

电力设备与新能源行业研究 买入（维持评级）

行业深度研究

证券研究报告

新能源与电力设备组

分析师：姚遥（执业 S1130512080001）

yaoy@gjzq.com.cn

新型金属化助力降本增效，无银时代曙光乍现

高效太阳能电池系列深度（三）

投资逻辑

短期来看，金属化工艺的变革是未来几年影响新型电池技术生产成本的核心。年内新型电池技术产能加速扩张趋势清晰可见，TOPCon、HJT 等新技术在成本方面虽然已经实现大幅下降，但性价比仍需进一步提升。在金属化工艺中，银浆作为光伏电池生产成本中第二大、非硅成本中第一大的构成项，由于工艺原理的问题，其在新型电池技术中的单耗量相较 PERC 不降反升，成为影响新型电池技术降本速度进而可能影响其产业化进展的重要因素。我们认为，在硅料价格下行的趋势下，金属化工艺的演变路线将成为继电池技术路线纷争之外最值得关注的方向。

长期来看，银的贵金属属性导致其难以支撑光伏装机进入 TW 级时代，去银化大势所趋。2021 年起，在平价、疫情、双碳等因素的共同作用下，全球新能源“潜在需求规模”急速扩张，光伏成为全球绝大部分地区最低成本电源的趋势已不可逆转，在各国将“加速清洁能源转型、提升能源独立性”提升到战略诉求高度的背景下，我们认为光伏需求将持续维持高增长，预计中性情境下 2025 年全球光伏新增装机将突破 500GW，CARG 持续维持在 30%以上。但银具有贵金属属性，难以支撑光伏装机的快速增长，长远看少银化、去银化是未来光伏电池发展的必然趋势，金属化在未来几年将会成为光伏降本过程中的焦点环节。

本篇报告我们将对于市场上主流的接触式金属化工艺及未来的非接触金属化工艺进行系统性梳理，并且对新型金属化工艺的技术难点、发展情况做深入分析。

丝网印刷仍有降本增效空间，预计 2-3 年内仍是金属化工艺路线中的主流。从各厂商光伏电池新技术量产线上的设备选型来看，丝网印刷仍然是不可缺少的环节。从技术本身来看，丝网印刷工艺能够通过对网版材质、栅线图形化等技术细节的优化，在银浆耗量、转换效率方面仍有所突破，短期内难以被取代。

非接触式金属化工艺预计 1-2 年内出现大范围、大规模的量产线。近两年新型金属化工艺技术不断突破，主流设备、电池、组件厂商相继布局。考虑到非接触式金属化工艺当前所面临的缺少实证数据支撑、成本较高、量产设备尚未定型等问题，我们预计 2023 年非接触式金属化工艺仍会以各家企业内部研发为主，在量产设备定型后，非接触式金属化工艺有望成为行业主流，从产业实际进度及研发进展来看，铜电镀有望率先实现量产落地。

投资建议

建议关注两个方向：当前在接触式金属化环节领先且有电镀工艺储备的头部电池设备厂，重点推荐迈为股份；在非接触式金属化工艺有布局且已有中试设备较为成熟的设备厂商。建议关注芯基微装、苏大维格、东威科技、罗博特科。

风险提示

新技术进展不及预期；行业竞争加剧风险。

内容目录

1、金属化工艺为光伏电池制作过程中的重要环节.....	4
1.1 承上启下，金属化工艺在光伏电池生产制作过程中举足轻重.....	4
1.2 电池技术加速迭代，推动浆料供应差异化.....	5
2、接触式金属化工艺，丝网印刷仍为市场主流，改进空间大.....	7
3、非接触式金属化工艺众望所归，为未来行业趋势.....	10
3.1 激光转印为较为成熟的非接触式金属化工艺，有望小规模放量.....	10
3.2 电镀工艺或为下一代金属化环节主流工艺，产业化步伐持续加快.....	11
3.2.1 铜电镀图形化设备及工艺详解.....	14
3.2.2 铜电镀电镀设备及工艺详解.....	17
4、思考：从 HJT 角度看金属化环节走向铜电镀的必然性.....	18
5、投资建议.....	19
6、风险提示.....	21

图表目录

图表 1：金属化为 PERC、TOPCon、HJT 工艺路线必备环节.....	4
图表 2：部分元素常温（20℃）下的电阻率.....	4
图表 3：银粉在浆料中成本占比情况.....	4
图表 4：电子导电浆料构成及作用.....	5
图表 5：光伏银浆进口替代情况.....	5
图表 6：2021 年中国正面银浆市场格局.....	5
图表 7：各技术路线对银浆的要求.....	6
图表 8：当前电池片环节成本结构.....	7
图表 9：全球光伏用银需求占比（吨，%）.....	7
图表 10：丝网印刷示意图.....	7
图表 11：网版参数.....	8
图表 12：丝网印刷网版变化.....	8
图表 13：多主栅技术发展路线.....	9
图表 14：通过焊带演变趋势看主栅宽度变化.....	9
图表 15：主栅技术市占率变化.....	9
图表 16：华晟异质结不同版型电池银耗变化.....	10
图表 17：激光转印原理图.....	11
图表 18：激光转印技术优势.....	11

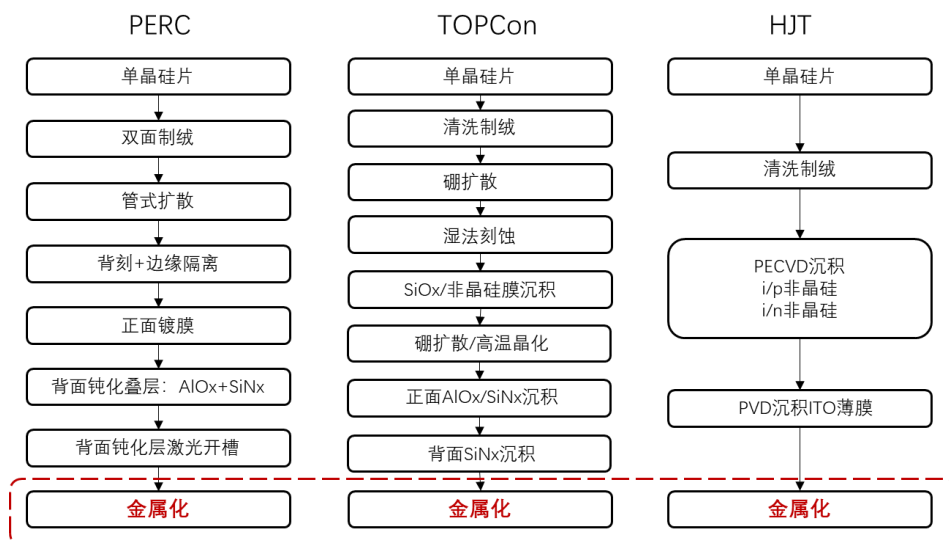
图表 19: 激光转印对不同类型电池技术银浆耗量的影响	11
图表 20: 铜栅线较银栅线拥有多项优势	12
图表 21: 铜栅线较银栅线固化后形貌更好	12
图表 22: 沪铜指数 (人民币/千克)	12
图表 23: 沪银指数 (人民币/千克)	12
图表 24: 电镀铜原理图	13
图表 25: 电镀液原材料作用	13
图表 26: 铜电镀在电池工艺流程中的位置	14
图表 27: 铜电镀总流程	14
图表 28: 图形化工艺综合对比	14
图表 29: 光刻技术分类	16
图表 30: 传统曝光技术与 LDI 区别	16
图表 31: 三种图形化方式优缺点对比	17
图表 32: 连续垂直电镀示意图	17
图表 33: 水平电镀示意图	18
图表 34: 电镀技术路线主工艺流程及设备	18
图表 35: 不同降本路线假设下 HJT 浆料成本的对比 (元/w)	19
图表 36: 公司九宫格产品布局	20
图表 37: 公司太阳能电极设备及材料处于产业化进程中	20
图表 38: 罗博特科首创新型异质结电池铜电镀设备成功交付	21

1、金属化工艺为光伏电池制作过程中的重要环节

1.1 承上启下，金属化工艺在光伏电池生产制作过程中举足轻重

金属化工艺是指在太阳能电池的正面和背面制作金属电极，为太阳能电池的电流输出提供通路，通常为光伏电池制作的最后一道工序。这一步骤对电极与硅界面间的接触电阻和黏结强度有重要的影响，无论在何种电池技术路线下都必不可少。金属化工艺路线的优化本质上是为了通过降低浆料单耗/选用低成本材料实现降本，同时兼顾/提高电池的转换效率和可靠性。

图表1：金属化为 PERC、TOPCon、HJT 工艺路线必备环节



来源：国金证券研究所绘制

在金属化工艺过程中，银浆通过烧结/固化与电池片正背面粘合，形成电极。电极与电池 PN 结两端形成欧姆接触，电极由两部分构成，主栅线和细栅线，主栅线负责连接电池外部引线，输出电流，细栅线起到电流收集并传递到主线的作用。金属化电极浆料经过印刷涂抹在硅片上，经烧结/固化后形成电极。

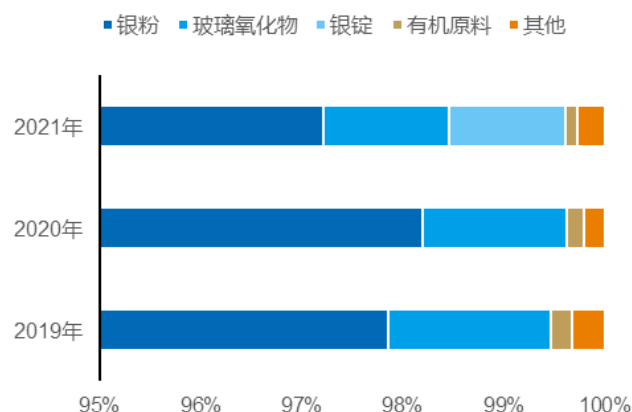
导电浆料是金属化实现的关键材料。由于银的导电性好于大部分金属元素，因此行业内主要选取银浆作为导电浆料。银浆主要由高纯度的银粉、玻璃氧化物、有机原料等成分组成，其组成物质的化学价态、品质、含量、形状、微纳米结构等参数均可能对银浆的性能产生影响。其中：银粉作为导电材料，是正面银浆的主要成分，在原材料成本结构中占比超 97%；玻璃氧化物用作银浆的传输媒介；有机原料是承载银粉和玻璃氧化物的关键组成。

