

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

C23C 16/50

H01J 37/32



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98809989.6

[45] 授权公告日 2003 年 7 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 1113978C

[22] 申请日 1998.10.6 [21] 申请号 98809989.6

[30] 优先权

[32] 1997.10.9 [33] US [31] 08/948,279

[86] 国际申请 PCT/US98/20996 1998.10.6

[87] 国际公布 WO99/19537 英 1999.4.22

[85] 进入国家阶段日期 2000.4.7

[71] 专利权人 小松应用技术公司

地址 日本东京

[72] 发明人 坎姆·S·劳 罗伯特·M·罗伯森

上泉元 杰弗·奥尔森

卡尔·索伦森

审查员 张京德

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利  
商标事务所

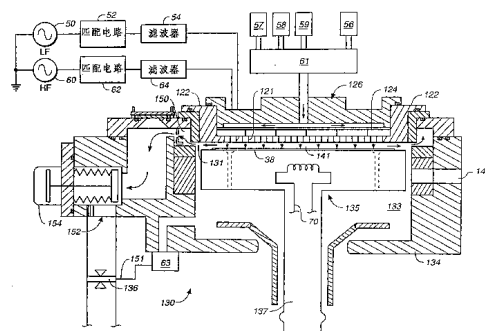
代理人 王以平

权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称 用于沉积薄膜的双频等离子激发

[57] 摘要

本发明涉及一种在反应器中的透明衬底上沉积高质量薄膜的设备。透明衬底可以由玻璃、石英或聚合物如塑料等制成。在处理室中加热透明衬底并将处理气流通入处理室中。该设备分别从高频和低频电源中产生高频电源输出和低频电源输出。高频电源输出的频率等于或大于约 13 兆赫兹，功率在约 1 到 5 千瓦之间，而低频电源输出的频率等于或小于约 2 兆赫兹，功率在约 300 瓦到 2 千瓦之间。高频电源输出和低频电源输出叠加在一起，从处理气流中激发等离子，在约 0.4 到 3 托的压力下、和约 250 到 450℃ 的温度下，在透明衬底上沉积光滑的薄膜。



1. 一种用于沉积薄膜的设备，包括：可以放置待处理衬底的真空室；喷头；通过所述喷头与所述真空室连接的、将气流通入处理室的处理气源；与喷头相对放置、用于支撑衬底并且具有四个角的感受器，该感受器的中间部分和所述四个角分别通过分离的接地路径接地；以等于或大于 13MHz 的频率输出振荡电信号到喷头的高频电源；以及以等于或小于 2MHz 的频率输出振荡电信号到喷头的低频电源，该高频和低频电源的输出叠加，以从处理室中的处理气体中激发等离子，将薄膜沉积到衬底上。

2. 如权利要求 1 中所述的设备，其中所述高频电源和低频电源都包括：阻抗匹配电路；以及与该阻抗匹配电路连接的滤波器。

3. 如权利要求 1 中所述的设备，其中，所述喷头具有一个中间区域，且该喷头在靠近该中间区域处与所述高频电源和低频电源的输出连接。

4. 如权利要求 1 中所述的设备，其中，所述处理室中的压力可以控制在 0.4 到 3 毛之间，且还包括用于将处理室中的衬底加热到大约 250 到 450℃ 之间的加热器。

5. 一种用于沉积薄膜的设备，包括：可以放置待处理衬底的真空室；喷头；通过喷头与真空室连接、将气流通入处理室的处理气源；与喷头相对放置、用于支撑衬底并具有四个角的感受器，该感受器的中间部分和所述四个角分别通过分离的接地路径接地；以及至少一个与喷头连接、用于从处理室中的处理气中激发等离子以在衬底上沉积薄膜的振荡电源。

6. 如权利要求 5 所述的设备，其中所述至少一个振荡电源包括可以分别输出频率为等于或大于 13MHz 的振荡信号和等于或小于 2MHz 的振荡信号的高频电源和低频振荡电源。

