

# 分布式太阳能光伏发电部件原理及选型分析

培训报名热线：李延泉 13850083888  
李小龙 18350279585  
黄思凯 18649666451

厦门市延泉光电技术有限公司

厦门市东港智能科技有限公司

电话：0592-7890888 传真：0592-7898991

网址：[www.dgzknkj.com](http://www.dgzknkj.com)

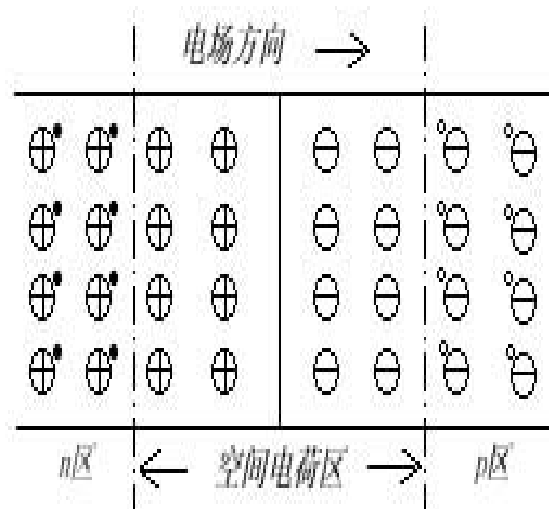
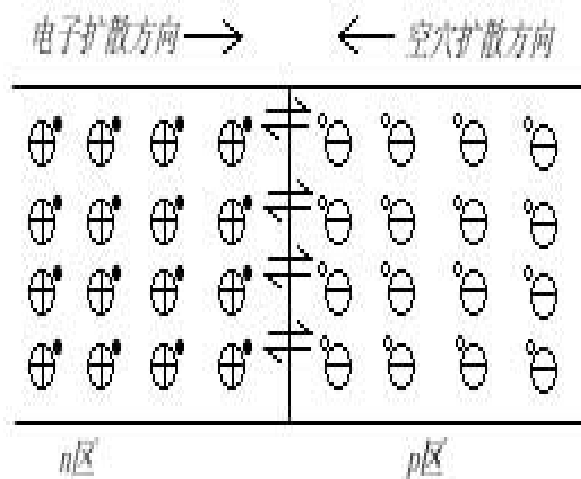
地址：厦门市同安区洪塘路140号

# 目 录

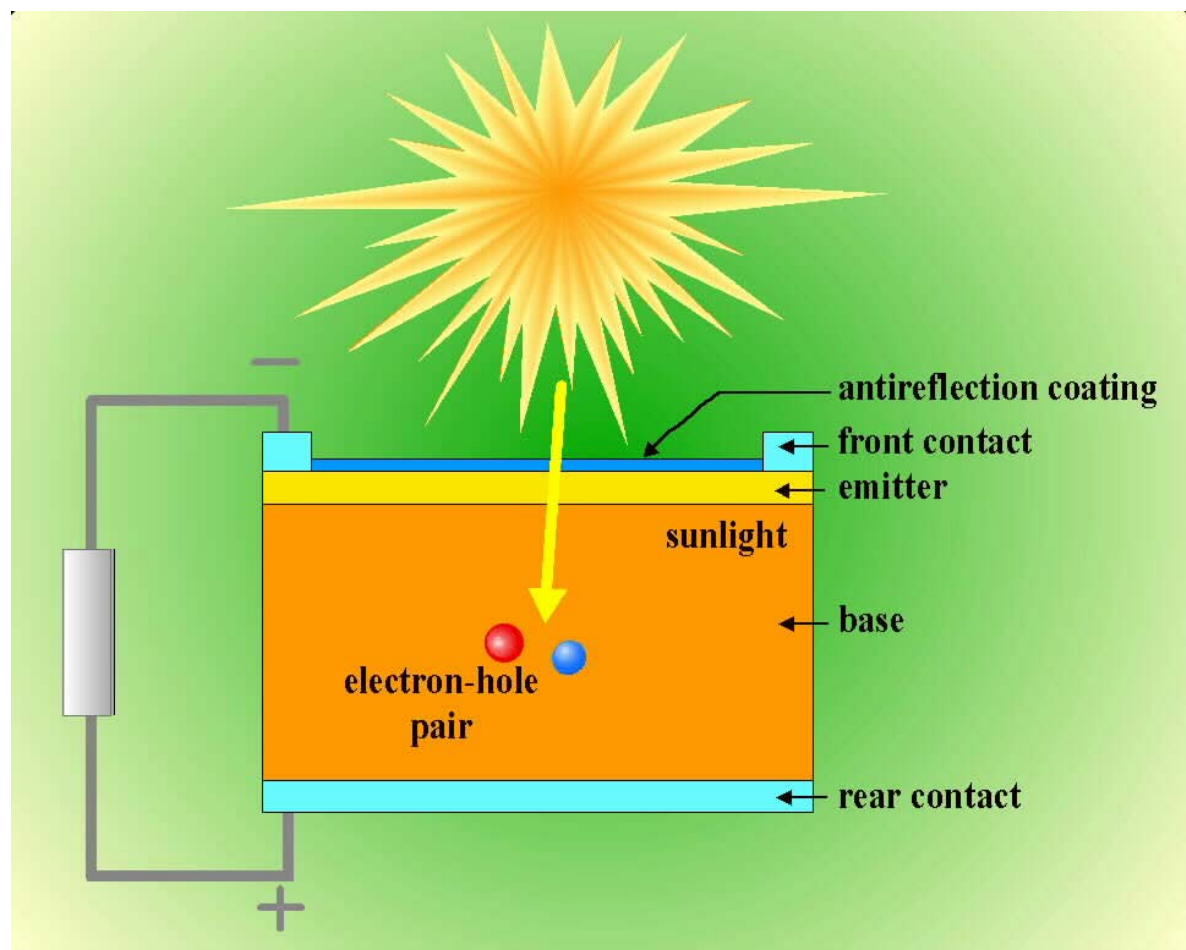
- 一、光伏发电的原理
- 二、太阳电池的发展历程
- 三、太阳电池技术的现状与趋势
- 四、各种光伏组件制造技术
- 五、光伏电站中的组件选型分析
- 六、光伏电站建设过程要避免的组件制造缺陷
- 七、光伏逆变器的原理及选型
- 八、光伏汇流箱的原理及选型

# 一、光伏发电的原理

## 1 光伏效应



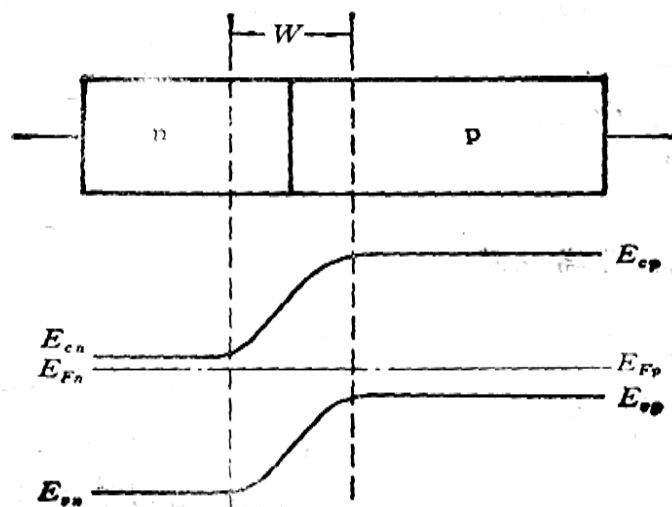
形成P-N 结前载流子的扩散过程      空间电荷区和内建电场



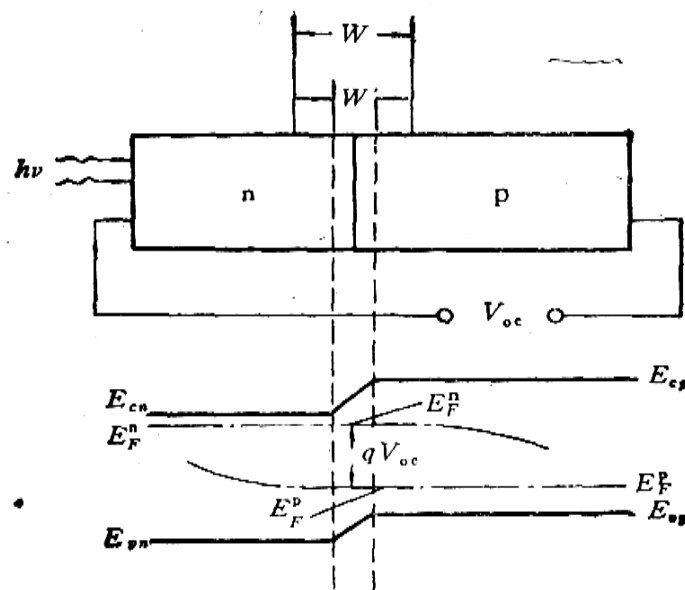
N区、势垒区、P区中的电子和空穴如何顺利到达目的地？



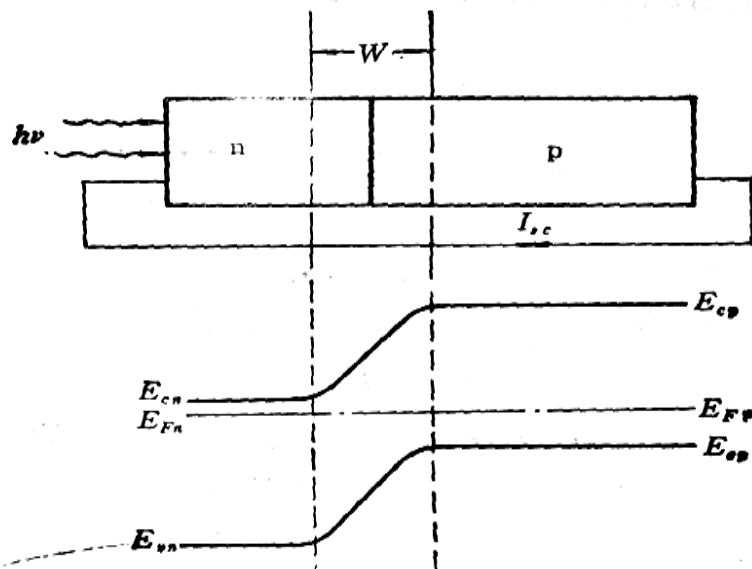
## 2 能带结构与原理



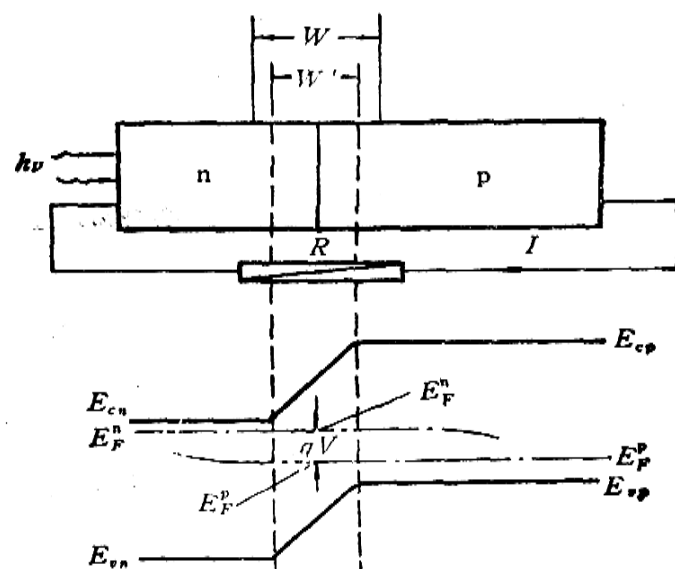
(a) 无光照



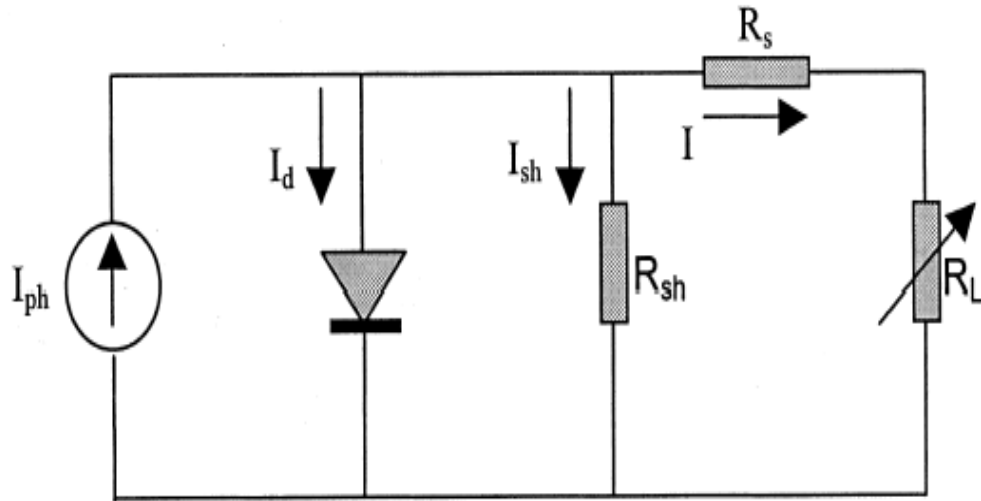
(b) 光照, 开路



(c) 光照, 短路



(d) 光照, 负载



$$I = I_{ph} - I_d - I_{Sh} = I_{ph} - I_0 (e^{q(V+IR_S)/nkT} - 1) - \frac{(IR_S + V)}{R_{Sh}}$$

$$\begin{aligned} P = IV &= [I_{ph} - I_0 (e^{q(V+IR_S)/nkT} - 1) - \frac{(IR_S + V)}{R_{Sh}}]V \\ &= [I_{ph} - I_0 (e^{q(V+IR_S)/nkT} - 1) - \frac{(IR_S + V)}{R_{Sh}}]^2 R_L \end{aligned}$$

在短路时

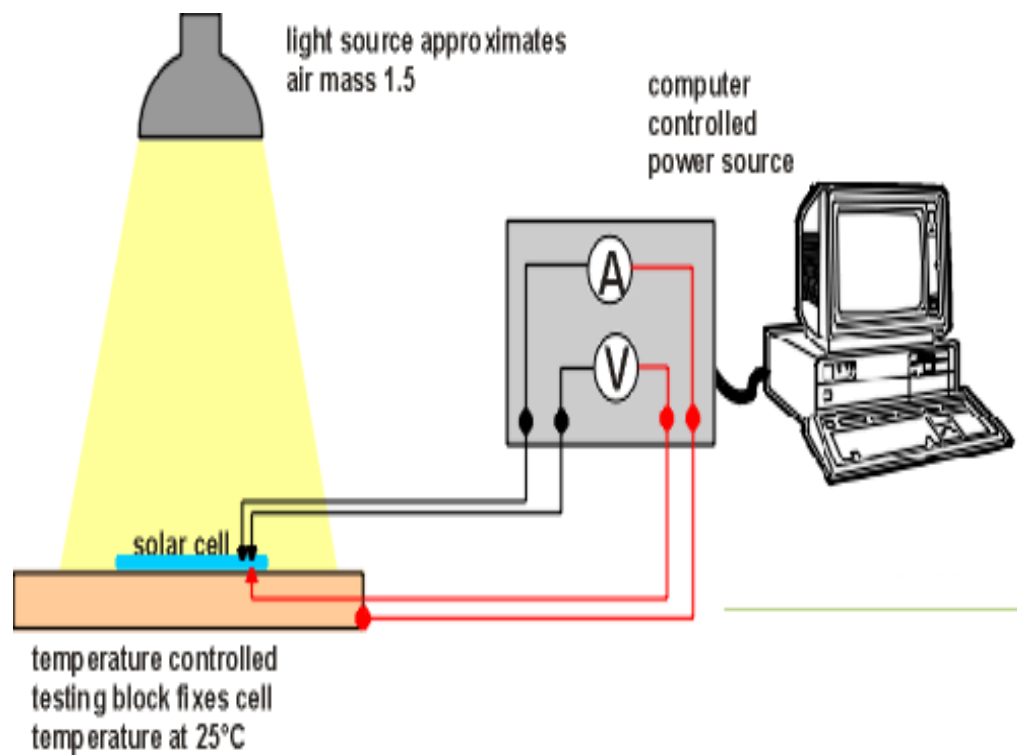
$$I_{sc} = I_L - I_0(e^{qIR_s/nkT} - 1) - \frac{IR_s}{R_{sh}}$$

通常 $R_s$ 很小 ,  $I_{sc} = I_L$

在开路时

$$V_{oc} = \frac{nkT}{q} \ln\left(\frac{I_L}{I_0} + 1\right)$$

### 3 测试方法

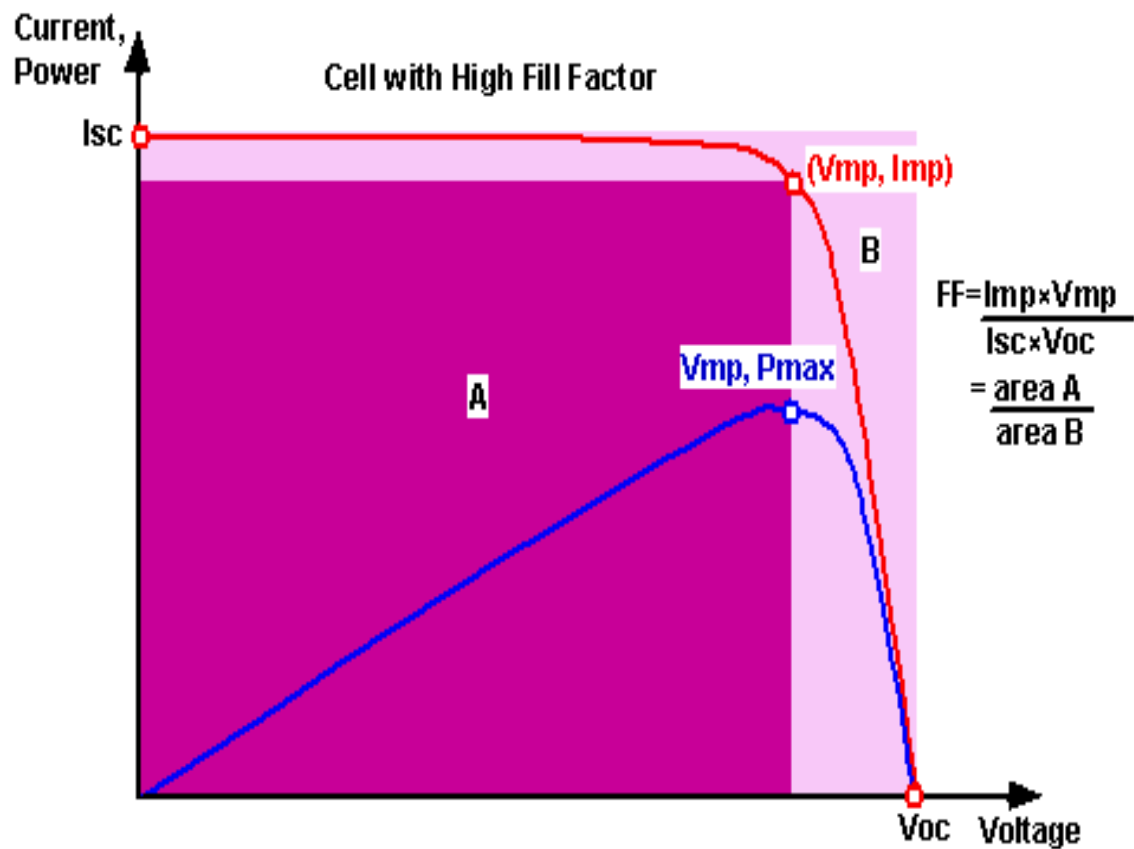


光强:  $1000\text{W}/\text{m}^2$

光谱分布: AM1.5

电池温度:  $25^\circ\text{C}$

# 输出曲线



# 太阳能电池电性能参数

**短路电流（ $I_{sc}$ ）：** 理想情况下，等于光生电流 $I_L$ 。

影响因素：面积、光强、温度

**开路电压（ $V_{oc}$ ）：** 影响因素：光强、温度、材料特性

**填充因子（FF）：** 最大输出功率与开路电压和短路电流乘积之比

$$FF = P_m / V_{oc} I_{sc} = V_m I_m / V_{oc} I_{sc}$$

影响因素：串联电阻、并联电阻

**转换效率（ $\eta$ ）：**

$$\eta = \frac{I_m V_m}{P_{in}}$$

## 4 太阳电池的分类

(1) 晶体硅电池： 单晶硅，多晶硅（类单晶），带硅等；

(2) 薄膜电池： a-Si，a-Si/ $\mu$ c-Si，poly-Si，CIGS，CdTe，GaAs等；

(3) Grätzel（纳米氧化钛染料电池），有机电池。

(4) 新型概念电池：

中间带（杂质带，量子点）电池，  
热载流子电池等。

目前，光伏市场上销售的太阳电池主要是基于片状硅的第一代太阳电池，包括单晶硅太阳电池和多晶硅太阳电池；基于非晶硅及多晶化合物薄膜的第二代太阳电池的市场份额不足整个光伏市场的10%，包括非晶硅、CIS、CdTe、纳米氧化钛染料电池及多晶硅薄膜太阳电池。在第二代太阳电池中，a-Si:H太阳电池效率低且存在衰减，CIS太阳电池大面积均匀性和批量生产的重复性是其产业化的瓶颈，CdTe太阳电池对环境有害，且未封装的CIS太阳电池和CdTe太阳电池在经历湿热加速实验时稳定性不好；由瑞士人发明的纳米氧化钛染料电池的发展还不明朗，因此在未来很长一段时间内，基于晶体硅基础上的太阳电池被认为是光伏发电的主力。



