

表面处理 清洁生产技术丛书

# 印制电路板电镀

毛柏南 编著



化学工业出版社

表面处理清洁生产技术丛书

# 印制电路板电镀

毛柏南

编著

藏书

ISBN 978-7-122-01278-8

化学工业出版社

北京

毛柏南 编著

化学工业出版社

ISBN 978-7-122-01278-8

化学工业出版社



化学工业出版社

·北京·

本书主要针对图形电镀法和 SMOBC 法制作印制电路板的工艺,全面讲述了印制电路板制造过程中电镀铜、镀金、镀锡铅合金等工艺规范和质量控制要点;同时,对与印制电路板制造技术相关的机械加工、蚀刻工艺、丝网印刷、热风整平等技术要求和规范进行了介绍。

本书可供电镀企业的工程技术人员和一线工人阅读,也可供从事电镀研究的人员参考。

表面处理  
电镀

#### 图书在版编目(CIP)数据

印制电路板电镀/毛柏南编著. —北京:化学工业出版社, 2008. 2

(表面处理清洁生产技术丛书)

ISBN 978-7-122-02040-6

I. 印… II. 毛… III. 印制电路板(材料)-电镀  
IV. TN41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 013212 号

---

责任编辑:刘丽宏 段志兵  
责任校对:李 军

文字编辑:郑 直 鲁景岩  
装帧设计:尹琳琳

---

出版发行:化学工业出版社  
(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装:北京彩桥印刷有限责任公司  
850mm×1168mm 1/32 印张 5 $\frac{1}{4}$  字数 109 千字  
2008 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686)  
售后服务:010-64518899  
网 址:<http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:15.00 元

版权所有 违者必究

## 序

清洁生产，是指不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺与设备、改善管理、综合利用等措施，从源头上削减污染，提高资源利用率，减少或避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或消除对人类健康和环境的危害。2002年颁布的《中华人民共和国清洁生产促进法》明确了实施清洁生产的目和内容。

电镀是用途十分广泛的行业，也是污染物产生较多的行业，因此电镀的清洁生产就显得更为重要。电镀使用的原料往往含有有害的物质，生产中会产生大量的废水、废气、废渣，其中又以废水的问题更为突出。电镀又是一个耗能的行业，每年电镀加工要消耗大量的电能。我国水资源十分短缺，可是电镀又要大量用水，所以节电、节水也是电镀行业的重要任务。但电镀厂点比较分散，许多还采用落后的工艺和设备，给清洁生产的管理和实施带来一定的难度。

2005年6月4日国家发改委、国家环境保护总局发布了《电镀行业清洁生产评价指标体系》。其中定量评价指标体系包括资源综合利用指标、镀件带出液污染物产生指标、资源与能源消耗指标，该指标体系是我国第一部评价指标，也是评价电镀清洁生产水平的依据。该体系将电镀生产的一

些主要指标列入其中，尚有许多电镀品种未列入，废气、废水的指标也不在其中。随着技术的不断进步和发展，指标体系每3~5年将修订一次，预计将会越来越全面、深化、严格、完善，对电镀行业的要求也会越来越高。

电镀生产约有一百年的历史，新技术不断涌现，生产品种和能力也逐年增加。一方面是污染物品种、污染源和污染范围增加，另一方面由于人类对环境保护意识的增强、技术的不断进步，电镀污染也不断得到控制和治理，从源头做起逐渐向清洁生产方向发展。

电镀清洁生产的内容很多。电镀工艺的选择，清洁能源和原料的选择，电镀前处理，电镀后处理，清洗，废水、废气、废渣的治理和利用，资源的节约与综合利用，电镀车间和设备的改进设计，宏观和微观的管理等都与清洁生产密切相关。近年来，通过国内外的研究开发，已出现了许多新技术和新方法。具体例子有：无氰镀锌（包括氯化钾镀锌、碱性锌酸盐镀锌、高速硫酸盐光亮镀锌）、低铬钝化、三价铬钝化、无铬钝化、节能高效快速的第三代镀铬、三价铬镀铬、碱性无氰镀铜、酸性光亮镀铜、焦磷酸盐镀铜、锌镍合金电镀、锌铁合金电镀、非晶态电镀、复合镀、达克罗涂装技术、逆流漂洗技术、隔膜分离技术、废水零排放技术、电镀工业园的建立等。随着技术的进步、管理的改进，将会实现真正意义上的清洁生产。

