



中华人民共和国国家标准

GB/T 14264—2024

代替 GB/T 14264—2009

半导体材料术语

Terminology of semiconductor materials

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

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 一般术语 1

4 材料制备与工艺 33

5 缺陷 38

6 缩略语和简称 47

索引 50

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。

本文件代替 GB/T 14264—2009《半导体材料术语》，与 GB/T 14264—2009 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了“宽禁带半导体”等 261 项术语及其定义（见第 3 章～第 5 章）；
- 删除了“脊形崩边”等 64 项术语及其定义（见 2009 年版的第 3 章）；
- 更改了“化合物半导体”等 62 项术语及其定义（见第 3 章～第 5 章，2009 年版的第 3 章）。

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：有研半导体硅材料股份公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司、北京大学东莞光电研究院、南京国盛电子有限公司、云南临沧鑫圆锗业股份有限公司、青海黄河上游水电开发有限责任公司新能源分公司、中国科学院上海光学精密机械研究所、有研国晶辉新材料有限公司、浙江中晶科技股份有限公司、江苏中能硅业科技发展有限公司、中环领先半导体材料有限公司、新特能源股份有限公司、宜昌南玻硅材料有限公司、亚洲硅业(青海)股份有限公司、中国电子科技集团公司第十三研究所、四川永祥股份有限公司、云南驰宏国际锗业有限公司、麦斯克电子材料股份有限公司、浙江海纳半导体股份有限公司、常州时创能源股份有限公司、东莞市中镓半导体科技有限公司、中国科学院半导体研究所。

本文件主要起草人：孙燕、贺东江、李素青、宁永铎、丁晓民、朱晓彤、骆红、普世坤、秦榕、杭寅、郑安生、宫龙飞、程凤伶、黄笑容、李国鹏、金鹏、王彬、张雪囡、邱艳梅、刘文明、尹东林、孙聂枫、李寿琴、崔丁方、史舸、潘金平、殷淑仪、由佰玲。

本文件于 1993 年首次发布，2009 年第一次修订，本次为第二次修订。

半导体材料术语

1 范围

本文件界定了半导体材料的一般术语和定义,材料制备与工艺及缺陷的术语和定义,以及缩略语。本文件适用于半导体材料的研发、生产、制备及相关领域。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 一般术语

3.1

半导体 semiconductor

导电性能介于导体与绝缘体之间,室温下电阻率约为 $10^{-5} \Omega \cdot \text{cm} \sim 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$,由带正电的空穴和带负电的电子两种载流子参加导电,并具有负的温度系数以及光电导效应、整流效应的固体物质。

注:半导体按其结构分为单晶体、多晶体和非晶体。

3.2

本征半导体 intrinsic semiconductor

晶格完整且不含杂质,在热平衡条件下,其中参与导电的电子和空穴数目近乎相等的理想半导体。

注:通常所说的本征半导体是指仅含极痕量杂质,导电性能与理想情况很相近的半导体。

3.3

元素半导体 elemental semiconductor

由单一元素的原子组成的半导体材料。

注:如硅、锗、金刚石等。

3.4

化合物半导体 compound semiconductor

由2种或2种以上不同元素按确定的原子配比形成的半导体材料。

注:如砷化镓(GaAs)、磷化铟(InP)、碲化镉(CdTe)、碳化硅(SiC)、氮化镓(GaN)、氧化镓($\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$)、铟镓氮(InGaN)和铝镓铟磷(AlGaInP)等。

3.5

宽禁带半导体 wide bandgap semiconductor

通常为禁带宽度不低于2.3 eV的半导体材料。

注:常见宽禁带半导体材料有,碳化硅(SiC)、氮化镓(GaN)、氧化锌(ZnO)、氧化镓($\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$)、金刚石、氮化铝(AlN)等。

