

团 体 标 准

T/CASA 002—2021

宽禁带半导体术语

Terminology for wide bandgap semiconductors

2021-03-08 发布

2021-03-08 实施

第三代半导体产业技术创新战略联盟 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
3.1 通用术语.....	1
3.1.1 基本术语.....	1
3.1.2 典型半导体器件结构及其制备.....	3
3.1.3 材料缺陷.....	5
3.2 氮化物半导体.....	7
3.2.1 材料.....	7
3.2.2 器件.....	11
3.3 碳化硅半导体.....	20
3.3.1 材料.....	20
3.3.2 器件.....	22
3.4 氧化物半导体.....	23
3.4.1 材料.....	23
3.4.2 器件.....	25
3.5 金刚石半导体.....	26
3.5.1 材料.....	26
3.5.2 器件.....	28
3.6 应用.....	28
3.6.1 LED 器件类.....	28
3.6.2 激光器件类.....	30
3.6.3 紫外探测器件类.....	31
3.6.4 微波射频器件类.....	34
3.6.5 电力电子器件类.....	35
3.6.6 传感器件类.....	39
3.6.7 其它器件类.....	40
参考文献.....	42
中文索引.....	43
英文索引.....	53

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这些专利的责任。

本文件由北京第三代半导体产业技术创新战略联盟标准化委员会（CASAS）制定发布，版权归 CASAS 所有，未经 CASAS 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 CASAS 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。

本文件起草单位：北京大学东莞光电研究院、东莞市中镓半导体科技有限公司、东莞南方半导体科技有限公司、北京大学宽禁带半导体研究中心、南京大学、中山大学、国宏中宇科技发展有限公司、中国电子科技集团公司第十三研究所、东莞市天域半导体科技有限公司、广东先导稀材股份有限公司、厦门华联电子股份有限公司、北京聚睿众邦科技有限公司、东莞清芯半导体科技有限公司、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：丁晓民、张安平、陈志忠、陈鹏、李顺峰、贾传宇、陈梓敏、王锡铭、丁雄杰、陆敏、孙国胜、崔波、郑智斌、张国义、高伟、于坤山。

宽禁带半导体术语

1 范围

本文件规定了宽禁带半导体材料的制备与应用相关领域的术语及其定义。

本文件适用于典型的宽禁带半导体材料，如：氮化镓（GaN）、氮化铝（AlN）、碳化硅（SiC）、氧化锌（ZnO）、氧化镓（ β -Ga₂O₃）和金刚石等半导体材料及其应用的研发、生产制造及相关领域的从业者。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

3.1 通用术语

3.1.1 基本术语

3.1.1.1

宽禁带半导体 wide bandgap semiconductor

第三代半导体 third-generation semiconductor

以III族氮化物半导体、SiC、新型氧化物半导体等新型半导体材料及其合金材料组成的半导体材料体系，通常具有比Si、GaAs等传统半导体材料具有更宽的禁带宽度。

注：常用的宽禁带半导体室温禁带宽度：GaN为3.39 eV、AlN为6.2 eV、4H-SiC为3.23 eV、ZnO为3.37 eV、 β -Ga₂O₃为4.85 eV、金刚石为5.47 eV。在一些场合，宽禁带半导体也通常称为第三代半导体。

3.1.1.2

晶体结构 crystal structure

晶体材料中原子按一定对称性周期性平移重复而形成的空间排列形式。可分为7大晶系、14种平移点阵、32种点群、230种空间群。

注：晶体结构是决定半导体物理、化学和力学性能的基本因素之一，按原子排列有序性从大到小划分，分为单晶半导体，多晶半导体和非晶半导体。

3.1.1.3

能带结构 band structure

描述固体中电子运动的能量分布状态。

注：分为可以分布的能量范围（称为“允许能带”，简称“允带”），以及不允许分布的能量范围（称为“禁止能带”，简称“禁带”）。

3.1.1.4

禁带宽度 band gap

E_g

在相应温度下，电子从束缚态（价带）跃迁到扩展态（导带）所需要的最小能量。

3.1.1.5

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。

注：典型的宽禁带材料中，氮化物半导体材料都是直接带隙半导体。

3.1.1.6

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。

注：典型的宽禁带材料中，碳化硅半导体材料是间接带隙半导体。

3.1.1.7

化合物半导体 compound semiconductor

由两种或两种以上的元素以确定的原子配比形成的半导体。

注：具有确定的禁带宽度和能带结构等半导体性质，例如由Ⅲ族元素（Al，Ga和In）与Ⅴ族元素N组成的氮化物半导体，由Zn元素、Ga元素与O元素组成的氧化物半导体，以及由Si元素和C元素组成的SiC半导体等。

[来源：GB/T 14264—2009，3.36，有修改]

3.1.1.8

本征半导体 intrinsic semiconductor

在晶体结构上完整，没有缺陷和杂质，电子和空穴仅由材料的本征激发产生且密度相同的半导体材料。

注：由于宽禁带半导体材料制备工艺的局限性，往往存在各种缺陷和杂质，通常通过补偿掺杂来降低缺陷导致的载流子浓度，以获得电学性质近似本征特性。

[来源：GB/T 14264—2009，3.133，有修改]

3.1.1.9

导电类型 conductivity type

由多数载流子决定的半导体的导电特性，多数载流子为电子的半导体为n型半导体，多数载流子为空穴的半导体为p型半导体。

注：由于宽禁带半导体中掺杂原子的深能级特性，导致室温下离子化率较低，难以获得良好的导电性能。例如氮化物、氧化物和SiC难以获得导电性能良好的p型材料，金刚石难以获得导电性能良好的n型材料。

[来源：GB/T 14264—2009，3.39，有修改；增加注释，将“n型半导体”和“p型半导体”合并于此术语。]

3.1.1.10

饱和电子漂移速度 saturated electron drift velocity

在高电场下，电子在特定的宽禁带半导体中能获得的最大漂移速度。

注：宽禁带半导体通常具有比Si更高的饱和电子漂移速度，例如4H-SiC、GaN和金刚石的饱和电子漂移速度典型值分别是Si的2倍、2.2倍和2.7倍；而氧化镓的饱和电子漂移速度约为Si的1.8~2倍。

3.1.1.11

临界击穿场强 critical breakdown field

宽禁带半导体在开始发生雪崩击穿时的电场强度。

注：临界击穿场强通常与禁带宽度的平方成正比。Si的临界击穿场强为300 kV/cm，GaN、4H-SiC和金刚石的临界击穿场强典型值分别为4 000 kV/cm、3 000 kV/cm和10 000 kV/cm；而氧化镓的临界击穿电场为8 000 kV/cm。

3.1.1.12

极性 polarity

当宽禁带半导体晶胞内部沿着某一晶向正、负电荷中心不重合，存在净的电偶极矩的表现形式。

注：例如在GaN材料中，极化方向平行于(0001)晶向，存在极化电场，(0001)晶向对应的是GaN晶胞的c面，因此也称c面为极性面。

3.1.1.13

非极性 non-polarity

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

注：例如在GaN材料中，垂直于(0001)晶向的方向上净电偶极矩为0，因此与c面垂直的晶面为非极性面，与c面垂直

的面有a面和m面，因此也称a面和m面为非极性面。

3.1.1.14

半极性 semi-polarity

宽禁带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。

3.1.1.15

极化效应 polarization effect

由极性半导体的极化电场引发的效应，包括自发极化和压电极化，对应的效应是自发极化效应和压电极化效应。自发极化是源于晶体本身对称性导致的极化，压电极化是源于外部应力导致晶格变形导致的极化。

注：宽禁带半导体由于晶格的高度不对称性，表现出显著的极化特征，典型的极化效应如GaN/AlGa_N异质结界面处诱导形成的高浓度的二维电子气。

3.1.1.16

载流子面[电荷]密度 carrier sheet density

半导体中单位面积内所具有的载流子数。

注：通常用于表征二维电子气或二维空穴气的载流子浓度，比如GaN/AlGa_N异质结形成的二维电子气和金刚石表面形成的二维空穴气。

3.1.1.17

激子 exciton

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

注：激子束缚能的大小决定了激子的稳定性强弱，在量子化的低维电子结构中，激子的束缚能要大得多。典型宽禁带半导体中激子束缚能最大的是ZnO，其激子束缚能可达60 meV，在室温下也稳定存在。

3.1.2 典型半导体器件结构及其制备

3.1.2.1

异质结构 heterostructure

由两种或两种以上不同材料通过共价键结合在一起形成的宽禁带半导体结构。

注：通常用于能带工程的能带设计。宽禁带半导体形成的异质结构，通常具有较强的应变。

3.1.2.2

异质结 heterojunction

任何两种不同的宽禁带半导体形成的载流子（如电子）状态不连续的界面，界面两侧导电类型可以相同，也可以不同。

注：异质结的最重要参数是界面能带不连续的能带台阶，通常用于载流子（如电子）分布状态及其运输的调控。宽禁带半导体形成的异质结，通常具有较大的能带台阶。

3.1.2.3

量子阱 quantum well

QW

由禁带宽度不同的两种薄层宽禁带半导体材料交替生长在一起，而且禁带宽度较窄的薄层被包夹在禁带宽度较宽的薄层材料中间的一种微结构。当载流子被限制在一个足够窄的势阱中，电子的能级变成分立的量子化能级。

3.1.2.4

二维电子气 two-dimensional electron gas

2DEG

当宽禁带半导体异质结界面处的电子运动在某一个方向（如z方向）上受到限制形成量子能级，这种具有两个自由度的自由电子。

注：二维电子气通常具有更高的迁移率，是宽禁带半导体场效应器件工作的基础。AlGaIn/GaN异质结由于极化作用在界面处形成强的二维电子气，二维电子气也存在于ZnO/ZnMgO异质结、金刚石界面和MOSFET界面等。

3.1.2.5

二维空穴气 two-dimensional hole gas

2DHG

当宽禁带半导体异质结界面处的空穴运动在某一个方向上受到限制形成量子能级，这种具有两个自由度的自由空穴。

注：二维空穴气通常具有更高的迁移率，是指用量子限制等物理方法使空穴群在一个方向上的运动被局限于一个很小的范围内，而在另外二个方向上可以自由运动的系统。

3.1.2.6

外延 epitaxy

用气相、液相、分子束等方法，在衬底上生长与衬底晶格有对应继承关系的晶体生长工艺。在衬底上生长组份与衬底材料相同的单晶薄层，称同质外延；在衬底上生长与衬底材料组份不同的单晶薄层，称异质外延。

注1：宽禁带半导体中，SiC和金刚石一般采用同质外延生长，氮化物器件也采用GaN衬底进行GaN的同质外延生长。

注2：由于晶格失配和热失配，异质外延获得的单晶薄膜具有大量的缺陷和显著的应力，克服晶格失配和热失配是提高异质外延质量的关键。

注3：氮化镓异质外延的主要衬底是蓝宝石、SiC及Si衬底等；氧化镓异质外延主要用于非稳相氧化镓的生长；氧化锌异质外延的主要衬底是c面蓝宝石。

[来源：GB/T 14264—2009，3.82，有修改]

3.1.2.7

衬底 substrate

具有一定厚度和特定导电性能的支撑材料，作为后续外延工艺的基底，支撑器件结构。

注：衬底可以是半导体，也可以是非半导体材料（如氮化物半导体外延用的蓝宝石衬底）。宽禁带半导体所用衬底包括用于同质外延的衬底和用于异质外延的衬底。

[来源：GB/T 14264—2009，3.242，有修改、增加注释]

3.1.2.8

掺杂 doping

把半导体材料的非本体元素、合金或化合物痕量掺入半导体中，获得预定的n型电导率或p型电导率的过程。

注：掺杂有多种方式：有采用离子注入方式达到掺杂的目的离子注入掺杂技术；有通过气相使杂质进入半导体的气相掺杂技术；有在外延生长期间，使载流子与其掺杂剂母体原子在空间上分隔开的调制掺杂技术；有在外延间断生长期间，将单个原子层厚度的掺杂剂原子，淀积到二维晶体平面上的原子平面掺杂技术，又称“ δ 掺杂”；有在氮化镓材料生长过程中通过C₃H₈作为掺杂剂进行C掺入的碳掺杂技术；有4H-SiC外延生长中，将n型施主或p型受主杂质原子引入到外延层中，以控制外延层的导电类型和载流子浓度的原位掺杂技术。

[来源：GB/T 14264—93，3.16，有修改，增加注释]

3.1.2.9

n型掺杂 n-type doping

将杂质加入半导体中，以获得所需要的n型电导率的过程。

注：在宽禁带半导体的制备中n型掺杂是一种常见工艺。如：

- a) 在碳化硅晶体中掺杂非 Si、C 元素并形成固溶体，实现碳化硅晶体导电且载流子为电子。通常掺杂元素为最外层排布电子数 >4 的元素，如 N；
- b) 在氧化物半导体中掺入杂质原子实现电子导电。n 型掺杂在宽禁带氧化物中较易实现，氧化锌的 n 型掺杂主要采用镓和铝，氧化镓的 n 型掺杂主要采用硅和锡。且多数本征氧化物半导体，由于缺陷或非故意掺杂的存在，会呈现 n 型；
- c) 在金刚石半导体中通过单元素的掺杂和多元素的共掺杂获得 n 型金刚石薄膜，单元素的掺杂使用的施主元素主要有 V 族元素（N、P）和 VI 族元素（O、S）等，多元素共掺杂主要有 B-S、B-P 和 B-O 共掺等。

3.1.2.10

p 型掺杂 p-type doping

将杂质加入半导体中，以获得所需要的 p 型电导率的过程。

注：在宽禁带半导体的制备中 p 型掺杂是一种常见工艺。如：

- a) 在碳化硅晶体中掺杂非 Si、C 元素并形成固溶体，实现碳化硅晶体导电且载流子为空穴。通常掺杂元素为最外层排布电子数 <4 的元素，如 B、Al 等；
- b) 在氧化物半导体中掺入杂质原子实现空穴导电。由于氧化物 p 型掺杂形成能高、稳定性差、空穴有效质量大等原因，常见的宽禁带氧化物半导体中 p 型掺杂的实现难度大。氧化锌可通过掺 N、Li 实现 p 型导电，但稳定性差；
- c) 在本征金刚石中掺入硼（B）元素或其它杂质元素，使其实现 p 型导电性。天然含有杂质的金刚石通常具有 p 型导电性，利用氢等离子对天然金刚石单晶表面进行处理后，金刚石表面的电阻会显著变小，电阻率由约 $10^{15}\Omega\cdot\text{cm}$ 减少至约 $10^4\Omega\cdot\text{cm}$ ，表现出 p 型导电型。

3.1.2.11

共掺杂 co-doping

采用两种或两种以上的元素对宽禁带半导体进行掺杂的技术，通常其中一种元素是主要掺杂剂，另外的元素是辅助掺杂剂。

注：由于氧化物半导体 p 型掺杂难度大，因此一般采用共掺杂技术，比如氧化锌可通过 Be、N 共掺杂，利用 Be 来提升 N 原子的稳定性；在金刚石薄膜上的主要掺杂有硼（B）-硫（S）、硼（B）-磷（P）和硼（B）-氧（O）共掺等，主要是为了解决单一施主杂质无法实现 n 型金刚石足够浅的能级的问题。

3.1.3 材料缺陷

3.1.3.1

晶格失配 lattice mismatch

在由两种晶体材料构成的界面附近，由于两种材料的晶格常数不完全相同，使晶格连续性受到破坏的现象。

注：晶格失配会导致弹性变形，在界面处产生应力和大量缺陷，影响器件的性能和寿命。

3.1.3.2

热失配 thermal mismatch

由于相邻宽禁带半导体膨胀系数不同，温度变化时在界面处引起的两者晶格大小变化率出现差异的现象。

注：热失配导致在界面处产生应力，足以使外延片产生弯曲，应力释放区域产生大量缺陷，影响器件的性能和寿命。

3.1.3.3

孪晶 twinned crystal

两个晶体（或一个晶体的两部分）沿一个公共晶面（即特定取向关系）构成镜面对称的位向关系的一种晶体结构。

注1：连接两部分晶体的界面称为孪晶面或孪晶边界。在金刚石结构中，例如硅，孪晶面为(111)面。

注2: β 相氧化镓晶格结构具有明显各向异性,其 $\langle 010 \rangle$ 晶向键能强而 $\langle 100 \rangle$ 晶向键能弱,因此容易在氧化镓单晶中容易产生以 $\{100\}$ 面为镜面的孪晶,在晶体中引入孪晶界、层错等缺陷;金刚石晶体的一系列孪晶晶界包括:3、9、27和81,分别对应的晶格转角为 70.529° 、 38.942° 、 31.586° 和 77.885° 。

[来源: GB/T 14264—93, 3.4, 有修改]

3.1.3.4

点缺陷 point defect

本征缺陷 intrinsic defect

宽禁带半导体晶体中格点上或邻近的微观区域内偏离晶体结构的正常排列的一种缺陷。

注:通常是晶格原子发生变化,影响范围在一个或几个晶格常数范围内,例如空位、间隙原子、杂质原子等。

[来源: GB/T 14264—93, 5.3, 有修改]

3.1.3.5

位错 dislocation

晶体中由于原子错配引起的具有伯格斯矢量的一种线缺陷。

注1:位错是晶体中已滑移与未滑移区之间边界构成的,可用伯格斯回路(一定微观范围内的原子环路)闭合性破坏来表征。

注2:氧化镓中存在螺位错和刃位错,密度一般在 $10^3/\text{cm}^2$ ~ $10^7/\text{cm}^2$,螺位错其位错线和博格斯矢量沿 $\langle 010 \rangle$ 方向,刃位错其位错线沿 $\langle -201 \rangle$ 而伯格斯矢量沿 $\langle 010 \rangle$ 或 $\langle 102 \rangle$ 。氧化镓中的一些刃位错会以阵列的形式,产生在小角度晶界处;在CVD生长的金刚石膜中,线缺陷通常为 $\langle 110 \rangle$ 全位错,位错密度达 10^{12} cm^{-2} 。

[来源: GB/T 14264—93, 5.4, 增加注释]

