

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ □□□□—2022

电子工业水污染防治可行技术指南

Guideline on available techniques of water pollution prevention and control

for electronic industry

(征求意见稿)

20□□-□□-□□发布

20□□-□□-□□实施

生态环境部 发布

目 次

前 言.....	ii
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 行业生产与污染物的产生.....	2
5 污染预防技术.....	6
6 污染治理技术.....	7
7 环境管理措施.....	13
8 污染防治可行技术.....	14
附录 A（资料性附录）典型电子产品生产工艺流程及废水产污环节.....	16

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》等法律法规，防治生态环境污染，改善生态环境质量，推动电子工业水污染防治技术进步，制定本标准。

本标准规定了电子工业的废水污染防治可行技术。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准为首次发布。

本标准由生态环境部水生态环境司、科技与财务司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境科学研究院、中国电子工程设计院有限公司、中国电子元件行业协会、中国电子电路行业协会、中国半导体行业协会。

本标准生态环境部 2022 年 00 月 00 日批准。

本标准自 2022 年 00 月 00 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

电子工业水污染防治可行技术指南

1 适用范围

本标准提出了电子工业的废水污染防治可行技术。

本标准可作为电子工业企业或生产设施建设项目的环境影响评价、国家污染物排放标准的制修订、排污许可管理和废水污染防治技术选择的参考。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 4754-2017	国民经济行业分类
GB 14554	恶臭污染物排放标准
GB/T 15562.1	环境保护图形标志——排放口（源）
GB/T 32123	含氰废水处理处置规范
GB 39731	电子工业水污染物排放标准
HJ 576	厌氧-缺氧-好氧活性污泥法污水处理工程技术规范
HJ 577	序批式活性污泥法污水处理工程技术规范
HJ 579	膜分离法污水处理工程技术规范
HJ 1031	排污许可证申请与核发技术规范 电子工业
HJ □□	排污单位自行监测技术指南 电子工业
HJ 1095	芬顿氧化法废水处理工程技术规范
HJ 2006	污水混凝与絮凝处理工程技术规范
HJ 2009	生物接触氧化法污水处理工程技术规范
HJ 2010	膜生物法污水处理工程技术规范
HJ 2013	升流式厌氧污泥床反应器污水处理工程技术规范
HJ 2014	生物滤池法污水处理工程技术规范
HJ 2047	水解酸化反应器污水处理工程技术规范
HJ 2058	印制电路板废水治理工程技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

电子工业 electronic industry

指电子专用材料、电子元件、印制电路板、半导体器件、显示器件及光电子器件、电子终端产品等六类电子产品制造业，对应 GB/T 4754-2017 中的计算机制造（C391）、电子器件

制造（C397）、电子元件及电子专用材料制造（C398）和其他电子设备制造（C399）。

3.2

污染防治可行技术 available techniques of pollution prevention and control

指根据我国一定时期内环境需求和经济水平，在污染防治过程中综合采用污染预防技术、污染治理技术和环境管理措施，使污染物排放稳定达到国家污染物排放标准、规模应用的技术。

4 行业生产与水污染物的产生

4.1 电子专用材料

4.1.1 生产工艺

电子专用材料根据其用途可分为电子功能材料、互联与封装材料、工艺与辅助材料。其典型产污工艺流程示意图见附录 A 的图 A.1-1~图 A.1-2，主要废水产污环节如表 1 所示。

4.1.2 水污染物

水污染物主要来源于刻蚀、电蚀、抛光、清洗、溶铜、表面处理、涂覆、粉碎、研磨等工艺废水，主要污染物有化学需氧量（COD_{Cr}）、总有机碳、氨氮、总氮、总磷、悬浮物、石油类、氟化物、总氰化物、阴离子表面活性剂、总铜、总锌、六价铬、总铬、总镉、总铅、总砷、总镍、总银、pH 值等。

表 1 电子专用材料制造主要废水产污环节分析列表

产品类别	主要生产单元	主要工艺	废水类别
电子功能材料	刻蚀	刻蚀	酸性废水、含氟废水、含氨废水
	电蚀	铝箔腐蚀	酸性废水、含氨废水
	抛光	抛光	有机废水（研磨废水）
	清洗	酸洗	酸性废水、含氟废水
		碱洗	碱性废水
		有机溶剂洗	有机废水
互联和封装材料	溶铜	溶铜	酸性废水、含金属废水（含铜废水）
	表面处理	表面处理	含金属废水（含铜废水、含锌废水、含六价铬废水）
	涂覆	有机涂覆	有机废水
工艺与辅助材料	粉碎	粉碎	含金属废水
	研磨	研磨	有机废水（研磨废水）、含金属废水

4.2 电子元件

4.2.1 生产工艺

电子元件一般包括电容器、电阻器和电位器、电感器、电子变压器、敏感元器件等。生产工艺一般包括混合、研磨、清洗、端面处理和涂覆等工序，其典型产污工艺流程示意图见附录 A 的图 A.2-1~图 A.2-2，主要废水产污环节如表 2 所示。

4.2.2 水污染物

水污染物主要来源于混合、研磨和清洗、端面处理和涂覆等工艺废水，水污染物主要有总镍、化学需氧量（COD_{Cr}）、总有机碳、氨氮、总氮、总磷、悬浮物、石油类、氟化物、总氰化物、阴离子表面活性剂、总铜、总锌、六价铬、总铬、总镉、总铅、总砷、总镍、总银、pH 值等。

表 2 电子元件制造主要废水产污环节分析列表

主要生产单元	主要工艺	废水类别
混合	混合	有机废水
研磨	研磨	含金属废水（含镍废水）
清洗	清洗	有机废水
端面处理	端面处理	酸碱废水、含金属废水
涂覆	涂覆	有机废水

4.3 印制电路板

4.3.1 生产工艺

印制电路板包括刚性板与挠性板，单面印制电路板、双面印制电路板、多层印制电路板，以及刚挠结合印制电路板和高密度互连印制电路板等。其典型产污工艺流程示意图见附录 A 的图 A.3，主要废水产污环节如表 3 所示。

4.3.2 水污染物

水污染物主要来源于清洗、线路制作、沉铜、电镀、防焊印刷、表面处理和成型等工艺废水，主要污染物有化学需氧量（COD_{Cr}）、总有机碳、氨氮、总氮、总磷、悬浮物、石油类、氟化物、总氰化物、阴离子表面活性剂、硫化物、总铜、总铅、总镍、总银、pH 值等。

表 3 印制电路板制造主要废水产污环节分析列表

主要生产单元	主要工艺	废水类别
内层线路制作	内层前处理化学清洗	含金属废水（含铜废水）
	底片制作	有机废水
	显影	有机废水
	蚀刻	含金属废水（含铜废水）

主要生产单元	主要工艺	废水类别
	去膜	有机废水
	棕黑化	含金属废水（含铜废水、络合废水）
沉铜	去钻污、沉铜	含金属废水（含铜废水、络合废水）、有机废水
电镀	镀铜/镀锡	含金属废水（含铜废水）
	退镀	含金属废水（含铜废水）
外层线路制作	外层前处理化学清洗	含金属废水（含铜废水）
	显影	有机废水
	蚀刻	含金属废水（含铜废水、络合废水）
	去膜	有机废水
	褪锡	含金属废水（络合废水）
防焊印刷	阻焊前处理化学清洗	含金属废水（含铜废水）
	显影	有机废水
表面处理	喷锡、化锡、化银、化金、有机涂覆（OSP）等	含金属废水（络合废水、含镍废水、含银废水、含铜废水）、含氰废水
成型	成型、清洗	有机废水（清洗废水）

4.4 半导体器件

4.4.1 生产工艺

半导体器件主要包括半导体分立器件、集成电路、半导体照明器件等。半导体分立器件生产工艺主要包括光掩膜设计、硅片制造、芯片制备、芯片封装、芯片测试五大部分。污染物的产生主要集中在芯片制备和芯片封装过程中。其典型产污工艺流程示意图见附录 A 的图 A.4，主要废水产污环节如表 4 所示。

4.4.2 水污染物

水污染物主要来源于清洗、光刻、刻蚀、去胶、铜制程、研磨和封装等工艺废水，主要污染物有化学需氧量（COD_{Cr}）、总有机碳、氨氮、总氮、总磷、悬浮物、石油类、氟化物、总氰化物、阴离子表面活性剂、硫化物、总铜、总锌、六价铬、总铬、总镉、总铅、总砷、总镍、总银、pH 值等。

表 4 半导体器件制造主要废水产污环节分析列表

主要生产单元	主要工艺	废水类别
清洗	清洗	含氟废水、酸碱废水、含氨废水、有机废水、含磷废水
光刻	显影+清洗	含氨废水
刻蚀	湿法刻蚀	含氟废水、含氨废水、含磷废水
去胶	湿法去胶	有机废水、酸碱废水
铜制程	铜制程	含金属废水（含铜废水）

主要生产单元	主要工艺	废水类别
研磨	化学机械研磨	有机废水（研磨废水）
封装	封装	有机废水（划片/磨片废水）、含金属废水（电镀废水）

4.5 显示器件及光电子器件

4.5.1 生产工艺

显示器件包括薄膜晶体管液晶显示器件、低温多晶硅薄膜晶体管液晶显示器件、有机发光二极管显示器件、真空荧光显示器件、场发射显示器件、等离子显示器件、曲面显示器件以及柔性显示器件等。光电子器件的主要产污工艺包括外延生长、光刻、刻蚀、减薄等工序。显示器件的主要产污工艺包括阵列、彩膜、成盒和模组等工序。其典型产污工艺流程示意图见附录 A 的图 A.5-1~图 A.5-2，主要废水产污环节如表 5 所示。

