

**Ա.Մ. ԶԱԴՈՅԱՆ, Օ.Ա. ԶԱԴՈՅԱՆ, Դ.Ռ. ՄԱՄԻԿՈՆՅԱՆ**  
**ԿԵՆՍԱԿՈՏԵՆՑԻԱԼՆԵՐԻ ԱՐՏԱԲԵՐՄԱՆ ՄԻԿՐՈԷԼԵԿՏՐՈՂՆԵՐԻ**  
**ՊԱՏՐԱՍՏՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

Կենսապոտենցիալների արտաբերման միկրոէլեկտրոդների կառուցվածքը և պատրաստման տեխնոլոգիան մշակելիս հետազոտվել են ֆոտոլիտոգրաֆիայի եղանակով սրածայր մետաղական ելուստների ձևավորման հնարավորությունը, տարբեր գործոններից ֆոտոլիտոգրաֆիայի թույլատրող ունակության կախվածությունները:

**Առանցքային բաղադր.** կենսապոտենցիալների արտաբերման միկրոէլեկտրոդ, նուրբ մետաղական թաղանթ, ֆոտոլիտոգրաֆիայի թույլատրող ունակություն:

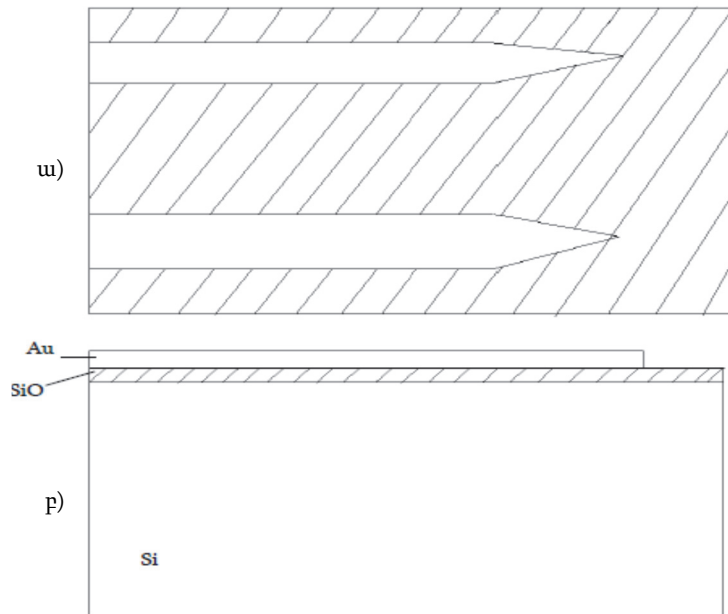
**Ներածություն:** Կենսաբժշկական հետազոտություններն իրականացվում են կենդանի օրգանիզմի և էլեկտրոնային չափիչ սարքավորման միջև կապի համապատասխանեցման սարքավորման՝ ինտերֆեյսի միջոցով: Նման ինտերֆեյս են նաև միկրոէլեկտրոնային տեխնոլոգիայում կիրառվող հեծանային կառուցվածքով կենսապոտենցիալների արտաբերման միկրոէլեկտրոդները:

**Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը:** Կենսապոտենցիալների արտաբերման համակարգի միջոցով ախտորոշման նպատակով կենդանի օրգանիզմի որևէ տեղամասից ստանում են համապատասխան պոտենցիալներ, ինչպես նաև բուժման կամ վերականգնողական գործընթացներ իրականացնելու նպատակով հաղորդում են անհրաժեշտ պոտենցիալներ [1...3]:

Կենսապոտենցիալների արտաբերման միկրոէլեկտրոդների պատրաստման տեխնոլոգիան մշակելիս պետք է, մաշկի տակ գտնվող օրգանի մակերևույթին հասնելու անհրաժեշտ պայմանի ապահովման հետ մեկտեղ, հաշվի առնվի նաև այցելուի սուր ցավերի հնարավորինս նվազեցման պայմանը: Բացի այդ, պետք է միկրոէլեկտրոդների չափերի այնպիսի օպտիմալ ընտրություն իրականացնել, որ ախտորոշման կամ բուժման արդյունավետությունը մեծացնելու նպատակով հետազոտման ենթակա տեղամասից հնարավորինս մեծ քանակով պոտենցիալների արտաբերման կամ հաղորդման միկրոէլեկտրոդներ ձևավորեն, սակայն չառաջացնեն շեղումներ [2,3]: Հայտնի է, որ ներարկիչների տրամագիծը չպետք է գերազանցի 1,2մմ-ը, քանի որ այս տրամագծով, առանց զգալի ցավի, կարելի է կատարել ներարկում ինչպես հյուսվածքներում, այնպես էլ մկաններում:

