

证券研究报告

2023年03月07日

行业报告 | 行业深度研究

电力设备

HJT行业报告：风物长宜放眼量， 降本增效尤可期

作者：

分析师 孙潇雅 SAC执业证书编号：S1110520080009

联系人 朱光硕



天风证券

【综合金融服务专家】

行业评级：强于大市（维持评级）

上次评级：强于大市

请务必阅读正文之后的信息披露和免责声明

摘要

1、HJT电池效率和组件功率相对更高，更有可能成为未来主流

- **HJT相比单面POLY的TOPCon理论转化效率更高。**HJT得益于结构和材料（异质结、采用N型硅片）优势，理论上极限转化效率为28.5%，大幅高于PERC的24.5%，同时也高于单面POLY TOPCon的27.1%，接近于双面TOPCon的28.7%。
- **HJT相比TOPCon实验室和潜在量产效率也相对更高。**HJT电池实验室最高转化效率已达26.81%，超过TOPCon的26.4%；同时，HJT由于双面率高、衰减率低、温度系数低以及弱光效应较好等因素，HJT组件端功率比TOPCon更高，有望享受较高的组件销售溢价。

2、HJT短期破局之道看双面微晶+0BB，中期破局之道看铜电镀+无钎化，远期破局之道看钙钛矿叠层。

- **短期破局之道：双面微晶+0BB。**应用双面微晶后可带来HJT电池绝对效率约1%的提升，对产能的影响可通过增大频率或功率来解决；0BB对于HJT是至关重要的工艺，0BB量产导入后可同时将硅片做到更薄，纯银使用量也将大幅降低，同时带来电池效率提升，预计23年下半年0BB有望导入量产，验证顺利后行业有望在24年进一步提高HJT扩产规模。
- **中期破局之道：铜电镀+无钎化。**铜电镀对于HJT最主要的意义在于提效（0.2%-0.3%）而非降本，远期成本来看铜电镀与0BB+银包铜的金属化成本几乎相同；目前铜电镀需要继续提升设备产能，降低设备初始投资；无钎化降本将是异质结电池24年的重点。
- **远期破局之道：钙钛矿叠层。**HJT/钙钛矿叠层可放大异质结电池开压大和FF高的优点，目前在设备、材料和可靠性上均存在难点，华晟新能源预计2025年HJT/钙钛矿叠层电池效率可达到30%。

3、HJT大规模商业化的前置条件：相比TOPCon效率高约1%、成本即将打平、相关供应链成熟稳定；23年硅料价格下降后重点看浆料成本，23年底HJT单W电池片成本预计比TOPCon贵0.03元，24年底预计贵0.02元或打平，主要看靶材成本；23年HJT行业扩产规模预计50-60GW，24年HJT行业扩产规模有望达90-100GW。

4、投资机会：设备建议关注迈为股份（机械团队覆盖）、捷佳伟创、帝尔激光（机械团队覆盖）、罗博特科、芯碁微装、奥特维；主材：建议关注东方日升、三五互联；辅材重点推荐赛伍技术（化工联合覆盖）、聚和材料。

5、风险提示：新技术进展不及预期的风险；技术路径颠覆的风险；竞争格局恶化的风险；部分测算具有主观性。

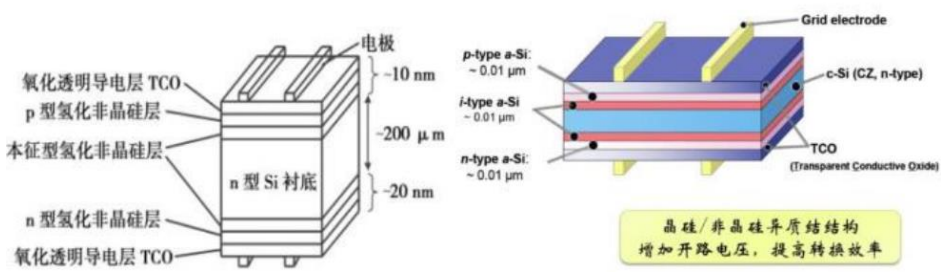
1

HJT电池效率和组件功率相对更高，更有可能成为未来主流

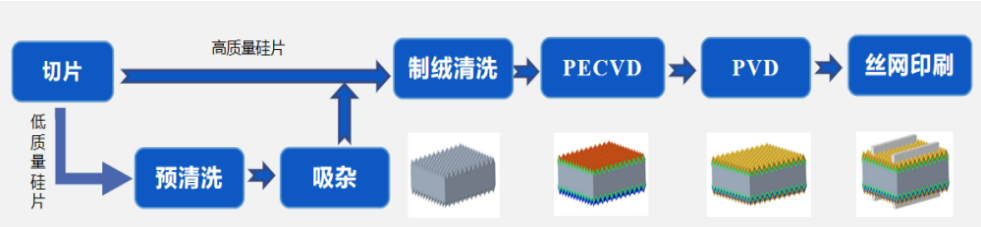
HJT电池为双面对称式结构，主要生产流程仅包括4步

- **2015年三洋HJT专利保护结束，技术壁垒消除：**1992 年日本三洋公司第一次成功制备了 HIT电池，2009年日本 Panasonic 公司收购三洋公司后继续开发HIT电池，2015年三洋HIT 电池转换效率已达到 25.6%。HIT 已被日本三洋公司申请为注册商标，所以又被称为 HJT。2015 年三洋HJT专利保护结束，技术壁垒消除；
- **HJT电池为双面对称式结构：**从结构来看，HJT电池在硅片正面依次沉积本征非晶硅薄膜（i-a-Si:H）和p 型非晶硅薄膜（p-a-Si:H），再沉积透明氧化物导电薄膜TCO，硅片背面依次沉积本征非晶硅薄膜（i-a-Si:H）和 n 型非晶硅薄膜（n-a-Si:H）形成背表面场，再沉积透明氧化物导电薄膜TCO，最后再完成金属化；
- **HJT电池的主要生产环节包括制绒清洗、硅基薄膜沉积（PECVD）、透明导电薄膜沉积（PVD）、丝网印刷**
四步：HJT电池全部生产流程包括预清洗/吸杂、硅片制绒清洗、PECVD沉积正反面本征非晶硅膜层和掺杂微晶硅膜层、PVD 沉积正反面 TCO 薄膜、丝网印刷正反面栅线电极、低温固化。

图：HJT电池的基本结构



图：HJT电池的基本结构



HJT的电池效率相对更高，更有可能成为未来主流

- **效率上限决定未来主流晶硅电池路线选择：**通过复盘PERC电池替代BSF电池，以及TOPCon电池开始替代PERC电池，可以看到晶硅电池的发展一直在朝着更高转换效率的方向去演进，我们认为高效率晶硅电池的高量产成本有望随着相关技术和工艺进步而得到解决，未来更有可能成为主流电池路线选择的还是具备更高转换效率上限的晶硅电池；
- **理论效率方面，HJT电池大于单面POLY的TOPCon电池：**晶硅电池的转换效率可分为理论效率、实验室效率和量产效率，从理论效率来看，PERC的理论效率上限仅为24.5%，TOPCon电池在可实现双面POLY的情况下则可达到28.7%的理论效率，若是单面POLY则为27.1%，HJT的理论效率上限为28.5%，与双面POLY的TOPCon电池理论效率接近，但考虑到TOPCon电池实现双面POLY的难度较大，HJT与单面POLY的TOPCon电池相比在理论效率上具有比较优势；
- **实验室效率方面，HJT电池大于TOPCon电池：**2022年9月迈为和sundrive联合开发的M6尺寸无种子层电镀HJT电池转换效率达到26.41%，2022年11月隆基自主研发的HJT电池转换效率达到26.81%，同时，2022年12月晶科能源自主研发的182 TOPCon电池转换效率达到26.4%，实验室效率来看HJT电池相较TOPCon电池更高。

