

Օ.Ա. ԶԱԴՈՅԱՆ, Ա.Մ. ԶԱԴՈՅԱՆ, Գ.Շ. ՇՄԱԿՈՆՅԱՆ

**ՖՈՏՈՎՈԼՏԱՅԻՆ ՏԱՐԵՐԻ ՈՐԱԿԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ԵՎ ԱՐԵՎԱՅԻՆ
ՄՈԴՈՒԼՆԵՐՈՒՄ ԴՐԱՆՑ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՆՊԱՏԱԿԱՀԱՐՄԱՐՈՒԹՅԱՆ
ՈՐՈՇՈՒՄԸ**

Որոշվել են արևային մոդուլներում սիլիցիումային ֆոտովոլտային տարրերի կիրառման նպատակահարմարությունը՝ չափելով դրանց վոլտամպերային բնութագրերը և հաշվարկելով իդեալականության գործակիցները, հազեցման հոսանքները և հազեցման գործոնների կախվածությունները ընկնող լույսի ինտենսիվությունից:

Առանցքային բառեր. ֆոտովոլտային տարր, p-n անցում, հազեցման հոսանք, վոլտամպերային բնութագիր:

Ներածություն: Ավանդական էներգակիրների պաշարների նվազման և երկրի մթնոլորտի աղտոտման արդյունքում այլընտրանքային էներգիայի աղբյուրների կիրառումը արդիական է ամբողջ աշխարհում: Հայաստանը արևային երկիր է (մեկ տարում արևային օրերը կազմում են 80...90 %), ուստի արևի էներգիան ուղղակի էլեկտրականի փոխակերպող սարքերի՝ ֆոտովոլտային տարրերի արդյունավետության մեծացումը և արդյունքում դրանց կիրառության ընդլայնումը էականորեն կմեծացնի էներգաանկախության աստիճանը, որը կարևորագույն գործոն է ցանկացած երկրի համար:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Ֆոտովոլտային տարրերը պատրաստվում են կիսահաղորդչային նյութերից, որոնցից հիմնականը դեռևս սիլիցիումն է [1-4]: Էլեկտրականապես միացված ֆոտովոլտային տարրերի համախմբի՝ մոդուլների միացումից կարելի է ստանալ անհրաժեշտ պարամետրերով ֆոտովոլտային կայաններ [2-5]: Հետազոտման նպատակն է, ելնելով մթնային և լուսային վոլտ-ամպերային բնութագրերից, միևնույն մոդուլում տարբեր ֆոտովոլտային տարրերի համախմբմամբ էլեկտրակայանների ստեղծման համար ներկայացնել ֆոտովոլտային տարրերի հազեցման հոսանքի, իդեալականության գործակիցի և հազեցման գործոնի որոշման մեթոդիկաները, նմանատիպ փորձանմուշների համար իրականացնել այդ պարամետրերի ստուգում և կատարել եզրակացություն միևնույն էլեկտրակայանում վերջիններիս պիտանիության վերաբերյալ:

Հետազոտության արդյունքները: Դիֆուզիոն սիլիցիումային ֆոտովոլտային տարրերն ունեն փոքր խորությամբ p-n անցում, վերին մակերևույթում ստացված շերտաձև, իսկ ներքին մակերևույթում՝ համատարած օհմական հպակներ: Վերին մակերևույթը արևի կամ այլ ճառագայթների աղբյուրի կողմից ենթարկվում է լուսավորման, և ներքին ֆոտոէֆեկտի երևույթի հետևանքով երկու տարբեր էլեկտրա-