## 二、太阳能电池的发展历程

### 1 晶体硅太阳能电池组件的发展历程

1941年，发现了硅的光伏效应

1954年，贝尔实验室的Chapin, Fuller and Pearson (J. Appl. Phys. 25 1954, 676) 发明了可输出电力的第一块、具有现代意义的硅太阳能电池，其效率由当初的6%很快提高到10%。

1955年，Bell实验室为了验证光伏技术为通信系统供电的潜力，设计了第一块光伏组件（10W，硅油密封，组件效率：2%），10月投入使用，1956年3月退出，结论是不成熟的。

1958年，硅太阳能电池开始在空间使用。

重新评估光伏地面应用的潜力发生在70年代早期。

Sharp: 1959涉足光伏, 1964年建立生产线, 100美元/瓦, 航标灯

Philips (French RTC) : 1961年开始生产太阳能航标灯, 用硅橡胶封在环氧玻璃板上, 50美金/瓦) 向市场供应了小的商业组件

随后的石油危机和通信的需求刺激了光伏的发展, Solar Power (1973年成立) 开始从事光伏, 把电池用硅橡胶密封在PCB板上。

70年代中期, 美国政府开始大力支持光伏的发展, 1976年, 第一块现代意义的光伏组件诞生了。

Block I: 1975-1976, 54KW, 两家公司的结构是：将电池封在丙烯酸树脂里和玻璃/硅橡胶/电池/硅橡胶/铝板（NOCT: 35°C）。

高可靠组件的标志是Philips公司在1976年生产的BPX47A，其结构是双层玻璃+硅橡胶、橡胶边缘密封、铝框、电池的电极是Ti/Pd/Ag，组件效率6.4%。

Block II: 1976- 1977, 127KW, Qualification test, 四家制造商提供样品。

**Spectrolab**: Glass/PVB/Cells/PVB/聚酯；层压工艺，丝网印刷，Al 背场，对现代电池及组件技术贡献很大，后集中精力于空间光伏，1978年前后退出地面光伏，ARCO购买地面部分。

Block III: 1978-1979, ARCO提供了259KW, 12-18美元/瓦，Tedlar代替聚酯（Spectrolab的一部分，1999, BP）。

Block IV: 1980-1981, 26KW, G/PVB/Cells /PVB/T/St/T（ARCO）。

1980-1981, EVA代替了PVB, 出现准方片、多晶电池 (Solarex)。

1982年, ARCO推出了五年质保的组件, 1982年5月, 安装了10KW的系统, 20年后, 22%的组件有碎片 (热斑), 绝大部分发黄或背板分层。

Block V: 1981-1985, 全部由PVB变成EVA, ARCO开始用TPT。

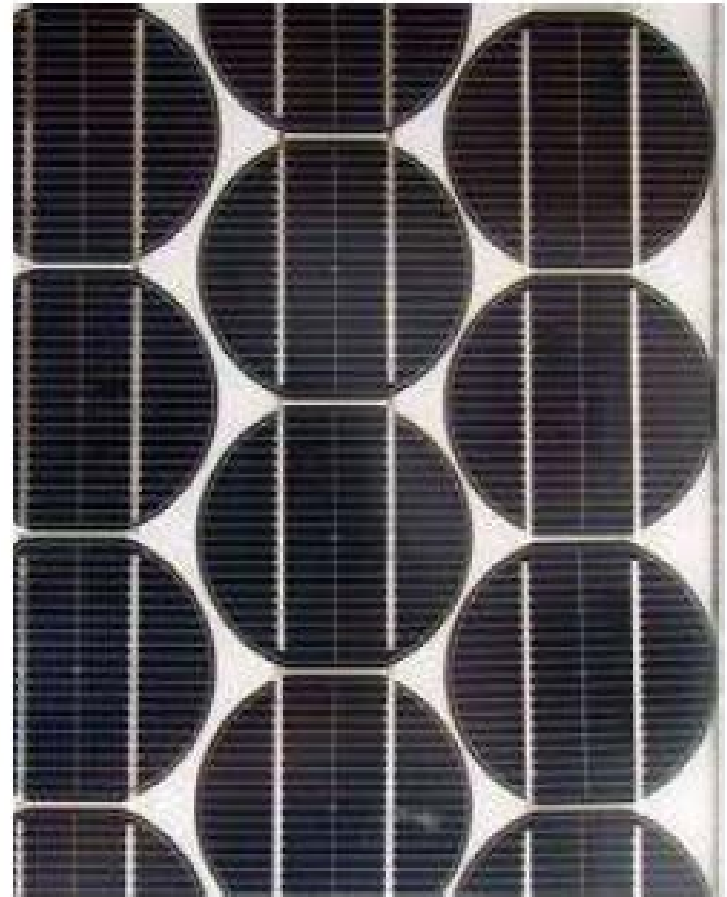
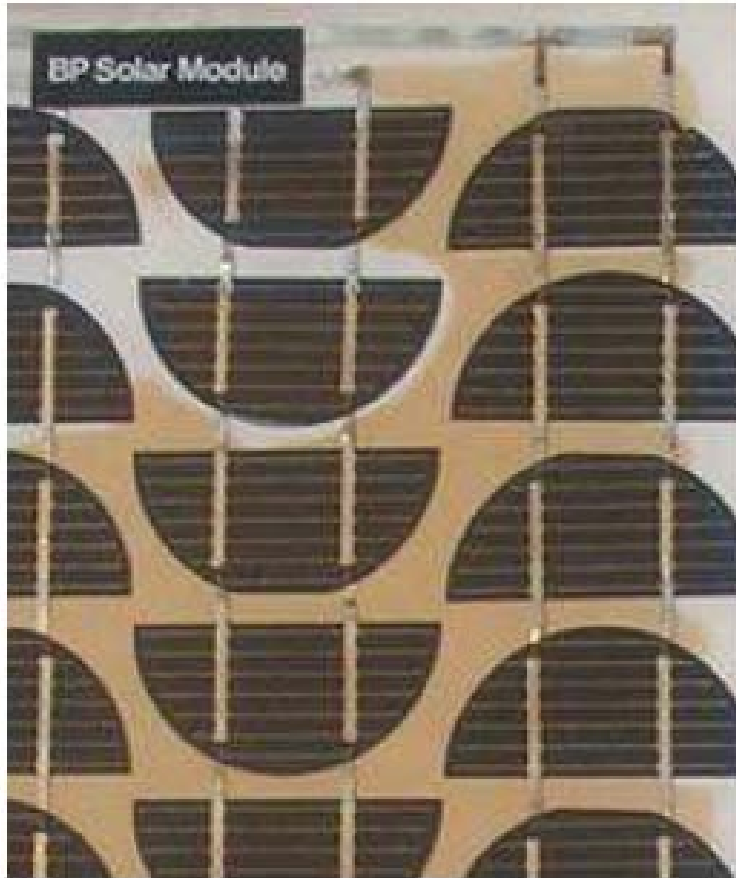
经历了十年的大幅支持后, 美国政府开始大量减小了对光伏的支持。

1985年，Kyocera开始提供十年质保的组件，  
1987年，增加到12年。

九十年代中期，BP Solar 将质保增加到20年。  
1997年6月，Siemens开始提供25年的质保。



# 15年的组件



## 2 非晶硅薄膜光伏电池的发展历程

(1) **材料和制造工艺成本低**。这是因为衬底材料，如玻璃、不锈钢、塑料等，价格低廉。高的光学吸收系数导致其所用材料很少；制作工艺为低温工艺(200—300℃)，生产的耗电量小，能量回收时间短。

(2) **易于形成大规模生产能力**。这是因为核心工艺适合制作大面积无结构缺陷的a-Si:H合金薄膜，只需改变气相成分或者气体流量便可实现pn结以及相应的迭层结构，生产可全流程自动化。

(3) **品种多，用途广**。薄膜a-Si:H太阳能电池易于实现集成化，器件功率、输出电压、输出电流都可自由设计制造，可以较方便地制作出适合不同需求的多品种产品。由于光吸收系数高，暗电导很低，适合制作室内用的微低功耗电源，如手表电池、计算器电池等。由于a-Si:H膜的硅网结构力学性能结实，适合在柔性的衬底上制作轻型的太阳电池，可以制造建筑幕墙(BIPV)。

(4) **非晶硅弱光性能和低的温度系数的优点**，从实际的测量结果来说，相同功率的非晶硅组件和晶体硅组件相比，每年能够多10%-20%的能量。特别对于阴雨天较多的地区，效果会更加明显。



非晶硅太阳能电池是在70年代中期诞生的，这是科学家力图使自己从事的科研工作适应社会需求的一个范例。他们在报告中提出了发明非晶硅太阳能电池的两大目标：与昂贵的晶体硅太阳能电池竞争；利用非晶硅太阳能电池发电，与常规能源竞争。

1975年，英国的W. E. Spear等人利用 $\text{SiH}_4$ 的辉光放电技术成功地实现了非晶硅膜的高效率气相掺杂，使非晶硅p-n结的制备成为可能；

1976年，美国的Carlson和Wronski制成了世界上第一个光电转换效率为2.4%的可供实用的非晶硅太阳能电池；

1979年，日本三洋公司开发了集成型非晶硅太阳能电池和大面积实用化技术，发展了多室沉积工艺；

1980年，日本三洋公司和富士公司首次工业化生产a-Si:H电池作电源的计算器投放市场；

1982年，Catalano、Morimoto等人将非晶硅太阳电池的实验室效率提高到10.1%，同年日本三洋公司建成了 $100 \times 100 \text{ mm}^2$ ，生产效率为5.6%，产能达1MWp的生产厂，开发卷筒式生产工艺；

1984年，美国Chronar公司研发的大面积单室生产工艺投产，产量为1MWp/年，电池面积为 $2790 \text{ cm}^2$ ，最高效率达7.2%，同年日本富士公司面积为 $100 \text{ cm}^2$ 的电池效率达到了9.3%，从此，开始了大面积非晶硅太阳电池的生产及广泛使用；

1988年，日本富士公司 $100 \text{ cm}^2$ 电池效率达到了10.1%；

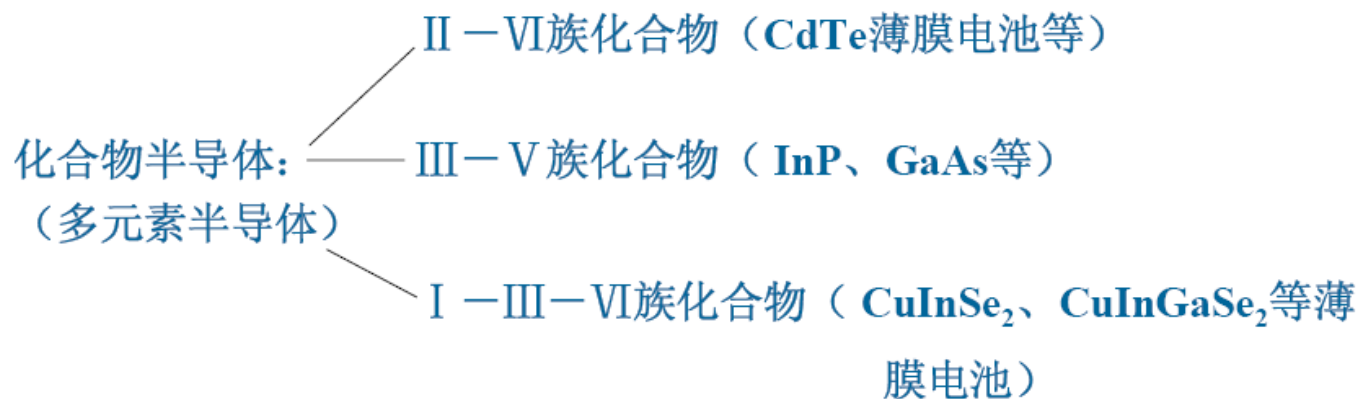
1990年，美国Chronar公司Eureka a-Si:H太阳电池投产，10MWp生产线建成，面积为 $787 \text{ mm} \times 1549 \text{ mm}$ ，稳定功率为50Wp；

1992年，日本三洋公司 $100 \text{ cm}^2$ 电池效率达到11.1%，美国Solarex公司三结电池效率达9.8%，面积大于 $900 \text{ cm}^2$ 。

此后迄今，主要的研发工作主要集中在提高、稳定其光电转换效率和扩大生产规模上。

### 3 化合物薄膜电池的发展历程

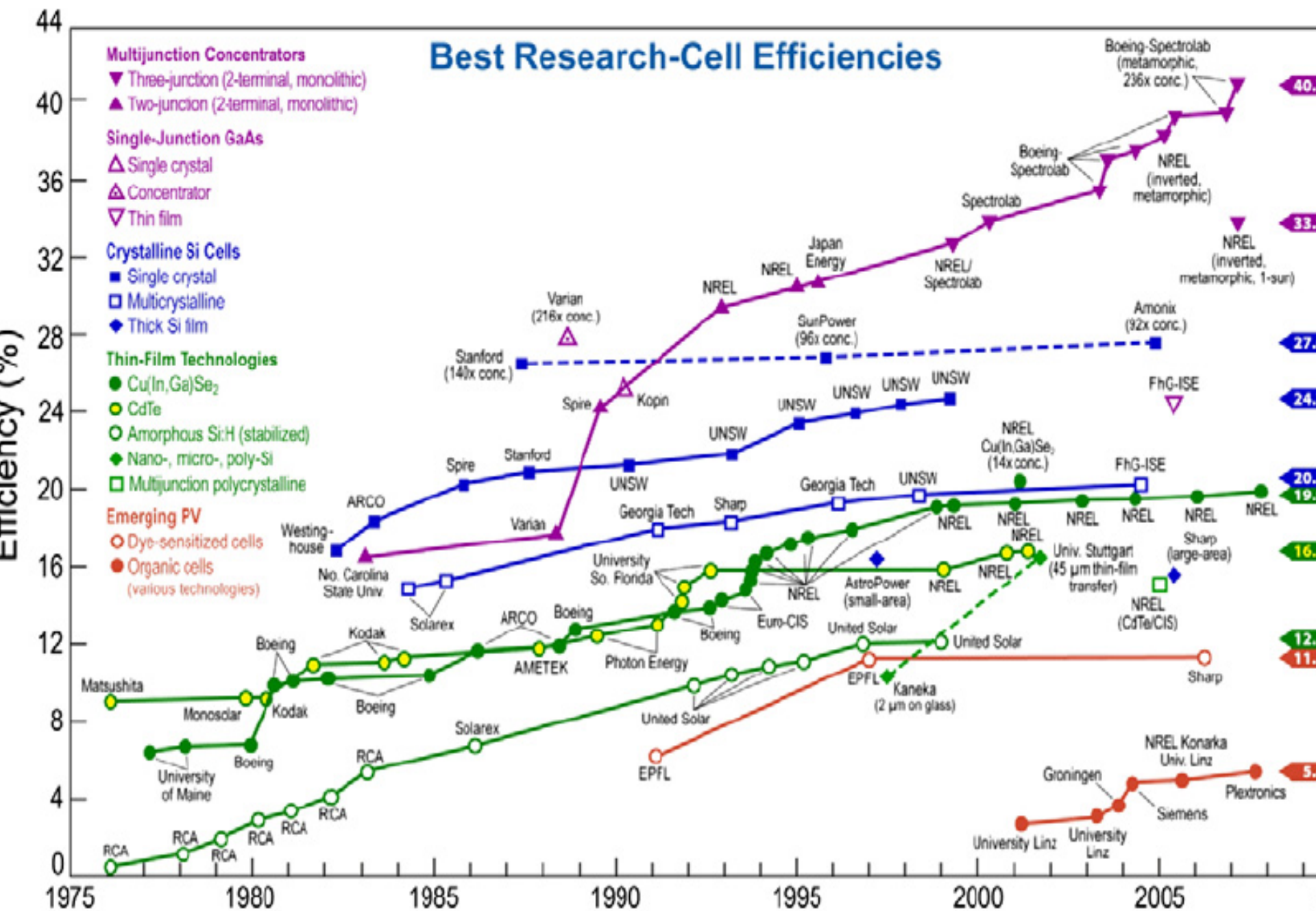
1963年，Cusano等人将CdS, CdSe, CdTe浸入CuCl溶液，形成 $Cu_xS$ ,  $Cu_xSe$ ,  $Cu_xTe$ ，制备出了 $Cu_xS$ -CdS,  $Cu_xSe$ -CdSe,  $Cu_xTe$ -CdTe太阳电池，效率超过10%，因衰减过大而停止，但开始了化合物太阳电池研究的新纪元。



	Area (cm <sup>2</sup> )	V <sub>oc</sub> (V)	J <sub>sc</sub> (mA/cm <sup>2</sup> )	FF (%)	Efficiency (%)	Comments
CIGSe	0.419	0.692	35.5	81	19.9	CIGSe/CdS/Cell NREL, 3-stage process
CIGSe	0.402	0.67	35.1	78.78	18.5	CIGSe/ZnS (O,OH) NREL, Nakada et al
CIGS	0.409	0.83	20.9	69.13	12.0	Cu(In,Ga)S <sub>2</sub> /CdS Dhere, FSEC
CIAS	—	0.621	36.0	75.50	16.9	Cu(In,Al)Se <sub>2</sub> /CdS IEC, E <sub>g</sub> = 1.15eV
CdTe	1.03	0.845	25.9	75.51	16.5	CTO/ZTO/CdS/CdTe NREL, CSS
CdTe	—	0.840	24.4	65.00	13.3	SnO <sub>2</sub> /Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /CdS/CdTe IEC, VTD
CdTe	0.16	0.814	23.56	73.25	14.0	ZnO/CdS/CdTe/Metal U. of Toledo, sputtered

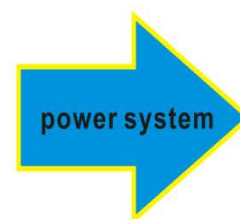
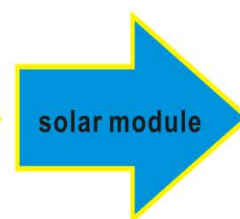
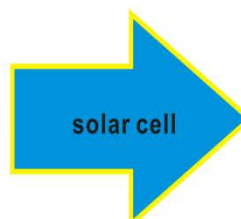
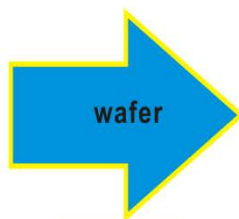
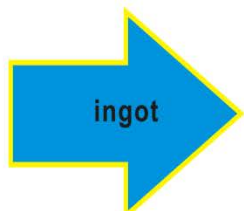
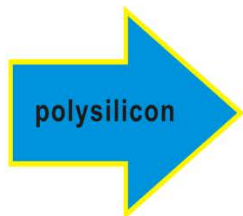
Company	Device	Aperture Area (cm <sup>2</sup> )	Efficiency (%)	Power (W)	Date
Global Solar	CIGS	8390	10.2*	88.9*	05/05
Shell Solar	CIGSS	7376	11.7*	86.1*	10/05
Würth Solar	CIGS	6500	13.0	84.6	06/04
First Solar	CdTe	6623	10.2*	67.5*	02/04
Shell Solar GmbH	CIGSS	4938	13.1	64.8	05/03
Antec Solar	CdTe	6633	7.3	52.3	06/04
Shell Solar	CIGSS	3626	12.8*	46.5*	03/03
Showa Shell	CIGS	3600	12.8	44.15	05/03

