

光伏设备行业深度：
0BB（无主栅）助力光伏降本进程，
新技术拐点设备商率先受益

首席证券分析师：周尔双
执业证书编号：S0600515110002
zhoues@dwzq.com.cn

证券分析师：刘晓旭
执业证书编号：S0600523030005
liuxx@dwzq.com.cn

2023年4月9日

- **0BB能够降本增效，对HJT而言0BB技术应用最迫切。**0BB技术取消电池片主栅，组件环节用焊带导出电流，2023年SmartWire专利到期后国内涌现较多布局厂商。0BB能够降低银耗、提升功率、提高良率，三种技术路线中，目前HJT银浆成本最高、降银浆诉求最为迫切：目前量产PERC银浆成本0.06元/W，量产TOPCon银浆成本0.07元/W，HJT量产的210尺寸15BB银浆成本为0.15元/W，后续20BB即将导入量产，银浆成本为0.12元/W，0BB技术应用后PERC可降银浆成本为0.03元/W，TOPCon为0.01元/W，HJT为0.04-0.06元/W，0BB技术叠加30%银包铜浆料，我们测算HJT终局银浆成本约0.03-0.04元/W。
- **0BB分为SmartWire、点胶、焊接点胶三种方案。**（1）**SmartWire方案：**先制作内嵌铜焊带的有机薄膜（铜丝复合膜），再层压实现焊带与电池片合金化，这种方案与其它方案最大的不同在于需要铜丝复合膜。（2）**点胶方案：**先施加胶点体将整条焊带利用UV灯点胶固化在电池片上，再层压实现焊带与电池片合金化，这种方案与焊接点胶方案不同在于不需要焊接，点胶实现即可固定。（3）**焊接点胶方案：**先将焊带焊接在电池片上，再点胶将焊带进一步粘贴在电池片上，再层压合金化，这种方案的不同在于需要进行焊接实现初步固定、点胶进一步固定。**综合来看三种方案各有优缺点，SmartWire的特殊之处在于铜丝复合膜，虽然提升了焊带与电池片的结合力，但带来成本上升、光学遮挡等问题；点胶方案步骤简单、设备稳定性强，但EL检测时焊带下有阴影、焊带和电池片结合力不足；焊接点胶方案多了焊接这一步，增强了结合力，但焊带收缩过程中容易拉断细栅。**
- **0BB产业化进程加速，2023H2有望实现量产。**我们认为0BB技术应用难度低、经济性高——相较于目前的SMBB技术，0BB在电池片环节降低银浆成本、降低丝印设备投资，在组件环节增加绝缘胶耗材、更新串焊机设备，综合来看，相较于HJT当前的15BB/未来的20BB技术，0BB的材料+设备成本可降低约0.05/0.025元/W。目前东方日升进展最快，组件大厂即将开启试样，正在中试的厂商包括通威、爱康、华晟、REC等，我们判断2023年下半年0BB技术有望实现量产，从SMBB的切入速度来看，2022年初行业开始试用SMBB，SMBB设备占奥特维2022年新签订单比重约20%，而到2023年初奥特维的串焊机出货均为SMBB类型，占比约95%，我们认为0BB有望复制SMBB的放量节奏，2024年行业有望开启较大规模0BB设备招标，我们预计到2025年0BB设备市场空间有望近30亿元，2023-2025年CAGR达285%。
- **投资建议：**重点推荐奥特维、迈为股份，建议关注先导智能、宁夏小牛（未上市）、沃特维（未上市）、光远（未上市）等。
- **风险提示：**行业受政策波动风险，无主栅技术研发进展不及预期

目录



1 0BB能够降本增效，对HJT而言0BB技术应用最迫切

2 0BB分为SmartWire、点胶、焊接点胶三种方案

3 0BB产业化进程加速，2023H2有望实现量产

4 本土重点公司

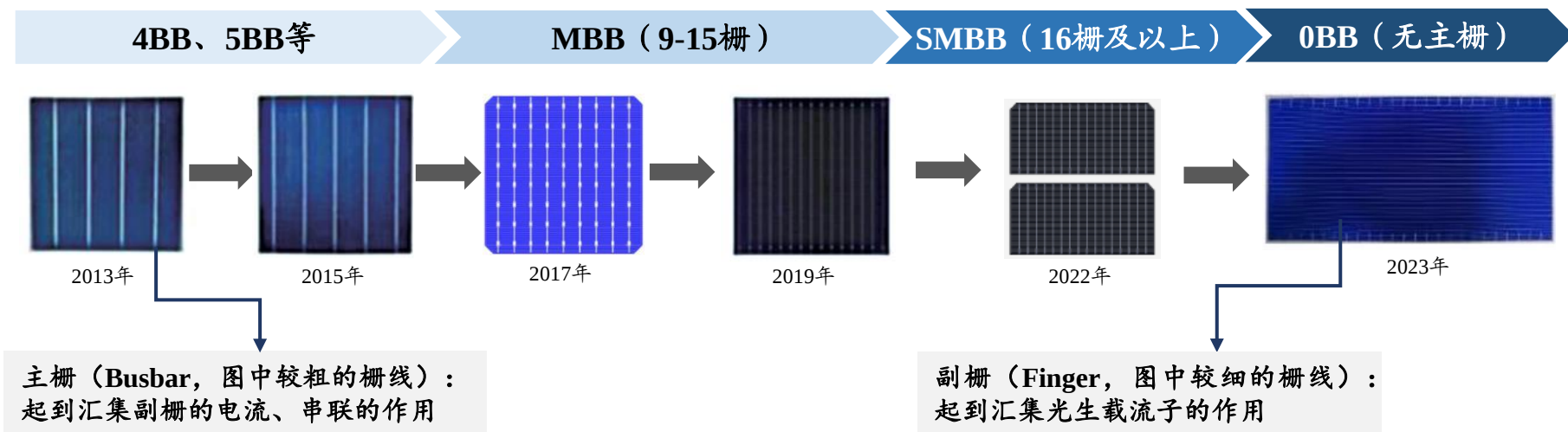
5 投资建议

6 风险提示

1.1. 0BB（无主栅）电池片环节取消主栅，组件环节用焊带导出电流

- 电池片正背面的金属电极用于导出内部电流，可分为主栅（Busbar）和副栅（又称细栅，Finger）。其中主栅主要起到汇集副栅的电流、串联的作用，副栅用于收集光生载流子。
- 栅线图形由4BB、5BB发展到MBB（Multiple-Busbar，9-15栅）发展到SMBB（Super-Multiple Busbar，16栅及以上），主栅变得更细（减少遮光损失、降低银耗）、更多（保证导电性能）。电池效率取决于遮光面积，而遮光面积取决于主栅数量*每根主栅与电池片的接触面积，银浆成本取决于主栅数量*每根主栅银耗，主栅变细能够减小表面对太阳光的阻挡、降低银浆用量，但变细会增大电阻，为了保证导电性能需要增加一定数量的主栅保证电流通过的横截面积，故主栅设计的核心在于宽度与数量之间取得平衡。
- 0BB（无主栅）是SMBB技术的进一步升级。一方面直接取消电池片主栅，进一步降低银耗；另一方面在组件环节用铜焊带替代原有主栅导出电流的作用，过去MBB组件焊带直径在0.2-0.4mm之间，而0BB焊带更细，直径为0.2mm，遮光面积更小，理论上能够提升组件功率。

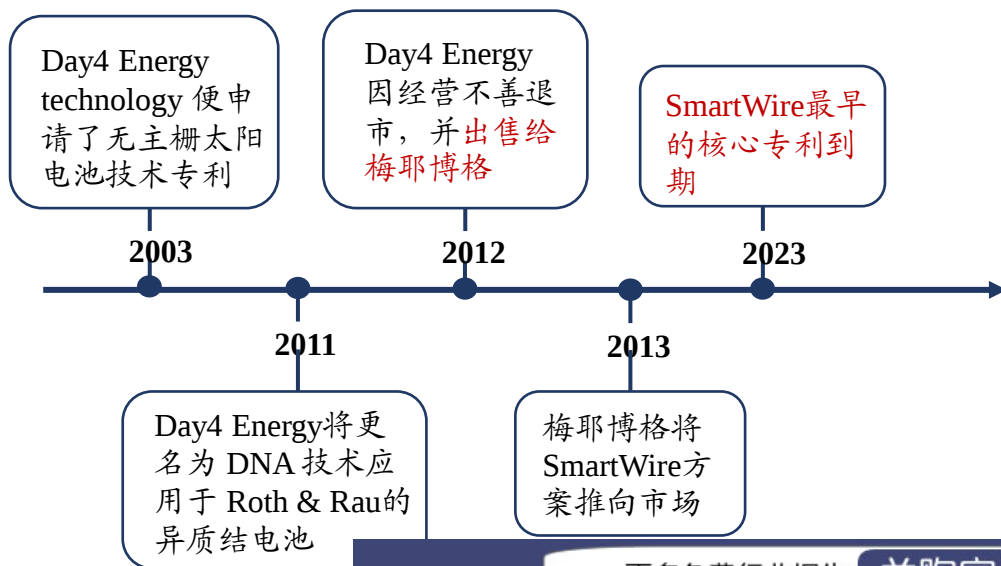
◆ 图：电池片主栅技术由MBB、SMBB向0BB（无主栅）发展



1.1. 0BB（无主栅）电池片环节取消主栅，组件环节用焊带导出电流

- 无主栅技术最早可追溯至SmartWire方案，该方案最早由 Day4 Energy提出。2003年Day4 Energy technology 便申请了无主栅太阳能电池技术专利，该技术不再在太阳电池上印刷主栅，并采用多根金属丝 (≥ 10 根) 代替常规焊带，在实现提升效率的同时，节省了银浆的用量。2011 年Day4 Energy将更名为 DNA 技术的电池互连技术成功应用于 Roth & Rau 的异质结电池，并取得了 19.3%的组件效率，同年梅耶博格收购Roth & Rau。
- 2012年Day4 Energy将SmartWire技术转让给梅耶博格。2012年Day4 Energy 因经营不善退市，并将其技术出售给梅耶博格，后者将 DNA 技术更名为SmartWire 并继续开发，并于2013 年向市场发布。
- SmartWire专利由梅耶博格独享，加上该方案存在成本较高等问题，故国内并未实现无主栅技术的大规模推广；但美国专利保护期20年、SmartWire最核心且最重要的专利最早申请于2003年，我们认为随着2023年 SmartWire核心专利到期，国内涌现较多0BB无主栅技术的布局厂商。

◆ 图：无主栅技术最早可追溯至SmartWire方案



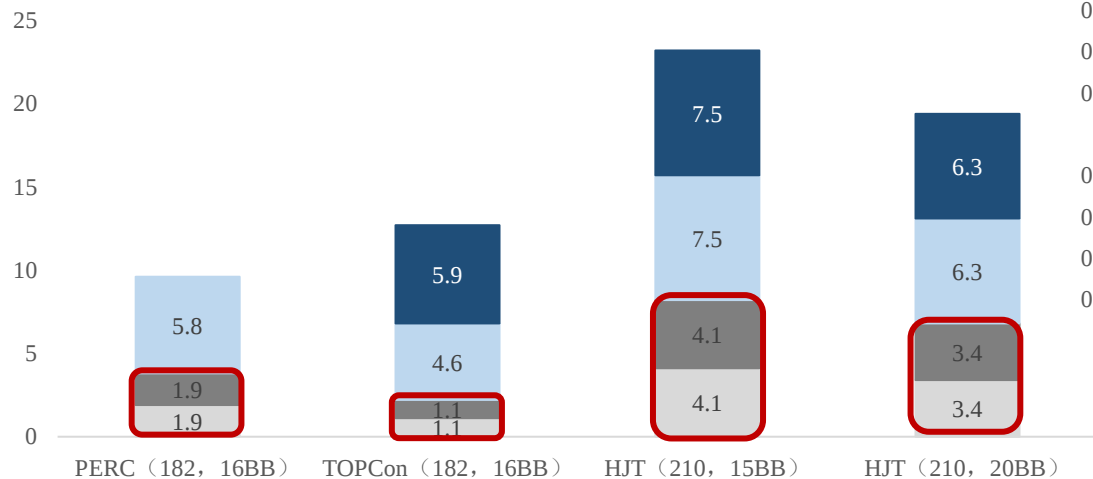
◆ 图：SmartWire最核心且最重要的专利最早申请于2003年8月21日

(65)	Prior Publication Data
	US 2009/0025788 A1 Jan. 29, 2009
	Related U.S. Application Data
(63)	Continuation of application No. 10/525,923, filed as application No. PCT/CA03/001278 on Aug. 21, 2003, now Pat. No. 7,432,438.

