

利用 LPX 拍摄生物样品的透射像

卢仁祥 张正泉 许美健

(中国科学院上海光机所) (天津大学)

提要: 本文报道利用光子能量集中在1~2keV区间的激光等离子体X射线(简称LPX)拍摄透过蚊子、空心小球时的透射象。图象十分清晰,图象分辨率达 $1\mu\text{m}$,仅受记录干板分辨率的限制。

Transmission images of biological samples taken with laser-produced plasmas as X-ray sources

Lu Renxiang, Zhang Zhengquan

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Xu Meijian

(Tianjin University)

Abstract: Transmission images of mosquitos and microballoons have been taken with X-rays emitted from laser-produced plasmas as light sources, the photon energy of X-ray being in the range of 1-2 keV. These images are very distinct, the image resolution comes nearly to 1 micron, limited only by the recording plate itself.

由于LPX具有瞬时高强度,利用它还能做一些同步辐射做不了的具有特色的实验。

一、引言

激光等离子体所产生的X射线(简称LPX)具有比同步辐射高得多的亮度。作为强的X射线光源在国外已成功用于外延X射线吸收边的研究(EXAFS)^[1],包括动态EXAFS的研究^[2];用于X光光刻^[3];用于衍射晶体吸收边附近的异常散射。LPX射线通过超环面掠反射镜准单色仪以后已能获得老鼠神经胆固醇亲盐杆状细胞的衍射图^[4]。

二、实验条件

利用我所 10^{11}W 大功率钕玻璃激光器,能量10J,脉宽为100ps,在 $10^{14}\text{W}/\text{cm}^2$ 的功率密度下聚焦轰击NaCl平面靶(图1),产生电子温度400eV、电子密度 $10^{20}/\text{cm}^3$ 的高温、高密度等离子体,这时X光辐射能量主

收稿日期:1984年8月6日。

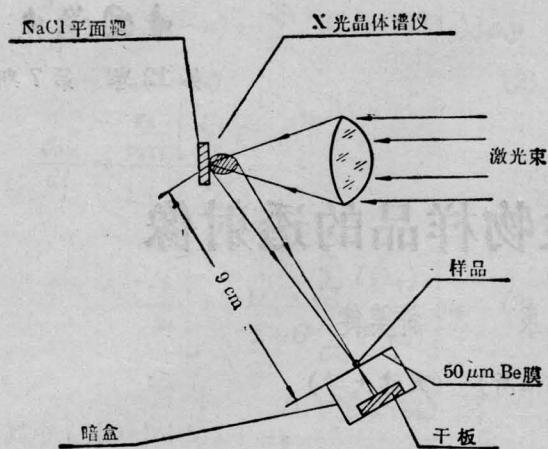


图1 大功率激光所产生的X射线透视样品示意图

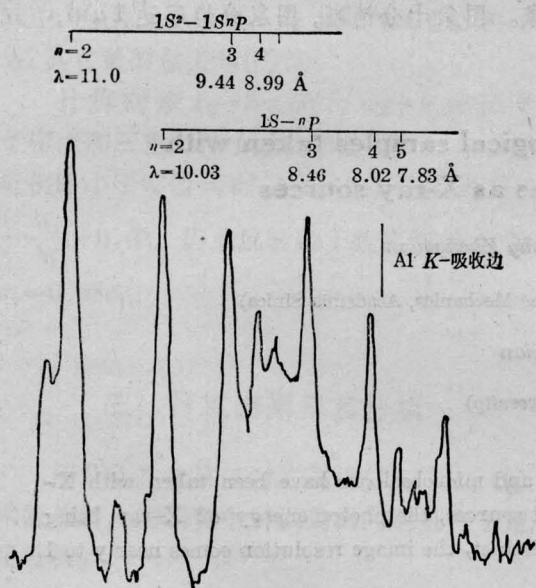


图2 Na的LPX光谱黑度扫描曲线

要集中在线谱辐射中，图2示出用TIAP X光晶体谱仪^[5]所摄得Na的类氢、类氦X光谱的黑度扫描曲线，由此可知LPX辐射光子能量主要集中在1.0~1.5keV之间，是软X射线，有利于生物样品透射像的拍摄。激光转换成X射线的效率约为5%，LPX辐射在平面靶上前方大致各向同性。所有待投影摄取的样品均紧贴窗口薄膜(50 μm Be膜)，在暗盒内，分辨率为1000条/mm的干板与样品的间距~1mm，LPX点源(约90 μm大小)距暗盒9cm(图1)。整个暗盒及样品

