

激光及其应用



国防工业出版社

激 光 及 其 应 用

〔英〕比斯利 著

曹秋生 译 刘学恂 校

国防工业出版社

内 容 简 介

本书阐述了激光作用的机理,介绍各种激光器及激光在测量、通信、机械加工、医疗和全息照相方面的应用。

本书可供大专院校激光专业的师生和从事激光研究和使用的技术人员参考。

LASERS AND THEIR

APPLICATIONS

M. J. BEESLEY

TAYLOR & FRANCIS LTD 1971

*

激 光 及 其 应 用

〔英〕比斯利 著

曹秋生 译 刘学恣 校

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168 $1/32$ 印张 $7\frac{1}{2}$ 插图 1 188 千字

1976年4月第一版 1976年4月第一次印刷 印数: 00,001—25,600册

统一书号: 15034·1459 定价: 0.98元

目 录

第一章 激光的基础	9
1.1 光的本性	9
1.2 发射和吸收	14
1.3 粒子数反转	17
1.4 氦量子放大器	18
1.5 三能级量子放大器	20
1.6 红宝石激光器	23
1.7 氦氖激光器	24
第二章 相干性	27
2.1 相干条件	27
2.2 时间相干性	27
2.3 空间相干性	31
2.4 密歇耳逊干涉仪	32
2.5 杨氏双缝实验	33
2.6 从非相干源获得相干波	35
第三章 部分激光理论	40
3.1 黑体辐射	40
3.2 爱因斯坦系数	44
3.3 阈条件	46
3.4 最低抽运功率	51
第四章 谐振器、反射镜和模式	54
4.1 谐振器	54
4.2 激光反射镜	55
4.3 激光反射镜的对准	57
4.4 横模	59

4.5 单相模或 TEM_{00} 模	60
4.6 反射镜的选择	62
4.7 轴模	72
第五章 激光输出	79
5.1 电光效应	79
5.1.1 克尔效应	79
5.1.2 泡克尔效应	81
5.1.3 法拉第效应	82
5.2 Q 开关作用	84
5.2.1 转镜 Q 开关	85
5.2.2 电光 Q 开关	87
5.2.3 光化 Q 开关	89
5.2.4 爆破薄膜 Q 开关	90
5.3 激光输出的调制	90
5.3.1 内调制	90
5.3.2 机械调制器	90
5.3.3 声调制	91
5.3.4 吸收调制器	92
5.3.5 电光调制	93
5.4 激光输出的偏转	95
5.4.1 电光束偏转法	95
5.4.2 声束偏转器	97
5.5 倍频	97
5.6 激光输出的稳频	99
第六章 固体激光器	101
6.1 红宝石激光器	101
6.2 钕激光器	104
6.3 半导体激光器	105
第七章 气体激光器	111
7.1 氦氖激光器	111
7.2 氦镭激光器	116
7.3 氩激光器	117
7.4 氦激光器	120

7.5 二氧化碳激光器	121
第八章 激光光谱源	129
8.1 长度标准	129
8.2 拉曼光谱学	130
8.3 受激拉曼散射	133
8.4 可调谐激光器	134
8.4.1 参量振荡器	135
8.4.2 液体激光器	137
第九章 激光测量	142
9.1 对准	142
9.2 距离的测量	145
9.2.1 干涉量度法	145
9.2.2 束调制	149
9.2.3 脉冲回波	151
9.3 速度的测量	155
9.4 转动的测量	156
第十章 激光通信	162
10.1 光源	163
10.2 调制	165
10.2.1 振幅调制	165
10.2.2 频率调制	166
10.2.3 脉码调制	166
10.3 传输	169
10.3.1 光导管	170
10.3.2 纤维导管	171
10.3.3 放大作用	171
10.4 检测和解调	172
10.4.1 直接检测	172
10.4.2 外差检测	173
第十一章 激光用作热源	174
11.1 焊接	176
11.2 切除	177

11.3 切割	181
11.4 眼外科手术	183
11.5 激光安全	185
第十二章 全息照相术	187
12.1 物的漫射照明	190
12.2 斑点图样	191
12.3 全息照相术的简单数学分析	192
12.4 像的放大	193
12.5 傅里叶变换全息照相术	194
12.6 全息照相术的分辨本领	196
12.7 全息照相术的像差	199
12.8 厚全息照片和彩色再现	199
12.9 全息照相的效率	201
12.10 实用全息照相术	201
12.10.1 全息照相术用的激光器	202
12.10.2 条纹稳定性	202
12.10.3 一个典型的全息照相系统	203
12.10.4 记录用材料	205
12.10.5 阿格法和柯达材料的处理	206
12.11 全息照相术的应用	208
12.11.1 全息干涉量度术	208
12.11.2 粒子分析	214
12.11.3 符号识别	215
12.11.4 全息显微术	215
12.11.5 高分辨本领全息照相术	217
12.11.6 全息衍射光栅	217
12.11.7 声全息照相术	219
12.11.8 全息照相术数据存储	221
参 考 文 献	224

