

军用激光技术

现代国防高科技知识丛书

陆彦文 陆启生 编著

国防工业出版社



E9

L88

449654

现代国防高科技知识丛书

军用激光技术

陆彦文 陆启生 编著



00449654

3

国防工业出版社

·北京·

D1431/02
图书在版编目(CIP)数据

军用激光技术/陆彦文,陆启生编著. - 北京:国防工业出版社, 1999.5

(现代国防高科技知识丛书)

ISBN 7-118-02044-3

I. 军… II. ①陆… ②陆… III. 激光技术-应用-军事技术 IV. B9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 38016 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/32 印张 6½ 166 千字

1999 年 5 月第 1 版 1999 年 5 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:10.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

《现代国防高科技知识丛书》编委会

顾 问 郭桂蓉

主 编 温熙森

副主编 沈永平 张银福

编 委 (按姓氏笔划为序)

李自力 李传胪 任 莹

苏建志 张克强 陆彦文

周一宇 柴进武 郭修煌

曾华锋 谭吉春

总 序

20 世纪末叶,在一场场惊心动魄的高技术局部战争中,一批批惊天动地的高技术武器装备登台亮相。透过变幻莫测的战争风云,人们发现,在异彩纷呈的陆、海、空、天、电五维战场上,以电子信息技术为代表的军事高技术,使现代战争面貌发生了空前巨变,也引发了整个军事领域的深刻变革。这对于为保卫祖国、抵御侵略、争取和捍卫和平付出过沉重代价,现在致力于现代化建设的中华民族,既是一种严峻的挑战,也是一种发展机遇。

安国之道,先戒为宝。我们应在确保以经济建设为中心的同时,认真贯彻落实新时期军事战略方针,有重点地发展军事高技术。为了培养和造就大批能驾驭高技术局部战争的各类军事人才,必须有计划地加强广大官兵的高技术知识学习。

“知识作为一种主要的军事要素,在军队建设和军事斗争中占有突出的地位。未来的信息战争,从某种意义上说,就是知识的较量。”我们应按照军委首长关于军队建设的“两个武装”的指示,在用邓小平理论武装头脑的同时,掀起一个广泛、深入、持久学习军事高技术知识的热潮。为了配合全军广大官兵更好地学习军事高技术知识,为了适应国防教育的需要,国防工业出版社在国防科技大学组织有关专家教授编写了这套《现代国防高科技知识丛书》。

鉴于本丛书是“九五国家重点图书选题规划”中科普类图书选题之一,其整个运作过程,始终得到有关部门领导的热情引导和大力支持。

国防高科技,其实质就是军事高技术。所谓军事高技术,简言之,就是应用于军事领域的高技术。具体地说,军事高技术是建立在现代科学技术成就基础上,处于当代科技前沿、对国防建设和武

器装备发展起巨大推动作用的那部分高技术的总称。军事高技术是当代高技术的主要组成部分。可以认为,它包括两个层次的技术:一是支撑高技术武器装备发展的共性基础技术,主要包括微电子技术、光电子技术、计算机技术、新材料技术、高性能推进与动力技术、仿真技术、先进制造技术等;二是直接应用于武器装备并使之具有某种特定功能的军事应用技术,例如探测技术、伪装与隐身技术、电子与信息战技术、精确制导技术、军事航天技术、军事激光技术、指挥自动化系统技术、新概念武器技术,以及当前国际上禁止发展和使用的核武器技术、生物武器技术、化学武器技术等。关于第一层次的共性基础技术,社会上已出版了大量读物,国防工业出版社还配套出版了一套六集介绍有关高技术基础知识的《世纪之光》(VCD 光盘)。关于第二层次的军事应用技术,已有《军事高技术知识教材》之类的导论性读物。本丛书作者力图在上述已问世的出版物基础上,有选择地分门别类地对高技术中的军事应用技术作详细介绍,相信对全军由应急式学习转向经常性教育,以及全社会进行国防教育,都会有所裨益。

本丛书共 10 个分册。除计算机与信息处理技术属共性基础技术外,其余 9 个分册均属第二层次的军事高技术,它们所介绍的分别是:现代侦察与监视技术、隐身技术、夜视技术、军用激光技术、电子战原理与技术、军事航天技术、精确制导技术、指挥自动化系统和新概念武器。