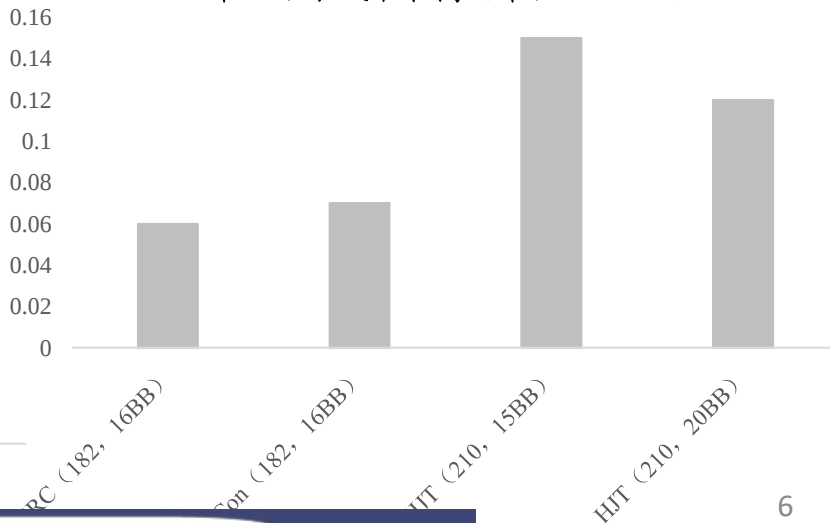
1.2. 0BB能够降本增效，对HJT而言0BB技术应用最迫切

- **P型PERC电池：**PERC电池正面的主栅和副栅为银浆，背面为银浆和铝浆（主栅银浆，副栅铝浆），目前量产的PERC单W银耗约9.6mg，对应单W银浆成本为0.06元。PERC电池在背面通过PECVD镀上氧化物层和减反射膜层来减小背表面少子复合，为了将电流导通，通常还对背部钝化层进行激光开槽，理论上不印背面银浆，只印铝浆的PERC电池片性能更高，但因为在组件串焊环节，铝浆的可焊性差，所以背面主栅用银浆，副栅用铝浆，背面银浆烧结后在电池中主要起收集电流并提供焊接点的作用。
- **N型电池：**N型电池是天然的双面电池，N型电池的背光面也需要通过银浆来实现如P型电池正面的电极结构，同时N型电池的正面P型发射极需要使用相对P型电池更多的银浆，才能实现量产可接受的导电性能，所以N型电池银浆单位耗量（mg/片）高于P型电池。
 - **TOPCon：**以晶科为例，目前量产的TOPCon多为182尺寸16BB，单片银耗为104mg，单W银耗为12.7mg，对应单W银浆成本为0.07元。
 - **HJT：**由于HJT电池采用的是低温银浆，而低温银浆的导电性能弱于高温银浆，因此需要提高银的含量来提高导电性，所以HJT银浆耗量更大。以华晟为例，目前华晟二期量产端为210尺寸15BB，后续20BB即将导入量产，目前15BB单片银耗为250mg，单W银耗为23mg，对应单W银浆成本为0.15元；未来20BB单片银耗为210mg，单W银耗为19mg，对应单W银浆成本为0.12元。
- 以上几种技术路线中，目前HJT银浆成本最高，HJT电池片降银浆诉求最为迫切。

◆ 三种技术路线中，HJT电池主栅银耗最高（单位：mg/W）



◆ HJT电池单W银浆成本最高（单位：元/W）



■ 正面主栅银耗

更多免费行业报告

并购家

www.ipoipo.cn

数据来源：CPIA等，东吴证券

1.2. 0BB能够降本增效，对HJT而言0BB技术应用最迫切

- 当前量产端主流技术：PERC为182尺寸的16BB，TOPCon为182尺寸的16BB，210尺寸的HJT 15BB已导入量产，20BB即将导入量产。在此背景下，如果使用0BB技术，则PERC可降银耗40%（因为PERC背面副栅为铝浆，所以整体银耗低，基数较小）；TOPCon可降银耗18%；HJT可降银耗35%。因此0BB降低银浆比例从高到低依次排序的技术路线为：PERC > HJT > TOPCon。
- 从降银耗的绝对值上看，使用0BB则PERC可降银浆成本0.03元/W；TOPCon可降银浆成本0.01元/W；HJT可降银浆成本0.04-0.06元/W。因此0BB降低银浆成本从高到低依次排序的技术路线为：HJT > PERC > TOPCon。
- 由于PERC已达到转换效率极限，存量PERC产能稼动率逐渐降低，且2023年新招标的产能中PERC占比极低，因此配套PERC扩产0BB串焊机的新增需求和改造需求均不充分。而对比HJT和TOPCon，无论是降银耗比例还是降银浆成本绝对值，0BB均是对于HJT效果更明显，因此HJT电池片厂商对于0BB新技术更加迫切。

◆ 0BB对于HJT降银效果更明显，因此HJT电池片厂商对于0BB新技术更加迫切

电池类别	栅线图形	银浆耗量	正面		背面		合计
			主栅	副栅	主栅	副栅	
PERC（182尺寸，7.8W/片）	16BB	银耗（mg/片）	15	45	15	0	75
		单W银耗（mg/W）	1.9	5.8	1.9	0.0	9.6
		银耗占比	20%	60%	20%	0%	100%
		国产高温银浆价格（元/KG）	5800	5800	5800	5800	
		单W银浆成本（元/W）	0.011	0.033	0.011	0.000	0.06
	0BB	单W银浆成本（元/W）	0.000	0.033	0.000	0.000	0.03
TOPCon（182尺寸，8.2W/片）	16BB	银耗（mg/片）	9	38	9	48	104
		单W银耗（mg/W）	1.1	4.6	1.1	5.9	12.7
		银耗占比	9%	37%	9%	46%	100%
		国产高温银浆价格（元/KG）	5800	5800	5800	5800	
		单W银浆成本（元/W）	0.006	0.027	0.006	0.034	0.07
	0BB	单W银浆成本（元/W）	0.000	0.027	0.000	0.034	0.06
HJT（210尺寸，10.8W/片）	15BB（已规模量产）	银耗（mg/片）	44	81	44	81	250
		单W银耗（mg/W）	4.1	7.5	4.1	7.5	23.1
		银耗占比	18%	32%	18%	32%	100%
		国产低温银浆价格（元/KG）	6300	6300	6300	6300	
		单W银浆成本（元/W）	0.026	0.047	0.026	0.047	0.15
	0BB	单W银浆成本（元/W）	0.000	0.047	0.000	0.047	0.09
	20BB（即将规模量产）	银耗（mg/片）	37	68	37	68	210
		单W银耗（mg/W）	3.4	6.3	3.4	6.3	19.4
		银耗占比	18%	32%	18%	32%	100%
		国产低温银浆价格（元/KG）	6300	6300	6300	6300	
		单W银浆成本（元/W）	0.022	0.040	0.022	0.040	0.12

↓ PERC
降银0.03元/W

↓ TOPCon
降银0.01元/W

↓ HJT(15BB)
降银0.06元/W

↓ HJT(20BB)
降银0.04元/W

1.2. 0BB能够降本增效，对HJT而言0BB技术应用最迫切

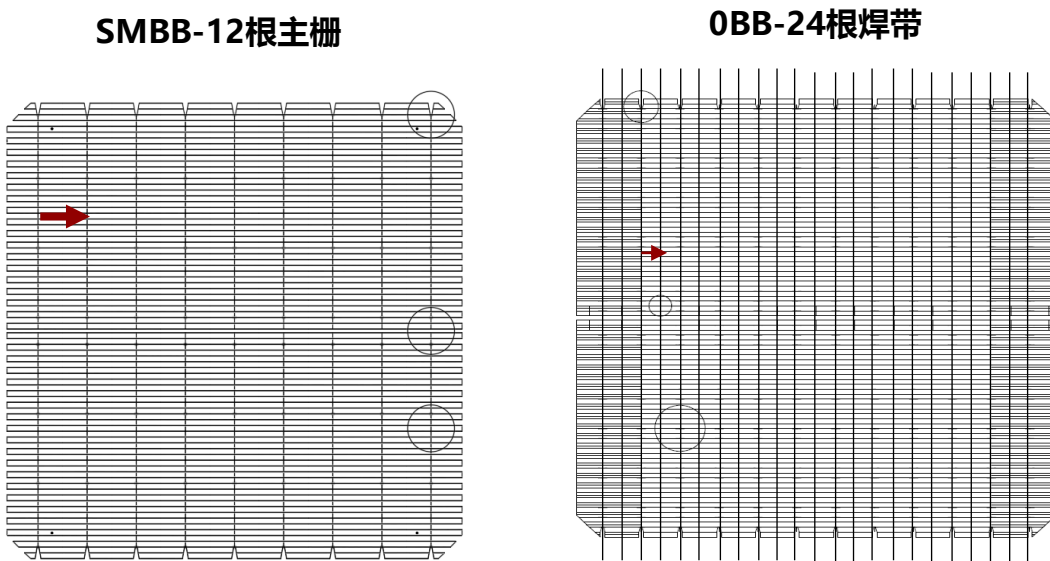
- 0BB技术叠加银包铜浆料，我们测算得到终局银浆成本约0.03-0.04元/W。0BB技术为物理的栅线图形改变，节省主栅浆料耗量，而银包铜浆料能够减少银耗量，终局来看，30%银包铜浆料价格约2500元/KG（即6000元/KG的低温纯银浆料价格*30%银含量+700元/KG的加工费）。
- ◆ 0BB技术叠加银包铜浆料，我们测算得到终局银浆成本约0.03-0.04元/W

电池类别	电极金属化技术	银浆耗量	正面		背面		合计
			主栅	副栅	主栅	副栅	
HJT（210尺寸，10.8W/片）	15BB（已规模量产）+纯银浆料	纯银浆料耗量（mg/片）	44	81	44	81	250
		单W纯银浆料耗量（mg/W）	4.1	7.5	4.1	7.5	23.1
		纯银浆料占比	18%	32%	18%	32%	100%
		国产低温银浆价格（元/KG）	6300	6300	6300	6300	
		单W纯银浆料成本（元/W）	0.026	0.047	0.026	0.047	0.15
	0BB+银包铜浆料	银包铜浆料耗量（mg/片）	0	81	0	81	162
		单W银包铜耗量（mg/W）	0.0	7.5	0.0	7.5	15
		银包铜浆料占比	0%	50%	0%	50%	100%
		国产银包铜浆料价格（元/KG）	2500	2500	2500	2500	
		单W银包铜浆料成本（元/W）	0.000	0.019	0.000	0.019	0.04
	20BB（即将规模量产）+纯银浆料	纯银浆料耗量（mg/片）	37	68	37	68	210
		单W纯银浆料耗量（mg/W）	3.4	6.3	3.4	6.3	19.4
		纯银浆料占比	18%	32%	18%	32%	100%
		国产低温银浆价格（元/KG）	6300	6300	6300	6300	
		单W纯银浆料成本（元/W）	0.022	0.040	0.022	0.040	0.12
	0BB+银包铜浆料	银包铜浆料耗量（mg/片）	0	68	0	68	136
		单W银包铜耗量（mg/W）	0.0	6.3	0.0	6.3	13
		银包铜浆料占比	0%	50%	0%	50%	100%
		国产银包铜浆料价格（元/KG）	2500	2500	2500	2500	
		单W银包铜浆料成本（元/W）	0.000	0.016	0.000	0.016	0.03

1.2. 0BB能够降本增效，对HJT而言0BB技术应用最迫切

- 金属电极对组件功率的影响主要包括4个方面，**1) 遮光面积**：电极的正副栅线均是由不透光的银颗粒和玻璃体组成的，其覆盖在电池表面定会影响太阳光的吸收从而造成功率损耗；**2) 电流运输距离**：电极在导出电流的过程中，电流需横向穿过覆盖有金属栅线的电池顶层从而造成功率损耗；**3) 体电阻**：金属电极的作用是导出电流，其本身也有电阻，在电流导出过程中，必定产生功率损耗；**4) 接触电阻**：金属电极和半导体之间的接触电阻也会造成功率损耗。
- **0BB能够减小遮光面积&缩短电流传输距离，提高组件功率**。0BB通过更细、更多的焊带降低了遮光面积和电流从副栅到主栅的运输距离，理论上能够提高组件功率，但目前尚未有定量数据。

