



Research and
Development Center

钙钛矿：降本潜力较大，产业化雏形已现

——钙钛矿行业深度报告

2023 年 5 月 31 日

武浩 电新行业首席分析师
S1500520090001
010-83326711
wuhao@cindasc.com

黄楷 电新行业分析师
S1500522080001
huangkai@cindasc.com

相关研究



证券研究报告

行业研究

行业专题报告（深度）

电力设备与新能源

投资评级 看好

上次评级 看好

武浩 电新行业首席分析师
执业编号：S1500520090001
联系电话：010-83326711
邮箱：wuhao@cindasc.com

黄楷 电新行业分析师
执业编号：S1500522080001
邮箱：huangkai@cindasc.com

信达证券股份有限公司
CINDA SECURITIES CO., LTD
北京市西城区闹市口大街9号院1
号楼
邮编：100031

钙钛矿：降本潜力较大，产业化雏形已现

2023 年 5 月 31 日

本期内容提要：

钙钛矿电池具有高理论转换效率和材料、制造成本低廉的优势。钙钛矿本指化学式为 CaTiO_3 的矿物质以及拥有 CaTiO_3 结构的金属氧化物，现指结构式为 ABX_3 形式且具有与 CaTiO_3 相似晶体结构的材料。钙钛矿单结电池理论极限效率为 31%，且仅用十余年时间就将实验室转换效率从 3.8% 提升至 25.8%，加入叠层技术后理论极限转换效率将进一步提升至 45%。另一方面晶硅组件全产业链的投资成本约为 9.6 亿元/GW，而钙钛矿组件的产能投资约为 5 亿元/GW，仅为晶硅组件的一半左右，高理论转换效率与低廉成本潜力使钙钛矿电池有望成为光伏产业化技术进步的新方向。

钙钛矿电池产业化进程如火如荼，领先企业已获大量资本青睐。“十四五”开局之年 2021 年，开展钙钛矿等先进高效电池技术应用就已经写在了可再生能源规划中，在后续政策中也不断提及，持续促进产业发展进步。领先企业如协鑫光电、极电光能、纤纳光电等已获数轮亿元以上投资，领头机构包括腾讯创投、IDG、淡马锡投资等知名资本机构。行业内多支百兆瓦级产线预计将于今年落地，明年有望迎来多个 GW 级产线投产。

钙钛矿组件用一站式生产流程，需全新的工艺流程和产线设备。不同于晶硅技术路线的硅料-硅片-电池-组件的较长产业链制造流程，钙钛矿电池从最基础的原材料到最终组件出厂全生产过程均在组件厂完成，精简的生产过程可以使钙钛矿组件生产时间大幅减少，头部企业的钙钛矿产品从原料进入到组件成型的全过程时间约在 45 分钟，而从传统晶硅电池从硅料到组件约需 3 天以上时间。钙钛矿生产所需设备主要分为镀膜设备、涂布设备、激光设备与封装设备。目前钙钛矿设备发展较快，各工艺环节均有国内公司布局，且领先企业已经拥有整线设备的生产能力。

投资建议：钙钛矿产业化有望快速从 0 向 1 迈进，建议关注相关领先公司：协鑫光电（未上市）、极电光能（未上市）、纤纳光电（未上市）、捷佳伟创、京山轻机、大族激光等。

风险提示：钙钛矿电池效率进步不及预期；光伏需求不及预期；钙钛矿产品稳定性不及预期。

核心要点：

钙钛矿电池具有高理论转换效率和较大降本潜力空间，有望成为光伏产业又一重大技术变革方向，目前正处在从实验室迈入产业化阶段的关键发展时期，相关钙钛矿电池领先企业及关键设备供应商有望迎来快速发展期。钙钛矿电池行业发展仅有 10 余年时间，近几年实验室转换效率快速提升、量产工艺不断成熟，产业出现了多条百兆瓦级产线规划，领先企业获取融资较顺畅，多条 GW 级产线有望在明年落地；并且在材料成本、制造成本上钙钛矿较晶硅有较大降本潜力优势，头部企业的钙钛矿组件从最基础的原材料开始到最终组件出厂全生产全过程时间只需 45 分钟左右。钙钛矿产业化有望快速从 0 向 1 迈进，建议关注相关领先钙钛矿组件、设备企业的投资机会。



目录

一、钙钛矿电池材料成本低廉，生产流程较短	5
1.1 钙钛矿材料体系、电池结构概述	5
1.2 钙钛矿电池实验室效率进步迅速	7
1.3 钙钛矿优势：理论转换效率高，材料、制造成本低廉	7
1.4 目前大面积钙钛矿电池稳定性仍有挑战	12
二、钙钛矿电池产业化发展加速	12
2.1 国家政策支持钙钛矿电池发展	13
2.2 钙钛矿企业备受资本市场关注	13
2.2.1 钙钛矿产业融资情况	13
2.2.2 钙钛矿电池企业介绍	14
2.2.3 钙钛矿企业产线推进情况	16
三、钙钛矿产业化发展带来相关设备投资机会	16
3.1 产业化带来新关键设备投资机会	16
3.2 激光刻蚀、镀膜为钙钛矿生产核心环节	17
3.3 领先钙钛矿设备厂商已具备整线交付能力	21
四、风险提示	22

表目录

表 1：关于钙钛矿电池的相关政策	13
表 2：近年来钙钛矿企业获得融资情况	13
表 3：钙钛矿企业产线规划	16
表 4：大面积钙钛矿薄膜制备方法比较	18
表 5：蒸镀、磁控溅射、离子镀三种工艺的特点对比	21
表 6：涂布工艺与 PVD 工艺区别	21
表 7：钙钛矿设备企业情况	22

图目录

图 1：钙钛矿类材料图片	5
图 2：钙钛矿晶体结构示意图	5
图 3：钙钛矿太阳能电池工作原理图	6
图 4：钙钛矿太阳能电池的构造与运行机理示意图	6
图 5：各类钙钛矿电池结构示意图	6
图 6：钙钛矿电池转换效率进步速度快于晶硅电池	8
图 7：钙钛矿材料吸光系数 (10^5) 远大于晶硅材料 (10^3)	8
图 8：各类电池转换效率理论极限	8
图 9：各类钙钛矿电池结构示意图	9
图 10：钙钛矿/晶硅叠层电池	9
图 11：叠层与单结效率图（红色线为钙钛矿/晶硅叠层电池，截至 2020 年）	10
图 12：钙钛矿电池生产流程与晶硅电池有较大差异，GW 级别产能投资仅约为晶硅的一半	11
图 13：100MW 级别钙钛矿组件量产成本构成	11
图 14：钙钛矿 BIPV 项目	12
图 15：车顶光伏应用	12
图 16：协鑫光电 1m×2m 钙钛矿组件	14
图 17：极电光能 BIPV 产品	14
图 18：纤纳光电商用组件 α	15
图 19：仁烁光能 30*40cm ² 钙钛矿光伏组件	15
图 20：钙钛矿电池制备流程示意图（反式结构为例）	17
图 21：钙钛矿电池激光划线工艺流程	18
图 22：镀膜设备示意图	20
图 23：钙钛矿 PVD 设备	20
图 24：PVD 蒸镀原理示意图	20
图 25：磁控溅射示意图	21
图 26：离子镀示意图	21

一、钙钛矿电池材料成本低廉，生产流程较短

1.1 钙钛矿材料体系、电池结构概述

钙钛矿本指化学式为 CaTiO_3 的矿物质以及拥有 CaTiO_3 结构的金属氧化物，现指结构式为 ABX_3 形式且具有与 CaTiO_3 相似晶体结构的材料。1839 年，俄罗斯地质学家 L. Perovskite 在乌拉尔山脉发现了钙钛矿这种矿石，而后就以他的名字来命名这种矿物。¹ 后将结构式为 ABX_3 形式且具有与 CaTiO_3 相似晶体结构的材料统称为钙钛矿。

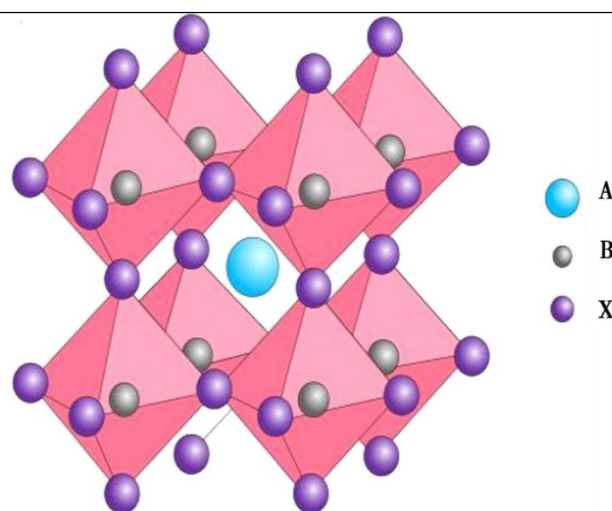
钙钛矿一般采用 ABX_3 八面体结构。光伏用的钙钛矿材料中，A 位一般选择择甲胺 (CH_3NH_3^+ , MA^+)、甲脒 ($\text{NH}_2\text{-HC=NH}_2^+$, FA^+) 和铯 (Cs^+) 等一价阳离子；B 位一般选择铅 (Pb^{2+})、锡 (Sn^{2+}) 等二价阳离子，X 位可选择碘 (I^-)、氯 (Cl^-) 和溴 (Br^-) 等卤素阴离子。

图 1：钙钛矿类材料图片



资料来源：索比光伏网，信达证券研发中心

图 2：钙钛矿晶体结构示意图



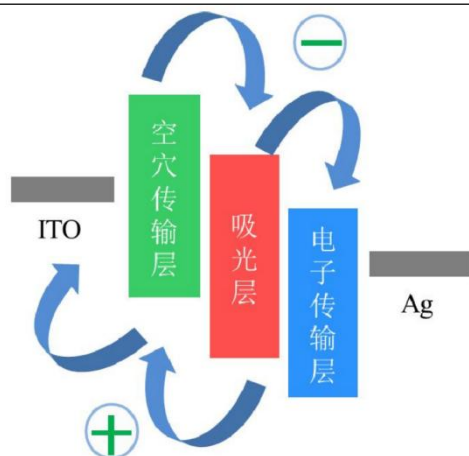
资料来源：《钙钛矿薄膜制备技术及其在大面积太阳能电池中的应用》（刘璋等），信达证券研发中心

钙钛矿光伏电池的发电原理是光生伏特效应。其物理过程为：钙钛矿吸光层吸收光子之后，入射光将电子从价带跃迁到导带，形成电子-空穴对，然后电子-空穴对在吸光层内部迅速分开，接着电子通过电子传输层输送到阳极，空穴通过空穴传输层输送到阴极，随着电子和空穴不断在阳极和阴极的堆积，两级之间产生了光生电动势²。若此时装置与外部电路相连，便有光电流输出。

