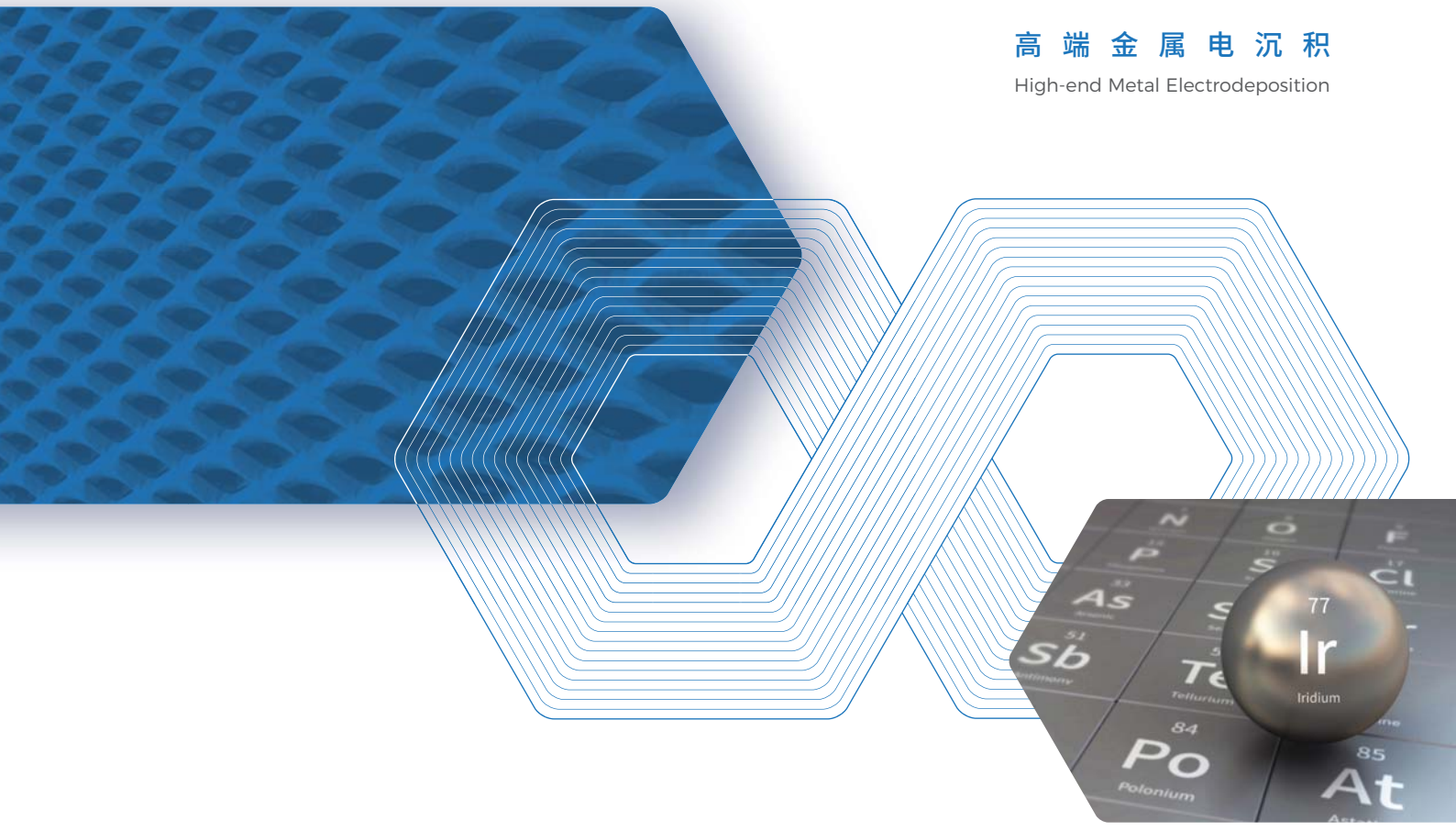
Powerstone
Electrode Technologies
力炻电极技术

