

ленных пределах, в зависимости от концентрации примесных атомов которые влияет на фундаментальных параметрах таких материалов. На их основе можно синтезировать полупроводниковые материалы с широким диапазоном электрических и фотоэлектрических свойств, а также сверхрешетки с квантовыми точками.

SUMMARY. The currently existing technological methods for obtaining semiconductor materials for the development of efficient photocells with maximum efficiency and stable electrical parameters have almost reached their limit. To further increase the main parameters of photocells, it is necessary to use non-traditional properties of semiconductor materials or requires discovered new physical phenomena. The modern development of micro- and optoelectronics arouses interest in the synthesis of new materials, including those based on A^3B^5 and A^2B^6 semiconductor compounds. Since the band gap and lattice constant of such compounds vary within certain limits, depending on the concentration of impurity atoms, which affects the fundamental parameters of such materials. Based on them, it is possible to synthesize semiconductor materials with a wide range of electrical and photoelectric properties, as well as superlattices with quantum dots.

QUYOSH BATARIYASINING SAMARADORLIGI VA BOSHQA PARAMETRLARGA ALOQADORLIGI

D.R.O'rinboyev – *stajyor o'qituvchi*

A.X.Suvanov – *stajyor o'qituvchi*

J.X.Suvanov – *stajyor o'qituvchi*

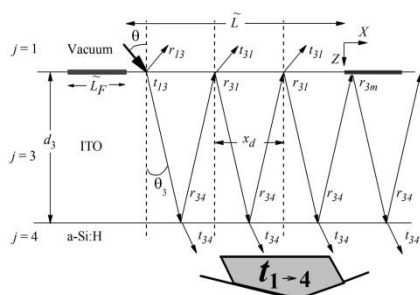
Namangan muhandislik-qurilish instituti

Tayanch so'zlar: SC-quyosh elementi (Solar cell), AM-Atmosfera massasi, FF-to'ldirish faktori, VAX-volt- amper-xarakteristka.

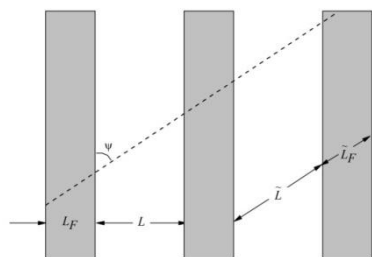
Ключевые слова: СК-солнечный элемент, AM-масса атмосферы, FF-фактор заполнения, VAX-вольтамперная характеристика.

Key words: SC-solar cell, AM-atmospheric mass, FF-fill factor, VAX-volt-ampere-characteristic.

Har xil vaqtlarda $a\text{-Si:H}$ quyosh batareyasining samaradorligi va boshqa parametrlarini hisoblash uchun, Ularga yorug'lik tushishini turli hil burchaklari θ va "finger-plane of incidence" mos keluvchi burchaklar Ψ (1 va 2 rasmlarga qarang), yoki quyosh batareyasi parametrlarini o'rtacha har xil vaqt oralig'ida hisoblash uchun, biz quyoshning ixtiyoriy vaziyatlari uchun quyosh spektrini bilishimiz kerak, masalan atmosfera massasini o'zgarishi Christian Gueymardning tomonidan qilingan ish ma'lumotlaridan foydalanib buni amalga oshirish mumkin [17]. Amaldagi FORTRAN dasturida, quyosh batareyasi samaradorligi va boshqa parametrlarni faqat AM0 va AM1,5 nurlanish shartlari uchun nurlanishning quyosh batareyasi yuzasiga normal tushish holatida hisoblash mumkin. Shunga qaramay, umumiy formula quyida yozilgan bo'lib, ular qiya tushgandagi nurning mumkin bo'lgan s – va p – qutublangan qismlarini hisobga oladi.