表：三种类型电池效率对比

	平均量产效率（2022）	实验室效率	理论效率上限
PERC	23.2%	24.5%（天合）	24.5%
TOPCon	24.5%	26.4%（晶科）	28.7%（双面POLY）/ 27.1%（单面POLY）
HJT	24.6%	26.81%（隆基，微晶HJT）；26.41%（迈为&sundrive）	28.5%

HJT的组件输出功率相对更高，更有可能成为未来主流

HJT电池产品转换效率高，温度系数低，无LID和PID效应，组件功率相对更高，更有可能成为未来主流：

- 开路电压高，转换效率高；
- 温度系数低，光照升温下功率输出优于常规电池；
- 无 LID（光衰）和 PID（电位诱发衰减，常规电池组件的玻璃中的电子迁移到电池片表面发生相互作用）效应；
- 结构对称，易于实现薄片化；
- 低温工艺，能耗低。

表：各类型电池参数指标对比

	HJT	常规单晶	常规多晶	单晶PERC	TOPCon	N-PERT	IBC
双面率	>95%	0	0	>70%	>80%	>80%	0
LID	0%	1%	1%	1%	0%	0%	0%
LeTID	无	有	有	有	有	有	有
温度系数	-0.25%	-0.42%	-0.45%	-0.37%	-0.33%	-0.35%	-0.35%
工艺步骤	4	6	6	8	12	12	20
弱光响应	高	低	低	低	高	高	高

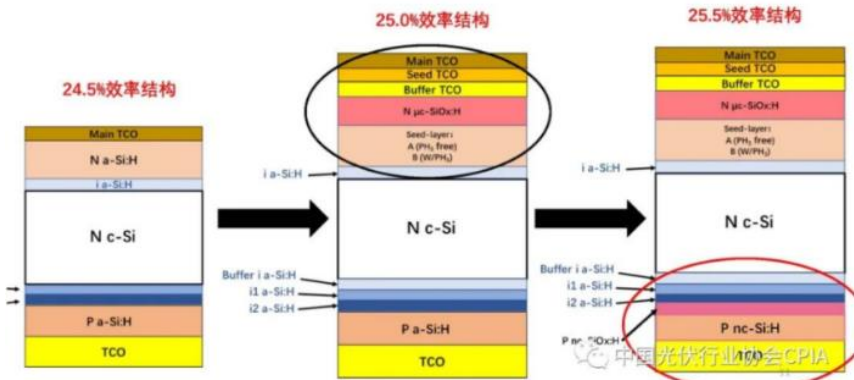
2

HJT短期破局之道：双面微晶+0BB

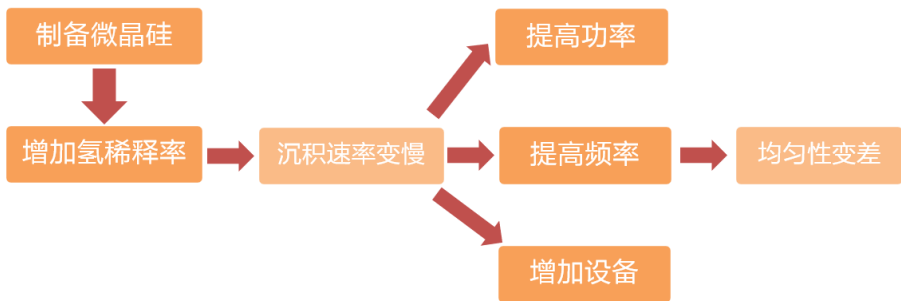
双面微晶带来电池效率绝对值约1%的提升，设备已开始调试

- 双面微晶可带来约1%的电池效率绝对值提升，主要难点在于增加氢稀释率。HJT非晶产线升级到微晶产线需要在射频系统、温度系统、工艺配方等方面进行改进，目前微晶N层工艺已经成熟，金刚光伏2022年5月已量产，N面微晶电池平均效率较非晶已提升0.4%-0.5%，组件功率已提升15-25W（针对M6-72片双玻版型），效率标准偏差约0.1%，微晶P层预计23年导入量产，效率有望突破25.5%。
- 制备微晶硅技术的难点在于增加氢稀释率，解决办法包括提高功率，提高频率，增加设备。
- 目前单面微晶的HJT电池量产平均效率约25%，金刚光伏酒泉4.8GW双面微晶设备已进入调试阶段。

图：异质结电池的改进方向：效率24%-26%的结构



图：微晶硅工艺的难点



表：HJT单面微晶电池量产平均效率已达到25%

时间	企业名称	硅片尺寸	单面/双面	进展	量产平均电池效率	组件功率
2023.01	华晟新能源	210	单面	已量产	25%	G12-132量产异质结组件功率最高达715W
2023.01	华晟新能源	182	双面	设备进场	25.5%（目标）	
2022.09	金刚光伏	210	单面	已量产	25%	
2023.01	金刚光伏	210	双面	设备进场	25.5%（预计）	

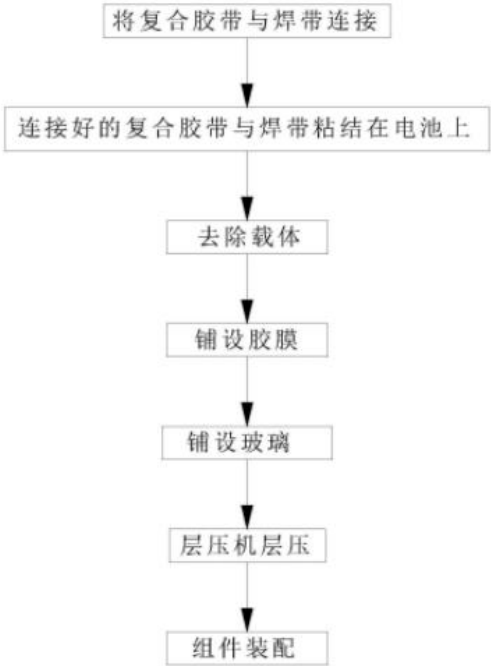
OBB对于HJT可同时带来降本+提效，东方日升OBB专利布局较多

- OBB可同时完成提效降本，专利方面东方日升布局较多：OBB只网印细栅，利用内嵌铜线的聚合物薄膜代替主栅，并优化了细栅的宽度和间距，减少了电池遮光面积和电阻损失，带来电池效率的提升和浆料耗量的节省。OBB专利方面，国内东方日升申请了较多与无主栅太阳能电池串连接方法、组件制备方法相关的专利。
- TOPCon也可以应用OBB，但由于HJT电池的浆料耗量更多，且HJT可以使用银包铜，整体来看OBB给HJT带来的成本节约更多。2022年HJT纯银低温银浆耗量约23mg/W，TOPCon电池约14mg/W，加之HJT可使用银包铜浆料，HJT应用OBB后相比TOPCon预计可节省更多浆料用量。

