

## ИЗМЕРЕНИЕ ШУМОВ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ И СОБСТВЕННЫХ ШУМОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА

А.С. Т р и ф о н о в, К.И. У р и х

Современные волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) предъявляют жесткие требования ко всем составляющим компонентам. Особые ограничения накладываются на источник излучения, как на один из важнейших элементов ВОЛС. Влияние на характеристики полупроводникового лазера обратного излучения, вызванного отражениями или бликованиями в схеме, изучалось во многих работах (см., напр., [1-5]). Наиболее эффективным методом подавления паразитной обратной связи (ОС) является включение в схему оптического изолятора [6]. В последнее время появилось много работ, авторы которых сообщают о создании единого модуля, состоящего из полупроводникового лазера и оптического изолятора (вентиля) [7, 8]. Одним из способов определения эффективности работы вентиля в таком модуле является метод, в котором исследуются спектры шумов полупроводникового лазера при наличии ОС.

Для изучения таких шумов нами была создана экспериментальная установка, описываемая в данной работе. Схема установки приведена на рис. 1.

Излучение лазерного диода 1 выводилось через оба торца и коллимировалось двадцатикратными объективами микроскопа 2. С одной стороны в резонатор лазера от глухого зеркала 7 вводилась ОС, величина которой изменялась при помощи калиброванного набора нейтральных светофильтров 6. Коллимированный пучок с другой стороны лазерного диода фокусировался на фотоприемник 3, сигнал с которого через усилитель 4 подавался на анализатор спектра 5.

Спектры шумов исследовались в трех частотных диапазонах. Диапазон измерений определялся рабочим диапазоном анализатора спектра. В диапазоне частот 400 Гц-600 кГц использовался радиочастотный анализатор спектра СК-4-58 с фотодиодом ФД-10Г в качестве приемника излучения. В диапазоне 100 кГц-110 МГц сигнал от германиевого PIN-фотодиода ФД-312Г после усиления на 30 дБ поступал на спектроанализатор СК-4-59. Этот же прибор с дополнительным высокочастотным блоком позволял работать в диапазоне 100 МГц-1,5 ГГц. В этом случае приемником излучения был лавинный фотодиод ЛФД-2, напряжением питания которого выбирался режим, близкий к режиму лавинного умножения. Сигнал с ЛФД предварительно усиливался на 30 дБ.

Таким образом, данная установка позволяла наблюдать собственные шумы полупроводникового лазера и шумы, вызванные ОС, а

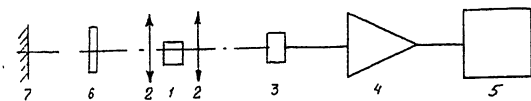


Рис. 1. Блок-схема установки для исследования спектров шумов полупроводниковых лазеров.

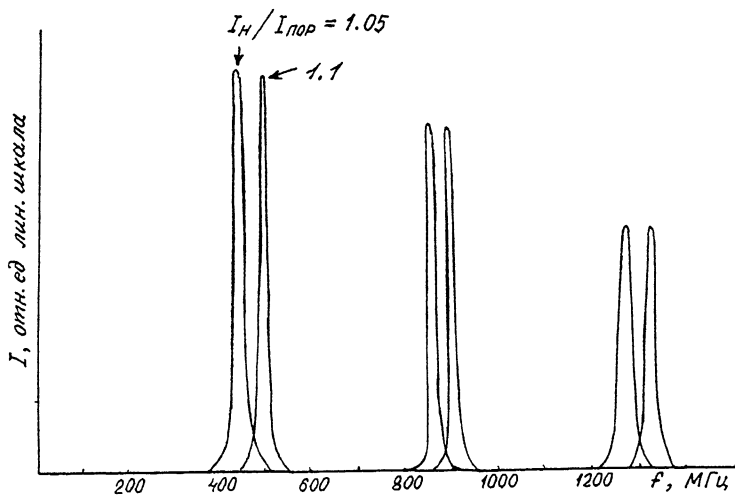


Рис. 2. Спектр шумов полупроводникового лазера с тремя автомодуляционными пиками.

также измерять относительную интенсивность шума (ОИШ) в широком частотном диапазоне — от 400 Гц до 1.5 ГГц.

На установке были исследованы собственные шумы серии многомодовых (несколько поперечных мод)  $InGaAsP$  лазеров, длина волны 1.3 мкм. У двух из них были отмечены автомодуляционные пики на частотах несколько сот мегагерц. У всех лазеров наблюдался уход автомодуляционного пика в высокочастотную область с увеличением тока накачки. На рис. 2 изображен спектр шумов лазера, в котором наблюдаются три автомодуляционных пика.

Шумы, вызванные введением обратной связи, исследовались в двух диапазонах: 100 кГц–110 МГц и 100 МГц–1.5 ГГц. Расстояние от торца лазерного диода до зеркала составляло 30 см. Величина ОС во всех случаях составляла около 4%, что соответствует отражению света от границы раздела стекло–воздух. Даже при таком значении величины ОС в диапазоне частот 100 кГц–110 МГц наблюдалось увеличение уровня шума лазера на величину от 10 дБ до 15 дБ в зависимости от тока накачки.

При этой же величине ОС исследовался спектр шумов в диапазоне 100 МГц–1.5 ГГц. При соответствующем выборе расстояния от лазерного диода до отражающего элемента происходило либо

усиление автомодуляционного пика, если его частота совпадала с одной из собственных частот внешнего резонатора, либо наблюдался перескок автомодуляционного пика в случае, когда их частоты отличались менее чем на 300 МГц. Если разность частот превышала эту величину, четкого пика не наблюдалось, под действием обратной связи он размывался, что приводило к общему возрастанию уровня шума на частотах в несколько сот мегагерц.

Таким образом, воздействие паразитной ОС приводит к общему возрастанию уровня шума полупроводниковых лазеров во всем частотном диапазоне, представляющем практический интерес при создании волоконнооптических линий связи. Описанная установка позволяет измерять как собственные шумы полупроводниковых лазеров, так и воздействие на них обратной связи. Полученные данные дают возможность определить необходимую величину развязки, требуемой от оптического изолятора, при разработке конкретных ВОЛС и других волоконно-оптических систем.

Авторы работы выражают благодарность И.С. Тарасову за предоставленные образцы лазеров.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] H i r o t a O., S u e m a t s u Y. // IEEE J. Quantum Electron. 1979. V. QE-15. N 3. P. 142-149
- [2] K o b a y a s h i K., L a n g R. // IEEE J. Quantum Electron. 1980. V. QE-16. N 3. P. 347-355.
- [3] H i r o t a O., K w o k K.-S., S u e m a t s u Y. // IEEE J. Quantum Electron. 1981. V. QE-17. N 6. P. 1014-1020.
- [4] A r n o l d G., P e t e r m a n K. // IEEE J. Quantum Electron. 1982. V. QE-18. N 4. P. 543-555.
- [5] G o l d b e r g L., T a y l o r H.F. and etc. // IEEE J. Quantum Electron. 1982. V. QE-18. N 4. P. 555-564.
- [6] L u t e s G. // J. Appl. Opt. 1988. V. 27. N 7. P. 1326-1328.
- [7] S a r u w a t a r i M., S u q i e T. // IEEE / OSA J. of Lightwave Technol. 1983. V. LT-1. N 1. P. 121-130.
- [8] S a r u w a t a r i M., S u q i e // IEEE/OSA J. Lightwave Technol. 1986. V. LT-4. N 2. P. 236-245.