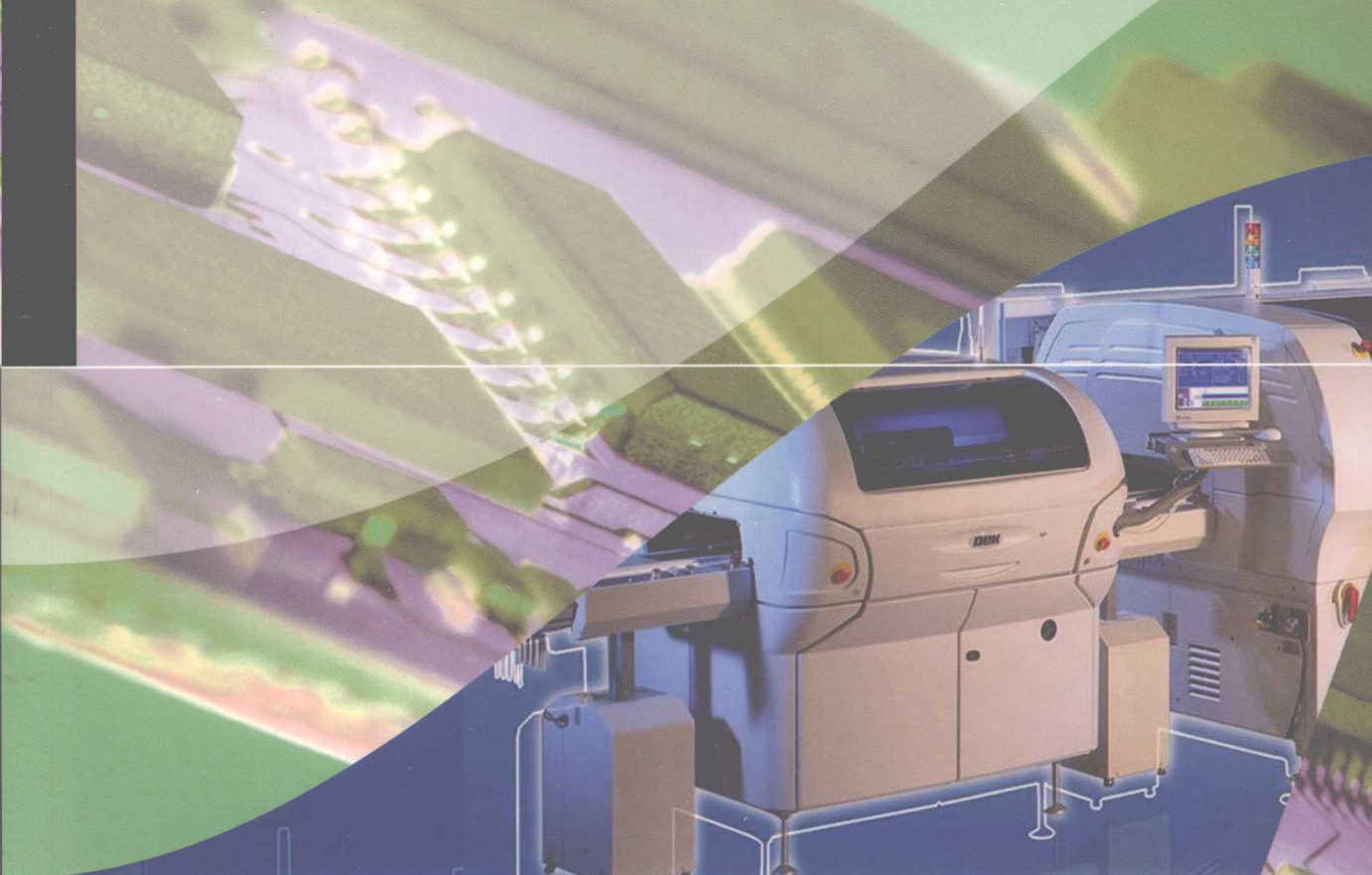




SMT教育培训系列教材

贴片工艺与设备

王天曦 王豫明 等编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

SMT 教育培训系列教材

贴片工艺与设备

王天曦 王豫明 李 忆
杨 力 代翔宇 孙长杰 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是 SMT 教育培训系列教材中关于贴装技术的分册。贴装技术是 SMT 关键技术, 贴片机是典型的集机、光、电于一体的高技术含量的现代化制造设备。本书从 SMT 贴装技术要求出发, 阐述了贴片工艺要素, 详细剖析了贴片机各种关键技术, 通过典型贴片机, 全面介绍了贴片机结构与特点, 详细讲述了贴片机选择、使用与维护以及贴装工艺与质量控制等实用技术, 同时还介绍了电子组装前沿——当前几种热门先进组装技术。

本书可作为电子组装制造及相关行业的技术和职业培训教材, 对从事相关技术、生产和应用的工作者以及设备供应、维护和应用技术人员也有很高的实用价值, 同时还可作为普通高校有关专业的教学参考书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

贴片工艺与设备 / 王天曦, 王豫明等编著. —北京: 电子工业出版社, 2008.6

(SMT 教育培训系列教材)

