AB,均能以圆实现反射。

[0053] 已知聚光比和极限入射角 θ_c ,通过下式来计算入射过光开口部面一半的长度X和开口部面到圆点O的距离D,

$$[0054] \quad X = \frac{\pi r}{\sin \theta_c}, \quad D = \frac{r(\pi + \sin \theta_c)}{\cos \theta_c};$$

[0055] 开口部面的两个端点分别为C、E,E点位于第一反射面的对称反射面31上,C点位于第一反射面21上,点B和点C为第一反射面22的起始点和结束点。第一反射面21形成曲线CB,曲线CB以在开口部面42的法线反射以入射极限角 θ_c 入射的所有太阳光并与圆相接触的方式形成。

[0056] 先利用半径为r的圆的渐开线,再以使反射光在反射面的末端至渐开线结束的点接近圆的方式构成形状,使得在反射面反射的次数最小化,并在吸收面均匀地分布以极限入射角入射的太阳光,并构成为相对于规定吸收面增加受光面积的形态的反射面。

[0057] 图3为以图示性的方式表达构成第一反射面51的过程的图。开口部面的两个端点为点A、点B,B位于第一反射面51上,D点为第一反射面和第二反射面的相接点,直线AD与圆形吸收管53相切于F点,直线AD与中心轴形成的角为 θ_c 。C点为第一反射面的对称面和第二反射面的对称面的相接点,直线BC与圆形吸收管53相切于E点,直线AD和直线BC直线交叉。第一反射面51以与中心轴形成的角入射为 θ_c 的所有的太阳光与圆形吸收管53相接触的方式构成反射面轨迹。即,在以极限入射角 θ_c 到达第一反射面51的太阳光线61~65表示这种情况。在如上所述的反射面的结构中,因太阳光在反射面中反射一次,并与圆形吸收管相接触,因此,光损失最少。在光线71和光线72以小于 θ_c 的角入射的情况下,属于均向圆的内部反射的情况。若以如上所述的方式设计第一反射面51,则向开口部面AB以 θ_c 以下入射的所有太阳光线均与圆相接触或向圆的内部反射,而利用这种光学原理来实现太阳光的聚光。

[0058] 图4示出需要根据圆形吸收管80、82、84的大小来以不同的方式设计及制作第一反射面81、83、85的形状。即,在聚光比相同的情况下,圆形吸收管的直径越大,第一反射面的开口部面的宽度越大。与圆形吸收管80相对应的第一反射面81的轨迹,圆形吸收管82相对应的第一反射面83的轨迹,圆形吸收管84相对应的第一反射面85的轨迹。

[0059] 图5表示若太阳光向圆形吸收管90反射,则圆形吸收管的温度上升,由此,必然将

伴随热损失。在为了减少热损失而设置图5的半径为 r_2 的圆形玻璃管91的情况下,第二反射面94、第二反射面的对称反射面95被切断。由此,将损失向圆形吸收管90和圆形玻璃管91之间入射的太阳光。为了避免发生这种光损失,在以如图5的V形态的第二反射面92、V形态的第二反射面的对称反射面93的方式构成V形态反射面的情况下,可以避免发生这种光损失。就V形态的第二反射面92、V形态的第二反射面的对称反射面93的详细结构而言,在以圆形吸收管90的中心为基准设置半径 r_2 的圆形玻璃管91的情况下,以第二反射面94、第二反射面的对称反射面95的点B和点A为基准进行切割,并以点A和点B为起始点与中心轴构成角度为 ψ 的V形态反射面,V形态反射面的最低点为C点。向V形态反射面入射的太阳光根据角度 ψ 来确定朝向圆形吸收管的反射。由于从光学角度出发,V形态的第二反射面92、V形态的第二反射面的对称反射面93的两个上端点AB的连线至圆形吸收管90最低点的距离 g 应不大于圆形吸收管90的半径 r_1 ,因此,圆形玻璃管91的直径 r_2 和V形态的第二反射面92、V形态的第二反射面的对称反射面93所形成的角 ψ 受到限制。若过点C的圆形吸收管90的切线和中心轴所形成的角为 α ,则 ψ 由以下式定义。

