



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102810441 B

(45) 授权公告日 2016. 07. 06

(21) 申请号 201110146810. 4

(22) 申请日 2011. 06. 01

(73) 专利权人 岛津分析技术研发(上海)有限公司

地址 201201 上海市浦东新区张江高科卡园
二路108号6幢3层

(72) 发明人 穆辉 蒋公羽 丁力 李建良
孙文剑

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

代理人 骆希聪

(51) Int. Cl.

H01J 9/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1838371 A, 2006. 09. 27, 权利要求
2, 6-7、说明书第6页第10段至第7页第1段、图
2-3.

TW 200733149 A, 2007. 09. 01, 说明书第3页

第8段, 第8页第11段至9页第2段, 第9页第
8段至第10页第2段、图1.

JP S6337552 A, 1988. 02. 18, 说明书第3页
右下栏第11-14行, 图1.

审查员 张念国

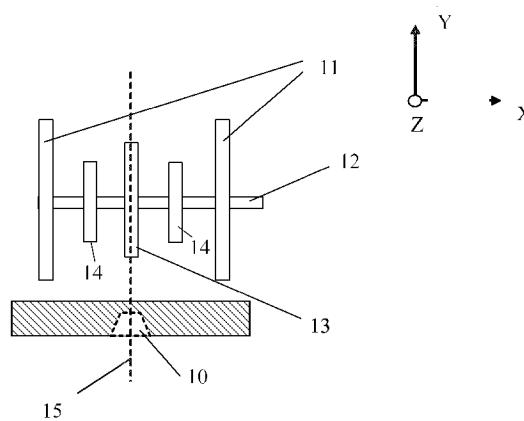
权利要求书1页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

离子光学器件的制备方法

(57) 摘要

本发明提出一种离子光学器件的制备方法, 其使用适于磨削加工工艺的硬质材料制作一个基底, 该基底至少包含一个平面表面, 并包含至少一层绝缘材料。接着, 在平面表面上切割出一个或多个直线形沟槽, 以在被直线形沟槽分离的平面表面形成多个分立的离子光学电极区域。然后, 在平面表面以外的其他基底表面及基底内部导通孔内制作金属引线, 以提供各离子光学电极上所需要的电压。使用硬度高的材料配合高精度的机械加工, 可以获得较高的精度以及期望的分立电极轮廓。



1. 一种离子光学器件的制备方法,包括以下步骤:

使用适于磨削加工工艺的硬质材料制作一个基底,该基底至少包含一个平面表面,并包含至少一层绝缘材料;

在所述平面表面上切割出一个或多个直线形沟槽,以在被所述直线形沟槽分离的平面表面形成多个分立的离子光学电极区域;以及

在所述平面表面以外的其他基底表面及基底内部导通孔内制作导电引线,以提供各离子光学电极上所需要的电压;

其中所述切割出一个或多个直线形沟槽的步骤的切割方法包括:用高速旋转的旋轮式金刚砂刀片与所述平面表面发生磨削,同时刀片相对基底,沿平行于所述平面表面并垂直于刀片旋转轴的方向做直线运动;

并且所述方法还包括在所述基底上进一步形成用于离子引出的离子引出槽的步骤,其包括:在所述基底预先形成一个用于制作离子引出槽的预埋槽,然后用所述切割方法切穿预埋槽上部的剩余基底材料形成离子引出槽。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,至少一部分所述直线形沟槽的深宽比大于或等于1。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述旋轮式金刚砂刀片为多片共轴安置的刀片。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

将在厚度上精密磨制的垫圈放置在相邻刀片之间用以控制相邻刀片的距离。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述基底为单一绝缘材料基底。

6. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述基底为绝缘材料与导电材料通过键合工艺形成的多层基底,其中导电材料包括掺杂的半导体材料。

7. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,形成所述导通孔的方法包括:

在所述绝缘材料层预先形成导通孔的预埋孔,然后进行扩孔处理。

8. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述基底切割出直线形沟槽之后还包括:对所述平面表面进行磨削处理使所述一个或多个直线形沟槽的深度缩减至预定深度。

9. 如权利要求1或5所述的方法,其特征在于,还包括在被直线形沟槽分离的各分立电极区域制作金属镀层以形成离子光学电极,其方法包括:

在所述平面表面上以及所述切割出的一个或多个直线形沟槽的侧壁上的至少一部分区域形成导电薄膜层作为离子光学电极。

10. 如权利要求6所述的方法,其特征在于,在所述键合工艺前,进一步包括在所述绝缘材料的被键合面、侧面、被键合面的相对面以及导通孔内制备导电电极,使得所述导电材料在键合后与所述导电电极在键合面上形成良好电性接触。

11. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括在被直线形沟槽分离的各分立电极区域上以及在直线形沟槽内壁的部分区域制作金属镀层,其方法包括:蒸发镀膜、磁控溅射或电镀。

12. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述单一绝缘材料基底为陶瓷。

13. 如权利要求6所述的方法,其特征在于,所述基底材料为经过静电键合的玻璃和硅片。

离子光学器件的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及质谱分析领域,尤其是涉及制备一种二维的平面型离子光学器件的制备方法。

背景技术

[0002] 为了制成能够在空间形成一定电场分布的离子光学器件,通常需要加工复杂表面的离子光学透镜。以二维直线离子阱为例,它的主体通常需要两对具有双曲柱面的四极场电极(可参见PCT申请公开号W02003/067623 A1)。为了避免双曲柱面的四极场电极加工的困难,也有人提出了利用平面结构代替曲面结构的方法,如US20040135080A1。为了提高场的完善性,专利号为ZL200410024946的中国专利描述了一种用印刷电路板构建的平面型直线离子阱质量分析器。这种二维直线离子阱由一个主体部分和位于主体部分两端的端盖组成。

[0003] 图1是一个典型的二维直线离子阱的结构图,主体部分2上的槽9用于离子引出。使用时,在两个端盖1、3上施加的直流电压高于施加在主体部分2的直流电压,另外,主体部分2还施加一个随时间变化的射频电压,其目的就是在直线离子阱内部产生四极场。当离子(以正离子为例)满足四极稳定条件时,将被加在垂直于离子阱轴向的射频电场和加在平行于离子阱轴向的直流电场束缚住,质量分析也可以在此时进行,从而达到存储离子和分析离子的目的。