### 三、太阳能电池技术的现状与趋势



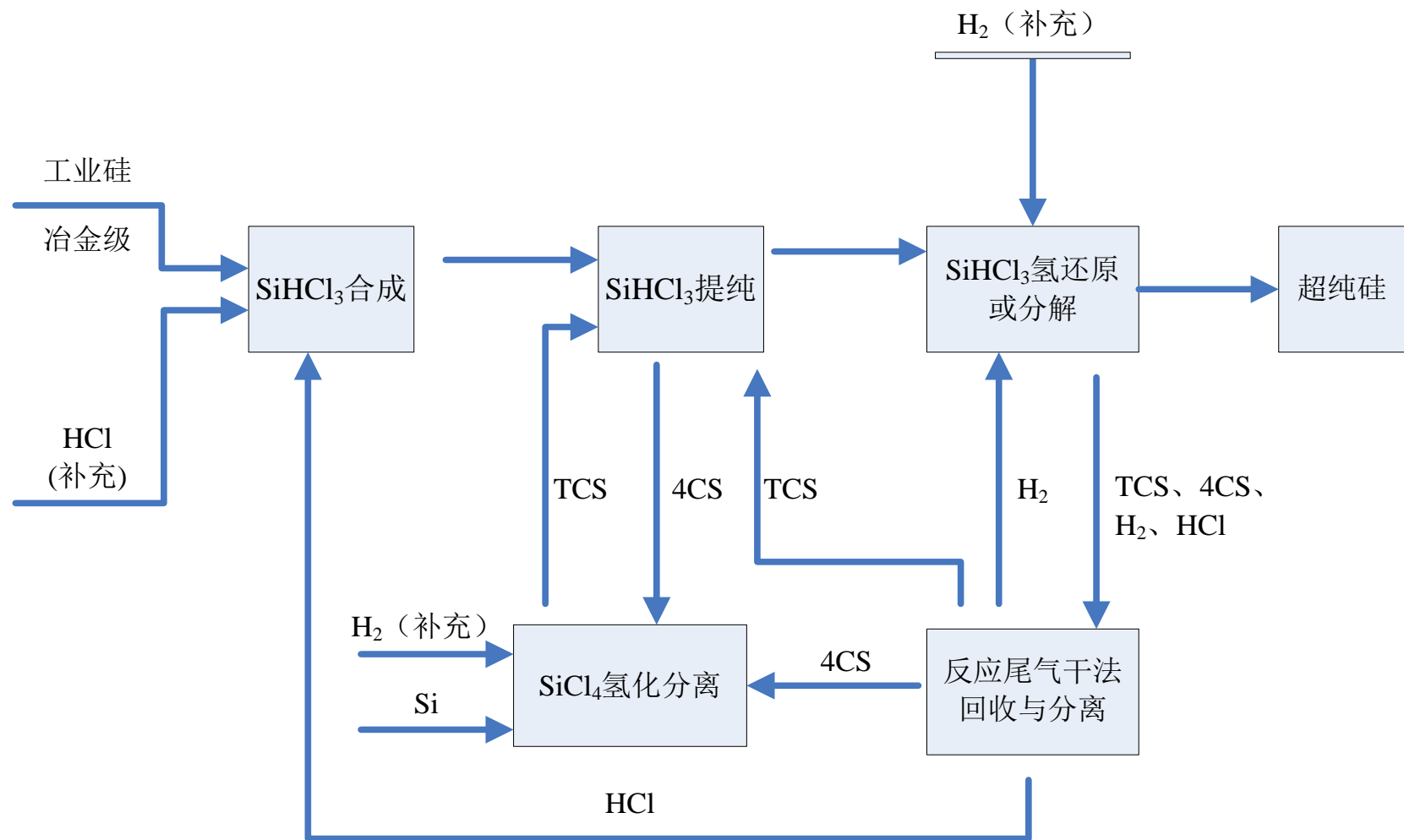


# 1 晶体硅光伏产业



从沙到电的故事

# 改良西门子法制备多晶硅料







单晶硅棒

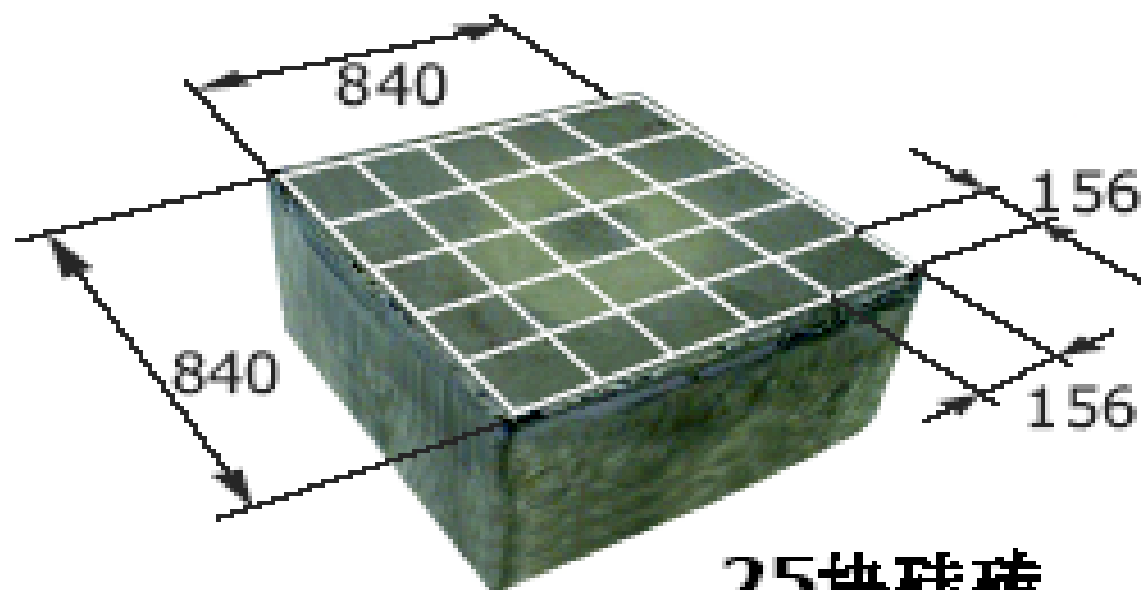


直拉单晶炉

# 铸造多晶

DSS450HP™ 定向凝固系统 (DSS)





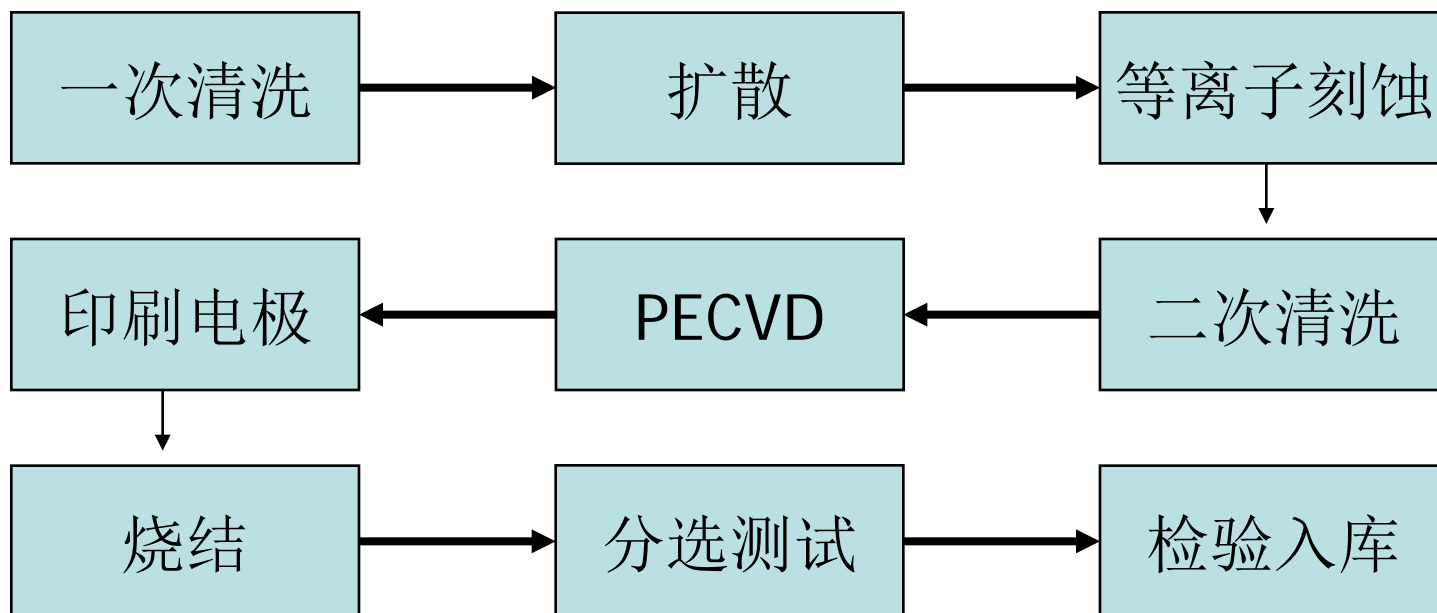
**25块硅砖**

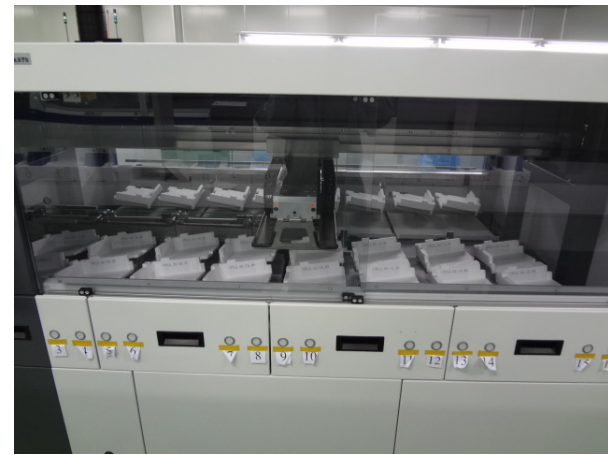
尺寸单位为毫米。 \*相当于430公斤重量



# 晶体硅太阳能电池生产工艺流程（直拉单晶 铸造多晶、铸造单晶）

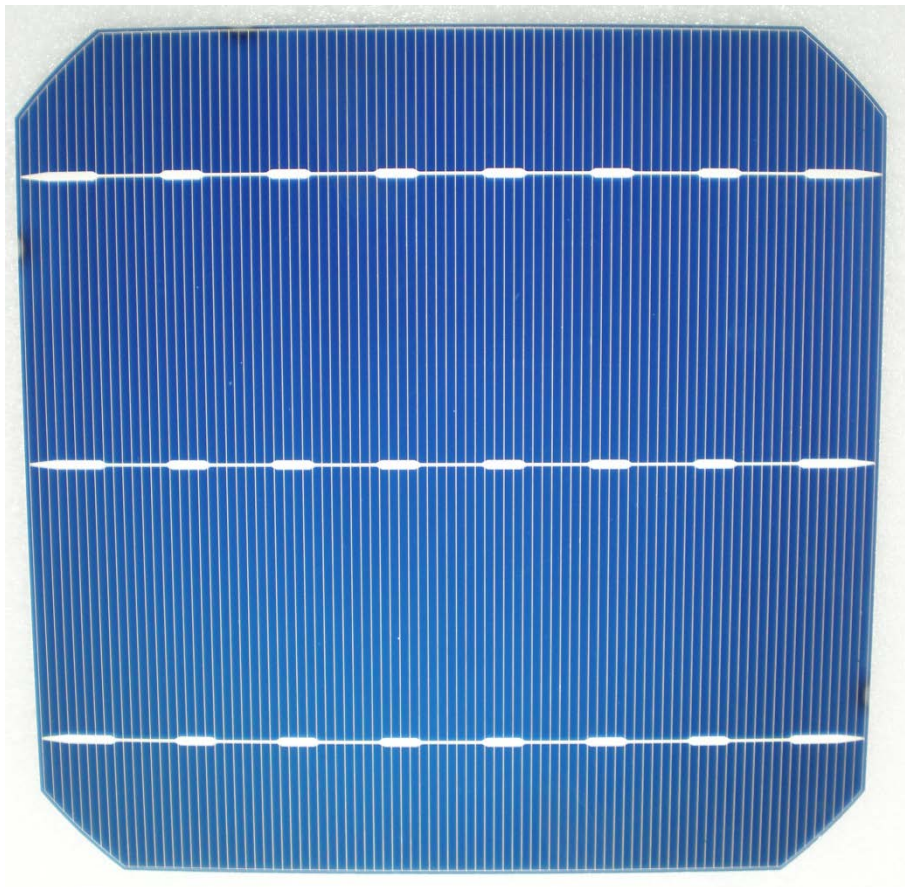
## 主要工序

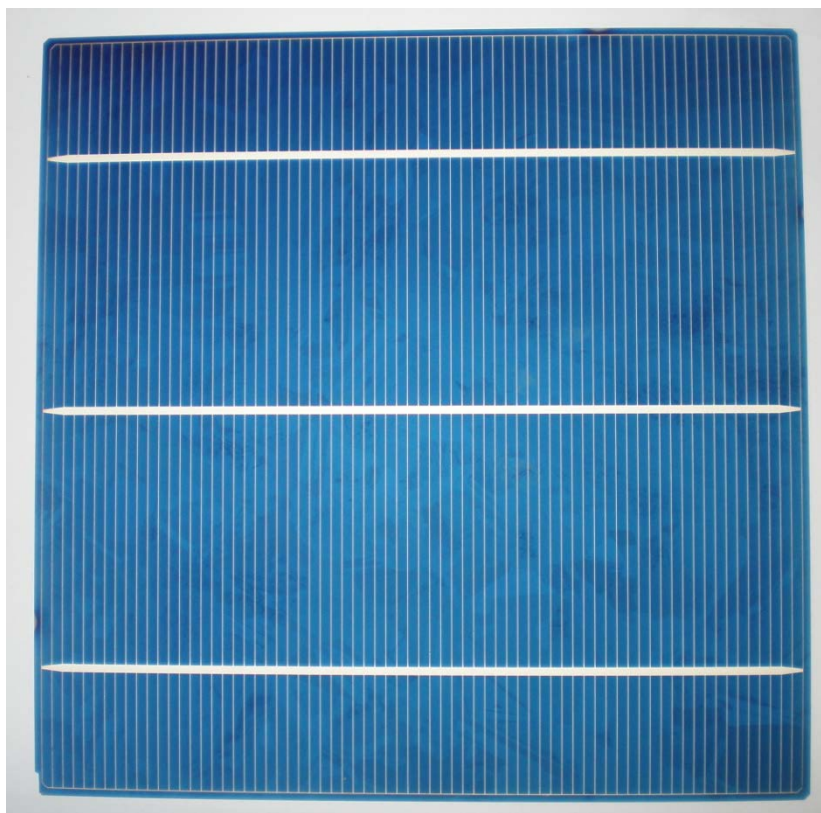






# 单晶硅太阳能电池

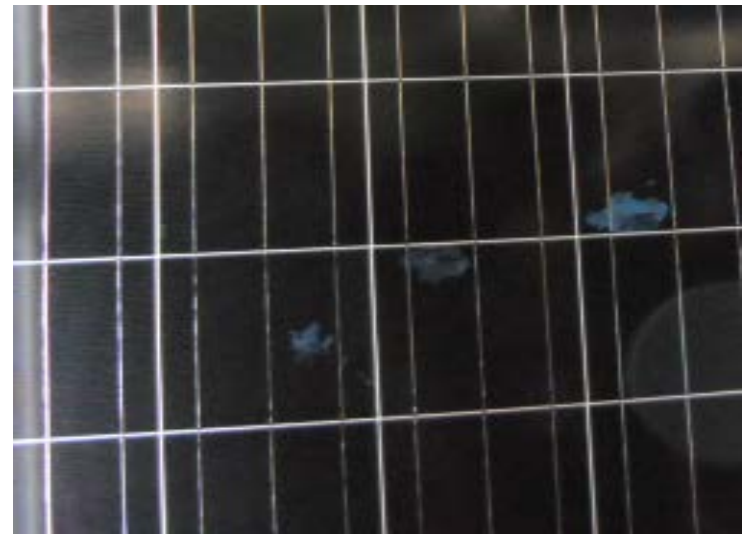
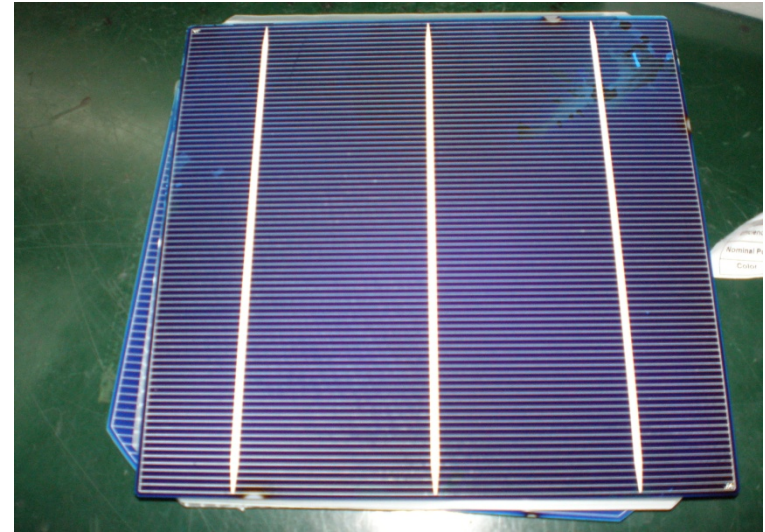
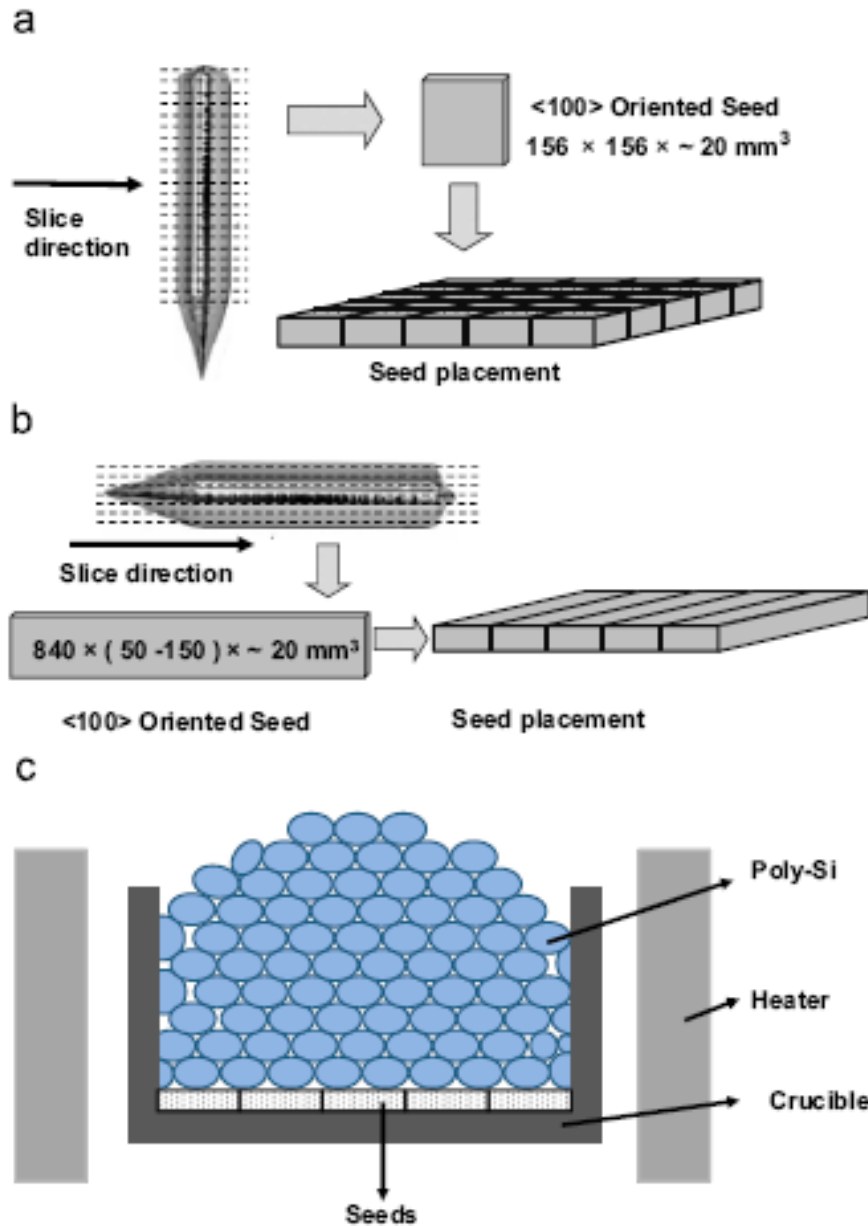




