

- [3] Берестнев С.П., Бондур В.Г., Данилов Ю.И., Думаревский Ю.Д., Ковто-нюк Н.Ф., Савин А.И. // Радиотехника и электроника. 1985. Т. 30. С. 1212.
- [4] Мыльников В.С., Морозова Е.А., Василенко Н.А. и др. // ЖТФ. Т. 55. № 4. С. 749-751.
- [5] Владимиров Ф.Л., Моричев И.Е., Плетнева Н.И. // ОМП. 1984. № 3. С. 54-63.
- [6] Передача и обработка информации голографическими методами /Под ред. Гуревича С.Б. Л.: Наука, 1978.
- [7] Casasent D. // Appl. Opt. 1979. V. 18. P. 2445.
- [8] Лукьянченко Е.С., Хожанов В.В., Козунов В.А. // Кристаллография. 1986. Т. 31. С. 747.
- [9] Чигринов В.Г., Гребенкин М.Ф. // Кристаллография. 1975. Т. 20. С. 1240.
- [10] Гитин А.Б., Каретников А.А., Томилин М.Г. // Труды ГОИ. 1986. В. 194.
- [11] Васильев А.А., Компанец И.Н., Парфенов А.В. // Автометрия. 1987. № 2. С. 100-105.
- [12] Новиков А.В. Тез. докл. 1 Всес. конф. „Оптика жидких кристаллов“, М., 1987. 194 с.
- [13] Вашурин П.В., Денисов А.Ф., Компанец И.Н., Парфенов А.В., Прокопов Н.А. Тез. докл. 1 Всес. конф. „Оптика жидких кристаллов“, М., 1987. 245 с..

Поступило в Редакцию

2 декабря 1989 г.

В окончательной редакции

5 апреля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 14

26 июля 1990 г.

Об.3; 12

© 1990

БЕСКОНТАКТНОЕ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ
СВЕРХКОРОТКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ
ПОМОЩИ ПИКΟΣЕКУНДНОГО ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА

В.Л. Караганов, Е.Л. Портной,
Н.М. Синявский, А.П. Стальненис,
Н.М. Стельмах, А.В. Челноков

Одним из возможных применений пикосекундных инжекционных лазеров с насыщающимся поглотителем, полученным глубокой им-