ISBN 978-7-121-06952-9

I. 贴… II. ①王… ②王… III. 印制电路—组装—教材 IV. TN410.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 090053 号

责任编辑: 宋梅

印 刷: 北京京科印刷有限公司
装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 32 字数: 819 千字 彩插: 2

印 次: 2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 78.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

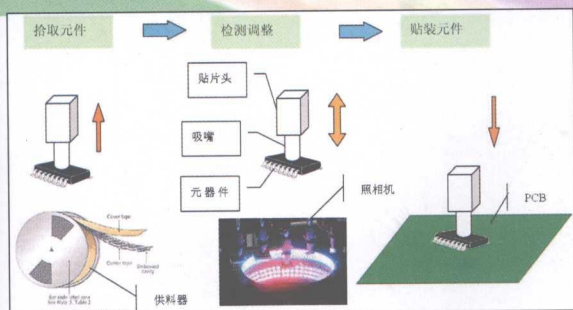


图 1.7

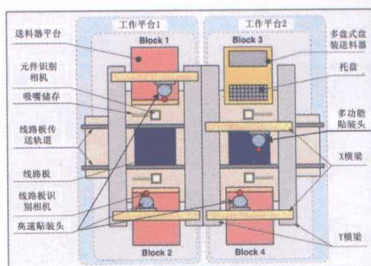


图 2.28



图 2.37

