



Fundamentals and Clinical
Applications of Ophthalmic Laser

眼科激光基础与临床

主编 王康孙

上海科技教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

眼科激光基础与临床/王康孙主编. —上海:上海科技教育出版社,2008.4

ISBN 978-7-5428-4458-3

I. 眼… II. 王… III. 眼外科手术—激光疗法
IV. R779.63

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第113510号

眼科激光基础与临床

主 编 王康孙
责任编辑 蔡 婷
装帧设计 童郁喜

出版发行 上海世纪出版股份有限公司
上 海 科 技 教 育 出 版 社
(上海市冠生园路393号 邮政编码 200235)

网 址 www.ewen.cc
www.sste.com

经 销 各地新华书店
印 刷 浙江印刷集团有限公司

开 本 787×1092 1/16

字 数 740 000

印 张 31.25

插 页 28

版 次 2008年4月第1版

印 次 2008年4月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5428-4458-3/R·348

定 价 160.00 元

编委名单

主 编 王康孙

副主编 王 玲 廉井财 许松林 张士胜

编者 (以姓氏笔画为序)

王 玲 上海交通大学医学院附属瑞金医院
王 晶 上海交通大学医学院附属瑞金医院
王文吉 复旦大学附属眼耳鼻喉科医院
王文峰 上海交通大学医学院附属瑞金医院
王光璐 首都医科大学附属北京同仁医院
王明扬 首都医科大学附属北京同仁医院
王康孙 上海交通大学医学院附属瑞金医院
文 峰 中山大学中山眼科中心
史桂英 上海交通大学医学院
朱彩红 上海交通大学医学院附属瑞金医院
刘凡光 中国人民解放军总医院
许松林 上海交通大学医学院
孙 悦 上海交通大学医学院附属瑞金医院
孙静芬 上海交通大学医学院附属瑞金医院
闫 焱 上海交通大学医学院附属瑞金医院
李 娜 上海交通大学医学院附属瑞金医院
李增琦 上海交通大学医学院附属新华医院
吴德正 中山大学中山眼科中心
张 琼 上海交通大学医学院附属瑞金医院
张 雷 上海交通大学医学院附属瑞金医院
张 燕 中山大学中山眼科中心
张士胜 上海交通大学医学院附属瑞金医院
陈 荣 福建师范大学物理与光电信息科技学院
陈 蕾 中国医科大学附属第一医院
金陈进 中山大学中山眼科中心
周正申 上海交通大学医学院附属瑞金医院
周行涛 复旦大学附属眼耳鼻喉科医院
周颖明 上海交通大学医学院附属瑞金医院

钟一声 上海交通大学医学院附属瑞金医院
郭强苏 上海交通大学医学院
董凌燕 上海交通大学医学院附属新华医院
廉井财 上海交通大学医学院附属瑞金医院
廖华萍 上海交通大学医学院附属瑞金医院

序

激光于20世纪60年代问世后,迅速从眼科引入医学界。70年代我国先后自行研制成多种激光器,激光技术在眼科应用范围不断扩大,内容也日益丰富和创新。迄今,激光在眼科疾病的诊断、治疗和基础研究等多方面,已成为十分重要的组成部分。新世纪以来,激光在眼科发展更为迅速,新技术、新理论不断呈现。广大读者需要系统学习激光在眼科的基本知识,特别关注当代眼科激光技术新动态。迫切希望有一本新的激光专业书籍问世。王康孙教授主编的《眼科激光基础与临床》一书的出版,正符合这种客观需要。

王康孙教授在国内率先成立科研和临床相结合的激光研究组,长期从事眼科激光的临床治疗与科研工作。王康孙教授数十年来,亲临激光事业的前沿,勤耕不懈;其研究范围非常广泛,从基础理论到临床应用,从诊断到治疗,从眼后节扩展至多种眼病,并十分重视与国际接轨。

《眼科激光基础与临床》这本书是作者们长期从事临床和科研工作的经验积累,也包含了许多近年来激光治疗眼病的新进展。本书内容涵盖激光医学基础知识、基础理论;各种激光治疗仪器和科学检查设备,如半导体激光器、飞点扫描激光器,铒激光、钕激光、钕激光器,钛宝石激光器;氩、氪离子激光器和现代准分子激光器系统等。在激光治疗方面,有激光治疗屈光不正,PRK,LASIK,LASEK,Epi-LASIK;激光对外眼病、白内障、青光眼及虹膜、多种眼底血管病的治疗;近年来对各种黄斑CNV的激光治疗,包括PDT,TTT;以及眼底肿瘤的激光治疗,都有全面详尽的论述。

