[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
C25D 17/00

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98108369.2

[45] 授权公告日 2004 年 3 月 31 日

[11] 授权公告号 CN 1143906C

[22] 申请日 1998.5.13 [21] 申请号 98108369.2

[30] 优先权

[32] 1997. 5.14 [33] US [31] 856459

[71] 专利权人 摩托罗拉公司

地址 美国伊利诺斯

[72] 发明人 辛迪·里德西玛·辛普森

马修·T·赫里克

格雷戈尔·S·埃瑟林顿

詹姆斯·德里克·莱格

审查员 马秀芳

[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

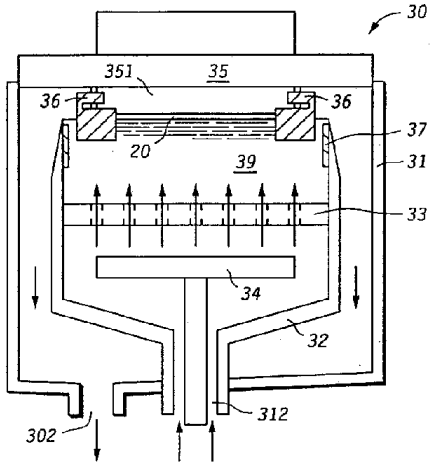
代理人 王永刚

权利要求书 4 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称 在衬底上淀积材料层的工艺

[57] 摘要

电镀系统(30)和工艺使衬底(20)表面上的电流密度在电镀过程中更均匀，得到更均匀或经修整地淀积导电材料。 电流密度修正器(364 和 37)降低了衬底(20)边缘附近的电流密度，电镀变得更为均匀或可被修整，使衬底(20)中心附近镀敷稍多的材料。 此系统还可加以修正，使电流密度修正器部位(364)上的材料可被清除而无需卸下盖(35)的任何部分。 减少了设备停机时间，提高了设备寿命并缓解了颗粒问题。



ISSN1008-4274

1. 在衬底（20）上淀积材料层（56）的工艺，包含下列步骤：

将所述衬底（20）置入电镀系统（30，60）中，该电镀系统包括：

第一电极（34，64）；

电连接于所述衬底（20）的第二电极（36），其中，

所述第二电极（36）具有多个夹具部位（362）和多个电流密度修正器部位（364）；

每一个电流密度修正部位（364）位于比其对应的夹具部位（362）更靠近所述第一电极（34，64）处；以及

离子液体（39），其中，所述离子液体（39）与所述第一电极（34，64）、所述第二电极（36）和所述衬底（20）接触；

将所述第一电极（34，64）偏置于第一电位，将所述第二电极（36）偏置于第二电位，从而在衬底（20）上淀积材料层（56），其中第一所述电位不同于所述第二电位；以及

从所述电镀系统（30，60）中移走所述衬底（20）。

2. 权利要求 1 的工艺，其特征在于：所述衬底（20）为圆形，各所述电流密度修正器部位（364）为弧形。

3. 权利要求 1 的工艺，其特征在于：偏置过程中，在较靠近所述衬底（20）中心的第一点上使所述层（56）淀积至第一厚度，而在较靠近所述衬底（20）边缘的第二点上使所述层（56）淀积至不厚于所述第一厚度的第二厚度。

4. 权利要求 1 的工艺，其特征在于：

所述电镀系统还包括与所述第一电极（34，64）、所述第二电极（36）和所述衬底（20）的每一个都分开设置的导体（37）；以及

从所述电镀系统（30，60）中移走所述衬底（20）后，借助于将第二电极（36）偏置于比所述导体（37）更正的电位，至少将部分所述材料层（56）从所述第二电极（36）转移至所述导体（37）。

