(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113299534 A
(43)申请公布日 2021.08.24

(21)申请号 202110536954.4

(22)申请日 2021.05.18

(71)申请人 佛山市思博睿科技有限公司
地址 528200 广东省佛山市南海区桂城街道平西上海村东平路北侧瀚天科技城B区产业区3号楼一楼102号

(72)发明人 梁宸

(74)专利代理机构 上海瀚桥专利代理事务所(普通合伙) 31261
代理人 曹芳玲 邹蕴

(51)Int.Cl.
H01J 37/32(2006.01)
C23C 16/509(2006.01)

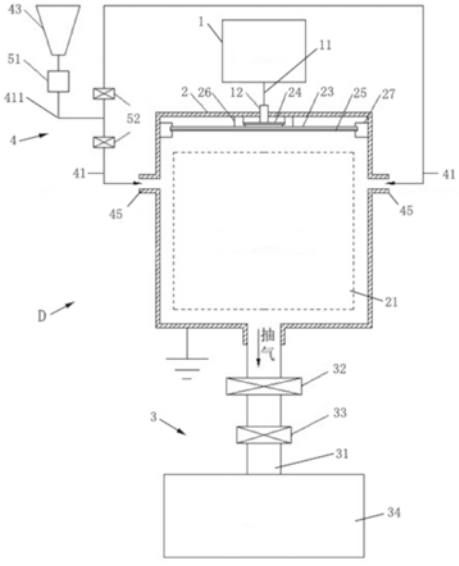
权利要求书1页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

一种等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置

(57)摘要

本发明提供一种等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置，具备射频电源、反应单元、抽气单元及配气单元；反应单元内部形成为供反应的腔室；射频电源安装于反应单元外部且与反应单元的腔室连通；抽气单元安装于反应单元外部且与反应单元的腔室连通；配气单元安装于反应单元外部且通过供给管路与反应单元的腔室连通；在反应单元的腔室内靠近射频电源的位置处设置狭缝天线。根据本发明，可产生高密度且均匀一致的表面波等离子体，基于表面波等离子体化学气相沉积方式在基材表面生成接枝共聚膜层，大幅提高产品膜层厚度的均匀性，改善批量处理产品的良率，尤其对于具有复杂曲面的工件具有良好的成膜特性。



CN 113299534 A

1.一种等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置,具备射频电源、反应单元、抽气单元及配气单元;其中,

所述反应单元内部形成为供反应的腔室;

所述射频电源安装于所述反应单元外部且与所述反应单元的腔室连通,用以产生等离子体;

所述抽气单元安装于所述反应单元外部且与所述反应单元的腔室连通,用以抽取所述反应单元内的气体;

所述配气单元安装于所述反应单元外部且通过供给管路与所述反应单元的腔室连通,用以加入作为接枝共聚膜层气源的单体蒸汽;

在所述反应单元的腔室内靠近所述射频电源的位置处设置狭缝天线。

2.根据权利要求1所述的等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置,其特征在于,

所述反应单元具备:安装于所述反应单元内部且与所述射频电源连接的电极板,以靠近所述电极板的形式安装于所述反应单元内部的平面的石英板,设置于所述石英板朝向所述射频电源的面上的所述狭缝天线,由所述石英板和所述反应单元内壁所包围的反应腔室。

3.根据权利要求2所述的等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置,其特征在于,

所述狭缝天线在所述石英板上平行排列多条,通过改变所述狭缝天线的尺寸和阵列分布来改变激励强度。

4.根据权利要求2所述的等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置,其特征在于,

所述电极板为铜板,所述石英板为石英玻璃板或石英陶瓷板,所述狭缝天线为铝制。

5.根据权利要求2所述的等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置,其特征在于,

所述电极板与所述石英板分别通过PTFE绝缘加工件固定于所述反应单元内。

6.根据权利要求5所述的等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置,其特征在于,

所述配气单元具备用以向所述反应腔室供给单体蒸汽的单体蒸汽管路;所述单体蒸汽管路一端与单体蒸汽源连接,另一端与所述反应单元相连。

7.根据权利要求1所述的等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置,其特征在于,

所述反应单元上设有分别与所述单体蒸汽管路连通的两个单体蒸汽供给端口,对称地设置于所述反应单元两侧。

8.根据权利要求1所述的等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置,其特征在于,

所述配气单元还具备独立于所述单体蒸汽管路的工艺气体管路;

所述工艺气体管路一端与工艺气体源连接,另一端与所述反应单元相连,用于将工艺气体导入所述反应腔室。

9.根据权利要求8所述的等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置,其特征在于,

所述反应单元上设有分别与所述工艺气体管路连通的两个工艺气体供给端口,对称地设置于所述反应单元两侧。

一种等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置

技术领域

[0001] 本发明涉及等离子体化学工程技术领域，尤其涉及一种等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置。

背景技术

[0002] 等离子体是除固、液、气态之外物质存在的第四态，宏观呈电中性。目前，等离子体化学气相沉积技术是常用的镀膜技术，在例如PCB电路板、电子器件、手机、键盘、电脑等基材上，等离子体由电场驱动使含有涂层组成原子的气态物质发生化学反应，从而在基材表面沉积涂层，由此赋予良好的物理、化学耐久性，增强基材表面的强度。可以根据需要沉积其他多种功能性薄膜，提高基材表面的疏水、防刮、防水、耐磨擦、耐腐蚀和散热等性能。

[0003] 等离子体按照温度可分为高温等离子体和低温等离子体，低温等离子体又分为热等离子和冷等离子体。其中，采用各种等离子体源进行体化学气相沉积的方法，在基材表面尤其是具有复杂结构及深空隙的基材表面通过沉积生成接枝共聚膜层(薄膜)以起到表面改性或防护作用，该技术已经相当普遍，是一种重要的表面处理方法。例如，专利文献1公开了一种栅控等离子体引发气相聚合表面涂层的装置及方法，专利文献2公开了供一种通过低压等离子体工艺施加保形纳米涂层的方法，均采用脉冲调制高频辉光放电，产生等离子体制备聚合物涂层，并且周期性开断，开启时激发单体分子的活性，关断时引发聚合反应。

