

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G03F 7/00 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

G03F 9/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710044607.X

[43] 公开日 2009年2月11日

[11] 公开号 CN 101364043A

[22] 申请日 2007.8.6

[21] 申请号 200710044607.X

[71] 申请人 上海市纳米科技与产业发展促进中心
地址 200237 上海市徐汇区嘉川路 245 号 3
号楼三楼

共同申请人 中国科学院上海微系统与信息技术
研究所

[72] 发明人 刘彦伯 钮晓鸣 宋志棠 闵国全
周伟民 李小丽 刘波 张静
万永中 封松林

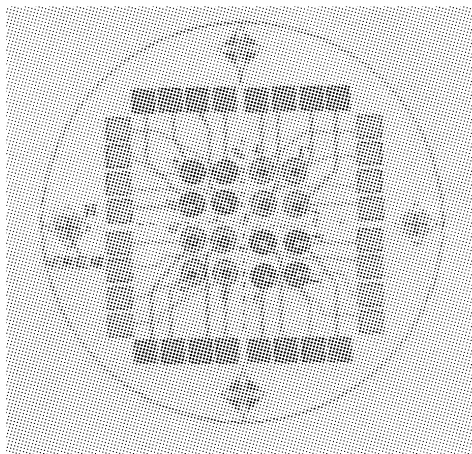
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 6 页

[54] 发明名称

一种纳米结构套刻的模板设计和实现方法

[57] 摘要

本发明涉及一种纳米结构套刻的模板设计和实现方法，属于微纳电子领域。其特征在于将不同层结构定义在同一块模板上，通过特定的改变模板与基底相对位置，重复使用来实现多层纳米结构的套刻。这种方法不需要配置精密对准系统就可实现纳米级套刻。传统的套刻技术采用精密对准和多块模板，面对纳米级线宽加工需求，定位对准系统和光刻模板的成本越来越高。即使对于纳米压印这些新型的微纳加工技术，由于技术本身尚处研发，设备本身匮乏定位能力，对准和模板同样是研发的瓶颈问题。本发明提出的方法，不仅可以节约多层纳米结构加工研发成本，提高研发效率，而且可以有效解决纳米级结构套刻难题，具有研发实用价值。



1、一种纳米结构套刻的模板设计和实现方法，其特征在于：

- (1) 对称性模板版图设计；
- (2) 调整模板与基底相对位置；
- (3) 对准套刻；
- (4) 加工下一层结构。

2、按权利要求1所述的纳米结构套刻的模板设计和实现方法，其特征在于所述对称性模板版图设计：

(1) 不同层的结构全部设计在一块模板版图上，模板表面图形单元（一个（或一组）圆、或直线、或曲线或折线或上述圆、线的任意组合）几何中心（或图形单元上某一点、或图形单元周围某一点）处于XY直角坐标系中的坐标轴上，每个中心点（或图形单元上某一点、或图形单元周围某一点）在另一个坐标轴上都至少有一个与它等截距的中心点（或图形单元上某一点、或图形单元周围某一点）对应，互为镜像点；或模板表面图形单元几何中心（或图形单元上某一点、或图形单元周围某一点）处于XY直角坐标系中的任意一个象限内，每个几何中心（或图形单元上某一点、或图形单元周围某一点）在其他象限中至少有一个中心点（或图形单元上某一点、或图形单元周围某一点）和它沿相应坐标轴对称分布，互为镜像点。模板表面图形单元（一个（或一组）圆、或直线、或曲线或折线或上述圆、线的任意组合）中线条宽度、间距的特征尺寸在 $1\text{nm}\sim 500\mu\text{m}$ 之间。线条深度或高度为 $5\text{nm}\sim 50\mu\text{m}$ 。

(2) 不同层的对准标记全部设计在同一模板表面，对准标记的分布遵循上述(1)规则，即上述图形单元中至少有一组镜像点对应的图案是作为对准标记的，对准标记外形是规则的几何形状，每组对准标记中的标记外形可以相同也可以不相同，但一定要有对应的一组（两条或两条以上）或两组及两组以上线段作为识别区域。作为识别区域的线段长度在 $10\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ 之间，对准后识别区域相邻两条线段间距为 $0\sim 5\mu\text{m}$ 之间。对准标记图形线宽、间距的特征尺寸在 $1\text{nm}\sim 500\mu\text{m}$ 之间，线条深度或高度为 $20\text{nm}\sim 50\mu\text{m}$ 。

3、按权利要求1所述的纳米结构套刻的模板设计和实现方法，其特征在于所述调整模板与基底相对位置，以基底和模板上一次光刻相对位置为基准，通过重置或旋转模板、或基底、或同时旋转模板和基底一定角度，使模板和基底相对位置与上一次光刻相对位置相比产生特定的水平方向的角位移。

4、按权利要求1所述的纳米结构套刻的模板设计和实现方法，其特征在于所述对准套刻，根据需要寻找在基底上一次光刻留下的对准标记和该标记在模板上的镜像点对准标记，微动调节模板和基底相对位置，直到对准标记上识别区域对应的线段组相对位置到达设定位置，满足套刻精度要求后曝光套刻。