《眼科激光基础与临床》展示出激光在我国眼科的历史、现状和新动态,是临床实践与理论研究密切结合的专著,是一本具有很高实用价值的高级参考书。我相信本书的出版,将会大大满足广大读者知识更新的需要,极有裨益于专业人才的培养,从而也将积极推进激光在眼科的蓬勃发展。

张承芬

2007年10月

于北京

内 容 提 要

本书对激光在眼科的应用做了全面、系统、详尽的介绍。全书共分3篇,21章,第一篇为激光医学基础,介绍了激光基础知识、眼科常用激光器、激光医学检测设备、激光生物学效应及激光在眼病动物模型中的应用。第二篇为眼科激光诊断技术,介绍了眼底血管造影、激光扫描检眼镜、光学相干断层成像术等技术在眼科疾病诊断中的应用。第三篇为眼病激光治疗,介绍了准分子激光角膜屈光手术、白内障、青光眼以及眼底病变等的激光治疗。本书反映了近年来国内外相关领域的研究成果,内容丰富,图文并茂,对各级眼科医师、医学生及研究生,进行临床、教学和科研工作都有较好的参考价值。

前 言

激光是基于受激发射放大原理而产生的相干光辐射。它有极高的亮度、极好的单色性和相干性。激光是 20 世纪的重大发明,它的问世使光学技术进入了一个新时期。由于各种不同激光光源的不断涌现,也促进了眼科基础研究、诊断及手术方面迅速发展。当然,这也离不开电脑、人工晶体、显微手术器械等的共同发展。

20 世纪 60 年代中期,首先是红宝石激光问世,用于眼科治疗。70 年代早期氩离子激光技术迅速发展,使视网膜病变尤其是视网膜血管病变患者受益。70 年代后期至 80 年代早期,激光虹膜切除术、周边虹膜成形术及小梁成形术相继开展,使闭角型及开角型青光眼患者可以使用激光进行治疗。同时期又开展了全视网膜光凝固治疗糖尿病视网膜病变。用 Q 开关 Nd-YAG 激光作晶状体后囊膜切开术及虹膜切开术亦在 80 年代早期开展。80 年代末准分子激光屈光手术开始用于临床。而针对黄斑变性及眼内肿瘤的激光治疗,于 90 年代也相继涌现出一批新的技术。此外,激光还可用于整形手术、白内障超声乳化手术等领域。激光在眼部影像学的应用及快速发展,更是大大提高了对眼病的诊断水平,并具有广阔的拓展前景。

眼科学的发展,离不开激光技术,而激光技术的发展,将推进眼科学科的进展。

在本书编写过程中,得到了国内多位知名专家学者的大力支持和帮助,张承芬教授也欣然亲自为本书作序,在此一并致以衷心的感谢。

科学发展日新月异,知识更新永无止境。限于我们的学识水平,本书对有些当今最新的专题尚未涉及或有不尽之处,敬希读者不吝赐教指正。

王康孙

2007 年 10 月

目 录

第一篇 激光医学基础	1
第一章 激光基础知识	1
第一节 光的基本性质	2
第二节 激光的原理	3
第三节 激光器的基本结构	5
第四节 激光束的特性	8
第五节 激光束的传输	9
第六节 常用激光单元技术	10
第二章 眼科常用激光器	11
第一节 红宝石激光器	12
第二节 倍频Nd-YAG激光器	13
第三节 近红外激光器	15
第四节 光纤激光器	16
第五节 半导体激光器	16
第六节 氦离子激光器	18
第七节 氮离子激光器	20
第八节 射频激励CO ₂ 激光器	20
第九节 准分子激光器	23
第十节 超短脉冲激光器	24
第十一节 X线激光器	25
第三章 激光生物检测与医学诊断	27
第一节 激光流式细胞仪	27
第二节 激光扫描共聚焦显微镜	47
第三节 DNA碱基激光测序仪	56
第四节 激光多普勒血流速度测定仪	57
第五节 激光光谱技术	57
第四章 激光生物效应和安全防护	64
第一节 激光生物效应	64
第二节 眼科的激光安全	65
第三节 用于眼科治疗的接触镜	71
第五章 眼病动物模型的激光诱导	73