◆ 图：0BB能够减小遮光面积&缩短电流传输距离，提高组件功率



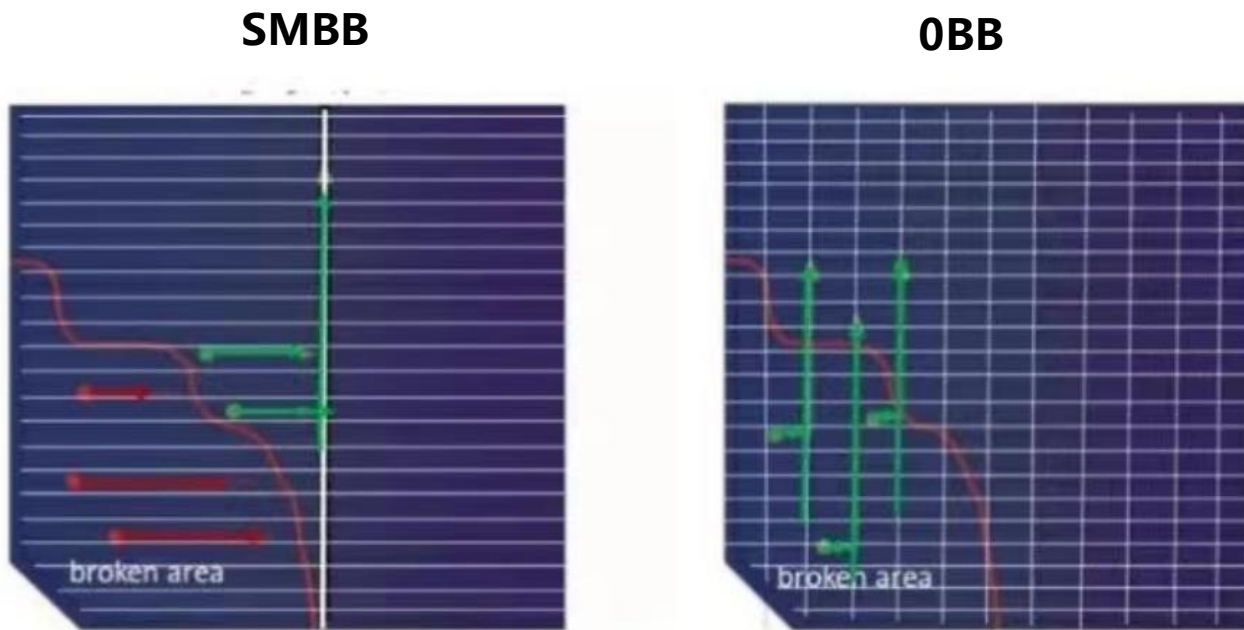
功率损耗 $\downarrow P_{rf} = \frac{1}{m} B^2 \rho_{amf} \frac{J_{mp}}{V_{mp}} \cdot \frac{S}{W_F}$ 副栅线距 (载流子的运输距离) $\downarrow$

注：A、B 分别为单个电池的长和宽度；J、V 为最大功率点对应的电流密度和电压；m 为常数； ρ 为栅线金属层电阻，S 为栅线面积，W 为栅线宽度

1.2. 0BB能够降本增效，对HJT而言0BB技术应用最迫切

- **红外焊改成UV灯照，显著提高良率。**过去传统焊带使用红外焊接，融化冷却的过程中焊带会发生收缩，收缩后会把细栅拉断，目前HJT的SMBB焊接良率95%，PERC良率约98%。而0BB采用低温UV灯固化，理论上良率可以做到99%，明显提高。
- **减少断栅隐裂，提高产品可靠性。**由于采用密集多焊丝的设计，使得细栅线与焊丝的接触点增多，光生载流子被收集的机会大大增加，提高了组件抗隐裂的能力，提高组件可靠性和发电量。
- **但目前0BB技术尚未完全成熟，仍面临一定的痛点需要解决：**（1）绝缘胶EL黑影；（2）传统的EVA胶膜在层压过程中进入焊带和电池中间，导致焊带和电池片不能完全贴合；（3）在实际场景，时间长焊带拉力是否足够。

◆ 图：0BB技术使得焊带与细栅的接触点增多，组件抗隐裂能力提升



目录



1 0BB能够降本增效，对HJT而言0BB技术应用最迫切

2 0BB分为SmartWire、点胶、焊接点胶三种方案

3 0BB产业化进程加速，2023H2有望实现量产

4 本土重点公司

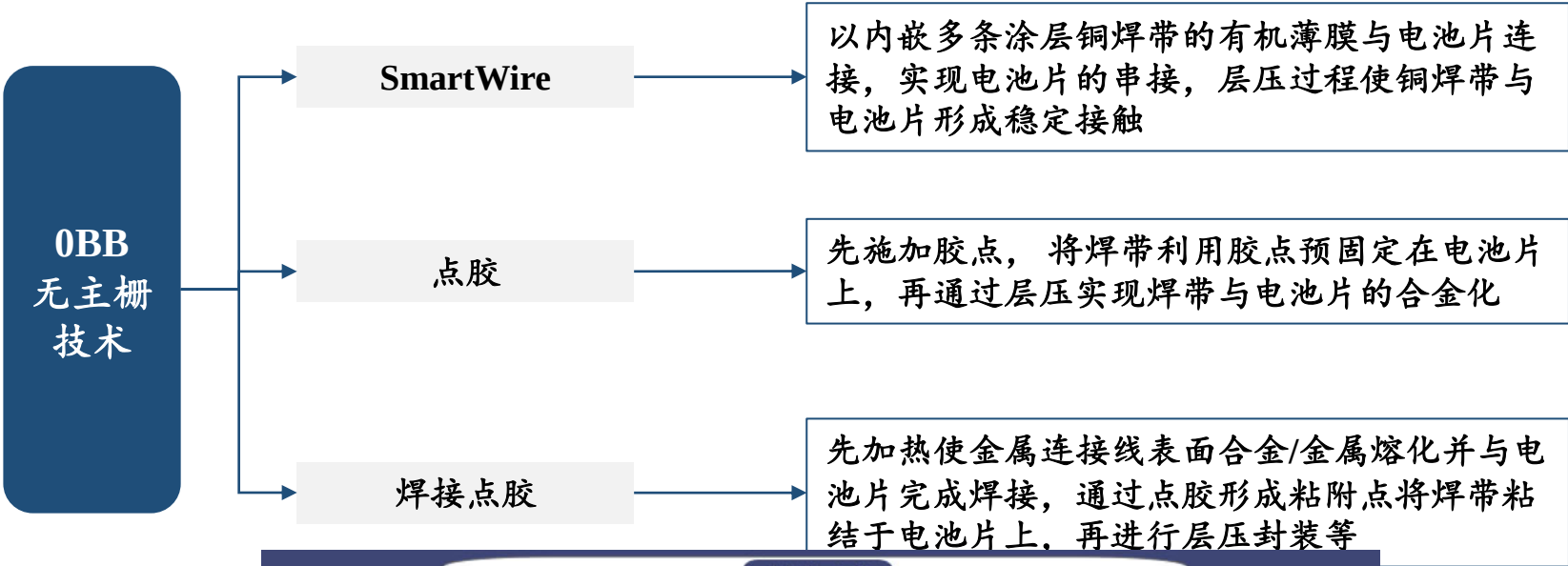
5 投资建议

6 风险提示

2.1. 0BB分为SmartWire、点胶、焊接点胶三种方案

- 根据焊带与电池片接触方式的不同，无主栅技术可分为 SmartWire方案、点胶和焊接点胶三种方案。
 - (1) SmartWire方案：先制作内嵌圆形铜焊带的有机薄膜（铜丝复合膜），将电池片串接后再通过层压实现焊带与电池片的合金化，这种方案与其它方案最大的不同在于需要铜丝复合膜。
 - (2) 点胶方案：先施加胶点体（UV胶、热熔胶等粘合剂），将整条焊带利用UV灯点胶固化在电池片上，再通过层压实现焊带与电池片的合金化，这种方案与焊接点胶方案不同在于不需要焊接，点胶实现即可固定。
 - (3) 焊接点胶方案：先将焊带焊接在电池片上，再点胶将焊带进一步粘贴在电池片上，再层压合金化，这种方案与点胶层压方案不同在于需要进行焊接，焊接实现初步的固定、点胶进一步固定。
- 第二和第三种方案的点胶也可以通过印刷胶点的方式实现：点胶方式是通过针头进行，速度慢、均匀性不好、比较费胶，而印刷的方式均匀性好且比较省胶。

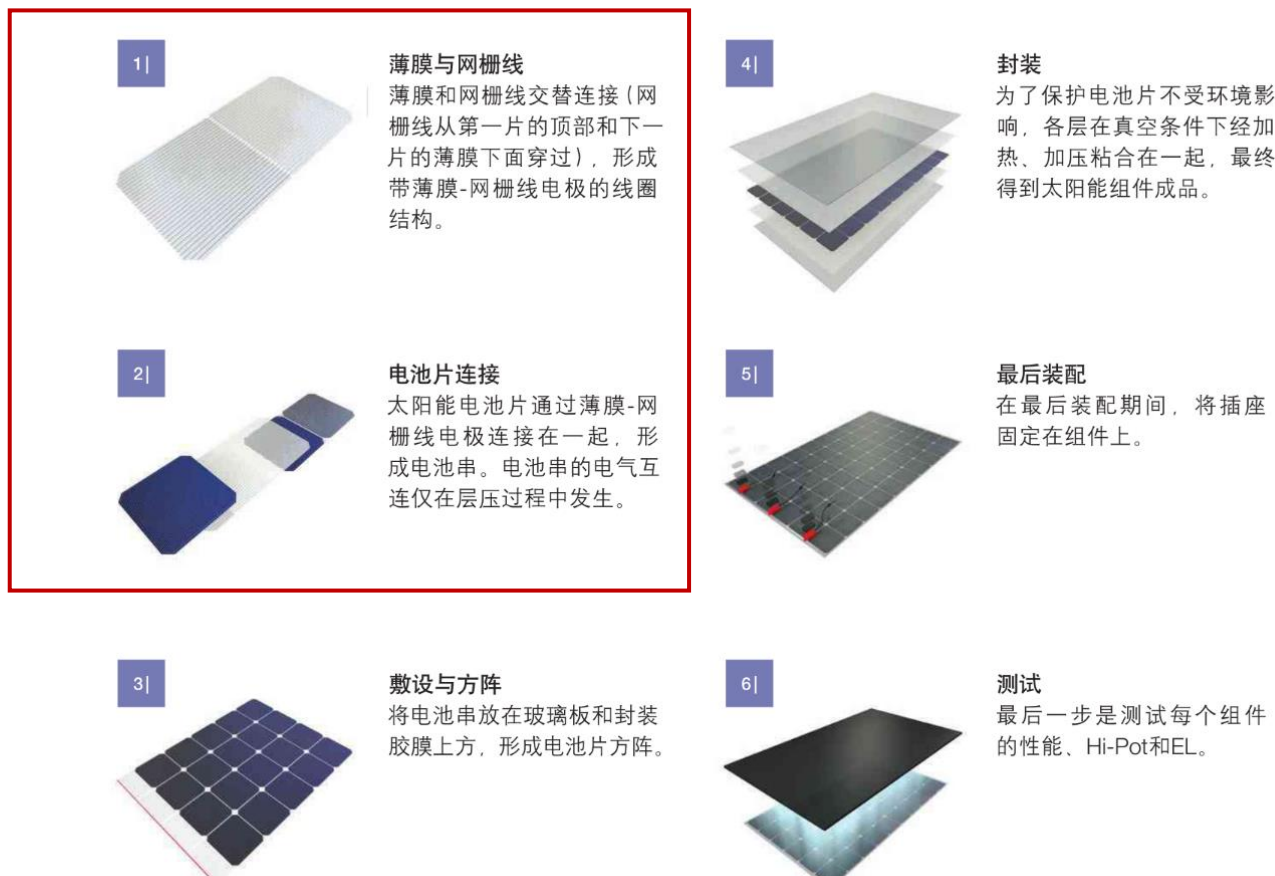
◆ 图：0BB（无主栅）技术分为SmartWire、点胶、焊接点胶三种方案



2.2. 0BB制备方案之一：SmartWire Connection Technology

- **SmartWire 的关键在于铜丝复合膜**，主要包括电绝缘光学透明薄膜、薄膜平面上的胶粘剂层以及嵌入在胶粘剂层中的多条平行带涂层的铜丝（焊带），铜丝由胶粘结层粘贴在薄膜的表面，其表面低熔点的合金涂层从胶粘剂层中突出出来。
- **通过层压实现膜与细栅的合金化**。铜丝复合膜与电池片连接，将电池片组串，随后与封装胶膜、背板或玻璃重叠，在加热层压过程使焊带与细栅形成稳定电性连接。