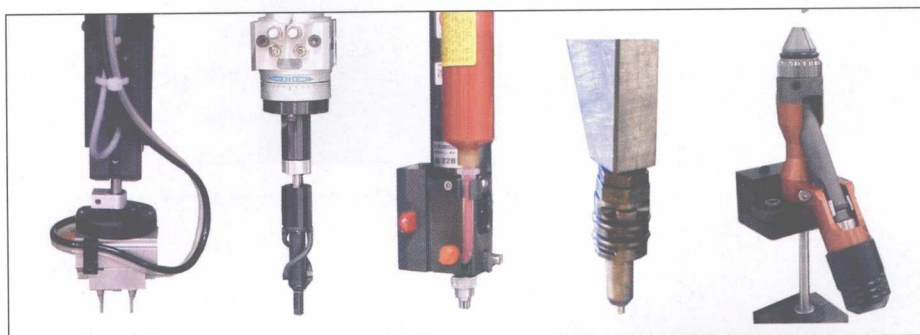


图 2.39

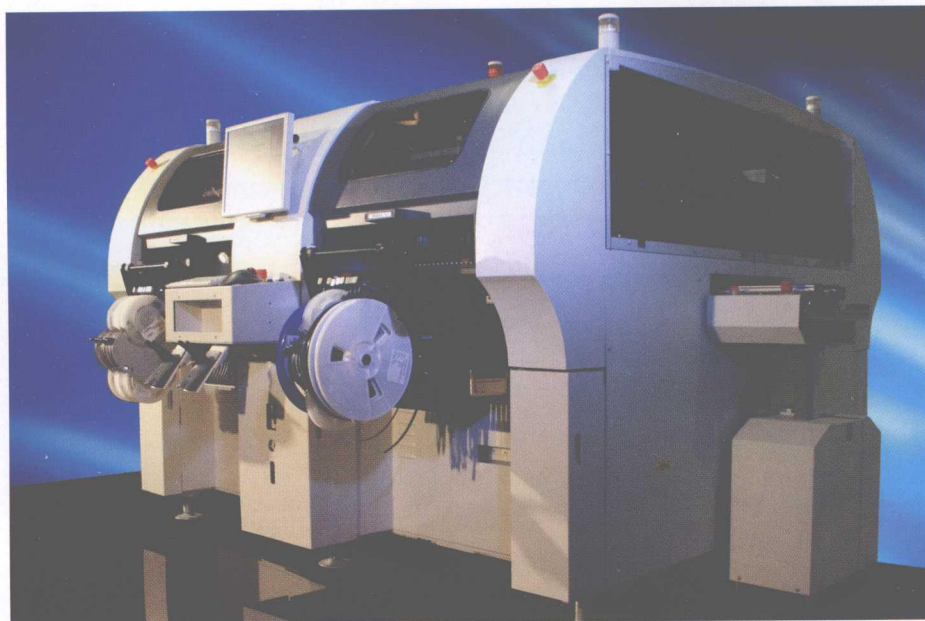


图 2.83

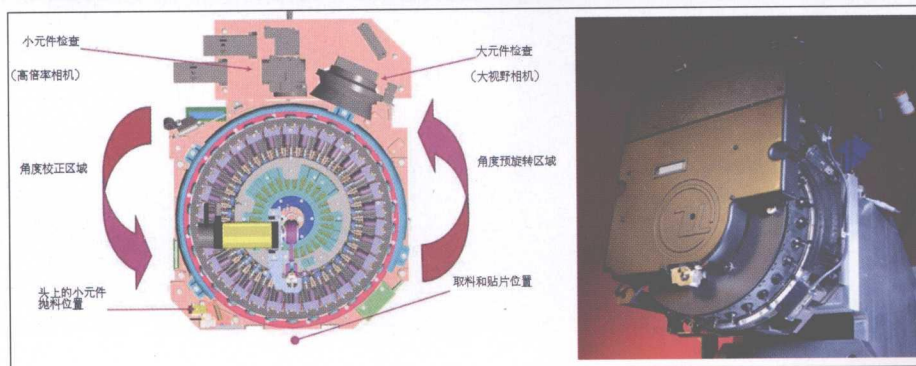


图 3.33

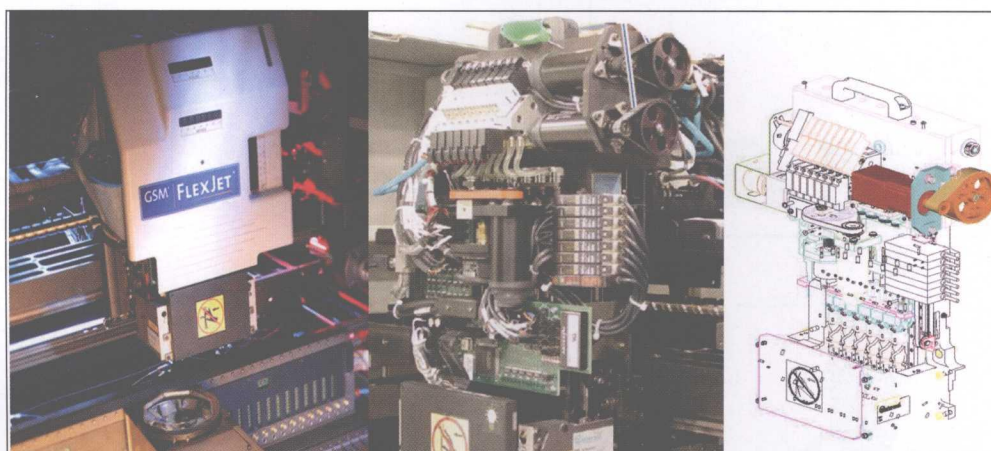


图 3.57

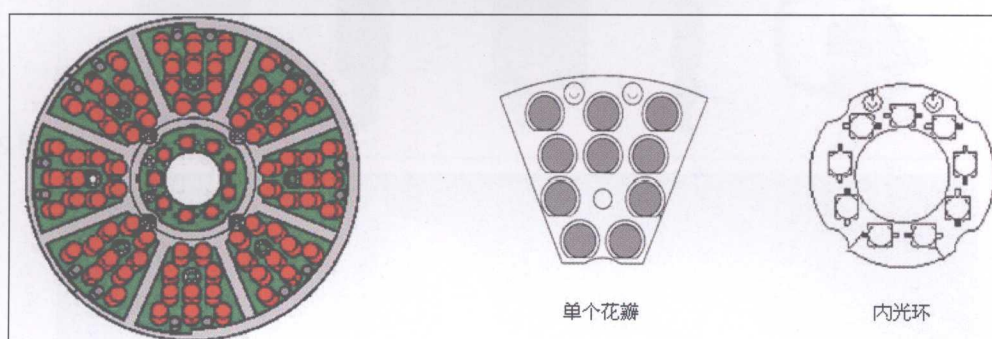


图 3.81

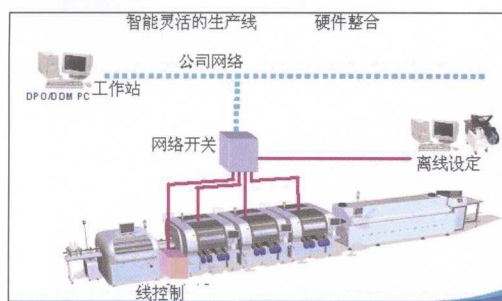


图 3.111

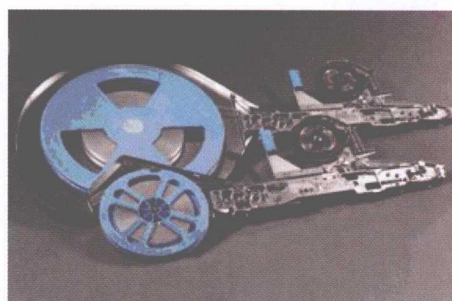


图 3.119



图 4.3

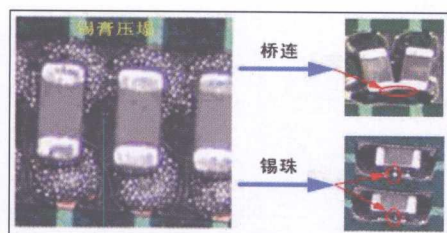


图 5.46



图 5.91

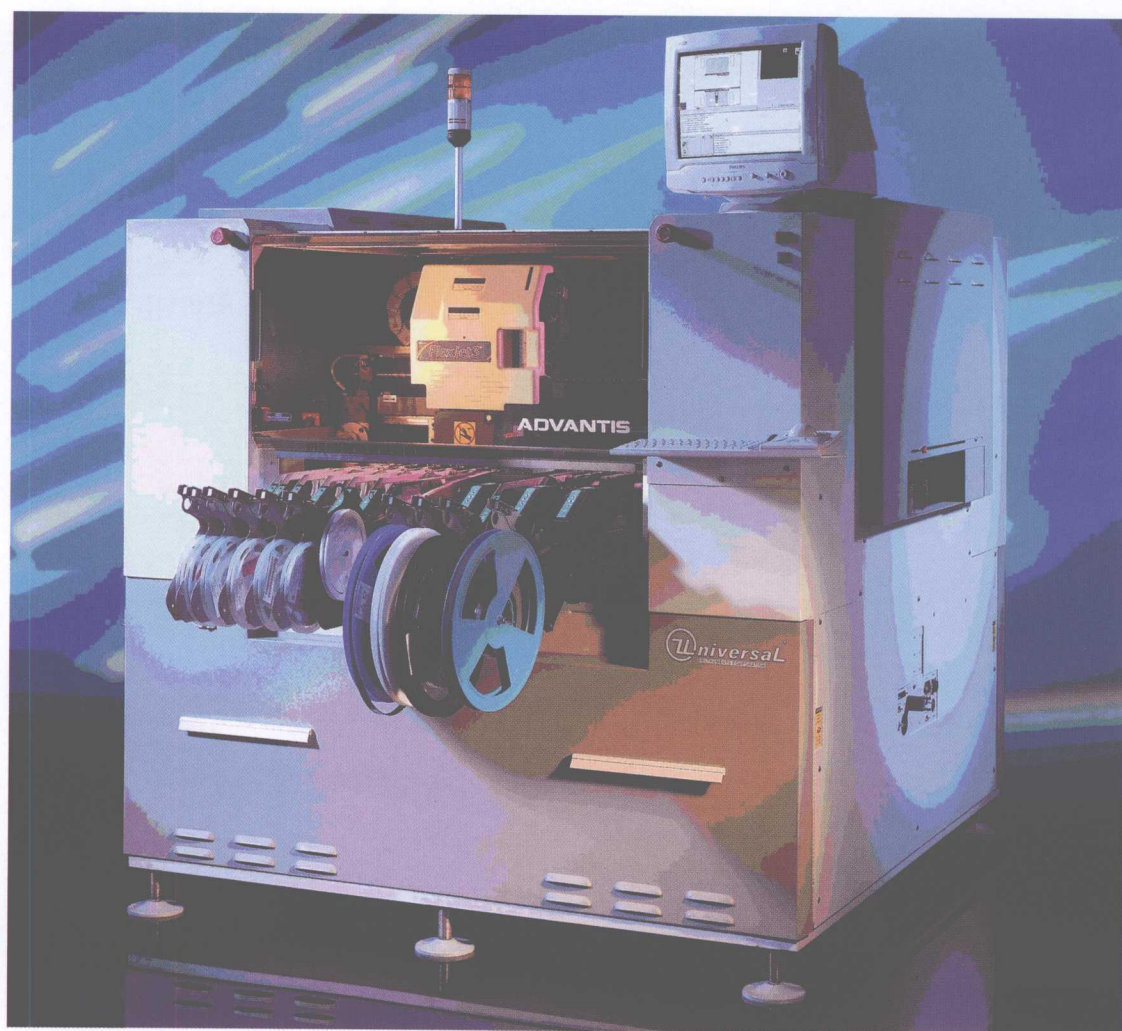
