



新能源发电设备行业研究

买入（维持评级）

行业专题研究报告

证券研究报告

新能源与电力设备组

分析师：姚遥（执业 S1130512080001）

yaoy@gizq.com.cn

xBC 电池行业深度：两岸猿声啼不住，轻舟已过万重山

背接触（Back Contact, BC）概念于 1975 年提出，后经过不断演化、改进，现已成为行业公认的高效光伏电池技术路线之一。从转换效率的角度来说，由于 BC 结构正面无栅线遮挡，受光面积增大，入射光利用率得到提高，因此在被提出至今近 50 年的时间里，在转换效率上始终保持绝对优势；从观赏性的角度来说，BC 结构组件正面无栅线遮挡，外观上可以兼顾高颜值，更加符合多元化建筑场景的应用，因此深受分布式市场的喜爱；从工艺兼容性的角度来说，BC 工艺为兼收并蓄的富有延展性的工艺，可以与 TOPCon、HJT 工艺相结合，在正面充分利用的前提下进一步优化钝化结构，持续做到电池转换效率的提升。

xBC 工艺壁垒高，耗材/设备变化较大，技术优势红利期长：①BC 电池的生产工序较长，尤以背电极制作较为繁琐，需要经历 2~3 道激光开槽工艺，对设备稳定性/工艺成熟水平要求较高，而激光开槽过程中造成的漏电问题是制约电池片生产良率的重要瓶颈；②由于背电极相互交叉，在焊带设计/焊接工艺和封装工艺也需要做相应调整。焊带方面，扁平化、变薄变宽趋势；串焊机方面，焊接精度要求大幅提高，焊接过程中需要避免发生翘曲问题，需要 BC 结构专用串焊机。因此综合评估看来，一般厂商并非拥有 TOPCon 或 HJT 技术、产能即可随时转产 BC 结构电池，在 BC 领域研发投入积累多、成果丰富的企业，将能在量产阶段保持相对较长时间的技术优势红利期。

得益于头部企业的积极引领和产业内上下游多方面的技术进步，2023 年开始 xBC 工艺发展速度较快：①激光在光伏中的应用逐步普及，现有厂商多采用激光图形化取代光刻工艺，目前激光技术在 xBC 电池上的应用主要为刻蚀掩膜、制备 PN 区交叉指结构、PN 区隔离及钝化膜开槽等核心工艺步骤，经济性大幅提升；②xBC 电池产业链上下游的快速协同配套，尽管国内的 BC 电池于 2023 年刚刚进入量产阶段，但产业链配套已形成很好的配合，从辅材、耗材、设备等方面均给予了 BC 电池产业化强有力的支持，各环节龙头公司基本均实现向头部 BC 厂商的量产供货；③龙头电池及组件企业扩产的带动作用，尽管目前仅有少数头部企业押注了 xBC 工艺技术路线，但龙头企业的技术路线选型具备较大的影响力及示范作用，带动行业内其它头部企业内部研发同样对 xBC 工艺保持了一定关注，对于 xBC 工艺量产所遇到的难点和痛点予以克服，因此共同带动了 xBC 工艺的快速进步。

投资建议与估值

针对 xBC 工艺产业化所带来的投资机会，我们认为目前主要集中在 2 个方向：一是 xBC 生产工艺中较此前 PERC、TOPCon 应用更为广泛、价值量更高的电池激光设备厂商及出现较大变化的组件端相关设备厂商，重点推荐**奥特维**、**帝尔激光**、**英诺激光**；二是在 xBC 工艺产能布局领先、产业化进展较快的头部组件、电池厂商，重点推荐**隆基绿能**、**爱旭股份**。

风险提示

BC 工艺产业化进展不及预期，竞争加剧风险，行业需求不及预期，产业链价格下行过快风险。



内容目录

1、光伏终端需求旺盛，多元化应用场景催生 BC 路线新机遇	4
1.1 海内外分布式装机规模持续高增，差异化组件应用场景顺势扩张	4
1.2 xBC 结构研究历史悠久，多种方案路线效率均处于行业领先	6
2、复盘 Maxeon——全球第一个实现 IBC 技术商业化的企业	8
3、xBC 结构技术上可兼收并蓄，效率提升空间大	11
4、xBC 工艺流程较长，产业化壁垒高	14
4.1 工艺流程环节增多，制程精度要求提高	14
4.2 电池端增加多道激光工序，激光设备重要性显著提升	15
4.3 组件端：全新的互联方式，串焊环节变化较大	18
5、推荐标的	19
5.1 奥特维：光伏设备平台化龙头企业，充分受益于电池、组件技术迭代	19
5.2 帝尔激光：激光方案覆盖光伏多条技术路线，与龙头企业保持紧密合作	20
5.3 英诺激光：深耕激光核心技术，有望扩大在光伏领域的应用	20
5.4 隆基绿能：一体化组件龙头，xBC 产能规划行业领先	21
5.5 爱旭股份：国内 xBC 路线先行者，海外市场持续发力	22
6、风险提示	24

图表目录

图表 1：2023 年前三季度国内分布式装机占比约 52%	4
图表 2：近年来，国内分布式装机占比较高	4
图表 3：2022 年来美国分布式装机占比显著提升	4
图表 4：近两年英国家庭光伏装机占比 50%以上	4
图表 5：现阶段同版型双面 PERC 组件较单面组件溢价 0.02 元/W 左右	5
图表 6：目前 xBC 电池双面率显著低于其他路线	6
图表 7：不同场景下，地面反射率不同	6
图表 8：为保持同一发电量水平不同应用场景、不同电池双面率对于电池效率提升幅度的要求	6
图表 9：xBC 电池效率提升路线主要分为三条路径	7
图表 10：TOPCon/HJT/xBC 25%以上实验室效率统计	7
图表 11：2023 年 1-10 月 xBC 组件效率较其他技术路线优势明显	8
图表 12：Maxeon 拆分自 Sunpower，至今发展近 40 年	9
图表 13：Maxeon IBC 产品历经 5 次迭代	9
图表 14：Maxeon IBC 组件年度出货约 1GW	10



图表 15: Maxeon IBC 组件较 P 系列溢价基本稳定在 0.2 美元/W 左右	10
图表 16: IBC 系统价格较市场 HJT、PERC 组件有明显溢价	11
图表 17: IBC 电池 N/P 分隔结构 (电池背面俯视图)	11
图表 18: IBC——xBC 路线基础结构	12
图表 19: IBC + HJT = HBC	12
图表 20: 四种有望实现产业化的 TBC 结构	13
图表 21: Al-p-TBC 结构需关注漏电问题	14
图表 22: 背面 P 区多层结构需关注复合问题	14
图表 23: P-Si 基 BC 核心工艺流程较 PERC 复杂	15
图表 24: N-Si 基 BC 核心工艺流程涉及多道激光工艺	15
图表 25: TBC 常规路线包含三道激光环节	16
图表 26: 脉冲持续时间越短, 对材料的破坏越小	16
图表 27: 各类激光工艺对比	17
图表 28: 金属化开孔要求对准精度增加	17
图表 29: IBC 电池铜电镀工艺	18
图表 30: 绝缘胶隔离焊带和细栅	18
图表 31: 特殊焊带实现局部绝缘化	18
图表 32: Maxeon 背面使用了导电金属板	19
图表 33: 刚性互联方案对局部区域有绝缘要求	19
图表 34: 奥特维是光伏设备厂商中极少数的平台化厂商	20
图表 35: 公司激光方案覆盖多条技术路线	20
图表 36: 公司激光技术在光伏领域应用丰富	21
图表 37: 隆基 HPBC 产品性能较 PERC 产品全方位领先	21
图表 38: 隆基 HPBC 电池结构	22
图表 39: 隆基 Hi-MO X6 艺术家系列随心选色	22
图表 40: 隆基波兰 40KW 户用分布式屋顶发电项目	22
图表 41: 爱旭 ABC 电池及组件产能规划 86GW	23
图表 42: 爱旭 ABC 组件海外订单持续落地	23

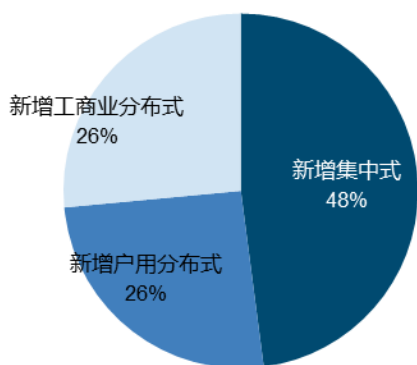


1、光伏终端需求旺盛，多元化应用场景催生 BC 路线新机遇

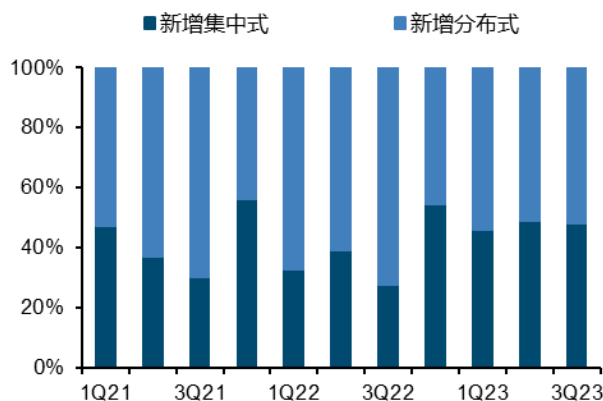
1.1 海内外分布式装机规模持续高增，差异化组件应用场景顺势扩张

2023 年，在组件价格持续走低，光伏发电经济性进一步凸显的背景下，国内前期积压的地面电站项目显著放量，同时工商业及户用分布式项目的投资回报率保持较优水平，光伏终端需求旺盛。根据国家能源局统计，2023 年 Q3 国内新增光伏装机 50.52GW，同增 133%、环增 13%。集中式装机 24.34GW，同增 303%，占比 48.2%；分布式装机 26.18GW，同增 67%；工商业/户用分布式 14.73/11.46GW，占比 29%/23%。前三季度集中式/工商业/户用分布式装机 61.8/34.2/33GW，占比 47.9%/26.5%/25.6%，装机结构中分布式占比连续三季度均超过 50%。在当前全球平均低至个位数的光伏发电渗透率背景下，由于区域分布的广泛性和来源的多样性，潜在分布式需求对价格的弹性释放有很大概率会持续超预期。

图表1：2023 年前三季度国内分布式装机占比约 52%



图表2：近年来，国内分布式装机占比较高

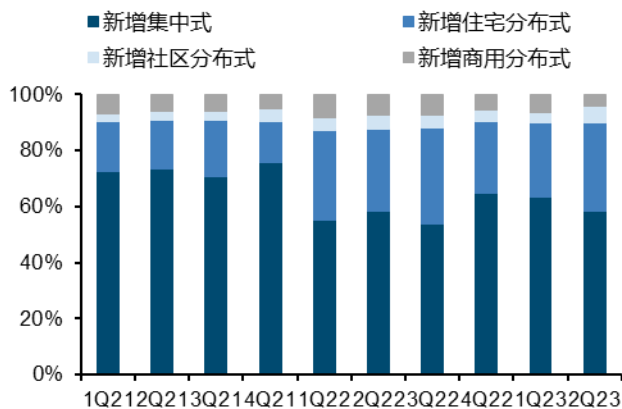


来源：能源局，国金证券研究所

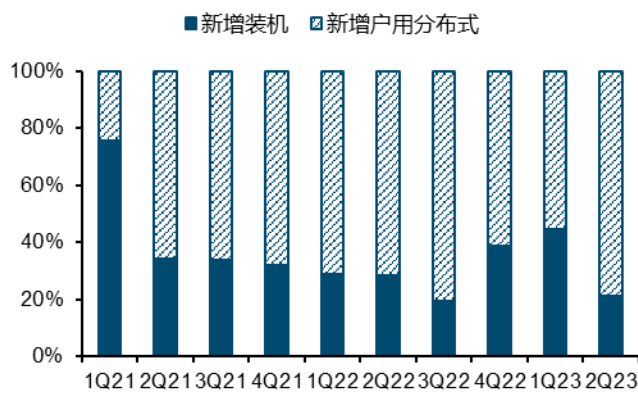
来源：能源局，国金证券研究所

2023 年美国光伏装机结构与国内趋势较为相似，虽然由于多重新因素导致地面电站项目放量，分布式装机比重略有下滑，但在整体装机需求高增的带动下，分布式项目绝对值显著增加。2023 上半年，美国新增光伏装机 11.6GW，其中新增分布式装机 4.5GW，住宅/社区/商用在分布式中的占比分别为 74.2%/12.3%/13.6%。对于欧洲地区来说，俄乌冲突导致欧洲居民电价大幅上涨，刺激了以户用为主的中小型光伏和储能系统的安装。即使经历了整整一年的高增长，光伏仍难以满足欧洲因俄气退出而导致的电力供应缺口，有望推动 2023 年及以后欧洲光伏需求继续高速增长。以英国为例，2023 上半年，英国新增光伏装机 0.6GW，其中家庭光伏装机 0.4GW，占比 64.2%，近 2 年来年英国家庭光伏装机占比超 50%。

