

УСТАНОВКА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННО-СПЕКТРАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРОВ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ

© Г.А.Гаврилов, Ю.Г.Помигуев, Г.Ю.Сотникова,
А.Л.Тер-Мартirosян

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
194021 Санкт-Петербург, Россия
(Поступило в Редакцию 19 апреля 1995 г.)

Одна из интенсивно развивающихся областей физики полупроводниковых лазеров связана с созданием излучателей, обладающих высокой оптической мощностью и узкой диаграммой направленности излучения, — фазированных лазерных решеток (phase-locked array). Работы в этой области ведутся по различным направлениям, но общим во всех подходах является увеличение размера излучающей поверхности лазера и модуляция его свойств в поперечном направлении с целью получения генерации на одной основной поперечной моде. Для создания устойчиво работающей фазированной лазерной решетки и определения ее модового состава необходимо не только одновременно регистрировать спектральное разложение интенсивности излучения каждого ее элемента, но и исследовать динамику его изменения в зависимости от тока накачки. Возможность исследования спектрального разложения распределения интенсивности излучения на резонаторной грани полупроводникового лазера позволит на новом экспериментальном уровне проводить исследования когерентности, спектральных шумов, межмодового взаимодействия, изучать переходные процессы при различных режимах генерации и т. п.

Впервые картина спектрального разложения распределения интенсивности излучения полупроводникового лазера в ближней зоне была приведена в работе [1]. Аналогичный подход к исследованию излучательных характеристик полупроводниковых лазеров с высокой оптической мощностью был применен в работе [2]. Однако в работах отсутствуют описания экспериментальных установок и их параметров. В работе [3] нами была предложена система для регистрации распределения интенсивности излучения лазеров в ближней зоне на основе линейных фотоприемников с зарядовой связью (ЛФПЗС). Дополнение этой системы простейшим устройством, осуществляющим спектральное разложение [4], и матричным фотоприемником (МФПЗС) предоставляет возможность одновременной регистрации пространственного и спектрального распределений излучения лазера в ближней зоне. Двумерный детектор по одной координате регистрирует распределение интенсивности излучения в каждой точке излучающей поверхности, а по другой — информацию о спектре излучения.

Блок-схема экспериментальной установки для регистрации пространственно-спектрального распределения интенсивности излучения полупроводниковых лазеров представлена на рис. 1. Регулируемый источник тока, включающий в себя генератор импульсов, токовый

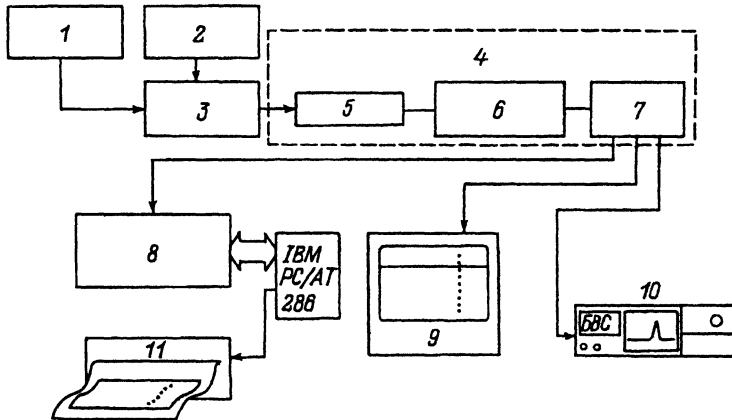


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки для регистрации пространственно-спектрального распределения интенсивности излучения полупроводниковых лазеров.

1 — блок питания, 2 — генератор импульсов, 3 — токовый усилитель, 4 — спектроанализатор, 5 — полупроводниковый лазер, 6 — оптическая схема, 7 — МФПЗС камера, 8 — устройство ввода изображения, 9 — монитор, 10 — телевизионный осциллограф, 11 — принтер.

усилитель и блок питания, позволяет исследовать полупроводниковые лазеры при различных режимах работы. Оптическая часть схемы формирует изображение излучающей поверхности лазера в плоскости МФПЗС и одновременно спектральное распределение излучения. В предлагаемой схеме изображение ближнего поля формировалось вдоль вертикальной оси (вдоль столбцов МФПЗС), а разложение по спектру — вдоль строк МФПЗС. Изображение пространственно-спектрального распределения наблюдалось на мониторе и телевизионном осциллографе. С помощью блока выделения строки осциллографа (БВС) можно рассмотреть видеосигнал отдельной строки изображения, соответствующий спектральному разложению излучения любой из точек излучающей поверхности лазера. В случае необходимости обработки данных телевизионное изображение пространственно-спектрального разложения излучения полупроводникового лазера вводилось в IBM PC с помощью специального устройства ввода изображения (frame grabber).

