

用于提高国产氩离子激光器 相干长度的相干扩展器

李胜飞 郭建生 晏思贤

(清华大学现代应用物理系, 北京, 100084)

摘要: 本文报导了最近研制成功的用于提高国产氩离子激光器相干长度的相干扩展器。利用这种基于 F-P 理论的相干扩展器可以使国产氩离子激光器的相干长度由不足 5cm 一下提高到 m 的量级, 功率损耗在 25%~40% 之间, 有着很好的应用前景。

关键词: 相干扩展器 相干长度 F-P 标准具

A coherence extender for the domestic argon-ion lasers

Li Shengfei, Guo Jiansheng, Yan Sixian

(Department of Applied Physics, Tsinghua University)

Abstract: The purpose of the paper is to introduce a coherence extender and the experimental study of the device. The extender is a slanting Fabry-Perot etalon, used in the resonator of the domestic argon-ion laser. With the coherence extender, the coherence length of argon-ion laser can come from 5cm up to several meters and the power loss is the range of 25%~40%. The device can be used in the field of coherence detection.

Key words: coherence extender coherence length Fabry-Perot etalon

一、引言

现有的国产氩离子激光器, 对大场景进行彩虹全息照相, 显得无能为力, 原因就在于国产氩离子激光器的相干长度(0.4579 μm)还不足 5cm。随着以模压全息为代表的全息应用的迅猛发展, 高性能的氩离子激光器的需求越来越迫切; 进口的氩离子激光器, 尽管性能指标(如相干长度等)能满足用户的要求, 却因售价高昂而令人却步。国产氩离子激光器的性能指标也还可以, 主要的弊端就是相干长度太短, 对全息照相来说, 这是致命的因素。我们利用激光原理和 F-P 理论, 在国内率先研制了一个相干扩展器, 使得国产氩离子激光器的相干长度由不足 5cm

一下提高到 m 的量级,功率损耗在 25%~40% 之间,有着很好的应用前景。

二、相干扩展器的工作原理

相干扩展器其实就是一个腔内倾斜的标准具^[1],因此,它的工作原理与法布里-珀罗干涉仪相同,即多光束干涉规律^[2]。设相干扩展器两平行端面之间的距离为 d ,准直光入射时,谐振条件为:

$$2nd = m\lambda \quad (1)$$

自由光谱区表达式:

$$\Delta\nu_{\text{FSR}} = c/2nd \quad (c \text{ 是真空中光速}) \quad (2)$$

反射率精细常数:

$$F_R = \pi R^{1/2}/(1 - R) \quad (3)$$

通带宽度:

$$\delta\nu_{\text{cd}} = \Delta\nu_{\text{FSR}}/F_R \quad (4)$$

经棱镜选频输出的氩离子激光器的谱线线宽为典型的多普勒(Doppler)展宽,数值在 $5 \times 10^9 \text{ Hz}$ 左右。如 $\Delta\nu_D = 5 \times 10^9 \text{ Hz}$,此时的相干长度 $\Delta L_c = c/\Delta\nu_D = 7.5 \text{ cm}$,依经验,全息照相时物光与参考光之间的光程差不能超过 $1/3$ 相干长度,故此条件下所允许的光程差顶多是 2.5 cm ,这样的数值,在实际照相中用起来就十分的有限。

为了提高氩离子激光器的相干长度,就必须想办法压缩谱线线宽,减少谱线所含的纵模个数。最简单而有效的方法是:在腔长为 L 的谐振腔里耦合一个腔长远小于 L 的短谐振腔,所谓的相干扩展器指的就是这个短谐振腔。氩离子激光器的纵模间隔取决于谐振腔长,一般的,大约在 100 MHz 。要想提高相干长度,插入的相干扩展器必须满足两个基本条件:

1. 相干扩展器的自由光谱区要大于激光谱线的多普勒展宽 $\Delta\nu_D$ 。

2. 相干扩展器的通带宽度 $\delta\nu_{\text{cd}}$ 远小于激光谱线的多普勒展宽 $\Delta\nu_D$ 。

满足上面两个条件的相干扩展器,放入激光谐振腔后,其作用就相当于一个带通滤波器,如图 1 所示。若相干扩展器的参数选得合适,还可使激光器单模输出,相干长度愈加增大。

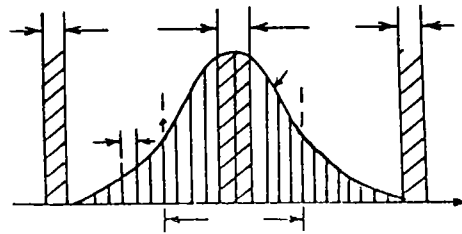


Fig. 1 Etalon acts as a band pass filter

$\Delta\nu_{\text{FSR}}$ — stop band $\delta\nu_{\text{cd}}$ — etalon pass band
 $\Delta\nu_D$ — doppler width $\Delta\nu_m$ — mode space

三、相干扩展器的结构

激光器谐振腔里插入相干扩展器,势必会带来损耗,故相干扩展器的材料和结构需精心的选择和设计。损耗主要有反射损耗、散射损耗、失调损耗和吸收损耗等^[3,4]。若损耗过大,输出激光的功率就过小,甚至无激光输出。因此,应设法使插入相干扩展器引起的损耗尽可能的小。上述四种主要损耗的原因分别对应于相干扩展器的端面反射率 R 、端面不平度 g 、两端面的不平度 ϵ 和材料的吸收系数 α 。我们选用对兰紫光吸收很小的石英来制作相干扩展器;加工条件

也可保证 $g > 20$, ϵ 介于 $1'' \sim 2''$ 之间。在采取上述措施以后,插入相干扩展器带来的损耗主要就是由两端面的反射所引起的反射损耗。我们研制的相干扩展器如图 2 所示,可以很方便地进行二维调节。

四、相干扩展器的实验结果

目前国产的氩离子激光器主要有南京三乐和中科院电子所两大系列。我们选取两厂家最具代表性的氩离子激光器来做实验,看看其相干长度在插入我们所研制的相干扩展器后究竟有多大的改善。

1. 氩离子激光器(中科院电子所)

实验的光路简图如图 3 所示:

实验条件:1993年6月25日,阴。激光输出谱线: $0.4579\mu\text{m}$; 放电电流: $I = 18\text{A}$; 输出功率: $P_0 = 50\text{mW}$ (不插入相干扩展器)。

实验结果:输出功率: $P_1 = 37\text{mW}$ (插入相干扩展器)。不同光程差下的干涉条纹见图 4。

从图示结果看:不加相干扩展器时,激光器相干长度还不到 5cm; 加上相干扩展器后,即使光程差达 29.2cm,干涉条纹的对比度也还很好。显然,激光器的相干长度比 29.2cm 要长。当然,相干扩展器的插入,会导致激光功率的损失,此实验的功率

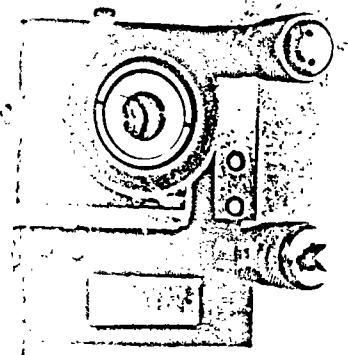


Fig. 2 Picture of the coherence extender

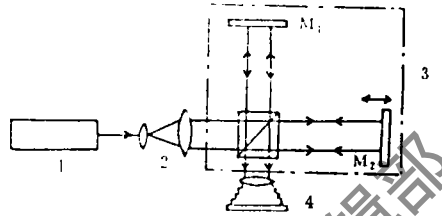


Fig. 3 Experimental arrangement for measuring fringe visibility
1 - Ar⁺ laser 2 - lens 3 - Michelson interferometer 4 - camera

