

# Воздействие оптического излучения на внутреннее трение в пьезополупроводниках с глубокими центрами

© В.И. Митрохин<sup>†</sup>, С.И. Рембеза, В.В. Свиридов\*, Н.П. Ярославцев

Воронежский государственный технический университет,  
394026 Воронеж, Россия

\*Воронежский государственный педагогический университет,  
394043 Воронеж, Россия

(Получена 30 марта 2001 г. Принята к печати 3 апреля 2001 г.)

Исследовано воздействие оптического излучения на внутреннее трение, связанное с электронно-механической релаксацией на глубоких уровнях в пьезополупроводниках. Установлено, что поведение внутреннего трения сильно зависит от интенсивности, длины волны излучения и температуры образца. На спектральной зависимости внутреннего трения имеется аномальный пик в области фундаментального поглощения, который ассоциируется с вытеснением области оптического поглощения к облучаемой поверхности. Обнаружен эффект медленной релаксации внутреннего трения после выключения света. Предложена модель, связывающая медленную релаксацию с термическим опустошением центров прилипания.

## 1. Введение

В работах [1,2] впервые было описано явление электронно-механической релаксации, связанной с глубокими уровнями (ЭМРГУ), заключающееся в возникновении релаксационных максимумов затухания изгибных колебаний образцов высокоомных пьезополупроводников (GaAs, GaP, InP и CdS). При этом параметры максимумов на температурной зависимости внутреннего трения (ВТ) зависят от параметров глубоких центров (ГЦ), определяющих электрические свойства образца. Механическая энергия колебаний расходуется на джоулево тепловыделение при протекании токов релаксации заряда в пьезоэлектрическом поле, индуцированном деформацией образца.

Модель релаксации заряда при ЭМРГУ [1,2] учитывает вклад от взаимопереплетающихся процессов: термической ионизации и обратного захвата носителей заряда на ГЦ, максвелловской релаксации свободных носителей и их дрейфа сквозь образец в пьезоэлектрическом поле. Время релаксации при этом выражается сложной комбинацией характерных времен перечисленных процессов.

Дальнейшие эксперименты выявили высокую чувствительность измеряемого акустического затухания (ВТ) к оптическому облучению, вызывающему внутренний фотоэффект в исследуемом полупроводнике. В зависимости от длины волны и интенсивности излучения генерируемые светом неравновесные носители заряда, экранируя пьезоэлектрическое поле, могут существенным образом изменить соотношение между количественными параметрами упомянутых составляющих времени релаксации носителей заряда, участвующих в ЭМРГУ. Фотоэлектрические явления в полупроводниках включают такие особенности, как неравномерное по глубине образца оптическое поглощение, создающее неоднородную концентрацию неравновесных носителей, изменение степени заполнения ГЦ при облучении, сложная кинетика

фотопроводимости и др. Поэтому оптическое излучение способно оказать значительное влияние на процессы релаксации пространственного заряда пьезоэлектрической поляризации в объеме образца и, следовательно, на величину и параметры максимумов акустического затухания.

Настоящая работа посвящена изучению влияния оптического излучения на процессы зарядовой релаксации, связанные с ЭМРГУ, в условиях, когда равновесный процесс термической активации носителей заряда с ГЦ сопровождается оптической генерацией неравновесных носителей и наличием знакопеременного пьезоэлектрического поля в объеме полупроводника. Эти исследования позволили получить новую информацию о фотоэлектрических свойствах пьезополупроводников акустическим методом, без использования электрических контактов к исследуемым образцам.

## 2. Экспериментальные методы и образцы

В нашей работе измерение ВТ проводилось по затуханию свободных изгибных колебаний прямоугольной пластины [3,4] на частотах от 5 до 20 кГц в интервале температур  $T$  от  $-120$  до  $+180^\circ\text{C}$  путем подсчета числа колебаний между двумя фиксированными порогами амплитуды. Исследуемые образцы устанавливались горизонтально на две кварцевые опоры в точках узлов изгибных колебаний [4]. Устройство крепления образца с электродами электростатического возбуждения и регистрации размещалось в вакуумной камере из нержавеющей стали, содержащей резервуар для заливки жидкого азота и печь для нагрева.

