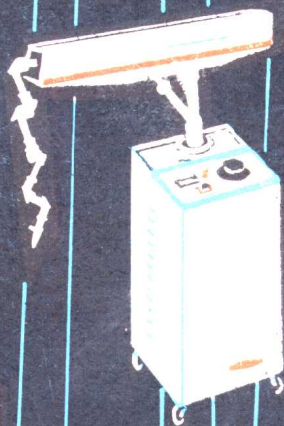


LASER

激光

及其临床应用



江苏科学技术出版社

许春帆 编
汪荫棠

激光及其临床应用

许 春 帆
汪 荫 棠 编

江苏科学技术出版社

激光及其临床应用

许春帆 汪荫棠 编

出版：江苏科学技术出版社

发行：江苏省新华书店

印刷：南京人民印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 8.125 字数 175,000

1983年12月第1版 1983年12月第1次印刷

印数 1—5,200册

书号 14196·138 定价 1.05元

责任编辑 沃国强

前 言

激光是近代出现的新兴光源，具有很好的单色性、方向性、相干性和极高的能量密度。它不仅在国防、科研和工农业生产上得到广泛的应用，同时也渗透到医学科学领域，衍生出一个新的“激光医学”学科。眼科最早应用激光于临床，1961年将红宝石脉冲激光应用于凝固视网膜脱落的手术中取得成功，使医学界对激光的应用增强了信心和兴趣。近廿年来，陆续问世的各种激光治疗装置，在医学研究和临床治疗方面，取得了较为显著的成绩。

激光医学方面的第一批论文见于1961年，如Solon, L. R等人发表的《激光的生理作用》，Zeret, M. M等人发表的《光脉塞引起眼的损害》和《相干光源产生的光凝固》等。到1973年，已发表的激光生物学和激光医学方面的论文有近千篇之多。1964年美国研究基金会在波士顿召开了关于生物医学激光的第一届年会，以后几乎每年召开一次，可见国外激光医学领域的活动是相当活跃的。

为满足我国激光医学事业日益发展的需要，我们编写了这本小册子，把激光医学领域内的一些基本知识，包括激光的基本原理，激光医学中应用最多的气体激光器件，激光医疗器械，激光对生物体的作用、防护以及国内外公开发表的激光在临床各科的各种应用，作了较为详细的介绍。我们希望本书能对激光医务工作者和从事激光医疗器械研制工作的同志有较大的帮助，故内容和文字上，力求实用通俗，使读者对“激光医学”这门年轻的学科有个比较系统的了解，对应

44R 07/02

用激光器进行实际治疗起一定指引作用。然而，由于激光医学领域中有很多问题尚待深入研究和探索，因而本书也只能起到抛砖引玉的作用。

这次编写工作得到了在宁的一些医学专家们的指导和鼓励，在此谨表感谢。

编 者

一九八三年四月

内 容 简 介

本书侧重讲激光在医学中的实际应用，既可当作从事激光临床治疗工作人员的工具书，也可以供有关的医护人员、激光器械的教学研制人员和生产供销检修人员参考。

全书共分四篇，第一篇激光的基本原理，第二篇常用气体激光器及其输出，第三篇激光与医学，第四篇激光在临床上的各种应用。第四篇和附录还收集了当前国内外有关的重要资料。

本书的编写，重视内容的实用、简明和先进性。作者是工程师和专科医师。

目 录

第一篇 激光的基本原理

第一章 有关激光的基础知识	1
§ 1.1-1 光的波粒二象性	1
§ 1.1-2 原子的能级、原子数目按能级分布	7
第二章 激光的基本原理	13
§ 1.2-1 自发辐射和受激辐射	13
§ 1.2-2 粒子数反转与激活媒质	21
§ 1.2-3 光学谐振腔	25
§ 1.2-4 激光的模式	29
第三章 激光的特性	32
§ 1.3-1 激光的方向性以及高亮度	32
§ 1.3-2 激光的单色性和相干性	34

