

ИСТОЧНИК ПИКОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА В ВОЛОКОННОМ РЕЗОНАТОРЕ

И.А. Князев, А.С. Шербаков,
Ю.В. Ильин, Н.Л. Рассудов,
И.С. Тарасов

Для осуществления солитонного режима передачи информации в волоконно-оптических линиях связи необходимы компактные и эффективные источники сверхкоротких импульсов (СКИ) света в диапазоне волн 1,3 ... 1,6 мкм. Этим требованиям в значительной степени удовлетворяют источники на основе одномодовых полупроводниковых *InGaAsP/InP* -гетеролазеров, которые работают при комнатной температуре и способны генерировать СКИ длительностью в единицы пикосекунд с высокой частотой повторения в режиме активной синхронизации мод внешнего резонатора [1-3]. В перечисленных работах описаны источники с внешним резонатором, представляющим собой дифракционную решетку, оптически согласованную с полупроводниковым лазером с помощью микрообъектива. Однако с практической точки зрения более перспективным представляется использование внешнего резонатора в виде отрезка волоконного световода, тем более, что такая конструкция является шагом на пути к реализации источника СКИ в виде единого модуля. Целью данной работы было создание и исследование полупроводникового источника СКИ, функционирующего в режиме активной синхронизации мод внешнего волоконного резонатора одной из возможных конструкций, на длину волны 1,32 мкм.

Рассматриваемый источник пикосекундных импульсов создан на основе одномодового гетеролазера, изготовленного из двойных гетероструктур отдельного ограничения с супертонкой активной областью. Один из торцов лазера оптимально просветлен с целью получения минимального коэффициента отражения, составляющего 1 ... 2%. Вплотную к излучающей площадке на просветленном торце лазера с помощью юстировочной подвижки подводится фокус, сформированный на конце одномодового волоконного световода длиной $l \approx 1$ м. Оптическая обратная связь осуществлялась за счет отражения света от зеркала на другом конце волокна. При эффективности ввода излучения в световод порядка 40%, коэффициент обратной связи составлял 15%. Периодическая модуляция потерь в резонаторе осуществлялась путем введения в ток инжекции лазера переменной составляющей от внешнего генератора в диапазоне частот $f = 400 \dots 850$ МГц. Для увеличения подводимой к

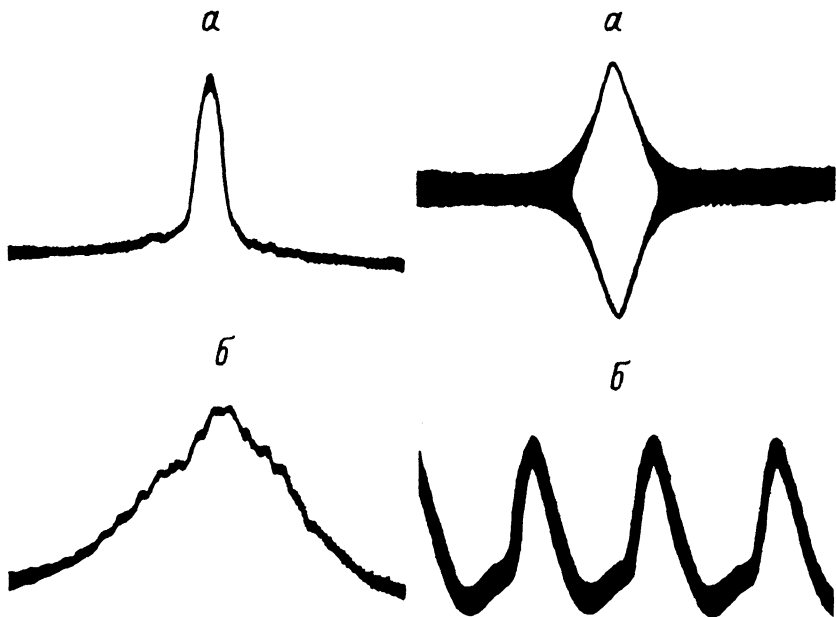


Рис. 1. Профили оптического спектра излучения лазера: а - в отсутствие внешней высокочастотной модуляции, б - в режиме синхронизации мод.

Рис. 2. Временные параметры сверхкоротких импульсов: а - автокорреляционная функция последовательности импульсов длительностью 2.2 ± 0.1 пс, б - осциллограмма последовательности СКИ с частотой повторения 720 МГц, зарегистрированная с временным разрешением 300 пс.