3.1.3.6

穿透位错 threading dislocation

TD

在半导体异质外延过程中,由于晶格失配和热失配等产生的可以延伸穿透整个外延层的位错。

注:穿透位错是一种从形态上定义的位错,不是一种新结构的位错,可以是刃位错、螺位错或混合位错。在宽禁带半导体中这种穿透位错对器件性能和可靠性有重要影响。

3.1.3.7

刃[型]位错 edge dislocation

伯格斯矢量与位错线垂直的位错。

注:宽禁带半导体晶体内部由于突然终止于某一条线处形成的不规则排列。例如在原本完整的晶格某处,插入半面晶面,该插入的半面晶面的端线就是刃位错线所在位置。位错线与伯格斯矢量垂直,刃位错可由位错线伯格斯矢量来唯一确定。

3.1.3.8

螺[型]位错 screw dislocation

伯格斯矢量与位错线平行的位错。

注1:宽禁带半导体晶体内部像旋转楼梯一样沿某一中心旋转发生形变,导致原子回路不闭合而形成的不规则排列。旋转的中心是一条线即位错线,与伯格斯矢量平行。

注2:实际材料中位错的伯格斯矢量往往既非平行又非垂直于位错线方向,兼具了刃位错和螺位错的特征,称为混合位错。

3.1.3.9

堆垛层错 stacking fault

晶体中原子面的堆垛顺序发生差错而形成的一种面缺陷。

注1:通常,堆垛层错仅存在于一个晶面上。如果层错终止在晶体内部,它将终结在一个不全位错上。在 $\{111\}$ 晶面上,层错呈分立的或相交的封闭等边三角形,或者呈不完全的三角形;在 $\{100\}$ 晶面上,层错呈现为一封闭的

或不完整的正方形。每个这样的图形称为一个堆垛层错。

注2：堆垛层错是宽禁带半导体晶格中常见的一种面缺陷。

[来源：GB/T 14264—93，5.7，有修改]

3.1.3.10

位错密度 dislocation density

单位体积中所包含位错线的总长度。通常以晶体某晶面单位面积上位错蚀坑的数目（个/cm²）来表示。

注1：通常以晶体某晶面单位面积上位错蚀坑的数目（个/cm²）来表示。

注2：位错密度可以通过透射电镜直接观察晶格像计算，也可以通过化学蚀刻法使位错露头处产生腐蚀刻坑，在显微镜下对腐蚀坑进行计数。

[来源：GB/T 14264—2009，3.65，有修改]

3.2 氮化物半导体

3.2.1 材料

3.2.1.1 单晶

3.2.1.1.1

氮化镓 gallium nitride

GaN

由ⅢA族元素Ga和ⅤA族元素N化合而成的半导体材料。分子式为GaN。室温下禁带宽度为3.39 eV，属直接跃迁型能带结构。

注1：晶体结构有纤锌矿、闪锌矿和岩盐相等。

注2：“GaN单晶材料”是相对于“GaN单晶薄膜”而言的概念，是指有较大体积，或厚度较厚，近似于传统晶体材料的GaN晶体材料。由于自然界不存在天然GaN晶体，因此GaN材料都是经过人工方法制备获得的。

3.2.1.1.2

体单晶 bulk single crystal

半导体晶体的整体在三维方向上由相同结构基元构成，结晶体内部的结构基元在三维空间呈有规律地、周期性地排列，且整个晶体中原子在空间的排列为长程有序的晶体形态。

3.2.1.1.3

氮化镓单晶薄膜 GaN single crystalline film

在衬底上生长连续且其晶向由衬底决定的薄层氮化镓单晶材料。

注：GaN单晶薄膜是相对于GaN单晶材料而言的概念，是指生长在衬底上的薄层单晶材料，通常厚度较薄。如果在薄膜内出现多种晶体取向，则称为GaN多晶薄膜。

3.2.1.1.4

氮化铝 aluminum nitride

AlN

由ⅢA族元素Al和ⅤA族元素N化合而成的半导体材料。分子式为AlN。室温下禁带宽度为6.2 eV，属直接跃迁型能带结构。

注：AlN有纤锌矿、类金刚石结构等。由于自然界不存在天然AlN晶体，因此由人工方法制备获得。“AlN单晶材料”是相对于“AlN单晶薄膜”而言的概念，是指有较大体积，或厚度较厚，近似于传统晶体材料的AlN晶体材料。

3.2.1.1.5

氮化铝单晶薄膜 AlN single crystalline film

在衬底上生长连续且其晶向由衬底决定的薄层氮化铝单晶材料。

注：AlN单晶薄膜是相对于AlN单晶材料而言的概念，是指生长在衬底上的薄层单晶材料，通常厚度较薄。如果在薄膜内出现多种晶体取向，则称为AlN多晶薄膜。

3.2.1.2 衬底

3.2.1.2.1

氮化镓衬底 gallium nitride substrate

具有一定厚度和特定导电性能的氮化镓支撑材料，作为后续外延工艺的基底，支撑器件结构。

注1：常见为纤锌矿结构，禁带宽度为3.4 eV。

注2：常见的氮化镓衬底有：氮化镓复合衬底（由氮化镓单晶薄膜材料与其支撑基底构成的复合结构）、氮化镓自支撑衬底（利用HVPE等长晶技术在蓝宝石或其他材料基底上快速生长成的氮化镓单晶厚膜）、氮化镓半绝缘衬底（在氮化镓衬底形成过程中通过掺杂工艺降低导电性能而形成的半绝缘薄膜）。

3.2.1.2.2

氮化铝衬底 aluminum nitride substrate

具有一定厚度和特定导电性能的氮化铝支撑材料，作为后续外延工艺的基底，支撑器件结构。

注：常见为纤锌矿结构，禁带宽度为6.2 eV。

3.2.1.2.3

图形化衬底 patterned substrate

在外延生长前，采用干法刻蚀或湿法刻蚀的方法，在表面形成一定图案的衬底。

注：对于GaN基LED工艺领域，通常用于在蓝宝石基底表面制备形成具有周期性阵列排布图形的衬底片，从而实现横向外延生长，降低外延位错密度，兼具通过改变出光路增加出光效率的目的。

3.2.1.2.4

氮化镓复合衬底 GaN template

由氮化镓单晶薄膜材料与其支撑基底构成的复合结构，用于外延沉积、扩散、离子注入等后序工艺操作的氮化镓基片。

[来源：GB/T 37031—2018，2.2.2.8]

3.2.1.2.5

氮化镓自支撑衬底 free-standing GaN substrate

具有特定晶面和相应电学、光学和机械特性的用于外延沉积、扩散、离子注入等后续工艺操作的氮化镓单晶材料制成的衬底。

注：一种方法是生长GaN体单晶，经过切割、抛光等工艺获得。另一种方法是利用HVPE等晶体生长技术在蓝宝石或其它衬底材料上，快速生长达到特定厚度要求的GaN厚膜，采用自分离或激光剥离技术剥离掉衬底，经过机械抛光形成的GaN单晶。

[来源：GB/T 37031—2018，2.2.2.9，有修改]

3.2.1.2.6

氮化镓半绝缘衬底 semi-insulator GaN substrate

在氮化镓单晶衬底材料形成过程中通过掺杂工艺降低导电性能而形成的衬底，其电阻率大于 $10^6\Omega\cdot\text{cm}$ 。

3.2.1.2.7

氮化铝自支撑衬底 free-standing AlN substrate

具有特定晶面和相应电学、光学和机械特性的用于外延沉积、扩散、离子注入等后续工艺操作的氮化铝单晶材料制成的衬底。

注：一种方法是生长氮化铝体单晶，经过切割、抛光等工艺获得。另一种方法是利用HVPE等晶体生长技术在蓝宝石或其它衬底材料上，快速生长达到厚度要求的AlN厚膜，然后采用自分离或激光剥离技术剥离掉衬底，经过

机械抛光形成的AlN单晶。

3.2.1.2.8

**金属有机化学气相沉积 metalorganic chemical vapor deposition
MOCVD**

金属有机（MO）源前驱体通过载气 H₂/N₂ 输运至反应室内的衬底表面，在一定温度下与非金属气相物质在衬底表面进行化学反应，获得半导体单晶外延材料的技术。

注：是宽禁带半导体材料制备中广泛使用的薄膜晶体生长技术。

3.2.1.2.9

**分子束外延 molecular beam epitaxy
MBE**

半导体晶体生长所需的各种元素在高温下气化，在超高真空条件下，以原子束或分子束的形式，定向喷射到加热的衬底表面，在衬底表面经过吸附、迁移等过程而获得单晶外延材料的技术。

注1：对化合物半导体薄膜而言，各组分均采用固体源物质的分子束外延生长技术，称为固态源分子束外延；某些组分采用固体源物质，而某些组分采用气态源物质的分子束外延生长技术，称为气态源分子束外延；某些组分采用金属有机化合物作为源物质，而某些组分为固态源物质的分子束外延生长技术，称为金属有机源分子束外延；在III-V族化合物薄膜材料的分子束外延生长过程中，使III族金属原子束流与V族原子（分子）束流在较低的温度下交替喷射到生长晶体表面，获得原子级平整度薄膜晶体外延生长的技术，称为迁移增强外延；利用射频高压放电产生等离子体，提供高度活性的气态源粒子（原子、分子、离子等），降低薄膜的生长温度，提高生长速率的技术，称为射频等离子体辅助分子束外延；用高能量微波激励气体源物质辉光放电，产生活性气体源粒子，提高生长薄膜晶体质量的技术，称为微波等离子体辅助分子束外延；利用准分子脉冲激光烧蚀高熔点氧化物靶，使氧化物沉积到衬底上生长薄膜的技术，称为激光辅助等离子体分子束外延。

注2：该技术的特点是：使用的衬底温度低，膜层生长速率慢，束流强度易于精确控制，膜层组分和掺杂浓度可随源的变化而迅速调整。用这种技术已能制备薄到几十个原子层、乃至（准）单原子层的单晶薄膜，以及交替生长不同组分、不同掺杂的薄膜而形成的超薄层量子显微结构材料。

[来源：GB/T 14264—2009, 3.161, 有修改]

3.2.1.2.10

低温成核层 nucleation layer

宽禁带半导体异质外延中为了降低由于衬底和外延材料之间晶格失配和热失配形成的应力和缺陷以及防止外延薄膜与衬底间的界面反应，在衬底表面生长一层有利于提高晶体质量的薄层。

注：通常做法是先进行低温沉积，经过高温退火对低温沉积层进行再结晶而形成晶核，从而获得利于后续晶体外延生长的成核层。

3.2.1.2.11

缓冲层 buffer layer

在宽禁带半导体外延生长中，为关键外延层所准备的前期铺垫层。

注：这种铺垫层多为多层结构，成核层为缓冲层的最初一层。

3.2.1.2.12

侧向外延 epitaxial lateral over-growth

横向外延 lateral epitaxial

ELO

宽禁带半导体在选区外延时，通过控制生长条件，使得横向生长速度快于纵向生长速度，导致选择窗口区的外延薄膜生长扩展到窗口外并连接相邻窗口区扩展过来的外延薄膜，最终形成连续外延层的方法。

3.2.1.2.13

氢化物气相外延 hydride vapor phase epitaxy

HVPE

利用氢化物作为运输反应物质的一种气相外延生长技术。

注：在此法外延GaN材料中，采用HCl与金属Ga反应生成GaCl₃，然后运输到衬底表面与氨气进行反应，实现GaN晶体生长。与MBE和MOCVD生长方法相比，氢化物反应速率更快，GaN生长速率快10倍以上。

3.2.1.2.14

氨热法 ammonothermal method

在 400 °C~600 °C，100 MPa~400 MPa 条件下，在超临界和高密度的氨以及在其中的矿物剂中溶解金属镓或多晶氮化镓，再结晶生成单晶 GaN 的方法。

注：氨热法是生长GaN单晶的方法之一；常用的矿物剂包括锂和钾等。

3.2.1.2.15

钠流法 Na-flux method

通过添加 Na 金属作为助溶剂，利用 Na 的还原能力，促进 N₂ 电离，提高 N 在 Ga 熔体中的溶解度，并增强 N 的活性，在较低温度（600 °C~900 °C）和压力（< 10 MPa）条件下液相生长 GaN 单晶的一种方法。

3.2.1.3 外延

3.2.1.3.1

外延层 epitaxial layer

在衬底上生长的有特定掺杂和厚度要求的宽禁带半导体薄层。

注1：外延层可在导电类型、晶体结构等方面与衬底相同或不同，还可以是包含不同厚度和不同要求的多层单晶。

注2：宽禁带半导体外延方法主要有金属有机化学气相沉淀（MOCVD）和分子束外延（MBE）等。

[来源：GB/T 14264—2009，3.81，有修改]

3.2.1.3.2

铟镓氮 indium gallium nitride

InGaN

由氮化镓和氮化铟组成的固溶体。分子式为 In_xGa_{1-x}N。是光电子和微电子材料。

3.2.1.3.3

铝镓氮 aluminum gallium nitride

AlGaN

在 GaN 为基础的晶体中，部分 Ga 原子被 Al 原子替换而形成的三元合金半导体材料，包含替换比例的表达式为 Al_xGa_{1-x}N。

3.2.1.3.4

铟铝氮 indium aluminum nitride

InAlN

在 AlN 为基础的晶体中，部分 Al 原子被 In 原子替换而形成的三元合金半导体材料，包含替换比例的表达式为 In_xAl_{1-x}N。

3.2.1.3.5

铝铟镓氮 aluminium indium gallium nitride

镓铟铝氮 aluminium gallium indium nitride

AlInGaN

由铝、铟、镓和氮构成的四元固溶体。分子式为 Al_xIn_yGa_{1-x-y}N。是宽波段（紫外到近红外）发光材料。

3.2.1.3.6

硅基氮化镓 silicon based gallium nitride (GaN on Si)

以硅作为衬底通过外延生长的氮化镓器件结构。

注：硅基氮化镓也称为“硅上氮化镓”，兼具硅的低成本效应以及氮化镓的高频高功率特性，在电力电子器件方面具有较高的应用潜力。

3.2.1.3.7

蓝宝石基氮化镓 sapphire based gallium nitride

以蓝宝石为衬底通过外延生长的氮化镓器件结构。

注：蓝宝石基氮化镓也称为“蓝宝石上氮化镓”，其外延技术比较成熟，材料质量较高，是目前发光二极管商业化最主要的技术路线。

3.2.1.3.8

碳化硅基氮化镓 silicon carbide based gallium nitride

以碳化硅作为衬底通过外延生长的氮化镓器件结构。

注：碳化硅基氮化镓也称为“碳化硅上氮化镓”，兼具碳化硅的高导热效应以及氮化镓的高质量特性，在微波器件、电力电子器件方面具有较高的应用潜力。

3.2.1.3.9

金刚石基氮化镓 GaN-on-diamond

以金刚石作为衬底通过外延生长的氮化镓器件结构。

注：金刚石基氮化镓也称为“金刚石上氮化镓”，主要优势是利用金刚石的高导热效应，制备散热优异的氮化镓高功率器件，目前处于探索阶段。

3.2.1.3.10

应力调控 stress modulation

在大失配异质外延过程中，通过特殊设计的结构降低外延层中应力的方法。

注：如在Si衬底外延生长GaN材料，采用AlN缓冲层以及Al组分阶梯式变化的多层AlGaN应力调控的方法释放Si衬底和GaN外延层之间的晶格失配应力和热失配应力。

3.2.1.4 杂质与缺陷

3.2.1.4.1

施主杂质 donor impurity

能够向导带提供电子，同时自身变为正电荷离子的杂质。

注1：又称“n型导电杂质”。在III-V族氮化物半导体中用Si原子替代III族原子，称为Si施主杂质；用Ge原子替代III族原子，称为Ge施主杂质。n型导电杂质可以离化出一个自由电子，用于调控氮化物中的电子浓度，达到改变导电性能的目的。

注2：在4H-SiC中N作为n型掺杂剂，向导带提供电子形成电子导电，称为N施主杂质。在导带边下方0.04 eV处形成施主杂质能级。

3.2.1.4.2

受主杂质 acceptor impurity

电子能级高于价带顶，能够从价带接受电子，同时自身变为负电荷离子的杂质。

注1：又称“p型导电杂质”。在III-V族氮化物半导体中用Mg原子替代III族原子，称为Mg受主杂质。p型导电杂质可以离化出一个自由空穴，用于调控氮化物中的空穴浓度，一般离化率很低。

注2：在4H-SiC中Al作为p型掺杂剂，向价带提供空穴形成空穴导电，称为Al受主杂质。在价带边上方0.19 eV处形成受主杂质能级。

3.2.2 器件

3.2.2.1 光电器件

3.2.2.1.1

发光二极管 light emitting diode

LED

当被电流激发时通过传导电子和空穴的再复合,在 p-n 结处产生自发辐射而发出非相干光的一种半导体二极管。

注:氮化物发光二极管可以发出高效率的短波长光,如蓝光、紫外光等。

[来源:GB/T 37031—2018, 2.1.3, 有修改]

3.2.2.1.2

微米 LED micro LED

μ LED

发光单元尺寸在微米量级的 LED。

注:一般指 $1\ \mu\text{m}\sim 50\ \mu\text{m}$ 的LED。微米LED在使用过程中通常剥离外延衬底。将LED微缩化和矩阵化,LED单元尺寸一般小于 $50\ \mu\text{m}$ 。

3.2.2.1.3

纳米 LED nano LED

n LED

发光单元尺寸为纳米量级的 LED。

注:一般指 $10\ \text{nm}\sim 1\ 000\ \text{nm}$ 间的LED。纳米光源具有微腔效应、较少的导波模式、耐大电流密度等特性,在照明、通信以及生物医疗方面具有广阔应用前景。

3.2.2.1.4

小尺寸 LED mini light-emitting diode

Mini-LED

晶粒尺寸大约在 $100\ \mu\text{m}$ 的 LED。

注:外延衬底不剥离,在小间距显示屏应用方面有显著的优势。

3.2.2.1.5

[大]功率 LED power LED

输入功率不小于 $700\ \text{mW}$ (GaAlAs, InGaAlP)或 $1\ 000\ \text{mW}$ (GaN)的 LED。

[来源:GB/T 37031—2018, 2.2.3.3, 有修改]

