

Применяемая нами решетка позволяет в геометрии нашей установки получить генерацию в диапазоне линий от R_{20} до R_{36} . Применяя решетки с другими параметрами, можно варьировать число одновременно генерируемых линий, их интенсивность и степень „перекрывтия“ элементарных резонаторов.

Таким образом, в представляемой работе реализован многочастотный режим генерации мощного CO_2 -лазера, отличающийся от ранее описанных простотой оптической схемы при большой энергетике излучения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Дацкевич Н.П., Карлов Н.В., Конев Ю.Б., Кононов Н.Н., Кузьмин Г.П., Токер Г.Р. // Письма в ЖТФ. 1981. Т. 7. В. 10. С. 1096-1100.
- [2] Wan Chongui, Zhou Jinwen, Fu B W. and Komp R. // Appl. Phys. 1984. В 35. Р. 123-126.
- [3] Дацкевич Н.П., Карлова Е.К., Карлов Н.В. и др. // Квантовая электроника. 1977. Т. 4. № 2. С. 457-460.

Институт общей физики
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
17 сентября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 2

26 января 1990 г.

06.3; 07

© 1990

ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОЕ СТРОБИРОВАНИЕ ПРИ ПОМОЩИ ПИКОСЕКУНДНОГО ИНЖЕКЦИОННОГО ЛАЗЕРА

А. Г а л в а н а у с к а с, А. К р о т к у с,
Е.Л. П о р т н о й, Н.М. С т е л ь м а х

В последнее время для измерения характеристик полупроводников и полупроводниковых приборов с большим временным разрешением все чаще стали использоваться пикосекундные оптоэлектронные устройства, созданные на основе лазеров, излучающих сверхкороткие световые импульсы [1, 2]. Применение таких устройств значительно расширилось бы, если вместо громоздких и энергоемких пикосекундных твердотельных лазеров и лазеров на красителях, которые в основном используются в настоящее время, они содержали бы компактные и удобные в обращении полупроводниковые инжекционные лазеры, излучающие сверхкороткие световые импульсы.

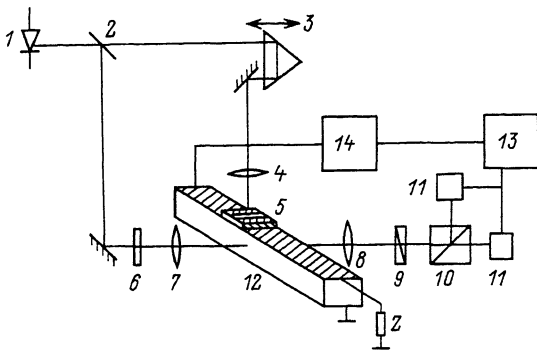


Рис. 1. Схема электрооптического устройства: 1 - лазерный диод; 2 - светоделитель; 3 - оптическая линия задержки; 4, 7 и 8 - микроскопические объективы; 5 - оптоэлектронный затвор; 6 - четвертьволновая пластинка; 9 - компенсатор; 10 - анализатор; 11 - фотодетекторы; 12 - электроннооптический модулятор; 13 - усилитель с синхронным детектированием; 14 - генератор звуковой частоты.

К созданию полностью полупроводниковых устройств пикосекундной оптоэлектроники можно стремиться двумя путями: увеличением фоточувствительности оптоэлектронных затворов и созданием новых, более мощных полупроводниковых лазеров, излучающих сверхкороткие световые импульсы.

Такие работы были начаты сравнительно недавно. Оптоэлектронное формирование электрических перепадов с временами нарастания меньше 20 пс удалось осуществить, используя многокомпонентный $AlGaAs/GaAs$ гетеролазер [3] и арсенид-галлиевый пикосекундный лазер с синхронизацией мод во внешнем резонаторе [4]. В работе [5] нами было представлено пикосекундное устройство, в котором при помощи полупроводникового инжекционного лазера осуществлялась как генерация сверхкороткого электрического импульса, так и его оптоэлектронное стробирование. Суммарное временное разрешение этого устройства было порядка 15 пс. В работе [5] был использован лазер, изготовленный на основе структуры $GaAs/AlGaAs$ с внутренней модуляцией добротности, осуществляемой за счет создания области насыщающегося поглотителя у одного из зеркал лазерного резонатора путем глубокой имплантации тяжелых ионов [6]. Длина волны, на которой лазер генерировал, была 830 нм, длительность импульсов - 7 пс, их энергия 16 пДж.