[0004] 通常用于印刷电路的基板是FR4型的环氧树脂纤维板,这种材料在真空环境下会释放出所吸附的各种气体,不适用于离子阱工作的真空环境(真空度达到 $10^{-1} \sim 10^{-4}$ Torr)。而且这种材料往往都是采用光刻、腐蚀印刷电路板表面的金属镀层的工艺来制作具有高对称性的分立电极。图2A-2C示出腐蚀工艺可能产生的三种不良后果。腐蚀工艺限定了腐蚀的深度不能很深,否则会造成腐蚀时间过长从而破坏金属电极4的形貌,如图2A所示。而腐蚀的深度过浅就无法在表面上做到深度达0.2mm以上的电极层,如图2B所示,这导致在器件使用过程中电荷5容易在分立电极之间的区域积累。积累的电荷容易在电极表面以外的空间形成电场,造成离子阱内部四极场的畸变,影响离子阱质量分析的能力。即便可以找到适当的深宽和宽度,但由于腐蚀液与金属接触的区域随着时间的变化浓度会变小,腐蚀的速度随着时间变化而变慢,造成的后果就是腐蚀出的金属形貌呈现梯形,如图2C所示。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是提供一种制备具有高精度、低表面电荷的离子光学器件的方法,以克服现有方法导致的各种缺陷。

[0006] 本发明为解决上述技术问题而采用的技术方案是提出一种离子光学器件的制备方法,其使用适于磨削加工工艺的硬质材料制作一个基底,该基底至少包含一个平面表面,并包含至少一层绝缘材料。接着,在平面表面上切割出一个或多个直线形沟槽,以在被直线形沟槽分离的平面表面形成多个分立的离子光学电极区域。然后,在平面表面以外的其他

基底表面及基底内部导通孔内制作金属引线,以提供各离子光学电极上所需要的电压。

[0007] 为达到加工这些直线形沟槽的对称精度和直线度,本发明进一步提出根据基底材料的不同采用不同的方法。根据一实施例,用高速旋转的旋轮式金刚砂刀片与基底平面表面发生磨削,同时刀片相对基底,沿平行于基底平面表面并垂直于刀片旋转轴的方向做直线运动。较佳地,可采用一组多片共轴的金刚砂旋轮片进行切割,相邻刀片之间用在厚度上精密磨制的垫圈精确控制刀片的间距。这种方法适用于基底材料为单一绝缘硬质材料的情形。

[0008] 根据另一实施例,可以采用半导体行业现有的划片工艺来控制加工出的直线形沟槽的各项指标。这种方法适用于基底为通过键合工艺制备的多层结构,尤其是多层结构包含掺杂的半导体材料作为导电材料的情形。

[0009] 在被直线形沟槽分离的各个分立电极区域制备金属层以形成离子光学电极,为获得更好的电场,进一步提出在直线形沟槽的侧壁至少一部分制备金属镀层。

[0010] 根据本发明的一实施例,至少一部分直线形沟槽的深宽比大于或等于1。

[0011] 根据本发明的一实施例,可以在上述基底上进一步形成用于离子引出的离子引出槽的步骤,所述步骤包括:在所述基底预先形成一个用于制作离子引出槽的预埋槽,然后用所述切割方法切穿预埋槽上部的剩余基底材料形成离子引出槽。

[0012] 根据本发明的一实施例,形成导通孔的方法包括:在所述绝缘材料层预先形成导通孔的预埋孔,然后进行扩孔处理。

[0013] 根据本发明的一实施例,在基底切割出直线形沟槽之后,还可以对基底平面表面进行磨削处理,使直线形沟槽的深度缩减至预定深度。

[0014] 根据本发明的一实施例,还可以在直线形沟槽分离的各分立电极区域制作金属镀层以形成离子光学电极,其方法包括:在基底平面表面上以及切割出的直线形沟槽的侧壁上的至少一部分区域形成导电薄膜层作为离子光学电极。

[0015] 根据本发明的一实施例,在键合工艺前,进一步包括在绝缘材料的被键合面、侧面、被键合面的相对面以及导通孔内制备导电电极,使得导电材料在键合后与导电电极在键合面上形成良好电性接触。

[0016] 根据本发明的一实施例,还可以在直线形沟槽分离的各分立电极区域上以及在直线形沟槽内壁的部分区域制作金属镀层,其方法包括:蒸发镀膜、磁控溅射或电镀。

[0017] 本发明由于采用以上技术方案,使之与现有技术相比,具有如下显著优点:首先使用硬度高的材料配合高精度的机械加工,可以获得较高的精度以及期望的分立电极轮廓。其次,用于分离和形成工作电极的直线形沟槽的深度大于或等于其宽度,即直线形沟槽的深宽比大于1,因此不易积累表面电荷。

附图说明

[0018] 为使本发明的上述目的、特征和优点能更明显易懂,以下结合附图对本发明的具体实施方式作详细说明,其中:

[0019] 图1示出现有的二维直线离子阱的结构图。

[0020] 图2A-2C示出现有二维直线离子阱使用腐蚀工艺造成的各种不良后果。

[0021] 图3A-3F示出根据本发明第一实施例的离子光学器件的制备方法流程。

[0022] 图4A-4F示出根据本发明第二实施例的离子光学器件的制备方法流程。

[0023] 图5示出本发明一实施例的离子光学器件的制备方法流程图。

具体实施方式

[0024] 根据本发明各实施例的二维的平面型离子光学器件,在其内部表面有分立式的电极用以形成直流或射频电场。如在两端各放置一个端盖可作为离子存储和分析的器件,如直线离子阱;去掉端盖的直线离子阱可作为传输离子的传输器件,如离子传导装置;除此以外,这种平面型离子光学器件还可应用于直线离子阱阵列(ITA)、平板型离子迁移质谱仪(IMS)、平板型多次反射飞行时间质谱仪(multi-turn TOF)等。

[0025] 下面结合附图详细描述如何通过平面加工工艺制备一个二维的平面分离结构的直线离子阱。在实施例中,该直线离子阱的主体是由沿轴向放置的四块基片组成。四块基片以轴旋转对称,其内表面有分立的电极区域,其上制备了金属镀层以形成离子光学电极。为简化工艺,四个基片的制作工艺可以完全相同。

[0026] 整个制作工艺大致上分为三大部分:基片的制备、基片内表面的分立式电极区域制作以及分立电极区域的金属镀层的制备。图5示出根据本发明一实施例的离子光学器件的制备方法流程图。

