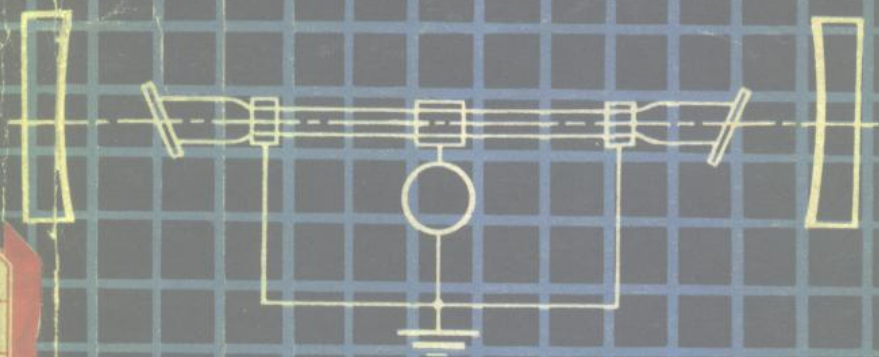


(日) 松平维石 等著

激光原理及实验



科学出版社

73.771

10.2

激光原理及实验

〔日〕松平维石 等著

赵伯林 译

林礼煌 校



科学出版社

1983

1110838

内 容 简 介

本书扼要阐述激光的基本原理和特点,介绍常用激光器的工作原理、结构、调整方法及基本参量的测量方法,并列举了激光器的若干种主要应用。本书内容简明精练,深入浅出,可供从事激光器研究和生产的科技人员以及大专院校有关专业师生参考。

DS83/20
松平维石 他著

レーザーの基礎と実験

共立出版株式会社, 1972

激 光 原 理 及 实 验

〔日〕松平维石 等著

赵伯林 译

林礼煌 校

责任编辑 方开文

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1983 年 6 月第 一 版

开本: 787×1092 1/32

1983 年 6 月第一次印刷

印张: 7 1/2

印数: 0001—8,200

字数: 167,000

统一书号: 13031·2277

本社书号: 3117·13—3

定价: 1.20 元

前 言

本书以实验为主,阐述各类典型激光器的工作原理、结构性能和调整方法。执笔者多半在日本电子工学院激光工程系从事激光技术的教学工作,本书是以具有高中毕业水平的读者为对象而编写的一本简明易懂的参考书。

一般介绍激光的书籍,往往缺乏实际应用激光器进行实验的内容,而激光专著尽管对于激光研究者是有用的,却又难以理解。

本书旨在介绍激光的基础知识,同时通过实验描述,把读者引入专门的激光技术领域。

读者应先阅读第一章“激光是什么”,以便对激光有个大致的了解。第二章是基础理论,阐述作为激光基础的原子物理学要点,如果一时觉得较难理解,可以大致浏览一下便继续读第三章。以下各章是具体叙述。本书力求少用数学公式,读者如果对书中引用的数学公式仍感到乏味,不必拘泥于去理解数学公式,只要能理解所谈到的物理意义就可以了。

激光技术是最新技术,读者只要看一看目录后面激光应用示意图就会明白,它的确是大有希望的一种技术。本书若能对学习激光的读者有所帮助,笔者将感到欣慰。

在本书编写过程中,笔者从激光仪器的专门制造厂——日本科学工业公司得到了许多有益的资料,谨此表示衷心感谢。

本书出版时,承共立出版社盐谷 茂先生、桥本豪夫先生等的帮助,深表谢意。

各章执笔者如下:

- 第一章 松平维石(千葉工业大学教授)
须藤 修(日本科学工业公司)
- 第二章 松平维石
- 第三章 § 3.1—§ 3.4 平井纪光(日本电子工学院)
§ 3.5 斋藤行正(日本电子工学院)
§ 3.6, § 3.7 平井纪光
- 第四章 田口雄一(日本电子工学院)
- 第五章 樱井 诚(日本电子工学院)
- 第六章 § 6.1 平井纪光
§ 6.2—§ 6.4 樱井 诚