为了推动电镀行业的清洁生产，在中国表面工程清洁生产指导委员会的协助下，太原市表面工程协会组织编写了《表面处理清洁生产技术丛书》（以下简称《丛书》），包括

《镀覆前表面处理》、《镀锌》、《镀铜》、《磁性材料电镀》、《锌铬涂层技术》、《印制电路板电镀》等，以满足从事表面处理工作，尤其是从事电镀生产、研究和管理的工程技术人员、一线工人的需要。《丛书》总体上按照电镀清洁生产的宗旨，全面系统地介绍各种金属、非金属材料镀覆前的处理工艺，以及适用于清洁生产的镀锌、镀铜、磁性材料电镀、印制电路板电镀的各种成熟的工艺和规范。面向电镀生产实践，内容力求简明扼要，通俗实用。

《丛书》由国内二十多位专家、学者、工程技术人员和实际生产者参加组织和编写。在《丛书》组织和编写过程中，太原市表面工程协会原副理事长周永令高级工程师作出了巨大的贡献，我们把继续组织好、编写好、出版好这套《丛书》作为对周先生最好的纪念方式之一。借此也感谢在《丛书》的组织、编写和出版过程中给予大力支持和帮助的许多专家和学者。

太原市表面工程协会

# 前 言

印制电路板是计算机、移动电话、程控交换机等电子整机设备的重要部件，印制电路板（PCB）生产作为电子工业中最基础和最活跃的产业之一，发展迅速。它的制造流程包括十几甚至一百多道工序，涉及材料学、电化学、光化学、电子技术、印刷技术、数控技术、计算机应用技术等多门学科和技术。目前，印制电路技术已发展成为一门完全独立、自成体系的生产技术，而电镀是其中一个十分重要的环节。

本书结合笔者多年的生产实践，主要针对图形电镀法和SMOBC法制作印制电路板的工艺，重点讲述印制电路板制造过程中电镀铜、化学镀铜、镀金、镀锡铅合金等工艺规范和质量控制要点，分析各种镀覆工艺常见的故障并指出其解决方法；具体阐述与印制电路板制造技术相关的机械加工、蚀刻工艺、丝网印刷、热风整平等技术，指出各种工艺的技术要求和操作规范。本书可供电镀企业的工程技术人员和一线工人、印制电路板生产企业的工作人员参考。

本书编写过程中，宁苟栓工程师、叶人龙高级工程师、任文清高级工程师提出了许多修改意见和建议，并进行了审阅工作，在此表示感谢！

由于作者水平所限，不当之处难免，敬请读者批评指正。

编者

## 欢迎订阅电镀及相关表面技术专业图书

| 书号           | 书名                         | 定价/元   |
|--------------|----------------------------|--------|
| <b>专业工具书</b> |                            |        |
| 9204-0       | 实用表面前处理手册(第二版)             | 40.00  |
| 1992-0       | 表面工程手册                     | 90.00  |
| 6803-4       | 实用清洗技术手册                   | 69.00  |
| 7318-6       | 中国材料工程大典(第16卷)——材料表面工程(上)  | 130.00 |
| 7319-4       | 中国材料工程大典(第17卷)——材料表面工程(下)  | 130.00 |
| 01348-4      | 简明电镀手册                     | 48.00  |
| <b>电镀技术</b>  |                            |        |
| 7422-0       | 工人安全技术培训系列读本——电镀工安全技术      | 15.00  |
| 6206-0       | 实用电镀技术丛书——电镀清洁生产工艺         | 35.00  |
| 3801-1       | 材料防护系列图书——电镀工程             | 40.00  |
| 5798-9       | 电子废料回收与利用丛书——电镀废弃物与材料的回收利用 | 24.00  |
| 4448-8       | 电镀废水处理技术及工程实例              | 35.00  |
| 4621-9       | 难镀基材的化学镀镍技术                | 22.00  |
| 3259-5       | 实用电镀技术丛书——电镀溶液分析技术         | 35.00  |
| 3539-X       | 实用电镀技术丛书——电镀溶液与镀层性能测试      | 19.00  |
| 5095-X       | 实用电镀技术丛书——防护装饰性镀层          | 38.00  |



