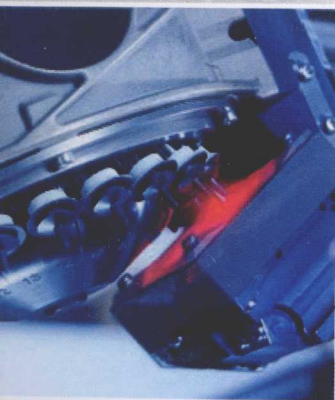




陕西出版资金资助项目



电子 Technologies of Electronic Manufacturing Equipments 制造装备技术

高宏伟 张大兴 王卫东 何西平 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

陕西出版资金资助项目

电子制造装备技术

高宏伟 张大兴
王卫东 何西平



西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

电子制造包括晶圆制造、芯片封装、基板与膜电路制造、电子组装等主要工艺过程。本书介绍了电子制造的主要工艺流程、所使用工艺设备的类型及其技术原理。书中首先选取电子制造工艺中的部分关键设备,如曝光机、引线键合机、倒装键合机、贴片机、激光划片机和AOI设备等,分析了这些设备的系统组成、工作原理和关键技术指标等,然后详细论述了光电检测与加工、高精度运动系统及定位、精密对准、图像识别等电子制造装备的共性技术,最后以实例形式介绍了电子制造装备中典型子系统的设计过程及关键技术参数的计算。

本书可以作为电子制造从业人员的参考书,也可以作为电子封装技术专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子制造装备技术/高宏伟等编著. —西安:西安电子科技大学出版社, 2015.9

陕西出版资金资助项目

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3712 - 9

I. ① 电… II. ① 高… III. ① 电子产品—生产设备 IV. ① TN05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 198504 号

策划编辑 马晓娟

责任编辑 许青青 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2015年9月第1版 2015年9月第1次印刷

开 本 787毫米×960毫米 1/16 印张 17.375

字 数 355千字

印 数 1~1000册

定 价 40.00元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3712 - 9/TN

XDUP 4004001 - 1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

前 言

行业内一般将电子制造分为几个关键工艺过程：晶圆制造、芯片封装、基板与膜电路制造、电子组装等。电子制造装备是电子制造的基础，尤其是一些关键设备，如高精度光刻机、贴片机、高精度测量设备等，对电子制造产业的发展起着决定性的作用。

电子制造装备种类众多，结构形式变化巨大，涉及的技术也非常多，我们无法一一介绍每一种电子制造工艺设备。本书力图用简短的文字介绍电子制造的几个主要工艺流程，以及工艺设备的类型和技术原理，首先从电子制造主要工艺流程中归纳出一些关键工艺装备进行研究，再从关键装备技术中总结出一些共性技术进行分析，最后以实例形式介绍电子制造装备中关键子系统的设计过程。

本书内容分为三部分。第一部分包括 1~4 章，介绍电子制造装备技术的内涵、电子制造关键工艺流程及使用设备类型、关键设备的系统组成和技术原理、典型电子制造设备的技术参数等。第二部分包括第 5、6 章，介绍电子制造装备的一些共性技术，包括高精度运动系统及定位技术、精密对准技术、图像识别技术等。第 7 章为第三部分内容，以西安电子科技大学电子封装技术实验室的多功能贴装技术实验平台的研制为例，介绍了典型光、机、电一体化设备中各个子系统的设计过程。

本书由西安电子科技大学机电工程学院的高宏伟、张大兴、王卫东及西安电子科技大学网络学院兼职教师何西平共同编著。第 1、2、4 章由高宏伟编写，第 3 章由张大兴编写，第 5 章由何西平编写，第 6 章由王卫东、张大兴共同编写，第 7 章由何西平、张大兴、高宏伟共同编写。许彦杰、孙亚兰、张宇三位研究生参与了资料整理和书稿校对。全书由高宏伟统稿。

