



主审 梅骅

主编 玄绪军 邬绍文 梅骅

激光泌尿外科

天津科学技术出版社

JIGUANG MINIAO WAIKEXUE

激光泌尿外科

主审 梅 骅

主编 玄绪军 邬绍文 梅 骅



天津科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

激光泌尿外科/玄绪军, 邬绍文, 梅骅主编. —天津: 天津科学技术出版社, 2007

ISBN 978-7-5308-4182-2

I. 激... II. ①玄...②邬...③梅... III. 泌尿系统疾病-激光疗法 IV. R699

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 093508 号

责任编辑: 马 洪 王朝闻

版式设计: 邱 芳

责任印制: 王 莹

天津科学技术出版社出版

出版人: 胡振泰

天津市西康路 35 号 邮编 300051

电话(022)23332393(发行部) 23332390(市场部) 27217980(邮购部)

网址: www.tjkjbs.com.cn

新华书店经销

天津市永源印刷有限公司印刷

开本 850 × 1168 1/32 印张 10.25 字数 222 000

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

定价: 30.00 元

编委名单

主 审 梅 骅

主 编 玄绪军 邬绍文 梅 骅

副主编 孙 鹏 刘 强 朱仁娟

编 委 (按姓氏笔画顺序排列)

王贤广	王固新	王家林	史本康
玄绪军	朱仁娟	邬绍文	刘大钺
刘 强	齐洁琳	孙 鹏	李立昌
李建军	李 晓	张 伟	张 炎
张 莉	张晓忠	陈 炜	范医东
周瑞锦	郑伏甫	郑茂峰	赵献光
高兆旺	郭 峰	黄 英	梅 骅
曾 怡	谢 群	滕剑波	

序

现代科学技术与生命科学的联姻产生出很多新兴学科,激光医学便是其中的一大门类。自其产生至今,激光医学经历了由试验进入临床,再由临床试验到临床广泛应用的发展过程,技术水平日臻完善。激光医学所涉及的范围几乎包括临床所有科室和专业,激光泌尿外科学既是激光医学的一个分支也是其发展的缩影。激光泌尿外科学是专门研究探索用多种激光新技术去诊断和治疗泌尿外科疾病的边缘医学学科,是近 50 年来激光这一科学新技术与现代泌尿外科相结合相互促进相互发展的产物。激光泌尿外科学技术不仅为泌尿系统疾病的临床诊断与治疗提供了崭新的手段,也为认识泌尿系统疾病的发生发展及转归开辟了新视角。腔镜技术的发展带动了泌尿外科疾病诊疗水平的发展,而多种新型激光发生器及光导纤维与腔镜技术的结合使临床医生对泌尿外科疾病的诊疗水平上升到一个前所未有的新高度。将激光束通过腹腔镜或其他腔镜引入血管内或机体各种腔隙内,安全准确快捷地达到诊疗目的,使现代泌尿外科的理念发生了革命性的变化。本书的编著者们多为从事泌尿及激光专业的专家教授,他们在总结前人经验的基础之上,将最新激光科技发展成果与本专业的临床实践相结合,从激光的一般特性讲起,把重点放在激光技术在泌尿外科领域中的应用,力求本书能精练概括激光医学基础、与激光应用相关的泌尿外科学基础以

及激光技术在泌尿外科中的应用等知识。作为国内专门介绍激光泌尿外科的第一本专著,本书具有专业性强、专业重点突出的特点,相信对广大读者了解医学激光技术在现代泌尿外科中的应用会有所裨益。

梅 骅

目 录

第一章 激光基本原理	1
第一节 光与激光	1
第二节 激光的产生	3
第三节 激光的特性	8
第四节 激光器参量	11
第五节 医用激光器的导光系统	19
第六节 光导纤维与激光器的耦合	30
第二章 医学常用激光器	32
第一节 概述	32
第二节 氦-氖激光器	37
第三节 半导体激光器	43
第四节 氮分子激光器	47
第五节 红宝石激光器	49
第六节 二氧化碳激光器	52
第七节 氦-铜激光器	58
第八节 掺钕钇铝石榴石激光器	62
第九节 医用激光器的医源性伤害与安全防护	68
第三章 激光医学作用基础	78
第一节 激光与生物场	78
第二节 激光对机体的刺激与调节作用	89
第三节 激光的切割	97
第四节 激光焊接与烧灼	99

