



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105253991 B

(45)授权公告日 2017.07.21

(21)申请号 201510680556.4

(22)申请日 2015.10.20

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105253991 A

(43)申请公布日 2016.01.20

(73)专利权人 浙江工商大学

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区
学正街18号

(72)发明人 应贤斌 顾源 冯华军 沈东升
李娜 周玉央 梁禹翔 王炎锋

(74)专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限公司 33224

代理人 黄平英

(51)Int.Cl.

H01M 8/16(2006.01)

C02F 3/00(2006.01)

C02F 3/34(2006.01)

C02F 103/08(2006.01)

(54)发明名称

一种兼具降污功能的电磁场耦合脱盐装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种兼具降污功能的电磁场耦合脱盐装置及方法，装置包括反应器，所述反应器内依次分隔为阳极室、中间室和阴极室；所述阳极室带有生活污水进口和生活污水出口，内置阳极电极；所述中间室带有海水进口和淡水出口；所述阴极室带有酸性废水进口和酸性废水出口，内置阴极电极；所述阴极电极与阳极电极之间通过导线连接；所述反应器外还设有为阳极室B内提供水平磁场的弱磁铁及为中间室内提供垂直磁场的强磁铁。生活污水送入阳极室中，酸性废水送入阴极室中，海水送入中间室中，启动中间室的垂直磁场和阳极室的水平磁场，进行电磁场耦合脱盐反应，能够在处理生活污水的同时利用装置自己产生的电场耦合磁场脱去海水中的盐分。

(56)对比文件

CN 101481178 A, 2009.07.15, 说明书第3页第3行-最后一行, 图1.

CN 104577171 A, 2015.04.29, 说明书第0006-0026段, 图1.

CN 104617322 A, 2015.05.13, 说明书第0008-0021段, 图3-5.

CN 102329007 A, 2012.01.25, 说明书第0017-0021段, 图1.

CN 204375849 U, 2015.06.03, 说明书0006-0033段, 图1.

CN 103296299 A, 2013.09.11, 全文.

CN 104817190 A, 2015.08.05, 全文.

CN 103159331 A, 2013.06.19, 全文.

CN 104393309 A, 2015.03.04, 全文.

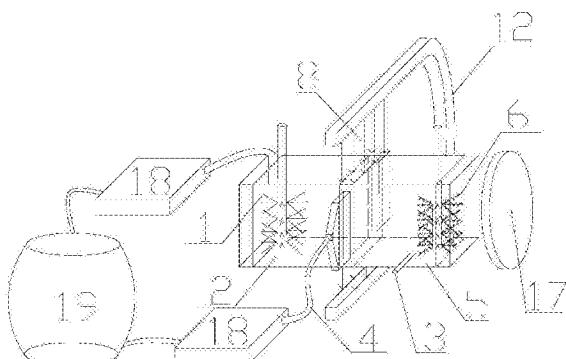
CN 102603039 A, 2012.07.25, 全文.

KR 100879113 B1, 2009.01.19, 全文.

US 2013017414 A1, 2013.01.17, 全文.

审查员 林珊

权利要求书1页 说明书6页 附图1页



1. 一种利用兼具降污功能的电磁场耦合脱盐装置进行脱盐的方法，其特征在于，包括如下步骤：

生活污水送入阳极室中，酸性废水送入阴极室中，海水送入中间室中，启动中间室的垂直磁场、阳极室的水平磁场以及反应器内的内电场，进行电磁场耦合脱盐反应，净化后的污水、酸性废水及淡化水排出反应器外；中间室的磁场强度6000Gs-12000Gs，阳极室的磁场强度为1500Gs-2500Gs；中间室的海水流速为0.5m/s-2m/s；阴极室的进水为pH5~6的弱酸性废水；

