



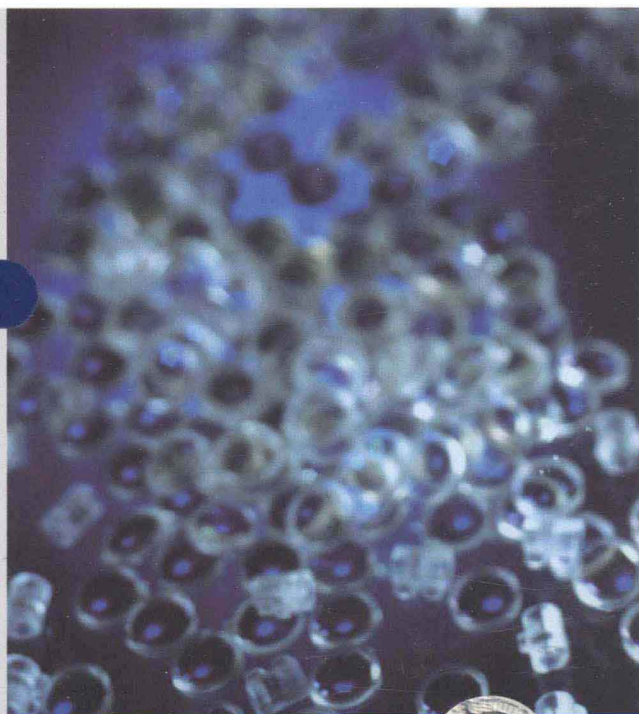
塑料光学手册

Handbook of Plastic Optics

[原著第二版]

[德] 斯特凡·博伊默 主编
(Stefan Bäumer)

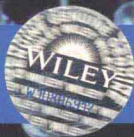
周海宪 程云芳 译
周华君 程 林 校



- 概 述
- 塑料光学元件的光机性质
- 注塑模压光学元件的工装
- 注塑模压光学元件的计量
- 光学塑料
- 塑料材料镀膜
- 注塑模压光学元件的制造
- 注塑模压光学元件的成本建模
- 注塑模压光学元件的应用



化学工业出版社



塑料光学手册

Handbook of Plastic Optics

[原著第二版]

[德] 斯特凡·博伊默 主编
(Stefan Bäumer)

周海宪 程云芳 译
周华君 程 林 校



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书邀请几位在相关领域内做出贡献的世界级专家编撰,以使具体学科包含有足够深度的内容。本书包括塑料光学元件的光机设计、光学插件的模具和工装、材料镀膜、工艺等各方面内容。此外,由于注塑成型工艺是一种制造技术,所有的作者都是直接工作在该领域或与该行业有着非常密切的联系,所以,该书反映了实际的注塑成型经验而非理论结果,是一本真正的注塑成型光学手册和参考书。

本书不仅会使初学者对注塑成型光学元件有一个基本理解,能够结合自己的应用与注塑成型公司进行详细和专业讨论。同时,在注塑成型领域工作的工程师可以利用该书拓宽自身在其他注塑成型领域的知识,设计师可以学到更多计量学方法,模具工程师可以学到更多材料方面的内容。

图书在版编目(CIP)数据

塑料光学手册/[德]博伊默(Bäumer, S.)主编;周海宪,程云芳译.原著第2版. —北京:化学工业出版社,2013.3
书名原文:Handbook of Plastic Optics
ISBN 978-7-122-16569-5

I. ①塑… II. ①博…②周…③程… III. ①光学塑料-手册
IV. ①TQ322.3-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第030053号

Handbook of Plastic Optics, Second Edition/Edited by Stefan Bäumer
ISBN 978-3-527-40940-2

Copyright© 2010 by Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
All rights reserved.

Authorized translation from the English language edition published by Wiley-VCH.

