



全固态激光器 产业发展的趋势

郑 权 陈颖新 钱龙生

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022)

摘要:从全固态激光器(DPL)市场不断增长的趋势出发,指出目前DPL产业已处于产业化前期阶段,我国的DPL企业应该及早进行有广阔市场前景的大功率和高性能DPL的研发,为迎接DPL产业高潮的到来做好充分的准备。

全固态激光器(DPL)是指用半导体激光管(LD)代替气体放电灯泵浦的固体激光器。它集两种激光器的优势于一体,具有效率高、体积小、寿命长、可靠性高、结构牢固、光束质量好、输出谱覆盖宽、输出强度动态范围大等优势,已成为新一代的优质相干光源。

自上个世纪60年代提出DPL以来,全世界范围内对其掀起了研究热潮,经过20多年的发展,于90年代实现了中低功率DPL器件的实用化和产业化。近10年来,DPL市场每年增长均在50%以上(见图1),据不完全统计,仅商用器件就已达2亿美元/年(军用市场与商用市场大体相当)。由于许多传统激光器,如离子激光器、金属蒸汽激光器、He-Ne激光器、准分子激光器、染料激光器以及灯泵浦固体激光器等的大部分市场正在被DPL所取代,因此,DPL的市场增长势头

不会降低,预计2010年至少可超过20亿美元/年。

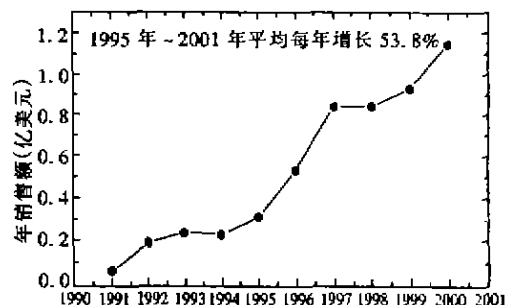


图1 DPL的国际商用市场发展趋势。

1 DPL产业的发展期

中国工程院院士,中国科学院物理研究所的许祖彦研究员在全面深入地分析了DPL的发展历程后,提出了有代表性的DPL产业发展时期的划分方法。他指出:“自20世纪60年代以来,DPL产业的发展在经历了概念研究(1965年~1990年)、实用化突破(1990年~2000年)等阶段后,目前正处在产业化前期(2000年~2010年),预计将在2010年前后进入产业化时期。”

► 激光器与技术

其主要特点体现在如下几个方面:

(1) LD 价格正在大幅度下降。1980 年以前, LD 价格昂贵, 高达 10 万美元/W。随着技术的不断进步, LD 的价格逐年以 60% 的速率下降, 目前已降至 10 美元/W。但价格仍然偏高, 未来还有下降的余地, 预计 2005 年将降至 1 美元/W。

(2) 各类 DPL 专利即将过期。国际上众多激光公司掌握多种关键技术知识产权, 或多或少地控制着 DPL 产品的开发和销售。随着时间的推移, 各种专利逐渐过期, 对发展和应用 DPL 的制约因素将逐渐减少, DPL 必将得到快速发展, 进一步推动应用市场的扩大。

(3) 大能量、高功率器件正走向实用化。用于工业、能源、科研和军事等领域的连续、准连续和脉冲 DPL 研究是当前重要方向之一, 国际上包括美国、德国、日本和俄罗斯等在内的许多国家正在开展此类器件的实用化研究。

(4) 各类应用产业正在起步。以 DPL 为重要组成部分的高技术产业受到 DPL 发展的推动正在得到发展。例如国外已经用红绿蓝三原色 DPL 开发出激光大屏幕显示样机; 研制出实用化的 355nm DPL 用于高密度光盘的写入; 研制出紫外光源用于激光微加工和三维成型等, 但尚未形成生产规模。

针对 DPL 产业化前期的特点和发展趋势, 世界上发达国家正在加紧 DPL 器件、技术、工艺和应用的研究开发, 为迎接 DPL 产业化的高潮做准备。

2 DPL 产业的研发热点

DPL 的应用前景十分光明, 在推动传统激光器更新换代的同时, 也不断地开拓出新的应用产业生长点。下面叙述目前 DPL 产业

的研发热点。

2.1 高功率的 DPL

文献报道的国外 LDA 泵浦的 Nd: YAG 激光器在 1064nm 连续输出达 3.3kW, 532nm 连续输出达 513 W, 基模运转可达 200W 以上。根据按比例放大原则, 其输出功率可超过 5 kW 达到万瓦量级, 并有可能成为激光核聚变的驱动器能源。日本已完成利用大功率 DPL 建立高阳激光核聚变发电厂的可行性研究工作, 认为从原理上已经没有障碍, 仅仅有待于技术上的改进和降低成本。另外, 高功率二倍频 DPL 可以取代 Ar⁺ 激光器和铜蒸汽激光器进行同位素分离, 该激光器体积小, 易制作。

