



Jiangsu GCL Silicon Material Technology Development Co.,Ltd
江苏协鑫硅材料科技发展有限公司



通过铸锭技术降低组件衰减 提升效率

保利协鑫 游达

2015年09月15日

Bringing Green Power to Life

Contents

组件效率衰减分析

电势诱导衰减 (PID)

光致衰减 (LID)

PERC电池的光致衰减

N型电池的光致衰减



组件效率衰减分析

电势诱发衰减PID
(Potential induced degradation)

B-O复合体



光致衰减LID
(Light induced degradation)

硅片：低掺杂电阻率大的硅片PID小，掺杂不均匀引起电池片方块电阻不均匀引起PID；

电池：扩散层的方块电阻和减反射层的折射率；

组件：封装材料之间的漏电通道以及玻璃内钠离子含量；

系统：逆变器接地方式，组件被加载的正负电压；

电势诱发衰减PID

存在于光伏组件的电路与其接地金属边框之间的高电势差，会造成组件的光伏性能不断的衰减，这一现象被称为电势诱发衰减。

组件活性区受到电势影响

电池封装材料和组件上下表面层材料中的离子在电势的影响下发生迁移，导致电荷在电池表面聚集。如钠离子在玻璃表面聚集。

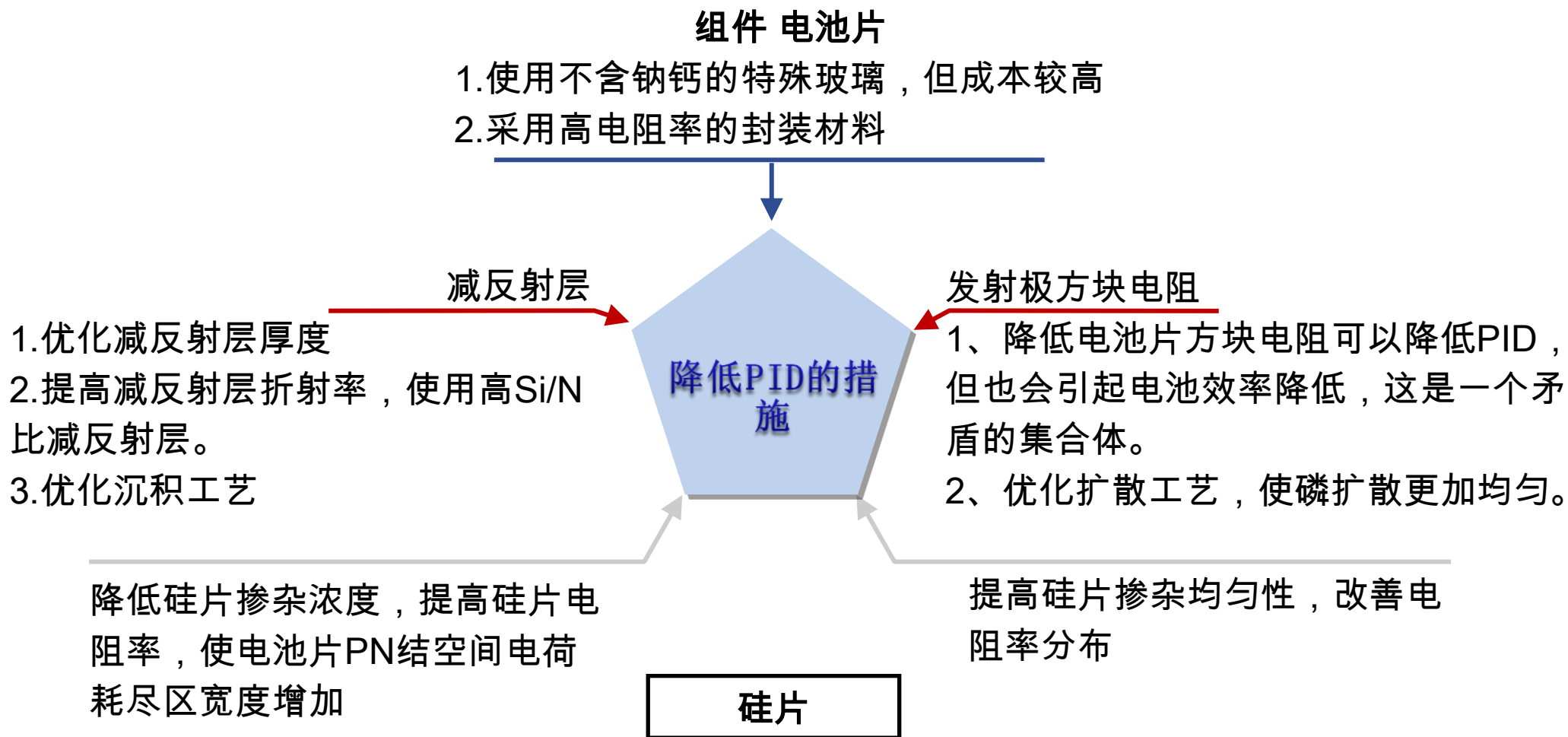
电池PN结性能衰减和分流现象

在电势差的作用下，电池片中的掺杂离子的迁移，使得PN结的性能发生衰减。

金属栅极的电解腐蚀和金属导电离子的迁移

电势诱发衰减 PID

降低PID的措施



光致衰减LID(Light induced degradation)