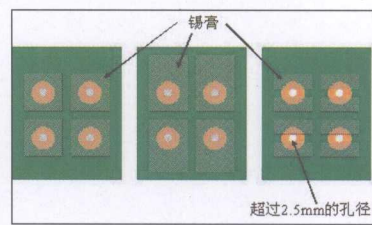
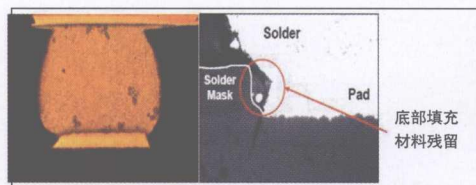
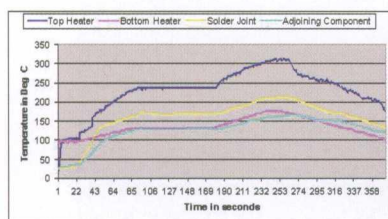
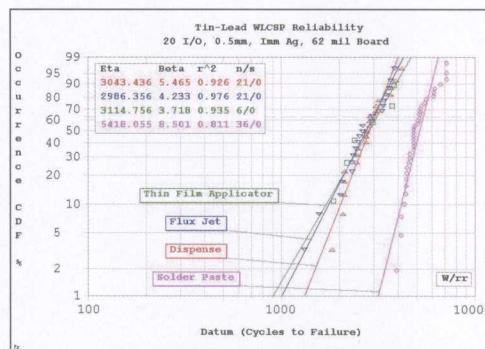
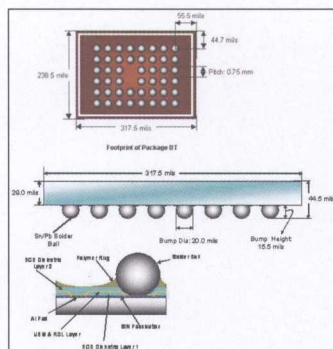
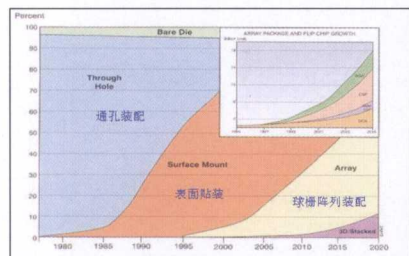
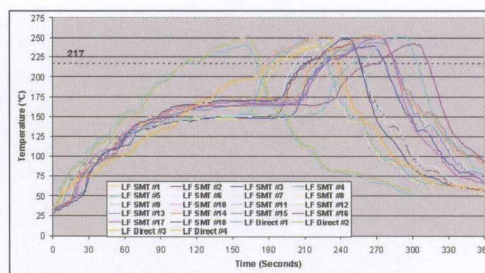
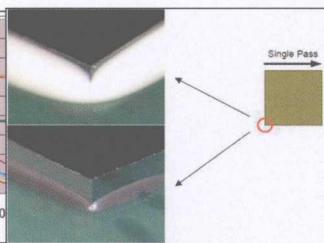
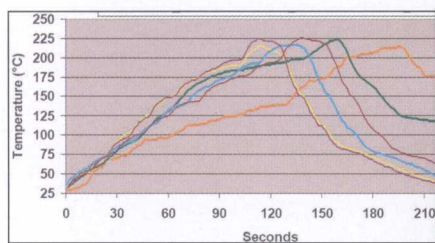
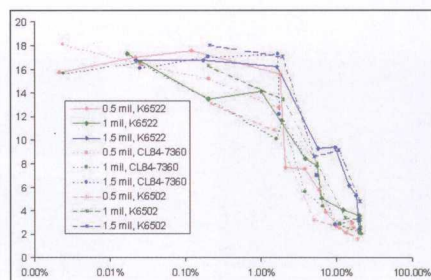
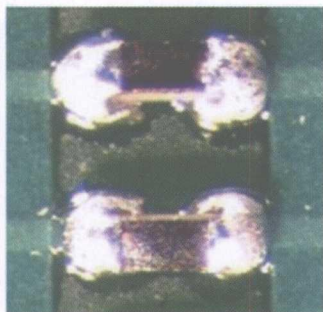