կան հատկություններով կիսահաղորդիչների միջև առաջանում է էլեկտրական հոսանք [1-4]: P-ն անցումում գոյություն ունի պոտենցիալների տարբերություն, և առաջացած պոտենցիալային արգելքը պայմանավորված է p-ն անցման միջով հիմնական լիցքակիրների դիֆուզիայով առաջացած էլեկտրական դաշտով: Երբ p-ն անցման վրա ընկնում են արգելման գոտու լայնությունը գերազանցող էներգիայով ֆոտոններ, դրանց կլանման արդյունքում առաջանում են էլեկտրոն-խոռոչ զույգեր: P-ն անցման ներքին դաշտի ազդեցությամբ լույսով գեներացված լիցքակիրները շարժվում են հակադիր ուղղություններով, և ֆոտոգեներացված լիցքակիրների առանձնացմամբ առաջացած դաշտը p-ն անցման սահմանակից տիրույթում հանգեցնում է ուղիղ ուղղությամբ պոտենցիալների տարբերության՝ ֆոտոէլեկտրաշարժ ուժի (ֆոտոէլշու) առաջացմանը:

Ֆոտովոլտային տարրով անցնող լրիվ հոսանքը որոշվում է (1) արտահայտությամբ.

$$I = I_s \left(\exp \left(\pm \frac{eU}{kT} - 1 \right) \right), \quad (1)$$

որտեղ I_s -ը հագեցման հոսանքն է, T-ն՝ բացարձակ ջերմաստիճանը, e-ն՝ տարրական լիցքը, U-ն՝ p-ն անցմանը կիրառվող լարումը, իսկ k-ն՝ Բոլցմանի հաստատունը [4,5]: Բարձր լարումների դեպքում, քանի որ $eU_{p-n} \gg kT$, դիոդային կառուցվածքով անցնող (1) արտահայտությամբ որոշվող հոսանքը կորոշվի (2) արտահայտությամբ.

$$I = I_s \left(\exp \left(\frac{eU}{nkT} \right) \right), \quad (2)$$

որտեղ n-ը դիոդային կառուցվածքի իդեալականության գործակիցն է [5,6]:

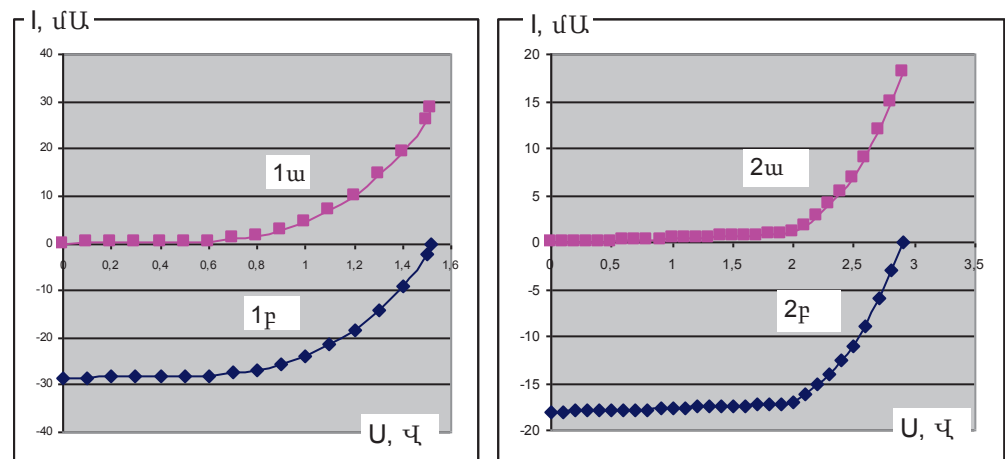
(2) արտահայտությունը լոգարիթմելուց հետո այն կստացվի.

$$\ln I = \ln I_s + \frac{1}{n} \cdot \frac{eU}{kT}, \quad (3)$$

որտեղ I_s -ը ֆոտովոլտային տարրի հագեցման հոսանքն է, e-ն՝ տարրական լիցքը ($1.6 \cdot 10^{-19}$ Կլ), U-ն՝ կիրառված լարումը (Վ), k-ն՝ Բոլցմանի հաստատունը ($1,38 \cdot 10^{-23}$ Ջ/Կ), T-ն՝ բացարձակ ջերմաստիճանը (սենյակային ջերմաստիճանում՝ $T \approx 300$ Կ) [6,7]: Նշանակելով՝ $A = e/(kT)$, կստանանք $A = 38.65$ Վ⁻¹: Ելնելով նշվածից, մթնային վոլտամպերային բնութագրից դիոդային կառուցվածքի հագեցման հոսանքի և իդեալականության գործակցի որոշման համար անհրաժեշտ է կառուցել $\ln I$ -ի և eU/kT -ի կախվածության կորը: Այնուհետև կառուցելով $\ln I = f(eU/kT)$ գծային տեսքով կախվածու-