掺硼P型晶硅太阳能电池经过光照后会产生效率衰减，研究表明，掺硼太阳能电池的衰减与B-O复合体在少数载流子的激发下形成有关。

**降低
B含量**

- 1.使用镓替代硼
- 2.使用N型掺杂剂

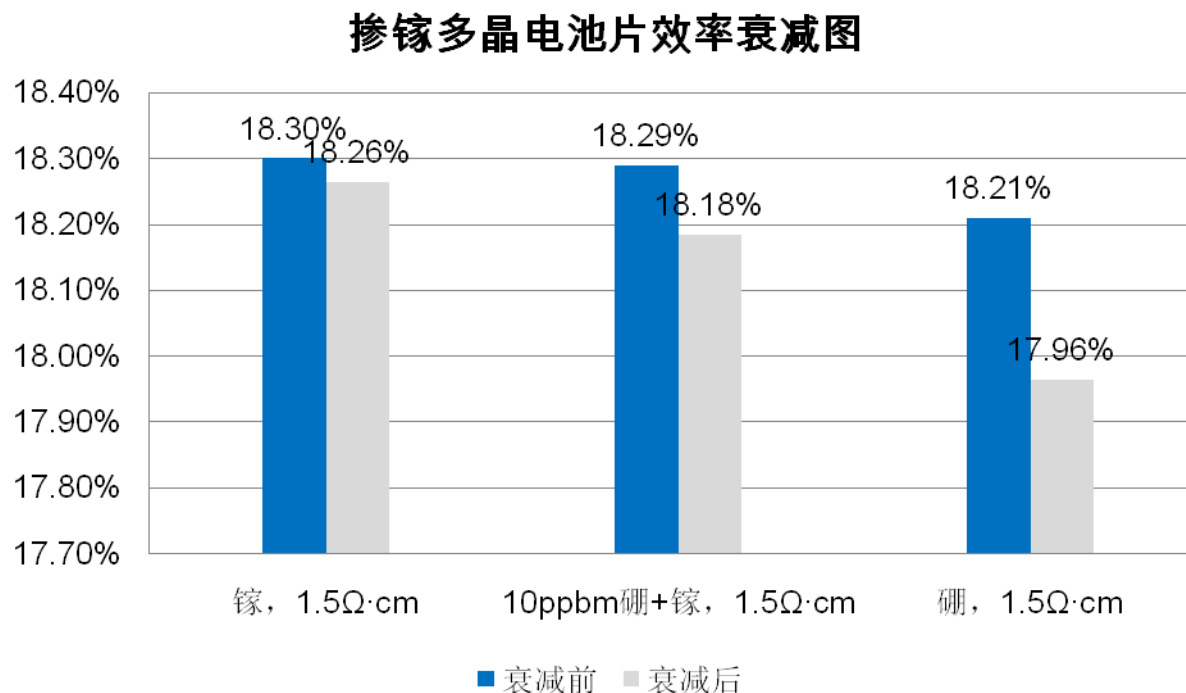
**降低
氧含量**

- 1.铸造单晶替代直拉单晶
- 2.使用**磁场技术**

产品

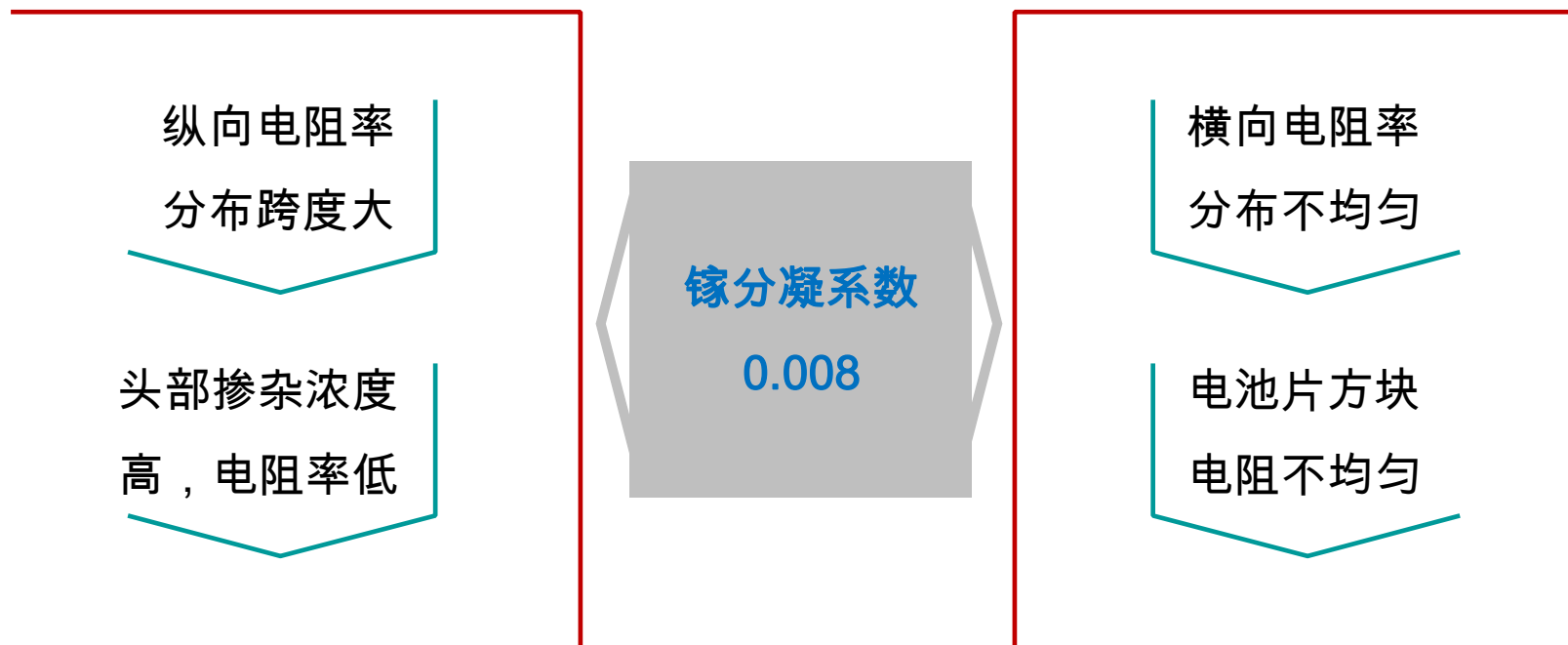
- 1.掺镓鑫多晶S4
- 2.N型单晶
- 3.铸造单晶
- 4.N型鑫单晶
- 5.掺镓鑫单晶

硼含量对光衰的影响-掺镓技术



- ✓当硅中的硼含量从80ppbm降低至10ppbm后，硅片的光致衰减从1.35%降低至0.58%；
- ✓当硅片中的硼含量降低至0时，电池片依旧存在0.20%左右的衰减，这可能与硅料中残余的微量硼有关，或者与替位镓和间隙硅的复合体 (Ga_s-Si_i)*有关；
- ✓使用镓替代硼，降低硼含量，可以有效的降低光衰，提升转换效率；