5. 权利要求 4 的工艺，其特征在于：转移期间所述第一电极（34，

64）处于电浮置态。

6. 在衬底（20）上淀积材料层（56）的工艺，包含下列步骤：

将所述衬底（20）置入电镀系统（30，60）中，该电镀系统包括：

第一电极（34，64）；

电连接于所述衬底（20）的第二电极（36）；

与所述衬底（20）、所述第一电极（34，64）和所述第二电极（36）的每一个都分开设置的导体（37）；以及

离子液体（39），其中，所述离子液体（39）与所述第一电极（34，64）、所述第二电极（36）、所述衬底（20）和所述导体（37）接触；

将所述第一电极(34，64)偏置于第一电位，将所述第二电极(36)偏置于第二电位，其中，

所述材料层（56）淀积于所述衬底（20）和第二电极（36）上；以及

所述第一电位不同于所述第二电位；

从所述电镀系统（30，60）中移走所述衬底（20）；以及

借助于将第二电极(36)偏置于比所述导体(37)更正的电位，至少将部分所述材料层(56)从所述第二电极(36)转移至所述导体(37)。

7. 权利要求6的工艺，其特征在于：转移包括将所述导体（37）偏置于第三电位和将所述第二电极偏置于第四电位。

8. 权利要求6或7的工艺，其特征在于：转移包括电浮置所述第一电极（34，64）。

9. 权利要求6的工艺，其特征在于：

所述第二电极（36）为盖（35）的一部分；

所述导体（37）与所述盖（35）分开设置；

将所述衬底（20）置于所述电镀系统（30，60）中还包括：

将所述衬底（20）安装于所述盖（35）上；以及

使所述盖（35）与所述离子液体（39）接触。

10. 权利要求6的工艺，其特征在于：所述导体（37）包括环形

导体。

11. 在半导体器件衬底（20）上淀积材料层（56）的工艺，包含下列步骤：

在所述半导体器件衬底（20）上形成籽晶层（24）；

将所述半导体器件衬底（20）置入电镀系统（30，60）中，该电镀系统包括：

第一电极（34，64）；

电连接于所述半导体器件衬底（20）的第二电极（36）；

与所述半导体器件衬底（20）隔开一段距离设置的第一电流密度修正器（364），其中所述第一电流密度修正器（364）具有第一种形状；

与所述半导体器件衬底（20）和所述第一电流密度修正器（364）分开设置的第二电流密度修正器（37），其中所述第二电流密度修正器（37）具有不同于第一种形状的第二种形状；以及

离子液体（39），其中，所述离子液体（39）与所述第一电极（34，64）、所述第二电极（36）、所述半导体器件衬底（20）、所述第一和第二电流密度修正器（364、37）接触；

将所述第一电极（34，64）偏置于第一电位，将所述第二电极（36）和所述第一电流密度修正器（364）偏置于第二电位，将所述第二电流密度修正器（37）偏置于第三电位，从而在所述半导体器件衬底（20）上淀积材料层（56），其中所述第一电位不同于所述第二电位；以及

从所述电镀系统（30，60）中移走所述半导体器件衬底（20）。

12. 权利要求 11 的工艺，还包括从所述电镀系统（30，60）中移走所述衬底（20）后，至少将一部分所述材料层（56）从所述第二电极（36）转移至所述第一和第二电流密度修正器（364，37）的至少一个上。

13. 权利要求 12 的工艺，其特征在于：转移期间所述第一电极（34，64）处于电浮置态。

14. 权利要求 11 的工艺，其特征在于：所述第二电流密度修正

器（37）包括环形导体。

15. 在衬底（20）上淀积材料层（56）的工艺，包含下列步骤：

在所述衬底（20）上形成籽晶层（24）；

将所述衬底（20）置入电镀系统（30，60）中，该电镀系统包括：

第一电极（34，64）；

作为盖（35）一部分的第二电极结构（362，364）；

与所述衬底（20）、所述第一电极（34，64）和所述盖（35）分开设置环形导体（37），其中，所述环形导体（37）不直接位于所述衬底（20）和所述第一电极（34，64）之间；以及

离子液体（39），其中，所述离子液体（39）与所述第一电极（34，64）和所述环形导体（37）接触，其中，所述环形导体（37）完全浸没于离子液体（39）中；

将所述衬底（20）安装于所述盖（35）上，其中，所述第二电极结构（362，364）接触所述衬底（20）；

使所述盖(35)与所述离子液体(39)接触，使得离子液体(39)与所述第二电极结构(362，364)和所述衬底(20)接触；

将所述第一电极（34，64）偏置于第一电位，将所述第二电极结构（362，364）偏置于第二电位，从而在所述衬底（20）上淀积所述材料层（56），其中所述第一电位不同于所述第二电位；以及