多晶硅太阳能电池



# 铸造单晶（类单晶）



# 类单晶太阳能电池组件



# 常规晶体硅太阳能电池的工业化水平

## 单晶硅

18.8–19%, 635mV, 5.6A, 520mV, 5.3A

## 多晶硅

17.4–17.6%, 630mV, 8.5A, 516mV,  
7.88A

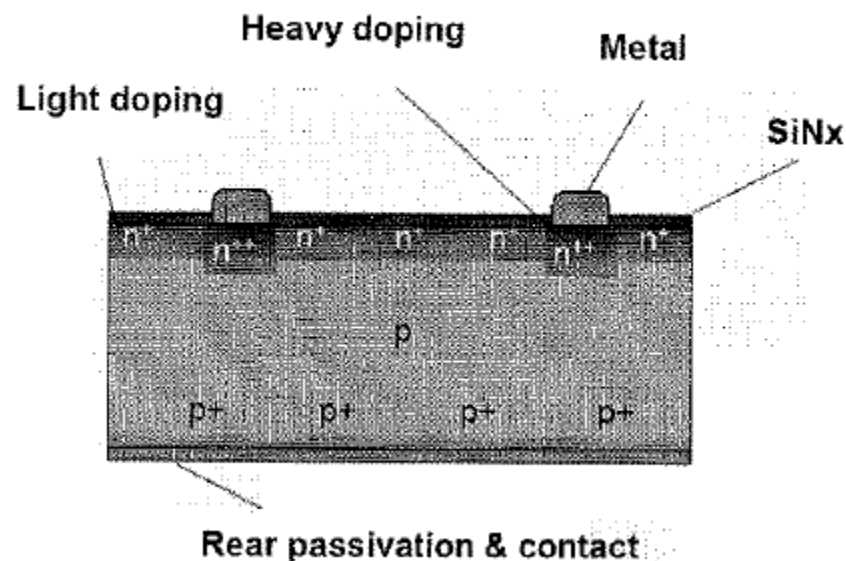
# SE电池

优点：

- (1) 减小了少子复合
- (2) 减小了接触电阻

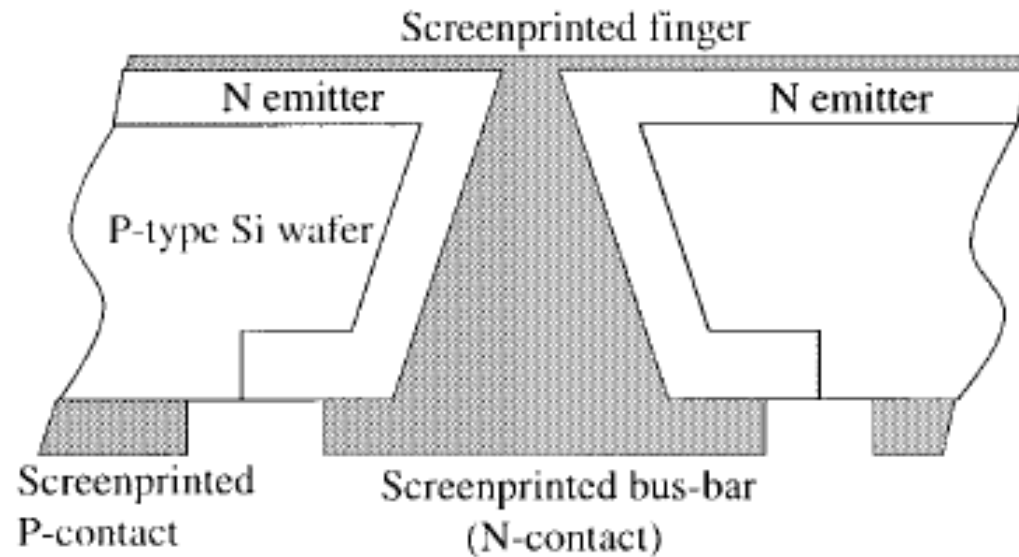
缺点：

- (1) 增加了发射极电阻
- (2) 增加了工艺成本

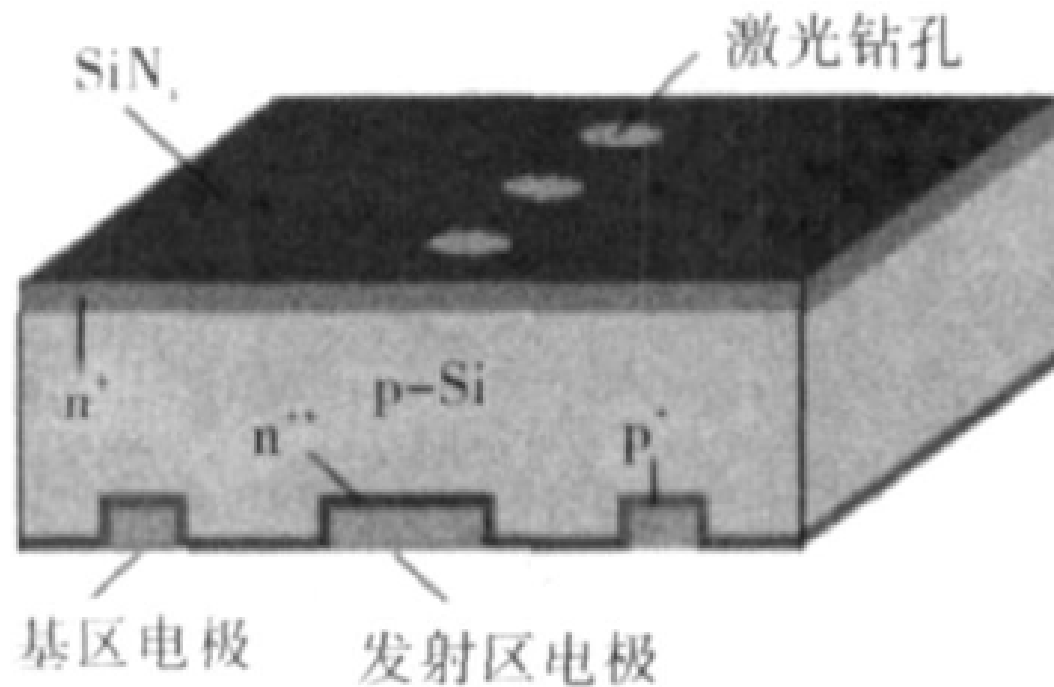


传统电池：高阻、密&细栅

# Metallization wrap through (MWT) 金属 绕通背接触电池



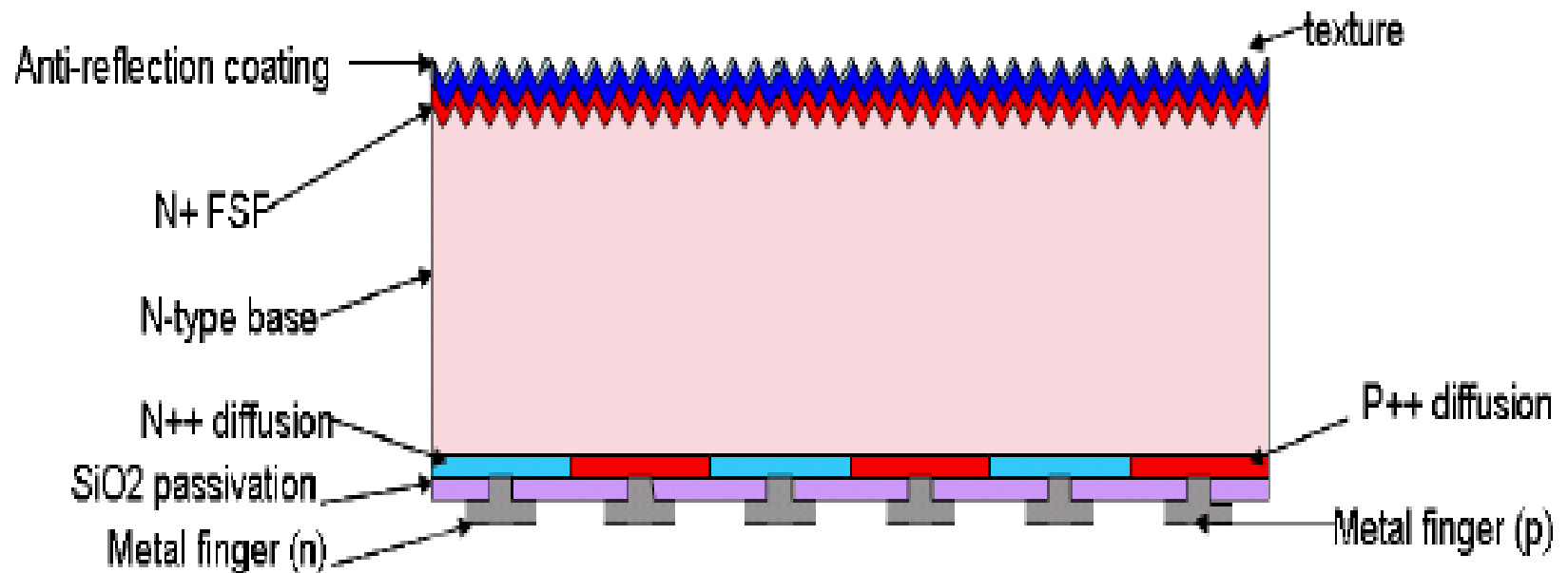
# EWT（发射区绕通背接触电池）



前结背接触电池（1993年，Gee）

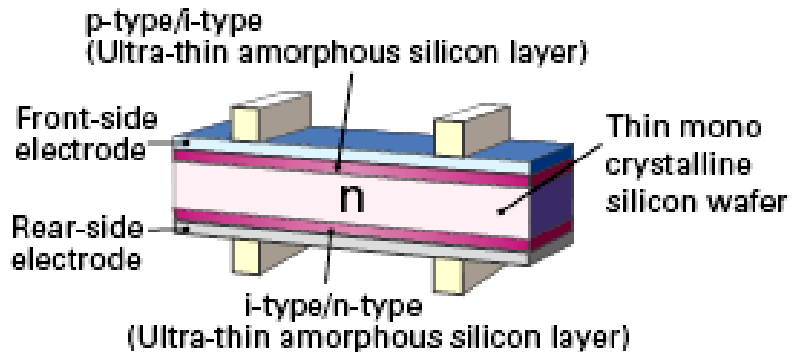
# Sunpower A300, 23%

Front side



Rear side

# 异质结HIT电池 (heterojunction solar cells with intrinsic thin layer)



图（1）HIT太阳电池的结构

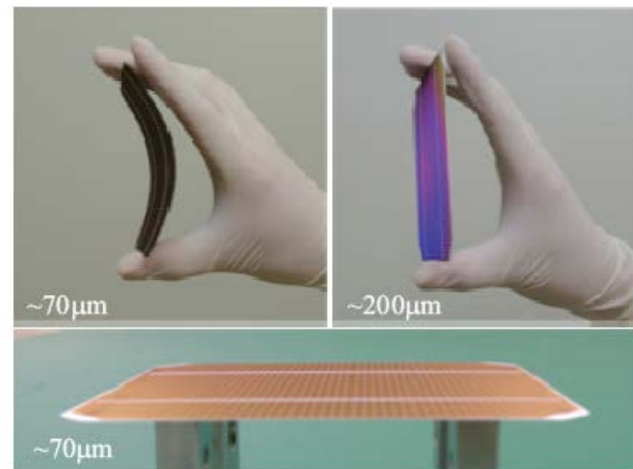


Fig. 6 A picture of a HIT solar cell with a c-Si wafer thickness of  $\sim 70\mu\text{m}$ .  $70\mu\text{m}$  cell does not show any bowing after whole process (lower).

2007年，三洋公司已经成功将HIT电池的效率从2003年的21.3%提升到22.3%





## 2 非晶硅光伏产业

目前生产的非晶硅太阳能电池分为三大类：

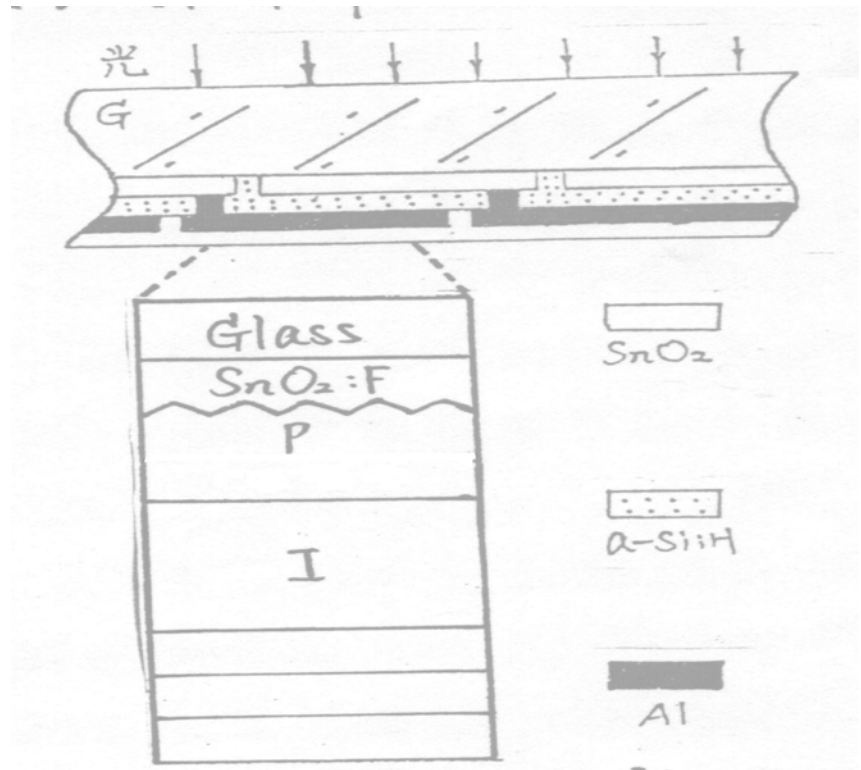
(1) 第一类是以玻璃为衬底的刚性非晶硅太阳能电池，它的基本结构是： $\text{玻璃} / \text{TCO} / \text{P}(\text{a-SiC:H}) / \text{I}(\text{a-Si:H}) / \text{N}(\text{a-Si:H}) / \text{Al}$ ；刚性非晶硅太阳能电池大多用一块一块的断续生产办法。

(2) 第二类是以很薄的不锈钢板或塑料等柔性材料为衬底的柔性非晶硅太阳能电池， $\text{柔性不锈钢板(或塑料板)} / \text{Al} / \text{N}(\text{a-Si:H}) / \text{I}(\text{a-Si:H}) / \text{P}(\text{a-SiC:H}) / \text{TCO}$ ，柔性非晶硅太阳能电池大多用滚筒到滚筒(roll to roll)的连续生产方法。

(3) 第三类是与建筑集成的非晶硅太阳能电池组件(BIPV)。

从  
沙  
到  
电  
的  
故  
事







# 从沙到电



矿石

破碎

洗涤

石英砂

混料

检测



退火

玻璃

成型

炉炼

加热

入炉



刻划

PECVD

刻划

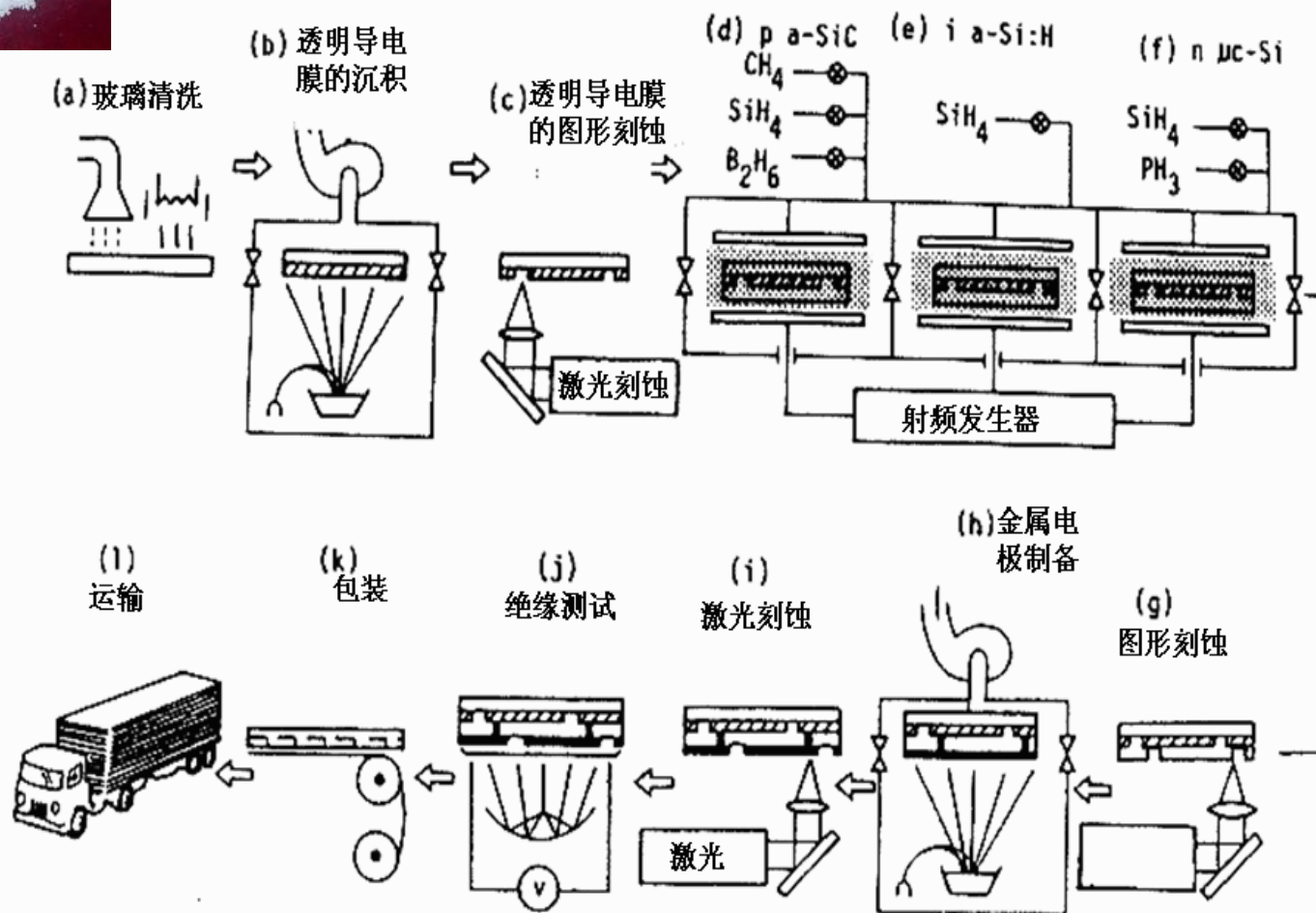
磁控

刻划

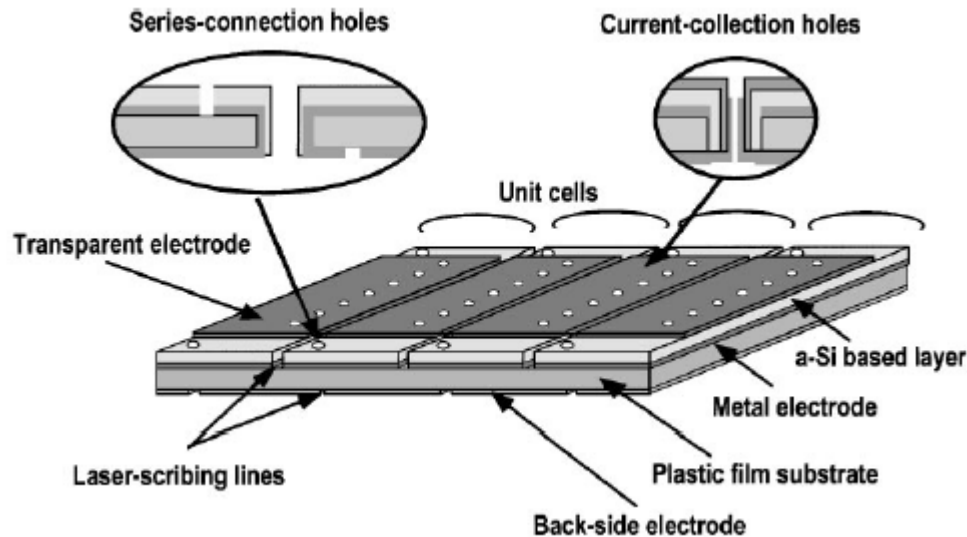
组件

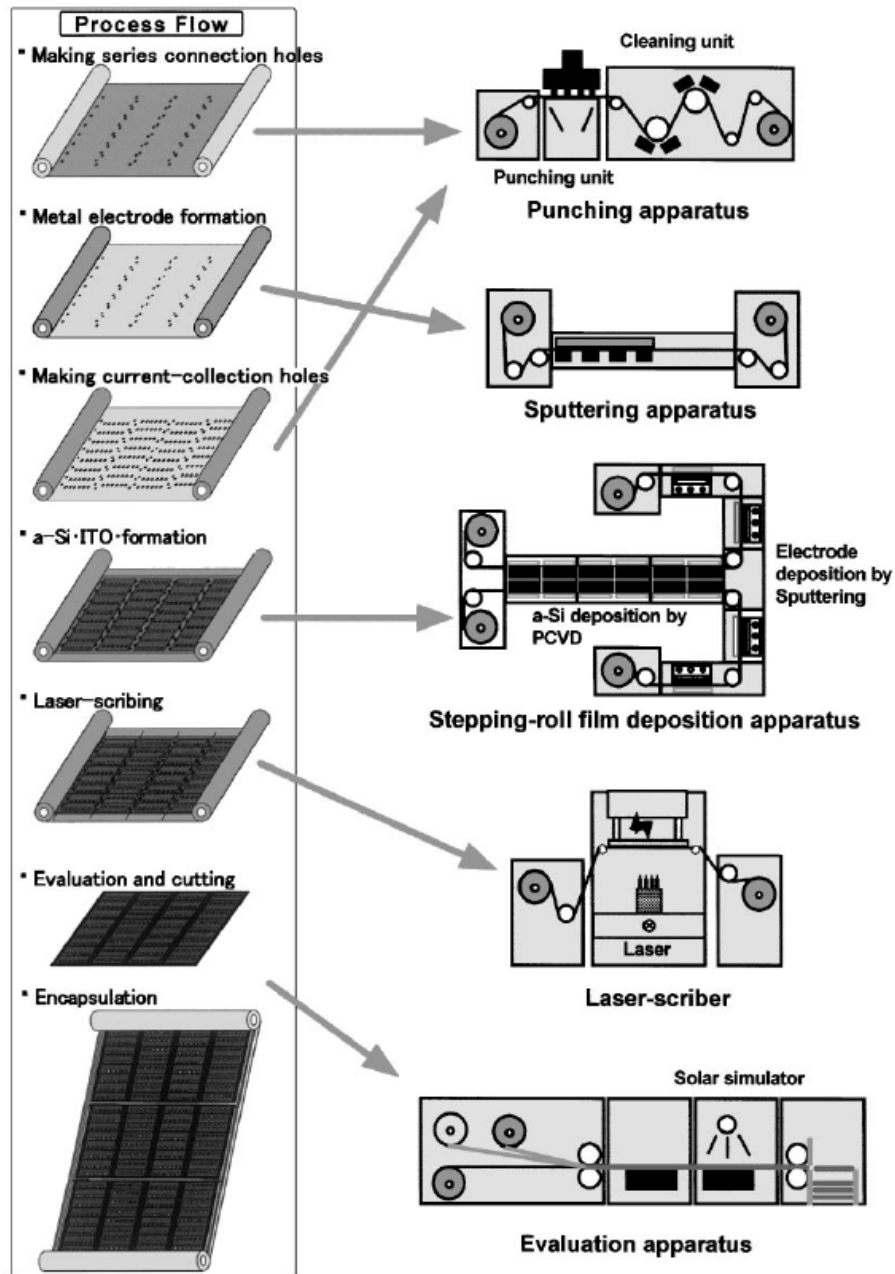


# 从沙到电



日本Fuji电气公司目前生产40 cm×80 cm的SCAF (Series-connection through apertures formed on film) 柔性电池，据介绍其电池的的稳定效率高达9%。