1-rasm



2-rasm

Qisqa tutashuv tokening umumiy zichligi, yuqorida aytib o'tilganidek 4- rasmda ko'rsatilga quyosh spektrlarining $I(\lambda)$ g'oyib bo'ladigan kichik (masalan deyarli monoxromatik)qisimlarining ulushlarini yig'ish yo'li bilan hisoblash mumkin.

$$j_{SC} = \frac{1}{2} \int_{\lambda_m}^{\lambda_0} \mathfrak{Z}(\lambda) [(j_{e,SC}^{\lambda,s} + j_{h,SC}^{\lambda,s}) + (j_{e,SC}^{\lambda,p} + j_{h,SC}^{\lambda,p})] d\lambda \quad (1)$$

Buyerda λ_m – quyosh spektridagi eng qisqa to'liq uzunligi, unda quyosh batareyasining faol mintaqasiga

yorug'lik kirib borishi hali ham davom etadi (hisoblashlarda 4.0 energiyaga mos keladigan $\lambda_m = 0.31 \mu m$ qiymati ishlatilgan $a\text{-Si:H}$ ning 4,0 eVga yaqin energiyadagi o'tkazuvchanligi 3-rasmga qarang), λ_0 bu $a\text{-Si:H}$ dagi taqiq soha E_g ga mos keladigan to'liq uzunligi. $\mathfrak{Z}(\lambda) = \frac{I(\lambda)}{h\omega} = I(\lambda)/2\pi\hbar c$ fotonlarning spectral zichligi, birlik maydonga tushishi, $j_{e,SC}^{\lambda,s(p)}$ va $j_{h,SC}^{\lambda,s(p)}$ λ to'liq uzunli monoxramatik nurdan qisqa tutashuv oqimiga ikkinchi va uchinchi qismlardagi elektronlar va teshiklarning ulushlari ko'rib chiqilgan.

$$g^{p(s)}(z, \lambda) = \frac{(1-m)\alpha_\lambda I_0^{p(s)}(\lambda) T_{1 \rightarrow 4}^{p(s)}(\lambda)}{1 - R_{4 \rightarrow 1}^{p(s)}(\lambda) R_{4 \rightarrow 5}^{p(s)}(\lambda) \exp[-2\alpha_\lambda(d_p + d + d_n)]} \times \exp(-\alpha_\lambda z) + R_{4 \rightarrow 5}^{p(s)}(\lambda) \exp[-2\alpha_\lambda(d_p + d + d_n)] \exp(\alpha_\lambda z) \quad (2)$$

$$A_{1,n}^{\lambda,p(s)} = \frac{(1-m)\alpha_\lambda I_0^{p(s)}(\lambda) T_{1 \rightarrow 4}^{p(s)}(\lambda)}{1 - R_{4 \rightarrow 1}^{p(s)}(\lambda) R_{4 \rightarrow 5}^{p(s)}(\lambda) \exp[-2\alpha_\lambda(d_p + d + d_n)]} * \frac{L_n^2/D_n}{1 - (\alpha_\lambda L_n)^2},$$

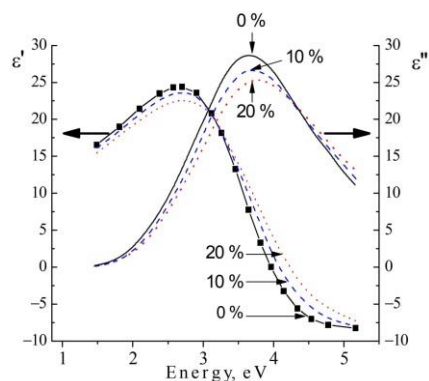
$$A_{2,n}^{\lambda,p(s)} = A_{1,n}^{\lambda,p(s)} R_{4 \rightarrow 5}^{p(s)}(\lambda) \exp[d_p + d + d_n]. \quad (3)$$

va

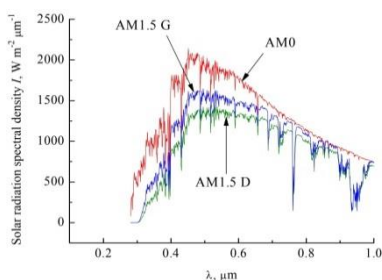
$$A_{1,p}^{\lambda,p(s)} = \frac{(1-m)\alpha_\lambda I_0^{p(s)}(\lambda) T_{1 \rightarrow 4}^{p(s)}(\lambda)}{1 - R_{4 \rightarrow 1}^{p(s)}(\lambda) R_{4 \rightarrow 5}^{p(s)}(\lambda) \exp[-2\alpha_\lambda(d_p + d + d_n)]} * \frac{L_p^2/D_p}{1 - (\alpha_\lambda L_p)^2},$$

