ICS 29.045
CCS H 83

中华人民共和国国家标准

GB/T 43885—2024

碳化硅外延片

Silicon carbide epitaxial wafers

2024-04-25 发布　　2024-11-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

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。

本文件由全国半导体设备和材料标准化技术委员会(SAC/TC 203)与全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分会(SAC/TC 203/SC 2)共同提出并归口。

本文件起草单位：南京国盛电子有限公司、广东天域半导体股份有限公司、上海天岳半导体材料有限公司、北京天科合达半导体股份有限公司、瀚天天成电子科技(厦门)股份有限公司、TCL环鑫半导体(天津)有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司、南京盛鑫半导体材料有限公司、山西烁科晶体有限公司、河北普兴电子科技股份有限公司、安徽长飞先进半导体有限公司、中电化合物半导体有限公司、上海合晶硅材料股份有限公司、江苏华兴激光科技有限公司、杭州乾晶半导体有限公司、湖南三安半导体有限责任公司、浙江晶睿电子科技有限公司、宁波合盛新材料有限公司、沈阳星光技术陶瓷有限公司、深圳基本半导体有限公司、海迪科(南通)光电科技有限公司、哈尔滨科友半导体产业装备与技术研究院有限公司、连科半导体有限公司。

本文件主要起草人：李国鹏、仇光寅、刘勇、骆红、李素青、丁雄杰、舒天宇、佘宗静、冯淦、杨玉聪、王银海、侯晓蕊、薛宏伟、刘红超、金向军、尚海波、刘薇、王岩、徐所成、李毕庆、陈浩、袁肇耿、周勋、刘长春、汪之涵、黄勤金、赵丽丽、胡动力、和巍巍。

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

碳化硅外延片

1 范围

本文件规定了碳化硅外延片的产品分类、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输与贮存、随行文件和订货单内容。

本文件适用于在导电型碳化硅衬底上，生长碳化硅同质外延层的外延片，产品用于制作碳化硅电力电子器件。

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 6624 硅抛光片表面质量目测检验方法

GB/T 14146 硅外延层载流子浓度测定 电容-电压法

GB/T 14264 半导体材料术语

GB/T 19921 硅抛光片表面颗粒测试方法

GB/T 29505 硅片平坦表面的表面粗糙度测量方法

GB/T 30656 碳化硅单晶抛光片

GB/T 32278 碳化硅单晶片平整度测试方法

GB/T 39145 硅片表面金属元素含量的测定 电感耦合等离子体质谱法

GB/T 42902 碳化硅外延片表面缺陷的测试 激光散射法

GB/T 42905 碳化硅外延层厚度的测试 红外反射法

YS/T 28 硅片包装

3 术语和定义

GB/T 14264 界定的术语和定义适用于本文件。

4 产品分类

4.1 碳化硅外延片按外延层导电类型分为n型和p型。n型外延层载流子元素为氮，p型外延层载流子元素为铝。

4.2 碳化硅外延片按直径分为76.2 mm、100.0 mm、150.0 mm、200.0 mm等类型。

4.3 碳化硅外延片按晶型分为4H和6H。

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

5 技术要求

5.1 总则

碳化硅外延片合格质量区(FQA)的边缘去除要求符合表1的规定。

表1 边缘去除区

直径 mm	边缘去除区 mm
76.2	2.0
100.0	3.0
150.0	3.0
200.0	3.0

5.2 衬底材料

碳化硅外延片用衬底材料应符合GB/T 30656的规定。衬底片的技术要求由供方保证,如有需求可由供方提供检测值。

5.3 缓冲层

p型碳化硅外延片一般无缓冲层要求。n型碳化硅外延片缓冲层的导电类型是n型,其载流子元素为氮,具体要求应符合表2的规定。

表2 缓冲层

外延层厚度 μm	缓冲层厚度 μm	缓冲层载流子浓度 cm^{-3}
<20	0.5±20%	1E18±25%
≥20	1.0±20%	

5.4 外延层

5.4.1 载流子浓度

碳化硅外延片的外延层载流子浓度及其允许偏差和径向载流子浓度变化应符合表3的规定。

表3 外延层载流子浓度及其允许偏差和径向载流子浓度变化

导电类型	外延层厚度 μm	外延层载流子浓度 cm^{-3}	要求	直径 76.2 mm	直径 100.0 mm	直径 150.0 mm	直径 200.0 mm
n型	0.2～4	5E13～2E19	载流子浓度允许偏差	±50%	±50%	±50%	±50%
	>4～20			±10%	±10%	±15%	±15%
	>20～50			±15%	±15%	±20%	±20%
	>50～150			±25%	±25%	±30%	±30%