图表2：部分元素常温（20℃）下的电阻率

种类	电阻率 (Ω·cm)
银 (Ag)	1.59×10^{-6}
铜 (Cu)	1.68×10^{-6}
铅 (Pb)	2.07×10^{-6}
金 (Au)	2.40×10^{-6}
铝 (Al)	2.65×10^{-6}
锌 (Zn)	5.20×10^{-6}
镍 (Ni)	6.84×10^{-6}

来源：国金证券研究所整理

图表3：银粉在浆料中成本占比情况



来源：聚和股份招股书、国金证券研究所

图表4: 电子导电浆料构成及作用

项目	主要成分	作用
导电相	银、金、铜等金属及合金或其混合物	传输电流
粘结相	玻璃粉、氧化物晶体或二者混合物	1) 作为金属颗粒的载体与硅相连; 2) 腐蚀氮化硅膜, 使金属颗粒与硅片表面形成接触; 3) 腐蚀硅片, 形成良好的欧姆接触
液体载体相	有机载体和水基载体, 并以有机载体为主	1) 分散粘结相, 不使其发生团聚和沉淀; 2) 保证浆料良好的触变性, 从而得到高的栅线分辨率和窄的栅线宽度

来源:《晶体硅太阳能电池丝网印刷工艺的研究》、国金证券研究所

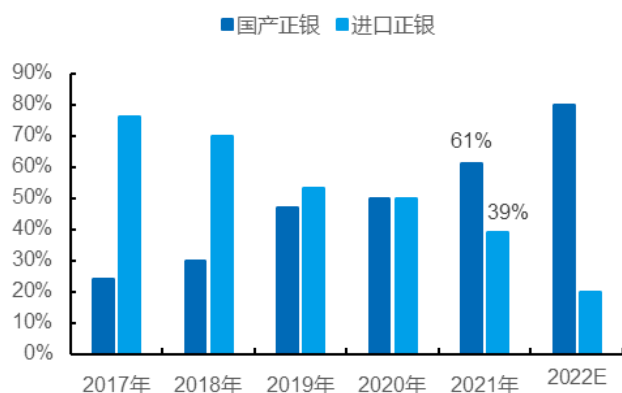
1.2 电池技术加速迭代, 推动浆料供应差异化

年内新型高效电池技术正式步入产业化元年, TOPCon、HJT、IBC 等电池技术在效率、成本等方面均有突破。由于不同电池之间对于银浆的需求存在很大差异性, 因此银浆产品也需要顺应新技术的迭代来进行差异化改动, 比如温度、配方等。在此背景下, TOPCon 高温银浆、HJT 低温银浆等产品加速放量。

传统 PERC 银浆正面采用高温银浆, 背面使用银铝浆。正面银浆起汇集、输出载流子的作用, 对浆料的导电性能要求高。背面银铝浆为电池片提供背面汇流及焊接点, 对导电能力要求相对低。正面银浆国产化程度高, 可以基本满足光伏电池的生产要求。

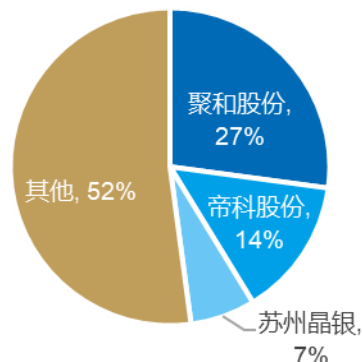
中国正面银浆生产企业经过数十年发展, 迅速崛起, 市场份额不断提升。根据 CPIA 统计, 2021 年国产正面银浆替代达到 61%, 帝科股份、苏州固锔、聚和股份三大企业占国内近一半市场, 行业集中度高, 预计 2022 年国产正银市场份额将进一步提升。

图表5: 光伏银浆进口替代情况



来源: CPIA、国金证券研究所

图表6: 2021 年中国正面银浆市场格局



来源: CPIA、wind、国金证券研究所

TOPCon 电池双面均使用纯银浆: 目前 TOPCon 用银浆与 PERC 正银都为高温银浆, 即在 500°C 以上烧结得到。但基于 TOPCon 引入了不同于 PERC 的多晶硅钝化层, 对金属化浆料也提出了更高的性能要求。

- 太阳能电池的电学损失包括欧姆损失和复合损失。银浆 (金属) 与钝化层 (半导体) 的接触可以形成欧姆接触, 这是一种电阻非常小的接触, 因此浆料应该被设计去保证较宽的欧姆接触窗口, 实现更低的接触电阻; 但金半接触会促进载流子复合, 影响电池效率。综上, TOPCon 电池用银浆在效率层面需要平衡两个损失的关系。
- TOPCon 发电“原动力”——N 型硅片表面硼扩形成 P 型发射极 (PN 结)。发射极的轻度扩散可使电池片获得更高的方阻, 提高开路电压、短路电流、转换效率等基本参数。硼扩的均匀性问题要求银 (铝) 浆增大 Ag 和 Al 的接触窗口, 保证电流输运性能; 但扩散方阻值越高, 银浆烧结的均匀性变差, 对正面钝化层和 PN 结的损伤加剧。综上, TOPCon 电池用银浆在 PN 结层面需要平衡方阻与损伤的关系。

HJT 电池正背面使用低温纯银浆: HJT 电池结构简单对称, 在 N 型硅片的双面用非晶硅做钝化, 再生长透明氧化层 (TCO)。基于以上特殊的薄膜结构, HJT 用银浆与 TOPCon 和 PERC 最大的差别就是浆料的烧结温度低 (<200°C), 也就是俗称的低温银浆。低温银浆

的设计重点在于平衡电阻、银含、固化稳定等方面的矛盾。

- HJT 电池银浆与透明导电薄膜接触，不再涉及金属与半导体的相互作用，失去欧姆接触，需要针对不同的透明薄膜材料进行优化匹配，降低接触电阻。
- 由于低温银浆烧结温度较低，其配方中不能包含玻璃粉，需要用特殊的树脂体系代替玻璃粉的传输属性，也能使浆料在低温下快速固化成型，满足光伏电池量产需求。
- 高温银浆主要通过高温对 Ag 序重排，在烧结过程中降低电极的体电阻。但低温银浆烧结温度无法支持球形银粉熔融，因此需要通过其他机制降低体电阻，例如改变银粉形态，调整浆料配方等。

图表7：各技术路线对银浆的要求

电池技术	技术工艺	对浆料的要求	国产化程度
PERC	用激光打开背面钝化膜，铝浆完成金半接触	可使用常规高温银浆，其中双面 PERC 需要流动性较好、适合印刷细栅线的银浆	国产化程度较高
N-TOPCon	采用物理气相沉积技术实现全被金属接触	背面有高掺多晶硅薄层，需开发用于多晶硅层接触并最大程度降低金属诱导复合速率的浆料，难度极大，需根据多晶硅厚度参数调整	国产替代加速
N-HJT	低温固化银浆在双面印刷电极栅格	非晶硅层对温度敏感，电池片制造温度需低于 200 度，搭配特制低温固化银浆	国产化程度低

来源：Solarzoom、国金证券研究所

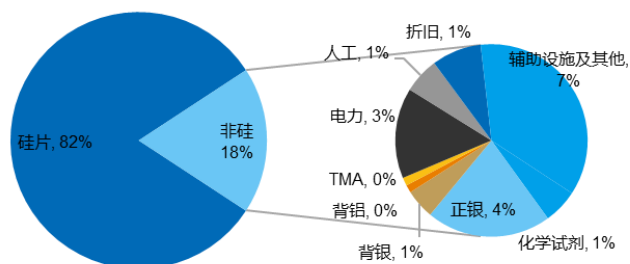
银包铜浆料方案是 HJT 电池实现少银化的重要一步。银包铜用银包覆铜，在保证光电转换效率的同时减少银的用量。铜与银的电阻率相差不大，但化学性质不稳定，抗氧化能力差，受环境影响严重；银则存在迁移率低，成本高等问题。银包铜在技术层面可以解决银的迁移问题，异质结电池的低温工艺可以有效抑制铜的抗氧化问题，在经济层面用铜替代一部分银，降低了银浆成本。

日本的银包铜技术已经进入量产阶段，KE 公司的浆料含银量可低至 44%，正在向 30% 突破，预计 2023 年将实现国产替代。金刚、华晟计划在今年量产线导入银包铜浆料。

银浆用量快速增长，后期或受限贵金属属性。随着光伏装机实现快速增长所带动光伏电池片产能加速扩张，光伏银浆用量逐年增加。根据世界白银协会统计，2016 年全球光伏银浆耗量 2331 吨，2021 年全球光伏银浆耗量 3478 吨，近 5 年年均复合增速为 8.33%。而光伏银浆价格以银点价格为基准，根据不同的银浆种类上浮不同的价格。考虑到未来光伏装机的高增速与银的贵金属属性相矛盾，后续价格很容易出现波动，从而造成银浆价格随之上涨。

即使随着技术进步，电池的单位正银用量有所下降，但在未来几年光伏电池 N 型化的大背景下，纯银浆料的总需求量或仍呈上升趋势，2021 年中国光伏银浆消耗量 3074 吨，在全球用银占比中接近 12%，考虑到光伏未来几年的高景气度，后续占比将持续提升。因此，少银化去银化迫在眉睫。

