

$\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ DH 化学腐蚀 腔面激光器

段树坤 石忠诚 李静然 吕 卉 王丽明 孙富荣

(中国科学院半导体研究所)

1982年7月16日收到

提 要

用两相液相外延法生长 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ DH 外延片,以 AZ1350i 胶模掩蔽,在(001) DH 片上,用 $\text{Br}_2:\text{HBr}:\text{H}_2\text{O} = 1:25:50$ 作腐蚀剂,沿 $\langle 110 \rangle$ 方向刻槽,研制成两种发射波长为 $1.35\mu\text{m}$ $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ 化学腐蚀腔面激光器。单面化学腐蚀腔面激光器的阈电流密度与常规解理腔面器件相比,未见增高。而双面化学腐蚀腔面激光器则有较高的阈电流密度。

一、引 言

化学腐蚀腔面激光器由于不用常规解理方法形成 Fabry-Perot 谐振腔,这样就减少了对激光器的几何形状,特别是对激光器最小腔长的限制。为此,利用化学腐蚀腔面技术,可以制作低阈值、宽纵模间距乃至单纵模的短腔激光器,并且易于成批制作。利用化学腐蚀腔面技术还可以在同一衬底上同时制作其他电学和光学元件,便于集成化。近年来,由于超低损耗的以熔融石英为基质的光纤的进展,特别是随着氢氧基的进一步去除,使得损耗低于 $0.5\text{dB}/\text{km}$ 的 $1.2\text{—}1.7\mu\text{m}$ 波长范围都成为低损耗的传输窗口,所以研制长波长 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ 激光器引起人们极大的兴趣,也增加了研究化学腐蚀腔面的 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ 激光器的兴趣。

二、器 件 制 作

本文报道的化学腐蚀腔面 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ DH 激光器结构如图1所示。(a)是一端为化学腐蚀腔面,另一端为解理腔面的“单面化学腐蚀腔面激光器”,(b)是两端均为化学腐蚀腔面的“双面化学腐蚀腔面激光器”。

$\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ DH 片是用两相法在多槽石墨滑动舟中相继液相外延生长而成^[1-3]。有源区的生长温度为 631°C ,熔源温度为 670°C 。在(001)n-InP 衬底(掺 Sn, $n \approx 2 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)上,生长的四层为: n-InP(掺 Te, $n \approx 3\text{—}6 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$, $7\text{—}10\mu\text{m}$ 厚);有源区 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ (非有意掺杂, $\lambda = 1.35\mu\text{m}$, $\sim 0.3\mu\text{m}$ 厚); p-InP(掺 Zn, $p \approx 1\text{—}4 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$, $\sim 1.5\mu\text{m}$ 厚)和 $p^+\text{-InGaAsP}$ (掺 Zn, $\lambda = 1.28\mu\text{m}$, $0.5\mu\text{m}$ 厚)。

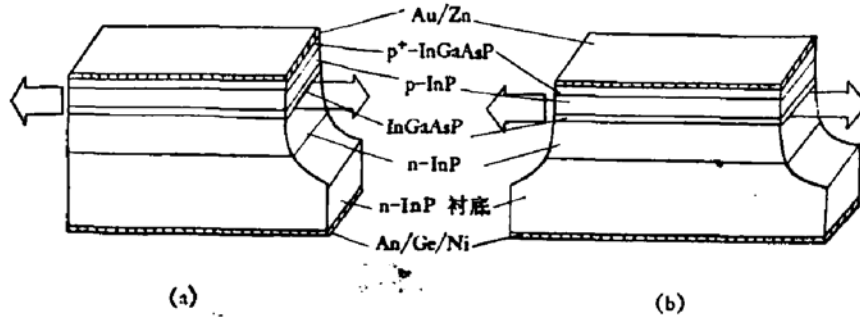
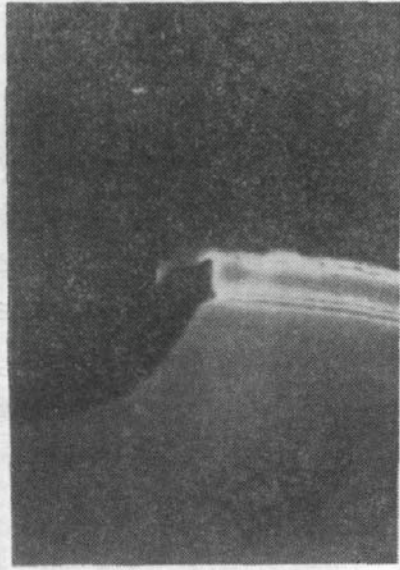


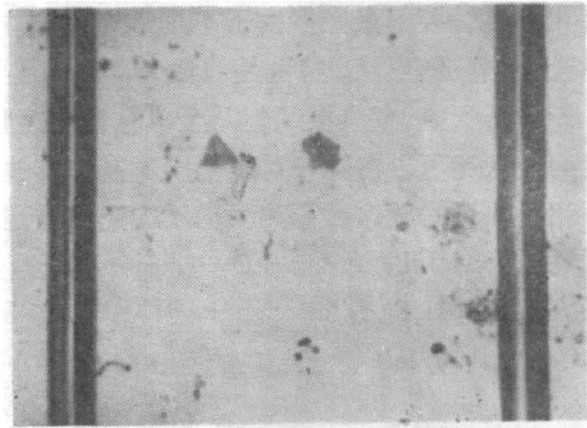
图1 化学腐蚀腔面的 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ 激光器

