

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610104652.5

A61L 9/22 (2006.01)

A61L 9/014 (2006.01)

B01D 46/10 (2006.01)

B01D 53/02 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008 年 12 月 10 日

[11] 授权公告号 CN 100441233C

[22] 申请日 2006.9.26

[21] 申请号 200610104652.5

[73] 专利权人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁路 28 号

[72] 发明人 荣命哲 刘定新 王小华 吴 翊

[56] 参考文献

JP2003010625A 2003.1.14

JP2001340442A 2001.12.11

CN1476902A 2004.2.25

审查员 赵 洁

[74] 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司

代理人 李郑建

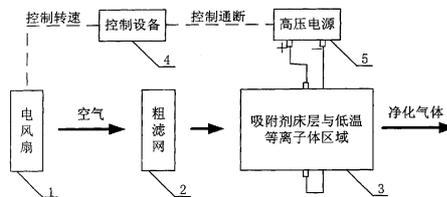
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称

一种吸附法与低温等离子体相结合的室内空气净化方法

[57] 摘要

本发明公开了吸附法与低温等离子体相结合的室内空气净化方法，涉及一种将空气中的有害气体和悬浮物分离出来并分解，从而得到洁净空气的方法。本发明的吸附剂床层处于低温等离子区域或者紧贴这一区域，使低温等离子体能有效作用于吸附剂。净化空气时，先通过吸附剂富集污染气体和悬浮颗粒，在吸附接近饱和的时候启动低温等离子体一段时间，依靠等离子体的电磁场作用、电子碰撞作用解吸和再生吸附剂，并分解释放出来的氮氧化物、硫氧化物、有机污染物等，如此循环以实现空气净化。本发明具有适应面广、节能、高效、成本低、无二次污染、吸附剂无需更换等优点。



1. 一种吸附法与低温等离子体相结合的室内空气净化方法，其特征在于，该方法包括下列步骤：

步骤一，采用空气净化装置将待净化的空气借助电风扇首先通过粗滤网，过滤掉大的悬浮物；

步骤二，再通过吸附剂床层和高压电源电晕放电或者介质阻挡放电产生的等离子体区域，使其它有害气体和悬浮物在进入吸附剂床层和低温等离子体区域后，先通过吸附剂床层的吸附剂吸附，再用低温等离子体区域进行等离子体净化；

通过上述步骤一、二的循环，使室内空气得到净化。

2. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述的空气净化装置由电风扇、粗滤网、吸附剂床层和高压电源低温等离子体区域、以及控制电路组成，控制电路用于控制高压电源的放电回路的通断，以及电风扇转速。

3. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述的吸附剂床层和低温等离子体区域吸附净化流程是：

吸附剂床层的吸附剂吸附阶段，电风扇高速旋转，促进空气在净化器中流动，使得吸附剂床层尽快吸附有害气体和微小悬浮物，此时高压电源的放电回路处于断开状态，直至吸附剂接近饱和，则断开电风扇的电源，接通放电回路，放电产生的低温等离子体使被吸附的有害气体和悬浮物脱离吸附剂约束，并进而被高压电源产生的等离子分解为无害的气体。

4. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述吸附剂床层的吸附剂为活性炭、分子筛、沸石或活性氧化铝。

5. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述的吸附剂床层为薄板或网状结构，处于等离子体的区域中，或者紧贴着等离子体区域。

6. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述的吸附剂在等离子体

电磁场的作用和电子碰撞作用下解吸，进而再生。

7. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于：所述的介质阻挡放电所采用的介质阻挡板是厚度为 1~3mm 的活性氧化铝板材。

8. 根据权利要求 3 所述的空气净化流程，其特征在于：吸附剂富集有害气体和悬浮颗粒的阶段，风扇高速旋转，放电回路处于断开状态；等离子体净化阶段，风扇停止转动或低速旋转，放电回路处于导通状态，高压电源作用于针板—平板电极上产生低温等离子体。

