

ВЛИЯНИЕ ПРОВОДИМОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКА
НА ВЕЛИЧИНУ БАРЬЕРА ШОТКИ

INFLUENCE OF THE SEMICONDUCTOR CONDUCTIVITY
ON THE VALUE OF THE SCHOTTKY BARRIER

¹Магомадов Р.М., ²Юшаев Р.Р.
¹Magomadov R. M., ²Yushaev R. R.

¹Доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Общая физика»,
Чеченский государственный университет, г. Грозный, Россия

²Аспирант кафедры «Общая физика», Чеченский государственный университет,
г. Грозный, Россия

¹Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of
"General Physics» Chechen State University, Grozny, Russia

²Aspirant of the Department " General Physics» Chechen State University, Grozny, Russia

Аннотация. В данной работе исследовано влияние проводимости полупроводника на Барьер Шотки в контакте металл полупроводник. В качестве объектов исследования выбраны контакты с алюминием следующих полупроводников: арсенида индия(InAs), арсенида галлия (GaAs)антимонида индия(InSb) и сульфида кадмия(CdS). Выбор этих кристаллов связан с тем, что ширина запрещенной зоны этих полупроводников возрастает от $E_g = 0,18$ эВ у арсенида индия до $E_g = 2,53$ эВ у сульфида кадмия, что соответствует поставленной задаче в данной работе.

Abstract. In this paper, the influence of the conductivity of a semiconductor on the Schottky Barrier in the metal-semiconductor contact is investigated. Contacts with aluminum of the following semiconductors were selected as objects of research: indium arsenide(InAs), gallium arsenide (GaAs), indium antimonide(InSb), and cadmium sulfide(CDs). The choice of these crystals is due to the fact that the band gap of these semiconductors increases from $U = 0.18$ eV for indium arsenide to $U = 2.53$ eV for cadmium sulfide, which corresponds to the task in this paper.

Ключевые слова. Металл, полупроводник, контакт металл-полупроводник, Барьер Шотки, ширина запрещенной зоны, работа выхода, электроны, дырки, разность потенциалов.

Keywords. Metal, semiconductor, metal-semiconductor contact, Schottky barrier, band gap, output work, electrons, holes, potential difference.

В данной работе рассмотрено влияние проводимости полупроводника на величину Барьера Шотки. В качестве объектов исследования выбраны контакты с алюминием следующих полупроводников: арсенида индия(InAs), арсенида галлия (GaAs, антимонида индия (InSb) и сульфида кадмия (CdS). Выбор этих кристаллов связан с тем, что ширина запрещенной зоны этих полупроводников возрастает от $E_g = 0,18$ эВ у антимонида индия до $E_g = 2,53$ эВ у сульфида кадмия, что соответствует поставленной задаче в данной работе [1-6].

Во-вторых, все эти кристаллы широко применяются для изготовления полупроводниковых приборов, в оптоэлектронике, в полупроводниковых лазерах, в нанотехнологиях [1-6].

Выбор Арсенида индия связан с тем, что данный полупроводник имеет малую ширину запрещенной зоны $E_g = 0,36$ эВ и высокую подвижность электронов. Высокая подвижность электронов позволяет получать на основе арсенида индия приборы с высокой фоточувствительностью.

Основная область применения арсенида индия - это производство разнообразных оптоэлектронных приборов, таких как оптические фильтры, источники ИК - излучения, фотоприемники, приборы с гальваномагнитными эффектами. Арсенид индия применяется для изготовления магниторезисторов, преобразователей Холла, а также применяют в приборах для измерения напряженности магнитного поля.

