

现代光学 制造技术

Modern Optics
Manufacturing Technology

舒朝濂 主编

舒朝濂 田爱玲 杭凌侠 郭忠达 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

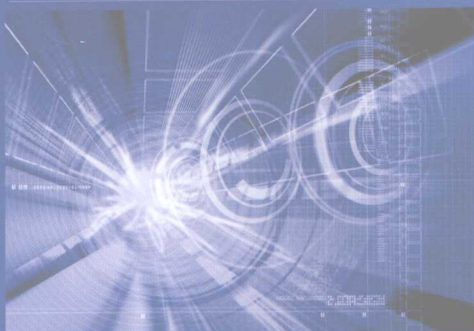
4859.291682.43:0220 * IIII

责任编辑: 孙严冰
曲 岩
责任校对: 钱辉玲
封面设计: 王晓军

ybsun@ndip.cn
yqu@ndip.cn
xjwang@ndip.cn

现代光学 制造技术

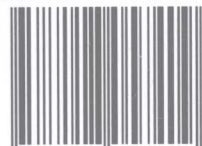
Modern Optics
Manufacturing Technology



► 上架建议: 光学制造 ◀

<http://www.ndip.cn>

ISBN 978-7-118-05740-9



9 787118 057409 >

定价: 40.00 元

现代光学制造技术

舒朝濂 主编

舒朝濂 田爱玲 杭凌侠 郭忠达 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

伴随着“中国制造”的发展,光学制造在国内发展迅猛异常,本书是在调查研究国内外光学制造现状的基础上编著而成的。全书分为三篇,共十八章,另外还包括两个附录。第一篇是光学材料及辅料,用新的视觉介绍了光学玻璃、光学晶体、光学塑料和光学辅料;第二篇用七章的篇幅介绍了透镜、平板和棱镜的制造技术;第三篇用较大的篇幅介绍了镀膜、微细加工、胶合、非球面制造、光学工具制造等特种工艺技术。附录是两个最新的相关国际标准。

本书的特点:一是反映企业最新的、大批量的光学制造技术,企业已经不用或很少使用的技术,书中不再涉及;二是贯彻国家标准(GB)和国际标准(ISO),以此规范工艺技术;三是理论联系实际、图文并茂。

本书可以作为光电信息工程、光信息科学与技术、测控技术及仪器的高年级本科生、光学工程学科的硕士研究生相关课程的教科书;也很适合光学制造领域的工程技术人员阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代光学制造技术 / 舒朝濂主编. —北京:国防工业出版社, 2008.8

ISBN 978 - 7 - 118 - 05740 - 9

I. 现... II. 舒... III. 光学零件 - 制造 IV. TH740.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 068937 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 26 插页 1 字数 600 千字
2008 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 40.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474
发行业务:(010)68472764

序

随着“中国制造”的发展,中国光学制造已经开始在国际经济舞台上有了重要的地位,中国的光学玻璃产量和光学零件产量已经名列世界第一。尽管我国在光学制造设备、光学检测仪器、光电探测器等高端产品和技术方面与发达国家还有相当的距离,但是,有了初步的工业基础,有了大批量生产技术的积累,有了掌握这些技术的工人和工程技术人员,伴随着科学技术的发展,中国的光学制造是很有希望的。

在中国光学制造的发展中,为了培养人才的需要,西安工业大学的舒朝濂等几位教授深入企业调查研究,编著了这本《现代光学制造技术》。书中的内容,反映了目前中国企业大批量生产光学零件的基本技术,而且引入光学和光学仪器的许多国家标准、国际标准,以便使目前企业的技术发展,符合规范并紧密和国际标准接轨。我认为,这本书的出版缩短了学校和企业的距离,有利于高等学校培养的这类专业的毕业生更好地投身我国光学制造的事业;这本书的出版也宣传了国家标准和国际标准,有利于企业的工程技术人员和学校的学生增强标准化意识,具有国际化的眼光,因为标准是规范生产技术的产物。

