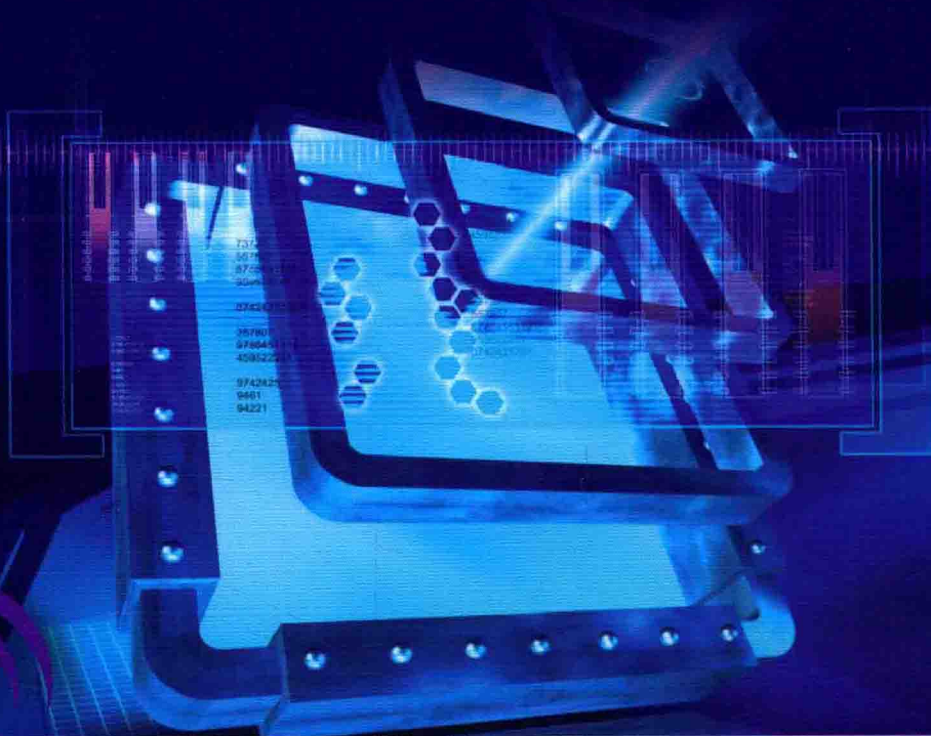




现代机电一体化技术丛书

光电子技术及其应用

郭瑜茹 林 宋 编著



GUANGDIANZI

JISHU JIQI
YINGYONG



化学工业出版社

 现代机电一体化技术丛书

光电子技术及其应用

郭瑜茹 林 宋 编著



GUANGDIANZI

JISHU JIQI

YINGYONG



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书内容涉及光电子技术中的各个主要方面,包括基于光电子学原理的光电探测技术和光电探测应用系统实例、光纤通信技术、条形码技术、光电对抗技术与对抗系统、激光技术与应用系统和生物医学中的光电子技术。特别是对于光电子技术在军事上的应用,作了一些理论分析并给出了相关系统的应用实例。本书理论与实际密切结合,既有普及性和实用性,又具有一定深度,逻辑性强,配有大量图表,易于掌握和使用。

本书可供从事与光电子技术相关的系统(包括光电子信息系统、光电子通信系统、军用光电子系统等)应用和开发的技术人员使用,也可作为大专院校相关专业师生的教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

光电子技术及其应用/郭瑜茹,林宋编著. —北京:
化学工业出版社, 2015. 8
(现代机电一体化技术丛书)
ISBN 978-7-122-24520-5

I. ①光… II. ①郭…②林… III. ①光电子技术
IV. ①TN2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 149856 号

责任编辑: 张兴辉 韩亚南
责任校对: 宋 玮

文字编辑: 陈 喆
装帧设计: 王晓宇

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
787mm×1092mm 1/16 印张 14¼ 字数 345 千字 2015 年 9 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: 69.00 元

版权所有 违者必究

前言

机电丛书

“现代机电一体化技术丛书” 编委会

主任 林 宋

副主任 王生泽 王侃 方建军

委 员 (排名不分先后)

胡于进	王生泽	何 勇	谢少荣	罗 均	莫锦秋	王石刚
张 朴	徐盛林	林 宋	殷际英	方建军	尚国清	郭瑜茹
杨野平	戴 荣	周洪江	刘杰生	黎 放	刘 勇	王 晶
王 侃	白传栋	袁俊杰	胡福文	董信昌	马 梅	

会委编“书丛本分分科一第此升第”



丛书序

机电一体化是指在机构的主功能、动力功能、信息处理功能和控制功能上引进电子技术,将机械装置与电子化设计及软件结合起来所构成的系统的总称。机电一体化是微电子技术、计算机技术、信息技术与机械技术的相互交叉与融合,是诸多高新技术产业和高新技术装备的基础。机电一体化产品是集机械、微电子、自动控制和通信技术于一体的高科技产品,具有很高的功能和附加值。

