

空间生长 GaAs 单晶做衬底的 GaAs/ AlGaAs DH 激光器*

石志文 罗丽萍 林兰英

(中国科学院半导体研究所,北京)

1989年11月9日收到

我们首次用在中国返地卫星上生长的 Si-GaAs 单晶做衬底,成功地研制出室温 CW 工作的 GaAs/AlGaAs 质子轰击条形 DH 激光器, DH 外延片是用 LPE 法生长的. 激光器的最低阈电流 20mA, 激射波长 857nm, 输出功率可达 30mW.

主题词 GaAs, 空间生长, 激光器

一、引 言

近年来随着空间技术的发展,国际上空间材料科学的研究也逐步开展. 中国在 1987 年发射的返地卫星上首次成功地生长出了 Te-GaAs 单晶,并对此单晶进行了综合分析研究^[1,2,3,6],用这种单晶作衬底做了 GaAs/AlGaAs SH 结构发光二极管^[4]. 1988 年又在太空成功地生长出了 Si-GaAs 单晶. 本文将报道用这次生长的单晶作衬底,在 1989 年 7 月首次研制出室温 CW 工作的 GaAs/AlGaAs DH 激光器.

二、激光器的制备

用的空间生长 Si-GaAs 单晶衬底为 6 号片,立于单晶的中部, $n = 1.28 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, 其尺寸为 $\phi 6.5 \text{mm}$ 的小圆片. DH 外延层是采用 LPE 法生长的,生长温度为 800°C , 在同一次外延生长的还有一片从空间生长单晶的籽晶上切下的 Si-GaAs 衬底,其尺寸为 $\phi 7.5 \text{mm}$ 的小圆片, $n \sim 5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$. 将这些外延片按同样工艺条件,制成质子轰击条形激光器. 图 1 给出了 GaAs/AlGaAs DH 激光器结构示意图和各层的生长参数.

三、激光器的光电特性

空间生长衬底和地面生长籽晶衬底制成的激光器、室温下都获得了连续激射. 空间生长衬底宽接触激光器最低阈电流密度 850A/cm^2 . 图 2 是空间生长衬底所制成的 H⁺

* 国家自然科学基金资助项目.

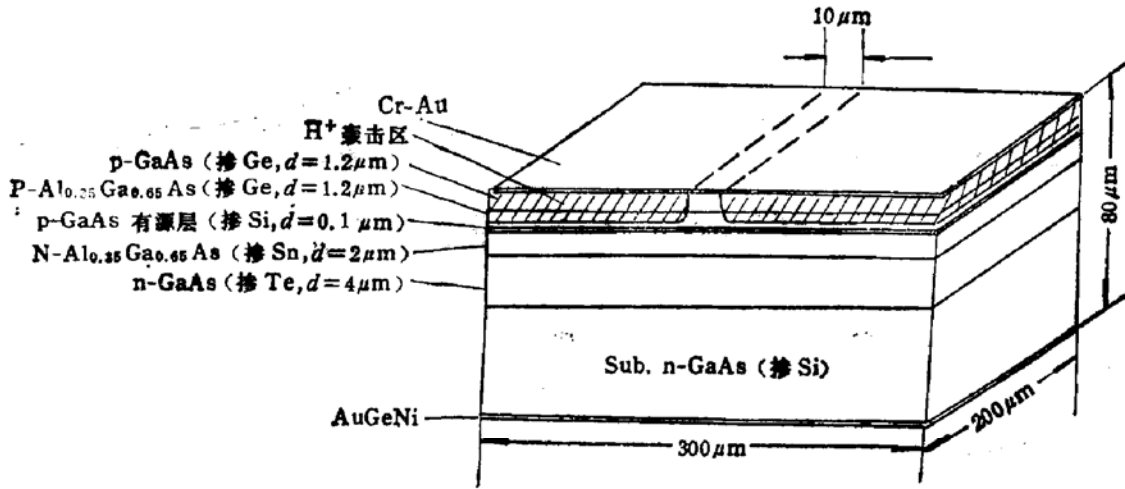


图 1 GaAs/AlGaAs DH 激光器的结构示意图

轰击条形激光器在室温下 CW 工作 $L-I$ 特性曲线, 阈电流 50mA, 输出光功率可达 30mW。激光器的最低阈值是 20mA, 有些激光器的 $L-I$ 曲线有 kink, 不是线性。图 3 为激光器 CW(30°C) 工作时的激射光谱, 激射波长 857.7nm, 光谱半宽约 0.3nm。