7. 如权利要求 6 中所述设备，其中所述高频振荡电源的频率为 13.56MHz 或其谐波频率，所述低频振荡电源的频率为 200 ~ 500kHz。

## 用于沉积薄膜的双频等离子激发

本发明涉及沉积薄膜的系统和方法，更具体地，涉及在大面积透明衬底上快速沉积高质量薄膜的改进系统和方法。

近年来，研制出了用于重量轻、耗电少的高质量显示器的液晶元件。液晶元件一般包括两个玻璃衬底和夹在中间的一层液晶材料。导电薄膜在两层衬底上构图形成如薄膜晶体管（TFT）等电路元件。衬底可以与电源连接以改变液晶材料的取向，从而可以利用薄膜晶体管有选择地为液晶显示器的各个区域通电。

与硅衬底相比，在玻璃衬底上沉积电路元件需要在玻璃衬底上生成一层半导体沟道材料。然后在玻璃衬底上沉积通往栅极的导电通路。特别地，对于后通道装置，TFT需要在构图的栅极金属层上沉积一层栅极介电层。连续地，可以在栅极介电层上部沉积非晶体硅层（a-Si）。在该非晶硅层上可以沉淀金属接触层，非晶体硅层上可以沉积一薄层掺杂的非晶体硅用于提高与覆盖的金属的接触能力。也可以非晶体硅层上沉积氮化硅（SiN）或氧化硅（SiO）层作为蚀刻阻止层。

将薄膜沉积到大面积玻璃衬底上的反应室，通常采用等离子增强化学汽相沉积方法，该反应室采用单一高频电源引发处理室中的气体分解。尽管高频电源产生的高能量能够充分加热薄膜顶层，但是产生的离子能量不足以生成高度平坦的薄膜。另外，由于玻璃衬底通常比硅衬底大的多，电极的尺寸会接近该电源频率下的波长。这会使得玻璃衬底表面的放电强度分布不均匀。这种不均匀分布将导致衬底表面上薄膜的沉积不均匀。

由于以上原因，沉积在玻璃衬底上的薄膜表面明显粗糙。而粗糙的薄膜将降低薄膜质量。而且，沉积薄膜的粗糙会影响电子迁移率，从而最终导致显示器性能的降低。

本发明提供一种在反应室中在透明衬底上沉积高质量薄膜的设备。所述透明衬底可以由玻璃、石英或聚合物如塑料等构成。在处理室中将透明衬底加热并且在处理室中通入处理气流。所述设备分别从高频和低频电源中产生高频电源输出和低频电源输出。高频电源输出和低频电源输出叠加在一起，从处理气流中激发等离子在压力大约为0.4 毛到 3 毛、温度大约为 250℃ 到 450℃ 的条件下在透明衬底上沉积光滑的薄膜。

根据本明的一个方面，本发明中的高频电源和低频电源都包括阻抗匹配电路和与该阻抗匹配电路连接的滤波器。

根据本明的另一方面，本发明中的高频输出在约 13 兆赫兹或更高的频率产生，功率大约在 1 到 5 千瓦之间。而且，低频输出在约为 2 兆赫兹或更低的频率下产生，功率为大约 300 瓦到 2 千瓦。

根据本明的另一方面，处理气体可以是硅烷和氧气、硅烷和氧化氮、TEOS 和氧气或 TEOS 和氧化氮的混合气体。也可以用硅烷、氮气和氨气的结合物作为处理气体。

根据本明的又一方面，衬底置于其中间区域接地的感受器上。也可以将感受器四个角接地。

根据本明的再一方面，衬底位于感受器和可将气体通入处理室的喷头之间。感受器有选择地与低频和高频电源中的一个连接，而喷头与低频和高频电源中的另一个连接。

本发明的优点如下。用双频等离子激发生成的薄膜非常光滑。光滑的薄膜为随后的沉积提供了更好的界面从而提高了电子的迁移率。电子迁移率的提高也提高了显示器的电气性能。最终生成的薄膜更加稳定。其他的薄膜特性如密度和应力也得以改善，从而使沉积速率提高。

本发明的其他特点和优点从下面的描述（包括附图和权利要求）中可以看出。

图 1 为本发明中反应室的横截面图。

图 2 为采用双频电源在大面积透明衬底上沉积薄膜的工艺流程图。

图 3A、3B 和 3C 为反应室中双频电源电路各种连接方式的布局结构简图。

图 4A、4B 和 4C 为双频电源反应室和各种单频电源反应室在大面积透明衬底上所沉积薄膜的三维透视图性能比较。

一般地，在本发明的操作中，透明衬底放在真空沉积处理室中，加热到几百摄氏度(°C)。向处理室中注入沉积气体，并由双频电源系统激发产生等离子增强化学气相沉积(PECVD)反应从而在透明衬底上沉积薄膜层。沉积的薄膜层可以是介电层(如 SiN 或 SiO)或半导体层(如 a-Si)。

