



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 11685—2003

代替 GB/T 8992—1988, GB/T 11685—1989

## 半导体 X 射线探测器系统 和半导体 X 射线能谱仪的测量方法

Measurement procedures for semiconductor X-ray detector system  
and semiconductor X-ray energy spectrometers

2003-07-07 发布

2004-01-01 实施

中华人民共和国  
国家质量监督检验检疫总局 发布

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 符号 .....	4
5 一般原则 .....	4
5.1 被测对象及其性能特性 .....	4
5.2 测量设备 .....	4
5.3 测量系统 .....	5
5.4 测量条件 .....	5
5.5 测量要求 .....	6
6 能量分辨率和能谱畸变 .....	6
6.1 概述 .....	6
6.2 电噪声的测量 .....	6
6.3 作为放大器时间常数函数的噪声线宽 .....	8
6.4 能量分辨率 .....	8
6.5 峰谷比和峰尾比 .....	10
7 积分非线性 .....	11
7.1 脉冲幅度分析法 .....	11
7.2 电桥法 .....	12
8 计数率效应 .....	12
8.1 概述 .....	12
8.2 能谱畸变 .....	12
8.3 谱峰位偏移 .....	13
8.4 谱的能量分辨率和谱线形状 .....	14
8.5 谱峰计数损失 .....	14
9 电压变化影响、温度效应和长时间不稳定性 .....	15
9.1 概述 .....	15
9.2 交流供电电压变化的影响 .....	15
9.3 温度效应 .....	16
9.4 长时间不稳定性 .....	17
10 效率 .....	17
10.1 概述 .....	17
10.2 利用玻璃荧光光源测量窗衰减(对能量低于 5 keV 的 X 射线的推荐方法) .....	17
10.3 高能区效率测量 .....	20
11 过载效应 .....	23
11.1 概述 .....	23
11.2 主放大器增益的恢复时间 .....	23

附录 A (资料性附录) 从 X 能量分辨率计算电噪声近似值的方法 .....	24
参考文献 .....	25
图 1 被测特性的基本测量系统 .....	5
图 2 典型的噪声测量脉冲幅度谱 .....	7
图 3 用示波器和均方根电压表测噪声的测量系统 .....	8
图 4 线性的测量和表示 .....	12
图 5 对计数率效应造成谱畸变的测量系统 .....	13
图 6 死时间为 $t_d$ 的系统的输出计数率 $r_o$ 和输入计数率 $r_i$ 的关系 .....	14
图 7 用单道分析器测量计数率损失的测量系统 .....	14
图 8 作为快速放大器计数率函数所分析的锰 $K_\alpha$ 和 $K_\beta$ 峰中的计数率 .....	15
图 9 温度效应的测量系统(以能谱仪为例) .....	16
图 10 窗厚度测量装置(剖面)示意图 .....	18
图 11 环型 $^{55}\text{Fe}$ X 射线放射源 .....	18
图 12 用 $8\ \mu\text{m}$ 铍窗探测器测得的谱 .....	19
图 13 用 $132\ \mu\text{m}$ 铍窗探测器测得的谱 .....	19
图 14 典型的扣除本底的谱线图 .....	20
图 15 窗指标 $W_E$ 与窗厚关系典型特征图 .....	21
图 16 $^{241}\text{Am}$ 放射源低能 $\gamma$ 射线和 X 射线能谱图 .....	22
图 17 高能区的相对效率曲线 .....	22
图 18 过载脉冲后增益恢复的例子 .....	23
表 1 参考条件和标准试验条件 .....	5
表 2 测量常用放射源 .....	9
表 3 标准玻璃的组分(质量分数) .....	17
表 4 $^{55}\text{Fe}$ 放射源激发标准玻璃得到的特征 X 射线 .....	18
表 5 $^{241}\text{Am}$ 的衰变数据 .....	20

## 前 言

本标准是对 GB/T 8992—1988《硅(锂)X 射线探测器系统测量方法》和 GB/T 11685—1989《半导体 X 射线能谱仪的测量方法》的合并和修订。GB/T 8992—1988 和 GB/T 11685—1989 均是非等效采用 IEC 60759:1983(见参考文献[1])编制的。