[0004] 然而，受到大尺寸空间内等离子体分布特性的影响，专利文献1、2无法形成大面积高度均匀的等离子体，从而造成膜层不连续，各处膜层厚度不均匀，造成产品良率不高，限制其大批量的应用潜力。

[0005] 现有技术文献：

专利文献：

专利文献1:中国专利公开CN105949836A；

专利文献2:中国专利公开CN102821873A。

发明内容

[0006] 发明要解决的问题：

针对上述问题，本发明的目的在于提供一种等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置，能解决现有等离子体装置空间分布不均匀从而导致处理产品良率不高的问题。

[0007] 解决问题的技术手段：

本发明提供一种等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置，具备射频电源、反应单元、抽气单元及配气单元；其中，所述反应单元内部形成为供反应的腔室；所述射频电源安装于所述反应单元外部且与所述反应单元的腔室连通，用以产生等离子体；所述抽气单元安装于所述反应单元外部且与所述反应单元的腔室连通，用以抽取所述反应单元内的气体；所述配气单元安装于所述反应单元外部且通过供给管路与所述反应单元的腔室连通，用以加入作为接枝共聚膜层气源的单体蒸汽；在所述反应单元的腔室内靠近所述射频电源的位置处

设置狭缝天线。

[0008] 根据本发明，可产生高密度且均匀一致的表面波等离子体，基于表面波等离子体化学气相沉积方式在基材表面生成接枝共聚膜层，大幅提高产品膜层厚度的均匀性，改善批量处理产品的良率，尤其对于具有复杂曲面的工件具有良好的成膜特性。具体而言，反应单元内部通过抽气系统抽真空，反应腔室内放置待加工的作为基材的工件，开启射频电源，产生等离体子后，经配气单元向反应腔室内供给单体蒸汽，在真空的反应腔室内且在表面波等离子体气氛中，利用等离子体引发的接枝共聚反应从而在基材表面形成固定的交联结构。

[0009] 更具体而言，本发明利用外部高频电磁波可诱导生成于介质和等离子分界面等离子激元的原理，高频电磁波在法向方向很快指数衰减，形成沿切向方向传播的电磁表面波，其物理过程为电磁波通过反应腔室和射频电源之间的狭缝天线耦合进入真空的反应腔室内，在狭缝天线的正下方首先击穿气体放电，形成高密度等离子体，此时高密度等离子体和金属薄膜相似，相对介电常数为负。高频电磁波到临界密度层会被反射回来，沿介质和等离子界面向四周传播，其能量被约束在界面附近区域内，如此，表面波将在反应腔室内来回反射，在表面波的电场左右下，电子被加速，为等离子持续提供能量，即可产生大面积均匀的高密度等离子体。

[0010] 也可以是，本发明中，所述反应单元具备：安装于所述反应单元内部且与所述射频电源连接的电极板，以靠近所述电极板的形式安装于所述反应单元内部的平面的石英板，设置于所述石英板朝向所述射频电源的面上的所述狭缝天线，由所述石英板和所述反应单元内壁所包围的反应腔室。

[0011] 由此，电极板与射频电源相连用于电磁波的导入，石英板作为介质板用于传播表面波，通过安装于石英板一方的狭缝天线将电磁波的能量耦合至位于石英板另一方的反应腔室内。

[0012] 也可以是，本发明中，所述狭缝天线在所述石英板上平行排列多条，通过改变所述狭缝天线的尺寸和阵列分布来改变激励强度。由此，平行排列的多狭缝形成天线阵列，有助于获得稳定辐射能量场，并且通过改变尺寸和分布能够获得所要的振幅分布，从而精准控制等离体子的产生密度。

[0013] 也可以是，本发明中，所述电极板为铜板，所述石英板为石英玻璃板或石英陶瓷板，所述狭缝天线为铝制。铝的电导率为3.53×107S/m，便于耦合电磁波能量，且价格便宜、能量损耗较低。

[0014] 也可以是，本发明中，所述电极板与所述石英板分别通过PTFE绝缘加工件固定于所述反应单元内。由此，可在固定的同时与腔室绝缘避免短路。

[0015] 也可以是，本发明中，所述配气单元具备用以向所述反应腔室供给单体蒸汽的单体蒸汽管路；所述单体蒸汽管路一端与单体蒸汽源连接，另一端与所述反应单元相连。

[0016] 也可以是，本发明中，所述反应单元上设有分别与所述单体蒸汽管路连通的两个单体蒸汽供给端口，对称地设置于所述反应单元两侧。由此，由于供给端口分列两侧，有利于气化的单体蒸汽的均匀扩散，形成均匀膜层，改善产品良率。

[0017] 也可以是，本发明中，所述配气单元还具备独立于所述单体蒸汽管路的工艺气体管路；所述工艺气体管路一端与工艺气体源连接，另一端与所述反应单元相连，用于将工艺

气体导入所述反应腔室。

[0018] 也可以是，本发明中，所述反应单元上设有分别与所述工艺气体管路连通的两个工艺气体供给端口，对称地设置于所述反应单元两侧。由此，由于供给端口分列两侧，进一步有利于工艺气体和单体蒸汽的均匀扩散，形成均匀膜层，改善产品良率。

[0019] 发明效果：

本发明能提供一种等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置，大幅提高产品膜层厚度上的均匀性，改善批量处理产品的良率，尤其对于具有复杂曲面的工件具有良好的成膜特性。