第一节	慢性青光眼模型	73
第二节	脉络膜新生血管模型	74
第三节	视网膜静脉阻塞模型	74
第四节	视网膜中央动脉阻塞模型	75
第五节	虹膜新生血管模型	75
第六节	准分子激光原位角膜磨镶术模型	76
第二篇 眼科激光诊断技术		78
第一章 眼底血管造影		78
第一节	荧光素眼底血管造影	78
第二节	与激光相关的吲哚青绿血管造影	84
第二章 激光扫描检眼镜		110
第一节	设备概况	110
第二节	激光扫描检眼镜眼科应用	112
第三节	共焦激光扫描检眼镜	115
第三章 微视野检查		116
第一节	微视野检查仪器	116
第二节	正常眼微视野检测结果	119
第三节	病变眼底的微视野检查	119
第四章 光学相干断层成像术		121
第一节	基本技术原理及特点	121
第二节	正常眼球结构的光学相干断层成像表现	123
第三节	光学相干断层成像在眼科疾病中的应用	123
第四节	光学相干断层成像在眼科应用的新进展	128
第五节	小结	129
第五章 视网膜厚度分析仪		131
第一节	视网膜厚度分析仪原理	131
第二节	视网膜厚度分析仪临床应用	132
第六章 海德堡视网膜断层扫描仪		134
第一节	系统介绍	134
第二节	参考平面	135
第三节	检测参数的敏感性和特异性	136
第四节	Moorfields回归分析	137
第五节	判别分析	138
第六节	立体测量参数分析	142
第七节	地形图改变分析	142
第八节	与视野的相关性	143
第七章 神经纤维分析仪GDx		145

第一节	系统介绍	145
第二节	GDx VCC结果打印图的解释	146
第三节	角膜的影响	147
第四节	临床应用	148
第五节	GDx检查与视野检查的相关性	148
第八章	Orbscan II	151
第一节	Orbscan II 工作原理	151
第二节	Orbscan II 在屈光手术中的应用	151
第九章	超声生物显微镜	154
第一节	超声生物显微镜结构和工作原理	154
第二节	超声生物显微镜检查方法	155
第三节	正常眼前段超声生物显微镜表现	157
第四节	常见眼部疾病的超声生物显微镜表现	160
第十章	多焦视网膜电图	168
第一节	多焦视网膜电图的基本原理	168
第二节	基本操作技术和记录要求	170
第三节	多焦视网膜电图的起源	171
第四节	多焦视网膜电图临床应用	172
第五节	注意事项	180
第三篇	眼病激光治疗	182
第一章	屈光不正的治疗	182
第一节	屈光手术的定义和分类	182
第二节	角膜的解剖和生理	184
第三节	手术患者的检查和评估	188
第四节	角膜地形图在屈光手术中的应用	191
第五节	激光屈光性角膜切削术治疗屈光不正	196
第六节	激光原位角膜磨镶术治疗屈光不正	210
第七节	LASEK和Epi-LASIK治疗屈光不正	225
第八节	个体化准分子激光屈光手术	230
第二章	眼表及外眼病的治疗	240
第一节	结膜血管异常	240
第二节	角膜新生血管的激光治疗	240
第三节	泪道疾病的激光治疗	241
第四节	虹膜色素上皮囊肿	247
第三章	白内障的治疗	248
第一节	激光乳化白内障小切口手术	248
第二节	后发性白内障	254

第三节	人工晶状体前膜	259
第四节	人工晶状体瞳孔夹持	264
第四章	青光眼的治疗	272
第一节	激光虹膜切除术	272
第二节	激光周边虹膜成形术	283
第三节	激光小梁成形术	284
第四节	选择性激光小梁成形术	288
第五节	睫状体光凝术	294
第六节	房角新生血管光凝术	296
第五章	眼后节的激光应用	298
第一节	光凝程序	298
第二节	光凝的应用	299
第三节	眼后节光凝的作用机制	302
第四节	眼后节激光光凝的并发症及处理	303
第六章	眼底病治疗	307
第一节	视网膜血管病变	307
第二节	近视性视网膜病变	369
第三节	黄斑病变	379
第四节	眼底肿瘤	426
第五节	经瞳孔温热疗法	442
第六节	光动力疗法	451

彩图

第一篇 激光医学基础

第一章 激光基础知识

激光的历史可以追溯到1917年,那年爱因斯坦在他的经典著作《关于辐射的量子理论》中第一次提出了受激发射的概念,论证了受激发射、自发发射和光吸收之间的关系,这些基本理论为以后的激光发展奠定了理论基础。