目前,国际上产业结构的调整使得各个行业不断融合和协调发展。作为机械与电子相结合的复合产业,机电一体化以其特有的技术带动性、融合性和普适性,受到了国内外科技界、企业界和政府部门的特别关注,它将在提升传统产业的过程中,带来高度的创新性、渗透性和增值性,成为未来制造业的支柱。我国已经将发展机电一体化技术列为重点高新科技发展项目,机电一体化技术的广阔发展前景也将越来越光明。

随着机电一体化技术的不断发展,各个行业的技术人员对其兴趣和需求也与日俱增。但到目前为止,国内还鲜有将光机电一体化技术作为一个整体技术门类来介绍和论述的书籍,这与其方兴未艾的发展势头形成了巨大反差。有鉴于此,由北方工业大学、东华大学、上海交通大学和北京联合大学联合编写“现代机电一体化技术丛书”,旨在适时推出一套机电一体化技术基本知识和应用实例的科技丛书,满足科研设计单位、企业及高等院校的科研和教学需求,为有关技术人员在开发机电一体化产品时,提供从产品造型、功能、结构、材料、传感测量到控制等诸方面有价值的参考资料。

本丛书共十二种,包括《机电一体化系统分析、设计与应用》、《机电一体化系统软件设计与应用》、《机电一体化系统接口技术及工程应用》、《机电一体化系统设计及典型案例分折》、《光电子技术及其应用》、《现代传感器及工程应用》、《微机电系统及工程应用》、《光机电一体化技术产品典型实例:工业》、《光机电一体化技术产品典型实例:民用》、《现代数控机床及控制》、《楼宇设备控制及应用实例》、《服务机器人》。

丛书的基本特点,一是内容新颖,力求及时地反映机电一体化技术在国内外的最新进展和作者的有关研究成果;二是系统全面,分门别类地归纳总结机电一体化技术的基本理论和在国民经济各个领域的应用实例,重点介绍了机电一体化技术的工程应用和实现方法,许多内容,如楼宇自动门的专门论述,尚属国内首次;三是深入浅出,重点突出,理论联系实际,既有一定的深度,又注重实用性,力求满足不同层次读者的需求,适合工程技术人员阅读和高校机械类专业教学的需要。

由于本丛书涉及内容广泛,相关技术发展迅速,加之作者水平有限,时间紧促,书中不妥之处在所难免,恳请专家、学者和读者不吝指教为盼!

“现代机电一体化技术丛书”编委会



前言

随着科学的进步,光电子技术得到了蓬勃的发展。它不仅由多学科互相融合和互相渗透,而且在各个科学领域的应用也十分广泛,如信息光电子技术、通信光电子技术、生物科学和医用光电子技术、军用光电子技术等。随着光电子技术应用的快速发展以及在其他科技领域的渗透,又形成了许多市场可观、发展潜力巨大的光电子产业,包括光纤通信产业、光显示产业、光存储产业、光电子材料产业、光电子检测产业、军用光电子产业以及光机电一体化产业。毋庸置疑,光电子技术对推动 21 世纪信息技术的发展至关重要。

对于一个专业技术人员,无论是从事通信技术还是国防军事技术,都需要了解和掌握新的光电子技术方面的综合知识,不断地提高专业水平。因此,我们适时编写了这本侧重普及技术基础理论和应用实例丰富的图书。

本书共分 7 章,比较全面地涵盖了光电子技术的各个主要方面。其中,第 1 章对光电子技术的基本内容作了概述;第 2 章介绍了光电探测技术的基本理论、主要探测器的工作原理和结构,介绍了光电探测系统的应用典型实例,使读者能更好地理解 and 掌握光电探测技术的实际应用;第 3 章着重介绍了构成光纤通信系统的关键部件即光纤、光发射机、光探测器和光放大器的性能特点及工作原理,并对光波波长复用多路光纤通信、相干光纤通信和全光通信系统的特点作了简要的介绍;第 4 章介绍了条形码技术的发展及其特点,讨论了条形码的编制方法,详细介绍了条形码系统的关键组成,即条形码阅读器的工作原理、结构及功能等;第 5 章介绍了光电对抗技术的基本理论,主要介绍了不同的光源侦察技术和对抗技术,讨论了光电反对抗的方法,并介绍了军用光电对抗系统的典型应用实例;第 6 章介绍了激光测距、激光雷达、激光导航、激光模拟器和激光通信等理论和方法,分析了激光武器在高技术战争中的发展趋势,讨论了激光武器的特点、类型、机理和应用,并介绍了它的典型应用;第 7 章介绍了光电子技术在生物医学中的应用,主要内容包括光和生物组织的相互作用,激光防护,生物医学检测与诊断和治疗的光学激光技术等。本书尽量避免出现过于繁复冗长的公式推导过程,在内容深度和语言叙述方面力求面向不同层次的读者,并配有大量说明图表。

