

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00130036.9

[43] 公开日 2001 年 5 月 9 日

[11] 公开号 CN 1294480A

[22] 申请日 2000.10.25 [21] 申请号 00130036.9

[30] 优先权

[32] 1999.10.25 [33] JP [31] 303115/1999

[71] 申请人 松下电工株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 田口典幸 泽田康志 山崎圭一

中国佳幸 猪冈结希子

喜多山和也

[74] 专利代理机构 隆天国际专利商标代理有限公司

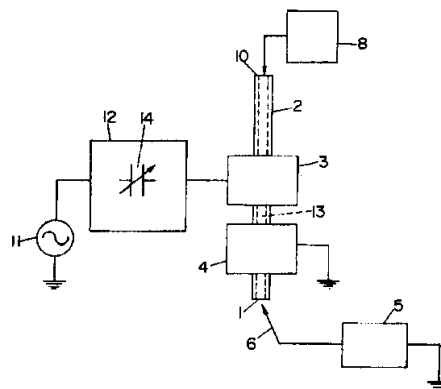
代理人 潘培坤 陈红

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图页数 8 页

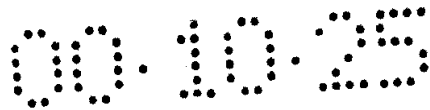
[54] 发明名称 等离子体处理装置和使用该装置的等离子体产生方法

[57] 摘要

一种等离子体处理装置,利用点火电极方便地启动装置而不使用昂贵的阻抗匹配设备,能可靠地产生大气压力等离子体。该装置包括:具有孔的产生等离子体的室,等离子体从该孔吹出;气体供应单元,用于将产生等离子体的气体送入室中;一对电极;电源,用于在电极之间施加交流电场以维持室内的等离子体;用于提供脉冲电压的脉冲发生器;以及点火电极,用于对室内所送入的气体施加脉冲电压以产生等离子体。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种等离子体处理装置，用于以大气压力附近的压力下产生的等离子体来处理对象，所述装置包括：

- 5 具有孔的产生等离子体的室，所述等离子体从该孔吹出；
 气体供应，用于将产生等离子体的气体送入所述室；
 一对电极；
 电源，用于在所述电极之间施加交流电场以维持所述室内的所述等离子体；
- 10 用于提供脉冲电压的脉冲发生器；以及
 点火电极，用于对所述室内所送入的所述气体施加所述脉冲电压以产生等离子体。

2. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述一对电极接触所述室的外表面。

- 15 3. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述点火电极置于所述孔的附近。

4. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，包括电极移动装置，用于在第一位置与第二位置之间移动所述点火电极，在第一位置处所述点火电极置于所述孔的附近以便对所述气体供给所述脉冲电
- 20 压，在第二位置处所述点火电极离开所述孔。

 5. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述点火电极置于所述室的外侧且邻近由所述一对电极在所述室中提供的放电区域。

6. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述点火
- 25 电极接触所述室的外表面。

7. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述孔的内侧尺寸在 1mm 至 20mm 的范围内。

8. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述脉冲发生器所提供的所述脉冲电压的大小为加在所述一对电极之间的电压值的三倍或以上。

9. 一种使用权利要求 1 所述等离子体处理装置的等离子体产生方法，包括步骤：利用所述点火电极向大气压力附近的压力下的用于产生等离子体的气体供给脉冲电压，以便在所述室中产生等离子体。

10. 如权利要求 9 所述的等离子体产生方法，其特征在于，所述脉冲发生器所提供的所述脉冲电压的大小为加在所述一对电极之间的电压值的三倍或以上。

说 明 书

等离子体处理装置和使用该装置的等离子体产生方法

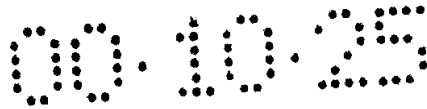
5 本发明涉及用大气压力等离子体来处理对象的等离子体处理装置以及使用该装置的等离子体产生方法。

过去，使用大气压力等离子体进行各种表面处理。例如，日本专利早期公开[KOKAI]2-15171、3-241739和1-306569每篇公开了通过包括一对电极和在反应室中置于其间的介电材料的等离子体处理设备
10 来进行等离子体处理。在这些方法中，将含有以惰性气体如氩或氦为主要成分的产生等离子体的气体输送到室内，通过在电极间提供AC(交流)电场以产生的等离子体来处理对象。

另外，日本专利早期公开[KOKAI]4-358076、3-219082、4-212253、6-108257和11-260597公开了等离子体处理设备，每个
15 都使用在大气压力附近的压力下产生的等离子流。例如，如图8所示，典型的现有技术等离子体处理设备包括反应管2P、供气单元8P、围绕反应管设置的一对第一与第二电极3P，4P、以及通过阻抗匹配单元12P连接到第一电极3P的AC电源11P。第二电极4P接地。

反应管2P在其顶部开口形成气体入口10P、在其底部开口形成等离
20 子体吹放喷嘴1P。标记12P表示阻抗匹配单元12P，它具有可变电容器14P和电感器(未显示)，用于在电源11P和第一与第二电极3P，4P之间的反应管2P中的等离子体产生区域13P之间获得阻抗匹配。

通过使用上述装置，如下进行等离子体处理。首先，从供气单元8P
25 经气体入口10P将产生等离子体的气体送入反应管2P，然后在第一与第二电极3P，4P之间提供AC电场以便在反应管中产生大气压力等离子



体。通过从反应管 2P 喷射的气流状等离子体经吹放喷嘴 1P 来处理对象。

在这种等离子体处理中，由于使用大气压力等离子体，需要对第一电极 3P 提供 1kV 以上的高压以产生等离子体。另外，当电极 3P，4P 位于反应管 2P 外侧时，如图 8 所示，大部分所提供的 AC 电场释放到周围空间而非反应管的内部，从而需要在放电初始电压中提高电压大小。而且，由于 AC 电场的典型频率为 13.56MHz，从而需要在电源 11P 和等离子体产生区域 13P 之间取得阻抗匹配。

所以，当对第一电极 3P 提供这样的高压以便在反应管 2P 中产生大气压力的等离子体时，在阻抗匹配单元 12P 的可变电容器 14P 如传统的空气电容器中可能出现弧光放电。这种情况下，存在反应管中不能产生等离子体且等离子体处理装置的工作因此中止的缺点。为了解决这个问题，提出使用一种昂贵的阻抗匹配单元，它带有具备高耐受电压的真空电容器。但是，这又出现另一问题，装置的价格性能变差。

鉴于上述观点，本发明的主要目的是提供一种等离子体处理装置，特征是，通过利用点火电极易于启动装置而不使用昂贵的阻抗匹配设备，可在大气压力附近的压力下可靠地产生等离子体。即，本发明的等离子体处理装置包括：具有孔的产生等离子体的室，等离子体从该孔吹出；气体供应，用于将产生等离子体的气体送入室；一对电极；电源，用于在电极之间施加 AC 电场以维持室内的等离子体；用于提供脉冲电压的脉冲发生器；以及用于对室内所送入的气体施加脉冲电压以产生等离子体的点火电极。