5、按权利要求1所述的纳米结构套刻的模板设计和实现方法，其特征在于利用同一块模板加工下一层结构，根据需要，一块模板可以重复使用，通过多次套刻加工不同的结构层。

一种纳米结构套刻的模板设计和实现方法

技术领域

本发明涉及一种纳米结构套刻的模板设计和实现方法，属于微电子学领域。

技术背景

随着集成电路制造业的迅猛发展，光刻技术不断提高，芯片的特征尺寸也越来越小，集成电路的多层结构加工，都采用套刻技术，传统的套刻技术是通过采用多块不同的模板来实现多层结构器件加工。微电子技术的制造工艺已经到了 90nm，在器件加工工艺中需要多次套刻曝光来实现多层图形结构，多次套刻需要多块模板，而纳米级模板的加工技术要求很高，而且制备周期很长，导致纳米级模板成本很高，价格昂贵，模板费用已经成为传统光刻加工的一项主要的生产成本；面对特征线宽越来越小的微纳结构加工需求，套刻需要的精密定位对准系统成本越来越高，大部分科研机构根本无力承受。特别是对于像纳米压印技术这些新型的微纳加工技术来说，由于技术本身尚处于实验室研发阶段，设备本身就匮乏精密的对准性能。不论是工艺研究还是器件开发都既需要大量的精密模板，又迫切需要解决纳米级结构加工的套刻问题，在紫外纳米压印工艺中，一块 300nm 特征尺寸，1cm² 图形区域的石英模板加工费用要超过 50 万元人民币，加工周期要 2 个月以上。因此，特征线宽越来越小的微纳结构加工，不仅对光刻模板要求越来越高，使得高精密光刻模板的成本越来越高；而且对套刻需要的高精密定位对准系统性能要求也越来越高，导致研发成本剧增。纳米级模板加工制造和纳米级结构套刻是开展实验研究和产业化开发面临的瓶颈问题。本发明提出的方法，不仅可以节约多层纳米结构加工研发成本，提高研发效率，而且可以有效解决纳米级结构对准难题，具有研发实用价值。

发明内容

本发明目的在于提出一种纳米结构套刻的模板设计和实现方法，以此来降低研发成本，提高研发效率。

本发明的实现方法是：首先根据器件结构需要进行对称性模板版图设计；在完成一次光刻后，调整模板与基底相对位置；接着用上次光刻留在基底上的对准标记和这个对准标记在模板上的镜像点对准标记再次对准套刻；重复使用同一块模板加工不同结构层。

本发明的具体制备过程是：

(1) 对称性模板图案设计：根据微电子器件结构需要，设计对称性模板图案，将不同层结构都设计在同一块模板版图上，模板表面图形单元（一个（或一组）或圆、或直线、或曲线或折线或上述圆、线的任意组合）几何中心（或图形单元上某一点、或图形单元周围某一点）处于 XY 直角坐标系中的坐标轴上，每个中心点（或图形单元上某一点、或图形单元周围某一点）在另一个坐标轴上都至少有一个与它等截距的中心点（或图形单元上某一点、或图形单元周围某一点）对应，互为镜像点；或模板表面图形单元几何中心（或图形单元上某一点、或图形单元周围某一点）处于 XY 直角坐标系中的任意一个象限内，每个几何中心（或图形单元上某一点、或图形单元周围某一点）在其他象限中至少有一个中心点（或图形单元上某一点、或图形单元周围某一点）和它沿相应坐标轴对称分布，互为镜像点。上述图形单元线条宽度、间距的特征尺寸在 1nm~500 μm 之间，线条深度或高度为 5nm~50 μm。

(2) 设计对准标记，将不同层对准标记设置在同一模板表面，对准标记的分布遵循上述（1）规则，即上述图形单元中至少有一组镜像点对应的图案是作为对准标记的，对准标记外形是规则的几何形状，标记的大小和外形根据套刻精度需要而定，对准标记图形线宽或间距的特征尺寸在 1nm~500 μm 之间。每组对准标记中的标记外形可以相同也可以不相同，但一定要有对应的一组（两条或两条以上）或两组及两组以上线段作为识别区域。作为识别区域的线段长度在 10 μm~500 μm 之间，识别区域相邻两条线段间距为 0~5 μm 之间。线条深度或高度为 20nm~50 μm。

(3) 调整模板与基底相对位置，以基底和模板上一次光刻相对位置为基准，根据需要通过重置或旋转模板、或基底、或同时旋转模板和基底一特定角度，使模板和基底相对位置与上一次光刻相对位置相比在水平方向产生一个特定的角位移，以便于下一层结构加工。

(4) 对准套刻，根据需要寻找在基底上一次光刻留下的对准标记和该标记在模板上的镜像点对准标记，微动调节模板和基底相对位置，直到对准标记上识别区域内对应的线段组相对位置到达设定位置，即识别区域相邻两条线段间距为 0~5 μm 之间。满足套刻精度要求后，曝光套刻。

(5) 根据多层结构器件需要, 模板可以反复使用, 进行下一层的套刻加工。

本发明提出的光刻用模板图形结构设计简单、易于加工, 在微纳制造领域中的大面积阵列结构加工研究开发中有很好的应用前景。

附图说明

图 1 对称性模板表面版图示意图

图中: A、B、C、D 是图形单元; a、b、c、d 是对应的镜像点

E、F、G、H 是对准标记单元; e、f、g、h 是对准标记对应的镜像

I 是基底材料; J 是介质材料; K 是阵列结构的第一层;

