

06.2; 06.3; 07; 12

© 1991

КРОССКОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ  
ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ  
С ПОМОЩЬЮ ПИКОСЕКУНДНОГО  
ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА

В.Л. К а р а г а н о в, Д.В. К о л о м о й ц е в,  
В.А. К о м о в, Е.Л. П о р т н о й,  
Н.М. С и н я в с к и й, А.В. Ч е л н о к о в

В связи с развитием скоростных систем связи и обработки информации, разработкой быстродействующих источников оптического излучения становится актуальной задача измерения временных параметров оптических сигналов с высоким временным разрешением. В настоящее время разработано достаточно много методов измерения длительности ультракоротких импульсов, которые широко применяются в различных областях науки и техники [1]. Однако существует проблема исследования формы слабых оптических сигналов в широком диапазоне длин волн с высоким временным разрешением, в частности при измерении параметров полупроводниковых излучателей для волоконно-оптической связи. Используемые для этих целей фотодиоды не обладают достаточным быстродействием. Электронно-оптические камеры имеют ограничения по чувствительности и спектральному диапазону. Автокорреляционные методы дают лишь косвенную информацию о форме импульса.

Кросскорреляционный метод лишен перечисленных недостатков, но для измерений такого рода в качестве источника стробирующих импульсов, как правило, используются пикосекундные лазеры на красителях [2, 3]. Использование для этих целей пикосекундных полупроводниковых лазеров открывает в этой области новые возможности для создания компактных, надежных и дешевых измерительных систем.

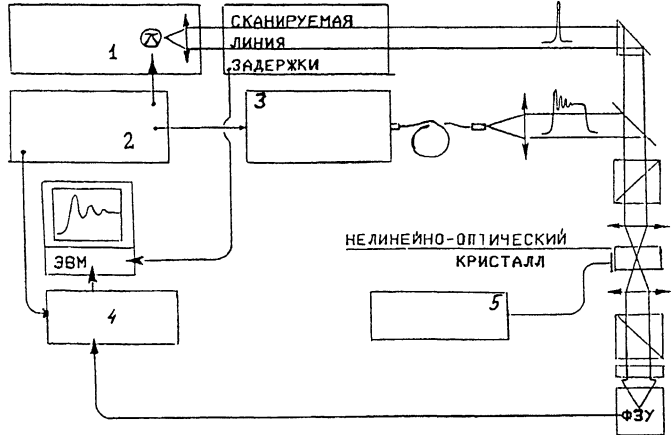


Рис. 1. Схема кросскорреляционной измерительной системы для исследования формы оптических сигналов. 1 - пикосекундный  $AlGaAs$ -лазер, 2 - схема запуска, 3 - исследуемый оптический генератор, 4 - схема совпадений, 5 - регулятор температуры.

В настоящей работе представлены результаты разработки и исследования кросскорреляционной измерительной системы, предназначенной для исследования формы слабых оптических сигналов с пикосекундным временным разрешением. Продемонстрирована возможность использования в качестве источника стробирующих импульсов пикосекундного инжекционного  $AlGaAs$ -лазера с насыщающимся поглотителем, работающего в режиме внутренней модуляции добротности [4]. Малая длительность импульса такого лазера (5–10 пс) и сравнительно высокая пиковая мощность (более 1 Вт) обеспечивают разрешение и чувствительность достаточные для исследования временных параметров полупроводниковых источников для волоконно-оптических линий связи.

Схема измерительной системы приведена на рис. 1. Излучение пикосекундного полупроводникового лазера коллимируется и совмещается пространственно в один пучок с излучением исследуемого источника оптического сигнала, затем фокусируется в нелинейно-оптический кристалл. Излучение суммарной частоты выделяется с помощью поляризатора и фильтров и регистрируется с помощью ФЭУ, работающего в режиме счета фотонов. Сканирование осуществляется изменением длины линии задержки. Регистрация результатов измерений и их обработка осуществляется на ЭВМ.

Выбор типа нелинейно-оптического кристалла ( $LiNbO_3$ ,  $LiIO_3$ ,  $Ba_2NaNb_5O_{15}$ ), его ориентации и температуры позволяют исследовать источники сигнала с различной длиной волны излучения в видимом, ближнем и среднем ИК диапазоне.

