

多台阶器件结构深层表面光刻工艺优化*

孙丽媛 高志远[†] 邹德恕 张露 马莉 田亮 沈光地

(北京工业大学, 光电子技术省部共建教育部重点实验室, 北京 100124)

(2011 年 12 月 28 日收到; 2012 年 4 月 19 日收到修改稿)

针对多台阶器件结构深层表面光刻工艺中存在的问题, 对不同台阶高度分别测量了台阶表面及台阶底部沉积的光刻胶厚度, 并对台阶高度与光刻胶厚度的关系进行数值描述与分析. 基于 Beer 定律对薄光刻胶光吸收系数的描述, 分析了通过实验得到的不同曝光时间下光刻胶的光强透过率曲线, 解释了随着曝光时间的增加光刻胶光强透过率发生变化的原因, 同时认为光刻胶光吸收系数与光刻胶厚度密切相关. 在此基础上, 确定了台阶底部堆积光刻胶完全曝光所需时间. 优化平面光刻工艺, 在不同台阶高度的深台阶表面及底部同时制作出窄线条的高质量图形.

关键词: 多台阶, 光刻工艺

PACS: 68.08.-p, 68.37.Hk, 68.47.Fg

1 引言

在许多微电子、光电子器件的制备过程中, 往往需要多步光刻及多次刻蚀才能达到所需的多台阶器件结构的工艺要求, 比如多台面型栅结构的高电子迁移率晶体管 (HEMT) 器件的制备、多台面的金属爬坡工艺等. 具有多台阶结构的深层表面光刻工艺是基于平面光刻技术在深台阶底部制作图形的工艺, 是制备具有多层台阶结构的小型化、集成化的微电子及光电子器件的重要工艺步骤之一^[1].

在器件的制备工艺过程中, 具有多台阶结构的深层表面光刻工艺存在许多问题, 主要包含以下几种: 1) 台阶底部堆积光刻胶, 在具有多台阶结构的表面涂覆光刻胶时, 由于受到台阶的阻挡作用, 台阶底部的的光刻胶厚度大于台阶表面的光刻胶厚度; 2) 曝光误差, 在台阶底部制作图形时, 曝光聚焦失准和边缘衍射效应会导致图形的线条尺寸发生偏差且线条质量下降, 尤其在制作窄线条图形时, 台阶底部易曝光不足^[2]; 3) 台阶表面及底部难以同时得到高质量图形, 相对于台阶表面, 台阶底部堆

积了大量的光刻胶, 因此, 为了在台阶底部制作出质量较好的图形, 光刻台阶底部图形时需要更长的曝光时间和显影时间, 与此同时, 同一光线强度下台阶表面及台阶底部的曝光效果存在显著差异, 增加曝光、显影时间会导致台阶表面光刻胶过度曝光及显影, 损伤光刻胶并影响表面图形的完整性, 增加了同时在台阶表面及台阶底部制作图形的难度^[3]; 4) 金属爬坡工艺较难实现, 由于深台阶侧壁及底部难做出高质量图形, 会造成金属腐蚀不充分进而使得侧壁无法绝缘, 增加了金属爬坡工艺的困难.

针对上述问题, 我们通过实验得到了在同一工艺条件下台阶高度与台阶表面、台阶底部堆积光刻胶厚度数值, 并在实验的基础上求解一阶偏微分方程, 得到了光刻胶沉积厚度与初始状态表面轮廓函数、沉积速度之间的关系, 解释了台阶表面与台阶底部光刻胶厚度不同的现象. 同时, 在 Beer 定律有关薄光刻胶光吸收系数 α 的描述的基础上, 分析光刻胶透射率随曝光时间变化关系, 并通过光刻胶透射率与曝光时间的曲线求出特定厚度光刻胶的完全曝光时间. 在此结果的基础上, 优化普通平面光刻工艺并最终在深台阶表面及底部同时制作出

* 北京工业大学博士科研启动基金 (批准号: X0002013201101) 和北京工业大学研究生科技基金 (批准号: ykj-2011-6208) 资助的课题.

[†] E-mail: junegao07@hotmail.com

窄线条图形.

2 实验与方法

本实验的目的是研究在相同的旋转涂胶条件下不同台阶高度时台阶表面及台阶底部光刻胶厚度的差异. 实验样品采用 GaAs 晶圆片, 使用接触式光刻机 MV-6 制作线宽大于 $1\ \mu\text{m}$ 的图形, 并利用

电感耦合等离子体 (ICP) 干法刻蚀技术刻蚀不同高度的台阶, 刻蚀速度为 $7800\text{--}8400\ \text{\AA}/\text{min}$. 光刻过程中使用的光刻胶型号均为 S9912. 实验的主要内容为: 在制作出的线宽为 $6\ \mu\text{m}$ 第一个台阶的基础上, 在台阶底部制作线宽为 $4\ \mu\text{m}$ 的图形并刻蚀第二个台阶, 然后在具有两个台阶的台阶底部制作线宽为 $2\ \mu\text{m}$ 的图形并刻蚀第三个台阶. 具体实验方法如图 1 所示.

