

Заклучение. Использование методики расчета режимов подачи воды в системах машинного водоподъема для орошения повышает точность планирования подачи воды и их выполнения, снижает потери водных ресурсов до 4-5 %, а в системе машинного водоподъема объекты будут улучшены. Эффективность реализации рассчитана на примере

Джизакского каскада НС и установлено, что среднегодовой водозабор за последние 10 лет составляет около 20 000 млн м³. Результаты анализировались путем расчета экономической эффективности, интегрального эффекта или чистой приведенной стоимости внедрения методики в операционную практику на основе показателя эффективности.

Литература

1. Аракеян Э.К., Пикина Г.А. Оптимизация и оптимальное управление. –М.: Издательский дом МЭИ, 2008. –С.408.
2. Салтыкова Г.А., Климанов В.Г. Сущность и значение NPV. Методология принятия инвестиционных решений, журнал «Экономический анализ». 15(72). 2006.
3. Рахимов Ш.Х., Бегимов И., Гаффаров Х.Ш., Сейтов А.Ж. Теория оптимального управления распределением воды в каналах ирригационных систем в условиях дискретности водоподдачи потребителям. Монография. –Ташкент: ООО «Белгим». 2017, –С.169.
4. Рахимов Ш., Бегимов И., Жумамуратов Д. Совершенствование водораспределения в крупных магистральных каналах низовья реки Амударья. // Доклады АН Республики Узбекистан, №3 2008. –Ташкент: –С.59-61.
5. Жумамуратов Д.К. Йирик магистрал каналлар учун сувдан фойдаланиш режасини тузиш алгоритми. // Журнал Агро илм. –Ташкент: №2 2009.

РЕЗЮМЕ. Мақола ЖБНС объектларининг такомиллаштирилган иш режимларини жорий этишнинг иқтисодий самарадорлигини аниқлашга бағишланган. Мақолада сугориш учун машина сув кўтариш тизимларида сув таъминоти режимларини ҳисоблаш методологиясини жорий этишда замонавий компьютерлар, алгоритмлар, маълумотлар базалари ва дастурий модульлардан фойдаланиш асосида машинали сув кўтариш тизими орқали сув таъминотини яхшилаш ҳақида айтилган.

РЕЗЮМЕ. Статья посвящена определению экономической эффективности внедрения усовершенствованных режимов работы объектов ДГНС. В статье представлено совершенствование подачи воды через систему машинного водоподъема на основе использования современных компьютеров, алгоритмов, баз данных и программных модулей при внедрении методики расчета режимов подачи воды в системах машинного водоподъема для полива.

SUMMARY. The article is devoted to determining the economic efficiency of introducing improved modes of operation of the JHPS facilities. The article presents the improvement of water supply through the machine water lifting system based on the use of modern computers, algorithms, databases and software modules when introducing a methodology for calculating water supply modes in machine water lifting systems for irrigation.

2D ЎЛЧАМЛИ p-n-ЎТИШ ФОТОТОКЛАРИ ВА ДИФФЕРЕНЦИАЛ ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ

Г.Гулямов – физика-математика фанлари доктори, профессор
М.Ғ.Дадамирзаев – физика-математика фанлари доктори, профессор
М.О.Қосимова – докторант

Наманган муҳандислик-қурилиш институти

Таянч сўзлар: p-n-ўтиш, фототок, дифференциал ўтказувчанлик, вольт-ампер характеристика, ёруғлик.

Ключевые слова: p-n-переход, фототок, дифференциальная проводимость, вольт-амперная характеристика, свет.

Key words: p-n-junction, photocurrent, differential conductivity, volt-ampere characteristic, light.