本丛书的编写指导思想是:遵循“正确的思想、科学的知识、真实的信息、健康的情趣”的原则,尽可能借助图文并茂、深入浅出的科普读物形式,反映出“国防高科技”这一具有政治性、科学性和时代性意义的严肃主题。

本丛书力图做到具有如下主要特点:权威性较高、针对性较强、知识面较广、可读性较好。

权威性较高,是指作者和出版者群体的权威性较高。由国防科技大学的校领导牵头组织起来的作者们,大都是相应军事高技术领域的专家教授,他们参与过有关军事高技术知识的教材编写、

常规教学和短期培训活动,具有精深的理论功底,积累了丰富的实践经验。建社历史较长的国防工业出版社为本丛书配备的责任编辑们,大多是相应科技专业大学本科毕业的老编辑,他们坚持“社会效益为首、出版质量第一”的原则认真编审,为进一步提高丛书质量竭尽全力。

针对性较强,是指本丛书的读者对象很明确。主要针对的是具有中等文化程度以上的部队广大官兵,其次是社会上的军事爱好者。他们可以按照各自的需要和兴趣有选择地学习,借此,或改善知识结构,或受到国防教育。

知识面较广,是指本书纵向和横向涉及的军事高技术知识面较广。为了使纵向涉及的各军事高技术领域的内容完整广博,作者们在分门别类、深入浅出地介绍其原理、方法和技术的同时,还力求引入实战应用、对抗措施、发展前景等。必须说明的是,本丛书横向涉及的既不是军事高技术的全部内容,也不是军事高技术的完整应用范围,而只是按其特定要求选取军事应用技术中大部分的主要方面。但是,这种相对完整性已基本适应特定读者的实际需要。

可读性较好,是指作者们非常讲究其通俗性和可读性。他们力图通过增加实战应用案例的生动性、语言表达的趣味性和插图设计的观赏性等途径,使本丛书的内容有重点、素材有亮点、形式有特点,从而收到娓娓道来、引人入胜的理想效果。

古云:“纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行。”我们为这套丛书应时问世乐此不疲,辛勤耕耘,倘若能为实现国防和军队现代化建设跨世纪发展的战略目标,在“科教兴国”、“科技强军”中收到些微效果,也就如愿了。限于写作时间和能力,书中难免存在不足或留下憾笔,恳请有关专家和读者不吝赐教。

《现代国防高科技知识丛书》编委会

1999年1月

前 言

20 世纪 60 年代,激光——人类发明创造活动的伟大成果之一,传奇般地产生了。在此后的 30 多年中,它的应用已渗透到人类生活的各个领域,它的出现翻开了人类科学技术发展史的崭新篇章。

在军事领域,激光技术的迅猛发展,为武器装备带来了革命性的进展。激光应用于测距,使得测距精度出现了重大的进展,使人类实现了以厘米级精度测定地球到月球这样遥远的距离。激光测距可广泛应用于步兵、地炮、高炮、坦克、飞机和舰艇。激光应用于制导,使得制导精度大为提高。激光应用于通信,使得通信速率和容量等大为提高。尤其是,称作“死光”武器的激光武器研究,也已出现了重大的进展:低能激光武器已开始装备部队,高能激光武器则在技术上已基本成熟,将在 20 世纪的战争中发挥举足轻重的作用。

本书对激光在军事上的应用,作了一个简明扼要而较全面的介绍。简要地介绍了激光产生的基本原理和发展历史;激光的发射、传输和接收;激光测距、激光制导、激光通信、激光雷达、激光武器的原理和特点及应用。另外,还简要地介绍了激光侦察与警戒、激光防护与对抗、激光技术在军事训练中的应用。

作者学识水平有限,又因时间仓促,书中错误纰漏难免,谨请读者批评指正。

作 者

1998.11

449654



本书在扼要地介绍了激光原理的基础上,简要地介绍各种军用激光技术的原理、应用、现状和发展趋势。重点讲述了激光测距、激光通信、激光引爆、激光致盲、激光干扰、激光侦察与警戒、激光制导和激光雷达在军事领域的广泛应用和目前的发展情况。

