



医用激光机原理、 使用与维修

黄志渊 编著

郑文祥 校订



Laser

人民卫生出版社

R197.39
20

B733.12

医用激光机原理、 使用与维修

黄志渊 编著

郑文祥 校订

人民卫生出版社

内 容 提 要

本书深入浅出地介绍了激光的产生、激光的特性和各种医用激光器。重点论述了激光治疗机的工作原理、使用方法、故障分析与排除。书中专辟第六章简介激光临床主要参数及其测量仪器与测量要点。为了开阔视野,在第七章中特别概述了激光在医学领域应用发展前景。书中还附有国内主要厂家生产的典型激光治疗机产品。

该书是一本颇有实用价值的工具书,可供从事激光临床应用与研究的医务人员和医用激光仪器维修人员参考。也可供从事激光治疗机的研制人员、医学院校有关专业的教师和学生参考,对从事兽医激光临床的有关人员也很有参考价值。

医用激光机原理、使用与维修

黄 志 渊 编著

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里 10 号)

北京市卫顺印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米32开本 10印张 8插页 218千字

1991年1月第1版 1991年1月第1版第1次印刷

印数: 00,001—1,634

ISBN 7-117-01434-2/R·1435 定价: 8.00 元

〔科技新书目230—178〕

前 言

激光技术是六十年代初兴起的最为活跃的新技术之一。自1960年用红宝石制成的第一台激光器至今将近30年,由于她较之于普通光源具有许多无可比拟的特点,使她得到迅猛的发展,已成为当代尖端科学技术广泛地应用于国防、宇宙、通讯、工农业、医疗卫生等各个领域,促进了物理学、化学、生物学等许多学科的发展。它是继本世纪量子物理学、无线电技术、原子能技术、半导体技术、电子计算机技术之后又一重大科学技术的新成就。

激光技术在医学中的应用更是令人瞩目,它不仅最先成功地用于眼科,而且已深入到临床各科,如外科、妇科、耳鼻喉科、肿瘤、皮肤、口腔,以及整形等。激光在医疗和诊断上所应用的新的技术方法和新的仪器设备也不断涌现。并取得了许多优异的成绩,激光医学的发展已逐步进入到一个崭新的阶段。

就在这样一个激光技术在医学应用上得到大发展的新形势下,作者根据多年从事激光仪器工程技术工作,在对医用激光仪器的原理、结构、使用以及维修具有一定的实践经验的基础上,编写了本书。作者希望该书能对激光技术在医学领域深入广泛地应用中,起到一点推波逐澜的作用。本书理论和实际应用与操作并重,在该书中作了较详细具体地描述,这对从事激光医学工作者和对激光医学发生兴趣并想具体了解激光技术的临床应用的广大医务工作者来说,具有较好的参考价值。

有关激光医学的最新发展和临床应用这一章，向读者展示了激光技术在医学中应用的广阔前景。

激光医疗技术的蓬勃发展，带来了激光治疗机（机种和机型）的与日俱增，然而限于篇幅，本书只阐述了一些具有代表性的机型。即使如此，读者也可据此举一反三地应用于本书未述及到的其它型号的治疗机。

郑文祥同志除撰写第七章外，还对全书作了校订；在编写过程中，还得到贺安之、朱劲松等同志的热忱帮助。在此，作者向他们深表谢意。

鉴于作者水平有限，书中定存在许多不妥，乃至错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 激光的产生	(1)
第一节 原子结构与能级	(2)
第二节 吸收与发射	(5)
第三节 粒子数反转分布与光放大	(9)
第四节 激光的产生	(11)
第五节 光学谐振腔	(15)
第二章 激光的特性与模式	(19)
第一节 激光的基本物理特性	(19)
一、亮度	(19)
二、单色性	(20)
三、方向性	(21)
四、相干性	(21)
第二节 激光的模式	(22)
第三章 各种类型的医用激光器	(26)
第一节 激光器分类方法	(26)
一、概述	(26)
二、激光器分类方法	(28)
第二节 氦氖激光器	(29)
一、概述	(29)
二、基本结构	(30)
三、工作原理	(32)
四、激光输出功率与放电条件的关系	(34)
五、影响激光管寿命的主要因素	(39)
第三节 二氧化碳激光器	(41)