第五节	激光荧光对肿瘤的诊断	103
第六节	激光动力学的治疗原理	109
第四章	与激光诊断治疗有关的泌尿外科学基础	115
第一节	生理学基础	115
第二节	解剖学基础	121
第三节	诊断学基础	134
第五章	激光治疗肾脏病变	155
第一节	肾癌	155
第二节	肾脏囊性性疾病	157
第三节	肾错构瘤	159
第六章	激光治疗输尿管病变	161
第一节	输尿管结石的激光治疗	161
第二节	输尿管良性肿瘤的激光治疗	168
第三节	输尿管癌的激光治疗	170
第四节	输尿管囊肿的激光治疗	175
第五节	激光在输尿管内切开术中的应用	177
第七章	激光治疗膀胱病变	181
第一节	膀胱结石	181
第二节	膀胱炎症性病变	185
第三节	膀胱黏膜白斑	189
第四节	膀胱肿瘤	192
第八章	激光治疗前列腺病变	220
第一节	慢性细菌性前列腺炎	220
第二节	前列腺增生症	222
第三节	前列腺癌	236
第九章	激光治疗尿道病变	241
第一节	尿道狭窄	241

第二节	尿道癌	244
第三节	尿道肉阜	246
第十章	激光治疗阴茎病变	249
第一节	包茎及包皮过长	249
第二节	包皮龟头炎	251
第三节	阴茎纤维性海绵体炎	252
第四节	阴茎癌	254
第十一章	激光治疗其他泌尿外科病变	259
第一节	激光治疗附睾淤滞症	259
第二节	激光男性绝育	260
第三节	激光治疗外阴和阴囊皮肤肿瘤及外阴白斑	262
第四节	激光治疗尖锐湿疣	265
第十二章	腹腔镜激光技术在泌尿外科中的应用	270
第一节	腹腔镜激光肾上腺切除术	270
第二节	腹腔镜激光肾切除、肾部分切除、肾输尿管切除术	271
第三节	腹腔镜激光精索静脉曲张切断术	274
第十三章	钨激光在泌尿外科的应用	277
第一节	钨激光的特性	277
第二节	钨激光在泌尿外科领域的临床应用	281
第十四章	绿激光在泌尿外科的应用	292
第一节	绿激光的特性	292
第二节	绿激光在泌尿外科领域的临床应用	295
第十五章	铥激光在泌尿外科的应用	307
参考文献		310
致谢		317

第一章 激光基本原理

第一节 光 与 激 光

光是宇宙间最普通而又非常奇特的物理现象,人类对光的认识可追溯到公元前 4 世纪的先秦时期,那时就有了对光学现象的记载,但直到 17 世纪后期,才有了明确的光学理论。那时候,光的微粒论和波动论,两种完全不同的学说发生了激烈的竞争。随着科学的发展,至 20 世纪初量子物理理论建立后,这两个学说才得到了合理的统一,即光具有波粒二象性。

客观地讲,19 世纪末建立的光的电磁波理论,在解释光的传播方面至今仍有实用价值,该理论认为光是变化的电磁场,光波中电场和磁场的方向互相垂直,与光的传播方向也是垂直的。因为电场矢量的方向为光波的振动方向,其与传播方向构成的平面称为光的振动面。在一束光中,任何振动方向的光波都有,因此光的振动面是不固定的,只有一种振动面的光称为完全偏振光。光的电磁波理论可以对光的颜色进行解释,光的颜色是由光波频率决定的,人类的眼睛对不同频率的光感觉不同,因此有赤、橙、黄、绿、青、蓝、紫的区别,人眼能看见的光,波长大约在 400nm 到 760nm 范围内,波长小于 400nm 的光称紫外光,波长大于 760nm 的光称红外光,人类的眼睛无法看到它们。

波长是指振动一次波传播的距离,光速(V)即为波长(λ)

与频率(ν)的乘积。

$$V = \lambda \nu$$

式中 V 是光在某种物质中的速度,光在真空中的速度(c)是定值,约 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。光在各向同性物质中的速度也是定值,且小于真空中的速度,此两种速度的比值称为该物质的绝对折射率(n)。

$$n = \frac{c}{V}$$

光在物质中的传播速度越大,则该物质的折射率越小,空气的折射率近于 1。

光射入两种透明物质交界面时会发生反射和折射,折射方向由折射定律决定,即入射角的正弦与折射角的正弦之比等于两种物质折射率之比。

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

式中 α 和 β 分别为入射角和折射角, n_1 和 n_2 分别为第一种物质的折射率和第二种物质的折射率。

反射光线与折射光线的强度也与入射角有关,入射角不相同,反射光线与折射光线的强度也不相同。

光线由光密物质射入光疏物质时,折射角大于入射角。当入射角足够大时,光线发生全反射。折射角等于 90° 时的入射角称为临界角。当光线从折射率为 n 的物质射入空气时,根据折射定律,临界角 α 可按以下公式计算。