从所述电镀系统（30，60）中移走所述衬底（20）。

16. 权利要求15的工艺，其特征在于：

所述环形导体（37）具有厚度和长度；

在基本上平行于所述衬底(20)主表面的方向上可测量所述厚度；

在基本上垂直于所述衬底（20）的所述主表面的方向上可测量所述长度；

所述长度大于所述厚度。

在衬底上淀积材料层的工艺

本发明一般涉及到在衬底上淀积涂层的工艺，更确切地说是涉及到在衬底上电镀含金属的层的工艺。

现今的半导体器件要求越来越高的工作电流密度，同时还要克服电迁移或其它可靠性问题。铜正被研究来替代现今的铝或铝铜金属化。在衬底上淀积铜的一种最有前景的方法是采用电镀之类的镀敷方法。

图 1 示出了现有技术电镀系统 10 的剖面图。系统 10 包含一个带有出口部 102 的工作室 11。此系统还包含带有用来接收电镀液的入口部 112 和扩散器 13 的一个槽 12（容器）。阳极 14 位于槽 12 与扩散器 13 之间。此系统 10 还包含一个带有转盘 151 的盖 15，而夹销 152 是系统 10 的阴极，通常由镀铂的钛制成。在系统 10 的工作过程中，电镀液 19 通过入口部 112 进入槽 12，在阳极 14 的作用下流动，离子在此处从阳极 14 溶入电镀液 19。电镀液 19 继续向上流过扩散器 13 到达衬底 20。电镀液 19 最终漫过槽 12 的侧壁，向下流入槽 12 的壁与工作室 11 的壁之间，且通过出口部 102。阳极 14 和夹销 152 被偏置以便对衬底 20 进行镀敷。

在这种现有技术系统 10 的工作过程中，通常发生图 2 所示的不均匀淀积。如图 2 所示，半导体器件衬底 20 有一个可以是绝缘体、导体或绝缘体与导体的组合体的基底材料 22，其上覆盖有导电籽晶层 24。电镀材料 26 被镀在籽晶层 24 上。注意衬底 20 被朝下安装在系统 10 中。在图 2 中，衬底已被向上转使层 26 朝向图 2 的顶部。如图 2 所示，电镀材料 26 的淀积通常在衬底 20 的边缘附近更厚而中心附近更薄。这种不均匀淀积会引起问题，特别是若要对电镀材料 26 进行化学机械抛光时问题更大。抛光清除材料时一般在衬底中心附近较快而在衬底边缘附近较慢。衬底 20 边缘附近的电镀材料 26 较厚与边缘附近较低的抛光速率相结合，加重了抛光之后电镀材料 26 的不均匀性。在抛光过程中，由于不理想的抛光选择性而清除了过多的下部基底材料 22，或在衬底 20 的边缘附近留下一圈残余材料，其中二者都是不可取的。

在电镀印刷电路板衬底的过程中，采用了限流阴极板(robber plate)，此限流阴极板被附着于电路板上，并借助于切去带有限流阴极板的电路板部分而被破坏性地清除。

有必要建立一种系统，此系统应能更均匀地淀积且能够在衬底中央附近镀上比其边缘稍多的材料以补偿衬底中央附近常见的过度抛光。

本发明用举例的方法来加以说明，且不局限于附图，其中相同的参考号表示相同的元件：

图 1 示出了现有技术电镀系统的剖面图；

图 2 示出了用现有技术方法在衬底上已镀敷材料之后的半导体衬底部分的剖面图；

图 3 示出了根据本发明实施例的电镀系统的剖面图；

图 4 示出了电镀头的俯视图，说明了根据本发明实施例的衬底与夹销之间的关系；

图 5 示出了用本发明实施例镀敷材料之后的半导体器件衬底部分的剖面图；以及

图 6 示出了根据本发明另一实施例的带有阳极设计的电镀系统的剖面图。

熟练人员知道，各图中的各个元件是为简单和清晰而示出的而且没有必要按比例绘出。例如，为了有助于加深对本发明各实施例的理解，图中的某些元件的尺寸相对于其它元件进行了夸大。