附图说明

[0020] 图1是根据本发明一实施形态的镀膜装置的结构示意图；

图2是根据本发明又一实施形态的镀膜装置的结构示意图；

图3示出了根据本发明实施例1的镀膜成品的测试结果，上图示出了成品滴水测试结果，下图示出了静态接触角测试结果；

图4示出了根据本发明实施例2的镀膜成品的测试结果，上图示出了成品滴水测试结果，下图示出了静态接触角测试结果；

符号说明：

D、D1-镀膜装置；

1-射频电源；11-电缆线；12-真空馈入件；

2-反应单元；21-反应腔室21；23-狭缝天线；24-电极板；25-石英板；26、27-绝缘固定件；

3-抽气单元；31-抽气管路；32-抽气开关阀；33-调压阀；真空泵34；

4-配气单元；41-单体蒸汽管路；42-工艺气体管路；43-单体蒸汽源；44-工艺气体源。

具体实施方式

[0021] 以下结合下述实施方式进一步说明本发明，应理解，下述实施方式仅用于说明本发明，而非限制本发明。以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围，而是仅仅表示本发明的选定实施例。在各图中相同或相应的附图标记表示同一部件，并省略重复说明。

[0022] 在本发明的描述中，需要说明的是，术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”、“前”、“后”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。此外，术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0023] 图1是根据本发明一实施形态的镀膜装置D的立体图，在此公开一种等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置D(以下或简称为镀膜装置D)具备射频电源1、反应单元2、抽气单元3及配气单元4。其中，反应单元2内部形成有反应腔室21，射频电源1安装于反应单元2外部且与反应腔室连通，用以产生高频电磁波，抽气单元3安装于反应单元2外部且与反应单元2连通，用以抽取反应腔室21内的气体，配气单元4安装于反应单元2外部且通过供给管路与反

应单元2连通，用以加入镀膜反应所需的气体或蒸汽。在一些技术方案中，所述“单体蒸汽”是由“形成接枝共聚膜层的化学单体”通过汽化而成的蒸汽。

[0024] 射频电源1为高频交流变化电磁波每秒变化大于20000次的高频电源，反应单元2形成为空心腔室，其顶部设有通过电缆线11与射频电源1电气连接的真空馈入件12，真空馈入件12另一端与设于反应单元2内部的电极板24连接，借助于此将高频电磁波馈入反应单元2。

[0025] 反应单元2及其内部腔室优选形成为本实施形态下的立方体，具有如图所示方位上的前、后、左、右、上、下六个面，但也可形成为圆柱体、长方体、六边形或其它异型结构。射频电源1通过电缆线11安装于反应单元2的顶部，抽气单元3安装于反应单元2中除上表面(顶面)外的其他面上，配气单元4安装于反应单元2中除上表面和下表面(顶面和底面)外的两个对向的面上。本实施形态中，射频电源1安装于顶面(上表面)，抽气单元3安装于下表面(底面)，配气单元4安装于左右侧面，即、各单元分别安装于不重复的面上，余下两个面中，其中一个上设置开口用于取放基材工件。但不限于此，例如形成为异型结构时，抽气单元3安装于不与射频电源1相对的面上也不无不可。

[0026] 反应单元2具备电极板24、石英板25、狭缝天线23和反应腔室21。其中，电极板24通过绝缘固定件26固定于反应单元2内部顶端，并通过真空馈入电极12及电缆线11与射频电源1电气连接，其尺寸满足射频电源1的放电需求即可，不作过多限制，例如可为30mm×30mm。

[0027] 石英板25形成为平面，设置于反应单元2内部比电极板24靠近下方的位置，其朝向射频电源1的一侧表面上压装有多条用于产生表面波等离子体的狭缝天线23。石英板25与狭缝天线23紧密压接，其间无空隙。本实施形态中，石英板25的尺寸与反应单元2内部腔室横截面尺寸大致相同，两侧通过另外的绝缘固定件27固定于反应单元2内侧壁面，安装高度具体可根据所需的，不作过多限制。反应腔室21是由石英板25未安装狭缝天线23的另一侧表面与反应单元2的内壁所包围的空间，其内发生接枝共聚反应。

[0028] 狭缝天线23在石英板25上平行排列多条，射频电源1通过电极板24释放高频电磁波，高频电磁波通过阵列排布的狭缝天线23产生等离子体激元效应，在作为介质板的石英板25与等离子分界面处产生表面波并沿着分界面传播，从而维持高度均匀的等离子体气愤，此时，单体蒸汽在等离子体气氛中发生接枝共聚并在预先放置于反应腔室21内的待镀膜基材上沉积生长出预定义的膜层。通过控制单体蒸汽的用量和镀膜时间，算出单位时间内的沉积速率，控制膜厚，最终形成连续均匀的薄膜。也可以通过改变狭缝天线23的尺寸和阵列分布来改变激励强度，获得稳定辐射能量场和所要的振幅分布，从而精准控制等离体子的产生密度。

[0029] 本实施形态中，电极板24为铜板，石英板25为石英玻璃板，绝缘固定件26、27为PTFE绝缘加工件，但不限于此。狭缝天线23优选为铝制，因铝的电导率为3.53×107S/m，便于耦合电磁波能量，且相较于铜制价格便宜，相较于不锈钢能量损耗较低。

[0030] 更具体而言，本实施形态中，反应单元2设有接地线。射频电源1可以是RF射频源，频率是20KHz～13.56MHz，功率为50W～5KW，微波电源频率是915MHz～2.45GHz，功率为50W～50KW。反应单元2可以是长度范围200mm～1500mm、宽度范围是200mm～1500mm、高度范围是200mm～1500mm的立方体。电极板23例如可在距离内部腔室的顶面约5-100mm处安装。狭

缝天线23的宽度例如为0.5～2mm，厚度例如为3mm-5mm，长度例如为5mm～15mm，狭缝天线23在石英板25上等距分布数量例如为25～50个，其排列方式例如可依据实际情况做相应调整以适应稳定的辐射能量场。

[0031] 如图1所示，抽气单元3通过抽气管路31与反应单元2的反应腔室21相连，抽气管路31上设置有抽气开关阀32、调压阀33及真空计用以控制反应腔室21的真空度以使其位于合适的工艺条件。具体而言，当传感器检测到反应单元2的反应腔室21的真空度满足规定要求时，调压阀33根据真空计反馈数值进行实时动态控制。又，本实施形态中，抽气单元3还具备真空泵34，采用其他类型的压力控制单元亦可。更具体地，本实施形态中，抽气单元3将反应单元2抽取真空到预定工作压力0.01mbar～0.5mbar，当后期向反应腔室21内供给气体时，将真空压力维持于0.01～0.35mbar。

