

光伏设备2024年半年报总结：
业绩阶段承压，新技术产业化加速推进&看好龙头设备商穿越周期

首席证券分析师：周尔双

执业证书编号：S0600515110002

联系邮箱：zhouersh@dwzq.com.cn

证券分析师：李文意

执业证书编号：S0600524080005

联系邮箱：liwenyi@dwzq.com.cn

2024年9月18日

2024H1各环节光伏设备公司业绩普遍承压

◆ 图：2023年及2024H1各环节光伏设备公司业绩情况

	证券代码	公司名称	2023年						2024H1					
			营收(亿元)	营收同比(%)	归母净利润(亿元)	归母净利润同比(%)	毛利率(%)	归母净利率(%)	营收(亿元)	营收同比(%)	归母净利润(亿元)	归母净利润同比(%)	毛利率(%)	归母净利率(%)
硅料设备	600481	双良节能	231.5	60%	15.0	57%	15%	7%	69.8	-42%	-12.6	-303%	-6%	-18%
光伏硅片设备	300316	晶盛机电	179.8	70%	45.6	56%	42%	30%	101.5	21%	21.0	-5%	37%	24%
	688556	高测股份	61.8	73%	14.6	85%	42%	24%	26.5	5%	2.7	-62%	26%	10%
	835368	连城数控	60.0	59%	6.8	51%	27%	9%	25.3	34%	3.2	38%	32%	13%
光伏电池片设备	300751	迈为股份	80.9	95%	9.1	6%	31%	11%	48.7	70%	4.6	9%	31%	9%
	300724	捷佳伟创	87.3	45%	16.3	56%	29%	19%	66.2	62%	12.3	63%	32%	19%
	300776	帝尔激光	16.1	21%	4.6	12%	48%	29%	9.1	34%	2.4	36%	48%	26%
光伏组件设备	688516	奥特维	63.0	77%	12.6	76%	37%	20%	44.2	75%	7.7	47%	34%	18%
	603396	金辰股份	22.5	15%	0.9	39%	30%	5%	12.4	8%	0.5	4%	28%	5%
	300757	罗博特科	15.7	74%	0.8	195%	23%	5%	7.2	15%	0.5	253%	29%	8%
热场	688598	金博股份	10.7	-26%	2.0	-63%	27%	19%	3.4	-43%	-1.0	-136%	0%	-30%
光伏设备行业合计			829	60%	128	46%	30%	15%	414	11%	41	-31%	26%	10%



■ 1、中报总结：业绩短期承压，静待行业复苏

■ 2、硅片设备：低氧单晶炉&钨丝金刚线&薄片化未来可期

■ 3、电池设备：新质生产力HJT降本增效加速推进，看好龙头设备商

■ 4、组件设备：OBB&叠栅等拉长景气周期

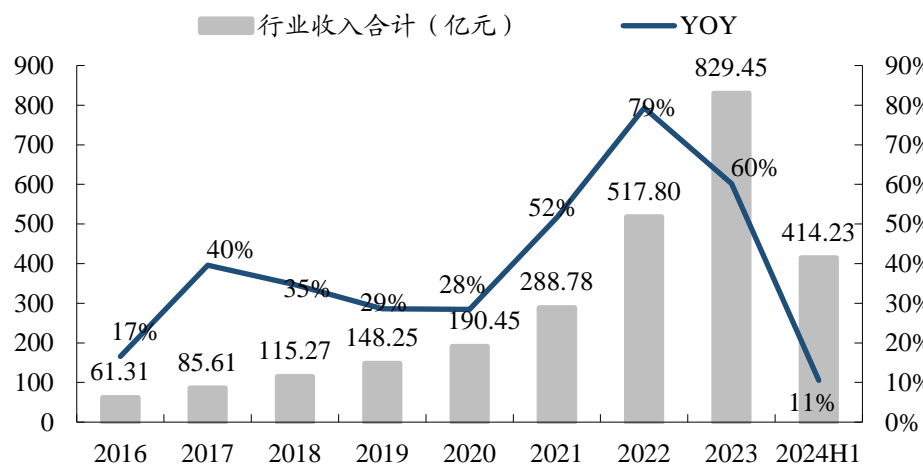
■ 5、投资建议

■ 6、风险提示

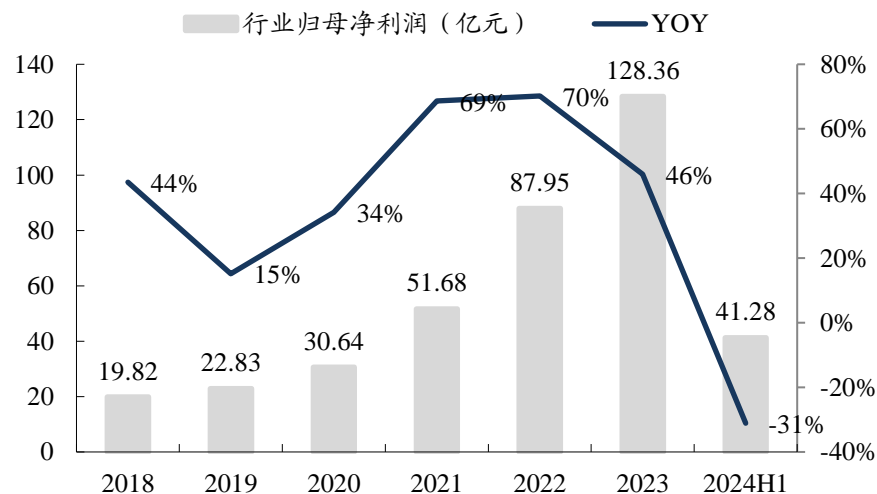
1.1 行业收入增速放缓，利润短期承压

- 我们选取的光伏设备行业代表性企业共11家，分别为晶盛机电、高测股份、连城数控、迈为股份、捷佳伟创、帝尔激光、奥特维、金辰股份、金博股份、双良节能、罗博特科。
- **收入端：**2024H1合计实现营业收入414.23亿元，同比+11%，增速较2023年同期放缓。
- **利润端：**2024H1合计实现归母净利润41.28亿元，同比-31%，利润下滑主要系收入增速放缓、毛利率有所下降、减值损失计提增多等影响。
- **光伏装机需求持续增长&技术迭代重置产能背景下，看好光伏行业触底反弹：**
 - **（1）下游光伏装机增长带来新增设备需求：**2024H1国内新增装机量102.48GW，同比+31%。我们判断，随着2024年产业链价格触底，新增装机需求有望进一步爆发，看好2024年国内外装机需求持续提升。
 - **（2）降本增效大趋势下，技术催化设备更新迭代快：**一般来说，硅片、电池片设备更新替换周期约5年，而组件设备更新替换周期仅2年左右，使得光伏设备脱离传统设备行业的二阶导属性。硅片端，硅片薄片化&低氧单晶炉&钨丝金刚线推动技术革新；电池端，新质生产力HJT降本增效加速推进；组件端，OB&叠栅等新技术未来可期。

◆ 图：2024H1行业收入合计达414.2亿元，同比+11%



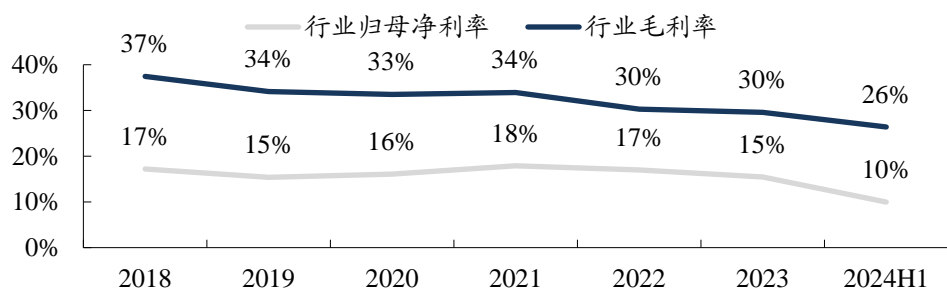
◆ 图：2024H1行业归母净利润达41.3亿元，同比-31%



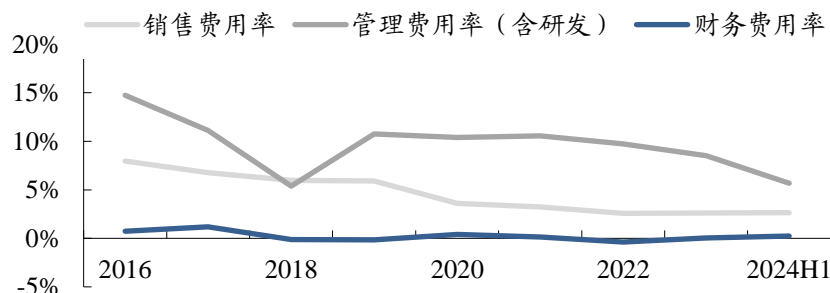
1.2 行业盈利能力受减值等影响有所下滑

- 2024年光伏设备行业毛利率为26%，同比-3pct；行业归母净利率为10%，同比-5pct。行业归母净利率有所下滑主要系下行周期产品跌价导致的毛利率下滑以及存货跌价损失和信用减值损失计提所致。2024H1光伏设备行业存货跌价损失为13.7亿元，超出2023年全年的12.5亿元，同比增长247%，2024H1光伏设备行业信用减值损失为7亿元，超出2023年全年的6.02亿元，同比增长183%。
- 随着行业规模提升，控费能力逐渐增强，行业期间费用率保持平稳，2024H1行业平均期间费用率为8.6%，同比-2.6pct。2024H1行业研发费用达11亿元，同比-46%，研发费用率为2.7%。

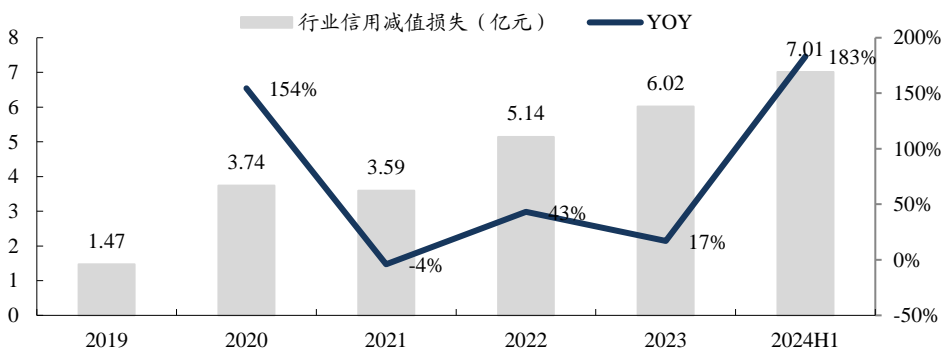
◆ 图：24H1行业毛利率净利率受下行周期产品跌价影响双降



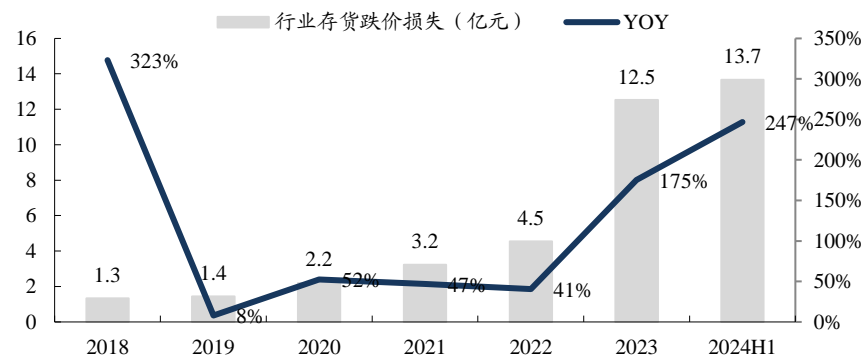
◆ 图：24H1光伏设备行业规模效应下控费能力优异



◆ 图：24H1行业信用减值损失同比大幅增长183%



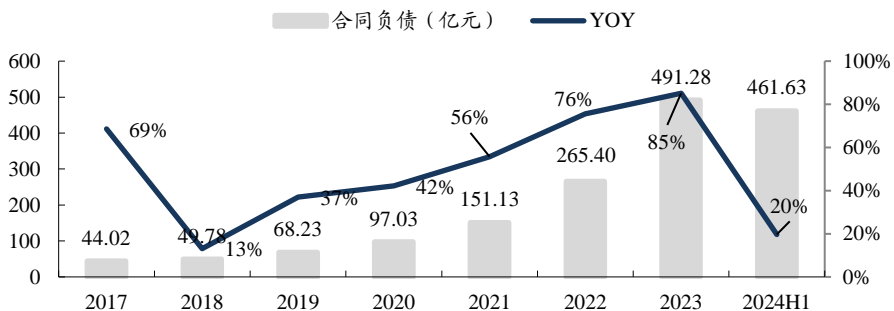
◆ 图：行业存货跌价损失提高



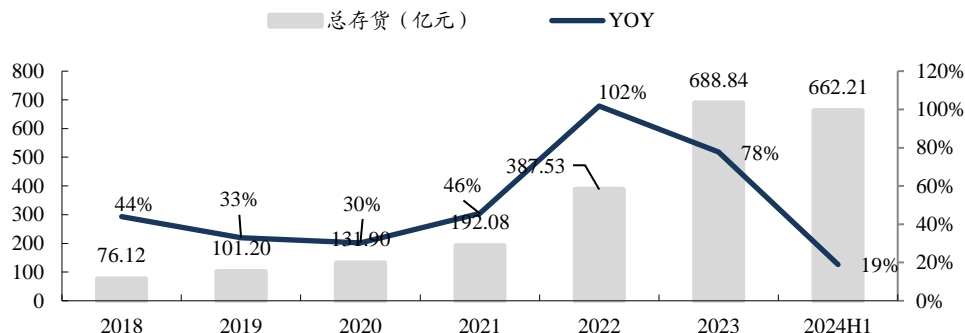
1.3 行业合同负债&存货增速放缓

- **2024H1光伏设备行业合同负债&存货增速有所放缓。**截至2024H1合同负债小幅增长至462亿元，同比+20%。截至2024H1存货增长至662.21亿元，同比+19%，主要占比为发出商品。
- **2024H1光伏设备行业存货周转天数增至360天，环比+28天，**主要受客户收入确认放缓与新增订单物料准备影响；**应收账款周转天数2024H1已升至79天，环比+15天。**

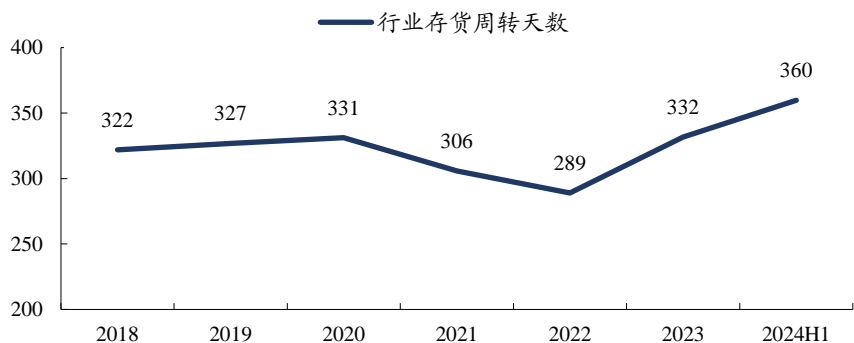
◆ 图：光伏设备行业合同负债增速放缓



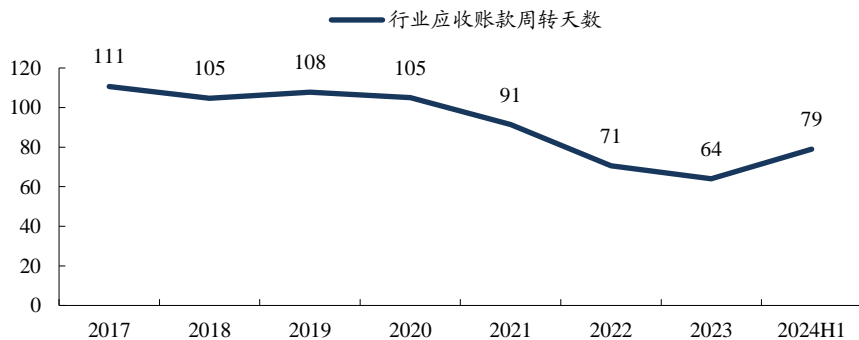
◆ 图：光伏设备行业存货增速放缓



◆ 图：光伏设备行业存货周转天数持续高增



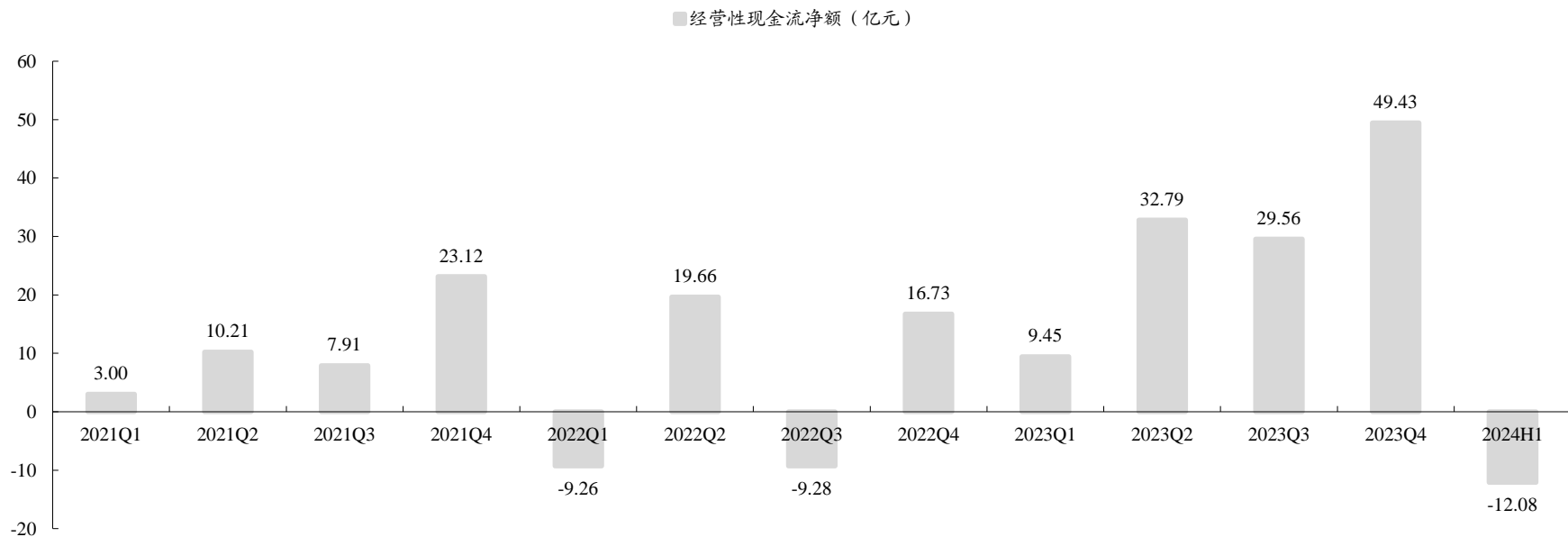
◆ 图：光伏设备行业应收账款周转天数持续高增



1.4 2023Q1-Q4经营活动净现金流良好，2024H1短期承压

- 2020年至2023年，除2022Q1和Q3外，每个季度光伏设备行业的经营性净现金流均为正，行业现金流充足，经营质量良好。
- 2024H1经营活动净现金流为负，主要系两方面原因：（1）下游客户有一定经营压力，付款方式多选择票据结算等；（2）生产经营所需支付的物料采购、薪酬支付等较多。我们认为后续随着行业经营质量改善、设备商加速回款，经营活动净现金流有望改善。

