

一种微型解吸附离子迁移谱仪

申请号：[201010222909.3](#)

申请日：2010-07-08

申请(专利权)人 [中国科学院合肥物质科学研究院](#)
地址 [230031 安徽省合肥市西郊董铺1130信箱智能所](#)
发明(设计)人 [陈池来](#) [程玉鹏](#) [赵聪](#) [孔德义](#) [王焕钦](#) [高钧](#) [殷世平](#)
主分类号 [G01N27/70\(2006.01\)I](#)
分类号 [G01N27/70\(2006.01\)I](#)
公开(公告)号 [101915800A](#)
公开(公告)日 [2010-12-15](#)
专利代理机构 [合肥天明专利事务所 34115](#)
代理人 [奚华保](#)



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101915800 A

(43) 申请公布日 2010.12.15

(21) 申请号 201010222909.3

(22) 申请日 2010.07.08

(71) 申请人 中国科学院合肥物质科学研究院
地址 230031 安徽省合肥市西郊董铺 1130
信箱智能所

(72) 发明人 陈池来 程玉鹏 赵聪 孔德义
王焕钦 高钧 殷世平

(74) 专利代理机构 合肥天明专利事务所 34115
代理人 奚华保

(51) Int. Cl.
G01N 27/70(2006.01)

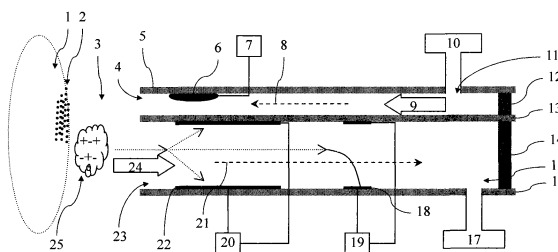
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种微型解吸附离子迁移谱仪

(57) 摘要

本发明公开一种微型解吸附离子迁移谱仪。该离子迁移谱仪包括解吸附离子迁移管、电路系统和气路系统。解吸附离子迁移管由置有激励、电极和孔洞的三层由六条支撑梁支撑并形成两个矩形气流通道的基板组成,电路系统在解吸附离子迁移管内产生激励电场、分离电场、补偿电场和检测电场,气路系统为解吸附离子迁移管提供解吸附载气和分离载气。解吸附载气在激励电场的作用下成为解吸附气,解吸附气对凝聚态被测物质作用使其成为离子流,离子流在分离载气带动下进入分离电场和补偿电场并在其作用下分离,最后到达检测电场被检测。这种微型解吸附离子迁移谱仪满足了高场不对称波形离子迁移谱仪对凝聚态物质的现场检测的快速简洁、微型化和集成化的需求。



1. 一种微型解吸附离子迁移谱仪,包括气路系统、电路系统和解吸附离子迁移管,其中解吸附离子迁移管包含常压解吸附离子源和高场不对称波形离子迁移管,其特征是:所述解吸附离子迁移管由置有激励(6)、电极和孔洞的三层由六条支撑梁支撑并形成两个矩形气流通道的基板组成,所述的三层基板即第一基板(5)、第二基板(13)和第三基板(16),所述的电极即分离电极(22)和检测电极(18),所述的分离电极包含分离上电极和分离下电极,所述的检测电极包括检测上电极和检测下电极,所述的第一基板置有激励(6)和上进气口(11),所述的第二基板置有分离上电极和检测上电极,所述的第三基板置有分离下电极、检测下电极和下出气孔(15),所述的支撑梁包括上侧支撑梁(26)、下侧支撑梁(27)和上端支撑梁(12)及下端支撑梁(14),所述的上侧支撑梁(26)和下侧支撑梁(27)分别是两条平行的支撑梁,所述的矩形气流通道包括上气流通道(8)和下气流通道(21),所述的上气流通道(8)由夹于第一基板(5)和第二基板(13)之间的上侧支撑梁(26)和上端支撑梁(12)组成,所述的下气流通道(21)由夹于第二基板(13)和第三基板(16)之间的下侧支撑梁(27)和下端支撑梁(14)组成。