所述电磁场耦合脱盐装置包括反应器，所述反应器内依次分隔为阳极室、中间室和阴极室；

所述阳极室带有生活污水进口和生活污水出口，内置阳极电极；所述中间室带有海水进口和淡水出口；所述阴极室带有酸性废水进口和酸性废水出口，内置阴极电极；

所述阴极电极与阳极电极之间通过导线连接；所述阴极电极为表面处理的光催化硅电极；

所述反应器外还设有为阳极室内提供水平磁场的弱磁铁及为中间室内提供垂直磁场的强磁铁。

2. 根据权利要求1所述方法，其特征在于，中间室的水温度控制在25~35℃。

3. 根据权利要求1所述方法，其特征在于，所述阳极电极的材料为碳基材料。

4. 根据权利要求1所述方法，其特征在于，所述阳极室、中间室和阴极室沿反应器的长度方向依次排布，所述反应器的高宽比为1:10~1:12。

5. 根据权利要求1所述方法，其特征在于，所述中间室的厚度为1mm-10mm。

一种兼具降污功能的电磁场耦合脱盐装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及海水淡化及生活污水处理领域,具体是指一种兼具降污功能的电磁场耦合脱盐方法及装置。

背景技术

[0002] 淡水资源缺乏是21世纪的焦点问题之一。据统计,地球上的水资源总量巨大,约13.8亿立方公里,但其中97.5%是海水(13.45亿立方公里),淡水仅占2.5%,这其中绝大部分又为极地冰雪冰川和地下水,真正被人类享用的只有0.01%。中国虽然淡水资源排名世界第六位,但水资源在空间和时间上的分布不均匀导致中国人均淡水资源排名世界第119位,全国更是有110个城市严重缺水,在此严峻现状下,发展海水淡化技术产业解决水源稀缺的问题迫在眉睫。

[0003] 传统的海水淡化技术有蒸馏法、冷冻法、电渗析法、膜法等。蒸馏法比较原始,通过加热海水,使水经过汽化再冷凝的方式与盐脱离。但蒸馏设备存在造价高,高温高压条件下配件易损坏,耗能量巨大等问题。冷冻法是从结冰海水里分离出盐分从而得到海水的办法。但冷冻海水过程也是耗能巨大,且分离得到的海水质量差。电渗析法和膜法是两种海水淡化的新方向,电渗析法虽然解决了能耗大、添加化学剂多、操作繁等问题,但海水淡化室中添加的化学剂残留使出水不能用作饮用水;而膜法又存在膜成本高,重复利用性差等缺点。

[0004] 专利CN201510130271.3公开了一种海水淡化系统及海水淡化方法,通过海水中的杂质粒子在电场的作用下发生离子浓差极化现象,然后海水在外界压力的作用下,杂质粒子和淡水达成分离。但该系统配件复杂需要多道工序组成,且该系统只适用于少量的海水淡化,扩大化过程中能耗也会加大,应用前景较小。而专利CN201210289714.X发明涉及一种海水淡化装置,包括空气增湿塔和空气脱湿塔,空气增湿塔和空气脱湿塔的上部相互连通,该海水淡化的装置利用热力发电厂的余热制造淡水,使海水淡化的成本降低,但由于这一特征使海水淡化大大受到了地域限制。

[0005] 与此同时,随着城市化进程的加快,生活污水排放量急剧增加。目前,生活污水的处理旨在去除其中的COD,而研究表明COD是一种劣质能源,存在潜在的利用价值。另一方面,利用磁场浓缩和纯化水是一项具有潜在应用前景的技术。

[0006] 因此,如何将多种方向的水处理及多个生物物理技术耦合以达到节能、环保、可持续的目的是必要的。

发明内容

[0007] 本发明提供了一种兼具降污功能的电磁场耦合脱盐装置及方法,能够在处理生活污水的同时利用装置自己产生的电场耦合磁场脱去海水中的盐分。

[0008] 一种兼具降污功能的电磁场耦合脱盐装置,包括反应器,所述反应器内依次分隔为阳极室、中间室和阴极室;

[0009] 所述阳极室带有生活污水进口和生活污水出口,内置阳极电极;所述中间室带有海水进口和淡水出口;所述阴极室带有酸性废水进口和酸性废水出口,内置阴极电极;

[0010] 所述阴极电极与阳极电极之间通过导线连接;

[0011] 所述反应器外还设有为阳极室内提供水平磁场的弱磁铁及为中间室内提供垂直磁场的强磁铁。

[0012] 所述反应器内沿长度方向依次为阳极室、中间室和阴极室,阳极室与中间室之间由阴离子膜隔开,中间室与阴极室之间由阳离子膜隔开,阴极电极与阳极电极之间由导线连接并连接蓄电池,处理污水时产生的电能可抵消一部分外部供电电能,在低能耗甚至无能耗的基础上达到既处理生活污水,又脱除海水中盐分的目的,同时光催化阴极在自然光的催化下能够还原酸性废水中的H⁺,阳极电子得以导出,不产生二次污染。