[0027] 由于期望使用平面磨削加工工艺这样的高精度机械加工方法加工基片,因此需要选择适合于平面磨削加工工艺的基底材料。平面磨削加工要求其加工的基底需要达到一定的硬度,否则无法达到所需要的加工精度。在对基底材料进行选择的过程中,我们希望该材料至少具有一般机械加工用金属(如不锈钢)的硬度和热膨胀系数且至少包含一层绝缘材料。许多硬度高的非金属材料均适合作为基底材料,例如陶瓷、硅、碳化硅等。值得指出的是,本发明的实施例并不限制于使用单层材料,为了获得额外的特性,多层材料的复合也在可选之列,例如在绝缘基底上形成的导电材料,有利于直接通过切割来形成电极。在此步骤中,可根据基片的基本形状,结合后续工艺的需要,预先使基底材料形成期望的初始轮廓。

[0028] 接着,在基片平面表面(确定作为工作面的平面)切割出直线形的沟槽,以制作分立的电极区域。在此,可根据所选择的基底材料,针对性地使用配置有刀片、轮片或者其他类似工具的机器,在基片内表面切割和/或打磨出所期望的分立式电极区域。

[0029] 之后,通过制作掩模,可实现在完成切割的分立电极区域表面,以及用于分立电极的绝缘槽侧壁至少一部分区域(若需要的话)形成金属镀层,以作为电极。制备金属镀层的方法通常会有:蒸发镀膜、磁控溅射、电镀、光刻腐蚀等。在一个实施例中,如果分立电极区域是通过在导电材料上切割出沟槽而形成,则在分立电极区域镀金属层的步骤可以省略。

[0030] 再者,在基底平面表面以外的其它表面及内部通道内制作导电引线,导电引线与该基底平面表面上的离子光学电极对应相连,作为外部电压的接入点。

[0031] 在下面的实施例中,以加工其中一个基片为例,详细介绍本发明的平面加工工艺的详细过程。

[0032] 第一实施例

[0033] 1. 基片的制备

[0034] 在此实施例中,选择陶瓷作为加工的基底材料。陶瓷例如可以是氧化铝、氧化锆或者二者按照一定比例混合而成。

[0035] 如图3A所示,首先需要将原材料即陶瓷粉用模具进行压制,该模具可将用于引出离子的引出槽10预埋至陶瓷基片40中;两根细金属棒6也被预埋在基板40中用来形成导通陶瓷上下表面电极的导通孔8。为了抵消应力,特别设计了基板表面的凸起7。基片40压制完成后被送入高温炉,首先在900~1000℃环境中初烧结0.5~1.0小时,当炉温降至室温后取出初烧结的陶瓷片,用铣削的方法对引出槽10进行修整工作;用金刚砂镀层的钻头或铣刀对导通孔8进行扩孔工作,完成后再次放入高温炉并在1200~1500℃环境中烧结0.5~1.0小时。烧结完成后取出基片并打磨,打磨的目的有两个:一是去除陶瓷表面的凸起7,形成光洁平整的陶瓷表面;二是初步形成陶瓷的外形尺寸。

[0036] 2. 形成分立式的电极

[0037] 一个快速的、在陶瓷表面形成分立式电极区域的方法,是将陶瓷基片固定在磨床的加工平台上,如图3B所示。将磨床的砂轮片换装成有金刚砂镀层的一组共轴的切割轮片。各轮片直径的关系是:轮片11的直径>轮片13的直径>轮片14的直径。轮片11用于切穿陶瓷以形成陶瓷在宽度方向上的外形尺寸;轮片14用来形成分立电极区域的直线形沟槽;轮片13的宽度与预埋槽10上底面的宽度相同,用来切穿预埋槽10上底面的陶瓷从而形成离子引出槽。相邻轮片间距根据加工要求用陶瓷量块或者在厚度上精密磨制的垫圈来精确控制。各轮片11、13、14的轴12由电机驱动。

[0038] 加工时,轮片13的中心轴与预埋槽10的中心轴相重合,并一起被标记为15。轮片11、13、14在轴12的带动下快速转动,与陶瓷基底接触并磨削,于此同时,轴12沿Z方向快速直线移动,每次移动至陶瓷一端时,轴12向Y轴负方向移动0.05mm。重复这种直线运动,直到加工出所需要的直线形沟槽的深度。各个转轮直径选取的原则是:当轮片14所加工出的直线形沟槽的深度达到加工要求时,保证轮片13能够切穿预埋槽10的上底面陶瓷并且同时保证轮片11切透陶瓷片,形成陶瓷基片在宽度上的外形尺寸。

[0039] 切割完成后,为确保陶瓷切割面的平整,还可以对切割面进行打磨,打磨的厚度维持在0.05mm左右。

[0040] 图3C示出切割加工完成的基片。

[0041] 3. 金属镀层的制备

[0042] 为方便说明金属镀层的分布情况,图3D只画出了陶瓷基片一半的宽度。首先进行灌浆工艺,将高温银钨浆填灌入导通孔8中,将基片放入马弗炉并在850℃环境中烧结1.0小时。制作特别的模具或者是掩模,并使用磁控溅射的方法可以制备出电极16、17,并制备出电极19、20,其中,电极16、17是作为工作电极使用,目的是在离子阱的内部形成四极场;电极19、20位于陶瓷基板的非工作面,是外部电压的接入点。电极19通过离子引出槽喇叭口侧面与工作电极17相连;电极20通过导通孔8内的导电银钨电极与工作电极16相连。为防止工作电极16、17短路,通常会在直线形沟槽18的底部放入阻挡层,待磁控溅射工艺完成后即去除。阻挡层的制作所遵循的原则是:阻挡层材料在400℃温度、 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ Torr环境下放气量小且不易分解;阻挡层应将直线形沟槽底部遮盖并裸露出直线形沟槽侧壁。这样,直线形沟槽侧壁至少一部分区域将会被金属镀层覆盖。这样形成的离子光学电极可以很好的将绝缘体对电场的影响降低到最低程度。磁控溅射工艺完成后,陶瓷基片的非工作面与工作面电极分布如图3E、图3F所示。使用时,图3E中电极图案20和19作为接入点将所需的外部电压与工作电极16、17相连。

[0043] 进一步,为固定基片,可在基底制备工艺中,在预埋金属棒6的同时,在基片四个角的适当位置同时预埋入较粗的金属棒形成安装孔的预埋孔即可,同时也需对其进行扩孔处理。安装孔的位置与端盖上固定螺孔的位置对应,即解决了安装的问题。

