



双面发电电池和组件技术及 在提高组件发电量方面的应用

宋登元

(英利集团首席技术官、
光伏材料与技术国家重点实验室主任)

2016年3月24日

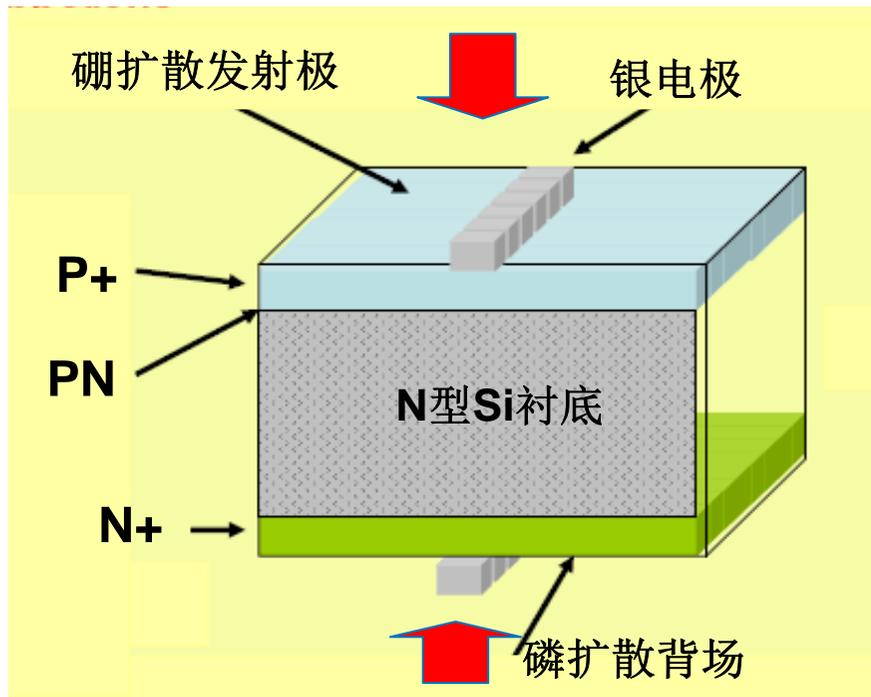
北京

PVTT
产业技术研讨会
Industrial Technology Seminar

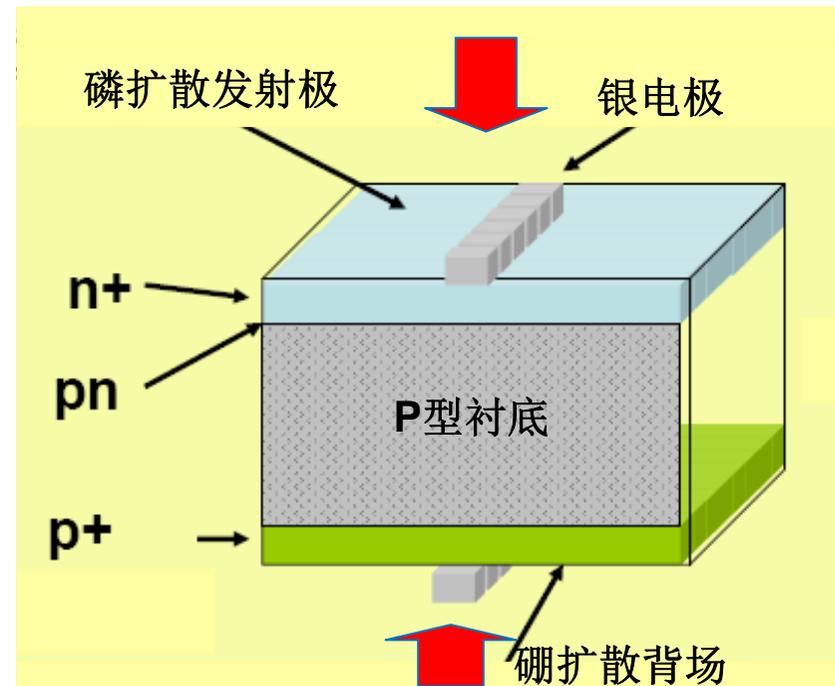
“实现‘十三五’光伏平价上网的支撑技术”系列研讨会
——组件新技术提高光伏系统发电量及保障电站安全

- 什么是双面电池
- 为什么发展N型双面电池？
- 双面电池的工艺过程
- N型双面组件及特性测试
- N型双面组件提高发电量实例

双面电池的结构：N型双面和P型双面



N型硅双面电池



P型硅双面电池

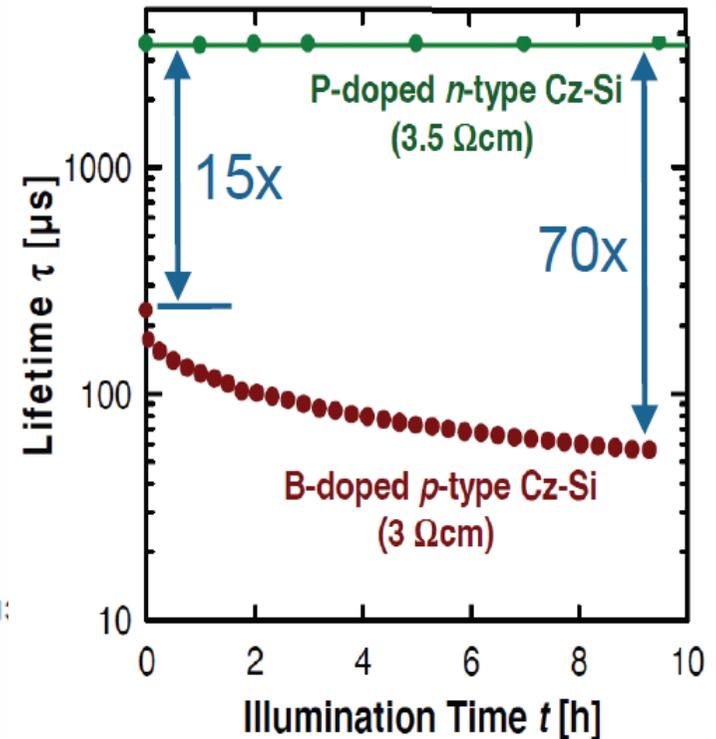
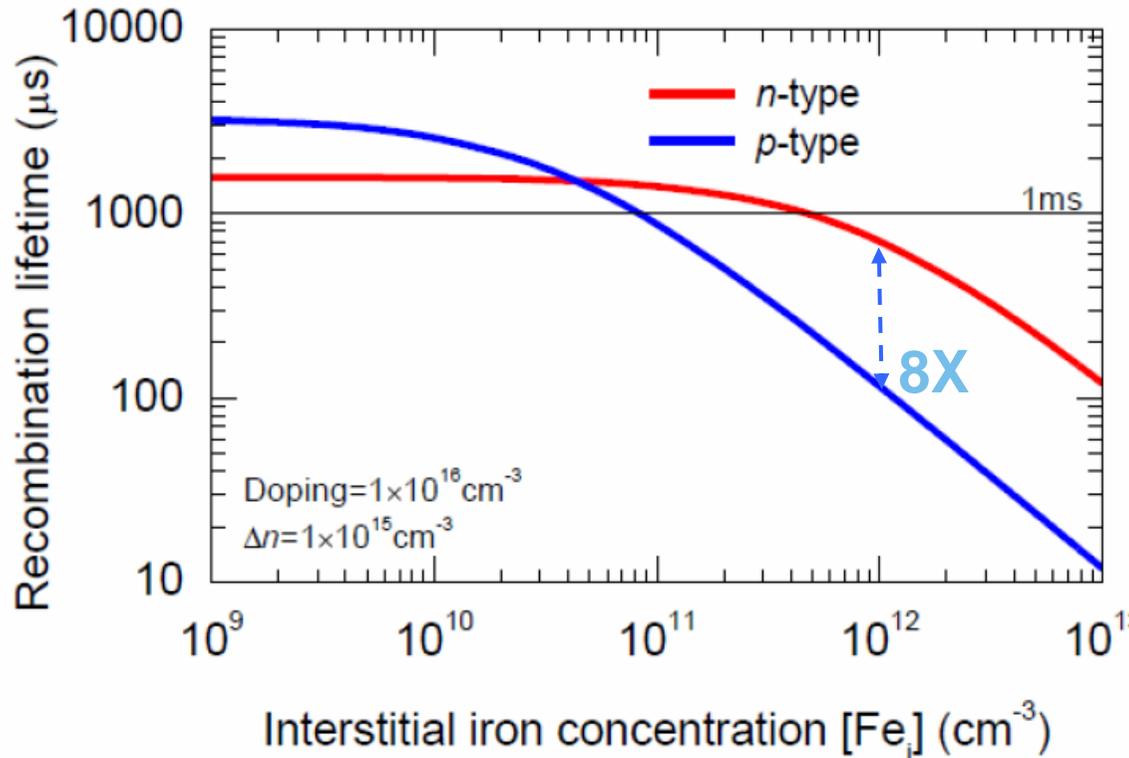
- N型硅双面电池的发射极是硼扩散，背场是磷扩散
- P型硅双面电池的发射极是磷扩散，背场是硼扩散





