

一周解一惑系列：

## 低温银浆技术梳理及未来发展方向

2023年01月02日

- **本周关注：**欧科亿、联赢激光、瑞晨环保、奥特维
- **本周核心观点：**信贷宽松刺激实体经济活力，通用设备数据表征开始复苏，板块估值处于历史低位，同时光伏板块新技术、新工艺层出不穷，建议关注技术变化带来的设备需求。
- **HJT 转换效率有望超 25%，低温银浆市场前景广阔。** HJT 电池综合了晶体硅电池与薄膜电池的优势，理论极限效率为 28.5%，目前量产效率为 24%~24.5%，未来量产效率有望达到 25%以上，高于 PERC 和 TOPCon。同时，HJT 电池仅需 4 道工艺，相较 PERC 和 TOPCon 具备更高的稳定性和更低的衰减率，被视为下一代光伏电池的革命性技术；光伏行业健康、稳定、可持续的发展将推动产业链上游银浆行业的发展。目前，从装机容量上看，光伏是全球范围内市场认可度最高、发展最快的可再生能源技术。根据国际可再生能源署（IRENA）发布的统计数据，2019 年至 2021 年全球光伏新增装机容量分别约为 97.88GW、126.74GW 和 132.81GW，整体呈增长态势。随着 HJT 市场份额的不断扩大，低温银浆将具备广阔的市场前景。
- **低温银浆存在技术难点及三大痛点。** HJT 低温银浆技术壁垒高于高温银浆，低温银浆的原料构成与高温银浆不同，是由导电功能相、集体粘结相和有机载体构成。在原材料选择、有机载体、配方设计、工艺控制等方面具备较高技术难度。
  - 1) **单位银耗大，1.5-2 倍于高温浆料用量。** 据 CPIA 统计，2021 年 HJT 电池银浆的消耗量为 223.3mg/片，远高于 PERC 的 107.3mg/片和 TOPCon 的 164.1mg/片。低温银浆单位银耗明显高于高温浆料；
  - 2) **低温浆料粘性大，较 PERC 印刷速度低。** HJT 印刷速度为 250-280mm/s，PERC 印刷速度 350-450mm/s，印刷速度越慢，生产效率越低；
  - 3) **低温浆料栅线线型宽，印刷效率低，银耗量大。** 低温浆料产线线型宽约 38-42μm，而 PERC 产线线型宽约 22-26μm，线型越宽，银耗越高。
- **印刷栅线细线化+低温银包铜双优化方向，助力低温银浆提效降本。** **根丝网印刷栅线细线化，降低印刷栅线宽度，减少遮光损失及银耗。** 光伏银浆通过丝网印刷技术，在光伏电池片表面形成主栅和细栅，前者起汇流和串联作用，后者用于收集光生载流子。主栅方面，通过增加主栅数量可缩短电池片内电流横向收集路径，减少电池功率损失以提高导电性，通过提高电池片应力分布的均匀性以降低碎片率。细栅方面，在不增加电阻的情况下，通过减少栅线宽度，在降低遮光损失的同时可减少栅线银浆用量。银包铜粉价格低、导电、导热性能优异，有望助理低温浆料降本；银包铜技术是在铜表面引入均匀厚度银膜，所得核壳结构银包铜粉不仅具备原有金属铜核的物理与化学性能，还具有银镀层优良的金属特性。铜具有良好的导电性和导热性，且价格低廉，**开发银包铜粉既能满足光伏浆料的要求，又具有价格竞争优势。** 银包铜在 350°C 以上时会出现银迁移的现象，铜裸露风险增高，铜氧化会导致银浆导电性能下降，银包铜粉适用于低温银浆。
- **投资建议：**建议关注在低温银浆技术上布局的先进厂商聚和材料、帝科股份、苏州固锝等。
- **风险提示：**低温银浆技术推进不及预期的风险，行业竞争加剧的风险，全球光伏新增装机规模不及预期等。

**推荐**

维持评级


**分析师 李哲**

 执业证书：S0100521110006  
 电话：13681805643

邮箱：lizhe\_yj@mszq.com

**分析师 占豪**

 执业证书：S0100522090007  
 电话：15216676817  
 邮箱：zhanhao@mszq.com

### 相关研究

1. 一周解一惑系列：射线干法选煤技术前景广阔-2022/12/26
2. 一周解一惑系列：商业可控核聚变及先行受益产业链-2022/12/18
3. 机械行业 2023 年度投资策略：万类霜天竞自由-2022/12/16
4. 一周解一惑系列：压缩空气储能及产业链梳理-2022/12/11
5. 光伏石英砂坩埚深度报告：供需缺口，头部石英坩埚公司拉大差距的好时机-2022/12/08

# 目录

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| <b>1 异质结电池转换效率占优，低温银浆市场广阔 .....</b> | <b>3</b>  |
| 1.1 光伏银浆分类 .....                    | 3         |
| 1.2 电池片技术转换效率对比 .....               | 3         |
| 1.3 主要应用领域光伏行业发展 .....              | 4         |
| <b>2 低温银浆技术现状 .....</b>             | <b>6</b>  |
| 2.1 低温银浆应用现状 .....                  | 6         |
| 2.2 低温银浆技术难题及局限性 .....              | 7         |
| <b>3 低温银浆降本提效途径 .....</b>           | <b>9</b>  |
| 3.1 丝网印刷栅线细线化 .....                 | 9         |
| 3.2 银包铜技术 .....                     | 10        |
| <b>4 低温银浆产业化进展 .....</b>            | <b>14</b> |
| <b>5 风险提示 .....</b>                 | <b>15</b> |
| <b>插图目录 .....</b>                   | <b>16</b> |
| <b>表格目录 .....</b>                   | <b>16</b> |

