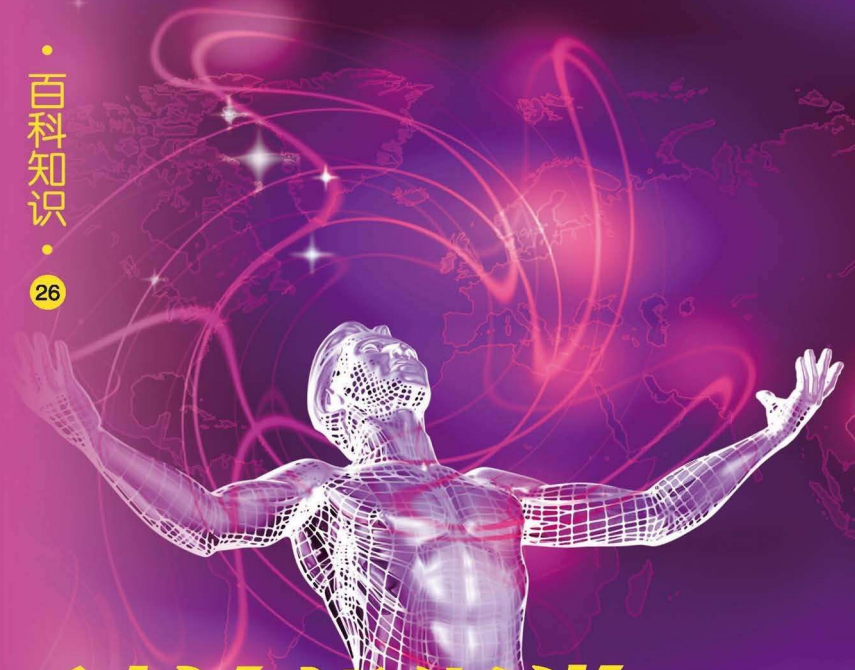


• 百科知识 •

26



科普新课堂

主编◎龙飞 等

激光技术

J I G U A N G J I S H U

远方出版社

● 百科知识 ●

②6

激光技术

主编 龙 飞 等



远 方 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

激光技术/龙飞等编. —呼和浩特: 远方出版社, 2005. 1
(2007. 11 重印)

(百科知识)

ISBN 978-7-80723-007-6

I. 激... II. 龙... III. 激光—青少年读物

IV. TN24—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 131961 号

百科知识

激光技术

主 编	龙 飞 等
出 版	远方出版社
社 址	呼和浩特市乌兰察布东路 666 号
邮 编	010010
发 行	新华书店
印 刷	廊坊市华北石油华星印务有限公司
版 次	2007 年 11 月第 1 版
印 次	2007 年 11 月第 1 次印刷
开 本	850×1168 1/32
印 张	200
印 数	3000
字 数	2400 千
标准书号	ISBN 978-7-80723-007-6

远方版图书, 版权所有, 侵权必究。
远方版图书, 印装错误请与印刷厂退换。



目 录

激光是什么	1
激光的物理基础	4
对激光的渴求	6
光波激射器理论	9
第一台激光器	12
激光的特点	18
激光的奥秘	27
激光唱机、唱片	36
激光表演	40
激光电影	44
激光防伪	47
激光打印机	50
激光教鞭	54
激光光纤通信	56
激光识别条形码	61
激光绘图	64



激光显微镜	67
X 射线激光显微镜	69
共焦激光扫描显微镜	71
原子力激光显微镜	73
激光分析术	74
激光镊子	78
无性生殖激光手术	81
激光控制化学反应	83
激光与碳元素的关系	85
激光与文物鉴定	88
激光牧场	90
激光技术与交通事业	94
激光与图书出版	99
激光保护古建筑	102
激光与雕刻 HTJ	104
刻	104
激光技术提高扬声器质量	106
激光与食品加工	109
激光与外科手术	111
激光整容术	117
激光与关节治疗	120
激光与眼睛手术	122



激光与心脏、血管疾病的治疗	127
激光骨胶原法诊断血小板功能	131
激光治牙	133
激光测距	136
图像激光雷达	139
激光与测量技术	145
激光全息测量技术	153
激光雷达测量大气污染	160
激光陀螺	168
光纤测试与激光	173
半导体激光器	176