本书在编写过程中得到了深圳长城开发科技股份有限公司的大力支持，该公司副总裁于化荣和相关工程师参与了本书目录及编写内容的审定工作。

由于作者水平有限，书中难免有一些不妥之处，真诚希望各位读者指正。

作 者

2015 年 5 月

目 录

第 1 章 电子制造装备技术概述	1
1.1 电子制造	1
1.1.1 电子产品制造	1
1.1.2 电子制造技术	2
1.2 电子制造装备的分类与基本组成	5
1.2.1 电子制造装备分类	5
1.2.2 电子制造典型装备的基本组成	7
1.2.3 电子制造装备技术基础	11
1.3 电子制造装备技术特点	14
1.4 本书的研究目的和主要内容	16
1.4.1 本书的研究目的	16
1.4.2 本书的研究内容	16
参考文献	18
第 2 章 电子制造主要工艺与设备	19
2.1 概述	19
2.2 半导体制造关键工艺与设备	19
2.2.1 薄膜生成工艺与设备	21
2.2.2 图形转移工艺与设备	25
2.2.3 掺杂工艺与设备	33
2.2.4 其他辅助工艺与设备	34
2.3 芯片封装工艺与设备	37
2.3.1 硅片检测	38

2.3.2 芯片传统装配与封装	41
2.3.3 先进装配与封装	48
2.4 基板及膜电路制造工艺与设备	53
2.4.1 基板制造	53
2.4.2 厚膜、薄膜电路制造	58
2.5 表面贴装工艺与设备	60
2.5.1 焊料涂敷工艺与设备	62
2.5.2 胶黏剂涂敷工艺与设备	65
2.5.3 贴片工艺与设备	66
2.5.4 焊接工艺与设备	68
2.5.5 表面组装工艺中的检测	71
参考文献	72
第3章 光电检测与加工技术	73
3.1 概述	73
3.2 光电检测技术	74
3.2.1 光电检测系统的结构与类型	74
3.2.2 图像检测技术原理与应用	82
3.3 光电加工技术	88
3.3.1 光电加工系统的结构与类型	88
3.3.2 光电加工技术原理	89
参考文献	98
第4章 电子制造典型装备及其关键技术	100
4.1 概述	100
4.2 光学曝光机	100
4.2.1 光学曝光机简介	100
4.2.2 掩模对准式曝光机	101
4.2.3 投影式曝光机	103
4.2.4 极紫外光曝光机	114

4.3 芯片互连技术与设备	117
4.3.1 引线键合技术与设备	118
4.3.2 倒装芯片键合技术与设备	124
4.4 激光加工设备	131
4.4.1 电子制造工艺中激光加工技术的应用	131
4.4.2 激光划片机	132
4.5 贴片技术与贴片机	136
4.5.1 贴片技术	136
4.5.2 贴片机系统构成	142
4.5.3 高速多功能贴片机	149
4.6 自动光学检测(AOI)系统	152
4.6.1 AOI 系统工作原理与系统组成	154
4.6.2 典型 AOI 设备介绍	159
参考文献	161
第 5 章 高精度运动系统及定位技术	162
5.1 概述	162
5.2 高精度电子制造设备主传动机构	164
5.2.1 主传动机构的设计要求	164
5.2.2 主传动机构的主要形式	164
5.2.3 工作头传动定位机构	167
5.2.4 精密工件台定位技术	170
5.3 电子制造设备的精度分析	174
5.3.1 精度概念解析	174
5.3.2 系统误差的分析计算	176
5.3.3 精密工件台精度分析	177
5.3.4 基于多体系统理论的误差建模分析	179
5.4 影响传动机构精度的因素	181
5.4.1 机械系统特性参数对系统的影响	181

5.4.2 机械结构的减振技术	184
5.4.3 机械结构热变形与对策	187
5.5 高精密运动单元	189
5.5.1 精密传动单元	189
5.5.2 精密导向单元	194
5.5.3 精密支承单元	198
5.5.4 精密微动单元	201
参考文献	204
第6章 精密对准技术及应用	206
6.1 概述	206
6.2 典型的精密对准技术	207
6.2.1 莫尔条纹对准技术	207
6.2.2 相位光栅 TTL 对准技术	209
6.2.3 视频图像对准技术	211
6.3 精密对准技术中的关键技术	215
6.3.1 精密测量技术	215
6.3.2 宏动/微动技术	217
6.3.3 控制技术	221
6.4 精密对准技术的实现案例	222
6.4.1 系统组成及工作原理	222
6.4.2 宏动/微动平台设计	224
6.4.3 粗精复合控制	225
参考文献	228
第7章 电子制造典型技术装备设计实例	229
7.1 概述	229
7.2 实验平台的设计思想	230
7.2.1 实验平台的用途和功能	231
7.2.2 实验平台的设计原则	232