Сўнги йилларда икки ўлчовли (2D) яримўтказгичли материалларга катта қизиқишлар уйғониб, бу материаллар кўп қиррали электрон қурилмаларни ишлаб чиқаришга имкон беради. Уларнинг электрон хоссаларининг қатламлар сонига боғлиқ бўлиши назарий ва тажриба жиҳатдан ўрганилган. Яримўтказгичли 2D материаллари ёруғлик ютилишининг самарали бўлишини кўрсатади. Шунинг учун, бу материаллар оптоэлектроник асбоблар, айниқса, фотодетекторлар учун асосий манба ҳисобланади [1-4]. 2D материалларидан WSe₂ нинг хусусиятлари ва амалда қўлланилиши тажриба ва назарий жиҳатдан [5] ишда солиштирилган [6]. Ишда 2D ўлчамдаги p-n- бирикмаси учун Пуассон тенгламаси дрефт-диффузия ва узлуксизлик тенгламалари билан бирлаштирилган ва идеал ВАХ учун Шокли тенгламаси тақриф қилинган. Бундан ташқари, эффектив камбағаллашган қатлам (ЭКК) ичидаги рекомбинацион ва генерацион жараёнлар идеалга нисбатан сезиларли даражада оғиши келтириб чиқарилган ва 2D ўлчамдаги p-n- бирикмасининг сиғимлари ва ўтказувчанлиги таҳлил қилинган. Атом жиҳатдан юпқа MoS₂ нинг икки ўлчовли табиати ва кам қувватли электроника потенциалли янги яратилган наноэлектроника айниқса, космосга боғланган электроника учун муҳим аҳамият касб этади. Буларни иноватга олиб, [7] ишда икки ўлчовли MoS₂ ли майдон транзисторларига вакуумли ультрабинафша нурланиш таъсирини тажриба натижалари келтирилган [8]. Ишда эса ўтиш металл диҳалкогенит икки ўлчовли яримўтказгич қурилмаларда квант сиғими ҳамда майдонларнинг юқори қизиқли зичлигининг ташувчи статистикасига таъсири тадқиқ қилинган ва тажриба маълумотлари билан таққосланган. 3D ўлчамдаги p-n ўтиш

характеристикаларини ўрганишда ҳозирга қадар кўплаб тадқиқотлар ўтказилган [10-17].

Бироқ, юқорида келтирилган тадқиқотларда 2D ўлчамдаги p-n – ўтиш фототокларининг ёруғлик частотасига боғлиқлиги ҳамда 2D ва 3D ўлчамли яримўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги етарлича назарий жиҳатдан ўрганилмаган.

Ушбу ишнинг мақсади, 2D ўлчамдаги p-n-ўтиш фототокларининг ёруғлик частотасига боғлиқлиги ҳамда 2D ва 3D ўлчамли яримўтказгичларнинг электр ўтказувчанлигини назарий жиҳатдан ўрганишдан иборат.

2D ўлчамли p-n-ўтиш фототокларининг ёруғлик частотасига боғлиқлиги

Яримўтказгичли 2D материалларга асосланган фотодетекторлар учун яримўтказгич вольт-ампер характеристикаси фототокларининг ёруғлик частотасига боғлиқ ҳолда ўзгаришини кўриб чиқамиз. Бунда 2D ўлчамли p-n-ўтишнинг умумий токини ҳисоблаш учун Шокли тенгламасидан фойдаланиш мумкин [8]:

$$I_{ds} = \frac{mU_T}{R_s} W \left[\frac{I_s R_s}{mU_T} \exp \left(\frac{U_{ds} + I_s R_s}{mU_T} \right) \right] - I_s \quad (1)$$

Бу ерда, I_s – тўйиниш токи, m - p-n-ўтиш ВАХ нинг ноидеаллик коэффиценти, $U_T = \frac{kT}{q}$ – иссиқлик кучланиши, W – Ламберт функцияси,

R_s – диодга кетма-кет уланган қаршилик. (1) ифодадан фойдаланиб, 2D ўлчамдаги p-n-ўтишнинг вольт-ампер характеристикасини олишимиз мумкин (1-расм, 1-чизик). 2D ўлчамдаги фотодиоднинг умумий токини (1) ифодадан фойдаланган ҳолда қуйидагича келтириб ҳисоблашимиз мумкин:

$$I_{ds} = \frac{mU_T}{R_s} W \left[\frac{I_s R_s}{mU_T} \exp \left(\frac{U_{ds} + I_s R_s}{mU_T} \right) \right] - I_s - I_c \quad (2)$$

бунда, $I_c = eI_0(1 - \beta_0)$, $I_0 = \alpha G(1 - R)$ – ёруғлиқнинг интенсивлиги, $\alpha = A(h\nu - E_g - \Delta\epsilon)^r$ – ёруғлиқнинг ютилиш коэффиценти, $h\nu \approx E_g$ бўлса, $\alpha = A(\Delta\epsilon)^r$, E_g – тақиқланган зона кенглиги, ν – ёруғлиқ частотаси, h – Планк доимийси, Δ – деформация потенциали, r – тўғри рухсат этилган ўтиш учун $r = \frac{1}{2}$, тўғри тақиқланган ўтиш учун $r = \frac{3}{2}$. A – коэффицент тўғри рухсат этилган ўтиш учун $A = 2 \cdot 10^4$, $G = \frac{W_i}{h\omega}$ – юза бирлигига тушаётган фотонлар сони, W_i – тўла ёруғлиқ энергияси, $R = \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2$ – ёруғлиқнинг қайтариш коэффиценти, n – муҳитнинг синдириш кўрсаткичи, $L = \left(\frac{2\epsilon\epsilon_0}{e} \frac{n_n + p_p}{n_n p_p} (\varphi_0 + U)\right)^{\frac{1}{2}}$ – ҳажмий заряд қатлами кенглиги, $L_s = \frac{D_e}{s}$, s – рекомбинация тезлиги [9].