В настоящей работе данный полупроводниковый лазер впервые использован для создания устройства, предназначенного для генерации и электрооптического стробирования пикосекундных электрических импульсов. Электрооптическое стробирование [7] более пригодно для использования в устройствах, основанных на сравнительно маломощных полупроводниковых лазерах, чем оптоэлектронное стробирование, так как требует меньшей энергии лазерных импульсов и

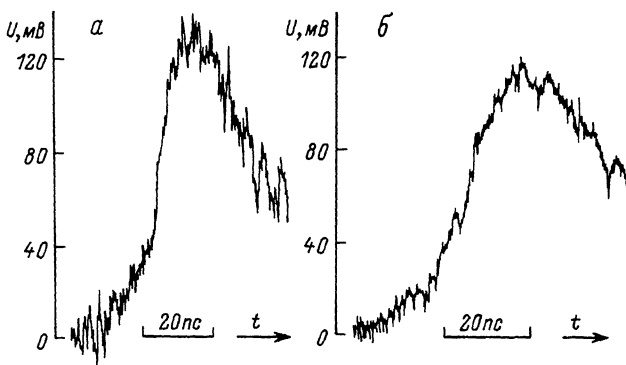


Рис. 2. Электрические импульсы, генерируемые оптоэлектронным затвором. Точка зондирования находится: а) в непосредственной близости от подключения затвора; б) на расстоянии 2 мм от этого места.

имеет временное разрешение, определяемое лишь длительностью таких импульсов.

Схема устройства показана на рис. 1. Пикосекундные световые импульсы, генерируемые инжекционным лазером 1, светоделителем 2 делятся на две части, одна из которых проходит через оптическую линию задержки 3, и микроскопическим объективом 4 фокусируются на светочувствительную щель оптоэлектронного затвора 5. Оптоэлектронный затвор представляет собой фоторезистор на основе $InP:Fe$, расстояние между компланарными контактами которого было равно 5 мкм. Вторая часть световых импульсов направляется в электрооптическую систему стробирования, состоящую из четвертьволновой пластинки 6, объективов 7 и 8, компенсатора 9, анализатора 10, пары фотодетекторов 11 и электрооптического модулятора 12. Модулятор представляет собой микрополосковую линию, в качестве диэлектрической подложки которой использован брусок из $LiTaO_3$ поперечными размерами (0.5x0.5) мм.

Короткий электрический импульс, генерируемый оптоэлектронным затвором, распространяясь вдоль микрополосковой линии, индуцирует в кристалле $LiTaO_3$ двойное лучепреломление (эффект Погкельса). Этот эффект детектируется в качестве пропорционального напряженности электрического поля изменения поляризации стробирующего светового луча. Меняя длину оптической линии задержки, можно осуществить взаимодействие стробирующего луча с различными частями электрического импульса и измерять его форму. Для увеличения чувствительности измерений выходной сигнал регистрируется при помощи усилителя с синхронным детектированием 13, причем опорное напряжение для синхронного детектора задается генератором звуковой частоты (14 на рис. 1), который подключен к зарядной

линии оптоэлектронного затвора. Частота синхронного детектирования была равной 480 Пц, частота следования световых импульсов - 5 МГц.

На рис. 2 показаны электрические импульсы, генерируемые оптоэлектронным затвором, измеренные при помощи электрооптического стробирования в случае, когда зондирующий луч пересекает модулятор в точке, находящейся в непосредственной близости к месту подключения затвора (рис. 2, а), и на расстоянии 2 мм от этого места (рис. 2, б). В первом случае время нарастания измеренного электрического импульса на уровне 0.1-0.9 от амплитуды составляет 12 пс, во втором - 20 пс (увеличение времени нарастания вызвано дисперсией в микрополосковой линии). Измеренное время нарастания электрического сигнала τ_s можно связать с длительностью лазерного импульса τ_i и временем нарастания электрического импульса, генерируемого идеальным оптоэлектронным затвором τ_f ($\tau_f = 1.09 \tau_i$) [5], оценочным соотношением