7.3 实验平台方案设计	232
7.3.1 系统组成	232
7.3.2 系统总体方案与指标	235
7.3.3 系统主体结构	237
7.4 实验平台机械系统设计	238
7.4.1 基座结构特征	238
7.4.2 主要工作参数设计	240
7.4.3 工作系统设计	242
7.4.4 主传动系统设计	245
7.5 视觉检测系统设计	254
7.5.1 视觉检测系统的构成及主要参数	254
7.5.2 图像处理算法设计	256
7.5.3 坐标转换	261
7.6 主控制系统设计	263
7.6.1 基于上位机的控制系统设计	263
7.6.2 基于 PLC 的基础平台控制系统设计	264
7.6.3 基于单片机的工作平台控制系统设计	267
参考文献	268

第1章 电子制造装备技术概述

1.1 电子制造

1.1.1 电子产品制造

在过去的几十年里,世界发生了很大的变化。以网络和数据通信为代表的信息技术改变了人们的工作方式和生活方式,人们可以随时随地享受信息技术给我们带来的便利。如今,我们的日常生活无法离开各种工具,如手机、计算机、电视机、各种办公自动化设备、医疗仪器等,都成为信息的载体。这些日常生活中的工具就是电子产品的典型代表。另外,大量的电子产品以部件的方式或者以零件的形式用在交通设备、工业机床上,如各种通信设备、各式各样的传感器、自动控制元件等,已经成为汽车、飞机、自动化机床的主要组成部分。

如图 1.1 所示,电子产品制造的基础是各种电子材料和电子制造技术。由基础的电子材料做成元器件,再组装成各种基础部件,由各种电子元器件或者部件组成人们需要的各种电子产品。电子产品的式样、种类繁多,但是其制造过程基本相同。电子产品的制造过程可以分为集成电路(也就是半导体芯片)制造与封装、元器件制造、印制电路板以及膜电路制造、电子组装几个部分。

下面以一般的智能手机制造为例,说明电子产品的基本制造过程。一般智能手机的软硬件组成为:手机软件系统+CPU+GPU+ROM+RAM+外部存储器+手机屏幕+触摸屏+话筒+听筒+摄像头+重力感应+蓝牙+无线连接+PCB 基板+连接线+外壳。

手机硬件的制造过程大致分为以下几个部分:

(1) 芯片前端制造:也就是晶圆制造(也称硅片制造),如 CPU、GPU、ROM、RAM 等芯片首先由上游厂家完成晶圆制造。该阶段主要完成手机上各种芯片中集成电路的设计、制造。生产厂家有高通、德州仪器、三星、联发科等。

(2) 芯片封装:完成晶圆的测试和减薄、划片、固晶、键合、封装等工序,一般由芯片封装厂家(如日月光、富士通等半导体封装测试企业)完成。

(3) 器件制造:如外部存储器、手机屏幕、触摸屏、话筒、听筒、摄像头、重力感应、蓝牙、无线连接、PCB 基板、连接线、外壳等部件的制造,由各类专业生产企业完成,器件中使用的各种芯片也由芯片制造企业完成。

