

# 激光辐照 GaAs 膜的光透射谱实验研究

王德煌 王威礼

(北京大学物理系, 集成光电子学国家重点联合实验室半导体所区, 北京 100871)

段树坤 庄婉如

(中国科学院半导体所, 集成光电子国家重点联合实验室半导体所区, 北京 100083)

## Experimental study on optical transmission spectra using laser irradiated GaAs film

WANG Dehuang, WANG Weili

(Department of Physics, Peking University,

Semiconductor Institute Region, National Integrated Optoelectronics Laboratory, Beijing 100871)

DUAN Shukun, ZHUANG Wanru

(Institute of Semiconductors, Academia Sinica,

Semiconductor Institute Region, National Integrated Optoelectronics Laboratory, Beijing 100083)

**Abstract** The optical transmission spectra in He-Ne laser irradiated undoped GaAs film have been determined experimentally.

**Key words** laser irradiation, GaAs film, optical transmission

## 1 引 言

GaAs 薄膜材料生长技术的迅速发展和成熟及其广泛应用, 该材料性质及其在外部电磁场等条件下的变化的广泛研究, 促使以 GaAs 多层膜为结构的光电子器件和集成光学元件以及相关的集成光电子技术和光计算技术等高科技研究和实用化的飞速进展, 其中 GaAs 膜材料的光学性质, 尤其是激光与 GaAs 膜的相互作用, 影响其光学性质的研究是极其有用的<sup>[1~4]</sup>。本文报道 He-Ne 激光辐照金属有机氧化物气相外延(MOVPE)技术生长的不掺杂 GaAs 膜, 其光透射性质发生变化的实验研究结果。

## 2 实 验

实验样品是表面近似镜面的不掺杂 GaAs 膜。它是在掺铟的半绝缘 GaAs(100)面上, 用

MOVPE 技术生长的单展膜。其厚度、室温迁移率和载流子浓度均用标准的半导体参数测量方法测定。样品的光透射谱线用分辨率为 0.1 nm 的近红外光栅单色仪和光电倍增管、记录仪和分辨本领优于  $1 \mu\text{V}$  的数字多用表等组成的装置测量。透射光源是恒流恒压工作的钨带灯。它发射的光束垂直入射于样品表面。激光源是 633 nm 波长 He-Ne 激光器, 激光束直径为 2 mm, 它以  $18^\circ$  角斜入射到样品表面。

### 3 结果和讨论

图 1 是  $1.5 \mu\text{m}$  不掺杂 GaAs 膜的 He-Ne 激光辐照典型光透射谱。膜的室温迁移率和载流子浓度分别是  $4569 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$  和  $6.7 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 。从图可见, 膜的光透射系数  $T$  在波长  $\lambda$  为 890 ~ 900 nm 间有显著跃变。取  $T$  的中间值相应带隙  $\lambda_g$  为 898 nm, 激光辐照前后  $T$  值明显不等, 且  $\lambda_g$  位置和光透射谱发生移动, 但谱线形状没有明显变化。设  $\Delta T$  为激光辐照引起的  $T$  的变化量, 固定不同的  $\lambda$  值, 测量激光功率  $P$  不同时,  $\Delta T$  的变化, 其结果如图 2 所示。从图可见,  $\Delta T$  是正值。它随  $P$  值呈递增变化, 当  $P$  值大到一定程度时,  $\Delta T$  变化趋于平缓。另外, 结果表明激光辐照引起  $T$  的变化是透明的区 ( $\lambda > \lambda_g$ ) 较吸收区 ( $\lambda < \lambda_g$ ) 更为明显。以激光辐照前  $\lambda_g = 898 \text{ nm}$  为基点, 观测该基点在不同功率  $P$  的激光辐照下发生的移动, 其结果如图 3 所示, 可见  $\Delta\lambda$  是负值, 表明  $\lambda_g$  发生蓝移现象,  $\Delta\lambda$  值随  $P$  值增加也呈现一种非线性递增变化规律。

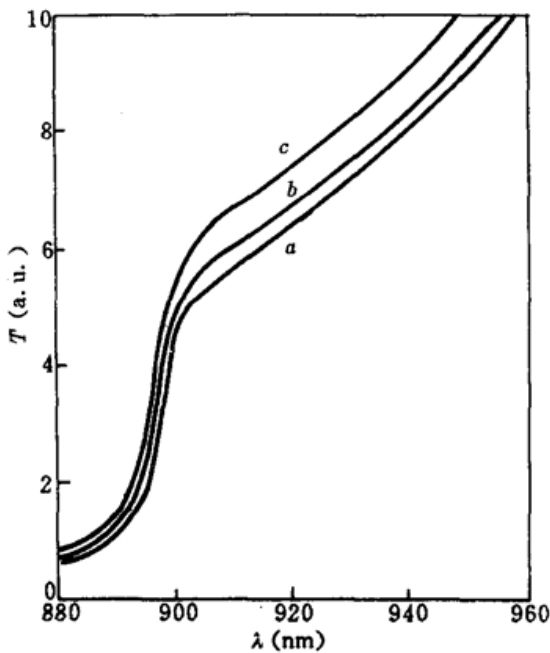


Fig. 1 Typical transmission spectra in an  $1.5 \mu\text{m}$  GaAs film at the different optical power irradiated by He-Ne laser a.  $P = 0$ ; b.  $P = 0.2 \text{ mW}$ ; c.  $P = 1.6 \text{ mW}$ ;  $T$ - Relative optical transmissivity

