

# 异质结铜电镀进展跟踪及技术详解

---

电话会议纪要 | 2022年06月27日

## 洞见·新能源

---

### 嘉宾介绍

某铜电镀公司销售负责人

### 要点总结

---

#### 1、今年在光伏领域的铜电镀发展情况：

1) **现状：**目前国内主流的电池企业如果想要获得取代银浆的技术突破，都会与电镀公司进行合作。各家企业的起步有先后，目前进展也会有所差异。

2) **进度：**今年年底之前会陆续有各种技术路线的铜电镀的量产验证线投产，经过大概半年时间的验证后，到明年年中，就可以判断这种技术路线是否适合进行放量生产了。

#### 2、铜电镀技术进展较快的公司：

1) 目前爱旭、海源、晶澳、天合、晶科、爱康、日升、隆基的技术验证进行较为深入，预计放量较快。

2) 专家表示，虽然目前在光伏领域的用铜工艺的公司有很多家，但是目前公开宣称可以量产的公司只有爱旭和海源（与捷德宝合作）。

#### 3、异质结铜电镀与传统技术的差异：

1) **铜电镀成本优势明显，**传统丝网印刷的金属化成本约为0.2元/瓦，铜电镀的成本约为0.1元/瓦。

#### 4、铜电镀的行业壁垒：

铜电镀不仅需要电镀设备，还需要对图形化和金属化阶段进行测试，电池厂商即使购买到了电镀设备也可能不会用。

1) **电池厂对铜电路技术的研究和认知非常欠缺：**据专家了解，隆基、天合等公司只是对铜电镀的概念感兴趣，但此前对关于铜电镀的生产经验非常少。

2) **图形化阶段测试：**图形化需要经过大量的开发和测试，掩膜的处理、曝光、显影等图形化路线的工序也经过很长时间的多次测试。

3) **金属化阶段测试：**哪种生产方式（喷墨、喷涂、悬涂）能够量产铜电镀需要进行设备测试、工艺测试、辅料辅材测试等大量测试，也需要测试不同环节的辅料与设备应用之间的匹配度。

---

## 异质结电镀行业近况：

### 1、海源复材的异质结项目进展如何？

1) 目前厂房的建设、外围动力的准备都正在进行中，相关配套的设备也在准备期，预计今年年底前可以完成第一条600MW的生产线。如果第一条生产线上线以后比较顺利，海源复材可能会放大产能达到2-3GW的生产规模。

2) **设备交付情况：**因为异质结涉及的工序比较多，各种设备的交期会有一些差异，有一些设备已经就位，有一些设备还在运输过程中。**整线交付时间大概是今年11月**，如果出现其他问题，可能会对这个时间进行调整。

### 2、在光伏电池的电镀领域，选择使用异质结和TOPCon技术来取代银浆的公司有很多，目前行业内进展如何？

1) 目前国内主流的电池企业如果想要获得取代银浆的技术突破，都会与电镀公司进行合作，其中包括主营异质结、TOPCon和IBC等方面的公司。各家企业的起步有先后，目前进展也会有所差异。

2) 今年年底之前会陆续有各种技术路线的铜电镀的量产验证线投产，然后经过大概半年时间，到明年年中，就可以判断这种技术路线是否适合进行放量生产了。

### 3、哪些电池厂在电镀技术进展较快？

目前爱旭、海源、晶澳、天合、晶科、爱康、日升、隆基的技术验证进行较为深入，预计放量较快。

### 4、在光伏领域的哪些电镀公司处于领先地位？

1) 专家表示，虽然目前在光伏领域的电镀公司有很多家，但是公开宣称可以非银量产的公司只有爱旭和海源。

2) **爱旭具有一定量产优势：**专家表示，爱旭的老板在去年成立了一家公司，技术主要由原来半导体和PCB行业内的专业人士研发，团队在电路方面有经验，与捷德宝等其他公司也有合作和交流，在快速量产方面具有一定优势。专家认为，爱旭的IBC电池与常规不同，是否能量产还有待验证。