掺镓技术存在的问题

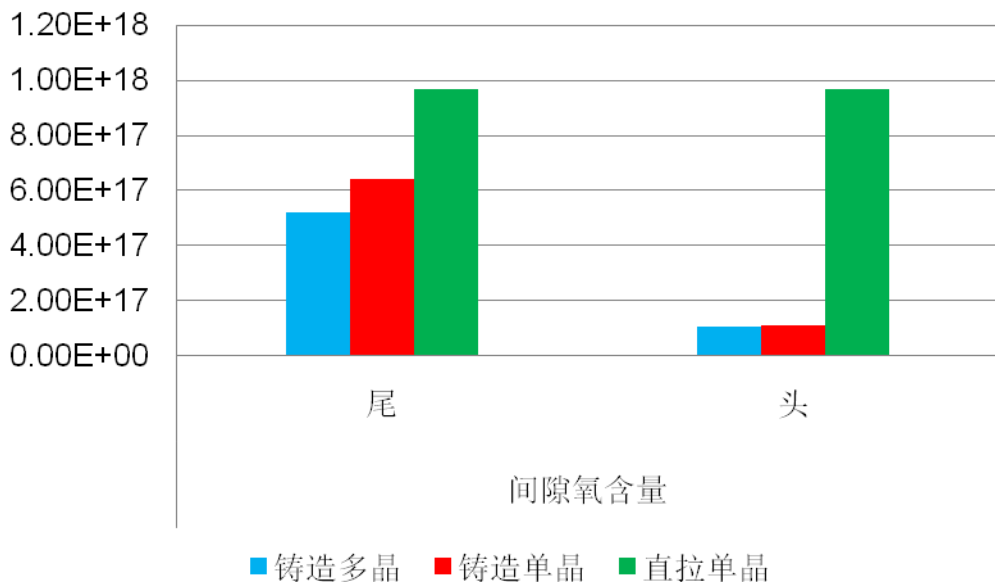


通过调整热场和掺杂方式
改善电阻率分布

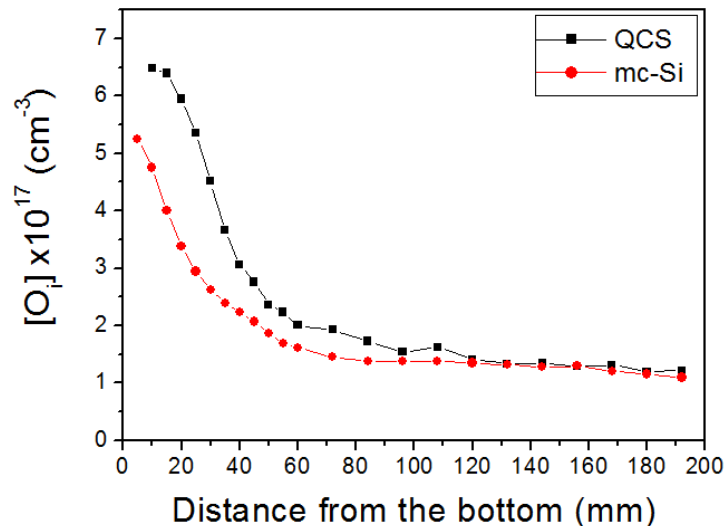
氧含量对光衰的影响

直拉单晶中，高浓度的氧含量是引起单晶太阳能电池光衰偏高的重要因素；
使用定向凝固法生长单晶可以有效的降低氧含量，降低单晶的光衰。

不同产品氧含量对比图



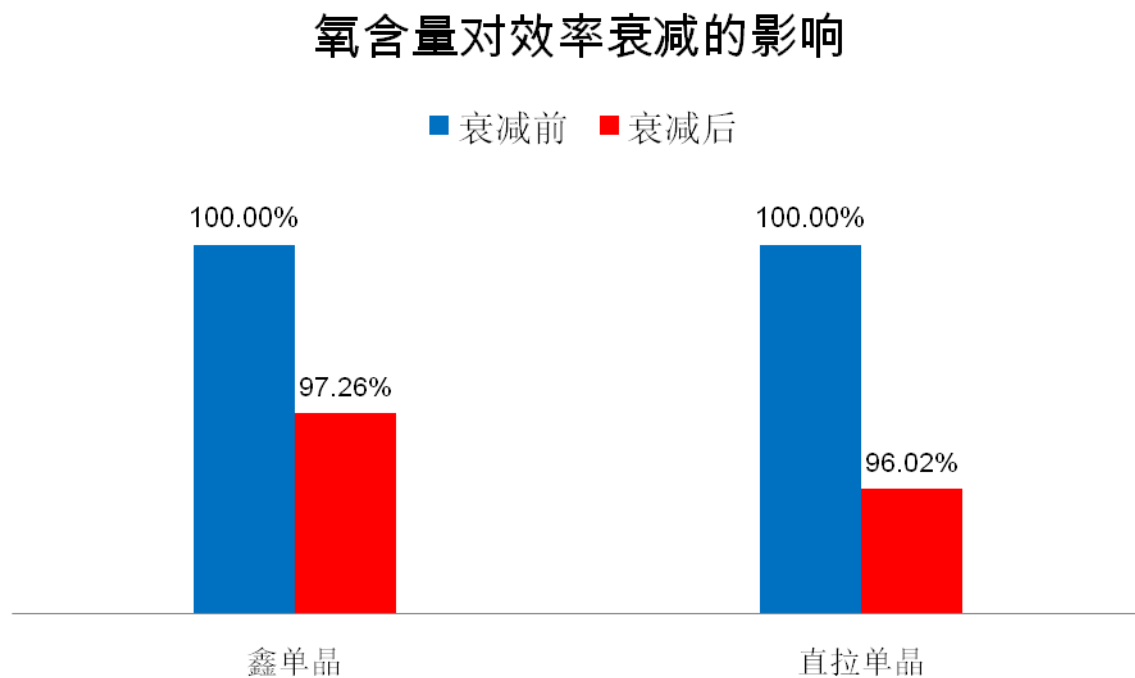
铸造单晶氧含量随高度的变化图



铸造单晶中，距离底部60mm以上氧含量在 $2 \times 10^{17} \text{ atom/cm}^3$ 以下，远远低于直拉单晶的 $9.7 \times 10^{17} \text{ atom/cm}^3$ 。

铸造单晶由于底部籽晶的影响，其底部的氧含量较多晶偏高。

氧含量对光衰的影响



由于铸造单晶的氧含量是直拉单晶的1/4，其光衰值较低，从图中可以看出，直拉单晶的光衰接近4%，而掺硼鑫单晶的光衰只有2.7%，鑫单晶光衰明显降低至单晶的67.5%。