3.2.2.1.6

中功率 LED middle power LED

输入功率不小于 $70\ \text{mW}$ (GaAlAs, InGaAlP)或 $100\ \text{mW}$ (GaN),且小于 $700\ \text{mW}$ (GaAlAs, InGaAlP)或 $1\ 000\ \text{mW}$ (GaN)的 LED。

[来源:GB/T 37031—2018, 2.2.3.2, 有修改]

3.2.2.1.7

小功率 LED low power LED

输入功率小于 $70\ \text{mW}$ (GaAlAs/InGaAlP)或 $100\ \text{mW}$ (GaN)的 LED。

[来源:GB/T 37031—2018, 2.2.3.1, 有修改]

3.2.2.1.8

单色光 LED monochromatic LED

发出单一颜色光的 LED,光谱为单一波峰。

注:氮化物单色光LED常见的有黄、绿、青、蓝、紫、紫外等。

[来源:GB/T 37031—2018, 2.2.4.4, 有修改]

3.2.2.1.9

高压 LED high-voltage LED

HV LED

把一定面积的 LED 外延层分割成数个独立的芯粒单元，并通过电极互连，至少两个芯粒单元串联而构成的新型 LED。

注：高压LED可以有效缓解散热问题，提高驱动电路的效率。

3.2.2.1.10

垂直结构 LED vertical structure LED

VS LED

p、n 电极分布在外延片上下异侧结构的 LED。

注：电流几乎全部垂直流过LED外延层，从而克服电流拥挤、散热不良等问题。

3.2.2.1.11

共振腔 LED resonant cavity LED

RCLED

由上布拉格反射镜（DBR）、下 DBR 和包含多量子阱（MQW）的有源区构成的 LED。

注：共振腔LED同时具备传统LED和垂直腔面发射激光器（VCSEL）两者的优点。

3.2.2.1.12

超辐射发光二极管 super luminescent diode

SLED

结构和性能介于发光二极管和激光二极管之间的半导体发光器件。能产生光放大，不产生受激辐射振荡作用，是一种很接近激光，但光增益始终低于光损耗的器件。

注：这种结构是通过取消用于反射和光反馈的法布里-珀罗谐振腔，人为地抑制激光振荡。因此，光增益只来自单一光路。

3.2.2.1.13

发光三极管 light emitting triode

LET

由两个距离很近的 pn 结构成的半导体发光元件。两个 pn 结把整块半导体分成三部分，中间部分是基区，两侧部分是发射区和集电区，排列方式有 pnp 和 npn 两种。

注：氮化物发光三极管可以有效提高发光元件的开关速度。

3.2.2.1.14

表面等离子激元增强 LED surface plasmon enhanced LED

SPLED

通过表面等离子激元增强发光的发光二极管。

注：一般地，LED量子阱有源区在表面等离子激元近场作用范围内。

3.2.2.1.15

激光二极管 laser diode

LD

当激励电流大于阈值时，传导电子和空穴复合产生受激发射而发射相干光的一种半导体二极管。

注1：激光二极管以耦合或非耦合的形式（例如透镜、尾纤）安装在载体上或封装结构上。

注2：对于氮化物半导体而言，其本身作为光增益介质，通过pn结注入载流子实现粒子数反转，以法布里-珀罗腔或分布布拉格反射器等制备谐振腔，进行受激发射光的放大，从而发出激光。

[来源：GB/T 2900.66—2004，521-04-37，有修改]

3.2.2.1.16

大光腔激光二极管 large optical cavity laser diode

LOCLD

四层非对称介质波导结构的激光二极管。

注：这种激光二极管是在有源区和一侧限制层之间加入一个波导层，光强能从有源层扩展到波导层中，增大了激光器的发光面积，提高了激光输出功率。

3.2.2.1.17

单量子阱激光器 single quantum well laser

SQW laser

有源区只包含由一个势阱构成的量子阱结构的半导体激光二极管。

3.2.2.1.18

多量子阱激光二极管 multi-quantum-well laser diode

由多个势阱组成的量子阱结构为多量子阱，其有源区由多个势阱组成的量子阱结构构成的半导体激光二极管。

3.2.2.1.19

单模激光二极管 single mode laser diode

以注入载流子泵浦，在激光器谐振腔内形成的稳定光强分布，为十分尖锐的单一发射光谱的半导体激光器。

3.2.2.1.20

单纵模激光二极管 single longitudinal mode laser diode

在激光器的谐振腔内沿光场传播方向，只能形成单一峰值稳定光强分布的半导体激光器。

3.2.2.1.21

动态单模激光二极管 dynamic single mode laser diode

用高速信号直接调制时，在激光器的谐振腔内仅保持一个振荡模式的半导体激光器。

3.2.2.1.22

超晶格激光器 superlattice laser

当多量子阱的间隔减小到与阱厚度同量级时所形成的激光器。

注：有源超晶格区的导带和价带中开始出现微能带，而受激发射正是由微能带之间的跃迁形成的。宽禁带半导体的超晶格微带跃迁填补了窄带半导体超晶格微带跃迁的空白。

3.2.2.1.23

分布反馈激光器 distributed feedback laser

DFB laser

在邻近有源层处存在沟纹光栅，通过布拉格散射决定其相干波长的一种激光器。

注：使用分布反馈激光器产生单模激光振荡，另一个优点是激光振荡波长与温度的依赖关系不大。

3.2.2.1.24

量子级联激光器 quantum cascade laser

基于同一能带内的量子阱（超晶格）产生的量子化子能级（子能带）之间的电子跃迁产生光子，能够获得波长长达 20 μm 的激光振荡的激光器。

注：由于子能级之间的跃迁比能隙之间的跃迁小得多，宽禁带半导体量子级联激光器不会面临极窄能隙材料的各种困难。此外，波长能用量子阱厚度调谐而与能隙无关。

3.2.2.1.25

垂直腔面发射激光器 vertical cavity surface emitting laser

VCSEL

激光发射方向垂直于 pn 结平面而谐振腔面平行于 pn 结平面的半导体激光器。

3.2.2.1.26

边发射激光器 edge emitting laser

激光发射方向平行于 pn 结平面而谐振腔面垂直于 pn 结平面的半导体激光器。

3.2.2.1.27

太赫兹光源 terahertz source

能够产生频率大约在 0.1 THz~10 THz (1 THz= 10¹² Hz) 波段内的电磁波的光源。

3.2.2.1.28

氮化镓量子级联激光器 GaN-based quantum cascade lasers

以氮化镓基半导体超晶格材料形成载流子子带跃迁发光的激光器。

注：由于超晶格子带间隙较小，量子级联激光器能够发射光谱在中红外和远红外频段激光。

3.2.2.1.29

光波导耦合器 optical waveguide coupler

在不同的光波导之间，能够将传输的光波的模式和光能进行耦合的器件。

注：光波导耦合器分为定向耦合器、光栅耦合器、Y分支器。多模干涉耦合器等。。

3.2.2.1.30

光传输复用器 optical multiplexer

将阵列波导中不同波长的光波输入进平板波导，经平板波导衍射后进入阵列波导，然后经第二个平板波导汇聚到同一个波导中输出，从而完成复用功能的器件。

3.2.2.1.31

光电子集成电路 optoelectronic integrated circuit

OEIC

将光电子器件、无源光器件和电子器件集成在一起，以实现光通信系统或光信息处理系统中某种特定功能的集成化组件。

3.2.2.1.32

光调制器 optical modulator

将外加电信号加载到激光载波上，使输出的光携带与电信号相关信息的组件。分为强度调制器、频率调制器。相位调制器和偏振调制器。

3.2.2.1.33

光调制解调器 optical modulator/demodulator

将信息加载到激光载波上，光解并从经过调制的激光载波中提取信息，即能完成光通信中信息上传和下载的器件。

3.2.2.1.34

光开关 optical switch

具有通断控制、切换光路或逻辑操作功能的器件。

3.2.2.1.35

效率下降 efficiency droop

氮化物 LED 随着注入电流密度增加，发光效率达到峰值后出现下降的现象。

注：效率下降在大功率氮化镓LED中比较明显，与俄歇复合、极化效应、载流子泄露等因素有关。

3.2.2.1.36

内量子效率 internal quantum efficiency

IQE

η_i

有源区产生的光子数与所注入有源区的电子-空穴对数之比。

注：氮化镓基蓝光LED的IQE达到90 %以上，高的IQE与有源区的注入载流子局域化相关。

[来源：GB/T 37031—2018，2.5.1，增加注释]

3.2.2.1.37

出光效率 light extraction efficiency

LEE

η_o

逸出发光器件结构的光子数与有源区产生的光子数之比。

注：氮化物发光器件采用图形化衬底及表面粗糙化技术可以有效提高器件的出光效率。

[来源：GB/T 37031—2018，2.5.2，有修改，增加注释]

3.2.2.1.38

外量子效率 external quantum efficiency

EQE

η_e

逸出发光器件结构的光子数与注入器件的电子-空穴对数之比，等于内量子效率与出光效率和注入效率的乘积。

注：氮化镓基蓝光LED的外量子效率已经达到80 %以上。

[来源：GB/T 37031—2018，定义2.5.4，有修改]

3.2.2.1.39

[发]光效[能] luminous efficiency

η_v

光源所发射的光通量与光源所消耗的电功率的比值。

注：对于氮化物发光器件的应用，光源可以是LED芯片、器件、模块、灯、灯具等。

[来源：GB/T 37031—2018，2.5.6，有修改]

3.2.2.1.40

光视效能 luminous efficacy of radiation

K

lm W^{-1}

光源发射的光通量与其发射的辐射功率的比值。

注：氮化物发光器件某一波长的单色光辐射通量可以产生多少相应的单色光通量的能力。白光的光视效能是组成白光的单色光的光视效能的加权平均，白光的光视效能表示“光谱效率”（spectral efficiency）大小。

3.2.2.1.41

电光转换效率 wall-plug efficiency

WPE

在规定的输入条件下，电致发光器件的输出光功率与输入电功率的比值（百分数）。

[来源：GB/T 37031—2018，2.5.5，有修改]

3.2.2.1.42

量子限制斯塔克效应 quantum-confined Stark effect

QCSE

在电场的作用下，半导体量子阱的能带发生倾斜，电子-空穴对波函数发生空间分离、交叠量减少，引起发光效率下降、发光峰值波长红移的现象。

注：由于有源区的自发极化及压电极化，c面生长的氮化镓基LED的QCSE较强。

3.2.2.2 电子器件

3.2.2.2.1 微波射频器件

3.2.2.2.1.1

高电子迁移率晶体管 high electron mobility transistor

HEMT

利用氮化物异质结或调制掺杂产生的高迁移率二维电子气特性的场效应晶体管。

注：其特征是异质结，其中宽禁带材料是掺杂的，载流子扩散到不掺杂的窄禁带层，在不掺杂的异质结界面形成沟道，使得位于不掺杂的异质结界面沟道中载流子与掺杂区分离，由于没有杂质散射，可得到很高的迁移率。

3.2.2.2.1.2

异质结双极晶体管 heterojunction bipolar transistor

HBT

基于氮化物异质结的双极性晶体管器件，发射区的氮化物半导体禁带宽度比基区的氮化物半导体的禁带宽度宽，电子和空穴具有不同的能量势垒，抑制了少数载流子从基区向发射区的注入，提高发射极的注入效率，得到更高的增益。

3.2.2.2.1.3

碳化硅上氮化镓微波晶体管 GaN microwave transistor on SiC

在半绝缘碳化硅衬底上生长的氮化镓高迁移率晶体管器件结构，通常指用于微波功率放大器的 HEMT 晶体管。

注：由于采用 HEMT 结构以及高驱动电压，因此通常具有更高的效率和优异的高频性能。

3.2.2.2.1.4

GaN MMIC 功率放大器 GaN MMIC power amplifier

在单片上集成 GaN 微波和无源元件的功率放大电路。

注：通常采用碳化硅上氮化镓晶体管集成技术，适用于超高频功率放大电路。

3.2.2.2.1.5

GaN 肖特基二极管 Schottky diode/Shottky barrier diode

采用金属-半导体形成的肖特基电极调控电流的二极管器件。

3.2.2.2.1.6

截止频率 cut-off frequency

被测参数的模减小到其低频值的 $1/n$ (n 按规定) 时的频率。

注1：对于晶体管，截止频率通常采用共基极或共发射极组态下的小信号短路正向电流传输比。

注2：氮化物晶体管输出为短路时输出电流与输入电流的绝对值之比为1时所对应的频率为晶体管的**最大工作频率**或截止频率。

[来源：GB/T 2900.66—2004，521-05-20，增加注释]

3.2.2.2.1.7

最大振荡频率 maximum oscillation frequency

氮化物晶体管功率增益降到 0dB 时的频率，是晶体管作为振荡使用的最高频率。

3.2.2.2.1.8

功率密度 power density

氮化物功率半导体器件单位芯片面积的功率。

3.2.2.2.1.9

场板 field plate

氮化物晶体管器件中用于影响和调节器件内部电场的金属板，主要用于改善电场分布的均匀性，从而提升器件击穿电压。

3.2.2.2.1.10

表面钝化 surface passivation

p 型区、n 型区或两者都形成以后，在半导体表面涂敷或生长一层保护膜。

注：氮化物半导体器件表面生长一层钝化膜，以控制半导体表面缺陷，从而稳定半导体表面特性。

[来源：GB/T 2900.66—2004，521-03-13，增加注释]

3.2.2.2.1.11

氮化镓基微波脉冲固态功率放大器 GaN solid-state power amplifier

GaN SSPA

采用 GaN 固态功放器件与功率合成技术设计、制作的高频功率放大器。

注：通常固态高功放由输入/输出组件、电源组件、功放模块、内置微处理器、风冷系统等构成，可实现射频输入输出区间检测，反射功率监测。SSPA 的主要部件由多个微波器件氮化镓场效应晶体管并联组成，因此成为氮化镓基微波脉冲固态功率放大器。利用氮化镓微波器件的固态功率放大器，相比于传统硅基和砷化镓基固态功率放大器，具有更高的可靠性、线性度、功率密度和能效，尤其在高频领域具有更高的增益和功率。

3.2.2.2.2 电力电子器件

3.2.2.2.2.1

氮化物基肖特基势垒二极管 nitride based Schottky diode/Schottky barrier diode

SBD

利用氮化物半导体与特定金属（典型的是镍，金等）所形成的肖特基接触制成的具有单向导通性能的器件。

3.2.2.2.2.2

金属-绝缘体半导体场效应晶体管 metal-insulator-semiconductor field-effect transistor

MISFET

利用在金属-绝缘体（例如 SiO_2 ， SiN_x ）上形成栅极，通过加在栅极上的电压调控晶体管沟道的导电性能，从而调节漏极和源极之间的电流的器件。

3.2.2.2.2.3

增强型高电子迁移率晶体管 enhancement mode high electron mobility transistor

常关型 GaN 场效应晶体管器件 normally-off GaN FET device

通过施加高于阈值电压的正向栅源电压来开启其沟道的氮化物高电子迁移率晶体管。在当栅极电压为零时，栅极下方的半导体沟道处于关闭状态，漏极电流为零，器件处于关断状态。增加栅极电压，漏极电流逐渐增大，直至开启。

注：此类器件也称为常关器件。正向栅极电压在栅极下方诱导产生具有高载流子浓度的电流通道。

3.2.2.2.2.4

耗尽型高电子迁移率晶体管 depletion high electron mobility transistor

常开型 GaN 场效应晶体管器件 normally-on GaN FET device

在栅极偏压为零时其沟道打开，源漏处于导通状态的高电子迁移率晶体管器件。

注：此类器件也称为常开器件。

3.2.2.2.2.5

Cascode 结构的 GaN 器件 cascode GaN device

由一个耗尽型 GaN 晶体管与一个硅 MOSFET 采用共源共栅级联封装，实现器件在零电压下关断的结构。Cascode 器件实际是一种封装形式，能够利用结构简单的耗尽型 GaN 器件与 Si 器件一起实现常关功能，同时能够在应用中能够利用 GaN 晶体管的一些优异性能。

3.2.2.2.2.6

p 型 GaN HEMT p-gate GaN HEMT

在 GaN HEMT 结构的栅电极和 AlGa_N 势垒层之间插入一层 p 型 (Al) Ga_N, 来耗尽位于 p 型结构下沟道中的二维电子气来实现器件常关功能的晶体管结构。

3.2.2.2.2.7

凹槽栅 GaN HEMT recess-gate GaN HEMT

(通常) 利用刻蚀工艺减薄栅极下方 AlGa_N 势垒层厚度以降低异质结界面附近的极化电场作用, 从而耗尽沟道中的二维电子气实现增强型器件的 GaN 晶体管器件。

3.2.2.2.2.8

GaN 金属绝缘体半导体场效应晶体管 GaN MISFET

(通常) 利用刻蚀工艺减薄栅极下方 AlGa_N 势垒层厚度以降低异质结界面附近极化电场作用, 从而耗尽沟道中的二维电子气, 之后在栅下势垒层减薄后淀积栅介质的 MIS 栅 FET 结构。

该结构是基于凹槽栅结构的增强型 GaN HEMT 增强型器件。对比普通凹槽栅机构, MISFET 结构既可以大幅降低了栅极泄漏电流又大幅增加了栅电压摆幅和栅极可靠性。

3.2.2.2.2.9

氟离子注入实现的 GaN 增强型 HEMT fluorine implantation enhancement-mode GaN HEMT

利用氟离子 (F⁻) 注入到 GaN HEMT 栅下区域, 提高肖特基栅的有效势垒高度, 从而耗尽栅下的二维电子气, 实现器件在零栅电压下关断的 GaN 增强型器件结构。