一种新的电镀系统和工艺使电镀过程中半导体器件衬底表面上的电流密度更均匀，从而可得到导电材料的更均匀或被修整的淀积。电流密度修正器使衬底边缘附近的电流密度减小，若不这样则此处的镀敷速率将最高。借助于减小衬底边缘附近的电流密度，电镀变得更为均匀或可以修整，以在衬底中央附近镀敷稍多的材料。此系统还可修改，使夹具结构上电流密度修正器的材料可被清除而无需拆卸盖的任何部分或从系统移去弧形电流密度修正器。这种原位清洗减少了设备停机时间，提高了设备寿命并减少了颗粒数。

图 3 示出了根据本发明实施例的电镀系统 30 的剖面图。系统 30 相似于系统 10，但系统 30 包含带有夹具部位 362（阴极或第二电极）和

弧形电流密度修正器部位 364（第一装置）的夹具结构 36 以及环形电流密度修正器 37（根据实施例的不同而为第一装置或第二装置）。夹具结构 36 是导电的。系统 30 包含一个带有出口部 302 的工作室 31 和一个带有用来接收电镀液的入口部 312 的槽 32。在槽 32 中，扩散器 33 使通过槽 32 的电镀液（离子液体）39 更呈片流。阳极 34（第一电极）位于槽 32 与扩散器 33 之间。阳极 34 通常包含将被镀在半导体器件衬底 20 上的材料。

系统 30 还包含一个带有转盘 351 和夹具结构 36 的盖 35 以及一个环形修正器 37。转盘 351、扩散器 33、槽 32 和工作室 31 包含诸如聚乙烯、碳氟化合物（即特氟隆 Teflon™）之类的不导电材料。这些材料降低了任何电流传导或任何与电镀液的不利反应的可能性。阳极 14、夹具结构 36 和环形修正器 37、诸如导电籽晶层 24 的衬底 20 上的任何导电层应该是与电镀液 39 相接触的仅有的导电材料。

图 4 示出了用夹具结构 36 固定在转盘 351 上的半导体器件衬底 20 的俯视图。每个结构 36 包含一个夹具部位 362 和一个电流密度修正器部位 364。夹具部位 362 和电流密度修正器部位 364 是导电的。部位 364 至少 1mm 宽且比位于衬底 20 与阳极 34 之间的部位 362 来说至少更向着阳极 34 延伸 1mm。在这一具体实施例中，每个部位 364 的弧长在约 5 - 50mm 范围内，通常为 25mm。每个弧形修正器部位 364 的高度在约 5 - 15mm 范围内，通常为 10mm。每个部位 364 的厚度在约 2 - 6mm 范围内。环形修正器 37 是导电的且其位置使结构 36 与环形修正器 37 之间有一个约为 5 - 15mm 的间隙。与部位 364 相似，修正器 37 进一步向阳极 34 延伸。修正器 37 的圆周大于部位 362 宽度之和。换言之，修正器 37 “宽于”部位 362。

环形修正器 37 的高度通常在约 5 - 25mm 范围内，而厚度在 10 - 15μm 范围内。在一个实施例中，环形修正器 37 位于槽 32 顶部附近。环形修正器位于扩散器 39 与槽 32 顶部之间沿槽 32 的任何地方。通常，环形修正器 37 被附着于槽 32。环形修正器 37 可以是连续环，也可沿槽 32 的壁分成段。在一个具体实施例中，结构 36 和环形修正器 37 二者都用与被电镀到衬底 20 上的材料相同的材料制成以减小电镀液 39 的沾污可

能性。若要镀铜，则结构 36、环形修正器 37 和阳极 34 用铜制成。但在变通实施例中，也可用不同的材料。系统 30 的阴极（第二电极）包含夹具部位 362。部位 364 和环形修正器 37 是系统 30 的不同类型的电流密度修正器，且与衬底 20 分开一段距离。

下面讨论电镀铜的一个具体例子。虽然给出了很多细节，但这些信息只是为了说明问题而不是限定本发明的范围。在系统 30 的工作中，电镀液 39 经由入口部 312 进入槽 32。电镀液包含铜（Cu）、硫酸铜（Cu_2SO_4）、硫酸（H_2SO_4）、诸如来自 HCl 的氯化物离子。电镀液 39 流过阳极 34，来自阳极 34 的离子在此处溶入电镀液 39。电镀液 39 继续向上渡过扩散器 33 到达衬底 20。电镀液 39 最终漫过槽 32 的壁，向下流到槽 32 的壁与工作室 31 的壁之间，并通过出口部 302。

