

团 体 标 准

T/CASAS 048—2025

碳化硅单晶生长用等静压石墨

Iso-static graphite for silicon carbide single crystals

2025 - 04 - 23 发布

2025 - 04 - 23 实施

第三代半导体产业技术创新战略联盟 发布

目 次

前言..... II

引言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 技术要求..... 2

 4.1 外观..... 2

 4.2 性能..... 2

 4.3 纯度要求及杂质元素含量..... 2

5 试验方法..... 2

 5.1 体积密度..... 2

 5.2 电阻率..... 2

 5.3 抗折强度..... 3

 5.4 耐压强度..... 3

 5.5 抗拉强度..... 3

 5.6 热膨胀系数..... 3

 5.7 热导率..... 3

 5.8 肖氏硬度..... 3

 5.9 各向同性度..... 3

 5.10 纯度及元素杂质含量..... 3

 5.11 动态弹性模量..... 3

 5.12 石墨化度..... 3

6 检验规则..... 3

 6.1 组批..... 3

 6.2 抽样..... 3

 6.3 取样..... 3

 6.4 制样..... 3

 6.5 出厂检验..... 4

 6.6 结果判定..... 4

 6.7 型式检验..... 4

7 标识、包装、运输和储存..... 4

 7.1 包装、标志、储存和运输..... 4

 7.2 贮存条件..... 4

附 录 A （资料性） 杂质元素总含量覆盖范围..... 5

参考文献..... 6

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。

本文件由第三代半导体产业技术创新战略联盟（CASA）制定发布，版权归CASA所有，未经CASA许可不得随意复制；其他机构采用本文件的技术内容制定标准需经CASA允许；任何单位或个人引用本文件的内容需指明本文件的标准号。

本文件主要起草单位：赛迈科先进材料股份有限公司、北京北方华创微电子装备有限公司、湖南三安半导体有限责任公司、山东天岳先进科技股份有限公司、山西烁科晶体有限公司、山东大学、中国科学院半导体研究所、中电化合物半导体有限公司、杭州海乾半导体有限公司、北京第三代半导体产业技术创新战略联盟。

本文件主要起草人：屈睿航、周明、董博宇、吴厚政、李贺、杨牧龙、彭珍珍、张静、田涛、李殿浦、袁振洲、宁秀秀、侯晓蕊、杨弥珺、武雷、徐明升、张逊熙、刘涛、曹洪涛、赵正星、范金桃、孔令沂、曾一平、耿博。

引 言

等静压石墨是由碳骨料、沥青等原材料通过磨粉、混捏、等静压成型、焙烧、浸渍、石墨化、纯化等工艺制造而成的石墨，也称为“各向同性”石墨。等静压石墨在碳化硅单晶生长过程中应用广泛，主要用于制造碳化硅单晶生长用的热场构件，如加热器、坩埚、籽晶托等。这些构件对于单晶生长过程的稳定性和晶体质量具有重要影响，质量良好、性能匹配的等静压石墨热场能够有效提升晶体生长良率。

我国的石墨产业发展迅速，但存在“高端产能不足，中低端产能过剩”的问题。近年来，随着半导体材料性能要求的日益提高，等静压石墨材料质量成为商家关注的重点。由于碳化硅单晶生长的工况条件极为复杂，包括极高的运行温度、复杂的腐蚀情况，以及严苛的洁净度要求等，等静压石墨的性能指标变化会极大地影响到晶体生长质量，甚至直接造成生长失败。因此，严格控制碳化硅单晶生长用等静压石墨的质量是保证单晶生长及控制质量的重要一环，具体体现在纯度、强度、抗腐蚀性、均匀性要求等多方面。

本文件的制定结合了国内众多碳化硅单晶厂商对碳化硅单晶生长用等静压石墨的具体指标要求，以及石墨生产厂家多年来在碳化硅单晶生长用石墨材料检测方面的详细数据积累。本文件的制定填补了国内空白，满足了第三代半导体碳化硅产业对等静压石墨构件的使用要求，有效保障碳化硅单晶的生长质量，推动我国半导体产业的健康发展。

