

G.A. OHANYAN, M.T. MANVELYAN, N.G. MARGARYAN,  
M.TS. AIVAZYAN

**DESIGN OF RESISTANCE CALIBRATION CIRCUIT OF THE NODES  
OF I/O BASED ON THE 14 NM TECHNOLOGY CMOS**

An analog-to-digital system has been developed for matching the resistance of an I/O node that will have a maximum resistance deviation of up to 2% for the 14nm CMOS process. The operating voltage of the circuit is 1.8 V. During the research, one scheme was observed, parametric optimization was performed through the SPICE model, physical modeling was performed using Custom Compiler. The results were displayed and measured using WaveView. Also a behavioral description of the leading/control logic was given and a corresponding scheme was synthesized using the Verilog and DesCompiler tools.

**Keywords:** Comparator, SPICE, resistance calibration, long line, I/O nodes.

ՀՏԴ 004.312.46:681

**Է.Ա. ՄԱԿԱՐՅԱՆ**

**ՀԱՎԱԶԴՊՈՂ ՊՈՏԵՆՑԻԱԼ ԱՐԳԵԼՔՆԵՐՈՎ ՖՈՏՈԴԵՏԵԿՏՈՐԱՅԻՆ  
ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ՎԱՐ – Ի ԵՎ ՎՖՐ – Ի ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ**

Ներկայացված են հակազդող պոտենցիալ արգելքներով կիսահաղորդչային կառուցվածքի վոլտամպերային (ՎԱՐ) և վոլտֆարադային (ՎՖՐ) բնութագրերի հետազոտության արդյունքները: Բացահայտվել է մթնային և լուսային ՎԱՐ – երի և ՎՖՐ – ների, ինչպես նաև լարումից կախված ալիքի տարբեր երկարություններում ֆոտոհոսանքի նշանափոխման առանձնատկության և արգելքների բարձրությունների տարբերության կապը:

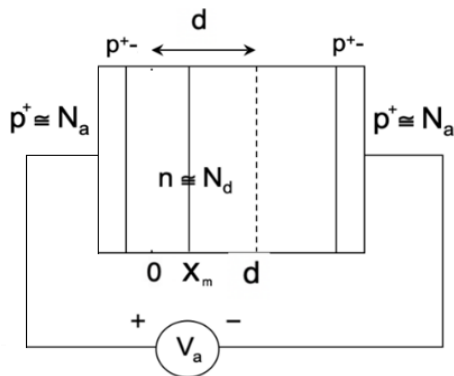
**Առանցքային բաներ.** օպտիկական ազդանշան, ֆոտոդետեկտոր, երկարգելք կառուցվածք, ճառագայթի սպեկտր:

**Ներածություն:** Ներկայումս հետազոտողների ուշադրության կենտրոնում են սպեկտրաչափական հատկություններով կիսահաղորդչային կառուցվածքների մշակումը և հետազոտումը [1...5]: Այդ ուղղությամբ [5...9] աշխատանքներում հետազոտվել են հակազդող պոտենցիալ արգելքներով կառուցվածքների սպեկտրային ընտրողական զգայնության, որոշակի կառուցվածքի և ստացման տեխնոլոգիայի պայմաններում անոմալ բարձր ֆոտոզգայնության առանձնահատկությունները [6...9]: Հետազոտվող կառուցվածքում ընթացող ֆոտոէլեկտրոնային գործընթացների պարզաբանման համար անհրաժեշտ է նաև մթնային և լուսային վոլտամպերային և վոլտֆարադային բնութագրերի հետազոտումը, ինչին նվիրված է սույն աշխատանքը:

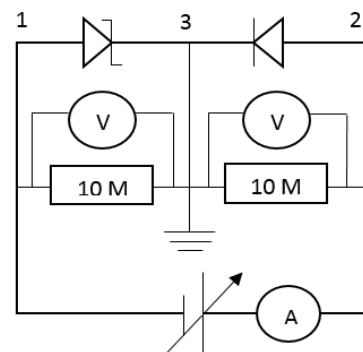
**Հետազոտության առարկան:** Հետազոտվել է երկարգելք կառուցվածք (նկ. 1), որում  $n$  - և  $p^+$  - տիրույթների չափերը և դրանցում խառնուրդների խտությունները ընտրված են այնպես, որ ապահովվի  $x_m$  կետում պոտենցիալ արգելքների աղքատացած շերտերի հսկում:  $d$  լայնությամբ  $n$  - բազան ամբողջությամբ գրավված է պոտենցիալ արգելքների աղքատացած շերտերով:

**I-V բնութագրերի առանձնահատկությունները:** Հետազոտվող նմուշի բազայում խառնուրդների խտությունը  $9 \cdot 10^{14}$  սմ<sup>-3</sup> է, արտաբազային մերձակերևույթային տիրույթներում՝  $10^{17}$  սմ<sup>-3</sup>, իսկ թիկունքային տիրույթում՝  $10^{18}$  սմ<sup>-3</sup>. Այդ պայմաններում չափված արժեքը 170 մՎ է, իսկ հաշվարկայինը՝ 190 մՎ, Այսինքն՝ միմյանց մոտ մեծություններ են: Ձախակողմյան  $p^+$  շերտը բազայի համեմատ ունի փոքր լայնություն. ճառագայթը հիմնականում կլանվում է բազայում ու դրա արտաբազային թիկունքում:

Նկ. 2 - ում պատկերված է ֆոտոդետեկտորի սխեմային միացումը: Հպակ 3-ը հանված է  $n$  բազայից և հնարավորություն է տալիս 1 կամ 2 հպակների օգտագործմամբ առանձին-առանձին ուսումնասիրել հակազդող պոտենցիալ  $p^+$  -  $n$  և  $n$  -  $p^+$  արգելքների ֆոտոէլեկտրական հատկությունները:



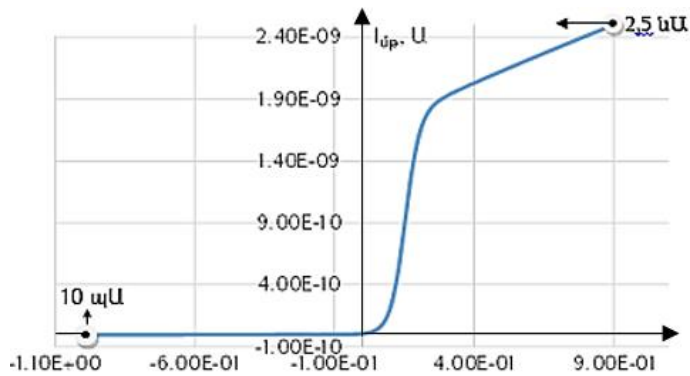
Նկ. 1. Ֆոտոդետեկտորի կառուցվածքը



Նկ. 2. Ֆոտոդետեկտորի սխեմային միացումը

ՎԱԲ-ը չափվել է Keithley 6340 մակնիշի ճշգրիտ չափիչ սարքով: Ըստ լարման՝ թույլատրելիությունը  $\pm 2$  Վ միջակայքում 1 մկՎ է, ճշտությունը՝  $\pm 0,02\%$ : Հոսանքի չափման թույլատրելիությունը  $\pm 100$  մկԱ միջակայքում  $\pm 1$  պԱ է, ճշտությունը՝  $\pm 0,02\%$ : Լարումը  $\pm 5$  Վ միջակայքում փոփոխվել է 1 մՎ քայլով:

Չափիչ սարքը բացառում է լարման անցանկալի շեղումները և քայլքային գծային լարման ձևավորման ընթացքում նվազեցնում է ֆոտոդետեկտորի ՎԱԲ-ի ընթացքի անճշտությունները: Արդյունքում ստացված ՎԱԲ-ն ունի հստակ արտահայտված դրական և բացասական ճյուղեր (նկ. 3):