[0032] 配气单元4具备独立的单体蒸汽管路41，单体蒸汽管路41的一端与单体蒸汽源43连接，另一端与反应单元2的反应腔室21连通，单体蒸汽经由单体蒸汽管路41从单体蒸汽源43进入反应单元2的反应腔室21内参与反应，而后通过反应腔室21下部的抽气单元3将未反应物质和附属反应产物抽走排出。单体蒸汽管路41与反应单元2连接的端口是用于供给单体蒸汽的单体蒸汽供给端口45，两个单体蒸汽供给端口45对称地形成于反应单元2的两侧。管路与端口之间通过法兰和橡胶圈与反应单元2连接，确保真空密封性能。

[0033] 进一步地，单体蒸汽源43通过单体蒸汽支管路411接入单体蒸汽管路41，单体蒸汽支管路411上设有单体蒸汽质量流量计51，用以控制单体蒸汽源43输出流量的大小。单体蒸汽支管路411与单体蒸汽管路41形成有交汇点，从单体蒸汽源43输出的单体蒸汽于该交汇点处分为两股，而后分别经由单体蒸汽管路41进入反应腔室21，有利于气化的单体蒸汽的均匀扩散，形成均匀膜层，改善产品良率。在单体蒸汽管路41上且在交汇点的两侧分别设置进料阀52、52，用以更精确控制作为接枝共聚膜层气源的单体蒸汽的进料量。

[0034] 本实施形态中，所述单体蒸汽为可形成功能性镀膜的单体蒸汽。例如所述单体蒸汽可为提高基材表面疏水、亲水、防刮、耐磨擦、耐腐蚀、散热等性能中的一种或多种的单体蒸汽。如前所述，一些实施方式中，所述“单体蒸汽”是由“形成接枝共聚膜层的化学单体”通过汽化而成的蒸汽。该化学单体包括但不局限于硅烷类单体、丙烯酸酯类不饱和单体等。所述硅烷类单体可为六甲基二硅氧烷和/或三乙氧基硅烷。又，单体蒸汽源44具体为化学单体蒸发装置，流量计53例如为热式质量流量计，可以更精确控制流量大小。

[0035] 基于本发明上述镀膜装置D1，能分别调整两侧端口的供给量，从而根据具体反映情况实时调整从供给端口供给的单体蒸汽流量，在表面波等离子体气氛中，可大幅改善在基材表面制备等离子体接枝共聚膜层的均匀性。具体地，将待镀膜的基材工件放置于反应单元2的反应腔室21内，通过抽气单元3抽至规定的真空条件，开启射频电源1，通过电极板24释放高频电磁波，高频电磁波通过狭缝天线23产生等离子体激元效应，在石英板25与等离子分界面处产生表面波并沿着分界面传播并维持高度均匀的等离子体，而后按预定流量向反应腔室21内供给单体蒸汽，在表面波等离子体气氛中，单体蒸汽的分子间发生接枝共聚反应，从而不断沉积在基材的复杂表面形成连续的聚合膜层。

[0036] [变形例]

图2是根据本发明又一实施形态的镀膜装置D1的结构示意图。下述仅针对本实施形态的镀膜装置D1与上一实施形态的镀膜装置D之间的区别进行详细描述，对于相同之处

省略相关说明且沿用相同附图标记。

[0037] 配气单元4还具备独立于单体蒸汽管路41的工艺气体管路42，工艺气体管路42的一端与工艺气体源44连接，另一端与反应单元2的反应腔室21连通，工艺气体经由工艺气体管路42从工艺气体源44进入反应单元2的反应腔室21内参与反应，而后通过反应腔室21下部的抽气单元3将未反应物质和附属反应产物抽走排出。工艺气体管路42与反应单元2连接的端口是用于供给工艺气体的工艺气体供给端口46，两个工艺气体供给端口46对称地形成于反应单元2的两侧。管路与端口之间通过法兰和橡胶圈与反应单元2连接，确保真空密封性能。

[0038] 进一步地，工艺气体源44与依次与工艺气体质量流量计54和工艺气体流量开关阀53连接，并通过工艺气体支管路412接入工艺气体管路42，工艺气体质量流量计54用以控制工艺气体源43输出至工艺气体支管路412的流量大小，工艺气体流量开关阀53用以控制工艺气体源43是否输出。工艺气体支管路412与工艺气体管路42形成有交汇点，从工艺气体源43输出的工艺气体于该交汇点处分为两股，而后分别经由工艺气体管路42进入反应腔室21，有利于工艺气体的均匀扩散，改善产品良率。

[0039] 本实施形态中，工艺气体可为对基材表面进行活化和/或净化的工艺气体，例如惰性气体和/或氧气等载气气体，该惰性气体包括但不局限于氩气、氦气等。又，工艺气体源44不限于一个，完全可以形成有多个。以图2所示的两个为例，每个工艺气体源都配套有一个工艺气体质量流量计和一个工艺气体流量开关阀，并依次连接，而后各自接入工艺气体支管路412。由于每个工艺气体源44均能独立操控，因此可根据工艺程序而随时且独立地调整工艺气体的输送时间和流量。

[0040] 基于本发明上述镀膜装置D1，能分别调整两侧端口的供给量，从而根据具体反映情况实时调整从供给端口供给的单体蒸汽和工艺气体的流量，在表面波等离子体气氛中，可大幅改善在基材表面制备等离子体接枝共聚膜层的均匀性。具体地，将待镀膜的基材工件放置于反应单元2的反应腔室21内，通过抽气单元3抽至规定的真空条件，开启射频电源1，通过电极板24释放高频电磁波，高频电磁波通过狭缝天线23产生等离子体激元效应，在石英板25与等离子分界面处产生表面波并沿着分界面传播并维持高度均匀的等离子体，而后按预定流量向反应腔室21内供给单体蒸汽和工艺气体，在表面波等离子体气氛中，单体蒸汽的分子间发生接枝共聚反应，不断供给工艺气体维持共聚反应，从而不断沉积在基材的复杂表面形成连续的聚合膜层。

