

# 掺镓硅太阳能电池情况报告

尚德电力控股有限公司

2008.8.19

## 实验背景

2

对于硼掺杂的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，并最终达到一个稳定的效率。这种通常叫做光致衰减的现象为人们所熟知已经快30年了，其原因是Cz硅材料替位硼和间隙氧在光照的情况下形成了硼氧复合体，降低少数载流子寿命和扩散长度,使电性能下降。

## 实验背景

3

在去年12月无锡召开的中国光伏产业国际竞争力高峰论坛上，尚德电力控股有限公司张光春副总做了《太阳能电池和组件的电性能光致衰减的实例与分析》报告，反映了尚德公司在克服单晶硅太阳能电池光致衰减的研发方面的进展。

要降低衰减就必须从两个方面着手：用镓代替硼作为掺杂剂，或采用N型晶片代替P型晶片（摘录自《太阳能电池手册》2008年1月，译自Solar Cells: Materials, Manufacture and Operation）。我们采用掺镓的方法来解决P型Cz硅电池的衰减问题。



尚德公司先后与天津市环欧半导体技术有限公司，常州美晶太阳能材料有限公司合作，研发，生产单晶硅太阳能电池。特别是与常州美晶太阳能材料有限公司合作，发挥各自优势联合向江苏省科技厅申报了“低衰减太阳能电池单晶硅材料的研发及产业化应用”科技支撑项目（即原来的科技攻关计划）。和常州美晶合作的内容有：

- （1）美晶公司负责提供各种要求的掺镓单晶硅片。
- （2）尚德公司负责生产掺镓单晶硅电池，并进行掺镓单晶硅太阳能电池的光致衰减实验。
- （3）尚德公司用未做光致衰减实验的掺镓单晶硅太阳能电池做成组件进行光致衰减实验。

## 实验一：拉棒

6

第一次我们用国外的纯多晶料做实验。一共拉制掺镓硅棒5根，掺高纯镓的全部正常拉出完整单晶棒，另一根掺镓硅合金粉的硅棒由于镓硅粉含有难熔杂质，导致拉晶过程多次提肩，且拉到500-600mm长时断棱。具体信息见下表。

晶体编号	头部电阻率/尾部电阻率（仪器：四探针，单位： $\Omega$ -cm）	掺杂剂	备注	切片成品数（片）
03-37-09	3.7/1.9	镓硅合金粉	断苞约0.5-0.6m	1340
03-35-06	1.1/0.3	7N高纯镓	完整拉出约1.1-1.2m	3235
04-35-01	1.6/0.3	7N高纯镓	完整拉出约1.1-1.2m	3291
04-35-02	1.9/0.3	7N高纯镓	完整拉出约1.1-1.2m	3448
04-35-03	1.7/0.3	7N高纯镓	完整拉出约1.1-1.2m	2816

## 实验一：电池

7

我们将掺镓硅片按照其电阻率分为了3个批次进行实验（ $0.2-0.5 \Omega \cdot \text{cm}$ ， $0.5-0.9 \Omega \cdot \text{cm}$ ， $0.9-1.9 \Omega \cdot \text{cm}$ ）。

实验安排在尚德研发实验线进行，并且派人全程跟踪，确保实验流程正常。  
下面是实验数据：

电阻率范围 ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )	$I_{\text{mpp}}$ (A)	$U_{\text{oc}}$ (V)	$I_{\text{sc}}$ (A)	$R_{\text{s}}$ ( $\Omega$ )	$R_{\text{sh}}$ ( $\Omega$ )	FF (%)	NCell
0.2 - 0.5	4.897	0.6290	5.234	0.006016	33.69	78.21	0.1733
0.5 - 0.9	4.905	0.6291	5.243	0.005933	35.89	78.26	0.1737
0.9 - 1.9	5.025	0.6267	5.365	0.006521	61.66	78.02	0.1765
全部平均	4.988	0.6274	5.327	0.006349	53.66	78.09	0.1757

# 实验一：送检测试

8

我们从这些电池片中选取了几片电池片送至中国科学院太阳光伏发电系统和风力发电系统质量检测中心检测。送外检测结果电池效率为17.4%，17.5%。




2006002056K      No. L2338

中国科学院太阳光伏发电系统和风力发电系统质量检测中心  
PHOTOVOLTAIC AND WIND POWER SYSTEMS QUALITY TEST CENTER, CAS

## 检 测 报 告

TEST REPORT

报告编号: PWQC-WT08062611  
Report No.