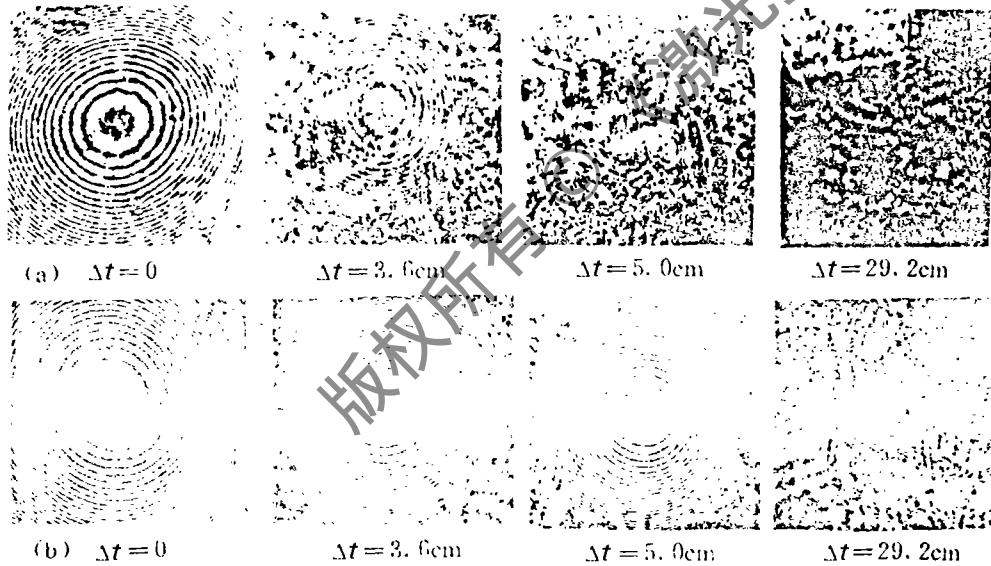


Fig. 4 The comparison of fringe visibility
a - without coherence extender b - with coherence extender

损失率 = $(50 - 37) / 50 = 26\%$ 。该激光器在插入相干扩展器后,输出模式很稳定,观察了一个多小时也没出现跳模现象。

2. A-238 氩离子激光器(南京三乐公司)

实验的光路简图如图 5 所示:

实验条件:1993 年 10 月 22 日,晴。激光输出谱线: $0.4579\mu\text{m}$; 放电电流: $I = 30\text{A}$; 输出功率: $P_0 = 328\text{mW}$ (不插入相干扩展器)。

实验结果:输出功率: $P_1 = 200\text{mW}$ (插入相干扩展器)。不同光程差下的干涉条纹见图 6。

从图示结果看:不加相干扩展器时,激光器相干长度还不到 5cm;加上相干扩展器后,即使光程差达 238cm,干涉条纹的对比度也还不错。显然,激光器的相干长度已达米的量级。同样,相干扩展器的插入,也会导致激光功率的损失,

此实验的功率损失率 = $(328 - 200) / 328 = 39\%$ 。该激光器在插入相干扩展器后,输出模式有条件(输出功率不能太大,一般要求小于 150mW)的稳定。

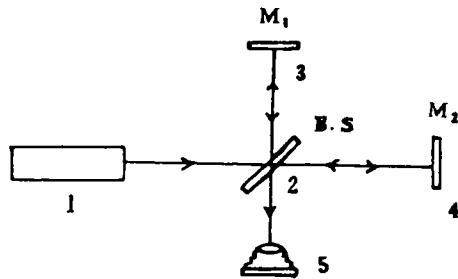


Fig. 5 Experimental arrangement for measuring fringe visibility
1 - Ar⁺ laser 2 - beam splitter 3 - fixed mirror 4 - movable mirror 5 - camera

