

内容目录

第一章 前言	3
第二章 2023-2028 年钙钛矿市场前景及趋势预测	4
第一节 平价时代，效率的提升仍然是光伏技术进步的主旋律	4
一、钙钛矿的优势在哪里？——有望引领降本增效达到全新高度	4
二、钙钛矿电池有什么特性？——吸光材料性能优异，结构多样化	6
三、一二级联动同赴钙钛矿研发，产业化进展持续推进	7
第二节 钙钛矿电池工艺流程简洁，核心环节设备价值量有显著提升	8
一、激光工序成为核心环节，涉及环节多，价值量提升明显	8
二、传输层决定器件性能下限，传统光伏设备企业在镀膜环节具有先发优势	9
三、钙钛矿层决定器件效率上限，涂布设备核心零部件国产替代空间大	11
四、封装环节技术要求提高，独特组件结构颠覆晶硅路线	12
第三节 钙钛矿叠层技术持续推进，或将成为终极电池工艺的产业共赢方案	13
一、钙钛矿-晶硅叠层电池，光能极致利用技术	13
二、HJT、TOPCon 电池均可以与钙钛矿结合为叠层电池，研发效率持续提升	14
第四节 重点公司分析	16
一、捷佳伟创：光伏电池设备平台型企业，已推出钙钛矿整线设备	16
二、迈为股份：泛半导体领域高端装备制造制造商	17
三、金晶科技：国内超白玻璃龙头，布局绿色建筑、绿色能源两大赛道	17
四、京山轻机：国际化智能装备制造企业，深化钙钛矿设备布局	17
五、协鑫科技：钙钛矿组件制造商，GW 级产线建设进行时	18
第三章 钙钛矿企业专利申请及布局策略及建议	19
第一节 企业专利申请与专利保护的策略	19
一、分析企业在专业管理中普遍存在的问题	19
（1）企业保护专利的意识普遍较弱	19
（2）资源配置问题	19
二、企业对于申请专利的相关策略	20
（1）确定专利申请的主题	20
（2）分析外部环境，掌握市场动态	20
（3）专利申请需要把握时机	20
三、企业对于专利保护的可行策略	20
（1）增强企业的专利保护意识，完善相应的专利管理机制	21
（2）在专利申请以及应用时专利保护的方式	21
（3）当发生侵权行为时企业保护专利的方式	21
第二节 企业专利挖掘和专利布局策略	21
一、专利挖掘和专利布局的意义	22
二、企业如何挖掘专利	22
（1）以问题为导向进行专利挖掘	22
（2）以竞争对手技术为导向进行专利挖掘	22
（3）以项目研究为导向进行专利挖掘	23
三、企业如何进行专利布局	23

(1) 路障式布局	23
(2) 城墙式布局	23
(3) 地毯式布局	23
(4) 围栏式布局	23
四、企业专利挖掘和布局的建议	24
(1) 企业专利布局前应做好专利信息分析	24
(2) 企业专利布局应注重时间、区域和时机的把握	24
(3) 企业专利布局的技术重点应针对竞争对手确定	24
(4) 企业应加强与专业知识产权服务机构合作	25
(5) 企业应加大专业人才培养，提高专利布局意识	25
第三节 高新技术企业的专利策略	25
一、高新技术企业的概念及主要特点	25
二、专利对于高新技术企业的重要作用	26
(1) 专利可以增强高新技术企业的自主创新能力，同时提升其风险抵御能力	26
(2) 专利可以拓宽高新技术企业的市场空间，创造全新的利润增长极	27
(3) 专利可以提高高新技术企业的管理水平，使其保持发展的核心竞争能力	27
三、高新技术企业如何用好专利“利剑”	27
(一) 高度强化专利意识	28
(二) 科学把握专利管理	28
(1) 专利成果开发	28
(2) 专利资源保护	29
(3) 专利资产运营	29
(三) 战略规划专利发展	29
第四节 科技企业专利申请策略	29
一、什么样的方案和设计能够申请专利	30
二、什么样的方案和设计不能够申请专利	30
三、相关专利申请技巧	31
第五节 高新技术企业专利“走出去”策略	32
一、专利策略的选择	32
二、专利策略的实施	33
三、企业可以获取的各种国内扶持	34
第六节 案例：我国医药企业专利战略研究	37
一、企业专利战略的内涵	37
二、企业专利战略形成竞争优势的理论基础	37
三、医药领域专利类型	38
四、医药企业专利战略需考虑的因素	38
五、我国医药企业制定和实施专利战略的建议	39
(1) 加强专利团队建设，提高专利分析能力	39
(2) 明确专利申请的策略	39
(3) 选择恰当的专利组合模式	40
(4) 合理借助政策，开展专利运营	40
第四章 钙钛矿企业《专利申请及布局策略》制定手册	41
第一节 动员与组织	41
一、动员	41

