

(16根光纤的平均 μ 值均为 $125\mu\text{m}$,与设定值一致)。控制张力(包括涂复张力)在 $90\sim 100\text{g}$ 左右,控制时的牵引速度从 $14.5\sim 20\text{m}/\text{min}$ 。总的看来,微机回控的重复性良好,全长丝径波动在 $1\sim 2\%$ 之内(即 $\sigma=0.4\sim 0.8$)。并且似乎控制速度高些略好,这是因为原则上环路的增益因子可理解为 $\Delta d/\Delta v = -\frac{1}{2}d/v$,故 v (控制速度)大些,增益因子

小一些,有利于稳定地回控。

参 考 文 献

- [1] Miller C. M.; *BSTJ*, 1976, **55**, No. 7, 917~927
 [2] 王建国等;《光学学报》, 1985, **5**, No. 2, 170.

(中国科学院上海硅酸盐所 王建国
 1984年6月15日收稿)

X射线微通板像增强器

Abstract: The structure and principle of an X-ray microchannel plate (MCP) image intensifier and its application to laser-plasma diagnostics are described. X-ray photographs from the MCP image intensifier and the curves of their radial density distribution are obtained.

一、前言

在激光与靶相互作用过程中,对等离子体X射线进行时间和空间的分辨测量,是获得这一物理过程多种信息的重要手段之一。为此,我们曾研制出MCP时间分辨测量的探测器^[1]。但对观察内爆的对称性、判断有无压缩、压缩度以及前激光、等光程、调焦位置和精度等对打靶的影响,需要有两维空间的分辨测量。以往都是采用针孔照相进行测量,但从发展来看,实现诊断数据或图象的自动化处理和实时显示观察,将是必不可少的。为此,我们将MCP像增强器与针孔相结合,进行二维空间分辨测量。这仅是一种初步尝试。

二、针孔MCP像增强器

在普通的像增强器中,一个增强级是由一个光阴极、一个电子透镜和一个荧光屏构成的。其光增益仅达100倍左右,对低亮度或夜间观察都远远不够。虽然可把三级耦合在一起制成所谓级联像增强器,提高光增益,但结构复杂笨重。由于倍增器技术的发展,用一级电子倍增器与荧光屏组成的单级像增强器,其增益能够等于或大于三级级联增强器的增益,这就是MCP的作用。

MCP是一种新型的电子倍增器,它是由数百万个独立的电子倍增器组装成二维的列阵。它对各种形式的带能粒子既有转换和倍增的作用,又具有像增强器的空间分辨能力。在像增强器中得到了广泛的应用。

目前,MCP像增强器大致可分为两类:薄片式

和倒像式。这两者之间的主要差别在于电子聚焦方式的不同。

在薄片式(如图1(a))中,进入和离开MCP的电子都是采用所谓近贴聚焦方式。由于两个电极紧贴,其间距足够小,从而减小了电子弥散,较好地保持了输入图象的空间结构,避免了图象畸变。缺点是空间分辨率不如倒象式好。这类管子光学长度最短,适合于直接观察系统上使用。

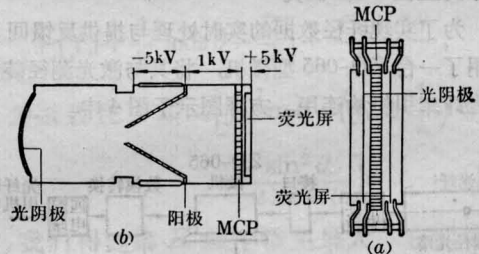


图1 MCP像增强器结构示意图

倒象式(如图1(b))中,电子离开光阴极后,被静电聚焦到MCP上,而MCP与荧光屏之间则采用近贴聚焦方式。这种形式象质好且分辨率高。考虑到这两种形式的特点和我们使用的具体条件,我们将针孔、MCP与荧光屏结合,组装成类似倒象式的针孔MCP像增强器。

这种像增强器是由针孔、磁头、准直器、MCP和荧光屏组合而成,其结构如图2所示。针孔是用激光在镍铬合金片上加工而成,直径为 $9.6\mu\text{m}$,厚度要选择适当。永久圆柱空心磁头为 530Gs 。它可以

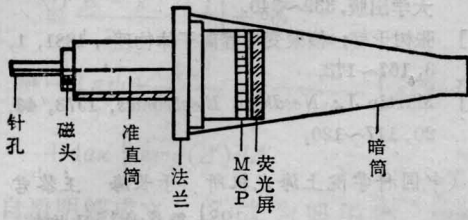


图2 针孔 MCP 像增强器结构示意图

阻止高能带电粒子进入像增强器。当激光与靶相互作用时，产生等离子体 X 射线通过针孔成像在 MCP 上。MCP 将 X 射线图像转换成电子图像。再经加速倍增打在荧光屏上形成能够观察的可见图像。