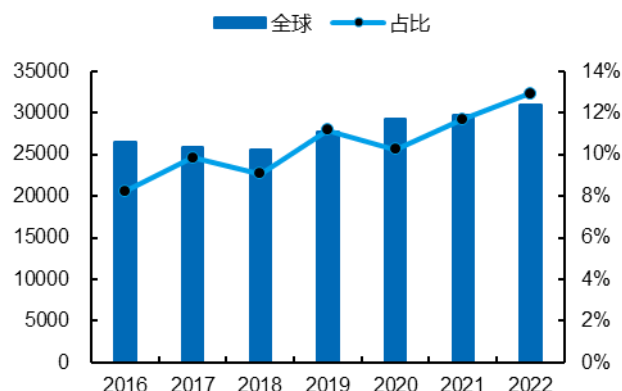
图表8：当前电池片环节成本结构



来源：Solarzoom、国金证券研究所

备注：以 M10 硅片规格、价格 6.22/片进行测算

图表9：全球光伏用银需求占比（吨，%）



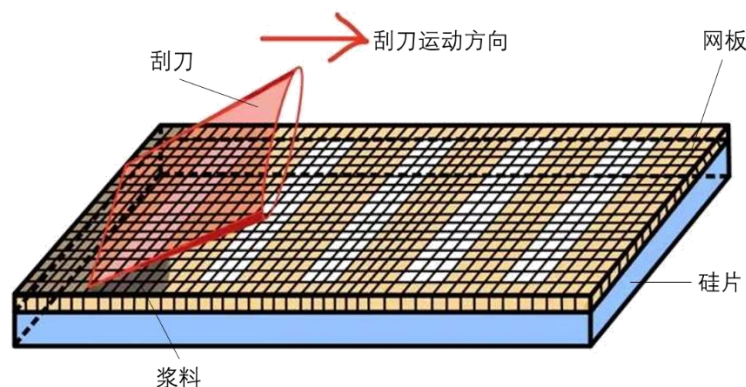
来源：世界白银协会、wind、国金证券研究所

2、接触式金属化工艺，丝网印刷仍为市场主流，改进空间大

金属化工艺分为接触式和非接触式。接触式金属化是指需要设备与硅片进行接触，制得电极。目前常用的丝网印刷即属于接触式金属化工艺技术。以丝网印刷为代表，技术改进主要围绕图形化展开。

丝网印刷分两个环节，电极印刷和烧结。带有栅线形状的网板只有栅线部分能使浆料穿过，其他部分的小孔都是被堵住的。硅片放置于网板下方，浆料倒至网板上方，使用刮刀将浆料铺满网板，浆料渗入可通过的孔隙，在硅片上留下图案，即栅线。再通过烧结使浆料固化在已形成 p-n 结的硅片上，用作电极。

图表10：丝网印刷示意图



来源：国金证券研究所绘制

丝网印刷的优化目前主要从材料和设计出发。材料方面，通过银浆国产化、银包铜技术等降低银浆成本和耗量；设计方面，通过对主、细栅的设计优化，如提高栅线质量、增加主栅数量、减小细栅宽度等提高电池的转换效率，减少银浆消耗。

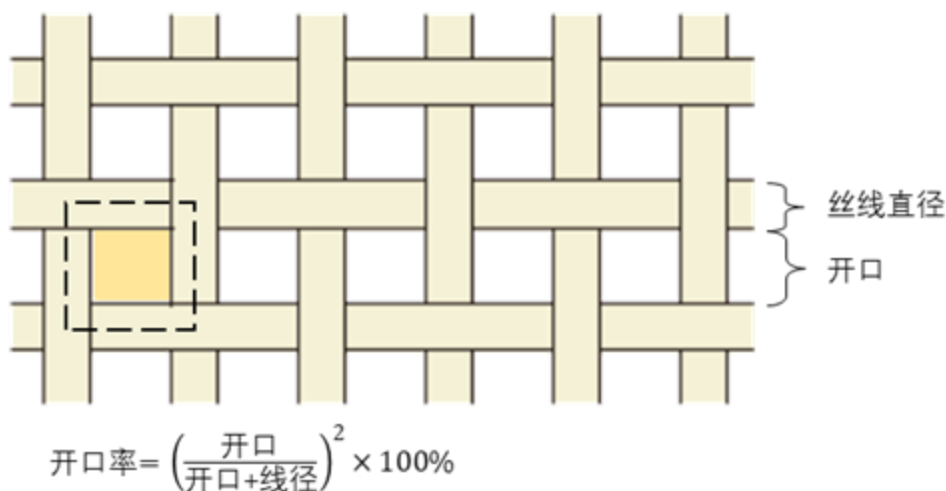
降本路径 1：钢版印刷

常规丝网印刷使用的是网版由钢丝织成，通过在网纱上根据相应位置设计涂敷乳胶，实现印刷。但在印刷过程中，由于丝网开口率普遍低于 75%，细栅部分不可避免地会受到钢丝网的遮挡。

钢版印刷使用高清合金钢片，开口率达 100%，在细栅区域无任何遮挡。同时，钢版寿命长，制作简单，对栅线形状的保持能力也更佳。根据 2022 年华晟发布会披露，华

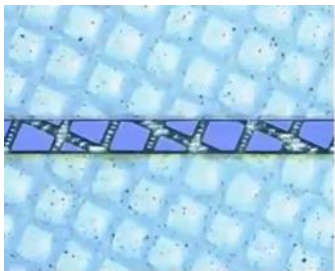
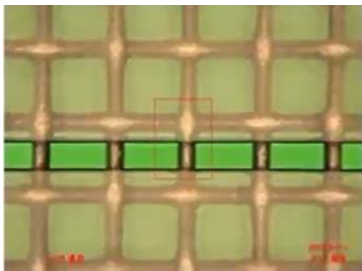
晟 M6 版型异质结电池使用单面钢版印刷，可使单瓦银耗降低 15mg；使用双面钢版印刷，预计可降低单耗 25~30mg。

图表11：网版参数



来源：光伏前沿、国金证券研究所

图表12：丝网印刷网版变化

	常规网版-斜网	无网结网版-直网	全开口钢版
优点	现阶段大量使用 价格便宜 操作简单	使用现有丝网材料，无料源受限问题 无需更改现有制程 细栅数无限制	可实现 100%开口落墨区 制作简单，价格具有竞争力 钢版寿命长，无点破、漏墨问题
缺点	线宽难以达到 30um 以下 高目数细纱径网布材料费高 纱径微小化开发困难	网版制造良率低 因图形需放置在开口区域内，其纱线直线度要求极高，纱网形变难以控制 细栅线间距无法固定，无法制作双层印刷 每片网版图形略有不同，造成效率不稳定 网版制作工时长，量产产能低	图形设计需使用 4BB 以上设计 需具备双套印刷设备
产品特征	开口率~75% 线高~15um 线宽~50um 银浆单耗~50mg（90 线细栅）		开口率~100% 线高~14um 线宽~26um，未来有望达 20um 银浆单耗~35mg，净节省 20%
示意			

来源：迈为股份公众号、摩尔光伏、国金证券研究所

降本路径 2：多主栅技术

2010 年起光伏电池栅线设计朝着增加主栅数量和减小栅线宽度的方向发展，基本逻辑是在印刷端通过减少银浆用量降低成本。多主栅技术从 2BB 一路发展到近几年的 MBB，以及目前出现了在 MBB 基础上发展的 SMBB 技术、无主栅技术等。

图表 13：多主栅技术发展路线



来源：摩尔光伏、国金证券研究所

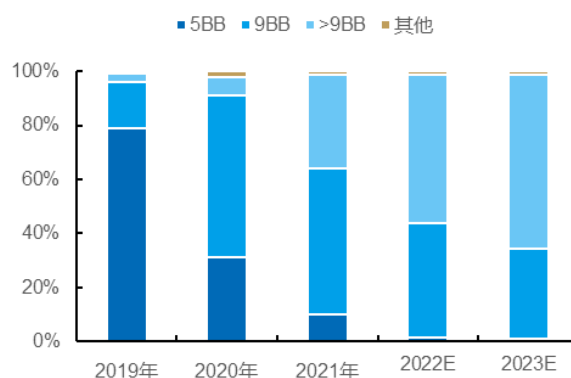
2BB 到 MBB 的设计优化，体现在主栅数量及宽度的变化，一方面减少了银浆用量；另一方面缩短了电流的传导距离，电阻损耗减少，使电池效率得到提高。MBB 技术的推出，迅速抢占市场，得到广泛应用。根据 CPIA 统计，2021 年 9BB 及以上技术占比高达 89%，成为主流，未来市占率还将进一步提升。SMBB 技术将主栅数增加至 12 及以上，在主栅增加的同时，配合更细的焊带提高串焊精度、降低主栅 PAD 点面积，减小主栅宽度，降低银浆耗量，提升转换效率，目前主流厂商 SMBB 主栅数已增加到 16-20，线径降低到 0.26mm。

图表 14：通过焊带演变趋势看主栅宽度变化

电池栅线	2BB	3BB	4BB	5BB	MBB
时间	2007-2010	2010-2014	2014-2016H1	2016H2-2018	2019至今
互连焊带	厚：0.15/0.18mm 宽：2mm	厚：0.2/0.23mm 宽：1.6mm	厚：0.23-0.27mm 宽：1.2mm	厚：0.23-0.27mm 宽：0.9/1mm	Φ0.35mm Φ0.32mm
汇流焊带	厚：0.15/0.2mm 宽：5mm	厚：0.3/0.35mm 宽：6mm	厚：0.4mm 宽：6mm	厚：0.4mm 宽：6mm	厚：0.2/0.3/0.35mm 宽：4/5/6mm