图 5.88



序 1

今时今日，电子制造商面临最大的挑战，就是如何能在生产线上引入尖端科技的同时，又能保持其操作简易顺畅。

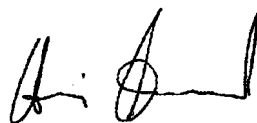
表面贴装厂家为了提高产品质量及成本效益，均把产品按其复杂程度及价格分门别类生产，甚至需要不断转移生产地点。

有鉴于此，各厂家均须拥有一个训练有素、并决心要满足客户需要的团队，以应付千变万化的市场环境。

本书是第一部全面介绍表面贴装工艺的中文著作。我们撰写此书的目的，是为了协助业内每一位人士，能充分掌握其中技术，决胜千里。

本书是清华大学及环球仪器研究人员共同合作的成果。

环球仪器亚洲区总经理 Heinz Dommel



序 2

什么是贴片机？很多人可能不会听说过。但对现代电子来说，贴片机的出现意味着大量制造和精密制造终于能同时并存。“大量”代表成本以至成品售价的降低；“精密”代表了成品良率（即合格率）的保证。夸张一点说，如果没有贴片机，就没有大量电子产品能够以今天这样的价格及质量在市面出现。现在大家手上的电话，家里看的电视，办公室用的手提电脑，甚至代步用的汽车等都需要用到贴片机作为自动化电子组装的关键设备。

有点惭愧但也是事实，中国作为世界的工厂一向靠的是三廉：廉价的劳动力，廉价的土地及资源，廉价的税务政策；当中国逐渐进步，当“三廉”不再或者不需要这么廉，当我们在谈要走向高增值的今天，如何掌握先进的技术以及培养本地高技术的劳动力就成为其中一个关键。新的劳动法保障了最基本的工资，但我们还需要关注的是如何保障在走向高增值道路的同时有足够专业水平的技术工人。

这次环球仪器和清华-伟创力 SMT 实验室的合作就是希望以一个较系统化的方式为培养本地高技术劳动力献一份力量。这大概是电子组装领域中第一次有这样的校企合作，通过双方各自专业领域的强项，将贴片技术的最新资讯以及在实操上最先进的工艺用最简单且容易明白的方式展现在大家面前。笔者相信这本书不但对有志加入电子组装行业的年轻人有帮助，对一向从事电子行业而有志提升自己的人也有所裨益。

在这里要交待一下环球仪器和清华-伟创力 SMT 实验室的合作经过。环球仪器可以说是最早进入中国市场的贴片机设备供应商，至今已超过 20 年。和很多其他设备商不同的地方是，环球仪器在国内不只是销售，还建立了工厂、实验室和培训中心等，希望为顾客提供一条龙服务，而从一开始环球仪器就采用本地化政策，绝大多数的技术人员都来自国内，如何找到高素质的员工成为我们一直关注的问题。和清华-伟创力 SMT 实验室的合作可以说是我们一贯政策的延伸以及深化。记得两年多前和清华-伟创力 SMT 实验室谈合作的时候，我其实才加入环球仪器不久，很多东西也是一边学一边做，得到两位王老师的热情款待实在是倍感亲切，工作上的合作也是一路顺风，很多东西很快就能达成共识。之后和王天曦老师在很多场合都有碰面，每次也是相谈甚欢，这次合作可以说不但很有意义，也是一个非常愉快的过程。在这里要非常感谢王天曦老师和王豫明老师对本书的劳心劳力，也要感谢李忆、代翔宇、孙长杰和杨力，他们都是环球仪器本地培养人才的精英，为将多年的实战经验及各自的专长领域写进本书付出了宝贵的工余时间。最后也要感谢北京电子专委会的刘立吉主任当初的穿针引线，将我介绍给两位王老师。