激光是什么

激光的英文名字是 laser, 是“light amplification by stimulated emissinn of radiation”的首字母缩写。激光与普通的阳光、烛光、灯光所发出的光(或称荧光)不一样。研究表明:光具有波料二象性,即:既可把光看作是一种频率很高的电磁波(10 赫兹),也可把光看成是一个粒子,即光量子,简称光子。光子能量为 $h\nu$, h 为普朗克常量, ν 为光的频率。 $\nu = c/\lambda$, λ 为光的波长。一般情况下,光由许多光子组成,在荧光中,光子与光子之间,毫无关联,即波长不一样、相位不一样、偏振方向不一样、传播方向不一样。而在激光光束中,所有光子都是相互关联的,即它们的频率(或波长)一致、相位一致、偏振方向一致、传播方向一致。激光就好像是一支纪律严明的光子部队,行



动一致,因而有着极强的战斗力!而普通的太阳光、灯光、烛光,则是一支无组织、无纪律的光子部队,各光子都是散兵游勇,不能做到行动一致,因而缺乏战斗力。这就是为什么许多事情激光能做,而阳光、灯光、烛光不能做的主要原因。

世界上的第一台激光器是 1960 年 5 月发明的,第二年,我国也研制成功了第一台激光器。这一具有极高亮度、极好单色性和极好方向性的新型激光的出现,开创了一个光学新时代,在学术界引起了强烈反响。但是,直到 1964 年底,我国还没有一个统一的、大家认同的名字。当时,有人根据 laser 的发音称它为“莱塞”或“镭射”,我国台湾、香港地区和若干东南亚国家至今还在应用这名词;有人根据 laser 的英文含义,称它为“光受激发射放大器”;也有人根据这种新光源是从微波激射器演变而来的这一历史事实,把它称作“光激射器”。此时,还有“光量子放大器”、“光量子振荡器”等。同一样东西,叫法如此之多,会造成混乱,不利于学术交流,也不利于发展激光技术应用。1964 年 12 月,我国著名科学家钱学森给《光



受激辐射》杂志编辑部写信说：“我有一个小建议，光受激辐射这个名称似乎太长，说起来费事。能不能就称‘激光’？”钱教授的建议在全国第三届光受激辐射学术会议上得到全体代表的赞同，从此，在我国的学术论文、新闻报道中，就统一使用激光、激光器这样的名称了。

简单地说，激光就是由受激辐射所产生的光，激光光束中的所有光子都是相互关联的，它们频率一致、相位一致、偏振方向一致、传播方向一致，用科学术语表达就是：激光是单色性、方向性极好、亮度极高的光源，由于激光有着许多普通光源所没有的迷人特点，从而，广泛地用于人类生活各领域，在国民经济各部门，为经济发展社会进步做出了不可估量的贡献。



激光的物理基础

大家知道:原子是由原子核和电子组成的,原子核较重,带正电,位于原子中心;电子较轻,带负电,绕核不停运动。研究表明,电子只能在一定的原子轨道上运动,对于不同的轨道,电子具有不同的能量。

当外来光子的能量大于或等于原子的两个能级差时,就会把原子从低能态激发到高能态,这个过程称为受激吸收跃迁,处在激发态的原子,随后又在很短(约 10^{-7} 秒)的时间内,返回基态,或者较低能态,并伴随着发出光子。处于激发态的原子在没有受到外来光子作用而跃迁回低能态,并同时发出光辐射的过程称为自发辐射跃迁,它产生的光辐射称为自发辐射,或称荧光。

1916年,著名物理学家爱因斯坦在研究光辐射与原



子相互作用时发现:除了受激吸收跃迁、自发辐射跃迁这两种过程之外,还存在第三种过程——受激辐射跃迁,即在能量相应于两个能级差的外来光子作用下,会诱导处在高能态的原子向低能态跃迁,并同时发射出能量相同的光子。由受激发射跃迁所产生的光子具有如下特性:它的频率、相位、传播方向、偏振方向,都与诱导产生这种跃迁的光子相同。也就是说,受激辐射具有很好的相干性和方向性。

受激辐射是产生激光的基础,没有受激辐射,就没有激光。但是,由于在普通光源中,自发辐射跃迁速率总是比受激辐射跃迁速率大得多,因而所产生的光辐射大部分是自发辐射。正是由于这个原因,爱因斯坦当初提出的受激辐射概念并没有受到人们的高度重视。