用X射线双晶衍射法测得 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 和 InP 之间的晶格失配 $< 0.03\%$ 。DH外延片减薄至 $\sim 80\mu\text{m}$ 后,分别在 n 面和 p 面蒸发 $\text{Au}/\text{Ge}/\text{Ni}$ 和 Au/Zn 并合金。

在 Au/Zn 表面上沿 $\langle 110 \rangle$ 方向形成光致抗蚀剂 (AZ1350j) 条形掩膜,先用 $\text{I}_2:\text{KI}:\text{H}_2\text{O} = 1:4:4$ 除去 Au/Zn 后,以 $\text{Br}_2:\text{HBr}:\text{H}_2\text{O} = 1:25:50$ 为腐蚀剂在室温下腐蚀 90 秒钟,形成 $\sim 10\mu\text{m}$ 深的槽。在 (110) 面上可以观察到腐蚀图形的横截面为倒台面,其有源区 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 腔面与 (001) 面接近垂直,如照片所示。腔面本身平整光洁,见照片2。本文采用的 $\text{Br}_2:\text{HBr}:\text{H}_2\text{O}$ 系腐蚀液的优点是性能好,组分稳定,腐蚀速度随温度的增高比较缓慢,并且可以直接用 AZ1350j 光致抗蚀剂作掩膜。这点是与其他作者不同的^[4-6]。



照片1 化学腐蚀腔面的 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ 激光器的 SEM 照片 ($\times 3810$)



照片2 已腐蚀沟槽的 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ 外延片之顶视照片 ($\times 1500$)

将腐蚀好沟槽的片子 (槽宽约 $50\mu\text{m}$), 一端从沟槽中切开, 另一端按腔长为 $300\mu\text{m}$, 宽为 $150\mu\text{m}$ 解理, 即可得到单面化学腐蚀腔面激光器芯片, 而双面化学腐蚀激光器则只需在沟槽中切开, 即可得到 $L = 350\mu\text{m}$ 长的芯片。最后将 p 面朝下装在镀 In 的铜热沉上。

三、器件性能

测量了 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ 化学腐蚀腔面 DH 激光器的 $I-V$ 特性, 其正向注入电压为 $0.8-0.9\text{V}$, 激光器的反向击穿电压 $> 2\text{V}$, 串联电阻为 $1-2\Omega$ 。

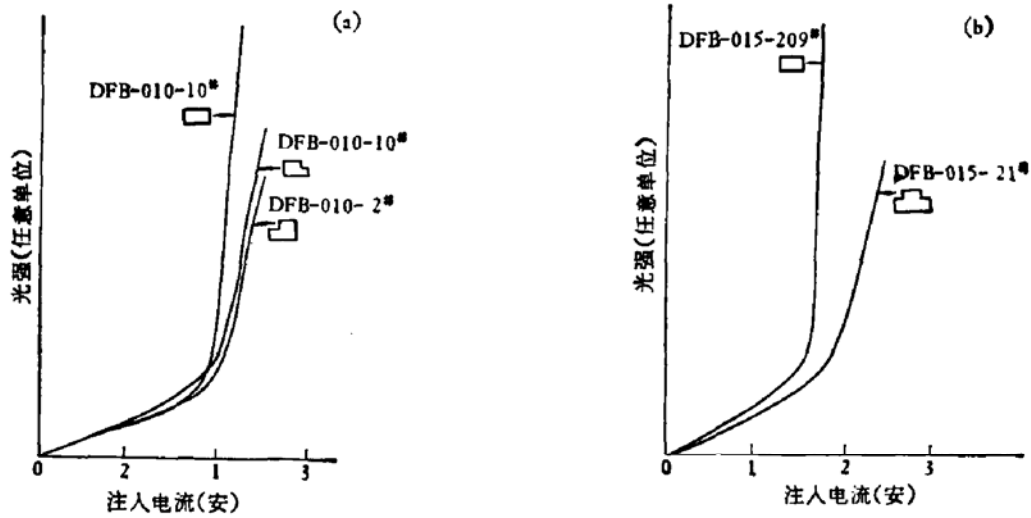


图2 化学腐蚀腔面 $1.35\mu\text{m}$ $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ 激光器的 $P-I$ 的特性

根据输出功率和注入电流的关系确定了激射阈电流。用宽度为 50ns ，重复频率 10kC 的脉冲电流测量了激光器的输出特性，如图2所示。为了进一步比较，图中也给出了由同一DH外延片，用常规解理法制成的宽接触DH激光器的输出特性。

表1列出了由同一DH外延片制作的单面化学腐蚀与常规解理制作的宽接触激光器的阈电流密度的比较。可以看出：无论是从解理面一端测量，还是从腐蚀腔面一端测量，单面化学腐蚀激光器的阈电流密度未见增高，而双面化学腐蚀腔面器件的阈电流密度却有所增高(见图2b)。