激 光 及 其 应 用

〔英〕比斯利 著

曹秋生 译 刘学恂 校

国防工业出版社

内 容 简 介

本书阐述了激光作用的机理,介绍各种激光器及激光在测量、通信、机械加工、医疗和全息照相方面的应用。

本书可供大专院校激光专业的师生和从事激光研究和使用的技术人员参考。

LASERS AND THEIR

APPLICATIONS

M. J. BEESLEY

TAYLOR & FRANCIS LTD 1971

*

激 光 及 其 应 用

〔英〕比斯利 著

曹秋生 译 刘学恣 校

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168 $1/32$ 印张 $7\frac{1}{2}$ 插图 1 188 千字

1976年4月第一版 1976年4月第一次印刷 印数: 00,001—25,600册

统一书号: 15034·1459 定价: 0.98元

引 言

本书的目的是阐述激光作用的机理，介绍现有的各种激光器以及它们的一些当前的与潜在的主要应用。

1960 年激光的发现给科学工作者们提供了一种新的有力工具，它既有多方面的实际应用，同时也有助于基础研究。激光的应用十分广泛：从医疗到土木工程；从化学分析到通信。因此，许多搞应用研究的科学工作者和工程技术人员以及大学生，不仅须要了解激光器的基本原理，而且还须要了解它的结构和应用。在这一方面有哪些限制，发展前途如何也是他们想知道的。

希望本书能在一定程度上满足这些要求。

目 录

第一章 激光的基础	9
1.1 光的本性	9
1.2 发射和吸收	14
1.3 粒子数反转	17
1.4 氦量子放大器	18
1.5 三能级量子放大器	20
1.6 红宝石激光器	23
1.7 氦氖激光器	24
第二章 相干性	27
2.1 相干条件	27
2.2 时间相干性	27
2.3 空间相干性	31
2.4 密歇耳逊干涉仪	32
2.5 杨氏双缝实验	33
2.6 从非相干源获得相干波	35
第三章 部分激光理论	40
3.1 黑体辐射	40
3.2 爱因斯坦系数	44
3.3 阈条件	46
3.4 最低抽运功率	51
第四章 谐振器、反射镜和模式	54
4.1 谐振器	54
4.2 激光反射镜	55
4.3 激光反射镜的对准	57
4.4 横模	59

4.5 单相模或 TEM_{00} 模	60
4.6 反射镜的选择	62
4.7 轴模	72
第五章 激光输出	79
5.1 电光效应	79
5.1.1 克尔效应	79
5.1.2 泡克尔效应	81
5.1.3 法拉第效应	82
5.2 Q 开关作用	84
5.2.1 转镜 Q 开关	85
5.2.2 电光 Q 开关	87
5.2.3 光化 Q 开关	89
5.2.4 爆破薄膜 Q 开关	90
5.3 激光输出的调制	90
5.3.1 内调制	90
5.3.2 机械调制器	90
5.3.3 声调制	91
5.3.4 吸收调制器	92
5.3.5 电光调制	93
5.4 激光输出的偏转	95
5.4.1 电光束偏转法	95
5.4.2 声束偏转器	97
5.5 倍频	97
5.6 激光输出的稳频	99
第六章 固体激光器	101
6.1 红宝石激光器	101
6.2 钕激光器	104
6.3 半导体激光器	105
第七章 气体激光器	111
7.1 氦氖激光器	111
7.2 氦镭激光器	116
7.3 氩激光器	117
7.4 氪激光器	120

7.5 二氧化碳激光器	121
第八章 激光光谱源	129
8.1 长度标准	129
8.2 拉曼光谱学	130
8.3 受激拉曼散射	133
8.4 可调谐激光器	134
8.4.1 参量振荡器	135
8.4.2 液体激光器	137
第九章 激光测量	142
9.1 对准	142
9.2 距离的测量	145
9.2.1 干涉量度法	145
9.2.2 束调制	149
9.2.3 脉冲回波	151
9.3 速度的测量	155
9.4 转动的测量	156
第十章 激光通信	162
10.1 光源	163
10.2 调制	165
10.2.1 振幅调制	165
10.2.2 频率调制	166
10.2.3 脉码调制	166
10.3 传输	169
10.3.1 光导管	170
10.3.2 纤维导管	171
10.3.3 放大作用	171
10.4 检测和解调	172
10.4.1 直接检测	172
10.4.2 外差检测	173
第十一章 激光用作热源	174
11.1 焊接	176
11.2 切除	177