2. 根据权利要求1所述的一种微型解吸附离子迁移谱仪,其特征是:所述的常压解吸附离子源由第一基板(5)、第二基板(13)、夹于第一基板(5)和第二基板(13)之间的支撑梁、激励(6)和第一气流通道(8)组成;所述的高场不对称离子迁移管由第二基板(13)、第三基板(16)、夹于第二基板(13)和第三基板(16)之间的支撑梁、分离电极(22)、检测电极(18)和第二气流通道(21)组成。

3. 根据权利要求1所述的一种微型解吸附离子迁移谱仪,其特征是:所述的气路系统包括解吸附载气发生器(10)和微气泵(17),所述的载气发生器(10)为常压解吸附离子源提供解吸附载气(9),所述的微气泵(17)为高场不对称波形离子迁移管分离载气(24)提供动力。

4. 根据权利要求1所述的一种微型解吸附离子迁移谱仪,其特征是:所述的电路系统包括激励电路(7)、分离电路(20)和检测电路(19),所述的激励电路(7)为激励(6)提供激励电压并产生激励电场,所述的激励电场将解吸附载气(9)变为解吸附气,所述的分离电路(20)为分离电极(22)提供分离电压并在分离电极(22)间产生分离电场,所述的检测电路(19)为检测电极(18)提供检测电压并在检测电极(18)间产生检测电场。

5. 根据权利要求1所述的一种微型解吸附离子迁移谱仪,其特征是:所述的激励(6)包括介质阻挡放电激励、电晕激励和射频激励。

6. 根据权利要求1所述的一种微型解吸附离子迁移谱仪,其特征是:所述的分离电极(22)和检测电极(18)为镀于第二基板(13)和第三基板(16)上的金属薄层。

一种微型解吸附离子迁移谱仪

技术领域

[0001] 本发明涉及现场检测仪器领域,更具体涉及对凝聚态物质现场检测的微型高场不对称波形离子迁移谱仪。

背景技术

[0002] 离子迁移谱仪是一种广谱快速的现场检测仪器,是利用不同物质离子的离子迁移率差别对其进行分离检测的仪器,相比于质谱、色谱等广谱分析检测仪器,离子迁移谱仪具有速度快、灵敏度高、便捷的优点,已经广泛用于机场、海关等公共场所的安全检测以及工厂、密闭空间的挥发性气体监测。离子迁移谱按工作原理分为两大类:常规离子迁移谱和高场不对称波形离子迁移谱,分别工作于匀强低电场($< 1000\text{V}/\text{cm}$)和高频非对称高电场($> 10000\text{V}/\text{cm}$)下。

[0003] 离子迁移谱检测的是物质离子,而产生物质离子的装置称为离子源,因而离子源的离子化范围决定了离子迁移谱的检测范围。现有的离子迁移谱离子源包括辐射电离源、紫外电离源和电晕放电电离源等,这些电离源作用的都是气态物质,而对于凝聚态物质的检测则必须增加采样、提纯及加热气化的进样过程,这种进样过程存在几个基本问题:其一,饱和蒸气压小的物质大多沸点高难以加热气化;其二,对于大多数有机物,尤其是分子量较大的有机物受热易分解,无法加热气化;其三,大多数凝聚态物质所处的基体比较复杂,因而在加热气化前还离不开繁杂的萃取、提纯等前处理过程;其四,采样、提纯、加热气化等过程的实现装置还存在体积较大,接口较多的问题。这些基本问题限制了离子迁移谱在凝聚态物质现场检测方面的应用,因而急需寻找更加合适的离子源以拓展其检测范围。