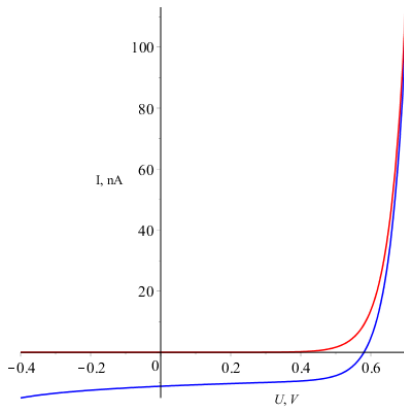
Юқоридагиларни ҳисобга олиб фототок учун

$$J_c = -\frac{eI_0}{1 + \frac{L}{L_s}} = \frac{e\alpha G(1-R)}{1 + \left(\frac{2\epsilon\epsilon_0}{e} \frac{n_n + p_p}{n_n p_p} (\varphi_0 + U)\right)^{\frac{1}{2}} \frac{s}{D_e}} = \frac{eG(1-R)A(\Delta\epsilon)^r}{1 + \left(\frac{2\epsilon\epsilon_0}{e} \frac{n_n + p_p}{n_n p_p} (\varphi_0 + U)\right)^{\frac{1}{2}} \frac{s}{D_e}} \quad (3)$$

ифодага эга бўламиз. (3) ни (2) га қўйсак,

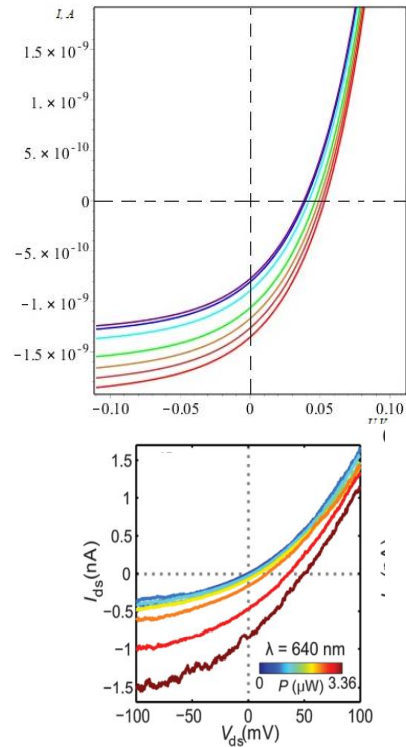
$$I_{ds} = \frac{mU_T}{R_s} W \left[\frac{I_s R_s}{mU_T} \exp \left(\frac{U_{ds} + I_s R_s}{mU_T} \right) \right] - I_s - \frac{eG(1-R)A(\Delta\epsilon)^r}{1 + \frac{L}{L_s}} \quad (4)$$

ифодага эга бўламиз. Ушбу ифодадан фойдаланиб, 2D ўлчамдаги яримўтказгич вольт-ампер характеристикаси учун қуйидаги графикка эга бўламиз (1-расм, 2-чирик).



1-расм. 2D ўлчамдаги р-п-ўтиш вольт - ампер характеристика

2D ўлчамдаги р-п-ўтиш вольт-ампер характеристикасининг ёруғлиқ тўлқин узунлигига боғлиқлик ҳолда ўзгаришини назарий жиҳатдан (4) ифода ёрдамида кўрсатиб (2-(а) расм) ва олинган натижани тажриба [1] натижалари (2-(б) расм) билан солиштирдик. Ушбу солиштиришлардан кўринадики, назарий ва тажриба натижалари сифат жиҳатдан мос тушапти.



2-расм. 2D ўлчамдаги р-п-ўтиш вольт - ампер характеристикаси. а) назарий, б) тажриба [1].

2 (б)-расмда ёруғлиқ тўлқин узунлигига мос равишда тескари ток ўзгариб бораётганини тажриба натижалари кўрсатиб турибди. Бу фотовольтаик механизмга мос келади ва ҳосил бўлган фототок тескари токни ортиради. Расмда кўрсатилган қурилма томонидан ишлаб чиқарилган электр қуввати ($P_{эл} = I_{ds} V_{ds}$) энг катта ёруғлиқ кучи остида тахминан 13pWt га етади.