本书第 1 章、第 3 章、第 5 章和第 7 章由郭瑜茹编写,第 2 章、第 4 章和第 6 章由林宋编写,全书由郭瑜茹统稿,本书编写过程中李奇志、尚国清、周洪江、胡家凤提供了帮助。

由于编著者水平所限,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

编著者



目录

第 1 章 光电子技术概论 / 001

1.1 光电子学和光电子技术简介 / 1

1.2 光电子技术与多学科技术的结合 / 4

1.2.1 光电子技术与信息技术的结合 / 5

1.2.2 光电子技术与通信技术的结合 / 7

1.2.3 光电子技术与生物科学和医用技术的结合 / 8

1.2.4 光电子技术与材料科学技术的结合 / 9

1.2.5 光电子技术与军事技术和武器装备技术的结合 / 9

1.3 光电子技术的发展与展望 / 12

第 2 章 光电探测技术 / 015

2.1 概述 / 15

2.2 光电子学基础 / 16

2.2.1 辐射度学基本概念 / 16

2.2.2 光度学基本物理量 / 18

2.2.3 晶体半导体能带模型 / 19

2.2.4 半导体的光电效应 / 21

2.3 光电探测器 / 24

2.3.1 光敏电阻 / 24

2.3.2 光生伏特探测器 / 28

2.3.3 光电管 / 30

2.3.4 光电变换电路 / 33

2.3.5 光电池 / 34

2.3.6 光电倍增管 / 35

2.4 固体电荷耦合成像器件(CCD) / 36

2.4.1 CCD 工作的基本原理 / 36

2.4.2 CCD 的特性参数 / 41

2.4.3 电荷耦合摄像器件(CCID) / 41

2.4.4 CCD 技术应用举例 / 46

2.5 红外探测器 / 48

2.5.1 红外辐射的基本知识 / 48

2.5.2 红外探测器分类 / 49

- 2.5.3 热探测器 / 49
- 2.5.4 光子探测器 / 51
- 2.6 光电探测系统 / 52
 - 2.6.1 光电探测系统的军事应用 / 52
 - 2.6.2 光电探测跟踪系统 / 52
 - 2.6.3 红外搜索与跟踪系统 / 53
 - 2.6.4 潜艇光电潜望镜和光电桅杆 / 56
 - 2.6.5 光电成像探测系统 / 60

第 3 章 光纤通信技术 / 064

- 3.1 概述 / 64
- 3.2 光纤和光缆 / 65
 - 3.2.1 光纤通信基本概念 / 65
 - 3.2.2 光纤和光缆的结构与分类 / 66
 - 3.2.3 光纤传输特性 / 73
 - 3.2.4 光纤的数值孔径 NA / 76
 - 3.2.5 光纤中的模 / 77
 - 3.2.6 光纤标准和应用 / 78
- 3.3 信息光电子器件 / 82
 - 3.3.1 光源 / 82
 - 3.3.2 光发射机 / 82
 - 3.3.3 光接收机 / 87
 - 3.3.4 光探测器 / 88
 - 3.3.5 光检测器 / 89
 - 3.3.6 光放大器 / 90
- 3.4 光纤通信 / 92
 - 3.4.1 光波分复用多路光纤通信 / 92
 - 3.4.2 相干光纤通信 / 92
- 3.5 光纤通信系统 / 93
 - 3.5.1 系统结构 / 94
 - 3.5.2 系统的主要指标 / 94
- 3.6 光纤通信新技术 / 96
 - 3.6.1 光放大器 / 96
 - 3.6.2 光波分复用技术 / 98
 - 3.6.3 实现光联网 / 99
 - 3.6.4 开发新一代光纤 / 99
 - 3.6.5 向超大容量 WDM 系统演进 / 100
 - 3.6.6 全光通信系统 / 100

第 4 章 条形码技术 / 101

- 4.1 条形码技术发展概述 / 101

- 4.2 条形码技术及其特点 / 102
- 4.3 条形码的编制 / 103
 - 4.3.1 条形码的基本概念及构成 / 103
 - 4.3.2 条形码的种类 / 104
 - 4.3.3 编码的基本原则及常用条形码码制 / 104
- 4.4 条形码阅读器 / 108
 - 4.4.1 条形码阅读器的组成和工作原理 / 108
 - 4.4.2 条形码符号的光学特性 / 108
 - 4.4.3 光电扫描器的结构及功能 / 109
 - 4.4.4 光电扫描器的种类 / 112
 - 4.4.5 条形码扫描器的选择原则 / 115