L 是阵列结构的第二层; M 是阵列结构的第三层。

图 2 上一次模板和基底对准后的侧面示意图

图 3 下一次模板重置后的表面示意图

图 4 下一次模板和基底对准后的侧面示意图

图 5 模板复用一次后在基底上得到的光刻图形示意图

图 6 第三次模板和基底对准后的侧面示意图

图 7 模板复用二次后在基底上得到的光刻图形示意图

图 8 9×9 三层阵列结构截面示意图

图 9 对称性模板表面版图示意图

图中: 1、2、3、4、5、6、7、8 分别表示直径为 15nm、35nm、55nm、75nm、95nm、155nm、215nm、275nm 的圆或圆柱体; 1'、2'、3'、4'、5'、6'、7'、8' 均表示直径为 1 微米的圆或圆柱体, 上述两组数据圆心互为对应的镜像点。E、F、G、H 是对准标记单元; e、f、g、h 是对准标记对应的镜像



图 10 加工第一层时模板和基底对准后的侧面示意图

图 11 下一次模板重置后的表面示意图

图 12 下一次模板和基底对准后的侧面示意图

图 13 加工第二层后在基底上得到的光刻图形示意图

图 14 第三次模板和基底对准后的侧面示意图

图 15 模板复用二次后在基底上得到的光刻图形示意图

图 16 三层阵列结构截面示意图。

具体实施方式

下面通过具体实施例进一步阐明本发明的实质性特点和显著的进步。但决非限制本发明, 本发明也决非仅局限于实施例。

实施例一:

在基底上制备 4 组 500nm 线宽、100nm 线高的 9×9 三层阵列结构。层内每组线段长度为 40 μm, 中间 7 条线段间距为 2 μm, 两边的线段间距为 5 μm, 相邻层线条相互垂直接触, 每条线段都有一个引出的电极点, 阵列单元接触面积为 500nm×500nm。对准精度控制在 500nm 之内。

按本发明提供的方法, 具体步骤是:

(1) 对称性模板版图设计: 根据器件结构需要, 设计对称性模板版图, 模板表面设计 4 组图形单元, 每个单元由 9 条线段组成, 每组线段线宽 500nm, 线槽深 100nm, 长度为 40 μm, 中间 7 条线段间距为 2 μm, 两边的线段间距为 5 μm。取每组中的中间 (第五条) 一条线段的中点作为几何中心, 令四个几何中心分别处于 XY 直角坐标系中 (-200 μm, 0)、(0, 200 μm)、(200 μm, 0)、(0, -200 μm) 四个点位置

上, 四组线段都沿平行于 X 轴方向排列 (图 1)。

(2) 设计对准标记, 对准标记设置在同一模板表面, 对准标记图形单元如图 1 种 E、F、G、H, E、G 中三角形的边长都为 $50\mu\text{m}$, 相邻两个三角形边之间间距为 $25\mu\text{m}$, F、H 中十字形由两个长 $100\mu\text{m}$, 宽 $24\mu\text{m}$ 的长方形垂直相交而成, 对准标记的几何中心分别为 $(-900\mu\text{m}, 0)$ 、 $(0, 900\mu\text{m})$ 、 $(900\mu\text{m}, 0)$ 、 $(0, -900\mu\text{m})$ (图 1), 这样识别区域线段间距在 500nm , 可保证 500nm 的对准精度。

(3) 按照上述 (1)、(2) 版图设计信息设计并加工紫外纳米压印模板, 模板材料是石英玻璃大小 1 英寸, 厚度 1mm , 模板表面为凹槽结构。按照纳米压印工艺进行第一层压印加工, 如图 2 所示。

(4) 调整模板与基底相对位置, 以基底和模板上一次光刻相对位置为基准, 将模板顺时针方向旋转 90° , 使模板和基底相对位置与上一次光刻相对位置相比在水平方向产生一个 90° 的角位移 (图 3)。

(5) 对准套刻, 寻找在基底上上一次光刻获得的对准标记 E 和模板上的对准标记 H, 微动调节模板和基底相对位置, 直到 E 和 H 的中心重合 (图 4), 同理寻找和调节基底上的 F、G、H 和模板上对应的 E、F、G, 直到对准标记上识别区域内对应的线段组相对位置到达设定位置, 即各识别区域相邻两条线段间距相等, 相邻线段清晰可见时, 说明间距误差小雨 500nm , 满足套刻精度要求, 完成下一次套刻曝光, 获得 9×9 双层阵列结构, 加工后的基底表面示意图如图 5。

(6) 同理, 参照上述第 (4)、(5) 步操作, 完成第三层加工。重复第 (4) 操作后结果示意图如图 6 所示, 重复第 (5) 操作后结果示意图如图 7 所示。

本发明提出的光刻用模板设计和套刻方法设计简单、易于加工, 而且可以有效保证阵列结构加工的一致性, 在微纳制造领域中的大面积阵列结构加工中有很好的应用前景。

实施例二:

实验研究相变材料和电极点接触面积变化对相变存储器电学性能的影响关系。

根据要求, 需分别设计制造直径为 15nm 、 35nm 、 55nm 、 75nm 、 95nm 、 155nm 、 215nm 、 275nm 的相变材料单元和电极点。

按本发明提供的方法, 本项实验可以非常简便地实现。具体步骤是:

(1) 对称性模板版图设计: 根据需要, 设计对称性模板版图, 模板表面设计 4 组图形单元, 每个单元由 4 个带引出电极的圆孔组成, 引出电极的直径为 10 微米, 第一、三象限的圆孔直径都为 1 微米, 第二象限的圆孔直径分别为 15nm 、 35nm 、 55nm 、 75nm , 第四象限的圆孔直径分别为 95nm 、 155nm 、 215nm 、 275nm 。所有圆孔和引出电极及相应引线深均为 200nm , 取上述 16 个圆的中心作为几何中心, 令几何中心分别处于 XY 直角坐标系中 $(5\mu\text{m}, 5\mu\text{m})$ 、 $(5\mu\text{m}, 2\mu\text{m})$ 、 $(2\mu\text{m}, 2\mu\text{m})$ 、 $(2\mu\text{m}, 5\mu\text{m})$, $(-5\mu\text{m}, 5\mu\text{m})$ 、 $(-2\mu\text{m}, 5\mu\text{m})$ 、 $(-2\mu\text{m}, 2\mu\text{m})$ 、 $(-5\mu\text{m}, 2\mu\text{m})$, $(-5\mu\text{m}, -5\mu\text{m})$ 、 $(-5\mu\text{m}, -2\mu\text{m})$ 、 $(-2\mu\text{m}, -2\mu\text{m})$ 、 $(-2\mu\text{m}, -5\mu\text{m})$, $(5\mu\text{m}, -5\mu\text{m})$ 、 $(2\mu\text{m}, -5\mu\text{m})$ 、 $(2\mu\text{m}, -2\mu\text{m})$ 、 $(5\mu\text{m}, -2\mu\text{m})$; 每个象限的引出电极均按一字形排列, 第一象限对应的中心位置分别是 $(100\mu\text{m}, 10\mu\text{m})$ 、 $(100\mu\text{m}, 30\mu\text{m})$ 、 $(100\mu\text{m}, 50\mu\text{m})$ 、 $(100\mu\text{m}, 70\mu\text{m})$, 其余象限依此类推, 版图结构示意图见图 9。

(2) 设计对准标记, 对准标记设计同实施例一 (2), 见图 9。

(3) 按照上述 (1)、(2) 版图设计信息设计并加工紫外纳米压印模板, 模板材料是石英玻璃大小 1 英寸, 厚度 1mm , 模板表面为凹槽结构。按照纳米压印工艺进行第一层压印加工, 如图 10 所示。

(4) 调整模板与基底相对位置, 以基底和模板上一次光刻相对位置为基准, 将模板顺时针方向旋转 90° , 使模板和基底相对位置与上一次光刻相对位置相比在水平方向产生一个 90° 的角位移 (图 11)。

(5) 对准套刻, 寻找在基底上上一次光刻获得的对准标记 E 和模板上的对准标记 H, 微动调节模板和基底相对位置, 直到 E 和 H 的中心重合 (图 12), 同理寻找和调节基底上的 F、G、H 和模板上对应的 E、F、G, 直到对准标记上识别区域内对应的线段组相对位置到达设定位置, 即各识别区域相邻两条线段间距相等, 相邻线段清晰可见时, 说明间距误差小雨 500nm , 满足套刻精度要求, 完成下一次套刻曝光, 加工后的基底表面如图 13 示。

(6) 同理, 参照上述第 (4)、(5) 步操作, 完成第三层加工。重复第 (4) 操作后结果如图 14 所示, 重复第 (5) 操作后, 完成相应工艺, 所得结果俯视图示意图如图 15, 截面示意图如图 16 所示。