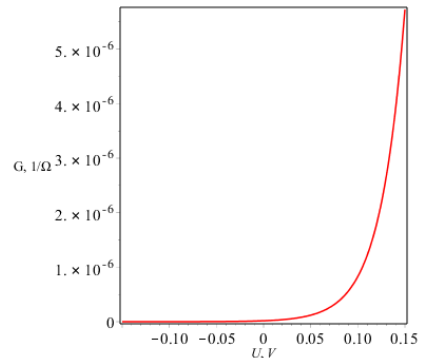
3D ва 2D ўлчамли р-п-ўтишларнинг дифференциал ўтказувчанлигини солиштириш

3D ўлчамдаги р-п ўтишнинг дифференциал ўтказувчанлиги G қуйидаги муносабат билан аниқланади [9]:

$$G = \frac{dI}{dU} = \frac{eI_s}{kT} \exp\left(\frac{eU}{kT}\right) \quad (5)$$

Бу ерда I – ток кучи, U – қучланиш, e – электрон заряди, k – Больцман доимийси, T – панжара ҳарорати.

(5) ифодадан фойдаланиб, 3D ўлчамдаги р-п ўтиш дифференциал ўтказувчанлиқнинг қўйилган қучланишга боғлиқлик графигини олиш мумкин (3-расм).

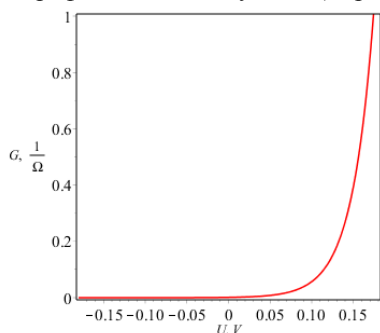


3-расм. р-п ўтиш дифференциал ўтказувчанлигининг қучланишга боғлиқлиги

2D ўлчамдаги р-п-ўтишнинг диффузия сифими учун [6] ишда келтирилаётган ифодадан фойдаланган ҳолда қуйидаги формулага эга бўламиз:

$$G = \frac{q^2 n_i^2 (L_n + L_p)}{k T N_d} \exp\left(\frac{qU}{kT}\right) \quad (6)$$

бу ерда, $n_i = g_{2D} kT \exp\left(-\frac{E_g}{2kT}\right)$, $L_n = L_p = \sqrt{D_{n(p)} \tau_{n(p)}}$, $D_{n(p)} = \frac{kT \mu_{n(p)}}{q}$, $N_d = 4 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$ [6].
(6) ифодадан фойдаланиб, 2D ўлчамдаги p-n ўтиш дифференциал ўтказувчанликнинг қўйилган кучланишга боғлиқлик графигини олиш мумкин (4- расм).