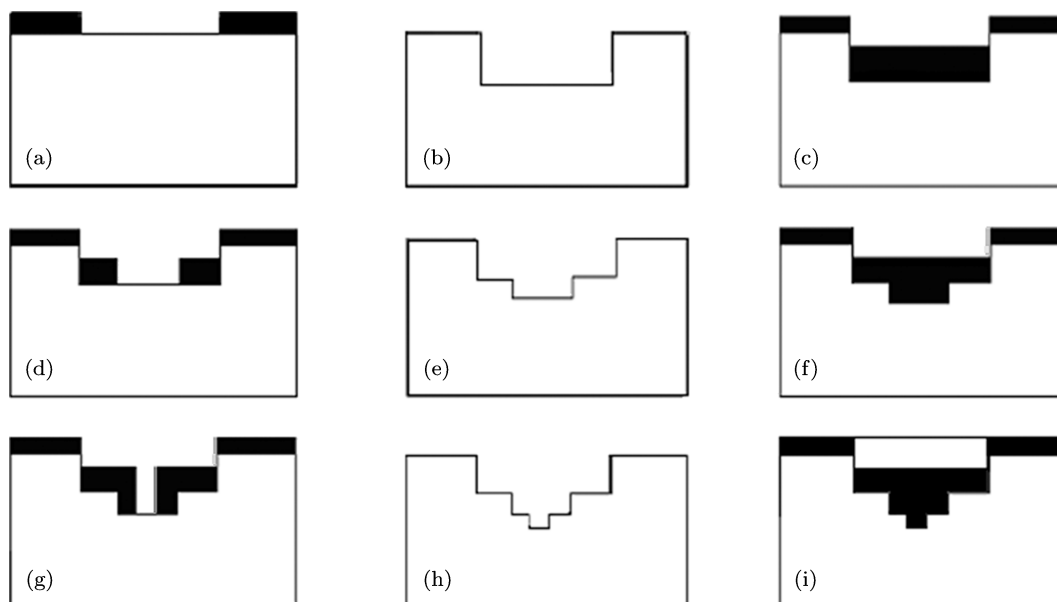


图 1 实验方法 (a) 涂覆光刻胶并曝光显影, 第一个台阶线宽为 $6\ \mu\text{m}$; (b) ICP 刻蚀样品 170 s; (c) 旋转涂覆光刻胶, 转数 4500 r/min; (d) 涂覆光刻胶并曝光显影, 第二个台阶线宽为 $4\ \mu\text{m}$; (e) ICP 刻蚀样品 250 s; (f) 旋转涂覆光刻胶, 转数 4500 r/min; (g) 涂覆光刻胶并曝光显影, 第三个台阶线宽为 $2\ \mu\text{m}$; (h) ICP 刻蚀样品 100 s; (i) 旋转涂覆光刻胶, 转数 4500 r/min

3 结论与分析

3.1 台阶表面、台阶底部光刻胶厚度与台阶高度的关系

实验中使用的刻蚀版为阵列式图形光刻版, 在阵列式图形中选择性的选取图形使用扫描电子显微镜 (SEM) 进行形貌表征. 图 2(a)—(c) 分别为经过图 1 所示实验步骤 (c), (f), (i) 加工后的样品剖

面 SEM 图. 图 2(a) 为刻蚀第一个台阶后的样品旋转涂覆光刻胶后的台阶剖面 SEM 图, 图 2(b) 为刻蚀第二个台阶后的样品旋转涂覆光刻胶后的台阶剖面 SEM 图, 图 2(c) 为刻蚀第三个台阶后的样品旋转涂覆光刻胶后的台阶剖面 SEM 图. 由图 2 可以看出, 台阶底部光刻胶厚度大于台阶表面光刻胶厚度; 随着台阶高度的增加, 台阶底部堆积的光刻胶厚度增大并呈现与抛物线一致的形貌.

