

实用电镀技术丛书 **第二版**

中国表面工程协会电镀分会 组织编写

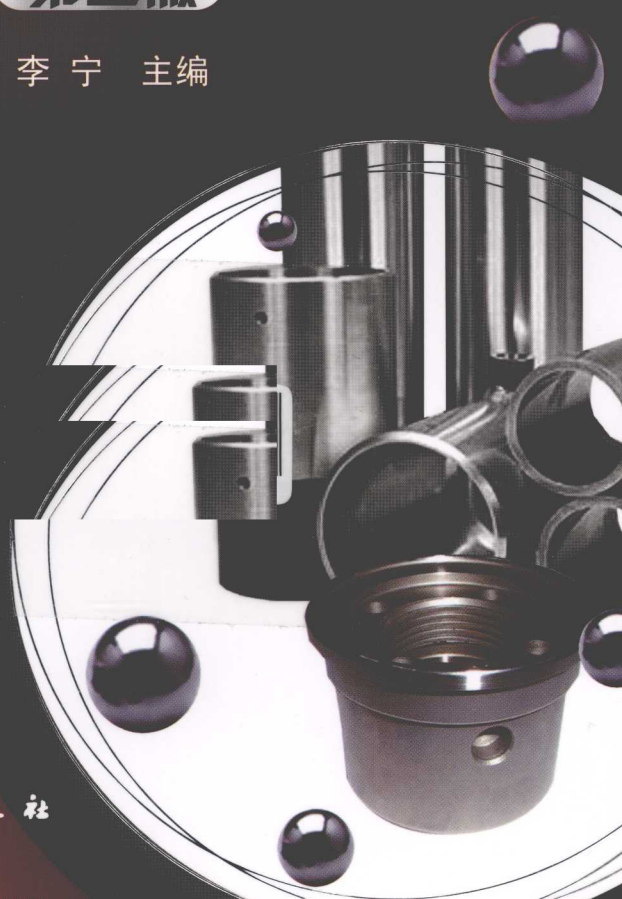
化学镀实用技术

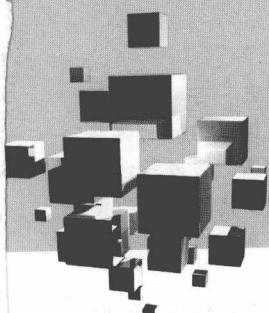
第二版

李 宁 主编



化学工业出版社





实用电镀技术丛书 第二版

中国表面工程协会电镀分会 组织编写

化学镀实用技术

第二版

李 宁 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书详细介绍了化学镀镍的热力学与动力学、化学镀镍工艺、各种基体上化学镀镍的过程及其应用、化学镀镍层的结构与性质、化学镀镍液的配制调整与维护,简要介绍了化学镀铜、镀钴、镀铂族金属、镀其他金属、镀多元合金以及化学复合镀、浸镀的反应机理、镀液组成和操作条件。对于化学镀层质量检验、化学镀车间设计与设备、化学镀废水处理及利用等知识本书也做了简要介绍。

本书可供从事电镀行业的生产技术人员参考,也可作为大专院校相关专业学生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

化学镀实用技术/李宁主编. —2版. —北京:化学工业出版社,2012.2

(实用电镀技术丛书·第二版)

ISBN 978-7-122-12882-9

I. 化… II. 李… III. 化学镀-技术 IV. TG174.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第242832号

责任编辑:路金辉

文字编辑:林媛

责任校对:宋玮

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:北京云浩印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张19½ 字数554千字

2012年3月北京第2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:68.00元

版权所有 违者必究

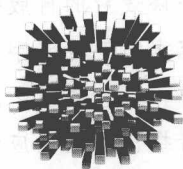
《实用电镀技术丛书》(第二版) 编委会

主 任 郭鹤桐 胡铁骑

副主任 姚素薇 屠振密

委 员 (以姓名笔画排序)

王锡春	冯绍彬	朱立群	向 荣	李 宁
李 异	李新华	旷亚非	何生龙	宋 华
张允诚	张立茗	张宏祥	张景双	陈春成
陈钧武	胡如南	胡铁骑	姚素薇	秦宝兴
袁国伟	徐红娣	郭鹤桐	曹立新	屠振密
嵇永康	黎樵桑			