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

表 3　外延层载流子浓度及其允许偏差和径向载流子浓度变化（续）

导电类型	外延层厚度 μm	外延层载流子浓度 cm^{-3}	要求	直径 76.2 mm	直径 100.0 mm	直径 150.0 mm	直径 200.0 mm
n 型	0.2～4	5E13～2E19	径向载流子浓度变化	≤15%	≤15%	≤15%	≤15%
	>4～20			≤5%	≤5%	≤8%	≤10%
	>20～50			≤10%	≤10%	≤10%	≤15%
	>50～150			≤15%	≤15%	≤15%	≤15%
p 型	0.2～150	5E13～2E19	载流子浓度允许偏差	±50%			
			径向载流子浓度变化	≤25%			
多层外延层	0.2～150	—	载流子浓度允许偏差	±50%			
			径向载流子浓度变化	≤25%			

5.4.2　外延层厚度

碳化硅外延片的外延层厚度及其允许偏差和径向厚度变化应符合表 4 的规定。

表 4　外延层厚度及其允许偏差和径向厚度变化

外延层厚度 μm	要求	直径 76.2 mm	直径 100.0 mm	直径 150.0 mm	直径 200.0 mm
0.2～4	厚度允许偏差	±25%	±25%	±25%	±25%
>4～20		±10%	±10%	±10%	±10%
>20～50		±8%	±8%	±8%	±8%
>50～150		±5%	±5%	±5%	±5%
0.2～4	径向厚度变化	≤10%	≤10%	≤10%	≤10%
>4～20		≤5%	≤5%	≤5%	≤5%
>20～50		≤5%	≤5%	≤5%	≤5%
>50～150		≤5%	≤5%	≤5%	≤5%

5.5　晶格完整性

碳化硅外延层晶格缺陷应符合表 5 的规定。

表 5　晶格缺陷

检验项目	要求			
	直径 76.2 mm	直径 100 mm	直径 150 mm	直径 200 mm
层错密度 cm^{-2}	≤5	≤5	≤5	≤10
基平面位错密度 cm^{-2}	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

表 5　晶格缺陷（续）

检验项目	要求			
	直径 76.2 mm	直径 100 mm	直径 150 mm	直径 200 mm
微管缺陷(微管直径＞10 μm)、胡萝卜缺陷、彗星缺陷、三角形缺陷、梯形缺陷、掉落物缺陷的缺陷密度 cm^{-2}	≤1	≤1	≤1	≤2

5.6　表面质量

5.6.1　碳化硅外延片的正表面质量应符合表 6 的规定。

表 6　正表面质量

检验项目	要求			
	直径 76.2 mm	直径 100.0 mm	直径 150.0 mm	直径 200.0 mm
划痕、划伤 mm	累计长度 ≤76.2	累计长度 ≤100.0	累计长度 ≤150.0	累计长度 ≤200.0
突起 个/片	≤400	≤400	≤650	≤800
崩边 、缺口、沟槽	无	无	无	无
橘皮、裂纹、疵点、条纹、多晶型区域	无	无	无	无
沾污	无	无	无	无
颗粒(≥1 μm) 个/片	≤100	≤200	≤300	≤400

5.6.2　碳化硅外延片的背表面应颜色均匀一致，背表面质量要求由供需双方协商确定。

5.7　表面粗糙度

碳化硅外延片表面粗糙度应符合表 7 的规定。

表 7　表面粗糙度

外延层厚度 μm	表面粗糙度(Ra)			
	直径 76.2 mm	直径 100.0 mm	直径 150.0 mm	直径 200.0 mm
0.2～4	≤0.5 nm	≤0.5 nm	≤0.5 nm	≤0.5 nm
＞4～20	≤0.5 nm	≤0.5 nm	≤0.5 nm	≤0.5 nm
＞20～50	≤0.5 nm	≤0.5 nm	≤0.5 nm	≤0.5 nm
＞50～100	≤0.8 nm	≤0.8 nm	≤0.8 nm	≤0.8 nm

注 1：表面粗糙度扫描范围为 10 μm×10 μm，取平均粗糙度(Ra)。

注 2：外延层厚度在 100 μm 以上和多层结构的表面粗糙度由供需双方协商确定。

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

5.8 几何参数

碳化硅外延片的几何参数应符合表 8 的规定。

表 8 几何参数

项目	要求			
	直径 76.2 mm	直径 100.0 mm	直径 150.0 mm	直径 200.0 mm
总厚度变化(TTV) μm	≤15	≤15	≤15	≤15
局部厚度变化(SBIR/LTV) μm	≤5	≤5	≤5	≤5
翘曲度(WARP) μm	≤40	≤50	≤50	≤50
弯曲度(BOW) μm	±35	±35	±35	±35