$$[0060] \quad \psi \geq 90^\circ - \alpha, \sin^2 \alpha + \sin \alpha \geq 1$$

[0061] 在通过以如上所述的方式确定的 ψ 来形成的V形态的第二反射面92、V形态的第二反射面的对称反射面93中,以 $(90^\circ - \psi)$ 的角度向AB所在开口平面入射的太阳光均向半径为 r_1 的圆形吸收管90反射。V形态反射面的高度 $h = r_1 \cot^2 \psi + g (\cot^2 \psi - 1) / 2$,V形态反射面的宽度 $w = h * \tan \psi$ 。V形态反射面的宽度为直线AB距离的一半。

[0062] 图6示出W形态的反射面结构来代替V形态反射面。以与上述V形态的第二反射面92、V形态的第二反射面的对称反射面93的结构相同的方法形成W形态的第二反射面101、W形态的第二反射面的对称反射面102的结构。就图6的W形态反射面而言,以圆形玻璃管91的最低点 b 为对称点,点 b 位于中心轴上,以点 b 为基准来切割V形态反射面,切割线与相应侧的V形态反射面之间的夹角为 β ,且满足 $\beta = 2\psi$ 。

[0063] 图7示出单一太阳能聚光集热器,而这种聚光集热器的结构由圆形吸收管105、内部圆形玻璃管104、第一反射面103及W形态的第二反射面106的组合构成。为了保护第一反射面103及第二反射面106,在反射面的开口部面设置透射率优秀的外部圆形玻璃管302(参见图9)或平板形玻璃板201。

[0064] 图8示出了以代替外部圆形玻璃管来组合多个圆形吸收管、反射面、内部圆形玻璃管,并利用单一平板形玻璃板201来对此进行覆盖的方式构成的模块形态的太阳能聚光集热器。代替外部圆形玻璃管来使用平板形玻璃板201的理由可以是价格低廉、便于制作。

[0065] 图9和图8示出了制作出可以固定图7的单一太阳能聚光集热器的支架301、支架202,并构成为模块形态的太阳能聚光集热器。这种模块形态的太阳能集热装置使圆形吸收管相互连接,使得传热介质可以朝向一个方向流动,而这种传热介质因反射面所反射的太阳光而提高温度。这种模块形态为了使模块和模块之间的连接变得容易,且容易应对所需的集热面积而构成为模块形态。

[0066] 图10和图11为以可视性的方式示出太阳入射光以入射极限角向开口部面入射的情况下和以垂直方式向开口部面入射的情况下的光线跟踪(ray tracing)的图。光线跟踪结果,如上所述,以入射极限角入射的太阳光在第一反射面得到反射,并与圆形吸收管90相接触,所接触的点并不在一个点相接触,而是沿着圆周方向相接触,并且,这会沿着吸收管

的圆周方向进行均匀的聚光分布。而且,以垂直方向向开口部面入射的情况可从图10和图11的结果图中了解到向圆形吸收管90内反射。

[0067] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,对于本领域的技术人员来说,其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换。