第二篇 常用气体激光器及输出测量

第一章 氦氖激光器	40
§ 2.1-1 氦氖激光器的结构特点	40

§ 2.1-2	氦氖激光器的工作原理	42
§ 2.1-3	激光器输出功率的估算及放电条件对激光输出功率的影响	43
§ 2.1-4	影响激光管寿命的因素	46
§ 2.1-5	氦氖激光管的供电系统	47
第二章	二氧化碳激光器	53
§ 2.2-1	概述	53
§ 2.2-2	二氧化碳激光器的工作原理	54
§ 2.2-3	二氧化碳激光器的特性	55
§ 2.2-4	二氧化碳激光器的供电系统	57
第三章	氩离子激光器和氪离子激光器	60
§ 2.3-1	氩离子激光的受激发射过程	60
§ 2.3-2	脉冲式氩离子激光器	62
§ 2.3-3	连续式氩离子激光器	64
§ 2.3-4	氩离子激光器的输出特性	67
§ 2.3-5	氪离子激光器概述	70
第四章	氮分子激光器	72
第五章	氮镭离子激光器	77
§ 2.5-1	氮镭激光器的结构特点	77
§ 2.5-2	氮镭离子激光器的激发机构	78
§ 2.5-3	激光器输出功率的估算及影响输出功率的因素	80
第六章	激光器输出功率及功率密度的计测	84
§ 2.6-1	激光器输出功率的测量	84
§ 2.6-2	激光功率密度的计测	89

第三篇 激光与医学

第一章 激光在医学上的应用92

§ 3.1-1 激光对生物体的作用机理.....92

§ 3.1-2 激光在医学上的应用范围及注意事项.....99

第二章 医用激光器械102

§ 3.2-1 概述102

§ 3.2-2 医用激光器的特性103

§ 3.2-3 导光系统106

§ 3.2-4 二氧化碳激光刀及照射器109

§ 3.2-5 氦氖激光治疗机113

§ 3.2-6 氩离子激光医用器械115

§ 3.2-7 医用激光器械的使用和保养117

第三章 激光的安全防护119

§ 3.3-1 激光对人体的伤害119

§ 3.3-2 激光的安全防护122

§ 3.3-3 激光的安全标准124

§ 3.3-4 激光防护眼镜128

第四篇 激光在临床上的各种应用

第一章 激光在肿瘤科的应用130

§ 4.1-1 激光在肿瘤科的应用现状130

§ 4.1-2 临床应用实例.....136

第二章 激光在外科的应用	140
§ 4.2-1 激光在外科的应用现状	140
§ 4.2-2 临床应用实例	148
第三章 激光在眼科的应用	159
§ 4.3-1 激光在眼科的应用现状	159
§ 4.3-2 临床应用实例	163
第四章 激光在耳鼻喉科的应用	175
§ 4.4-1 激光在耳鼻喉科的应用现状	176
§ 4.4-2 临床应用实例	178
第五章 激光在口腔科的应用	183
§ 4.5-1 激光在口腔科的应用现状	183
§ 4.5-2 临床应用实例	185
第六章 激光在皮肤科的应用	191
§ 4.6-1 激光在皮肤科的应用现状	191
§ 4.6-2 临床应用实例	192
第七章 激光在妇科的应用	201
§ 4.7-1 激光在妇科的应用现状	201
§ 4.7-2 临床应用实例	204
第八章 激光在内科、神经科的应用	209
§ 4.8-1 激光在内科、神经科的应用现状	209
§ 4.8-2 临床应用实例	212

第九章 激光在诊断方面的应用	216
§ 4.9-1 激光荧光显微术	216
§ 4.9-2 激光全息照相术	217
§ 4.9-3 激光显微光谱分析术	218
§ 4.9-4 激光散射检查术	219
§ 4.9-5 激光透照检查术	220
附录一 光敏效应诊治癌症的进展	223
附录二 国内外市场上激光医疗器械部分产品介绍	237

第一篇 激光的基本原理

第一章 有关激光的基础知识

§ 1.1-1 光的波粒二象性

光与人类的关系，如同空气与生命的关系一样密切。但人们对光的认识还在不断的深化之中。光究竟是什么？它的一个基本性质，就是同时具有波动性和微粒性，即具有波粒二象性。一般地说，在光的干涉和衍射等现象中，光的波动性比较明显，因此人们往往把光看作是由一系列的光波组成的；而在原子发射或吸收光等现象中，光的微粒性较明显，人们又把光看作是由一个一个的光子所组成的。

下面简要介绍光波和光子这两个基本概念。

一、光 波

我们知道，光是一种电磁波。波就是振动在空间的传播。对于电磁波来说，振动着的空间里的电场和磁场，可以分别用矢量 E 和 B 来描述。 E 和 B 的振动方向都与电磁波的传播方向相垂直。就是说，电磁波是横波(图1.1-1)。由于在一般的光学现象中，起主要作用的是光的电矢量 E ，故