1960年7月7日,Maiman宣布了世界上第一台激光器的诞生,即第一台红宝石激光器,在694.4 nm波长处获得了400 mJ相干脉冲光,虽然仅仅持续了几百微秒,但意义是巨大的。人类从此创建了一项新的技术——激光技术诞生了。

我国于1961年研制成第一台红宝石激光器,打开了激光技术发展的大门,各类激光器随之竞相发展:1963年制成了氦-氖激光器、钕玻璃激光器和砷化镓半导体激光器;1965年研制成大功率CO₂激光器,1968年在上海制成大功率Nd-YAG固体激光器。以后氩离子激光器、染料激光器、准分子激光器、钛宝石激光器、以半导体激光泵浦的固体激光器和光纤激光器相继诞生,为激光医学的开发创造了必要的技术条件。

1965年,原上海第二医学院开始研究红宝石激光和大功率钕玻璃激光对人体器官如眼、大脑、神经等组织的作用,开创了激光医学基础领域的研究工作。同年上海光机所为上海市第六人民医院研制了第一台红宝石激光视网膜裂孔治疗机,1968年治疗眼底病取得成功,打通了激光临床应用研究之路。1972年第一台CO₂激光治疗机在上海激光仪器厂诞生,原上海第一医学院附属耳鼻喉科医院开展了CO₂激光在耳、鼻、喉科方面的应用。1973年原上海第二医学院附属瑞金医院主持研究成我国第一台氩离子激光眼科治疗机并在国内首开了眼底病的治疗工作。1974年上海交通大学研制成了国内第一台Nd-YAG激光治疗机,并使用多芯光纤作为激光的传输工具,原上海第二医学院附属第九人民医院等用1.06 μm的激光治疗血管瘤和痔疮取得很好的疗效。1978年原上海第二医学院主持激光流式细胞仪的研究工作,1982年制成国内第一台激光流式细胞仪并用于细胞DNA含量的分析,为分析细胞学的开发奠定了基础。1976年复旦大学与上海第二医学院附属瑞金医院合作研制成国内第一台脉冲染料激光眼科治疗机对闭角型青光眼进行虹膜切开术,取得良好效果,并获得国家发明三等奖。1979年上海第二医学院附属仁济医院用单芯导光纤传输Nd-YAG激光治疗胃出血止血,国内第一次将激光用于腔内疾病的治疗。1982年国家科委组织全国六所大学和科研单位

进行激光防护的攻关研究,1986 年完成 19 种激光波长对眼和皮肤的损伤阈值研究测量,以此为基础制定了我国第一个激光卫生标准:GB10435—89 作业场所激光辐射卫生标准和 GB7247—87 激光产品的辐射安全、设备分类、要求和用户指南。1982 年国家科委组织北京一些单位开展激光血卟啉治疗肿瘤的攻关研究,在国内掀起了一场激光医学应用的热潮,加速了激光在医学中的应用。20 世纪 90 年代后期,准分子激光、超短脉冲激光在眼科、心血管和整容术方面取得很好的治疗效果。到 20 世纪末我国激光技术在医学中得到了广泛的应用,在眼科、皮肤科、外科、妇产科、口腔科、耳鼻喉科、理疗科和肿瘤治疗科等都已用激光器作为治疗工具,进行有效的治疗;研究主题已从临床统计过渡到机制探讨阶段,深入到细胞水平和分子水平的研究;应用激光器的单位从大城市扩展到县级以下的中小医院;生产医用激光治疗机的厂家数以百计。

30 多年来激光技术解决了医学中许多难题。在眼科,激光简化了眼底病的治疗方法;激光屈光手术成为视力矫正的最佳手段;激光内镜使患者免除了开刀的痛苦;激光革新了传统的显微成像术;作为微操作手段激光微束与光镊已成为细胞融合、转基因、染色体操作的工具;激光促进了分析细胞学的发展;用激光分选技术建立了世界上第一个染色体库。现在,激光技术正用来揭示人类生命的奥秘,高速定序脱氧核糖核酸(DNA)的分子结构;X 线激光的发展将掀起一场体视与显微成像技术的革命。毫无疑问,半导体激光的发展将为医用仪器的微型化拓宽大道。随着激光医用技术发展,一大批医用仪器已商品化,如各种 CO₂ 激光治疗机、Nd-YAG 激光治疗机、氦-氟激光治疗机、多波长的皮肤美容机、氩离子眼科激光治疗机、193 nm 准分子激光视力矫正仪、308 nm 激光血管治疗机、Ho-YAG 激光治疗机、激光多普勒血流计、激光流式细胞仪、激光 DNA 定序仪、激光共焦扫描显微镜等,这些商品化仪器大大促进了激光医学的发展。