不溶性催化电极材料
全生命周期解决方案

高 端 金 属 电 沉 积
High-end Metal Electrodeposition



www.powerstonetech.com

关于力炻

About Powerstone

力炻电极技术 (Powerstone Electrode Technologies) 总部位于国家级杭州临空经济示范区,并在苏州工业园区设立有营销中心。力炻电极专注于不溶性催化电极材料的研发、制造和应用支持,为高端金属电沉积、电化学水处理、可再生能源电解水制氢以及其他电化学应用领域提供定制化的解决方案。

力炻电极的创业团队具有海外背景,拥有自主开发的先进电极技术和丰富的管理及市场经验。力炻电极以推动中国电化学工业技术发展为己任,致力成为全球高端不溶性催化电极材料的制造商和电化学应用技术及市场的领导者。

Drive the Future of Electrochemistry

驱 动 电 化 学 未 来



电极与电化学

Electrodes and Electrochemistry



迈克尔·法拉第
Michael Faraday （1791-1867）

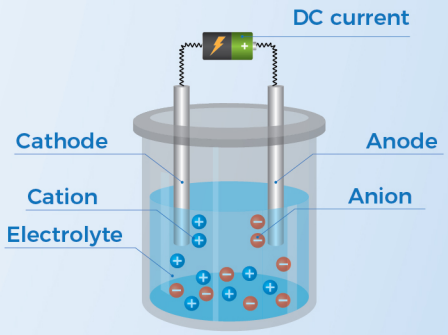
英国物理学家、化学家。法拉第在1833年发现的法拉第电解定律是电化学领域最早的定量基本定律，揭示了通入的电量和析出的物质之间的定量关系。同时，法拉第还为电化学创造了一系列的术语，如电解质、电极、阳极、阴极、阴阳离子等。



亨利·比尔 博士
Dr. Henri Beer （1909-1994）

荷兰企业家，钛基不溶性电极的发明者。比尔博士首先在1957年发明了钛基电镀白金阳极。1965和1967年比尔博士又相继发明了Beer1和Beer2钌系混合金属氧化物电极，并率先在氯碱工业取得了成功应用，从而极大推动了氯碱行业的技术变革。1986年，Henri Beer 被荷兰的Eindhoven大学授予了名誉博士学位，以表彰他在电化学领域做出的杰出贡献。

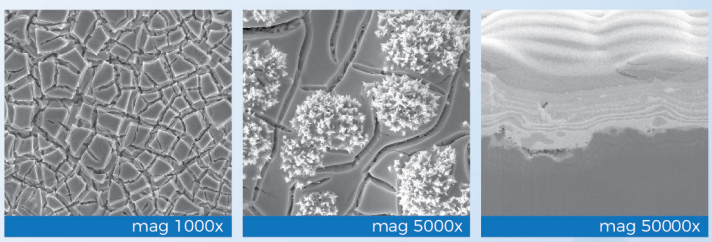
电极是电化学系统或装置中的核心部件。电极在电解反应中，不但起到导电的作用，而且也是电解反应的界面和反应过程中的催化剂，电极性能会直接影响到电化学反应的效率甚至反应的可能性。



电解原理示意图
Schematic Diagram of Electrolysis Principle

1957年，Henri Beer 博士发明了钛基贵金属电极，给电解过程及其相关行业的发展带来了革命性的突破。钛电极又称为不溶性电极，基材采用阀性金属，在其上根据特定配方涂敷铂族贵金属溶液（铂、铱、钌等），再经过高温烧制形成电催化涂层。不溶性电极不仅具有尺寸稳定的特性，而且具有较低的析氧/析氯/析氢过电位，从而使得电解槽压能够大幅下降，降低能耗。

钛电极的发明被视为是20世纪电化学领域最伟大的发明之一，尤其是Henri Beer 所发现的贵金属氧化物电极的电催化特性，更是彻底颠覆了人们对于金属氧化物的传统认知，从而促进了众多高端电解过程的开发和进步。