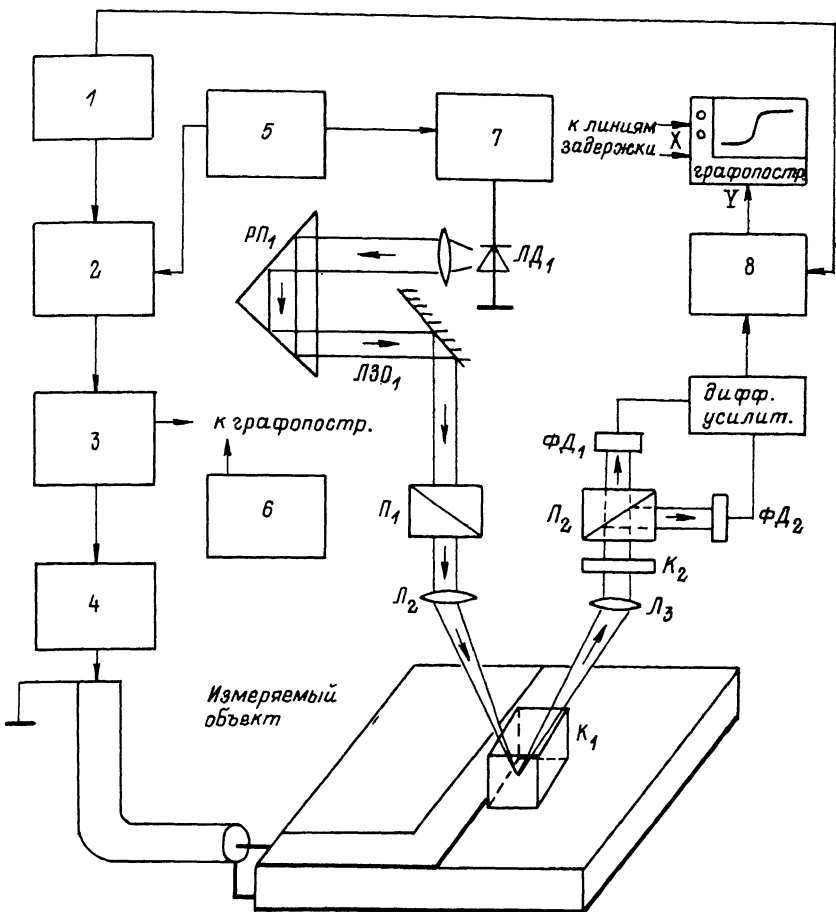


Рис. 1. Схема электрооптической системы измерения сверхкоротких электрических сигналов бесконтактным методом. 1 - модулирующий генератор, $f_m = 1$ кГц; 2 - модулятор; 3 - линия электродинамической задержки; 4 - формирователь перепада, 40 пс (0.1-0.9); 5 - задающий генератор, 10 МГц; 6 - блок управления оптической задержкой; 7 - формирователь импульсов питания; 8 - синхронный детектор. РП₁ - ретропризма; ЛЗО₁ - линия задержки; П₁, П₂ - поляризационные призмы; Л₁, Л₂, Л₃ - линзы; К₁ - электрооптический кристалл $LiNbO_3$, устанавливаемый в исследуемую точку СВЧ прибора; ЛД₁ - пикосекундный инжекционный лазер; ФД₁, ФД₂ - фотодиоды.

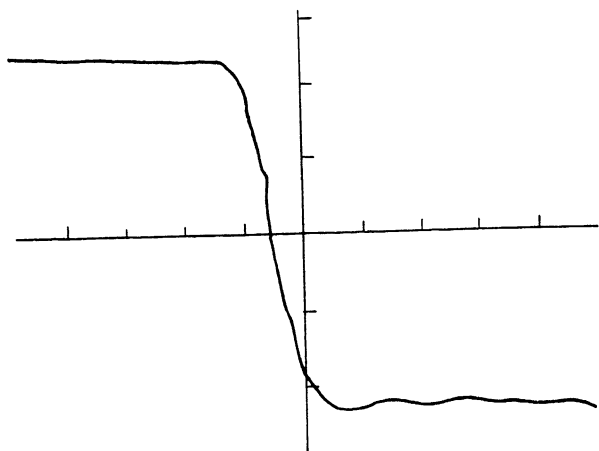


Рис. 2. Результаты измерения перепада напряжения с амплитудой 0.4 В и длительностью около 30–40 пс (масштаб по горизонтали 40 пс/деление).

плантацией тяжелых ионов [1], является их использование в качестве генератора стробирующих импульсов в электрооптическом осциллографе.

Электрооптическая система измерения сверхкоротких электрических сигналов [2], в которой в качестве генератора строб-импульсов применялся обычный инжекционный лазер, была реализована в работе [3]. Однако в силу невысоких параметров строб-импульса ($\Delta t_{0.5} \sim 30$ пс), которые оказалось возможным получить при использовании простого полупроводникового лазера, вся система не превосходила по быстродействию обычные чисто электрические системы измерения.

В настоящей работе, помимо демонстрации созданной нами электрооптической бесконтактной измерительной установки сверхкоротких электрических импульсов, рассматривается одна из важнейших проблем подобных измерительных схем: нестабильность времени испускания („джиттера“) оптического импульса полупроводниковым лазером относительно электрического импульса накачки. Эта нестабильность ограничивает временное разрешение подобных устройств. Показано, что при одинаковых условиях накачки ($\tau_{cp} \sim 0.5$ нс) применение полупроводниковых лазеров с насыщающимся поглотителем позволяет добиться в режиме генерации одного пика „джиттера“ порядка одной пикосекунды в отличие от 15–30 пс, получаемых от обычного лазера.