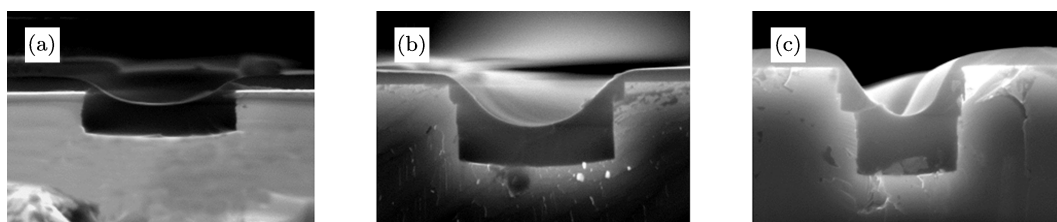


图 2 GaAs 实验样品剖面 SEM 图 (a) 经过实验步骤图 1(c) 后的样品; (b) 经过实验步骤图 1(f) 后的样品; (c) 经过实验步骤图 1(i) 后的样品

使用 SEM 的测量功能对图 2 所示图 1 样品截面进行测量, 经过三点取点平均的方法得到的台阶高度、台阶表面及台阶底部光刻胶厚度的数值如表 1 所示. 其中, 测量台阶底部光刻胶厚度时, 取台阶底部光刻胶的高度最低点与所刻蚀的台阶底部间高度差值.

表 1 台阶表面及不同高度台阶底部沉积光刻胶厚度

台阶高度/ μm	台阶表面光刻胶厚度/ μm	台阶底部光刻胶厚度/ μm
2.1	0.69	1.7
3.7	0.70	2.0
5.4	0.70	3.0

由实验结果可知, 在相同的旋转涂胶参数及前烘条件下, 台阶底部的光刻胶厚度大于台阶表面涂覆的光刻胶厚度. 台阶高度变化时, 台阶表面光刻胶厚度变化不大; 台阶高度越高, 台阶底部光刻胶厚度随之增大.

3.2 台阶高度与光刻胶厚度关系的数值描述

如图 3 所示, 介质 1 为光刻胶, 轮廓函数用函数 $f_1(x)$ 所示, 在 x, y 方向的沉积速度分别为 V_{1x}, V_{1y} ; 介质 2 为样品表面, 轮廓函数用 $f_2(x)$ 来表示. 设沉积时间为 t 时轮廓线为 $F(x, t)$, 则

$$F(x, 0) = f_2(x) \quad t = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial F(x, t)}{\partial t} = V_{1y} + V_{1x} \frac{\partial F(x, t)}{\partial x}, \quad (2)$$

$$F(x, t) = f_1(x) \quad t = t_m, \quad (3)$$

$$f_1(x) - f_2(x) = V_{1y}t_m + V_{1x} \int_0^{t_m} \frac{\partial F(x, t)}{\partial x} dt, \quad (4)$$

这里 t_m 为光刻胶沉积结束的时间. 解偏微分方程 (2) 并利用 (1), (3), (4) 式初始条件可得沉积时间为 t 时, 轮廓函数

$$F(x, t) = V_{1y}t + f_2 \cdot (x + V_{1x}t) \quad 0 \leq t \leq t_m. \quad (5)$$

旋转涂覆光刻胶结束后, 光刻胶沉积厚度为

$$f_1(x) - f_2(x) = V_{1y}t_m + V_{1x} \frac{\partial f_2}{\partial x} t_m. \quad (6)$$

由 (6) 式可以看出, 光刻胶沉积厚度与 x, y 方向沉积速度及初始状态下表面轮廓函数斜率 (即表面平整度) 有关. 与台阶底部比较, 较为平整的台阶表面轮廓函数斜率取最小值且该值趋于 0, 表面沉积的

光刻胶厚度主要由 y 方向沉积速度决定. 则 (6) 式变为

$$f_1(x) - f_2(x) = V_{1y}t_m. \quad (7)$$

由于台阶表面光刻胶受到离心力的作用离开表面, y 方向沉积速度较小, 台阶表面光刻胶厚度较小. 而在旋转涂覆光刻胶的过程中, 由于受到台阶的阻挡作用, 台阶底部的光刻胶 x 方向沉积速度 V_{1x} 减小. 台阶高度越大, x 方向沉积速度 V_{1x} 越小, y 方向沉积速度 V_{1y} 越大.