二、组织	42
第二节 学习与研究	42
一、学习方案	42
二、研究方案	43
第三节 制定前准备	44
一、制定原则	44
二、注意事项	45
三、有效战略的关键点	46
第四节 战略组成与制定流程	48
一、战略结构组成	48
二、战略制定流程	49
第五节 具体方案制定	50
一、具体方案制定	50
二、配套方案制定	52
第五章 钙钛矿企业《专利申请及布局策略》实施手册	53
第一节 培训与实施准备	53
第二节 试运行与正式实施	53
一、试运行与正式实施	53
二、实施方案	54
第三节 构建执行与推进体系	54
第四节 增强实施保障能力	55
第五节 动态管理与完善	56
第六节 战略评估、考核与审计	56
第六章 总结：商业自是有胜算	57

第一章 前言

随着科学技术的发展进步，国家越来越注重发明创造的活动，因而出台了许多相关的政策，鼓励企业进行创新活动。而企业申请专利的目的就是为了给自己创造的产品寻求法律的保障，以避免被其他人随意使用，同时，使专利产品获得最大的价值效益。

而企业的知识产权战略，包括专利的充分挖掘和完美布局，直接关系着企业的经营发展，是企业整体发展战略的重要组成部分。随着经济全球化和贸易自由化进程的快速发展，中国企业也将面临更加严峻的专利竞争。

