



团 体 标 准

T/XXXXXXX—XXXX

半导体外延用碳化硅涂层石墨基座技术规范

Technical Specification for Silicon Carbide Coated Graphite Substrate for
Semiconductor Epitaxy

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 2

5 技术要求 3

6 试验方法 4

7 检验规则 5

8 包装、运输和贮存 6

9 质量保证 错误！未定义书签。

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由××××提出。

本文件由中国中小商业企业协会归口。

本文件起草单位：×××、×××、×××。

本文件主要起草人：×××、×××、×××。

半导体外延用碳化硅涂层石墨基座技术规范

1 范围

本文件规定了半导体外延用碳化硅涂层石墨基座的基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、包装、运输和贮存等内容。

本文件适用于以高纯硅烷、高纯等静压石墨等为主要原料，经精密加工、纯化、化学气相沉积、表面处理、清洗等工艺过程制备的超高纯半导体外延用碳化硅石墨基座制品。

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 2828.1—2012 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 3634.2 氢气 第2部分：纯氢、高纯氢和超纯氢
- GB/T 4842 氩
- GB/T 8718 炭素材料术语
- GB/T 16534 精细陶瓷室温硬度试验方法
- GB/T 16535 精细陶瓷线热膨胀系数试验方法 顶杆法
- GB/T 17991 精细陶瓷术语
- GB/T 22588 闪光法测量热扩散系数或导热系数
- GB/T 25995 精细陶瓷密度和显气孔率试验方法
- GB/T 30903 无机化工产品 杂质元素的测定 电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）
- GB/T 31541 精细陶瓷界面拉伸和剪切粘结强度试验方法 十字交叉法
- GB/T 37246 精细陶瓷抗热震性能试验方法
- ISO/TS 15338 表面化学分析辉光放电质谱测定法

3 术语和定义

GB/T 17991和GB/T 8718界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

维氏硬度 Vickers hardness

假设无变形维氏压头在试样表面加载形成压痕，载荷除以根据压痕对角线长度平均值计算出的压痕表面积所得的值就是维氏硬度。

注1：维氏硬度可以用两种单位表示：GPa和（维氏硬度数值）无量纲单位，其中以无量纲单位表示的维氏硬度数值为荷载（以kgf为单位）与压痕表面积（以mm²为单位）之比。

注2：建议优先采用GPa单位。

3.2

结合强度 bonding strength

镀层与基体结合力的大小，即单位表面积的镀层从基体（或中间涂层）上剥落下来所需的力。结合强度单位：MPa。

3.3

颗粒 particle

碳化硅涂层表面出现的外形为凸点或凸起状的形貌缺陷。颗粒缺陷的典型形貌为：沙丘状微型凸起，一般呈散点状分布，肉眼可明显分辨的为大颗粒，肉眼不能明显分辨的为微型颗粒。

3.4

碎屑 fragment

碳化硅涂层沉积过程中，崩落的碳化硅碎片，落到基材或涂层表面，经过碳化硅生长后局部或全部陷于碳化硅涂层中，形成大小不一、形状各异的形貌缺陷。碎屑缺陷典型的形貌为：有明显菱角的不规则形状碎片，在碳化硅涂层表面有肉眼可见的明显凸起。

3.5

划痕 scratch

碳化硅涂层表面一种浅的细沟槽，其长宽比大于5:1。

3.6

漏石墨 leaky graphite

石墨基材表面在沉积碳化硅涂层后，导致局部点状区域的石墨基材没有覆盖碳化硅涂层而产生的漏基材缺陷。

注：漏石墨缺陷另外一种典型来源为：碳化硅涂层表面存在颗粒或碎屑，在打磨处理过程中导致碳化硅涂层破损，导致石墨基材漏出。

3.7

涂层脱落 coating shedding

石墨基材表面在沉积碳化硅涂层后，碳化硅涂层从表面脱落或剥落。涂层脱落缺陷的典型形貌为：呈较大面积，且涂层脱落或剥落后漏出石墨基材。

4 基本要求

4.1 原材料要求

制备半导体外延用碳化硅涂层石墨基座的主要原材料包括但不限于等静压石墨（各向同性石墨）、四氯化硅、甲基三氯硅烷、氢气、氩气。

4.1.1 原材料性能要求

4.1.1.1 石墨性能应符合表 1 的要求。

表 1 石墨性能要求

项目	指标
体密度（g/cm ³ ）	1.78~1.86
开口气孔率（%）	9~13
抗折强度（MPa）	≥45
膨胀系数 200℃（10 ⁻⁶ /℃）	4.0~5.0
导热系数（W/mk）	≥85
纯化后杂质含量 GDMS（ppm）	<5
注：1ppm=1/1000000。	

4.1.1.2 石墨纯化后部分重点元素杂质含量应符合表 2 的要求。

表 2 石墨纯化后杂质含量要求

单位：ppm

元素	B	P	S	Cl	Ca	Ti	V	Cr	Fe	Cu	Zr	Mo
杂质含量	≤1.0	≤0.1	≤0.3	≤0.2	≤0.1	≤0.5	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.05	≤0.1	≤0.2