Оптическая схема установки представлена на рис. 2. Полупроводниковый лазер помещается в фокусе микрообъектива L_1 (f_1), после объектива практически параллельный пучок света лазера падает на дифракционную решетку $ДР$, установленную на поворотном столике. Линза L_2 (f_2) собирает дифрагированные пучки света и фокусирует их в задней фокальной плоскости. В эту плоскость помещается МФПЗС. Тогда в нулевом порядке дифракции в фокусе линзы L_2 можно наблюдать изображение излучающей поверхности лазера, а в первом порядке дифракции — двумерную картину его пространственно-спектрального разложения. В случае необходимости коррекции фокусировки изображения ближнего поля перед МФПЗС ставится цилиндрическая линза L_3 , не влияющая на фокусировку в направлении спектрального разложения (ось x). Размер изображения излучающей поверхности лазера в направлении y определяется

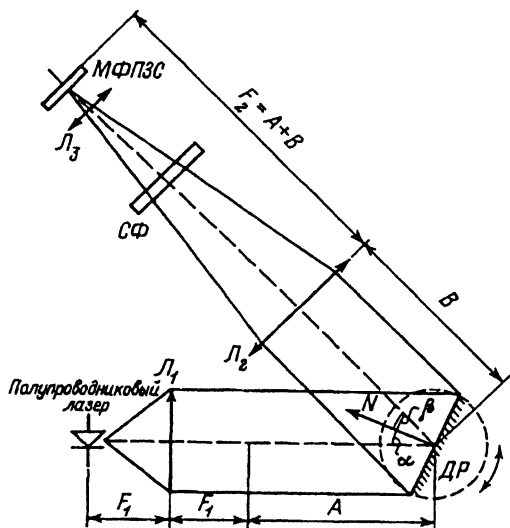


Рис. 2. Оптическая схема экспериментальной установки.

соотношением фокусов f_2/f_1 , а спектральное разрешение — частотой штрихов дифракционной решетки (N) и фокусом линзы L_2 . Фокусные расстояния линз L_1 и L_2 равны соответственно 8.4 и 245 мм, что обеспечивало увеличение изображения излучающей поверхности лазера примерно в 30 раз, достаточное для согласования размеров изображения излучающей поверхности полупроводникового лазера с размерами светочувствительной поверхности МФПЗС.

Угол дифракции β определяется из известного соотношения

$$d(\sin \alpha + \sin \beta) = n\lambda, \quad (1)$$

где α — угол падения пучка на дифракционную решетку, $d = 1/N$ — период решетки, n — порядок дифракции.

В качестве диспергирующего элемента использовалась плоская отражательная голографическая решетка с $N = 1200 \text{ мм}^{-1}$ и дифракционной эффективностью в первом порядке не менее 50%. Из (1) видно, что для длины волны $\lambda = 0.76 \text{ мкм}$ и приведенных параметров решетки можно использовать нормальное падение лучей на дифракционную решетку ($\alpha = 0$), при этом угол первого порядка дифракции ($n = 1$) составит 67° . При исследовании лазеров с большей длиной волны ($\lambda \geq 0.83 \text{ мкм}$) необходимо поворачивать дифракционную решетку и использовать наклонное падение пучков ($\alpha < 0$). Для удобства проведения измерений целесообразно зафиксировать угол дифракции и для всех других λ вводить наклонное падение пучков таким образом, чтобы не нарушать положение элементов оптической схемы и фотоприемника.

Линейная дисперсия плоской решетки с линзой при небольших углах падения ($|\alpha| \leq 10^\circ$) описывается формулой [4]

$$\frac{dl}{d\lambda} = f \frac{n}{d \cos \beta}. \quad (2)$$

При угле дифракции $\beta = 67^\circ$ и линзе с $f_2 = 245$ мкм в соответствии с (2) линейная дисперсия равна

$$dl/d\lambda = 10^6. \quad (3)$$

В работе использовалась телевизионная камера на МФПЗС LZ2324 фирмы Sharp размерностью $512(H) \times 582(V)$ элементов со строчным переносом (interline transfer). Отношение сигнал/шум при номинальной освещенности более 50 дБ, минимальная освещенность 0.1 люкс, антиблужинг 1000 крат. Размер светочувствительной поверхности матрицы $4.9(H) \times 3.7(V)$ мм², что в соответствии с (3) позволяло одновременно наблюдать спектр излучения лазера в диапазоне 50 \AA с линейной дисперсией $0.1 \text{ \AA}/\text{элемент}$ по горизонтали и распределение интенсивности излучения поверхности лазера в пределах 120 мкм.

