

# ԳԻՏԱՎԵՏԱԶՈՏԱԿԱՆ ՀՆԱԽԱԳԾԱՅԻՆ ԽՆԱՄՈՒԽՈՒՄՆԵՐՈՒՄ

## ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴԻԶՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ՍԱՐՔԱՇԻՆՈՒԹՅԱՆ ՄԵՁ

Ռ. ԶԱՔԱՐՅԱՆ

Հայէլեկտրագործարանին կից ԳՀԻ ֆիլիալի սարքերի և արդյունաբերական էլեկտրոնիկայի բաժնի պետ, տեխն. գիտ. թեկնածու

Մ. ՏԵՐ-ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ

Ինժեներ

Կիսահաղորդիչների ուսումնասիրության բնագավառում վերջին տարիների նվաճումները նոր հնարավորություններ բացեցին սարքաշինության մեջ նրանց լայն կիրառման համար: Էլեկտրաշարժիչ տեխնիկայում կիսահաղորդիչների արմատավորման ակտուալ խնդիրներից մեկն է հանդիսանում կիսահաղորդիչների համուղղիչ ներգործության օգտագործումը փոփոխական հոսանքի լարումն ու ուժը չափելու համար:

Դետեկտորային գործիքներն իրենցից ներկայացնում են կիսահաղորդիչ համուղղիչների և էներգիայի աննշան սպառումով ու բարձր զգայունությամբ աչքի ընկնող մագնիսաէլեկտրական սիստեմի չափիչ գործիքների զուգորդություն: Նրանք կիրառվում են փոփոխական հոսանքի և լարման փոքր մեծությունների չափման համար, դրանով իսկ լրացնելով էլեկտրամագնիսական և էլեկտրադինամիկական սիստեմների գործիքների թերությունները և, բացի դրանից, մեծացնելով չափվող փոփոխական հոսանքի հաճախականությունների դիապազոնը:

Չափիչ տեխնիկայում որպես համուղղիչ սովորաբար կիրառվում էին պղնձա-ենթօքսիդային կիսահաղորդիչները, որոնք տալիս էին ջերմության ու հաճախականության մեծ սխալանքներ

և տենեին միջէլեկտրոդային մեծ տեսակություն: Այդ էական թերությունները սահմանափակում էին պղնձա-ենթօքսիդային համուղղիչների կիրառումը:

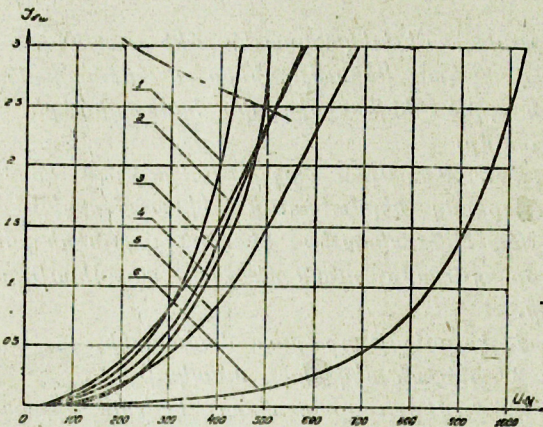
ՍՍՌ Միության արդյունաբերության կողմից թողարկվող գերմանիումի կիսահաղորդիչները, պղնձա-ենթօքսիդային կիսահաղորդիչների համեմատությամբ, ունեն մի շարք առավելություններ.

1. կայունություն ըստ ժամանակի,
2. աննշան սեփական ունակություն,
3. համեմատաբար փոքր կախում շրջապատող միջավայրի ջերմաստիճանի և խոնավության փոփոխությունից,
4. համուղղման մեծ գործակից,
5. փոքր զաբարիտներ և էժան գին:

1-ին նկարում բերված են գերմանիումի կետային դիոդների և Դ102Ա տիպի սիլիցիումի դիոդի տարբեր տիպերի վոլտամպերային բնութագրերը: Աղյուսակում բերված են նույն դիոդների հիմնական տեխնիկական տվյալները: Այդ տվյալներից երևում է, որ գերմանիումի բոլոր կետային դիոդները գրեթե միատեսակ վոլտամպերային բնութագիր ունեն: Չափիչ տեխնիկայում ցանկալի է կիրառել մի այնպիսի դիոդ, որը

| դիոզենի տիպը                                                                             | ԴԳ-Ց1 | ԴԳՑ-Ց | Դ1Գ  | Դ2Գ  | Դ9Գ  | Դ10Բ | Դ11            | Դ14            | Դ201 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|----------------|----------------|------|
| վերին հատվածի տեխնիկական տվյալները                                                       |       |       |      |      |      |      |                |                |      |
| 1. Առաջնային լարում Սա, վ . . .                                                          | 50    | 30    | 50   | 40   | 30   | 10   | 30             | 100            | 50   |
| 2. Առաջնային հոսանք I, մա . . .                                                          | 16    | 25    | 16   | 25   | 20   | 50   | 100            | 30             | 30   |
| 3. Հետագա հոսանք մա-ով, երբ առաջնային լարումը կազմում է . . .                            | 1     | 0,5   | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,2  | 0,25           | 0,25           | 0,01 |
| 4. Համադրված հոսանք մա-ով, երբ Սա=1վ . . .                                               | 2     | 6     | 5    | 10   | 10   | 8    | 5              | 2              | 1    |
| 5. Գերմանիոյի զրոյացման ջերմաստիճանային փոփոխում %-ով, երբ 10°C համար լարումը 1վ է . . . | 6,0   | 6,5   | 4    | 5,5  | 7    | 7    | (0,5վ դեղջուր) | (0,5վ դեղջուր) | 0,8  |

սկզբնական մասում ունենա ուղղադիրժ վոլտամպերային բնութագիր, ներքին փոքր դիմադրություն և դիմադրության փոքր կախում ջերմաստիճանի փոփոխությունից: Այդ բոլոր պահանջներին ամենից ավելի լավ բավարարում է Դ10Բ դիոզը, որը, բացի դրանից, հաճախականության լավ բնութագիր ունի: Միաժամանակ պետք է նշել,



Նկ. 1. Գերմանիոյի կետային դիոզների և Դ 102. Ա տիպի սիլիցիումի դիոզի վոլտամպերային բնութագրեր:

որ սիլիցիումի Դ101 և Դ103Ա դիոզներն ունեն շնչին ջերմաստիճանային կախում, բայց դրա հետ միասին նրանք օժտված են ներքին մեծ դիմադրությամբ: Դ10 և Դ101—Դ103Ա տիպի դիոզները վերջին ժամանակները մշակվել են Մոսկվայի գիտա-հետազոտական ինստիտուտում և արդեն թողարկվում են արդյունաբերության կողմից [1,2]:

Ներկայումս Կիևի «Տուլեիկտրոպրիբոր» գործարանը թողարկում է Ց—51 և Ց—52 բազմա-

սահմանային գործիքներ և մշակում Ց—55 և Ց—56 գործիքները Դ1 և Դ2 գերմանիումի դիոզներով: Այդ գործիքներն ունեն 1,5 և 2,5 ճշտության դասը: Սակայն մինչև հիմա չեն թողարկվում ճշտության բարձր դասերի գերմանիումի դիոզներով վահանային գործիքներ:

Հայելեկտրագործարանին կից գիտա-հետազոտական ինստիտուտի ֆիլիալի գործիքների և արդյունաբերական էլեկտրոնիկայի բաժնի մշակումների պլանի մեջ մտցված է փոփոխական հոսանքի վահանային դետեկտորային վոլտմետրների ու ամպերմետրների սերիաների մշակումը, հաճախականությունը մինչև 10 կհց, ճշտության դասը՝ 1,5, չափման վերին սահմանը՝ 3 վ մինչև 600 վ և 2 մա մինչև 1 ա, շրջապատող օդի —40° մինչև +60° C ջերմաստիճանի և մինչև 98% հարաբերական խոնավության դեպքում աշխատելու համար:

Ստորև բերվում են վոլտմետրների և ամպերմետրների նախագծման հիմնական էտապները.