在工艺的第一部分，借助于在至少一部分阳极 34 上，具体地说（但不局限于）是直接面对衬底 36 的阳极 34 的部位上形成氧化铜类型的薄膜而对阳极 34 进行调整。调整之后，在半导体衬底接触到电镀液 39 之前，添加剂被加到电镀液 39 中。

导电籽晶层制作在衬底 20 的主表面上（器件侧）。在此例中，衬底 20 是一个圆形晶片。导电籽晶层 24 对衬底 20 上的镀敷起促进作用。导电籽晶层 24 通常包含一个含有诸如钛、钽、氮化钛、氮化钽之类材料的难熔金属。然后将带有导电籽晶层 24 的衬底 20 安装在转盘 351 上并用结构 36 的夹具部位 362 固定就位。然后降低盖 35，使结构 36 的一部分和籽晶层 24 与电镀液 39 相接触。应注意保持衬底 20 的背侧（未暴露）表面不要接触到电镀液 39。

在电镀过程中，对阳极 34、结构 36 和环形修正器 37 加偏置以淀积电镀材料层 56。虽然阳极 34、结构 36 和环形修正器 37 可取正的或负的偏压极性或者电学上接地，但阳极 44 处于比结构 36 和环形修正器 37 更正的电位。在一个具体实施例中，环形修正器 37 和结构 36 二者都处于大致相同的电位。在另一实施例中，环形修正器 37 被置成使结构 36 上的电位处于阳极 34 电位与环形修正器 37 电位之间。偏置条件可在电镀过程中保持基本恒定或随时间变化（亦即，脉冲（方波）、锯齿、正弦之类）。本说明书中所用的偏置不包含电浮置此元件，但可包含将系统

元件之一置于地电位.

对于二个实施例，对结构 36 和环形修正器 37 进行偏置有助于降低边缘处的电流密度，反过来又比之不采用电流密度修正器时降低了衬底 20 边缘附近的电镀速率. 电镀一直进行到形成了所需厚度的电镀材料 56。在一个实施例中，这一厚度通常在约 600－1500nm 范围内。与现有技术不同的是，此电镀材料的厚度更均匀或如图 5 所示在衬底 20 的中央可稍厚. 注意在图 5 中，已将衬底 20 倒转过来使电镀材料 56 朝着图 5 的顶部. 对电流密度修正器的电位进行了调节以获得所希望的均匀度结果. 层 56 可淀积成衬底中心点上以及离衬底边缘 10mm 以内的点上的层 56 厚度之差不大于中心点上层 56 厚度的 5 %. 在电镀过程中，除了特别指出者外，工作参数都是本技术常规使用的.

不能用像现有技术电镀过程中与印刷电路板相接触的取样器所做的那样从衬底 20 破坏性地清除电流密度修正器. 在衬底 20 以晶片形式存在的情况下，还必须执行后续加工. 若电流密度修正器与衬底 20 相接触并破坏性地被清除，则由于衬底 20 可能不具有大体圆的形状而几乎不可能执行后续的加工步骤. 破裂的衬底可能产生颗粒，具有尖锐的边缘，并在后续加工步骤中很可能进一步破碎，这就降低了成品率.

在电镀之后再进行加工以形成大致完工的器件. 这些步骤可包括对层 56 进行化学机械抛光、如有需要时制作额外的绝缘互连层以及在最上层的互连层上制作钝化层. 若层 56 被用于焊料凸块，则层 56 在衬底中心点上的厚度在约 40 － 160μm 的范围内且用腐蚀方法进行图形化.

在完成电镀之后，可电镀不同的衬底，或可借助于清除至少一部分在衬底 20 上淀积电镀层 56 时淀积在结构 36 上的镀敷材料来清洗结构 36 . 可用不同的方法来实现清洗. 在一个实施例中，借助于将结构 36 偏置于比阳极 34 更正的电位，可进行此清洗. 在另一实施例中，结构 36 被偏置于比环形修正器 37 更正的电位. 在此具体实施例中，阳极 34 电浮置. 若阳极 34 电浮置，则调节过程中阳极 34 上产生的薄膜在清洗加工过程中将基本上保持不受干扰. 若不允许阳极 34 浮置，则薄膜必受影响从而需要调整. 在清洗步骤之后，可加工额外的衬底.