为什么发展N型双面电池？

N型硅与P型硅特性对比:实验证据



- 相同掺杂浓度下，N型硅少数寿命15X高于P型硅
- 在连续光照条件下，N型硅的少数载流子寿命（正比于电池效率）随光照时间几乎不发生变化，P型Si寿命降低50%
- 在 10^{12}cm^{-3} 铁沾污情况下，N型Si寿命是P型硅的8倍



双面电池的发电特性

双面电池技术发展

电池特点:

- 用栅线替常规的铝背场，同时背面进行钝化处理
- 用双扩散工艺，共扩散，或离子注入形成结和背场
- 用于N型硅，常规设备可以兼容

单位	面积 cm ²	Voc mv	Jsc mA/cm ²	Ff %	Eff. %
英利	239	653	39.8	80.7	21.1
Motech	239	647	39.2	81.8	20.7
Bosch	239	655	39.5	79.1	20.5
ECN	239	656	39.9	78.8	20.5
INES	239	652	39.4	79.3	20.3
ISC	239	656	39.4	78.9	20.3

去切割损伤和制绒

POCL扩散, BBr₃扩散/离子注入

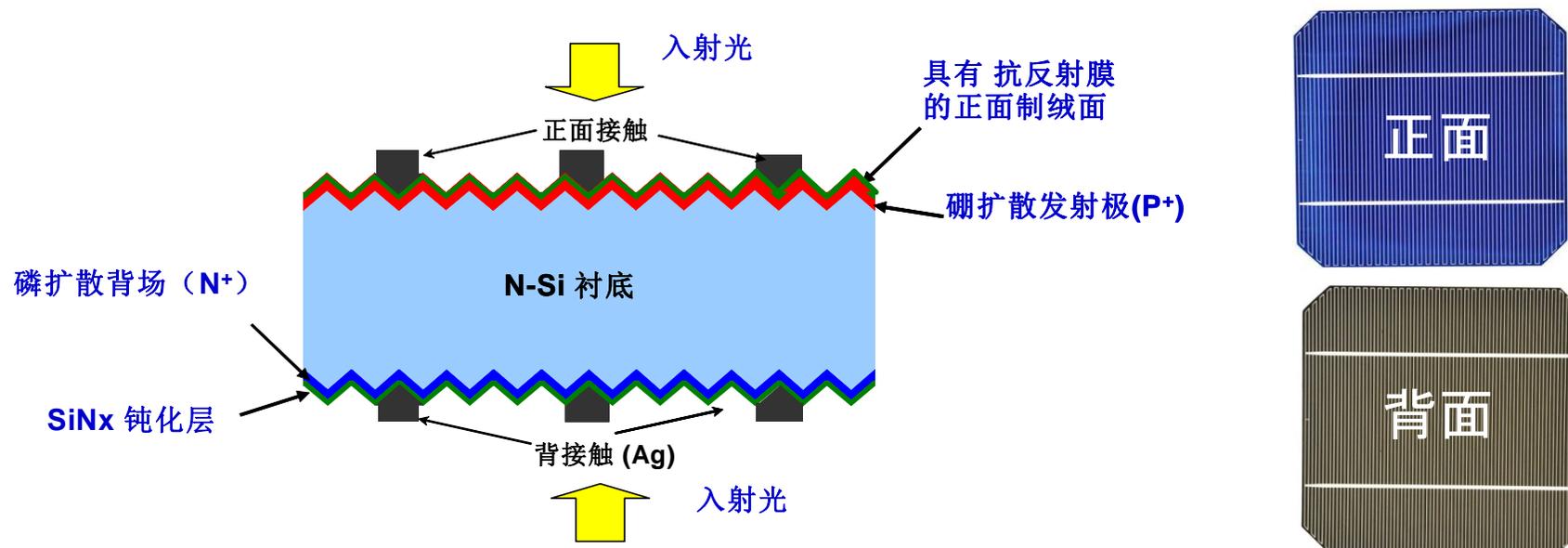
边缘刻蚀

正面 (SiN+AlO/SiO) + 背面SiN沉积

丝网印刷Al/Ag (正面) + Ag (背面)

烘干和烧结

英利双面N型Si熊猫高效太阳电池



Material	Area(cm ²)	V _{oc} (mV)	J _{sc} (mA/cm ²)	FF(%)	Eff. (%)
CZ N-Si	239	653.1	39.82	80.73	21.1