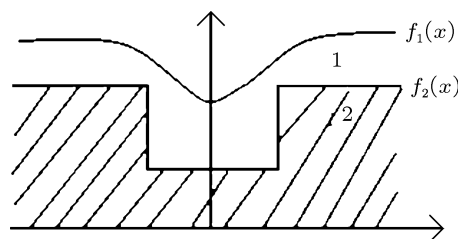


图 3 台阶高度与光刻胶厚度关系数学描述示意图

根据 Newton 内摩擦定律, 当流场中流体之间存在速度梯度时, 黏性以内摩擦的形式出现. 其特点是使低速流体加速, 高速流体减速, 速度梯度越大, 黏性力也就越大 [4]. 这样, 在靠近壁面的边界层中, 黏性力不可忽略. 由于黏性作用, 流体速度在壁面处为零, 然后沿壁面法向逐渐增加, 最终达到外部主流的速度. 因此, 我们将深台阶底部的光刻胶旋转涂覆过程假定为不严格的流体流动过程. 由于黏性力的作用, 与台阶底部其他各点相比, 深台阶底部靠近侧壁的光刻胶 x 方向沉积速度 V_{1x} 趋于 0, 因此 y 方向沉积速度 V_{1y} 达到最大值. 根据 (7) 式可知, 台阶底部靠近侧壁处堆积的光刻胶厚度最大.

同样, 在深台阶底部沿壁面法向且背离壁面方向, x 方向运动速度 V_{1x} 增大, 并在台阶底部中央达到最大值. 此时, y 方向沉积速度 V_{1y} 随之减小. 因此, 该点处光刻胶厚度取最小值.

综上所述, x, y 方向沉积速度 V_{1x}, V_{1y} 的变化及初始状态形貌函数斜率 $\frac{\partial f_2}{\partial x}$ 的共同作用使得台阶底部堆积的光刻胶形貌呈现与抛物线一致.

3.3 普通平面光刻工艺缺陷

器件制备过程中, 首先使用图 1(a) 中的光刻参数进行后续光刻步骤. 具体为: 前烘温度 107°C , 前烘时间 8 min, 曝光时间 29 s, 显影时间 35 s, 后烘温

度 107 °C, 后烘时间 20 min. 该光刻参数能够满足在没有任何图形线条的平坦样品表面制作图形的要求. 图 4 为按照图 1(g) 所示工艺步骤加工后的样品在曝光、显影后的 SEM 图. 可以看到, 与样品表面图形相比, 台阶底部图形曝光不充分, 图形线条边缘不清晰. 因此, 使用图 1(g) 中的曝光、显影条件无法满足在台阶底部制作图形的要求, 且随着台阶高度及光刻胶厚度的增加, 在台阶底部制作图形时曝光不足的现象更为严重, 影响图形转移的质量.

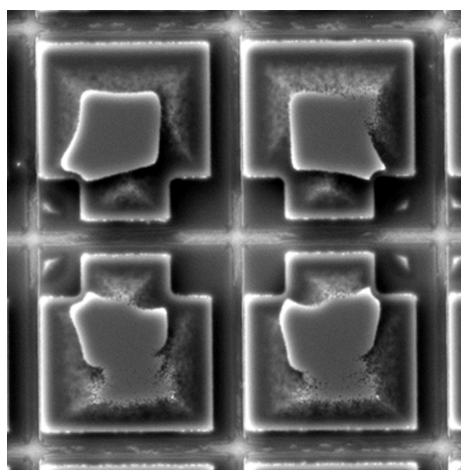


图 4 图 1(g) 所示的步骤后样品表面 SEM 图 曝光时间为 29 s, 显影时间为 35 s

3.4 光刻胶光强透过率测量实验

由表 1 可知, 当台阶高度为 3.7 μm 时, 台阶底部光刻胶厚度约为 2 μm . 针对型号为 S9912 薄光刻胶, 研究在该光刻胶厚度下随着曝光时间不同光刻胶的光强透过率变化情况. 使用旋转涂覆法将光刻胶涂覆在玻璃片上, 调整适当的转速使前烘后表面光刻胶厚度为 2 μm 左右. 改变曝光时间, 将曝光后的样品置于 U-4100 光度分光计中进行不同波长光照下的透射率测量, 记录与紫外灯波长 370 nm 一致的光线下样品的光强透射率, 并对数据点进行拟合. 最终拟合出的不同曝光时间下光强透过率曲线如图 5 所示.

由图 5 可以看出, 随着曝光时间的增加, 光刻胶透射率逐渐增大并趋于饱和. 完全曝光所需的时间为 60 s 左右. 当光刻胶完全曝光后, 光刻胶内部的光化学反应结束, 透射率保持为定值.

目前, 对于光刻胶曝光过程的研究内容主要侧重于讨论光刻胶中的光强变化及光敏化合物 (PAC) 浓度变化. Dill^[5] 曾根据 Lambert 经验定律和光化学反应动力学原理对光刻胶吸收和反应的过程进

行描述, 并建立 Dill 曝光模型计算分析薄层抗蚀剂曝光后其内部的光场分布和 PAC 浓度分布.