本发明可以采用由加利福尼亚 Santa Clara 的 Applied Komatsu Technology(AKT)公司制造的 PECVD 系统，也可以采用其他市场上可买到的沉积系统。透明衬底可以用玻璃、石英或聚合物如塑料等制成。常用衬底尺寸为大约 550x650 毫米(mm)。

如图 1 中所示，PECVD 装置 130 包含具有杆 137 的感受器 135。感受器 135 位于真空沉积处理室 133 的中央。感受器 135 将透明衬底 38 如玻璃板支撑在衬底处理或反应区域 141 内，有一升降机构(图中没画出)将感受器 135 升高或降低。升降机构按照控制器(没有画出)发出的指令动作。用自动锯条(robot blade)(没有画出)通过室 133 的侧壁 134 上的开口 142 把衬底 38 送进送出室 133。衬底 38 由加热器 70 加热到大约 250 到 400°C，加热器可以是嵌在感受器 135 中的电阻加热器。也可以采用电子管加热器(lamp heater)或其他本领域内公知的合适加热器。

沉积处理气体通过气源集合管 161 和气体入口集合管 126 流入室 133。气源集合管 61 从可以供应硅烷(SiH<sub>4</sub>)、原硅酸四乙酯(TEOS)、氧气(O<sub>2</sub>)、氧化氮(N<sub>2</sub>O)、氮气(N<sub>2</sub>)和氨气(NH<sub>3</sub>)的气源 56-59 接收气体。气体集合管 61 可以产生硅烷和氧气、硅烷和氧化氮(N<sub>2</sub>O)、

TEOS 和氧气或 TEOS 和氧化氮的混合气作为处理气体。另外，处理气体也可以采用硅烷、氮气和氨气的结合物。处理气体流过钻孔的预锻模板 124、和处理气体分配面板或喷头 122 中的许多孔 121。可以采用各种形式的喷头，包括此处引用的美国专利 No. 4,854.263、5,611.865 和 5,366.585 中所述的喷头。电极间隔或衬底表面和面板 122 流出表面之间的距离约为 400 到 1500 密耳。处理气流用图 1 中衬底处理区域 141 中的小箭头所示。在处理过程中，室 133 通常保持压力在大约 0.4 毛到 3 毛之间，温度为大约 250 到 450℃ 之间。

如图 1 所示的室中，采用了等离子以增强沉积工艺。相应地，需要合适的等离子触发电路，采用双频射频（RF）电源系统比较好。双频 RF 电源系统包含低频（LF）RF 电源 50 和高频（HF）RF 电源 60 在气体分布面板 122 和感应器 135 之间供电以激发混合处理气体生成等离子。低频 RF 电源 50 频率范围大约等于或小于 2MHz，最好在大约 200kHz 到 500kHz 之间。高频 RF 电源 60 电源范围大约等于或大于 13MHz，最好为大约 13.56MHz 或其谐波频率。RF 电源可以是固定频率，或采用可调频率从而可以对装置 130 调谐。

高频 RF 电源输出进入阻抗匹配网络 62，阻抗匹配网络 62 与滤除噪音的滤波器 64 连接。当只使用高频电源 60 时，产生的离子能量不足以形成非常光滑的薄膜。增加低频 RF 电源 50 和相关的阻抗匹配网络 52、滤波器 54，可以增加离子能量。离子能量的增加可以改进沉积薄膜表面形态。

在面板 122 上供应功率为大约 1 到 5 千瓦的高频 RF 电源和功率为大约 300 瓦到 2 千瓦的低频 RF 电源以产生等离子。低频和高频电源 50 和 60 一起使等离子成分反应，在透明衬底 38 上沉积薄膜。

需要指出不同大小的衬底需要的 RF 功率不同。因此，上述特定电源功率适用于尺寸为大约 550X650 毫米的衬底。更大衬底需要的功率更大。例如，在同样的电源频率，更大面积的衬底需要增加两个电源。沉积处理气体可以从处理室中通过围绕衬底处理区域 141 的槽型孔 131 排入排气室 150。排气室 150 中的气流经过真空关闭阀 154 进