лазеру мощности высокочастотного сигнала использовалось микрополосковое согласующее устройство. Устойчивая работа источника обеспечивалась при температуре лазерного кристалла 16°C , которая стабилизировалась с точностью $\pm 0.2^\circ\text{C}$. При этом постоянная составляющая тока накачки лежала в пределах 125 ... 140 мА, что соответствует превышению порога генерации на 5 ... 20 мА. Контроль режима синхронизации мод проводился с помощью оптического дифракционного спектрометра. На рис. 1 приведены профили оптического спектра в отсутствие внешней модуляции (а) и в режиме синхронизации мод (б) соответственно. Ширина спектра в режиме синхронизации мод составляла $\sim 100 \text{ \AA}$, что обеспечивает возможность получения импульсов длительностью порядка 10^{-12} с. Несколько изрезанная форма профиля оптического спектра (рис. 1, б) обусловлена, по-видимому, влиянием собственного резонатора лазерного диода. Измерение временных характеристик рассматривае-

мого источника СКИ проводилось на модифицированном по сравнению с описанным в [1] экспериментальном стенде, включающим в себя интерферометр Майкельсона с электронным сканированием зеркала в подвижном плече, что дало возможность наблюдать автокорреляционную функцию СКИ в реальном масштабе времени и с повышенной точностью, которая достигала 0.1 пс.

В ходе эксперимента была исследована возможность получения режима синхронизации мод на частотах, кратных частоте междоудового интервала внешнего волоконного резонатора, которая составляла величину $f = 100$ МГц при выбранной длине волокна $l = 1$ м. В таблице приведены частоты, на которых удалось достичь режима синхронизации мод волоконного резонатора, а также длительности τ , скважности Q и импульсные мощности P полученных СКИ.

f , МГц	τ , пс	Q	P , Вт
410	3.5	700	1.05
510	2.6	750	1.12
610	2.3	700	1.06
720	2.2	630	0.95
820	2.1	580	0.87

Синхронизация мод на кратных частотах соответствует ситуации, когда в волоконном резонаторе циркулируют несколько световых импульсов, число которых равно:

$$N = \frac{2nlf}{c},$$

где c - скорость света, n - показатель преломления сердцевины волоконного световода. Полоса частот, в которой наблюдался режим синхронизации мод, лежит в пределах 0.2 ... 0.5 МГц в зависимости от точности юстировки внешнего резонатора и амплитуды сигнала высокочастотного генератора. На рис. 2, а представлена интерферограмма автокорреляционной функции последовательности импульсов длительностью 2.2 пс, а на рис. 2, б - осциллограмма непрерывной последовательности СКИ с частотой повторения $f = 720$ МГц. Именно на этой частоте повторения режим синхронизации мод был наиболее устойчив. Последовательность импульсов, зарегистрированных с временным разрешением 300 пс с помощью скоростного лавинного фотодиода ЛФД-2А и стробоскопического осциллографа, отражает аппаратную функцию системы фоторегистрации. Скважность импульсов на рис. 2, б равна 5, что

соответствует отношению периода следования СКИ к величине временного разрешения системы фоторегистрации.

Таким образом, сконструирован, создан и исследован источник высокочастотной последовательности сверхкоротких оптических импульсов с длительностью около 2 пс и пиковой мощностью около 1 Вт на длине волны 1,32 мкм. Следует отметить технологичность такой конструкции, а также стабильность ее характеристик при условии жесткой фиксации сочленения лазер-волокно. Использование кратных резонансов внешнего волоконного резонатора позволяет получать импульсы на различных рабочих частотах, что дает возможность создания перестраиваемого по частоте повторения источника СКИ.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Петрунькин В.Ю., Сысуюев В.М., Щербачков А.С., Гарбузов Д.З., Ильин Ю.В., Овчинников А.В., Тарасов И.С. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 9. С. 25-29.
- [2] Петрунькин В.Ю., Сысуюев В.М., Щербачков А.С. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 16. С. 27-32.
- [3] Петрунькин В.Ю., Сысуюев В.М., Щербачков А.С., Гарбузов Д.З., Ильин Ю.В., Тарасов И.С. // Письма в ЖТФ. 1989. Т.15. В. 24. С. 64-68.

Поступило в Редакцию
15 ноября 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 3

12 февраля 1991 г.

06.1; 06.2; 06.3

© 1991

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ С ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛЬНОСТЬЮ

В.П. М а х н и й

Создание полупроводниковых излучателей с высокой временной и температурной стабильностью является актуальной задачей современной оптоэлектроники. Широко используемые в настоящее время инжекционные светоизлучающие диоды (СИД) обладают достаточно малым температурным коэффициентом излучения (ТКИ) - 0,5-1%/°С [1, 2]. Его дальнейшее уменьшение требует применения