优选地，一对电极接触室的外表面。此时，由于这些电极不曝露于等离子体，可防止等离子体污染电极表面。

优选地，点火电极置于孔的附近。

在本发明的一个优选实施例中，等离子体处理装置包括电极移动单

元，用于在第一位置与第二位置之间移动点火电极，在第一位置处点火电极位于孔附近以便对气体提供脉冲电压，在第二位置处点火电极离开孔。此时，由于在等离子体产生之后点火电极可从第一位置移动到第二位置，所以具有点火电极不妨碍等离子体处理的优点。

5 优选地，点火电极位于室的外侧且邻近由一对电极在室中提供的放电区域。此时，由于点火不暴露于等离子体，所以可防止等离子体污染电极表面。优选地，点火电极接触室的外表面。

在本发明的另一优选实施例中，孔的内侧尺寸在 1mm 至 20mm 的范围内。此时，可提高等离子体处理的效率。

10 本发明的另一目的是提供一种使用上述等离子体处理装置的等离子体产生方法，包括步骤：利用点火电极向大气压力附近的压力下的用于产生等离子体的气体供给脉冲电压，以便在室中产生等离子体。

在等离子体产生方法中，当脉冲发生器提供的脉冲电压大小是加在一对电极之间的电压值的三倍或以上时，可稳定地产生大气压力等离子体。

15 通过下面对本发明的详细描述和例子，上述和其它目的与优点将变得明显。

图 1 是按照本发明优选实施例的等离子体处理装置的示意图；

图 2 是等离子体处理装置的电极移动单元的示意图；

20 图 3 是等离子体处理装置中使用的模块化振荡器的示意电路图；

图 4 是显示等离子体处理装置的修改的示意性透视图；

图 5 是按照本发明另一优选实施例的等离子体处理装置的示意图；

图 6A 至 6C 是按照本发明再一优选实施例的等离子体处理装置的示意性正视、侧视和顶视图；

25 图 7A 和 7B 是显示电极布置的修改的示意性截面图；以及

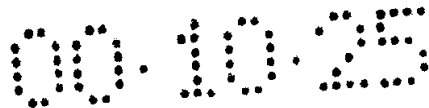


图 8 是按照现有技术的等离子体处理装置的示意图。

参照附图，详细说明按照本发明的优选实施例。

本发明等离子体处理装置的优选实施例表示于图 1 和 2。该装置包括：用作产生等离子体的室的、绝缘(介电)材料的圆筒管 2；一对第一与第二电极 3、4，每个具有环形形状；用于在这些电极之间提供 AC 电场的电源 11；用于将产生等离子体的气体送入室内的气体供应单元 8；用于提供脉冲电压的脉冲发生器 5；用于将脉冲电压施加室中所提供的气体的点火电极 6；以及用于点火电极的电极移动单元 7。

作为用于圆筒管 2 的绝缘材料，例如，可使用基于玻璃的材料或陶瓷材料，如石英，氧化铝，钇-部分-稳定化氧化锆(Y-PSZ) (yttrium-partially-stabilized zirconia)。圆筒管 2 的顶部开口用作气体入口 10，通过它供给用于产生等离子体的气体。圆筒管 2 的底部开口用作等离子体吹放喷嘴 1。优选地，圆筒管 2 的底部开口的内部尺寸在 1mm 至 20mm 的范围内。

设置第一与第二电极 3，4 使圆筒管 2 穿过这些具有环形形状的电极且第一电极 3 离开第二电极 4 所需的距离。优选地，所需的距离在 3 至 20mm 的范围内以稳定地获取等离子体。而且，每个第一和第二电极 3，4 接触圆筒管 2 的外表面。第一与第二电极 3，4 之间的圆筒管 2 的内侧空间称为辉光放电区域 13。作为电极材料，例如，可使用具有导电性的金属材料如铜、铝、黄铜和不锈钢。第一电极 3 通过阻抗匹配设备 12 连接到电源 11。第二电极 4 接地。

脉冲发生器 5 可提供高压脉冲电压。例如，脉冲发生器 5 具有图 3 中所示的电路。该电路由逆变器部分 50 和放电部分 52 构成。逆变器部分 50 通常被称为模块化振荡器，它是由单个晶体管和变压器构成的正反馈电路，以产生具有窄脉冲宽度的极陡的脉冲。在图 3 中，当开关 SW

接通时，小电流流过晶体管 Q，于是，由于互感在晶体管的基极绕组 N1 出现感应电压。该感应电压极性以正向偏压晶体管 Q 的基极。随着基极电流按该感应电压流动，集电极电流增大。由于基极绕组 N1 的感应电压随集电极电流的增大而增大，于是集电极电流进一步增大。但是，当集电极电流的增大因绕组电阻和晶体管 Q 的饱和电阻而饱和时，基极绕组 N1 的感应电压开始下降。随着基极绕组 N1 的感应电压下降，集电极电流也减少。所以，晶体管 Q 迅速转换至 OFF(关断)位置。于是，在基极绕组 N1 中出现大的电动势，于是基极绕组 N1 的分布电容 Cs 被充电。作为分布电容充电的结果，在基极绕组 N1 中产生振荡电压。从负半周期的末尾开始正半周期时，基极绕组 N1 被正向偏压，于是电流又开始流过集电极，且晶体管 Q 回到初始导电状态。通过重复上述操作，交流电流(AC)输出到位于输出侧的绕组(N2, Nb)。

在放电部分 52，由逆变器部分 50 转换成 AC 的电功率被二极管 D 整流。由该电流将电容 C 充电到图 3 所示的极性，于是电容 C 的端电压上升。充分充电，且充电电压到达制动设备 BD 的制动电压(100V)时，制动设备接通，并形成放电环，如图 3 中的箭头所示。此时，电容 C 中累积的能量随电流而释放。所释放的电流流过变压器原边 L1，于是在变压器二次 L2 的输出端 20 产生高压。

点火电极 6 连接到脉冲发生器 5 的输出端 20。点火电极 6 是具有突出尖端的杆，它可以由和第一与第二电极 3，4 相同的金属材料制成。

电极移动单元 7 由下列部件构成：基座 27，空气压缩机 29，固定于基座的气缸 25，用于夹持点火电极 6 的电极保持件 31，连接到气缸的杆 32 且可移动地连于气缸 25 的可动部件 30，以及连接在电极保持件 31 和可动部件 30 之间的连接件 26。标记 28 是圆筒管 2 的外壳。通过驱动气缸 25，可向圆筒管 2 的底部开口(吹放喷嘴)下的下游位置移动电

极保持件 30 保持的点火电极 6。换言之，点火电极 6 可在点火位置和静止位置之间移动，在点火位置处点火电极被放置成使点火电极的突出尖端位于圆筒管 2 的外侧且在吹放喷嘴的孔附近，而在静止位置处点火电极离开吹放喷嘴，如图 2 中的箭头所示。

