

Ժ.Ռ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Ա.Ա. ԴՌՆՈՅԱՆ, Գ.Պ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

**ԱՐԵՎԻ ՇԱՐԺՄԱՆԸ ՀԵՏԵՎՈՂ ՖՐԵՆԵԼԱՅԻՆ ԽՏԱՐԱՐՆԵՐՈՎ
ԲԱՐՁՐԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ ՖՈՏՈԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՍԱՐՔԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

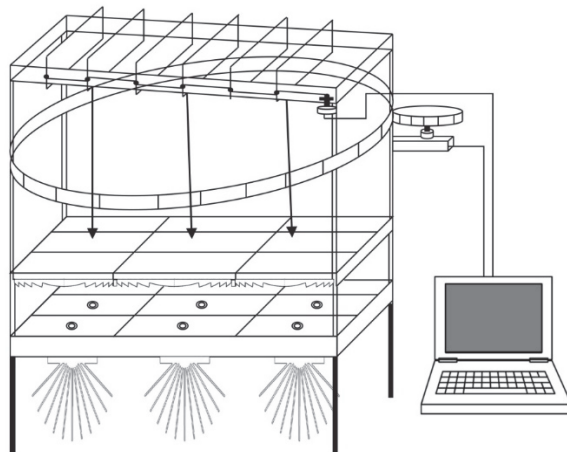
Մշակվել է արևի շարժմանը երկու առանցքներով հետևող, ֆրենելային խտարարներով, ինքնավար աշխատող կամ ցանցին միացված արևային բարձրարդյունավետ ֆոտոէլեկտրական սարք, որը թեթև է, էժան և հուսալի: Արևային էներգետիկայի բնագավառի համար հաշվարկված սարքը հնարավոր փոքր մակերեսի վրա արտադրում է հնարավորինս մեծ էներգիա և կարող է տեղադրվել ցանկացած վայրում:

Առանցքային բառեր. արևային ֆոտոէլեկտրական սարք, ինքնավար, բարձրարդյունավետ, ֆրենելային խտարարներով, կասկադային ֆոտոէլեկտրափոխիչ:

Ներածություն: Բարձր արդյունավետությամբ աշխատող արևային ֆոտոէլեկտրական մոդուլների ստեղծումը Երկրի տնտեսության համար կիրառական տեսանկյունից եղել և մնում է խիստ արդիական խնդիր [1]: Վերջին տարիներին դրանց նկատմամբ հետաքրքրությունը զգալիորեն աճել է, քանի որ տարբեր հզորություններ և արտադրողականություններ ունեցող արևային կայանների գուժարային էլեկտրական հզորություններն ամեն 3 տարվա ընթացքում բացարձակ արժեքով կրկնապատվում են [2]: Հետևաբար, դրանց պատրաստման համար անհրաժեշտ կիսահաղորդչային նյութերի ծախսը և օգտագործվող քանակությունները երկրաչափական պրոգրեսիայով աճում են: Էներգետիկական շուկայի այսպիսի ինովացիոն բուժը կհանգեցնի արևային ֆոտոէլեկտրական սարքերի ինքնարժեքների խիստ նվազմանը և արևային նուրբթաղանթային կիսահաղորդչային տարրերի, մոդուլների և օրգանական նյութերից պատրաստված արևի ճառագայթների խտարարների լայնածավալ օգտագործմանը [1-3]: Տույց է տրված նաև, որ 4 տարբեր կիսահաղորդչներից պատրաստված կասկադային ֆոտոէլեմենտների և լուսաթափանց ֆրենելային խտարարների օգտագործումն արդեն թույլ է տվել ստանալ 46% արդյունավետություն [4]: Սակայն նուրբթաղանթային կասկադային արևային տարրերի պատրաստման բարդ տեխնոլոգիայի բացակայությունը ստիպում է ինքնուրույն մշակել տեխնոլոգիան, իսկ անհրաժեշտ տարրերի ձեռքբերումը կատարել գնումների միջոցով: Երկու առանցքներով արևի շարժմանը հետևող մոդուլներն ապահովում են Արևի ճառագայթների օգտագործումը վաղ առավոտից մինչև ուշ երեկո՝ ապահովելով Արևի էներգիայի առավելագույն օգտագործումը լուսային օրվա ընթացքում [5]: Այս եղանակով