图表3：2022 年来美国分布式装机占比显著提升



图表4：近两年英国家庭光伏装机占比 50% 以上



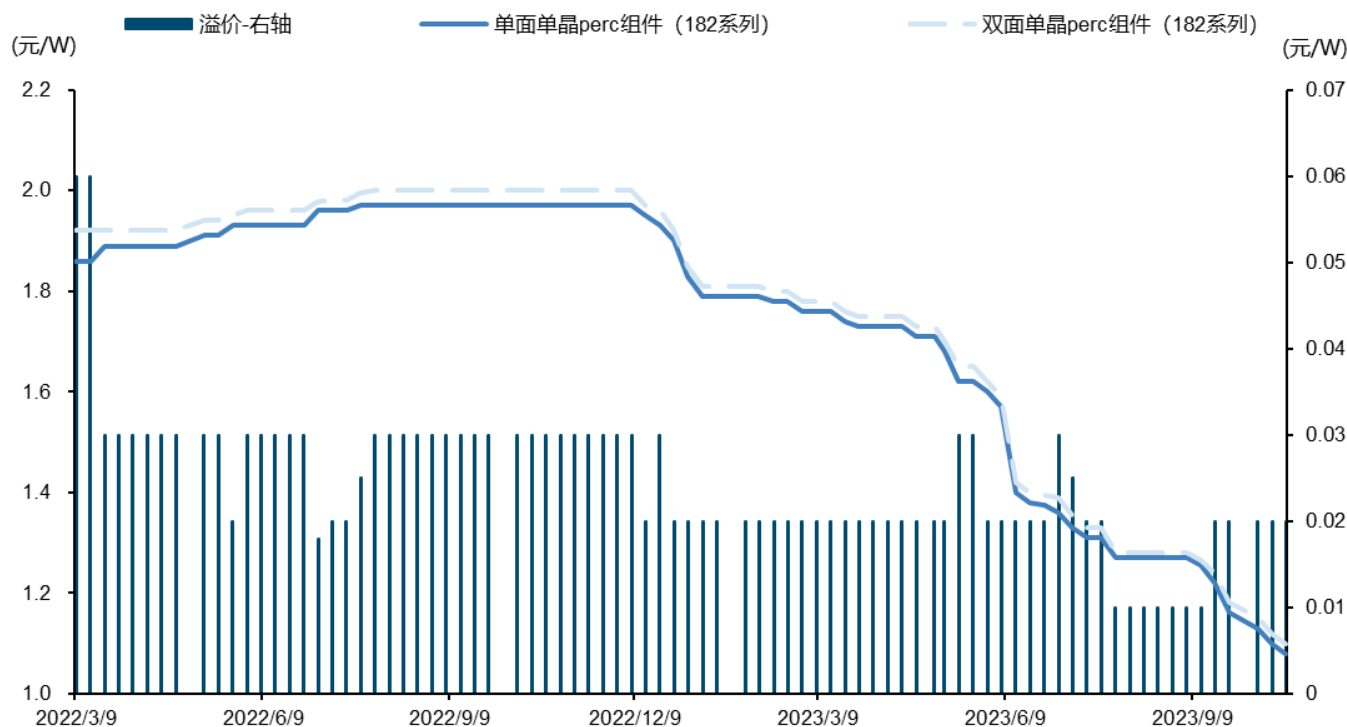
来源：SEIA，国金证券研究所

来源：GOV. UK，国金证券研究所



光伏装机结构持续变化叠加价格优势，单面组件市场具有较大潜力。无论集中式或者分布式，性价比一直是终端选择组件产品最为重要的因素。根据盖锡咨询统计，现阶段 182 版型双面组件价格较单面仍有 0.02 元/W 的溢价，对于一些不追求双面发电的差异化地面电站应用场景和屋顶光伏而言，单面组件既满足发电需求又具备经济性。随着单面市场需求增长，近年来 BC 结构组件作为一种可实现更高效率的单面电池技术，被市场广泛关注。

图表5：现阶段同版型双面 PERC 组件较单面组件溢价 0.02 元/W 左右

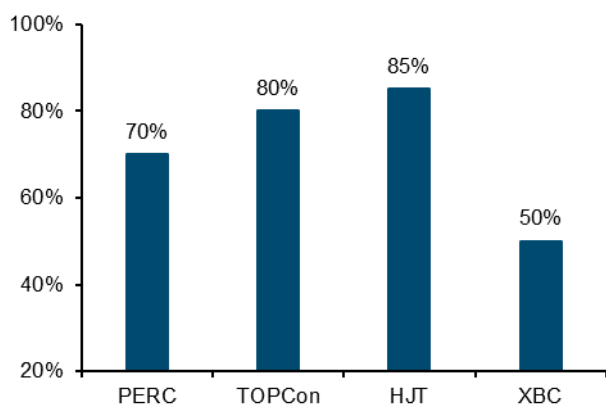


来源：盖锡咨询，国金证券研究所

打破固有印象，双面率高在一定条件下并非对发电量有很大增益。根据光伏组件安装的实际情况，组件正面太阳光直接照射，背面接收经地面反射后的太阳光，太阳光激发硅基体产生载流子，实现发电，因此发电量主要与四个参数相关：正/背面光照获取情况、正/背面电池效率。xBC 结构组件虽正面无遮挡，但电池电极均位于背面，且栅线较宽，行业普遍认为 xBC 电池的高效率是牺牲双面率获得的（双面率=背面效率/正面效率）。然而根据我们测算，在地面反射率越小的场景中，发电量水平对正面效率（也就是我们常常提到的转化效率）的变化越敏感。在不考虑其他因素的情况下，根据公式：电池发电量=正面发电量+背面发电量=电池面积*标准光强*正面效率+电池面积*（标准光强*地面反射率）*（正面效率*双面率），假设 182mm*182mm 尺寸的电池片正面转换效率 24.5%，标准光强为 1000W/m²，在普通地面材料（混凝土）的反射下，以 90%双面率的电池发电量为基准，当双面率降至 40%的时候，要想产生相同的电量，正面转换效率需要提高 1.84%。根据实际情况，光伏装机常见的应用场景中，反射率普遍在 15%-30%之间，因此理论上讲双面率的损失是可以通过高效率（正面效率）去弥补的。



图表6：目前 xBC 电池双面率显著低于其他路线



来源：光伏们，PV-Tech，国金证券研究所

图表7：不同场景下，地面反射率不同

环境	反射率	环境	反射率
草地	0.18-0.32	沥青	0.15
旷野	0.26	水表面（入射角>45°）	0.05
荒土	0.17	水表面（入射角>30°）	0.08
沙砾	0.18-0.23	水表面（入射角>20°）	0.12
混凝土	0.2-0.3	森林	0.05-0.18
水泥	0.55	雪地	0.45-0.9
沙漠	0.24-0.28	冰面	0.69

来源：坎德拉官网，国金证券研究所

图表8：为保持同一发电量水平不同应用场景、不同电池双面率对于电池效率提升幅度的要求

地面反射率 电池双面率	水表面（入射角>45°）	混凝土	草地	沙地	冰面
	5%	16%	23%	40%	69%
40%	0.60%	1.84%	2.58%	4.22%	6.63%
50%	0.48%	1.45%	2.02%	3.27%	5.03%
60%	0.36%	1.07%	1.49%	2.37%	3.59%
70%	0.24%	0.71%	0.97%	1.53%	2.28%
80%	0.12%	0.35%	0.48%	0.74%	1.09%
90%	基准	基准	基准	基准	基准

来源：《CALCULATING THE ADDITIONAL ENERGY YIELD OF BIFACIAL SOLAR MODULES》，国金证券研究所测算

1.2 xBC 结构研究历史悠久，多种方案路线效率均处于行业领先

事实上，背接触结构并非全新概念，反而相比 TOPCon、HJT 等 N 型技术具有更为悠久的历史。传统硅基太阳能电池在设计过程中存在一些问题，包括 1）正面栅线使得光照利用率减小；2）电池前表面扩散层导致串联电阻较大；3）为了保证电池的使用寿命，基区掺杂浓度不能太大；4）电池需要合理的散热结构设计。为了解决以上问题，Schwartz 和 Lammert 教授在 1975 年提出了背接触（Back Contact, BC）的概念，即发射极、背场、基区、发射极电极和背场电极均设计在电池背表面。最早关于 BC 电池的研究初衷是聚光场景的应用，1984 年，Swanson 教授提出一种点接触 BC 结构，可以在 88 倍聚光系统下实现 19.7% 的转换效率。虽然对比 IBC 电池，该工艺过于复杂，不容易大规模生产，但 Swanson 团队以此为基础，成立了著名的 Sunpower 公司，并在此后近 30 年时间里，成为全球 BC 技术和产业化的绝对领导者。

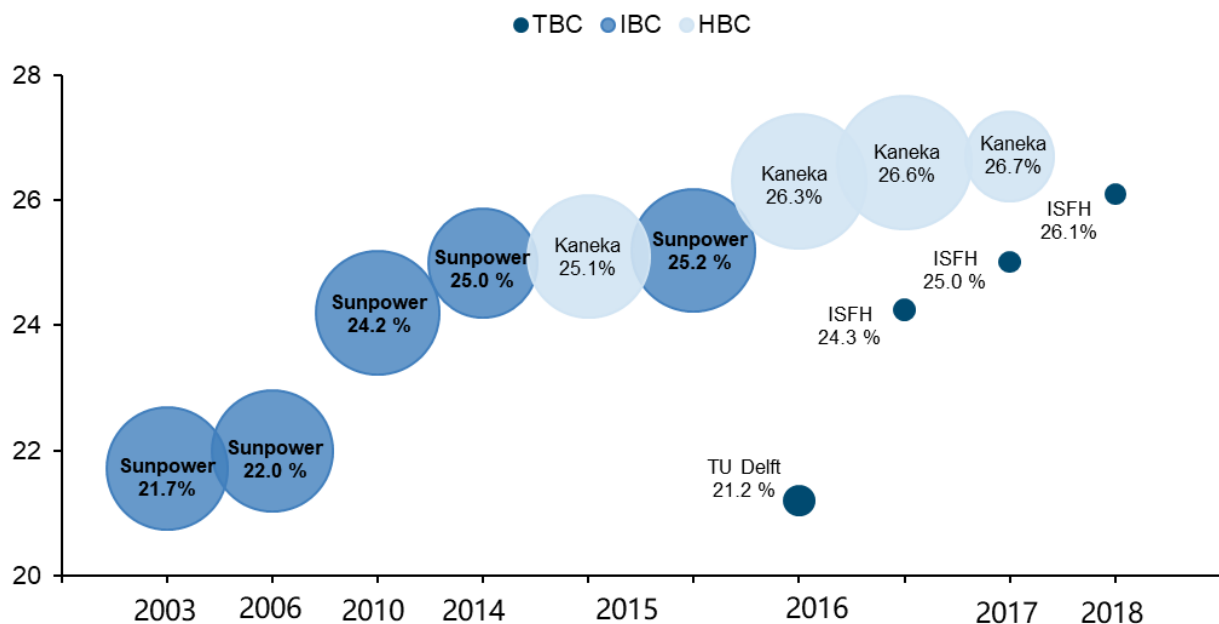
21 世纪开始，基于对 IBC 电池的研究，学术界开始尝试将 IBC 电池与其他技术相结合，截至目前，根据钝化方案的不同，衍生出 HBC 结构和 TBC 结构。早期日本对 HJT 电池的研究最为深入，因此 2015 年由日本 Kaneka 公司最先在 152cm² 的大尺寸 N 型单晶硅上得到转换效率高达 25.1% 的 HBC 电池，成为当时效率最高的 BC 结构电池；此后 Kaneka 深耕微晶硅钝化技术叠加背接触结构，短短 2 年时间将效率提高至 26.7%。虽然 HBC 的理论极限效率高达 29.1%（《Characteristics and development of interdigital back contact solar cells》），但 HBC 制作工序复杂、设备昂贵，极大地限制了大规模量产的实现。

一些机构开始将研究方向转向多晶硅钝化技术，最早在 2016 年由荷兰的代尔夫特理工大学（TU Delft）在 9cm² 的小面积上获得了 21.2% 的转换效率，随后同年 ISFH 发表效率高达 24.25% 的 polo-IBC 电池，TBC 路线效率获得大幅提升。2018 年 ISFH 在 P 型小面积（~4cm²）区熔法硅片上实现了 26.1% 的转换效率，并根据模型计算，认为有望通过完善多晶硅钝化技术将电池转换效率提升至 29.1%。同样使用多晶硅钝化接触的 TOPCon 电池在单面钝化工艺下理论极限效



