

团 体 标 准

T/CPIA 0030.4—2024

晶体硅光伏电池用浆料 第4部分：正面和 背面银浆 固化型银浆

Paste used for crystalline silicon photovoltaic (PV) cells—Part 4:
Front-side and rear-side silver paste—Cured silver paste

中国光伏行业协会
China Photovoltaic Industry Association

2024 - 03 - 10 发布

2024 - 03 - 15 实施

中国光伏行业协会 发 布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 要求 1

 4.1 外观 1

 4.2 基本性能 1

 4.3 成膜后性能 1

5 试验方法 2

 5.1 试验条件 2

 5.2 外观检查 2

 5.3 固体含量 2

 5.4 细度 3

 5.5 粘度 3

 5.6 体积电阻率 3

 5.7 接触电阻率 3

 5.8 可焊性 3

 5.9 附着力 3

 5.10 可靠性试验 3

6 检验规则 4

 6.1 检验分类 4

 6.2 型式检验 4

 6.3 出厂检验 5

7 标志、包装、运输、贮存、质量证明书 5

 7.1 标志 5

 7.2 包装 5

 7.3 运输 5

 7.4 贮存 5

 7.5 质量证明书 5

附录 A（规范性） 体积电阻率测试 7

 A.1 范围 7

 A.2 仪器与设备 7

 A.3 材料 7

 A.4 试样制备 7

 A.5 体积电阻率的测试 7

 A.6 测试结果处理 7

附录 B（规范性） 接触电阻率测试 8

 B.1 范围 8

 B.2 仪器与设备 8

 B.3 材料 8

B.4	试样制备	8
B.5	接触电阻率的测试	8
B.6	测试结果处理	8
附录 C(规范性) 主栅附着力试验		10
C.1	范围	10
C.2	仪器与设备	10
C.3	材料	10
C.4	试样制备	10
C.5	附着力测试	10
C.6	测试结果处理	10
附录 D(规范性) 副栅附着力试验		12
D.1	范围	12
D.2	仪器与设备	12
D.3	材料	12
D.4	试样制备	12
D.5	附着力测试	12



前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是T/CPIA 0030《晶体硅光伏电池用浆料》的第4部分。T/CPIA 0030已经发布了以下部分

- 第1部分：背场铝浆 烧结型铝浆；
- 第2部分：背面银浆 烧结型银浆；
- 第3部分：正面银浆 烧结型银浆；
- 第4部分：正面和背面银浆 固化型银浆。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国光伏行业协会标准化技术委员会提出。

本文件由中国光伏行业协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中国电子技术标准化研究院、无锡帝科电子材料股份有限公司、苏州晶银新材料科技有限公司、隆基绿能科技股份有限公司、广州市儒兴科技股份有限公司、杭州福斯特应用材料股份有限公司、理想万里晖半导体设备（上海）股份有限公司、英利能源发展（保定）有限公司、天合光能股份有限公司、通威太阳能（合肥）有限公司、国家太阳能光伏产品质量检验检测中心、浙江润海新能源有限公司、一道新能源科技股份有限公司。

本文件主要起草人：王赶强、张洪旺、庄天奇、张茜、邹一菲、杨波、丁冰冰、穆丹华、王慧慧、朱晨、李倩、卓启东、夏正月、卢佳妍、周春华、舒华富。



晶体硅光伏电池用浆料 第4部分：正面和背面银浆 固化型银浆

1 范围

本文件规定了晶体硅光伏电池用的固化型银浆的术语和定义、要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存。
本文件适用于制备晶体硅光伏电池正面和背面电极用的固化型银浆。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 9286—2021 色漆和清漆 划格试验
- GB/T 17472 微电子技术用贵金属浆料规范
- GB/T 17473.2 微电子技术用贵金属浆料测试方法 细度测定
- GB/T 17473.5 微电子技术用贵金属浆料测试方法 粘度测定
- GB/T 17473.7 微电子技术用贵金属浆料测试方法 可焊性、耐焊性测定
- GB/T 31985 光伏涂锡焊带

3 术语和定义

GB/T 17472界定的术语和定义适用于本文件。

4 要求

4.1 外观

晶体硅光伏电池用固化型银浆应为均匀的膏状物，无肉眼可见夹杂物、颗粒或结块。

4.2 基本性能

晶体硅光伏电池用固化型银浆的基本性能应符合表1的规定。

表1 晶体硅光伏电池用固化型银浆的基本性能

种类	固体含量 %	细度（4 th ） μm	粘度（使用Brookfield DV1粘度计测试；转子型号：SC4-14，在此测试条件下的参考数值）
主栅银浆	标称值±1.5	≤20	<300 Pa·s，标称值±10 % ≥300 Pa·s，标称值±7.5 %
副栅银浆	标称值±1.5	≤10	<300 Pa·s，标称值±10 % ≥300 Pa·s，标称值±7.5 %

