

增黏剂(HMDS)在铟化镉光刻工艺中的应用

郭 喜

(华北光电技术研究所,北京 100015)

摘 要:介绍了增黏剂(HMDS)的物化性质及其在光刻工艺中的作用,并且通过实验研究将增黏剂应用于铟化镉材料的光刻工艺,改善了铟化镉的表面状态,增强了铟化镉衬底与光刻胶的黏附性,进而在湿法腐蚀等后续工艺中提高了光刻胶的抗腐蚀性。

关键词:增黏剂(HMDS);铟化镉;光刻工艺;光刻胶;黏附性;抗腐蚀性

中图分类号:TQ437⁺.9

文献标识码:A

Application of HMDS in the Lithography Technology of InSb

GUO Xi

(North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China)

Abstract: The characteristic and the application in lithography technology of the adherence promoter(HMDS) was introduced in this paper. Through the experiment, HMDS had been applied in the lithography technology of InSb, it changed the InSb surface and enhanced the adherence between InSb and photoresist. Consequently, the corrosion resistance of photoresist was increased in the next wet etching etc process.

Key words: the adherence promoter(HMDS); InSb; lithography technology; photoresist; adherence; corrosion resistance

1 引 言

光刻工艺在半导体制造过程中是至关重要的一个工艺环节,黏附性是光刻胶的一个重要表现要素,描述了光刻胶黏附于衬底的强度。光刻胶必须黏附于许多不同类型的表面,包括半导体材料、二氧化硅和不同的金属,光刻胶黏附性不好会影响在后续工艺中的抗蚀性。

在硅半导体制造过程中,增黏剂被广泛应用于光刻的涂胶工艺中,它的使用大大提高了光刻胶与硅衬底的黏附性。与单晶硅不同,铟化镉是Ⅲ-V族化合物,具有闪锌矿结构,它的表面硬度更软,抛光后的粗糙度比较大;铟化镉在暴露于空气中时,与单晶硅具有相同的亲水性表面,对于光刻胶的黏附性也不好。

本文将增黏剂在铟化镉衬底上进行实验研究,得到了光刻胶在铟化镉衬底上黏附性增强的结果,并且在后续湿法腐蚀工艺中验证了其具有更好的抗腐蚀性。

2 性质与作用

在光刻工艺中所用到的光刻胶绝大多数是疏水的,所以对于光刻胶的黏附性,具有干燥成疏水性的衬底表面非常重要。然而,当衬底暴露于空气中的湿气或是清洗结束后的湿气时,表面的羟基和残留的水分子是亲水的,如果在衬底表面直接涂胶的话,势必会造成光刻胶和衬底的黏附性变差,甚至造成

作者简介:郭 喜(1981-),男,助理工程师,主要从事红外探测器光刻工艺研究。E-mail:hudiefei_gx@yahoo.com.cn

收稿日期:2008-03-24;**修订日期:**2008-05-21

局部的间隙或气泡,胶层均匀性和抗蚀性都会受到影响。

为了解决这一问题,在光刻涂胶工艺中引入了一种增黏剂(HMDS),它的化学名称为六甲基二硅胺烷,其物化性质如表1所示。将增黏剂涂到衬底表面后,通过加温可反应生成以硅氧烷为主体的化合物,这实际上是一种表面活性剂,几个分子厚的增黏剂就可以成功地将衬底表面由亲水变为疏水,其疏水基可很好地与光刻胶结合,起到耦合的作用。再者,在显影的过程中,由于它增强了光刻胶与衬底的黏附性,从而有效地抑制腐蚀液进入光刻胶与衬底的侧向钻蚀,提高了光刻胶的抗蚀性。

表1 增黏剂的物化性质

名称	分子结构	沸点 /℃	密度 /(g·cm ⁻³)	物理性质
HMDS	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{H} \quad \text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 - \text{Si} - \text{N} - \text{Si} - \text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array} $	125	0.78	无色透明、易挥发液体

3 涂布与去除

3.1 沉浸式涂布

最简单的涂布方法,将衬底直接浸渍在增黏剂液体中。缺点是只能进行手动操作,而且会使衬底在增黏剂中暴露于污染物。

3.2 旋转式涂布

和旋转涂胶过程很相似,衬底是在光刻胶涂胶吸盘上以手动或者自动的方式涂布增黏剂的,当旋转的衬底涂完增黏剂后,吸盘的转速被提高以使增黏剂层干燥。旋转式的优点是有助于衬底上颗粒的去除,并且可以和涂光刻胶步骤在一起进行;缺点是处理时间长和增黏剂消耗量大,也会使衬底暴露于污染物。

3.3 蒸气式涂布

硅半导体制造工艺中最常用的涂布方法,其优点是减少了来自增黏剂沾污的可能,涂布效率很高,并且增黏剂消耗量也很小;缺点是在光刻工艺过程中增加了额外的设备和工序。

蒸气式涂布方法如图1所示,用一个密闭的增黏剂长颈瓶和一个真空烘箱或是单一衬底反应室相

连,开始时衬底在充满氮气的烘箱中被加热,达到一定温度后,反应室切换成真空;一旦达到真空水平,阀门打开并且增黏剂蒸气通过负压被吸入反应室,当蒸气充满整个反应室时,衬底就会被彻底涂布增黏剂。