在制造业上, 德国、美国等发达国家已经将 2kW 和 2.6kW 大功率 DPL 应用于汽车部件的焊接, 它比同功率的 CO₂ 激光焊接机的体积小、速度快。在微电子领域, 单模 Nd: YAG DPL 已广泛用于激光微调机中。

高功率的 DPL 在科学研究中也有很多用户, 如作为锁模掺钛蓝宝石激光器的泵浦源, 已基本取代 Ar⁺ 激光器。

2.2 军事应用目的的 DPL

军事应用一直是激光行业的重要用户。激光武器具有能量集中、传输速度快、作用距离远、命中精度高、转移火力快、抗电磁干扰、能多次重复使用和作战效费比高等优点, 是完全不同于导弹、火炮等火器的新概念武器。激光武器通过近距离毁伤壳体、制导系统、燃料箱、天线、整流罩, 远距离使光电传感系统致盲, 拦截入侵的飞机和精确制导炸弹、炮弹、导弹等, 有可能成为军事防御和进攻的重要手段, 在保卫指挥中心、机场及舰艇等重要目标方面发挥重要作用。同时, 大功率激光器在远距离测距、定位瞄准、地形地貌测量等领域也有重要应用。

DPL 具有的高效、稳定、长寿命、体积小

等优点,使它将成为一种很有发展潜力的高能激光武器。DPL正在被越来越广泛地用于激光制导、激光跟踪、定位瞄准、地形地貌测量、远距离测距、地面重点目标防护、激光致盲、水下成像、海底探潜、精密测量、目标摧毁等军事领域。

目前,美国、俄罗斯、德国等发达国家已经或正在把大功率DPL系统用于地基和天基激光武器系统中。

2.3 大功率三基色DPL

经过倍频、混频和参量振荡等技术,DPL在红(如波长为670nm、660nm)、绿(如波长为532nm)、蓝(如波长为473nm、457nm)等三基色波段均已获得功率瓦级以上激光输出。可广泛用于显示、科研、医疗等领域,激光彩色大屏幕显示即为热点之一。

按显示业发展的趋势,阴极射线管(CRT)显示已经是成熟产业的后期,平均年增长约为6.3%,2002年年产值将达到300亿美元。本世纪是平板显示(FPD)时代,其年增长率已经达到16.2%,2002年可与CRT产值相当,约295亿美元/年,目前已经有多种平板大屏幕显示技术问世。激光彩色大屏幕显示与前两种彩色显示技术相比,其显示性能最佳。由于采用红、绿、蓝三基色激光做显示光源,在色度三角形中所包含的面积比以荧光粉发光和液晶为基础的其他显示技术所包含的面积大2.33倍,相当于色彩丰富2.33倍,更加接近自然色。

从显示效果上看,激光彩色大屏幕显示与其他显示技术相比具有色彩亮丽、分辨率高、对比度高和投影显示屏幕大小不限等优势。据相关行业权威人士预测,2005年激光彩色大屏幕显示将作为大屏幕显示,2010年后可进入家庭,其市场将是数百亿美元/年。因此,目前国际上已经展开了激烈的竞

争,其关键技术就是大功率的三基色DPL。除了显示领域外,三基色DPL本身还有众多的市场,例如取代Ar⁺离子、Kr⁺离子和He-Cd激光器,每年也将有上亿美元的市场。

目前,三基色DPL研究成果中有代表性的包括:德国Kaiserslautern大学用锁模Nd:YVO₄DPL做泵浦源,经KTA、LBO、BBO等非线性晶体变频产生7.1W红光、6.9W绿光、5.0W蓝光;美国Q-Peak公司用调Q Nd:YLF DPL倍频做泵浦源,采用参量振荡和谐波技术获得6W红光、5.8W绿光和4W蓝光;美国新罕布尔州激光光学研究公司,采用调Q Nd:YAG倍频泵浦掺钛蓝宝石,经BBO晶体腔内倍频产生7W平均功率的蓝光,计划用于声光调制投影显示。