均放置于真空度为 10^{-2} Torr的靶室内。

由于样品距干板的距离足够近，从几何关系得知90 μm大小的点源通过样品后在干板上的半影小于1 μm，X射线的衍射效应可以略去不计，摄取样品的分辨率仅受干板分辨率的限制。

三、摄象结果

图3示出了一只蚊子的全身像*，其中应注意LPX对蚊子腹部的透视。常规的X射线光源因为它们的光源尺寸较大(普通伦琴射线管电子束激发X光焦斑大小 $\phi 0.5\sim 1$ mm)，将使图象模糊。另一方面因为它们波长太短(射线太硬)对样品透射太多，因而在底片或平板上对比度太低而缺乏层次。



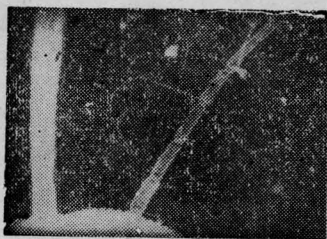
图3 蚊子全身放大像

图4(a)、(b)是蚊子头部细绒毛的放大像。图5是蚊子腿部绒毛的放大像，在照片上最细绒毛的半径为1 μm左右。

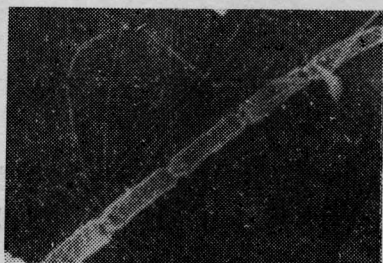
图6是蚊子翅膀的透过像，可见照片上线条清晰。

图7示出LPX透过一堆空心玻璃小球时的透射象，这些玻璃小球的直径为 $\phi 40\sim \phi 100$ μm不等，壁厚1~2 μm。从中可见LPX穿过不同个数的玻璃小球时照片有不同的明暗对比，表示X射线的不同衰减，注

* 1981年作者之一曾与殷光裕、范品忠用千兆瓦大功率器件产生的LPX获得蚊子腹部的粗糙透射像，未发表。



(a)



(b)

图4 蚊子头部绒毛放大像



图5 蚊子腿部绒毛放大像

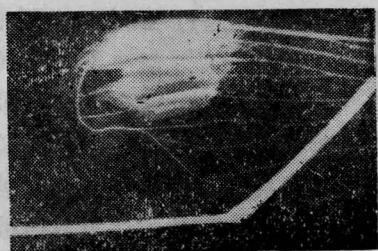


图6 蚊子翅膀的透过像

意将这样的照片与电子显微镜所摄小球像的照片比较,用LPX摄像还是显得比较方便。因为用电子显微镜摄像时,玻壳小球要喷上一层薄膜导电材料(50 \AA Al膜)。

图8示出几个孤立小球,可见厚度为 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 的球壳边界以及不均匀的层次立体感。

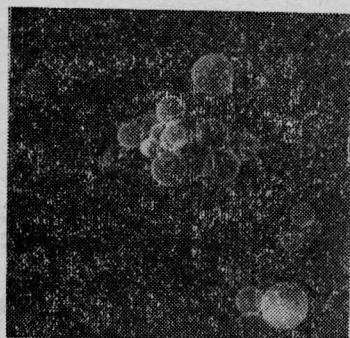


图7 LPX透过一堆空心小球时的透射像

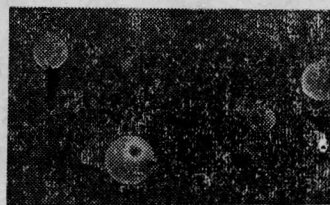


图8 孤立小球的LPX透射像

LPX透视摄像的成功,在原理上也表明LPX用于背向照明诊断靶球压缩情况的可行性。

本文仅是LPX用于静态样品透视时的初步工作,实质上为获得这些像,使用一台 10^9 W 的大功率激光器就足够了。

参加本实验的还有廖群峰(中国科技大学研究生),徐建明(中国科技大学四系84级学生),邓佩珍、乔景文同志协助进行显微摄影,殷光裕、戎忠华、吴逢春同志对摄像进行了有效的帮助,而整个摄像均是在我所六路敏玻璃大功率激光器实验装置上获得的,得到了该实验组同志的大力帮助,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] P. J. Mallozzi *et al.*; *Phys. Rev.*, 1981, **A23**, 824.
- [2] Annual Report to the Laser Facility Committee 1983 Laser Division Rutherford Appleton Laboratory, RL-83-043, 7. 46.
- [3] B. Yaakobi; *Appl. Phys. Lett.*, 1983, **43**, 686.
- [4] R. D. Frankel *et al.*; *Science*, 1979, **204**, 622.
- [5] 卢仁祥等;《光学学报》, 1982, **2**, 568.