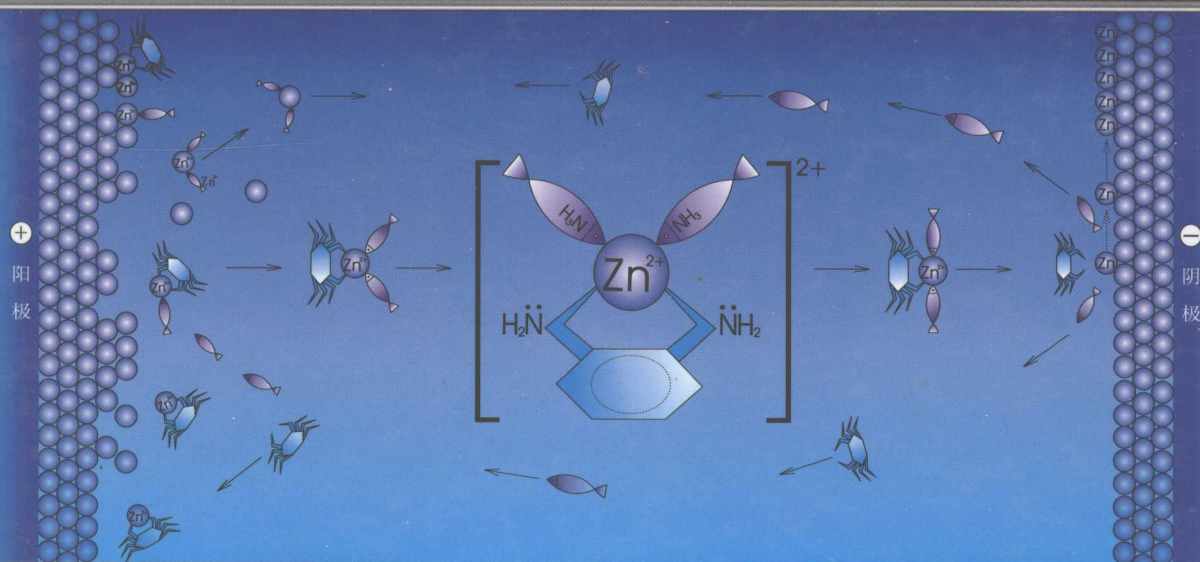


Theory & Application
of Coordination Compounds in Electroplating

电镀配合物

——理论与应用

方景礼 著

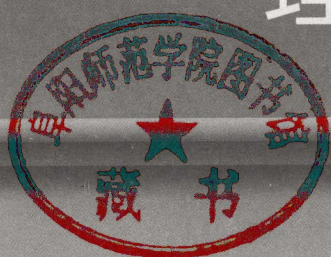


化学工业出版社

Theory & Application
of Coordination Compounds in Electroplating

电镀配合物

——理论与应用



方景礼 著



化学工业出版社

· 北 京 ·

TQ153

F3-1

配位剂(旧称络合剂)是电镀溶液中的基本成分,对电镀过程和电镀层质量有很大影响。本书对配合物的基本原理、配位平衡、配合物的平衡电位及电化学、各种配合物以及电镀溶液的配方设计等进行了系统阐述,对配合物在镀前预处理、各镀种工艺、镀层退除、镀层防变色处理中的应用及强螯合剂废水的处理进行了全面介绍。附录中提供了电镀配合物的各种数据。

本书可供电镀开发和科研工作者参考,可供电镀工艺设计和操作的技术人员参考;也可作为配位化学和电镀工艺基础课程参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电镀配合物——理论与应用/方景礼著. —北京:化学工业出版社, 2007.9

ISBN 978-7-122-01107-7

I. 电… II. 方… III. 电镀-配合物 IV. TQ153

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 136033 号

责任编辑:段志兵 刘丽宏

文字编辑:陈 雨

责任校对:王素芹

装帧设计:尹琳琳 方 欣

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 刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张 46 $\frac{3}{4}$ 字数 1019 千字 2008 年 1 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:96.00 元