系统 30 也可用来电镀其它材料，包括金和镍. 此外，此系统还可用

来淀积合金。例如在半导体器件中用作网格焊球阵列的导电凸块。此导电凸块通常包含一种铅锡合金。铅的氧化势为 + 0.126V，而锡的氧化势为 + 0.136。因此，锡比铅更易被氧化。阳极 34 应包含更易氧化的金属元素而不是其它金属元素。否则，在电镀衬底之后，阳极 34 可能成坑。在此具体例子中，阳极 34 应包含锡而不是铅。电镀液 39 将包含处于元素（还原）态和离子（氧化）态二者中的铅和锡。可改变淀积参数（特别是电镀液中的铅和锡的浓度）以及阳极 34、结构 36 与环形修正器 37 的偏置条件来修正合金的组成。此合金可具有基本均匀或缓变（不连续的或连续的）的组成。

在另一实施例中，系统 30 被用来在衬底 20 上淀积其它的电活性材料。在这一应用中，材料可能荷负电，因此，衬底 20 和结构 36 现变成阳极，原先的阳极 34 变成阴极。以这种方式，电镀液 39 中的电流方向基本上反过来了。

本发明包括其它的实施例。在一个具体的实施例中，结构 36 被修改成夹具部位 362 和部位 364 是分立的部分。此时，部位 364 与夹具部位 362 以单独元件的形式附着于转盘。在其它的实施例中，部位 364 永久性地附着于夹具部位 362，或者是可随时从夹具部位取下的可移去部位。

在电镀过程中，结构 36 可完全地或部分地浸入在电镀液 39 中。一个或二个电流密度修正器的形状应与衬底 20 的边缘的形状匹配。例如，部位 364 是弧形部位，且沿那些弧形部位 364 的内边缘的所有点离衬底 20 都基本上距离相等。若衬底 20 是带直边的矩形，则弧形修正器部位当具有面向衬底 20 的内边缘且基本上平行于衬底的相应的边。

环形修改器 37 的变通设计也是可能的。在另一实施例中，环形修正器 37 延伸于槽 32 顶部以上。例如，环形修正器 37 可包含城堡形的边缘，使电镀液 39 可在城堡形边之间流动而漫出槽 32。以这种方式，电镀液 39 不与环形修正器 37 的上部相接触。当分段式环形修正器用于电镀时，最可能采用这种形式。与前述实施例相似，环形修正器 37 的形状通常应与槽 32 大致相同，后者通常与衬底 20 的形状匹配。在圆形衬底 20 的情况下，环形修正器 37 和槽 32 具有圆的形状。若衬底 20 是矩形的，则环形修正器 37 和槽 32 也具有矩形形状。

在另一实施例中，只有环形修正器 37 部位是导电的。在一个具体实施例中，一段环形修正器 37 其上半部导电而环形修正器 37 的相邻部位可能是下半部导电。在又一实施例中，所有的上部或所有的下部或者它们的任一组合是导电的。在任何情况下，环形修正器 37 的定位应使电镀的均匀性最优化。

系统 30 可只用结构 36 或环形修正器 37 作为电流密度修正器而工作。采用二种电流密度修正器则可提高更好地控制电镀过程中的电流密度的能力，因而可对衬底 20 上电镀材料 56 的厚度变化进行更好的控制。

在再一实施例中，可修改阳极形状以优化电流密度，使晶片表面上更均匀。如图 6 所示，锥形阳极 64 有一个锥形的边缘。这改变了衬底 20 附近的电流密度。显然，其它的形状也是可能。

在前述的说明中，已参照具体的实施例描述了本发明。但本技术领域的一般熟练人员知道，可作出各种修改和改变而不超越下列权利要求所确定的本发明的范围。因此，本说明书及附图被认为是示范性的而不是限制性的，且所有这些修改都包括在本发明的范围之中。在权利要求中，方法与功能条款（若有的话）覆盖了此处所述的执行所述功能的各种结构。此方法与功能条件还覆盖执行所述功能的结构等效物和等效的结构。