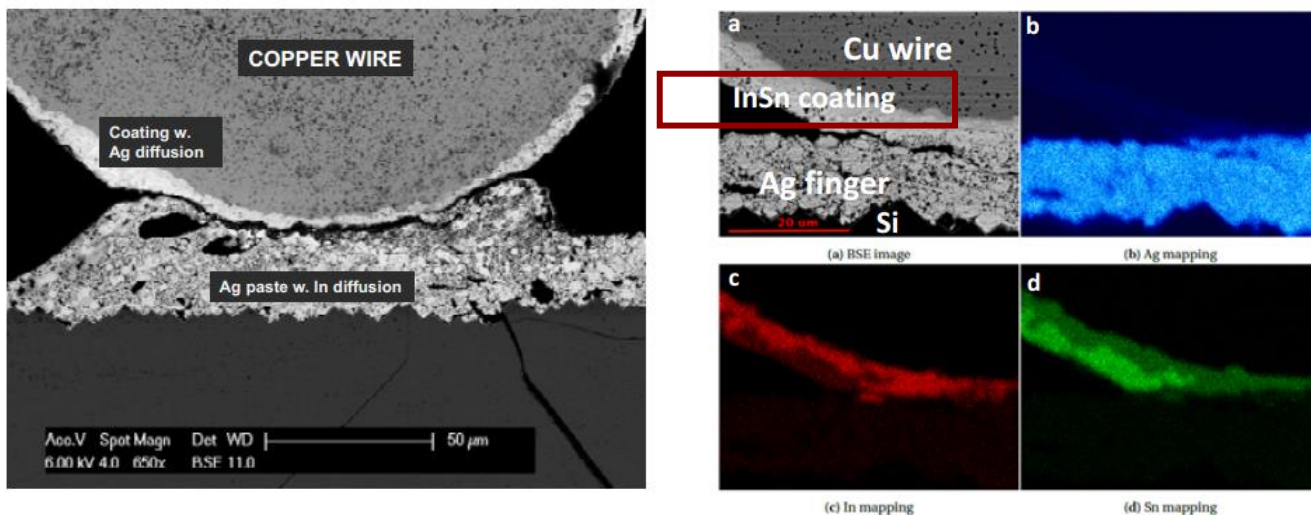
◆ 图：SmartWire的工艺流程



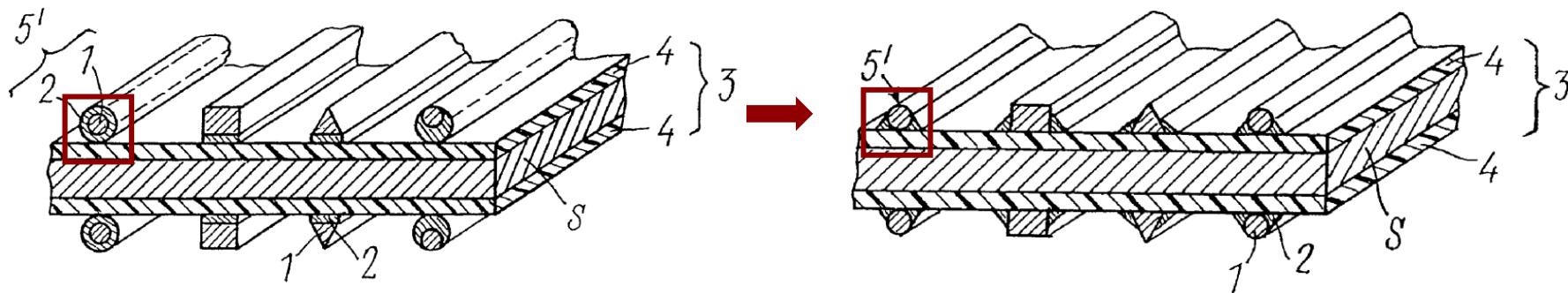
2.2. 0BB制备方案之一：SmartWire Connection Technology

- SmartWire方案的焊带在铜丝上涂层钎锡(InSn)，涂层提升焊带和电池的有效接触。InSn涂层中含有50.9%的In和49.1%的Sn，熔点为120°C，体电阻率低至 $14.4\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ，热膨胀系数接近纯铜。经过层压后，焊带表面的涂层轻微软化并润湿电池片，形成欧姆接触完成合金化。

◆ 图：焊带——铜丝上使用薄钎锡(InSn)涂层



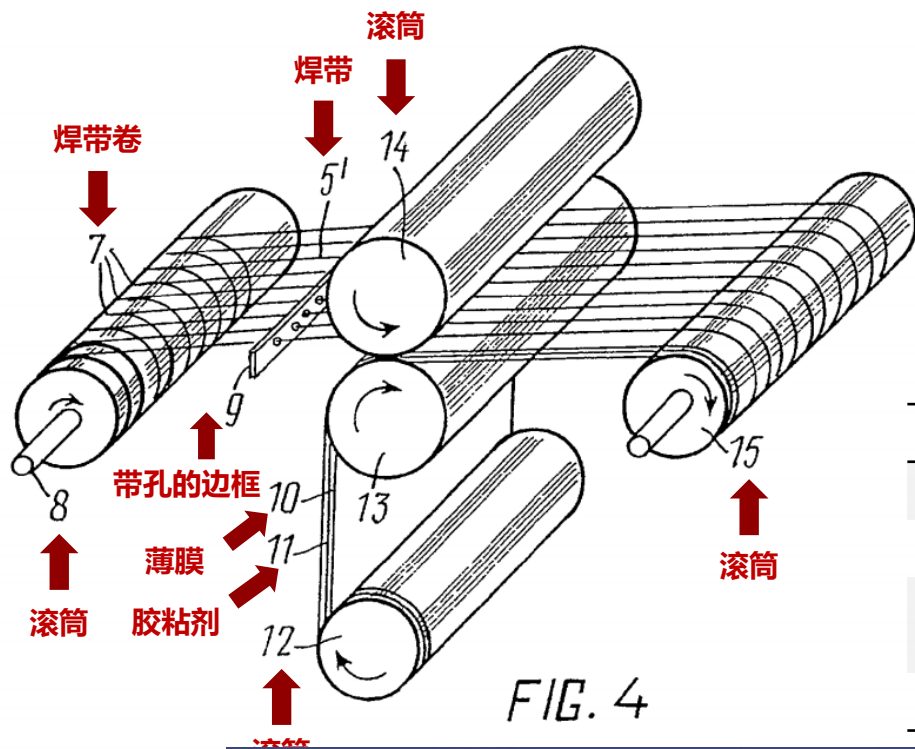
◆ 图：经过层压后焊带表面的涂层已经轻微软化并润湿电池片，形成欧姆接触完成合金化



2.2. 0BB制备方案之一：SmartWire Connection Technology

- 铜丝焊带通过胶粘剂粘贴在薄膜上形成铜丝复合膜。下左图为生产铜丝复合膜装置的示意图，带有合金涂层的焊带卷在滚筒上，焊带穿过带有开口的边框粘贴在薄膜上；薄膜表面涂有胶粘剂，由滚筒牵引带动，焊带和带有胶粘剂的薄膜交集处由两个滚筒加热，胶粘剂得以软化，焊带浸入粘结剂中，再进行冷却。
- 薄膜和胶粘剂可使用的材料范围很广。（1）薄膜材料：需要具备高延展性、良好的绝缘特性、光学透明度、热稳定性、抗收缩性等，并具有良好的粘接能力，可选种类包括EVA、PES、TPU、TPO等；（2）胶粘剂：软化温度在90-110℃之间，对薄膜和电池片具有良好附着力的各种材料都适合作为粘合剂。

◆ 图：生产铜丝复合膜的装置示意图



◆ 图：铜丝复合膜成品示意图

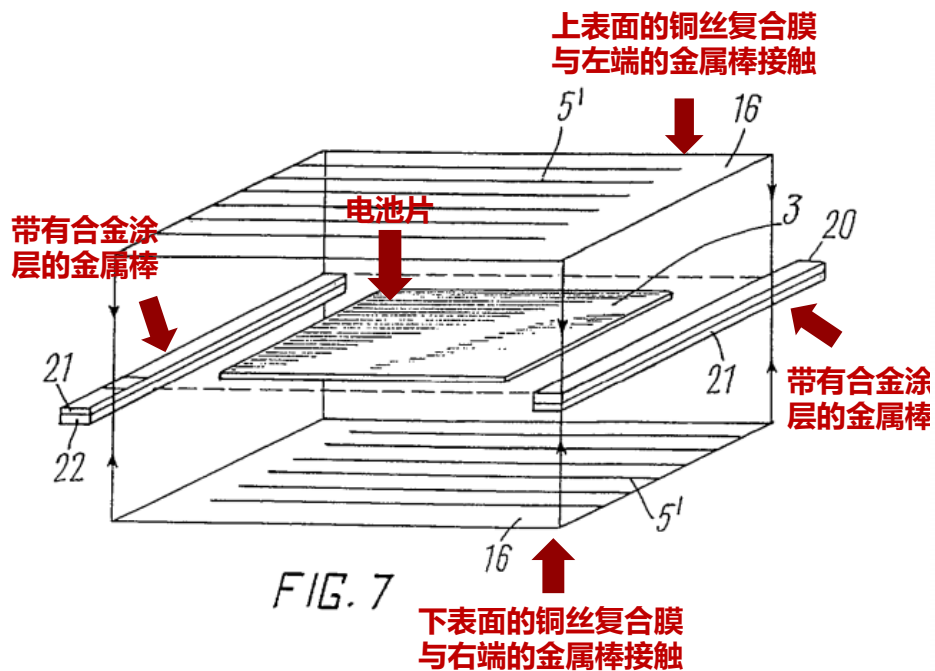


样品种类	透光率%	与铜丝粘结性	备注
EVA	90	一般	-
PES	80	一般	-
TPU	30	非常好，无法收卷	层压前后均为乳白色
TPO	85	较好	-

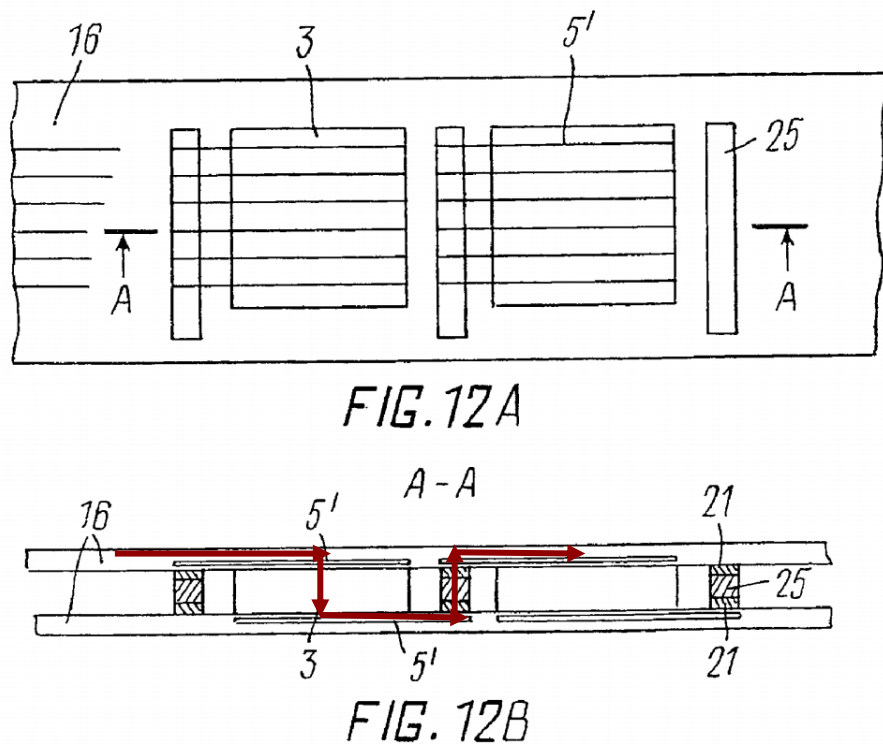
2.2. 0BB制备方案之一：SmartWire Connection Technology

- 将铜丝复合膜层压在相邻的电池片表面形成串联。与常规太阳电池封装工艺相比，无主栅太阳电池是使用新型串焊机将铜丝复合膜铺设在两片电池的正、背面，实现相邻电池的串接，串接后的电池串经过排布、叠层后，在一定的层压温度和压力下将铜丝和电池细栅压合在一起，形成欧姆接触。

