

## ГЕНЕРАЦИЯ ПИКОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ С ЧАСТОТОЙ ПОВТОРЕНИЯ 100 ГГц МНОГОКОМПОНЕНТНЫМ ИНЖЕКЦИОННЫМ ЛАЗЕРОМ

П.П. Васильев, А.Б. Сергеев

*Обнаружен режим генерации последовательности спектрально ограниченных импульсов длительностью 2 пс и частотой повторения около 100 ГГц в AlGaAs/GaAs инжекционном гетеролазере, имеющем усиливающие и поглощающие части, объединенные в общем резонаторе.*

Режим пассивной модуляции добротности в инжекционном лазере осуществляется за счет создания в едином резонаторе усиливающих и поглощающих свет областей из одного и того же полупроводника /1—3/. Модификация данного метода, реализованная в /2/, позволила получить импульсы излучения длительностью 5 пс с энергией более 50 пДж, следующие с частотой повторения до 18 ГГц без использования внешнего резонатора. Суть этого метода /2/ состоит в создании дополнительного электрического поля, перебрасывающего возбужденные частицы поглотителя в усилитель, что увеличивает пиковую мощность импульсов и КПД лазера, а также сокращает время релаксации поглотителя.

В настоящей работе представлены новые результаты по исследованию динамики лазеров, состоящих из двух поглощающих и одной усиливающей свет областей, аналогичных использовавшимся в /2/. Накачка лазеров осуществлялась импульсами тока положительной полярности длительностью 10—30 нс, амплитудой до 1 А и частотой следования до 3 МГц; к поглотителю лазера прикладывалось запирающее напряжение 3—6 В. Длина резонатора лазеров составляла 380—400 мкм. Исследование временных и спектральных характеристик излучения проводилось на установке, описанной в /4/. Длительность импульсов измерялась одновременно двумя методиками — косвенной с помощью автокоррелятора с генерацией второй гармоники излучения в кристалле  $\text{LiIO}_3$ , и прямой с использованием электронно-оптической камеры с линейной разверткой "Агат-СФ-3" (временное разрешение соответственно менее 1 и 2 пс). Оптические спектры исследовались с помощью монохроматора МДР-23 с разрешением не более 1 Å.

На рис. 1 представлены автокорреляционная функция второго порядка пикосекундных импульсов и оптический спектр излучения лазера при следующих параметрах накачки: длительность электрического импульса 15 нс, частота повторения 1,6 МГц, амплитуда тока в 1,2 раза превосходила пороговое значение, напряжение на поглотителе лазера 4,5 В. Анализ рис. 1а показывает, что излучение на выходе резонатора лазера представляет собой непрерывную (в течение импульса накачки) последовательность импульсов длительностью 2,3 пс с периодом следования 10,2 пс. Это подтверждает и рис. 2, где представлена фотография с экрана камеры "Агат", полученная одновременно с корреляционной функцией рис. 1а. На фотографии отчетливо видна часть последовательности импульсов с периодом около 10 пс и длительностью немногим более 2 пс. Ширина усредненного по времени спектра импульсов (рис. 1б) в данном режиме составила 9 Å на половине амплитуды, и спектр состоял из 5 продольных мод резонатора лазера, отстоящих друг от друга на 2,1 Å. Произведение длительности импульсов на ширину оптического спектра равно  $0,7 \pm 0,2$ , что всего лишь в два раза больше теоретической величины 0,35 для импульсов с огибающей в виде гиперболического секанса. Отношение периода следования импульсов к их длительности равно примерно 5, что соответствует числу мод в спектре генерации. Такое поведение лазера соответствует режиму, когда все продольные моды резонатора синхронизованы.