本书可供从事激光技术的工程技术人员、部队指战员、机关工作人员和有关专业师生参考。

目 录

第一章 激光器	1
第一节 激光超常之处(激光特点).....	2
第二节 激光的产生.....	4
第三节 激光器的种类	12
第四节 激光发展简史	18
第二章 激光的发射、传输和接收	31
第一节 激光的发射	31
第二节 激光在大气中的传输	32
第三节 激光在水中的传输	35
第四节 激光在光纤中的传输	35
第五节 激光的接收与探测	38
第三章 激光测距	42
第一节 引言	42
第二节 激光测距原理	43
第三节 激光发射机和接收机	49
第四节 激光测距机的主要军事应用	50
第五节 激光近炸引信	64
第四章 激光雷达	68
第一节 什么是激光雷达	68
第二节 激光雷达的工作原理	71
第三节 激光雷达的军事应用	74
第五章 激光制导	90
第一节 什么是激光制导	90
第二节 激光制导原理	93

第三节 激光制导武器·····	110
第六章 激光通信在军事中的应用·····	117
第一节 引言·····	117
第二节 军用光纤通信·····	119
第三节 大气激光通信·····	126
第四节 水下激光通信·····	128
第五节 空间激光通信·····	130
第七章 激光侦察与警戒·····	134
第一节 激光侦察·····	134
第二节 激光警戒·····	136
第八章 激光武器·····	144
第一节 什么是激光武器·····	144
第二节 高能激光武器研制的关键技术或问题·····	146
第三节 高能激光武器发展现状·····	157
第四节 低功率激光干扰与致盲武器·····	164
第九章 激光防护与对抗·····	167
第一节 防护与对抗措施·····	167
第二节 抗激光加固·····	170
第三节 现状与发展趋势·····	174
第十章 激光技术在军事训练中的应用·····	176
第一节 激光射击交战模拟器·····	176
第二节 激光武器射击交战模拟器·····	188
第三节 激光战况显示系统·····	193

第一章 激 光 器

对于激光的发展,有一个人可谓功勋卓著,这就是美国人汤斯。汤斯 1939 年在加州理工学院获博士学位后,进入贝尔实验室工作,第二次大战期间从事雷达研制工作。他喜爱理论物理,但实验室却将美国空军给实验室的任务(研制一台频率为 24 000 兆赫的雷达,用以改善飞机轰炸的定位精度)交给了他。汤斯当时就对这项工作提出了不同的看法,认为这一频率对于雷达是不适宜的,因为空中的水蒸气对这一频率的电磁波有强烈的吸收,信号难以远距离传播。但空军还是坚持要他做下去。

仪器做出来后,果不其然,成了一堆废品。但正是这台毫无军事价值的仪器却成了激光器发明的肇始。由于这台仪器的频率和分辨率是实验室从未具有的,汤斯用它做了许多前人从未做过的微波波谱工作,成了这一领域的权威。在此工作的基础上,在其他科学家实现了粒子数反转工作的启发下,汤斯研制出了获得强相干辐射的谐振腔,并以此为基础,研制出了世界上第一台微波量子放大器。谐振腔是一个对微波量子放大器和光学量子放大器(即激光器)的作用怎样评价也不过分的关键器件。虽然激光器的最终发明与汤斯失之交臂,但世上第一台激光器的研制者梅曼正是以汤斯等人的工作为基础的。

科学研究就是这样,往往科学工作者在某一领域因路越走越窄或走入死胡同而幡然醒悟时,这一领域的工作就可能为其在另一领域的工作出现柳暗花明的局面打下了基础,正所谓“他山之石,可以攻玉”。

激光的发明曲折艰辛,故事动听。这里暂且打住。先让我们来看一看究竟什么是激光,它与普通光相比有什么超常之处。

第一节 激光超常之处(激光特点)

与普通光相比,激光的超常之处有亮度高、方向性好、单色性好、相干性好。

一、亮度高

激光是当代最亮的光源,其他普通光源与之相比,都望尘莫及。即使核武器爆炸瞬间的强烈闪光,也不能与之相比。我们知道,俗称太阳灯的长弧氙灯很亮,比太阳亮几十倍,但激光却可比太阳灯还亮亿倍计。一个输出功率仅一毫瓦即千分之一瓦的氦氖激光器,其亮度可比太阳强上百倍。最新的高功率化学激光器,如DF即氟化氙化学激光器,其输出功率可达220万瓦,是氦氖激光器的22亿倍。1997年10月,美国人用来做激光打卫星试验的激光器的其中一种,就是这种氟化氙激光器。