图：东方日升在无主栅技术上有较多专利布局

公开号	申请日	发明名称	申请人
CN115295673A	2022.08.11	太阳能电池串的连接方法及光伏组件	东方日升新能源股份有限公司
CN217883369U	2022.07.12	一种太阳能电池测试装置	东方日升（常州）新能源有限公司
CN114023841A	2021.11.03	太阳能电池串的连接方法、太阳能电池组件及其制备工艺	东方日升新能源股份有限公司
CN114023842A	2021.11.03	太阳能电池串的连接方法、太阳能电池组件及其制备方法	东方日升新能源股份有限公司
CN114023840A	2021.11.03	太阳能电池串的连接方法、太阳能电池组件的制作方法	东方日升新能源股份有限公司
CN214848646U	2021.07.08	光伏组件	东方日升（常州）新能源有限公司
CN215988800U	2021.06.18	光伏组件以及光伏串焊设备	东方日升（常州）新能源有限公司
CN114765229A	2020.12.30	一种太阳能电池组件的封装方法及太阳能电池组件	东方日升（常州）新能源有限公司

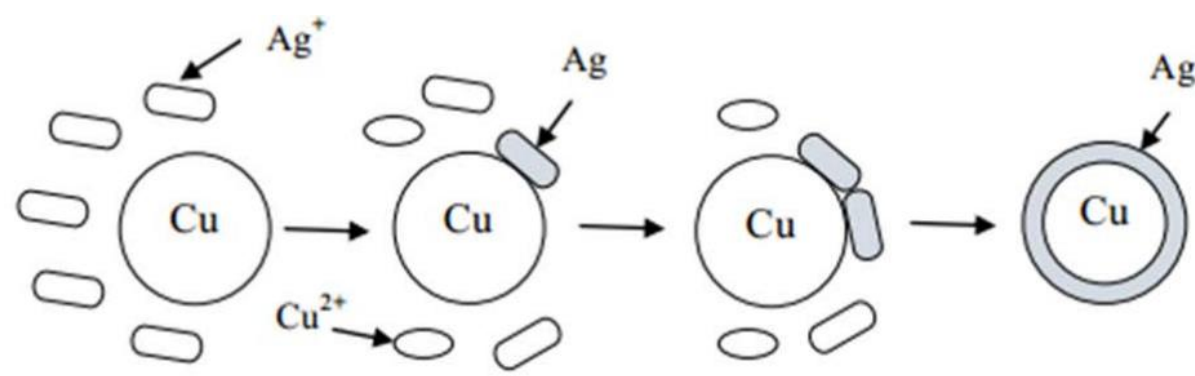
图：一种无主栅电池和焊带的连接方法（浙江制能科技）



50%银含量的银包铜浆料已经出货，激光转印可进一步降低浆料耗量

- **银包铜：**银包铜技术通过化学镀的方式，在超细铜粉表面形成不同厚度的银镀层，调节浆料的银、铜比例提高抗氧化能力，来实现低价金属代替高价金属的降本目标。目前，苏州晶银已经出货50%银含量的浆料产品应用于背面细栅，整体可靠性还需验证；
- **激光转印：**激光转印技术是通过在柔性透光材料的凹槽上填充浆料，再用激光高速图形化扫描，将浆料从柔性透光材料上转移至硅片表面形成栅线。由于采用非接触印刷模式，激光转印可降低隐裂、碎片、污染、划伤等风险，适用于薄片化、柔性异质结电池。同时，相比传统丝网印刷，激光转印技术可大幅降低HJT栅线线宽，实现银浆消耗量减少，帝尔激光转印设备在HJT上可节约30%-40%浆料并带来电池效率0.3%以上的提升。

图：化学置换制备银包铜颗粒原理图



3

HJT中期破局之道：铜电镀+无铟化

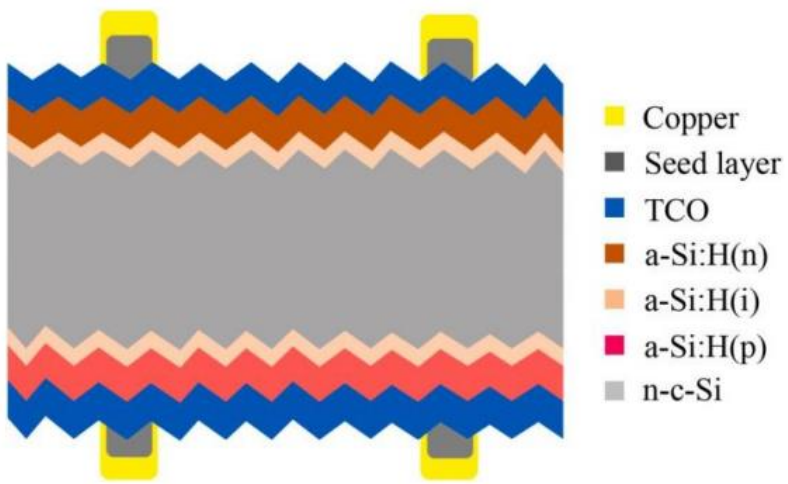
铜电镀：对于HJT的主要意义在于提效，远期量产成本预计与银包铜相当

□ 铜电镀的基本原理：铜电镀是一种非接触式的电极金属化技术，在基本金属表面通过电解方法沉积金属铜制作铜栅线，用于收集光伏效应产生的载流子。

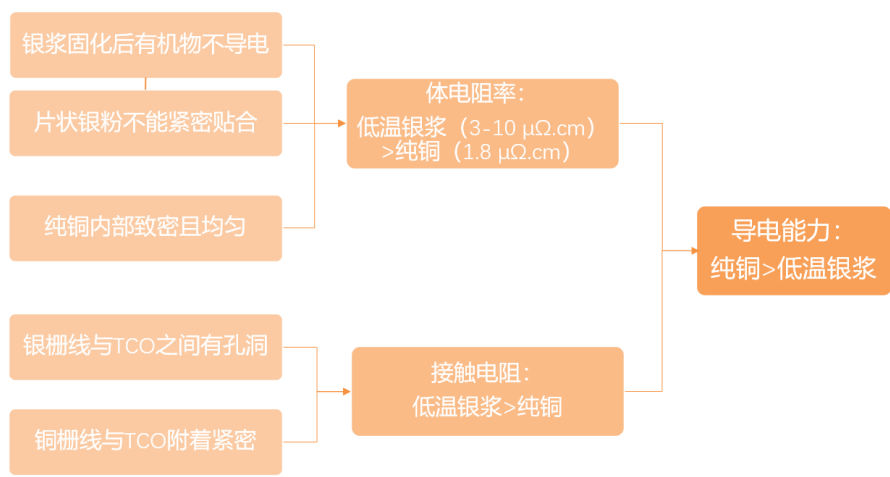
□ 铜电镀对于HJT的意义：提效 > 降本

- 优势1：铜电镀效率更高：铜栅线相比银栅线形貌更好，体电阻率更低，导电性更强，同时，铜栅线与TCO薄膜之间附着更为紧密，接触电阻相比低温银浆更小，综合来看可提高电池转换效率；
- 优势2：铜电镀金属化成本可与银包铜相当：我们预计远期银包铜+0BB的金属化成本可降至0.06元/W，铜电镀成熟后预计量产成本也约0.06元/W，但铜电镀可提效0.2%–0.3%，银包铜可能会降效；