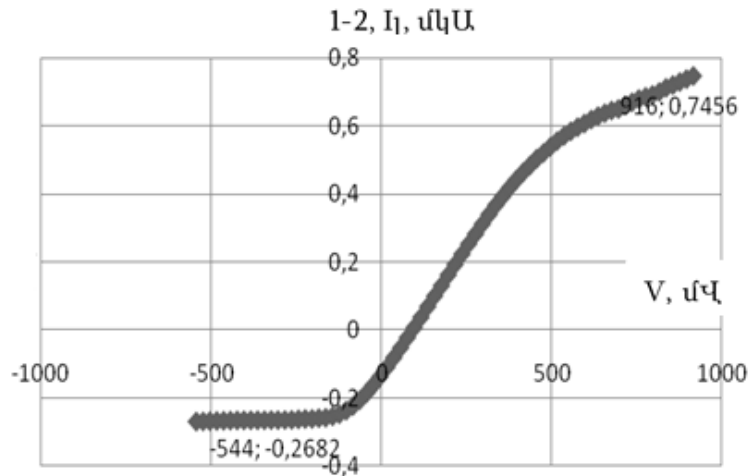


Նկ. 3. Չափիչ սարքով ստացված ֆոտոդեպոզիտի մթնային ՎԱԲ – ը

Զրոյական հոսանքը ստացվում է լարման որոշակի դրական արժեքի դեպքում: Դա հանդիպակաց պոտենցիալ արգելքների բարձրությունների տարբերությանը համարժեք մեծություն է: Հետազոտվող նմուշի համար բազայում խառնուրդների խտությունը  $9 \cdot 10^{14}$  սմ<sup>-3</sup> է, արտաբազային մերձակերևութային տիրույթներում՝  $10^{17}$  սմ<sup>-3</sup>, իսկ թիկունքային տիրույթում՝  $10^{18}$  սմ<sup>-3</sup>: Այդ պայմաններում չափված արժեքը 170 մՎ է, իսկ հաշվարկայինը՝ 190 մՎ, այսինքն՝ միմյանց մոտ մեծություններ են:

Մերձակերևութային արգելքի հակառակ շեղման դեպքում, թիկունքային արգելքի հակառակ շեղման համեմատ, հագեցման հոսանքն ունի համեմատաբար մեծ արժեք և քիչ կտրուկություն: Դա դիտվում է ինչպես մթնային, այնպես էլ լուսային հոսանքների դեպքում և, հավանաբար, հետևանք է ուղիղ շեղված արգելքի ազդեցության, ինչը հատկապես նկատելի է ճառագայթի կլանման դեպքում, երբ ուղիղ շեղված (թիկունքային) անցումը, փոքր լարումների դեպքում, դեռևս ունի հակազդող ֆոտոէլեկտրոնային հոսանք:

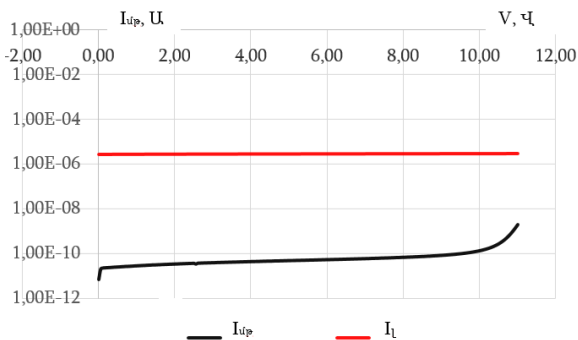
Նկ. 4. – ում բերված է  $p^+ - n - p^+$  կառուցվածքի ՎԱԲ – ը  $\lambda = 705$  նմ ալիքի կլանման պայմաններում, երբ լարումը կիրառված է 1 և 2 հպակներին: Լարման տարբեր բևեռականության դեպքում նկատվում է հակազդող պոտենցիալ արգելքների ֆոտոհոսանքների հագեցում՝ պայմանավորված հակառակ շեղված պոտենցիալ արգելքով:



Նկ. 4.  $p^+ - n - p^+$  կառուցվածքի ՎԱԲ – ը  $\lambda = 705$  նմ ալիքի կլանման դեպքում