一种吸附法与低温等离子体相结合的室内空气净化方法

技术领域

本发明属于电气工程与环境保护的交叉领域，涉及一种室内空气净化方法，特别涉及一种吸附法和低温等离子体相结合的室内空气净化方法。

背景技术

空气中的主要污染物包括悬浮颗粒、病原微生物（细菌、真菌和病毒）、氮氧化合物、硫氧化合物，碳氢化合物等，目前，室内空气净化方法主要有吸附、静电、负离子、光催化、低温等离子体等。吸附法是利用某些有吸附能力的物质如活性炭、活性氧化铝、硅胶和分子筛等吸附空气中的悬浮颗粒、微生物和有害气体，从而达到净化空气的目的。但是，该方法存在几点不足，包括：不能分解空气中的有害气体，存在二次污染；不能杀死病原微生物，使得它们在吸附材料上积聚、生长并繁殖，吸附材料成为了滋生病原的土壤；吸附材料的吸附能力存在饱和问题且难以再生，使用成本高。静电技术具有高效的除尘作用（除尘效率在90%以上），并能同时除菌，但该方法不能有效除去空气中的氮氧化合物、硫氧化合物等，也不能有效地降解有机污染物。光催化法能分解空气里的有机污染物并杀灭微生物，但是去除效率并不高，且不能去除空气中的悬浮物等，同时催化剂容易被水蒸气或灰尘覆盖，导致催化剂失效。低温等离子技术能有效去除空气中的悬浮颗粒、病原微生物、氮氧化合物、硫氧化合物和碳氢化合物，但是存在着能量利用效率不高，会产生二次污染气体（如：臭氧）的缺点。

采用多项技术相结合进行空气净化已经受到广泛的关注。如专利号为03128125.7，专利名称为“一种空气净化方法及其装置”，该方法利用紫外光、微波、臭氧、光催化降解和吸附过滤协同一体实现过滤降解有毒有害有

机物，达到净化空气的目的。该方法具有净化速度快等优点，但是，该方法本身比较复杂，对应的装置体积大，结构复杂，功耗大，清洗更换困难。又如专利号为 03100288.9，专利名称为“一种空气净化方法”，该方法协调利用静电捕尘作用、臭氧和 $\cdot\text{OH}$ 、 $\cdot\text{HO}_2$ 、 $\cdot\text{O}$ 等活性基团对有机物的分解作用、过滤作用、吸附作用和催化作用，实现室内污染物的去除。该方法提高了净化效率，并防止了二次污染，但是，吸附材料需要更换，且能耗大，能量利用率低。又如专利号为 200510095093.1，专利名称为“吸附—低温等离子体同步脱硫脱硝装置及方法”，该方法结合了吸附和低温等离子体方法，提高了能量利用效率，适用于工业废气处理，但是该方法采用多个净化室，比较复杂，没有换气扇，且吸附剂填充式结构不利于空气流动和脱附，也不利于等离子体均匀分布，不适用于室内空气净化。

发明内容

针对上述现有室内空气净化方法存在的诸多不足，本发明的目的在于，提供吸附法与低温等离子体相结合的室内空气净化方法，该方法结合吸附法和低温等离子体方法的优点，采用吸附法富集悬浮物和有害气体，再通过低温等离子体分解有害气体和有机污染物并再生吸附剂。这种方法用于空气净化，适应面广、节能、高效、吸附剂无需更换、无二次污染、设备简单、成本低廉。

为了实现上述任务，本发明采取如下的技术方案：

一种吸附法与低温等离子体相结合的室内空气净化方法，其特征在于，该方法包括下列步骤：

步骤一，采用空气净化装置将待净化的空气借助电风扇首先通过粗滤网，过滤掉大的悬浮物；

步骤二，再通过吸附剂床层和高压电源电晕放电或者介质阻挡放电产生的等离子体区域，使其它有害气体和悬浮物在进入吸附剂床层和低温等离子

体区域后,先通过吸附剂床层的吸附剂吸附,再用低温等离子体区域进行等离子体净化;

通过上述步骤一、二的循环,使室内空气得到净化。

本发明主要涉及以下三个方面的内容:

(1) 将低温等离子体方法与吸附法相结合用于空气净化,利用吸附剂的吸附功能将有害气体和悬浮物集中并通过等离子体分解净化,既解决了单独采用吸附法所不能解决二次污染的问题,又提高了等离子体方法的能量利用效率;

