

# 名目

1.1	
1.2	
1.3	
第三章：放光二极管的进展	-----8
3.1：LED 的进呈现状和制造方法	-----8
3.2	
3.3：LED 的缺点和优点	-----10
4.1	
4.2：制造砷化镓发光二极管的方法	-----13
结论	_____15
注释	_____16
参考文献	_____17
谢辞	_____18

## 摘 要

目前的二元无机化合物半导体材料有600多种，其中已经得到有用的只有局部III—V族、II—VI族、IV—VI族及IV—IV族化合物等。【1】砷化镓(GaAs)晶体是一种电学性能优越的III—V族化合物半导体材料，以其为衬底制作的半导体器件及其集成电路由于具有信息处理速度快、超高频、低功耗、低噪声等突出的优点而得到广泛应用。

砷化镓(GaAs)材料是目前生产量最大、应用最广泛，因而也是最重要的化合物半导体材料，是仅次于硅的最重要的半导体材料。作为其次代半导体，砷化镓单晶因其价格昂贵而素有“半导体贵族”之称。【2】由于其优越的性能和能带构造，使砷化镓材料在微波器件和发光器件等方面具有很大进展潜力。目前砷化镓材料的先进生产技术仍把握在日本、德国以及美国的国际大公司手中，与国外公司相比国内企业在砷化镓材料生产技术方面还有较大差距。发光二极管(LED)是砷化镓材料的重要应用领域之一，在国际半导体照明产业进展方兴未艾之际，争论LED用砷化镓材料生产的相关技术无疑具有重要意义。

关键词：砷化镓； 半导体； LED

## Abstract

Binary inorganic compounds are known to have 600 kinds of semiconductor materials, which have been useful only part of a V group III, IIa VI group, IV IV a family and a IV VI family compounds. 【1】 married arsenide (GaAs) crystal is a superior electrical properties of III - V compound semiconductor materials as the substrate for its production of semiconductor devices and integrated circuits as information processing speed, ultra high frequency , low power, low noise, and other prominent advantages are widely used.

Gallium arsenide (GaAs) material is the production of the largest and most widely used and, therefore, the most important compound semiconductor materials, silicon is second only to the most important semiconductor materials. As a second-generation semiconductor, gallium arsenide single crystal because of its expensive and is known as “semiconductor nobility, “ said. 【2】 because of its superior performance and energy band structure, the gallium arsenide light-emitting materials in devices such as microwave devices and has great development potential. GaAs material is currently still held advanced production technology in Japan, Germany and the United States in the hands of large international companies, domestic enterprises and foreign companies compared to the production technology in GaAs there is a large gap.

Light-emitting diode (LED) is a GaAs one of the important application fields, in the international semiconductor lighting industry in the ascendant on the occasion, the production of GaAs LED with the relevant technical undoubtedly of great significance.

Key words: GaAs; semiconductors; LED

# 第一章：绪论

说起砷化镓来，可能有些人觉得生疏、有些人不知道它是半导体材料，假设说它早已经进入我们的家庭生活，那更是出乎意料的事。现在我们看电视、听音响、开空调都用遥控器。这些遥控器是通过砷化镓发出的红外光把指令传给主机的。另外在很多家电上都有小的红色绿色的指示灯，它们是以砷化镓等材料为衬底做成的发光二极管。至于光盘和 VCD，DVD 都是用砷化镓作衬底制成的激光二极管进展读出的。最近移动通信的大进展使得砷化镓得以腾云展翅，已成为供不应求的抢手货。

作为目前应用最广泛同时也是最重要的化合物半导体材料，砷化镓材料在能带构造以及晶体构造等方面具有与硅、锗等元素半导体材料不同的特性，深入了解并把握这些特性对于 LED 用砷化镓材料的争论工作具有重要意义。

## 1.1 砷化镓材料的性质

砷化镓属于 III-V 族化合物半导体材料,由金属镓与半金属砷按原子比 1:1 化合而成的金属间化合物。它具有暗灰色的金属光泽，其晶体构造为闪锌矿型。其分子量为 144.64，平均原子序数为 32，原子密度为  $4.42 \times 10^{22} / \text{cm}^{-3}$ 。正常状况下，砷化镓晶体为闪锌矿构造，其晶格常数与温度、化学计量偏离有关。室温时，砷化镓晶体或薄膜材料对水蒸汽和氧是稳定的。大气中将其加热到  $600^\circ\text{C}$  以上时开头氧化，真空中加热到  $800^\circ\text{C}$  以上时开头离解。常压下，砷化镓熔点为 1511K，此时离解压为 98kPa(见表 1. 1)。砷化镓在常温下不溶于盐酸，可与浓硝酸发生反响，易溶于王水。【3】