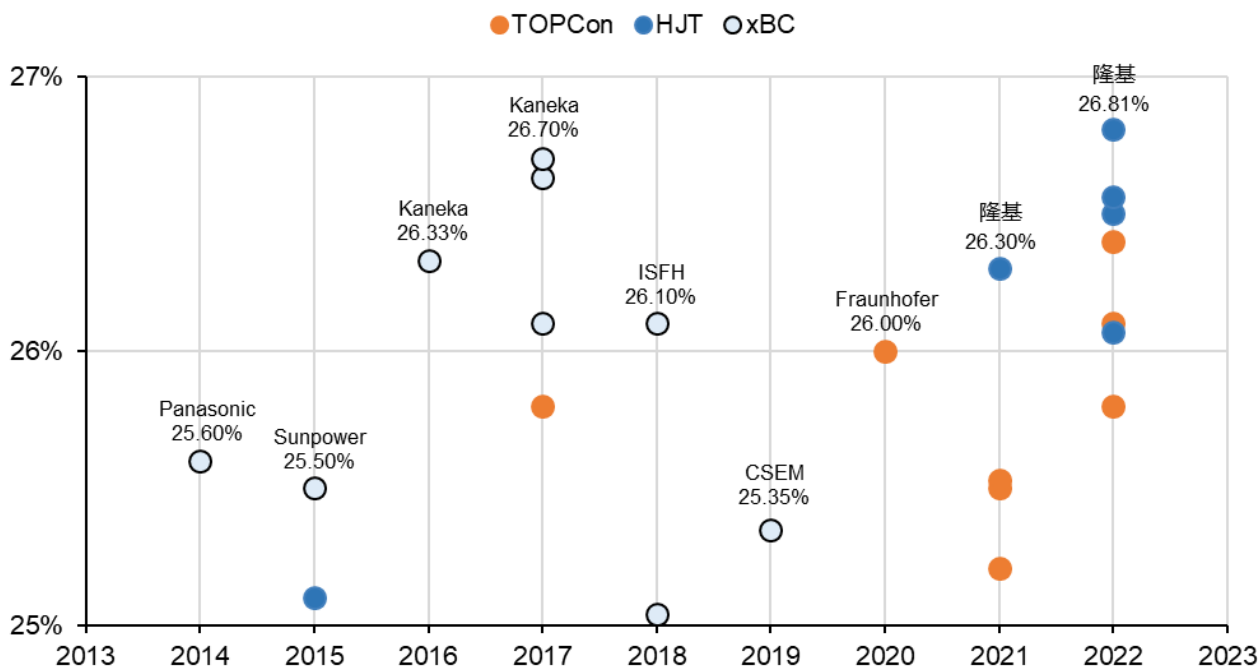
率为 27.1%、双面钝化工艺下理论极限效率 28.7% (ISFH)，考虑到单结半导体太阳能电池转换效率存在 S-Q 理论效率极限，其中晶硅单结太阳能电池约为 29.4%，背面电极结构不仅助力多晶硅钝化方案一举将理论效率提高至 29% 以上，并且接近晶硅电池极限。

图表9: xBC 电池效率提升路线主要分为三条路径



来源: NREL, 《IBC 太阳能电池技术的研究进展》, 国金证券研究所绘制

图表10: TOPCon/HJT/xBC 25%以上实验室效率统计



来源: CPIA, 国金证券研究所

xBC 组件产品效率稳居各技术路线首位。根据 TaiyangNews 统计的每月组件效率榜单，xBC 组件产品在 2023 年 1-10 月均可以稳居前两名。从排名变化趋势看，2023 年 1 月份组件效率前五名中 xBC 结构组件占据 2 个席位，到 2023 年 10 月，BC 结构组件产品基本包揽前五名，效率优势极其明显。


图表11：2023年1-10月xBC组件效率较其他技术路线优势明显

排名	2023/01	2023/02	2023/03	2023/04	2023/05	2023/06	2023/07	2023/08	2023/09	2023/10
1	隆基	隆基	爱旭	爱旭	爱旭	爱旭	爱旭	爱旭	爱旭	爱旭
	HPBC	HPBC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC
	22.8%	22.8%	23.6%	23.6%	23.6%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%
2	Maxeon	Maxeon	隆基	隆基	隆基	隆基	隆基	隆基	隆基	隆基
	IBC	IBC	HPBC	HPBC	HPBC	HPBC	HPBC	HPBC	HPBC	HPBC
	22.8%	22.8%	22.8%	22.8%	23.2%	23.2%	23.2%	23.2%	23.2%	23.2%
3	晶科	晶科	Maxeon	Maxeon	Maxeon	Maxeon	Maxeon	Maxeon	华晟	华晟
	TOPCon	TOPCon	IBC	IBC	IBC	IBC	IBC	IBC	HJT	HJT
			22.8%	22.8%	22.8%	22.8%	22.8%	23.0%		
4	华晟	华晟	晶科	晶科	晶科	晶科	晶科	晶科	Maxeon	Maxeon
	HJT	HJT	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon	IBC	IBC
									23.0%	23.0%
5	中来	中来	华晟	华晟	华晟	华晟	华晟	华晟	国电投	国电投
	TOPCon	TOPCon	HJT	HJT	HJT	HJT	HJT	HJT	TBC	TBC
									22.8%	22.8%
6	阿特斯	阿特斯	中来	中来	中来	中来	中来	中来	晶科	晶科
	HJT	HJT	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon
	晶澳	晶澳	阿特斯	晶澳	晶澳	东方日升	东方日升	东方日升	正泰	正泰
7	TOPCon	TOPCon	HJT	TOPCon	TOPCon	HJT	HJT	HJT	TOPCon	TOPCon
	国电投	国电投	正泰	通威	通威	正泰	正泰	一道	中来	中来
	IBC	IBC	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon
8	REC	REC	晶澳	阿特斯	正泰	阿特斯	阿特斯	晶澳	日升	日升
	HJT	HJT	TOPCon	HJT	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon	HJT	HJT
	爱康	爱康	通威	正泰	阿特斯	晶澳	一道	正泰	天合	天合
9	HJT	HJT	TOPCon	TOPCon	HJT	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon	TOPCon
10										

来源：TaiyangNews，国金证券研究所整理

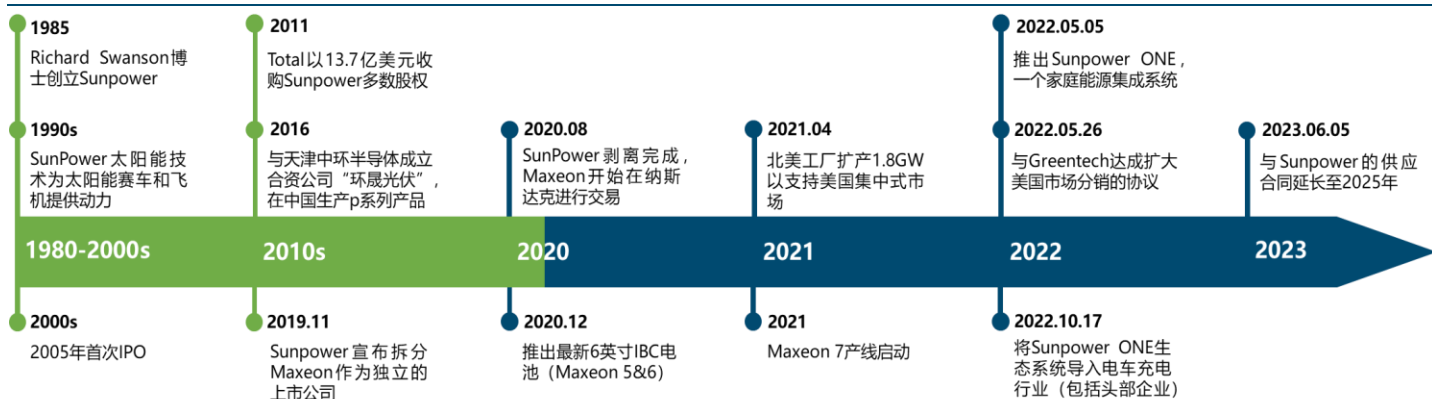
2、复盘 Maxeon——全球第一个实现 IBC 技术商业化的企业

即使 BC 技术具有较高效率，但它之前所面临的 1) 对硅基衬底的质量要求高；2) 对前表面的钝化要求高；3) 工艺复杂；4) 制造成本高等挑战，使其始终没能成为主流路线。Maxeon 是全球第一家规模化量产 IBC 电池&组件并实现出货的企业。

Maxeon 的 BC 技术源于 Sunpower，截至 2023 年，公司发展历史近 40 年。1985 年，Swanson 教授创立 Sunpower；2005 年首次 IPO；2016 年与天津中环半导体合资成立环晟光伏（江苏）有限公司，在中国生产 p 系列组件；2019 年 11 月 Sunpower 宣布将 Maxeon 和 Sunpower 拆分为两个独立的上市公司；2020 年 8 月，Maxeon 剥离完成，同年 12 月 Maxeon 推出 6 英寸（152.4um）IBC 技术平台；2021 年启动 Maxeon7 产线研发；公司利用在分布式业务中建立的强大的市场渠道，将先进的微型逆变器与组件集成，在 2022 年推出 Sunpower ONE 家庭能源集成系统，大获成功，并随之进入电池存储、电动汽车充电和消费者体验产品领域；2023 年 Maxeon 延长与 Sunpower 的供货合同至 2025 年。



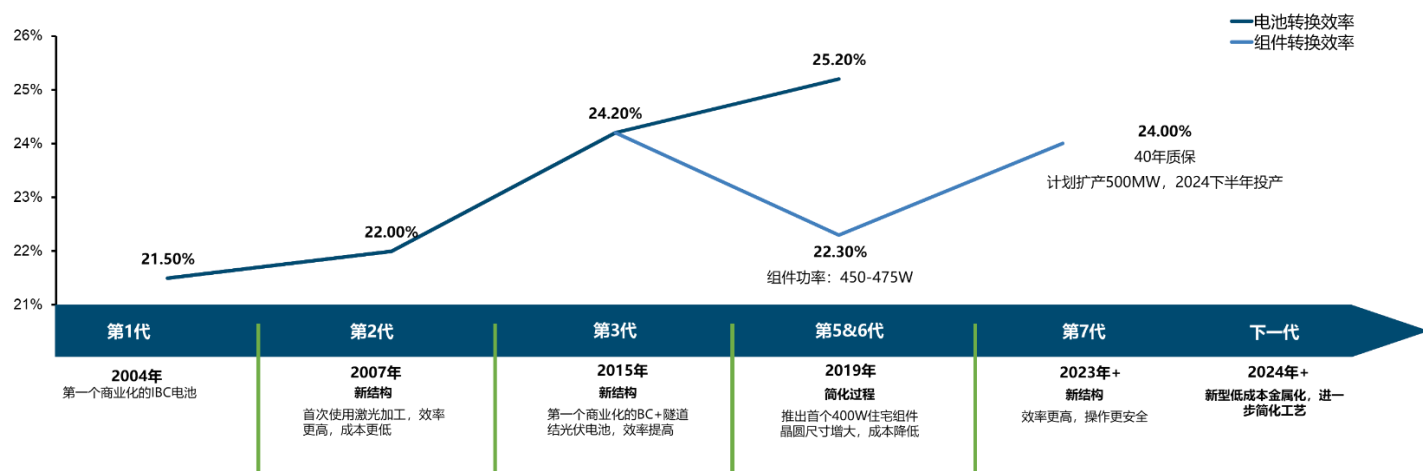
图表12: Maxeon 拆分自 Sunpower, 至今发展近 40 年



来源: Maxeon 公司公告, 国金证券研究所

差异化技术路线是 Maxeon 成为全球分布式市场知名供应商的核心优势。IBC 结构专利、独特的材料体系、特有工艺、优异的组件可靠性、定制化设备、全球供应商布局等壁垒使公司 IBC 平台形成技术迭代闭环，至今推出 6 代 Maxeon 电池&组件技术领导 BC 路线发展超 30 年。2004 年公司推出第一代 IBC 太阳能电池产品 A-300 系列，采用点接触和丝网印刷技术获得 21.5% 电池转换效率；2015 年推出第三代 IBC 电池，也是第一个隧道结背接触太阳能电池；2019 年 Maxeon 基于大尺寸 N 型直拉硅片，推出第五代 IBC 电池和第六代 IBC 组件，通过边缘损耗、串联电阻等方面的关键改进，实现电池转换效率 25.2%，组件转换效率 22.3%，组件功率 450-475W。2021 年，公司启动对第七代 IBC 电池的量产研发，目前已实现 24.0% 的组件转换效率，质量保障长达 40 年。

