

**P.H. SHIRINYAN, G.H. KIRAKOSYAN, V.S. MELKONYAN**  
**CONTROL BY DIGITAL POTENTIOMETER BASED ON THE**  
**PLATFORM ARDUINO BY MATLAB**

The main application areas and the digital potentiometer (DP) switching circuits are considered. The method of program control of the integrated digital potentiometer (CPU) MCP42010 based on the ARDUINO platform with MATLAB is given. A working model of the control system DP MCP42010 in the mode of variable resistance is implemented.

**Keywords:** digital potentiometer, variable resistance, adjustment, ARDUINO, MATLAB, layout.

ՀՏԴ 621. 3.049

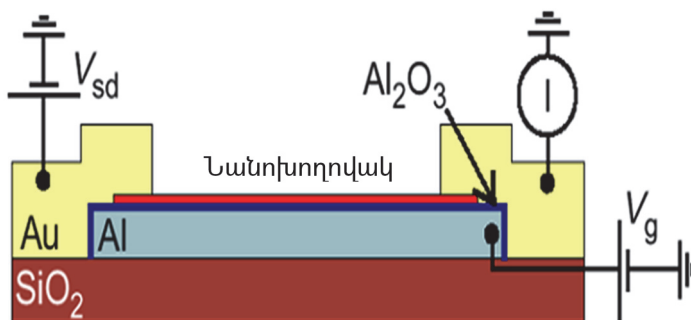
**Օ.Ա. ԶԱԴՈՅԱՆ, Մ.Տ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Վ.Ս. ԹՈՐՈՍՅԱՆ**  
**ԱԾԽԱԾՆԱՅԻՆ ՆԱՆՈՒՍՈՂՈՎԱԿՈՎ ՄԵՏԱՂ-ՂԻԷԼԵԿՏՐՈՒԿ-**  
**ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴԻՉ ՏՐԱՆԶԻՍՏՈՐԻ ՊԱՏՐԱՍՏՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ**  
**ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

Մշակված է ածխածնային նանոխողովակով մետաղ-ղիէլեկտրիկ-կիսահաղորդիչ տրանզիստորի պատրաստման տեխնոլոգիական հաջորդականությունը: Որոշված են ֆոտոլիտոգրաֆիայի գործընթացի նվազագույն երկարության կախվածությունները ալիքի երկարությունից բեկման տարբեր ցուցիչների դեպքում:

**Առանցքային բառեր.** ածխածնային նանոխողովակ, մետաղ-ղիէլեկտրիկ-կիսահաղորդիչ տրանզիստոր, ալիքի երկարություն, բեկման ցուցիչ:

**Ներածություն:** Ներկայումս գերմեծ ինտեգրալ սխեմաների արտադրությամբ զբաղվող ձեռնարկությունները հեշտությամբ են համատեղում միկրո և նանո տեխնոլոգիական գործընթացները, ապահովելով ստացվող տարրերի չափերի փոքրացում, օգտագործվող հզորությունների նվազեցում, արագագործության մեծացում և այլն: Այդ տեսակետից մեծ կիրառություն կարող են ունենալ նաև մետաղ-ղիէլեկտրիկ-կիսահաղորդիչ (ՄԴԿ) տրանզիստորները, որոնց համար որպես հոսքուղի ծառայում են տարբեր հատկություններով և դիրքափոփոխման հնարավորությամբ օժտված ածխածնային նանոխողովակները: Արդյունքում՝ հոսքուղու լայնությունը կլինի մի քանի նմ, իսկ երկարությունը կարող է փոփոխվել՝ ելնելով նանոխողովակի երկարությունից, և ստացվող ՄԴԿ տրանզիստորները կապահովեն տարրերի նվազագույն չափեր:

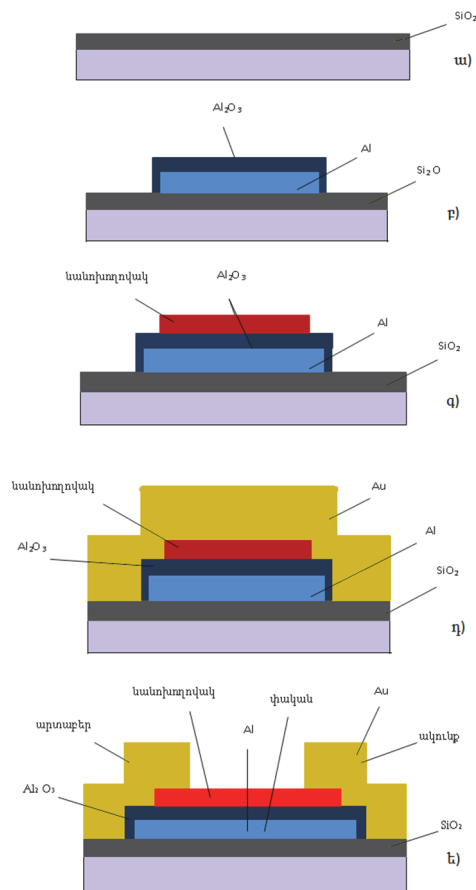
**Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը:** Ածխածնային նանոխողովակի հիման վրա հոսքուղային տրանզիստորը ներկայումս ամենաարագագործ տրանզիստորներից է [1,2]: Այն նման է տիպային ՄԴԿ կառուցվածքով տրանզիստորին: Փականը տեղադրվում է նանոխողովակի վրա, իսկ որպես նուրբ մեկուսիչ շերտ օգտագործվում է սիլիցիումի երկօքսիդը: Այսպիսի տրանզիստորի արտադրողականությունը բարձր է, երբ փոքր են մեկուսիչ շերտի հաստությունը և նանոխողովակի երկարությունը: Նանոխողովակներով դաշտային տրանզիստորների հիման վրա ֆունկցիոնալ էլեկտրոնային սխեմաների կառուցվածքի համար անհրաժեշտ է հնարավորինս մեծ քանակով տարրական էլեկտրոնային սարքավորումներ տեղադրել մի հարթակում և իրականացնել դրանցից յուրաքանչյուրի էլեկտրոնային հատկությունների հսկումը: Նանոխողովակների հիման վրա ստացված կիսահաղորդչային սարքավորումների ինտեգրման ուղղությամբ էական քայլ է կատարվել այլումինի հաղորդիչ շերտի՝ որպես փականի օգտագործմամբ չիփերի ստեղծումով [3]: Այլումինե փականը որպես մեկուսիչ պարունակում է օքսիդի շերտ: Դաշտային տրանզիստոր պարունակող չիփի սխեման բերված է նկ.1-ում:



Նկ. 1. Այլումինի օքսիդից մեկուսիչ շերտով այլումինե փականով տրանզիստորի հիման վրա ստացված չիփի սխեման

Հետազոտման նպատակն է, ելնելով այլումինի օքսիդից մեկուսիչ շերտով այլումինե փականով տրանզիստորի հիման վրա ստացված չիփի սխեմայի կառուցվածքից, մշակել դրա պատրաստման տեխնոլոգիական հաջորդականությունը, հաշվի առնելով, որ այլումինի օքսիդից մեկուսիչ շերտով այլումինե փականով տրանզիստորի հիման վրա ստացված չիփի ձևավորման համար օգտագործվում է ֆոտոլիտոգրաֆիայի գործընթացը, որի թույլատրող ունակությունը մոտ է տեսական սահմանին (հավասար է 0.8-1 մկմ գծի լայնությանը) [4]:

**Հետազոտության արդյունքները:** Վերը ներկայացված չիփերի պատրաստման նպատակով որպես հարթակ վերցվում է Si-ի չլեգիրված (կամ որևէ հաղորդականությամբ թույլ լեգիրումով) միաբյուրեղ, և առաջին փուլում մակերևույթը ենթարկվում է մաքուր թթվածնի միջավայրում ջերմային օքսիդացման այնպես, որ առաջանա  $\text{SiO}_2$  -ի շերտ՝ մոտ 0.5 մկմ հաստությամբ: Այդ քայլով կիսահաղորդչի մակերևույթը պասիվացվում է (նկ.2ա): Դրանից հետո վակուումային գոլորշիացման եղանակով հարթակի վրա նստեցվում է Al, առաջին ֆոտոլիտոգրաֆիայով որպես փական ձևավորվում է այլումինե հաղորդիչ շերտը: Օդի ազդեցությամբ Al-ի շերտն օքսիդանում է և ծածկվում մի քանի նմ հաստությամբ օքսիդային շերտով, որն էլ ծառայում է որպես ենթափականային մեկուսիչ (նկ.2բ):



Նկ. 2. Ածխածնային նանոխողովակով ՄԴԿ տրանզիստորի պատրաստման տեխնոլոգիական հաջորդականությունը

