

激
CA

主 编：梁永茂
副主编：刘少亨 秦惠基

海 洋 出 版 社

激光与临床 LASER AND CLINIC

主 编：梁永茂

副主编：刘少亨 秦惠基

海 洋 出 版 社

(京)新登字087号

激 光 与 临 床

主 编 梁永茂

•
海洋出版社出版发行

海洋出版社印刷厂湖北分厂印刷

开本787×1092毫米 1/16 印张17 字数435千字

1992年9月第1版 1992年9月第1次印刷

印数：1—5 000册

ISBN 7—5027—1778—1/G·550

定价：9.00元

编者：(按姓名笔划为序)

- 王运书 湖北激光产业集团公司
丘克群 广州军区武汉总医院
刘少享 同济医科大学附属协和医院
刘恒明 同济医科大学附属同济医院
李倬珍 湖北省妇幼保健院
李 锋 全华激光研究所
张道洪 武汉工学院职工医院
易祥林 湖北黄石市四医院
秦惠基 同济医科大学
夏友成 武钢一职工医院
徐忠强 武汉市儿童医院
梁永茂 同济医科大学附属同济医院

前 言

现代科学技术发展的一个显著特点是交叉渗透,传统学科的界限正在被打破。90年代临床医学的发展重心是什么呢?卫生部部长陈敏章在今年贺《中国激光医学杂志》创刊题词:“依靠科技进步,积极开发高新技术,为人民健康服务”中,很明确地回答了这个问题。把高新技术应用到临床,就能使我们的临床医学取得突破性进展。

在高新技术中,激光的地位显赫。由于激光具有极好的方向性、单色性、相干性和极高的光源亮度,在从1960年梅曼(Maiman)研制成功世界上第一台激光器——红宝石激光器以来的短短30年间,已被广泛地应用到医学各个领域,日益成为一门新兴的边缘学科——激光医学。尤其在最近的十余年中,由于医学本身的发展、纤维内镜的广泛应用,许多激光器的研制成功、激光传输材料的进步、计算机自动化的被利用,以及光动力疗法及光谱学的深入研究、激光——组织间关系及光剂量学的研究进步等等,激光医学又有了迅猛的发展。在临床上,继激光能进入外通腔道之后,又能达血管、腹腔以至胸腔,甚至治愈某些过去认为的“不治之症”,显示出这项高新技术已赋予医学一种潜在的革命。

为了及时反映激光在临床应用日新月异的信息,推动激光在临床的应用,使激光治疗更迅速、更方便、更少损伤性,我们汇集本省临床第一线的激光医学专家们的智慧,编成这本专著——激光与临床。全书共分三大部分:第1~4章可概括为总论部分;第5~17章为各论,分述激光在临床各科的应用;第18~20章可列为附录部分,介绍激光器保养、名词解释及国内产品。撰写时,要求资料先进、材料可靠、论述严谨、用词正确、结构合理、层次清楚、书写规范。希望本书既为激光临床医师参考书,又兼教材性质。所以系统性、科学性、先进性、实用性并重。既反映激光医学的国内外最新动态和进展,又总结了编者们在临床实践中成功的经验、失败的教训,务使临床医师易读、易学、易用。

为完成这样一本专著,编者深感任重而道远,不遗余力、鞠躬尽瘁。但限于经验与水平,疏漏不足之处,实所难免,敬希同仁及读者不吝指正,以使本书再版时充实和提高,幸甚至哉。

编 者

1992年9月于同济医科大学

内 容 简 介

这是一本既是参考书，又兼教材性质的专著。全书共分三大部分：第1~4章为总论，概述激光的基础知识、激光医学的发展及各种常用的激光器和激光的安全与防护；第5~17章为各论，分述激光在临床各科的应用；最后三章为附录部分，论述激光器械的保养和维修、名词解释及国内激光产品介绍。读者对象为临床医师及激光教学、科研人员，对医学本科生高年级学生及研究生，亦不失为一本极有帮助的参考读物。

（作者：陈 伟）

（校阅：陈伟国、陈伟、陈伟明）

目 录

第一章 绪论

- 第一节 激光医学发展的概况..... (1)
- 第二节 激光医学的特点..... (4)

第二章 激光的基础知识

- 第一节 激光的基本原理..... (6)
- 第二节 激光的特性..... (7)
- 第三节 激光的生物效应..... (8)
- 第四节 激光对组织及器官的作用..... (11)