上述实施例将有助于理解本发明, 但并不限制本发明的内容。

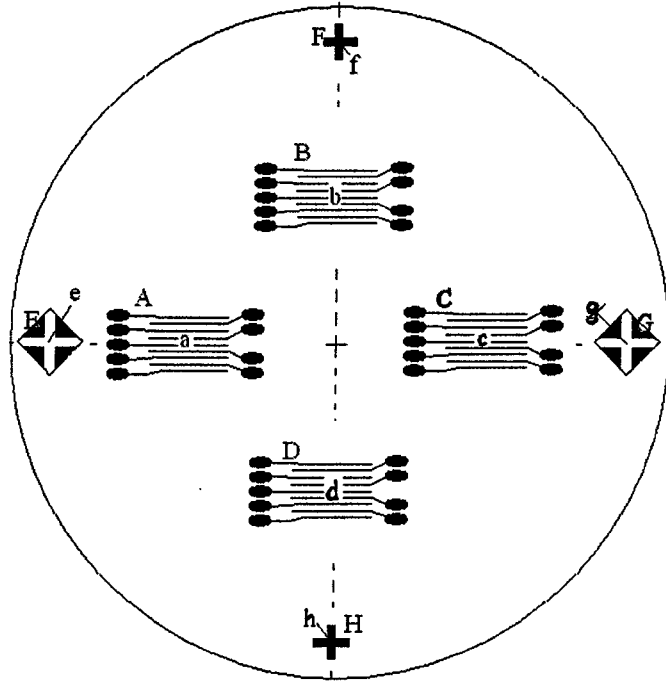


图 1
模板

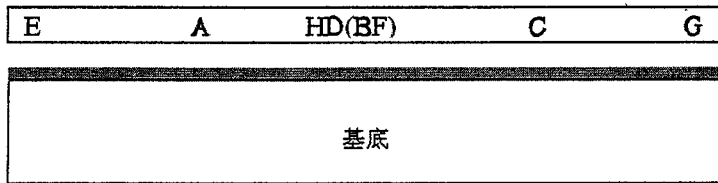


图 2

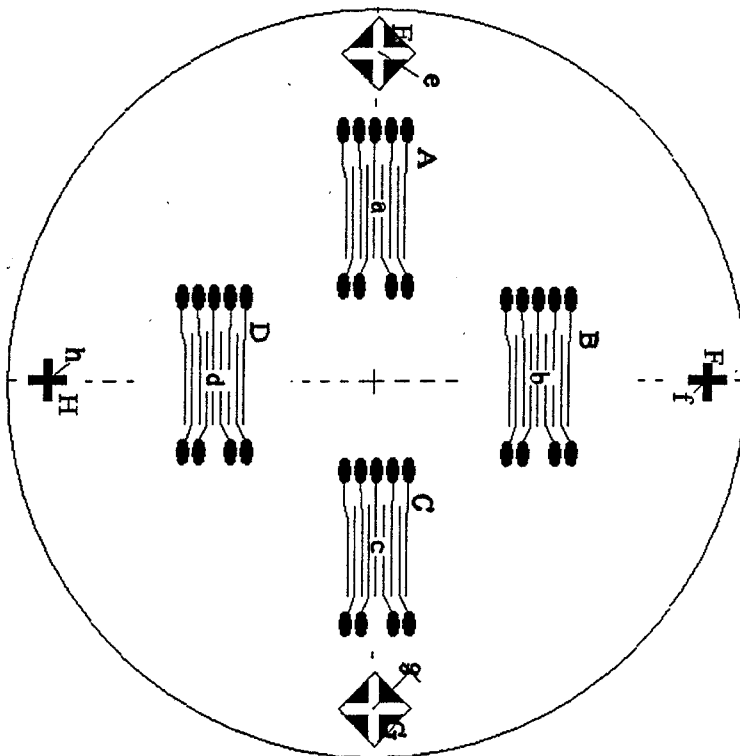


图 3