朱英新

环球仪器亚洲区市场经理

前 言

在 SMT 系列技术中,贴片技术是最体现“高科技、自动化”生产,最具有挑战性的技术;贴片机是典型的高速度、高精度、高效率的专业电子设备;贴片机在整个工艺流程中对生产效率和产品质量具有关键作用。本书从 SMT 贴装要求出发,阐述了贴片工艺要素,重点剖析了贴片机所涉及的各种关键技术;并通过典型贴片机全面介绍了主流贴片机结构与特点,同时提供贴片机选择、使用与维护等实用技术,最后介绍几种前沿贴装技术。由于贴片机是典型的机、光、电一体化高科技设备,涉及精密机械、电气电子、光电图像、计算机和传感器等多学科知识,因此在使用和学习本书时需要相关学科基础。

电子制造行业每年生产数十万台贴片机,仅中国大陆就拥有贴片机 5 万台以上,相关从业人员估计超过数十万人。然而业界却没有关于贴片设备和工艺的完整技术资料 and 著述,业界有关贴装技术和生产企业人员培训的资料基本上是来自设备供应商。这种技术资源结构的不足是显而易见的,除了供应商水平的差异外,工艺和实际应用不是他们的强项;而不同国家和地域文化和习惯的差别所造成的概念、术语和表达方面的不一致,使业界在贴装技术的提高和发展上坎坷丛生。从研究和教育角度,将高水平供应商的先进技术和众多生产厂商实际经验融合,经过综合和提炼,为业界“传道、授业、解惑”是本书的初衷和愿景。

本书由业界领先的电子制造装备厂商环球仪器公司(UIC)和清华-伟创力 SMT 实验室合作,由高校教师、业界专家共同编写而成。作为世界著名电子专业设备生产专家,环球仪器公司拥有近九十年电子设备研发和生产经验,在为电子制造业提供世界一流的贴片机产品和先进技术的同时,关注和支持中国的 SMT 教育培训,包括技术主管和博士在内的多名具有丰富专业实践经验的工程师和资深高校教师参加编写,使本书具有浓郁的专业实践背景和显而易见的实用性。本书编著者都是在繁忙的工作之余,牺牲节假日,夜以继日一年有余,付出的心血不是辛苦二字可以表达的,没有认真编写过书的人很难体会。

以前听专家感叹“电影是一门遗憾的艺术”,“建筑是遗憾的艺术”,实际上,我们体会最深的是写书,特别是技术书,才真是遗憾的作品。不用说即使费多少心血也难免在书印出来后发现一堆缺憾,往往在审阅或校对中就发现不足,但没有精力和时间去推翻重新编写。显然,如果刻意追求精雕细刻,本书肯定要推迟一两年甚至三四年才能出版,届时可能又有新技术新工艺涌现,还是遗憾。基于此,尽管本书还存在不少问题,甚至可能存在“硬伤”,作者还是勇敢地让“丑媳妇见公婆”。好在作者确信本书是全体编写人员辛勤劳动的成果,团队合作的产物,许多章节都是作者多年科研、教学和工程实践的总结,对从事电子组装制造的读者和业界朋友能有所裨益应该是毋庸置疑的。

本书是团队合作的成果,各章节具体编写人员如下:

第 1 章由王天曦编写;

第2章1、2、3节由代翔宇编写，第4节由胡耀明和吴忻生提供原稿；

第3章主要由孙长杰编写，杨力编写部分内容；

第4章由王豫明编写，唐畅、阮建云和谢际伟提供部分原稿及资料；

第5章主要由杨力编写，其中第2节由代翔宇编写；

第6章由李忆编写。

全书由王天曦和王豫明统稿。

由于 SMT 技术发展很快，本书涉及学科和内容较多，再加上作者水平和撰稿时间有限，难免有疏漏和不当之处，敬请广大读者在使用中加以指正。

编著者

2008年6月

致 谢

自从 2006 年 10 月启动, 经过近 20 个月坚持不懈的努力, 这本由企业工程技术人员和高校老师合作推出的、业界第一本专注电子制造典型设备与工艺的书, 终于面世了。作为本书的主要编著者, 我们深知这本书是团队合作、奉献精神的结晶。在此, 首先对合作方环球仪器公司的支持和帮助表示诚挚的敬意。环球仪器公司的以人为本、支持教育的企业文化使其具有远见卓识, 他们不仅为本书编写提供经费支持, 而且派出企业的技术精英参与编写, 并为他们提供便利。毫无疑问, 没有环球仪器公司的合作, 这本书的面世可能遥遥无期。同时, 我们对促成清华与环球仪器公司合作, 为本书编写作出了很大贡献的环球仪器亚洲区市场经理朱英新先生, 表示由衷的感谢, 没有他的努力和推动, 这本书不可能在短短的 20 个月面世。