[0044] 第二实施例

[0045] 1. 基底的制备

[0046] 在本实施例中,选择玻璃,例如硼硅玻璃或磷硅玻璃作为加工的基底材料。并且,在将玻璃与硅复合来构成完整的基片。在此,玻璃作为硬度较高的材料可以为基片提供支撑。而硅片适合进行切割。在一实施例中,使用微电子机械系统(MEMS)当中成熟的静电键合工艺来制备复合的基片。

[0047] 在进行键合工艺前,需要对玻璃基底进行一些处理,主要包括将用作电极引线的金属层41、42、43制备在玻璃基底表面和侧面;由于键合深度只有几个微米,因此制备的电极厚度控制在几百纳米至1微米之间,且要求制备出的电极与玻璃基底的有较的结合力。用真空镀膜的方法制备出所需的电极图案以后,可在真空环境、200~400℃条件下保温0.5~1.0小时,使用该方法可提高金属镀层与基底的结合力。在个别情况,如果需要的工作电极比较多,则要考虑导通孔的制备和金属化。另外,玻璃22应事先制备好用作离子引出槽的喇叭形状的预埋槽26。电极引线在玻璃22上的分布如图4A和4B所示。

[0048] 首先介绍采用静电键合工艺来制备所需基底的的操作。图4C是所提到的静电键合的示意图,玻璃22和硅片23都是拥有平整表面的基片。

[0049] 静电键合工艺的具体过程说明如下:硅片23接直流电源21的正极;玻璃22接直流电源21的负极。硅片23放置在带有温度控制的加热板24上,电源电压在500~1000V,温度控制在300~500℃。此时硅片23的电阻率因本征激发而变得非常低(约 $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$),其行为与金属相似;玻璃22中的 Na^+ 在外加电场作用下,向直流电源21的负极漂移,在紧邻硅片的玻璃表面形成耗尽层,厚度约为几个微米(μm)。耗尽层带有负电荷,而硅片23带有正电荷,由于玻璃和硅之间的缝隙很小或几乎没有缝隙,二者之间形成了很大的静电引力,使二者紧密接触。当硅片和玻璃键合好时,外加电压就主要加在耗尽层,所以通过电流的变化就可以反映出键合的过程:刚加电压时,有一个较大的电流脉冲,然后电流减小,最后几乎为零,说明键合已经完成。静电键合过程中,静电引力起着非常重要的作用。另外,在比较高的温度下,紧密接触的硅-玻璃界面会发生化学反应形成牢固的化学键,如Si-O-Si键等。静电键合的硅-玻璃界面在高温-常温-高温循环,且受到与键合电压相反电压等各种情况下进行处理,能够使得所形成的化学键更加牢固。

[0050] 2. 切割工艺形成分立式的电极

[0051] 键合工艺完成以后,接下来就要进行切割工艺。由于使用了硅片作为加工材料,即可引入常用的半导体加工工艺-划片工艺来完成切割。半导体行业中的划片工艺通常目的是将整片的晶圆切割成需要的尺寸。在这里,利用这种成熟的工艺来加工出分立电极。

[0052] 图4D是划片切割工艺示意图。硅片23与玻璃22已在前一工序中被键合在一起。首先将一片表面有金刚砂镀层的划片刀25的轴线与基片的轴线对齐,此公共轴线被标记为27,这部分工作可通过操作划片机来达到。划片刀25的宽度与玻璃22上预埋槽26上底面相等。划片刀25的转速不低于每分钟20000转,同时划片刀25还须沿Z方向做直线运动,直线运动速度为6~7mm/min,硅片23的厚度与需要形成的直线形沟槽的深度相同,一般不小于

0.3mm且不大于0.6mm。采用上述的转速和直线运动速度,可用划片刀25一次性切穿硅片23,金属层43以及预埋槽26上底面的玻璃,从而加工出离子引出槽。

[0053] 由于一般情况下,直线形沟槽的宽度与离子引出槽的宽度不相等,在加工直线形沟槽时需要更换一次刀片。根据加工要求,将更换后的划片刀26置于距离轴线27合适的距离处,采用上述的转速和直线运动速度,可以一次性切穿硅片23以及金属层43,裸露出玻璃22的表面从而形成所需要的绝缘槽。同理,可以加工出相对于轴线27对称的另一条绝缘槽。这种方法克服了腐蚀工艺受到槽深和槽宽影响的缺点,可以切割出0.1~1.0mm宽度和0.3mm以上的深度,而且切割面陡直;采用正确的切割速度(例如6~7mm/min),也可以得到平滑的切割面。划片工艺所加工出的直线形沟槽,其直线度和对称度,均可以达到加工离子阱所需要的各参数标准。

[0054] 图4E示出切割加工完成的基片。

[0055] 3. 金属镀层的制备

[0056] 分立式电极区域切割完成以后,接下来就要进行在分立电极区域(包括用于分离电极区域的直线形沟槽内壁)的金属层的制备,用以增加导电性、对电极表面也会起到保护作用。金属层的制备可采用电镀的方法制备。如所属领域技术人员可理解的,在电镀之前,可先在图4E中离子引出槽26内壁进行化学镀(将其它表面用研磨遮挡),以形成一层金属镀层,便于后续的电镀。如图4F所示,将切割后的基片32与电源30的阴极相连,连同电源30的阳极33一起浸入电镀液31中,电流表34和电压表35用来监测回路中的电流和电源30的输出电压。通过控制电流和电压即可控制电镀金属的厚度。

[0057] 由于基片上的硅是半导体,有一定的导电能力;而玻璃是良好的绝缘体,因此金属只会被电镀在硅的表面,而玻璃表面将不会出现金属,这就省去了需要在直线形沟槽底部制备阻挡层的工艺。

[0058] 在优化实施例中,为了高效、高重复性地加工同一个基片上的多条直线形沟槽,比如在直线离子阱需要的高对称电极条的情况,可用一组具有高对称度的金刚划片刀25、26割穿硅片,裸露出玻璃表面,从而加工出一组用于分离电极的绝缘槽18,刀片的厚度决定了切割出的绝缘槽的宽度,刀片的对称度决定了切割出的绝缘槽的对称精度。

[0059] 需要说明的是,本实施例的键合工艺除了可以将玻璃和硅(包括碳化硅)结合在一起以外,还可将玻璃和金属、合金等材料结合在一起。通常而言,键合工艺可以将任意的具有一定导电能力、高平面度且热匹配的材料结合在一起。在键合时,选择一种硬度较高的材料作为基材,而选择硬度较低的材料作为适于切割加工的材料。