Исследуемые образцы изготавливались из монокристаллических пластин полуизолирующих GaAs, GaP и InP, легированных металлами переходной группы в расплаве при выращивании по методу Чохральского. Образцы имели размеры  $20 \times 6.0 \times 0.4 \text{ мм}^3$ , ориентацию в

<sup>†</sup> E-mail: imakarova@ymail.ru

плоскости (100) и длинную ось вдоль пьезоактивного направления (110). При такой кристаллографической ориентации образца индуцированное деформацией изгиба пьезоэлектрическое поле пронизывает максимальный его объем и вызывает наибольшую интенсивность зарядовой релаксации, а значит, и высоту максимумов ВТ.

Оптическое облучение образца осуществлялось через окно из кварцевого стекла в корпусе вакуумной камеры. Источником оптического излучения служил спектрометр ИКС-21, свет из выходной щели которого через фокусирующую линзу направлялся на исследуемый образец, помещенный в вакуумной камере. Объединение установки ВТ со спектроскопическими устройствами позволило измерять спектральные зависимости относительного изменения ВТ при оптическом облучении образца при фиксированных температурах, а также исследовать кинетику восстановления ВТ после импульсного оптического воздействия.

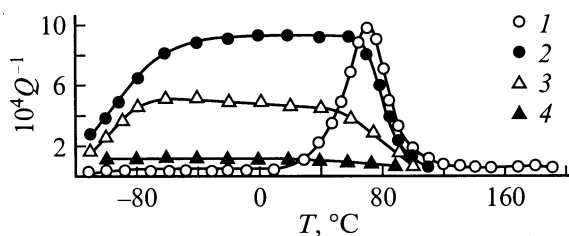
Наряду с описанными выше экспериментами, на тех же образцах полупроводников проводились сравнительные измерения спектральных кривых и кинетики фотопроводимости на постоянном токе с использованием спектрально-вычислительного комплекса СДЛ-2.

### 3. Результаты

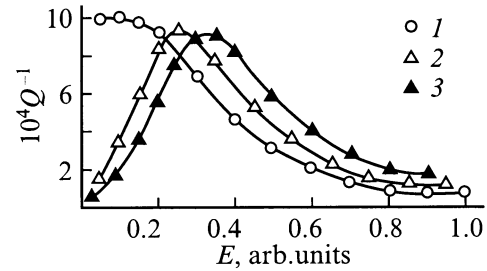
#### 3.1. Температурная зависимость внутреннего трения при оптическом облучении

На рис. 1 кривой 1 показана температурная зависимость внутреннего трения  $Q^{-1} = f(T)$  для GaAs, легированного Cr, с удельным сопротивлением  $\rho = 6 \cdot 10^5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  при частоте изгибных колебаний 8,2 кГц. На этой кривой, измеренной при затемнении образца, располагается исходный дебаевский пик ВТ при температуре  $T = +70^\circ\text{C}$ , обусловленный ЭМРГУ [1], который характеризуется энергией активации релаксационного процесса  $(0.76 \pm 0.02) \text{ эВ}$  и частотным фактором  $1.6 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$ .

При воздействии на образец собственного излучения средней интенсивности  $E = 0.3E_{\text{max}}$  ( $E_{\text{max}}$  — максимальная используемая интенсивность) с энергией фотонов  $h\nu = 1.4 \text{ эВ}$  изначально симметричный исходный пик ВТ значительно уширяется в сторону низких температур



**Рис. 1.** Температурная зависимость внутреннего трения в GaAs(Cr): 1 — без облучения; (2–4) — при оптическом облучении ( $h\nu = 1.4 \text{ эВ}$ ) с интенсивностью  $0.3E_{\text{max}}$ ,  $0.5E_{\text{max}}$  и  $E_{\text{max}}$  соответственно.

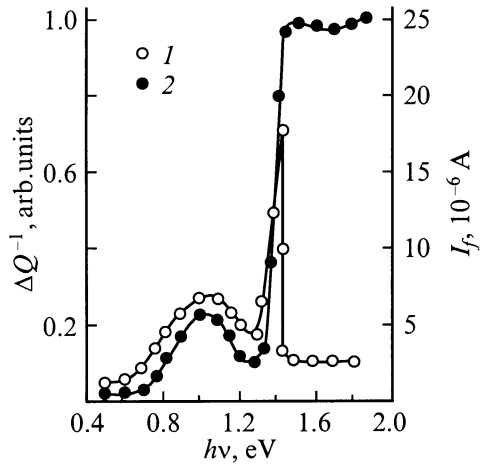


**Рис. 2.** Зависимость внутреннего трения в GaAs(Cr) от интенсивности облучения  $E$  при температурах  $T$ ,  $^\circ\text{C}$ : 1 —  $(+70)$ , 2 —  $(+20)$ , 3 —  $(-50)$ .