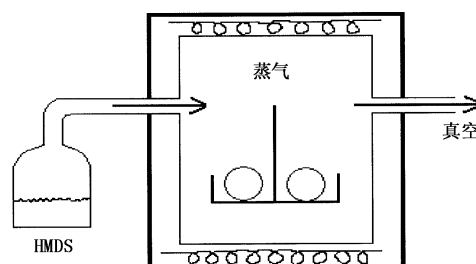


图1 蒸气式涂布增黏剂示意图

3.4 增黏剂去除

增黏剂不需要单独的去除工序,因为它极易挥发,涂布在衬底上只有很薄的一层,并且具有一定的水溶性,所以增黏剂在光刻胶显影或去除过程中就会被去离子水冲洗干净。在增黏剂的实际应用过程中,没有出现过残留问题。

4 实验

4.1 实验目的

在锑化铟光刻工艺中引入光刻胶增黏剂并且进行相关的工艺实验,利用增黏剂改善锑化铟材料的表面状态,达到增强锑化铟衬底与光刻胶黏附性的目的。在后续的湿法腐蚀工艺中比较有/无增黏剂条件下光刻胶的抗腐蚀性,并且与增黏剂在硅片上的应用效果进行对比。

4.2 实验方案

其他光刻工艺条件不变,分别在硅和锑化铟的一组样品中抽取一半使用增黏剂;在后续湿法腐蚀中,以电极孔刚好腐蚀开为基准,通过对样品孔开后的累计腐蚀时间、钻蚀情况和腐蚀均匀性比较,来验证增黏剂的使用是否提高了光刻胶与衬底的黏附性。

4.3 实验步骤

- (1) 样品表面准备;
- (2) 旋转式涂布增黏剂;
- (3) 旋转涂布正性光刻胶;
- (4) 前烘;

- (5)曝光;
- (6)显影;
- (7)坚膜烘焙;
- (8)电极孔腐蚀;
- (9)数据测量。

5 实验结果与讨论

硅片和铟化铟样品的实验数据如表 2、表 3 所示。

表 2 硅片样品实验数据

条件/片号	未用增黏剂			使用增黏剂			
	A	B	C	D	E	F	G
测量数据							
累计腐蚀时间	4'50"	3'40"	5'40"	2'50"	2'30"	2'40"	2'20"
腐蚀均匀性	很不均匀	较均匀	较均匀	很均匀	很均匀	很均匀	很均匀
横向钻蚀尺寸	3/3	3/3	3/3	1/1	1/1	1/1	1/1
横向钻蚀情况	较严重	较多	较多	很少	很少	很少	很少

表 3 铟化铟样品实验数据

条件/片号	未用	使用	未用	使用	未用	使用	未用	使用
	YD0640 - 2C	YD0640 - 2B	YD0644 - 1A	YD0644 - 1B	YD0647 - 1C	YD0647 - 1B	YD0701 - 1B	YD0701 - 1C
测量数据								
累计腐蚀时间	1'20"	1'20"	1'35"	1'30"	2'30"	2'30"	1'45"	1'25"
腐蚀均匀性	不均匀	很均匀	很不匀	较均匀	较均匀	较均匀	不均匀	较均匀
横向钻蚀尺寸	3/3	1/1	3/3	1/1	未开返工	1/1	3/4	0/0
横向钻蚀情况	较严重	很少	较严重	很少	很严重	很少	很严重	无

5.1 有/无增黏剂比较

从表中可以清楚地看出,无论是硅还是铟化铟衬底,使用增黏剂的电极孔刚好腐蚀开的累计腐蚀时间比较短,腐蚀均匀性好,电极孔横向钻蚀尺寸比没有使用增黏剂的样品少 2~3μm。说明增黏剂的使用能够将衬底与光刻胶更好的黏附在一起,在后续的湿法腐蚀工艺中降低了腐蚀液的横向钻蚀,减少了腐蚀时间。

5.2 硅片/铟化铟比较

通过表 2 和表 3 的比较可以看出,增黏剂在铟化铟衬底上的抗蚀性作用与硅片上的很接近,证明

增黏剂在铟化铟衬底上的成功应用。铟化铟的腐蚀均匀性比硅片稍差,可能是铟化铟表面平整度较差的原因。

5.3 实际应用效果

电极孔腐蚀工艺的好坏直接影响着铟化铟晶片的成品率,将增黏剂在铟化铟衬底上应用前后各一年中电极孔腐蚀返工、失效的晶片进行统计后得出:增黏剂的应用,降低了 10% 的电极孔光刻返工率,提高了 8% 的铟化铟晶片成品率,并且对铟化铟器件的性能没有影响。

6 结 论

增黏剂在铟化铟光刻工艺中得到成功应用,它可以将铟化铟材料表面由亲水性变为疏水性,从而和具有疏水性的光刻胶具有更好的黏附性;使用增黏剂的样品在湿法腐蚀工艺中具有更好的抗腐蚀性。实践证明,增黏剂的使用可以优化铟化铟光刻工艺,并且提高铟化铟红外探测器晶片的成品率。

参考文献:

[1] Michael Quirk. 半导体制造技术[M]. 韩郑生,等译. 北京:电子工业出版社,2004,1:316-333.

[2] Peter Van Zant. 芯片制造-半导体工艺制程使用教程[M]. 赵树武,等译. 北京:电子工业出版社,2004,10:136-150.

[3] 庞克俭. HMDS 预处理系统[J]. 电子工业专用设备, 2006,10:70-72.

[4] 贺开矿. 表面活性剂在 IC 芯片光刻工艺中的应用[J]. 半导体技术,2005,30(3):24-26.

[5] 刘承霖,等. InSb 抛光片表面粗糙度分析[J]. 微纳电子技术,2006,12:592-594.