◆ 图：2023Q1-Q4光伏设备行业现金流充足，经营质量良好，2024H1短期承压





- 1、中报总结：业绩短期承压，静待行业复苏

- 2、硅片设备：低氧单晶炉&钨丝金刚线&薄片化未来可期

- 3、电池设备：新质生产力HJT降本增效加速推进，看好龙头设备商

- 4、组件设备：OBB&叠栅等拉长景气周期

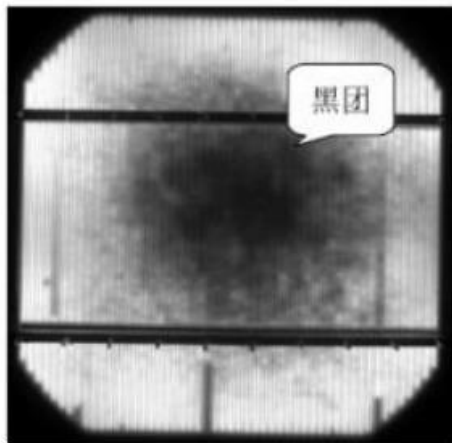
- 5、投资建议

- 6、风险提示

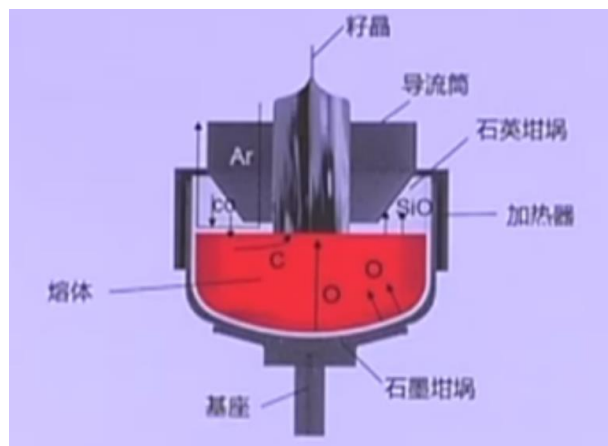
2.1 低氧单晶炉为硅片设备下一代技术趋势

- **TOPCon更容易发生同心圆、黑心片的问题。**主要系高温的硅溶液在坩埚里进行相对高速的对流，因为外面热中间冷，底部热上面冷，硅溶液在坩埚内会形成类似“开锅”现象，造成硅溶液内部出现流动，不停冲刷石英坩埚，而石英就是二氧化硅，其中氧会在冲刷过程中融入硅溶液，造成晶体里含有较多的氧。TOPCon在后续的高温工艺（如B扩散）下，氧容易沉淀形成氧环即同心圆，影响效率和良率，所以TOPCon对硅片氧含量更敏感；而HJT为低温工艺，出现同心圆概率不高，可以选择高氧含量硅片。
- **降氧的解决思路分为两种——削弱杂质溢出（超导磁场）或者增强排杂能力（泵）。**超导磁场可以抑制硅液冲刷，减少氧的析出；优化泵的抽速可以加快氧的排出。

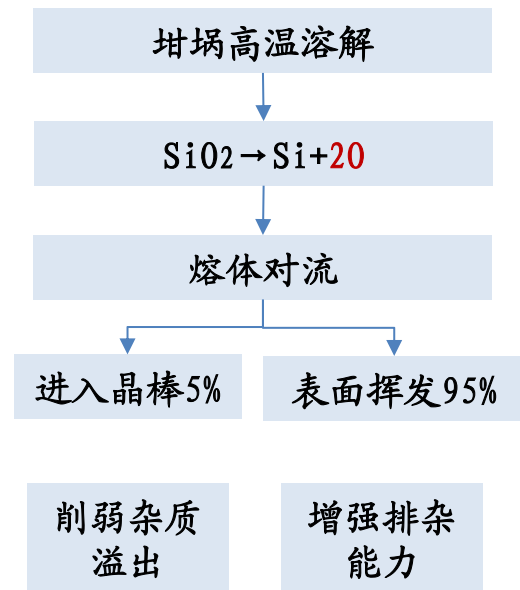
◆ 图：TOPCon黑团问题



◆ 图：降氧的解决思路分为两种



降氧措施

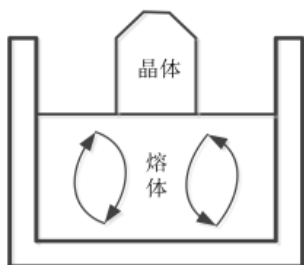


2.2 晶盛推出超导磁场解决方案的低氧单晶炉

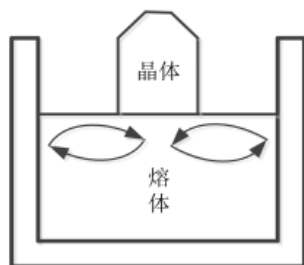
- **超导磁场主要作用是可以减少对流，减少晶体材料里面的氧含量，还可以提升生晶体生长的稳定性，减少缺陷。** 光伏最早没有使用超导磁场，是因为早期的光伏对这些优势并不敏感，PERC电池并不关注氧碳含量等缺陷。近期做TOPCon电池，由于原生含氧量的问题，晶盛进行了加超导磁场的测试，发现超导磁场可以非常有效的抑制对流，对流减弱了之后，长晶过程中，硅溶液冲刷坩埚壁的力度就会下降，导致材料里氧含量会非常显著下降，N型硅片同心圆的问题能够缓解。

◆ 温度梯度和机械旋转产生的自然、强迫热对流

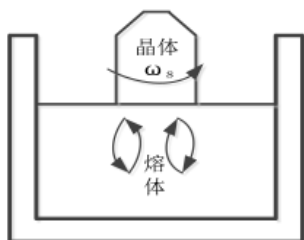
◆ 图：晶盛机电低氧方案



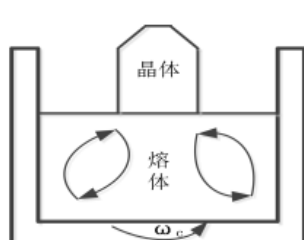
(a) 温度梯度引起的自然对流形态



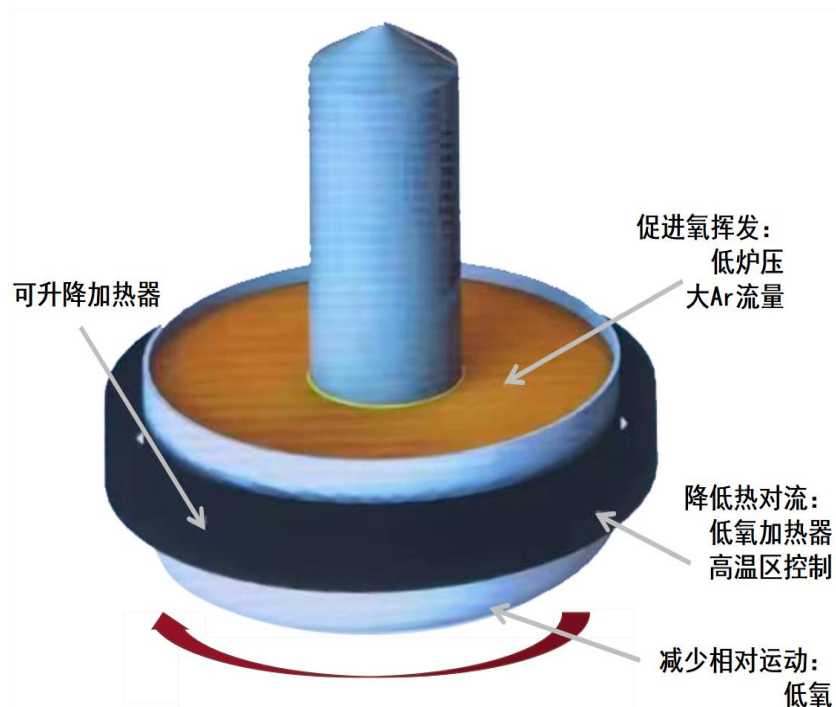
(b) 表面张力引起的表面张力对流形态



(c) 晶体旋转引起的强迫对流形态



(d) 坩埚旋转引起的强迫对流形态



2.3 超导磁场低氧单晶炉放量仍需持续降本+下游盈利修复

- 我们测算得到硅片单瓦盈利3-4分、超导磁场价格50-70万元/台时，设备的回本周期约3年。（1）2023年晶盛超导磁场约150万元/台，2024年有望降到100万元/台（降低30%），未来有望进一步降低至50-70万元/台。（2）单晶炉+磁场可以有效提高硅片拉晶的良率、成晶率，提高10%单产。（3）磁场可以减缓硅溶液对坩埚的冲刷，延长坩埚使用寿命，N型单晶炉产能损耗降低至15%。
- 从超导磁场低氧单晶炉的产业化进度来看，我们认为产业化进度需要磁场进一步降本+下游盈利修复。2023年晶盛超导磁场单晶炉出货量300台左右，下游硅片厂多处于亏损状态，对成本较高的磁场方案较为谨慎，我们认为未来硅片环节的竞争重心为使用更优秀的设备产出更好的材料，超导磁场方案需进一步降低成本、凸显提效优势，实现产业化放量。

◆ 表：硅片单瓦盈利3-4分时，不同价格下超导磁场方案单晶炉的回本周期

硅片单瓦盈利3-4分时，超导磁场方案不同价格下的设备回本周期								
超导磁体价格（万元/台）①	150	140	130	120	110	100	70	50
单晶炉价格（万元/台）②	140	140	140	140	140	140	140	140
单晶炉+超导磁场（万元/台）③=①+②	290	280	270	260	250	240	210	190
单晶炉理论产值（MV/台）④	18	18	18	18	18	18	18	18
单晶炉+超导磁场产能提升（%）⑤	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
产能损耗（%）⑥	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
单晶炉实际产能（MW/台）⑦=④*(1+⑤)*(1-⑥)	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8
单晶炉所需数量（台）⑧=1000/⑦	59	59	59	59	59	59	59	59
单晶炉设备投资额（亿元）⑨=③*⑧	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.2	1.1
硅片价格（元/W）⑩	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
硅片利润率（%）⑪	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
每GW硅片利润（亿元）⑫=⑩*⑪	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
单晶炉设备回本周期（年）⑬=⑨/⑫	4.3	4.2	4.0	3.9	3.7	3.6	3.1	2.8

2.4 晶盛机电单晶炉龙头地位稳固，拓展光伏&半导体领域

- **2024上半年晶盛订单回款情况良好：**截至2024H1末，晶盛机电合同负债为107.2亿元，同比+13%，环比-4%，存货为155.1亿元，同比+25%；公司从2023年开始主动控制接单，在手订单质量较高，2024H1经营活动净现金流为2.87亿元，回款情况良好。
- **光伏设备实现硅片、电池、组件设备全覆盖。**（1）第五代低氧单晶炉助力电池片效率提升，低氧超导磁场单晶炉是确定性趋势；（2）电池片设备：开发了兼容BC和TOPCon工艺的管式PECVD、LPCVD扩散、退火、单腔室多舟ALD和舟干清洗等设备；（3）组件设备：强化叠瓦组件的整线设备供应能力。
- **晶盛半导体设备定位大硅片、先进封装、先进制程、碳化硅。**（1）大硅片：晶盛为国产长晶设备龙头，能提供长晶、切片、研磨、抛光整体解决方案；（2）先进封装：已布局减薄机；（3）先进制程：开发了8-12英寸减压硅外延设备、LPCVD以及ALD等设备；（3）碳化硅外延设备：开发了6-8英寸碳化硅长晶设备、切片设备、减薄设备、抛光设备及外延设备，8-12英寸常压硅外延设备等，推出双片式碳化硅外延设备。
- **材料布局碳化硅衬底&石英坩埚&金刚线。**（1）碳化硅衬底：8英寸碳化硅衬底片已实现批量生产；（2）石英坩埚：加速推进坩埚的产能提升，持续研发高品质超级坩埚；（3）金刚线：一期量产项目投产并实现批量销售，推动二期扩产项目，加快钨丝金刚线研发。

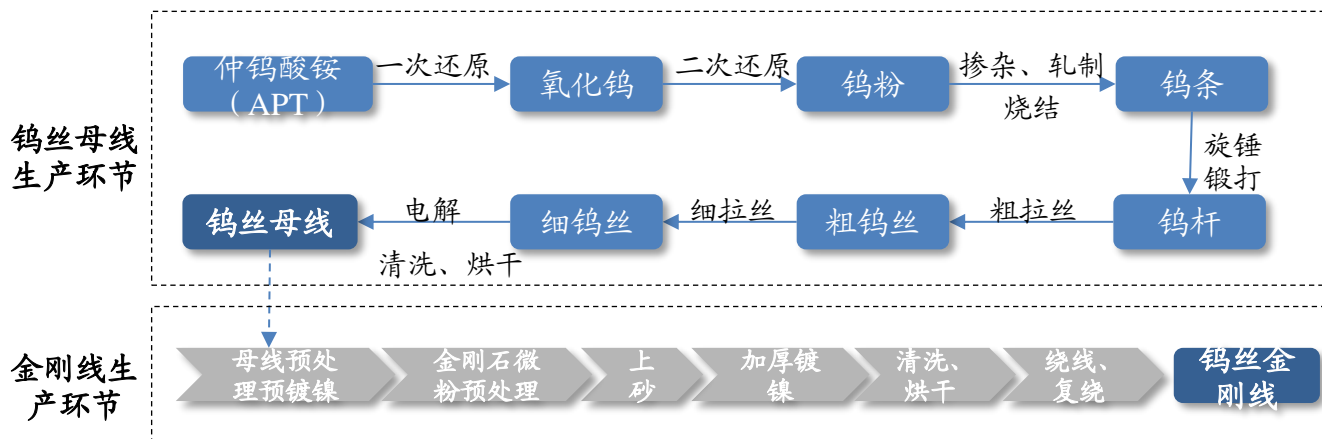
◆ 表：晶盛机电设备季度在手订单&新签订单拆分

【晶盛机电】季度未完成设备订单&新签订单拆分【东吴机械】																								
	2018Q1	2018Q2	2018Q3	2018Q4	2019Q1	2019Q2	2019Q3	2019Q4	2020Q1	2020Q2	2020Q3	2020Q4	2021Q1	2021Q2	2021Q3	2021Q4	2022Q1	2022Q2	2022Q3	2022Q4	2023Q1	2023Q2	2023Q3	2023Q4
季末在手订单(亿元)①	30	24	29	27	25	27	26	36	30	39	59	59	105	115	178	201	222	230	238	254	261	278	288	283
季末半导体设备在手订单(亿元)	1	1	2	5	6	6	5	4	5	5	4	4	6	6	7	11	13	22	25	34	35	33	33	33
季初在手订单(亿元)②	19	30	24	29	27	25	27	26	36	30	39	59	59	105	115	178	201	222	230	238	254	261	278	288
季度设备收入(亿元)③	5.66	6.78	6.46	6.46	5.68	6.11	8.29	11.02	7.16	7.55	10.15	13.25	9.12	13.76	17.04	19.7	15.62	19.34	24.74	25.41	28.80	32.27	33.00	34.05
增值税(亿元)④	0.91	1.08	1.03	1.03	0.74	0.79	1.08	1.43	0.93	0.98	1.32	1.72	1.19	1.79	2.22	2.56	2.03	2.51	3.22	3.30	3.74	4.20	4.29	4.43
	2018				2019				2020				2021				2022				2023			
年度新签订单(亿元)	37				44				66				209				150				173			
	2018Q1	2018Q2	2018Q3	2018Q4	2019Q1	2019Q2	2019Q3	2019Q4	2020Q1	2020Q2	2020Q3	2020Q4	2021Q1	2021Q2	2021Q3	2021Q4	2022Q1	2022Q2	2022Q3	2022Q4	2023Q1	2023Q2	2023Q3	2023Q4
季度新签订单(亿元)⑤=①-②+③+④	18	2	12	6	5	9	8	23	2	18	32	15	56	25	83	45	39	30	35	45	39	53	47	34

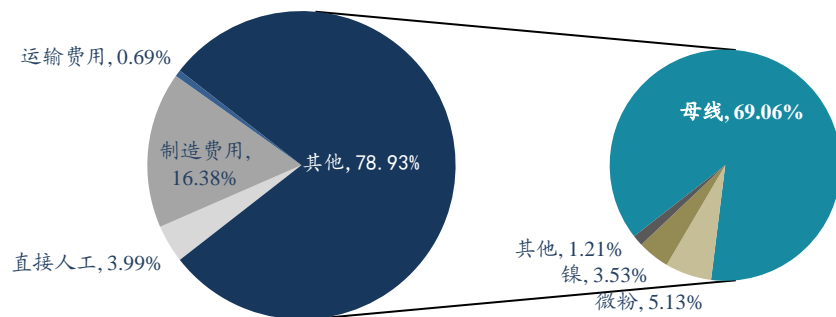
2.5 钨丝金刚线渗透率逐步提升中

● 制约钨丝金刚线快速推广的关键因素在于钨丝金刚线的性价比还不够高。根据2022年聚成科技钨丝金刚线成本结构（对应钨丝母线价格为35 元/km），钨丝金刚线接近70%的成本来源于钨丝母线。截至24年6月，钨丝母线价格15元/km，碳钢丝母线价格5元/km，原材料成本差异仍然较大。而钨丝母线的上游钨金矿价格高以及拉丝的成材率及效率低是导致钨丝母线生产成本高的两大核心因素。

