

- [2] Иванов В.Г., Маломуж Н.П., Салистрада Г.И. - Электронная техника, 1980, сер. 4, в. 6, с. 39-43.
- [3] Иванов В.Г., Маломуж Н.П., Салистрада Г.И., Синицын В.Г. - Электронная техника, 1982, сер. 4, в. 6, с. 22-25; 1984, в. 6, с. 25-30.
- [4] Затовский А.В., Иванов В.Г., Роговская Э.Т., Салистрада Г.И. - Письма в ЖТФ, 1981, т. 7, в. 13, с. 773-776.
- [5] Затовский А.В., Иванов В.Г. - ЖТФ, 1978, т. 48, в. 5, с. 884-888.
- [6] Гримблатов В.М., Иванов В.Г., Салистрада Г.И. - Письма в ЖТФ, 1985, т. 11, в. 21, с. 1320-1322.

Одесский государственный
университет им. И.И. Мечникова

Поступило в Редакцию
13 октября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 23

12 декабря 1988 г.

ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕРИЙНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРОВ

М.Ю. Баженов, А.Б. Васильев,
А.Е. Королев, Е.А. Лебедев,
А.П. Михальченко, Т.В. Савельева,
Н.И. Соколов, А.Л. Чураев

Одним из основных в развитии оптического приборостроения становится направление, связанное с миниатюризацией разрабатываемых приборов. Наиболее широко распространенным приложением голографии, для которого осуществляется выпуск специализированных голографических установок, является голографическая интерферометрия и основанный на ней метод голографического неразрушающего контроля промышленных изделий [1, 2].

Весьма перспективным для повышения надежности, экономичности и одновременно миниатюризации голографических установок, в том числе реализующих методы голографической интерферометрии, является применение в качестве источников когерентного света при записи голограмм серийных полупроводниковых лазеров ближнего ИК-диапазона, работающих при комнатной температуре [3].

Цель настоящей работы состояла в экспериментальном исследовании возможности применения таких лазеров и реализации на практике одного из наиболее удобных для неразрушающего контроля метода голографической интерферометрии - метода „реального времени“ [1, 2].

Исследуемые полупроводниковые лазеры в условиях эксперимента генерировали одночастотное излучение на длинах волн 785 и 870 нм мощностью 6 и 2 мВт соответственно. Одночастотный режим обеспечивался подбором тока инжекции и температуры корпуса лазера. Ширина линии генерации измерялась с помощью интерферометра Фабри-Перо с базой 50 см и была не более 10^{-4} нм, что соответствует длине когерентности 3 м.

Запись голограмм осуществлялась в попутных пучках по схеме Лейта.

В экспериментах по исследованию пространственной когерентности полупроводниковых лазеров в качестве регистрирующей среды использовались фотопластинки ИАЭ, сенсibilизированные и ИК-области спектра [4]. Пространственная когерентность оценивалась по изменению восстановленного изображения диффузно рассеивающего объекта (матовой пластины) при сканировании голограммы площадью $\approx 1 \text{ см}^2$ нерасширенным лучем He-Ne лазера [5]. Проведенные измерения показали, что пространственная когерентность обоих лазеров оказалась достаточно высокой и обеспечила регистрацию голограмм с высокой дифракционной эффективностью (ДЭ).

Эксперименты по голографической интерферометрии по методу реального времени были выполнены с использованием однослойных фототермопластических носителей (ФТПН) на жесткой основе, существенно облегчающих практическую реализацию этого метода. Для визуализации восстановленного изображения и наблюдения интерференционных полос в реальном времени применялась малогабаритная телевизионная установка МТУ-1, обеспечившая качественное изображение в указанном диапазоне длин волн.

Использование ФТПН для получения голографических интерферограмм в реальном времени было обусловлено двумя обстоятельствами: во-первых, возможностью „сухого“ проявления голограмм на месте их регистрации, во-вторых, оперативностью получения голограмм (длительность процесса записи и проявления голограммы составляла около 1 с). Для получения голограмм на ФТПН был использован способ записи с управляемой подзарядкой на стадии экспонирования, что позволяет получать высокую ДЭ не только при соотношении интерферирующих пучков близком к 1:1, но и при малом контрасте регистрируемой на голограмме интерференционной картины [6].

Результаты экспериментов, выполненных в таком режиме записи, показали, что ФТПН, очувствленные к ИК-области спектра [7], обеспечивают запись голограмм диффузно рассеивающих объектов на обеих длинах волн с ДЭ 10% при экспозиции $\approx 10^{-4} \text{ Дж/см}^2$ (отношение интенсивностей интерферирующих пучков 1:1, пространственная частота $\approx 400 \text{ мм}^{-1}$). При отношении интенсивностей интерферирующих пучков 1:200, характерном для записи голограмм диффузно рассеивающих объектов [8], ДЭ при тех же экспозициях составляла 0.5–1%, этого было достаточно для наблюдения голографических интерферограмм в реальном времени. При этом объект представлял собой нагруженный стеклянный матовый рассеиватель

поперечным размером $5 \times 5 \text{ см}^2$, не вносивший деполаризации в проходящий через него объектный пучок.