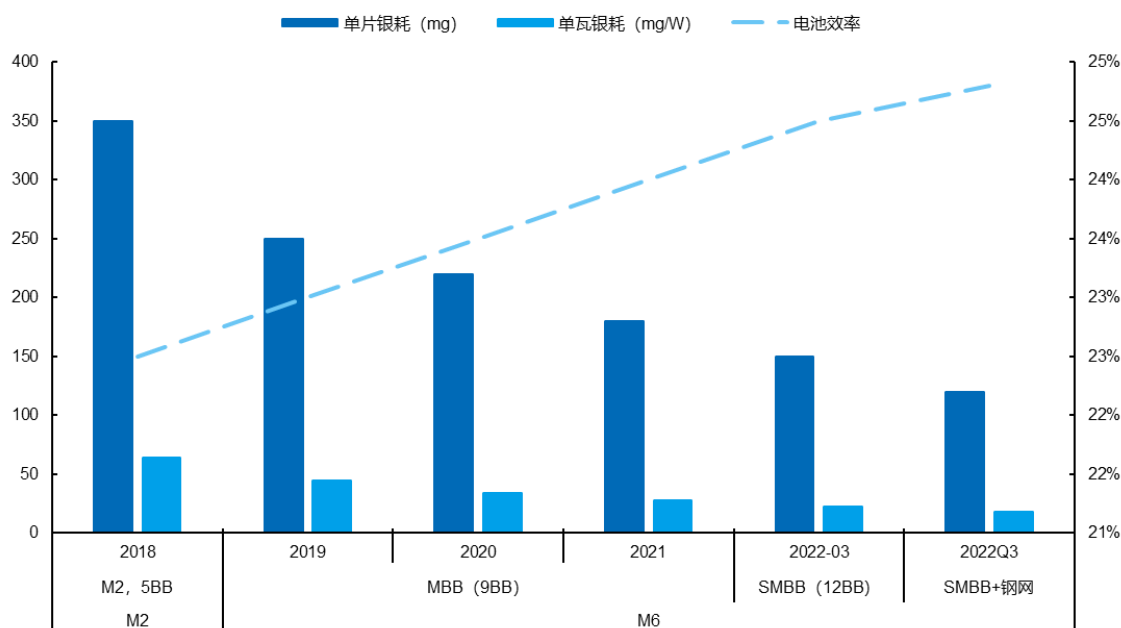
来源：宇邦新材招股说明书、国金证券研究所绘制

图表 15：主栅技术市占率变化



来源：CPIA、国金证券研究所

图表 16：华晟异质结不同版型电池银耗变化



来源：华晟新能源新品发布会论坛、国金证券研究所

为进一步去银降本，市场研发方向朝无主栅技术推进，即采用铜丝焊带替代原有银主栅直接汇集细栅电流，并实现电池片之间的互连。根据焊带与电池片互连方式不同，目前可将无主栅技术分为 SmartWire 方案和点胶焊接方案。SmartWire 方案通过层压复合物薄膜实现铜栅线和细栅的互连，最早由瑞士光伏设备企业 Meyer Burger 于 2012 年应用，该技术并不是没有主栅，而是将主栅数量增加到 18 条以上，同时可以做得更细更薄。主栅直接链接到相邻电池的背面，代替了传统焊带的角色，在汇流同时实现电池互联，不再是传统意义上的主栅。SmartWire 技术中的主栅材料多为铜线，可降低电池片银耗近 80%。除 Meyer Burger 外，德国 Schmid、美国 GT 公司也推出了自己的无主栅技术，路线与 SmartWire 类似。

由于 SmartWire 专利限制，国产设备厂商主推点胶焊接无主栅方案。点胶焊接方案无需复合物薄膜，而是通过点胶体连接焊带与电池片，细栅与焊带直接接触相连，采用密集多焊丝设计，增加细栅线与焊丝的接触点，银浆单耗可降低 50% 以上。2022 年以来我国无主栅产业化节奏加快，电池/组件方面，东方日升、爱康科技陆续推出 OBB 电池/组件，设备方面，奥特维/迈为/先导智能无主栅设备已进入到中试和验证阶段。

3、非接触式金属化工艺众望所归，为未来行业趋势

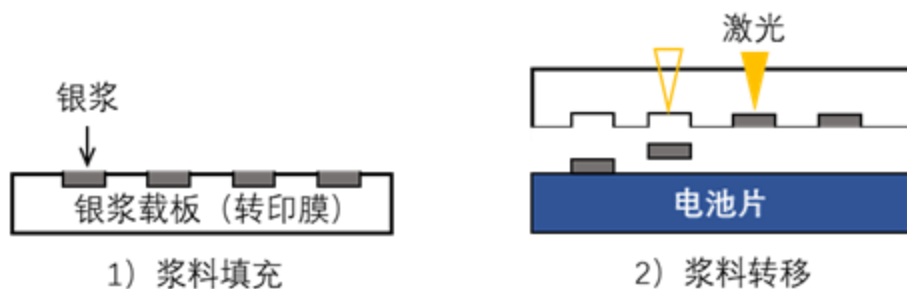
非接触式金属化指硅片与设备不发生接触制得电极，如激光转印、铜电镀等。非接触式相比接触式金属化，更能节省银浆用量，降低成本。

3.1 激光转印为较为成熟的非接触式金属化工艺，有望小规模放量

激光图形转印技术 (Pattern Transfer Printing, PTP) 最早来自以色列 Utilight 公司，并取得全球专利。2020 年成为帝尔激光的全资子公司，主营激光技术的研发，以寻求与以色列激光高科技技术和团队展开全面合作。帝尔激光转印已在 PERC 产线上已完成论证，TOPCon 的实验论证也在进行中，公司致力于提供激光转印整线解决方案，前后道工序均由公司独立研发进行。

激光转印技术采用激光图形化扫描，将浆料从柔性透光材料转移至电池表面，从而形成栅线。具体包括浆料填充和转移两大工艺步骤：1) 将浆料填充至刻有沟槽的银浆载板上，沟槽为所需栅线形状；2) 银浆载板倒置于电池片正上面，激光照射载板背面，利用激光能量高的特点，汽化浆料，掉落在电池片表面。激光转印适用于所有电池技术，也适用于所有类型的浆料 (低高温银浆、铜浆、银包铜等)。

图表17：激光转印原理图



来源：《Investigation of Thick-Film-Paste Rheology and Film Material for Pattern Transfer Printing (PTP) Technology》、国金证券研究所绘制

站在当下时点，激光转印的主要优势在于：1) 栅线更细，浆料节省更多；2) 印刷高度一致性、均匀性好，低温银浆同样适用；3) 可以兼容不同的电池工艺和电池结构，提高电性能；4) 非接触式印刷更能保证硅片在生产过程中的完整性，降低破片率，满足未来薄片化趋势。

激光转印技术也具有明显的技术壁垒。现阶段如何更好地匹配不同浆料与激光功率之间的关系仍需要一定时间的摸索。激光功率过低，不利于浆料与载板分离，顺利落下；激光功率过高，浆料汽化过度反而容易改变载板形状，增大栅线线宽。此外，转印膜寿命、后续污染处理问题，也尚处在突破阶段。

图表18：激光转印技术优势

优势	技术简介
栅线更细，节省浆料	可做到 18 μm 以下的线宽和更优的高宽比，浆料节省 30%。
印刷一致性较高、均匀性优良	误差仅有 2 μm 。
产品性能更优，生产速度更快	可以改变柔性膜的槽型，根据不同的电池结构，来实现即定的栅线形状，改善电性能；采用更窄的金属结构，生产更薄的太阳能电池，同时可以提升硅晶圆产量和生产速度。
契合硅片薄片化趋势	激光转印为非接触式印刷，可以避免挤压式印刷存在的隐裂、破片、污染、划伤等问题。同时，未来硅片薄片化趋势，薄片化会带来更多隐裂问题，激光转印由于非接触式印刷，在激光作用下，银电极不需要再与晶圆接触，对超薄太阳能电池晶圆不会产生压力，从而降低晶圆的破片率。无接触激光转印工艺最高可将太阳能电池晶圆的断裂率减少 80%。

来源：帝尔激光公告、国金证券研究所

图表19：激光转印对不同类型电池技术银浆耗量的影响

电池类型	传统金属化技术（丝网印刷）	激光转印技术
	单瓦银耗 (mg/w)	节约银浆耗量 效率提升
PERC	15	25%-30%
TOPcon	10-20	20% 0.1%
HJT	25-30 (线宽 40 μm)	30-40% (线宽 22 μm) >0.3%

来源：帝尔激光公告、国金证券研究所

2022 年 9 月，帝尔激光宣布激光转印订单首台设备正式出货，标志着光伏电池激光转印技术开发取得关键进展，激光转印设备正式由中试验证进入量产阶段。公司前期已有激光转印设备在 3 家公司交付单线或整线量产验证设备，适配 PERC、TOPCon、HJT、IBC 等多种电池工艺路线。

3.2 电镀工艺或为下一代金属化环节主流工艺，产业化步伐持续加快

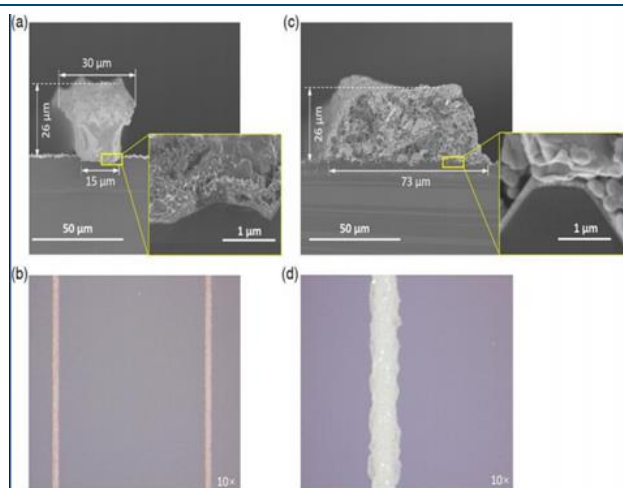
电镀铜是降本增效的双优化路径。从栅线成分角度，铜电镀得到的栅线为纯铜，电阻率约为 2 $\mu\Omega\text{ cm}$ ，丝网印刷技术使用的银浆由于掺杂了有机物，栅线电阻率大幅增加至约 5 $\mu\Omega\text{ cm}$ ，因此铜栅线的电流输运效率更高。从工艺角度，电镀铜采用图形化技术，相比丝网印刷，可以实现更低的线宽，减小遮光面积，提高效率。从成本角度，金属原材料银价比铜价高出 2 个数量级，用铜栅线替换银栅线能够大幅度降本，对异质结电池技术落地尤有吸引力。