[0060] 上述各实施例制作的离子光学器件中,使用硬度高的材料配合高精度的机械加工,可以获得较高的精度以及期望的分立电极轮廓。电极平面到分离直线形沟槽的深度可大于0.3mm,且可大于直线形沟槽的宽度,即有部分或全部直线形沟槽的深宽比大于1,因此不易积累表面电荷。

[0061] 根据本发明的各实施例制备出的平面分立结构的二维光学器件除了可用作离子阱以外,还可将其做成二维离子阱阵列(ITA);在各种仪器中用作离子引导装置;在有背景气体存在的条件下,可在离子迁移质谱仪(IMS)中用作平板型的离子迁移器件;在分立的电极上施加不同的直流电压,可在反射式的飞行时间质谱仪(reflecting TOF)中用作离子光学反射镜等。

[0062] 虽然本发明已以较佳实施例揭示如上,然其并非用以限定本发明,任何本领域技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,当可作些许的修改和完善,因此本发明的保护范围当以权利要求书所界定的为准。

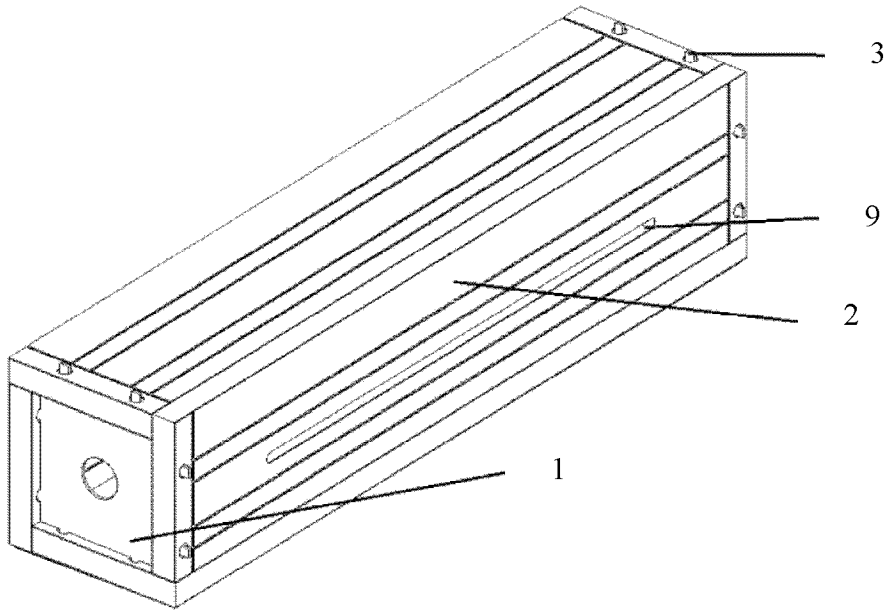


图1

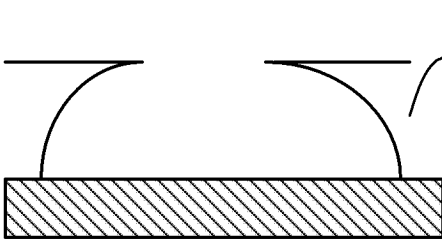


图2A

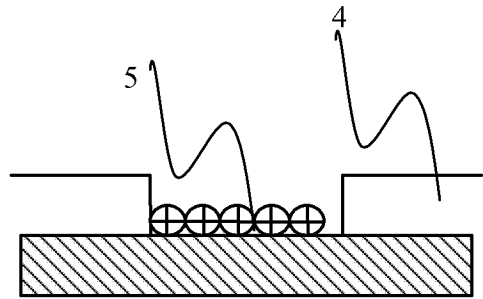


图2B

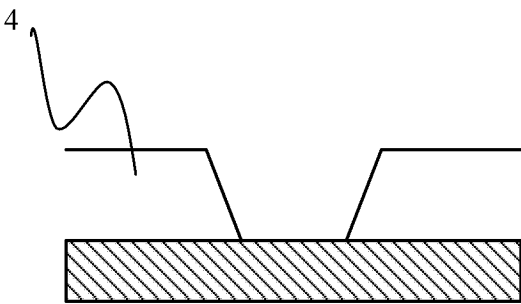