[0013] 本发明在阳极室和阴极室中间增加第三室,形成三室体系,阳极附着于碳刷电极上的微生物降解生活污水中的COD并产生额外电子,而阳极较弱水平磁场的存在能极大程度提高阳极生物膜的性能,由导线导向阴极形成回路,产生的电能收集于蓄电池用于补充装置进水所需电量,同时中间室的阴阳离子在装置内部自产的电场耦合外加磁场强化作用下,阴离子转向阳极室,阳离子转向阴极室,从而实现了脱盐。阴极采用光催化硅材料,在自然光条件下不需阴极消耗物或外加电势即可还原酸性废水中的H⁺,大大节约成本。更具意义的是,该过程能耗小,且处理了生活污水,无额外污染物排放,是一种环境友好型的脱盐设计。

[0014] 优选地,所述阳极电极的材料为碳基材料。如石墨极板,碳刷,碳毡。进一步优选为碳刷,造价低廉,比表面积大,具有良好导电性能,利于电子导出,且抗腐蚀能力好,可在实际应用中扩大化利用。阳极电极首先经过表面活性剂润洗,如十二烷基苯磺酸钠,o-苯基苯酚。

[0015] 优选地,所述阴极电极为表面处理的光催化硅电极。光催化硅电极及表面处理本身可采用现有技术,优选地,光催化硅电极表面处理方法及步骤如下:

[0016] (1)活性离子刻蚀单晶硅薄片,单晶硅表面形成纳米线阵列;

[0017] (2)然后轻掺杂p-Si纳米线修饰一层薄的高掺杂n⁺层,以提高光电压输出;

[0018] (3)将30nm共形敷膜二氧化钛层在300℃高温下修饰到实现自制的原子沉积层,以保证能长时地稳定工作在中性PH电解质环境下;

[0019] (4)约10nm厚度的Ni通过拟共形喷射修饰到电极上。

[0020] 优选地,所述阳极室、中间室和阴极室沿反应器的长度方向依次排布,所述反应器的高宽比为1:10~1:12。在该比例条件下脱盐效率得到进一步提高。更进一步优选地,所述反应器的宽度为50cm以上。

[0021] 优选地,所述中间室的厚度为1mm-10mm。进一步优选,中间室厚度为5mm。

[0022] 此处的厚度是指阳离子膜与阴离子膜之间的间距。

[0023] 优选地,反应器的高度为5cm-15cm,过薄,中间室体积小。进一步优选为10cm。

[0024] 本发明还提供一种电磁场耦合脱盐的方法,优选采用本发明装置进行,包括如下步骤:

[0025] 生活污水送入阳极室中,酸性废水送入阴极室中,海水送入中间室中,启动中间室的垂直磁场、阳极室的水平磁场以及反应器内的内电场,进行电磁场耦合脱盐反应,净化后

的生活污水、酸性废水及淡化水排出反应器外。

[0026] 经过对磁场力 $F=q \times V \times B$ 以及离子运动时对水的摩擦系数 $f=6\pi\eta r$ (η 为液体粘度,r为离子半径)分析计算以及结合装置本身进行条件筛选。

[0027] 优选地,中间室的磁场强度6000Gs-12000Gs。最优先选择磁场强度10000Gs的马蹄形钕铁硼强磁铁。中间室所加垂直磁场为相对中间室底面垂直,即本发明中所述垂直磁场为竖直磁场。

[0028] 磁场强度的增大有利于运动阴阳离子发生更大的偏转,洛伦磁力分力做功更大用于克服对水的摩擦阻力做功。

[0029] 优选地,阳极室的磁场强度为1500Gs-2500Gs。最优先选择磁场强度2000Gs的弱磁铁。

[0030] 优选地,中间室的海水流速为0.5m/s-2m/s。考虑节能和离子偏转受力,最优为1m/s。过慢偏转效果差,过快离子来不及透过膜就从出水口流出。

[0031] 优选地,一次处理过程中,海水在中间室的停留时间为3~6小时。以3h为一个周期处理一个周期后,海水盐度降为1.5g/L以下,脱盐率达到95%以上。

[0032] 优选地,中间室的水温度控制在25~35℃。进一步优选为30℃。

[0033] 优选地,阴极室的进水为pH 5~6的弱酸性废水。

[0034] 最优先地,装置启动阶段,阴极室加入M9电解液,阳极室接种菌液,菌液由含有有机物2000mg/L的生活污水和产电混菌液1:2(体积比)组成,中间室加入静止状态的盐度为约30%的海水,30℃条件下启动反应器,启动时间约1天;中间室的磁场强度10000Gs,阳极室的磁场强度为2000Gs;