图表20：铜栅线较银栅线拥有多项优势

	银栅线	铜栅线
直接材料成本低	银~6000 元/kg	铜~60 元/kg
栅线窄，高宽比高，降低遮光面积	30~40um	20~40um
电阻率	3~10uΩ·cm	1.7uΩ·cm
低温工艺	√	√
效率提升		0.3~0.5%

来源：国电投公开论坛资料、国金证券研究所

图表21：铜栅线较银栅线固化后形貌更好



来源：《Controllable Simultaneous Bifacial Cu-Plating for High-Efficiency Crystalline Silicon Solar Cells》、国金证券研究所

图表22：沪铜指数（人民币/千克）



来源：wind、国金证券研究所

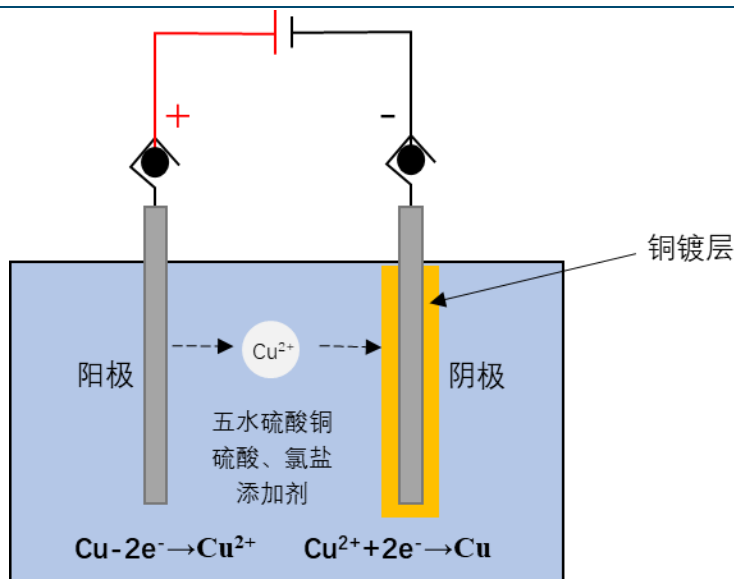
图表23：沪银指数（人民币/千克）



来源：wind、国金证券研究所

电镀技术基于氧化还原反应，遵循法拉第电解定律。电镀溶液通电后，其中的金属阳离子受电位差的作用而移动到电池表面的导电固体，沉积形成金属镀层。在电镀铜过程中，电镀液里的铜离子(Cu^{2+})还原覆盖至阴极表面，阳极的铜单质氧化以补充电解液中的 Cu^{2+} ，铜离子氧化还原析出量与通过的电量成正比。

图表24：电镀铜原理图



来源：国金证券研究所绘制

铜的电镀使用五水硫酸铜作为主要电镀液原料，在工业应用中，电解液里还会有酸（ H_2SO_4 ）、氯离子和添加剂。辅助剂用以提高阴极铜沉淀时的分布均匀性；光亮剂用以提高铜的沉积速率；氯离子可以提高添加剂在阴极铜上的吸附能力，使添加剂更高效地发挥作用。硫酸铜电镀的阳极使用含磷的铜球，电解产生的阳极黑膜（磷化铜 Cu_3P_2 ）具有金属导电性，保证电镀铜的质量和工艺稳定性。

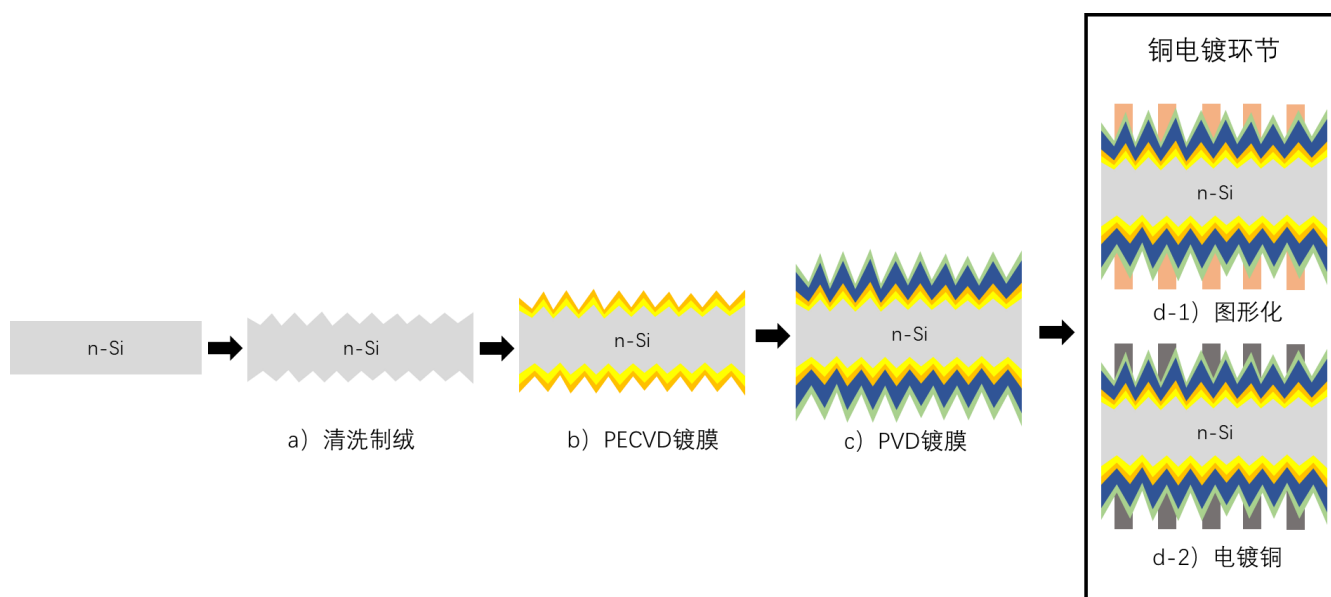
图表25：电镀液原材料作用

原材料	作用	浓度过低影响	浓度过高影响
五水硫酸铜 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	提供电镀所需铜离子；提高导电能力	易导致高电流区烧焦	电镀液分散能力下降
硫酸 H_2SO_4	提高电镀液导电能力	电镀液导电性下降；分散能力下降	铜离子迁移率降低；电镀效率降低；镀层延展性差
氯盐 Cl^-	帮助阳极溶解；协同添加剂使镀层光亮、平整；降低镀层应力	镀层粗糙，易出现针孔和烧焦	阳极钝化；铜沉淀排列致密性差
添加剂	改善镀层均匀性；结晶性	镀层不光亮，易出现烧板现象	产生缺陷；镀层硬脆，可靠性降低

来源：国金证券研究所整理

铜极易与空气中的水、氧气、二氧化碳发生反应生成铜绿（ $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ），铜绿的导电性很差，会增加栅线电阻，降低电流输出效率，因此铜电镀后会继续在栅线表面镀微米级厚度的锡。常温空气中，锡表面会生成一层致密的氧化膜阻止锡继续氧化，因此镀锡铜的耐蚀性和可靠性将大幅提高。工业应用中镀锡环节的主流工艺分电镀和化学镀，电镀通过外部电源实现电位差；化学镀通过置换反应实现电位差，无需电镀设备。

图表26：铜电镀在电池工艺流程中的位置

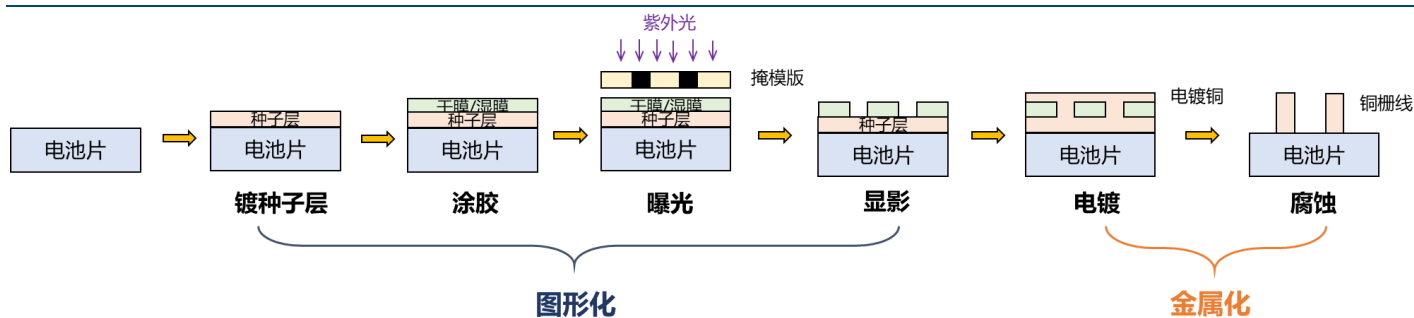


来源：《晶体硅太阳能电池研究进展》、国金证券研究所绘制

3.2.1 铜电镀图形化设备及工艺详解

丝网印刷本质上是图形化和金属化集成的技术，而铜电镀则将图形化和金属化分开。电镀工艺只负责金属化，必须在前端搭配图形化工艺。图形化也就是俗称的光刻，是先在硅片上涂敷一层干膜或者湿膜，将带有所需图形的掩模版覆于硅片上方，曝光后，油墨或胶受光分解，在显影液中脱落，完成图形转移。目前行业内在图形化工序之前，必须先镀一层铜的种子层：一是在满足电镀铜过程中的导电需要；二是增强电极与透明导电薄膜之间的结合力，防止脱栅。