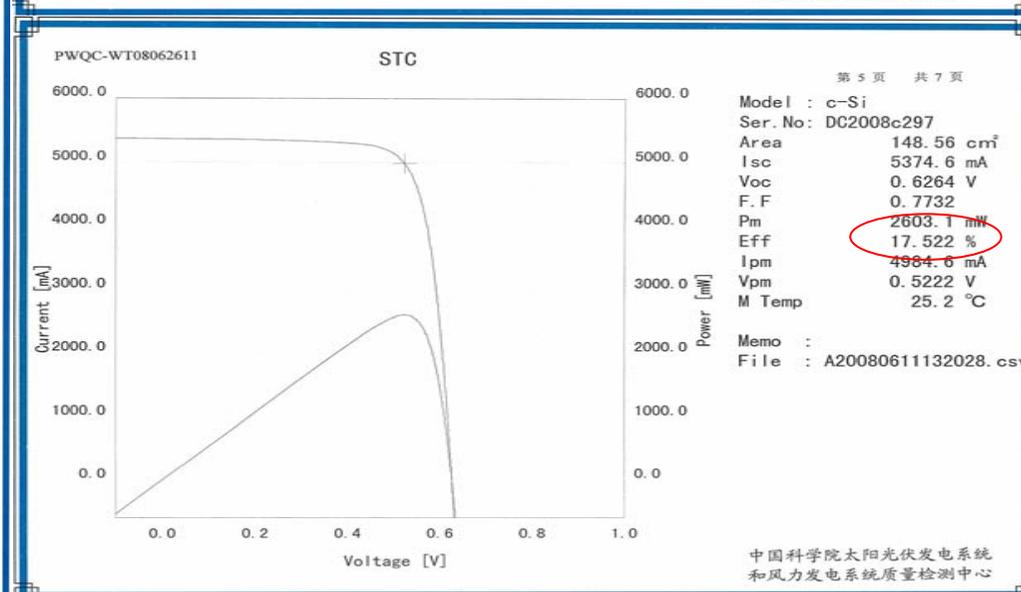
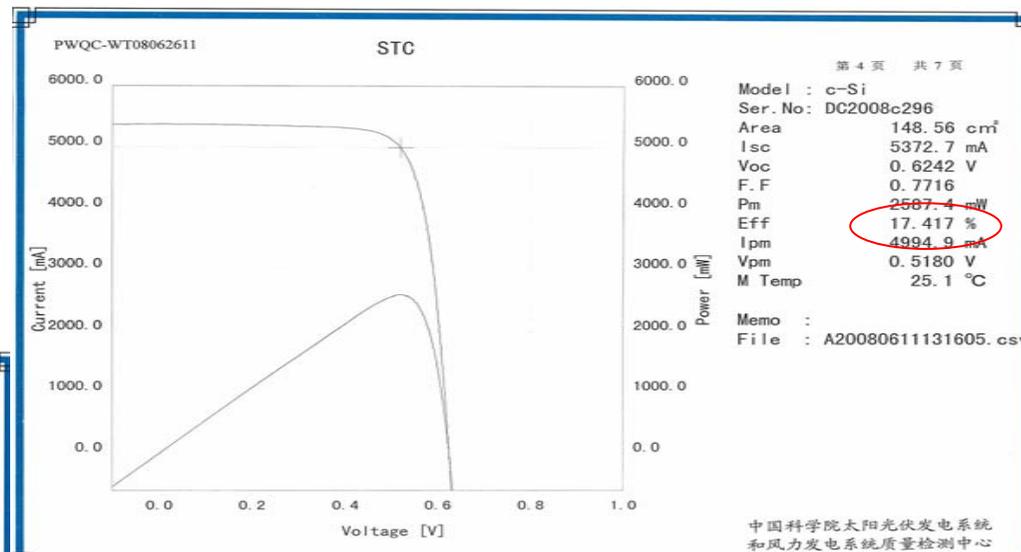
产品 / 样品名称  
Sample Name : 光伏电池