二、方向性好

大家知道,太阳、电灯等普通光源有向四面八方发散光的特性。若想光定向发射,就需采取某种措施。如应用球面镜或抛物镜,使光源置于镜的焦点上,在镜的反射下,光就能较好地定向发射。众所周知的手电和探照灯就采用了这样的镜。但即使这样,随着传播距离的增加,光也会很快散开。例如,较好的探照灯,其光束的发散角约为20角分,即这样的探照灯发射的光,传播1000米后,会聚后的光斑直径达10米。但与探照灯具有相同孔径的激光的发散角仅约为这样的探照灯的万分之一,即0.12角秒。激光传播1000米后,会聚后的光斑不大于1厘米即一个指头大。激光由于方向性好,其能量更易集中,它的亮度高与此不无关系。

三、单色性好

所谓光源的单色性,是指其所发光含有的波长范围(即称带宽

或谱宽)的大小。波长范围小,就谓单色性好,反之则说单色性差。

太阳、白炽灯和日光灯等普通光源的单色性可谓差,它们发出的光,包含了很多的波长,是由很多颜色组成的混合光。这一点,做一个简单的实验就可验证。通过一个三棱镜观察太阳光,会发现习以为常的白光竟含有红、橙、黄、绿、青、蓝、靛、紫等多种颜色的光。事实上,更精确的实验表明,白光连续地含有波长 $0.4 \sim 0.76$ 微米($1 \text{ 微米} = 10^{-6} \text{ 米}$)范围内的光,而且还含有比可见紫光波长 0.4 微米更短的紫外光及比可见红光波长 0.76 微米更长的红外光,但这些光,人眼看不见。

人类制造的所发光波长范围最小的非激光光源,即单色性最好的光源要算氪(Kr^{86})灯了,它所发光的波长范围仅为 5×10^{-7} 微米,白光比它大 1 千万倍。激光是一种比氪灯单色性还要好的光源,所发光的波长范围只是氪灯的五分之一,如氦氖激光器就是这样一种光源。现代技术可使激光器输出单色性更好的激光,其谱宽仅为氪灯的百万分之一。激光由于单色性好和方向性好,它通过透镜会聚后所成的像(光斑),可非常小,小到几微米的大小。因而,所生像处的亮度自然也就高。

四、相干性好

所谓相干性,是指来自同一波源的两列以上的波在空间相遇时,合成波在空间的强弱分布情况表现出的波的性质;若合成波在空间呈现出明显的强弱分布,即有的地方强,有的地方弱,强弱相间,对比度高,我们就说这个波源发出的波相干性好;反之则说相干性差。

我们都知道,让两支相同的手电筒照射同一个地方,这个地方比单独一支手电筒照射时要亮一倍,而且(这个地方)各处的光亮都均匀。这说明这两支手电射出的光,各不相干。学术上称,这两束光没有发生干涉。如果让一束氦氖激光透过两个适当的平行狭缝,让从这两狭缝出来的激光,照射在缝后适当远的屏幕,就很容易在幕上观察到明暗相间的条纹。这就是说,很容易让从同一激

光源来的多束光发生干涉。

按照物理光学,能发生干涉,就意味着相遇的各列波的频率相同、振动方向相同、位相相同或位相差恒定。这就是两波或两列以上的波能发生干涉的条件。这对普通光来说,是很难做到的。在普通光源中,各发光中心(原子或分子等微观粒子)相互独立,各发各的光,没有相互联系或相互联系很少(看下节)。因此,各中心发出的光很难满足相干条件,或者说相干性差。而在激光源中,各发光中心是相互关联的,所发的光可有相同的相位或恒定的相位差、相同的频率和相同的偏振。所以激光具有很好的相干性。

激光的上述这些特点是彼此相互关联的,并非相互独立。例如,正是由于激光的方向性、单色性好,才使其能量能高度集中,从而,使其具有亮度高的特点。另外,激光的相干性与其单色性也是有关的,它的好单色性使得它的相干性大大超过一般普通光源。