¹ 《钙钛矿薄膜制备技术及其在大面积太阳能电池中的应用》（降戎杰等）

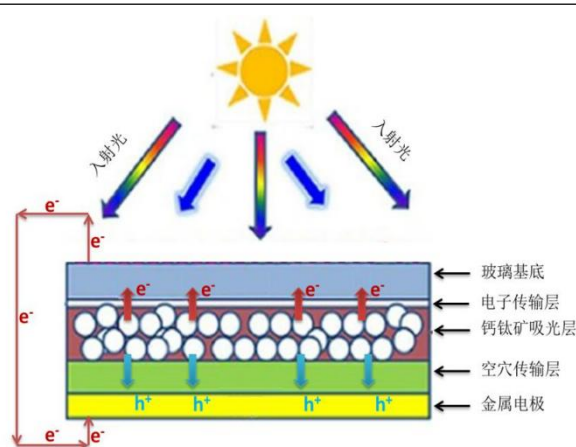
² 《高质量钙钛矿薄膜的合成、加工及应用研究》（孔文池）

图 3：钙钛矿太阳能电池工作原理图



资料来源：《高质量钙钛矿薄膜的合成、加工及应用研究》（孔文池），信达证券研发中心

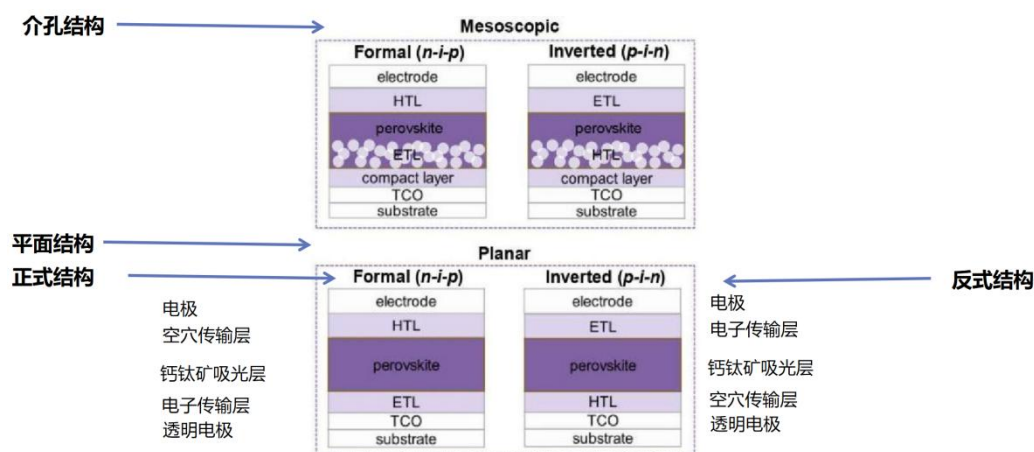
图 4：钙钛矿太阳能电池的构造与运行机理示意图



资料来源：科普中国，信达证券研发中心

常见的单结钙钛矿电池由透明电极、电子传输层、钙钛矿吸光层、空穴传输层与金属电极构成。单结钙钛矿电池根据电荷传输层的形貌结构，可分为介孔结构和平面结构两种类型，介孔能够扩大 TCO 与钙钛矿的接触面积，有利于电荷提取，提升高转换效率，但制造介孔需要 450 °C 以上的高温加工，且会由于紫外光引起的表面吸附氧的解吸而导致电池不稳定。若根据电荷传输层类型分类，平面钙钛矿太阳能电池结构又可以分为正式结构(n-i-p)和倒置结构(p-i-n)两种类型，其中 n 代表电子传输层(ETL)，i 代表钙钛矿吸光层，p 代表空穴传输层(HTL)。下图展示了各种不同类型的钙钛矿电池结构示意图。

图 5：各类钙钛矿电池结构示意图



资料来源：《高质量钙钛矿薄膜的合成、加工及应用研究》（孔文池），信达证券研发中心

- **电子传输层 (ETL)：**电子传输层用于接收由钙钛矿层传输的电子，并将其传输到电极中，同时防止空穴的传输。电子传输层必须满足与钙钛矿层良好接触，使得电子在传输过程中的潜在势垒降低，并且在完成电子传输的同时阻止空穴向阴极传输，这对提高电池的光电转换效率具有重要作用。ETL 必须满足与钙钛矿层能带匹配，目前 ETL 常用的材料有两大类：1) 金属氧化物：通常包括 TiO₂、SnO₂、ZnO 以及一些掺杂的氧化物，主要用于 n-i-p 结构。2) 有机材料：通常是富勒烯及其衍生物例如 PCBM 和 C60 等，主要用于 p-i-n 结构。
- **空穴传输层 (HTL)：**用于接收由钙钛矿层传输的空穴，并将其传输到电极中，同时

防止电子的传输。HTL 需要与钙钛矿层有良好的异质结接触界面，减少空穴传输过程中的潜在势垒，完成空穴传输的同时阻止电子向阳极移动，对提高太阳能电池的光电转换效率具有重要作用。一般常用材料包括有机小分子、有机聚合物以及无机材料。用在 p-i-n 结构中的 HTL 主要是有机聚合物 PTAA、PEDOT:PSS；用在 n-i-p 结构中的 HTL 主要是有机小分子和无机物材料: Spiro-OMeTAD、NiO、CuSCN、CuO、CuI、P3HT 等¹。

- **钙钛矿吸光层：电池的核心层。**用于吸收光能生成电子-空穴对，一般采用 ABX₃ 八面体结构。
- **透明电极：**透明电极一般选用商业化的 ITO 或者 FTO 氧化物导电玻璃。其在可见光波段的透光率高达 80-90%、导电能力强、功函数合适，这些优异的特性使得透明电极在保证透过率的同时还拥有出色的电荷横纵向传输能力，有利于电荷收集。
- **金属电极：**选择导电性良好的金属或具有金属性质的导电物，如金、银、铜、碳等，通过热蒸发沉积的方式制成。

1.2 钙钛矿电池实验室效率进步迅速

2009 年，日本人 Kojima 等人首次将有机、无机杂化的钙钛矿材料应用到量子点敏化太阳能电池中。制备出了第一块钙钛矿太阳能电池，并实现了 3.8% 的效率。但是这种钙钛矿材料在液态电解质中很容易溶解，该电池仅仅存在了几分钟。随后，Park 等人在 2011 年将 MAPbI₃ 纳米晶粒改为 2—3 nm，效率提高到 6.5%。但是由于仍然采用液态电解质，仅仅经过 10 分钟后电池效率就衰减了 80%。²

为解决钙钛矿太阳能电池的稳定性问题，2012 年 Kim 等人将一种固态的空穴传输材料(spiro-OMeTAD)引入到钙钛矿太阳能电池中，制备出第一块全固态钙钛矿太阳能电池，电池效率达到 9.7%，即使未经封装，电池在经过 500 h 后，效率衰减依旧很小。通过对钙钛矿组分以及制备方法的优化和改进、传输层的改良与修饰、钙钛矿与传输层之间界面的钝化，使得光电转换效率不断突破，自此以后，钙钛矿太阳能电池进入迅猛发展阶段：

2013 年，Michael Gratzel 等人采用两步旋涂法获得多晶薄膜 MAPbI₃，并且使得钙钛矿电池的效率提高到 15 %；

2014 年，加州大学洛杉矶分校 Yang Yang 等人使用溶液沉积法获得多晶薄膜电池获得了光电转换效率为 19.3% 的平面结构电池；

2016 年，瑞士洛桑联邦理工学院 Anders Hagfeldt 等人通过一步旋涂法制备的多晶薄膜电池光电转换效率达到 20.8%；

2021 年，Sang Il Seok 等人通过一步旋涂法制备了多晶薄膜 FAPbI₃，并且在吸光层和电子传输层之间形成相干界面降低缺陷，获得了 25.5% 的光电转换效率。