本书中文简体字版由Wiley-VCH授权化学工业出版社独家出版发行。
未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分,违者必究。

北京市版权局著作权合同登记号:01-2013-0365

责任编辑:吴刚
责任校对:陶燕华

文字编辑:丁建华
装帧设计:关飞

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:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张15 1/4 字数289千字

2013年7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:98.00元

版权所有 违者必究

译者的话

光学塑料定义为具有一定光学性能、能够制造光学零件的塑料，塑料光学是研究光学塑料元件以及由（部分或全部）该元件组成的光学系统的设计、制造、计量及相关问题的一门学科。

与玻璃光学元件相比，塑料光学元件具有以下特点。

(1) 光学塑料材料具有良好的可塑成型特性，能够进行模压、浇注、机械切削、抛光等加工工艺，或者说加工成型工艺简单，根据不同应用，可以分别采用注塑成型、铸造成型和模压成型技术。

(2) 适合制造复杂形状的光学系统。例如，大视场和大相对孔径照相物镜是一种高成像质量要求的光学成像系统，不仅需要校正初级像差，还要在一定程度上校正高级像差，因此，光学系统结构比较复杂，常常使用非球面（甚至高次非球面）以增加校正像差的自由度，从而减少系统的复杂性和重量并提高便携性，然而，制造困难是应用玻璃材料非球面的突出问题。塑料光学工艺（包括注塑成型、压塑成型、金刚石切削等技术）的成功应用，使其成为现实。

(3) 制造真正的集成光学系统。根据可应用空间和安装需要，可以使光学系统设计与注塑模压成为一个整体，甚至将整体固定支架、光阑和隔圈等机械结构与光学元件集成在一起，大幅减少装配步骤、提高装配精度，节省装配工作量。

(4) 塑料光学零件具有耐冲击、重量轻（比玻璃元件轻 2~5 倍）、成本低等优点。

塑料光学元件的主要缺点是：

(1) 光学塑料材料的种类有限，品种较少，因此，光学设计师的选择余地较小，只能依靠表面形状的变化校正像差，幸运的是，采用模压成型技术可以制造相当复杂的非球面，从而保证成像质量；

(2) 对塑料光学元件成型模具的要求较高，因此，比较适合批量生产，对于小批量生产或单件样机的研制，受到很大限制；

(3) 某些光学塑料材料的性能还不能完全满足要求，尤其是热稳定性、力学性能和光谱特性，需要进一步提高、改善。

塑料材料一般分为热塑性和热固性塑料：热塑性塑料是指反复加热仍然可塑

的塑料，光学塑料大部分为热塑性塑料；热固性塑料即所用合成树脂在加热初期软化，具有可塑性，继续加热会随化学反应变硬，随之形状固定并不再发生变化，环氧光学塑料均属此类。已经应用的光学塑料主要有：