5.9 表面金属

碳化硅外延片表面各金属杂质离子含量均应不高于 1×10^{11} atoms/cm^2。

5.10 其他

如需方对产品技术指标有特殊要求，由供需双方协商确定并在订货单中注明。

6 试验方法

6.1 碳化硅外延片的缓冲层浓度测试按 GB/T 14146 的规定进行，碳化硅外延片的缓冲层厚度测试按 GB/T 42905 的规定进行。

6.2 碳化硅外延片的外延层载流子浓度测试按 GB/T 14146 的规定进行。碳化硅外延片的外延层载流子浓度为所有测试点的载流子浓度平均值，按公式(1)进行计算：

$$\overline{N}=\frac{\sum_{i=1}^{n}N_i}{n} \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：

$\overline{N}$ ——碳化硅外延片的外延层载流子浓度，单位为每立方厘米(cm^{-3})；

N_i——碳化硅外延片上第 i 个测试点的载流子浓度测试值，单位为每立方厘米(cm^{-3})；

n ——碳化硅外延片上的测试点数目。

碳化硅外延片的外延层载流子浓度测试点包括中心点、四个象限中至少一条半径上等间距多点、其余半径上至少 1 个点，测试点分布示意图见图 1，具体测试位置见表 9。如需方对测试点有特殊要求，也可由供需双方协商确定。

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

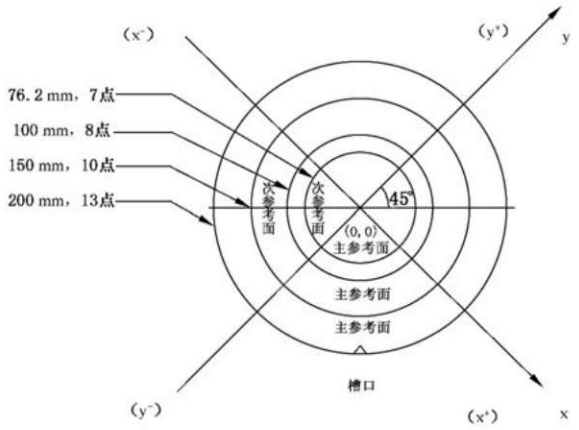

图 1　测试点分布示意图

表 9　测试位置

直径 mm	测试点位置												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
76.2	−33,0	−24,0	−16,0	0,0	0,24	24,0	0,−24						
100.0	−45,0	−30,0	−20,0	−10,0	0,0	0,45	45,0	0,−45					
150.0	−70,0	−65,0	−52,0	−39,0	−26,0	−13,0	0,0	0,52	52,0	0,−52			
200.0	−95,0	−90,0	−84,0	−72,0	−60,0	−48,0	−36,0	−24,0	−12,0	0,0	0,72	72,0	0,−72

6.3　碳化硅外延片的外延层载流子浓度允许偏差按公式(2)进行计算：

$$\Delta_N = \frac{\overline{N} - N_t}{N_t} \times 100\% \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中：

Δ_N ——碳化硅外延片的外延层载流子浓度允许偏差；

$\overline{N}$ ——碳化硅外延片的外延层载流子浓度，单位为每立方厘米(cm^{-3})；

N_t ——碳化硅外延片的外延层载流子浓度目标值，单位为每立方厘米(cm^{-3})。

6.4　碳化硅外延片的外延层径向载流子浓度变化按公式(3)进行计算：

$$N_U = \frac{\sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(N_i - \overline{N})^2}{n-1}}}{\overline{N}} \times 100\% \qquad \cdots\cdots(3)$$

式中：

N_U ——碳化硅外延片的外延层径向载流子浓度变化，%；

N_i ——碳化硅外延片上第 i 个测试点的载流子浓度测试值，单位为每立方厘米(cm^{-3})；

$\overline{N}$ ——碳化硅外延片的外延层载流子浓度，单位为每立方厘米(cm^{-3})；

n ——碳化硅外延片上的测试点数目。

6.5　碳化硅外延片外延层厚度的测试按 GB/T 42905 的规定进行。碳化硅外延片的外延层厚度为所有测试点的厚度平均值，按公式(4)进行计算：

$$\overline{d} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{n} \qquad \cdots\cdots(4)$$

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

式中：

$\overline{d}$ ——碳化硅外延片的外延层厚度，单位为微米(μm)；

d_i——碳化硅外延片上第 i 个测试点的外延层厚度测试值，单位为微米(μm)；

n ——碳化硅外延片上的测试点数目。

碳化硅外延片外延层厚度的测试点包括中心点、四个象限中至少一条半径上等间距多点、其余半径上至少 1 个点，测试点分布如图 1 所示，具体测试位置见表 9。如需方对测试点有特殊要求，也可由供需双方协商确定。