3.6

半绝缘砷化镓 semi-insulating GaAs

电阻率大于 $1 \times 10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ 的砷化镓单晶。

注:用作微电子器件的衬底材料。

3.7

类金刚石碳膜 diamond-like carbon film

具有类似于金刚石正四面体键结构的多晶或非晶碳膜。

注：具有负电子亲和势、高硬度和抗腐蚀性，能用作光电阴极材料和器件的钝化保护膜。

3.8

蓝宝石衬底 sapphire substrate

用于外延生长半导体薄膜的蓝宝石单晶抛光片。

注：常用的晶面有 C 面、R 面、M 面、A 面。

3.9

金刚石 terminal diamond

禁带宽度为 5.5 eV，拥有耐高压、大射频、低成本、耐高温特性的半导体材料。

注：也被称为第四代半导体材料。

3.10

氢终端金刚石 hydrogen terminal diamond; H-diamond

表面吸附大量氢原子，呈现负电子亲和势特性（-1.2 eV），且本身无需掺杂即具有 p 型导电特性的金刚石。

3.11

第三代半导体 third-generation semiconductor

以碳化硅、氮化镓宽禁带半导体材料为代表，通常具有高击穿电场、高迁移率、高饱和电子速度、能承受大功率特点的半导体材料。

注：第一代半导体材料（以硅、锗为代表），大量应用于 CPU、GPU、存储芯片、各种功率器件，目前仍然是半导体器件和集成电路制造的主要材料。第二代半导体材料（以砷化镓、锑化铟、磷化铟为代表），主要应用于光电子、微电子、微波功率等器件。第一代、第二代、第三代半导体材料主要是应用场景及出现时间上的区别，有交叉，但不完全重合，因此第三代半导体材料和第二代、第一代之间不是迭代关系。

3.12

技术代 technology generation

特征尺寸 feature size

集成电路中由特定工艺决定的所能光刻或制作的最小尺寸。

注：也被称为技术节点或线宽。

3.13

金刚石结构 diamond structure

由 2 个面心立方点阵沿立方晶胞的体对角线偏移 1/4 单位嵌套而成的晶体结构。

3.14

闪锌矿结构 Sphalerite structure

由 2 种元素的原子各自形成面心立方晶格，再沿对角线滑移至对角线长度的四分之一，套迭而成的属立方晶系的面心立方点阵。

注：闪锌矿结构半导体有 GaAs、InP、InSb 等。

3.15

纤锌矿结构 Lead-zinc ore structure

由 2 种元素的原子按六角排列的原子面以 AaBbAaBb 次序堆垛而成的属六方晶系的密排六角点阵。

注 1：以 ZnS 为例，其中 A、B 面表示 Zn 原子面，a、b 面表示 S 原子面。S 原子作六方密堆积，Zn 原子填充在半数的四面体空隙中。

注 2：纤锌矿结构化合物半导体有 4H-SiC、6H-SiC 和 GaN 等。

3.16

受主 acceptor

半导体中接受从价带激发的电子形成空穴导电的一类杂质。

3.17

施主 donor

半导体中向导带提供电子形成电子导电的一类杂质或缺陷。

3.18

电子(导电) electron(conduction)

半导体导带中,作用类似带负电荷的自由电子的带电载流子。

注:电子是n型半导体材料中的多数载流子,通常具有不同的质量。

3.19

空穴 hole

半导体价带中的一个可移动空位,其作用类似一个具有正有效质量带正电荷的电子。

注:空穴是p型半导体材料中的多数载流子。

3.20

二维电子气 two-dimensional electron gas;2DEG

在2个维度上能够自由移动,而在第三个维度上被严格约束住的电子气。

注:例如在半导体表面施加与表面垂直的电场,在表面附近形成电子势垒,便会积累大量电子,这些电子在表面层能够自由运动,而在垂直于表面方向的运动会受到限制。即在平行于表面的运动能量是连续的,在垂直表面的能量是分立的。其具有高的迁移率以及许多量子特性,是许多场效应器件的工作基础。