(1) 聚甲基丙烯酸甲酯 [polymethyl methacrylate (或 acrylic), PMMA], 俗称有机玻璃；

(2) 甲基丙烯酸甲酯和苯乙烯共聚物 (NAS[®])；

(3) 聚碳酸酯 (polycarbonate, PC)；

(4) 甲基戊烯聚合物 (TPX[®])；

(5) 尼龙 (nylon)；

(6) ADC 塑料 (CR-39[®])；

(7) 聚苯乙烯 [polystyrene (或 styrene), PS]；

此外还有苯乙烯-甲基丙烯酸甲酯共聚物 (MS)，苯乙烯丙烯腈 (AS 或 SAN)，聚 4-甲基-1-戊烯 (TPX[®]) 和透明聚酰胺等。

随着光电子仪器工业快速发展，最近几年，已经开始大量研发和应用塑料光学元件及包含有塑料光学元件的光学系统。塑料光学的发展不再停留在价廉的诸如眼镜、光扩散器，信号灯和照明灯镜片及放大器等低水平光学仪器方面，而在军事、摄影、医学、工业等领域也有着非常好的应用前景：例如光盘、液晶显示器、衍射透镜、光学基板、有机光导纤维、全塑袖珍照相机、塑料和玻璃混合光学系统、电视和教学用大孔径“菲涅尔塑料透镜”、光学塑料“人工晶体”；美国在 AN/AVS-6 型飞行员微光夜视眼镜中设计了 9 块非球面塑料透镜，在 AN/PVS-7 步兵微光夜视镜、HOT 夜视镜、“铜斑蛇”激光制导炮弹导引头、激光测距机、军用望远镜中也都采用了非球面塑料透镜。随着更多塑料光学材料的研发以及塑料光学膜压成型技术的进一步提高，应用范围越来越广，因此，人们更迫切地需要熟悉和理解塑料光学技术。由 Wiley-VCH 出版社出版、Stefan Bäumer 博士（德国）主编的《塑料光学手册（第二版），(Handbook of Plastic Optics, Second Edition)》一书，就是献给特别需要塑料光学系统设计与制造相关信息及从事该工作的工程师和科学家的一本好书。

Stefan Bäumer（斯特凡·博伊默）先生在德国波恩大学和美国华盛顿州立大学学习物理学，并于 1988 年获得理学硕士学位，1995 年在波恩技术大学光学研究所完成博士学位，此后，一直在荷兰埃因霍恩市 (Eindhoven) 飞利浦公司 (Philips) 担任光学系统高级设计师，目前，在应用物理研究所工作，与注塑模压成型公司密切合作，重点从事塑料光学系统设计和制造技术的研究工作。

在某种程度上，塑料光学元件和系统（包括全塑料光学系统及塑料和玻璃元件的混合系统）的设计和制造技术与玻璃光学元件有很大不同，难度更大，设计与制造技术的联系更为密切，要求设计师在制造技术方面具有丰富经验和扎实的基础知识，并涉及制造工艺的各个方面，而一个人的知识难以涵盖整个塑料光学

领域，为此，Stefan Bäumer 博士带领一个由 7 人组成的专家团队，基于多年的工作实践和研究成果，撰写了此书。此书内容有足够的深度，较为系统、全面地论述了塑料设计和制造技术，以及最新应用和未来发展趋势，使读者全面并较深刻地了解塑料光学技术现状和潜在优势，有便于读者在各自领域内的进行实际应用，是一本难得的参考书。

此书特点是：

第一，该书完整地阐述了注塑模压光学技术，使读者对塑料光学的设计、生产（包括设备和工艺）、质量控制和成本计算有一个全面的了解。

第二，各章作者都是该领域的专家，与塑料光学行业有着极密切的关系，具有丰富的实践经验，所介绍的各种方法和技术有很强的实用性。

第三，该书第二版增加了许多应用实例，有简单的，也有非常复杂的，从而启发读者能够结合自身工作开发新一代产品。

第四，该书以图表形式较详细列出了光学塑料材料的许多性质，为读者提供了难得的参考资料。

在中文版《塑料光学手册（第二版）（Handbook of Plastic Optics, Second Edition）》的出版过程中，得到了作者 Stefan Bäumer 博士的大力支持，对原版书中的有关问题进行了及时沟通和认真审校。为帮助读者正确理解各章节内容，更有效地使用本书，保留了英文参考文献。

周海宪翻译了第 1~8 章，程云芳翻译了第 9 章，在美国工作的周华君和程林先生对全书进行了认真校对。

清华大学教授、中国工程院院士金国藩先生、北京理工大学王涌天教授对本书的出版给予了极大支持；刘永祥、员亚军、郭世勇、鲁保启、张良、曾威、黄存新、翟文军等高级工程师对该书出版给予了极大关注，并进行了有益讨论，在此表示衷心感谢！

化学工业出版社编辑对本书出版给予了非常大的鼓励和帮助，在此特别致以谢意！

本书可供光电子领域从事光学仪器设计、光学设计和光机结构设计（尤其是从事光学成像理论、微纳米光学研究）的设计师、光机制造工艺研究的工程师阅读，也可以用作大专院校相关专业本科生、研究生和教师的参考书。希望本书能够对光电子仪器，特别是对军事、航空航天及民用光学仪器领域的应用提供有益指导，进一步推动我国塑料光学制造技术的研究，并扩展相关领域的应用。

