

电镀装置及电镀方法

技术领域

本发明涉及半导体设备领域，尤其涉及一种电镀装置及电镀方法。

5

背景技术

电镀是完成铜互连线的主要工艺。目前市场上的电镀装置有水平喷流式杯镀和垂直挂镀两种类型，垂直挂镀是将晶圆垂直浸入镀液中，一个镀槽可以同时进行多片电镀。杯镀则是将晶圆覆盖在一个杯状的镀槽里，电镀以一杯一片的方式进行。

10 相对于挂镀，杯镀的工艺过程更加可控，可以满足更加复杂多样的产品需求。

随着技术发展，芯片面积增加，芯片内凸块数量急剧增加，一颗芯片内甚至有几万乃至十万个以上的凸块，电镀工艺对电镀速率和产出要求越来越高，在先进封装领域芯片内均匀性也要求更高。然而芯片内均匀性，也就是凸块的共面性在搅拌不强的情况下很难达到。同时，针对芯片之间互连线的先进封装工艺，铜柱的高度

15 度可达到 250um，对电镀过程中的质量传输提出更高要求，普通的搅拌质量传输不强，无法满足产能和品质需求。

为了增强电镀液的搅拌，可在电镀装置中安装桨叶组件，桨叶组件包括多个与基板表面平行的桨叶，桨叶进行往复运动，对电镀液进行搅拌，充分的将金属离子和电镀液添加剂供给至基板表面。然而在实践中，普通的桨叶在搅拌过程中，对

20 基板表面遮挡的时间没有控制，导致基板表面各点接收到的电量不均匀，仍然存在电镀高度不均匀的问题。

发明内容

本发明的目的是针对上述技术问题提出一种电镀装置及电镀方法，提高基板上电镀高度均匀性。

25

为实现上述目的，本发明的一个实施例提出一种电镀装置，该电镀装置包括多个平行排列的桨叶，所述桨叶平行于基板而移动，对电镀液进行搅拌，所述电镀装置还包括控制器和驱动机构，所述驱动机构分别与控制器和桨叶连接，所述控制器通过控制驱动机构而使桨叶进行周期运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶

遮挡的时间相等；

以桨叶的排列方向为坐标轴方向，一个周期内，桨叶的运动步骤为：

从坐标原点向右移动至坐标 Δ ；

向左移动至坐标 c ；

5 向右移动至坐标 $\Delta+c$ ；

向左移动至坐标 $2c$ ；

...

向右移动至坐标 $\Delta+(N-1)*c$ ；

向左移动至坐标 $N*c$ ；

10 向右移动至坐标 $\Delta+N*c$ ；

向左移动回到坐标原点；

其中， $\Delta \geq a+b$ ， a 为桨叶宽度， b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度，

$$c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}, \quad b=N*a \text{ 或 } a=N*b, \quad N \text{ 为整数。}$$

本发明的另一个实施例提出一种电镀装置，该电镀装置包括多个平行排列的

15 桨叶，所述桨叶平行于基板而移动，对电镀液进行搅拌，所述电镀装置还包括控制器和驱动机构，所述驱动机构分别与控制器和桨叶连接，所述控制器通过控制驱动机构而使桨叶进行周期运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶遮挡的时间相等；

以桨叶的排列方向为坐标轴方向，一个周期内，桨叶的运动步骤为：

从坐标原点向右移动至坐标 Δ ；

20 向左移动至坐标 c ；

向右移动至坐标 $\Delta+c$ ；

向左移动至坐标 $2c$ ；

...

向右移动至坐标 $\Delta+(N-1)*c$ ；

25 向左移动至坐标 $N*c$ ；

向右移动至坐标 $\Delta+N*c$ ；

向左移动至坐标 $N*c$ ；

向右移动至坐标 $\Delta+(N-1)*c$ ；

...

30 向左移动至坐标 $2c$ ；

向右移动至坐标 $\Delta+c$;

向左移动至坐标 c ;

向右移动至坐标 Δ ;

向左移动至坐标原点;

5 向右移动至坐标 $\Delta+N*c$;

向左移动回到坐标原点;

其中, $\Delta \geq a+b$, a 为桨叶宽度, b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度,

$$c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}, \quad b=N*a \text{ 或 } a=N*b, \quad N \text{ 为整数。}$$

本发明的另一个实施例提出一种电镀装置, 该电镀装置包括多个平行排列的
10 桨叶, 所述桨叶平行于基板而移动, 对电镀液进行搅拌, 所述电镀装置还包括控制器和驱动机构, 所述驱动机构分别与控制器和桨叶连接, 所述控制器通过控制驱动机构而使桨叶进行周期运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶遮挡的时间相等;

以桨叶的排列方向为坐标轴方向, 一个周期内, 桨叶的运动步骤为:

从坐标原点向右移动至坐标 Δ ;

15 向左移动至坐标 c ;

向右移动至坐标 $\Delta+c$;

向左移动至坐标 $2c$;

...

向右移动至坐标 $\Delta+(y-2)*c$;

20 向左移动至坐标 $(y-1)*c$;

向右移动至坐标 $\Delta+(y-1)*c$;

向左移动回到坐标原点;

其中, $\Delta \geq a+b$, a 为桨叶宽度, b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度,

25 $c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}, \quad y=x*(N+1), \quad b=N*a \text{ 或 } a=N*b, \quad N \text{ 为大于 } 1 \text{ 的非整数, } x \text{ 取值使 } x*N \text{ 为整数。}$

本发明的另一个实施例提出一种电镀装置, 该电镀装置包括多个平行排列的
桨叶, 所述桨叶平行于基板而移动, 对电镀液进行搅拌, 所述电镀装置还包括控制器和驱动机构, 所述驱动机构分别与控制器和桨叶连接, 所述控制器通过控制驱动机构而使桨叶进行周期运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶遮挡的时间相等;

30 以桨叶的排列方向为坐标轴方向, 一个周期内, 桨叶的运动步骤为:

- 从坐标原点向右移动至坐标 Δ ;
- 向左移动至坐标 c ;
- 向右移动至坐标 $\Delta+c$;
- 向左移动至坐标 $2c$;
- 5 ...
- 向右移动至坐标 $\Delta+(y-2)*c$;
- 向左移动至坐标 $(y-1)*c$;
- 向右移动至坐标 $\Delta+(y-1)*c$;
- 向左移动至坐标 $(y-1)*c$;
- 10 向右移动至坐标 $\Delta+(y-2)*c$;
- ...
- 向左移动至坐标 $2c$;
- 向右移动至坐标 $\Delta+c$;
- 向左移动至坐标 c ;
- 15 向右移动至坐标 Δ ;
- 向左移动至坐标原点;
- 向右移动至坐标 $\Delta+(y-1)*c$;
- 向左移动回到坐标原点;
- 其中, $\Delta \geq a+b$, a 为桨叶宽度, b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度,
- 20 $c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}$, $y=x*(N+1)$, $b=N*a$ 或 $a=N*b$, N 为大于 1 的非整数, x 取值使 $x*N$ 为整数。
- 本发明的一个实施例提出一种电镀方法, 该方法包括: 设置多个平行排列的桨叶, 所述桨叶平行于基板而移动, 对电镀液进行搅拌, 控制桨叶的运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶遮挡的时间相等;
- 25 以桨叶的排列方向为坐标轴方向, 一个周期内, 桨叶的运动步骤为:
- 从坐标原点向右移动至坐标 Δ ;
- 向左移动至坐标 c ;
- 向右移动至坐标 $\Delta+c$;
- 向左移动至坐标 $2c$;
- 30 ...

向右移动至坐标 $\Delta+(N-1)*c$;

向左移动至坐标 $N*c$;

向右移动至坐标 $\Delta+N*c$;

向左移动回到坐标原点;

- 5 其中, $\Delta \geq a+b$, a 为桨叶宽度, b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度,
 $c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}$, $b=N*a$ 或 $a=N*b$, N 为整数。

本发明的另一个实施例提出一种电镀方法, 该方法包括: 设置多个平行排列的桨叶, 所述桨叶平行于基板而移动, 对电镀液进行搅拌, 控制桨叶的运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶遮挡的时间相等;

- 10 以桨叶的排列方向为坐标轴方向, 一个周期内, 桨叶的运动步骤为:

从坐标原点向右移动至坐标 Δ ;

向左移动至坐标 c ;

向右移动至坐标 $\Delta+c$;

向左移动至坐标 $2c$;

- 15 ...

向右移动至坐标 $\Delta+(N-1)*c$;

向左移动至坐标 $N*c$;

向右移动至坐标 $\Delta+N*c$;

向左移动至坐标 $N*c$;

- 20 向右移动至坐标 $\Delta+(N-1)*c$;

...

向左移动至坐标 $2c$;

向右移动至坐标 $\Delta+c$;

向左移动至坐标 c ;

- 25 向右移动至坐标 Δ ;

向左移动至坐标原点;

向右移动至坐标 $\Delta+N*c$;

向左移动回到坐标原点;

- 30 其中, $\Delta \geq a+b$, a 为桨叶宽度, b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度,
 $c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}$, $b=N*a$ 或 $a=N*b$, N 为整数。

本发明的另一个实施例提出一种电镀方法，该电镀方法包括：设置多个平行排列的桨叶，所述桨叶平行于基板而移动，对电镀液进行搅拌，控制桨叶的运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶遮挡的时间相等；

以桨叶的排列方向为坐标轴方向，一个周期内，桨叶的运动步骤为：

5 从坐标原点向右移动至坐标 Δ ；

向左移动至坐标 c ；

向右移动至坐标 $\Delta+c$ ；

向左移动至坐标 $2c$ ；

...

10 向右移动至坐标 $\Delta+(y-2)*c$ ；

向左移动至坐标 $(y-1)*c$ ；

向右移动至坐标 $\Delta+(y-1)*c$ ；

向左移动回到坐标原点；

其中， $\Delta \geq a+b$ ， a 为桨叶宽度， b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度，

15 $c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}$, $y=x*(N+1)$, $b=N*a$ 或 $a=N*b$, N 为大于 1 的非整数， x 取值使 $x*N$ 为整数。

本发明的又一个实施例提出一种电镀方法，该方法包括：设置多个平行排列的桨叶，所述桨叶平行于基板而移动，对电镀液进行搅拌，控制桨叶的运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶遮挡的时间相等；

20 以桨叶的排列方向为坐标轴方向，一个周期内，桨叶的运动步骤为：

从坐标原点向右移动至坐标 Δ ；

向左移动至坐标 c ；

向右移动至坐标 $\Delta+c$ ；

向左移动至坐标 $2c$ ；

25 ...

向右移动至坐标 $\Delta+(y-2)*c$ ；

向左移动至坐标 $(y-1)*c$ ；

向右移动至坐标 $\Delta+(y-1)*c$ ；

向左移动至坐标 $(y-1)*c$ ；

30 向右移动至坐标 $\Delta+(y-2)*c$ ；

...

向左移动至坐标 $2c$;向右移动至坐标 $\Delta+c$;向左移动至坐标 c ;5 向右移动至坐标 Δ ;

向左移动至坐标原点;

向右移动至坐标 $\Delta+(y-1)*c$;

向左移动回到坐标原点;

其中, $\Delta \geq a+b$, a 为桨叶宽度, b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度,

10 $c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}$, $y=x*(N+1)$, $b=N*a$ 或 $a=N*b$, N 为大于 1 的非整数, x 取值使 $x*N$ 为整数。