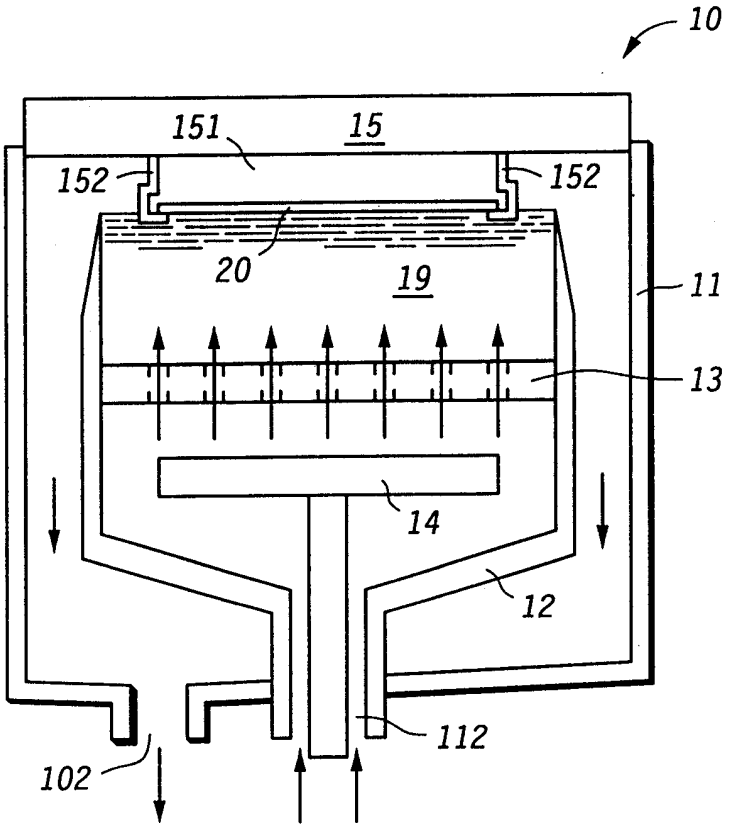


图 1 现有技术

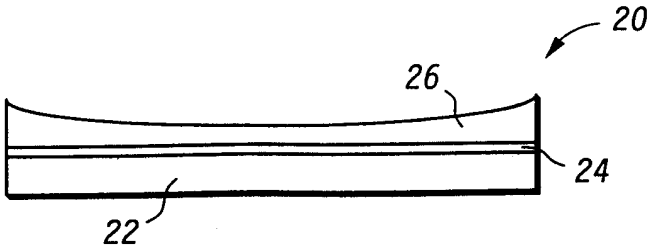


图 2 现有技术

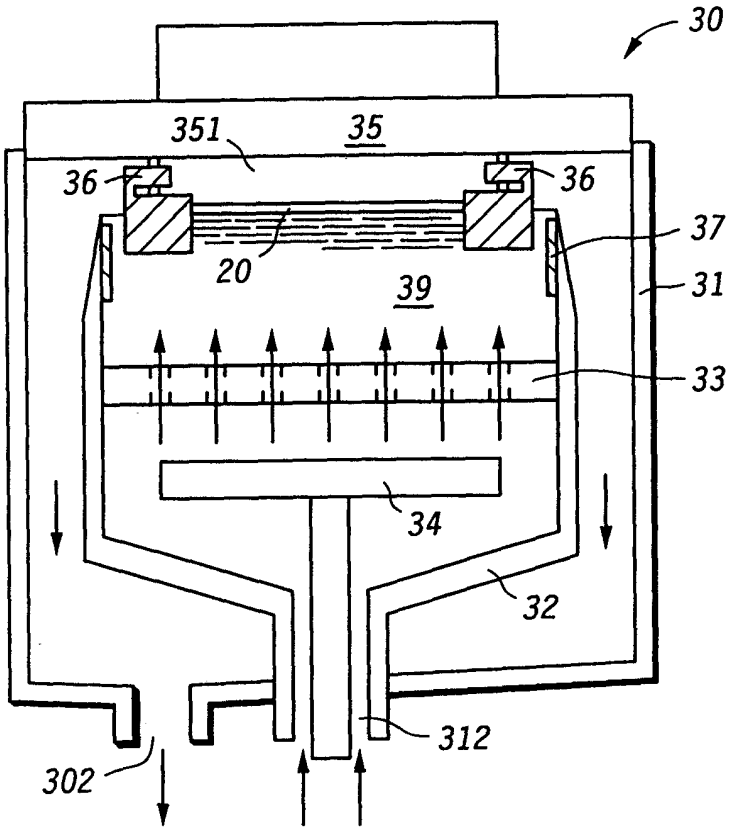

30
351
35
36
36
37
20
39
31
33
34
32