4.5.2 水污染物

水污染物主要来源于阵列、彩膜、成盒和模组等工艺废水，主要污染物有化学需氧量（COD_{Cr}）、总有机碳、氨氮、总氮、总磷、悬浮物、石油类、氟化物、总氰化物、阴离子表面活性剂、总铜、总锌、总铅、总砷、总镍、总银、pH 值等。

表 5 显示器件（TFT-LCD）制造主要废水产污环节分析列表

主要生产单元	主要工艺	废水类别	
阵列	清洗	酸碱废水	
	光刻	有机废水	
	显影	有机废水	
	光刻胶剥离	有机废水	
	湿法刻蚀		含磷废水
			含金属废水（含铜废水）
			酸碱废水
	干法刻蚀	POU（源头处理）产生的含氟废水	
化学气相沉积	POU（源头处理）产生的含氟废水		
彩膜	光刻	有机废水（彩膜废水）	
	显影		
	氧化铟锡（ITO）再生	有机废水（彩膜废水）	
	红绿蓝 3 种颜色层（RGB）剥离液再生	有机废水（彩膜废水）	
	清洗	酸碱废水	
成盒	清洗	有机废水	
模组	清洗	有机废水	

4.6 电子终端产品

4.6.1 生产工艺

电子终端产品制造以组装为主，部分产品含有电镀和清洗工艺。其典型产污工艺流程示意图见附录 A 的图 A.6，主要废水产污环节如表 6 所示。

4.6.2 水污染物

水污染物主要来源于电镀工艺废水，主要污染物有化学需氧量（COD_{Cr}）、总有机碳、氨氮、总氮、总磷、悬浮物、石油类、氟化物、总氰化物、阴离子表面活性剂、总铜、总锌、六价铬、总铬、总镉、总铅、总砷、总镍、总银、pH 值等。

表 6 电子终端产品制造主要废水产污环节分析列表

主要生产单元	主要工艺	废水类别
电镀	电镀	有机废水（清洗废水）、含金属废水（电镀废水）

5 污染预防技术

5.1 原辅材料替代技术

5.1.1 环保型褪镀液替代技术

适用于印制电路板生产的电镀工序。用硫酸、双氧水体系的环保型褪镀液替代电镀工序常规的硝酸褪镀液，可减少废水、废液中总氮的产生量，从而减少总氮的排放量。

5.1.2 非金属树脂材料替代技术

适用于显示器件及光电子器件生产的彩色滤光片制备。在彩色滤光片的制备过程中，黑色矩阵层 BM（Black Matrix）采用环保性能相对较好的非金属黑色树脂来代替金属铬/氧化铬，从而杜绝了使用铬带来的污染问题。

5.2 设备或工艺革新技术

5.2.1 清洗废水回用技术

（1）逆流清洗法

适用于电子工业清洗工序产生的清洗废水回用处理。清洗过程有单级清洗、二级和三级逆流清洗，由末级槽进水、第一级槽排出清洗废水，其水流方向与工件清洗移动方向相反，生产线配套在线回用水装置，对多级逆流水洗的最后一道水洗废水进行在线回收，经处理后直接回用于生产，进而提高水重复利用率，节约厂区新水使用量。与全部采用新水清洗相比，可减少废水产生量约 30% 以上。

（2）膜处理法

适用于电子工业清洗工序产生的清洗废水回用处理。利用选择性膜的半透性，通过外接提供能量使选择性膜两侧出现压差，以此为动力将废水中的有机物、无机盐等杂质去除，可将废水回用到公用设施或生产环节，包括电渗析、反渗透、超滤、微滤、纳滤等。或者是精

水粗用，一部分经过精清洗的水，再次用于要求不太严格的粗清洗，如显影清洗水直接用于去膜清洗，进而增加水重复利用率，降耗减排。

6 污染治理技术

6.1 一般原则

a) 电子工业企业应推行清洁生产，采取本标准提出的水污染预防措施，提高物料利用率、清洗效率，减少废水污染物和废水产生量。

b) 含金属废水应单独收集、单独处理。

c) 合理设计废水储存设施，确保废水处理设施事故及检修期间生产废水不外排。

d) 鼓励电子工业污水集中处理设施采取不同种类废水单独收集、单独处理且污泥单独脱水措施。

e) 电子工业废水经处理后，外排废水应满足GB 39731规定。

6.2 酸碱废水处理技术

适用于处理电子工业产生的酸碱废水。处理酸性废水可采用碱性药剂中和；当废水中含有多种金属离子时，可根据金属离子的不同特性，分级处置。中和反应产生大量沉渣应通过沉淀予以去除，中和处理技术宜采取pH计自动控制加药，工艺参数应满足HJ 2006的要求，经处理后pH值为6~9。

6.3 含氟废水处理技术

适用于处理电子工业产生的含氟废水。处理方法主要有化学沉淀法、吸附法、混凝沉淀法、电凝聚法、离子交换法、反渗透膜法、液膜法、电渗析法等。在电子工业中应用最广泛的是化学沉淀法。pH值6~9时向废水中投加过量的钙盐，钙离子与废水中F⁻生成CaF₂沉淀，然后投加适量絮凝剂，使CaF₂形成便于分离的矾花。絮凝反应完成后，在沉淀池中进行泥水分离，沉淀池出水进入后续处理单元，池底污泥由污泥泵抽到污泥浓缩池。浓缩后的污泥经污泥脱水设备脱水后，形成含水率60%左右的泥饼。

6.4 含金属废水处理技术

6.4.1 化学沉淀处理法

(1) 中和沉淀法

适用于处理电子工业产生的金属离子非络合废水。该技术在废水中加入NaOH等调节pH值至碱性，再加入石灰等沉淀剂充分搅拌，使金属离子与沉淀剂反应生成沉淀。

(2) 铁氧体沉淀法

适用于处理电子工业产生的金属离子非络合废水。该技术向含金属废水中投加铁盐或亚铁盐，用氢氧化钠调节pH值，加热并通入空气进行氧化，可形成铁氧体晶体，并使镉等金属离子进入铁氧体晶格中，过滤达到处理目的。工艺条件为：亚铁盐投加浓度为150 mg/L~200 mg/L，pH值为8~10，反应温度50℃~80℃，通入空气氧化20 min左右，沉淀30 min左右。

(3) 硫化物沉淀法

适用于处理印制电路板、电子元件及电子专用材料产生的金属络合废水。该技术在废水中加入Na₂S和NaHS作为沉淀剂，经过0.5 h反应后沉降50 min左右，形成硫化物沉淀，

至沉淀池进行固液分离。

(4) 硫酸亚铁/聚合硫酸铁沉淀法

适用于处理印制电路板、电子元件及电子专用材料产生的金属络合废水。该技术利用废水的镉在碱性条件下，和硫酸亚铁/聚合硫酸铁反应会生成难溶、稳定的沉淀物，至沉淀池进行固液分离。

(5) 硫化物—聚合硫酸铁沉淀法

适用于处理印制电路板、电子元件及电子专用材料产生的金属络合废水。该技术向废水中投加破络剂硫化钠，使硫离子与金属离子反应，生成难溶的金属硫化物；通过 pH 控制仪投加硫酸使水体 pH 值为 5 左右，并投加硫酸亚铁，再进入反应池，通过 pH 控制仪投加碱性药剂，使水体 pH 值为 10，再往废水中投加絮凝剂聚丙烯酰胺（PAM）溶液，在絮凝剂 PAM 的凝聚及架桥作用下，废水中形成的固体悬浮物进一步聚合形成较大颗粒的絮体，自流至沉淀池进行固液分离。工艺条件为：pH 值适应范围为 5~10，搅拌沉淀时间为 10 min~30 min。

6.4.2 化学还原处理法

适用于处理电子工业产生的含六价铬废水。向废水中投加 NaHSO_3 、 FeSO_4 、 SO_2 、 Na_2SO_3 、铁粉等还原剂，与 Cr^{6+} 发生还原反应生成 Cr^{3+} ，调整废水 pH 值为 7.5~8.5 时，即生成 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀。当 pH 值 > 3 时， Fe^{3+} 即生成大量沉淀，生成的氢氧化铁有凝聚作用，有利于其他沉淀物的沉降。反应时间为：连续处理时不小于 30 min；间歇处理时为 2 h~4 h。该法处理含铬废水效果好，但产生的污泥量大，占地面积大，出水色度偏高。

6.4.3 电解处理法

适用于处理电子工业产生的含六价铬浓度不大于 100 mg/L 的废水。在外加电流的作用下，铁阳极发生溶解产生亚铁离子，阴极发生析氢反应，将废液中的 Cr^{6+} 还原为 Cr^{3+} ，经电絮凝将污染物从水体中分离。出水经加碱调整 pH 值，使 Cr^{3+} 形成氢氧化铬沉淀而被去除。工艺条件为：进水 pH 值控制在 2.5~3；沉淀反应 pH 值控制在 7~8；电压低于 110 V，电流 20 A~60 A。处理后六价铬浓度不大于 0.1 mg/L。

6.4.4 离子交换处理法

适用于处理电子工业产生的离子态金属或要求回收金属离子的废水。通过离子树脂与废水中的离子选择性交换，重金属离子可被离子型树脂吸附，达到去除废水中重金属的目的。工艺参数应满足 HJ 2058 的要求。

