

## 光伏设备行业

# HIT 技术渐行渐近，国内设备商将放异彩 增持（维持）

2019 年 08 月 20 日

证券分析师 陈显帆

执业证号：S0600515090001

[chenxf@dwzq.com.cn](mailto:chenxf@dwzq.com.cn)

证券分析师 周尔双

执业证号：S0600515110002

13915521100

[zhouersh@dwzq.com.cn](mailto:zhouersh@dwzq.com.cn)

研究助理 朱贝贝

[zhubb@dwzq.com.cn](mailto:zhubb@dwzq.com.cn)

### 投资要点

#### ■ HIT 效率提升潜力高+降本空间大，是未来最有前景的太阳能电池技术

HIT 通过独特的异质结构可显著提升电池的转换效率，目前量产效率已突破 23%。其优势主要有：**(1) 效率提升潜力高**，通过叠加 IBC 或钙钛矿技术，最高效率可分别达 25%、28% 以上；**(2) 降本空间大**，低温工艺+N 型电池更容易实现硅片薄片化；**(3) 其双面对称具有更高的双面率**（现已达 85%，未来可达 98%，PERC 为 82%），双面电池组件可获得 10% 以上的年发电量增益；**(4) 较 PERC 电池更低的光致衰减**，HIT 的 10 年衰减小于 3%，25 年发电量的下降仅为 8%。

#### ■ HIT 电池降本的主要方向是材料+设备，国产化降本空间大

截止至 2018 年底，HIT 电池生产成本约为 1.22 元/W，其中硅片成本和浆料成本占比最高，分别为 47% 和 24%。未来降本增效的主要方向有：1) 降低硅片厚度、减少硅使用量，目前 HIT 硅片厚度为 180um，未来有望降低到 100um；2) 控制银浆消耗量，梅耶博格的 SmartWire 技术将使银浆消耗量减少 2/3，国产化后成本将进一步降低；3) 提高设备的单机产能+进口替代，HIT 国产设备的整线投资额有望从 10 亿/GW 降低到 5-6 亿/GW。值得关注的是：**目前设备折旧约占电池成本的 15%，未来有望通过设备国产化和设备效率的提升，将设备折旧降低到 7-8%。**

#### ■ HIT 技术路线设备数量少但难度高，镀膜设备是核心设备

HIT 的制造只需 4 大类设备，分别是制绒清洗设备（投资占比 10%）、非晶硅沉积设备（投资占比 50%）、透明导电薄膜设备（投资占比 25%）和印刷设备（投资占比 15%）。其中制绒清洗设备和丝网印刷设备，国内的捷佳伟创和迈为股份可以实现国产替代。**而最关键的镀膜设备，PVD 和 CVD，则很大程度上依赖于进口设备厂商，如梅耶博格、Singulus。优秀的国内厂商，如迈为股份、捷佳伟创和理想能源已经开始了镀膜设备的研制开发且小批量出货，关键的 CVD 设备也开始进入主流电池片厂商的产品认证过程中。**

#### ■ 预计 2019-2022 年 HIT 设备市场空间超 220 亿

HIT 技术路线目前处于小规模试产阶段，现主要的示范项目有四个，分别为新加坡 REC 的 600MW 项目（梅耶博格提供方案），山煤集团的 10GW 项目（钧石能源提供方案），通威合肥项目（迈为提供方案），通威成都项目（主要合作捷佳伟创）。预计这几个项目将在 2019 年 Q4 或 2020 年上半年出量产数据，届时 HIT 的生产工艺路线和降成本方向将更为明朗。**我们认为，量产 HIT 电池要比 PERC 电池更有竞争力的话，则其转化效率需达到 24% 以上，单位投资降低至 5 亿元左右。根据我们测算，预计 2019 年-2022 年 HIT 设备的市场空间超 220 亿，其中 2019 年 17 亿元，2022 年 120 亿元，复合增速为 92%。**

■ **投资建议：**重点推荐：**(1)【迈为股份】：**电池片设备龙头，从丝网印刷设备向前段设备延伸。受益于 PERC 扩产高峰在手订单充裕，现提前布局 HIT 技术路线并能够提供性价比最高的整线方案，设备自制率达 65% 以上，看好后续验证通过后订单落地。**(2)【捷佳伟创】：**产品线广、协同性强的电池设备龙头，传统的优势业务即镀膜设备，在 HIT 最关键的 CVD 环节提前布局并具有优势。其他关注**【金辰股份】**国内光伏组件设备龙头，电池片设备新进入者。

■ **风险提示：**HIT 产业化进程不及预期风险、光伏行业装机量不及预期。

### 行业走势



### 相关研究

- 1、《光伏设备：硅片产能周期开启，关注 HIT 电池主题机会》2019-7-31
- 2、《光伏设备：晶科拟投资 150 亿扩产 25GW 单晶硅片，利好硅片设备龙头晶盛机电》2019-4-18
- 3、《光伏叠瓦组件设备专题：叠瓦组件渗透率提升带来的设备投资机会》2019-3-21
- 4、《光伏设备：中环股份扩产 25GW 单晶硅片，利好核心设备商晶盛机电》2019-3-21
- 5、《光伏设备：光伏新规促平价，技术迭代利好设备企业》2019-2-21
- 6、《光伏电池设备专题：光伏行业迎拐点，电池技术更迭利好设备商》2018-12-5

## 内容目录

<b>1. HIT (异质结电池): PERC 之后最有前景的太阳能电池技术</b> .....	<b>5</b>
1.1. HIT 历史: 效率提升显著, 未来前景可期.....	6
1.2. 效率提升潜力高+降本空间大, HIT 技术将成下一个风口 .....	8
<b>2. HIT 电池降本提效进行中, 市场空间潜力大</b> .....	<b>12</b>
3.1. HIT 电池制备工艺较 PERC 显著减少, 镀膜设备地位提升.....	15
3.2. 制绒清洗设备: YAC 具有绝对的竞争力 .....	20
3.3. CVD 镀膜设备: 占整线投资额比例最高的核心设备.....	21
3.4. TCO 镀膜环节: PVD vs RPD 路线之争, 现阶段更看好 PVD 制备方式.....	24
3.5. 电极金属化环节: 丝网印刷 vs 电镀, 丝网印刷更优且降本空间大.....	27
3.6. Meyer Burger: 国际光伏行业龙头, 布局 HIT 时间早且研发优势明显 .....	29
<b>4. 预计 2019-2022 年 HIT 设备市场空间超 220 亿</b> .....	<b>31</b>
<b>5. 相关标的推荐</b> .....	<b>34</b>
5.1. 迈为股份: 丝网印刷设备领军者, 布局 HIT 核心设备成果显著.....	34
5.2. 捷佳伟创: 产品线广的电池片设备龙头, 从 PERC 到 HIT 布局正当时.....	37
5.3. 金辰股份: 国内光伏组件设备龙头, 电池片设备新进入者研发投入大 .....	39
<b>6. 投资建议</b> .....	<b>41</b>
<b>7. 风险提示</b> .....	<b>41</b>

## 图表目录

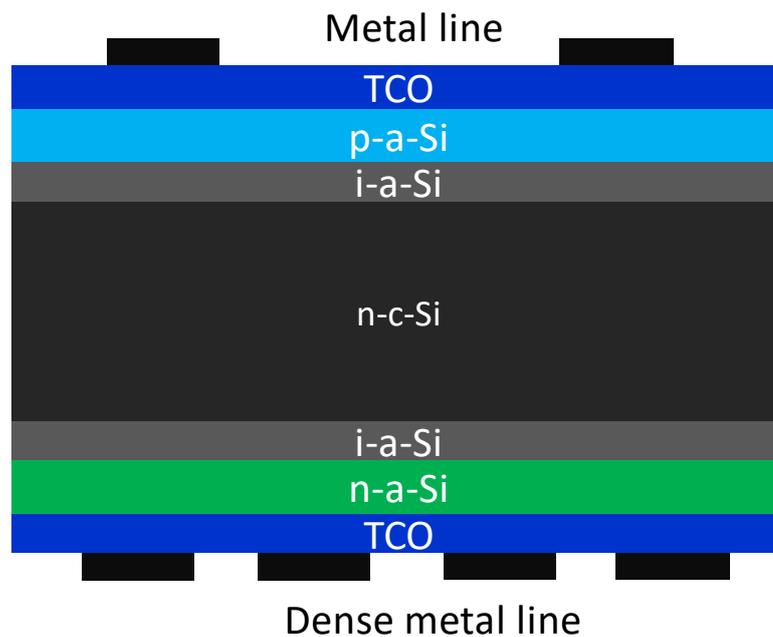
图 1: HIT 太阳能电池基本结构.....	5
图 2: HIT 太阳能电池产品特性.....	5
图 3: HIT 太阳能电池生产流程.....	6
图 4: HIT 电池发展历程 (截止到 2009 年).....	7
图 5: HIT 电池发展历程 (2009 年到 2018 年).....	7
图 6: 太阳能电池效率不断提升.....	8
图 7: HIT、PERC、TOPCon 电池平均效率对比.....	9
图 8: HIT、PERC、TOPCon 平均功率对比.....	9
图 9: HIT 与 IBC 技术结合的 HBC 电池效率可以达 25% 以上.....	9
图 10: HIT 与钙钛矿技术结合的叠层电池效率可以达 28% 以上.....	9
图 11: 硅片薄片化后成本测算.....	10
图 12: 由于 HIT 的双面对称结构, 具有更高的双面率.....	10
图 13: HIT、TOPCon、PERC 主要电池参数对比.....	11
图 14: HIT 电池降本提效路线.....	12
图 15: HIT 电池成本构成 (单位: 元).....	12
图 16: HIT 电池成本下降实现方法.....	13
图 17: 低温银浆国产化+用量减少是大势所趋.....	14
图 18: HIT 工艺步骤最少, 只有 4 步.....	16
图 19: HIT 4 类设备的厂商布局.....	17
图 20: 精曜科技整线图——在 TCO 镀膜环节使用 RPD.....	17
图 21: 梅耶博格整线图——在 TCO 环节使用 PVD, 其余和精曜科技布局一样.....	17
图 22: HIT 电池生产工艺简单, 只需要 4 大类设备.....	18
图 23: 目前各个设备公司在 HIT 各个环节的布局情况 (部分为已经供应, 部分为正在布局).....	19
图 24: 制绒清洗设备对比.....	20
图 25: 在制绒清洗环节, HIT 比 PERC 多了制绒前后的氧化清洗环节.....	21
图 26: PECVD 镀膜设备对比.....	23
图 27: 理想公司 PECVD 设备布局——腔室结构.....	24
图 28: TCO 镀膜环节设备对比, 日本住友、精曜科技正在推广 RPD 设备.....	25
图 29: RPD 与 PVD 比较.....	26
图 30: HELiA 是“高效低杂质设备”的简称, 该平台用于完成两种异质结电池片镀膜工艺.....	30
图 31: 2014-2018 年, 公司营收 CAGR=133.5%.....	34
图 32: 2014-2018 年, 公司归母净利 CAGR=515.5%.....	34
图 33: 丝网印刷机 (普通).....	35
图 34: 丝网印刷机 (高清).....	35
图 35: LEG-A40 单轨 SE 激光机.....	36
图 36: LEG-A50 双轨 SE 激光机.....	36
图 37: 2014-2018 年营收 CAGR=35.96%.....	37
图 38: 2018 年归母净利为 3.1 亿, 同比+75.07%.....	37
图 39: 公司官网产品图, 已布局 HIT 电池领域.....	39
图 40: 2014-2018 年营收复合增长率为 39.61%.....	40
图 41: 2018 年归母净利为 0.85 亿元, 同比+11.33%.....	40
图 42: 研发投入占比常年稳定在 8% 左右.....	40
图 43: 可比公司估值.....	41

表 1: 迈为股份报价最低, 为 5-6 亿/GW .....	19
表 2: PVD 和 RPD 相关参数对比.....	26
表 3: HIT 镀膜设备大体分为 5 部分, 附加值高的产品大都依赖进口 .....	27
表 4: 目前可以提供 HIT 电池关键设备的厂商列表.....	29
表 5: 目前主要 HIT 示范线情况.....	31
表 6: 不同厂商的单 gw 设备投资额和产线配置 .....	32
表 7: 预计 2019 年一条 HIT 产线的产能由 2018 年的 100MW 提升至 250MW .....	33
表 8: 根据我们测算, 预计 2019-2022 年 HIT 设备的市场空间超 220 亿 .....	34
表 9: 公司丝网印刷成套设备涵盖范围 .....	36
表 10: 除丝网印刷外, 公司基本涵盖了电池片生产的主要设备 .....	38

## 1. HIT（异质结电池）：PERC 之后最有前景的太阳能电池技术

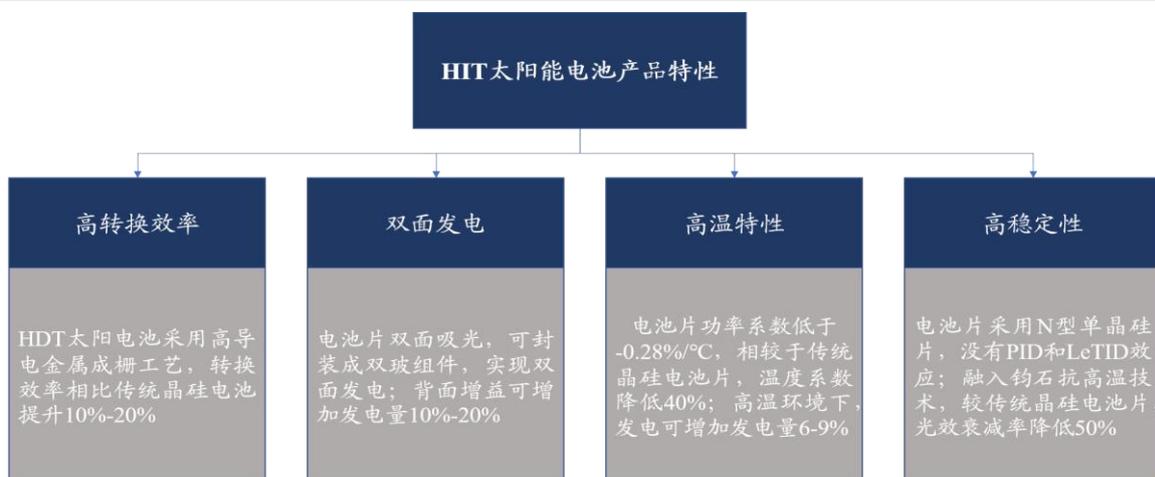
当前晶体硅太阳能电池技术基本上是以表面的钝化为主线发展的。相对于传统晶硅技术，由于非晶硅薄膜的引入，硅异质结太阳电池的晶硅衬底前后表面实现了良好的钝化，因而其表面钝化更趋完善。且非晶硅薄膜隔绝了金属电极与硅材料的直接接触，其载流子复合损失进一步降低，可以提升转换效率。HIT 技术较为先进，将成为高效光伏电池技术的领跑者，带领光伏电池在效率提升的路上更进一步。