Схема измерительной системы представлена на рис. 1. Излучаемые полупроводниковым лазером ЛД1 стробирующие импульсы коллимируются микрообъективом Л1 и после прохождения через линию задержки ЛЗ01 и поляризатор П1 фокусируются в электрооптиче-

ский кристалл $K1 (LiNbO_3)$, размещенный рядом с исследуемой полосковой линией ПЛ. Поляризация прошедшего через измерительный кубик $K1$ света изменяется в соответствии с мгновенной величиной напряженности электрического поля в точке размещения измерительного куба (вследствие электрооптического эффекта Погкельса). Эти изменения поляризации регистрируются при помощи дифференциального измерителя составляющих поляризации, состоящего из двух фотодиодов ФД1 и ФД2 и поляризационной призмы П2. В этой схеме регистрируемый сигнал будет пропорционален напряженности электрического поля в момент прохода оптического стробирующего импульса через измерительный кристалл. Изменяя временное положение стробирующего импульса относительно повторяющегося измеряемого импульса при помощи электрической или оптической линии задержки, возможно измерить полную форму исследуемого сигнала. Для повышения чувствительности использовался метод синхронного детектирования разностного сигнала фотодиодов. Частота модуляции выбиралась в области минимальных шумов лазера и составляла 1 кГц.

На рис. 2 приведен пример регистрации электрического сигнала от промышленного генератора перепада И1-12 с длительностью перепада 30-40 пс (по уровню 0.1-0.9) и амплитудой 0.4 В. Регистрируемая длительность перепада - около 40 пс. Уровень собственных шумов - около 15 мВ.

Анализ, проведенный в работе [4], показал, что временное разрешение и чувствительность подобной системы во многом определяется длительностью и мощностью стробирующих импульсов, излучаемых лазером. В описываемой установке использовался $AlGaAs$ гетеролазер с шириной полоскового контакта 15 мкм, подвергнутый облучению ионами азота в зеркала резонатора лазерного диода [1, 5, 6]. Длительность генерируемого импульса 10 пс, пиковая мощность - около 2 Вт.

При работе стробоскопического устройства не менее важной с точки зрения временного разрешения является точность привязки стробирующего импульса к измеряемому сигналу. Поэтому нами были проведены измерения временной нестабильности запуска („джиттера“) оптического импульса пикосекундного полупроводникового лазера относительно электрического импульса в зависимости от параметров импульсов накачки.

Схема измерений представлена на рис. 3. Электрический импульс накачки поступает на вход запуска ЭОП с временной разверткой и через линию задержки 40 нс на два пикосекундных лазера, подобранных по равенству параметров. В режиме однократного сканирования ЭОП измерялось временное расстояние между импульсами лазеров. Собственная нестабильность запуска ЭОП была, таким образом, устранена. Для достоверности статистики в каждом измерении число наблюдений составляло 30-50. Анализ полученных результатов показал нормальное распределение разности временного расхождения импульсов двух лазеров, что позволяет предположить гауссову статистику для „джиттера“ одиночного лазера [7], а так-

