



太阳能电池技术研究报告序列之三

尚德“Pluto” 太阳能电池掺镓单晶硅技术

太阳能行业研究员
市场部 王娜

BEIJING
2008

- 背景
- 单晶拉制实验设备及方法
- 尚德掺镓单晶硅电池性能指标
- 国外情况
- 研究结论

背景

近年来，太阳能电池工业的迅猛开展致使制备单晶硅的原材料供给十分紧张，加之大局部的硅单晶生产厂家是新参与者，不太了解硅的质量与太阳能电池性能之间的关系，因而饥不择食地购入了大量的垃圾原料诸如极低阻的重掺硅料，坩底料，薄镀膜片，彩片，电池废片等杂料，误认为可通过型号补偿以及化学物理法处理后，只要凑合太阳能电池所需型号和电阻率的要求，拉成单晶，甚至连少子寿命都不测，就提供给用户制作太阳能电池，必然造成电池的转换效率不高，不稳定，经光照后效率大为衰减的问题。近年来，国内外的科学家和资料纷纷报道，应着重于关注原材料的纯度，特别是寿命杀手的重金属，贵金属的含量，氧的控制及硼氧复合体，拉晶过程中的工艺控制等方面的问题。

背景

施正荣博士，杨德仁教授和Ines Rutsachman等人指出解决转换效率低的关键是原料的纯度以及采用以下三个方法：

1. 可降低和控制单晶氧含量的磁场直拉法（MCZ法）
2. 用镓或铟元素取代硼作为P型掺杂剂的拉晶方法
3. 采用磷合金作为N型掺杂剂的拉晶方法。

对于这三种方法的普遍认知是：MCZ法虽能控制和降低单晶中的氧含量，但是需要配置磁场设备并提供其激磁电源，必然增加本钱。而第二种方法中由于镓和铟的分凝系数问题，使单晶头尾间的轴向电阻率变化太大，使得实施起来很复杂，不利于工业化生产。使用磷掺杂的N型单晶，必须要改变电池制作工艺。经过探讨，还是选定了掺镓的单晶拉制工艺。

背景

2008年8月,尚德称成功的研制出了太阳能电池用掺镓单晶硅技术.这种技术是尚德与常州美晶太阳能材料合作研发的.常州美晶的曾世铭教授负责单晶的提拉技术的开发,而尚德电力控股的电池制造部那么负责太阳能电池的研制及测试.掺杂所用的高纯7N金属镓是由株洲冶炼集团提供的.

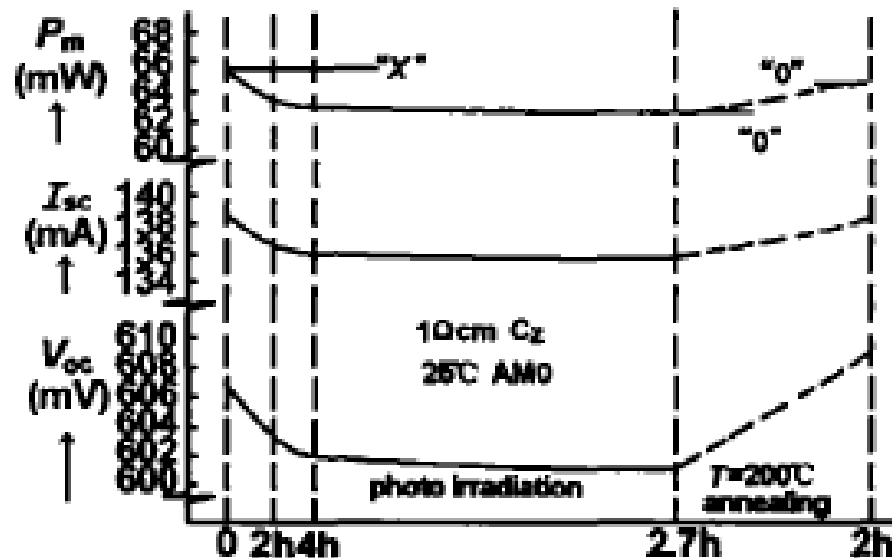
目前国内的单晶硅太阳能电池都是采用硼掺P型硅Cz法生长的.由于硼氧复合体的存在,使这种方法制备的电池具有早期光致衰减的现象.掺镓太阳能电池可以解决P型Cz硅电池的衰减问题.

由于镓的分凝系数较小,如何在拉晶过程中得到电阻率分布均匀硅棒成为技术瓶颈.尚德的研究说明已经克服了这个技术瓶颈,制造出掺镓太阳能电池衰减率 $<1\%$,而且平均光电转换效率也达 17.33% 以上的高效抗衰减太阳能电池