图表13: Maxeon IBC 产品历经 5 次迭代

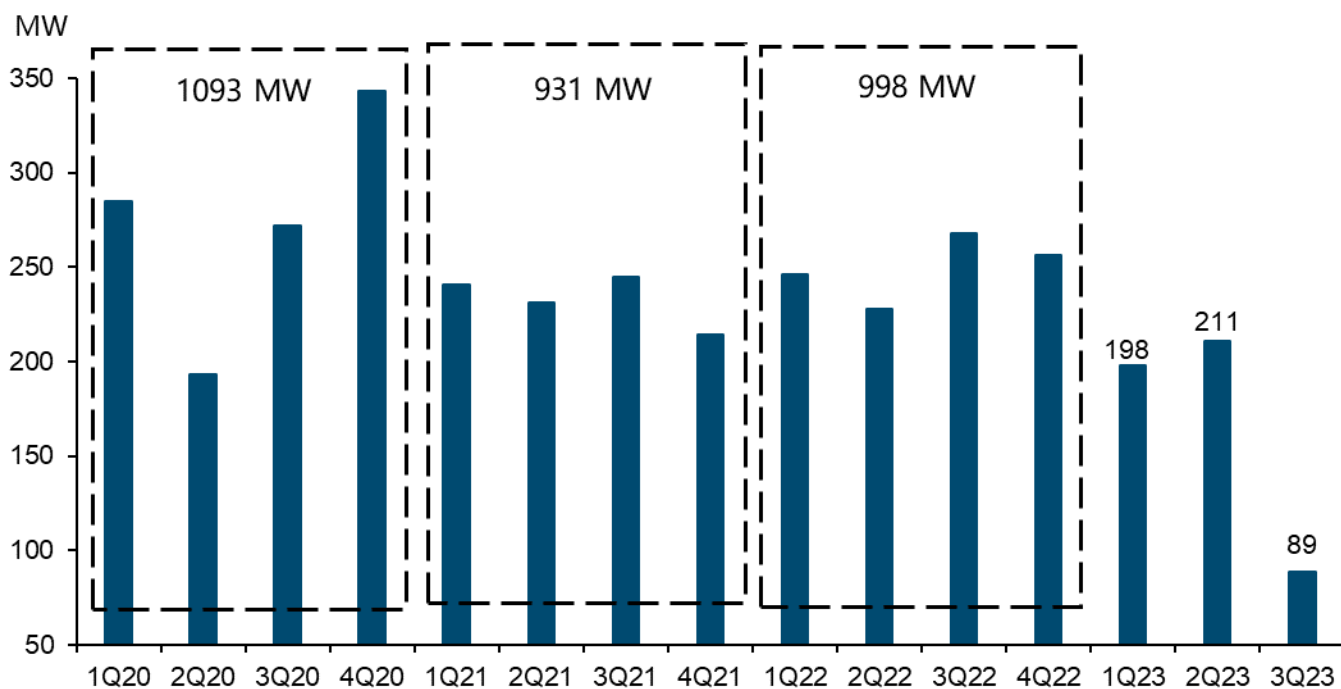


来源: 公司公告, 《Manufacture of solar cells with 21% efficiency》, 《Low cost, high volume production of >22% efficiency solar cells》, 《Generation 3: Improved performance at lower cost》, 国金证券研究所

2022 年公司 IBC 组件出货 998MW，同比增长 7.2%；2023 前三季度公司 IBC 组件出货 498MW。公司现有 IBC 产能 1GW，2023 年 5 月，公司发布公告，计划增发 749 万股，募集资金 2.1 亿美元，在美国新增 500MW Maxeon7 产能，预计 2024 年下半年建成投产；2023 年三季报宣布将对菲律宾的 Maxeon3 产能改造为约 600MW 的 Maxeon7 产能，并将投产时间提前 3 个月。



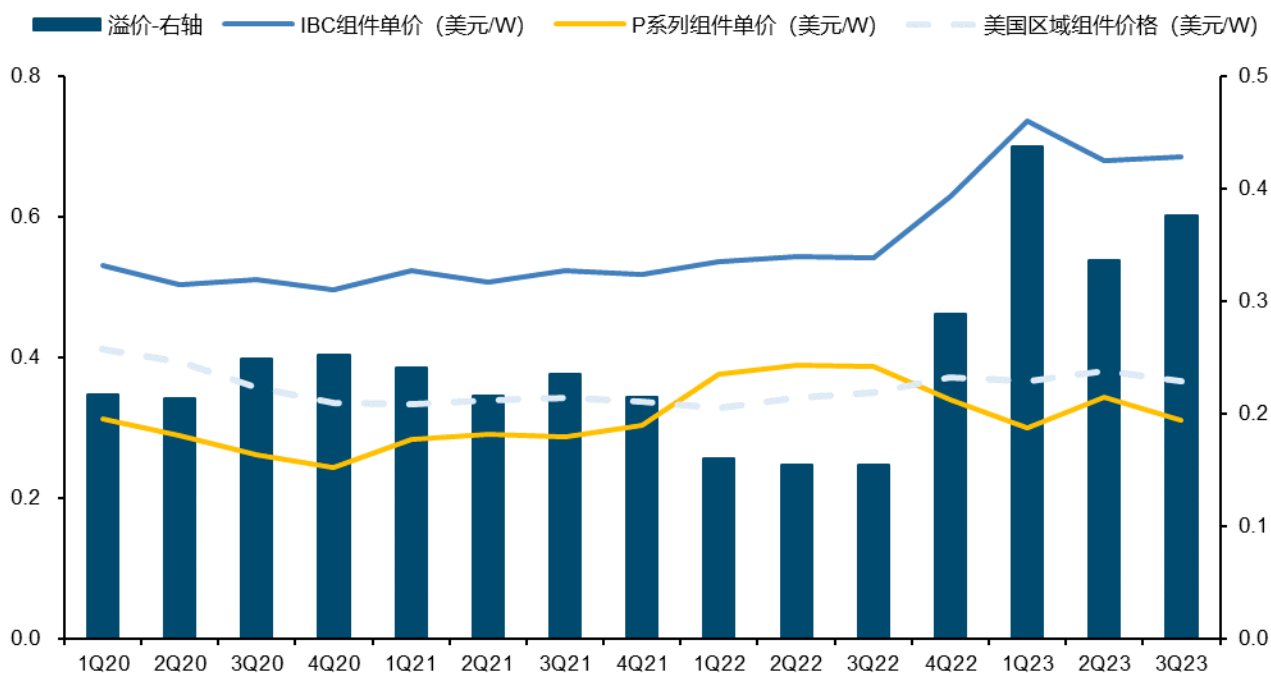
图表14: Maxeon IBC 组件年度出货约 1GW



来源: Maxeon 公司公告, 国金证券研究所

随着集中式需求快速扩大, 差异化分布式产品溢价能力强劲。2023 年前三季度, 公司 IBC 组件出货 498MW, 实现收入 3.5 亿美元; 其中三季度 IBC 组件出货 89MW, 实现收入 0.61 亿美元。对比公司广泛应用于集中式电站的 P 系列组件 (根据二季报公告及交流, P 系列为叠瓦组件 + PERC 技术, 计划迭代为 TOPCon 技术), IBC 组件 Q3 平均单位售价 0.69 美元/W, 今年以来的溢价维持在 0.3 美元/W 以上水平, 回顾至 2020 年, 该溢价在 0.2 美元/W 左右上下波动。对比 PV Infolink 的美国区域组件均价, Maxeon IBC 组件同样具有明显且持续的溢价优势。

图表15: Maxeon IBC 组件较 P 系列溢价基本稳定在 0.2 美元/W 左右



来源: Maxeon 公司公告, PV Infolink, 国金证券研究所



根据 Maxeon 2023 年 1 月在 Greentech Renewables 产品推介会上的报告，在光伏系统成本（除组件外）2.75 美元/W 的基础上，IBC 系统售价 3.90 美元/W，对应组件价格 1.15 美元/W，较美国市场 HJT 组件平均价格溢价 0.20 美元/W、PERC 组件平均价格溢价 0.40 美元/W。高昂的溢价背后是显著的发电量增益，IBC 系统 25 年总发电量比 HJT 高 7.52%、比 PERC 高 14.95%，根据 1 月份美国电价 0.15 美元/kWh 计算，IBC 系统收益比 HJT 高 6000 美元以上。

图表16：IBC 系统价格较市场 HJT、PERC 组件有明显溢价

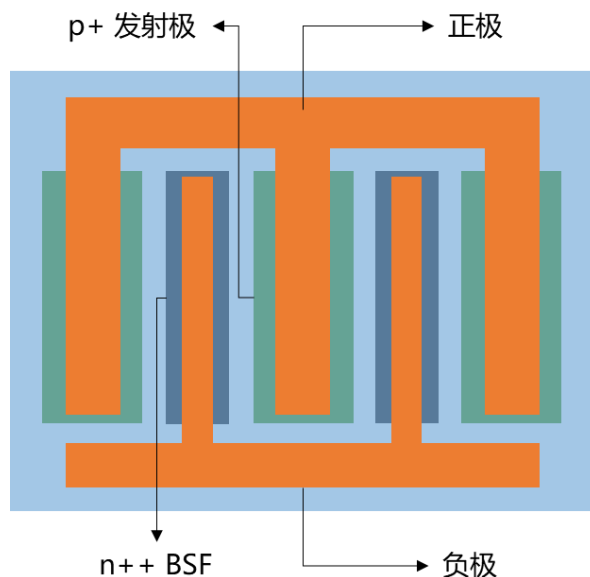
	Maxeon-IBC	HJT	PERC
功率(W)	415	410	390
系统成本(美元/W)		2.75	
售价(美元/W)	3.90	3.70	3.50
组件价格(美元/W)	1.15	0.95	0.75
第1年发电量(kWh)	基准	-2.23%	-7.21%
25年发电量(kWh)	基准	-7.52%	-14.95%
25年发电收益(美元)	74622	68598	62864

来源：Greentech Renewables, Maxeon, 国金证券研究所

3、xBC 结构技术上可兼收并蓄，效率提升空间大

IBC (Interdigitated back contact) 是 BC 体系中最基础的结构，该设计的灵魂主要体现在载流子输运功能区（包括发射极、背场、对应电极）：1）均位于电池背面。这意味着光生电子和空穴要穿过整个基区才能达到背面电极，若晶硅衬底质量不足，复合中心太多，则会导致光生载流子在到达电极之前发生复合，因此单晶硅是最常见的选择。2）呈叉指状排列。 p^+ 和 n^{++} 区以交叉形式排列在电池背面，与之接触的金属电极也相应交叉排列，叉指对工艺提出了更高的要求，若 p^+ 和 n^{++} 区重叠，则会发生复合和短路现象；若金属电极的位置未对准扩散去，则会发生漏电现象。

图表17：IBC 电池 N/P 分隔结构（电池背面俯视图）



来源：《solar cells for high concentration applications》，国金证券研究所绘制

以 N 型晶硅衬底为例，电池结构从上到下排列为“ $\text{SiN}_x/\text{SiO}_2 - n^+ \text{Si}$ (FSF) - N 型 Si - $p^+/n^{++} \text{Si}$ (发射极/背场) - $\text{SiO}_2/\text{SiN}_x$ - 金属电极”。每部分的作用分别如下：

- 1) $\text{SiN}_x/\text{SiO}_2$ ：位于电池结构的顶部和底部，主要起减少少数载流子复合的作用（也称为“钝化”），降低受光面光学反射损失。
- 2) $n^+ \text{FSF}$ （前表面场）：采用磷扩散形成低浓度掺杂的 $n^+ \text{Si}$ ，利用场钝化效应降低少数载流子在表面复合的几率，同

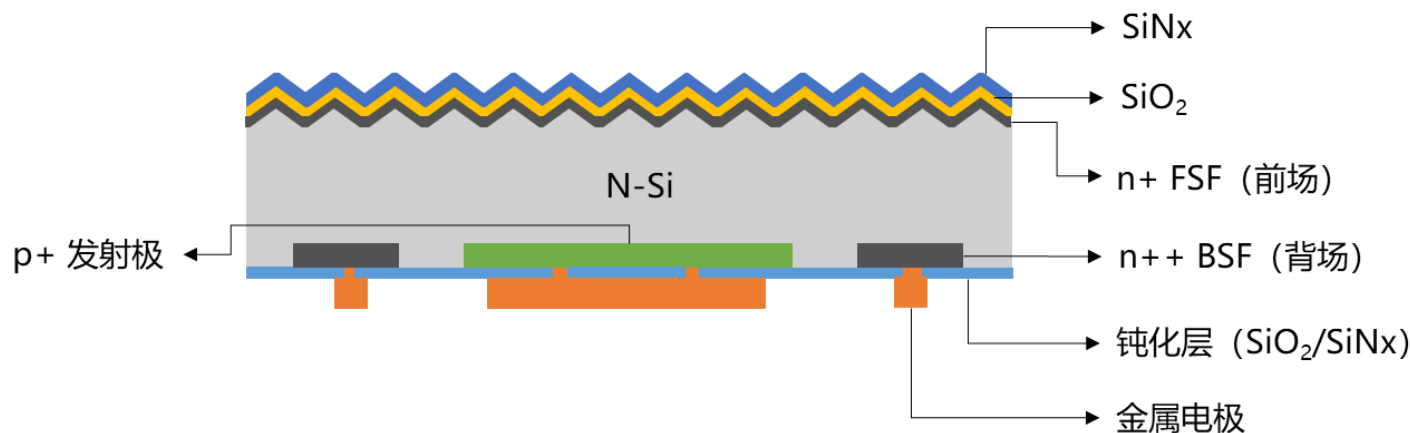


时还可以降低多数载流子横向输运电阻，提升电子传输能力。

- 3) p^+ 发射极/ n^{++} BSF (背场): 采用硼扩散和磷扩散形成高浓度掺杂区，两区之间由未进行重掺杂的基区分隔开。 p^+ 与 N 型硅基底形成 p-n 结， n^{++} 与 N 型硅基底形成高低结，增强载流子的分离能力。
- 4) 金属电极: 为降低串联电阻、提高填充因子，进而提升电池效率，电极通常采用物理蒸镀铝 (Al) 或者电镀多层金属的方式，以确保电极与 p^+ 和 n^{++} 区的良好接触，并配合光刻或刻蚀工艺，使金属电极呈叉指状排列。

xBC 电池结构所带来的最显著的优势体现在转换效率的提高。正面无栅线结构，一方面增大受光面积，提高入射光利用率，提升电池短路电流密度；另一方面回避了受光面接触电阻与掺杂浓度间的权衡问题，可以一定程度地降低掺杂浓度以减小复合、提升钝化能力，削弱掺杂区对入射光的寄生吸收，增大电池开路电压和短路电流。同时背面电极可以适当增粗，以减小串联电阻损失，提高电池的填充因子。