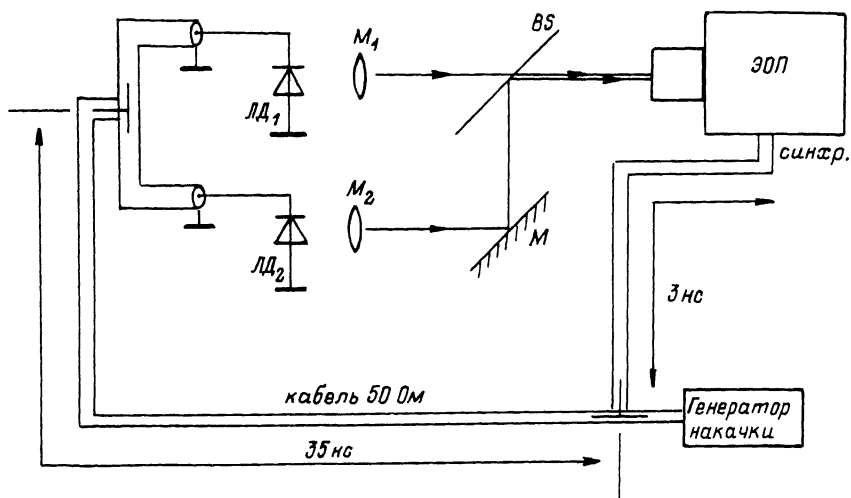


Рис. 3. Схема измерения временной нестабильности импульса излучения пикосекундного инжекционного лазера относительно электрического импульса накачки. ЛД₁, ЛД₂ - два идентичных пикосекундных лазера; М₁, М₂ - микрообъективы А-0.95, фокус 4.4 мм; В - полупрозрачное зеркало.

же, что „джиттер“ одного лазера в 2 раз меньше „джиттера“ разности временных положений двух лазеров. Измеренный таким образом „джиттер“ в режиме генерирования одиночного пика для импульсов накачки длительностью 5 нс составил 30 пс (полная ширина на половине высоты), а для длительности 0.5 нс - 3 пс.

Последний результат в сочетании с достигнутой длительностью генерируемого импульса 5 пс при импульсной мощности 3-4 Вт дает возможность предположить возможность создания недорогих компактных измерительных систем с временным разрешением вплоть до 5 пс.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Алферов Ж.И., Журавлев А.Б., Портной Е.Л., Стельмах Н.М. // Письма в ЖТФ, 1986, Т. 12, В. 18. С. 1093-1097.
- [2] Waldmanis J.A., Mourou G. // IEEE Journal of Quantum Electronics. 1986. V. QE-22. N 1. P. 69-79.
- [3] Nees J., Mourou G. // Electronics letters. 1986, V. 22. N 17. P. 918-919.

- [4] K o l n e r В.Н., В i o o m D.М. // Journal of Quantum Electronics, 1986. V. QE-22, N 1. P. 79-93.
- [5] Портной Е.Л., Стельмах Н.М., Челноков А.В. Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 11. С. 44-48.
- [6] Портной Е.Л., Стельмах Н.М., Челноков А.В. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 21. С. 81-87.
- [7] Справочник по вероятностным расчетам, М.; Воениздат, 1970. П. 9.2.

Поступило в Редакцию
27 июля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 14

26 июля 1990 г.

05.4; 11

© 1990

ПОЛУЧЕНИЕ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ПЛЕНОК $Y_1Ba_2Cu_3O_x$
РАЗЛИЧНОЙ ОРИЕНТАЦИИ
МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ЭПИТАКСИИ

А.Т. М а т в е е в, В.Ф. Г р е м е н о к,
В.П. Н о в и к о в, И.А. В и к т о р о в,
О.В. З у б е ц

Получение ориентированных или монокристаллических пленок высокотемпературных сверхпроводников представляет большой интерес связанный как с применениями в электронике, так и с исследованиями анизотропии фундаментальных свойств сверхпроводников. Для создания ориентированных пленок необходимо, чтобы были близки периоды кристаллических решеток подложки и пленки. Этому условию удовлетворяют подложки из титаната стронция, оксида магния, стабилизированной двуокиси циркония, сапфира, на которых получают эпитаксиальные пленки $Y_1Ba_2Cu_3O_x$ с ориентациями (001), (h00) [1-3]. Однако для ряда фундаментальных и прикладных задач желательно получать пленки различной ориентации на подложках одного типа. Структура кристаллической решетки $Y_1Ba_2Cu_3O_x$ является псевдокубической: $a \approx b \gtrsim c/3$, причем знак неравенства между a , b и c определяется температурой и стехиометрией по кислороду [4]. Это обстоятельство создает принципиальную возможность управления ориентацией пленки за счет сопряжения разных ее периодов с подложкой при вариации температуры и давления кислорода в процессе кристаллизации.