

前 言

自第一只可供实用的半导体发光器件问世以来，虽然只经过了短短几年的时间。但是，正是由于它本身具备有种种优点，故赢得了人们广泛的兴趣。世界各国竞相发展，以至到今天，半导体发光器件已成为一个数量可观、品种繁杂的固体器件的分支。

在毛主席无产阶级革命路线的光辉照耀下，随着我国电子工业的蓬勃发展，要求迅速发展固体发光器件已成了当务之急。为了适应这一发展的需要，同时作为向四机部于今年在南昌召开的发光器件攻关会议的一份献礼，我们特汇集和翻译了部分有关资料，出此资料汇编，以便给我们的生产、试制工作带来一点帮助。

这次出刊的资料汇编共分二册。汇编之一主要是汇集了国内有关杂志、刊物以及我厂自己编写的关于固体发光器件的文章。以发光二极管为重点，分列为材料工艺、器件与应用、附录三个部分。此外，也收集了一些关于莹光体发光和液晶显示的有关文章。汇编之二是翻译的日本最新书《固体发光管及其应用》一书的全文。

由于我们理论水平不高，实践经验不足，加之时间匆促，汇编中的缺点和错误在所难免，希望广大读者批评指正。

编 者

1974.1



A

1.1.6

目 录

一、半导体发光器件综述····· (1)

二、发光材料与工艺

(一)注入型场致发光的材料与工艺

1. SiAs 材料····· (15)

2. GaN材料—GaN的物理性质及其晶体生长法·· (16)

3. GaP 材料

(1)制备红色发光二极管用的GaP材料

晶体生长····· (32)

(2)制备绿色发光二极管用的GaP材料

液相外延生长法····· (39)

(3)GaP的切克劳斯基生长法····· (44)

(4)GaP的新制法——SSD法····· (55)

4. InP材料——用液封法生长的InP单晶的

制备和电学性质····· (66)

5. GaAs_{1-x}P_x 材料

(1) GaAs_{1-x}P_x 材料及其工艺简述····· (75)

(2) GaAs_{1-x}P_x 晶体生长····· (89)

6. 以Ⅲ—V族为中心的化合物半导体的进展····· (98)

(二)本征型场致发光的材料与工艺

1. GaAs材料

(1)用液相封装技术制备无位错GaAs单晶·· (107)

(2)高纯GaAs气相外延的一种新方法····· (113)

- (3) GaAs中的锡扩散 (123)
- (4) GaAs抛光技术的改进 (137)
- 2. 关于Yb³⁺、Er³⁺掺杂的氟化物红外激发的
可见光发光机理 (140)
- 3. 场致发光的结构——关于原料问题 (149)
- 4. ZnS的直流场致发光 (154)
- 5. ZnO磷光体系统的场致发光 (179)
- 6. 制备黄色场致发光粉的新方法 (186)
- 7. 一种新的低压场致发光层的制备方法 (190)
- 8. 场致发光层的电泳涂敷工艺 (193)

(三) 液晶材料与工艺

- 1. 显示用的液晶材料 (199)
- 2. 液晶显示屏的制作工艺 (205)

(四) 新技术、新工艺

- 液相外延新工艺 (214)

三、器件的制作与应用

(一) 发光二极管的一般介绍

- 1. 发光二极管的设计 (223)
- 2. GaN发光二极管 (251)
- 3. ZnSe黄色发光二极管 (261)
- 4. GaP发光二极管 (268)
- 5. GaP发光器件的可靠性 (284)
- 6. GaP数字显示装置(反射型) (294)
- 7. 磷光体——二极管组合的固体灯 (312)
- 8. II—VI族异质结的场致发光 (318)
- 9. 液相外延生长的ZnSe—ZnTe异质结的
绿色场致发光 (334)