扫描电子显微镜（SEM）拍摄的催化涂层
Scanning Electron Microscope (SEM) images of catalytic coatings

$$\int_0^t Idt = nzF$$

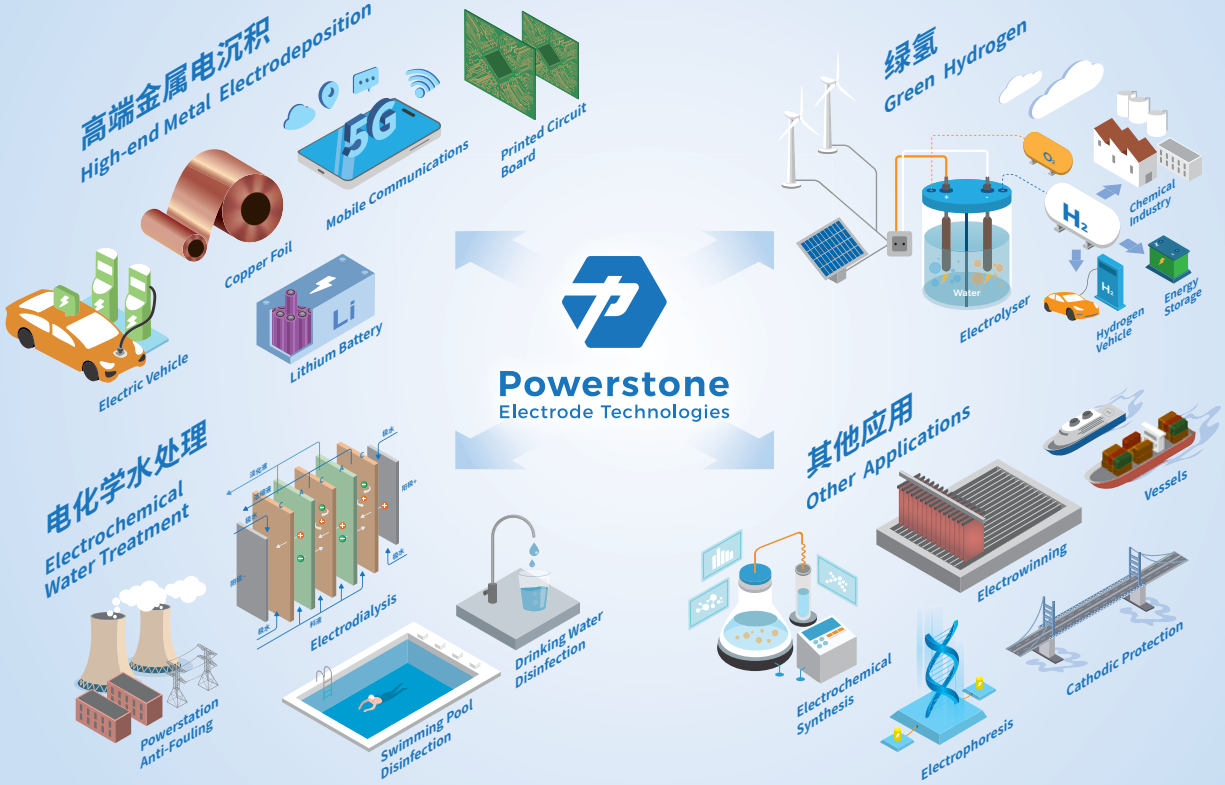
$$\eta = a + b\log j$$

$$\varphi_e = \varphi^\theta + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{ox}}{a_{red}}$$

产品应用
Product Application

力炻电极团队具有众多应用领域资深的研发、设计、制造背景，以及丰富的电极产品应用经验。针对快速发展的高端应用场景，力炻电极凭借多年的技术积累和行业经验为客户提供定制化的解决方案：例如针对次世代电路板析氧脉冲镀铜和应用条件苛刻的RPP（反向脉冲）镀铜，目前只有国外极少数厂家和力炻电极团队具有批量制造和应用的成功经验。

电极材料是电化学系统或装置的核心部件，客户需要的不仅是电极产品本身，而且更需要在应用过程中的专业技术支持。力炻电极拥有行业顶尖的专业团队以及业内一流的研发设备、电极分析检测仪器和智能化生产设施，为客户提供电极产品全生命周期解决方案。