◆ 图：钨丝母线和钨丝金刚线生产工艺流程



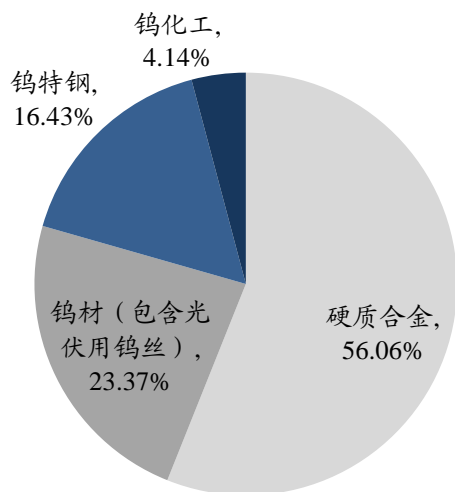
◆ 图：2022年聚成科技钨丝金刚线成本结构（钨丝母线价格为35 元/km）



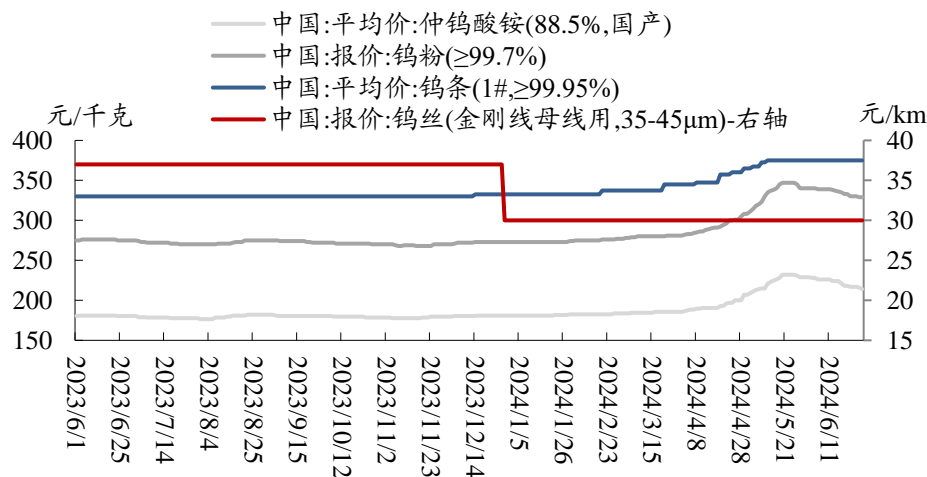
2.5 钨丝金刚线渗透率逐步提升中

- 钨金矿供给偏紧，需求景气上行，预计钨金矿长期价格稳中有升。（1）供给侧：钨矿开采指标配额收紧，钨原料供应约束持续。钨作为一种稀有的国家重要战略资源，被称为“工业的牙齿”，广泛应用于工程机械、金属切削机床、汽车制造、电子信息、航天军工、光伏等领域，由于钨的稀缺性和不可替代性，被世界各国列为重要战略金属，也被誉为“高端制造的脊梁”。2024年3月，国家下调钨矿开采指标，2024年第一批总量控制指标（三氧化钨含量65%）为6.2万吨，同比减少0.1万吨，为2015年以来首次负增长。预计随着国家对钨矿等战略金属资源的重视程度加深，钨原料供应约束或将持续。（2）需求侧：大规模设备更新+光伏钨丝应用持续景气，需求总体改善。钨行业下游需求近六成来自硬质合金，可用于加工刀片等切削工具，应用领域广泛。在未来几年大规模设备更新背景下，钨在硬质合金中的应用需求将有明显改善。此外，钨丝母线替代碳钢母线符合“大尺寸”与“薄片化”趋势，随着钨丝母线头部企业产能持续扩张，规模优势逐步显现，光伏需求有望超预期改善。
- 24H1钨材价格有所上涨，钨丝母线价格逆势下降。根据Wind，2024H1的APT与钨粉价格中枢均较2023H2上涨20%左右，而35-45 μm 钨丝母线价格已从23年的37元/km下降至24年6月的30元/km，即便不考虑钨丝母线的的需求增长，钨丝母线产能释放与细线化对钨丝母线价格的下降作用也超出了上游原材料价格上涨对钨丝母线价格的上涨作用。

◆ 图：2023年钨下游需求结构



◆ 图：2023年6月-2024年6月钨丝母线生产的原材料/中间品/产成品价格走势

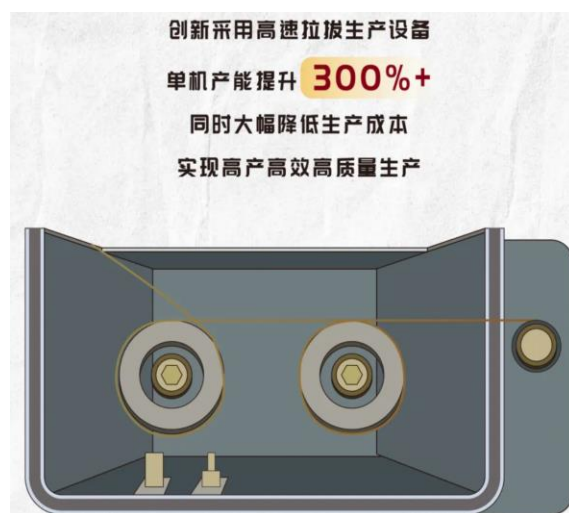
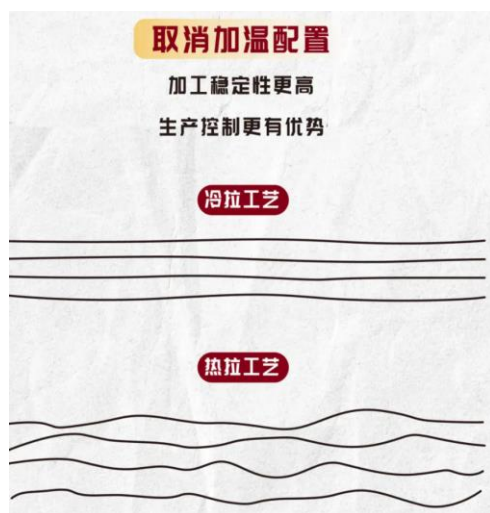
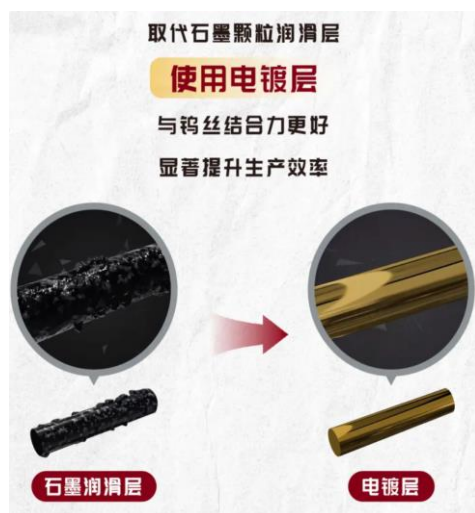


注：Wind显示的钨丝母线价格可能偏高。根据高测，24年3月钨丝母线价格为20元/km；根据草根调研，24年6月钨丝母线价格已下降至15元/km。

2.5 钨丝金刚线渗透率逐步提升中

- 截至2024H1末，热拉法仍是钨丝母线主流成熟生产工艺，但存在生产效率低、生产成本高、质量不稳定等问题。钨丝母线制备在拉丝环节，行业传统采用热拉工艺，石墨颗粒以润滑液的形式通过持续加温固化至钨丝表面，高温环境下存在石墨颗粒分散、可控性差、材料浪费等问题，导致钨丝母线生产效率低、生产成本高、质量不稳定。
- 高测“钨丝冷拉”工艺优势明显，能够克服热拉法下的诸多问题。2024年SNEC展会上，高测首推“钨丝冷拉”工艺，即在拉丝工序创新推出洗白、电镀、多塔轮拉拔工艺，能够大幅提升生产效率和产能（单机产能提升300%），同时降低物料成本，提升稳定性，进而大幅降低钨丝母线的生产成本。长期来看，冷拉生产的钨丝金刚线成本会比热拉低8%-10%。

◆ 图：相比传统热拉法，高测“钨丝冷拉”工艺优势明显



2.5 钨丝金刚线渗透率逐步提升中

◆ 图：钨丝金刚线产业链及竞争格局——看好高测股份和晶盛机电充分受益于钨丝金刚线渗透

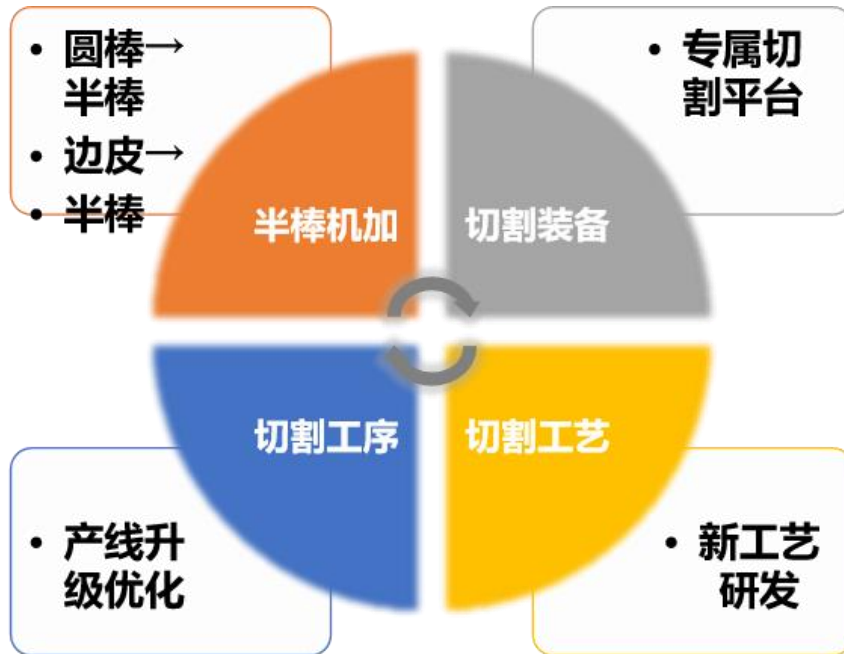


注：假设23年原轶新材金刚线销量为TCL中环硅片产量167GW*金刚线线耗52km/GW*原轶新材在TCL中环中的份额70%；假设23年聚成科技金刚线为TCL中环硅片产量167GW*金刚线线耗52km/GW*原轶新材在TCL中环中的份额30%。

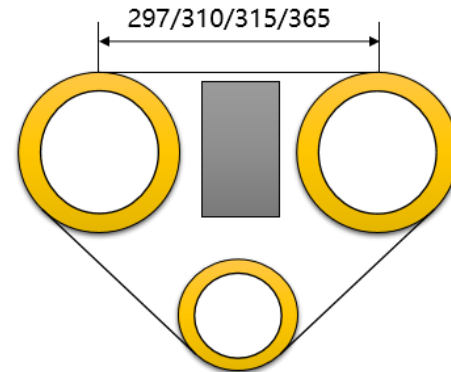
2.6 薄片化&半片切割是切片的重要发展趋势

- 切片发展趋势主要有五点：（1）大尺寸：182mm、210mm等；（2）矩形片：210*105mm、各类规格矩形片等；（3）薄片化：TOPCON/BC片厚130/120 μm ，HJT片厚在向100 μm 甚至80 μm ；（4）细线化：已部分应用5月份发布21 μm ，测试 $\leq 20\mu\text{m}$ ；（5）智能化：提高人员效率，提高产品一致性，提升硅片质量，实现切片全产业链信息协同智能化制造，助力客户降本增效。
- 半棒半片切割核心技术主要有：（1）切割设备：高测GC700XS切割平台；（2）切割工艺：新工艺研发；（3）切割工序：产线升级优化；（4）半棒机加：圆棒半棒、边皮半棒等。

◆ 图：半棒半片切割核心技术



◆ 图：高测GC700XS切割平台

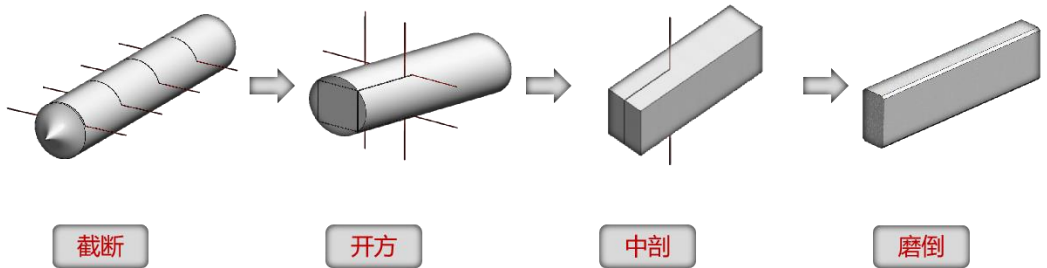


GC700XS切割平台

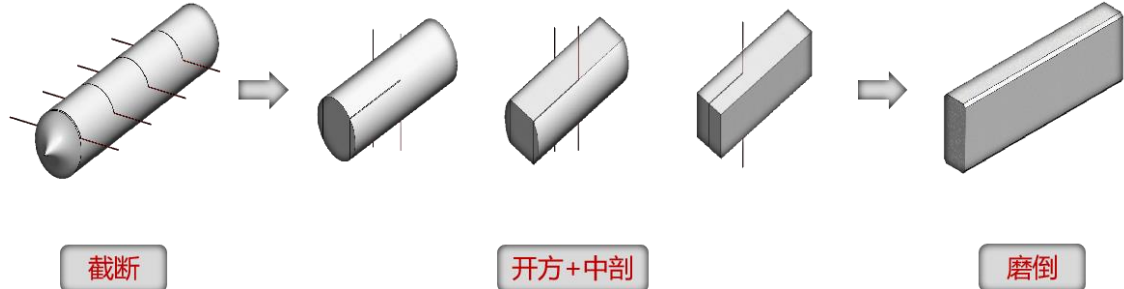
- 轴距：305mm (210X105mm)
- 轴距：310mm (220X110mm)
- 轴距：315mm (230X115mm)
- 轴距：365mm (166mm)
- 主辊开槽范围： $\phi 170\sim 180\text{mm}$ / $\phi 140\sim 150\text{mm}$

2.6 薄片化&半片切割是切片的重要发展趋势

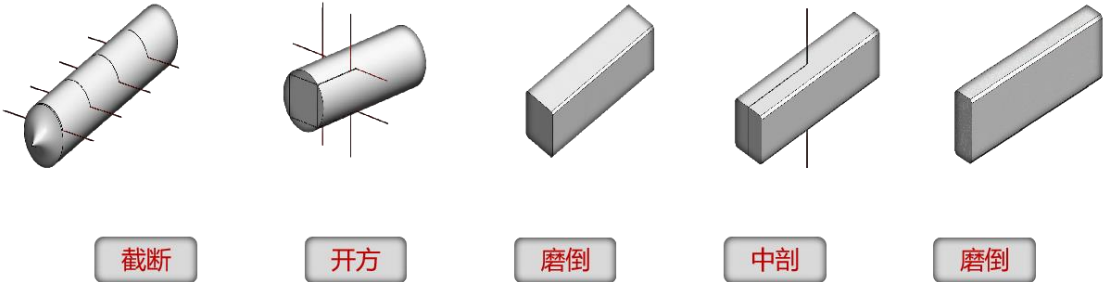
◆ 图：模式一：1.具备新投产能，同时具备产业链加工；2.具有多尺寸规格晶棒加工需求



◆ 图：模式二：异质结专投产能，专用于半棒机加加工



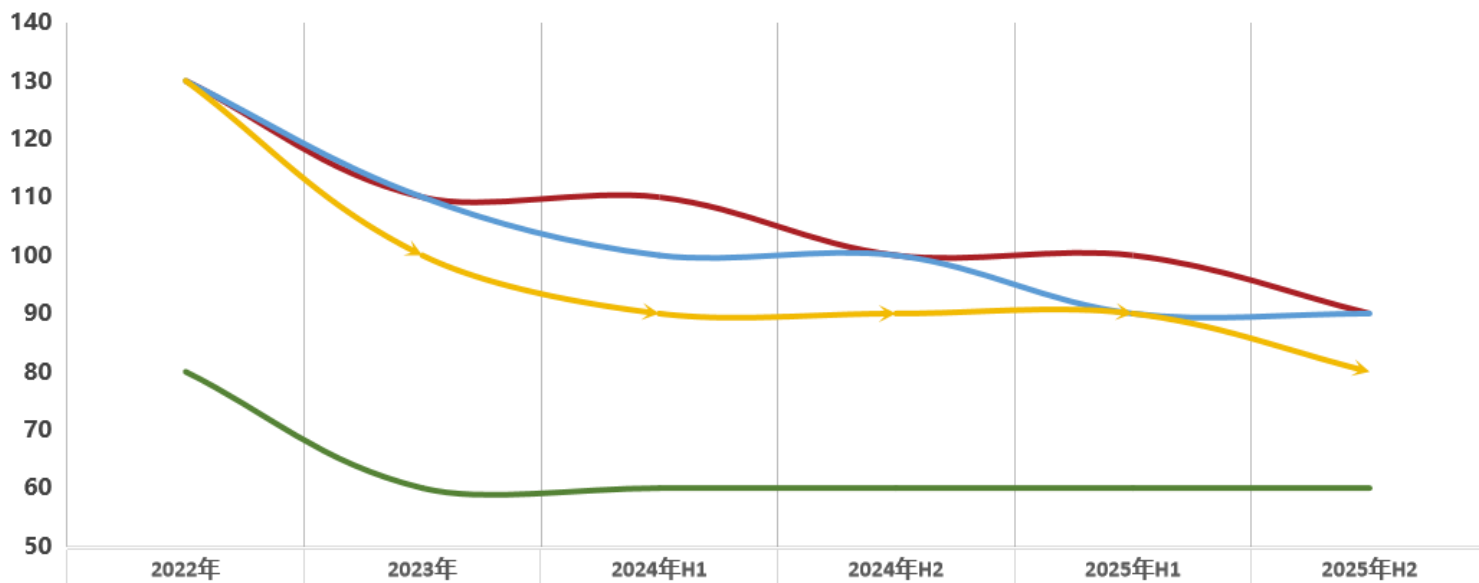
◆ 图：模式三：已有原机加设备投入，在现有场景下，增加半棒加工能力



2.6 薄片化&半片切割是切片的重要发展趋势

- HJT硅片90 μm 具备量产交付能力，60 μm 量产路径完善。高测已批量供应代加工服务100 μm /110 μm 半片硅片，部分客户交付90 μm 。
- 超薄硅片加工技术主要包含：（1）边皮利用：182边皮切割理论提升圆棒利用率16%；210边皮切割理论提升圆棒利用率20%。影响圆棒利用率因素：1.边皮长度不一致，无法取出符合规格的边皮；2.边皮的碎裂或崩缺。（2）边皮切割：182/210边皮的切割加工技术，已具备成熟条件。（3）吸附抬棒：微细尺度下的毛细作用产生液桥力。

◆ 图：异质结硅片厚度趋势展望



	2022年	2023年	2024年H1	2024年H2	2025年H1	2025年H2
— 电池需求厚度 μm (保守)	130	110	110	100	100	90
— 电池需求厚度 μm (乐观)	130	110	100	100	90	90
→ 高测量产达成厚度 μm	130	100	90	90	90	80
— 高测预研厚度 μm	80	60	60	60	60	60