3.21

二维空穴气 two-dimensional hole gas;2DHG

在2个维度上能够自由移动,而在第三个维度上被严格约束住的空穴气。

3.22

激子 exciton

在一定的条件下由于库仑相互吸引作用将电子和空穴在空间上束缚在一起形成的电子-空穴对。

3.23

极性 polarity

当化合物半导体晶胞内部沿着某一晶向正、负电荷中心不重合时,存在净的电偶极矩的表现形式。

3.24

非极性 non-polarity

当化合物半导体晶胞内部沿着某一晶向正、负电荷中心完全重合时,不存在净的电偶极矩的表现形式。

3.25

半极性 semi-polarity

化合物半导体中介于极性面和非极性面之间的晶面,与极性面具有一定的夹角,因此仅具有部分极性面的极化强度的电偶极矩的表现形式。

3.26

极化效应 polarization effect

一个分子或原子中的电子云分布不均匀,导致分子或原子带有偏极性(极性)的现象。

注:包括自发极化效应和压电极化效应,自发极化效应是源于晶体本身对称性导致的极化,压电极化效应是源于外部应力导致晶格变形导致的极化。

3.27

耗尽层 depletion layer

空间电荷区 space charge region

在 p-n 结附近,由于自由电子的扩散运动和内电场导致的漂移运动达到动态平衡时,p 区和 n 区交界面产生的,很薄的电子、空穴都很稀少的区域。

注:该区域中自由载流子密度不足以中和施主和受主的固定掺杂电荷密度,又称势垒区、阻挡层。该区域的宽度被称为耗尽层宽度。

3.28

总固定电荷密度 total fixed charge density; N_{tf}

不可移动的氧化物固定电荷密度、氧化物俘获的电荷密度以及界面俘获的电荷密度之和。

3.29

复合中心 recombination center

半导体中对电子和空穴起复合作用的杂质或缺陷。

3.30

陷阱 trap

半导体处于非平衡态出现非平衡载流子时,能够产生显著积累非平衡载流子作用的杂质能级。

注:重金属杂质在半导体禁带中形成的深能级,俘获非平衡载流子后,经过一段时间释放出来的现象被称为陷阱效应。

3.31

补偿 compensation

半导体内同时存在施主杂质和受主杂质时,施主杂质施放的电子被受主杂质俘获,或受主杂质施放的空穴被施主杂质俘获,导致除主要掺杂剂杂质外,自由载流子数量减少的现象。

3.32

纯度 purity; intrinsic

表征单质或化合物含量的参数。

注 1:一般的计算方法是按照 100% 减去按该产品标准规定的元素或成分种类的实测值以后得到的数值。例如,纯度为 99.999%,也写作 5 个 9 或 5N。

注 2:通常说硅的纯度是针对本征硅而言,且不包含氧、碳。如果是掺杂单晶,也不包含特意掺杂的元素。

3.33

量子阱 quantum well; QW

具有量子限制效应或其厚度和电子德布罗意波长可比拟的半导体薄层结构。

3.34

迁移率 mobility

μ

载流子在单位电场强度作用下的平均漂移速度。

注 1:单位为平方厘米每伏秒[$\text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$]。

注 2:在单一载流子体系中,载流子迁移率与特定条件下测定的霍尔迁移率成正比。

3.35

霍尔效应 Hall-effect

当电流垂直于外磁场方向通过半导体样品时,在垂直于电流和磁场方向的样品两侧产生电势差的现象。

3.36

霍尔系数 Hall-coefficient

R_H

霍尔效应产生的霍尔电场正比于磁感应强度(B_z)和电流密度(j_x)的比例系数。

$$R_H = \pm \gamma / ne$$

式中:

“+”“—”——分别对应空穴导电和电子导电;

γ ——与散射机构、样品温度、能带结构及磁场强度有关的因子;

n ——载流子浓度,单位为每立方厘米(cm^{-3});

e ——电子电荷,单位为库仑(C)。

3.37

霍尔迁移率 Hall-mobility

μ_H

霍尔系数和电导率的乘积,与迁移率有相同的量纲。

$$\mu_H = |R_H \sigma|$$

式中:

μ_H ——霍尔迁移率,单位为微秒(μs);

R_H ——霍尔系数,单位为立方厘米每库仑(cm^3/C);