◆ 图：单片电池片与铜丝复合膜结合示意图



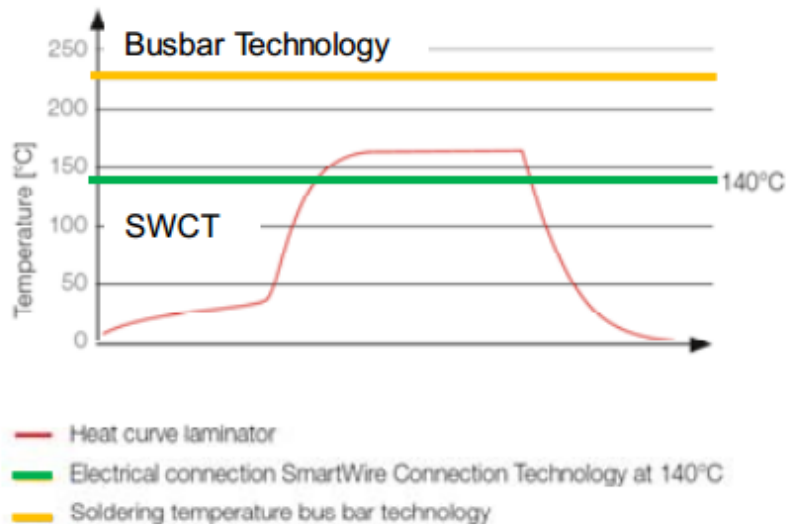
◆ 图：层压后的电池片成串示意图，梅耶博格方案需要用到金属棒实现相邻电池片的串联



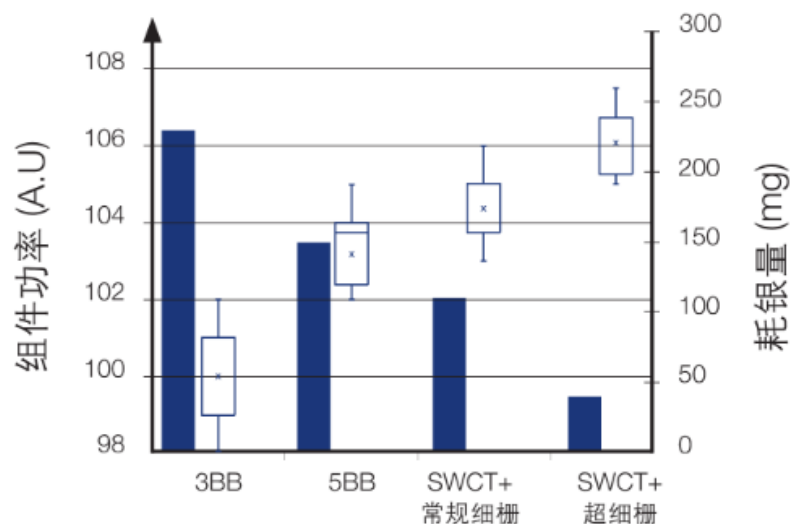
2.2. 0BB制备方案之一：SmartWire Connection Technology

- **SmartWire的优点**包括低温工艺、提升功率、降低银耗等。（1）**低温工艺**：SmartWire加工条件通常在约140-160℃，对电池产生的热机械应力较小；（2）**提升功率**：细网栅线和密集的矩阵式连接不仅降低了电阻损失还减少了太阳能电池片表面被遮盖的面积，提升组件功率；（3）**降低银耗**：省去主栅显著降低银耗；（4）**焊带不易脱栅**：复合膜抽真空之后，膜有一定的弹性，热和冷的状态下始终产生力量把焊带往电池片方向上压紧，不容易脱栅，结合力更好。
- **SmartWire也存在工艺复杂、材料成本高、膜带来遮挡等问题**。（1）**工艺复杂**：虽然取消了串焊步骤，但需要进行膜线复合及热压成串两个步骤作为替代，并且头尾电池片线膜电极复合单元需要经过特殊制作处理，增加了工艺复杂度，也导致了潜在的量产瓶颈；（2）**材料成本较高**：虽然节省了用银，但焊带涂层需要用到钼这一稀有金属元素、增加薄膜等耗材；（3）**光学遮挡**：铜丝复合膜容易造成较为严重的光学遮挡。

◆ 图：SmartWire的低温工艺更适配HJT



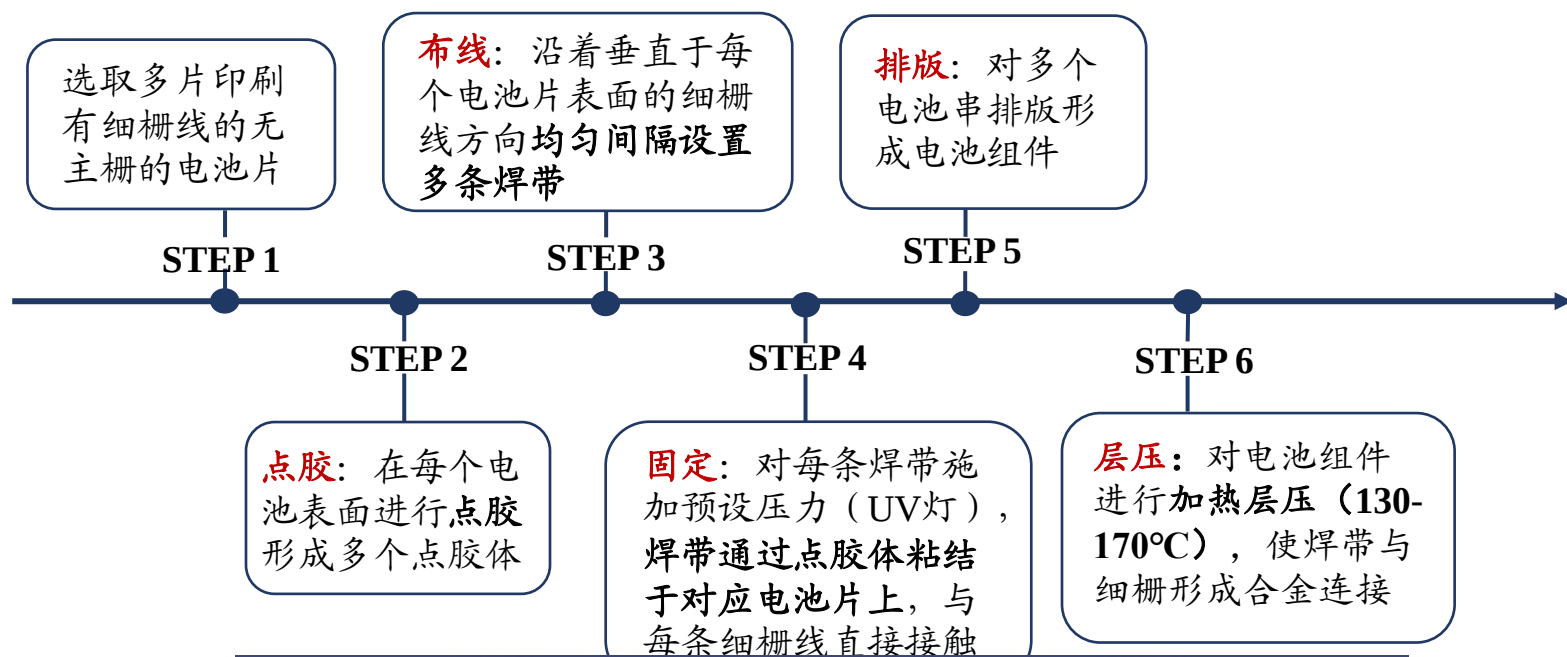
◆ 图：SmartWire提升组件功率、降低银耗



2.2. 0BB制备方案之二：点胶

- 点胶方案的关键流程主要包括（1）点胶：在每个电池片表面上进行点胶形成多个点胶体；（2）布线：沿着垂直于每个电池片表面的细栅线的方向均匀间隔布置多条焊带，与细栅线垂直，（3）固定：UV灯照射使得焊带均通过对应点胶体粘结于对应电池片上，同时每条焊带均与对应电池片表面的每条细栅线直接接触；（4）层压：对电池组件进行加热层压，焊带与细栅形成合金连接。
- 与传统串焊在流程上的最大区别在于（1）点胶：通过点胶体将焊带粘结于电池片上，既可以将多个电池片串联形成电池串，又可以保证焊带不在电池片上移动，为下一步电池组件的封装做准备；（2）层压合金化：通过对电池组件进行层压形成欧姆接触。
- 该方案的优点在于设备简单、稳定性强，缺点在于EL检测时焊带下有阴影、焊带和电池片结合力不足。

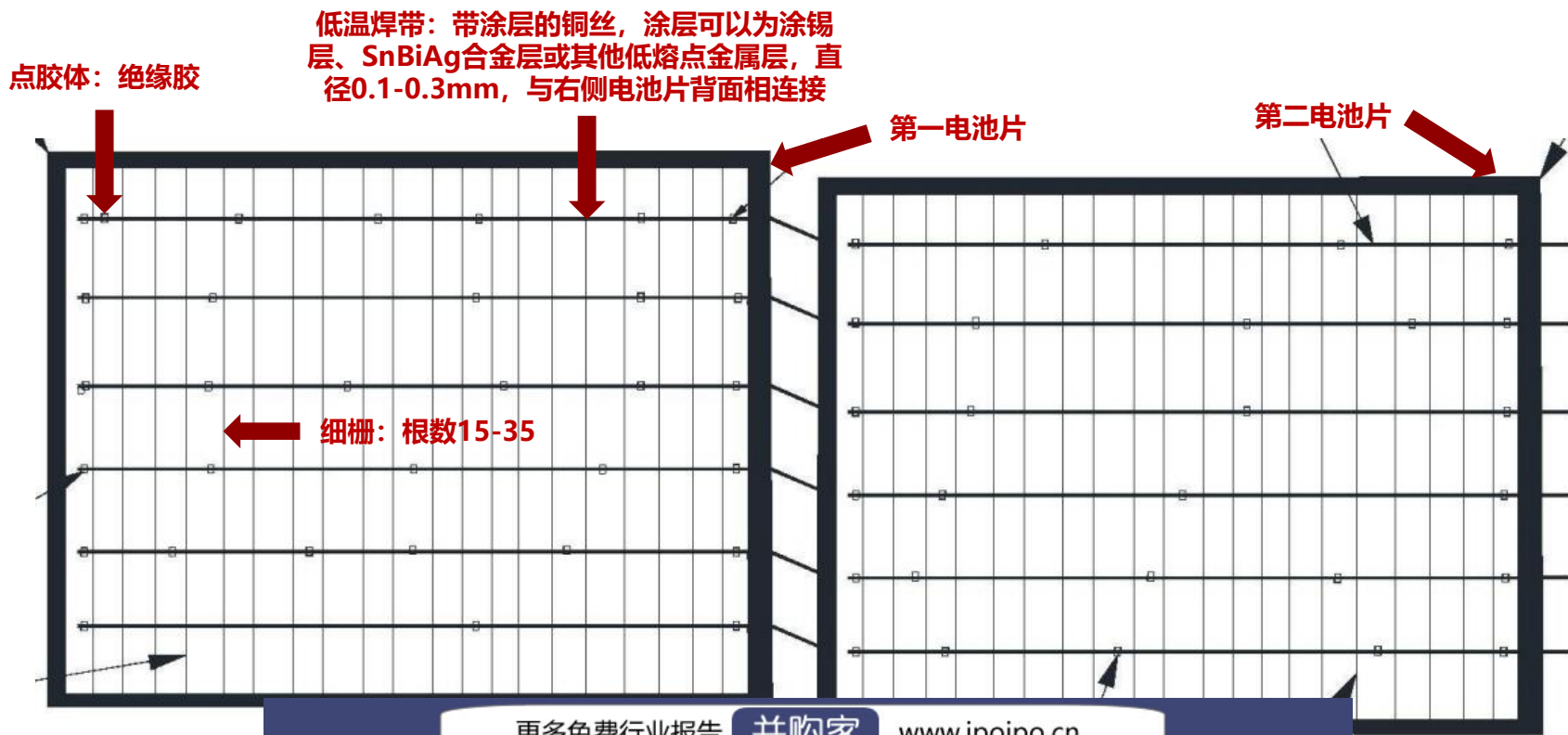
◆ 图：东方日升的点胶方案流程



2.2. 0BB制备方案之二：点胶

- 下图为相邻两片电池片的串联示意图，每片电池片的正面焊带均与下一电池片的背面相连接。由于电池串中任意两个相邻电池片通过焊带连接，形成了较强机械连接，因此可直接将多个电池串排版，对排版后的多个电池串进行汇流条的焊接，以保证多个电池串形成电池组件。
- 与传统串焊相比，点胶方案在设备和材料上的变化主要为更换全新串焊机&使用涂层的低温铜焊带和绝缘胶材料。（1）设备：传统的串焊机无法完成0BB组件的串焊，需要更换全新的设备；（2）材料：点胶体需要增加绝缘胶，焊带为铅锡合金涂层的低温铜焊带，锡的熔点低、比例高，直径约0.1-0.3mm，技术难度不高。

