

下一代光伏电池新秀，产业化曙光初现

2023年03月20日

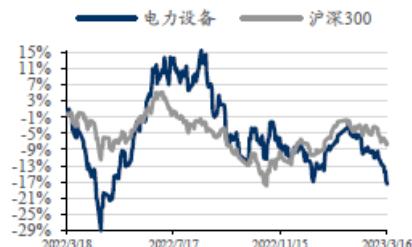
投资要点

- **提效快、成本低，钙钛矿潜力十足！** 钙钛矿为有机无机金属卤化物 ABX₃，可由人工合成，配方达几十万种，且材料光电损失小。效率上：晶硅电池理论效率极限 29.4%，目前最高已达 26.8%，而单结钙钛矿肖克利极限 33.7%，可调整配方来靠近理论上限。钙钛矿叠层发展潜力更广！成本上：钙钛矿材料可人工合成、原材料成本低、不易受限，GW 级别量产钙钛矿材料成本占比约 3%，组件成本<1.0 元/W，5-10GW 级别量产，组件成本可降至 0.5-0.6 元/W。应用上：钙钛矿具备轻薄、可弯曲特性、同时颜色可调节，在 BIPV 和车顶光伏市场具备竞争力，可广泛应用于各种场景，有望成为新一代光伏发电明星材料！
- **单结/叠层多元发展，钙钛矿技术百花齐放！** 钙钛矿电池结构主要分为单结和多结叠层电池。单结电池结构分为介孔结构和平面正式或反式结构，目前单结电池产业化主要为平面反式结构。叠层结构分为窄带隙底电池、互联结/隧穿结、宽带隙顶电池三部分；两端叠层成本低、寄生吸收少，两电池电流需严格匹配，具备产业化生产前景；目前钙钛矿/晶硅叠层研究进展领先，实验室效率最高可达 32.5%。不同技术路线各有优劣，目前晶硅大厂倾向选择钙钛矿/晶硅叠层的路线，全钙钛矿路线更适合初创企业。
- **工艺铸就核心竞争力，设备国产化降本可期！** 钙钛矿电池组件生产共需要镀膜、激光、涂布、封装四种设备，镀膜设备价值量最高。目前 MW 级产线设备总投资约 1.2 亿元，其中镀膜：激光：涂布：封装设备投资比例为 50%：25%：15%：10%，未来镀膜设备国产化为降本主要途径；钙钛矿层作为电池的最核心层主流方法采用狭缝涂布机制备，德沪涂膜产业化进程领先，2022 年市占率达 70%以上；激光设备国产化进程较快，封装设备承接晶硅组件封装，传统供应商有望受益。
- **技术+政策+资金助力，产业化曙光初现！** 钙钛矿产业化阶段具有寿命及稳定性、大面积制备难度、铅污染等问题，目前业内通过添加剂、组分工程、设备工艺改良、加强封装等多种手段来应对。协会推动建立行业标准，多家公司的钙钛矿产品通过 IEC 双 85 测试，进入量产阶段。目前纤纳光电、协鑫光电、极电光能产业化进度领先，百兆瓦级别产线已搭建完成，GW 级产线筹备中，23 年或有 GW 级设备招标；众能/仁烁/万度光能、宝馨科技、奥联电子、宁德时代百兆瓦级别产线搭建中，预计 23/25/30 年全国合计钙钛矿组件产能 1.25/7.4/142GW，产业化在即！市场空间广阔，钙钛矿前景星辰大海！需求端看，光伏装机需求向好+渗透率提升带动钙钛矿市场空间广阔，2025/2030 年全球地面电站钙钛矿需求分别为 0.3/25.0GW，2025/2030 全球分布式钙钛矿需求分别 2.3/70.5GW，2025/2030 整体市场空间为 2.6/95.5GW，2022-2030CAGR 达 146%，市场空间广阔。
- **投资建议：** 降本增效促进下，钙钛矿有望成为下一代光伏电池技术方向，重点关注：1) 钙钛矿组件：隆基绿能、天合光能、晶澳科技、晶科能源、通威股份，关注东方日升、杭萧钢构、奥联电子等；2) 设备：关注捷佳伟创、迈为股份、京山轻机、大族激光、帝尔激光、德龙激光、杰普特、奥来德、德沪涂膜（未上市）；3) 封装：福斯特、海优新材，关注天洋新材、激智科技；4) TCO 玻璃：关注金晶科技、耀皮玻璃。5) 关注钙钛矿领先创业公司：纤纳光电、协鑫光电、仁烁光能、极电光能、耀能科技、黑晶光电等（未上市）。
- **风险提示：** 竞争加剧，政策超预期变化，可再生能源装机不及预期，原材料供给不足等。