σ ——电导率,单位为每欧姆厘米 $[(\Omega \cdot \text{cm})^{-1}]$ 。

3.38

单晶 single crystal

原子按照一定规则有序排列,不含大角晶粒间界或孪晶的晶体。

3.39

多晶 polycrystalline

由许多不同取向的小单晶晶粒无序排列而成,包含大角度晶粒间界和孪晶的晶体。

3.40

非晶 amorphous crystalline

原子排列不具有周期性,但在近邻或次近邻原子间仍具有基本相同的键结构和配位数,只是键长和键角相对于晶体而言有所改变,即呈现短程有序、长程无序的材料。

3.41

类单晶 quasi-monocrystalline

通过单晶籽晶,以定向凝固法生长形成的具有明显与籽晶同方向的大晶粒铸造多晶。

注:也称为铸造单晶或准单晶。

3.42

最大晶粒面积比例 percentage of the largest single grain

类单晶硅块横截面上,具有指定晶向的最大单晶的面积与类单晶硅块横截面总面积的比值。

注:以百分比表示。

3.43

载流子 carrier

半导体中导带和价带中的荷电粒子。

3.44

载流子浓度 carrier concentration; carrier density

单位体积的载流子数目。

注:本征半导体中等于每单位体积中多数载流子的数目。杂质半导体中在室温无补偿存在的条件下等于电离杂质的浓度。

3.45

多数载流子 majority carrier

非本征半导体中占总载流子浓度一半以上的载流子类型。

注 1: 如 p 型半导体中的空穴、n 型半导体中的电子,这时通常忽略迁移率的影响。

注 2: 在理想半导体中,由于导电电子和空穴的浓度是相同的,因此多数载流子能够通过测量导电类型(p 型或 n 型)确定。

3.46

少数载流子 minority carrier

非本征半导体中占总载流子浓度不到一半的载流子类型。

注: 如 p 型半导体中的电子、n 型半导体中的空穴。

3.47

直接带隙半导体 direct bandgap semiconductor

导带最小值(导带底)和价带最大值(价带顶)在波矢空间中处于同一波矢位置的半导体。

3.48

间接带隙半导体 indirect bandgap semiconductor

导带最小值(导带底)和价带最大值(价带顶)在波矢空间中处于不同波矢位置的半导体。

3.49

p 型半导体 p-type semiconductor

多数载流子为空穴的半导体材料。

3.50

n 型半导体 n-type semiconductor

多数载流子为电子的半导体材料。

3.51

p-n 结 p-n junction

一个半导体晶体内彼此相邻接的 p 型和 n 型的界面区域。

3.52

垂直梯度凝固法 vertical gradient freeze; VGF

通过设计特定的温度梯度,使固液界面以一定速度从下向上端移动,单晶也从下向上生长的方法。

3.53

垂直布里奇曼法 vertical Bridgman; VB

垂直放置加热炉,在加热炉中预先设定好温度梯度,通过加热炉与熔体的相对运动,使熔体逐步结晶而完成单晶生长的方法。

3.54

水平梯度凝固法 horizontal gradient freeze

通过设计特定的温度梯度,使固液界面以一定速度在水平面上从一端向另一端移动,单晶也从一端向另一端水平生长的方法。

3.55

水平布里奇曼法 horizontal Bridgman; HB

水平放置加热炉,在加热炉中预先设定好温度梯度,通过加热炉与熔体的相对运动,使熔体逐步结晶而完成单晶生长的方法。

3.56

分凝 segregation

在液态凝固过程中,由于液态凝出的固相的化学成分和液相不同,随着凝固的进行,液相成分不断变化,先后凝出的固相成分不同形成的现象。

3.57

分凝系数 equilibrium segregation coefficient

在平衡状态时,组分在固定相与流动相中的浓度之比。

3.58

有效分凝系数 effective segregation coefficient

在固-液交界面处,固相杂质浓度与远离界面的熔体内部的杂质浓度的比值。

注:有效分凝系数 $k_{\text{eff}} = C_S / C_{\text{LO}}$,式中: C_S 为固相杂质浓度, C_{LO} 为远离界面的熔体内部的杂质浓度。