那么，企业如何完善自身的专利申请以及专利保护的相关策略呢？

下面，我们先从钙钛矿行业市场进行分析，然后重点分析并解答以上问题。

相信通过本文全面深入的研究和解答，您对这些信息的了解与把控，将上升到一个新的台阶。

这将是您经营管理、战略部署、成功投资提供有力的决策参考价值，也为您抢占市场先机提供有力的保证。

第二章 2023-2028 年钙钛矿市场前景及趋势预测

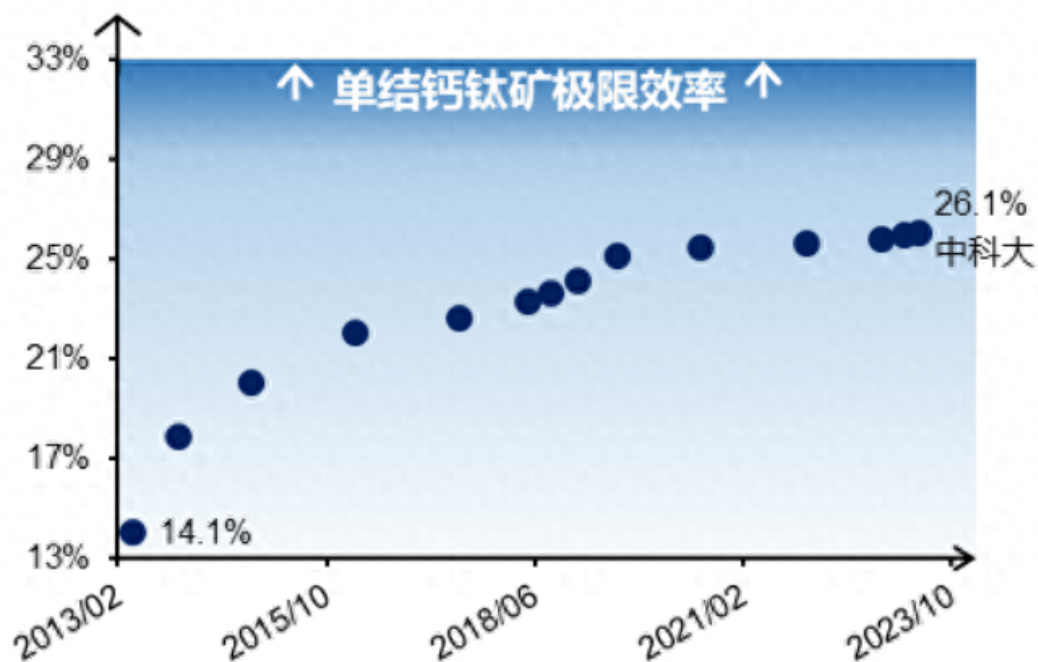
第一节 平价时代，效率的提升仍然是光伏技术进步的主旋律

光伏电池转换效率的持续提升一直是整个光伏行业技术迭代的核心之一。2018 年以前，市场上多采用多晶铝背场(BSF)电池，2018 年，常规 BSF 电池转换效率接近理论极限，快速拉晶、金刚线切片等技术升级的规模应用促进单晶工艺快速渗透，主流路线切换至单晶 PERC 电池时代，产业化当年平均转换效率便突破 21%。2018-2023 年 PERC 技术效率持续提升，转换效率逐步接近理论极限，由于 N 型硅基相比 P 型表现出更大的效率提升潜力，因此产业里 N 型电池产能快速扩张，这一阶段里 N 型 TOPCon 电池工艺凭借极高的性价比脱颖而出，成为 N 型电池时代主流工艺，同时随着 24 年 HJT、xBC 工艺在放量的过程中陆续兑现高效率、差异化竞争优势及逐步提升的性价比，也将多元化的应用场景中有着各自的技术优势，N 型高效时代已全面到来。如果把 2022 年定义为 N 型电池产能量产的元年，我们可以看到能够大规模量产的 N 型电池技术路线正在以年化提效 0.5% 的速度野蛮生长，凭借着国产设备厂商的成熟设备及头部大厂研发人员对于光伏工艺的深度理解在提效的道路上逐步逼近晶硅电池效率的理论极限，同时也加速了行业对下一代电池技术发展方向探索热情。其中钙钛矿电池工艺凭借着理论上的高极限效率及低成本脱颖而出，成为目前可见的“终局”电池技术路线。

一、钙钛矿的优势在哪里？——有望引领降本增效达到全新高度

根据现有统计数据，目前单结钙钛矿最高实验室效率 26.1%（中国科学技术大学），从技术提出到实验室效率突破 26%，钙钛矿电池仅用了十年时间，而晶硅电池从 1954 年提出到 2016 年异质结技术率先突破 26%效率大关，足足经过了 60 年的研究。同时，钙钛矿-晶硅叠层电池实验室效率记录也从 23.6%提升至最新的 33.9%（隆基），基于钙钛矿材料的太阳能电池在 10 年内均实现了 10pct 以上的效率提升，不仅是钙钛矿电池的产业化研发进展取得快速突破，钙钛矿材料的明朗应用前景也同样获得了广泛认可。

图表2：十年间，单结钙钛矿实验室效率提升 12pct



钙钛矿电池的提效空间也是巨大的。根据 ISFH、隆基的计算，考虑到各类钝化技术导入提效的情况下，TOPCon 单/双面钝化技术理论极限效率分别可达到 27.1%/28.7%，HJT、xBC 分别为 29.2%、29.1%，均未突破 30%。而根据光伏电池理论效率计算的基本模型（肖克利-奎塞尔模型，S-Q），单晶硅电池极限效率为 29.4%，钙钛矿电池理论极限高达 33%，并且钙钛矿可以与其他光伏技术结合成叠层电池，双结的理论极限效率达 43% 以上。提效空间巨大的钙钛矿电池在未来有望接棒 N 型技术，成为下一代主流路线。