Բացասական լարումներում ֆոտոհոսանքը պայմանավորված է թիկունքային  $n - p^+$  անցման, իսկ դրական լարումներում մերձակերևութային  $p^+ - n$  անցման հազեցման հոսանքներով, ինչը երկու դեպքում էլ պայմանավորված է ոչ հիմնական լիցքակիրներով: Ընդ որում, երկրորդ դեպքում հազեցումը սահուն ընթացք ունի (նկ. 4, դրական լարումներ) ինչը, հավանաբար, պայմանավորված է ավելի մեծ բարձրությամբ թիկունքային պոտենցիալ արգելքի հակազդեցությամբ: Մինչդեռ մերձակերևութային արգելքի հակառակ շեղման դեպքում, թիկունքայինի համեմատ, դրա ունեցած փոքր բարձրությունը հանգեցնում է փոքր հակազդեցության: Դա հանգեցնում է ֆոտոհոսանքի կտրուկ հազեցման (նկ. 4, բացասական լարումներ): Մերձակերևութային արգելքի հազեցման հոսանքը, թիկունքայինի համեմատ, զգալիորեն մեծ է, ինչը պայմանավորված է մերձակերևութային  $p^+$  շերտում, թիկունքային  $p^+$  շերտի համեմատ, ոչ հիմնական լիցքակիրների խտության մեծ լինելով:

Նկ. 5 – ում բերված է  $p^+ - n - p^+$  կառուցվածքի ՎԱԲ – ը՝  $\lambda = 705$  նմ ալիքի կլանման դեպքում: Նկարից ակնհայտ է, որ մթնային հազեցման հոսանքը մի քանի տասնյակ  $\mu A$  – ի կարգի է և մոտ 5 կարգ փոքր է լուսային հազեցման հոսանքից: Դա հանգեցնում է ցածր աղմուկների և հնարավորություն է տալիս գրանցել թույլ ազդանշանները:



Նկ. 5. Ֆոտոդեպոզիտի վոլտամպերային բնութագրերը, երբ թիկունքային արգելքը հակառակ է շեղված մթության մեջ և լույսի ազդեցության պայմաններում՝ կիսասալոգարիթմական մասշտաբում

**C-V բնութագրերը:** Դիտարկվող ֆոտոդեպոզիտի մերձակերևույթային և թիկունքային արգելքների ունակությունները, որպես հարթ կոնդենսատորի ունակություններ, կունենանք՝  $C_1 = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{x_m}$  և  $C_2 = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d-x_m}$ : Հաշվի առնելով, որ ֆոտոդեպոզիտի կառուցվածքում ունակությունները հաջորդաբար են միացված և ունեն ընդհանուր  $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$  ունակություն, ապա ելնելով  $x_m$  կետի դիրքից [5...9], կստանանք.

$$x_m = \frac{d}{2} - \frac{\epsilon_0 \epsilon (\Delta\phi + qV)}{q^2 N_d d} :$$

Արտահայտությունից կարելի է ստանալ երկարգելք կառուցվածքի ունակության ընդհանուր արտահայտություն՝

$$C = \epsilon\epsilon_0 S \frac{q^2 N_d d}{2x_m q^2 N_d d + \epsilon\epsilon_0 (\Delta\phi + qV)} , \quad (1)$$

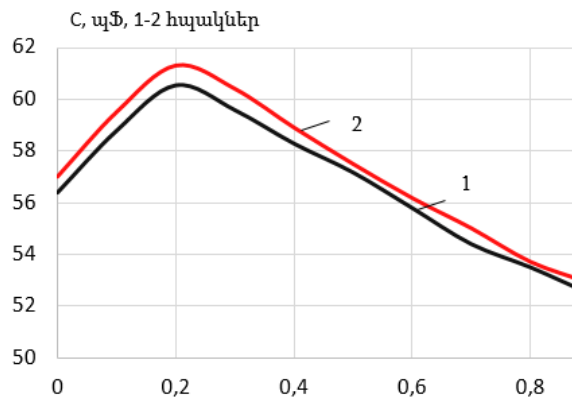
որտեղ  $\epsilon\epsilon_0$  - ը նյութի և վակուումի դիէլեկտրիկական թափանցելիություններն են,  $S$ -ը՝ ֆոտոդեպոզիտի լուսազգայուն մակերեսը,  $x_m$ -ը՝ պոտենցիալ արգելքների համան կետը,  $q$  - ն՝ էլեկտրոնի լիցքը,  $N_d$  - ն՝ խառնուրդների խտությունը,  $n$ - բազայում,  $d$  - ն՝ բազայի լայնությունը,  $\Delta\phi$  - ն՝ պոտենցիալ արգելքների բարձրությունների տարբերությունը,  $V$ - ն՝ կիրառված լարումը:

Բերված արտահայտություններից ակնհայտ է, որ լարման աճը լայնացնում է պոտենցիալ արգելքները և նվազեցնում ունակությունը, ինչը և երևում է փորձի արդյունքներում:

C-V բնութագրերը ստացվել են E7-25 չափիչ սարքի միջոցով: Բնութագրերը հանվել են մթության (սև գույնի կոր) և լույսի ազդեցության տակ (կարմիր գույնի կոր):

Հակառակ շեղման լարման աճին զուգընթաց, մերձակերևութային արգելքի ունակությունը նվազում է, ընդ որում, լույսի ազդեցության տակ արձանագրվում են ավելի մեծ ունակություններ, քան մթության մեջ: Դա հասկանալի է, քանի որ լույսի կլանումը նվազեցնում է պոտենցիալ արգելքի բարձրությունը, հետևաբար՝ d լայնությունը, ինչը մեծացնում է ունակությունը:

$p^+ - n - p^+$  կառուցվածքի ունակության կախումը լարումից (նկ. 6), երբ մակերևութային արգելքը հակառակ է շեղված, իսկ թիկունքայինը՝ ուղիղ, և՛ մթության մեջ, և՛ լույսի ազդեցության պայմաններում մոտավորապես 200 մՎ լարման դեպքում ունի մաքսիմում:



Նկ. 6.  $p^+ - n - p^+$  կառուցվածքի վոլտֆարադային բնութագիրը

Նշված լարումը ծախսվում է հանդիպակաց պոտենցիալ արգելքների տարբերության վերացման համար, որից հետո լարման հետագա աճը լայնացնում է մերձակերևութային արգելքը և նվազեցնում՝ ունակությունը:

### Եզրակացություն.

1. ՎԱԲ - ի բոլոր կորերն ունեն զրոյական հոսանք՝ լարման որոշակի դրական արժեքի դեպքում: Դա հետևանք է պոտենցիալ արգելքների բարձրությունների տարբերության, քանի որ հակառակ շեղված ցածր պոտենցիալ արգելքը թիկունքայինի բարձրությանը կհասնի այդ չափով լարում կիրառելիս:

2. Մերձակերևութային արգելքի հագեցման հոսանքը, թիկունքայինի համեմատ, զգալիորեն մեծ է, ինչը պայմանավորված է մերձակերևութային  $p^+$  շերտում, թիկունքային  $p^+$  շերտի համեմատ, ոչ հիմնական լիցքակիրների մեծ խտությամբ:

3.  $p^+ - n - p^+$  կառուցվածքի ունակության կախումը լարումից ունի մաքսիմում: Այն պայմանավորված է պոտենցիալ արգելքները հավասարեցնող՝ մակերևութային ցածր արգելքը բարձրացնող լարման մեծությամբ:

## ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. New Color Sensor Concept Based on Single Spectral Tunable Photodiode / **A. Wachowiak, S. Slesazek, P. Jordan, J. Holz1 and T. Mikolajick.**- 2013.
2. Patent US 20130285187 A1. Photocell devices and methods for spectrometric applications / **Th. Kautzsch.**- 2013.
3. Patent US 8916873 B2. Photodetector with controllable Spectral response / **Th. Kautzsch.**- 2014.
4. Improved selectivity from a wavelength addressable device for wireless stimulation of neural tissue / **Ç. Elif S., S. David F., G. Mutlu, Öz. Ekmel, et al** // Front Neuroeng.- 2014.- P. 1-12.
5. **Normatov P.I., Armstrong R., Normatov I.Sh., Narzullov N.** Monitoring extreme water factors and studying the anthropogenic load of industrial objects on water quality in the Zeravshan River basin // Russian Meteorology and Hydrology.-2015.- 40, 5.-P. 347-354.
6. On the Semiconductor Spectroscopy for Identification of Emergent Contaminants in Transparent Mediums/ **S. Khudaverdyan, A. Vaseashta, G. Ayvazyan, et al** // Advanced Sciences and Technologies for Security Applicationsthis link is disabled.- 2021.- P. 663–689.
7. New Method of Optical Spectroscopy for Environmental Protection and Safety / **S. Khudaverdyan, A. Vaseashta, M. Khachatryan, et al** // NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Securitythis link is disabled.- 2020.- P. 271–281.
8. **Khudaverdyan S., Tsaturyan S., Vaseashta A.** Selective sensitivity sensor for explosive detection and identification // Meeting Security Challenges Through Data Analytics and Decision Supportthis link is disabled.- 2016.- P. 99–107.
9. **Khudaverdyan S., Avetsiyan A., Khudaverdyan D., Vaseashta A.** Photoelectric properties of selectively sensitive sensors for the detection of hazardous materials // NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysicsthis link is disabled.- 2013.- P. 183–191.

## Э.А. МАКАРЯН

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ И ВОЛЬТ-ФАРАДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОДЕТЕКТОРНОЙ СТРУКТУРЫ С ПРОТИВОПОЛОЖНО ДЕЙСТВУЮЩИМИ ПОТЕНЦИАЛЬНЫМИ БАРЬЕРАМИ

Представлены результаты исследования вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик (ВАХ и ВФХ) полупроводниковой структуры с противоположно действующими потенциальными барьерами. Выявлены взаимосвязь между ВАХ и ВФХ в темноте и на свету, а также связь особенностей смены знака фототока в зависимости от напряжения смещения на разных длинах волн от разницы высот потенциальных барьеров.

**Ключевые слова:** оптический сигнал, фотодетектор, двухбарьерная структура, спектр излучения.

**E.A. MAKARYAN**

**STUDYING THE I-V AND V-F CHARACTERISTICS OF A  
PHOTODETECTIVE STRUCTURE WITH OPPOSITELY ACTING  
POTENTIAL BARRIERS**

The results of a study of the I-V and I-F characteristics of a semiconductor structure with oppositely acting potential barriers are presented. The relationship between I-V and I-F characteristics in the dark and in the light, as well as the relationship between the change in the sign of the photocurrent depending on the bias voltage at different wavelengths and the difference in the heights of potential barriers are revealed.

*Keywords.* optical signal, photodetector, double-barrier structure, radiation spectrum.

UDC 621.397

**H.A. BABAJANYAN**

**THE OUTPUT NOISE REDUCTION OF RING VOLTAGE-CONTROLLED  
OSCILLATOR**

A new method of reducing output noises in the ring voltage-controlled oscillator (VCO) is presented. In contrast to other methods, it keeps a small increase of area and saves accurate output frequency of the ring VCO. By using this method, the area of the circuit gets larger by 18%. By using the method, the noise error of the signal is 0% at the lowest frequency and 0.031% at the highest frequency.

*Keywords:* VCO, ring oscillator, inverter, current mirror, capacitor, resistor, noise.

**1.Introduction.** VCO is a very important block for mixed-signal integrated circuits and its accurate work is very required. The existence of noises is a big problem in mixed-signal circuits and there is often a need to reduce them by using some methodologies. The methodologies are different for different circuits, also one block may have many cases of methods for reducing the noises. The output noise usually occurs at high frequencies, because of the fast charge and discharge on capacitors or very big sizes of transistors. For example, in the DAC (digital-analog converter) or in ADC (analog-digital converter) output noises occur because of switching of many transistors at the same time, and it is one of the biggest problems in those converters. The noises in the circuit can make all the equipment nonfunctional, or it can simulate correctly, but has functional or performance problems. The example of noises on the periodic signal is shown in Fig.1.