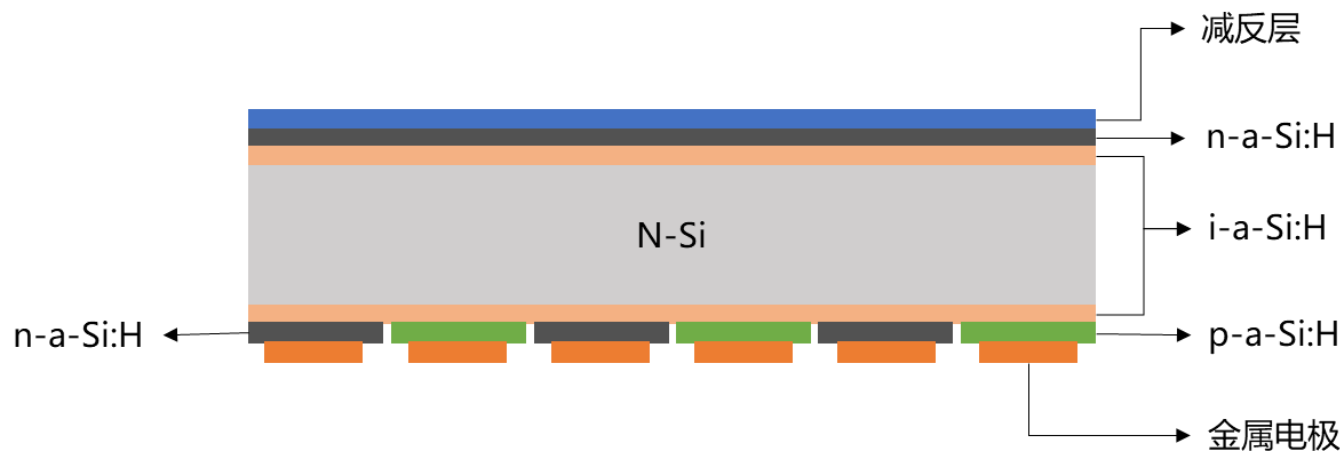
图表18: IBC——xBC 路线基础结构



来源:《叉指背接触硅太阳能电池》，国金证券研究所绘制

BC 同时又是一种高包容性的平台型技术，可兼容 TOPCon、HJT 等 N 型主流电池技术，也可以兼容 N、P 型硅衬底。IBC 中背面叉指式的电极结构和 HJT 中非晶硅的钝化结构相结合，可构成 HBC (Heterojunction Back Contact) 电池。电池正面维持 HJT 结构，硅基底为 N 型，背面 P 区和 N 区均采用 HJT 非/微晶硅钝化技术，P/N 区金属化工艺沿用 HJT 技术要求。

图表19: IBC + HJT = HBC



来源: kaneka, 国金证券研究所绘制

HJT 技术与 BC 结构的兼容性目前是被普遍认可的:

- 1) BC 结构中载流子的输运路径接近三维形态 (TOPCon、HJT 为准一维输运)，使得其天然无法实现较高的填充因子。

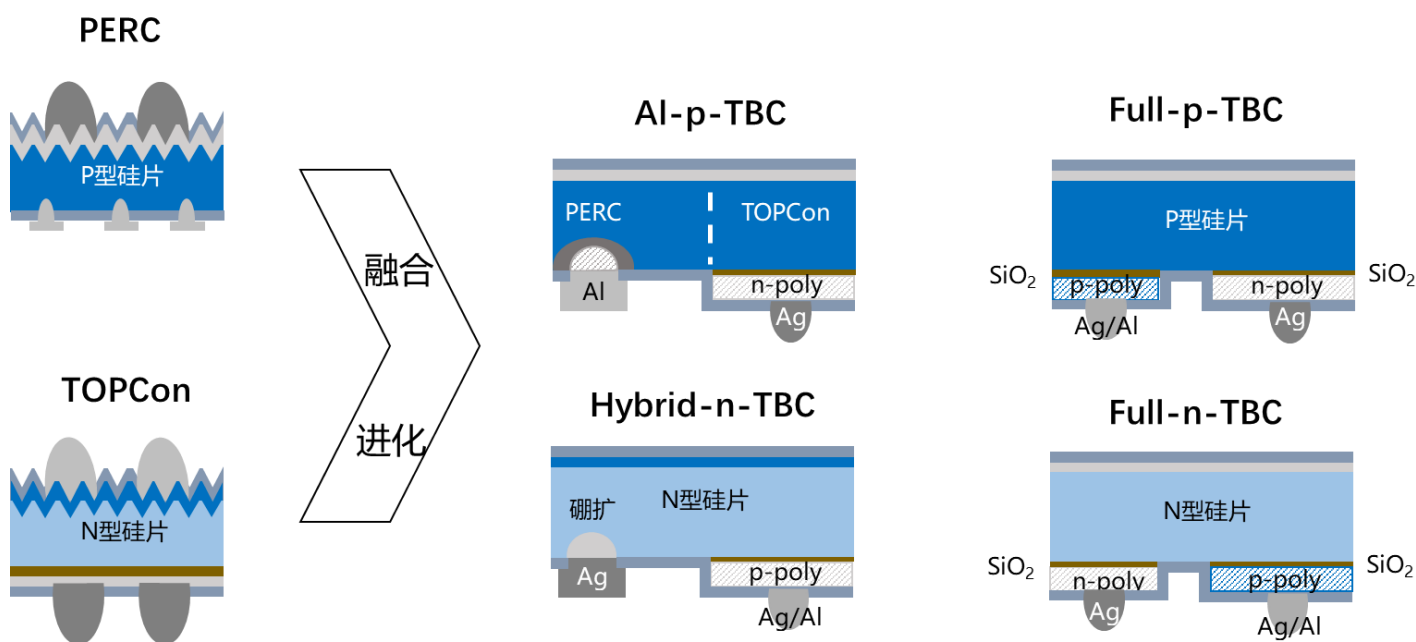


减薄硅衬底可以尽可能增大填充因子，提高开路电压，获得相对更高的效率，与 HJT 为降本去减小硅片厚度的工艺匹配，深化了减薄硅片在 HJT 技术路线上的意义。

- 2) 优化金属化技术、薄膜沉积工艺等，是当前 HJT 路线降低制造成本的重要手段。铜电镀作为有望助力 HJT 电池单瓦成本打平 TOPCon 的光伏行业全新金属化方案，在图形化环节对栅线线宽、高宽比等参数有较高要求，BC 结构背面 P/N 区制作同属图形化环节，可在制造过程中较好地与铜电镀结合。
- 3) 在 BC 激光技术的优化路径上，激光产生的热影响区对于需要低温制程的氢化非晶硅而言，有望发展间接减材法，通过激光对材料的改性，实现更高效的激光辅助化学腐蚀方案，非晶/微晶转变也有望通过激光诱导相变实现。

IBC 中背面叉指式的电极结构和 TOPCon 中隧穿氧化硅/掺杂多晶硅的钝化结构相结合，可构成 TBC (Tunnel Back Contact) 电池。依托 PERC 和 TOPCon 的核心钝化技术，四种 TBC 结构有望实现产业化：1) 基于 P 型硅基的混合钝化；2) 基于 P 型硅基的全隧穿钝化；3) 基于 N 型硅基的混合钝化；4) 基于 N 型硅基的全隧穿钝化。

图表20：四种有望实现产业化的 TBC 结构

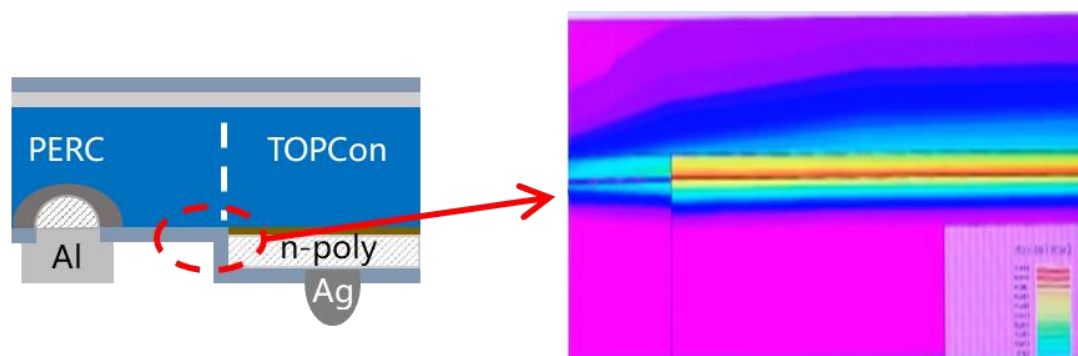


来源：2023 xBC 电池与技术论坛，国金证券研究所绘制

针对比较特殊的 TBC 结构来说，“基于 P 型硅基的混合钝化 (Al-p-TBC)”结构要求背面 P/N 区位置、对应电极位置都要极度精确和优化。正面 p⁺发射极、减反层，背面 P 区为局部发射极钝化，背面 N 区为隧穿氧化硅/掺硼多晶硅钝化，P 区印刷铝浆，N 区烧结银浆。PN 结位于硅基底和 SiO₂/n-poly 层之间，然而根据中科院微电子所的公开报告内容，除结区垂直方向上具有电场外，背面 P 区与 N 区之间的水平方向上也分布了较大的电场强度，这使得在两个掺杂区域距离较近的情况下，电池内部极易发生漏电，大大损失电极接收载流子的数量。



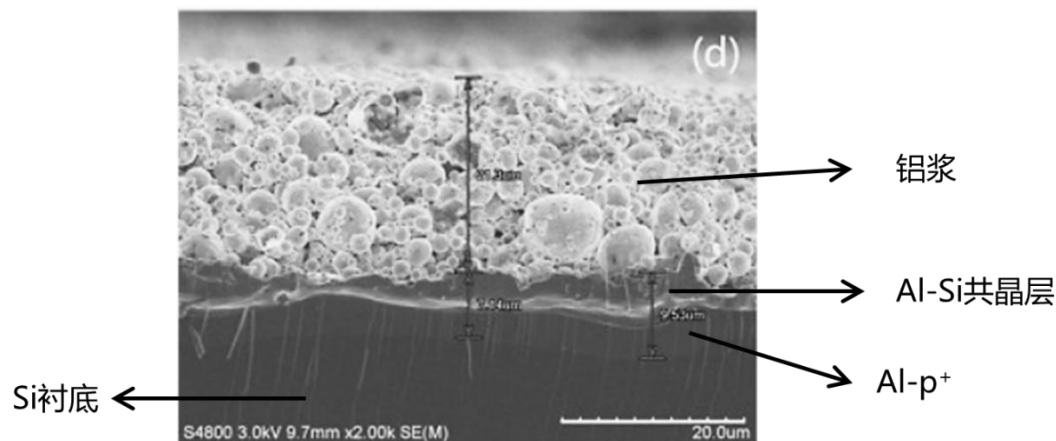
图表21: Al-p-TBC 结构需关注漏电问题



来源：2023 xBC 电池与技术论坛，国金证券研究所

在背面 P 区局部铝背场接触中，Al 浆烧结后从电池内部到外部形成“背场（Al-p⁺）-Al-Si 共晶层 - 铝电极”的多层结构。背场与 Al-Si 共晶层的接触区域为高复合发生区，界面复合速率高达 10⁵-10⁷cm/s（中科院微电子所），理论模型下电池极限效率为 26.9-27.1%，低于 TOPCon（28.7%，双面 poly，ISFH）和 HJT（29.2%，选区接触，隆基）。

图表22: 背面 P 区多层结构需关注复合问题



来源：《Improved performance on multi-crystalline silicon solar cells by optimizing aluminum back surface field process》，国金证券研究所

“基于 N 型硅基的全隧穿钝化”技术被认为是 TBC 路线的终极结构形态。电池正面与 Al-p-TBC 结构相同，采用 N 型硅基底，背面 P 区和 N 区均沿用 TOPCon 隧穿氧化硅/掺杂多晶硅钝化方式，P 区烧结银铝浆，N 区使用纯银浆接触。超薄二氧化硅层起到阻挡硼、磷等掺杂元素向衬底渗透的作用，从而缓解 Al-p-TBC 中的高复合问题。

这里我们使用“缓解”的用词，因为虽然 SiO₂ 层对磷、硼原子有一定的阻挡作用，但考虑到要发挥隧穿功能，厚度一般为 1.2-2nm。该厚度下并不能完全避免渗透行为，一般渗透厚度在 10-50nm，渗透越深，效率损失越大，因此即使是全 poly 的 N 型硅基 TBC 结构也对掺杂浓度的大小和渗透深度的控制提出了较高的工艺要求，需要匹配优异的激光工艺完成。