Ստորև բերված է հեծանային կառուցվածքով կենսապոտենցիալների արտաբերման միկրոէլեկտրոդների պատրաստման տեխնոլոգիական հաջորդականությունը: Որպես հարթակ ընտրվում է առանց խառնուրդների Si-ի միաբյուրեղը՝ պայմանավորված SiO<sub>2</sub>-ի ստացման հեշտությամբ և SiO<sub>2</sub>-ի հատկություններով:

Նախ հարթակի մակերևույթը ենթարկվում է ջերմային օքսիդացման մաքուր թթվածնի պայմաններում, որն ապահովում է ծակոտիներից զերծ հնարավորինս մեծ խտությամբ  $\text{SiO}_2$ -ի շերտի ստացում 0.2...0.4 մկմ հաստության սահմաններում: Հաջորդ քայլով վակուումային գոլորշիացման եղանակով նստեցվում է ոսկյա թաղանթ՝ մոտավորապես 0.5 մկմ հաստությամբ, և առաջին ֆոտոլիտոգրաֆիայով ձևավորվում են ոսկյա շերտերը (նկ.1):

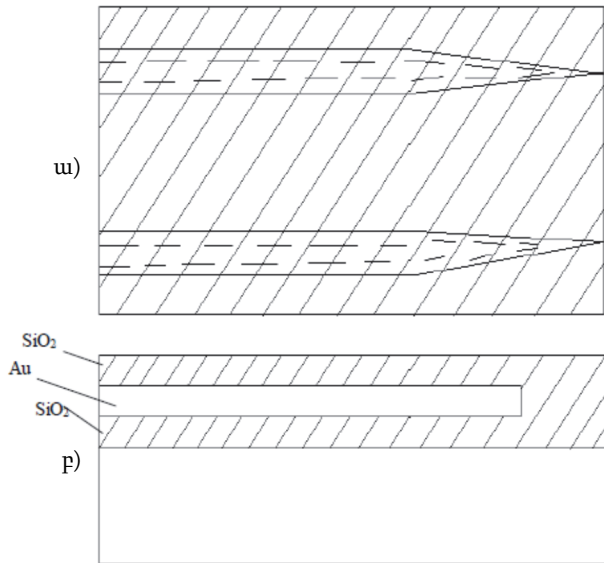


Նկ. 1. Սիլիցիումի հարթակի վրա սիլիցիումի երկօքսիդի ստացում, ոսկյա թաղանթի նստեցում, առաջին ֆոտոլիտոգրաֆիայով ոսկյա շերտերի ձևավորում.  
ա- տրոպիզիան, բ- լայնական կտրվածքը

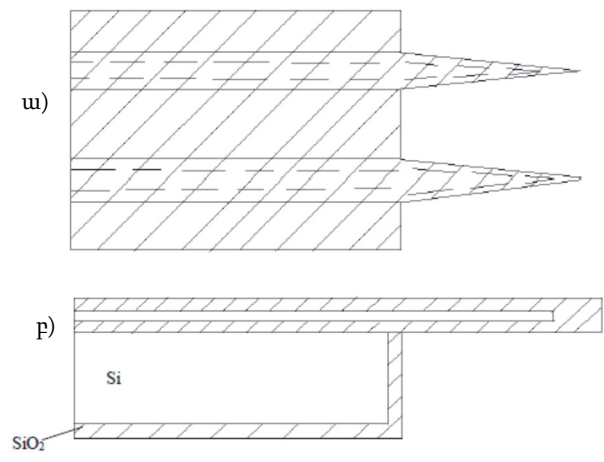
Դրանից հետո կատարվում է սիլիցիումի երկօքսիդի նստեցում մոնոսիլանի քայքայմամբ, որը բարձր ջերմաստիճանային պրոցեսն է (նկ.2): Նստեցված սիլիցիումի երկօքսիդի հաստությունը մոտավորապես 1մկմ կարգի է, որը լրիվ բավարար է ոսկյա թիթեղը հուսալիորեն մեկուսացնելու և արտաքին ազդեցությունները բացառելու համար:

Այնուհետև հարթակի հակառակ մակերևույթին նստեցվում է ֆոտոռեզիստ: Դրանից հետո երկրորդ ֆոտոլիտոգրաֆիայով ելուստային տեղամասերից ֆոտոռեզիստը մասամբ հեռացվում է, որից հետո ֆոտոռեզիստից զերծ տեղամասերում կիսահաղորդչի հարթակը քայքայվում է՝ մինչև վերին մակերևույթի  $\text{SiO}_2$ -ի շերտին հասնելը: Դրա արդյունքում ձևավորվում են հեծանային կառուցվածքների ելուստային տեղամասերը:

Դրանից հետո դարձյալ կատարվում է  $\text{SiO}_2$ -ի շերտի նստեցում, սակայն այս դեպքում այդ շերտը նստեցվում է հակառակ մակերևույթի վրա (նկ.3): Նստեցված օքսիդի շերտի հաստությունը պետք է նվազագույնը լինի 1.5 մկմ, որպեսզի արտաքին հպումները պատճառ չհանդիսանան պատահական քերծվածքների կամ ճաքերի առաջացման համար: Վերջիններիս առաջացումը կարող է էապես ազդել չափվող պոտենցիալների արժեքների վրա, ստեղծելով կեղծ ախտորոշում:



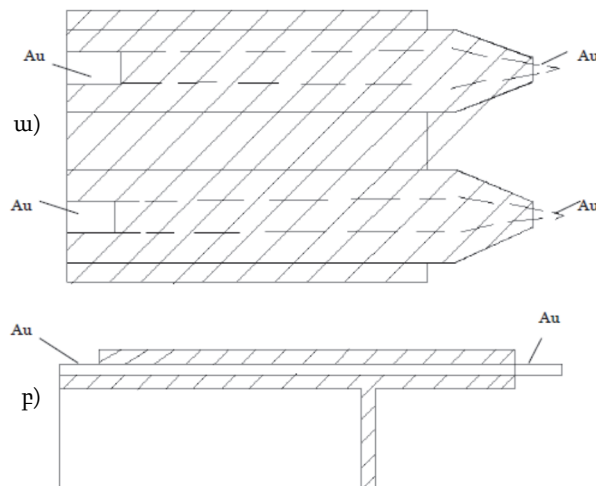
Նկ. 2. Սիլիցիումի երկօքսիդի նստեցում



Նկ. 3. Սիլիցիումի հակառակ մակերևույթի քայքայմամբ հեծանային ելուստների ձևավորումը երկրորդ ֆոտոլիտոգրաֆիայով և հակառակ մակերևույթում  $\text{SiO}_2$ -ի շերտի նստեցումը

Դրան հաջորդում է երրորդ ֆոտոլիտոգրաֆիան, որի արդյունքում ելուտային տեղամասերում  $\text{SiO}_2$ -ի շերտը ոսկու թաղանթի վրայից հեռացվում է: Դա արվում է, որպեսզի համակցիչի միջոցով հնարավոր լինի դուրս բերել էլեկտրական պոտենցիալները: Պոտենցիալների դուրսբերումը հնարավոր է նաև իրականացնել օքսիդի շերտի հեռացված տեղամասերում կետային եռակցման միջոցով մետաղե լարի տեսքով ելուտների դուրսբերմամբ: Կետային եռակցումը կարող է կատարվել կամ ավտոմատացված կերպով, կամ առանձին, v-աձև եռակցիչի միջոցով: Վերջին դեպքում եռակցիչին տրվում է հատուկ, համակարգչով ղեկավարվող իմպուլս, իսկ մետաղական լարը տրվում է եռակցիչի եզրին այն պահին, երբ նրա ջերմաստիճանը առավելագույնն է: Եռակցման իրականացումից հետո տրվող իմպուլսի ժամանակն ավարտվում է, և արդյունքում ձևավորվում են մետաղական ելուտները:

Վերջում ստացված զոնդերը սուր եզրերով մտցվում են հատուկ  $\text{SiO}_2$ -ի լուծիչի մեջ, որի արդյունքում ոսկյա սրածայր եզրերը բացվում են (նկ. 4):



Նկ. 4. Երրորդ ֆոտոլիտոգրաֆիայով ոսկյա ելուտների բացումը և  $\text{SiO}_2$ -ի քայքայիչի միջոցով հեծանային կառուցվածքների սրածայր եզրերի բացումը

**Հետազոտության արդյունքները:** Կենսապոտենցիալների արտաբերման միկրոէլեկտրոդների ստացման համար վակուումային գոլորշիացման եղանակով նստեցվում է ոսկյա թիթեղ, որից ֆոտոլիտոգրաֆիայի միջոցով ձևավորվում են առանձին էլեկտրոդները: Դրանց չափերի և միջակա հեռավորության ճիշտ ընտրման նպատակով կարևոր է ուսումնասիրել ֆոտոլիտոգրաֆիայի գործընթացի թուլատրող ընդունակությունը (ստացվող գծերի նվազագույն լայնությունը):