6.4.5 膜分离处理法

适用于回收处理电子工业产生的金属离子废水。利用选择性膜的半透性，通过外接提供能量使选择性膜两侧出现压差，以此为动力对重金属离子进行分离，包括电渗析、反渗透、超滤、微滤、纳滤等。工艺参数应满足 HJ 579 和 HJ 2058 的要求。

6.4.6 吸附处理法

适用于处理电子工业产生的金属离子非络合废水。利用吸附材料具有比表面积大、吸附能力强、活性基团多等特性，使液相中的物质从水相传递至固相表面。常用的吸附剂有活性炭、硅藻土、沸石、壳聚糖、纳米材料等。

6.4.7 芬顿/臭氧氧化法

适用于处理电子工业产生的金属络合废水。该技术通过 pH 控制仪投加硫酸调节 pH 值为 3 左右,再投加芬顿试剂(硫酸亚铁和双氧水)或臭氧,充分反应完全后,废水排至混凝反应池,再投加碱性药剂调节 pH 值为 10,反应完全后,再往废水中投加絮凝剂 PAM 溶液,在絮凝剂 PAM 的凝聚及架桥作用下,废水中形成的固体悬浮物进一步聚合形成较大颗粒的絮体,此时再自流至沉淀池进行固液分离。对于低浓度含镍废水,一级处理可将总镍降至 0.5 mg/L;对于高浓度含镍废水,二级处理后可将总镍降至 0.1 mg/L。工艺参数应满足 HJ 1095 的相关要求。

6.4.8 重捕剂处理法

适用于处理电子工业产生的金属络合废水。该技术利用一种试剂能与废水中的 Pb^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cr^{6+} 等重金属离子进行化学反应,在短时间内迅速生产不溶性、低含水量、容易过滤去除的絮状沉淀,从而达到从废水中去除重金属离子的目的。常用的重金属捕集剂有黄原酸酯类和二硫代氨基甲酸类衍生物(DTC类)。

6.4.9 折点氯化处理法

适用于处理电子工业产生的铜氨络合废水。当废水水量、氨氮浓度随时间变化不大时可采用此技术。该技术向废水中加入次氯酸钠氧化破坏铜氨络合物,同时沉淀出铜。工艺条件: pH 值为 9.5 左右,投加次氯酸钠中的有效氯与氨氮的摩尔比 Cl/N 为 1.6:1 时,可获得氨氮的处理效果为 98.8%,铜的去除率为 99.8%。工艺参数应满足 HJ 2058 的相关要求。

6.4.10 磷酸铵镁沉淀法(MAP)

适用于处理印制电路板生产的铜氨络合废水。当废水中有多种金属离子或有机物时,宜采用此技术。该技术向废水中加入磷酸盐($Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$)和镁盐($MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 或 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$),与废水中的 NH_4^+ 、 PO_4^{3-} 发生反应生成白色磷酸铵镁($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$)沉淀进而去除氨氮,再加入碱和混凝剂去除废水中的铜。该法使用中应考虑采取预防管道结垢、堵塞措施。工艺参数应满足 HJ 2058 的相关要求。

6.5 有机废水处理技术

6.5.1 絮凝沉淀法

适用于处理显示器件及光电子器件生产的彩膜废水。该技术首先调节 pH 值到 10~11 左右,向废水中投加 $CaCl_2$ 和絮凝剂,使废水中的颜料沉淀去除,沉淀池出水经过气浮池进一步去除水中残留悬浮物。废水处理产生的污泥进入污泥浓缩池,污泥经脱水形成泥饼。该技术现已很成熟,处理效率高。

6.5.2 生化处理法

(1) 水解酸化法

适用于处理经物化处理后的电子有机废水。废水可生化性较差的情况下,水解酸化的水力停留时间宜大于 24 h, COD_{Cr} 去除率一般为 10%~20%,废水的可生化性可提高 20%~40%。水解生化反应器的设计与应符合 HJ 2047 的要求。

(2) 厌氧生物反应器

适用于处理经物化处理后的电子有机废水。常用的厌氧反应器形式有升流式厌氧污泥

反应器（UASB）、厌氧折流板反应器（ABR）和内循环厌氧反应器（IC），电子工业废水厌氧生物反应器的水力停留时间宜大于12 h，COD_{Cr}去除率一般为40%~60%。UASB的设计与管理应符合HJ 2013的要求。

（3）好氧生物法

适用于处理经物化处理后的电子有机废水。在有氧条件下利用微生物降解有机物和氨氮等污染物的过程。主要包括活性污泥法和生物膜法。采用膜生物反应器（MBR）的，MBR的设计与管理应符合HJ 2010的要求。

（4）序批式活性污泥法（SBR）

适用于处理经物化处理后的电子有机废水。主要工艺包括循环式活性污泥工艺、连续和间歇曝气工艺、交替式内循环活性污泥工艺等。工艺过程一般由进水、曝气、沉淀、排水和待机五部分组成，工艺参数应满足HJ 577的要求。

（5）缺氧-好氧活性污泥法（A/O）、厌氧-缺氧-好氧活性污泥法（A²/O）

适用于经物化处理后的电子有机废水。工艺参数应满足HJ 576的要求。

（6）生物膜法

适用于处理经物化处理后的电子有机废水。工艺形式主要有生物滤池、生物转盘、生物接触氧化和生物流化床等。工艺参数应满足HJ 2009、HJ 2010和HJ 2014的要求。

6.5.3 酸析法

适用于处理印制电路板产生的高浓度有机废水。该技术加入酸将废水的pH值调为2~4左右，废水中的高浓度有机物在酸性条件下会析出固体，再通过固液分离可去除大部分有机物和部分重金属，废水的COD_{Cr}去除率可达80%左右。然后再加入聚合氯化铝和PAM等混凝沉淀，去除沉淀物，提高COD_{Cr}去除率。工艺参数应满足HJ 2058的要求。

6.5.4 酸析法+芬顿氧化法

适用于处理显示器件和光电子器件产生的氧化铟锡（ITO）触摸屏油墨废水和印制电路板产生的低浓度有机废水。该技术先加入硫酸将废水的pH值调为2~3左右，废水中的油墨在酸性条件下会析出浓胶状凝聚物，可将悬浮状油墨去除，废水的COD_{Cr}去除率可达80%左右。然后再加入双氧水和硫酸亚铁，利用羟基自由基的强氧化能力和Fe²⁺混凝作用裂解油墨的双苯环键，再加入聚合氯化铝和PAM混凝沉淀，去除沉淀物，提高COD_{Cr}去除率。工艺参数应满足HJ 2058的要求。

6.5.5 酸析法+微电解法

适用于处理印制电路板产生的低浓度有机废水。该技术先加入硫酸将废水的pH值调为酸性，废水中的油墨会析出，废水的COD_{Cr}去除率可达40%~50%。再加入含碳铁屑溶于电解质溶液中，形成微小的Fe-C原电池，与污染物发生氧化、还原、吸附、絮凝等作用，去除废水中的有机物。工艺参数应满足HJ 2058的要求。

6.6 含氰废水处理技术

6.6.1 一般原则

a) 含氰废水处理技术参数应满足GB/T 32123、HJ 1031的要求。

b) 含氰废水经过处理，游离氰达到控制要求后可进入综合废水处理系统，再去除重金属离子。

c) 采用碱性氯化技术处理含氰废水时，处理过程可能产生少量氯化氰气体，故应在

密闭和通风条件下操作，并采取防护措施。收集的气体应经过处理后，通过排气筒排放。

d) 采用电解、过氧化氢氧化技术处理含氰废水时，处理过程产生的氨气应收集处理达到GB 14554要求后通过排气筒排放。

6.6.2 氧化处理法

(1) 碱性氯化法

适用于处理含无机氰化物或氰合金属基配合物（铁氰配合物除外）的含氰废水。利用次氯酸根的氧化性，将氰化物氧化为低毒的氰酸盐，氰酸盐继续被氧化成无毒的碳酸盐和氮气。工艺参数应满足HJ 2058的要求。

(2) 过氧化氢氧化法

适用于处理含无机氰化物或氰合金属基配合物（铁氰配合物除外）的含氰废水。在pH值大于7的反应条件下，以过氧化氢为氧化剂将废水中的氰化物氧化为氰酸盐，氰酸盐再水解为碳酸盐和氨。工艺参数应满足HJ 2058的要求。

(3) 臭氧氧化法

适用于处理含无机氰化物的含氰废水，不适用于氰合金属基配合物的含氰废水。在pH值大于7的反应条件下，以臭氧为氧化剂将废水中的氰化物氧化为氰酸盐，氰酸盐再水解为碳酸盐和氮气。工艺控制条件为：氧化反应pH值9~11；一级氧化反应臭氧与总氰化物的摩尔比为1:1；二级氧化反应臭氧与总氰化物的质量比为2.5:1；氧化时间取决于总氰化物浓度和氧化温度（一般不小于15 min）。处理后废水中总氰化物含量不大于0.3 mg/L。

6.6.3 电解处理法

适用于处理含无机氰化物或氰合金属基配合物的高浓度含氰废水，适用总氰化物浓度为500 mg/L~40000 mg/L，铜含量不大于20000 mg/L。电解法是利用电化学氧化反应破坏废水中的氰化物。在电解电压下，废水中的氰离子在阳极上失去电子被氧化成二氧化碳、氮气或氨。工艺控制条件为：电解pH值不小于10；电解电压不低于3.5 V，宜为6 V~8.5 V；电解时间取决于氰化物浓度（一般为2 h~25 h）；电解1 kg总氰化物消耗10 kW·h~12 kW·h，水耗0.02 m³/m³~0.05 m³/m³。处理后废水中总氰化物含量一般不大于50 mg/L，还需采用其他方法处理至达标排放。