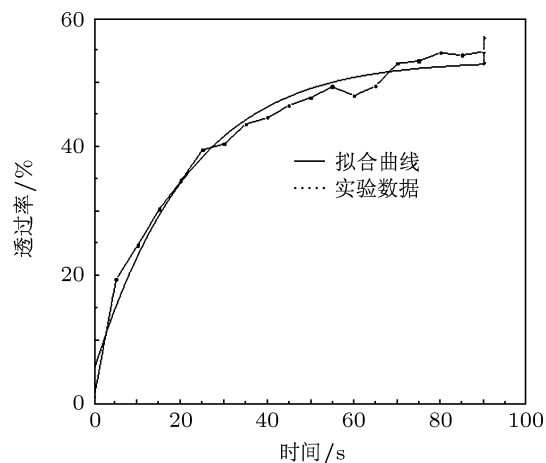


图 5 不同曝光时间下光强透过率曲线 入射光波长 370 nm; 光刻胶型号 S9912; 厚度 2.2 μm

Dill 曝光模型中, 根据 Beer 定律对于薄光刻胶光吸收系数 α 的描述, 认为光吸收系数 α 与其组成成分的浓度近似成如下线性关系:

$$\alpha = a_1 m_1(z, t) + a_2 m_2(a, t) + a_3 m_3(z, t) + a_4 m_4(a, t), \quad (8)$$

其中 a_1, a_2, a_3, a_4 分别为 PAC、树脂、反应生成物及溶剂的摩尔吸收常数; $m_1(z, t), m_2(z, t), m_3(z, t), m_4(z, t)$ 分别为 t 时刻抗蚀剂表面下 z 处的 PAC、树脂、反应生成物及溶剂的摩尔浓度. 由于树脂、溶剂在曝光过程中浓度不变, 即 $m_2(z, t) = m_{20}, m_4(z, t) = m_{40}$, 实验表明 1 mol 抑制剂 PAC 光化学反应后分解生成 1 mol 生成物, 即 $m_3(z, t) = m_{10} - m_1(z, t)$, 所以吸收系数可改写成

$$\alpha = AM + B, \quad (9)$$

其中 $M(z, t) = \frac{m_1(z, t)}{m_{10}}$ 是归一化 PAC 浓度值. 在光刻胶曝光前, $M(z, 0) = 1$; 充分曝光后, PAC 完全分解, $M(z, 0) = 0$,

$$A = (a_1 - a_3)m_{10}, \quad (10)$$

$$B = a_2 m_{20} + a_3 m_{10} + a_4 m_{40}. \quad (11)$$

由 (9)—(11) 式可见, 在曝光过程中, 光刻胶的吸收系数逐渐减小. 光刻胶的光吸收系数与光刻胶对光的吸收特性密切相关, 强烈依赖于光刻胶内部各种成分的浓度分布. 曝光前和曝光过程中, 不同厚度光刻胶内部组成成分的浓度分布的差异是造成曝

光过程中光刻胶光吸收系数变化的主要原因. 当光刻胶完全曝光时, 光刻胶吸收系数为最小值, 即透射率达到最大; 曝光时间继续增加时, 光刻胶吸收系数不变, 即对波长为 370 nm 的紫外光透射率也保持不变.

同理, 光吸收系数的值会随光刻胶的厚度和相关工艺条件的不同而有所不同, 进而影响完全曝光时间. 当光刻胶的厚度发生变化时, 光刻胶内部组成成分的浓度分布同样存在较大差异^[6]. 可将厚光刻胶视为多层薄光刻胶构成, 光刻胶厚度越大, 所需的完全曝光时间越长.

3.5 平面光刻工艺的优化

为了在台阶底部制作线条质量高的图形, 需要对普通平面光刻工艺条件进行优化. 在 2.1 μm 深台阶底部制作图形时, 在 29 s 的曝光时间基础上, 以 5 s 为数据间隔点增加曝光时间. 图 6(a)—(c) 分

别对应曝光时间为 35, 40, 45 s 的样品表面 SEM 图. 从图 6 可以看出, 曝光时间为 40 s 时制作的线条最清晰; 曝光时间为 45 s 时表面出现过度显影现象.

根据图 5 所示不同曝光时间下光刻胶光强透过率曲线可知, 在玻璃基片上涂覆 2.2 μm 厚光刻胶需要的完全曝光时间为 60 s 左右. 在曝光过程中, 入射光线易在晶圆片表面发生反射导致完全曝光时间减小, 这一现象在表面有金属层的晶圆片曝光过程中更为明显. 工艺优化过程中, 在完全曝光时间基础上适当减小曝光时间完成该优化过程. 图 7(a)—(c) 是曝光时间分别为 45, 50, 55 s 时在已刻蚀 3.7 μm 深的台阶底部制作图形时的光刻图案. 从图中可以看出, 曝光时间为 50 s 时制作的线条清晰完整; 曝光时间为 55 s 时光刻胶过度显影使得表面图形轻度缺失. 可以推断, 光线衍射现象使得台阶底部图形缺失情况随之加重.

