

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H01L 33/00

H05B 33/00 H01S 5/00

# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00103908.3

[43] 公开日 2001 年 9 月 5 日

[11] 公开号 CN 1311536A

[22] 申请日 2000.2.29 [21] 申请号 00103908.3  
 [71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所  
 地址 130022 吉林省长春市人民大街 140 号  
 [72] 发明人 元金山 张富文 李向文

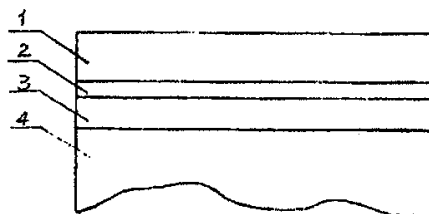
[74] 专利代理机构 中国科学院长春专利事务所  
 代理人 梁爱荣

权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图页数 1 页

[54] 发明名称 DH - Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>AsLED 液相外延材料结构优化设计方法

[57] 摘要

本发明属于半导体光电子材料制备领域,涉及一种对 DH - Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As LED 液相外延材料结构优化设计方法的改进。它包括衬底 4、限定层 3、发光层 2、窗口层 1,统一考虑发光效率和制管工艺成品率,发光效率高、液相外延工艺又能实现、还为后道制管工艺创造有利条件、保证了成品率。本发明生产的外延片结构表面光亮,凸状畸变明显变小,经超声打孔技术测量,其发光强度一般为 10 - 12mcd/20mA,制管成品率达 70%。



ISSN 1008-4274

## 权 利 要 求 书

1、一种 DH-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As LED 液相外延材料结构优化设计方法，它包括衬底 4，其特征在于：衬底 4 的厚度为：300-400 μm、铝 Al 组份为：0、载流子浓度为：1×10<sup>19</sup> cm<sup>-3</sup>；限定层 3 的生长厚度为：10—15 μm、铝 Al 组份为：0.70-0.77、载流子浓度为(1-2)×10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>；发光层 2 的生长厚度为：1.0—2.0 μm、铝 Al 组份为：0.40-0.44、载流子浓度为：(3-7) ×10<sup>17</sup> cm<sup>-3</sup>；窗口层 1 生长厚度为：15-25 μm、铝 Al 组份为：0.70-0.75、载流子浓度为：(0.7-1)×10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>。

# 说 明 书

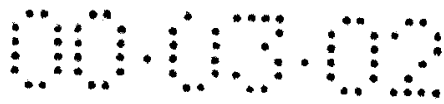
---

## DH-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As LED 液相外延材料结构优化设计方法

本发明属于半导体光电子材料制备领域,涉及一种对 DH-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As LED 液相外延材料结构优化设计方法的改进。

红色 DH-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As LED 发光材料,由于其 GaAs 和 AlAs 的晶格常数只差 0.14%,是其它半导体混晶发光材料无法比拟的,其实验室 LED 样品量子效率为 21%,市场商品的量子效率已达 15%,是目前最重要的超高亮度红色 LED 材料。在选定某种发光材料体系基础上,要想发挥其最好发光效率,必须对其外延材料结构参数进行优化设计。就 DH-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As/ GaAs LED 发光材料而言,其外延材料的基本结构参数为限定层、发光层和窗口层厚度,铝 Al 组份和载流子浓度合理匹配。其最佳设计值不仅在理论上最好,而且要考虑实际工艺是否可能实施,同时还要考虑对后道制造 LED 工艺带来的影响。按引进 DH-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As/ GaAs LED 液相外延工艺软件所生产的外延材料,其中铝 Al 组份过高,如窗口层普遍大于 0.8,有的高达 0.9;外延层生长过厚,如窗口层厚度普遍大于 45 μm,有的高达 69 μm;发光层普遍大于 3 μm;载流子浓度匹配不尽合理。由于设计基本结构参数不尽合理,使其外延片发光效率不高、表面严重氧化、并且产生明显凸状畸变,这样对后道制管工艺带来诸多困难,甚至很难制备出合格 LED 产品。

本发明的目的是解决用已有技术生产的外延片发光效率不高,产



生明显凸状畸变，表面严重氧化；对后道制管工艺带来诸多困难等问题，提供一种 DH-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As/ GaAs LED 液相外延片结构参数优化设计的方法。