3.2.2.2.2.10

硅基 GaN 功率晶体管 Si-based GaN power transistor

以硅为衬底, 在其上外延生长 GaN/AlGa_N 结构形成的功率晶体管结构。

注: 通常可以实现大尺寸硅衬底上的外延生长, 其器件工艺可以利用成熟的硅集成电路工艺线来实现。

3.2.2.2.2.11

阈值电压 threshold voltage

将氮化物常关器件栅极下的沟道开通所需的施加在栅极上的最小临界电压。

注: 在工作状态下, 小于该电压时器件不导通, 大于该电压时器件导通。通常将输出电流随输入电压改变而急剧变化转折区的中点对应的输入电压称为阈值电压。

3.2.2.2.2.12

品质因子 figure of merit

GaN 功率器件中栅电荷与导通电阻的乘积, 作为衡量器件性能的一个指标。

3.2.2.2.2.13

动态电阻 dynamic on state resistance

在动态开关状态下, 器件开启时, 电压变化量与电流变化量的比值 dV/dI 。

注: 在 GaN 高电子迁移率晶体管器件中, 由于材料表面和材料内部的缺陷或者陷阱能级对载流子的捕获作用, 导致器件在关断状态下被施加较大反偏电压之后, 器件在转为开启状态后暂时的电阻值相比于直流状态下有所变化 (通常电阻升高), 在开启一段时间后电阻值逐渐恢复到直流状态电阻值。

3.2.2.2.2.14

饱和电流 saturation current

氮化物晶体管器件达到饱和和工作区时的漏极电流。

3.2.2.3 其它器件

3.2.2.3.1

自旋存储器 spin-transfer torque magnetic random access memory

STT-MRAM

利用自旋转移矩效应工作的氮化物磁性随机存取存储器。

3.2.2.3.2

自旋场效应管 spin field-effect transistor

Spin-FET

利用电子自旋特性工作的氮化物场效应晶体管。

3.3 碳化硅半导体

3.3.1 材料

3.3.1.1 单晶

3.3.1.1.1

碳化硅 silicon carbide

SiC

由IVA族元素C和Si化合而成的半导体材料。分子式为SiC。室温下禁带宽度随晶体结构和晶型而变，范围为2.6~3.23 eV，属直接跃迁型能带结构。

注：可以是无定型、多晶或者单晶。

3.3.1.1.2

碳化硅单晶 single crystal silicon carbide

由Si原子和C原子以摩尔比1:1构成的二元化合物半导体材料，且原子排列在三维空间中呈现为均匀的周期性规律排列。

注：在实际应用中，碳化硅单晶往往用于特指，针对某一特定碳化硅单晶，晶体中没有多晶型、大角晶界等缺陷的单晶晶体。

3.3.1.1.3

碳化硅晶型 SiC crystal form

由Si原子层和C原子层构成的Si-C双原子层，以周期性堆垛顺序进行排列，进而形成不同的碳化硅晶体结构。

注1：SiC共有250多种晶型，三种常见的SiC晶型分别是6H-SiC、4H-SiC和3C-SiC，常用的是4H-SiC晶型，其中3C-SiC具有立方结构。

注2：对于特定的碳化硅晶型，如4H-SiC，当出现与4H-SiC晶体结构中堆垛顺序或重复方式不同时（如6H-SiC、15R-SiC晶体结构），导致形成晶体结构上的变体，称之为多型。

3.3.1.1.4

4H 碳化硅 4H-SiC

碳化硅晶胞由4层Si-C双原子层以固定规律排列(ABCB)构成，由此晶胞构成的碳化硅晶体。其中数字4表晶胞内Si-C双原子层数，“H”代表六方晶系。

注：4H-SiC是现今制备功率器件的主要碳化硅晶型衬底。

3.3.1.1.5

6H 碳化硅 6H-SiC

由Si原子层和C原子层构成的基本Si-C双原子层作为基本结构层，以“ABCACB-ABCACB...”序列进行周期性堆放的碳化硅晶体。其中数字6表示一个周期内Si-C双原子层数，“H”代表六角晶型。

3.3.1.1.6

3C 碳化硅 3C-SiC

由Si原子层和C原子层构成的基本Si-C双原子层作为基本结构层，以“ABC-ABC...”序列进行周期性堆放的碳化硅晶体。其中数字3表示一个周期内Si-C双原子层数，“C”代表立方晶型。

3.3.1.1.7

碳化硅液相生长 SiC liquid phase growth

在一定温度和压力下，C 溶解在 Si 熔液中，形成 C-SiC-Si 饱和熔液，通过降低温度使 SiC 在熔液中过饱和，在 SiC 同质籽晶上按照籽晶的原子堆垛顺序形核并生长出新的 SiC 单晶的方法。

注：碳化硅液相生长的优点是生长温度较低、生长速率较高、单晶晶锭厚度厚、微管位错密度低、可生长高质量的 p 型衬底等。由于 2 000 度以下，C 在 Si 中的溶解度很低，因此液相生长 SiC 单晶需要合适的助溶剂，以使得 C 在 Si 中的溶解度提高。

3.3.1.1.8

碳化硅物理气相输运生长 SiC physical vapor transport growth**PVT**

通过 SiC 原料在高温下的升华，在 SiC 籽晶上大面积生长高质量的 SiC 晶锭的一种常用生长方法。

注：1978 年，前苏联科学家 Tairov 和 Tsvetkov 首先提出，通过引入籽晶的升华法来生长 SiC 单晶，克服 Lely 方法（自发成核的升华法）中存在的问题。又称为籽晶升华法或改良 Lely 法。

3.3.1.1.9

碳化硅高温化学气相沉积 SiC high temperature chemical vapor deposition**HT-CVD**

在 2 000℃ 以上的高温下，通入高纯特气（硅烷、乙烷或丙烷等）在生长腔内进行反应，在温度较高的裂解反应区形成 Si_xC_y 的前驱物，经载气的带动进入较低温的籽晶端前沉积形成 SiC 单晶的一种生长方法。

注：尤其适合高纯度高质量半绝缘碳化硅晶体生长。

3.3.1.2 外延

3.3.1.2.1

碳化硅化学气相沉积外延生长 SiC chemical vapor deposition**CVD**

通入高纯特气（硅烷、乙烷等）在生长腔内控制化学反应，在 SiC 衬底表面生长一层单晶薄膜层的工艺过程。常通过加入氯基气相反应物来增加生长速率。

注：碳化硅外延常用技术有化学气相沉积技术（CVD）、液相外延技术（LPE）和分子束外延技术（MBE）等。相比之下，CVD 工艺可在维持较高生长速率前提下，保证外延层的高质量，而且具有厚度精确控制和原位掺杂等优点，现已成为业界 SiC 外延生长的主流技术，得到了广泛应用。

3.3.1.2.2

碳化硅台阶流动控制外延生长 SiC step controlled epitaxy

采用偏晶向 4H-SiC 衬底，通过控制表面上的原子台阶流动，来实现 4H-SiC 晶型控制及外延层生长的一种生长方法。

注：由于 SiC 具有多晶型特点，为了能够控制 SiC 外延层的晶型，日本京都大学 Matusnami 教授研究小组首先提出了台阶流动控制外延生长方法，该方法的本质就是使用偏晶向 SiC 衬底进行外延生长，现在行业多采用 4.0° 偏向 $\langle 1120 \rangle$ 方向的衬底。与传统生长工艺不同，通过控制衬底表面上的原子台阶流动来进行 SiC 外延层的生长，该方法可更有效控制 SiC 外延层的晶型，并且可降低 SiC 的外延生长温度。

3.3.1.3 杂质与缺陷

3.3.1.3.1

微管 micropipe

4H 或 6H 碳化硅单晶抛光片中沿 c 轴方向延伸且径向尺寸在一微米至几十微米范围的中空管道。

注：一般认为SiC中的微管是具有较大Burgers矢量的空心螺位错，与热力学、动力学和生长工艺等多种因素相关。

[来源：GB/T 30656—2014，3.2，增加注释]

3.3.1.3.2

六方空洞 hexagonal void

碳化硅单晶中独立于单晶区域且呈现六角形特征的空洞。

注1：空洞具有高的宽高比，表面往往平行于{0001}晶面，侧面边缘平行于结晶方向，空洞周围多伴生微管缺陷。

注2：在碳化硅生长过程中，由于籽晶固定方式或籽晶温度偏高，导致生长过程中产生背向腐蚀和升华，在背向腐蚀和升华处，往往伴生六方空洞缺陷。

[来源：GB/T 30656—2014，3.1，增加注释]

3.3.1.3.3

碳包裹体 carbon inclusion

4H-SiC单晶抛光片中存在的由碳（C）元素组成的固相原子团簇或小颗粒体。

注：在碳化硅生长过程中，当SiC晶体生长前沿气相的Si/C比偏离化学计量比时，富余的C元素在生长前沿聚集，形成C包裹物。不同的C包裹体，其形状和大小各异。

3.3.1.3.4

基平面位错 basal plane dislocation

BPD

SiC晶体中位错线垂直于[0001]，位错线的“伯格”矢量垂直于[0001]的位错。

注：BPD是4H-SiC单晶抛光片中位于(0001)面内的一种常见一维结构缺陷。Burgers矢量为 $1/3[11-20]$ ，经熔融KOH腐蚀后，BPD位错蚀坑呈现壳形形貌。

3.3.1.3.5

生长型层错 in-grown stacking fault

IGSF

位于SiC晶面内的二维结构缺陷，由于晶体内原子的堆垛顺序偏离了某平面处正常堆垛次序所致。

注：4H-SiC外延层中大部分生长型层错成核点位于外延层/衬底界面处，从其成核点会一直延伸到外延层表面。

3.3.2 器件

3.3.2.1

肖特基势垒二极管 Schottky barrier diode

SBD

采用肖特基结的SiC二极管器件。

注：此器件具有开关损耗小、反向恢复时间快，反向恢复特性没有温度依赖性以及低正向压降等优势，具有高浪涌电流耐量和高可靠性。

3.3.2.2

碳化硅PIN二极管 SiC PIN diode

在p型和n型碳化硅之间加入低掺杂的本征碳化硅层形成的SiC二极管器件，具有高阻断电压、高电流导通密度和低导通电阻的特点。

3.3.2.3

碳化硅结势垒肖特基二极管 SiC junction barrier Schottky diode

JBS

采用肖特基结及PN结相结合的SiC二极管器件。低开关损耗、反向恢复特性好和PiN二极管的高抗浪涌电流、低反向漏电流优点的肖特基二极管。

3.3.2.4

碳化硅结型场效应晶体管 SiC junction field-effect transistor

JFET

由 p-n 结作为栅极 (G) 与源极 (S) 和漏极 (D) 构成的完全可控性 SiC 器件, 通过电压改变沟道的导电性来实现对输出电流的控制。

注: 最常见到的是耗尽型 JFET (D-JFET), 即在 0 栅偏压时沟道是打开的, 在电力电子应用中常用增强型 JFET (E-JFET), 即在 0 栅偏压时沟道是关闭的。

3.3.2.5

碳化硅金属氧化物半导体场效应管 SiC MOSFET

具有金属氧化物半导体结构, 以栅极隔着氧化层利用电场效应来控制半导体沟道的 SiC 场效应晶体管。

注: 按导电沟道可分为 P 沟道和 N 沟道, 按栅极电压幅值可分为耗尽型和增强型。当栅极电压为零时漏源极之间就存在导电沟道的为耗尽型, 当栅极电压大于 (小于) 零时才存在导电沟道的增强型, SiC MOSFET 主要是 N 沟道增强型。

3.3.2.6

碳化硅双极结型晶体管 SiC bipolar junction transistor

BJT

将两个 pn 结结合在一起的 SiC 器件, 有 pnp 和 npn 两种组合结构, 具有发射极、基极和集电极三个电极。

3.3.2.7

碳化硅绝缘栅双极型晶体管 SiC insulated gate bipolar transistor

IGBT

由 BJT (双极型三极管) 和 MOS (绝缘栅型场效应管) 组成的复合全控型电压驱动式的 SiC 器件, 兼有 MOSFET 的高输入阻抗和 GTR 的低导通压降两方面的优点, 驱动功率小而饱和压降低。

3.3.2.8

碳化硅晶闸管 silicon carbide thyristor

具有四个交替变化的 p-型 SiC 和 n-型 SiC 层的 SiC 器件。

注: 该器件可作为双向开关器件使用。当栅极接收到触发电流后导通, 当器件两端的电压被反转或者被去除后关闭。

3.4 氧化物半导体

3.4.1 材料

3.4.1.1 单晶

3.4.1.1.1

氧化镓 gallium oxide

Ga₂O₃

由 III 族元素 Ga 和 VI 族元素 O 化合而成的半导体材料。分子式为 Ga₂O₃。室温下禁带宽度为 4.85 eV, 属直接跃迁型能带结构。

3.4.1.1.2

氧化镓单晶 single crystal gallium oxide

由 Ga 原子和 O 原子以摩尔比 2:3 形成且原子排列在三维空间中呈现为周期性规律排列的二元化合物半导体。

注: 氧化镓单晶具有 α、β、γ、δ、ε 五种相, 其中 β 相是最稳定相, 为单斜晶系; ε 相是亚稳相, 具有六方对称性。不同相的氧化镓禁带宽度在 4.8 eV~5.2 eV 之间, 氧化镓单晶材料一般为 β 相。

3.4.1.1.3

氧化锌 zinc oxide

ZnO

由II B族元素Zn和VI族元素O化合而成的半导体材料。分子式为ZnO。室温下禁带宽度为3.2 eV，属直接跃迁型能带结构。

3.4.1.1.4

氧化锌单晶 zinc oxide single crystal

锌和氧以摩尔比1:1形成且的二元化合物半导体，具有闪锌矿和纤锌矿两种结构，其中纤锌矿氧化锌是稳定相，具有直接带隙，室温禁带宽度为3.37 eV的二元化合物半导体。

3.4.1.1.5

熔体生长法 melt growth method

在材料的熔点下，从熔体中凝固形成单晶的方法。

注：熔体生长法具体包括导模法、浮区法、提拉法等，氧化镓单晶正是采用这些方法，在约1900℃的高温进行生长。

3.4.1.1.6

水热法 hydrothermal method/hydrothermal synthesis

在密封、高温、高压的水溶液中，使（粉体）物质溶解并重结晶的技术。

注：氧化锌单晶通常采用这种方法进行制备。

3.4.1.2 外延

3.4.1.2.1

铝镓氧 aluminum gallium oxide

由氧化镓和氧化铟组成的三元合金半导体材料，分子式为 $(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ 。

注：和氧化镓相对应，目前铝镓氧合金有 α 、 β 、 ϵ 三种相，其中 β - Ga_2O_3 和 β - $(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ 形成的异质结可用于实现调制掺杂；而 ϵ - Ga_2O_3 具有极化效应， ϵ - Ga_2O_3 和 ϵ - $(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ 形成的异质结可用于实现极化效应二维电子气。由于氧化铝的稳定结构为刚玉结构（ α - Al_2O_3 ），因此生长 β - $(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ 和 ϵ - $(Al_xGa_{1-x})_2O_3$ 过程中容易出现相分离。

3.4.1.2.2

镁锌氧 magnesiumzinc oxide

MgZnO

由氧化锌和氧化镁组成的三元合金半导体材料，分子式为 $Mg_xGa_{1-x}O$ 。

注：由于氧化镁的稳定相是立方相，因此，低镁组分的镁锌氧其稳定结构是六方相，高镁组分的镁锌氧其稳定结构是立方相。利用氧化锌体系材料的极化效应，可在MgZnO/ZnO异质结界面形成高迁移率的二维电子气。

3.4.1.2.3

镉锌氧 cadmium zinc oxide

CdZnO

由氧化锌和氧化镉组成的三元合金半导体材料，分子式为 $Cd_xGa_{1-x}O$ 。

注：由于氧化镉的稳定相是立方相，因此，低镉组分的镉锌氧其稳定结构是六方相，高镉组分的镉锌氧其稳定结构是立方相。

3.4.1.2.4

喷雾化学气相沉积（氧化镓的） mist chemical vapor deposition (of gallium oxide)

Mist CVD

一种主要用于制备 α 相氧化镓薄膜及相应三元合金的外延技术，具体是将含有反应物的溶液以雾状喷入高温反应腔中，雾状溶液在腔体内受热蒸发，反应物在衬底上发生反应并沉积。

注：Mist CVD技术通常用于 α 相氧化镓薄膜及相应三元合金的生长，首款商用氧化镓功率器件即采用Mist CVD方法

生长。 α 相氧化镓薄膜通常采用该技术进行生长。

3.4.1.2.5

卤化物气相外延（氧化镓的） halide vapor phase epitaxy (of oxide)

HVPE

利用卤化物输运反应物质生长氧化镓晶体的一种气相外延生长技术。

注：一般采用氯化镓和氧气作为反应源，其相比MBE和MOCVD生长速率更快，可达100 $\mu\text{m/h}$ 以上。

3.4.1.2.6

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，其它区域不掺杂的方法。

注1：一般用于异质结中可形成载流子在界面处的高浓度二维分布，其典型特征是自由载流子和与其对应的掺杂原子在空间上的相互分离。它能使载流子在空间上与其母体分离，获得很高的迁移率。如在量子阱有源区生长过程中在垒层掺入少量 SiH_4 ，在阱层不掺杂形成阱垒调制掺杂的量子阱。

注2：在氧化镓中，通过采用 $(\text{AlGa})_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$ 异质结构，并对 $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 层进行n型掺杂，则可以在界面处形成 $\sim 10^{12}/\text{cm}^2$ 量级的二维电子气。

3.4.1.3 杂质与缺陷

3.4.1.3.1

纳米管缺陷（氧化镓的） nanopipe (of gallium oxide)

氧化镓材料中的一种常见缺陷。

注：纳米管缺陷的密度一般在 $10^2/\text{cm}^2$ 以上，直径为百纳米量级，长度可达10微米以上，纳米管一般沿 $\langle 010 \rangle$ 方向。

3.4.1.3.2

空坑（氧化镓的） void (of gallium oxide)

氧化镓单晶表面存在的多种不同几何形状的缺陷，统称为空坑。

注：比如V型槽坑、线型槽坑、片状坑等，其对应的形成机理也可能各不相同。其密度一般在 $10^2/\text{cm}^2 \sim 10^4/\text{cm}^2$ ，尺寸从亚微米到几十微米。

