

用扫描电镜观察氧化铅靶层 P-I-N 结

孔 光 临 邓 礼 生

(中国科学院半导体研究所)

冯紫英 陆 颖 郁春英

(中国科学院电子学研究所)

氧化铅摄像管靶是一种有结光电导靶。为了保证靶的暗电流、灵敏度、分辨力等性能,这种靶应具有 P-I-N 结构。在靠近透明电极一面应为很薄的 N 型区;靶的主要部分应为电阻率较高的本征层 (I 层);而在邻近自由表面处则应该是很薄的 P 层。为了充分发挥有结光电导靶的性能,有必要直接观察判断 P-I-N 结。但是由于氧化铅靶实际上是一个微晶组成的疏松层,所以观察单晶半导体结的通常方法在这里已不适用。多年来未见有报道这方面的观察结果,其原因或许就是直接观察不容易。近年来,我们试用扫描电子显微镜在加偏压情况下,观察氧化铅靶的 P-I-N 结构获得成功。本文将对观察方法和初步的观察结果作一简单介绍。

一、实验方法及原理

氧化铅靶的制备基本上采用中国科学院电子学研究所目前采用的通常方法。在靶的自由表面上再真空蒸发一薄层银作为电极。观察时将靶面剖开,在透明电极与银电极之间加偏压,观察靶的横断面(图 1)。

在观察氧化铅靶面时,采用扫描电镜观察二次电子象。当样品的各个部位存在电位差时,会产生次级电子象的电压反差。样品上电位较高的部分次级电子象较暗,电位低的部分次级电子象较亮。这样,当样品加偏压时,从次级电子象的明暗层次就可以判断样品内的电位分布,从而推断结的情况。

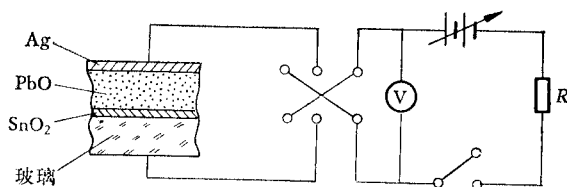


图 1 加偏压观察靶横断面

如前所述,典型的氧化铅靶应具有 P-I-N 结构。假定 P-I-N 各层内部均匀,相邻层之间有明确的分界面,如图 2(a) 所示。当外加电压的方向为银电极接负、透明电极接正(即摄像管正常工作电压的方向)时,对 P-I、I-N 结都是反向电压(称为反向偏压)。因为 N 层和 P 层电阻低,势垒主要在靠 I 层一边,可粗略地得到如图 2(b) 所示的电位分布。由于势垒的存在造成了电位的“台阶”,可以使扫描电镜的次级电子象的明暗反差更为明显,形成暗一灰一亮三种层次。

如果 I 层偏 P 一点,则有如图 2(c) 所示的电位分布. N 层与 I(P⁻) 层之间的势垒较高,在扫描电镜观察次级电子象时其明暗差别应比较明显,而 P 层和 I(P⁻) 层之间的亮度差别较小. 反过来,如果 I 层偏 N,则 N 层与 I(N⁻) 层之间不会有明显的势垒,电位分布如图 2(d) 所示.