图 1: HIT 太阳能电池基本结构



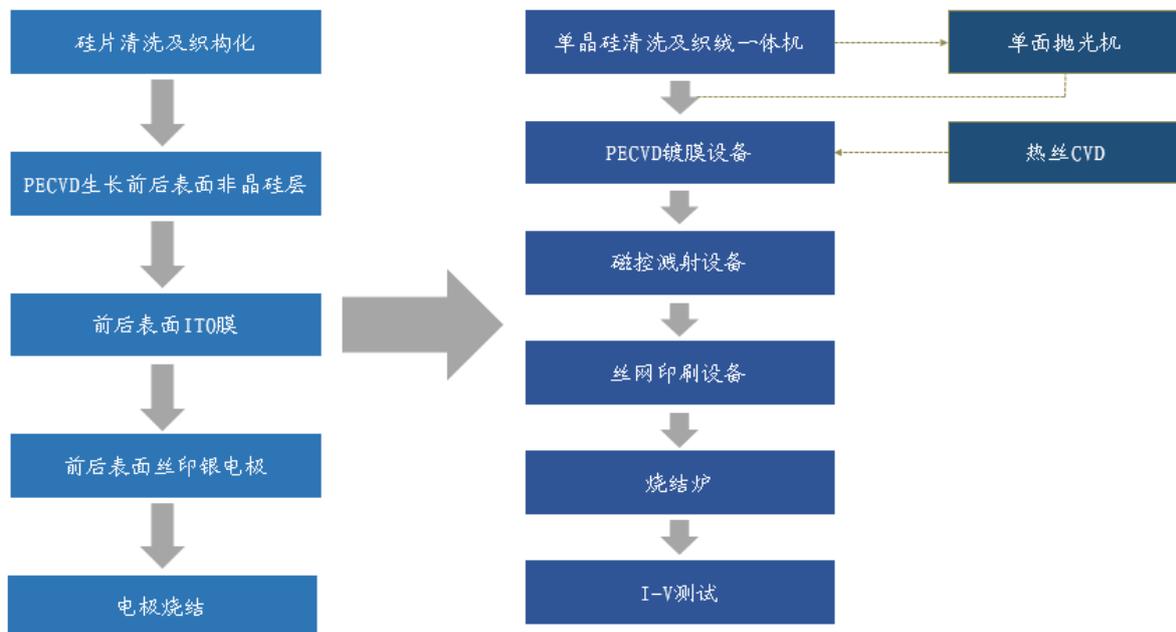
数据来源：钧石能源，东吴证券研究所

图 2: HIT 太阳能电池产品特性



数据来源：OFWEEK，东吴证券研究所整理

图 3: HIT 太阳能电池生产流程



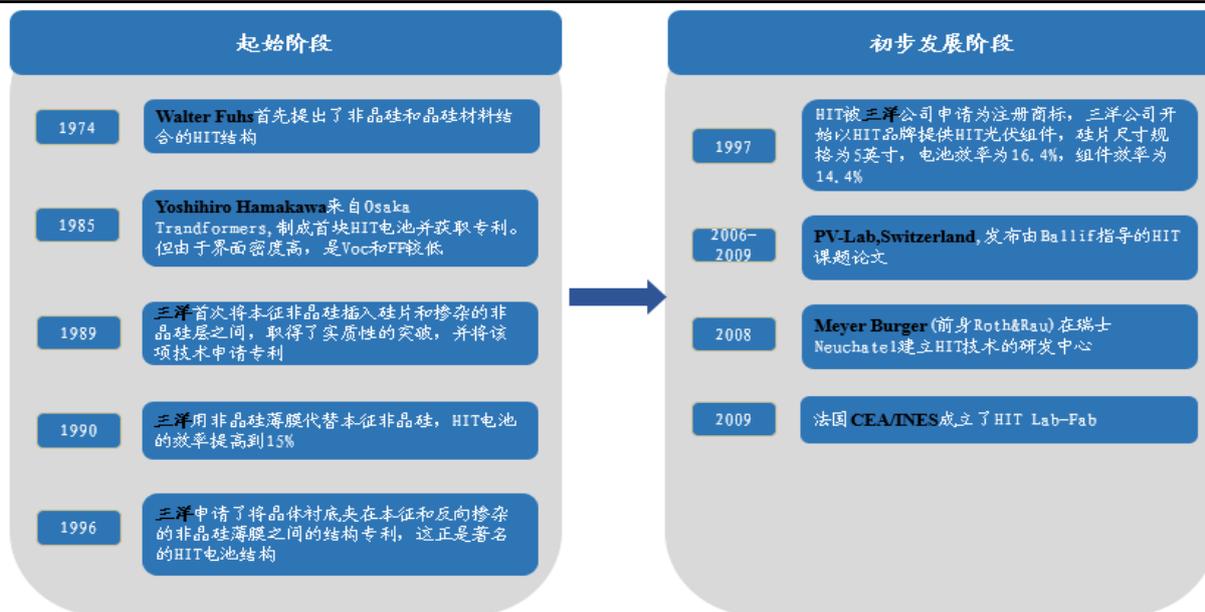
数据来源：东吴证券研究所整理

### 1.1. HIT 历史：效率提升显著，未来前景可期

HIT 电池最早由日本的三洋公司研发，1991 年三洋首次在硅异质结结构的太阳能电池中应用本征非晶硅薄膜，降低了界面缺陷态密度，使载流子复合降低，实现了异质结界面钝化作用，得到本征薄膜异质结电池，其转换效率高达 18.1%。

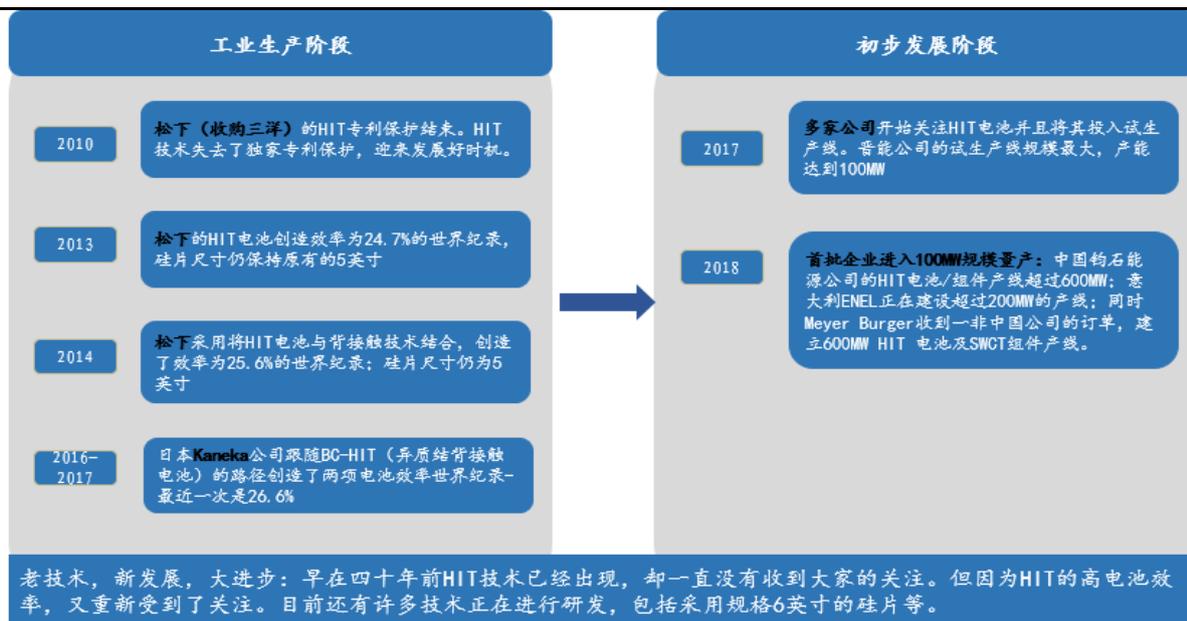
此后 HIT 电池的转换效率不断提高，在 2003 年，三洋通过优化异质结、减少光学损失、增大有效电池面积等方法，使得 HIT 太阳能电池的实验室效率达到了 21.3%。2013 年，松下（已收购三洋）研制了厚度仅有 98 $\mu\text{m}$  的 HIT 电池，效率达 24.7%。2014 年，松下采用 IBC 技术，将 HIT 电池的转换效率提升到 25.6%。2016 年，日本 Kaneka 公司将 IBC-HIT 太阳电池的效率提升到 26.63%。量产效率方面，根据钧石能源的 CTO，2019 年钧石能源的 HIT 产线平均效率 23%，在建的新产线效率将超过 25%。

图 4: HIT 电池发展历程 (截止到 2009 年)



数据来源: 梅耶博格, 东吴证券研究所

图 5: HIT 电池发展历程 (2009 年到 2018 年)

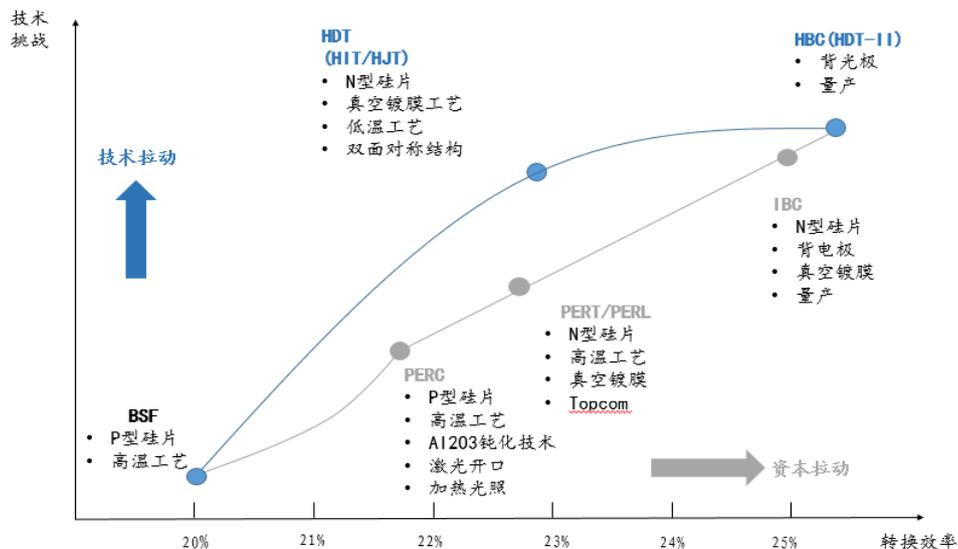


数据来源: 梅耶博格, 东吴证券研究所

2015年后, 松下对于HIT电池的专利已经过期, 技术壁垒消除, 是我国大力发展并推广HIT技术的良好时机。但HIT技术的技术门槛高, 且长期掌握在以松下和Kaneka为代表的日本企业手中, 我国关于HIT技术的研究明显落后与日本。但是国内企业在专利过期后, 均投入研发力量投入HIT研发。2017年, 晋能公司开始试生产HIT电池, 2018年实际产能已经达到50MW, 2019年3月, 晋能HIT电池量产平均效率突破23.79%。

2019年5月，钧石能源收购了松下马来西亚异质结电池工厂，钧石能源控股占比达90%，完善了钧石能源在HIT电池领域的布局。2019年7月，钧石能源与山煤国际能源集团签订了合作协议，根据该协议，双方将共建高达10GW的异质结太阳能电池(HIT)生产基地。此次合作开启了中国内地异质结电池的最大规模的投产，市场关注度极高。

图6：太阳能电池效率不断提升



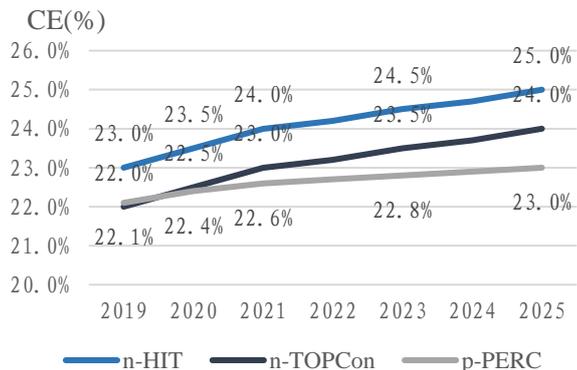
数据来源：CPIA，东吴证券研究所

## 1.2. 效率提升潜力高+降本空间大，HIT技术将成下一个风口

相比于传统的太阳能电池，利用非晶硅薄膜与单晶硅衬底异质结结构的HIT电池结合了单晶硅与非晶硅电池的优点，主要表现在：

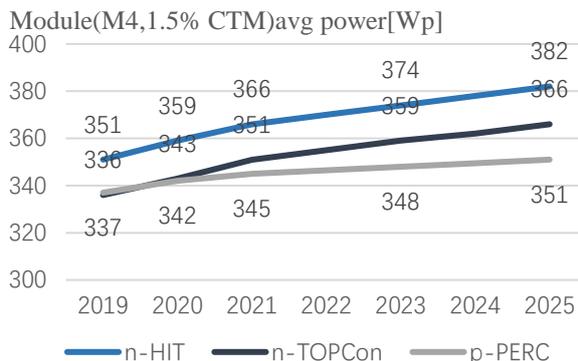
1) **效率提升潜力高**。HIT电池采用的N型硅片具有较高的少子寿命，非晶硅钝化的对称结构也可以获得较低的表面复合速率，因而硅异质结太阳电池的开路电压远高于传统单晶硅太阳电池，其效率潜力比当前使用P型硅片的PERC电池要高1.5%-2%。当前P型单晶PERC电池的转换记录是由晶科能源创造的23.95%，而HIT电池的转换记录则是日本Kaneka公司创造的26.63%

图 7: HIT、PERC、TOPCon 电池平均效率对比



数据来源: 中国光伏行业协会, 东吴证券研究所

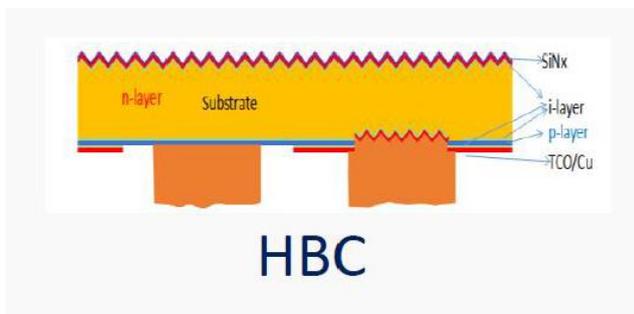
图 8: HIT、PERC、TOPCon 平均功率对比



数据来源: 中国光伏行业协会, 东吴证券研究所

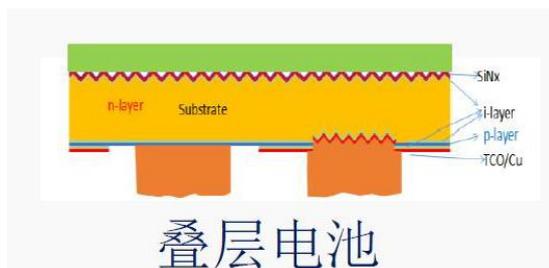
此外, 如果将 HIT 与其他技术线路叠加起来, 电池效率的提升空间会进一步加大。例如, HBC 是利用叠加技术, 将 HIT 电池的高开路电压和 IBC 电池的高短路电流的优势结合, 电池效率可以达到 25% 以上; 而 HIT 与钙钛矿技术结合的叠层电池甚至可以达到 28% 以上。

图 9: HIT 与 IBC 技术结合的 HBC 电池效率可以达 25% 以上



数据来源: OFWEEK, 东吴证券研究所整理

图 10: HIT 与钙钛矿技术结合的叠层电池效率可以达 28% 以上



数据来源: OFWEEK, 东吴证券研究所整理

2) HIT 电池拥有更大的降成本空间。HIT 电池结合了薄膜太阳能电池低温的制造优点, 避免了传统的高温工艺, 不仅大大的节约燃料能源, 而且低温加工环境有利于实现 HIT 电池薄片化, 减少硅的使用量, 降低硅原料成本。另外, HIT 工艺流程相对简化, 全部生产流程只需四步即可完成, 而 P-PERC 为了实现 23.9% 的转化效率, 需要叠加多种技术, 工艺步骤多达 8 步, 由此带来了更高的成本。

图 11: 硅片薄片化后成本测算

	2019	2020E	2021E	2022E
硅片类型	180片	170片	160片	140片
1KG硅锭长度 (um) (1)	17570	17570	17570	17570
钢线线径 (um) (2)	60	58	55	50
磨料损耗 (um) (3)	20	20	20	20
硅片厚度 (um) (4)	180	170	160	140
导轮槽距 (um) (5) = (2) + (3) + (4)	260	248	235	210
1KG硅锭理论出片率 (片/公斤) (6) = ((1) - (4)) / (5)	66.9	70.2	74.1	83.0
每片耗硅量 (克/片, 含刀缝损失) (7) = 1000 / (6)	14.95	14.25	13.50	12.05
硅料含税价 (元/kg) 税率13% (9) = (8) * 1.13	80.00	76.00	72.20	68.59
硅料不含税价 (元/kg) (8)	70.80	65.14	59.93	55.13
硅成本 (元/片) (9) = (8) / (6)	1.06	0.93	0.81	0.66
非硅成本 (元/片) (10)	1.00	0.88	0.77	0.68
硅片成本 (元/片) (11) = (9) + (10)	2.06	1.81	1.58	1.35
硅片售价不含税 (元/片) (12) = (11) * (1+30%)	2.74	2.41	2.11	1.79
电池片效率	23.0%	23.5%	24.0%	24.5%
每片功率 (瓦/片) (13)	5.62	5.74	5.86	5.99
硅片成本 (元/瓦) (14) = (12) / (13)	0.487	0.419	0.359	0.299

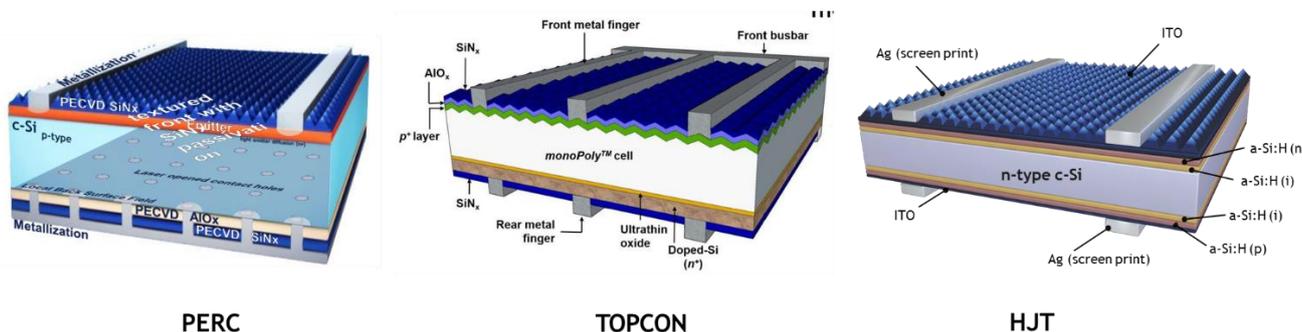
测算假设:

- 1) 硅料价格每年以8%的速度下降; 2) 非硅成本每年以12%的速度下降; 3) 硅片环节保持30%的毛利率; 4) HIT电池效率每年提升0.5%。  
5) 电池片功率=转换效率×1000×电池片实际面积(w); 6) 电池片的实际面积(以平方米为单位)=0.02443478平方米

数据来源: 东吴证券研究所整理

3) 具有更高的双面率。HIT 的双面对称结构, 正面和背面基本无颜色差异, 有利于制造双面电池, 封装制备成双面电池组件之后, 可以获得 10%以上的年发电量增益。而且其双面率(指电池背面效率与正面效率之比)已经达到 85%, 未来有望增长到 98%, 更加有效的降低装配过程中正反面安装失误产生的功率损失。相比之下, P-PERC 双面率目前为 82%, 但是由于其背面开槽、缺少对称性的形状特点, 未来提高双面率的难度系数非常大。

图 12: 由于 HIT 的双面对称结构, 具有更高的双面率



数据来源: 梅耶博格, 东吴证券研究所

4) 低温度系数, 稳定性高, 可有效降低热损失。太阳能电池的光电转换效率一般是在 25℃的条件下测试的, 但实际使用时, 由于日照原因工作温度显然会高出, 高温下的性能表现尤为重要。HIT 组件的温度系数 (-0.258%) 小于常规 P 型电池的温度系数 (-0.46%), 从而 HIT 电池组件功率损失明显小于常规组件。根据实验数据显示, 在 82

度的外部环境下，HIT 电池的效率最高会比传统组件高出 13%。

HIT 电池结合了薄膜太阳能电池的低温 (<250℃) 制造优势，整个工艺环节的温度一般在 200℃ 左右，而传统的高温扩散工艺形成 p-n 结的温度在 900℃ 以上。这种低温工艺不仅可以节省能源，也能有效地降低高温对硅片的热损伤。

**5) 具有更低的光致衰减。**P 型组件通常会发生光致衰减现象，主要是由于以“硼”为主要参杂元素的 P 型硅片会出现硼氧复合体，降低电池少子寿命，产生光致衰减的困扰。而 HIT 电池的 N 型硅片以“磷”为主要参杂元素，不存在硼氧复合因子，根除了初始光衰的可能性，衰减速度非常慢。根据松下 HIT 组件户外衰减数据显示，HIT 电池 10 年衰减小于 3%，25 年发电量的下降仅为 8%。

**6) 制备工艺流程相对于其他光伏电池大为简化，**只有制绒清洗、非晶硅薄膜的沉积制备、TCO 薄膜的沉积制备以及电极的制备（通常使用丝网印刷）四个步骤。HIT 电池比传统光伏电池少了扩散和刻蚀 2 个步骤，比当前最流行的 PERC 工艺少了 4 个步骤。而 TOPcon 电池则还需在 PERC 电池上增加 4 步，工艺更多。

图 13: HIT、TOPCon、PERC 主要电池参数对比

	HIT	PERC	TOPCON
硅片类型	N型硅片	P型硅片	N型硅片
温度工艺	晶硅+薄膜电池，低温工艺，最高工艺温度<200℃	晶硅电池，高温工艺	晶硅电池，高温工艺
光电转换效率	产线平均效率为23%； 世界目前最高可达26.6%； HIT与IBC结合的HBC效率>25% HIT+钙钛矿叠层电池最高可达28%-29%	市场上平均量产效率： 22.1%-22.2% 最高：23%	量产：22.5% 最高：23.5%-24%
温度系数	-0.25%/℃	单晶PERC：-0.38%/℃	-0.35%/℃
双面率	90-92%	70%	85-90%
组件衰减	光致衰减 (LID)、 电位诱发衰减 (PID) 以及光热衰减 (LETID) 为0； 首年衰减大约1.5%，10 年后剩余90%左右	存在PID\LID\LETID衰 减；首年衰减2-5%，10 年后效率剩余80%左右	光致衰减 (LID)、 电位诱发衰减 (PID) 以及光热衰减 (LETID) 为0； 首年衰减大约1.5%，10 年后剩余90%左右
工序	4步；良率最高	8步；良好较高	12步；良率80%，较低

数据来源：产业链调研数据，东吴证券研究所

## 2. HIT 电池降本提效进行中，市场空间潜力大

HIT 需要高昂的生产原材料和设备投入成为了制约其快速发展的重要因素之一。未来，降低成本、增加效率成为 HIT 电池行业的主要发展方向。

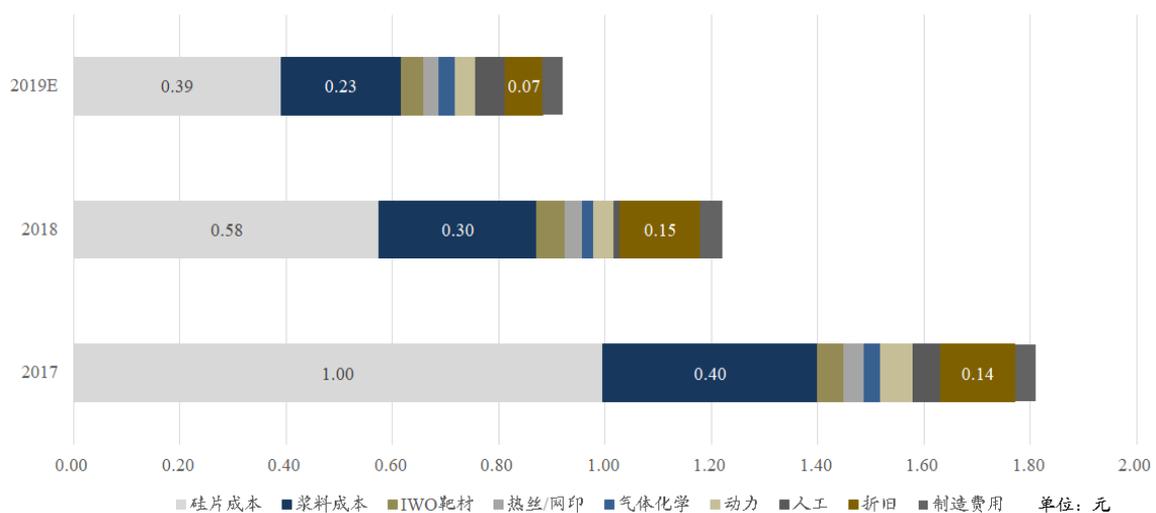
图 14: HIT 电池降本提效路线



资料来源：中威新能源、东吴证券研究所

从生产原材料构成角度来说，截止至 2018 年底，HIT 电池生产成本约为 1.22 元/W，其中硅片成本和浆料成本占比最高，分别为 47.13% 和 24.34%。

图 15: HIT 电池成本构成（单位：元）

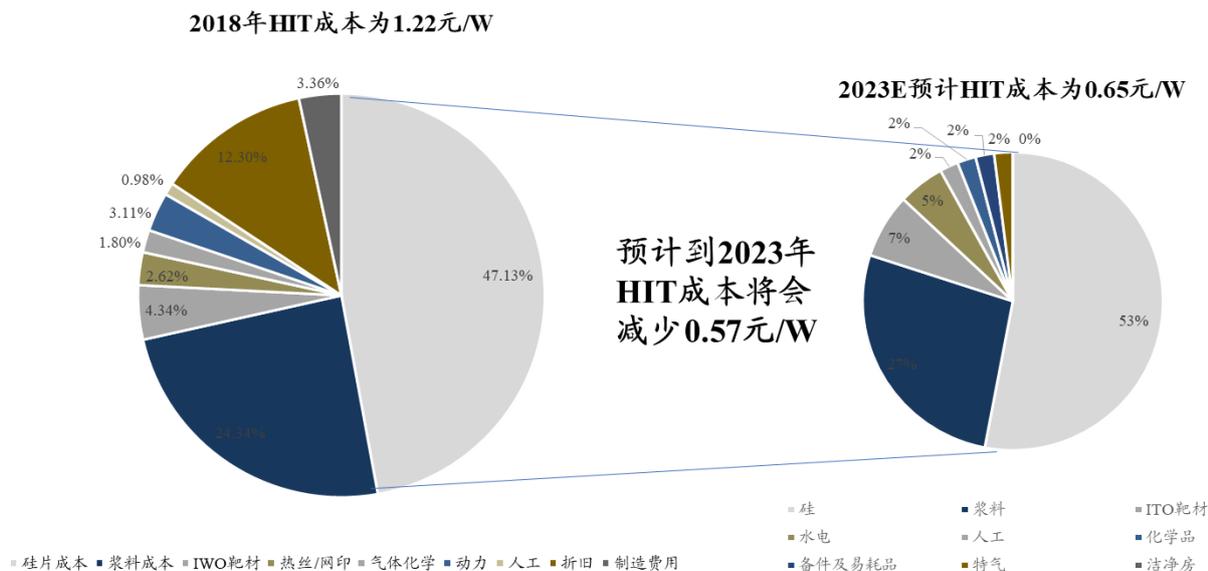


数据来源：三峡资本、东吴证券研究所

为了实现降本的目标，HIT 电池生产企业主要可以从 1) 降低硅片厚度、减少硅使用量；2) 控制银浆消耗量、实现低温银浆国产化和本土化；3) 提高设备单产效率和规模化；4) 生产设备从进口为主转向依靠国产自足等途径实现。

目前设备折旧约占电池成本的 15%，未来有望通过设备国产化和设备效率的提升，将设备折旧降低到 7-8%。

图 16: HIT 电池成本下降实现方法



数据来源：三峡资本、东吴证券研究所整理

#### 从材料角度出发：

1) 降低硅片厚度，减少硅原材料的使用量是控制成本的有效途径。HIT 电池采用较低温度（240℃）的加工技术，能够确保 N 型单晶硅片在薄片化后不会影响到硅片的电性能，仍保持较高的发电效率。相比之下，P-PERC 加热温度高达 800-900℃，如果降低 P 型硅片厚度，容易出现翘边问题；此外，由于 P-PERC 背部的铝背场温度系数和硅片温度系数存在差异，过薄的 P 型硅片容易出现隐裂。所以，相比之下，HIT 可以在保证电池效率的同时，降低 N 型硅片的厚度，节约硅原料成本。目前 HIT 硅片厚度为 180um，随着技术的不断提升，有望降低到 100um。

2) HIT 低温银浆消耗量有望减少，国产自足成为控本新突破。HIT 电池正面电极通常在 200 度的低温状态下烧结，因此必须使用低温电极浆料。而相较于高温烧结型银浆料，低温银浆生产工艺要求更高，且运输过程必须采用冷链物流，采购成本价格更高，大约是普通银浆的 1.1-1.2 倍。

随着无主栅电池和组件封装技术的推广和应用，HIT 的低温银浆消耗量有望降低

2/3。根据目前的方案，HIT 电池片的正反面共需低温银浆 280-300mg/片，合计成本 1.8 元/片；梅耶博格最新推出 SmartWire 智能网栅连接技术，正反面银浆用量将降低到 90-100mg/片，成本将大幅降至 0.6 元/片。

此外，与过往只能依靠价格高昂的进口浆料不同，**如果低温银浆实现了国产自足，成本将会下降到与传统 P 型电池常规银浆同一水平线上。**截止目前，低温银浆国产化以及本地化进程不断加快，中国企业纷纷布局，现已有中国的合资企业、民企具备了生产低温银浆的能力。

图 17: 低温银浆国产化+用量减少是大势所趋

公司名称	杜邦 DUPONT	HERAEUS	GLORY	深圳首聘	常州聚和	珠海斯肯麦科技 Sconmate
产品名称和型号	杜邦™ Solamet® PV416	SOL 570-Low temperature silver paste	GF-300X	HIT 太阳能电池用导电银浆 SH600 系列	高效低温固化 HIT 正面银浆 CSP-T1	低温导电银浆 S-DD-1
粘度 (Pa.s)	90-130 (Brookfield RVT, spindle#4, 10rpm)	CPE-51 spindle (Brookfield):50-140kcps@1rpm,25°C	-	150-200 (Brookfield HBT, 10rpm, SC4-14/6R,25°C)	170-200 (Brookfield DV2T SC4-14/10R,@25±1°C)	60-130 (Brookfield HBT, 10rpm, SC4-14,25±1°C)
细度 (μm)	-	≤5 (50%)	< 8	< 8	≤10	≤8
固含量 (wt%)	81-84 (750°C)	87-89	-	85-93	91-93	-
固化条件	(130-180)°C/ (5-60 min)	180-200°C/(10-30 min)	180-200°C/30min	(100-120)°C/10min (180-190)°C/(30-50)min	200°C/ (25-30min)	100°C/180min

数据来源：各公司官网，东吴证券研究所

**从工序设备角度来看**，相较于 PERC 的 8 道工序，HIT 虽然只有 4 步工艺，但是需要在高真空设备中进行，技术难度系数非常高，比肩半导体生产要求。例如，CVD 设备对于镀膜厚度要求非常严苛（10nm 一层），PVD 设备要求确保高真空环境，制绒表面不能存在金属离子，清洗技术要求更高。因此，HIT 生产制造环节的成本也随着更加高级的技术设备规格而增加。目前，控制设备投资成本主要依靠规模化和国产化两种途径。

**3) 提高单机产能效率，实现规模化生产。**HIT 电池生产线包括制绒、PECVD、PVD、印刷四道工艺，其中第一、三、四道工艺基本上已经达到每台 200MW 的产能，约合 6000

片电池。但是第二道工艺 PECVD 目前只能实现每台 100MW（约合 3000 片）的产能。如果要充分发挥产线所有设备的生产能力，就必须突破 PECVD 单机产能低的瓶颈，从而实现生产的规模化，降低单位产能的投资成本。正如 Von Ardenne 新推出的 PVD 设备价格提高了 12.5%，但是产能提升了 56.3%，单位投资额降低了 26.4%，PECVD 作为 HIT 工艺中价值量占比最高的设备，其产能的提升有望为投资成本的降低带来更大弹性。

**4) 设备国产化有利于降低成本。**HIT 生产设备目前仍主要依靠国外进口，整线设备投资高达 10 亿元/GW 左右。如果将工艺材料（靶材、低温银浆等）转为依靠国内生产的情况下，HIT 国产设备的整线投资额能够降低到 5-6 亿元/GW，这将会推动国内电池片厂商积极进入 HIT 设备国产化进程中，降低 HIT 生产设备成本，实现产能规模化。目前捷佳伟创、理想、迈为、均石纷纷在 HIT 的不同工序布局。但 HIT 国产设备相较于 PERC 2-3 亿元/GW 的设备投资额，成本仍然非常高。我们预测，随着 HIT 设备投资额能降至 5 亿元/GW 以下的水平，凭借 HIT 电池稳定产出、良率高的优质性能，有望对 PERC 产线实现大规模替代，HIT 电池的市场空间非常大。