3.4.2 器件

3.4.2.1 光电子器件

3.4.2.1.1

可见光盲探测器 visible-blind detector

能对紫外光辐射进行探测和接收而对可见光辐射不灵敏的氧化物紫外探测器。

注：氧化锌或低镉组分的镉锌氧合金可用于制备该器件。

3.4.2.1.2

日盲探测器 solar-blind detector

对波长小于 280 nm 的紫外辐射进行探测和接收，而对波长大于 280 nm 的辐射不灵敏的氧化物半导体探测器。

注：铟镓氧合金或镁锌氧合金可用于制备该器件。

3.4.2.2 电子器件

3.4.2.2.1

氧化镓场效应晶体管 Ga_2O_3 field-effect transistor

在栅极引出端和源极引出端之间加上电压而产生电场,由该电场控制通过导电沟道的电流的氧化镓晶体管。

注:氧化镓场效应晶体管主要为金属-氧化物-半导体场效应晶体管(MOSFET)结构,采用氧化铝或氧化硅作为栅介质;在研究的早期阶段,氧化镓场效应晶体管多为常开型器件,而为实现器件的关断,也可以采用鳍型场效应晶体管(Fin-FET)结构。

3.4.2.2.2

**金属氧化物半导体场效应晶体管 metal-oxide-semiconductor field-effect transistor
MOSFET**

每个栅极和沟道之间的绝缘层是氧化物材料的一种绝缘栅场效应晶体管。

注:氧化镓MOSFET中一般采用氧化铝、氧化硅作为栅介质;现阶段氧化镓MOSFET器件主要为常开型,迁移率为 $50\text{ cm}^2/\text{Vs}\sim 150\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 范围。

[来源:GB/T 2900.66—2004, 521-04-55]

3.4.2.2.3

肖特基势垒二极管/肖特基二极管(氧化镓的) Schottky barrier diode/Schottky diode (of Gallium Oxide)

SBD

由具有整流作用的金属-半导体结组成的氧化镓半导体二极管。

注:氧化镓的常用肖特基金属包括Ni、Au、Pt,势垒高度一般为 $0.9\text{ eV}\sim 1.1\text{ eV}$,理想因子一般为 $1\sim 1.1$ 。

3.5 金刚石半导体

3.5.1 材料

3.5.1.1 单晶

3.5.1.1.1

金刚石 diamond

碳元素的单质同素异构体之一。为面心立方结构,每个碳原子都以 sp^3 杂化轨道与另外4个碳原子形成共价键,构成正四面体,是典型的原子晶体。具有超硬、耐磨、热传导、半导体等优异的物理性能。

3.5.1.1.2

金刚石单晶 single crystal diamond

一种由碳元素组成的元素半导体,其常见晶体结构为面心立方结构,点阵常数为 3.567 \AA ,碳碳键长度为 1.54 \AA ,键角为 $109^\circ 28'$,碳原子密度为 $1.77\times 10^{23}\text{ cm}^{-3}$ 是原子排量最紧密的物质。室温下禁带宽度为 5.47 eV 。

注:金刚石单晶还有六方结构,但比较少见。天然金刚石为单晶结构,人工直接获得金刚石单晶的方法只有高温高压(HTHP)技术,但可以通过化学气相沉积(CVD)技术,在已有的金刚石单晶基础上同质外延生长尺寸更大的金刚石单晶。

3.5.1.1.3

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。具有负电子亲和势,高的硬度和抗腐蚀性,可用作光电阴极材料和多张器件的钝化保护膜。

3.5.1.1.4

**高温高压技术 high temperature and high pressure technique
HTHP technique**

采用两面或六面顶压机产生高温（2 000 °C以上）和高压（数千至数万大气压），并在适当催化剂的共同作用下，将石墨、金刚石颗粒（粉末）等原料转变为金刚石单晶的晶体生长技术。

3.5.1.2 衬底

3.5.1.2.1

（金刚石单晶）籽晶 seeds (of single crystal diamond)

同质外延生长金刚石单晶采用的晶种。

注：一般采用HTHP合成的金刚石单晶片（也可以采用天然金刚石单晶和CVD金刚石单晶），其生长区域严格要求籽晶的取向为（100）。目前，HTHP籽晶的最大尺寸为8 mm×8 mm，通过侧向生长技术可以将CVD金刚石单晶的尺寸极限提高到12.5 mm×12.5 mm。目前，更大尺寸的金刚石单晶生长，主要通过马赛克法（Mosaic method）将多个取向相近的籽晶组合成“拼接衬底”来实现的。

3.5.1.3 外延

3.5.1.3.1

微波等离子化学气相沉积 microwave plasma enhanced chemical vapor deposition

MPCVD

通过微波源产生的交变电场击穿低压气体形成等离子体激发氢气和甲烷，通过化学反应在合适的衬底表面沉积金刚石膜的工艺。

3.5.1.3.2

热丝化学气相沉积 hot filament chemical vapour deposition

HFCVD

氢和碳氢化合物气体按照一定比例混合后导入腔体，流进电加热至高温状态的热丝，通过化学反应在衬底表面形核、生长，形成金刚石膜的工艺。

3.5.1.3.3

直流电弧等离子体喷射化学气相沉积 direct current arc plasma jet chemical vapor deposition

在棒状阴极和环绕阴极的圆筒形阳极所组成的等离子体炬之间，施加直流电压，通过放电击穿流经阴阳极之间的反应气体点燃电弧，形成从高温、高速（1 km/s~10 km/s）的等离子体射流，喷射到水冷衬底表面沉积金刚石膜的工艺。

3.5.1.3.4

电子辅助化学汽相沉积 electron assisted chemical vapor deposition

EACVD

在热丝化学气相沉积（HFCVD）的基础上，在热丝和衬底之间施加直流电压，热丝发射的热电子，在电场的作用下激励混合反应气体，在热丝与衬底表面之间形成等离子体，构成热丝与直流等离子体复合的金刚石沉积技术。

3.5.1.3.5

燃烧火焰沉积 combustion flame deposition

采用氧-乙炔火焰的内焰产生的 2 000 K~3 550 K 高温，使反应气体发生化学激发，沉积金刚石膜的技术。

3.5.1.3.6

辉光放电沉积 glow discharge deposition

利用等离子体分解化合物源，以淀积生长薄膜晶体的技术。

注：在制备金刚石膜的过程中，通过直流辉光放电来分解碳氢气，从而激发成等离子体。等离子体与基体表面发生相互作用，形成金刚石膜。

3.5.1.4 缺陷与杂质

3.5.1.4.1

氮空位色心 nitrogen vacancy center

NV 色心

金刚石晶体中的碳原子被一个氮原子取代，导致临近位出现一个空穴的一种缺陷。

注：这种空穴是一种典型的点缺陷，对490 nm~640 nm的可见光产生选择性吸收。

3.5.2 器件

3.5.2.1

氢终端金刚石场效应管 H-terminated diamond field effect transistors

对金刚石表面进行氢等离子体处理，形成氢终端结构。

注1：这种结构的 C-H 键中的氢原子吸附空气中的带电离子等，最终让金刚石表面产生一层二维空穴气，从而在表面下 0 nm~10 nm 处形成 p 型导电沟道，电导率在 10^{-4} 到 $10^{-5} \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ ，空穴面密度可达到 10 cm^{-2} ~ 13 cm^{-2} ，霍尔迁移率在 $10 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ~ $150 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 。

注2：这种导电结构的导电性能易受温度、湿度、酸碱度等环境因素所影响，在其栅极下方引入具有转移掺杂作用的 MoO_3 ，能实现导通电阻 RON 降低到同等栅长 MOSFET 器件的 1/3，跨导提高约 3 倍。

3.5.2.2

金刚石功率二极管 diamond based diode

由 p 型部分单晶金刚石和 n 型部分掺杂氮的超纳米晶金刚石(ultra-nano crystalline diamond, UNCD, 晶粒尺寸小于 10 nm) 所组成的金刚石异质结二极管，其结构依次为晶面(100) Ib 型单晶金刚石衬底、高掺杂硼的 (p^+) 金刚石接触层、低掺杂硼 (p^-) 金刚石有源层和掺杂氮 (n^+) UNCD 薄膜。

注：这是一种高效的整流二极管，室温下，整流效果 ($\pm 10 \text{ V}$) 提高8个数量级，并在真空下 1 050 °C 保持良好的热稳定性。

3.6 应用

3.6.1 LED 器件类

3.6.1.1

白光 LED white light LED

发光颜色为白光的 LED，一般可采用单色芯片加荧光粉或多色芯片组合合成。

注：白光LED已经成为通用照明应用的主要光源。

[来源：GB/T 37031—2018, 2.2.4.5, 增加注释]

3.6.1.2

主波长(颜色刺激的) dominant wavelength (of a colour stimulus)

λ_d

单色刺激的波长，当将该单色刺激与指定的非色彩刺激按适当比例混合后，与 CIE 1931 x, y 色度图中的所考虑的颜色刺激相匹配。

注1：主波长值仅针对彩色 LED 光源。对于白光 LED 光源，主波长值没有意义。

注2：在紫色光的刺激下，主波长被替换为互补波长。

注3：对于表征的 LED 光源，参考色刺激应为色坐标 $X_E=0.3333$, $Y_E=0.3333$ 的光源 E。

注4：CIE 127: 2007 图 12 表示 LED 光源的颜色坐标 C 与主波长值 D 的关系。N 为色刺激 E 的坐标。

注5：偏离峰值波长的主波长决定感知颜色。

[来源：GB/T 24826—2016, 3.7, 有修改]

3.6.1.3

相关色温 correlated colour temperature

CCT

T_{cp}

在相同的视亮度和规定的观测条件下,普朗克辐射体的知觉色与给定的色刺激的知觉色最接近相似时,普朗克辐射体的温度。

注:计算某一色刺激的相关色温的推荐方法就是在一色品图上,确定出普朗克轨迹与含有表示该种色刺激的那一点的约定的等温线的交点所对应的温度(见CIE 15.2^[1])。

[来源:GB/T 20146—2006, 3.7, 有修改]

3.6.1.4

色[品]坐标 chromaticity co-ordinates

一组三色刺激值中的每一个值与它们的总和之比。

注1:由于三个色品坐标之和等于1,所以知道其中两个便能确定色品。

注2:在CIE标准色度系统中,色坐标用符号x, y, z表示。

[来源:GB/T 24826—2009, 2.6]

3.6.1.5

显色指数 color rendering index

光源显色性的度量。以被测光源下物体的颜色和参照光源下物体的颜色相符程度来表示。

注:CIE(国际照明委员会)规定用普朗克辐射体或标准照明体D作为参照光源,并将其显色指数定为100,同时CIE还规定了15块孟塞尔(Munsell)颜色样品。以这些样品在参照光源(3 000 K普朗克辐射体)下和另一个3 000 K标准荧光灯的颜色变化量为尺度,约定标准荧光灯的显色指数为50,然后根据在参照光源(其色温接近于待测光源的色温)下和待测光源下颜色样品的色差 ΔE ,计算待测光源对某一颜色样品的特殊显色指数。

[来源:GB/T 15608—2006, 3.27, 增加注释有修改]

3.6.1.6

色质指数 color quality scale

CQS

待测光源下物体的颜色与参照光源下物体颜色相符程度的一种度量。

注:与显色指数的区别在于使用15块饱和色样品,取15个样品色差的均方根值得到结果。同时修正了2 000 K以下和20 000 K以上的标准光源的色还原性。相比显色指数,色质指数对色彩还原性的评价更加全面准确,是显色指数的重要补充。

3.6.1.7

生物节律作用因子 circadian action factor

CAF

光源对褪黑素抑制作用强弱与光源照度的比值。

注:生物节律作用因子反映了相同照度下光源非视觉效应的强弱,与光源的光谱功率分布、实验拟合出的生物节律作用函数(反映不同波长光对褪黑素抑制作用的强弱)和明视觉函数(反映了人眼对不同波长光的视觉敏感性)等相关。

3.6.1.8

像素分辨率 pixel resolution

显示屏单位尺寸内像素单元的数量,单位为PPI。

注:显示屏大小固定时,像素分辨率越高图像越清晰。

3.6.1.9

面板亮度 panel luminance

面板表面发光强弱的物理量，单位为 cd/m^2 或 nit。

3.6.1.10

植物有效辐射能 effective irradiative energy for plant

能被植物光合作用利用的太阳辐射能，也称光合有效辐射能。

3.6.1.11

可见光通信 visible light communication

VLC

利用可见光作为信息载体实现信息传输的技术。可见光通信包括自由空间的光通信和光纤光通信。

注：可见光通信包括自由空间的光通信和光纤光通信。利用LED的可见光通信可实现照明和通信的复用的功能。

3.6.1.12

可见光室内定位 visible light indoor positioning

通过对 LED 灯编码，并发射各自的位置信号，接收器获得这些 LED 的位置信号，经过处理从而得到接收器的位置信息实现高精度的室内定位。

3.6.1.13

蓝光损伤 blue light hazard

BLH

蓝光波段（400 nm~480 nm）的电磁辐射引发的视网膜光化学损伤以及热损伤。

注：蓝光损伤一般与光源中的蓝光成分比例相关。蓝光激发荧光粉的白光LED技术需要考虑蓝光损伤问题。

3.6.1.14

紫外固化 ultra-violet curing

UV curing

用紫外线照射液态“UV 照射可硬化的材料”，从而使它硬化的过程。

3.6.1.15

3dB 带宽 3dB bandwidth

功率谱密度的最高点下降到 1/2 时界定的频率范围。

3.6.1.16

数据传输速率 data transfer rate

每秒钟传输构成数据代码的比特数。

3.6.2 激光器件类

3.6.2.1

阈值电流密度 threshold current density

器件处于临界导通状态时，通过器件的电流密度。

注：如半导体激光器的阈值电流密度指开始激射时的电流密度。

3.6.2.1.1

阈值电流（半导体激光器） threshold current (of a semiconductor laser)

I_{TH}

激光管开始产生受激辐射的电流。

注：阈值电流可由以下两种方法得出：

a) 微分阈值电流 $I_{TH(D)}$

输出功率 P 对 I_F 二次导数曲线上的第一个极大值处所对应的正向电流 I_F 值。

b) 外推阈值电流

c) 受激辐射和自发辐射两段曲线的切线交叉点对应的正向电流源 I_F 值。

[来源：GB/T 15651.4—2017，3.4.4，有修改]

3.6.2.2 激光显示

3.6.2.2.1

色域 color gamut

能够满足一定条件的颜色的集合在色品图或色空间内的范围。

注：激光显示相比传统显示技术具有更广的色域。

[来源：GB/T 15608—2006，3.23，增加注释]

3.6.2.2.2

亮度 luminance

L_v

在发光面、被照射面或光传播断面上的某点，从包括该点的微小面元在某方向微小立体面内的光通量除以微小面元的正投影面积与该微小立体角乘积所得的商，亮度以 L 或 L_v 表示。

注：激光显示相比传统显示技术具有更高的亮度。

[来源：GB/T 5698—2001，3.21，增加注释]

3.6.2.3

激光照明 laser illumination

用蓝色激光二极管激发荧光粉合成白光作为光源的照明。

注：相比白光LED，激光照明在高效率、大功率、方向性方面具有优势。

3.6.2.4

激光通信 laser communication

无线通讯的一种，它以光信号作为传输信息的载体，在大气或海洋中直接传输的通讯技术。

注：激光通讯技术由于其单色性好、方向性强、光功率集中、难以窃听、价格低、安装快等特点，而引起人们的高度重视。

3.6.2.5

塑料光纤 plastic optical fiber

POF

由高透明聚合物如聚苯乙烯（PS）、聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）、聚碳酸酯（PC）作为芯层材料，PMMA、氟塑料等作为皮层材料的一类光纤（光导纤维）。

注：不同的材料具有不同的光衰减性能和温度应用范围。塑料光纤不但可用于接入网的最后100米~1 000米，也可以用于各种汽车、飞机等运载工具上，是优异的短距离数据传输介质。

3.6.2.6

光纤激光器 fiber laser

用掺稀土元素玻璃光纤作为增益介质的激光器。

注：光纤激光器可在光纤放大器的基础上开发出来：在泵浦光的作用下光纤内极易形成高功率密度，造成激光工作物质的激光能级“粒子数反转”，当适当加入正反馈回路（构成谐振腔）便可形成激光振荡输出。

3.6.2.7

光互连 optical interconnection

一种用光纤或其他光传输介质来在计算机内的各元件或子系统中交换数据的光通讯方式。

注：光纤的带宽比一般导线高很多，从10 Gbit/s到100 Gbit/s。

3.6.3 紫外探测器件类

3.6.3.1

光电探测器 photoelectric detector

利用辐射与物质之间的相互作用，使得物质吸收光子，随之电子从稳定状态释放出来而产生电势或电流，或引起电阻改变的光辐射探测器。不包括由温度变化引起的电现象。

注1：光电探测器按结构可分为光电二极管、PIN 光电二极管、雪崩光电二极管和金属-半导体-金属光电探测器等。

注2：光电探测器根据器件对光辐射响应的方式不同，可分为光子探测器和热探测器。由于禁带宽度较大，氮化镓基材料常用于制备短波长的光电探测器。

[来源：GB/T 2900.65—2004，845-05-33，增加注释]

3.6.3.2

紫外探测器 ultraviolet photodetector, UV detector

响应峰值位于 10 nm~400 nm 范围内紫外线的光电探测器。

注：氮化物，氧化镓和碳化硅等宽禁带半导体材料可用来制备高性能的紫外光电探测器。

3.6.3.3

日盲紫外探测器 solar-blind UV detector

仅对 280 nm 以下的紫外线有响应的光电探测器。

注：因为大气层的吸收，太阳光到达地面时，几乎不含280纳米以下的紫外光，所以280纳米以下的紫外光为日盲波段。日盲紫外探测器实际上对所有大气层内的太阳光都没有响应，因此可以得到极低的背景噪声。

3.6.3.4

光导型紫外探测器 photoconductive UV detector

当照射的光子能量等于或大于半导体的禁带宽度时，光子能够将价带中的电子激发到导带，从而在对紫外光有响应的半导体光吸收区两端制备欧姆接触电极，所构成的探测器，光生载流子改变了吸收区的电导，从而引起电流变化。