## 日本Kaneka公司的非晶硅太阳电池

日本Kaneka 公司也是非晶硅太阳电池开发的急先锋。1993年，首先在Shiga的生产厂就量产非晶硅太阳电池。1999年，Kaneka Solartech Corporation(KST)建成了年产20MW的生产线（位于Toyooka city），组件的衬底选用的是玻璃，尺寸为95cm×98cm，单结集成非晶硅太阳电池稳定效率达8%，双结非晶硅太阳电池的效率达10%。日本Kaneka 公司非晶硅太阳电池在Toyooka city的工厂外景。



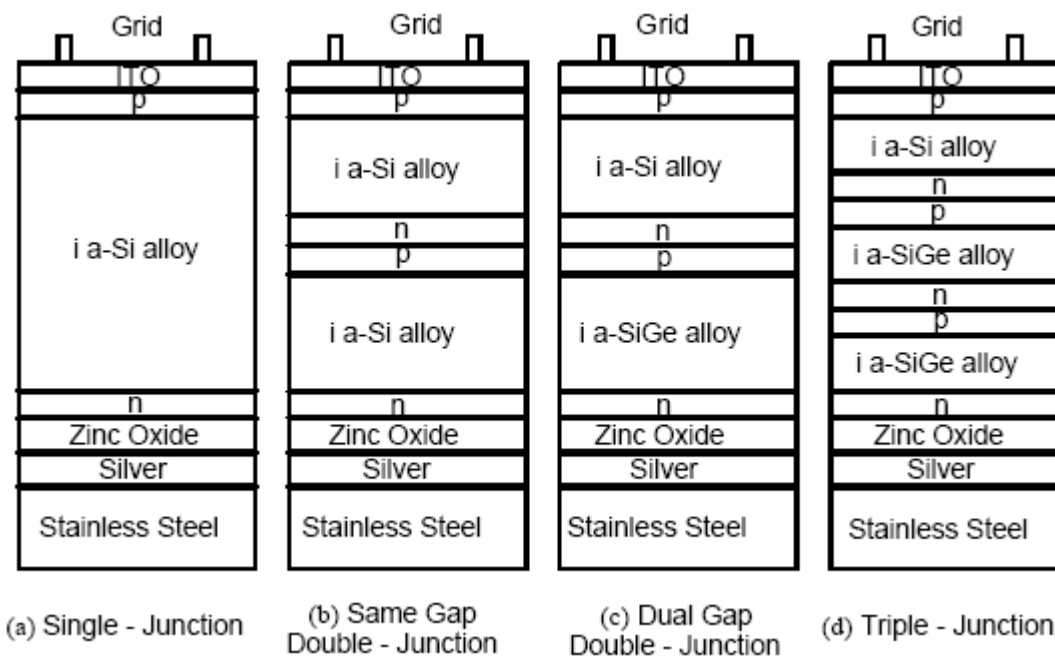


日本Kaneka 公司非晶硅太阳电池在Toyooka city的工厂

# 日本Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (MHI) 非晶硅太阳电池的生产情况

2002年, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (MHI) 建成了一条10MW的非晶硅太阳电池生产线, 采用的沉积方法是甚高频等离子化学汽相沉积 (VHF-PECVD), 生产的非晶硅太阳电池组件 ( $1.4\text{m} \times 1.1\text{m}$ ), 功率转换效率为8%, 输出电压为100V, 标准光照下的功率达100W。

- 美国United Solar Systems Corp. (USSC) 非晶硅太阳电池的生产情况
- 美国USSC现在能提供三种非晶硅电池：刚性、柔性及BIPV，现在的产能为30MW/年。



目前世界上能成套提供非晶硅太阳能电池生产线的厂家有：

美国Energy Photovoltaics Inc. (EPV)；

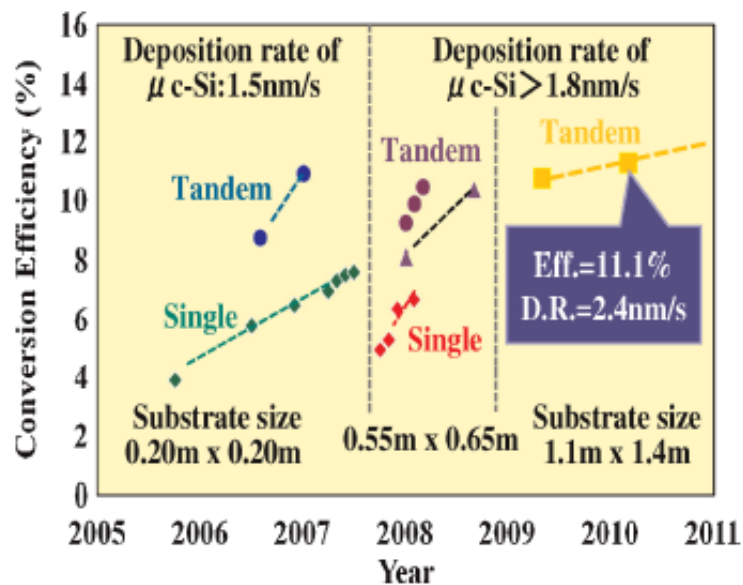
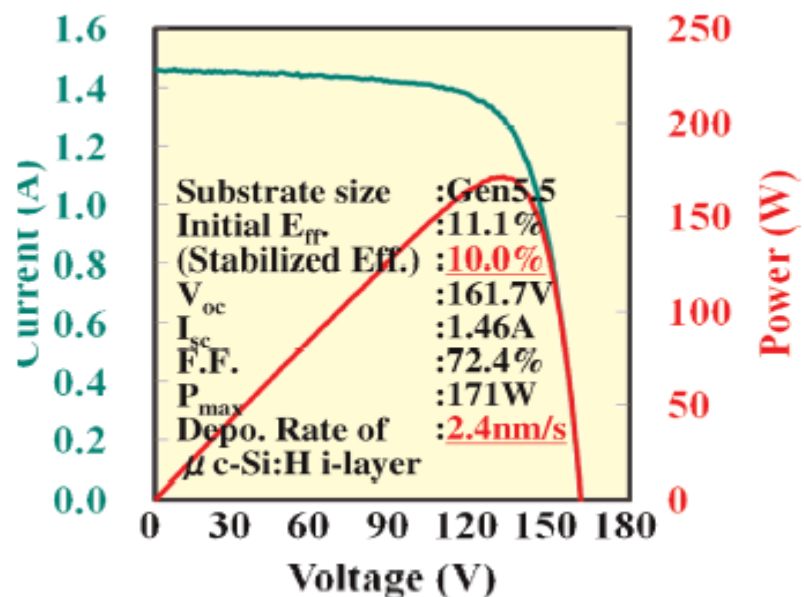
瑞士欧瑞康（UNAXIS）成套非晶硅太阳能电池生产设备；

UNAXIS 设备生产的非晶硅太阳能电池材料成本约为0.33欧元/瓦（包括TCO、非晶硅层、背电极），组件的成本（包括封装）约1欧元/瓦。

美国ECD公司的成套非晶硅太阳能电池生产设备



## 2012年 Sanyo宣布



$$V_{oc} = 161.7 \text{ V}, I_{sc} = 1.46 \text{ A}, FF = 72.4\%, P_{max} = 171 \text{ W}$$

### 3 化合物光伏电池产业

#### 主要CIS和CdTe光伏公司

##### CIS

Shell Solar, CA  
Global Solar Energy, AZ  
Energy Photovoltaics, NJ  
ISET, CA  
ITN/ES, CO  
NanoSolar Inc., CA  
DayStar Technologies, NY/CA  
MiaSole, CA  
HelioVolt, Tx  
Solyndra, CA  
SoloPower, CA

Wurth Solar, Germany  
SULFURCELL, Germany  
CIS Solartechnik, Germany  
Solarion, Germany  
Solibro, Sweden  
CISEL, France  
Showa Shell, Japan  
Honda, Japan

##### CdTe

First Solar, OH  
Solar Fields, OH  
AVA TECH, CO

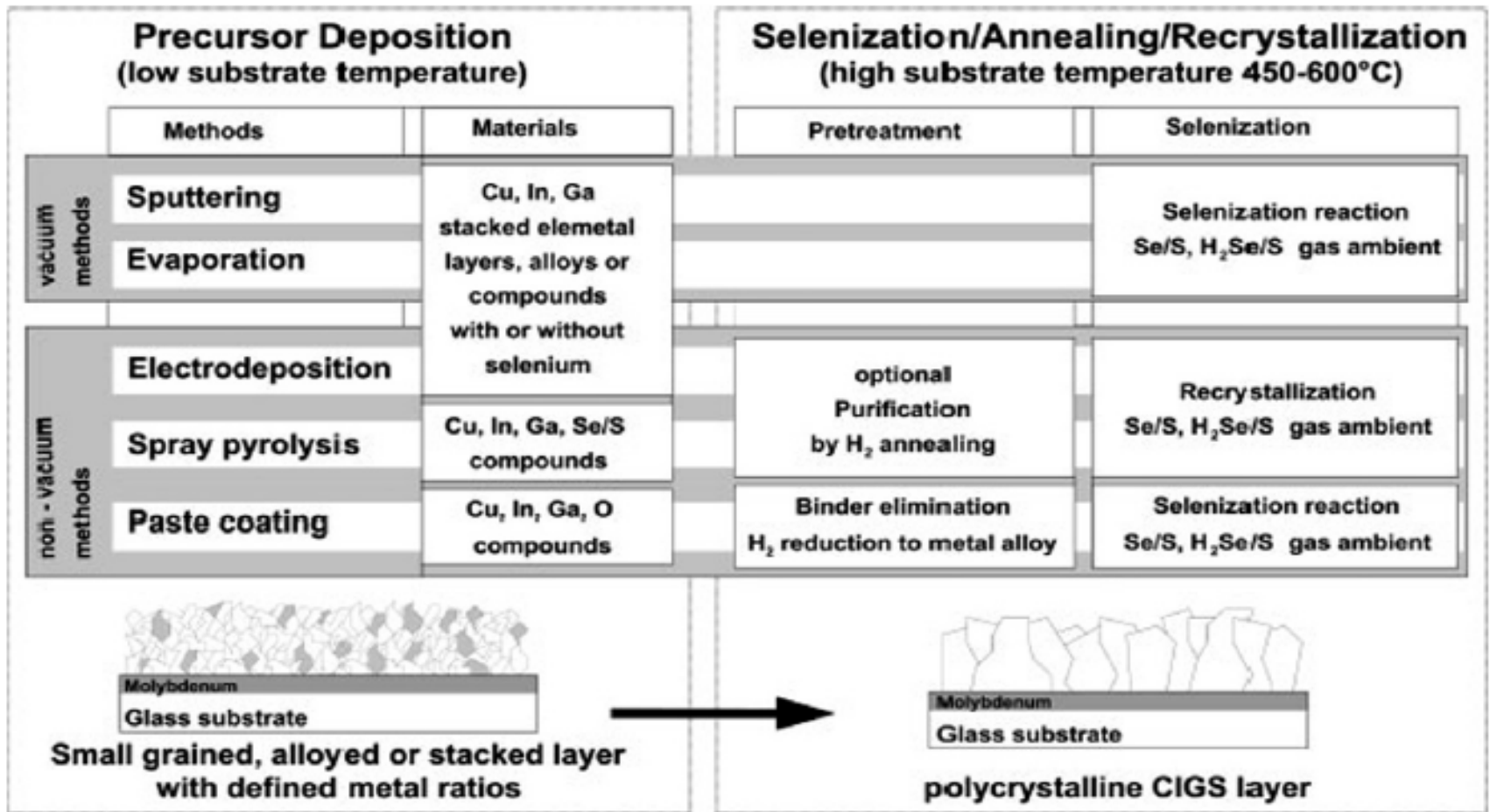
CANRON, NY  
Antec Solar, Germany

## Different methods for fabrication of CdTe films for solar cells.

---

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1. Thermal evaporation                | 10. Ion-assisted evaporation                |
| 2. Electro-deposition                 | 11. Metal–organic chemical vapor deposition |
| 3. Spray pyrolysis                    | 12. Vapor transport deposition              |
| 4. Chemical vapor deposition          | 13. Molecular-beam epitaxy                  |
| 5. Close-spaced sublimation           | 14. Atomic layer deposition                 |
| 6. Chemical molecular-beam deposition |   |
| 7. Screen printing                    |   |
| 8. Sputtering                         |   |
| 9. Hot-wall evaporation               |   |
-

# CIGS太阳能电池制造方法







日本Show Shell公司CIS太阳电池电站

# 日本本田公司铜铟硒太阳电池厂（27MW/年）



CIGS电池屋顶电站

# 德国Wurth Solar蒸发法制备的CIS电池

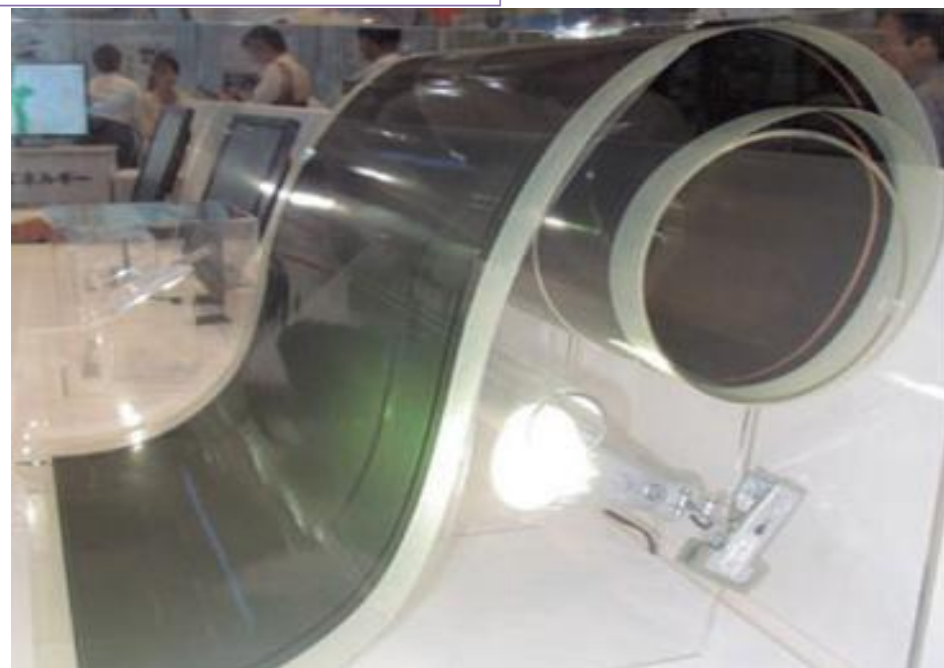
CIGS high throughput deposition  
up to 120 cm Substrate width



# 国外CIGS电池产业化发展计划

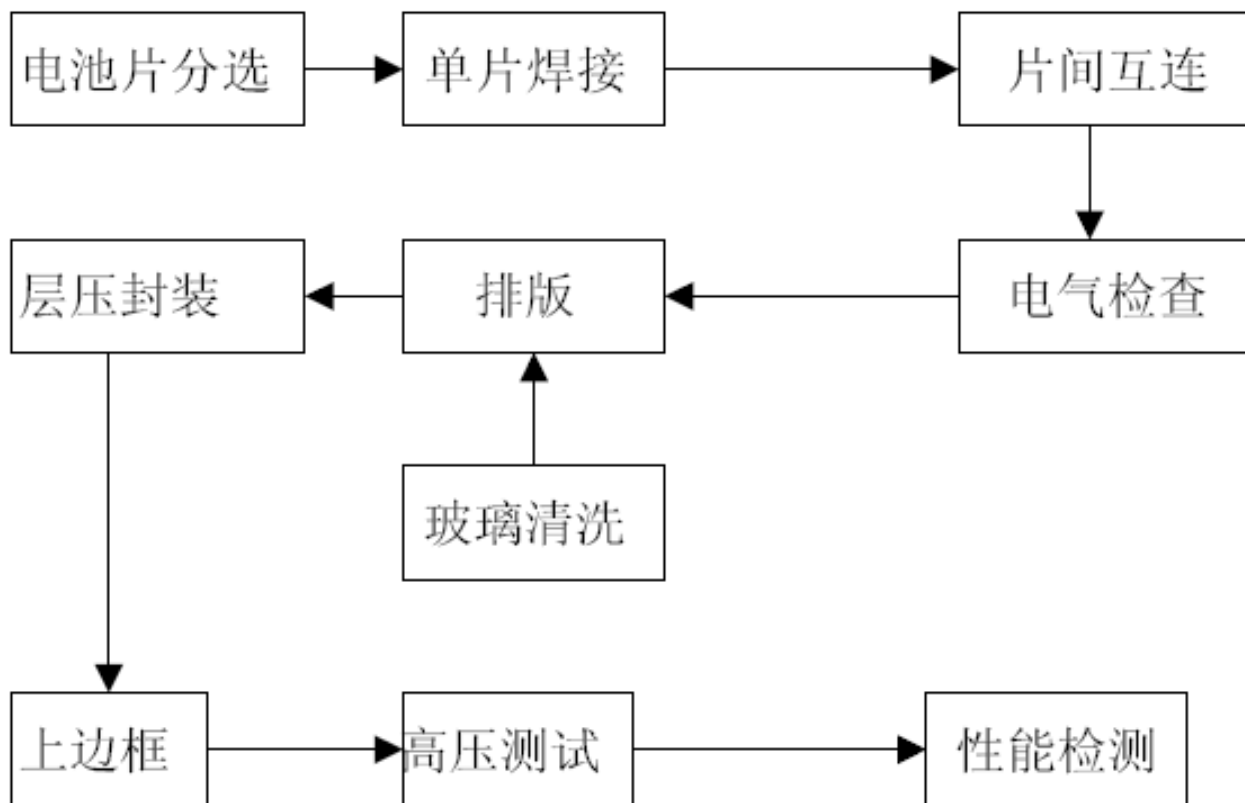
企业	吸收层	吸收层工艺	衬底	计划(MW)
Showa	CIGS <sub>Se</sub>	溅射硒化	SLG	09年80 11年1 G
Honda	CIGS	溅射硒化	SLG	07年 27.5
Wuerth	CIGS	蒸发法	SLG	07年 15 08 年30
Johanna	CIGS <sub>Se</sub>	溅射硒化	SLG	08年 30
Solibro	CIGS	蒸发法	SLG	08 年30
Scheute n	CuInS <sub>2</sub>	球状CIS		09年250
Flisom	CIGS	蒸发法	PI	
IRDPE	CIS <sub>Se</sub>	电沉积	SLG	
Odersun	CIGS	硫化法	Cu带	08年30
GSE	CIGS	蒸发法	SS	07年4 08年 60
Daystar	CIGS			25
EPV	CIGS	混合法	SLG	

企业	吸收层	吸收层工艺	衬底	计划
Advancis	CIGS <sub>Se</sub>	RTP	SLG	08年30
Sulfurcell	CuInS <sub>2</sub>	硫化法	SLG	08年2
Solarion	CIGS	蒸发法	PI	
Miasole	CIGS	硒化法	SS	55
Nanosolar	CIGS	粒子印刷		430
Heliovolt	CIGS	FASST	SLG	08年20
ISET	CIGS	纳米粒子	SLG	08年3
Solopower	CIGS	电沉积	SLG	08年10
AST	CIGS			27
IBM	CIGS	化学法		一次结晶