(2) 创造性的提出了利用等离子体再生吸附剂的方法,即:吸附剂采用薄板或者网状结构,处于等离子体区域中或者紧贴着等离子体区域,这样等离子体的电磁场作用和电子碰撞作用可以促使吸附剂解吸,从而使吸附剂在等离子体空气净化过程中再生。这样吸附剂几乎无需更换,节约了成本;

(3) 提出了一种全新的空气净化流程,即:先通过吸附剂富集污染气体和悬浮颗粒,在吸附接近饱和的时候启动低温等离子体一段时间,依靠等离子体解吸并分解富集的氮氧化物、硫氧化物、有机污染物等,从而使吸附剂再生。如此循环,可使空气净化具有节能、高效、无二次污染等优点。

附图说明

图 1 为空气净化器整体结构示意图;

图 2 为吸附剂床层与高压极板垂直结构立体图,其中(a)对应电晕放电,(b)对应介质阻挡放电;

图 3 为吸附剂床层与高压极板垂直结构剖视图,其中(a)对应电晕放电,(b)对应介质阻挡放电;

图 4 为吸附剂床层与高压极板平行结构立体图,其中(a)对应电晕放电,(b)对应介质阻挡放电;

图 5 为吸附剂床层与高压极板平行结构左视(剖视)图,其中(a)对

应电晕放电，(b) 对应介质阻挡放电；

图 6 为控制电路原理图；

图 7 为控制电路的程序流程图；

下面结合附图对本发明的基本原理和实现方式作详细说明：

具体实施方式

参见图 1，实现本发明的方法采用的空气净化装置包括五部分，分别是电风扇 1、粗滤网 2、吸附剂床层和低温等离子体区域 3、高压电源 5 和控制设备 4。借助风扇 1，使待净化的空气首先通过粗滤网 2，再通过吸附剂床层和低温等离子体区域 3。粗滤网 2 过滤掉比较大的悬浮物，其它有害气体和悬浮物在进入吸附剂床层和低温等离子体区域 3 后，被吸附剂床层吸附，进而被高压电源 5 在该区域产生的等离子体分解，达到彻底净化空气的目的。

本发明的净化流程是：先通过吸附剂吸附，再用等离子体净化，如此循环。吸附剂吸附阶段，电风扇 1 高速旋转，促进空气在净化器中流动，使得吸附剂床层尽快吸附有害气体和微小悬浮物，此时高压电源 4 的放电回路处于断开状态，直至吸附剂接近饱和，则断开电风扇 1 的电源，接通放电回路一段时间。放电产生的低温等离子体使被吸附的有害气体和悬浮物脱离吸附剂约束，并进而被分解为无害的气体，实现空气净化。

低温等离子体可以迅速分解氮氧化物、硫氧化物、有机污染物等。等离子体内部有着强烈的电子和离子碰撞，使得污染物分子的化学键被打开成为活性离子，同时水分子和氧气分子的化学键也被打开而形成活性基团 $\cdot O$ ， $\cdot OH$ 和 $\cdot HO_2$ 等，它们相互作用并重新组合为 N_2 、 H_2SO_4 、 CO_2 和 H_2O 等无害物质。本发明利用低温等离子体分解被吸附的有害物质，实现空气净化。

参见图 2~图 5，在本发明中，吸附剂床层 8 和低温等离子体区域可以

有多种结构,大致可以分为吸附剂床层 8 与放电极板 6 和 9 平行和垂直两种情况,这两种情况下气流的运动情况几乎是一致的。通过挡板 7 与吸附剂床层 8 的配合,使得气流必须穿越吸附剂床层 8,并且在穿越过程中,气流速度会降低,这有利于吸附剂吸附其中的污染物。在放电阶段,这些被吸附的物质(吸附质)会溢出到板板间的区域,而被处于吸附剂床层 8 表面或者极板间的等离子体分解,从而实现空气净化。特别要指出的是,低温等离子体净化过程会产生一些臭氧等中间产物,如果溢出到净化器外,将会造成二次污染。本发明中,吸附材料可以适当阻止这些中间产物外溢,同时由于这些产物的不稳定性,在等离子体区域内会再次被分解为无害气体,所以避免了中间产物的二次污染。