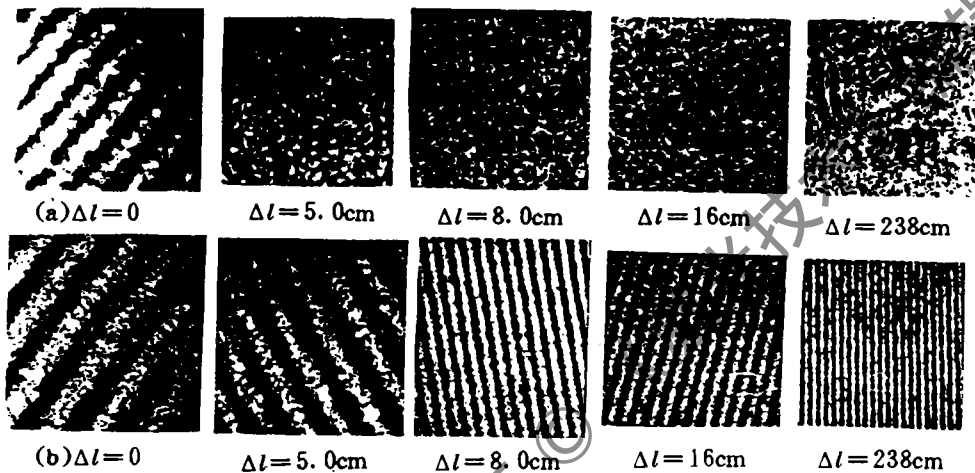


Fig. 6 The comparison of fringe visibility
a - without coherence extender b - with coherence extender

五、小 结

1. 本文研制的相干扩展器对两种主要型号的氩离子激光器的相干长度均有显著的提高。
2. A-238 氩离子激光器输出功率较大时,插入相干扩展器会发生跳模现象。究其原因,主要是大功率运行下,激光器镜架和腔体的膨胀和收缩导致谐振腔的长度发生变化。为此,常采取两种措施来抑制跳模:(1)激光器腔体支架用热膨胀系数很小的材料(如殷钢)制作;(2)对环境温度进行补偿(如把相干扩展器放入温控盒里)。

激光深熔焊传热模型的研究*

刘建华 李志远 胡伦骥 贺礼 张立文

(华中理工大学材料科学与工程系, 武汉, 430074)

摘要: 本文提出了一种点-线组合热源传热数学模型及其计算机求解和作图方法, 以描述激光深熔焊条件下的焊缝截面形状及HAZ温度场。通过对现有的不同形状激光焊缝的初步计算, 证明该数学模型得到的结果与实际情况有较好的吻合性。

关键词: 激光深熔焊 传热数学模型

Conduction model for laser deep penetration welding

Liu Jianhua, Li Zhiyuan, Hu Lunji, He Li, Zhang Liwen

(Department of Materials Science & Engineering, HUST)

Abstract: This paper put forward a mathematic model of point-line combined heat conduction, shows the computer solving procedure and plotting to describe the laser deep penetration welding profile and HAZ isotherms. Using the model to analyze the various laser bead welding shapes, it is proved that the calculation results are well coincide with actual welding. So, the model can be used to solve the practical welding problem.

Key words: laser deep penetration welding heat transfer model

* 国家自然科学基金项目 59075208 资助。

参 考 文 献

- 1 Signore R. *Instruments et Laboratoires*, 1971; (1): 7~14
- 2 赵凯华, 钟锡华. 光学. 北京: 北京大学出版社, 1984: 330~340
- 3 Hercher M. *Appl Opt*, 1969; 8(6): 1103~1106
- 4 Корольев Ф А *et al.* *ЖТТ*, 1976; 25(6): 990~994

作者简介: 李胜飞, 男, 1965年8月出生。硕士。现从事激光光导纤维通讯方面的科研工作。

郭建生, 男, 1937年6月出生。副教授。从事激光应用技术和激光光谱方面的研究。

晏思贤, 男, 1931年9月出生。教授。从事利用激光测动态颗粒场参数及脉冲高温测量方面的研究。

收稿日期: 1994-04-25