

9-10-2019

INFLUENCE OF THE IDENTITY COEFFICIENT OF PHOTO VAC ON PHOTOGALVANICAL CHARACTERISTICS OF SUNNY ELEMENTS

Рустамжон Ғуломжонович Икрамов
Наманган муҳандилик технология институти

Икром Тўхтасинович Ражапов
Наманган муҳандилик технология институти

Одинахон Тўлқинбоевна Исманова
Наманган давлат университети

Гулнора Сирожиддин қизи Настинова
Наманган давлат университети

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/namdu>



Part of the [Physical Sciences and Mathematics Commons](#)

Recommended Citation

Икрамов, Рустамжон Ғуломжонович; Ражапов, Икром Тўхтасинович; Исманова, Одинахон Тўлқинбоевна; and Настинова, Гулнора Сирожиддин қизи (2019) "INFLUENCE OF THE IDENTITY COEFFICIENT OF PHOTO VAC ON PHOTOGALVANICAL CHARACTERISTICS OF SUNNY ELEMENTS," *Scientific Bulletin of Namangan State University*. Vol. 1 : Iss. 6 , Article 7.
Available at: <https://uzjournals.edu.uz/namdu/vol1/iss6/7>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific Bulletin of Namangan State University by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

INFLUENCE OF THE IDENTITY COEFFICIENT OF PHOTO VAC ON PHOTOGALVANICAL CHARACTERISTICS OF SUNNY ELEMENTS

Cover Page Footnote

???????

Erratum

???????

ҚУЁШ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИНГ ФОТОГАЛЬВАНИК ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИГА ФОТО ВАХНИНГ НОИДЕАЛЛИК КОЭФФИЦИЕНТИНИ ТАЪСИРИ

¹Икрамов Рустамжон Ғулдомжонович, ¹Ражапов Икром Тўхтасинович, ²Исманова
Одинахон Тўлқинбоевна, ²Насинова Гулнора Сирожиддин қизи, ²Абдужаббарова
Мадинабону Собиржон қизи

¹Наманган муҳандилик технология институти,

²Наманган давлат университети,

rgikramov@mail.ru

Аннотация: Мақолада қуёш элементларининг асосий фотогоальваник характеристикаларига фотовольт-ампер характеристикани (фотоВАХ) ноидеаллик коэффициентини таъсири назарий тадқиқ қилинган. Қуёш элементи фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффициентини фотоВАХ нинг турли нуқталари учун турли қийматларга эга бўлиши аниқланган. Фотовольтаик характеристикаларни эффектив қийматлари аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффициентига чизиқли боғлиқ бўлиши аниқланган. Шунингдек, қуёш элементларининг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффициентига бу характеристикаларнинг боғланиши жуда кучли (экспоненциаль) бўлиши кўрсатилган.

Калит сўзлар: Қуёш элементлари, фотовольт-ампер характеристика, фотовольт-ампер характеристикани ноидеаллик коэффициентини, фотогоальваник характеристикалар, қисқа туташув токи зичлиги, фотогоальваник характеристикаларни эффектив қийматлари.

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА НЕИДЕАЛЬНОСТИ ФОТО ВАХ НА ФОТОГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация: В статье теоретически исследовано связь между основными фотогоальваническими характеристиками и коэффициентом неидеальности фотовольт-амперной характеристики (фотоВАХ) солнечных элементов. Определено, что коэффициент неидеальности фотоВАХ имеет разные значения для разных точек фотоВАХ солнечных элементов. Определено, что фотовольтаические характеристики линейно зависят от коэффициента неидеальности фотоВАХ определяемое в точке их эффективные значения. Показано, а также что эти характеристики солнечных элементов очень сильно (экспоненциально) зависят от коэффициента неидеальности определяемое в точке тока короткого замыкание.

Ключевые слова: Солнечные элементы, фотовольт-амперная характеристика, коэффициент неидеальности фотовольт-амперной характеристики, фотовольтаические характеристики, ток короткого замыкание, эффективные значения фотовольтаических характеристик.