### 5、1GW异质结铜电镀产线的投资成本是多少？

不算ITO等前面的工序，后面工序设备成本总计约为2亿元/GW。而使用丝网印刷的传统工艺总设备成本约为4亿元/GW。

## 铜电镀与传统丝网印刷的差异：

## 6、异质结铜电镀与传统技术差异如何？

- 1) **主要差异在IT0工序之后：**传统异质结产线在IT0工序后会进行银浆印刷和烧结，而**铜电镀工艺主要分为栅线的图形化与金属化这两部分工序**，在图形化部分的IT0工序后，不使用银浆而是使用铜来做电镀。
- 2) **图形化：**先使用PVD设备做一层铜的种子层，然后使用油墨印刷机（掩膜一体机）的湿膜法制作掩膜。在经过掩膜一体机的印刷、烘干、曝光处理后，在感光胶或光刻胶上的图形可以通过显影的方法显现出来，图形化就完成了。
- 3) **金属化：**首先完成铜的沉积（电镀铜），然后使用不同的抗氧化方法进行处理（电镀锌或使用抗氧化剂制作保护层）。最后去掉之前的掩膜、铜种子层，露出原本的IT0，就完成了铜电镀的所有过程。
- 4) 后续还有退火或光注入等次要工序。

## 7、铜电镀和丝网印刷的生产成本差异如何？

- 1) **丝网印刷：**设备和流程比较简单，主要工序是印刷、烧结、退火，主要成本来自低温银浆，每瓦的金属化成本约为0.2元。
- 2) **铜电镀的生产成本约为0.1元/瓦左右，包括设备投入和折旧、使用辅材、化学药品、水电费、人工成本等。**其中设备成本和掩膜耗材成本各占30%和20%，原材料铜比较廉价约占10%。专家估计，由于铜电镀产线采用回水设计，并且采用线路板行业内的成熟环保设计，环保成本很小，具体数字没有计算。
- 3) 现在一些电池端客户对铜电镀的金属化成本提了一个大概的要求，每瓦成本只要低于0.12元，就已经具备量产优势了，这个标准很容易实现。

## 8、相比于传统银栅线，铜栅线有何优点？

栅线需要与电池片的基体材料形成一个非常好的接触，即欧姆接触。欧姆接触的好坏决定了电池的导电性以及发电效率是否能够达到最佳。接触面能否紧密结合、栅线材料对电子或载流子通过的阻抗（电阻率）都会影响欧姆接触的好坏。电阻率越大，电池片对电子或载流子的负荷越高，电子或载流子的通过率越差。

- 1) **银浆的导电性比铜栅线的导电性弱。**因为银浆是混合物，是流动的胶体，而铜栅线是纯铜，所以铜栅线体电子比银浆体电子的电阻率更低。**银浆的电阻率大约为5-10欧姆/米，铜栅线电阻率是1.7欧姆/米。**
- 2) **银浆印刷的线宽比铜电镀的线宽更宽，导致了银浆印刷的发电效率更低。**
  - ①因为异质结电池使用低温银浆，而低温银浆比较粘稠，所以**印刷银浆时可能会导致电池片栅线的宽度更宽。**有厂商使用高温银浆印刷，其线宽可以达到20微米，但是使用低温银浆印刷的线宽大约为40微米。
  - ②因为铜电镀通过在底部生长的方式，只要有电子交换，铜离子就会在电子产生的地方沉积，所以**铜电镀栅线的宽度更小。铜电镀的线宽大约为20微米，甚至低于20微米。**
  - ③**栅线宽度更细可以使得电池片放置更多的栅线**，如果原来是100根栅线，那么现在就可以放置180根甚至200根，更多的栅线能更好地把光照产生的内部载流子通过电流形式导出电池片，从而提高电池片发电效率。铜栅线的发电效率比银栅线高30%。

## 9、相比于传统银栅线，铜栅线有何缺点？

- 1) **铜电镀的栅线更细，这会导致铜电镀面临栅线是否会更牢固、附着力能否达到组件生产要求的问题。**因为栅线更细，附着面积更小，所以在同样应力条件下，铜栅线的附着力不够，铜栅线比银栅线更容易脱