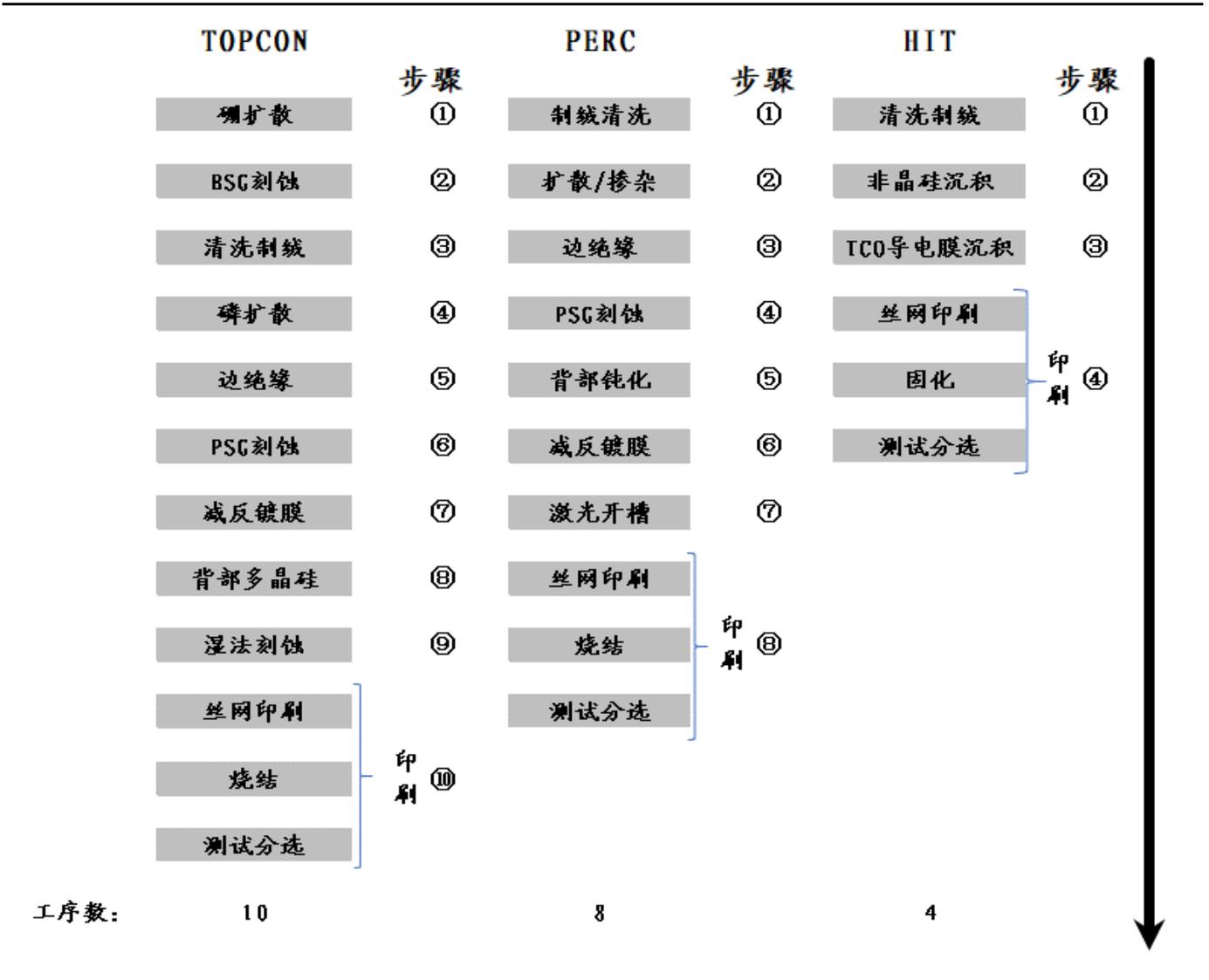
### 3. HIT 技术路线设备数量少但难度高，镀膜设备是核心设备

#### 3.1. HIT 电池制备工艺较 PERC 显著减少，镀膜设备地位提升

**HIT 电池的生产工艺相对简单，只需要 4 大类设备：**分别是制绒清洗设备（投资占比 10%）、非晶硅沉积设备（投资占比 50%）、透明导电薄膜设备（投资占比 25%）和印刷设备（投资占比 15%）。相比于 PERC 电池少了扩散、激光和刻蚀步骤。但是这四步工艺的难度相对较大，而且 HIT 生产设备和 PERC 电池生产所需的设备的工艺重合度较小。

通过下图，我们可以更直观的看到目前主要三类电池制备工艺的对比。主流的 PERC 工艺需要 8 道工艺，TOPCON 电池需要 10 道工艺，而 HIT 电池只需要 4 道工艺。这不仅减少了生产时所需设备的数量，还可以降低电池的不良率、人工成本和维护成本。

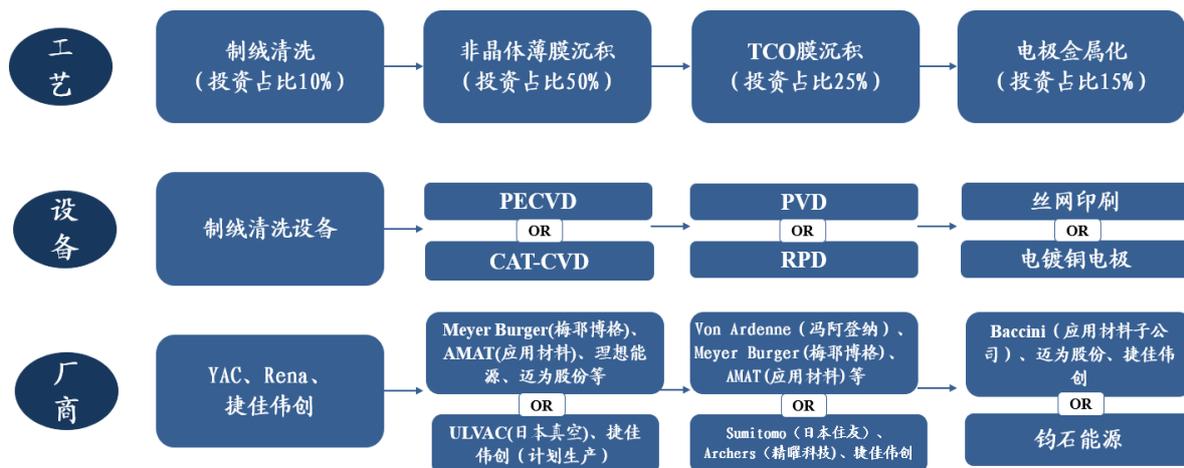
图 18: HIT 工艺步骤最少，只有 4 步



数据来源：梅耶博格官网，东吴证券研究所整理

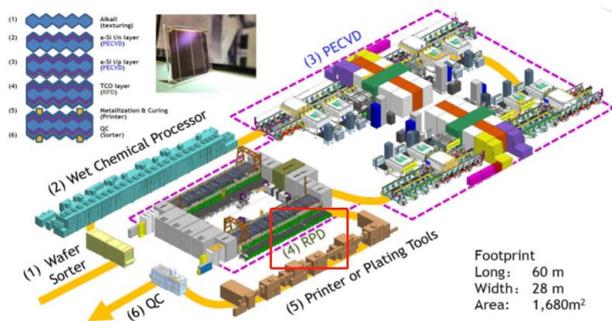
其中，第一步和第四步设备，制绒清洗设备和丝网印刷设备，国内的捷佳伟创和迈为股份已经可以进行国产替代。而最关键的镀膜设备，PVD 和 CVD，则很大程度上依赖于进口设备厂商，如梅耶博格、Singular。优秀的国内厂商，如迈为股份、捷佳伟创和理想能源已经开始了镀膜设备的研制开发且小批量出货，关键的 CVD 设备也开始进入主流电池片厂商的产品认证过程中。

图 19: HIT 4 类设备的厂商布局



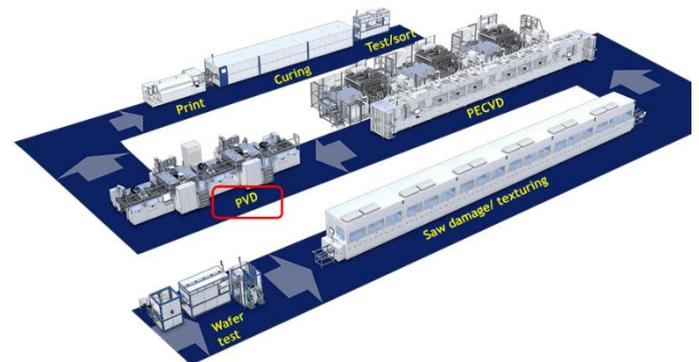
数据来源: OFWEEK, 东吴证券研究所整理

图 20: 精曜科技整线图——在 TCO 镀膜环节使用 RPD



数据来源: 精曜科技、东吴证券研究所

图 21: 梅耶博格整线图——在 TCO 环节使用 PVD, 其余和精曜科技布局一样



数据来源: 梅耶博格、东吴证券研究所

(1) **制绒清洗设备**主要是利用化学制剂对硅片进行清洗和表面结构化。该工艺涉及到的设备是湿式化学清洗设备,虽然 HIT 电池和 PERC 电池的制绒清洗设备功能相近,但是比 PERC 电池要求更高。此外,这个环节中绒面质量和化学试剂密切相关,制绒液中的乙醇或异丙醇、NaOH、硅酸钠三者浓度比例决定着溶液的腐蚀速率和角锥体形成情况。主要厂商有日本 YAC、Singular 和捷佳伟创。

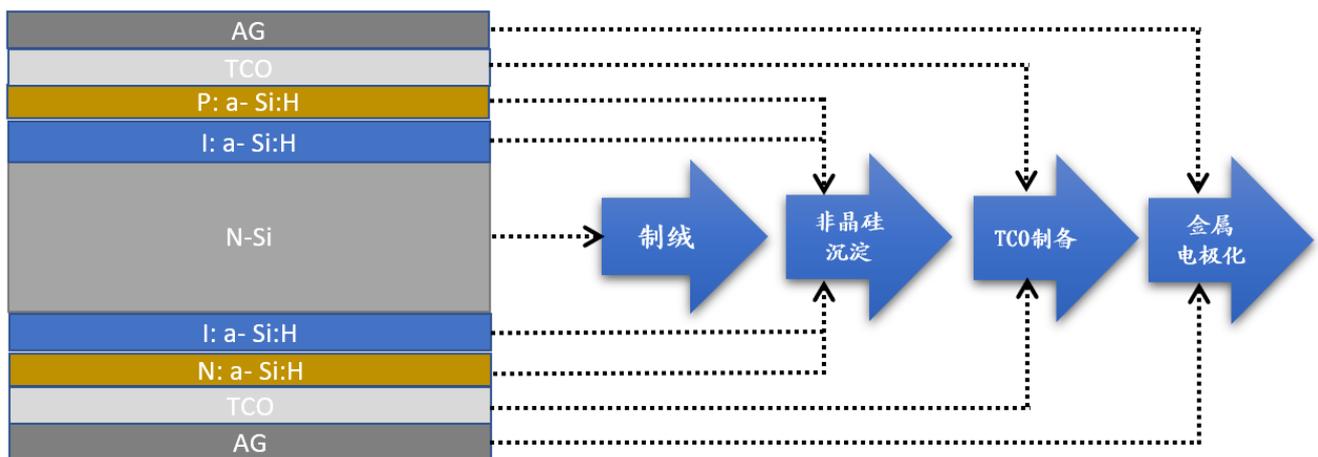
(2) **非晶硅沉积设备**主要用 CVD (化学沉积) 的方式来镀本征非晶硅层、P 型非晶硅层、N 型非晶硅层,该步骤取代了传统 PERC 工艺中的扩散工艺,是构造异质结构的关键,难度较高。主要设备包括 PECVD、Cat-CVD 等,相比于平面镀膜工艺的 PECVD 具备自动化设备用量少、镀膜均匀、生产节奏快等明显优点,纵向层叠式工

艺的 CAT-CVD 设备虽然的薄膜质量高、系统简单，但是对自动化要求高，且设备复杂成本高，不容易做大规模。在供应商方面，主要以进口设备为主。PECVD 的供应商有 Meyer Burger（梅耶博格）、AMAT（应用材料）等，国内迈为股份和理想能源也研发了 PECVD 设备；CAT-CVD 的供应商有 ULVAC（日本真空）和捷佳伟创（和日本真空合作）。

（3）透明导电薄膜设备主要设备有 RPD 和 PVD，目前主流技术路线是用 PVD（物理气相沉淀）的方式制备前后表面的 TCO 膜。相较于 PVD，RPD 的效率和质量更高，但是受制于日本住友公司对设备和靶材的垄断，有着成本高等缺点。RPD 的设备供应商有 Sumitomo（日本住友，专利所有者）和捷佳伟创（获得专利授权）；PVD 的设备供应商有 Meyer Burger（梅耶博格）、Von Ardenne（冯阿登纳）、Singulus 等。

（4）印刷设备主要是在硅片的两面制造精细的电路，将电极金属化。有丝网印刷（包括丝网印刷机，烧结炉，分选机）和电镀铜电极两种技术路线。相较于丝网印刷，电镀铜电极更便宜，但是也有工序较多、工艺复杂、废水处理等问题，而且电镀铜电极的环评存在风险。电镀铜电极工艺不是主流，供应商只有钧石能源一家。丝网印刷设备主要供应商有 Baccini（AMAT 的子公司）、迈为股份、捷佳伟创，其中以丝网印刷机起家的迈为股份具备较为明显的优势。

图 22: HIT 电池生产工艺简单，只需要 4 大类设备



数据来源：东吴证券研究所整理

HIT 路线的大规模应用受限于成本，我们认为设备是降本增效的关键。HIT 降成本主要体现在设备、银浆、靶材、N 型硅片四个环节，目前这些环节均有不同程度的下降。在这四个环节中，我们认为设备是降本增效的关键：以前 HIT 的设备投资是 10 亿/GW，随着梅耶博格、迈为股份、捷佳伟创等公司的介入，我们预计到 2019 年年底设备成本很快会降到 6 亿/GW 以下，但跟 PERC 电池 2.5 亿/GW 的投资还有一定差距。

非晶硅沉淀环节仍面临 100MW 的产能瓶颈。目前对外资公司而言（梅耶博格等），250MW 产能的产线是最经济的，价格为 2-2.5 亿元。在 HIT 的四道工艺里，其他三道工艺都可以达到 250MW 的产能。只有第二道工艺，非晶硅沉淀，仍然面临 100MW 的产能瓶颈。就国内厂商而言，迈为现在可以做出价格在 1.5 亿元的 250MW 的产线。其整条线都由一台套设备完成，即为 1 台清洗制绒设备，1 套 PECVD 设备（1 台做 P 型非晶硅沉积，一台做 N 型非晶硅沉积），1 台 PVD 和 1 台丝网印刷机。

表 1: 迈为股份报价最低，为 5-6 亿/GW

厂商	梅耶博格	钧石能源	捷佳伟创	迈为股份
供应产线	REC	山煤集团	通威成都	通威合肥
设备投资单价（亿元/GW）	8-10	10	7-8	5-6
整条线价格（亿元）	2.5	2.5	1.5	1.5
单线产能（MW）	100	250	250	250

数据来源：各公司官网等，东吴证券研究所整理

图 23: 目前各个设备公司在 HIT 各个环节的布局情况（部分为已经供应，部分为正在布局）

环节	设备	已布局公司
制绒清洗及自动化 （投资占比10%）	制绒清洗设备	YAC、Singulus、RENA、捷佳伟创
非晶硅沉淀 （投资占比50%）	PECVD	Meyer Burger（梅耶博格）、AMAT（应用材料）、Singulus、理想能源、迈为股份、钧石能源
	或	或
	CAT-CVD	ULVAC（日本真空）、捷佳伟创
TCO制备 （投资占比25%）	PVD	Von Ardenne（冯阿登纳）、Meyer Burger（梅耶博格）、Singulus
	或	或
	RPD	Sumitomo（日本住友）、Archers（精曜科技）、捷佳伟创
金属电极化 （投资占比15%）	丝网印刷	Baccini（应用材料子公司）、迈为股份、捷佳伟创
	或	或
	电镀铜电极	钧石能源

数据来源：各公司官网，东吴证券研究所整理

### 3.2. 制绒清洗设备： YAC 具有绝对的竞争力

HIT 的制绒清洗工艺涉及到的设备是化学清洗设备，主要是利用强腐蚀性的化学制剂对硅片进行清洗和表面结构化，从而在表面制得金字塔状的突起。制得的绒面结构增加了入射光在硅片表面反射和折射的次数，增加了光的吸收，有助于提高电池的性能。

目前，制绒清洗设备已可以进行国产设备替代。主要厂商有，捷佳伟创、日本 YAC 和 Singulus。其中 YAC 的制绒清洗设备有非常强的竞争力。首先，YAC 的制绒清洗设备可以在较宽的 Si 浓度下 (0%-4%) 进行稳定的制绒 (2-10 $\mu$ m)。与其他产品相比，YAC 的制绒剂 TK81 有着粘度低，易于制备和供应等优点。这样制绒剂的腐蚀反应速率不会很快，硅片表面金字塔结构更加均匀，对光的吸收更好。此外，高纯度的化学试剂也帮助 YAC 制作出质量更高的绒面，因为清洗杂质的效果会影响后续工艺的制备效果。因为 HIT 电池制备是在低温下完成的，无法通过后续的高温工艺除去杂质。所以如果在制绒清洗环节中，如果没有把杂质清洗干净，这将对后续工艺造成很大的影响。