6.6 碳化硅外延片的外延层厚度允许偏差按公式(5)进行计算：

$$\Delta_d = \frac{\overline{d} - d_t}{d_t} \times 100\% \quad \cdots\cdots(5)$$

式中：

Δ_d ——碳化硅外延片的外延层厚度允许偏差，%；

$\overline{d}$ ——碳化硅外延片的外延层厚度，单位为微米(μm)；

d_t ——碳化硅外延片的外延层厚度目标值，单位为微米(μm)。

6.7 碳化硅外延片的外延层径向厚度变化按公式(6)进行计算：

$$d_U = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(d_i - \overline{d})^2}}{\overline{d}} \times 100\% \quad \cdots\cdots(6)$$

式中：

d_U ——碳化硅外延片的外延层径向厚度变化，%；

d_i ——碳化硅外延片上第 i 个测试点的外延层厚度测试值，单位为微米(μm)；

$\overline{d}$ ——碳化硅外延片的外延层厚度，单位为微米(μm)；

n ——碳化硅外延片上的测试点数目。

6.8 碳化硅外延片的外延层晶格完整性的检验按 GB/T 42902 的规定进行。

6.9 碳化硅外延片表面质量(不包括颗粒)的检验按 GB/T 6624 的规定进行，经供需双方协商可用显微镜检验确认。

6.10 碳化硅外延片表面颗粒的检测按 GB/T 19921 的规定进行。

6.11 碳化硅外延片表面粗糙度的检测按 GB/T 29505 的规定进行。

6.12 碳化硅外延片几何参数的检测按 GB/T 32278 的规定进行。

6.13 碳化硅外延片表面金属的检测按 GB/T 39145 的规定进行。

7 检验规则

7.1 检查和验收

7.1.1 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货单的规定。

7.1.2 需方可对收到的产品进行检验。若检验结果与本文件或订货单的规定不符时，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。

7.2 组批

产品应成批提交验收，每批应由相同规格的碳化硅外延片组成。

7.3 检验项目

7.3.1 每批产品应对外延层载流子浓度、外延层厚度、晶格完整性、表面质量、表面粗糙度、几何参数和

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

表面金属进行检验。

7.3.2 每批产品缓冲层的载流子浓度及厚度是否检验由供需双方协商确定。

7.4 取样

7.4.1 每批产品非破坏性检测的项目检测按 GB/T 2828.1—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/T 2828.1—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 产品导电类型、晶型由供方保证，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)应符合表 10 的规定。

表 10 检验项目及接收质量限

序号	检验项目			接收质量限 AQL
1	外延层载流子浓度			1.0
2	外延层径向载流子浓度变化			1.0
3	外延层厚度			1.0
4	外延层径向厚度变化			1.0
5	晶格完整性		层错密度	1.0
			基平面位错密度	1.0
			微管缺陷(微管直径＞10 μm)、胡萝卜缺陷、彗星缺陷、三角形缺陷、梯形缺陷、掉落物缺陷的缺陷密度	1.0
			累计	2.5
6	表面质量	正表面	划痕、划伤	1.0
			凹坑、突起	1.0
			崩边、缺口、沟槽	1.0
			橘皮、裂纹、疵点、条纹、多晶型区域	1.0
			沾污	1.0
			颗粒	1.0
			累计	2.5
		背表面	背面颜色一致性	1.0
7	表面粗糙度			1.0
8	几何参数		总厚度变化	1.0
			局部厚度变化	1.0
			翘曲度	1.0
			弯曲度	1.0
			累计	2.5
9	表面金属			1.0

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

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。

8 标志、包装、运输、贮存和随行文件

8.1 标志、包装

8.1.1 包装箱外应有“小心轻放”“防腐防潮”“易碎”字样或标记，并注明：

a) 需方名称；
b) 产品名称；
c) 产品数量；
d) 供方名称。

8.1.2 碳化硅外延片的包装按 YS/T 28 的规定进行，或由供需双方协商确定。

8.2 运输、贮存

8.2.1 产品在运输过程中应轻装轻卸、勿挤勿压，并有防震措施。

8.2.2 产品应贮存在洁净、干燥的环境中。

8.3 随行文件

每批产品应附随行文件，其上注明：

a) 供方名称；
b) 产品名称和产品规格；
c) 产品批号；
d) 产品数量；
e) 碳化硅衬底片生产厂家及主要技术参数；
f) 各项检验结果及检验部门印记；
g) 检验和审核人员的签字；
h) 生产日期；
i) 本文件编号；
j) 其他。

9 订货单内容

需方可根据自身的需要，在订购本文件所列产品的订货单内，列出以下内容：

a) 产品名称；
b) 产品规格；
c) 数量；
d) 本文件编号；
e) 其他。

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

粉体圈 www.360powder.com 标准下载

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
碳 化 硅 外 延 片
GB/T 43885—2024
*
中 国 标 准 出 版 社 出 版 发 行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)
网址:www.spc.net.cn
服务热线:400-168-0010
2024 年 4 月第一版
*
书号:155066·1-75924

版权专有 侵权必究

GB/T 43885-2024

粉体圈 www.360powder.com 标准下载