(кривая 2). Увеличение интенсивности облучения до  $E = 0.5E_{\text{max}}$  приводит к уменьшению пика по высоте (кривая 3), а при  $E = E_{\text{max}}$  ( $\sim 100 \text{ Вт/м}^2$ ) происходит полное подавление исходного пика до уровня фона ВТ (кривая 4). Аналогичное поведение исходного пика ВТ наблюдалось при облучении образца примесным излучением с энергией фотонов в интервале от 0.7 до 1.3 эВ. Уширение пика ВТ, связанного с ЭМРГУ, в сторону отрицательных температур и подавление его при дальнейшем росте интенсивности освещения, вызывающего внутренний фотоэффект, происходит во всех исследованных нами образцах полуизолирующих GaAs, GaP и InP, легированных переходными металлами Fe, Cr, Co, Cu, Mn и Ni.

Измерение зависимости ВТ от интенсивности излучения из области собственного поглощения для GaAs(Cr) при комнатной температуре показало (рис. 2, кривая 2), что сначала наблюдается возрастание ВТ в результате уширения пика, а затем начинается его уменьшение, связанное с оптическим подавлением уширенного пика. Такое поведение ВТ имеет место при всех температурах ниже температуры пика, т.е. во всей области уширения пика (рис. 1). В то же время при подавлении ВТ при температуре пика ( $+70^\circ\text{C}$ ) максимум отсутствует (кривая 1). Уменьшение интенсивности облучения приводит к обратному ходу кривых, показанных на рис. 2.

Таким образом, оптическое облучение приводит не только к подавлению исходного пика ВТ, но и к изменению его основных параметров, таких как ширина, температура. В то же время уменьшение высоты пика при снижении удельного сопротивления  $\rho$  образца [1,2] происходит без смещения по температуре и изменения основных параметров пика. Мы полагаем, что различие связано с тем, каким образом происходит экранирование пьезоэлектрического поля в объеме образца: за счет равновесной и равномерно распределенной по объему концентрации свободных носителей заряда, как при изменении  $\rho$ , или неравновесных, имеющих градиент концентрации по толщине образца носителей, как при освещении. С такой интерпретацией в целом согласуются описываемые далее особенности наших экспериментальных результатов.



**Рис. 3.** Спектральная зависимость относительного уменьшения внутреннего трения  $\Delta Q^{-1} = (1 - Q^{-1}/Q_{\max}^{-1})$  (1) и спектральная зависимость фототока  $I_f$  (2) в GaAs(Cr).

### 3.2. Спектральная зависимость подавления внутреннего трения

Как отмечено выше, степень подавления пика ВТ при оптическом облучении зависит от длины волны излучения. В связи с этим нами была исследована спектральная характеристика относительного уменьшения пика внутреннего трения  $\Delta Q^{-1} = (1 - Q^{-1}/Q_{\max}^{-1})$  для GaAs, легированного Cr. Результаты показаны на рис. 3 (кривая 1), из которого видно, что заметное подавление ВТ начинается с энергии квантов, близких к энергии ионизации соответствующего глубокого центра (0.76 эВ). В области энергии фотонов  $h\nu = 0.9-1.0$  эВ кривая имеет максимум резонансного вида, а вблизи энергии 1.4 эВ, соответствующей ширине запрещенной зоны арсенида галлия, наблюдается остроконечный пик с полушириной менее 0.1 эВ.

Так как степень подавления ВТ напрямую связана с концентрацией образующихся при оптическом возбуждении неравновесных носителей заряда, уместно сравнить полученную кривую со спектром фотопроводимости того же образца. Такие измерения были проведены для GaAs(Cr), результаты представлены на рис. 3. Видно сильное сходство спектральных кривых относительного уменьшения внутреннего трения  $\Delta Q^{-1}$  (кривая 1) и фототока  $I_f$  (кривая 2) на рис. 3 в примесной области и значительное различие в области собственного поглощения, что может быть интерпретировано следующим образом.