本标准代替 GB/T 8992—1988 和 GB/T 11685—1989。

本标准包括半导体 X 射线探测器系统和半导体 X 射线能谱仪的测量方法。由于探测器系统的输出必须通过主放大器输入多道分析器,然后在多道分析器上获取 X 射线能谱方能观察和确定其性能特性,所以探测器系统和能谱仪基本上采用相同的测量方法。本标准既保留了 GB/T 11685—1989 的完整性和 GB/T 8992—1988 的可操作性,又通过有机地捏合,将两项标准合并为统一的新版本。

本标准对 GB/T 8992—1988 和 GB/T 11685—1989 的主要修改如下:

- a) 对半导体 X 射线探测器系统的测量不限于硅(锂)X 射线探测器系统;
- b) 对半导体 X 射线能谱仪,测量的是多道分析器上能谱(全能峰及峰位或谱线)的性能特性;
- c) 第 3 章的“术语和定义”按物理意义和逻辑关系排列,增加了“半导体探测器”、“半导体 X 射线探测器系统”和“主放大器”等术语,修改了“窗”、“基线”、“工作距离”等术语,删去了“门”、“模拟—数字变换器”等简单明了的术语;
- d) 参考 IEC 60759 增加了第 11 章“过载效应”;
- e) 修改了少量符号,例如,多道分析器的道数(道址)用  $m$ ,而不用  $N$  或  $X$ ;
- f) 扩展和充实了第 5 章“一般原则”的内容,而测量要求(原基本要求)仅是其中的一条:
  - 规范了“被测对象”、“测量设备”和“测量系统”的概念;
  - 列出了主要被测的性能特性;
  - 规定了测量的条件(包括环境条件和放射源等);
  - 指出了探测器系统和能谱仪采用相同的测量方法以及细节上的差异。
- g) 将“从 X 能量分辨率计算电噪声的近似值”的内容由正文调整为附录 A;
- h) 规范了章条的标题和内容,例如,将第 7 章的标题由“脉冲幅度线性”直接改为“积分非线性”,第 9 章的标题由“脉冲幅度稳定性”改为“电压变化影响”、“温度效应”和“长时间不稳定性”;
- i) 为提高本标准的可操作性,适应新技术的发展,测量中一般给出通用方法,特别具体的方法则用示例的形式给出;
- j) 格式按 GB/T 1.1—2000 等标准的要求编写,在一些条中增加了子条标题,将图和表集中到正文的后面。

本标准的附录 A 是资料性附录。

本标准由全国核仪器仪表标准化技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位:核工业标准化研究所。

本标准主要起草人:熊正隆。

# 半导体 X 射线探测器系统 和半导体 X 射线能谱仪的测量方法

## 1 范围

本标准规定了半导体 X 射线探测器系统和半导体 X 射线能谱仪主要特性的测量方法。  
本标准适用于半导体 X 射线探测器系统和半导体 X 射线能谱仪主要性能的测量。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 4079—1994 用于电离辐射探测器的放大器和电荷灵敏前置放大器的测试方法 (GB/T 4079—1994, neq IEC 61151:1992, Nuclear instrumentation—Amplifiers and preamplifiers used with detector of ionizing radiation—Test procedures)

GB/T 4960.6—1996 核科学技术术语 核仪器仪表 (GB/T 4960.6—1996, neq IEC 60050(IEV 50), International Electrotechnical Vocabulary, Chapter 391~394)

## 3 术语和定义

GB/T 4960.6 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

#### 半导体探测器 **semiconductor detector**

通常利用核辐射在半导体中产生的过剩自由电荷载流子的运动来探测入射辐射的探测器。

[GB/T 4960.6—1996 的 2.4.1]

注:本标准中的术语“探测器”若无特别说明均指半导体探测器。

### 3.2

#### 死层(半导体探测器的) **dead layer**(of semiconductor detector)

半导体探测器中的一个层,粒子在该层内损失的能量的大部分对形成的信号无贡献。

[GB/T 4960.6—1996 的 2.4.26]

### 3.3

#### 窗(探测器的) **window**(of detector)

探测器中便于让被测辐射穿过去的部分。

[GB/T 4960.6—1996 的 2.1.26]

### 3.4

#### 半导体探测器的几何形状 **geometry of semiconductor detector**

在正常工作条件下,半导体探测器的灵敏体积的形状。

### 3.5

效率(半导体探测器对单能辐射源的) **efficiency**(of semiconductor detector for mono-energetic radiation source)