[0068] 凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

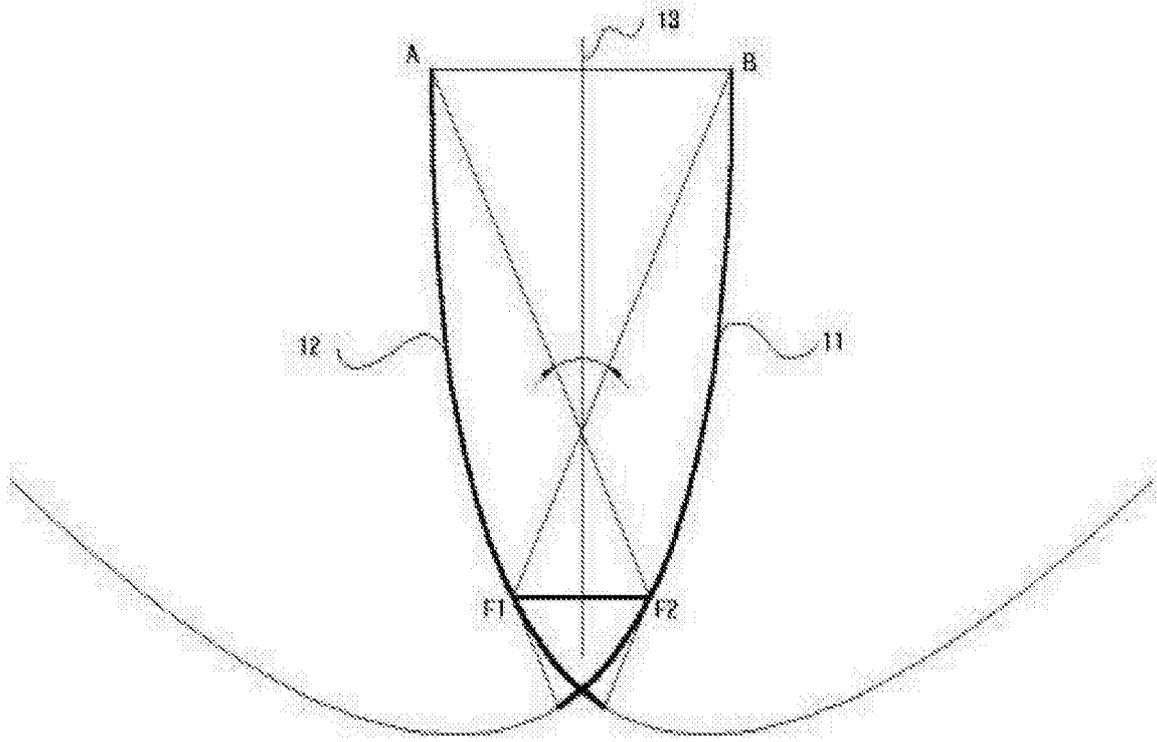


图1