$$A_{2,p}^{\lambda,p(s)} = A_{1,p}^{\lambda,p(s)} R_{4 \rightarrow 5}^{p(s)}(\lambda) \exp[-2\alpha_\lambda(d_p + d + d_n)]. \quad (4)$$

formuladagi $I_0^{p(s)}(\lambda)$ (1)- tenglamadagi integral ifodasi uchun oqim zichliklarini $j_{e,SC}^{\lambda,s(p)}$ va $j_{h,SC}^{\lambda,s(p)}$ hisoblash orqali foydalanish mumkin. $I_0^{p(s)}(\lambda)$ ning o'rniga (2), (3), va (4) dagi yorug'likning s - qutublangan qismi uchun intensivligi $\mathfrak{Z}(\lambda)/2$ va yorug'likning p -qutublangan qismi uchun bir xil intensivligi $\mathfrak{Z}(\lambda)/2$ bo'lib ko'rinadi (1)da.



3-rasm



4-rasm

Quyosh elementi ostida joylashgan zarjirdagi fototok zichligi nurlanish natijasida hosil bo'lgan qisqa tutashuvdagi oqim zichligi j_{sc} va qarama-qarshi yo'nalishda oqadigan diodli oqim zichligi sifatida ifodalash mumkin [1-3]

$$j_{ph} = j_{sc} - j_s \left[\exp \left(\frac{eV}{r k T} \right) - 1 \right]. \quad (5)$$

Buyerda V – nagruzka orqali tushuvchi kuchlanish, to'yingan tok zichligi j_s va ideal bo'lmagan to'ldirish koefitsienti r $a\text{-Si:H}$ dagi $p\text{-i}(n)$ birikmaning diod xarakteristikasidir. Qiymatlar $j_s = 10^{-12} \text{ A/sm}$ va $r = 1,5$ bizning hisob-kitoblarda [18] foydalanish mumkin. 16-rasm standart quyosh nurlanishi spektri $I(\lambda)$ haqiqiy to'liqinuzunligining diapazonidagi.

Salt yurish kuchlanishni V_{oc} , $j_{ph}(V_{oc}) = 0$ shartdan foydalanish bilan (5)dan mumkin:

$$V_{oc} = \frac{r k T}{e} \ln \left[\frac{j_{sc}}{j_s} + 1 \right] \quad (6)$$

Ideal quyosh batareyasining ichki qarshilik nol bo'lganning gepotetik holatida, quyosh batareyasining birlik yuzasidan hosil bo'lgan quvvat quydagicha ifodalanaadi;

$$W = V j_{ph}(V) = V j_s \left[\exp \left(\frac{e V_{oc}}{r k T} \right) - \exp \left(\frac{e V}{r k T} \right) \right] \quad (7)$$

Iste'mol qilinadigan quvvat optimal nagruzkada W_m maksimal qiymatga erishadi, quydagi shart bajarilganda

$$\left. \frac{dW}{dV} \right|_{V=V_m} = 0 \quad (8)$$

(7) va (8) kelib chiqadigan bo'lsak, optimal sistemadagi kuchlanish V_m tenglamadan toppish mumkin.

$$\exp \left(\frac{e V_m - e V_{oc}}{r k T} \right) \left[\frac{e V_m}{r k T} + 1 \right] - 1 = 0. \quad (9)$$

Bu holatdagi fototokning optimal zichligi quydagicha ifodalanaadi:

$$j_m = j_s \frac{e V_m}{r k T} \exp \left(\frac{e V_m}{r k T} \right) \quad (10)$$

va quyosh batareyasining birlik yuza tomonidan ishlab chiqarilgan optimal quvvat quydagicha bo'ladi.