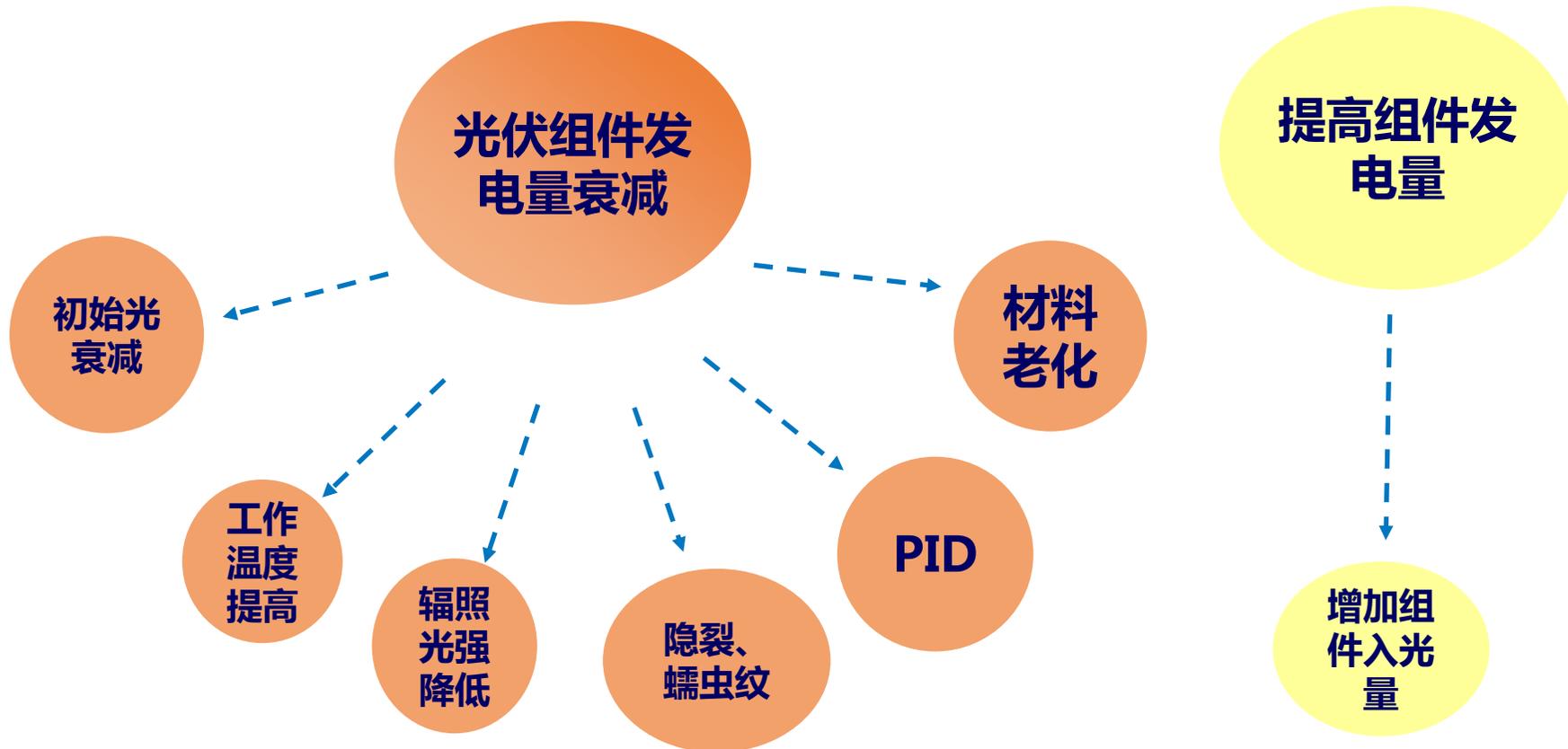
特点

- 电池与普通的P型电池结构相同，具有结构简单、制备成本低、工艺流程短、
- 与现有的P型Si生产线相兼容和容易实现大规模产业化



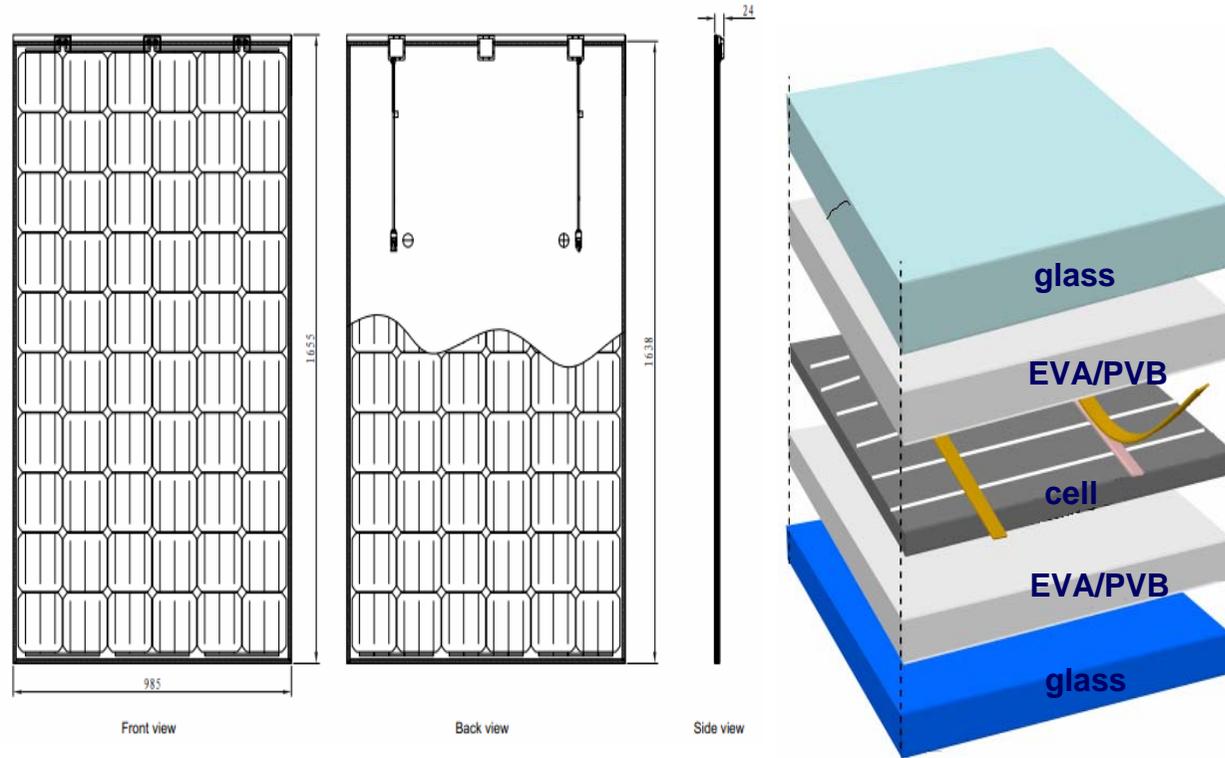
N型双面组件技术与发电量

组件发电量降低的主要因素



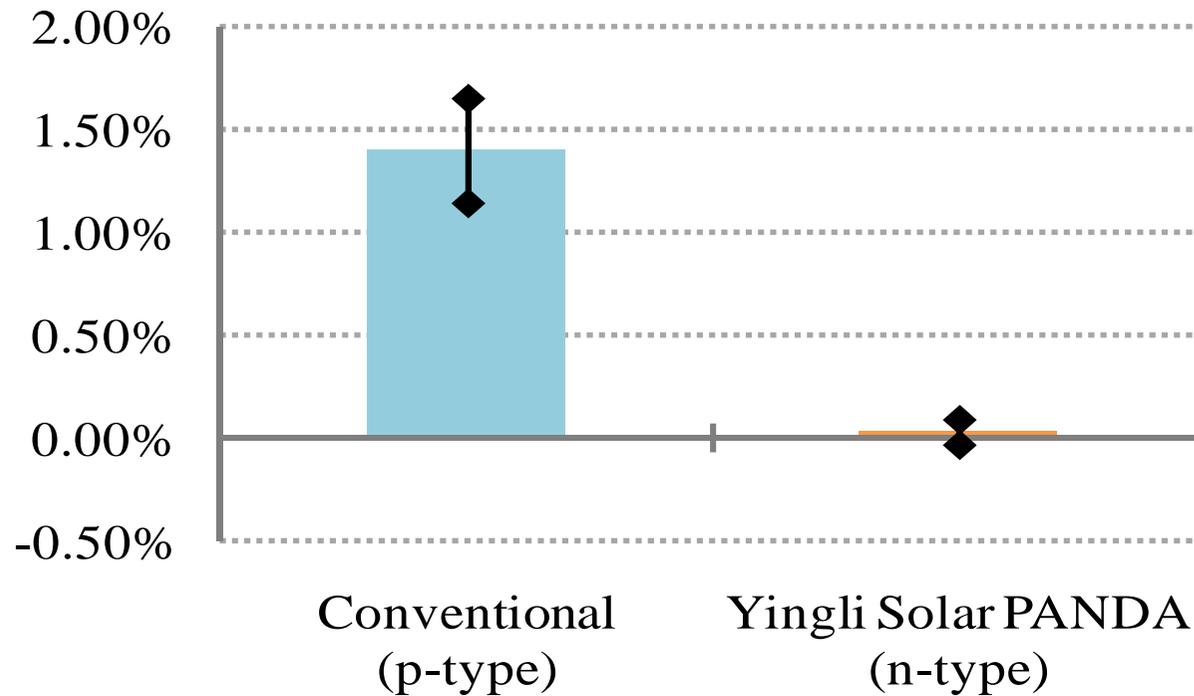
熊猫双面发电组件TwinMAX：结构

POWER OUTPUT
up to 350 W
PERFORMANCE WARRANTY
30 years
MAX STATIC LOAD
5400/2400 Pa