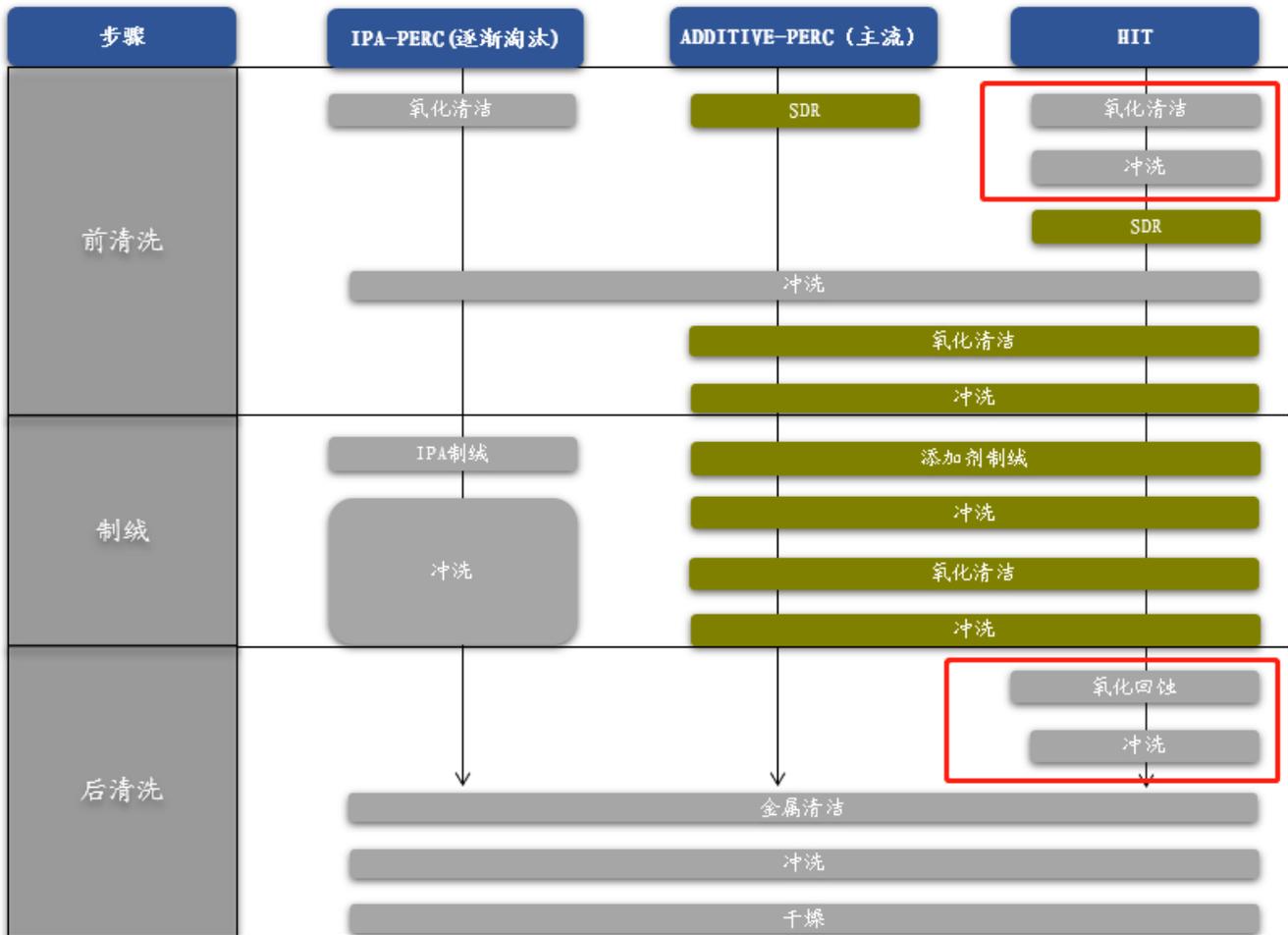
图 24: 制绒清洗设备对比

公司	型号	uptime	破片率	产能	图片	特点
YAC	Pure Etch T80	-	-	2000片/hr		制绒剂粘度低，易于控制在较宽的Si浓度下 (0%-4%) 进行稳定的制绒 (2-10 $\mu$ m) 纹理可以用于各种物质 通过降低后基板表面的反射率来提高转换效率
singulus	SILEX II	$\geq 95\%$	$\leq 0.01\%$	8000片/hr		硅片厚度低至120 $\mu$ m(根据要求<120 $\mu$ m) 个性化灵活工艺排序 机载调节产能的调度软件 机载性能分析软件 臭氧强化清洁和蚀刻工艺 迅速、稳定的无异丙醇制绒工艺
捷佳伟创	SC-CSZT6000E-28F	$\geq 95\%$	$\leq 0.05\%$	6000片/h		兼容MES、UPS和RFID功能 有效避免药液交叉污染和槽体反应超时 有效提高设备工艺产能 有效延长药液使用寿命和减少换液周期 有效保证初配时间和微量精补配液的精度
RENA	BatchTex	-	-	8000片/hr		实现单晶硅的全自动损伤层去除和碱性制绒 制绒工艺实现最高品质与生产率 借助 Bleed + Feed延长槽寿命 箱内箱式设计改善工艺均匀度并降低空间需求 同类最佳计量系统确保精确、稳定的槽液组成

数据来源：各个公司官网，东吴证券研究所整理

低温工艺导致 HIT 比 PERC 电池对清洁的要求更高。在常规 PERC 电池生产过程中，由小金属颗粒引起的任何污染都可以通过后续高温工艺吸杂，从而去除这些杂质的影响。而 HIT 由于生产工艺在低温下完成，故在硅片制绒之后，需要进行若干特定的表面清洁步骤以去除有机物和金属杂质，因为硅片表面的洁净程度是决定后续 HIT 电池沉积效果以及最终的钝化效果的关键因素。日本设备商在采购化学制剂方面有显著优势。

图 25: 在制绒清洗环节, HIT 比 PERC 多了制绒前后的氧化清洗环节



数据来源: RENA, 东吴证券研究所整理

因此, 这个环节中硅片的质量和化学试剂密切相关, 制绒液中的乙醇或异丙醇、NaOH、硅酸钠三者浓度比例决定着溶液的腐蚀速率和角锥体形成情况。但是目前 HIT 电池制绒添加剂成本还是较高, 主要原因还是在于依靠从日本进口添加剂, 因此 YAC 作为日本公司具备天然的优势。但添加剂本身的成本非常低, 目前国内相关厂家也在研究制绒添加剂并已有所突破, 所以相信这部分成本会很快降下来。

### 3.3. CVD 镀膜设备: 占整线投资额比例最高的核心设备

第二步非晶硅薄膜沉积为核心工艺, 需要 CVD 镀膜设备来完成。该工艺涉及本征和掺杂非晶硅薄膜的多层堆叠, 并在纳米尺度上对其进行控制。因为 p-n 异质结是在 n 型晶硅衬底表面形成, 并且沉积层决定钝化的效果, 因此这一步骤是决定 HIT 电池性能

好坏的关键。

**CVD 镀膜设备占整线设备投资额的 50%，最为关键。**在国产化的背景之下，如果按照 1GW=4 条线计算，每条线 250MW 需要 1 套 PECVD 镀膜设备（即两台设备，一台镀正面 P 型非晶硅膜，一台镀背面 n 型非晶硅膜，镀 p 膜和 n 膜之前两台设备分别镀两面的本征非晶硅膜），我们预估单台设备的投资额是 2500-3000 万元，因此每条线所需的 PECVD 镀膜设备投资额为 5000-6000 万元，则 1GW 对应的该设备投资额约为  $3000*2*4=2.4$  亿元，在 HIT 电池生产过程中投资额最高，也最为关键。

**CVD 设备中，PECVD 是主流，具备自动化设备用量少、镀膜均匀、生产节奏快等明显优点。**PECVD 设备的供应商包括瑞士的 Meyer Burger、瑞士的 INDEOtec、中国台湾的精耀科技、中国理想能源公司和中国迈为股份。

1) Meyer Burger 的 PECVD 设备——HELIA PECVD，采用直接 RF 等离子体平行板反应器设计，已获得专利认证，并大规模用于生产。公司专门为其开发了 S-Cube 等离子体技术，盒中盒式的设计有助于实现极低的污染和均匀的沉积。该设备支持每小时 2400 片硅片的生产量，在区熔单晶硅片(FZ)型上已经实现了超过 10ms 的有效少数子寿命，在直拉硅片(CZ)上实现了超过 2ms 的有效少数子寿命。

2) 台湾精耀科技已经开发了基于平行线等离子体的 PECVD 设备，并已申请专利授权。该技术能提供均匀的薄膜沉积和清洁处理环境，将有效减少污染。该设备每小时的额定生产量为 2520 片硅片。目前晋能和台湾 NSP 等光伏制造商正在使用其生产的 PECVD 设备。

3) 瑞士 INDEOtec 公司的核心技术可在沉积过程中避免破坏真空，有效解决了污染本征非晶硅薄膜的问题。HIT 电池生产过程中需要沉积本征非晶硅膜和掺杂非晶硅薄膜，当在同一腔室中进行沉积时，存在来自先前沉积步骤的掺杂剂污染本征非晶硅薄膜的风险。瑞士 INDEOtec 公司开发了抗交叉污染处理(ACCT)特殊技术，尽管该技术能有效降低污染风险，但是也存在降低效率的局限性：基于 n 型单晶硅片标准工艺流程的无主栅 HIT 电池效率为 23.14%，而此方法的效率为 23.04%。

4) 钧石能源也已进入 HIT 电池生产设备领域，凭借其薄膜光伏设备的背景以及建立 600MW 硅片厂中所获得的经验，开始为 HIT 电池提供包括 PECVD 在内的关键沉积设备，该设备在托盘内可实现 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度均匀性，每小时额定生产量为 3,000 片硅片，正常运行时间达到 90%。

5) Singulus 公司正处于开发 PECVD 技术的初始阶段。

6) 理想能源公司的沉积系统正在被汉能使用。

7) 迈为仅需验证 CVD 设备，即可在 HIT 整线领域取得突破性成绩。迈为的一套 PECVD 设备仅需 2 台（一台 i 和 P 层(正面)，一台 i 和 N 层(背面)），和其它设备供应商

相比在非晶硅薄膜沉积环节所需设备数量较少，2台设备产能互相匹配，每小时的生产量为6000片硅片。公司的清洗制绒和PVD设备分别采购自日本和德国，印刷使用自主研发的设备，因此，未来只需验证PECVD设备的稳定性和可靠性，迈为的整线设备即可在HIT设备领域具备显著的领先优势。

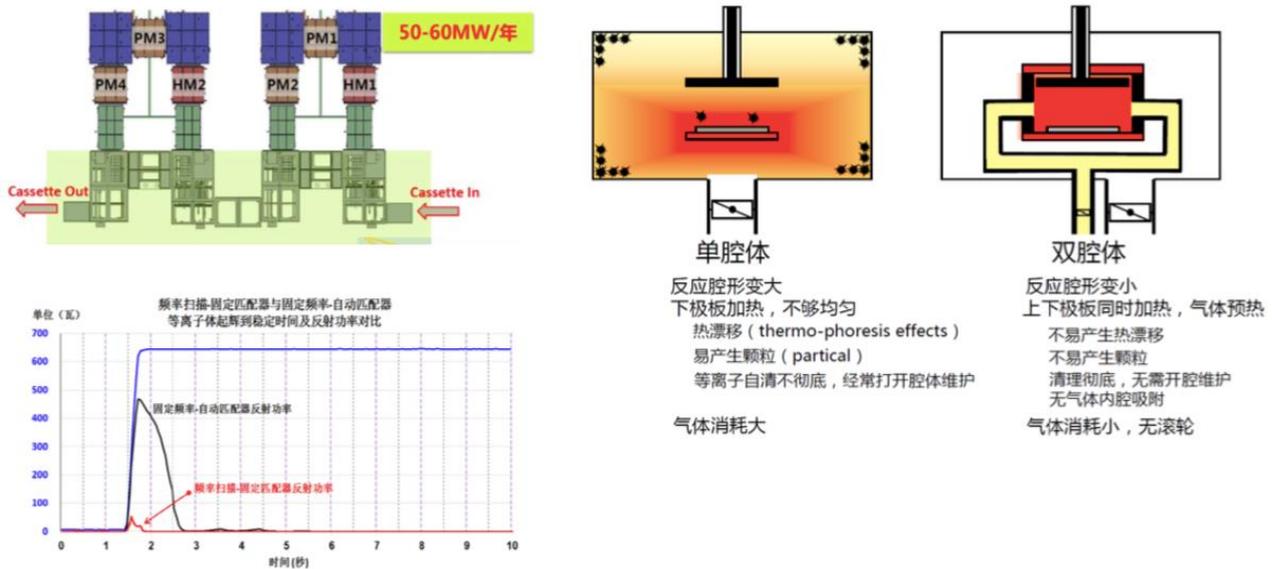
图 26: PECVD 镀膜设备对比

公司	设备名称或型号	设备图片	产能 (片/时)	寿命	设备特点
Meyer Burger	HELiA PECVD		2400	FZ: 10ms; CZ: 2ms	工艺稳定均匀，无交叉污染；可靠性高，成本低；高质量的钝化层；产量高；维护简单；电池片转换效率超过24%；原位清洗沉积室和载体；采用直接RF等离子体平行板反应器设计，已获得专利认证，并大规模用于生产；开发S-Cube等离子体技术；该设备基于盒中盒式的设计，有助于实现极低的污染和均匀的沉积
钧石	自主研发稳定高效的PECVD设备		3000		运行稳定、产能高、连续批量化生产重复性好；采用独特的RF电极设计，辉光电极间隙可调，低功率起辉稳定，载板温度均匀性好，沉积的薄膜厚度均匀；工艺窗口宽，低功率薄膜钝化后的晶体硅，其少子寿命可接近其本征寿命。
精曜科技	ALC-200 PECVD		2520		稳定且无交叉污染的镀膜腔体设计，确保晶片表面的钝化品质；独立式镀膜腔设计，方便维护与降低停机时间；稳定低等离子体操作功率对异质结电池砷晶片表面无损伤
Indeotec	OCTOPUS III		2400	CZ: 5ms	可靠性高，成本低。公司开发了抗交叉污染处理 (ACCT) 特殊技术，其核心是名为PECVD Mirror的创新概念，该设备可在完全避免破坏真空环境的情况下，在沉积顶部和底部非晶硅薄膜时翻转硅片。但是也存在降低效率的局限性。
理想	INLINE PECVD (Oak-L-5)		1200		重复、稳定、可靠，特别适用于高质量异质结晶体硅电池；光电转换效率已经超过21.3%；甚高频 (40MHz) 等离子体源，基片损伤低；无移动原件射频匹配技术，等离子体稳定时间<0.5秒；在线式设计可同时满足研发和量产需求
Singulus	GENERIS PECVD		8000		适用于每一种太阳能电池结构；可调节生产量；IC-PECVD保证温和的涂层工艺不会对发射极或界面造成损坏；工艺全程晶圆温度可控；全真空不间断PECVD；合理高效地使用气体；腔室和托盘设计能减少寄生沉积；稼动率 ≈ 97 %
迈为股份			6000		目前还在验证中

数据来源：各公司官网，东吴证券研究所

图 27: 理想公司 PECVD 设备布局——腔室结构

### 理想公司的腔室结构



数据来源: 理想公司, 东吴证券研究所整理

#### 3.4. TCO 镀膜环节: PVD vs RPD 路线之争, 现阶段更看好 PVD 制备方式

第三步 TCO 膜沉积通常应用溅射的方法在 PVD 设备中完成。制备 TCO 薄膜也是 HIT 电池生产工艺中非常重要的一步, 须注意保持电池背面的非晶硅薄膜的钝化特性。TCO 薄膜的质量将影响横向电荷收集。此外, TCO 的透明度和电阻率也非常重要。

TCO 镀膜环节可采用 PVD 和 RPD 两种沉积方式。Von Ardenne, Meyer Burger, Singulus 和钧石能源是领先的 PVD 设备供应商。INDEOtec 公司的 OctopusII 沉积系统也可以实现 TCO 薄膜的沉积。目前精曜科技和日本住友正在推广反应等离子体沉积 (RPD) 制备方式, 后者的 RPD 设备获得专利授权。目前捷佳伟创已获得住友重工 (中国大陆地区) 授权研发制造 RPD 设备。RPD 制备与 PVD 制备相比, 属于 HIT 电池生产 TCO 膜的跨越性升级技术, 其可帮助 HIT 拉大与 PERC 和 Topcon 等技术的效率差距, 保持 HIT 电池在效率上的绝对领先性。