Այնուհետև այդ թիթեղների վրա դիքլորէթանի կախույթից (սուսպենզիայից) նստեցվում են միապատ նանոխողովակներ, որոնք դիրքափոփոխման են ենթարկվում լազերային ճառագայթներով: Ատոմաուժային մանրադիտակով ընտրվում են մոտ 1 նմ հաստությամբ նանոխողովակներ, որոնք էլ տեղակայվում են փականի մակերևույթին (նկ.2գ): Դրանից հետո պատրաստում են հպակային էլեկտրոդները և միացման լարերը: Դրա համար վակուումային գոլորշիացման եղանակով, առանց ադիեզիոն ենթաշերտի, նստեցվում է ոսկե շերտ (նկ.2դ): Վերջում երկրորդ ֆոտոլիտոգրաֆիայով ձևավորվում են ոսկյա ակունքային և արտաբերային ելուստները (նկ.2ե):

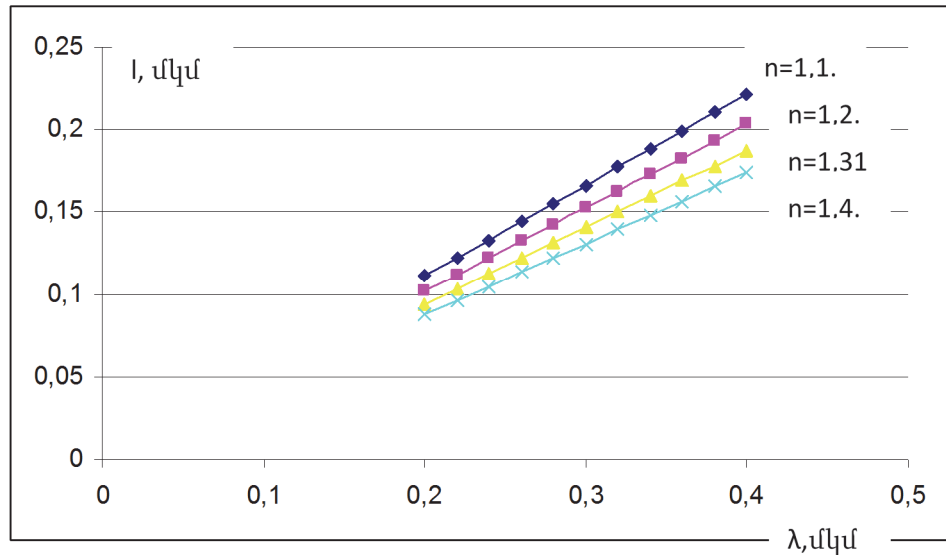
Այսպիսով, վերը նկարագրված տեխնոլոգիական հաջորդականությամբ հնարավոր կլինի ստանալ մեկուսացված փականով դաշտային տրանզիստոր, որի համար որպես հոսքուղի է ծառայում ածխածնե նանոխողովակը: Ընդհանուր դեպքում նանոխողովակների քանակը կարելի է փոփոխել՝ տարբեր բնութագրերով տրանզիստորների ստացման նպատակով:

Ածխածնային նանոխողովակով ՄԴԿ տրանզիստորի պատրաստման համար օգտագործվում են ֆոտոլիտոգրաֆիայի գործընթացները, որոնց թույլատրող ունակությունը տեսականորեն գնահատվում է հետևյալ բանաձևով.

$$I_{min} = \frac{0.61 \cdot \lambda}{n \cdot \sin \frac{\Psi}{2}},$$

որտեղ  $I_{min}$  -ը ձևավորվող գծի նվազագույն երկարությունն է,  $\lambda$ -ն՝ ճառագայթման ալիքի երկարությունը,  $n$ -ը՝ ֆոտոշաբլոնի և ֆոտոռեզիստի միջև եղած միջակայքի բեկման ցուցիչը,  $\psi$ -ն՝ օպտիկական համակարգի բնութագրիչ սպեկտրային անկյունը: Գնահատումների համաձայն՝  $I_{min} \approx 0.25$  մկմ, սակայն հաշվի առնելով ֆոտոլիտոգրաֆիայի գործընթացի արատները և օպտիկական համակարգի ստեղծած աղավաղումները (կրկնակի անդրադարձումներ, դիֆրակցիա, ինտերֆերենց և այլն), լավագույն դեպքում՝  $I_{min} \approx (0.8 \dots 1)$  մկմ է: Գծի երկարությունը կարելի է նվազարկել (բարձրացնել թույլատրող ունակությունը), եթե օգտագործվեն ալիքի ավելի փոքր՝ 190...250 նմ երկարությամբ անդրամանուշակագույն ճառագայթներ: Ուստի կարևոր է ուսումնասիրել նվազագույն  $I_{min}$  երկարության կախվածությունները ալիքի երկարությունից սպեկտրային տարբեր անկյունների և բեկման տարբեր ցուցիչների դեպքում: Ստորև դիտարկված է  $I_{min} = f(\lambda)$  կախվածությունը, երբ  $\lambda$  ալիքի երկարությունը փոփոխվում է ( $\lambda = 0.2 \dots 0.4$ ) մկմ