为验证上述方法测定器件阈电流密度的准确性，抽测个别样管与用器件的谱线半宽变窄法确定的阈电流密度是一致的。

图3示出在1.5倍阈电流下测得的单面化学腐蚀腔面激光器的发射光谱。脉冲宽度为 $1\mu\text{s}$ 、重复频率为 10kC 。

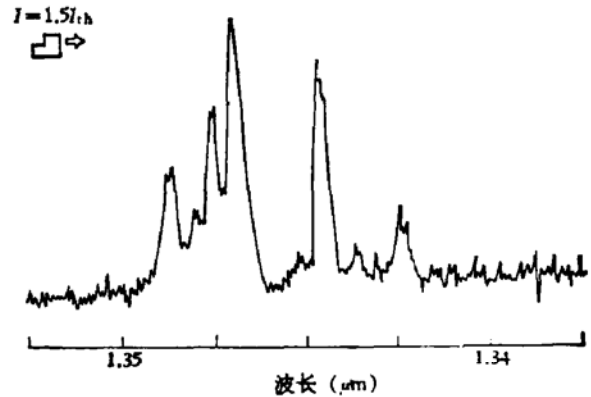


图3 单面化学腐蚀腔面 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ 激光器的光谱特性

四、结 语

我们用两相液相外延生长法，以 $\text{Br}_2:\text{HBr}:\text{H}_2\text{O}$ 为腐蚀剂，用AZ1350j光致抗蚀剂胶模掩蔽，在(001)DH外延片上，沿 $\langle 110 \rangle$ 方向刻槽，研制成发射波长为 $1.35\mu\text{m}$ $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ 化学腐蚀腔面激光器。器件的测量结果表明单面化学腐蚀腔面激光器的阈电流密度与常规解理腔面的器件相比，未见增高。而双面腐蚀腔面激光器则有较高的阈电流密度。若通过镜面钝化和腔面镀膜以增加反射率，进一步改善腐蚀条件，则可望改善器件性能。

本工作得到王启明同志的热情支持，器件特性是汪孝杰、高季林同志测量的，文中所用SEM照片是葛玉如同志提供的，晶格失配数据是蒋四南同志测量的，在此一并感谢。

表 1 由同一 DH 外延片制作的单面化学腐蚀腔面的 $1.35\mu\text{m}$ $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ 激光器与常规解理制作的激光器的阈电流密度比较

DH 外延片号	常规解理的激光器 (A/cm^2)	化学腐蚀腔面激光器	
		解理面出光 (A/cm^2)	化学腐蚀腔面出光 (A/cm^2)
DFB-015	4300	4700	4200
	4700	4700	4900
	4100	4800	4200
		5000	4500
			4200
			4600
			5200
DFB-010	4900	4000	4000
	4600	5000	
		5100	
		4700	
		5400	

注: 以上为器件一般水平. 我们也试制了常规解理腔面激光器, 其阈电流密度为 $2000\text{A}/\text{cm}^2$. 相应的单面化学腐蚀腔面激光器解理面侧出光的器件阈电流密度也为 $2000\text{A}/\text{cm}^2$ 左右.

参 考 文 献

- [1] K. Iga, T. Kambayashi, K. Wakao and Y. Sakamoto, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **18**, 2035 (1979).
- [2] B. I. Miller and K. Iga, *Appl. Phys. Lett.*, **37**, 339 (1980).
- [3] P. D. Wright, R. J. Nelson and T. Cella, *Appl. Phys. Lett.*, **36**, 518 (1980).
- [4] K. Iga, B. I. Miller, *Electron. Lett.*, **16**, 830 (1980).
- [5] K. Iga, M. Pollack, B. I. Miller and R. J. Martin, *IEEE J. Quantum. Electron.*, **QE-16**, 1044 (1980).
- [6] K. Morik, K. Iga, M. Uchida, K. Wakao and T. Kunikane, *Electron. Lett.*, **17**, 559 (1981).
- [7] K. Iga and B. I. Miller, *IEEE J. Quantum. Electron.*, **QE-18**, 22 (1982).

$\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ DH Laser with Chemically Etched-Mirrors

Duan Shukun, Shi Zhongcheng, Li Jingran, Lü Hui,
Wang Liming and Sun Furong
(Institute of Semiconductors, Academia Sinica)

Abstract

$\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ double heterostructure wafers are grown by two phase solution LPE technique. The masks are formed using AZ1350j photoresist. The etched facets are formed by using etchant $\text{Br}_2:\text{HBr}:\text{H}_2\text{O} = 1:25:50$ along the $\langle 011 \rangle$ orientation on a (001) DH wafer. Two types of $1.35\mu\text{m}$ wavelength $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ DH Lasers with chemically etched-mirror are fabricated. The average threshold current density of one etched-mirror Lasers is not higher than that of standard cleaved-mirror devices fabricated from the same wafer, and the two etched-mirrors lasers have higher threshold current density.