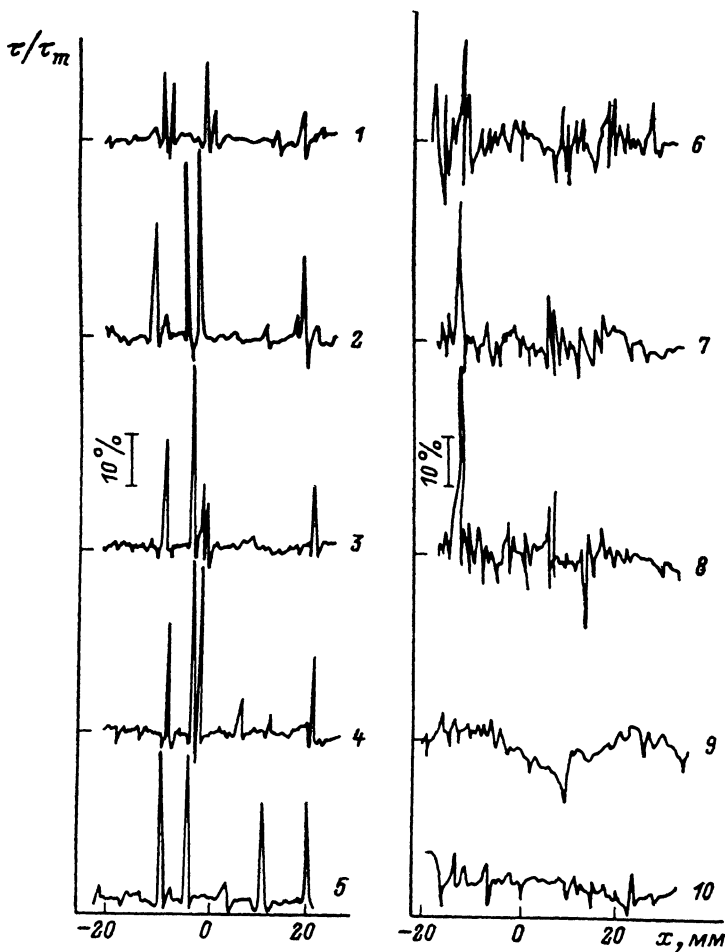


## РЕКОМБИНАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ

В. Ф. Коротов, Н. Станев, В. И. Хитько, А. М. Янченко

Эпитаксиальные структуры арсенида галлия находят широкое применение для формирования интегральных схем и дискретных полупроводниковых приборов микроволнового диапазона длин волн. В то же время процессы безызлучательной рекомбинации в них изучены недостаточно.



Профилеграммы распределения  $\tau$ .

1—5 —  $n^+ - n - i$ ; 6—8, 9, 10 —  $n - i$ -структуры; 2, 7, 10 — вдоль диаметра подложек; 2, 7, 9 и 4, 8 — при смещении дорожек сканирования на  $\pm 1$  мм соответственно; 1 и 5 — на  $\pm 2$  мм ( $\tau_m$  — среднее значение времени жизни вдоль дорожки сканирования;  $\tau_m$  — 3—5 нс при  $\omega = 200$  кГц).

Исследовались рекомбинационные свойства  $n^+ - n - i$  и  $n - i$ -структур, где  $n$  и  $n^+ - i$  — субмикронные слои с концентрацией носителей заряда от  $1 \cdot 10^{15}$  до  $1 \cdot 10^{18}$   $\text{см}^{-3}$ , выращенные хлоридным и МОС-гидридным способами на полуизолирующих  $i$  подложках. Бесконтактные измерения величины и распределения эффективного времени жизни неравновесных носителей заряда  $\tau$  в плоскости слоев проводились фазовым методом с использованием микроволновой техники [1]. Относительное временное разрешение аппаратуры в диапазоне  $10^{-2} - 10^{-8}$  с составляло  $\sim 1\%$ . Возбуждение неравновесной фотопроводимости осуществлялось синусоидально модулированным с циклической частотой  $\omega$  светом гелий-неонового лазера ( $\lambda = 0.63$  мкм), который фокусировался в пятно диаметром  $\sim 0.2$  мм.

Кинетика фотопроводимости для исследованных структур, полученная из анализа зависимостей  $\text{tg } \Delta \varphi(\omega)$ , где  $\Delta \varphi$  — фазовый сдвиг между световым потоком и сигналом неравновесной проводимости, была существенно неэкспоненциальной и характерной для барьерных структур. В этом случае [2]

$$\tau \sim \tau_0 \exp\left(\frac{\varepsilon}{kT}\right), \quad (1)$$

где  $\tau_0$  — время жизни в однородном материале,  $\varepsilon$  — величина рекомбинационного барьера.

Профилограммы распределения  $\tau = (\text{tg } \Delta \varphi) / \omega$  в плоскости отдельных структур характеризовались наличием экстремумов  $\tau$  на точечных с диаметром менее 0.5 мм или слегка протяженных до нескольких миллиметров узких участках (см. рисунок). С помощью электронно-оптических исследований и количественного микроанализа установлено, что участки структур с аномальным поведением  $\tau$  представляют собой области с отличающейся от среднего фона концентрацией легирующей примеси в эпитаксиальном слое. Так как для слоистой структуры с концентрациями мелкой легирующей примеси в слоях  $N_1$  и  $N_2$  величина потенциального барьера на границе

$$\varepsilon \sim \ln \frac{N_1}{N_2}, \quad (2)$$

то наличие вкраплений с отличающейся концентрацией приводит к модуляции барьера на границе  $n^+ - n$ - или  $n - i$ -слоев и тем самым к изменению, согласно (1), величины измеряемого времени жизни. Данные микроанализа и оценки с использованием (1) и (2) показали, что концентрация носителей заряда в аномальных областях может на несколько порядков отличаться от средней в слое. Моделирование неоднородной системы путем изготовления периодических  $n^+ - n$ -структур в плоскости пластины и измерение их характеристик подтвердили сделанные выводы. Неоднородность свойств эпитаксиальных слоев, с одной стороны, может быть следствием наличия и наследственного проявления при выращивании пленок структурных дефектов в материале подложек, с другой — отклонениями в технологическом процессе изготовления структур.

Полученные результаты, таким образом, свидетельствуют о ряде проблем эпитаксиального наращивания арсенида галлия и дают основание сделать вывод, что использование метода локального бесконтактного измерения времени жизни для неразрушающего контроля качества эпитаксиальных структур имеет определенные преимущества по сравнению с традиционными.

#### Список литературы

- [1] Бураков А. В., Якубеня С. Н., Янченко А. М. // ПТЭ. 1986. № 4. С. 226.  
 [2] Шейкман М. К., Шик А. Я. // ФТП. 1976. Т. 10. Вып. 1. С. 209—233.

Белорусский государственный университет им. В. И. Ленина  
 Минск

Поступило в Редакцию  
 23 марта 1989 г.

05; 07; 12

Журнал технической физики, т. 60, в. 6, 1990

© 1990 г.

### ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ГОЛОГРАФИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УПРУГИХ СВОЙСТВ ТВЕРДОГО ТЕЛА

А. А. Камшилин, А. Олива, Э. Морено

Метод двухэкспозиционной голографической интерферометрии, как известно [1], позволяет измерять с высокой точностью малые смещения реальных диффузно рассеивающих свет объектов, возникающие под действием внешних сил. Измеряемый образец можно изготовить в виде плоскопараллельной пластины. Если один конец пластины закрепить, а к другому приложить силу определенной величины, то после измерения смещения по известным формулам [2] легко рассчитать величину модуля Юнга данного образца — один из основных па-