(二) 发光二极管的制作	
1. 发光二极管的制备	(339)
2. 发光二极管制备技术	(342)
(三) 液晶显示器制作	
液晶显示器件	(357)
(四) 应用	
1. GaP 多位数字显示装置	(367)
2. 数字式固态显示器	(377)
3. 固体发光文字显示器件	(386)
四、附录	
(一) 各种显示方式的特性比较表	(407)
(二) 主要的光电转换元件材料及性质	(409)
(三) 国际上几种不同材料的发光二极管典型性能比较	(411)
(四) 各种显示器件的特性比较	(412)
(五) 日产发光二极管、数码管特性一览表	(414)
(六) 国产半导体型号命名法	(450)
(七) 四机部四所关于“国产半导体型号命名法”的修改稿	(452)

半导体发光器件综述

国营746厂技术情报室

1、概 述

半导体发光器件是激光器件的一种，它是依靠光行为来达到信息显示的一种手段。所谓信息显示，就是指用适当的方式使情报能够用眼睛来观察得到。发展到今天的科学技术已为我们提供了多种的显示方式。它们当中除了半导体显示（也称固体显示）外，还有阴极射线管、数字管、萤光显示管、灯丝显示管、等离子体显示和液晶显示等。

固体显示包括本征场致发光和注入场致发光两大类。我们通常所说的半导体发光器件就是指具有注入式场致发光这一结构型类的发光二极管。

本征场致发光的材料主要是Ⅲ—Ⅴ族化合物半导体。其发射波长在0.65~0.85微米范围内，属于不可见波段（近红外光）。

本征型场致发光器件的出现虽然在一定程度上满足了高可靠性、小型化、平面显示等从固体化时代来看的某些要求，但由于它的亮度低、寿命短、得不到可见光（虽然可用萤光材料将不可见光转换成可见光）以及需要有较高的交流电压激发等缺点，它的应用范围还是受到相当的限制。

注入式场致发光现象最初是在1923年从SiC材料中发现的。近年来，由于半导体材料的晶体生长和p-n结制作工

艺的成熟和发展，发光二极管已日趋于固体显示的主导地位。

在外场作用下，半导体晶体中的满带电子被激发到导带中去，被激发的电子能量一部分传递给晶格振动或其它电子；另一部分能量便以发光的形式释放出来而回到低能状态。在完整的晶体中，发光光谱的峰值同其禁带宽度的能量相等。但在实际上，在晶体中不免含有多种杂质或晶格缺损。因而在禁带中存在着各种局部能级，发光通常是通过这种局部能级而发生的。所以发光的峰值一般低于禁带宽度。

注入式场致发光材料以Ⅲ—Ⅴ族化合物半导体为主。其中GaAs由于材料的制备、器件工艺大体上与硅乎而管工艺相近，已被广泛采用。此外还有GaAlAs、GaP等等。其中GaP的发光效率较高。

发光二极管的发射波长主要决定于禁带宽度和杂质类型。为了得到绿色和蓝色发光（人们一般在日常工作和生活中对绿色和蓝色比较地习惯和不容易引起视觉的疲劳，而红色一般都视为紧急和危险信号的指示），应用禁带宽度更大的Ⅲ—Ⅵ族化合物半导体。但是要获得P型Ⅲ—Ⅵ族半导体比较困难，故通常采用的是异质p—n结形式。除此之外还有金属—绝缘体—半导体（MIS）或金属—半导体（MS）结构的注入式场致发光二极管。

发光二极管之所以得到广泛的重视和迅速的发展是和它本身所具有的优点分不开的。总起来说，半导体显示器件具有如下的一些优点：

1. 低电压（1~2V），小电流（每一发光单元只需10mA甚至更低），在室温下即可得到足够的亮度（DC，1000fL以上）。

2. 发光响应速度快（ $10^{-7} \sim 10^{-9}$ sec）。

3. 由于器件在正向偏置下使用, 因此性能稳定、寿命长 (一般在 10^4 小时以上)。

4. 易于和驱动的集成电路匹配, 且驱动简单。

5. 与普通光源比较起来, 单色性好, 其光波半宽度一般为几百 \AA 。

6. 小型、耐用、抗冲击。

7. 能在同一平面内显示信息, 因而视差小。

它的主要缺点是:

1. 因材料昂贵, 故造价高。

2. 难以制备大面积元件和显示装置。

3. 光色有限, 短波长发光 (如蓝色) 困难且发光效率低。

鉴于上述优缺点, 目前半导体显示器件主要运用在小型或超小型的文字、数字显示方面。如数字式仪器、计算机、高速印刷与传真、电钟、手表以及电视机、收音机上的指示灯等。然而, 随着近几年来造价的降低, 品种规格的不断翻新、发光色泽的丰富, 固体显示器件的应用将日益扩大。

下面我们就就半导体发光二极管的材料、器件、特性、制造工艺以及应用等问题作些简单的介绍。

2、半导体发光器件的材料

半导体材料是半导体器件的基础, 对于半导体发光器件来说尤其是这样。在国际市场上, 半导体发光二极管在六十年代末已投入市场。近几年来由于材料制备技术的进展, 大量的半导体发光器件进入市场, 而且随着材料性能的提高, 产量的加大, 半导体发光器件的价格也大幅度下降。

2·1 半导体发光器件对材料的基本要求

通常对半导体发光器件所使用的材料提出如下的基本要

求：

1. 有较大的禁带宽度；
2. 材料的纯度高、晶格完整性好；
3. 易于制作 p—n 结；
4. 易于制作低阻欧姆接触；
5. 稳定性好；
6. 易于大量生产、价格便宜。

众所周知，导带底的电子跃迁过禁带而同满带顶的空穴复合便会放出多余的能量，因而引起晶体发光。通常，电子是通过复合中心和空穴复合，这些复合中心的能级位于禁带之中。这样电子放出的能量就小于、最多等于禁带的宽度。而电子放出的能量的大小，又决定着晶体发光的最短波长，能量越大，波长越短。因此，要求材料有较大的禁带宽度，以便发出悦目的蓝、绿光。

材料纯度越高，晶格完整性越好（即位错越低），便越能减小非辐射复合中心，即发光效率越高。所以要求材料的纯度高、位错低。

当前国内、外制作的发光器件几乎都是 p—n 结注入式电发光，这便要求材料易于制成低阻的 N 型或 P 型，以便制作 p—n 结。

在器件制作工艺中，接触处电阻高了，将严重影响发光效率。因此，要求材料与普通的铝、金等金属有低的欧姆接触。而这些金属在制造硅器件的平面工艺中已得到充分的应用，工艺相当成熟。

当前，发光器件的材料价格还相当高，其主要原因是由于材料没有投入工业生产。再之材料的纯度高，自然价格就高。而发光二极管、数码管已被电子计算机等民用产品大量采用，

价格高将限制了器件本身的发展。因此要求材料能大量生产，以便进一步降低价格。

2·2 符合基本要求的几种材料及其性质

当前，被用来制作半导体发光器件的材料主要有 $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ 、 GaP 、 GaAs 、 GaAlAs 四种。处于研究小批量生产的还有其它Ⅲ—V族化合物半导体。

我厂自69年以来已开始研究 GaAs 材料，近两年来又进一步开展对 GaAsP 材料的研制。目前其性能已初步能满足我厂半导体发光二极管、数码管的使用要求。

2、2、1 $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$

$\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ 是 GaAs （直接跃迁型材料）和 GaP （间接跃迁型材料）的混晶，在常温条件下，其混晶比 $X < 0.45$ 时为直接跃迁型； $X > 0.45$ 时为间接跃迁型。当 $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ 变成间接跃迁型时，其发光效率急剧下降。

根据理论计算与实验，并考虑到人眼对于不同光波波长的视感度， $X = 0.4$ 能有高的外部效率，同时也有高的辉度。这时，发红光，其波长为6500 Å。

我厂磷砷镓数码管（2ESH-01、2ESH-02）所用之材料便是 $X = 0.4$ 的。即 $\text{GaAs}_{0.6}\text{P}_{0.4}$ 。