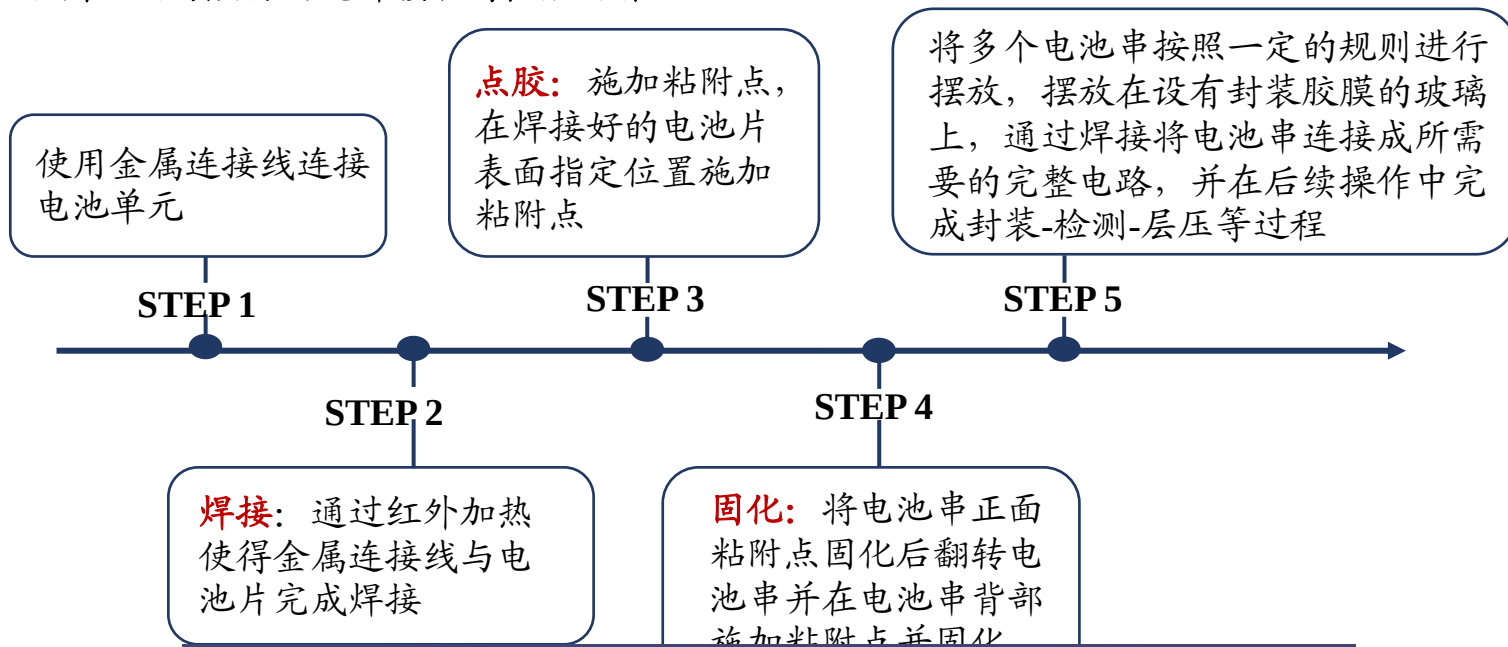
◆ 图：东方日升点胶方案下相邻电池片的串联示意图



2.2. 0BB制备方案之三：焊接点胶

- **焊接点胶方案的关键步骤为**（1）**焊接**：通过红外加热使得焊带表面合金或金属熔化并与电池片表面及细栅完成初步连接；（2）**点胶**：在焊接好的电池片-焊带的指定位置施加粘附点，粘附点的数量过多会直接导致增加工艺难度以及施加粘附点工艺周期，然而数量过少则达不到加固焊带和电池片的连接强度要求，因此根据遮光面积和机械性能需要，粘附点数量3-8排；（3）**固化**：将电池串正面粘附点固化，继续将电池串搬运至下一工站，将电池串保持一定温度条件下进行翻转，并在电池串背部施加粘附点，同时固化，形成电池串。
- **与点胶方案相比，焊接点胶方案最大的区别在于需要先焊接预固定，再通过点胶加固。**先通过红外加热等方式焊带和栅线形成连接，后续再进行点胶、固化进一步消除焊带与电池片连接不稳定的风险。
- **该方案的优点在于焊带和电池片的结合力足，不易脱栅，缺点在于焊接过程中容易导致断栅，对点胶精度要求高，难度大、速度慢。**

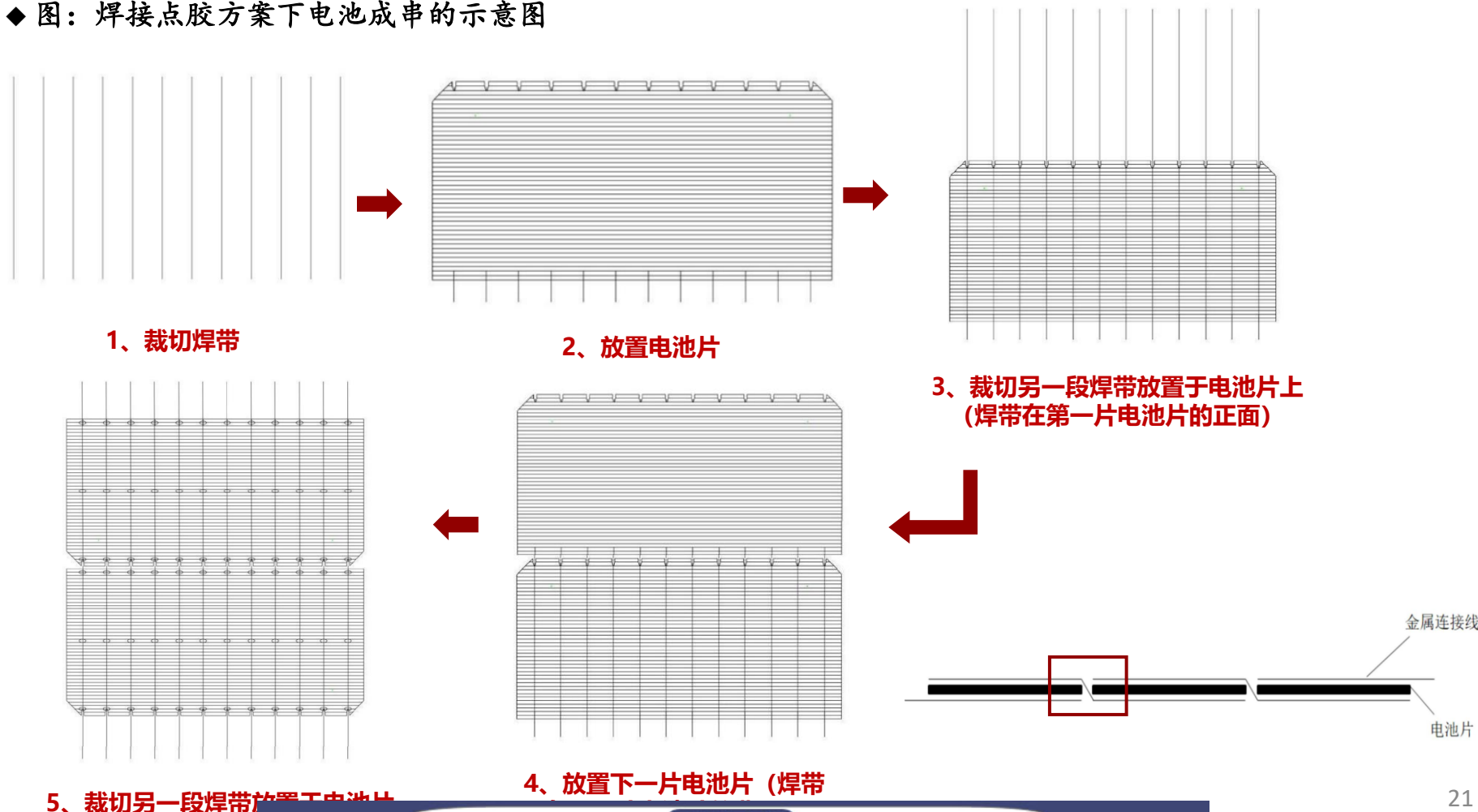
◆ 图：迈为股份的先焊接、再点胶方案



2.2.0BB制备方案之三：焊接点胶

- 下图为焊接点胶方案下电池片成串的示意图，每片电池片的正面焊带均与下一电池片的背面相连接。将裁切成所需长度的焊带移动至工作位，之后在需要的位置放置电池片，再裁切另一段焊带放置于电池片上，通过固定工件固定焊带，同时放置下一片电池片，重复裁切焊带以及放置电池片的步骤。

◆ 图：焊接点胶方案下电池成串的示意图



2.3. SmartWire、点胶、焊接点胶三种方案综合对比

- 综合来看三种方案各有优缺点，SmartWire的特殊之处在于铜丝复合膜，虽然提升了焊带与电池片的结合力，但带来成本上升、光学遮挡等问题，点胶方案步骤简单、设备稳定性强，但EL检测时焊带下有阴影、焊带和电池片结合力不足，焊接点胶方案多了焊接这一步，增强了结合力，但焊带收缩过程中容易拉断细栅。

◆ 图：SmartWire、点胶、焊接点胶三种方案综合对比

方案路线	工艺流程	关键步骤	优点	缺点	布局厂商
SmartWire	先制作铜丝复合膜，再将铜丝复合膜与电池片连接，实现电池片组串，随后与封装胶膜、背板或玻璃重叠，加热层压合金化	铜丝复合膜的制作与层压合金化	铜丝复合膜抽真空之后，膜有一定的弹性，热和冷的状态下始终把焊带往电池片方向上压紧，不易脱栅，焊带结合力更好	(1) 工艺复杂：需要单独制作铜丝复合膜；(2) 材料成本高：虽然节省了银，但焊带涂层需要用铜、增加薄膜等耗材；(3) 光学遮挡：铜丝复合膜容易造成较为严重的光学遮挡。	梅耶博格、小牛、奥特维等
点胶	(1) 点胶：电池片表面上进行点胶形成多个点胶体；(2) 布线：均匀间隔布置多条焊带；(3) 固化：UV灯照射使得焊带通过点胶体粘结于电池片上；(4) 层压合金化。	点胶、UV灯照射固化	设备简单、稳定性强	EL检测时焊带下有阴影，焊带和电池片结合力不足	小牛、奥特维、沃特维等
焊接点胶	(1) 焊接：红外加热初步固定焊带和电池片；(2) 点胶：施加粘附点；(3) 固化：UV灯照射进一步固化；(4) 层压合金化。	焊接、点胶、UV灯照射固化	焊带和电池片的结合力足，不易脱栅	焊接过程中容易导致断栅，对点胶精度要求高，难度大、速度慢	迈为股份

目录



1 0BB能够降本增效，对HJT而言0BB技术应用最迫切

2 0BB分为SmartWire、点胶、焊接点胶三种方案

3 0BB产业化进程加速，2023H2有望实现量产

4 本土重点公司

5 投资建议

6 风险提示

3.1. 0BB应用难度低、经济性高，有望较快实现量产

- 相较于现在大规模量产的SMBB技术，生产0BB的HJT组件带来的成本改变主要是：（1）银浆成本降低；（2）0BB点胶环节需要绝缘胶，目前单W成本0.015元，未来规模化后降至0.01元；（3）丝印设备价值量由4000万/GW下降至2000万/GW（过去SMBB技术需要4台丝印设备，正背面的主副栅各需要一台丝印设备，由于0BB不需要印主栅，因此0BB的丝印环节只需要2台设备）；（4）串焊环节需要购置新的0BB串焊机，传统的SMBB串焊机价值量为2000万/GW，0BB串焊机价值量目前为3000万/GW，未来有望下降至2000万/GW。
- 因此，不考虑现有SMBB产线改造为0BB产线，按照新上一条0BB产线，与当前已量产的SMBB进行对比，成本变化如下（备注1：本测算不考虑银包铜的影响，因为银包铜主要应用于副栅中，而SMBB和0BB主要带来主栅变化，副栅改为银包铜对SMBB和0BB均有相同的降本作用）：我们判断0BB大规模量产后，相较于当前量产的15BB技术成本可降低约5分/W，相较于即将量产的20BB可降低约2.5分/W。
- ◆ 我们预计0BB大规模量产后，相较于当前量产的15BB HJT单W降本约5分

