

УДК 621.373

**ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ  
ТЕМНОВЫХ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ИЗОТИПНОЙ СТРУКТУРЫ  $n\text{InSb}-n\text{PbTe}-n\text{CdTe}$**

К.Э. АВДЖЯН, Г.Г. ВАРДАНЯН, А.М. ХАЧАТРЯН

Институт радиофизики и электроники НАН Армении, Аштарак, Армения

(Поступила в редакцию 11 февраля 2008 г.)

Приведены результаты исследований температурной зависимости темновых вольт-амперных характеристик структуры  $n\text{InSb}-n\text{PbTe}-n\text{CdTe}$ . Показано, что в температурном диапазоне от 115 К до 125 К существует энергетический барьер для носителей заряда со стороны InSb, что строго связано с разными температурными зависимостями концентрации электронов в  $n\text{InSb}$  и  $n\text{PbTe}$ .

Смена знака фотоотклика в полупроводниковых структурах наблюдается уже несколько десятилетий. Следует отметить, что подобное явление, как правило, имеет место в изотипных и рассогласованных по кристаллической решетке гетропереходах, имеющих обедненные (или обогащенные) носителями области по обе стороны гетерограницы. Поверхностные состояния, которые возникают на границе раздела как из-за рассогласования решеток контактирующих материалов, так и в зависимости от метода изготовления перехода, играют важную роль в токопереносе. Взаимодействуя с носителями тока, они изменяют пространственное распределение заряда у границы раздела и тем самым влияют на характеристики неравновесных процессов. В работах [1,2] методом вакуумного лазерно-импульсного осаждения (ЛИО), изготовлена изотипная структура  $n\text{InSb}-n\text{PbTe}-n\text{CdTe}$ . Исследован фотоотклик полученной структуры и на спектральной зависимости обнаружено изменение знака фотоотклика (измерения проводились при температуре 120 К). Объяснение этому явлению авторами дано без привлечения поверхностных состояний при рассмотрении двухбарьерной модели.

В данной работе исследована температурная зависимость темновых вольт-амперных характеристик изотипной структуры  $n\text{InSb}-n\text{PbTe}-n\text{CdTe}$ , изготовленной методом ЛИО. Среди альтернативных технологий по изготовлению наноразмерных пленок и тонкопленочных структур метод вакуумного ЛИО занимает определенное место [3-5]. Метод основан на использовании физических явлений, возникающих при воздействии лазерного излучения на твердые мишени и приводящих к абляции вещества из зоны облучения.

Следует отметить, что на структуре  $n\text{InSb}-n\text{PbTe}-n\text{CdTe}$  наблюдается изменение знака фотоотклика как при нулевом смещении, так и при приложенных внешних напряжениях. Для объяснения этого явления в [1] была выдвинута идея о существовании со

стороны  $l\text{InSb}$  энергетического барьера для генерированных излучением носителей заряда, что возможно только при разнице работ выхода этих материалов (электронные средства почти одинаковы). О существовании второго барьера можно судить из вольт-амперных характеристик (ВАХ). На рис.1 приведена температурная зависимость темновых ВАХ структуры  $l\text{InSb}-l\text{PbTe}-l\text{CdTe}$ , измеренная с помощью оптического криостата модели VPF100. Нелинейности на ВАХ наблюдаются ниже температуры 140 К. В интервале от 80 К до 100 К ВАХ подобны характеристикам однобарьерных  $n^+-n$  переходов с медленно меняющимся от температуры напряжением отсечки ( $V_{\text{отс}}$ ), определяющим начало прямолинейного участка ветвей ВАХ («+» на CdTe). При увеличении температуры, наблюдается резкое уменьшение  $V_{\text{отс}}$  от 0.25 В при 90 К до 0.07 В при 130 К. Иначе обстоит дело, когда «+» смещения подается на InSb. В температурном интервале от 115 К до 125 К  $V_{\text{отс}} = 0,15$  В (при этом, когда «+» смещения на CdTe,  $V_{\text{отс}} = 0,16$  В). Ниже и выше этих температур имеет место резкое уменьшение  $V_{\text{отс}}$ . Подобное поведение ВАХ можно объяснить лишь появлением в узком диапазоне температур (от 115 К до 125 К) барьера для носителей заряда со стороны InSb.