图表27：铜电镀总流程



来源：2022 年 HJT 技术峰会、国金证券研究所绘制

干膜是一种有机物，俗称光刻胶，在紫外线照射下进行聚合反应形成一种稳定的物质附着在衬底上，从而阻挡电镀和刻蚀。湿膜即感光油墨，可在紫外光照下固化。干膜易于操作、稳定；湿膜成本更低，更符合细线化需求。传统的图形化方式有干膜+汞灯、湿膜+汞灯的组合，汞灯用于提供曝光所需的紫外光源。

图表28：图形化工艺综合对比

	成本	设备需求	工艺步骤	最小开口尺寸	对比结果
丝网印刷	低	丝网印刷机、紫外-热固化设备	较简单	>50um	工艺步骤简单；设备成本低；图形开口尺寸难以降低
干膜、曝光、显影	较高	干膜-曝光-显影机，设备需求高	较复杂	20-25um	设备需求高；图形化精度高；开口尺寸小；成本高、良品率低
湿膜、曝光、显影	较低	印刷-曝光-显影	较简单	<15um	设备可整合成掩膜机（印-曝光-显影）；成本低、良品率高

来源：国金证券研究所绘制

在图像化阶段，无论使用干膜 or 湿膜，曝光都是必不可少的一个步骤，相关光刻设备也是目前整个电镀铜工艺中研发难度最大、价值量最大的环节。根据是否需要使用掩模版，可以将光刻分为掩膜光刻和直写光刻。

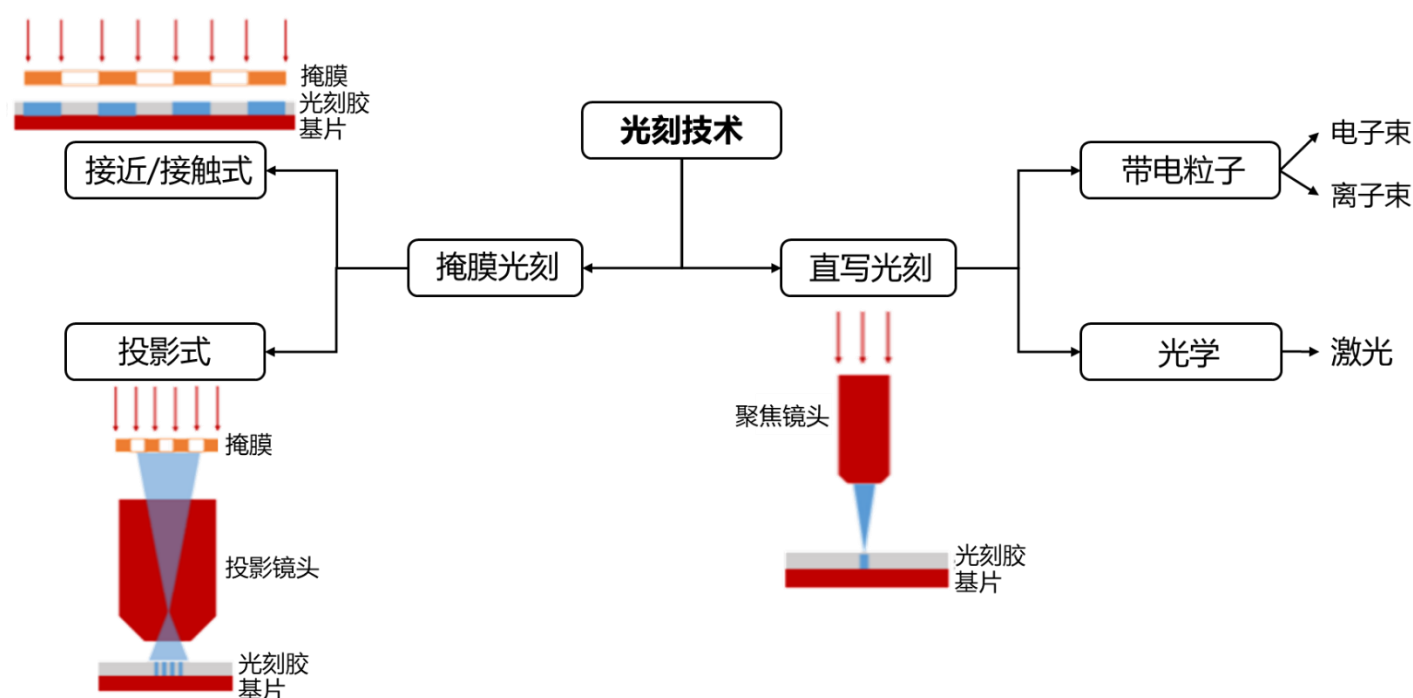
掩膜光刻即需要掩模版对图案部分进行保护，经过 PCB 领域的多年发展，目前可分为接近/接触式光刻、光学投影式光刻。

- 接近/接触式光刻是最成熟的光刻技术，使用汞灯作为光源，利用电极控制掩模版和衬底之间的间隙调节接触方式，调整掩模版和衬底相对位置和角度实现对准曝光。相比接触式对材料和掩模版的污染，接近式中掩模版与衬底保持约 10um 的距离，在保证材料质量的同时延长了掩模版的使用寿命，但其分辨率较低，工业生产中一般只在 3um 以上不需要高分辨率的情况下使用。
- 投影式光刻使用汞灯或紫外激光作为光源，采用透镜成像原理，通过光学投影系统，将图形转移至衬底上，进一步提高了掩模版和基片之间的距离，避免物理接触。这一原理也使得掩模版和衬底的大小不需要再是 1: 1，以此又衍生出步进式光刻。步进式可适配大尺寸基片，保持透镜尺寸不变，通过调整掩模版和衬底的尺寸比例为 n: 1 (n 一般为 4 或 5)，再将基片分为几个小区域，先曝光一个区域，结束后通过步进器只需调整基片位置，使下一个区域对准曝光位置，进行曝光即可。投影式光刻的分辨率为 0.25um~1um，在精度、产能方面能满足大多数制程需求，是当前的主流光刻技术之一。

直写光刻将掩膜和曝光结合，不需要掩模版转移图形，用计算机控制的高精度光束聚焦投影至涂覆有感光材料的基材表面上，直接进行扫描曝光。省去多个环节，节省时间成本，提高工作效率。根据辐射源的不同，分为带电粒子直写光刻、光学直写光刻。

- 带电粒子直写光刻的辐射源选用电子束或离子束。高能电子波长短，分辨率高，可用于纳米尺度的微细结构加工，但电子束发射器成本昂贵，难以精准控制刻蚀深度，需要先长时间积累高能电子再进行作业，不适合量产需求。离子质量大，可以减小邻近效应，但穿透深度不够，能量分散，导致分辨率较低。
- 光学直写光刻主要是指激光直接成像技术 (Laser direct imaging, LDI)，通过光学反射原理获得大量激光束同时进行扫描，分辨率 100nm~500nm，且可以实现高速的无掩膜光刻，图像解析度高，在光伏领域使用，可匹配细线化，提升产品良率，满足量产需求。
- LDI 的核心零部件是 DMD 数字微镜。其主要原理是利用计算机把对应的光刻图案输至 DMD 芯片中，DMD 微镜阵列根据光刻图案调整对应的微镜转角，同时准直光源照射至 DMD 微镜阵列表面，产生与光刻图案相符的光图像，光图像通过投影曝光镜头成像至基材表面，基材在受控的运动平台上完成多次往返扫描运动和图形拼接，实现任意图形的高精度光刻。

图表29：光刻技术分类



来源：芯基微装招股说明书、国金证券研究所绘制

图表30：传统曝光技术与LDI区别

	传统曝光技术	LDI 激光直写技术
光刻精度	受限于底片的图形解析能力，光线经底片透射后发生角度变化、底片与基板贴合的平整度等因素，影响线宽解析能力，目前曝光精度~30um	无需底片，解析能力由微镜尺寸及镜头缩放倍率决定，可以实现~10um精度的线宽
对位精度	底片吸收光致热，产生热膨胀，影响对位精度	根据基板的标记点直接测量实际型变量，实时修改曝光图形，避免底片热膨胀问题，对位精度高
良品率	因使用底片，光刻精度、对位精度较低，影响产品良率	避免底片使用中带来的缺陷，光刻、对位精度高，因此良率高
生产节拍	需要对位摆放底片，拉长了工艺流程	直接曝光，生产节拍高
直接生产成本	底片使用寿命数千次，底片耗材及相应的动力人工成本	节约了底片的物料、人工、动力成本
自动化水平	自动化水平略低，人工环节多、成本高	自动化水平高，减少了人为因素带来的生产质量问题

来源：芯基微装招股书、国金证券研究所绘制

图表31：三种图形化方式优缺点对比

	干膜+汞灯	湿膜+汞灯	湿膜+LDI
优点	PCB、显示屏行业应用广 工艺成熟度高	汞灯曝光设备成熟 油墨成本低	设备投资低 产能大 集成成熟印刷设备 油墨成本低 精度高，利用提高效率 无需掩模版 单片成本低
缺点	干膜成本高 自动化摆片精度要求高 易产生皱膜、偏移等不良 需用掩模版等易耗品 设备投资成本高 产能较低 高产能的设计方案不成熟	油墨残留 包边工艺难 单面曝光 自动化要求高 产能低 汞灯为接触式曝光 暂时无工艺方案	油墨残留 边缘曝光难 单面曝光