物理背景

(1) 硼掺杂的Cz法生长的单晶硅太阳能电池存在衰减问题

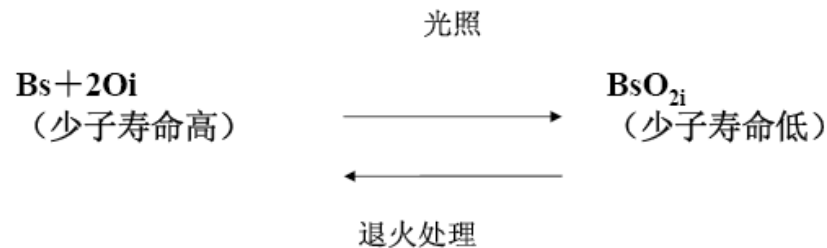
对于硼掺杂Cz法生长的单晶硅太阳能电池，当它暴露于光照下，电池性能会衰减，并最终到达一个稳定的效率。这种通常叫做光致衰减的现象（以下图）。早在30多年前，Fischer和Pschunder首先发现了掺硼太阳能电池的这种光致衰减现象，并且他们还发现在200°C下退火后，电池性能根本能完全恢复。



掺硼Cz硅太阳能电池的光衰减和退火行为

物理背景

经过多年研究，科学家们一致认同这种光致衰减现象是由于掺硼Cz硅中的间隙态氧和替位态硼形成亚稳态的缺陷结构（即硼氧复合体）所致，其形成机制如下图。这种缺陷结构降低了少数载流子寿命和扩散长度，使太阳能电池的性能下降。

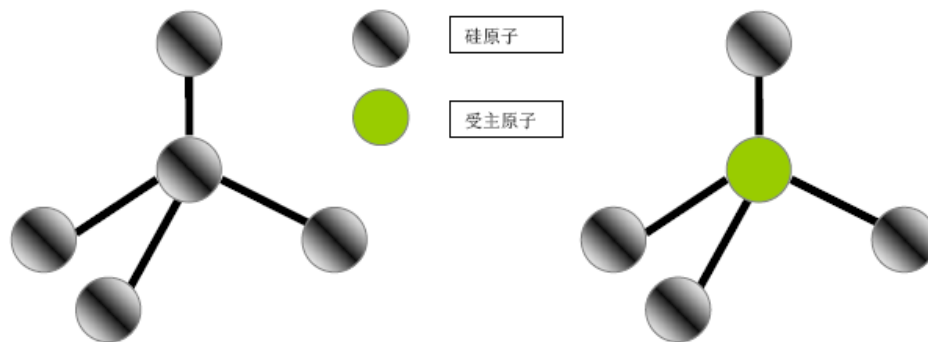


硼氧复合体引起的光衰减和退火行为物理机制示意图

物理背景

(2) 掺镓P型Cz硅电池抗光衰减机理

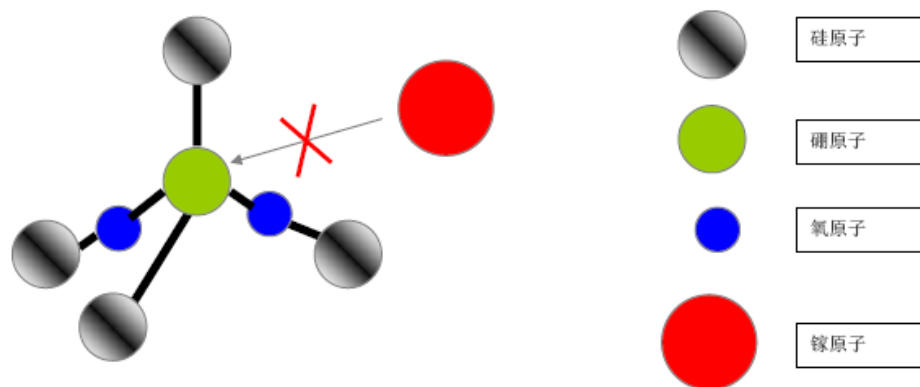
硅中掺杂用的三五主族元素一般为替位共价态〔以下图〕，硼的共价原子半径是82 pm (1pm=10⁻¹²m) 在硅晶格中有足够的空间可以形成硼氧复合体



替位态的受主原子

物理背景

而镓的共价原子半径是126 pm，其较大的原子半径阻碍了镓和氧在硅晶格中的作用（以下图），这是掺镓不会形成亚稳态复合体的根本原理，正是这个原理抑制了掺镓Cz单晶的光衰减。



掺镓p型太阳嫩电池抗衰减原理

物理背景

(3) 掺镓太阳能电池的技术瓶颈

众所周知镓的分凝系数是 8×10^{-3} ，而硼的是 4×10^{-4} ，确实大大小于硼的分凝系数 8×10^{-1} 。外表看来掺镓或硼的硅单晶轴向电阻率控制必然比掺硼的难度大些，也复杂些。但是太阳电池对单晶电阻率的数值和分布范围要求比较宽松，例如0.5-6欧姆厘米。因此这就不会成为问题。

熔硅中的镓浓度由分凝公式(1)得到，其中g为凝固百分比， C_s 为硅棒中凝固百分比为g处的镓浓度， C_L 为熔硅中镓浓度，k为杂质分凝系数0.008。

$$C_s = k \cdot C_L \cdot (1-g)^{k-1}$$

由于镓的分凝系数很小为0.008〔硼的分凝系数为0.8〕，镓在硅晶体内掺杂浓度变化较大，因而 C_z 硅棒纵向电阻率变化会很大，因此使用镓元素比使用硼要复杂的多。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/315222131320012003>