Чувствительность измерений зависит от свойств используемого нелинейно-оптического кристалла, степени фокусировки, мощности строб-импульса, уровня шумов ФЭУ. Для повышения чувствительно-

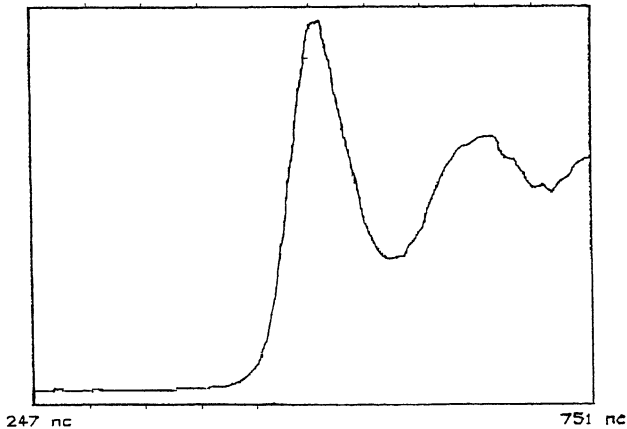


Рис. 2. Сигнал полупроводникового лазера ИППН-206, измеренный на кросскорреляционной системе. Положение маркера 1 (пс) 423.1; положение маркера 2 (пс) 498.7; разность положений (пс) 75.6; длительность фронта по уровню 0.1-0.9 (пс) 40.3.

сти используется схема совпадений, регистрирующая сигналы с ФЭУ только в узком интервале времени, синхронизированном со строб-импульсом.

При измерении сигнала с длиной волны 1.3 мкм использовался кристалл  $Ba_2NaNb_5O_{15}$  с температурой перестройки точки девяностоградусного синхронизма. Для входного сигнала мощностью 1 мВт скорость счета фотонов излучения суммарной частоты составила 3000 отсчетов в секунду. При отсутствии сигнала на входе измерительной системы уровень фона за счет стробирующего излучения на длине волны 0.85 мкм составлял 60 отсчетов в секунду. Таким образом, чувствительность измерительной системы составляет 50 мкВт.

Важнейший параметр измерительной системы - временное разрешение. В данном случае его ограничивают следующие факторы: дисперсия групповых скоростей в нелинейном кристалле, джиттер строб-импульса. В работе [5] показано, что для лазеров с насыщающимся поглотителем при соответствующих условиях накачки джиттер может быть уменьшен до 1 пс. Влияние дисперсии устраняется уменьшением длины кристалла. Таким образом, главным ограничивающим фактором является длительность строб-импульса.

В нашем случае его форму можно приближенно описать функцией Гаусса

$$I_{CT}(t) = e^{-4 \ln 2 (t/\tau_{0.5})^2}$$

или функцией

$$I_{CT}(t) = \text{sech}^2 \left[ 2 \ln(\sqrt{2} + 1) \cdot \frac{t}{t_{0.5}} \right],$$

где  $\tau_{0.5}$  — длительность импульса на полувысоте. Так как импульс излучения полупроводникового пикосекундного лазера имеет достаточно высокую мощность (более 1 Вт), возможна более точная оценка его формы с помощью электронно-оптической камеры. Такие измерения были проведены на камере, имеющей разрешение порядка 2 Пс. Зная представленную в числовом виде форму строб-импульса  $I_{CT}(t)$ , можно найти переходную функцию кросскорреляционной измерительной системы:

$$U(\tau) = k \int_{-\infty}^{+\infty} I_{CT}(t) \cdot 1(t - \tau) dt = k \int_{-\tau}^{+\infty} I_{CT}(t) dt, \quad k = \text{const.}$$

Численные оценки, проведенные в данной работе, показывают, что длительность переходной характеристики по уровню 0.1–0.9  $\tau_{0.1-0.9}$  и длительность стробирующего импульса на полувысоте  $\tau_{0.5}$  связаны соотношением

$$\tau_{0.1-0.9} = k \cdot \tau_{0.5},$$

где  $k = 1.4-1.6$  (для исследованных образцов лазеров).

Таким образом, при использовании в качестве источника строб-импульсов  $AlGaAs$ -лазеров с длительностью импульса 6 Пс реализуется измерительная система с длительностью переходной характеристики  $\tau_{0.1-0.9} = 8-9$  Пс, что соответствует полосе до 40 ГГц.

В качестве примера на рис. 2 представлены результаты измерений формы импульса полупроводникового лазера ИЛПН-206, накачиваемого прямоугольным импульсом тока.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Херман И., Вильгельми Б. Лазеры сверхкоротких световых импульсов. М.: Мир, 1986, стр. 102-127.
- [2] Jagdeer Shah // IEEE Journal. 1988. OE-24. No. 2. P. 276.
- [3] Wiesenfeld J.M., Tucker R.S., Downey P.M., Bowers J.E. // Electronics Lett. 1986. V. 22. No. 7. P.396.
- [4] Алфёров Ж.И., Журавлев А.Б., Портной Е.Л., Стельмах Н.М. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. В. 18. С. 1093.
- [5] Караганов В.Л., Портной Е.Л., Синявский Н.М., Стальненис А., Стельмах Н.М., Челноков А.В. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В.14. С. 84.

Физико-технический  
институт им. А.Ф. Иоффе  
АН СССР, С.-Петербург

Поступило в Редакцию  
27 августа 1991 г.