5 电极移动单元 7 可从图 2 的装置中省略。此时，可固定点火电极 6 使点火电极的突出尖端位于吹放喷嘴 1 的孔附近。

通过使用本发明的上述等离子体处理装置，按下述方法对对象进行等离子体处理。首先，通过气体入口 10 将产生等离子体的气体输入圆筒管 2 的内部。在第一与第二电极 3，4 之间施加从电源 11 经阻抗匹配设备 12 而提供的射频 AC 电场。优选地，在第一与第二电极之间施加的电压值在 0.5 至 1kV 的范围内，以便在利用点火电极 6 产生等离子体后，该等离子体稳定地维持在圆筒管 2 中，正如下面所说明的。

然后，通过利用点火电极 6 将脉冲发生器 5 提供的脉冲电压提供给圆筒管 2 中输入的气体。此时，点火电极 6 位于点火位置。优选地，脉冲电压的大小为施加在第一与第二电极 3，4 之间的电压值的三倍或以上。当脉冲电压的大小小于其间电压值的三倍时，可能难以在短时间周期内例如 1 秒或以下时间内可靠地产生大气压力下的等离子体。脉冲电压大小的上限不受限制。例如，可以是加在第一与第二电极 3，4 之间的电压值的 40 倍或以下。

20 施加脉冲电压时，首先在圆筒管 2 的辉光放电区域中产生初始放电，然后由加在第一与第二电极 3，4 之间的电压扩展初始放电以获得大气压力等离子体。换言之，当利用点火电极 6 在圆筒管 2 中产生初始放电时，立刻由加在第一和第二电极 3，4 之间的 AC 电场在辉光放电区域 13 中扩展并维持它。为了稳定地维持等离子体，优选加在第一与第二
25 电极 3，4 之间的 AC 电场的频率在 1kHz 至 200MHz 的范围内，且供给辉

光放电区域的电功率在 20 至 3500W/cm³ 的范围内。电功率的单位 (W/cm³) 表示辉光放电区域 13 的每单位体积电功率值。大气压力等离子体经吹放喷嘴 1 喷向置于圆筒管 2 下的对象。产生大气压力等离子体之后，点火电极 6 通过电极移动单元 7 移向静止位置。

5 作为上述等离子体处理中所用的产生等离子体的气体，可使用一种惰性气体(稀有气体)、惰性气体的混合物或该种惰性气体和一种活性气体的混合物。作为惰性气体，可使用氦气、氩气、氖气、或氮气。考虑到放电稳定性和成本效益，优选使用氦气、氩气或其混合物。活性气体根据表面处理的目的是随意选择。例如，在清洁待处理的对象上的有机
10 物质、清除抗蚀层、或蚀刻有机膜时，优选使用氧化气体，如氧气、空气、CO₂ 或 N₂O。另外，在蚀刻硅时，使用氟基气体如 CF₄ 作为反应气体是有效的。在还原金属氧化物时，可使用还原气体如氢或氨。作为例子，优选地，活性气体的添加量相对惰性气体的总量在 10wt% 或以下，在 0.1 至 5wt% 更佳。当活性气体的量少于 0.1wt% 时，可能不足以达到处理效
15 果。另一方面，当活性气体的量大于 10wt% 时，放电可能变得不稳定。

作为产生等离子体的室的修改例子，可使用在其底部开口有缝形喷嘴(未图示)的矩形管 2，如图 4 所示。这种情况下，优选地，矩形管 2 的喷嘴宽度在 1mm 至 20mm 的范围内以稳定地获得等离子体。每个第一和第二电极 3，4 具有矩形环式形状，矩形管 2 由此穿过。由于这种等离
20 子体处理装置从喷嘴提供帘状等离子体，可进一步提高等离子体表面处理的效率。其它部分与上述装置一样。

本发明等离子体处理装置的再一优选实施例如图 5 所示，除了下列特征外，它基本与图 1 的装置相同。即，圆筒管 2 具有逐渐变细的底端
35，它用作等离子体吹放喷嘴 1，其孔小于圆筒管 2 的内直径。该喷嘴 1 利于加速从此喷射的喷气状等离子体的流动速度。这种情况下，由于



喷射状等离子体可在存活短的原子团(radicals)和等离子体中的活性气体的受激颗粒消失前到达对象处，可提高等离子体处理的效率。

另外，该装置具有缠绕在第一与第二电极 3，4 之间的圆筒管 2 的外表面的导电线，它用作点火电极 6。该导电线 6 连接到脉冲发生器 5。

5 优选地，加给缠绕导电线的脉冲电压大小为使用金属杆点火电极时所加脉冲电压的 1.5 倍，以可靠地提供大气压力等离子体。

本发明等离子体处理装置的另一优选实施例如图 6A 至 6C 所示，它基本与图 1 的装置相同。即，等离子体产生室形成有具有气体入口 30 的上圆筒管 61，具有矩形盒形状的气体引导部分 65，设在气体引导部分
10 下端以聚集气体的锥部 62，以及延伸穿过第一与第二电极 3，4 的薄圆筒管 2，第一与第二电极 3，4 每个具有环式形状。

薄圆筒管 2 的底部开口用作等离子体吹放喷嘴 1。优选地，底部开口的内侧尺寸在 1mm 至 20mm 的范围内。当底部开口为圆形时，内侧尺寸指圆的直径。当底部开口为椭圆形时，内侧尺寸指椭圆的短直径。当底部
15 开口为矩形时，内侧尺寸指矩形短宽度方向上的相对侧之间的距离。当底部尺寸为正方形时，内侧尺寸指正方形相对侧之间的距离。

第一与第二电极 3，4 接触薄圆筒管 2 的外侧表面。标记 13 表示第一与第二电极 3，4 之间薄圆筒管 2 中所确定的辉光放电区域。在该实施例中，点火电极 6 插入产生等离子体的室的锥部 62 并置于薄圆筒管 2
20 的上端 10 上方。即，点火电极 6 置于辉光放电区域 13 的上游。第一与第二电极 3，4 和电源 11 未表示在图 6A 和 6C 中。

电极 3，4 设置的修改例子如图 7A 和 7B 所示。图 7A 中，外电极 40 为环状电极，它被放置成接触圆筒管 2 的外表面，而内电极 41 为杆状电极，置于圆筒管 2 的内部。用于产生等离子体的气体向圆筒管的底部开
25 口流过圆筒管 2 的内表面与内电极 41 之间的间距。电源 11 提供的 AC 电



场加在外与内电极 40，41 之间以在辉光放电区域 13 中获得等离子体。所获得的等离子体从锥形喷嘴 35 吹出。

图 7B 中，设置一对电极 3，4 使电极 3 通过等离子体产生室的反应容器与电极 4 成面对面的关系。电源 11 所提供的 AC 电场加在电极 3，4 之间以便在辉光放电区域 13 中获得等离子体。所获得的等离子体从锥形喷嘴 35 吹出。