译者
2013 年 1 月

原著编写人员名单

Stefan Bäumer^❶

Philips Applied Technologies
Optics & Sensors
HTC 7 / 4A
NL – 5656 AE Eindhoven
The Netherlands

Thomas Bauer

Jenoptik Polymer Systems
Am Sandberg 2
D-07819 Triptis
Germany

Jukka-Tapani Mäkinen

VTT Technical Research Centre
of Finland
P.O. Box 1100
FI-90571 Oulu
Finland

Koji Minami

Zeon Corporation
Division of Specialty
Plastics & Components
1-6-2, Marunouchi, Chiyoda-ku
Tokyo, 100-8246
Japan

Michael Pfeffer

Optical Engineering
Physical Engineering Course
FH Ravensburg-Weingarten
Postfach 1261
D-88241 Weingarten
Germany

Ulrike Schulz

Fraunhofer Institut IOF
Albert Einstein Str. 7
D-07745 Jena
Germany

Thomas Walter

Arburg
Arthur-Hehl-Strasse
D-72290 Lossburg
Germany

❶ 作者现联系地址已更改为：TNO, Delft, The Netherlands, stefan.baumer@tno.nl。

目 录

第1章 概述 /1

第2章 塑料光学元件的光机性质 /5

2.1 概述 /5

2.2 塑料光学元件的结构 /6

2.2.1 单功能元件 /6

2.2.2 具有集成安装特性的元件 /7

2.2.3 功能高度集成 /8

2.3 塑料光学元件的安装 /12

2.4 外形尺寸的稳定性 /14

2.4.1 结构稳定性 /14

2.4.1.1 谐振频率 /14

2.4.1.2 固定厚度下翘曲 /15

2.4.1.3 固定质量下的翘曲 /16

2.4.1.4 固定翘曲下的质量 /16

2.4.2 热稳定性 /16

2.4.2.1 线胀系数 /16

2.4.2.2 热导率 /16

2.4.2.3 比热容 /18

2.4.2.4 热扩散率 /18

2.4.2.5 畸变系数 /18

2.4.3 受潮膨胀 /20

2.5 公差 /20

2.5.1 公差预算和分配 /20

2.5.2 塑料光学元件的代表性公差和技术要求 /22

2.6 塑料光学元件的光机仿真 /23

2.6.1 光机集成分析 /24

- 2.6.2 热弹性分析 /25
- 2.6.3 应力双折射分析 /25
- 2.6.4 热-光学分析 /25
- 2.6.5 吸湿性分析 /26
- 2.6.6 模流分析 /26

参考文献 /26

第3章 注塑模压光学元件的工装 /28

3.1 概述 /28

3.2 原理 /28

- 3.2.1 注塑模具的主要部分 /29
- 3.2.2 模压光学零件的浇注口和热流道系统 /31
- 3.2.3 热和冷流道模具 /32
 - 3.2.3.1 冷流道模具 /32
 - 3.2.3.2 热流道模具 /32
- 3.2.4 弹坯装置设计 /33
- 3.2.5 加热和致冷 /33
- 3.2.6 模具高度、开模行程和通风 /34
- 3.2.7 腔体数目 /34
- 3.2.8 收缩的影响 /35
- 3.2.9 注塑模具的材料 /35
- 3.2.10 塑料光学元件注塑模的设计步骤 /36
 - 3.2.10.1 金刚石切削技术制造原型模具 /36
 - 3.2.10.2 原型模具 /36
 - 3.2.10.3 生产模具 /36
 - 3.2.10.4 生产模具的优化 /37

3.3 模压成型种类 /37

- 3.3.1 双元件注塑模压成型 /37
- 3.3.2 压缩成型 /37
- 3.3.3 注塑压缩成型 /38
- 3.3.4 变温注塑模压 /38
- 3.3.5 微型注塑模压成型 /39
- 3.3.6 液体硅橡胶注塑模压成型 /40