近年来教学改革趋向于通识教育,拓宽专业进行大学科教育计划。致使专业课时大为削减,在实践环节上更是由过去的认识实习、生产实习、毕业实习,变为现在仅有两三周的社会实践,更为严重的是学习光学仪器的竟然不学光学工艺与制造。一个光学仪器专业的毕业生居然不知道透镜是如何制作出来的。这是当前光学教育改革中的误区,我感到让学生学习一些光学制造的课程是极为必要的,也是当前在教育上应重视的问题。

我本人去过西安工业大学,参观过他们的微光电器件、薄膜技术和光学检测实验室,我感觉这所大学和企业贴得很近,他们培养的学生面向企业,他们实验室的设备有不少是企业捐赠的,他们的科研项目也比较结合生产实际,这些说明这个学校很有特色,我想这本书的出版,也是这种办学特色的体现。

我希望中国的大学能按自己的定位发展,但学习光学有关专业的学生在光学制造知识上有所提高,在任何时期我想都是必要的。因此,本书的出版不仅可供从事光学行业的同仁参考,也是光学有关专业学生的一本很好的参考书,为此写此文为序,以表示支持。

中国工程院院士、清华大学教授、
国际光学委员会(ICO)副理事长

金国盾

2008年4月1日

前 言

伴随着“中国制造”的发展,光学制造在中国大陆的土地上方兴未艾,发展迅猛异常。虽然国产的设备、辅料、材料性能受限,满足不了发展的需要,但是开放的国策、全球的市场弥补了国内许多不太具备的条件。

因为光学制造的发展,国内需要这个领域的技术人员,但这方面的技术书籍,无论是培训教材还是教科书都很缺乏。20 世纪 80 年代,出版过几本不错的教科书,只是经过 20 多年的发展,书中的许多内容都比较陈旧了,落后的工艺,企业也已经不用了。教育教学改革的实施,质量工程的贯彻,推动我们面向企业,编写一本反映先进光学制造技术的教科书。教科书的内容应该是反映企业大批量制造光学零件的技术,而不去反映光学制造正在探索中的科研成果。

想法变成现实用了三年,三年来我们负责编写的同志去了国内的许多企业调查研究,收集有关资料,尽管我们都是这个领域的教授,都有在这个领域从事多年实际工作的经历,但是要把企业正在生产的技术反映出来,却不是一件容易的事情。当前,企业的市场竞争十分严峻,为了自身的发展,企业对工艺技术的保密都抓得很紧,所以想从企业获得相应的技术资料是很困难的。尽管如此,不少企业还是对我们的工作表示了极大的支持,本书的出版,也是他们竭力支持的结果,在此仅向这些企业的领导和技术人员表示衷心的感谢!

在全国的光学制造领域,有众多的西安工业大学(原西安工业学院)的校友,这是这所办学已经 50 多年高等学校的骄傲,国家的一个行业里,一个高等学校的校友占了相当的比重,这是学校特色的体现。在本书的编写过程中,特别是在调查研究的过程中,得到了许多校友的帮助,在此也向他们表示衷心的感谢!特别是“利达光电”为本书提供了许多精美的照片,使本书增色不少。

这本书的特点,一是力求反映企业最新的光学制造技术,企业已经不用或很少使用的技术,书中不再涉及,比如:球面的上盘技术。二是力求贯彻国家标准(GB)和国际标准(ISO)。标准是规范工艺技术的指南,是保证产品质量的法律文件,中国的光学制造在走向世界的过程中,更需要熟悉国际标准。三是力求理论联系实际、图文并茂。工艺技术的操作,学生在没有感性认识的情况下,比较难写难讲,所以本书尽可能深入浅出,使用大量的插图,把关键技术说清楚。

本书的第一章~第七章、第十二章、第十五章、第十七章、第十八章由舒朝濂教授编写;第八章~第十一章、第十四章由田爱玲教授编写;第十三章由杭凌侠教授编写;第十六章由郭忠达教授编写。全书由舒朝濂教授统稿,朱学亮、吴慎将、刘丙才三位