4.3 成膜后性能

晶体硅光伏电池用固化型银浆成膜后的性能应符合表2的规定。

表2 晶体硅光伏电池用固化型银浆成膜后的性能

种类	外观	体积电阻率 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$	接触电阻率 $\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$	可焊性	附着力 N/mm	耐老化性能
主栅	表面平整致密；颜色呈均匀光亮的白色	≤ 10	≤ 20	良好	≥ 1.5	由供需双方协商确定
副栅	表面平整致密；颜色呈均匀光亮的白色	≤ 5	≤ 10	无	无	由供需双方协商确定

注：0BB工艺中，对副栅可焊性要求良好；附着力要求合格。

5 试验方法

5.1 试验条件

除非另有规定，固化型银浆的试验温度应在（15~35）℃，相对湿度（30~80）%试验环境下进行。

5.2 外观检查

固化型银浆及其成膜后的外观应在照度不小于1000 lux的环境下目视检查。银浆外观检查前应充分搅拌均匀。

5.3 固体含量

5.3.1 仪器设备

试验所需仪器设备如下：

- a) 天平：精确度为 0.0001 g；
- b) 鼓风式恒温烘箱：稳定使用温度可以达到 150℃，控温精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ ，底板加热（使用电热管加热），温度传感器位于烘箱上方，隔板采用镂空形式；
- c) 陶瓷容量器（坩埚 2 ml~4 ml 或者陶瓷片 $> 4\text{ cm}^2\sim 8\text{ cm}^2$ ）；
- d) 干燥器：附带变色硅胶干燥剂；
- e) 将陶瓷容量器放入鼓风式恒温烘箱中烘干 5 min，烘干后的陶瓷容量器放置于干燥器中保存备用。

5.3.2 试样

将样品搅拌均匀，称取三份1 g~1.5 g的试料，准确至0.0001 g，分别置于已恒重的陶瓷坩埚中或陶瓷片上。

5.3.3 步骤

将装有试料的陶瓷坩埚或陶瓷片置于鼓风式恒温箱中，在保证氧气充分的情况下，升温至浆料固化温度，保温60 min。关闭电源，打开炉门冷却至（80~100）℃，取出装有试料的陶瓷容器，置于装有干燥剂的干燥器中，冷却至室温，称重。

5.3.4 结果计算

5.3.4.1 银浆中固体质量分数按照公式（1）计算：

$$w = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- w——银浆中固体的质量分数；
- m——陶瓷容器的质量，单位为克（g）；

m_1 ——加热之前陶瓷容器与试料质量之和，单位为克（g）；

m_2 ——加热之后陶瓷容器与试料质量之和，单位为克（g）。

5.3.4.2 结果表示至小数点后两位，有效数字的尾数按照 GB/T 8170 数值修约规则进行。

5.3.4.3 取三份试料测试结果的算数平均值作为测试结果。

5.3.4.4 三份试料测试结果相互之间的差值绝对值均不应大于平均值的 1%，否则重新测试。

5.4 细度

取三份试样，按照 GB/T 17473.2 的规定进行测试。

记录刻槽上从顶部到底部出现第四个连续断点地方的读数，该读数为“细度(4th)”。

5.5 粘度

5.5.1 旋转粘度计法（仲裁法）

按照 GB/T 17473.5 的规定测试，设置测试温度为 $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ ，调节转速 10 r/min，扭矩百分比在 10%~90% 之间，其他条件由供需双方决定。待读数稳定后读取粘度数据。取两份平行试样，结果取平均值。两个平行试样测试值之差应不大于平均值的 3%。

5.5.2 锥/板粘度计法

按照 GB/T 17473.5 的规定测试。设置测试温度为 $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ ，调节转速或剪切率，使扭矩百分比控制在 10%~90% 之间，其他条件由供需双方决定。待样品温度稳定至测试温度后开始测试，读取 30 s 或 60 s 或其它特定时间后的粘度数据。取两份平行试样，结果取平均值。当粘度 $\geq 14 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 时，两个平行试样测试值之差应不大于平均值的 3%；当粘度 $< 14 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 时，两个平行试样测试值之差应不大于平均值的 5%。

