

## 直拉单晶硅中的位错

尽管单晶硅晶格最为完整的人工晶体，但是，依然存在晶格缺陷。晶体硅的缺陷有多种类型。按照缺陷的结构分类，直拉单晶硅中主要存在点缺陷、位错、层错和微缺陷；按照晶体生长和加工过程分类，可以分为晶体原生缺陷和二次诱生缺陷。原生缺陷是指晶体生长过程中引入的缺陷，对于直拉单晶硅而言，主要有点缺陷、位错和微缺陷；而二次诱生缺陷是指在硅片或器件加工过程中引入的缺陷，除点缺陷和位错以外，层错是主要可能引入的晶体缺陷。

对于太阳能电池用直拉单晶硅，点缺陷的性能研究很少，其对太阳能电池性能的影响不得而知；而普通硅太阳能电池工艺的热处理步骤远少于集成电路，所以工艺诱生的层错也比较少。显然，在太阳能电池用直拉单晶硅中，位错是主要的晶体缺陷。

直拉单晶硅位错的引入可以有三种途径。一是在晶体生长时，由于籽晶的热冲击，会在晶体中引入原生位错。这种位错一旦产生，会从晶体的头部向尾部延伸，甚至能达到晶体的底部。但是，如果采用控制良好的“缩颈”技术，位错可以在引晶阶段排出晶体硅，所以，集成电路用直拉单晶硅已经能够做到没有热冲击产生的位错。另外，在晶体生长过程中，如果热场不稳定，产生热冲击，也能从固液界面处产生位错，延伸进入晶体硅。对于太阳能电池用直拉单晶硅，因为晶体生长速度快，有时有可能会有热冲击位错产生。如果位错密度控制在一定范围内，对太阳能电池的效率影响较小；否则，制备出的太阳能电池效率就很低了。二是在晶体滚圆、切片等加工工艺中，由于硅片表面存在机械损伤层，也会引入位错，在随后的热加工过程中，也可能延伸进入硅片体内。三是热应力引入位错，这是由于在硅片的热加工过程中，由于硅片中心部位和边缘温度的不均匀分布，有可能导致位错的产生。

位错对太阳能电池的效率有明显的负面作用，位错可以导致漏电流、p-n 结软击穿，导致太阳能电池效率的降低。所以，在直拉单晶硅的制备、加工和太阳能电池的制造过程中应尽量避免位错的产生和增加。

## 位错的基本性质

位错是一种线缺陷，它是晶体在外力作用下，部分晶体在一定的晶面上沿一定的晶体方向产生滑移，其晶体移动部位和非移动部位的边界就是位错。位错主要有三种类型，即刃型位错、螺型位错以及由它们组成的混合位错。