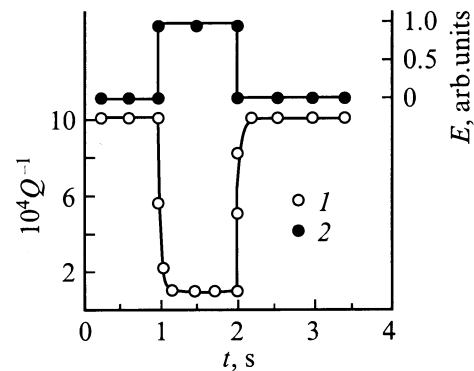
Основной вклад в фотопроводимость дают области образца с более высокой концентрацией неравновесных носителей. Поэтому резкое возрастание оптического поглощения в собственной области и, как следствие, вытеснение области поглощения к поверхности образца не оказывает существенного влияния на величину фототока. Область собственного поглощения на рис. 3 (кривая 2) имеет обычный вид ступеньки с порогом

вблизи  $h\nu = 1.4$  эВ. Наличие узкого остроконечного пика в этой спектральной области в случае измерения ВТ (рис. 3, кривая 1) можно объяснить следующим образом. Внутреннее трение — это проявление эффекта неупругости, и его абсолютная величина зависит от объемной доли участка образца, в котором происходят акустические потери. Усиление подавления ВТ в начальной области собственного поглощения сменяется его резким спадом при интенсивной фотоионизации за счет вытеснения области поглощения в сторону облучаемой поверхности образца. (Коэффициент оптического поглощения  $\alpha$  для собственного поглощения в GaAs составляет величину  $\sim 10^4 \text{ см}^{-1}$  [5]). Эти два встречных процесса формируют узкий остроконечный пик при энергии фотонов, близкой к ширине запрещенной зоны полупроводника. Остаточное подавление ВТ при энергии  $h\nu > 1.42$  эВ, по-видимому, обусловлено процессами диффузии свободных носителей заряда в глубь образца.

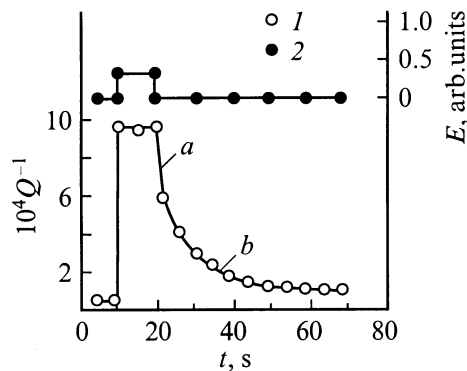
В примесной области коэффициент поглощения  $\alpha$  на 3 порядка меньше, чем в собственной [5], поэтому градиент концентрации неравновесных носителей по толщине образца невелик. По этой причине форма кривых в примесной области для ВТ и фотопроводимости различаются незначительно.

### 3.3. Кинетика внутреннего трения при оптическом облучении

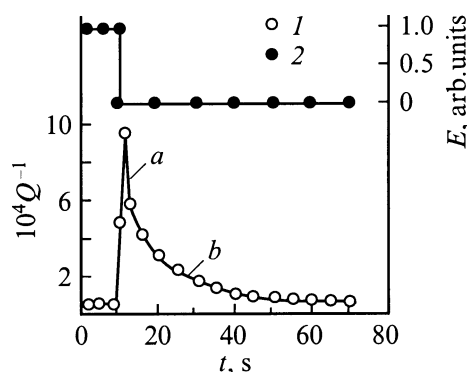
Использование прямоугольной модуляции интенсивности света позволило исследовать кинетику нарастания и спада ВТ, изучить динамику восстановления равновесия релаксационных процессов, связанных с ЭМРГУ. На рис. 4 показана кривая зависимости величины ВТ в пике ( $+70^\circ\text{C}$ ) от времени  $t$  для GaAs(Cr) при скачкообразном включении и выключении собственного излучения. Световой импульс приводил к "резкому" подавлению ВТ. При этом спад и восстановление ВТ происходили за время  $\sim 0.2$  с, что близко к времени механической релаксации изгибных колебаний образца или времени затухания свободных колебаний. Это время можно считать нижним



**Рис. 4.** Зависимость внутреннего трения в GaAs(Cr) от времени при температуре образца  $+70^\circ\text{C}$  и импульсном облучении ( $h\nu = 1.4$  эВ) (1). 2 — форма импульса излучения  $E(t)$ .