入与外部真空泵（未画出）连接的排气出口 152。

压力计 63 测量处理室 133 中的气体压力。当然，压力计可以用许多其他类型的压力传感器来代替。例如，可以使用离子测量计。可以在排气流中放置调节器 136 来调节处理室 133 中的总压力。压力计 63 的信号可以作为调节器 136 的电控制器的输入以保持总的室压力恒定。

图 2 所示为采用双频电源 50 和 60 在透明衬底 38 上沉积薄膜的工艺流程图。首先，将透明衬底 38 放在感受器 135 上（步骤 200）；然后，用衬底加热器 70 将透明衬底 38 加热（步骤 202）；随后，处理气源产生的处理气体在反应室中达到平衡（步骤 204）；接通高频电源 60 和低频电源 50，在反应室内部激发等离子，使得透明衬底 38 上沉积薄膜（步骤 206）。最好先接通高频电源 60。但是，也可以同时接通高频和低频电源，或者也可根据需要首先接通低频电源。将薄膜沉积到透明衬底上之后，关闭高频和低频电源，最好同时关闭（步骤 208）。

图 3A、3B 和 3C 示意地说明了双频电源与喷头 122 及感受器 135 的各种电气连接方式。图 3A 中低频和高频电源的输出叠加在一起用电压源 210 表示。电压源 210 连接到喷头 122 上的一点。将与感受器 135 电气连接并支撑感受器 135 的杆 137 接地，以形成使感受器 135 上聚集的电子流出的电子返回途径。

对于大衬底，最好采用图 3B 的连接方式。这种连接方式中，低频和高频电源叠加输出的电压源 220 加载在喷头 122 的中心。在感受器 135 的角 230 和 232 处，和杆 137 处设置多个电子返回途径，而且，在四边形感受器的其余两个角（没有画出）处也设置了电子返回途径。因此，感受器 135 的所有四个角都接地。多个电子返回途径使得电子从感受器 135 上彻底流出。

尽管图 3A 和 3B 中采用叠加电压源连接到喷头 122 上，本发明还考虑了可以在喷头 122 和感受器上 135 分别连接不同电源的情形。图 3C 中，具有第一频率的电源 240 连接到阻抗匹配电路 242 上。匹配电路 242 又连接到与喷头 122 连接的滤波器 244 上。相应地，具有第二

频率的电源 250 连接到阻抗匹配电路 252 上，匹配电路 252 又连接到与感受器 135 连接的滤波器 254 上。如果第一频率为高频，那么第二频率为低频；如果第一频率为低频，那么第二频率为高频。

因此，高频和低频电源可以叠加连接到喷头 122 上。另外，也可以将高频和低频电源的其中之一连接到喷头 122，而将剩余的一个连接到感受器 135 上。

根据本发明沉积的薄膜比常规用单一高频电源的感应器沉积的薄膜质量好，如表 1 所示。表 1 中前两列表示采用功率分别为 4000W 和 4800W 的单一高频（HF）电源，温度大约为 320℃，压力为大约 20 毛时得到的氮化硅薄膜的特性。最后一列为采用本发明中低频和高频电源系统并且采取图 3B 所示连接方式，高频和低频电源频率分别为大约 400kHz 和大约 13.6MHz，电源总功率为 4700W，温度为大约 320℃，压力大约为 2.0 毛的条件下得到的结果。

表 1

|              | 4000W 高频                  | 4800W 高频                  | 4000W 高频和<br>700W 低频      |
|--------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 沉积速度         | 3700 埃/分钟                 | 4000 埃/分钟                 | 4000 埃/分钟                 |
| 应用           | -0.8E9 达因/厘米 <sup>2</sup> | -4.5E9 达因/厘米 <sup>2</sup> | -6.5E9 达因/厘米 <sup>2</sup> |
| WER          | 512 埃/分钟                  | 344 埃/分钟                  | 234 埃/分钟                  |
| 粗糙度<br>(rms) | 1.0 纳米                    | 1.74 纳米                   | 0.73 纳米                   |

如表中所示，采用双频电源系统的反应器的沉积速率与采用功率为 4800W 的单一高频电源的沉积速率相同，都为 4000 埃/分钟。在这些特殊例子中，采用双频电源系统产生的薄膜测得的应力比采用功率分别为 4000W 和 4800W 的单频电源系统所产生的薄膜的应力大。这样的应力值以及采用双频电源系统沉积薄膜所具有的低湿蚀刻速率（WER）和高光滑度，表明薄膜是稳定的、高质量的。

