

# 半导体激光器的低频电噪声谱密度 和器件的可靠性\*

石家纬 金恩顺 马靖

戴逸松 张新发

(集成光电子学国家重点联合实验室吉林大学分区, 长春 130023)

(吉林工业大学, 长春 130021)

**提要** 本文给出了半导体激光器的低频电噪声谱密度和器件可靠性关系的实验结果。

**关键词** 激光器, 噪声, 可靠性

## Low-frequency noise spectral density and reliability of semiconductor laser

SHI Jiawei, JIN Enshun, MA Jing

(National Integrated Opto-electronics Laboratory, Jilin University Region, Changchun 130023)

DAI Yisong, ZHANG Xinfu

(Jilin University of Technology, Changchun 130021)

**Abstract** The experimental results of semiconductor lasers about the relations between low-frequency noise spectral density and reliability of devices are reported in this paper.

**Key words** laser, noise, reliability

## 1 引言

对半导体激光器进行  $1/f$  噪声研究已有报道<sup>[1~4]</sup>。本文试图通过对半导体激光器进行低频电噪声谱测试, 找到噪声谱密度与器件可靠性的联系。为此, 进行了半导体激光器电老化前后的电噪声谱测试及电导数测试<sup>[5]</sup>。电导数测试可给出器件的多种参数, 可进行噪声谱密度、器件参数及器件可靠性联系的分析。

## 2 噪声谱测试结果及分析

我们对四十只质子轰击型 GaAs/GaAlAs 双异质结激光器进行了噪声电压功率测试。测试分别在 3 mA 和 30 mA 两个电流条件下进行。测试框图如图 1 所示。

收稿日期: 1992年8月31日; 收到修改稿日期: 1992年11月23日。

\* 本课题由集成光电子学国家重点联合实验室资助。

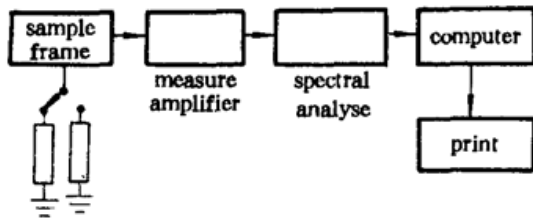


Fig. 1 The drawing of noise spectral measuring system

激光器,  $g-r$  噪声,  $1/f$  噪声是主要的, 散弹噪声和热噪声等的白噪声是次要的。

对噪声大的 35# 器件由测试所得的  $S_i(f)$  曲线及  $fS_i(f)$  曲线分别由图 2(a), (b) 所示。在  $S_i(f)$  曲线中有突起, 反映存在  $g-r$  (产生-复合) 噪声, 在曲线  $fS_i(f) \sim f$  上, 突起更加明显, 峰处对应的频率为  $f_0$ , 约为 2.5 Hz。图 3 给出了几只器件的噪声谱, 它们各不相同, 且在低频时的噪声要明显大于高频时的噪声。这表明, 对半导体

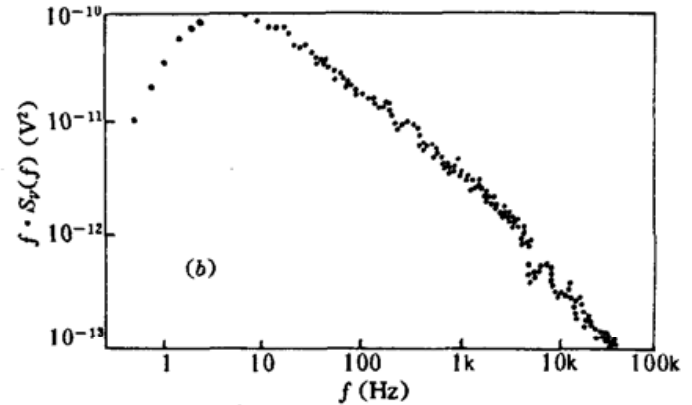
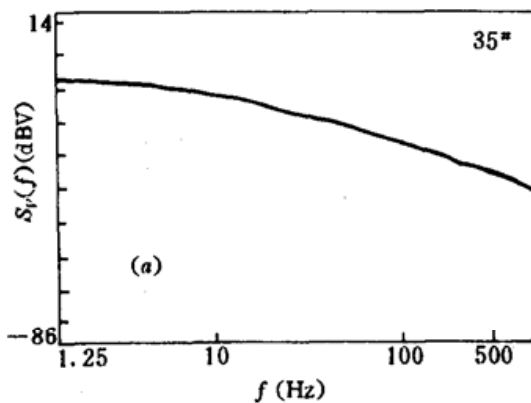