На рисунке №1 приведена структура контакта полупроводник –алюминий. Работа выхода электронов из алюминия равна $\Phi_M = 4,9$ эВ [6], а работа выхода из арсенида индия равна $\Phi_{II} = 5,3$ В соответственно разность потенциалов, возникающая на контакте алюминий – арсенид индия равна:

$$e\phi_k = \Phi_M - \Phi_{II} = (4,9-5,3) \text{ эВ} = - 0,4 \text{ эВ} \quad (1)$$

Объемный заряд Q возникающий в области контакта металла и полупроводника создаст электрическое поле напряженностью E_k (рисунок 1). Как видно из рисунка 1 в области контакта в полупроводнике возникает барьер Шотки, который является запирающим для электронов.

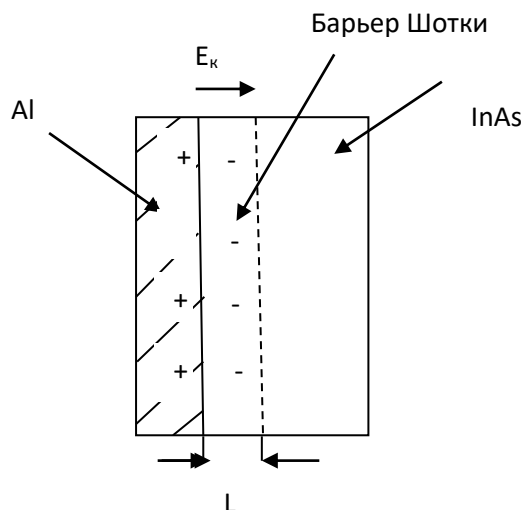


Рис. 1. Структура контакта полупроводника арсенида индия с алюминием

Аналогичную структуру имеют и контакты остальных полупроводников с алюминием, с той лишь разницей, что величина объемного заряда будет разной.

В таблице 1 приведены данные о величине ширины запрещенной зоны полупроводников [6], концентрации носителей заряда и подвижности носителей заряда [6, 7]. При отсутствии данных об удельной проводимости полупроводника удельная проводимость полупроводника вычислялась по формуле:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{en(\mu_n + \mu_p)} \quad (2)$$

где ρ – это удельная электропроводность полупроводника, e -заряд электрона, n -концентрация электронов в единице объема полупроводника при $T = 300$, μ_n - подвижность электронов, μ_p - подвижность дырок.

Величины работы выхода из полупроводников взяты из литературы [9].

Для сульфида кадмия работа выхода для электронов рассчитана по красной границе фотоэффекта ($\lambda_{\text{красн}} = 0,2 \cdot 10^{-6}$ м) [7] в сульфиде кадмия. Значение электропроводности сульфида кадмия взято из литературы [9]

В таблице 1 приведены значения барьера Шотки вычисленные по формуле:

$$e\phi_k = \Phi_M - \Phi_{II}$$

(3)

Таблица 1

Значения барьера Шотки

Полупроводники T=300K	E_g эВ	n см^{-3}	μ_n $\text{см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$	μ_p $\text{см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$	ρ Ом·см	Φ ЭВ	$\Phi_{II} - \Phi_M$ ЭВ
InSb	0,18	$2 \cdot 10^{16}$	$8 \cdot 10^4$	700	$3,8 \cdot 10^{-3}$	4.75	0,15
InAs	0,36	$1 \cdot 10^{15}$	$3 \cdot 10^4$	240	0,21	5,3[5]	-0,40
GaAs	1,43	$5 \cdot 10^{14}$	$8,5 \cdot 10^4$	400	68,3	5,5[5]	-0,60
CdS	2.53	-	$3,5 \cdot 10^2$	15	10^4	6,2[5]	-1,30

На рисунке 2 приведена зависимость удельного сопротивления полупроводников от ширины запрещенной зоны. Как видно из графика с ростом ширины запрещенной зоны полупроводника удельное сопротивление полупроводника растет (рисунк 2)

На рисунке 3 приведена зависимость величины барьера Шоттки от ширины запрещенной зоны полупроводника. Как видно из графика, приведенного на рисунке 3, разность потенциалов на контакте металл – полупроводник зависит от ширины запрещенной зоны полупроводника.