序言

《实用电镀技术丛书》自 2003 年陆续问世以来，一直受到广大电镀工作者的热烈欢迎。在相同类型书籍已琳琅满目的今天，仍能取得如此好的成绩，绝不是偶然的。这首先是因为电镀技术面对的应用对象极其广泛，对专业书籍的需求量的确很大。通过电镀能达到保护金属基体免遭腐蚀、能使金属与非金属器件表面获得美丽的外观、可赋予器件表面机械物理与化学的各种特殊功能、得以用较薄的镀层来取代实体的贵重金属材料等。在各行各业中为实现这些目的，自然要极大地关注它。其次，应得益于丛书选定的各册内容都比较系统而且全面。它既包括了各个镀种的重点工艺，又有镀液与镀层的检测手段，还对大家十分关心的清洁生产及添加剂的选用问题列出专册加以论述。另外还有一个原因就是参加编写的人员均系国内知名的专家学者。他们不但学识渊博，而且有着相当好的生产实践经验。在编写过程中注意到了理论与实际的结合，并在选材上认真贯彻了这部丛书的实用二字。

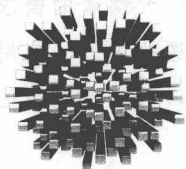
电镀技术属于生产技术性学科。在学科发展上它有别于基础理论。一般说来，基础理论性学科的发展比较缓慢，它有一定的相对稳定性，而生产工艺性学科则不然，它的发展变化是相当快的。自《实用电镀技术丛书》开始出版至今已七年有余，在此期间有关电镀的新工艺、新技术、新材料、新设备会不断涌现。这些革新自然应当在书

中有所体现，才能使之紧紧跟随上科学技术前进的步伐。显然，丛书经修改后的再版很有必要。此外，任何一部书出版后，无论是学术内容上，还是文字叙述上总会存在一些令作者本人感到不够满意的地方，也就是说，总会存在一些令人遗憾之处。同时，还会有热心的读者提出一些理应修改的建设性意见，也需要有个改正的机会。这是个很普遍的现象。这也正是丛书再版时应当完成的任务。经过作者们的努力，我们期待着再版后的新书，会受到更多读者的欢迎。

郭砢桐

中国表面工程协会电镀分会名誉理事长

2010年5月



第一版序言

电镀（包括一些与液相中化学表面成膜反应有关的过程）既能赋予各种金属和非金属器件美丽的外观和优异的耐腐蚀性能、耐磨损性能，又能使器件表面获得多种特殊的功能，使之成为新型的功能材料，甚至还可作为形成某些金属基复合结构材料的手段。因此，电镀在各工业生产部门中应用范围之广，实属罕见。改革开放以来，随着信息、电子、航空、航天、能源、核工业等高新技术领域的飞速发展，中国的电镀技术也取得了大量的令人瞩目的新成就。在当前，新产品、新思路、新目标不断地被提出，新工艺、新设备、新材料源源被开发，特别是在我国加入 WTO 后，我国的机电产品和电镀行业更是面临着前所未有的机遇和挑战。为了更好地为我国的经济建设服务，中国表面工程协会电镀分会特地组织国内一些从事电镀教学与科研的专家、学者以及富有实践经验的高级工程技术人员联合编写《实用电镀技术丛书》，以期电镀企业提升质量、提高效率、降低成本、革新技术、解决难题提供有益的帮助，并供有关的科研人员及大专院校师生在工作学习中参考。

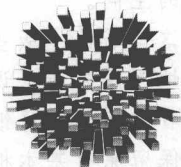
本套丛书包括《实用电镀添加剂》、《现代功能性镀层》、《防护装饰性镀层》、《电镀溶液与镀层性能测试》、《电镀溶液分析技术》、《电镀设备的设计与选用》、《电镀清洁生产工艺》、《化学镀实用技术》等分册。编写过程中，编写人员坚持以“简明实用、选材新颖、特色鲜

明、通俗易懂、保护环境”为主导思想，精益求精，力求丛书内容能满足广大读者的需求。通过作者的辛勤劳动和创新构思，本套丛书将以新颖的内容、实用的技术、准确的论述和完整的资料，奉献给广大读者，为新世纪我国电镀事业的发展做出新贡献。