按照本发明的等离子体处理装置，通过点火电极 6 向圆筒管 2 中所提供的气体施加脉冲电压，而在第一与第二电极之间施加相对较小的电压时，可快速可靠地产生大气压力等离子体。通过在这些电极之间施加小电压来稳定维持所产生的等离子体。这样，由于不必在第一与第二电极之间施加高电压，可容易地启动等离子体处理装置而不引起阻抗匹配单元的可变电容器弧光放电。

另外，由于阻抗匹配单元中不需要如真空电容器这样的具有高耐受电压的昂贵可变电容器，可提供成本性能极佳的等离子体处理装置。而且，该装置具有电极移动单元时，点火电极可移过吹放喷嘴和待处理对象之间的处理空间。所以，具有点火电极不妨碍等离子体处理的优点。

例子 1 至 3

下面是使用本发明的等离子体处理装置的等离子体产生方法的优选例子。

20 例子 1

使用图 1 所示的装置实现等离子体产生的方法。圆筒管 2 由外径 5mm、内径 3mm 的石英制成。将电源 11 所提供的 13.56MHz 的 AC 电压供给第一电极 3，第二电极 4 接地。将作为产生等离子体的气体，0.3 升/分钟的氮、1.5 升/分钟的氩和 0.02 升/分钟的氧通过气体入口 10 输入圆筒管 2。为了利用 100W 的电功率获得混合气体的大气压力等离子体，



利用点火电极 6 将约 15kV 的脉冲电压施加给圆筒管 2 中的混合气体。此时，在第一与第二电极之间施加 1kV 或以下的 AC 电压以便维持大气压力等离子体。

相反，在使用现有技术图 8 所示的等离子体处理装置时，需要在第一与第二电极之间施加 5kV 以上的高 AC 电压来产生等离子体。另外，在阻抗匹配单元的可变电容器中常常出现弧光放电。因此，难以产生大气压力等离子体。

例子 2

使用图 5 所示的装置实现等离子体产生的方法。圆筒管 2 由外径 16mm、内径 13mm 的石英制成。将电源 11 所提供的 13.56MHz 的 AC 电压供给第一电极 3，第二电极 4 接地。将作为产生等离子体的气体，1 升/分钟的氮、3 升/分钟的氩和 0.06 升/分钟的氧通过气体入口 10 输入圆筒管 2。为了利用 300W 的电功率获得混合气体的大气压力等离子体，利用点火电极 6 将约 10kV 的脉冲电压施加给圆筒管 2 中的混合气体。此时，在第一与第二电极之间施加 1kV 或以下的 AC 电压以便维持大气压力等离子体。

相反，在使用现有技术图 8 所示的等离子体处理装置时，需要在第一与第二电极之间施加 2kV 以上的高 AC 电压来产生等离子体。另外，在阻抗匹配单元的可变电容器中偶尔出现弧光放电。因此，难以产生大气压力等离子体。

例子 3

使用图 4 所示的装置实现等离子体产生的方法。矩形管 2 由内部尺寸为 55mm × 1mm 的石英制成。将电源 11 所提供的 13.56MHz 的 AC 电压供给第一电极 3，第二电极 4 接地。将作为产生等离子体的气体，2 升/分钟的氮、10 升/分钟的氩和 0.4 升/分钟的氧输入矩形管 2。为了利用

760W 的电功率获得混合气体的大气压力等离子体，利用点火电极 6 将约 18kV 的脉冲电压施加给矩形管 2 中的混合气体。此时，在第一与第二电极之间施加 1kV 或以下的 AC 电压以便维持大气压力等离子体。

相反，在使用现有技术图 8 所示的等离子体处理装置时，需要在第一与第二电极 3，4 之间施加 5kV 以上的高 AC 电压。另外，在阻抗匹配单元的可变电容器中常常出现弧光放电。因此，难以产生大气压力等离子体。

本发明的等离子体处理装置可用于从待处理的对象上除去如有机物质之类的外部物质，剥离抗蚀层，改善有机膜的附着，表面修整，形成膜，还原金属氧化物，或清洁液晶的玻璃物质。特别是，等离子体处理装置有利于进行需要精确连接的电子部件的表面清洁。