老师参加了部分插图的摄影、绘制和文字录入的工作。

本书的结构,第一章是绪论性质,叙述了光学制造的历史、内涵、发展形势和特点;第十八章是工艺规程设计,是在车间从事工艺技术工作的任务。中间的十六章可以分成三个部分,前四章是光学材料、辅料;紧接着的七章是围绕透镜和棱镜的制造展开的基本工艺;后五章是特种工艺,是光学制造中技术密集的区域。最后选择了有关的国际标准作为附录。

本书适合光电信息工程、光信息科学与技术、测控技术及仪器的高年级本科生、光学工程学科的硕士研究生和光学制造领域的工程技术人员阅读、参考。

在本书的编写过程中,中国工程院院士金国藩教授、中国光学学会光学制造专业委员会主任杨力研究员提出了许多宝贵的意见,特此致谢!另外,西安工业大学光电工程学院和西安工业大学北方信息工程学院也为本书的编写提供了许多帮助,在此也表示感谢!

由于编著者的水平有限,书中的错误和不足在所难免,欢迎读者提出批评意见。

舒朝谦

2008年3月31日于西安工业大学

目 录

第一章 光学制造的历史、内涵和特点	1
第一节 从传统光学向光电子学的发展	1
第二节 从光学仪器向光电仪器的发展	2
第三节 光学制造技术的发展	5
参考文献	12

第一篇 光学材料及辅料

第二章 光学玻璃	13
第一节 玻璃的本质	13
第二节 光学玻璃的特性	16
第三节 无色光学玻璃	20
第四节 有色光学玻璃	31
第五节 特种光学玻璃	34
参考文献	36
第三章 光学晶体	38
第一节 结构和分类	38
第二节 光学晶体的性质	40
第三节 常用光学晶体	44
参考文献	47
第四章 光学塑料	48
第一节 应用和分类	48
第二节 光学塑料的主要特性	49
第三节 常用光学塑料	53
参考文献	56
第五章 光学辅料	57
第一节 磨料	57
第二节 抛光粉	60
第三节 抛光材料	62
第四节 粘结、保护材料	64

第五节 冷却液	65
第六节 清洗材料	66
参考文献	67

第二篇 基本工艺

第六章 光学零件通用技术要求	68
第一节 光学零部件图及其标注	68
第二节 对光学零部件的技术要求	75
第三节 光圈的识别	91
参考文献	96
第七章 光学零件毛坯的成型	98
第一节 热压成型制造毛坯	98
第二节 毛坯制造的其他工艺方法	107
参考文献	108
第八章 铣磨	109
第一节 金刚石铣磨机理	109
第二节 磨外圆工艺	109
第三节 面形铣磨工艺	112
参考文献	122
第九章 透镜的精磨	123
第一节 球面高速精磨设备	123
第二节 球面金刚石精磨模和精磨夹具	125
第三节 工艺参数对球面高速精磨的影响	130
参考文献	133
第十章 透镜的抛光	134
第一节 玻璃的抛光机理	134
第二节 准球心法高速抛光	136
第三节 古典抛光和高速抛光的比较	144
第四节 零件的清洗	145
第五节 零件的腐蚀与防护	147
参考文献	149
第十一章 透镜的定心和磨边	151
第一节 透镜中心误差的表述及相互关系	151
第二节 光学法定心	153
第三节 机械法定心	158
第四节 磨边与倒角工艺	160

参考文献	166
第十二章 平板和棱镜的制造	167
第一节 概述	167
第二节 平面光学零件的双面加工技术	168
第三节 平面光学零件加工的基本技术	173
第四节 高精度棱镜的加工技术	188
第五节 高精度平面的加工技术	190
参考文献	193

————— 第三篇 特种工艺 —————

第十三章 镀膜	194
第一节 引言	194
第二节 膜系设计基本理论及应用	199
第三节 热蒸发镀膜与离子束辅助沉积技术	210
第四节 等离子体增强化学气相沉积技术	222
第五节 溅射镀膜技术	230
第六节 薄膜制造监控技术	241
第七节 薄膜特性检测技术	243
参考文献	247
第十四章 胶合	249
第一节 概述	249
第二节 胶合透镜的定心	250
第三节 胶合工艺	252
第四节 光胶工艺	257
参考文献	260
第十五章 光学微细加工	261
第一节 发展现状和趋势	261
第二节 光学光刻工艺技术	263
参考文献	272
第十六章 非球面制造	273
第一节 非球面的分类	273
第二节 非球面的特性	277
第三节 研磨抛光法制造非球面	286
第四节 计算机控制制造非球面	295
第五节 光学塑料注射成型制造非球面	306
第六节 光学玻璃模压成型制造非球面	317

