ICS 29.045
CCS H 83

中华人民共和国国家标准

GB/T 47097—2026

氮化铝单晶抛光片

Polished monocrystalline aluminum nitride wafers

2026-01-28 发布　　2026-08-01 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　分类与牌号 …… 1
5　技术要求 …… 2
6　试验方法 …… 4
7　检验规则 …… 4
8　标志、包装、运输、贮存及随行文件 …… 5
9　订货单内容 …… 6
附录 A（规范性）　氮化铝单晶抛光片位错密度测试方法 …… 7

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：中国电子科技集团公司第四十六研究所、有色金属技术经济研究院有限责任公司、奥趋光电技术(杭州)有限公司、北京中材人工晶体研究院有限公司、江苏第三代半导体研究院有限公司、北京大学、深圳大学、北京大学东莞光电研究院、中电晶华(天津)半导体材料有限公司。

本文件主要起草人：张丽、何烜坤、程红娟、王英民、贺东江、李素青、姚康、吴亮、周振翔、王琦琨、齐海涛、于彤军、武红磊、王新强、李明达。

氮化铝单晶抛光片

1 范围

本文件规定了氮化铝单晶抛光片(以下简称“抛光片”)的牌号与分类、技术要求、检验规则、标志、包装、运输、贮存、随行文件和订货单内容,描述了相应的试验方法。

本文件适用于微波功率器件用直径为 25.4 mm 和 50.8 mm 的抛光片的生产、检验及质量评价。

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 1555 半导体单晶晶向测定方法

GB/T 6624 硅抛光片表面质量目测检验方法

GB/T 13387 硅及其他电子材料晶片参考面长度测量方法

GB/T 13388 硅片参考面结晶学取向 X 射线测试方法

GB/T 14140 半导体晶片直径测试方法

GB/T 14264 半导体材料术语

GB/T 25915.1—2021 洁净室及相关受控环境 第 1 部分:按粒子浓度划分空气洁净度等级

GB/T 32188 氮化镓单晶衬底片 X 射线双晶摇摆曲线半高宽测试方法

GB/T 32189 氮化镓单晶衬底表面粗糙度的原子力显微镜检验法

GB/T 32278 碳化硅单晶片厚度和平整度测试方法

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

氮化铝单晶 aluminum nitride single crystal

由铝(Al)和氮(N)化合而成的单晶半导体材料。

3.2

氮化铝单晶的 Al 面 Al facet of single crystal aluminum nitride

氮化铝单晶(3.1)的 Al 极性(0001)晶面。

3.3

氮化铝单晶的 N 面 N facet of single crystal aluminum nitride

氮化铝单晶(3.1)的 N 极性($000\bar{1}$)晶面。

4 分类与牌号

4.1 分类

抛光片按要求分为工业级(P 级)和研究级(R 级)。

4.2 牌号

抛光片的牌号形式为 PVT AlN-DC-L，各字母代表的含义如下：

PVT AlN ——氮化铝物理气相传输法

D ——直径(1：25.4 mm；2：50.8 mm)

C ——(0001)晶面

L ——等级(P：工业级；R：研究级)

示例：PVT AlN-1C-P 代表的含义为该抛光片为工业级产品，直径为 25.4 mm，(0001)晶面的物理气相传输法氮化铝抛光片。

5 技术要求

5.1 表面质量

5.1.1 抛光片的标称边缘去除区见表 1。

表 1 标称边缘去除区

单位为毫米

直径	边缘去除区
25.4	1.0
50.8	2.0

5.1.2 在日光灯下，抛光片的表面质量应符合表 2 的规定。

表 2 表面质量

项目	工业级(P 级)		研究级(R 级)	
	25.4 mm	50.8 mm	25.4 mm	50.8 mm
崩边	晶片周围可有 1 个～2 个轻微崩边，累计长度小于 1 mm		晶片周围可有 2 个～3 个轻微崩边，累计长度小于 1.5 mm	
划痕	无	无	无	无
裂纹	无	无	无	无
六方空洞	尺寸小于 200 μm 且数量(个)符合下列要求		尺寸小于 500 μm 且数量(个)符合下列要求	
	≤1	≤2	≤3	≤5
表面沾污	无	无	无	无
凹坑	≤3	≤5	≤6	≤10
橘皮	无	无	无	无