本发明通过设计桨叶的运动方式, 使基板上对应的每个点被桨叶遮挡的时间相等、接收到的电量相等, 从而提高了电镀高度的一致性。

15 附图概述

图 1 示例了实施例 1 中的电镀装置的结构示意图。

图 2 示例了实施例 1 中的桨叶板的俯视图。

图 3A 示例了实施例 1 中的桨叶板的剖视图。

图 3B 为图 3A 中的 D 部的放大图。

20 图 4 示例了实施例 1 中的桨叶的尺寸图。

图 5 示例了实施例 1 中的桨叶在一个周期内的位置变化。

图 6 示例了实施例 2 中桨叶的尺寸图。

图 7 示例了实施例 2 中的桨叶在一个周期内的位置变化。

图 8 示例了实施例 3 中桨叶的尺寸图。

25 图 9 示例了实施例 3 中的桨叶在一个周期内的位置变化。

图 10 示例了实施例 4 中的桨叶在一个周期内的位置变化的一种方式。

图 11 示例了实施例 5 中桨叶的尺寸图。

图 12 示例了实施例 5 中桨叶在一个周期内的位置变化。

图 13 示例了实施例 7 中的电镀装置的结构示意图。

30 图 14 示例了实施例 7 中含有扩散板的电镀装置及不含扩散板的电镀装置的电

镀结果曲线对比图。

图 15 示例了实施例 8 中桨叶的坐标位置示意图。

图 16 示例了实施例 9 中的桨叶板与导轨连接结构图。

图 17 示例了实施例 9 中用于包围偏心轴承和导轨的氮气保护盒。

5 图 18 示例了实施例 10 中的桨叶板的结构示意图。

图 19A 示例了采用现有电镀装置的电镀效果图。

图 19B 示例了采用本发明电镀装置的电镀效果图。

图 19C 示例了采用现有电镀装置和本发明电镀装置时，基板上的测试点的电镀高度数据对比图。

10

本发明的较佳实施方式

为详细说明本发明的技术内容、构造特征、所达成目的及效果，下面将结合实施例并配合图式予以详细说明。

在电镀装置中，为了加强电镀液的搅动，可在与基板相对的位置安装桨叶，
15 电镀时，桨叶沿着与基板平行的方向进行往复运动，以加强电镀液的搅动。由于桨叶本身对电场有遮挡，只有桨叶与桨叶之间的空隙处才能使电场通过，因此基板上正对桨叶的区域会有“阴影”，即“阴影”处接收到的电量比非“阴影”处接收到的电量少。若基板上各点受“阴影”的影响程度不同，各点接收到的电量不相等，则整个基板的电镀高度就不均匀。

20 由于电镀过程中，基板是旋转的，因此“阴影”造成的结果就表现为基板表面的同心环，即沿基板径向上的电镀高度出现明显的波动，如图 19A 中所示。本发明旨在消除“阴影”影响，使基板上各点电镀高度一致。

实施例 1

25 如图 1 所示，本实施例揭示了一种电镀装置，包括电镀槽 101、基板夹具 102 和多个平行排列的条形的桨叶 103。其中，基板夹具 102 用于夹持基板 104，桨叶 103 位于基板 104 与电极之间，并与基板 104 平行。电镀时，基板 104 和桨叶 103 浸泡于电镀槽 101 中的电镀液内，桨叶 103 在驱动机构 105 的驱动下，沿着与基板 104 平行的方向进行往复运动，对电镀液进行搅拌。驱动机构 105

可以是马达。桨叶 103 的运动方向可以进一步通过与其连接的导轨 109 来限制。驱动机构 105 连接有控制器 106，控制器 106 通过程序控制驱动机构 105 的动作，从而控制桨叶 103 的运动。

如图 2 所示，桨叶 103 由一桨叶板 108 上开设条形的通孔而形成，桨叶板 108 的材质为绝缘体，例如 PVC、PC、CPVC、PPS、PEEK、PTFE 等塑料材质。具体的，在桨叶板 108 中间的圆形区域上加工相互平行排列的条形的通孔，通孔供液体和电场穿过，相邻通孔之间的实体部分则构成桨叶 103。圆形区域的尺寸与基板 104 的尺寸匹配。

如图 3A、图 3B 所示，桨叶 103 的横截面可大致为等腰梯形，各等腰梯形的底边位于同一条直线上，该直线的方向即为桨叶 103 的排列方向。等腰梯形的两个腰略微带有弧度。

桨叶 103 的横截面还可以是三角形或者矩形。与具有矩形桨叶的桨叶板相比，具有三角形或梯形桨叶的桨叶板的开孔面积更大，使桨叶板 108 的开孔面积较大的一侧朝向基板 104，电镀液在该侧搅拌更充分，从而进一步提高电镀高度均匀性；另一方面，由于桨叶 103 在高速搅拌过程中容易产生气泡，气泡会依附在桨叶 103 的侧面，若将桨叶 103 的侧面设计成斜面，则气泡更容易从桨叶板 108 中排出。

如图 4 所示，以等腰三角形的桨叶形状为例，桨叶 103 的宽度为 a ，换言之，以桨叶 103 的排列方向为坐标轴的方向，桨叶 103 在坐标轴上的投影的宽度为 a ，即等腰三角形的底边的尺寸为 a 。相邻桨叶 103 之间的间隙的最窄宽度为 b ，换言之，相邻桨叶 103 上相互最靠近的两点之间的距离为 b ，即相邻两个等腰三角形的相邻顶点之间的距离为 b 。

本实施例中， $a=b$ ，即桨叶板 108 底部开孔区域的开孔率为 50%。

如图 4 中箭头所示，桨叶 103 的运动方向与桨叶 103 的排列方向相同，也垂直于桨叶 103 的长度方向。由于桨叶 103 本身对电极与基板 104 之间的电场造成遮挡，因此基板 104 上与桨叶 103 对应的区域接收不到电量；由于相邻桨叶 103 之间的间隙对电场无遮挡，因此，基板 104 上与该间隙对应的区域可以接收到电量。在电镀过程中，若能使基板 104 上每个点都能接收到相同的电量，就可以使基板 104 上各点的电镀高度一致。申请人发现，这需要对桨叶 103 的

