

- [3] З а р е м б о Л.К. – В кн.: Мощные ультразвуковые течения / Под ред. Л.Д. Розенберга. М.: Наука, 1968, с. 130–165.
- [4] Ф р и д р и х с б е р г Д.А. Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1984, с. 189.
- [5] К н э п п Р., Д е й л и Дж., Х э м м и т Ф. Кавитация. М.: Мир, 1974. 687 с.

Институт прикладной физики  
АН БССР, Минск

Поступило в Редакцию  
12 августа 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 1

12 января 1988 г.

## СТАБИЛЬНЫЙ ПИКОСЕКУНДНЫЙ ЛАЗЕР НА ОСНОВЕ РЕЗОНАТОРА С АНТИРЕЗОНАНСНЫМ ОТРАЖАТЕЛЕМ

А. Д е р и н г а с, В. К а б е л к а, А. М и л я у с к а с

Высокий уровень флуктуаций параметров лазерного излучения, малая частота следования циклов генерации (1–5 Гц) – основные факторы, отрицательно проявляющиеся при использовании пикосекундных твердотельных лазеров с пассивной синхронизацией мод в экспериментах кинетической спектроскопии [1–3]. В данной работе исследованы энергетические, временные и спектральные характеристики пикосекундного лазера на АИГ:  $\text{Nd}^{3+}$ , работающего в режиме синхронизации мод сталкивающихся световых импульсов (СМСИ) на основе резонатора с антирезонансным отражателем [4–6].

В отличие от ранее выполненных работ [4–6] нами была рассмотрена работа лазера в режиме СМСИ при больших частотах следования циклов генерации (до 32 Гц).

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Режим СМСИ обеспечивался в лазере на АИГ:  $\text{Nd}^{3+}$  со следующей конфигурацией резонатора. Антирезонаторный отражатель был выполнен в виде разностороннего треугольника, состоящего из разделительного зеркала ( $R_1 = 50\%$  для  $\lambda = 1064$  нм) и двух зеркал  $R_2$ ,  $R_3$  с отражением 99.99% для  $\lambda = 1064$  нм соответственно. Между зеркалами  $R_2$  и  $R_3$  на управляемой линии задержки под углом Брюстера помещалась дрокачиваемая кювета толщиной  $d = 1$  мм с раствором красителя 3274 в этаноле. Активный элемент АИГ:  $\text{Nd}^{3+}$  размерами 4x55 помещался в квантрон К-301 с лампой накачки ДНП6/60А, который был размещен в линейной части резонатора. В качестве заднего зеркала использовалось зеркало с коэффициентом отражения  $R = 87\%$ . Общая длина резонатора составляла 1.3 м. Пороговая энергия, приводимая к лампе накачки, составляла 6 Дж, а энергия выделенного одиночного импульса из резонатора равнялась 1.2 мДж. Отметим, что как и в работе [5], нами наблюдалась генерация одной поперечной моды низшего индекса без применения селективирующей диафрагмы, что, по-видимому, как указано в данной

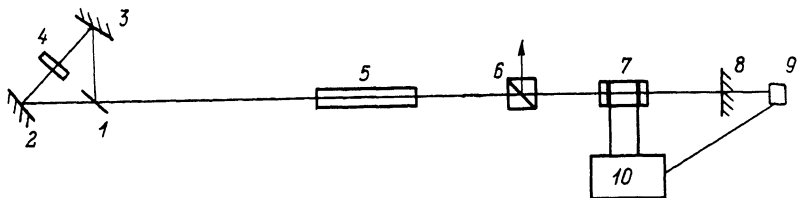


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки: 1 - делительное зеркало  $R_1$ ; 2, 3 - отражающие зеркала  $R_2, R_3$ ; 4 - прокачиваемая кювета с красителем; 5 - активный элемент; 6 - призма Глана; 7 - электрооптический кристалл; 8 - выходное зеркало; 9 - фотодетектор; 10 - высоковольтный источник питания.

работе, является следствием высокой угловой селективности антирезонаторного отражателя.

На рис. 2 представлены зависимости проведенных исследований энергии, длительности и спектра для выделенного одиночного импульса от расстройки кюветы в треугольнике. Как видно из рис. 2, при отстройках кюветы на  $1 \times 1 = 4.5$  мм длительность светового импульса увеличивается до 40 пс, ширина спектра сужается до  $0.2 \text{ см}^{-1}$  и энергия падает до 1 мДж, т. е. генерационные характеристики лазера явно ухудшаются. В ранее нами выполненной работе [7] рассмотрено однопроходное взаимодействие сталкивающихся пикосекундных импульсов в антирезонансном отражателе и была установлена большая чувствительность сигнала на выходе из отражателя к отклонению кюветы с раствором красителя от места точного совпадения световых импульсов. Как видно, данный эффект в значительной мере сказывается в пикосекундном лазере с антирезонансным отражателем.

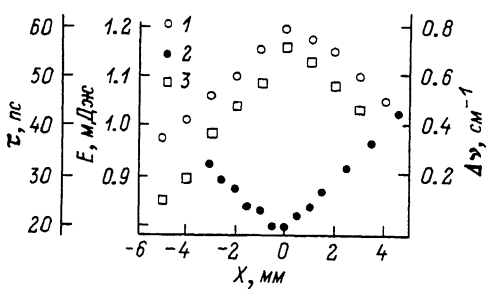


Рис. 2. Зависимости энергии (1), длительности (2) и спектра (3) генерируемых импульсов от положения кюветы.