4.1.1.3 其他原材料性能应符合表 3 的要求。

表 3 其他原材料性能要求

原材料名称	项目	指标
四氯化硅	纯度（%）	≥99.999

表3 其他原材料性能要求（续）

原材料名称	项目	指标
甲基三氯硅烷	纯度（%）	≥99.99
氢气	纯度（%）	≥99.999
氩气	纯度（%）	≥99.999

4.1.2 原材料存储要求

石墨原材料储存环境在干燥、通风的环境中，防腐防潮，防雨防晒。

4.2 设备要求

主要生产设备：计算机数控加工中心（简称CNC）、清洗机、烘烤箱、CVD沉积炉、纯化炉等。

4.3 环境要求

车间环境应满足下列要求：

- a) CNC车间：温度20℃～26℃，湿度40%～60%；
- b) CVD车间：温度15℃～31℃；湿度40%～60%；
- c) 洁净室、包装室：温度18℃～22℃；湿度30%～60%；
- d) 仓库：温度25℃±10℃；湿度≤55%。

4.4 产品命名

产品名称根据客户要求和产品特征进行命名。

5 技术要求

5.1 外观要求

产品外观应满足表4的要求。

表4 产品外观要求

序号	项目	检测方法	外观标准
1	颗粒	目视菲林片	正面环带处和concave不允许有颗粒，其他部位颗粒<0.2mm，少于10颗
2	支撑点	目视菲林片	正面不允许有支撑点，反面支撑点面积不可大于4mm且不可漏石墨
3	打磨印	目视菲林片	1. 正面允许轻微打磨；2. 正面取打磨印记最密集位置1cm ² 区域打磨印记（0.2mm～1mm大小）<20个；3. 整盘打磨印记长度（1mm～2mm）<10个，长度（2mm～10mm）、宽度（<300um）<2个
4	碎屑	目视菲林片	碎屑印面积不可超过2mm，不可超过3处
5	色差	目视	允许微弱的色差（需要仔细观察才能察觉）；不允许肉眼可以明显察觉的色差
6	缺损	目视菲林片	缺损长度少于0.5mm，不可露石墨
7	划痕	目视菲林片	最长1cm，宽度0.5mm，少于2个，不可漏石墨
8	漏石墨	目视	不允许
9	涂层脱落	目视	不允许

5.2 尺寸要求

产品尺寸应满足表5的要求。

表5 产品尺寸要求

序号	项目	检测仪器	尺寸公差标准
1	一般尺寸	三坐标测量仪	正面<0.2mm、反面<0.3mm
2	盘平面度	三坐标测量仪	正面十字形对称、公差±0.1mm
3	凹面（Concave）	三坐标测量仪	长度±0.1mm、宽度±0.05mm

表 5 产品尺寸要求（续）

序号	项目	检测仪器	尺寸公差标准
4	滑道（Slot）孔	三坐标测量仪	高度差值小于0.1mm，合格
5	中圈环带高度差	三坐标测量仪	以图纸尺寸标准公差为准
6	环平面度	三坐标测量仪	8寸正反面<0.2mm； 6寸正反面<0.15mm
7	环开口尺寸	三坐标测量仪	±0.3mm
8	特殊结构	三坐标测量仪	以图纸尺寸标准公差为准

5.3 涂层粗糙度

表面粗糙度，应以供需双方共同认可的图纸为准。

5.4 涂层厚度

采用计算法，产品表面碳化硅涂层厚度为110 μm±15 μm。

5.5 杂质含量

产品基材为高纯等静压石墨，杂质含量应不大于5ppm；涂层为高纯碳化硅，杂质含量应不大于5ppm。

5.6 结合强度

碳化硅涂层和石墨基材结合强度应不小于15MPa。

5.7 抗热震性能

半导体外延用碳化硅涂层石墨基座产品抗热震性能采用水冷测试，测试温度为360℃，以产品表面出现开裂、崩缺或涂层脱落判定失效，并记录耐受次数。抗热震次数应不小于8次。