MAX HAILSTONE IMPACT
25mm / 23m/s
FIRE CLASS
A



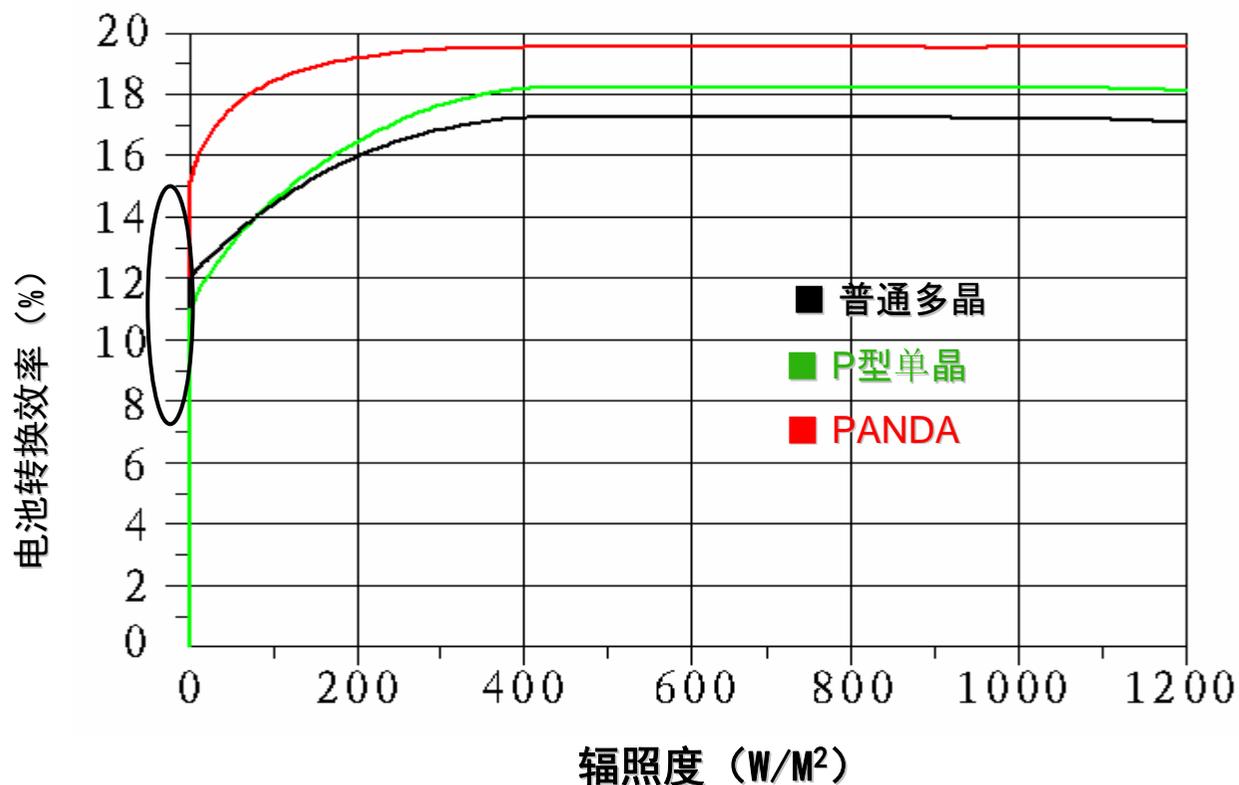
Made with 2.5mm tempered glass, split-type junction-box and POE encapsulation

熊猫双面发电组件特性—低的初始光诱导衰减



- 熊猫组件的功率衰减为**0.1%**以下，**P**型单晶的功率衰减近**1.5--2%**
- 由于**Si**衬底中硼氧对的浓度极低，在光照下不会引起少数载流子寿命降低
- 很低的组件初始衰减，使熊猫组件在长期的运行中能够输出更多的电量