尺寸和运动方式进行优化设计。

如图 5 中所示, 三角形表示桨叶 103 的横截面。为方便理解, 将其中一个桨叶 103 绘制为黑色三角形。由于各桨叶 103 之间的相对位置不变, 因此所有桨叶 103 的运动方式与所选取的黑色三角形的桨叶 103 的运动方式一致。以桨叶 103 的排列方向为一维坐标轴方向, 以所选取的黑色三角形的桨叶 103 的起始点作为坐标原点, 具体的, 以所选取的黑色三角形的桨叶 103 的左边的端点作为坐标原点, 桨叶 103 沿坐标轴方向进行往复运动, 在以下 4 个坐标点折返:

$\Delta, a, \Delta+a, 0$ 。

为了便于观察桨叶 103 的坐标位置, 图 5 中绘制有多条与坐标轴垂直的虚线, 省略号表示未绘制的若干个桨叶 103, 带边框的箭头表示桨叶 103 发生的位移。从图 5 中可以看出, 一个周期内, 桨叶 103 的动作分为以下四步:

步骤 501, 从坐标原点向右移动至坐标 Δ ;

步骤 502, 向左移动至坐标 a ;

步骤 503, 向右移动至坐标 $\Delta+a$;

步骤 504, 向左移动回到坐标原点。

一个周期内, 桨叶 103 左右交替移动, 由于基板 104 上对应的每个点被桨叶 103 遮挡的时间相等, 当电场均匀分布时, 基板 104 上对应的每个点接收到的电量相等, 因此各点的电镀高度相同。

一个周期内, 为使桨叶 103 在各折返位置覆盖的坐标范围互不重叠, 要求 $\Delta \geq a+b$, 即 $\Delta \geq 2a$, 这样对电镀中各处的搅拌程度就更加均衡; 桨叶 103 的宽度 a 的取值范围可为 5mm-15mm, 可根据基板 104 的尺寸和电镀装置的零件尺寸设定。以 $a=5\text{mm}$, $\Delta=15\text{mm}$ 为例, 桨叶 103 在以下 4 个坐标点折返: 15mm, 5mm, 20mm, 0mm。

电镀工艺中, 桨叶 103 完成一个周期运动后, 立刻进入下一周期运动。

实施例 2

本实施例揭示了一种电镀装置, 本电镀装置包含实施例 1 中电镀装置的所有结构, 如图 1 所示。在此不再重复。

与实施例 1 不同的是, 如图 6 所示, $b=2a$, 其中, 桨叶 103 的宽度为 a ,

相邻桨叶 103 之间的间隙的最窄宽度为 b ，即本实施例的桨叶板 108 底部的开孔区域有更大的开孔率，约为 66.7%。与 50% 的开孔率相比，桨叶 103 本身对电场的遮挡会更少。桨叶 103 的运动方式也因此不同。在一个周期内，桨叶 103 在以下 6 个坐标点折返： $\Delta, a, \Delta+a, 2a, \Delta+2a, 0$ ，如图 7 所示，桨叶 103 的动作

5 分为以下 6 步：

步骤 701，从坐标原点向右移动至坐标 Δ ；

步骤 702，向左移动至坐标 a ；

步骤 703，向右移动至坐标 $\Delta+a$ ；

步骤 704，向左移动至坐标 $2a$ ；

10 步骤 705，向右移动至坐标 $\Delta+2a$ ；

步骤 706，向左移动回到坐标原点。

一个周期内，桨叶 103 左右交替移动，由于基板 104 上对应的每个点被桨叶 103 遮挡的时间相等，当电场均匀分布时，基板 104 上对应的每个点接收到的电量相等，因此各点的电镀高度相同。

15 一个周期内，为使桨叶 103 在各折返位置覆盖的坐标范围互不重叠，要求 $\Delta \geq a+b$ ，即 $\Delta \geq 3a$ 。以 $a=6\text{mm}$ ， $\Delta=20\text{mm}$ 为例，桨叶 103 在以下 6 个坐标点折返： 20mm ， 6mm ， 26mm ， 12mm ， 32mm ， 0mm 。

实施例 3

20 本实施例揭示了一种电镀装置，本电镀装置包含实施例 1 中电镀装置的所有结构，如图 1 所示。在此不再重复。

与实施例 1 不同的是，如图 8 所示， $a=2b$ ，其中，桨叶 103 的宽度为 a ，相邻桨叶 103 之间的间隙的最窄宽度为 b ，即本实施例的桨叶板 108 底部的开孔区域有更小的开孔率，约为 33.3%。这种尺寸设计可看作是将实施例 2 中的
25 桨叶 103 的尺寸与相邻桨叶 103 之间的间隙的尺寸对调，因此桨叶 103 的运动方式可与实施例 2 中所述的运动方式类似，桨叶 103 在以下 6 个坐标点折返： $\Delta, b, \Delta+b, 2b, \Delta+2b, 0$ 。

如图 9 所示，一个周期内，桨叶 103 的动作分为以下 6 步：

步骤 901，从坐标原点向右移动至坐标 Δ ；

步骤 902, 向左移动至坐标 b ;

步骤 903, 向右移动至坐标 $\Delta+b$;

步骤 904, 向左移动至坐标 $2b$;

步骤 905, 向右移动至坐标 $\Delta+2b$;

5 步骤 906, 向左移动回到坐标原点。

一个周期内, 桨叶 103 左右交替移动, 由于基板 104 上对应的每个点被桨叶 103 遮挡的时间相等, 当电场均匀分布时, 基板 104 上对应的每个点接收到的电量相等, 因此各点的电镀高度相同。

类似的, 一个周期内, 为使桨叶 103 折返的坐标尽量分散开, 要求 $\Delta \geq a+b$,
10 即 $\Delta \geq 3b$ 。以 $b=10\text{mm}$, $\Delta=35\text{mm}$ 为例, 桨叶 103 停顿的坐标为: 35mm , 10mm , 45mm , 20mm , 55mm , 0mm 。

实施例 4

实施例 1 至实施例 3 中, 桨叶 103 的宽度 a 与相邻桨叶 103 之间的间隙的最窄宽度 b 之间的倍数均为整数。针对桨叶 103 的宽度 a 与相邻桨叶 103 之间的间隙的最窄宽度 b 之间的倍数为整数的电镀装置, 本实施例揭示了以下电镀方法:

执行控制器中的程序, 使桨叶 103 以如下方式运动: 以桨叶 103 的排列方向为坐标轴方向, 一个周期内, 桨叶 103 的运动步骤为:

20 从坐标原点向右移动至坐标 Δ ;

向左移动至坐标 c ;

向右移动至坐标 $\Delta+c$;

向左移动至坐标 $2c$;

...