注：当照射的光子能量等于或大于半导体的禁带宽度时，光子能够将价带中的电子激发到导带，从而产生导电的电子、空穴对，由此增加了半导体的整体电导。

3.6.3.5

光伏型紫外探测器 photovoltaic UV detector

在宽禁带半导体势垒区进行光吸收的紫外探测器。

注：光生载流子改变了势垒区的自建电场，从而引起探测器电压或者电流的变化。光伏型探测器有肖特基型，金属-半导体-金属（MSM）型，p-i-n型探测器等。

3.6.3.6

雪崩光电探测器 avalanche photodetector

雪崩光电二极管 avalanche photodiode

APD

一种基于 p-n 结或 p-i-n 型的具有强电场工作结构的光电二极管，利用光生载流子在强电场下的雪崩倍增效应制成的、具有内部增益、能将探测到的光电流进行放大的半导体光电探测器。

注：工作时加较大的反向偏压，使得其达到雪崩倍增状态，特别适用于探测微弱光信号。由于它还具有适当的速度，所以常常与激光源配合使用，实例有光纤通信系统。雪崩光电二极管的缺点是噪声大，要求大的偏置（超过50V到数百伏），并需要非常稳定的电压源和环境温度，因为雪崩过程对这些因素非常敏感。超晶格雪崩光电二极管的优点是，通过调整电子和空穴截然不同的电离系数，可以降低噪声水平。

3.6.3.7

太赫兹探测器 terahertz detector

探测频率在太赫兹波段（0.1THz-10THz）的电磁波的探测器。

3.6.3.8

光电导半导体元件 photoconductive semiconductor component

利用半导体中吸收光子产生可移动的载流子所制备的半导体元件。

注：又称为光敏电阻器、光电导电池，或简称为光电池。它是开发的第一种量子光电探测器，在此之前的很长一段时期内都只有热光电探测器。光电导半导体元件应用领域广阔，从光电探测器到光电开关。其另一潜在应用是在电路中提供可变电阻。

3.6.3.9

自由载流子光电导元件 free carrier photoconductive semiconductor component

自由载流子被激发到能带内的高能态，而迁移率随着光强增加的一种半导体元件。

注：也称为热电子光电导元件或热电子辐射热测量计。在这种器件中，光引起的电流增加源于迁移率的改变，但是载流子数保持不变。

3.6.3.10

负电子亲和势光电阴极 negative electron affinity photocathode

是光电阴极真空管的重要组成，在结构上是只有阴极一端，在真空中将另一端（阳极）置于其附近的半导体薄层。

注：与传统的光电阴极不同，宽禁带半导体中，AlN本身就具有负的电子亲和势，是新一代负电子亲和势（NEA）光电阴极的理想材料。应用是大面积成像管，既可作图像增强管，也可作图像转换管。

3.6.3.11

可见光探测器 visible (light) detector

对可见光敏感、能将可见光辐射能转换为与之有一定关系的量值的传感器。

3.6.3.12

双色探测器 double-color detector

将两个在不同波段响应的探测器制备成夹层结构，能同时连续探测两个波段辐射的光电探测器。

注：在超晶格结构中，子带跃迁被用来作为长波长波段的探测，禁带内跃迁被作为短波长波段的探测，而构成双色探测器。

3.6.3.13

金刚石紫外探测器 diamond detector for ultraviolet radiation

用金刚石制备的可实现波长小于 291 nm 的中紫外光的探测器。

注：金刚石紫外探测器无需滤光片或介电层涂膜，即可实现具有日盲区特性（日盲区指波长小于291 nm的中紫外光）。多晶金刚石薄膜在紫外/可见光的分辨率高达 10^7 数量级。

3.6.3.14

响应度 responsivity

s

探测器的输出 Y 除以探测器的输入 X 。

$$s = Y/X$$

注：如果在没有输入时探测器的输出是 Y_0 ，而在探测器输入为 X 时其输出是 Y_t ，则响应度为 $s = (Y_t - Y_0)/X$ 。

[来源：GB/T 2900.65—2004，845-05-54]

3.6.3.15

噪声等效功率 noise equivalent power

NEP

Φ_m

当探测器所测量或探测的量为辐射通量时赋予噪声等效输入的名称。

注：探测器内部噪声的总功率等效为在1 Hz的带宽内信噪比为1时所需要的均方根入射光功率。

[来源：GB/T 2900.65—2004，845-05-63]

3.6.3.16

探测率（探测器的） detectivity (of a detector)

噪声等效功率的倒数。

注：探测率与波长、调制频率及带宽相关，反映了探测器探测弱光的能力。

[来源：GB/T 2900.65—2004，845-05-65，增加注释]

3.6.3.17

光子探测效率 photon detection efficiency

PDE

指一个入射光子被雪崩光电二极管吸收并引发雪崩的概率。

注：它与雪崩几率及所加反向偏压有关。

3.6.3.18

截止波长 cutoff wavelength

光电探测器开始对光线不产生响应或响应很小时所对应的长限或短限波长。

3.6.3.19

雪崩增益 avalanche gain

雪崩光电二极管雪崩倍增前后的光电流比值。

注：光生载流子在二极管耗尽层强电场内的碰撞电离，产生新的电子空穴对，并不断重复而获得光电流的雪崩倍增。

3.6.3.20

导弹来袭告警 missile approaching warning

MAW

在自身战机被敌方（可以是战斗机或地面防空系统）锁定且发射了导弹，导弹逼近时被己方战机侦测到，系统所发出的导弹来袭的报警，报告来袭导弹的方位和高度。

3.6.3.21

导弹制导 guided-missile control (missile guidance)

控制导弹飞行姿态和引导导弹飞向目标的技术。

3.6.3.22

火灾探测 fire-detection

将火灾初期所产生的热、烟或光转变为电信号，并在超过某一规定值时，传递给与之相关的报警检测控制设备的技术。

3.6.4 微波射频器件类

3.6.4.1

功率增益 power gain

在电子学上，通常为一个系统的讯号输出与讯号输入的比率。

注：放大器增益表示放大器功率放大倍数，以输出功率同输入功率比值的常用对数表示等。

3.6.4.2

功率附加效率 power added efficiency

PAE

射频输出功率减输入功率的差与耗散的直流功率的比值。

3.6.4.3

阻抗匹配 impedance matching

信号源内阻与所接传输线的特性阻抗大小相等且相位相同，或传输线的特性阻抗与所接负载阻抗的大小相等且相位相同，分别称为传输线的输入端或输出端处于阻抗匹配状态，简称为阻抗匹配。

3.6.4.4

单片微波集成电路 monolithic microwave integrated circuit

MMIC

采用平面技术，将无源元件、有源器件、传输线、互连线直接制作在半绝缘衬底上，构成应用于微波（甚至毫米波）频段的功率放大电路。

注：有时也称射频集成电路（radio frequency integrated circuit (RFIC)），具有信号的产生、放大、控制和信息处理等功能且工作频率范围300 MHz~300 GHz。

3.6.5 电力电子器件类

3.6.5.1 肖特基二极管

3.6.5.1.1

（肖特基二极管的）正向电压 forward voltage (of a diode)

电流正向流动时在（肖特基二极管）器件两端产生的电压。

注：氮化物肖特基二极管的典型正向电压在0.8~1 V。碳化硅肖特基二极管典型的正向电压在1.2~1.8 V。

[来源：GB/T 4023—2015，3.2.1，有修改]

3.6.5.1.2

（肖特基二极管的）正向电流 forward current (of a diode)

沿（肖特基二极管）器件低阻方向流动的电流。

[来源：GB/T 4023—2015，3.3.1，有修改]

3.6.5.1.3

（肖特基二极管的）正向浪涌电流 surge forward current (of a diode)

一种持续时间短并规定波形的正向脉冲电流。这种电流是由于电路异常情况（如故障）引起，导致结温超过或可能超过额定最高结温，但假定其极少发生，并在（肖特基二极管）器件工作寿命期内具有限定的发生次数。

[来源：GB/T 4023—2015，3.3.6，有修改]

3.6.5.1.4

击穿电压 breakdown voltage

$V_{(BR)}$

在发生击穿的区域内的电压。

[来源：IEC 60747-2:2016，3.2.7]

3.6.5.1.5

反向电压 reverse voltage

V_R

施加到二极管反向的恒定电压。

[来源：IEC 60747-2:2016，3.2.4]

3.6.5.1.6

正向（直流）电流 forward (d.c.) current

I_F

在二极管的额定功率下，允许的最大正向直流电流。

3.6.5.1.7

正向峰值电流 peak forward current

I_{FM}

在额定功率下，允许通过二极管的最大正向脉冲电流值。

3.6.5.1.8

反向电流 reverse current

I_R

施加规定的反向电压时流过二极管的电流。

[来源: IEC 60747-2:2016, 3.3.7]

3.6.5.1.9

正向(不重复)浪涌电流 (non-repetitive) surge forward current

I_{FSM}

一种持续时间短并具有规定波形的正向电流脉冲,施加这种波形会导致结温超过最大额定值。但这种电流是由于电路条件异常(如故障)引起而偶然发生的,在器件工作寿命期间出现的次数有限。

[来源: IEC 60747-2:2016, 3.3.6]

3.6.5.1.10

反向恢复峰值电流 peak reverse recovery current

I_{rrm}

二极管从导通状态到反向截止状态电流的峰值。

3.6.5.1.11

反向恢复电荷 recovered charge

Q_r

在规定积分时间内,二极管从规定的正向电流条件转换到规定的反向条件后,二极管中恢复的总电荷。

[来源: IEC 60747-2:2016, 3.5.5]

3.6.5.1.12

反向恢复能量 reverse recovery energy

E_{rr}

在反向恢复电荷的积分时间内,通过器件的电压和电流积分得到的转换能量。

[来源: IEC 60747-2:2016, 3.5.2]

3.6.5.1.13

反向恢复软度因子 reverse recovery softness factor

S_{rr}

反向恢复电流下降过零时的斜率与恢复电流上升时斜率的最大值之间比值的绝对值。

3.6.5.1.14

小信号电容电荷 diode small signal capacitive charge

Q_c

二极管正-负极之间的电压从零升至规定值所需要的电荷。

3.6.5.2 MOSFET

3.6.5.2.1

漏极-源极通态电压 drain-source on-state voltage (of a MOSFET)

当漏极电流及栅极电压均为规定的高值时,漏-源电压的最大值。

[来源: IEC 60747-8:2010, 5.3.3.5.1]

3.6.5.2.2

阈值电压(增强型场效应晶体管的) threshold voltage (of an enhancement type field-effect transistor)

漏极电流值达到规定低值时的栅源电压。

注: GaN FET (p型栅结构)的阈值电压通常在1.5V左右。SiC MOSFET的阈值电压为 3.5V左右。

[来源: GB/T 2900.66—2004, 521-07-24, 增加注释]

3.6.5.2.3

漏极截止电流 drain cut-off current (of a MOSFET)

栅源电压为低值, 漏源电压为规定的高值时的最大值。

[来源: IEC 60747-8:2010, 5.3.3.2]

3.6.5.2.4

栅极漏电流 gate leakage current (of a MOSFET)

栅源电压或栅漏电压为规定值时的最大值。

[来源: IEC 60747-8:2010, 5.3.3.1]

3.6.5.2.5

输入电容 short-circuit input capacitance

在规定的偏置和频率条件下, 漏极和源极之间交流短路时, 栅极和源极之间的电容。

[来源: GB/T 4586—94, 3.6, 有修改]

3.6.5.2.6

(MOSFET 的) **栅源电阻** gate-source resistance

在规定的栅-源和漏-源电压下, 栅极和源极之间的直流电阻。

[来源: GB/T 4586—94, 3.7, 有修改]

3.6.5.3

开关频率 switching frequency

电力电子元件在每秒内完全导通、断开的次数, 等于开关周期的倒数。

注: 基于宽禁带半导体GaN和SiC材料的功率器件能够实现比硅功率电子器件更高的开关频率。

3.6.5.4

阻断电压 pinch-off voltage

场效应管从导通到刚好阻断时, 源栅之间的电压。

3.6.5.5

额定电流 rated current

$I_{\text{额定}}$

单位: A

用于规定工作状态的电流值。

注: 该值和工作状态在相关标准中或由生产商或责任销售商规定。

[来源: GB/T 24826—2009, 2.28, 有修改]

3.6.5.6

正向特性近似直线 straight line approximation of the forward characteristic

正向特性曲线上两规定点相连的直线, 此直线用以近似表示正向电压-电流特性。

[来源: GB/T 2900.32—94, 3.2.28]

3.6.5.7

正向斜率电阻 forward slope resistance

由电流电压特性曲线的近似直线求得的电阻值。

[来源: GB/T 2900.66—2004, 521-06-05, 有修改]

3.6.5.8

导通电阻 conducting resistance

半导体器件(如pn结、场效应晶体管等)在正向导通时表现出的电阻。

3.6.5.9

开关损耗 switching loss

开关损耗包括开通损耗和关断损耗。开通损耗指功率管从截止到导通时，所产生的功率损耗。关断损耗指功率管从导通到截止时，所产生的功率损耗。

注：非理想的晶体管在开通时，电压不是立即下降到零，而是有一个下降时间，同时电流也不是立即上升到负载电流，也有一个上升时间。在这段时间内，电流和电压有一个交叠区，会产生损耗，即为开通损耗。类似可以得出关断损耗产生的原因。

3.6.5.10

正向恢复时间 forward recovery time

从零或规定的反向电压切换至规定的正向偏置状态的瞬间开始，到电流或电压恢复到规定值所需的持续时间。

[来源：GB/T 2900.66—2004，521-05-25]

3.6.5.11

反向恢复时间（整流管的） reverse recovery time (of a semiconductor rectifier diode)

当从正向向反向转换时，从电流过零瞬间起，到反向电流从峰值 I_{RM} 减小到某一规定值或到反向电流外推的零点止的时间间隔。

注：所谓外推是由两规定点A、B连线延长与时间轴的交点。

[来源：GB/T 2900.32—94，3.2.31，有修改]

3.6.5.12

反向恢复时间（反向阻断晶闸管的） reverse recovery time (of a reverse blocking thyristor)

当从通态向反向阻断态转换时，从电流过零瞬间起，至反向电流从峰值 I_{RM} 减小到某一规定值止，或至反向电流外推的零点为止的时间间隔。

注：所谓外推是由两规定点A、B连线延长与时间轴的交点。

[来源：GB/T 2900.32—94，5.2.52，有修改]

3.6.5.13

恢复电荷（二极管或闸流晶体管的） recovered charge (of a diode or thyristor)

从规定的正向（通态）电流条件转换到规定的反向条件以后，二极管或闸流晶体管恢复的总电荷。

注：这种电荷包括载流子储存和耗尽层电容引起的部分。

[来源：GB/T 2900.66—2004，521-05-18]

3.6.5.14

恢复电荷（晶闸管的） recovered charge (of a thyristor)

从规定的通态电流条件向规定的反向条件切换后，在规定的积分时间内，晶闸管恢复的总电荷。

注：恢复电荷包括贮存的载流子和耗尽层电容两部分电荷。

[来源：GB/T 2900.32—94，5.2.54]

3.6.5.15

恢复电荷（整流管的） recovered charge (of a semiconductor rectifier diode)

整流管从规定的正向电流条件向规定的反向条件转换期间，所存在的全部电荷。

注：恢复电荷包括贮存的载流子和耗尽层电容两部分电荷。

[来源：GB/T 2900.32—94，3.2.18]

3.6.5.16

反向恢复电流上升时间 reverse recovery current rise time

开关元件从正向到反偏时，反向电流上升到峰值所需时间。

3.6.5.17

反向恢复电流下降时间 reverse recovery current fall time

开关元件从正向到反偏时，反向电流峰值到零所需时间。

3.6.6 传感器件类

3.6.6.1

氮化镓基肖特基氢探测器 hydrogen sensors with GaN-based Schottky diodes

利用氮化镓基肖特基结构对氢气或碳氢化合物的电流响应特性变化，制作的氢探测器。

3.6.6.2

纳米线氢探测器 nanostructured hydrogen sensors

利用氮化物或氧化物（GaN, InN, ZnO, SnO₂）的纳米线结构对氢气的敏感反应，制作的氢探测器。

3.6.6.3

氮化铟氢气传感器 hydrogen gas sensors with InN

利用较窄的直接禁带宽度和高效的电子输运氮化铟材料，在其上蒸镀Pd, Pt材料形成的氢气敏感的传感器。

注：Pd覆盖的InN纳米带可探测十级ppm的氢气浓度。

3.6.6.4

热敏电阻器 thermistor

具有很大非线性(通常为负)阻抗温度系数的电阻器。

注：热敏电阻器可以是圆盘形、垫圈形、棒形及探针形。温度检测的范围主要取决于材料的能隙（较大的E_g对应较高温度）。硅热敏电阻器限于250 K以下的应用，氧化物半导体热敏电阻器则适用于200 K~700 K的温度范围。

对于更高的温度，热敏电阻器用Al₂O₃、BeO、MgO、ZrO₂、Y₂O₃和DY₂O₃制作。

[来源：GB/T 2900.66—2004，521-04-22，增加注释]

3.6.6.5

霍尔器件 Hall device

霍尔发生器

带引线的霍尔板，以及封装盒和铁或非铁类垫板组成的装置。

注：霍尔器件有三种形式：（1）分立条形，（2）淀积在支撑衬底上的薄膜，（3）反型衬底上的外延膜化合物半导体之所以有吸引力是因为其迁移率比Si高，而Si则由于其工艺更成熟所以在集成传感器中更常用。其主要应用可分成两类：磁场的直接感测以及位置和运动的感测。

[来源：GB/T 2900.66—2004，521-04-26，增加注释]

3.6.6.6

磁敏电阻器 magnetoresistor

是基于存在磁场时电阻增加的磁阻效应制备的电阻器。

3.6.6.7

磁敏晶体管 magnetic-field-sensitive transistor

具有多个集电极的双极型晶体管，而集电极之间的电流差取决于磁场。

注：这种双极型晶体管可以是横向结构，也可以是纵向结构。每一种结构也可以在偏转模式或注入调制模式下工作。

3.6.6.8

磁场敏感型场效应晶体管 magnetic-field-sensitive field-effect transistor

MAGFET

通常结构是MOSFET结构。它可以工作在两种模式下。类似于样品由一层感生反型层替代的霍尔器件，输出是霍尔接头之间的霍尔电压。

注：在横向磁场作用下，MOSFET沟道中的载流子向一侧偏转，两个漏电流之差可监测。

3.6.6.9

应变计 strain gage

通过监测对象的电阻变化来测量其形变的仪器，或称压力计。

注：当应变计被拉长时，两种效应（由较长的长度和较小的截面产生的几何效应以及在应力作用下由电阻率变化引起的压阻效应）可改变其电阻。后一种效应只发生在半导体中，且比几何效应强烈得多。半导体应变计可以是分立的条形键合结构、扩散或注入的结构或淀积的薄膜。半导体的灵敏度比金属的高两个量级。应用领域包括：直接应变测量，加速度计，压力传感器，称重传感器，力矩传感器等。