## 1 异质结电池转换效率占优，低温银浆市场广阔

### 1.1 光伏银浆分类

光伏银浆属于电子导电浆料的一种，主要由高纯银粉（导电相）、玻璃氧化物（粘结相）、有机树脂有机溶剂（有机载体）组成的混合物，经过搅拌、三辊轧制后形成的均匀膏状物。

光伏银浆在电池片中的位置可分为：正面银浆和背面银浆，目前正面银浆是主导产品。按照银浆烧结温度又可分为：高温银浆和低温银浆，目前高温银浆是主流产品。

高温银浆是在 500°C 的环境下通过烧结工艺将银粉、玻璃氧化物和其他溶剂混合而成，而低温银浆则是在 200-250°C 的相对低温环境下将银粉、树脂和其他溶剂等原材料混合而成。目前 P 型电池及 N 型 TOPCon 电池主要使用高温银浆，而 **HJT 电池** 由于非晶硅薄膜含氢量较高等特性，要求生产环节温度不得超过 250°C，需使用低温银浆。

图1：光伏银浆分类

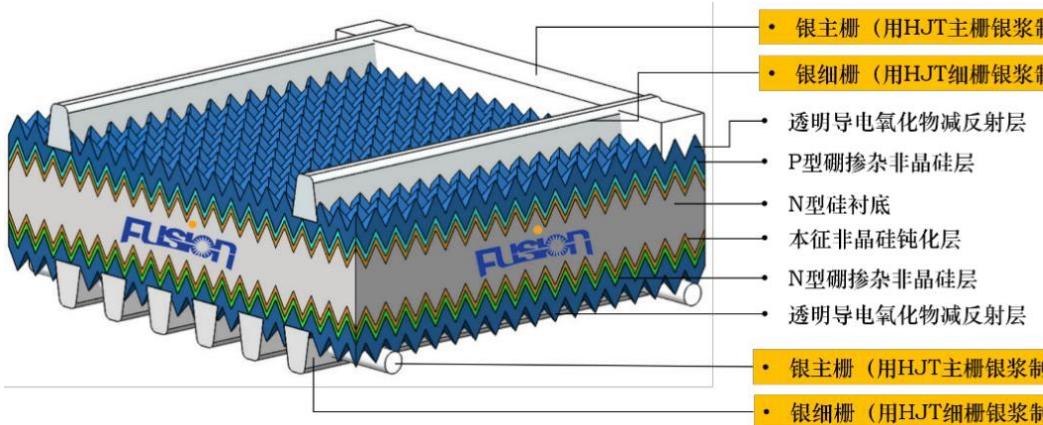
| 分类标准 | 产品种类 | 特性              | 适用光伏电池                        |
|------|------|-----------------|-------------------------------|
| 位置   | 正面银浆 | 汇集、导出光生载流子      | P型电池受光面、N型电池双面                |
|      | 背面银浆 | 粘结，对导电性能的要求相对较低 | P型电池背光面                       |
| 烧结温度 | 高温银浆 | 烧结温高于于500°C     | BSF电池、PERC电池、PERT电池等常规晶体硅光伏电池 |
|      | 低温银浆 | 烧结温度低于250°C     | HJT电池                         |

资料来源：晶银新材推广资料，民生证券研究院

目前电池技术中，P 型 PERC 及双面 PERC 电池浆料已可现实国产化，转换效率较高的 N 型 TOPCon 及 HJT 电池浆料的国产化率均较低。低温银浆方面，由于当前 HJT 电池渗透率较低，低温银浆市场规模较小，原材料银粉受日本厂商限制，核心技术主要被日本京都电子掌握，低温银浆国产化尚处起步阶段，市场空间广阔。

### 1.2 电池片技术转换效率对比

目前，晶体硅电池在全球太阳能电池市场中依然占据主导地位。根据使用硅衬底材料的不同，晶体硅电池可分为 P 型硅电池和 N 型硅电池。根据中国光伏行业协会数据，2021 年 N 型电池中 TOPCon 电池、HJT 电池平均转换效率分别为 24.0% 和 24.2%，要高于目前市场主流的 P 型 PERC 电池的转换效率 23.1%。

**图2：HJT 电池结构**


资料来源：聚和材料招股说明书，民生证券研究院

**HJT 转换效率有望超 25%，低温银浆市场前景广阔。** HJT 电池综合了晶体硅电池与薄膜电池的优势，理论极限效率为 28.5%，目前量产效率为 24%~24.5%，未来量产效率有望达到 25%以上，高于 PERC 和 TOPCon。同时，HJT 电池仅需 4 道工艺，相较 PERC 和 TOPCon 具备更高的稳定性和更低的衰减率，被视为下一代光伏电池的革命性技术，随着 HJT 市场份额的不断扩大，低温银浆将具备广阔的市场前景。

**图3：各类太阳能电池平均转换效率变化趋势**

| 电池类别 |               | 2020         | 2021         | 2022E        | 2023E        | 2025E        | 2027E        | 2030E        |
|------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| P型多晶 | BSF P 多晶黑硅电池  | 19.4%        | 19.5%        | 19.5%        | 19.5%        | -            | -            | -            |
|      | PERC P 多晶黑硅电池 | 20.8%        | 21.0%        | 21.1%        | 21.4%        | 21.7%        | 22.0%        | 22.5%        |
|      | PERC P 铸锭单晶电池 | 22.3%        | 22.4%        | 22.6%        | 23.0%        | 23.3%        | 23.5%        | 23.7%        |
| P型单晶 | PERC P 单晶电池   | 22.8%        | 23.1%        | 23.3%        | 23.7%        | 23.7%        | 23.9%        | 24.1%        |
| N型单晶 | TOPCon 电池     | 23.5%        | 24.0%        | 24.3%        | 24.5%        | 25.0%        | 25.3%        | 25.7%        |
|      | <b>HJT 电池</b> | <b>23.8%</b> | <b>24.2%</b> | <b>24.6%</b> | <b>24.8%</b> | <b>25.2%</b> | <b>25.5%</b> | <b>25.9%</b> |
|      | IBC 电池        | 23.6%        | 24.1%        | 24.5%        | 24.5%        | 25.0%        | 25.4%        | 25.8%        |