应该指出的是，当针孔照相的空间分辨率^[2]足够高时，如小于 $10\ \mu\text{m}$ ，针孔 MCP 像增强器的空间分辨率主要取决于 MCP 的空间分辨率。而影响 MCP 空间分辨率的主要因素是 MCP 的通道间距。因为 MCP 中任何一个倍增器都不具备空间分辨本领，而是对应一个输入图象的象元。为了达到不畸变的倍增和复现输入图像，应增加单位面积上的通道数目，也就是减小通道直径尺寸或通道间距，才能提高空间分辨率。本次试验使用的 MCP 通道间距是 $20\ \mu\text{m}$ ，空间分辨率为 30 线对/mm。其次是 MCP 输出电子的角分布一般在 $8\sim 10^\circ$ 范围。为了减小这种电子的横向扩展，保持较好的空间分辨率，要求 MCP 与荧光屏之间的距离足够小，还需要有一个强电场。通常都是采用近贴聚焦，间距为 $0.5\sim 1\ \text{mm}$ ，加 5 kV 的电压。由此可见，针孔 MCP 像增强器的分辨率总是低于针孔照相的分辨率。

三、实验结果及讨论

实验是在本所六路激光实验装置上进行的，激光系统的主要参数是：单路，脉宽 $< 1\ \text{ns}$ ，输出能量 $5\sim 15\ \text{J}$ 。针孔 MCP 像增强器安装在真空度为 $4\times 10^{-6}\ \text{Torr}$ 的靶室内。使用的是平面 Al 靶。MCP 二极管之间所加的电压是 $700\sim 900\ \text{V}$ ，MCP 输出面与荧光屏之间的电压是 $5000\sim 7000\ \text{V}$ 。针孔的物距和像距均为 $27.5\ \text{cm}$ ，荧光屏与靶之间的距离

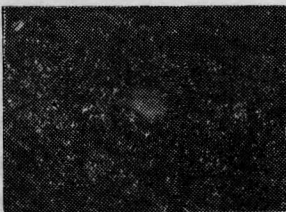


图3 激光等离子体 X 射线图像

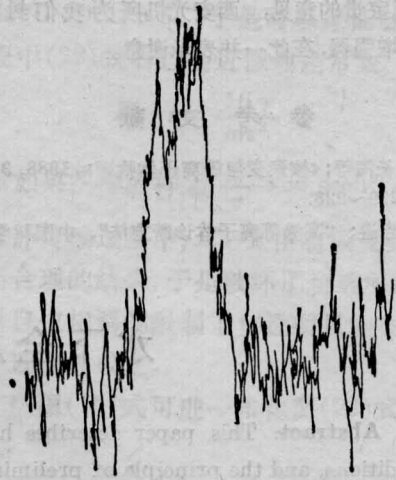


图4 密度分布曲线(纸速 60 mm/分,片速 4 mm/分)

55 cm。图3和图4分别是实验得到的激光等离子体 X 射线的图像和由该图像描出的密度径向分布曲线。

实验结果表明，针孔 MCP 像增强器是能够用于激光等离子体 X 射线的空间测量，虽然空间分辨率不如针孔相机的分辨率高，但针孔相机在测量时是放置在靶室内，而且在实验过程中和数据处理较繁琐、花时间，无法实现数据的自动化处理以及寻求最佳打靶条件，进行直接实时观测。如果应用针孔 MCP 像增强器就有了这种可能。目前我们已使用了通道直径为 $12\ \mu\text{m}$ 的 MCP，空间分辨率可达 40 线对/mm (或 $13\ \mu\text{m}$)。基本上可满足实验诊断的要求。

从图4看到两个右强左弱的焦点 X 射线图像(描出的密度径向曲线就是如图4所示的凹陷部分)。产生这种现象的原因是激光束经打靶透镜聚焦到靶的一点(产生右边强的 X 射线图像)上时，同时又有少部分激光能量被 Al 平面靶(抛光过)按原路反射回去。由于整个光路的准直误差或在光路上的某一监测反射镜放置的角度稍有变化，这部分激光束又一次被反射，再通过打靶透镜就聚焦在靶的另一点上，便形成左边较弱的 X 射线图像。这种图像同用两束激光打玻璃壳靶，由于光程差较大而产生的不对称发光区相类似^[3]。

另外 MCP 的噪声和局部饱和引起的对比度下降，会使像质变差，但可采取一些措施加以解决^[4]。

本实验得到了六路激光装置运行组的大力支持，林尊祺、赵庆春、欧阳斌等同志对实验结果的分

析提供了宝贵的意见, 西安光机所为我们封接了MCP像增强器, 在此一并表示谢意。

参 考 文 献

- [1] 于长海等;《核聚变与等离子体物理》, 1983, 3, No. 4, 219~223.
 [2] 项志遛;“高温等离子体诊断方法”, 中国科学技术

大学出版社, 339~340.

