



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 40066—2021

---

## 纳米技术 氧化石墨烯厚度测量 原子力显微镜法

Nanotechnologies—Thickness measurement of graphene oxide—  
Atomic Force Microscopy (AFM)

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 .....	I
引言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 原理与计算方法 .....	1
5 试剂及材料 .....	3
6 仪器设备 .....	3
7 样品制备 .....	3
8 测量步骤 .....	3
9 结果计算 .....	3
10 氧化石墨烯厚度测量的应用.....	5
11 不确定度.....	5
12 测试报告.....	6
附录 A (资料性附录) 方法一实例 .....	7
附录 B (资料性附录) 方法二实例 .....	12
附录 C (资料性附录) 氧化石墨烯厚度测量的应用 .....	16
附录 D (资料性附录) 方法一测试报告式样 .....	17
附录 E (资料性附录) 方法二测试报告式样 .....	18
参考文献 .....	19

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国科学院提出。

本标准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。

本标准起草单位:江南石墨烯研究院、中国计量科学研究院、常州国成新材料科技有限公司、哈尔滨万鑫石墨谷科技有限公司、清华大学、常州市标准计量技术情报研究所、泰州巨纳新能源有限公司、冶金工业信息标准研究院、合肥国轩高科动力能源有限公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院[国家石墨烯产品质量监督检验中心(江苏)]。

本标准主要起草人:董国材、任玲玲、张小敏、卜天佳、梁枫、袁国辉、侯慧宁、姚雅萱、王立莉、杨宇华、梁铮、喻晓筠、颜国平、王勤生、杨勇强、李晓俊、杨续来。

## 引 言

氧化石墨烯是一种性能优异的新型碳材料。由于其具有较高的比表面积和表面丰富的官能团,在工程材料、能源环境等领域都具有较高的应用价值。简单准确的测量氧化石墨烯的厚度具有重要的意义。目前常见的厚度表征方法中,原子力显微镜的分辨率可达到原子级水平,通过测量氧化石墨烯与基底之间的高度差来直接确定氧化石墨烯的厚度。本标准利用原子力显微镜扫描技术,通过两种数据分析方法,对氧化石墨烯厚度进行测量,建立原子力显微镜测量氧化石墨烯厚度一致性测量方法。该方法可以有效避免污染、噪音等因素对厚度测量的影响,具有实用性。

# 纳米技术 氧化石墨烯厚度测量

## 原子力显微镜法

### 1 范围

本标准规定了原子力显微镜法(AFM)测量氧化石墨烯厚度的样品制备、测量步骤及结果计算等。

本标准适用于片径尺寸不小于 300 nm 的氧化石墨烯厚度的测量。其他二维材料厚度的 AFM 测量可参照使用。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 27760 利用 Si(111)晶面原子台阶对原子力显微镜亚纳米高度测量进行校准的方法

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

JJF 1351 扫描探针显微镜校准规范

### 3 术语和定义

GB/T 27760、GB/T 30544.13 和 JJF 1351 界定的术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了 GB/T 30544.13 中的某些术语和定义。

#### 3.1

**氧化石墨烯 graphene oxide; GO**

对石墨进行氧化及剥离后所得到的化学改性石墨烯,其基平面已被强氧化改性。

注:氧化石墨烯是具有高氧含量的单层材料,通常由碳氧原子比(与合成方法有关,一般约为 2.0)表征。

[GB/T 30544.13—2018,定义 3.1.2.13]

### 4 原理与计算方法

#### 4.1 原理

将氧化石墨烯样品平铺在基底上,利用 AFM 表征氧化石墨烯与基底的表面形貌,然后借助软件进行背景扣除,获得轮廓线,测量上台阶和下台阶之间的高度差,即为氧化石墨烯样品的厚度。计算高度差的方法分为 4.2 和 4.3 两种。

#### 4.2 计算方法一

通过最小二乘法对轮廓线中上、下台阶的各点坐标进行线性拟合,得到两条拟合直线(见图 1)和对应的拟合参数  $a_1, b_1, a_2, b_2$ 。通过式(1)计算上下台阶的高度差  $H$ ,即为上直线和下直线在  $x_T$  点的距离。