| 书号      | 书名                        | 定价/元       |
|---------|---------------------------|------------|
| 电镀技术    |                           |            |
| 3259-5  | 实用电镀技术丛书——电镀溶液分析技术        | 35.00      |
| 4857-2  | 实用电镀技术丛书——化学镀实用技术         | 42.00      |
| 9027-7  | 实用电镀技术丛书——实用电镀添加剂         | 48.00      |
| 3490-3  | 腐蚀与防护全书——实用电镀技术           | 25.00      |
| 8418-8  | 非金属电镀与精饰——技术与实践           | 35.00      |
| 8402-1  | 镀铬修复及应用实例                 | 28.00      |
| 8951-1  | 镀铁铜镍及合金修复技术               | 20.00      |
| 5511-0  | 特种电镀技术                    | 22.00      |
| 4797-5  | 刷镀技术                      | 28.00      |
| 8434-X  | 表面处理清洁生产技术丛书——镀锌          | 15.00      |
| 8447-1  | 表面处理清洁生产技术丛书——镀覆前<br>表面处理 | 20.00      |
| 00929-6 | 表面处理清洁生产技术丛书——镀铜          | 15.00      |
| 8204-5  | 涂镀三废处理工艺与设备               | 38.00      |
| 7552-9  | 电镀工艺与设备                   | 54.00      |
| 4040-7  | 工人岗位培训实用技术读本——电镀技术        | 27.00      |
| 9030-7  | 现代电镀(原著第四版)               | 88.00      |
| 9254-7  | 镀镍技术丛书——镀镍工艺基础            | 20.00      |
| 9521-X  | 镀镍技术丛书——光亮镀镍              | 30.00      |
| 00922-7 | 镀镍技术丛书——镀镍合金              | 30.00      |
| 8954-6  | 实用装饰性镀层和涂层                | 36.00      |
| 9215-6  | 电镀企业的数字化管理                | 180.00(精装) |
| 9325-4  | 电镀生产管理8讲                  | 25.00      |
| 9324-7  | 纳米电镀                      | 58.00      |

| 书 号           | 书 名                  | 定价/元  |
|---------------|----------------------|-------|
| <b>电镀技术</b>   |                      |       |
| 9854          | 电镀挂具                 | 29.00 |
| 9327          | 复合电镀技术               | 48.00 |
| 9827          | 电镀实践 900 例           | 39.00 |
| 9755-9        | 电镀实用技术 500 问         | 25.00 |
| 01011-7       | 电镀故障精解               | 48.00 |
| 01078-0       | 电镀故障分析与处理问答          | 26.00 |
| 01078-0       | 电镀工人技术问答             | 20.00 |
| 00507-6       | 电镀层退除技术              | 16.00 |
| 01107         | 电镀配合物——理论与应用         | 98.00 |
| 01474-0       | 电子电镀技术               | 48.00 |
| 01748-2       | 电镀后处理                | 18.00 |
| <b>表面清洗技术</b> |                      |       |
| 3604-3        | 工业清洗剂及清洗技术           | 45.00 |
| 7049-7        | 洗净技术基础               | 58.00 |
| 6803-4        | 实用清洗技术手册(二版)         | 69.00 |
| 4611-1        | 金属清洗技术               | 28.00 |
| 3001-0        | 实用化学清洗技术(二版)         | 20.00 |
| 4503-4        | 工业清洗及应用实例            | 25.00 |
| 4343-0        | 工人岗位培训实用技术读本——工业清洗技术 | 35.00 |
| 7778-5        | 高压水射流清洗技术及应用         | 29.00 |
| 00519-9       | 钢材酸洗技术               | 39.00 |

| 书号      | 书名                   | 定价/元  |
|---------|----------------------|-------|
| 其他表面技术  |                      |       |
| 5550-1  | 铝合金阳极氧化与表面处理技术       | 45.00 |
| 01113-8 | 铝合金表面氧化处理技术问答        | 20.00 |
| 5865-9  | 不锈钢表面处理技术            | 32.00 |
| 8653-9  | 金属表面抛光技术             | 29.00 |
| 7055-1  | 金属表面技术丛书——水溶液沉积技术    | 20.00 |
| 7921-4  | 现代表面工程技术(教材)         | 32.00 |
| 5890-X  | 喷丸清理技术               | 38.00 |
| 8045-X  | 钢材热镀锌                | 59.00 |
| 00689-9 | 钢带热镀新技术问答            | 32.00 |
| 2919-5  | 涂层技术原理及应用            | 45.00 |
| 5974-4  | 实用焊接技术丛书——表面堆焊与热喷涂技术 | 39.00 |
| 9117-6  | 电弧喷涂技术               | 36.00 |