3.59

非本征 extrinsic

半导体材料内由掺杂剂原子提供的电子或空穴控制的状态。

3.60

掺杂 doping

为控制半导体材料的性能,有目的掺入一定种类、一定数量杂质的过程。

3.61

掺杂剂 dopant

掺入半导体材料中,用以确定其导电类型和电阻率的痕量元素。

注:掺杂剂也有合金形式。

3.62

掺杂密度 dopant density**掺杂浓度 dopant concentration**

单位体积中掺杂元素的原子数目。

3.63

重掺杂 heavy doping

在半导体材料中掺入较高的杂质浓度。

注:通常硅单晶中杂质浓度大于 10^{18} cm^{-3} 。

3.64

共掺杂 co-dopant

为控制半导体材料的性能,有目的同时掺入 2 种或 2 种以上杂质的过程。

3.65

深能级杂质 deep-level impurity

在半导体中形成一个或多个位于禁带中央区域能级的化学元素,以及一些能引入电活性深能级的缺陷或复合物。

3.66

EL2 能级 EL2 energy level

砷化镓单晶中,与过量砷相关的缺陷(EL2 缺陷)所产生的深能级。

3.67

等电子掺杂 isoelectronic impurity

与被替代的基体原子具有相同价电子结构的替代原子的掺杂。

注:在砷化镓中等电子掺杂主要是 In、Al、P、Sb 等元素。

3.68

调制掺杂 modulation doping; MD

在具有量子效应的半导体异质结构中,选择特定空间上的材料中掺入 n 型或 p 型杂质原子,其他区域不掺杂的方法。

3.69

中子嬗变掺杂 neutron transmutation doping; NTD

用中子流辐照硅单晶锭,使晶体中的 Si^{30} 嬗变成磷原子,达到在硅单晶中掺杂的方法。

3.70

自掺杂(外延层) autodoping(of an epitaxial layer); self-doping

外延生长工艺中来自衬底的背表面、正表面以及边缘、反应器中的其他衬片、基座或沉积系统的其他部分的杂质元素掺入到外延层中的过程。

3.71

补偿掺杂 compensation doping

为调控材料和器件的性能,人为实现载流子补偿的工艺。

3.72

导电类型 conductivity type

半导体材料中多数载流子的性质所决定的导电特性。

注:分为 n 型和 p 型。

3.73

电导率 conductivity

σ

载流子在材料中流动程度的量度。

注 1: 单位为每欧姆厘米 $[(\Omega \cdot \text{cm})^{-1}]$ 或每欧姆米 $[(\Omega \cdot \text{m})^{-1}]$ 。

注 2: 一般掺杂半导体在常温范围内导电性能主要由掺杂元素决定,其数值等于电阻率的倒数。

3.74

电阻率 resistivity

ρ

荷电载体通过材料受阻程度的一种量度。

注: 其数值等于电导率的倒数,单位为欧姆厘米 $(\Omega \cdot \text{cm})$ 或欧姆米 $(\Omega \cdot \text{m})$ 。

3.75

电阻率允许偏差 allowable resistivity tolerance

晶片中心点或晶锭断面中心点的电阻率与标称电阻率的最大允许差值。

注: 也能用标称值的百分数表示。

3.76

径向电阻率变化 radial resistivity tolerance

径向电阻率梯度 radial resistivity gradient; RRG

晶片中心点与偏离晶片中心的某一点或若干对称分布的设置点(典型设置点是晶片半径的 1/2 处或靠近晶片边缘处)的电阻率之间的差值。

注: 这种电阻率的差值表示为测量差值除以中心值,以百分数表示。

3.77

表面电阻 sheet resistance

R_s

方块电阻 square resistance

半导体或金属薄膜中,平行于电流的电位梯度(电场)与电流密度和厚度的乘积之比。

注 1: 单位取每个表面的欧姆值或每个方块的欧姆值,通常业内用“ Ω/sq ”或“ Ω/\square ”表示。

注 2: 数值上等于体电阻率除以材料的厚度,取厚度趋于零时的极限,也被称为薄层电阻。

3.78

扩展电阻 spreading resistance;

R_s

微小导电金属探针和晶片上一参考点之间的电势差与通过探针的电流之比。

注 1: 单位为欧姆 (Ω) 。

注 2: 该比值测量了金属与半导体的接触电阻,以及在探针附近没有电边界的均匀试样的经典扩展电阻。对于具有电阻率梯度或电边界的试样,该比值还包括由于这些梯度或边界而产生的影响。