图2C

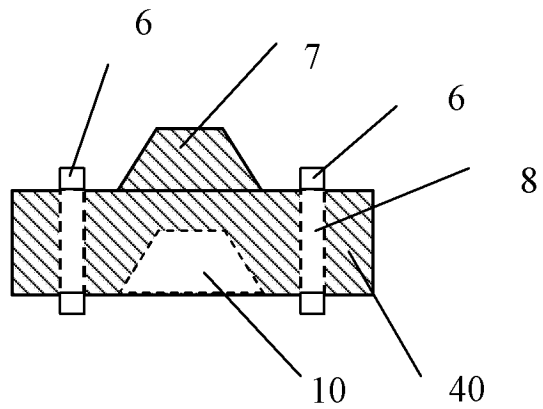


图3A

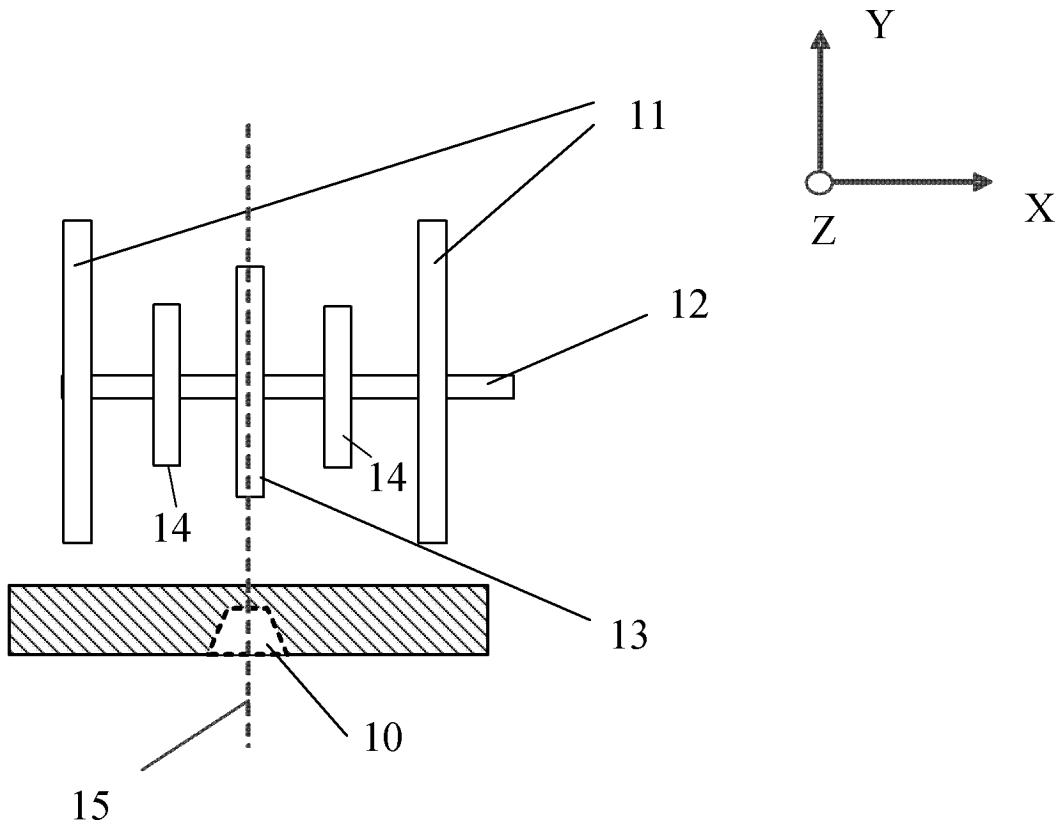


图3B

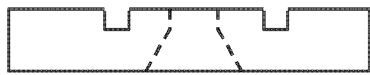


图3C

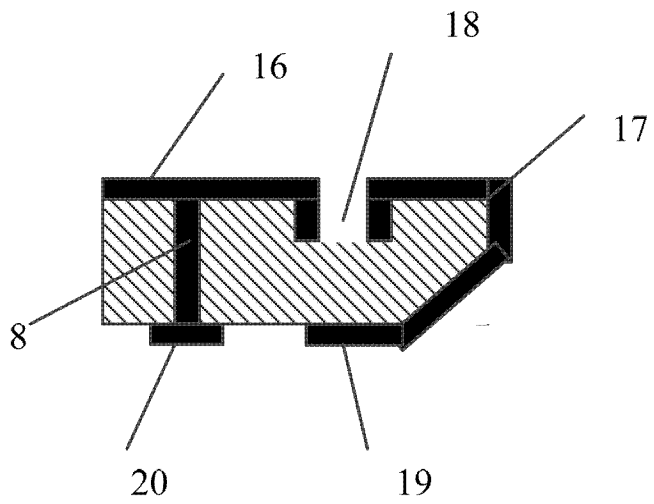


图3D

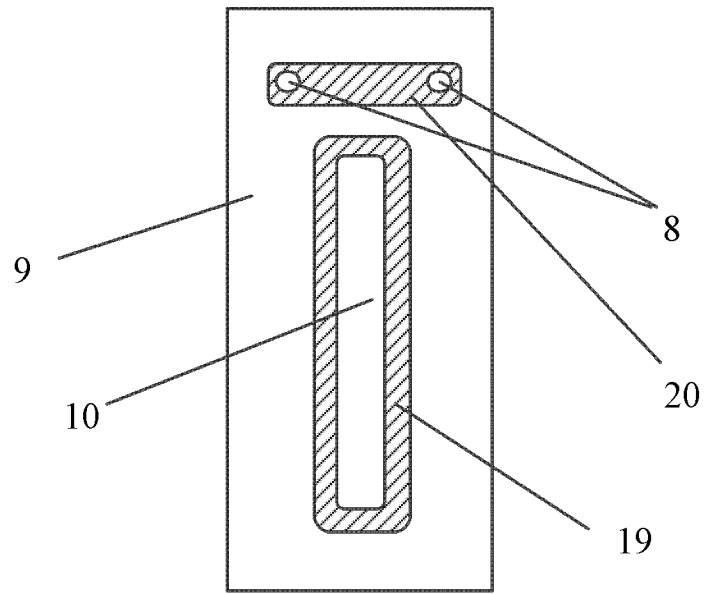


图3E

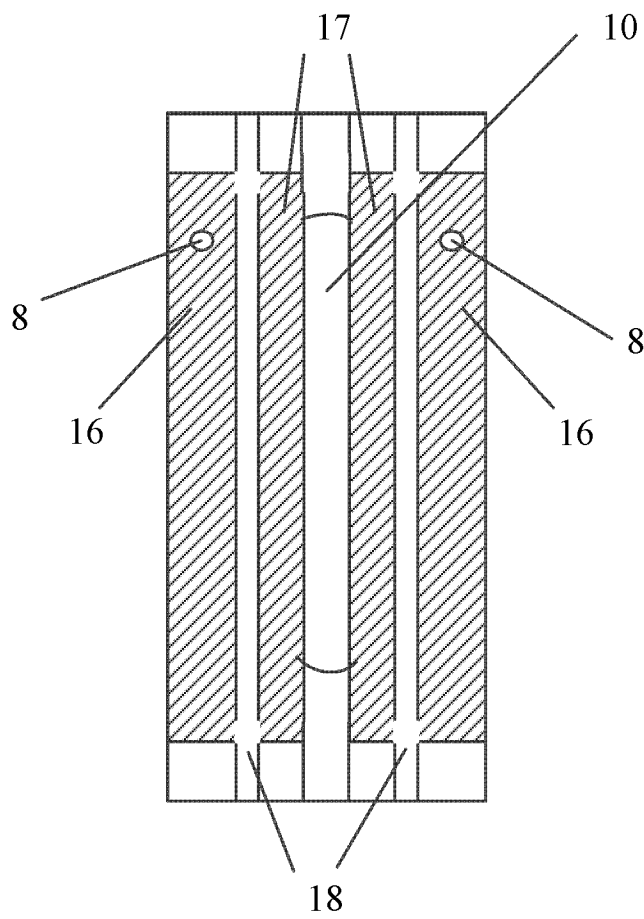


图3F