5.6 体积电阻率

按照附录 A 的规定进行测定。

5.7 接触电阻率

按照附录 B 的规定进行测定。

5.8 可焊性

按照 GB/T 17473.7 的规定进行测定

5.9 附着力

5.9.1 主栅附着力的测定按照附录 C 的规定进行。

5.9.2 副栅附着力的测定按照附录 D 的规定进行。

5.10 可靠性试验

5.10.1 仪器设备

鼓风烘箱：稳定使用温度可以达到 150°C ，控温偏差 $\pm 1^\circ\text{C}$ ，底板加热（使用电热管加热），温度传感器位于烘箱上方，隔板采用镂空形式。

5.10.2 试样制备

按照附录 A 的规定制备试样。

5.10.3 老化

打开烘箱电源和鼓风，设置保温温度（温度设置由供需双方确定）。待烘箱温度稳定后，将试样放

入烘箱，放置位置距离加热板距离 ≥ 20 cm，距离温度传感器距离 ≤ 15 cm，保温一段时间后自然冷却至室温（保温时间由供需双方确定）。

5.10.4 可靠性测试

附着力按照附录A的规定进行，步骤如下：

- a) 测试样品老化测试前的附着力；
- b) 试样样品老化后的附着力；
- c) 对比老化测试前后附着力的比值或读取测试后的绝对值。

6 检验规则

6.1 检验分类

固化型银浆的检验分为型式检验和出厂检验。

6.2 型式检验

6.2.1 通则

在有下列情况（包括但不限于）之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品生产时；
- b) 产品转厂生产时；
- c) 正式生产后，材料配方、生产工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- d) 停产时间超过六个月，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- f) 质量技术监督机构检验时；
- g) 合同规定提出型式检验要求时。

6.2.2 抽样

由同一次投料生产出的固化型银浆为检验样本。每批产品在随机抽取1瓶，取适量银浆作为检验样品。

6.2.3 检验项目

型式检验项目应符合表3的要求。

表3 检验项目

检验项目	要求章条号	试验方法章条号	型式检验	出厂检验
银浆外观	4.1	5.2	●	●
固体含量	4.2	5.3	●	●
细度	4.2	5.4	●	●
粘度	4.2	5.5	●	●
成膜后的外观	4.3	5.2	●	—
体积电阻率	4.3	5.6	●	—
接触电阻率	4.3	5.7	●	—
可焊性	4.3	5.8	●	—
附着力	4.3	5.9	●	—
耐老化性能	4.3	5.10	供需双方协商确定	—

6.2.4 合格判定

当所有型式检验项目符合本文件的要求时，则型式检验合格；若有任一型式检验项目不符合本文件的要求，则型式检验不合格。

6.3 出厂检验

6.3.1 组批

由同一次投料生产出的固化型银浆为一个检验样本。

6.3.2 抽样

每批产品在100瓶以下时随机抽取1瓶，取适量银浆作为检验样品。每批产品在100瓶以上，每增加100瓶（不足100瓶时以100瓶计）多抽取1瓶产品取样。

6.3.3 检验项目

出厂检验项目应符合表3的要求。银浆外观检查为全数检验，其他项目以批次为单位进行抽检。

6.3.4 检验结果的判定

所有出厂检验项目，当试验结果中有不合格项目时，应从该批产品中另取双倍数量的试样进行重复试验。重复试验结果全部合格时，则判该批产品合格。若重复实验结果仍有不合格项目，则判该批产品不合格。

7 标志、包装、运输、贮存、质量证明书

7.1 标志

产品标识至少应包含以下信息：

- a) 制造商名称；
- b) 产品名称；
- c) 产品牌号；
- d) 批号；
- e) 产品净重量；
- f) 保质期；
- g) 生产日期；
- h) 储存条件（温度）；
- i) 安全相关提示信息。

7.2 包装

产品应密封分装，包装物应耐腐蚀、不易破损，并加封条。

7.3 运输

密封包装好的固化型银浆，运输前应装入结实牢固的包装箱中，包装箱四周应充填安全物质。包装箱中应放入干冰或冰袋，保证运输过程中浆料温度较低。产品运输过程中应避免污染和机械破损，避免温度过高，避免阳光直接照射。

7.4 贮存

产品应在-30℃~-5℃的环境条件下密封储存，避免强光直射。自生产之日起有效储存期为6个月。打开密封包装后，产品应尽快使用（建议24h内用完），应存放于温度-30℃~-5℃的环境条件下。