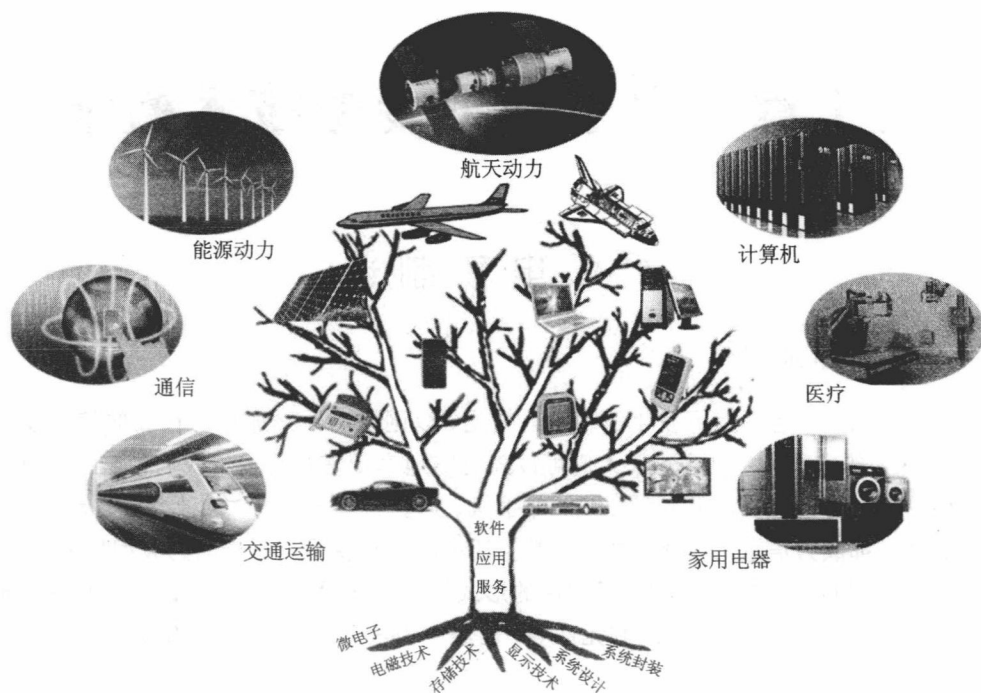


图 1.1 电子产品的制造与应用

(4) 手机主板封装：将芯片及各式器件贴装或组装到基板上构成手机主板，一般在手机制造厂或代工企业完成。

(5) 成品组装：将主板及一些器件组装在手机外壳内，一般由手机生产厂家或代工企业完成。

(6) 测试：包括芯片与器件测试、整机测试。在不同阶段由不同厂家完成。

如今移动互联网技术促使人们不断地研发新的移动通信设备，除了手机外，可穿戴电子设备有可能成为未来的主要移动通信产品。电子制造技术的进步促进了电子产品的更新换代，也促进了电子制造技术的发展。

1.1.2 电子制造技术

如图 1.2 所示，电子整机产品制造业大体上可以分为上、中、下三个层次。最上面的层次是终端电子整机，如计算机、通信、各类音视频等电子整机产品，直接面对终端用户。中间层次是种类繁多的形成电子终端产品的电子基础产品，包括半导体集成电路、电真空及光电显示器件、电子元件和机电组件等。电子整机产品由电子基础产品组装、集成而成。最下面的层次是支撑着终端电子整机组装和电子基础产品生产的专用设备、电子测量仪器和电子专用材料，它们是整个电子信息产业的基础和支撑。

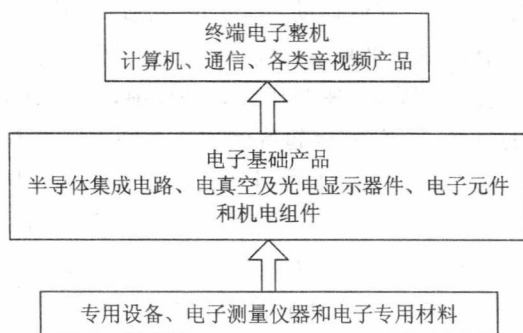


图 1.2 电子制造层次关系

如图 1.3 所示，电子产品的生产过程，从物理实现过程来看，分为三个层次：基础是集成电路制造，处于电子制造技术中的最高层，也是电子产品制造的基础；中间层是电子封装；电子制造技术的最低端是电子组装。