松平维石

1972年9月

目 录

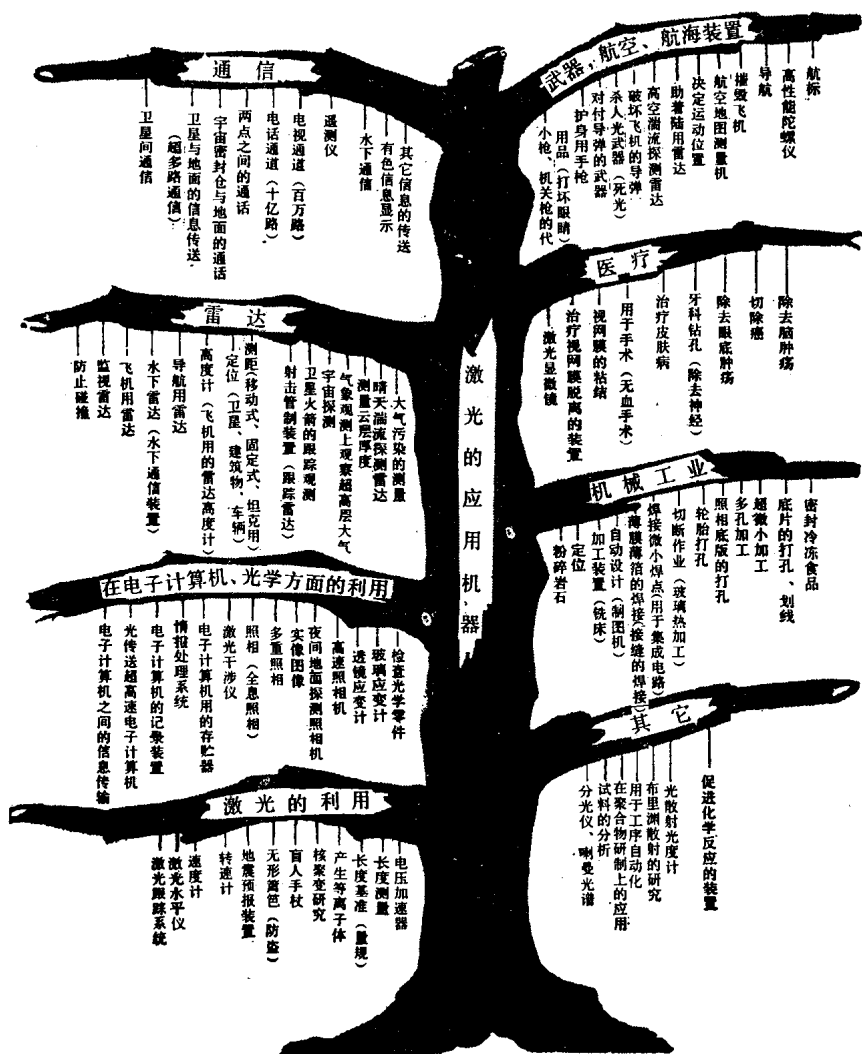
第一章 激光是什么?	1
§ 1.1 激光原理	1
(1) 光的发射与吸收	1
(2) 光的受激发射	1
(3) 粒子数反转	2
(4) 光抽运	2
(5) 激光振荡	3
§ 1.2 激光特性	4
(1) 相位一致	4
(2) 方向性好	4
(3) 单色性好	5
(4) 亮度高	5
§ 1.3 激光器的种类	5
(1) 气体激光器	5
(2) 固体激光器	5
(3) 半导体激光器	6
第二章 激光的基础理论	7
§ 2.1 原子能级	7
§ 2.2 粒子数反转	8
§ 2.3 原子寿命	10
§ 2.4 共振腔	12
§ 2.5 受激发射与受激吸收	16
§ 2.6 放大系数	18
§ 2.7 振荡阈值	20