Fig. 2

(a) The drawing of  $S_i(f) \sim f$ ; (b) The drawing of  $fS_i(f) \sim f$

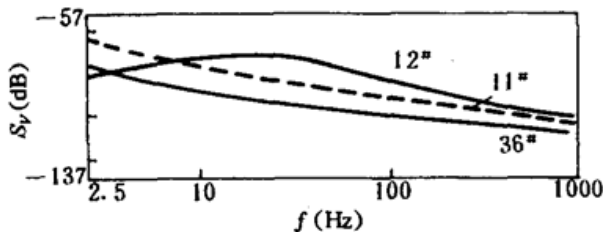


Fig. 3 The voltage noise spectral density of several devices

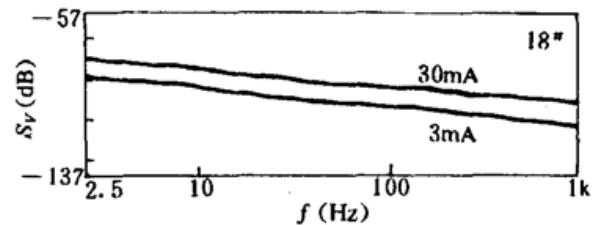


Fig. 4 The  $S_i \sim f$  curves of device No. 18 (3 mA, 30 mA)

图 4 给出了 18# 器件电压噪声谱密度与电流的关系, 随电流增加(30 mA 与 3 mA 相比), 大部分器件(40 只器件中有 33 只器件)的电压噪声变小, 这与 Kleinpening<sup>[5]</sup> 的分析相符。其中 7 支与规律不符的器件, 电老化实验表明大多是不可靠器件。

在室温 1.1 倍阈值电流下电老化, 输出光功率降低为初始值的 70% 定义为器件失效。累积电老化时间超过 100 h 的器件大都是老化前在电噪声谱密度测试中低频噪声小的器件。在老化前, 具有大的低频噪声谱密度的器件, 在老化过程中都较快地退化了。图 5(a) 给出了 35#, 37# 两只器件老化前的噪声谱密度, 其中 35# 噪声大。图 5(b) 给出了两器件老化前后(累积老化时间 100 h)的驱动电流 ( $I$ ) 和输出光功率 ( $P$ ) 的曲线。曲线(1) 为老化前, (2) 为老化后。在老化前, 两器件的  $P-I$  曲线相差不大, 35# 器件的  $P-I$  特性还要优于 37# 器件的  $P-I$  特性, 但老化后 35# 器件的  $P-I$  特性明显变坏。低频噪声大的器件, 或者器件内部缺陷较多,  $g-r$  噪声大(35# 器件就是这种情况, 图 2 给出了测试结果), 或者是结周围状态不好, 表面漏电等使  $1/f$  噪声大, 都可在电老化过程中加速器件量子效率的降低, 阈值变大, 输出光功率变小, 使器