$$\sin \alpha = \frac{1}{n}$$

光的另一基本性质为粒子性。1905 年,爱因斯坦提出了光子学说,认为光在本质上是由一些具有确定能量和动量的

以光速 c 前进的物质微粒构成,光子的能量和动量对应于光的频率和波长。

任何光都离不开物质,都是从物体中发射出来的,不同的物质会发射出不同波长的光,发光现象与物质内部结构有关。量子电动力学描述电磁场与原子体系相互作用时,可能发生三种过程,即自发辐射、受激辐射和受激吸收过程。按这种理论,原子体系中高能级上的粒子数小于低能级上的粒子数时,原子体系对辐射场可表现出的总效果是自发辐射或受激吸收。反之,如果以某种方式破坏原子体系按能级的正常分布而实现粒子数反分布状态,则原子体系在入射场作用下的受激辐射效应可能占优势,从而可能因受激辐射效应导致放大作用。激光(laser)即受激辐射产生的光放大。

处于不同状态的光子,可用动量或能量、行进方向、空间区域和偏振方向来区分。一次光辐射可产生大量光子,这些光子具有不同的运动状态,对稳定光源来说,运动状态完全相同的光子数目应该是不变的,但随时间延长也有变化,其平均值是确定的。

由以上观点可以看出:①光子的能量与光的频率成正比;②光子的静止质量为零;③光子具有一定的动量;④光子具有一定的偏振状态;⑤光子具有自旋性。

(齐洁琳 张 莉 玄绪军)

第二节 激光的产生

激光,和其他光源发出的光一样具有波粒二象性,没有什么本质的区别。但是激光又有自己的特点,其单色性、相干性

好,方向性强,高亮度,这是由激光的发光原理与激光器的结构所决定的。

一、原子结构与原子能级

光与物质不可分割,任何光都是从物体中发射出来的。各种光源如日光灯、白炽灯的发光物质都是由分子和原子组成的。原子是组成物质的基本单元,不同的物质由不同的原子组成,而原子又是由原子核和核外电子组成的。原子核带正电荷,电子带负电荷。电子围绕着原子核运动,同时又作自旋运动。运动着的电子具有一定的动能。动能的大小,不是连续可变的,而是跳跃式的,只能具有某些特定的数值,这称为能级的量子化。原子核和电子相互吸引,便有势能;电子绕核运动,便有动能,这两者之和,就是原子的内能。进一步研究发现,原子核是由质子和中子组成的,每个质子带一个单位的正电荷,中子不带电。电子由于受库仑力的作用,在原子核周围运动,但其运动状态不是随意的。原子不受外界条件作用时,核外电子都在一定的可能轨道上绕核旋转。这些轨道可以分为好几层,称壳层,每一壳层中都有一定数目的可能轨道,电子按一定规律分布在这些轨道上。一般地说,离核越近的轨道,越易被电子占据。电子除沿着某个轨道运动外,还可能受外来因素的影响,从一个轨道跃迁到另一个轨道。

当电子在不同的轨道上运转时,原子处于不同的稳定状态,每一稳定状态中的原子都具有一个确定的能量,即原子的内能。电子的能级是量子化的,原子的能级也是量子化的,最低的能级叫基态,其他能级叫激发态,或称高能级。

当原子处于基态时,电子距离原子核最近,能级最低,原子最稳定。当原子处于激发态时能级较基态高,电子距离原

子核越远,能级越高,能量越大。

处于基态的粒子,可以吸收外界的能量,按照一定的规律即所谓选择定则跃迁到高能级;处于激发态的粒子,也可以放出能量,跃迁到基态;不同激发态能级间也可以发生跃迁。粒子由低能级向高能级跃迁所吸收的能量,可以是电能、热能、化学能,也可以是光能。基态粒子吸收一个光子跃迁到激发态,这种吸收能量的过程叫受激吸收。处于激发态的粒子,一般很不稳定,在 $10^{-9} \sim 10^{-7} \text{ s}$ 的时间内,便放出能量,回到基态,通常能级越高,寿命越短,越容易放出能量跃迁到低能级。处于热平衡中的粒子系统,尽管其中的粒子不断地由低能态跃入高能态,又由高能态跃入低能态,但处于各能态的粒子数是不变的。处于某个能级的粒子数 n 可用公式表示:

$$n = Ne^{-E/kT}$$

式中 N 为系统中的粒子总数, k 是玻尔兹曼常数, T 为热平衡时的温度, n 是处于能级能量为 E 的粒子数。

设能级 $E_2 > E_1$, 则处于 E_2 的粒子数 n_2 与处于 E_1 的粒子数 n_1 之比为:

$$\frac{n_2}{n_1} = e^{-(E_2 - E_1)/kT}$$

$E_2 > E_1$, $T > 0$, 所以 n_2 小于 n_1 , 也就是说, 处于低能级的粒子数总比高能级的粒子数多, 这就是处于热平衡的粒子系统中, 粒子数按能级分布的玻尔兹曼规律。