一、概述	(41)
二、结构简介	(42)
三、工作原理	(45)
四、输出特性	(50)
第四节 氮分子激光器	(51)
一、概述	(51)
二、工作原理	(52)
第五节 氩离子激光器	(55)
一、概述	(55)
二、结构简介	(56)
三、激励机理	(58)
四、输出特性	(61)
第六节 氦镉离子激光器	(64)
一、概述	(64)
二、结构简介	(64)
三、工作原理	(65)
四、影响输出功率的因素	(67)
第七节 固体激光器	(69)
一、概述	(69)
二、结构简介	(69)
三、工作原理	(73)
四、输出特性	(74)
五、常用固体激光工作物质性能比较	(76)
第八节 染料激光器	(77)
一、概述	(77)
二、结构简介	(78)
三、工作原理	(79)
四、工作特性	(80)
第四章 激光治疗机的工作原理与结构	(83)

第一节 临床对设计提出的要求	(83)
第二节 氦氖激光治疗机	(86)
一、单管氦氖激光光针仪	(86)
(一) 氦氖激光管	(86)
(二) 光学谐振腔	(87)
(三) 会聚与传光系统	(88)
二、双管氦氖激光治疗机	(90)
(一) 氦氖激光管	(90)
(二) 光学系统	(90)
(三) 光导纤维	(91)
三、多功能氦氖激光治疗机(综合治疗机)	(91)
(一) 结构特点	(92)
(二) 激光管	(92)
(三) 光学系统	(94)
(四) 导光系统	(95)
(五) 电源	(95)
第三节 二氧化碳激光治疗机	(100)
一、二氧化碳激光照射机	(101)
(一) 具有可见光导向的二氧化碳激光照射机	(101)
(二) 无可见光导向的二氧化碳激光照射机	(102)
二、二氧化碳激光手术刀	(103)
(一) 透射式二氧化碳激光手术刀	(104)
(二) 反射式二氧化碳激光手术刀	(106)
三、导光系统	(106)
(一) 光导纤维导光系统	(107)
(二) 中空金属导光系统	(111)
(三) 关节臂导光系统	(112)
四、电源	(115)
第四节 激光针灸仪	(120)

一、概述	(120)
二、结构	(121)
第五节 氩离子激光内窥镜光凝治疗机	(122)
一、概述	(122)
二、结构	(123)
第六节 氩离子激光眼科治疗机	(131)
一、概述	(131)
二、结构	(132)
第七节 氩离子激光泵浦的连续染料激光诊疗 机	(137)
一、原理简介	(138)
二、设计要求	(140)
三、结构	(140)
四、具有多光束输出的 Ar^+ 激光泵浦的染料激光诊 疗机	(142)
第八节 氮镉激光治疗机	(143)
一、概述	(143)
二、结构	(143)
第九节 红宝石激光眼科治疗机	(145)
一、概述	(145)
二、结构	(146)
三、脉冲氙灯电源	(149)
第十节 掺钕钇铝石榴石 ($\text{Nd}^+:\text{YAG}$) 激光 治疗机	(150)
一、概述	(150)
二、结构	(151)
三、连续氙灯电源	(153)
第五章 各种激光治疗机的使用与维修	(159)

第一节 使用与维修前的准备及注意事项·····	(159)
一、使用前的准备与注意事项·····	(159)
二、维修前的准备·····	(161)
第二节 氩氦激光治疗机的使用与维修·····	(162)
一、单管氩氦激光光针仪·····	(162)
(一) 主要技术参数·····	(162)
(二) 使用方法·····	(162)
(三) 常见故障分析与修理·····	(166)
二、双管氩氦激光治疗机·····	(173)
(一) 主要技术参数·····	(173)
(二) 使用方法·····	(174)
(三) 常见故障分析与修理·····	(175)
三、多功能氩氦激光治疗机·····	(176)
(一) 主要技术参数·····	(176)
(二) 使用方法·····	(177)
(三) 常见故障分析与修理·····	(179)
四、激光管的定期点燃与其寿命关系·····	(182)
第三节 二氧化碳激光治疗机的使用与维修·····	(183)
一、二氧化碳激光照射机·····	(183)
(一) 主要技术参数·····	(183)
(二) 使用方法·····	(184)
(三) 常见故障分析与修理·····	(186)
二、二氧化碳激光手术刀·····	(192)
(一) 主要技术参数·····	(193)
(二) 使用方法·····	(193)
(三) 常见故障分析与修理·····	(195)
第四节 激光针灸仪的使用与维修·····	(197)
一、主要技术参数·····	(197)
二、使用方法·····	(199)