来源：国金证券研究所整理

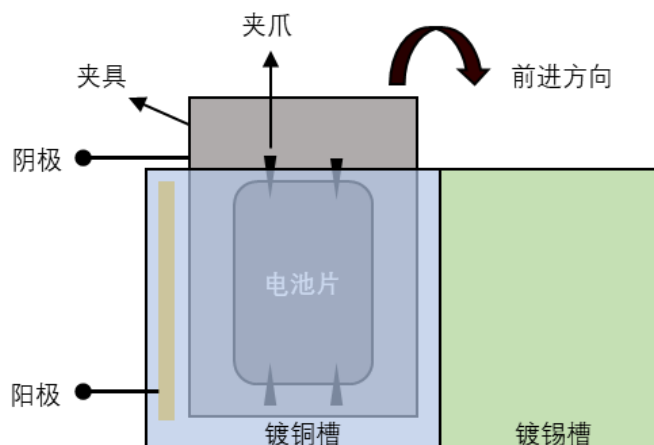
3.2.2 铜电镀电镀设备及工艺详解

按照电池片悬挂方式分类，目前主要的电镀铜技术包括垂直电镀和水平电镀。

光伏行业的电镀技术承袭自 PCB 电镀铜，垂直电镀技术使用导电性能良好的挂具悬挂电池板，使其浸没在电镀液中作为阴极。后为适应光伏行业需求，进行了一定的改良，并衍生出连续垂直电镀。改良后的垂直电镀采用夹点式接触，即挂具和电池板为点接触，减小了挂具对电池片的遮挡面积。

连续垂直电镀工艺不含去膜和镀/化锡工序，增加对挂具的清洗工序，结构简单，操作方便；可兼容多种尺寸的电池片；槽体大，液面相对平稳，保障电镀过程稳定。

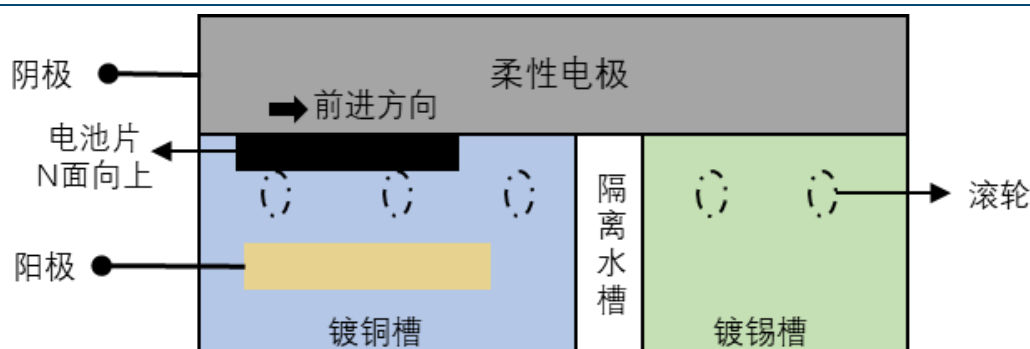
图表32：连续垂直电镀示意图



来源：罗博特科官网，国金证券研究所绘制

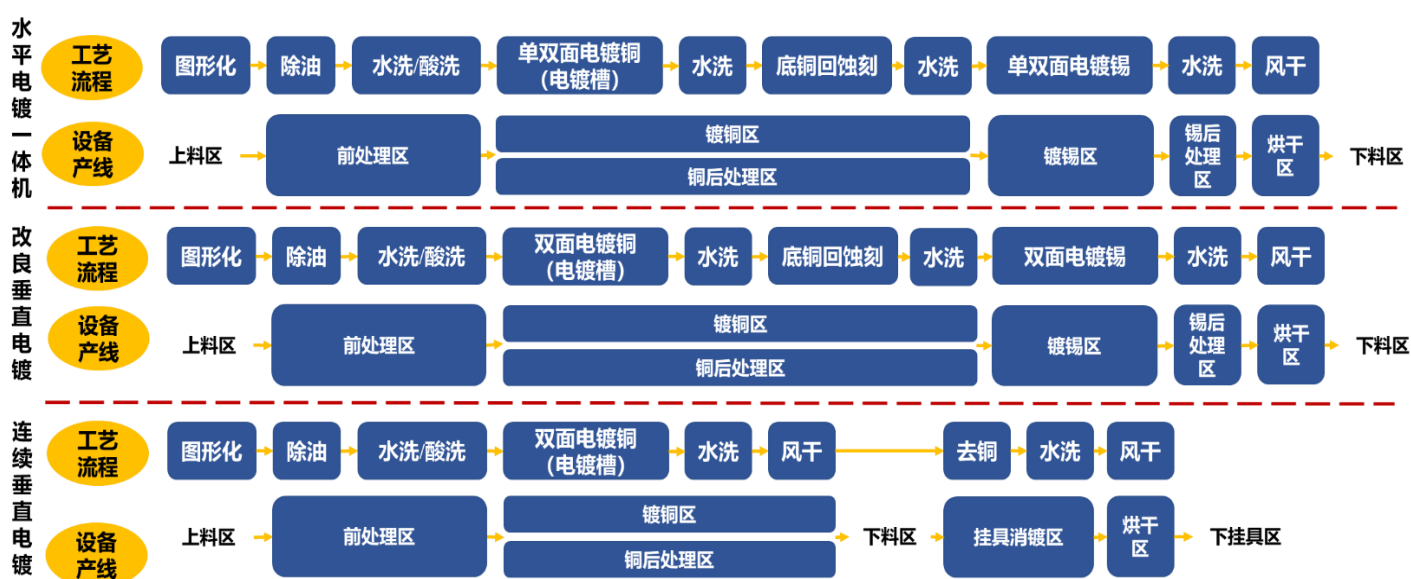
垂直电镀技术在光伏行业中的应用表现出一些“水土不服”现象：电池片上难以做夹点；电池片本身太薄，影响碎片率；自动化困难等。在垂直电镀的基础上，水平电镀技术延伸发展。水平电镀技术使用导电辊将电池板沿平行于电镀液液面方向传送，不需要做夹点；对电池片尺寸厚度没有要求；电镀均匀性更好；且电镀传送速度快，符合光伏量产需求。水平电镀技术成为各厂商研究的重点方向，包括太阳井、捷德堡在内，未来有望成为主流电镀技术。

图表33：水平电镀示意图



来源：罗博特科官网，国金证券研究所绘制

图表34：电镀技术路线主工艺流程及设备



来源：国金证券研究所绘制

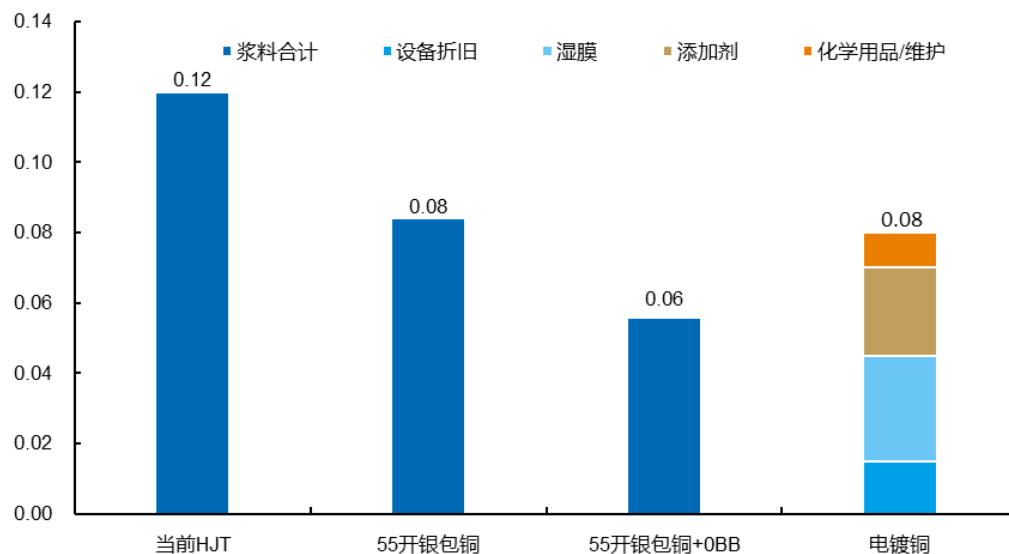
4、思考：从 HJT 角度看金属化环节走向铜电镀的必然性

电镀铜和 HJT 电池的升级逻辑一致。HJT 电池制程简单，工艺成本低，工艺过程中的效率损失小，实际可实现的光电转换效率更高；电镀铜以纯铜作电极实现去银化，金属导电率也明显优于引入了有机溶剂的低温银浆/银包铜方案，两者均是从降本和增效的双重路径进行技术迭代。此外，透明导电层（TCO）的技术发展也使得电镀铜在 HJT 电池制备中成为更有优势的金属化工艺。

- HJT 电池电极直接接触 TCO 层，与 PN 结和载流子输运区域无直接关系，TCO 作为连通太阳能电池光生伏特效应和输出的重要桥梁，承担着透光和导电的双重作用。
- TCO 层的材料选择以低电阻、高透过为基本要求，目前市场上普遍使用氧化铟锡（ITO）。ITO 通过在氧化铟中掺杂锡制备得到，是透明导电薄膜领域应用较为成熟的材料，但在光伏应用上存在 3 个明显缺点：1、元素铟资源稀有，价格昂贵；2、铟锡氧化物微毒，在产业化过程中对人体和环境都会造成危害；3、刻蚀艰难，绒面结构难以实现，导致光散射能力较差。因此，光伏行业 TCO 去铟化进程更多是在透明导电材料选择上的迭代，而非 ITO 掺杂成分或含量上的更新。
- 铝掺杂的氧化锌（AZO）是目前便宜无毒，光电性能可媲美 ITO，在太阳能电池中最具发展潜力的透明导电材料。虽然 AZO 的电阻率始终比 ITO 大 1 个数量级，但其高透射率窗口比 ITO 宽，随膜厚变化较小，光学性能更优，在厚度允许的情况下，两者的品质因子可达到相同数量级，即光电综合性能相当。在 AZO 作为透明导电层的未来，电镀铜工艺能更好地保证转换效率。

