

4. **Jacob Baker R.** CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation.- Second Edition - 2008. –1045p.
5. **Jeng-Horng, T., Hsiao M.-J, Chang T.-Y.** An embedded built-in-self-test approach for digital-to-analog converters // 10th Asian Test Symposium. – 2001. – P. 423 – 428.

К.А. МЕЛИКЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ В УЗЛАХ ВХОД/ВЫХОД

Увеличение быстродействия узлов входа/выход является серьезной проблемой в современных суперинтегральных схемах. В работе рассматриваются средства повышения скорости работы узлов входа/выхода, а также результаты их соответствующего моделирования.

Ключевые слова: узел вход/выход, быстродействие, интегральная схема (ИС), фронт сигнала.

К.А. MELIKYAN

INVESTIGATING THE MEANS FOR THE PERFORMANCE INCREASE METHODS IN THE INPUT/OUTPUT UNITS

Increasing the speed of the input/output units is a serious problem in modern superintegrated circuits. The paper discusses the means of increasing the speed of input/output units, as well as the results of their respective modeling.

Keywords: input/output circuit, performance, integrated circuit (IC), signal edge.

ՀՏԴ 621.382.049.77:621.383

Ա.Ա. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ռ.Ա. ԹՈՎՄԱՍՅԱՆ

ՈՒՂՂԱՀԱՅԱՑ P-N ԱՆՑՈՒՄՈՎ ԱՐԵՎԱՅԻՆ ՏԱՐՐԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ ԱՐԵՎԱՅԻՆ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՓՈԽԱԿԵՐՊԻՉՆԵՐԻ ՊԱՏՐԱՍՏՈՒՄԸ ԵՎ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Պատրաստվել և հետազոտվել են ուղղահայաց p-n անցումով արևային տարրերի (ԱՏ) հիման վրա արևային էներգիայի փոխակերպիչներ: Ցույց է տրվել դրանց գործնական կիրառման նպատակահարմարությունը լուսային հոսքի երկկողմանի ընկալման և Արևին անընդհատ հետևելու պայմանների ապահովման դեպքում:

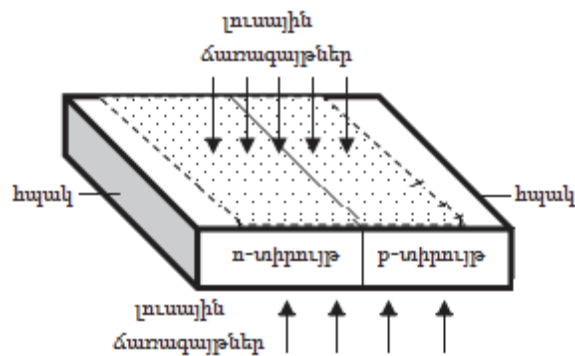
Առանցքային բառեր. արևային տարր, ուղղահայաց p-n անցում, փոխակերպիչ, խտարար:

Ներածություն: Արևային էներգիայի փոխակերպումն էլեկտրական էներգիայի կատարվում է կիսահաղորդչային (հիմնականում՝ սիլիցիումային) արևային տարրերի (ԱՏ) հիման վրա պատրաստված փոխակերպիչների միջոցով [1]:

Վերջիններս կարող են աշխատել լույսի խտարարներով կամ առանց դրանց: Առաջին դեպքում կիրառվում է խտարարի ուժեղացման գործակցի համեմատ ավելի քիչ մակերեսով ԱՏ:

Լույսի խտարարներով ԱՏ-երի համար հեռանկարային են համարվում բազմակասկադ հետերոկառուցվածքները՝ կազմված գերմանիումի հարթակի վրա էպիտաքսիալ եղանակով աճեցված A_3B_5 տիպի (GaAs, InP, InAs, GaSb) գերբարակ հաջորդական շերտերից [2, 3]: Այս դեպքում հնարավորություն է ստեղծվում ապահովել մեծ օ.գ.գ., քանի որ բազմակասկադ լայնազոտի կառուցվածքը սիլիցիումի համեմատ կլանում և էլեկտրականի է վերափոխում Արևի լույսի սպեկտրի համեմատաբար ավելի լայն տիրույթ:

Բազմակասկադ հետերոկառուցվածքներին որոշակի դեպքերում կարող են փոխարինել, այսպես կոչվող, «ուղղահայաց p-n անցումով» սիլիցիումային ԱՏ-երը, որոնց լուսային ճառագայթների ուղղությունը համընկնում է p-n անցման հարթության հետ (նկ. 1) [4, 5]:



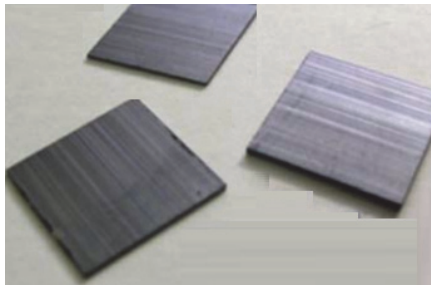
Նկ. 1. Ուղղահայաց p-n անցումով ԱՏ-ի կառուցվածքը

Բացի այն հանգամանքից, որ ուղղահայաց p-n անցումով ԱՏ-երը կարելի է կիրառել լույսի խտարարներով, դրանք ավանդական հորիզոնական p-n անցումով սիլիցիումային ԱՏ-երի համեմատ ունեն նաև հետևյալ առավելությունները.

- լուսաընկալիչ մակերևույթները մետաղապատված չեն, հետևաբար, բացակայում է «օգտակար» մակերեսի կորուստը,
- երկկողմանի են, հետևաբար, լույսը կարող են փոխակերպել ինչպես դիմային, այնպես էլ թիկունքային մակերևույթներից,
- միևնույն հզորության դեպքում ապահովվում են լարման մեծ արժեքներ:

Սույն աշխատանքում «Բարվա» ինովացիոն կենտրոնում մշակված ուղղահայաց p-n անցումով ԱՏ-երի հիման վրա պատրաստվել և հետազոտվել են արևային էներգիայի փոխակերպիչներ:

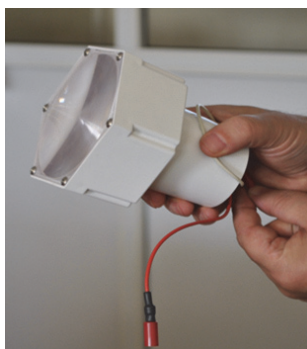
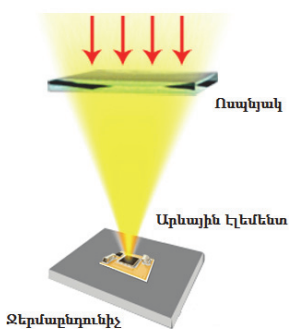
Փոխակերպիչների պատրաստումը: Որպես ելակետային ԱՏ-եր կիրառվել են «Բարվա» ինովացիոն կենտրոնում պատրաստված ուղղահայաց p-n անցումով սիլիցիումային ԱՏ-երը, որոնց ընդհանուր տեսքը ցույց է տրված նկ. 2-ում:



Նկ. 2. Ուղղահայաց p-n անցումով ԱՏ-երի ընդհանուր տեսքը

Միկրոտարրերը պատրաստվել էին ֆոսֆորով լեգիրացված n-տիպի, (111) տարածական կողմնորոշմամբ, 35 Օմ•սմ տեսակարար դիմադրությամբ և 320 մկմ հաստությամբ մոնոքրիստալային սիլիցիումային թիթեղների հիման վրա: Միկրոտարրն ուներ n⁺-n-p⁺ կառուցվածք, որտեղ դիֆուզիոն n-p⁺ անցման խորությունը կազմում էր 40 մկմ, իսկ n⁺-n անցմանը՝ 180 մկմ: Յուրաքանչյուր միկրոտարրի լայնությունը 1 մմ էր, իսկ դիզակում միկրոտարրերի քանակը՝ 35 հատ: Երկկողմանի մետաղական հպակները ձևավորված էին 10 մկմ հաստությամբ այլումինումի շերտից: Լուսաընկալիչ մակերևույթի մակերեսը կազմում էր 2.51 սմ²: Ուղղահայաց p-n անցումով ԱՏ-երի պատրաստման տեխնոլոգիան նկարագրված է [5] աշխատանքում:

Նկ. 3-ում բերված են պատրաստված լույսի խտարարով արևային էներգիայի փոխակերպիչի կառուցվածքը և ընդհանուր տեսքը: Այն ներկայացնում է ուղղահայաց p-n անցումով ԱՏ-երից, ֆրենեյլյան ոսպնյակից և տեղակայման հանգույցից կազմված ու հերմետիկորեն փակ ինտեգրված կառուցվածք:



Նկ. 3. Արևային էներգիայի փոխակերպիչի կառուցվածքը և ընդհանուր տեսքը

Լույսի խտացման համար կիրառվել են Higher WAY (Տայվան) կազմակերպության օգտակար մակերեսի 75 մմ շառավղով և 10X խտացման գործակցով հարթ պոլիմերային վեցանկյուն ֆրենելյան ոսպնյակներ: Անջատվող ջերմային էներգիայի ցրումն ապահովելու նպատակով մշակվել և պատրաստվել է ջերմաընդունիչ մետաղական հարթակ, որի միջոցով ջերմային էներգիայի ցրումն իրականացվում է բնական հովացմամբ: Հարթակի վրա, բացի ԱՏ-ից, մոնտաժվում է նաև շրջանցող դիոդը: Հարթակի և ոսպնյակի միջև եղած հեռավորությունն ընտրվել է այնպես, որ լուսային հոսքով ամբողջովին ծածկվի ԱՏ-ի լուսաընկալիչ մակերևույթը:

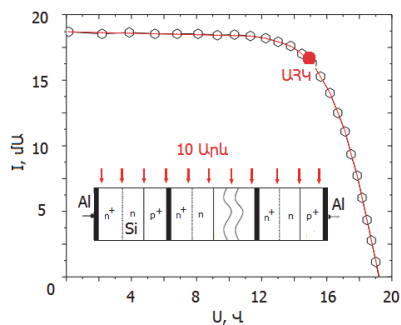
Փոխակերպիչների հետազոտումը: Լույսի խտարարով արևային էներգիայի փոխակերպիչի նմուշների ՎԱԲ-երի չափումներն իրականացվել են լաբորատոր (սենյակային) պայմաններում՝ արևային ճառագայթման նմանակիչ սարքի միջոցով միակողմանի ճառագայթման պայմաններում: Նմանակիչը ֆրենելյան ոսպնյակի վրա ապահովում էր ստանդարտ թեստային պայմաններ՝ 1000 Վտ/մ^2 , $25 \text{ }^\circ\text{C}$:

Նկ. 4-ում բերված է փոխակերպիչի բնորոշ վոլտ-ամպերային բնութագիրը (ՎԱԲ): Նկարում ցույց է տրված նաև կիրառված ուղղահայաց p-n անցումով ԱՏ-ի կառուցվածքի լայնական կտրվածքը, իսկ ՎԱԲ-ի վրա նշված է առավելագույն հզորության կետը՝ ԱՀԿ:

Ելնելով ՎԱԲ-ից, գնահատվել են փոխակերպիչի պարապ ընթացքի լարումը V_{OC} , կարճ միացման հոսանքը I_{SC} , առավելագույն հզորության կետին համապատասխանող լարումը V_{MPP} և հոսանքը I_{MPP} , որոնց հիման վրա հետևյալ բանաձևերով հաշվարկվել են առավելագույն հզորությունը P_{MPP} , լրվածության գործակիցը FF և օ.գ.գ.-ն՝ μ .

$$P_{MPP} = I_{MPP}V_{MPP}, FF = P_{MPP}/I_{SC}V_{OC}, \mu = P_{MPP}/GS,$$

որտեղ G -ն ճառագայթման ինտենսիվությունն է, S -ը՝ ԱՏ-ի լուսաընդունիչ մակերևույթի մակերեսը:



Նկ. 4. Փոխակերպիչին բնորոշ վոլտ-ամպերային բնութագիրը

Արդյունքներն ամփոփված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

Փոխակերպիչի պարամետրերը

I_{SC} , մԱ	V_{OC} , Վ	I_{MPP} , մԱ	V_{MPP} , Վ	P_{MPP} , մՎտ	FF, %	μ , %
18,69	19,1	16,25	15,1	245,4	68,8	9,85

Ստացված արդյունքներից հատկապես անհրաժեշտ է առանձնացնել օ.գ.գ-ի ցածր (9,85 %) և լցվածության գործակցի (68,8 %) բարձր արժեքները: Համեմատության համար նշենք, որ արդյունաբերական նշանակության հորիզոնական անցումով ավանդական սիլիցիումային արևային տարրերի օ.գ.գ-ն կազմում է 16...18%: Սակայն չպետք է մոռանալ, որ մեր կողմից փոխակերպիչի բնութագրերի չափումներն իրականացվել են միակողմանի ճառագայթման պայմաններում, այն դեպքում, երբ ուղղահայաց p -ն անցումով ԱՏ-երը երկկողմանի են, հետևաբար, լույսը կարող են փոխակերպել ինչպես դիմային, այնպես էլ թիկունքային մակերևույթներից: Բացի այդ, կիրառված ԱՏ-երի լուսաընկալիչ մակերևույթները պատված չէին հակաանդրադարձնող և պասսիվացնող ծածկույթներով, որոնք էականորեն նպաստում են օ.գ.գ-ի մեծացմանը:

Լցվածության գործակցի բարձր արժեքը վկայում է ուղղահայաց p -ն անցումով ԱՏ-երում հաջորդական դիմադրության փոքր արժեքի մասին, որը պայմանավորված է p^+ և n^+ ուժեղ լեգերացված շերտերի ամբողջովին մետաղապատմամբ: Գնահատումները ցույց են տալիս, որ այս տարրի հաջորդական դիմադրությունը կազմում է 0,1 Օմ•սմ², որը մի քանի անգամ փոքր է, քան հորիզոնական ԱՏ-երի դեպքում (0,5-1,0 Օմ•սմ²):

Ուսումնասիրվել է նաև նմուշների սպեկտրալ կախվածությունը: Պարզվել է, որ փոխակերպիչն ունի բարձր զգայնություն լուսային սպեկտրի ինչպես ինֆրակարմիր, այնպես էլ ուլտրամանուշակագույն տիրույթներում: Սպեկտրի ինֆրակարմիր տիրույթում ոչ հիմնական լիցքակիրների մեծ կուտակումները պայմանավորված են այն հեռավորության կրճատմամբ (համեմատած հորիզոնական տարրերի հետ), որը լիցքակիրներն անցնում են մինչև նրանց բաժանումն ուղղահայաց p -ն անցումով:

Անհրաժեշտ է նշել նաև, որ ուղղահայաց p -ն անցումով ԱՏ-երի հիման վրա մշակված արևային էներգիայի փոխակերպիչների գործնական կիրառման համար անհրաժեշտ է, որ տեխնիկապես ապահովվի լուսային հոսքի երկկողմանը ընկալումը, ինչպես նաև կիրառվի Արևին անընդհատ հետևող համակարգ: Մեր կողմից արդեն իսկ մշակվել են 0.5⁰ պտտման ճշտությամբ Արևին հետևող տվիչ [6] և երկառանցքային համակարգ [7]:

Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ գիտության կոմիտեի ֆինանսական աջակցությամբ՝ 21T-2D023 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Այվազյան Կ.Գ. Բարձր արդյունավետությամբ արևային տարրեր և կայաններ. - Եր.: Գասպրինտ, 2016. – 198 էջ:
2. Վարդանյան Ա.Ա., Այվազյան Կ.Գ. Ֆոտովոլտաիկ բարձր խտացման մոդուլ // Վերականգնվող և մաքուր էներգիայի հինգերորդ համաժողովի նյութեր. - Երևան, Հաստատ, 2014.- էջ 199-202:
3. Advances in Photovoltaics: Part 1 / Edited by **Gerhard Willeke, Eicke Weber.**- Publisher: Elsevier, 2014. – 164 p.
4. **Samoura A., Sakho O., Omar Faye O., Beye A.** Base Doping Effects on the Efficiency of Vertical Parallel Junction Solar Cells // Open J. of Appl. Sci.- 2017.-V. 7.- P. 282-290.
5. **Варданян А.А., Айвазян Г.Е., Киракосян Г.Г., Петросян А.В.** Исследование ВАХ планарных и торцевых солнечных элементов // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.- 2005.- Т. LVIII, № 1. - С. 127-131.
6. **Buniatyan V.V., Vardanyan A.A.** Performances of Solar Water Pumping Station with Solar Tracker // Proceedings of the RA NAS and SEUA. Ser. Of Tech sci. - 2011.- V. 64, N1. - P. 99-103.
7. **Айвазян Г.Е., Агабекян Д.В., Варданян А.А., Петросян О.А.** Система отслеживания за Солнцем для фотовольтаических станций // Вестник НПУА. – 2018. - Часть 1. – С. 160-165.

Ա.Ա. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ր.Ա. ՏՕՎՄԱՏՅԱՆ

ПОДГОТОВКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ВЕРТИКАЛЬНЫМ P-N ПЕРЕХОДОМ

Разработаны и исследованы преобразователи солнечной энергии на основе вертикальных p-n переходов. Показана целесообразность их практического применения при обеспечении условий непрерывного отражения воспринимаемого светового потока в обоих направлениях.

Ключевые слова: солнечный элемент, вертикальный p-n переход, преобразователь, сгуститель.

A.A. VARDANYAN, R.A. TOVMASYAN

PREPARATION AND RESEARCH OF SOLAR ENERGY CONVERTERS BASED ON SOLAR CELLS WITH A VERTICAL P-N JUNCTION

Solar energy converters based on vertical p-n junctions have been developed and researched. The expediency of their practical application is shown when providing conditions for continuous reflection of the perceived light flux in both directions.

Keywords: solar cell, vertical p-n junction, converter, thickener.