Область спектральной чувствительности, использованной в установке МФПЗС, 0.3–1.06 мкм. В последнее время появилась информация о создании МФПЗС на основе диодов Шоттки, что позволило бы использовать описанную установку для исследования полупроводниковых лазеров, излучающих в диапазоне длин волн вплоть до $\lambda = 5$ мкм [5].

В качестве примера использования предложенной системы регистрации на рис. 3, 4 приведены экспериментальные картины спектрального разложения распределения интенсивности излучения полупроводникового лазера в ближней зоне. Лазер, использованный в эксперименте, представлял собой фазированную лазерную решетку с длиной волны излучения $\lambda = 0.820$ мкм, состоящую из 7 элементов с шагом 8 мкм, изготовленную на основе AlGaAs/GaAs гетероструктуры в АОЗТ "Полупроводниковые приборы".

Лазер работал в режиме импульсной генерации ($\tau < 1$ мкс, $f = 10$ кГц). На рис. 3 приведено распределение интенсивности излучения фазированной лазерной решетки в ближней зоне, полученное в нулевом порядке дифракции, и его вертикальное сечение. На рис. 4, а, б приведены картины пространственно-спектрального разложения излу-

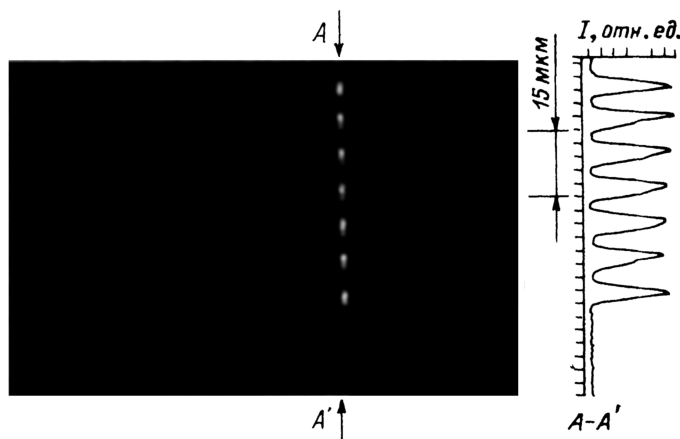


Рис. 3. Распределение интенсивности излучения фазированной лазерной решетки в ближней зоне и его вертикальное сечение.

