

200~350 nm 合肥同步辐射光谱分布测量

唐玉国 王淑荣 李福田

(中国科学院长春光学精密机械研究所
应用光学国家重点室 130022)

王秋平 周红军 张允武

(中国科技大学
国家同步辐射实验室, 230026)

摘 要 以英国国家物理实验室传递标准光源 MgF_2 窗口氙灯为标准, 测量了 200~350 nm 合肥同步辐射光谱分布, 结果表明, 在实验误差范围内, 测量结果与依 Schwinger 理论计算值具有较好的一致性, 200 nm 处偏差为 6%, 340 nm 处为 1.5%。

关键词 同步辐射, 传递标准, 光谱分布。

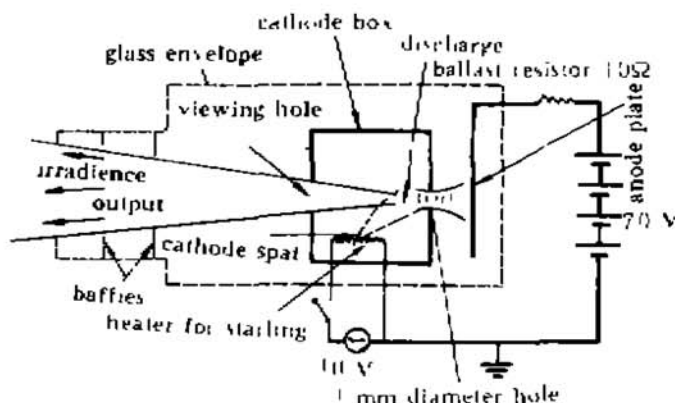
目前, 许多国家相继开展了用同步辐射建立紫外-真空紫外及软 X 射线辐射标准的研究工作^[1~3], 并且取得很大进展。本文作为利用同步辐射建立紫外-真空紫外及软 X 射线辐射标准的前期工作, 测量了 200~350 nm 同步辐射光谱分布, 并与理论计算进行了对比。

1 实验部分

本实验采用标准光源法。标准光源为 MgF_2 窗口氙灯, 其光谱分布由英国国家物理实验室用同步辐射标定。氙灯结构如图 1 所示, 其参数由表 1 给出。图 2 给出同步辐射光谱分布测量的实验装置, 包括漫反射板、Czerny-Turner 型光栅单色仪、R928 光电倍增管(185~900 nm)、直流放大器、步进电机驱动器、计算机等几部分构成。单色仪输出的光信号由光电倍增管接收, 转变成电信号, 再由放大器放大后经 14 位 A/D 变换, 由计算机采集、处理。800 MeV 电子储存环的同步辐射光经紫外石英窗口到达测试系统。漫反射板旋转 90° 角完成氙灯的测量。在窗口与光束线前端之间加入一阀门, 用涡轮分子泵预抽, 使窗口可及时更换测试。

Table 1. Parameters of the D_2 -lamp

manufacture	cathodeon, LTD
length	118 mm
window	MgF_2
arc current	300 mA
voltage	70 V
heater	10 V, 1 A
Diameter of light emitting spot	1 mm

Fig. 1 Schematic diagram of D_2 -lamp

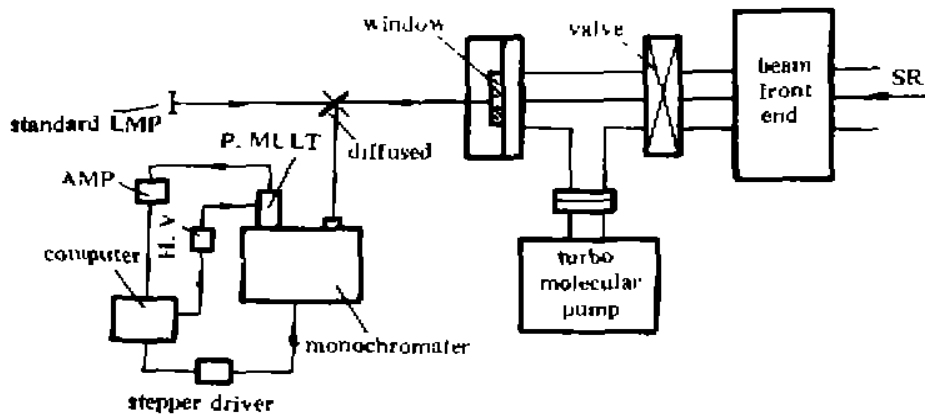


Fig. 2 System for measurement of spectral radiation

3 实验结果与分析

采用标准光源法完成同步辐射光谱分布的测量。对于同步辐射光和氙灯分别有：

$$S_{\nu}(\lambda) = \alpha(\lambda)P_{\nu}(\lambda)\tau(\lambda) \tag{1}$$

$$S_{\theta}(\lambda) = \alpha(\lambda)P_{\theta}(\lambda) \tag{2}$$

式中 S_{ν} 、 S_{θ} 分别为同步辐射光和氙灯的光谱信号， $\alpha(\lambda)$ 为系统的传递效率， $P_{\theta}(\lambda)$ 为氙灯的光谱分布，则同步辐射光谱分布为：

$$P_{\nu} = \frac{S_{\nu}(\lambda)}{S_{\theta}(\lambda)\tau(\lambda)} P_{\theta}(\lambda) \tag{3}$$

