

3. Р.Я.Расулов Угловые оптические фотогальванические эффекты в полупроводниках при линейном и нелинейном поглощении света: дис. ... докт. физ.-мат. наук. –СПб.: ФТИ РАН им. акад. А.Ф. Иоффе, 1993. –168 с.
5. С.Д.Ганнчев, С.А.Емельянов, Е.Л.Ивченко, Е.Ю.Перлин, Я.В.Терентьев, А.В.Федоров, И.Д.Ярошечкий// ЖЭТФ. -1986. -729-738.
6. Р. Я.Расулов, Г.Х.Хошимов, Х.Холитдинов// ФТП. 1996. – Vol. 30. – No. 2. – Pp. 274-272.
7. Р.Я.Расулов// ФТП. -1988. – Т.22. – Вып. 11. -С.2077-2073.
8. Р.Я.Расулов// ФТП. 1993. -Т.35. -Вып.6. -С. 1674-1678.
9. В.Р. Расулов, Р.Я. Расулов, Р.Р. Султонов, Б.Б. Ахмедов //ФТП. 2020. Т.54. В.11. С.1181-1187.
10. Расулов, В. Р., Расулов, Р. Я., & Каримова, Г. А. (2023). ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТОКА ОДНОФОТОННОГО ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ФОТОГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 3(4-2), 331-337.
11. Rasulov, R. Y., Karimova, G. A., & Rahmatov, I. (2023). LINEAR-CIRCULAR DICHROISM OF THE PHOTON DRAG EFFECT IN SEMICONDUCTOR SUPERSTRUCTURES. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 3(4), 458-463.
12. Расулов, В. Р., Расулов, Р. Я., Исомаддинова, У. М., & Кодиров, Н. У. О. (2022, December). УГЛОВАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ОДНОФОТОННЫХ МЕЖЗОННЫХ ЛИНЕЙНОЦИРКУЛЯРНЫХ ДИХРОИЗМОВ В КРИСТАЛЛАХ. In *The 12 Th International Scientific And Practical Conference "Eurasian Scientific Discussions"* (December 18-20, 2022) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain.
13. Rasulov, V. R., Rasulov, R. Y., Mamatova, M. A., & Eshboltaev, I. M. (2022). THEORETICAL INVESTIGATION OF ENERGY STATES IN A MULTILAYER SEMICONDUCTOR STRUCTURE IN THE QUASICLASSICAL APPROXIMATION. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*, 10(12), 96-104.
14. Расулов, Р. Я., Расулов, В. Р., Ахмедов, Б. Б., & Муминов, И. А. (2022). Межзонный двухфотонный линейно-циркулярный дихроизм в узкозонных полупроводниках. «Узбекский физический журнал», 24(1), 19-26.
15. Rasulov, V. R., Rasulov, R. Y., & Adhamovna, M. M. (2022). ELECTRONIC PROPERTIES OF A SEMICONDUCTOR TWO-BARRIER STRUCTURE. *EPR International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)*, 8(5), 58-62.

РАСЧЕТ ЧИСЛА ПЕРЕХОДОВ НОСИТЕЛЕЙ ТОКА, ФОРМИРУЮЩИХ НГП – НАНОГЕТЕРОПЕРЕХОД

Э.З.Имамов¹, Р.А.Муминов², М.А.Аскаргов³, А.Э.Имамов⁴, Х.Н.Каримов⁴

¹ Ташкентский университет информационных технологий

² Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз

³ Каракалпакский государственный университет им. Бердаха

⁴ Академия МВД РУз

Эффективность солнечной панели в основном определяется её основной компонентой – солнечным элементом (СЭ), а точнее – свойством его р-п перехода, где происходит преобразование энергии солнечного излучения в электричество.

Эффективность СЭ определяется преобразующим свойством его р-п перехода, который зависит от выбора контактирующих материалов: при однородных материалах - это гомо р-п переход, а если контакт из разных материалов - гетеропереход.

В работе рассматриваются свойства СЭ состоящего из кремния (Si) с многими нановключениями из кристаллических полупроводников семейства халкогенидов свинца (PbX - X может быть S; Se; Te).

В силу ряда экспериментально подкреплённых и запатентованных свойств [1-5], оказалось вполне возможным создание эффективных преобразующих устройств на основе сочетания бесструктурного кремния с нано кристаллами PbX. Это такие исследования как:

- улучшение преобразующих свойств и КПД одиночного р-п перехода с уменьшением его размера [1,2];

- значительное повышение эффективности фото преобразования за счет эффектов много экситонной генерации и умножения носителей в нано кристаллах PbX на поверхности аморфного Si [3,4];

- наиболее вероятный и преимущественный рост «островков» нано кристалла PbX именно на отдельных кристаллических участках бесструктурного Si [5].

В силу выше приведенных факторов вычислим числа носителей тока, формирующих НГП – нано гетеропереход.

Образование отдельного нано гетеро перехода <Si:PbX> начинается одновременно с эпитаксиальным ростом на поверхности макро Si нановключений PbX с мульти экситонным дискретным энергетическим спектром.

Изначально энергии Ферми Si и нановключений PbX были разными. Они отличаются друг от друга по энергии на величину $\Delta\mu = F_{Si} - F_{PbX}$ (рис.1-а).