电镀铜工艺降本增效实力强劲，设备成本仍有突破空间。电镀铜金属化环节成本主要包括设备成本、掩膜成本（假设为低成本湿膜路线）、添加剂成本和其他成本。根据目前电镀铜产业化进度，我们假设应用于 HJT 电池片的电镀铜前道设备 6000 万元/GW，后道设备 9000 万元/GW，设备折旧期限为十年。根据调研口径，目前电镀铜湿膜成本约为 0.03 元/w，添加剂成本为 0.02-0.03 元/w，按以上假设，我们测算目前电镀铜环节总成本可达 0.08 元/w，较当前 HJT 浆料单瓦成本节约 4 分钱，与 55 开银包铜路线的降本程度持平。但考虑到电镀铜环节实际所带来的效率提升，实际成本预计将低于银包铜+0BB 方案。电镀铜产业化目前仍面临产能不足、良率低、设备及湿膜成本较高等问题，预计后续技术将继续攻克痛点，设备和湿膜成本有望降低，叠加薄片化等技术为 HJT 工艺带来更大的降本空间。

图 35：不同降本路线假设下 HJT 浆料成本的对比（元/w）



来源：solarzoom、国金证券研究所测算

异质结友好型的钙钛矿叠层技术备受认可。基于当前晶硅电池成熟的市场环境和对钙钛矿可靠性的质疑，钙钛矿/晶硅叠层电池相比纯钙钛矿电池更容易被市场接受。在 N 型电池新技术中，TOPCon 结构复杂，叠加钙钛矿需要去除绝缘的氧化铝，将氮化硅改为透光性较差的 TCO，这使得 TOPCon 失去了本身的高电流优势；HJT 结构对称、工艺简洁，本身结构中的 TCO 层也与钙钛矿适配，因此异质结和钙钛矿的叠层方案更为理想。根据 HJT 对栅线导电率和电池效率的追求，钙钛矿/HJT 叠层电池的正背面栅线工艺也必然走向电镀铜。

电镀铜同样也是纯钙钛矿电池栅线降本路径。环境对钙钛矿材料长期性的制约使得纯钙钛矿电池必须表现出远超晶硅的光电转换效率才能获得市场的进一步认可，除了材料本身的高效率优势外，在电流输运效率也极为关键。考虑到成本和稳定性的需求，单结钙钛矿电池的 TCO 层材料多选用 FTO，其光电性能相比 ITO 并不具有优势，此时就对栅线的导电性和稳定性提出了更高的要求，因此电镀铜无疑是纯钙钛矿电池金属化降本的必由之路。

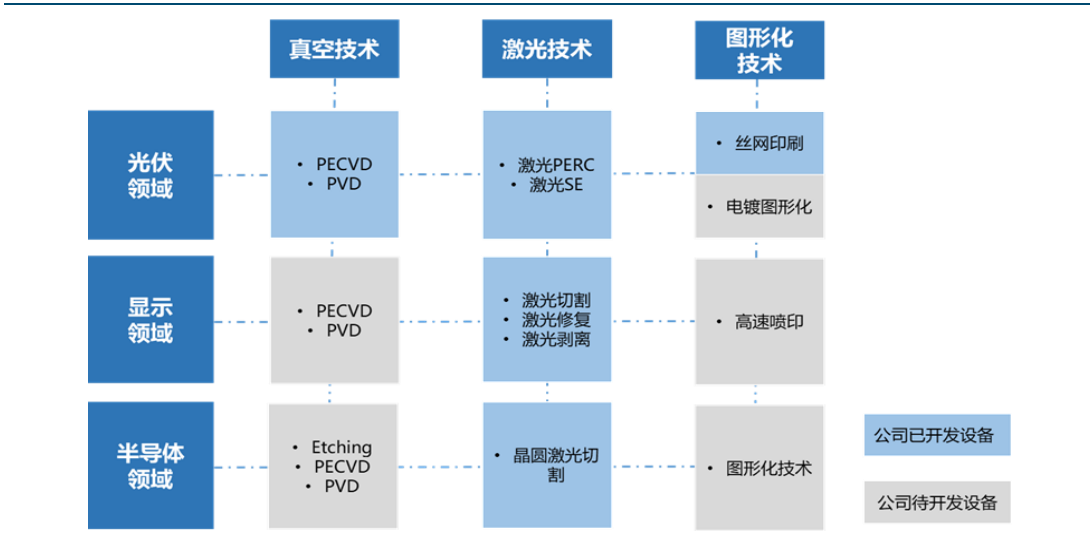
5、投资建议

建议关注两个方向：当前在接触式金属化环节领先且有电镀工艺储备的头部电池设备厂，重点推荐迈为股份；在非接触式金属化工艺有布局且已有中试设备较为成熟的设备厂商。建议关注苏大维格、芯基微装、东威科技、罗博特科。

迈为股份：丝网印刷设备领军者，HJT 设备技术开拓者。公司主营太阳能电池丝网印刷生产线成套设备，构建九宫格产品矩阵，多层次、立体化布局光伏、显示、半导体三大领域。在 HJT 设备方面，自 2019 年 1 月启动 HJT PECVD 及其配套设备，迈为先后首创性地研制了第一代产能 200MW、第二代产能 400MW、第三代产能 600MW 的 PECVD 整线设备，2022 年市占率超过 80%。2022 年 9 月，迈为股份联合澳大利亚金属化技术公司 SunDrive 采用迈为自主创新的可量产微晶设备技术和工艺研制的全尺寸 (M6, 274.5cm²) N 型晶硅异质结电池，其转换效率高达 26.41%。该电池片电极由 SunDrive 在其无种子层电镀设备上

完成。通过不到一年的技术迭代及工艺优化，双方联合开发的无银异质结电池转换效率屡次获 ISFH 认证，从 25.54% 迅速攀升至 26.41%。目前公司在铜电镀技术中有整线方案储备。

图表 36：公司九宫格产品布局



来源：迈为股份官网，国金证券研究所

苏大维格：纳米压印光刻龙头，横向切入光伏电镀铜及激光转印环节。公司是国内领先的微纳结构产品制造和技术服务商，相继开发多个系列覆盖纳米级和微米级的光刻机与压印设备，产品涉及公共安全、新型印材、消费电子新材料等领域。公司近年来切入光伏设备领域，公司自行开发的光伏铜电镀曝光设备采用了掩模投影曝光的方式，有利于协助下游厂商的降本增效。目前，公司正在积极与光伏厂商进行深度对接和测试。

图表 37：公司太阳能电极设备及材料处于产业化进程中



来源：苏大维格年报，国金证券研究所

芯碁微装：国内直写光刻设备龙头。公司以直写光刻技术展开产品布局，深耕 PCB 及泛半导体领域，是国内少数在光刻技术领域里拥有关键核心技术，并具有全球竞争力的相关设备供应商。

公司 2021 年切入光伏电镀铜环节，截至目前，公司已实现了在实验室条件下满足 5 μm 以下线宽的铜栅线曝光需求的直写光刻设备产业化；同时提供量产线实现最小 15 μm 的铜栅线直写曝光方案，产能达到 6,000 片/小时、对位精度 $\pm 10 \mu\text{m}$ ，不但可以满足 HJT 的应用，也可满足 XBC 高效电池的高对位要求，并支持 210mm 的整片和双半片光伏电池的制造。

东威科技：垂直电镀技术代表设备厂商。公司主营业务为高端精密电镀设备，涉及 PCB、五金、动力电池及光伏多个领域，在行业内率先实现 VCP 电镀设备设计标准化、生

产流程化和产业规模化。

与国电投达成战略合作，光伏铜电镀产业化进程开启。2023 年 1 月，公司宣布与国电投签订战略合作框架协议，将于 2023 年 7 月份向国电投提供 1 台铜电镀样机。根据公司公告，公司第三代垂直连续硅片电镀设备相较于 2022 年初的第二代设备相比，成本更低、性能更优，产能可达 8000 片/小时。

罗博特科：光伏电池全产业链智能制造，电镀设备成功交付。公司实行新能源光伏+泛半导体双主业发展，产品主要应用于光伏电池领域，覆盖制绒到电镀、清洗的完整链条。2021 年公司开始光伏电池电镀铜技术垂直连续电镀设备的研发，2022 年 12 月公司完成首台 HJT 电镀设备交付。2023 年 1 月与国电投签订 HJT 电镀铜 VDI 解决方案战略合作框架协议，有望为公司打开新的业务增长点。

图表 38：罗博特科首创新型异质结电池铜电镀设备成功交付



来源：罗博特科官方公众号、国金证券研究所

6、风险提示

新技术进展不及预期：非接触式金属化工艺尚处于行业萌芽阶段，若后续降本增效进展受阻，则会导致新技术产业化进程延后，进而对公司远期业绩造成影响；

行业竞争加剧风险：金属化工艺为光伏电池制造端必备环节，若出现新进入者涌入情况，则会导致行业格局恶化、竞争加剧，进而对公司盈利产生影响。

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	北京	深圳
电话：021-60753903	电话：010-85950438	电话：0755-83831378
传真：021-61038200	邮箱：researchbj@gjzq.com.cn	传真：0755-83830558
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn	邮编：100005	邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：201204	地址：北京市东城区建内大街 26 号	邮编：518000
地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号	新闻大厦 8 层南侧	地址：中国深圳市福田区中心四路 1-1 号
紫竹国际大厦 7 楼		嘉里建设广场 T3-2402