11.3 切割	181
11.4 眼外科手术	183
11.5 激光安全	185
第十二章 全息照相术	187
12.1 物的漫射照明	190
12.2 斑点图样	191
12.3 全息照相术的简单数学分析	192
12.4 像的放大	193
12.5 傅里叶变换全息照相术	194
12.6 全息照相术的分辨本领	196
12.7 全息照相术的像差	199
12.8 厚全息照片和彩色再现	199
12.9 全息照相的效率	201
12.10 实用全息照相术	201
12.10.1 全息照相术用的激光器	202
12.10.2 条纹稳定性	202
12.10.3 一个典型的全息照相系统	203
12.10.4 记录用材料	205
12.10.5 阿格法和柯达材料的处理	206
12.11 全息照相术的应用	208
12.11.1 全息干涉量度术	208
12.11.2 粒子分析	214
12.11.3 符号识别	215
12.11.4 全息显微术	215
12.11.5 高分辨本领全息照相术	217
12.11.6 全息衍射光栅	217
12.11.7 声全息照相术	219
12.11.8 全息照相术数据存储	221
参 考 文 献	224

第一章 激光的基础

1.1 光的本性

要懂得激光器如何工作，重温一下有关光本性的近代概念的发生过程是有好处的。人的各种感觉当中视觉是最重要的一种。视觉和太阳升落之间的联系可能是人类最早的科学论断之一。首先试图说明视觉是怎样产生的很可能是希腊人，他们并由此引导到光本性的推测。他们提出了两种理论：第一是眼睛伸出探针或触须，碰到物体，这个物体就被“看见”了；第二是物体发射某种物质，它们被眼睛收集到就给出视觉。这些就是所谓触觉理论和发射理论。

十七世纪实验科学的进展使人们摒弃了触觉理论，同时把发射理论发展为两种：一是牛顿(Newton)的微粒理论；一是胡克(Hooke)和惠更斯(Huygens)的波动理论。他们均热烈地为自己所提出的理论辩护。

即使在那个时候，就已经能够得到大量实验资料。反射和折射早就为人们所熟知。干涉（虽然它还不像十九世纪初期杨氏(Young)提出他的理论时那样完备）已在1665年以不太合适的名称“牛顿环”被胡克和玻意耳(Boyle)独立地观察到。同年格里马耳迪(Grimaldi)观察到了衍射现象。四年后巴托莱纳斯(Bartholinus)在一种称为冰洲的结晶材料中发现了双折射[●]。

波动理论最初是胡克以比较原始的形式提出来的，然后得到

● 关于本节中提到的这些术语以及其他术语的全面说明，请读者参看任一标准的光学教科书^[1, 2]。

惠更斯的发展和补充；它能很好地说明反射、折射和双折射。双折射还进一步引导惠更斯得出光可以在不同方向上偏振的结论。惠更斯解释问题的基础是，认为波前上每一点都可看作球面波的次级波源，这种球面波通过一种普遍存在的媒质——以太而传播。那时候，振动方向垂直于传播方向的横波以水波的形式为大家所熟知。声波是纵波也是人们所熟知的。这种波的振动方向平行于传播方向。支持波动理论的人们普遍认为光波是纵波。这似乎是一个奇怪的选择，因为偏振的变化用横波理论能完美地解释，而用纵波理论则几乎无法解释。把光波当作纵波可能是由于声音和视觉之间的联系使得有这样的概念：在两种情况下，波必定是同一类型的。

用纵波理论不能说明偏振变化这一事实引导牛顿提出微粒理论来解释。牛顿设想光是一些服从于他的运动动力学定律的微粒。他还假设光粒子没有质量，这样，根据他的运动定律，任何外力作用就不能改变它们的直线轨迹，以此来说明光的直线传播。牛顿想到直线传播与波动理论是矛盾的，因为光波必然会发生衍射，也就是说能拐弯前进；同时他提出了一些巧妙的说明来解释格里马耳迪的早期观察。当然，牛顿想到光波必定要发生衍射这一点是十分正确的，但他未能认识到，假如波长足够短时，任何这种衍射就会很难观察到。

大概有一个世纪左右，牛顿的权威使微粒理论占统治地位，波动理论没能得到普遍的接受。但是也有一些值得注意的例外，特别是数学家欧拉（Euler），他正确地将不同频率的波与不同颜色联系起来。

1801年杨氏在他的经典双缝实验中证明了来自两个光源的光能迭加产生明、暗区，这称为干涉条纹。这些现象只能用波动理论来解释：明条纹的形成是两个波同相迭加因而彼此加强；暗条纹是两波反相相遇因而互相抵消。杨氏把这些现象分别称为相长干涉和相消干涉。