# 四、各种光伏组件制造技术

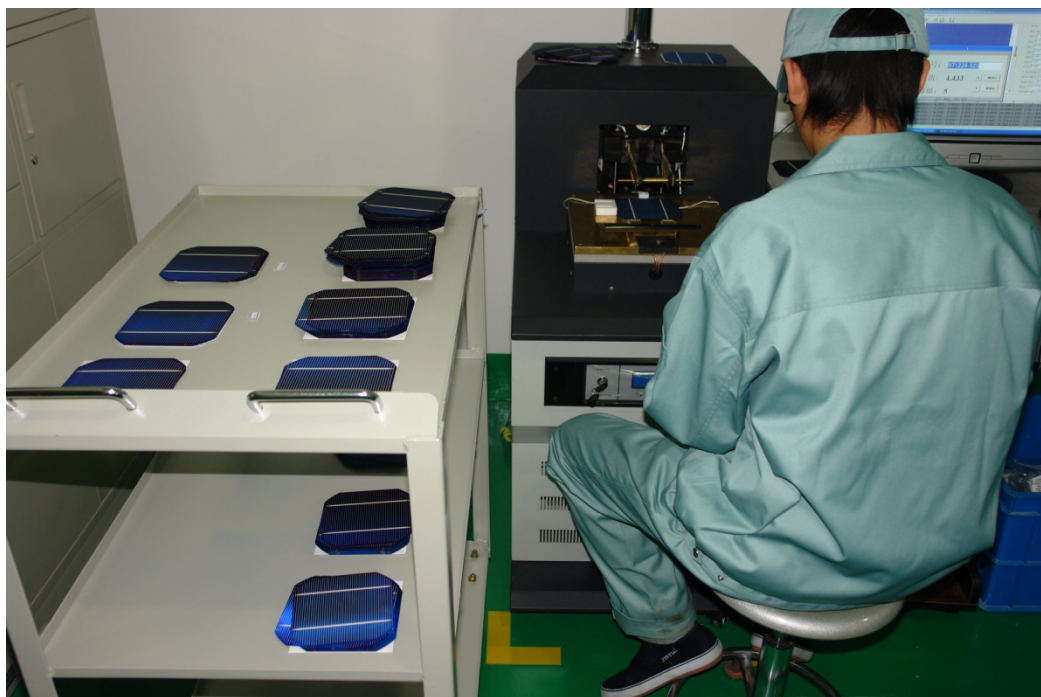
## 1 晶体硅太阳能电池组件封装技术



# 各工艺环节介绍

(1) 电池片分选：为了将性能一致或相近的电池组合在一起，应根据其性能参数进行分类；以提高组件的输出功率。

分选种类





(2) 电池片焊接：是将汇流带焊接到电池正面（负极）的主栅线上，汇流带为镀锡的铜带，不正确的焊接工艺将会引起组件功率低下和逆电流增加。

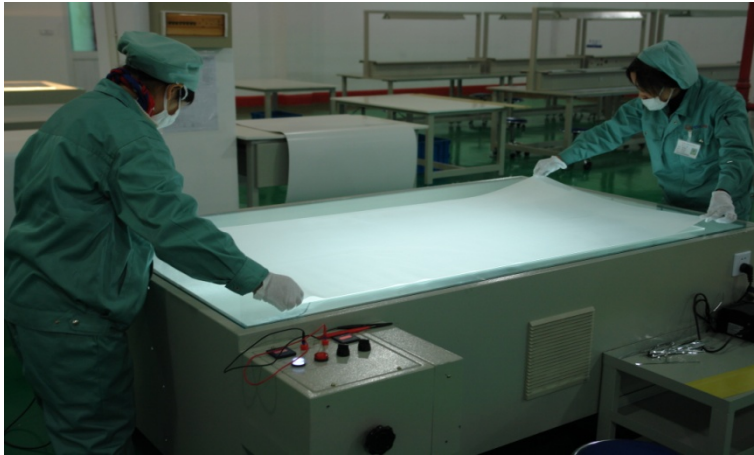


(3) 电池串焊接：依次将电池串接在一起，不正确的焊接工艺将会引起组件功率低下和逆电流增加。





(4) 铺设：背面串接好且经过检验合格后，将组件串、玻璃和切割好的EVA、背板按照一定的层次铺设好，焊好汇流带和引出电极，准备层压。铺设时保证电池串与玻璃等材料的相对位置，调整好电池间的距离。



(5) 层压封装：将铺设好的电池放入层压机内，通过抽真空将组件内的空气抽出，然后加热使**EVA**熔化将电池、玻璃和背板粘接在一起，最后冷却取出组件。



(6) 切边：层压时EVA熔化后由于压力而向外延伸固化形成毛边，所以层压完毕应将其切除。



(7) 装框：给玻璃组件装铝框，增加组件的强度，方便组件安装，进一步密封电池组件，延长电池的使用寿命。





(8) 接线盒安装、导线端子连接：在组件背面引线处粘接一个接线盒子，以利于电池与其他设备或电池间的连接。



(9) 成品测试：测试是对电池的输出功率进行标定，测试其输出特性，确定组件的质量等级。其中包含高压抽检测试，在组件边框和电极引线间施加一定的电压，测试组件的耐压性和绝缘强度，以保证组件在恶劣的自然条件（雷击等）下不被损坏。



## 2 薄膜太阳电池的封装技术

薄膜太阳电池的封装有三种方法：

- (1) 背面涂光聚树脂，再贴PVC膜
- (2) 双层玻璃封装
- (3) 电池/EVA/TPT

# 五、光伏电站中的组件选型分析

## 1 单晶、多晶、非晶还是化合物电池？



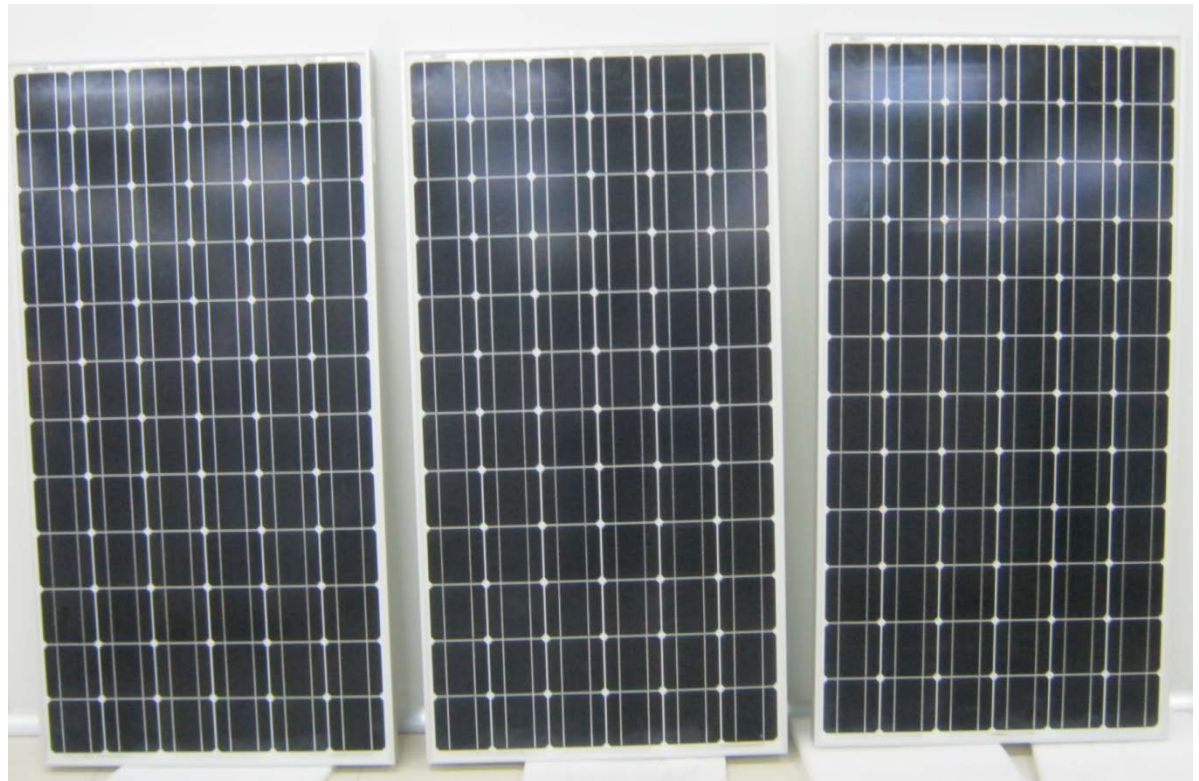


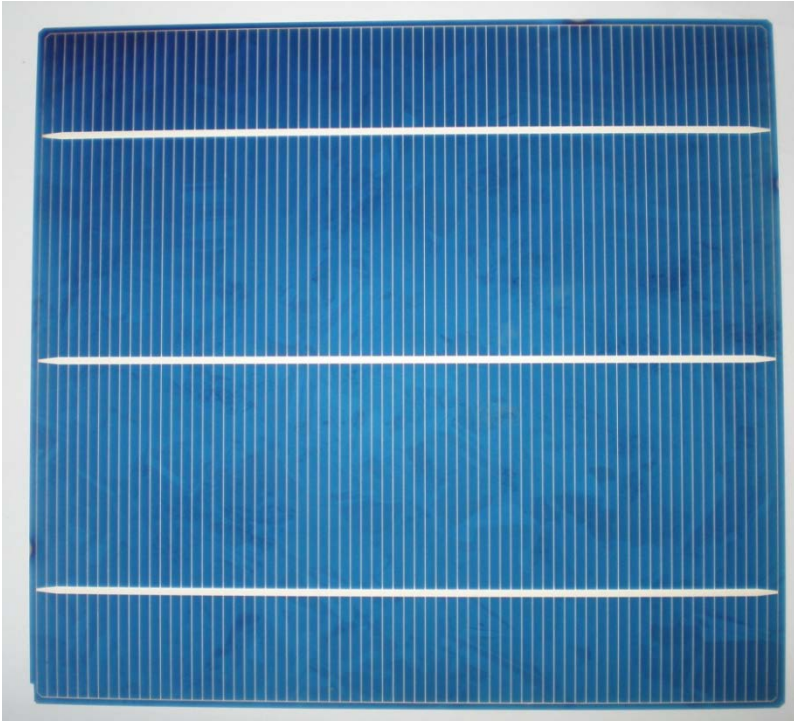


18.8%-19.0%

205W(STC)

160 W/m<sup>2</sup>





17.5%, 250W(STC)

152W/m<sup>2</sup>



长度	1190 (+3/-1) mm
宽度	789.5 (+3/-1) mm
高度	7.3 mm (+ 接线盒, 15 mm)
重量	16.5 kg
前板	4 mm 低铁钢化玻璃
背板	3 mm 浮法玻璃
边框	无
电池类型	铜铟镓硒 [Cu(In, Ga) Se <sub>2</sub> ]
接线盒	防护等级 IP 65, 带 1 个旁路二极管 (3 A) ; 66 x 54 x 14.5 mm <sup>3</sup>
电缆类型	2.5 mm <sup>2</sup> 太阳能电缆; (+) 855 (+30/-0) mm; (-) 735 (+30/-0) mm
电缆连接器	MC4



STC测试条件 (1000 W/m² 25 °C, AM 1.5 G 光谱) <sup>1</sup>							
功率 (+5/-0 W)		[W]	100	105	110	115	120
最低功率	P <sub>MPP</sub>	[W]	100.0	105.0	110.0	115.0	120.0
短路电流	I <sub>sc</sub>	[A]	1.68	1.68	1.69	1.69	1.69
开路电压	V <sub>oc</sub>	[V]	90.1	91.6	93.3	95.1	97.6
P <sub>MPP</sub> 时的电流	I <sub>MPP</sub>	[A]	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56
P <sub>MPP</sub> 时的电压	V <sub>MPP</sub>	[V]	68.5	70.5	72.4	74.7	76.9
额定转换效率	η	[%]	≥10.6	≥11.2	≥11.7	≥12.2	≥12.8

127.6W/m2



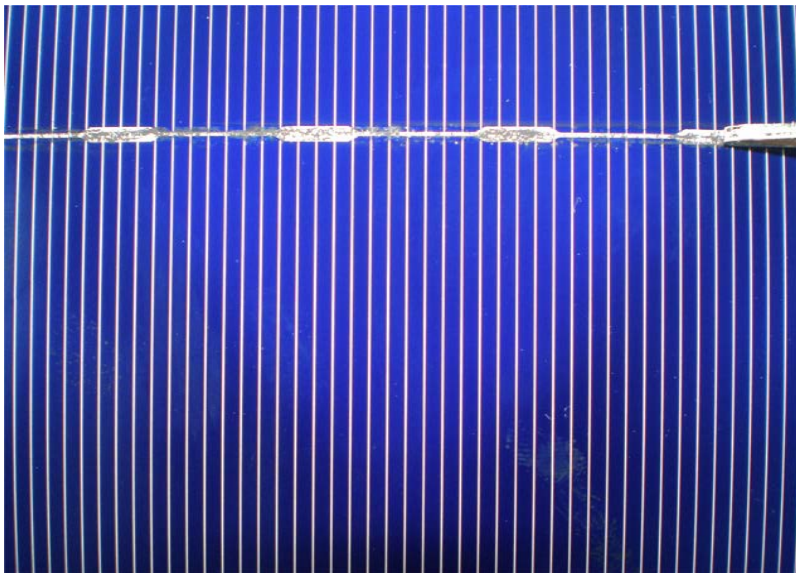
## 2 自动化还是手工?



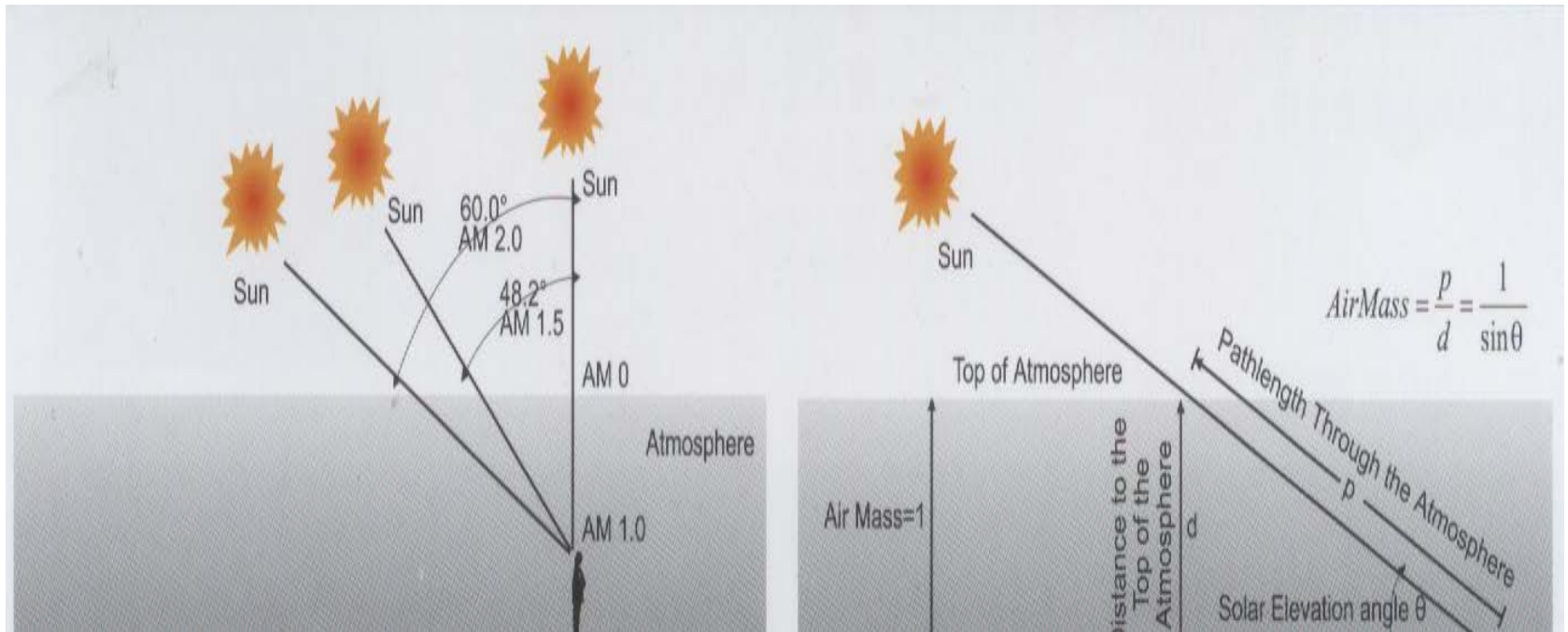
### 3 几个核心指标

- (1) 玻璃-EVA剥离强度:  $20\text{N/cm}$
- (2) 电池电极及背场的剥离强度:  $3\text{N}$
- (3) TPT-电池的剥离强度:  $20\text{N/cm}$
- (4) TPT层间剥离强度:  $4\text{N/cm}$
- (5) 铝边框的强度: 6063T5
- (6) 承压:  $5400\text{Pa}$

市场压力促使各种材料大量进入市场，不能单以价格高低来选择，质量问题越来越隐蔽，底线在哪儿？



## 4 关于电参数理解的误区



**STC: 1000W/m<sup>2</sup>; 25°C; AM1.5**  
**Standard Test Conditions**  
**Standard Report Conditions**

## 户外模型

$$I_{\text{sc}} = \frac{E}{E_0} I_{\text{sc}(0)} [1 + \alpha(T - T_0)]$$

$$V_{\text{oc}} = V_{\text{oc}(0)} [1 + \beta(T - T_0)] [1 + \delta(T) \ln(E / E_0)]$$

$$P_{\text{mp}} = \frac{E_{\text{inc}}}{1000} P_{\text{mp}(0)} [1 + \gamma(T - T_0)]$$



$$T_c = T_{abm} + (dT_c/dE) \times E$$

$$dT_c/dE = 30^\circ\text{C m}^2/\text{KW}$$

开路电压：45V；

短路电流：5.7A

最佳工作电压：37.7V；

最佳工作电流：5.3A；

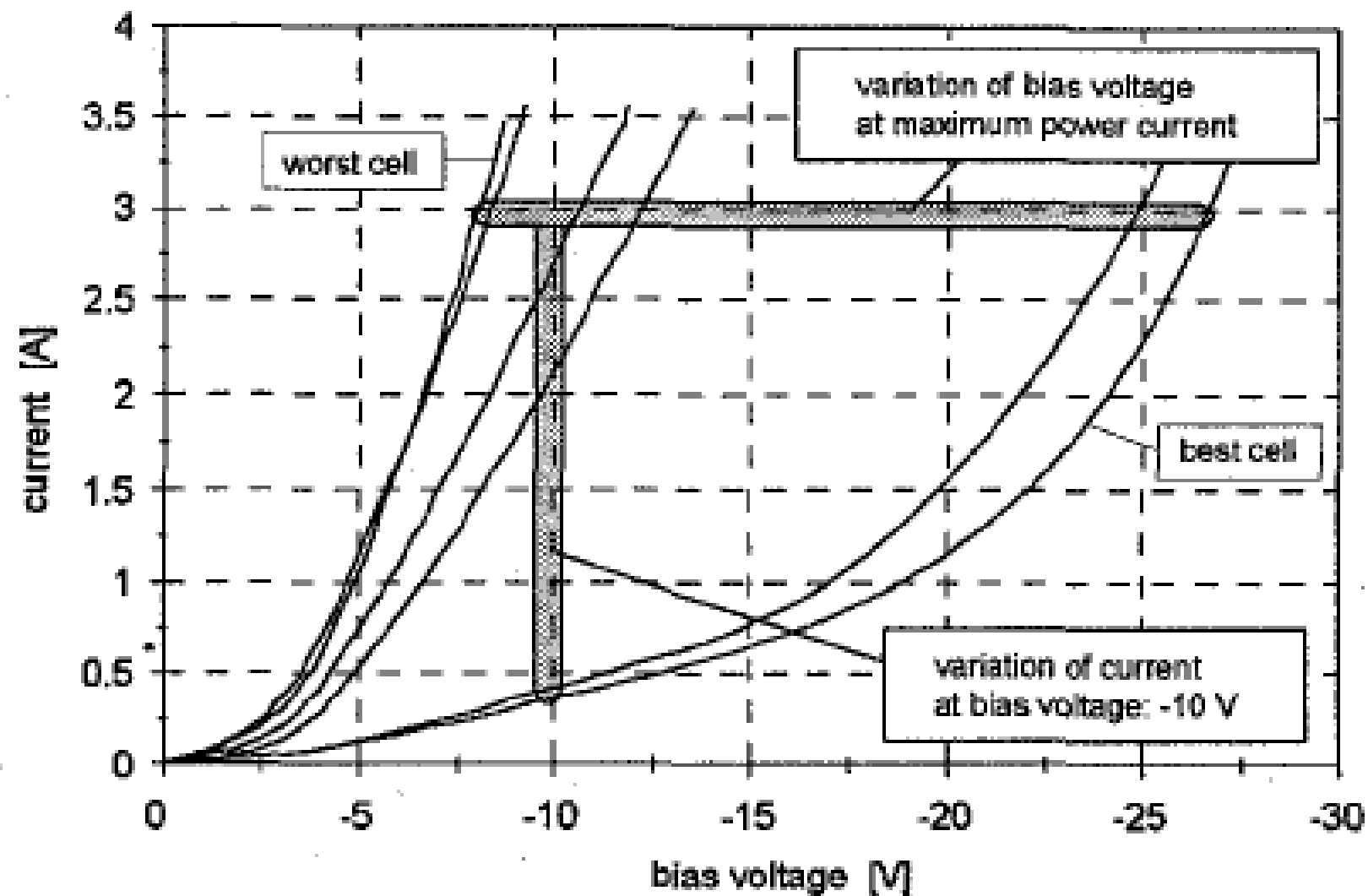
最大熔丝电流：15A

短路电流(Isc)温度系数： $(0.065 \pm 0.015)\% / ^\circ\text{C}$

开路电压(Voc)温度系数： $-(160 \pm 20)\text{mV} / ^\circ\text{C}$  或  $-0.33\% / ^\circ\text{C}$

功率的温度系数： $-(0.43 \pm 0.05)\% / ^\circ\text{C}$

# 逆电流



## 5 产品满足的标准

IEC 61215: 设计鉴定

(是 Qualification, 非Reliability)

IEC 61730-1 结构要求

IEC 61730-2 试验要求

证书: UL, TUV, VDE, ETL, ESTI等

## 6 质量保证

1987年以前： 5年

1987-1993： 10年

1993-1999： 20年

1999年以后： 25年

目前质保承诺的内容是什么？

25 year limited warranty of 80% power output, 12 year limited warranty of 90% power output, 5 year limited warranty of materials and workmanship.