[0041] 下面进一步例举实施例以详细说明本发明。同样应理解，以下实施例只用于对本发明进行进一步说明，不能理解为对本发明保护范围的限制，本领域的技术人员根据本发明的上述内容作出的一些非本质的改进和调整均属于本发明的保护范围。下述示例具体的工艺参数等也仅是合适范围中的一个示例，即本领域技术人员可以通过本文的说明做合适的范围内选择，而并非要限定于下文示例的具体数值。

[0042] [实施例1]

镀膜装置D的反应单元2及其内部的反应腔室21为立方体，长1100mm×宽800mm×高1100mm，材质为不锈钢。射频电源1的频率13.5MHz，功率为500W，通过电缆线11和真空馈入件12与反应单元2的顶部相连，可对反应单元2内壁放电产生等离子体。具体地，真空馈入件12的一端与射频电源1通过电缆线11相连，另一端从反应单元2的外侧顶部伸入内部与电

极板24通过法兰相连，接口处通过密封圈以实现真空密封，电极板24为铜制平面金属板，尺寸为30mm×30mm，通过PTFE绝缘加工件固定于反应单元2的内侧顶部。石英板25为平面型的石英玻璃板，以覆盖内部腔室横截面积的形式安装于距离电极板24约30mm处，具体尺寸为550mm×400mm，厚度为50mm，数量为2块拼接在一起，通过PTFE绝缘加工件固定于反应单元2内侧壁面。在石英板25朝向电极板24的一侧表面上压装有狭缝天线23，狭缝天线23为铝合金制造，尺寸为宽0.5mm×长20mm，厚度例如为3mm，在石英板25上等距均匀分布，数量为25个，狭缝天线23通过绝缘PTFE工件固定于内部腔室的内侧面。工艺气体管路42与镀膜气体管路41分别与反应单元2的两侧连接并与反应腔室2连通，四个端口两两相对，连接处通过法兰和橡胶圈确保真空密封。工艺气体管路42与单体蒸汽管路41分别与工艺气体源44和单体蒸汽源43连接。抽气单元3的真空泵34通过真空管路与反应单元2底部连接并与反应腔室21连通。

[0043] 首先，将待镀膜的基材工件放置于反应单元2的反应腔室21内，通过抽气单元3将反应腔室21抽至预定工作压力0.01mbar，打开第一工艺气体的工艺气体源43上的流量开关阀53以及打开工艺气体管路42中的工艺气体开关阀55，通过流量计54精准控制向反应腔室21内供给第一工艺气体，即、氩气、氦气和CF_8混合气体，第一工艺气体的流量为150sccm，与此同时维持工作压力为0.25mbar。开启射频电源1，通过电极板24释放高频电磁波，高频电磁波通过狭缝天线23产生等离子体激元效应，在石英板25与等离子分界面处产生表面波并沿着分界面传播并维持高度均匀的等离子体。打开单体蒸汽管路41上的进料阀52向反应腔室21内供给单体蒸汽，通过单体蒸汽质量流量计51精准控制向反应腔室21内供给单体蒸汽的流量，与此同时，打开第二工艺气体的工艺气体源43处的工艺气体流量开关阀53，通过工艺气体质量流量计54精准控制向反应腔室21内供给第二工艺气体的流量，即、氦气，使反应腔室21内第二工艺气体流量为100sccm，单体蒸汽流量为50sccm，并维持工作压力为0.15mbar。在真空的反应腔室21内，在表面波等离子体气氛中，单体蒸汽的分子间发生接枝共聚反应，不断供给第二工艺气体维持共聚反应，从而不断沉积在基材的复杂表面形成连续的聚合膜层。

[0044] 如上述多次进行实验后，针对产品表面所形成的聚合膜层进行实验检测。下述表格示出了膜厚测试结果：

膜厚测试次数	A区	B区	C区	D区
第一次	110.56nm	111.25nm	110.85nm	110.87nm
第二次	109.51nm	110.65nm	110.62nm	110.64nm
第三次	110.43nm	110.85nm	109.69nm	109.95nm
第四次	109.25nm	109.35nm	110.83nm	110.51nm

基于上述实验数据，经多轮膜厚测试表明膜厚在各位置相差不超过+/-1nm，显示了较好的均匀性。又，如图3所示，上图示出了成品滴水测试结果，下图示出了静态接触角测试结果，可见在成品表面多处进行滴水测试，显示出较好疏水特性，表面膜层均匀度较好，

而通过静态接触角测试，显示产品表面水接触角为135.6°，具有较强疏水特性。

[0045] [实施例2]

镀膜装置D的反应单元2及其内部的反应腔室21为立方体，长500mm×宽400mm×高500mm，材质为不锈钢。射频电源1的频率2.45GHz，功率为200W，通过电缆线11和真空馈入件12与反应单元2的顶部相连，可对反应单元2内壁放电产生等离子体。具体地，真空馈入件12的一端与射频电源1通过电缆线11相连，另一端从反应单元2的外侧顶部伸入内部与电极板24通过法兰相连，接口处通过密封圈以实现真空密封，电极板24为铜制平面金属板，尺寸为30mm×30mm，通过PTFE绝缘加工件固定于反应单元2的内侧顶部。石英板25为平面型的石英玻璃板，以覆盖内部腔室横截面积的形式安装于距离电极板24顶部约30mm处，具体尺寸为250mm×200mm，厚度为50mm，数量为2块拼接在一起，通过PTFE绝缘加工件固定与内部腔室的内壁。在石英板25朝向电极板24的一侧表面上压装有狭缝天线23，狭缝天线23为铝合金制造，天线尺寸为布宽1mm×长15mm，厚度例如为4mm，在石英板25上等距均匀分布，数量为30个，狭缝天线23通过绝缘PTFE工件固定于内部腔室的内侧面。工艺气体管路42与镀膜气体管路41分别与反应单元2的两侧连接并与反应腔室2连通，四个端口两两相对，连接处通过法兰和橡胶圈确保真空密封。工艺气体管路42与单体蒸汽管路41分别与工艺气体源44和单体蒸汽源43连接。抽气单元3的真空泵34通过真空管路与反应单元2底部连接并与反应腔室21连通。