说明书附图

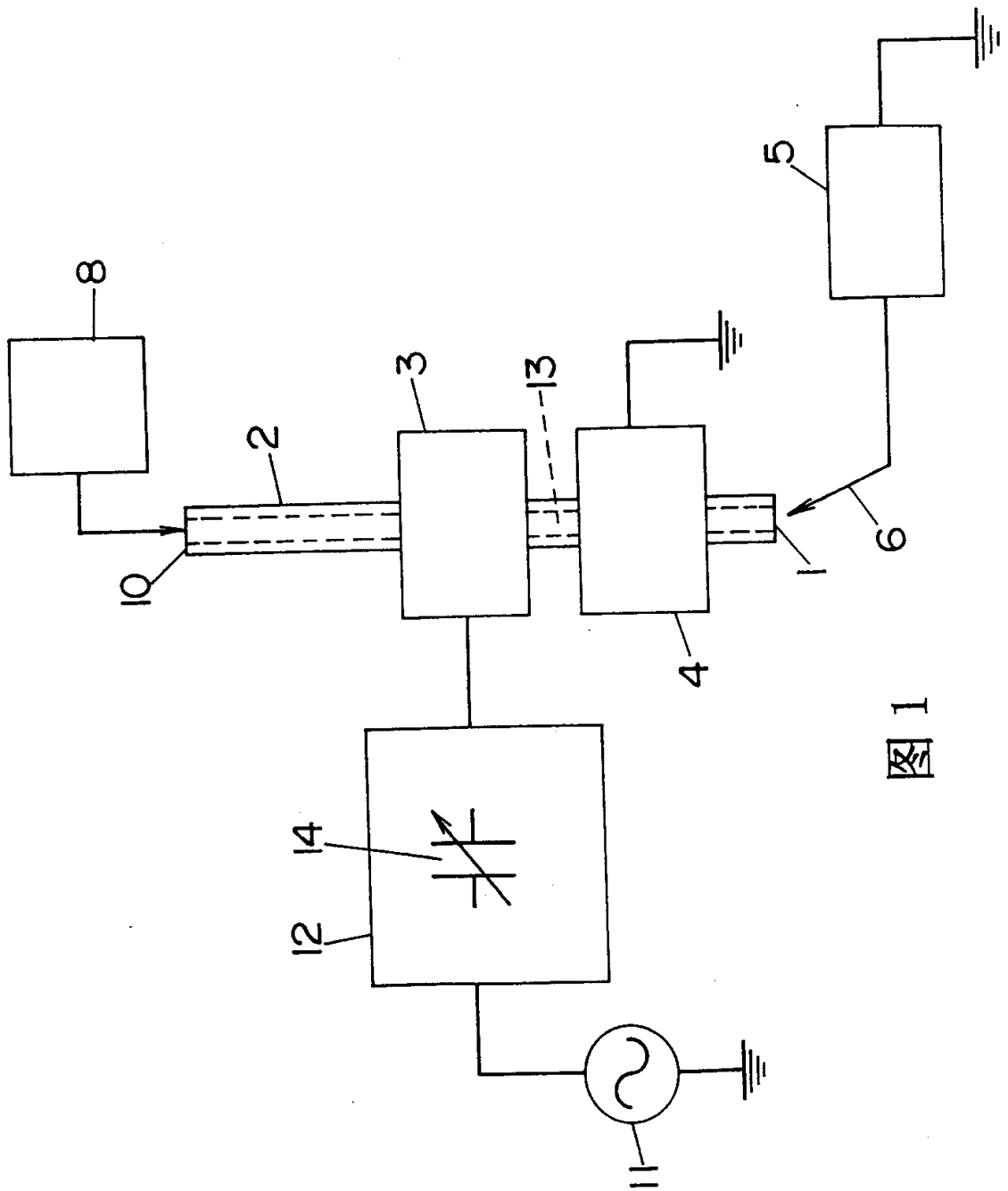
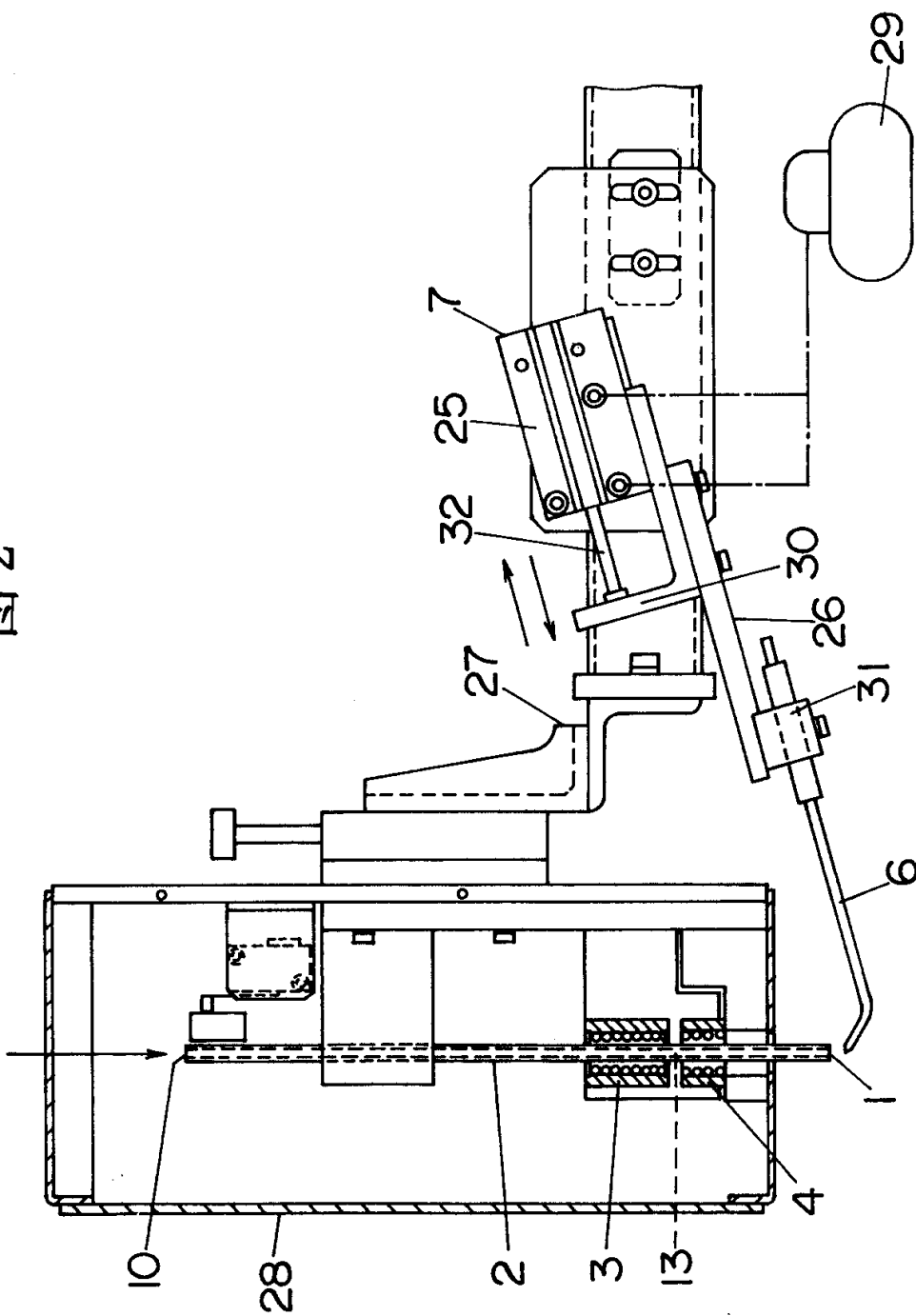