$\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ 是一种比较成熟的材料。由于它是在 GaAs 的衬底上掺Te加P合成而成的，而 GaAs 材料由于甘氏效应管的关系早已被人们所重视，目前已大量生产，质量大为提高。这也就是当前半导体发光二极管材料为什么大都是 $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ 的重要原因。

$\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ 的主要缺点是内部吸收大，所制作的发光管仅为红色光。

用 GaAsP 制作的发光器件通常可达到300~500fL的辉度，

有的厂家甚至生产出3000 fL的发光器件，即在阳光直射下，仍可有明显的数字显示出来。

GaAlAs与GaAsP的情况大致相同。用GaAlAs制作的发光器件目前已达到1000fL的辉度。

2、2、2 GaP

GaP是简接跃迁型材料，在进行适当的掺杂后，可发红、绿、黄光，即掺Zn-O对可发红光，掺N可发绿光。

GaP虽是间接跃迁型材料，跃迁几率不高，但其实际效率极高，竟比GaAsP高出一个数量级。其原因是由于发红光的GaP材料是由于掺O作为发光中心的结果，O的能级深，俘获能量大，非辐射几率小，因而效率高。目前，GaP红光二极管的外部量子效率可达12%。

GaP材料在工业生产上存在着相当大的困难，主要是控制GaP的单晶炉要耐100个气压的高压，这便限制了GaP的发展。

针对上述技术困难，目前已有有人研究出常压下生长GaP结晶的办法，即所谓合成溶质法（SSD法）。据说用此法生长的GaP结晶可制作发红光、绿光的器件。

2·3 符合基本要求的几种材料及其性质

目前，用得最多的是GaAsP和GaP，今就这两种材料的制备工艺作一简单的叙述。

2、3、1 GaAsP 制备工艺简述

制备GaAsP一般是在GaAs衬底上外延生长n型GaAs_{1-x}P_x混晶。目前，国内、外有：水蒸汽窄间隔（近距离）法外延、液相外延、氢化物气相外延、氯化物气相外延等等。我厂第一批GaAsP材料，便是用水蒸汽窄间隔法外延制成的。目前，正在对其它制备方法进行试验。

今就我厂水蒸汽外延法作一些说明。

(1) 对GaAs衬底的要求:

导电型类: N型;

浓度: $1\sim 5\cdot 10^{16}/\text{cm}^3$;

电阻率: $10^{-3}\sim 10^{-4}\Omega\text{-cm}$;

迁移率: $\geq 3000\text{cm}^2/\text{v}\cdot\text{s}$;

掺Te浓度: $4\cdot 10^{16}/\text{cm}^3$;

晶向: 《100》。

(2) GaAs_{1-x}P_x合成中应注意的问题:

在GaAs_{1-x}P_x合成中值得注意的问题有二。一是为得到所要求的Ga、Te原子比, 必须用十万分之一的精密天平进行配料称量。否则, 差之毫厘失之千里。另一需要注意的问题是合成反应管中Ga、Te、与P、As的位置要根据炉温曲线来确定, 且Ga、Te(在一起)端要快速升温, 以防止在合成过程中由于P、As蒸汽压过大而发生爆炸。

通常Ga、Te端温度为1000℃左右, 费时30分钟; P、As端从室温到达1000℃左右, 费时4个小时左右。

(3) 水蒸汽窄间隔外延

水蒸汽外延的理论基础是: 在高温(900~1000℃)下水蒸汽能分解GaAs_{1-x}P_x, 其反应机理为: $2\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ga}_2\text{O} + (1-2)\text{As}_{1-x}\text{P}_x + \text{H}_2$ 。只要使得源温高, 片温低, 高温区反应趋于正方向进行, 低温区反应趋于逆方向进行。因此, 在GaAs衬底表面上外延一层GaAs_{1-x}P_x。

