

**ТЕМПЕРАТУРНО-ЗАВИСИМЫЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ
ГЕТЕРОСТРУКТУР $n\text{-GaAs-p-(ZnSe)}_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}\delta)_y$**

I.M.Soliyev

Андижанский государственный педагогический институт
<https://doi.org/10.5281/zenodo.16867709>

Аннотация:

В работе представлены результаты исследования температурно-зависимых вольт-амперных характеристик многокомпонентных гетероструктур $n\text{-GaAs-p-(ZnSe)}_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}\delta)_y$ в диапазоне температур 30–150 °С. Показано, что с повышением температуры наблюдается существенный рост тока, обусловленный увеличением концентрации и подвижности носителей заряда, а также снижением высоты потенциального барьера. Анализ ВАХ выявил, что при низких температурах доминирует термическая активация, а при высоких — термоэлектронная эмиссия и инжекционные процессы. Установлено, что исследуемые структуры обладают высокой температурной чувствительностью, что делает их перспективными для применения в высокотемпературной электронике и сенсорных устройствах.

Ключевые слова:

$n\text{-GaAs}$, $p\text{-(ZnSe)}_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}\delta)_y$, гетероструктуры, вольт-амперная характеристика, температурная зависимость, термическая активация, термоэлектронная эмиссия, опто-электронные приборы, высокотемпературные сенсоры.

Полупроводниковые соединения группы A^3B^5 с широкой запрещённой зоной рассматриваются как перспективные материалы для создания оптоэлектронных устройств, функционирующих в среднем и дальнем инфракрасном (ИК) диапазонах спектра. В настоящее время ведутся масштабные исследования по разработке и изучению различных электронных приборных структур на основе InSb , InAs , GaSb , GaAs и их твёрдых растворов [1–3].

Среди этих материалов особый интерес представляют соединения GaAs и его сложные твёрдые растворы $(\text{GaAs})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{ZnSe})_y$, что обусловлено, в частности, высокой подвижностью электронов и дырок в этих системах [4–6]. Указанное свойство делает такие материалы весьма подходящими для создания высокоскоростных оптоэлектронных приборов. Кроме того, твёрдые растворы $(\text{GaAs})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{ZnSe})_y$ позволяют за счёт варьирования составных параметров x и y в широком



диапазоне регулировать спектральную чувствительность приборных структур от 1,1 до 2,65 эВ [7].

В данной работе исследованы температурно-зависимые вольт-амперные характеристики (ВАХ) гетероструктур на основе многокомпонентной системы $n\text{-GaAs-p-(ZnSe)}_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_\delta)_y$. Измерения проводились в температурном диапазоне от 30 °С до 150 °С (см. рисунок 1).

Как видно из графика, с увеличением температуры ток, протекающий через структуру, существенно возрастает. Это явление объясняется увеличением концентрации носителей заряда внутри структуры, а также ростом их подвижности при повышении температуры. Исследуемые структуры состоят из двух основных полупроводниковых слоёв: $n\text{-GaAs}$ (донорный компонент) и $p\text{-(ZnSe)}_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_\delta)_y$ (акцепторный комплексный слой). В подобных многокомпонентных структурах благодаря строгому контролю состава формируется характерное поведение ВАХ.