图 2



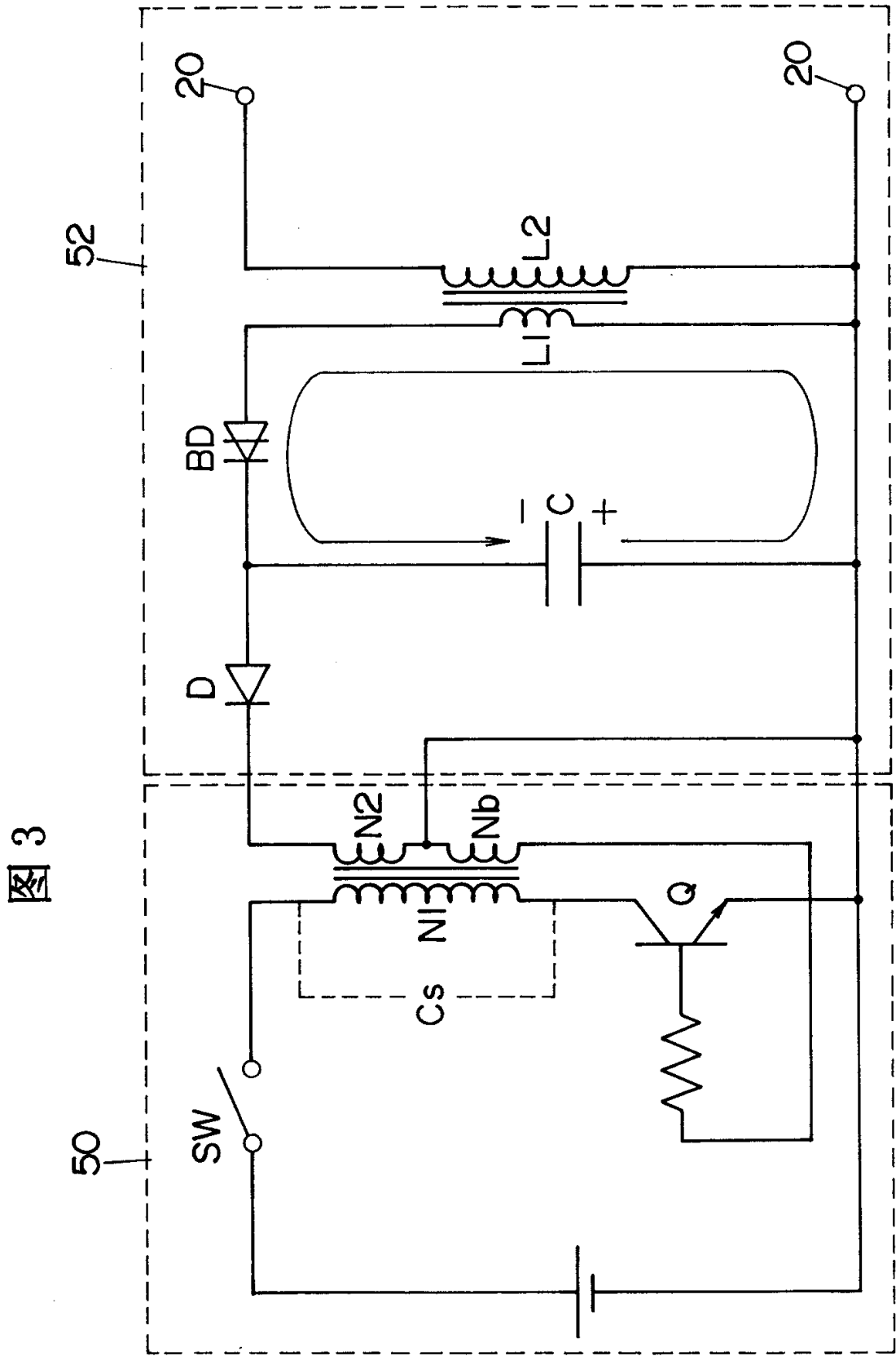


图 3