版权所有 违者必究

前 言

电镀溶液是一个很复杂的体系，它含有多种配位剂、表面活性剂和各种添加剂。一种优良的电镀工艺，不仅要有优良的镀液性能，如分散能力、覆盖能力、沉积速度、整平能力、导电能力和电流效率等，而且要有优良的镀层性能，如硬度、脆性、应力、晶粒大小、光泽度、磁性、可焊性、导电性等。要完全满足这些条件是相当困难的，需很好掌握溶液中所用各种药剂的性能、数量与配比。若不协调就会出现顾此失彼，相互制约，反而得不到好的效果。因此，一个好的适于大规模生产应用的电镀配方实在是来之不易。

目前调整镀液与镀层性能的主要手段是改变镀液所用的配位剂（旧称络合剂）与添加剂。配位剂通过配位作用来改变镀液中配离子的形态与结构，从而改变金属离子放电或还原的速度与所得镀层的性能。自然界中存在许许多多的配位剂，其中最常用而又不被人注意的是水分子，而过去最被看重的电镀配位剂却是剧毒的氰化物。除了天然的配位剂外，人们还合成出各种各样的人造配位剂，它们的结构各异，效果也各不相同；再加上放电配离子的结构与形态又随金属离子的种类、浓度、溶液 pH 值、溶液温度以及其他竞争配位剂的种类与数量而变化，因此，如何依据放电金属离子的本性来选择合适的配位剂及操作条件（如浓度、pH 值、温度、电流密度等），就构成了一门专门的学科——配合物电化学。

本书用多元配合物的观点来总结配合物在电镀前处理、后处理和电镀工艺中的应用。书中提出了决定电镀溶液和镀层性能的关键因素是金属配离子的电极反应速率，论述了多元配合物的形态、结构对电极反应速率、电镀溶液性能和镀层性能的影响，提出了以调节金属离子电极反应速率为核心的电镀溶液配方设计的要点，为电镀新工艺的研制和原有电镀溶液的改进提供了理论依据。本书还阐述了配合物在电镀前处理工艺、电镀工艺、化学镀工艺、金属退除工艺和镀层防变色处理工艺上的应用。

全书由两大部分组成，第一部分着重阐述配合物的基本原理，配位平衡，配合物的平衡电位，配合物的电化学反应动力学，混合配体配合物，多元配位缔合物，表面活性剂所形成的表面活性配合物以及电镀溶液的配方设计等；第二部分为配合物的应用，主要包括化学脱脂、电抛光和化学抛光涉及的配合物，电镀铜、镍、锌、镉、铬、锡、金、银、铂、钯、铑以及锡铜、锡锌所涉及的配合物，化学镀铜和化学镀镍用配合物，镀层退除配合物，铜、银、锡、镍的防变色配合物膜和铁的防腐蚀配合物膜，强螯合剂废水的处理。

在撰写本书的过程中，我利用可在国内、国外工作的有利条件，全面收集国内外的相关资料及研究成果，然后有选择地融入书中，希望此书能成为电镀工作者学习、

查询和探索电镀配合物及电镀溶液配方的良师益友，成为他们身边不可缺少的参考书。本书也可作为各大学化学、化工专业师生有关配合物化学的教学参考书，因为它是继我在 1983 年出版的《多元络合物电镀》已作为某些学校配位化学教材以来更加完整、更加全面阐述配合物的理论与应用的新书。

方景禮

于香港

目 录

第一章 表面处理在国民经济中的作用	1
第一节 表面处理与电镀	1
第二节 镀覆层的主要特性、用途及常用处理方法	4
第三节 电镀与化学镀在各种工业部门中的应用	7
第二章 配合物的基本概念	9
第一节 电镀与配合物	9
第二节 什么是配合物	10
第三节 配合物的组成与命名	12
一、配合物的组成	12
二、配合物的命名	12
第四节 中心离子的配位数与配合物的空间构型	13
第五节 配位键与配位原子	15
第六节 配位键的强弱与软硬酸碱原理	17
一、广义酸碱的定义和分类	17
二、软硬酸碱原理的一般规则	19
第七节 螯合物	20
第八节 特殊配合物	24
一、多核配合物	24
二、 π 配合物	27
第三章 配位平衡	29
第一节 配位平衡的表示法	29
一、稳定常数与不稳定常数	29
二、热力学常数与浓度常数	30
第二节 单核配合物的平衡	32
一、逐级配位平衡	32
二、溶液中配合物各物种的分布	36
第三节 配位体的酸-碱平衡	39
一、质子常数与酸碱的离解常数	39
二、溶液中各种形式质子配合物的分布	41
三、溶液 pH 对配合物的组成和形态的影响	44
第四节 配位平衡计算实例	46