资料来源：聚和材料招股说明书，民生证券研究院

### 1.3 主要应用领域光伏行业发展

**光伏行业健康、稳定、可持续的发展将推动产业链上游银浆行业的发展。** 目前，从装机容量上看，光伏是全球范围内市场认可度最高、发展最快的可再生能源技术。根据国际可再生能源署 (IRENA) 发布的统计数据，2019 年至 2021 年全球光伏新增装机容量分别约为 97.88GW、126.74GW 和 132.81GW，整体呈增长态势。

正面银浆主要用于制备晶硅太阳能电池上的金属电极，太阳能电池的市场规模决定了正面银浆的需求量。根据中国光伏行业协会统计，2021 年全球太阳能电池产量约 224GW，同比增长 37.00%；我国太阳能电池产量约 198GW，同比

增长 46.80%，占全球总产量 88.39%，全球太阳能电池产业持续向我国集中。

**下游行业市场规模持续扩大，银浆需求持续提升。**随着太阳能电池行业市场规模的持续扩大，正面银浆市场的需求逐步扩大。根据中国光伏行业协会的数据，2016 年至 2021 年，全球及我国光伏银浆总消耗量呈现波动增长的态势，2021 年度，全球银浆总耗量达 3,478 吨（其中：正面银浆耗量 2,546 吨、背面银浆耗量 932 吨），我国光伏银浆总耗量达到 3,074 吨（其中：正面银浆耗量 2,250 吨、背面银浆耗量 824 吨），较 2016 年增长了 93.94%，占全球需求总量的比例达到 88.38%。

**图4：全球及我国太阳能电池片产量情况**



资料来源：聚和材料招股说明书，民生证券研究院

**图5：全球及我国光伏银浆需求变动情况**

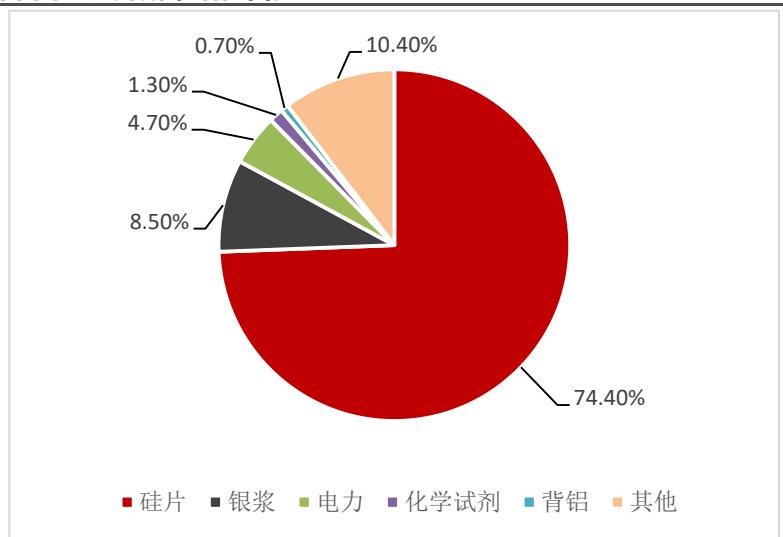


资料来源：聚和材料招股说明书，民生证券研究院

### 在光伏硅料价格下跌的背景下，非硅成本占比提升，降低非硅成本势在必行。

光伏银浆占电池片总成本 8%，是核心辅材。光伏银浆是光伏电池片制备的核心辅材之一，主要用于制作光伏电池电极，能直接影响光伏电池的光电转换效率与光伏组件的输出功率。以目前主流的单晶单面 PERC 电池片为例，电池片成本构成中硅片占比约为 75%，银浆是成本占比第二高的材料，约占电池片总成本的 8.5%，占电池片非硅成本的 33%。

**图6：单晶单面电池片成本结构占比**



资料来源：Solarzoom，民生证券研究院

## 2 低温银浆技术现状

### 2.1 低温银浆应用现状

**低温银浆产生于 HJT 电池技术。**高温银浆主要应用于 P 型电池及 N 型 TOPCon 电池。高温银浆主要采用 1-3um 的球形银粉，该种银粉在烧结过程中部分熔融形成致密度高、体电阻低的银电极。HJT 电池非晶硅薄膜含氢量较高，要求生产环节温度不得超过 250°C，烧结制成的高温银浆会对薄膜结构造成较大损失，由此产生了对采用树脂固化制成的低温银浆新品需求。2021 年 7 月锯能电力和苏州固锝子公司苏州晶银合作开发的低温银浆已成功导入 HJT 电池规模化量产。根据 CPIA 统计，2020 年 HJT 渗透率不足 1.5%，目前市场仍以高温银浆为主，占总供应量 98%以上。由于低温银浆导电性能弱于高温银浆，因此需要提高银含量来提高导电性，开发专用银粉，优化生产工艺，突破技术瓶颈并降低生产成本。目前低温银浆占 HJT 电池成本比重高达 24%，因而规模化、低成本生产的瓶颈之一是银浆成本。

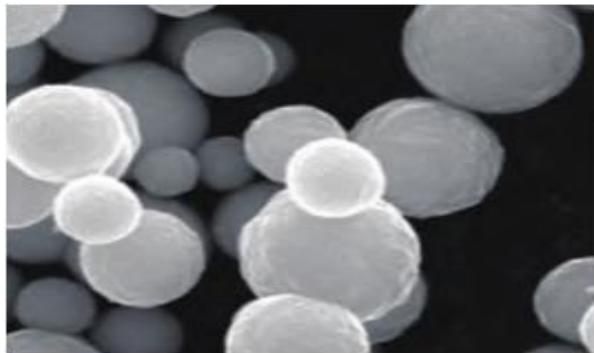
表1：高温银浆和低温银浆对比分析

|      | 金属化温度      | 接触机理                 | 组成成分            | 有机组成作用           | 成熟度     |
|------|------------|----------------------|-----------------|------------------|---------|
| 低温银浆 | 170-200 °C | 浆料与 PN 结不接触，与 TCO 接触 | 片状球状银粉、有机组分     | 印刷作用、粘附银粉及 TCO 层 | 起步晚，不成熟 |
| 高温银浆 | 700-800 °C | 浆料与 PN 结直接接触，烧穿减反层   | 球状银粉、片状玻璃粉、有机组分 | 主要起印刷作用          | 起步早，较成熟 |

