



## 激光技术 (Laser technology)

**概念定义:** 激光技术包括激光器技术及激光应用技术。目前发展比较成熟和应用比较广泛的激光器主要有**半导体激光器**、**二氧化碳激光器**和**固体激光器**。

激光技术是 60 年代初发展起来的,以原子物理、量子理论、光学技术和电子技术为基础的一门高新技术。激光技术已在工业、农业、医疗卫生、通信、宇航和军事等方面得到了大量而广泛应用。

研究范围: (1)激光器技术; (2)激光应用技术; 对激光器的研究又分为三部分: 工作物质;谐振腔;激发源;阵列。

### (一) 发展过程

#### 60 年代--今

需求动力: 激光是一种受激辐射光,它具有**亮度高、方向性强、颜色极纯、相干性好的特点**,在多个领域都有广泛的应用前景。1960 年 5 月 17 日,世界上第一台红宝石激光器诞生。它是根据爱因斯坦 1917 年提出的**物质受激辐射原理**而制成的。之后激光技术迅猛发展起来。

主要特点:

#### 1.开发了多种激光器

自第一台激光器诞生后,激光器技术一直是激光技术的一个重要部分,至今已研制了上百种激光器。按工作物质可以将它们划分为:**固体激光器、气体激光器、半导体激光器**等。目前**固体激光器**领域最活跃的话题是**二极管泵浦固体激光器**,相应的**半导体激光器**中**激光二极管**成为了它的重要发展方向,**气体激光器**中以**CO<sub>2</sub> 激光器**的研究最成熟也发展最快。对激光器的研究主要包括以下几个方面的问题:

- (1)工作物质的研究和选择
- (2)泵浦技术的研究
- (3)激光器的设计与制造工艺

#### 2.推广了多个应用领域

激光自产生之日起就是针对着实际应用的需要。目前激光技术已经被推广应用于农业、工业、医疗、科学研究、军用武器及航天技术等多个领域,带来了巨大的效益,特别是在军事领域,发挥着重要作用,可用于制导、测距、通讯、雷达、激光武器等等。

典型成果和产品: 1.光谱二极管试验室的连续波 680nm 波长的八条式阵列,输出功率为 8.5W(二极管激光器)。2.JTT 国际公司的小型、自倍频式 N Y A B 激光器及兰光激光器,采用 LiTaO<sub>3</sub> 波导倍频 860nm 二极管激光器的输出,输出功率为 0.5mw(二极管泵浦固体激光器)

### (二) 现有水平及发展趋势

自 1960 年 5 月 17 日第一台红宝石激光器诞生后,激光技术得到了迅猛发展,激光技术广泛应用于国防、工业、医学等领域。激光器是激光技术的重要组成部分,也是发展激光技术的基础。三十年来,激光器已经发展为上百种,下面我们分类介绍激光器的部分最新动态:

**1. 固体激光器:**对科研应用来说,固体激光器(如 Nd:YAG 和 Nd:YLG)技术目前已较为成熟。**转键式激光器**,今后将进一步提高可靠性和稳定性,采用这种结构设计可增加二次谐波的转换效率,且使用新材料(如 LBO)可获得更多的波长。脉冲固体 Nd:YAG 激光器运用三次和四次谐波技术,将会扩大其应用领域,并可用作染料激光器的泵浦源。另外掺钛、铽、钕的 YAG 及 YSGG 大功率固体激光器的工



作波长为  $2\sim 3\mu\text{m}$ 。

## 2. 二极管泵浦固体激光器

八十年代中期以来,激光二极管泵浦的固体激光器开发十分活跃,它具有体积小、重量轻、

耗电省、可靠性高等一系列优点。这些优点主要得益于它的泵浦源——半导体激光二极管(LD),LD 克服了闪光灯泵浦源的缺点,具有寿命长、效率高、体积小、重量轻的优点。**激光二极管泵浦的固体激光器(DPSS 激光器)**正广泛应用于军事领域,是激光器的一个重要研究方向,目前,由于制造业提高了器件输出功率、运行寿命和 Q 开关运行频率,二极管泵浦 Nd:YAG 激光器技术继续成熟,在该领域积极活动的有阿莫克激光、相干、光波电子学公司,迈克勒柯公司,光谱物理激光二极管系统公司。