第四章 复杂体系的配位平衡	54
第一节 条件平衡常数	54
一、定义	54
二、条件稳定常数的计算	56
三、副反应系数 α 在配位平衡计算上的应用	61
第二节 配位平衡与沉淀平衡	63
一、难溶盐的溶解度和溶度积	63
二、条件平衡常数和条件溶度积	64
三、配位体同沉淀剂的竞争反应	66
第三节 多配体溶液中的配位平衡	68
一、混合配体配合物的稳定性	69
二、百分分布图和优势区域图	71
第四节 复杂体系配位平衡计算实例	74
第五章 配位反应动力学	80
第一节 化学反应的速率	80
一、反应的速率常数与平衡常数	80
二、化学动力学的若干术语	81
第二节 活性配合物与惰性配合物	82
一、内轨型配合物与外轨型配合物	82
二、取代活性与取代惰性	85
第三节 溶液中金属配合物形成的机理	86
一、简单 S_N1 和 S_N2 机理的局限性	86
二、各种配位反应机理间的关系	88
第四节 八面体配合物的取代反应	90
一、水合金属离子内配位水的取代反应	90
二、影响取代反应速率的因素	92
第五节 平面正方形配合物的取代反应	93
一、反应的速率方程和机理	93
二、反位效应和顺位效应	94
第六章 配合物的平衡电位	96
第一节 平衡电位	96
一、金属与其离子间的平衡电位	96
二、配离子的平衡电位	99
三、配离子的氧化-还原电位	100
第二节 平衡电位的求算	102
一、从电池电动势测定平衡电位	102
二、从平衡常数通过自由能求算平衡电位	104
三、从热力学数据通过自由能求算平衡电位	106
第三节 电位-pH 图	107

第四节 平衡电位的实际应用	108
一、平衡电位的一般应用	108
二、氨三乙酸镀锌液中锌粉除铁的可能性	110
三、置换镀层的产生与抑制	111
四、金属的化学镀	112
第七章 配合物的动力学活性与电极过程	115
第一节 电极的极化作用	115
一、极化作用的产生	115
二、浓差极化的产生与消除	116
三、电化学极化	119
第二节 描述电极反应的动力学参数	122
一、电极反应的速率常数	122
二、交换电流密度	124
三、电极反应的活化能	125
四、电极反应动力学参数间的关系	126
第三节 电化学极化的来源	127
一、配离子的形式对电极反应动力学参数的影响	128
二、配合物的电子构型对电极反应动力学参数的影响	129
三、电极/溶液界面构造对电极反应动力学参数的影响	131
第八章 配离子电极反应的速率	135
第一节 单一型配离子的电极反应速率	135
一、溶液中只有一种配离子时的电极反应	135
二、溶液中含多种配离子时的电极反应	135
第二节 平行反应时配离子的电极反应速率	138
一、配离子放电时的连串反应与平行反应	138
二、平行电极反应的某些规律	139
第三节 混合配体配合物的电极反应速率	144
第四节 配离子氧化-还原反应的速率	147
第九章 多元离子缔合物	149
第一节 溶液中离子的缔合	149
一、离子的缔合和离子对	149
二、接触离子对和溶剂分离离子对	151
第二节 离子缔合平衡	152
一、离子的缔合与缔合常数	152
二、影响缔合常数的若干因素	153
三、离子缔合物的类型	155
第三节 离子缔合物的性质	156
一、离子缔合物的一般性质	156