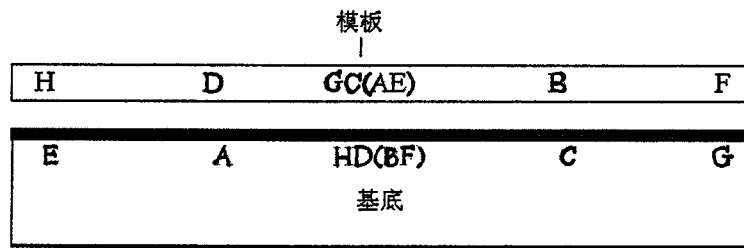


图 4

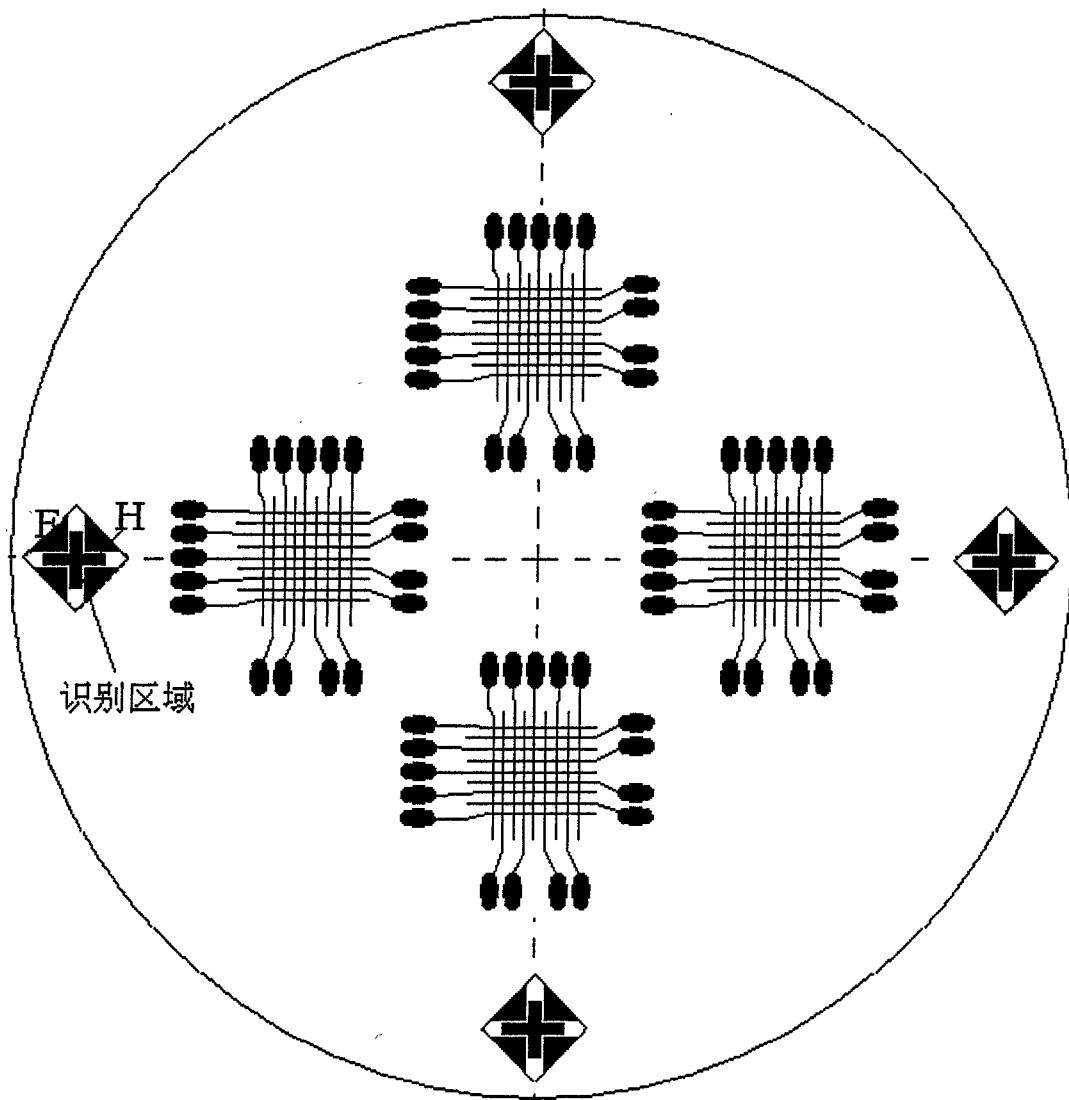


图 5

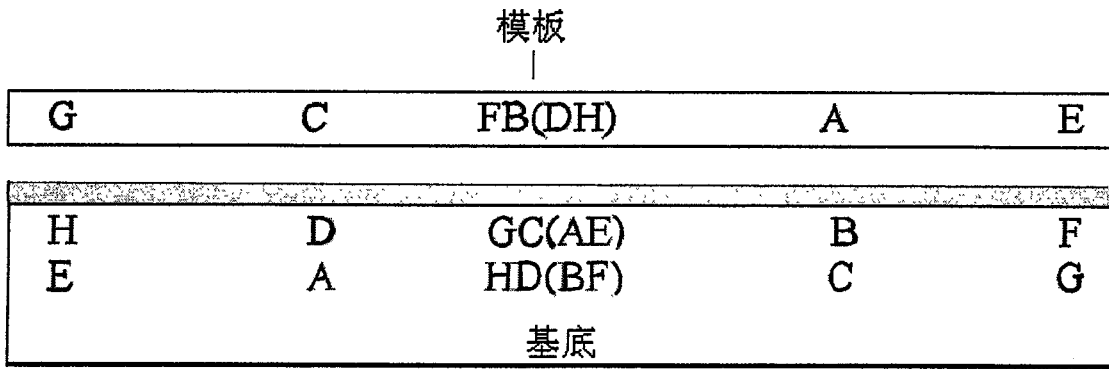


图 6

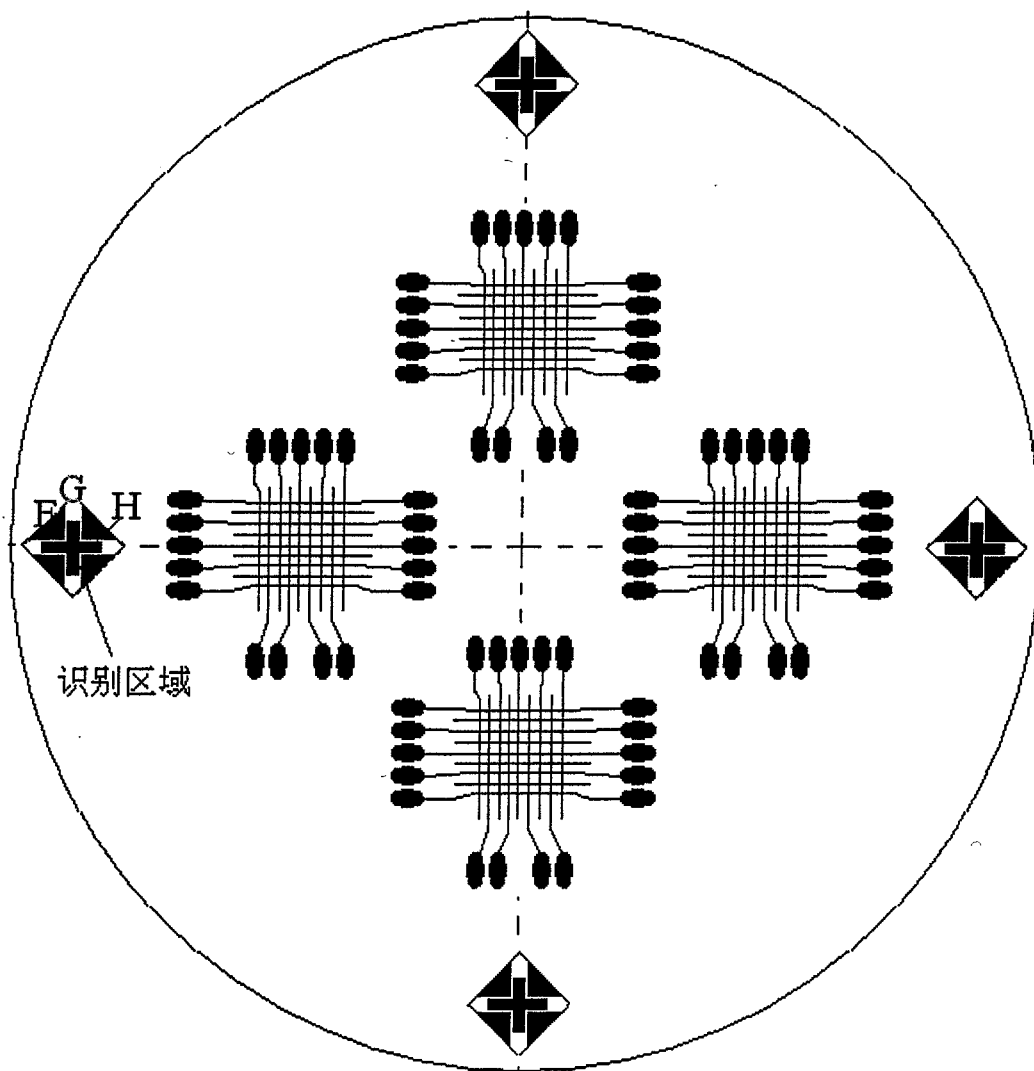


图 7



图 8