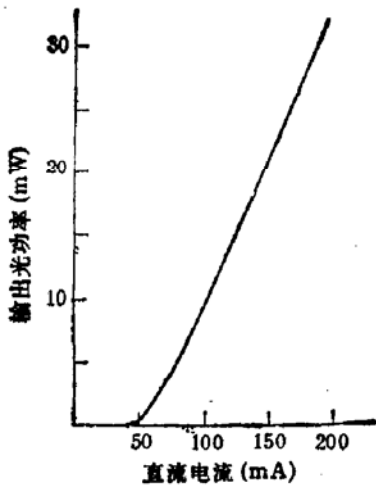


图 2 空间生长衬底制成的 GaAs/AlGaAs DH 激光器的 $L-I$ 特性曲线

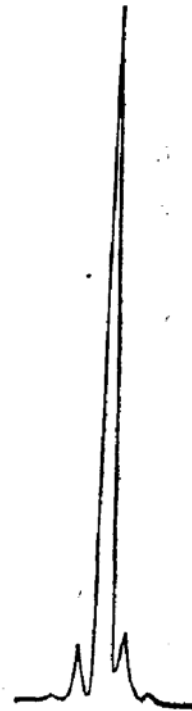


图 3 空间生长衬底制成的 GaAs/AlGaAs DH 激光器 CW 工作的激射光谱

四、初步的寿命试验

激光器初步的寿命试验程序是将所有的 CW 工作的器件在 2 mW 光输出功率、60°C 下工作 8 小时, 也称为预筛选。

空间衬底制成的 CW 工作的激光器经初步寿命试验后, 快退化器件的数目约占器件总数的一半, 其余的器件仍能 CW 工作, 与寿命试验前的 $L-I$ 特性曲线比较, 都有不同程度的变化, 一般激光器的阈电流明显升高。图 4 画出了二只典型的激光器预筛选前后 $L-I$ 特性的变化: (a) 为预筛选前的 $L-I$ 特性曲线; (b) 经预筛选后的 $L-I$ 特性曲线。左边的激光器在预筛选前 $L-I$ 曲线在 1.5mW 和 10mW 附近有明显的 kink, 经预筛选后, kink 消失, $L-I$ 线性改善, 阈电流略有升高, 从 1.5—10mW 之间的一段,

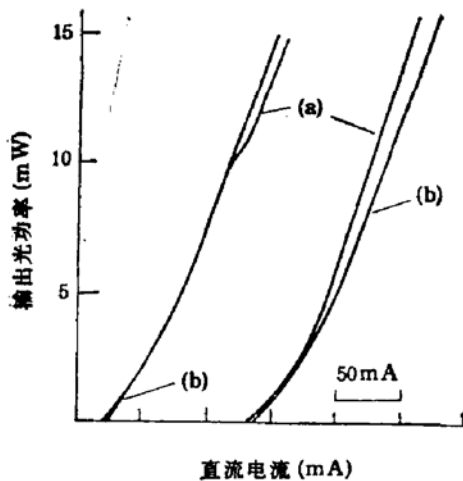


图 4 空间生长衬底制成的二只 GaAs/AlGaAs DH 激光器预筛选前后的 $L-I$ 特性曲线
(a) 预筛选前的 $L-I$ 特性曲线
(b) 预筛选后的 $L-I$ 特性曲线