第三章 各种常用的激光器

- 第一节 激光器通论..... (13)
- 第二节 固体激光器..... (27)
- 第三节 气体激光器..... (36)
- 第四节 染料激光器..... (48)
- 第五节 半导体激光器..... (60)
- 第六节 医用激光技术的开发..... (66)

第四章 激光的安全防护

- 第一节 激光对机体的损伤..... (72)
- 第二节 激光的危害分级与激光的安全标准..... (73)
- 第三节 激光的安全防护措施..... (77)
- 第四节 激光防护眼镜的使用与选择..... (79)
- 第五节 医学监督..... (81)
- 第六节 激光意外损害的处理..... (81)

第五章 激光临床治疗基础

- 第一节 强激光治疗的基础..... (85)
- 第二节 弱激光治疗基础..... (87)

第六章 激光在眼科临床中的应用

第一节 激光眼科基础学	(93)
第二节 激光眼科应用简史	(99)
第三节 激光虹膜切除术	(99)
第四节 激光治疗青光眼	(102)
第五节 激光治疗虹膜囊肿	(105)
第六节 激光治疗白内障	(105)
第七节 激光凝固治疗眼底病	(106)
第八节 激光凝固治疗出血性眼底病	(110)
第九节 激光角膜切削术治疗近视眼	(115)
第十节 激光治疗眼睑疾病	(116)
第十一节 激光治疗翼状胬肉	(117)
第十二节 鼻泪管吻合术激光造骨孔	(117)
第十三节 激光光动力学治疗眼科肿瘤	(118)

第七章 激光在皮肤科临床的应用

第一节 概论	(119)
第二节 总论	(120)
第三节 正确认识皮肤病是激光手术的依据	(122)
第四节 激光在皮肤科中的应用	(123)

第八章 激光在耳鼻咽喉科的临床应用

第一节 简史	(135)
第二节 耳科	(135)
第三节 鼻科	(137)
第四节 咽科	(142)
第五节 喉科	(145)

第九章 激光在妇产科临床中的应用

第一节 简史	(147)
第二节 子宫颈瘤	(147)
第三节 慢性宫颈炎	(149)
第四节 外阴白色病变	(151)
第五节 外阴良性肿瘤	(153)
第六节 尖锐湿疣	(155)
第七节 慢性附件炎	(156)
第八节 子宫内膜异位症	(157)
第九节 其它外阴疾病	(158)

第十节 阴道囊肿·····	(160)
第十一节 痛经·····	(161)
第十二节 功能失调性子宫出血·····	(161)
第十三节 阴道纵隔·····	(163)
第十四节 胎位异常·····	(163)
第十五节 尿道肉阜·····	(164)
第十六节 乳房囊性增生症·····	(166)
第十七节 急性乳腺炎·····	(166)
第十八节 尿潴留·····	(167)
第十九节 腹腔镜激光术在输卵管妊娠中的应用·····	(167)

第十章 激光在口腔科临床中的应用

第一节 牙髓炎·····	(170)
第二节 牙根尖周炎·····	(171)
第三节 牙龈炎、牙周炎·····	(171)
第四节 智齿冠周炎·····	(172)
第五节 牙本质过敏症·····	(172)
第六节 干槽症·····	(173)
第七节 四环素着色牙·····	(174)
第八节 复发性阿弗它性溃疡·····	(174)
第九节 口腔粘膜白斑、扁平苔癣·····	(175)
第十节 腺性唇炎·····	(175)
第十一节 粘液腺囊肿 舌下腺囊肿·····	(176)
第十二节 颞下颌关节紊乱综合症·····	(177)
第十三节 面神经麻痹·····	(177)
第十四节 三叉神经痛·····	(178)
第十五节 血管痛·····	(179)
第十六节 激光针麻牙拔除术·····	(180)

第十一章 激光在内、儿科临床中的应用

第一节 消化道疾病·····	(183)
第二节 循环系统疾病·····	(187)
第三节 呼吸系统疾病·····	(188)
第四节 其他疾病·····	(189)

第十二章 激光在神经科临床中的应用

第一节 激光在神经内科中的应用·····	(191)
第二节 激光在神经外科中的应用·····	(197)
第三节 激光在显微神经外科应用展望·····	(199)