证券分析师
芮雯

(852) 3982 3217
ruiraven@dwzq.com.hk

行业走势



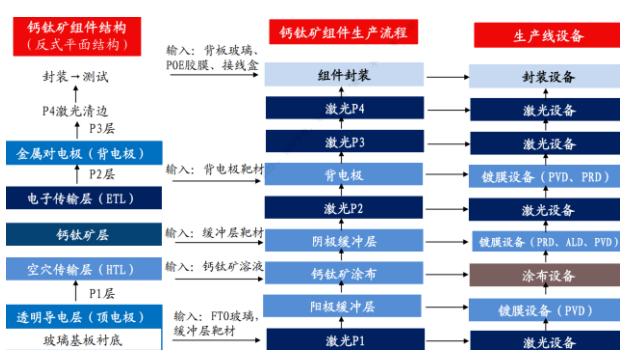
相关研究

特此致谢东吴证券研究所对本报告专业研究和支持，尤其感谢曾朵红和陈璐的指导。

1. 镀膜设备价值最高，为未来降本主要途径

镀膜设备价值最高，为未来降本主要途径。钙钛矿电池组件生产共需要镀膜、激光、涂布、封装四种设备，镀膜设备价值量最高。目前 MW 级产线设备总投资约 1.2 亿元，其中镀膜：激光：涂布：封装设备投资比例为 50%：25%：15%：10%，未来镀膜设备国产化为降本主要途径；钙钛矿层作为电池的最核心层主流方法采用狭缝涂布机制备，德沪涂膜产业化进程领先，2022 年市占率达 70%以上；激光设备国产化进程较快，封装设备承接晶硅组件封装，传统供应商有望受益。

图1：钙钛矿电池组件生产流程和对应设备



数据来源：公司公告，东吴证券（香港）

图2：镀膜设备价值最高

| | 镀膜设备 | 涂布设备 | 激光设备 | 封装设备 |
|---------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 价格(万/台) | 1000-2000 | 1000+ | 250-375 | 1200 |
| 价值量(万) | 4000+ | 2000+ | 1000-1500 | 1200 |
| 公司 | 捷佳伟创 市值：410.60亿元 晟成光伏 注册资本：4.58亿元 | 上海德沪涂膜 注册资本：0.13亿元 众能光电 注册资本：0.18亿元 | 迈为股份 市值：754.85亿元 大族激光 市值：277.64亿元 大正微纳 注册资本：0.14亿元 | 弗斯迈 注册资本：0.10亿元 |
| | 科晶智达 注册资本：0.18亿元 弗斯迈 注册资本：0.05亿元 | 德龙激光 市值：231.35亿元 杰普特 注册资本：0.24亿元 | | |

数据来源：公司公告，东吴证券（香港）

2. 2025/2030 钙钛矿市场空间分别为 38/950 亿元

2025 年钙钛矿组件市场空间达 37.5 亿元，2030 年达 950 亿元。按照各家厂商发布的量产规划，2023 年合计钙钛矿组件产能 1.25GW，2025 年 7.4GW，预计组件市场空间约 37.5 亿元，2030 年钙钛矿组件产能预计 142GW，对应市场空间约 950 亿元，2022-2030CAGR 达 128%。

钙钛矿需求高增带动设备及原材料需求空间广阔，预计 2030 年设备及原材料空间达 239/490 亿元。若 2030 年钙钛矿组件产量为 95GW，产能对应设备市场空间为 239 亿元，其中镀膜/激光/涂布/封装设备分别为 120/60/36/24 亿元；对应钙钛矿材料市场空间 28 亿元，玻璃市场空间 259 亿元（FTO 玻璃 182 亿元，背板玻璃 77 亿元），封装材料市场空间 98 亿元（POE 胶膜及丁基胶各 49 亿元），靶材市场空间 105 亿元，玻璃及靶材因单位成本占比高，价值量空间较大。