件快退化。

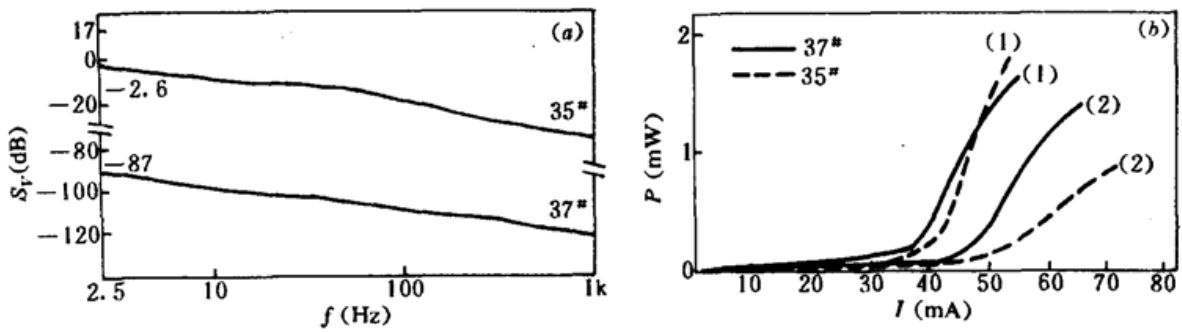


Fig. 5

(a) The  $S_V \sim f$  curves of No. 35 and No. 37; (b) The  $P \sim I$  curves of No. 35 and No. 37, (1) before ageing, (2) after ageing

电导数曲线在阈值后明显弯曲的器件,其噪声谱密度也偏大,退化也明显。电导数曲线在下沉处以后明显弯曲,表明这种器件有一个非线性电阻路径与PN结相并联,这个路径可能是由载流子泄漏造成的<sup>[6]</sup>,也可能是由表面或结区其他漏电造成的。图6(a)给出了电导数曲线在阈值后弯曲(24<sup>#</sup>器件)和电导数曲线在阈值后不弯曲(28<sup>#</sup>器件)两种器件的电导数曲线  $I(dV/dI) \sim I$  及  $P \sim I$  曲线,  $P \sim I$  曲线中(1)是老化前的,(2)是老化后的。显然,24<sup>#</sup>器件较28<sup>#</sup>器件退化快。图6(b)给出了这两只器件在老化前的噪声谱密度,24<sup>#</sup>器件的噪声明显大于28<sup>#</sup>器件的噪声。

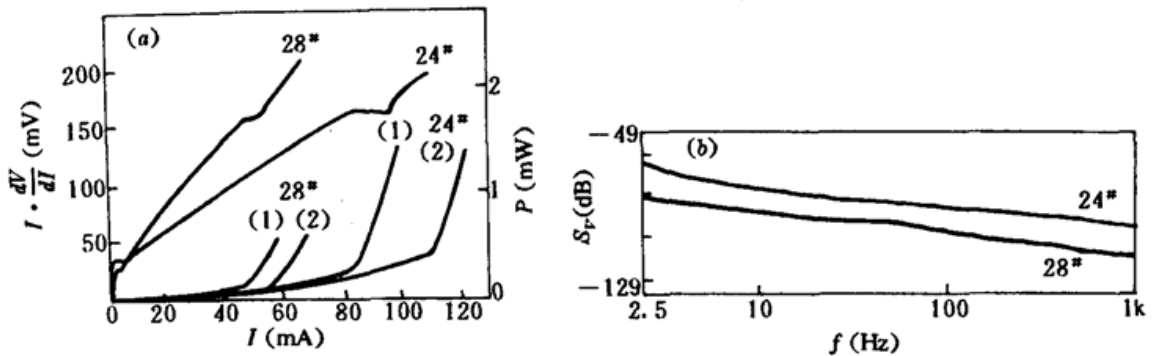


Fig. 6

(a)  $I(dV/dI) \sim I$  and  $P \sim I$  curves of No. 24 and No. 28. (1) before ageing, (2) after ageing; (b) The drawing of noise spectral density of No. 24 and No. 28 before ageing

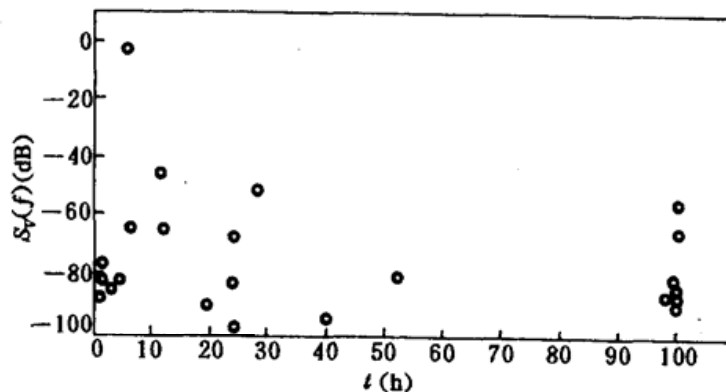


Fig. 7 The drawing of  $S_V$  (dB)  $\sim t$  (lifetime, hours)