送样单位  
Customer : 无锡尚德太阳能电力有限公司

检测类别  
Type of Project : 委托检测

发送日期  
Date : 2008年6月26日





## 实验一：与掺硼电池片对比

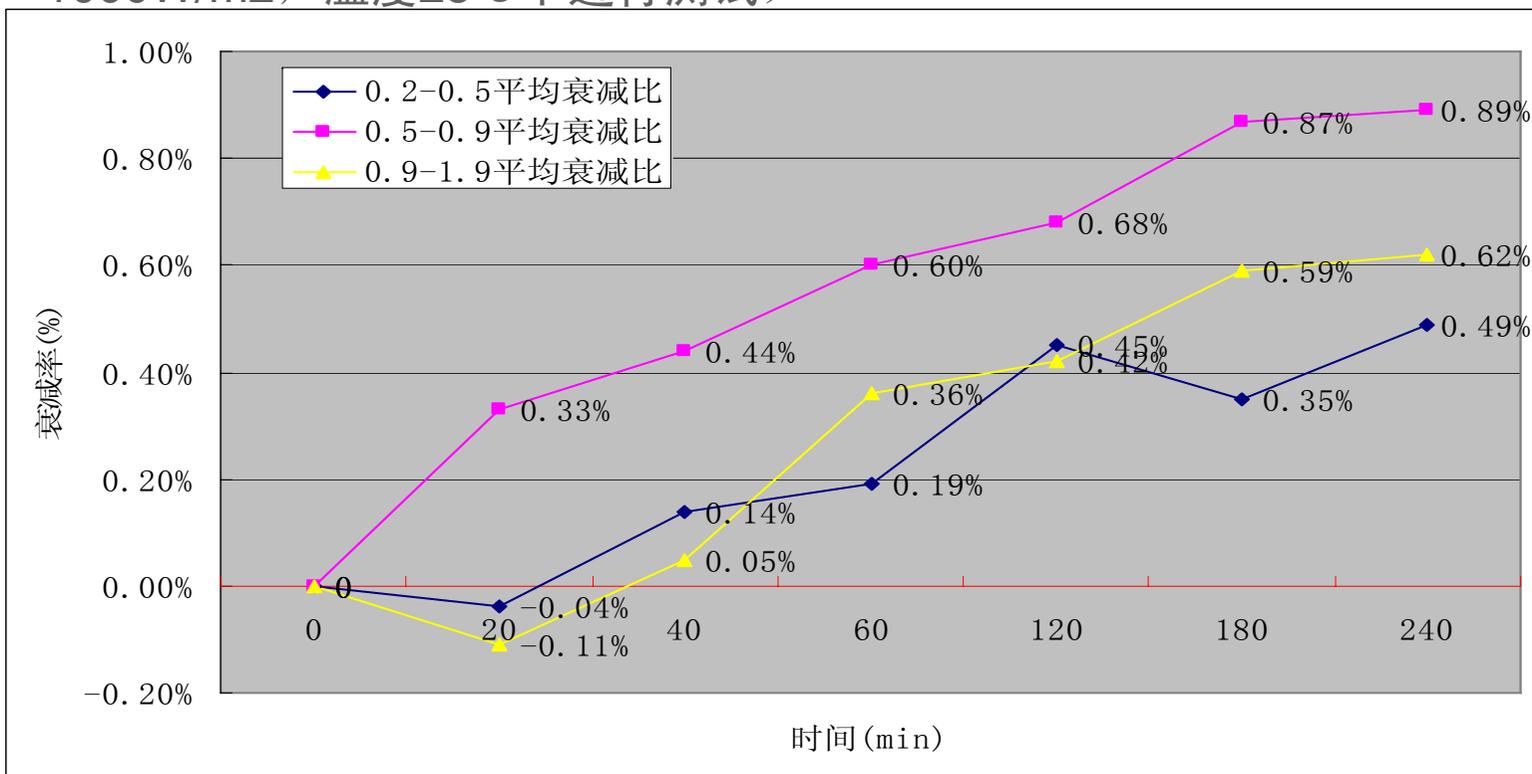
9

为了更好的对比掺镓电池的电性能以及衰减情况，我们也用国外的纯多晶料做了些硅片，然后生产成电池片，下面是这些电池片的数据。

电阻率	Uoc (V)	Isc (A)	Rs ( $\Omega$ )	Rsh ( $\Omega$ )	FF (%)	NCell
3.52-6	0.622968	5.489762	0.007428	455.4953	76.22139	0.175445
0.9-1.5	0.626091	5.312116	0.006761	40.44118	77.32449	0.173083
2.3-3.5	0.622926	5.365702	0.007265	50.9073	76.7866	0.172732

