

同步辐射小角散射实验站

董宝中 生文君 李光城 张志杰

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

1994-01-26 收稿

摘 要

小角X射线散射(SAXS)实验站配置有SAXS相机、在线控制及数据获取系统。SAXS相机由位置精度为 $1\mu\text{m}$ 的狭缝系统、用以监测光强的电离室、在垂直于束流的平面内能作水平和垂直两个方向遥控调节的样品台和可调长度低真空管道等部分组成,真空管道的两端有 $25\mu\text{m}$ 厚的Kapton膜密封,探测器为闪烁计数器。该装置的角分辨优于 0.6mrad 。

关键词 同步辐射,小角散射,自动控制。

1 引 言

小角散射实验是一种研究物质微颗粒状态和长周期的手段,主要应用于分子生物学、材料学、物理学、化学等研究领域。采用普通X射线源的小角散射,由于散射强度相当弱,给实验工作带来巨大困难,限制了它的应用^[1,2]。同步辐射X射线源的出现,给小角散射的研究开辟了广阔的前景。同步辐射光源具有光源尺寸小、准直性好、亮度高(比普通光源至少高2—3个数量级)的优点,可以大大提高实验的分辨率和灵敏度,缩短实验的时间,简化繁杂的数据修正工作,进行许多在常规的X光源上无法进行的结构研究,如研究动态的结构变化。

目前世界上各同步辐射实验室均建有小角散射实验站^[3,4]。在1984年3月北京正负电子对撞机(BEPC)同步辐射实验区建设会议上,确定要建立我国的同步辐射小角散射实验站。1990年4月28日观察到镍粉的同步辐射小角散射信号,标志着我国的同步辐射小角散射实验站初步建成。

2 工作原理和实验装置

同步辐射小角散射实验站的工作原理是:同步辐射光经聚焦单色化后照射在样品上,通过测量散射光强度随散射角的变化,从中得到与样品有关的微颗粒信息和长周期信息。

小角散射实验站使用一条聚焦的单色光束线,其聚焦点可在距光源 29.5m 至 34m 之间调节。图1给出了该实验站的实验装置示意图。

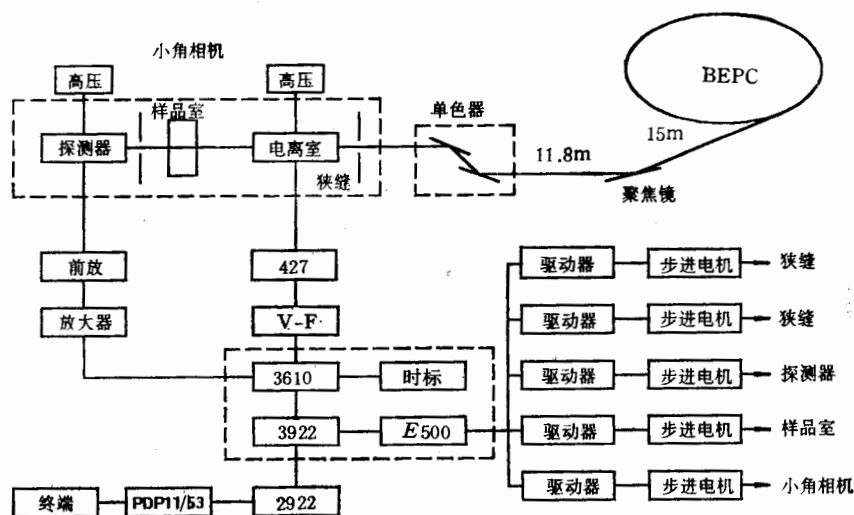


图 1 小角散射实验站实验装置示意图

该站配置有小角散射 (SAXS) 装置、在线控制及数据获取系统。小角散射装置包括:

(1) 狭缝系统

实验装置中共用两套狭缝系统, 分别安装在距光源 29m 和 31m 处, 其间由内径 $\phi 63\text{mm}$ 的真空管道联接。每个狭缝由四片刀口组成, 刀口片由高纯钽片制成, 刀口的位置由计算机通过遥控步进马达进行调节, 其位置精度为 $1\mu\text{m}$, 狭缝的最大孔径为 20mm (垂直) $\times 40\text{mm}$ (水平)。