参看图 2~图 5,吸附剂床层 8 与放电电极 6 和 9 垂直的结构下,放电时吸附剂床层 8 紧贴着低温等离子体区域;吸附剂床层 8 与放电电极 6 和 9 平行的结构下,放电时吸附剂床层 8 处于低温等离子体区域中。低温等离子体的作用不仅仅是分解有害气体和其它污染物,还包括再生吸附剂。吸附剂通过范德华力吸附空气中的极性分子、大分子和颗粒物,并通过内扩散作用使得吸附质传递到吸附剂孔隙内部。对于常见的通过吸附剂净化空气的方法,吸附剂床层往往比较厚,并且长时间工作而不加以处理,使得吸附质通过内扩散作用进入吸附剂很深的区域,吸附剂再生非常困难。

本发明的吸附剂床层 8 具有三个特点:

- (1) 采用多层薄板或者网状结构;
- (2) 吸附剂床层处于等离子体产生的区域,或者紧贴等离子体产生的区域;
- (3) 吸附与等离子体净化交叉进行,每一个循环时间不长,吸附质不会与吸附剂深度粘合。正是因为这三个特点,使得吸附质不可能通过内扩散进入吸附剂太深,容易溢出,所以通过等离子体的电磁场作用和电子碰撞作

用,吸附质就会脱离吸附剂的范德华力约束而溢出到空气中,进而被分解净化。吸附剂在等离子体作用下解吸,并得以再生。

参看图 2~图 5,低温等离子体的产生方式也可以是电晕放电和介质阻挡放电两种形式,这在结构上体现为放电极板 6 和 9 之间是否有介质阻挡板 10。如图 2~图 5 中,(a) 图对应于电晕放电,(b) 图对应于介质阻挡放电。如果采用电晕放电,放电电压选取范围在 4kV~20kV 之间;如果采用介质阻挡放电,放电电压选取范围在 8kV~40kV 之间。放电能量密度介于 $1\text{W}/\text{m}^3\sim 300\text{W}/\text{m}^3$ 之间。放电电极采用针极-平板结构,阳极是针板 6,放电针 11 高度在 1mm~20mm 之间,放电针 11 间距在 15mm~30mm 之间。针板结构有利于降低放电所需要的电压,同时促进了放电区域的低温等离子体的均匀性。相对而言,介质阻挡放电产生的低温等离子体更加均匀,但是需要的电源电压较高,电晕放电与介质阻挡放电在本发明中各有利弊。如果采用介质阻挡放电,介质板选取活性氧化铝材料,其介电系数很大(一般在 10~10.4 之间),且同时也是吸附材料。

本发明是通过循环利用吸附剂的吸附功能和等离子体的分解和再生功能来实现空气净化的。待净化气体的污染程度不同、污染物不同等,必然导致等离子体净化的时间间隔和每次的持续时间不同。污染浓度越高,时间间隔越短;污染物越不容易被等离子体分解,每次等离子体净化的时间就越长。因此,为了使本发明具有比较广的适应能力,必需对等离子体净化的时间间隔和每次的持续时间进行控制,其控制设备 4 主要通过图 6 中的电路和图 7 中的程序流程加以实现。

参看图 6 和图 7,通过 5 个按键设置单片机的定时器 1 和定时器 2 的定时时间,其中 P1.3 按键是“确认”键,P1.4 按键是“0、1 逻辑选择”键。定时器 1 可以设置为三个档,分别对应三个时间间隔,其时间间隔对应每个工作循环中吸附剂吸附的时间;定时器 2 可以设置为普通档和强化档两个时

间间隔，对应于等离子体净化的时间。定时器 1 和定时器 2 的总时间对应一个工作循环。当气体污染浓度很低时，可以按下 P1.0 按键，设置定时器 1 为第 1 档；当气体污染浓度一般时，可以按下 P1.1 按键，设置定时器 1 为第 2 档；当气体污染浓度很高时，可以按下 P1.2 按键，设置定时器 1 为第 3 档。吸附时间关系为：第 1 档>第 2 档>第 3 档。当污染物容易分解时，可以将 P1.4 置于“0”位置，设置定时器 2 为普通档，否则将 P1.4 置于“1”位置，设置定时器 2 为强化档。等离子体净化的时间关系为：普通档<强化档。对于各个档位的具体时间，根据实际情况决定。

