ICS 29.045
CCS H 82

中华人民共和国国家标准

GB/T 44334—2024

埋层硅外延片

Silicon epitaxial wafers with buried layers

2024-08-23 发布　　2025-03-01 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
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　产品分类 …… 2
5　技术要求 …… 2
5.1　衬底材料 …… 2
5.2　外延层 …… 2
5.3　几何参数 …… 4
5.4　表面金属 …… 4
5.5　表面质量 …… 4
5.6　边缘 …… 5
5.7　其他 …… 5
6　试验方法 …… 5
7　检验规则 …… 6
7.1　检查与验收 …… 6
7.2　组批 …… 6
7.3　检验项目 …… 6
7.4　取样 …… 6
7.5　检验结果的判定 …… 6
8　标志、包装、运输、贮存和随行文件 …… 7
8.1　标志和包装 …… 7
8.2　运输和贮存 …… 8
8.3　随行文件 …… 8
9　订货单内容 …… 8

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技术委员会（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、西安龙威半导体有限公司、上海晶盟硅材料有限公司、浙江金瑞泓科技股份有限公司、中环领先半导体材料有限公司、浙江丽水中欣晶圆半导体科技有限公司、南京盛鑫半导体材料有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司、河北普兴电子科技股份有限公司、盖泽华矽半导体科技（上海）有限公司、赛晶亚太半导体科技（浙江）有限公司。

本文件主要起草人：仇光寅、王银海、谢进、骆红、贺东江、马林宝、顾广安、李慎重、李春阳、徐西昌、徐新华、袁夫通、刘小青、米姣、周益初、张强。

埋层硅外延片

1 范围

本文件规定了埋层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、贮存、随行文件和订货单内容。

本文件适用于具有埋层结构的硅外延片的生产制造、测试分析和质量评价，产品主要用于制作集成电路芯片和半导体分立器件。

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 1550 非本征半导体材料导电类型测试方法

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 6617 硅片电阻率测定 扩展电阻探针法

GB/T 6624 硅抛光片表面质量目测检验方法

GB/T 12964 硅单晶抛光片

GB/T 13389 掺硼掺磷掺砷硅单晶电阻率与掺杂剂浓度换算规程

GB/T 14139 硅外延片

GB/T 14141 硅外延层、扩散层和离子注入层薄层电阻的测定 直排四探针法

GB/T 14142 硅外延层晶体完整性检验方法 腐蚀法

GB/T 14146 硅外延层载流子浓度的测试 电容-电压法

GB/T 14264 半导体材料术语

GB/T 14847 重掺杂衬底上轻掺杂硅外延层厚度的红外反射测量方法

GB/T 19921 硅抛光片表面颗粒测试方法

GB/T 24578 硅片表面金属沾污的全反射X光荧光光谱测试方法

GB/T 29507 硅片平整度、厚度及总厚度变化测试 自动非接触扫描法

GB/T 32280 硅片翘曲度和弯曲度的测试 自动非接触扫描法

GB/T 35310 200 mm硅外延片

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

YS/T 28 硅片包装

3 术语和定义

GB/T 14264界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

埋层硅外延片 silicon epitaxial wafers with buried layers

在埋层上外延生长半导体硅单晶薄膜层获得的晶片。

4 产品分类

4.1 埋层硅外延片按外延层导电类型分为n型和p型。n型外延层掺杂元素为磷或砷，p型外延层掺杂元素为硼。

4.2 埋层硅外延片按直径尺寸分为76.2 mm、100.0 mm、125.0 mm、150.0 mm、200.0 mm等规格。

4.3 埋层硅外延片按晶向分为〈111〉、〈100〉、〈110〉等。

5 技术要求

5.1 衬底材料

5.1.1 埋层衬底掺杂元素和电阻率应符合表1的规定，其他包括衬底的晶向、径向电阻率变化、厚度、径向厚度变化等应符合GB/T 12964、GB/T 14139、GB/T 35310的相关规定，其质量由需方保证。