[0046] 将待镀膜的基材工件放置于反应单元2的反应腔室21内，通过抽气单元3抽至预定工作压力0.02mbar，打开第一工艺气体的工艺气体源43上的流量开关阀53以及打开工艺气体管路42中的工艺气体开关阀55，通过流量计54精准控制向反应腔室21内供给第一工艺气体，即、氩气、氦气和C_4F_8混合气体，第一工艺气体的流量为100sccm，与此同时维持工作压力为0.25mbar。开启射频电源1，通过电极板24释放高频电磁波，高频电磁波通过狭缝天线23产生等离子体激元效应，在石英板25与等离子分界面处产生表面波并沿着分界面传播并维持高度均匀的等离子体。打开单体蒸汽管路41上的进料阀52向反应腔室21内供给单体蒸汽，通过单体蒸汽质量流量计51精准控制向反应腔室21内供给单体蒸汽的流量，与此同时，打开第二工艺气体的工艺气体源43处的工艺气体流量开关阀53，通过工艺气体质量流量计54精准控制向反应腔室21内供给第二工艺气体的流量，即、氩气，使反应腔室21内第二工艺气体流量为80sccm，单体蒸汽流量为80sccm，并维持工作压力为0.12mbar。在真空的反应腔室21内，在表面波等离子体气氛中，单体蒸汽的分子间发生接枝共聚反应，不断供给第二工艺气体维持共聚反应，从而不断沉积在基材的复杂表面形成连续的聚合膜层。

[0047] 如上述多次进行实验后，针对产品表面所形成的聚合膜层进行实验检测。下述表格示出了膜厚测试结果：

膜厚测试次数	A区	B区	C区	D区
第一次	25.48nm	25.43nm	24.86nm	25.61nm
第二次	25.42nm	24.85nm	25.12nm	25.79nm
第三次	24.93nm	25.67nm	25.87nm	25.28nm
第四次	25.96nm	25.42	25.69nm	24.86nm

基于上述实验数据，经多轮膜厚测试表明膜厚在各位置相差不超过+/-1nm，显示了较好的均匀性。又，如图4所示，上图示出了成品滴水测试结果，下图示出了静态接触角测试结果，可见在成品表面多处进行滴水测试，显示出较好疏水特性，表面膜层均匀度较好，而通过静态接触角测试，显示产品表面水接触角为135.7°，具有较强疏水特性。

[0048] 基于上述，本发明提供的一种等离子体接枝共聚膜层的镀膜装置D，能够产生高度均匀一致的等离子体，同时改进了传统的单体蒸汽和/工艺气体的供给方式，大幅提高产品膜层厚度上的均匀性，提高批量处理产品的良率，尤其对于具有复杂曲面的工件具有良好的成膜特性。

[0049] 以上的具体实施方式对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，应当理解的是，以上仅为本发明的一种具体实施方式而已，并不限于本发明的保护范围，在不脱离本发明的基本特征的宗旨下，本发明可体现为多种形式，因此本发明中的实施形态是用于说明而非限制，由于本发明的范围由权利要求限定而非由说明书限定，而且落在权利要求界定的范围，或其界定的范围的等价范围内的所有变化都应理解为包括在权利要求书中。凡在本发明的精神和原则之内的，所做出的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