## 3. 半导体二极管激光器

二极管激光器已成为半导体激光器的一个重要发展方向,这是由于大功率二极管激光器可用于泵浦固体激光器。目前已实现了高功率二极管和列阵。这种器件的设计目标是提高寿命和输出功率,同时降低阈值电流。

二极管激光器大体可分为三个波段:可见、近红外和长波,在  $680\text{nm}$  波长附近发射的可见光二极管激光器已广泛使用,主要应用是条码扫描和光数据存储。近红外( $800\sim 1000\text{nm}$ )二极管激光器的进展使这种器件的几种应用更普及, $808\text{nm}$  附近的高功率二极管及其阵列是 Nd:YAG 和其它固体激光器的泵浦源。高功率近红外二极管激光器的另一扩展应用是泵浦通讯用  $980\text{nm}$  掺铒光纤放大器。通讯也是长波二极管激光器的一大市场。

## 4. 可调谐激光器

长期以来,可调谐激光器以染料激光为主,但最近可调谐固体和半导体激光技术正迅速改进。不仅掺钛宝石、紫翠宝石之类固体材料可以调谐,镁橄榄石也易于调谐。掺钛宝石激光器正在迅猛发展。

## 5. 气体激光器

气体激光器技术已经比较成熟,离子激光器用于共焦显微术,光盘刻录和全息术等应用。混合气体离子激光器的一大领域是娱乐业。对工业应用而言, $\text{CO}_2$  激光器正在向小型化、可靠和长寿命的新极限前进。准分子激光器主要用于医疗、打标及半导体光刻和微型加工上。

激光出现后,就开始了激光的军事应用,军用激光技术的发展迄今已有三十多年的历史,激光技术已渗透到侦察、识别、制导、导航、指挥、控制、通讯、训练和光电对抗等各个军事领域。80 年代后期日臻完善的二极管泵浦技术使固体激光器向更小型、更轻量、更高效和更可靠方向发展,加之各种固体激光材料、非战性光学材料及参量变换技术等出现,为发展新一代军用激光技术开辟了广阔前景。

从军用激光系统的类型来看,当前的发展重点主要集中于激光测距机和激光目标指示器、战术激光武器、激光雷达和激光对抗四个方面。

### 1. 激光测距机和激光目标指示器

激光测距机和激光目标指示器是军用激光系统成功的典范。近来,激光测距机的改进主要集中在应用二极管泵浦和人眼安全方面;而激光目标指示器则主要是采用二极管泵浦技术。

现有的激光测距机和目标指示器都是以 Nd:YAG 固体激光器为基础的,Nd:YAG 激光应用于测距有一个严重的缺点,即它的  $1.06\mu\text{m}$  波长对人眼有损伤,



因此难以推广。80 年代中期开始,国外着手发展眼睛安全的  $1.54\mu\text{m}$  激光测距机,具体途径是采用拉曼频移 Nd:YAG 激光器,或采用铟玻璃作激光介质的激光器。激光二极管泵浦可以使固体激光器的效率提高 4 倍,使电源和冷却系统的重量减小 75%,已成为当今军用激光研究的一个热点。

## 2.战术激光武器

近年来战术激光武器开始从强激光为武器的硬杀伤转向以中等能量激光干扰与破坏电传感器和致盲人眼为目的的“软”杀伤。二极管泵浦固体激光器是当今战术激光武器的首选器件。

## 3.激光雷达

现有的激光雷达多采用  $\text{CO}_2$  激光器,但由于  $\text{CO}_2$  激光雷达体积大、成本高可靠性差,难以大量生产使用,到 80 年代后期出现了 YAG 相干雷达,固体激光技术的突破将使战术激光雷达今后的发展重点转向单频的 DPL 雷达方面。