[0035] 装置稳定运行后,将COD为300mg/L生活污水以水流量为 $4.6t/(m^3 \cdot d)$ 送入阳极室中,使阳极电极上的微生物获得充足碳源,同时污水COD得到有效降解;阴极室中以水流量为 $9.2m^3/(m^3 \cdot d)$ 送入弱酸性废水;

[0036] 装置稳定运行后,海水原水以1m/s的流速进入中间室,从海水出水口流出的水通过管道与原水合并再经水泵压入中间室,如此形成循环,以6h为一个周期。

[0037] 一个周期后,生活污水出水COD降为80mg/L以下,海水浓度降为1g/L左右,脱盐率达到96.7%以上。

[0038] 本发明在装置结构上增加中间室的强磁铁,利用带电粒子的洛伦磁力耦合内电路的电场力强化脱盐效果;阳极室外增加普通磁铁,利用弱磁场对微生物的作用增大输出电流,从而进一步提升脱盐效率。处理工艺上,本发明本质上利用内电路电场和外加强磁场的耦合作用于阴阳离子;阴极采用表面处理的光催化硅电,在日光条件下可还原H⁺。

[0039] 与现有技术相比,本发明具有如下有益效果:

[0040] (1)阳极水平弱电场提升生物膜性能,增大产电量。

[0041] (2)表面处理的光催化硅电极,可在日光条件下还原弱酸性电解质,解决阴极消耗物的问题,大大节约成本。

[0042] (3)阳极弱电场提升生物膜性能,提高内电路电场,耦合强磁场,达到电场磁场强化脱盐效果。

[0043] (4)表面处理的光催化阴极电极,可额外处理弱酸性废水,达到产电、强化脱盐、处理生活污水和处理弱酸性废水四效合一的效果,且没有二次污染,无阴极消耗,真正实现低

成本运行。

[0044] (5) 脱盐时间短,效率高,以3h为一个周期处理一个周期后,生活污水出水COD降为100mg/L,海水盐度降为1.5g/L以下,脱盐率达到95%以上。

附图说明

[0045] 图1是本发明装置的立体结构示意图。

[0046] 图2是本发明装置本发明装置的俯视示意图。

[0047] 图中所示附图标记如下:

[0048] 1-阴极电极 2-阴极室 3-生活污水进口

[0049] 4-海水进口 5-阳极室 6-阳极电极

[0050] 7-淡水出口 8-垂直磁场 9-内电场

[0051] 10-生活污水出口 11-中间室 12-强磁铁

[0052] 13-阴离子膜 14-阳离子膜 15-酸性废水进口

[0053] 16-酸性废水出口。 17-弱磁铁 18-水泵

[0054] 19-储水罐。

具体实施方式

[0055] 实施例1

[0056] 如图1和图2所示,一种兼具降污功能的电磁场耦合的脱盐装置,包括反应器、若干水泵和蓄电池。

[0057] 反应器内沿长度方向依次为阴极室2、中间室11、阳极室5。阴极室和中间室由阳离子膜14隔开,阳极室和中间室由阴离子膜13隔开,使各个室独立。

[0058] 阴极室内设置阴极电极1,阴极电极为光催化硅电极,阴极室侧壁上设置酸性废水进口15和酸性废水出口16,阴极室2由阴极电极、阳离子膜14、酸性废水进口15及酸性废水出口16组成;阳极室内设置阳极电极6,阳极采用碳刷电极,阳极室的侧壁上开设有生活污水进口3和生活污水出口10,阳极室由附着产电微生物的碳刷阳极、生活污水进口3和生活污水出口10及阴离子交换膜组成;位于阳离子膜14和阴离子膜13之间为中间室11,中间室的侧壁上开设海水进口4和淡水出口7。

[0059] 在阳极室5的外部设置弱磁铁17,弱磁铁为普通磁铁,为阳极室内提供水平磁场;中间室外设置强磁铁12,强磁铁为马蹄形钕铁硼强磁铁,为中间室提供垂直磁场8,阳极电极与阴极电极之间形成内电场9。