如需以上图书的内容简介、详细目录以及更多的科技图书信息, 请登录 [www.cip.com.cn](http://www.cip.com.cn)。

邮购地址: (100011) 北京市东城区青年湖南街 13 号 化学工业出版社

服务电话: 010-64518888, 64518800 (化学工业出版社销售中心)

如要出版新著, 请与编辑联系。

编辑电话: 010-64519271 E-mail: [dzb@cip.com.cn](mailto:dzb@cip.com.cn) (段志兵)

010-64519283 E-mail: [editor2044@sina.com](mailto:editor2044@sina.com) (刘丽宏)

# 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <b>第 1 章 印制电路板电镀</b>            | 1  |
| 1.1 概述                          | 1  |
| 1.1.1 传统的印制电路板电镀流程              | 1  |
| 1.1.2 直接电镀工艺的出现及发展              | 2  |
| 1.2 印制电路板制作过程所涉及的表面涂覆工艺及流程      | 3  |
| 1.2.1 孔金属化                      | 3  |
| 1.2.2 热风整平技术                    | 3  |
| 1.3 双面印制电路板图形电镀法                | 4  |
| 1.3.1 图形电镀法工艺流程                 | 4  |
| 1.3.2 SMOBC 工艺流程                | 4  |
| <b>第 2 章 印制电路板的机械加工、制版和图像转移</b> | 6  |
| 2.1 印制电路板机械加工                   | 6  |
| 2.1.1 概述                        | 6  |
| 2.1.2 机械加工的分类                   | 6  |
| 2.1.3 印制电路板冲裁加工                 | 7  |
| 2.1.4 印制电路板钻孔过程中易产生的质量问题        | 19 |
| 2.1.5 印制电路板外形加工                 | 20 |
| 2.1.6 机械加工缺陷分析与预防               | 23 |
| 2.2 照相制版                        | 25 |
| 2.2.1 概述                        | 25 |
| 2.2.2 照相底图的制作                   | 26 |
| 2.2.3 光绘底版的检验                   | 28 |

|            |                             |    |
|------------|-----------------------------|----|
| 2.3        | 光化学图像转移技术 .....             | 30 |
| 2.3.1      | 概述 .....                    | 30 |
| 2.3.2      | 光致抗蚀剂 .....                 | 31 |
| 2.3.3      | 光致抗蚀剂膜层的主要成分及作用 .....       | 34 |
| 2.3.4      | 干膜光致抗蚀剂胶膜的应用 .....          | 36 |
| 2.3.5      | 干膜光致抗蚀剂的技术条件 .....          | 36 |
| 2.3.6      | 图像转移 .....                  | 42 |
| 2.4        | 印制电路板丝网印刷工艺 .....           | 51 |
| 2.4.1      | 印制电路板丝网印刷工艺概述 .....         | 51 |
| 2.4.2      | 丝网的选择 .....                 | 51 |
| 2.4.3      | 绷网的基本方法及质量要求 .....          | 52 |
| 2.4.4      | 丝网印刷刮板的选择 .....             | 54 |
| 2.4.5      | 印制电路板丝网印刷中易出现的故障及纠正方法 ..... | 56 |
| <b>第3章</b> | <b>化学镀铜</b> .....           | 61 |
| 3.1        | 化学镀铜工艺流程 .....              | 61 |
| 3.2        | 化学镀铜前基板清洁处理工艺 .....         | 61 |
| 3.2.1      | 基板除油 .....                  | 61 |
| 3.2.2      | 孔壁处理 .....                  | 62 |
| 3.2.3      | 粗化处理 .....                  | 63 |
| 3.2.4      | 活化处理 .....                  | 65 |
| 3.2.5      | 化学镀铜 .....                  | 68 |
| 3.3        | 化学镀铜层的质量控制 .....            | 74 |
| 3.3.1      | 化学镀层结合力 .....               | 75 |
| 3.3.2      | 化学镀铜层的韧性 .....              | 76 |
| 3.3.3      | 电阻率 .....                   | 76 |
| 3.4        | 化学镀厚铜 .....                 | 77 |
| 3.5        | 化学镀铜容易出现的几个质量问题 .....       | 78 |
| 3.6        | 化学镀铜溶液的日常维护 .....           | 79 |