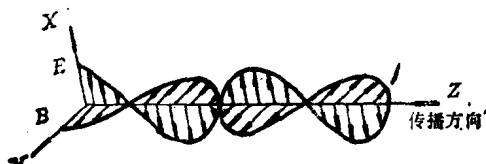


图1.1-1 电磁波

在讨论中经常只考虑矢量 E 。

1. 线偏振光

设光波沿着 Z 轴方向传播，则光的电矢量 E 的振动方向，必在与 Z 轴垂直的 XY 平面上。换句话说， E 的振动方向在 XY 平面上的取向可以是任意的。

电矢量 E 沿着单一方向振动的光称为线偏振光。一般地说，沿着 Z 轴方向传播的光，可能包括许许多多成分，它们的电矢量 E 的振动方向，都在与 Z 轴垂直的 XY 平面上，但其取向各不相同。根据矢量分解法，电矢量 E 的振动方向，在 XY 平面上的任何一种线偏振光，总可以分解为下述两种线偏振光，其中一种光的电矢量沿着 X 轴方向振动，另一种光的电矢量沿着 Y 轴方向振动，如图1.1-2所示。显然，这两种线偏振光都沿着 Z 轴方向传播，但它们的电矢量振动方向是互相垂直的。

2. 光速、频率和波长的关系

首先讨论光在真空中的传播。已知光在真空中的传播速度 C 是固定不变的， $C = 3 \times 10^{10} \text{ cm/s}$ 。这就是说，光的电矢量 E 的振动在真空中以速度 C 向前传播，在一秒的时间内所完成的振动次数，称为频率 ν ，单位是赫(1/秒)；而完

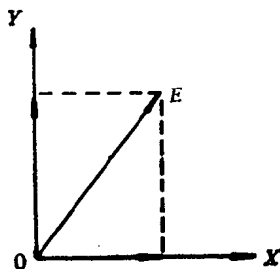


图1.1-2 电矢量E的分解

成一次振动所需要的时间称为周期 T ，单位是秒。 ν 和 T 的关系是 $\nu = \frac{1}{T}$ 。当时间增加 T 的整数倍时，空间同一点处电矢量 E 的振动重复到原来的状态，参看图1.1-3中时间增加 T 或 $2T$ 时，在 Z 轴上同一点的电矢量 E 。

振动在一个周期内向前传播的距离等于波长 λ 。在同一时刻，相隔波长 λ 整数倍的两点具有相同的振动状态。在图1.1-3中， Z 轴上两个相邻的波峰(或两个相邻的波谷)之间的距离都等于波长 λ 。