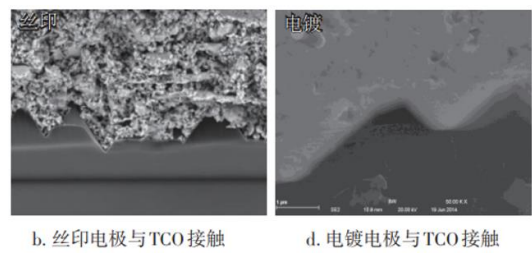
图：采用铜栅线的异质结电池结构



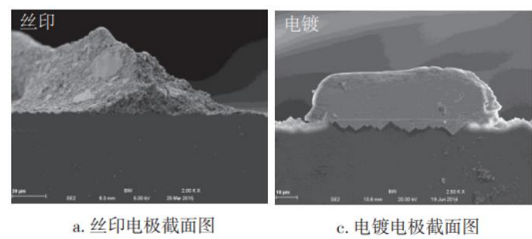
图：纯铜的导电能力好于低温银浆



图：铜栅线与ITO接触更为致密



图：铜栅线形貌更好



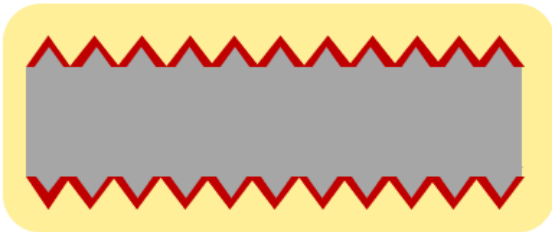
铜电镀：主流工艺路线为PVD沉积种子层-图形化-金属化

图：铜电镀的工艺路线

1、PVD沉积种子铜



2、感光材料涂覆



3、曝光



4、显影



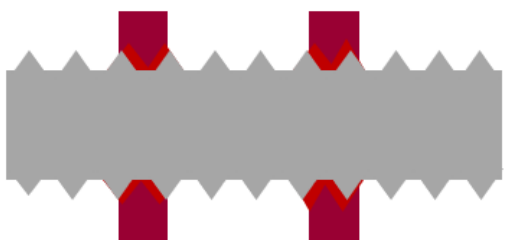
5、铜电镀电镀



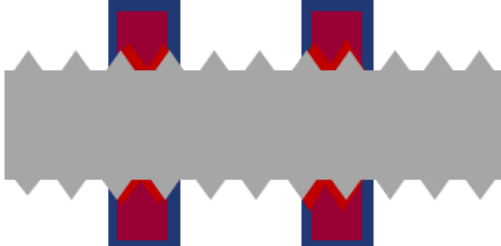
6、退掩膜



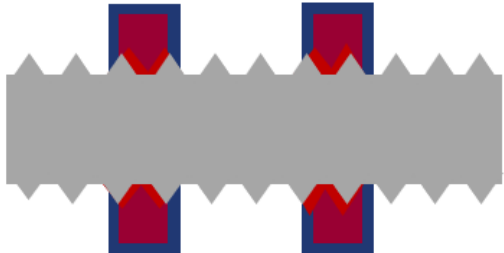
7、去种子层



8、镀锡



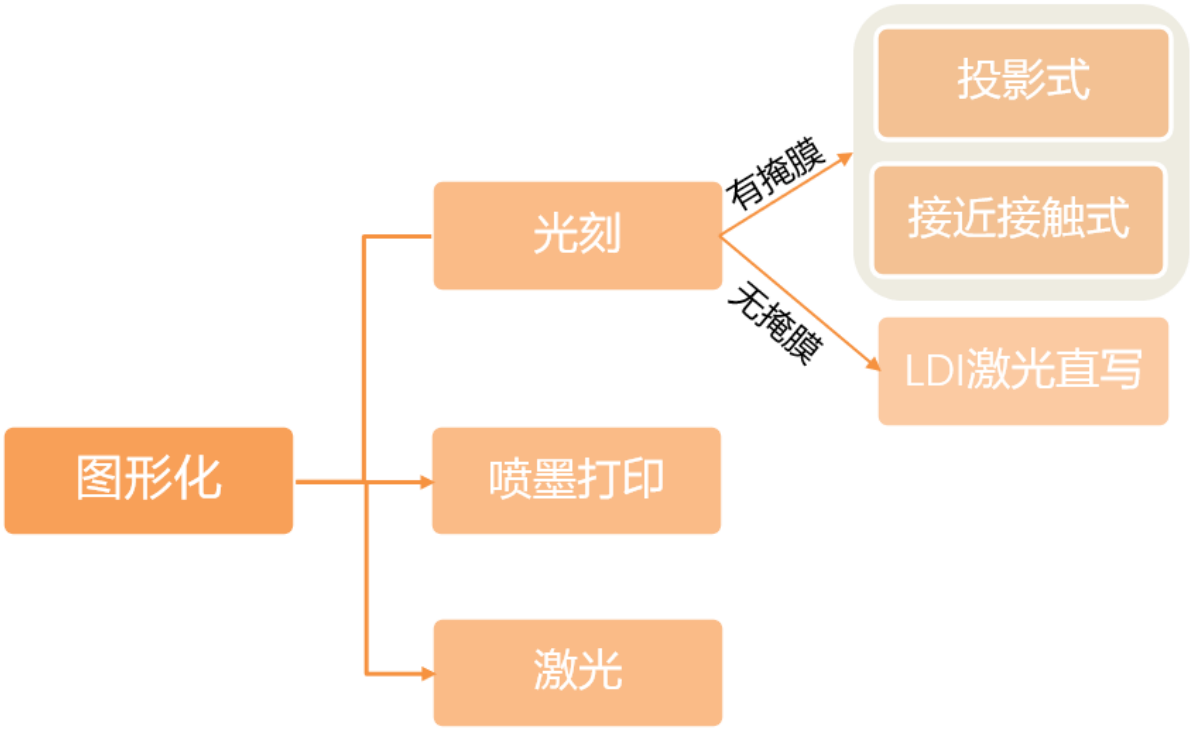
9、烘干



铜电镀：图形化环节技术路线多样，目前尚未统一

- 异质结电池铜电镀的第一步可分为有种子层和无种子层，由于无种子层难度较大，目前以有种子层为主。
- 异质结电池铜电镀图形化环节可供选择的技术路线有三大类，目前尚未统一：第一大类是光刻，根据是否有掩膜又分为两种，一是需要使用掩膜的光刻，包括投影式光刻、接近/接触式光刻，二是无需使用掩膜的光刻，直写光刻根据辐射源的不同大致可进一步分为光学直写光刻和带电粒子直写光刻，其中芯碁微装可提供直写光刻LDI设备；第二大类是喷墨打印；第三大类是激光开槽，该方式一般用于IBC电池的背面栅线制备。

图：铜电镀的图形化环节可供选择的技术路线较多，目前尚未达成统一



铜电镀：激光直写vs投影式光刻

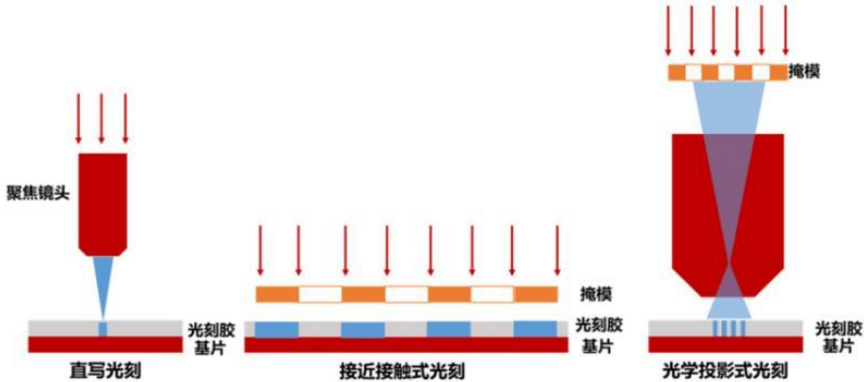
铜电镀图形化：激光直写&投影式光刻

- 激光直写光刻可用于满足低端IC制造需求，相比激光直写光刻，带电粒子直写光刻精度更高，但产能效率低，设备昂贵，对使用环境要求较高，该项技术目前主要应用在高端IC 掩膜版制版领域，应用领域较为狭窄；
- 掩膜光刻可用于满足中高端IC制造需求。