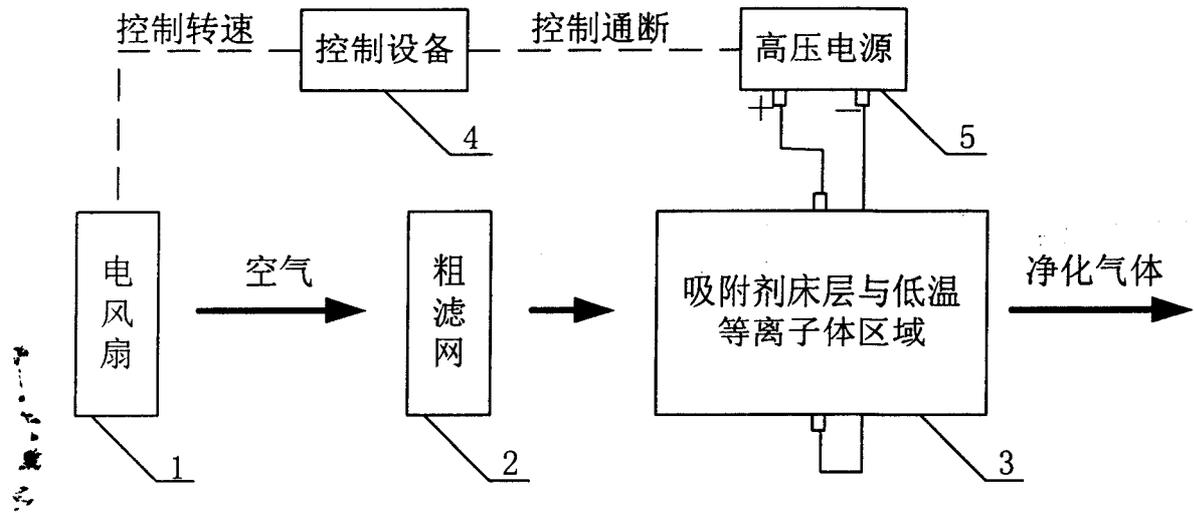


图 1

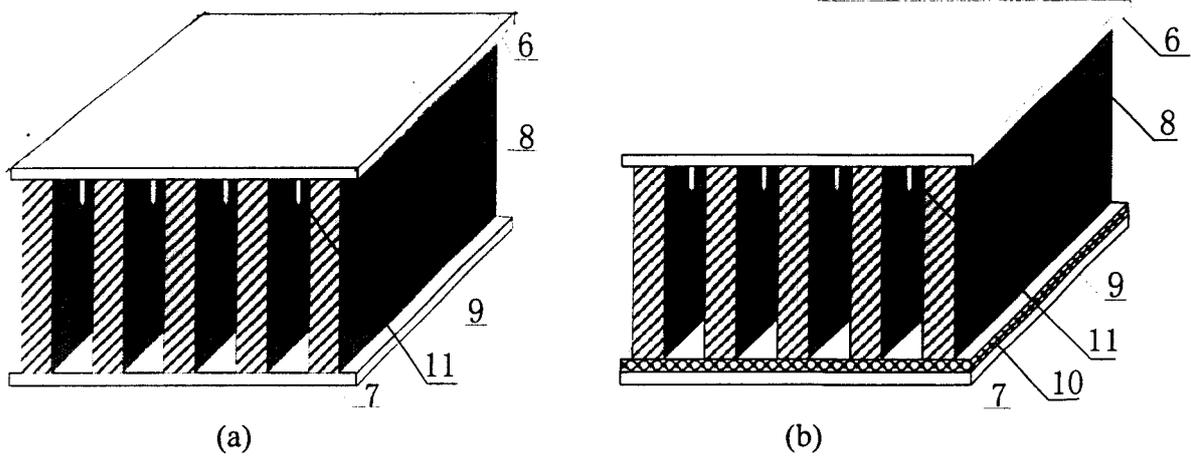


