



ҚУЁШ ЭЛЕМЕНТЛАРИ ЭФФЕКТИВ ФОТОЭЛЕКТРИК ПАРАМЕТРЛАРИНИНГ ҚИСҚА ТУТАШУВ ТОКИ АНИҚЛАНАДИГАН НУҚТАСИДАГИ ВАХ НИНГ НОИДЕАЛЛИК КОЭФФИЦИЕНТИГА БОҒЛАНИШИ

Алиязарова М.

*Наманган вилояти педагогларни янги методикаларга ўргатиш миллий маркази,
Аниқ ва табиий фанлар методикаси кафедраси мудири, доцент.*

Таянч сўзлар: қуёш элементи, қисқа туташув токи зичлиги, эффектив кучланиш, эффектив ток зичлиги, эффектив кувват, ҳарорат, вольт-ампер характеристикаси, ноидеаллик коэффиценти.

Ключевые слова: солнечный элемент, плотность тока короткого замыкания, эффективное напряжение, эффективная плотность тока, эффективная мощность, температура, ВАХ, коэффициент неидеальности.

Key words: solar cell, short-circuit current density, effective voltage, effective current density, effective power, temperature, current-voltage characteristic, non-ideality coefficient.

Гидрогенизацияланган аморф кремний ($a\text{-Si:H}$) асосидаги ҚЭ ларининг асосий хусусиятлари сифатида: уларни катта юзаларда тайёрлаш мумкинлиги ва бу материалнинг ишчи қатламининг монокристалл яримўтказгичларникига нисбатан оптик ютилиш коэффиценти ва фотосезгирлигининг катта эканлигини кўрсатиш мумкин. $a\text{-Si:H}$ нинг оптик ютилиш коэффиценти ва фотосезгирлигининг катталиги бу материал структурасининг тартибсизлиги ва унда водороднинг мавжудлиги билан белгиланади. [1; 208 б., 2; 141 б.] Бу борада мақсадли илмий тадқиқотларни амалга ошириш, жумладан, гидрогенизацияланган аморф кремний асосли ҚЭ ларини эффектив фотогальваник параметрларини вольт-ампер характеристикасининг ноидеаллик коэффицентиغا боғлиқлигини таҳлили қилиш ва уларни оптималлаштириш, уларни самарали ишлаш ҳарорат интервалини аниқлаш шу соҳани долзарб муаммоларидан ҳисобланади.

[3; 41-44 б.] ишда U_{cu} , j_{qm} ва n' лар бир-бирига боғлиқ бўлмаслиги ва шунинг учун уларни бир-бирига боғланишларини алоҳида ўрганиш мумкин эканлиги кўрсатилган.

Яримўтказгичлар асосида тайёрланадиган Шоттки тўсикли ҚЭ ларининг ноидеаллик коэффиценти $n \approx 1,0-2,5$ ораликда, $p-n$ ва $p-i-n$ асосли ҚЭ лариники эса $n \approx 1,0-3,5$ ораликда ётади.

[4; 405-410] ишда ҚЭ ини фотогальваник характеристикаларини эффектив кийматларини аниқлаш мумкин бўлган ифодаларни олдик. Энди мақсадимиз, бу параметрларни вольт-ампер характеристикасининг ноидеаллик коэффицентиغا боғланишини тадқиқ қилишдан иборат. [5; 19-25 б.] ишда ҚЭ ни j_0 –тўйиниш ва j_{qm} –қисқа туташув токи зичиклари, U_{cu} – салт ишлаш кучланиши ҳам, ҳароратга боғланишини

аниқловчи ифодаларни олдик. [6; 148-150 б.] ишда чиқарилган хулосаларга таяниб бу параметрларни куйидаги кўринишларда ёзамиз:

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

$$U_{cu} = (U_{cu0} - \varphi) \frac{T}{T_0} + \varphi, \quad (2)$$

$$j_{km} = j_0 \left[\exp\left[\frac{q\varphi}{n'_1 k T_0} \left(\frac{U_{cu0}}{\varphi} - 1 + \frac{T_0}{T}\right)\right] - 1 \right]. \quad (3)$$

Бу ифодалардаги n'_1 -ҚЭ ини ВАХ сини қисқа туташув токи аниқланадиган нуктасидаги ВАХ ни ноидеаллик коэффициентни бўлиб бу катталикни қиймати хароратни $100\text{K} < T < 500\text{K}$ интервалида деярли ўзгармаслиги [7; 61-64 б.] ишда кўрсатилган. φ - ҚЭ ининг потенциал тўсиғи баландлиги бўлиб, уни жуда паст бўлмаган хароратлар учун куйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\varphi = \varphi_0 - \gamma T. \quad (4)$$

Бу ерда, φ_0 - ҚЭ ининг $T=0$ К хароратдаги потенциал тўсиғи баландлиги бўлиб, уни салт ишлаш кучланишини хароратга боғланишини ($U_{cu}(T)$), $T=0\text{K}$ га экстрополяция қилиб аниқлаш мумкин [8; 38-41 б.]. γ - потенциал тўсик баландлигини харорат коэффициенти бўлиб, яримўтказгичлар учун уни қиймати 10^{-3} - 10^{-4} В/К ораликда ётади. (4) ни (1) - (3) ларга кўйилса, бу фотогальваник характеристикаларда ўзгарувчи сифатида фақат харорат қолади.