资料来源：晶银新材推广资料，民生证券研究院

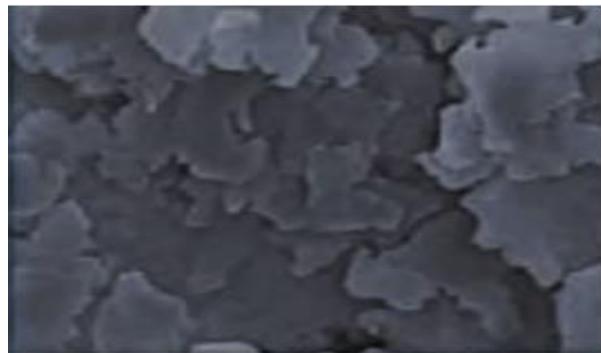
高温正银银浆通常使用球形银粉，低温银浆通常使用球形银粉和片状银粉的混合物。球形粉具有较高的球形度，所配置银浆的流动性好，能较好地通过正极细栅线，其性质能够满足正面银浆对银粉的需求，目前正向着高度球形化和可控光滑度方向发展。片状银粉由球形银粉加工而来，在银浆中的接触面积大，能够在降低银浆银含量和涂层厚度的同时保持良好的导电性，但由于流动性较差，无法用于栅线极细的正面银浆。配置银粉时一般采用混合银粉，即大粒径与小粒径相互填充，从而提升银浆的致密性和导电性。

图7：球状银粉电镜图



资料来源：百度图库，民生证券研究院

图8：片状银粉电镜图



资料来源：百度图库，民生证券研究院

## 2.2 低温银浆技术难题及局限性

HJT 低温银浆技术壁垒高于高温银浆，低温银浆的原料构成与高温银浆不同，是由导电功能相、集体粘结相和有机载体构成。**在原材料选择、有机载体、配方设计、工艺控制等方面具备较高技术难度。**

**原材料选择方面：**光伏高温银浆采用球形银粉，该种银粉在烧结过程中部分熔融形成致密度高、体电阻低的银电极。但 HJT 电池工艺中的电极成型温度达不到可使该尺寸球形银粉部分熔融烧结的要求，因此在银粉选择上需考虑其他机理降低电极的体电阻：1) 通过不同尺寸、不同形貌银粉的复配，使银粉在银浆中达到最优的密堆积状态，减少电极固化后的内部孔洞密度；2) 通过提升银含量，提升电极固化过程的体积收缩率，增加电极固化后银颗粒之间的接触点及接触有效性。与此同时，HJT 低温银浆的银粉选择，还要考虑与 TCO 膜的接触电阻和电极互联后的焊接拉拔力。

**有机载体方面：**HJT 银浆需同时满足印刷的墨性要求和固化工艺要求，相比于高温烧结银浆的有机体系，用量更少、作用更大。首先，因为要兼顾印刷和固化的要求，HJT 银浆所用树脂体系是固化单体或预聚物，分子量相对较低，且多为合成树脂体系，有丰富的官能团，而高温烧结银浆所用树脂多为天然高分子改性树脂或合成的直链树脂。另外固化剂或固化促进剂作为影响低温银浆固化性能的关键助剂，是低温银浆有机配方中最重要的有机助剂之一，而在高温烧结银浆中是不用使用这一组分的。在溶剂、分散剂、流变助剂和流平剂等有机助剂选择方面，为了匹配低温银浆选用的银粉、主树脂和固化剂，在种类和功能的着重性上也是和高温烧结银浆不同的。

**配方设计方面：**因应用工艺条件的差异，高温烧结银浆和 HJT 低温银浆在配方设计的技术难点上是完全不同的。低温银浆配方设计的难点在于：1) 平衡降低电极线电阻和提升电极焊接附着力之间的技术矛盾；2) 在降低电极线电阻的同时保证电极的长期可靠性、降低电极制造成本。