二、离子缔合物的电动力学特性	159
第十章 混合配体配合物	163
第一节 多元混合配体配合物的形成条件	163
一、配位饱和原理	163
二、类聚效应	164
三、竞争能力相当原理	166
第二节 促进混合配体配合物形成的因素	167
一、统计因素	167
二、静电效应	169
三、立体效应	169
四、形成混合配体配合物的条件选择	170
第三节 混合配体配合物的形成动力学	173
一、形成混合配体配合物的动力学数据的分类	173
二、影响混合配体配合物形成与离解速度的因素	174
第四节 混合配体配合物的电动力学特性	176
一、混合配体配合物的光谱性质和电动力学特性的关系	176
二、混合配体配合物的电动力学性质	177
第十一章 表面活性配合物	182
第一节 表面活性剂的性质	182
一、表面活性剂具有定向吸附、降低界面张力的界面活性	183
二、表面活性剂具有形成胶束的特性	185
三、表面活性剂具有增溶的特性	185
第二节 表面活性剂的分类和影响表面活性剂特性的因素	187
一、表面活性剂的分类	187
二、影响表面活性剂特性的因素	188
第三节 表面活性配合物的特征与分类	189
一、表面活性配合物的特征	189
二、表面活性配合物的分类	196
第十二章 多元配合物	203
第一节 多元配合物的类型	203
一、多元配合物的基本概念	203
二、多元配合物的形式	204
第二节 多元配合物组成和稳定常数的测定	204
一、多元配合物组成的测定	204
二、混合配体配合物稳定常数的测定	209
第十三章 电镀理论的发展	219

第一节 电镀理论概述	219
一、配离子迟缓放电理论	219
二、添加剂的吸附理论	221
三、产生光亮镀层的电子自由流动理论	223
四、电结晶理论	224
第二节 电镀理论的核心	227
一、电镀理论研究的某些重大成果	227
二、决定电镀质量的关键因素	229
第三节 多元配合物电镀理论	233
一、多元配合物电镀理论的立论依据	233
二、多元配合物电镀理论的要点	234
第十四章 电镀溶液的配方设计与配合物	237
第一节 配方设计时要考虑的因素	237
一、被镀金属离子的性质	237
二、配位体的性质	238
三、添加剂的性质	239
四、其他因素	241
第二节 镀液的配方设计	241
一、高速电镀与电铸液的配方设计	241
二、装饰性电镀液的配方设计	243
第三节 常见镀液的配合物特性	246
一、强酸性单盐镀液	246
二、强碱性镀液	247
三、碱性氰化物镀液	247
四、碱性多胺镀液	248
五、碱性焦磷酸盐镀液	248
六、羧酸配合物镀液	249
七、其他配合物镀液	251
第十五章 电镀工艺的综合指标及其内在规律	252
第一节 沉积速度	252
第二节 电流效率	253
第三节 镀液的稳定性	253
第四节 镀液的分散（均镀）能力	254
第五节 镀液的深镀（覆盖）能力	256
第六节 镀液的腐蚀性	257
第七节 镀层的细致、光亮和脆性	257
第八节 阳极的溶解	258
第九节 镀层的整平	259
第十节 镀层与基体的结合力	261

第十一节 基体金属的氢脆性	262
第十二节 镀层的其他特殊性能	262
第十六章 金属离子配位体的选择与分类	264
第一节 选择配位体的依据	264
第二节 由配合物的稳定性来选择配位体	265
第三节 常用螯合剂的分类、结构与性质	278
第十七章 脱脂去污工艺与配合物	294
第一节 脱脂的方法与原理	294
一、金属表面脏物的种类	294
二、脱脂方法的种类与特点	295
三、脱脂剂的作用	295
第二节 碱脱脂剂的主要成分及作用	297
一、碱性脱脂的主要成分	297
二、脱脂剂主要成分的性能比较	299
第三节 硬水软化用配位体	299
一、聚合磷酸盐	300
二、有机多磷酸盐	301
三、有机羧酸盐	303
第四节 表面活性剂	304
一、脱脂用表面活性剂的类型	304
二、阴离子表面活性剂	304
三、非离子表面活性剂	307
四、阴离子、非离子表面活性剂的协同作用	309
第十八章 电化学抛光与配合物	312
第一节 电化学抛光的特点	312
第二节 电化学抛光的装置与抛光过程中发生的反应	313
第三节 电化学抛光工艺	315
第四节 各种铜电解抛光液的组成和操作条件	316
第五节 影响电化学抛光效果的主要因素	317
一、电解抛光液	317
二、电解抛光的电流密度和电压	318
三、温度	319
四、抛光时间	319
五、阳、阴极之极间距离	319
六、抛光前制品表面状态及其金相组织	320
第六节 电化学抛光机理	320
一、阳极的整平	320
二、微观整平或二级电流分布	321