通过上面的讨论，可以指出，光在真空中传播时，波长 λ 与频率 ν 的乘积等于其速度 C ，即：

$$\lambda \nu = C \quad (1.1-1)$$

光在真空中或介质中传播时，其频率 ν 保持不变，但光在介质中的传播速度却变为 C/n ，故光在介质中的波长变为 λ/n 。

3. 红外辐射、可见光和紫外辐射

电磁波按其波长的长短为序，大体上可分为无线电波、微波、红外辐射、可见光、紫外辐射、X射线和 γ 射线等。

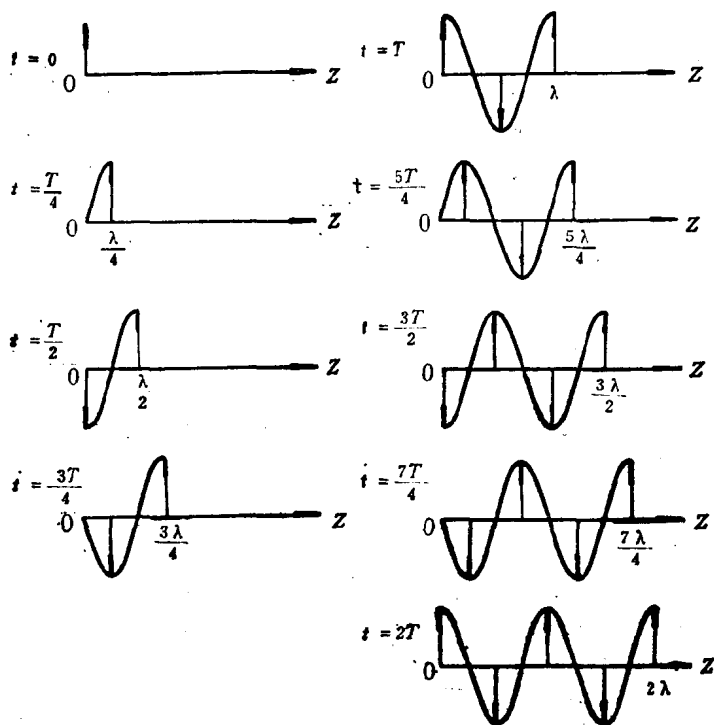


图1.1-3 光的传播

其中红外辐射、可见光和紫外辐射，通常统称为光。其波长 λ 的范围见表1.1-1。

4. 单色平面光波

具有单一频率的光，称为单色光。下面讨论在真空中沿着 Z 轴方向传播的线偏振单色光波的数学表达式。参看图 1.1-4。因电矢量 E 只沿着 X 轴方向振动，所以可简单地用 E 来表示。

表1.1-1

光 谱 区		波长 λ 的大致范围
红 外 辐 射		1000~0.76 μ
可 见 光	红	7,600~6,300 $\text{\AA}$
	橙	6,300~6,000 $\text{\AA}$
	黄	6,000~5,700 $\text{\AA}$
	绿	5,700~5,000 $\text{\AA}$
	青	5,000~4,500 $\text{\AA}$
	蓝 紫	4,500~4,300 $\text{\AA}$ 4,300~4,000 $\text{\AA}$
紫 外 辐 射		0.40 μ (4,000 $\text{\AA}$ ~ 50 $\text{\AA}$)

注：1 埃(或 $\text{\AA}$) = 10^{-4} 微米(或 μ) = 10^{-8} 厘米(或 cm)

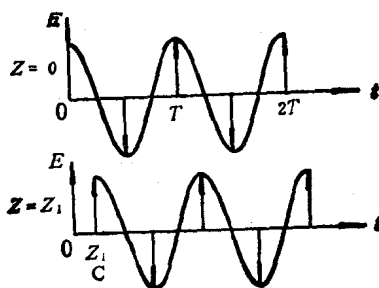


图1.1-4 单色平面波

设从时间 $t = 0$ 开始, Z 轴上 0 点处的电 矢量 E 随时间 t 按余弦规律作简谐振动。即 $E = A \cos 2\pi \nu t$, 式中 A 是振幅, 即电矢量绝对值的最大值, ν 是频率, 二者均为常量。

因光在真空中以速度 C 沿着 Z 轴向前传播, 所以从时间 $t = \frac{Z_1}{C}$ 开始, Z 轴上 Z_1 点处的电 矢量 E 亦随着时间 t 按余

弦规律作简谐振动。即： $E = A \cos 2\pi \nu \left(t - \frac{Z_1}{C} \right)$ 。

这就是说， Z_1 点处和0点处的电矢量 E 随时间 t 的变化规律是相同的，只是 Z_1 点处电矢量 E 开始振动的的时间比0点处电矢量 E 开始振动的的时间推迟了 $\frac{Z_1}{C}$ 。对 Z 轴上任一点 Z ，显然其电矢量 E 随时间 t 的变化规律应为 $E = A \cos 2\pi \nu \left(t - \frac{Z}{C} \right)$ 。把(1.1-1)式代入即得出：

$$E = A \cos 2\pi \left(\nu t - \frac{Z}{\lambda} \right) \quad (1.1-2)$$

上式表示，光的电矢量 E 是时间 t 和坐标 Z 的函数。即时间 t 与坐标 Z 均为自变量，而振幅 A 、频率 ν 和波长 λ 均为常量。上式就是在真空中沿着 Z 轴方向传播的线偏振单色光波的数学表达式。

(1.1-2)式中的 $2\pi \left(\nu t - \frac{Z}{\lambda} \right)$ 称为位相。由于(1.1-2)式中不出现坐标 X 和 Y ，因此与 Z 轴垂直的任一平面内各点均具有相同的位相，并且具有相同的 E 值。上述由位相相同的各点组成的面称为波振面，波振面是平面的光波称为平面光波。因此，(1.1-2)式所表示的光波正是一种线偏振的单色平面光波。

实际上前面的图1.1-3也是根据(1.1-2)式画的。

最后讨论光的强度 I 。单位时间内通过垂直于光传播方向的单位面积的辐射能量，或者说通过垂直于光传播方向的单位面积的辐射功率，称为光的强度 I ，单位是 W/cm^2 。通常我们测量到的是光的平均功率，所以光的强度 I 与相应的电矢量振幅 A 的平方成正比。即 $I \propto A^2$ 。