中国工程院院士

徐海士

2003年2月



第二版前言

悄然间,《化学镀实用技术》第一版的出版已经过了将近八年的时间;悄然间,十几名硕士、博士毕业生带着我们化学镀的学术思想奔赴全国各地;悄然间,顶着《实用电镀技术丛书》编委会委员的光环接到了无数读者为了探讨化学镀技术打来的电话;悄然间,我们国家的化学镀技术有了长足的进步,产业链有了进一步的延伸;悄然间,郭鹤桐先生已然将丛书再版的序言写好寄到我的面前;恍然间,意识到我应该和学术界的朋友重新把《实用电镀技术丛书》的再版工作认真完成。于是,下定决心,在化学工业出版社的帮助下,完成了《化学镀实用技术》的修订工作,期望能够为全国的化学镀技术工作者提供更多更好的帮助,也为中国的化学镀相关产业的技术提升提供更多的支持。

从2003年编写《化学镀实用技术》到现在将近八年的时间内,中国的化学镀技术有了长足的进步,不断地推出新的技术和相关应用。传统的中磷化学镀镍已经被拥有更加优良耐酸性能的高磷化学镀镍和拥有优良焊接性能的低磷、超低磷化学镀镍抢占了更多的市场份额,而这些拥有更加优良特殊性能的化学镀的开发也已经相对成熟。尤其是近年来长三角和珠三角地区电子电镀行业的迅猛发展,使得更多的企业和科研机构将重点放在了化学镀技术在以印刷电路板为首的电子电镀领域的应用,比如在印刷电路板中的通孔化学镀铜、触点上的化学镀钎料镀层、金手指技术、铝硬盘上的化学镀镍、集成电路中的微凸点、倒置后封装技术中所采用的焊点下金属化层等。另外,这些年来为了使镀层具有更多更好的性质,科研工作者关于化学镀多元

合金和化学复合镀的研究也相对较多，为化学镀技术的提升开拓了更广阔的空间。

这本书第一版当初被收录至《实用电镀技术丛书》中使此书能够更好地为读者所认识，也使我们能够在更高的层面上得到了更多同行和读者的指导和反馈，所以此次再版不仅做了文字和格式上的修订，还在保留原有基本框架的基础上对内容做了一定的修订。内容上虽然有的章节略有删减，但主要的工作体现在近年来化学镀领域迅猛发展的技术和成果的加入上，在不同的章节都有体现，而对于像第二章这样的经典化学镀理论则没有内容上大的变动。

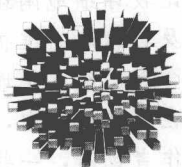
在本书的此次修订工作中，由于原来几位作者的陆续退休，所以没有劳驾几位专家进行专门的修订，而是由我们团队的年轻骨干承担更多的任务。全书在第一版基础上的修订工作由李宁教授主持，全书仍分为十六章，其中黎德育修订了本书的第一至四章，田栋修订了第五、十二和十六章，卢光波修订了第九至十一章，翟运飞修订了第六、十四和十五章，王蓓蓓修订了第七、八和十三章，李宁教授对全稿进行了审阅定稿。

在此次的修订过程中，我们参阅和引录了许多国内外最近几年的文献资料，谨向原作者致谢，同时在书中的部分章节也体现了我们近年来的实际操作经验和部分科研成果。

本书的再版工作得到了化学工业出版社的大力支持，能够再次有机会和国内许多专家合作为《实用电镀技术丛书》的再版工作贡献自己的力量使我们十分高兴。虽然我们经过了仔细的校订，但是书中难免有疏漏之处，而且由于许多新内容的加入，不完善之处敬请读者谅解。

李宁

2011年9月5日于哈尔滨工业大学



第一版前言

近年来化学镀技术在表面处理行业中所占的地位在不断地上升,在石油工业、电子工业、机械工业、航空航天工业等各行各业都有着越来越广泛的应用。例如在印刷电路板中的通孔化学镀铜、触点上的化学镀钎料镀层、铝硬盘上的化学镀镍、高磁密度记录元件上的化学镀钴-磷合金镀层、集成电路中的微凸点、倒置后封装技术中所采用的焊点下金属化层等等。此外,由于化学镀镍层有着优异的均镀能力、高硬度、高耐蚀性等优点,在机械工业与化工行业均有着广泛的应用。