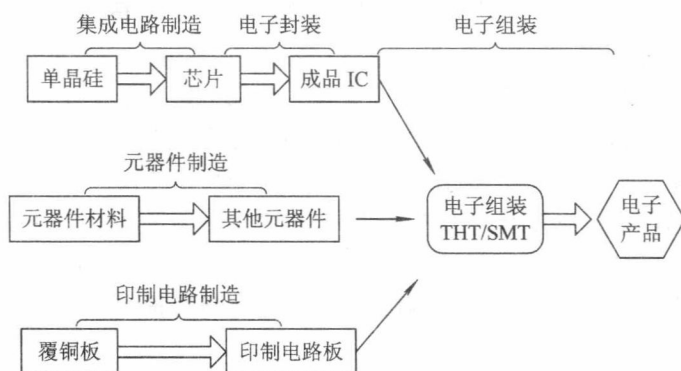


图 1.3 电子产品的物理实现过程

我国虽然号称世界电子制造大国，但是我们主要做电子组装和电子封装，以及一些低端的集成电路制造，处于产业链的末端，获得利润较少。2013 年 9 月 3 日，在国务院发展研究中心发布的《二十国集团(G20)国家创新竞争力发展报告(2011—2013)》黄皮书中指出，中国目前仍是一个技术和知识产权净进口国，关键核心技术对外依赖度高，80%的芯片都要靠进口。有关数据显示，中国一年制造 11.8 亿部手机，3.5 亿台计算机，1.3 亿台彩电，都居世界第一，但嵌在其中的高端芯片的专利费用却让厂家沦为国际厂商的打工者。中国 2012 年进口芯片总值 1900 亿美元，远超 1200 亿美元的石油进口。

IC 工业是当前全球经济发展的高速增长点，相信在不远的将来也会成为中国国民经济中最具活力的行业。在电子制造中，IC 制造为技术龙头。IC 制造包括晶圆制造、芯片制造、芯片封装和 IC 测试四个步骤。芯片制造工艺漫长，但是可以分为四种基本工艺：薄膜

工艺、图形转移工艺、掺杂工艺、其他辅助工艺。IC 制造中的图形转移工艺使用最多，其中的曝光机是电子制造所有设备中最复杂的设备，也是技术含量最高的设备。

芯片封装是指将芯片安装、固定、密封于封装基板中，并将其上的 I/O 点用导线/导体连接到封装外壳引脚上的过程。封装基板起着保护芯片和增强芯片电、热性能的作用。目前芯片的封装成本几乎和芯片的制造成本相当。从过去 10 年的发展情况来看，由于半导体制造工艺的进步和市场对微小芯片需求的急速增长，芯片 I/O 密度越来越高，芯片尺寸、芯片引线间距和焊盘直径不断减小，同时为提高生产效率，封装速度也在不断提高，因而对封装设备的运动精度(主要是定位精度)和运行速度、加速度提出了更高的要求。芯片封装中的关键设备包括倒装键合机、引线键合机等。

各式各样的芯片、元器件组装在 PCB 基板上就变成具备一定功能的板卡级部件，再加上一些辅助器件、外壳就构成了具备不同功能的电子产品。电子组装的基本过程就是将电子元器件与 PCB 基板进行互连。互连工艺由插接技术发展到现在以表面贴装技术(SMT)为主，SMT 技术极大地促进了电子组装的效率。表面贴装工艺过程包括 PCB 上印刷焊膏、贴装元器件、回流焊等。SMT 工艺的关键设备是贴片机，贴片精度、贴片速度、贴片机的适应范围决定了贴片机的技术能力，贴片机也决定了 SMT 生产线的效率。

在芯片制造与封装、电子组装的各个工艺阶段，几乎每一个工序都离不开检测。检测方法以非接触的光电检测技术为主，其中视觉检测方法使用最多。光电检测技术不但在生产工艺中使用很多，而且在电子制造设备的各个系统中大量使用。

总结电子产品的组成以及制造工艺流程，可以把电子制造技术归纳为下列技术。

(1) 芯片设计与制造技术：包括半导体集成电路的设计技术、晶圆制造技术。

(2) 元器件的互连封装技术：由晶圆到成品芯片的制造技术，包括晶圆检测与芯片封装技术。

(3) 无源元件制造技术：包括电容器、电阻器、电感器、变压器、滤波器、天线等无源元件的制造技术。

(4) 光电子封装技术：是光电子器件、电子元器件及功能应用材料的系统集成。在光通信系统中，光电子封装可分为芯片 IC 级的封装、器件封装、模块封装、系统板封装、子系统组装和系统组装。

