

对紫和近紫外区有较高灵敏度的硅光电二极管研制

物理系 朱琼瑞

物理系半导体教研室和半导体车间,在原来研制的兰硅光电二极管的基础上,根据新的设想,采用新的工艺措施,研制出光谱响应峰值更向兰移,而且在紫和近紫外区有较高灵敏度的硅光电二极管。

光电二极管是一种光探测元件,广泛应用于光辐射的测量、光通讯和自动控制等方面。通常的硅光电二极管或硅光电池的光谱响应波长范围是从400毫微米至1100毫微米,响应的峰值波长大致在900毫微米附近。

鉴于通常硅光电二极管的光谱响应特性,它最适用于900毫微米附近的近红外区。也适用于可见光靠红区的探测。但是,使用于一般光照度的测量,如作为照度计、亮度计和电子快门照相机等的感光元件,则要求光电二极管在可见光的靠兰区也比较灵敏,其光谱响应曲线尽可能与人眼的视觉函数相一致,峰值在550毫微米附近。又如,电传真、计算机光笔等用途的感光元件,Ar激光器、He—Ne激光器、红宝石激光器等激光的探测也都要求光电二极管对短波区的可见光灵敏。另外,近来出现的一些紫外激光器如N₂激光器、He—Cd激光器的激光探测,以及广泛应用紫外光的医疗消毒、食品处理、环境污染分析和生物化学分析等场合,则要求有对紫外光敏感的光探测元件。总之,使用方面迫切要求硅光电二极管对兰紫和紫外的短波光有较高的灵敏度。

为改善硅光电二极管在短波区的灵敏度,国外进行了大量的研究工作,出现了所谓“兰光电池”和“紫光电池”。但大多数的研究都是致力于减小结深,因为浅结可以提高短波光产生的载流子的收集效率。而由于工艺的限制和为了减小串联电阻,扩散的表面杂质浓度都比较高(约 10^{20} cm^{-3})。

我们为适应电子快门照相机的需要,于1973年开展了这方面的工作。开始时,我们也是采用浅结扩散的办法,通过改善各种工艺措施,初步取得了成效,在不加滤色片的情况下,光谱响应的峰值移至780毫微米附近暗电流为 10^{-9} A 数量级(约 4.2 mm^2 结面积在反向6V偏压下),接近当时国外一般“兰硅光电池”的水平。1975年配合研制的电子快门电路应用在照相机上,能够适应各种照度下的拍摄,在

从烈日到星光的照明情况下都可拍得基本满意的照片,对各种颜色的景物可以分辨清晰。

1976年,我们为了克服高浓度浅结扩散的困难,并消除氧化扩散过程中造成的表面层内的晶格缺陷,又采用了先深扩散,然后再腐蚀剥层得到浅结的工艺。由于去除了含有高浓度晶格缺陷的表面层,减少了由此构成的复合中心,同时由于造成一个化学抛光的新表面,降低了表面复合速度,所以大大提高了扩散区内的光生载流子寿命,因而使短波区的光电流有了显著的提高,光谱响应的峰值移到了740nm附近,暗电流也降至 10^{-10} A数量级。另外,由于剥掉了高浓度缺陷层,管芯的击穿电压也都有了明显的提高,不少扩散后测试是低软击穿甚至穿通了管芯,经腐蚀剥层后都变为高硬击穿,同时暗电流也得到降低,因此大大提高了成品率。

1976年底,国外发表了Waldemer Von Muench等人采用低表面浓度扩散制成具有高兰和紫外灵敏度的光敏管。进行低表面杂质浓度的浅结扩散(尤其是硼的扩散)用通常的方法是很难实现的,为此他们采用一个薄氧化层阻挡的办法来解决。其步骤是:在硅片上如通常一样生长一层厚的掩蔽氧化层后刻出扩散窗口,再用干氧氧化法在扩散窗口上生长一层750Å左右的薄氧化层。如果需要作浓度高和结深一些的保护环,则把保护环区的薄氧化层选择腐蚀掉。然后采用硅/硼粉末闭管预沉积、开管再分布的扩散方法,控制恰当的扩散温度和时间,就可以同时得到低表面浓度、浅结的光敏作用区和高表面浓度、深结的保护环引线区。

1977年的学生毕业实践采用上述方法进行了实验。但是,我们根据自己的条件,采用常用简便的氮化硼箱式扩散方法,也取得了低表面浓度的浅结。由于具有低的表面杂质浓度,表面层内的杂质少,造成的杂质复合中心少,而且低浓度的扩散造成的晶格缺陷少,引进的缺陷复合中心也少,所以大大提高了表面层内的载流子寿命,减少了主要是在表面层内被吸收的短波长光子所激发的载流子的复合,因而提高了短波区的灵敏度。更重要的是由于扩散层的杂质浓度很低(接近于衬底的杂质浓度),P-n结的空间电荷区可以扩展到离表面很接近的地方,使在表面附近所激发的光生载流子能迅速地被空间电荷区的强电场所分离而形成光电流,因而可以显著地提高短波区的响应灵敏度。用上述工艺制作的硅光电二极管,其光谱响应的峰值又比1976年的结果更向兰移,出现在620—680nm的波长范围,而且对紫和紫外光也有较高的灵敏度。

我们试制的硅光电二极管已经在电子快门照相机、银幕亮度计等可见光应用方面以及汞污染分析、氮激光测量等紫和紫外光应用方面试用。目前仍在继续改进工艺,提高性能,特别是提高对兰紫和紫外光的灵敏度。