随着化学镀技术的日趋完善,许多国家都先后出版了化学镀方面的专著。我国 20 世纪 70 年代出版了周荣廷编写的《化学镀镍》一书;20 世纪 80 年代在成都电镀协会出版的电镀技术丛书中包含了由黄谓成、李铭华编著的《化学镀技术》;20 世纪 90 年代罗守福等人翻译出版了沃尔夫冈·里德尔著的《化学镀镍》;2000 年出版了姜小霞、沈伟编著的《化学镀理论与实践》,李宁、袁国伟、黎德育编著的《化学镀镍理论与技术》。不仅如此,近 20 年来出版的各种表面技术著作与手册中都用一定量的篇幅介绍化学镀技术。

本书由李宁教授主编,屠振密教授主审。全书共分为十六章,李宁编著了第一至五、十一、十二、十五章;黎德育参编了第四至第八章;屠振密编著了第十一、十六章;李铭华编著了第九、十、十三、十四章;袁国伟参编了第二、五、七章;李铭华对全书进行了第一遍校对。

在配方的设计、药品的选择、镀液配制、镀液的调整与维护等方

面，书中的部分章节体现了笔者多年来的实际操作经验和部分科研成果，比较详细地阐述了化学镀镍反应的热力学与动力学、化学镀镍的工艺及其镀液的维护、化学镀镍的设备、多元合金镍基化学镀以及化学复合镀、废水处理等方面的内容。

在编撰过程中，编著者参阅和引录了大量的国内外文献资料，谨向原作者致谢，一些主要资料来源列在各章末的“参考文献”中。

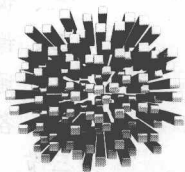
在本书的编写过程中，王桂香、邓娟利、陈玲、李平、杜明华等同学都对本书的编写给予了很多的帮助，在此表示深深的感谢。

有必要强调的是，由于化学镀技术诞生得相对较晚，本书参考的有些文献尚处于研究阶段，还未经生产实际的检验。因此书中存在的不完善之处，敬请读者谅解。

由于我们的水平有限，经验亦不甚充足，书中难免疏漏之处，还望读者不吝赐教。

作 者

2003年5月27日于哈尔滨工业大学



目录

第一章 绪论 1

第一节 概述 1

第二节 化学镀技术的发展 1

一、化学镀镍 1

二、化学镀铜 5

三、化学镀锡 9

四、化学镀钴 10

五、化学镀贵金属 11

六、复合化学镀 13

第三节 化学镀最近研究 17

一、激光增强化学镀 17

二、粉末化学镀 17

三、低磷化学镀 18

四、化学镀在微电子领域中的应用 20

五、化学镀的发展趋势 22

参考文献 23

第二章 化学镀镍的热力学与动力学 26

第一节 化学镀镍反应的特点 26

第二节 化学镀镍基合金反应的热力学可能性 28

一、镍-水体系的电位-pH图 28

二、磷-水体系的电位-pH图	31
三、镍-磷与镍-水体系电位-pH图的叠加	32
四、镍基三元合金共沉积的还原可能性	34
五、通过标准电极电位判断还原可能性	35
六、各种还原剂的反应路径和反应能量	37
第三节 化学镀镍基合金反应的动力学	42
一、化学镀镍速率方程	42
二、用混合电位理论计算化学镀镍速率	45
三、金属的催化活性	48
第四节 化学镀镍机理的几种假说	51
一、以次磷酸为还原剂的镍磷共沉积机理	51
二、以硼氢化钠和二甲氨基硼烷为还原剂的 镍磷共沉积机理	53
三、统一机理	54
参考文献	54