图 2

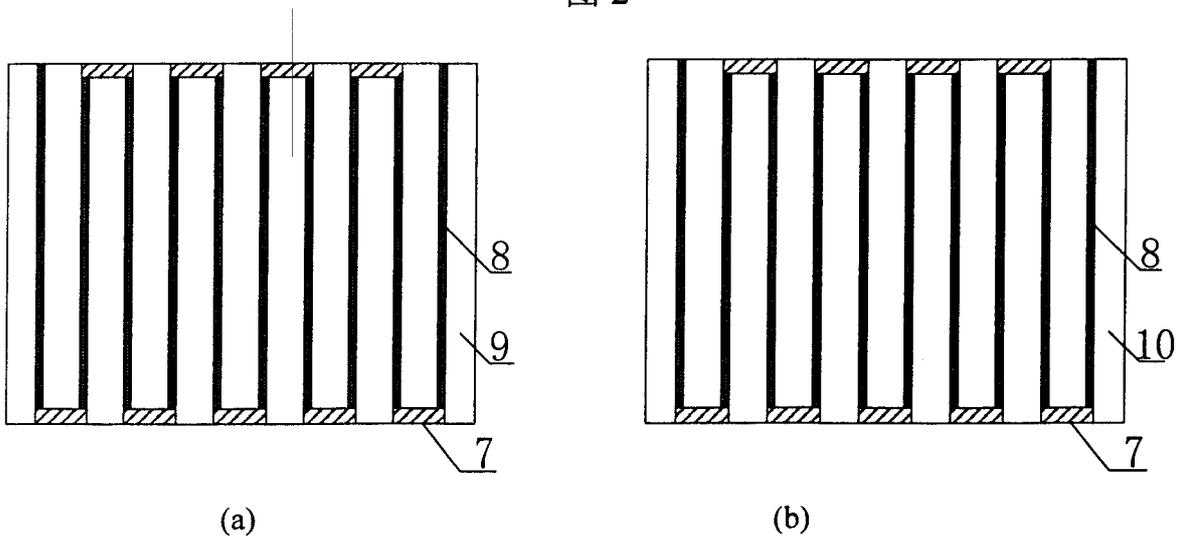


图 3

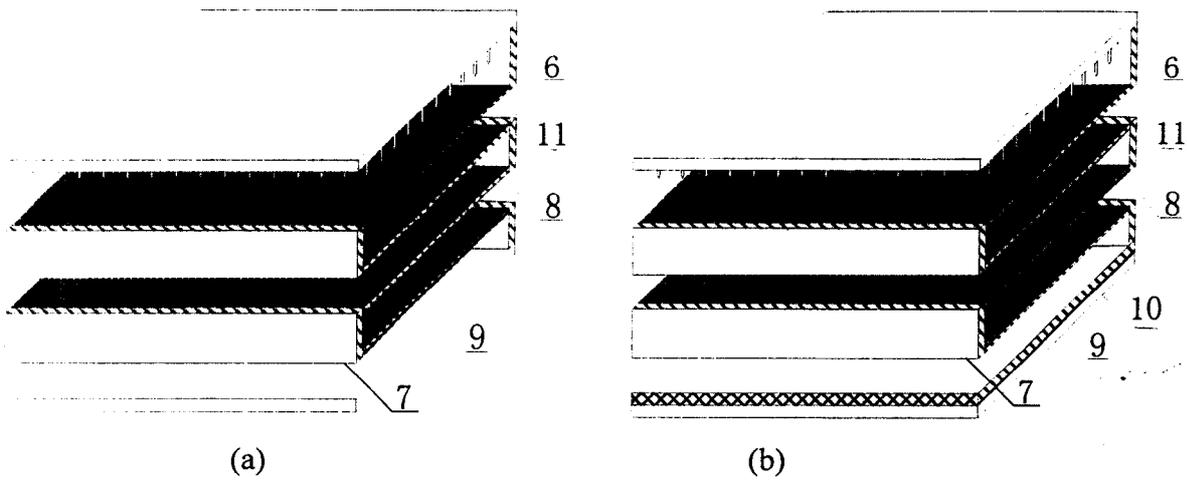