本发明根据光电子学和半导体能带理论，从限定层、发光层和窗口层厚度，铝 Al 组份和载流子浓度合理匹配等诸多参数与半导体发光器件的注入效率、内量子效率、传输效率和取光效率的数学关系式出发，在理论上计算出最佳设计方案基础上，再根据液相外延本身工艺特点及后道制管工艺要求，对理论设计参数进行调整，最后确定出优化设计参数。

本发明设计结构如图 1 所示：它包括窗口层 1、发光层 2、限定层 3、衬底 4，其中衬底 4 的生长厚度为：300-400 μm、铝 Al 组份为：0、载流子浓度为：1×10<sup>19</sup> cm<sup>-3</sup>；限定层 3 的生长厚度为：10—15 μm、铝 Al 组份为：0.70-0.77、载流子浓度为(1-2)×10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>；发光层 2 的生长厚度为：1.0—2.0 μm、铝 Al 组份为：0.40-0.44、载流子浓度为：(3-7)×10<sup>17</sup> cm<sup>-3</sup>；窗口层 1 生长厚度为：15-25 μm、铝 Al 组份为：0.70-0.75、载流子浓度为：(0.7-1)×10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>。

本发明统一考虑发光效率和制管工艺成品率，解决了已有技术生产的外延片发光效率不高，产生明显凸状畸变，表面严重氧化；对后道制管工艺带来诸多困难等问题，提供了一种能发挥其较高的发光效率、液相外延工艺又能实现、还为后道制管工艺创造有利条件、保证了成品率的 DH-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As/ GaAs LED 液相外延片结构参数优化设计的方法。采用本发明生产的外延片结构表面光亮，凸状畸变明显变小，经超声打孔技术测量，其发光强度一般为 10-12mcd /20mA，制管成品

率达 70%。按本发明优化设计制定的工艺软件进行 DH-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As/GaAs LED 液相外延生长，经测试其基本结构参数如表所示：

外延层 \ 参数	生长厚度 ( $\mu\text{m}$ )	Al 组份 X 值	载流子浓度 ( $\text{cm}^{-3}$ )
窗口层	25	0.72	$8 \times 10^{17}$
发光层	1.0	0.42	$7 \times 10^{17}$
限定层	15	0.73	$1 \times 10^{18}$
衬底	300	0	$1 \times 10^{19}$

本发明的实施例：其中衬底 4 的厚度选择为：300、350、400  $\mu\text{m}$ 、铝 Al 组份为：0、载流子浓度为： $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ ；限定层 3 的生长厚度为：10、12、15  $\mu\text{m}$ 、铝 Al 组份为：0.70、0.75、0.77、载流子浓度为： $(1-2) \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ；发光层 2 的生长厚度为：1.0、1.5、2.0  $\mu\text{m}$ 、铝 Al 组份为：0.40、0.42、0.44、载流子浓度为： $(3、5、7) \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ；窗口层 1 生长厚度为：15、20、25  $\mu\text{m}$ 、铝 Al 组份为：0.70、0.72、0.75、载流子浓度为： $(0.7、0.8、1) \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。

说明书附图

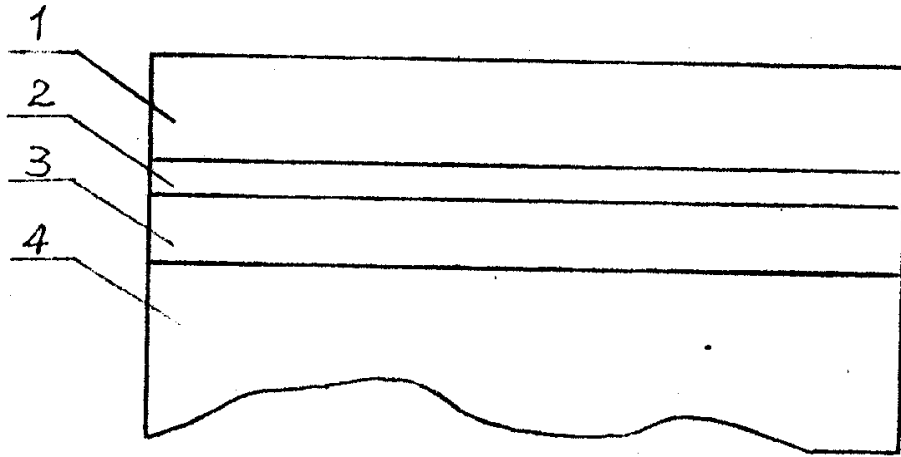


图 1