[0060] 阳极电极与阴极电极之间由导线连接并连接蓄电池,蓄电池与各路水泵18连接,为水泵提供部分电能。

[0061] 反应器的高宽比为1:10~1:12。反应器的宽度为50cm以上(本实施方式中优选为100cm)。高度为5cm-15cm(本实施方式中优选为10cm),中间室的厚度为1mm-10mm(本实施方式中优选为2mm)。

[0062] 脱盐装置其具体运行过程如下:

[0063] 装置启动阶段,阴极室加入M9电解液,阳极室接种菌液,菌液由含有机物2000mg/L的生活污水和产电混菌液(常规产电菌)1:1(体积比)组成,中间室加入静止状态的盐度为

约3%的海水,30℃条件下启动反应器,启动时间约2天。处理过程中中间室的垂直磁场强度为10000Gs,阳极室的水平磁场强度为2000Gs。

[0064] 装置稳定运行几个周期以后,阳极室通过蠕动泵更换并控制COD为500mg/L的生活污水进入进水口,进水流量为 $4.6\text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,使阳极电极上的微生物获得充足碳源,同时污水COD得到有效降解;阴极室通过蠕动泵更换并控制弱酸性废水进入进水口进水流量为 $9.2\text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

[0065] 装置稳定运行几个周期以后,海水原水通过水泵以1m/s的流速进入海水进水口,从海水出水口流出的水通过管道与原水合并再经水泵压入中间室,如此形成循环,以1.5h为一个周期。

[0066] 一个周期后,生活污水出水COD降为200mg/L,海水盐度降为10g/L以下,脱盐率达到66.7%以上。

[0067] 实施例2

[0068] 装置结构整体结构域实施例1相同。

[0069] 装置启动阶段,阴极室加入M9电解液,阳极室接种菌液,菌液由含有机物2000mg/L的生活污水和产电混菌液(常规产电菌)1:2(体积比)组成,中间室加入静止状态的盐度为约3%的海水,30℃条件下启动反应器,启动时间约1天。处理过程中中间室的垂直磁场强度为10000Gs,阳极室的水平磁场强度为2000Gs。

[0070] 装置稳定运行几个周期以后,通过蠕动泵更换并控制COD为500mg/L的生活污水进入进水口,进水流量为 $2.3\text{t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,使阳极电极上的微生物获得充足碳源,同时污水COD得到有效降解;阴极室通过蠕动泵更换并控制弱酸性废水进入进水口进水流量为 $9.2\text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

[0071] 装置稳定运行几个周期以后,海水原水通过水泵以1m/s的流速进入海水进水口,从海水出水口流出的水通过管道与原水合并再经水泵压入中间室,如此形成循环,以3h为一个周期。

[0072] 一个周期后,生活污水出水COD降为100mg/L,海水盐度降为1.5g/L以下,脱盐率达到95%以上。

[0073] 实施例3

[0074] 装置结构整体结构域实施例1相同。

[0075] 装置启动阶段,阴极室加入M9电解液,阳极室接种菌液,菌液由含有机物2000mg/L的生活污水和产电混菌液(常规产电菌)1:2(体积比)组成,中间室加入静止状态的盐度为约3%的海水,30℃条件下启动反应器,启动时间约1天。处理过程中中间室的垂直磁场强度为10000Gs,阳极室的水平磁场强度为2000Gs。

[0076] 装置稳定运行几个周期以后,通过蠕动泵更换并控制COD为300mg/L的生活污水进入进水口,进水流量为 $4.6\text{t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,使阳极电极上的微生物获得充足碳源,同时污水COD得到有效降解;阴极室通过蠕动泵更换并控制弱酸性废水进入进水口进水流量为 $9.2\text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

[0077] 装置稳定运行几个周期以后,海水原水通过水泵以2m/s的流速进入海水进水口,从海水出水口流出的水通过管道与原水合并再经水泵压入中间室,如此形成循环,以6h为一个周期。

