

发光二极管外延片质量控制的新方法*

苏 哲 董占民 韩 立 陈浩明

(清华大学物理系, 北京 100084)

摘要: 介绍了一种利用新型发光二极管外延片光致发光光谱在线检测仪对 GaP 发光二极管外延片进行在线无损检测和质量控制的方法. 通过对检测结果的统计分析, 得出对生产工艺的改进意见. 最终实现了提高 GaP 外延片质量的目的.

关键词: 外延片; 光致发光; 无损检测

EEACC: 4260

中图分类号: TN248.4

文献标识码: A

文章编号: 0253-4177(2002)12-1295-03

1 引言

半导体光电器件是半导体器件三大类别之一, 具有非常高的经济效益和社会效益, 其发展前景非常广阔. 尤其是近几年随着蓝光等超高亮度发光二极管(LED)的研制成功, 大大促进了 LED 市场的发展. 市场容量以每年 20% 以上的速度递增, 其中尤以 GaN 蓝光发光二极管前景最为广阔, 预计年增长率将达到 44%, 到 2006 年市场销售额将达 30 亿美元^[1].

我国的 LED 的试制和生产与一般分立器件、集成电路相比要稍晚一些, 经历了三个阶段: 七十年代属于起步阶段; 八十年代开始, 国内几家主要光电器件厂家, 在从国外引进的后道生产线上生产 LED (进口管芯); 九十年代开始, 在国家的大力支持下, 引进了外延片生产设备, 已经可以生产 GaP、GaAlAs、AlGaInP、GaN 等用于生产 LED、LD (半导体激光器) 的多种外延片, 使 LED、LD 的全部生产实现了国产化.

发光二极管的市场竞争十分激烈. 其生产过程中必须十分重视成品率和质量. 所以在生产过程中, LED 半导体外延片的在线检测和质量控制显得十分重要, 尤其是生产过程中的高速、无损在线检测,

对提高产品质量、改进生产工艺都起到重要作用.

2 检测系统与 LED 外延片的生产过程

我们研制成功 LED 外延片光致发光光谱扫描成像仪. 利用光致发光光谱扫描成像仪, 可以进行 LED 外延芯片的在线检测, 其原理是当短波长的光照射到某些样品上时, 样品会出现光致发光现象. 虽然 LED 利用的是其电致发光效应, 但由于影响光致发光的因素同样将影响电致发光, 所以外延片上各点的光致发光的相对发光强度与制成发光二极管后对应的 LED 的电致发光强度是基本一致的. 因此可以根据测量外延片各点的发光光谱所得到的光谱分布、各点发光积分光强等物理参数, 我们据此改进生产工艺, 筛选芯片, 提高外延片质量和成品率.

根据生产中的实际需要, 人们研究了外延片的检测方法, 根据光致发光原理, 研制成功了 LED 外延片的在线检测系统. 系统结构如图 1 所示. 整个系统由计算机控制软件控制, 实现对 LED 外延片的平面发光光谱扫描. 所得到的 LED 外延片各点的发光光谱数据经过计算机软件的处理得到外延片各点的积分光强等物理参数, 并显示在屏幕上进行分析和处理^[2].

* 国家高技术研究发展计划资助项目(编号: 863-715-714-0110)

苏 哲 男, 硕士研究生, 从事光谱分析研究.

2002-03-08 收到, 2002-06-13 定稿

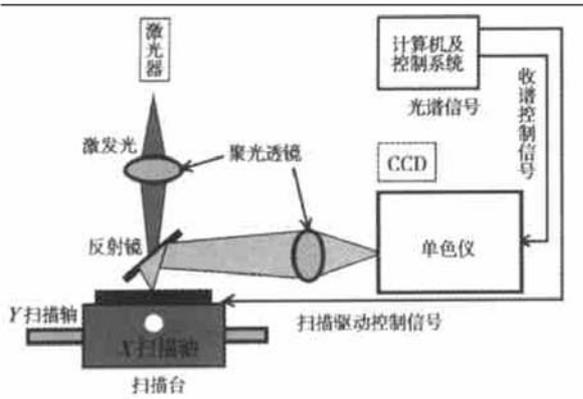


图 1 LED 外延片发光光谱扫描仪原理图

Fig. 1 Diagram of LED photoluminescence mapping system

在光致发光检测所得的数据中,外延片各点光谱的积分光强、光谱半高宽、中心波长等与外延片质量的关系最密切.将各点的积分光强进行统计分析可以得到外延片各点发光均匀性等信息,这对指导外延片生产有很重要的意义.

信息产业部南昌 746 厂生产的红光 GaP 外延片是采用液相外延. GaP 衬底经抛光后,两两相对由石英片隔开,立放在石英液相外延槽中,每槽放 48 片为一炉.外延槽示意图见图 2. 经过掺杂的镓液经由漏镓孔漏入生长槽.分两次生长,第一次长 n 型,第二次长 p 型.再一次抛光后即可进行光致发光测量了.

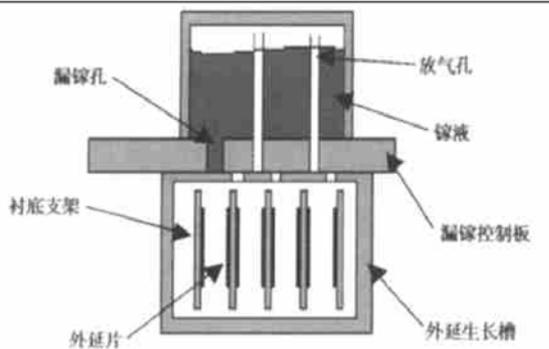


图 2 GaP 外延槽示意图

Fig. 2 Sketch map of GaP epitaxial groove

3 检测结果

我们对生长的样品作了检测,对外延质量进行了分析.为了对整炉外延结果进行分析,我们跟踪检测了 1999 年 6 月生产的三炉红光外延片,每炉 48

片,共计 144 片.从二维彩色光强积分图可以明显看出,外延片质量与外延片在外延炉中的位置有很明显的关系.我们发现 1-2, 3-4, 5-6, ..., 47-48 外延片两两的发光强度扫描图像可以对应起来,这正反映了外延舟的结构(如图 2 所示).由于相对的两片样品的外延环境是相似的,因此就呈现出两两光致发光强度分布相似的结果.