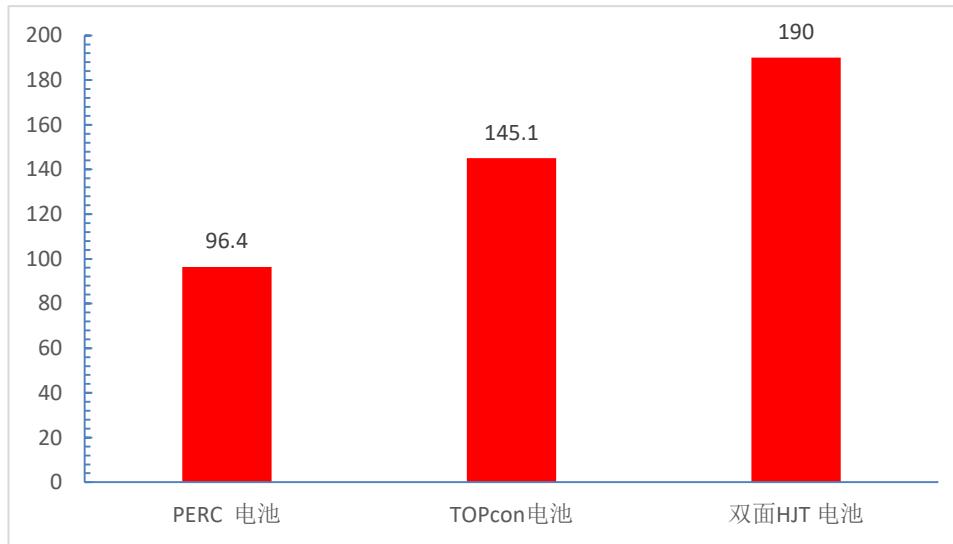
**工艺控制方面：**低温银浆的制备工艺共分为配料、混料、搅拌、三辊混合、

过滤包装 5 大步骤,其中配料及三辊混合工序为关键工序。银浆是配方型产品,在产品生产过程中,如配方出现问题,是无法通过制备工艺弥补的,所以在整个工艺流程中,配料工序是关键工序之一。三辊工序是银浆生产过程中影响产品粘度、细度、固体含量、流变性能的关键混合工序。银浆中的树脂、溶剂、银粉、各种助剂在该工序实现微米级的充分混合及润湿分散。HJT 银浆是低温固化型有机体系,对温湿度、有机及金属杂质的影响更加敏感,所以相比于高温光伏银浆在三辊工序,需提升剪切速度、温度、辊距控制精度,同时通过对辅助工装、外围设备的优化设计,进一步提升工序控制能力,实现对产品质量的精细化控制。

**低温银浆技术局限性主要集中在银耗大、速度慢、栅线线型宽。**

**局限一：单位银耗大, 1.5-2 倍于高温浆料用量。**据 CPIA 统计, 2021 年, p 型电池正银消耗量约 71.7mg/片, 同比下降 8.3%, 背银消耗量约 24.7mg/片; TOPCon 电池片正面使用的银(铝)浆 5 (95%银) 平均消耗量约 75.1mg/片, 头部企业背银消耗量约 70mg/片; 异质结电池双面低温银浆消耗量约 190mg/片, 同比下降 14.9%。银浆用量大、价格贵是异质结电池成本高的原因之一, 目前正通过工艺优化降低低温银浆消耗量。

**图9：2021 年不同电池单位银耗 (单位: mg/片)**



资料来源: CPIA, 民生证券研究院

**局限二：低温浆料印刷速度慢，产能低。**低温浆料粘性大, 较 PERC 印刷速度低, HJT 印刷速度为 250-280mm/s, PERC 印刷速度 350-450mm/s, 印刷速度越慢, 产能越低。

**局限三：低温浆料栅线线型宽，印刷效率低，银耗量大。**低温浆料产线线型宽约 38-42μm, 而 PERC 产线线型宽约 22-26μm, 线型越宽, 印刷速率越低, 银耗越大。

### 3 低温银浆降本提效途径

#### 3.1 丝网印刷栅线细线化

**借鉴 PERC 高温银浆经验，印刷细线化是提效与降本的完美结合。**

丝网印刷栅线细线化，降低印刷栅线宽度，减少遮光损失及银耗。光伏银浆通过丝网印刷技术，在光伏电池片表面形成主栅和细栅，前者起汇流和串联作用，后者用于收集光生载流子。主栅方面，通过增加主栅数量可缩短电池片内电流横向收集路径，减少电池功率损失以提高导电性，通过提高电池片应力分布的均匀性以降低碎片率。细栅方面，在不增加电阻的情况下，通过减少栅线宽度，在降低遮光损失的同时可减少栅线银浆用量。

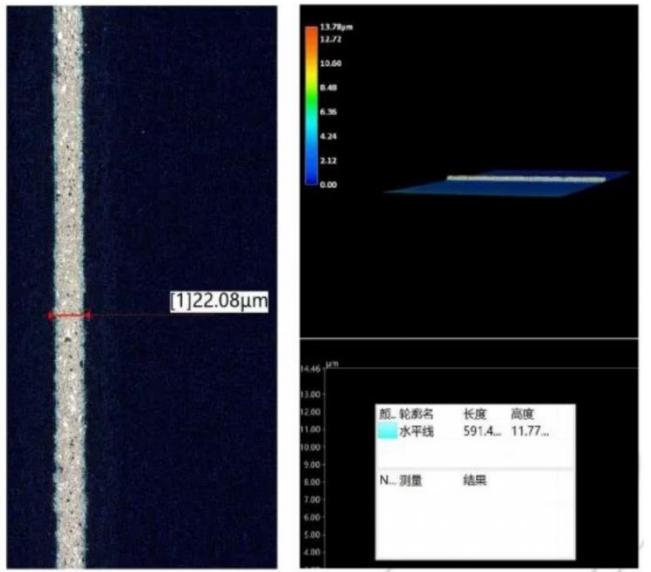
细线化方案研究现状如下：

**新一代正面纯银细栅浆料：**新一代正面细栅浆料 HC589 系列采用了全新的银粉设计，匹配优化后的有机体系，接触和印刷性能大幅提升，可实现 300mm/s 以上速度高速印刷；HC589 系列正面细栅浆料，适用于超细线无网结网版批量印刷，降本和提效兼顾；新款细栅浆料正面使用匹配 17 $\mu\text{m}$  开口网版，正面湿重降重 20% 的同时提效 0.15% 左右；目前客户端两倍 IEC 可靠性测试通过，已批量量产；