重要的是，采用双频电源系统沉积得到的薄膜以均方根（rms）平

均值测得的粗糙度优于采用单频电源系统所得到的薄膜的粗糙度。粗糙度越大，电子通过沉积的栅极的阻力越大。因此，采用双频电源系统沉积得到的光滑薄膜具有更高的电子迁移率，从而具有更好的显示性能。

采用各种反应器沉积得到的薄膜的表面粗糙度三维示意图如图4A-4C所示。图4A和4B分别为表1中所示采用功率为4000W和4800W的单一高频电源系统的反应器所沉积薄膜的三维示意图。图4A表面比较粗糙，其均方根粗糙度为1.00nm。图4B更不平整，其均方根粗糙度为1.74nm。

相反，如图4C所示，采用总功率为4700W的双频电源系统沉积得到的薄膜表面均方根粗糙度为0.73nm。因此，尽管总功率与4800W电源的功率接近，双频电源反应器产生的薄膜比采用4800W单一频率电源得到的薄膜光滑50%以上。

采用双频激发等离子得到的光滑薄膜使随后的沉积层结合更好，从而提高了电子迁移率。电子迁移率的提高改善了显示器的电气性能。所得到的薄膜也更加稳定。

尽管上面根据特定实施例和顺序对本发明进行了说明，但是，只要不偏离本发明的实质就可以进行各种改动。本发明可以用于各种类型的CVD系统和其他采用不同沉积方法的系统。混合气体、温度和压力都可以改变。对于电源，可以不改变电源频率而对阻抗匹配电路进行调整。此外，尽管上述电极间隔在400到1500密耳之间，也可以采用其他合适的间隔。而且根据薄膜和沉积顺序需要，可以采用各种不同的加热顺序和电源周期。