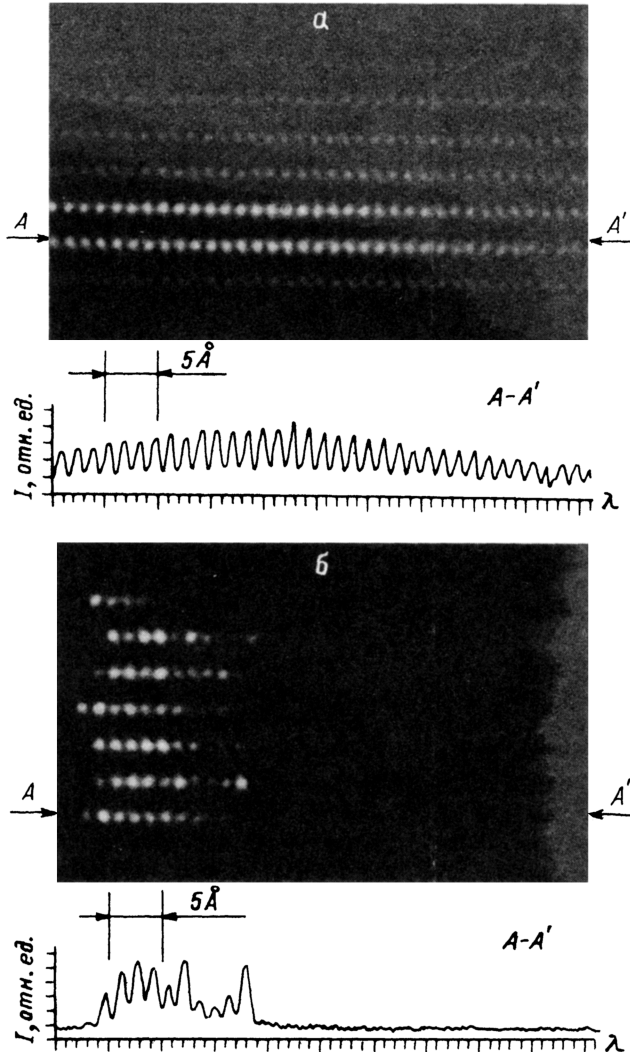


Рис. 4. Пространственно-спектральные разложения излучения лазерной решетки и сечение, соответствующие спектральному разложению излучения одной из точек поверхности лазера полученные в спонтанном режиме ($I = 0.91 I_{\text{пор}}$) (а), и в режиме генерации ($I = 1.41 I_{\text{пор}}$) (б).

чения лазера и свечения, соответствующие спектральному разложению излучения одной из точек поверхности, полученные в спонтанном режиме ($I = 0.9 I_{\text{пор}}$) и в режиме генерации ($I = 1.4 I_{\text{пор}}$).

Представленная в работе установка для одновременной регистрации спектрального разложения и распределения интенсивности излучения полупроводниковых лазеров в ближней зоне на базе МФПЗС является не только средством для проведения физического эксперимента, но может быть также использована для эксперсс-контроля параметров полупроводниковых лазеров при их промышленном производстве.

- [1] Larsson A., Salzman J., Mittelstein M., Yariu A. // J. Appl. Phys. 1986. Vol. 60. N 1. P. 66–68.
- [2] Chang-Hasnain C.J., Eli Kapon, Colas E. // IEEE J. Quant. Electron. 1990. Vol. 26. N 10. P. 1713–1716.
- [3] Гаприлов Г.А., Помизуев Ю.Г., Сотникова Г.Ю., Тер-Мартirosян А.Л. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 17. Вып. 23. С. 1–5.
- [4] Сойер Р. Экспериментальная спектроскопия. М.: ИЛ, 1953. 366 с.
- [5] Проспект НПО “Электрон”. 1994.

05;09

Журнал технической физики, т. 66, в. 4, 1996

ВЛИЯНИЕ ПРАЗЕОДИМА НА ДИНАМИКУ ДОМЕННЫХ СТЕНОК В ПЛЕНКАХ ФЕРРИТ-ГРАНАТОВ С РОМБИЧЕСКОЙ МАГНИТНОЙ АНИЗОТРОПИЕЙ

© В.В.Рандошкин, М.В.Логунов, Ю.Н.Сажин

Совместная хозрасчетная лаборатория “Магнитооптоэлектроника”
Института общей физики РАН при Мордовском государственном
университете им. Н.П.Огарева,
430000 Саранск, Россия
(Поступило в Редакцию 18 апреля 1994 г.
В окончательной редакции 16 декабря 1994 г.)

Висмутсодержащие монокристаллические пленки феррит-гранатов (ВсМПФГ) с ромбической магнитной анизотропией (РМА) являются перспективными материалами для устройств типа магнитооптических управляемых транспарантов (МОУТ) [1–5]. Переключение светоклапанных ячеек в МОУТ может обеспечиваться полностью за счет движения доменных стенок (ДС) [1,6–9]. В альтернативном варианте на начальной стадии переключения происходит зарождение домена с обратной намагниченностью (ДОН) путем вращения намагниченности [10–14]. Высокое быстродействие МОУТ может быть реализовано при использовании в них иттрийсодержащих ВсМПФГ с ориентацией (210) [3,15].

В настоящей работе проведено сравнение динамических свойств таких пленок, содержащих празеодим и без него. ВсМПФГ составов $(Y, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$ и $(Pr, Y, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$ выращивали на подложках $(Gd, Ca)_3(Mg, Zr, Ga)_5O_{12}$ с ориентацией (210) методом жидкофазной эпитаксии из переохлажденного раствора-расплава на основе $PbO-V_2O_5-Vi_2O_3$. О величине РМА судили по максимальному H_{max} и минимальному H_{min} значениям постоянного магнитного поля, приложенного в плоскости пленки, при котором исчезает доменная структура. В работе обсуждаются результаты исследования образцов, параметры которых приведены в таблице, где h — толщина пленки, W — равновесная ширина полосовых доменов, H_0 — поле коллапса цилиндрических магнитных доменов (ЦМД), l — характеристическая длина, $4\pi M_s$ — намагниченность насыщения, α — безразмерный параметр затухания Гильберта. Заметим, что для оценки значений l и $4\pi M_s$ использовали