本实验电池结构为PERC结构。

PERC太阳能电池——高转换效率

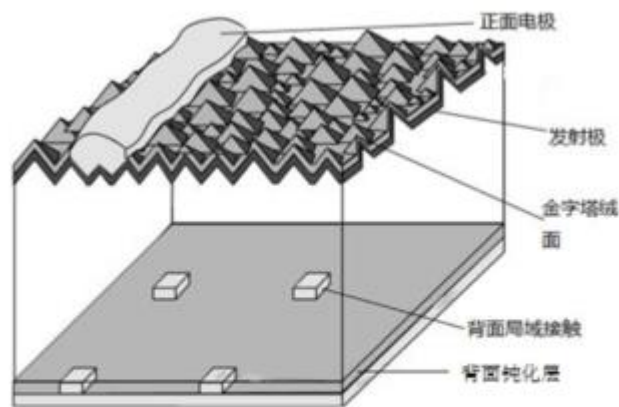


图 1 PERC 太阳能电池结构示意图
Fig.1 Scheme of PERC solar cells

背部采用介质钝化膜，降低表面复合速率

介质钝化膜具有反射作用，提高电池片的长波长光子的吸收

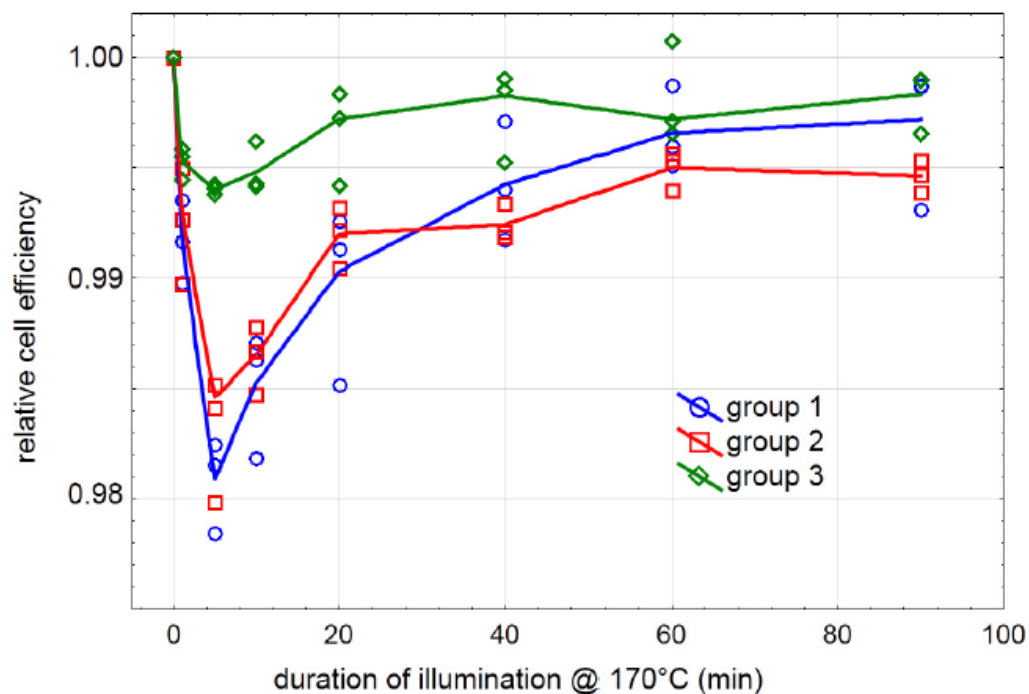
钝化膜位于硅片和背电极之间，可以降低硅片的翘曲

目前，PERC结构电池虽然可以提高电池的光电转换效率，但其较高的LID对效率的提升有负面影响，目前PERC结构电池LID偏高的具体机理暂不明确，可能与电池的介质钝化膜有关。

PERC电池降低LID——低温退火

在光照条件下进行低温退火，可以有效降低电池片的LID。

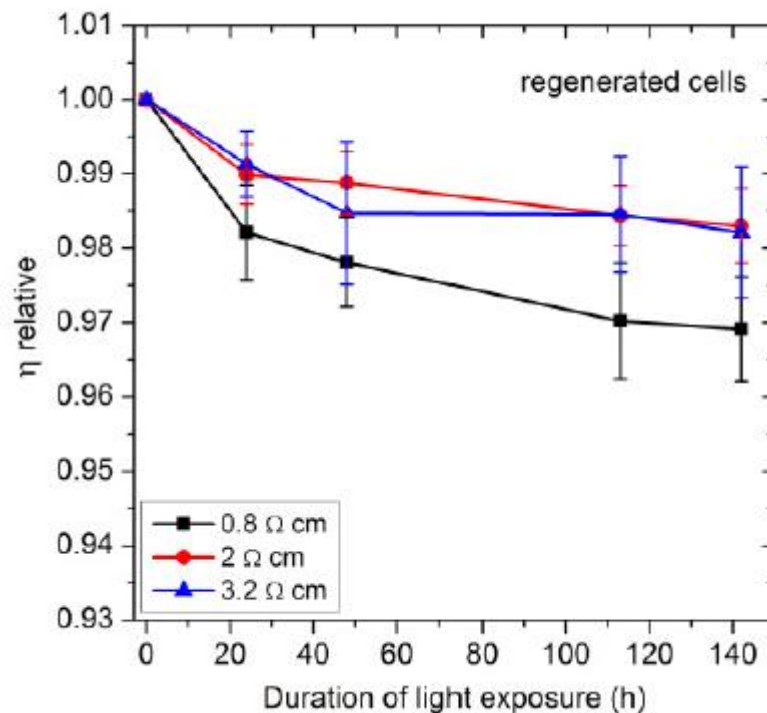
其主要原理是光照条件下退火使得BO复合体失效。同时制备介质钝化膜引入的氢原子也可以促进BO复合体的失效。