图 28: TCO 镀膜环节设备对比, 日本住友、精耀科技正在推广 RPD 设备

公司	设备名称或型号	设备图片	产能 (片/时)	应用领域	是否双面沉积	设备特点
Von Ardenne	1) SCALA 模块化镀膜系统 (提供两种基本配置: SCALA LabX, SCALA PilotX)		SCALA LabX: -	实验室	否	SCALA LabX是一个单端工具, 用于带或不带负载锁的批量处理。它非常适合于实验室规模的过程和应用程序开发。
			SCALA PilotX: 1200	中试线	否	SCALA PilotX是为水平内联操作而设计的, 因此适合于试生产。
	2) XEA NOVA 晶硅镀膜系统		XEA NOVA2.6 : 2600	量产	是	XEA nova® 是一种带有载体返回传输装置的连续式晶硅镀膜系统。这是为高效异质结太阳能电池应用例如透明导电层和金属层沉积专门设计的。该系统也适用于其它小型基片; 其显著特点是能够按顺序对基片的两个表面同时进行处理, 可配备旋转磁控管进行溅射, 可以配备电子束枪及各种蒸发源, 可以在真空状态下或在基片进入真空状态之前对基片进行特殊的预处理, 比如对基片进行清洗或蚀刻; 靶材利用率约为 80%
			XEA NOVA3.6 : 3600	量产	是	
XEA NOVA5.5 : 5500	大规模量产	是				
XEA NOVA8.0 : 8000	大规模量产	是				
Meyer Burger	HELIA PVD		3000	实验室; 中试线; 量产	是	高品质溅射层; 单通道双面沉积(TCO +金属); 工艺中包含边缘隔离(不需要额外步骤); 工艺稳定均匀, 无污染; 产量高, 可靠性高, 成本低; 具有很高的一致性; 容易维护
钧石	自主研发成熟稳定的高产PVD设备		3000	实验室; 中试线; 量产	是	自主开发的旋转靶PVD双面沉积设备, 靶材利用率提高至80%, 维护时间减少40%, 采用独特的阴极靶座设计, 溅射工艺稳定性高重复性好; 设备稼动率高达90%以上, 每小时产量为3000片; 预热腔室和沉积腔室配有原位加热元件, TCO薄膜沉积温度可至200 °C, 沉积的薄膜厚度均匀性控制在5%内
Singular	GENERIS PVD 三种可选模式: GENERIS LAB, GENERIS PVD 3000, GENERIS PVD 6000		-	实验室	是	模块化配置; 低生产成本和高稼动率; 靶材利用率提高至80%; 溅射方向可选自上而下/自下而上; 可配置溅射序列; 对整个工艺过程进行温度控制; 通过旋转式圆柱形磁管最大程度使用靶材 溅射材质: ITO, AZO和Ag, NiV, Cu, Al等金属; 可根据客户要求定制手动或半自动实验室版本
			3000	量产	是	
			6000	量产	是	
精耀科技 ARCHBRS	RPD-35 反应等离子体沉积镀膜设备		2520	实验室; 中试线; 量产	是	高长波长透光率; 高质量、低粒子轰击损伤、均一度佳; 高产量与高配套特性; 保证长时间的运行且维修时间短; 提供客户完成具有特色的镀膜作业; 与磁控溅镀比较, 采用RPD能提升超过1%异质结太阳能电池效率

数据来源: 各公司官网, 东吴证券研究所整理

**RPD 制备存在如下优点:** (1) 电性能方面, RPD 设备效率更高。根据 2018 年某国内客户量产数据统计, 排除设备异常等特殊情况, RPD 设备较 PVD 设备提升约 0.4% 的绝对值效率; (2) RPD 设备量产稳定。精耀科技的 RPD 设备量产率稳定在 98% 以上, 平均 98.5% 以上; (3) 电池效率方面, RPD 设备 (23%) 高于 PVD 设备 (22.5%); (4) 组件成本方面, RPD 设备 (2.13 元/W) 低于 PVD 设备 (2.18 元/W); (5) 毛利率方面, RPD 设备 (17.64%) 高于 PVD 设备 (12.68%); (6) 其它优点: RPD 设备工艺温度较

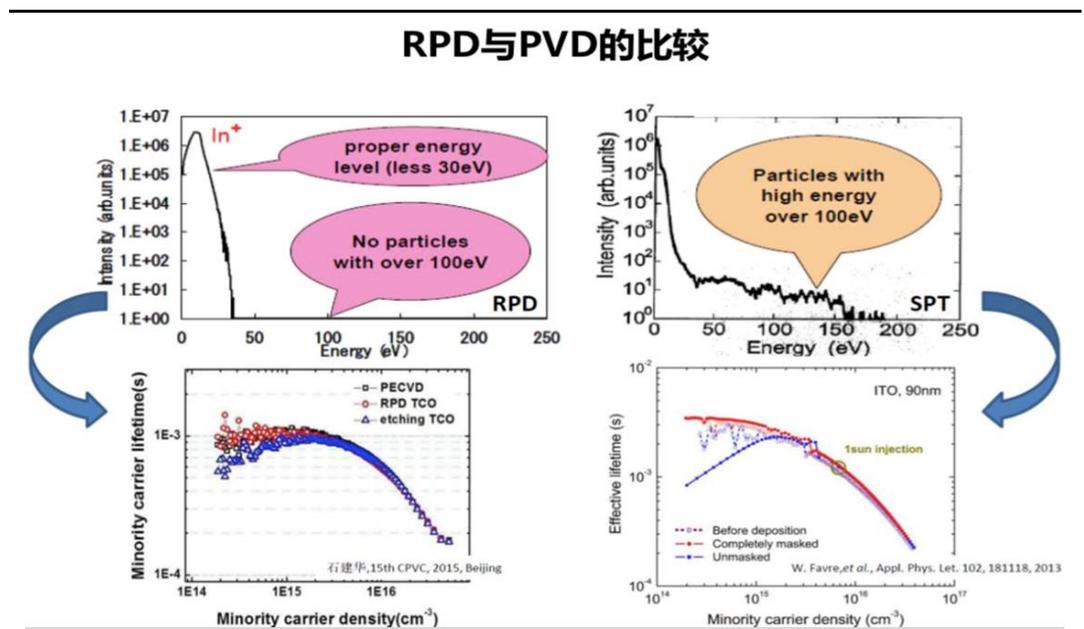
低，而在 Sputtering 制备下，工艺温度约在 150 度以上；沉积速率较快；对非晶硅轰击弱；薄膜结晶度高，粗糙率低；薄膜透过率高，电阻率低，低自由载子吸收确保有高的长波和长穿透率；低离子轰击，RPD 制备下，离子轰击能量小于 30eV,远低于 PVD，有效确保非晶硅层与 TCO 接口的高质量；优异的结晶特性；优异的短路电流，RPD 设备工作电压在 15-20V 左右；RPD 设备改善空间大，可进一步提高产能，降低生产成本。

表 2: PVD 和 RPD 相关参数对比

	PVD	RPD
工艺温度	150°C 以上	常温
量产率		优于 PVD 0.4% 左右
电池效率	22.50%	23.00%
组件成本 (元/W)	2.18	2.13
组件功率 (W)	317	324
售价 (元/W)	低	高
毛利率	12.68%	17.64%
电池产能 (MW)	97.86	100
组件产能 (MW)	94.93	97

数据来源：精耀科技，东吴证券研究所

图 29: RPD 与 PVD 比较



数据来源：精耀科技，东吴证券研究所

RPD 制备同样存在显著的缺点：（1）受制于日本住友专利技术，核心部件依赖进口，设备价格较高。RPD 设备镀膜需要镀正反两面的膜，原来的纯进口设备镀一面需要 270 万美元，一条线需要 2 台设备，捷佳伟创 RPD 设备获得住友授权国产化后，镀单面的价格为 1500 万元，价格降低，但依然高于 PVD 设备；（2）市场空间小，产能优势无法充分发挥。尽管 RPD 制备较 PVD 产能大，但目前 RPD 设备的耗材、零件供应商较少，且设备供应商单一，无法形成有效竞争，因此产能优势无法得到充分发挥。（3）所需设备较多。RPD 制备下需要两台设备才能完成 TCO 沉积工艺，PVD 制备下仅需一台设备。

短期，我们更看好 PVD 制备方式在 HIT 电池规模化生产过程中的应用。尽管 RPD 制备下生产的 HIT 电池质量更好，但 PVD 设备在产能（RPD 的 2 倍，可以做到 6000 片每小时）、价格（二分之一左右）、设备稳定、市场空间大等方面更具优势。

因此，就目前来看，RPD 设备的质量优势不足以弥补其在上述方面的劣势，因此我们更看好 PVD 设备。但国内的 PVD 设备较国外存在较大差距，德国的冯阿登纳公司优势明显，2019 年已经推出了 8000 片每小时的最新产品。下图将镀膜设备大体划分为 5 部分，其中高附加值的部分大都依赖进口。

表 3: HIT 镀膜设备大体分为 5 部分，附加值高的产品大都依赖进口

镀膜设备构成	设备描述
① 真空形成系统	国内技术含量较低。
② 发射源和沉积系统	尽管国内有能力制作热蒸发系统，但普遍使用的电子枪系统至 2014 年依然依赖进口。
③ 沉积环境控制系统	真空计和气体分析仪基本被英国、美国、德国、日本垄断。
④ 监控系统	监控系统精度决定了镀膜设备的精度。国产光控系统的可靠性较差。激光光控系统方面，一般由美国公司生产，至少国产的主要配件（激光器和光功率计）依然需要从美国进口精度。
⑤ 传动机构	近几年国内已经投入量产。

数据来源：各公司官网，东吴证券研究所整理

我们认为 PVD 设备无法国产化的根本原因在于技术人员整合不足。技术人员很难同时兼顾自动化设计、镀膜和制造三方面，因此我们认为这是 PVD 设备国产化的关键突破点之一，设备的国产化也有利于降低 HIT 电池生产成本，进而推动其加快产业化进程。

### 3.5. 电极金属化环节：丝网印刷 vs 电镀，丝网印刷更优且降本空间大

丝网印刷和电镀铜是 HIT 金属化的主要方法。由于 HIT 电池结构与常规电池完全不同，因此 HIT 的金属化工艺也不同。HIT 电池采用非晶硅薄膜，将工艺温度限制在

200°C 至 220°C 的低温环境下，而其它电池通常在约 800°C 的较高温度下进行烧结，所以金属化的主流技术路线丝网印刷通常使用可在低温下固化的特殊银浆。银浆的使用有一定的局限性，如加工时间长和电阻较高，后者导致只有在银浆沉积量较高的情况下，才能使导电率保持在相同水平，浆料成本也随之增加。银浆用量大成本高的缺点促进了替代金属化方法的发展，例如电镀。同时金属化工艺的选择与组件生产中的互连技术密切相关。因此，在选择 HIT 电池的表面金属化技术时，必须认真考虑电池片互联问题。

**丝网印刷是 HIT 电池金属化的主要手段，目前在低温固化银浆领域取得进展。**丝网印刷技术是光伏制造商普遍采用的工艺，但 HIT 电池使用的低温银浆为印刷增加了一定难度，主要不便之处在于低温聚合物必须在 -40°C 下储存，此外一旦打开容器，聚合物就开始反应，这意味着必须立刻使用浆料。目前 HIT 电池在低温固化银浆领域已经取得了很大的进展，德国 Heraeus 和俄罗斯 Monocrystal 等浆料供应商可提供在室温下存储和加工的低温固化浆料。

**我们认为 HIT 降本的关键在于降低设备成本和金属化环节成本，后者的重要手段是丝网印刷，主要突破口在银浆成本。**根据最新的调研成果，HIT 电池中成本占比最大的是银浆，为 27%。丝网印刷的产能以 200MW 为例，目前为 5000 片/小时（PERC 为 7000 片/小时）。普通的 HIT 电池正反面的银浆消耗量在 280-300 毫克，而低温银浆的价格在 6000 元/千克左右，由此我们估算每块电池片银浆的成本为 1.8 元。

**Meyer Burger 的 SmartWire 智能网栅技术能有效降低丝网印刷成本。**该技术去掉正反面 5 根主栅，剩下的细栅直接用金属丝连接，正常情况下正反面细栅银浆耗量为 90-100 毫克，则我们预计每块电池片可节省的细栅银浆成本（同样以 6000 元/千克进行估算）为 1.2 元。同时去掉 5 根主栅，可将正反面印刷主栅的印刷头从 4 个减至 2 个，这样印刷头的成本将降低 200-300 万，而效率没有太大区别。

**电镀是可替代丝网印刷的一项技术。**与丝网印刷相同，电镀也需要进行特定的改进才能使其适用于 HIT 电池，主要原因系 HIT 电池表面存在导电的 TCO 薄膜。钧石能源公司使用电镀方式替代丝网印刷，与普通的印刷使用低温银浆对比，成本大幅下降。具体过程包括六步：PVD 做铜种子层、边缘刻蚀、正反覆盖干掩膜、电镀、去掩膜和反刻种子层。

**综合来看，我们认为丝网印刷未来可实现降低银浆成本的目标，较电镀具备更强的竞争优势。电镀的优点是实现双面电镀。**这意味着电池正背面金属化可以同时完成，这也与 HIT 双面电池的本质相符合，同时铜的使用会节省成本。但**电镀也有工艺复杂、附着力差、废水处理等难题亟待解决**，存在环评存在无法通过的风险，目前的市场份额较小。**丝网印刷的优点是速度较快，但低温银浆用量大，成本较高**，减少银浆用量也是未来 HIT 电池降低成本的方式之一。随着 SmartWire 技术的渗透率提高，预计无主栅是未来当前主流技术路线，银浆的用量有望降低 70%（目前 1.8 元/片，未来有望是 0.6 元/片，每片可以降低 1.2 元），因此丝网印刷技术是绝对的主流，且降本空间大。

据 Meyer Burger 首席技术官 Gunter Erfurt 表示,低温固化浆料仍有很大的改进空间。但是将来肯定会有更多特定的浆料产品可供选择,且会有更多降低浆料成本的方法出现。

### 3.6. Meyer Burger: 国际光伏行业龙头, 布局 HIT 时间早且研发优势明显

瑞士 Meyer Burger 公司成立于 1953 年,专业从事光伏(太阳能)、半导体、光电行业的创新系统和生产设备。

公司是国际光伏行业龙头,布局 HIT 电池时间早,目前已收到新加坡 REC 的设备采购订单。在光伏行业,公司以其应用于传统电池和 PERC 太阳能电池钝化的 PECVD 沉积设备而闻名,从十多年前着手研发 HIT 电池,是 HIT 技术的先驱。2018 年 5 月,法国著名研究机构国家太阳能研究所(CEA INES)通过与梅耶博格合作,创下了 72 片异质结(HIT)太阳能电池片组件的新纪录:输出功率达到 410W。这一冠军组件采用了公司的工业级电池片生产设备生产的异质结电池片,设备产能达 2,400 片/小时,是 CEA INES 试产线的一部分。此外,该组件的连接采用了梅耶博格 SmartWire 智能网栅连接技术(SWCT)。欧洲和亚洲的几家公司已从 Meyer Burger 购买 HIT 和 SmartWire 设备。公司于 2018 年 12 月收到新加坡 REC 建立 600MW 异质结和智能网线技术生产线的购买订单,也是公司目前收到的最大的关于 HIT 电池的设备采购订单。

表 4: 目前可以提供 HIT 电池关键设备的厂商列表

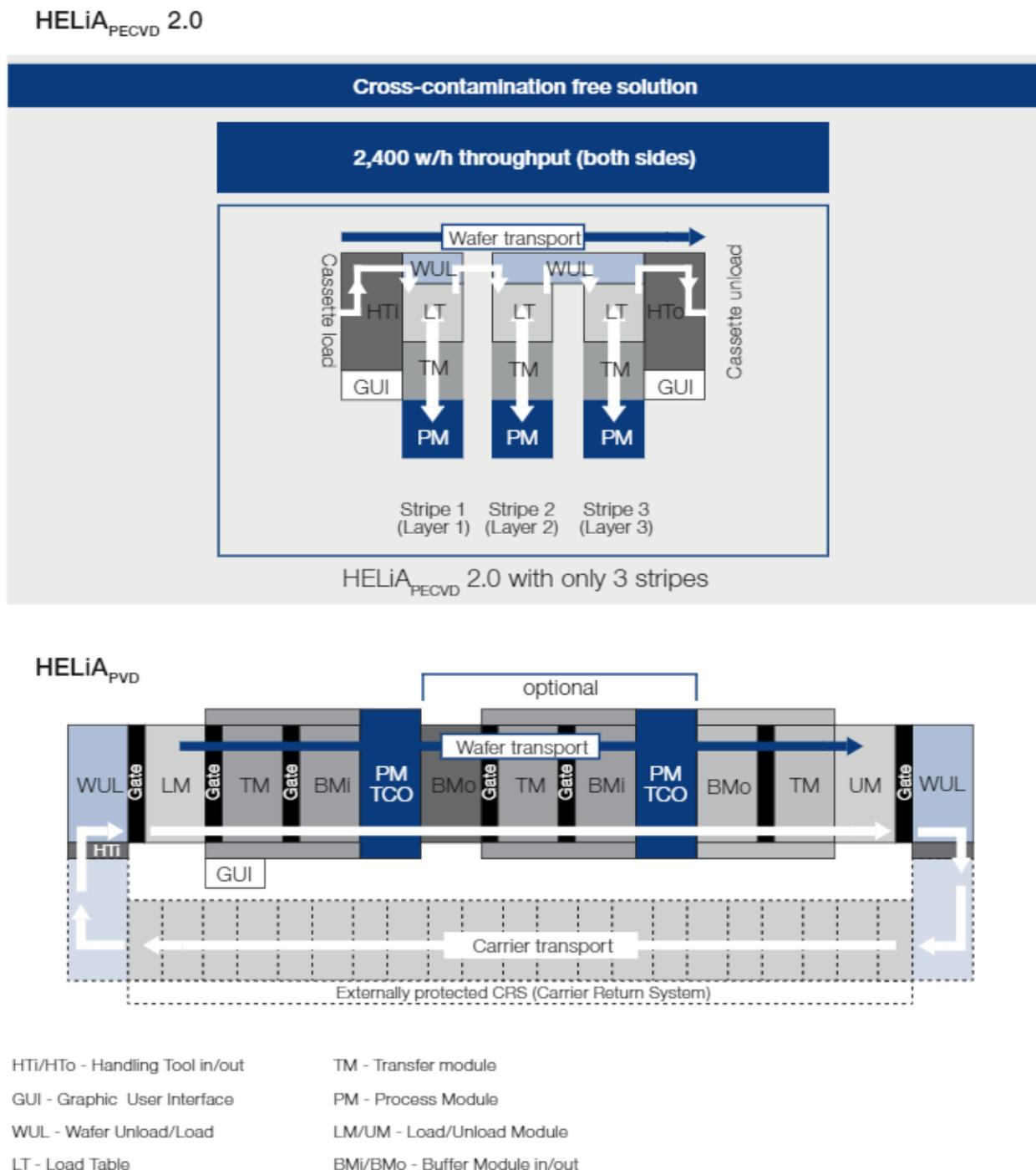
设备厂商	设备类型	特点	购买厂家
Meyer Burger	CVD、PVD、整线	出货不多	瑞士 Eco
精曜科技	PECVD、RPD (PVD)	可协助客户建制完成产线	NSP、SolarCity、晋能
理想能源	CVD	实验室机型	尚德、正泰
VON ARDENNE	PVD	-	-
迈为股份	PECVD、丝网印刷	丝网印刷较为成熟, CVD 有待验证	通威
捷佳伟创	CAT CVD、RPD	-	-通威

