

Ar⁺ 激光时间相干性的实验研究

Abstract: Testing apparatus and method for studying temporal coherence of gas lasers are introduced briefly. The experimental results on the temporal coherence is reported in detail with output power, wavelength and electric current in particular.

一、引言

随着激光应用领域的不断开拓,如大景深或大场景全息照相、大面积无损探伤及大块晶体材料均匀性的相干检测等,对激光光源的时间相干性和输出功率同时提出了更高的要求。

众所周知,Ar⁺激光器虽然输出功率远高于He-Ne激光器,但其相干长度较短,一般报道为4~5cm。为了提高Ar⁺激光的时间相干性,同时又能获得较高的输出功率,人们往往采用选模技术,令其工作于单纵模或双纵模状态,使相干长度提高许多倍。然而,由于选模技术复杂、代价高,一般实验室条件难以实现。

有关多纵模气体激光时间相干性的理论分析与实验研究已有不少文献介绍^[1]。本文在分析研究气体激光时间相干性与纵模频谱结构关系的基础上,重点对Ar⁺激光时间相干性与输出功率的关系,进行了详细的实验研究。

二、实验方法

气体激光器输出的高斯光束很细(近场),典型的束腰半径为毫米量级,相当于一个点光源,因而研究与观测气体激光的时间相干性,一般采用Twyman-Green干涉仪。测量激光时间相干度的方法是:调定一光程差 Δl_i 时,微调干涉仪的定镜 M_1 ,测得一组 I_{\max} 和 I_{\min} ,从而求得一组条纹对比度

$$V_n(\Delta l_i) = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (1)$$

和相应的平均对比度

$$\bar{V}(\Delta l_i) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N V_n(\Delta l_i) \quad (2)$$

然后,移动 M_2 镜至另一光程差 Δl_{i+1} 外,重复上述步骤,得到 $\bar{V}(\Delta l_{i+1}) \dots$;如果 Δl 从零开始逐渐增大,即可得到一条 $\bar{V}(\Delta l) \sim \Delta l$ 曲线。可以证明^[2],条纹对比度 $\bar{V}(\Delta l)$ 与时间相干度 $|\gamma(\Delta l)|$ 有如下关系:

$$|\gamma(\Delta l)| = \frac{1+R}{2\sqrt{R} \cos \theta} \bar{V}(\Delta l) \quad (3)$$

式中 θ 为二束光偏振方位的夹角, R 为二束光在针孔 S (它置于干涉仪输出平面的视场中心, $\phi \leq 1 \text{ mm}$)处的光强比(I_1/I_2)。由于高斯光束的发散性及动镜 M_2 的移动,光强比 R 实际上是光程差 Δl 的函数,记为 $R(\Delta l)$ 。因此,在实验中除了保证动镜 M_2 移动后,针孔平面上二光斑中心的重合情况基本不变外,还应在测量 $\bar{V}(\Delta l)$ 的同时测定 $R(\Delta l)$ 。然后,根据(3)式逐点计算,求得 $|\gamma(\Delta l)| \sim \Delta l$ 曲线。

若根据文献[3]的定义,当时间相干度的模降至 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 时的光程差为 Δl_c ,即

$$|\gamma(\Delta l_c)| \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

则相应的相干长度为

$$\Delta l_B = 2\Delta l_c \quad (5)$$

三、实验结果

用上述实验方法,对腔长为1.71m的Ar⁺激光器的时间相干性进行了研究,其结果分别示于图1~5。

图中 $|\gamma(\Delta l)| = \frac{1}{\sqrt{2}}$ 线下的数值表示由(3)和(5)式

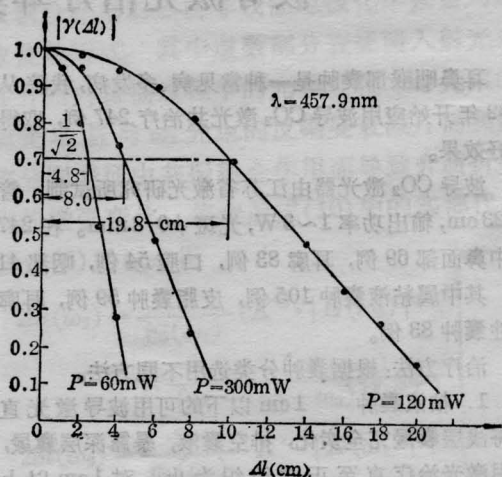


图1 时间相干度与输出功率的关系
($\lambda=457.9 \text{ nm}$)