6.6.4 离子交换吸附处理法

适用于处理中、低浓度含氰废水。强碱性阴离子交换树脂对废水中的金属氰化络合物具有很强的亲和力，可与溶液中的离子发生交换反应，被吸附在树脂中的氰络合物可用含氧化剂的酸性溶液进行洗提，释放的氢氰酸可循环利用，实现含氰废水的处理与回收再利用。但废水中的铁、亚铁氰化物等杂质对树脂的洗脱再生有影响。

6.7 含氨废水处理技术

6.7.1 吹脱法

适用于处理高浓度氨氮废水。处理生产过程中排放的含NH₄OH和NH₄F废水，通过调节pH至碱性，经脱气塔吹脱走废水中的氨气，使NH₄⁺浓度降至100 mg/L以下，检测合格后排入废水站氟处理系统，再进一步除F⁻；不合格的水将回流再处理。吹脱出来的氨气到吸收塔中，加酸吸收成(NH₄)₂SO₄，气体循环回脱气塔，(NH₄)₂SO₄收集后委托外运。

6.7.2 生化处理法

(1) 序批式活性污泥法 (SBR)

适用于处理电子工业产生的含氮废水。该技术是按照间歇曝气方式来运行的活性污泥废水处理技术，该工艺及其改进工艺可通过好氧、缺氧状态的交替运行实现生物脱氮功能。SBR 的设计与运行管理应符合 HJ 577 的要求。

(2) 缺氧-好氧活性污泥法 (A/O)

适用于处理电子工业产生的含氮废水。该技术在活性污泥系统的好氧段进行硝化反应，在缺氧段实现反硝化脱氮。好氧段溶解氧应维持在 2 mg/L 以上，缺氧段溶解氧应维持在 0.5 mg/L 以下，pH 值宜控制在 7~8 之间。缺氧与好氧水力停留时间宜控制在 1:3 左右，在 C/N 小于 5 的情况下宜补充反硝化碳源。工艺的设计与运行管理应符合 HJ 576 的要求。

(3) 厌氧氨氧化法 (ANAMMOX)

适用于处理电子工业产生的含氮废水。该技术前端通常需设置好氧生物处理技术先去除废水中的有机物，水力停留时间宜为 3 d~5 d，该技术在厌氧条件下，以氨为电子供体，以硝酸盐或亚硝酸盐为电子受体，将氨氧化成氮气。该技术包含的前置短程硝化可比全程硝化节省 62.5 % 的供氧量和 50 % 的耗碱量，与常规缺氧-好氧活性污泥法相比可节约 100 % 的碳源，但工艺控制及管理要求比较高。

6.8 含磷废水处理技术

6.8.1 化学处理法

适用于处理电子工业产生的高浓度无机态含磷废水。该方法向水中投加石灰、铝盐、铁盐，以及有机类等化学药剂，生成不溶性的磷酸盐沉淀，然后再利用气浮、过滤等方法将磷从废水中除去。这种方法去除率一般在 95 % 以上，但很难直接达到排放要求，同时易产生二次污染，运行成本高，产生大量污泥，上清液需排入有机废水处理系统进一步处理。

6.8.2 吸附处理法

适用于处理电子工业产生的含磷废水。该方法依靠吸附剂巨大的比表面积，与废水中的磷进行物理或化学吸附作用，以达到去除磷的目的。吸附饱和后，对吸附剂进行脱附处理可回收磷资源。

6.8.3 生物处理法

适用于处理电子工业产生的低浓度及有机态含磷废水。该方法通过聚磷微生物在经过厌氧段释放磷后，在好氧段吸收超出其生长需要的几倍的磷，实现除磷。该方法成本低、污染小，但对进水要求高，pH 需在 6~9 左右，BOD/COD_{Cr} 需大于 0.3，污泥量大，微生物培养困难，并且随着高磷废水处理要求的不断提高，单一生物法处理含磷废水达不到排放要求。

6.9 生活污水处理技术

6.9.1 预处理技术

适用于处理电子工业产生的生活废水。去除生活污水中的油以及颗粒较大的悬浮物。常用的设施如隔油池、化粪池、沉淀池等。电子工业常用隔油池和化粪池对生活污水进行预处

理。

6.9.2 生化处理法

(1) 序批式活性污泥法 (SBR)

适用于处理电子工业产生的生活废水。该技术是按照间歇曝气方式来运行的活性污泥废水处理技术，该工艺及其改进工艺可通过好氧、缺氧状态的交替运行实现生物脱氮功能。SBR 的设计与运行管理应符合 HJ 577 的要求。

(2) 缺氧-好氧活性污泥法 (A/O)

适用于处理电子工业产生的生活废水。该技术在活性污泥系统的好氧段进行硝化反应，在缺氧段实现反硝化脱氮。工艺的设计与运行管理应符合 HJ 576 的要求。

6.10 综合废水处理技术

适用于处理电子工业产生的混合废水。综合废水包括电子工业生产设施产生的废水（包括含重金属废水、含氰废水、含铜废水、含氨废水、含氟废水、含磷废水、有机废水等）、厂区内的生活污水等。综合废水的主要污染物为 COD_{Cr}、氨氮、悬浮物、氟化物等。一般采用中和调节法/生化法进行处理。其中中和调节法即 pH 调节；生化法处理包括序批式活性污泥法、缺氧-好氧活性污泥法、厌氧-缺氧-好氧活性污泥法、膜生物反应器法等。参见 6.5 提到的相关处理技术。

7 环境管理措施

7.1 环境管理制度

a) 电子工业企业根据 HJ 1031 和《排污单位自行监测技术指南 电子工业》(HJ □□) 的要求严格执行环境管理台账制度和自行监测制度。

b) 持续开展清洁生产，严格物料管理，加强镀液管理，节约原辅材料用量，减少污染物产生量。

c) 加强操作运行管理，建立并执行岗位操作规程，制定应急预案，定期对员工进行技术培训和应急演练。

d) 按 GB/T 15562.1 的要求，设置排放口标志。

e) 按要求安装在线监控设备，与生态环境主管部门的监控设备联网，并对在线监控设备定期进行保养、维护和校正，保证设备正常运行。

f) 企业环保规章制度齐全，设置专门内部环保机构。

7.2 污染治理设施管理措施

a) 生产过程中无跑冒滴漏现象，车间内实施干湿区分离，湿区地面敷设网格板，湿镀件上下挂作业在湿区进行，湿区设一定倾斜，确保废水废液不停留，有效收集。

b) 排水、回用水管道架空铺设，废水分质分流管线设置明确的标识。

c) 电镀废水处理设施 pH 值、氧化还原电位 (ORP) 自动调节控制加药；设施的运行通过功能完善的运行中央控制平台控制，以全面记录并实时反映运行状况。

d) 厂区清污分流、雨污分流，设置容积满足要求的初期雨水池、事故应急池，并制定化学品储罐区防泄漏措施。

e) 各污水处理池应严格按照防腐、防渗、防沉降的要求进行设计、建设。

7.3 电子工业污水集中处理设施管理措施

a) 入驻企业废水需按照污水集中处理设施的废水处理设计要求进行分质分流，含氰废水、含金属废水等应单独收集。

b) 污水集中处理设施运营单位宜对入驻企业分流收集的废水设置废水缓存罐，并采取pH、电导率、流量等监控措施，及时发现和杜绝入驻企业超约定排放废水。

c) 鼓励污水集中处理设施运营单位建设再生水设施和中水回用管网，鼓励入驻企业回用中水。

d) 污水集中处理设施运营单位应建设事故应急池。事故应急池的容积应综合考虑发生事故时车间当班设备的最大排水量、事故时消防水量及可能进入应急事故池的降雨量。

e) 污水集中处理设施运营单位宜建设集中的化工原材料供应体系，并做好分类存储、安全管理及供应、销售记录。

f) 根据相关政策、标准、合同规定，污水集中处理设施运营单位需明确与企业的污染治理责任，保证污染物达标排放。

g) 鼓励污水集中处理设施运营单位尽早开展废水综合毒性的监测，将监测结果报送当地生态环境主管部门，并根据监测结果积极采取相应的控制措施。

8 污染防治可行技术

电子工业废水污染防治可行技术见表7。当电子工业废水排向电子工业污水集中处理设施、其他污水集中处理设施执行协商排放限值时，可签订具有法律效力的书面合同对污染物限值进行约定，参考表7中的废水治理可行技术组合。

表 7 电子工业废水污染防治可行技术

废水类型		可行技术		污染物排放水平 (mg/L)
		预防技术	治理技术	
含金属废水	非络合废水	① 清洗废水回用技术 ② 非金属材料替代技术	①化学沉淀处理法 ②离子交换处理法 ③吸附处理法 ④化学沉淀处理法+芬顿氧化法 ⑤化学沉淀处理法+吸附处理法 ⑥化学沉淀处理法+膜分离处理法 ⑦离子交换处理法+膜分离处理法 ⑧化学沉淀处理法+吸附处理法+膜分离处理法	直接排放和间接排放： 总铅：0.00001~0.1 总镉：0.0001~0.01 总铬：0.001~0.5 六价铬：0.0001~0.2 总砷：0.005~0.3 总镍：0.00001~0.5 总银：0.00001~0.3 总锌：0.01~1
	络合废水		①化学沉淀处理法 ②化学沉淀处理法+芬顿氧化法 ③化学沉淀处理法+电解处理法 ④化学沉淀处理法+重捕剂处理法	直接排放： 总铜：0.001~0.1 间接排放： 总铜：0.001~1.6