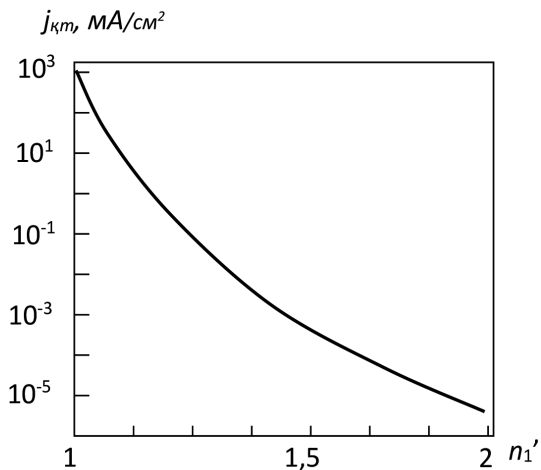
ҚЭ ларни эффектив кучланишни, эффектив ток зичлигини, ва эффектив кувват зичлигини хароратга боғланишини аниқловчи ифодаларни олдинги бобда чиқарилган хулосаларга кўра куйидаги кўринишларда ёзамиз:

$$U_{\varphi} = \frac{kT}{q} \ln \frac{j_{km}}{j_0} \frac{kT}{qU_{cu}} \quad (5)$$

$$j_{\varphi} = j_{km} \left(\frac{n'_2 kT}{qU_{cu}} - 1 - \frac{j_0}{j_{km}} \right) \quad (6)$$

$$P_{\varphi} = \frac{kT j_{km}}{q} \left(1 + \frac{j_0}{j_{km}} - \frac{n'_2 kT}{qU_{cu}} \right) \ln \frac{j_{km}}{j_0} \frac{kT}{qU_{cu}}. \quad (7)$$

1-расмда ҚЭ ларининг қисқа туташув токи зичлигига ВАХ нинг ноидеаллик коэффициентини таъсирини аниқлаш бўйича (3) формуладан олинган ҳисоблаш натижалари келтирилган.



1-расмда ҚЭларининг қисқа туташув токига ВАХнинг ноидеаллик коэффициентини таъсирини аниқлаш бўйича (3) формуладан олинган ҳисоблаш натижалари келтирилган. $U_{0cu}=0.31В$, $\varphi=1.16В$, $j_{00}=1.28 \cdot 10^{-4}$ мА учун бажарилди.

Ҳисоблашларни $U_{0cu}=0.31 В$, $\varphi=1.16В$, $j_{00}=1.28 \cdot 10^{-4}$ мА қийматлар учун бажарилди. Ҳисоблашлар бу боғланиш ВАХ нинг ноидеаллик коэффициенти ортиб бориши билан қисқа туташув токи зичлиги камайиб боришини ва бу боғланиш жуда кучли бўлишини кўрсатди [9; 36-40 б.].

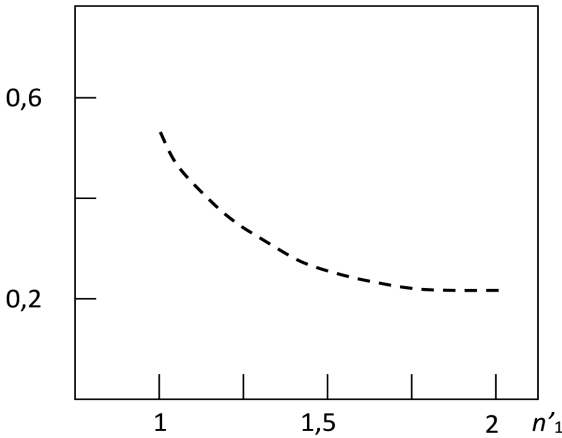
ҚЭ ларининг салът ишлаш кучланиши ВАХ нинг ноидеаллик коэффициентиға умуман боғлиқ бўлмайди [10; 14-16 б]. Эффе́ктив кучланиш эса, ҚЭ ларининг ВАХ сининг эффе́ктив қувват аниқланадиган нуқтасидаги ВАХ инг ноидеаллик коэффициентиға боғлиқ бўлмайди, аммо бу параметр учун келириб чиқарилган формулада (5) қисқа туташув токи зичлиги мавжуд бўлганлиги учун, бу параметр ҳам ВАХ нинг қисқа туташув токи зичлиги аниқланадиган нуқтасида ноидеаллик коэффициентиға боғлиқ бўлади. Ток зичлигининг ва қувватнинг эффе́ктив қийматлари эса, ҚЭ ларининг ВАХ сининг эффе́ктив қувват аниқланадиган нуқтасидаги ВАХ инг ноидеаллик коэффициентиға ҳам, қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги ВАХ инг ноидеаллик коэффициентиға ҳам, боғлиқ бўлади.