熊猫双面发电组件特性—良好的弱光特性



双玻组件在较低光辐照度
(<400W/m²)
下有良好的功率输出



给客户带来的好处： 在早晨、
傍晚和阴雨天获得更高的功率输出。

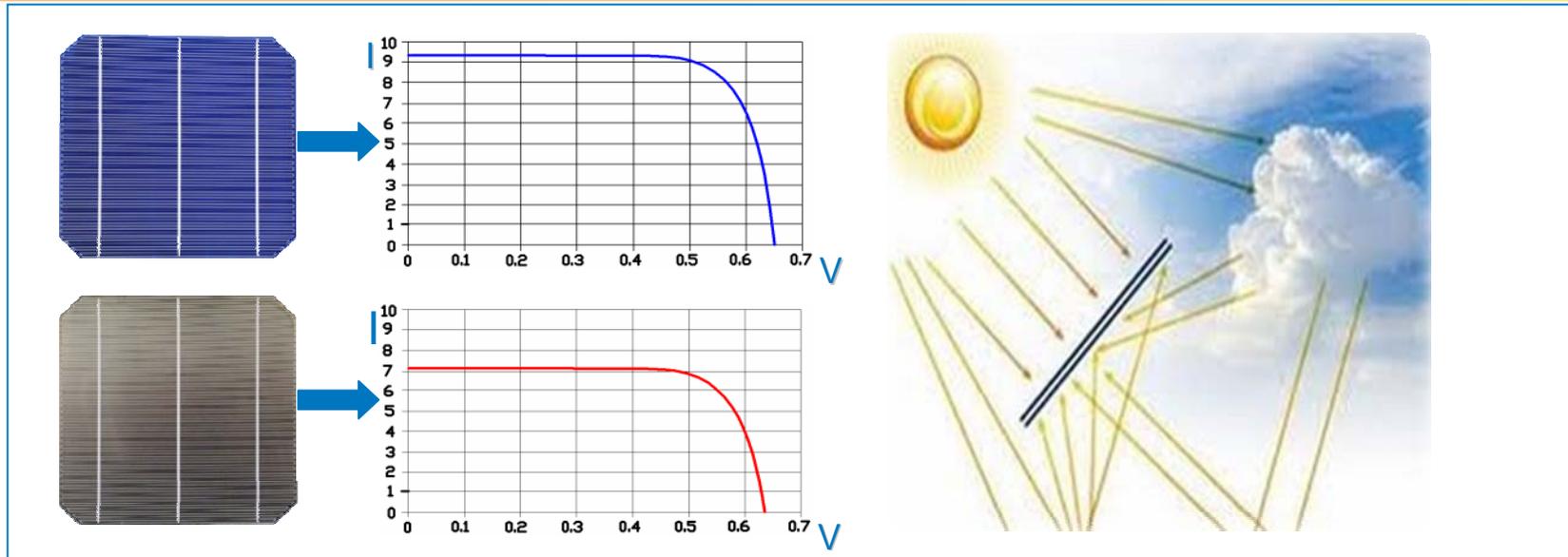
熊猫双面发电组件特性—良好的温度系数



Temperature coefficient for	Units	Conventional (p-type)	Yingli Solar PANDA (n-type)
Maximum Power (P_{max})	%/K	-0.45	-0.42
Open-Circuit Voltage (V_{oc})	%/K	-0.33	-0.31
Voltage at P_{max} (V_{mpp})	%/K	-0.45	-0.41

- 从表看出**N型硅熊猫组件**有优秀的高温发电特性
- **N-Si组件**温度系数均比常规**P-Si硅组件**低**6% - 9%**左右。
- 在相同的环境温度下**N-Si组件**比常规的**P-Si组件**能多发电**6%以上**
- **N-Si组件**在高温工作环境下有高的年发电量

熊猫双面发电组件优势—背面增加发电量

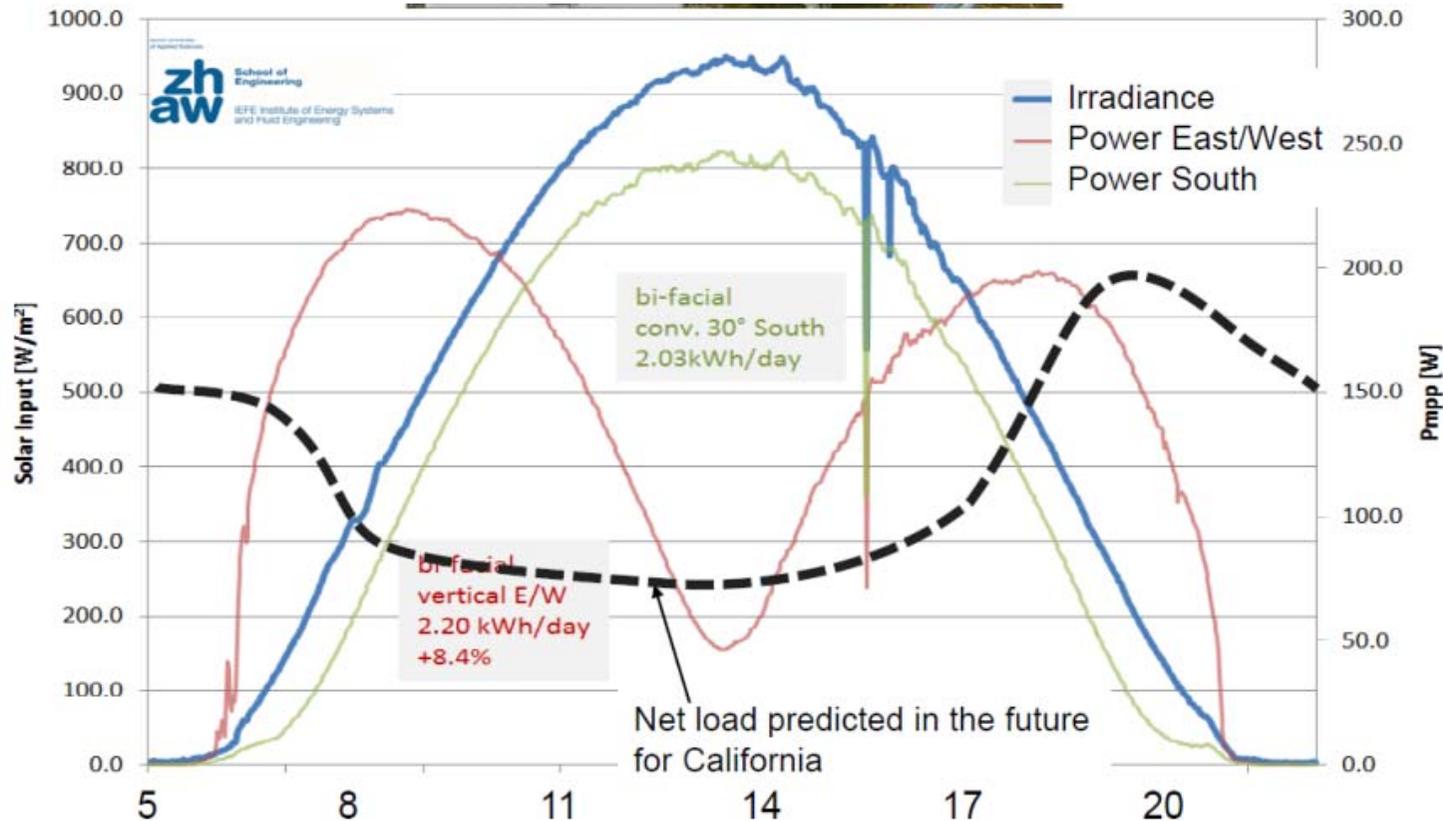


正面转换效率：20.2 ~ 20.8%

背面转换效率：17.0 ~ 17.5%

可以有效地利用光伏组件背面接收到的光线提高系统发电量，包含大气中的散射光，地面的反射光，空气中粉尘的反射，周围建筑物的反射等等，相比于普通组件，双面发电组件的背面通过吸收背景的反射光和周围的散射光来发电，在条件比较理想时，能提高30%的发电量。