二、自发辐射和受激辐射

粒子从外界吸收了能量以后跃入激发态, 激发态的粒子在很短的时间内放出能量, 跃回基态。释放能量的方式, 可以是放出热能, 叫无辐射跃迁; 也可以是放出光能, 叫辐射发光

跃迁。辐射发光有两种形式,一种是激发态粒子自动跃迁到低能态放出一个光子,称自发辐射跃迁;另一种是激发态粒子在光子的刺激下跃入基态,放出一个光子,叫做受激辐射跃迁。

自发辐射发光,光子能量的大小由两个能级之差决定,设低能态能量为 E_1 ,高能态能量为 E_2 ,则所发射的光子能量为:

$$h\nu = E_2 - E_1$$

式中 h 为普朗克常数, ν 为光的频率。

自发辐射,光子发射的方向是无规律的,但在受激辐射过程中,受激辐射放出的光与外来感应的光其传播方向、偏振方向、频率都相同,入射光子与受激辐射出来的光子,同方向、同频率、同相位、同偏振方向,因此,光通过受激辐射后得到了放大。

三、活性物质的激励和粒子数目的反分布状态

受激辐射在一般光源中也存在,但因为占的比例很小,不能形成激光,要得到宏观可见的激光,必须使受激辐射占优势,这就要求处于高能级的粒子数多于处于低能级的粒子数。粒子系统的这种状态叫粒子数的反转分布。因为按照玻尔兹曼分布规律,正常分布总是低能态的粒子数多于高能态的粒子数。为了实现粒子数的反转分布,一是要有特定的粒子,一是要有特定的激发条件。凡是能实现粒子数反转分布的物质叫活性物质,这些物质都具有亚稳态能级,即存在着寿命比较长的高能态,然后用某种外来的力量来激励,使大量处于低能级的粒子跃迁到高能级上去,实现能级间的粒子数反转分布。

激光器中的激励装置,是产生激光的能源,激光的能量是从激励装置中其他形式的能量转换而来的。

四、光学谐振腔

为实现激光发射,原子、分子或离子在能级上实现粒子数反转是内因,只有当激光介质放在两个反射镜之间,通过光的不断放大与振荡才能发出激光,这种装置称激光振荡器,两个反射镜构成了光学谐振腔,谐振腔要求反射率在 99% 以上,即完全反射。

激活介质中的粒子,发生一次自发辐射,诱发邻近粒子产生受激辐射,从而得到放大。如果没有反射镜,这束放大的光穿过边界后就消失了,有了反射镜,情况就不一样了,就可形成很强的受激辐射。沿轴线方向行进的光碰到镜面被反射,又重新通过激活介质,再经放大。这样,大部分沿轴线方向的光将在谐振腔中往返多次,不断得到放大,形成强大的受激辐射光。

五、激光的模式

激光的模式是指激光在光学谐振腔中的振荡方式,光的振荡方式不同,激光的模式特性也不同。

(一)纵模

在谐振腔内,沿轴向传播(即纵向传播)的振动模式称纵模。每一种频率的光的振荡为一种振荡方式,称一个模式。如果谐振腔内只有一种谐振频率,腔内就只有一个频率的光在振荡,称为纵向单模或单纵模。如果同时存在好几种谐振频率,则称为纵向多模,一般地讲在激光技术中,纵模频率即输出频率。

(二)横模

激光在谐振腔内的振荡过程中,在光束的横截面上形成各种不同形式的稳定分布,这称为横模。激光光束在横截面上的光强分布可以有多种情况,每一种分布称为一个模式。

(齐洁琳 张 莉 王贤广)

第三节 激光的特性

激光也是光的一种,它具有光的一切特性,但它又有许多特点是自然光无法比拟的,即单色性好、相干性好、方向性强、高亮度等。激光的特性是由受激辐射的本性及光学谐振腔的选模作用决定的。

一、单色性好

人的眼睛对不同频率的光感觉不同,也就有了赤、橙、黄、绿、青、蓝、紫的区别。某种颜色的光并不是单一的波长,而是有一个波长范围。单色光波长范围很小,这个范围称单色光的谱线宽度。波长范围越小,谱线宽度越窄,即单色性越好。谱线宽度是衡量单色性好坏的标志。在激光出现之前,人们已创造出单色性较好的氪(^{86}Kr)灯。激光的问世,使人们获得了单色性比氪灯高得多的单色光源。

激光单色性好的主要原因有两个方面:①激光器谐振腔的选模作用;②激活介质的特殊能级结构。对于单模激光器,单色性取决于它的纵模结构,如果激光在多个纵模上振荡,它就由多个不同频率的光组成,单色性就差。单纵模激光器,它的谱线宽度极窄,输出的激光单色性好。在实际激光器中,有