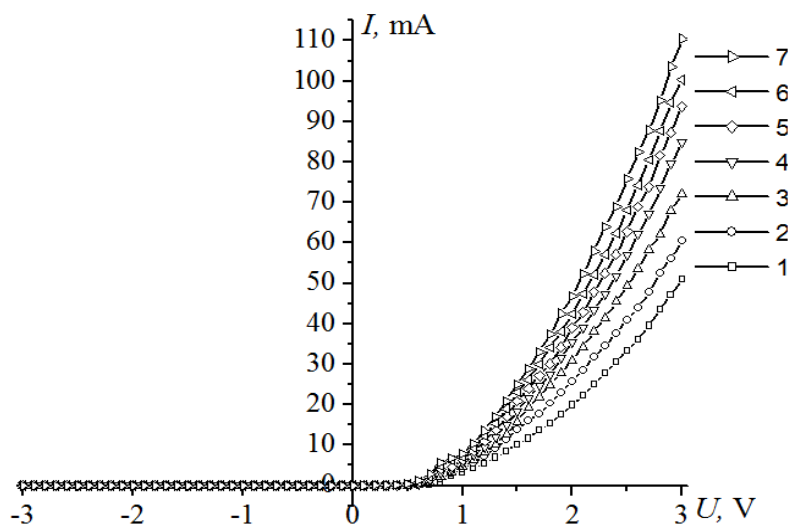


Рисунок 1. Типичные вольт-амперные характеристики многокомпонентных гетероструктур $n\text{-GaAs-p-(ZnSe)}_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_\delta)_y$, измеренные при различных температурах: 1 – 30 °С, 2 – 50 °С, 3 – 70 °С, 4 – 90 °С, 5 – 110 °С, 6 – 130 °С, 7 – 150 °С.

Анализ вольт-амперной характеристики:

При температуре 30 °С в структуре наблюдается выраженный потенциальный барьер, вследствие чего ток имеет низкое значение. Это связано с ограниченностью туннельного эффекта, низкой концентрацией носителей заряда и относительно слабой их подвижностью. С повышением температуры кривые ВАХ становятся более крутыми, что





свидетельствует об активации рекомбинационных и инжекционных процессов.

В диапазоне напряжений от 0,1 до 3 В наблюдается подчинение токо-напряжностной зависимости закону $J \sim V^\alpha$ ($\alpha \approx 2$), что указывает на преобладание дрейфового механизма транспорта носителей заряда. При более высоких напряжениях резкое увеличение тока обусловлено инжекцией носителей заряда в проводящий слой [8].

Физико-механизмы, обусловленные температурным воздействием:

- В интервале температур 30–90 °С рост тока носит экспоненциальный характер, что свидетельствует о работе структуры в режиме термической активации.

- При 110–150 °С наблюдается усиление роста тока, на этом этапе преобладают термоэлектронная эмиссия и вклад свободных носителей, генерируемых за счёт теплового возбуждения.

- Повышение температуры приводит к снижению высоты потенциального барьера, что облегчает процесс инжекции носителей.

Вывод:

Вольт-амперные характеристики многокомпонентных гетероструктур **n-GaAs-p-(ZnSe)_{1-x-y}(Ge₂)_x(GaAs_{1-δ}Bi_δ)_y** демонстрируют их высокую чувствительность и адаптивность к повышенным температурам. Такие структуры представляют интерес для применения в высокотемпературной электронике, термоэлектрических датчиках и диодных элементах с повышенной точностью. Температурно-зависимое изменение тока делает данные структуры перспективными для использования в качестве эффективных термочувствительных или высокотемпературных сенсорных элементов.

Использованная литература

- [1] T. Danilova, B. Zhurtanov, A. Imenkov, Y. Yakovlev. Semiconductors. 39, 1235–1266 (2005). <https://doi.org/10.1134/1.2128447>
- [2] A. Krier, X.L. Huang, V.V. Sherstnev. Mid-infrared Semiconductor Optoelectronics. 118, 359–394 (2006).
- [3] T. Li, P. Wang, H. Fu et al. Physical Review Letters. 115(13), 136804 (2015).
- [4] S. Zainabidinov, A. Saidov, M. Kalanov, A. Boboev. Applied Solar Energy. 55, 291–308 (2019). DOI:10.3103/S0003701X1905013X
- [5] A.S. Saidov, S.Z. Zainabidinov, M.U. Kalanov, A.Y. Boboev, B.R. Kutlimurotov. Applied Solar Energy. 51(3), 206–208 (2015).





- [6] S. Suprun, V. Sherstyakova, E. Fedosenko. Semiconductors. 43(11), 1526–1531 (2009). DOI:10.1134/S1063782609110220
- [7] A.Y. Boboev. East European Journal of Physics. 3, 216–221 (2024). <https://doi.org/10.26565/2312-4334-2024-3-31>
- [8] S. Zainabidinov, A.Y. Boboev, N.Y. Yunusaliyev. East European Journal of Physics. 2, 321–326 (2024). DOI:10.26565/2312-4334-2024-2-37