第七节 非球面检测	323
参考文献	330
第十七章 光学工具和样板	331
第一节 光学工具	331
第二节 平面样板	335
第三节 球面样板	337
参考文献	350
第十八章 工艺规程设计	351
第一节 对被加工零件的工艺分析	351
第二节 毛坯选择和确定加工余量	352
第三节 工艺过程设计和工序设计	355
第四节 定额、成本预算和经济分析	359
参考文献	362
附录 1 INTERNATIONAL STANDARD ISO10110 - 1. Optics and photonics—Preparation of drawings for optical elements and systems—Part1:General. Second edition. Switzerland :International Organization for Standardization,2006	
附录 2 INTERNATIONAL STANDARD ISO10110 - 10. Optics and photonics—Preparation of drawings for optical elements and systems—Part10:Table representing data of optical elements and cemented assemblies. Second edition. Switzerland: International Organization for Standardization,2004	

第一章 光学制造的历史、内涵和特点

第一节 从传统光学向光电子学的发展

中国光学事业的现代开拓者之一,原中国科学院副院长严济慈(Yan Jici, 1900—1997)教授说过,“光学是一门很老的科学,又是一门很新的科学”,很老是因为,公元前5世纪,我国春秋战国时期的学者墨翟(Mo Di, 约公元前480—420),在他的著作《墨经》中,记载了光的直线传播特性、小孔成像、平面镜成像、凸面镜成像、凹面镜成像的原理和物体成影的讨论,这些关于几何光学的研究是人类历史上最早的光学文献;在古希腊文明中,公元前3世纪,著名学者欧几里德(Euclid, 公元前330—275)在他的著作《反射光学》中,叙述了光的直线传播定律和反射定律,提出了光的投射学说;这些光学早期著作说明了,人们运用光学基本定律的时间还要更早。

很新是因为,随着21世纪的到来,宇宙的开发、生物的合成、通信的发展、能源的利用等都离不开发展中的光学,人们视力、听力的延伸,甚至脑力、体力的拓展,都要借助于新兴的光学,光学和其他学科之间的相互交叉和彼此拓展形成了一批新的学科分支,如光谱学、纤维光学、薄膜光学、傅里叶光学、非线性光学、自适应光学、微光学等。光已经成为一种优良的信息载体,同时它又是一种能量的载体,人们利用光的强度、振幅、振动方向、频率、相位和色彩的变化来创造世界、改造世界,很多前景十分诱人的产业是因为先在光学理论上有所突破,而变为实际可能的,从这个意义上讲,光学又是一门很新的科学。

光学学科的发展,经历了从传统光学向现代光学的转变,使得单一的光学逐渐演变成光电子学,在这个重要的历程中,记载了一些有着特别重要贡献的人和事情:

19世纪初,物理学的各个分支,如力学、光学、电学、磁学等,原本都在独立、同步地发展着,后来丹麦物理学家奥斯特和法国物理学家法拉第相继发现了电和磁、磁和电的相互转换。英国物理学家麦克斯韦(C. Maxwell, 1831—1879)在1865年提出定量描述电磁波的麦克斯韦方程组时,指出:光波也是电磁波,他理论计算的电磁波速度与当时实验测定的光速一致,虽然这个结论争论20多年以后才被普遍接受,但是它从理论上第一次揭示了光和电的同一性。

1887年,德国物理学家赫兹(R. Hertz, 1857—1894)在电磁波的实验中不仅证实了光波是电磁波的理论,而且第一次发现了光电效应现象,尽管当时对光的本质的认识,还不能很好地解释这个现象,但这是在实验上首次实现了光对电的转换。