4、xBC 工艺流程较长，产业化壁垒高

4.1 工艺流程环节增多，制程精度要求提高

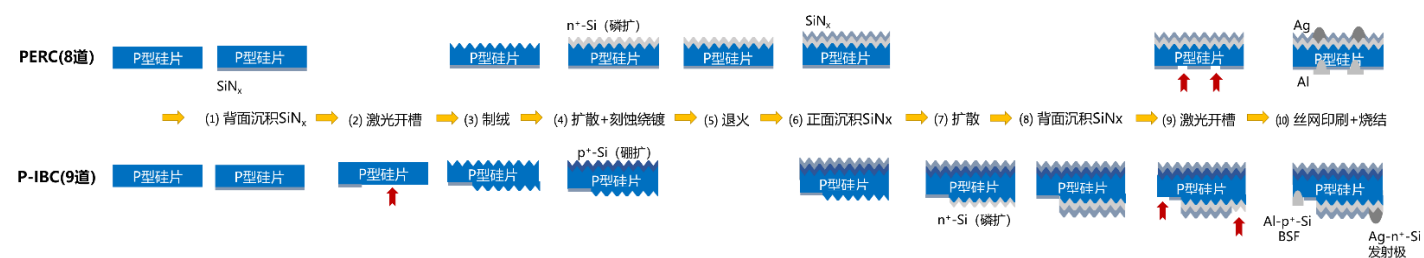
根据电池结构，相同钝化技术下的背接触电池与常规电池工艺的主要区别有两点：

1) 正面扩散层材料选择不同。常规电池中，正面扩散层起发射极作用，与晶硅衬底载流子类型相反，例如 TOPCon 电池采用 N 型衬底，则正面扩散层掺硼获得 p⁺-Si；背接触电池中，正面扩散层起前场作用，与晶硅衬底载流子类型相同，例如 TBC 电池采用 N 型衬底，则正面扩散层掺磷获得 n⁺-Si。

2) 背面工序不同。背接触电池的结构导致了背面制作工艺较为复杂。一方面，背面存在两种类型的扩散层，需要增加一道扩散环节；其次，为了分离两种类型的扩散层，需要增加两道激光工序做好背面分区。

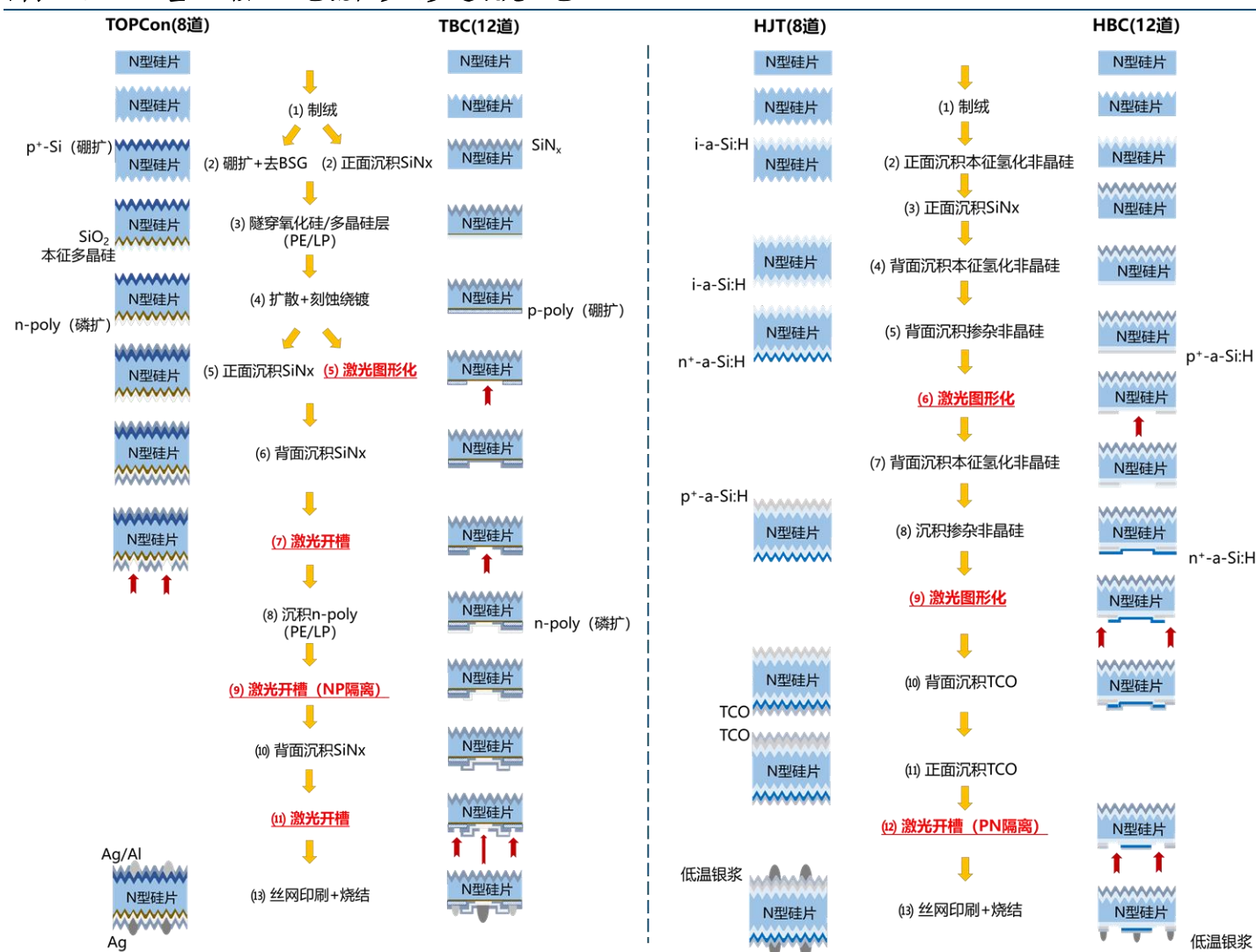


图表23: P-Si 基 BC 核心工艺流程较 PERC 复杂



来源：上海交通大学太阳能研究所，国金证券研究所绘制

图表24: N-Si 基 BC 核心工艺流程涉及多道激光工艺



来源：《Development of TOPCon tunnel-IBC solar cells with screen-printed fire-through contacts by laser patterning》，普乐科技，国金证券研究所绘制

4.2 电池端增加多道激光工序，激光设备重要性显著提升

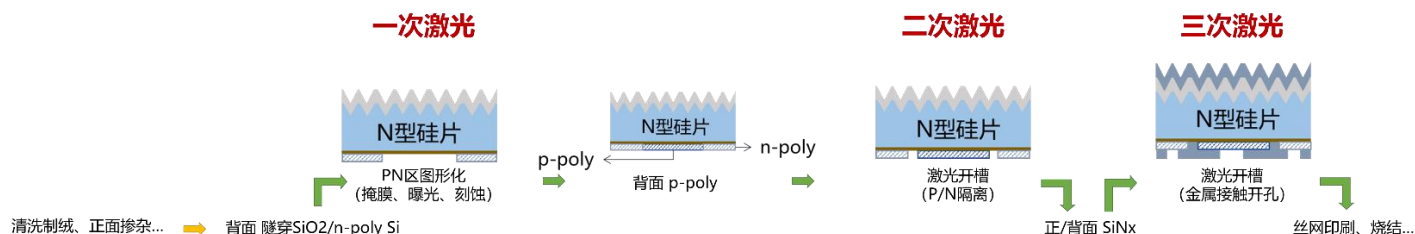
以 TBC 路线为例，常规 TBC 工艺流程包含三道激光环节，第一道实现图形化，第二道隔离 N/P 区，第三道衔接金属化。

光伏电池中少数载流子运动的根本动力是 PN 结内建电场，为了让电极接收到载流子，结构中的 PN 接触只能由衬底/

异型扩散层组成, 例如 TBC 中有且只能由 N 型衬底/p-poly-Si 成为 PN 结, 杜绝 n-poly 与 p-poly 接触导致短路的行为是非常关键的, 也是 xBC 电池被认为工艺难度大的主要原因。

常规镀膜、扩散工艺的对象是整面材料，第一道激光的目的是去除部分一次掺杂后的膜层，划分 N/P 区域；第二道激光在制作另一掺杂类型膜层以后，去除 N 型掺杂与 P 型掺杂区的接触部分，实现 P/N 隔离，在电池背面建立独立的电子/空穴传输通道；第三次激光去除部分 SiNx ，以保证金属浆料与硅形成直接接触，顺利导出载流子。

图表25: TBC 常规路线包含三道激光环节

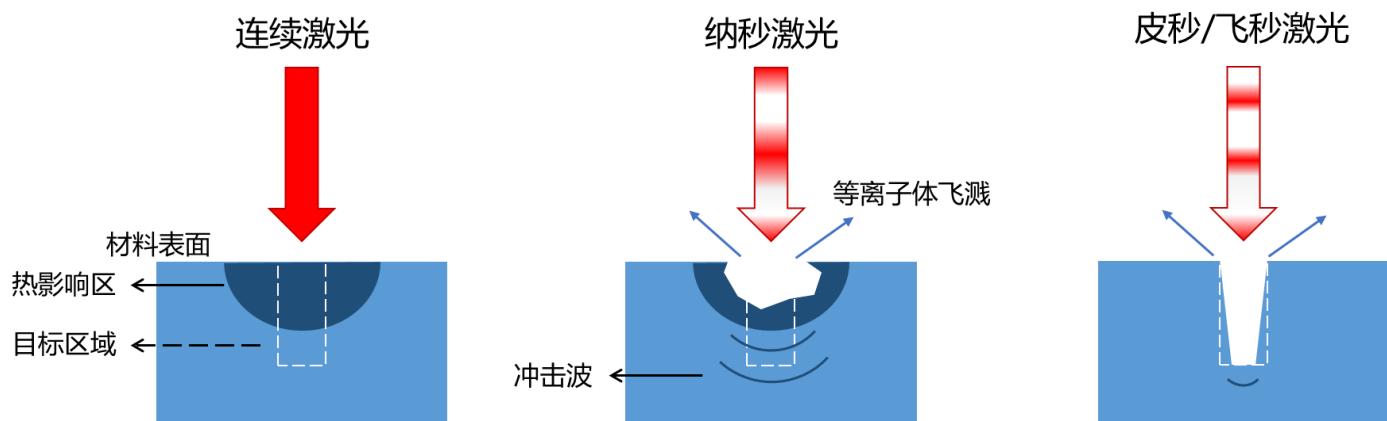


来源：普乐科技，国金证券研究所

在有限的硅片面积里，精准控制 P/N 区的位置、间距涉及到激光与材料的相互作用。激光依靠材料内部粒子间的热传递破坏工作区，使其能被轻易去除。连续激光会在材料表面产生较大面积和深度的热影响区，易对工作区周围的材料造成破坏。

脉冲激光是一种冷加工方式,激光脉冲时间越短,热影响区越小,工作区定位越精确,对其他区域的破坏程度越轻。考虑到微观粒子的热传导时间在 10^{-9} s- 10^{-12} s 量级,在热被传递到下一个粒子之前完成熔解,可以有效减轻热影响。脉冲是指激光不连续发生并作用在材料表面,激光发生的持续时间不同,对材料的影响不同。当脉冲宽度压缩到纳秒 (ns, 10^{-9}) 量级,材料表面瞬间气化,同时产生冲击波;当脉冲宽度压缩到皮秒 (ps, 10^{-12}) 量级及以下,材料在晶格震动前就被气化,仅有较小的冲击波。

图表26: 脉冲持续时间越短, 对材料的破坏越小



来源：英诺激光，国金证券研究所

当前 xBC 工艺中运用的激光技术都属于减材法，无论是开槽，或者曝光，都是以去除材料为目的。减材法又分为直接减材法、间接减材法。激光刻蚀就是一种直接减材法，利用超短脉冲打掉表面材料，可作用在任意区域，对材料的包容度也较大；间接减材法包括激光成像曝光（LDI）、激光辅助化学腐蚀等，通过激光改变材料在化学试剂中的腐蚀速度，再根据腐蚀时间控制腐蚀厚度，效率更高、反应更可控。

常规工艺路线外,激光增材法在掺杂环节也表现出良好的应用前景。激光脉冲沉积、激光诱导热氧化、激光诱导相变是三种被认为有望应用于光伏的激光技术。增材法契合选区工艺的需求,直接对目标区域改性,例如激光诱导下,单晶硅相变为多晶硅(poly)。且根据脉冲宽度的不同,工艺区可以控制在纳米-微米尺度。



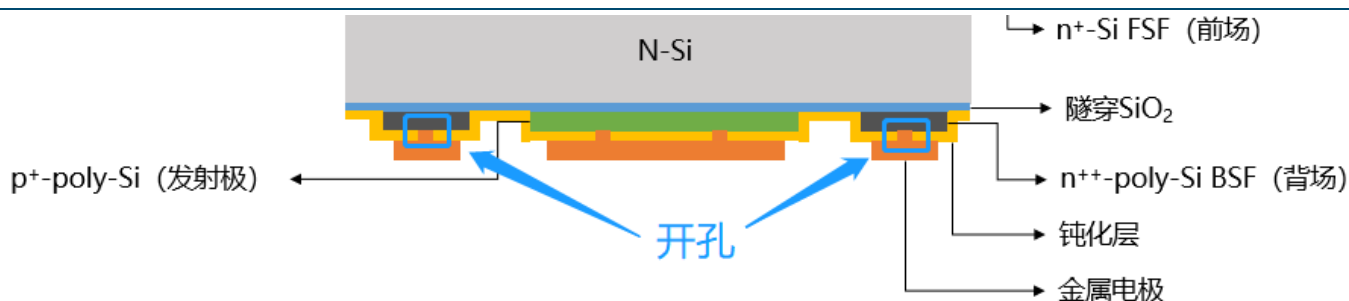
图表27：各类激光工艺对比

	直接减材法	间接减材法	增材法
具体工艺	激光刻蚀	激光成像曝光 激光辅助化学腐蚀	脉冲激光沉积 激光诱导热氧化 激光诱导相变
原理	超短脉冲打掉材料	利用激光器，通过数字用激光对相应区域的材料进行改性，使其在强酸/强碱中表现出不同的腐蚀速度	超短脉冲激光（高能、瞬时）轰击靶材，飞溅材料沉积到目标衬底上
特点	● 自由图形化； ● 光斑形貌可调制； ● 波长、脉冲可调制； ● 可加工材料较多	● 需要光刻胶； ● 成本相对较高 ● 相比单纯化学腐蚀，效率更高； ● 可调控速度； ● 可实现化学腐蚀的图形化	● 材料选择灵活； ● 尺度小 ● 自主图形化； ● 尺度小 ● 无需耗材； ● 反应更温柔
应用	已经用于BC量产	功率器件、芯片制造等领域	泛半导体领域
示意图			