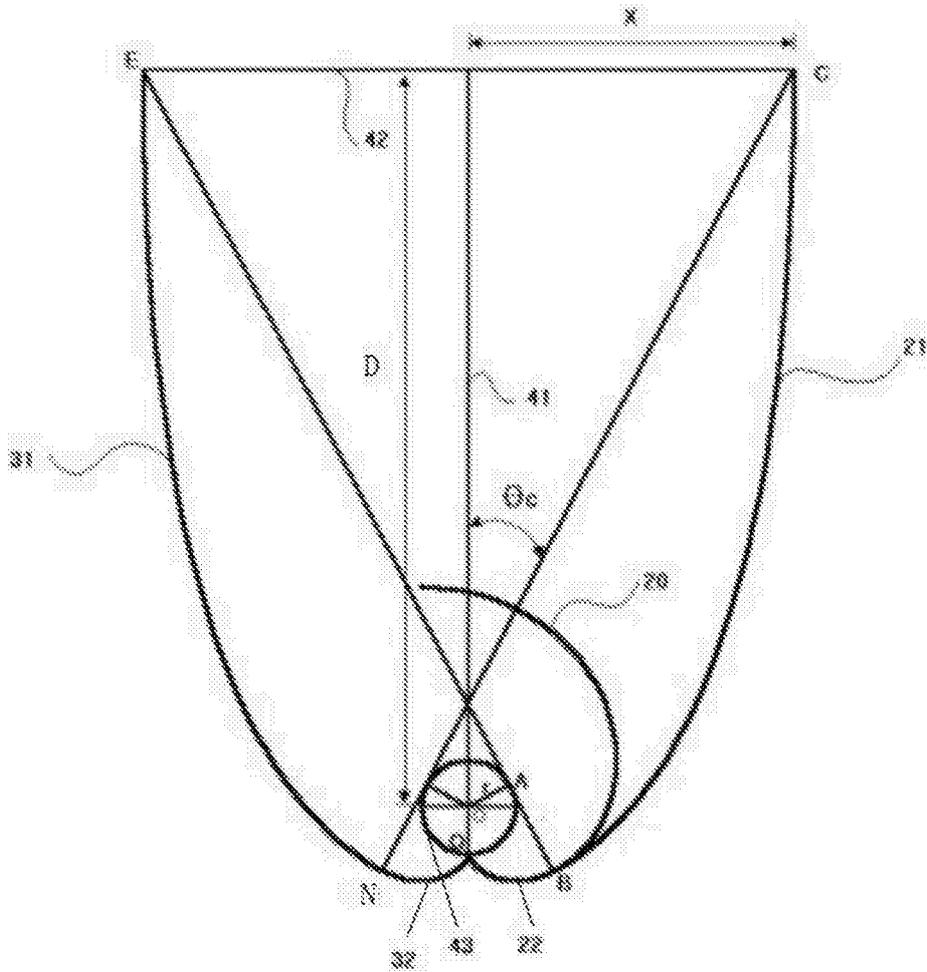


图2

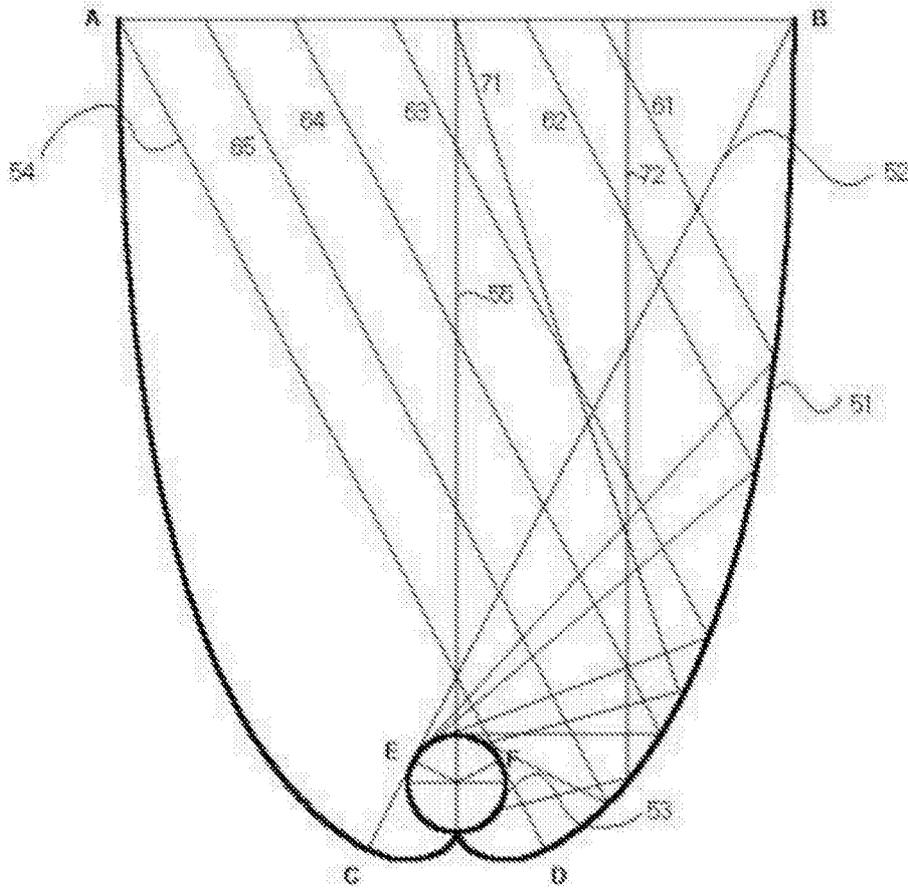


图3

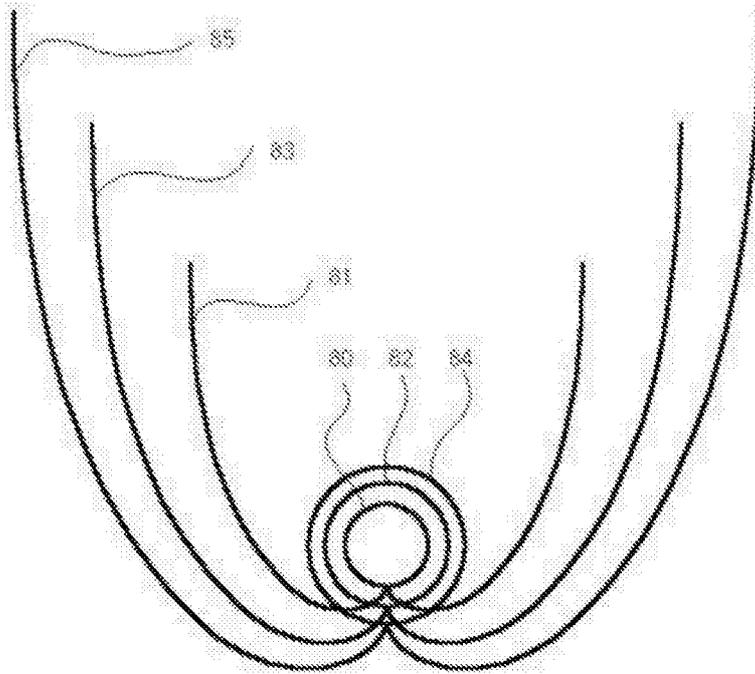