表1 埋层衬底质量要求

导电类型	掺杂元素	电阻率 Ω•cm
n型	磷、砷、锑	≤20
p型	硼	≤100

5.1.2 埋层的注入元素有磷、砷、锑、硼，注入元素、注入剂量由需方注明。

5.1.3 埋层的表面质量应符合表2的规定，其他包括埋层的晶格完整性、几何参数、表面金属、表面颗粒等应符合GB/T 12964、GB/T 14139、GB/T 35310的相关规定，需方对埋层表面质量有其他要求时，由供需双方协商确定。

表2 埋层表面质量要求

氧化层去除情况	宏观表背面质量	微观表面图形质量
日光灯（照度大于300 lx）检验要求氧化层完全去除，无黑点、黑斑等氧化层残留痕迹	聚光灯（照度大于18万lx）检验要求表面激光标号清晰，表面/背面无划伤、大亮点等缺陷，背面无可见环形区域；无尖峰、缺角、裂纹、雾、针孔	显微镜（放大倍数大于50倍）检验要求无划伤、无色差、图形清晰，无显著缺陷（滑移线、层错、位错等微观缺陷）

5.2 外延层

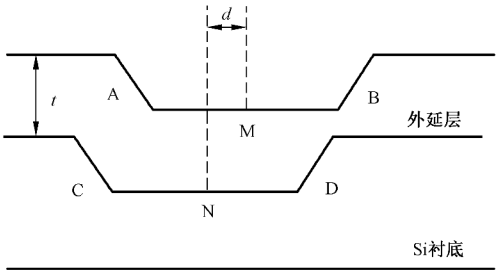
5.2.1 图形规格参数

5.2.1.1 埋层硅外延片的图形漂移率和图形畸变率应符合表3的规定。

表3 图形漂移率和图形畸变率

项目	要求
图形漂移率	≤0.9
图形畸变率	≤1.5

5.2.1.2 图形漂移率为埋层衬底表面图形中心点和外延层表面对应的图形中心点之间的横向距离与外延层厚度的比值，如图1所示。



标引序号说明：

CD 段——埋层衬底上电路图形宽度，N 为 CD 中点，CN＝ND；

AB 段——外延后的电路图形宽度，M 为 AB 中点，AM＝MB；

d ——外延层上图形宽度与衬底上图形宽度的偏离，即 M 点和 N 点的偏差；

t ——外延层厚度。

图 1 图形漂移率示意图

图形漂移率按公式（1）进行计算：

$$\Delta_1 = \frac{d}{t} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

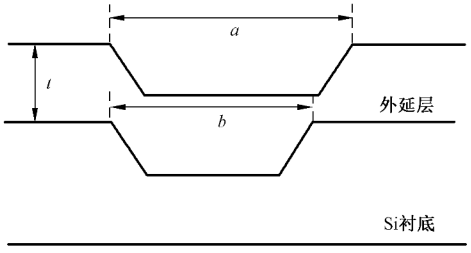
式中：

Δ_1 —— 图形漂移率；

d —— 外延层上图形宽度与衬底上图形宽度的偏离，即M点和N点的偏差，单位为微米（μm）；

t —— 外延层厚度，单位为微米（μm）。

5.2.1.3 图形畸变率为埋层衬底上的图形宽度和外延层表面图形宽度之差的绝对值与外延层厚度的比值，如图 2 所示。



标引序号说明：

a——外延层表面的图形宽度；

b——埋层衬底上的图形宽度；

t——外延层厚度。

图 2 图形畸变率示意图

图形畸变率按公式（2）进行计算：

$$\Delta_2 = \frac{|a-b|}{t} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