5.8 涂层材料性能

5.8.1 热膨胀系数

室温至1000℃，碳化硅涂层材料的热膨胀系数均值为4.4±0.2×10⁻⁶。

5.8.2 导热系数

碳化硅涂层材料的导热系数为2.2±0.2W/(cm·K) (常温)。

5.8.3 体密度和气孔率

5.8.3.1 碳化硅涂层材料的气孔率<0.1% (常温)。

5.8.3.2 碳化硅涂层材料的体密度为 3.19g/cm³~3.21g/cm³ (常温)。

5.8.4 硬度

碳化硅涂层材料的硬度为25GPa~29GPa (常温)。

6 试验方法

6.1 产品外观检测采用目视法，部分外观检测需定制菲林片比对。

6.2 产品尺寸检测采用三坐标测量，测试设备精度≤3 μm。

6.3 产品表面粗糙度采用粗糙度仪测量，仪器精度 1 μm。

6.4 碳化硅涂层厚度采用计算法得出，计算公式为公式（1）：

$$H = \frac{M_1 - M_2}{\rho \times S} \dots\dots\dots (1)$$

式中：
H——碳化硅涂层厚度，单位cm；
M₁——石墨基材和碳化硅涂层总重，单位 g，测量设备精度 0.01g；

M_2 ——石墨基材重量，单位 g，测量设备精度 0.01g；

ρ ——碳化硅密度，单位 g/cm^3 ；

S ——石墨基材表面积，单位 cm^2 。

- 6.5 材料杂质含量按 ISO/TS 15338 的规定进行。
- 6.6 界面结合强度按 GB/T 31541 的规定进行。
- 6.7 抗热震性能按 GB/T 37246 的规定进行。
- 6.8 热膨胀系数按 GB/T 16535 的规定进行。
- 6.9 导热系数按 GB/T 22588 的规定进行。
- 6.10 体密度和气孔率按 GB/T 25995 的规定进行。
- 6.11 硬度按 GB/T 16534 的规定进行。
- 6.12 四氯硅烷、甲基三氯硅烷纯度按 GB/T 30903 的规定进行。
- 6.13 氢气纯度按 GB/T 3634.2 的规定进行。
- 6.14 氩气纯度按 GB/T 4842 的规定进行。

7 检验规则

7.1 组批

产品应成批提交验收，每批应由相同规格的碳化硅石墨基座组成。

7.2 检验项目

- 7.2.1 每批产品应对产品性能参数、表面质量、表面粗糙度、尺寸进行检测。
- 7.2.2 每批产品涂层的表面金属浓度及厚度是否检验由供需双方协商确定。
- 7.2.3 每批产品的检验项目，应满足表 6 的要求。

表 6 产品检验项目

序号	项目	检测方法/仪器	检验频度
1	颗粒	目视菲林片	全检
2	支撑点	目视菲林片	全检
3	打磨印	目视菲林片	全检
4	碎屑	目视菲林片	全检
5	色差	目视	全检
6	缺损	目视菲林片	全检
7	划痕	目视菲林片	全检
8	漏石墨	目视	全检
9	涂层脱落	目视	全检
10	一般尺寸	三坐标测量仪	全检
11	盘平面度	三坐标测量仪	全检
12	Concave	三坐标测量仪	全检（针对含Concave产品）
13	Slot孔	三坐标测量仪	全检（针对含Slot孔产品）
14	中圈环带高度差	三坐标测量仪	全检（针对含环带产品）
15	环平面度	三坐标测量仪	全检（针对含环带产品）
16	环开口尺寸	三坐标测量仪	全检（针对含开口环类产品）
17	特殊结构	三坐标测量仪	全检（针对含特殊结构产品）

7.3 检测设备

主要检测设备包括：三坐标测量仪、二次元测试仪、激光扫描仪等。

7.4 取样

- 7.4.1 每批产品非破坏性检测的项目检测按 GB/T2828.1-2012 一般检查水平II，正常检查一次抽样方案进行，或按供需双方协商的抽样方案进行。

7.4.2 每批产品的表面金属检测按 GB/T2828.1-2012 特殊检查水平 S-2，正常检查一次抽样方案进行，或按供需双方协商的抽样方案进行。

7.5 检验结果的判定

7.5.1 产品如需方抽检有任一片不合格，判该批产品为不合格。

7.5.2 产品其他检验项目的接收质量限 (AQL) 应符合标准规定。

7.5.3 抽检不合格的产品，可对不合格项进行逐片检验，除去不合格品后，合格品可重新组批。

7.6 检查和验收

7.6.1 产品应由供方或第三方进行检验，保证产品质量符合本文件及订单的规定。

7.6.2 需方可对收到的产品进行检验。若检验结果与本文件或订单的规定不符时，应在收到产品之日起 3 个月内以书面形式向供方提出，由供需双方协商确定。

8 包装、运输和贮存

8.1 包装

8.1.1 内包装：应抽真空包装（紧致石墨件）或充氮气封装（蓬松石墨件），并使用两层大号透明塑封袋包装产品物料。物料标签贴在最外层包装上，标签信息按约定执行。

8.1.2 独立包装：单独物料盒，盒内包裹、填充缓冲保护材料，不允许物料有明显晃动。粘贴物料标签，内外需一致，外包装张贴易碎警示标识，包装箱外应有“小心轻放”“防腐防潮”“易碎”字样或标记，并注明如下内容：

- a) 需方名称；
- b) 产品名称；
- c) 产品数量；
- d) 供方名称。

8.1.3 碳化硅涂层石墨基座的包装按规定进行，或由供需双方协商确定。

8.2 运输

运输包装应能承受在运输过程中可能遇到的冲击、挤压和振动等力量，并能保护产品免受损坏或破裂。产品在运输过程中应轻装轻卸、勿挤勿压，并有防震措施。

8.3 贮存

8.3.1 产品应贮存在洁净、干燥的环境中。

8.3.2 碳化硅石墨基座的贮存期限为 1 年。