В целом проведенные исследования показывают, что использование серийных промышленных полупроводниковых лазеров, обладающих мощностью порядка нескольких милливатт и длиной когерентности несколько метров, а также наличие регистрирующих сред, обеспечивающих запись голограмм при экспозиции опорного пучка $\leq 10^{-4} \text{ Дж/см}^2$, дает возможность для создания в настоящее время голографических установок для неразрушающего контроля промышленных изделий и голографической интерферометрии диффузно рассеивающих объектов размерами до 0.1 м^2 при длительности экспозиции порядка 10 с. Бурное развитие технологии изготовления полупроводниковых лазеров, уже приведшее к созданию одночастотных неохлаждаемых излучателей мощностью до 100 мВт [9], сравнимой с мощностью лучших образцов He-Ne лазеров, а также существующая тенденция к уменьшению длины волны генерации в красную область видимой части спектра [10] и увеличение их долговечности $\geq 10^5$ час [11] позволяют надеяться на создание на их базе в недалеком будущем нового поколения голографических установок для неразрушающего контроля, которые будут существенно превосходить по своим эксплуатационным параметрам существующие установки с непрерывными газовыми лазерами.

В заключение авторы благодарят Д.И. Стаселько за поддержку работы и плодотворные обсуждения ее результатов.

Л и т е р а т у р а

- [1] Г и н з б у р г В.М., С т е п а н о в Б.М. Голографические измерения. М.: Радио и связь, 1981. 296 с.
- [2] К у д р и н А.Б., П о л у х и н П.И., Ч и ч н е в Н.А. Голография и деформация металлов. М.: Металлургия, 1982. 152 с.
- [3] Ж м у д ь А.А., Д у б А., М а т ы к о Ю., М о р о з о в а Г.И. Миниатюрные лазерные излучатели ИЛПН. - Радио, 1987, № 10, с. 63.
- [4] Р я б о в а Р.В. В кн.: Материалы УП Всесоюзной школы по голографии, Л., ЛИЯФ, 1975, с. 324-329.
- [5] С т а с е л ь к о Д.И. В кн.: Оптическая голография. Л.: Наука, 1976, с. 4-70.
- [6] Н а х о д к и н Н.Г., Б а ж е н о в М.Ю., К у в ш и н с к и й Н.Г. - Успехи научной фотографии, 1985, т. 23, с. 182-187.
- [7] Б а ж е н о в М.Ю., К у в ш и н с к и й Н.Г., С о к о л о в Н.И. и др. В кн.: Тезисы докладов Всесоюзной конференции „Регистрирующие среды, методы и аппаратура для голографии“, секция П-Ш, Кишинев, КГУ, 1980, с. 96-97.
- [8] Ч у р а е в А.Л., С т а с е л ь к о Д.И., Б е н к е н А.А. - ЖТФ, 1984, т. 54, № 2, с. 306-313.

- [9] Shin-ichi N., Yuuichi O., Takashi K. - Jap. J. of Appl. Phys., 1986, pt. 2, v. 25, N 6, p. 498.
- [10] Kobayashi K., Kawata S., Somyo A. et al. - Electron. Lett., 1985, v. 21, N 24, p. 1162-1163.
- [11] Елисеев П.Г. - Квантовая электроника, 1986, т. 13, № 9, с. 1749-1769.

Поступило в Редакцию
26 июля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 23

12 декабря 1988 г.

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ВОЛН ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗАРЯДА В ДИОДЕ ШОТТКИ

В.В. Попов

В работах [1-3] предсказывается глобальная акустоэлектрическая неустойчивость в диоде Шоттки, содержащем пьезоэлектрик. Неустойчивость обусловлена модуляцией акустоэлектрической волной одновременно концентрации носителей у барьера Шоттки и падения напряжения на нем, в результате чего сдвиг фаз между током через барьер и падением напряжения оказывается больше $\pi/2$. Можно ожидать, что и волны другой природы, связанные с колебаниями концентрации носителей и потенциала, приведут к такому же эффекту. В данной работе рассматриваются волны пространственного заряда (ВПЗ). Существенным отличием и достоинством ВПЗ в сравнении с акустоэлектрическими волнами является их сильная связь с электрическими колебаниями, что должно приводить к большим инкрементам нарастания колебаний во времени при возникновении неустойчивости.

Рассмотрим одномерную задачу о слое полупроводника, содержащем на противоположных сторонах контакты омического и на барьере Шоттки. Толщина слоя равна α . На диод подано прямое смещающее напряжение $V_0 > 0$ от источника постоянной ЭДС, внутренним сопротивлением которого пренебрежем. Малосигнальная модель прохождения тока через барьер та же, что и в работах [1-3]. Электрическое поле и перенос электронов в полупроводнике описываются уравнениями Пуассона и непрерывности. Обозначим через E_0 значение постоянного (с учетом встроенного) электрического поля, существующего при прохождении постоянного тока, а через n_0 - соответствующую концентрацию носителей. Для упрощения будем считать что E_0 и n_0 не зависят от пространственной координаты. Пренебрегая диффузией, найдем дисперсионное уравнение для ВПЗ вне