3.4 光学模芯 /40

- 3.4.1 钢抛光技术 /41
 - 3.4.1.1 镜面抛光 /41
 - 3.4.1.2 计算机控制抛光 /41

3.4.2	电镀复制	/41
3.4.3	金刚石切削技术	/42
3.4.4	模芯质量和模压零件	/43
3.5	制造模具的超高精度机床	/45
3.5.1	超精密机床的特性	/46
3.5.2	对环境的一些要求	/46
3.5.3	基本工艺特征	/46
3.5.4	精密工装	/47
3.5.5	典型的机床结构	/48
3.5.5.1	单轴机床	/48
3.5.5.2	双轴单点金刚石切削机床	/48
3.5.5.3	三轴单点金刚石切削机床	/48
3.5.5.4	离轴单点金刚石切削机床	/50
3.5.5.5	多轴自由曲面加工法	/51
3.5.6	与材料相关的限制	/53
	参考文献	/55

第4章 注塑模压光学元件的计量 /56

4.1	概述	/56
4.2	长度计量	/58
4.3	表面计量	/60
4.3.1	一般概念	/60
4.3.2	自由曲面光学表面纳米精度非接触测量	/62
4.3.3	偏折技术	/62
4.3.4	接触式轮廓测量	/64
4.4	波前计量	/68
4.4.1	一般概念	/68
4.4.2	干涉术	/68
4.4.3	干涉仪和非球面	/73
4.4.4	干涉术和强非球面	/74
4.4.5	双程-单程干涉仪	/77
4.4.6	自动干涉测量术——耶拿光学公司的例子	/77
4.4.7	显微干涉仪	/78
4.4.8	夏克-哈特曼传感器	/79
4.4.9	波前传感器——剪切干涉仪	/83
4.5	双折射	/85

4.6 透镜共轴性计量	/ 88
4.6.1 光学共轴性测量	/ 89
4.6.2 图像处理	/ 91
4.6.3 机械共轴性测量	/ 91
4.6.4 非球面共轴性测量	/ 92
4.6.5 多元件系统的共轴性测量	/ 92
4.7 自研制装置	/ 93
4.7.1 专用激光探测光学设备	/ 94
4.7.2 双反射镜系统	/ 95
4.7.3 互补金属氧化物半导体相机模块大批量生产中的调制传递函数测量	/ 97
4.8 结论	/ 98
参考文献	/ 100

第5章 光学塑料 / 103

5.1 概述	/ 103
5.2 光学塑料材料的质量要求	/ 103
5.2.1 透明度	/ 103
5.2.1.1 分子结构	/ 103
5.2.1.2 分子形态	/ 105
5.2.1.3 杂质	/ 105
5.2.2 折射率	/ 105
5.2.3 双折射	/ 108
5.2.4 稳定性	/ 109
5.2.4.1 耐热性	/ 109
5.2.4.2 吸湿性	/ 110
5.2.4.3 残余应力	/ 112
5.3 塑料	/ 112
5.3.1 丙烯酸酯聚合物	/ 112
5.3.2 聚碳酸酯	/ 115
5.3.2.1 光学聚碳酸酯	/ 115
5.3.2.2 低双折射聚碳酸酯: ST-3000	/ 116
5.3.3 环烯烃聚合物	/ 116
5.3.3.1 ZEONEX®/ZEONOR®	/ 117
5.3.3.2 环烯烃共聚物: APEL™/TOPAS®	/ 120
5.3.3.3 降冰片烯功能聚合物: ARTON®	/ 122
5.3.4 其他树脂材料	/ 125
5.3.4.1 光学聚酯塑料	/ 125