2022 年 12 月，根据 NREL，目前单结钙钛矿电池世界记录由韩国蔚山科学技术院 (UNIST) 保持，光电转换效率达到 25.8%。

1.3 钙钛矿优势：理论转换效率高，材料、制造成本低廉

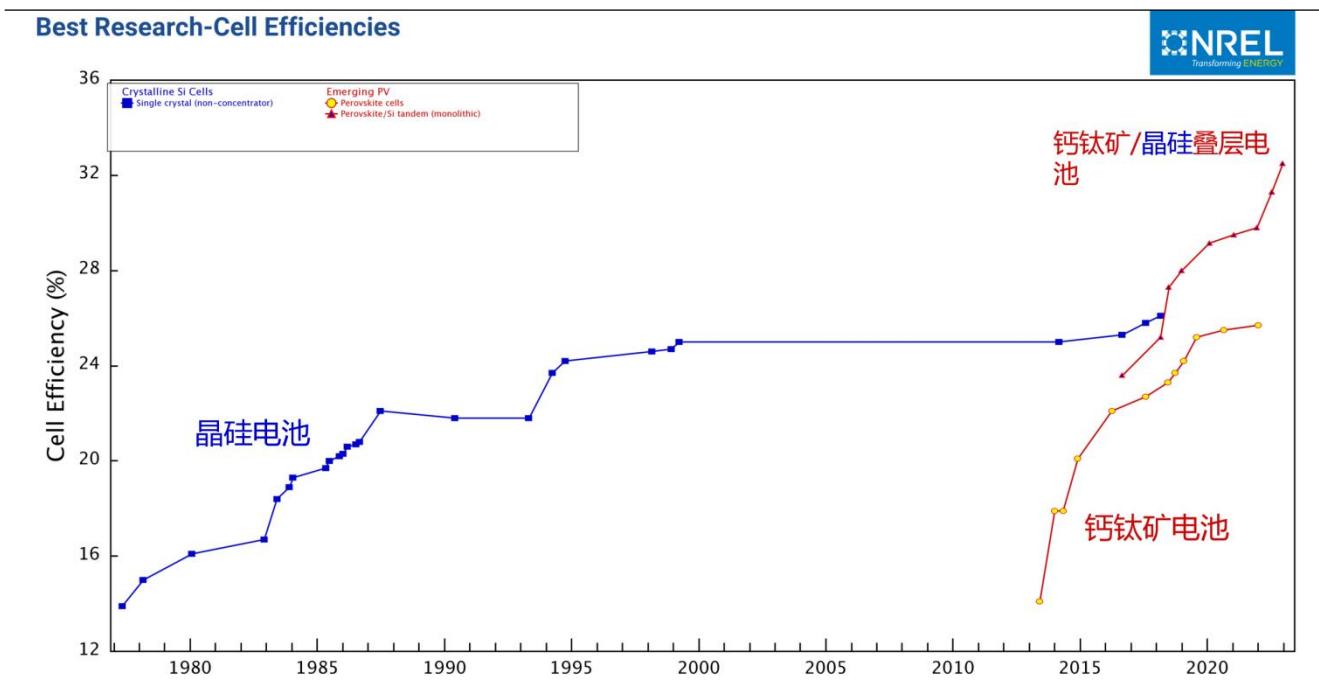
钙钛矿电池的研究起步较晚，但其转换效率进步速度远快于晶硅电池。钙钛矿电池仅用十

¹ 《高质量钙钛矿薄膜的合成、加工及应用研究》（孔文池）

² 《钙钛矿太阳能电池综述》（姚鑫等）

余年时间就将转换效率从 3.8% 提升至 25.8%，相对短时间获得了主流晶硅电池近 40 年才取得的成绩，这与其材料本身的性能优势密切相关。

图 6：钙钛矿电池转换效率进步速度快于晶硅电池

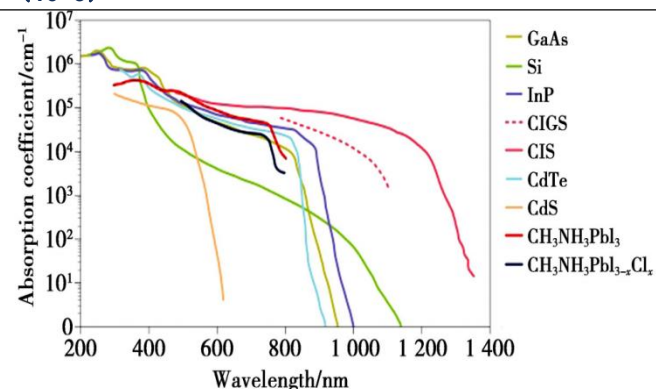


资料来源：NREL，信达证券研发中心

钙钛矿电池突飞猛进的发展得益于其优秀的光电性质。对比晶硅材料，钙钛矿材料具有更高的光吸收系数。较高的光捕获效率使钙钛矿厚度仅为百纳米时就可实现对光的全吸收；另一方面，对于几乎没有晶界的钙钛矿单晶材料，电子和空穴的扩散长度大于百微米，其扩散长度远远大于钙钛矿材料对光子的吸收深度，有利于自由电子和空穴的输运，可被阴阳电极完全收集，进而实现高效的光电转化效率。

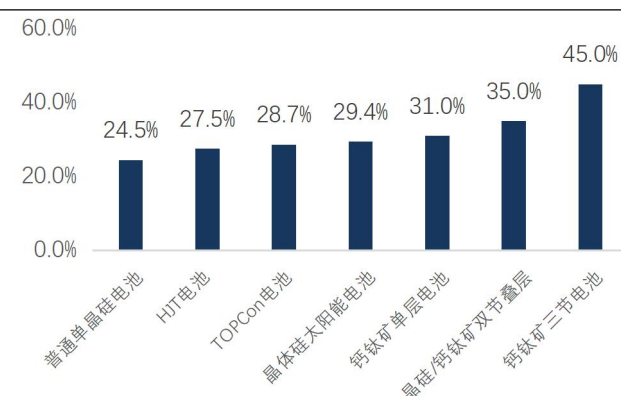
钙钛矿电池拥有更高的理论转换效率，未来发展空间更大。追求持续的降本增效一直是光伏行业发展的主旋律，目前晶硅电池越来越接近 29.4% 的理论极限，发展潜力有限；而钙钛矿电池拥有更高的 31% 理论转换效率上限，且可与其他电池进行双节、三节叠层，分别达到 35% 和 45% 的转换效率。

图 7：钙钛矿材料吸收系数 (10^5) 远大于晶硅材料 (10^3)



资料来源：《钙钛矿薄膜制备技术及其在大面积太阳电池中的应用》（刘璋等），信达证券研发中心

图 8：各类电池转换效率理论极限



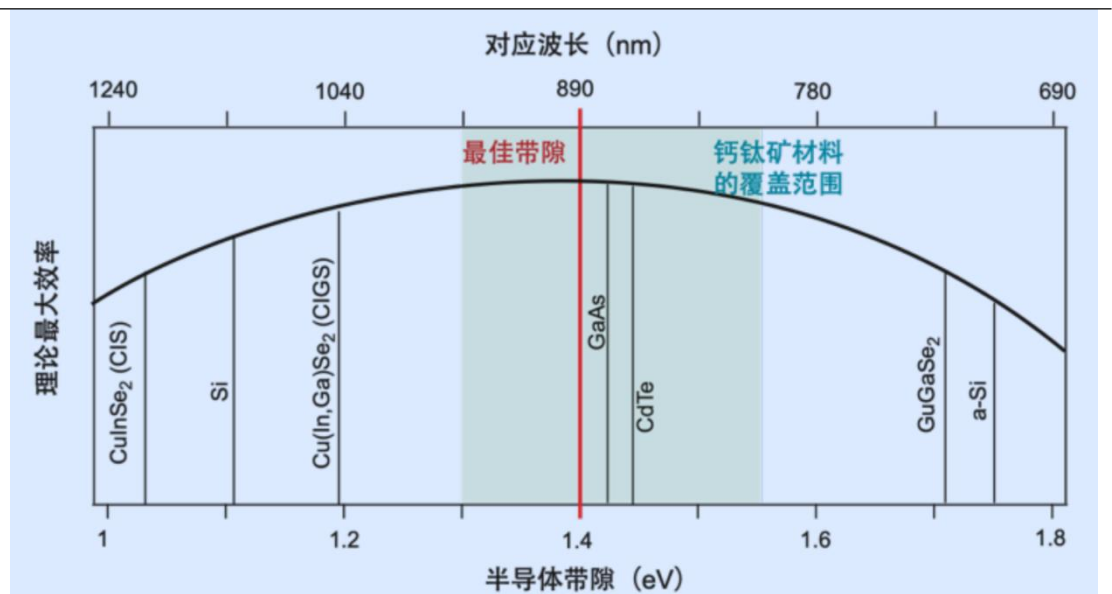
资料来源：中商产业研究院，信达证券研发中心

钙钛矿带隙满足单结太阳电池发电的最佳带隙值(1.40 eV)，且带隙可调，能组成更高效率的

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 8

叠层电池。例如由 $\text{MAPbI}_{3-x}\text{Br}_x$ 构成的钙钛矿材料可随 x 的变化可实现带隙 1.5 ~ 2.3 eV 连续可调。根据调整 ABX_3 中个各元素的配比，可以得到需要的所需要的带隙并与其他电池结合组成转换效率更高的叠层电池¹。

图 9：各类钙钛矿电池结构示意图

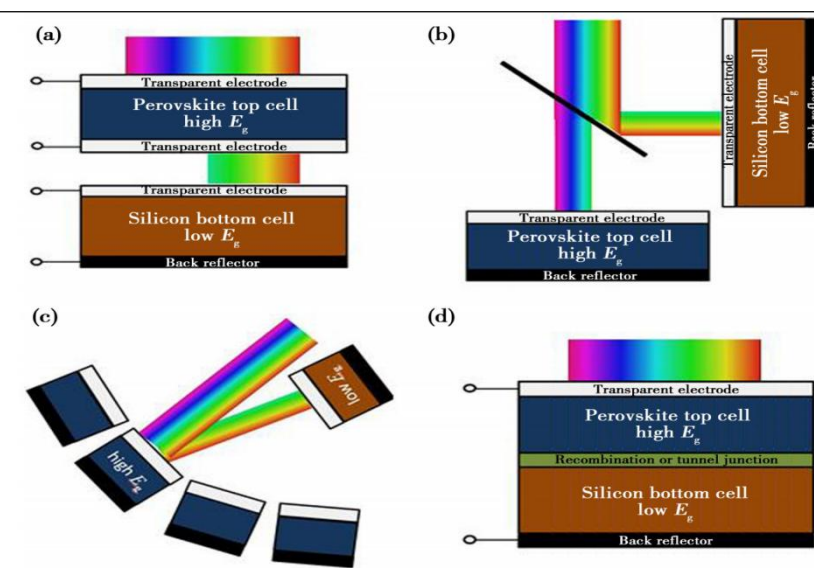


资料来源：索比光伏网，信达证券研发中心

叠层电池通过将宽带隙电池与窄带隙电池串联,能更加合理地利用全光谱范围内的光子,减少能量损失。硅电池带隙为 1.1 eV，非常适合作叠层电池底电池，通过理论计算，再与一种带隙 1.7 eV 的顶电池相结合，可以实现效率超过 30% 的叠层电池。而钙钛矿电池具有优秀的材料性质，是制造顶电池的最佳候选材料之一²。

钙钛矿/晶硅叠层电池结构主要有四种，如下图所示，分别为(a)机械堆叠的四端叠层电池、(b)光谱分离的四端叠层电池、(c)反射结构的四端叠层电池、(d)两端叠层电池。

图 10：钙钛矿/晶硅叠层电池



¹ 《钙钛矿/晶硅叠层太阳能电池关键材料与技术研究进展》（李梓进等）

² 《高效钙钛矿太阳能电池及其叠层电池研究进展》（刘璋等）

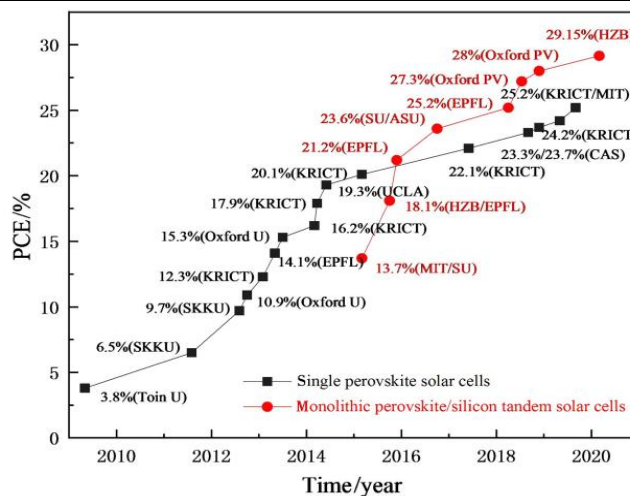
资料来源：《钙钛矿薄膜制备技术及其在大面积太阳能电池中的应用》（刘璋等），信达证券研发中心

其中工艺开发最简单的是机械堆叠的四端结构（a），将两个子电池独立制备后堆叠在一起，相互之间只有光学耦合作用。这个结构的优点是各个子电池的制备工艺不互相制约，能各自采用最优的工艺条件。但是四端叠层电池对电极有较高的要求，要求四个电极中其中三个为透明电极，进光面电极需要具备在宽光谱范围内的高透过，中间两个电极需要具备在红外光谱范围内的高透过。