312
302

图 3

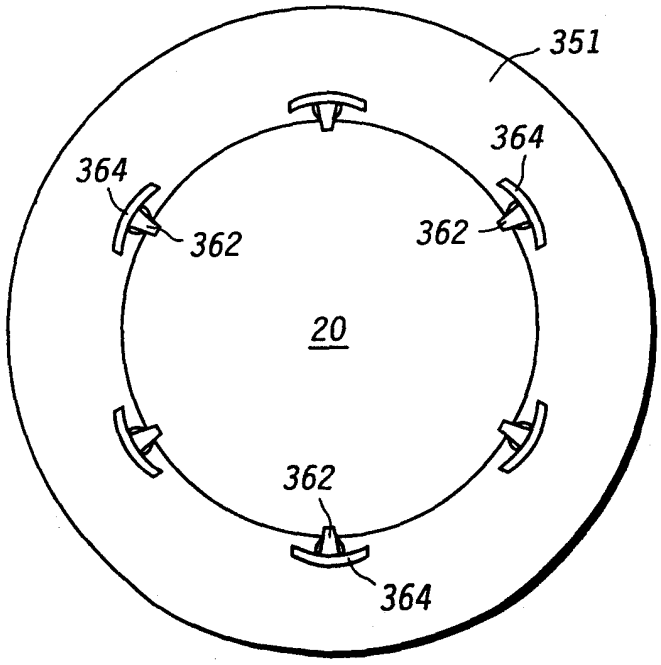

351
364
364
362
362
20
362
364

图 4

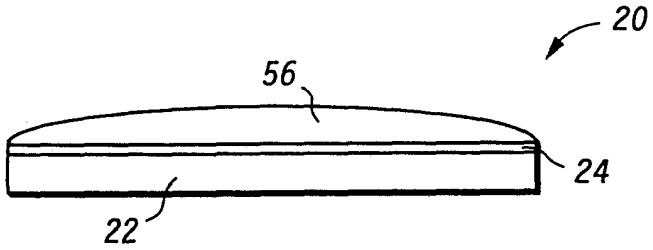


图 5

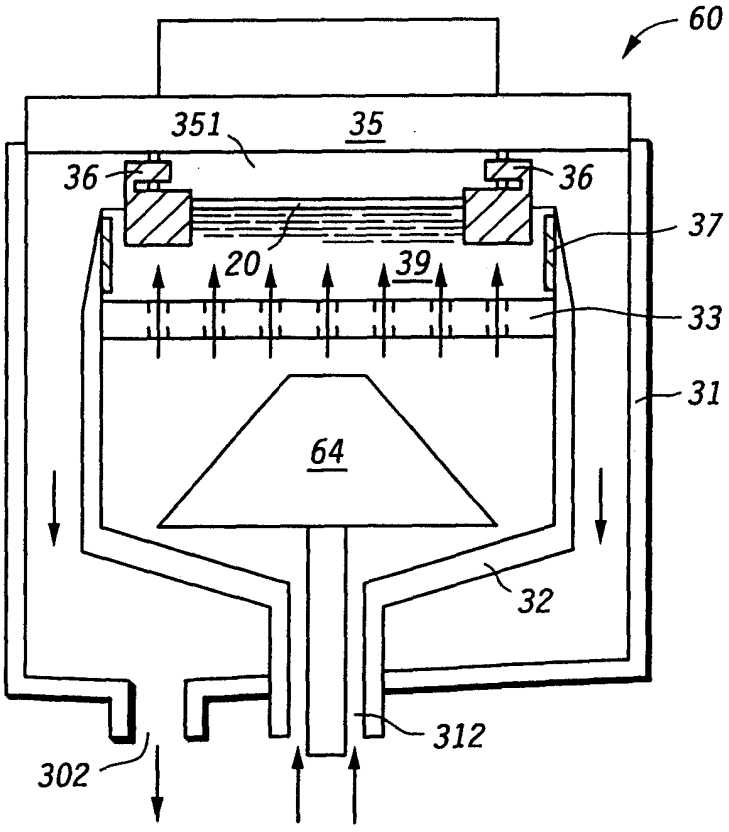


图 6