式中：

Δ_2 —— 图形畸变率；

a —— 外延层表面的图形宽度，单位为微米（μm）；

b —— 埋层衬底上的图形宽度，单位为微米（μm）；

t —— 外延层厚度，单位为微米（μm）。

5.2.2 电阻率及径向电阻率变化

埋层硅外延片的外延层电阻率及径向电阻率变化应符合表4的规定。

表4 外延层电阻率及径向电阻率变化

电阻率 Ω•cm	电阻率允许偏差	径向电阻率变化（*RV*）
0.01～100	±5%	≤5%
>100	±15%	≤15%

5.2.3 厚度及径向厚度变化

埋层硅外延片的外延层厚度及径向厚度变化应符合表5的规定。

表5 外延层厚度及径向厚度变化

厚度 μm	厚度允许偏差	径向厚度变化（*TV*）
1～50	±5%	≤5%

5.2.4 纵向电阻率分布及过渡区宽度

5.2.4.1 埋层硅外延片的外延层纵向电阻率分布由供需双方协商确定。

5.2.4.2 埋层硅外延片的外延层过渡区宽度应小于外延层厚度的15%，或由供需双方协商确定。

5.2.5 晶格完整性

埋层硅外延片外延层的位错密度和层错密度均应不大于10个/cm^2。

5.3 几何参数

埋层硅外延片的几何参数包括总厚度变化、总平整度、局部平整度、弯曲度、翘曲度等，不同直径的埋层硅外延片的几何参数应符合GB/T 14139、GB/T 35310中相同直径的产品的相关规定。

5.4 表面金属

埋层硅外延片的表面金属应符合表6的规定。

表6 表面金属

项目	含量 atoms/cm^2
铁、镍、铜、锌、铬等重金属杂质离子	≤3×10^{10}
钠、镁、铝、钾、钙等轻金属杂质离子	≤5×10^{10}

5.5 表面质量

埋层硅外延片的正表面质量和背表面质量应符合GB/T 14139、GB/T 35310的规定。正表面质量包括滑移线、颗粒（局部光散射体）、凹坑、冠状边缘、划痕、橘皮、波纹、裂纹、鸦爪、雾、崩边、沾污等。不同直径的埋层硅外延片的表面质量应符合GB/T 14139、GB/T 35310中相同直径的产品的

相关规定。

5.6 边缘

埋层硅外延片的边缘应光滑、无破损。

5.7 其他

需方如对埋层硅外延片有其他要求时，由供需双方协商确定并在订货单中注明。

6 试验方法

6.1 埋层硅外延片导电类型的检验按GB/T 1550的规定进行。

6.2 电阻率和掺杂浓度换算按GB/T 13389的规定进行。

6.3 埋层硅外延片外延层的图形漂移率和图形畸变率用台阶仪或放大倍数大于50倍的显微镜测试。

6.4 埋层硅外延片外延层的电阻率测试按GB/T 14141或GB/T 14146的规定进行，仲裁检验按GB/T 14141的方法进行。外延层的径向电阻率变化按公式（3）计算。

$$RV=\frac{\rho_{Max}-\rho_{Min}}{\rho_{Max}+\rho_{Min}}\times 100\% \quad \cdots\cdots (3)$$

式中：

RV —— 外延层的径向电阻率变化；

ρ_{Max} —— 中心点以及在平行于与垂直于主参考面或notch的两条直径上距周边6 mm±1 mm的5点位置处电阻率测量值的最大值，或中心点以及在平行于和垂直于主参考面或notch的两条直径上1/2半径以及距周边6 mm±1 mm的9点位置处电阻率测量值的最大值，单位为欧姆厘米（Ω•cm）；

ρ_{Min} —— 中心点以及在平行于与垂直于主参考面或notch的两条直径上距周边6 mm±1 mm的5点位置处电阻率测量值的最小值，或中心点以及在平行于和垂直于主参考面或notch的两条直径上1/2半径以及距周边6 mm±1 mm的9点位置处电阻率测量值的最小值，单位为欧姆厘米（Ω•cm）。

6.5 埋层硅外延片外延层的厚度测试按GB/T 14847的规定进行。外延层的径向厚度变化按公式（4）计算。

$$TV=\frac{T_{Max}-T_{Min}}{T_{Max}+T_{Min}}\times 100\% \quad \cdots\cdots (4)$$

式中：

TV —— 外延层的径向厚度变化；

T_{Max} —— 中心点以及在平行于与垂直于主参考面或notch的两条直径上距周边6 mm±1 mm的5点位置处的厚度测量值的最大值，或中心点以及在平行于和垂直于主参考面或notch的两条直径上1/2半径以及距周边6 mm±1 mm的9点位置处厚度测量值的最小值，单位为微米（μm）；

T_{Min} —— 中心点以及在平行于与垂直于主参考面或notch的两条直径上距周边6 mm±1 mm的5点位置处的厚度测量值的最小值，或中心点以及在平行于和垂直于主参考面或notch的两条直径上1/2半径以及距周边6 mm±1 mm的9点位置处厚度测量值的最小值，单位为微米（μm）。