Ներկա փուլում ֆոտոլիտոգրաֆիայի գործընթացը հասել է բարձր աստիճանի կատարելության: Ֆոտոլիտոգրաֆիայի ժամանակակից ավտոմատացված գծերի վրա սիլիցիումի թիթեղները մշակվում են՝ առանց մարդու անմիջական մասնակցության: Սակայն ֆոտոլիտոգրաֆիայի թույլատրող ունակությունը հասել է տեսական սահմանին, որը հավասար է 0.8-1 մկմ գծի լայնության:

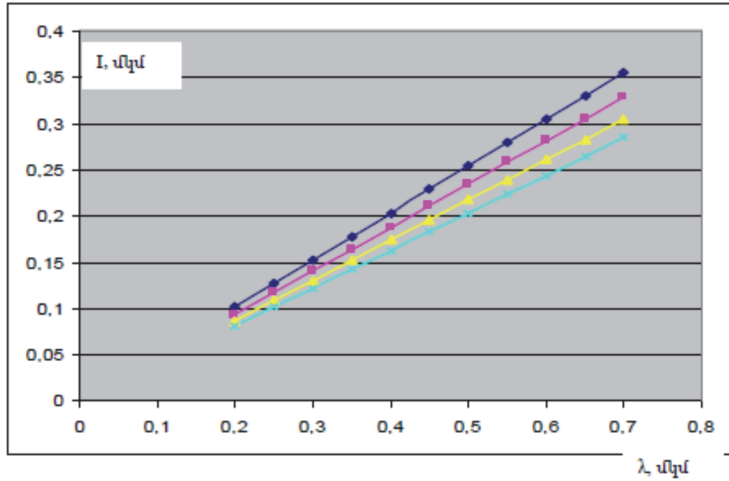
Օպտիկական լիտոգրաֆիայի (ֆոտոլիտոգրաֆիայի) թույլատրող ունակությունը տեսականորեն գնահատվում է հետևյալ բանաձևով.

$$I_{\text{սվ}} = \frac{0,61 \cdot \lambda}{n \cdot \sin \frac{\Psi}{2}}, \quad (1)$$

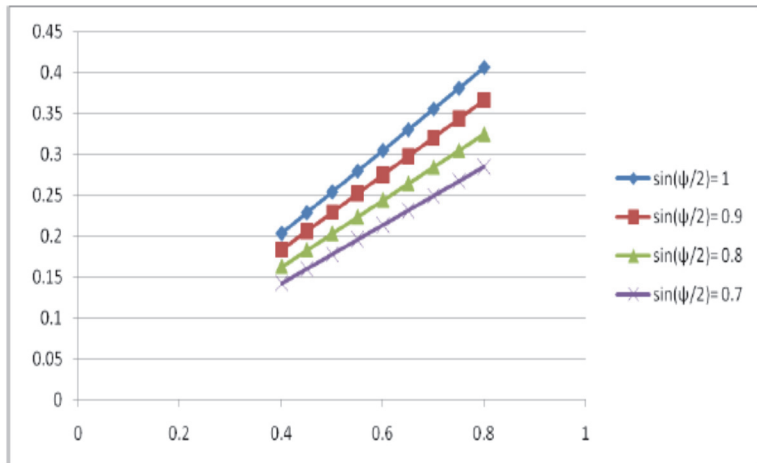
որտեղ  $I_{\text{սվ}}$ -ը ձևավորվող գծի նվազագույն երկարությունն է,  $\lambda$ -ն՝ ճառագայթման ալիքի երկարությունը,  $n$ -ը՝ ֆոտոշաբլոնի և ֆոտոռեզիստի միջև եղած միջակայքի բեկման ցուցիչը,  $\Psi$  -ն՝ սպեկտրային անկյունը, որն օգտագործվող օպտիկական համակարգի բնութագիրն է: Գնահատումները ցույց են տալիս, որ տեսանելի սպեկտրի համար  $I_{\text{min}} \approx 0.25 \text{ մկմ}$ , սակայն հաշվի առնելով ֆոտոլիտոգրաֆիայի գործընթացի արատները և օպտիկական համակարգի մտցրած աղավաղումները (կրկնակի անդրադարձումներ, դիֆրակցիա, ինտերֆերենց և այլն), լավագույն դեպքում  $I_{\text{min}} \approx (0.8 \div 1) \text{ մկմ}$ : Գծի մինիմալ լայնությունը կարելի է փոքրացնել, այսինքն՝ բարձրացնել թույլատրող ունակությունը, եթե օգտագործվեն ալիքի ավելի փոքր երկարությամբ ճառագայթումներ [4]:

Կենսապոտենցիալների արտաբերման միկրոէլեկտրոդների պատրաստման գործընթացում շատ կարևոր է ուսումնասիրել այդ նվազագույն երկարության կախվածությունները ալիքի երկարությունից սպեկտրային տարբեր անկյունների և բեկման տարբեր ցուցիչների դեպքում:

Ստորև բերված է  $I_{\text{min}}=f(\lambda)$  կախվածությունը, երբ  $\lambda$  ալիքի երկարությունը փոփոխվում է անդրամանուշակագույն և տեսանելի լույսի սահմանում ( $\lambda=0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55, 0.6, 0.65, 0.7, 0.75$  մկմ), երբ ֆոտոշաբլոնի և ֆոտոռեզիստի միջև եղած միջակայքի բեկման ցուցիչը՝ ( $n=1.1, 1.2, 1.3, 1.4$ ) և  $\sin(\psi/2)=1$  դեպքում (նկ.5), ինչպես նաև նույն կախվածությունը, սակայն տեսանելի լույսի տիրույթում ( $n=1.2$ ) և ( $\sin(\psi/2)=1, 0.9, 0.8, 0.7$ ) դեպքերում (նկ.6):



Նկ. 5. Նվազագույն երկարության կախվածությունը ալիքի երկարությունից փարբեր բեկման ցուցիչների դեպքում



Նկ. 6. Նվազագույն երկարության կախվածությունը ալիքի երկարության փարբեր սպեկտրային անկյան սինուսի դեպքում

**Եզրակացություն:** Աշխատանքում բերված կենսապոտենցիալների արտաբերման միկրոէլեկտրոդների կառուցվածքը և տեխնոլոգիական հաջորդականությունը կարող են կիրառվել վերջիններիս պատրաստման գործընթացում, իսկ ուսումնասիրված կախվածությունները, ելնելով կառուցվածքում կիրառվող ֆոտոլիտոգրաֆիայի անհրաժեշտությունից, կարող են օգտագործվել միկրոէլեկտրոդների օպտիմալ չափերը և ֆոտոլիտոգրաֆիայի գործընթացի պարամետրերը որոշելիս:

## ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Камышко И.В.** Медицинские приборы. Разработка и применение.- М.: Медицинская книга, 2004.-790 с.
2. **Ջաղոյան Ա.Մ., Շիրվանյան Նամագարդի Թ.Ժ., Կարապետյան Ն.Ս.** Բազմաէլեկտրոդ զոնդի պատրաստման տեխնոլոգիայում ֆոտոլիտոգրաֆիայի գործընթացի թույլատրող ունակության հետազոտումը //ՀԱՊՀ Լրաբեր. Գիտ.հոդ. ժողովածու. Մաս 1.- Երևան: Ճարտարագետ, 2017. -էջ 302-306:
3. **Ջաղոյան Ա.Մ.** Կենսապրոթեզավորման էլեկտրոնային սարքերի տեխնոլոգիա: Ուսումնական ձեռնարկ / Հայաստանի պետական ճարտարագիտական համալսարան (Պոլիտեխնիկ): - Երևան, 2010.- 115 էջ:
4. **Лапшинов Б.А.** Технология литографических процессов: Учебное пособие /МИЭМ.- 2011.- 99 с.

**А.М. ЗАДОЯН, О.А. ЗАДОЯН, Д.Р. МАМИКОНЯН**

### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ СНЯТИЯ БИОПОТЕНЦИАЛОВ**

При разработке структуры и последовательности технологии изготовления микроэлектродов для снятия биопотенциалов исследованы возможность формирования острых металлических выводов методом фотолитографии, разрешающая способность фотолитографии в зависимости от разных факторов.

**Ключевые слова:** микроэлектроды для снятия биопотенциалов, тонкий металлический слой, разрешающая способность фотолитографии.

**A.M. ZADOYAN, O.A. ZADOYAN, D.R. MAMIKONYAN**

### **DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR PRODUCING MICROELECTRODES TO DERIVE BIOPOTENTIALS**

At developing the structure and succession of the technology for producing microelectrodes to derive biopotentials, the possibility of formation of sharp metallic ends by the method of photolithography, the permissible ability of photolithography depending on different factors are studied.

**Keywords:** elaboration of biopotential microelectrodes, thin metallic layer, allowing ability of photolithography.