第十三章 光动力学诊治恶性肿瘤

第一节	光动力学研究的历史	(201)
第二节	HPD的理化特性	(202)
第三节	光动力学诊治恶性肿瘤的机制	(203)
第四节	光动力学诊治中的光源	(204)
第五节	光动力学在肿瘤诊断应用中的几个问题	(204)
第六节	光动力学在肿瘤治疗应用中的一般方法	(205)
第七节	支气管肺癌的光动力学治疗	(207)
第八节	消化道癌的光动力学治疗	(208)
第九节	泌尿系统恶性肿瘤的光动力学治疗	(210)
第十节	妇科肿瘤的光动力学治疗	(212)
第十一节	口腔科肿瘤的光动力学治疗	(212)
第十二节	耳鼻喉科恶性肿瘤的光动力学治疗	(213)
第十三节	眼科恶性肿瘤的光动力学治疗	(213)
第十四节	皮肤科恶性肿瘤的光动力学治疗	(214)

第十四章 激光治疗内腔疾病

第一节	激光内窥镜的结构与原理	(215)
第二节	消化道出血	(215)
第三节	消化性溃疡	(216)
第四节	消化道息肉	(216)
第五节	食管癌	(217)
第六节	直肠癌、结肠癌	(218)
第七节	支气管粘膜溃疡	(218)
第八节	气管、支气管瘢痕狭窄	(218)
第九节	气管、支气管炎性肉芽	(219)
第十节	支气管内术后缝线	(219)
第十一节	气管、支气管瘘	(219)
第十二节	气管、支气管肿瘤	(220)
第十三节	膀胱肿瘤	(220)
第十四节	膀胱结石	(221)
第十五节	尿道狭窄	(222)
第十六节	心血管疾病	(222)

第十五章 激光在外科的应用

第一节	激光在肛肠外科的应用	(225)
第二节	激光在烧伤外科的应用	(230)
第三节	激光在骨科的应用	(232)

第四节	激光在神经外科的应用	(234)
-----	------------	-------

第十六章 激光在运动系统疾病中的应用

第一节	类风湿性关节炎	(237)
第二节	骨关节炎	(237)
第三节	颈椎病	(238)
第四节	慢性腰肌劳损	(238)
第五节	肌筋膜炎	(238)
第六节	腰椎间盘突出症	(239)
第七节	急性腰扭伤	(239)
第八节	肩关节周围炎	(240)
第九节	网球肘	(240)
第十节	骨折	(240)
第十一节	肋软骨炎	(241)

第十七章 激光在临床诊断中的应用

第一节	激光全息术	(242)
第二节	激光流式细胞计 (FCM)	(244)
第三节	激光多普勒测速术	(246)
第四节	激光喇曼光谱诊断法	(246)
第五节	激光激发癌组织自身荧光诊断恶性肿瘤	(247)

第十八章 激光器械的保养与维修

第一节	He—Ne激光机的维修与保养	(249)
第二节	便携CO ₂ 激光机的使用与维护	(251)
第三节	30W CO ₂ 激光机的维护	(252)

第十九章 常用术语解释

第二十章 国内激光器产品介绍

第一章 绪论

第一节 激光医学发展的概况

一、激光医学概念

激光医学是研究激光在医学中应用的原理、范围、效果、防护等规律的学科。它的理论基础是激光与生物机体的互相作用，由许多复杂因素所决定，涉及两方面的因素：

(1) 激光：包括激光的能量、功率、波长、振荡方式和作用时间。

(2) 组织的特性，也分两方面：

1、物理特性：包括机械性质（密度、弹性）、热学性质（比热、热传导）、电学性质（阻抗、容抗、极化率）、光学性质（反射率、吸收率、透射和散射等）、声学性质（声阻、声吸收率）；

2、生物特性：包括色素、含水量、血流量、不均匀性和层次结构等。

激光医学是一门新兴的交叉学科，现代高新技术——激光与医学相结合，使医学这门古老的学科输入了新鲜血液，从而内涵更加丰富、更有生命力。从激光问世到现在仅三十多年的时间，激光医学已基本成为一门体系完整、相对独立的学科，在医学科学和临床实践中起着越来越重要的作用。

二、激光医学发生和发展

激光医学的发展大致可分为三个时期。六十年代以基础研究为主的发生期；七十年代临床应用较为突出的应用期；八十年代学科形成的成熟期。

(一) 发生期

1960年美国人梅曼 (Maiman TH) 制成了世界上第一台激光器——红宝石激光器。为了测量激光的能量和功率，梅曼用激光照射兔眼的视网膜，通过生物效应对眼的损伤程度来粗略判断激光的功率。虽然这只是因为当时还没发明激光功率计而采用的一种测量方法，但事实起到了拉开激光医学序幕的作用。

