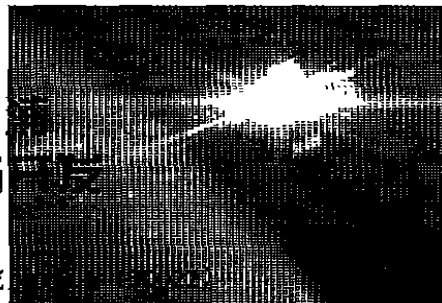


我国中低功率 LD 泵浦 全固体激光器的研制与开发

郑 权 钱龙生

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 130002)



摘要:指出了半导体激光二极管泵浦全固体激光器(DPSSL)的广阔市场前景和逐步占主导地位的发展趋势。着重介绍了我国科研院所及企业研制和开发中低功率 DPSSL 的进展情况,对以长春光机所、清华大学和山西大学等研究单位为代表的科研水平,以长春新产业、温州丰源和上海冠威等企业为代表的产品开发作了综合评述,最后对我国研制和开发中低功率 DPSSL 过程中存在的问题和产业化方向提出了一些意见和建议。

1 引言

自 1960 年第一台红宝石激光器问世以来,固体激光器就一直处于研究工作的核心地位。进入 20 世纪 80 年代,半导体激光二极管(LD: Laser Diode)研究工作的巨大进展,极大地推动着固体激光器件、技术及应用的发展。在此基础上出现的二极管泵浦固体激光器,因具有

效率高、热效应小、结构紧凑及能获得高光束质量输出等优点,已成为光电子行业增长最快、最令人瞩目的领域之一。

表 1 给出了权威性杂性 *Laser Focus World* 报道的 1995 年~2000 年国际市场上灯泵浦和二极管泵浦固体激光器的销售台数和销售额。表 2 给出了 1999 年 DPSSL 在各应用领域销售的分布情况。

表 1 1995 年~2000 年灯泵浦和二极管泵浦固体激光器销售台数和销售额(台/亿美元)

类别 年份	材料加工		医学治疗		总量	
	灯泵浦	LD 泵浦	灯泵浦	LD 泵浦	灯泵浦	LD 泵浦
1995 年	4431/2.00	494/0.14	2415/0.80	100/0.015	8238/3.37	2371/0.31
1996 年	3459/1.27	892/0.20	3650/1.13	250/0.022	8421/3.13	3114/0.53
1997 年	2488/1.17	1263/0.36	5005/1.54	600/0.053	8757/3.37	4238/0.84
1998 年	4397/3.89	1475/0.34	6951/2.63	805/0.082	12260/5.99	4933/0.84
1999 年	4805/3.07	1615/0.38	7755/2.46	1202/0.17	13564/5.82	5417/0.93
2000 年(预计)	5203/3.46	2049/0.49	8510/2.79	1488/0.20	14741/6.55	6806/1.15

表2 1998年~2000年二极管泵浦固体激光器在各应用领域的销售台数和销售额(台/万美元)

类别 年份	材料加工	医学治疗	测试设备	基础研究	通讯	光存储
1998年	1475/3371	805/821	818/553	401/1715	175/262.5	44/163
1999年	1615/3768	1202/1663	893/679.5	449/1647	50/90	25/62.5
2000年(预计)	2049/4864	1488/2044	1315/1032	523/1853	150/150	10/25

续

类别 年份	文娱表演	图像记录	检测控制	传感	其他	总量
1998年	53/66.7	740/709	267/320.8	105/300	50/150	4933/8432
1999年	525/325	333/495	175/205	50/150	100/250	5417/9335
2000年(预计)	600/395	335/510.5	188/215	50/150	100/250	6806/11489

以上两个统计表充分体现了 DPSSL 市场正方兴未艾,大踏步向前拓展。目前, DPSSL 在红外、可见、紫外波段均有研究成果和产品,广泛地应用在材料加工、医学治疗、测试设备、基础研究、通讯、光存储、文娱表演、检测与控制、传感等领域,正以其独特的优势向灯泵浦和其他类型的激光器提出挑战。德国著名的工业激光公司的 Rofin-Sinar 认为,在未来的 3 年~5 年内, DPSSL 会逐步取代灯泵浦及部分其他类型的激光器。

鉴于 DPSSL 显示出的强劲发展态势,美国、德国、俄罗斯和日本等发达国家均对此极为关注,投入大量资金进行研制和开发。我国虽是发展中国家,但经过 20 多年的改革开放的发展,科研水平和产品开发能力取得了长足进步。在 DPSSL 的研发方面做了大量工作,取得了可喜的成绩。特别是国产单管瓦级 LD 已实现商品化,逐步替代进口,有力地推动着民族产业的进步。