希望以此标准的制定，衔接产业链上、中、下游，共同探讨产品需求的更多共识，促进我国半导体产业用石墨的转型升级、提质增效和创新发展。

碳化硅晶体生长用等静压石墨

1 范围

本文件描述了碳化硅单晶生长用等静压石墨的技术要求、试验方法、检验规则、标识、包装、运输和贮存等。

本文件适用于纯度要求达到5 N 5（质量分数99.9995 %）以上的碳化硅单晶生长用或碳化硅粉体合成用等静压石墨，包括碳化硅单晶生长用加热器、坩埚、籽晶托等内部构件，以及碳化硅粉体合成用加热器、坩埚等石墨热场部件。

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 1427 炭素材料取样方法
- GB/T 1431 炭素材料耐压强度测定方法
- GB/T 3074.1 炭素材料抗折强度测定方法
- GB/T 3704.2 石墨电极弹性模量测试方法
- GB/T 4048 高温气冷堆堆内构件用核级等静压石墨
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值表示和判定
- GB/T 8718 炭素材料术语
- GB/T 8719 炭素材料及其制品的包装、标志、储存、运输和质量证明书的一般规定
- GB/T 8721 炭素材料抗拉强度测定方法
- GB/T 22588 闪光法测试热扩散系数或导热系数
- GB/T 24525 炭素材料电阻率测定方法
- GB/T 24528 炭素材料体积密度测定方法
- GB/T 24533 锂离子电池石墨类负极材料

3 术语和定义

GB/T 8718界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

等静压石墨 iso-static graphite

由碳骨料、沥青等原材料通过磨粉、混捏、等静压成型、焙烧、浸渍、石墨化、纯化等工艺制造而成的石墨，也称为“各向同性”石墨。

3.2

杂质含量 impurity content

石墨中所含非碳元素的质量百分数。

3.3

纯度 purity

石墨中所含碳元素的质量百分数。

3.4

各向同性度 isotropy

成型重力方向热膨胀系数（CTE_⊥）与垂直成型重力方向热膨胀系数（CTE_∥）的比值。

[来源：GB/T 40408—2021,3.2]

4 技术要求

4.1 外观

产品表面不允许有肉眼可见的裂纹、磕碰、油污、砂眼等表面缺陷。

4.2 性能

碳化硅单晶生长用等静压石墨的理化性能和力学性能指标要求见表1。

表1 理化性能和力学性能指标要求

项目	单位	指标值要求
体积密度	g/cm^3	≥ 1.7
电阻率	$\mu\Omega\cdot m$	8~18
抗折强度	MPa	≥ 25
耐压强度	MPa	≥ 55
抗拉强度	MPa	≥ 15
热膨胀系数(RT-600℃)	$10^{-6}/K$	3-7
热导率(RT)	$W/(m\cdot K)$	≥ 80
肖氏硬度	HSD	≥ 30
各向同性度	/	≤ 1.05
石墨化度	%	≥ 70
动态弹性模量	GPa	8~12