两端引出的钙钛矿/晶硅叠层电池也被广泛研究（d）。这种结构是在晶硅电池上直接生长钙钛矿电池，中间通过复合层或隧道结将两个子电池串联起来。与四端叠层电池相比，两端叠层电池仅需要一个宽光谱透明电极，有利于降低制造成本。但该结构的限制在于1）要求两个子电池具有近似的电流，这个电流匹配要求将顶电池理想带隙限制在 1.7-1.8 eV 的狭窄范围内；2）要求顶电池功能层的制备不能影响底电池的性能，同时底电池表面成为顶电池的衬底，传统绒面结构的晶硅底电池为制备高性能钙钛矿电池带来了挑战¹。

叠层电池近年来实验室效率进步明显，最高效率已达 32.5%。在两端叠层电池方面，2015 年，Mailoa 和 Bailie 采用银纳米线作为钙钛矿电池的透明电极，结合 n++/p++ 硅薄膜隧道结，制备出第一个效率为 13.7% 的两端叠层电池；2018 年牛津光伏的钙钛矿/硅基电池效率突破 28%；2020 年德国柏林亥姆霍兹中心（HZB）打破其记录达到 29.15%；在 2022 年 12 月 18 日，HZB 又刷新自己的记录将最高转换效率提升至 32.5%，该记录已获得美国能源部国家可再生能源实验室(NREL)的权威认证。

图 11：叠层与单结效率图（红色线为钙钛矿/晶硅叠层电池，截至 2020 年）

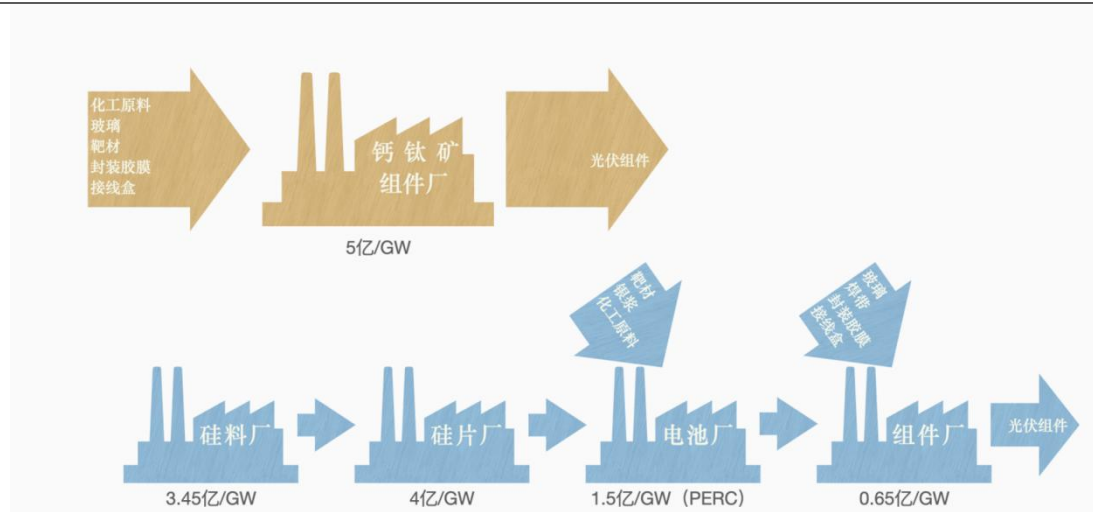


资料来源：《钙钛矿/晶硅叠层太阳能电池关键材料与技术研究进展》（李梓进等），信达证券研发中心

钙钛矿电池制备过程与晶硅电池有较大差异。不同于晶硅电池组件的硅料-硅片-电池-组件的长产业链流程，钙钛矿电池从最基础的原材料开始到最终组件出厂全生产过程均在组件厂完成，特点为高度的一体化生产。精简的生产过程可以使钙钛矿组件生产时间大大减少，根据能镜公众号报道，协鑫光电等头部公司其产品从玻璃、胶膜、靶材、化工原料进入到组件成型的全过程时间可控制在 45 分钟之内，而从传统晶硅电池从硅料到组件整个过程约需要 3 天以上时间。

¹ 《钙钛矿/晶硅叠层太阳能电池关键材料与技术研究进展》（李梓进等）

图 12: 钙钛矿电池生产流程与晶硅电池有较大差异, GW 级别产能投资仅约为晶硅的一半



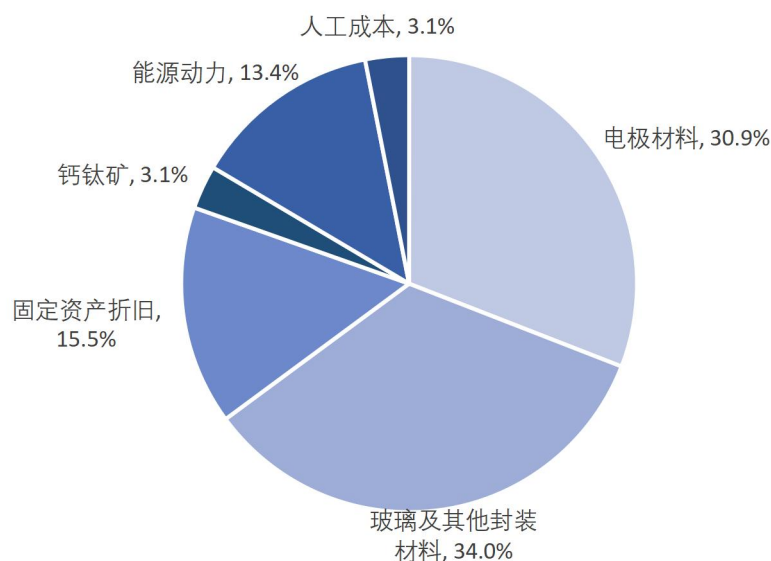
资料来源：协鑫光电，赶碳号科技，信达证券研发中心

钙钛矿组件的 **GW 级别产能投资**仅约为晶硅组件的一半。根据协鑫光电测算，晶硅组件全产业链的投资成本约为 9.6 亿元/GW，而钙钛矿组件的产能投资约为 5 亿元/GW，仅为晶硅组件的一半左右。其主要原因有：

1) 钙钛矿材料成本低廉，且对材料纯度要求低。钙钛矿材料构成元素均为常见元素，成本相比硅材料低廉，且材料对杂质不敏感，通常只需要 95% 的纯度即可满足使用需求，而硅料纯度需达到 99.9999% 或 99.99999%。

2) 产业链更短，所需设备更少，投资成本与能耗更低。晶硅电池的硅料-硅片-电池-组件的长产业链流程所需设备更多，硅料、硅片的制备也需要高温环境，能耗更高。每 1 瓦晶硅组件制造的能耗约为 1.52 kWh，而钙钛矿组件的能耗为 0.12 kWh，单瓦能耗约为晶硅组件的 1/10。

图 13: 100MW 级别钙钛矿组件量产成本构成



资料来源：协鑫光电，赶碳号科技，信达证券研发中心整理

钙钛矿电池拥有丰富的下游应用场景。除了大型地面电站和工商业屋顶光伏等传统光伏发电领域，由于钙钛矿可以做到自然半透，同时颜色可调，所以可以作为发电幕墙，在光伏

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 11

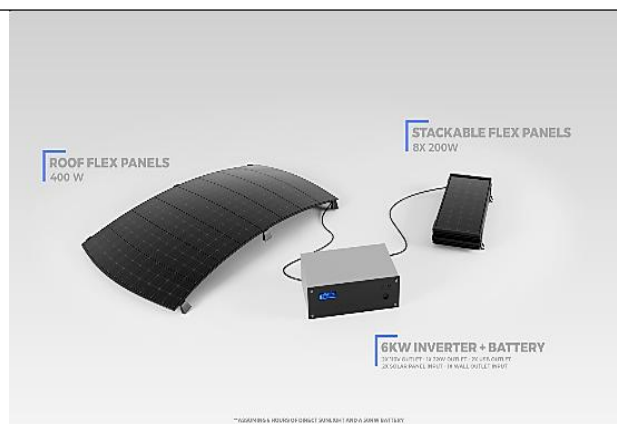
建筑一体化（BIPV）领域具有潜力，是钙钛矿商业化的重要切入点之一；另一方面，由于钙钛矿可作成柔性材料，所以可以制成可穿戴的移动电源。而类似太阳能汽车这种对于面积和重量敏感的应用场景，钙钛矿与晶硅叠层电池将是理想的选择。

图 14：钙钛矿 BIPV 项目



资料来源：协鑫光电，赶碳号科技，信达证券研发中心

图 15：车顶光伏应用



资料来源：EV SOLAR KITS，信达证券研发中心

1.4 目前大面积钙钛矿电池稳定性仍有挑战

在钙钛矿大规模产业化的过程中，仍然有许多问题需要解决：

1) 稳定性问题。由于钙钛矿材料不稳定，湿、热、光均会引起钙钛矿材料降解，虽然目前已能够采取部分措施提升稳定性，例如准二维 PSCs、全无机 PSCs、采用无机电荷传输层等，但都会以牺牲电池效率为代价，尚需进一步发展。

2) 大面积制备问题。虽然目前钙钛矿电池的实验室效率成绩瞩目，但均是在小面积(1 平方厘米以下)下实现，一旦大面积制备则难以控制其钙钛矿薄膜均匀性，导致光电转换效率和稳定性都会出现明显下降。这其中的难点在于晶体的结晶质量，让溶液层挥发成均匀结晶层仍具有挑战性。

目前业界多采用添加剂来解决相关问题：南京工业大学秦天石教授团队设计合成了一种多功能氟取代分子作为添加剂来诱导钙钛矿薄膜形成更加有序的结晶；香港城市大学的科研团队通过在钙钛矿前驱体溶液中添加 4-胍基苯甲酸盐，使之能形成一个氢键桥接的中间相并调节结晶过程，从而形成高质量的钙钛矿薄膜，形成具有大颗粒、从底部到表面呈现连贯晶粒生长的钙钛矿薄膜。

3) 材料含铅。目前铅元素是钙钛矿电池不可或缺的组成部分，但由于含铅材料对环境的不友好性，必然会限制钙钛矿实际应用的方向。目前有部分研究采用锡元素替代铅元素，但二价锡容易被氧化成四价锡，会导致电池性能下降。要完全实现无铅化依然是钙钛矿电池领域一件充满挑战的难题。¹

4) 实验室高效电荷传输层、金属电极原材料昂贵。为追求效率，实验室大多采用金、银等贵金属作为电极，电荷传输层采用 spiro-OMeTAD、PEDOT : PSS、PCBM 等昂贵材料，难以大规模用于工业化生产中。因此仍需开发成本低、适合大规模制备、能保障电池效率的功能层材料。