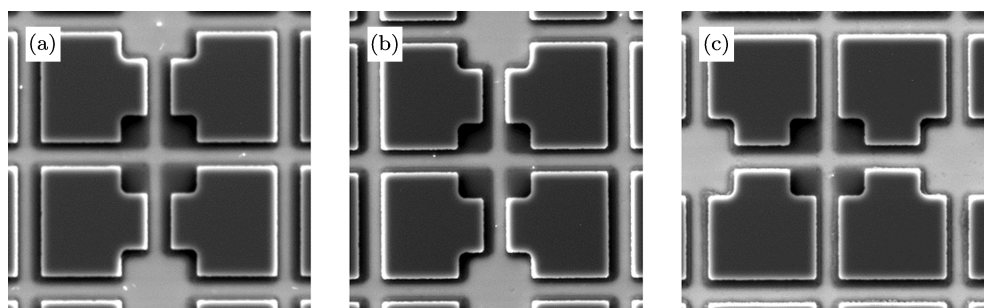


图 6 优化表面光刻工艺后样品表面 SEM 图, 台阶高度为 2.2 μm (a) 曝光时间 35 s; (b) 曝光时间 40 s; (c) 曝光时间 45 s

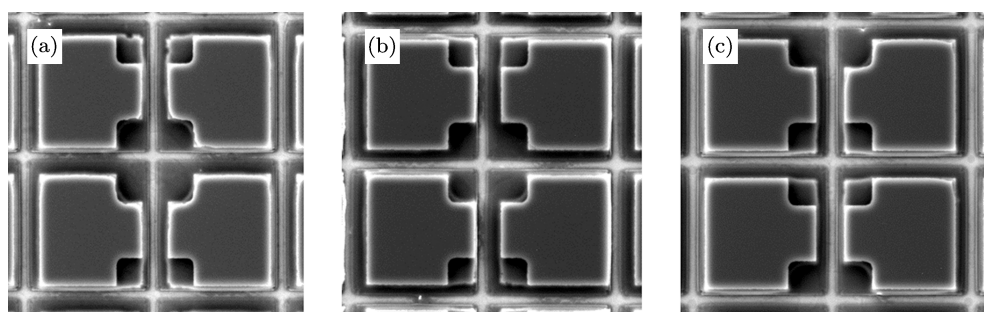


图 7 优化表面光刻工艺后样品表面 SEM 图, 台阶高度为 3.7 μm (a) 曝光时间 45 s; (b) 曝光时间 50 s; (c) 曝光时间 55 s

3.6 平面光刻工艺的进一步优化

通过对平面工艺的初步优化, 在金属爬坡工艺中深台阶底部能够制作出窄线条的高质量图

形. 图 8(a) 为使用平面光刻工艺制作的金属图形; 图 8(b)—(d) 为在相同的曝光、显影时间下, 阵列式图形表面及两个不同深度的台阶表面制作图形的情况. 其中, 所腐蚀的金属层为 AuGeNi/Au 层, 厚

度为 $500\text{ \AA}/2500\text{ \AA}$; 图形线宽为 $4\text{ }\mu\text{m}$.

为了能够在台阶高度为 $3.7\text{ }\mu\text{m}$ 的台阶底部制作出高质量图形, 使用与平面光刻一致的涂覆光刻胶、前烘、后烘条件, 即前烘温度 $107\text{ }^{\circ}\text{C}$, 前烘时间 8 min , 后烘温度 $107\text{ }^{\circ}\text{C}$, 后烘时间 20 min , 光刻胶型号 S9912, 转速 4500 r/min . 其中, 曝光、显影时间选择为 $50, 45\text{ s}$.

图 8(d) 中台阶深度为 $3.7\text{ }\mu\text{m}$ 时, 金属图形完

好; 图 8(c) 中台阶深度为 $2.2\text{ }\mu\text{m}$ 时, 金属图形有轻微的过度腐蚀现象. 但是, 由图 8(a), (b) 可以看出, 与普通平面光刻工艺制作出的金属图形相比较, 阵列式图形台阶表面的金属过度腐蚀, 这一现象可能会导致金属电极接触不良, 使得接触电阻增大而影响器件性能. 由于金属腐蚀时间相同, 认为造成过度腐蚀的主要原因是光刻过程中过度曝光.