图3: 钙钛矿应用市场空间测算一供给端(*2025 年后产能为估计值)

| 厂家 | 2022 | 2023E | 2024E | 2025E | 2026E | 2027E | 2028E | 2029E | 2030E |
|----------------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 纤纳光电 | 0.1 | 0.1 | 1 | 2 | 5 | 5 | 8 | 12 | 18 |
| 协鑫光电 | 0.1 | 0.1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 8 | 12 | 15 |
| 极电光能 | 0.15 | 0.15 | 1 | 1 | 3 | 5 | 8 | 10 | 12 |
| 仁烁光能 | 0.15 | 0.15 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 8 | |
| 光联光能 | | | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| 奥联光能 | 0.05 | 0.12 | 0.12 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | |
| 光晶能源 | 0.01 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 1 | 1 | 2 | 4 | |
| 大正微纳 | | | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| 万瓦光能 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 1 | 1 | 2 | 4 | |
| 宁给了时代 | 0.2 | 0.2 | 1 | 1 | 3 | 5 | 8 | 12 | |
| 半泽光伏 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 8 | |
| 耀能科技 | | | 0.1 | 0.1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 |
| 黑晶光电 | | | 0.1 | 0.1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 |
| 其他 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.50 | 2.00 | 5.00 | 12.00 | 24.00 | 40.00 |
| 合计钙钛矿组件产能 (GW) | 0.36 | 1.25 | 4.47 | 7.42 | 19.50 | 33.00 | 58.00 | 89.00 | 142.00 |
| 钙钛矿组件产量 (GW) | 0.07 | 0.20 | 0.80 | 2.50 | 7.50 | 20.00 | 36.00 | 60.00 | 95.00 |
| 每瓦单价(元/W) | 1.80 | 1.70 | 1.65 | 1.50 | 1.35 | 1.25 | 1.20 | 1.10 | 1.00 |
| 钙钛矿组件市场空间 (亿元) | 1.30 | 3.40 | 13.20 | 37.50 | 101.25 | 250.00 | 432.00 | 659.75 | 950.00 |

数据来源：各公司公告，协鑫光电，东吴证券（香港）

图4: 钙钛矿设备及材料市场空间测算一供给端(*2025 年后产能为估计值)

| 单项 | 2022 | 2023E | 2024E | 2025E | 2026E | 2027E | 2028E | 2029E | 2030E |
|-------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 钙钛矿产能(GW) | 0.36 | 1.25 | 4.47 | 7.42 | 19.50 | 33.00 | 58.00 | 89.00 | 142.00 |
| 钙钛矿组件产量 (GW) | 0.07 | 0.20 | 0.80 | 2.50 | 7.50 | 20.00 | 36.00 | 60.00 | 95.00 |
| 设备单GW投资金额 (亿元) | 12 | 10 | 9 | 8.5 | 8 | 7.5 | 6.5 | 5.5 | 4.5 |
| ①钙钛矿设备市场空间 (亿元) | 4.3 | 8.9 | 29.0 | 25.1 | 96.6 | 101.3 | 162.5 | 170.5 | 238.5 |
| 1) 锚膜设备 | 2.2 | 4.5 | 14.5 | 12.5 | 48.3 | 50.6 | 81.3 | 85.3 | 119.3 |
| 2) 波光设备 | 1.1 | 2.2 | 7.2 | 6.3 | 24.2 | 25.3 | 40.6 | 42.6 | 59.6 |
| 3) 涂布设备 | 0.6 | 1.3 | 4.3 | 3.8 | 14.5 | 15.2 | 24.4 | 25.6 | 35.8 |
| 4) 封装设备 | 0.4 | 0.9 | 2.9 | 2.5 | 9.7 | 10.1 | 16.3 | 17.1 | 23.9 |
| ②钙钛矿幕墙空间 (亿元) | 0.0 | 0.1 | 0.4 | 1.1 | 3.0 | 7.4 | 12.7 | 19.5 | 28.0 |
| ③玻璃及其他封装材料市场空间 (亿元) | 0.4 | 1.2 | 5.0 | 14.1 | 38.1 | 94.0 | 162.5 | 248.1 | 357.3 |
| 1) 玻璃市场空间 | 0.3 | 0.8 | 3.6 | 10.2 | 27.6 | 68.2 | 117.9 | 180.0 | 259.2 |
| FTO玻璃 | 0.2 | 0.6 | 2.5 | 7.2 | 19.4 | 47.9 | 82.8 | 126.5 | 182.2 |
| 背板玻璃 | 0.1 | 0.3 | 1.1 | 3.0 | 8.2 | 20.3 | 35.0 | 53.5 | 77.1 |
| 2) 封装材料 (POE胶膜及丁基胶, 亿元) | 0.1 | 0.3 | 1.4 | 3.9 | 10.5 | 25.8 | 44.6 | 68.1 | 98.1 |
| POE胶膜 | | | 0.1 | 0.2 | 0.7 | 1.9 | 5.2 | 12.9 | 22.3 |
| 丁基胶 | | | 0.1 | 0.2 | 0.7 | 1.9 | 5.2 | 12.9 | 22.3 |
| ④耗材市场空间 (亿元) | 0.1 | 0.4 | 1.5 | 4.1 | 11.2 | 27.7 | 47.8 | 73.0 | 105.1 |