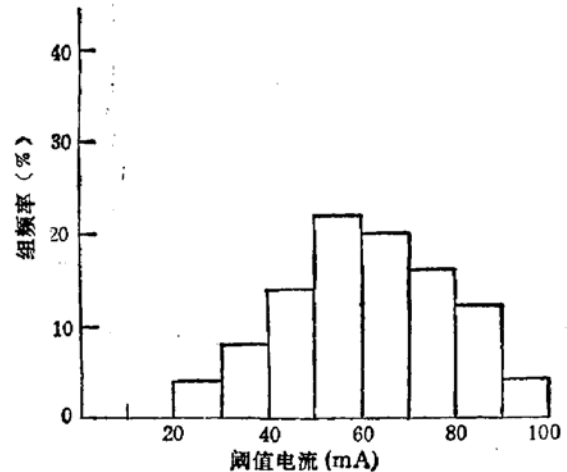


图 5 空间生长衬底制成的激光器阈电流的频率分布图

老化前后 $L-I$ 曲线基本重合, 这个激光器的退化率是比较小的。图 4 中右边的曲线是另一只激光器, 预筛选后, 阈电流升高, η_d 降低, 其退化率大于 5%。根据预筛选的结果, 估计这些激光器的室温寿命在几百小时至千小时之间。因为寿命试验还没有结束, 激光器的实际寿命还无法给出。图 5 是经过预筛选后所有 CW 工作的激光器阈电流频率分布图, 阈电流小于 40mA 的占 12%, 阈电流在 50—60mA 之间的所占比例最大为 22%。

五、讨 论

目前空间生长 GaAs 材料很少, 这项研究工作也刚刚开始, 仅仅用一片空间生长衬底就获得了室温 CW 工作的激光器, 根据初步的寿命试验数据分析, 估计这些激光器室温使用寿命在几百小时至千小时之间, 虽然寿命还不是很长, 但这些结果仍然令人鼓舞。下面就空间生长衬底制成的激光器快退化较多, 寿命不太长等原因作分析讨论。

GaAs/AlGaAs DH 激光器退化的主要原因之一往往是在有源区中形成了暗线缺陷和暗点缺陷, 暗线与暗点缺陷的形成与位错有密切的关系。而外延层中的缺陷一部分是在外延过程中产生的, 其余的都是由衬底表面的缺陷延伸而来, 衬底表面的缺陷对外延层中缺陷的多少起着重要的作用, 即外延层的缺陷密度与衬底表面的缺陷密度有对应关系, 因而影响器件的成品率和质量^[8]。

空间生长单晶受很多条件的限制和制约,由于能源和卫星负荷所限,未能有效实现长时间降温生长。对空间生长晶体的其它研究工作^[5,6,7]证实了此单晶是不均匀的,而且缺陷密度也比较高。这次使用的空间生长单晶衬底的位错密度为 $1.7 \times 10^5 \text{cm}^{-2}$,可以推断 DH 外延层中的位错密度与衬底有相同的量级也是很高的。这就是造成激光器快退化及寿命不长的原因。今后应改善空间生长晶体的条件,才能表现出微重力条件生长单晶的优越性。

参 考 文 献

- [1] 周伯骏、钟兴儒、曹福年、林兰英、达道安、吴开林、黄良甫、郑松辉、谢雯,半导体学报,9,548(1988).
- [2] 王占国、石志文、徐寿定、傅建明、林兰英,半导体学报,9,553(1988).
- [3] 蒋四南、范缙文、李成基、林兰英,半导体学报,10,76(1989).
- [4] 石志文、林兰英,《中国微重力科学与空间实验》首届学术讨论会论文集 (Nov. 11—14, 1987) 66, 1987.
- [5] 蒋四南等,“太空生长 Si-GaAs 单晶的结构缺陷观测”,待发表.
- [6] Z.G. Wang, C. J. Li, F. N. Cao, Z. W. Shi, B. J. Zhou, X.R. Zhang, S. K. Wan, S. D. Xu and L.Y. Lin, *J. Appy. Phys.*, Feb., 1(1990).
- [7] 钟兴儒等,“在微重力下 Si 在砷化镓中的分凝”,待发表.
- [8] 高维宾、石志文、任庆余、鞠静丽,半导体学报,2,267(1981).

GaAs/AlGaAs DH Lasers on Si-GaAs Single Crystal Substrate Grown in Space

Shi Zhiwen Luo Liping and Lin Lanying

(*Institute of Semiconductors, Academia Sinica, Beijing*)

Abstract

We have success fully fabricated GaAs/AlGaAs DH lasers with cw operation at room temperature for the first time on the Si-GaAs single crystal substrate grown in Chinese satellite in space. The GaAs/AlGaAs double heterostructure epilayers were grown by LPE, the geometry of stripe structure was formed by proton bombardment. The lowest threshold current of the laser is 20 mA, wavelength 857 nm, output power up to 30 mW.

Key words GaAs, Single crystal, Grown in space, Laser