(5) 微机电系统制造技术：利用微细加工技术在单块硅芯片上集成传感器、执行器、处理控制电路的微型系统。

(6) 封装基板技术：包括 PCB 制造技术、陶瓷基板制造技术等。

(7) 电子组装技术：现在以表面组装技术为主。

(8) 电子材料技术：其基础是电子材料的制备、应用技术。电子材料是指在电子技术和微电子技术中使用的材料，包括介电材料、半导体材料、压电与铁电材料、导电金属及其合金材料、磁性材料、光电子材料、电磁波屏蔽材料以及其他相关材料。

1.2 电子制造装备的分类与基本组成

对于现代电子制造而言,没有先进的装备不可能制造出现代化电子产品。了解现代电子制造装备及其发展,无论对于把握电子产业全局还是专注某一领域都是非常必要的。

现代电子制造装备中的光刻机、引线键合机、贴片机等设备是当今制造装备中的典型代表。它们是高精度、高速度、高度技术集成的大批量制造装备。例如,光刻机的晶圆、掩模工作台其位移控制精度达到了纳米或亚纳米级,已经是所有设备移动精度控制的极限。引线键合机的键合头、贴片机的贴片头是高速、高精度运动设备的典范。高速、高精度运动给设备结构设计、检测技术、运动控制带来了巨大挑战。

以光刻机、引线键合机、贴片机为代表的现代电子制造装备的设计制造技术横跨电子、机械、自动化、光学、计算机等众多学科,涉及精密检测、高速高精度控制、精密机械加工、计算机集成制造等核心技术。现在我国 IC 制造、电子组装制造业的持续高速发展以及光伏和半导体照明的迅速兴起,为电子制造装备带来了广阔的发展空间。我国在 2010 年已将半导体制造、电子组装的关键设备技术列为国家重大装备专项技术。2014 年国家半导体产业基金的成立极大地促进了我国电子制造装备技术的发展。

1.2.1 电子制造装备分类

电子制造装备门类繁多,业界多以行业分类为主,辅以装备特性划分门类。尽管电子产品种类众多,制造工艺过程复杂,但是,根据电子产品的构成以及产业链的形态,我们可以将电子制造总结为几个关键工艺流程:半导体芯片制造,芯片封装、测试,基板或膜电路制造,电子组装。电子制造装备的类型也可以按照电子制造的流程来划分。

1. 半导体制造装备

(1) 晶圆制备设备,包括单晶硅制造设备、圆片整形加工研磨设备、切片设备、取片设备、磨片设备、抛光设备和各种检验设备等。

(2) 电路设计及 CAD 设备,包括计算机系统、各种输入/输出设备和各种软件等。

(3) 制板设备,包括图形发生器、接触式打印机、抗腐剂处理设备、腐蚀设备、清洗设备和各种检验设备等。

(4) 半导体芯片制造设备,包括光刻设备(曝光设备、涂膜设备、显影设备、腐蚀设备等)、清洗设备、掺杂设备(离子注入设备、扩散炉)、氧化设备、CVD(Chemical Vapor Deposition, 化学气相沉积)设备、溅射设备、各种测试检测设备和分析评价设备等。

(5) 封装与测试设备,包括组装设备(划片设备、键合设备、塑封设备、老化设备)、试验设备(验漏设备、测试设备、数据处理设备、环境试验设备)等。

(6) 半导体工程设备,包括净化室、净化台、晶圆标准机械接口箱、自动搬送设备和环

境控制设备(超净水制造设备、废气处理设备、废液处理设备、精制设备、分析设备、探测器)等。

2. 电真空器件及平板显示器生产装备

电真空器件及平板显示器生产装备包括显像(显示)管制造设备、真空开关管制造设备、液晶显示器件制造设备、PDP(Plasma Display Panel, 等离子显示板)制造设备、VFD(Vacuum Fluorescent Display, 真空荧光显示屏)制造设备、电子枪制造设备等。

3. 电子元件及机电组件生产装备

电子元件及机电组件生产装备包括线束线缆设备, 电阻器、电容器和电感器制造设备, 敏感组件制造设备, 传感器制造设备, 晶体振荡器制造设备, 滤波器制造设备, 频率器件制造设备, 磁性材料及元件制造设备, 电子变压器制造设备, 开关制造设备, 接插件制造设备, 微特电机制造设备, 继电器制造设备, 电声器件制造设备, 电池生产设备, 陶瓷材料设备, 线圈制造设备等。