[0078] 一个周期后,生活污水出水COD降为80mg/L以下,海水盐度降为1g/L左右,脱盐率达到96.7%以上。

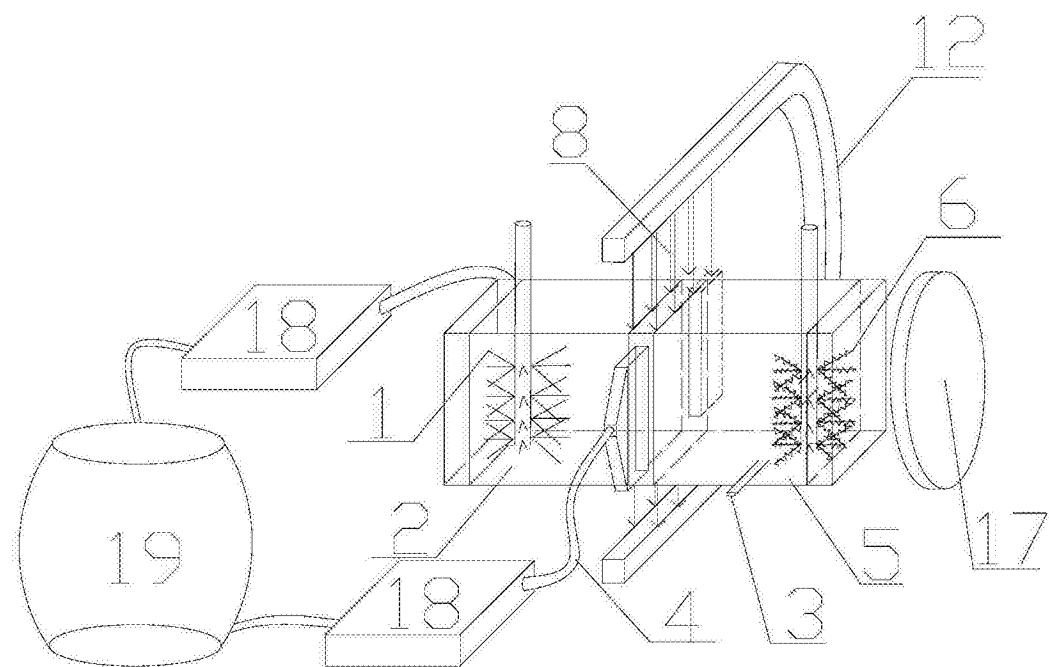


图1

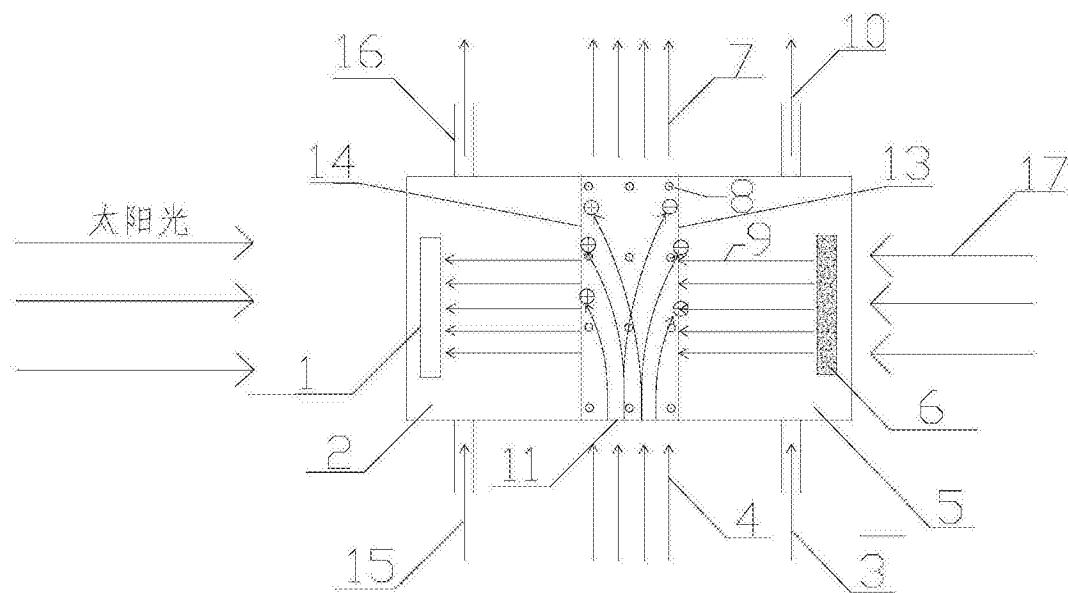


图2