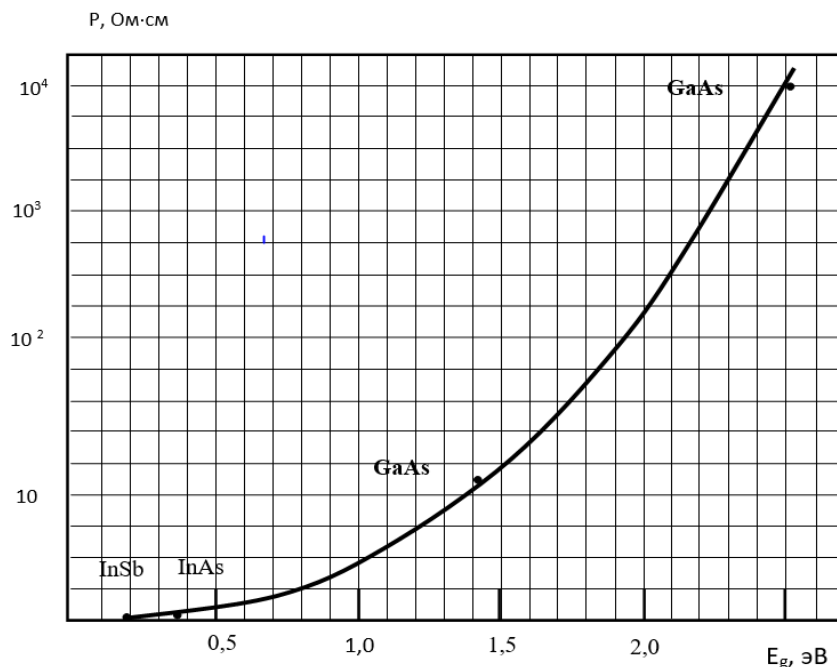


Рис. 2. Зависимость удельного сопротивления полупроводников от ширины запрещенной зоны

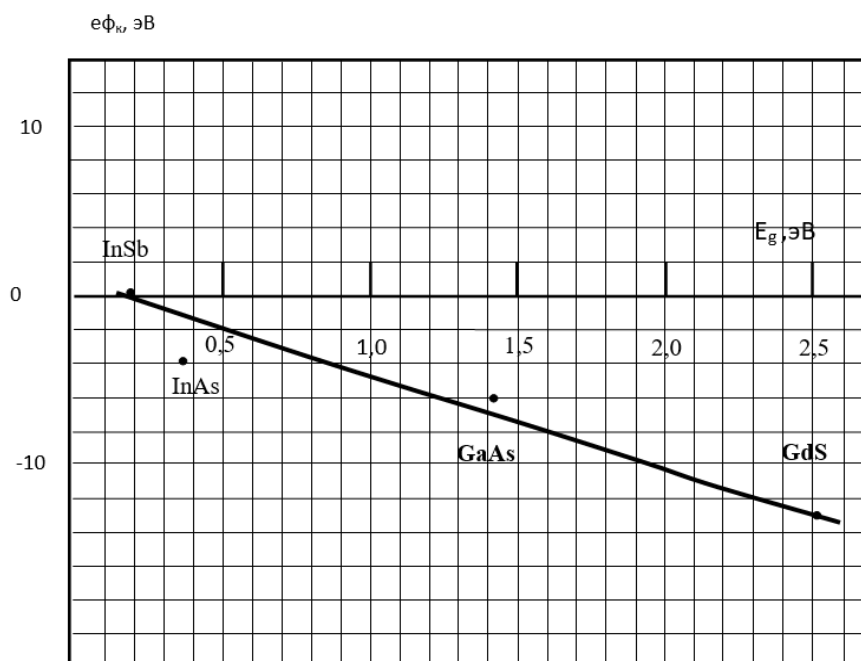


Рис. 3. Зависимость величины барьера Шоттки от ширины запрещенной зоны полупроводника

Полученные результаты показывают, что при контакте Антимонида индия с алюминием образуется барьер Шоттки для дырок, а при контакте остальных исследуемых полупроводников с алюминием образуется барьер Шоттки для электронов.