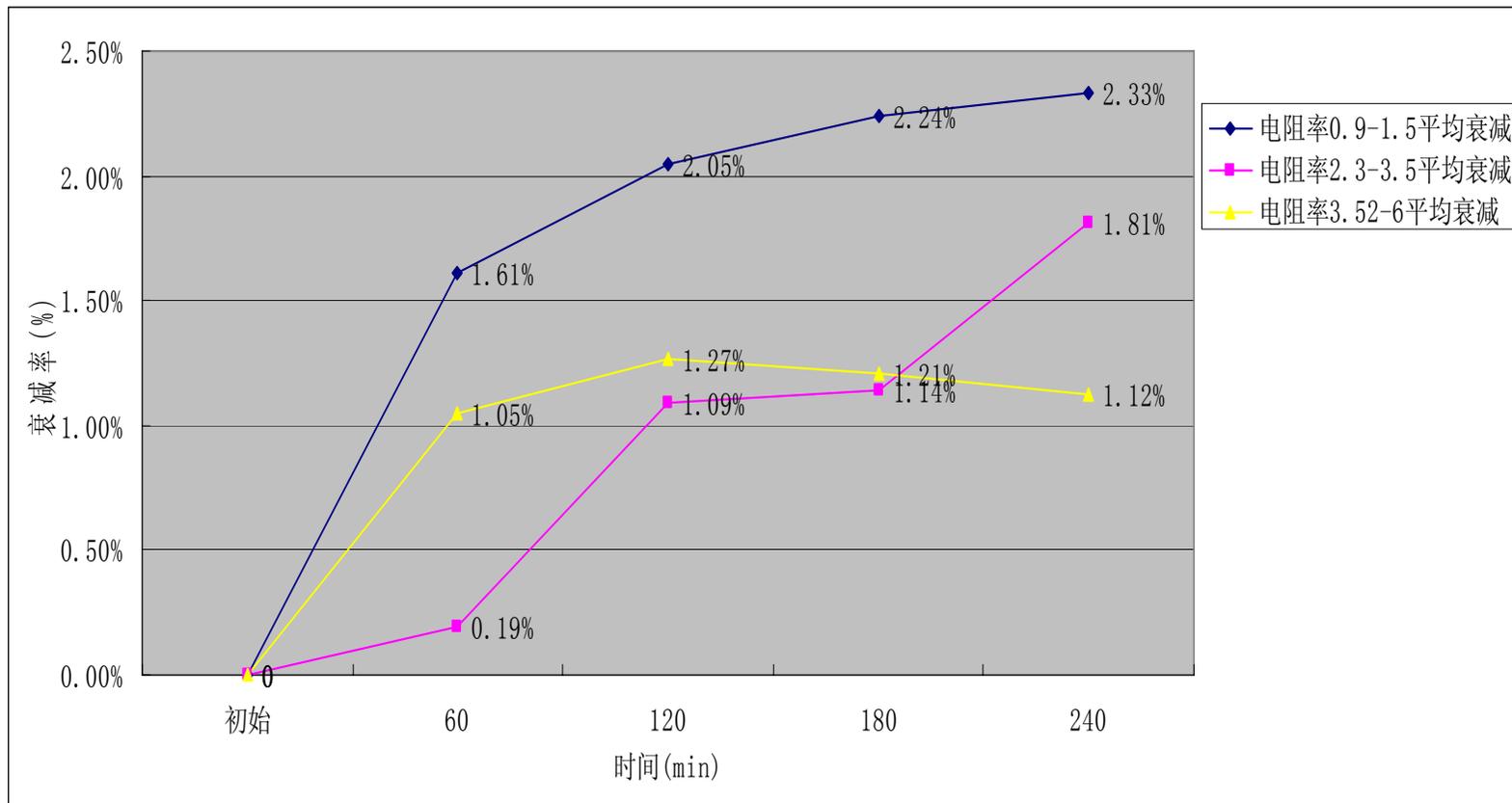
# 实验一：电池片衰减

我们随机从这三批掺镓电池片中各抽取10片做光衰减实验，衰减条件为模拟太阳光灯箱，光照强度约为1个太阳。衰减结果见下面的图表：（所有数据都是使用Berger测试仪器在光谱AM1.5G,辐照度1000W/m<sup>2</sup>，温度25℃下进行测试）