5.2 晶向及晶向允许偏差

5.2.1 表面晶向及晶向允许偏差

抛光片的表面晶向为[0001]，允许偏差为表面晶向沿任意方向±1°。

5.2.2 参考面的晶向及允许偏差

抛光片的主参考面(A)的晶向为[10$\bar{1}$0],允许偏差为0°±5.0°。

抛光片的副参考面(B)的晶向与主参考面A沿顺时针方向成90°,允许偏差为0°±5.0°。

5.3 几何尺寸

抛光片的几何尺寸见图1。若主参考面(A)的长度大于副参考面(B)的长度时,正表面为Al面。氮化铝单晶抛光片的几何尺寸参数应满足表3要求。

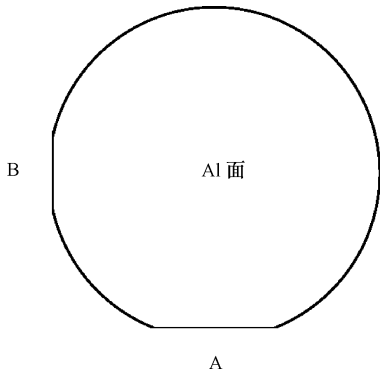


图1 抛光片的几何尺寸示意图

表3 抛光片几何尺寸参数

项目	要求	
	25.4 mm	50.8 mm
直径及允许偏差 mm	25.4±0.5	50.8±0.5
厚度及允许偏差 μm	350±50	400±50
总厚度变化 μm	＜20	＜30
翘曲度 μm	—	＜30
主参考面(A)长度及允许偏差 mm	8.0±1.5	16.0±1.5
副参考面(B)长度及允许偏差 mm	4.0±1.5	8.0±1.5

5.4 结晶质量

抛光片的结晶质量用高分辨XRD摇摆曲线的半高宽表示。

工业级抛光片的(0002)面和(10$\bar{1}$2)面XRD摇摆曲线半高宽应不大于150 arcsec。

研究级抛光片的(0002)面和(10$\bar{1}$2)面XRD摇摆曲线半高宽应不大于300 arcsec。

5.5 表面粗糙度

抛光片 Al 面的表面粗糙度(Ra)不大于 0.5 nm。

5.6 位错密度

工业级抛光片的位错密度不应大于 1×10^{5} cm^{-2},研究级抛光片的位错密度不应大于 1×10^{6} cm^{-2}。

6 试验方法

6.1 表面质量

抛光片表面质量的测量按照 GB/T 6624 的规定进行。

6.2 晶向及晶向偏差

6.2.1 抛光片表面晶向及晶向偏差的测量按照 GB/T 1555 的规定进行。

6.2.2 抛光片参考面晶向及晶向偏差的测量按照 GB/T 13388 的规定进行。

6.2.3 氮化铝晶体的衍射面及对应的布拉格角见表 4。

表 4 氮化铝晶体衍射面及布拉格角

衍射面($h\ k\ i\ l$)	布拉格角(θ)
$(10\bar{1}0)$	16.61°
(0002)	18.02°
$(10\bar{1}2)$	24.91°