除偏理论的实验室效率和最高效率外，专业钙钛矿厂商所生产的大面积钙钛矿组件效率也逐步展现出产业化潜力。一直以来，实验室里实现的高效率都是来自 1cm² 左右的小面积钙钛矿组件，面积扩大则会严重影响效率。而在 2023 年，根据仁烁光能、极电光能、协鑫光电等头部钙钛矿组件企业公众号披露，受权威机构认证的钙钛矿组件效率范围在 17~27%，且一半以上器件面积达到百平方厘米级别。同时我们也看到平方米量级下的钙钛矿组件效率正在逐步靠近产业化需求，2023 年 11 月，协鑫光电 2m² 单结钙钛矿组件效率达到 18.04% 获中国计量科学院认证，接近 182 版型 /72 片晶硅组件面积（1134mm*2278mm=2.58m²）。

从成本的角度来说，原材料廉价易得，且钙钛矿材料是直接带隙半导体，具有较高的吸光系数（~50cm⁻¹），几百纳米的薄膜就可以充分吸收太阳光入射光子，相比于吸光层厚度需要达到微米级别的无机半导体器件，高吸收系数很大程度降低了器件成本。我们假设单结钙钛矿组件转换为 17%，钙钛矿吸光层以 FAPbI₃ 为主要材料体系，采用涂布技术，氧化锡作为电子传输层材料，可以

通过 PVD 溅射或涂布法制备；有机材料 Spiro-OMeTAD 作为空穴传输层只能采用涂布法制备，氧化镍作为空穴传输层采用 PVD 溅射制备，则现阶段在各工艺场景下，单结钙钛矿组件成本在 1.34 元/W 左右，其中钙钛矿材料成本占比约 5%，主要原材料甲脒氢碘酸盐（FAI）成本约 0.015 元/W、碘化铅（PbI₂）成本约 0.022 元/W，其他有机溶剂成本约 0.030 元/W。目前钙钛矿组件成本主要受限于设备投资额较大、器件效率较低，根据协鑫光电董事长在第二届国际气相经济高峰论坛中的演讲，进入量产的钙钛矿组件成本预计在 0.5-0.6 元/W。

二、钙钛矿电池有什么特性？——吸光材料性能优异，结构多样化

钙钛矿是 ABX₃ 结构立方晶系化合物的统称，A、B、X 位被三种不同类型的离子占据，每个类型对应的种类丰富的具体离子，不同的离子组合可以获得物理特性不同的钙钛矿材料。A 位离子决定钙钛矿材料的体系，目前常用甲胺离子（简写 MA⁺，分子式 CH₃NH₃⁺）、甲脒离子（简写 FA⁺，分子式 HC(NH₂)₂⁺）、铯离子（Cs⁺）。B 位通常为二价阳离子，X 位为卤素离子或一价有机官能团。

1994 年，研究人员发现有机-无机钙钛矿材料的电学性质会随着晶体维度的变化而变化，为其应用于光伏领域提供了可能性。钙钛矿材料优异的光电性能体现在：1）电子-空穴对激活能低。电子、空穴能有效分离，不容易复合，提高载流子寿命；2）光吸收能力强。较薄的材料就可以实现对可见光的高效吸收，钙钛矿材料光吸收系数比晶硅大一个数量级；3）带隙可调。带隙决定可吸收的光波段范围，带隙较大不利于电池充分利用太阳光，带隙较小不利于器件获得高开路电压，因此带隙合适、组分优异且稳定的钙钛矿体系是获得高效稳定的光伏器件的前提。4）优异的电荷传输性能。钙钛矿材料中的缺陷以浅能级为主，对载流子寿命的影响较低，因此载流子的扩散长度长、迁移率高；此外，钙钛矿材料还具有双极性，即既可传输电子，也能传输空穴；载流子快速收集可保障光伏器件的输出效率。