第三章 气体激光器实验	22
§ 3.1 气体激光装置与种类	22
(1) 激光管	24
(2) 气体激光器的激发方法	25
(3) 激光管内的气压条件	26
(4) 光学共振腔	26
(5) 气体激光器的振荡理论	28
§ 3.2 氩-氦激光器实验	30
(1) 氩-氦激光器的原理	30
(2) 氩-氦激光装置和调整	31
(3) 激光输出的测量	36
(4) 发光图样的观测	38
(5) 振荡光谱(纵模)的测量	39
(6) 稳频振荡和频率的选择	41
(7) 氩-氦激光噪声的观测	45
(8) 氩-氦激光器的锁模	48
(9) 测量氩-氦激光相干性实验	53
(10) 用氩-氦激光作衍射实验	65
(11) 用氩-氦激光作偏振光实验	71
(12) 气体激光的调制实验	84
§ 3.3 氩离子激光器	91
(1) 氩离子激光器的原理	91
(2) 氩离子激光装置	91
(3) 气体交换型氩离子激光器实验	95
§ 3.4 氦-镉激光器	98
§ 3.5 二氧化碳激光器实验	100
(1) 理论	100
(2) 实验	104
(3) 操作顺序	105
(4) 本装置的性能	109

(5) 测量中和使用后的注意事项	110
(6) 二氧化碳激光的特性	111
(7) 二氧化碳激光的能级与振荡波长	111
§ 3.6 气体激光在光通信方面的应用	113
§ 3.7 气体激光在全息术方面的应用	118
(1) 全息术原理	118
(2) 菲涅耳全息照片与夫琅和费全息照片	121
(3) 散射全息术	122
(4) 三维(立体)全息术	122
(5) 彩色全息术	124
(6) 全息术存在的问题	125
(7) 全息术的应用	127
第四章 固体激光器的实验	128
§ 4.1 固体激光的原理	128
§ 4.2 固体激光装置的结构	130
(1) 激光工作物质	130
(2) 光学共振腔	134
(3) 抽运光源	137
(4) 反射聚光腔	138
§ 4.3 实验程序	139
(1) 普通振荡	139
(2) 光轴调整	140
(3) 巨脉冲原理	142
(4) 巨脉冲振荡	143
(5) 观察发光图样	146
(6) 观察振荡波形	148
(7) 测量振荡输出功率	150
§ 4.4 激光加工	151
第五章 半导体激光器	155
§ 5.1 注入式激光器的振荡原理	155

§ 5.2	新结构的激光元件	159
§ 5.3	脉冲发生器	161
§ 5.4	冷却	170
§ 5.5	实验装置	170
§ 5.6	阈值实验	172
	(1) 阈值电流	172
	(2) 阈值对温度的依赖关系实验	175
§ 5.7	观察尖峰信号的实验	177
§ 5.8	光谱实验	178
	(1) 自发发射光的光谱特性	178
	(2) 激光光谱	179
§ 5.9	观察发光图样的实验	182
§ 5.10	发射光的偏振特性	183
§ 5.11	光束发散度的测量	184
§ 5.12	发光功率与电流的关系实验	186
§ 5.13	结语	187
第六章	激光参数测量	188
§ 6.1	法布里-珀罗干涉仪	188
	(1) 法布里-珀罗干涉分光仪的原理	188
	(2) 结构	192
	(3) 波长的计算和分辨本领	194
	(4) 光谱分析器	196
§ 6.2	分光仪	197
	(1) 装置的概况	198
	(2) 光源	199
	(3) 单色仪	200
	(4) 探测器	200
	(5) 使用方法	201
	(6) 试样盒与试样制备	201

(7) 激光光谱	202
(8) 测量激光反射镜的反射率	203
§ 6.3 激光输出的测量	204
(1) 测量输出方法的分类	205
(2) 连续波输出测量	205
(3) 脉冲输出测量	205
(4) 光热法	206
(5) 光电法	207
(6) 减光器	208
(7) 巨脉冲的测量	210
(8) 光探测器	211
§ 6.4 同步示波器	214
(1) 同步示波器的特点	214
(2) 普通示波器的结构与工作原理	218
(3) 同步示波器	222
(4) 扫描延迟扩展电路和扫描延迟电路	223
(5) 同步示波器的使用方法	224
索引	229