երկու առանցքներով արևի շարժմանը հետևող կայանքը արևային էներգիայի օրական հոսքը 30%-ով ավելի է օգտագործում և զգալիորեն մեծացնում է արտադրողականությունը: Աշխատանքի նպատակն է տանիքի սահմանափակ մակերեսների և բարդ լեռնային ռելիեֆ ունեցող տարածքներում տեղակայվող, փոքր տարածք զբաղեցնող, արևի շարժմանը երկու առանցքներով հետևող, բարձրարդյունավետ, ինքնավար կամ ցանցին միացված ռեժիմներով աշխատող սարքի մշակումը, նախնական պատրաստումը և փորձարարական հետազոտումը [6]:

Արևի էներգիայի կերպափոխման սարքը և նրանում օգտագործված լուսաէլեկտրական էլեմենտի առանձնահատկությունները: Արևի էներգիայի կերպափոխման նախագծված սարքը տեղադրվում է շենքի տանիքին (Նկ.1): Այն ներկայացնում է ջերմացրող պղնձե հիմքով, 600-ապատիկ խտացմամբ ֆրենելային խտարարներով, երկու առանցքներով արևի շարժմանը հետևող հայելային ավտոմատացված համակարգով լուսաէլեկտրական մոդուլ, որը 5 մ² մակերես զբաղեցնելու դեպքում ապահովում է 2 կՎտ հզորություն: Այսօր լայնածավալ արտադրվող միապատիկ խտացմամբ արևի ճառագայթների ներքո աշխատող բյուրեղական Si-ային ֆոտովոլտային մոդուլները 2 կՎտ հզորություն ապահովելու համար զբաղեցնում են 21-22 մ² տարածք:



Նկ.1. Տանիքին տեղադրված լուսաէլեկտրական մոդուլի կառուցվածքը

Ֆրենելային խտարարներով 2 կՎտ հզորություն ստանալու համար օգտագործվում են 100 խտարարներ և 100 կասկադային ֆոտոէլեկտրական էլեմենտներ՝ 0,01 մ² աշխատանքային մակերեսով: Այսպիսի էլեմենտներից յուրաքանչյուրից ստացված հզորությունը կլինի 20 Վտ: 41% արդյունավետությամբ, 600 անգամ խտացված արևի ճառագայթների դեպքում տվյալ 1 մ² մակերեսով էլե-

մենտի վրա կրնկնի լուսային ճառագայթման 48,7 Վտ հզորություն: Նման հզորության դեպքում էլեմենտների հովացումն ապահովելու համար դրանք տեղադրվում են պղնձե 3 մմ հաստությամբ թիթեղի վրա, իսկ էլեմենտների և թիթեղի միջև ջերմափոխանակությունը և էլեկտրամեկուսացումն ապահովելու համար լուսաէլեկտրական էլեմենտների տեղադրման փոքր մակերեսները պատվում են ալմաստանման ածխածնի բարակ թաղանթներով: Իր հերթին, պղնձե թիթեղի ստորին մակերևույթին են ամրացվում այլումինե հովացուցիչները, որոնք բնական կոնվեկցիայի միջոցով ամբողջովին ապահովում են սարքի հովացումը: Ֆրենելային 100 խտարարներով և պղնձե թիթեղով սահմանափակված հերմետիկ փակ տուփը պաշտպանում է լուսաէլեկտրական էլեմենտները փոշիներից և ձյունից (նկ. 1):