钙钛矿太阳能电池以钙钛矿材料作为光吸收层，实现光电转换。钙钛矿太阳能电池的发电原理与 HJT 电池异曲同工，电流的产生经历三个主过程：1）电子-空穴对的产生和分离；2）自由载流子的传输；4）载流子被收集并产生电流。钙钛矿材料吸收光子（太阳光辐射的能量）后，价带中的电子跃迁到导带，相应空穴被留着价带，产生电子-空穴对。由于钙钛矿材料中电子和空穴之间的束缚能量很小，所以电子-空穴对在室温下迅速分离成为自由电子空穴。自由载流子在钙钛矿薄膜中传输，到达钙钛矿和电荷传输层界面。在内建电场作用下，自由电子和空穴分别被两侧的电子传输层和空穴传输层收集，再次传输到电极并从电池结构中输出至外电路，从而产生电流、电压，完成整个光电转换过程。

钙钛矿电池的结构根据载流子传输方向可分为正型（n-i-p）和反型（p-i-n），其中正型根据有无介孔层进一步分为介孔结构和平面结构。正式介孔结构是钙钛矿太阳能电池的早期研究方案，致密的电子传输层上方用相同材料的纳米颗粒实现多孔介观结构，作为钙钛矿材料的支撑，钙钛矿

材料填充孔隙。介孔不仅起支撑作用，还可以促进光生电子的收集，在研究早期实现了较高的转换效率。但是介孔层制备需要在~500℃烧结，增加了钙钛矿电池制备工艺的复杂性和成本。正式平面结构利用钙钛矿材料自身载流子具有的较高迁移率和较长的迁移长度，容易实现较高的转换效率。但为了保证空穴传输能力，需要掺杂迁移率高的盐类材料，难以避免引入一定的水分，影响钙钛矿材料稳定性。反式结构因载流子输运方向与目前主流晶硅电池更为匹配，可构成叠层结构而被提出。反式平面结构制作过程中，钙钛矿材料可以完全隔绝水氧生长、填充因子高，虽然由于发展较晚，当前效率还不如 n-i-p 型，但与晶硅电池更高的适配性，使其在叠层电池的应用上有着巨大的潜力。

图表11: p-i-n 平面结构起步最晚但发展潜力巨大

	n-i-p 介孔结构	n-i-p 平面结构	p-i-n 平面结构
传输方向	正型	正型	反型
优点	1、介孔层为钙钛矿提供骨架支撑； 2、增大钙钛矿的接触面积，提高电子传输效率； 3、有效降低电子和空穴的非辐射复合。	1、利用钙钛矿材料自身优势； 2、简化器件结构，对高效钙钛矿电池的发展具有重要意义。	1、高温、光照稳定性良好； 2、几乎没有“迟滞”现象； 3、与市场主流晶硅电池机构更匹配。
缺点	1、介孔制备温度高达 400~500℃，增加了钙钛矿器件的制备工艺要求； 2、限制了柔性器件的开发可能。	难以兼顾效率和稳定性。	研究起步最晚，效率较低。
结构示意图			

三、一二级联动同赴钙钛矿研发，产业化进展持续推进

钙钛矿电池行业的政策发布自 2016 年“十三五”规划开始，后续各类能源、科技相关的国家层面政策中频繁提出，是钙钛矿产业化的强大推手。“十四五”规划提出，坚持创新驱动，高质量发展可再生能源，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。2023 年 3 月，中国光伏行业协会成立钙钛矿光伏电池标准专题组，推动钙钛矿光伏电池标准化工作，助力钙钛矿光伏电池技术进步和产业化发展。

政策指导下，钙钛矿组件研发及其设备配套企业在一级市场的融资活动相当活跃，部分企业在短短几年获得了多轮融资，例如纤纳光电 7 年 8 轮融资，这些企业大多数以高校资源为基石，以蓬勃的科研创新为动力，持续获得资本认可。二级市场对钙钛矿初创企业同样保持紧密关注。较著名的案例如协鑫 2016 年收购惟华光能成立协鑫光电，2022 年 5 月 B 轮融资腾讯入局，根据爱企查显示，目前持有公司股份 5.05%。