25 向右移动至坐标 $\Delta+(N-1)*c$;

向左移动至坐标 $N*c$;

向右移动至坐标 $\Delta+N*c$;

向左移动回到坐标原点。

其中, $\Delta \geq a+b$, $c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}$, $b=N*a$ 或 $a=N*b$, N 为整数。

一方面，桨叶 103 正反交替运动，能使电镀液中的金属离子和电镀液添加剂的分布均匀。另一方面，基板 104 上对应的每个点被桨叶 103 遮挡的时间相等，这样可使基板 104 上对应的每个点的电镀高度相同。

或者，一个周期内，桨叶 103 可以按照以下步骤运动：

- 5 从坐标原点向右移动至坐标 Δ ；
 向左移动至坐标 c ；
 向右移动至坐标 $\Delta+c$ ；
 向左移动至坐标 $2c$ ；
 ...
10 向右移动至坐标 $\Delta+(N-1)*c$ ；
 向左移动至坐标 $N*c$ ；
 向右移动至坐标 $\Delta+N*c$ ；
 向左移动至坐标 $N*c$ ；
 向右移动至坐标 $\Delta+(N-1)*c$ ；
15 ...
 向左移动至坐标 $2c$ ；
 向右移动至坐标 $\Delta+c$ ；
 向左移动至坐标 c ；
 向右移动至坐标 Δ ；
20 向左移动至坐标原点；
 向右移动至坐标 $\Delta+N*c$ ；
 向左移动回到坐标原点。

为了更直观的显示桨叶 103 在各折返点的位置，以 $b=2a$ 为例，一个周期内，桨叶 103 的动作分为以下 12 步，如图 10 所示：

- 25 步骤 1001，从坐标原点向右移动至坐标 Δ ；
 步骤 1002，向左移动至坐标 a ；
 步骤 1003，向右移动至坐标 $\Delta+a$ ；
 步骤 1004，向左移动至坐标 $2a$ ；
 步骤 1005，向右移动至坐标 $\Delta+2a$ ；

步骤 1006, 向左移动至坐标 $2a$;
步骤 1007, 向右移动至坐标 $\Delta+a$;
步骤 1008, 向左移动至坐标 a ;
步骤 1009, 向右移动至坐标 Δ ;
5 步骤 1010, 向左移动至坐标原点;
步骤 1011, 向右移动至坐标 $\Delta+2a$;
步骤 1012, 向左移动回到坐标原点。

同样的, 基板 104 上对应的每个点被桨叶 103 遮挡的时间相等, 从而接收到的电量相等, 电镀高度一致。

10

实施例 5

本实施例揭示了一种电镀装置, 本电镀装置包含实施例 1 中电镀装置的所有结构, 如图 1 所示。在此不再重复。

与实施例 1 不同的是, 如图 11 所示, $b=1.5a$, 其中, 桨叶 103 的宽度为 a ,
15 相邻桨叶 103 之间的间隙的最窄宽度为 b 。

如图 12 所示, 桨叶 103 在以下 10 个坐标点折返:

$\Delta, a, \Delta+a, 2a, \Delta+2a, 3a, \Delta+3a, 4a, \Delta+4a, 0$ 。

一个周期内, 桨叶 103 的动作分为以下 10 步:

步骤 1201, 从坐标原点向右移动至坐标 Δ ;
20 步骤 1202, 向左移动至坐标 a ;
步骤 1203, 向右移动至坐标 $\Delta+a$;
步骤 1204, 向左移动至坐标 $2a$;
步骤 1205, 向右移动至坐标 $\Delta+2a$;
步骤 1206, 向左移动至坐标 $3a$;
25 步骤 1207, 向右移动至坐标 $\Delta+3a$;
步骤 1208, 向左移动至坐标 $4a$;
步骤 1209, 向右移动至坐标 $\Delta+4a$;
步骤 1210, 向左移动回到坐标原点。

一个周期内, 基板 104 上对应的每个点被桨叶 103 遮挡的时间相等, 当电

场均匀分布时，基板 104 上对应的每个点接收到的电量相等，因此各点的电镀高度相同。

实施例 6

5 在实施例 5 中，桨叶 103 的宽度 a 与相邻桨叶 103 之间的间隙的最窄宽度 b 之间的倍数为大于 1 的非整数。针对 a 与 b 之间的倍数为大于 1 的非整数的电镀装置，本实施例公开了以下电镀方法：

执行控制器中的程序，使桨叶 103 以如下方式运动：以桨叶 103 的排列方向为坐标轴方向，一个周期内，桨叶的运动步骤为：

10 从坐标原点向右移动至坐标 Δ ；

向左移动至坐标 c ；

向右移动至坐标 $\Delta+c$ ；

向左移动至坐标 $2c$ ；

...