4. 陶瓷基板、印制电路板生产装备

陶瓷基板、印制电路板生产装备包括 PCB 基板加工设备和陶瓷基板加工设备。两种基板使用基础材料不同, 但是生产过程基本相同, 使用设备的类型也基本相同。陶瓷基板使用陶瓷烧结设备, PCB 基板使用压合设备。其他设备包括钻孔成形设备、湿制程设备、丝印设备、检测设备、电镀设备、喷锡设备、压膜机、曝光机、显影机、制板机、烘烤制程自动线以及环境工程设备等。

5. 膜电路制造装备

薄膜电路生产装备与半导体芯片制造装备基本相同。厚膜电路生产装备主要包括: 丝网印刷机、厚膜电路光刻机、烧结炉、激光调阻器等。

6. 组装及整机装联装备

组装及整机装联装备包括 SMT 焊膏印刷机、喷涂设备、点胶设备、自动插件机、贴片机、接驳台、上下料机、回流焊机、波峰焊机、炉温测量仪、清洗设备、返修设备、自动光学检测设备(AOI)、自动 X 射线检测设备(AXI)、环境设备、各种辅助设备(零件编带机、钢网清洁机、焊膏搅拌机、锡膏测试仪、元器件及印制电路板烤箱、锡渣还原机等)、氮气设备、电缆加工及检测设备等。

7. 其他装备

(1) 环境与试验设备: 包括高低温/恒温试验设备、湿热试验设备、干燥(老化)试验设备、防护(如防沙/防尘/盐雾/防水等)试验设备、冲击试验设备、振动试验设备、无损检测仪器、电磁兼容测试仪、力学试验设备等。

(2) 防静电设备: 包括防静电生产设备(防静电台车、台垫、周转箱、周转架、元件盒、座椅等)、防静电离子设备(离子风机、离子风帘等)、防静电地板、防静电测试设备(静电场测试仪、表面电阻测试仪、手腕带测试仪等)以及静电消除器等。

(3) 超声波设备: 包括超声波电镀设备、超声波清洗机、超声波焊接设备(塑焊机、熔接机、点焊机等)、超声波清洗干燥机、超声波冷水机、超声波熔断机等。

(4) 净化设备: 包括电磁屏蔽设备, 气体(氢、氧、氮等)纯化设备, 空气净化设备, 水纯化设备, 无尘室设备, 废水、废气处理设备等。

(5) 激光设备: 包括激光画线机、激光雕刻机、激光焊接机、激光切割机、激光打孔机、激光打标机、激光剥线机、激光测距仪等。

(6) 专业工具: 包括手工焊接工具(电烙铁、热风枪、锡炉等)、压接工具以及电动螺丝刀等。

电子制造的核心技术是半导体 IC 芯片的设计与制造技术、半导体芯片的封装测试技术以及电子组装技术。

光刻机与贴片机分别是集成电路制造和组装制造的关键设备, 而集成电路制造和组装制造则是电子制造产业中最关键、规模最大的两个行业, 因此行业中通常以拥有这两种设备的数量和水平, 作为衡量一个国家或地区的半导体制造和电子整机制造能力及水平的标志, 所以光刻机、高速多功能贴片机等电子制造关键设备的研制对于我国实现由电子制造大国向电子制造强国的转变至关重要。

1.2.2 电子制造典型装备的基本组成

在众多门类的电子制造装备中有一些关键设备。例如, 半导体制造中使用次数最多的是光刻工艺, 光刻工艺的关键设备是曝光机; 芯片封装、测试工艺过程中的典型设备是晶圆测试设备、芯片键合设备; 电子组装中使用的关键设备是贴片机、全自动焊料涂敷机(丝网印刷机、焊膏喷印机), 以及生产线中大量使用的 AOI(Automatic Optic Inspection, 自动光学检测)设备。这些设备的共同特点是借助光电检测技术实现精密机械对位。光刻机、芯片键合机、丝网印刷机、贴片机、AOI 等光机电一体化设备的设计制造技术横跨电子、机械、自动化、光学、计算机等众多学科, 涉及精密光电子、高速高精度控制、精密机械加工、计算机集成制造等核心技术, 是典型的光机电一体化设备。