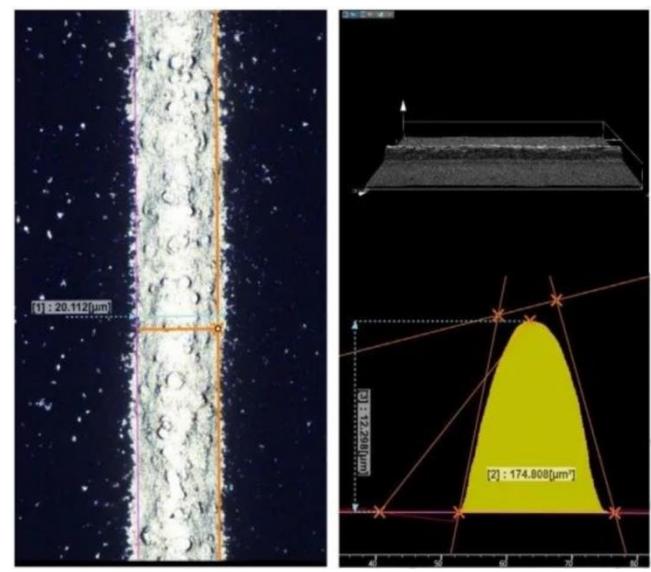
**新一代背面细栅浆料：**新一代背面细栅浆料 HD589 系列采用了低固含量以及全新银粉的设计，匹配优化后的有机体系，可做到线型线宽窄，高度低的特点，满足背面低湿重的要求；HD589 系列背面细栅浆料，得益于其优异的印刷性能，可适用超细线网版批量印刷，匹配 300mm/s 以上的印刷速度，最终实现产能提升和大幅降本。背面细栅从产线浆料直接替换 HD539-G 后，效率损失基本在 0.02%，湿重下降 30%。目前两倍 IEC 可靠性已通过，已实现规模量产。

全开口钢板是一种利用高强度、高耐磨性、高耐腐蚀性的不锈钢材料作为主材的网版。采用先进的激光技术对不锈钢钢片进行全开口切割，并采用特殊的工艺对钢版进行处理，使其开口更光滑平整，栅线形貌更好。目前可实现宽度 22-25 $\mu\text{m}$  的细栅线印刷。

激光转印设备，是利用特殊刮头将异质结低温银包铜浆料压入专用的承载薄膜中，随后再用特殊激光头及其扫描转移工艺，并配合高精度 CCD 系统，精准地将浆料从承载膜上转移到硅片上。目前已经实现宽度低至 20 $\mu\text{m}$  的极细栅线印刷。

**图10：HC 系列浆料匹配钢伴印刷**


资料来源：晶银新材推广资料，民生证券研究院

**图11：HJ 系列浆料匹配激光转印**


资料来源：晶银新材推广资料，民生证券研究院

在不影响电池遮光面积及串联工艺的前提下，提高主栅数目有利于减少电池功率损失，提高电池应力分布的均匀性以降低碎片率，提高导电性。2019 年，4 主栅已经基本被市场淘汰，与此同时，9 主栅快速涌入市场并将逐步扩大。

**图12：2019-2025 各种主栅市场占比变化趋势**

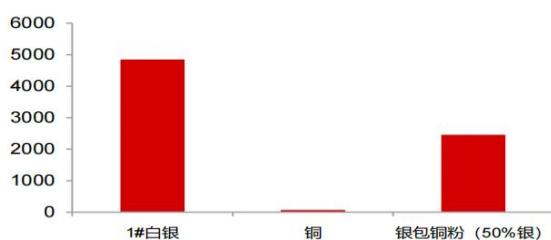

资料来源：CPIA，民生证券研究院

### 3.2 银包铜技术

银粉由于价值量较大，光伏产业厂商均积极寻求降低银粉用量的方法，在材料端，由于铜粉比表面积大，化学活性高，在空气中易被氧化，银包铜难以应用在使用高温浆料的 P 型电池和 N 型 TOPCon 电池中，而 HJT 技术使用的低温工艺可减少氧化，且 HJT 的电池结构也可抑制铜在硅中的电迁移效应，此外 HJT 细栅线承载电流也较小，HJT 电池使用低温浆料是银包铜浆料应用的基础，降低银粉用量最具应用潜力的是银包铜技术。

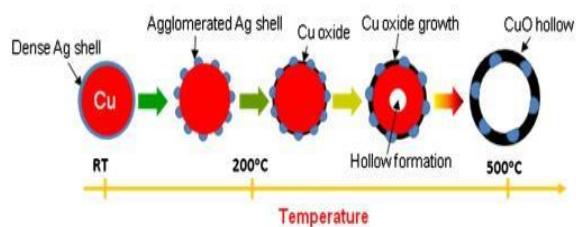
银包铜粉价格低、导电、导热性能优异，有望助力低温浆料降本。银包铜技术是在铜表面引入均匀厚度银膜，所得核壳结构银包铜粉不仅具备原有金属铜核的物理与化学性能，还具有银镀层优良的金属特性。铜具有良好的导电性和导热性，且价格低廉，开发银包铜粉既能满足光伏浆料的要求，又具有价格竞争优势。银包铜粉主要以化学镀法、机械混合法或熔融雾化法在铜粉表面包覆致密银层，并不断调整银与铜的掺杂比例，以提高光电转化效率并防止铜氧化和复合物的产生。由于银包铜在 350°C 以上时会出现银迁移的现象，铜裸露风险增高，铜氧化会导致银浆导电性能下降，**银包铜粉主要用于低温银浆**。

**图13：银包铜浆料成本下降示意图（单位：元/kg）**



资料来源：SMM，民生证券研究院

**图14：温度对银包铜粉影响示意图**



资料来源：《Oxidation behavior of Cu–Ag core–shell particles for solar cell applications》，民生证券研究院

银包铜粉研究现状如下：

银包铜粉制备工艺研究现状：镀液的主要成分是由硝酸银溶液组成，铜的电负性高于银的电负性，可以发生置换反应，游离的银离子因为有较高的氧化-还原电位，导致镀液稳定性不佳，制得的镀层不够致密；现代工艺多采用络合剂来络合游离的银离子，提高银离子的络合常数，保证镀液在金属包覆过程中的稳定性。