$$\tau_s = \sqrt{\tau_i^2 + \tau_f^2} = 1.48 \tau_i.$$

Пользуясь этим соотношением, получаем, что $\tau_i = 8$ пс, т. е. значение, которое практически совпадает с длительностью световых импульсов использованного инжекционного лазера, полученного в результате ее измерений при помощи электронно-оптической камеры. Это указывает на то, что временное разрешение описываемого устройства определяется длительностью лазерных импульсов. Двойное временное разрешение соответствует ширине частотной полосы 45 ПГц, что значительно превышает полосу лучших современных осциллографов. Чувствительность измерения электрического сигнала при помощи устройства равно 10-20 мВ/ $\sqrt{\text{Пц}}$. Оба эти параметра можно значительно улучшить путем подбора лазеров с большей генерируемой световой энергией и меньшей длительностью импульсов, а также за счет оптимизации конструкции устройства.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Picosecond Optoelectronic Devices (Ed. Chi H. Lee), Academic Press, 1984.
- [2] High-Speed Electronics (Ed. W. Kallback and H. Beneking), Springer-Verlag Berlin etc., 1986. p. 233.
- [3] Васильев П.П., Голдобин И.С., Диджюлис А.А., Ефимчик М.И., Ефремов С.В., Левитас Б.Н., Сергеев А.Б., Шатковский Е.В. // ДАН СССР. 1988. Т. 300. В. 1. С. 100-103.
- [4] Галванаускас А., Вайтекунас Ф., Кроткус А., Суткус К. // Квантовая электроника. 1989. Т. 16. № 5. С. 1057-1059.
- [5] Галванаускас А., Кроткус А., Лазутка А., Портной Е.Л., Стельмах Н.М. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. № 13. С. 72-76.

- [6] Журавлев А.Б., Плявенек А.Г., Портной Е.Л., Серегин В.Ф., Стельмах Н.М., Якубович С.Д. // ФТП. 1988. Т. 22. В. 7. С. 1208-1212.
- [7] Valdmans J. Subpicosecond Electro-optic sampling. Thesis submitted for the Degree of Doctor of Philosophy. Rochester, N. Y., 1983.

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

Поступило в Редакцию
24 ноября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 2

26 января 1990 г.

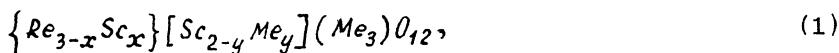
05.3; 07

© 1990

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХРОМА В РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ СКАНДИЕВЫХ ГРАНАТАХ

Е.В. Жариков, А.И. Загуменный,
Г.Б. Лутц

Использование ионов Cr^{3+} в качестве сенсбилизатора лазерных сред на основе редкоземельных скандиевых гранатов (РЗСГ), активированных редкоземельными ионами, привело к разработке твердотельных лазеров, работающих с высоким КПД [1]. Наряду с широко применяющимися кристаллами $Cd_3Sc_2Ga_3O_{12}$ (ГСГГ) в последнее время были созданы эффективные лазеры на основе кристаллов $Y_3Sc_2Ga_3O_{12}$ (ИСГГ), $Gd_3Sc_2Al_3O_{12}$ (ГСАГ) и $Y_3Sc_2Al_3O_{12}$ (ИСАГ). Исследование изоморфизма в этих соединениях [2-4] показало, что реальная структурная формула имеет вид:



где Re – редкоземельные ионы, Me – ионы алюминия или галлия; фигурные скобки обозначают позиции в структуре с додекаэдрической координацией по кислороду, квадратные скобки – октаэдрические позиции и круглые скобки – тетраэдрические позиции. Величины x и y различны для разных гранатов. Вследствие склонности к sp^3d^2 -гибридизации электронных орбиталей ионы Cr^{3+} весьма охотно занимают октаэдрические позиции в РЗСГ, причем не во всех случаях коэффициент распределения хрома (K_{Cr}) близок к единице [4]. Поскольку качество лазерных кристаллов в большой степени определяется равномерностью распределения активаторов, величина K_{Cr} является важным параметром для технологии лазерных кристаллов на основе РЗСГ. Целью настоящей работы является установление