使我们最感动和敬佩的是参加本书编写的各位作者和朋友, 他们是环球仪器公司的李忆、代翔宇、孙长杰和杨力四位资深工程师, 以及成都旭光公司的唐畅和阮建云高级工程师, 华南理工大学的胡耀明和吴忻生教授。他们都是企业和高校身负重任的领导和独当一面的技术骨干, 担负着繁重的教学、科研、生产和管理任务, 特别是环球仪器公司的几位工程师, 正值家庭负担最重的时期, 拿出宝贵的时间和精力, 这对他们意味着多么沉重的负担, 他们对本书的贡献应该铭记。

本书在编写中参考了许多国内外媒体出版发行的文献资料和业界专家朋友技术讲座的资料, 并引用了一些图表等数据资料, 其中大多数都列入参考文献, 但有些图片和资料经过多次传播已经找不到原作者与出处, 在此特向所有本书引用的资料原作者表示敬意和感谢。同时我们也衷心感谢际伟先生和薛竟成先生, 以及所有为本书编写提供资料和支持的业界专家和朋友们。

此外, 我们还要感谢清华大学基础工业训练中心的领导、员工和 SMT 实验室的全体员工的支持和协助; 还有来自我们家庭的理解和支持, 他们也是不可缺少的支柱。

本书能够以较快的速度和较高的质量问世, 离不开电子工业出版社编辑们以及印刷厂等相关人员的努力和辛勤工作, 特别感谢宋梅编辑和出版社团队高效的工作。

王天曦 王豫明

2008 年 6 月 6 日

目 录

第 1 章 贴装技术	(1)
1.1 贴片技术与贴片机	(1)
1.1.1 贴装技术	(1)
1.1.2 贴装工艺	(3)
1.1.3 贴片机组成及其工作流程	(5)
1.1.4 贴片机发展简介	(6)
1.2 贴装原理	(8)
1.2.1 拾取元件	(8)
1.2.2 检测调整	(12)
1.2.3 元件贴放	(14)
1.2.4 真空吸取及其在贴装技术中应用	(18)
1.2.5 贴装 APC 技术简介	(21)
1.3 贴装特性	(22)
1.3.1 贴装技术基本要求	(22)
1.3.2 贴装精度	(23)
1.3.3 贴装速度	(27)
1.3.4 贴装柔性	(30)
1.4 贴装设备应用和管理	(33)
1.4.1 贴装工艺与设备	(33)
1.4.2 贴装设备应用	(34)
1.4.3 贴装设备管理	(36)
1.4.4 设备工程	(38)
1.5 TPM 和 OEE 与过程能力指数	(39)
1.5.1 TPM 简介	(39)
1.5.2 设备综合效率 (OEE)	(44)
1.5.3 Cp 和 Cpk	(47)
1.5.4 关于贴片机和贴装技术的一些指标	(60)
1.6 贴片机检验标准 IPC9850 简介	(64)
1.6.1 贴片机检测标准的背景与特点	(64)
1.6.2 贴片机检测的理论依据	(65)
1.6.3 检测内容与方法	(66)
1.6.4 检测结果数据处理	(68)
参考文献	(68)
第 2 章 贴片机参数与分类	(69)
2.1 贴片机技术参数	(69)

2.1.1	贴装精度与能力	(69)
2.1.2	贴片机贴装速度	(83)
2.1.3	其他参数	(86)
2.2	贴片机分类	(88)
2.2.1	按速度分类	(89)
2.2.2	按功能分类	(90)
2.2.3	其他分类方式及贴片机的灵活应用	(93)
2.3	贴片机结构特性	(98)
2.3.1	转塔式结构	(99)
2.3.2	拱架式结构	(103)
2.3.3	平行式结构	(105)
2.3.4	复合式结构	(108)
2.4	典型贴片机简介	(110)
2.4.1	转塔式贴片机	(110)
2.4.2	多功能贴片机	(123)
2.4.3	高速度高精度贴片机	(129)
2.4.4	模块化贴片机	(131)
	参考文献	(139)
第3章	贴片机组成与技术	(140)
3.1	概述	(140)
3.1.1	贴片机组成	(140)
3.1.2	贴片机关键技术	(141)
3.2	机架与传送系统	(143)
3.2.1	贴片机的机械部分	(143)
3.2.2	机架与机壳	(144)
3.2.3	PCB 传送机构	(147)
3.3	驱动及伺服定位系统	(150)
3.3.1	驱动与伺服定位概述	(151)
3.3.2	X-Y 伺服定位	(151)
3.3.3	Z 轴伺服定位	(154)
3.3.4	运动控制	(155)
3.3.5	贴片机常用电动机及其他控制部件	(159)
3.4	贴片头系统	(169)
3.4.1	贴片头分类	(169)
3.4.2	贴片头吸嘴	(170)
3.4.3	平动式贴片头	(176)
3.4.4	旋转式贴片头	(177)
3.4.5	转塔式贴片头	(180)
3.5	光学视觉系统	(185)
3.5.1	视觉系统工作原理	(185)