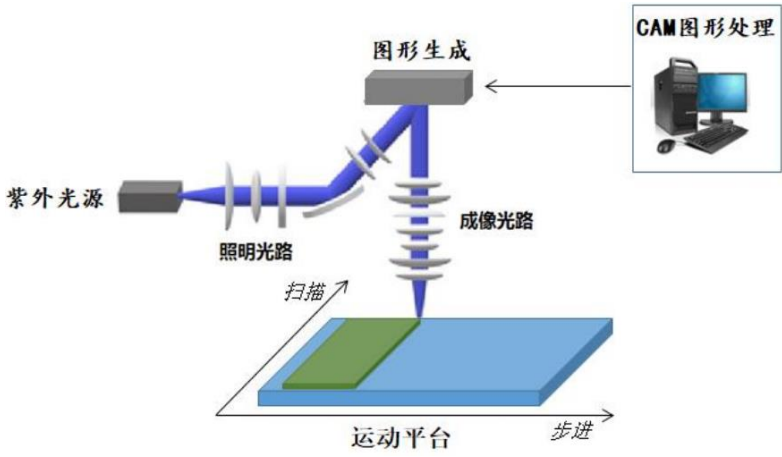
表：掩膜光刻与直写光刻的比较

应用领域	直写光刻		掩膜光刻	光刻精度要求
	激光直写光刻	带电粒子束直写光刻		
IC前道制造	满足低端IC制造需求	-	满足中高端IC制造需求	高
IC、FPD掩膜版制版	FPD制造所需的掩膜版制版及IC制造所需的中低端掩膜版制版需求	满足IC制造高端掩膜版制版需求	-	中等
IC后道封装	满足先进封装需求	-	满足先进封装需求	较低
FPD制造	满足低世代线需求	-	满足中高世代线需求	较低

图：直写光刻、接近接触式光刻、投影式光刻示意图



图：LDI激光直写示意图



铜电镀：金属化设备名义产能已达到量产要求，设备、工艺、材料、环保等方面尚待成熟

□ **金属化**：目前产业主要在开发的是水平电镀、VCP电镀和VDI电镀。

- 东威科技第三代垂直连续电镀设备产能8000片/小时，可达量产要求；1GW电镀设备需2-3台，一台设备对应价值量在1500-2000万元，1GW电镀设备价值量约5000万左右；若验证顺利有望于23年底前导入量产；
- 罗博特科目前一套单轨产线的铜电镀设备对应的标准配置是600MW，单轨700-800MW的设备也可进行定制化开发，在2月底或3月初将进入第二阶段验证，与自动化设备进行全面对接，收集整线跑通数据结果。

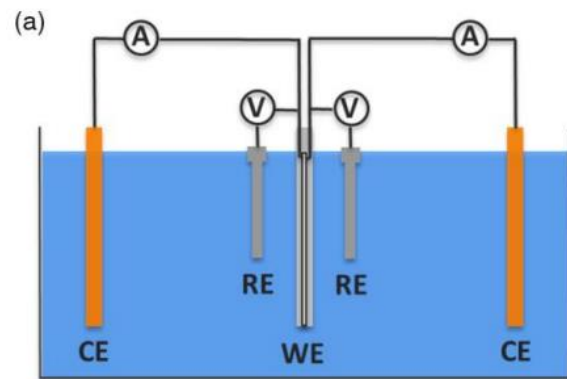
表：双面水平电镀、垂直连续电镀和VDI电镀之间比较

	水平电镀	VCP电镀	VDI电镀
设备企业	捷得宝	东威科技	罗博特科
产能		8000片/小时	单轨产能600-800MW
产业进展		若验证顺利，23年底前导入量产	第一阶段可行性论证通过，在2月底或3月初将进入第二阶段验证，与自动化设备全面对接，收集整线跑通数据结果

□ 量产难点：

- **设备端**：如何控制低成本情况下实现稳定的大产能是关键；
- **工艺端**：（1）铜栅线相比银栅线更容易出现脱栅：铜栅线是实心的，且栅线宽度更细，细栅线与TCO的接触面积更小；（2）铜栅线的氧化问题：铜栅线在制作过程中会在两个环节可能被氧化，一是用磁控溅射做完的种子层需要进入显影液中时；二是电池片生产完成没有短时间内完成封装时，防止铜氧化的解决办法是镀锡，锡的厚度约为1微米；
- **材料端**：图形化环节中可以匹配光伏需求的低成本油墨开发较难；
- **环保端**：铜电镀由于湿法工艺较多，会产生较多含铜的工业废水。

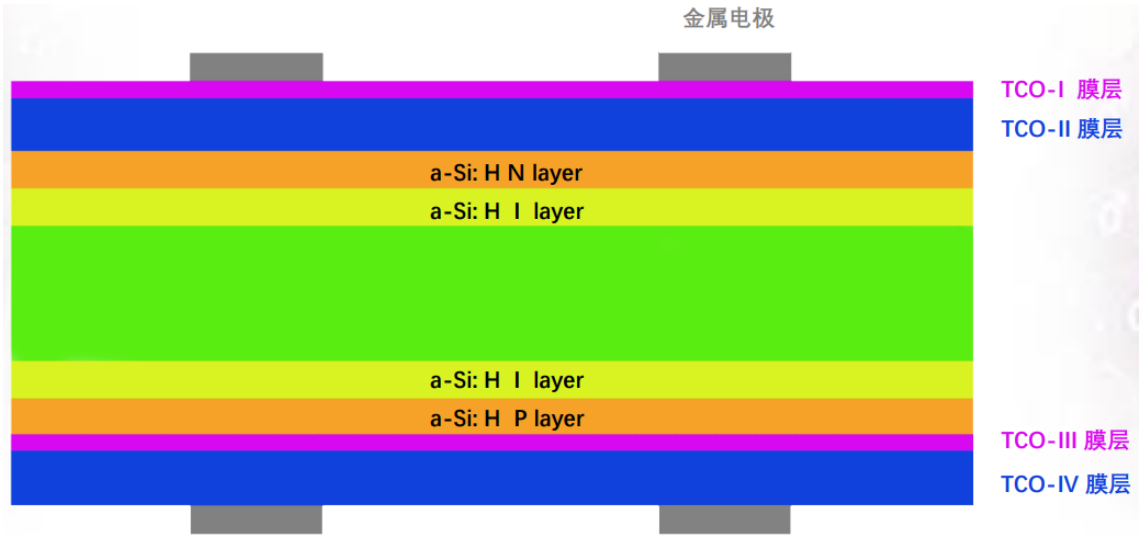
图：垂直电镀的原理示意图



无铟化：TCO膜层各项要求较高，可通过复合膜层等方式实现降本

- HJT电池中的TCO膜层需同时满足多项要求，未来有望通过设备改进或复合膜层的设计来降低靶材成本。HJT电池中的TCO膜层需同时满足透明性好、电导率高、与其接触的硅薄膜的功函数相匹配、靶材料成本要足够低、镀成的薄膜较为稳定等要求。功函数匹配方面，由于HJT在HJT电池中TCO膜层与N型或P型非晶硅膜层接触，属于半导体与半导体接触，TCO膜与金属电极接触，属于半导体和金属接触；这两种界面之间，当材料间功函数不匹配时会产生大的接触电阻。
- 目前HJT电池中较高的靶材成本主要由稀有元素铟构成，2023年2月23日铟价为230美元/公斤，未来可能通过复合膜层等方式来减少铟的用量。