[0004] 常压解吸附离子源是随着质谱快速检测需求从2004年发展起来的一种离子源,其原理是利用外界激励直接对凝聚态物质作用使其离子化。其种类较多,包括激发态解吸附离子源(Anal. Chem. 2005, 77(8), 2297-2302)、等离子体解吸附离子源(Anal. Chem., 2007, 18(10), 1859-1862)、光子解吸附离子源(Anal. Chem. 2005, 79(20): 7867-7872)和电喷雾解吸附离子源(Science, 2004, 306, 471-473)等。常压解吸附离子源能免去复杂的前处理、采样、加热气化等进样过程,实现对凝聚态物质的快速离子化,现已广泛用于质谱的蛋白质氨基酸检测、安全检测、药物检测和法庭取证。离子迁移谱仪和质谱仪检测对象都是物质离子,而常压解吸附离子源最大优点是快速简洁,因而将常压解吸附离子源用于离子迁移谱仪能同样够提高其检测速度、简化前处理步骤以及拓展其检测范围。

[0005] 英国 Sionex 公司专利 US2007272852,将基质辅助激光解吸附离子源用于高场不对称波形离子迁移谱,满足复杂基体下的蛋白质检测,然而基质辅助激光解吸附离子源需要专门的辅助机制和功率激光器,这存在体积大、有功耗要求以及结构复杂的缺点,不适合现场检测。

[0006] 德国分析科学研究所(Institute for Analytical Sciences)将激发态解吸附离子源用于常规离子迁移谱(Spectrochim Acta B2009, 64, 1253-1255),利用氦气在介质阻挡

放电作用下产生的激发态实现对凝聚态物质的解吸附,免去了加热气化过程,然而该方法依然需要采样过程,而且常压解吸附离子源和离子迁移谱仪仅是直接联用,并未实现微型化和集成化,同样不适合现场检测。

[0007] 综上所述,常压解吸附离子源能免去采样、提纯及加热气化等复杂的前处理过程,提高检测速度,对凝聚态物质离子化检测具有广阔的应用前景,然而对于离子迁移谱仪现场检测而言,现阶段的常压解吸附离子源依然存在体积较大、集成度不够的问题,不仅如此,部分常压解吸附离子源对实验条件还有一定的要求,因而现有的常压解吸附离子源多用于实验室检测分析,尚无法满足离子迁移谱仪用于凝聚态物质现场检测的需求。

[0008] 本发明公开一种微型解吸附离子迁移谱仪,将常压解吸附离子源和高场不对称波形离子迁移管高度集成,满足高场不对称波形离子迁移谱仪对凝聚态物质的现场检测需求。

发明内容

[0009] 本发明针对现有离子迁移谱仪对凝聚态物质检测时离子化困难和进样装置体积大的缺点,提出一种新型结构的微型解吸附离子迁移谱仪,满足高场不对称波形离子迁移谱仪对凝聚态物质的现场检测需求。

[0010] 本发明的技术方案:一种微型解吸附离子迁移谱仪,包括气路系统、电路系统和解吸附离子迁移管,其中解吸附离子迁移管包含常压解吸附离子源和高场不对称波形离子迁移管,由置有激励、电极和孔洞的三层由六条支撑梁支撑并形成两个矩形气流通道的基板组成,三层基板即第一基板、第二基板和第三基板,电极即分离电极和检测电极,分离电极包含分离上电极和分离下电极,检测电极包括检测上电极和检测下电极,第一基板置有激励和上进气口,第二基板置有分离上电极和检测上电极,第三基板置有分离下电极、检测下电极和下出气孔,支撑梁包括上侧支撑梁、下侧支撑梁和上端支撑梁及下端支撑梁,上侧支撑梁和下侧支撑梁分别是两条平行的支撑梁,矩形气流通道包括上气流通道和下气流通道,上气流通道由夹于第一基板和第二基板之间的上侧支撑梁和上端支撑梁组成,下气流通道由夹于第二基板和第三基板之间的下侧支撑梁和下端支撑梁组成,高场不对称离子迁移管由第二基板、第三基板、夹于第二基板和第三基板之间的支撑梁、分离电极、检测电极和第一气流通道组成,常压解吸附离子源由第一基板、第二基板、激励和第一气流通道组成。