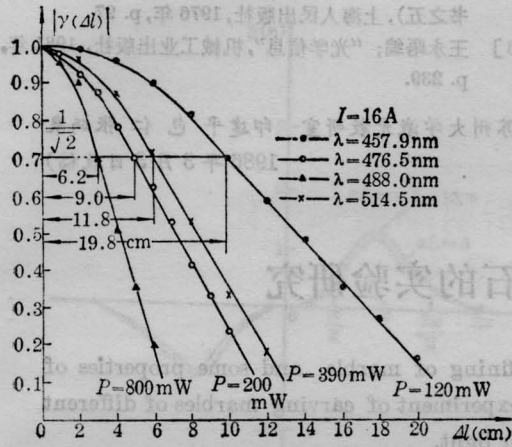


图2 一定电流下 ($I=16\text{ A}$) 时间相干度与输出功率及波长的关系

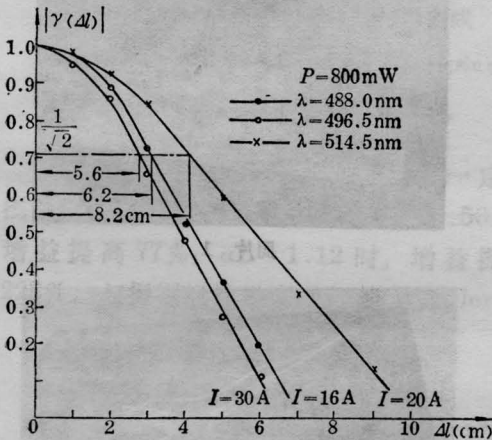


图3 相同功率下 ($P=800\text{ mW}$) 时间相干度与工作电流及波长的关系

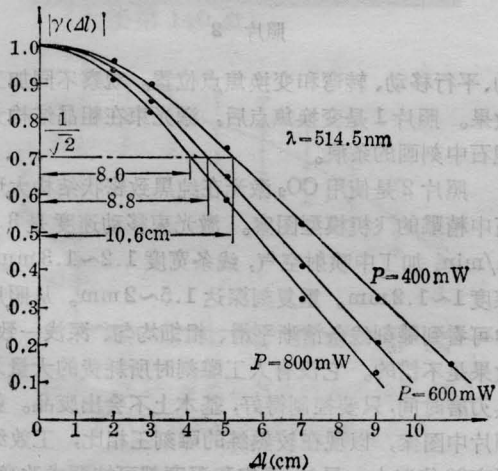


图4 腔失调时时间相干度与输出功率的关系 ($\lambda=514.5\text{ nm}$)

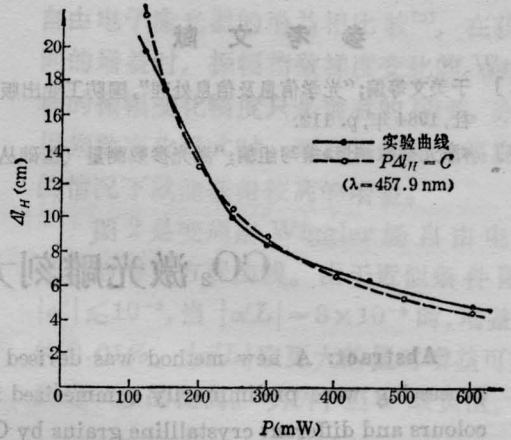


图5 相干长度与输出功率的关系 ($\lambda=457.9\text{ nm}$)

确定的相干长度。图5给出了 $\lambda=457.9\text{ nm}$ 线处, 相干长度随输出功率变化的规律, 其中实线为实验曲线, 虚线为 $P \cdot \Delta L_H = C$ 的理论曲线。

四、结论

1. 对于给定的 Ar^+ 激光谱线, 相干长度随输出功率的增大而单调减小, 且当输出功率递增时, 相干长度的变化率(绝对值)迅速变小。
2. 在一定的功率区间内, 相干长度与输出功率有如下关系

$$P^n \cdot \Delta L_H = c \quad (6)$$

式中 C, n 分别为与波长 λ 、功率区间 ΔP 有关的常数。

在相同输出功率下, 相干长度与工作电流有关, 与波长也有关, 其中 514.5 nm 线的时间相干性最好。

3. 在激光器谐振腔失调的情况下, 随着输出功率的下降, 相干长度单调增加; 且当输出功率相同并较低时, 腔失调与不失调状态下的相干长度有显著的差异。

4. Ar^+ 激光器的工作电流减小或腔损耗因子增大时, 随着输出功率的递减, 相干长度将有成倍的提高。如当 457.9 nm 线输出功率减小五倍时, 相干长度约增加四倍。且当 $P=120\text{ mW}$ 时, $\Delta L_H \approx 20\text{ cm}$ 。如果改用 514.5 nm 线, 则无论是相干长度, 还是输出功率都将更高于 He-Ne 激光器。因此, 低增益(小电流)或高损耗(腔失调)工作下未经选模的 Ar^+ 激光器在大景深或大场量全息照相中仍将有着广阔的应用前景。