图：应用TCO复合膜层的HJT电池结构示意图



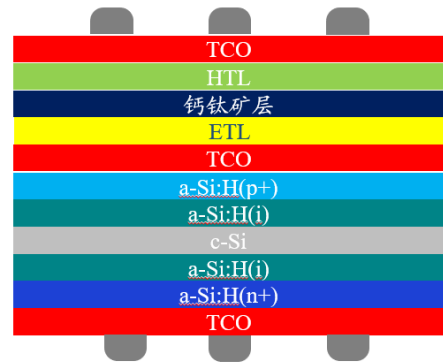
4

HJT远期破局之道：钙钛矿叠层

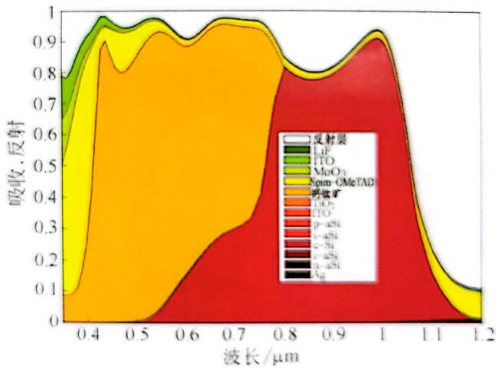
异质结与钙钛矿具有良好的叠层电池匹配度，国内企业已开始陆续布局

- 钙钛矿太阳电池和传统晶硅太阳电池叠加形成的叠层太阳电池，宽带隙钙钛矿材料吸收短/中波段入射光，窄带系单晶硅材料吸收中/长波段入射光，可最大限度利用太阳光。
- HJT/钙钛矿叠层电池可实现更高的光电转换效率：在转化效率贡献上，异质结可以贡献25%–26%的转化效率，而钙钛矿叠层则是增加其3%–5%增量效益。

图：HJT/钙钛矿叠层电池结构



图：钙钛矿吸收短波长的光，晶硅层吸收长波长光

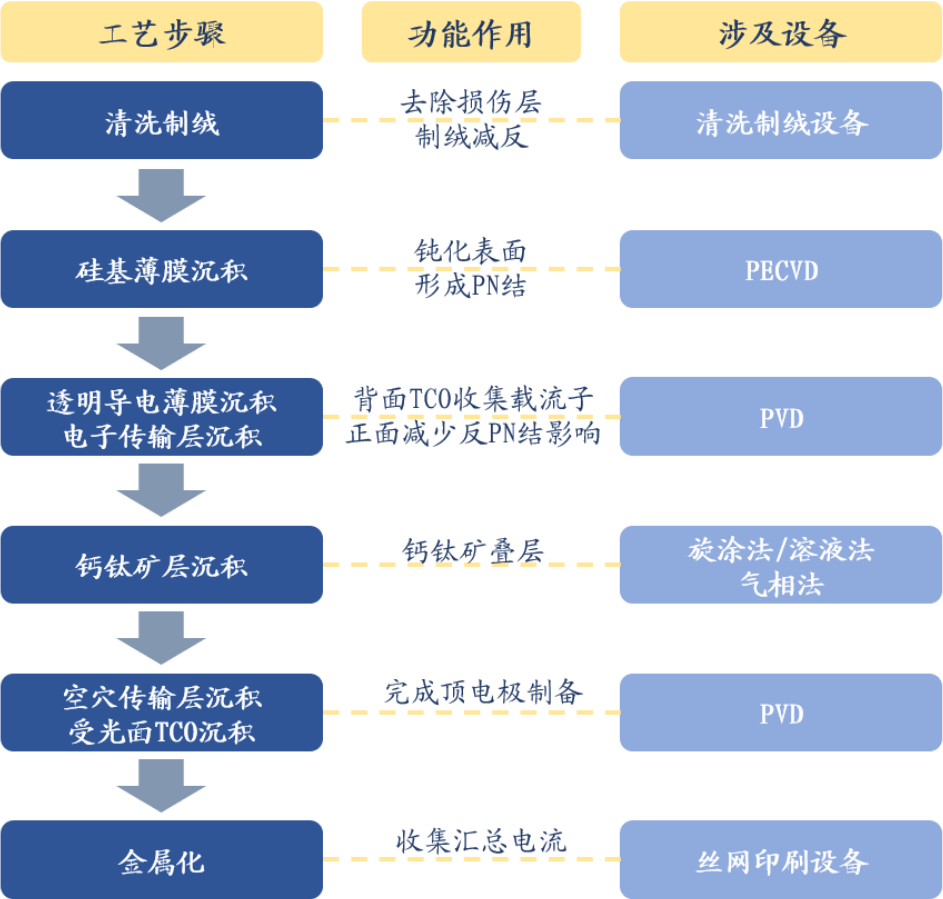


- **已有中试线：**华晟新能源（完成实现钙钛矿–HJT叠层电池 M6 大面积叠层均匀制备，目标2025年实现G12异质结钙钛矿晶硅叠层电池效率30%，G12–132组件功率840W+）、牛津光伏（金风科技入股，已有钙钛矿叠层电池产线）；
- **中试线规划建设中：**宝馨科技（布局2GW异质结电池项目，与张春福、朱卫东教授团队建立HJT–钙钛矿叠层电池合作关系，2024年启动100MW钙钛矿叠层线的建设，实验室效率大于32%，加速老化等效外推达到25年；2026年钙钛矿/异质结叠层GW级产线升级，实现量产210半片钙钛矿/异质结叠层电池，电池效率在基底异质结的基础上提升率大于15%，首年衰减不超过3%，以后每年衰减不超过0.5%）；
- **已有实验线：**晶科能源（实验室中研发，Topcon/钙钛矿叠层太阳能电池效率达27.6%）、通威股份（钙钛矿实验室已经建立完成，首块钙钛矿电池原定2022年内下线）。

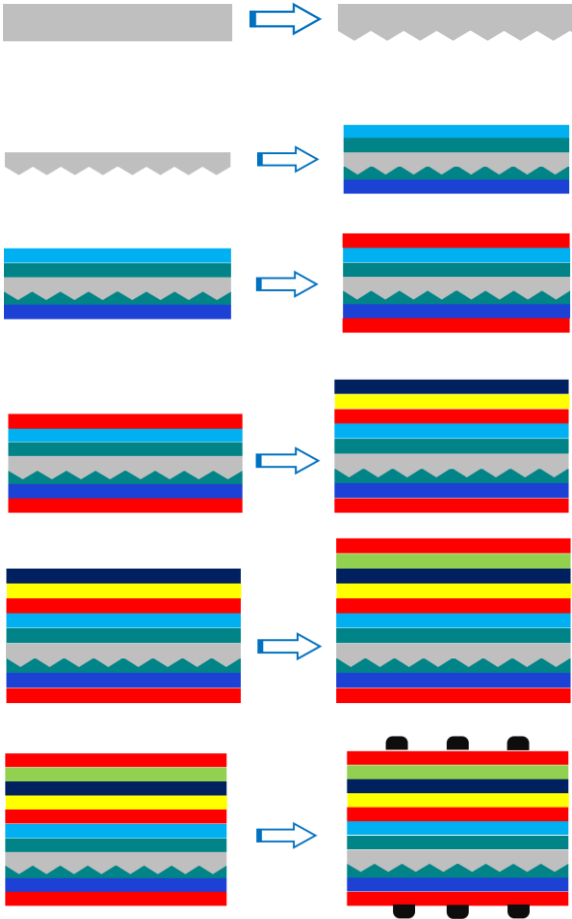
异质结/钙钛矿叠层电池制备流程包括6步

异质结/钙钛矿叠层电池制备流程包括6步：（1）清洗制绒；（2）硅基薄膜沉积（钝化表面结构，形成PN结）；（3）透明导电薄膜沉积；（4）ETL层和钙钛矿层沉积；（5）HTL层和受光面TCO层沉积；（6）金属化。