密度 $\text{g}/\text{cm}^3$	熔点 K	熔点时蒸汽 压 MPa	热膨胀系 数 $\times 10^{-6}/\text{K}$	热导率 $\text{W}/(\text{cm}\cdot\text{K})$	硬度 (Mohs)
5.26 (固) 5.71 (液)	$1510 \pm 3$	0.098	6.0	0.46	4.5
折射率	晶体构造	晶格常数 (300K) nm	离子半径 nm	带隙 (300K) $E_g/\text{eV}$	本征载流子 浓度 (300K) $/\text{cm}^{-3}$
3.25	闪锌矿	0.5653	0.118	1.42, d	$1.3 \times 10^6$

表 1-1 砷化镓的物理化学性质

## 1.2 砷化镓材料的进展

半个世纪以来，以微电子技术为核心的信息化技术革命以迅雷不及掩耳之势推动着世界经济和社会向前进展。微电子技术以其奇特莫测的力气推动着科学技术和生产力的进展，制造了空前的信息文明。锗(Ge)、硅(Si)及其集成电路引发了现代产业革命，深刻地影响着社会生活的方方面面。继 Ge、Si 之后，砷化镓(GaAs)以其优越的电学性能受到青睐，以GaAs 材料制作的器件和电路具有损耗小、噪声低、频带宽、动态范围大、功率大、附加效率高等特点而成为争论的热点，同时GaAs 材料直接带隙，禁带宽度大因而器件的抗电磁辐射力量强，工作温度范围宽更适合在恶劣的环境下工作【4】。由于GaAs 材料和器件工艺均比其他器件更为成熟，所以目前和今后一段时期内在微波 / 毫米波通信和军事领域应用中，仍以 GaAs 器件及其电路为首选对象。

GaAs 器件的制作和应用在近几十年也有着巨大的进展。1967 年，Turner 等人承受集中栅极构造，首先制成了 GaAs 长效晶体管(Field Effect Transistor)，但是后来，集中技术没有被广泛承受。1970 年，半导体 GaAs 衬底上薄层外延技术得到了长足进展，促成了 GaAs 半导体场效应晶体管(Metal—Semiconductor Field. Effect Transistor)的研制工作，消灭了小信号、低噪声 GaAs 器件。1971 年，Turner 等人制成栅长为  $1\mu\text{m}$  的 GaAs MESFET，频率到达 18GHz，仍为低噪声品种。1973 年在国际固体电路会议上宣布诞生了微波功率 GaAs MESFET。到了 1974 年，在国际电子器件会议上，日本富士通公司宣布制出了 10GHz、0.7W 及 8GHz、1.6w 的 GaAs MESFET，最高振荡频率已达 50GHz。富士通公司突破了 x 波段瓦级大关，功率GaAs MESFET 成了热门器件。

经过 20 余年的进展，化合物半导体器件已经成为电子工业中门类齐全的器件产业、军事电子的重要领域。它的产品门类包括微波分立器件、微波混合集成电路、微波模拟和数字单片集成电路，前锋以GaAs 为代表，和其它化合物半导体(如 InP)相结合向着毫米波和光电集成进展。

## 1.3 LED 用砷化镓材料进呈现状

LED(Light Emitting Diodes)是第一种有用化的化合物半导体器件，目前它也仍旧是化合物半导体工业中数量最大的产品。LED 是一种(电)注入式固体发光器件，它具有体积小、寿命长、耗电少和牢靠性高等特性。砷化镓材料是一种直接带隙半导体材料，其导带最低点与价带最高点在同一 K 空间，这样电子和空穴就可以有效地再复合而发光。用于制造LED 的砷化镓衬底材料为掺硅的 N 型低

阻材料，一般也可称之为半导体砷化镓材料，用其作衬底制作成的发光二极管。广泛应用于指示灯、文字显示、大屏幕显示、交通信号、景观照明以及汽车照明等领域【5】。

## 其次章：砷化镓材料的制备和进展

砷化镓是 III-V 族化合物半导体的代表。同其它半导体材料相比，砷化镓具有如下突出的特点：1. 禁带宽度较宽，电子迁移率较高，因此是做耐辐射的高频大功率器件的抱负材料；2. N型砷化镓的能带还具有特别的“双能谷”构造，因此适宜制作半导体效应器件；3. 发光特性良好，光电转换效率很高，因此是制作半导体激光器的适宜材料；此外砷化镓还具有直接带隙，电子饱和漂移速度高、耐高温、抗辐照等特点，在超高速、超高频、低功耗、低噪声器件和电路，特别在光电子器件和光电集成方面占有独特的优势。正由于砷化镓具有如此明显的优点，所以当前很多半导体器件都选用砷化镓制成。因此争论砷化镓材料意义重大。