1905年,20世纪最伟大的物理学家爱因斯坦(A. Einstein, 1879—1955)发表《关于光的产生和转化的一个启发性观点》的论文。他在德国物理学家普朗克(M. Planck, 1858—1947)提出量子概念的基础上,提出了光量子的假说,并成功地解释了光电效应现象,他还进一步研究了发光的微观物理机理,提出了受激辐射概念,为以后激光的产生打开了理论的大门。

1954年,美国物理学家汤斯(H. Townes, 1915—)和他的同伴,根据在微波系统中加装共振腔的思想,成功地制成世界上第一台微波激射器,并将其命名为“maser”,虽然激射器的工作波长为12.5mm,输出功率只有 10^{-3} W,但此后用这种办法实现粒子数反转的各种微波激射器相继问世,科学家逐步将工作的目标转向光频,催促了激光的问世。

1960年,美国物理学家梅曼(H. Maiman, 1927—)使用一块方形的红宝石晶体构成的激光器,得到了方向性和相干性都很好的红色激光,正式报道了这一消息后,贝尔实验室立即重复了这一实验,确认它是由于受激辐射产生的光,于是被命名为“laser”,此后各种激光器相继问世。激光的工作物质包揽固体、气体、液体、等离子体,激光的输出波长从亚毫米波到X射线,脉冲激光的输出脉宽越来越窄,强激光输出的功率越来越大,激光的应用领域越来越宽广。激光的发现是光学和电子学“联姻”的产物,它的进一步发展派生了许多光学的分支,它是现代光学——光电子学形成和发展的标志。

1967年,在前人利用光导纤维短距离传光、传像的基础上,英国物理学家高昆(C. Kuen Kao, 1933—)提出,消除光导纤维中的有害杂质,可以大幅度提高光导纤维的传光能力并用于激光通信。1980年康宁公司研制出20dB/km的低损耗光导纤维,证实了高昆的设想,打开了光纤通信飞速发展的门户。通信理论由单一的电子学转向光电子学这是现代光学发展的又一个重要标志。

20世纪60年代,在通信理论和传统光学的同一性的探索中,科学家将通信理论中采用的时域频谱的分析方法用到光学的空间域中,对透镜成像、干涉、衍射等现象进行分析,得出了和传统光学完全相同的结论,这就诞生了“傅里叶光学”,并成为光信息处理的理论基础。光和电的相互融合已经从本质的认识、相互的转换,达到了统一理论基础的程度。

第二节 从光学仪器向光电仪器的发展

一、发展概况

光学仪器是紧随着光学学科的发展而发展的,这是因为:一方面它是光学基本理论的应用,成功的应用可以证明理论的正确;另一方面它又是探索理论发展的有用手段和工具,许多科学家正是利用当时先进的仪器,使理论又有了新的突破。

世界上第一台堪称光学仪器的仪器应该是望远镜,传说望远镜是意大利物理学家伽利略(G. Galilei, 1564—1642)发明的,但事实上是荷兰的一个眼镜工匠1608年制造的,他将这台望远镜卖给了荷兰政府,荷兰政府的官员意识到这种仪器在战争中能方便地观察敌情,故而对此实行保密。伽利略是第二年从一个荷兰朋友那儿知道了消息,并自己动手做了一台,他运用光学知识,对仪器进行了改进,被后人称为伽利略式望远镜。伽利略主要用望远镜进行天体观察,发现了月亮上的山脉、木星的卫星和太阳的黑子。

伽利略还把他造的望远镜送了一台给德国物理学家开普勒(J. Kepler, 1571—1630),开普勒用正透镜取代伽利略式望远镜里的负透镜。他对望远镜进行的这种改造,不影响对天体的观察,这种望远镜被后人称为开普勒式望远镜。望远镜的发明首先在天文学的发展中得到运用,它在科学发展的历程中,有力地证明了15世纪末哥白尼提出的宇宙以太阳为中心的“日心说”的正确。

第二种问世的光学仪器就是显微镜,据有的文献说,1609年伽利略造出了望远镜以后,即着手设计制造显微镜,并用自己制造的显微镜观察动物,发现了昆虫的复眼。也有文献说,1612年荷兰人詹森父子制成第一台显微镜。最开始利用显微镜取得突出科学成就的是意大利生物学家马尔比基,1660年他用显微镜发现了青蛙肺里满布的毛细血管,研究了蚕的呼吸系统,从而发明了比较解剖学方法,他还用显微镜研究了小鸡在鸡蛋里的发育过程,发展了胚胎学,显微镜的初始应用主要在生物学和医学领域的微观观测中。