- 1、中报总结：业绩短期承压，静待行业复苏

- 2、硅片设备：低氧单晶炉&钨丝金刚线&薄片化未来可期

- 3、电池设备：新质生产力HJT降本增效加速推进，看好龙头设备商

- 4、组件设备：OBB&叠栅等拉长景气周期

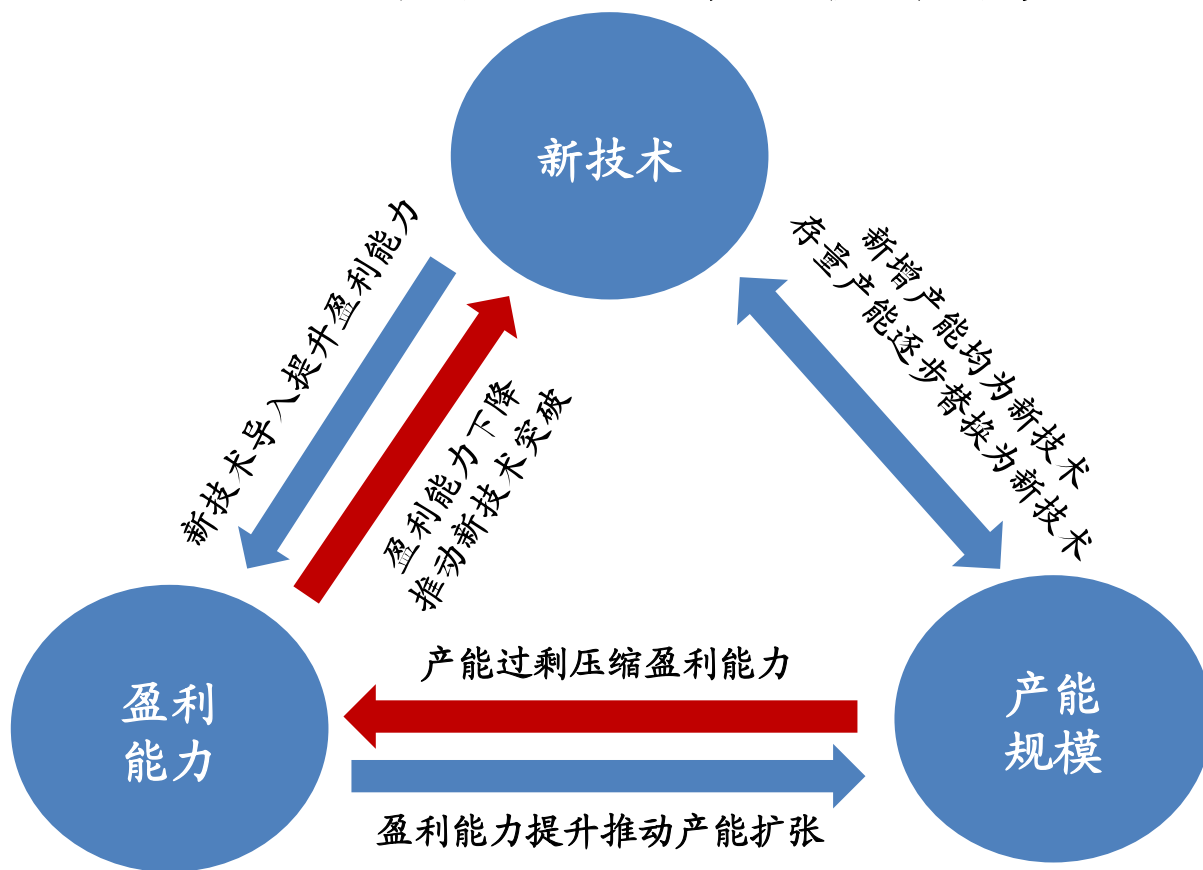
- 5、投资建议

- 6、风险提示

3.0 光伏设备：技术创新是开启光伏行业新一轮周期的核心驱动力

- 复盘光伏行业的每一轮周期，核心驱动力都是技术迭代。技术成熟后盈利能力好，驱动行业进入大规模扩产阶段，随着产能集中落地，行业出现产能过剩&盈利能力下降，行业进入产能出清阶段，倒逼新技术的突破，实现降本增效，打开新一轮周期。

图：光伏行业新技术、盈利能力、产能规模三者互相影响



3.1 HJT将成为下一代电池片主流路线

- 在光伏企业降本增效的需求驱动下，HJT电池技术凭借转换效率高、双面率高、降本路线清晰等，将成为下一代电池片主流路线。HJT的理论极限效率达到29.4%，高于TOPCon双面Poly路线的28.7%，双面率达到90%以上，远超其他电池技术；另一方面HJT有清晰的降本路径，包括0BB、银包铜、全开口网版等，均已有实质性进展。
- 我们认为HJT满足组件功率与TOPCon差距20-30W、非硅成本打平两个条件后，大规模扩产在即。HJT取代TOPCon需要三个阶段，第一阶段为HJT能够盈利，Level 1已经实现；第二阶段为HJT单瓦毛利与TOPCon打平，两者电池端非硅成本相差仅0.03-0.04元/W，组件端HJT相比TOPCon存在0.15元/W左右的溢价，Level 2也已实现；第三阶段为HJT产线的投资回报率与TOPCon持平，我们预计将于2025年实现。

◆图：HJT量产的三个阶段条件

- ✓ 对于跨界企业，Level 2甚至Level 1即达到门槛条件。
- ✓ 对于头部企业，尤其是已有较大规模TOPCon产线，Level 2甚至Level 3才达到门槛条件。

等级	产业化竞争力	提效 保证性能优势足够显著	降本 减少制造成本差异	价值变现 提高HJT产品价格
Level 3	投资回报不低于TOPCon	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
Level 2	单瓦利润不低于TOPCon	● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ●
Level 1	可实现盈利	● ● ●	● ● ● ●	● ● ●

*以上仅指毛利润，不含研发费用、管理费用等。

3.1 HJT产业化进程：HJT组件价格溢价约0.15元/W

- 以TOPCon的效率、功率、发电量作为基准线，普效/平均水平的HJT的功率为710-720W，在组件功率上的增益达到2%，组件发电量增益在3%，综合发电量比TOPCon高5%，带来0.15元/W的溢价。而国内地面电站应用层面HJT与TOPCon度电成本的平均差距恰好是0.15元/W。在一些高温地区的电站项目，由于地面反射率更高或者系统成本高，HJT的度电成本已经远低于TOPCon。
- 通威的1GW产线HJT组件功率达到744W，发电量增益进一步提升到7%，溢价提升至0.2元/W。
- TBC的功率不低于HJT，但致命缺陷是双面率较低，导致其每W发电量增益明显低于HJT，综合导致TBC的溢价只有0.05元/W。

电池技术&组件产品	电池效率增益	组件功率增益	组件发电量增益	2项增益合计	销售价格溢价
高效HJT: 740W+ (2025年)	≈BL+1.1%+	≈4%+	≈3%	≈7%+	≥ BL+0.20元/W ?
普效HJT: 710-720W	≈BL+0.5%	≈2%	≈3%	≈5%	BL+0.15元/W
低效HJT: 695-705W	≈BL	≈0%	≈3%	≈3%	BL+0.09元/W
TBC: 不同电池尺寸与版型	≈BL+0.6%	≈2.5%	≈-1%	≈1.5%	BL+0.05元/W
TOPCon: 695-705W	BL	0%	0%	0%	BL
PERC: 665W	≈BL-1.2%	≈-5%	≈-3%	≈-8%	逐步退出市场

边际项目：
等效IRR
LCOE接近

注1：国内电站运营商收购资产的价格≈3元/W，故而：每1%功率或发电量增益的价值≈0.03元/W

注2：行业内关于功率标准及发电量增益的争论没有任何意义，电站运营商的采购价格溢价已经充分体现了HJT的功率和发电量增益

注3：对于边际客户而言，HJT的LCOE≈TOPCon；但对于温度高、地面反射率高、系统成本高的客户，HJT的LCOE远低于TOPCon

3.1 HJT产业化进程：HJT与TOPCon非硅成本差距约4分/W

- 截至2024年8月，TOPCon电池的生产成本在0.29-0.3元/W，非硅成本为0.17-0.18元/W；而0BB+50%银包铜应用下的HJT非硅成本为0.21元/W，相比TOPCon只有0.03-0.04元/W的差距。预计2025年随着0BB+30%银包铜+全开口网版的应用，HJT电池的非硅成本将与TOPCon打平。

图：2024-2025年HJT电池每W生产成本演变预测



3.1 HJT产业化进程：现有降本增效技术有望于2025年集中导入量产

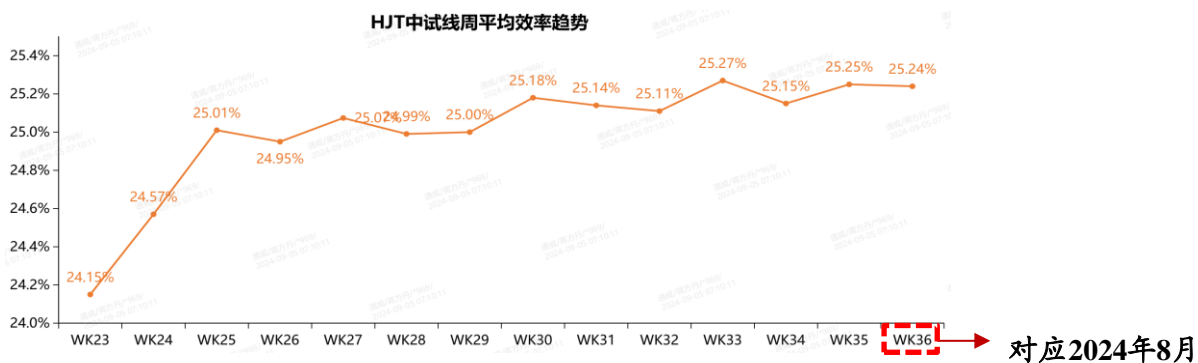
图：2025年有望迎来HJT多维降本增效技术的集中量产

技术/指标	行业进展			技术迭代所需设备/材料及对应标的
	截至2024年8月	2024年底预测	2025年底预测	
硅片薄片化	110μm厚度硅片全面导入量产	100μm薄片开始导入	100μm薄片全面导入	(钨丝)金刚线、切片 机-高测股份
双面微晶	22Q4全面导入量产	全面导入量产	全面导入量产	PECVD-迈为股份
OBB	成为HJT组件高效新产品标配	开始导入量产	全面导入量产	OBB串焊机-奥特维
银包铜	50%银含量浆料全面导入量产 30%银含量浆料部分企业导入量产	浆料用量将低于12mg/w，银含 量将接近30%	20%银含量的浆料导入量产	光伏低温银浆-聚和材料、 帝科股份
电镀铜	通威导入600MW中试	中试效率和良率进一步优化	开始导入量产	电镀铜设备-太阳井、 迈为股份(在研)
光转胶膜	能够带来1%-1.2%的功率提升(对应7- 8W)，价格降至5-6元/m ² 。部分企业导入	价格进一步下降，部分企业导 入	价格进一步下降，全面导入量 产	光转胶膜-福斯特
背抛	首台套设备搬入通威	试产结果良好，预计提效0.2%	部分导入量产	背抛设备-迈为股份
靶材少钨/无钨	首台套PED设备搬入通威	钨用量低于1mg/w，可能出现完 全无钨的HJT电池	50%钨叠层靶材全面应用	PED设备-迈为股份
全开口网版	少量导入研发	部分企业应用	全面导入量产	钢网/镍网印刷线-迈为股 份
HJT组件平均功率(210/66片规 格，以通威1GW中试线为例)	744W	750+W	770-780W	
HJT电池量产效率	25.5-25.8%	26%	26.5%	
HJT电池非硅成本	0.25-0.26元/W(SMBB+细栅50%银包铜)	0.20-0.21元/W(OBB+40%银包 铜)	0.17-0.18元/W(OBB+30%银 包铜+全开口网版)	
HJT电池生产成本	0.38元/W(SMBB+细栅50%银包铜)	0.33元/W(OBB+40%银包铜)	0.30元/W(OBB+30%银包铜+ 全开口网版)	

3.2 HJT效率持续提升：通威1GW HJT中试线平均功率突破740W

- 基于0BB、银包铜、光转胶膜等技术，截至2024年8月通威1GW HJT中试线电池周平均效率超过25.25%，电池良率达99%，组件批次平均功率已达744.3W，组件效率达到23.96%，单块组件最高功率达748.1W。通过工艺、材料优化，以及PED、背抛等技术导入，我们认为组件功率2024年内有望达到750W，2025年有望达到770-780W。

图：24年8月通威HJT中试线平均效率已突破25.25%



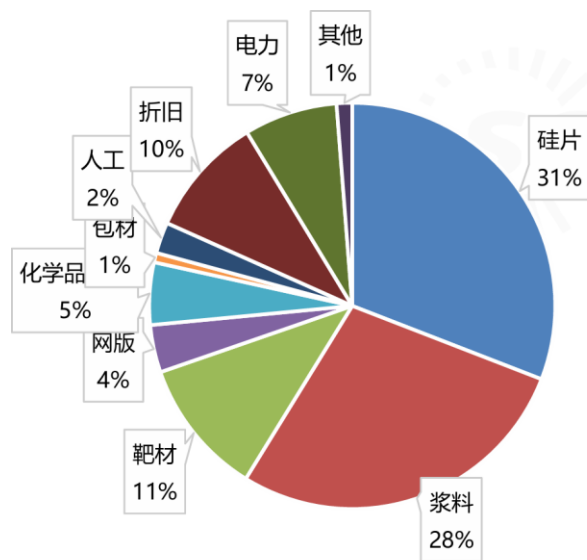
图：年内组件效率有望突破750W



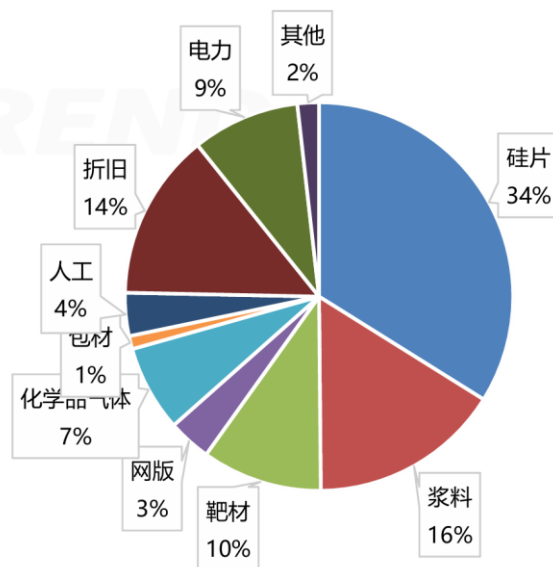
3.3 银包铜：50%银包铜已批量应用，30%银包铜正快速导入

- 从HJT电池的成本结构来看，SMBB+细栅50%银包铜的电池成本约0.38元/W，其中硅片成本约0.12元/W，占比31%，与TOPCon基本无差异；非硅成本约0.26元/W，其中浆料和靶材占电池总生产成本的39%，占非硅成本的55%。
- 截至2024H1末，50%银包铜已相对成熟，批量验证，与纯银效率基本持平；30%银包铜+OBB降本效果明显。光势能预计24年底在OBB+30%银包铜技术的导入下，浆料成本占比将快速降至16%。

图：HJT电池成本构成-24M6



图：HJT电池成本构成-24年底（预测）

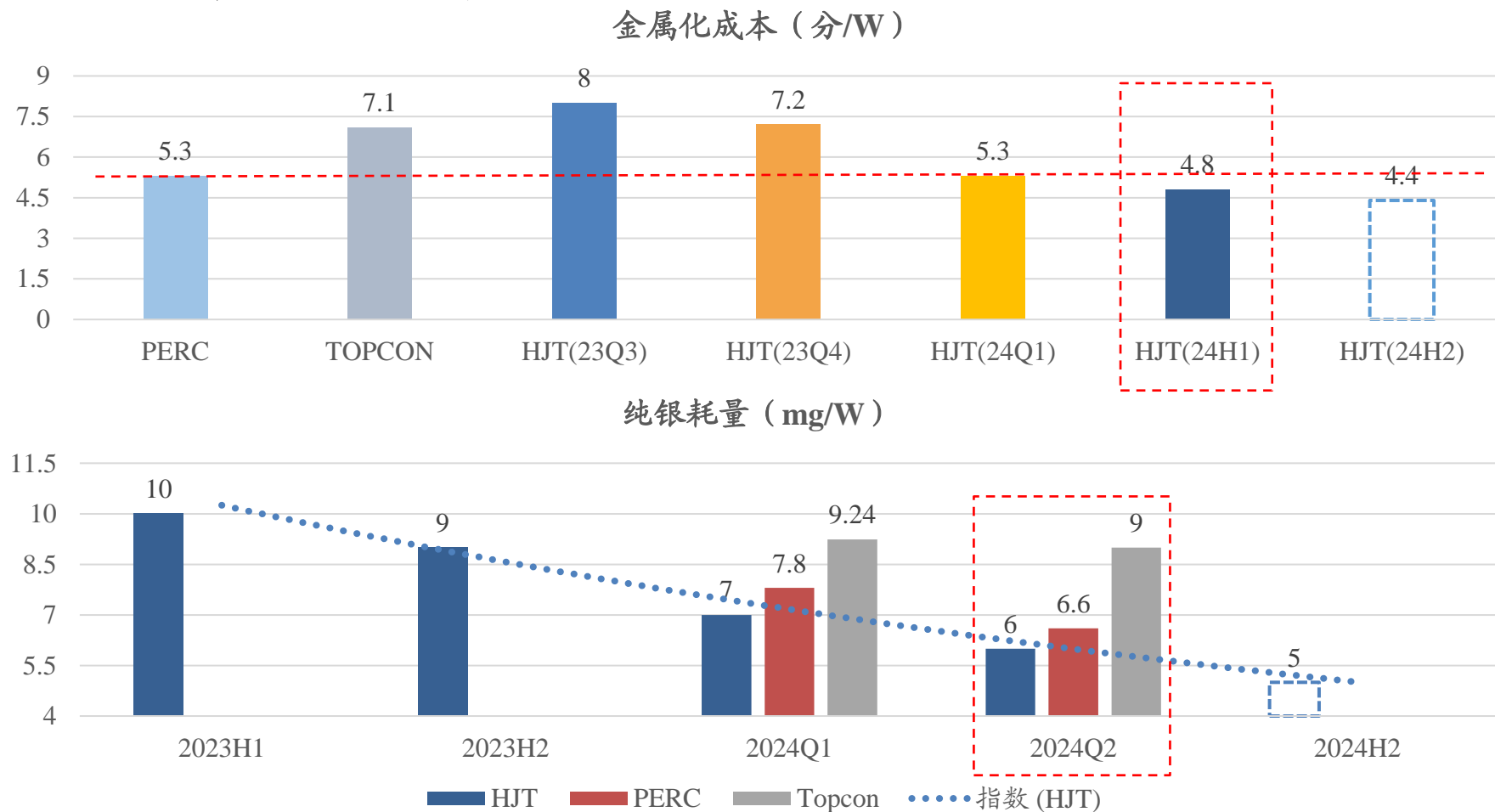


Remark	印刷图形	银含量	Uoc(mV)	Isc(mA)	FF (%)	Eff(%)	银耗量降幅
BL	SMBB	纯银	-	-	-	-	-
银铜	SMBB	50%	0.2	10	-0.14	0%	-30%
银铜	SMBB	30%	0	-8	-0.51	-0.18%	-44%
银铜	OBB	30%	-0.1	12	-0.18	-0.02%	-79%

3.3 银包铜：日升浆料成本4.8分/W，2024年底有望降至4.4分/W

- 从东方日升HJT电池满产产线的生产数据来看，截至2024年8月，电池非硅成本约为0.21元/W，其中低银含浆料成本4.8分/W（对应纯银耗量6mg/W），靶材成本约3分/W。24年底有望在更低银含量浆料与全开口网版应用下进一步降低至4.4分/W。