对激光的渴求

爱因斯坦从理论上阐明了受激辐射的存在,现实生活也使人们认识到相干光的重要性。

在第二次世界大战中,雷达所起的杰出作用给科学家们留下了深刻的印象,以致在战争结束后,对雷达的研究工作一刻也没有停止过。雷达不仅在军事上有重要应用,而且在国民经济建设中,如气象预报、飞机和轮船导航等,也是非常重要的工具。雷达的空间分辨本领,即能区分的最小物体长度,与使用的电磁波波长有关, $\theta = 1.22\lambda/D$,其中 θ 为电磁波的衍射角, D 是电磁波束的直径。波长长的电磁波,衍射角大,空间分辨率低。比如,用波长为 1 米的雷达可区分长度为 10 米的物体,那么用波长为 1 毫米的电磁波就能区分长度为 1 厘米的物



体。但是,要得到波长为厘米或毫米的单位电磁波非常困难,因为制造相同尺度的电磁波振荡器加工很难,而且所能得到的电磁波功率也不高。

20 世纪 50 年代初,汤斯(C. H. Townes)在研究毫米波和亚毫米波电磁辐射时,就遇到了很多困难,为了摆脱困境,他大胆设想用原子、分子做电磁波振荡器,用这样的振荡器,可产生微波,甚至可见光波段的相干辐射。一个原子、分子振荡器产生的电磁波辐射强度固然很弱,但如果大量分子、原子振荡器能够统一行动,以相同的相位发射相同波长的电磁波,就能获得很强的单色相干电磁辐射波。使各个原子、分子振荡器“统一行动”,要应用的就是上述受激发射原理。汤斯按照这个思想,在 1954 年成功地研制出了氨分子振荡器,发射波长为 1.25 厘米。这种振荡器被命名为 maser(微波激射器),它发射的电磁辐射频率非常稳定,可以用作频率标准(即原子钟);它的噪声极低,可以用作高灵敏度放大器。此后,人们又研制成用固体物质(如红宝石晶体)做成的微波激射器,能在极低的温度下工作,噪声更低,几乎是零。



微波激射器的研制成功,激起了许多物理学家开拓更短波长相干辐射的热情,肖洛(A. L. Schawlow)和汤斯联手合作研究,于1958年12月,在《物理学评论》杂志上发表了题为《红外和光学激射器》的论文,首次论述了获得激光的可能性和实验方法。相似的建议也由前苏联的普落赫罗夫(Prohofor)和巴索夫(Basov)提出,他们都获得了1968年诺贝尔物理学奖。



光波激射器理论

光波激射器和微波激射器有 3 个重要差别——在共振腔方面：为在共振腔内保持单一的电磁辐射波形，腔体尺寸应与波长同数量级。在微波波段这是容易实现的，但在光波段，满足这一要求的腔体尺寸实在太小了，即使能制造出来，实用价值也不大。若用比波长大许多的腔体，会存在许多复杂波型（或称模式），对获得单色性好的光辐射是不利的；在频率调谐方面：在微波波段，通过调节外加磁场强度，利用塞曼效应就可获得大于或相当于微波频率的变化量。但对光波段来说，其变化量仅仅是光频的极小份额；在本底噪声方面：因为自发辐射跃迁概率正比于辐射频率的立方，所以在光波段，由自发辐射跃迁产生的本底噪声要远远高于微波波段的本底噪声。



考虑到上述这些差别之后,汤斯和肖洛设想了一种新式共振腔(称为开放腔),把共振腔的大部分壁面去掉,用两块平行放置的高反射率反射镜组成共振腔。这么一来,就只有沿共振腔轴线方向传播的光波能形成共振模式,沿其方向的共振模式消失,从而达到了控制共振腔内模数的目的,同时也降低了自发辐射的作用,降低了本底噪声水平;继而他们又构思实现受激辐射跃迁过程,即让受激辐射放大发挥作用。在开放式共振腔内放入发光材料,然后用光源对它进行泵浦,使原子获得激发,原子停留在激发态的平均时间很短,因此,起码会有不少原子会在同一时刻发射光子。这些光子(又称“外来光子”)又会诱导其它在激发态的原子产生受激辐射,使腔内“相同”光子数加倍;这些光子又诱导其它在激发态的原子受激辐射,使相同光子数目再加倍。如此不断循环进行,使腔内“相同”光子的数目以指数函数形式增长,当通过受激辐射过程产生的光功率,比腔壁以及腔内其它原因造成的损失还要大时,光源就可进入振荡状态。汤斯和肖洛指出:达到振荡状态时,光学材料内处于高能态的原子数



目要比低能态原子数目多(即粒子数反转),并给出了要达到振荡,泵浦源需要给激光材料提供的最低能量或功率(阈值)。