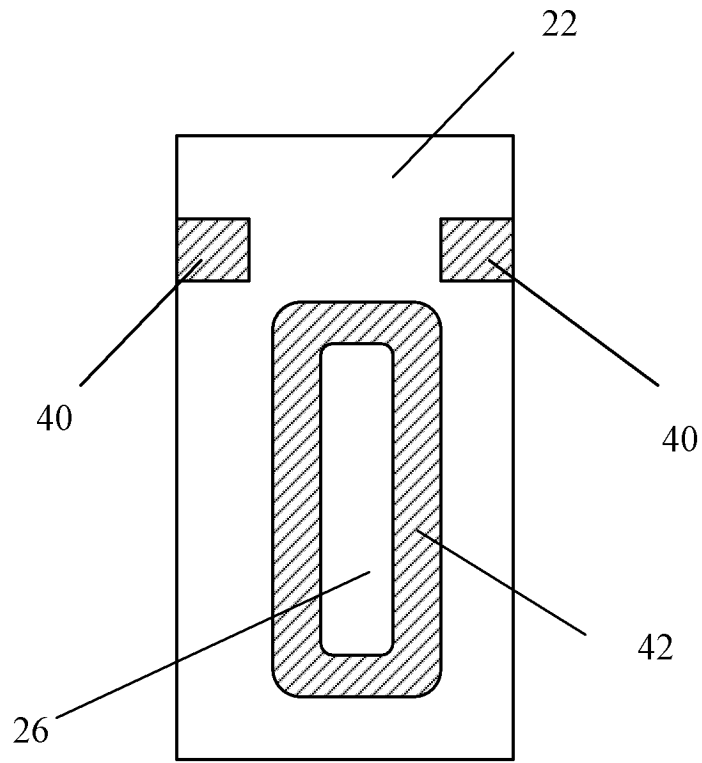


图4A

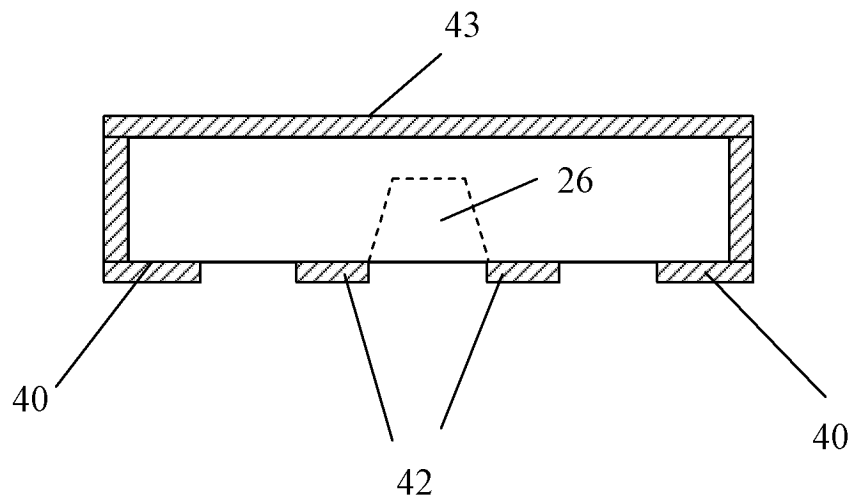


图4B

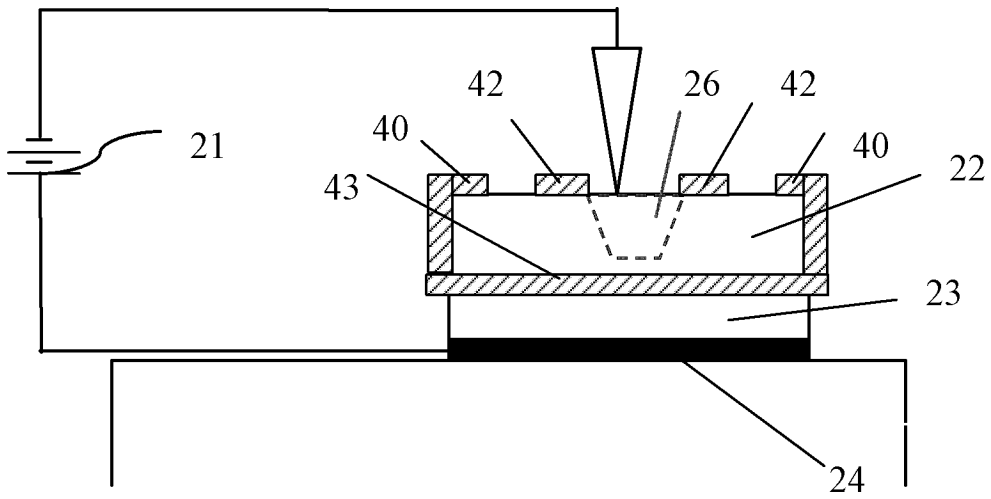


图4C

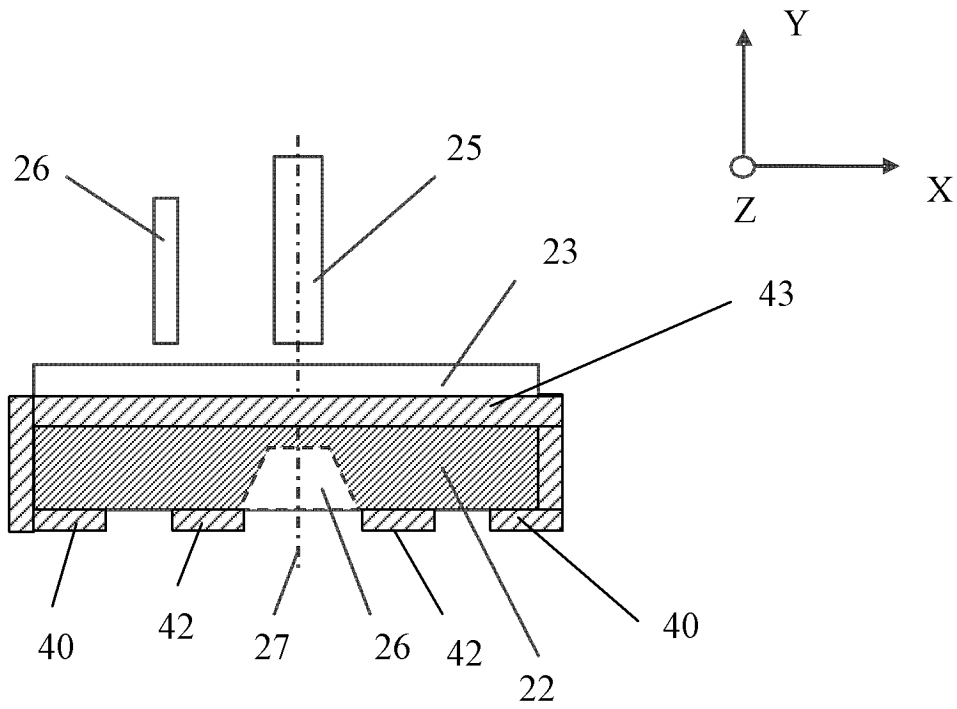


图4D

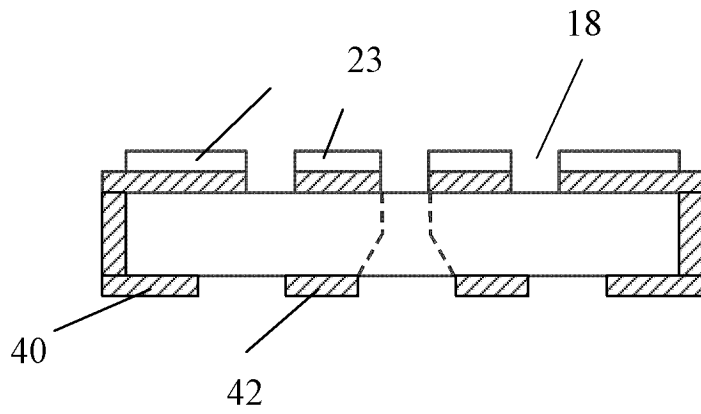


图4E

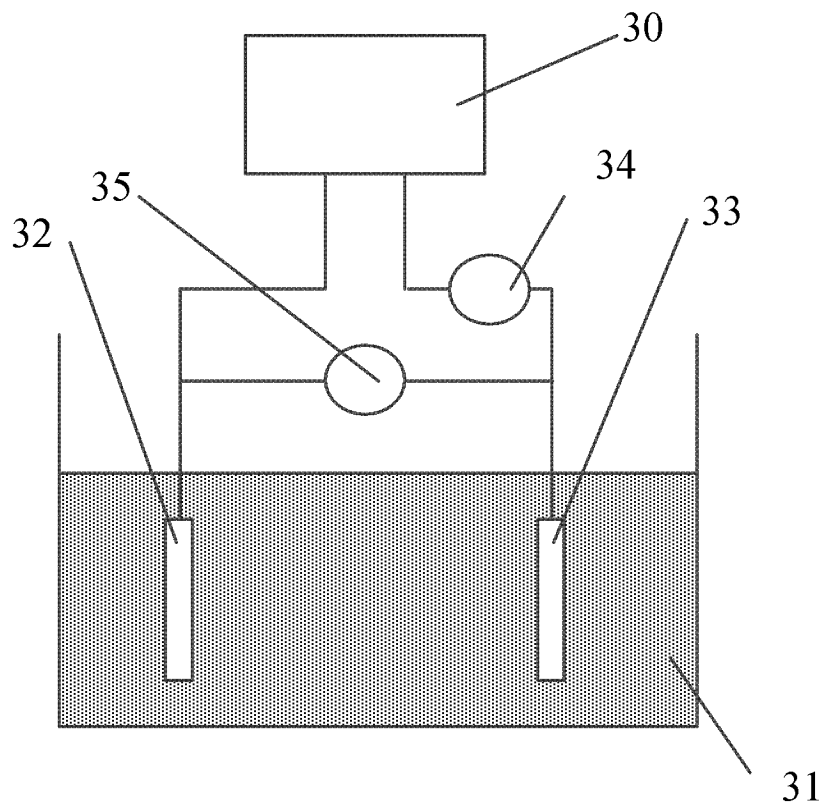


图4F

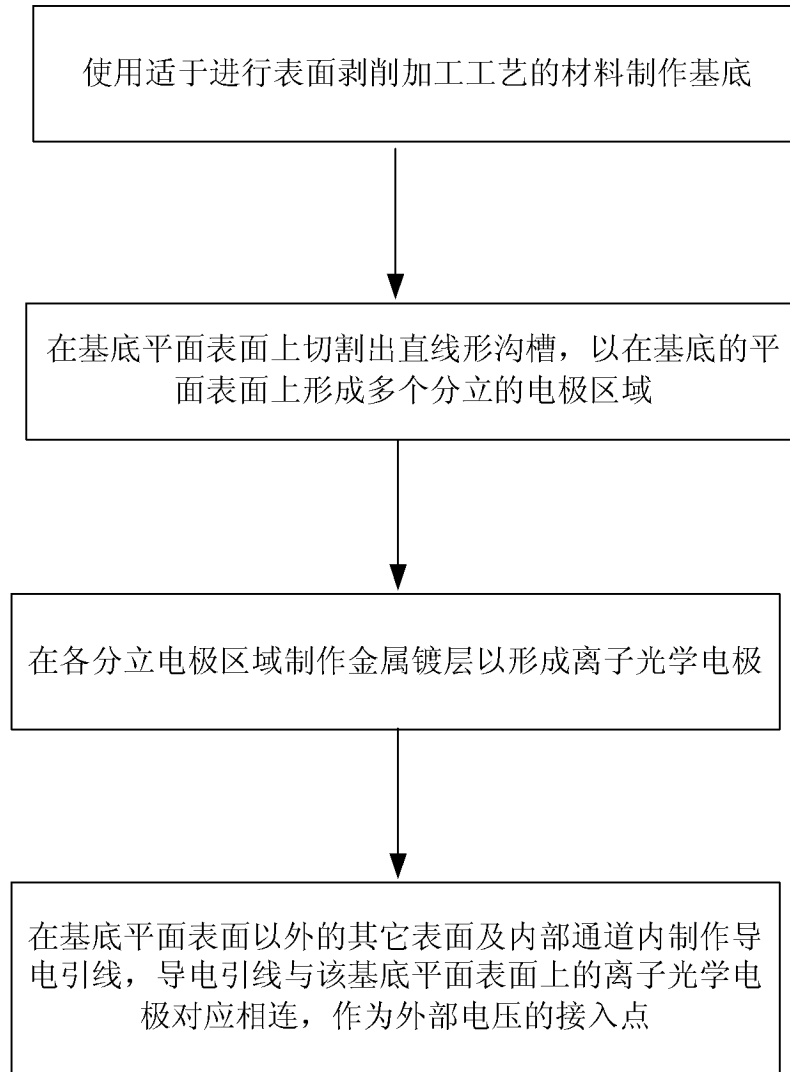


图5