一般源温控制在900~1000℃, 源温与片温差为10~30℃。生长2小时就可获得20~25μ厚的外延层。

为了满足器件制造的要求, 20~25μ的外延层厚度是远远不够的。外延层薄, 需要较大的注入电流。但外延层太厚, GaAsP材料的内部光吸收大, 外部量子效率也会降低。一般

有 $80\sim 100\mu$ 的外延层厚度，便可制出相当好的发光二极管和数码管。

2、3、2 GaP制备工艺简述

目前，用来制备 GaP 单晶的办法主要是溶液生长法。近来，由于高压（单晶炉需耐100个气压）液封技术的成熟，直拉单晶也已制出。用上述二法制得的 GaP 单晶只能作为衬底用，再液相外延 n 层方可制得 p-n 结。而直拉单晶除了普通的位错 D 坑外，还有 S 坑（碟形坑），且 S 坑的数目大得惊人，达到 $10^5\sim 10^7/\text{cm}^2$ 。尽管直拉法有些困难与缺点，但它是工业大规模生产 GaP 材料的一种工业方法，前途是很大的。

目前，还有人在进行新的试验。在 GaAs 衬底上用汽相外延法生长 GaP、在 Ge、Si 上进行外延法生长 GaP 等方法均有人研究，但迄今未得到好的结果。

近来，日本在进行合成溶质扩散法制备 GaP 结晶。用这种方法，不必高压高温，据说已制出了 $\phi 47\text{mm}$ 、重170克的结晶。这种方法制得的晶体肯定有堆垛层错和晶粒间界等缺点，但据说碟形坑很少，而碟形坑对发光效率却有很大的影响。据说用此法制备的结晶，不必再长一层 n 型层便可直接液相外延 p 型层，制得的发光器件不管发红光、绿光在 5mA 注入电流时可达 100~200fL 的辉度。

2·4 半导体发光器件的几种新材料

今后材料的发展，应朝着功率小，辉度大，蓝、绿色发光这方面努力。因此直接跃迁型、发绿光（视感度大、彩色鲜）材料特别引人入胜，满足这种要求的材料，InGaP，InAlP 可能是两个很有希望的代表。这两种材料由于混晶比不同从直接跃迁向间接跃迁过渡，禁带宽度为 $2.2\sim 2.3\text{eV}$ 由 InGaP 制成的发光器件其辉度可达 $2500\text{fL}/\text{A}\cdot\text{cm}^2$ ，InAlP 竟达 $3700\text{fL}/\text{A}$ —

cm^{-2} ，这便超过了 GaP 的绿色发光。但这两种材料制备困难，目前还处于研究阶段，要其投入工业生产，而走上实用阶段，必须在技术上有很大的突破才行。

红外—蓝色荧光变换体所用的 SiC、GaN 也引起人们的注意。但当前还只在基础研究阶段，离开实用阶段距离较远。

3、GaAsP 发光器件

最早出现在市场上的半导体发光器件是发红光的“日”字形七段式器件和作为指示灯用的半导体发光二极管。随后出现表示拉丁字母的 5×7 个点的矩阵显示器件和用来表示汉字的 15×18 、 18×18 、 25×25 个点的矩阵显示器件。随着新材料的投产，发绿光的器件也跟着投入市场。发兰光的红外—可见光荧光变换体也得到迅速的发展。

我厂生产的 2ESH-01、2ESH-02 是 GaAsP 材料的发红光的七段式“日”字形发光器件，因主要是用作台式、袖珍式半导体电子计算机作数据显示用，故常称为数码管。

本节将就 GaAsP 材料制作的数码管的有关问题作一些简要的介绍。

3·1 管芯的图样与制管工艺

众所周知，阿拉伯字的“8”字，若去掉其中某些部分便可得到 0~9 中的任意一个，这一点是制做半导体数码管的重要条件。因此，数码管的管芯图样最简单的便是“8”字。

GaAsP 数码管是在 n 型 GaAs 衬底上用水蒸汽或气相外延生长 P 型 GaAsP，即 $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ 。从衬底到表面，X 从 0 逐渐增大，接近表面时 $X=0.4$ 。这一过程，不管是台面型器件还是平面型器件都是必不可少的。