5.3.4.2 聚砜 / 125

5.4 总结 / 127

参考文献 / 132

第6章 塑料材料镀膜 / 133

6.1 概述 / 133

6.2 镀膜技术 / 134

6.2.1 物理气相沉积镀膜技术 / 134

6.2.2 等离子体增强化学气相沉积镀膜技术 / 137

6.2.3 湿化学镀膜法或溶胶凝胶法 / 138

6.3 等离子体对聚合物的影响 / 139

6.3.1 紫外辐射的影响 / 139

6.3.2 离子轰击效应 / 140

6.3.3 膜层附着力 / 140

6.4 应力和裂痕的形成 / 141

6.5 增透膜性质 / 144

6.5.1 光学干涉膜 / 145

6.5.2 塑料光学的增透膜设计 / 146

6.5.3 增透膜表面结构 / 148

6.6 其他功能性镀膜 / 150

6.6.1 反射膜 / 150

6.6.2 导电膜和抗静电膜 / 151

6.6.3 外层疏水膜 / 152

6.7 不同热塑膜实例 / 152

6.7.1 聚甲基丙烯酸甲酯 / 152

6.7.2 聚碳酸酯 / 153

6.8 质量检定试验程序 / 154

6.8.1 光学性质 / 154

6.8.2 附着性 / 154

6.8.3 环境耐久性 / 155

6.8.4 耐磨和耐擦拭性 / 156

6.9 总结和展望 / 157

参考文献 / 158

第7章 注塑模压光学元件制造 / 163

7.1 概述 / 163

7.2	注塑模压成型	/ 163
7.3	光学元件分类	/ 165
7.4	光学零件注塑模压成型工艺链	/ 166
7.4.1	基本原则: 清洁度和可重复性	/ 166
7.4.2	材料和进料	/ 167
7.4.3	模具	/ 167
7.4.4	注塑模压成型机	/ 168
7.4.4.1	机床设计	/ 168
7.4.4.2	机械加工技术	/ 169
7.4.4.3	机床的相关装置	/ 169
7.4.5	自动化和后续处理工序	/ 170
7.5	注塑模压成型和注塑压缩成型	/ 171
7.5.1	基本差别	/ 171
7.5.2	模具差别	/ 172
7.5.2.1	主轴压模	/ 172
7.5.2.2	辅助轴压模	/ 173
7.5.2.3	结论	/ 173
7.5.3	利用夹紧装置注塑压模	/ 173
7.5.4	注塑压模工艺的变化	/ 175
7.5.5	压模实例	/ 176
7.5.5.1	验眼透镜的制造	/ 176
7.5.5.2	光学数据载体	/ 177
7.5.5.3	主动开模排气	/ 178
7.6	结论	/ 179
	参考文献	/ 179

第 8 章 注塑模压光学元件的成本建模 / 180

8.1	概述	/ 180
8.2	成本建模的不同用途和用户	/ 181
8.3	计算塑料光学元件的制造成本	/ 182
8.4	模具成本和产量	/ 184
8.5	计算模压成型成本	/ 187
8.5.1	循环时间和致冷时间	/ 188
8.5.2	合格率和机器运行时间	/ 189
8.5.3	机器和人工成本	/ 190
8.5.4	间接成本	/ 191

8.5.5 材料成本	/ 191
8.6 计算镀膜成本	/ 191
8.7 其他工艺	/ 192
8.8 案例研究 1: 比较不同的设计概念	/ 193
8.9 案例研究 2: 评估生产工艺的改进	/ 197
8.10 案例研究 3: 优化模块级光学设计	/ 199
8.11 讨论和结论	/ 202
参考文献	/ 204

第 9 章 注塑模压成型光学元件的应用 / 205

9.1 概述	/ 205
9.1.1 照明工业	/ 205
9.1.2 移动通信	/ 207
9.1.3 安全领域	/ 207
9.1.4 卫生保健	/ 207
9.1.5 传感器和其他应用	/ 208
9.1.6 光伏系统	/ 208
9.2 建筑物的 LED 塑形照明	/ 208
9.3 图标照明用自由曲面透镜	/ 210
9.4 路灯照明用光学系统	/ 211
9.5 耐高温和紫外光的注塑模压成型透明硅光学元件	/ 212
9.6 移动通信用微型相机	/ 214
9.7 一种附加显微装置的超近摄影物镜	/ 215
9.8 手机相机的闪光系统	/ 216
9.9 360°摄影系统的超级非球面物镜	/ 218
9.10 光学装配的快速安装模式	/ 220
9.11 太阳菲涅尔透镜	/ 222
9.12 折-衍目镜	/ 224
9.13 五角棱镜组件	/ 226
9.14 照明投影系统的高效微光学元件	/ 227
9.15 眼镜	/ 228
参考文献	/ 230