7.5 质量证明书

每批产品应附有质量证明书，至少应包含以下内容：

- a) 制造商名称、地址、电话、传真；
- b) 产品名称；
- c) 产品牌号；
- d) 批号；
- e) 产品净重量；
- f) 生产日期；
- g) 保质期；
- h) 各项分析检验结果和技术监督部门印记；
- i) 标准编号。



附录 A
(规范性)
体积电阻率测试

A.1 范围

本附录规定了晶体硅光伏电池用固化型银浆体积电阻率的测试方法。
本附录适用于晶体硅光伏电池用固化型银浆体积电阻率的测定。

A.2 仪器与设备

所需仪器与设备如下：

- a) 定制印刷网版；
- b) 数显万用表（电阻测试范围：100 μΩ～120 MΩ）；
- c) 隧道烧结炉。

A.3 材料

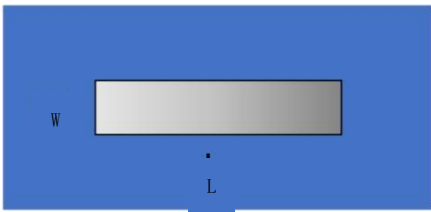
晶体硅蓝膜片：未印刷电极。

A.4 试样制备

- A.4.1 将待测固化型银浆充分搅拌均匀，使用定制网版手动在晶体硅蓝膜片上印刷银浆样条，如示意图A.1所示。推荐长度（3～7）cm、宽度（3～7）mm、厚度（30～50）μm。
- A.4.2 按照制造商提供的工艺条件烘干并经隧道烧结炉低温固化。
- A.4.3 每份样品至少有3个试样，测试结果可有效读取。

A.5 体积电阻率的测试

- A.5.1 用直尺与笔标记待测区间长度L，然后使用万用表的两组表头探针（开尔文/四线法测试）分别搭在标记的头尾浆料处，读出万用表电阻读数记为R。
- A.5.2 测量固化后银浆样条的宽度W（精确到0.01 mm）及厚度h（精确到0.01 μm），并计算出样条的横截面积为S=W×h。



图A.1 体积电阻率印刷示意图

A.6 测试结果处理

根据公式（A.1）处理测试结果，计算银浆的体积电阻率。

$$\rho = \frac{R \times S}{L} \times 10^6 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- ρ——体积电阻率，单位为微欧厘米（μΩ·cm）；
- R——电阻，单位为欧姆（Ω）；
- S——银浆样条的横截面积，单位为平方厘米（cm²）；
- L——银浆样条的长度，单位为厘米（cm）。

附录 B
(规范性)
接触电阻率测试

B.1 范围

本附录规定了晶体硅光伏电池用固化型银浆接触电阻率的测试方法。
本附录适用于晶体硅光伏电池用固化型银浆接触电阻率的测定。

B.2 仪器与设备

所需仪器与设备如下：

- a) 印刷网版；
- b) 数显万用表（电阻测试范围：100 $\mu\Omega$ ~ 120 M Ω ）。

B.3 材料

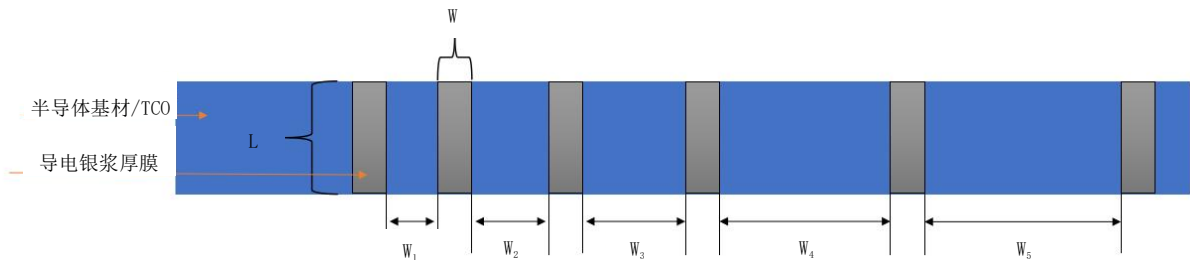
晶体硅蓝膜片：未印刷电极。

B.4 试样制备

- B.4.1 将待测固化型银浆充分搅拌均匀，使用定制网版手动在晶体硅蓝膜片上印刷相同形状，不同间隔的样条，样品长为L（10 mm ≤ L ≤ 15 mm），如图B.1所示。
- B.4.2 按照制造商提供的工艺条件烘干并经隧道烧结炉低温固化。
- B.4.3 每份样品至少有3个试样，测试结果可有效读取。