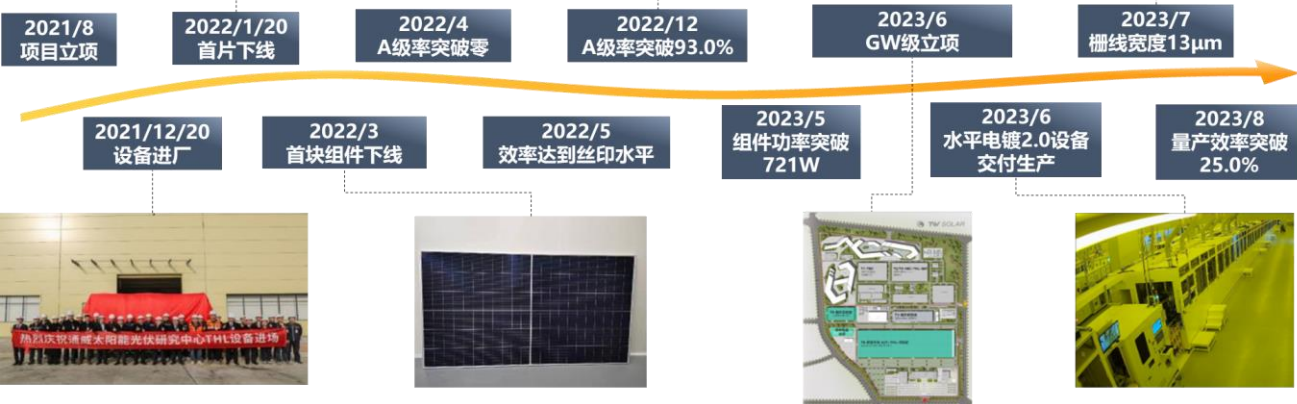
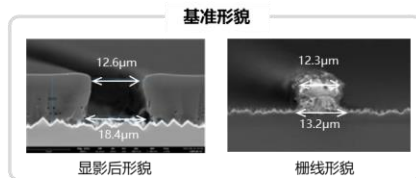
◆ 图：东方日升HJT电池金属化降本路线图



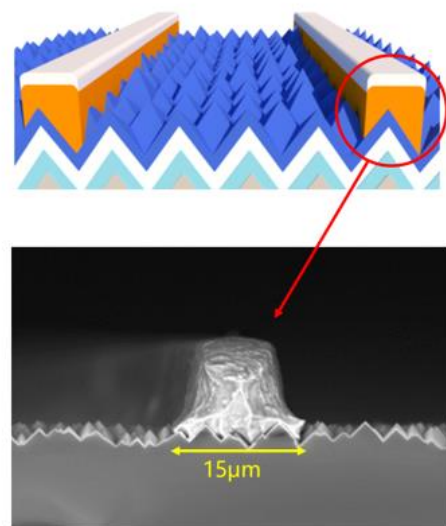
3.4 电镀铜：通威率先进入GW级中试验证

- 2021年通威率先进入210半片铜互连（电镀铜）中试，在设备、工艺及材料等方面进行全方位开发。2024年率先进入GW级中试验证。
- 截止2024年8月，银包铜副栅宽度在35 μm 左右，而通威铜互连技术在GW级中试线验证的栅线线宽已经降到15 μm ，效率较印刷工艺增益0.2%以上，良率>95%。

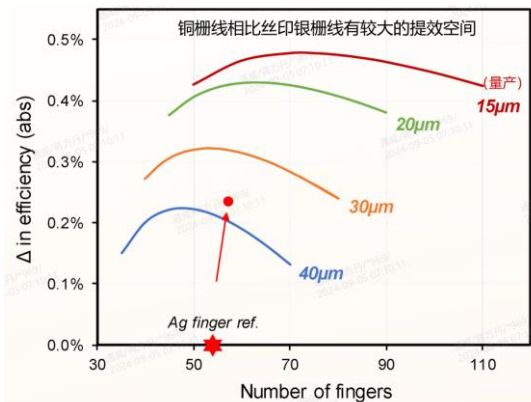
◆ 图：通威电镀铜发展历程



◆ 图：通威15 μm 电镀铜栅线线宽



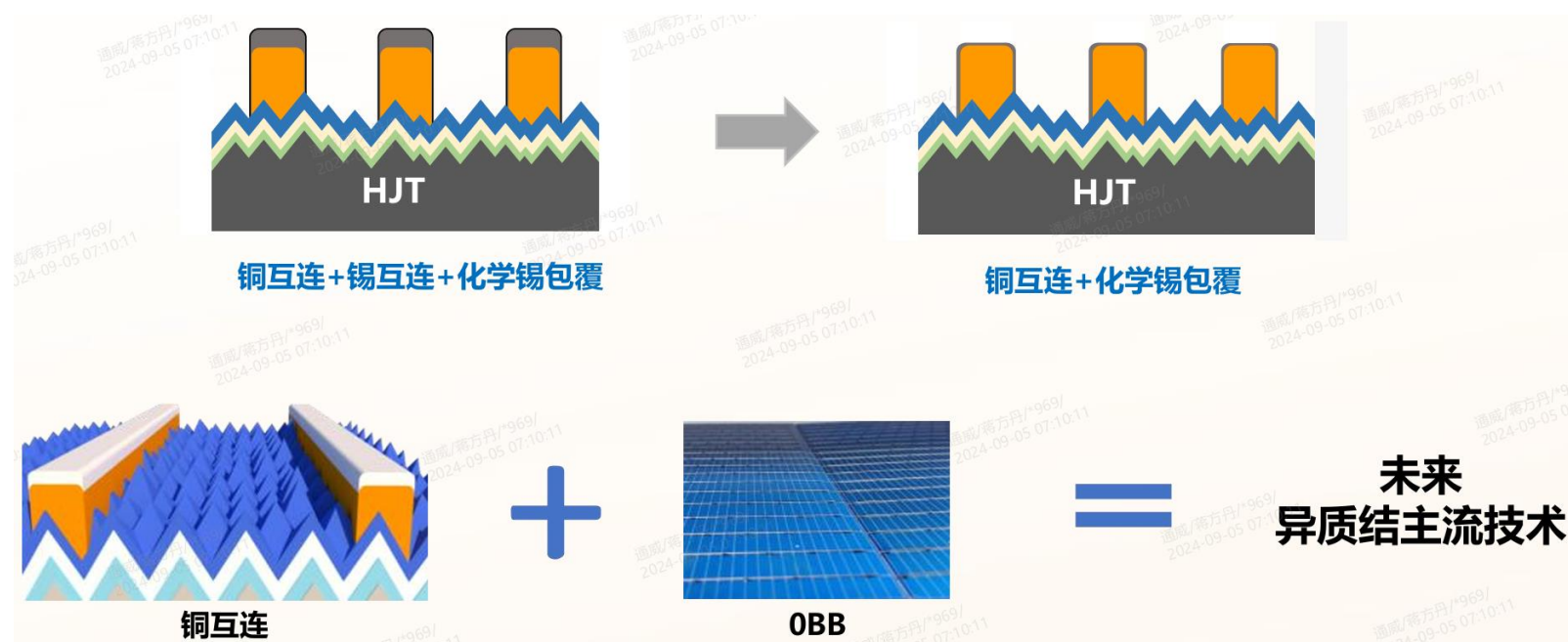
◆ 图：通威15 μm 栅线线宽电镀铜较35 μm 副栅银包铜提效0.2%+



3.4 电镀铜：与0BB结合可进一步降低10%的金属化成本

- 0BB技术焊带固定主要采用胶粘或覆膜工艺，对于铜互连电池栅线可焊性和结合力要求降低，即铜互连可去掉锡工艺，降本幅度约10%。
- 通威THC3.0技术是铜互连与0BB的结合，通威认为电镀铜+0BB有望成为未来HJT的主流技术。

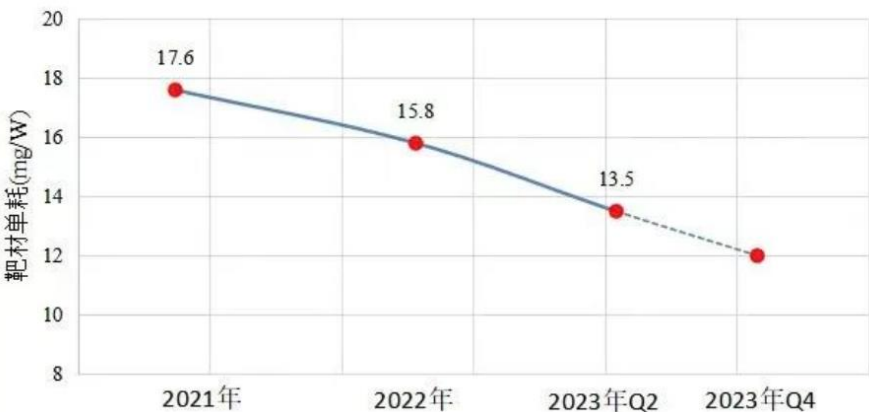
◆ 图：0BB与电镀铜高度适配，可去掉锡工艺实现进一步降本



3.5 靶材降本：降钼三部曲

- **设备优化降钼。**迈为PVD设备对于100%钼基靶材的理论单耗已从近20mg/W降至13.5mg/W，旧设备亦可升级。在2023年末迈为提供的HJT电池整线解决方案中，对于100%钼基靶材的理论单耗可降低到12mg/W左右。
- **低钼叠层膜降钼。**将低钼叠层膜方案（50%无钼）与上述设备改进方案相结合，钼基靶材理论单耗可降低至6mg/W左右。通过持续不断的工艺研发，迈为采用50%钼基+50%非钼基叠层TCO制备的异质结电池，其转换效率已可与全钼基TCO电池持平。同时，低钼基方案具备良好的可靠性与稳定性，与铜电镀以及银包铜等低成本方案亦可完美结合。
- **规模化钼回收。**异质结产业的规模正日益扩大，钼材料的回收可进一步实现，结合无钼靶材的逐步深入，GW级HJT电池工厂的钼用量将有望降低至1mg/W。

◆ 图：迈为股份/HJT-PVD靶材单耗改善趋势图



◆ 图：低钼叠层膜方案（50%无钼）对电池效率无影响

TCO类型	Eff(%)	Voc(V)	Isc(A)	FF(%)
100%钼基TCO	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
50%钼基&50%非钼基叠层TCO	100.02%	100.00%	100.18%	99.84%

3.5 靶材降本：PED可大幅降钼的同时提升效率

- PED设备由PVD和RPD结合而来，性价比更高。PED可使用高迁移率的靶材，从而提效；还可使用无钼的靶材，从而降本。新型的采用独特的方式实现RPD和PVD的结合以制备HJT电池，电池片一侧的TCO薄膜采用PVD方式沉积制备，另一侧的TCO薄膜采用RPD+PVD的方式制备成复合膜，既提高了两侧PVD薄膜的能量转化效率，还实现了不对RPD设备过度依赖，避免了因RPD设备产能小而受限的问题。由下表可见采用RPD镀膜，在靶材迁移率和透过率方面均存在巨大优势。但RPD的设备成本高，且设备产能不高。采用**RPD+PVD**结合的方式镀膜，只需要**RPD**膜层占整体厚度的1/8(或以上)时，就能与全部采用**RPD**制备的薄膜性能相同甚至更优，同时兼顾到了性能和成本。

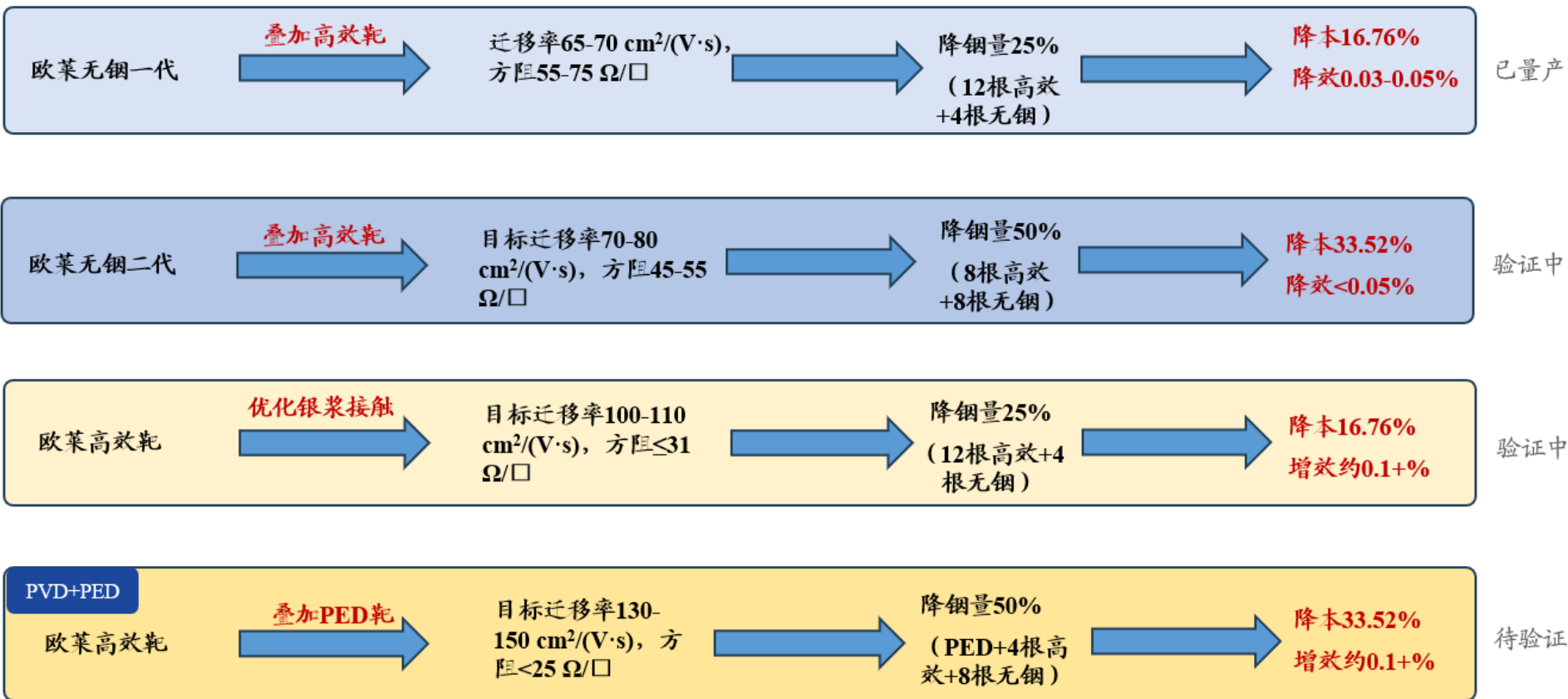
◆表：PED可保留RPD镀膜在靶材迁移率和透过率方面的突出优势

镀膜方式(膜厚)	迁移率(cm ² /V·s)	透过率(%)
PVD(80nm)	40	80
RPD (80nm)	150	92
RPD+PVD (1nm+79nm)	80	85
RPD+PVD(5nm+75nm)	121	90
RPD+PVD (10nm+70nm)	150	92
RPD+PVD (40nm+40nm)	155	92
RPD+PVD (60nm+20nm)	155	92

3.5 靶材降本：PED可大幅降钨的同时提升效率

- 根据欧莱新材的光伏靶材降本规划，截至2024年8月降钨量25%的一代靶材已经量产，虽然能够降低PVD环节的17%的生产成本，但会带来0.03-0.05%的效率损失。相比之下，采用PED靶材能够翻倍提高靶材的迁移率并翻倍降低钨用量，最终还能带来0.1+%的效率提升。我们认为，PED设备及靶材有望成为靶材降本的必由之

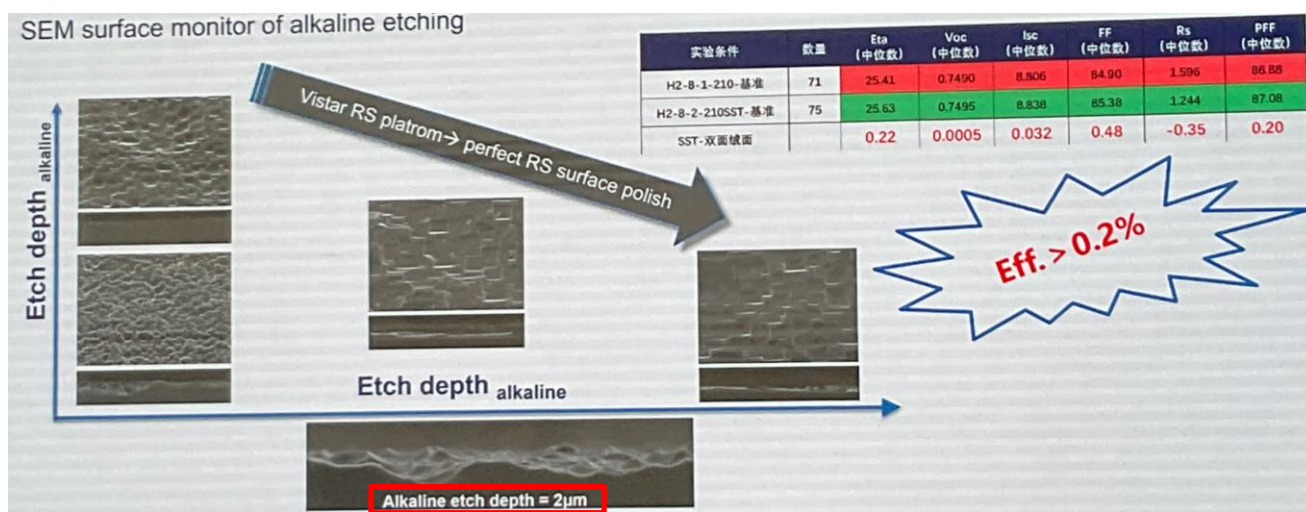
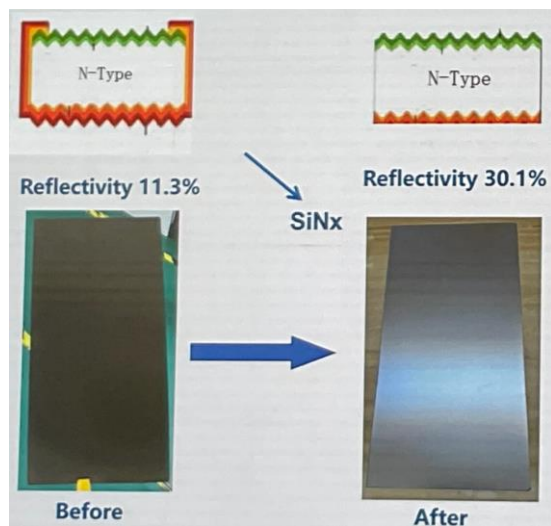
◆ 表路.PED可保留RPD镀膜在靶材迁移率和透过率方面的突出优势



3.6 背抛：可提效0.2%-0.3%

- 背抛是将HJT背面改成平面结构的提效工艺，位于清洗制绒之后，CVD之前。背抛是一个侧重于正面提效的双面电池技术，常应用于屋顶分布式光伏、水面光伏发电项目等背面光线反射较差的场景，其本质是将HJT电池片背面的绒面金字塔结构改成平面结构。通过上述改变，背抛工艺一方面减小电池片背面比表面积，从而降低少数载流子的复合，提高开路电压，提高电池片效率；另一方面增强光在电池片背面的镜面反射，从而提高短路电流，提高电池片效率。
- 启威星的背抛设备基于HJT 3.0 1.2GW槽式平台开发，应用SiNx掩模工艺（相当于干法微刻蚀），能够减抛2nm，将HJT电池背面的反射率从11.3%提升至30.1%，综合提效0.2%+。