由于篇幅及彩色印刷所限,我们只给出其中一炉外延片检测结果的发光光强分布图,如图 3 所示.



图 3 1999 年 6 月生产的外延片发光强度分布图

Fig. 3 Distribution map of integral-intensity for epi-wafers produced in June, 1999

图中的小图从左到右、从上到下依次对应第 1 至第 48 片外延片.发光强度分布图是把外延片各点的光谱积分光强按照其数值大小逐点统计得到的.该图横坐标为发光强度(为相对值),纵坐标为发光点占外延片的面积比.统计图线上某点(x, y)的含义是发光强度为 x (横坐标数值)的点的面积占外延片总面积的百分比为 y (纵坐标数值).因此,分布曲线越窄表示外延片各点发光强度越均匀,越宽甚至出现双峰表示发光强度越不均匀.由此可以明显看出,处于外延炉两端的外延片发光均匀,质量好,处于外延炉中间的质量差.

由于三炉样品存在同样的问题,因此,我们认为系统是原因.我们结合实际生产设备与 746 厂的专家讨论分析认为,产生这一结果的原因很多,如炉温分布的均匀性,镓液杂质浓度不同等.从图中可以看到,中间位置的外延片不好,可能由于镓液在外延舟中向两边流动的过程中其浓度逐渐发生改变,导致中间部分的镓液杂质浓度不合适,所以这个区域外延出来的外延片发光质量不高,尤其表现在同一个样品上发光的均匀性很差.另外也有可能是由于炉内的漏镓盖板不严,造成镓蒸发,降低了杂质浓度,当然衬底的缺陷也会导致发光不好.

以上测量的样品,经后道工序制成管子并经过检测,证明光致发光检测结果与实际产品是一致的.通过以上三炉的检测初步找出了外延过程中存在的问题,为 746 厂在生产过程中,进一步摸索改进生产工艺提供了依据.

经过工艺改进,746 厂生产的外延片质量有了

很明显的提高. 在 2000 年 12 月又进行了一次跟踪检测, 被检测的 48 片发光光强分布图如图 4 所示.



图 4 2000 年 12 月生产的外延片光强分布图

Fig. 4 Distribution map of integral-intensity for epi-wafers produced in December, 2000

从光强分布图上可以看出, 大部分外延片光强分布曲线都很窄, 表明发光强度很均匀. 从二维积分光强图上可以看出各个位置上的外延片发光强度差别不大. (注: 以上光强分布图中, 各分布曲线的横向位置差别主要是因为数据分析过程中各图的横坐标原点选择不同所致, 并无任何实际意义.)

4 结束语

外延片用户(封装厂)对 746 厂的外延片由开始时的选外延片的某一部分, 到根据检测图选正片, 到现在的免检, 充分说明了本仪器在生产实践中得到了成功应用. 外延片在线检测仪对于 LED 外延片生产企业在外延片发光检测方面提供了快捷、准确、智

能化的分析手段, 有利于提高生产质量, 提高产品合格率, 增强产品竞争力.

致谢 在研究过程中得到了信息产业部南昌 746 厂刘和初总工程师等人的大力支持, 在此表示衷心的感谢.

参考文献

- [1] Liang Chunguang, Zhang Ji. GaN——Dawn of 3rd-generation-semiconductors. *Chinese Journal of Semiconductors*, 1999, 20(2): 89(in Chinese)[梁春广, 张冀. GaN——第三代半导体的曙光. *半导体学报*, 1999, 20(2): 89]
- [2] Dong Zhanmin, Su Zhe, Ling Yong, et al. The scanning laser fluorescence spectrometer. *Chinese Journal of Scientific Instrument*, 2001, 22(1): 62(in Chinese)[董占民, 苏哲, 凌勇, 等. 激光荧光扫描光谱仪. *仪器仪表学报*, 2001, 22(1): 62]
- [3] Chen Haoming, Dong Zhanmin, Ling Yong, et al. Scanning imaging instrument for photoluminescence spectrum. *China Patent*, 98124685. 0[陈皓明, 董占民, 凌勇, 等. 光致发光光谱扫描成像仪. 中国专利, 98124685. 0]
- [4] Jiangnan Materials Factory, Jiangxi University. *Collection of solid luminous devices*, 1974[国营江南材料厂技术科, 江西大学物理系合编. 固体发光器件资料汇编, 1974]

New Method of Quality Controlling of LED Epi-Wafers*

Su Zhe, Dong Zhanmin, Han Li and Chen Haoming

(*Department of Physics, Tsinghua University, Beijing 100084, China*)

Abstract: Method of indestructible examination and quality controlling of GaP LED epi-wafers by a new photoluminescence mapping system is presented. The suggestions to improve the wafer production technique are deduced from statistical analysis of the examination result. The improvement of GaP LED epi-wafers' quality is realized by this method.

Key words: epi-wafer; photoluminescence; indestructible examination

EEACC: 4260

Article ID: 0253-4177(2002)12-1295-03

* Project supported by National High Technology Research and Development Program of China(No. 863-715-714-0110)

Su Zhe male, graduate student. He is engaged in the research on spectrum.

Received 8 March 2002, revised manuscript received 13 June 2002