3.6.6.10

叉指换能器 interdigital transducer

IDT

是一种表面声波（SAW）传感器。它可把电信号转换成机械SAW，反之亦然，其工作基于压电效应。

注：叉指换能器主要由压电衬底上的叉指形金属条构成。压电薄膜的厚度约为SAW的波长，ZnO是最常用的材料，采用溅射方法淀积。具有强烈压电性质的氮化物半导体也是该器件的重要制备材料。

3.6.6.11

离子敏感场效应晶体管 ion-sensitive field-effect transistor

ISFET

含有离子的电解质通过多层栅介质与器件接触制成的场效应晶体管，用于进行离子探测。

注：是最通用的化学敏感场效应晶体管（CHEMFET）之一。除了SiO₂之外，还有Si₃N₄、Al₂O₃、TiO₂和Ta₂O₅。与其他电化学离子传感器相比，ISFET具有尺寸小、响应快、输出阻抗低以及源于集成电路工艺的低成本等优点。目前主要应用在生物医学领域，例如血液和尿液分析，可监控的成分如pH、Na⁺、Ca²⁺、Cl⁻、葡萄糖、尿素和胆固醇。

3.6.6.12

半导体氧化物传感器 semiconductor oxide sensor

采用金属氧化物半导体如SnO₂、ZnO、Fe₂O₃及TiO₂来制作的气体传感器，其中SnO₂最常用。

注：这些电阻性气体传感器一般会添加一些贵金属如Pd或Pt以改善其灵敏度。当传感器置于气体如H₂、O₂或CO中，电阻会发生变化。应用于监控气体的泄漏。

3.6.6.13

PH值测试 test of PH value

溶液的酸碱性（氢离子浓度指数）强弱程度测试。

3.6.7 其它器件类

3.6.7.1

数据存储 data storage

利用稀磁半导体材料自旋特性进行数据的保存。

3.6.7.2

量子计算 quantum computing

同时利用电荷和自旋的状态进行低能耗、高速率计算。

3.6.7.3

异质结热电子晶体管 heterojunction hot-effect transistor

HHET

具有突变异质结构或缓变组分结构形成发射极-基极结的晶体管，通过热电子发射注入发射极。

注：异质结热电子晶体管尚处于研究阶段，工艺复杂。这种器件可用于基础研究，如热电子能谱。

3.6.7.4

感应基区晶体管 Inductive base transistor

基区由异质结形成的量子阱构成的晶体管。发射极-基极结是缓变能隙层形成的三角形势垒，而集电极-基极结是突变异质结形成的方形势垒。

注：感应基区晶体管的主要特点是其基区由静电感应形成。它与其他热电子晶体管相比有一些优点。

3.6.7.5**共振隧穿双极晶体管 resonant-tunneling bipolar transistor****RTBT**

在双极型晶体管中引入双势垒量子阱所形成的晶体管，不同类型结构取决于双势垒量子阱的位置。

注：RTBT是一种三端器件，具有可调负微分电阻及负微分跨导，而且更重要的是，它在输入和输出电路之间提供隔离。具有多个电流峰值的特性是作为有效功能器件的重要因素。应用实例有模/数转换器、倍频器、奇偶发生器、多值逻辑电路及多值存储器。

3.6.7.6**共振隧穿热电子晶体管 resonant-tunneling hot-electron transistor****RHET**

一种利用共振隧穿现象的三端器件。

注：它基于共振隧穿二极管的基础研究。RHET早期结构采用GaAs/AlGaAs结构制作，现在已经在氮化物半导体异质结上进行研究，与共振隧穿二极管相比，RHET的第三端使负微分电阻和负跨导可调。它可隔离输入和输出电路，这是RHET是否能有效用作功能器件（能执行很复杂功能的单个器件）的特别重要的因素。共振隧穿的另一突出特点是存在多个负阻区（多个电流峰值），这一特点有利于逻辑器件。应用的例子有模/数转换器、倍频器。

3.6.7.7**量子阱基区共振隧穿晶体管 quantum-well-base resonant-tunneling transistor****QWBRTT**

一种有第三端与量子阱接触的共振隧穿二极管，其中量子阱作为基区以控制其电势。

注：量子阱基区可掺入与发射极和集电极相同类型或相反类型的掺杂剂。前者通常称为单极器件，而后者则称为双极器件。与共振隧穿二极管不同，QWBRTT需要由有三种不同能隙的多层材料制作的异质结构。由于QWBRTT中从发射极到集电极的载流子传导通过隧穿来实现，所以它是一种潜在的超高速器件。其负阻特性能够应用于制作逻辑和存储器电路。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.32—94 电工术语 电力半导体器件
- [2] GB/T 2900.65—2004 电工术语 照明
- [3] GB/T 2900.66—2004 电工术语 半导体器件和集成电路
- [4] GB/T 4023—2015 半导体器件 分立器件和集成电路 第2部分：整流二极管
- [5] GB/T 4586—94 半导体器件 分立器件 第8部分：场效应晶体管
- [6] GB/T 5698—2001 颜色术语
- [7] GB/T 14264—93 半导体材料术语
- [8] GB/T 14264—2009 半导体材料术语
- [9] GB/T 15608—2006 中国颜色体系
- [10] GB/T 15651.4—2017 半导体器件 分立器件 第5-4部分：光电子器件 半导体激光器
- [11] GB/T 20146—2006 色度学用CIE标准照明体
- [12] GB/T 24826—2009 普通照明用LED和LED模块 术语和定义
- [13] GB/T 24826—2016 普通照明用LED产品和相关设备 术语和定义
- [14] GB/T 30656—2014 碳化硅单晶抛光片
- [15] GB/T 37031—2018 半导体照明术语
- [16] IEC 60747-2:2016 Semiconductor devices - Part 2: Discrete devices - Rectifier diodes
- [17] IEC 60747-8:2010 Semiconductor devices-Discrete devices-Part8:Field - effect transistors
- [18] 材料科学技术名词（2010版）

中文索引

A

氨热法.....	3.2.1.2.14
凹槽栅GaN HEMT.....	3.2.2.2.2.7

B

白光LED.....	3.6.1.1
半导体氧化物传感器.....	3.6.6.12
半极性.....	3.1.1.14
饱和电流.....	3.2.2.2.2.14
饱和电子漂移速度.....	3.1.1.10
本征半导体.....	3.1.1.8
本征缺陷.....	3.1.3.4
边发射激光器.....	3.2.2.1.26
表面等离激元增强LED.....	3.2.2.1.14
表面钝化.....	3.2.2.2.1.10

C

侧向外延.....	3.2.1.2.12
叉指换能器.....	3.6.6.10
掺杂.....	3.1.2.8
常关型GaN场效应晶体管器件.....	3.2.2.2.2.3
常开型GaN场效应晶体管器件.....	3.2.2.2.2.4
场板.....	3.2.2.2.1.9
超辐射发光二极管.....	3.2.2.1.12
超晶格激光器.....	3.2.2.1.22
衬底.....	3.1.2.7
出光效率.....	3.2.2.1.37
穿透位错.....	3.1.3.6
垂直结构LED.....	3.2.2.1.10
垂直腔面发射激光器.....	3.2.2.1.25
磁场敏感型场效应晶体管.....	3.6.6.8
磁敏电阻器.....	3.6.6.6
磁敏晶体管.....	3.6.6.7

D

[大]功率LED.....	3.2.2.1.5
大光腔激光二极管.....	3.2.2.1.16
单量子阱激光器.....	3.2.2.1.17
单模激光二极管.....	3.2.2.1.19

单纵模激光二极管	3.2.2.1.20
单片微波集成电路	3.6.4.4
单色光LED	3.2.2.1.8
氮化镓	3.2.1.1.1
氮化镓半绝缘衬底	3.2.1.2.6
氮化镓衬底	3.2.1.2.1
氮化镓单晶薄膜	3.2.1.1.3
氮化镓复合衬底	3.2.1.2.4
氮化镓基量子级联激光器	3.2.2.1.28
氮化镓基微波脉冲固态功率放大器	3.2.2.2.1.11
氮化镓基肖特基氢探测器	3.6.6.1
氮化镓自支撑衬底	3.2.1.2.5
氮化铝	3.2.1.1.4
氮化铝衬底	3.2.1.2.2
氮化铝单晶薄膜	3.2.1.1.5
氮化铝自支撑衬底	3.2.1.2.7
氮化物基肖特基势垒二极管	3.2.2.2.2.1
氮化镱氢气传感器	3.6.6.3
氮空位色心	3.5.1.4.1
导弹来袭告警	3.6.3.20
导弹制导	3.6.3.21
导电类型	3.1.1.9
导通电阻	3.6.5.8
低温成核层	3.2.1.2.10
第三代半导体	3.1.1.1
点缺陷	3.1.3.4
电光转换效率	3.2.2.1.41
电子辅助化学汽相沉积	3.5.1.3.4
动态单模激光二极管	3.2.2.1.21
动态电阻	3.2.2.2.2.13
堆垛层错	3.1.3.9
多量子阱激光二极管	3.2.2.1.18

E

额定电流	3.6.5.5
二维电子气	3.1.2.4
二维空穴气	3.1.2.5

F

发光二极管	3.2.2.1.1
发光三极管	3.2.2.1.13
[发]光效[能]	3.2.2.1.39
反向电流	3.6.5.1.8

反向电压.....	3.6.5.1.5
反向恢复电荷.....	3.6.5.1.11
反向恢复电流上升时间.....	3.6.5.1.6
反向恢复电流下降时间.....	3.6.5.1.7
反向恢复峰值电流.....	3.6.5.1.10
反向恢复能量.....	3.6.5.1.12
反向恢复软度因子.....	3.6.5.1.13
反向恢复时间（反向阻断晶闸管的）.....	3.6.5.1.2
反向恢复时间（整流管的）.....	3.6.5.1.1
非极性.....	3.1.1.13
分布反馈激光器.....	3.2.2.1.23
分子束外延.....	3.2.1.2.9
氟离子注入实现的GaN增强型HEMT.....	3.2.2.2.9
负电子亲和势光电阴极.....	3.6.3.10

G

感应基区晶体管.....	3.6.7.4
高电子迁移率晶体管.....	3.2.2.2.1.1
高温高压技术.....	3.5.1.1.4
高压LED.....	3.2.2.1.9
镉锌氧.....	3.4.1.2.3
功率附加效率.....	3.6.4.2
功率密度.....	3.2.2.2.1.8
功率增益.....	3.6.4.1
共掺杂.....	3.1.2.11
共振腔LED.....	3.2.2.1.11
共振隧穿热电子晶体管.....	3.6.7.6
共振隧穿双极晶体管.....	3.6.7.5
光波导耦合器.....	3.2.2.1.29
光传输复用器.....	3.2.2.1.30
光导型紫外探测器.....	3.6.3.4
光电导半导体元件.....	3.6.3.8
光电探测器.....	3.6.3.1
光电子集成电路.....	3.2.2.1.31
光伏型紫外探测器.....	3.6.3.5
光开关.....	3.2.2.1.34
光互连.....	3.6.2.8
光视效能.....	3.2.2.1.40
光调制解调器.....	3.2.2.1.33
光调制器.....	3.2.2.1.32
光纤激光器.....	3.6.2.7
光子探测效率.....	3.6.3.17
硅基GaN功率晶体管.....	3.2.2.2.10

硅基氮化镓	3.2.1.3.6
-------------	-----------

H

耗尽型高电子迁移率晶体管	3.2.2.2.4
横向外延	3.2.1.2.12
化合物半导体	3.1.1.7
缓冲层	3.2.1.2.11
恢复电荷（二极管或闸流晶体管的）	3.6.5.13
恢复电荷（晶闸管的）	3.6.5.14
恢复电荷（整流管的）	3.6.5.15
辉光放电沉积	3.5.1.3.6
火灾探测	3.6.3.22
霍尔发生器	3.6.6.5
霍尔器件	3.6.6.5

J

击穿电压	3.6.5.1.4
基平面位错	3.3.1.3.4
激光二极管	3.2.2.1.15
激光通信	3.6.2.5
激光照明	3.6.2.4
激子	3.1.1.17
极化效应	3.1.1.15
极性	3.1.1.12
镓铟铝氮	3.2.1.3.5
间接带隙半导体	3.1.1.6
截止波长	3.6.3.18
截止频率	3.2.2.2.1.6
金刚石	3.5.1.1.1
金刚石单晶	3.5.1.1.2
（金刚石单晶）籽晶	3.5.1.2.1
金刚石功率二极管	3.5.2.2
金刚石基氮化镓	3.2.1.3.9
金刚石紫外探测器	3.6.3.13
金属-绝缘体半导体场效应晶体管	3.2.2.2.2.2
金属氧化物半导体场效应晶体管	3.4.2.2.2
金属有机化学气相沉积	3.2.1.2.8
禁带宽度	3.1.1.4
晶格失配	3.1.3.1
晶体结构	3.1.1.2

K

开关频率.....	3.6.5.3
开关损耗.....	3.6.5.9
可见光盲探测器.....	3.4.2.1.1
可见光室内定位.....	3.6.1.12
可见光探测器.....	3.6.3.11
可见光通信.....	3.6.1.11
空坑（氧化镓的）.....	3.4.1.3.2
宽禁带半导体.....	3.1.1.1

L

蓝宝石基氮化镓.....	3.2.1.3.7
蓝光损伤.....	3.6.1.13
类金刚石碳膜.....	3.5.1.1.3
离子敏感场效应晶体管.....	3.6.6.11
亮度.....	3.6.2.3.2
量子级联激光器.....	3.2.2.1.24
量子计算.....	3.6.7.2
量子阱.....	3.1.2.3
量子阱基区共振隧穿晶体管.....	3.6.7.7
量子限制斯塔克效应.....	3.2.2.1.42
临界击穿场强.....	3.1.1.11
六方空洞.....	3.3.1.3.2
漏极截止电流.....	3.6.5.2.3
漏极-源极通态电压.....	3.6.5.2.1
卤化物气相外延（氧化镓的）.....	3.4.1.2.5
孪晶.....	3.1.3.3
螺[型]位错.....	3.1.3.8
铝镓氮.....	3.2.1.3.3
铝镓氧.....	3.4.1.2.1
铝镓氮.....	3.2.1.3.5

M

镁锌氧.....	3.4.1.2.2
面板亮度.....	3.6.1.9

N

纳米LED.....	3.2.2.1.3
纳米管缺陷（氧化镓的）.....	3.4.1.3.1
纳米线氢探测器.....	3.6.6.2
钠流法.....	3.2.1.2.15
内量子效率.....	3.2.2.1.36
能带结构.....	3.1.1.3

P

喷雾化学气相沉积（氧化镓的）	3.4.1.2.4
品质因子	3.2.2.2.2.12

Q

氢化物气相外延	3.2.1.2.13
氢终端金刚石场效应管	3.5.2.1

R

燃烧火焰沉积	3.5.1.3.5
热敏电阻器	3.6.6.4
热失配	3.1.3.2
热丝化学气相沉积	3.5.1.3.2
刃[型]位错	3.1.3.7
日盲探测器	3.4.2.1.2
日盲紫外探测器	3.6.3.3
熔体生长法	3.4.1.1.5

S

色[品]坐标	3.6.1.4
色域	3.6.2.3.1
色质指数	3.6.1.6
生物节律作用因子	3.6.1.7
生长型层错	3.3.1.3.5
施主杂质	3.2.1.4.1
受主杂质	3.2.1.4.2
输入电容	3.6.5.2.5
数据传输速率	3.6.1.16
数据存储	3.6.7.1
栅极漏电流	3.6.5.2.4
双色探测器	3.6.3.12
水热法	3.4.1.1.6
塑料光纤	3.6.2.6

T

太赫兹光源	3.2.2.1.27
太赫兹探测器	3.6.3.7
探测率（探测器的）	3.6.3.16
碳包裹体	3.3.1.3.3
碳化硅	3.3.1.1.1
碳化硅PIN二极管	3.3.2.2
碳化硅单晶	3.3.1.1.2

碳化硅高温化学气相沉积.....	3.3.1.1.9
碳化硅化学气相沉积外延生长.....	3.3.1.2.1
碳化硅基氮化镓.....	3.2.1.3.8
碳化硅结势垒肖特基二极管.....	3.3.2.3
碳化硅结型场效应晶体管.....	3.3.2.4
碳化硅金属氧化物半导体场效应管.....	3.3.2.5
碳化硅晶型.....	3.3.1.1.3
碳化硅晶闸管.....	3.3.2.8
碳化硅绝缘栅双极型晶体管.....	3.3.2.7
碳化硅上氮化镓微波晶体管.....	3.2.2.2.1.3
碳化硅双极结型晶体管.....	3.3.2.6
碳化硅台阶流动控制外延生长.....	3.3.1.2.2
碳化硅物理气相输运生长.....	3.3.1.1.8
碳化硅液相生长.....	3.3.1.1.7
体单晶.....	3.2.1.1.2
调制掺杂.....	3.4.1.2.6
图形化衬底.....	3.2.1.2.3

W

外量子效率.....	3.2.2.1.38
外延.....	3.1.2.6
外延层.....	3.2.1.3.1
微波等离子化学气相沉积.....	3.5.1.3.1
微管.....	3.3.1.3.1
微米LED.....	3.2.2.1.2
位错.....	3.1.3.5
位错密度.....	3.1.3.10