ա) Համուղղող սխեմաների ընտրությունը:

Չափի տեխնիկայում ամենամեծ տարածում են ստացել երկկիսապարբերության համուղղման սխեմաները (սիմետրիկ, զուգահեռ և հաջորդական կամուրջների սխեմաները): Ելնելով սխեմայի առավելագույն զգայունություն ստանալու պայմանից, թե՛ ըստ հոսանքի և թե՛ ըստ կարողության, ընտրում ենք զուգահեռ կամրջի սխեման [3] (տե՛ս նկ. 2ա և 3), որը, բացի դրանից, թեթևացնում է ջերմային կոմպենսացիայի հարցը և պակասեցնում ցուցնակի անհավասարաչափությունը:

Այդ սխեմայի համաձայն, տրված լարման ռեժիմով աշխատելու դեպքում, ըստ հոսանքի

զգայունության մաքսիմումի պայմանն ապահովվում է հետևյալ հավասարությամբ՝

$$R_0 = \sqrt{r \cdot r_0} \quad (1)$$

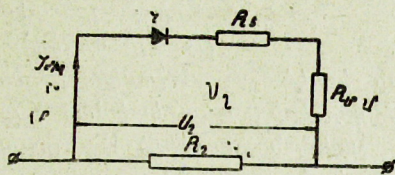
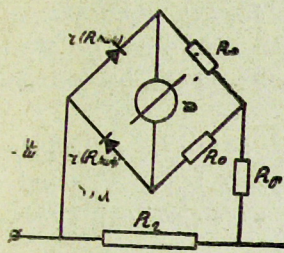
որտեղ  $R_0$  կամրջի բազուկի դիմադրությունն է,  $r$ -ը դիողի ուղղակի դիմադրությունը,  $r_0$ -ն չափիչի դիմադրությունը:

Ըստ կարողության զգայունության մաքսիմումի պայմանն ապահովվում է հետևյալ հավասարությամբ՝

$$r_0 = \frac{R_0(2r + R_0)}{r + R_0} \quad (2)$$

Համատեղ լուծելով 1 և 2 հավասարությունները, կստանանք՝

$$\left. \begin{aligned} r_0 &= 2r \\ R_0 &= r\sqrt{2} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$



Նկ. 2.

ա—ամպերմետրի էլեկտրական սխեման, բ—համարժեք էլեկտրական սխեմա, երբ  $R_{\infty} = \infty$ :

Սխեմայի պարամետրերի այսպիսի հարաբերակցությունների դեպքում ապահովված կլինեն մաքսիմումի պայմանները թե՛ ըստ հոսանքի և թե՛ ըստ կարողության:

Այդ հետևություններում դիողի հակառակ դիմադրությունը՝  $R_{\infty}$  ընդունված է անվերջության հավասար, որը լիովին թույլատրելի է, քանի որ գերմանիումի կետային դիողներում  $R_{\infty}$  1000—2000 անգամ ավելի մեծ է ուղղակի դիմադրությունից:

բ) Գործիքների պարամետրերի հաշվարկը:

Ամպերմետրների հաշվարկման համար (տե՛ս նկ. 2) ելակետային տվյալներ են հանդիսանում շունտի լարման անկումը՝  $U_2$  և գործիքի լրիվ շեղման հոսանքը  $I_{\text{սղ}}$ , քանի որ դետեկտորային գործիքների մազնիսաէլեկտրական մեխանիզ-

մի պտտող մոմենտը համեմատական է համառոշված հոսանքի միջին արժեքին:

Այդ մեծությունների ռացիոնալ ընտրությունից են կախված գործիքների սխալանքները և ցուցնակի ձևը:

Կատարված հաշվարկումներով և նրանց էքսպերիմենտալ ստուգումով պարզվել է, որ նպատակահարմար է վերցնել շունտի լարման անկումը 0,75—1վ սահմաններում:  $U_2$  այդ արժեքի դեպքում, չափիչի կայուն աշխատանքի համար, հոսանքի և լարման փոքր մեծությունների չափման համար և, որ հիմնականն է, ավտոկոմպենսացման օպտիմալ ռեժիմի ստացման համար (տե՛ս ստորև), նպատակահարմար է գործիքի լրիվ շեղման հոսանքը վերցնել 300—900 մկա սահմաններում:

$U_2$  և  $I_{\text{սղ}}$  որոշելուց հետո տրոշվում է կամրջի գծային դիմադրությունների համարժեք նշանակությունը (տե՛ս նկ. 2բ):

$$R_{\infty} = \frac{R_0(r_0 + R_0)}{r_0 + 2R_0} \quad (4)$$

Կոնստորի լրիվ դիմադրությունը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$R_{\text{կոն}} = \frac{U_{\text{սղ}}}{I_{\text{սղ}}} = \frac{U_2}{I_{\text{սղ}} \cdot 1,11} \quad (5)$$

Այնուհետև, ֆորմուլայով (3) որոշվում են չափիչի  $r_0$  և կամրջի բազուկի  $R_0$  դիմադրությունները, որտեղ դիողի  $r$  դիմադրությունը,  $I_{\text{սղ}}$  որոշակի արժեքի դեպքում, վերցվում է դիողի դինամիկական բնութագրի համաձայն

$$r = \frac{U_{\text{սղ}}}{I_{\text{սղ}}} \quad (6)$$

Վերջին հավասարումներից ունենալով  $R_{\infty}$ ,  $R_{\text{կոն}}$  և  $r$  նշանակությունները, կարելի է որոշել  $R_{\text{լ}}$  լրացուցիչ դիմադրության մեծությունը.

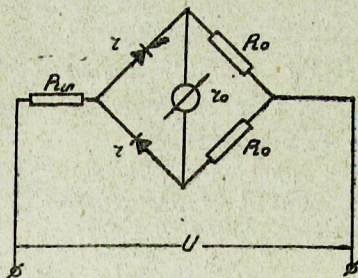
$$R_{\text{լ}} = R_{\text{կոն}} - R_{\infty} - r \quad (7)$$

Այդ հաշվարկներով լիովին լուծվում է ամպերմետրի սխեման: Չափման սահմանների ընդլայնումը ձեռք է բերվում, փոփոխելով շունտի դիմադրության արժեքը, նայած գործիքի չափման սահմանին.

$$R_2 = R_{\text{կոն}} \frac{1}{m-1} \quad (8)$$

որտեղ  $m$ -ը չափվող հոսանքի և գործիքի լրիվ շեղման հոսանքի հարաբերությունն է [4]:

Վոլտմետրների աշխատանքի պայմանները, հատկապես չափման մեծ սահմանների դեպքում, շատ ավելի լավ են, քան ամպերմետրներում, քանի որ գործիքի ընդհանուր դիմադրության զգալի մեծության հետևանքով դիողի դիմադրության փոփոխությունը քիչ է ազդում շղթայի ընդհանուր դիմադրության վրա: Վոլտմետրի էլեկտրական սխեման պատկերված է 3-րդ նկարում:



Նկ. 3. Վոլտմետրների էլեկտրական սխեման:

Վոլտմետրների հաշվարկման համար ելակետային պարամետրեր են հանդիսանում գործիքի լրիվ շեղման  $I_{\text{դ}}$  հոսանքը և  $U$  չափման սահմանը ամպերմետրների հաշվարկման ժամանակ ստացված  $U_z$ -ի փոխարեն:

Վոլտմետրների հաշվարկման կարգը համանման է ամպերմետրների հաշվարկին: Չափման սահմանների ընդլայնումը ձեռք է բերվում  $R_o$  արժեքի փոփոխությամբ մնացած բոլոր պարամետրերը պահպանելու դեպքում:

զ) Զերմաստիճանային սխալանքների համակշռումը:

Դետեկտորային գործիքների նախագծման հիմնական հարցերից մեկն է շրջապատող միջավայրի ջերմաստիճանի փոփոխությունից առաջացող ջերմաստիճանային սխալանքների հարցի լուծումը:

Դետեկտորային գործիքների ջերմաստիճանային սխալանքները կազմվում են երեք մեծություններից

$$\gamma_t = \gamma_{t_{\text{ազ}}} - \gamma_{t_{\text{գլ}}} - \gamma_{t_{\text{ալ}}} \quad (9)$$