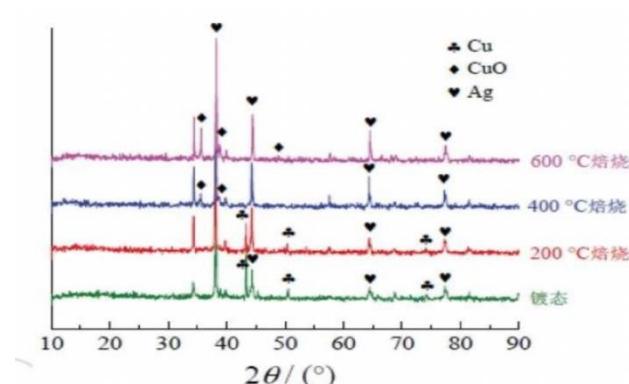
**银包铜粉工艺效果：可以保证镀层的均一性，稳定性以及包覆率。**

经不同温度煅烧后，Cu 的特征峰明显减弱，甚至消失，镀态和经 200 °C 煅烧的银包铜粉无 CuO 的特征峰，表明此时的粉体未被氧化或者氧化程度很低；经 400°C 和 600°C 煅烧后，银包铜粉在 2θ 为 35.5°、38.79° 和 48.7° 处分别出现 CuO 的 (-111)、(111) 和 (-202) 晶面。

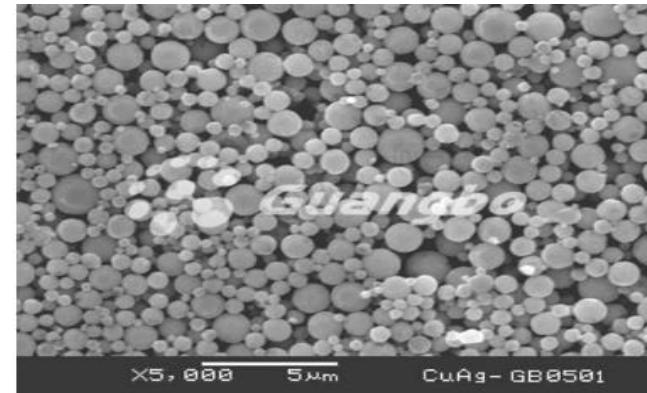
**银包铜粉应用：目前只能应用于低温浆料。**

银包铜的必然性：HJT 电池银浆耗量是常规 PERC 电池的近 2 倍，电极成本成为制约其大规模产业化的关键因素之一，光伏对白银的需求持续快速增长，然而受白银储备的影响，2021 年白银价格上涨了 22%，持续上行压力较大。

**银包铜浆料目标：降低 HJT 电池低温浆料成本 40% 以上。**

**图15：银包铜粉不同温度煅烧后的 XRD 图**


资料来源：晶银新材推广资料，民生证券研究院

**图16：银包铜粉示意图**


资料来源：百度图库，民生证券研究院

**银包铜主栅浆料：**银包铜主栅正背面拉力与纯银拉力无太大差异且通过 5 倍可靠性测试。

**银包铜细栅浆料：**目前 43% 的银包铜细栅正面替换纯银细栅，客户端通过 4 倍 IEC 可靠性，正在进行 5 倍测试；50% 银含的银包铜细栅在多家客户的实证电站运行，目前无异常；50% 银含的银包铜细栅已进入批量量产。

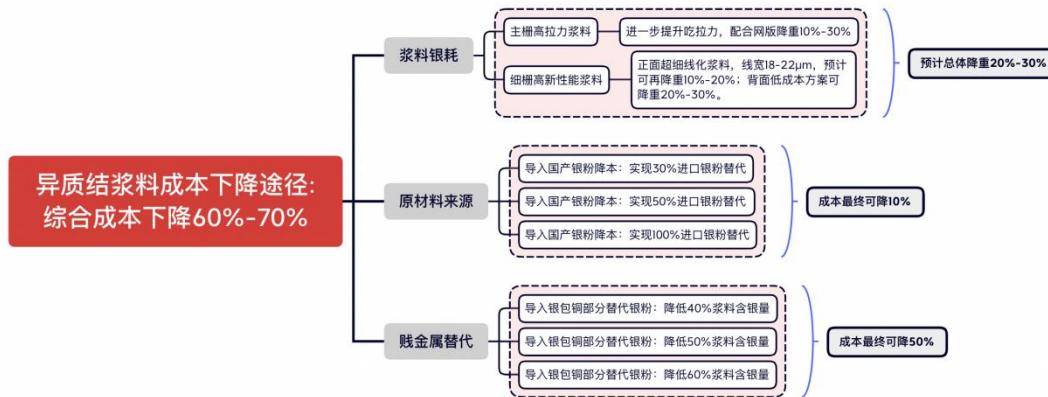
根据迈为 HJT2.0 产品发布会数据显示，预计银包铜应用后，HJT 电池中的银含量可降低 30%，产品 KE 银包铜细栅浆料的导电性与 KE116 接近，电池性能差异在 0.1% 以内，仍有进一步优化的空间。同时，电池片可靠性以及 PCT 实验（30 小时）显示，银包铜抗环境能力与纯银类似，细栅附着力测试通过，银包铜具有应用潜力。

**表2：行业内银包铜主要公司**

| 公司               | 简介                                     |
|------------------|--|
| 日本 KE            | 公司成立于 1965 年，主要产品有分析设备、检测设备，银包铜技术储备丰富  |
| 华晟新能源            | 公司成立于 2020 年，是 HJT 电池组件生产商             |
| 迈为股份 (300751.SZ) | 公司成立于 2010 年，是光伏行业的设备供应商及服务提供商         |
| 金刚光伏 (300093.SZ) | 公司成立于 1994 年，产品主要有安防玻璃和光伏建筑组件          |
| 博迁新材 (605376.SH) | 公司成立于 2010 年，主要产品有 MLCC 用镍粉、纳米硅粉及银包铜粉等 |