第一节 光的基本性质

光,宇宙中最普遍而又奇特的物理现象,自古以来吸引着人们探寻它的自然本质。我国古代很早就有光是物质中发出的微粒的记述。随着科学的发展,光的微粒论和波动学说的争论到 20 世纪初量子力学建立后得到了合理的统一,即光既是具有波动特性的波又是粒子流。

一、光的电磁波理论

19 世纪末建立了光的电磁波理论,成功解释了光的干涉、衍射、偏振等光传播方面的许多实际问题,有很大的实用价值。此理论认为光是变化着的电磁场,即在空间传播的横向电磁波。光波中电场矢量和磁场矢量互相垂直,而且与传播方向也互相垂直。由于历史原因,光学中规定电场矢量方向为光波的振动方向,电矢量与传播方向构成的平面称为振动面。自然光的振动面是不固定的,各向振动分布均匀。振动方向固定的光称为全偏振光。有些激光器发射偏振光或椭圆偏振光。光波的波长是振动一次传播的距离,每秒钟振动的次数称为频率(ν),因此光波传播的速度是波长(λ)与频率的乘积,即:

$$v = \lambda \nu$$

式中: v 是光在某种物质中的速度。光在真空中的速度是一不变量,约为 3×10^8 km/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,光在空气中的速度接近于真空中的速度。光在真空中的速度与某种物质中速度的比值称为该物质的折射率(n)。

$$n = c/v$$

空气的折射率接近于 1。光在 2 种透明介质交界面上发生反射与折射现象,反射光的方向由反射定理决定,折射光的方向由折射定理决定。在光的电磁理论中光的颜色是由波长决定的。人眼能见的光波范围是 400 ~ 760 nm,分别呈紫蓝青绿黄橙红等色。短于 400 nm 的光人的眼睛看不见,称紫外线;长于 760 nm 的光人的眼睛也看不见,称为红外线。从本质上讲,X 线、 γ 线、远紫外线、中紫外线、近紫外线、可见光、近红外线、中红外线、远红外线以及无线电波都是电磁波,所不同的就是波长范围不一样。

二、光的微粒论

光的另一基本特性是粒子性。光的粒子性是在 20 世纪初解释黑体辐射、原子线状光谱和光电效应等现象时初步建立起来的。1900 年普朗克提出电磁辐射体的能量量子假设。1905 年爱因斯坦发展能量量子假说,提出光量子理论,认为光在本质上是由有确定能量的光子(光量子)组成。与其他粒子一样,光子也具有下列特性:光子的能量与光的频率成正比,其值为:

$$\varepsilon = h\nu$$

式中: h 为普朗克常数, $(6.626\ 176 \pm 0.000\ 036) \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ 。

光子的质量服从狭义相对论关系式:

$$m = \varepsilon/c^2 = h\nu/c^2$$

其静止质量为零。光子具有一定的动量,其值为

$$p = mc = h\nu/c = h/\lambda$$

光子的动量方向即为其前进方向。光子的振动呈现偏振特性,光束中的光子只存在 2 种独立的偏振状态,相当于互相垂直的 2 种振动状态。光子具有自旋,其自旋状态也是非连续的,自旋量子数为整数,是玻色子。处于不同状态的光子可用动量、能量、空间区域、行进方向和偏振面来区分。处于同一状态的光子,其物理参数相同,根据全同性原理,彼此之间是不可区分的。一次自然光辐射产生大量光子,这些光子具有各不相同的运动状态,光子的能量、动量、方向、偏振状态各异,相应光波的波长、光束的方向、位相和振动面各不相同,这就是自然光的特点。

第二节 激光的原理

光是从物体内部发射出来的,而且物体内部的微观粒子其运动状态发生剧烈变化时才能发光。如煤油灯燃烧时发光;电灯通电时发光;太阳内部物质的剧烈变化产生了使万物生长和人类赖以生存的生命之光。还应注意各种物质会发射出它固有的特征光谱线,氖灯发射红光,钠灯发射黄光,节日焰火就是利用不同元素有不同颜色谱线的原理。显然发光现象与物质内部的元素和元素的结构有关。看似连续的物质其实都由无数微观粒子组成,有分子、原子、原子核和电子等。这些微观粒子在物质中也在不停地运动。如原子,有一个原子核,它在原子中的体积很小,但却集中了几乎所有的原子质量,核外有一定数量的电子在运动。值得注意的是电子在核外的空间位置不是连续的,只可能处在某些特定的轨道上运动,每一条轨道相应于一定的能量状态,或称运动状态,也就是说原子的能量状态是不连续的,这与宏观物体具有连续的能量状态显著不同。原子最低的能量状态称基态。高于基态的能量状态称激发态。每个原子都有一系列的激发态。由于原子的运动状态都有如此非连续的特征,常用能级图表示原