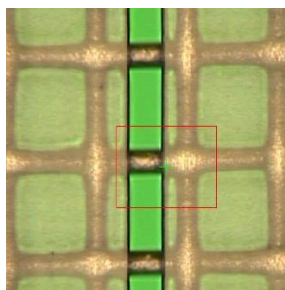
◆ 图：HJT背面抛光数据（启威星）



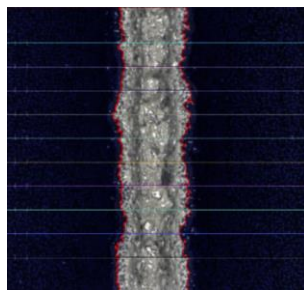
3.7 全开口网版：既可降银，又可提效

- **全开口网版印刷将取代丝网印刷成为降低银耗新路线。**与传统丝网印刷相比，钢板材料高强度、高稳定性、高耐磨性、高耐腐蚀性等特性，可以确保钢板网版尺寸的稳定性。对比钢板与常规网版的结构与印刷线型，钢板由于全开口的设计，印刷出的线型更平整，具有更好的高宽比，提高浆料的有效利用率，因此在更低的湿重下反而有更好的电性能表现。
- **0BB+全开口网版进一步降本：**根据华晟实证结果，使用相同浆料进行测试，背面副栅钢板印刷效率提升**0.06%**，湿重降低**15.2mg**；双面钢制网版加特制银浆，预计总湿重下降超过**25-30mg**。
- 钢版印刷技术已日趋成熟，在钢板超窄栅线宽度的加持下，适量增加副栅数量，可显著提升电池效率。预计应用钢板印刷后HJT电池效率可在传统丝网印刷的基础上提升**0.1%**。

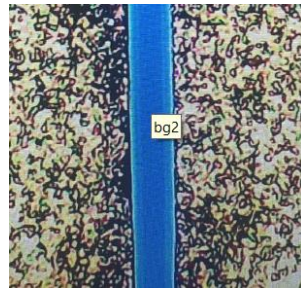
PI无网结网版结构



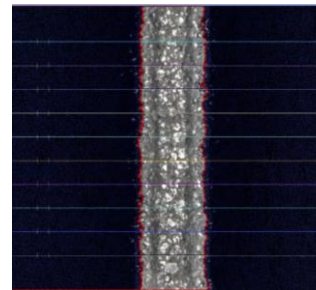
PI无网结网版印刷线型



钢板结构



钢板印刷线型



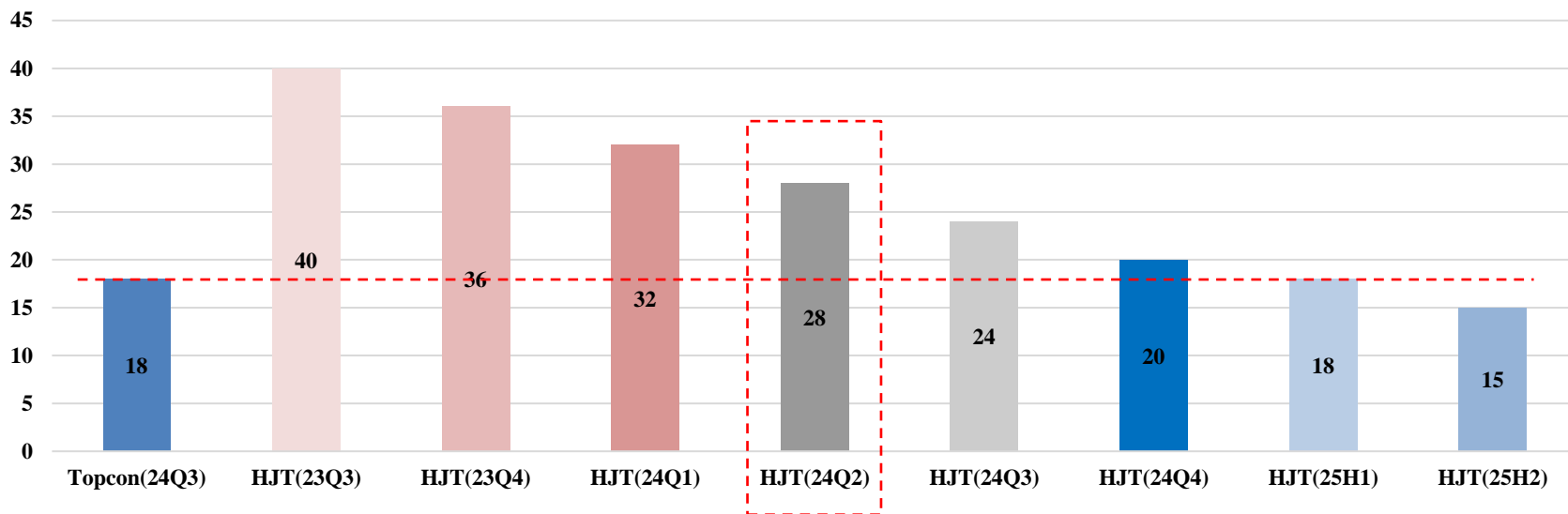
差异	钢板网版	传统网版
材料	原材料是平整、超强材质的合金钢片	钢丝托底，上面覆着一层感光剂或PI（聚酰亚胺）膜的复合结构
结构	全开口钢板的细栅部分是100%的无遮挡结构，网版透浆料更顺畅、栅线更平整、均匀	传统网版的细栅附着在丝网上，丝网的网节或钢丝会阻挡网版透浆料
性能	电池栅线的形貌得以优化，电性能得以提升	印刷后栅线高低起伏、拓宽，影响电性能
栅线宽度 (低温浆料)	20-25 μ m	30-40 μ m

3.7 全开口网版：日升HJT电池正面细栅线宽稳步下降

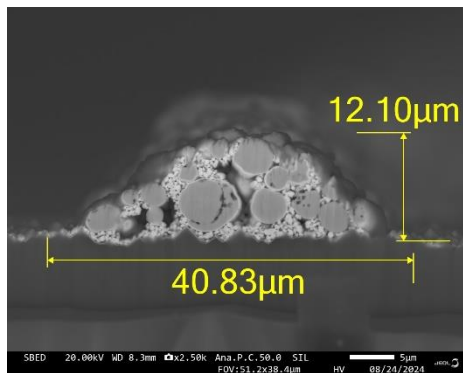
- 截至2024年8月，东方日升正处于金属化的2.0阶段，24Q2 HJT电池正面细栅的线宽可做到平均28 μm ，到3.0阶段可实现18 μm 。

◆图：东方日升电池细线金属化路线图

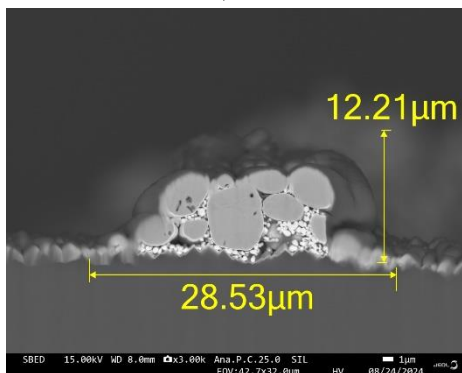
正细线宽对比 (um)



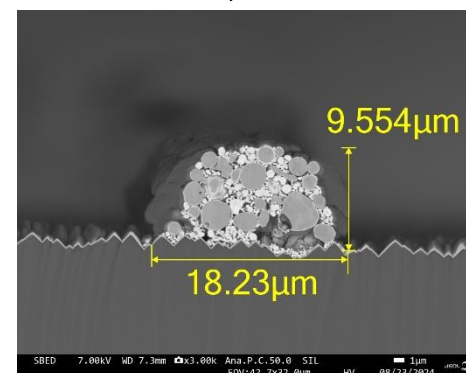
金属化V1.0



金属化V2.0



金属化V3.0



3.8 央国企招标：逐步倾向HJT，2024年出货量有望达20GW

- 2023年底以来国电投、华能、绿发、大唐、中广核、华电等电站合计公告了接近10GW的HJT产品招标，显示出对HJT技术的进一步认可，未来电站中标有望倾向高双面率、高功率的新技术。我们认为随着HJT组件的招标落地，10月开始许多HJT产线将进入满产状态，我们预计2024年HJT组件将有20GW出货量，其中安徽华晟将占据50%的市场份额，出货量将达到10GW。

2024年央国企HJT组件招标一览

央国企名称	招标规模	中标时间	中标企业
华能	500MW	2024-3	隆基、华晟、日升
绿发	3.5GW	2024-3	国晟、日升、华晟
中广核	400MW	2024-5	国晟
大唐	1GW	2024-5	日升、华晟、金刚
中核汇能	2GW	2024-7	日升、华晟、国晟、泉为、鸿钧
华能	500MW		
华电	500MW		
中国电建	1.5GW		

近年来央国企HJT电池产业投资一览

央国企名称	HJT产线规模	项目所在地	投产出片时间
晋能	150MW	山西晋中	2017 & 2020
国电投	100MW	江西南昌	2019
润海	1.8GW	浙江舟山	2023-8
国电投	600MW	浙江温州	2023-10
中建材	2.4GW	江苏江阴	2023-10
上海电气	1.2GW	江苏南通	2024-2

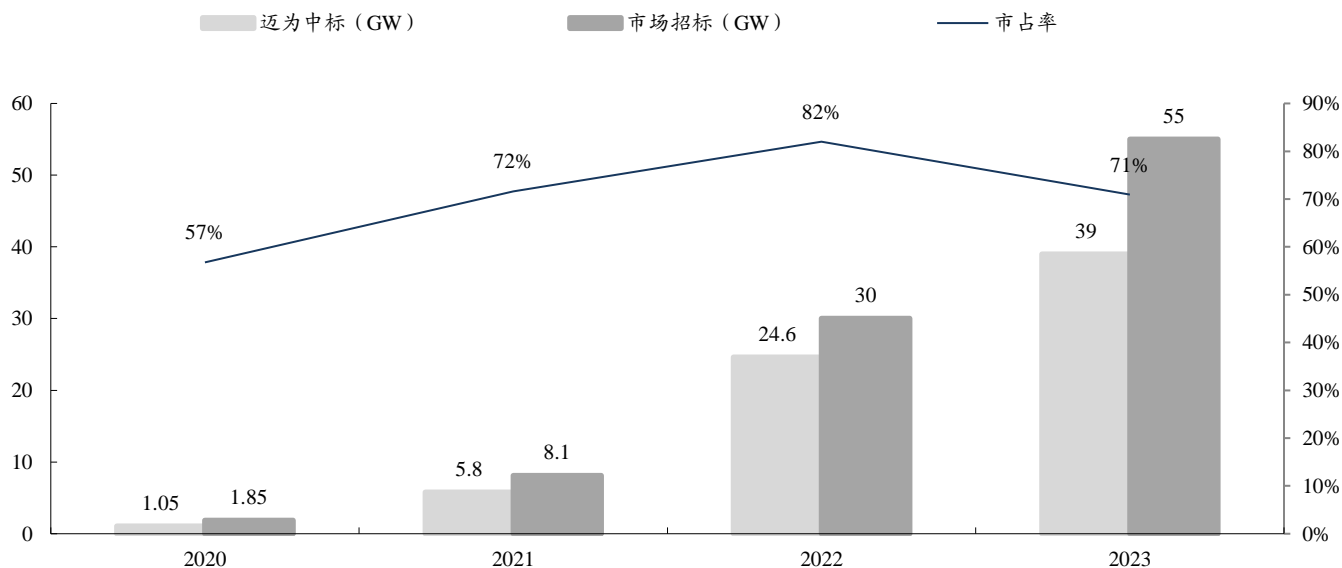
2024年8月以来地方政府对HJT的支持态度

时间	事件
2024-8-9	安徽省委书记梁言顺到宣城调研安徽华晟，走入展厅详细了解公司的业务、发展历程及研发团队情况，更是走进车间察看HJT这一新质生产力的生产工艺；梁书记勉励华晟加大在研发方面的持续投入，着力延伸产业链，提高附加值，不断升级技术产品、优化产业生态、锻造核心竞争力
2024-8-15	四川省委书记、省人大常委会主任王晓晖前往眉山市调研链升光伏，其走入公司产品展示区详细询问了产品性能、应用及产业链上下游配套情况，沿参观通道察看了HJT电池智能化数字化生产线的运行后强调：光伏产业是培育发展新质生产力的重要赛道，要聚焦行业前沿加大研发投入，推动产品在迭代升级中更好满足市场需求，不断把企业做大做强
2024-8-23	光势能异质结叠层电池及组件研发制造项目落户南通经济技术开发区，项目分三期建设，总投资46亿元

3.9 龙头设备商迈为股份地位稳固，HJT设备市占率超70%

- 复盘2019-2023年HJT新玩家积极扩产&迈为市占率持续提升。2019年全市场新增500MW，迈为拿单250MW；2020年市场约1.85GW订单，公司中标量1.05GW，市占率57%；2021年市场约8.11GW订单，公司中标量为5.8GW，市占率72%；2022年市场30GW订单，公司中标量24.6GW，市占率82%；2023年国内市场招标量55GW，迈为股份中标量达39GW，市占率71%。未来我们认为随着TOPCon扩产大幅下滑影响公司丝网印刷新签订单，HJT扩产为关键。
- 展望未来HJT新增产能情况，我们预计24Q4-25Q1传统大厂有望扩产。2023年至今HJT新进入者数量持续增加，随着HJT成本与TOPCon逐步打平、央国企对HJT组件的招标量大幅增长，我们预计传统大厂有望于24Q4-25Q1开始大规模扩产HJT，对于跨界的新玩家而言，若HJT实现盈利即布局HJT获得成功，而头部企业尤其是具有大量TOPCon旧产能的，HJT单瓦净利润或投资回报不低于TOPCon，才会选择布局HJT。

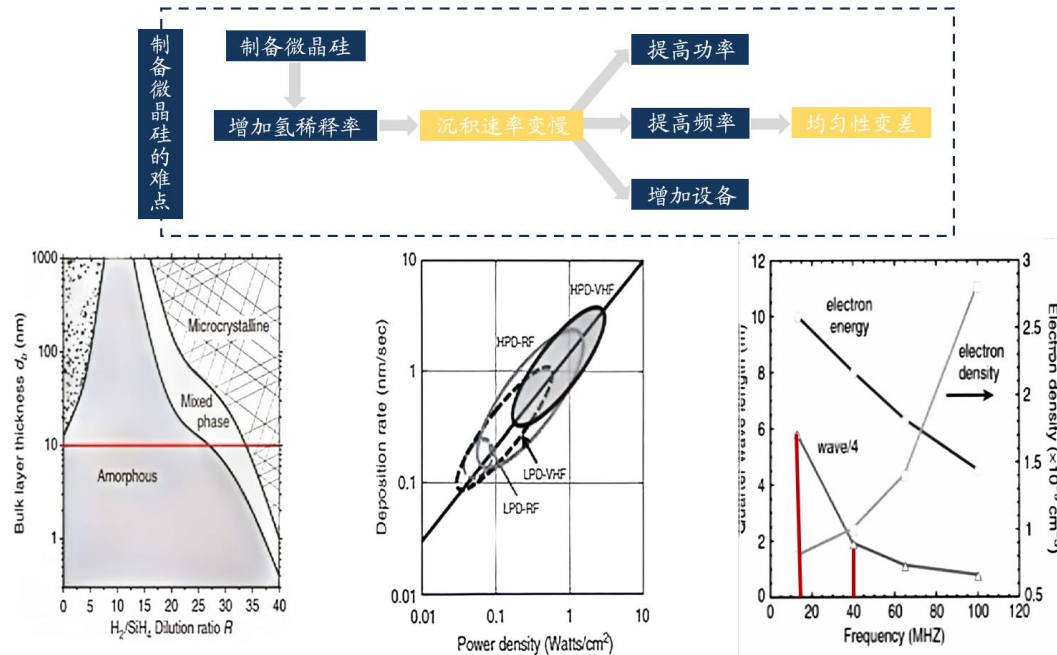
◆图：迈为股份HJT电池设备市占率超70%



3.9 PECVD: 迈为选择VHF+小腔体

- CVD: NP双面微晶是提效的关键, VHF+小腔体能够解决沉积速率和均匀性的问题。**相较于传统非晶硅薄膜, 微晶硅薄膜透光率更优、缺陷密度更低、掺杂效率更高、导电率更高, 从而获得更高的转换效率, 微晶工艺难点在于解决生产节拍较慢及均匀性的问题: 制备微晶硅需要增加氢稀释率, RF电源的沉积速率比较慢, 解决方案包括提高功率、提高频率、增加设备等, 迈为采用了增加频率的方案, 采用VHF电源, 提升镀膜速率(较RF提升2倍以上)、降低氢气用量(较RF节省70%左右)、效率比RF高0.5%以上, 但VHF的问题在于均匀性变差, 从下左第三张图表明, 四分之一波长是PECVD腔体尺寸的极限, 尺寸不能大于四分之一波长, RF频率为13.56mhz, 四分之一波长是6米, 即RF搭配尺寸为6米的大腔体, VHF频率为40mhz, 四分之一波长为2米, 即VHF搭配尺寸为2米的小腔体。该工艺主要的优势是可以提高电池片效率0.2%左右。

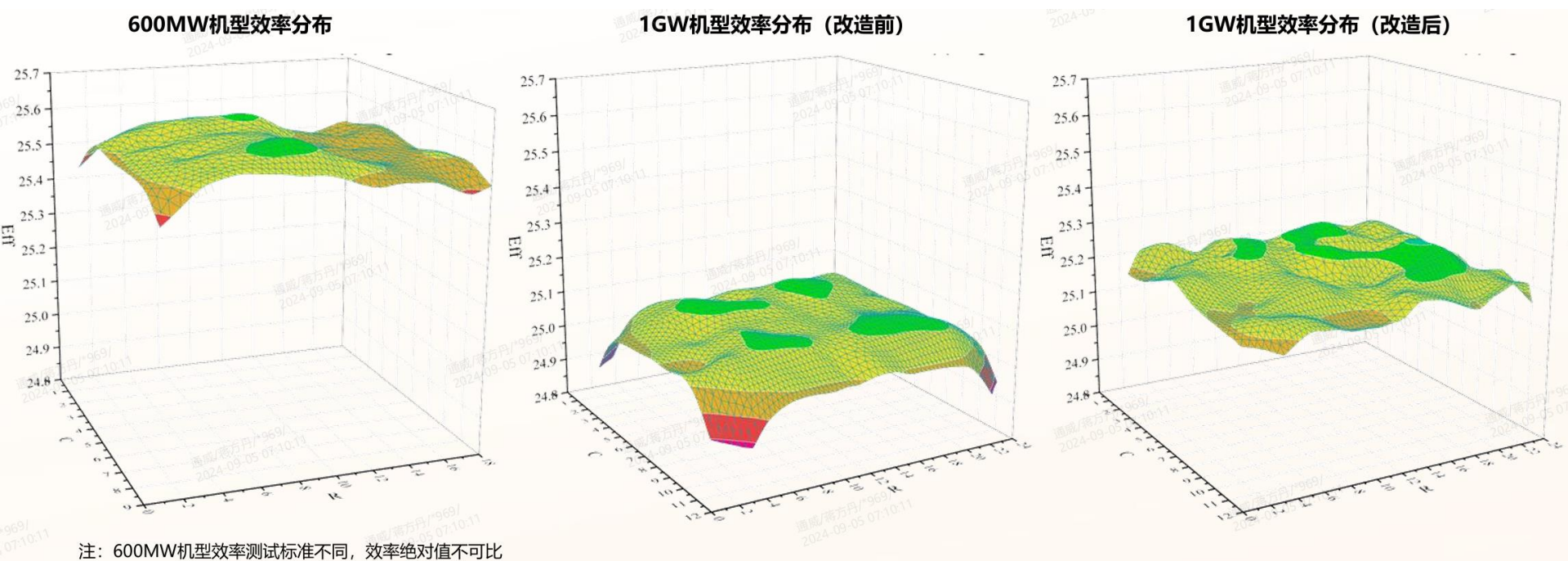
◆ 图: 制备微晶硅的难点在于速率和均匀性的解决, VHF+小腔体为关键



3.9 PECVD: 截至2024年8月，迈为1GW设备运行效果良好

- 迈为发往通威的首台套1GW PECVD设备表现符合预期。1GW PECVD机台载板面积 $2.750 \times 2.750\text{m}^2$ ，相比600MW PECVD机台载板面积 $2.015 \times 2.030\text{m}^2$ ，增大85%。大载板受驻波效应影响更明显，载板内镀膜均匀性挑战更大。经过两次重大升级改造，1GW PECVD载板内效率均匀性得到明显改善。