1961年激光才真正用于临床，美国医师 Campbell, Koester 等开始用红宝石激光对剥离的视网膜进行焊接；Solon, Zeret 和 Eichler 等人发表了首批激光医学论文，题目有“激光的生物作用”、“光脉冲引起的眼损伤”及“相干光源产生的光凝固”“激光在生物医学的应用的生理学基础”等，开创了激光医学的先声。

1962年激光基础医学研究成果很快传到欧洲，1963年传到苏联，1965年传来我国，1966年传到日本，于是激光医学在世界各地兴起。激光医学作为一门学科正在形成，表现在：

1、1964年从美国开始，相继在英国、苏联等国召开了激光生物医学方面的学术会议；

2、六十年代末已出版激光医学专著十余本，发表论文几百篇。

不过，此时激光医学还是处于婴儿期，很不成熟。临床方面，1963年首次用红宝石激光器消除尸体血管粥样斑块的尝试，由于缺乏相应的技术和设备，停顿20多年，于1982年 Choy

才再作这种激光血管成形术的实验研究。用激光焊接剥离的视网膜的实验研究也很早，但真正的临床应用，则始于1968年。

我国1961年长春光机所研制了首台红宝石激光器，走在世界前列。1965年北京同仁医院开始了红宝石激光视网膜凝固的动物实验。可以说，我国是属激光医学研究起步较早的国家之一。

（二）应用期

激光临床应用最早是在眼科，可以说激光医学是以眼科开始的。随着激光器的进步，应用范围逐渐扩大。

1970年Bopohuha等人应用氦—氖（He—Ne）激光治疗高血压等内科疾病。

六十年代末CO₂激光的问世，促进了激光在外科临床的应用，1970年Goodala等人第一次用CO₂激光进行肝手术。据1971年统计，全世界约5万名病人接受激光手术，治愈率达76%。

1972年Nd³⁺：YAG激光已用于胃肠、泌尿外科，并用于内窥镜实验。1973年出版了CO₂激光器临床应用的书籍。1975年用Nd³⁺：YAG激光内窥镜凝固出血点，治疗胃肠道急性出血。

1976年Hofstetter用Nd³⁺：YAG激光切除膀胱肿瘤，Leheta首次用Nd³⁺：YAG激光作神经外科手术：

1978年Nd³⁺：YAG激光开始用于胸外科、皮肤科、五官科、妇科。

从这些发展历程来看，这个时期激光在临床应用已全面铺开，激光医学发展很快，从1975年起每隔二年就召开一次激光外科国际性会议。

1975年11月5～6日，在以色列特拉维夫召开第一届国际激光外科会议，当时只有8位代表，代表8个国家，交流了激光医学及生物研究的成果。这次会议，开创了激光医学发展的新纪元。

1977年10月23～26日在美国达拉斯举行了第二届国际激光外科会议，有8个国家105人参加。会上确定了学会的名称，报告论文58篇，临床应用范围扩大，并有许多实验研究报告。

1979年9月24～26日在奥地利的格拉兹召开第三届国际激光外科会议，参加会议人数已超过200人。这次会议突出的内容是脑外科的激光应用研究报告，基础科学和研究占了重要地位。学会的会刊定名为《Laser in Surgery and Medicine》。

1979年3月在美国底特律召开了一次国际激光医学讨论会，到会400多人，代表16个国家，学会的编辑委员会决定出版学术杂志。

在这时期，激光临床应用的论文平均每年发表近70篇；医用激光器销售量逐年上升，每年平均达数千万美元。可见此时期激光医学的发展，并突出在临床应用上。

在我国，1970年研制成功激光视网膜凝固器，1971年上海第六人民医院发表了首篇红宝石激光凝固视网膜的临床应用报导。

1973年上海医科大学附属耳鼻喉科医院用国产CO₂激光器成功施行了外科手术；同年中山医科大学利用自制的CO₂激光治疗机开展了在外科、皮肤科、五官科、妇科、理疗科、针灸科和肿瘤科等方面的治疗。

1974年开始研制激光内窥镜系统。

1975年用He—Ne激光治疗头痛、哮喘、高血压、遗尿症；同时用He—Ne激光穴位麻醉

作胃、甲状腺及拔牙等手术。

1977年在武汉召开了首届全国激光医学学术交流会，宣读了80余篇论文。

70年代末，我国已拥有10余种常用医用激光器，能治疗250多种疾病，有百万例患者接受数百万次激光治疗。可以说，我国激光医学此时的发展正方兴未艾。

1980年，在我国举行了第一次国际激光医学讨论会，国际上著名激光医学专家60多人参加，中国激光医学工作者报告了激光与中国传统医学针灸的结合和染料激光应用于临床。在国际上处于领先地位。