上述各种改变对于本领域技术人员是很清楚的，本发明的保护范围由随后的权利要求限定。

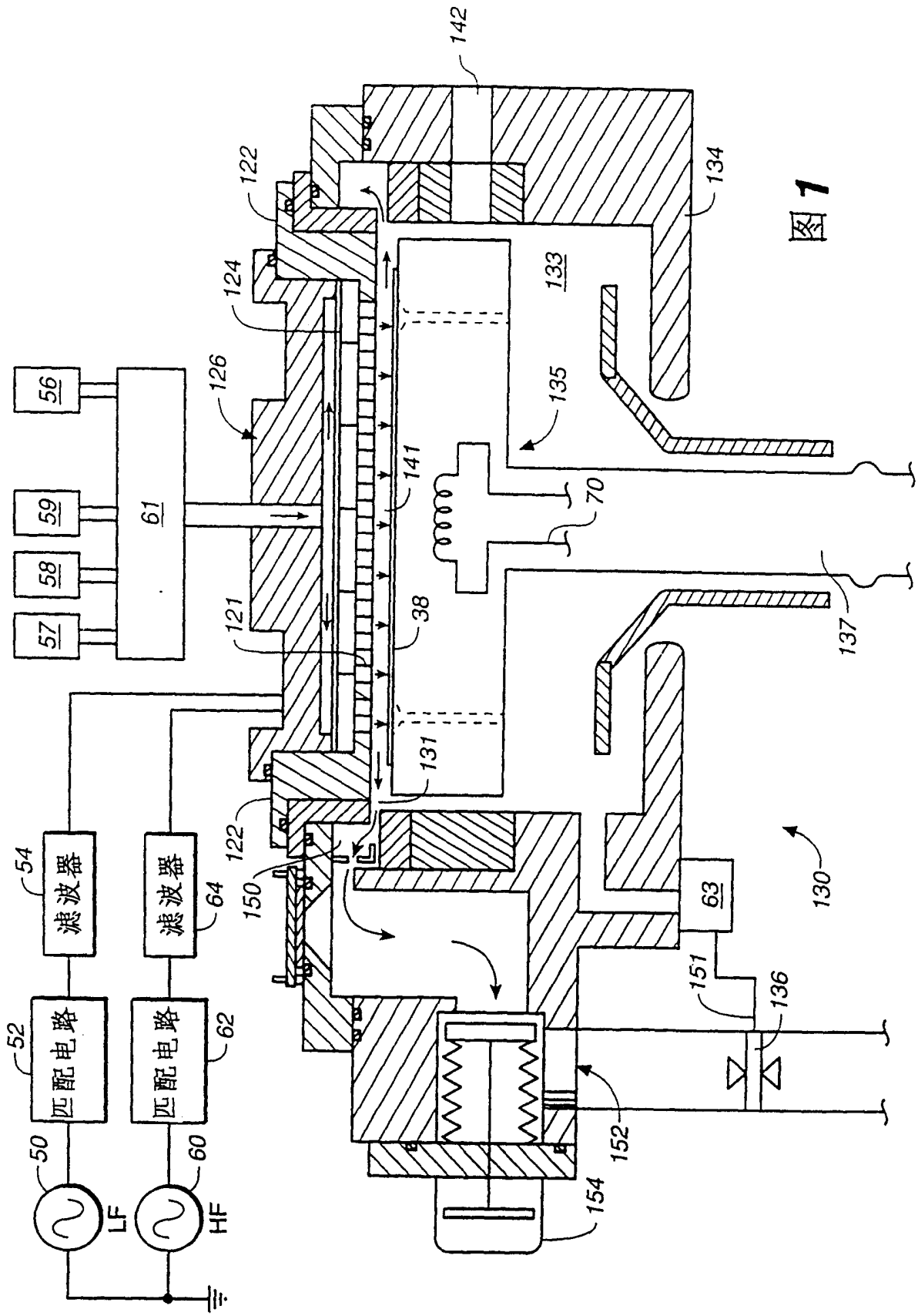


图2

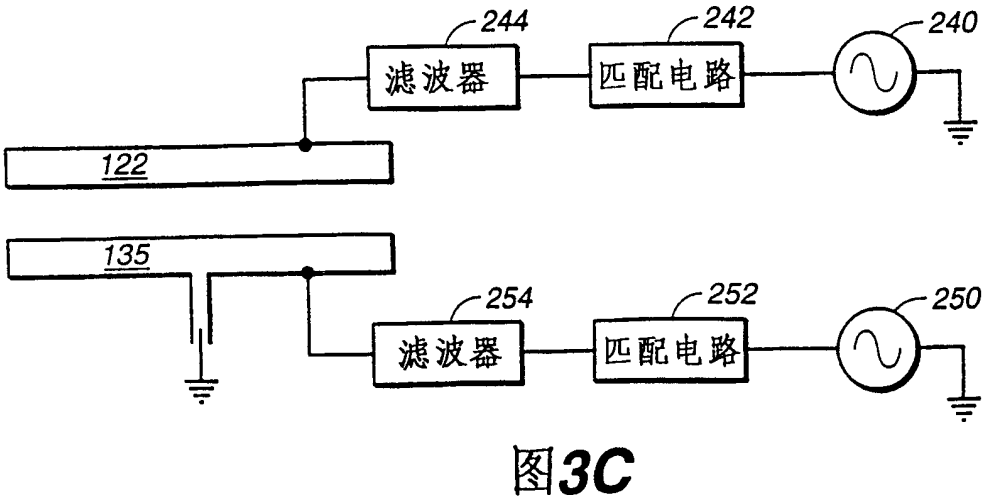
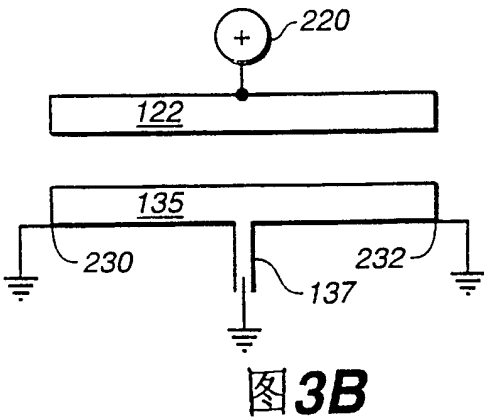
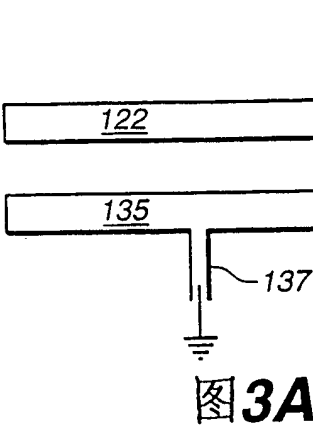
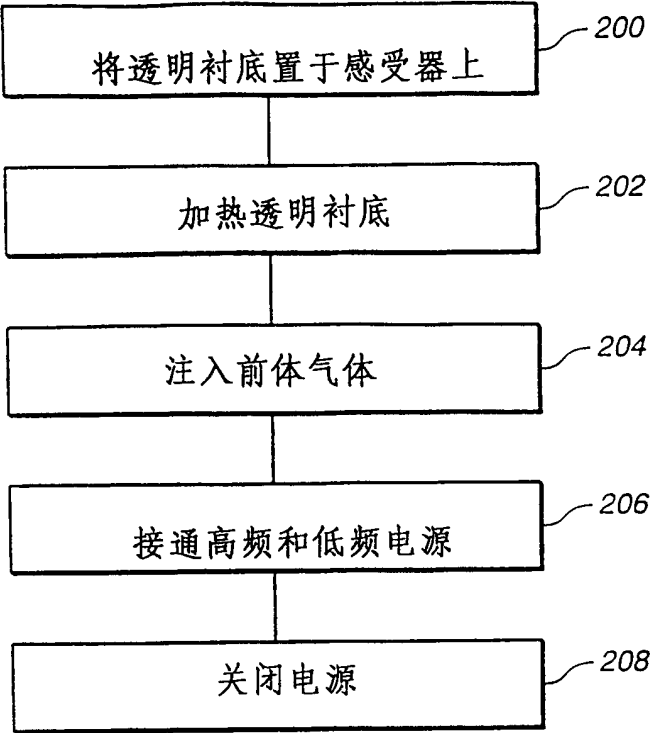