**Рис. 5.** Зависимость внутреннего трения в GaAs(Cr) от времени при температуре образца  $+20^\circ\text{C}$  и импульсном облучении средней интенсивности ( $h\nu = 1.4\text{ эВ}$ ) (1). 2 — форма импульса излучения  $E(t)$ .



**Рис. 6.** Зависимость внутреннего трения в GaAs(Cr) от времени при температуре образца  $+20^\circ\text{C}$  и импульсном облучении большой интенсивности ( $h\nu = 1.4\text{ эВ}$ ) (1). 2 — форма импульса излучения  $E(t)$ .

порогом быстродействия используемой методики. Похожая динамика ВТ наблюдалась на высокотемпературной ветви пика.

Качественно иная кинетика ВТ имела место при температурах ниже температуры пика. Если воздействовать на образец собственным излучением средней интенсивности ( $0.3E_{\text{max}}$ ), приводящей к подъему низкотемпературной ветви пика ВТ (рис. 1, кривая 2), а затем выключить излучение, то ВТ возвратится к исходному значению за время  $\sim 1$  мин. Кривая релаксации ВТ, соответствующая этому случаю, показана на рис. 5. Она состоит из двух участков: участка *a* быстрой релаксации и участка *b* медленной релаксации. Построение этой зависимости в полулогарифмических координатах позволило по наклону прямолинейных участков определить время релаксации на обоих участках:  $\tau_1 = (1.3 \pm 0.3)$  с (время быстрой релаксации) и  $\tau_2 = (18 \pm 2)$  с (время медленной релаксации).

При облучении образца GaAs(Cr) светом большой интенсивности ( $E = E_{\text{max}}$ ), приводящей к полному подавлению ВТ (рис. 1, кривая 4), кинетика ВТ оказалась

более сложной, что отображено на рис. 6. Наличие всплеска на участке *a* (кривая 1) после выключения облучения можно объяснить тем, что ВТ при снижении концентрации фотоионизированных носителей заряда происходит через максимум (обратный ход кривой 2 на рис. 2). Этот всплеск ВТ приходится на время быстрой релаксации  $\tau_1$  (рис. 6, участок *a*), после которого наблюдается медленная релаксация с характерным временем  $\tau_2 = (18 \pm 2)$  с (рис. 6, участок *b*).

Измерение кинетики собственной фотопроводимости в тех же образцах GaAs(Cr), в которых исследовалась кинетика ВТ при оптическом облучении, показало существенное различие времени релаксации фотопроводимости —  $(0.74 \pm 0.10)$  мс и времени релаксации ВТ — 18 с. Различие составляет примерно 4 порядка.

Изучение влияния различных факторов на время медленной релаксации показало, что  $\tau_2$  монотонно уменьшается со снижением удельного сопротивления (на  $\sim 5$  с при изменении  $\rho$  на порядок). Наличие постоянной собственной подсветки в несколько раз уменьшало  $\tau_2$ . С другой стороны,  $\tau_2$  возрастало с 8 до 18 с при увеличении температуры от  $-80$  до  $+20^\circ\text{C}$ . По этой температурной зависимости в координатах  $\lg \tau_2 = f(1000/T)$  была определена энергия активации уровня, связанного с процессом медленной релаксации, которая составила  $(0.045 \pm 0.005)$  эВ.

## 4. Обсуждение

При отсутствии оптического облучения и сопутствующих ему неравновесных носителей заряда контролирующей стадией релаксационного процесса ЭМРГУ в высокоомных полупроводниках по модели [1,2] является термоэмиссия носителей с ГЦ. Этому случаю соответствует исходная кривая температурной зависимости ВТ затемненного образца (рис. 1, кривая 1). Увеличение равновесной концентрации носителей заряда в объеме образца приводит к уменьшению по высоте пика ВТ без изменения его формы и без заметного сдвига по температуре [1,2]. Результаты, полученные в данной работе, свидетельствуют о том, что при оптическом облучении исследуемого образца наличие неравновесной проводимости приводит к значительному уширению пика ВТ в низкотемпературную область (рис. 1, кривые 2, 3) и возникновению при этих температурах (после снятия оптического возбуждения) медленной релаксации ВТ со временем порядка десятков секунд. При этом на самом пике ВТ и выше по температуре такого эффекта не наблюдается.