(2) 电离室

电离室装在两套狭缝系统之间, 用以测量光束的强度。

(3) 样品室支架

在狭缝系统后面是样品室支架。为了准直, 支架在垂直于光束的平面内可以作水平和垂直方向的遥控位置调节。水平位置调节由德国 Huber 公司 5100 型线性滑台完成, 调节范围 $\pm 50\text{mm}$, 位置精度为 $10\mu\text{m}$; 垂直位置调节用 UZ160 型滑台, 调节范围 10mm , 精度为 $1\mu\text{m}$ 。两滑台均由步进马达驱动。

(4) 可调长度的真空管道

为了避免光束通过样品后的小角散射信号受到干扰, 在样品与探测器之间放置了真空管道。不同的实验样品要求样品与探测器之间的距离有所不同, 为满足这一要求, 该真空管道由长短不同、内径为 210mm 的不锈钢管道组成, 管道最小长度为 0.3m , 最大为 2.5m , 可调间隔为 0.15m , 真空度为 0.13Pa 。真空管道两端采用对 X 光吸收较少的 Kapton 膜密封。

(5) 束流阻挡器的真空节

为减少直通光束对探测器的干扰, 在真空管道的末端安装了束流阻挡器。束流阻挡器

由长 20mm、宽 1.2mm 的钽条做成,其垂直位置可以遥控调节,位置调节由步进马达驱动的线性滑台完成,最大可调距离为 ± 15 mm,重复位置精度为 $1\mu\text{m}$.该真空节长 0.3m.

(6) 探测器及其支架

目前采用闪烁计数器(由 NaI 晶体和光电倍增管组成)作探测器.为了定位,在闪烁计数器上加了一个 0.1mm 宽的固定狭缝.探测器固定在一沿垂直方向移动的可遥控调节的滑台上,移动范围 100mm,位置精度为 $10\mu\text{m}$.下一步将采用一维位置灵敏多丝正比室作探测器,其有效探测长度为 100mm.

探测器支架的水平和垂直位置的调节可通过遥控 X-Y5102 型滑台完成,调节范围均为 ± 15 mm,位置精度为 $10\mu\text{m}$.支架还可使探测器绕束流方向作 $\pm 90^\circ$ 旋转.

(7) 导轨和可调平台

为了便于装卸和对准,上述的各部件均固定在一根长 3.0m 的导轨上,导轨放置在一个遥控可调平台上.平台高 1035mm,宽 800mm,长 1400mm,负荷能力为 500kg,垂直和水平移动距离 80mm,重复定位精度 $10\mu\text{m}$;绕垂直轴转动 $\pm 3^\circ$,精度 0.05° ;绕水平轴转动 $\pm 1.5^\circ$.平台的调节共用五个国产的 57BYG009 型步进马达驱动.

3 自动控制系统

自动控制系统是计算机控制步进马达运动的系统.计算机 PDP-11/53 通过 3922 CAMAC 机箱控制器与步进马达控制器 E500A 相联,E500A 再控制步进马达驱动电源,以驱动步进马达.一个 E500A 可以控制 8 路步进马达.本装置共有 18 个步进马达,各个步进马达可以根据需要由计算机控制作单独或相关协调的运动.

4 数据采集系统

该系统包括两部分:

(1) 闪烁计数器读出系统

闪烁计数器用于测量小角散射信号的空间位置分布,小角散射的 X 光信号经其转换为电脉冲信号,通过前放、主放大器送入 3610 计数器.计数器的取数间隔由 3655 时间脉冲产生器控制,其数据信息由计算机通过 3922 CAMAC 机箱控制器读取.

(2) 电离室读出系统

电离室用于对束流强度的监测.其输出信号经 427 电流放大器放大,放大器输出的电压信号经 3560 V-F 变换器变换后,送入 3610 计数器,再由计算机读取有关的数据信息.