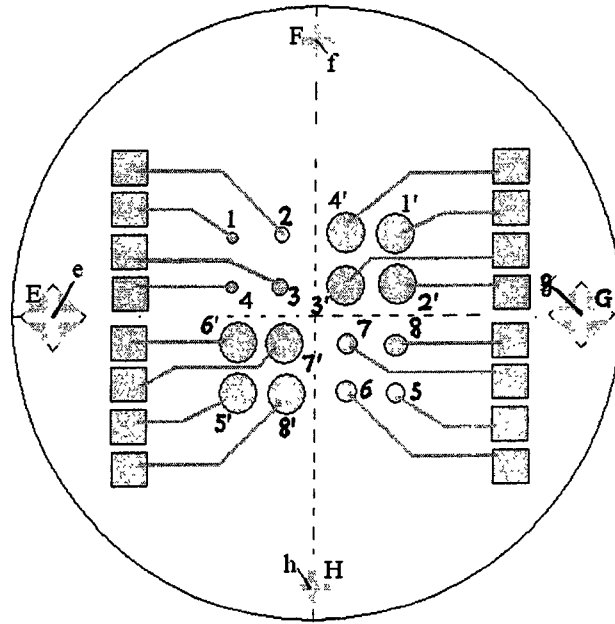


图 9

模板

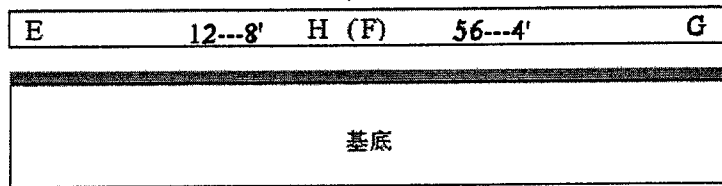


图 10

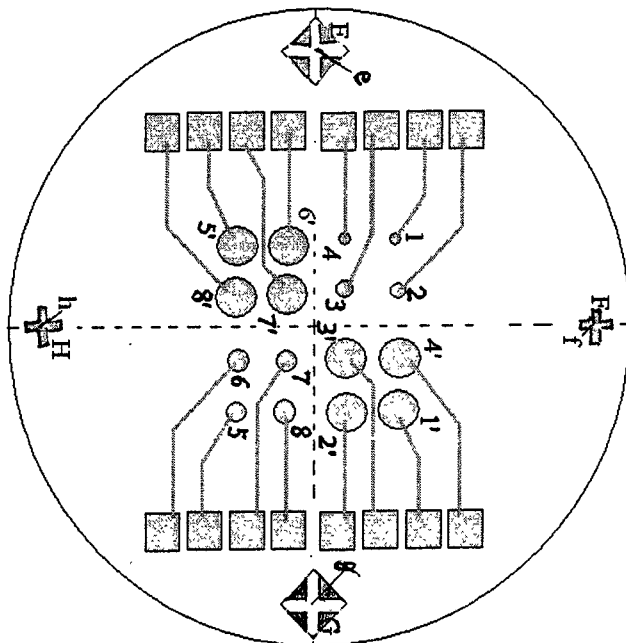


图 11

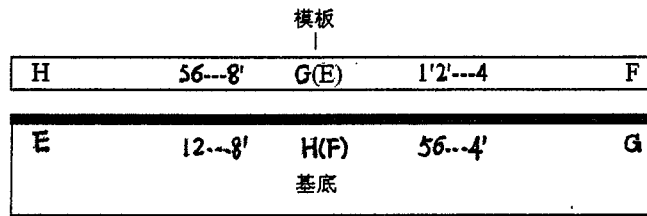


图 12