子的能量状态,如图 1-1-1 所示:用最下面一条线代表基态能量值 E_0 ,称基能级;在基能级之上画一系列横线代表相应的激发态能级的能量值 E_1 、 E_2 、 $E_3 \cdots E_n$ 等。实验指出,低能级时,两相邻能级能量差大,而高能级时两相邻能级的能量差小,当 $n \rightarrow \infty$ 时,能量差值为零,原子的能量分布为连续状态。

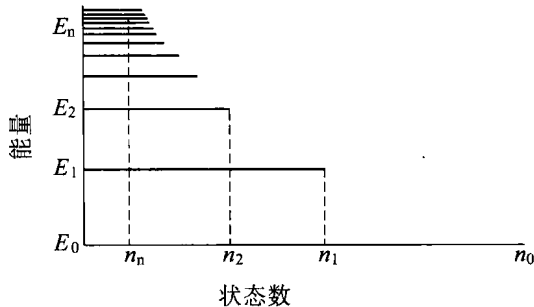


图 1-1-1 能级图

常温时,多数原子或分子处于基态,少数原子处于激发态,能级越高分布的原子数越少,呈上多下少的分布规律,分子或原子按能级的这种分布称正常分布。当受到外界作用时,正常分布被破坏,作用足够强时,有可能使激发态的粒子数高于基态上的粒子,与正常分布相反,称为反常分布,或简称反分布。不仅原子的能量状态是非连续的,分子的能量状态也是非连续的,任何微观粒子的能量状态都是非连续的。微观粒子都有一个稳定的基态,其

寿命无限长,未受外界足够作用时长期处在基态;也有无数非稳定激发态,平均寿命很短,以纳秒计。也有些特殊物质的某个能级有较长的平均寿命,以毫秒、微秒计,这些能级所代表的状态称亚稳态。

1917 年爱因斯坦在其经典著作《关于辐射的量子理论》中第一次提出了受激发射的概念,论证了受激发射、自发发射和受激吸收之间的关系。物质中较低能级的粒子吸收外界辐射场特定频率的光子后跃迁到能量较高的激发态,此种过程称为粒子对入射光的受激吸收。受激吸收的特点是对入射光波长有选择性,选择的光子能量要等于跃迁过程的两能级能量之差,但由于物质中粒子的能级很多,光束中许多光子都会使粒子受激吸收。物质除因受激吸收使光束中的能量减少外,还因光子与微粒之间的非弹性碰撞而吸收光束的能量。所以一束光射入物体后其光强逐渐减弱,最后全被吸收。物质受到激励后,许多粒子处在高能级,处在高能级的粒子是不稳定的,很快会跃迁低能级,多余的能量以光子的形式发射出来,这种发射称自发发射。自发发射的特点是粒子能态跃迁不是外因引起,而是因内部的自然规律产生。自发辐射时,物质内各粒子跃迁的能级不同,产生的光子能量各异,因此发射的光波波长不一样,所以自发辐射的波长是连续变化的;自发发射时,物质中各微粒的能级跃迁互不关联,跃迁随机发生,时间和方向各不相同,因此自发发射光的位相和方向是不相同的。太阳光、灯光、烛光都因自发辐射过程产生的光,所以光波长丰富、光束方向广阔、位相也不相同,这种因自发发射过程而产生的光称为自然光。

当物质受到强烈激励时,使某一能级的粒子数大量聚居,当聚居数多于基态或下一能级的粒子数时,发生反分布。物质处于反分布状态时,如有光束入射,入射光子的能量正好等于反分布状态的两能级能量之差,则会发生光子与粒子的完全弹性碰撞,使粒子从激发态跃迁到基态或某一下能级,同时发生一个光子,此光子的能量与入射光子的能量相同,有一致的方向和恒定的位相关系。此种发射称受激发射,受激发射时产生的光子与入射光子是全同的,光通过激活物质时,光强不是减弱而是增强了,所以通过受激发射有可能使入射光放大,得到波长相同、方向一致和位相恒定的相干光束,此种光称为激光。激光形成的必要条件是物质中微观粒