退火对PERC电池光致衰减的影响*

*Franziska Wolnya, et al. Enhanced stable regeneration of high efficiency Cz PERC cells, *Energy Procedia* 77 (2015) 546 – 550

PERC电池降低LID——提高硅片电阻率



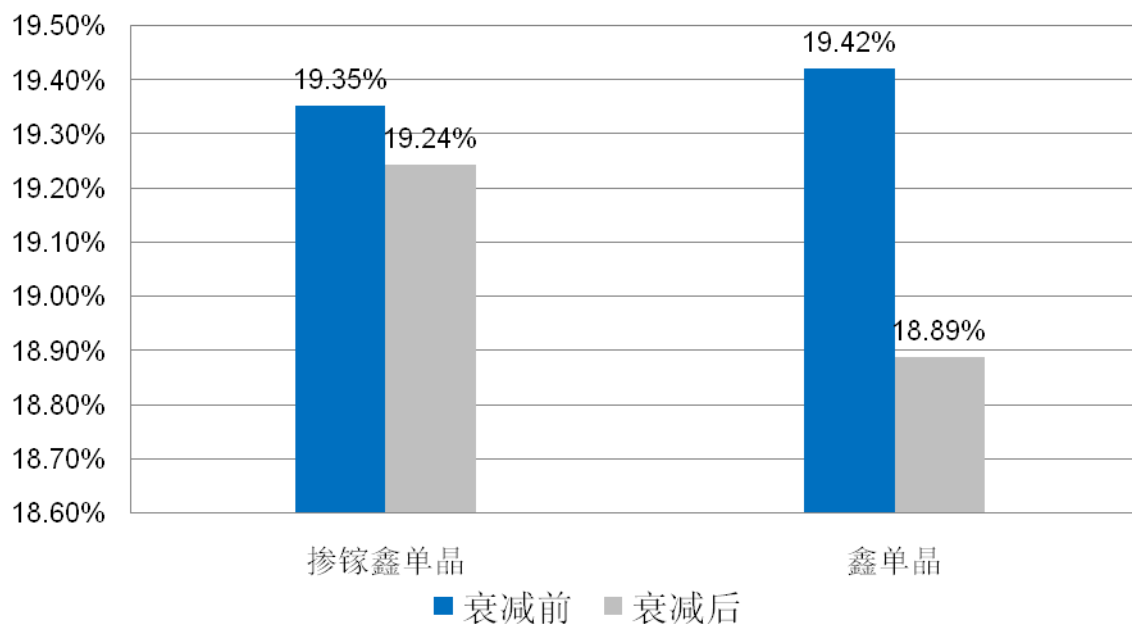
硅片电阻率对PERC电池衰减及效率恢复的影响*

从图中可以看到，通过降低硅片中的B浓度，提高硅片的电阻率，可以降低硅片中的B-O复合体浓度，从而降低硅片的效率衰减。

* Franziska Wolny, et al. Light induced degradation and regeneration of high efficiency Cz PERC cells with varying base resistivity, *Energy Procedia* 38 (2013) 523 – 530