如果是台面型的，外延后便进行锌扩散，在 n 型层蒸发 Au-Ge 合金，在 p 型层蒸发 Al 以形成电极，然后进行台面

掩蔽、台面腐蚀、去掩膜胶、划片、封装。

我厂的2ESH-01, 2ESH-02型数码管是台面型的, 基本工序流程如上所述。

如果是平面型的, 外延后生长 Si_3N_4 保护膜, 开锌扩散窗、锌扩散、蒸发电极, 其余工序同台面型。

下面就我厂器件制作中的几个问题作一简述。

(1) 对外延层的技术要求:

导电类型: N型 GaAsP 外延片;

外延层厚度: 大于 40μ ;

掺杂浓度: $2\sim 6\cdot 10^{17}/\text{cm}^3$, 横向浓度差小于20%;

位错密度: 小于 $5\cdot 10^3/\text{cm}^2$;

磷砷比 X: 0.4;

表面: 镜面、缺陷少。

对于掺杂浓度有人认为 $10^{16}\sim 10^{17}/\text{cm}^3$ 即可, 而外延层厚度以 100μ 为宜。从目前的制管情况来看, 外延层厚度大一些是有好处的。但这样材料制备费时, 生产率低。当前, 我厂 GaAsP 外延层的生长速率不高, 约为 $10\mu/\text{h}$, 如在外延上能得到高的外延层生长速度, 外延层厚度能达到 $80\sim 100\mu$ 将是更有利的。

(2) 锌扩散温度

当前, 我厂锌扩散是在双温区扩散炉中进行的, 片温 850°C , 源温 800°C , 扩散后降温到 650°C 进行热处理。表面电阻为 $20\sim 30\Omega$ 、结深 $3\sim 5\mu$ 。

有人认为锌扩散温度为 $700\sim 800^\circ\text{C}$ 之间, 结深严格控制在 3μ 左右更好, 因为结深从 1μ 左右加大时, 器件的外部量子效率迅速增加。

当结深为 3μ 时, 器件的外部量子效率达到顶峰。如果结

深继续加大，其外部量子效率以比较明显的速率下降。所以，控制结深为 $3 \pm 0.5 \mu$ 是有好处的。

(3) 封装问题

封装材料和结构直接影响器件的密封性、光学性能、热性能。有人用透明树脂封装，我厂用 618* 环氧树脂着红色封装。

值得特别注意的是树脂在封装时不能有气泡。否则，在气泡处将产生辉光，使观察不便，以致于数字畸形。

3·2 GaAsP 发光器件的结构问题

发光器件的特点是输出讯号，其结构好坏将有很大的影响。为提高器件的外部量子效率，就必须设法降低器件内、外的损耗，就必须有好的设计。

外部发光效率由如下几个因素来决定。即：外部发光 = 内部发光 - (晶体吸收光 + 其它损失)。器件的外部量子效率和亮度，主要取决于 p-n 结处光的产生和光从晶体的出射。如果器件 p-n 结处能发出强光，但器件结构不好，被晶体本身和电极接合处以及封装材料大量吸收，则其总的效果即器件的外部量子效率仍然是不高的。

通过 p-n 结注入电荷，由于电荷复合而产生光。所以，发生复合的结区附近材料完整性、缺陷、杂质污染对器件外部量子效率及亮度影响很大。如果材料缺陷多，受其它杂质（如铜等）的污染严重，则将加深复合中心，引起红外或非辐射复合。

晶体与封装用的环氧树脂折射系数失配，将会引起全反射，严重影响器件的辉度，目前国内外几乎都用折射系数为 1.6 的环氧树脂来封装 GaAsP 发光器件。复盖后可将外部量子效率提高 2 ~ 3 倍。我厂 2ESH-01, 2ESH-02 的发光波长约为 6500 Å，因此，用经染成红色的环氧树脂封装器件，将能收到对所需波长光透过率影响不大而能吸收其他波长光的益处。