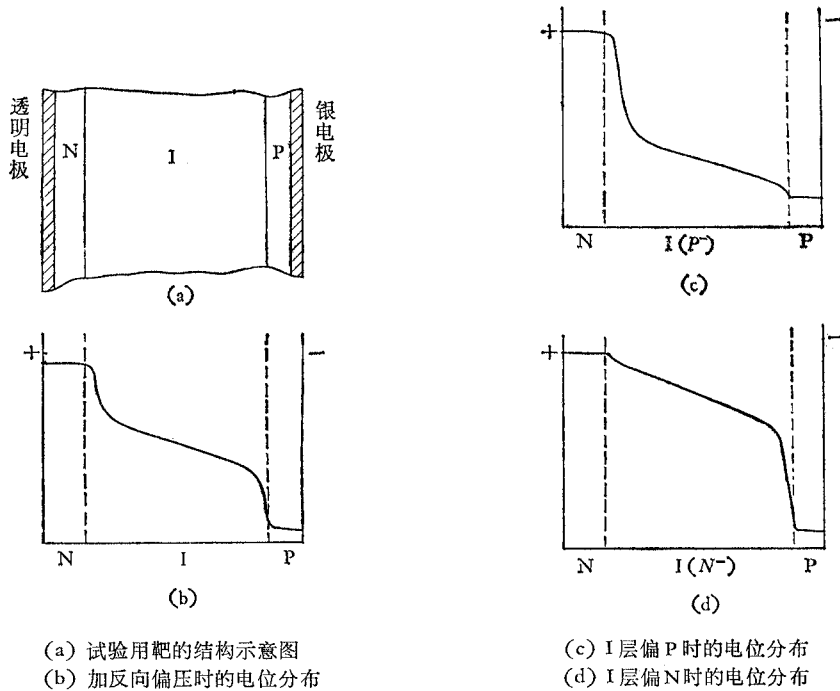


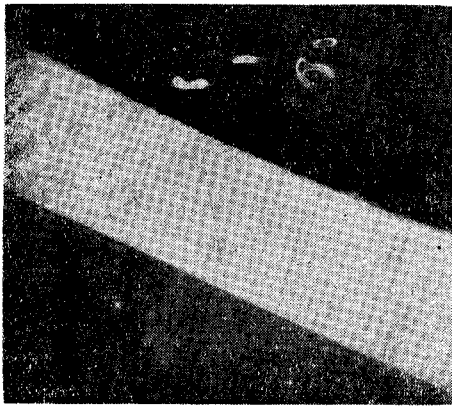
图 2 靶内电位分布变化的示意图

二、实验结果及分析

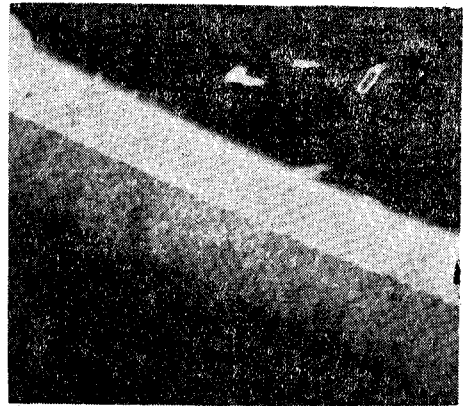
图 3 是 P 层掺铈的氧化铅靶的横断面的扫描电镜照片. P 层的厚度约占整个样品的一半(制备时故意将 P 层加厚). 由照片可见,加反向偏压时可明显地看到 P 层和 I 层(或 I(N⁻) 层)的交界, P 层较亮.

图 4 是用氧离子轰击法制备 P 层的氧化铅靶的横断面. 加反向偏压时,靠银电极一侧有一薄层较亮,应是 P 型区. 进一步的实验还观察到,当反向偏压加大时 P 型亮区的厚度不变而亮度增加,表明电位的变化是很陡的,有明显的势垒存在. 测量该 P 型亮区厚度为 $1.6\mu\text{m}$,靶横断面总厚度为 $24\mu\text{m}$. 因为氧化铅靶是比较疏松的多晶结构,表面上有很多“开口孔隙”,它的深度取决于晶粒线度. 根据扫描电镜观察我们的氧化铅靶面晶粒线度约为 $1\mu\text{m}$ 量级,这与观察到的 P 型亮区厚度一致. 可见氧离子轰击透入的深度主要由靶面“开口孔隙”的深度,即靶面粗糙度所决定.

在一些照片中(如图 4),加反向偏压时靠透明电极侧看不到较暗的 N 型区,根据“实验方法及原理”一节中的分析很可能这些靶面的 I 层偏 N. 改变 I 层的工艺条件在少数靶中可以看到靠近透明电极处加反向偏压时出现暗条(图 5),估计这是 N 型区.

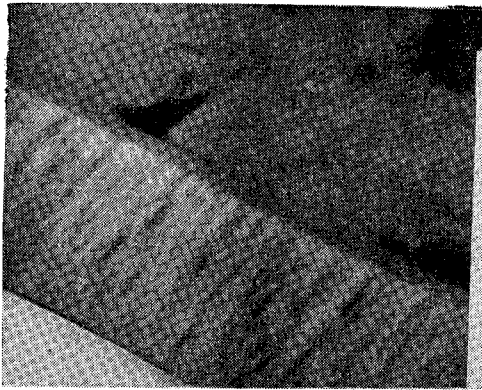


(a) 不加偏压

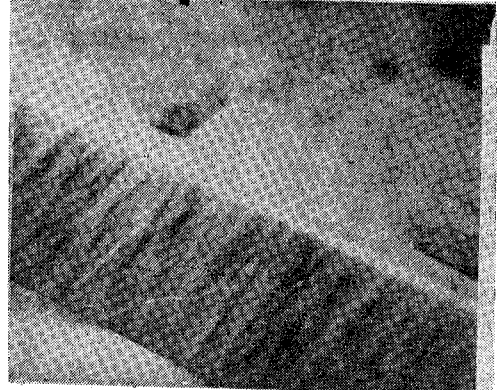


(b) 加反向偏压 -20V

图 3 P 层掺铊的氧化铅靶的横断面

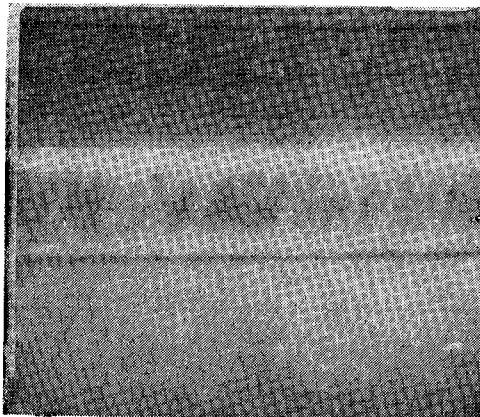


(a) 不加偏压

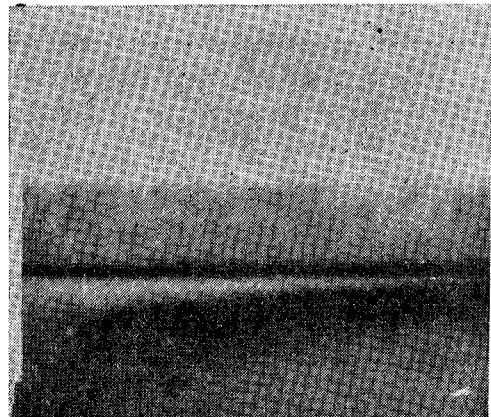


(b) 加反向偏压 -20V

图 4 用氧离子轰击法制备 P 层的氧化铅靶的横断面



(a) 不加偏压



(b) 同一位置,加反向偏压 -5V

图 5 靶横断面出现 N 型暗条

以上初步实验情况说明用扫描电镜可以观察氧化铅靶面的 P-I-N 结构,从而为改进工艺提供依据.作为一种有效的观察方法,它将对研究和制备光电导靶面具有一定的意义.最后在此向协助进行这项工作的半导体所扫描电镜组的同志致谢.