式中 $\tau(\lambda)$ 为紫外石英窗口的透过率。这样由(3)式即可得出同步辐射光谱分布的实验值。

依据 Schwinger 理论计算公式，波长为 λ ，带宽为 0.1 nm，每毫弧度角(与轨道平面平行方向)内，平均辐射功率 $P_{\nu}(\lambda)$ 为：

$$P_{\nu}(\lambda) = 1.406 \times 10^{-3} IB^2 E^5 (\lambda_c/\lambda)^3 \int_{\lambda/\lambda_c}^{\infty} K_{5/3}(\zeta) d\zeta$$

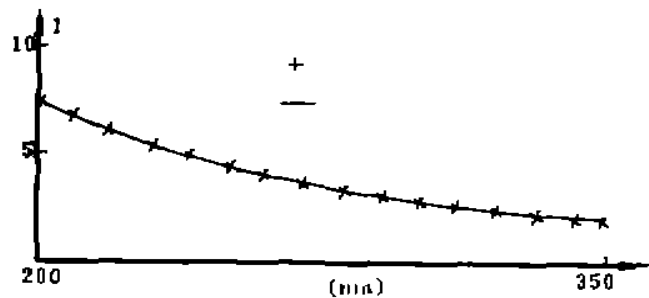


Fig. 3 The spectral distribution of Heifei synchrotron radiation

对于合肥 800 MeV 电子储存环，其运行参数有 $B = 1.2 \text{ kG}$ ， $E = 800 \text{ MeV}$ ， $r = 2.222 \text{ m}$ ， $\lambda_c = 2.426 \text{ nm}$ 。由(3)式可得到同步辐射的理论光谱分布。

图 3 给出了同步辐射相对光谱分布的测试结果。与理论值相比，200 nm 处偏差为 6%；240 处偏差为 1.5%。给测量结果带来误差的原因有以下几点：

- 1) MgF_2 窗口氙灯光谱分布的不确定性。200 nm 处为 $\pm 2\%$ ；
- 2) 石英窗口透过率的变化。在测量前后分别测得透过率变化小于 1%；
- 3) 测量系统的不稳定性。

结 论 在国家同步辐射实验室完成 800 MeV 电子储存环 200~350 nm 光谱分布测量，结果与理论值相比具有较好的一致性，为利用同步辐射建立我国紫外-真空紫外及软 X 射线光谱辐射标准奠定基础。进一步将建立真空紫外测试装置，完成相应波段的研究工作。

参 考 文 献

- [1] P. J. Key, T. H. Ward, The establishment of ultraviolet spectral emission scales using synchrotron radiation. *Metrologia*, 1978, 14 : 17
- [2] M. Kuhne, VUV and soft X-ray radiometry at laboratory of PTB at the Berlin storage ring BESSY. *Proc. SPIE*, 1988, 882 : 326
- [3] W. R. Ott, et al., XUV Radiometric standards at NBS. *Proc. SPIE*, 1986, 689 : 281
- [4] Erich Tegeler, Determination of storage ring BESSY as a primary radiometric standard. *Nucl. Instr. and Meth.*, 1989, A282 : 706
- [5] J. Schwinger, On the classical radiation of accelerated electron. *Phys. Rev.*, 1949, 75(12) : 1912

Measurement of Spectral Distribution of Hefei Synchrotron Radiation in 200~350 nm

Tang Yuguo Wang Shurong Li Futian

(*Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences,
State Key Lab. of Applied Optics, Changchun 130022*)

Wang Qiuping Zou Hongjun Zhang Yunwu

(*Nation Synchrotron Radiation Laboratory, USTC 230026*)

(Received 13 August 1994)

Abstract The Spectral distribution of the Hefei synchrotron radiation was determined in 200~350 nm, by comparison with the D₂-lamp with MgF₂ windows, which is a radiometric transfer standard source of NPL. Within experiments error, a good agreement was found between experimental results and value predicted by the theory of synchrotron radiation derived by Schwinger. The difference between experimental and thoretical data is less than 6% at 200 nm and 1.5% at 240 nm.

Key words Synchrotron radiation, transfer standard, spectral distribution.

(Continued from back cover)

Holography & Information Processing

- A New Method for Making Real-Colour Hologram *Lei Guangdong* (88)
- A New Method for Real-Time Hybrid Fingerprint Identification *Su Hongjun et al.* (92)
- Integrated Space Variant Optical Logic Processor *Peng Hufeng et al.* (96)
- Electro-Optical Hybrid SDF Correlator *He Wantao et al.* (100)
- Statistical Theory of Partially Coherent Defocused Speckle Photography *Wang Kaifu* (106)

Optical Measurement

- Computer Analysis of Interferogram with Obstacles *Bai Jian et al.* (111)
- A Noval Method for Measuring the Variance of Laser Beams *Hua Renzhong et al.* (117)

Research Notes

- Third-Order Nonlinear Optical Properties of Poly (2,5-Dialkoxyphenylene)..... *Wu Jianguo et al.* (122)
- Measurement of Spectral Distribution of Hefei Synchrotron Radiation in 200~350 nm *Tang Yuguo et al.* (126)