数据来源: 东吴证券研究所整理

HELIA 是公司最新一代高效异质结电池片镀膜系统。核心设备是 HELIA PECVD 和 HELIA PVD,其中 HELIA PECVD 设备(带 S-Cube™反应器)用于沉积本征非晶硅膜层作为钝化层,并沉积 p-掺杂和 n-掺杂非晶硅膜层,该设备应用于 HIT 电池生产过程中的第二步工艺,在前文 2.4 中已经讲解,此处不再赘述。

HELiA PVD 设备通过溅射方法使用透明导电氧化物 (TCO) 完成双面镀膜, 无需翻转硅片, 且过程包含边缘绝缘, 这意味着边缘绝缘不需要额外的步骤, 该设备应用于 HIT 电池生产过程中的第三步工艺。它能有效提高旋转靶材的利用率和产量, 并降低生产成本。该设备在薄膜质量和容量方面与 Meyer Burger 的 PECVD 设备相匹配, 两种设备的产能均为 2400 片/小时。

图 30: HELiA 是“高效低杂质设备”的简称, 该平台用于完成两种异质结电池片镀膜工艺



数据来源: Meyer Burger 官网, 东吴证券研究所整理

对比国际设备龙头，国内设备厂商有望实现在 HIT 技术渗透率提高过程中实现弯道超越。光伏电池的技术革新既是机遇，也是挑战。一方面，国内设备厂商可依靠设备的产能提升、多元化与国产化发展，降低 HIT 电池的初始投资，目前 HIT 电池难以大规模应用的最大难点在成本方面，因此国产化有望推动国内 HIT 电池大规模应用；另一方面，HIT 电池将 PERC 电池的工艺由 8 道减少为 4 道，即生产 HIT 电池的四个环节对应的设备也会相应改变，这将催生新的设备需求，新型的国内设备提供厂商有望实现弯道超车。

#### 4. 预计 2019-2022 年 HIT 设备市场空间超 220 亿

HIT 技术路线目前正处于小规模试产阶段，现主要的示范项目有四个，分别为新加坡 REC 的 600MW 项目（梅耶博格提供方案），山煤集团的 10GW 项目（钧石能源提供方案），通威合肥项目（迈为提供方案），通威成都项目（主要合作捷佳伟创）。这几个示范项目基本涵盖了 HIT 的几种生产工艺和主要设备供应商，自制化率和单位设备投资额各有不同，初步来看迈为的方案报价最低，达到 5-6 亿/GW，但和 PERC 产线的 2.5 亿/GW 投资额相比仍有较大的降成本空间。我们预计这几个项目将在 2019 年第四季度或 2020 年上半年出量产数据，我们认为届时 HIT 的生产工艺路线和降成本方向将更为明朗，例如 PECVD 和 Cat-CVD；PVD 和 RPD；丝网印刷镀银和电镀镀铜工艺。

表 5：目前主要 HIT 示范线情况

主要设备 供应商	设备 采购方	技术路线	对应细分设备供应商	自制化 率 (%)	单位设备投资 额 (亿元/GW)	拟建产能	初步投产	预计初步 投产时间
梅耶博格	新加坡 REC	PECVD+PVD+丝网印刷	清洗制绒: Exataq; PECVD:梅耶博格; PVD:梅耶博格; 印刷: 迈为股份(丝网印刷法)	75%	8 到 10 亿元	600MW (6 条线)	100MW (1 条线)	2019 年 三季度
钧石能源	山煤 集团	PECVD+PVD+电镀	清洗制绒: YAC; PECVD:钧石能源; PVD:钧石能源; 印刷: 钧石能源(电镀法)	90%	10 亿元	10GW	1-2GW	2020 年底
迈为股份	通威 (合肥)	PECVD+PVD+丝网印刷	清洗制绒: YAC; PECVD:迈为股份; PVD:冯阿登纳; 印刷: 迈为股份(丝网印刷法)	65%	5-6 亿元	250MW (1 条线)	250MW (1 条线)	2020 年 一季度

多家厂商 供货	通威 (成都)	Cat-CVD+PVD&RPD+ 丝网印刷	清洗制绒: YAC/捷佳创; PECVD: 日本爱发科 (Ulvac)/理想能源/捷佳 伟创; PVD: Singulus/RPD: 捷佳 伟创; 印刷: 迈为股份/应用材料 (子公司 Baccini) (丝网 印刷法)	各家厂 商供给	7-8 亿元	250MW (1 条线)	250MW (1 条线)	2019 年底
------------	------------	--------------------------	--	------------	--------	-----------------	-----------------	---------

数据来源: 梅耶博格官网等, 东吴证券研究所整理

表 6: 不同厂商的单 gw 设备投资额和产线配置

设备 采购方	技术路线	环节一	占比整线 比例	需要 台数	环节二	占比整线 比例	需要 台数	环节三	占比整线 比例	需要 台数	环节四	占比整线 比例	需要 台数
新加坡 REC	PECVD+PVD +丝网印刷	清洗 制绒	15%	1	PECVD	50%	1	PVD	25%	1	印刷(丝网镀 银技术路线)	10%	1
山煤 集团	PECVD+PVD +电镀	清洗 制绒	15%	1	PECVD	50%	1	PVD	25%	1	印刷(电镀镀 铜技术路线)	10%	1
通威 (合肥)	PECVD+PVD +丝网印刷	清洗 制绒	15%	1	PECVD	50%	1	PVD	25%	1	印刷(丝网镀 银技术路线)	10%	1
通威 (成都)	Cat-CVD +PVD&RPD +丝网印刷	清洗 制绒	15%	2	Cat-CVD	50%	2	PVD &RPD	25%	2	印刷(丝网镀 银技术路线)	10%	2

数据来源: 梅耶博格官网等, 东吴证券研究所整理

我们认为现阶段设备投资额的下降主要依赖于生产效率的提升。分别以梅耶博格和迈为股份为例:

2018 年梅耶博格为 REC 提供的方案是每条线产能 100MW(其中产能受限的主要原因是 PECVD, 其他环节设备均能做到 6000 片/时, 即对应 250MW 产能), 每条产线在四个环节各需设备一套以及其他自动化设备, 对应到单 GW 的投资额达 10 亿。

而 2019 年迈为为通威(合肥)提供的方案将 PECVD 设备的效率也提升到了 6000 片/时, 使得整条产线的产能达到 250MW, 每条产线所需设备的台套数跟梅耶博格的方案一直, 则单 GW 设备投资额降低到 5-6 亿。

可见设备尤其是 PECVD 的生产效率提升对单位设备投资额的下降影响非常大。

表 7: 预计 2019 年一条 HIT 产线的产能由 2018 年的 100MW 提升至 250MW

预计 2019 年 250MW 的一条线电池设备投资额情况 (单位: 万元)				
单线 250MW 的 HIT 设备	单价	需要台/套数	单条产线需要设备金额 (万元)	单 GW 设备金额(万元)
制绒设备 (万/台)	1500	1	1500	6000
PEVCD (万/套)	6700	1	6700	26800
PVD(万/套)	3700	1	3700	14800
印刷设备 (万/线)	1500	1	1500	6000
其他自动化设备 (万/套)	750	1	750	3000
合计		5	14150	56600
2018 年 100MW 的一条线电池设备投资额情况 (单位: 万元)				
单线 100MW 的 HIT 设备	单价	需要台/套数	单条产线需要设备金额 (万元)	单 GW 设备金额(万元)
制绒设备 (万/台)	750	1	750	7500
PEVCD (万/套)	4000	1	4000	40000
PVD/RPD(万/套)	2750	1	2750	27500
印刷设备 (万/线)	2000	1	2000	20000
其他自动化设备 (万/套)	500	1	500	5000
合计			10000	100000

数据来源: 梅耶博格官网等, 东吴证券研究所测算

我们基于以下的假设建立了设备市场空间的模型。根据我们测算, 预计 2019-2022 年 HIT 设备的市场空间超 220 亿。

1. HIT 大规模渗透率提高, 需要依赖于装备国产化带来的成本下降;
2. 目前整线生产效率已经达到 6000 片/小时;
3. PECVD: 每条线需要 1 套 PECVD 设备, 即为 2 台设备, 具体是: 一台 i 和 N, 一台 i 和 P;
4. 假设现阶段设备单位投资额的降价是依赖于效率的逐步提升, 2018 年单线产能是 100MW; 2019 年提高到 250MW;
5. 假设未来几年设备单位投资额的降价还依赖于装备生产的规模效应, 2020 年 250MW 单线的价格是 1.4 亿, 2021 年 250MW 单线的价格是 1.3 亿; 2022 年 250MW 单线的价格是 1.2 亿;
6. HIT 技术渗透率的提高是个缓慢的过程, 预计 2020 年是 HIT 技术爆发的元年, 将会有 10GW 左右的新增产能。

表 8: 根据我们测算, 预计 2019-2022 年 HIT 设备的市场空间超 220 亿

	2017	2018	2019E	2020E	2021E	2022E
中国新增装机量合计	52.8	40	50	60	70	80
海外新增装机量合计	46.1	55	70	90	100	105
全球新增装机量合计	98.9	95	120	150	170	185
HIT 技术路线渗透率	0.0%	0.0%	1.0%	7.0%	15.0%	30.0%
HIT 新增装机量			1.2	10.5	25.5	55.5
电池自动化生产线产能 (GW)			0.1	0.25	0.25	0.25
所需电池片生产线 (条)			12	42	102	222
单条线设备总金额 (万元)			10000	14150	13000	12000
清洗制绒设备需求 (亿元)			2	3	8	17
PEVCD (亿元)			8	17	41	89
PVD(亿元)			4	12	28	61
丝网印刷设备 (亿元)			2	8	20	44
其他自动化设备 (亿元)			1	2	5	11
合计	0	0	17	42	102	222
当年新增设备需求 (亿元)	0	0	17	25	60	120

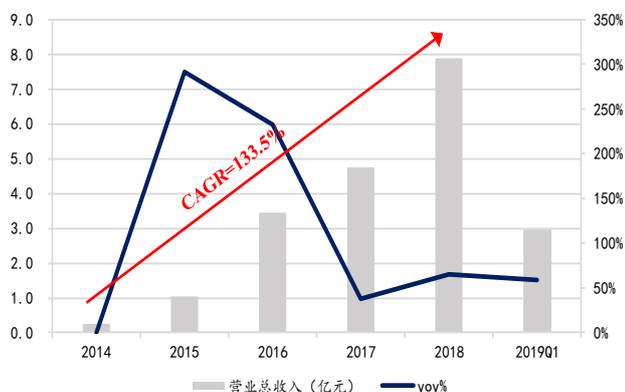
数据来源: 中国光伏业协会等, 东吴证券研究所测算

## 5. 相关标的推荐

### 5.1. 迈为股份: 丝网印刷设备领军者, 布局 HIT 核心设备成果显著

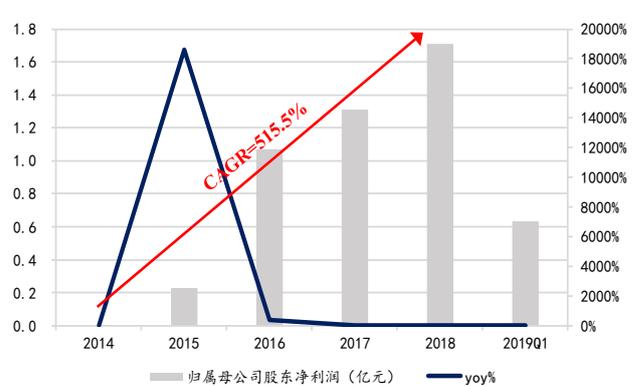
迈为股份是国内丝网印刷龙头企业。公司成立于 2010 年, 2016 年实现股份制改革, 并于 2018 年 11 月 9 日成功上市。自成立以来, 公司始终致力于太阳能电池丝网印刷生产线的开发, 其产品也历经单头单轨丝网印刷生产线、双头双轨丝网印刷生产线等众多突破性发展。

图 31: 2014-2018 年, 公司营收 CAGR=133.5%



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

图 32: 2014-2018 年, 公司归母净利 CAGR=515.5%



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

现已与光伏行业巨头通威太阳能、晶科能源、隆基乐叶、协鑫、阿特斯、天合光能等建立了长期合作关系，打破了丝网印刷设备领域进口垄断的格局，并远销新加坡、马来西亚、泰国、越南等海外市场，实现了智能制造装备少有的对外出口，**2019 年在全球新增市场的占有率已超过 90%，具有绝对领先优势。**公司在现有光伏设备的基础上，相继进入光伏激光设备，叠瓦组件设备等光伏上下游设备领域，并进入了 OLED 显示装备领域。截至 2018 年，新业务相关订单超过 3 亿。

**乘行业之东风，公司业绩迅速放量。**2014-2018 年，公司营业收入从 2655 万增至 7.9 亿，复合增速为 133.5%，同期归母净利润从 12 万增至 1.7 亿，复合增速为 515.5%；2019 年 Q1，公司实现营业收入 3.0 亿，同比+58.4%，归母净利润 0.6 亿，同比+26.6%。公司自 2015 年来，净利率一直维持 20%以上，毛利率 2018 年前维持 40%以上，为使客户适应激光+丝网印刷前后匹配的整线优势，培养客户使用习惯，2018 年公司开始转变市场战略降低毛利率，2019 年 Q1 毛利率为 32.6%。**第一季度设备行业普遍低迷，我们预计公司毛利率 2019 年 H1 会有所回升。**

**公司主营业务丝网印刷设备技术含量高，产品国际领先，议价能力较强。**目前产品性能优于主要竞争对手 Baccini，且价格低 10%-20%，国内竞争对手是东莞科隆威，市占率仅为公司的 1/9-1/8。公司的丝网印刷产线成套设备主要应用于电池片生产环节的后段。其产品主要经历了四个发展时期，包括传统单头单轨丝网印刷生产线（SL）、带有二次印刷功能的单头单轨线（SL-DP）、双头双轨线（DL）以及双头双轨丝网印刷超级线（FDL）。

图 33: 丝网印刷机（普通）



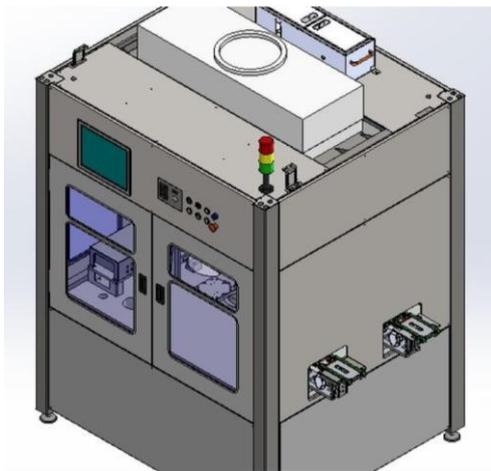
数据来源：公司官网，东吴证券研究所

图 34: 丝网印刷机（高清）



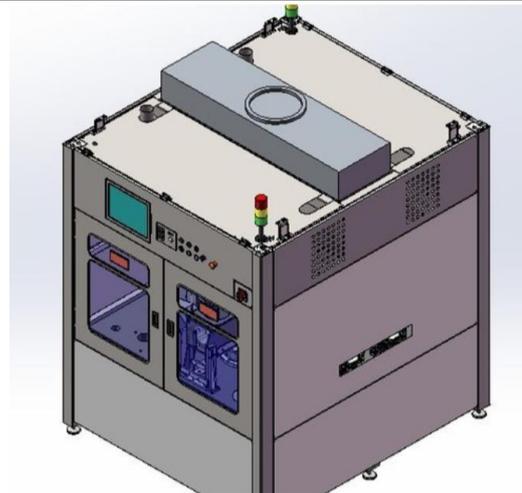
数据来源：公司官网，东吴证券研究所

图 35: LEG-A40 单轨 SE 激光机



数据来源：公司官网，东吴证券研究所

图 36: LEG-A50 双轨 SE 激光机



数据来源：公司官网，东吴证券研究所

目前，公司丝网印刷环节主要设备（核心设备丝网印刷机、配套设备自动上片机、红外线自动干燥炉、自动缓存机、自动翻片机和自动冷却机）全部自制；烧结和测试分选环节中检测机和分选机为自制，仅太阳模拟器、烧结炉、光衰炉外购。根据客户的不同需求，公司既可以提供太阳能电池丝网印刷生产线成套设备，也可以单独提供其中的单机设备。