$$W_m = V_m j_m = j_s \frac{e V_m^2}{r k T} \exp \left(\frac{e V_m}{r k T} \right) \quad (11)$$

S yuza quyosh batareyasida optimal qarshilikning R_m matematikasi navbati bilan quydagicha ifodalanaadi:

$$R_m S = \frac{V_m}{j_m} = \frac{r k T}{e j_s} \exp \left(- \frac{e V_m}{r k T} \right) \quad (12)$$

Biz quyosh batareyasining ularning uchta turdagi samaradorligi bilan xarakterlaymiz. Samaradorlik η_a - bu quyosh batareyasi bilik yuzasida optimal rejimda yig'ilgan quvvat W_m ning (11) quyosh batareyasi faol $a\text{-Si:H}$ qatlami ichiga yutilgan W_a quvvatga nisbati (bu yutilgan quvvat yuqorida tasvirlangan 34etal34al diapazonning cheklovlari, yorug'likning qisman qaytishi va uning metal kontaktlarda yutilishi va SC strukturasining faol bo'lmagan qatlamlari tufayli SC ga umumiy quyosh nurlanishi tushuvchi quvvatining faqat bir qismidir.)

$$\eta_a = \frac{W_m}{W_a} (a) \quad (13)$$

Yutilgan quvvat (1) dagiga o'xshash faol $a\text{-Si:H}$ qatlaminig qalinligi va spectral diapazoni $\lambda_m \dots \lambda_0$, generatsiya funksiyalarining (11) $g^s(z, \lambda) + g^p(z, \lambda)$ yig'indisini integralash orqali osongina hisoblash mumkin.

Samaradorlik η_p - bu kichik spectral intervalda $\lambda_m \dots \lambda_0$ optimal rejimdagi nurlanish quvvati W_m quyosh batareyasining birlik yuzasida toplangan quvvatga W_p bog'liqligi (spectral diapazonning cheklanmaganligi li, W_p -bu quyosh batareyasida umumiy nurlanish quvvatining faqat bir qismidir):

$$\eta_p = \frac{W_m}{W_p} \quad (14)$$

Uning tarifiga ko'ra, W_p ni quydagicha hisoblash mumkin:

$$W_p = \int_{\lambda_m}^{\lambda_0} I(\lambda) d\lambda. \quad (15)$$

Va nihoyat, samaradorlik η - bu quyosh nurlanishning to'liq spectral diapazoni optimal rejimdagi nurlanish quvvati W birlik yuzadagi quyosh batareyasida to'plangan W_m quvvatga bog'liqligi:

$$\eta = \frac{W_m}{W} \quad (16)$$

Bu yerda W quvvat W_p ga o'xshash holda hisoblash mumkin:

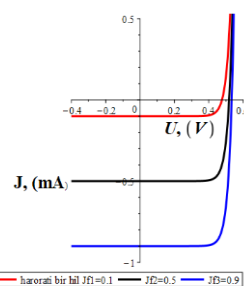
$$W = \int_0^\infty I(\lambda) d\lambda \quad (17)$$

Amalda, (17) dagi integralda quyosh spektrini past chegarasidagi nol o'rmiga $\lambda_l = 0.28 \mu m$ foydalanish mumkin va yuqori chegara uchun $\lambda_u = 4 \mu m$, chunki bu sohada tashqarida elektromagnit to'liqlar W umumiy quvvatga hissa qo'shmaydi.

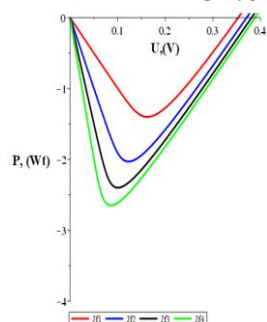
Quyosh batareyasini tafsivlovchi yana bir paramter bu to'ldirish koefitsientidir F u quydagicha aniqlanaadi [7]:

$$F = \frac{W_m}{V_{oc} j_{sc}} \quad (18)$$

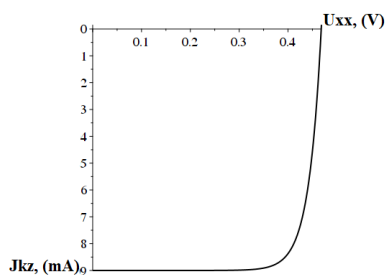
Quyosh bateriyasining samaradorligi va boshqa parametrlari xususan VAX, quvvati va to'ldirish faktorining o'zgarishini (13), (5) Va (18) formulalarga kerakli son qiymatlarni qo'yish orqali grafiklarini olishimiz mumkin [8].