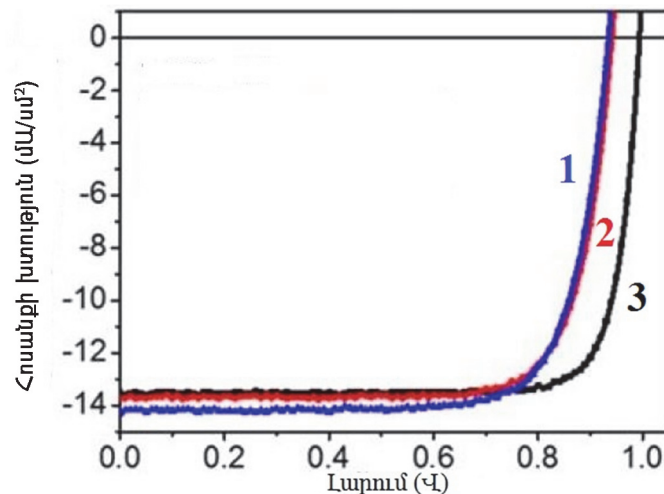
Նախկինում նմանատիպ սարքի պատրասման համար օգտագործվել են կասկադային ֆոտոէլեկտրական էլեմենտներ՝ երեք տարբեր արգելված գոտիներով կիսահաղորդիչներով [7]: Տվյալ կասկադային էլեմենտներում արևի սպեկտրի ամենափոքր էներգիաների կլանման համար օգտագործում էին գերմանիումի (Ge) հիմքով պատրաստված ֆոտոէլեմենտներ, որոնք շատ զգայուն են ջերմաստիճանային փոփոխությունների նկատմամբ: Օրինակ, 30..130°C տաքացման դեպքում պարապ ընթացքի լարումը նվազում է 2.36..1.86 Վ, իսկ լցման գործակիցը՝ 85..78% [8]: [9] աշխատանքում Ge-ի փոխարեն օգտագործվել են ավելի ջերմակայուն GaAs նյութի հիմքով կասկադային էլեմենտները (նկ.2), որոնք փորձարկված են մինչև 450°C պայմաններում աշխատելու համար:

Վերին կոնտակտ	
n-GaAs կոնտակտ	300 նմ
հակաստորադարձնող ծածկույթ	
բացասային շերտ	n-InGaP: 1000 նմ
	n-InAlP: 20նմ
	n-GaAs: 90 նմ
բազա	p-GaAs: 2054 նմ
	p-InGaP: 50 նմ
	p-GaAs: 200 նմ
	p-GaAs (001) առանցքային նյութ
ստորին կոնտակտ	

Նկ. 2. GaAs հիմքով կասկադային կիսահաղորդչային էլեմենտի կառուցվածքը

Քանի որ այդ սարքում օգտագործվել է արևի ճառագայթների 600-նանոմետրիկ խտացում, ապա էլեմենտների փորձարարական տվյալները անհրաժեշտ է եղել ստուգել ինչպես առանց խտացման (1 արև), այնպես էլ 600-նանոմետրիկ խտացման պայմաններում: Նկ.2-ում պատկերված է [9]-ում օգտագործված կասկադային ֆոտոէլեմենտի կառուցվածքը:

Փորձարկման առանց ճառագայթները խտացնելու (1 արև) պայմաններում 200 ժամերի ընթացքում 400°C տաքացված ֆոտոէլեմենտի պարապ ընթացքի լարումը 1 Վ-ից ընկել է մինչև 0,94 Վ, իսկ 450°C տաքացման դեպքում՝ 0,93 Վ: Լրացման գործակիցը 82%-ից նվազել է մինչև 78% 400°C-ի դեպքում և 76%՝ 450°C-ի դեպքում, որոնք բերված են նկ.3-ում լուսային վոլտ-ամպերային բնութագրերի (ՎԱԲ) տեսքով [9]:

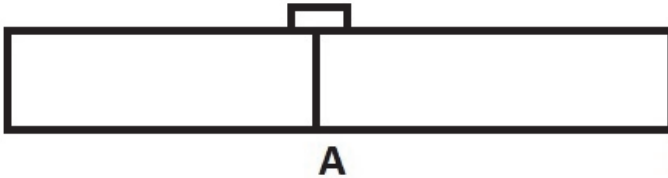


Նկ. 3. Առանց ճառագայթները խտացնելու 400°C (կոր 1) և 450°C (կոր 2) տաքացված ֆոտոէլեմենտների ՎԱԲ-երի համեմատությունը էլեմենտի մինչև տաքացումն ունեցած ՎԱԲ-ի հետ (կոր 3)

Նմանատիպ փորձարկում կատարվել է նաև 600-նանոմետրիկ խտացման պայմաններում: Տարբերություններ, իհարկե, նկատվել են, սակայն 200 ժամ աշխատանքից հետո կայուն արդյունքները նույնպես գոհացրել են: Այսպիսով, $J_{\text{կլ}}=9.05 \text{ Ա/սմ}^2$ հոսանքի խտության դեպքում 400°C տաքացված պայմաններում էլեմենտի պարապ ընթացքի լարումը 1 Վ-ից նվազել է մինչև 0,58 Վ, իսկ լրացման գործակիցը՝ 67%: 450°C-ի դեպքում պարապ ընթացքի լարումը դարձել է 0,56 Վ, իսկ լրացման գործակիցը՝ 66%: Նման բարձր խտացման և բարձր ջերմաստիճանների պայմաններում 200 ժամ աշխատանքից հետո GaAs հիմքով