二、钙钛矿电池产业化发展加速

¹ 《高效钙钛矿太阳能电池及其叠层电池研究进展》（刘璋等）



2.1 国家政策支持钙钛矿电池发展

钙钛矿电池是具有高转换效率的清洁能源，符合我国碳达峰、碳中和的绿色发展要求，受到政策大力支持。在“十四五”开局之年 2021 年，开展钙钛矿等先进高效电池技术应用就已经写在了可再生能源规划中，在后续政策中也不断提及，持续促进产业发展进步。

表 1：关于钙钛矿电池的相关政策

时间	政策	主要内容
2023-01-03	《关于推动能源电子产业发展的指导意见》	加快智能光伏创新突破，发展高纯硅料、大尺寸硅片技术，支持高效低成本晶硅电池生产， 推动 N 型高效电池、柔性薄膜电池、钙钛矿及叠层电池等先进技术的研发应用，提升规模化量产能力。
2022-08-24	《加快电力装备绿色低碳创新发展行动计划》	推动 TOPCon、HJT、IBC 等晶硅太阳能电池技术和钙钛矿、叠层电池组件技术产业化 ，开展新型高效低成本光伏电池技术研究和应用，开展智能光伏试点示范和行业应用。
2022-06-24	《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022—2030 年）》	研发高效硅基光伏电池、高效稳定钙钛矿电池等技术 ，研发碳纤维风机叶片、超大型海上风电机组整机设计制造与安装试验技术、抗台风型海上漂浮式风电机组、漂浮式光伏系统。
2021-11-29	《“十四五”能源领域科技创新规划》	研制基于溶液法与物理法的钙钛矿电池量产工艺制程设备 ，开发高可靠性组件级联与封装技术，研发大面积、高效率、高稳定性、环境友好型的钙钛矿电池；开展晶硅/钙钛矿、钙钛矿/钙钛矿等高效叠层电池制备及产业化生产技术研究。
2021-10-21	《“十四五”可再生能源发展规划》	开展新型高效晶硅电池、钙钛矿电池等先进高效电池技术应用示范 ，以规模化市场推动前沿技术发展，持续推进光伏发电技术进步、产业升级。

资料来源：政府官网，信达证券研发中心整理

2.2 钙钛矿企业备受资本市场关注

2.2.1 钙钛矿产业融资情况

钙钛矿具备高转换效率、低成本、应用场景多元的优势，在技术不断发展过程中也受到了资本市场的不断加码。近年来钙钛矿产业进展迅速，相关钙钛矿企业开始越来越多受到资本市场的青睐，资本市场巨头如 IDG、腾讯、红衫等也加入了产业投资行列中。

表 2：近年来钙钛矿企业获得融资情况

公司名称	融资情况	时间	投资机构	融资金额	融资用途
纤纳光电	D 轮融资	2022-10-09	招银国际、杭开集团		用于钙钛矿前沿技术的开发和 GW 级产线扩建，加快布局钙钛矿商业化第二阶段。
	C 轮融资	2021-01-22	三峡资本、京能集团、衢州金控、三峡招银等	3.6 亿元	用于钙钛矿光伏百兆瓦级产线扩建、叠层产品升级、应用产品研发和生产等项目。
协鑫光电	B+轮融资	2022-12-14	淡马锡投资、红衫中国、IDG 资本、川流投资等	5 亿元	用于完善协鑫光电 100 MW 大尺寸钙钛矿组件产线的工艺和设备开发。
	B 轮融资	2022-05-14	某知名机构领投	数亿元	用于进一步完善公司 100MW 钙钛矿生产线和工艺。
极电光能	A 轮融资	2023-03-09	深创投、鼎晖百孚、中鑫能源、建银创信、无锡天使基金、云林基金、九智资本	数亿元	用于钙钛矿前沿技术开发和 150MW 钙钛矿光伏生产线的运营
	Pre-A 轮融资	2021-10-13	碧桂园创投、九智资本、建银国际、云林基金	2.2 亿元	用于新技术研发和试制线建设

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 13

万度光能	股权融资	2021-08	宜昌国投集团		
仁烁光能	Pre-A轮融资	2022-08-26	三行资本、中科创星、苏高新创投、金浦智能、险峰长青、云启资本、中财产业基金	数亿元	用于 150MW 钙钛矿组件量产线落地。
众能光电	战略投资	2022-12	华夏恒天		
	战略投资	2021-09	杭锅股份		
曜能科技	B轮融资	2022-03	源码资本、高瓴资本		
	A轮融资	2021-08-02	高瓴创投	数千万元	

资料来源：各公司官网，各公司官方公众号，36 氪，信达证券研发中心

2.2.2 钙钛矿电池企业介绍

协鑫光电：三位创始人毕业于清华大学化学系，创始人范斌师从钙钛矿结构电池发明者迈克尔·格拉策尔。团队采用涂布技术，生产 $1\text{ m} \times 2\text{ m}$ 尺寸的大尺寸组件。协鑫光电于 2020 年开始建设首条 100 MW 钙钛矿组件量产线，2021 年 12 月开始试生产，2022 年中实现产能释放，2023 年产线组件的目标转换效率为 18%，2024 年有望逐渐建成 GW 级产线。

图 16：协鑫光电 $1\text{ m} \times 2\text{ m}$ 钙钛矿组件



资料来源：协鑫光电公众号，信达证券研发中心

极电光能：公司以球钙钛矿领域知名科学家、国际知名院士 Mohammad Khaja Nazeeruddin 教授为公司首席科学家，汇集国内外行业领军人才、资深专家、专业研发人员，研发团队硕博占比达 55% 以上，拥有核心专利 200 余项，其中发明专利占 80% 以上。

公司聚焦于 BIPV 市场，截至目前 2022 年底，公司建成了全球规模最大、智能化程度最高的 150MW 钙钛矿光伏生产线，组件尺寸为 $1.2\text{ m} \times 0.6\text{ m}$ 。目前，极电光能 150MW 钙钛矿生产线处在工艺调试和小批量出货阶段，公司预计今年上半年将陆续完成部分示范项目的交付，年底实现满产。公司也将在年内启动 GW 级量产线的建设，预计 2024 年三季度投产。

图 17：极电光能 BIPV 产品

耀墙-玻璃幕墙



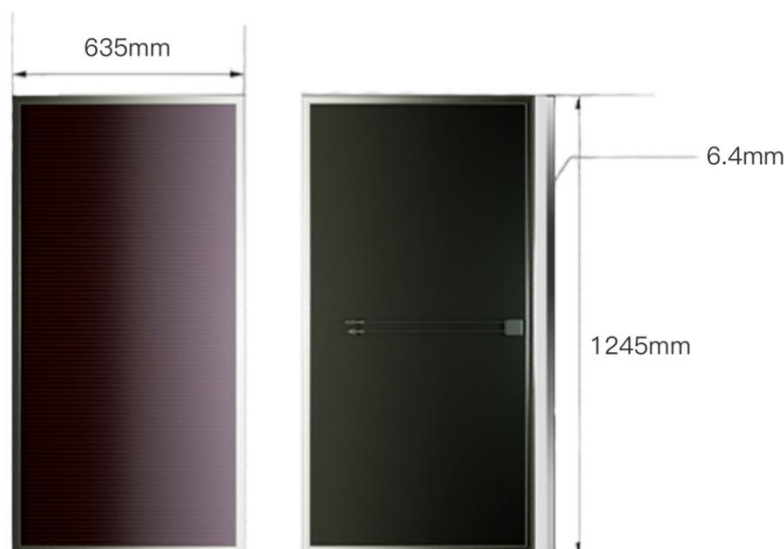
不同工艺下的透光效果对比

资料来源：极电光能官网，信达证券研发中心

纤纳光电：公司两位创始人均有浙江大学与西南威尔士双学位背景，首席科学家也来自浙江大学，并取得 UCLA 博士学位。公司始终注重组件产品稳定性，通过了全球首例 IEC 稳定性认证以及多倍加严认证，2023 年 4 月，公司产品成为全球首家通过中国质量认证中心（CQC）和德国电气工程师协会（VDE）双认证的钙钛矿组件产品。

公司于 2022 年初建成全球首条百兆瓦级钙钛矿规模化产线建成投产，5 月率先发布全球首款钙钛矿商用组件 α 并实现出货，尺寸为 1245×635×6.4mm。公司产品稳定性领先。

图 18：纤纳光电商用组件 α



资料来源：纤纳光电官网，信达证券研发中心

仁烁光能：公司创始人谭海仁董事长为南京大学现代工程与应用科学学院教授、博士生导师，荷兰代尔夫特理工大学博士，加拿大多伦多大学博士后，为国家重点研发计划首席科学家，江苏省“双创人才”，江苏省“双创团队”领军人才，科研实力雄厚。

公司于 2023 年 2 月 16 日建成全球首条全钙钛矿叠层光伏组件研发线，组件尺寸为 30*40cm²，目前 10MW 研发中试线已全线跑通。公司目前投建的 150MW 量产线预计于 2023 年年底出片，组件尺寸为 600mm*1200mm。

图 19：仁烁光能 30*40cm² 钙钛矿光伏组件

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 15



资料来源：仁烁光能官网，信达证券研发中心

2.2.3 钙钛矿企业产线推进情况

随着钙钛矿企业自身工艺进步与产业资本的持续高涨投入，行业内公司的产线推进迅速，头部企业大多已投产百兆瓦级量产中试线，并在产品稳定性得到验证后进一步探索 GW 级产线；新进入者也在跟进布局百兆瓦级中试线。

表 3：钙钛矿企业产线规划

企业	产线规模	投产情况
协鑫光电	100MW	2021 年 12 月开始试生产，2022 年中实现产能释放
	1GW+	2024 年逐渐建成
极电光能	150MW	2022 年 12 月投产，2023 年年底满产
	1GW+	2023 年年内建设，2024Q3 投产
纤纳光电	100MW	2022 年年初投产
众能光电	200MW	在建
万度光能	200MW	2021 年 6 月项目落地
	2GW	2023 年 1 月 31 日开工
仁烁光能	150MW	2023Q3 投产，2024 年量产
	1GW	中试线结果符合预期后会进行 GW 级建设
无限光能	10MW	2022 年 6 月启动
	100MW	预计 2024 年建成
脉络能源	100MW	预计 2023 年年底建成
合特光电	100MW	不晚于 2023 年 5 月 10 日实现钙钛矿/晶硅薄膜叠层电池投产