力炻电极专注于不溶性催化电极技术在以下场景的应用:

高端金属电沉积 | High-end Metal Electrodeposition

高端金属电镀制程中，普遍会使用昂贵的电镀有机添加剂。而在酸性介质环境下，阳极端会发生析氧反应，从而导致添加剂耗量上升。因此，电极涂层的设计必须在考虑放电均匀性和导电寿命的同时，最大限度地减少添加剂的消耗，以降低综合拥有成本(Total Cost of Ownership)。

电化学水处理 | Electrochemical Water Treatment

电解盐水/海水、电渗析等制程相关业务和技术支持。

通过电解盐水/海水，产生的广谱消毒剂次氯酸钠，可以有效杀灭细菌和抑制水体生物污损。该技术已经广泛应用于泳池消毒、自来水消毒、滨海电厂循环水生物防污以及船舶压载水处理等诸多领域。

可再生能源电解水制氢 | Water Electrolysis for Green Hydrogen Production

可再生能源电解水制氢（绿氢）相关业务和技术支持。

利用可再生能源（风能、太阳能等）进行电解水制氢是实现双碳目标的关键路径之一。这一技术因为利用无碳能源制取氢气，真正做到了从源头脱碳，制取的氢气被誉为“绿氢”。电解水制氢技术主要分为碱性水电解AWE和质子交换膜PEM水电解两种。无论采用何种技术路线，电极都是电解槽中的核心部件。

其他应用领域 | Other Applications

不溶性催化电极材料还被广泛应用于阴极保护、电解有机合成、电解冶金等诸多电化学系统与装置中。随着电化学技术的发展，电极应用领域与相关技术也将不断延伸拓展。



高端金属电沉积

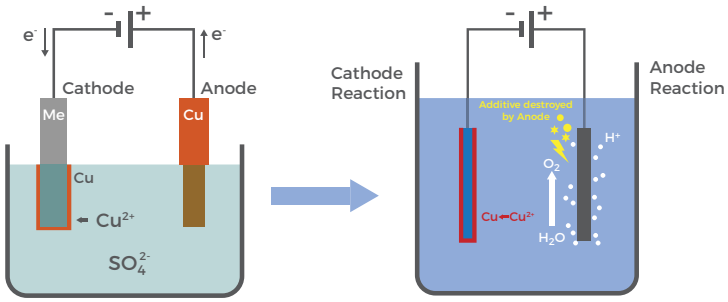
High-end Metal Electrodeposition

金属电沉积过程，是金属离子在电解池的阴极端获得电子而还原成金属原子，然后再结合成金属结晶的过程。许多功能性电子材料，包括电解铜箔制造和印制电路板中线路和层间的连接，都是通过铜的电沉积技术得以实现的。这些功能性的电沉积过程对金属沉积层的均匀性以及结晶尺寸和取向都有决定性影响。并且制程中会用到昂贵的有机添加剂以及脉冲供电的方式，以满足超薄、高精度、更复杂的产品需求。典型的高端金属电沉积制程有：印制电路板镀铜、电解铜箔/PET复合铜箔、光伏镀铜、钢铁电镀锡/锌等。

电沉积过程中的阳极材料可分为可溶性阳极和不溶性阳极。传统的可溶性阳极，如磷铜球等，在反应过程中会逐渐溶解，从而导致阳极尺寸和阴阳极间距都会发生变化，镀液中的金属离子浓度，也难以维持稳定。因此在高端的金属电沉积制程中，可溶性阳极已逐渐被先进的不溶性阳极所替代。