第 5 章 光电对抗技术与对抗系统 / 106

- 5.1 概述 / 116
- 5.2 光电对抗的概念与分类 / 117
 - 5.2.1 基本概念 / 117
 - 5.2.2 基本分类 / 118
 - 5.2.3 基本特性 / 119
 - 5.2.4 发展趋势 / 120
- 5.3 光电侦察技术 / 120
 - 5.3.1 激光侦察 / 120
 - 5.3.2 激光雷达 / 122
 - 5.3.3 红外侦察 / 122
- 5.4 光电告警技术 / 122
 - 5.4.1 激光告警技术 / 123
 - 5.4.2 红外告警技术 / 125
 - 5.4.3 紫外告警技术 / 127
 - 5.4.4 光电复合告警技术 / 128
- 5.5 光电干扰技术 / 128
 - 5.5.1 烟幕干扰 / 128
 - 5.5.2 红外干扰(诱饵)弹技术 / 133
 - 5.5.3 红外干扰机技术 / 137
 - 5.5.4 红外定向干扰技术 / 140
 - 5.5.5 激光干扰技术 / 141
 - 5.5.6 激光干扰机 / 143
 - 5.5.7 综合干扰技术 / 144
- 5.6 光电反干扰技术 / 145
 - 5.6.1 反侦察技术 / 145
 - 5.6.2 激光测距仪的反干扰措施 / 146
 - 5.6.3 红外制导导弹的反干扰措施 / 146
 - 5.6.4 精确制导武器的反干扰措施 / 146

- 5.6.5 辨别红外诱饵弹的方法 / 146
- 5.6.6 抑制掉红外诱饵弹的方法 / 147
- 5.6.7 红外成像制导导弹的抗干扰措施 / 147
- 5.7 红外辐射抑制技术 / 148
- 5.8 光电反干扰综合措施 / 149
- 5.9 光电隐身技术 / 150
- 5.10 光电对抗系统 / 152
 - 5.10.1 光电火控系统 / 153
 - 5.10.2 TV/红外图像跟踪系统 / 155
 - 5.10.3 红外告警系统 / 156
 - 5.10.4 红外诱饵弹系统 / 156
 - 5.10.5 红外干扰机系统 / 158
- 5.11 光电反侦察技术 / 159

第 6 章 激光技术与应用系统 / 160

- 6.1 概述 / 160
- 6.2 激光原理 / 161
 - 6.2.1 原子吸收、自发辐射和受激辐射 / 161
 - 6.2.2 粒子数反转 / 162
 - 6.2.3 激光工作物质的能级结构 / 162
 - 6.2.4 光学谐振腔 / 163
 - 6.2.5 产生激光的必要条件 / 164
 - 6.2.6 激光的特性 / 164
 - 6.2.7 激光器的分类 / 166
 - 6.2.8 激光器 / 167
 - 6.2.9 调 Q 激光器原理 / 171
- 6.3 激光通信 / 171
 - 6.3.1 激光通信的原理 / 172
 - 6.3.2 大气传输激光通信 / 172
 - 6.3.3 卫星激光通信 / 173
- 6.4 激光测距 / 173
 - 6.4.1 激光测距的原理与分类 / 173
 - 6.4.2 军用脉冲激光测距仪的应用 / 175
- 6.5 激光雷达 / 176
 - 6.5.1 激光雷达的结构与特点 / 177
 - 6.5.2 激光雷达的军事应用 / 178
- 6.6 激光导航 / 179
 - 6.6.1 萨格奈克效应 / 180
 - 6.6.2 激光陀螺 / 180
 - 6.6.3 光纤陀螺 / 180

6.7	激光模拟器	/	181
6.7.1	激光模拟器工作原理	/	181
6.7.2	激光模拟器应用	/	181
6.8	激光武器	/	182
6.8.1	激光武器的特点	/	182
6.8.2	激光武器的类型	/	183
6.8.3	高能激光武器	/	184
6.8.4	低能激光武器	/	185
6.8.5	激光武器的作战性能	/	187
6.8.6	激光武器的关键技术	/	188
6.8.7	激光破坏机理	/	189
6.9	激光制导	/	190
6.9.1	激光制导分类	/	190
6.9.2	激光制导特点	/	191
6.9.3	激光制导武器	/	192
6.10	激光武器的防护方法	/	194
6.10.1	主要空中目标抗高能激光防护技术	/	194
6.10.2	对激光致盲武器的防护措施	/	195
6.11	激光应用系统发展方向	/	196

第 7 章 生物学中的光电子技术 / 198

7.1	光与生物组织相互作用	/	198
7.1.1	生物组织的光学特性	/	198
7.1.2	光与生物组织相互作用	/	200
7.1.3	激光的安全防护	/	203
7.2	生物学常用的检测、诊断和治疗的光电子技术	/	205
7.3	激光防护	/	208
7.3.1	吸收型滤光镜	/	209
7.3.2	反射型滤光镜	/	209
7.3.3	复合型滤光镜	/	210
7.3.4	全息滤光片	/	210
7.3.5	可调谐滤光片	/	210
7.3.6	光能量限制器	/	210
7.3.7	光开关(快门)光学开关型滤光镜	/	211
7.3.8	抗激光材料	/	211
7.4	光电子和激光治疗技术	/	212
7.5	光电子和激光治疗的主要应用	/	213
7.6	激光加工生物组织和生物材料	/	215