|   |    |
|---|----|
| <b>第 4 章 电镀铜</b>                          | 80 |
| 4.1 印制电路板电镀铜的作用及要求                        | 80 |
| 4.1.1 印制电路板电镀铜的作用                         | 80 |
| 4.1.2 印制电路板对电镀铜层的基本要求                     | 80 |
| 4.2 印制电路板用高分散能力电镀铜溶液                      | 82 |
| 4.2.1 高酸低铜光亮型高分散能力镀铜液配方                   | 82 |
| 4.2.2 电镀铜电极反应机理                           | 82 |
| 4.2.3 硫酸盐镀铜溶液的配制                          | 83 |
| 4.2.4 光亮酸性镀铜溶液中各成分的作用                     | 84 |
| 4.2.5 硫酸盐镀铜溶液操作条件的影响                      | 86 |
| <b>第 5 章 电镀锡铅合金</b>                       | 93 |
| 5.1 概述                                    | 93 |
| 5.2 印制电路板镀锡铅工艺流程                          | 93 |
| 5.3 印制电路板电镀锡铅合金                           | 94 |
| 5.4 氟硼酸盐镀锡铅合金溶液组成及工艺条件                    | 95 |
| 5.5 氟硼酸盐镀锡铅的机理                            | 95 |
| 5.6 镀液配制                                  | 96 |
| 5.7 镀液中各成分的作用与用量                          | 96 |
| 5.7.1 $\text{Sn}^{2+}$ 与 $\text{Pb}^{2+}$ | 96 |
| 5.7.2 氟硼酸                                 | 97 |
| 5.7.3 硼酸                                  | 97 |
| 5.7.4 添加剂                                 | 97 |
| 5.8 操作条件的影响                               | 98 |
| 5.8.1 电流密度                                | 98 |
| 5.8.2 温度                                  | 98 |
| 5.8.3 溶液的搅拌                               | 98 |
| 5.9 工艺维护                                  | 98 |
| 5.10 锡铅合金镀层质量控制                           | 99 |

|            |                           |            |
|------------|---------------------------|------------|
| 5.11       | 锡铝合金镀层的退除 .....           | 100        |
| 5.11.1     | 退除锡铝合金工艺 .....            | 100        |
| 5.11.2     | 退除锡铝合金层质量控制 .....         | 101        |
| 5.12       | 镀液常见故障及纠正方法 .....         | 101        |
| <b>第6章</b> | <b>印制电路板蚀刻工艺 .....</b>    | <b>103</b> |
| 6.1        | 概述 .....                  | 103        |
| 6.2        | 酸性氯化铜蚀刻液 .....            | 104        |
| 6.2.1      | 特点 .....                  | 104        |
| 6.2.2      | 蚀刻液化学反应 .....             | 104        |
| 6.2.3      | 酸性蚀刻液蚀刻印制板工艺流程 .....      | 105        |
| 6.2.4      | 酸性氯化铜蚀刻液配方 .....          | 105        |
| 6.2.5      | 酸性氯化铜蚀刻的影响因素 .....        | 105        |
| 6.3        | 蚀刻液的再生 .....              | 107        |
| 6.4        | 酸性氯化铜蚀刻液在蚀刻过程中存在的问题 ..... | 108        |
| 6.4.1      | 光致抗蚀剂的损坏 .....            | 108        |
| 6.4.2      | 蚀刻速率下降 .....              | 108        |
| 6.4.3      | 溶液出现沉淀物 .....             | 108        |
| 6.4.4      | 铜表面有残渣 .....              | 108        |
| 6.5        | 碱性氯化铜蚀刻液 .....            | 109        |
| 6.5.1      | 特点 .....                  | 109        |
| 6.5.2      | 蚀刻过程中的主要化学反应 .....        | 109        |
| 6.5.3      | 碱性氯化铜蚀刻液蚀刻工艺流程 .....      | 109        |
| 6.5.4      | 碱性蚀刻液配方 .....             | 110        |
| 6.5.5      | 影响蚀刻速率的因素 .....           | 110        |
| 6.6        | 蚀刻液的人工调整 .....            | 111        |
| 6.7        | 碱性蚀刻印制电路板过程中存在的问题 .....   | 112        |
| 6.7.1      | 蚀刻速率太低 .....              | 112        |
| 6.7.2      | 蚀刻液中产生沉淀物 .....           | 112        |