依据我国的基本国情,我国大陆地区对 DPSSL 的研发主要集中在中低功率上。其中,从事科研的单位主要有中国科学院长春光学精密机械与物理研究所(长春光机所)、清华大学、中国科学院北京物理研究所、山东大学和

山西大学等;从事产品开发的企业主要有长春新产业光电技术有限公司(CNI)、温州丰源激光产业公司(FYL)、上海冠威技术有限公司(SUW)和福建华科光电技术有限公司(CASIX)等。此外,还有一些属于研制和试生产的单位。

2 科研水平

近年来,我国科研院所广泛地开展了对 DPSSL 的研究,并取得了丰硕的成果。这些成果既有学术上的价值,又为进一步产品化奠定了技术基础。与其他类型激光器的研究类似,对 DPSSL 的研究重点主要是围绕着提高转换效率、提高激光束质量、降低噪声、实现单频、获得新波长和实现腔内调制等进行的。

在提高转换效率的研究方面,国内研究单位在红外(1064 nm)输出上已经达到了约 76% 的斜效率,接近理论值。在绿光(532 nm)输出上,比较典型的有,清华大学用 1W 的 LD 泵浦,采用微型腔 YVO/KTP 结构,获得了 195 mW 的绿光输出;长春光机所用 2 W 的 LD 泵浦,采用折叠腔 YVO/LBO 结构, TEM₀₀ 模绿激光输出 300 mW 以上。长春光机所研制的 671 nm 红光激光器,在泵浦功率 800 mW 时,

► 激光器件

输出 100 mW 以上的红光;该所研制的 473 nm 蓝光激光器,在泵浦功率 1.5 W 时,输出 120 mW 以上的蓝光。这些指标均处于国际领先水平。

在激光束质量方面,一般的中低功率 DPSSL 激光器均要求基横模输出,对激光点的椭圆度、位置稳定、 M^2 因子和光束发散角亦提出要求。此外,还包括针对偏振比等的研究。另据报道,清华大学获得了 400:1 的偏振比,长春光机所获得的偏振比达到 1000:1 以上。

有关低噪声和单频激光器的研究也较为广泛。例如长春光机所采取短腔结构,用 0.35 mm 长度的 YVO₄ 短腔结构产生了 300 mW 的红外单频输出。山西大学采用环形腔结构,在泵浦功率 1 W 时,获得 40 mW 的绿光单频输出,加大泵浦功率,可达 200 mW 以上的单频输出。长春光机所则采用了相对简单的短程吸收与双折射滤光片结合技术,在泵浦功率 500 mW 时,实现了 30 mW 的单频绿激光输出。另外,清华大学还研制成功了 1342 nm 和 1320 nm 的 10 mW 单频红外激光器。最近,清华大学固体激光与光电技术研究所又研制成功了大于 10 mW 的可调谐 1064 nm 红外单频激光器,调谐范围大于 200 GHz。

除了常见的 1064 nm 红外、532 nm 绿光激光器以外,我国研究单位也较深入地研究了 1342 nm、1320 nm、946 nm、860 nm 以及倍频后产生的 671 nm、660 nm、473 nm、430 nm 等波段的激光器。清华大学、长春光机所和上海光机所等单位对三倍频、四倍频和腔内调制激光器等也进行了大量的研究。例如长春光机所研制的调 Q 激光器,重复频率 10 kHz,脉宽 10 ns,峰值功率超过 5 kW,平均功率达 100 mW。此外,上海光机所还开展了飞秒锁模激光器的研究。

上述许多研究成果在国际上均处于领先或先进水平,并且有广阔的市场前景,为我国从事 DPSSL 产品开发的企业提供了有力的技术保障。

3 产品开发

目前国际上生产中低功率全固体激光器的厂商主要有美国的 Coherent、Melles Griot、Uniphase 和 Crystal Laser 等,英国的 Laser Quantum 公司,俄罗斯的 Laser Compact 公司,德国的 Lasos 公司等。我国台湾省的生产厂家较多,主要有 Leadlight、Simpatica、Transverse Industry、Hc Photonics、Quantron (方楚)、Excellence (恒嘉)和 Raise (科盈)等。

我国批量供应半导体激光泵浦的全固体激光器产品的企业主要有长春新产业光电技术有限公司、温州丰源激光产业公司、上海冠威技术有限公司和福建华科光电技术有限公司等。目前,我国公司依靠自己的实力,已经占领了国际中低功率 DPSSL 市场的大半份额。