6.6 埋层硅外延片外延层的纵向电阻率分布与外延层过渡区宽度的测试按GB/T 6617的规定进行，或按供需双方商定的方法进行。过渡区宽度按公式（5）计算：

$$W=W_1-W_2 \quad \cdots\cdots (5)$$

式中：

W —— 外延层的过渡区宽度，单位为微米（μm）；

W_1 —— 过渡区开始时的厚度，即衬底的载流子浓度平均值的90%对应的外延层厚度，单位为微米（μm）；

W_2 —— 过渡区结束时的厚度，即外延层的平坦区载流子浓度平均值的110%对应的外延层厚度，单位为微米（μm）。

6.7 埋层硅外延片外延层的晶格完整性（位错密度、层错密度）的检测按GB/T 14142的规定进行。

6.8 埋层硅外延片的总厚度变化、总平整度、局部平整度检测按GB/T 29507的规定进行。

6.9 埋层硅外延片的弯曲度、翘曲度检测按GB/T 32280的规定进行。

6.10 埋层硅外延片的表面金属检测按GB/T 39145或GB/T 24578的规定进行，仲裁检验按GB/T 39145的方法进行。

6.11 埋层硅外延片的正表面质量（除颗粒外）、背表面质量检验按GB/T 6624的规定进行，或按供需双方协商确定的方法进行。

6.12 埋层硅外延片的表面颗粒检验按GB/T 19921的规定进行。

6.13 埋层硅外延片的边缘检验按GB/T 6624的规定进行。

7 检验规则

7.1 检查与验收

7.1.1 产品应由供方技术质量部门进行检验，保证产品质量符合本文件规定，并填写产品质量证明书。

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，由供需双方协商解决。

7.2 组批

产品应成批提交验收，每批应由同一牌号、相同规格的埋层硅外延片组成，不应少于供需双方商定数量。

7.3 检验项目

7.3.1 每批产品应对导电类型、晶向、图形漂移率、图形畸变率、电阻率、径向电阻率变化、厚度、径向厚度变化、晶格完整性、几何参数、表面金属、表面质量、表面颗粒和边缘进行检验。

7.3.2 每批产品的纵向电阻率分布及过渡区宽度的检验、取样、结果判定由供需双方协商。

7.4 取样

7.4.1 每批产品非破坏性检测的项目，检测取样按GB/T 2828.1—2012中一般检查水平Ⅱ，正常检查一次抽样方案进行。

7.4.2 其他破坏性检测项目的检测取样按GB/T 2828.1—2012中特殊检查水平S-2，正常检查一次抽样方案进行。

7.5 检验结果的判定

7.5.1 产品导电类型由供方保证，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7的规定。

表 7　检测项目及接收质量限

序号	检验项目		接收质量限（AQL）
1	图形漂移率		1.0
2	图形畸变率		1.0
3	外延层电阻率		1.0
4	外延层径向电阻率变化		1.0
5	外延层厚度		1.0
6	外延层径向厚度变化		1.0
7	晶格完整性	外延层位错密度	1.0
8		外延层层错密度	1.0
9	几何参数	总厚度变化	1.0
		总平整度	1.0
		局部平整度	1.0
		弯曲度	1.0
		翘曲度	1.0
		累计	2.5
10	表面金属		1.0
11	正表面质量	滑移线	1.0
		颗粒（局部光散射体）	1.0
		凹坑	1.0
		冠状边缘	1.0
		划痕	1.0
		橘皮、波纹、裂纹、鸦爪	1.0
		雾	1.0
		崩边	1.0
		沾污	1.0
		累计	2.5
12	背表面质量		1.0
13	边缘		1.0

8　标志、包装、运输、贮存和随行文件

8.1　标志和包装

8.1.1　埋层硅外延片的包装按 YS/T 28 的规定执行。

8.1.2　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）　供方名称；

b） 需方名称；
c） 产品规格；
d） 产品数量。

8.2 运输和贮存

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） 产品名称和规格；
c） 产品批号；
d） 产品数量；
e） 埋层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。