图4A

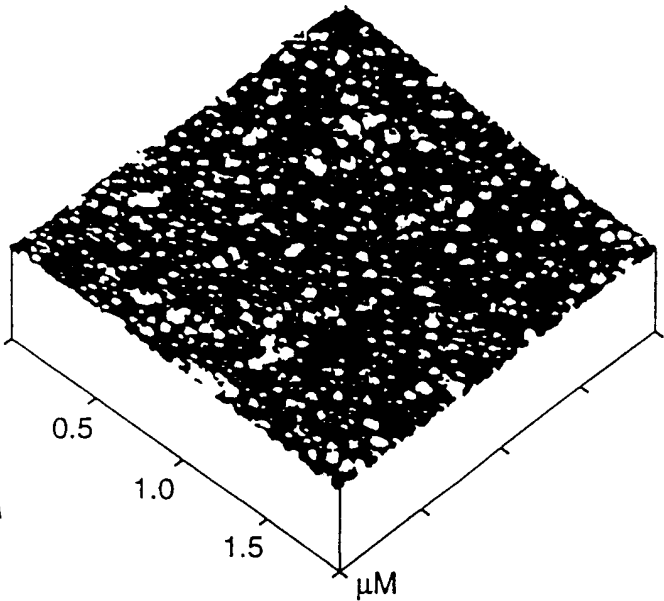


图4B

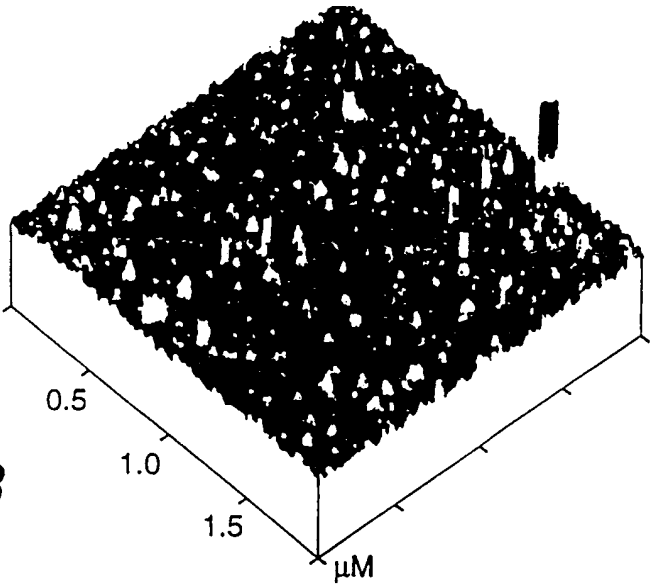


图4C