来源：英诺激光，国金证券研究所

在背接触结构中，最后一道激光开槽和金属化密切相关。减反层开孔面积决定金属栅线线宽、高宽比等参数，高宽比越小，复合电流越小，开路电压提高。并且，N/P区开口需要对准相应的扩散区，且BC电池钝化层相对较厚，优质的开口深度和位置才能保证金属浆料的有效接触。

图表28：金属化开孔要求对准精度增加

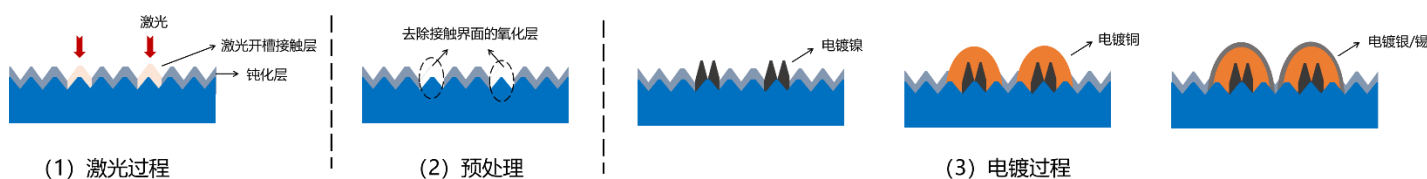


来源：《叉指背接触硅太阳能电池》，国金证券研究所

金属浆料，无论是纯银浆还是银铝浆，在BC电池中的应用都是相对局限的。从工艺角度看，BC电池背面N/P区面积、形状都不同，且间隔排列，丝网印刷网版方案需要重大调整。N/P区金属化导电机制不同，对浆料的需求就不同；浆料体系不同，烧结固化的温度随之变化。N/P区协同共烧需要制作烧结窗口相互匹配的浆料，难度提高；从性能角度看，硅基衬底产生的光生载流子，无论是电子，还是空穴，都向底部电极运动，对浆料的接触、复合提出更高要求。背面碱抛使得绒面平坦化，接触电阻增大，对浆料导电性提出要求；从成本角度看，背面栅线对光照遮挡的要求较低，考虑到电极面积越大越利于电流输出，这种情况下银浆耗量大、成本高。

铜电镀从工艺、性能、成本三方面更适配xBC工艺路线升级。从工艺角度看，铜电镀图形化或采用直写/掩膜光刻技术，对比背面N/P分区的工艺要求，难度相对降低，可简化流程；从性能角度看，光刻工艺下，铜栅线线宽灵活可调且更加精细，易找到电流输出与接触面积的最佳平衡点，且纯铜栅线相比银浆导电性更好；从成本角度看，铜的材料成本低，能在一定程度上降低之前行业所诟病的xBC电池生产成本。

图表29: IBC 电池铜电镀工艺



来源:《Direct contact plating – Inline plating solution for ZEBRA IBC by local contacting》, 国金证券研究所

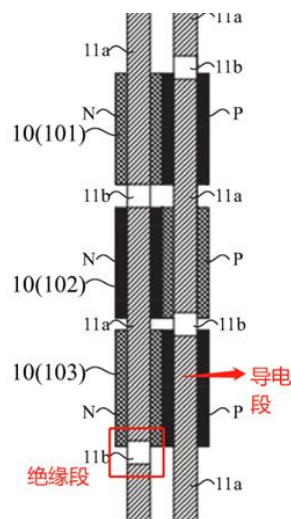
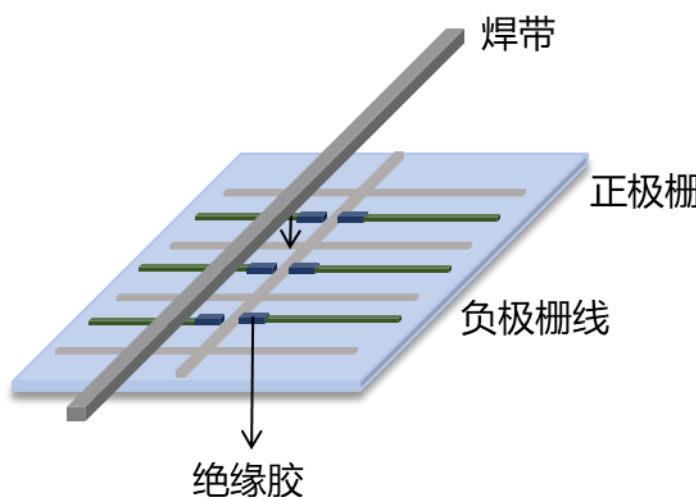
4.3 组件端：全新的互联方式，串焊环节变化较大

BC 电池背面电极排布特殊，对有效光照面积没有极致利用的需求，对焊带形状的包容性相对较高。组件互联工艺延续电池端对 N/P 区精细隔离的高要求，尤为重视局部绝缘化处理，当前市场给出的 xBC 组件方案可以分为柔性互联和刚性互联。

柔性互联方案使用焊带直接串接多片电池片，对绝缘化处理有两种思路：1) 使用绝缘胶，隔离焊带和周围细栅。2) 制作导电段与绝缘段交替分布的特殊焊带。以隆基方案为例，同一条焊带的导电段同时焊接相邻两个电池片的正极区域和负极区域。

图表30: 绝缘胶隔离焊带和细栅

图表31: 特殊焊带实现局部绝缘化



来源: 2023 第十九届太阳级硅及光伏发电研讨会, 国金证券研究所

来源: 隆基专利 CN219610448U, 国金证券研究所

刚性互联方案使用金属件连接相邻电池片，相同极性的 bus bar 终止于在电池片某一侧的焊盘区域，金属件连通相邻电池片的不同极性输出端。连接件由导电材料组成，可以是金属、合金或者含金属元素的化合物。金属件中间多处开孔为应力缓解区，提高组件连接可靠性。该方案中，bus bar 与不同极性连接件、不同极性 bus bar 汇聚区域之间要保证良好的绝缘，防止短路。

无论是哪种互联方案，考虑到 xBC 电池为单面焊接，硅片易受热弯曲，增加工艺难度，当前市场主流串焊设备难以满足需求，需要搭配 BC 电池专用串焊机。

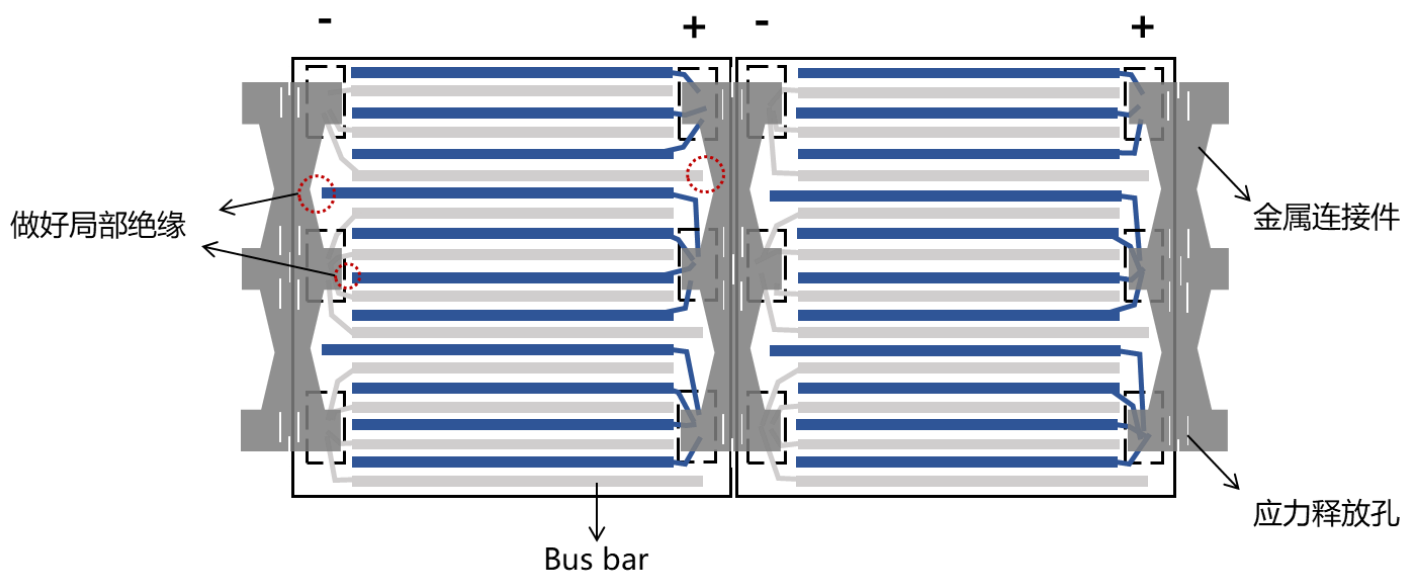


图表32: Maxeon 背面使用了导电金属板



来源: Greentech Renewables, Maxeon, 国金证券研究所

图表33: 刚性互联方案对局部区域有绝缘要求



来源: Sunpower 专利 US9716206B2, 国金证券研究所绘制

5、推荐标的

针对 xBC 工艺产业化所带来的投资机会，我们认为目前来看主要有 2 个方向：方向一是 xBC 生产工艺中较此前 PERC、TOPCon 应用更为广泛、价值量更高的电池激光设备厂商以及出现较大变化的组件端相关设备厂商，重点推荐**奥特维**、**帝尔激光**、**英诺激光**；第二个方向是在 xBC 工艺产能布局领先、产业化进展较快的头部组件、电池厂商，重点推荐**隆基绿能**、**爱旭股份**。

5.1 奥特维：光伏设备平台化龙头企业，充分受益于电池、组件技术迭代

奥特维是光伏、锂电、半导体领域知名的智能装备制造厂商，集团旗下拥有奥特维智能、松瓷机电、奥特维旭睿、奥特维科芯、立朵科技等子公司，光伏相关产品覆盖产业链的拉棒、硅片、电池、组件四大环节，核心产品光伏串焊机拥有强劲的市场竞争力，获得行业龙头企业客户的高度认可，市场占有率位居行业第一。

2023 年前三季度，公司实现营业收入 42.39 亿元，同比+76.74%；实现归母净利润 8.51 亿元，同比+79.52%；Q3 单季度实现营业收入 17.2 亿元，同比+94.38%，环比+16.51%；实现归母净利润 3.29 亿元，同比+87.64%，环比+9.30%。截至 2023Q3，公司在手订单 114.83 亿元，同比增长 75.93%；新签订单 89.92 亿元，同比增长 75.93%，其中 Q3 新签订单 32.12 亿元，绝对额继续创历史新高。



图表34：奥特维是光伏设备厂商中极少数的平台化厂商



来源：奥特维公司官网，国金证券研究所

根据公司与 2023 年 9 月 6 日回复上证 e 互动的内容，公司最早于 2014 年已经和客户共同研发推出 IBC 串焊机。储备了丰富的 BC 串焊机技术。目前公司在解决 BC 电池翘曲问题方面取得较大进展，已在多个头部客户端验证。由于 BC 电池工艺较此前 PERC、TOPCon、HJT 等电池工艺变化较大，因此对于串焊机提出了新的要求。由于适用于 BC 工艺的串焊机技术难度较高，因此串焊机产品价值量及盈利能力及有望进一步提升。

根据公司的在手订单情况及最新业务进展，预计公司 2023-2025 年年盈利分别为 12.47/18.85/22.57 亿元，当前股价对应 PE 分别为 18/12/10 倍，维持“买入”评级。

5.2 帝尔激光：激光方案覆盖光伏多条技术路线，与龙头企业保持紧密合作

帝尔激光是业内少数能够提供全方位高效太阳能电池激光加工综合解决方案的企业。TOPCon 路线上，激光 SE 设备、激光诱导烧结 LIF 设备均取得大量量产订单，2023 年 2 月，公司官微宣布，TOPCon SE 一次激光掺杂设备订单累计产能突破 100GW；2023 年 8 月，公司官微宣布，激光诱导烧结 LIF 设备助力 TOPCon 实现效率增益 0.2% 以上，截至今年 9 月累计产能突破 100GW。HJT 路线上，激光修复 LIA 设备今年获得国外客户量产订单。xBC 路线上，全新激光组件设备可以优化工序、减少电池片损伤、提高焊接效率；激光微蚀刻设备可以实现隧穿钝化层上的大面积高精细化蚀刻，已取得客户量产订单。