资料来源：各公司官网，民生证券研究院整理

后续异质结电池用低温浆料成本下降途径主要从**银浆用量**、制作光伏银浆**原材料来源**以及**银包铜粉技术替换**等为出发点。

**图17：低温浆料提效降本路线**

资料来源：晶银新材推广资料，民生证券研究院

## 4 低温银浆产业化进展

低温银浆技术和产品：目前在国内外十家客户已经实现批量出货，在国内外多个研究机构作为研发基准。

银包铜迭代技术和产品：目前银包铜浆料在五家客户通过可靠性验证，两家客户小批量量产，一家客户批量量产。

表3：行业内银包铜主要公司

| 公司     | 进展                            |
|--------|-------------------------------|
| A      | 主细栅浆料已量产；银包铜进入小批量出货阶段         |
| B      | 主栅浆料已量产；银包铜进入小批量出货阶段          |
| C      | 主细栅浆料已量产                      |
| D      | 主细栅目前为同一款浆料，已量产；提效款批试通过，可靠性阶段 |
| E      | 主细栅浆料已量产；银包铜进入小批量出货阶段         |
| F      | 主细栅浆料已量产                      |
| G (国外) | 细栅浆料已量产                       |
| H (国外) | 细栅浆料已量产                       |

资料来源：晶银新材推广资料，民生证券研究院整理

国内龙头加速扩产，行业集中度有望进一步提升。2022 年，聚和材料计划 IPO 募集资金 10.27 亿元，其中 2.73 亿元用于建设年产 3000 吨导电银浆建设项目（一期）。2022 年 11 月，帝科股份计划投资 1.82 亿元用于年产 1000 吨导电银浆研发和生产建设计划。2021 年 6 月，苏州晶银接受苏州固锝增资，拟投入 1.56 亿元用于建设年产太阳能电子浆料 500 吨项目。随着国内龙头产能的逐步落地，国内银浆厂商的出货量有望持续提升。

表4：国内部分公司银浆扩产及低温银浆技术进展情况

| 公司   | 进展  | 投资额     | 项目情况   |
|------|---|---------|--|
| 聚和材料 | 掌握超低体低温银浆技术，产品尚未大规模投产，在部分企业实现小规模量产。       | 2.73 亿元 | 年产 3000 吨导电银浆建设项目，一期项目建成后导电银浆总产能达到 1700 吨（1200 吨正面银浆，500 吨背面银浆）。 |
| 帝科股份 | 推出 HJT 全套低温银浆产品，实现小批量出货。                  | 1.82 亿元 | 年产 1000 吨导电银浆研发和生产建设项目，用于 TOPCon 电池导电银浆的研发和生产。                   |
| 苏州晶银 | HJT 浆料 2022 年前三季度出货接近 20 吨，且出货量第四季度仍逐月上升。 | 1.56 亿元 | 太阳能电子浆料 500 吨项目。   |

资料来源：各公司公告，民生证券研究院整理

## 5 风险提示

- 1) **低温银浆技术推进不及预期的风险。** 低温银浆技术还未成熟，工艺节点不确定较多，能否实现大规模量产以及实现的节奏存在不确定性，如果成本不及预期，可能对行业内重点布局的厂商产生较大的负面影响；
- 2) **行业竞争加剧的风险。** 随着异质结规模的逐步扩大，低温银浆用量逐步提升，导致行业内竞争更加剧烈，对厂商的利润和市占率可能构成负面影响；
- 3) **全球光伏新增装机规模不及预期。** 如果未来国内外疫情反复，则可能会影响光伏新增装机需求，进而影响银浆的实际需求。

## 插图目录

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 图 1: 光伏银浆分类 .....                    | 3  |
| 图 2: HJT 电池结构 .....                  | 4  |
| 图 3: 各类太阳能电池平均转换效率变化趋势 .....         | 4  |
| 图 4: 全球及我国太阳能电池片产量情况 .....           | 5  |
| 图 5: 全球及我国光伏银浆需求变动情况 .....           | 5  |
| 图 6: 单晶单面电池片成本结构占比 .....             | 5  |
| 图 7: 球状银粉电镜图 .....                   | 7  |
| 图 8: 片状银粉电镜图 .....                   | 7  |
| 图 9: 2021 年不同电池单位银耗 (单位: mg/片) ..... | 8  |
| 图 10: HC 系列浆料匹配钢伴印刷 .....            | 10 |
| 图 11: HJ 系列浆料匹配激光转印 .....            | 10 |
| 图 12: 2019-2025 各种主栅市场占比变化趋势 .....   | 10 |
| 图 13: 银包铜浆料成本下降示意图 (单位: 元/kg) .....  | 11 |
| 图 14: 温度对银包铜粉影响示意图 .....             | 11 |
| 图 15: 银包铜粉不同温度煅烧后的 XRD 图 .....       | 12 |
| 图 16: 银包铜粉示意图 .....                  | 12 |
| 图 17: 低温浆料提效降本路线 .....               | 13 |

## 表格目录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 表 1: 高温银浆和低温银浆对比分析 .....         | 6  |
| 表 2: 行业内银包铜主要公司 .....            | 12 |
| 表 3: 行业内银包铜主要公司 .....            | 14 |
| 表 4: 国内部分公司银浆扩产及低温银浆技术进展情况 ..... | 14 |

## 分析师承诺

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰准确地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、不因、也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接受到任何形式的补偿。

## 评级说明

| 投资建议评级标准  |      | 评级   | 说明                |
|---|------|------|-------------------|
| 以报告发布日后的 12 个月内公司股价(或行业指数)相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。 | 公司评级 | 推荐   | 相对基准指数涨幅 15%以上    |
|   |      | 谨慎推荐 | 相对基准指数涨幅 5%~15%之间 |
|   |      | 中性   | 相对基准指数涨幅-5%~5%之间  |
|   |      | 回避   | 相对基准指数跌幅 5%以上     |
|   | 行业评级 | 推荐   | 相对基准指数涨幅 5%以上     |
|   |      | 中性   | 相对基准指数涨幅-5%~5%之间  |
|   |      | 回避   | 相对基准指数跌幅 5%以上     |

## 免责声明

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，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，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。

## 民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路 8 号财富金融广场 1 幢 5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 18 层； 100005

深圳：广东省深圳市福田区益田路 6001 号太平金融大厦 32 层 05 单元； 518026