Qualification和Reliability的关系

目前，研究光伏组件可靠性的专家大部分承认：通过了IEC61215并不能保证25年的寿命。

- Data consistency means: ?
- $P_{\text{limit}} = P_0 \times 0.97 \times 0.97 \times 0.8 = 0.753 P_0$

## 7 交流组件





# 8 光伏组件的衰减

## (1) 晶体硅光伏组件的衰减

LID (Light Induced Degradation)

HID (Heat Induced Degradation)

PID (Potential Induced Degradation)

IEC62804

## (2) 薄膜电池的衰减

## 六、光伏电站建设过程要避免的组件制造缺陷



$\lambda = 8-12\mu\text{m}$



IR Photo



Com. Photo



铝合金边框强度下降



寄生PN结未去干净

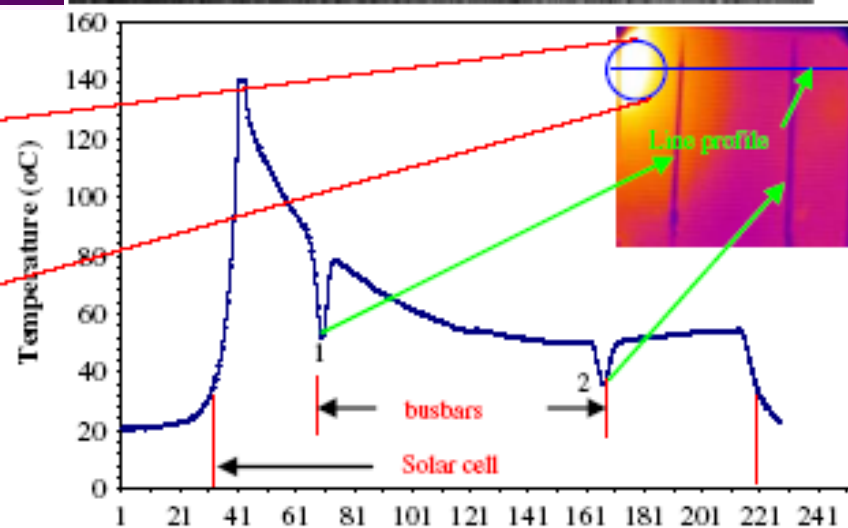
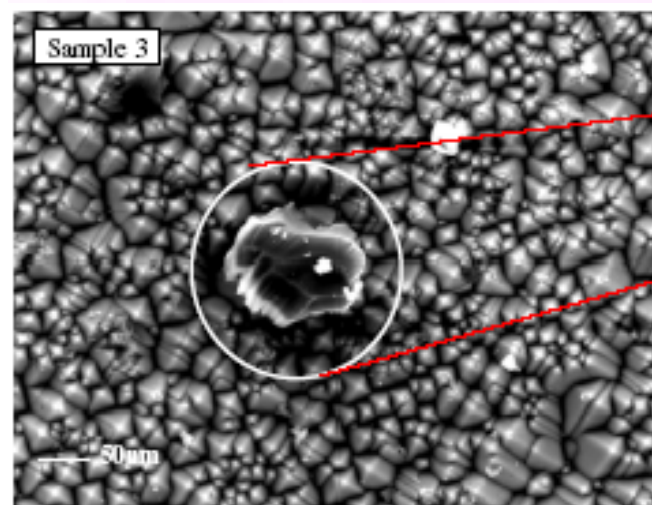
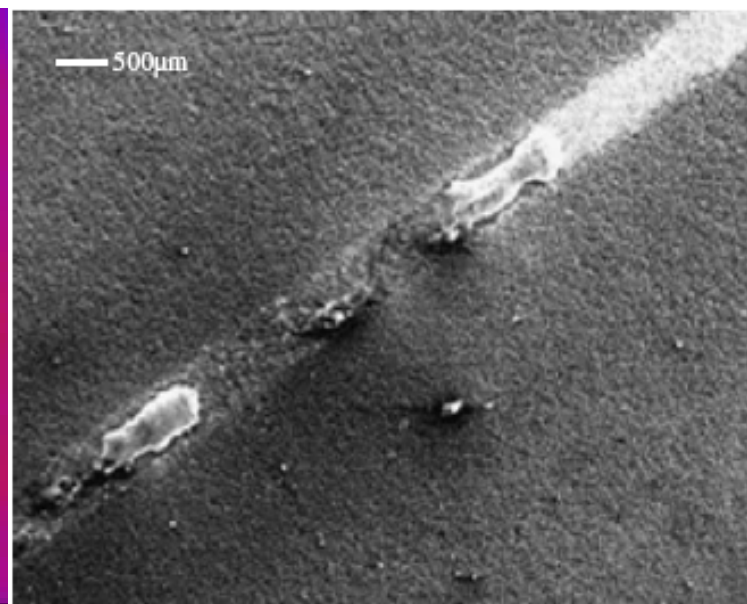
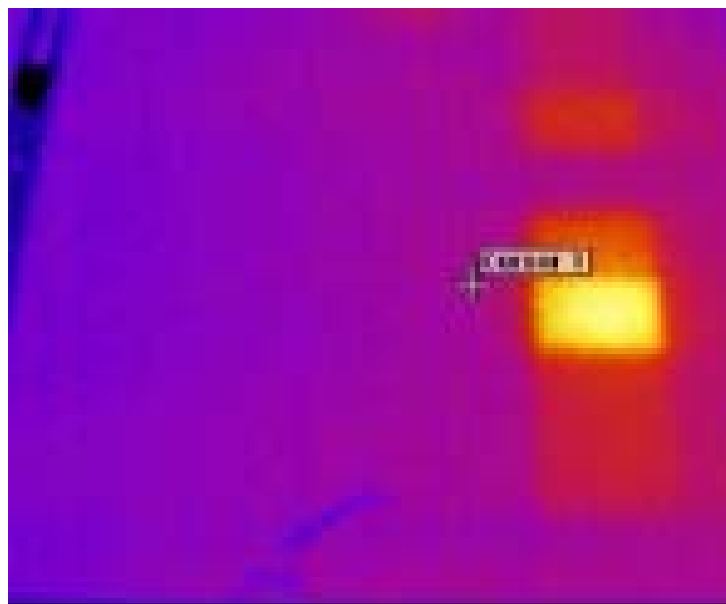


薄膜组件碎裂



接线盒故障









## Germany: firefighters extinguish most fires in homes equipped with solar panels

Number of German owners have installed solar panels on the roofs of their houses. But in case of fire, firefighters increasingly reluctant to intervene. The reason: the risk of electric current from the panels.



© Danyl Brooks

The law on the promotion of renewable energy German was amended at the end of last year. It required the power generators to buy power of individuals to a preferential rate for 20 years. With this incentive, there are about 500,000 photovoltaic systems in Germany.

But in case of fire, the houses equipped with PV might not be rescued. Two recent examples in northern Germany have been volunteer firefighters refuse to intervene on a small fire. What might have remained an incident that minor damage with a speech, has turned into a pile of ashes. Carsten Pox, the Secretary General of the German Association of Fire Fighters, said the bottom of the problem.

*Even when we cut the mains supply during a fire, the current continues to leave the PV panels. There are risks even in a night action: the light of our lamps sufficient to produce a dangerous current.*

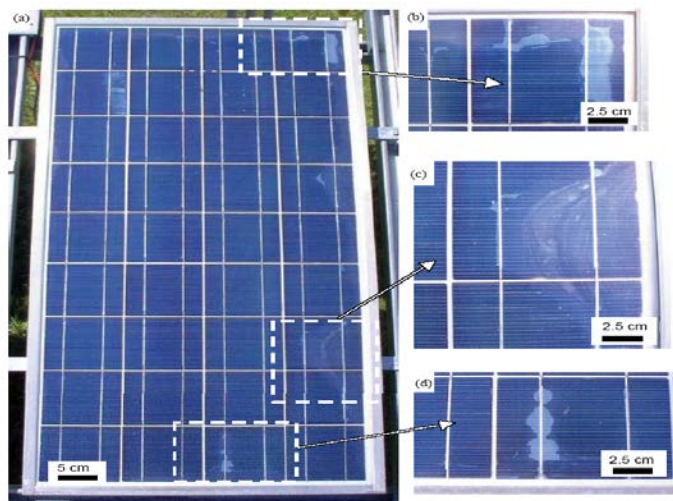




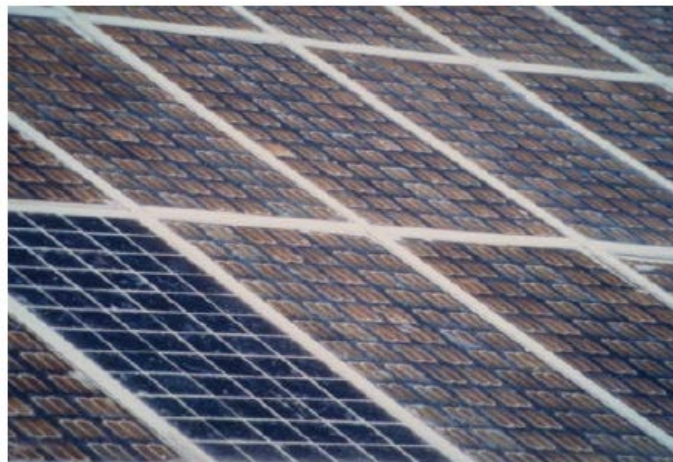
Slug trace



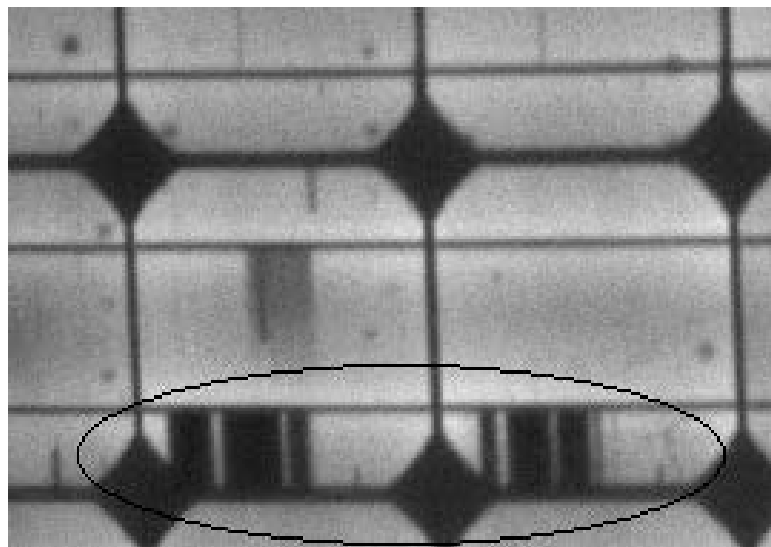
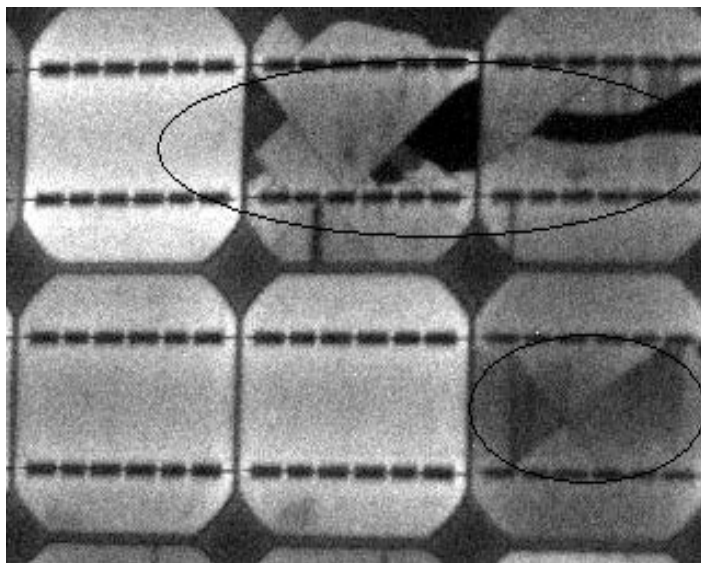
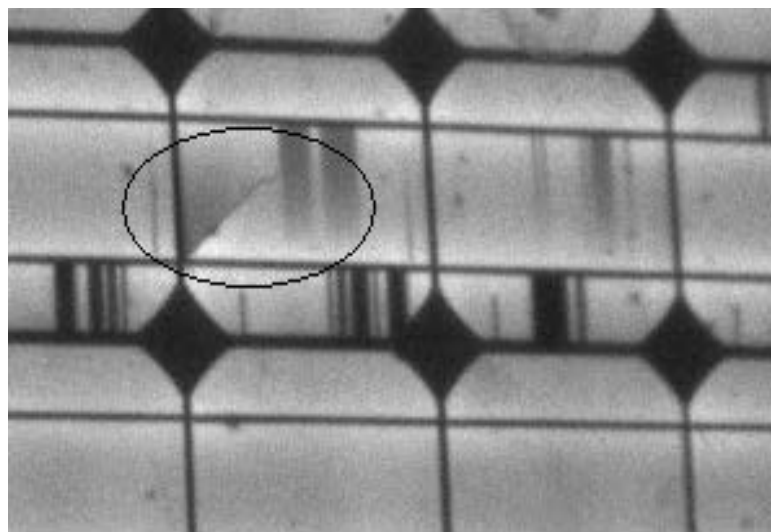
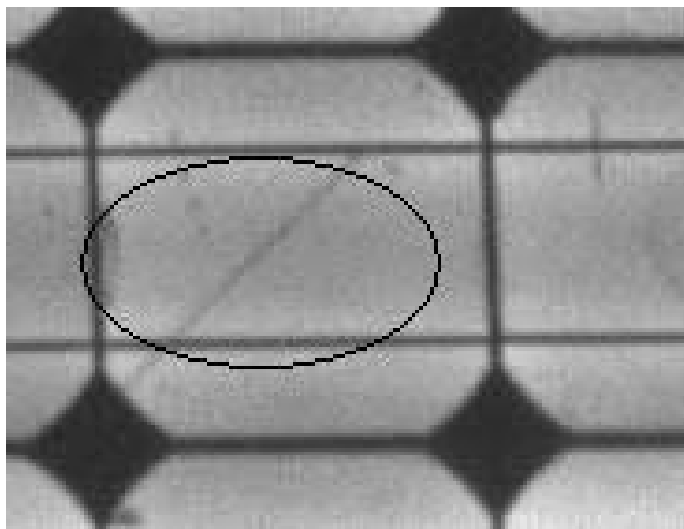
组件碎裂