三、光面的光亮化	322
第七节 电化学抛光黏液膜的组成与结构	323
一、磷酸电化学抛光黄铜时黏液膜的组成与结构	323
二、有机多磷酸电解抛光铜时黏液膜的组成与结构	326
第十九章 电镀铜配合物	329
第一节 铜离子的基本性质	329
一、水合 Cu^+ 和 Cu^{2+} 离子的基本性质	329
二、水合二价铜离子 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 的立体结构	330
三、水合铜离子的电极反应动力学参数	331
第二节 一价铜离子的配位体	332
一、一价铜离子配合物的结构与稳定性	332
二、 CN^- 离子的结构和性能	332
三、 CN^- 的配位性能	335
四、氰化物的毒性	336
五、 CN^- 在电极上的行为	337
第三节 一价铜离子电镀液——氰化物镀铜液	338
一、简单氰化物镀铜液中铜的电沉积机理	338
二、氰化物镀铜液中第二配体的作用	340
第四节 二价铜离子的配位体	341
第五节 焦磷酸盐镀铜液	346
一、线型缩聚磷酸盐的结构	346
二、多聚磷酸盐的缓冲性能与表面活性	346
三、多聚磷酸盐的配位作用	347
四、焦磷酸盐镀铜	349
五、焦磷酸盐镀铜的机理	350
第六节 羟基亚乙基二膦酸 (HEDP) 镀铜液	354
一、HEDP 的结构与性质	354
二、HEDP 镀铜工艺	357
第七节 柠檬酸盐-酒石酸盐镀铜	359
一、柠檬酸盐-酒石酸盐镀铜液的配位反应	359
二、柠檬酸盐-酒石酸盐镀铜工艺	360
第八节 三乙醇胺碱性光亮镀铜	363
一、三乙醇胺同 Cu^{2+} 的配位作用	363
二、三乙醇胺碱性光亮镀铜工艺	363
第九节 乙二胺镀铜	364
一、乙二胺镀铜工艺的特点	364
二、碱性乙二胺镀铜工艺	365
第二十章 化学镀铜配合物	366
第一节 化学镀铜层的性能与应用	366

一、化学镀铜在印刷电路板制造上的应用	366
二、化学镀铜在无线电机体外壳电磁波屏蔽上的应用	367
三、化学镀铜在微波和陶瓷电路衬底金属化上的应用	368
四、化学镀铜在其他各种非导体金属化上的应用	368
第二节 非导体化学镀铜前的活化工艺 (活性配合物)	369
一、分步活化法	369
二、酸基胶体钯活化法	370
三、盐基胶体钯活化法	372
四、离子钯活化法	373
第三节 化学镀铜工艺	374
一、化学镀铜液的成分	374
二、化学镀铜工艺	375
第四节 化学镀铜的机理	378
一、局部阳极反应	379
二、局部阴极反应	380
三、化学镀铜的经验速度定律	380
第五节 化学镀铜的配位体	382
一、化学镀铜常用配合物的稳定常数	382
二、配位体对化学镀铜速度的影响	382
三、铜配合物的还原速度 (析铜速度) 与其离解速度的关系	386
四、配位体抑制 Cu_2O 形成的效果	388
第六节 化学镀铜的还原剂	389
第七节 化学镀铜的稳定剂、促进剂和改进剂	390
一、稳定剂	390
二、促进剂	394
三、改性剂	396
第二十一章 电镀镍与化学镀镍配合物	400
第一节 镍离子与镍镀层的性质与用途	400
一、水合 Ni^{2+} 离子的基本性质	400
二、镍镀层的性能与用途	400
第二节 镀镍用配位体	401
第三节 柠檬酸盐镀镍	404
第四节 焦磷酸盐镀镍	405
第五节 深孔零件镀镍	406
一、改善高电流密度区的极化作用	407
二、改善低电流密度区的导电能力	408
第六节 化学镀镍	409
一、化学镀镍层的性能与用途	409
二、化学镀镍液的成分	410
三、化学镀镍的配位体与配合物	412