5-rasm. VAX o'zgarishi



6- rasm Quvvatni foto ta'sirlar turlicha bo'lgan xol uchun o'zgarishi



7- rasm Quyosh batareyasini to'ldirish ko'effitsienti o'zgarishi

Xulosa. Yuqoridagi grafiklardan ko'rinadiki biz quyosh elementini har xil vaqtlardagi samaradorligini va boshqa parametrlarga bog'liqligini o'rganishga harakat qildik va quyosh elementi effektivligining kamayishini fizik mohiyati quyidagicha: elektron va kovaklar rekombinatsiya toklari ortadi, rekombinatsiya tokining ishorasi fototokning ishorasiga teskari. Fototok yorug'lik yordamida generatsiya tokini orttiradi. Oqibatda quyosh fotoelementining foydali quvvati, to'ldirish ko'effitsienti kamayadi.

Adabiyotlar

1. Green M.A., Emery K. et al Solar cell efficiency tables. //Prog. Photovolt: Res.Appl. 2013. Vol.21.
2. Cousinns P.J., Smith D.D., Luon H.C. et al Gen III:improved performance at Lower cost //proc. of. 35th IEEE. Photovoltaic Cells Conference Honolulu. 2010. - P. 153-157
3. Чуботопев С.Н., Пащенко А.С., Луин Л.С., Ирха В.А. Модулирование кремниевых тонкопленочных солнечных элементов a-Si:H / μ c-Si:H // Вестник южного научного центра. Т.9. №4, 2013. –С. 18-25.
4. Зеереп К. Физика полупроводников. –Москва: “Мир” 1977. –С. 165.
5. Carlson D.E. Semiconductors and Semimetal Amsterdam. Acamic Pres: -P. 353.
6. Крюченко Ю.В., Саченко А.В., Бобыль А.В., Мальчукова В.П., Соколовский И.О. Моделирование натуральных характеристик вертикальных тандемных солнечных элементов a-Si:H / μ c-Si:H . // Физика и техника полупроводников. 2015. Т. 49. В. 5. -С. 697-714.
7. Gulyamov G. , Majidova G.N., Shaxobiddinov B.B., Muxitdinova F.R. “Kremniy yarimo'tkazgichli p-n o'tishli diodlarning Fermi kvazisatxi va volt-ampere xarakteristikasining vorug'lik va deformatsiya ta'sirida o'zgarishi”. NamDU ilmiy axborotnomasi 2020.№ 8.
8. Gulyamov G., Gulyamov A., Shahobiddinov B., Majidova G. “Relation of quasi-level fermi of hot electrons and holes with the current-voltage characteristics of the p-n junction. Scientific Bulletin of Namangan State University 2 (4), 8-15.
9. Suvanov A.X, Suvanov J.X “Elektr energetikasi ta'minoti tizimi uzluksizligini ta'minlash dolzarb muammolarining samarador yechimlari”. Respublika ilmiy–texnika anjumani. 2021-yil 3-dekabr. -Farg'ona. 220-b.

REZYUME. a-Si:H quyosh batareyasining samaradorligi va boshqa parametrlarga bog'liqligi o'rganilgan. Quyosh bataryasini quvvati, to'ldirish faktori va VAXni tashqi ta'sirlar natijasida o'zgarishi experementlar bilan solishtirilgan hisoblash uchun formulalar keltirib chiqarilgan.

РЕЗЮМЕ. Исследован КПД солнечного элемента a-Si:H и его зависимость от других параметров. Формулы для расчета мощности солнечной батареи, коэффициента заполнения и изменения VAX от внешних воздействий сравниваются с экспериментальными.