废水类型		可行技术		污染物排放水平 (mg/L)
		预防技术	治理技术	
			⑤折点氯化处理法 ⑥磷酸铵镁脱氮法 (MAP)	
含氰废水		—	①碱性氯化法 ②电解处理法 ③离子交换吸附处理法 ④碱性氯化法+离子交换吸附处理法 ⑤电解处理法+离子交换吸附处理法	总氰化物: 0.01~0.5
含氟废水		—	化学沉淀法	氟化物: 1~20
有机废水		①清洗废水回用技术 ②环保型退镀液替代技术 ③清洗废水回用技术+环保型退镀液替代技术	①絮凝沉淀法 ②生化处理法 ③酸析法 ④酸析法+芬顿氧化法 ⑤上述四种技术的组合技术	排入厂区综合污水
其他生产废水	酸碱废水	清洗废水回用技术	中和调节法	
	含氨废水		吹脱法	
	含磷废水		①絮凝沉淀法 ②生化处理法	
厂区综合污水 (生产废水处理设施出水、生活污水处理设施出水)		—	①中和调节法 ②厌氧-缺氧-好氧活性污泥法	直接排放: 化学需氧量: 0.5~100 石油类: 3~5 悬浮物: 30~70 氨氮: 0.01~10 总氮: 0.1~35 总磷: 0.001~0.8 硫化物: 0.5~1 氟化物: 1.5~10 阴离子表面活性剂: 0.5~5 间接排放: 化学需氧量: 0.5~500 石油类: 3~20 悬浮物: 30~100 氨氮: 0.01~42 总氮: 0.1~50 总磷: 0.001~8 硫化物: 0.5~1 氟化物: 1.5~20 阴离子表面活性剂: 0.5~20

废水类型	可行技术		污染物排放水平 (mg/L)
	预防技术	治理技术	
生活污水	—	隔油池+化粪池+缺氧-好氧活性污泥法	直接排放： pH 值：6~9 悬浮物：30~50 化学需氧量：15~80 氨氮：1.5~25 总氮：2.5~35 总磷：0.1~1
		①化粪池 ②隔油池+化粪池	间接排放： pH 值：6~9 悬浮物：30~400 化学需氧量：15~500 氨氮：1.5~45 总氮：2.5~70 总磷：0.1~8