INFLUENCE OF THE IDENTITY COEFFICIENT OF PHOTO VAC ON PHOTO GALVANICAL CHARACTERISTICS OF SUNNY ELEMENTS

Abstract: In this article, the relationship between the main photovoltaic characteristics and the non-ideal coefficient of the photovoltaic-current characteristic (Photo VACH) of solar cells was theoretically investigated. It was determined that the coefficient of non-ideality of photo VACH has different values for different points of solar cells. Moreover, there is linear relationship at the points between the coefficient of non-ideality of photo VACH and points of PV features where the effective values finds was studied. It is shown that the photovoltaic characteristics will very strongly hang from the nonideality coefficient the short circuit determined at the point of the current and linearly hang up from the nonideality coefficient determined at the point by their effective values.

Keywords: Solar cells, photovoltaic-ampere characteristic, non-ideality coefficient of photovoltaic characteristic, photovoltaic characteristics, short circuit current, effective values of photovoltaic characteristics.

Ҳозирги кунда гидрогенизацияланган аморф кремний асосли қуёш элементлари фотогальваник характеристикаларининг ҳароратга боғлиқлигини ифодаловчи тенгламалар таҳлили ва уларни оптималлаштириш муҳим вазифалардан бири бўлиб келмоқда. Аморф кремнийнинг арзонлиги ва радиация нурлари оқимига чидамлиги юқори бўлгани учун унинг асосида қуёш элементлари ҳамда металл-диэлектрик-яримўтказгич структуралар, термоэлектрик қурилмалар яратишга алоҳида эътибор берилмоқда [1]. Фотогальваник характеристикаларнинг потенциал тўсиқ баландлиги ва ёритилгандаги вольт-ампер характеристикаси ноидеаллик коэффицентига боғлиқлигини назарий ўрганиш долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Адабиётларда [2] ҚЭ ларининг сальт ишлаш кучланиши (U_{cu}), қисқа туташув токи зичлиги (j_{qm}) учун келтириб чиқарилган ифодалардан кўринадики фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффицент (n') ига боғлиқ бўлмаслиги келтирилган. Тадқиқотларнинг кўрсатишича ушбу катталикларни бир-бирига боғлиқлигини алоҳида ўрганиш мумкин экан.

Шунинг учун бу ишда ҚЭ ларининг қисқа туташув токи зичлигини, эффектив кучланиш ($U_{эф}$), эффектив ток зичлиги ($j_{эф}$) ва эффектив қувватлар ($P_{эф}$) ни ҳароратга боғлиқлигини учун келтириб чиқарилган янги ифодалар асосида, бу параметрларни фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффицентига боғлиқлигини назарий тадқиқ қилинди.

Олдинги ишларимизда [3] $a\text{-Si:H}$ аморф гидрогенизирланган кремний асосли ҚЭ модел сифатида танлаб, уларда ҳосил бўладиган тўйиниш токи зичлиги (j_0) учун:

$$j_0 = j_{00} \exp\left(\frac{q\varphi}{k} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)\right), \quad (1)$$

сальт ишлаш кучланиши учун:

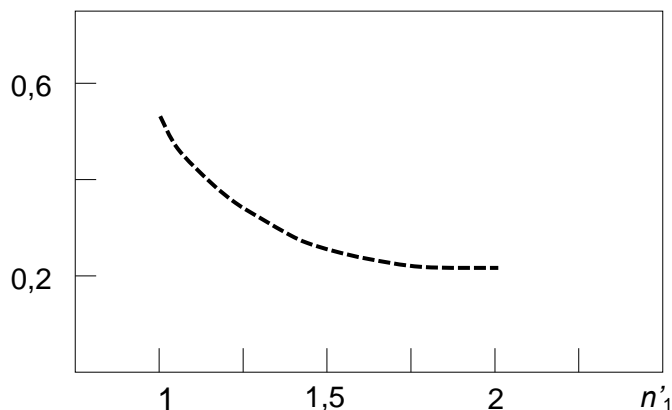
$$U_{cu} = (U_{cu0} - n'_1 \varphi) \frac{T}{T_0} + n'_1 \varphi, \quad (2)$$