◆ 图：迈为发往通威的首台套1GW PECVD设备表现符合预期



3.9 PED: 迈为的PED设备可在不损失电池效率的同时降钼

- 在HJT电池生产的第三道TCO薄膜沉积工序中，行业内常用的TCO镀膜方法为磁控溅射（PVD）和反应等离子体沉积（RPD），两种方案各有千秋，PVD因生产成本低成为市场主流。迈为推出的PED设备将PVD腔体与RPD腔体进行结合，可使用高迁移率的靶材，从而提效；还可使用无钼的靶材，从而降本，但降本的前提必须是不损失效率。在不采用PED设备的情况下，只采用PVD设备很难实现无钼的同时不损失效率。

◆表：两种TCO薄膜沉积技术路线对比

技术路线	工作原理	优点	缺点	主要厂商
PVD	利用经过加速的高能粒子轰击靶材，使靶材表面的原子脱离晶格逸出沉积在衬底表面形成薄膜	工艺成熟，镀膜均匀性好，靶材利用率高，生产成本低	沉积速率较慢，且长期轰击靶材可能对基板产生破坏	迈为股份、钧石能源、捷佳伟创、冯阿登纳、梅耶博格、应用材料
RPD	利用特定的磁场控制等离子体的形状，从而产生稳定、均匀、高密度的等离子体轰击靶材，靶材升华形成蒸气实现薄膜沉积	薄膜损伤小，电池转换效率高，沉积速率快	成本高，靶材利用率低，受到日本住友重工的专利保护	日本住友、精曜科技、捷佳伟创、迈为股份

3.9 迈为股份：4.0 HJT整线较上一代3.0降低非硅成本2.5-3分/W

- HJT设备产能从1GW进一步放大至1.2GW，利于下游客户&设备商降本。从设备投资额来看，截至2024H1末，HJT设备约3.5-4亿元/GW，我们认为设备降本依靠单线产能放大&零部件国产化，有望降低至3-3.5亿元/GW。①HJT单线设备产能逐步放大：2018年HJT设备单线产能仅为100MW，2020年提升至400MW，2023年提升至600MW，最新已提升至1.2GW级别，在1GW的设备基础上增加了几个腔体提高产能，且能够匹配VHF电源（更高功率），解决了大载版、大电源和均匀性方面的问题。

◆图：迈为4.0 HJT整线细分设备类型和单机产能

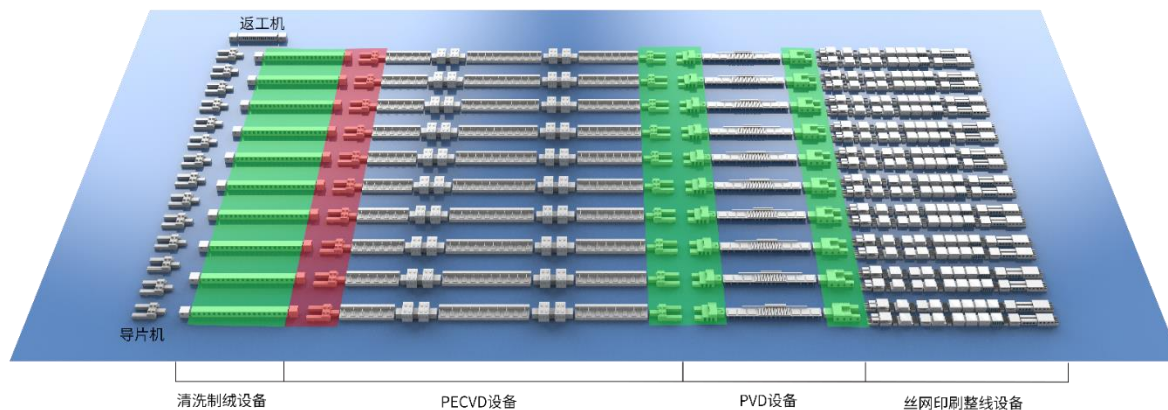
<ul style="list-style-type: none"> ● 清洗制绒 源于日本，国产创新、高效低耗 	  
<ul style="list-style-type: none"> ● PECVD 迈为研制，大产能、易维护 	
<ul style="list-style-type: none"> ● PVD 迈为研制，大产能、最多PU 	
<ul style="list-style-type: none"> ● 印刷测试 迈为研制，平铺式固化，集成光注入 	
<ul style="list-style-type: none"> ● 自动化 迈为研制，碎片低，良率高 	
<ul style="list-style-type: none"> ● BCS系统 迈为研制，可实现量产片级跟踪 	

工序	设备名称	型号	单机产能@G12半片 (片/小时)
制绒清洗	制绒清洗自动上料机		28800
	制绒清洗机	HJ-TEX-210H	28800
	制绒清洗自动下料机		28800
PECVD	PECVD自动上料机		28800
	背面PECVD (I)		28800
	PECVD自动翻片机#1		28800
	正面PECVD (IN)	LH07K	28800
	PECVD自动翻片机#2		28800
	背面PECVD (P)		28800
	PECVD自动下料机		28800
PVD	PVD自动上料机		28800
	PVD	P7	28800
	PVD自动下料机		28800
丝网印刷	全自动双轨丝网印刷线	MX-HDL	14400

3.9 迈为股份：4.0 HJT整线较上一代3.0降低非硅成本2.5-3分/W

- 迈为1.2GW设备提升生产节拍，可降低客户CAPEX与OPEX。4.0整线较上一代3.0降低非硅成本2.5-3分/W，
(1) 场地：1.2GW设备能够节省厂房空间约30%，在470m*125m的厂房内，可以容纳12GW产线，同时由于产线中道均为真空环境，洁净厂房的需求减少到原来的1/3，大量节省产线耗电量，还降低洁净厂房维护费用。
(2) 人工：预计整体降低30%，特别清洗制绒、PECVD、PVD等人工需求可以减少一半，印刷人工需求可降低80%。
(3) 用电：整线设备用电降低20%-30%，厂房设施用电可降低40-50%。
(4) 靶材：预计可降低1.5mg/W。

◆ 图：迈为4.0 HJT整线优势



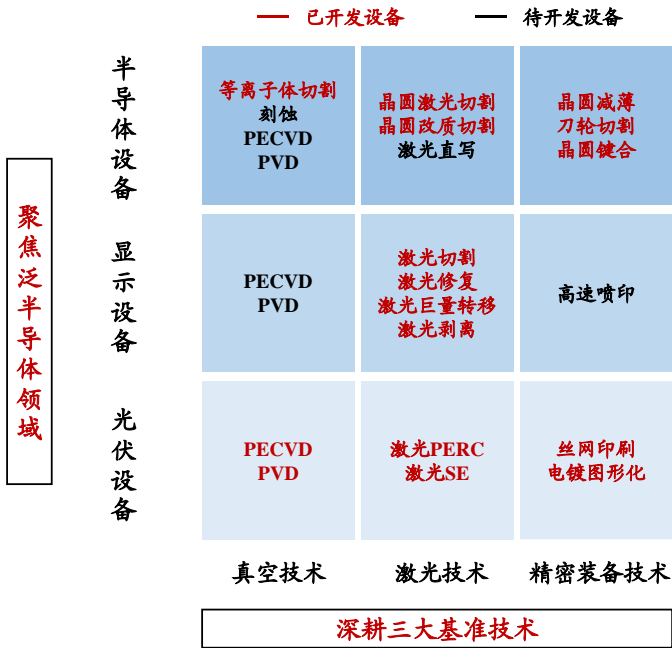
4.0 整线较上一代 3.0 整线 降低非硅成本2.5-3分/W

- 设备占地（470m*125m摆放12GW设备）面积节省 34%+
- 现场人员数量降低 25%+
- 设备用电量降低20%+，设施用电量降低30%+
- 厂务设施投资降低30%+
- 靶材消耗量降低1.5mg/W

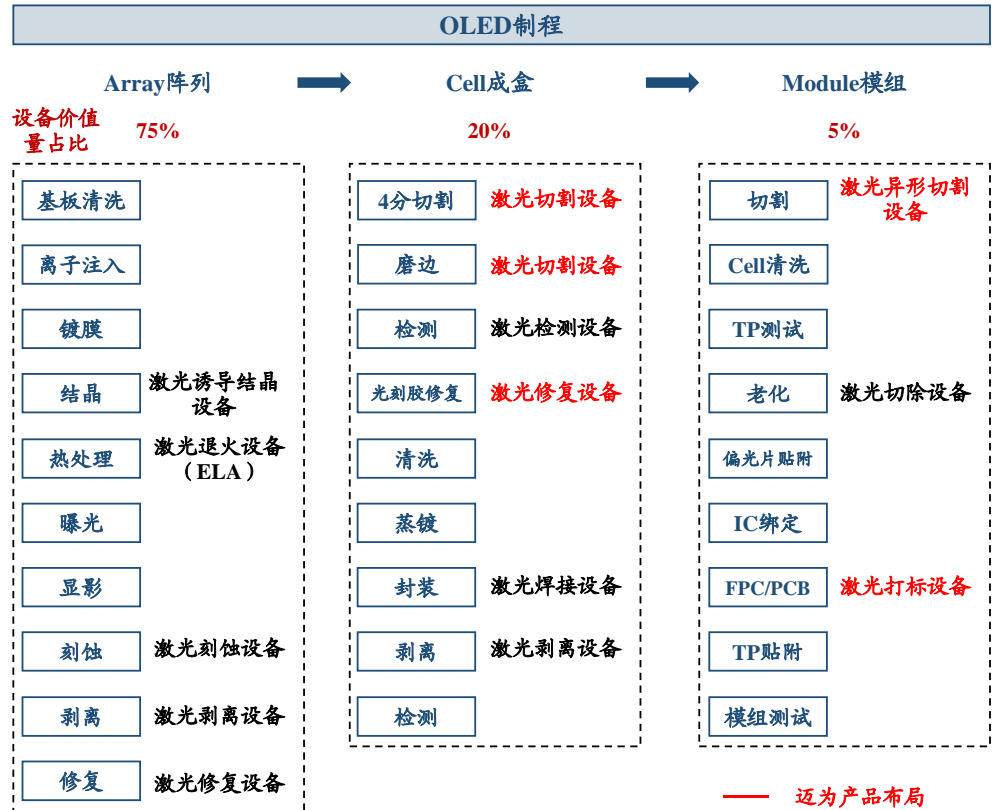
3.9 迈为股份：OLED&MLED全线设备方案开拓者

◆ 迈为股份现已形成真空技术、激光技术、精密控制技术三大基准技术平台，并凭借激光技术积累率先拓展至显示&半导体封装设备市场。（1）显示（OLED&MLED）：2017年起迈为布局显示行业，推出 OLED G6 Half 激光切割设备、OLED弯折激光切割设备等；2020年公司将业务延伸至新型显示领域，针对Mini LED推出晶圆隐切、裂片、刺晶巨转、激光键合等全套设备，针对Micro LED推出晶圆键合、激光剥离、激光巨转、激光键合和修复等全套设备，为MLED行业提供整线工艺解决方案。

◆ 图：迈为深耕“真空+激光+精密装备”三项平台型技术



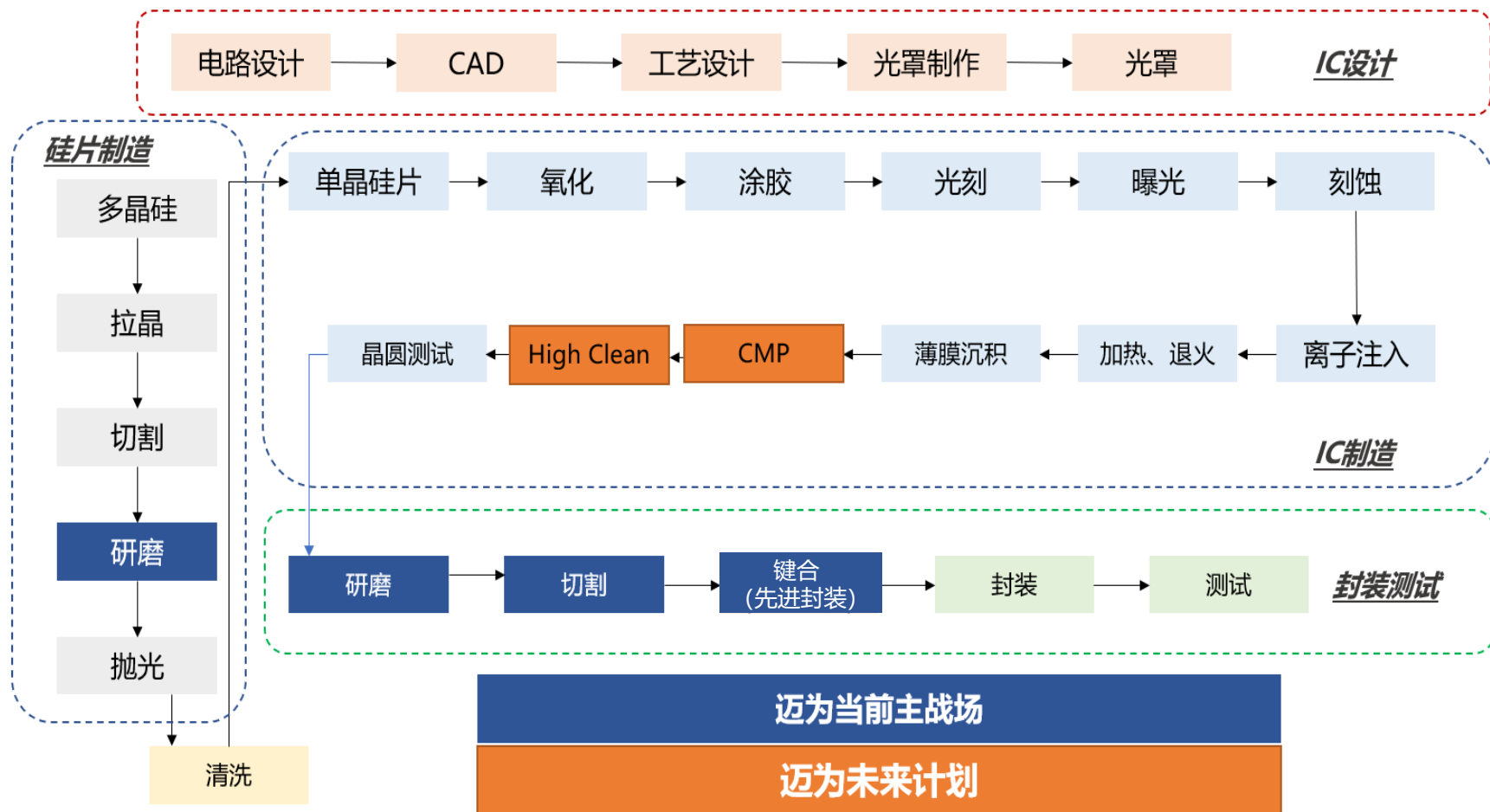
◆ 图：OLED生产工艺流程及对应迈为布局的激光设备



3.9 迈为股份：半导体领域聚焦磨划+先进封装

- ◆ (2) 半导体封装：公司推出半导体晶圆激光开槽、激光改质切割、刀轮切割、研磨等装备的国产化，聚焦半导体泛切割、2.5D/3D先进封装，提供封装工艺整体解决方案。2024年，公司成功开发出全自动晶圆临时键合机、晶圆激光解键合机以及全自动混合键合机等多款新产品，在半导体先进键合设备领域取得突破。