三、常见故障分析与修理	(201)
第五节 氩离子激光内窥镜光凝治疗机的使用与 维修	(203)
一、主要技术参数	(203)
二、使用方法	(204)
三、常见故障分析与修理	(212)
第六节 氩离子激光眼科治疗机的使用与维修	(219)
一、主要技术参数	(219)
二、使用方法	(220)
三、常见故障分析与修理	(221)
第七节 氩离子泵浦的连续染料激光诊疗 机的使用与维修	(224)
一、主要技术参数	(224)
二、使用方法	(225)
三、常见故障分析与修理	(231)
第八节 氮镉激光治疗机的使用与维修	(234)
一、主要技术参数	(234)
二、其它	(235)
第九节 红宝石激光眼科治疗机的使用与维修	(235)
一、主要技术参数	(236)
二、使用方法	(237)
三、常见故障分析与修理	(239)
第十节 掺钕钇铝石榴石($\text{Nd}^{+}:\text{YAG}$)激光治 疗机的使用与维修	(241)
一、主要技术参数	(241)
二、使用方法	(243)
三、常见故障分析与修理	(247)
第六章 激光功率(能量)的测量	(262)
第一节 测量的重要性	(262)

第二节	测量仪器简介	(263)
第三节	测量要点	(264)
第四节	激光临床治疗中的基本参数	(269)
第七章	激光技术在医学领域应用的发展前景	(271)
第一节	激光光动力学诊治癌症	(271)
一、	激光光动力学诊治癌症的特点	(271)
二、	探测HPD荧光谱的方法	(274)
三、	激光荧光内窥镜技术	(278)
第二节	激光技术在眼科的新应用	(279)
一、	动态斑纹图应用于眼屈光力测量	(279)
二、	全息术在眼屈光力测量中的应用	(283)
三、	采用视径的调制传递函数研究视觉系统	(284)
第三节	激光多普勒技术在生物医学中的应 用	(286)
一、	激光显微血流计对人体微循环的测定	(286)
二、	激光多普勒电泳仪的新技术应用	(288)
第四节	简介一种激光感生荧光信号的交接装 置及其在医学中的应用	(289)
一、	接收激光感生荧光信号的交接装置	(289)
二、	激光感生荧光法在血球计数器中的应用	(292)
第五节	激光技术在心血管系统的应用	(294)
一、	仪器设备和激光能量的选择	(294)
二、	激光技术应用于心血管系统的临床研究	(296)
附录	激光安全标准及警告标记图样	(300)
一、	激光安全标准	(300)
二、	警告标记图样	(306)

第一章 激光的产生

“光”是人们在日常生活中随时可见的一种自然现象。阳光、空气和水是人类以及一切有生命的物体赖以生存的三要素。没有阳光万物就不能生长，夜间没有灯光就面临一个黑暗的世界，因此说光是我们所熟悉和必需的物质。那么我们要问“光”是什么？“激光”又是什么？它们是怎样产生的？人们根据长期对光的研究表明，不论是普通光源发的光，还是激光，都是物质发光，是原子或分子的发光，即发光现象都是与发光源物质的内部原子结构及其运动状态有关。但是，普通光源和激光在产生的原理上具有本质的区别，前者称为自发辐射，而后者称为受激辐射，详细原理在本章中作了阐述。

激光是近 30 年才迅速发展起来的一种新颖光源。激光又称莱塞，是由五个英文字头组成 Laser，即 Light amplification by stimulated emission of radiation 的字头缩写而成。激光就是通过受激辐射而产生的颜色很纯、相干性好，能量高度集中的一种光源。产生这种光源的装置称做受激辐射式光放大器，或称做光激励器，简称为激光器。

为了了解发光现象和激光的产生原理，本章首先对原子结构及其能级作个基本的介绍，然后，从原子受激发射过程和受激吸收过程以及粒子数反转分布和光放大的理论阐明发光现象和激光产生的原理。