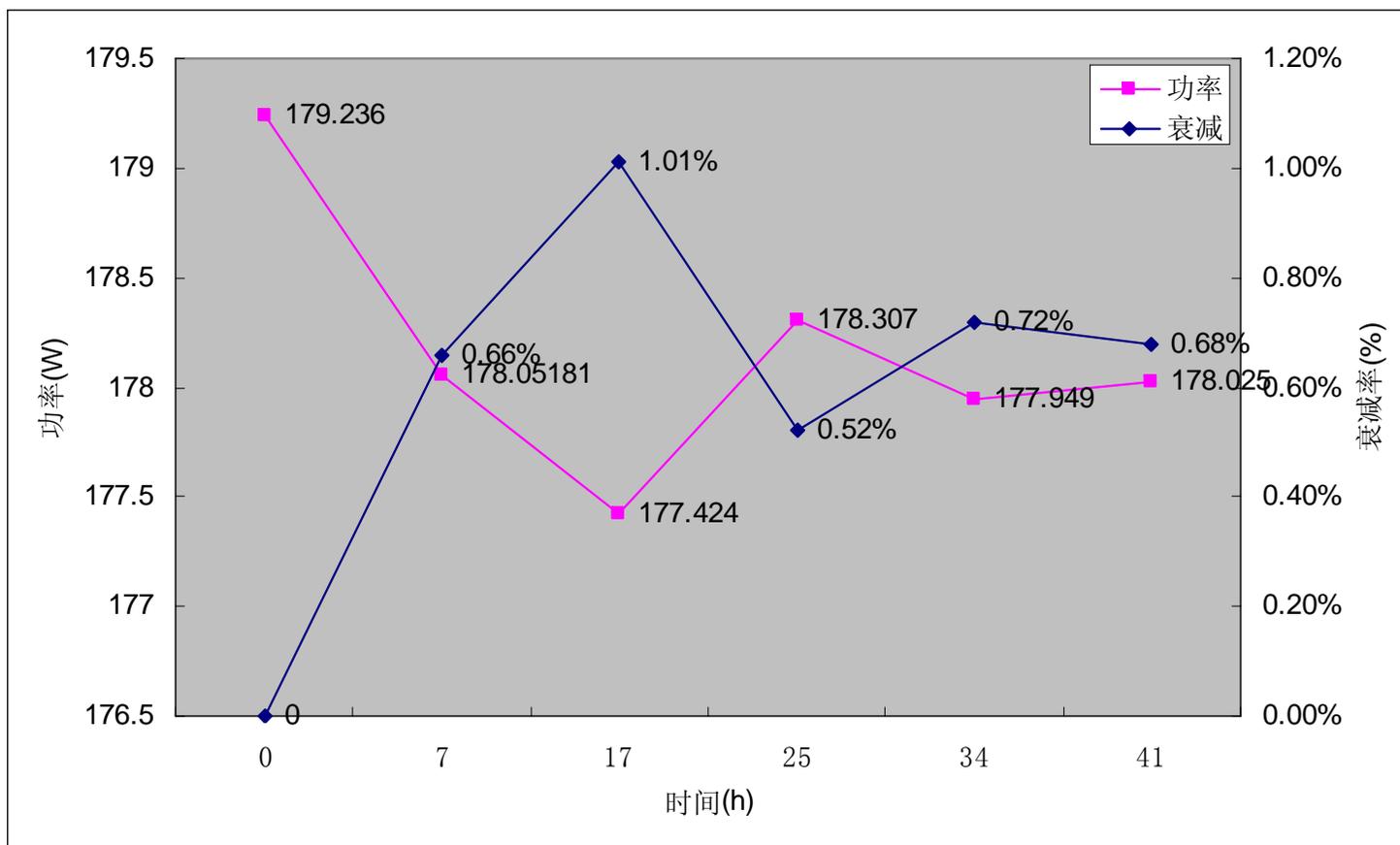
# 实验一：掺硼电池片衰减对比

掺硼的电池片我们也用同样的方式进行了光衰减,下面是光衰减数据:



# 实验一：组件衰减情况

将这批里没有进行过光衰减的掺镓电池片单独做成组件后，选取三个组件进行光致衰减实验，下面是其中一块组件的数据：



## 实验二：拉棒

13

由于国外的纯多晶料是很好的硅料，为了更好的模拟目前以及以后国内单晶材料情况。我们又做了以下两组实验：

所用硅料	头部电阻率/尾部电阻率（仪器：四探针，单位： $\Omega$ -cm）	备注
IC级的N型硅用Ga反掺	0.5-3	简称SDN
国内某家公司的硅料	0.5-3	简称SDP