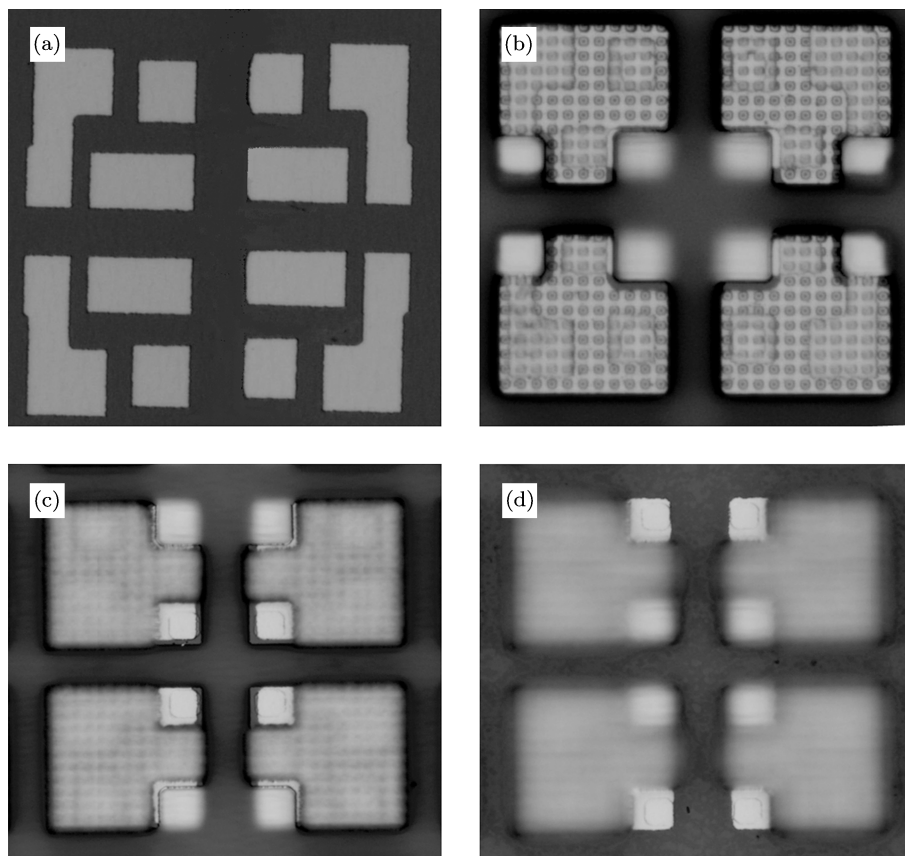


图 8 深台阶光刻工艺优化在金属爬坡工艺中的应用 (a) 平面光刻工艺制作的金属层图形, 曝光时间 29 s , 显影时间 35 s ; (b) 阵列式图形表面金属图形, 曝光时间 50 s , 显影时间 45 s ; (c) 台阶高度为 $2.2\text{ }\mu\text{m}$ 处金属图形, 曝光时间 50 s , 显影时间 45 s ; (d) 台阶高度为 $3.7\text{ }\mu\text{m}$ 处金属图形, 曝光时间 50 s , 显影时间 45 s

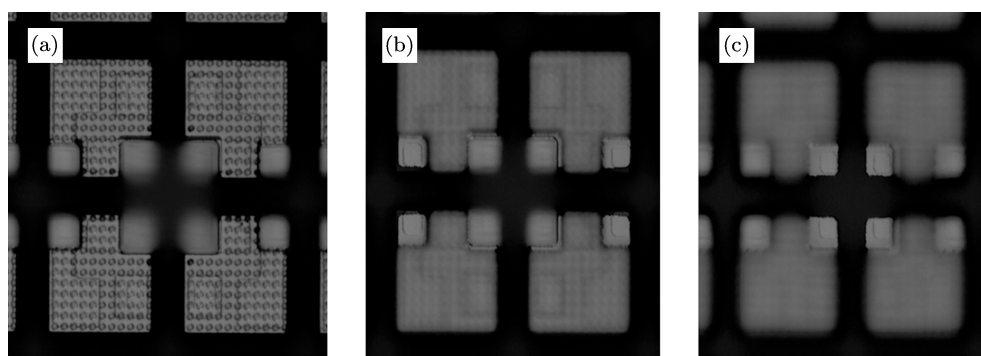


图 9 二次优化后金属图形 (a) 台阶表面; (b) 台阶高度 $2.2\text{ }\mu\text{m}$; (c) 台阶高度 $3.7\text{ }\mu\text{m}$

为了解决在深台阶表面及底部不能同时得到高质量图形的问题,在进一步的优化过程中使用两块不同光刻板,采用两次曝光、一次显影的方法制作图形.首先,使用普通平面光刻工艺制作出台阶表面金属图形,然后使用第二块光刻板将台阶底部的金属去除.图 9(a)—(c) 分别为优化工艺后,台阶表面及两个不同高度的台阶处制作出的金属图形.