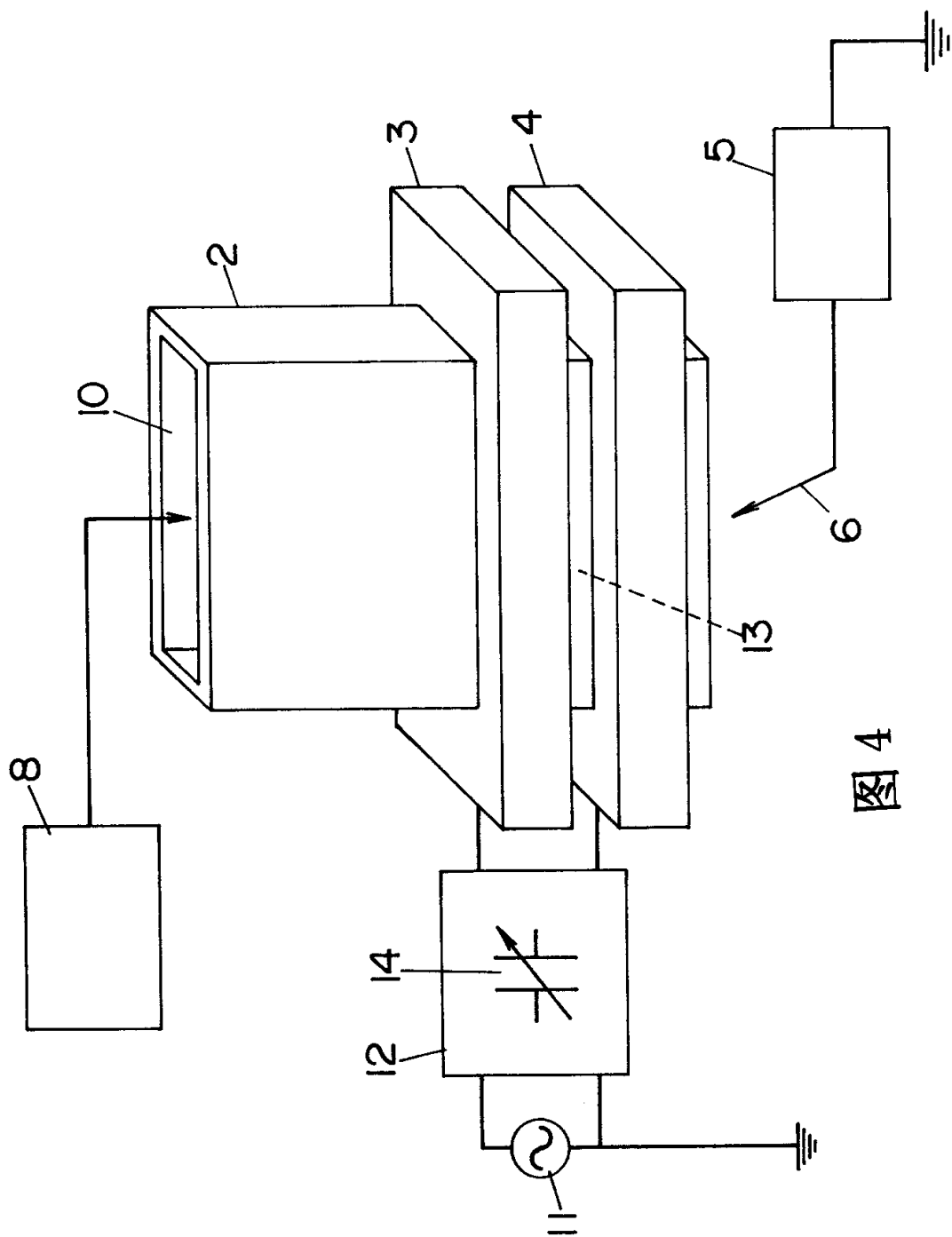
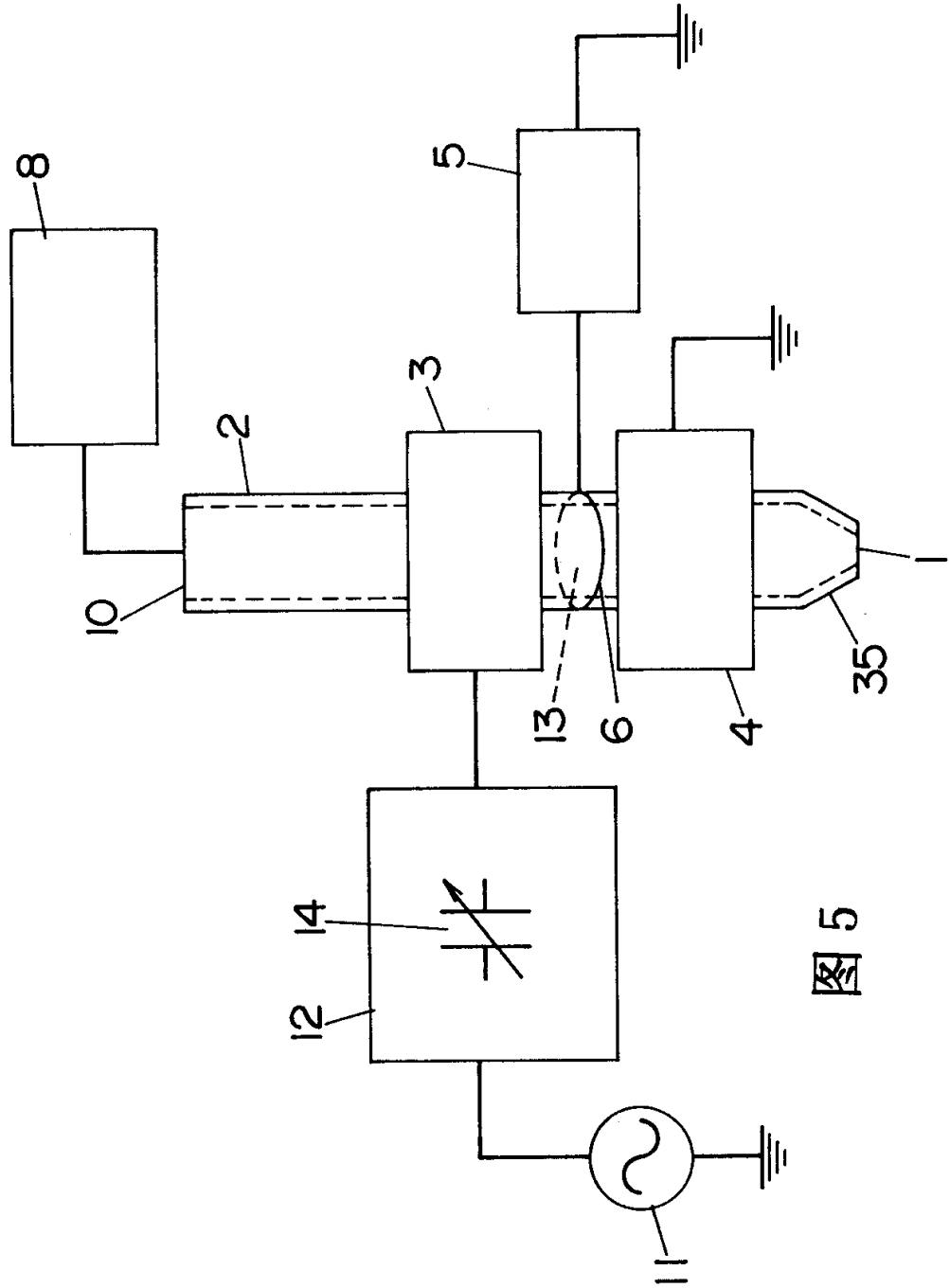