图4

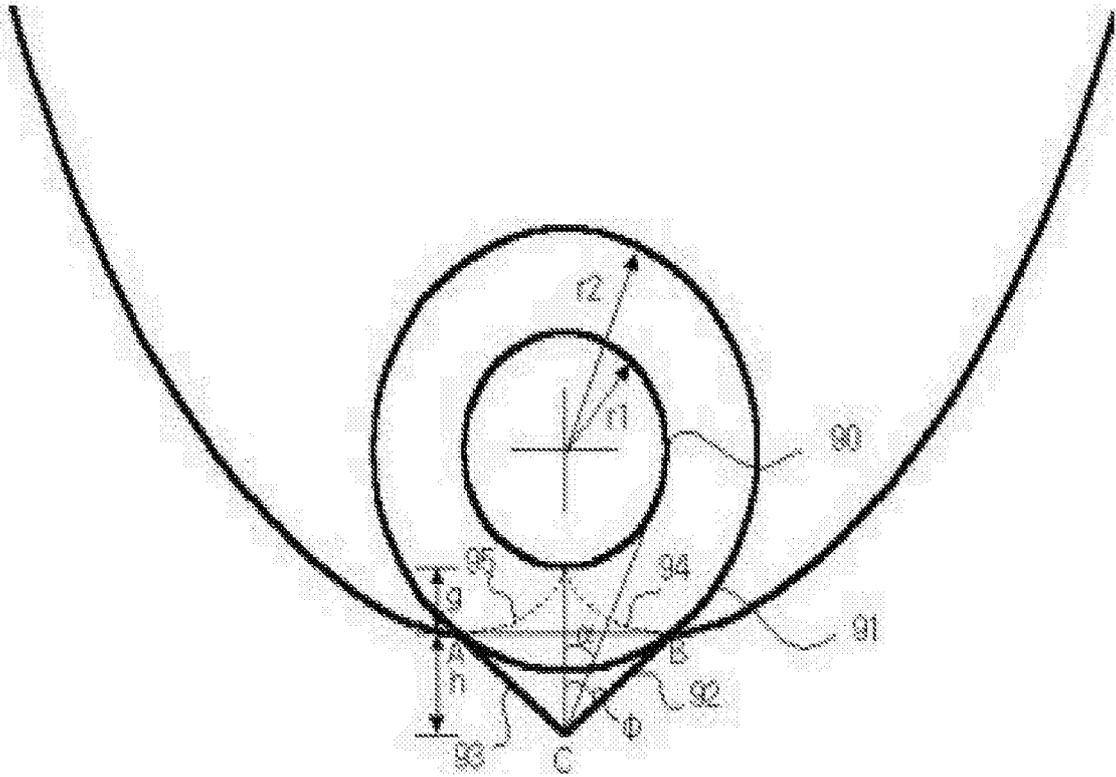


图5

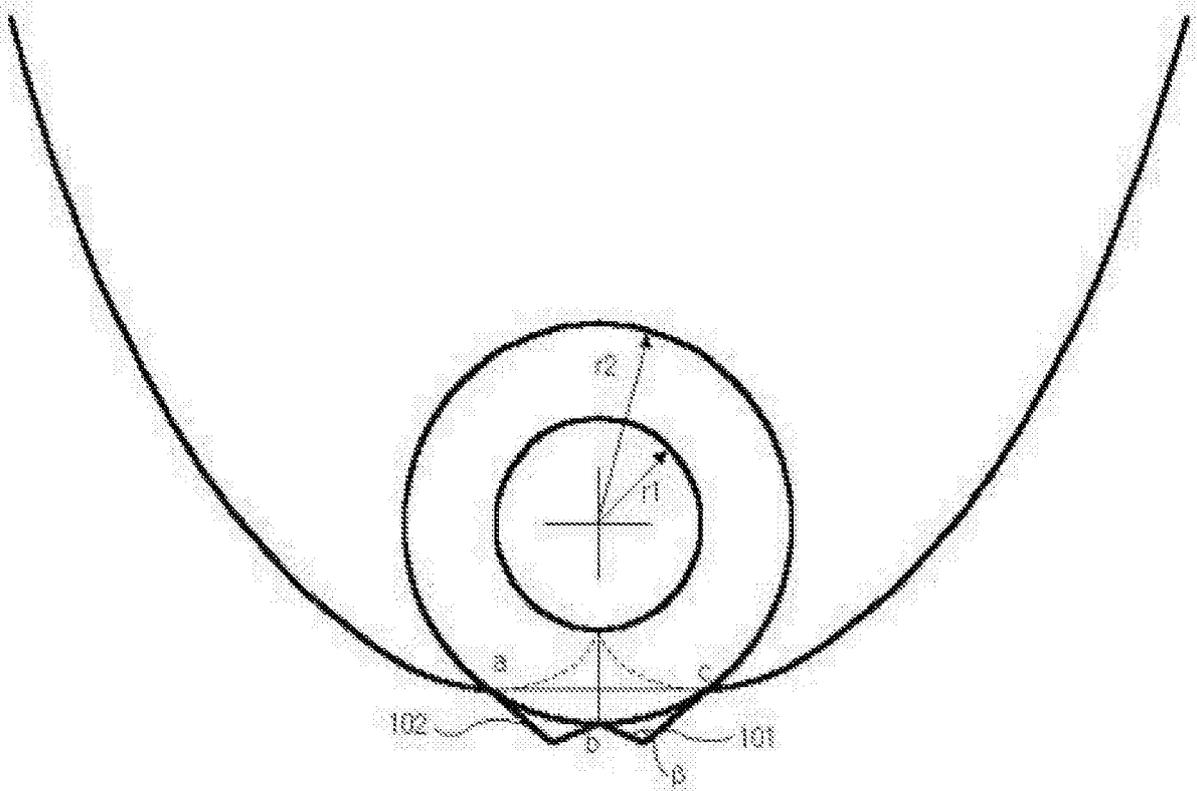


图6