图 4

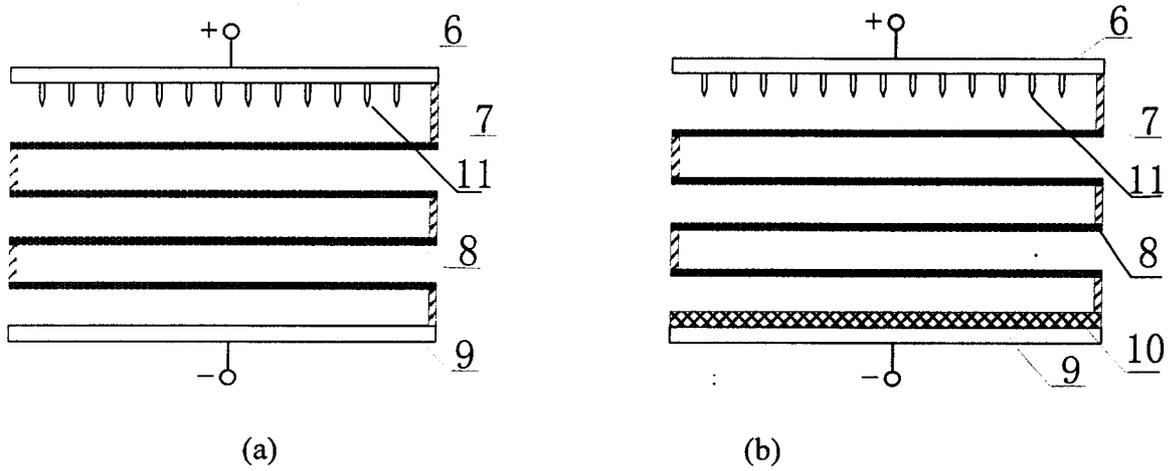


图 5