移植和编写了专用的软件包,实验中可以由计算机遥控进行实验装置的准直、调整和数据采集工作.

5 初步实验结果

1990 年 4 月 28 日首次观测到镍粉样品的同步辐射小角散射信号.图 2 给出了镍粉

样品的小角散射信号, 图 3 给出了苯乙烯树脂样品的小角散射信号。初步的实验结果表明本实验装置在光波长为 1.5 \AA 时小角分辨优于 1500 \AA , 角分辨优于 0.6 mrad 。表 1 给出该装置的各项参数。

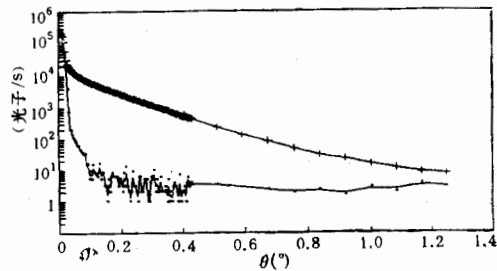


图 2 镍粉样品的小角散射信号

—+— 信号, —●— 本底。

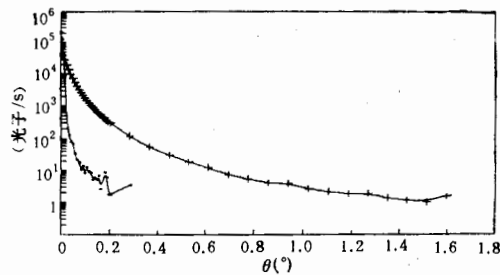


图 3 苯乙烯树脂样品的小角散射信号

—+— 信号, —●— 本底。

表 1 小角散射装置的参数

光源大小	水平方向 2.5mm, 垂直方向 1.2mm
光源发散度	水平方向 5mrad, 垂直方向 0.36mrad
光学系统类型	聚焦镜+双晶单色器光学系统
聚焦镜	镀铂弯曲铝柱面镜
单色器	T 机构双晶单色器
光源与镜子距离	15m
镜子与单色器距离	11.8m
样品与探测器距离	30cm 至 250cm 可变
小角分辨	垂直方向 1500 \AA ¹⁾
角分辨	垂直方向 0.6mrad
聚焦光斑大小	水平方向 3.2mm, 垂直方向 1.5mm
样品处束宽	水平方向最大宽度 15mm 垂直方向最高高度 3mm
波长分辨率	$\sim 10^{-3}$
光子流强(样品处)	2×10^{10} 光子/s ²⁾

1) 对 X 光波长 1.5 \AA 而言。

2) 储存环运行在 2.2GeV, 60mA。

参 考 文 献

- [1] M. H. J. Koch, J. Bordas, *Nucl. Instr. Meth.*, **208** (1983) 461.
[2] J. C. Phillips et al., *Biophysical Journal*, **53** (1988) 461.
[3] Y. Amemiya et al., *Nucl. Instr. Meth.*, **208** (1983) 471.
[4] J. C. Phillips et al., *Nucl. Instr. Meth.*, **A246** (1986) 182.

Small Angle Scattering Station of BEPC Synchrotron Radiation Laboratory

Dong Baozhong Sheng Wenjun Li Guangcheng Zhang Zhijie
(*Institute of High Energy Physics, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039*)

Received 26 January 1994

Abstract

The small angle x-ray scattering (SAXS) station is located at 34m from the source in the downstream of the x-ray diffraction station. The station is equipped with a SAXS camera, a detector, an alignment carriage and on-line data acquisition and control system. The SAXS camera consists of a slit-system with position precision $1\mu\text{m}$, a remotely controlled sample holder with vertical and horizontal translations at the plane normal to photon beam and a vacuum pipe with 0.13Pa. The research for this station is directed on the static and dynamic structure, phase composition and phase transmission in various fields such as molecular biology, material science, polymer chemistry and metallurgy.

Key words synchrotron radiation, small angle scattering, automatic control system.