激光正是由于具有这些特点,在各个领域尤其军事领域,得到了广泛应用。

第二节 激光的产生

为什么说,激光是人类发明所给出的一个真正产物?要清楚这一点,我们还得从光源的发光机理说起。

一、原子的能级

任何光源,如白炽灯、荧光灯、太阳等,都是由分子和原子组成的。而原子则由原子核和若干核外电子构成。核带正电荷,电子带负电荷。按照玻尔原子理论,电子绕核运动,就如行星绕太阳运动。核对电子的库仑吸引力,提供了电子绕核运动所需的向心力,使得核与核外电子处于一个相对稳定的状态。

以氢原子为例。它由一个原子核(仅由一个质子构成)和一个绕核旋转的电子组成。电子绕核旋转的轨道不是任意的,可绕一系列可能轨道中的某一个轨道运动,各个可能轨道是相互分开的,

各有不同的半径。电子要么在这一轨道上运动,要么在另一轨道上运动,在两轨道间是不能停留的。但电子可从一个轨道跳跃到另一个轨道。

电子处于任意一个可能轨道时,原子具有一个确定的能量(叫做原子的内能);电子处于不同轨道时,原子具有不同的能量。由于电子具有一系列分立的可能轨道,电子可能具有的能量也是不连续的。这一系列不连续的可能的能量值,就叫做原子的能级。图 1.1 是氢原子的能级,图中 E_1 是氢原子的最低能级,称为基态,对应于氢原子内的电子绕距核最近的轨道运动,此时的氢原子具有的能量最小。其他的能级 E_2 、 E_3 、 E_4 等等,统称为高能级。具有这些能量的原子,也称处于激发态。

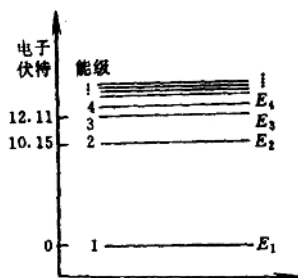


图 1.1 氢原子的能级图

与氢原子类似,其他原子(及分子和离子)也具有分立的能级,也有基态和激发态,只是其他原子因拥有数目较多的电子,分析要复杂得多。对此,这里不多作介绍了。

二、粒子数目按能级的分布

我们把原子、分子和离子,统称为粒子。一个包含有大量粒子的系统(如 1 摩尔理想气体,含有 6.02×10^{23} 个分子)中的任一粒子,处于什么能级,具有随机性,即我们不能确定某一个粒子是处于高能级或低能级。这是由于粒子间的碰撞或粒子与辐射间的相

互作用,有些粒子会吸收能量而从低能级跃迁到高能级。但粒子在 高能级不会久留,很快会放出能量而返回低能级。当系统处于热平衡时,大量粒子按能级的分布遵循一个确定的统计分布规律,这就是玻耳兹曼分布律:

$$n = n_0 e^{-E/kT} \quad (1.1)$$

式中: n 表示处于能级 E 的单位体积中的粒子数; n_0 为单位体积中的总粒子数; $k = 1.38 \times 10^{-23}$ 焦耳/开,叫着玻耳兹曼常数; T 为热平衡时的绝对温度; $e = 2.718$ 。

上述玻耳兹曼分布律阐明了粒子在能级上的正常分布,即热平衡时,处于某一能级的粒子数与该能级的能量值密切相关: E 越大,该激发态上的粒子数就越少,而且按指数减少。图 1.2 形象地说明了这种关系。

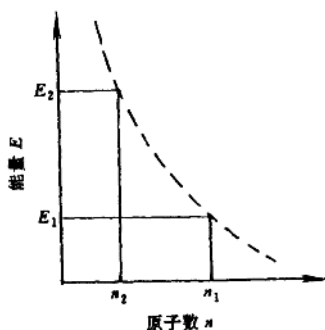


图 1.2 原子数目按能级分布

三、自发辐射和受激辐射

就像处于高处的水总往低处流,处于激发态的原子(还有分子、离子等微观粒子。以下同)也是不稳定的,总会回到基态或低能级去。原子在激发态能停留的时间非常短,通常约为 10^{-8} 秒的数量级。在这期间内,原子会在没有任何外界作用的情况下,自发