3.5.2	系统组成	(187)
3.5.3	视觉系统光源与照相机	(188)
3.5.4	基准点识别	(195)
3.5.5	典型贴片机的视觉控制系统	(196)
3.5.6	数字图像处理	(197)
3.6	检测与传感系统	(199)
3.6.1	贴片机中的传感器	(200)
3.6.2	压力传感器	(200)
3.6.3	位置传感器	(201)
3.6.4	激光和视觉传感器	(204)
3.7	软件系统	(206)
3.7.1	操作及控制界面	(206)
3.7.2	编程要素	(213)
3.7.3	智能管理系统	(217)
3.8	供料系统	(220)
3.8.1	盘式送料器	(222)
3.8.2	带式送料器	(224)
3.8.3	管式送料器	(225)
3.8.4	散装盒式送料器	(225)
3.8.5	送料器系统	(226)
3.9	计算机及硬件控制系统	(227)
3.9.1	计算机控制系统	(227)
3.9.2	硬件系统	(230)
3.9.3	接口与网络	(231)
3.10	其他辅助系统	(234)
3.10.1	气动与真空系统	(234)
3.10.2	安全监控系统	(238)
3.10.3	SMT 设备接口	(239)
	参考文献	(244)
第 4 章	贴片机选择及应用	(245)
4.1	贴片机选择之分析研究	(245)
4.1.1	生产规模的考虑	(246)
4.1.2	产品特点与企业定位	(247)
4.1.3	生产工艺流程	(248)
4.1.4	企业现有人力资源	(250)
4.1.5	成本分析	(250)
4.1.6	形象与品牌效应	(251)
4.2	贴片机选择之调研考察	(251)
4.2.1	设备供应商调研	(252)
4.2.2	设备调研	(253)

4.2.3	其他信息收集	(256)
4.2.4	信息收集途径	(256)
4.3	贴片机选择之评估与决策	(257)
4.3.1	资料量化评估	(257)
4.3.2	选择中注意问题	(261)
4.4	贴片机附件的选择	(263)
4.4.1	供料器的选择	(264)
4.4.2	消耗品的选择	(265)
4.5	生产线采购	(268)
4.5.1	采购团队及分工	(268)
4.5.2	谈判技巧及注意事项	(268)
4.5.3	合同注意事项	(269)
4.6	生产线布局与建线	(270)
4.6.1	厂房内环境的要求	(270)
4.6.2	设备物流的控制	(272)
4.6.3	布局方式	(273)
4.6.4	生产线平衡优化	(275)
4.7	贴片机检测与验收	(282)
4.7.1	设备安装与调试	(282)
4.7.2	设备验收	(283)
4.7.3	验收方法及注意事项	(286)
4.8	设备的使用、维护和维修	(289)
4.8.1	设备维护保养准则	(289)
4.8.2	设备维护保养制度	(291)
4.8.3	贴片机的调整	(294)
4.8.4	贴片机的重新评估	(296)
	参考文献	(296)
第 5 章	贴装工艺与质量控制	(297)
5.1	贴装基本工艺流程	(297)
5.2	贴片机编程	(299)
5.2.1	贴片机编程的结构和原始资料	(300)
5.2.2	贴片机基本编程	(306)
5.2.3	在线编程、离线编程和线平衡	(312)
5.2.4	新产品的调试和导入	(320)
5.3	贴装质量控制	(325)
5.3.1	贴片机参数的影响	(325)
5.3.2	贴片机结构件的影响	(327)
5.3.3	PCB 性能参数的影响	(330)
5.3.4	PCB 焊盘图形设计的影响	(331)
5.3.5	元件的影响	(333)

5.3.6 其他因素	(338)
5.4 贴装中常见故障和排除方法	(339)
5.4.1 硬件故障及排除	(340)
5.4.2 软件故障及排除	(349)
5.5 贴装效率与贴装质量的改善	(350)
5.5.1 贴装效率	(350)
5.5.2 影响贴装效率和贴装质量的因素	(352)
参考资料	(358)
第6章 先进组装工艺	(359)
6.1 0201/01005 片状元件的装配工艺	(359)
6.1.1 0201/01005 元件的贴装控制	(359)
6.1.2 0201 元件的装配工艺研究	(368)
6.1.3 01005 元件的装配工艺研究	(378)
6.2 倒装晶片 (Flip Chip) 的贴装	(388)
6.2.1 倒装晶片的发展历史	(388)
6.2.2 倒装晶片的组装工艺流程	(390)
6.2.3 倒装晶片装配工艺对组装设备的要求	(391)
6.2.4 倒装晶片的组装工艺控制	(396)
6.3 元器件堆叠组装工艺 (PoP)	(424)
6.3.1 元器件堆叠装配技术市场情况及其推动力	(424)
6.3.2 堆叠封装与组装的结构	(425)
6.3.3 PiP (堆叠封装) 和 PoP (堆叠组装) 的比较	(428)
6.3.4 PoP 的 SMT 工艺流程	(430)
6.4 晶圆级 CSP (WLCSP) 的贴装工艺	(437)
6.4.1 球栅阵列 (BGA) 元件封装的发展	(437)
6.4.2 晶圆级 CSP 的装配工艺流程	(438)
6.4.3 晶圆级 CSP 装配工艺的控制	(439)
6.4.4 晶圆级 CSP 的返修工艺	(464)
6.5 通孔回流焊工艺	(471)
6.5.1 通孔回流焊接工艺以及需要研究的课题	(471)
6.5.2 实现通孔回流焊接工艺的关键控制因素	(472)
6.5.3 可靠性评估	(487)
总结	(492)
参考文献	(493)