

研究简报

用离子注入 $^{31}\text{P}^+$ 制造光掩模

刘凤岐 牛文志 李少海 李 浩

(鞍山微电子有限公司)

1983年8月8日收到

本文报道一种LSI掩模制作方法。将剂量为 3×10^{15} 离子/ cm^2 的 $^{31}\text{P}^+$,用高于120kV的能量, $35-50 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 的束流密度,注入到涂在玻璃衬底上的AZ1350光刻胶层中。胶层厚度 $<4000 \text{ \AA}$,且上面制作了IC或LSI的集成电路图形。被注入的胶层完全被硬化,形成明暗反差,暗区能掩蔽紫外光。膜的耐磨度和化学性能可与铬或氧化铬比美。特别是具有低反射、制造工艺简单等优点,是一种有前途的光掩模。

一、引言

集成电路制造工艺中的光刻工序,目前所用的硬面掩模版,主要是低反射匀胶铬版。其次是氧化铬或氧化铁版。为适应集成电路的发展,开拓制造掩模版的新方法和品种是非常重要的。用离子注入制造光掩模是一种新途径,已经有过报告^[1],我们在这方面也做了些工作。

二、实验方法

1. 样品的准备 将 $3'' \times 3''$ 平整度 $<5 \mu\text{m}$ 的透明玻璃板,为增强表面的粘附力,经多槽清洗机清洁处理后,在超净烘箱中烘干。然后用无级调速匀胶机进行涂胶。AZ1350的胶层厚度 $<4000 \text{ \AA}$ 所用的转速为3600转/分。涂好的基片经 80°C 15分钟预烘,立即在胶层上制作IC或LSI图形。其制作工艺同其它硬面掩模,不同的是无需蒸发金属膜和腐蚀图形。之后将样品置于离子注入机的靶心上,胶面对着束向,进行注入。

2. 离子注入条件 离子源为 $^{31}\text{P}^+$,剂量为 $3 \times 10^{15}-4 \times 10^{15}$ 离子/ cm^2 ;加速电压为120—160keV;注入束流密度是 $35-60 \mu\text{A}/\text{cm}^2$;注入时间在15分钟以上。

3. 样品胶层厚度测量 用 α -阶梯测厚仪检测。其精度 $\pm 100 \text{ \AA}$ 。也可用颜色分辨的方法。表1是校对后的经验颜色。

表 1

颜色	AZ1350 胶层厚度 ($\text{\AA}$)
浅黄	3000
黄色	5000
深黄	8000
橙黄	10000 以上

三、结果与分析

图 1 是注入 $^{31}\text{P}^+$ 版的透射率与波长关系曲线。由图可知在 $3600\text{--}4300\text{ \AA}$ 光谱波长范围内它同低反射铬版是相同的。这段光致抗蚀剂最敏感的波长区,透射率 $< \frac{1}{100}$ 。

图 2 是离子注入 $^{31}\text{P}^+$ 版的反射率与波长的关系曲线。通过同亮铬、氧化铬、氧化铁、低反射铬版等的曲线比较,可以看出它在紫外光波长区也是一种比较好的低反射版。其

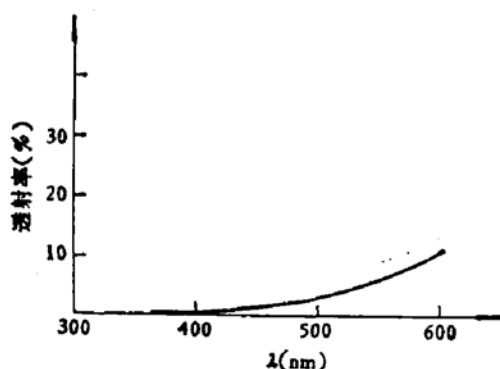


图 1 注入版的透射率与波长

剂量: 3×10^{13} 离子/ cm^2 $^{31}\text{P}^+$, 加速电压: 120keV ,
束流: $35\mu\text{A}$

(550S 分光光度计测)

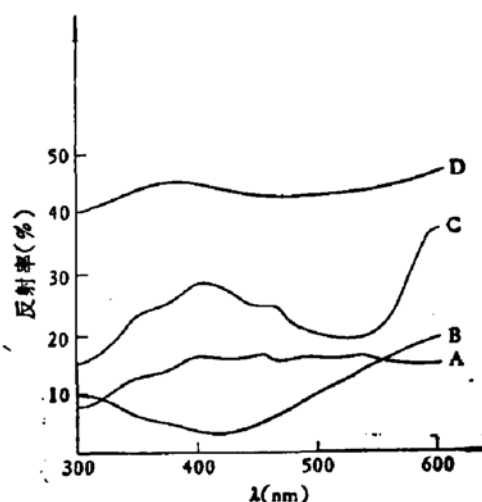


图 2 反射率与波长

A: $^{31}\text{P}^+$ 版, B: 低反射铬版, C: 氧化铁版,
D: 亮铬版。

表面反射率在 10% 左右。指出的是,低反射铬版仅以镀膜的表面约 $400\text{ \AA}$ 厚的一层氧化铬作减反射膜,而另一面仍为高反射的亮铬层。 $^{31}\text{P}^+$ 版则两面反射率是一致的。