2 - расм. ҚЭ ларининг эффе́ктив кучланишининг (5) формуладан ҳисобланган ВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги ВАХ нинг ноидеаллик коэффициентиға боғланиши келтирилган. Ҳисоблашларни $T_0=273K$, $T=300 K$, $j_0=1,5 \cdot 10^{-10} A$, $U_{cu}=0,65В$, $\varphi_0=1,12В$ ва $\gamma=5 \cdot 10^{-4} В/К$ қийматлар учун бажарилган. Расмдан кўринадики, ВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги ВАХ нинг ноидеаллик коэффициенти катталашиб бориши билан эффе́ктив кучланиш камайиб борар экан.

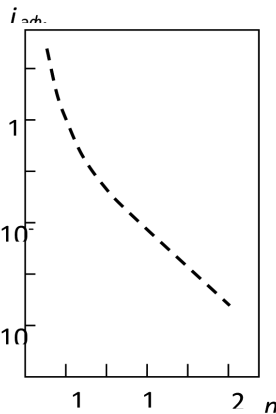


3 - расмда ҚЭ ларининг эффектив токини (6) формуладан хисобланган ВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги ВАХ нинг ноидеаллик коэффициентига боғланиши келирилган. Ҳисоблашларни $T_0=273\text{ K}$, $T=300\text{ K}$, $j_0=1,5\cdot 10^{-10}\text{ A}$, $U_{cu}=0,65\text{ V}$, $\varphi_0=1,12\text{ B}$ ва $\gamma=5\cdot 10^{-4}\text{ B/K}$ қийматлар учун бажарилди. Расмдан кўринадики, ҚЭ ларининг эффектив токини ВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги ВАХ 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 $9,05\cdot 10^{-4}\text{ mA}$ оралиқда ўзгарар экан.

$U_{эф}, \text{ B}$



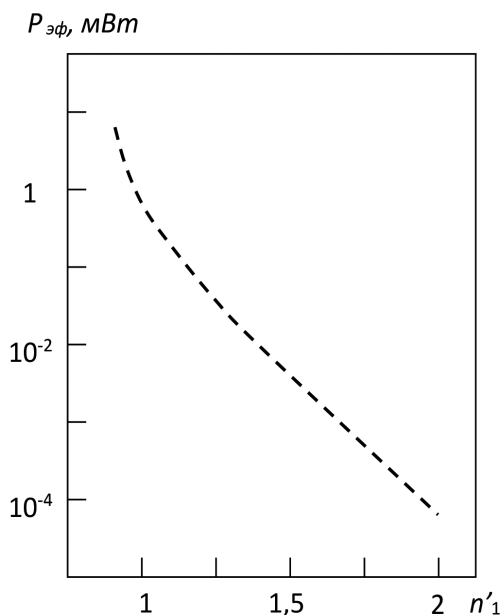
2- расм. ҚЭ ларининг эффектив қучланишининг ВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги ВАХ нинг ноидеаллик коэффициентига боғланиши. Ҳисоблашларни $T_0=273\text{ K}$, $T=300\text{ K}$, $j_0=1,5\cdot 10^{-10}\text{ A}$, $U_{cu}=0,65\text{ V}$, $\varphi_0=1,12\text{ B}$ ва $\gamma=5\cdot 10^{-4}\text{ B/K}$ қийматлар учун бажарилди.



3- расм. ҚЭ ларининг эффектив токини ВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги ВАХ нинг ноидеаллик коэффициентига боғланиши. Ҳисоблашларни $T_0=273\text{ K}$, $T=300\text{ K}$, $j_0=1,5\cdot 10^{-10}\text{ A}$, $U_{cu}=0,65\text{ V}$, $\varphi_0=1,12\text{ B}$ ва $\gamma=5\cdot 10^{-4}\text{ B/K}$ қийматлар учун бажарилди.



4 - расмда ҚЭ ларининг эффектив қувватини ВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги ВАХ нинг ноидеаллик коэффициентига боғланиши учун (7) формуладан олинган ҳисоблаш натижалари келтирилган. Бу боғланиш ҳам, жуда кучли бўлиб, ноидеаллик коэффициенти катталашиб борган сари эффектив ток экспоненциал равишда камайиб ноидеаллик коэффициентини қиймати 1 ва 2 оралиғида ўзгарганда эффектив қувватни қиймати 75,1 мВт дан $2,08 \cdot 10^{-4}$ мВт оралиқда ўзгарар экан. Ҳисоблашларни $T_0=273$ 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. Бу ҳисоблашлардан кўринадики, ВАХ нинг ноидеаллик коэффициенти катталашганда ҚЭ ларининг фотогальваник характеристикаларини эффектив қийматлари камайар экан. Бу эса ҚЭ ларининг ФИК ларни камайишига олиб келади.