қисқа туташув токи зичлиги учун:

$$j_{km} = j_{00} \exp \left[\frac{q(\varphi_0 - \gamma T)}{k} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \right] \exp \left[\frac{q(\varphi_0 - \gamma T)}{n'_2 k T_0} \left(\frac{U_{cu0}}{(\varphi_0 - \gamma T)} - 1 + \frac{T_0}{T} \right) \right] - 1 \quad (3)$$

ифодалар олинган. Бу ерда $T_0=300$ К температурадаги j_{00} -тўйиниш токининг зичлиги, U_{cu0} - салт ишлаш кучланиши ва φ_0 - потенциал тўсиқ баландлиги, k – Больцман доимийси, q - электрон заряди, φ - ҚЭ ининг потенциал тўсиғи баландлиги ва n'_1 – салт ишлаш кучланиши аниқланадиган нуқтадаги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффиценти, n'_2 – қисқа туташув токи зичлиги аниқланадиган нуқтадаги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффиценти, ҚЭ потенциал тўсиғи баландлигининг температуравий коэффиценти бўлиб уни қиймати аморф яримўтказгичларнинг таъқиқ зонасининг энергетик кенглигининг температуравий коэффиценти билан бир хил бўлади. Шунинг учун унинг қиймати яримўтказгичлар учун $\gamma \approx (5 \cdot 10^{-4} - 10^{-5})$ эВ/К оралиқда жойлашади [4].

$U_{эф}, В$



1- расм. ҚЭ ларининг эффектив кучланишининг фотоВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффицентиға боғланиши. Хисоблашларни $T_0=273$ К, $T=300$ К, $j_0=1,5 \cdot 10^{-10}$ А, $U_{cu}=0,65$ В, $\varphi_0=1,12$ В ва $\gamma=5 \cdot 10^{-4}$ В/К қийматлар учун бажарилди.

Юқоридаги формулалардан кўринадик, ҚЭ ларининг тўйиниш

токи зичлиги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффицентиға боғлиқ бўлмас экан.

[5] ишда эса, ҚЭ тажрибалардан аниқланадиган фотоВАХ дан фойдаланиб, тўлдириш коэффиценти (ff) қийматини аниқлаш усулига кўра, эффектив кучланиш ($U_{эф}$), эффектив ток зичлиги ($j_{эф}$) ва эффектив қувватни ($P_{эф}$) температураға боғлиқлигини аниқловчи ва тажрибалардан олинган натижаларни етарлича яхши изоҳлашга имкон берадиган содда кўринишдаги қуйидаги формулалар олинган:

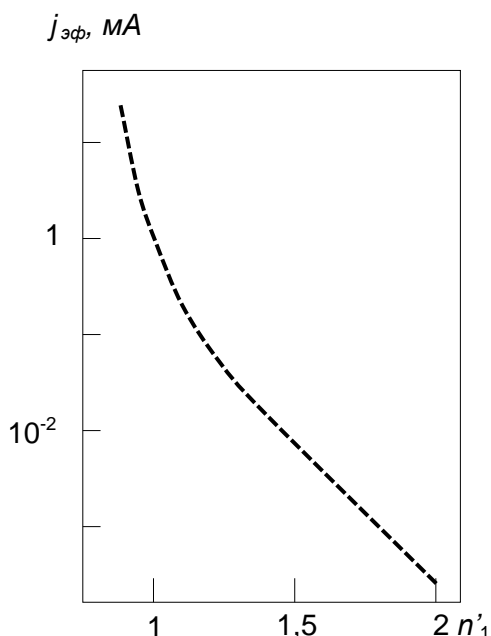
$$U_{эф} = \frac{n'_3 k T}{q} \ln \frac{j_{km} n'_3 k T}{j_0 q U_{cu}} \quad (4)$$

$$j_{эф} = j_{km} \left(\frac{n'_3 k T}{q U_{cu}} - 1 - \frac{j_0}{j_{km}} \right) \quad (5)$$

$$P_{эф} = \frac{n'_3 k T j_{km}}{q} \left(1 + \frac{j_0}{j_{km}} - \frac{n'_3 k T}{q U_{cu}} \right) \ln \frac{j_{km} n'_3 k T}{j_0 q U_{cu}} \quad (6)$$

Бу ерда n'_3 – фотогальваник характеристикаларни эффектив қийматлари аниқланадиган нуқтадаги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффиценти.