在以后漫长的四个多世纪的时间里,随着科学技术的发展、人们生产生活的需要以及战争胜负的驱使,光学仪器作为人们眼力的提升的工具,得到比较快的发展,光学工程作为光学的一门应用技术,也普遍得到科学技术工作者的认同。但是,这时候的光学仪器大都是目视光学仪器,也就是说,需要用眼睛通过仪器来观测;或者用感光胶片进行接收,冲洗胶片之后对胶片进行判读。这种难以记录、不能实时的局限是因为它的学科基础还处在传统光学阶段,光和电还没有达到融合互通的时期。这个时期,光学仪器还有另外一个学术名称,就是“光学精密机械”,因为仪器除了简单的照明系统之外,没有什么复杂的控制电路,仪器的主体就是光学系统和精密机械系统。

20世纪50年代,随着半导体晶体管的问世和逐渐普及,集成电路开始出现,60年代半导体激光器诞生,70年代半导体激光器实现了在室温下的连续工作,实现了光电集成,同时以电荷耦合器件(Charge Couple Device,即CCD)为代表的光电转换器件相继出现,它们均具有体积小、质量轻、结构简单、功耗小、成本低、传输快、噪声小等优点。目前,微电子器件的集成水平已经达到几十亿个,光电子器件的集成水平也已经达到近千个,微电子技术和微光电子技术的发展,使光电探测技术和光电转换技术日趋成熟,因此,传统的光学仪器越来越少,现代的光电仪器越来越多。

就现代光电仪器本身而言具有如下的一些特点:

1. 总体设计一体化

传统的光学仪器,总体设计只需要光学和精密机械的知识,如今的光电仪器,简单一点的,也需要光电子学、电子学和精密机械的知识;复杂一点的,还需要计算机硬、软件方面的知识,这就是平常说的“光机电算一体化”。

2. 使用操作智能化

在现代光电仪器中,往往通过计算机软件 and 控制系统使得它的操作界面十分简单、方便、安全,稍微培训,就能上岗操作,最普及的例子就是能做到自动曝光自动调焦的“傻瓜”照相机,它的智能化程度比传统照相机要好得多。

3. 信息获取实时化

现代光电仪器的信息获取都是实时记录、实时处理、实时显示,甚至实时远距离传输,完全改变了传统光学仪器的非实时和主观性,在一些要求获取实时信息的系统里,这个特点非常重要,比如光电在线检测仪器和远程控制仪器,如果不能获取实时信息,则不可能实现在线检测和远程控制。

4. 观测性能精确化

由于激光器和探测器等器件的性能不断提高,以及采取了各种光的调制技术、窄带滤波技术、电子细分技术、软件修正技术等,极大地提高了光电仪器的检测精度和分辨率,目

前,长度的检测已小于纳米,角度的检测已达微秒。

5. 记录功能整合化
光电仪器获取的信息,无论是数据还是声音或图像,都能按照事先设计好的程序,自动进行处理,从而得出关键的信息,并显示出来;对这些信息还可以打印、存储、传输,并按照使用者的需要,遵令而行,这种对获取信息结果的整合处理,是传统光学仪器所不能比拟的。

6. 显示图像数字化
随着全球宽带光纤网络的发展,图像数字化已经是必然趋势,现代光电仪器的图像显示,数字化处理所占据的比重目前已经超过 50%,实现了数字化图像,就能够远距离传输,就可以方便系统地进行远程控制。

7. 系统控制远程化
系统性能和程序的远程控制是现代光电仪器,特别是大型和特大型的光电系统的又一特点。应对现代国防和战争需要的,如光电制导、光电对抗、卫星侦察等技术;满足现代化建设需要的,如资源普查、宇宙探索、机器人施工等技术,都是对光电仪器采取远程控制的办法。