资料来源：各公司官网，北极星太阳能光伏网，世纪新能源网，索比光伏网，信达证券研发中心整理

三、钙钛矿产业化发展带来相关设备投资机会

3.1 产业化带来新关键设备投资机会

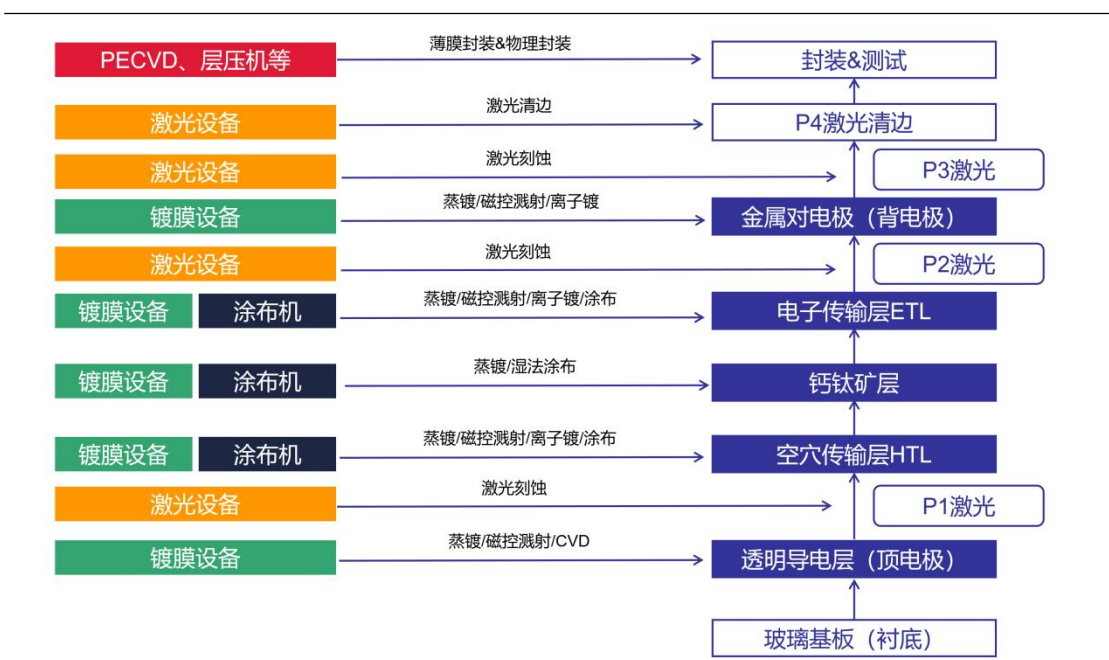
钙钛矿电池产品结构原理和硅基电池差异较大，需全新的工艺流程和产线设备，目前产线所需的设备主要分为镀膜设备、涂布设备、激光设备与封装设备。钙钛矿电池在结构上由多个功能薄膜叠加而成，其制备在方法上也是在基底上一层层累置薄膜而成。

整个过程中三层薄膜（空穴传输层、钙钛矿层、电子传输层）制备最为关键，涂布机、镀膜设备（PVD、RPD）和激光设备为核心设备，制备大面积、高性能、均匀稳定、高质量

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 16

的薄膜是其中关键。其具体制作流程如下图所示：

图 20：钙钛矿电池制备流程示意图（反式结构为例）



资料来源：立鼎产业研究院，CNKI，信达证券研发中心

以图中反式结构为例，其工艺流程为：导电透明玻璃制备——激光 P1 刻蚀——制备第一传输层薄膜——退火/干燥——制备钙钛矿层薄膜——退火烘干——制备第二传输层薄膜——退火/干燥——激光 P2 刻蚀——底电极（背电极）制备——激光 P3 刻蚀——激光清边——测试分拣和封装。

如上图所示，电池的不同组成部分制备的工艺不同，所用的设备也有所不同：

- **TCO 玻璃基板层**：可以直接采购，或在玻璃底上制备透明导电层，较为成熟；
- **空穴传输层**：使用 PVD（蒸镀/磁控溅射等）或涂布，难点是工艺参数的调整；
- **钙钛矿层**：主要使用涂布印刷（狭缝涂布等），也可使用蒸镀 PVD 或气相沉积，技术难度较高，难点是大面积、均匀性和材料使用效率；
- **电子传输层**：使用 PVD（蒸镀/磁控溅射/离子镀 RPD）或涂布；
- **背电极**：主要使用蒸镀 PVD 或磁控溅射 PVD，相对较为成熟。

3.2 激光刻蚀、镀膜为钙钛矿生产核心环节

激光工艺涉及到整个钙钛矿薄膜电池的制备流程，是整个生产流程中的必备环节。钙钛矿电池生产过程中需要分别进行 3 次平行激光刻蚀（P1-P3），并完成 P4 的清边。

P1-P3 刻蚀环节的作用是切割电池表面，形成阻断电流导通的单独模块，实现增大电压和串联电池的效果；P4 激光负责清边以完成最后的封装环节。每道激光具体作用如下所示：

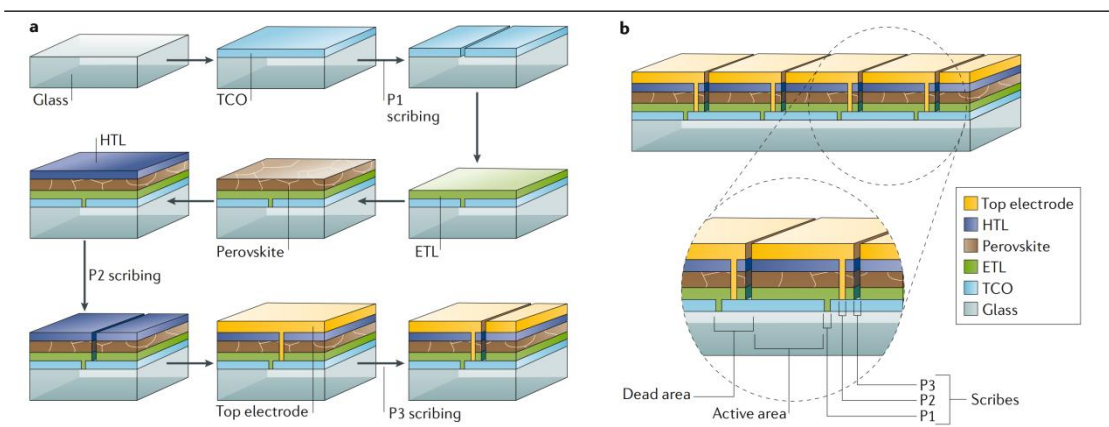
- **P1 激光刻蚀**：在透明导电电极 TCO 沉积后，和电荷传输层沉积前，进行激光刻蚀，以形成彼此独立的条形导电电极；
- **P2 激光刻蚀**：在第二电荷传输层沉积后，底电极沉积之前，进行激光刻蚀，去除 HTL/钙钛矿层/ETL，留下 TCO 层，形成一个空缝。进行底电极层沉积时金属会填满

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 17

这个空缝，从而将一个电池的底电极与下一个电池的透明顶电极相连；

- P3 激光刻蚀：去除相邻电池的底电极/HTL（空穴层）/钙钛矿层/ETL（电子层），留下 TCO 层，从而实现分离效果；
- P4 清边：去除薄膜的边缘区域，利用激光划线划分出区域后进行清除。

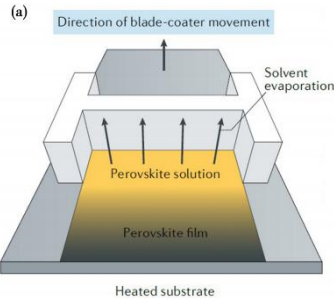
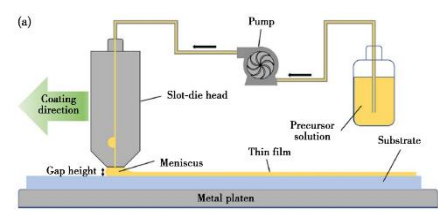
图 21：钙钛矿电池激光划线工艺流程



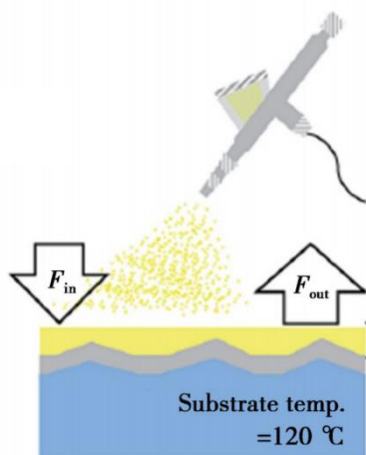
资料来源：《Scalable fabrication and coating methods for perovskite solar cells and solar modules》(Nam-Gyu Park, Kai Zhu)，信达证券研发中心

钙钛矿电池的钙钛矿层制备是核心。目前大面积钙钛矿薄膜制备方法主要有：刮刀涂布法、狭缝涂布法、喷涂法、喷墨打印法、软覆盖沉积法、气相沉积法。刮刀涂布法优点是可大面积制备，设备要求低，维护简单，而缺点是材料利用率低；狭缝涂布法优点是可大面积制备，可连续生产，材料利用率高，但对设备精度要求高；喷涂法设备成本低，但材料利用率低，易造成腔室污染；喷墨打印法可大面积制备，原料利用率高，但生产效率较低，喷墨头的维护与更换复杂；软覆盖沉积法可大面积制备，但材料利用率低，生产效率较低；气相沉积法可大面积制备，成膜质量好，但材料利用率低，生产效率较低。

表 4：大面积钙钛矿薄膜制备方法比较

方法名称	示意图	原理	优点	缺点
刮刀涂布法	(a) 	利用刮刀与基底的相对运动通过刮板(半月板)将钙钛矿前驱体溶液分散到预制备基底上	可大面积制备，设备要求低，维护简单	材料利用率低
狭缝涂布法	(a) 	将钙钛矿前驱体墨水存储在储液泵中，并通过控制系统将其按照设定参数均匀地从狭缝涂布头中连续挤压至基底上以形成连续、均匀钙钛矿液膜的一种沉积方法。该方法是工业上液相连续制膜的常用技术	可大面积制备，可连续生产，材料利用率高	对设备精度要求高

喷涂法

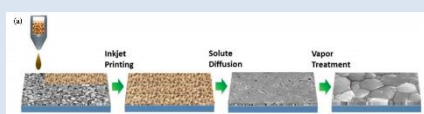


通过对喷枪内的钙钛矿前驱液施加压力，使溶液从喷嘴喷出后分散成微小的液滴并均匀沉积到底子上

可大面积制备，设备成本低

材料利用率低，易造成腔室污染

喷墨打印法

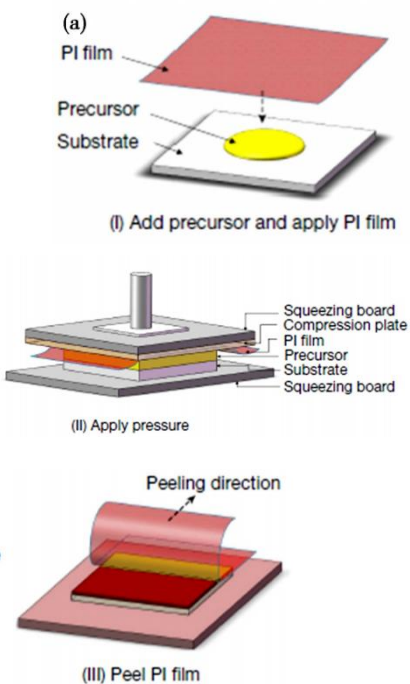


通过控制打印腔内压力的变化将钙钛矿前驱体墨水从打印头喷出并打印到预沉积基底上。钛矿前驱液墨水被喷出时，打印头和基板将按照预设程序进行相对运动，且前驱体墨水会被均匀地打印在相应的位置。