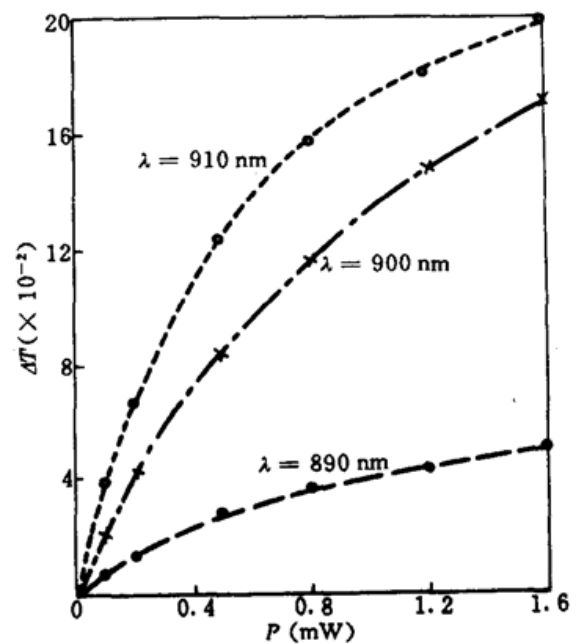


Fig. 2 Relative variation  $\Delta T$  of optical transmissivity as a function of the laser power  $P$  to the undoped GaAs film

根据半导体光学理论<sup>[5~7]</sup>, 光子能量  $E$  为 1.96 eV 的 He-Ne 激光辐照 GaAs 膜, 可近似用公式

$$\Delta n = \Delta P \approx \tau P / \pi E r^2 d \quad (1)$$

估算光生载流子(电子和空穴)浓度 ( $\Delta n$  和  $\Delta P$ )。式中  $\tau$  是载流子寿命, 一般是 2.3 ns。  $P$  是光功

率,  $r$  和  $d$  分别是光斑半径和膜厚。从(1)式有  $\Delta n = \Delta P \approx 3 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ , 由于膜本底载流子浓度是  $6.7 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ , 所以激光辐照产生的电子和空穴将改变原来的载流子分布状态和能带结构。如果是产生带填充效应, 其结果是带隙位置蓝移, 带隙附近光吸收系数减小, 因而光透射增大, (1)式表明  $\Delta n$  和  $\Delta P$  正比于  $P$  值, 因此, 光透射系数变化量  $\Delta T$  也将随  $P$  值而递增变化, 当  $P$  值使  $\Delta n$  和  $\Delta P$  大到一定值时, 还会出现带隙收缩效应, 其结果与带填充效应相反, 因而  $\Delta T$  和  $\Delta \lambda$  值随  $P$  值增加而出现饱和状态, 这种 He-Ne 激光辐照改变不掺杂 GaAs 膜光透射特性的非线性光学现象, 对具有多层 GaAs 薄膜结构的光电子器件和集成光学元件设计和使用都将有实用参考价值。

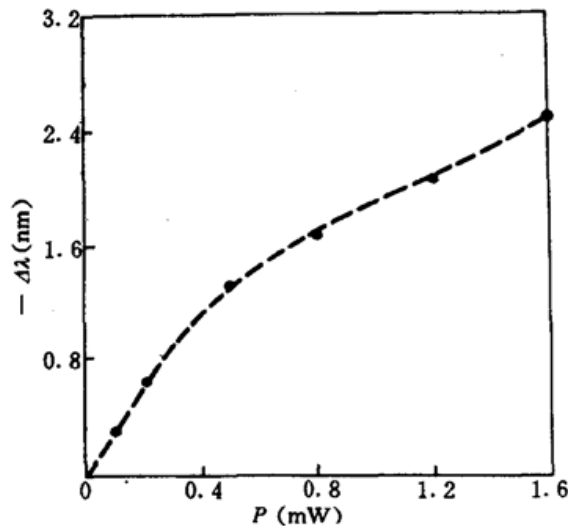


Fig. 3 Energy-gap shift  $\Delta \lambda$  as a function of the optical laser power  $P$  to the undoped GaAs film

### 参 考 文 献

- 1 田炳耕, 集成光学和光学波导中的新的波现象, 人民邮电出版社, 1981, 112
- 2 虞丽生, 半导体异质结物理, 科学出版社, 1990, 243
- 3 W. T. Tsang, 半导体注入型激光器(I)与发光二极管, 清华大学出版社, 电子工业出版社, 1991, 6
- 4 青木昌治, 化合物半导体デバイス, 日本东京出版社, 1973, 342
- 5 T. S. Moss, G. J. Burrell *et al.*, Semiconductor Opto-electronics, New York, Wiley Press, 1973, 48
- 6 R. A. Abram, G. N. Childs *et al.*, *J. Phys. C: Solid State Phys.*, 17, 6105(1984)
- 7 W. R. 鲁尼安, 半导体测量和仪器, 上海科学技术出版社, 1980, 271

(收稿日期: 1992年11月17日; 收到修改稿日期: 1993年5月28日)