B.5 接触电阻率的测试

使用带有四线法测试功能的万用表，量程在0 Ω ~ 1000 Ω 范围内，测试不同间隔的样条的电阻。样条的宽度及间隔大小由供需双方决定（样条宽度W推荐为1 mm）。



图B.1 接触电阻率印刷示意图

B.6 测试结果处理

- B.6.1 按对应不同的距离W_n测出一组RT，做出的RT=f(W)曲线，这些点可以拟合成一条直线，拟合优度R²大于0.99。
- B.6.2 当W_n=0时，在RT轴上的交点为2R_c，即可得到R_c值。
- B.6.3 直线的斜率为R_{sh}/L，即可得到R_{sh}值。
- B.6.4 在推荐宽度W=1mm情况下，W大于有效传输距离L_r的3倍，可按照公式（B.1）处理测试结果，计算接触电阻率：

$$\rho_c = \frac{R_c^2 \times L^2}{R_{sh}} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

ρ_c ——金属与半导体接触电阻率，单位为欧姆平方厘米（ $\Omega \cdot \text{cm}^2$ ）；

R_{sh} ——半导体基材本身的方块电阻，单位为欧姆每方块（ $\Omega/\square$ ）；

R_c ——金属与半导体接触电阻，单位为欧姆（ Ω ）；

L ——样条长度，单位为厘米（cm）。



附录 C (规范性) 主栅附着力试验

C.1 范围

本附录规定了晶体硅光伏电池用固化型银浆主栅附着力的测试方法。
本附录适用于晶体硅光伏电池用固化型银浆主栅附着力的测定。

C.2 仪器与设备

所需仪器与设备如下：

- a) 拉力试验机：量程应包含（0~50）N，测量与记录所施加拉力的精确度应达到 $\pm 5\%$ ；
- b) 控温烙铁：手动低温焊带的烙铁能够在 $290\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 控温；自动串焊机温度设置在 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 温控板：能够在 $(50 \pm 10)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 控温；
- d) 丝网印刷机；
- e) 烘干炉；
- f) 隧道烧结炉：使用温度可达到 $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

C.3 材料

所需材料如下：

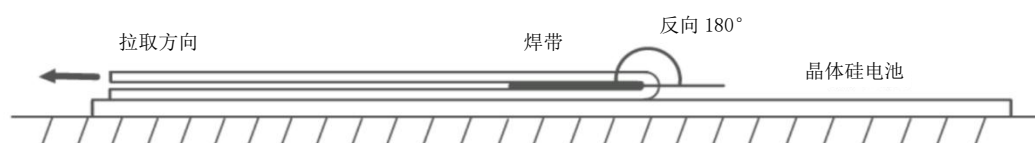
- a) 晶体硅蓝膜片：未印刷电极；
- b) 焊带：低温焊带、直径范围在 $0.28\text{ mm} \sim 0.32\text{ mm}$ 之间，符合 GB/T 31985 中对光伏涂锡焊带外观、力学性能、电学性能、抗腐蚀性、耐老化及可焊性的要求；
- c) 助焊剂：符合 SJ/T 11549 的要求。

C.4 试样制备

- C.4.1 将待测固化型银浆充分搅拌均匀，使用丝网印刷机在晶体硅蓝膜片上印刷主栅电极，推荐长度不低于 15 cm 、宽度 $(0.4 \sim 1)\text{ mm}$ 、厚度 $(11 \sim 15)\text{ }\mu\text{m}$ 。
- C.4.2 按照制造商提供的工艺条件烘干并经隧道烧结炉固化。
- C.4.3 将焊带置于助焊剂中浸泡 $(5 \sim 15)\text{ min}$ ，取出后室温晾干。
- C.4.4 将待焊接的晶体硅电池片放在温控板上，升温至 $(50 \pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。选择与印刷电极宽度匹配的焊带，按照制造商推荐的焊接温度，用控温烙铁将焊带焊接到烧结好的电极上，焊接过程保持匀速，焊接时间不超过 30 s 。或者采用串焊机在推荐工艺条件下焊接。
- C.4.5 每份样品至少有3个试样（以每一条焊接焊带的电极作为1个试样）测试结果可有效读取。