可大面积制备，原料利用率高

生产效率较低，喷墨头的维护与更换复杂

软覆盖沉积法

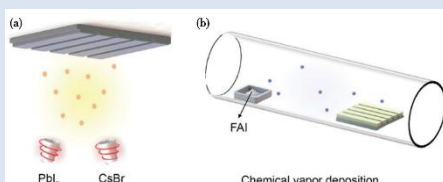


第一步，室温下将钙钛矿前驱体溶液滴加至衬底中心位置，将一块PI膜，盖在基底上；第二步，通过气动驱动的挤压板将前驱液均匀分散在PI膜下，加载压力为12000kPa，保持时间为60s；第三步将PI膜覆盖的前驱液膜在50°C下加热2min，并将PI膜以50mm/s的速度进行剥离，随即形成钙钛矿薄膜。

可大面积制备

材料利用率低，生产效率较低

气相沉积法



不需要使用任何溶剂，过真空蒸镀的方法来进行钙钛矿(前驱体)薄膜沉积的方法，方法具有薄膜均匀性和实验可重复性好等优势而被广泛应用。

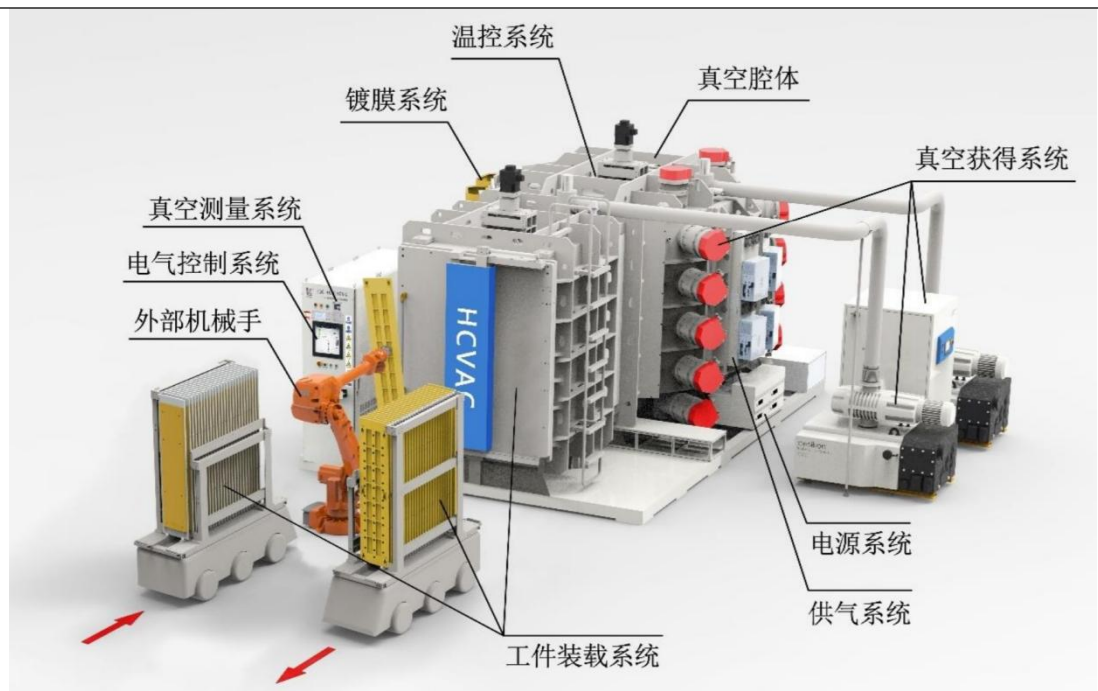
可大面积制备，成膜质量好

材料利用率低，生产效率较低

资料来源：《大面积钙钛矿薄膜制备技术的研究进展》(杨志春等)，信达证券研发中心整理

在制备空穴传输层、电子传输层时，常使用PVD（物理气相沉积）的真空镀膜工艺，具体可分为蒸镀、磁控溅射和离子镀（RPD）等。

图 22：镀膜设备示意图



资料来源：汇成真空招股书，信达证券研发中心

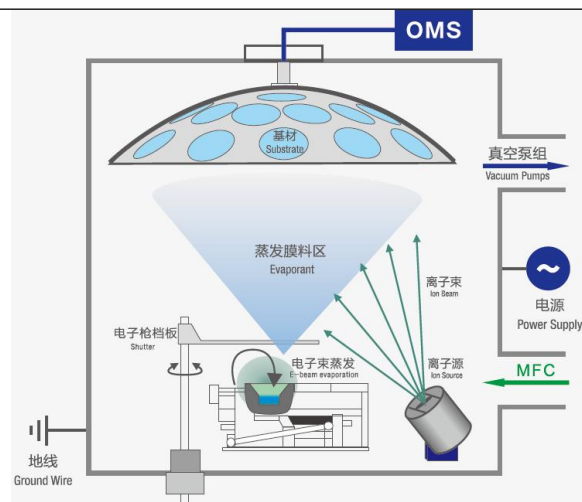
- PVD 蒸镀：依靠加热膜材使表面组分以原子团或分子团形式被蒸发出来，并沉降在基片表面形成薄膜。

图 23：钙钛矿 PVD 设备



资料来源：协鑫光电，赶碳号科技，信达证券研发中心

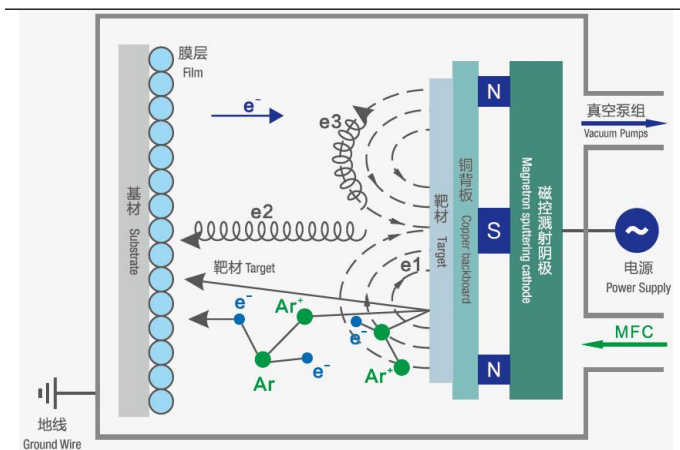
图 24：PVD 蒸镀原理示意图



资料来源：汇成真空招股书，信达证券研发中心

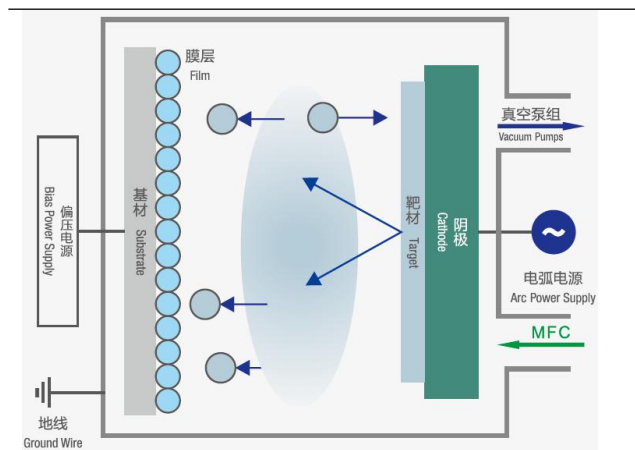
- 磁控溅射：用高能等离子体轰击靶材，并使表面组分以原子团或离子形式被溅射出来，并沉积在基片表面，经历成膜过程，最终形成薄膜。
- 离子镀：在真空条件下，利用气体放电使工作气体或被蒸发物质（膜材）部分离化，在工作气体离子或被蒸发物质的离子轰击作用下，把蒸发物或其反应物沉积在被镀基片表面。

图 25：磁控溅射示意图



资料来源：汇成真空招股书，信达证券研发中心

图 26：离子镀示意图



资料来源：汇成真空招股书，信达证券研发中心

三种 PVD 工艺各自特点如下：蒸镀的成膜速率与成膜纯度高，技术成熟度高，但薄膜附着力一般；磁控溅射膜厚可控，重复性好，薄膜附着力强，技术成熟，但薄膜中间厚两边薄；离子镀成膜质量更高，但靶材利用率一般。

表 5：蒸镀、磁控溅射、离子镀三种工艺的特点对比

	蒸镀	磁控溅射	离子镀
成膜速率	更高	高	更高
成膜质量	成膜纯度高，衬底可选范围广	膜厚可控，重复性好，薄膜附着力强	成膜质量更高，对衬底的轰击损伤比 PVD 小
制程温度	高温	低温	低温
真空要求	更高	高	高
制程控制	一般	高	更高
设备成本	高	高	偏高
技术成熟	更成熟	成熟	日本住友独有专利，捷佳伟创获授权依该技术平台设计研发
劣势	薄膜附着力一般	薄膜中间厚两边薄	靶材利用率一般

资料来源：信达证券研发中心整理

涂布工艺与镀膜工艺都是制作钙钛矿电池核心层（空穴传输层/钙钛矿层/电子传输层）的主要工艺，目前各层结构制备方法选取上业界还没有形成统一的共识，各种路线均在尝试。涂布与 PVD 的主要区别有：涂布工艺为湿法工艺，成本低廉且材料利用率高，但膜厚均匀性较差；PVD 工艺为干法，设备昂贵，但成膜膜厚均匀性较好。

表 6：涂布工艺与 PVD 工艺区别

	涂布	PVD
特点	湿法	干法
设备分类	狭缝、刮刀、印刷等	蒸镀、磁控溅射、离子镀
成本	设备廉价	设备昂贵
材料利用率	理论接近 100%	20-35%
膜厚均匀性	较差	较好
机况环境	大气	真空

资料来源：信达证券研发中心整理

3.3 领先钙钛矿设备厂商已具备整线交付能力

钙钛矿设备端发展较快，各工艺环节均有国内本土公司布局，且领先企业已经拥有整线设
请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 21