## 实验二：制作电池片

14

我们将掺镓硅片按照不同分为SDN、SDP两种。

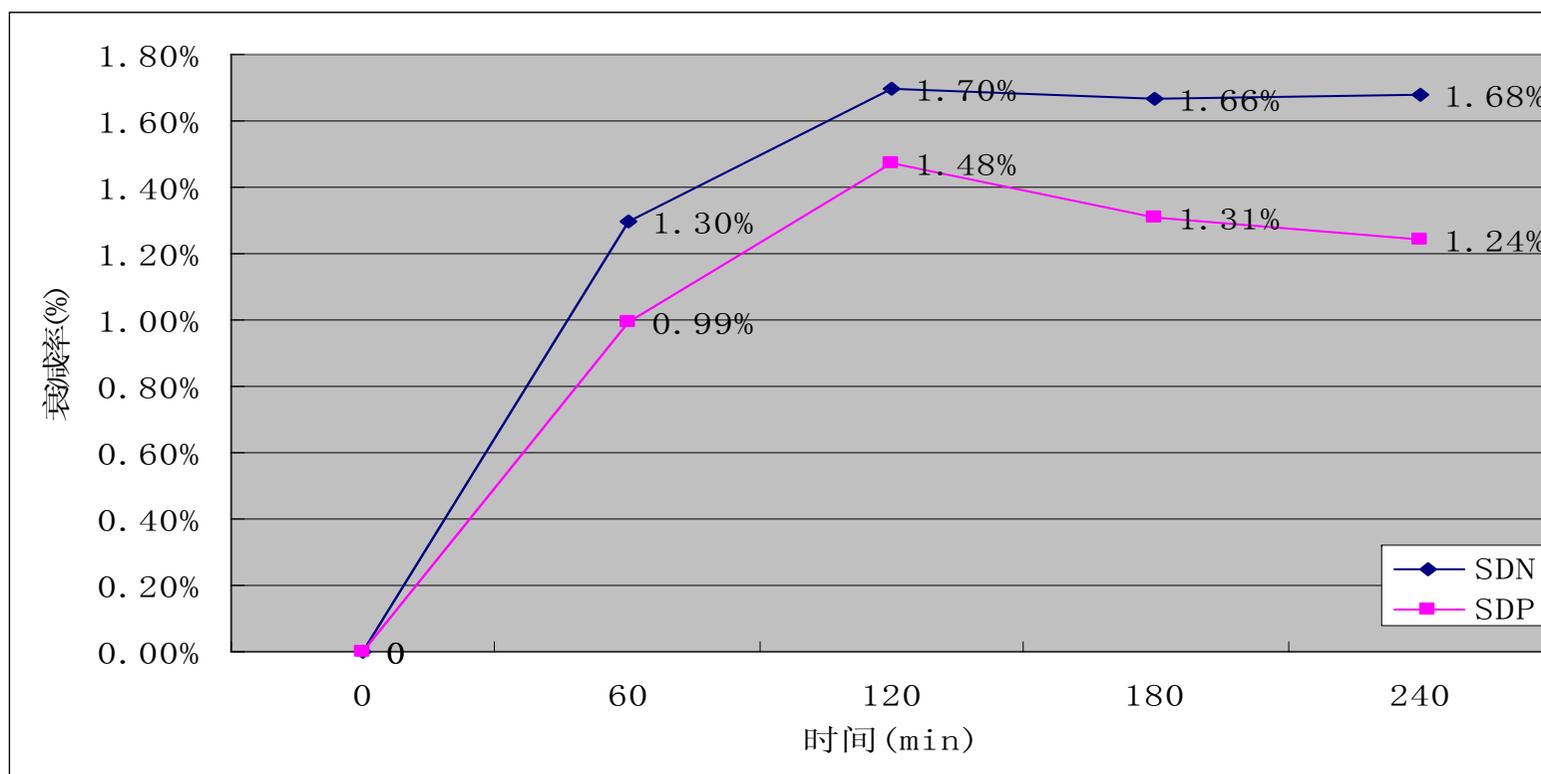
实验安排在尚德研发线进行，并且派人全程跟踪，确保实验流程正常。下面是实验数据：

备注	Uoc (V)	Isc (A)	Rs (Ω)	Rsh (Ω)	FF (%)	NCell
SDN	0.625573	5.348104	0.006509	46.98829	77.30082	0.174061
SDP	0.625898	5.322503	0.00637	53.79095	77.78411	0.174394

## 实验二：电池片衰减

15

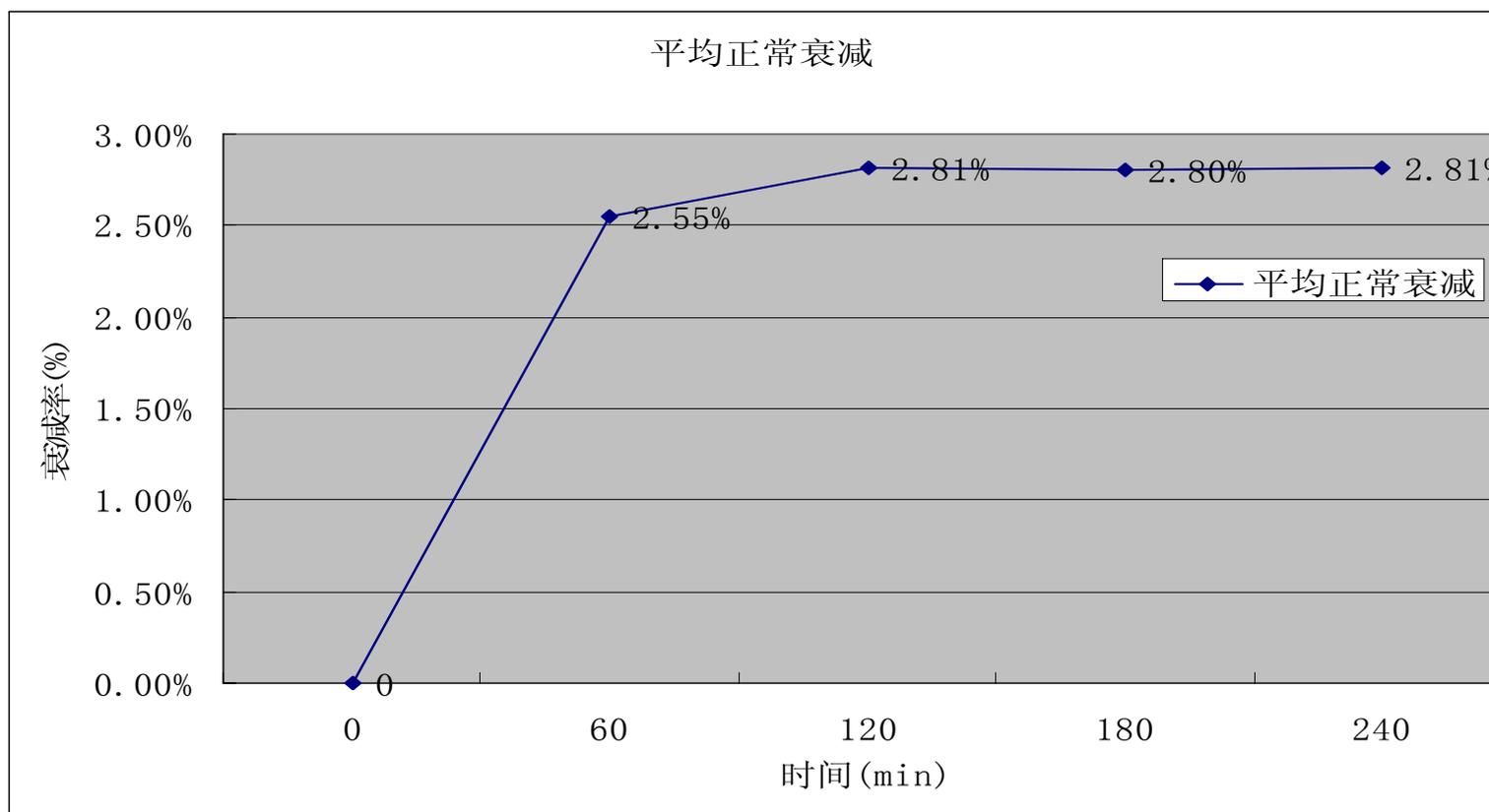
做完电池后我们随机从上面两批电池片中抽取10片做光衰减实验，衰减条件为模拟太阳光灯箱，光照强度约为1个太阳。平均衰减结果见下面的图表：