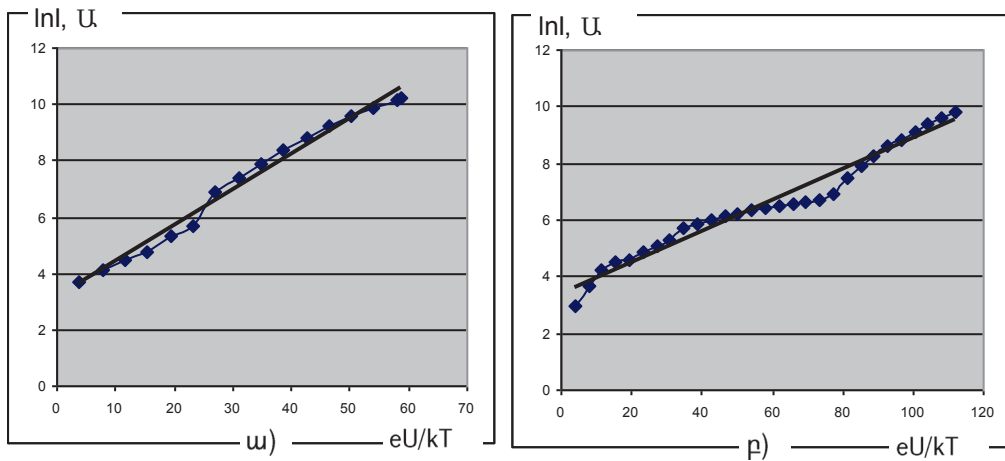
թյունը և ստանալով վերջինիս հատման կետը օրդինատների՝ $\ln(I)$ -ի առանցքի հետ, կստացվի հագեցման $\ln I_s$ արժեքը, որից կորոշվի հագեցման հոսանքը: Դրա հետ մեկտեղ արսցիսների՝ eU/kT առանցքի հետ կազմած անկյան կոտանգենսը կհամապատասխանի իդեալականության n գործակցին: Հագեցման հոսանքի հնարավորինս փոքր խտությունը և իդեալականության գործակցի 1-ից ոչ շատ մեծ (մինչև 2) արժեքները վկայում են որակյալ ֆոտովոլտային տարրի մասին և ապահովում են մեծ հագեցման գործոն: Վերջինս էլ, բնութագրելով լուսային վոլտամպերային բնութագրի ուղղանկյունաձևությունից շեղվածության չափը, կարևոր պարամետր է հանդիսանում ֆոտովոլտային տարրի որակը գնահատելիս [1, 3, 6-8]:

Աշխատանքում, հիմնվելով տեսական հետազոտության արդյունքների վրա, փորձնականորեն ստացվել են միատեսակ, միևնույն մակերեսով ($25,9\text{սմ}^2$) քառակուսաձև երկու սիլիցիումային ֆոտովոլտային տարրերի լուսային և մթնային վոլտամպերային բնութագրերը 60 Վտ հզորությամբ լույսի աղբյուրից լուսավորելիս (նկ.1), հաշվարկվել են ֆոտովոլտային տարրերի հագեցման հոսանքները, իդեալականության գործակցիցները և հագեցման գործոնների կախվածությունը լույսի ինտենսիվության տոկոսային արժեքներից:

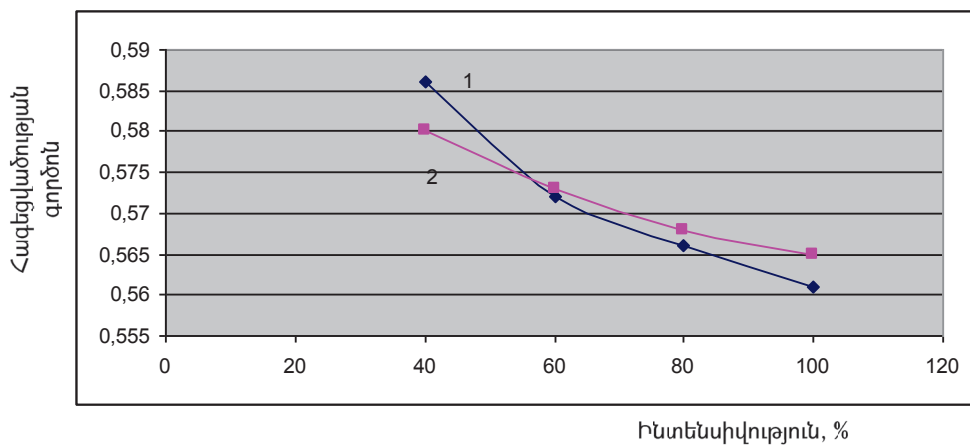


Նկ. 1. Ֆոտովոլտային երկու տարրերի մթնային (1ա և 2ա) և լուսային (1բ և 2բ) վոլտամպերային բնութագրերը

Ֆոտովոլտային տարրերի մթնային և լուսային վոլտամպերային բնութագրերի հիման վրա ստացվել են $\ln I$ -ի և eU/kT -ի կախվածության կորերը (նկ.2), ինչպես նաև լույսի ինտենսիվությունից հագեցման գործոնների կախումները (նկ.3):



Նկ. 2. Ֆոտովոլտային առաջին ա) և երկրորդ բ) փարերի $|I|=f(eU/kT)$ կախվածությունները գծային մոդարկումներով



Նկ. 3. Հագեցվածության գործոնի կախումը լույսի ինտենսիվության փոփոխման արժեքից, թ.1 և թ.2 հարթակների համար

(3) արտահայտություններից ստացված հագեցման I_s հոսանքի, իդեալականության n գործակցի և լույսի 100% ինտենսիվության դեպքում հագեցման գործոնի արժեքները երկու ֆոտովոլտային տարրերի համար բերված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

Հազեցման հոսանքի, իդեալականության գործակցի և լույսի 100% ինտենսիվության դեպքում հազեցման գործոնի արժեքները երկու ֆոտովոլտային տարրերի համար

Ֆոտովոլտային տարրի համարը	հազեցման հոսանքի խտությունը, մկԱ/սմ ²	իդեալականության գործակիցը,	հազեցման գործոնը, %
1	0.768	7.1	56.1
2	1.144	14	62.9

Այսպիսով, հետազոտված ֆոտովոլտային տարրերում հազեցման հոսանքի խտությունը (մոտ 1 մկԱ/սմ²) և հազեցման գործոնը (մոտ 60%) համընկնում են տիպային ֆոտովոլտային տարրերի համապատասխան արժեքներին, սակայն իդեալականության գործակիցը նկատելիորեն բարձր է: Հոսանքի մեծ արժեքներ ստանալու համար ցանկալի է, որ այն հնարավորինս մոտ լինի 1-ին (մնալով 1-ից մեծ): Լույսի ինտենսիվությունից կախված ֆոտովոլտային տարրերի հազեցվածության գործոնի արժեքի չնչին փոփոխությունը կարող է բացատրվել լուսի ինտենսիվության փոքր արժեքների դեպքում չափիչ սարքի զգայնության փոքրացմամբ:

Եզրակացություն: Վերոհիշյալ հաշվարկների և ստացված կախվածությունների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ հետազոտված ֆոտովոլտային տարրերը կարող են նմանատիպ բազմաթիվ ֆոտովոլտային տարրերի հետ միավորվել ֆոտովոլտային մոդուլների մեջ, ծառայելով որպես այլընտրանքային, անկախ էներգահամակարգ և օգտագործվել կենտրոնացված էլեկտրասնուցումից զուրկ օբյեկտներում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Афанасьев В.П., Теруков Е.И., Шерченков А.А.** Тонкопленочные солнечные элементы на основе кремния. - 2-е изд. - СПб.: Изд-во СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2011.- 168 с.
2. **Де Роза А.** Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы: Учебн.пособие / Пер. с англ. - М.: Изд. дом МЭИ, 2010.- 704 с.
3. **Андреев В.М.** Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии // Соросовский образовательный журнал.- 1996.- Т. 7.-С. 93-98.
4. **Шпак Г.** Солнечный свет в конце тоннеля // Наука в Сибири.- 2007.-Т. 15.-С 1-2.
5. **Рязанов К.В.** Перспективы развития солнечной энергетики // КАБЕЛЬ-news.- 2009.-Т. 12-1.-С 81-85.
6. **Мейтин М.** Фотовольтаика: материалы, технологии, перспективы // Электроника.- Наука, Технология, Бизнес.-2000.-Т.6.- С. 40-46.
7. **Алферов Ж.И., Андреев В.М., Румянцев В.Д.** Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики // Физика и техника полупроводников.- 2004.- Т. 38, 8.- С. 937-948.
8. **Зи С.** Физика полупроводниковых приборов. Т.2.- М.: Мир,1984.- 456с.

Օ.Ա. ЗАДОЯН, А.М. ЗАДОЯН, Г.Ш. ШМАВОНЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЯХ

Путем измерения вольт-амперных характеристик, расчета токов насыщения, коэффициентов идеальности и зависимостей факторов насыщенности от интенсивности падающего света определена целесообразность применения фотовольтаических элементов в солнечных модулях.

Ключевые слова: фотовольтаический элемент, p-n переход, ток насыщения, вольт-амперная характеристика.

O.A. ZADOYAN, A.M. ZADOYAN, G.SH. SHMAVONYAN

INVESTIGATING THE QUALITY OF PHOTOVOLTAIC CELLS AND DETERMINING THEIR APPLICATION EXPEDIENCE IN SOLAR MODULES

The application expedience of photovoltaic cells in solar modules is determined by measuring their I-V characteristics and calculating the ideality factors, the saturation currents and the dependences of the saturation factors on the incident light intensity.

Keywords: photovoltaic cell, p-n junction, saturation current, I-V curve.

ՀՏԴ 621.314.632

Ա.Գ. ԲԱՐԵՂԱՄՅԱՆ

ԿԱՅՈՒՆԱՑՎԱԾ ԻՆՎԵՐՏՈՐԻ ՀԱՇՎՈՂԱԿԱՆ ԿԱՆԽԱԳՈՒՇԱԿՄԱՄԲ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿԻ ԳՈՐԾՆԱԿԱՆ ԻՐԱԳՈՐԾՈՒՄԸ

Դիտարկված են էլեկտրաէներգիայի մեկ կերպափոխմամբ և լայնա-իմպուլսային կարգավորմամբ կայունացված ինվերտորի կառավարման հաշվողական կանխագուշակմամբ եղանակի գործնական իրագործման հարցերը: Նկարագրված են կառավարման եղանակը բնութագրող կանխագուշակման արտահայտությունները և դրանց պարզեցումները: Տրված է հաշվողական կանխագուշակմամբ կարգավորիչի պարզեցված գործնական սխեմա:

Առանցքային բառեր. ինվերտոր, ուժային մաս, կառավարման համակարգ, հաշվողական կանխագուշակմամբ կառավարում, կարգավորիչ, լայնա-իմպուլսային մոդուլացում:

Ներածություն: Ուժային էլեկտրոնիկայում վերջերս տարածում է ստացել տարբեր տեսակի կերպափոխիչների կառավարման, այսպես կոչված, «հաշվողական կանխագուշակմամբ» եղանակը [1-5], որի դեպքում կառավարումը հաշվարկվում է համակարգի հետագա վարքի կանխագուշակման հիման վրա: Մասնավոր-