



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 40291—2021/IEC 61435:2013

---

## 核仪器仪表 辐射探测器用高纯度锗晶体 基本特性的测量方法

Nuclear instrumentation—High-purity germanium crystals for radiation detectors—  
Measurement methods of basic characteristics

(IEC 61435:2013, IDT)

2021-05-21 发布

2021-12-01 实施

---

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义和符号 .....	1
3.1 术语和定义 .....	1
3.2 符号、缩略语、量和单位 .....	2
3.3 量和单位 .....	4
4 电活性杂质净浓度( $N_A - N_D$ )测量 .....	4
4.1 范德堡法的样品制备 .....	4
4.2 测量电活性杂质净浓度( $N_A - N_D$ ) .....	6
5 深能级瞬态谱技术测定杂质中心浓度 .....	11
5.1 概述 .....	11
5.2 深能级瞬态谱设备 .....	11
5.3 深能级瞬态谱的样品选择和准备 .....	11
5.4 杂质中心浓度的测定方法 .....	12
5.5 p型高纯锗多数载流子深能级 .....	15
5.6 n型高纯锗多数载流子深能级 .....	16
5.7 报告 .....	16
6 晶体学特性 .....	16
6.1 概述 .....	16
6.2 晶向 .....	17
6.3 样品制备 .....	17
6.4 报告 .....	18
附录 A (资料性) p型和n型高纯锗的霍尔因子 .....	19
附录 B (规范性) 对应 $\frac{R_{AB,CD}}{R_{BC,DA}}$ 的 $F\left(\frac{R_{AB,CD}}{R_{BC,DA}}\right)$ 值 .....	20
参考文献 .....	21

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件使用翻译法等同采用 IEC 61435:2013《核仪器仪表 辐射探测器用高纯度锗晶体 基本特性的测量方法》。

本文件做了下列编辑性修改：

——更正国际标准原文中“常用符号定义对照表”表述错误的内容，包括：符号“ $f$ ”与“ $F$ ”的定义互换、符号“ $K$ ”改为“ $k$ ”、符号“ $P$ ”改为“ $\rho$ ”、符号“ $T$ ”[时间，单位为秒(s)]改为“ $t$ ”、删除了符号“ $(\ )$ ”及其定义，平均值采用上横线表示(例 $\overline{\tau_r^2}$ )。

本文件由全国核仪器仪表标准化技术委员会(SAC/TC 30)提出并归口。

本文件起草单位：核工业航测遥感中心、深圳市计量质量检测研究院。

本文件主要起草人：张积运、杜晓立、唐晓川、李名兆、管少斌、周宗杰、张长兴、梁永顺、刘金尧、刘姗姗。

## 引 言

探测器制造商需要有关晶体的具体参数来评估同轴探测器的特性,由于物理特性是变化的,仅通过制造商的测量结果不能推算出完整的探测器性能指标。本文件定义了用于确定晶体基本参数(如电活性杂质净浓度、深能级杂质中心浓度和晶体的晶体学特性)的测量方法。

高纯锗(HPGe)探测器用于探测电离辐射时,需要确定锗晶体的尺寸和纯度。由于材料的高电阻率(温度在 77 K 时,电阻率约为  $10 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$ )、杂质补偿的程度导致的锗晶体生产时产生的特殊问题,以及如何合理描述单个装置的大体积晶体杂质分布等方面的问题,现有的标准并没有涵盖。

高纯锗最重要的特征之一是电活性杂质净浓度( $N_A - N_D$ ),它决定了探测器工作时的耗尽电压。通常采用指出 n 型或 p 型的范德堡法来确定( $N_A - N_D$ ),并对液氮浸泡的片状样品进行传递测量。采用此技术时,( $N_A - N_D$ )可以用电阻率或霍尔系数计算。通过对样品进行一系列的测量得到电阻率或霍尔系数。

# 核仪器仪表 辐射探测器用高纯度锗晶体 基本特性的测量方法

## 1 范围

本文件描述了测量高纯锗晶体基本特征的术语和试验方法。包括电活性杂质净浓度( $N_A - N_D$ )、深能级杂质中心浓度和晶体学特性。

本文件适用于 $\gamma$ 射线和X射线辐射探测器用高纯锗晶体。此锗单晶的电活性杂质中心的净浓度小于 $10^{11} \text{ cm}^{-3}$ ,通常是 $10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 量级。

本文件中所列测试方法并非法定方法,但在工业中得到了广泛的应用,并为探测器制造商提供了可验证的信息,满足了制造商的需求。

在GB/T 7167—2008和GB/T 11685—2003中给出了完整的组装锗探测器的试验方法。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2900.66—2004 电工术语 半导体器件和集成电路(IEC 60050-521:2002,IDT)

GB/T 2900.97—2016 电工术语 核仪器:物理现象、基本概念、仪器、系统、设备和探测器(IEC 60050-395:2014,IDT)<sup>1)</sup>

## 3 术语、定义和符号

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**半导体 semiconductor**

两种载流子引起的总电导率通常在导体和绝缘体之间的一种材料。这种材料中的载流子浓度随外部条件改变而变化。

注:术语半导体一般适用于载流子是电子或空穴的材料。

[来源:GB/T 2900.66—2004,521-02-01]

#### 3.1.2

**高纯半导体探测器 high purity semiconductor detector**

采用高纯度(如高电阻率)半导体材料的半导体探测器。

[来源:GB/T 2900.97—2016,395-03-48]

#### 3.1.3

**霍尔效应 Hall effect**

在导体和半导体中产生的与电流密度和磁感应强度矢量积成正比的电场强度。

1) 国际标准原文的 IEC 60050-393:2003 和 IEC 60050-394:2007 已被 IEC 60050-395:2014 代替。