落，而栅线脱落会导致栅线接触出现问题，会影响电池片和组件后期的使用。利用半导体的工艺进行图形化，这可以使得铜电镀的栅线宽度达到10微米。

2) 经过长期使用，银浆不会出现氧化失效的问题，而铜栅线会出现氧化失效问题。

①铜只要暴露在空气中就会以非常快的速度氧化，出现氧化铜或者氧化亚铜，从而影响铜的导电性。

②铜的氧化物也会扩散：铜在ITO等特定条件中的扩散非常缓慢，但是铜氧化后会一直扩散，这会导致栅线电池片或者组件失效。厂商如果生产栅线，那么就需要对栅线进行保护或抗氧化处理。

3) 铜栅线环保方案更为复杂。银浆工序简单，而铜电镀涉及电化学过程，铜电镀的掩膜需要使用聚合物或者树脂感光胶，在烘烤或者去膜过程中涉及有机排废，环保方案更为复杂。国内电镀产业已经存在了很多年，已经有成熟的环保问题解决方案，但是在光伏行业中引入这些环保解决方案会面临一些阻碍，这也是电镀在光伏领域中一直没有放量的原因。

## 铜电镀技术壁垒：

### 10、电镀设备厂商的竞争壁垒是什么？

铜电镀不仅包括电镀设备，还包括图形化和金属化，电镀设备只是铜电镀过程中的一个部分，其他厂商即使购买到了电镀设备也无法生产铜电镀。

1) 电池厂对铜电路技术的研究和认知非常欠缺：虽然电池厂商有很多博士在深入研究电池，但是对铜电路技术的研究和认知非常欠缺。在两三年前，隆基、天合等公司对铜电镀的发展充满了信心和兴趣，想通过购买铜电镀设备发展铜电镀。专家通过与其交流发现，隆基、天合等公司只是对概念感兴趣，但对关于铜电镀的生产经验非常少。

2) 专家认为即使厂商购买到电镀设备后也不能生产出铜电镀产品。

①图形化阶段测试：因为铜电镀设备只是金属化的一部分，而金属化之前的图形化需要经过大量的开发和测试，掩膜的处理、曝光、显影等图形化路线的工序也经过很长时间的多次测试，所以厂商购买到电镀设备后也不能生产出铜电镀产品。

②金属化阶段测试：早期不是采用印刷的方式生产铜电镀，而是采用喷墨、喷涂、悬涂等方式生产铜电镀，哪种生产方式能量产铜电镀需要进行设备测试、工艺测试、辅料辅材测试等大量测试，也需要测试不同环节的辅料与设备应用之间的匹配度。比如厂商使用某种掩膜，在该掩膜没有定型之前，厂商需要进行掩膜测试。且因为不同材料掩膜的特性不一样，曝光的设备厂商需要每一次对不同的曝光材料、曝光工艺、曝光设备、能量光源进行测试，这些测试需要花费大量时间。

### 11、双面铜电镀和单面铜电镀会对异质结电池造成什么影响？

1) 因为异质结电池的结构特性导致了异质结电池正反两面都可以进行栅线数量近似相同的设计，所以异质结电池最适合双面铜电镀。如果异质结电池正反两面有近似的栅线数量，那么栅线对电池片造成的形变就比较容易控制。

①后续电池片的制成以及碎片难度：在完成金属化后，IBC等单面栅线电池会因为单面受力不均产生形变，而在电池片制成中，如果电池片没有生产成组件，随时间增加电池片形变程度会加剧，从而增加后续工艺难度。双面栅线电池形变量很小，不会增加后续电池片的制成以及碎片难度。

②栅线是否容易剥离脱落：因为栅线会影响铜电镀的附着力，如果因为形变所导致的应力超出了本身的附着力，栅线就会剥离。单面铜电镀的电池片在栅线剥离时，整个线网都会剥离。

2) 如果用单面铜电镀电池片快速生产组件，电池片的变形、剥离、破片等问题会有所缓解。若厂商要生产单面铜电镀电池片，就会自行将电池片直接制成组件。比如，若爱旭生产单面铜电镀电池片，其角色将由

---

电池生产供应商变成了IBC电池组件生产供应商。

## 12、从电镀角度看，如何解决单面、双面实际拉力的差异问题？

单面、双面是基于不同产品类型的选择，它们在应力、附着力上的差异问题也是电镀厂商必须要面对的问题，电镀厂商只能尽量提高栅线的附着力，有很多的方法可供采用。

1) 纯粹从材料角度出发，可以通过铜的种子层提升附着力。厂商可以在一字节上先做一层铜的种子层，在ITO和电镀出来的铜层之间起到衔接或转承的作用，所以种子层的附着力以及它跟ITO的结合都起到关键作用。铜的种子层涉及PCB铜的一个工艺以及处理方法，这层铜跟电镀铜之间的结合，需要通过热处理的方式，这种方式能够让两者间形成较好的附着。