第1章 概述

Stefan Bäumer

[荷兰代尔夫特(Delft)市应用物理研究所(TNO)^①]

光学已被视为 21 世纪关键技术之一，在人们的日常生活中经常会接触到光学技术，主要表现在下列一些领域：

- 与条码扫描相关的绝大多数超市收银工作；
- 喷墨打印机完成自动标定和媒体检测；
- 绝大部分手机安装有集成相机；
- 音乐和影视能够在 CD 和/或 DVD 机上播放；
- 在光盘上存储计算机数据；
- 以光学技术为基础的血糖测量；
- LED 照明在一些领域中的应用。

由上面例子可以得出结论：光学技术是各种市场的一部分，包括消费类电子产品、照明、医药、汽车、一般传感器以及安全和生物特征识别传感器。

为了使这些市场进一步发展，不仅需要聪明的发明，而且必须研发稳定的制造技术。光学技术真正应用于大众市场，光学零件和系统必须做到大批量低成本生产。上述大量应用中的许多光学元件都是以硅制造技术为基础，例如利用已经成熟的硅处理和加工技术制造 LED 光源和激光二极管，也适用于诸如光二极管和 CCD（电荷耦合器件）一类探测器或 CMOS（互补型金属氧化物半导体）照相机。这些以晶片为基础的技术可以解决高产量和低成本问题。对于大量消费类光学产品的光学系统与硅器件相集成，注塑成型是可选择的制造方法，一种设计一旦以某种模具来实现，并采用正确的处理工艺，则根据一个母模就能够生产出千千万万个几乎相同的产品。当确定了正确工艺，注塑模压成型的光学零件几乎没有变化。此外，利用多型腔注模技术，每件都可以实现低成本，并且生产周期短。利用 8-腔甚至 16-腔注塑模压成型工艺，能达到每周十万以上的生产量，这正是可以与硅制造技术相比拟的产量，从而开启了大批量应用，在此，注塑模压成型光学元件正是具有低成本高效益。与机器及模具资本投资有限的传统生产相比，许多零件都可以制造。此外，注塑模压成型工艺能够实现自动化，很少几个操作人员就可以运作。

① 译者注：原作者提供的新地址，后面相同。

由于大量应用的低成本高效益，注塑光学元件的另一大优点还包括光学元件的机械特性，因此，比较便宜，可以快速装配。如果在光机设计中含有基准标记，并通过精密模具使关键表面互为基准，则可以以即插即用的形式完成装配，而无需对组件进行过耗时的对准，甚至有可能实现（半）自动化装配，这也是大批量/低成本生产所必需的。第2章讨论了各种集成光机设计的例子。在某些情况下，利用组合光机设计还可减少系统的零件数目，实际上，可以相当容易地省去装配环和隔圈。即使某些情况中，这种集成会使个别组件的价格稍有增加，但整个系统的成本会减少。

容易实现功能集成是注塑模压成型（注模成型）光学元件制造工艺的另一优点。利用先进的模具和注模技术能够制造出复杂形状。机械功能可以与光学功能、电和化学功能相组合，对于新兴的生物探测技术和生物技术领域，上述后一种功能组合尤为重要。

功能集成的总趋势是微型化。对传统的制造技术，使零件小于某给定尺寸相当困难，抛光工序间的处理以及对前后表面的加工都是问题。由于对这些小零件注模成型仅涉及很少的处理工序，所以，是一个很重要的优点。

注塑模压成型光学元件的优点还在于：能够高效完成注塑零组件的包装，顺利地将光学组件置于磁带和卷包中，然后，利用标准取放机器将光学零件与硅零件相组合，这在印刷电路板行业尤为常见。图1.1所示为典型的CMOS相机模块的剖视图，并被包在一条磁带中。