При контакте совершается естественный процесс их выравнивания с образованием нано гетероперехода <Si:PbX>. Схематически последовательный процесс формирования одиночного НГП представлен на рис.1-а и рис.1-б. Для простоты изображена только верхняя часть кривой плотности состояний в кремнии (выше уровня Ферми). До образования контакта (а-рисунок) $F_{Si} > F_{PbX}$, после полного формирования гетероперехода $F_{Si} = F_{PbX}$ (б-рисунок). В начале уровня Ферми отличаются друг от друга по энергии на величину $\Delta\mu = F_{Si} - F_{PbX}$.

При контакте двух материалов электроны из уровней $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ Si переходят на мульти экситонные уровни PbX. Эти переходы реализуются только при совпадении соответствующих уровней.

Такой последовательный процесс переходов электронов из кремния в PbX прекратится только с переходом N_2^+ электронов, когда $F_{PbX} = F_{Si}$. При этом формируется окончательная величина контактной разности потенциалов нано гетероперехода <Si:PbX>:

$$\phi_0 = \Delta\mu/e = (F_{Si} - F_{PbX})/e.$$

Количественные параметры контактной разности потенциалов ϕ_0 и её протяженности R определяются из решения уравнения Пуассона [6]:

$$d^2\phi/dx^2 = -\rho/(\epsilon_{Si}\epsilon_0), \quad (1)$$

где ϵ_{Si} – диэлектрическая проницаемость Si, ϵ_0 – диэлектрическая постоянная, ρ – плотность

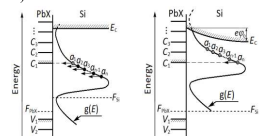


Рис.1-а. Состояние до образования контакта
Рис.1-б. Гетеропереход <Si:PbX> сформирован.

Тенденции развития физики конденсированных сред

Секция «Физика конденсированных сред»

заряда в объеме $b^2 \cdot L$ в Si, b^2 – прилегающая к a^2 - нано гетеро переходу площадь на поверхности Si.

Интегрируя (1) с учетом граничных условий ($E = - \text{grad } \varphi$, при $x = R$ $E(R) = \varphi(R) = 0$), имеем

$$E = - d\varphi/dx = (p/\epsilon_{Si} \cdot \epsilon_0) \cdot (x - R) \quad (2)$$

$$\varphi = - (p/2 \cdot \epsilon_{Si} \cdot \epsilon_0) \cdot (R - x)^2. \quad (3)$$

На границе ОПЗ ($x=0$) поле принимает максимальные значения напряженности (E_0) и потенциала (φ_0) равные:

$$E_0 = e \cdot v \cdot N^2 / (\epsilon_{Si} \cdot \epsilon_0 \cdot b \cdot L) \quad \text{и} \quad \varphi_0 = e \cdot v \cdot N^3 / (2 \cdot \epsilon_{Si} \cdot \epsilon_0 \cdot L). \quad (4)$$

Напряженность E_0 является линейной функцией x , т.е. линейно уменьшается до нуля (при $x = R$) в глубь кремния, а φ_0 - квадратичная функция от x значительно быстрее уменьшается до нуля при $x = R = [2 \cdot \epsilon_{Si} \cdot \epsilon_0 \cdot b^2 \cdot L \cdot \varphi_0 / (e \cdot N \cdot v)]^{1/2}$.

Зная v - усреднённое количество электронов, находящееся в каждом слое, можно определить в пределах R и общее количество электронов ($N_2^+ = v \cdot N$), переходящих в PbX, N - число слоев, которых электроны покинули.

Между PbX и Si в результате образования гетероконтакта N_2^+ электронов переходят из Si в PbX и там в силу своей электроемкости $C = q/\varphi$ накапливают заряд: $q = e \cdot N_1^-$, N_1^- - количество электронов, которых может принять PbX. Естественно, что $N_1^- \geq N_2^+$ и равно:

$$N_1^- = 2 \cdot \epsilon_{PbX} \cdot \epsilon_0 \cdot a^2 \cdot \varphi_0 / (e \cdot d), \quad (5)$$

где, ϵ_{PbX} – диэлектрическая проницаемость PbX, $S = a^2$ и d поперечная сечения и толщина PbX. В работе получены зависимости $R(N)$, $E_0(N)$, $N_2^+(N)$.

Литература

1. Цой Броня. «Преобразователь Электромагнитного Излучения (Варианты), Патент в Евразийском патентном ведомстве. EP2405487 A1, (2012.08.30).
2. Цой Броня. «Способ изготовления пучкового перехода, пучковый преобразователь ЭМ излучения», Патент во всемир.орг.интеллек. собст., №WO 2011/040838 A2 (07.04.2011).
3. R. D. Schaller, V. I. Klimov, Phys. Rev. Lett. 92, 186601 (2004).
4. Schaller, R. D.; Petruska, M. A.; Klimov, V. I. Appl. Phys. Lett. 87, 253102 (2005)
5. Stancu V., Pentia E., Goldenblum A. et al. // Romanian Journal of Information Science and Technology. 2007. Vol. 10. № 1. Pp. 53–66.
6. Орешкин П.Т. Физика полупроводников и диэлектриков. Учеб.пос. М., «Высш. Школа», 1977. 448 с.

ОДНОКВАНТОВЫЙ СДВИГОВЫЙ ФОТОТОК В n-GaP

Р.Я.Расулов¹, У.Исомаддинова², Р.Р.Султонов², М.А.Маматова¹

¹ Ферганский государственный университет, ² Кокандский государственный педагогический институт

Аннотация: В данной работе исследуется фотонно-индуцированный механизм, ответственный за фотогальванический эффект сдвига (ЛФГЭ) в кристаллах фосфида галлия n-