Данный режим характеризуется минимальной шириной оптического спектра генерации, и при любых изменениях параметров накачки лазера ширина спектра возрастает. При увеличении числа усиливающих и поглощающих областей в лазере возникает режим устойчивой генерации двух импульсов на периоде двукратного обхода светом резонатора лазера. При этом длительность импульсов остается примерно той

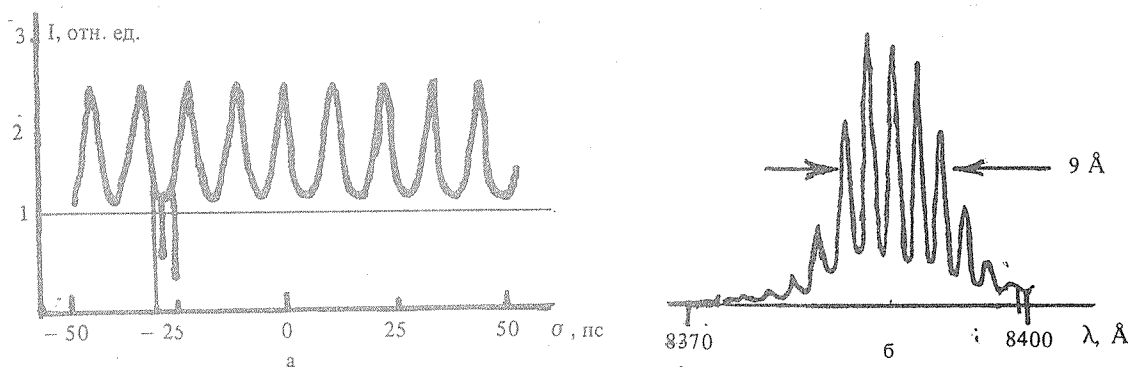


Рис. 1. Зависимость интенсивности второй гармоники  $I$  от относительной задержки  $\sigma$  пикосекундных импульсов в сканирующем интерферометре Майкельсона (а) и оптический спектр импульсов (б) при длительности импульса тока 15 нс и частоте повторения 1,6 МГц.

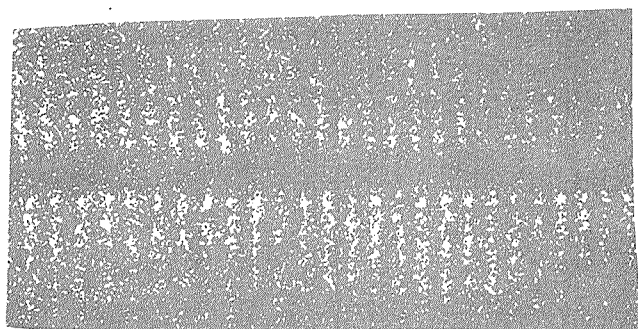


Рис. 2. Фотография части последовательности пикосекундных импульсов с экрана камеры "Агат-СФ-3".

100 пс

же. Как видно из рис. 1а и 2, импульсы в последовательности тождественны, т. е. их параметры (длительность, амплитуда, форма) воспроизводятся через время двукратного обхода, как в "классическом" режиме синхронизации мод. В настоящее время неясно, каким образом усиление и поглощение в лазере могут восстанавливаться к моменту излучения следующего импульса за столь короткие времена ( $< 10$  пс). Возможным физическим механизмом может быть эффект когерентного взаимодействия со средой генератора импульсов стационарной формы и площадью  $\pi$ ,  $2\pi$  и т. п. [5].

Таким образом, впервые экспериментально реализован режим генерации последовательности спектрально ограниченных импульсов длительностью 2 пс с частотой следования около 100 ГГц. Последняя величина является рекордной для частоты повторения ультракоротких импульсов света в лазерах всех типов. Сокращение длины лазерного резонатора до величин порядка 100 мкм может привести к получению последовательностей импульсов с частотами следования более 400 ГГц в данном режиме генерации лазера.

Авторы благодарны Ю.П. Захарову за помощь в подготовке экспериментов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Lasher G. J. Solid State Electronics, 7, 707 (1964).
2. Васильев П. П., Голдобин И. С. Квантовая электроника, 14, 1317 (1987).
3. Алферов Ж. И. и др. Письма в ЖТФ, 12, 1093 (1986).
4. Васильев П. П., Морозов В. Н., Сергеев А. Б. Труды ФИАН, 185, 3 (1987).
5. Беленов Э. М., Васильев П. П. Письма в ЖЭТФ, 48, 416 (1988).

Поступила в редакцию 23 марта 1989 г.