图表35：公司激光方案覆盖多条技术路线

	TOPCon SE 激光掺杂设备	激光微蚀蚀设备	LIA 激光修复设备	激光转印设备/整线	组件激光焊接设备/整线	钙钛矿激光刻膜设备
应用	TOPCon 电池	xBC、TOPCon 电池	HJT、TOPCon、xBC、PERC 电池等	HJT、TOPCon、xBC、PERC 电池等	TOPCon、xBC、HJT、PERC 电池等	钙钛矿太阳能电池
产能 (pcs/h)	≥ 9000	≥ 4000	> 4000	≥ 12000		
精度 (μm)	≤ ±15	≤ ±15				< ±5
转换效率提高			> 0.4%			
设备						

来源：帝尔激光公司官网，国金证券研究所

5.3 英诺激光：深耕激光核心技术，有望扩大在光伏领域的应用

英诺激光是 A 股唯一从事固体激光器及应用解决方案的上市公司，是全球少数同时具有纳秒、亚纳秒、皮秒、飞秒级微加工激光器核心技术的供应商。公司自主研发的 QuaPulse 激光时空调控技术，通过多维度精准调制手段，可实现更加复杂的掺杂调控。根据公司官微报道，满足量产需求的 TOPCon 电池激光 SE 设备、激光冲击强化 LSP 设备，BC



电池激光开膜设备等已成功研发并推向市场。

2023 年 8 月，公司官微宣布，TOPCon 电池激光 SE 直掺设备助力普乐科技电池量产效率达 25.66%，提效 0.25% 以上。公司运用自主研发的 QuaPulse™ 激光时空调制技术，结合稳定先进的自动化装备和对激光与材料相互作用的深刻认识，解决了激光一次硼扩的难题，碎片率、Uptime 等关键指标均已经达到行业领先水平，提效水平相比平均水平高 0.03%-0.05%，截至 8 月累计订单近 20GW。2023 年 10 月，公司官微宣布，激光冲击强化 LSP 设备助力 TOPCon 电池转换效率突破 26.2%，效率增益 0.3% 以上，开压高达 732mV，已获得批量订单。LSP 技术的量产导入可以快速实现 TOPCon 电池的降本增效，提高电池片档位和组件功率，为高效晶硅电池的发展注入强劲动力。在 xBC 电池路线上，公司官微报道，532nm 绿光皮秒激光器单脉冲能量 330 uJ 以上，优越的光束质量 ($M^2 < 1.1$) 和完美的光斑圆度 (>95%) 及脉冲稳定性，可以满足大光斑整形的需求及 xBC 电池开膜的能量需求。

图表36：公司激光技术在光伏领域应用丰富

	TOPCon 电池激光 SE 直掺设备	激光冲击强化 LSP 量产设备	BC 电池激光开槽设备
作用	硼扩、氧化	弥补材料、界面缺陷	N/P 区图形化、N/P 区隔离、钝化膜开槽
效率增益	0.25%+	0.3%+	
设备			

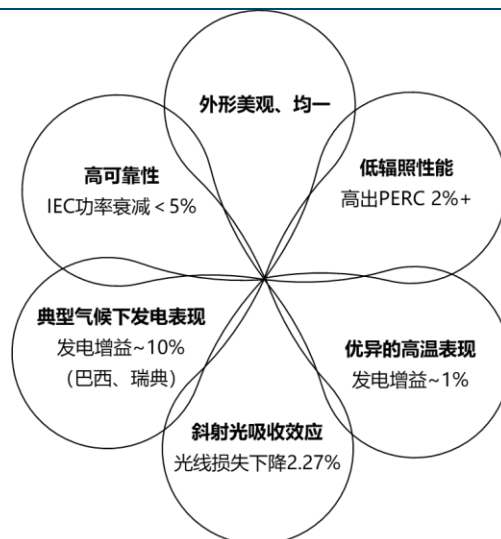
来源：英诺激光公司官微，国金证券研究所

5.4 隆基绿能：一体化组件龙头，xBC 产能规划行业领先

隆基绿能为光伏行业一体化龙头公司，也是行业内最早确定以 xBC 为后续主要电池技术路线的一体化龙头厂商。根据隆基公开交流口径，隆基后续的电池技术路线将全部采用 xBC 电池工艺。根据公司公告内容，隆基后续的电池产能规划包括铜川 12GW、西咸新区 50GW，加上此前的 33GW HPBC 电池产能，预计到 2025 年，公司将至少拥有 95GW xBC 电池产能，行业规划行业领先。

隆基 HPBC 电池是一种“基于 P 型硅基的混合钝化 (Al-p-TBC)”结构，兼具常规晶硅电池的低成本、步骤极简化以及 IBC 正面无栅线的高性能、美观优势。根据隆基在 2023 年 xBC 电池与技术论坛上的报告，自 2021 年成功研制，至今转换效率从 24% 提升至 25.8%，平均开压突破 732mV。隆基 HPBC 电池端 1) 采用亚微米小绒面技术，具有较低的反光率，匹配高效钝化方案，开路电压可提高至 747mV；2) 背面采用全抛光设计，为后续氧化层、多层复合膜生长提供良好的形貌基础，使氧化层的收敛性、均匀性达到最优水平；3) HPBC 背面引入高质量 poly-Si 钝化异质结技术，形成良好的欧姆接触，降低复合电流密度、提高电荷传输能力。组件端采用“一”字形焊接结构，背面应力更小，组件抗隐裂能力、可靠性提高。

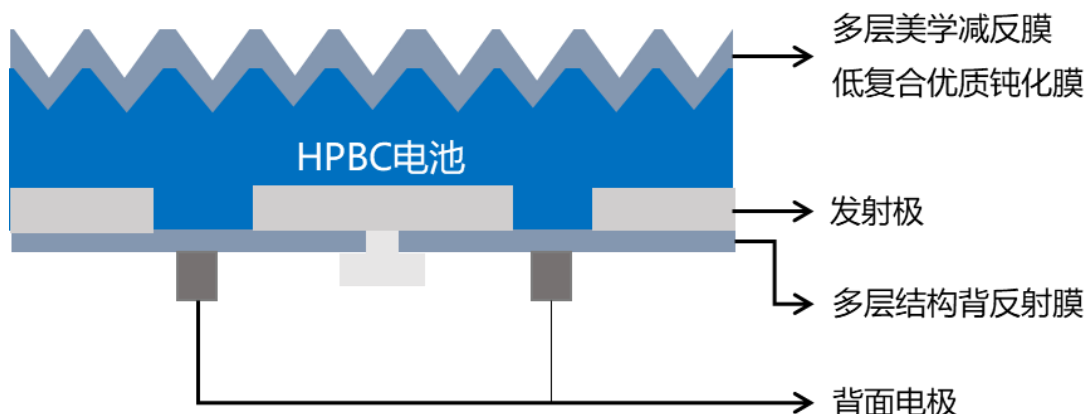
图表37：隆基 HPBC 产品性能较 PERC 产品全方位领先



来源：2023 xBC 电池与技术论坛，国金证券研究所



图表38：隆基 HPBC 电池结构



来源：2023 xBC 电池与技术论坛，国金证券研究所

隆基 Hi-MO X6 产品分为四大系列，兼具外观美学与性能优势，深受高端分布式市场喜爱，其中 Hi-MO X6 艺术家系列更是推出 5 种色彩，满足不同场景的外观需求。公司户用光伏根据应用场景不同，分为以平屋顶、斜屋顶为主的标准化解解决方案和以阳光房、平改坡项目为主的多场景解决方案，标准化解解决方案多为自发自用、余电上网，多场景解决方案致力于将光伏组件和特殊应用场景完美匹配，实现客户价值最大化。

图表39：隆基 Hi-MO X6 艺术家系列随心选色



来源：隆基绿能公司官网，国金证券研究所

图表40：隆基波兰 40KW 户用分布式屋顶发电项目



来源：隆基绿能公司官网，国金证券研究所

根据公司三季报情况及我们对行业的最新判断，预计公司 2023-2025 年归母净利润分别为 146、194、244 亿元，对应 PE 估值为 12、9、7 倍，维持“买入”评级。

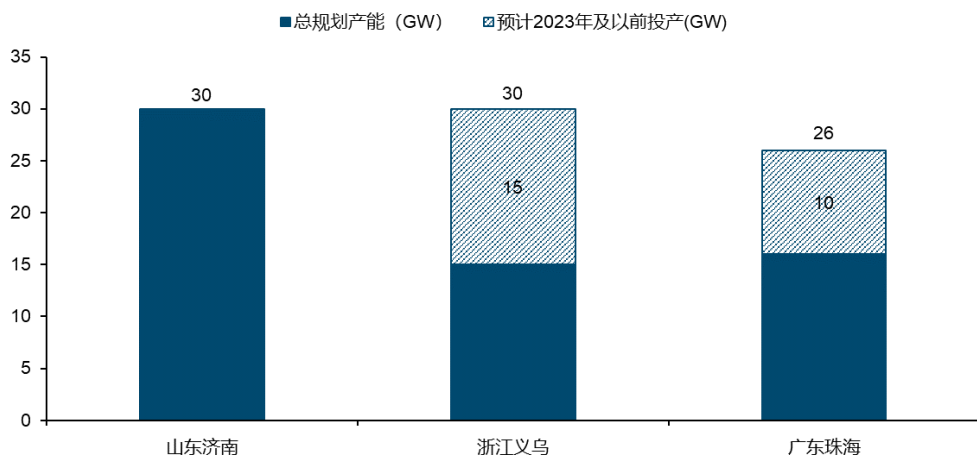
5.5 爱旭股份：国内 xBC 路线先行者，海外市场持续发力

爱旭股份是全球头部的专业化光伏电池厂商，根据 PV Infolink 统计，2018-2023 年上半年公司光伏电池出货量仅次于通威股份，连续多年位居全球第二。预计到 2023 年底公司将拥有电池产能 61GW，其中 PERC 36GW，ABC 25GW。基于在光伏领域的深厚沉淀，2021 年，当 N 型技术百花齐放时，爱旭率先发明了全背接触 ABC 电池，截至 2023 年 10 月 31 日，公司围绕 ABC (All Back Contact, 全背接触) 技术申请专利 325 件，获得授权专利 157 件，对相关产品形成了完善的保护体系。公司目前 ABC 组件深耕海外高端市场，与荷兰/比利时/英国/德国等多个国家和地区的知名经销商签订了采购协议，充分展现了海外市场对公司 ABC 组件产品性能和品质的认可。

根据爱旭 ABC 组件技术白皮书介绍，ABC 组件产品最高转换效率达 24%，M10 电池 72 版型组件最大输出功率达 620W。在工艺设计上，ABC 电池采用全背面接触，表面复合较 PERC 电池降低 87%，开路电压在 746mV 以上；采用全无银金属化，具有优异的耐酸腐蚀能力；在相同环境、相同时间段内 ABC 组件单位发电量较 PERC 高 6.8%，并且具备较高可靠性和抗衰性，组件线性功率质保 30 年。



图表41：爱旭 ABC 电池及组件产能现已规划 86GW



来源：爱旭股份公司公告，国金证券研究所

图表42：爱旭 ABC 组件海外订单持续落地

日期	海外客户	国家	规模 (MW)	订单情况
2023/6/14	Memodo	德国	1300	采购协议
2023/6 月	25 ENERGY、SAHARA 等	捷克、也门		欧洲区域产品销售协议
2023/6 月	丸红技术系统株式会社、WWB 株式会社、IGUAZU	日本		日本市场产品销售代理合作
2023/8/21	LIBRA	荷兰	650	供货协议
2023/9/13	VDH SOLAR	荷兰	520	供货协议
2023/9/19	Gutami	比利时		供货协议
2023/10/17	Segen	英国	100	分销协议

来源：爱旭股份公司官微，爱旭股份公司中报，国金证券研究所



6、风险提示

BC 工艺产业化进展不及预期：xBC 技术工艺复杂，制作难度较大，当前国内技术仍处于量产初期，若后续研发进度慢于主流技术发展，则会导致 xBC 产业化进程延后，进而对相关公司业绩造成影响；

竞争加剧风险：xBC 技术是备受认可的光伏电池新技术路线之一，若出现大量新进入者涌入情况，则会导致行业格局恶化、竞争加剧，进而对相关公司盈利产生影响。

行业需求不及预期：xBC 技术的发展依赖终端需求，若产品价格过高或新能源装机不及预期将影响 xBC 产品销售，进而对相关公司业绩、技术发展动力产生不利影响。

产业链价格下行过快风险：xBC 路线投入成本较高，若产业链价格下行过快，xBC 工艺固定资产投资较高则会导致该路线在终端市场较主流路线的成本差距拉大，失去量产后的性价比，进而对相关公司业绩造成影响。



行业投资评级的说明：

买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；

增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；

中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；

减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。



特别声明：

国金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。

形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级(含 C3 级)的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海

电话：021-80234211

邮箱：researchsh@gjzq.com.cn

邮编：201204

地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号

紫竹国际大厦 5 楼

北京

电话：010-85950438

邮箱：researchbj@gjzq.com.cn

邮编：100005

地址：北京市东城区建国门内大街 26 号

新闻大厦 8 层南侧

深圳

电话：0755-83831378

传真：0755-83830558

邮箱：researchsz@gjzq.com.cn

邮编：518000

地址：深圳市福田区金田路 2028 号皇岗商务中心

18 楼 1806



【小程序】
国金证券研究服务



【公众号】
国金证券研究