## 4.激光对抗

激光对抗包括激光告警、激光防护、激光有源和无源干扰等方面。激光告警器是激光对抗的基本设备之一,固体激光器的发展要求激光告警器的灵敏度进一步提高,并具截获远距离散射和识别多种波长及编码脉冲的能力,另外人眼防护及传感器的加固已成为今后激光对抗中的重要课题。激光无源干扰技术的一个方面是应用激光涂料。

军用激光技术以美国和前苏联处于世界领先地位,然而真正标志激光技术实力和决定发展速度的是激光器的生产水平。在激光器的研制上美国处于世界领先地位,日本的激光器多注重经济效益,从品种和性能指标上都不如美国。前苏联在激光物理学和激光技术上处于领先地位,目前俄罗斯的激光器生产仍处于世界领先地位,特别是在固体激光器方面但在激光二极管阵列上却落后于美国。德国的工业激光器技术得益于它世界一流的激光设备;法国的工业激光器主要以  $\text{CO}_2$  和 Nd:YAG 激光器为主;英国的激光交易不算大,以  $\text{CO}_2$ 、YAG、染料、铜蒸气激光器为主。另外,荷兰、意大利、瑞典、挪威、芬兰及丹麦等在激光技术方面都有积极的活动。

投资状况: 1990 年美国国防部关键技术计划中光电子学技术的逐年轻费为:

1986 财年~1990 财年共 5 亿 6 千万美元;

1991 财年为:1 亿美元;

1992 财年为:1 亿 1 千万美元;

1993 财年为:1 亿 1 千万美元;

1994 财年为:1 亿 1 千 5 百万美元;

1995 财年和 1996 财年均为 1 亿二千万美元;

1992 年的美国国防部关键技术计划将电光器件的投资经费订为:

1992 财年:2 亿 1 千万美元;

1993 财年:2 亿 1 千 1 百万美元;

1994 财年:1 亿 4 千 3 百万美元;

激光技术是以激光器件为基础的,激光器件的研制包括在光电子器件之中。

## (三) 主要研究机构

光谱二极管实验室(Spectral diod Laboratory(SDC)), 主攻技术及工程: 二极管激光器及阵列。

激光技术被广泛地应用于工业、农业、科研、军事、航天等多个领域,因而发展这一技术会带来广泛的效益。



军用效益：二极管泵浦固体激光器的研制对激光测距仪和目标指示器、定向能武器、激光雷达和激光通信都有重大影响,这不仅因为二极管泵浦激光器本身成本下降,可靠性提高,更主要的是它可以改进这些系统的性能,这对于提高国防实习具有重要意义。

相干二极管激光器阵列可用于雷达、卫星通信、定向能、水下反潜战。

民用效益：二极管泵浦的固体激光器具有更高的可靠性、更低成本、更高的功率,可用于焊接、仪器制造、通讯和其它方面,二极管激光器阵列可用于激光打印机、读/写光盘、机器人视觉照明,在制造业可以用于机械加工和表面处理,而且二极管阵列还降低了对致冷的要求,这也将带来成本的降低。

#### ★二极管泵浦固体激光器

难点分析：目前二极管泵浦固体激光器的主要问题是提高二极管泵浦源功率。而阻碍泵浦二极管大功率化的原因,一是随电流注入产生的焦耳热引起结温上升,导致器件退化;二是端面激射区高的光功率密度引起镜面晶体突发性光学损伤。

解决方法或途径：1.解决第一个问题是激光二极管(LD)实现低阈值和高量子效率工作。实现的途径是采用 MOCVD 和 MBE 把有源层控制在几十纳米以内,利用多量子阱(QW)结构的载流子量子效应,和能够有效限制光电子的梯度折射率分别限制异质结构。结果,LD 的阈值电流比一般 DH 的大幅度下降,量子效率提高了几倍。2.解决第二个问题主要是扩大器件的发光区面积来降低端面的光功率密度,以及用若干较低输出功率的单元器件单片集成。