



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 40069—2021

---

## 纳米技术 石墨烯相关二维材料的 层数测量 拉曼光谱法

Nanotechnologies—Measurement of the number of layers of graphene-related  
two-dimensional (2D) materials—Raman spectroscopy method

2021-05-21 发布

2021-12-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 样品准备 .....	3
5 基于 2D 模的线型测量石墨烯薄片层数的拉曼光谱法(A 法) .....	3
6 基于 SiO <sub>2</sub> /Si 衬底的硅拉曼模峰高测量石墨烯薄片层数的拉曼光谱法(B 法) .....	5
7 测试报告 .....	7
附录 A (资料性) 拉曼光谱法测量石墨烯薄片层数的各种方法概要一览表 .....	8
附录 B (资料性) 基于 G 模的峰高测量石墨烯薄片层数的拉曼光谱法(C 法) .....	9
附录 C (资料性) 典型拉曼峰的光谱参数示意图 .....	12
附录 D (资料性) 石墨烯相关二维材料的转移操作步骤 .....	13
附录 E (资料性) 基于 2D 模的线型测量石墨烯薄片层数的拉曼光谱法(A 法)的表征实例 .....	15
附录 F (资料性) 基于 SiO <sub>2</sub> /Si 衬底的硅拉曼模峰高测量石墨烯薄片层数的拉曼光谱法(B 法) 的表征实例 .....	17
附录 G (资料性) 基于 SiO <sub>2</sub> /Si 衬底的硅拉曼模峰高测量石墨烯薄片层数的拉曼光谱法(B 法) 的 $I_G(\text{Si})/I_0(\text{Si})$ 理论计算结果(532 nm 激光) .....	19
附录 H (资料性) 基于 SiO <sub>2</sub> /Si 衬底的硅拉曼模峰高测量石墨烯薄片层数的拉曼光谱法(B 法) (633 nm 激光) .....	20
附录 I (资料性) 测试报告范例 .....	22
附录 J (资料性) 基于 G 模的峰高测量石墨烯薄片层数的拉曼光谱法(C 法)的表征实例 .....	23
参考文献 .....	25

## 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。

本文件由中国科学院提出。

本文件由全国纳米技术标准化技术委员会纳米材料分技术委员会(SAC/TC 279/SC 1)归口。

本文件起草单位：中国科学院半导体研究所、贝特瑞新材料集团股份有限公司、河北大学、东南大学、冶金工业信息标准研究院。

本文件主要起草人：谭平恒、梁奇、李晓莉、刘雪璐、倪振华、贺雪琴、李倩。

## 引 言

石墨烯相关二维材料(层数不多于 10 的碳基二维材料,包括石墨烯、双层石墨烯、少层石墨烯、氧化石墨烯等)具有优异的电学、光学、力学、热学等性能,在学术及工业界都引起了人们广泛的兴趣。石墨烯相关二维材料的层数是影响其性能的关键参数。层数的准确测量是研究、开发和应用石墨烯相关二维材料的核心问题之一。拉曼光谱作为一种快速、无损和高灵敏度的光谱表征方法,在石墨烯相关二维材料,例如层数小于或等于 10 的石墨烯薄片的层数测量中已被广泛应用。机械剥离方法制备的石墨烯薄片具有明确的堆垛方式和较大的样品尺寸,其拉曼特征模式的光谱参数如 G 模的峰高和 2D 模的线型随层数变化且呈现一定的规律性。同时,石墨烯薄片下硅衬底的拉曼峰高也与石墨烯薄片的层数相关。利用上述光谱参数随层数的变化关系可以准确测量石墨烯薄片的层数。

由于不同方法制备的石墨烯薄片在结晶性和微观结构上存在很大差异,因此现有的任何一种表征方法均不是具有确定意义的通用手段。在实际应用中需根据样品结晶性和微观结构特点选择合适的表征方法(或多种表征方法)综合使用与分析。

本文件的制定,将为利用拉曼光谱法进行机械剥离方法制备的石墨烯薄片的层数测量提供科学可靠的依据以及标准的实验方法,促进拉曼光谱在纳米技术领域及石墨烯相关二维材料产业中的推广应用,并为石墨烯相关二维材料的生产和研究提供技术指导。

本文件的发布机构提请注意,声明符合本文件时,本文件第 6 章的相关内容涉及专利。

本文件的发布机构对于专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构保证,他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下,免费许可任何组织或者个人在实施该国家标准时实施专利。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可通过以下方式获得:

专利持有人:中国科学院半导体研究所

地址:北京市海淀区清华东路甲 35 号

邮编:100083

请注意除上述专利外,本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不应承担识别这些专利的责任。

# 纳米技术 石墨烯相关二维材料的 层数测量 拉曼光谱法

警示：本文件涉及使用激光器，其产生的激光对眼睛可能产生不可逆的损伤。使用激光器时应佩戴对应的激光防护眼镜，严禁用眼睛直视激光，避免激光经光学元件反射进入人眼。操作人员应接受过相关安全培训。

## 1 范围

本文件规定了使用拉曼光谱测量石墨烯相关二维材料的层数的方法。

本文件适用于利用机械剥离法制备的、横向尺寸不小于  $2\ \mu\text{m}$  的石墨烯薄片的层数测量。化学气相沉积(CVD: chemical vapor deposition)法制备的以 AB 堆垛或 ABC 堆垛的石墨烯薄片可参照本方法执行。

注 1：测量石墨烯薄片的层数时，可单独或者综合几种方法联合测量并相互验证。

注 2：第 5 章给出了基于 2D 模的线型(A 法)。第 6 章给出了基于  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  衬底的硅拉曼模峰高(B 法)进行石墨烯薄片层数测量的拉曼光谱法。附录 A 给出了拉曼光谱法测量石墨烯薄片层数的各种方法概要一览表。附录 B 给出了基于石墨烯薄片 G 模的峰高(C 法)进行石墨烯薄片层数测量的拉曼光谱法。

## 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 30544.13 纳米科技 术语 第 13 部分：石墨烯及相关二维材料

GB/T 33252 纳米技术 激光共聚焦显微拉曼光谱仪性能测试

JJF 1544 拉曼光谱仪校准规范

## 3 术语和定义

GB/T 30544.13、GB/T 33252 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 石墨烯相关二维材料相关术语

#### 3.1.1

石墨烯相关二维材料 **graphene-related 2D material; GR2M**

层数不多于 10 的碳基二维材料。

注：包括石墨烯、双层石墨烯、少层石墨烯、氧化石墨烯等。