|                    |                    |            |
|--------------------|--------------------|------------|
| 6.7.3              | 抗蚀镀层有浸蚀损坏现象        | 112        |
| 6.7.4              | 铜表面发黑, 蚀刻出现困难      | 112        |
| 6.8                | 印制电路板蚀刻质量的检验       | 112        |
| 6.8.1              | 镀层增宽现象             | 112        |
| 6.8.2              | 镀层突沿现象             | 112        |
| 6.9                | 蚀刻质量的控制            | 113        |
| 6.9.1              | 退膜                 | 113        |
| 6.9.2              | 碱性蚀刻               | 113        |
| <b>第7章 印制板插头镀金</b> |                    | <b>116</b> |
| 7.1                | 印制电路板镀金            | 116        |
| 7.2                | 插头镀硬金工艺流程          | 117        |
| 7.3                | 粘贴保护胶带             | 117        |
| 7.4                | 插头部分退除锡铅合金         | 117        |
| 7.4.1              | 退锡铅溶液配制方法          | 118        |
| 7.4.2              | 退锡铅合金溶液配方能力简介      | 118        |
| 7.5                | 印制电路板插头镀镍          | 119        |
| 7.5.1              | 印制电路板插头镀镍工艺配方及操作条件 | 119        |
| 7.5.2              | 镀镍溶液配制             | 119        |
| 7.5.3              | 镀镍溶液各成分的作用         | 120        |
| 7.5.4              | 镀镍溶液操作条件的影响        | 121        |
| 7.5.5              | 普通镀镍溶液的维护          | 122        |
| 7.5.6              | 普通镀镍溶液常见故障及纠正方法    | 123        |
| 7.6                | 印制电路板插头镀硬金         | 124        |
| 7.6.1              | 常用镀金工艺配方及操作条件      | 125        |
| 7.6.2              | 镀金溶液配制方法           | 125        |
| 7.6.3              | 镀金液中各成分作用          | 126        |
| 7.6.4              | 镀金操作条件的影响          | 127        |
| 7.6.5              | 镀金溶液维护和调整          | 128        |



|                       |                    |            |
|-----------------------|--------------------|------------|
| 7.6.6                 | 不合格镀层的退除及回收        | 128        |
| 7.6.7                 | 印制电路板插头镀金常见故障及纠正方法 | 129        |
| <b>第8章 印制电路板化学镀镍金</b> |                    | <b>130</b> |
| 8.1                   | 概述                 | 130        |
| 8.2                   | 化学镀镍的主要功能          | 130        |
| 8.2.1                 | 提供金沉积的表面           | 130        |
| 8.2.2                 | 孔隙率                | 131        |
| 8.2.3                 | 硬度                 | 131        |
| 8.2.4                 | 化学镀镍层的电性能          | 133        |
| 8.2.5                 | 化学镀镍层的接触电阻         | 133        |
| 8.2.6                 | 化学镀镍层的热性能          | 134        |
| 8.3                   | 化学镀镍金工艺流程          | 134        |
| 8.3.1                 | 酸清洗                | 134        |
| 8.3.2                 | 微腐蚀                | 134        |
| 8.3.3                 | 酸预浸                | 134        |
| 8.3.4                 | 催化                 | 134        |
| 8.3.5                 | 酸后浸                | 134        |
| 8.3.6                 | 化学镀镍               | 135        |
| 8.3.7                 | 浸镀金                | 135        |
| 8.3.8                 | 水漂洗、回收、干燥          | 135        |
| 8.4                   | 化学镀镍工艺原理           | 135        |
| 8.4.1                 | 化学镀镍催化原理           | 135        |
| 8.4.2                 | 化学镀镍原理             | 136        |
| 8.5                   | 浸金原理               | 136        |
| 8.6                   | 化学镀镍金工艺控制          | 137        |
| 8.6.1                 | 预处理                | 137        |
| 8.6.2                 | 催化反应               | 137        |
| 8.6.3                 | 酸后清洁处理             | 138        |