附录 A
(资料性附录)
典型电子产品生产工艺流程及废水产污环节

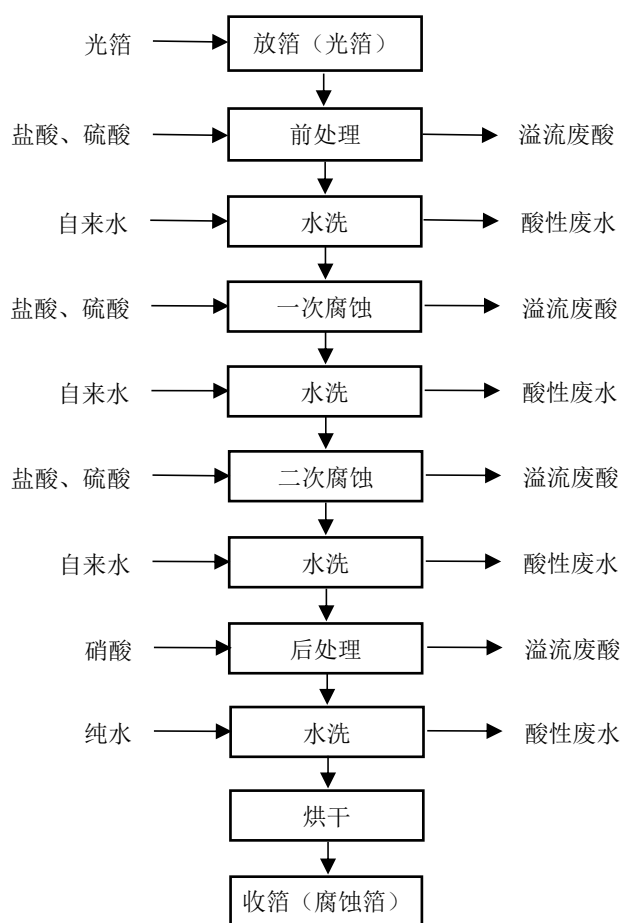


图 A. 1-1 电子专用材料-电极箔腐蚀工艺生产流程及产污环节

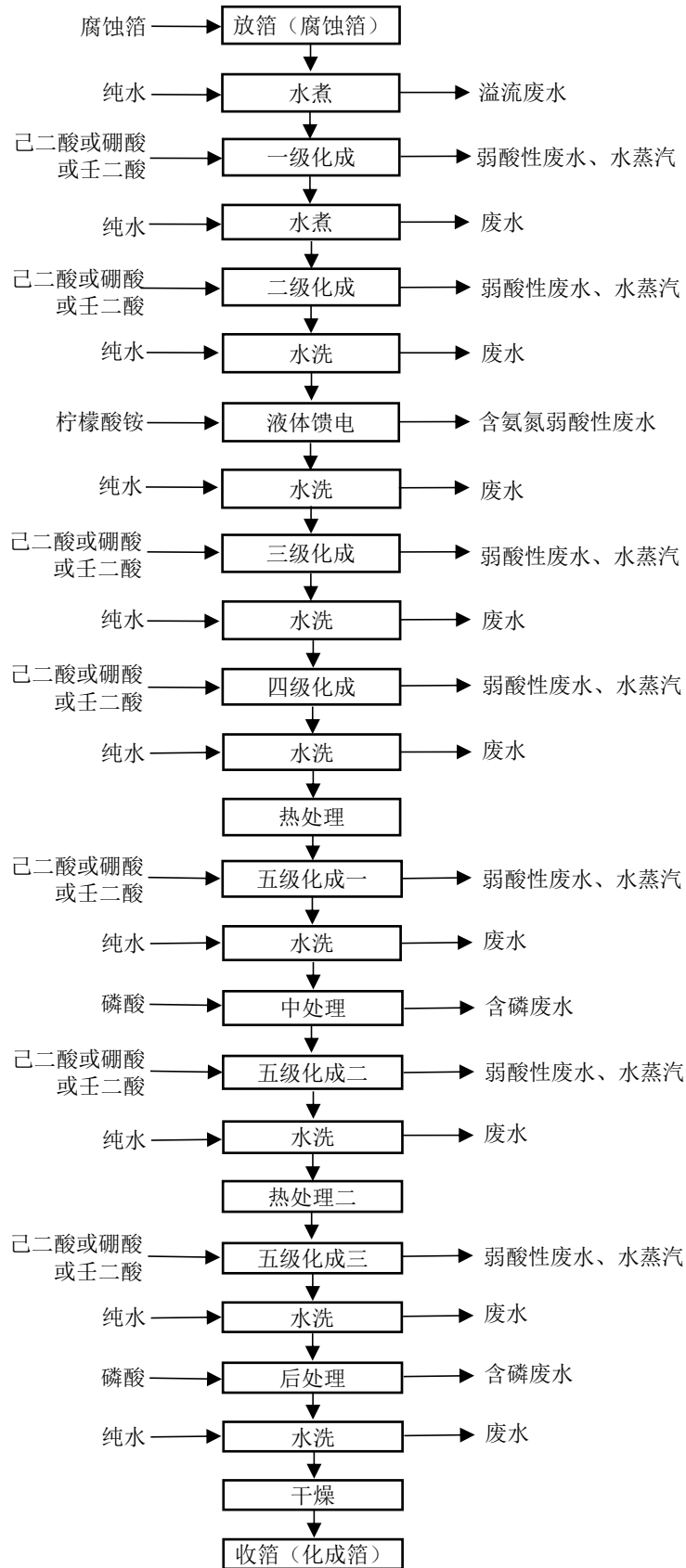


图 A. 1-2 电子专用材料-电极箔化成工艺生产流程及产污环节

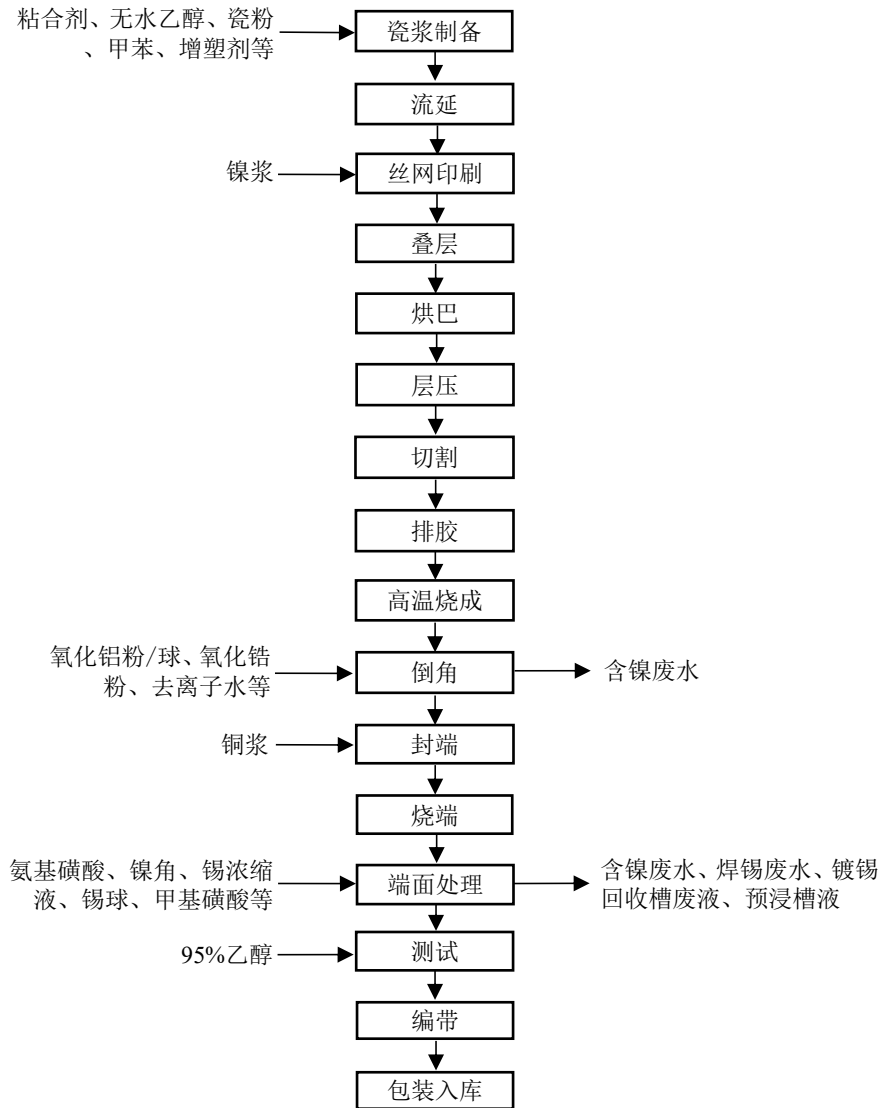


图 A. 2-1 片式多层陶瓷电容器（MLCC）生产工艺流程及产污环节

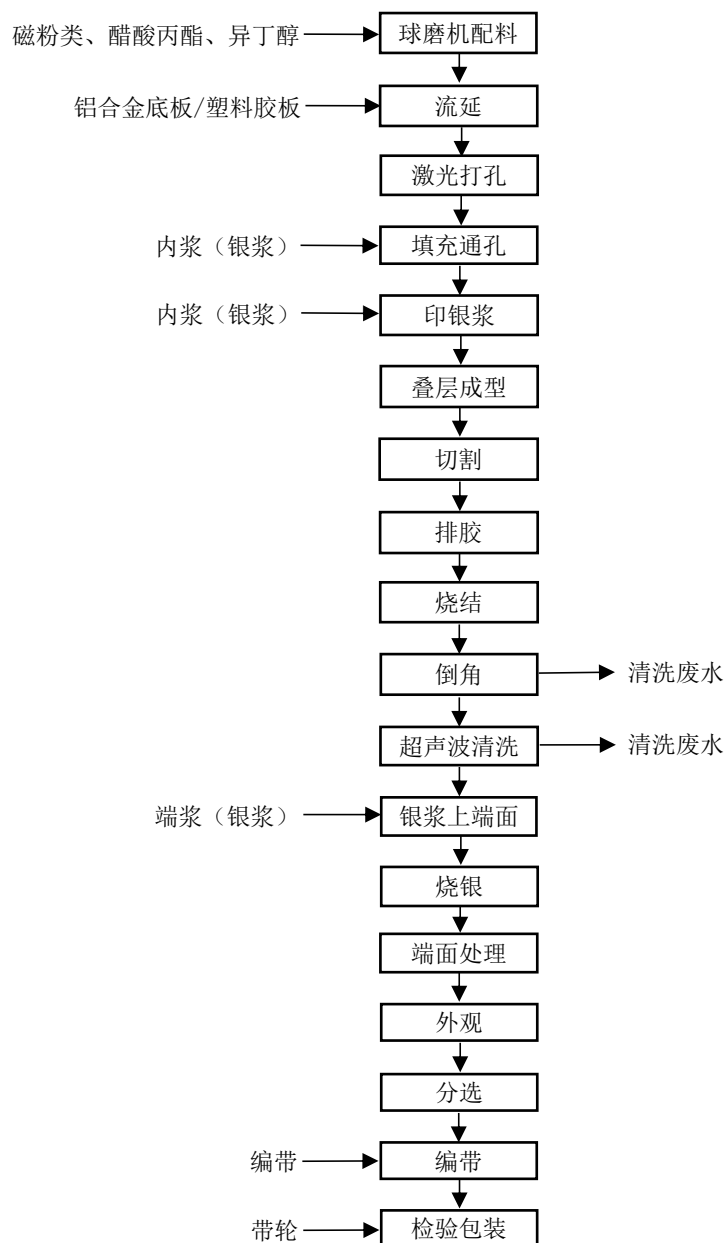