[0011] 气路系统包括解吸附载气发生器和微气泵,载气发生器为常压解吸附离子源提供解吸附载气,微气泵为高场不对称波形离子迁移管分离载气提供动力。

[0012] 电路系统包括激励电路、分离电路和检测电路,激励电路为激励提供激励电压并产生激励电场,激励电场将解吸附载气变为解吸附气,分离电路为分离电极提供分离电压并在分离电极间产生分离电场,检测电路为检测电极提供检测电压并在检测电极间产生检测电场。

[0013] 激励包括介质阻挡放电激励、电晕激励和射频激励。

[0014] 分离电极和检测电极为镀于第二基板和第三基板上的金属薄层。

[0015] 本发明的有益效果:现有离子迁移谱技术对凝聚态物质检测存在离子化困难和进样装置复杂的问题,本发明提供一种将常压解吸附离子源和高场不对称离子迁移管集成的

方案,具有如下优点:

[0016] 1. 通过常压解吸附离子源对凝聚态物质的作用为高场不对称波形离子迁移管提供物质离子,免去了对高沸点、加热易分解以及基体复杂的凝聚态物质离子化过程中采样、加热气化以及提纯等前处理过程,拓展了高场不对称波形离子迁移管的检测范围、简化了检测步骤并缩短了检测时间。

[0017] 2. 将常压解吸附离子源和高场不对称波形离子迁移管集成于三片基板之上,实现了装置的微型化,满足了高场不对称波形离子迁移谱仪的现场检测需求。

附图说明

[0018] 图 1 为微型解吸附离子迁移谱仪结构及工作原理示意图。

[0019] 图 2 为解吸附离子迁移管剖面图。

[0020] 图 3 为微型解吸附离子迁移谱仪现场安全检测一个具体实施方案。

[0021] 图 4 为微型解吸附离子迁移谱仪现场农药残留检测一个具体实施方案。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图对本发明的实施例作进一步解释。

[0023] 图 1 为微型解吸附离子迁移谱仪结构及工作原理示意图。在图 1 中,

[0024] 1 是基体;2 是凝聚态被测物质;3 是解吸附气;4 是上出气口;5 是第一基板;6 是激励;7 是激励电路;8 是上气流通道;9 是解吸附载气;10 是解吸附载气发生器;11 是上进气口;12 是上端支撑梁;13 是第二基板;14 是下端支撑梁;15 是下出气孔;16 是第三基板;17 是微气泵;18 是检测电极;19 是检测电路;20 是分离电路;21 是下气流通道;22 是分离电极;23 是下进气孔;24 是分离载气;25 是离子流。

[0025] 基体 1 是凝聚态被测物质的载体;凝聚态被测物质 2 即固态或者液态被测物质;解吸附气 3 是能够将凝聚态被测物质 2 离子化的物质,是等离子体或者激发态气体;上出气口 4 是解吸附气 3 的出口,是上气流通道 8 的出口;第一基板 5、第二基板 13 和第三基板 16 是矩形平板,其制作材料包括硅、陶瓷或者玻璃,第一基板 5 和第二基板 13 间距即上气流通道 8 高度为 0.1 ~ 2 毫米,第二基板 13 和第三基板 16 间距即下气流通道 21 高度为 0.1 ~ 2 毫米,三片基板本身厚度为 0.2 ~ 2 毫米;激励 6 工作方式包括介质阻挡放电、电晕放电以及射频放电;激励电路 7 为激励 6 供电电压,并产生激励电场,激励电场电场强度大于 30KV/cm;上气流通道 8 由第一基板 5、第二基板 13 和夹于二者之间的支撑梁组成,剖面为矩形,上气流通道 8 长度即气流方向的长度为 1 ~ 10 厘米;解吸附载气 9 包括纯净的空气、氮气和氦气;解吸附载气发生器 10 即解吸附载气 9 的发生装置,其工作装置可以是空气过滤器,也可以是小型气瓶;上端支撑梁 12 和下端支撑梁 14 的制作材料包括硅、玻璃和陶瓷;下出气口 15 为第三基板 16 上的小孔;微气泵 17 为下气流通道 21 内气流流动动力产生装置;检测电极 18 包括检测上电极和检测下电极,大小相同,方向相对,厚度为 0.1 ~ 5 微米,面积为 0.5 ~ 5 平方厘米;下气流通道 21 由第二基板 13、第三基板 16 和夹于二者之间的支撑梁组成,剖面为矩形,下气流通道 21 长度即气流方向的长度为 1 ~ 10 厘米;检测电路 19 为检测电极 18 提供直流检测电压,并产生检测电场,检测电场电场强度为 500 ~ 2000V/cm;分离电极 22 包括分离上电极和分离下电极,大小相同,方向相对,厚度为 0.1 ~ 5 微米,面