2) 从电镀铜本身来说，可以通过特殊的工艺处理方法让铜朝低应力的方向生长，目前十分有效。通过一些控制手段或方法，可以改变铜的生长速率、大小以及方向，使其朝低应力的方向生长，就能够提高附着力，使其满足通过栅线去做组件的应力要求，目前这种方法非常有效。

3) 应力问题是可以解决的，但不是每一家都有能力去解决。

## 13、目前曝光机、电镀机等设备的成熟度如何？各有哪些优缺点？

1) 曝光机：效率太低，不太适用于量产，现在曝光机厂家已经演变成激光直写的方式。

①光伏行业早期使用的曝光机属于UV光源的曝光，效率太低，不太适用于量产。在半导体或PCB行业里，曝光机比较常见，光伏行业早期已有一些电镀线使用曝光机，但这种曝光机属于UV光源的曝光，效率太低，不太适用于量产。

②曝光机引入光伏行业必须要克服一些问题，需重新设计或改造。以产能为例，原先曝光机是以一整版方式曝光，曝光一版需要7-8秒或将近10秒，速度过慢，其产能也无法满足行业需求。

③现在曝光机厂家已经演变成LDA激光直写的方式，这种方式更适用于量产，对研磨材料的友善度也更高。

2) 电镀机：链式和挂镀的优缺点差距很大，如果链式能得到量产的批量验证，挂镀将没有生存空间。

①链式更适合量产，但链式具有独特的电机设计，国内部分厂商还需一定时间攻克技术瓶颈。除捷德宝一直在进行水平链式电镀机的推广外，陆续也有一些其他厂商进行水平链式设备的开发，但链式具有独特的电机设计，国内部分厂商还需一定时间攻克技术瓶颈。

②挂镀容易实现，但目前挂镀缺陷太多且太过明显。

A. 实现链式并不简单，但实现挂镀相对较容易。很多早期在光伏行业做电镀设备的厂商，其实直接参照了PCB行业的挂镀设备，修改电极设计和槽底后直接应用在光伏行业里。

B. 挂镀的产出非常小。挂镀镀率非常慢，产出非常小。一台设计长度为50-60米的挂镀设备，产出可能只有2000-3000片。

## 14、只提供电镀设备的电镀厂商其竞争力如何？

专家一直都不看好只能提供电镀设备的模式，现阶段这种模式处于相对劣势的位置，其竞争力比较弱。

1) 罗伯特科、东威科技等想进入光伏铜电镀市场的公司：核心竞争力不仅是能够电镀，还要掌握图形化能力。如果只是一个设备公司想要做铜电镀设备，专家以及业内的做电池技术的团队都不看好，因为在没有经验积累和验证的情况下，该公司不可能知道哪一种电镀设备最合适。除非像爱旭一样，专门聘请一些原来在PCB行业里并有电镀设备生产经验的一些人进行设备开发，可以根据已有的经验和条件进行相应的调

---

整。

## 2) 举例分析一些电镀设备厂商的表现:

①捷德宝:捷德宝一直提供的是整线的方案,包括图形化以及金属化。在合作时,客户只需要把片子给捷德宝,捷德宝就可以还给客户一个做完铜栅线的电子产品。

②通威投资的太阳井:在原有图形化方案被否后,正在尝试新的图形化方案。通威投资的太阳井之前也有自己的图形化方案,但并不被通威的技术团队看好。在经过一些测试和验证后,通威直接否定了其原先的图形化方案。在与捷德宝和其他厂商交流后,结合通威及该厂商得到的一些信息,该厂商正在尝试新的图形化方案。

③原有PCB行业里的电镀设备厂商:它们只能根据电池厂商进行电镀设备设计,这种设备与图形化的匹配非常不友好。一些原来只做或长期深耕PCB行业的电镀设备厂商,它们只能根据电池厂商的需求进行机械的设计,比如电池厂商提出现在要做某一种产品的电镀,让它们设计一个专门的电镀设备。这种设备在进行图形化的匹配时是非常不友好的,可能会在匹配性上遇到很多问题。