第一节 原子结构与能级

宇宙间的所有物质都是由分子组成，分子又是由更小的原子组成。19世纪末和20世纪初期，随着人们对物质认识的深化，便形成了一个完整的原子结构理论。原子并不是物质结构的最小单元，它是由一个质量重的原子核和围绕核旋转的若干个电子组成。原子核带正电荷，电子带负电荷。一个电子具有的电荷量称之为一个电子电量，其值 $e = -1.60 \times 10^{-19}$ 库仑。原子核带的正电荷量与围绕其旋转的所有电子带的负电荷量之和在数值上是相等的，因而原子系统对外界观察者来说，在正常情况下呈现出中性。

不同元素的原子包含着不同数目的电子。结构最简单的是氢 (H_1) 原子，它的核外只有一个电子，其他的原子都包含着多于一个数目的电子，如氦 (He) 原子的核外有两个电子，铝 (Al) 原子的核外有13个电子，等等。

大家都知道，在宇宙间的太阳系里，地球、金星、火星、木星等行星围绕着太阳旋转。近代原子结构理论研究表明，一个原子如同一个“小太阳系”，许多电子围绕着原子核在不停地旋转，在绕核旋转的同时，也不停地自转着，像地球在绕太阳旋转的同时还自转一样。电子在原子中的分布并不是任意的，而是按照一定的规律分布于其中，即它们的分布是“量子化”了的。为了研究的方便，人们通常用 n 、 l 、 m 和 m_s 四个量子数来描述电子的运动状态及其在核外的分布情况。 n 是主量子数，它决定着电子的能量。 l 是角量子数，它决定着电子的角动量。 m 是磁量子数，它决定着自旋角动量在磁场方向上的分量。 m_s 是自旋量子数，它决定着电子的旋转方向。电子在原子中的分布，如图1-1所示，它是以

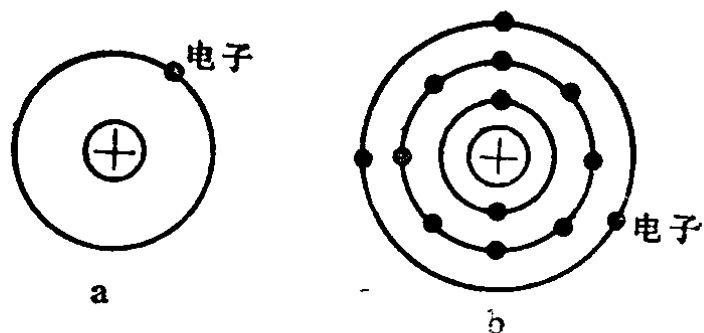


图 1-1 原子中电子层状分布示意图

a. 氢原子 b. 铝原子

层状的形式一层一层地分布在原子核外。最靠近核的一层叫K层，然后依次地叫L、M、N、…层，它们分别对应于主量子数是 $n=1、2、3、\dots$ 的值。核外的电子与原子核之间，既存在着静电吸引力，又存在着排斥力。静电吸引力产生于带负电的电子与带正电的核之间相互的吸引，其关系遵从库仑定律，即吸引力正比于电子与核所带电荷量的乘积，反比于它们两者之间的距离的平方。静电引力使电子在绕核旋转时有靠近核的趋势。电子是微观粒子，具有波动性和粒子性。对微观粒子而言，对其运动空间范围的任何进一步缩小，必将导致微观粒子动能的增加。也就是说，静电引力随电子与核之间的距离缩小而平方地增大，引力增大又迫使电子更接近原子核，电子的运动就被限制在更小的范围内，因而电子趋于离开核的运动的动能就更大，它们之间的排斥力也就更大。排斥力使电子有离开原子核的趋势。随着电子与原子核间距离的缩小，它们之间的排斥力就随之而增加，且增加速率快于吸引力的增加速率，最终可能出现这样的情况，即排斥力与吸引力达到相对平衡，这时电子与核之间就保持着一定的距离。

电子绕核作旋转运动，就有一定的动能，而电子离核有

一定距离,就有一定的位能,这两者之和就构成原子的内能。电子与核之间的距离保持不变,其内能也就不变。如果由于外界的作用,使电子与核的距离增大,内能就增加,反之就减少。