Проведенные исследования влияния величины удельной проводимости на величину барьера Шоттки позволят сделать следующие выводы:

1. Величина барьера Шоттки зависит от удельной проводимости полупроводников контактирующих с алюминием, а величина работы выхода, скорее всего, зависит от структуры кристалла.

2. При контакте антимонида индия (InSb) с алюминием образуется барьер Шоттки для дырок, а при контакте с алюминием арсенида индия (InAs), арсенида галлия (GaAs) и сульфида кадмия (CdS) образуется барьер Шоттки для электронов.

Список использованной литературы

1. Стриха В. И., Бузанева Е. В., Радзиевский И. А., Полупроводниковые приборы с барьером Шоттки, М., 1974.

2. Стриха В. И., Теоретические основы работы контакта металл - полупроводник, К., 1974.

3. Милнс А., Фойхт Д., Гетеропереходы и переходы металл - полупроводник, пер. с англ., М., 1975.

4. К.В.Шалимова Физика полупроводников М.: Энергоатомиздат, 1985.

5. iki/Сульфид_кадмия <https://ru.wikipedia.org/w>

6. Шалимова К.В. «Физика полупроводников» М., 1976

7. https://yandex.ru/images/search?text=Электропроводность%20антимонида%20Индия&source=relatedduck&lr=1106&pos=33&img_url=http%3A%2F%2Fwww.dslib.net%2F%2F%2F4676%2F552015%2F450%2F12.png&rpt=simage

8. [source=wiz&p=3&pos=92&rpt=simage&img_url=https%3A%2F%2Fcf.pptonline.org%2Ffiles%2Fslide%2F%2Fi8oFX9NsWpB74QcxmLSkntAChUKT6GVwul15eR%2Fslide-5.jpg](https://www.pptonline.org/2Ffiles%2Fslide%2F%2Fi8oFX9NsWpB74QcxmLSkntAChUKT6GVwul15eR%2Fslide-5.jpg)

9. Кикоин И.К. Таблицы физических величин. Атомиздат.1976 г.

DOI: 10.34708/GSTOU.CONF..2021.76.13.002

УДК 541.128.7

INFLUENCE OF POLYTYPY ON PHASE TRANSITIONS IN TlGaSe₂ CRYSTALS

^{1,2}Matiyev A.Ch., ^{3,4}Uspazhiev R.T.

¹Doctor of Physics and Mathematics, Professor of the Department of Physics, Professor, Grozny State Oil Technical University named after acad. M.D. Millionshchikov, Grozny, Russia

²Doctor of Physics and Mathematics, Professor of the Department of general physics IngSU, Magas, Russia

³Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, Head of the Department of Physics, Grozny State Oil Technical University named after acad. M.D. Millionshchikov, Grozny, Russia

⁴Candidate of Physics and Mathematics, Proceeding Researcher, Materials Science Department, Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia

Abstract. It is shown that, in the C-polytype of TlGaSe₂ crystals, the structural PT, which occurs at a temperature of $T \sim 108$ K, is accompanied by an abrupt change in the value of the parameter c ($\Delta c \sim 0.004$ Å). For the 2C-TlGaSe₂ polytype, the $c(T)$ dependence shows only one clearly pronounced maximum at the temperature T_{c2} . Moreover, at temperatures that are $T_1 \sim 30$ K higher and $T_2 \sim 5$ K below T_{c2} , the Curie-Weiss law is fulfilled. The absence of a fourfold increase in the parameter from the unit cell for 2C-TlGaSe₂ samples in the temperature range $T = 100$ -300 K indicates that spontaneous polarization is the order parameter of the ferroelectric PT

Keywords: phase transitions, phase, temperature, polytype, crystal