目前，为使器件电极引出时有好的欧姆接触，对光的吸收小，对GaAsP材料器件，其n型GaAs衬底可用Au-Ge合金、Au-Ge-Ni合金，p型层可用Al等。尽管这些合金能与管芯形成较好的欧姆接触，但接触处对光的吸收仍然是很厉害的。

器件字体大小对使用影响也是很大的。太小使用时不易读认，太大用材料多，价格高。为使两者兼顾，一般台式、袖珍式电子计算机上的数码管字体约为 $(3\sim 4)\times(2\sim 3)$ mm。我厂的2ESH-01字体尺寸为 3.2×1.8 mm，器件外部尺寸为 6.8×5.2 mm²；2ESH-02字体尺寸为 3.6×2 mm，器件外部尺寸为 10×7.5 mm²。

器件字体如用一片整片材料制成，则材料浪费大。如切成七条，并成“日”字，材料利用率高，但必须对单条管芯进行亮度分类，将亮度比较接近的单条二极管管芯并合在一只数码管上。否则明暗不均，非常难看。

上述几个问题在器件结构设计时，必须全面加以考虑。

3·3 GaAsP发光器件的特性

发红光的GaAsP发光器件目前已有高辉度的商品出售，而消耗的电功率却不很大。如辉度为9000fL时，其注入电流为100mA，正向电压2V。当发光器件辉度在3000fL以上时，在正午阳光直射的情况下字形显示清楚。一般室内电气设备上的发光器件其辉度在60-100fL时已足够满足要求。

GaAsP发光器件其峰值波长一般为6500Å、6600Å，半频宽为200~300Å，是很好的单色光。

GaAsP发光器件的正向电压一般在1.5~2.5V之间，正向电流为10~100mA。反向电压3~5V，反向电流在毫微安数量级，很少超过1μA。响应速度在毫微秒数量级。

GaAsP 发光器件的工作环境温度远比 Ge、Si 器件宽。根据使用环境不同，要求也不统一。工作环境温度为 $-40\sim+100^{\circ}\text{C}$ 的器件早已进入市场，而贮存温度为 $-65\sim+125^{\circ}\text{C}$ 的器件也不是什么罕见的宝贝。温度升高，发光器件辉度下降；而温度降低，辉度却升高，且呈线性关系。这是由于温度升高，电流减小；而电流减小，器件辉度下降。这两种关系也是线性关系。

3·4 GaAsP 发光器件可靠性试验的几个问题

一般说来，器件性能变坏的机理有如下几个方面：

- (1) 晶体内部的变化，晶体原有缺陷的扩大；
- (2) 工艺过程中的污染，表面泄漏；
- (3) 封装材料的变化。

为了保证产品质量，必须对器件进行例行试验。

目前，国内对 GaAsP 数码管尚无技术条件，试验方法也缺，有人认为可沿用半导体三极管总技术条件 SJ614~73 的试验办法，根据数码管的使用特点，主要是考核辉度或光输出等电气指标。

有人对 GaAsP 数码管做过不同的电流下的“发光辉度——通电时间”试验。发现电流变化 8 倍，1000 小时后的辉度较初始值降低不多。但电流越大，辉度下降越大。

对 GaAsP 数码管在规定的正常工作电流下进行“环境温度——通电时间”试验。发现在高温 $+100^{\circ}\text{C}$ 时，1000 小时后辉度变化不大，而在 $+125^{\circ}\text{C}$ 情况下工作 1000 小时后其辉度大幅度下降，而当器件置于 $+150^{\circ}\text{C}$ 的高温下工作 1000 小时后，其辉度将是初始值的一半，甚至更低。因此，我们认为数码管的最高工作环境温度应在 $+100\sim+125^{\circ}\text{C}$ ，不能提高到 $+150^{\circ}\text{C}$ 作为考核标准。

一个有意思的低温试验是，在 -65°C 时通以正常工作电流