不溶性电极的优势：

- 阳极尺寸稳定
- 出色的电镀均匀性
- 适配高电流密度
- 最优化设备设计
- 能耗较低
- 维护成本低
- 低物料损失
- 环境友好



可溶性电极
Soluble Electrode

不溶性电极
Insoluble Electrode

不溶性电极在高端金属电沉积制程中的具体应用：

印制电路板 | Printed Circuit Board

- 连续直流镀铜
- 反向脉冲镀铜
  - ① 铁系脉冲镀铜
  - ② 析氧脉冲镀铜

电解铜箔 | Copper Foil

- 生箔制程
- 表面后处理

五金电镀 | General Metal Finishing

- 三价铬
- 六价铬
- 锌、锡、镍、金、银

特种电镀 | Special Electroplating

- 陶瓷电镀
- 玻璃面板电镀
- PET复合铜箔
- 光伏镀铜

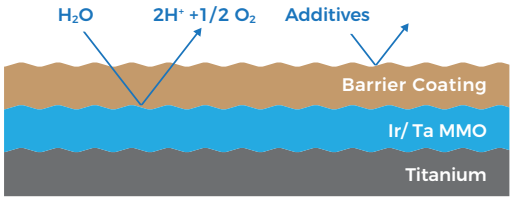
印制电路板
Printed Circuit Board

连续直流镀铜 VCP DC Copper Plating

印制电路板是承载电子元器件并连接电路的载体，广泛应用于通讯电子、消费电子、汽车电子、航空航天等领域。印制电路板在向高密度、高精度、细孔径、轻量、薄型方向发展。随着多层板、HDI板、柔性板以及IC载板等中高端产品的市场需求不断增长，对镀铜制程提出了更高的要求。电路板连续直流镀铜是在酸性镀液中，通过添加特殊的添加剂(整平剂、载运剂、光亮剂)，改善电流分布，提高镀液的均镀能力及良好的填孔能力，确保电镀板面光亮、整平，镀层有均匀的晶体结构和没有晶界缺陷的优异物理性能。力炻电极开发的低添加剂耗量涂层阳极在保证电镀板品质的前提下，能有效的将添加剂耗量控制在合理范围内，显著降低终端客户的综合拥有成本（TCO）。

工艺特点&优势：

- 电流输出均匀，电镀均匀性好
- 无需中性隔膜情况下，添加剂耗量极低
- 降低TOC，提高镀液寿命，性能稳定
- 阳极维护保养简单，运营成本低
- 涂层可定制化(特殊电镀制程/大电流电镀等)



低添加剂耗量涂层示意图



力炻电极开发的低添加剂耗量涂层阳极在保证电镀板品质的前提下，能有效的将添加剂耗量控制在合理范围内，显著降低终端客户的综合拥有成本（TCO）。

印制电路板
Printed Circuit Board

反向脉冲镀铜 RPP Copper Plating

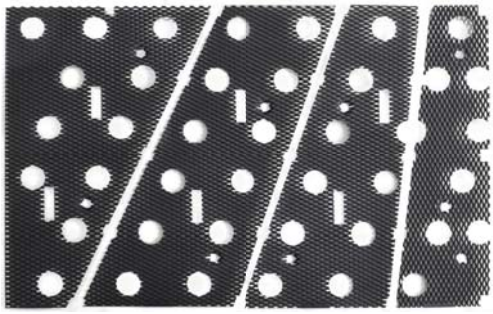
随着印制电路板技术的不断发展，工艺需求倾向于更高纵横比的填孔和通孔电镀。反向脉冲电镀是目前PCB镀铜制程中获得高纵横比以及符合高TP值要求的关键技术。反向脉冲电镀工艺中脉冲电流变化范围极大，随着高频脉冲的变化，阳极要不断地进行正负极极性变换的电流正逆向输出操作，电镀添加剂对涂层损耗速度也随之加剧，一般的阳极材料已无法满足这种苛刻的制程要求。力炻电极为电路板反向脉冲电镀工艺研发设计的特殊阳极，其定制化涂层可有效避免因阳极钝化导致的铜镀层分布不均、铜镀层晶格结构变化等问题，同时可以承载高变化电流密度的电流，满足高孔径比的印刷电路板制程；且在贵金属涂层催化的作用下，电镀的电流效率显著提高，能够有效促进生产效能的提高。

铁系脉冲镀铜 | Fe^{2+} / Fe^{3+} Reverse Pulse Copper Plating

水平式反向脉冲镀铜线(添加无氧铜)