որտեղ  $\gamma_{t_{\text{ազ}}}$  դիողի ուղղակի դիմադրության փո-

փոխությունից առաջացող սխալանքն է,  $\gamma_{t_{\text{ալ}}}$  դիողի հակառակ դիմադրության սխալանքն է, իսկ  $\gamma_{t_{\text{գլ}}}$  սարքի «պղնձի» մասի դիմադրության սխալանքն է: Այդ սխալանքները տրվում են տոկոսներով՝ չափման վերնի սահմանից, երբ ջերմաստիճանը փոփոխվում է  $10^\circ \text{C}$ -ով: Զերմաստիճանի բարձրացման դեպքում  $\gamma_{t_{\text{ազ}}}$  առաջ է բերում գործիքի ցուցմունքների մեծացում, իսկ  $\gamma_{t_{\text{ալ}}}$  և  $\gamma_{t_{\text{ալ}}}$  փոքրացում, այսինքն՝ նրանք տարարժեք են: Խնդիրն այն է, որպեսզի  $\gamma_t$  գումարային սխալը չգերազանցի թույլատրելի արժեքից, որը 1,5 դասի գործիքների համար կազմում է 1,2 %:

Գործիքի պարամետրների կամայական ընտրության դեպքում այդ սխալանքների գումարային արժեքը միշտ գերազանցում է թույլատրելի արժեքից և ծագում նրանց համակշռման անհրաժեշտությունը:

Սակայն հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ սխեմայի պարամետրների ճիշտ ընտրության դեպքում գումարային սխալանքը չի գերազանցի թույլատրելի սխալանքից (ավտոկոմպենսացիայի մեթոդ):

Ավտոկոմպենսացիայի էֆեկտը, գլխավորապես, կախված է լրիվ շեղման  $I_{\text{դ}}$  հոսանքի և գործիքի  $R_o$  լրացուցիչ դիմադրության մեծություններից:

Վերևում նշվել է լրիվ շեղման հոսանքի օպտիմալ արժեքը 300—900 մկա սահմաններում: Նշենք, որ  $\gamma_{t_{\text{ազ}}}$  և  $\gamma_{t_{\text{ալ}}}$  կախված են լրացուցիչ դիմադրության մեծություններից, իսկ  $\gamma_{t_{\text{ալ}}}$  անմիջականորեն լրիվ շեղման հոսանքից:  $R_o$  մեծ արժեքների դեպքում (լարումը չափելու բարձր սահմաններ) լավագույն կոմպենսացիան կստացվի  $I_{\text{դ}}$  համեմատաբար մեծ արժեքի դեպքում (900 մկա), իսկ  $R_o$ -ի փոքր արժեքների ժամանակ (լարման փոքր մեծությունների չափումը)  $I_{\text{դ}} = 300$  մկա դեպքում:

Դետեկտորային գործիքներին հատուկ են նաև կորագծի ձևի և հաճախականության սխալանքները, բայց դրանք խիստ աննշան են:

Վերևում շարադրված մեթոդը կիրառվել է դետեկտորային գործիքների սերիայի նախագծման ժամանակ:

Գործիքների պատրաստված մակետների էջսպերիմենտալ ստուգման արդյունքները լիովին

հաստատել են նշված սերիայի իրագործման հը-  
նարավորությունը:

Որպես մակետների չափիչ ընդունված է  
«էլեկտրոտոչարիչոր» գործարանի կողմից թո-  
ղարկվող 1-ին դասի № 24 տիպի միկրոամպեր-  
մետրների մեխանիզմը, որը հնարավորություն է  
տալիս № 24 տիպի մշտական հոսանքի գործիք-  
ների հետ միասին արագորեն յուրացնել փոփո-  
խական հոսանքի վահանային գործիքների թո-  
ղարկումը:

#### Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1. Техническая информация Гос. Комитета Со-  
вета Министров СССР по радиоэлектронике, № 44,  
Москва, 1958.
2. Временные технические условия на кремние-  
вые точечные диоды типа Д101-Д103А.
3. Карандеев К. Б. Полупроводниковые выпря-  
мители в измерительной технике АН УССР, 1954.
4. Арутюнов В. О. Расчет и конструирование  
электронизмерительных приборов. Госэнергоиздат,  
1956.