第七节 以乳酸为主配位体的中磷化学镀镍	419
一、以乳酸为主配位体的化学镀镍工艺	419
二、乳酸浓度、沉积速度及 NiHPO_3 容忍量的关系	420
三、辅助配位体的加速作用	421
第八节 以柠檬酸为主配位体的高磷化学镀镍	423
一、以柠檬酸为主配位体的化学镀镍工艺	423
二、不同 pH 值时柠檬酸的存在形式	423
第九节 以醋酸或丁二酸为主配位体的高速低磷化学镀镍	425
第十节 低温化学镀镍工艺	425
第二十二章 电镀锌配合物	428
第一节 锌离子与锌镀层的性质与用途	428
第二节 电镀锌用配位体	429
第三节 以 NH_3 和 Cl^- 为配位体的铵盐镀锌	433
一、铵盐镀锌工艺	433
二、 $\text{Zn}^{2+}-\text{NH}_3-\text{Cl}^-$ 和 $\text{Zn}^{2+}-\text{NH}_3-\text{OH}^-$ 体系中的配合物平衡	433
三、 $\text{Zn}^{2+}-\text{NH}_4\text{Cl}-\text{NTA}$ (氨三乙酸) 体系中的配合物平衡	436
第四节 以 CN^- 和 OH^- 为配位体的高、中、低氰化物镀锌液	437
一、氰化物镀锌工艺	437
二、氰化物镀锌液中配离子的状态	439
第五节 以 OH^- 为配位体的锌酸盐镀锌	441
一、锌酸盐镀锌工艺	441
二、锌酸盐镀锌液中配离子的形态	443
三、以 HEDP 为配位体的锌酸盐镀锌	444
第六节 以 Cl^- 为配位体的氯化物镀锌	446
一、氯化物镀锌工艺	446
二、氯化物镀锌液中配离子的形态	448
第七节 以 HEDP 和 CO_3^{2-} 为配位体的碱性镀锌	449
一、以 HEDP 和 CO_3^{2-} 为配位体的碱性镀锌工艺	449
二、HEDP- CO_3^{2-} 镀锌液中配离子的状态	452
第二十三章 电镀镉配合物	456
第一节 镉离子与镉镀层的性质与用途	456
第二节 电镀镉用配位体	457
第三节 以氰化物为配位体的氰化物镀镉	460
一、氰化物镀镉工艺	460
二、氰化镀镉液中 Cd^{2+} 与 CN^- 间的配位平衡	462
第四节 以氨和氨三乙酸为配位体的镀镉液	463
一、氨三乙酸的性质	463
二、氯化铵-氨三乙酸镀镉工艺	464

三、氯化铵-氨三乙酸镀镉的机理	465
第五节 以氨-氨三乙酸-乙二胺四乙酸为配位体的镀镉液	466
一、乙二胺四乙酸的性质	466
二、氯化铵-氨三乙酸-乙二胺四乙酸镀镉工艺	468
三、氯化铵-氨三乙酸-EDTA 镀镉机理探讨	469
第六节 1-羟基-(1,1)-亚乙基-1,1-二膦酸 (HEDP) 为配位体的镀镉液	470
一、HEDP 的性质	470
二、HEDP 碱性镀镉工艺	475
第二十四章 电镀铬配合物	480
第一节 六价铬镀铬液	480
一、铬酸液中配离子的形态	480
二、六价镀铬液的发展	481
三、镀铬电解液的基本类型	485
四、六价铬电沉积的机理	491
五、镀铬添加剂与配位体	495
第二节 三价铬镀铬液	502
一、三价铬镀铬液的发展	502
二、三价铬和六价铬镀铬工艺的比较	503
三、三价铬镀铬工艺	505
四、三价铬镀铬的配位体与配合物	507
五、三价铬镀硬铬的研究	512
第二十五章 镀锡与锡合金配合物	515
第一节 Sn^{2+} 与 Pb^{2+} 的性质	515
第二节 Sn^{2+} 和 Pb^{2+} 离子的配位体与配合物	518
第三节 酸性半光亮镀锡工艺	521
一、硫酸型酸性半光亮镀锡工艺的特点	521
二、酸性半光亮镀锡液的组成和操作条件	522
三、镀液的配制方法	522
四、镀液的维护与补充	522
五、镀液的分析方法	523
六、酸性半光亮镀锡液的性能	524
七、酸性半光亮镀锡层的性能	527
第四节 酸性光亮镀锡工艺	529
一、酸性光亮镀锡液的组成和操作条件	529
二、硫酸型光亮镀锡液的配制与维护	529
三、甲基磺酸型光亮镀锡液的配制与维护	532
四、ABT-X 系列光亮镀锡液的性能	533
五、ABT-X 系列酸性光亮镀锡层的性能	534
第五节 中性半光亮镀锡	535