激光应用示意图

第一章 激光是什么？

§ 1.1 激 光 原 理

(1) 光的发射与吸收

原子或分子都具有能量，但这些能量只能取分立数值。能量最低的状态称为基态，能量比基态高的状态称为激发态。当原子或分子从能量高的 E_2 态向能量低的 E_1 态跃迁时，则发射出光。所发射光的频率 ν (也可记为 f) 大致由下式：

$$E_2 - E_1 = h\nu \quad (h \text{ 是普朗克常数})$$

决定。反之，原子或分子吸收频率为 ν 的光后，则由 E_1 态激发到 E_2 态。这两种情形如图 1.1 所示。

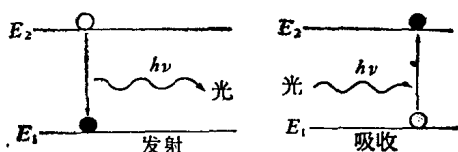


图 1.1 光的发射与吸收

(2) 光的受激发射

光的发射有自发发射与受激发射两种。自发发射是从激发态偶然发生的跃迁，发射光是无规则的。与此相反，受激发射是指处于激发态的原子或分子，受到 $E_2 - E_1 = h\nu$ 所决定的频率 ν 的光的作用，发射出跟入射光同方向、同频率、同相位和同偏振特性的光，其强度与入射光强度成正比。图 1.2 表示受激发射现象。

(3) 粒子数反转

在普通的热平衡状态下,处于高能态 E_2 的原子数比处于低能态 E_1 的原子数少得多,吸收比发射更易发生. 图 1.3 表示受激吸收现象. 与此相反,若处于 E_2 态的原子数反而比处于 E_1 态的原子数多,这种状态称为粒子数反转. 这时发射比吸收更易发生. 图 1.4 示出粒子数反转状态.

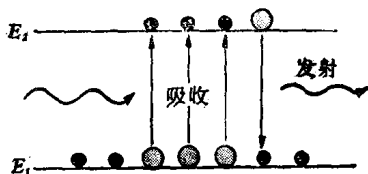


图 1.2 受激发射

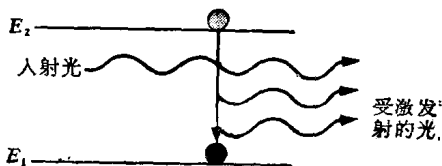


图 1.3 受激吸收

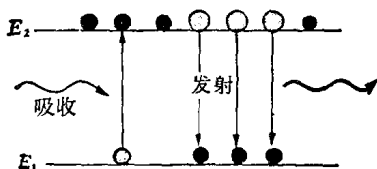


图 1.4 粒子数反转

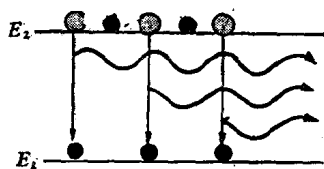


图 1.5

(4) 光抽运

为了实现粒子数反转,必须从外界供给原子或分子能量. 这种供给能量的过程称为光抽运. 气体激光器是通过外加高电压使气体放电进行光抽运的,而红宝石激光器则以氙灯闪

光照射红宝石进行光抽运。

(5) 激光振荡

处于粒子数反转状态的激光工作物质，一旦发生受激发射，在同一方向上，就会有同振动频率、同相位及同偏振特性的光波发生链锁反应，使规则整齐的光波得到放大。图 1.5 表示这种情况。

在激光工作物质的两端装上反射镜，光就在反射镜间多次来回反射，通过很长的光程。于是在反射镜之间光强度增大，有效地产生受激发射形成急剧的放大。在光往返传播时，偏离光轴的光，反射镜的漫反射和吸收都会造成损失。两个反射镜之间的光必须是驻波，波节在两个反射镜处。因为频率满足这个共振条件的光波强度大，因而该频率的光受激发射强烈，不断被放大。当增益超过损失时，就发生激光振荡。