(三) 成熟期

通过60年代的基础研究，70年代的广泛临床应用，激光医学逐渐趋于成熟。80年代已形成一门新兴学科—激光医学。其成熟的标志是：

1、建立了激光医学的教学、科研和医疗的专业队伍。

2、创立了专门激光治疗机构，“激光门诊”、“激光医院”纷纷出现。

3、成立了专业学术团体：1981年在美国圣地亚哥举行了第一次美国激光内科及外科学会(The American Society for laser Medicine and Surgery)学术会议。同时，欧洲及亚洲地区也成立了类似的国家级学会组织。于是，国际性、地区性、国家级和省、市级的激光医学学会和专业委员会先后成立，定期开会，学术活动十分活跃。

4、编辑出版大量专业期刊及专门著作：国内外激光医学杂志、丛书、专著和教科书基本上系列化。

5、产业化：国际上医用激光器已形成大产业，产品40多种，年销售额已突破十亿美元。

6、国际组织公认：世界卫生组织(WHO)成立了“激光医学咨询委员会”。

不过，激光医学在各学科中的发展是不平衡的。1985年在夏威夷召开的太平洋地区激光医学会议上，美国Utah大学Dixon指出：激光医学在各学科的成熟程度：

眼科	10
胃肠、妇、耳鼻喉科	5
皮肤及矫形外科	5
神经科	4
泌尿科	3
肺、普外科	2
血管外科、光动力学疗法	1

另外，各科医师对激光医学认识水平亦不一致。已有正确认识的比例：眼科65%；耳鼻喉科30%；胃肠科25%；妇科20%；皮肤及矫形外科15%；神经科14%；泌尿科7%；普通外科20%；其余肿瘤、口腔和心血管科尚处于实验阶段，不过，近年来在临床应用已有所发展。

由此可以看出，激光医学虽说已走向成熟，但还很年青。现在基础研究还远远落后于临床应用。这是一门综合性学科，必须多学科协同研究，才可能取得更新的进展。

当前激光医学正在以下方面展现美好前景：激光血管成形术，激光光动力学疗法，准分子激光角膜切开术，激光微血管和神经吻合术，CO₂激光光纤，接触性激光技术(蓝宝石头激光器)，激光粉碎胆结石，激光机的多种激光输出和多功能激光内窥镜等；此外，医用激

光器与电子计算机、光纤、图像分析、摄像录像、荧光光谱、激光光谱和超声等新技术相结合，也大大拓宽激光医学的内涵。

第二节 激光医学的特点

激光医学的基本理论是激光的生物学效应。目前，已经比较清楚，激光应用只能在这些效应的范围之内才能有效，否则就变成滥用。绝不可把激光看成万能，它的应用是有一定范围的。目前，激光在医学上的应用，大体上可以分为如下三方面：治疗、诊断、科研。

一、激光治疗

利用激光的集中能量，各种机体组织对光的选择性吸收、穿透特性和光化学反应等特点，使一定的组织凝固或予以切除，此谓之激光手术。它的特点是：

（一）无接触性手术：除蓝宝石激光刀外，一般激光刀距靶（手术部位）一定距离；甚至可以通过激光反射镜治疗肉眼直观所不及的病变；还可通过各种内窥镜进行各种操作。

（二）可以运用不同的方式以达到治疗目的：根据需要可运用汽化、切割、烧灼、凝固、焊接、变性、加温和刺激等。

（三）手术野干净，几乎没有大的出血。

（四）消毒好：可以在感染区手术，因激光可以杀菌，同时封闭血管，因此感染扩散的危险性极少。尤宜用于烧伤切痂手术。

（五）可以作精确的显微手术，也可以在狭小的手术野中进行操作。

（六）术后水肿反应轻。

（七）术后疼痛轻。

（八）术后瘢痕少：因为出血少，不用或很少结扎，无异物反应。

（九）可以设法导入体内。

（十）可以进行PDT。

（十一）产生干扰少。

二、激光诊断

其一是利用激光的相干性特点，作各种精密测定；其二是与新的诊断方法相结合。按此，激光诊断可分为两大类：

（一）测量：主要应用有干涉法、刺激阈值法、激光散射、激光多普勒效应、激光显微镜和激光光谱等。

（二）诊断：主要应用有荧光法、透照法、光谱法、全息法等。或与X线、超声波诊断结合起来作为医用图像处理的手段来利用等。最近利用激光连续测定人体体温、PH、含氧量 CO_2 含量等的研究，取得许多可喜的成果。主要是在体格检查或病理学、细胞生理学等基础医学方面的应用。即把激光作为用一般的方法难以取得的精密信息的手段来加以利用。例如：各种激光光谱学，激光多普勒速度计等对机体的应用。