1. 电子制造典型装备的构成

光刻机、晶圆测试机、芯片键合机、丝网印刷机、贴片机等典型电子制造设备的共同特点是: 在工作时工作台与工作头部件都需要准确对准, 对准精度达到微米或纳米级, 对准时间在几个到几十毫秒间。电子制造装备中典型对准操作的例子有:

- 投影式曝光时需要将掩模板、晶圆分别与掩模台、晶圆工作台对准, 然后将掩模台与晶圆工作台准确对准。晶圆重复曝光时需要反复的位置对准, 对准精度达到纳米级或亚纳米级。
- 晶圆测试系统探针与晶圆要对准, 对准精度达到微米级。
- 芯片倒装键合时, 首先将芯片上的凸点与基板上的焊盘对准, 然后进行键合操作,

对准精度达到微米级。

- 芯片与基板采用引线键合方式互连时,引线键合劈刀与芯片焊盘要快速对准,对准精度达到微米级。

- 晶圆加工、芯片封装、基板制造采用激光焊接、切割、打孔加工方法时,都是先对准加工位置再加工,对准精度达到微米级。

- 全自动丝网印刷机印刷时网板与基板首先要对准,对准精度达到几十微米级。

- 贴片时贴装元件引脚必须与 PCB 基板上的焊盘对准,对准精度达几到几十微米。

因为工作头不能接触工件,并且需要快速对准,所以上述对准操作都采用非接触的视觉识别技术或者其他光电检测技术以达到快速、高精度对准的目的。这些设备基本都采用精密机械-光学系统-CCD 摄像机-微机控制的方案。如图 1.4 所示,这些设备的基本组成包括:多自由度精密位移工作台,机架或基座、高速、高定位精度的夹持机械手或工具,光学/电子束加工系统,视觉检测系统,伺服驱动系统,检测与传感系统,计算机控制系统。

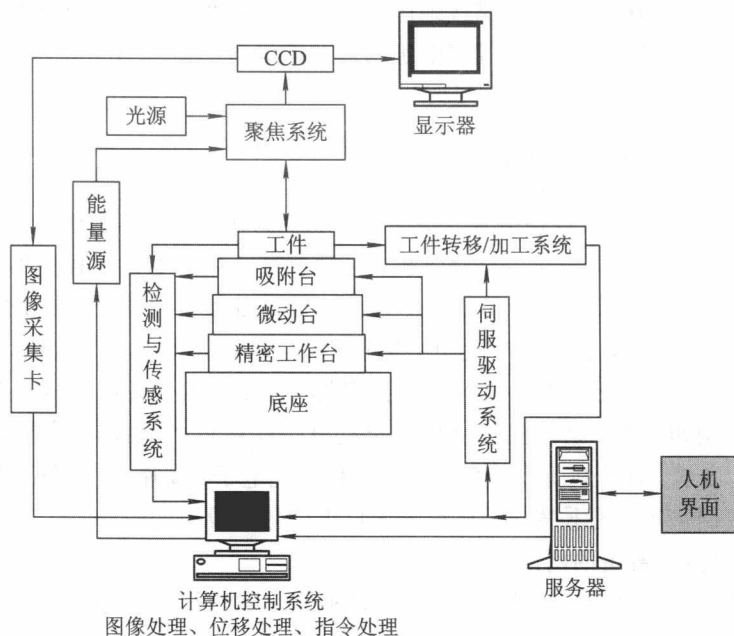


图 1.4 电子制造装备系统典型结构形式

(1) 精密位移工作台。精密位移工作台主要部件包括高刚度的工作台以及支持工作台的导轨系统。导轨系统主要为精密无摩擦式气浮或磁浮导轨,或者摩擦系数较小的滚动导轨;工作台可以实现大行程高精度位移或者精密微位移。目前,高精度、高速位移的直线驱动工作台基本上都采用直线电机驱动方式,减少了机械传动环节,提高了系统响应速度。曝光机的工作台采用宏动加微动工作台的方式,实现更高精度的位移。