Эффектив кучланиш, ҚЭ ларининг фотоВАХ сининг эффектив қувват аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ инг ноидеаллик коэффициентига боғлиқ бўлмайди [5], аммо бу параметр учун келириб чиқарилган формулада (4) қисқа туташув токи зичлиги мавжуд бўлганлиги учун, бу параметр ҳам фотоВАХ нинг қисқа туташув токи зичлиги аниқланадиган нуқтасида ноидеаллик коэффициентига

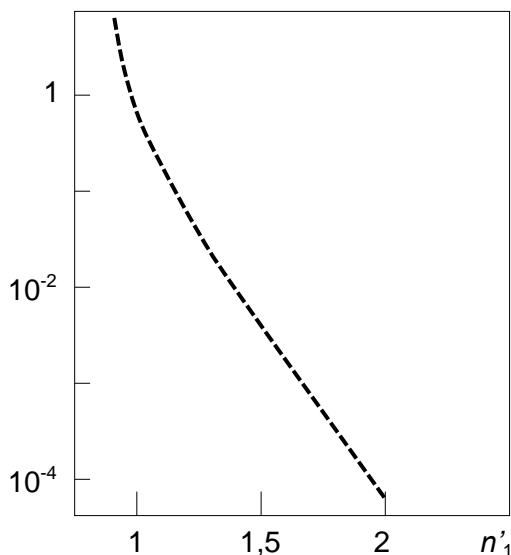


2- расм. ҚЭ ларининг эффектив токини фотоВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффициентига боғланиши. Ҳисоблашларни $T_0=273 \text{ K}$, $T=300 \text{ K}$, $j_0=1,5 \cdot 10^{-10} \text{ A}$, $U_{cu}=0,65 \text{ B}$, $\phi_0=1,12 \text{ B}$ ва $\gamma=5 \cdot 10^{-4} \text{ B/K}$ қийматлар учун қийматлар учун бажарилган.

2-расмда ҚЭ ларининг эффектив токини (5) формуладан ҳисобланган фотоВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффициентига боғланиши келирилган. Ҳисоблашларни $T_0=273 \text{ K}$, $T=300 \text{ K}$, $j_0=1,5 \cdot 10^{-10} \text{ A}$, $U_{cu}=0,65 \text{ B}$, $\phi_0=1,12 \text{ B}$ ва $\gamma=5 \cdot 10^{-4} \text{ B/K}$ қийматлар учун бажарилди. Расмдан кўринадик, ҚЭ ларининг эффектив токини фотоВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффициентига боғланиши жуда кучли бўлар экан. Ноидеаллик коэффициенти катталашиб борган сари эффектив ток экспоненциал равишда камайиб ноидеаллик коэффициентини қиймати 1 ва 2 оралиғида ўзгарганда токни қиймати 140,1 мА дан $9,05 \cdot 10^{-4} \text{ мА}$ оралиқда ўзгарар экан.

боғлиқ бўлади. Ток зичлигининг ва қувватнинг эффектив қийматлари эса, ҚЭ ларининг фотоВАХ сининг эффектив қувват аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ инг ноидеаллик коэффициентига ҳам, қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ инг ноидеаллик коэффициентига ҳам, боғлиқ бўлади.