二、光电仪器分类

光电仪器的分类,常规的是按照仪器的用途来分,大致可以分为如下类型:

1. 家庭消费类
随着人们生活的改善,这类光电仪器迅速进入家庭,成为丰富人们生活的重要组成部分,主要有:普通照相机、数码照相机、望远镜、Mini DV 摄像机、微型摄像头、背投电视等。

2. 办公仪器类
随着办公现代化,办公和商务活动中使用光电仪器的数量日益增加,水平日益提高,主要的有:复印机、激光打印机、普通纸传真机、图像扫描仪、条形码读出器、投影仪等,这类仪器和家庭消费类仪器随着家庭化办公(soho)的兴起,实际上是交融的。

3. 光盘读写类
随着光盘的诞生和发展,这一类光电仪器迅速发展,产业的规模日益做大,从 CD 到 VCD 到 DVD 到 EVD;从只读(ROM)到可加写(R、RAM)到反复擦写(RW、MD、MO、PD);不仅成为个人计算机必要的外部设备,而且独立发展了各种光盘播放专用设备,进入家庭和个人消费。

4. 大地测量类
根据用途的不同,这类光电仪器又分为地对地的大地测量仪器,如经纬仪、水平仪、激光测距仪等,它随着建房、修路、移山、改水等基本建设的需要而发展;另一种是空对地的大地测量仪器,主要是星(卫星)载和机(飞机)载的大地测量仪器,承担海洋开发、森林防护、资源考察、地图绘制、污染检测、气象预报等任务,如航摄多光谱照相机、干涉成像光谱仪、扫描辐射计等。

5. 天体测量类
随着人类探索宇宙的升温 and 地球卫星业务的发展,大地对天空的观察和测量技术发展很快,目前,世界上有实力的国家都在发展和制造大口径天文望远镜、卫星测量和控制

系统。世界上最大口径的天文望远镜,口径已达 10m;测量卫星的最远距离已达 8000 多千米,精度达到厘米(cm)级。

6. 精密计测类

根据被测量的物理量的不同,这一类光电仪器又可以再分成几种,一种是检测长度、角度和尺寸位置误差的光电计量仪器,如:各种工具显微镜、测长仪、测角仪、比长仪和测量投影仪等;另一种是检测各种光学参数的光电测试仪器,如:各种干涉仪、激光干涉仪、光谱仪、摄谱仪和成像质量测定仪器;第三种是检测高速运动的枪弹、炮弹、导弹弹道参数和运动姿态的靶场光电仪器,如各种高速摄影机、电影经纬仪、弹道相机、光电探测靶等;第四种是检测物质微观结构的电子显微镜,如:透射电子显微镜、扫描电子显微镜、扫描隧道显微镜、扫描探针显微镜、原子力显微镜等。

7. 光纤通信类

随着光纤网络铺设的全球化和个人计算机在全球“信息高速公路”上的联网用户数的迅速增加,这一类光电仪器是正在发展中的仪器设备,发展前景十分诱人,这一类设备主要有:光纤用户系统、光纤干线系统、波分复用(WDM)系统、电视传输系统、空间传输设备等。

8. 医用仪器类

随着医学和工程学的紧密结合,激光技术在医学中得到广泛的应用,产生了许多眼科用、外科用、牙科用激光仪器,如:激光视网膜手术仪、准分子激光眼科手术仪、激光手术刀、断层扫描仪(CT)等。

9. 激光加工类

激光在精密加工技术中的应用,促进了精密加工技术的发展,一是在激光打孔、焊接、切割和成型加工方面,派生出这一类激光加工设备;二是激光微细加工,广泛应用在微电子技术和微光学技术中的镀膜和光刻设备等。

10. 红外夜视类

红外光电仪器将人眼的视域极大地展宽,它将时域从白天拓展到黑夜,空域从地面拓展到地下,频域从可见波段拓展到近红外波段,产生了各种微光夜视仪和红外热成像仪器,广泛应用于战争和社会治安。目前,各种微光夜视仪和红外热成像仪器都已经发展到第三代。