基于光伏产业对效率提升的持续关注，当前国内较为领先的钙钛矿企业主要可以分为三类，一类是专业从事钙钛矿产品研发和制造的创新型高科技企业，如极电光能、协鑫光电、纤纳光电等；第二类是研发布局型巨头企业，如宁德时代、比亚迪、隆基、通威等；第三类是以高校、科研院所为背景，如万度光能、众能光储、仁烁光能等。根据各公司目前公开的产能规划及落地展望梳理，预计到 2025 年，国内钙钛矿产能将超过 22GW，到 2030 年，产能规模将突破 40GW。

钙钛矿电池的产业化进程加快不仅展现在产能扩张上，规划化示范电站落地及各类场景应用案例的增加也给投资者们带来更多信心。首先，钙钛矿作为薄膜电池技术之一，美观、弱光发电能力强，应用场景首选光伏建筑一体化（BIPV）幕墙面。第二，基于薄膜的柔性特点，可以将钙钛矿光伏电池应用在穿戴光伏、新能源汽车等领域。第三，也是进展较快的应用方向之一——大型地面电站场景。2023 年 11 月，三峡集团库布其 200 万千瓦光伏治沙项目送电成功，为该项目配套建设的 1MW 钙钛矿地面光伏电站也成功并网，电站采用 11200 片纤纳光电自主研发的钙钛矿 α 组件，是全球首个商业化运行的兆瓦级钙钛矿地面光伏项目。2023 年 12 月，协鑫光电 1m*2m 商用尺寸兆瓦级钙钛矿组件光伏示范项目在华能青海共和光伏电站全面投运。

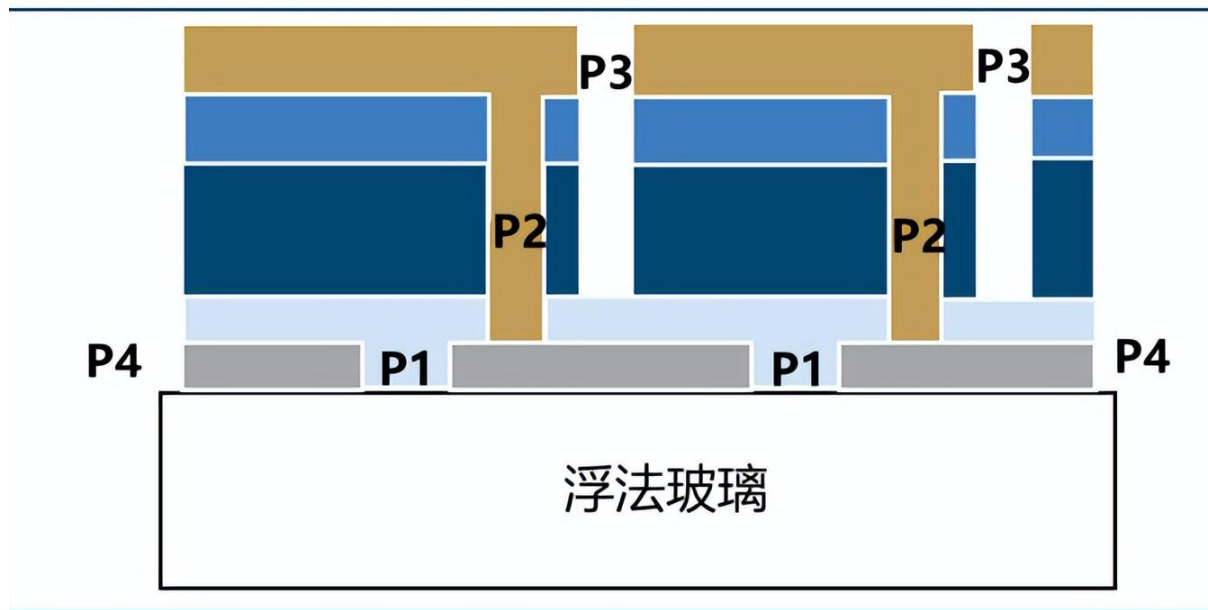
第二节 钙钛矿电池工艺流程简洁，核心环节设备价值量有显著提升

典型的钙钛矿电池/组件工艺流程历经四道沉积工序、四次激光划刻，涉及三大材料（钙钛矿功能层、电荷传输层、电极）、四种设备（激光设备、真空镀膜设备、涂布设备、封装设备）。