分层



发黄



各种EL下的制造缺陷



雪載

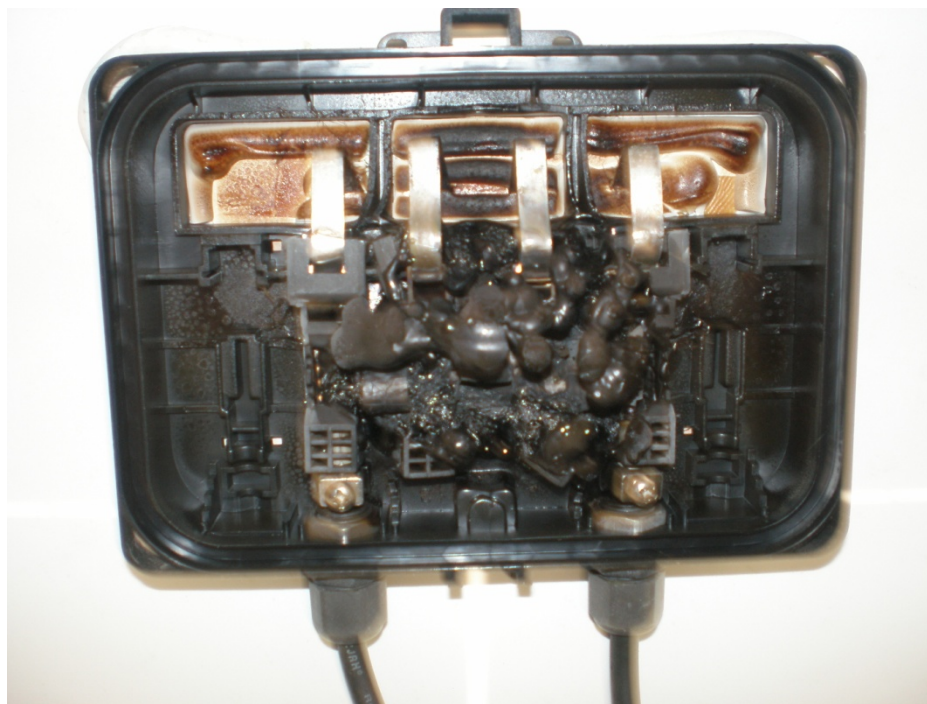




# 怎么控制质量？

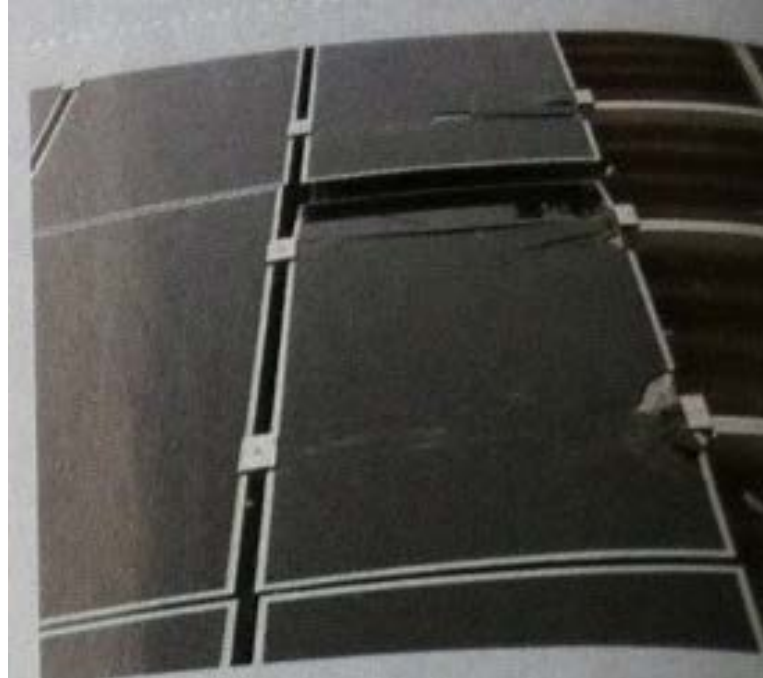
约定材料——→监造——→验收（第三方实验室检测）

变化是成本还是  
技术进步，或可  
靠性驱动的？

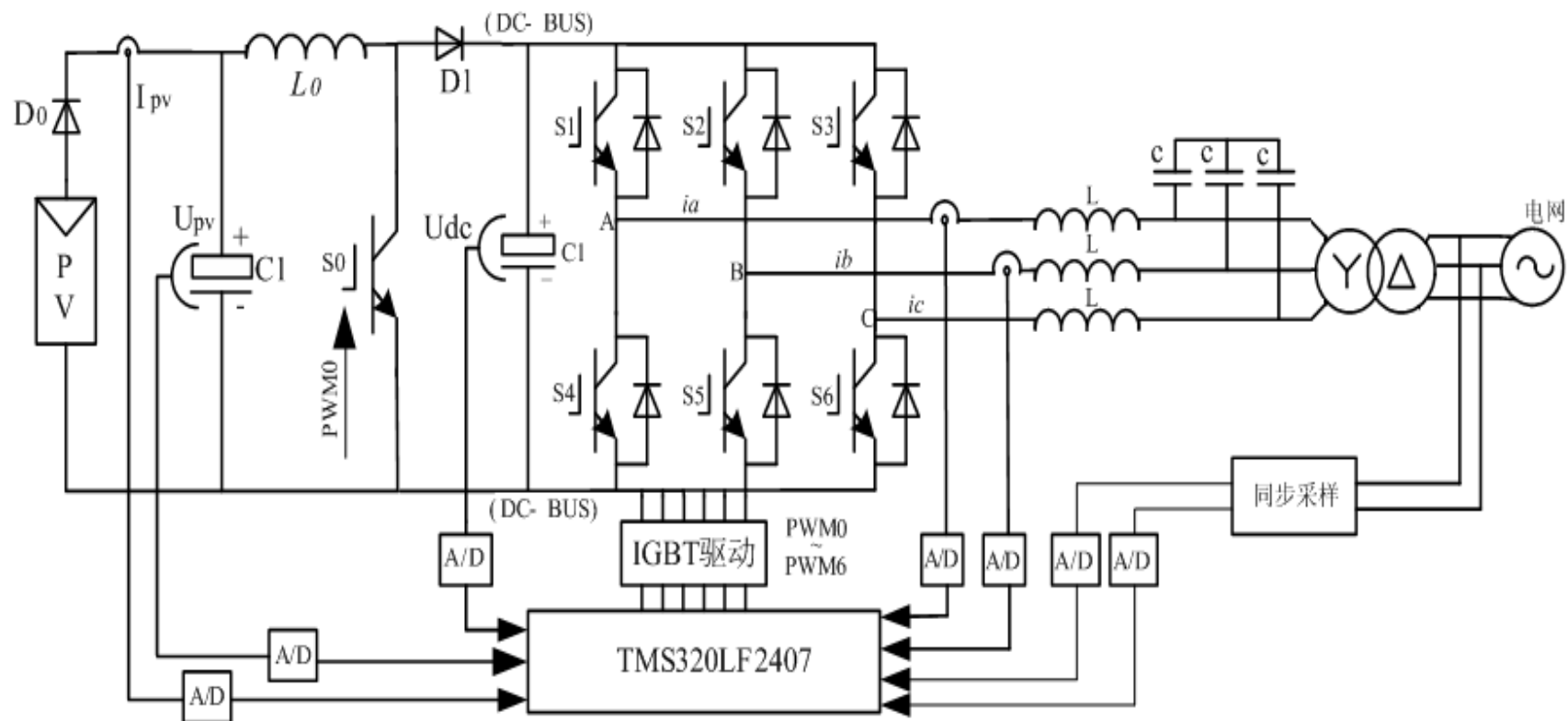


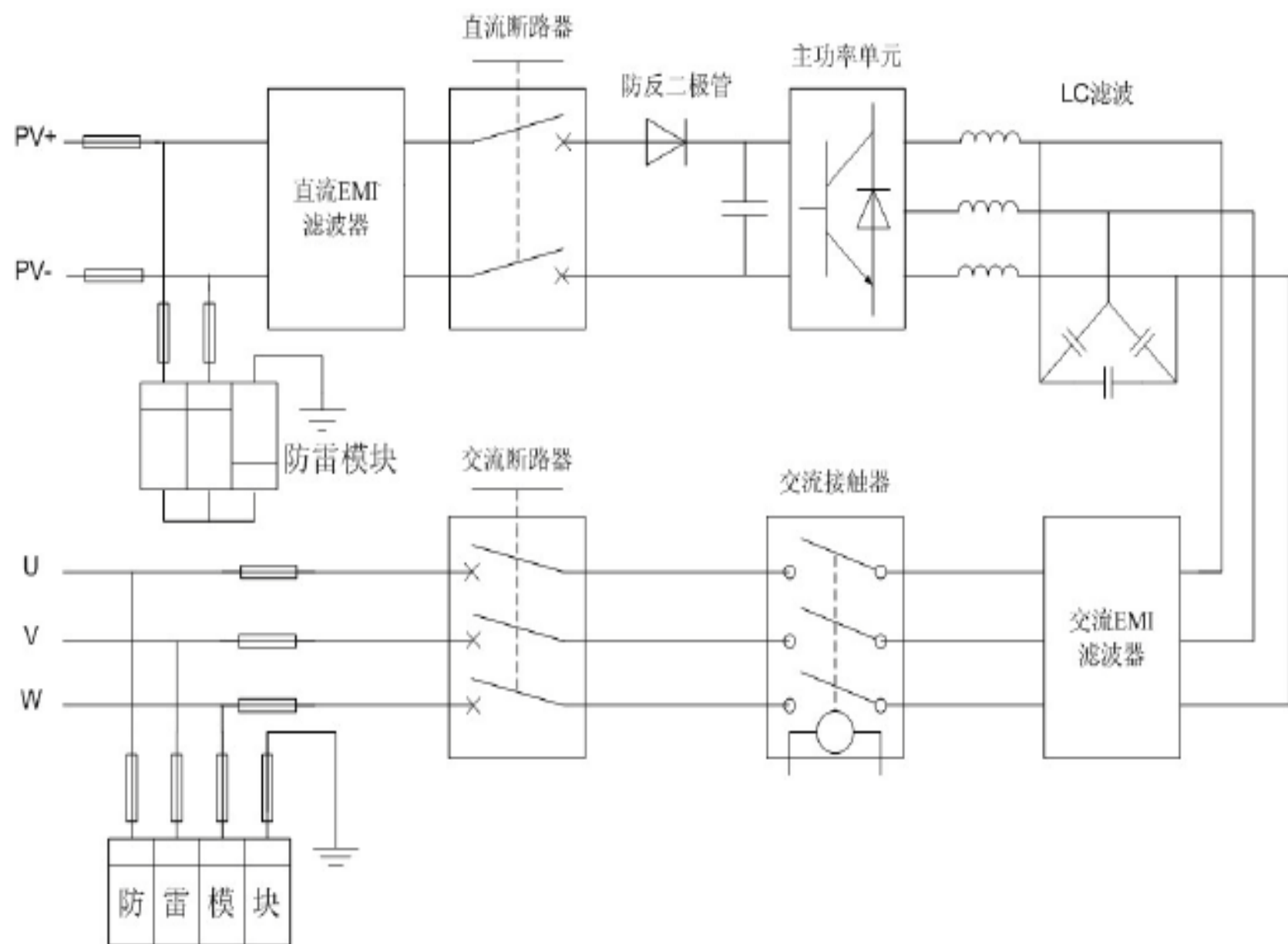


First  
Solar:30000(930cracked)



## 七、光伏逆变器的原理及选型







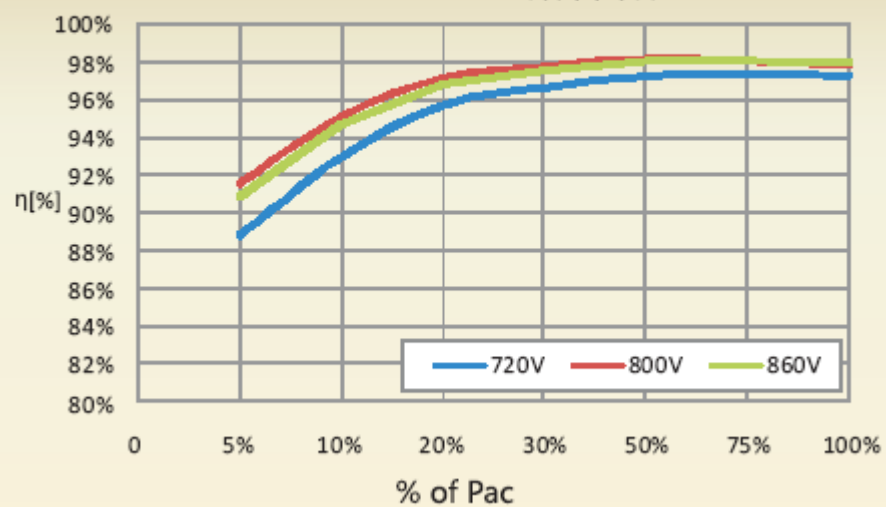
# 逆变器（微逆、组串、集中）



**MNIA**  
Omnik New Energy



Omniksol-20k-TL效率曲线



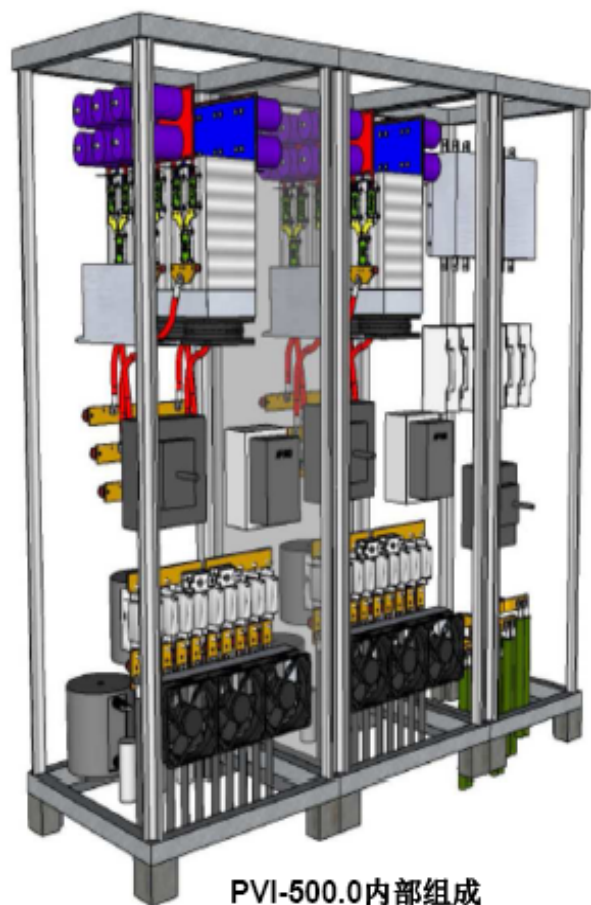
直流输入端参数				
最大输入功率[瓦]	13500	17600	21200	
最大输入电压[伏]	1000	1000	1000	
MPPT 电压范围[伏]	400-800	440-850	480-850	
额定输入电流[安]	640	640	640	
最大输入电流(A/B)[安]	22/11	22/22	22/22	
MPPT跟踪路数	2	2	2	
每路MPPT上直流连接器数	A:3 / B:3	A:3 / B:3	A:3 / B:3	
交流输出端参数				
额定输出电压[伏]	3/N/PE,230/400	3/N/PE,230/400	3/N/PE,230/400	
频率[赫兹]	50, 60	50, 60	50, 60	
最大交流输入功率[瓦]	13000	17000	19200	
额定交流输出功率[瓦]	13000	17000	19200	
额定输出电流[安]	20	26	29	
最大输出电流[安]	18.8	24.6	28	
功率因数	0.9i ... 1 ... 0.9c	0.9i ... 1 ... 0.9c	0.9i ... 1 ... 0.9c	
总谐波畸变(THD)	<2%	<2%	<2%	
夜间损耗[瓦]	<0.6	<0.6	<0.6	
待机损耗[瓦]	<12	<12	<12	
效率				
最大效率	98%	98.1%	98.2%	
欧洲效率	97.5%	97.6%	97.8%	
MPPT 效率	99.9%	99.9%	99.9%	
安全与保护				
直流过载保护	Type III	Type III	Type III	
直流端绝缘阻抗检测	有	有	有	
接地故障保护	有	有	有	
并网检测	符合 VDE 0126-1-1, Rd1699, ENEL, G59, As4777	符合 VDE 0126-1-1, Rd1699, ENEL, G59, As4777	符合 VDE 0126-1-1, Rd1699, ENEL, G59, As4777	
对地故障电流检测	符合 VDE 0126-1-1, Rd1699, ENEL, G59, As4777	符合 VDE 0126-1-1, Rd1699, ENEL, G59, As4777	符合 VDE 0126-1-1, Rd1699, ENEL, G59, As4777	
电路熔断保护	有	有	有	
是否含有 DC Switch	有	有	有	

# 逆变器





集装箱式还是单台？多路MPPT还是单路MPPT？



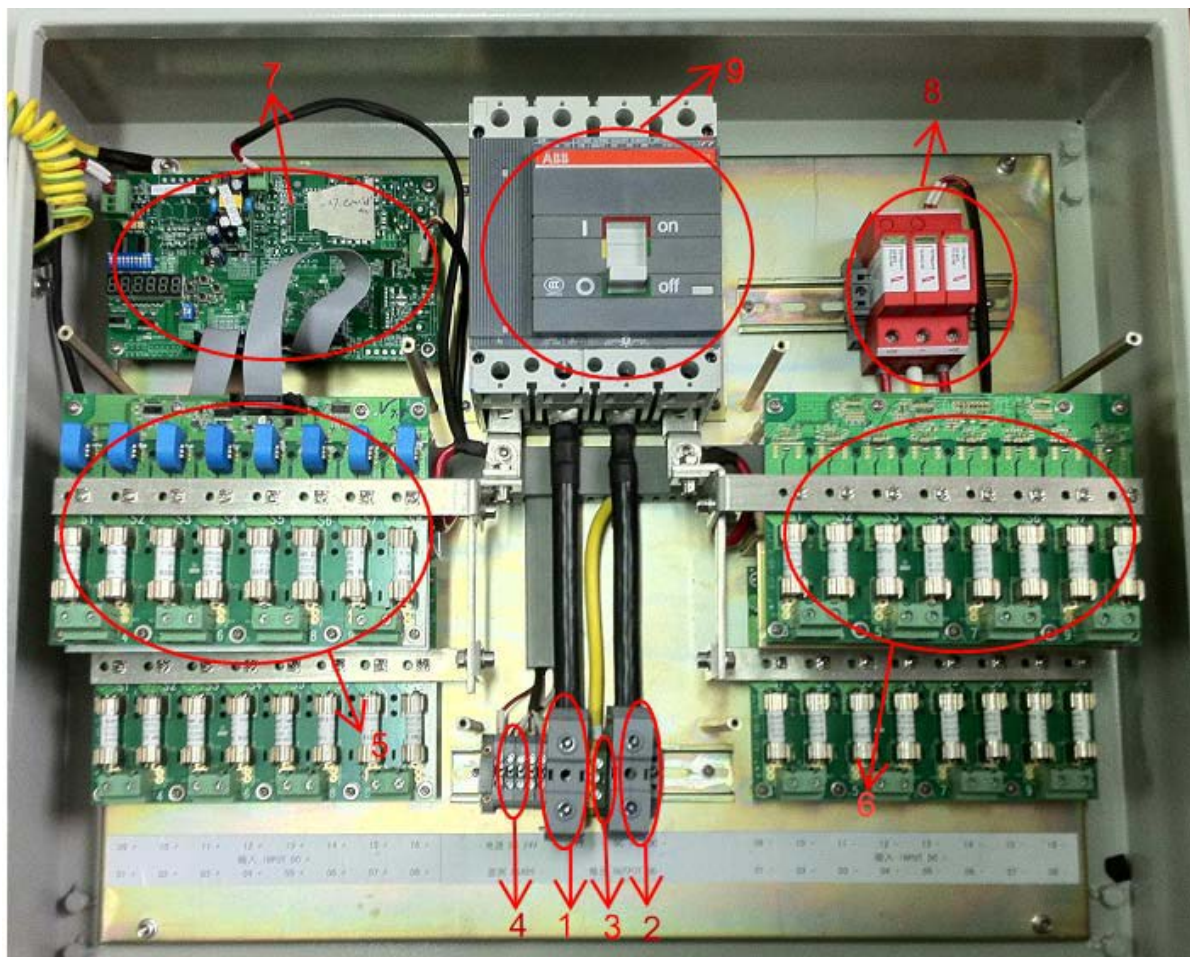
PVI-500.0内部组成

型号名称	PVI-500.0-TL
额定输出AC功率 (kWac)	560
最大直流输入电压(Vdc)	1000
MPPT电压范围	550-900
输出电压 (Vac)	3*360Vac $\pm 10\%$ 3-ph
直流输入接线端	7至10组
总谐波THD %	<3%(@额定输出功率)
最高效率	98.5%
欧洲效率	98.2%
独立 MPPT 数量	2
尺寸 (mm) 宽 x 高 x 深	2000 x 2100 x 800
辅助电源	3 x 400 Vac / N / PE
辅助电源功耗 / 夜间功耗	< 810 W / < 66 W
封装等级	IP20
重量 (Kg)	1200
认证	CE,CQC

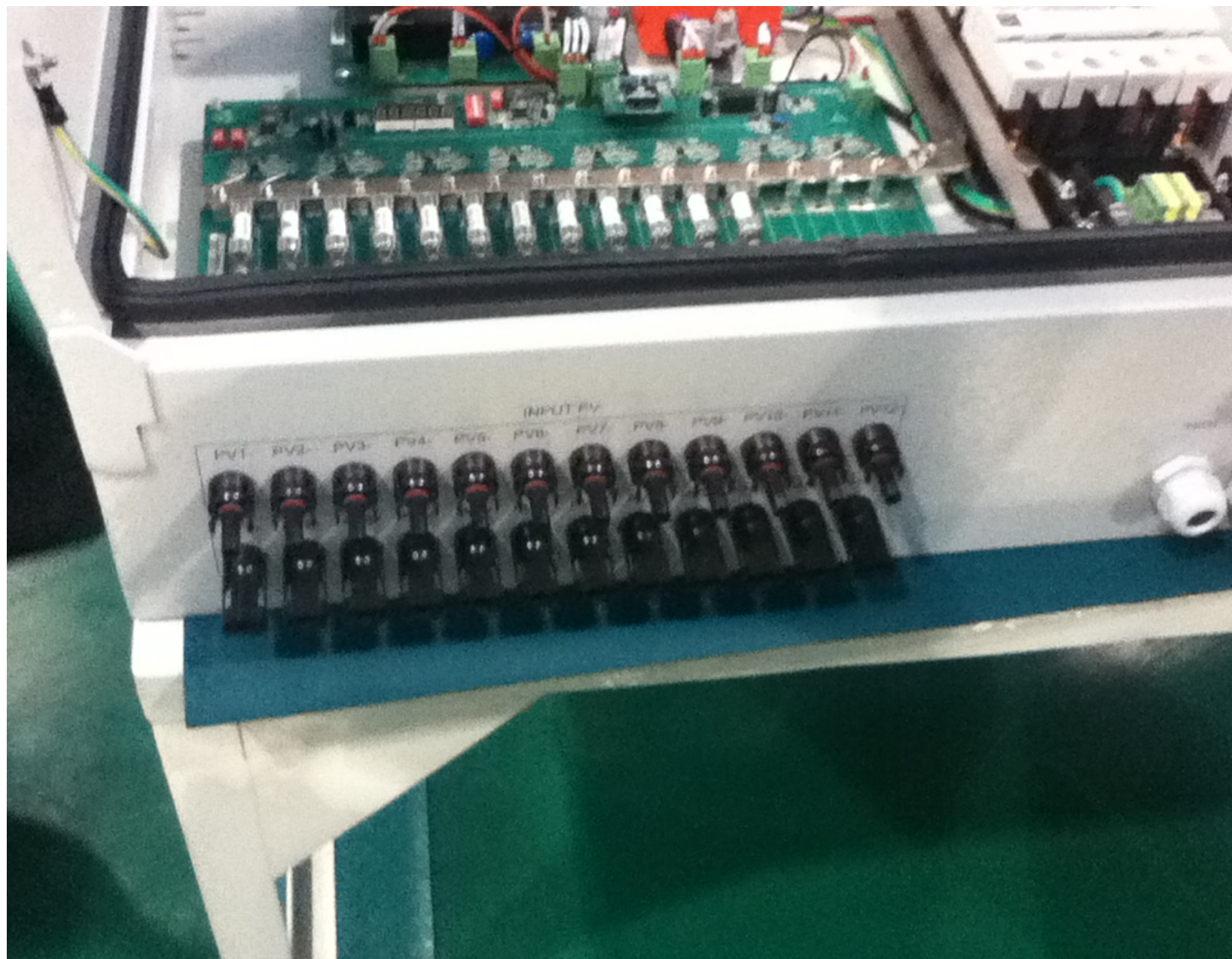
核心部件：交直流开关，**IGBT**，滤波器等



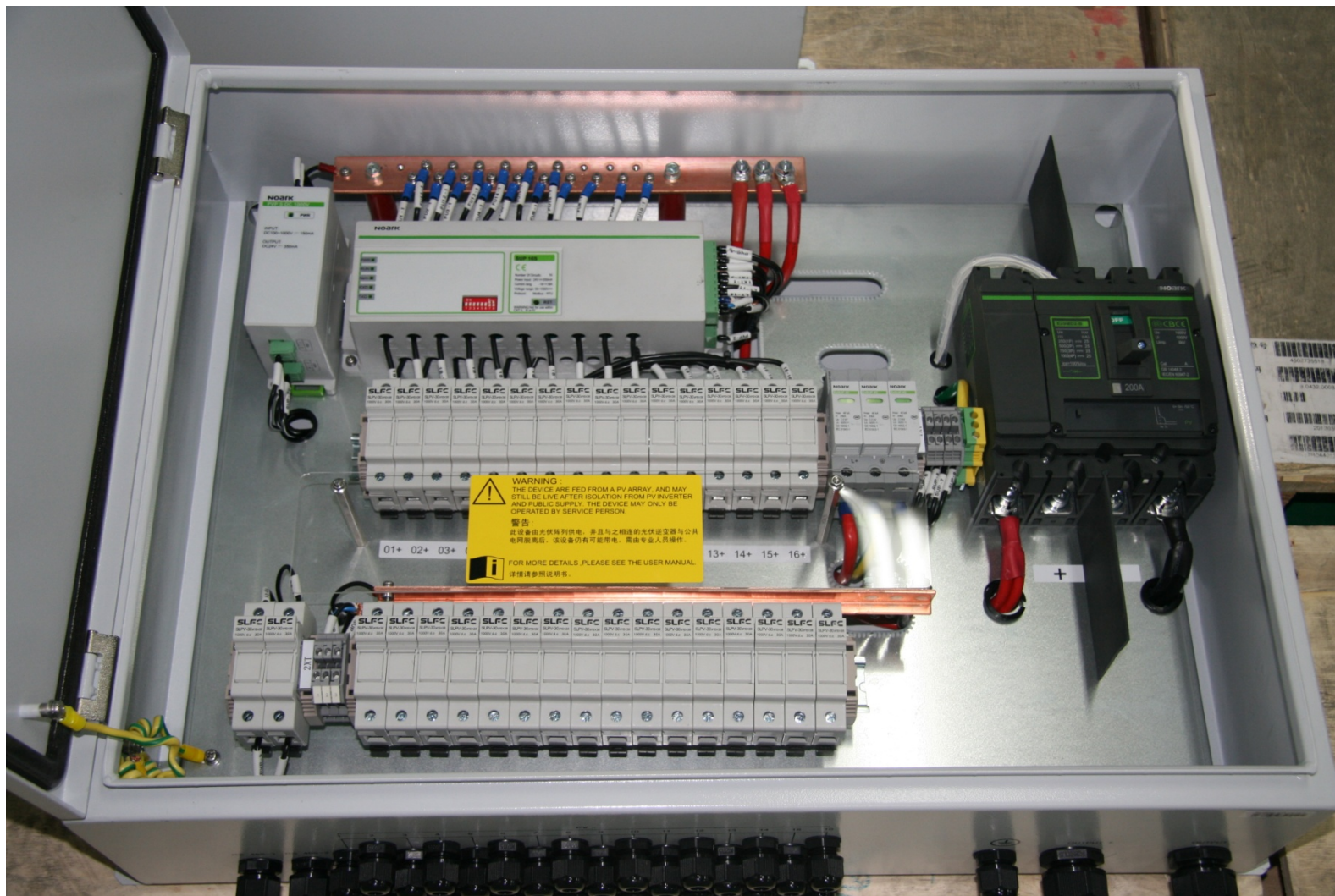
# 八、光伏汇流箱的原理及选型



1	直流正极汇流输出
2	直流负极汇流输出
3	接地端子
4	通讯电源端子和RS485通讯接口
5	主汇流板
6	副汇流板
7	监测板
8	防雷器
9	直流断路器









欢迎指正!