11. 光电对抗类

将光电技术用于现代战争,交火双方先不派出地面部队,而用远程导弹和军用飞机轰炸对方的重要目标,战争的这一阶段需要使用先进的光电制导和光电对抗技术,包括光电侦察、光电欺骗、光电干扰、光电攻击和光电摧毁,从而派生出相应的光电仪器和设备。

第三节 光学制造技术的发展

一、光学制造技术内涵

所谓“光学制造技术”,广义是指光电仪器的制造技术,由于光电仪器是由光学、精密机械、电子系统和计算机组成的,精密机械制造可以包含在机械制造技术中,电子控制和计算机可以包含在微电子技术中,只有光学零件的制造和光学系统的装配和校正有其特

殊性,其他的学科不能包含,所以,光学制造技术从狭义上讲,就是指光学零件的制造和光学系统的装配和校正。在传统的“光学仪器”本科专业的课程中,这是两门专业课的内容。

本书所叙述的光学制造技术,主要指光学零件的制造,讨论怎样把光学材料高效、优质地加工成各种合格的光学零件,其中包含必要的光学检验。

在光学制造领域,光学零件的加工精度和制造批量不同,往往所使用的设备和采用的工艺也会有很大的差别,比如:光学制造企业,为了把光电仪器批量推向市场,主要承担着光学零件大批量的生产任务,一个零件在一个企业一年的生产批量有时能达到上百万甚至更多;而高校和研究院所从科研出发,他们所需要的光学零件可能只有几件,这种批量的差异对制造技术水平的影响是很大的。本书所叙述的光学制造技术侧重于企业的批量制造技术。

二、发展概况

光学制造技术的发展是随着光学仪器的发展而发展的,在光学仪器向光电仪器发展的过程中,随着生产品种和批量的不断增加,光学制造技术也产生了质的变化。

最早的光学制造技术是从磨眼镜片开始的,而磨眼镜片又是继承了宝石的加工技术。根据现存文献的记载,眼镜的发明和使用大约开始于 1280 年,尽管当时使用眼镜的人很少,使用眼镜本身就是地位高贵的象征,文献记载眼镜是用玻璃在铁质的磨具上研磨,然后抛光制造出来的。

随着眼镜的逐步推广和望远镜、显微镜的出现,开始有学者研究光学制造技术,一些在光学上有显著贡献的科学家,如:培根(R. Bacon, 1214—1292)、伽利略、开普勒、牛顿(I. Newton, 1642—1727)、夫琅和费(J. Fraunhofer, 1787—1826)等,他们也同时对光学制造技术的发展做出了显著的贡献,在他们的著作中用大量篇幅描述透镜和棱镜的制造技术。牛顿是第一个使用沥青来进行抛光的人,夫琅和费则是第一个使用球面样板来精确检验球面面形的人。

迄今为止,找到介绍磨制眼镜片资料的最早时间是 1585 年,文献叙述得极为简单,而第一个极为详细、完整地叙述了透镜制造技术的人是德奥兰斯(C. d'Orleans),他在 1671 年出版的著作中,介绍了研磨透镜的磨具、制造磨具的材料和他为车制磨具而创造的车床;介绍了他认为优良的磨料以及磨料分级的方法;介绍了他自己发明的几种研磨机器,其中有的就是现在使用机器的前身;介绍了他使用的抛光材料以及这些材料的制备方法;介绍了加大研磨速度是减少体力消耗最简便的办法等。

在望远镜和显微镜问世以后 200 多年的时间里,按照光学要求设计的仪器,经过制造以后成像质量总是时好时坏,相当长的时间找不出原因,直到 19 世纪初期,才知道这是由于没有对制造光学零件的材料——玻璃提出相应的要求所导致的,于是有人开始专心研究光学玻璃的制造。英国人查恩斯(L. Chance)1838 年提出了第一个制造光学玻璃的专利,而真正在光学玻璃制造上取得重大突破的是,1876 年德国物理学家阿贝(E. Abbe, 1840—1905)和玻璃制造者肖特(O. Schott),他们合作不仅在技术上建立了光学玻璃的系列,解决了消除色差的问题,稳定了仪器制造质量;而且在商业上使德国很长时间成为光学玻璃生产的垄断国。