图 A. 2-2 典型电子元件片式叠层电感器生产工艺流程及产污环节

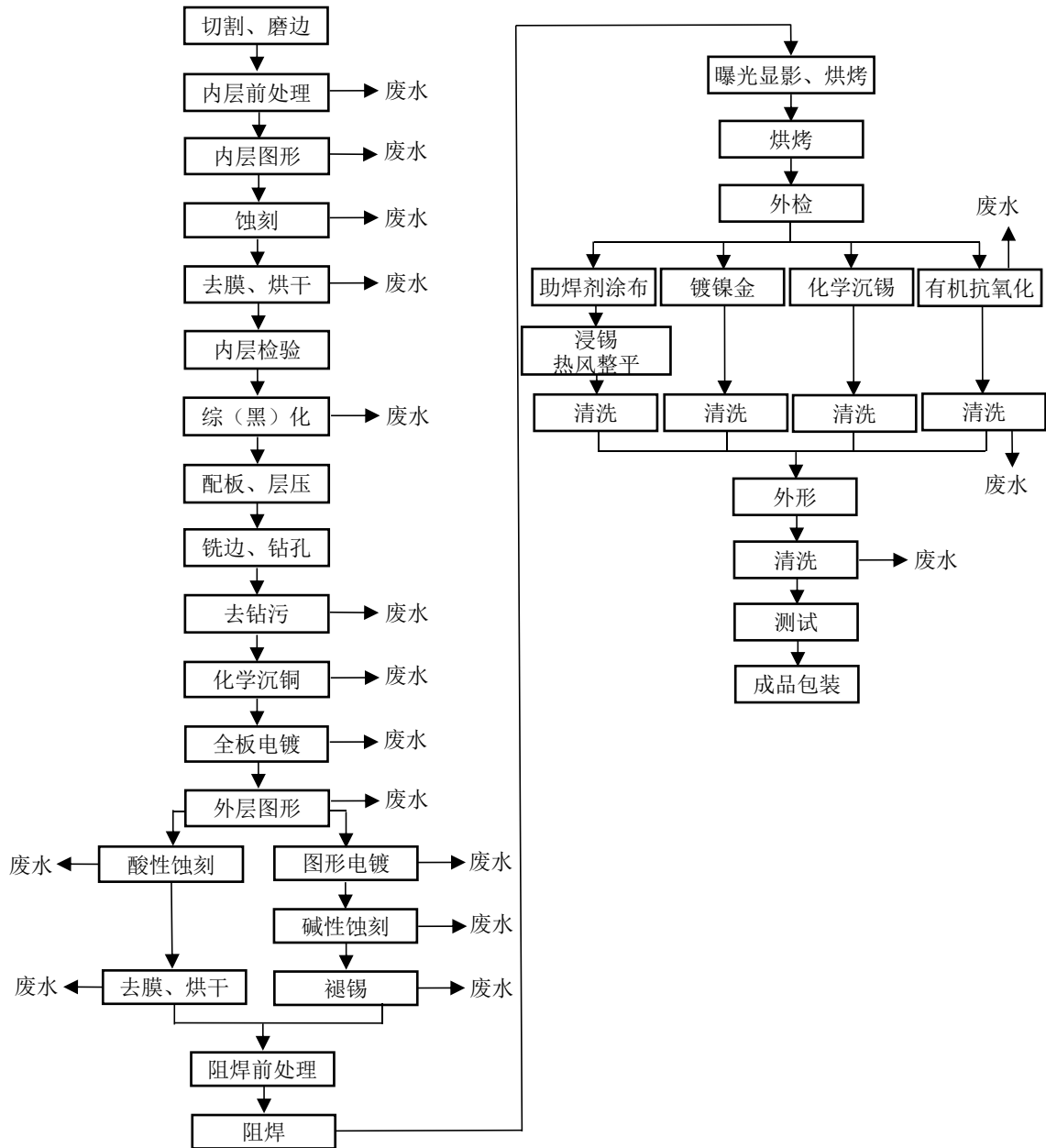


图 A.3 典型印制电路板 (PCB) 制造生产工艺流程及产污环节

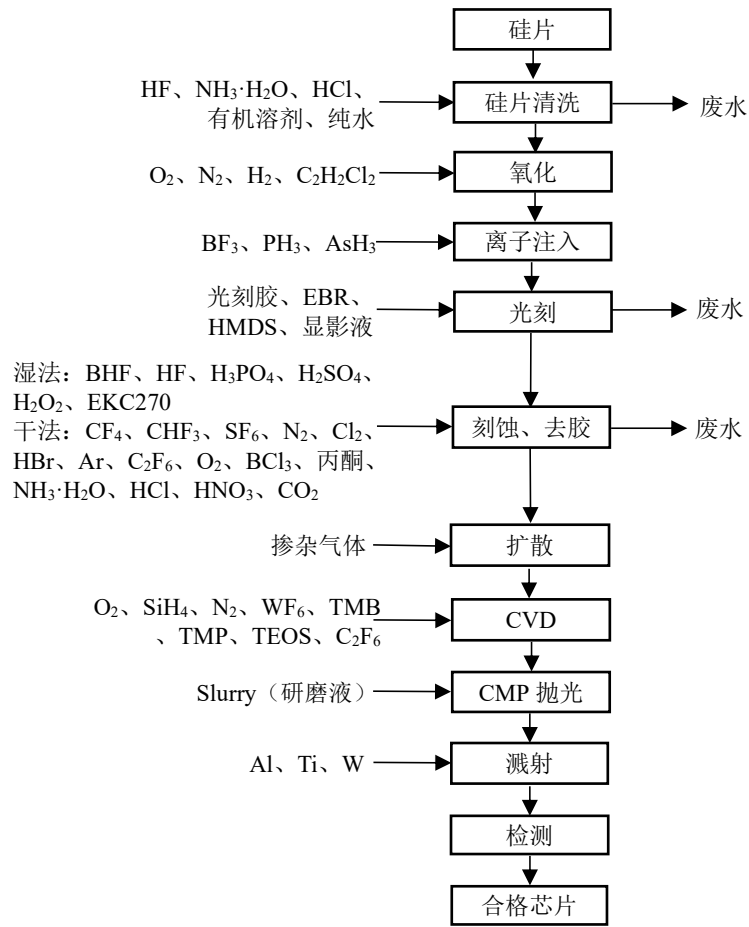


图 A.4 典型半导体器件集成电路生产工艺流程及产污环节

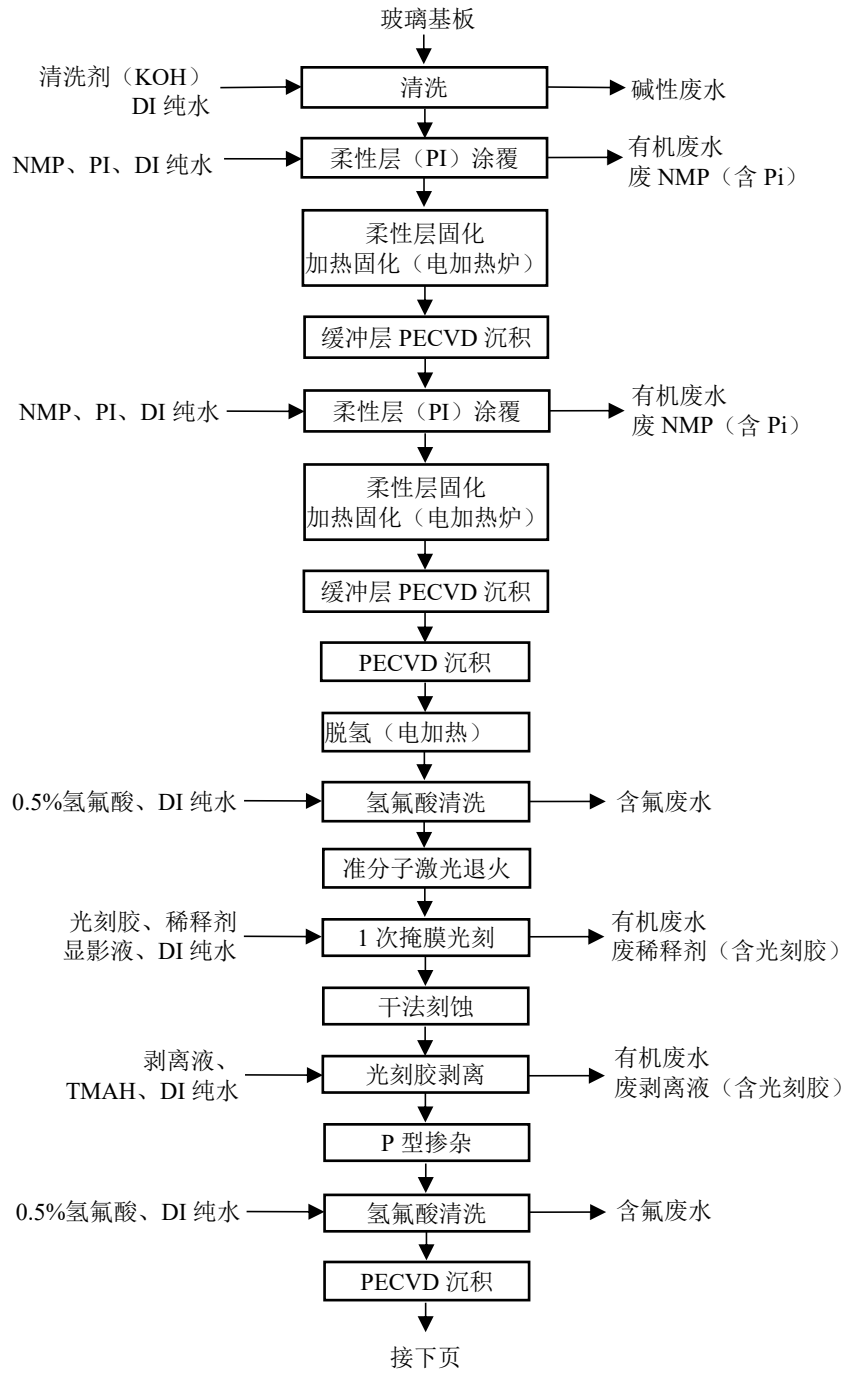


图 A. 5-1 AMOLED 生产阵列工艺流程及产污环节

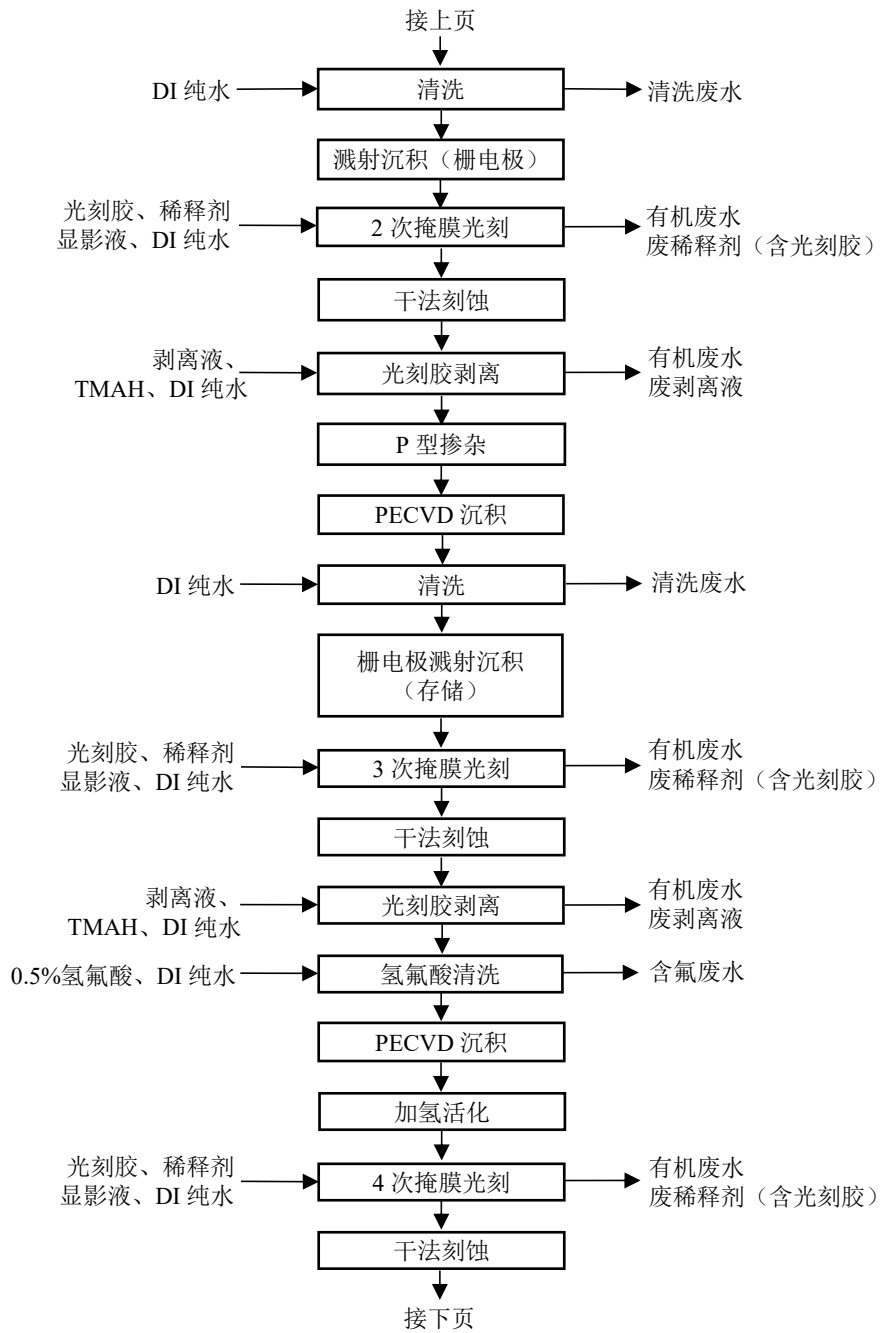


图 A. 5-1 AMOLED 生产阵列工艺流程及产污环节 (续)