3.79

晶体 crystal

由原子、离子或分子以一定的周期性规律排列组成的固体。

3.80

晶面 crystallographic plane

通过空间点阵中不在同一直线上的 3 个结点的平面。

3.81

晶片 wafer; slice

从半导体晶体切取的具有一定几何形状和厚度的平行平面的薄片。

注: 晶片包括单晶片、类单晶片、铸造多晶硅片,晶片通常是圆形、方形或准方形。

3.82

晶胞 unit cell

具有整个晶体的性质,组成空间点阵最基本的单元。

3.83

晶粒 grain

原子按照一定的规则排列形成的具有一定外观边界的集合体。

注: 每个晶粒就是一个小单晶体。

3.84

晶粒间界 grain boundary**晶界 boundary**

固体内一晶粒与另一晶粒相接触的界面,该界面上的任一点至少构成 2 个晶向差大于 1° 的晶格点阵。

3.85

密勒指数 Miller indices**晶体指数 crystal indices**

晶面在 3 个单位长度晶轴上截距倒数的最小整数比。

3.86

结晶学表示法 crystallographic notation

用于标示晶体中晶面和晶向的密勒指数的符号体系。

注: 晶面用“()”表示,如 (111);晶面族用“{ }”表示,如 {111};晶向用“[]”,如 [111];晶向族用“⟨ ⟩”表示,如 ⟨111⟩。

3.87

晶向 orientation

单晶的表面与其理想表面重合时,用密勒指数描述的晶体学平面方向表示该单晶的表面方向。

3.88

晶向偏离 off-orientation

晶片表面法线与晶体结晶学方向偏离的角度。

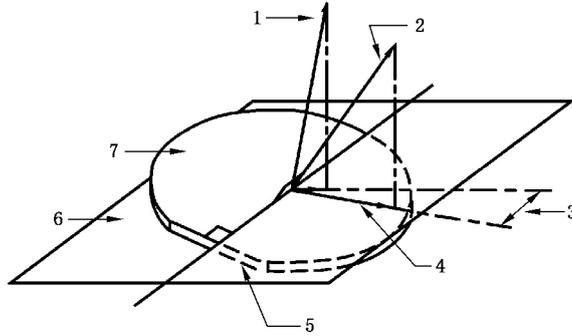
3.89

正交晶向偏离 orthogonal misorientation

在晶体被有意偏离晶向切割时,晶片表面法向矢量与最邻近的特定晶向在规定的晶面上的投影之间的夹角。

注 1：硅片表面的法向矢量在 $\{111\}$ 晶面上的投影与最邻近的 $\langle 110 \rangle$ 晶向在 $\{111\}$ 晶面上的投影之间的夹角(见图 1)，砷化镓晶片表面的法向矢量在 $\{100\}$ 晶面上的投影与最邻近的 $\langle 110 \rangle$ 晶向在 $\{100\}$ 晶面上的投影之间的夹角(见图 2)。

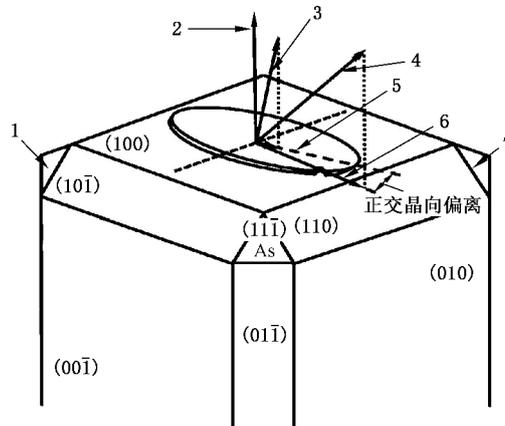
注 2：如果偏离方向的角度是由籽晶端确定的，则成品的抛光面是朝向籽晶端的面，反之亦然。由于业内确定偏离定向角度的习惯不一样，因此有必要建立准确的统一规定。



标引序号说明：

- 1——晶片表面法向矢量；
- 2——最近的 $\langle 110 \rangle$ 方向矢量；
- 3——正交晶向偏离；
- 4—— $\langle 110 \rangle$ 晶向在 $\{111\}$ 平面上的投影；
- 5——主参考面；
- 6—— $\{111\}$ 平面；
- 7——晶向偏离的晶片。

图 1 硅单晶 $\{111\}$ 晶向晶片的正交晶向偏离示意图



标引序号说明：

- 1—— $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})\text{Ga}$ ；
- 2—— (100) 平面法向矢量；
- 3——晶片表面法向矢量；
- 4—— (110) 平面法向矢量；
- 5——晶片表面法向在 (100) 平面上的投影；
- 6—— $[110]$ 在 (100) 平面上的投影；
- 7—— $(111)\text{Ga}$ 。

图 2 砷化镓单晶 $\{100\}$ 晶向晶片的正交晶向偏离示意图

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/737154116066006141>