第三章 化学镀镍工艺 56

第一节 化学镀镍前处理工艺	56
一、除油	56
二、酸洗	60
三、弱浸蚀	64
四、典型工艺流程	64
第二节 化学镀镍工艺	65
一、以次磷酸盐为还原剂的酸性化学镀镍液	65
二、以次磷酸盐为还原剂的碱性化学镀镍液	97
三、以氨基硼烷为还原剂的化学镀镍液	102
四、以硼氢化钠为还原剂的化学镀镍液	103
五、以胍为还原剂的化学镀镍液	108
第三节 化学镀镍后处理工艺	111
一、钝化	112
二、化学镀镍层的黑化处理	115

三、化学镀镍层上的电镀	117
第四节 故障的排除与不良镀层的退除	118
一、化学镀镍的故障排除	118
二、不良镀层的退除	120
参考文献	121

第四章 各种基体上化学镀镍的过程及其应用 123

第一节 金属上的化学镀镍及其应用	123
一、化学镀镍在钢铁件上的应用	123
二、铝及铝合金上化学镀镍	124
三、镁及镁合金上化学镀镍	133
四、钛合金上化学镀镍	134
五、铜及铜合金上化学镀镍	137
六、钼上化学镀镍	138
第二节 非金属上的化学镀镍及其应用	139
一、塑料上的化学镀镍及其应用	140
二、陶瓷上化学镀镍及其应用	155
三、硅上化学镀镍进行微小图形布线	160
第三节 粉体上的化学镀镍	163
第四节 纤维以及纤维布上化学镀镍	171
一、聚丙烯纤维上化学镀镍	171
二、光纤维上化学镀镍	172
三、碳纤维上化学镀镍	174
四、石墨纤维上化学镀镍	175
参考文献	177

第五章 化学镀镍层的结构与性质 179

第一节 概述	179
第二节 化学镀镍层的组织结构	180
一、化学镀镍层的晶体结构	180
二、化学镀镍层的微观结构	181

三、热处理对镀层结构的影响	183
第三节 化学镀镍层的一般性质	186
一、外观	186
二、厚度及其均匀性	187
三、结合力	188
四、电化学行为	189
五、密度	190
六、热性能	191
七、内应力	192
八、力学性能	194
九、硬度	195
十、塑性	201
第四节 化学镀镍层的耐蚀性	203
一、耐化学腐蚀性	206
二、耐色变性	208
三、耐高温腐蚀性	209
四、孔隙率与防护性能的关系	209
五、基体状态对耐蚀性的影响	211
六、热处理对耐蚀性的影响	212
第五节 化学镀镍层的耐磨性	212
一、影响化学镀镍层耐磨性的因素	213
二、与其他耐磨镀层的比较	215
第六节 化学镀镍层的电磁性质	216
一、电性质	216
二、磁性质	218
参考文献	220

第六章 化学镀镍液的配制调整与维护 223

第一节 化学镀镍液的配制 223

一、以次磷酸盐作还原剂的一步法酸性镀液的 配制	223
----------------------------------	-----

二、以次磷酸钠作为还原剂的镀液配制与补加	225
三、用次磷酸盐作还原剂的碱性镀液的配制	227
四、以硼氢化钠、氨基硼烷、肼作为还原剂的 化学镀镍液的配制	228
第二节 化学镀镍液的调整与维护	229
一、化学镀镍液稳定性的研究	229
二、化学镀镍液的调整与维护	231
三、化学镀镍液的自动调整	237
四、关于延长化学镀镍液寿命的问题	240
参考文献	246

第七章 化学镀铜 247

第一节 概述	247
第二节 化学镀铜的反应机理	247
一、化学镀铜的热力学	248
二、化学镀铜的机理	249
第三节 化学镀铜工艺	253
一、以甲醛为还原剂的化学镀铜	253
二、以次磷酸盐为还原剂的化学镀铜工艺	265
三、其他种类还原剂的化学镀铜工艺	270
第四节 化学镀铜层性质	271
一、热处理对镀层延展性的影响	273
二、各种添加剂对镀层延展性的影响	274
三、操作条件对镀层延展性的影响	276
第五节 化学镀铜的应用	276
一、化学镀铜在印制板的应用	276
二、印制板上化学镀铜前处理工艺	280
三、化学镀铜的其他应用	284
第六节 化学镀铜液维护与故障排除	286
一、影响镀液稳定性的主要因素	286
二、稳定化学镀铜液的主要方法	287