RPP工艺特点&优势：

- 阳极端不发生析氧反应，添加剂耗量较低
- 一般正向电流密度8ASD，反向电流密度24ASD，电镀效率高
- 阳极分段控制电流，阴阳极间距小，镀层均匀性好
- 特殊涂层降低反向电流对阳极的损伤，延长阳极使用寿命



反应机理：

阳极：$Fe^{2+}-e^- \rightarrow Fe^{3+}$　　阴极：$Cu^{2+}+2e^- \rightarrow Cu$

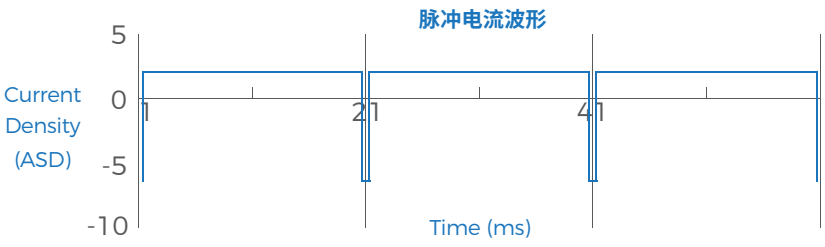
再生槽：$2Fe^{3+}+Cu \rightarrow 2Fe^{2+}+Cu^{2+}$

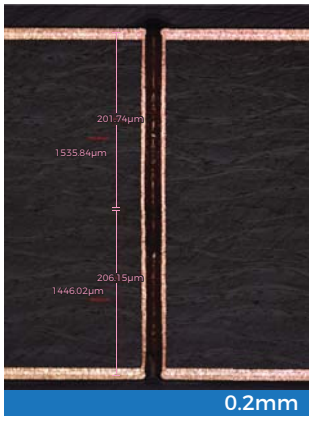
析氧脉冲镀铜 | Oxygen Evolution Reverse Copper Plating

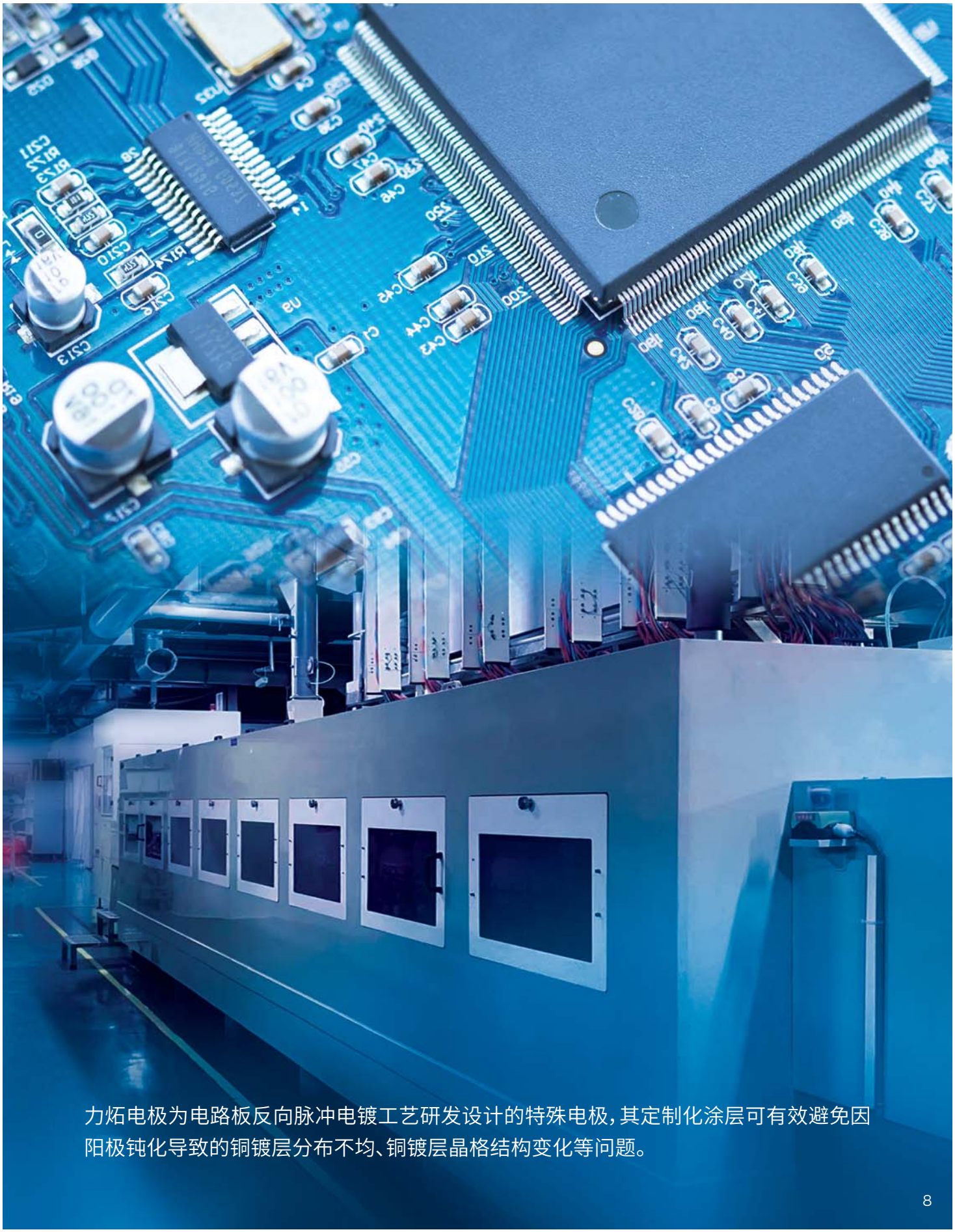
垂直连续反向脉冲镀铜线(添加氧化铜)