电子绕核运动,只能沿着某些可能的轨道运动,而不能沿着任意的轨道运动。那些可能的轨道是指一定大小、形状和方位的轨道,简言之,是被上述的 n 、 l 、 m 、 m_z 描述的“量子化”了的轨道。好比田径运动员只能在规定的跑道上赛跑,而不能超越到其它的跑道上去一样。电子在允许的轨道上绕核运动时,要么在这一轨道上运动,要么在另一轨道上运动。但是,当受到外来影响时,它可以从一个轨道上跃迁到另一个允许的轨道上。

电子所具有的能量大小,决定着电子在相应轨道上的运动状态,就是说决定着该原子所处的状态。反之,一定的状态也就对应着一定的能量。由于电子在原子内绕核运动的轨道是不连续的,所以原子具有的能量也是不连续的,而是一档一档地分离的。这种分离的能量值称为能级。为了研究的方便,原子能级通常用图 1-2 来表示。离核较近的轨道对应着较低的能量,最靠近核的轨道,具有最低的能量值。具有最低能量值的状态叫基态,如图 1-2 中的

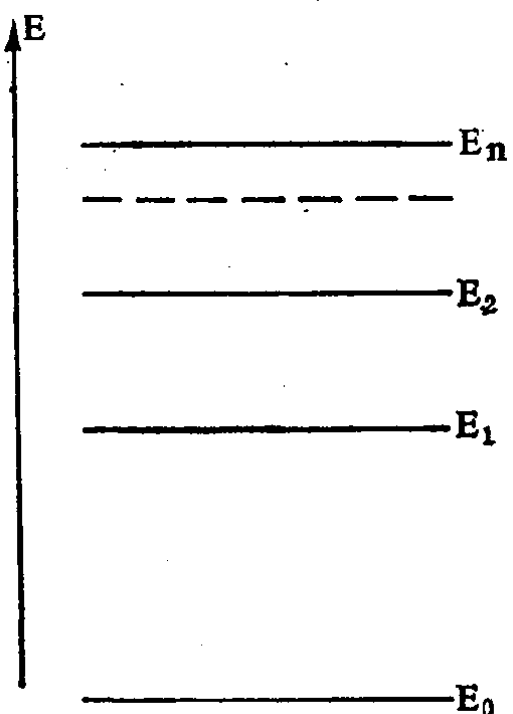


图 1-2 原子能级结构示意图

E_0 能态。电子处在基态的原子是稳定的，所以基态又叫稳态。其他的能态，如图 1-2 中的 E_1 、 E_2 、 E_3 、…… E_n ，统称为高能态。高能态是不稳定态，高能态又称为激发态。我们将在以后介绍，在激光能级系统中，还有亚稳态，它是一个特定的能态。原子处于该能态上的寿命长于其他的高能态。

上面简单的介绍了原子结构，并引入了能级概念。那么读者会问，在原子体系中，光和原子之间会发生怎样的作用？我们将在下节阐述这个问题。

第二节 吸收与发射

构成物质的微粒，如原子、分子、离子等统称为粒子。对于某一原子（粒子）体系来说，各个原子都处在某一个能级之上。实际的原子能级数目是很多的。为了简化讨论（这样并不影响讨论问题的实质），下面我们只限于讨论图 1-3 所示的两个能级情况。图中 E_1 、 E_2 表示两个不同的能级，其中黑点表示处在该能级上的原子。 E_1 能级较低， E_2 能级较高（“低”和“高”是相对而言）。在正常条件下，电子具有的能量低，状态就稳定，故处在 E_1 能级上的原子数量多，而且，在无外力的作用下，一般不会跃迁到 E_2 能级之上，所以处于该能级上的原子是稳定的，故 E_1 能级称为基态或稳态。而 E_2 能级高于 E_1 能级，处在 E_2 能级上的原子数较少。在该能级上的原子会自动的或在外力作用下跃迁到 E_1 能级，所以处于 E_2 能级上的原子是不稳定的，故 E_2 能级称为高能态，或谓之激发态。原子的这种能态变化，如从基态 $E_1 \rightarrow$ 激发态 E_2 ，或从激发态 $\rightarrow$ 基态的变化，称之为跃迁过程。由图可见，处在高能态（ E_2 ）上的原子数明显地比处