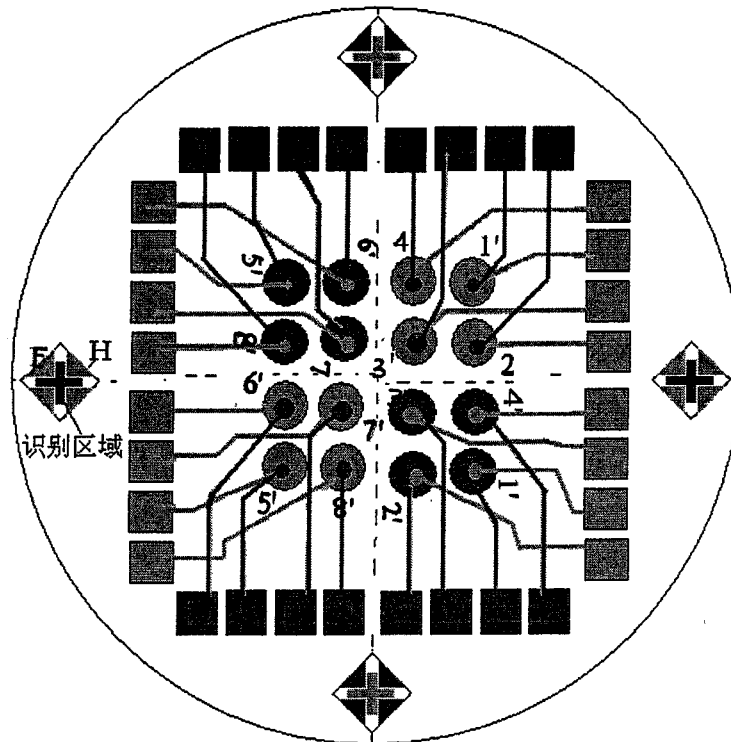


图 13

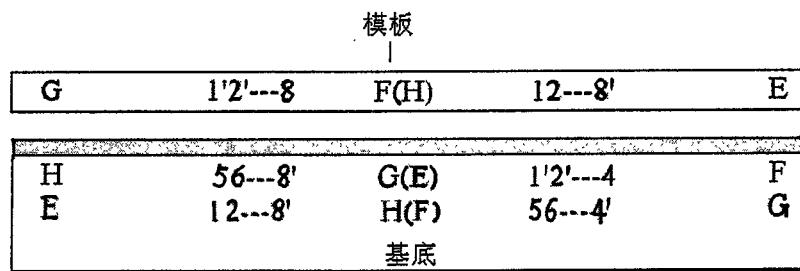


图 14

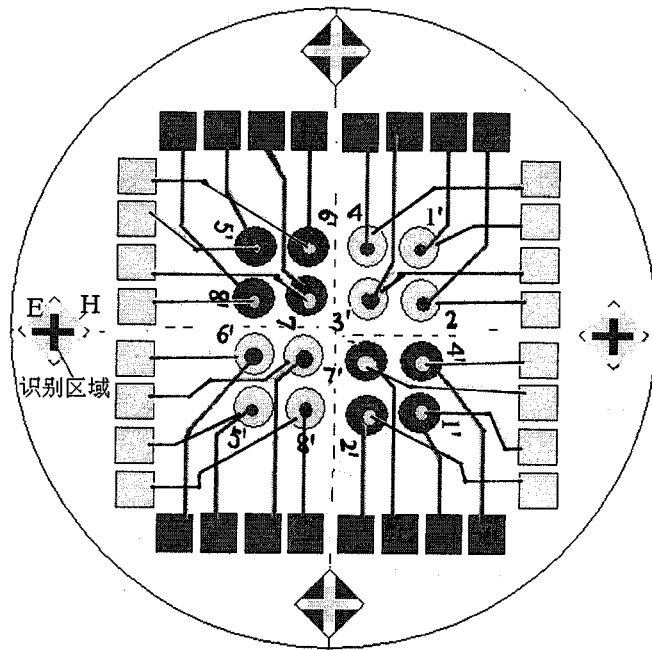


图 15

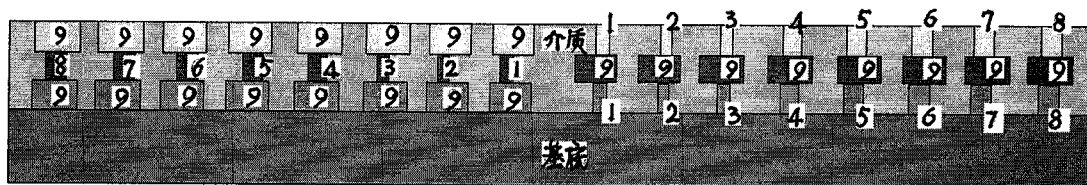


图 16