## 实验二：对比电池片衰减

16

我们同时也生产了部分该国内公司的硅料用硼来做掺杂剂，下面是掺硼电池的衰减情况：



## 实验三：原料信息

17

为了更好的模拟目前国内的状况，我们又做了一个实验,用了两种材料:

1、某公司N型料在提肩时候的电阻率为 $2.9 \Omega \cdot \text{cm}$ 的硅料用镓反掺。简称SDA

2、某公司的N型料用掺镓反型后的边皮及锅底料。简称SDB

## 实验三：电池效率

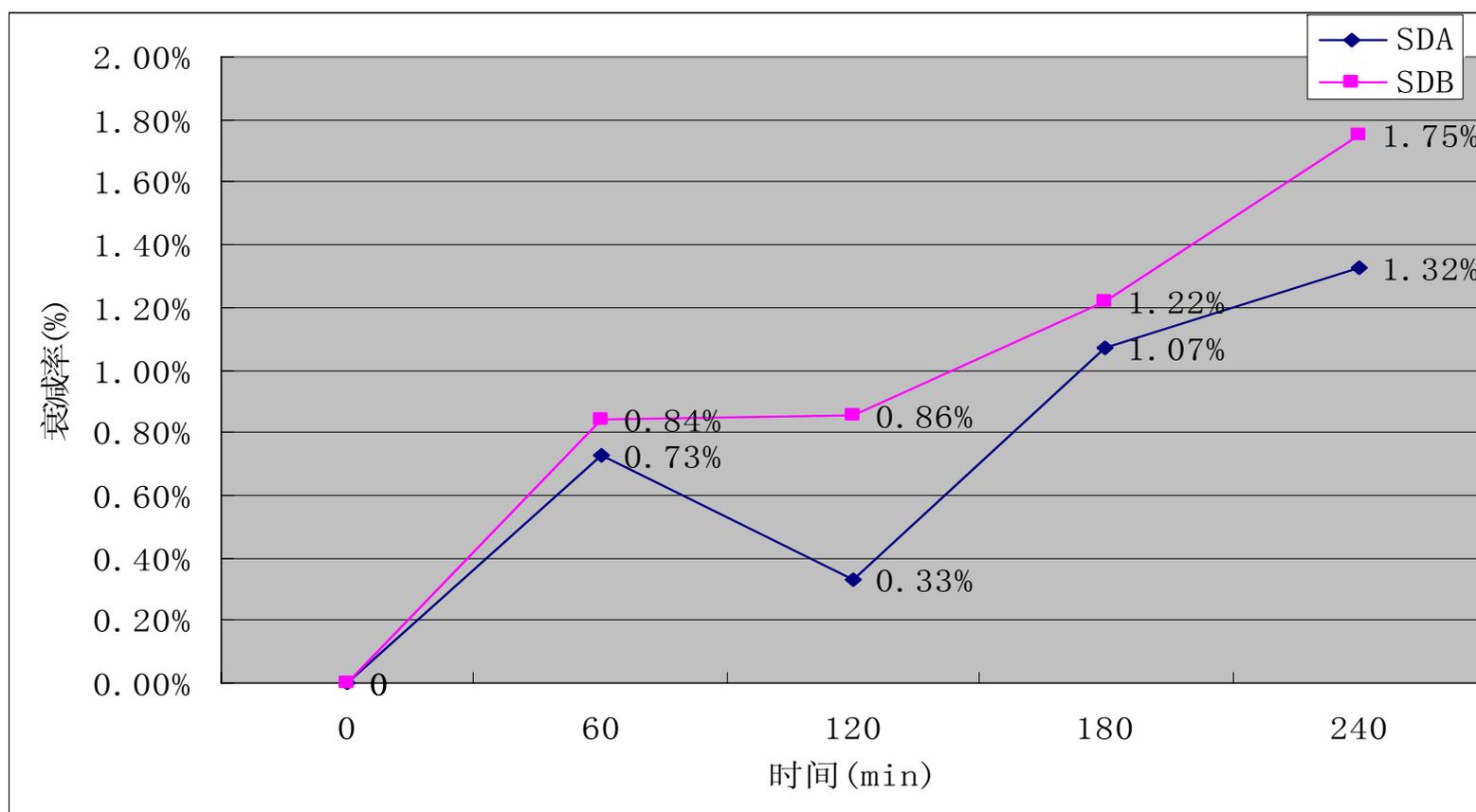
18

类型	Uoc (V)	Isc (A)	Rs (Ω)	Rsh (Ω)	FF (%)	NCell
SDA	0.62363	5.38697	0.005802	55.68602	78.09285	0.176572
SDB	0.62442	5.379095	0.005544	75.20546	78.16322	0.176696