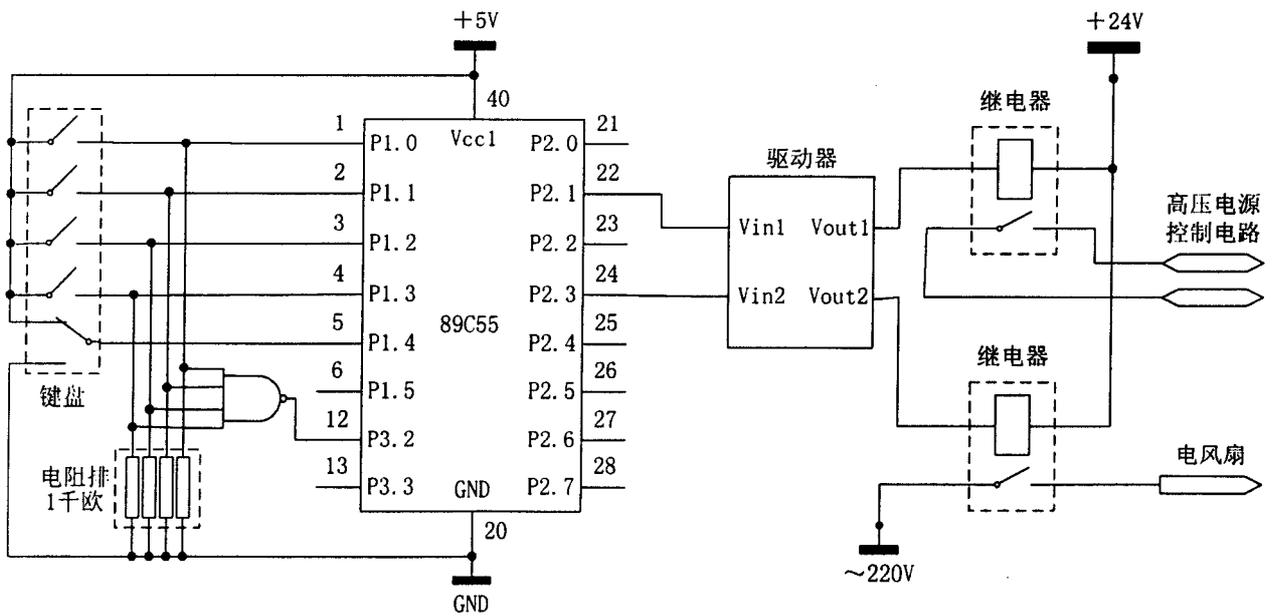


图 6

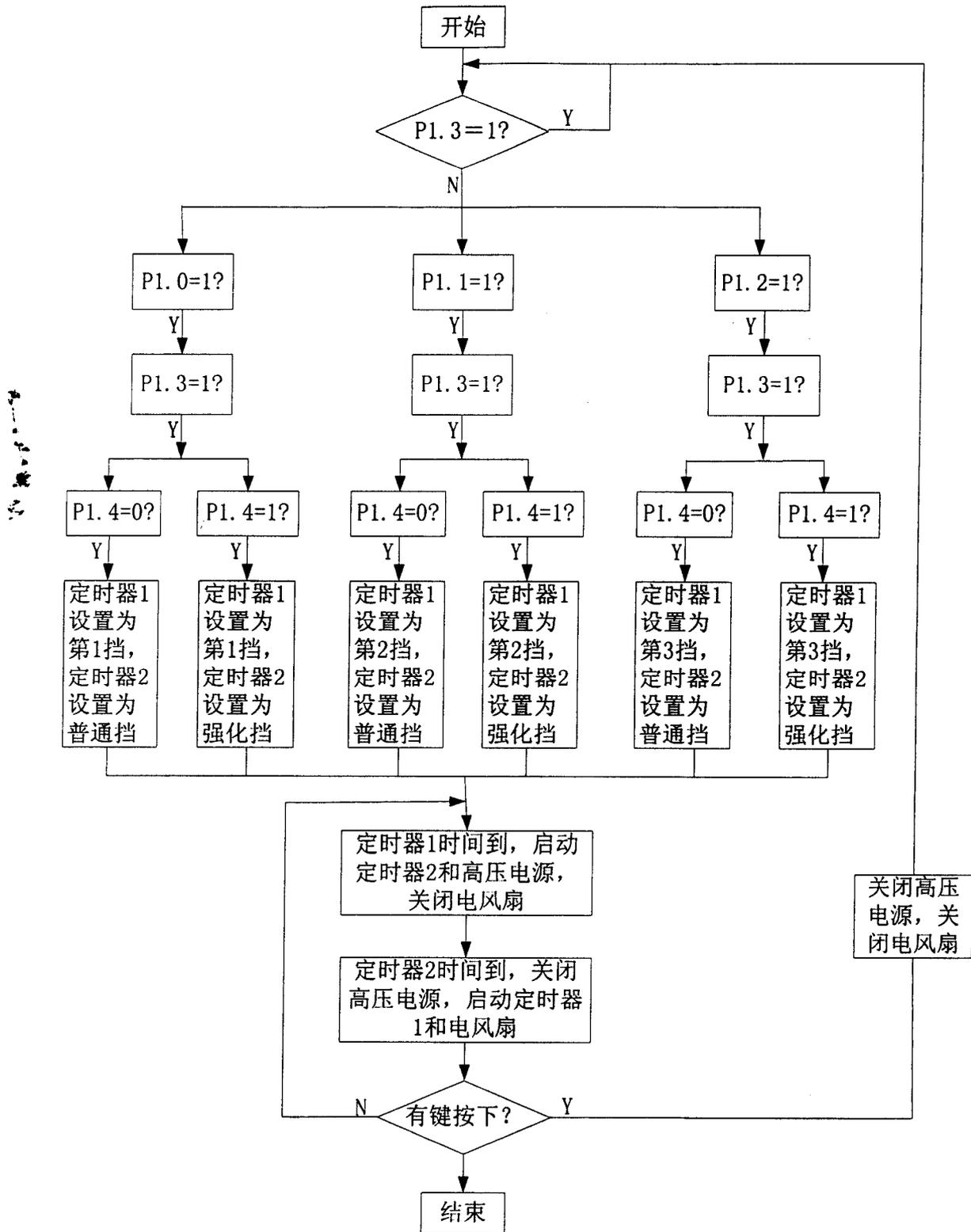


图 7