3) 如果某一家电镀设备厂商只能提供电镀设备,对电池厂商来说,该厂商的帮助很小。除非到某一阶段,各电池厂商对图形化的方案都已经完全掌握,无论哪家电镀设备厂商推出的设备方案或铜电镀的方案都可以很好匹配,经过验证成熟后,可能电镀设备厂商只要提供电镀设备就可以完全解决问题。现阶段厂商只能做电镀设备,并没有优势。

## 15、目前制约电镀铜大规模量产的瓶颈是什么?

目前最大的瓶颈是中试线获得的数据或结果还需要量产的验证。其他环保等相关各方面,也需要相关厂商去做一些尝试。

1) 目前一些地方或厂商对铜电镀的项目仍持观望态度。即使爱旭现在宣布做铜电镀的项目,但其在宣传新推出的非银浆IBC电池技术,并没有直接告诉别人这是一个铜电镀的项目,厂商对此还是有些顾忌的,大家的观念需要进行一定的转变。

2) 预计等产业形成一定规模后,大家对铜电镀技术和该技术环保方面的可靠性有更多的认识后,受到的限制会相对减少。

## 16、铜电镀体量过大,污水处理是否面临压力?

根据估计,10GW光伏发电量对应着1亿平方米左右的电镀面积,该体量已经超过了PCB行业,给污水处理带来了一定压力。目前水处理方案提供商的答复都是完全没有问题,但实际情况如何要等处理工作运转后,看能否通过量产线的验证。

## Q&A:

### 17、2023-2024年的技术前景如何?电镀铜能否实现量产?

专家认为,从目前发展的情况分析,预计2024年一定可以实现量产,每瓦成本可以降到6-7分。

---

## 18、成本下降空间主要体现在哪些地方？

成本下降空间体现在金属化成本下降，主要包括设备折旧和掩膜材料成本下降。

- 1) **设备折旧**：设备已经折旧了30%，因为现阶段所有设备都是新开发的，很多投资的早期成本较高，所以专家认为随设备放量，折旧成本将会明显下降。
- 2) **掩膜材料**：掩膜材料的使用量、价格以及所分摊的开发成本导致掩膜材料占总成本的比例超过20%。因为掩膜材料使用量不大，所以其售价较高，随掩膜材料使用量增加，成本会继续下降。
- 3) **全成本分摊**：铜电镀作为更低温的制成工艺，有利于硅片的薄片化以及异质结电池片的薄片化发展。

## 19、如何降低电镀铜的设备成本？

专家认为，电镀铜设备的降本比较容易实现。

1) 设备的成本降低其实相对简单，因为目前设备成本高主要因为尚未起量，技术问题解决后，光伏放量很快，成本下降将非常迅速。

①以新造一台车进行类比，新车的模具、开模都是全新的，所以刚开始每一辆车的成本都非常高，同样在没有起量的前提下，少量的设备就承担了所有的成本，因此成本过高。

②技术问题解决后，光伏放量很快，成本下降将非常迅速。光伏相关产品的特性就是一旦技术路径走通了，产品的放量非常快，一旦电镀铜设备的需求量形成规模后，其所有的成本都会快速降低。

2) 设备成本下降受产业推动，电镀铜的成本存在硬性指标，相关厂商都在朝这一目标努力。

①光伏行业内，并不一定是设备厂商主动去降低成本，也受到整个产业的推动。光伏行业内不是只有异质结铜电镀在进步，其他的相关产业也在一直进步，包括银浆，相关厂商一直在寻找替代品，作为降本的方案。

②行业要求电镀铜的成本必须要降低到某一水平。光伏行业其实对铜电路技术路径也有一个硬性的指标，相关厂商的电镀铜的成本必须要超过这一指标才有价值。如果想实现量产，各厂商一定要朝着这一目标努力。

3) 现在很多设备还是从台湾或其他地区引进的，专家认为这些设备最终都将实现本土化。

4) 目前部分设备供应商出于对市场的预期，可能希望获得一些收益，所以在毛利等方面设定较高。