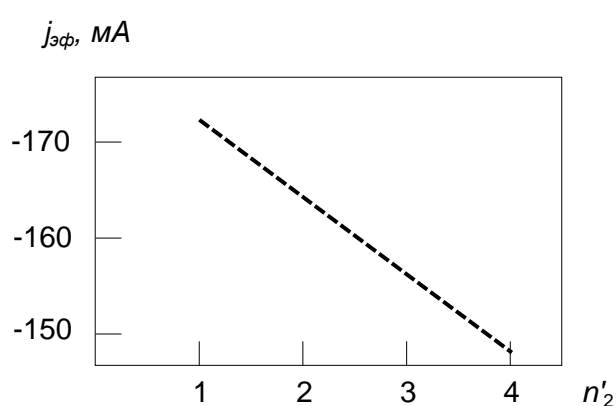
1- расм. ҚЭ ларининг эффектив кучланишининг (4) формуладан ҳисобланган фотоВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффициентига боғланиши келтирилган. Кўрииб турибдики, бу боғланиш жуда кучсиз бўлиб, фотоВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффициенти катталашиб бориши билан эффектив кучланиш камайиб борар экан. Ноидеаллик коэффициенти 1 дан 2 гача ўзгарганда эффектив кучланиш 0,6 дан 0,2 гача ўзгарар экан. Ҳисоблашларни $T_0=273 \text{ K}$, $T=300 \text{ K}$, $j_0=1,5 \cdot 10^{-10} \text{ A}$, $U_{cu}=0,65 \text{ B}$, $\phi_0=1,12 \text{ B}$ ва $\gamma=5 \cdot 10^{-4} \text{ B/K}$



3- расм. ҚЭ ларининг эффектив қувватини фотоВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ нинг ноидеаллик нуқтасига боғланиши. Ҳисоблашларни $T_0=273\text{ K}$, $T=300\text{ K}$, $j_0=1,5\cdot 10^{-10}\text{ A}$, $U_{cu}=0,65\text{ B}$, $\phi_0=1,12\text{ B}$ ва $\gamma=5\cdot 10^{-4}\text{ B/K}$ қийматлар учун

камайишига олиб келади.

4-расмда ҚЭ ларининг эффектив токини (5) формула ёрдамида ҳисобланган фотоВАХ нинг эффектив қувват аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффициентига боғланиши келтирилган. Бу боғланиш чизиқли бўлиб n_2' ни қиймати 1 дан 4 гача ортиб борганда $j_{эф}=(173,8 - 146,48)\text{ mA}$ оралиқда камаяар экан.

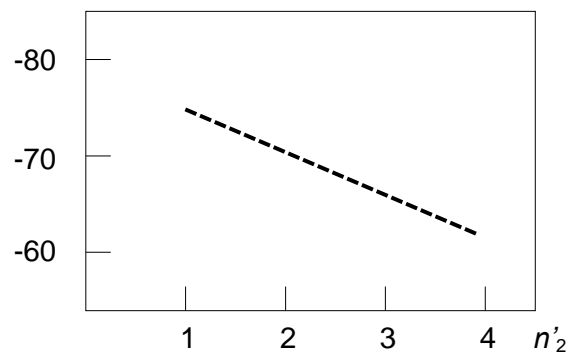


4-расм. ҚЭ ларининг эффектив токини фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффициентига боғланиши. Ҳисоблашларни $T_0=273\text{ K}$, $T=300\text{ K}$, $j_0=9\cdot 10^{-9}\text{ A}$, $\phi_0=1,12\text{ B}$, $U_{cu}=\phi_0/2\text{ B}$, $\gamma=5\cdot 10^{-4}\text{ B/K}$ ва $n_1'=1,00239$ қийматлар учун