лем ввиду большого числа проходов встречных световых импульсов через кювету. Также следует отметить, что нами, как и в работе [4], наблюдалось сокращение длительности от 27 до 20 пс по сравнению с лазером с линейным резонатором типа Фабри-Перо [1]. Одной из причин отличия результатов от работы [5], по-видимому, можно объяснить в различии методик измерений временных характеристик. Кроме этого, в эксперименте использовалась электронная схема выделения одиночного импульса, позволяющая точно выделить световой импульс из начала цуга, что также обеспечивало более короткую длительность светового импульса. Исследования зависи-

мости длительности и коэффициента вариации энергии  $A$  (где  $A = \frac{\sigma}{\bar{E}}$ ,  $\sigma$  – дисперсия по энергии,  $\bar{E}$  – среднее значение энергии) от частоты следования циклов генерации показали, что при увеличении частоты от 1 до 32 Гц существенных изменений не происходит. Коэффициент вариации по энергии  $A$  сохранялся для цуга на уровне 3–4%, а для одиночного импульса – 6–7%. Полученные результаты позволяют делать вывод о высокой термо-оптической стабильности пикосекундного лазера с антирезонансным отражателем. Применение электронной схемы выделения одиночного импульса из резонатора на базе лавинных транзисторов и элемента Поккельса позволило контролировать интенсивность светового поля в резонаторе, что исключало проявление нежелательных нелинейных эффектов и охраняло оптические элементы резонатора от пробоя. Коэффициент вариации по энергии в данном случае снизился в два раза по сравнению с применением традиционной схемы выделения за резонатором с использованием газового разрядника [1, 2].

В заключение отметим, что разработан и исследован пикосекундный лазер на основе резонатора с антирезонансным отражателем, работающий с частотой следования циклов генерации 32 Гц со следующими параметрами: энергия одиночного импульса  $E = 1.2$  мДж (при пороговой энергии накачки  $E_H = 6$  Дж), коэффициент вариации по энергии  $A = 6\%$ , длительность  $\tau = 20$  пс, ширина спектра  $\Delta\nu = 0.8$  см<sup>-1</sup>. Полученные характеристики излучения показывают большую перспективность применения данного лазера в пикосекундных измерительных комплексах в области кинетической спектроскопии.

Авторы выражают благодарность В.И. Прохоренко за интерес к работе и ценные замечания.

## Л и т е р а т у р а

- [1] Барила А., Вишакас Ю., Кабелка В., Милушас А., Римкус В. Препринт ИФАН ЛитССР, "Физика сверхбыстрых процессов", Вильнюс, 1981. 40 с.
- [2] Данелюс Р., Пискарскас А., Сируткайтис В., Стабинис А., Ясевичюте Я. Параметрические генераторы света и пикосекундная спектроскопия. Вильнюс: Максслас, 1983. 186 с.

- [3] Х е р м а н И., В и л ь г е л ь м и В. Лазеры сверхкоротких световых импульсов. М.: Мир, 1986. 368 с.
- [4] Vanherzeele H., Van Eск J.L., Siegman A.E.- Appl. Opt. 1981, v. 20, N 20, p. 3484-3486.
- [5] Прохоренко В.И., Тихонов Е.А., Яцкив Д.Я., Буныманин Е.Н. - Квантовая электроника, 1987, т. 14, № 4, с. 804-810.
- [6] Прохоренко В.И., Тихонов Е.А., Яцкив Д.Я. - Письма в ЖТФ, 1987, т. 13, в. 9, с. 549-552.
- [7] Даугвила А., Дерингас А., Кабелка В., Масалов А., Миляускас А. - Квантовая электроника, 1987, т. 14, № 7, с. 1631-1632.

Поступило в Редакцию  
6 августа 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 1 12 января 1988 г.

**"ФИОЛЕТОВЫЕ"  $pAlGaAs-pGaAs-nGaAs$ -ФОТОЭЛЕМЕНТЫ  
СО СВЕРХТОНКИМИ (30-300 Å) ШИРОКОЗОННЫМИ СЛОЯМИ**

Ж.И. А л ф е р о в, В.М. А н д р е е в, А.А. В о д н е в,  
В.Р. Л а р и о н о в, А.В. Н и к и т и н, Т.А. П р у ц к и х,  
В.Д. Р у м я н ц е в

Увеличение чувствительности в коротковолновой области спектра в полупроводниковых фотоэлементах достигается пассивацией поверхности для снижения скорости поверхностной рекомбинации, созданием тянущих квазиэлектрических полей за счет градиента концентрации легирующих примесей или градиента ширины запрещенной зоны, а также уменьшением толщины фронтальных слоев в структурах с гомо- и гетеропереходами.

В  $AlGaAs-GaAs$  гетерофотоэлементах [1-4] расширение чувствительности в коротковолновую область спектра обеспечивается уменьшением толщины широкозонного "окна" - фронтального слоя твердого раствора  $Al_xGa_{1-x}As$  ( $x=0.7-0.9$ ), что было продемонстрировано, например, в работах [2-4] созданием фотоэлементов на основе гетероструктур с толщиной широкозонного слоя 300-1000 Å.

В настоящей работе приводятся результаты исследования фотоэлементов на основе структур  $nGaAs-pGaAs-pAl_xGa_{1-x}As$  со сверхтонкими широкозонными слоями твердых растворов  $Al_xGa_{1-x}As$  ( $x=0.7-0.9$ ) толщиной до 30 Å. Структуры получались низкотемпературной жидкофазной эпитаксией, обеспечивающей прецизионную кристаллизацию слоев толщиной менее  $10^{-2}$  мкм [5, 6]. Исследовано влияние трех параметров структуры на спектральное распределение коэффициента сбора: толщины ( $d$ ) слоя  $pGaAs$ , толщины