6.3 几何尺寸

6.3.1 抛光片直径的测量按照 GB/T 14140 的规定进行。

6.3.2 抛光片厚度及总厚度变化的测量按照 GB/T 32278 的规定进行。

6.3.3 抛光片翘曲度的测量按照 GB/T 32278 的规定进行。

6.3.4 抛光片主参考面(A)和副参考面(B)长度的测量按照 GB/T 13387 的规定进行。

6.4 结晶质量

抛光片 XRD 摇摆曲线半高宽的测量按照 GB/T 32188 的规定进行。

6.5 表面粗糙度

抛光片表面粗糙度的测量按照 GB/T 32189 的规定进行,测试面积为 10 μm×10 μm。

6.6 位错密度

抛光片位错密度的测量按照附录 A 的规定进行,也可由供需双方协商确定。

7 检验规则

7.1 检查和验收

7.1.1 产品由供方或第三方进行检验,保证产品质量符合本文件的规定,并填写随行文件。

7.1.2 需方可对收到的产品按照本文件的规定进行检验。

7.2 组批

产品应成批提交验收，每批应由同一氮化铝单晶切割而成并具有同一牌号、同一类别的抛光片组成，每批片数由供需双方协商确定。

7.3 检验项目

每批产品应对抛光片的表面质量、晶向及晶向偏差、几何尺寸、结晶质量、表面粗糙度和位错密度进行检验。

7.4 取样

7.4.1 每批产品的表面质量、晶向及晶向偏差、几何尺寸、结晶质量、表面粗糙度进行检验时，随机抽取同批产品数量的20%进行检验。抽取数量位于n、$(n+1)$之间的，按照$n+1$进行抽取。

7.4.2 位错密度进行检验时应从7.4.1抛光片同批次单晶中进行切取，并按照附录A进行样品制备。

7.4.3 如需按照其他方案进行取样，由供需双方协商确定。

7.5 检验结果的判定

7.5.1 抛光片的晶向及晶向偏差、结晶质量、表面粗糙度、位错密度的任意一项检验结果不合格时，则判定该批产品不合格。

7.5.2 表面质量、几何尺寸的检测，有一项检验结果不合格时，则取双倍数量的样品进行不合格项重复检验，如仍有检验结果不合格时，判该批产品不合格。

8 标志、包装、运输、贮存及随行文件

8.1 标志

8.1.1 包装标志

8.1.1.1 抛光片包装盒上应粘贴标签，并至少注明以下内容：

a) 产品名称；
b) 产品规格；
c) 产品数量；
d) 供方名称。

8.1.1.2 抛光片外包装箱上应粘贴标签，并至少注明以下内容：

a) 产品名称；
b) 产品规格；
c) 产品数量；
d) 供方名称；
e) 出厂日期；
f) “防撞”“易碎”“小心轻放”标志或字样；
g) 本文件编号。

8.1.2 产品标志

抛光片的N面应有标识，标识内容应具有唯一性和可追溯性，标识内容的位置应平行于主参考面。

8.2 包装

8.2.1 抛光片应在洁净等级不低于 GB/T 25915.1—2021 中 ISO 5 级洁净间内完成真空包装。包装盒采用专用防腐、防酸的聚四氟乙烯材料，采用单片盒式包装，需方如有特殊要求，由供需双方协商确定。

8.2.2 将装有抛光片的包装袋连同随行文件一起放入外包装箱内，并用软填料将包装箱塞满，使包装盒在箱内不致移动，然后封好。

8.3 运输

抛光片在运输过程中应轻装轻卸，勿挤压，并采取防震措施。

8.4 贮存

抛光片应贮存在清洁、干燥、无腐蚀的环境中。

8.5 随行文件

每批抛光片应附有随行文件，其中除应包括供方名称、产品名称、本文件编号、出厂日期或包装日期外，还应包含下列内容。

a) 产品质量证明书，内容如下：
   - 供方名称；
   - 需方名称；
   - 产品名称、类别、规格；
   - 产品批号；
   - 产品数量；
   - 各项参数检验结果；
   - 检验员或检验部门印章及检验日期。

b) 产品应附有合格证书，并应注明：
   - 检验项目及其结果；
   - 产品批号；
   - 检验日期；
   - 检验员或检验部门印章及检验日期；
   - 其他。

9 订货单内容

需方可根据需要，在订购本文件所列产品的订货单内，至少列出以下内容：

a) 产品名称；
b) 产品规格；
c) 技术指标要求；
d) 产品数量；
e) 本文件编号。

附 录 A
（规范性）
氮化铝单晶抛光片位错密度测试方法

A.1 原理

采用择优腐蚀技术可使氮化铝单晶抛光片（简称抛光片）的 Al 面上显示出位错腐蚀坑。晶体中位错线周围的晶格发生畸变，当采用特定化学腐蚀剂腐蚀晶体时，晶体表面上的位错线露头处腐蚀速率较快，容易形成由某些低指数面组成的具有特定形状的腐蚀坑。于是，采用单位面积上的腐蚀坑数目来标识位错密度 N_d（cm^{-2}）。