OER工艺特点&优势：

- 阳极端发生析氧反应
- 一般正向电流密度2-5ASD，反向电流密度3倍
- 满足高纵横比通孔电镀和填孔电镀
- 特殊涂层降低添加剂耗量，延长阳极使用寿命







力炻电极为电路板反向脉冲电镀工艺研发设计的特殊电极，其定制化涂层可有效避免因阳极钝化导致的铜镀层分布不均、铜镀层晶格结构变化等问题。

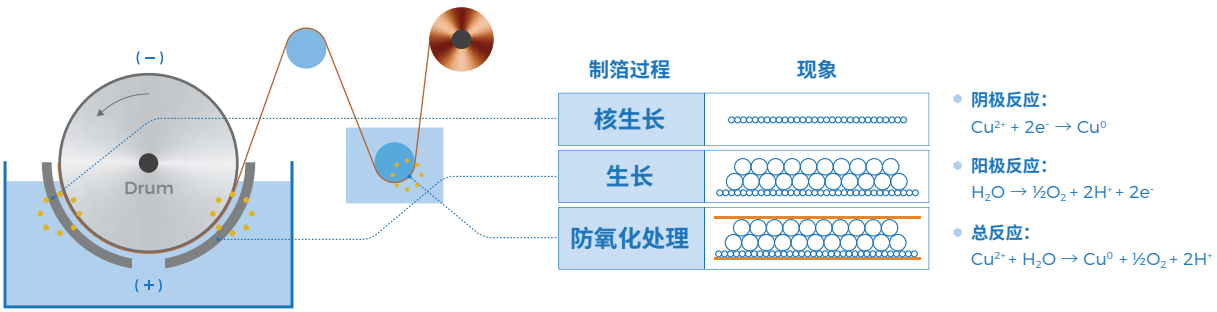
电解铜箔
Copper Foil

电解铜箔是指以铜料为主要原料，采用电解法生产的金属铜箔。电解铜箔按照用途可分为电子电路铜箔和锂电铜箔。电子电路铜箔作为覆铜板（CCL）和印制电路板（PCB）的关键功能性原材料，起到电路板导电导热的重要作用。随着5G通讯时代的到来，高频高速电路板成为技术发展的主流。这类电路板要求电子铜箔必须兼具超低轮廓和良好抗剥离强度的特性。