图7给出了其中23支器件的寿命和3 mA, 2.5 Hz下测试的噪声的实验结果,另17只器件由于实验中的损坏,实验数据不好说明问题,因而未标出。由其分布可以看出,达到100 h寿

命的器件大都是噪声低的器件。达到 100 h 寿命中有两只器件噪声偏大,分别是一 66.4 dB 和 -57.8 dB,它们是 15<sup>#</sup>, 36<sup>#</sup> 器件,图中用实点标出。这两只器件经老化退火过程,器件的噪声明显变小,分别为一 81.1 dB 和 -85.3 dB。

### 参 考 文 献

- 1 L. K. J. Vandamme, R. Alabedra *et al.*, *Solid-State Electronics*, **20**(7), 671~674(1983)
- 2 Dai Yisong, *Solid-State Electronics*, **32**(6), 439~443(1989)
- 3 J. A. Garmash, V. N. Morozov, *Sov. J. Quant. Electr.*, **20**(8), 882(1990)
- 4 R. J. Fronen, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-26**(10), 1724(1990)
- 5 T. G. M. Kleinpennig, *Physica*, **98B**, 289~299(1980)
- 6 Shi Jiawei, Jin Enshun *et al.*, *Optical and Quant. Electr.*, **24**, 775~781(1992)

\*\*\*\*\*

## 93' 青年学者激光学术讨论会和世界光学大会在上海召开

△ 为增进我国留学人员与国内青年科技人员之间的学术交流、友谊和合作,促进我国激光事业的发展和国际交流,使留学人员更好地了解改革开放后国内的变化、国内科研发展及科研体制改革的情况,由中国科学院和国家自然科学基金委员会主办、中国科学院上海光学精密机械研究所承办的 93' 青年学者激光学术讨论会于 1993 年 8 月 26 日~29 日在上海天马大酒店召开。来自美国、日本、英国、加拿大、澳大利亚、意大利、德国、法国、中国等 9 个国家的 80 余名青年学者参加了讨论会。会议上共对 106 篇学术论文以宣讲和张贴两种形式进行了热烈而活跃的交流,其内容涉及基础研究、激光器件、非线性光学、激光光谱、量子光学、光纤与光纤激光、全息技术与信息处理、元件与仪器、激光应用等,内容丰富而又有深度,议题广泛而又新颖,为国内科研工作带来了国际学术动态的前沿信息和成功经验。

△ 由中国科学院(北京)、光学学会(北京)、物理学会(北京)、光学工程学会(台北)和中华光电学会(洛杉矶)共同发起并由中国科学院上海光学精密机械研究所承办的首届世界光学大会于 1993 年 8 月 30 日~9 月 3 日在上海天马大酒店举行。来自澳大利亚、加拿大、德国、日本、新加坡、瑞士、英国、美国等国家和香港地区以及海峡两岸的近 200 名中国学者参加这次盛会。大会共收到来自世界各地的投稿 370 篇,经组织委员会和节目委员会联席会议并邀请部分专家评议,选出其中 240 篇作为会议交流报告,涉及的领域包括:激光器件、激光光谱、非线性光学、光电器件、量子光学、导波光学、光信息处理与光计算、技术光学与工程光学、光学材料、生物医学等。这次大会充分显示了华人科学家的聪明才智以及他们对世界光学事业的卓越贡献。从大会交流来看,在激光领域目前人们对 CO<sub>2</sub> 激光器和掺钛蓝宝石激光器的研究极为关注。

大会期间,同期举办了小型的光学与电光产品展览会,对推动学术界和企业界人士之间的交流和沟通、协调相互间的支持和合作起了很好的促进作用。

两会代表分别参观了东道主上海光学精密机械研究所,人们对在 LF12 高功率激光装置上完成的复合泵浦 X 射线激光研究工作留下了深刻的印象,对他们在激光领域所取得的研究成果表现出极大的兴趣。