图：HJT-钙钛矿叠层电池生产步骤



图：HJT-钙钛矿叠层电池生产步骤示意图



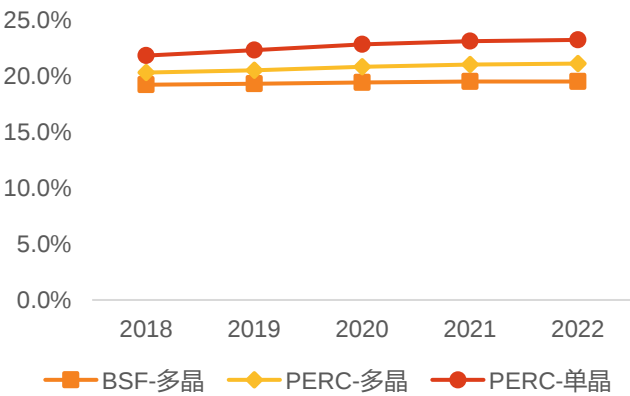
5

HJT大规模商业化需要三大前置条件；
23年重点看浆料成本，23年底HJT电池片单W成本预计比TOPCon高0.03元；
24年重点看靶材成本，24年底HJT电池片单W成本预计比TOPCon高0.02元或持平。

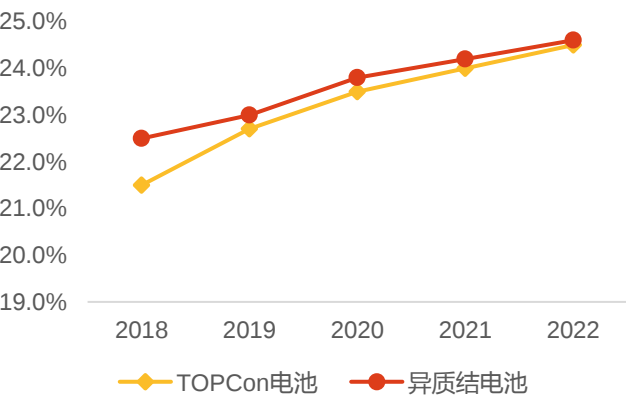
HJT大规模商业化的前置条件：相比TOPCon效率高约1%、成本即将打平、相关供应链成熟稳定

电池效率方面：HJT在电池绝对效率上需比TOPCon电池高约1%。根据CPIA，2022年TOPCon电池平均转换效率为24.5%，HJT电池平均转换效率为24.6%，HJT相比TOPCon尚未体现出效率上的明显优势。由于TOPCon电池的初始设备投资成本约1.8亿元/GW，HJT预计为3.5亿元/GW，展望远期来看HJT的初始设备投资依旧会高于TOPCon，若HJT组件和TOPCon组件的单W盈利相同，就算单W生产成本可与TOPCon打平，同样在5年的技术迭代周期内HJT的盈利能力也不如TOPCon。因此，我们认为在以TOPCon为对标之下，HJT大规模商业化的前置条件之一为需在效率上领先TOPCon约1%。若以TOPCon25%的电池效率计算，1%的绝对效率增益对应组件功率约4%的提升，理论上在组件端相比TOPCon可获得约2毛的溢价，即使在相对保守的假设下进行测算，溢价预计可达到约1毛，相应HJT的成本回收周期可与TOPCon持平甚至更短，后续盈利能力也会更强。

图：2018-2022年间PERC电池与BSF电池效率



图：2018-2022年间HJT电池与TOPCon电池效率



HJT大规模商业化的前置条件：相比TOPCon效率高约1%、成本即将打平、相关供应链成熟稳定

- **成本方面：**行业开始大规模扩产新型电池的时间点是在成本即将打平时，而非完全打平时。行业开始进行新型电池技术路线的迭代升级时，新型电池的总成本往往略高于原有电池路线，凭借更高组件功率获得的溢价可在整体经济性上占优。2022年TOPCon电池片单W成本相比PERC高0.04元，HJT相比PERC高0.11元，我们预计23年底TOPCon单W电池片成本可以与PERC打平，HJT相比PERC略高。我们认为HJT降本进度取决于以下几方面，一是量产应用双面微晶后的HJT电池效率和生产运行稳定性；二是串焊机是否可支持更薄厚度的硅片和0BB组件；三是银包铜在电站端的可靠性验证；四是设备零部件是否可进一步国产化来降低整线投资成本。
- **供应链稳定性方面：**我们认为HJT大规模商业化需主流大厂的认可，建立成熟稳定的供应链体系相对重要。

图：2022年PERC、TOPCon、HJT成本对比

含税价格	单位	PERC	TOPCon	HJT
硅片成本	元/W	0.81	0.80	0.76
浆料成本	元/W	0.06	0.08	0.14
靶材成本	元/W	-	-	0.044
设备折旧	元/W	0.013	0.018	0.036
人工成本	元/W	0.01	0.02	0.02
电力成本	元/W	0.027	0.028	0.024
其他成本+期间费用	元/W	0.10	0.10	0.10
非硅成本合计	元/W	0.21	0.24	0.36
电池片成本	元/W	1.02	1.05	1.12
电池片良率		99.0%	98.0%	98.0%
电池片全成本	元/W	1.03	1.07	1.14

成本测算：硅料价格下降至10万元/吨时，HJT单W硅片成本预计相比TOPCon节约0.04元

2023年需关注硅料价格下降对于HJT与TOPCon动态成本比较上的影响，经我们测算，当硅料价格由25万元/吨下降至15万元/吨和10万元/吨时，HJT相比TOPCon在单W硅片成本上均会由节约0.06元变为节约0.04元：

- 23年初，假设按硅料25万元/吨、硅片厚度TOPCon140μm、HJT130μm，HJT单W硅片成本相比TOPCon节约0.06元；
- 23年底，假设按硅料15万元/吨、TOPCon硅片130μm、HJT 硅片120μm，HJT单W硅片成本相比TOPCon节约0.04元；
- 24年底，按相对极限值去测算，即硅料价格10万元/吨、TOPCon硅片125μm、HJT硅片100μm，HJT单W硅片成本相比TOPCon同样会节约0.04元。

表：不同硅料价格下HJT、TOPCon单W硅片成本测算

硅料价格（万元/吨）	10		15		20		25	
	TOPCon	HJT	TOPCon	HJT	TOPCon	HJT	TOPCon	HJT
硅片尺寸	182	210	182	210	182	210	182	210
中环硅片厚度（ μ m）	130	130	130	130	140	130	140	130
中环硅片价格（元/pc）	5.49	7.27	5.94	7.81	6.52	8.35	7.00	8.89
电池片效率	25.5%	26.0%	25.0%	25.5%	24.8%	25.3%	24.5%	25.0%
单片电池片功率（W）	8.44	11.47	8.27	11.25	8.20	11.16	8.10	11.03
实际使用硅片厚度（ μ m）	125	100	130	120	140	130	140	130
实际使用硅片价格（元/片）	5.46	7.02	5.94	7.68	6.52	8.35	7.00	8.89
单W硅片成本（元/W）	0.65	0.61	0.72	0.68	0.79	0.75	0.86	0.81
HJT-TOPCon单W节约（元）		-0.04		-0.04		-0.05		-0.06