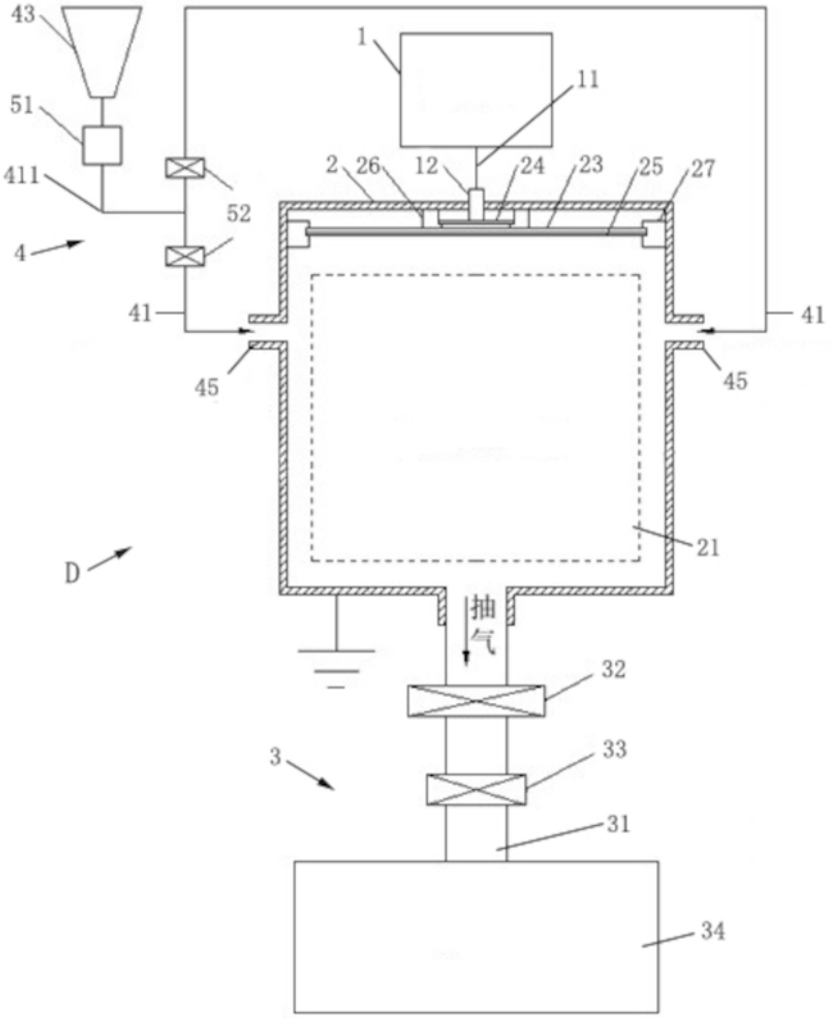


图 1

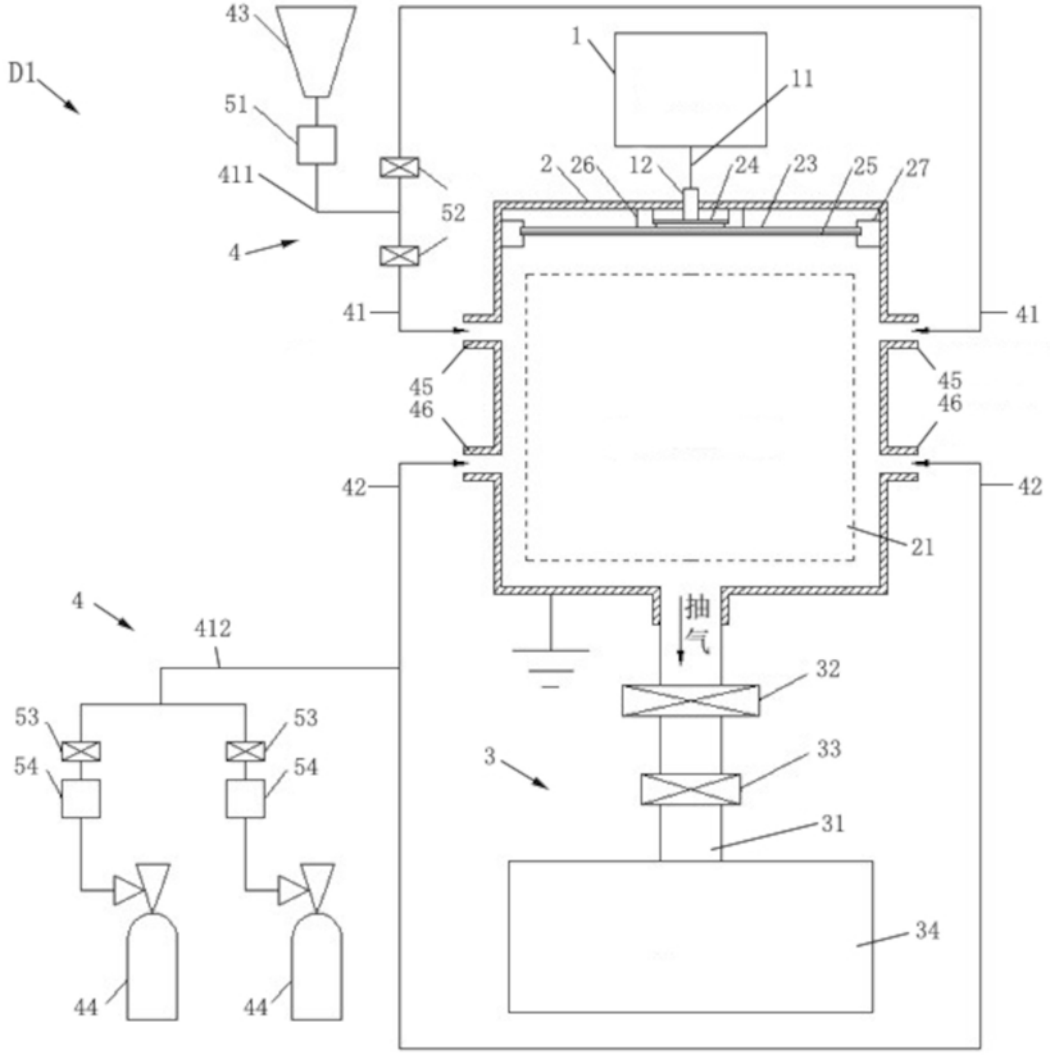

D1
43
51
411
52
4
1
11
2
26
12
24
23
25
27
41
41
45
46
45
46
42
42
21
抽气
4
412
53
53
54
54
32
3
33
31
34
44
44