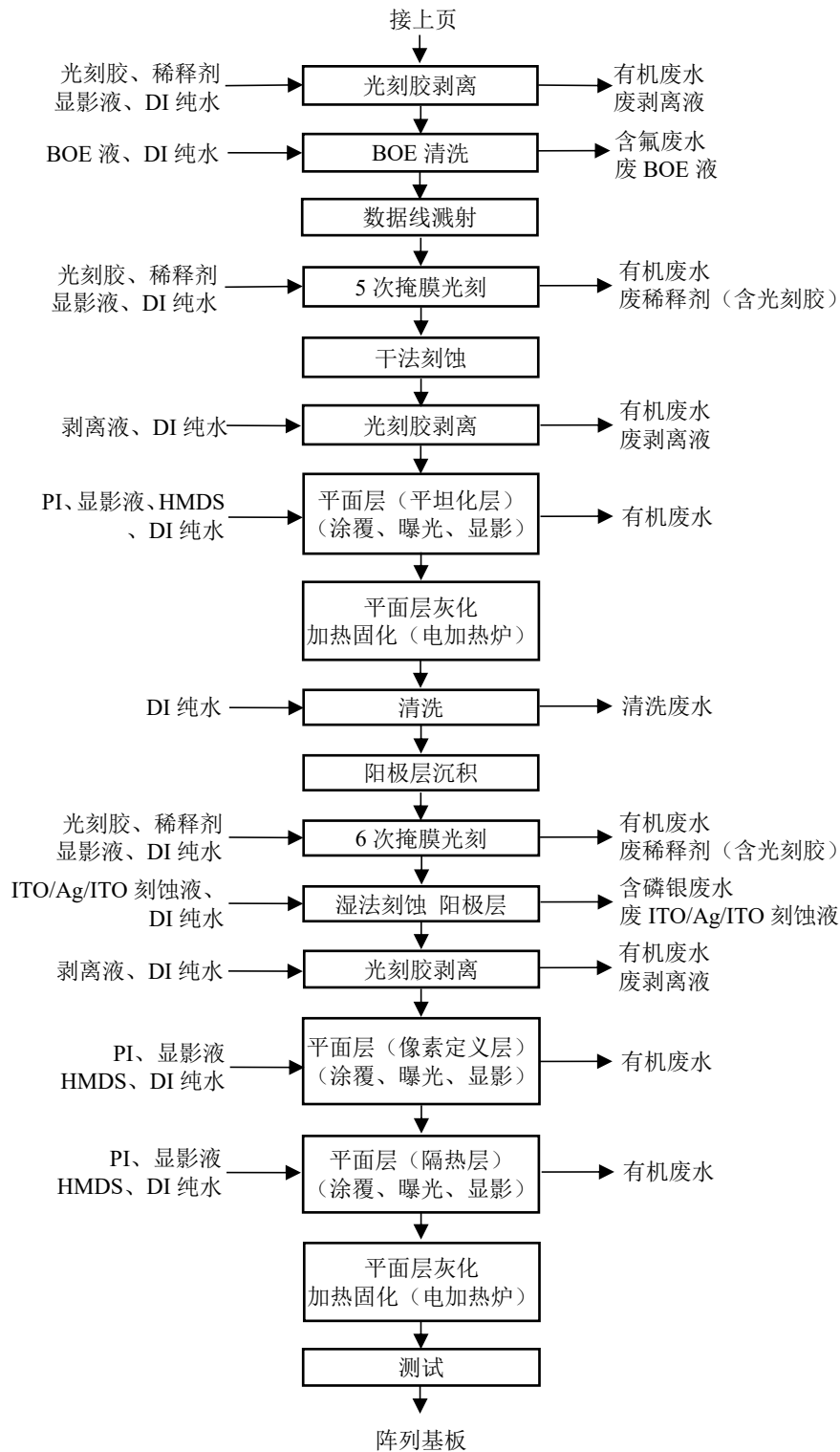


图 A. 5-1 AMOLED 生产阵列工艺流程及产污环节 (续)

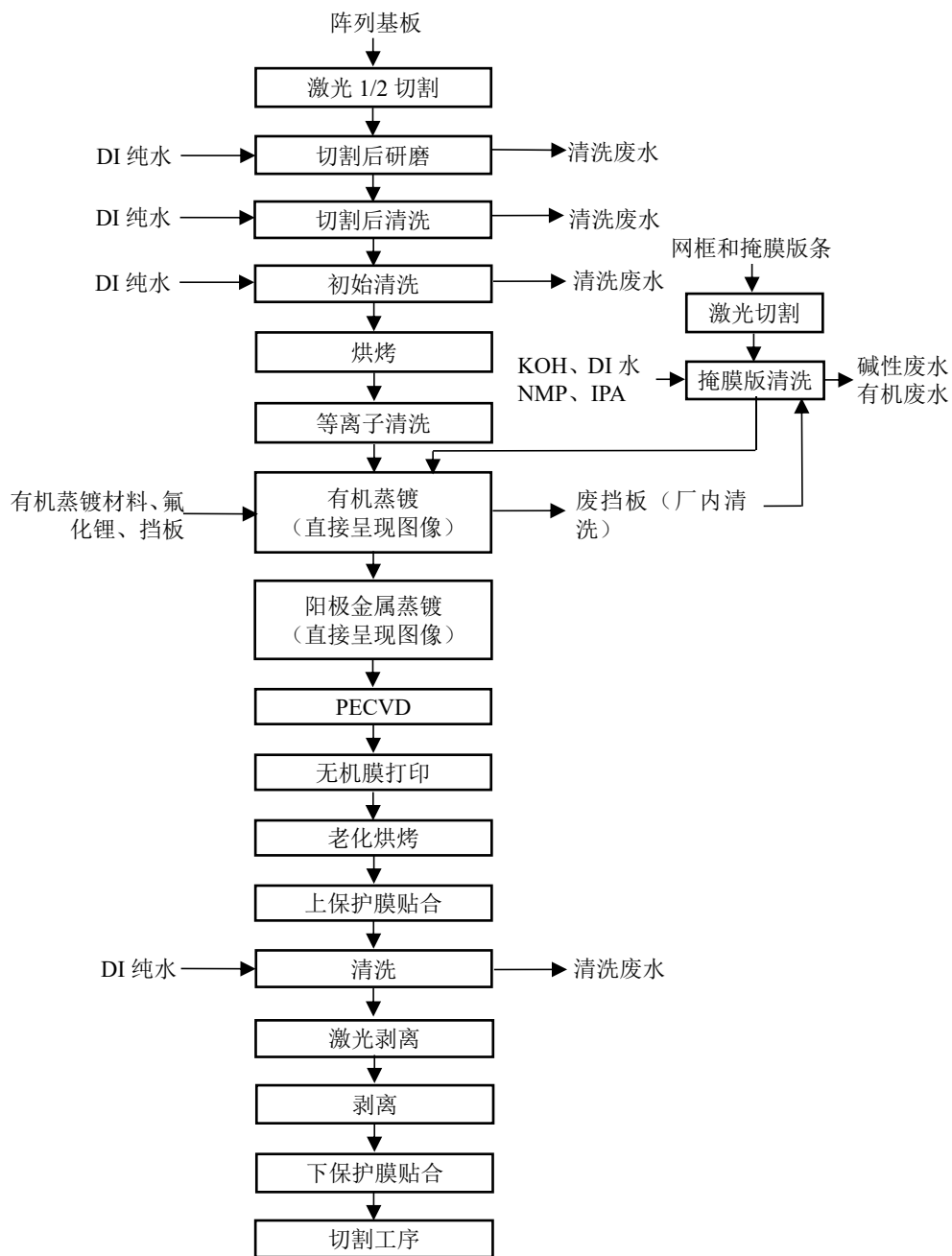


图 A. 5-2 AMOLED 生产蒸镀工艺流程及产污环节

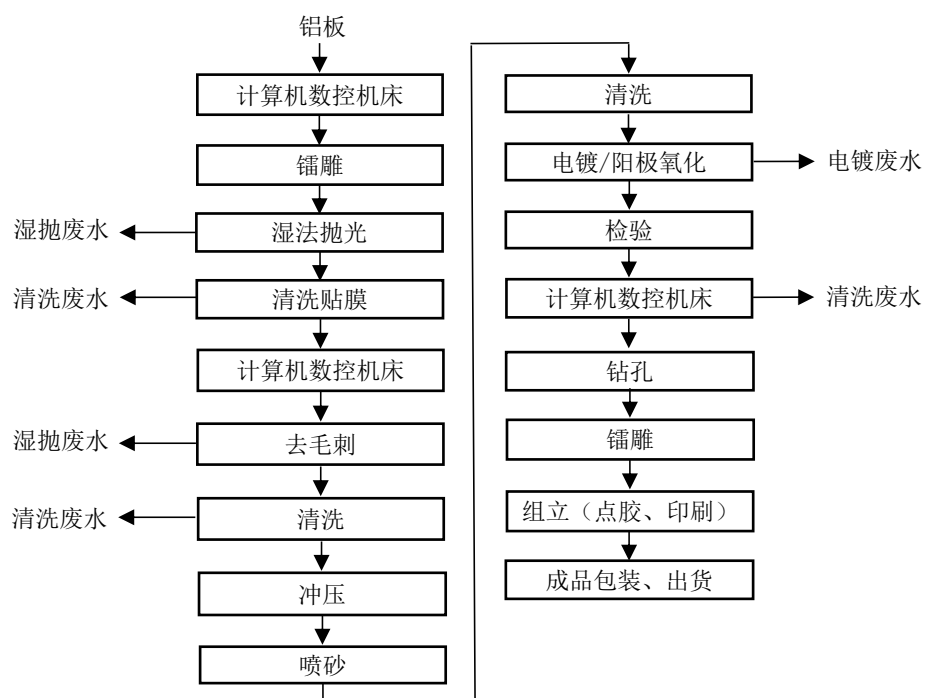


图 A.6 典型电子终端产品-笔记本/平板电脑外壳生产流程与产污节点示意图