三、科研应用

通过激光与人体器官组织、细胞和生物分子的相互作用，来研究激光的生物效应，从而阐明某些疾病的病因和病理，揭示激光治疗机理和诊断原理。其主要方法除上述介绍的方法外，还有激光微缩术、微微秒和毫微微秒脉冲术等。

在讨论激光医学的特点时必须认识到,既要看到激光在医学,特别在临床应用的广泛性和有效性,具有广阔的应用前景;另一方面也要看到激光不是能治百病的“魔光”,它的应用是建筑在激光的生物效应的基础上。这样我们就可以一方面不断探索,更好地发展激光医学;另一方面也不致陷入盲目性。

(秦惠基 易祥林)

参 考 文 献

- [1] 洪学恒 张筱和主编 医用物理学 武汉 湖北科学技术出版社 1985
- [2] Maiman TH. Stimulation Optical Radiation in Ruby. Nature 1960, 187: 493
- [3] Solon LR et al. Physiological Implication of Laser Beam the Very High Radiation Flux Densities of Optical Masers Point to Important Biomedical Applications, Science 1961, 134: 1506
- [4] Choy DS et al. Am. J. Cardiol 1982, 50: 106
- [5] 秦惠基 激光血管成形术治疗冠心病, 国外医学·心血管疾病分册 1987, 3: 124~126
- [6] 阎肃等译 医学物理学 广州 中国医学物理学会 1980
- [7] 秦家楠主编 激光医学 北京 科学出版社 1988
- [8] 第三军医大学、北京医科大学主编 实用激光医学 重庆 科学技术文献出版社重庆分社 1989

第二章 激光的基础知识

第一节 激光的基本原理

一、概念

激光全称“受辐射光频放大器”(Light amplification by stimulated emission of radiation, 简称Laser)。它是原子、分子中处于高能级亚稳态的电子在入射光子的诱发下,引起大量电子由高能级向低能级跃迁而产生大量特征完全相同的光子,所以激光是一种受激辐射。开始因为受激辐射是在微波范围内,所以叫“微波激射放大器”(Microwave amplification by stimulated emission of radiation, 简称Maser),以后才出现在光学范围里的光激射放大器。所以激光器在旧文献又称光受激辐射器(Optische Maser)。

二、与普通光的区别

虽然激光和普通光都是一种电磁波,都具有光学的特性。但是二者发光的微观机制是迥然不同的,普通光是“自发辐射”发光;而激光是“受激辐射”发光,远比自发辐射复杂。

原子从高能级向低能级过渡时有两种不同的辐射过程,一种叫自发辐射,一种是受激辐射。

(一) 自发辐射 (Spontaneous radiation): 是原子在没有外界影响下,处于高能级的电子自发地向低能级过渡而发生光子的过程。自发辐射的特点是各个光子的发射方向和初位相都不相同。由于大量原子所处的激发态不尽相同,所以发射出不同频率的光子,因此自发辐射的频率范围很宽。普通光源的自发辐射机理,决定了它只能发出低亮度、低定向性、低单色性和低光子简并度(同一量子状态所含的平均光子数)的自然光。

(二) 受激辐射 (Stimulated radiation): 是在外界光子的作用下,原子从激发态向低能级过渡而发出光子的发光过程。这种辐射的特点:

- 1、它不会自发产生,必须有外来光子的作用。
- 2、外来光子的能量必须等于粒子中两个能级间的能量差,这时才有一定的几率产生受激辐射。
- 3、受激辐射光子和原来的入射光子是两个完全相同的光子,二者不可分辨,它们的发射方向、位相、偏振、频率和速度都相同,而且处于同一量子状态。所以受激辐射的结果是一个光子变成两个光子,这两个特征完全相同的光子又分别诱导另外两个处于激发态的原子,进而变成四个完全相同的光子,如此类推。若激发态的原子大量存在,则可产生大量特征完全相同的光子,这种现象叫光放大。

4、受激辐射的出射光等于两倍入射光。

5、每一个受激粒子都是一个光量子放大器,放大率为两倍。这是迄今为止最小的电磁波放大器。

激光比普通光源的光子简并度高出十几个数量级,这表明激光的单色亮度高,有大量光