2.4 紫外与深紫外波段的DPL

DPL经过三倍频、四倍频后已经获得功率数瓦的紫外激光。DPL向紫外、深紫外波段发展将为微电子、微机械的光刻、激光清洗、激光加工和激光三维成型等提供关键的激光源。例如第三代光盘高密度写入必须使用深紫外DPL才可以达到100GB的超大容量,实现下一代高清晰电视记录和宽带信息网络传输记录的目标。

另一个突出的例子是193nm光刻,这是当前微电子发展的前沿技术,可以刻出180nm甚至更细的线宽。虽然准分子激光器已经能够提供20W 193nm的平均功率输出,但目前仍然需要一种全固态、单横模、窄线宽(0.01pm)的调整光路用的光源。实现这一目标最简单的方法是使用KBBF晶体产生Ti:Sapphire激光的四倍频(输出波长为200nm~185nm)。假如这一研究获得成功,将给紫外光刻技术带来重大进展。

当前,国际上紫外DPL正在商品化的器件有准连续三倍频(355nm)1W~2W平均功

► 激光器与技术

率器件和四倍频(266nm)百毫瓦平均功率的试销器件(谐波晶体为BBO、CLBO),实验研究水平是四倍频准连续平均功率23W。日本三菱电子公司研制出波长为266nm、平均功率达20.5W的DPL,其中绿光注入功率为105.8W、转换效率为19.4%,没有出现饱和及光损伤现象,提高绿光注入将得到更高的紫外输出。

3 我国 DPL 产业的现状

我国在低功率DPL方面的技术比较成熟,在产业化方面做得也卓有成效。目前大陆从事DPL产业的公司主要有长春新产业光电技术有限公司、温州丰源激光技术有限公司和上海冠威技术有限公司等,另外在北京、苏州、杭州、太原、岳阳等地也有一些生产厂家。目前,国内厂家生产的DPL产品仍然主要局限在低功率的红外和绿光激光器上,相互竞争十分激烈。尤其在当前舞台灯光用低功率绿光DPL市场需求量急剧攀升的情况下,各企业间的竞争更趋白热化。我国DPL产业未来几年内是不是也会经历类似光通信行业的大起大落还有待冷静的分析。我国DPL产业和产品的现状,当前主要存在以下两个较为严重的问题。

一是低水平重复,缺乏高质量、高性能和高附加值的产品。简单重复性的投资和盲目扩大生产规模,可能一时会得到很大的利润,但最终必然会导致产品价格的不断下降。前些年红光指示器的生产就曾经出现过这个问题,最终导致台湾很多企业破产。因此,一个企业要生存和发展,必须居安思危、不断创新。长春新产业公司在这方面做得很好,该

企业近年来不断推出如蓝光、红光、Q调制、低噪声和单频等新开发产品和工业应用级的高性能产品,已经逐步得到欧美大量用户的认可,创造了良好的经济效益,从而也为企业的生存和发展开拓了更加广阔的空间。

二是输出功率水平低。纵观DPL应用前景的几个重要方面,高功率输出是关键,也是获得大功率三基色和紫外波段激光输出的前提。我国的DPL企业目前甚至还没有能够提供瓦级绿光产品的能力。近几年,国内研究单位也有少量瓦级DPL的成果报道,但尚未能形成产品。至于百瓦级的DPL器件,国内尚未开展这方面的研究工作。而目前,欧美等发达国家已经不再生产低功率水平和低性能的DPL产品,而是把研发和生产精力主要放在大功率的高性能产品上。

4 结束语

首先应该充分肯定我国在DPL产业方面所取得的突出成绩,同时更应该看到我国DPL企业目前存在的问题,冷静思考,迎接即将到来的挑战。

目前,国内在连续和准连续二极管阵列、光纤耦合输出技术、晶体材料等方面都取得了重大进展,这些为开展大功率、高性能DPL的研究工作奠定了基础。

面对国际上千瓦级DPL器件性能的不提高和我国的国情,我国的DPL企业应及早进行有广阔市场前景的大功率和高性能DPL的研究和开发,为迎接DPL产业高潮的到来做好充分的准备。(参考文献略)(No. 4)