При температурах ниже пика ВТ, когда концентрация термически активированных носителей с ГЦ сравнительно мала, оптическая генерация оказывается основным источником свободных носителей. Протекание токов релаксации неравновесных носителей заряда в знакопеременном пьезоэлектрическом поле, индуцированном деформацией образца, приводит к возрастанию ВТ при

определенных значениях проводимости  $\sigma$ , которые определяются условием максимума максвелловской релаксации в коллективе свободных носителей:

$$\omega\tau_M = 1, \quad (1)$$

где  $\tau_M = \varepsilon\varepsilon_0/\sigma$  — максвелловское время релаксации проводимости ( $\varepsilon\varepsilon_0$  — диэлектрическая проницаемость материала). Так как термоактивационная составляющая в величине  $\sigma$  в этом случае невелика, то ВТ в рассматриваемом интервале температур не имеет ярко выраженного максимума, как в случае затемненного образца, когда  $\sigma$  определяется главным образом множителем  $\exp(E_F/T)$  ( $E_F$  — энергия Ферми). Температурная зависимость ВТ приобретает вид некоего "плато", в пределах которого релаксационные потери определяются в основном интенсивностью облучения при выполнении условия (1).

В то же время при среднем уровне освещенности на самом пике ВТ при  $T = +70^\circ\text{C}$  и выше по температуре термоэмиссия с ГЦ вносит существенный вклад в процесс ЭМРГУ, и форма пика в этой области почти не изменяется. В условиях интенсивного освещения концентрация неравновесных носителей возрастает настолько, что происходит подавление ВТ (рис. 1, кривая 4), обусловленное доминированием максвелловской релаксации.

Особый интерес, по нашему мнению, представляет эффект медленной релаксации ВТ после выключения подсветки образца (рис. 5, 6), который наблюдается одновременно с уширением пика ВТ в низкотемпературную область и наличием сравнительно высокой концентрации оптически ионизированных свободных носителей заряда. Ряд экспериментальных результатов, приведенных выше, указывает на существенную роль в этой релаксации процессов прилипания неравновесных носителей. В компенсированных полупроводниках мелкие примесные уровни в основном свободны в результате захвата электронов на глубокие ловушки. Собственное оптическое возбуждение приводит к заполнению мелких уровней электронами из зоны проводимости. В исследуемом температурном интервале вероятность обратного теплового заброса с этих уровней в зону проводимости весьма высока. В этих условиях мелкие примесные уровни выполняют роль центров прилипания, находящихся в условиях термодинамического обмена носителями с зоной проводимости [6]. Отключение оптического возбуждения приводит к нарушению равновесия этого обмена. Уровни прилипания начинают постепенно опустошаться через зону проводимости и в отсутствие освещения еще некоторое время ( $\sim \tau_2$ ) создавать спадающую со временем концентрацию свободных носителей в зоне проводимости и вызывать медленную релаксацию ВТ (рис. 5, 6). Этот процесс по сути можно сравнить с эффектом термостимулированной проводимости, когда после собственной засветки высокоомного полупроводника происходит индуцирование спадающего во времени термостимулированного тока [6].

Подтверждением участия в релаксации ВТ центров прилипания может служить форма кривой релаксации

(рис. 5), содержащей начальный участок *a* быстрой релаксации и участок *b* медленной релаксации, а также значение энергии активации уровня прилипания (0.045 эВ) и возрастание  $\tau_2$  с температурой. Кроме того, наблюдающееся в наших экспериментах уменьшение времени медленной релаксации  $\tau_2$  при постоянной подсветке характерно для релаксации фотопроводимости при наличии прилипания [6]. В этом случае участок медленной релаксации приближается по наклону к начальному участку быстрой релаксации. Данный эффект обусловлен уменьшением роли прилипания при возрастании равновесной концентрации носителей  $n_0$ . Этой же причиной можно объяснить наблюдавшееся в наших экспериментах уменьшение  $\tau_2$  при уменьшении  $\rho$  образца, приводящего к возрастанию  $n_0$ .