## 实验三：电池片衰减

19

我们从中随机各取了3片做光致衰减。衰减条件为模拟太阳光灯箱，光照强度约为1个太阳。衰减结果见下面的图表：



## 实验总结

20

通过上面三次实验，我们可以很清楚的看到，用镓来代替硼做为掺杂剂的光致衰减效果得到了很好的改善。

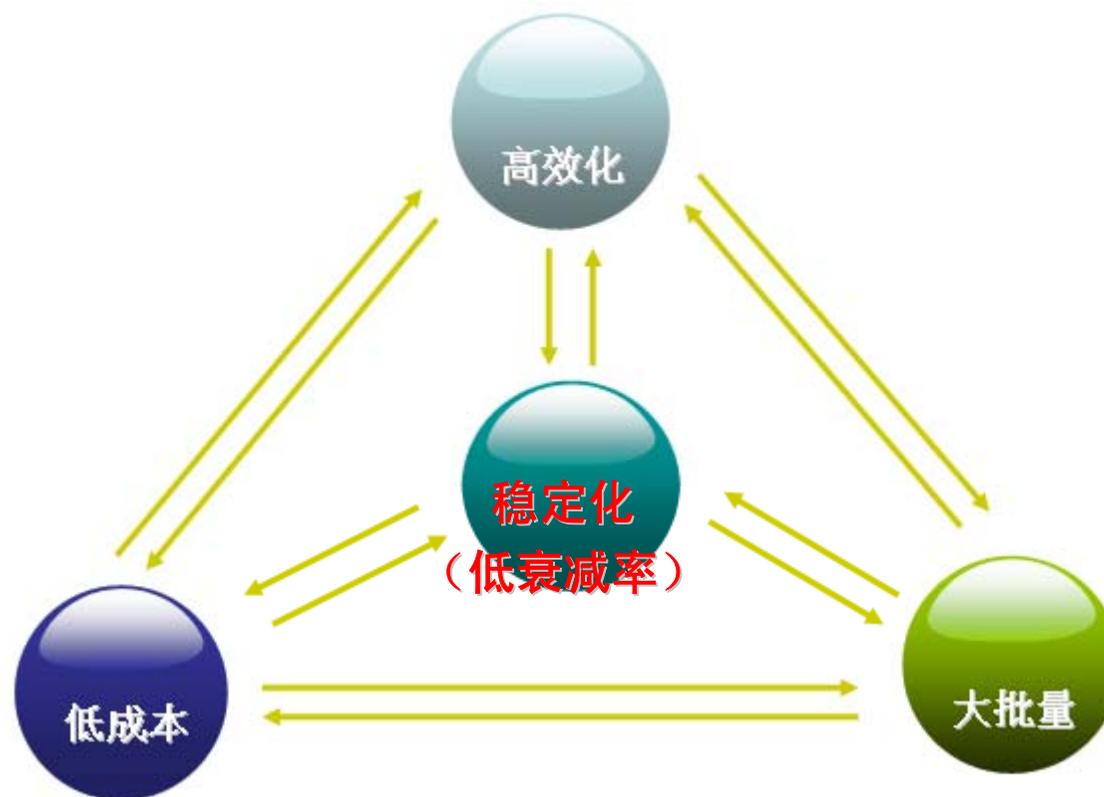
以下是低电阻率的掺镓和掺硼的衰减情况

样本信息	光照前效率	光照后（太阳光5小时）	衰减比
掺硼样本（电阻率=0.3 $\Omega$ -cm）	16.82%	14.77%	12.19%
掺镓样本（电阻率=0.3 $\Omega$ -cm）	17.41%	17.29%	0.69%

2007年在全世界光伏组件供应商中，美国GE公司第一次承认在组件开始使用几天内，由于LID（Light induced Degradation）光诱导衰减现象组件会有衰减，衰减率在3%以内。即GE公司的组件早期衰减率不会超过3%。

尚德公司未接受预先光照的掺镓单晶硅太阳能电池组件在08年5月份在无锡接受了41小时室外太阳光照射试验。这几天几乎都是晴朗少云的天气，这六天内组件衰减率几乎都在1%以内，而组件测试仪器Berger的可重复性为 $\leq 2\%$ ，因此可以认为基本没有衰减。

关于掺镓的情况有的文章认为“掺入镓或铟可能成本不会太高，并将会消除这种衰减效应，但很难进行。镓和铟在晶体内电阻率变化会很大，因此使用这些元素比使用硼要复杂的多”。实际上，拉出单晶棒纵向电阻率变化不是很大，硅片上径向电阻率变化 $\leq 20\%$ ，由于镓的分凝系数较小，只有0.008，尾部电阻率偏低一些，但这部分切的硅片并不是很多。总所周知，用掺硼低电阻率硅片所做的电池衰减率远大于3%，而只用掺镓的低电阻率制成太阳能电池衰减率 $\leq 1\%$ ，而且平均光电转换效率也达17.33%，完全可以接受，可以断言，在当前通用工艺条件下，掺镓硅片既可以享受由低电阻率条件制作较高效太阳能电池之利，又全无光致衰减带来的光电转换效率降低的烦恼，是一种性价比较高的单晶硅太阳能电池。



**THANK YOU**

**谢谢**