Ҳисоблашларни $T_0=273\text{ K}$, $T=300\text{ K}$,

3- расмда ҚЭ ларининг эффектив қувватини фотоВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффициентига боғланиши учун (6) формуладан олинган ҳисоблаш натижалари келтирилган. Бу боғланиш ҳам, жуда кучли бўлиб, ноидеаллик коэффициентини катталашиб борган сари эффектив ток экспоненциал равишда камайиб ноидеаллик коэффициентини қиймати 1 ва 2 оралиғида ўзгарганда эффектив қувватни қиймати 75,1 мВт дан $2,08\cdot 10^{-4}\text{ мВт}$ оралиқда ўзгарар экан. Ҳисоблашларни $T_0=273\text{ K}$, $T=300\text{ K}$, $j_0=1,5\cdot 10^{-10}\text{ A}$, $U_{cu}=0,65\text{ B}$, $\phi_0=1,12\text{ B}$ ва $\gamma=5\cdot 10^{-4}\text{ B/K}$ қийматлар учун бажарилди. Бу ҳисоблашлардан кўринадики, фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффициентини катталашганда ҚЭ ларининг фотогальваник характеристикаларини эффектив қийматлари камаяар экан. Бу эса ҚЭ ларининг ФИК ларни

$P_{эф}$, мВт



5-расм. ҚЭ ларининг эффектив қувватини фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффициентига боғланиши. Ҳисоблашларни $T_0=273\text{ K}$, $T=300\text{ K}$, $j_0=9\cdot 10^{-9}\text{ A}$, $\phi_0=1,12\text{ B}$, $U_{cu}=\phi_0/2\text{ B}$, $\gamma=5\cdot 10^{-4}\text{ B/K}$ ва $n_1'=1,00239$

$j_0=9 \cdot 10^{-9}$ А, $\phi_0=1,12$ В, $U_{cu}=\phi_0/2$ В, $\gamma=5 \cdot 10^{-4}$ В/К ва $n_1'=1,00239$ қийматлар учун бажарилди.

5-расмда эса ҚЭ ларининг эффектив қувватини (6) формуладан олинган фотоВАХ нинг эффектив қувват аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффицентига боғланиши келтирилган. Бу боғланиш ҳам чизиқли бўлиб ноидеаллик коэффиценти 1 дан 4 гача ортиб борганда ҚЭ ларнинг эффектив қуввати $P_{эф}=(76,6 - 64,54)$ мВт оралиқда камайр экан. Ҳисоблашларни $T_0=273$ К, $T=300$ К, $j_0=9 \cdot 10^{-9}$ А, $\phi_0=1,12$ В, $U_{cu}=\phi_0/2$ В, $\gamma=5 \cdot 10^{-4}$ В/К ва $n_1'=1,00239$ қийматлар учун бажарилди.

[6] ишда ҚЭ нинг ФИК учун яримэмпирик усулда содда ва бу параметрни ҚЭ ларининг бошқа фотогальваник характеристикаларига боғланишларини аниқлаш имкониятини яратадиган ифода олинган. Олинган ифода ёрдамида ҚЭ нинг ФИК ини температура, фотоВАХ нинг эффектив қувват аниқланадиган нуқтасидаги фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффиценти каби параметрларга боғланишини тушунтира олиши кўрсатилган.

Маълумки ҚЭ ларининг фойдали иш коэффиценти (ФИК)

$$\eta = ff \frac{U_{cu} j_{км}}{P_0 S} \quad (7)$$

ифодадан аниқланади. Бу ерда ff -ҚЭ лари фотоВАХ сининг тўлдириш коэффиценти, P_0 - ҚЭ юзасига тушаётган қуёш радиациясининг қуввати, S - ҚЭ нинг ишчи юзаси.

Бу ифодалардан фойдаланиб ҚЭ ларининг ФИК ни қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин.

$$\eta = \frac{U_{эф} j_{эф} U_{cu} j_{км}}{U_{cu} j_{км} P_0 S} = \frac{U_{эф} j_{эф}}{P_0 S} = \frac{P_{эф}}{P_0 S} \quad (8)$$

ҚЭ ларининг ФИК ни аниқловчи (4.3) формулага эффектив қувват зичлиги учун олинган ифодани қўйиб ҚЭ ларининг ФИК учун қуйидаги тенгламани олиш мумкин.

$$\eta = \frac{\frac{kT j_{км}}{q} \left(1 + \frac{j_0}{j_{км}} - \frac{n'_2 kT}{q U_{cu}} \right) \ln \frac{j_{км}}{j_0} \frac{kT}{q U_{cu}}}{P_0 S} \quad (9)$$

(9) формуладан олинган ҚЭ ларининг ФИК ни ҳисоблаш натижалари 6-расмда келтирилган. Расмда гомоген кремний асосли ҚЭ ФИК нинг температуравий боғлиқлиги учун ҳисоблаш ва тажрибавий натижалар кўрсатилган.