成本测算：硅料降价后23年重点看浆料成本，年底HJT电池片单W成本预计比TOPCon高0.03元；24年重点看靶材成本，若实现无钨化则有望与TOPCon电池片打平

2023年硅料价格下降后需重点关注HJT浆料降本进展，

- 假设2023年底硅料价格按15万元/吨，HJT在应用0BB+银包铜后预计浆料成本为0.08元/W，则2023年底HJT单W电池片全成本预计比TOPCon贵0.03元；
- 假设2024年底硅料价格按10万元/吨，HJT单W浆料成本进一步下降至0.07元/W，同时HJT靶材成本若可降至0.003元/W左右，则HJT电池片全成本有望与TOPCon打平；
- HJT单GW设备投资有望继续下降，初始投资回收周期有望进一步缩短。我们预计，HJT设备折旧成本当前约0.036元/W，后续伴随PECVD腔体等零部件国产化程度提高后，HJT整线设备价格有望降至3亿元左右，届时不止设备折旧费用更低，HJT成本回收周期也更短，性价比将会更高。

表：2023年年底三种电池成本对比

含税价格	单位	PERC	TOPCon	HJT
硅片成本	元/W	0.75	0.72	0.68
浆料成本	元/W	0.05	0.06	0.08
靶材成本	元/W	-	-	0.034
设备折旧	元/W	0.013	0.018	0.036
人工成本	元/W	0.01	0.02	0.02
电力成本	元/W	0.02	0.02	0.02
其他成本+期间费用	元/W	0.10	0.10	0.10
非硅成本合计	元/W	0.19	0.22	0.29
电池片成本	元/W	0.94	0.94	0.97
电池片良率		99.0%	98.0%	98.0%
电池片全成本	元/W	0.95	0.96	0.99

表：2024年年底三种电池成本对比

含税价格	单位	PERC	TOPCon	HJT
硅片成本	元/W	0.70	0.65	0.61
浆料成本	元/W	0.05	0.05	0.07
靶材成本	元/W	-	-	0.023
设备折旧	元/W	0.013	0.016	0.03
人工成本	元/W	0.01	0.02	0.02
电力成本	元/W	0.02	0.02	0.02
其他成本+期间费用	元/W	0.10	0.10	0.10
非硅成本合计	元/W	0.19	0.20	0.26
电池片成本	元/W	0.89	0.85	0.88
电池片良率		99.0%	98.0%	98.0%
电池片全成本	元/W	0.90	0.87	0.89

行业扩产：2023年HJT扩产规模预计50-60GW，2024年预计90-100GW

□ 随着 HJT 经济性逐步凸显，2023年HJT扩产规模预计50–60GW，2024年预计90–100GW，目前进展较快的包括：

- 东方日升目前主要的在建电池组件产能是位于宁波的“浙江宁海5GW N型超低碳高效异质结电池片与10GW高效太阳能组件项目”、位于江苏金坛的“4GW高效太阳能电池片和6GW高效太阳能电池组件项目”以及位于安徽滁州的“年产 10GW高效太阳能电池项目”，上述项目将于2023年上半年逐步投产；
- 华晟新能源2022年12月底异质结产品累计出货量达1GW，根据公司规模，23 年底总产能将达 15GW；
- 金刚光伏酒泉项目首批生产线进入调试阶段，根据公司规模，23Q1 酒泉双面微晶项目将出片，23 年公司产能将达 6GW。

6 投资机会

设备：建议关注迈为股份、捷佳伟创、帝尔激光、罗博特科、东威科技、芯碁微装、奥特维

PECVD设备

- **迈为股份（机械团队覆盖）**：可提供异质结电池制造整体解决方案，异质结大规模放量的三大前置条件我们认为2024年可能会满足，对应2024年HJT扩产量级有望超预期，同时需关注2023年主流客户的HJT设备选择和公司自身0BB进展；
- **捷佳伟创（机械团队覆盖）**：公司PE-poly装备技术方案成为TOPCon技术路线的主流选择，市占率已超过50%，HJT设备从0到1，HJT板式PECVD路线微晶工艺的量产平均转换效率持续稳定达到25%以上；

金属化设备

- **帝尔激光（机械团队覆盖）**：激光转印设备在HJT上可节约30%-40%浆料并带来电池效率0.3%以上的提升；
- **罗博特科**：1)公司异质结电池铜电镀设备已于2022年12月成功交付，该套方案重点解决了目前生产中产能低、运营成本高等核心问题，具有产能大、柔性强、易维护等典型的技术特点，将帮助用户有效降低初始投资及设备运行成本；2)公司与国家电投集团双方就铜栅线异质结电池VDI电镀技术的解决方案展开合作，包括双方现有技术或工艺的验证及量产化应用、新技术及工艺的合作开发以及铜电镀相关工艺和设备的开发应用；
- **东威科技（机械团队覆盖）**：HJT铜电镀VCP电镀设备，已有8000片/h设备，后续关注客户端验证结果；
- **芯碁微装（机械团队覆盖）**：2022年底公司激光直写设备产能6000片/小时，后续产能有望进一步提升，价格有望进一步下降；

0BB组件设备

- **奥特维（电新、机械团队联合覆盖）**：公司的串焊机针对SMBB技术已经成熟量产，同时也在验证0BB串焊工艺。

主材：建议关注东方日升、三五互联；辅材重点推荐赛伍技术、聚和材料

主材

- **东方日升**：公司浙江宁海5GW N型超低碳高效异质结电池片与10GW高效太阳能组件项目的相关设备招投标工作已陆续完成，截至2023年2月，公司江苏金坛中试线产出的异质结电池平均效率达25.2%以上，良率达98.5%；
- **三五互联**：公司拟在眉山市建设8GW超高效异质结（HJT）电池生产线，总投资约40亿元，2024年6月30日前完成5GW生产线建设并正式投产；2025年6月30日前计划完成全部8GW生产线建设并实现满产。

辅材

- **赛伍技术（电新、基础化工团队联合覆盖）**：转光膜既可以保证异质结组件初始功率，又能保证比较少的组件衰减，经过测算，使用赛伍技术光转膜，组件厂出厂功率目前基本在每块组件上可以实现大约1.5%的增益。2023年2月15日，赛伍技术光转膜—Raybo™ film（镭博胶膜）成功面向客户完成批量交付；
- **聚和材料**：异质结电池高导电低温银浆已实现客户端量产，技术持续精进中。

风险提示

- **新技术进展不及预期。**如果HJT相关降本技术的验证或应用结果不达预期，可能会影响HJT的降本速度和需求释放。
- **技术路径颠覆。**如果原有的生产技术被新的生产技术所颠覆或取代，可能会对原有技术对应的设备生产商或材料生产商造成负面影响，也可能导致选择不同技术路径的生产商的格局发生变化。
- **竞争格局恶化。**HJT处于产业化初期，参与者相对较少。未来随着行业规模扩大，可能会有越来越多新公司加入竞争，导致竞争格局恶化。
- **部分测算基于主观假设，仅供参考。**

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

天风证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。天风证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。天风证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

特别声明

在法律许可的情况下，天风证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到天风证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的6个月内，相对同期沪深300指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益20%以上
		增持	预期股价相对收益10%-20%
		持有	预期股价相对收益-10%-10%
		卖出	预期股价相对收益-10%以下
行业投资评级	自报告日后的6个月内，相对同期沪深300指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅5%以上
		中性	预期行业指数涨幅-5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅-5%以下

THANKS