4-расм. p-n ўтиш дифференциал ўтказувчанлигининг кучланишга боғлиқлиги

Адабиётлар

1. Buscema M., Joshua O. Island, Dirk J. Groenendijk, Sofya I. Blanter, Gary A. Steele, Herre S. J. van der Zant, Andres Castellanos-Gomez. Photocurrent generation with two-dimensional van der Waals semiconductors. *Chemical Society Reviews*. Issue 11. 24.04.2015.
2. Buscema M., Groenendijk, D., Steele, G. *et al.* Photovoltaic effect in few-layer black phosphorus PN junctions defined by local electrostatic gating. *Nat Commun* 5, 4651 (2014). <https://doi.org/10.1038/ncomms5651>
3. Posdichil A., Furchi M., Mueller T. Solar-energy conversion and light emission in an atomic monolayer p-n diode. *Nature Nanotech* 9, 257–261. 2014. <https://doi.org/10.1038/nnano.2014.14>
4. Baugher, B., Churchill, H., Yang, Y. *et al.* Optoelectronic devices based on electrically tunable p-n diodes in a monolayer dichalcogenide. *Nature Nanotech* 9, 262–267 (2014). <https://doi.org/10.1038/nnano.2014.25>
5. Justin Boddison-Chouinard, Alex Bogan, Norman Fong, Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi, Sergei Studenikin, Andrew Sachrajda, Marek Korkusinski, Abdulmenaf Altintas, Maciej Bieniek, Pawel Hawrylak, Adina Luican-Mayer, Louis Gaudreau. Gate controlled quantum dots in monolayer WSe₂. *Mesoscale and Nanoscale Physics*. 1 Aug 2021.
6. Ferney A. Chaves, a Pedro C. Feijoo and David Jiménez. The 2D PN Junction Driven Out-of-Equilibrium. *Nanoscale Adv.*, 2020, DOI: 10.1039/D0NA00267D.
7. Jariwala D, Sangwan V K, Late D J, Johns J E, Dravid V P, Marks T J, Lauhon L J and Hersam M C 2013 *Appl. Phys. Lett.* 102 173107
8. B. W. H. Baugher, H. O. H. Churchill, Y. Yang and P. JarilloHerrero, Optoelectronic devices based on electrically tunable p-n diodes in a monolayer dichalcogenide, *Nat. Nanotechnol.*, 2014, 9, 262–267.
9. Gulyamov A.G., Usmanov M.A. "Effect of deformation on photocurrents in p-n transitions," *Scientific Bulletin of Namangan State University: 2021 Vol.2: Iss.2, Article* Available at: <https://uzjournals.edu.uz/namdu/vol2/iss2/1>
10. G. Gulyamov, M.G. Dadamirzaev, M.O. Kosimova "Кучли электромагнит майдондаги p-n ўтиш дифференциал каршилиги ва диффузион сизимига деформация ва ёруғликнинг таъсири" //НамДУ илмий ахбороти, Наманган, 2021, №6, 23-29-б
11. Gulyamov G., Dadamirzaev M.G., Kosimova M., Gulomkodiroy B. "The nonideality coefficient of IVC p-n-junction in a strong microwave field when illuminated by light" //Journal of Scientific and Engineering Research, 2019, 6(7):241-246
12. [Шамирзаев С.Х.] Дадамирзаев М.Г., Қосимова М.О. Бир жинсли бўлмаган яримўтказгичли структураларнинг ўта юқори частотали майдондаги вольт-ампер характеристикаси. // БухДУ илмий ахбороти.- Бухоро: 2018, №4, 6-10-б.
13. Gulyamov G., Dadamirzaev M.G., Kosimova M., Uktamova M. "Thermophotoemf of hot charge carriers at p-n-junctions under exposure to a microwave field and light," *Scientific-technical journal: 2020, Vol. 24: Iss. 5, Article13.* Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol24/iss5/13>
14. Dadamirzayev M.G., Qosimova M.O. The effect of the variation of the electric field of the uhf waves on the cvc of the asymmetric p-n-junction //Theoretical & Applied Science. –USA, 2018, 10.15863/TAS. 401-405.
15. Гулямов Г., Дадамирзаев М.Г., Қосимова М. "ЎЮЧ майдонда ёруғлик таъсиридаги p-n-ўтиш ВАХ ноидеаллик коэффициенти" // Наманган Давлат Университети илмий ахбороти. –Наманган: 2019, №10, 42-49-б.
16. Gulyamov G., Dadamirzaev G. Dadamirzaev M.G., Kosimova M. "The influence of the microwave field on the characteristics of the p-n junction," *Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering: 2020, Vol. 2: Iss. 4, Article7.* <https://uzjournals.edu.uz/semiconductors/vol2/iss4/7>.
17. Gulyamov G., Dadamirzaev M.G., Kosimova M.O. "p-n ўтиш дифференциал ўтказувчанлиги ва диффузия сизимига кучли электромагнит майдон ва деформациянинг таъсири" //НамДУ илмий ахбороти. –Наманган: 2022, №1, 76-83-б.

РЕЗЮМЕ. 2D ўлчамдаги p-n-ўтиш вольт-ампер характеристикасининг ёруғлик тўлқин узунлигига боғлиқлиги назарий томондан ўрганилган. Олинган натижалар тажриба натижалари билан солиштирилган. 3D ўлчамли p-n ўтиш дифференциал ўтказувчанлигига нисбатан 2D ўлчамли p-n ўтиш дифференциал ўтказувчанлиги катта бўлиши назарий томондан кўрсатиб берилган.

РЕЗЮМЕ. Теоретически исследована зависимость вольт-амперной характеристики p-n-перехода двумерной шкалы от длины волны света. Полученные результаты сравнивали с результатами эксперимента. Теоретически было показано, что двумерная дифференциальная проводимость p-n перехода больше, чем трехмерная дифференциальная проводимость p-n перехода

SUMMARY. The dependence of the current-voltage characteristic is theoretically investigated of a two-dimensional p-n junction on the wavelength of light. The results obtained were compared with the experimental results. Theoretically, it has been shown that the two-dimensional differential conductivity of the p-n junction is greater than the three-dimensional differential conductivity of the p-n junction