数据来源：各公司公告，协鑫光电，东吴证券（香港）

3. 投资建议

钙钛矿效率潜力高成本低、23 年 GW 级招标或出现，降本增效促进下，钙钛矿有望成为下一代光伏电池技术方向，重点关注：1) 钙钛矿组件：隆基绿能、天合光能、晶澳科技、晶科能源、通威股份，关注东方日升、杭萧钢构、奥联电子等；2) 设备：关注捷佳伟创、迈为股份、京山轻机、大族激光、帝尔激光、德龙激光、杰普特、奥来德、德沪涂膜（未上市）；3) 封装：福斯特、海优新材，关注天洋新材、激智科技；4) TCO 玻璃：关注金晶科技、耀皮玻璃。5) 关注钙钛矿领先创业公司：纤纳光电、协鑫光电、仁烁光能、极电光能、耀能科技、黑晶光电等（未上市）。

4. 风险提示

- 1) 晶硅电池价格下降，钙钛矿电池成本优势下降。目前晶硅电池产业链从硅料到组件价格均有不同程度下降，钙钛矿在工艺改进、量产线建设阶段，设备国产化中，对比晶硅电池成本优势或不达预期。
- 2) 应用阶段组件效率、寿命不及预期。多家钙钛矿组件厂商通过 IEC 61215 双 85 测试，但尚未实现大量出货，未有大规模实际应用，应用阶段组件效率、寿命或不及预期。
- 3) 产品销量低于预期。我们认为钙钛矿前期主要市场为 BIPV、CIPV 薄膜电池领域，如在这两个领域销量不达预期，钙钛矿电池或面临扩产速度减缓。

分析师声明：

本人以勤勉、独立客观之态度出具本报告，报告所载所有观点均准确反映本人对于所述证券或发行人之个人观点；本人于本报告所载之具体建议或观点于过去、现在或将来，不论直接或间接概与本人薪酬无关。过往表现并不可视作未来表现之指标或保证，亦概不会对未来表现作出任何明示或暗示之声明或保证。