备的生产能力。目前捷佳伟创与众能光电具备整线设备的生产能力，捷佳伟创设备种类涵盖 RPD、PVD、PAR、CVD、蒸发镀膜及精密狭缝涂布、晶硅叠层印刷等；众能光电已与国内大型央国企、民营企业和知名高校科研机构累计完成近 200 个单体工艺设备交付，产品包括涂布机、刮涂机、激光刻蚀机、PVD 和 ALD 等。

表 7：钙钛矿设备企业情况

设备类型	公司名称	产品	详情
整线设备	捷佳伟创	PVD/涂布等	已具备钙钛矿及钙钛矿叠层整线装备的研发和供应能力，设备种类涵盖 RPD、PVD、PAR、CVD、蒸发镀膜及精密狭缝涂布、晶硅叠层印刷等。
	众能光电	涂布机/刮涂机/激光刻蚀机/PVD/ALD	公司目前已与国内大型央国企、民营企业和知名高校科研机构累计完成近 200 个单体工艺设备交付，产品包括涂布机、刮涂机、激光刻蚀机、PVD 和 ALD 等。
激光设备	大族激光	钙钛矿激光产品	公司激光设备在该领域国内市占率一直位于市场前列，在钙钛矿电池行业几家龙头、前沿研究机构均取得激光设备的交付销售，及大尺寸激光加工设备的整线交付。
	迈为股份	钙钛矿激光产品	公司早在 2021 年就已表示应某客户的要求，交付了定制用于单结钙钛矿电池的激光设备；未来公司对单结钙钛矿会加大装备布局。
	帝尔激光	钙钛矿激光产品	公司一直保有钙钛矿激光技术储备，2022 年公司已有钙钛矿工艺设备订单的交付。
镀膜设备	奥来德	蒸镀	2022 年 11 月 18 日，公司发布公告宣布计划投资 2900 万元用于钙钛矿电池蒸镀设备的开发项目。
	京山轻机	磁控溅射/蒸镀/ALD 等	1) 公司目前在钙钛矿领域布局了核心的镀膜设备，有用于实验室，体积较小的设备，比如团簇式的蒸镀设备；还有中试线上相对较大的设备，比如我们目前已经具备比较成熟能力的 PVD 溅射式设备；以及正在研发的 ALD 设备，现在样机正在客户现场进行验证。 2) 除了镀膜设备之外，公司还能够提供产线上的玻璃清洗机、钙钛矿干燥设备、组件封装设备等。
涂布设备	上海德沪涂膜	涂布机	我国已建和在建的 500MW 试量产线（钙钛矿功能层使用狭缝涂膜制备）核心涂膜设备供货中，德沪涂膜狭缝涂布设备 0.6m×1.2m 和 1m×2m 供货达 350MW，市占率 70%。
	曼恩斯特	涂布模头	公司已经在钙钛矿太阳能电池完成零的突破，公司产品终端客户为杭州纤纳光电科技有限公司。
	科恒股份	平板涂布设备	公司全资子公司浩能科技研发生产的用于钙钛矿电池的薄膜平板涂布设备已获得订单。

资料来源：各公司公告，各公司官方公众号，wind，信达证券研发中心

投资建议：我们认为钙钛矿产业化有望快速从 0 向 1 迈进，建议关注相关领先钙钛矿组件、设备企业的投资机会，建议关注协鑫光电（未上市）、极点光能（未上市）、纤纳光电（未上市）捷佳伟创、京山轻机、大族激光等。

四、风险提示

钙钛矿电池效率进步不及预期：钙钛矿电池的优点在于有相比晶硅电池更高的理论转换效率，但如果技术进步不及预期，无法在效率上持续追赶晶硅电池，未来钙钛矿电池的市场份额将会受到影响。

光伏需求不及预期：光伏需求是钙钛矿电池产业发展的动力，如果未来光伏需求不及预期，会对行业产业化进程造成较大影响。

钙钛矿产品稳定性不及预期：钙钛矿电池的稳定性仍存在问题，钙钛矿材料不稳定，湿、热、光均会引起钙钛矿材料降解。电池的不稳定会影响组件产品的使用寿命，若稳定性持续存在问题，将会影响市场对钙钛矿产品的需求。

研究团队简介

武浩，新能源与电力设备行业首席分析师，中央财经大学金融硕士，曾任东兴证券基金业务部研究员，2020年加入信达证券研发中心，负责电力设备新能源行业研究。

张鹏，新能源与电力设备行业分析师，中南大学电池专业硕士，曾任财信证券资管投资部投资经理助理，2022年加入信达证券研发中心，负责新能源车行业研究。

黄楷，电力设备新能源行业分析师，墨尔本大学工学硕士，2年行业研究经验，2022年7月加入信达证券研发中心，负责光伏行业研究。

曾一赞，新能源与电力设备行业研究助理，悉尼大学经济分析硕士，中山大学金融学学士，2022年加入信达证券研发中心，负责新型电力系统和电力设备行业研究。

陈玟洁，团队成员，上海财经大学会计硕士，2022年加入信达证券研发中心，负责锂电材料行业研究。

孙然，新能源与电力设备行业研究助理，山东大学金融硕士，2022年加入信达证券研发中心，负责新能源车行业研究。

李宇霆，团队成员，澳洲国立大学经济学硕士，上海财经大学学士，2023年加入信达证券研发中心，负责光伏行业研究。



机构销售联系人

区域	姓名	手机	邮箱
全国销售总监	韩秋月	13911026534	hanqiuyue@cindasc.com
华北区销售总监	陈明真	15601850398	chenmingzhen@cindasc.com
华北区销售副总监	阙嘉程	18506960410	quejiacheng@cindasc.com
华北区销售	祁丽媛	13051504933	qiliyuan@cindasc.com
华北区销售	陆禹舟	17687659919	luyuzhou@cindasc.com
华北区销售	魏冲	18340820155	weichong@cindasc.com
华北区销售	樊荣	15501091225	fanrong@cindasc.com
华北区销售	秘侨	18513322185	miqiao@cindasc.com
华北区销售	李佳	13552992413	lijia1@cindasc.com
华北区销售	赵岚琦	15690170171	zhaolanqi@cindasc.com
华北区销售	张斓夕	18810718214	zhanglanxi@cindasc.com
华北区销售	王哲毓	18735667112	wangzheyu@cindasc.com
华东区销售总监	杨兴	13718803208	yangxing@cindasc.com
华东区销售副总监	吴国	15800476582	wuguo@cindasc.com
华东区销售	国鹏程	15618358383	guopengcheng@cindasc.com
华东区销售	朱尧	18702173656	zhuyao@cindasc.com
华东区销售	戴剑箫	13524484975	daijianxiao@cindasc.com
华东区销售	方威	18721118359	fangwei@cindasc.com
华东区销售	俞晓	18717938223	yuxiao@cindasc.com
华东区销售	李贤哲	15026867872	lixianzhe@cindasc.com
华东区销售	孙僮	18610826885	suntong@cindasc.com
华东区销售	贾力	15957705777	jiali@cindasc.com
华东区销售	王爽	18217448943	wangshuang3@cindasc.com
华东区销售	石明杰	15261855608	shimingjie@cindasc.com
华东区销售	粟琳	18810582709	sulin@cindasc.com
华东区销售	曹亦兴	13337798928	caoyixing@cindasc.com
华东区销售	王赫然	15942898375	wangheran@cindasc.com
华南区销售总监	王留阳	13530830620	wangliuyang@cindasc.com
华南区销售副总监	陈晨	15986679987	chenchen3@cindasc.com
华南区销售副总监	王雨霏	17727821880	wangyufei@cindasc.com
华南区销售	刘韵	13620005606	liuyun@cindasc.com
华南区销售	胡洁颖	13794480158	hujieying@cindasc.com
华南区销售	郑庆庆	13570594204	zhengqingqing@cindasc.com
华南区销售	刘莹	15152283256	liuying1@cindasc.com
华南区销售	蔡静	18300030194	caijing1@cindasc.com
华南区销售	聂振坤	15521067883	niezhenkun@cindasc.com
华南区销售	张佳琳	13923488778	zhangjialin@cindasc.com
华南区销售	宋王飞逸	15308134748	songwangfeiyi@cindasc.com

分析师声明

负责本报告全部或部分内容的每一位分析师在此申明，本人具有证券投资咨询执业资格，并在中国证券业协会注册登记为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告；本报告所表述的所有观点准确反映了分析师本人的研究观点；本人薪酬的任何组成部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体分析意见或观点直接或间接相关。

免责声明

信达证券股份有限公司（以下简称“信达证券”）具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本报告由信达证券制作并发布。

本报告是针对与信达证券签署服务协议的签约客户的专属研究产品，为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考，双方对权利与义务均有严格约定。本报告仅提供给上述特定客户，并不面向公众发布。信达证券不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。客户应当认识到有关本报告的电话、短信、邮件提示仅为研究观点的简要沟通，对本报告的参考使用须以本报告的完整版本为准。

本报告是基于信达证券认为可靠的已公开信息编制，但信达证券不保证所载信息的准确性和完整性。本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告最初出具日的观点和判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会出现不同程度的波动，涉及证券或投资标的的历史表现不应作为日后表现的保证。在不同时期，或因使用不同假设和标准，采用不同观点和分析方法，致使信达证券发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告，对此信达证券可不发出特别通知。

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，也没有考虑到客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测仅供参考，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人做出邀请。

在法律允许的情况下，信达证券或其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，并可能会为这些公司正在提供或争取提供投资银行业务服务。

本报告版权仅为信达证券所有。未经信达证券书面同意，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发布、转发或引用本报告的任何部分。若信达证券以外的机构向其客户发放本报告，则由该机构独自为此发送行为负责，信达证券对此等行为不承担任何责任。本报告同时不构成信达证券向发送本报告的机构之客户提供的投资建议。

如未经信达证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。信达证券将保留随时追究其法律责任的权利。

投资建议的比较标准	股票投资评级	行业投资评级
本报告采用的基准指数：沪深 300 指数（以下简称基准）； 时间段：报告发布之日起 6 个月内。	买入： 股价相对强于基准 20% 以上；	看好： 行业指数超越基准；
	增持： 股价相对强于基准 5%~20%；	中性： 行业指数与基准基本持平；
	持有： 股价相对基准波动在±5%之间；	看淡： 行业指数弱于基准。
	卖出： 股价相对弱于基准 5% 以下。	

评级说明

风险提示

证券市场是一个风险无时不在的市场。投资者在进行证券交易时存在赢利的可能，也存在亏损的风险。建议投资者应当充分深入地理解证券市场蕴含的各项风险并谨慎行事。

本报告中所述证券不一定能在所有的国家和地区向所有类型的投资者销售，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专业顾问的意见。在任何情况下，信达证券不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。