积为 1 ~ 10 平方厘米 ; 分离电路 20 为分离电极提供分离电压和补偿电压, 并产生分离电场和补偿电场, 分离电场为不对称高频电场, 频率为 0.5 ~ 5MHz, 电场峰 - 峰值为 10000 ~ 30000V/cm, 高场占空比 < 1/2, 补偿电场为直流电场, 电场强度 0 ~ 1000V/cm ; 下进气口 23 为下气流通道 21 气流进气口 ; 分离载气 24 为环境气体 ; 离子流 25 为包含被测物质离子的离子流。

[0026] 图 2 为解吸附离子迁移管剖面图。在图 2 中,

[0027] 26 为上侧支撑梁 ; 27 为下侧支撑梁。

[0028] 上侧支撑梁 26 是一对大小相同、相互平行且与第一基板 5、第二基板 13 和上端支撑梁 12 构成矩形的上气流通道 8 的长条形支撑梁, 上侧支撑梁 26 长度即上气流通道 8 长度, 上侧支撑梁 26 的两条支撑梁间距即上气流通道 8 宽度为 0.1 ~ 10 毫米, 上侧支撑梁 26 与第一基板 5、第二基板 13 及上端支撑梁 12 紧密接触以保证上气流通道 8 除了上出气口 4 和上进气口 11 以外的气密性 ; 下侧支撑梁 27 是一对大小相同、相互平行且与第二基板 13、第三基板 16 和下端支撑梁 14 构成矩形的下气流通道 21 的长条形支撑梁, 下侧支撑梁 27 长度即下气流通道 21 长度, 下侧支撑梁 27 的两条支撑梁间距即下气流通道 21 宽度为 0.5 ~ 40 毫米, 下侧支撑梁 27 与第二基板 13、第三基板 16 及下端支撑梁 14 紧密接触以保证下气流通道 21 除了下出气口 15 和下进气口 23 以外的气密性 ; 上侧支撑梁 26 和下侧支撑梁 27 制作材料包括陶瓷、玻璃和硅。

[0029] 解吸附载气 9 在激励电场的作用下成为解吸附气 3, 解吸附气 3 对存在于基体 1 上的凝聚态被测物质 2 进行作用, 使其成为包含被测物质离子的离子流 25, 离子流 25 在分离载气的带动下进入下气流通道 21, 首先被分离电场分离筛选, 通过调整补偿电场可以选择筛选物质离子的种类, 然后在检测电场的牵引下到达检测电极 18 被检测出电流强度, 通过比较补偿电压和检测出的电流强度, 就可以获得检测谱图, 从而实现对凝聚态被测物质 2 的检测。

[0030] 实施例

[0031] 图 3 为微型解吸附离子迁移谱仪现场安全检测一个具体实施方案。在图 3 中, 28 为介质阻挡放电电极。

[0032] 激励 6 激励方式为介质阻挡放电, 阻挡介质为第一基板 5 和第二基板 13, 分离上电极接地, 激励电路 7 在介质阻挡放电电极 28 上加高频高压, 频率 10 ~ 500KHz, 电压 3000 ~ 5000V, 并在介质阻挡放电电极 28 和分离上电极之间的区域放电产生高密度等离子体 ; 凝聚态被测物质 2 为爆炸物、毒品等违禁物质 ; 基体 1 为旅行箱、衣服、头发及皮肤等 ; 解吸附载气 9 为洁净空气, 解吸附载气发生器 10 为空气净化过滤装置。