参加本工作的还有华东地质学院的陆俊发, 徐州师范学院物理系的夏建刚同志, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 于美文等编;“光学信息及信息处理”,国防工业出版社,1984年,p.112.
[2] 《激光参数测量》编写组编;“激光参数测量”(基础丛

- 书之五),上海人民出版社,1976年,p.97.
[3] 王永晤编;“光学信息”,机械工业出版社,1981年,p.239.

(苏州大学激光教研室 印建平 包仁 张炳泉
1986年3月3日收稿)

CO₂ 激光雕刻大理石的实验研究

Abstract: A new method was devised for refining of marble, and some properties of processing were preliminarily summarized in the experiment of carving marbles of different colours and different crystalline grains by CO₂ laser light.

自古以来,大理石多以其光滑的表面、美丽的花纹而博得人们的鉴赏。近年来随着工艺美术、装饰工艺的发展,大理石产品大量增加,但总的来说产品还是形状简单,粗糙笨重,造型不够美观,优美的雕塑就更少。究其原因,除了大理石本身结构和加工的问题之外,与当前的加工工艺也有关系。传统的人工雕塑,效率低,加工技术要求很高。

能否探索一条用现代科学技术加工大理石的途径,这是我们一直思考的问题。我们利用激光进行了这方面的试验,并取得了一定的结果。

实验条件

(1) 激光加工机

用数控 CO₂ 激光切割机作为实验设备,其主要技术指标如下:平均激光功率 500 W,低价组合模。

数控二坐标和 Z 轴浮动: X 轴 2300 mm, Y 轴 1300 mm, Z 轴浮动距离 180 mm。

最大圆弧半径 40m。

进给速度分四档 0.4~5.0 m/min; 0.2~2.5 m/min; 0.1~1.2 m/min; 0.05~0.6 m/min。

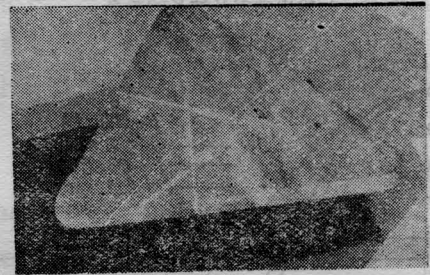
(2) 大理石成分及性能

对云南省出产的黑色细晶粒状大理石和条带花纹粗粒结构大理石分别进行实验。

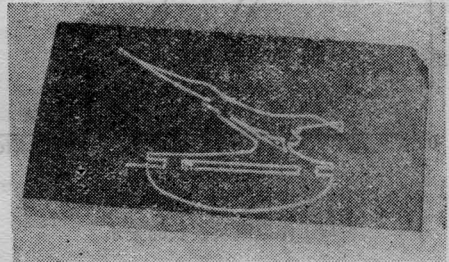
黑色大理石又称黑色炭质生物屑灰岩,成份主要由粉晶、细晶方解石及骨屑和少数炭灰组成。保留生物碎屑假象的仅 15% 左右。炭灰、隐晶质分布于方解石颗粒间或线痕状占 10~15%。容重 2.59 T/m³, 抗折强度 252.6 kg/cm², 抗压强度 878.92 kg/cm²。

结果

对纯黑致密状结构大理石和条带状花纹粗晶结构大理石分别进行试验,在加工中使激光束重复移



照片 1



照片 2

动、平行移动、转弯和变换焦点位置。观察不同加工效果。照片 1 是变换焦点后,激光束在粗晶结构大理石中刻画的一条痕。

照片 2 是使用 CO₂ 激光在纯黑致密状结构大理石中精雕的飞机模型图案。激光束移动速度是 3.5 m/min,加工中喷射空气,线条宽度 1.2~1.3 mm、深度 1~1.2 mm。重复刻深达 1.5~2 mm。从照片中可看到雕刻线条清晰平滑、粗细均匀、深浅一致,效果是不错的。它没有人工雕刻时所耗费的大量刀具刃磨时间,只要控制得好,基本上不会出废品。就照片中图案,以现在较熟练的雕刻工相比,工效约提高 60 倍以上。显然,图案和深度都可按要求改变,尤其是雕刻速度更是现有的方法所无可比拟的。