HJT 210电池片	SMBB		0BB	
	15BB（当前成熟工艺）	20BB（即将量产）	小批量产	大规模量产
电池片功率①（W）	10.8	10.8	10.8	10.8
浆料（纯银浆）				
单片耗量（mg/片）②	250	210	162	162
单W耗量（mg/W）③=②/①	23	19	15	15
银浆价格（元/kg）④	6300	6300	6300	6300
银浆单W成本（元/W）⑤=③*④/1000000	0.15	0.12	0.09	0.09
0BB相较15BB单W银浆成本变化（元/W）⑥			-0.05	-0.05
0BB相较20BB单W银浆成本变化（元/W）⑥			-0.03	-0.03
绝缘胶				
绝缘胶单W成本（元/W）⑦	0	0	0.015	0.010
设备				
丝印设备价值量（亿元/GW）⑧	0.4	0.4	0.2	0.2
串焊机价值量（亿元/GW）⑨	0.2	0.2	0.3	0.2
丝印+串焊机价值量合计（亿元/GW）⑩=⑧+⑨	0.6	0.6	0.5	0.4
0BB相较SMBB设备价值量变化（亿元/GW）⑪			-0.1	-0.2
折旧年限⑫	3	3	3	3
0BB相较SMBB设备变化对单W成本的影响（元/W）⑬=⑩/10/⑫			-0.003	-0.007
0BB相较15BB银浆+设备变化对单W成本的影响合计（元/W）⑭=⑥+⑦+⑬			-0.040	-0.048
0BB相较20BB银浆+设备变			-0.016	-0.025

3.2. 2024年行业有望开启较大规模0BB设备招标

- 目前东方日升进展最快，组件大厂即将开启试样。（1）量产：东方日升2023年上半年有望招标量产订单，8月量产0BB组件。（2）中试：正在中试的厂商包括通威、爱康、华晟、REC等。（3）组件大厂有望开启试样：隆基等组件大厂在接触0BB设备厂商，天合有储备相关技术专利。
- 组件大厂对于0BB推动更有效，2024年有望开启大规模招标。隆基、天合、晶科、晶澳、阿特斯等组件大厂开始建设GW级产能时，0BB会迅速放量，但由于2023年组件大厂新扩250-300GW TOPCon均为SMBB串焊机新产能，如果快速推动0BB会导致组件厂利益受损，因此组件大厂在把握自身0BB试样和量产的节奏；同时0BB更适用于HJT，随着HJT产能2024年大规模放量，我们估计2024年下半年大厂有望开启较大规模0BB招标。
- 参考SMBB放量仅一年时间，我们认为0BB放量速度很快。从SMBB的切入速度来看，2022年初行业开始试用SMBB，SMBB设备占奥特维2022年新签订单比重约20%，而到2023年初奥特维的串焊机出货均为SMBB类型，占比约95%，我们认为0BB有望复制SMBB的放量节奏。

◆ 图：组件厂、设备商0BB进展

类别	公司	0BB进展
组件厂	东方日升	2023年上半年有望招标量产订单，8月量产0BB组件
	通威股份	中试阶段
	爱康科技	中试阶段
	安徽华晟	中试阶段
设备商	奥特维	2022年已在客户端完成0BB串焊机验证
	迈为股份	2023年3月送样华晟
	先导智能	2022年11月推出无主栅串焊机
	宁夏小牛	0BB串焊机下游客户验证中
	深圳光远	0BB串焊机下游客户验证中
	沃特维	0BB串焊机下游客户验证中
	康奋威	为中能创提供0BB串焊机

3.3. 我们预计到2025年0BB设备市场空间有望近30亿元

● 关键假设:

- 2023-2025年新增装机量HJT的渗透率分别为25%、35%、45%；TOPCon的渗透率分别为75%、65%、55%
- 2023-2025年0BB在HJT的渗透率分别为5%、70%、100%；在TOPCon的渗透率分比为2%、40%、70%
- 0BB串焊机价值量目前为3000万/GW，未来有望下降至2000万/GW。

◆ 图：我们预计到2025年0BB设备市场空间有望近30亿元，2023-2025年CAGR达285%

	2021	2022	2023E	2024E	2025E
中国新增装机量合计（GW）(1)	60	80	100	125	150
海外新增装机量合计（GW）(2)	100	170	250	335	450
全球新增装机量合计（GW）(3)=(1)+(2)	160	250	350	460	600
全球光伏电池需求合计（GW）(4)=(3)*1.1	176	275	385	506	660
HJT技术路线渗透率(5)	5%	14%	25%	35%	45%
HJT新增装机量（GW，对应存量产能）(6)=(5)*(4)	9	39	96	177	297
HJT新增产能（GW）(7)=(6)当年减前一年		30	58	81	120
0BB技术在HJT中的渗透率(8)			5%	70%	100%
0BB在HJT中的新增产能(9)=(8)*(7)			3	57	120
TOPCon技术路线渗透率(10)		40%	75%	65%	55%
TOPCon新增装机量（GW，对应存量产能）(11)=10)*(4)		110	289	329	363
TOPCon新增产能（GW）(12)=(11)当年减前一年		110	179	40	34
0BB技术在TOPCon中的渗透率(13)			2%	40%	70%
0BB在TOPCon中的新增产能(14)=(13)*(12)			4	16	24
0BB新增产能合计（GW）(15)=(14)+(9)			6	73	144
单GW 0BB串焊机价值量（亿元/GW）(16)			0.3	0.25	0.2
0BB串焊机新增市场空间（亿元）(17)=(16)*(15)			2	18	29
0BB串焊机新增市场空间yoy				837%	58%

目录



1 0BB能够降本增效，对HJT而言0BB技术应用最迫切

2 0BB分为SmartWire、点胶层压、焊接点胶三种方案

3 0BB产业化进程加速，2023H2有望实现量产

4 本土重点公司

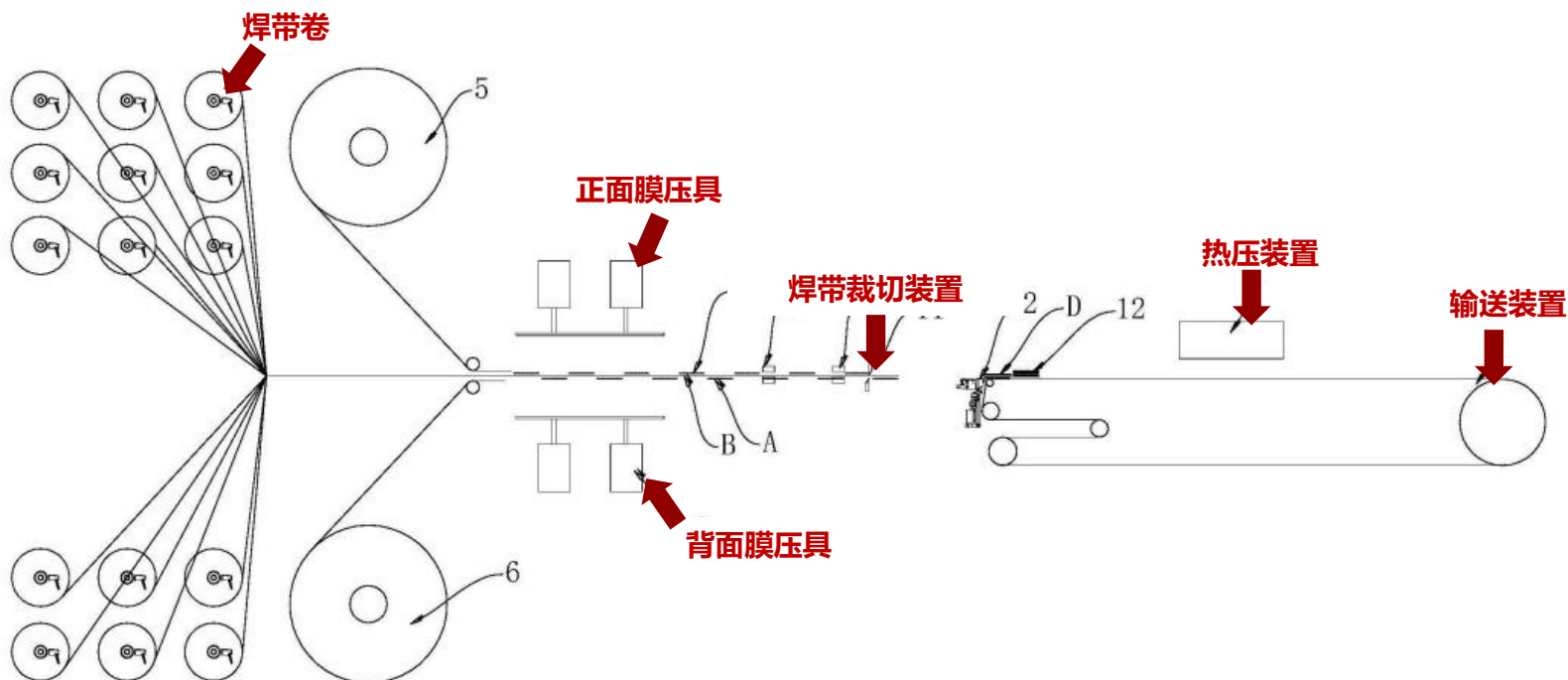
5 投资建议

6 风险提示

4.1. 奥特维：传统串焊机龙头，0BB技术布局领先

- 奥特维作为传统串焊机龙头，0BB串焊机技术布局领先，多种技术路线均有储备。除了目前的点胶方案外，奥特维也储备了类似SmartWire方案的铜丝复合膜路线，根据其专利显示，无主栅电池片的串联由焊带和上下膜片实现，生产线包括卷绕焊带的焊带卷、焊带夹持装置、正面膜压具、背面膜压具、焊带裁切装置、电池片提供装置、输送装置及热压装置等。
- 我们认为奥特维作为串焊机龙头，有望受益于0BB技术迭代。从SMBB的切入速度来看，2022年初行业开始试用SMBB，到2023年初奥特维的串焊机出货均为SMBB类型，我们认为0BB有望复制SMBB的放量节奏，奥特维新签订单有望维持高增速。

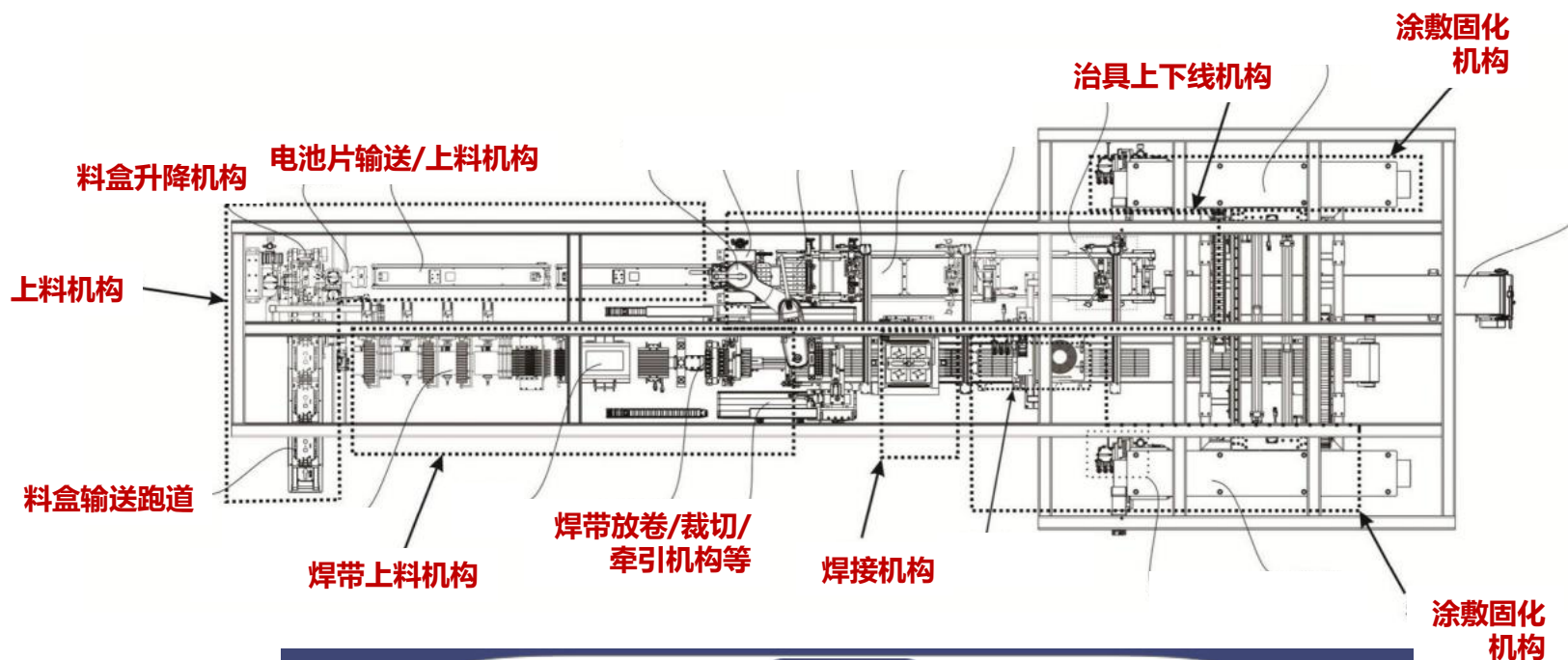
◆ 图：奥特维发明的铜丝复合膜方案的生产线结构示意图



4.2. 迈为股份：为推动HJT行业发展，拓展布局0BB串焊机

- 迈为股份作为HJT电池片整线设备龙头，也布局了0BB串焊机，2023年3月将于华晟处验证，采用先焊接再点胶的方式。根据迈为专利，发明的0BB串焊机设备包括上料机构、焊带上料机构、治具上下线机构、焊接机构、涂敷固化机构以及电池串输送机构等，取消了复合膜和电池片正背面PAD点，其减少光伏电池片表面遮挡的同时，减少了银浆料的使用，极大的降低了成本。
- 迈为布局0BB串焊机的主要目的是为了推动HJT行业发展，0BB技术可以加速HJT产业化进程，关键并非参与组件环节的设备竞争。