利益披露事项：

刊发投资研究之研究分析员并不直接受投资银行或销售及交易人员监督，并不直接向其报告。

研究分析员之薪酬或酬金并不与特定之投资银行工作或研究建议挂钩。

研究分析员或其联系人并未从事其研究 / 分析 / 涉及范围内的任何公司之证券或衍生产品的买卖活动。

研究分析员或其联系人并未担任其研究 / 分析 / 涉及范围内的任何公司之董事职务或其他职务。

东吴证券国际经纪有限公司（下称「东吴证券国际」或「本公司」）或其集团公司并未持有本报告所评论的发行人的市场资本值的 1%或以上的财务权益。

东吴证券国际或其集团公司并非本报告所分析之公司证券之市场庄家。

东吴证券国际或其集团公司与报告中提到的公司在最近的 12 个月内没有任何投资银行业务关系。

东吴证券国际或其集团公司或编制该报告之分析师与上述公司没有任何利益关系。

免责声明

本报告由东吴证券国际编写，仅供东吴证券国际的客户使用，本公司不因接收人收到本报告而视其为客户。如任何司法管辖区的法例或条例禁止或限制东吴证券国际向收件人提供本报告，收件人并非本报告的目标发送对象。本研究报告的编制仅供一般刊发，并不考虑接收本报告之任何特定人士之特定投资对象、财政状况、投资目标及特别需求，亦非拟向有意投资者作出特定证券、投资产品、交易策略或其他金融工具的建议。阁下须就个别投资作出独立评估，于作出任何投资或订立任何交易前，阁下应征求独立法律、财务、会计、商业、投资和/或税务意见并在做出投资决定前使其信纳有关投资符合自己的投资目标和投资界限。本报告应受香港法律管辖并据其解释。

本报告所载资料及意见均获自或源于东吴证券国际可信之数据源，但东吴证券国际并不就其准确性或完整性作出任何形式的声明、陈述、担保及保证（不论明示或默示），于法律及/或法规准许情况下，东吴证券国际概不会就本报告所载之资料引致之损失承担任何责任。本报告不应倚赖以取代独立判断。

本报告所发表之意见及预测为于本报告日的判断，并可予更改而毋须事前通知。除另有说明外，本报告所引用的任何业绩数据均代表过往表现，过往表现亦不应作为日后表现的可靠预示。在不同时期，东吴证券国际可能基于不同假设、观点及分析方法发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。分析中所做的预测收益可能基于相应的假设，任何假设的改变可能会对本报告预测收益产生重大影响，东吴证券国际并不承诺或保证任何预测收益一定会实现。

东吴证券国际的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面表达与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观

点，本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。东吴证券国际及其集团公司的各业务部门，如有投资于本报告内所涉及的任何公司之证券或衍生产品时，其所作出的投资决策可能与本报告所述观点并不一致。

本报告及其所载内容均属机密，仅限指定收件人阅览。本报告版权归东吴证券国际所有，未经本公司同意，不得以任何方式复制、分发或使用本报告中的任何资料。本报告仅作参考用途，任何部分不得在任何司法管辖权下的地方解释为提呈或招揽购买或出售任何于报告或其他刊物内提及的任何证券、投资产品、交易策略或其他金融工具。东吴证券国际毋须承担因使用本报告所载数据而可能直接或间接引致之任何责任，损害或损失。

特别声明

东吴证券国际可能在法律准许的情况下参与及投资本报告所述证券发行人之融资交易，也可能为有关发行人提供投资银行业务服务或招揽业务，及 / 或于有关发行人之证券或期权或其他有关投资中持仓或持有权益或其他重大权益或进行交易。阁下应考虑到东吴证券国际及/或其相关人员可能存在影响本报告及所载观点客观性的潜在利益冲突，请勿将本报告视为投资或其他决策的唯一信赖依据。

本报告及其所载信息并非针对或意图发送给任何就分派、刊发、可得到或使用此报告而导致东吴证券国际违反当地法律或规例或可致使东吴证券国际受制于相关法律或规例的任何地区、国家或其他司法管辖区域的公民或居民。接收者须自行确保使用本报告符合当地的法律及规例。

评级标准：

公司投资评级：

- 买入：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在 15%以上；
- 增持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 5%与 15%之间；
- 中性：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于-5%与 5%之间；
- 减持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于-15%与-5%之间；
- 卖出：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在-15%以下。

行业投资评级：

- 增持：预期未来 6 个月内，行业指数相对强于大盘 5%以上；
- 中性：预期未来 6 个月内，行业指数相对大盘-5%与 5%；
- 减持：预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于大盘 5%以上。

东吴证券国际经纪有限公司

Level 17, Three Pacific Place, 1 Queen's Road East, Hong Kong

香港皇后大道东 1 号太古广场 3 座 17 楼

Tel 电话：(852) 3983 0888 (公司) (852) 3983 0808 (客户服务)

公司网址：<http://www.dwzq.com.hk/>