为使在一定胶层厚度上制作出比较高的光密度掩模,我们曾在注入条件不变下,做了只改变胶的涂层厚度或浓度的实验。图 3 的实验曲线说明了光密度是随胶的厚度和浓度而增加。但是,当注入能量和胶层厚度一定时,光学浓度和注入时间关系如图 4。曲线的

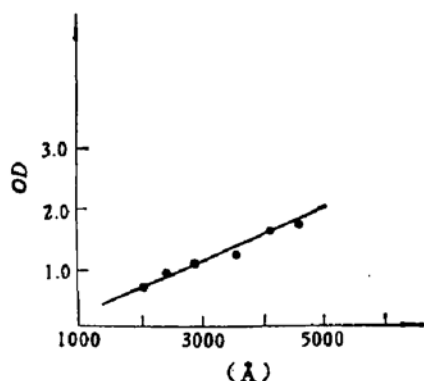


图 3 胶厚与光密度

120keV $35\mu\text{A}$ 3×10^{13} 离子/ cm^2

(TD502 光密度计测)

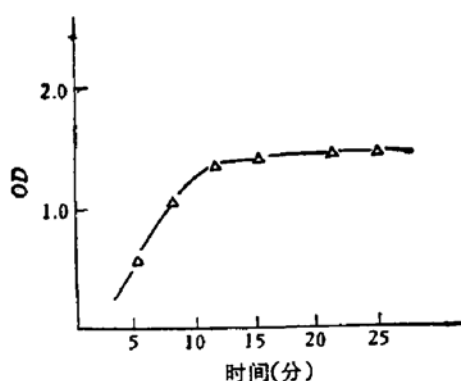


图 4 光密度与注入时间

120keV $35\mu\text{A}$ 3×10^{13} 离子/ cm^2 胶厚 $4000\text{ \AA}$

(TD502 光密度计测)

拐点说明,当胶层在给定的能量、剂量注入下,达到一定的光学浓度后,再延长注入时间也不会提高光密度了。

我们制作的注入版,其色调为棕黑色。用 TD502 光密度计测量其光密度可达 1.0—1.5。表 2 为几种版所能达到的光密度比较表。

关于掩模的图形尺寸和套准精度注入前后的变化。我们用多组的 $1-5\mu\text{m}$ 的线条进行了测量,其工具用 Niko-2A 型微小尺寸测量仪。测量精度 $\pm 0.1 + L/500\mu\text{m}$, 重复精度为 $\pm 0.05\mu\text{m}$ 。测量结果是 $\pm 0.1-0.2\mu\text{m}$ 。掩模的套准,我们把注入前和注入后的整套掩模,在 Niko-6 型比较显微镜下进行比较测量。仪器精度为 $\pm 0.5\mu\text{m}$ 重复精度是 $\pm 0.2\mu\text{m}$ 。套准的最大偏差也为 $\pm 0.1-0.2\mu\text{m}$ 。

图 5 是用注入 $^{31}\text{P}^+$ 获得的分辨率版,在放大的 400 倍照片上 $1\mu\text{m}$ 的条宽和间距清晰可见。

为鉴定注入版的机械强度。我们用淬火的钢针,加重荷作划伤实验。结果说明耐磨度还是比较好的。表 3 是几种版的比较表。

表 3

版 名	荷重 (g)	划痕	耐磨度	备 注
注入 $^{31}\text{P}^+$ 版	1000	轻	最强	反射光显微镜检查
低反射铬版*	160	轻	强	反射光显微镜检查
低反射铬版*	80	轻	次强	反射光显微镜检查
乳剂干版**	47	划透	弱	透射光显微镜检查