一、中性半光亮镀锡液的组成和操作条件	536
二、各种条件对 NT-30 中性镀锡液霍尔槽样片外观的影响	536
三、镀液的其他性能	538
四、NT-30 中性镀锡层的性能	539
第六节 电镀锡铜合金	541
一、锡铜共沉积的条件与配位体的选择	541
二、电镀锡铜合金液的组成与操作条件	543
三、Sn-Cu 合金镀层的特征与性能	543
第七节 电镀锡锌合金	546
一、锡锌共沉积的条件与配位体的选择	547
二、无氰电镀锡锌合金工艺	548
第二十六章 电镀贵金属配合物	549
第一节 电镀金的配合物	549
一、金离子及其配离子的性质	549
二、镀金的发展历程	555
三、镀金液的类型、性能与用途	557
第二节 电镀银的配合物	561
一、银离子及其配离子的性质	561
二、 Ag^+ 的电化学性质	562
三、无氰镀银配位体的发展	565
四、无氰镀银工艺	569
第三节 电镀铂的配合物	571
一、铂离子及其配离子的性质	571
二、镀铂液的组成和操作条件	572
第四节 电镀钯的配合物	574
一、钯离子及其配离子的性质	574
二、镀钯液的组成和工艺条件	576
第五节 电镀铑的配合物	578
一、铑离子及其配离子的性质	578
二、镀铑液的组成和操作条件	580
第二十七章 镀层退除配合物	582
第一节 退除镀层的方法	582
一、机械磨除法	582
二、化学退除法	582
三、电解退除法	587
第二节 以氰化物为配位体的退除方法	587
第三节 以水或酸根为配位体的退除方法	590
第四节 以羟基为配位体的退除方法	592
第五节 用其他配位体的镀层退除方法	594

第六节 印制板铜线路的蚀刻或退除	595
第二十八章 金属表面配合物保护膜	599
第一节 铜及铜合金的防变色配合物膜	599
一、铜与铜合金的腐蚀变色	599
二、铜与铜合金的防变色处理	601
三、防变色配合物膜的组成与结构	604
第二节 印制板的有机配合物钎焊性保护膜	607
一、有机保焊剂的演化	607
二、有机保焊剂 (OSP) 涂覆工艺	610
第三节 银的防变色配合物膜	613
一、影响银层腐蚀变色的因素	613
二、防银变色的方法	615
三、四氮唑防变色配合物膜的性能、组成和结构	618
第四节 锡的防变色配合物膜	620
一、锡与锡合金的腐蚀变色	620
二、防锡变色工艺	621
三、FX 106 处理条件对膜层防变色效果的影响	623
四、酸性防锡变色膜的组成及配位形态	624
第五节 镍的防变色配合物膜	625
一、镍的腐蚀变色	625
二、无铬防镍变色工艺	625
三、NT-1 防镍变色剂的性能	626
四、NT-1 防变色膜的组成	628
第六节 铁的防腐蚀配合物膜	630
一、铁的腐蚀与防护	630
二、钢铁的有机膦酸钝化工艺	630
三、有机膦酸在铁上形成的表面配合物膜组成和配位方式	633
第二十九章 强螯合剂废水的处理方法	637
第一节 治理螯合物废水的有效技术与方法	637
一、螯合物在电镀及前后处理上的重要作用	637
二、治理螯合物废水的方法	637
第二节 螯合沉淀法处理混合电镀废水	640
一、重金属捕集沉淀剂 (DTCR) 法与碱沉淀法的比较	640
二、DTCR 处理混合电镀废水的方法	641
第三节 紫外光氧化分解法处理螯合物废水	643
一、紫外光氧化分解法的原理与特性	643
二、EDTA 化学镀铜液的处理效果	646
三、氰化物电镀液及其废水的处理效果	646
四、紫外光氧化法处理电镀镍合金废水的效果	648