一、激光工序成为核心环节，涉及环节多，价值量提升明显

光伏电池面积增大时，器件效率减小，这种效率损失趋势是任何类型太阳能电池都无法避免的。SCI 论文《Towardsthescalingupofperovskitesolarcellsandmodules》中提到，透明电极的电阻导致整体器件串联电阻随面积增加而线性增加。因此，钙钛矿电池要符合产业化需求，向大面积高效率发展，必须合理设计组件结构，减少串联电阻的影响。激光工序是保证钙钛矿组件大面积效率的必要步骤。通过激光将组件内部划分成各独立的子电池，并以串联的方式制作成模块。在组件制造流程中，一共要进行 4 道激光，其中三次（P1-3）划线步骤实现子电池的分割和连接，最后一次（P4）为边缘整型，也叫清边。第一次划线（P1）分隔 TCO 玻璃的透明导电氧化物薄膜层。第二次划线（P2）在所有功能层沉积完成之后，形成内部独立小电池，激光能量需要足够划开钙钛矿层和两个传输层，暴露出 TCO 薄膜，使下一步金属电极蒸镀过程中能够让子电池之间的正负极相互连接。第三次划线（P3）在金属电极沉积之后进行，分割相邻子电池的正极，激光穿透钙钛矿层、传输层、金属电极，但要保证 TCO 的连续性。最后，激光清边（P4）对电池片侧面进行修整，避免钙钛矿层与电极直接接触，起绝缘作用。

图表17: 激光作用区域示意图



从串联电流的方向可以看出，激光划线后，组件中有一部分不产生电流的区域，称为死区。死区无法贡献发电，因此死区面积越小，电池的效率损失也会减少。死区的宽度等于 p1-3 激光划线线宽+两次激光移动距离，因此对激光的聚焦程度、激光能量、脉冲控制和机械精细移动提出了较高要求。此外，3 次划线中有 2 次要经过钙钛矿吸光层，考虑到激光热量对钙钛矿材料有一定的破坏影响，除了工作区域尽可以窄且精细外，激光工作时间和能量辐射也需要优化。不同的激光道次需要不同波长、不同技术参数的激光器，因此在钙钛矿工艺流程中激光设备的价值量获得了显著提升。随着产业内对于钙钛矿的关注度持续提升，规划产能量级快速增长，多家激光企业开始提前介入并进行了布局。例如，德龙激光在 2022 年成立新能源事业部，布局锂电、光伏等新能源领域，当年实现销售收入 4973.45 万元同年首套钙钛矿薄膜太阳能电池生产整段设备（百兆瓦级）顺利交付客户，2023 上半年公司开发完成针对钙钛矿薄膜太阳能电池的第二代生产设备，对设备的激光器、光学系统、加工幅面和生产效率等都进行了迭代升级。杰普特于 2021 年向大正微纳交付首套柔性钙钛矿膜切设备；2023 年 7 月，100MW 钙钛矿电池量产线激光划线全套设备顺利交付协鑫光电（2023 半年报披露）；公司 1m*2m 大尺寸钙钛矿 P1-P3 工序激光划线设备在客户端实现持续批量生产，根据公司公众号最新报道，2024 年初可将电池组件死区宽度稳定控制在 150 μ m 内，居于行业内领先水平，获得头部客户认可。

二、传输层决定器件性能下限，传统光伏设备企业在镀膜环节具有先发优势

在钙钛矿电池中，无论是电子传输层还是空穴传输层，其核心作用都是建立电荷输运通道并阻挡异种电荷传输。钙钛矿电池中所有的界面都与传输层关联，传输层材料设计的意义不仅是制备优质薄膜，更在于界面匹配和钝化修饰。晶硅电池结构虽然也涉及较多界面，但本质还是相同且稳定

的硅材料。钙钛矿电池采用丰富且完全不相关的材料体系，界面适配度大大降低，因此在材料体系的发展较为成熟后，表界面工程在提高器件性能和长期稳定性方面发挥着越来越重要的作用。