SUMMARY. The efficiency of a-Si:H solar cell and its dependence on other parameters were studied. Formulas for calculating solar battery capacity, fill factor and VAX changes due to external influences were compared with experiments.

MASALANING UMUMIY YECHIMIDAN XUSUSIY YECHIMGA O'TISH

M.A.Zaxidova – fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent

Z.R.Giyasova – tayanch doktorant

O'zbekiston milliy universiteti

Tayanch so'zlar: umumiy yechim, xususiy yechim, gorizonttal, vertikal, og'irlik kuchi, jismning koordinatasi, maksimal balandlik.

Ключевые слова: общее решение, частное решение, горизонталь, вертикаль, сила тяжести, координаты тела, максимальная высота.

Key words: general solution, partial solution, horizontal, vertical, gravity, body coordinates, maximum height.

Mavzuning dolzarbligi: Muayyan, aniq bir savolni hal qilish uchun fizikaning umumiy qoidalarini har qanday qo'llash- bu fizikaviy masalani yechishdir. Fizik masala-bu mantiqiy fikrlab, fizik qonuniyatlarga asoslanib, matematik amallar yordamida hal qilinadigan muammodir. Masala yechishning ahamiyati shundaki, u talabalarda ilmiy dunyoqarashni shakllanishiga olib keladi. Ya'ni masala yechish davomida talabalarda mantiqiy va ijodiy fikrlash ko'nikmalari rivojlanadi.

Masala yechishning turli usullari mavjud bo'lib [1-2], ulardan biri masalaning umumiy yechimidan xususiy yechimini topishga o'tish usulidir. Bu usulning mohiyatini quyida keltirilgan misollar orqali ko'rib chiqamiz.

Faraz qilaylik jism bosib o'tgan yo'lining vaqtga bog'liqlik ifodasi

$$S = At + Bt^2 + Ct^3 + Dt^4 \quad (1)$$

ko'rinishda bo'lsin. Umuman olganda, bu formula o'zgaruvchan harakatni ifodalovchi umumiy formuladir. Bu ifodaga kirgan A, B, C, D larning qiymatlarini tanlash orqali jism harakatining oniy tezligini, oniy tezlanishini va harakatning xarakterini o'zgartirish mumkin. Masalan (1) ifodadagi D ni nolga tenglasak, uning jadalligi, ya'ni oniy tezligi kamayadi. Lekin harakatning xarakteri o'zgarmaydi – uning harakati tezlanuvchan bo'ladi:

$$S = At + Bt^2 + Ct^3 \quad (2)$$

Agar (1) ifodada $C = D = 0$ deb olsak, tekis tezlanuvchan harakatni ifodalovchi

$$S = At + Bt^2 \quad (3)$$

formulani hosil qilamiz.

Agar (1) formuladagi A dan boshqa barcha ko'effitsientlarni nolga tenglasak, hosil bo'lgan ifoda tekis harakatni ifodalaydi:

$$S = At \quad (4)$$

Yuqoridagi ifodalarni solishtirish shuni ko'rsatadiki, ularning birinchisi (1) boshqalariga nisbatan murakkabroq bo'lgan harakatni ifodalovchi umumiy ifoda sifatida qaralishi mumkin. U holda (2), (3) va (4) formulalarni (1) ifodaning u yoki bu darajada soddaroq bo'lgan harakatlarni ifodalovchi xususiy ko'rinishlari deb qarash mumkin.

Quyida masalaning umumiy holini ifodalovchi yechimdan xususiy hollarini ifodalovchi yechimlarga o'tishiga doir misol sifatida biror balandlikdan gorizontga nisbatan α burchak ostida v_0 boshlang'ich tezlik bilan ottilgan jismning harakatini ko'rib chiqamiz (1-rasm).

Agar x o'qini gorizonttal y o'qni esa vertikal yo'naltirsak v_0 boshlang'ich tezlikni gorizonttal va vertikal tashkil etuvchilarga ajratish mumkin. Og'irlik kuchi vector faqat vertikal yo'nalishga ega bo'lganligi sababli u tez-