若事先使一端的反射镜稍微透光，则放大后的一部分激光就能输出到腔外。图 1.6 表示这种情况。

在激光管两端直接装上反射镜的气体激光器，称为内反射镜型*的；在两端装上布儒斯特窗，再另外安装反射镜的气体激光器，称为外反射镜型的（见图 1.7）。

如果把激光束扩大，投射到屏上，就可看到光束截面的图样。图样为一个圆时称为单横模，可分出两个以上的花样时，

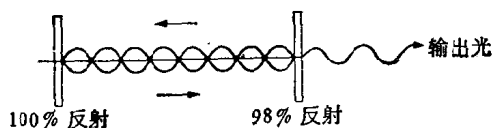


图 1.6 共振腔内的驻波

* 内反射镜型也称为内腔式，下文的外反射镜型也称为外腔式。——译者注

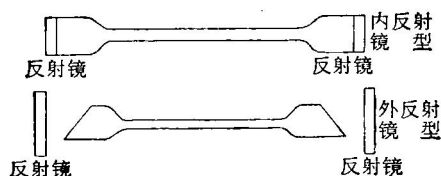
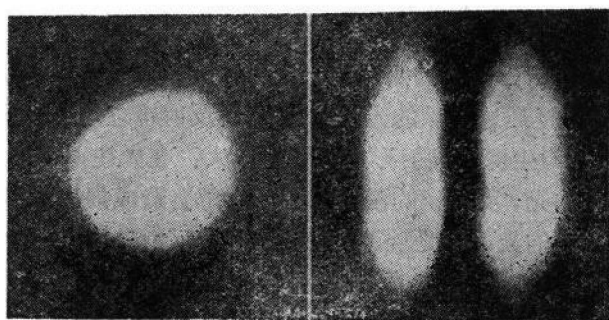


图 1.7 内反射镜型与外反射镜型



(a) 单模

(b) 多模

图 1.8

则称为多横模 (见图 1.8)。

§ 1.2 激 光 特 性

(1) 相位一致

相位一致也称为相干。在反射镜之间所形成的驻波，由于受激发射，相位一致的光受到放大，因此，输出光也是相干光。相干性也称为可干涉性，激光是干涉性好的光。因此，从来难以做到的各种干涉和衍射实验，现在采用激光就易于实现了。

(2) 方向性好

因为仅在光轴方向往返的光才被放大，所以，能够得到沿

光轴方向直线传播的、发散角很小的光束,这就可以使利用光的直线传播性质作几何光学实验变得简单。但是,由于激光束口径有一定大小,衍射效应会使得光束稍为发散。

(3) 单色性好

因为仅仅是由两个能级间之能量差所决定的波长的光才被放大,而且只有在两个反射镜之间形成驻波的光才能振荡,所以,用激光器能够得到单一波长的光。由于能够用这种单一波长的光源进行干涉实验和偏振光实验,从而提高了测量精度。

(4) 亮度高

亮度是指光源在单位面积、单位立体角内发射的能量。由于激光的方向性好,发射光的立体角极小,所以亮度高。

§ 1.3 激光器的种类

现已证实,非常多的原子、分子都能够产生激光振荡。这里列出通常使用的主要激光器的种类和振荡波长:

(1) 气体激光器(几乎是连续振荡)

氦-氖(He-Ne)激光器: 6328 埃, 1.15 微米, 3.39 微米;

二氧化碳(CO₂)激光器: 10.6 微米;

氩(Ar)离子激光器: 4880 埃, 5145 埃等;

氪(Kr)离子激光器: 4619—6764 埃;

氙(Xe)激光器: 2.026 微米。

(2) 固体激光器(几乎是脉冲振荡)

红宝石激光器：6943 埃；

钕玻璃激光器：1.06 微米；

掺钕钇铝石榴石 (Nd:YAG) 激光器：1.06 微米 (也可连续振荡)。

(3) 半导体激光器(几乎是脉冲振荡)

砷化镓 (GaAs) 激光器：0.84 微米。

(松平、须藤)