图 2

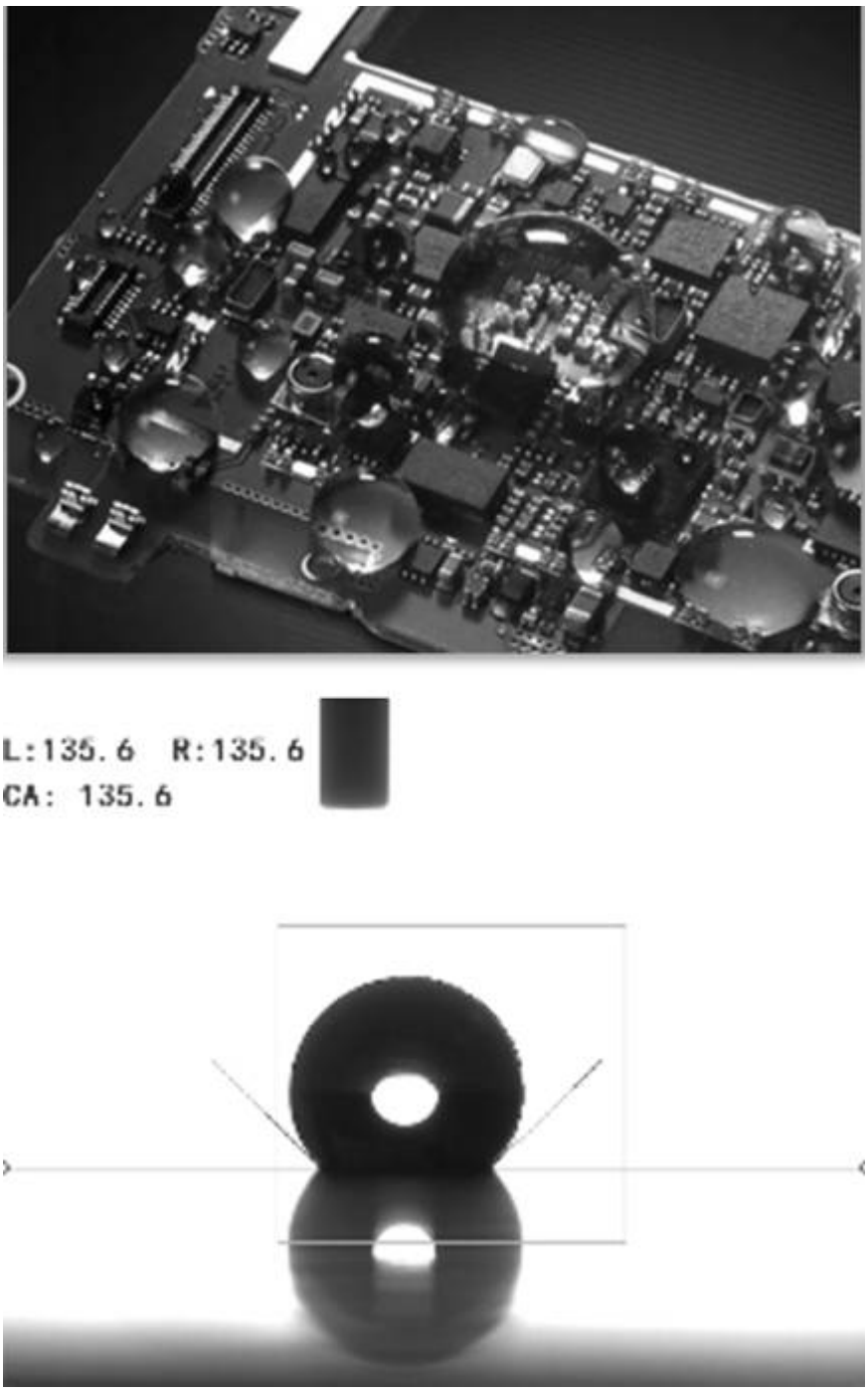


图 3

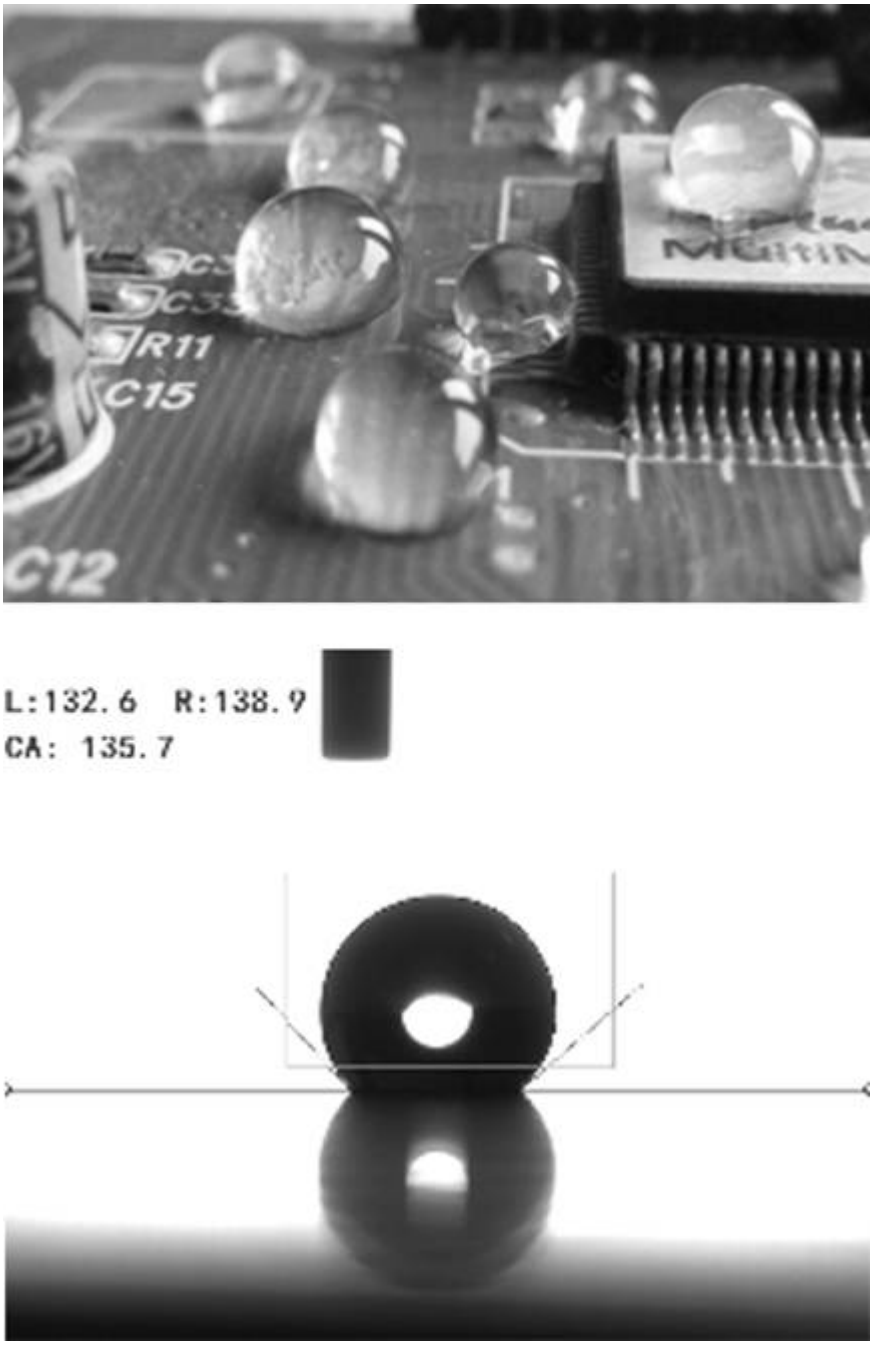


图 4