双面组件的发电特性：垂直安装



- 东西向垂直安装组件的发电效率要高于斜面安装，
- 在瑞士温特图尔使用两块255W的双面发电组件测试，东西方向垂直安装的组件日发电量2.20kWh，而标准安装角度30度的组件日发电量为2.03 kWh，东西方向垂直安装的组件比标准安装角度30度的组件多发电8.4%。

双面组件的发电特性：倾角安装



环境监测仪



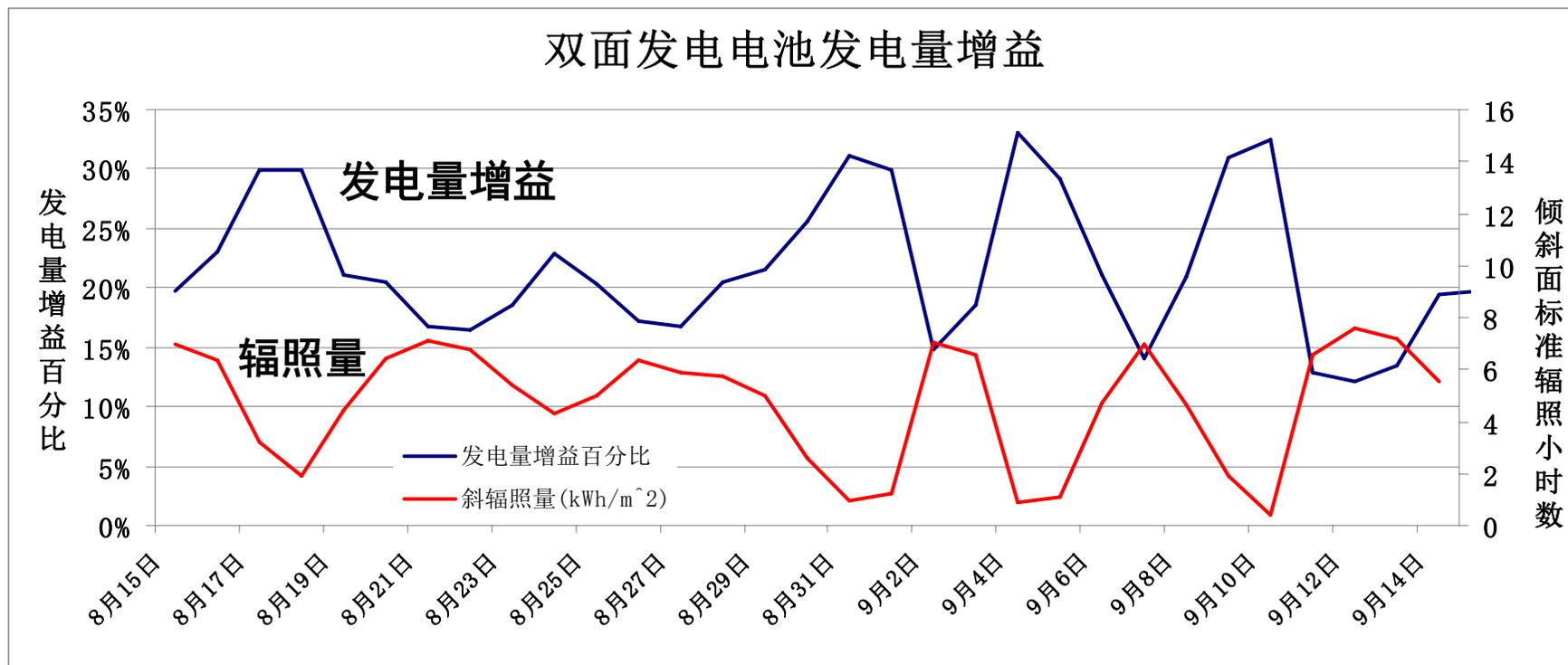
白石子背景发电量对比



沙地背景发电量对比

2014年-2015年英利进行了现场测试，包含白石子背景与沙地背景，组件40°角度安装，最低点离地50cm。测试结果显示白石子背景双面发电增益20%；沙地背景双面发电增益11%。