սահմանում՝ ֆոտոշարժիչի և ֆոտոռեգիստի միջև եղած միջակայքի բեկման ցուցչի տիպային  $n=1.1\dots 1.4$  արժեքների դեպքում, երբ  $\sin(\psi/2)=1$  (նկ.3):



Նկ. 3. Նվազագույն երկարության կախվածությունը ալիքի երկարությունից տարբեր բեկման ցուցչի դեպքում

**Եզրակացություն:** Աշխատանքում ուսումնասիրված տեխնոլոգիական հաջորդականությունը և տարբեր բեկման ցուցչի դեպքում ալիքի երկարությունից նվազագույն երկարության կախվածությունը կարող են օգտագործվել ածխածնային նանոխողովակով ՄԴԿ տրանզիստորների պատրաստման տեխնոլոգիայի մշակման և նվազարկված չափերով անհրաժեշտ ֆոտոշարժիչների պատրաստման դեպքում:

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Миронов В.Л.** Основы сканирующей зондовой микроскопии: Учебное пособие для студентов старших курсов высших учебных заведений/ Институт физики микроструктур РАН. - Нижний Новгород, 2004. – 114с.
2. **Рыков С.А.** Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур. – СПб.: Наука, 2001. – 53 с.
3. **Бахтизин Р.З., Галлямов Р.Р.** Физические основы сканирующей зондовой микроскопии.- Уфа: РИО БашГУ, 2003. – 82с.
4. **Лапшинов Б.А.** Технология литографических процессов: Учебное пособие / МИЭМ.- 2011. – 99 с.

**Օ.Ա. ЗАДОЯН, М.Т. КАРАПЕТЯН, Г.А. ТОРОСЯН**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МДП  
ТРАНЗИСТОРА НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОЙ НАНОТРУБКИ**

Разработана технологическая последовательность металл-диэлектрик-полупроводникового (МДП) транзистора на основе углеродной нанотрубки. Определены зависимости минимальной длины процесса фотолитографии от длины волны при разных показателях преломления.

**Ключевые слова:** углеродная нанотрубка, МДП транзистор, длина волны, показатель преломления.

**Օ.Ա. ZADOYAN, M.T. KARAPETYAN, H.A. TOROSYAN**

**DEVELOPING THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF A MDS  
TRANSISTOR BASED ON THE CARBON NANOTUBE**

A technological sequence of the metal-dielectric-semiconductor (MDS) transistor based on a carbon nanotube has been developed. The dependences of the minimum length of the photolithography process on the wavelength at different indexes have been determined.

**Keywords:** carbon nanotube, MDS transistor, wavelength, refractive index.

ՀՏԴ 621.382

**Ա.Կ. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ**

**ԼԱՐՄԱՆ ԿԱՅՈՒՆԱՐԱՐՈՒՄ ԱՂՄԿԱԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՁՐԱՅՄԱՆ  
ԵՂԱՆԱԿ**

Առաջարկվում է լարման կայունարարի ելքային հանգույցի տարբերակ, որը, աշխատելով բացասական հետադարձ կապում, ապահովում է համակարգի կայունությունը և ճնշում է սնուցման դողերից դեպի ելք փոխանցվող աղմուկները:

**Առանցքային բառեր.** բացասական հետադարձ կապ, լարման կայունարար, սնուցման դող, դիֆերենցիալ ուժեղարար:

**Ներածություն:** Ժամանակակից ինտեգրալ սխեմաներում սնուցումն իրականացվում է սնուցման դողերի միջոցով: Սնուցման դողերը ներկայացնում են միջմիացումների ցանց, որոնց միջոցով սնուցման լարումը փոխանցվում է համակարգում գտնվող տարբեր հանգույցների [1]: Ներկայիս համակարգերը պարունակում են բազմաթիվ հանգույցներ, որոնք կարող են աշխատել զուգահեռա-