* 瑞士巴尔蔡斯产品

** 日本樱花版

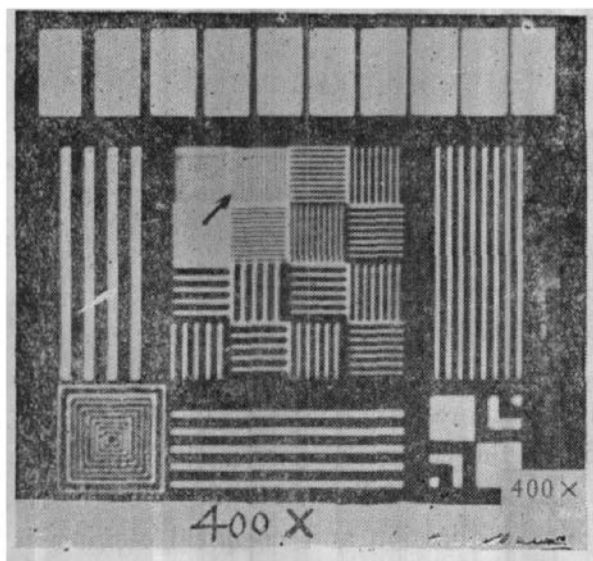


图 5

箭头指处为 $1\mu\text{m}$ 下边为 $1.2\mu\text{m}$
空白处为 $0.5\mu\text{m}$ 上边为 $0.7\mu\text{m}$

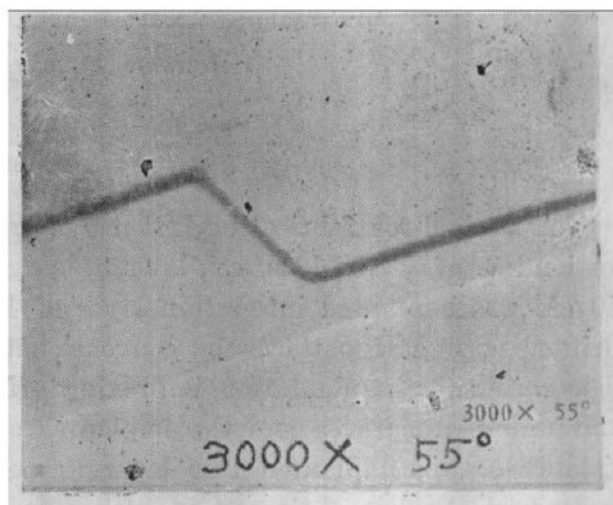


图 6

为观察 $^{31}\text{P}^+$ 版的硬化膜的化学性质。我们将它置于铬酸和氢氧化钠水溶液中浸泡, 时间各为 20 分钟。一般 AZ1350 胶在这些溶液中, 常温下去除时间只需 5—10 分钟。实验时间虽然增加了一倍左右, 但其光密度几乎没什么变化。该现象还说明了硬化膜失去了 AZ1350 胶的性质。

为验证 $^{31}\text{P}^+$ 版对紫外光的掩蔽和刻蚀图形的边缘状况, 在涂好胶的 SiO_2 层上进行了实际曝光和刻蚀。光源为 100 瓦汞灯, 曝光 20 秒, 胶厚 $6000 \text{ \AA} \pm 200 \text{ \AA}$, 图 6 是放大 $3000\times$ 的线条扫描电镜照片。边缘比较平滑挺直。

四、结 束 语

注入 $^{31}\text{P}^+$ 版胶层厚度控制是这一工艺的难点。过厚超过能量所及, $^{31}\text{P}^+$ 仅注入胶层表面(没注透), 不仅牢固度差, 且易使图形产生翘起。胶层过薄又易产生针孔, 光密度也上不去。见图 3、4。

有关硬化层的形成机理还须进一步的分析和探讨^[1]。尽管如此, 从工艺而言, 做起来还比较方便, 特别是在工艺中省去镀膜和腐蚀, 这对减少缺陷和保证图形尺寸是一优点。另外 AZ1350 胶的分辨率高于一般银盐乳剂, 这对做 VLSI 和一些特殊器件掩模也是新路。

本工作承蒙崔岩、张洁、邓永孝、吴迪、芦彩霞等同志协助测试和样品准备。四车间离子注入机组的同志也参加了部分实验, 这里表示致谢。

参 考 文 献

- [1] 日本第 11 回半导体、集积回路技术シンポジウム讲演论文集 p.48.

A Mask Fabricated Using Implantation of $^{31}\text{P}^+$

Liu Fengqi, Niu Wenzhi, Li Shaohai and Li Hao

(Institute of Microelectronics, Shanxi)

Abstract

A method for fabricating LSI masks has been developed. An ion beam of $^{31}\text{P}^+$ with an iondose of 3×10^{13} ions/cm², kinetic energy $> 120 \text{ keV}$, and a beam current from 35 to $50 \mu\text{A}$, was implanted into a thin layer of $4000 \text{ \AA}$ AZ-1350 spincoated on a glass plate printed with LSI patterns by conventional photolithography. The AZ-1350 resist hardens after the implantation improving effectively the contrast between the implanted and unimplanted area and the implanted area can mask UV light. In addition, the resistance of this implanted thin layer to mechanical abrasion and chemical etching is comparable to that of Cr or Cr_2O_3 films. It has, above all, the advantages of low reflection and simple fabricating process. Experimental results show that this kind of mask would have a promising future.