15 向右移动至坐标 $\Delta+(y-2)*c$ ；

向左移动至坐标 $(y-1)*c$ ；

向右移动至坐标 $\Delta+(y-1)*c$ ；

向左移动回到坐标原点；

其中， $\Delta \geq a+b$ ， a 为桨叶宽度， b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度，

20 $c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}$ ， $y=x*(N+1)$ ， $b=N*a$ 或 $a=N*b$ ， N 为大于 1 的非整数， x 取值使 $x*N$ 为整数。

为理解该方法，可进行以下想象： c 为 a 和 b 中的较小的那个值，用数个宽度为 c 的小格去填充宽度为 $x*(a+b)$ 的大格， x 为整数，要求每个小格沿宽度方向排列，覆盖的位置互不重叠，且刚好将大格填满，不留空隙。通过选取合适的 x 值，使 $x*(a+b)$ 的宽度为 c 的整数倍时，可满足要求。而 $x*(a+b)$ 的宽度为 c 的整数倍相当于 $x*(N+1)$ 为整数，即 $x*N$ 为整数。

将宽度为 c 的小格看作宽度为 c 的桨叶 103， $x*(N+1)$ 看作一组折返点的个数，宽度为 $x*(a+b)$ 的大格则看作该桨叶 103 在该组折返点覆盖的坐标范围，则上述关于用小格填充大格的描述可看作取得了实施例 5 中提到的“基板 104 上对应的每个点被桨叶 103 遮挡的时间相等”的效果。由于一个周期内的折返点

有两组,因此一个周期内的折返点个数为 $2 \times x \times (N+1)$ 。为简化表示,令 $y = x \times (N+1)$, 则第一组折返点坐标为 $0, c, 2c, \dots, (y-2) \times c, (y-1) \times c$, 第二组折返点坐标为 $\Delta, \Delta+c, \Delta+2c, \dots, \Delta+(y-2) \times c, \Delta+(y-1) \times c$ 。

一个周期内, 桨叶 103 的运动步骤还可以为:

- 5 从坐标原点向右移动至坐标 Δ ;
 向左移动至坐标 c ;
 向右移动至坐标 $\Delta+c$;
 向左移动至坐标 $2c$;
 ...
- 10 向右移动至坐标 $\Delta+(y-2) \times c$;
 向左移动至坐标 $(y-1) \times c$;
 向右移动至坐标 $\Delta+(y-1) \times c$;
 向左移动至坐标 $(y-1) \times c$;
 向右移动至坐标 $\Delta+(y-2) \times c$;
- 15 ...
 向左移动至坐标 $2c$;
 向右移动至坐标 $\Delta+c$;
 向左移动至坐标 c ;
 向右移动至坐标 Δ ;
- 20 向左移动至坐标原点;
 向右移动至坐标 $\Delta+(y-1) \times c$; 向左移动回到坐标原点。

同样的, 基板 104 上对应的每个点被桨叶 103 遮挡的时间相等, 从而接收到的电量相等, 电镀高度一致。

25 实施例 7

本实施例揭示了一种电镀装置, 本电镀装置包含实施例 1 中电镀装置的所有结构, 在此不再重复。

此外, 如图 13 所示, 本实施例中的电镀装置还包括设置在桨叶 103 与基板 104 之间的扩散板 107, 扩散板 107 上设有多个通孔, 可通过设置通孔的密

度和孔径，进一步提高基板上各点的电镀高度的一致性。

将本发明一个实施例的不含扩散板 107 的电镀装置与安装有扩散板 107 的该电镀装置进行对比，图 14 展示了两个电镀装置的电镀结果曲线，图中横轴为测试点与基板中心点的距离，纵轴为测试点的电镀高度，可以看出，含有扩散板的电镀装置能取得更均匀的电镀高度。

实施例 8

本实施例揭示了一种电镀装置，本电镀装置包含实施例 1 中电镀装置的所有结构，如图 1 所示，在此不再重复。

与实施例 1 不同的是，以桨叶 103 的排列方向为一维坐标轴方向，桨叶 103 的运动方向与坐标轴之间有一夹角 α ， α 小于 90° 。因此，桨叶 103 的坐标是桨叶 103 的实际位置在坐标轴上的投影。如图 15 中所示，若桨叶 103 上某点的实际位置为点 A，则该点的坐标位置为点 A 在坐标轴上的投影点 B。可以这样理解：由于只有桨叶 103 的运动在坐标轴方向的分量会使基板 104 上的对应区域接收到的电量变化，因此只考虑桨叶 103 在该坐标轴上的坐标变化。

显然，由于夹角 α 的存在，桨叶 103 实际移动的距离更大，因此，可以根据实际情况来设置夹角 α 的大小。

实施例 9

本实施例揭示了一种电镀装置，本电镀装置包含实施例 1 中电镀装置的所有结构，如图 1 所示，在此不再重复。

进一步的，如图 16 所示，桨叶板 108 的一侧通过一连接件 1011 与偏心轴承 1010 连接，偏心轴承 1010 与导轨 109 滑动连接，桨叶板 108 受驱动机构 105 的驱动而运动，在没有偏心轴承 1010 的情况下，桨叶板 108 的移动应当沿着导轨 109 方向，若驱动机构使桨叶板 108 沿其他方向运动，则桨叶板 108 会被导轨 109 卡住。偏心轴承 1010 的作用是允许桨叶板 108 的运动方向与导轨方向之间存在细微的偏差，防止由于安装误差而导致桨叶板 108 运动受阻。

为了防止腐蚀性气体腐蚀精密部件，驱动机构 105、偏心轴承 1010 和导轨 109 被氮气保护盒 1012 包围。图 17 展示了被氮气保护盒 1012 包围的偏心轴承

1010 和导轨 109，氮气保护盒 1012 上设有氮气进口和氮气出口。氮气保护盒 1012 内保持充满氮气的状态，外部气体无法进入氮气保护盒 1012 而腐蚀内部的精密部件。同样的，驱动机构 105 也可以被另一个氮气保护盒包围。

5 实施例 10

本实施例揭示了一种电镀装置，本电镀装置包含实施例 1 中电镀装置的所有结构，如图 1 所示。在此不再重复。

与实施例 1 不同的是，如图 18 所示，桨叶板 108 的形状为方形，适用于方形基板的电镀，相应的，桨叶 103 由桨叶板 108 中间的方形区域开设条形通孔而形成。