参考文献 / 217

第 1 章

光电子技术概论

光电子学作为电子学和光学交叉形成的一门新兴学科，它不仅支撑着信息技术，而且对信息技术的发展起着至关重要的作用。当今社会信息已成为重要的技术支柱和主要的技术产业。光电子作为信息和能量的载体，在光显示、光存储和激光应用上，已经形成了新兴的光电子工业。人们已看到，“光谷”这个词正在流行，并成为高科技的代名词，正像“硅谷”代表的是微电子信息产业一样，“光谷”代表的是一个更加巨大的产业——光电子信息产业。它对各个国家的经济建设、社会变革、国家安全乃至整个社会发展起着难以估量的作用。

美国已经把电子和光子材料，微电子和光电子学列为国家关键技术，认为光子学在国家安全与经济竞争方面有着深远的意义与潜力。光电子信息产业有望成为本世纪最大的产业，光电子技术将继续微电子技术之后再次推动人类科学技术的革命和进步。

1.1 光电子学和光电子技术简介

光电子学是光学与电子学相结合的产物。就光学而言，它是一门古老的学科，它的发展也经历了漫长的历史。其中，关于光的电磁性质和光在介质中的行为，早在 19 世纪就已经用麦克斯韦 (Maxwell) 的经典电磁理论对其进行了研究；关于光的吸收和辐射，在 20 世纪初期 (1917 年) 爱因斯坦就建立了系统的理论。但是，电子学的发展历史则相对较短。在 20 世纪 60 年代之前，光学和电子学还是两门独立的学科，因此，光电子学也常称为现代光电子学。

1960 年世界上第一台激光器研制成功，使得光学的发展进入了一个新阶段。随着激光的深入研究和广泛应用，大大扩展了以前人们对电磁波理论与微观物质世界的认识，光学和电子学的研究也因此有了广泛的交叉，形成了激光物理、非线性光学、波导光学等新学科。还有，在那同时期几个关键的重大技术突破，如异质结 (两种不同半导体材料构成的 PN 结，体积小、效应高) 半导体激光器的研制成功，激光传输低损耗介质——光导纤维的获得，液晶显示器、电荷耦合器件 (CCD 器件) 以及半导体发光二极管的研制成功，都促进了以光纤传感、光纤传输、光盘信息存储与显示、光计算和光信息处理等技术的蓬勃发展，从深度和广度上又进一步促进了光学和电子学及其他相应学科 (数学、物理、材料等学科)

之间的相互渗透,形成了一些新的研究领域,为光电子技术的发展起到了非常重要的作用。

为此,学术界曾经使用的名词有电光学(elect-optics)、光电子学(optoelectronics)、量子电子学(quantum electronics)、光波技术(light wave technology)、光子学(photonics)等,目前常用的是“光电子学”和“光子学”。

当把光电子学称为光子学时,它是研究以光子作为信息载体和能量载体的技术科学。光子作为信息载体突破了电子学发展的瓶颈限制,使响应时间从 10^{-9} s 提高到 10^{-15} s,工作频率从 10^{11} Hz 提高到 10^{14} Hz,从而使高速、大容量的信息系统得以实现。光子作为能量载体可提供极高功率密度的光能,形成极短的光脉冲或极精细的光束,创造出极端的物理条件:极高的温度、极高的压强、极低的温度、极精密的刻划和极精细的加工,从而在信息、能源、材料、航天航空、生命科学与环境科学以及国防军事等领域中得以广泛应用。而光电子学沿用电子学的有关理论,主要研究与光相关的(有光参与的)电子器件和系统。事实上,光电子学和光子学其本质是一致的,只不过其强调的重点不一样,光电子学强调电子的作用,光子学强调光子的作用。

光电子学的出现是科学进步的体现,同时,科学进步又进一步促进了光电子学及光电技术的发展。如随着科学进步,量子电子学、非线性光子学、光纤光学、导波光学、半导体集成光电子学、超高速光子学、声波与微波光学、薄膜光学、真空与表面分析科学、微光学元件技术等都得到了蓬勃的发展。

应该说,光电子学发展的巨大推动力是应用,而且光电子学的应用极为广泛,如图 1-1 所示。光电子学的应用技术被通称为光电子技术,表 1-1 列出了光电子技术的基本种类和产品。光电子技术包括光子的产生、传输、控制和探测。光电子技术的应用主要有两个方面:一方面是光子作为信息的载体,应用于信息的探测、传输、存储、处理和运算;另一方面是光子作为能量的载体,作为高能量和高功率的束流(主要是激光束),应用于材料加工、医学治疗、太阳能转换、核聚变等。针对这两种不同的应用,分别称为信息光电子技术和能量光电子技术。信息光电子技术包括光的产生、传输、调制、放大、频率转换、检测和光信息处理等,即各种光电子器件及其应用技术(图 1-2)。光电子技术主要有以下器件及技术:激光器及其应用、红外探测器及其应用、CCD 成像器件及其应用、光纤光缆、光电子器件及其应用、平板显示器件及其应用、光存储技术、集成光路和光电子集成技术。