C.5 附着力测试

将试样夹在拉力试验机上，沿 180° 方向（见图C.1），以 $(100 \sim 300)\text{ mm/min}$ 的速度均匀地从电池片上拉焊带，记录，记录拉力值相对稳定区间的平均拉力，以平均拉力作为破坏拉力。



图C.1 主栅附着力测试示意图

C.6 测试结果处理

按照公式（C.1）计算平均破坏拉力：

$$\bar{F} = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_n}{n} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

F —— 单次试验的破坏拉力，单位为牛顿（N）；

$\bar{F}$ —— 平均破坏拉力，单位为牛顿（N）；

n —— 测定次数。

计算平均破坏拉力时，数值修约按照GB/T 8170的规定进行，结果保留两位有效数字。

附着力以焊接界面单位宽度的破坏拉力计，按照公式（C.2）计算：

$$f = \frac{\bar{F}}{d} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

f —— 附着力，单位为牛顿每毫米（N/mm）；

$\bar{F}$ —— 平均破坏拉力，单位为牛顿（N）；

d —— 电极与焊带焊接接触面宽度（接触面积宽度大小约等于焊条宽度），单位为毫米（mm）。



附录 D (规范性) 副栅附着力试验

D.1 范围

本附录规定了晶体硅光伏电池用固化型银浆副栅附着力的测试方法。
本附录适用于晶体硅光伏电池用固化型银浆副栅附着力的测定。

D.2 仪器与设备

所需仪器与设备如下：

- a) 水浴锅；
- b) 丝网印刷机；
- c) 烘干炉；
- d) 隧道烧结炉。

D.3 材料

所需材料如下：

- a) 晶体硅蓝膜片：未印刷电极；
- b) 附着力测试胶带：符合 GB/T 9286—2021 中对胶带要求，粘着力为 (10 ± 1) N/25mm，胶带规格尺寸由供需双方决定。

D.4 试样制备

将待测固化型银浆充分搅拌均匀，通过丝网印刷机打印到晶体硅蓝膜片上成副栅，按照制造商提供的工艺条件烘干并经隧道烧结炉固化。

D.5 附着力测试

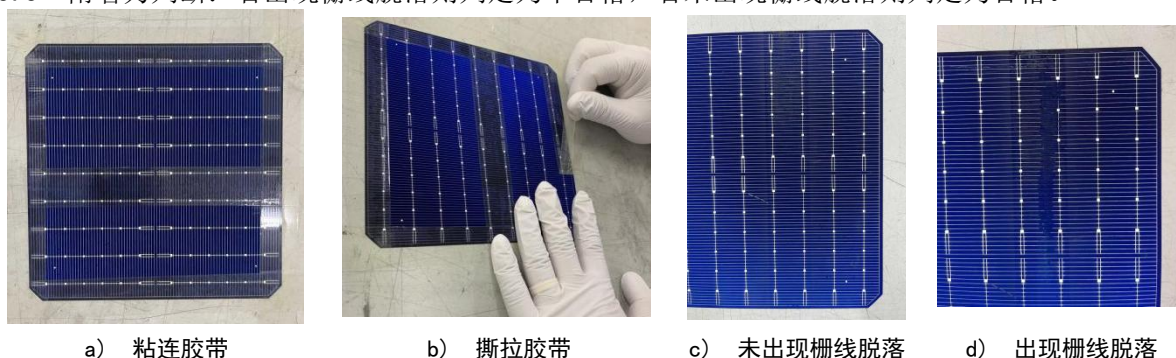
D.5.1 将银浆固化后的电池片放入恒温水槽中，使用去离子水（DI水标准：电阻率大于 $0.5 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ ，最高电阻率可达到 $18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ ），在 85°C 下加热 30 min。

D.5.2 加热过程中观察晶体硅电池片副栅栅线是否出现脱落或变色的情况。

D.5.3 加热完成后，取出晶体硅电池片，用冷风吹干或自然晾干。

D.5.4 撕拉一定长度的胶带（胶带长度超过电极长度），以与副栅栅线平行的方向、紧贴副栅栅线，使胶带与电池片紧密结合（测试过程见图D.1副栅附着力测试示意图）。固定电池片，3 s~6 s内将胶带匀速从电池片分离出来（拉的方向与副栅线方向垂直）；观察胶带及电池片，检测栅线是否脱落。

D.5.5 附着力判断：若出现栅线脱落则判定为不合格，若未出现栅线脱落则判定为合格。



图D.1 副栅附着力测试示意图