需要说明的是，本发明的各实施例中对桨叶 103 的坐标进行限定，是为了体现桨叶 103 的平移距离，在一个电镀工艺中，坐标轴的原点位置可以任意指定。

15 为了体现本发明的所达到的效果，图 19A、图 19B 和图 19C 分别展示了采用现有电镀装置的基板电镀效果、采用本发明电镀装置的基板电镀效果和基板上的测试点的电镀高度数据。与图 19B 相比，图 19A 中基板上的同心圆比较明显，电镀高度不均匀。图 19C 中，横轴为测试点与基板中心点的距离，纵轴为测试点的电镀高度，从图 19C 中可以看出，采用现有电镀装置，沿基板径向上的电镀高度出现较大的波动，在靠近基板中心的区域更为明显；采用本发明的电镀装置，基板上各处的电镀高度更均匀，各处电镀高度之间小的差异与其他因素有关，该差异在可接受范围内。

综上所述，本发明通过上述实施方式及相关图式说明，已具体、详实的揭露了相关技术，使本领域的技术人员可以据以实施。而以上所述实施例只是用来说明本发明，而不是用来限制本发明的，本发明的权利范围，应由本发明的权利要求来界定。至于本文中所述元件数目的改变或等效元件的代替等仍都应属于本发明的权利范围。

权 利 要 求

1. 一种电镀装置，包括多个平行排列的桨叶，所述桨叶平行于基板而移动，对电镀液进行搅拌，其特征在于，所述电镀装置还包括控制器和驱动机构，所述驱动机构分别与控制器和桨叶连接，所述控制器通过控制驱动机构而使桨叶进行周期运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶遮挡的时间相等；
5 以桨叶的排列方向为坐标轴方向，一个周期内，桨叶的运动步骤为：
从坐标原点向右移动至坐标 Δ ；
向左移动至坐标 c ；
向右移动至坐标 $\Delta+c$ ；
10 向左移动至坐标 $2c$ ；
...
向右移动至坐标 $\Delta+(N-1)*c$ ；
向左移动至坐标 $N*c$ ；
向右移动至坐标 $\Delta+N*c$ ；
15 向左移动回到坐标原点；
其中， $\Delta \geq a+b$ ， a 为桨叶宽度， b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度，
$$c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}, \quad b=N*a \text{ 或 } a=N*b, \quad N \text{ 为整数。}$$
2. 根据权利要求 1 所述的电镀装置，其特征在于，所述桨叶与基板之间设有
20 扩散板，所述扩散板上具有多个通孔。
3. 根据权利要求 1 所述的电镀装置，其特征在于，所述电镀装置上设有导轨，所述桨叶由一桨叶板上开设条形的通孔而形成，所述桨叶板的一侧连接驱动机构，桨叶板的另一侧通过偏心轴承与导轨滑动连接。
25
4. 根据权利要求 3 所述的电镀装置，其特征在于，所述驱动机构、偏心轴承和导轨被氮气保护盒包围，所述氮气保护盒上设有氮气进口和氮气出口。
5. 一种电镀装置，包括多个平行排列的桨叶，所述桨叶平行于基板而移动，
30 对电镀液进行搅拌，其特征在于，所述电镀装置还包括控制器和驱动机构，所述驱

动机构分别与控制器和桨叶连接,所述控制器通过控制驱动机构而使桨叶进行周期运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶遮挡的时间相等;

以桨叶的排列方向为坐标轴方向,一个周期内,桨叶的运动步骤为:

从坐标原点向右移动至坐标 Δ ;

5 向左移动至坐标 c ;

向右移动至坐标 $\Delta+c$;

向左移动至坐标 $2c$;

...

向右移动至坐标 $\Delta+(N-1)*c$;

10 向左移动至坐标 $N*c$;

向右移动至坐标 $\Delta+N*c$;

向左移动至坐标 $N*c$;

向右移动至坐标 $\Delta+(N-1)*c$;

...

15 向左移动至坐标 $2c$;

向右移动至坐标 $\Delta+c$;

向左移动至坐标 c ;

向右移动至坐标 Δ ;

向左移动至坐标原点;

20 向右移动至坐标 $\Delta+N*c$;

向左移动回到坐标原点;其中, $\Delta \geq a+b$, a 为桨叶宽度, b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度, $c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}$, $b=N*a$ 或 $a=N*b$, N 为整数。

6. 根据权利要求 5 所述的电镀装置,其特征在于,所述桨叶与基板之间设有
25 扩散板,所述扩散板上具有多个通孔。

7. 根据权利要求 5 所述的电镀装置,其特征在于,所述电镀装置上设有导轨,所述桨叶由一桨叶板上开设条形的通孔而形成,所述桨叶板的一侧连接驱动机构,桨叶板的另一侧通过偏心轴承与导轨滑动连接。

30

8. 根据权利要求 7 所述的电镀装置，其特征在于，所述驱动机构、偏心轴承和导轨被氮气保护盒包围，所述氮气保护盒上设有氮气进口和氮气出口。

9. 一种电镀装置，包括多个平行排列的桨叶，所述桨叶平行于基板而移动，
5 对电镀液进行搅拌，其特征在于，所述电镀装置还包括控制器和驱动机构，所述驱动机构分别与控制器和桨叶连接，所述控制器通过控制驱动机构而使桨叶进行周期运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶遮挡的时间相等；

以桨叶的排列方向为坐标轴方向，一个周期内，桨叶的运动步骤为：

从坐标原点向右移动至坐标 Δ ；

10 向左移动至坐标 c ；

向右移动至坐标 $\Delta+c$ ；

向左移动至坐标 $2c$ ；

...