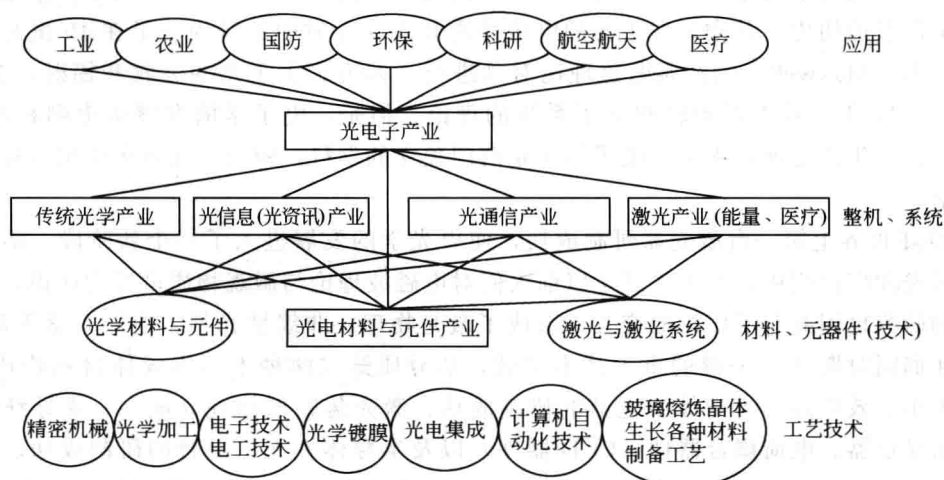


图 1-1 光电子产业及其应用

表 1-1 光电子技术的基本种类和产品

种类	产品
光纤通信设备	光源、放大器、有线电视分布网、光调制器、转换开关、光纤、波分复用器、连接器、发送和接收模块等
信息光学设备	光学处理装置、记忆存储器件、条形码、打印机、图像处理、互联网、传真、显示器
光导航与光显示设备	自动显示内部文件、交通控制系统、光导航设备、驾驶舱显示系统、光学陀螺仪等
工业与医疗设备	机器人视觉、光学检测和测量、激光加工、激光医疗设备、激光器等
军用设备	光纤地面和卫星通信系统、航空/航天侦察系统、激光雷达系统、光学陀螺仪、前视红外元件、夜视仪、军用导航系统、激光雷达测干扰系统、激光武器
家用设备	电视、视频照相机、CD/VCD/DCD 机、家用传真、显示屏、报警器等

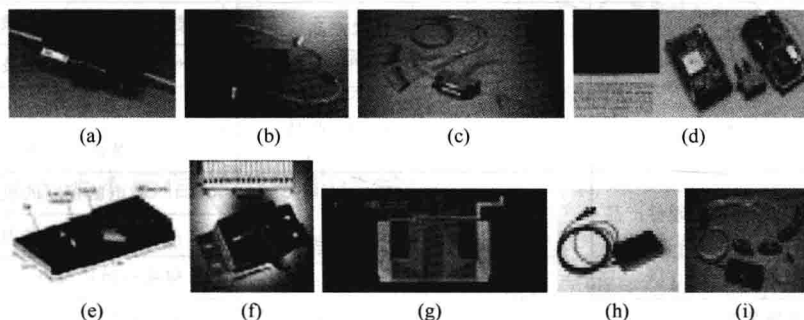


图 1-2 光电子器件及其应用技术

由此可见，光电子技术对推动 21 世纪信息技术的发展至关重要，光通信、光盘技术的成就已充分揭示出光子技术的巨大潜力。

这里应该强调的一点是，与光电子学和光电子技术一起发展起来的还有光机电一体化技术。光机电一体化技术是光电子技术向机械工业领域渗透过程中逐渐形成并发展起来的一门综合性交叉学科。经过几十年的发展，它已从最初的机械电子化、机械电脑化逐渐发展到光机电一体化，使得机电一体化的内涵和外延得到不断的丰富和拓宽。从某种角度讲，光电子技术是光机电一体化的一个重要组成与支撑部分。回顾机电一体化的发展历程，可以看到，数控机床的问世，揭开了机电一体化的第一页；微电子技术为机电一体化的发展带来蓬勃生机，可编程控制器和电力电子的发展为机电一体化提供了坚实的基础，而激光技术、信息技术使机电一体化技术整体上了一个新台阶。越来越多的光学元件被应用到机电一体化系统中，导致了机电一体化的一个重要分支——光机电一体化的诞生。