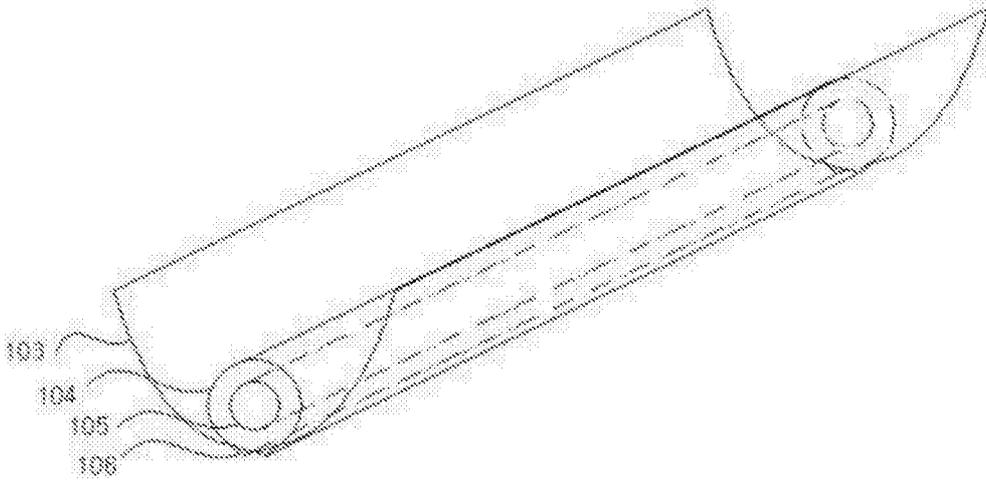


图7

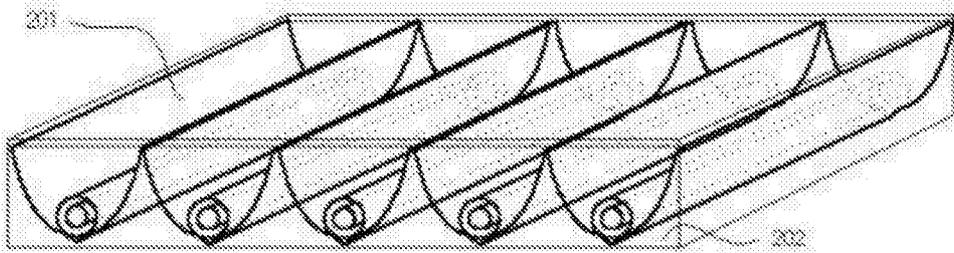


图8

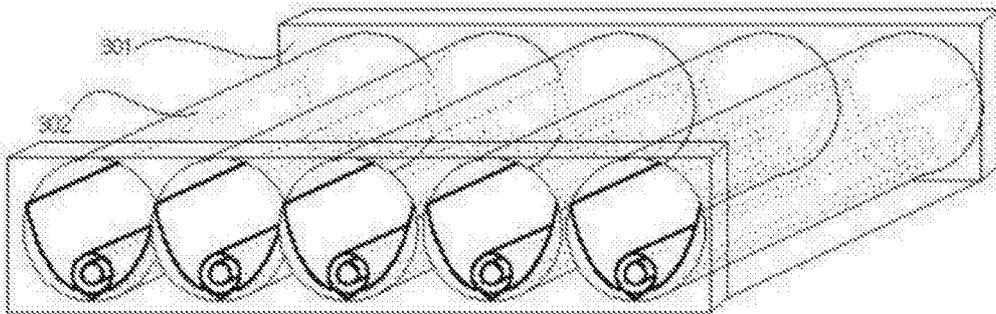


图9

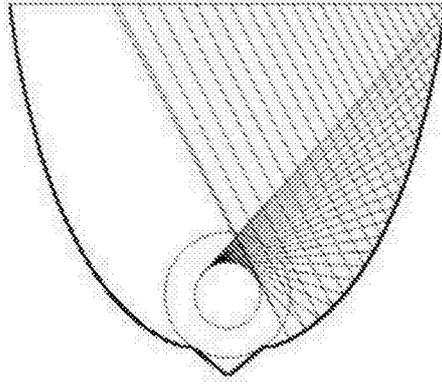


图10

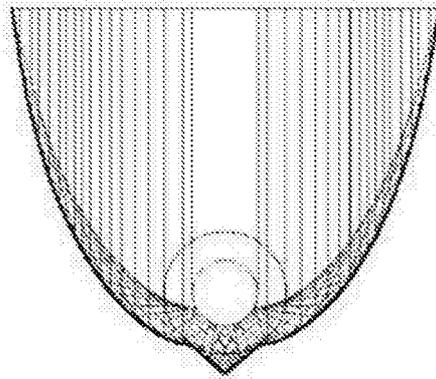


图11