向右移动至坐标 $\Delta+(y-2)*c$ ；

15 向左移动至坐标 $(y-1)*c$ ；

向右移动至坐标 $\Delta+(y-1)*c$ ；

向左移动回到坐标原点；

其中， $\Delta \geq a+b$ ， a 为桨叶宽度， b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度，

$c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}$, $y=x*(N+1)$, $b=N*a$ 或 $a=N*b$, N 为大于 1 的非整数， x 取值使 $x*N$

20 为整数。

10. 一种电镀装置，包括多个平行排列的桨叶，所述桨叶平行于基板而移动，
对电镀液进行搅拌，其特征在于，所述电镀装置还包括控制器和驱动机构，所述驱动机构分别与控制器和桨叶连接，所述控制器通过控制驱动机构而使桨叶进行周期
25 运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶遮挡的时间相等；

以桨叶的排列方向为坐标轴方向，一个周期内，桨叶的运动步骤为：

从坐标原点向右移动至坐标 Δ ；

向左移动至坐标 c ；

向右移动至坐标 $\Delta+c$ ；

30 向左移动至坐标 $2c$ ；

- ...
- 向右移动至坐标 $\Delta+(y-2)*c$;
- 向左移动至坐标 $(y-1)*c$;
- 向右移动至坐标 $\Delta+(y-1)*c$;
- 5 向左移动至坐标 $(y-1)*c$;
- 向右移动至坐标 $\Delta+(y-2)*c$;
- ...
- 向左移动至坐标 $2c$;
- 向右移动至坐标 $\Delta+c$;
- 10 向左移动至坐标 c ;
- 向右移动至坐标 Δ ;
- 向左移动至坐标原点;
- 向右移动至坐标 $\Delta+(y-1)*c$;
- 向左移动回到坐标原点;
- 15 其中, $\Delta \geq a+b$, a 为桨叶宽度, b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度,
- $c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}$, $y=x*(N+1)$, $b=N*a$ 或 $a=N*b$, N 为大于 1 的非整数, x 取值使 $x*N$ 为整数。

11. 一种电镀方法, 其特征在于, 设置多个平行排列的桨叶, 所述桨叶平行于
- 20 基板而移动, 对电镀液进行搅拌, 控制桨叶的运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶遮挡的时间相等;

- 以桨叶的排列方向为坐标轴方向, 一个周期内, 桨叶的运动步骤为:
- 从坐标原点向右移动至坐标 Δ ;
- 向左移动至坐标 c ;
- 25 向右移动至坐标 $\Delta+c$;
- 向左移动至坐标 $2c$;
- ...
- 向右移动至坐标 $\Delta+(N-1)*c$;
- 向左移动至坐标 $N*c$;
- 30 向右移动至坐标 $\Delta+N*c$;

向左移动回到坐标原点；

其中， $\Delta \geq a+b$ ， a 为桨叶宽度， b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度，

$$c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}, \quad b=N*a \text{ 或 } a=N*b, \quad N \text{ 为整数。}$$

- 5 12. 一种电镀方法，其特征在于，设置多个平行排列的桨叶，所述桨叶平行于基板而移动，对电镀液进行搅拌，控制桨叶的运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶遮挡的时间相等；

以桨叶的排列方向为坐标轴方向，一个周期内，桨叶的运动步骤为：

从坐标原点向右移动至坐标 Δ ；

- 10 向左移动至坐标 c ；

向右移动至坐标 $\Delta+c$ ；

向左移动至坐标 $2c$ ；

...

向右移动至坐标 $\Delta+(N-1)*c$ ；

- 15 向左移动至坐标 $N*c$ ；

向右移动至坐标 $\Delta+N*c$ ；

向左移动至坐标 $N*c$ ；

向右移动至坐标 $\Delta+(N-1)*c$ ；

...

- 20 向左移动至坐标 $2c$ ；

向右移动至坐标 $\Delta+c$ ；

向左移动至坐标 c ；

向右移动至坐标 Δ ；

向左移动至坐标原点；

- 25 向右移动至坐标 $\Delta+N*c$ ；

向左移动回到坐标原点；

其中， $\Delta \geq a+b$ ， a 为桨叶宽度， b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度，

$$c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}, \quad b=N*a \text{ 或 } a=N*b, \quad N \text{ 为整数。}$$

- 30 13. 一种电镀方法，其特征在于，设置多个平行排列的桨叶，所述桨叶平行于

基板而移动，对电镀液进行搅拌，控制桨叶的运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶遮挡的时间相等；

以桨叶的排列方向为坐标轴方向，一个周期内，桨叶的运动步骤为：

从坐标原点向右移动至坐标 Δ ；

5 向左移动至坐标 c ；

向右移动至坐标 $\Delta+c$ ；

向左移动至坐标 $2c$ ；

...

向右移动至坐标 $\Delta+(y-2)*c$ ；

10 向左移动至坐标 $(y-1)*c$ ；

向右移动至坐标 $\Delta+(y-1)*c$ ；

向左移动回到坐标原点；

其中， $\Delta \geq a+b$ ， a 为桨叶宽度， b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度，

$c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}$ ， $y=x*(N+1)$ ， $b=N*a$ 或 $a=N*b$ ， N 为大于 1 的非整数， x 取值使 $x*N$ 为整数。

15

14. 一种电镀方法，其特征在于，设置多个平行排列的桨叶，所述桨叶平行于基板而移动，对电镀液进行搅拌，控制桨叶的运动以使基板上对应的每个点累计被桨叶遮挡的时间相等；

20 以桨叶的排列方向为坐标轴方向，一个周期内，桨叶的运动步骤为：

从坐标原点向右移动至坐标 Δ ；

向左移动至坐标 c ；

向右移动至坐标 $\Delta+c$ ；

向左移动至坐标 $2c$ ；

25

...

向右移动至坐标 $\Delta+(y-2)*c$ ；

向左移动至坐标 $(y-1)*c$ ；

向右移动至坐标 $\Delta+(y-1)*c$ ；

向左移动至坐标 $(y-1)*c$ ；

30

向右移动至坐标 $\Delta+(y-2)*c$ ；

...

向左移动至坐标 $2c$;向右移动至坐标 $\Delta+c$;向左移动至坐标 c ;5 向右移动至坐标 Δ ;

向左移动至坐标原点;

向右移动至坐标 $\Delta+(y-1)*c$;

向左移动回到坐标原点;

其中, $\Delta \geq a+b$, a 为桨叶宽度, b 为相邻桨叶之间的间隙的最窄宽度,

10 $c = \begin{cases} a, & a < b \\ b, & a \geq b \end{cases}$, $y=x*(N+1)$, $b=N*a$ 或 $a=N*b$, N 为大于 1 的非整数, x 取值使 $x*N$ 为整数。