4.3 纯度要求及杂质元素含量

碳化硅单晶生长用等静压石墨的纯度要求 $\geq 5N5$ (质量分数99.9995%),个别杂质元素含量应受控,具体要求见表2。

表2 杂质元素及其含量要求

受控元素	指标要求(单位为ppm)
B	≤ 0.05
Al	≤ 0.05
P	≤ 0.10
Ti	≤ 0.05
V	≤ 0.05

5 试验方法

5.1 体积密度

按照 GB/T 24528 的规定执行,数值修约按 GB/T 8170 规定执行。

5.2 电阻率

按照 GB/T 24525 规定执行，数值修约按 GB/T 8170 规定执行。

5.3 抗折强度

按照 GB/T 3074.1 规定执行，数值修约按 GB/T 8170 规定执行。

5.4 耐压强度

按照 GB/T 1431 规定执行，数值修约按 GB/T 8170 规定执行。

5.5 抗拉强度

按照 GB/T 8721 规定执行，数值修约按 GB/T 8170 规定执行。

5.6 热膨胀系数

按照 ASTM E228-22 规定执行，数值修约按 GB/T 8170 规定执行。

5.7 热导率

按照 GB/T 22588 规定执行，数值修约按 GB/T 8170 规定执行。

5.8 肖氏硬度

按照 GB/T 22588 规定执行，数值修约按 GB/T 8170 规定执行。

5.9 各向同性度

按照 GB/T 4048 规定执行，数值修约按 GB/T 8170 规定执行。

5.10 纯度及元素杂质含量

按照 ISO/TS 15338-2020 规定执行，数值修约按 GB/T 8170 规定执行。

5.11 动态弹性模量

按照 GB/T 3704.2 规定执行，数值修约按 GB/T 8170 规定执行。

5.12 石墨化度

按照 GB/T 24533 规定执行，数值修约按 GB/T 8170 规定执行。

6 检验规则

6.1 组批

由同一批次原料，按相同的配方和工艺，在同一石墨化炉内一次性生产出的同一牌号石墨为一个批次。

6.2 抽样

每批次抽取样品量不低于3块，当同一批次石墨块数量较多时，抽样数量不低于同批次石墨块总块量的10%。

6.3 取样

按 GB/T 1427 第5章（石墨块）的规定在抽取的样品上取样，试样应均匀且具有代表性。

6.4 制样

试样制备成满足对应测试标准要求的几何形状和大小，试样待测表面应平整清洁，并使用吹尘枪吹去表面残留粉末。

6.5 出厂检验

产品检验分为出厂检验和型式检验，检验项目按表3规定。

表 3 检验项目

检验项目	技术要求	检验方法	出厂检验	型式检验
体积密度	4.2	5.1	√	√
电阻率	4.2	5.2	—	√
抗折强度	4.2	5.3	√	√
耐压强度	4.2	5.4	—	√
抗拉强度	4.2	5.5	—	√
热膨胀系数	4.2	5.6	—	√
热导率	4.2	5.7	—	√
肖氏硬度	4.2	5.8	—	√
纯度及杂质元素含量	4.2	5.9	—	√
各向同性度	4.2	5.10	√	√
石墨化度	4.2	5.11	—	√
动态弹性模量	4.2	5.12	—	√
注：“√”代表必检项目，“—”代表未检项目。				

6.6 结果判定

按照表 3 规定的出厂检验项目进行检测，结果全部合格时，判定为合格；结果不合格时，允许从该批次中双倍取样，对不合格项目进行复验。复验结果全部合格时，判为批次合格；复验时结果出现不合格，则判定该批产品为不合格。

6.7 型式检验

有下列情况之一时应进行型式检验，型式检验取 2 份样品，1 份检测，1 份备样：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产时，每两年一次；
- d) 停产一年后，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与型式试验有较大差异时；
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

全部检验项目合格时，结果判定合格。

7 标识、包装、运输和储存

7.1 包装、标志、储存和运输

按 GB/T 8719 的规定执行。

7.2 贮存条件

洁净仓库条件：

- a) 环境温度：20℃～26℃；
- b) 湿度控制：40%～70%。

附 录 A
(资料性)
杂质元素总含量覆盖范围

杂质元素总含量覆盖范围参考表A. 1。

表A. 1 杂质元素总含量覆盖范围

序号	元素	序号	元素
1	Li	38	Ag
2	Be	39	Cd
3	B	40	In
4	F	41	Sn
5	Na	42	Sb
6	Mg	43	Te
7	Al	44	I
8	Si	45	Cs
9	P	46	Ba
10	S	47	La
11	Cl	48	Ce
12	K	49	Pr
13	Ca	50	Nd
14	Sc	51	Sm
15	Ti	52	Eu
16	V	53	Gd
17	Cr	54	Tb
18	Mn	55	Dy
19	Fe	56	Ho
20	Co	57	Er
21	Ni	58	Tm
22	Cu	59	Yb
23	Zn	60	Lu
24	Ga	61	Hf
25	Ge	62	Ta
26	As	63	W
27	Se	64	Re
28	Br	65	Os
29	Rb	66	Ir
30	Sr	67	Pt
31	Y	68	Au
32	Zr	69	Hg
33	Nb	70	Tl
34	Mo	71	Pb
35	Ru	72	Bi
36	Rh	73	Th
37	Pd	74	U

注：因不同辉光放电质谱仪导致该表中个别元素无法覆盖的情况，同样适应本文件。

参 考 文 献

- [1] ISO/TS 15338 Surface chemical analysis — Glow discharge mass spectrometry — Operating procedures
 - [2] ASTM E228 用推杆膨胀仪测定固体材料的线性膨胀系数的标准试验方法
-