锂电铜箔主要用于锂电池负极材料载体（集流体），起到电流传输的作用。随着新能源电动汽车的普及和动力电池能量密度的提升，锂电铜箔趋于极薄化，铜箔生产制程中有机添加剂的种类也更加复杂，这对于钛电极导电的均匀性及寿命都提出了更高的要求。

电解铜箔生产原理:

在直流电场的作用下，生箔机内硫酸铜电解液中的二价铜离子移向阴极钛辊的界面处，经还原反应生成铜原子，并结晶在不断转动的光滑的阴极辊表面，从而生成铜箔。



力炻电极专为电解铜箔制程设计的不溶性电极，由于其特殊的涂层设计，使阳极尺寸在镀液中尺寸稳定，极间距几乎不发生变化，可以确保槽电压的稳定；由于电极不会被溶解，因此可以避免电解液和阴极产物的污染，提高铜箔品质。

力炻电极可以根据客户端特定的应用环境和需求，提供定制化的电极催化涂层设计，如：超高电流密度的工作环境，复杂的电解液成分及有机添加剂。另外可提供电极催化活性检测和电极重涂方案，为企业提供电极产品全生命周期解决方案。



通用五金电镀
General Metal Finishing



塑料或金属通过不溶性电极进行表面电镀，达到防止金属氧化（如锈蚀），提高耐磨性、导电性 、反光性、抗腐蚀性及增进美观等作用。电镀时，不溶性电极材料做阳极，待镀的工件做阴极，镀层金属的阳离子在待镀工件表面被还原形成镀层。力炻电极提供的不溶性钛基阳极可用于镀铬、锌、锡、镍、金、银等其他金属电沉积工艺，广泛应用于汽车工业、家用电器、3C产品、珠宝卫浴等行业。

三价铬电镀 | Trivalent Chromium

三价铬电镀是一种广泛应用于汽车塑胶，高端珠宝及卫浴的电镀工艺。新型工艺采用涂覆混合贵金属氧化物涂层（Ir MMO）的钛基不溶性电极搭配硫酸型的电镀药水，可有效杜绝槽液的污染，同时贵金属氧化物涂层在镀液中具有较低的析氧电位，可减少镀液中六价铬离子的产生，避免了六价铬离子浓度超标而导致产品报废等不良结果。

工艺特点&优势：

- 阳极具有较低的析氧电位，可有效减少六价铬离子的产生
- 不溶性阳极搭配的电镀工艺稳定，阳极寿命较传统工艺更长久

六价铬电镀 | Hexavalent Chromium

六价铬俗称硬铬，由于铬层硬度高，耐磨性好，成为在磨擦环境下使用的工件表面上常见的镀覆层，如飞机起落架、液压杆、减震杆等。最新工艺采用了铂金电极，铂金电极尺寸稳定，镀层均匀性好。生产过程中镀液清澈，没有污染产生。铂金阳极具有较高的析氧电位，可有效降低生产过程中三价铬离子的浓度，保证镀层的硬度。

工艺特点&优势：

- 铂金阳极具有较高的析氧电位，可有效减少三价铬离子的产生，避免镀层硬度不足
- 铂金电极可承受较大电流密度，镀液清澈，无污染

Powerstone
Electrode Technologies

Drive the Future of Electrochemistry

驱 动 电 化 学 未 来

力炻电极技术(杭州)有限公司

Powerstone Electrode Technologies (Hangzhou) Co., Ltd.

企业总部 Corporate Headquarters

杭州市萧山区阳城路30号空港硅谷产业园

Airport Silcon Valley, No.30, Yangcheng Road Xiaoshan District
Hangzhou, China 311227

营销中心 Sales & Marketing Centre

苏州工业园区苏州大道东265号现代传媒广场22楼

22F, Modern Media Plaza, No. 265, East Suzhou Avenue
Suzhou Industrial Park, Suzhou, China 215000

+86 571 82196688

sales@powerstonetech.com

www.powerstonetech.com

官方公众号