A.2 化学试剂

A.2.1 氢氧化钾，分析纯。
A.2.2 氢氧化钠，分析纯。
A.2.3 稀盐酸，分析纯。
A.2.4 去离子水，电阻率大于 10 MΩ·cm。

A.3 设备

A.3.1 金相显微镜或微分干涉显微镜：放大倍数 50 倍～600 倍，带有显示视域面积功能的优先。
A.3.2 坩埚：耐高温、耐酸碱腐蚀的坩埚，如镍、铂金等。坩埚直径至少为 100 mm，高度至少为氢氧化钾和氢氧化钠混合物高度的 2 倍。
A.3.3 加热平台：温度至少能将氢氧化钠和氢氧化钾固体混合物全部熔化，如 320 ℃～380 ℃。

A.4 试验步骤

A.4.1 试样制备

A.4.1.1 制样

在与抛光片同批次晶锭中切取 1 片～5 片方形区域的样片，边长为 5 mm～8 mm，经过研磨抛光清洗后完成制样。

A.4.1.2 腐蚀

将质量比为 1∶1 的氢氧化钾和氢氧化钠固体物混合后放入坩埚。坩埚放置于加热平台上部进行加热，直至镍坩埚内的混合物完全熔化。坩埚内部的温度维持在 320 ℃～380 ℃，将待测晶片放入混合液中，腐蚀 3 min～5 min 后取出晶片。

A.4.1.3 清洁

先用稀盐酸清洗腐蚀后的单晶片，再用去离子水将晶片充分洗净，并用无尘布或其他擦拭物擦干。

A.4.2 测定

A.4.2.1 选择显微镜视场面积

将试样置于金相显微镜或微分干涉显微镜的载物台上，根据位错密度 N_d 的范围，选取视场面积和

放大倍数，扫描样品表面统计腐蚀坑数目。

对于工业级抛光片，位错密度不大于 $1\times10^{5}\ cm^{-2}$，设置放大倍数为 200 倍。

对于研究级抛光片，位错密度不大于 $1\times10^{6}\ cm^{-2}$，设置放大倍数为 500 倍。

A.4.2.2 选取测量点

选择方形区域的中心点作为测量点进行位错数量的统计和位错密度的计算。

A.4.2.3 统计位错腐蚀坑的数目

位错腐蚀坑数目统计规则如下：

a) 视场边界上的位错腐蚀坑，其面积应有一半以上在视场内才计数；

b) 不符合特征的坑、平地坑或其他形状的图形不计数；

c) 在位错腐蚀坑较多且有重叠时，以能看到的坑底的个数计数；

d) 若发现视场内污染点或其他不确定形状的图形很多，如图形背景无法区分位错、不规则图纹或图形背景杂乱等，应重新制样。

A.4.3 试验数据处理

平均位错密度 $\overline{N}_{d}$ 的计算按公式(A.1)进行：

$$\overline{N}_{d}=\frac{1}{5S}\sum_{i=1}^{5}N_{i} \qquad \cdots\cdots(A.1)$$

式中：

N_i ——第 i 个测试点的位错腐蚀坑个数，单位为个；

S ——观察视场面积，单位为平方厘米(cm^2)。

A.5 试验报告

试验报告应至少包含以下内容：

a) 样品信息，包括送样单位、样品名称、样品编号等；

b) 使用的测试仪器型号；

c) 观察视场面积；

d) 测试结果(平均位错密度)；

e) 本文件编号；

f) 测试日期；

g) 测试人员、审核人签字；

h) 测试环境。

A.6 精密度

氮化铝单晶抛光片位错密度单个实验室测试的相对标准偏差应不大于 6.12%；多个实验室间测试的相对标准偏差应不大于 7.65%。