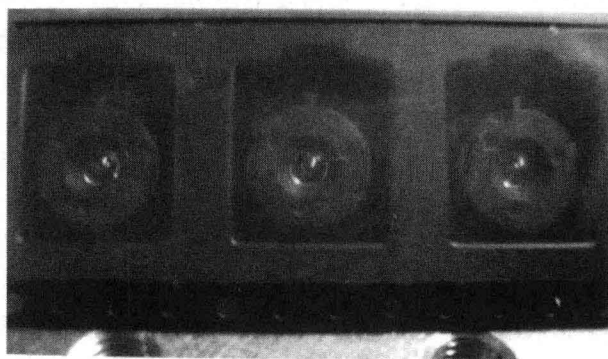


图 1.1 CMOS 相机模块剖视图

尽管有诸多优点，但塑料光学组件面临着耐环境性和耐久性的挑战。塑料光学元件工作的温度范围有限。当采用注塑模压成型光学元件工作时，吸水性、热膨胀和折射率随温度变化是存在的另一问题，第5章和第6章将详细阐述这些问题及其解决方式。当然，到目前为止，在大多数情况中，使用注塑模压成型光学元件的优点多于缺点。

注塑模压成型光学元件已经取得了很大进步，随着CD播放机的问世已真正

进入市场。除了寻找更多应用外，在下面领域一直进行着研究和开发：

- 注塑模压成型设备的研发；
- 光学模芯和模具的工装；
- 材料；
- 镀膜；
- 工艺。

纵观上述研发项目，读者更加清楚，光学元件的注塑模压成型是大批量光学元件最先进的制造技术，而注塑光学元件的精度和质量与玻璃光学零件不相上下，肯定超出了玩具类应用的范畴。

本书希望对注塑模压成型光学元件现状给出相关评述。由于注塑模压成型光学元件涉及方方面面，特决定邀请几位在其工作领域做出贡献的专家编撰该书。采取该方式，可以使具体学科包含足够深度的内容。此外，注塑模压成型工艺是一种制造技术，所有作者都直接工作或与该行业有着非常密切的联系，因此，该书反映了注塑模压成型技术方面的实际经验而非理论结果。阅读本书会使读者对所有相关领域的注塑模压成型光学元件有一个基本理解，能够结合自己的实际应用与注塑模压成型公司进行详细的专业讨论。同时，工作在注塑成型领域的工程师可以利用该书拓宽自身在其他注塑模压成型领域的知识，学到更多计量学方法，模具工程师则学到更多材料方面的知识。通过分享经验和知识，整个行业都能获益，并提升到更高水平。

作为一条准则贯穿整书的基本思路是：所有产品都必须经过设计—制造—测试周期。该思路同样适用于第二版，所以，保留了第一版的所有章节，对第2、3章和第5章做了少量修订和校正，第4章和第6章有较大幅度改动和更新。为使本书更为完整，新增加了3章：工艺和成型设备、成本建模和应用。新增加章节对于塑料光学很重要，与前面章节相比，更值得重视。由于增加了新的3章及对前几章的修订，该书正在成为一本真正的注塑成型光学手册和参考书。

第2章（概述后的第一章）致力于注塑模压成型光学元件的光机设计。注塑模压成型光学元件独特地将机械和光学元件组合在一起。特别注意到光学塑料的热性质，进而可以对此进行正确设计。

第3章描述上述周期的制造部分。在过去几年内，精密制造工程有了巨大进展，尤其是已经使用单点金刚石切削机床加工光学表面。对于现代注塑模压成型光学元件，制造模具的能力起着决定性作用。玻璃光学元件的设计使设计师有选择材料的自由度，更愿意采用球面形式，而注塑模压成型光学系统设计师可以利用的材料很少，但有选择表面形状的自由度。然而，为了充分利用自由表面形式和非球面形式，要求光学模具达到能够制造出这些表面形状的水平。除了高级光学模具，还将介绍从原理样机零件到多腔系列模具各种类型的模具设计和加工技术。