4 - расм. ҚЭ ларининг эффектив қувватини ВАХ нинг қисқа туташув токи аниқланадиган нуқтасидаги ВАХ нинг ноидеаллик нуқтасига боғланиши. Ҳисоблашларни $T_0=273$ 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.

ҚЭ ларининг қисқа туташув токи зичлигини, эффектив кучланиш, эффектив ток зичлиги ва эффектив қувватларни ҳароратга боғланиши учун келтириб чиқарилган янги ифодалар асосида, бу параметрларни ВАХ сини ноидеаллик коэффициентига боғланишини назарий тадқиқ қилинди.

Ҳисоблашлар бу боғланишлардан фотоВАХ нинг ноидеаллик коэффициенти ортиб бориши билан қисқа туташув токи зичлиги, эффектив кучланиш, эффектив ток зичлиги ва эффектив қувватларни жуда кучли камайиши кўрсатилди.

Бу натижалардан қуйидаги хулосани чиқариш мумкин. ҚЭ ларининг ВАХнинг ноидеаллик коэффициентини ҳар қандай ортиши фотогальваник характеристикаларни қийматларини камайишига олиб келар экан. Бу эса ҚЭ ларининг ФИК ини камайишига сабаб бўлади.



Адабиётлар:

1. Аморфные полупроводники: Пер. с англ./Под ред. М. Бродски. -М.: Мир, 1982.-418 с.
2. Фаренбрух А., Бьюб Р. Солнечные элементы (теория и эксперимент), М., Энергоатомиздат, 1987, -278 с.
3. R. Aliyev, M. Алиназарова, R. Ikramov. A Semiempirical Efficiency Test for solar cells based on AlGaAs- AlGaAs and Si. Applied solar energy vol.52 New York No. 2, 2016. pp. 41-44
4. Р. Икрамов, М.Алиназарова. Температурная зависимость коэффициента полезного действия солнечных элементов“Science, research, development philology, sociology and culturology” №5 Collection International Conference. Berlin, 2018 у.- р.405-410.
5. Р.Г. Икрамов М.Алиназарова О.Т.Исманова И.Т.Ражапов Куёш элементларининг фойдали иш коэффициенти ва фотовольт-ампер характеристикасининг ноидеаллик коэффициенти НамДУ илимий ахборотномаси.-Наманган. 2019 й.-№2.-Б.19-25.
6. 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.
7. Алиев Р., Икрамов Р.Г., Исманова О.Т., Алиназарова М.А. Полуэмпирическое уравнение для температурных зависимостей фотоэлектрических параметров а-Si:H солнечных элементов. Гелиотехника, 2011, №1, с. 61-64.
8. Алиев Р., Икрамов Р.Г., Исманова О.Т., Алиназарова М.А. коэффициент заполнения нагруженной вольт-амперной характеристики солнечных элементов и его роль в определении их температурных свойств. Гелиотехника, 2011, №2, с. 38-41.
9. Алиев Р., Алиназарова М.А., Икрамов Р.Г., Исманова О.Т. Влияния температуры на эффективные значения фотогальванических характеристик солнечных элементов. IJAEE(Russia), № 15, (137) 2013стр. 36-40
10. Алиев Р., Алиназарова М.А., Икрамов Р.Г., Исманова О.Т. Influence of the temperature on efficient importance photo galvanic characteristics of solar elements. Litters in IJAEE (Russia), N 3, 2014 14-16.

РЕЗЮМЕ

Ушбу ишда куёш элементларининг қисқа туташув токи зичлигини, эффектив кучланиш, эффектив ток зичлиги ва эффектив кувватларни ҳароратга боғланиши учун келтириб чиқарилган ифодалар асосида, бу параметрларни вольт-ампер характеристикасининг ноидеаллик коэффициентига боғланиши назарий тадқиқ қилинди.

РЕЗЮМЕ

В данной работе на основе полученных выражений зависимости плотности тока короткого замыкания, эффективного напряжения, эффективной плотности тока и эффективной мощности солнечных элементов от температуры установлена связь этих параметров с коэффициентом неидеальности теоретически изучена вольт-амперная характеристика.

SUMMARY

In this work, based on the obtained expressions for the dependence of short-circuit current density, effective voltage, effective current density and effective power of solar cells on temperature, a connection between these parameters and the non-ideality coefficient has been established. The current-voltage characteristic has been theoretically studied.