[0033] 洁净空气在介质阻挡放电作用下产生高密度等离子体, 这些等离子体在气流带动下吹向基体 1 上的爆炸物、毒品等并将其变为离子流 25, 离子流 25 在分离载气 24 作用下进入高场不对称波形离子迁移管被分离检测。

[0034] 图 4 为微型解吸附离子迁移谱仪现场农药残留检测一个具体实施方案。在图 4 中, 29 为中和电极。

[0035] 激励 6 激励方式为介质阻挡放电, 阻挡介质为第一基板 5 和第二基板 13 ; 凝聚态被测物质 2 为农药残留 ; 基体 1 为水果、蔬菜等日常食品 ; 解吸附载气 9 为 99.99% 的纯净氮气, 解吸附载气发生器 10 为氮气瓶 ; 分离上电极接地, 中和电极 29 为大小形状相同、方向

相对的两个金属薄层,分别镀于第一基板 5 和第二基板 13;激励电路 7 在介质阻挡放电上电极 28 上加高频高压,频率 10 ~ 500KHz,电压 3000 ~ 5000V,从而在介质阻挡放电电极 28 和分离上电极之间的区域放电产生高密度等离子体,激励电路 7 在中和电极 29 上加直流电压 20 ~ 100V,产生中和电场。

[0036] 纯净氮气在介质阻挡放电作用下产生高密度等离子体和激发态氮气,其中等离子体在中和电场作用下到达中和电极 29 成为中性原子,激发态氮气在气流带动下吹向基体 1 上的农药残留并将其变为离子流 25,离子流 25 在分离载气 24 作用下进入高场不对称波形离子迁移管被分离检测。