图 4



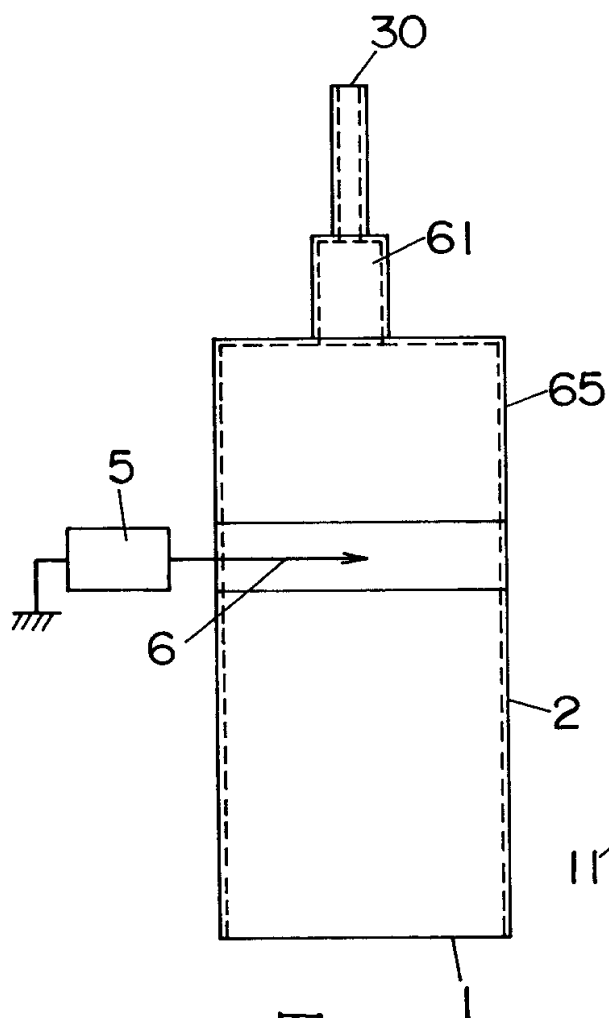


图 6A

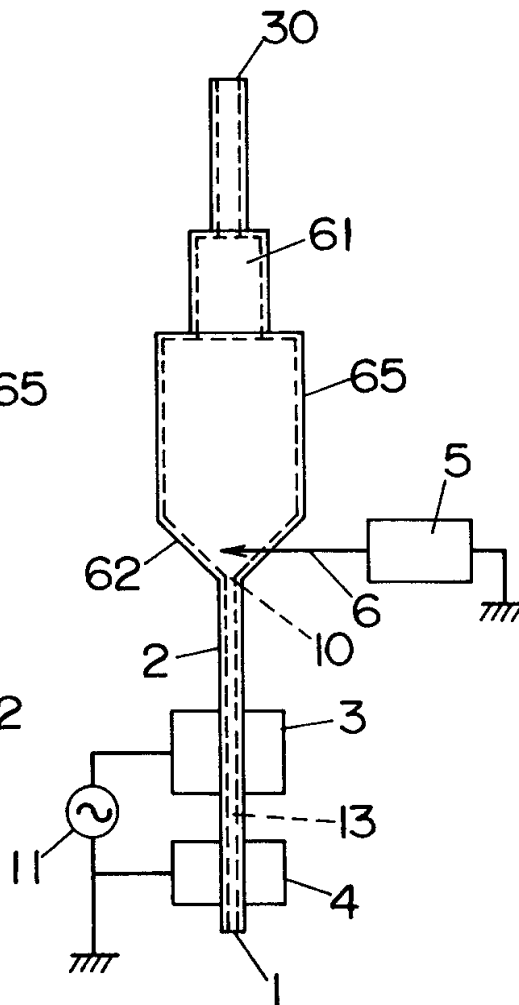


图 6B

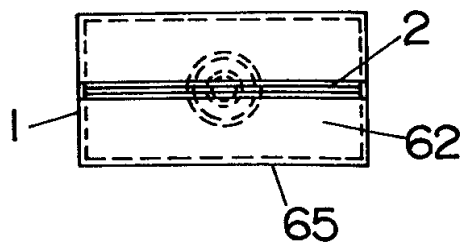


图 6C

图 7B

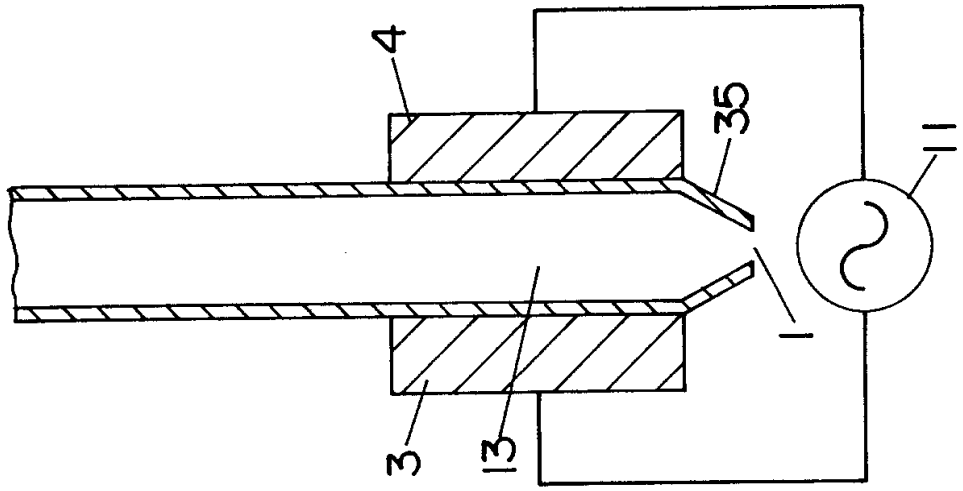
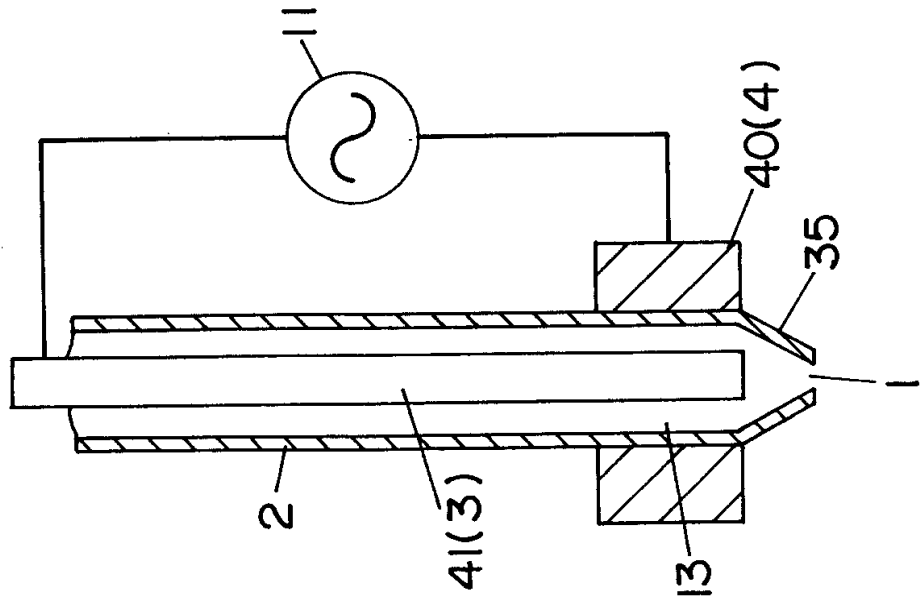


图 7A



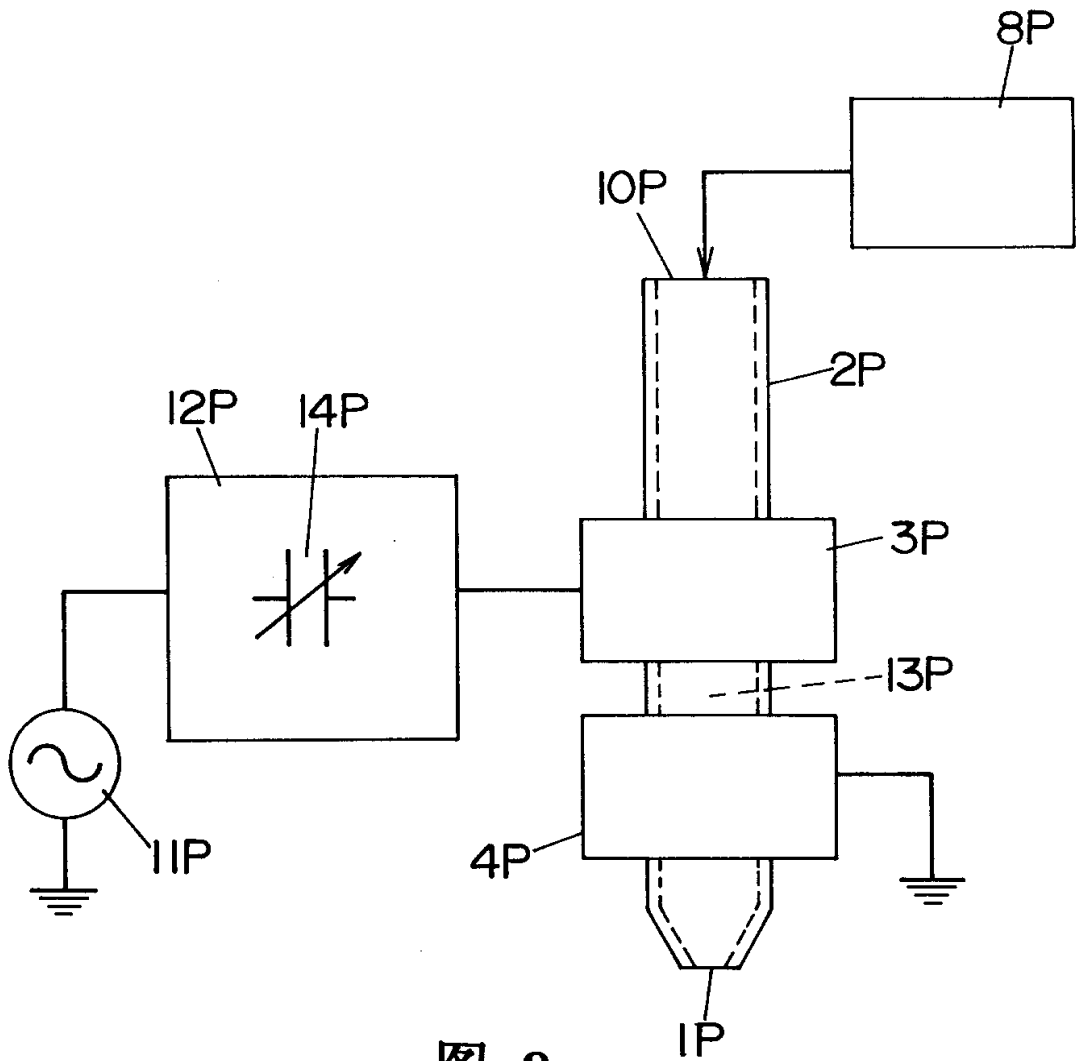


图 8