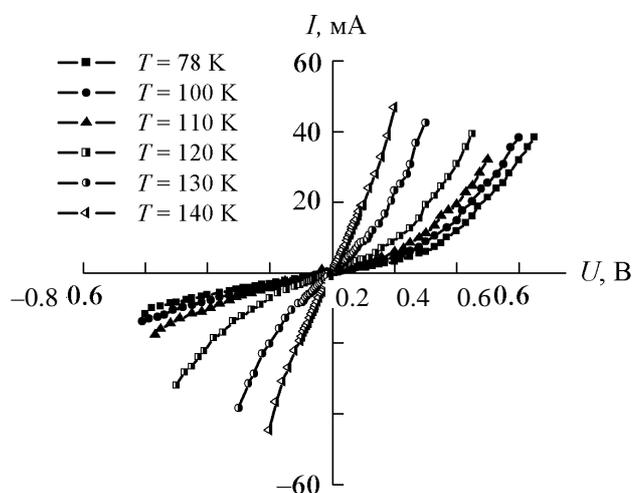


Рис.1. Температурные зависимости темновых вольт-амперных характеристик структуры  $l\text{InSb}-l\text{PbTe}-l\text{CdTe}$ .

Рассмотрим полученные нами экспериментальные результаты с точки зрения физических свойств создающих структуру материалов. Собственная концентрация носителей в PbTe порядка  $10^{12} \text{ см}^{-3}$ , однако эти значения на практике не достижимы по двум причинам: из-за больших значений статической диэлектрической проницаемости и малой эффективной массы носителей. Технология получения пленок  $l\text{PbTe}$  описана в [2]. Наши электрофизические исследования показали, что полученные пленки имеют проводимость  $n$ -типа со слабо меняющейся от температуры концентрацией электронов (порядка  $5 \times 10^{16} \text{ см}^{-3}$ ). Используя формулу для концентрации электронов в вырожденном полупроводнике (см., например [6]):

$$n = \frac{1}{3\sqrt{\pi}} N_c \left( \frac{F - E_c}{kT} \right)^{3/2}$$

(где  $N_c$  – эффективная плотность состояний в зоне проводимости,  $F$  – уровень Ферми,  $E_c$  – энергия дна зоны проводимости,  $k$  – коэффициент Больцмана,  $T$  – температура), подстановкой соответствующих численных значений получаем  $E_c - F = 0,036$  эВ при комнатной температуре. Уровень Ферми лежит в зоне проводимости и не меняется в исследованном нами диапазоне температур. После формирования структуры  $n\text{InSb}-n\text{PbTe}-n\text{CdTe}$ , в равновесии уровень Ферми одинаков во всех частях системы. При понижении температуры появление барьера со стороны  $n\text{InSb}$  связано с температурной зависимостью уровня Ферми для компенсированного полупроводника  $n\text{InSb}$  ( $N_d - N_a = 3.1 \times 10^{14} \text{ см}^{-3}$  при комнатной температуре).

В заключение отметим, что полученные нами результаты важны для объяснения механизма изменения знака фотоотклика в изотипной структуре  $n\text{InSb}-n\text{PbTe}-n\text{CdTe}$ .

Работа выполнена в рамках государственной целевой программы Республики Армения “Полупроводниковая наноэлектроника”.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Г.Г.Варданын**. Вестник МАНЭБ, **12**, вып. **2**, 62 (2007).
2. **К.Э.Авджян, Г.Г.Варданын, Р.П.Григорян, А.М. Хачатрян**. Изв. НАН Армении, Физика, **43**, 216 (2008).
3. **Ю.А.Битюрин, С.В.Гапонов** и др. Электронная промышленность, **5-6**, 110 (1981).
4. **А.Г.Алексян** и др. Электронная промышленность, **1**, 55 (1982).
5. **D.V.Chrisey, G.K.Hubler**. Pulsed Laser Deposition of Thin Films. New York, Wiley, 1994.
6. **В.Л.Бонч-Бруевич, С.Г.Калашников**. Физика полупроводников. М., Наука, 1977.

#### TEMPERATURE DEPENDENCE OF DARK CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF ISOTYPE $n\text{InSb}$ $n\text{PbTe}$ $n\text{CdTe}$ STRUCTURE

K.E. AVJYAN, G.H. VARDANYAN, A.M. KHACHATRYAN

The temperature dependence of the dark current-voltage characteristics of an  $n\text{InSb}-n\text{PbTe}-n\text{CdTe}$  structure is investigated. Measurements performed in the temperature range of 115 K – 125 K have revealed an energy barrier for the electron flow through the InSb layer. It is shown that these results are strictly connected with different temperature dependences of electron concentrations in  $n\text{InSb}$  and  $n\text{PbTe}$ .