

多晶硅太阳能电池

刘祖明 陈庭金

多晶硅太阳能电池由于其材料成本低于单晶硅太阳能电池,且易于制备成型,组件封装成本较低,目前在生产的晶体硅太阳能电池中,其所占比例正逐渐增加。

一 多晶硅太阳能电池的制造

(1) 浇铸多晶硅的制造

目前应用最广的多晶硅制造方法是浇铸法,亦称铸造法。浇铸多晶硅在原理上有两种方式:在一个坩埚内将多晶硅熔化,然后倒入另一个坩埚冷却;另一种是在一个坩埚内将多晶硅熔化,然后通过坩埚底部热交换,使晶体冷却。

目前第一种方式已很少使用,普遍采用第二种方式,即热交换法,国际上著名的多晶硅生产厂商如日本的京陶、德国的拜耳、法国的伏特瓦克等公司均采用该方法,一次投料可生产 80—150kg 多晶硅。在生产上一般采用定向凝固技术,控制好晶体固液界面,使之尽量平直,形成柱状结构。

在多晶硅的生长过程中,由于热应力的作用,会在晶粒中产生大量的位错。位错是浇铸多晶硅中的一种重要结构缺陷。根据生长方式和过程不同,浇铸多晶硅中的位错密度一般为 $10^3 - 10^6/\text{cm}^2$ 。由于位错本身的悬挂键具有很强的电活性,是少数载流子的复合中心,且由于金属杂质和氧碳等杂质在位错上的聚集,亦会造成复合中心,并使电学性能不均匀,因此位错会大大降低少数载流子的寿命。

浇铸多晶硅含的杂质一般来源于石英坩埚的氧、石墨加热器或石墨坩埚的碳以及一些金属杂质。在多晶硅太阳能电池制造的热处理过程中,氧会沉淀,形成不同形式的硅氧复合体,限制电池的效率。一般浇铸多晶硅中碳的含量比直拉单晶硅的要高。多晶硅中存在的重金属杂质对少子寿命是非常有害的,目前正在利用

各种吸杂方法来减少重金属杂质的影响。

浇铸多晶硅生长简便,易生长大尺寸方锭,切割损耗小,生长时能耗低,有利于降低成本。其最大缺点是有晶界,有高密度的位错和微缺陷,从而降低多晶硅太阳能电池的光电转换效率。

(2) 多晶硅太阳能电池的制造

多晶硅太阳能电池的制造工艺和单晶硅太阳能电池相差不多,所用的设备相同,只是在制造多晶硅太阳能电池时要尽量降低其晶界对光生载流子的复合损失,目前采用的方法有:(1)磷和铝吸杂。在多晶硅表面沉积磷或铝层,或用三氯氧磷液态源进行高温下高浓度预扩散,在表面产生缺陷,高温下杂质可能在高缺陷区富集,再将该层去掉即可除去一些杂质。磷和铝吸杂的效果与基片原来的状态有很大关系,特别是氧和碳的含量,氧碳含量高时效果不好。(2)氢气钝化。实验室中在约 450℃ 下用气氛(20%氢+80%氮气)对晶界进行氢钝化处理,可大大降低晶界两侧的界面态,从而降低晶界复合,提高太阳能电池效率。多晶硅太阳能电池大部分采用氮化硅做减反射膜,主要用等离子体化学气相沉积(PECVD)方法,在制备氮化硅的过程中也会有等离子态的氢对多晶硅晶界起氢钝化作用。(3)建立界面场。通过对多晶硅太阳能电池的 n 型区晶界重掺杂磷,磷向晶界两侧扩散形成 $n^+ - n$ 界面结构,在 p 型区晶界重掺杂铝,铝亦向晶界两侧扩散形成 $p^+ - p$ 界面结构,这两种结构在相应边界产生的界面场均能阻止该区的光生少子在晶界面处复合,从而大大提高太阳能电池效率。

二 多晶硅太阳能电池的性能

多晶硅太阳能电池的性能基本与单晶硅太阳能电池相同,目前国外多晶硅太阳能电池大部分是 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 的方片。工业化生产的多晶硅太阳能电池的典型特性参数如下:

$I_{sc} = 2950\text{mA}$, $V_{oc} = 584\text{mV}$, 填充因子 $FF = 0.72$, 转换效率 $\eta = 12.4\%$ (测试条件:AM1.5, $1000\text{W}/\text{m}^2$, 25℃)。

多晶硅太阳能电池的其它特性与单晶硅太阳能电池类似,如温度特性、太阳能电池性能随入射光强的变化等。

头 10 年里,在现有光热利用的基础上,应扩大太阳能在干燥、烘烤、供热、污水处理与提纯回收等生产领域的利用,并相应解决一些诸如蓄热等技术难题。在新一代的太阳能建筑上,推出太阳能供暖、降温、热水供应等与建筑物相匹配的标准组件。在光电利用方面,应充分发挥我省科技力量强,生产设备先进的优势,进一步增大太阳能电池生产能力,降低成本,提高效率,开发新产品,扩大应用领域,为发展我国太阳能光电事业作出更大贡献。

云南边远山区、高寒地区、干热河谷地带,在 21 世纪初叶仍将处于相对落后的状况。对于这些贫困地区

的农村能源供应问题,只能因地制宜地采用微水力发电、风力发电、沼气利用、速生薪炭林和节能灶以及太阳能利用这些有利于生态环境的途径来解决。因此,开发和生产这些产品,也是云南太阳能产业发展的重要任务。

与云南毗邻的东南亚地区,那里的太阳能资源更丰富,而科技和经济的发展水平比云南还低。因此,东南亚地区是云南太阳能光热、光电产品较大的潜在市场,我们应及早规划,通过合资、合作或技术输出等多种方式,使云南太阳能产品源源不断进入东南亚市场。开拓进取,不断创新,勇攀太阳能利用高峰!