- [3] 张树干等;《核聚变与等离子体物理》, 1881, 1, No. 3, 167~173.
 [4] Martin J.; *Needham Electronics*, 1973, 46, No. 20, 117~120,

(中国科学院上海光机所 于长海 王黎君

1984年6月15日收稿)

水下全息术的初步实验

Abstract: This paper describes how to simulate underwater holography in laboratory conditions, and the principle of preliminary experiment, set-up and results are also presented.

J. Watson 和 P. W. Britton 在 1983 年发表了一个技术报告^[1], 他们在实验室中把物体置于一个水箱中来建立海洋中海水的扰动、温度梯度、悬浮粒子和浮游微生物的散射及吸收等因素如何影响全息照相的实验。

本文与参考文献[1]的不同是: (1) 为了了解水中的微粒散射对全息照相的影响问题, 我们在水中加入了悬浮粒子和浮游微生物; (2) 把一根橡皮管的一头置于水箱中, 而另一头悬挂高处, 以水注入借以模拟海水的扰动。

有关全息术和激光束在非均匀介质中传播问题的理论分析已由几位作者^[2, 3]提出过, 这里我们的讨论分二部分, 首先, 为简单起见, 把水近似地看成一均匀位相差介质, 其位相因子假设为 $\exp[iW(x, y)]$ 。这样, 如果把原参考波和物波简单地分别表示为: $R_0 \exp[ik(x, y)]$ 和 $O_0 \exp[i\varphi(x, y)]$, 那么通过水后的参考波和物波应分别写为: $R_0 \exp[ik(x, y)] \cdot \exp[iW(x, y)]$ 和 $O_0 \exp[i\varphi(x, y)] \cdot \exp[iW(x, y)]$ 。如图 1 所示, 设记录介质靠近玻璃水箱壁, 于是到达记录介质平面的总光场为:

$$E(x, y) = R_0 \exp[ik(x, y)] \cdot \exp[iW(x, y)] + O_0 \exp[i\varphi(x, y)] \cdot \exp[iW(x, y)]. \quad (1)$$

曝光后的底片经过处理得出最后的振幅透射率是(略去比例常数):

$$t(x, y) = |E(x, y)|^2 = R_0^2 + O_0^2 + R_0 \exp[-ik(x, y)] \times O_0 \exp[i\varphi(x, y)] + R_0 \exp[ik(x, y)] \times O_0 \exp[-i\varphi(x, y)]. \quad (2)$$

近似的分析表明, 水像差介质的存在对此全息图没有影响。

其次, 我们讨论人们更关心的悬浮粒子和微生物在所拍摄的目标前面出现的干扰情况, 无疑这些干扰物的出现将会给水下观察或普通的照相带来困难, 然而, 对于全息照相来说, 情况就不同了。因为这些悬浮粒子和浮游微生物的无规则运动, 使得被它们所散射的那部分激光相对于原入射光源的光是不相干的^[4], 也就是说, 被它们散射的那部分光对于全息图的记录是没有贡献的, 微粒散射光在记录过程中仅仅增加了一个未调制的灰度。这样, 方程(2)可表示为:

$$t(x, y) = B^2 + R_0^2 + O_0^2 + R_0 O_0 \exp\{i[\varphi(x, y) - k(x, y)]\} + R_0 O_0 \exp\{-i[\varphi(x, y) - k(x, y)]\} = B^2 + R_0^2 + O_0^2 + 2R_0 O_0 \cos[\varphi(x, y) - k(x, y)] \quad (3)$$

式中 B^2 是悬浮粒子和浮游微生物所散射的光强。将等式两端除以 B^2 得到:

$$\frac{t(x, y)}{B^2} = 1 + \frac{R_0^2}{B^2} + \frac{O_0^2}{B^2} + \frac{2R_0 O_0}{B^2} \cos[\varphi(x, y) - k(x, y)] \quad (4)$$

从(4)式可以看出, 干涉项 $2R_0 O_0 \cos[\varphi(x, y) - k(x, y)]$ 受到 B^2 的影响, 即全息图的干涉条纹的调制度降低了。但 B^2 并没有加入象的形成过程。因此, 水中的这些悬浮微粒的存在, 只要不至于多到完全淹没物体的信息, 那么全息图的重现都将成为可能。