真空环境下的物理沉积是电子传输层、空穴传输层及电极制备的主流技术，俗称 PVD（物理气相沉积）。PVD 根据反应方式不同，可以细分为真空蒸镀、磁控溅射和离子镀膜（RPD）。真空蒸镀是在真空条件下，加热靶材使其蒸发或升华，最后冷凝在衬底表面形成薄膜，设备简单、易操作，是目前最为成熟的物理气相沉积工艺。磁控溅射是通过氩离子撞击靶材，传递能量使靶材原子溢出，并在电场作用下沉积在衬底上形成薄膜，可以完成大面积镀膜需求，且膜层均匀性较好，是传输层和电极制备的主要选择工艺。RPD（反应式等离子体镀膜）也是利用氩离子轰击靶材，与磁控不同的是，RPD 的氩离子直接由等离子枪发射（磁控通过控制电子与空间中的氩气碰撞产生氩离子），与衬底保持了一定的距离，直接轰击衬底的概率大幅降低，并且等离子体能量较低，对衬底材料的损伤小，这一优点使它适用于钙钛矿上方的传输层制备，RPD 工艺段根据钙钛矿结构灵活可调传输层种类，并不局限于仅电子或者空穴传输层可用，以此减少对钙钛矿吸光层的伤害。钙钛矿传输层制备还提出了一种原子层沉积技术（ALD），是一种可以将物质以单原子堆积形式一层一层镀在基底表面形成一定厚度薄膜的方法。从原理上 ALD 通过化学反应得到生成物，与化学气相沉积（CVD）类似；从沉积过程看 ALD 依靠不同的反应前驱物以气体脉冲的形式交替送入反应室中，与物理气相沉积（PVD）类似。原子层沉积技术以原子为单位，可以精确控制薄膜厚度和纯度，然而这种沉积方式也使 ALD 生长薄膜的速度非常缓慢，一般被用在需要精确控制薄膜的工艺。目前行业中微导纳米在钙钛矿领域使用 ALD 工艺，2023 年 11 月公司公众号报道，其自主研发的钙钛矿晶硅叠层电池 ALD 专用量产设备顺利通过海外客户验收，帮助客户达成商业化电池（258.15cm²）最新世界记录效率。

气相沉积除了可以制作传输层和电极外，也是钙钛矿吸光层的生长手段之一。钙钛矿干法制备采用真空蒸镀工艺，将合成钙钛矿的材料在高真空下按一定的蒸发源束流加热蒸发，多种气态物质相遇并发生化学反应形成钙钛矿材料，最后沉积到基底表面形成薄膜，是一种化学方法。这一过程中，晶体的生长过程与衬底温度、真空度以及衬底固有的表面特性和形貌等密切相关。通常将有机材料（MAI、FAI）和无机材料（PbI₂、PbCl₂、CsI）共同蒸发，制备出杂质缺陷少，结构致密，一定范围内均匀性良好的高质量钙钛矿薄膜。真空蒸镀技术常用于显示领域镀膜，而钙钛矿材料不仅可以作为光伏电池吸光层，也被认为是下一代显示、照明领域的重要发光材料，因此不乏显示、LED 领域设备企业研发用于钙钛矿太阳能电池的蒸镀设备。然而蒸镀法工序简单，但薄膜质量不高，对设备真空度要求严格，能耗需求大，设备投资成本高，直接沿用显示领域经验应对光伏产业化规模和节拍难以避免水土不服，需要相关企业进行有针对性的工艺优化。

光伏设备企业对物理气相沉积工艺并不陌生，晶硅电池发展到 N 型时代，TOPCon、HJT 等技术对镀膜已经提出了较高要求，优质的薄膜及其界面一定是太阳能电池提效的趋势之一。在晶硅电池中拥有成熟的镀膜技术的设备企业也在早前纷纷布局钙钛矿镀膜工艺，包括捷佳伟创、迈为股份、京山轻机等；还有一部分显示、LED 领域的设备厂商也入局钙钛矿，如奥来德、合肥欣奕华。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/367002166023006115>