熊猫N型双面电池—综合电池效率>23%

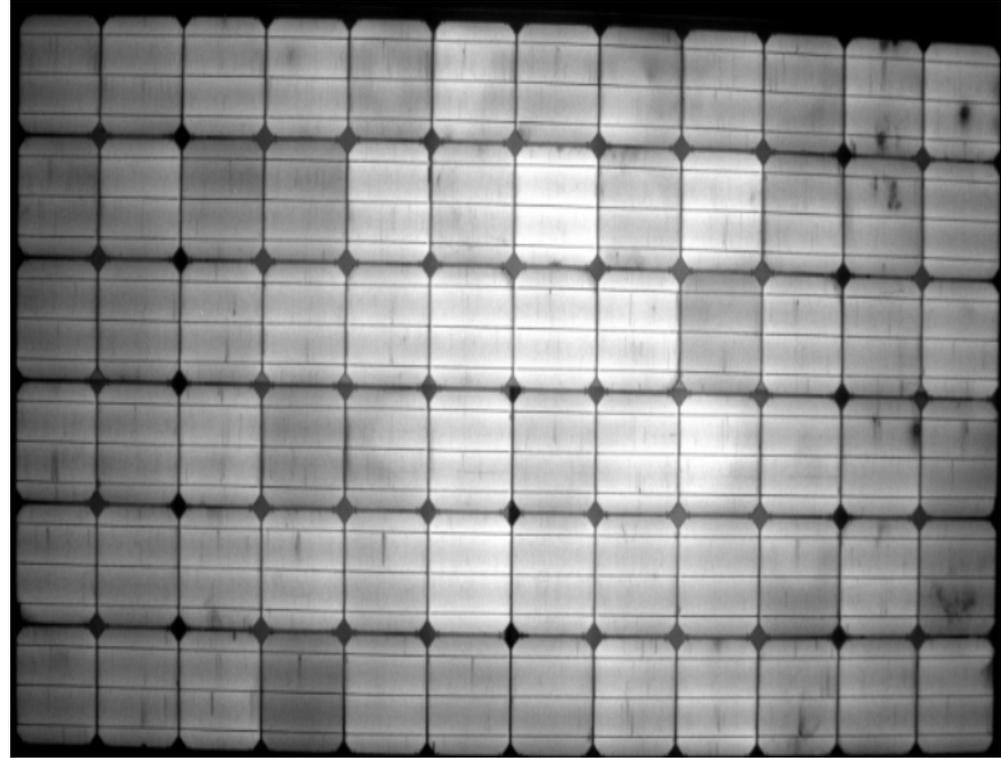


与常规组件相比，双面组件平均产生的电量：

- 在弱光下高30%，等效364W组件
- 强光下高20%，等效336W组件

STC	5%	10%	15%	20%	25%	30%
280W	294W	308W	322W	336W	350W	364W

熊猫双面发电组件优势—好的机械性能

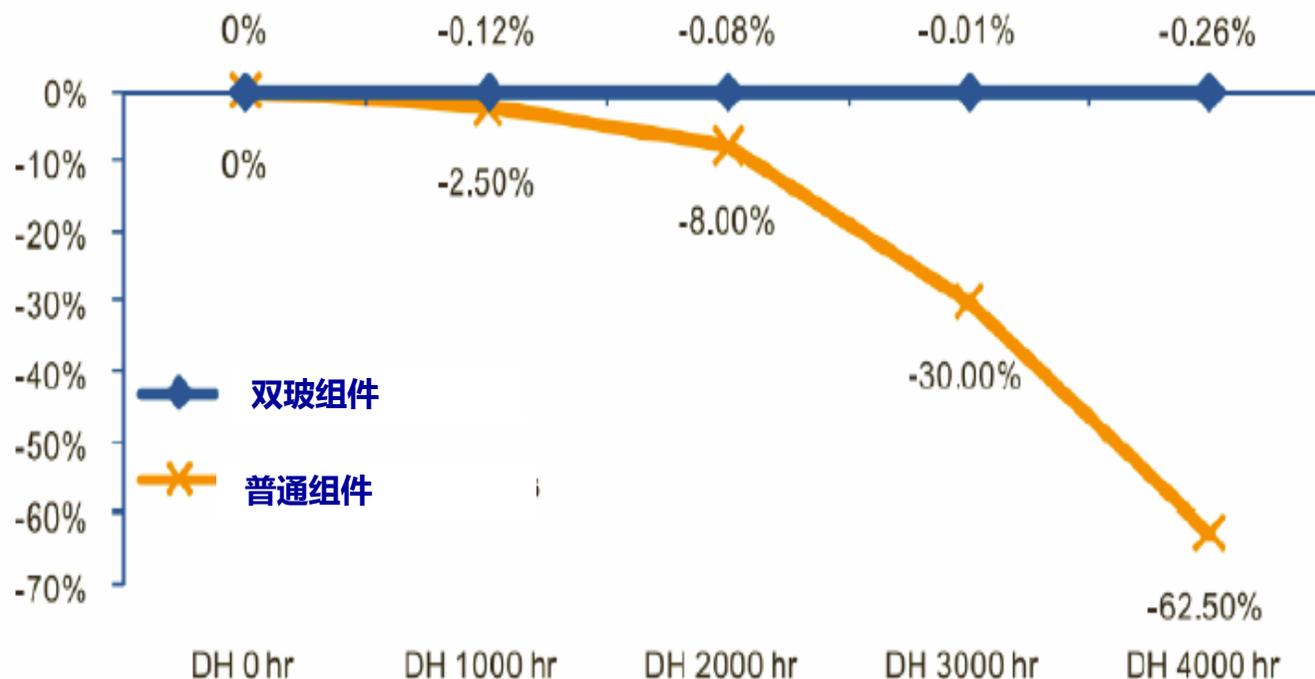


- 双玻组件具有优良的机械载荷及抗电池片隐裂性能，5400Pa载荷测试组件中心点型变量仅有3mm，仅常规组件的1/10，且载荷测试后组件没有隐裂

熊猫双面发电组件优势—超强耐候性



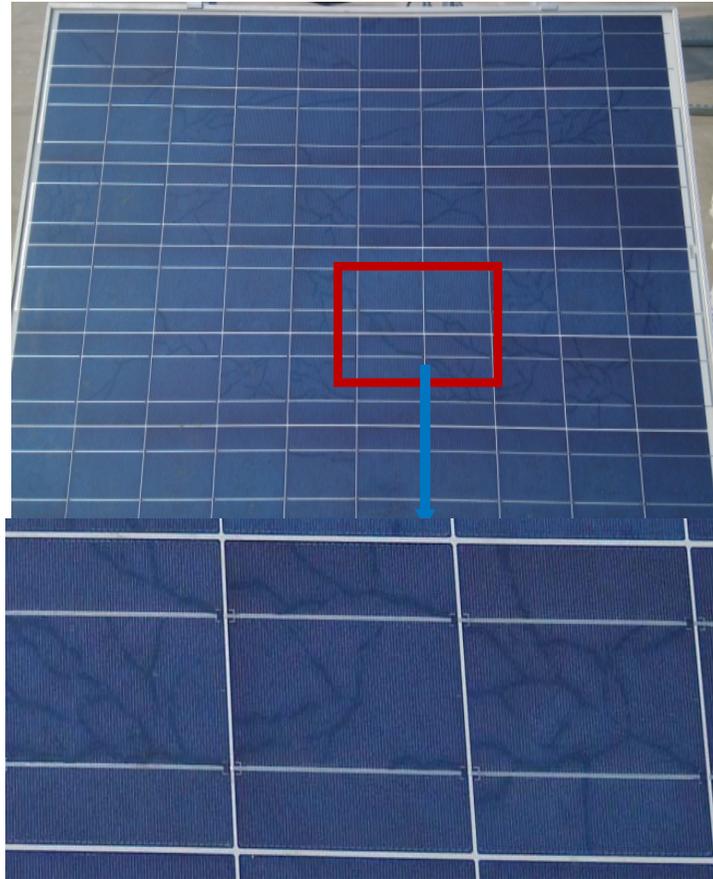
高温高湿实验



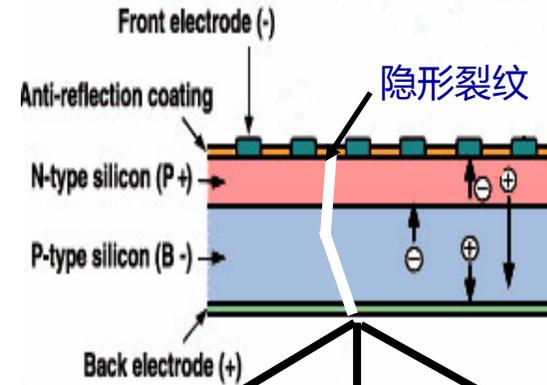
- 高温高湿实验是把组件放在温度摄氏85度与湿度85%的环境下，以严苛的环境达到加速组件老化的目的，根据IEC的标准，组件在此环境下1000小时后，功率衰减不超过5%。熊猫双面发电组件不只通过了1000小时测试，还通过了4倍的延长时间，达到4000小时，所以双玻组件高寿命且高耐候性