Ֆոտոէլեկտրական կասկադային էլեմենտի կայունություն ցուցաբերելը բավական գոհացուցիչ է համարվել [10]:

Հասկանալու համար, թե արդյոք պղնձե թիթեղով հովացումը կլուծի լուսաէլեկտրական էլեմենտի կայուն հովացման խնդիրը, այս աշխատանքում գնահատվել է պղնձե թիթեղի ստորին շերտում ջերմաստիճանի արժեքը՝ կախված ֆոտոէլեկտրական էլեմենտի ջերմաստիճանից: Նկ. 4-ում պատկերված է կասկադային ֆոտոէլեկտրական մի էլեմենտը և նրա ներքևում գտնվող 23×23 սմ² մակերեսով 3 մմ հաստությամբ պղնձե թիթեղի ստորին A կետը: Թիթեղի ստորին շերտում ջերմաստիճանը հաշվելու համար A կետի ջերմաստիճանը արտահայտենք էլեմենտի ջերմաստիճանով:



Նկ. 4. Պղնձյա թիթեղի 23×23 սմ² մակերեսով հարվածը և նրա փեղադրված ֆոտոէլեկտրական էլեմենտը. 1-վերին կետ, 2-ստորին՝ A կետ

Ըստ Ֆուրյեի բանաձևի՝

$$q = \frac{t_{w_1} - t_{w_2}}{\frac{\delta}{\lambda}},$$

որտեղ q -ն ջերմային հոսքի խտությունն է, λ -ն՝ ջերմահաղորդականությունը, δ -ն՝ պատի հաստությունը, իսկ t_{w_1} -ը և t_{w_2} -ը՝ համապատասխանաբար առաջին և երկրորդ կետերի ջերմաստիճանները: Այստեղից հետևում է, որ՝

$$t_{w_2} = t_{w_1} - q \frac{\delta}{\lambda},$$

որտեղ՝

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{28.7}{1} = 28.7 \frac{\text{Վտ}}{\text{սմ}^2} = 28.7 * 10^4 \frac{\text{Վտ}}{\text{մ}^2},$$

որտեղ Q -ն ֆոտոէլեմենտին փոխանցված ջերմային էներգիան է, որը վերցվում է՝ հաշվի առնելով էլեմենտի վրա ընկած և էլեկտրականի կերպափոխված էներգիաները, իսկ F -ը՝ էլեմենտի և թիթեղի շփման 1 սմ² մակերեսը:

$$t_{w_2} = t_{w_1} - q \frac{\delta}{\lambda} = t_{w_1} - 28.7 * 10^4 * \frac{3 * 10^{-3}}{401} = t_{w_1} - 2.14$$

Այս արտահայտությունից հետևում է, որ A կետի ջերմաստիճանը տարբերվում է էլեմենտի ջերմաստիճանից ընդամենը 2.14°C-ով, որը հավաստում է, որ պղնձյա թիթեղի հովացման պարագայում ֆոտոէլեկտրական էլեմենտի հովացումը նույնպես կապահովվի:

Եզրակացություն.

1. Սարքի միավոր մակերեսից ամենամեծ հզորություն ստանալու համար անհրաժեշտ է օգտագործել ֆրենելային խտարարներ և ամենամեծ արդյունավետությամբ կասկադային արևային նուրբ թաղանթային ֆոտոէլեմենտներ:

2. Գյուղատնտեսության համար պիտանի հողային տարածքները չօգտագործելու համար անհրաժեշտ է պատրաստել արևային ֆոտոէլեկտրական մոդուլ, որը հնարավոր կլինի տեղադրել շենքերի տանիքներին և լեռնային լանդշաֆթներով տարածքներում:

3. Անհրաժեշտ է ստեղծել ինքնավար արևային ֆոտոէլեկտրակայան՝ էլեկտրական էներգիայի սնուցման խափանումներից խուսափելու համար:

4. Օգտագործվել են ֆոտոէլեկտրական էլեմենտներ, որոնք ունեն բարձր ջերմակայունություն և փորձարկվել են մինչև 450°C ջերմաստիճաններում:

5. Ապահովելու համար էլեմենտներից արդյունավետ ջերմահեռացումը՝ դրանց տեղադրման փոքր մակերեսները (որտեղ էլեմենտները տեղադրվել են պղնձյա թիթեղի վրա) պատվել են ալմաստանման ածխածնային թաղանթներով:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Алферов Ж.И., Андреев В.М., Румянцев В.Д.** Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики // Физика и техника полупроводников.- 2004.- Т.38, N 8. -С. 994-999.
2. Солнечная фотоэнергетика: современное состояние и тенденции развития / **В.А. Миличко, А.С. Шалин, И.С. Мухин и др.** // УФН.- 2016.- Т.186, N 8.- С. 801-852
3. **Փանոսյան Ժ.Ռ., Վարդանյան Գ.Պ., Դոնոյան Ա.Ա.** Տանիքին դրվող 2 կՎտ հզորությամբ, խտարարներով ֆոտոէլեկտրական մոդուլի մշակումը և մինչև 150 կՎտ հզորությամբ մոդուլների խմբի ցանցին միացումը // ՀԱՊՀ ԼՐԱԲԵՐ. Գիտական հոդվածների ժողովածու. - Մաս 2.-Երևան, 2017.- էջ 703-710:
4. Fraunhofer Press Release: New world record of solar cell efficiency at 46 % // Freiburg.-December 1. - N 26/14.- P. 4.
5. Advances in Photovoltaics: Part 1 / Edited by Gerhard Willeke, Eicke Weber.- Publisher: Elsevier, 2014.- 164 p.

6. ՀՀ Արտոնագիր N 3008A H01L 31/00. Արևի էներգիայի կերպավորման լուսա-էլեկտրական սարք / **Ժ.Ռ. Փանոսյան, Գ.Պ. Վարդանյան, Ա.Ա. Դռնոյան**.-Գրանց-ված է 01.03.2016թ.:
7. **Slade A., Stone K.W., Gordon R., Garboushian V.** Expierence and Results of testing of Multijunction concentrator Solar Cells with AMONIX Point-Focus System // 20th European Photovoltaic solar energy conference.- Barcelona, Spain, 2005.- P. 2414-2417.
8. Fabrication and temperature dependence of a GaInP/GaAs/Ge tandem solar cel /**Cui Min, et al** // J. Semicond.- 2012.- P. 33(2).
9. Thermal stability for GaAs solar cells for high temperature applications /**J. Faucher, D. Jung, M. Vaisman, M.L. Lee, et al.**// Conference Paper.– June, 2016.- P. 2385-2388.
10. High Temperature Characterization of GaAs Single Junction Solar Cells /**A. Maros, S. Gangam, Y. Fang, et al** // 2015 IEEE 42nd Photovoltaic Specialist Conference (PCSC) .- 2015.

Ջ.Ր. ԲԱՆՕՍՅԱՆ, Ա.Ա. ԴՐՈՅԱՆ, Գ.Ս. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

**РАЗРАБОТКА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ
С КОНЦЕНТРАТОРАМИ ФРЕНЕЛЯ, СЛЕДЯЩЕГО
ЗА ДВИЖЕНИЕМ СОЛНЦА**

Разработан фотоэлектрический высокопроизводительный модуль, следящий за движением Солнца в двух осях, с концентраторами Френеля, работающий в автономном и сетевом режимах, который отличается лёгкостью, низкой ценой и надёжностью. Рассчитанный на солнечную энергетику модуль производит как можно больше энергии, занимая маленькую площадь, и может быть установлен в любом месте.

Ключевые слова: автономный, концентраторы Френеля, каскадные фотоэлементы, фотоэлектрический модуль, высокая производительность.

ZH.R. PANOSYAN, A.A. DRNOYAN, G.P. VARDANYAN

**DEVELOPING A PHOTOVOLTAIC MODULE, TRACKING THE SUN
MOTION WITH HIGH EFFICIENCY AND FRESNEL LENSES**

A high-efficiency photovoltaic module, tracking the movement of the Sun in two axes with Fresnel lenses and working with on-grid and off-grid modes is developed. This module is light, cheap and stable. The module designed for solar energy, produces as much energy as possible in a small area and can be installed anywhere.

Keywords: off-grid, Fresnel lenses, cascade solar cells, photovoltaic module, high efficiency.