PERC电池降低LID——掺镓硅片

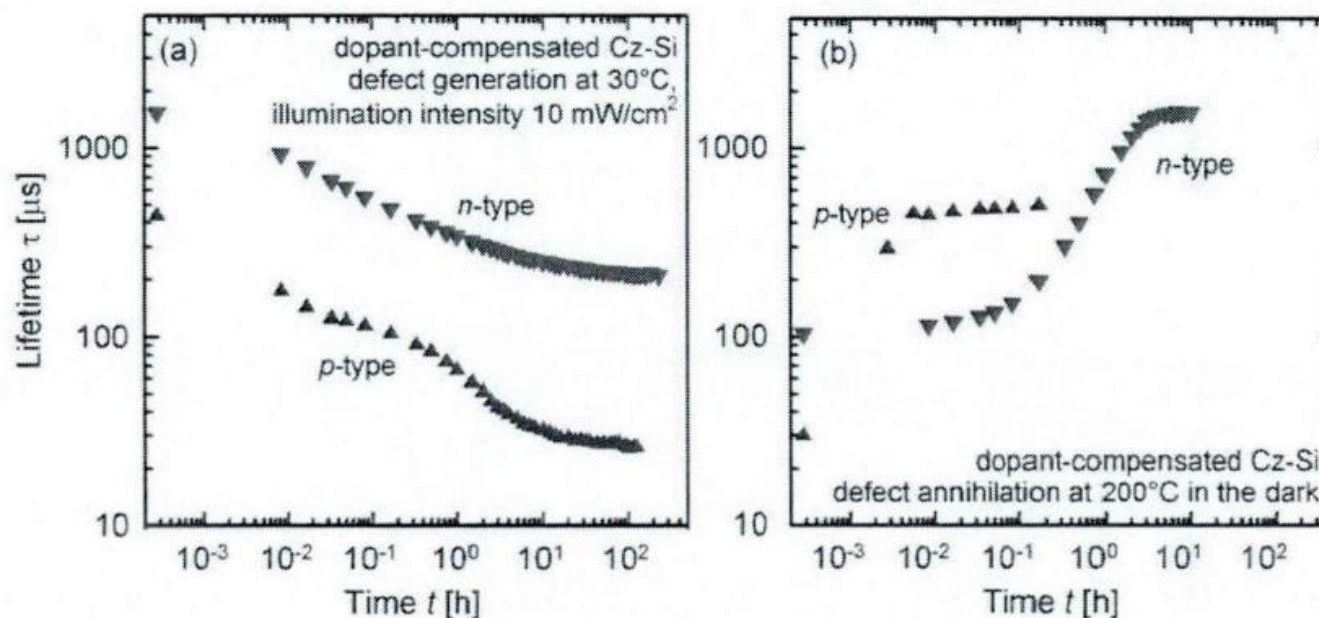
掺镓硅片对PERC电池光衰影响



通过使用镓元素替代部分硼元素，降低硼含量，降低电池片中的B-O复合体，可以有效大幅度降低PERC结构电池的光衰，其光衰值由2.7%降低至0.6%左右，掺镓单晶硅片在PERC电池中应用更具优势。

N型电池片—LID

在N型电池片中，由于没有B-O复合体的存在，理论上不会产生光衰现象。



(a) P型和N型掺硼补偿硅中载流子寿命在光照下的衰减过程，(b) P型和N型补偿硅完全衰减后在避光条件下寿命的恢复过程^[1]

研究表明，在N型硅片中，如果硅料中含有少量的硼，N型太阳能电池中也发现了光衰现象，而且，其寿命恢复过程较P型电池慢。N型电池片的光衰与电子浓度无关，但正比于光照强度^[2]，并与补偿度相关^[3]。目前，N型补偿硅中光衰减的实验结果还较少，需要进一步研究。

- 1) B. Lim, F. Rougieux, et. al. Journal of Applied Physics, 108(2010)103722
- 2) F. E. Rougieux, B. Lim, J. Schmidt, et. al. Journal of Applied Physics, 110(2011)063708
- 3) J. Geilker, W. Kwapil, S. Rein, Journal of Applied Physics, 109(2011)053718

总结

- 通过调整硅片的电阻率和掺杂均匀度，可以降低组件的PID，提升组件效率。
- 组件效率的衰减主要是由于电池片的光致衰减导致的，通过使用镓代替硼作为掺杂剂制备P型多晶硅可以明显的降低光致衰减，相对提高组件的转换效率。
- 降低硅片中的氧含量，可以适当地降低电池片的光衰。
- 虽然掺镓技术可以明显的降低光衰提升组件效率，但由于镓的低分凝系数，会导致硅片电阻率分布不均匀，通过热场改善和生产工艺的调整，可以有效的降低镓分凝系数低带来的影响。
- PERC电池片效率有明显的提高，但其LID较铝背场电池片高，通过光照低温退火，及使用高电阻率硅片和低硼掺镓硅片可以有效的降低光衰。
- N型电池片中的硼会引起光衰，光衰强度与光照强度和补偿度有关，通过减少硅料中引入的硼，可以有效的减少N性电池片的光衰。

我们的团队，我们的目标
Our Team, Our Goal

把绿色能源带进生活
Bringing Green Power to Life

Thank you!