光机电一体化技术的特征如图 1-3 所示，它是在机电一体化概念的基础上强调了光、光电子、激光和光纤通信等技术的作用，属于 21 世纪应用领域更为广阔的机电一体化技术。

光机电一体化产业目前有四个主要领域：先进制造装备；仪器仪表装备；先进印刷装备；医疗装备。

其中，先进制造装备包括工业机器人、数控机床、激光加工设备、激光三维快速成形设备，表 1-2 给出

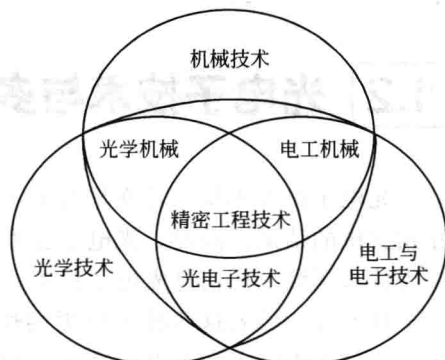


图 1-3 光机电一体化技术的多学科交叉

了光机电一体化先进制造技术设备列表；仪器仪表装备包括激光测振仪、激光测速仪、电子经纬仪、GPS 接收机、微光夜视仪、扫描隧道显微镜等；先进印刷装备包括高速激光打印机、胶印机等；医疗装备包括 X 射线诊断仪、心血管造影系统、红外治疗设备、医用电子直线加速器等。

表 1-2 光机电一体化先进制造技术设备列表

元件、装置及产品	系统	设备
检测、传感	伺服控制系统及中高档数控系统	先进模具设计、制造设备
		大型真空电子束焊设备
传动基础元件及产品	光电控制系统	可控气氛及真空热处理设备
		新型的激光加工设备
柔性制造单元（FMC）	力、视觉系统技术产品 工业机器人产品	波长可调的强激光设备
		激光脉冲功率技术设备
精密成形加工技术产品	柔性制造系统（FMS）产品	等离子技术设备
		智能化的电气设备
机械产品开发用先进计算机软硬件产品	高性能数控机床（三轴以上联动）	微电脑控制的机械设备
		智能化的电力设备
新型数显装置		树脂砂铸造设备（20t/h 以上）
变频调速装置		高性能材料表面处理及改性设备

机电一体化产业的关键技术既包括产业自身存在的需要突破的技术，也包括电力电子、激光等上游技术环节需要突破的技术，同时还包括：先进制造装备中的计算机辅助设计、计算机辅助制造、管理信息系统计算机辅助工艺过程设计；仪器仪表装备中的自动测试技术、信息处理技术、传感器技术、现场总线技术；先进印刷装备中的数字印刷技术、制版技术；以及先进医疗装备中的信息处理技术、图像处理技术、影像显示技术、医用激光技术。

光机电一体化技术使机械传动部件减少，因而使机械磨损、配合间隙和受力变形等所引起的动作误差大大减小，同时由于采用电子技术，反馈控制水平的提高并能进行高速处理，可通过电子自动控制系统精确地按预设量使相应机构动作，因各种干扰因素造成的误差，可通过自动控制系统自行诊断、校正、补偿去达到工作要求。不仅精度提高，而且功能增加。一旦产品实现光机电一体化，便具有很高的功能水平和附加价值，可提高企业的效益和竞争力。

1.2 光电子技术与多学科技术的结合

光电子技术不仅只是光学与电子学相结合的产物，而且是多学科互相融合、互相渗透、互相支持的结果。同时，光电子技术在各个科学领域的应用，又产生了一系列的交叉学科和应用技术领域，如信息光电子技术，通信光电子技术、生物科学和医用光电子技术、军用光电子技术等。随着这些技术应用的快速发展以及其他科技领域的渗透，形成了许多市场可观、发展潜力巨大的光电子产业，包括光纤通信产业、光显示产业、光存储-光盘产业、光电子材料产业、光电子检测产业、军用光电子产业以及光机电一体化产业。下面着重描述光

电子技术与多学科技术的结合（图 1-4），即光电子技术与信息技术的结合、光电子技术与通信技术的结合、光电子技术与生物科学和医用技术的结合、光电子技术与材料科学技术的结合，以及光电子技术与军事技术和武器装备技术的结合。

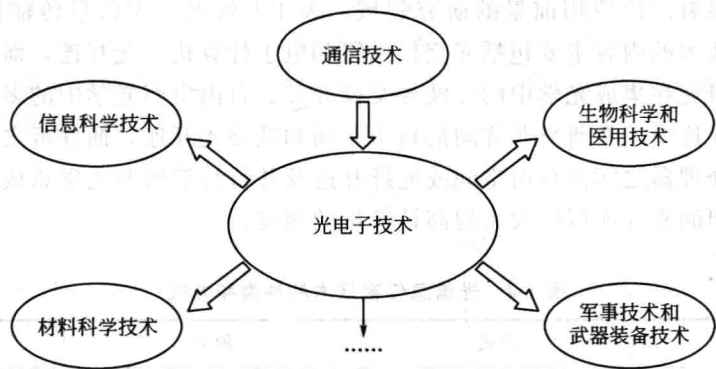


图 1-4 光电子技术与多学科技术的结合

1.2.1 光电子技术与信息技术的结合

目前，光电子学已经成为信息科学的重要发展方向之一。光电子技术不仅是新一代信息载体主流技术，而且它涵盖了信息的获取、通信、处理、存储、交换、读出与显示的完整过程，融入到信息流的各个环节中，渗透到信息领域的每个角落。