◆ 图：迈为已布局硅片环节的研磨+封测环节的切磨抛和键合，未来规划布局晶圆制造环节的CMP&清洗





- 1、中报总结：业绩短期承压，静待行业复苏

- 2、硅片设备：低氧单晶炉&钨丝金刚线&薄片化未来可期

- 3、电池设备：新质生产力HJT降本增效加速推进，看好龙头设备商

- 4、组件设备：OBB&叠栅等拉长景气周期

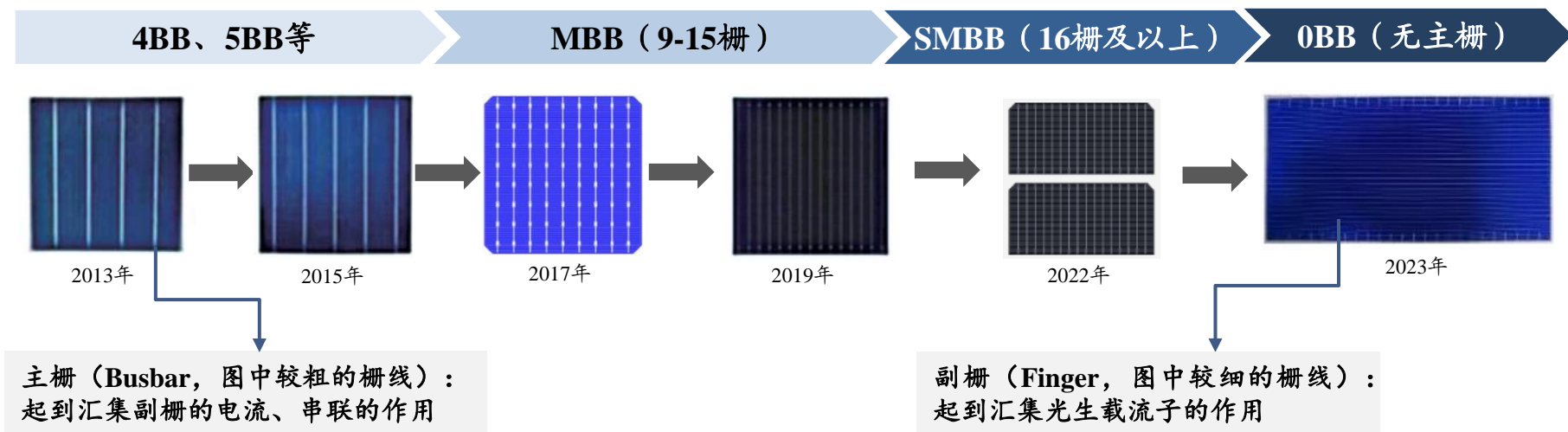
- 5、投资建议

- 6、风险提示

4.1 0BB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



4.2 0BB能够降本增效，对HJT而言0BB技术应用最迫切

◆ 图：银价6000元/KG时，0BB对HJT和TOPCon技术路线的降本情况

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)	20BB+纯银浆料	纯银浆料耗量 (mg/片)	20	35	20	35	110
		单W纯银浆料耗量 (mg/W)	1.9	3.2	1.9	3.2	10.2
		纯银浆料占比	18%	32%	18%	32%	100%
		低温银浆价格 (元/KG)	6300	6300	6300	6300	
		单W纯银浆料成本 (元/W)	0.012	0.020	0.012	0.020	0.064
	20BB+50%银包铜浆料	银包铜浆料耗量 (mg/片)	20	35	20	35	110
		单W银包铜浆料耗量 (mg/W)	1.9	3.2	1.9	3.2	10.2
		银包铜浆料占比	18%	32%	18%	32%	100%
		银包铜浆料价格 (元/KG)	4200	4200	4200	4200	
		单W银包铜浆料成本 (元/W)	0.008	0.014	0.008	0.014	0.043
	20BB+30%银包铜浆料	银包铜浆料耗量 (mg/片)	20	35	20	35	110
		单W银包铜浆料耗量 (mg/W)	1.9	3.2	1.9	3.2	10.2
		银包铜浆料占比	18%	32%	18%	32%	100%
		银包铜浆料价格 (元/KG)	3300	3300	3300	3300	
		单W银包铜浆料成本 (元/W)	0.006	0.011	0.006	0.011	0.034
	0BB+纯银浆料	纯银浆料耗量 (mg/片)	0	35	0	35	70
		单W纯银浆料耗量 (mg/W)	0.0	3.2	0.0	3.2	6.5
		纯银浆料占比	0%	50%	0%	50%	100%
		低温银浆价格 (元/KG)	6300	6300	6300	6300	
		单W纯银浆料成本 (元/W)	0.000	0.020	0.000	0.020	0.041
0BB+50%银包铜浆料	银包铜浆料耗量 (mg/片)	0	35	0	35	70	
	单W银包铜浆料耗量 (mg/W)	0.0	3.2	0.0	3.2	6	
	银包铜浆料占比	0%	50%	0%	50%	100%	
	银包铜浆料价格 (元/KG)	4200	4200	4200	4200		
	单W银包铜浆料成本 (元/W)	0.000	0.014	0.000	0.014	0.027	
0BB+30%银包铜浆料	银包铜浆料耗量 (mg/片)	0	35	0	35	70	
	单W银包铜浆料耗量 (mg/W)	0.0	3.2	0.0	3.2	6	
	银包铜浆料占比	0%	50%	0%	50%	100%	
	银包铜浆料价格 (元/KG)	3300	3300	3300	3300		
	单W银包铜浆料成本 (元/W)	0.000	0.011	0.000	0.011	0.021	
TOPCon (182尺寸, 8.2W/片)	16BB+纯银浆料	纯银浆料耗量 (mg/片)	8	38	8	48	102
		单W纯银浆料耗量 (mg/W)	1.0	4.6	1.0	5.9	12.4
		纯银浆料占比	8%	37%	8%	47%	100%
		高温银浆价格 (元/KG)	6000	6000	6000	6000	
		单W银浆成本 (元/W)	0.006	0.028	0.006	0.035	0.075
	0BB+纯银浆料	纯银浆料耗量 (mg/片)	0	38	0	48	86
		单W纯银浆料耗量 (mg/W)	0.0	4.6	0.0	5.9	10.5
		纯银浆料占比	0%	44%	0%	56%	100%
		高温银浆价格 (元/KG)	6000	6000	6000	6000	
		单W银浆成本 (元/W)	0.000	0.028	0.000	0.035	0.063

HJT纯银：0BB可节省0.23元/W

TOPCon纯银：0BB可节省0.12元/W

4.2 银价上涨背景下，0BB技术产业化进度有望加速

- 我们测算得到白银价格每上涨1000元，0BB可多节约2-4厘/W。HJT在20BB下的浆料耗量约10mg/W，应用0BB后可降低至6-7mg/W，节省3-4mg/W，综合考虑纯银浆料或银包铜浆料，我们测算得到若白银价格由6000元/KG涨价至12000元/KG，0BB成本节约可由0.01-0.02元/W放大至0.02-0.04元/W。

◆图：我们测算得到白银价格每上涨1000元，0BB可多节约2-4厘/W

单W浆料成本（元）	白银价格（元/KG）	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000
HJT（210尺寸，10.8W/片）	20BB+纯银浆料(1)	0.064	0.073	0.083	0.092	0.101	0.110	0.119
	0BB+纯银浆料(2)	0.041	0.047	0.053	0.058	0.064	0.070	0.076
	0BB成本节约(3)=(2)-(1)	-0.023	-0.027	-0.030	-0.033	-0.037	-0.040	-0.043
	20BB+50%银包铜浆料(4)	0.043	0.048	0.053	0.058	0.063	0.068	0.073
	0BB+50%银包铜浆料(5)	0.027	0.030	0.034	0.037	0.040	0.043	0.047
	0BB成本节约(6)=(5)-(4)	-0.016	-0.017	-0.019	-0.021	-0.023	-0.025	-0.027
	50%银包铜成本节约(7)=(5)-(2)	-0.014	-0.016	-0.019	-0.021	-0.024	-0.027	-0.029
	20BB+30%银包铜浆料(8)	0.034	0.037	0.040	0.043	0.046	0.049	0.052
	0BB+30%银包铜浆料(9)	0.021	0.023	0.025	0.027	0.029	0.031	0.033
	0BB成本节约(10)=(9)-(8)	-0.012	-0.013	-0.014	-0.016	-0.017	-0.018	-0.019
	30%银包铜成本节约(11)=(9)-(5)	-0.006	-0.007	-0.008	-0.010	-0.011	-0.012	-0.014
TOPCon（182尺寸，8.2W/片）	16BB+纯银浆料(12)	0.075	0.086	0.097	0.108	0.119	0.131	0.142
	0BB+纯银浆料(13)	0.063	0.072	0.082	0.091	0.101	0.110	0.120
	0BB成本节约(14)=(13)-(12)	-0.012	-0.013	-0.015	-0.017	-0.019	-0.020	-0.022
HJT与TOPCon成本差距	0BB纯银比较(15)=(2)-(13)	-0.022	-0.026	-0.029	-0.033	-0.037	-0.040	-0.044
	0BB+50%银包铜比较(16)=(5)-(13)	-0.036	-0.042	-0.048	-0.054	-0.060	-0.067	-0.073
	0BB+30%银包铜比较(11)=(5)-(13)	-0.042	-0.049	-0.057	-0.064	-0.072	-0.079	-0.087

4.3 2024Q4行业有望开启较大规模0BB设备招标

- **0BB产业化进程加速，有望复制SMBB的放量节奏：2024H1 0BB在HJTTOPCon、BC三大技术路线均有突破。**（1）HJT+0BB：东方日升已实现量产，华晟新能源处于批量测试阶段，天合光能、通威股份处于方案验证阶段；在2024 SNEC上，0BB成为HJT组件标配，多数厂商均推出0BB HJT组件产品。（2）TOPCon+0BB：正泰新能已经完成GW级量产，晶科能源已具备GW级产能，天合光能、一道新能处于方案验证阶段。（3）BC+0BB：爱旭股份和天合光能于2024 SNEC分别推出导入0BB技术的ABC组件和HBC组件，效率均突破25%。组件大厂对于0BB推动更有效，参考SMBB放量仅一年时间，我们认为0BB放量速度同样会很快。



◆ 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年上半年招标量产订单（约10台）
	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	2023年获日升量产订单，其它验证客户包括晶科、天合等，2024年初晶科有望招标0BB设备
	迈为股份	2023年3月送样华晟，9月获华晟20GW订单（分三年），首期约5.4GW
	先导智能	2022年11月推出无主栅串焊机
	宁夏小牛	2023年获日升量产订单
	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

4.4 奥特维：多款0BB串焊机正在头部HJT客户测试或量产

- 截至2024年8月，HJT 0BB的低温、中温工艺方面奥特维都有在头部客户测试或量产。在HJT领域，奥特维正配合主流的HJT厂商做小批量的测试，在HJT的印胶+固化工艺上已有1GW的量产经验。薄片化方面公司的0BB串焊机已兼容到90 μ m的水平。

◆图：奥特维全面布局0BB的各种工艺路线

项目	覆片膜	印胶+固化	印胶+焊接	焊接+施胶
图示				
工艺方法概述	通过层压焊带与电池形成焊接合金化。	印刷导电浆至电池片表面，通过层压焊带与电池形成焊接合金化。	印胶粘结焊带至电池片，通过红外焊接成串实现合金化。	焊带和电池片通过红外焊接成串实现合金化，再施胶加固互联强度。
可靠性	<ul style="list-style-type: none"> 低温工艺 无助焊剂 无胶点固定 层压合金化 	<ul style="list-style-type: none"> 低温工艺 无助焊剂 有胶点固定 层压合金化 	<ul style="list-style-type: none"> 传统焊接工艺（高/中/低） 有助焊剂，利于锡银合金化 印胶+焊接 层前合金化 	<ul style="list-style-type: none"> 传统焊接工艺（高/中/低） 有助焊剂，利于锡银合金化 焊接+有胶点加固 层前合金化
制程管控	<ul style="list-style-type: none"> 层后检测 	<ul style="list-style-type: none"> 层后检测 	<ul style="list-style-type: none"> 层前串检测 	<ul style="list-style-type: none"> 层前串检测
成本	<ul style="list-style-type: none"> 皮肤膜/隔离膜 工艺成本高 	<ul style="list-style-type: none"> 胶水+胶膜 工艺成本中 	<ul style="list-style-type: none"> 胶水 工艺成本低 	<ul style="list-style-type: none"> 胶水 工艺成本低

4.4 奥特维：多款0BB串焊机正在头部HJT客户测试或量产

- 2024年8月奥特维成功获得某龙头客户10+GW超高速0BB串焊机大额采购订单。奥特维于2024年年初推出TOPCon 0BB串焊设备，半年时间内又成功研发超高速0BB串焊设备，并在多家龙头企业完成工艺验证，产能可达10800半片/小时（G12），且兼容多种焊接工艺和电池技术。奥特维已推出基于0BB工艺的组件端完整解决方案，包括串焊排叠一体焊接机、层压机等多款产品，其中层压机可选配提效注入模块，能够为客户每年带来150万元/线的收益。

◆图：奥特维0BB工艺组件端可提供完整解决方案



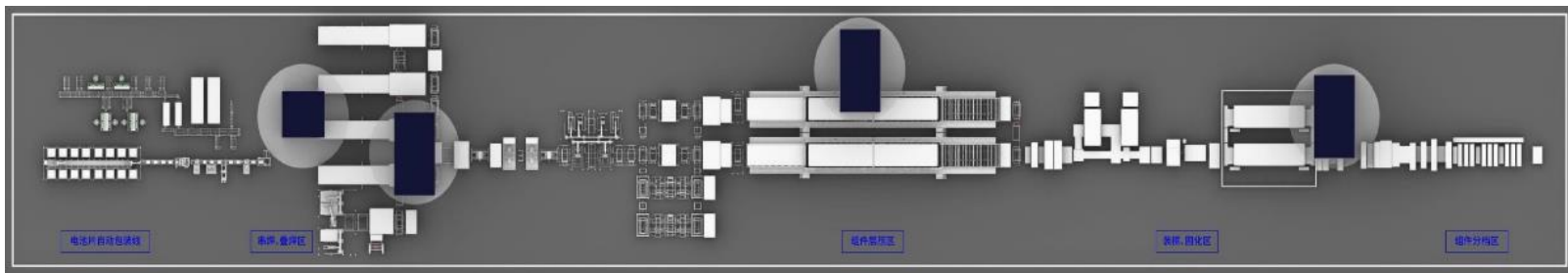
超高速串焊机
多工艺兼容高速平台



串焊排叠一体高速焊接系统



层压机



单片焊接+返修机



工装清洗机



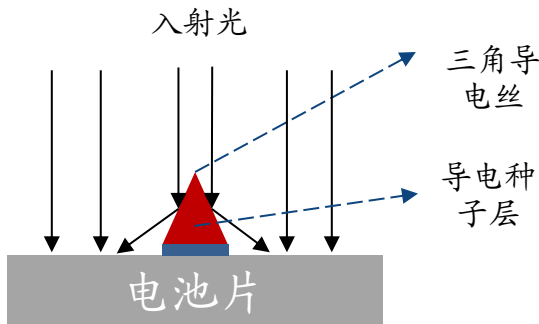
接线盒焊接机



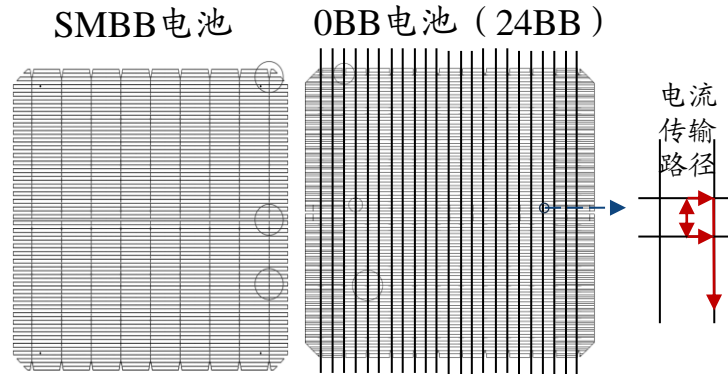
4.5 叠栅技术可大幅降银、显著提效，产业化进展迅速

- 2024 SNEC展会上，时创能源开创性推出效率达24.1%、功率达650W的双面Poly+叠栅技术的TOPCon组件。叠栅技术作为一种平台型技术，其核心结构是在电池表面制备一层用于收集电池片表面电流的导电种子层，在种子层上叠放导电丝，导电种子层和导电丝通过银等导电材料形成导通。
- 叠栅最大的优势在于降低银耗，可节省组件75%-100%的银浆成本，还可搭配三角焊带与双Polo钝化技术提升组件功效。叠栅电池的电流收集路径为：电池表面→导电种子层→导电丝。叠栅结构对于种子层平行于电池表面方向的电阻要求大大降低，从而大幅降低银耗，未来可采用PVD镀铜等方式完全去银。此外，叠栅技术不仅可应用于TOPCon，对银浆成本更高的HJT和BC电池降本会更加明显。此外，时创的新型叠栅组件采用了超高表面反射率的极细三角导电丝，使得电池表面的等效遮光面积降低到1%以下。结合与叠栅技术相匹配的高效电池技术（双Polo钝化技术等），以2382*1134组件版型为例，较常规TOPCon SMBB技术，采用叠栅技术的单块组件功率可提高25-30W以上。
- 时创1GW 双Polo+叠栅TOPCon组件预计于24Q3量产，相关叠栅设备商将率先受益于叠栅技术从0到1。时创已有一条叠栅组件试验线稳定运行，今年5月成功申请三角焊带专利，预计7月取得TUV可靠性认证证书，1GW 双Polo+叠栅TOPCon组件量产线建设也已启动，计划于24Q3量产，产业化进展迅速。

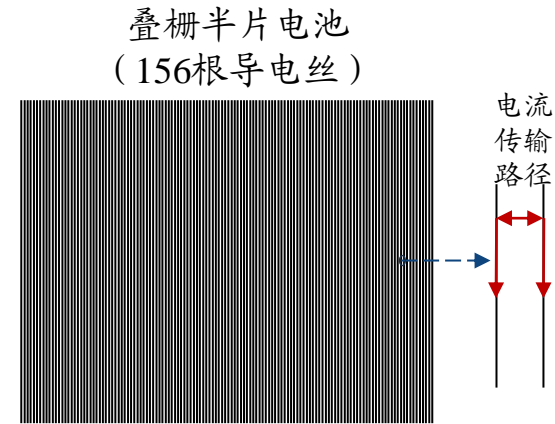
◆ 图：叠栅结构光路图



◆ 图：SMBB与0BB电池的电流传输路径



◆ 图：叠栅电池的电流传输路径





- 1、中报总结：业绩短期承压，静待行业复苏

- 2、硅片设备：低氧单晶炉&钨丝金刚线&薄片化未来可期

- 3、电池设备：新质生产力HJT降本增效加速推进，看好龙头设备商

- 4、组件设备：OBB&叠栅等拉长景气周期

- 5、投资建议

- 6、风险提示

- 硅片环节重点推荐硅片设备龙头【晶盛机电】、切片代工逻辑逐渐兑现的【高测股份】；电池片设备重点推荐HJT整线设备龙头【迈为股份】；组件设备重点推荐串焊机龙头【奥特维】。

◆ 图：光伏设备行业公司估值（截至2024/9/12）

	股票代码	公司	市值	股价	归母净利润（亿元）					PE				
			（亿元）	（元）	2022A	2023A	2024E	2025E	2026E	2022A	2023A	2024E	2025E	2026E
光伏设备	300316.SZ	晶盛机电	297.53	22.72	29.24	45.58	45.84	53.82	59.44	10	7	6	6	5
	300751.SZ	迈为股份	219.56	78.61	8.62	9.14	12.10	18.07	25.18	25	24	18	12	9
	300776.SZ	帝尔激光	112.78	41.30	4.11	4.61	6.10	7.53	9.17	27	24	19	15	12
	300724.SZ	捷佳伟创	162.15	46.57	10.47	16.34	26.18	35.31	39.91	15	10	6	5	4
	688516.SH	奥特维	109.11	34.70	7.13	12.56	18.38	23.50	29.89	15	9	6	5	4
	688598.SH	金博股份	31.34	15.35	5.51	2.02	2.63	3.56	4.47	6	15	12	9	7
	835368.BJ	连城数控	43.01	18.42	4.52	6.81	7.97	9.44	10.11	10	6	5	5	4
	688556.SH	高测股份	54.62	9.99	7.89	14.61	4.97	5.92	7.55	7	4	11	9	7
	603396.SH	金辰股份	34.12	24.62	0.64	0.90				38	27			
			平均								17	14	10	8

备注：晶盛机电、迈为股份、捷佳伟创、奥特维、金博股份、高测股份为东吴证券预测值；帝尔激光、连城数控为Wind一致预期；金辰股份暂时未有Wind一致预期。



- 1、中报总结：业绩承压，行业订单饱满

- 2、硅片设备：薄片化&N型硅片拉长设备景气周期

- 3、电池设备：新质生产力HJT降本增效加速推进，看好龙头设备商

- 4、组件设备：0BB&叠栅等新技术未来可期

- 5、投资建议

- 6、风险提示

- **1、光伏装机量不及预期：**光伏的整个产业链都受到行业装机量的影响，若最终下游的装机量不及预期，那么将影响各环节的供需及厂商扩产，进而影响设备商。
- **2、新技术升级进程不及预期：**若未来下游相关产业发生重大技术革新和产品升级换代，下游市场对公司现有产品需求发生不利变化，而公司在研发、人才方面投入不足，技术和产品升级跟不上行业或者竞争对手步伐，公司的竞争力将会下降，对公司经营业绩带来不利影响。

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，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

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。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后6至12个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证50指数），具体如下：

公司投资评级：

买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在15%以上；

增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于5%与15%之间；

中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与5%之间；

减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于基准5%以上；

中性：预期未来6个月内，行业指数相对基准-5%与5%；

减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于基准5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券 财富家园