X

显色指数.....	3.6.1.5
相关色温.....	3.6.1.3
响应度.....	3.6.3.14
像素分辨率.....	3.6.1.8
小尺寸LED.....	3.2.2.1.4
小功率LED.....	3.2.2.1.7
小信号电容电荷.....	3.6.5.1.14
(肖特基二极管的) 正向电流.....	3.6.5.1.2
(肖特基二极管的) 正向电压.....	3.6.5.1.1
(肖特基二极管的) 正向浪涌电流.....	3.6.5.1.3
肖特基势垒二极管.....	3.3.2.1
肖特基势垒二极管/肖特基二极管(氧化镓的).....	3.4.2.2.3
效率下降.....	3.2.2.1.35
雪崩光电二极管.....	3.6.3.6

雪崩光电探测器	3.6.3.6
雪崩增益	3.6.3.19

Y

氧化镓	3.4.1.1.1
氧化镓场效应晶体管	3.4.2.2.1
氧化镓单晶	3.4.1.1.2
氧化锌	3.4.1.1.3
氧化锌单晶	3.4.1.1.4
异质结	3.1.2.2
异质结构	3.1.2.1
异质结热电子晶体管	3.6.7.3
异质结双极晶体管	3.2.2.2.1.2
镓氮	3.2.1.3.2
镓铝氮	3.2.1.3.4
应变计	3.6.6.9
应力调控	3.2.1.3.10
阈值电流（半导体激光器）	3.6.2.2
阈值电流密度	3.6.2.1
阈值电压	3.2.2.2.2.11
阈值电压（增强型场效应晶体管的）	3.6.5.2.2

Z

载流子面[电荷]密度	3.1.1.16
噪声等效功率	3.6.3.15
增强型高电子迁移率晶体管	3.2.2.2.2.3
正向（不重复）浪涌电流	3.6.5.1.9
正向（直流）电流	3.6.5.1.6
正向峰值电流	3.6.5.1.7
正向恢复时间	3.6.5.1.0
正向特性近似直线	3.6.5.6
正向斜率电阻	3.6.5.7
直接带隙半导体	3.1.1.5
直流电弧等离子体喷射化学气相沉积	3.5.1.3.3
植物有效辐射能	3.6.1.10
中功率LED	3.2.2.1.6
主波长（颜色刺激的）	3.6.1.2
紫外固化	3.6.1.14
紫外探测器	3.6.3.2
自旋场效应管	3.2.2.3.2
自旋存储器	3.2.2.3.1
自由载流子光电导元件	3.6.3.9
阻断电压	3.6.5.4

阻抗匹配.....	3.6.4.3
最大振荡频率.....	3.2.2.2.1.7

拉丁字母

Cascode结构的GaN器件.....	3.2.2.2.2.5
GaN MMIC功率放大器.....	3.2.2.2.1.4
GaN金属绝缘体半导体场效应晶体管.....	3.2.2.2.2.8
GaN肖特基二极管.....	3.2.2.2.1.5
（MOSFET的）栅源电阻.....	3.6.5.2.6
n型掺杂.....	3.1.2.9
PH值测试.....	3.6.6.13
p型GaN HEMT.....	3.2.2.2.2.6
p型掺杂.....	3.1.2.10

阿拉伯数字

3C碳化硅.....	3.3.1.1.6
3dB带宽.....	3.6.1.15
4H碳化硅.....	3.3.1.1.4
6H碳化硅.....	3.3.1.1.5

英文索引

A

acceptor impurity	3.2.1.4.2
AlN single crystalline film	3.2.1.1.5
aluminium gallium indium nitride	3.2.1.3.5
aluminium indium gallium nitride	3.2.1.3.5
aluminum gallium nitride	3.2.1.3.3
aluminum gallium oxide	3.4.1.2.1
aluminum nitride	3.2.1.1.4
aluminum nitride substrate	3.2.1.2.2
ammonothermal method	3.2.1.2.14
avalanche photodetector	3.6.3.6
avalanche gain	3.6.3.19
avalanche photodiode	3.6.3.6

B

band gap	3.1.1.4
band structure	3.1.1.3
basal plane dislocation	3.3.1.3.4
Blue light hazard	3.6.1.13
breakdown voltage	3.6.5.1.4
buffer layer	3.2.1.2.11
bulk single crystal	3.2.1.1.2

C

cadmium zinc oxide	3.4.1.2.3
carbon inclusion	3.3.1.3.3
carrier sheet density	3.1.1.16
cascade GaN device	3.2.2.2.2.5
chromaticity co-ordinates	3.6.1.4
circadian action factor	3.6.1.7
co-doping	3.1.2.11
color gamut	3.6.2.3.1
color quality scale	3.6.1.6
color rendering index	3.6.1.5
combustion flame deposition	3.5.1.3.5
compound semiconductor	3.1.1.7
conducting resistance	3.6.5.8
conductivity type	3.1.1.9
correlated colour temperature	3.6.1.3
critical breakdown field	3.1.1.11
crystal structure	3.1.1.2

cut-off frequency	3.2.2.2.1.6
cutoff wavelength	3.6.3.18

D

data storage	3.6.7.1
data transfer rate	3.6.1.16
depletion high electron mobility transistor	3.2.2.2.2.4
detectivity (of a detector)	3.6.3.16
diamond	3.5.1.1.1
diamond based diode	3.5.2.2
diamond detector for ultraviolet radiation	3.6.3.13
diamond-like carbon film	3.5.1.1.3
diode small signal capacitive charge	3.6.5.1.14
direct bandgap semiconductor	3.1.1.5
direct current arc plasma jet chemical vapor deposition	3.5.1.3.3
dislocation	3.1.3.5
dislocation density	3.1.3.10
distributed feedback laser	3.2.2.1.23
dominant wavelength (of a colour stimulus)	3.6.1.2
donor impurity	3.2.1.4.1
doping	3.1.2.8
double-color detector	3.6.3.12
drain cut-off current (of a MOSFET)	3.6.5.2.3
drain-source on-state voltage (of a MOSFET)	3.6.5.2.1
dynamic on state resistance	3.2.2.2.2.13
dynamic single mode laser diode	3.2.2.1.21

E

edge dislocation	3.1.3.7
edge emitting laser	3.2.2.1.26
effective irradiative energy for plant	3.6.1.10
efficiency droop	3.2.2.1.35
electron assisted chemical vapor deposition	3.5.1.3.4
enhancement mode high electron mobility transistor	3.2.2.2.2.3
epitaxial lateral over-growth	3.2.1.2.12
epitaxial layer	3.2.1.3.1
epitaxy	3.1.2.6
exciton	3.1.1.17
external quantum efficiency	3.2.2.1.38

F

fiber laser	3.6.2.7
field plate	3.2.2.2.1.9

figure of merit	3.2.2.2.2.12
fire-detection	3.6.3.22
fluorine implantation enhancement-mode GaN HEMT	3.2.2.2.2.9
forward (d.c.) current	3.6.5.1.6
forward current (of a diode)	3.6.5.1.2
forward recovery time	3.6.5.10
forward slope resistance	3.6.5.7
forward voltage (of a diode)	3.6.5.1.1
free carrier photoconductive semiconductor component	3.6.3.9
free-standing AlN substrate	3.2.1.2.7
free-standing GaN substrate	3.2.1.2.5

G

Ga ₂ O ₃ field-effect transistor	3.4.2.2.1
gallium nitride	3.2.1.1.1
gallium nitride substrate	3.2.1.2.1
gallium oxide	3.4.1.1.1
GaN microwave transistor on SiC	3.2.2.2.1.3
GaN MISFET	3.2.2.2.2.8
GaN MMIC power amplifier	3.2.2.2.1.4
GaN single crystalline film	3.2.1.1.3
GaN solid-state power amplifier	3.2.2.2.1.11
GaN template	3.2.1.2.4
GaN-based quantum cascade lasers	3.2.2.1.28
GaN-on-diamond	3.2.1.3.9
gate leakage current (of a MOSFET)	3.6.5.2.4
gate-source resistance	3.6.5.2.6
glow discharge deposition	3.5.1.3.6
guided-missile control (missile guidance)	3.6.3.21

H

halide vapor phase epitaxy (of oxide)	3.4.1.2.5
Hall device	3.6.6.5
heterojunction	3.1.2.2
heterojunction bipolar transistor	3.2.2.2.1.2
heterojunction hot-effect transistor	3.6.7.3
heterostructure	3.1.2.1
hexagonal void	3.3.1.3.2
high electron mobility transistor	3.2.2.2.1.1
high temperature and high pressure technique	3.5.1.1.4
high-voltage LED	3.2.2.1.9
hot filament chemical vapour deposition	3.5.1.3.2
H-terminated diamond field effect transistors	3.5.2.1
hydride vapor phase epitaxy	3.2.1.2.13

hydrogen gas sensors with InN.....	3.6.6.3
hydrogen sensors with GaN-based Schottky diodes.....	3.6.6.1
hydrothermal method/hydrothermal synthesis.....	3.4.1.1.6

I

impedance matching	3.6.4.3
indirect bandgap semiconductor	3.1.1.6
indium aluminum nitride	3.2.1.3.4
indium gallium nitride	3.2.1.3.2
Inductive base transistor	3.6.7.4
in-grown stacking fault.....	3.3.1.3.5
interdigital transducer	3.6.6.10
internal quantum efficiency	3.2.2.1.36
intrinsic defect	3.1.3.4
intrinsic semiconductor.....	3.1.1.8
ion-sensitive field-effect transistor	3.6.6.11

L

large optical cavity laser diode	3.2.2.1.16
laser communication.....	3.6.2.5
laser diode.....	3.2.2.1.15
laser illumination	3.6.2.4
lateral epitaxial	3.2.1.2.12
lattice mismatch.....	3.1.3.1
light emitting diode.....	3.2.2.1.1
light emitting triode	3.2.2.1.13
light extraction efficiency	3.2.2.1.37
low power LED	3.2.2.1.7
luminance.....	3.6.2.3.2
luminous efficacy of radiation.....	3.2.2.1.40
luminous efficiency	3.2.2.1.39

M

magnesiumzinc oxide	3.4.1.2.2
magnetic-field-sensitive field-effect transistor	3.6.6.8
magnetic-field-sensitive transistor.....	3.6.6.7
magnetoresistor.....	3.6.6.6
maximum oscillation frequency	3.2.2.2.1.7
melt growth method.....	3.4.1.1.5
metal-insulator-semiconductor field-effect transistor.....	3.2.2.2.2.2
metalorganic chemical vapor deposition	3.2.1.2.8
metal-oxide-semiconductor field-effect transistor	3.4.2.2.2
micro LED	3.2.2.1.2
micropipe	3.3.1.3.1

microwave plasma enhanced chemical vapor deposition	3.5.1.3.1
middle power LED	3.2.2.1.6
mini light-emitting diode.....	3.2.2.1.4
missile approaching warning.....	3.6.3.20
mist chemical vapor deposition (of gallium oxide).....	3.4.1.2.4
modulation doping	3.4.1.2.6
molecular beam epitaxy	3.2.1.2.9
monochromatic LED.....	3.2.2.1.8
monolithic microwave integrated circuit.....	3.6.4.4
multi-quantum-well laser diode	3.2.2.1.18

N

Na-flux method	3.2.1.2.15
nano LED	3.2.2.1.3
nanopipe (of gallium oxide)	3.4.1.3.1
nanostructured hydrogen sensors	3.6.6.2
negative electron affinity photocathode	3.6.3.10
nitride based Schottky diode/Schottky barrier diode	3.2.2.2.1
nitrogen vacancy center.....	3.5.1.4.1
noise equivalent power.....	3.6.3.15
non-polarity	3.1.1.13
(non-repetitive) surge forward current	3.6.5.1.9
normally-off GaN FET device	3.2.2.2.3
normally-on GaN FET device	3.2.2.2.4
n-type doping	3.1.2.9
nucleation layer	3.2.1.2.10

O

optical interconnection	3.6.2.8
optical modulator	3.2.2.1.32
optical optical modulator/demodulator	3.2.2.1.33
optical multiplexer.....	3.2.2.1.30
optical switch	3.2.2.1.34
optical waveguide coupler.....	3.2.2.1.29
optoelectronic integrated circuit.....	3.2.2.1.31

P

panel luminance	3.6.1.9
patterned substrate.....	3.2.1.2.3
peak forward current	3.6.5.1.7
peak reverse recovery current.....	3.6.5.1.10
p-gate GaN HEMT	3.2.2.2.6
photoconductive semiconductor component	3.6.3.8

photoconductive UV detector	3.6.3.4
photoelectric detector.....	3.6.3.1
photon detection efficiency.....	3.6.3.17
photovoltaic UV detector.....	3.6.3.5
pinch-off voltage.....	3.6.5.4
pixel resolution	3.6.1.8
plastic optical fiber	3.6.2.6
point defect	3.1.3.4
polarity.....	3.1.1.12
polarization effect.....	3.1.1.15
power added efficiency.....	3.6.4.2
power density.....	3.2.2.2.1.8
power gain	3.6.4.1
power LED	3.2.2.1.5
p-type doping.....	3.1.2.10

Q

quantum cascade laser	3.2.2.1.24
quantum computing	3.6.7.2
quantum well	3.1.2.3
quantum-confined Stark effect	3.2.2.1.42
quantum-well-base resonant-tunneling transistor	3.6.7.7

R

rated current.....	3.6.5.5
recess-gate GaN HEMT.....	3.2.2.2.2.7
recovered charge.....	3.6.5.1.11
recovered charge (of a diode or thyristor)	3.6.5.13
recovered charge (of a semiconductor rectifier diode)	3.6.5.15
recovered charge (of a thyristor).....	3.6.5.14
resonant cavity LED	3.2.2.1.11
resonant-tunneling bipolar transistor	3.6.7.5
resonant-tunneling hot-electron transistor	3.6.7.6
responsivity.....	3.6.3.14
reverse current	3.6.5.1.8
reverse recovery current fall time	3.6.5.17
reverse recovery current rise time.....	3.6.5.16
reverse recovery energy.....	3.6.5.1.12
reverse recovery softness factor.....	3.6.5.1.13
reverse recovery time (of a reverse blocking thyristor)	3.6.5.12
reverse recovery time (of a semiconductor rectifier diode)	3.6.5.11
reverse voltage.....	3.6.5.1.5

S

sapphire based gallium nitride.....	3.2.1.3.7
saturation current.....	3.2.2.2.14
saturated electron drift velocity.....	3.1.1.10
Schottky barrier diode.....	3.3.2.1
Schottky barrier diode/Schottky diode (of Gallium Oxide).....	3.4.2.2.3
screw dislocation.....	3.1.3.8
seeds (of single crystal diamond).....	3.5.1.2.1
semiconductor oxide sensor.....	3.6.6.12
semi-insulator GaN substrate.....	3.2.1.2.6
semi-polarity.....	3.1.1.14
short-circuit input capacitance.....	3.6.5.2.5
Shottky diode/Shottky barrier diode.....	3.2.2.2.1.5
Si-based GaN power transistor.....	3.2.2.2.2.10
SiC bipolar junction transistor.....	3.3.2.6
SiC chemical vapor deposition.....	3.3.1.2.1
SiC crystal form.....	3.3.1.1.3
SiC high temperature chemical vapor deposition.....	3.3.1.1.9
SiC insulated gate bipolar transistor.....	3.3.2.7
SiC junction barrier Schottky diode.....	3.3.2.3
SiC junction field-effect transistor.....	3.3.2.4
SiC liquid phase growth.....	3.3.1.1.7
SiC MOSFET.....	3.3.2.5
SiC physical vapor transport growth.....	3.3.1.1.8
SiC PIN dode.....	3.3.2.2
SiC step controlled epitaxy.....	3.3.1.2.2
silicon based gallium nitride (GaN on Si).....	3.2.1.3.6
silicon carbide.....	3.3.1.1.1
silicon carbide based gallium nitride.....	3.2.1.3.8
silicon carbide thyristor.....	3.3.2.8
single crystal diamond.....	3.5.1.1.2
single crystal gallium oxide.....	3.4.1.1.2
single crystal silicon carbide.....	3.3.1.1.2
single longitudinal mode laser diode.....	3.2.2.1.20
single mode laser diode.....	3.2.2.1.19
single quantum well laser.....	3.2.2.1.17
solar-blind detector.....	3.4.2.1.2
solar-blind UV detector.....	3.6.3.3
spin field-effect transistor.....	3.2.2.3.2
spin-transfer torque magnetic random access memory.....	3.2.2.3.1
stacking fault.....	3.1.3.9
straight line approximation of the forward characteristic.....	3.6.5.6
strain gage.....	3.6.6.9
stress modulation.....	3.2.1.3.10

substrate	3.1.2.7
super luminescent diode	3.2.2.1.12
superlattice laser	3.2.2.1.22
surface passivation.....	3.2.2.2.1.10
surface plasmon enhanced LED	3.2.2.1.14
surge forward current (of a diode).....	3.6.5.1.3
switching frequency.....	3.6.5.3
switching loss	3.6.5.9

T

terahertz detector	3.6.3.7
terahertz source.....	3.2.2.1.27
test of PH value.....	3.6.6.13
thermal mismatch	3.1.3.2
thermistor.....	3.6.6.4
third-generation semiconductor	3.1.1.1
threading dislocation.....	3.1.3.6
threshold current (of a semiconductor laser)	3.6.2.2
threshold current density.....	3.6.2.1
threshold voltage.....	3.2.2.2.2.11
threshold voltage (of an enhancement type field-effect transistor).....	3.6.5.2.2
twinned crystal.....	3.1.3.3
two-dimensional electron gas	3.1.2.4
two-dimensional hole gas	3.1.2.5

U

ultra-violet curing	3.6.1.14
ultraviolet photodetector, UV detector	3.6.3.2

V

vertical cavity surface emitting laser	3.2.2.1.25
vertical structure LED.....	3.2.2.1.10
visible (light) detector.....	3.6.3.11
visible light communication	3.6.1.11
visible light indoor positioning.....	3.6.1.12
visible-blind detector	3.4.2.1.1
void (of gallium oxide)	3.4.1.3.2

W

wall-plug efficiency	3.2.2.1.41
white light LED	3.6.1.1
wide bandgap semiconductor	3.1.1.1

Z

zinc oxide	3.4.1.1.3
zinc oxide single crystal	3.4.1.1.4

阿拉伯数字

3C-SiC.....	3.3.1.1.6
3dB bandwidth	3.6.1.15
4H-SiC.....	3.3.1.1.4
6H-SiC.....	3.3.1.1.5