熊猫双面发电组件优势—抗蠕虫纹

组件的“蠕虫纹”现象：



蠕虫纹本质是电池细栅腐蚀变色，具体造成电池栅线腐蚀的条件如下：



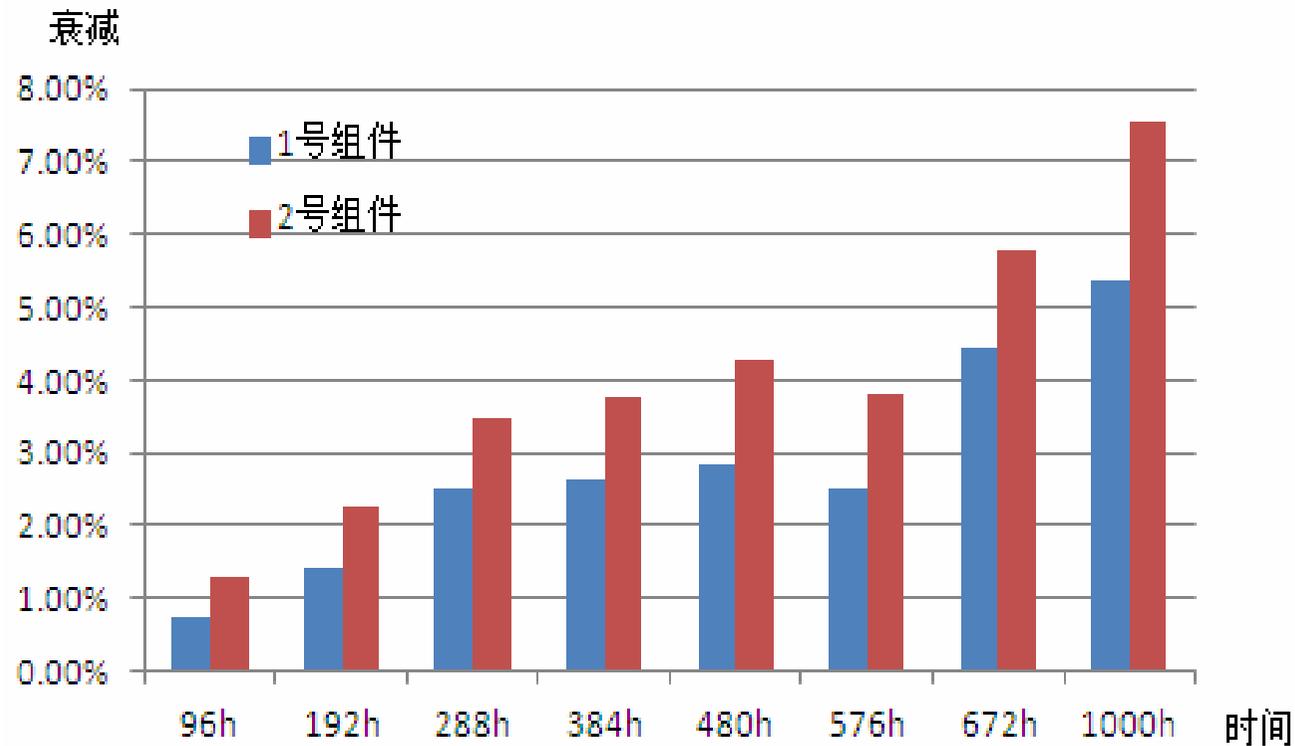
- 条件一：
有电池隐裂
(电池边缘也可看做隐裂位置)
- 条件二：
有水汽透入
- 条件三：
EVA中的醋酸根离子
[CH₃COO]⁻

- 双玻组件的玻璃的零透水率特性，及双波组件的抗电池隐裂特性有效防止因透水产生的蠕虫纹

熊猫双面发电组件优势—抗PID

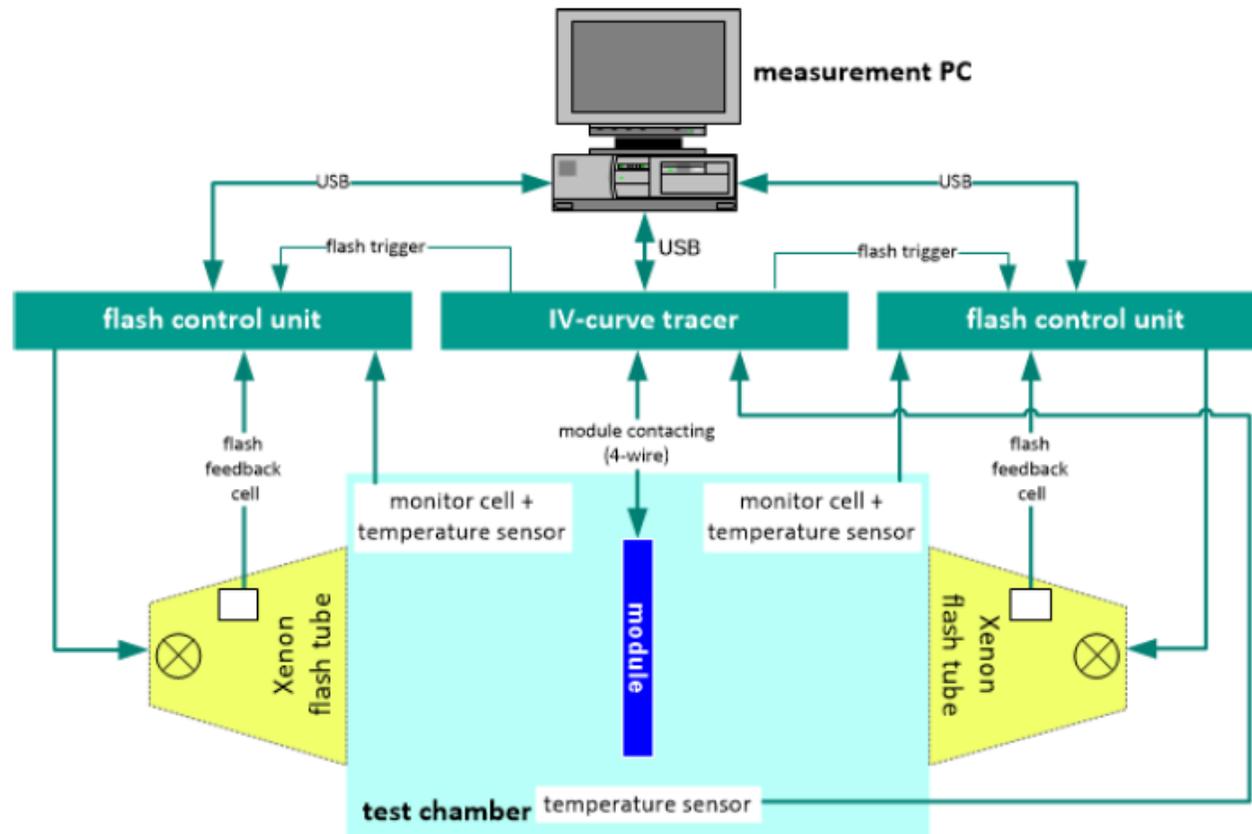


单晶双玻组件PID测试 (85°C、RH85%、1500V)



- 组件使用专用的抗PID封装材料，通过PID加强实验（温度85°C、湿度85%、1000小时），而测试标准中的PID条件仅为温度60°C、湿度85%、时间96小时

双面组件标准：双面发电组件电参数测试方法



- 可控的模拟太阳光测量组件的两面
- 可分别控制模拟器的辐照强度，进行不同辐照强度下的组合测量
- 英利牵头正在起草双面组件的测量标准（国家标准）

谢 谢

PVTT
产业技术研讨会
Industrial Technology Seminar

“实现‘十三五’光伏平价上网的支撑技术”系列研讨会

——组件新技术提高光伏系统发电量及保障电站安全