表 9: 公司丝网印刷成套设备涵盖范围

基础配置设备（丝网印刷）		根据客户需要配置设备（烧结、测试分选）	
自制设备	外购设备	自制设备	外购设备
丝网印刷生产线（核心丝网印刷机、配套自动上片机、红外线干燥炉、自动缓存机、翻片机、冷却机等）	-	测试机、分选机	太阳模拟器、烧结、光衰炉等

数据来源：公司招股书，东吴证券研究所

公司为通威合肥线提供方案，CVD 设备尚处于试用阶段。在 HIT 电池生产的各个环节中，CVD 占 50%，PVD 占 25%，印刷占 12.5%，清洗和自动化占剩下下来的 12.5%，清洗和 PVD 设备公司分别选购日本和德国的设备，印刷使用迈为自己的设备，之后公司只需验证 CVD 设备的稳定性和效率，即可在 HIT 整线领域有所突破（通威合肥 HIT 示范项目）。根据最新的产业链调研，目前迈为的设备尚处于试用阶段，项目承诺转换效率将达到 24%。

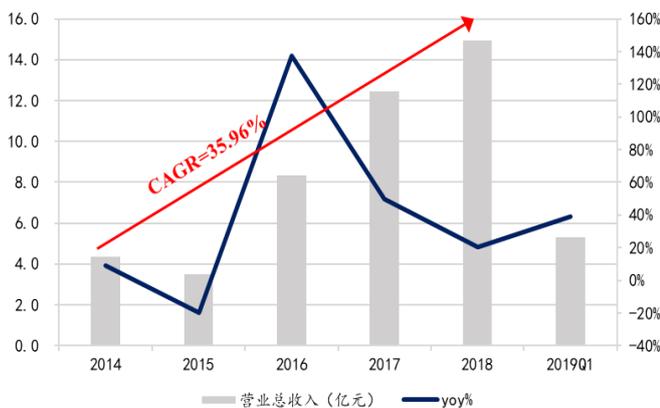
**风险提示：**行业受政策波动风险；市场竞争风险；设备企业外延拓展不及预期；HIT 业务进程不及预期；次新板块整体波动性风险。

## 5.2. 捷佳伟创：产品线广的电池片设备龙头，从 PERC 到 HIT 布局正当时

公司是光伏电池设备龙头企业，2005 年起正式进军光伏行业。公司主营光伏设备，2018 年营收占比为 81.79%。公司设备具有成本优势。在相似性能的条件下，公司的设备价格大致比梅耶博格低三分之一，并且更加节能，因此公司凭借高性价比的产品绑定阿特斯阳光、天合集团、晶科能源等光伏电池商龙头。

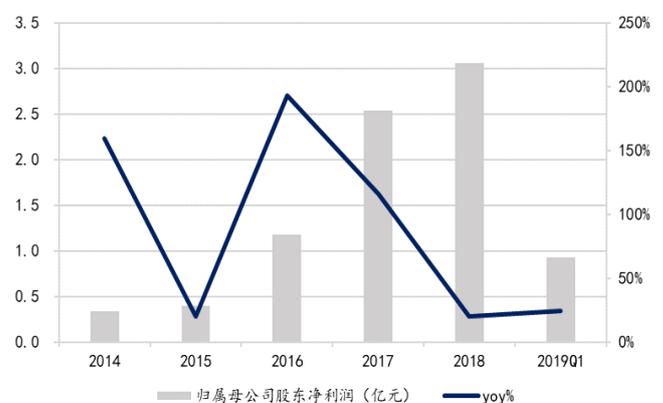
公司业绩增长快，盈利能力好。2014-2018 年，公司营业收入从 4.36 亿增至 14.9 亿，复合增速 35.96%，归母净利润从 0.33 亿增至 3.1 亿，复合增速 75.07%，毛利率一直保持在 30% 以上，且趋势向上。

图 37：2014-2018 年营收 CAGR=35.96%



数据来源：Wind，东吴证券研究所

图 38：2018 年归母净利润为 3.1 亿，同比+75.07%



数据来源：Wind，东吴证券研究所

除丝网印刷外，公司基本涵盖了电池片生产的主要设备，包括 PECVD 设备（市占率 50%-60%）、扩散炉（市占率 50%）、制绒设备（市占率 70%-80%）、刻蚀设备（市占率 30%）、清洗设备（市占率 70%-80%）、自动化设备等（市占率 20%）。公司产品合计价值量占整体产线整体投资额的 60% 以上，并且在各环节基本处于龙头地位。其中 PECVD 设备每年营收占比均超过 30%，是公司核心业务。

表 10: 除丝网印刷外, 公司基本涵盖了电池片生产的主要设备

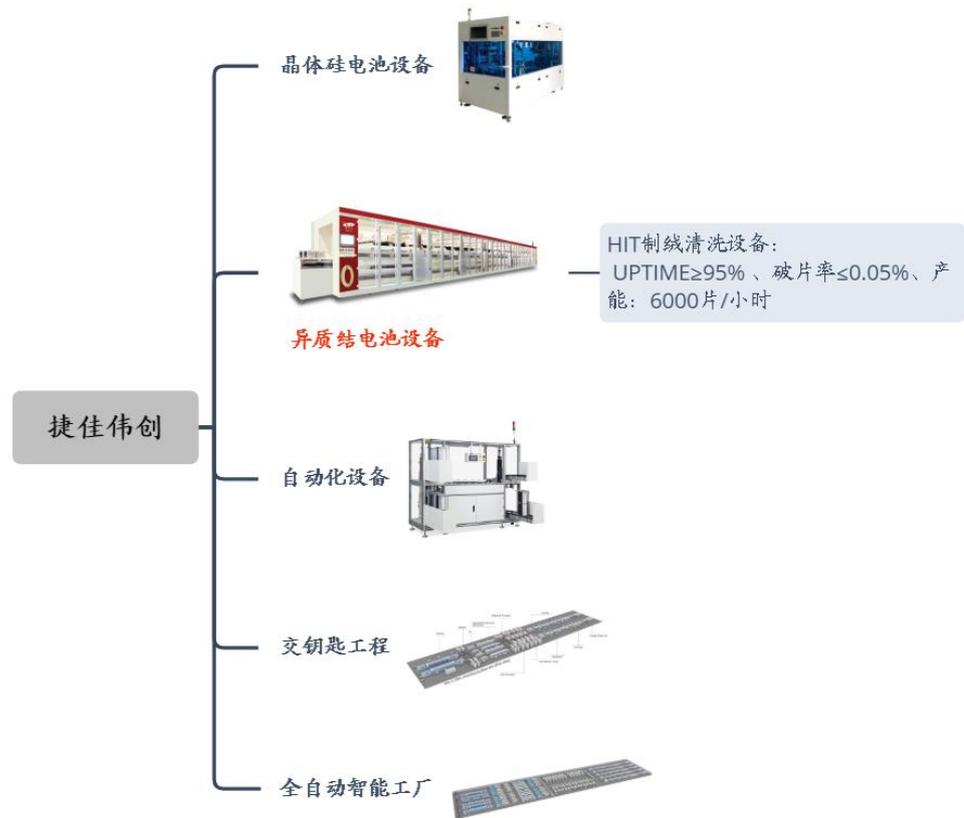
产品种类	产品名称	产品图例
PECVD 设备	管式 PECVD 设备	
扩散炉设备	管式高温扩散炉	
制绒清洗设备	全自动硅料清洗设备	
	PSG 清洗设备	
	石墨器件清洗设备	
	石英器件清洗设备	
	全自动超声波硅片清洗设备	
	全自动链式制绒清洗设备	
刻蚀设备	湿法刻蚀设备	
	选择性湿法刻蚀设备	
自动化设备	全自动石墨舟装卸片机	
	全自动高效硅片上片机	
	全自动高效硅片下片机	
	全自动智能生产线	

数据来源: 公司官网, 东吴证券研究所

公司的主要优势在于交钥匙工程——除了丝网印刷设备需要外购, 公司几乎能够完成光伏电池片整线的交付, 并且完成客户厂房设计和其员工培训等配套服务。

公司为通威项目提供核心设备, 在 HIT 领域取得突破。公司官网信息显示, 2019 年 6 月, 通威太阳能首片超高效异质结 (HJT) 电池成功下线, 转换效率达到 23%, 奠定规模化量产基础。公司为该项目提供了湿法制程、RPD 制程、金属化制程三道工序的核心装备。

图 39: 公司官网产品图, 已布局 HIT 电池领域



数据来源：公司官网，东吴证券研究所

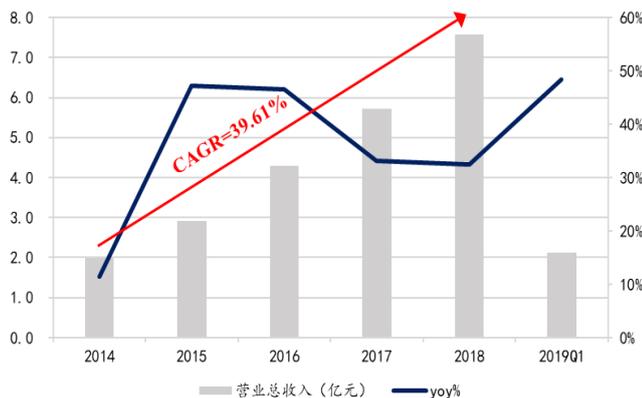
**风险提示：**行业受政策波动风险，行业竞争风险，设备企业外延拓展不及预期；HIT 业务进程不及预期。

### 5.3. 金辰股份：国内光伏组件设备龙头，电池片设备新进入者研发投入大

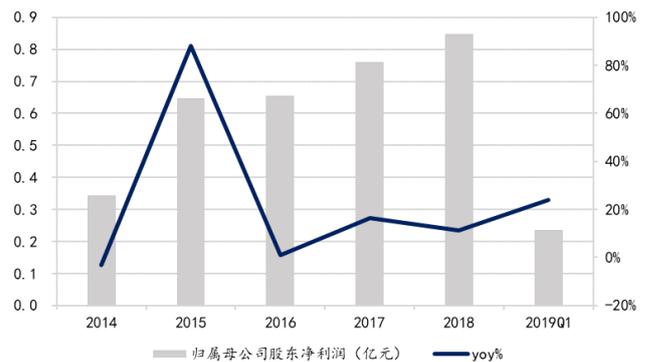
公司是国内最大的光伏组件设备提供商，主营光伏组件自动化生产线成套装备及生产单元，是国内能够提供太阳能光伏组件自动化生产线装备的少数企业之一，2018 年主营业务占营收比为 78.7%。公司成立于 2004 年，2017 年成功登陆上交所上市。目前公司已成长为太阳能电池组件封装智能自动化生产线整线设备方面的全球技术领军企业，为隆基乐叶、协鑫集成、通威股份、晶科能源、晶澳太阳能、东方日升等产业链优质客户提供高效组件和 HIT 电池片技术、装备和智能工厂的系统解决方案，全球市占率约 40%。

**光伏组件自动化设备国内领军者。**2018 年公司实现营业收入 7.56 亿元，同比 +32.5%，2014-2018 年营收复合增长率为 39.61%；2014-2018 年归母净利由 0.34 亿元增长至 0.85 亿元，2018 年同比 +11.33%。公司竞争对手主要来自两方面，一类是偏重自动

化流水线集成的企业，如苏州晟成、宏瑞达；另一类是侧重于单体设备制造的企业，如羿珩科技、博硕光电、奥特维等。相比之下，公司虽出货仍以自动化制造整线为主，但兼具流水线与专用设备研发制造能力，业务布局更为全面。同时，与苏州晟成、羿珩科技、博硕光电等主要竞争对手相比，公司营业收入规模长期领先。

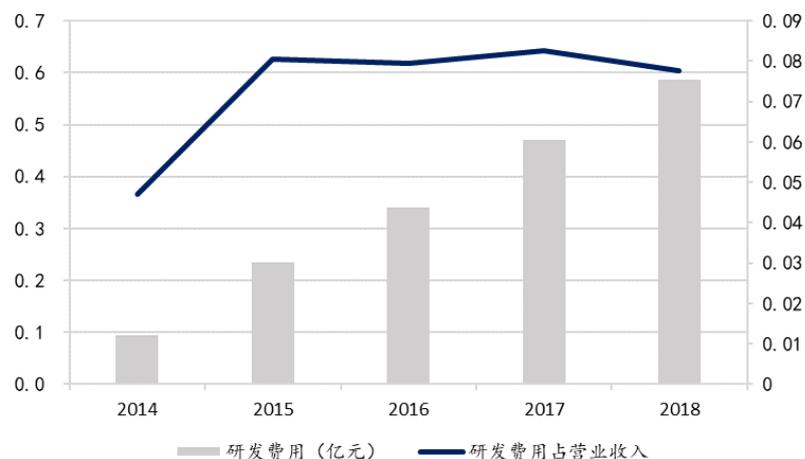
**图 40: 2014-2018 年营收复合增长率为 39.61%**


数据来源：Wind，东吴证券研究所

**图 41: 2018 年归母净利润为 0.85 亿元，同比+11.33%**


数据来源：Wind，东吴证券研究所

公司重视技术创新，研发投入占比常年稳定在 8% 左右。公司全年研发投入 5874 万元，研发投入占营业收入的比例达到 7.7%，公司研发投入占比常年稳定在 8% 左右，创新能力和技术实力不断增强。2018 年公司获得国家专利授权 52 项，其中发明专利 14 项，2018 年公司积极布局 300 片/小时的叠瓦组件自动化生产线、高效电池片丝印机、背钝化光伏电池片镀膜机（板式 PECVD）、锂电池叠片机注液机等新产品的研发和升级改造，公司不断以高性价比的产品实现进口替代，满足国际及国内高端客户的需求。

**图 42: 研发投入占比常年稳定在 8% 左右**


数据来源：Wind，东吴证券研究所

**风险提示：**行业受政策波动风险，行业竞争风险，公司新拓展业务不及预期风险

## 6. 投资建议

### 建议重点关注:

(1)【迈为股份】: 电池片设备龙头, 从丝网印刷设备向前段设备延伸。受益于 PERC 扩产高峰在手订单充裕, 现提前布局 HIT 技术路线并能够提供性价比最高的整线方案, 设备自制率达 65% 以上, 看好后续验证通过后订单落地。

(2)【捷佳伟创】: 产品线广、协同性强的电池设备龙头, 传统的优势业务即镀膜设备, 在 HIT 最关键的 CVD 环节具有一定优势; 现提前布局 HIT 环节并提供整线方案, 看好后续验证通过后订单落地。

其他关注【金辰股份】国内光伏组件设备龙头, 电池片设备新进入者。

图 43: 可比公司估值

		2019/8/20 股价	市值 (亿元)	净利润(亿元)			PE		
				2019E	2020E	2021E	2019E	2020E	2021E
300751.SZ	迈为股份	152.56	79.33	3.0	3.9	5.1	26	20	15
300724.SZ	捷佳伟创	29.54	94.53	4.2	5.2	6.2	22	18	15
603396.SH	金辰股份	19.83	20.98	1.3	2.0	2.6	16	10	8

数据来源: Wind, 东吴证券研究所 (数据更新到 2019 年 8 月 20 日收盘价, 金辰股份采用的 Wind 一致预期)

## 7. 风险提示

**HIT 产业化不及预期:** 目前 HIT 产业化的主要阻碍是成本, 若后续降成本不甚乐观, 存在产业化不及预期风险, 可能被其他技术路线替代。

**光伏装机量不及预期:** 光伏的整个产业链都受到行业装机量的影响, 若最终下游的装机量不及预期, 那么将影响各环节的供需及厂商扩产, 进而影响设备商。

## 免责声明

东吴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。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。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，本公司不对任何人因使用本报告中的内容所导致的损失负任何责任。在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用、刊发、转载，需征得东吴证券研究所同意，并注明出处为东吴证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

## 东吴证券投资评级标准：

### 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。

东吴证券研究所  
苏州工业园区星阳街 5 号  
邮政编码：215021

传真：(0512) 62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>