以长春新产业光电技术有限公司为例,该公司是 1996 年以中国科学院长春光学精密机械与物理研究所的科研成果为主导产品发起成立的,在国家“863”计划材料领域和信息领域两个主题的大力支持下,得到迅猛的发展。4 年来公司产品发展成 4 大类近 30 个品种,年产中低功率 DPSSL 产品近万台,产品 95% 出口,已占世界同类产品 20% 以上的市场份额,并成为国际上同类产品最大的生产厂家之一。

从技术依托上看,各公司技术主要依赖于上述从事 DPSSL 研制的研究所和大学,只有少数企业有自己的研发力量,产品仍以红外 (1064 nm) 激光器和绿光 (532 nm) 激光器为主。各公司生产的红外激光器产品的输出功率多分为 < 100 mW、100 mW ~ 200 mW、200 mW ~ 500 mW、> 500 mW 等档次。绿光激光器多分为 < 5 mW、5 mW ~ 20 mW、20 mW ~ 50 mW、50 mW ~ 100 mW、100 mW ~ 150 mW、150 mW ~ 200 mW、> 200 mW 等档次。

与境外公司生产的产品相比,我国企业的产品质量并不逊色。例如长春新产业公司率先推出的工业用 DPSSL,其抗恶劣工作环境 (震

动、冲击、冷热、潮湿等)和长期工作稳定性均处于国际先进水平。另外,有较强科研实力的长春新产业公司还开发出全固体红光和蓝光激光器产品,并有低噪声、单频和调 Q 激光器产品出售。其中,波长 671 nm 的红光激光器产品输出功率达 80 mW,波长 473 nm 的蓝光激光器产品输出功率达 50 mW 以上,在国际同类产品中处于领先地位。最近该公司又将向市场推出 200 mW 红外单频、100 mW 绿光低噪声、50 mW 绿光单频和 100 mW Nd:Cr:YAG 调 Q 产品。这些产品市场前景广阔,预期会越来越受到国内外用户的欢迎和同行的认可。

4 结束语

应该说,我国在研发半导体激光泵浦全固体激光器产品上已卓有成效,我国企业生产的中低功率 DPSSL 产品在国际市场上具有较强的竞争实力。

但不容乐观的是,绿光和蓝光激光二极管总有一天会走出实验室,成为像红光 LD 一样的廉价商品,从而会挤掉中低功率绿光和蓝光 DPSSL 的相当部分市场。另外,随着国际上兴起的光通讯热潮,许多原生产泵浦 DPSSL 用 LD (如波长 808 nm)的生产线转向生产通信用 LD 光源,这使得波长 808 nm LD 市场价格不断攀升。作为市场每年需求量有限的中低功率 DPSSL 产品,国内外企业竞相投资和无序竞争致使多数激光技术企业无法维持高科技企业应有的高额利润。

因此,从长远利益考虑,国内从事半导体激

光泵浦全固体激光器产品研发的单位在不断优化已有产品的同时,应该花气力做以下工作:

一是要研发更大功率的产品,寻找更多的市场,如瓦级输出的红外激光器可以用于刻划、切割等材料加工领域;100 mW 以上的红绿蓝三原色激光器可作室外表演用,预计未来的激光电视的用量需求也将很大。

二是开发更高性能的产品。由于 LD 固有的一些缺点,如发散角大、光束质量差、输出波长及功率随温度漂移、无法进行腔内调制等,未来仍不能替代单频、高稳定性、巨脉冲激光器等高性能的 DPSSL 产品,这些产品在基础研究、光谱标准、通讯、测距等领域将有很大的优势和广阔的市场。

三是要进一步降低生产成本,理顺产销关系,规范市场,在国内低档次中低功率全固体激光器生产能力相对过剩的形势下避免其他企业盲目上马,为争夺市场降低价格,使我国 DPSSL 生产竞争公平有序。另外,国内企业的 DPSSL 产品多被国外公司订购后转销或再开发,这样价格提高很多,但利润多被国外公司获取,因此,我国 DPSSL 生产企业有必要在境外设立直销或代理机构,同时应提高再开发能力,获取更大的利润附加值。

从我国科研院所和企业目前所具有的实力看,我们完全有能力更进一步地站稳脚跟,居安思危,迎接挑战,用更高水平的产品占领未来的 DPSSL 国际市场,为民族高科技产业作出更大的贡献。(参考文献略)(No. 3)