由图 9 可以看出,经过二次优化后,在台阶表面及两个深度不同的台阶处金属图形完整.与一次优化后的结果相比,提高了图形质量,能够同时在台阶表面及台阶底部制作出窄线条的图形.

4 结 论

与普通平面光刻工艺不同,具有多层深台阶的表面制作图形时光刻胶沉积厚度与 x, y 方向沉积

速度及初始状态下表面轮廓函数斜率(即表面平整度)有关.初始状态的轮廓函数斜率越大,旋转涂覆光刻胶的 y 方向速度越快,进而造成台阶底部光刻胶的堆积;初始状态的轮廓函数斜率越小,旋转涂覆光刻胶的 y 方向速度越慢,光刻胶沉积厚度越小.

本文通过对一阶偏微分方程的求解,得到了上述光刻胶沉积厚度与表面轮廓函数、沉积速度之间的关系,进而解释了不同台阶高度处光刻胶沉积厚度变化的问题.根据 Beer 定律中对薄光刻胶光吸收系数 α 的描述,解释了使用平面图形光刻工艺参数制作图形时台阶底部曝光不足的现象.同时,根据不同曝光时间下特定厚度的光刻胶光强透过率实验对初始工艺参数进行优化^[7],在深台阶表面及底部制作出窄线条的高质量图形,为多台阶器件结构的深层表面光刻工艺提供了理论依据及优化方法.

- [1] Chen B Q 2011 *Micronanoelectronic Technol.* **48** 1 (in Chinese) [陈宝钦 2011 微纳电子技术 **48** 1]
- [2] Chen B Q 2011 *Micronanoelectronic Technol.* **48** 69 (in Chinese) [陈宝钦 2011 微纳电子技术 **48** 69]
- [3] Wen J, Yin H Q, Zhang R J, Cao W B 2007 *Chin. J. Semicond. Sin.* **28** 357 (in Chinese) [文景, 尹海清, 张瑞娟, 曹文斌 2007 半导体学报 **28** 357]
- [4] Liu S J, Du J L, Duan Q, Luo B L, Tang X G, Guo Y K, Du C L

2005 *Chin. J. Semicond. Sin.* **26** 1065 (in Chinese) [刘世杰, 杜惊雷, 段茜, 罗铂靓, 唐雄贵, 郭永康, 杜春雷 2007 半导体学报 **28** 357]

- [5] Dill F H 1996 *IEEE Trans. Electron Dev.* **22** 440
- [6] Shao J X 1993 *Semicond. Technol.* **5** 32 (in Chinese) [邵建新 1993 半导体技术 **5** 32]
- [7] Sun X, You S F, Xiao P, Ding Z J 2006 *Acta Phys. Sin.* **55** 149 (in Chinese) [孙霞, 尤四方, 肖沛, 丁泽军 2006 物理学报 **55** 149]

The optimization of lithography process on the deep multi-stepped surface*

Sun Li-Yuan Gao Zhi-Yuan[†] Zou De-Shu Zhang Lu Ma Li
Tian Liang Shen Guang-Di

(Key Laboratory of Opto-Electronics Technology, Ministry of Education, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

(Received 28 December 2011; revised manuscript received 19 April 2012)

Abstract

In this article, we investigate the problems existing in the lithography on the deep multi-stepped surface. Different photoresist thicknesses above and under the step are measured in experiment. The relationship between step height and photoresist thickness is discussed and numerically described. Based on the description of Beer model about the light absorption coefficient, the curves of different light transmittances at different times are analysed. Reasons why the light transmittance changes with time are explained, and the light absorption coefficient is believed to be related to photoresist thickness. On this basis, the lithography process is optimized. The patterns with narrow line-width under the deep step on the wafer are obtained.

Keywords: multi-stepped, lithography processes

PACS: 68.08.-p, 68.37.Hk, 68.47.Fg

* Project supported by the Scientific Research Staring Foundation for the Doctors, Beijing University of Technology, China (Grant No. X0002013201101) and the Scientific Research Foundation for the Graduates, Beijing University of Technology, China (Grant No. ykj-2011-6208).

[†] E-mail: junegao07@hotmail.com