Исследование кинетики собственной фотопроводимости в образцах GaAs(Cr) показало отсутствие сколь угодно заметной медленной релаксации, а время релаксации, определенное по данным этих измерений, оказалось на 4 порядка меньше, чем  $\tau_2$ . Это может являться свидетельством того, что параметры релаксации неравновесной проводимости в объеме образца (как в случае ВТ) и преимущественно на поверхности (как в случае фотопроводимости) имеют существенные различия. Их причиной может быть существование большого количества центров рекомбинации на поверхности полупроводника, наличие которых препятствует возникновению эффекта прилипания и, следовательно, уменьшает по сравнению с объемным время релаксации неравновесной проводимости в приповерхностной области полупроводника.

## 5. Заключение

Таким образом, оптическое облучение монокристаллических пьезополупроводников с глубокими примесными центрами вызывает существенное изменение параметров поглощения звука, связанного с ЭМРГУ. Исходный дебаевский пик ВТ уширяется в низкотемпературную область на несколько десятков градусов. При этом наблюдается сложная зависимость ВТ от интенсивности облучения, связанная с характером релаксации генерируемых облучением неравновесных носителей заряда в знакопеременном пьезоэлектрическом поле.

Обнаружен необычный вид спектральной зависимости ВТ — она имеет остроконечный пик в области фундаментального поглощения, наличие которого объясняется нами вытеснением области оптического поглощения в приповерхностный слой полупроводника.

Исследование кинетики ВТ при оптическом облучении позволило выявить эффект медленной релаксации ВТ, наблюдаемой после снятия оптического возбуждения. Эффект связывается с процессом максвелловской релаксации неравновесной проводимости в условиях установления термодинамического равновесия между зоной проводимости и уровнем прилипания.

Полученные результаты могут иметь определенное практическое значение. В частности, можно достаточно экспрессно, бесконтактным акустическим способом определять многие электрофизические параметры пьезополупроводников. Так, например, по спектральной зависимости подавления ВТ можно определять спектр энергетических уровней в запрещенной зоне, а также с высокой точностью по остроконечному пику собственного поглощения исследовать температурную зависимость ширины зоны. Исследуя кинетику релаксации ВТ при оптическом облучении, можно по аналогии с индуцированной примесной фотопроводимостью определять такие параметры примесных центров, как сечения захвата, концентрацию центров и степень их заполнения после предварительной собственной засветки и др. [6].

## Список литературы

- [1] В.И. Митрохин, С.И. Рембеза, В.В. Свиридов, Н.П. Ярославцев. ФТТ, **27**, 2081 (1985).
- [2] V.I. Mitrokhin, S.I. Rembeza, V.V. Sviridov, N.P. Yaroslavtsev. Phys. St. Sol. (a), **119**, 535 (1990).
- [3] А.Н. Александров, М.И. Зотов. *Внутреннее трение и дефекты в полупроводниках* (М., Наука, 1979).
- [4] В.И. Митрохин, Н.П. Ярославцев, С.И. Рембеза, Г.С. Песоцкий, Н.В. Измайлов. А.с. СССР № 1054742, G01N 11/16 (1983).
- [5] Э.М. Омеляновский, В.И. Фистуль. *Примеси переходных металлов в полупроводниках* (М., Металлургия, 1983).
- [6] С.М. Рыбкин. *Фотоэлектрические явления в полупроводниках* (М., Физматгиз, 1963).

Редактор Л.В. Шаронова

## Effect of optical radiation on the internal friction in piezosemiconductors with deep levels

V.I. Mitrokhin, S.I. Rembeza, V.V. Sviridov\*,  
N.P. Yaroslavtsev

Voronezh State Technical University,  
394026 Voronezh, Russia

\*Voronezh State Pedagogical University,  
394043 Voronezh, Russia

**Abstract** Effect of optical radiation on the internal friction due to deep level electromechanical relaxation in piezosemiconductors was investigated. Behaviour of the internal friction was found to depend strongly on the radiation intensity, wavelength and temperature. There is an anomalous peak within the fundamental absorption region in spectral dependence of the internal friction. The peak was associated with ousting the region of light absorption up to the irradiated surface. An effect of slow relaxation of the internal friction after the light had been switched off was found. A model is proposed which relates this effect to thermal depletion of trapping centers.