◆ 图：迈为股份发明的先焊接、后点胶设备



4.3. 先导智能：推出量产型无主栅串焊设备

- 先导智能作为锂电整线设备龙头，为了寻求新增长空间，积极布局光伏领域设备。2022 年 11 月 24 日根据公司微信公众号，先导智能推出量产型无主栅串焊设备，量产效率超过 6800 片/小时，可实现 100μm 厚度电池片串焊。
 - 省略原主栅和印刷工序，银浆成本降低20%；
 - 适应新一代电池薄片化需求，超薄至100um；
 - 固化温度低于200℃，无需高温焊接，固化稳定且一致性好，适应薄片，组件CTM提高无助焊剂；
 - 无高温焊接，设备易损件少，年维护成本低于常规MBB设备30%。

◆ 图：先导智能推出的量产型无主栅串焊设备



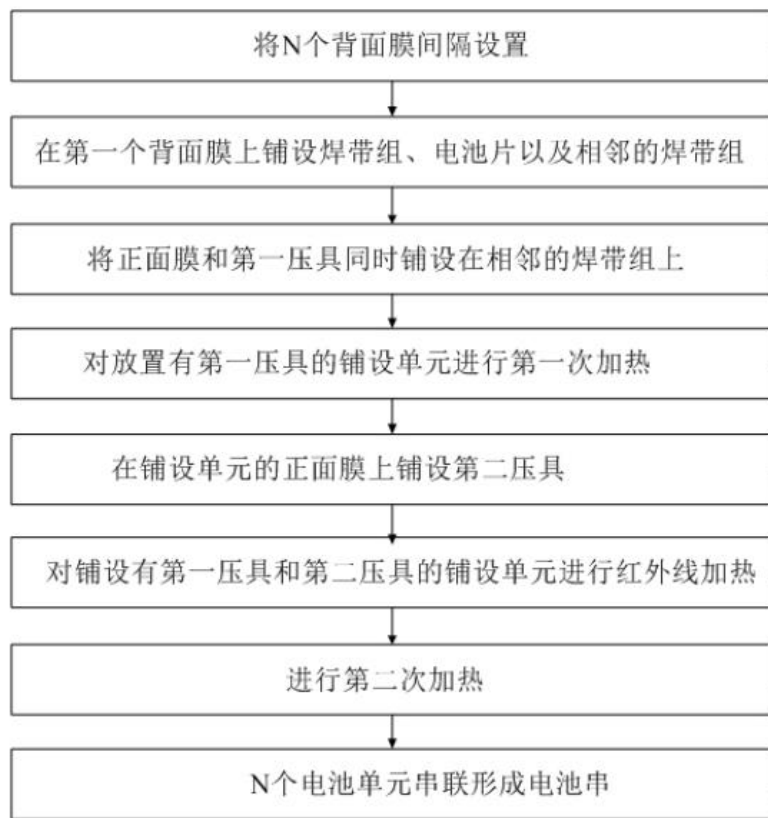
先导量产型LDHJ7200T无主栅串焊设备

量产效率大于 6800 片/小时	电池片厚度薄至 100 μm	无主栅串焊 0BB
-------------------------------	--------------------------	---------------------

4.4.宁夏小牛（未上市）：领先的串焊机设备商，积极布局0BB技术

- 宁夏小牛总部位于银川，分别于2014年、2019年在苏州常熟及江苏盐城设立分厂，核心产品包括组件前端智能焊接系统，包含超高速划焊一体机、高精度排版机、汇流带焊接机、贴胶带机及多主栅串返机等。
- 小牛在点胶、类似SmartWire两种方案上均有布局，主推铜丝复合膜的方案，已在下游客户处验证。从小牛公布的一专利来看，该设备提供的电池串串联方法，将采用电池片和焊带组的焊接，与焊带组两侧的正面膜和背面膜的粘接同时进行，进而提高电池串的制备效率。

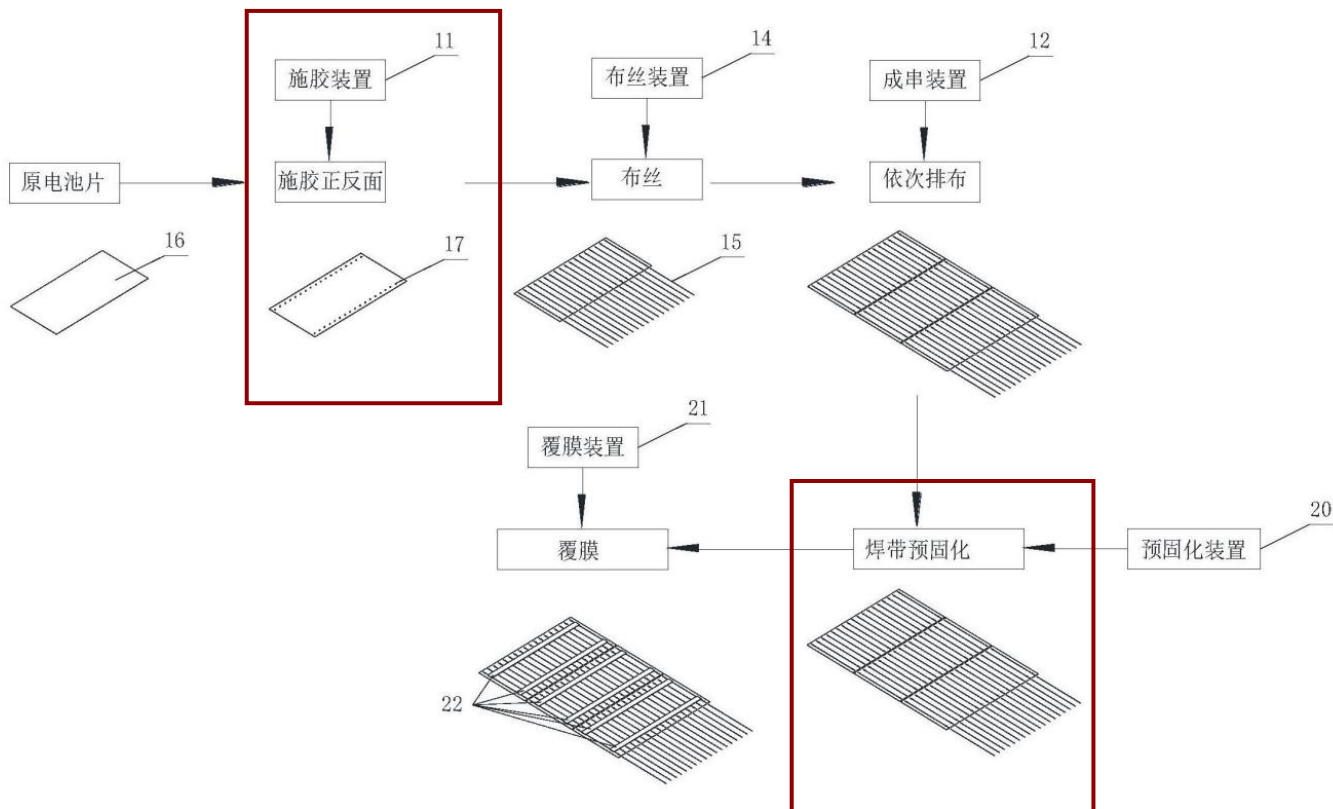
◆ 图：宁夏小牛发明的提升无主栅电池片串联效率的方案



4.5. 沃特维（未上市）：组件设备商前瞻性布局0BB串焊机

- 沃特维总部位于苏州，国家级专精特新小巨人企业，已开发出叠瓦、零应力互联、IBC电池封装等工艺及设备，与光伏头部企业在IBC、HJT、TOPCon等技术上都有密切合作及研发。
- 沃特维的0BB串焊采用点胶路线。根据其专利，先施加胶点，然后将焊带利用胶点预固定在电池片的正面及相邻电池片的反面，实现串接，再进行后续的层压等步骤。电池片上无需再设置主栅线、PAD点或焊盘，进一步降低了光伏组件的生产成本。

◆ 图：沃特维的0BB串焊采用点胶方案



4.6. 光远（未上市）：划片机起家，串焊机0BB技术方向有布局

- 深圳光远智能装备股份有限公司位于深圳，起家于划片机设备，目前的主营产品包括：1) 组件生产段：电池片叠瓦焊接线、电池片密栅串焊机、高速激光切片机、电池片串焊机；2) 电池片生产段：电池片印刷机、密栅电池片I-V全自动分选机、电池片I-V全自动分选机、石墨舟插片机。目前光远在0BB串焊机领域已有布局。

◆ 图：光远组件设备相关产品——划片机、串焊机



无损激光划片机



多主栅电池片自动串焊机GPV-DZ-A20

目录



1 0BB能够降本增效，对HJT而言0BB技术应用最迫切

2 0BB分为SmartWire、点胶层压、焊接点胶三种方案

3 0BB产业化进程加速，2023H2有望实现量产

4 本土重点公司

5 投资建议

6 风险提示

- 重点推荐奥特维、迈为股份，建议关注先导智能、宁夏小牛（未上市）、沃特维（未上市）、光远（未上市）等。

◆ 图：可比公司估值（截至2023.4.7收盘价）

股票代码	公司	市值 (亿元)	股价 (元)	归母净利润（亿元）				PE			
				2021A	2022E	2023E	2024E	2021A	2022E	2023E	2024E
300450.SZ	先导智能	605.48	38.66	15.85	26.15	34.01	40.70	38	23	18	15
300751.SZ	迈为股份	522.15	300.00	6.43	9.80	19.13	28.42	81	53	27	18
688516.SH	奥特维	273.41	177.00	3.71	7.03	10.04	13.99	74	39	27	20
平均								64	38	24	18

注：先导智能、迈为股份、奥特维均采用东吴预测

目录



1 0BB能够降本增效，对HJT而言0BB技术应用最迫切

2 0BB分为SmartWire、点胶层压、焊接点胶三种方案

3 0BB产业化进程加速，2023H2有望实现量产

4 本土重点公司

5 投资建议

6 风险提示

- 1. 行业受政策波动风险：**目前，光伏电价与发电侧的平上网仍有一定差距，因此该行业受政策及补贴影响较大，弃光限电和政府拖欠问题依然较为突出；其次，在未实现平价上网前，光伏行业对政府补贴仍有一定的依赖性。
- 2. 无主栅技术研发不及预期：**无主栅为光伏新技术，工艺成熟是一个多维度均达标的系统工程，量产取决于包括设备、耗材在内的多因素，由于技术创新受各种客观条件的制约，存在失败的风险。

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司不对任何人因使用本报告中的内容所导致的损失负任何责任。在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用、刊发、转载，需征得东吴证券研究所同意，并注明出处为东吴证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

东吴证券投资评级标准：

公司投资评级：

买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘在15%以上；

增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘介于5%与15%之间；

中性：预期未来 6个月个股涨跌幅相对大盘介于-5%与5%之间；

减持：预期未来 6个月个股涨跌幅相对大盘介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来 6个月个股涨跌幅相对大盘在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于大盘5%以上；

中性：预期未来6个月内，行业指数相对大盘-5%与5%；

减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于大盘5%以上。

东吴证券研究所
苏州工业园区星阳街5号
邮政编码：215021
传真：（0512）62938527
公司网址：
<http://www.dwzq.com.cn>

东吴证券 财富家园