(1) 光信息获取技术

光信息获取的方式多种多样，不胜枚举。表 1-3 粗略地列举了光信息的获取技术的方式和应用领域。其中，一些设备里的光纤传感器，就是打破传统的利用声光、电光、磁光等效应制作传感器的方法，而是将被测对象的状态转换成光信号进行检测的光学传感器。

表 1-3 光信息的获取技术的方式和应用领域

方式	应用领域/范围
望远镜	天文，陆地，空间
照相机	摄像机，固体摄像机
X-光透视，层析 (Computer, Tomography, CT)，衍射仪，NMR 技术	
显微镜	电子显微镜，隧道显微镜
光谱仪器	发射，吸收，荧光，拉曼，红外，紫外，傅里叶光谱术
综合孔径雷达	航天航空摄影，多光谱成像，遥感
高速摄影	
立体摄影	
全息照相	
内窥成像	
夜视仪器，红外成像	
编码彩色照	

(2) 光信息传输技术

由于光子的速度比电子的速度快得多，光的频率比无线电（如微波）的频率高得多，所以，为提高传输速度和载波密度，信息的传输技术必然由电子发展到光子。光信息传输技术是在信息光学中最有广泛应用前景的研究领域，表 1-4 列出了光信息传输技术的种类和方式。光信息传输技术的内容主要包括光交换网络和电子计算机的光互连，而且在光交换网络的光互连中，常研究在集成光学中的光波导交换开关、自由空间光学中的多级交换网络；在电子计算机的光互连中，常研究芯片间的自由空间和波导光互连，插件板之间的自由空间和波导光互连，多处理器之间的自由空间或光纤互连及并行计算机的光学总成等，因为电子计算机处理芯片之间的光互连可以大大提高计算机的速度。

表 1-4 光信息传输技术的种类和方式

种类	方式	种类	方式
光通信	光纤，光缆，激光器	通信网络	光纤，光缆，激光器
光纤通信技术及光电子器件		图文传真	
光波通信中的多参量复用技术		卫星通信	

利用光波来传输和处理信息有许多优点：①光波的频率高（ $3\times10^{11}\sim3\times10^{17}\text{ Hz}$ ），因此，可使用的频带宽，可携带的信息量大；②光的传播速度快，可以大大提高信息处理的速度；③光可以同时并行处理信息，特别是图像信息，比串行处理速度提高了 50 倍；④光波波长很短，可以聚焦成很小的光斑，因而存储的信息密度就可以很大；⑤光子是电中性的，相互之间没有作用，也不受外界电磁场的干扰，因此用光传输、处理信息抗干扰性强，保密性好；⑥光的幅度、相位、偏振都可以调制，这给信息的获取、调制、检测提供了很多方便。

(3) 光信息的存储技术

光存储最早的形式为缩微照相，它经历了较长时间的发展，成为文档资料长期存储的主要方式。激光出现后，激光全息技术引人注目，因为它能实现三维图像存储，具有更大的存储容量，但是激光不能进行实时数据存取，光盘存储技术解决了这个问题。光盘作为存储介质和光子技术的使用，可大幅度提高存储容量。光存储器的存储密度的进一步提高，记录介质和写入光源是关键。光源的波长越短，会聚光斑的尺寸将越小，存储密度也就随之提高。应用 800nm 波长的激光来记录和读出波长，5in（1in=25.4mm）直径光盘的信息存储容量为 650MB。利用目前已开发的新的刻录技术和红光半导体激光器（650nm 和 630nm）缩小记录点及其间距，可把现有光盘的记录密度提高 5~10 倍。目前 DVD 单面单层 5in 光盘的存储容量可达 4.7GB，双层和双面双层光盘可分别达 9GB 和 18GB。

光信息存储的形式有：胶片信息存储；磁带存储；光盘存储技术（如音频、视频）；光学全息存储技术。

光盘存储和读出信息具有以下优点：①表面存储密度很高；②在存储和读出信息过程中，载体和读出头之间没有机械接触，所以保真性好，没有磨损，寿命长、可靠性好、误码率低；③接入信号时间短；④可以多次平行处理信息，速度达几百兆比特/秒。

(4) 光信息处理技术

全光计算机是光信息处理技术的重要应用。光学信息处理技术主要包括：光学模拟计算