### 2.1 砷化镓材料的制备方法状况

#### 国外砷化镓进展概况

目前，世界砷化镓的总年产量已超过 200 吨。与硅相仿，砷化镓材料也可分为体单晶和外延材料两类。体单晶可以用作外延的衬底材料，也可以承受离子注入掺杂工艺直接制造集成电路(承受高质量、大直径、半绝缘砷化镓单晶)。早期的砷化镓单晶生长方法是液封直拉法(Liquid Encapsulated Czochalski，简称 LEC 法)和水平布里其曼法(Horizontal Bridgman，简称 HB 法)。LEC 法的最工艺是在高压单晶炉内用热解氮化硼(BN)坩埚和枯燥的氧化硼液封剂直接合成和拉制不掺杂、半绝缘砷化镓单晶。半绝缘砷化镓单晶主要用于微波器件和微波集成电路的制造。目前 LEC 法砷化镓单晶的最大直径可以到达 8 英寸。HB 法因制出的单晶质量和均匀性更好，在早期受到肯定的重视。但是由于石英舟会引入的硅杂质，HB 法不适合生长半绝缘砷化镓单晶，所以一般主要用于掺硅低阻砷化镓单晶的生长，主要用于外延衬底材料。同时，由于 HB 法生长的单晶截面为 D 形，从生长工艺和材料利用率方面均不适合大直径单晶生长，所以 HB 法目前根本只用于直径 3 英寸以下砷化镓单晶的生长【6】【7】。近些年国外开发了兼具以上 2 种方法优点的 VGF 法(垂直梯度凝固法)、VB 法(垂直布里支曼法)和 VCZ 法(

#### 中国国内砷化镓争论状况

中国从上世纪 60 年月初开头研制砷化镓，近年来，随着中科稼英半导体有限公司、北京圣科佳电子相继成立，中国的化合物半导体产业迈上台阶，走向更快的进展道路。中科稼英公司成功拉制出中国第一根 6.4 公斤 5 英寸 LEC

蒸气压掌握直拉法), 成功制备出 4~6 英寸大直径GaAs 单晶。

法大直径砷化镓单晶；信息产业部 46 所生长出中国第一根 6 英寸砷化镓单晶，单晶重 12kg，并已连续生长出 6 根 6 英寸砷化镓单晶；西安理工大在高压单晶炉上称重单元技术研发方面取得了突破性的进展。

中国 GaAs 材料单晶以 2~3 英寸为主，4 英寸处在产业化前期，研制水平达 6 英寸。目前 4 英寸以上晶片及集成电路 GaAs 晶片主要依靠进口。砷化镓生产主要原材料为砷和镓。虽然中国是砷和镓的资源大国，但仅能生产品位较低的砷、镓材料(6N 以下纯度)，主要用于生产光电子器件。集成电路用砷化镓材料的砷和镓原料要求达 7N，根本靠进口解决。

但是，我国砷化镓材料产业和国外也存在很大差距。在技术水平方面，国外 LEC、VB、VGF 等工艺均已可生产 6 英寸单晶，国内目前只有 LEC 工艺研制出 6 英寸单晶，VB 工艺生长的单晶最大直径到达 3 英寸，VGF 工艺尚处于研发中；在晶体重量方面，国外到达 50Kg，国内目前只有 20Kg 左右；在材料性能方面，国外可以将整锭单晶的电阻率掌握在  $(1\sim3) \times 10^7 \Omega \text{cm}$ ，国内目前只是掌握在大于  $1 \times 10^7 \Omega \text{cm}$ ，有时可能到达  $1 \times 10^8 \Omega \text{cm}$  以上；在外表几何参数方面，国外 6 英寸抛光片的 TTV 可以到达  $2\mu\text{m}$ ，国内在  $6\mu\text{m}$  左右，在外表质量方面，国外通过多种技术途径到达了“开盒即用”，国内还有肯定差距。

### **砷化镓单晶材料的进展趋势是：**

- ①增大晶体直径，目前4 英寸的 Si-GaAs 已用于大生产，估量直径为6 英寸的 Si-GaAs 在 21 世纪初也将投入工业应用；
- ②提高材料的电学和光学微区均匀性；
- ③降低单晶的缺陷密度，特别是位错；
- ④砷化镓和磷化铟单晶的 VGF 生长技术进展很快，很有可能成为主流技术。

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/728075135062006107>