Кўриниб турибдики бу натижалар $-73 \text{ }^\circ\text{C} < T < 77 \text{ }^\circ\text{C}$, температура интервалида яхши мос келади, ҳисоблашлар эса тажрибани тўлдиради. Бу графикдан кўринадиги кремний асосли ҚЭ $T < -160 \text{ }^\circ\text{C}$ ва $T > 120 \text{ }^\circ\text{C}$ температураларда ишлашга яроқсиз бўлар экан. Шунини эслатиб ўтиш керакки, барча ҳисоблашлар параметрларнинг қуйидаги қийматлари учун олиб борилди: $T_0=273$ К, $\phi_0=1,42$ В, $\gamma=5 \cdot 10^{-5}$ В/К, $U_{ох}=1,076$ В, $J_{00}=1,75 \cdot 10^{-18}$ А.

Шундай қилиб ушбу ишда, ҚЭ ларининг фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффицентини фотоВАХ нинг турли нуқталарида турли қийматларга эга бўлиши аниқланди. ҚЭ ларининг фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффицентини ҳар қандай ортиши фотогальваник характеристикаларни қийматларини камайишига олиб

келиши, бу эса ҚЭ ларнинг ФИК ини камайишига сабаб бўлиши аниқланди. ҚЭ ларининг эффектив ток зичлиги ва эффектив қувватларни ҳароратга боғланиши учун келтириб чиқарилган янги ифодалар асосида, бу параметрларни фотоВАХ ни ноидеаллик коэффициентига боғланишини назарий тадқиқ қилинди. Фотогальваник характеристикаларни эффектив қийматлари аниқланадиган нуқтадаги фотоВАХ ни ноидеаллик коэффициентига боғланиши эса чизиқли бўлиши кўрсатилди. Эффектив кучланишни қисқа туташув токи зичлигини аниқланадиган нуқтадаги фотоВАХ ни ноидеаллик коэффициентига боғланиши жуда кучсиз бўлиши кўрсатилди.

Бундан ташқари ҳисоблашлардан кремний асосли қуёш элементлари $T < -160$ °C ва $T > 120$ °C температураларда ишлашга яроқсиз бўлиши аниқланди.

References:

1. Amorfnie poluprovodniki: Per. s angl./Pod red. M. Brodski. -M.: Mir, 1982.-418 s.
2. Farenbrux A., Byub R. Solnechnie elementi (teoriya i eksperiment), M., Energoatomizdat, 1987, -278 s.
3. Zaynobiddinov S., Ikramov R.G., Aliev R., Ismanova O.T., Niyazova O., Nuritdinova M.A. «Vliyanie temperaturi na fotoelektricheskie xarakteristiki solnechnix elementov iz amorfnoqo kremniya», Geliotexnika, 2003, № 3, s.19-22.
4. Aliev R., Alinazarova M.A., Ikramov R.G., Ismanova O.T. Vliyaniya temperaturi na effektivnie znacheniya fotogalvanicheskix xarakteristik solnechnix elementov. International Scientific Journal for Alternativ Energy and Ekologi, Scientific Technical Center TATA, № 15, (137) 2013. s.36-40.
5. Aliev R., Ikramov R.G., Alinazarova M.A., Ismanova O.T. Influence of temperature on photocurrent of amorphous semiconductor-based solar element. Applied Solar Energy, 2009, Vol.45, No.3, pp. 148-150.
6. Aliev R., Ikramov R.G., Ismanova O.T., Alinazarova M.A. Poluempiricheskoe uravnenie dlya temperaturnix zavisimostey fotoelektricheskix parametrov a-Si:H solnechnix elementov. Geliotexnika, 2011, №1, s. 61-64.