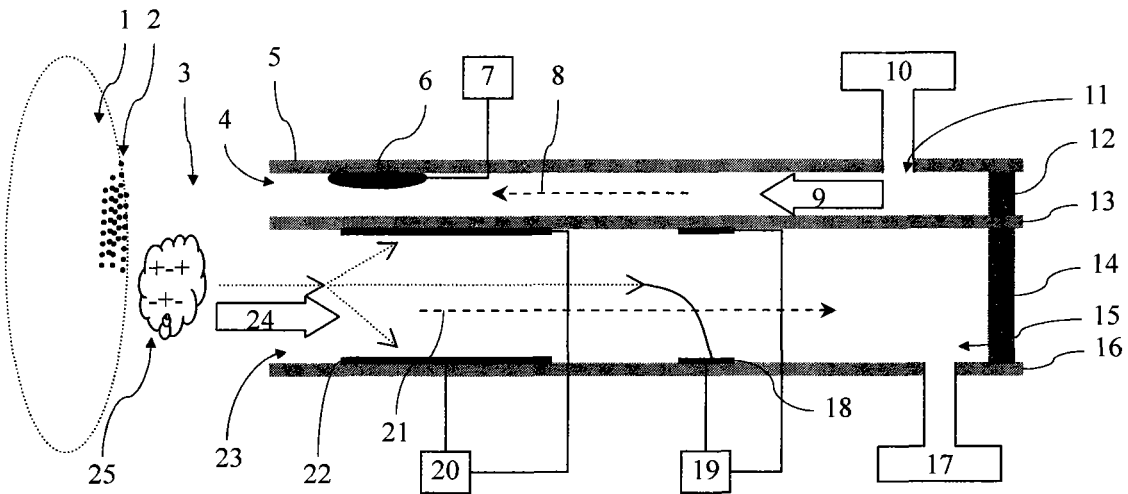


图 1

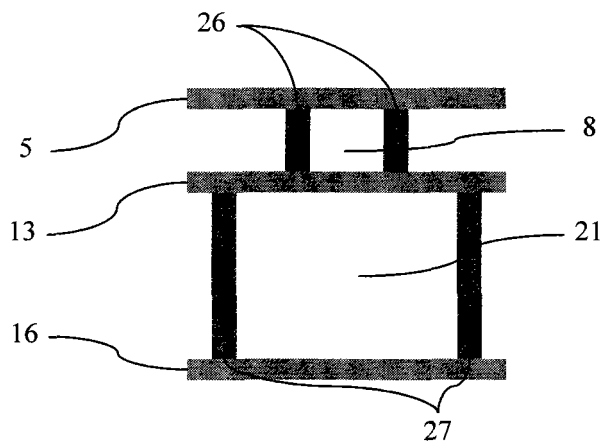


图 2

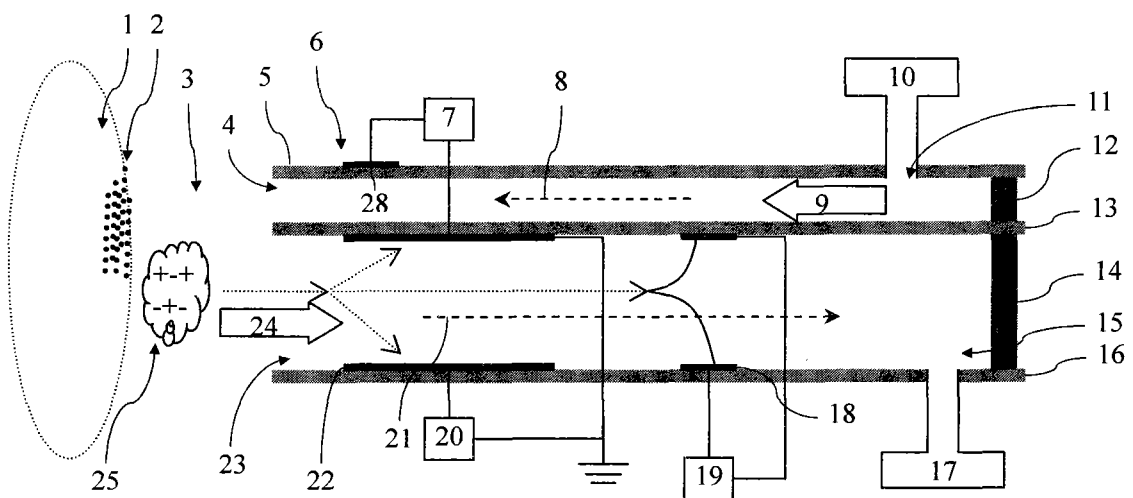


图 3

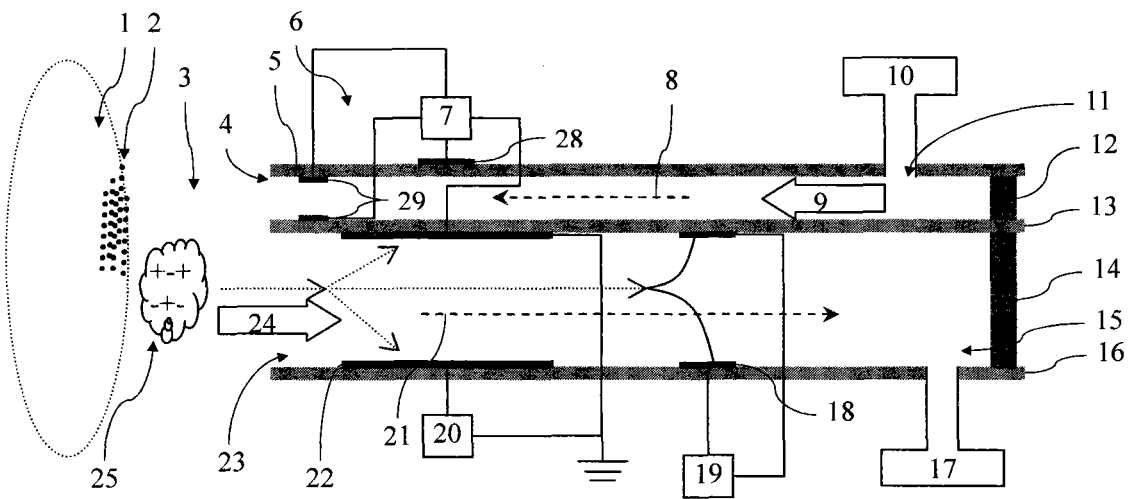


图 4