

*Ֆիզիկա*

УДК 539–107.4.

Ռ. Խ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Կ. Ս. ՕՀԱՆՅԱՆ, Լ. Հ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Կ. Ա. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

ՄԻԱԿՈՂՍԱՆԻ ՇՐՋԱՆԱԿԱՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐՈՂՈՎ ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴՉԱՅԻՆ  
ԴԵՏԵԿՏՈՐ

**Ներածություն:** Իոնացնող ճառագայթների փնջերը ներկայումս լայն կիրառություն են ստացել արդյունաբերության, գյուղատնտեսության, առողջապահության, սննդամթերքների մանրէազերծման տեխնոլոգիաներում: Դրա հետ միասին կարևորություն են ստացել ճառագայթման աղբյուրի ակտիվության, ճառագայթման հոսքի խտության չափումները: Չնայած այն հանգամանքին, որ այդ նպատակով ստեղծվել և ներկայումս լայնորեն կիրառվում են մասնիկների գրանցման տարբեր տիպի դետեկտորներ, այդուհանդերձ՝ դեռևս մեծ է հետաքրքրությունը նոր տիպի դետեկտորների ստեղծման, եղածների կատարելագործման և դրանց աշխատանքային բնութագրերի լավացման նկատմամբ:

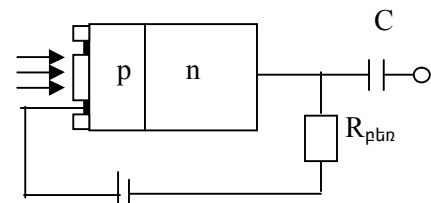
Մույն աշխատանքում ներկայացվում է Si-ի միաբյուրեղից պատրաստված կիսահաղորդչային դետեկտոր՝ դիմային մակերևույթին շրջանակային էլեկտրոդով, որը փորձարկվել է լիցքավորված մասնիկների գրանցման համար:

**Դետեկտորի կառուցվածքը:** Լիցքավորված մասնիկների գրանցման համար ներկայումս օգտագործվում են կիսահաղորդչային դետեկտորներ, որոնք պատրաստվում են ավանդական տեխնոլոգիայով [1–3]: Այսինքն՝ սիլիցիումից կամ այլ կիսահաղորդչային նյութերից պատրաստված դետեկտորի հանդիպակաց մակերևույթները պատվում են մետաղական թաղանթով, որը ներառում է մասնիկների գրանցման նկատմամբ նրա զգայուն ծավալը: Նման մոտեցումը թույլ է տալիս նվազագույնի հասցնել իոնացնող ճառագայթների կողմից դետեկտորի ծավալում առաջացրած ազատ լիցքերի էլեկտրոդների վրա հավաքման ժամանակը և ապահովել դետեկտորի արագագործությունը: Սակայն դետեկտորի մուտքային մակերևույթին նստեցված մետաղական թաղանթով անցնելիս՝ նրա զգայուն տիրույթ ներթափանցող լիցքավորված մասնիկները կորցնում են իրենց էներգիայի որոշ, թեկուզ և չնչին մասը:

Այս աշխատանքում փորձ է արվում նմուշի հանդիպակաց մակերևույթների լրիվ մետաղապատման փոխարեն կիրառել նրա ետին մակերևույթի լրիվ և մուտքային մակերևույթի ոչ լրիվ մետաղապատման զուգակցման տեխնոլոգիան:

Մասնիկների գրանցման նկատմամբ դետեկտորի զգայուն տիրույթն իրենից ներկայացնում է  $p-n$  անցումով կիսահաղորդչային դիոդ: Այն սիլիցիումի միաբյուրեղից պատրաստված 350 մկմ հաստությամբ հարթ թիթեղ է, որի ետին մակերևույթը ամբողջությամբ պատված է նիկելի բարակ շերտով: Իսկ դիմային մակերևույթը նիկելի բարակ շրջանակով երիզված  $2 \times 2$  մմ<sup>2</sup> մակերեսով տիրույթ է՝ պատված սիլիցիումի օքսիդի բարակ թաղանթով: Ետին մակերևույթի մետաղական թաղանթը և դիմային մակերևույթի շրջանակը ծառայում են որպես էլեկտրոդներ՝ դետեկտորի նկատմամբ էլեկտրական դաշտ կիրառելու, ինչպես նաև նրանցից մասնիկների գրանցման ազդանշանները ստանալու համար: Նկ. 1-ում բերված է հոսանքի աղբյուրին դետեկտորի միացման և նրանից ազդանշանների ստացման սխեման:

Մեր կողմից ուսումնասիրվող դետեկտորի նկատմամբ պոտենցիալների տարբերություն կիրառելու դեպքում նրանում ստեղծվող էլեկտրական դաշտի լարվածության բաշխումը (պայմանավորված դիմային մակերևույթի էլեկտրոդի շրջանակային ձևով) էապես տարբերվում է երկկողմանի լրիվ երեսպատումով դետեկտորում դաշտի լարվածության բաշխումից:



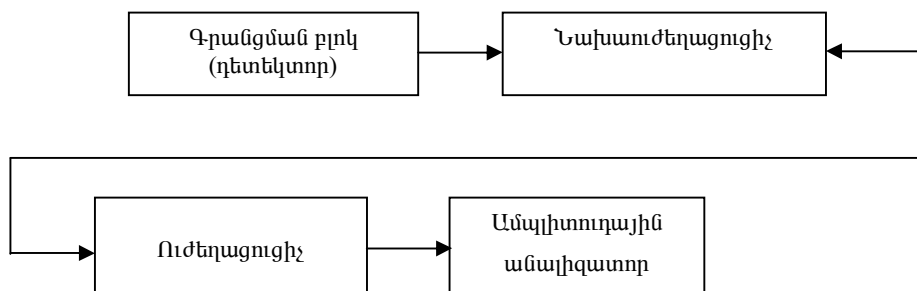
Նկ. 1. Դետեկտորի միացման սխեման:

Դա հանգեցնում է էլեկտրոդների վրա գրանցվող մասնիկների ազդեցության տակ վալենտական գոտուց հաղորդականության գոտի անցած ազատ լիցքակիրների դրեյֆային ճանապարհների և դրեյֆային ժամանակների տարբերությունների առաջացման: Ետին էլեկտրոդի վրա հավաքվող լիցքերի դրեյֆային ճանապարհների երկարությունը նվազագույնն է, մինչդեռ դիմային շրջանակային էլեկտրոդի վրա հավաքվող ազատ լիցքերի դրեյֆային ճանապարհների երկարությունները և դրեյֆային ժամանակները կախված են մասնիկների դետեկտոր թափանցելու կոորդինատներից:

Դրեյֆային ժամանակները ներդրում են տալիս գրանցման ազդանշանի ժամանակային բնութագրերի, հատկապես ազդանշանի ֆրոնտի ձևավորման մեջ: Պայմանավորված ետին էլեկտրոդի վրա հավաքվող լիցքերի դրեյֆային ճանապարհների աննշան տարբերությամբ՝ ձևավորվում են ժամանակային միևնույն բնութագրերով և գրեթե միատեսակ ֆրոնտներով ազդանշաններ: Այլ է պատկերը դիմային շրջանակային էլեկտրոդի վրա գրանցման ազդանշանի ձևավորման դեպքում: Վերջինիս ձևը և ժամանակային պարամետրերը կախված են լիցքավորված մասնիկի դետեկտոր անցնելու կետի և շրջանակի կողերի (կամ որևէ կողի) միջև եղած հեռավորությունից: Դրեյֆային ժամանակը նվազագույնն է, գրանցման ազդանշանի ֆրոնտը կտրուկ, երբ լիցքավորված մասնիկը դիմային մակերևույթը հատում է շրջանակի որևէ կողին անմիջականորեն մոտ կետերում: Դրեյֆային ժամանակն առավելագույնն է և ազդանշանի ֆրոնտը ձգված, երբ մասնիկն անցնում է շրջանակի կենտրոնով: Հաշվված է դրեյֆային ժամանակի առավելագույն արժեքը մեր կողմից ուսումնասիրվող դետեկտորի համար ըստ [4]-ի: Այն հավասար է 2 մկվ-ի:

Գրանցման CՅԱ-01 բլոկն ունի մետաղական պատյանով պատված 600 սմ<sup>3</sup> ծավալով խցիկ, որը մետաղե դռնակով հերմետիկորեն փակվում է: Դռնակի փակ վիճակում խցիկի ծավալն ամբողջությամբ էկրանավորվում է

էլեկտրամագնիսական դաշտերից և լուսամեկուսանում: Խցիկում հանդիպակաց դիրքերով համառանցք տեղադրված են դետեկտորի կոթառը և ռադիոակտիվ ճառագայթման աղբյուրի տեղակայման համար նախատեսված շարժական պատվանդանը, որը թույլ է տալիս նրանց միջև հեռավորությունը փոփոխել 0,5–6 սմ տիրույթում: Առավելագույն՝ 6 սմ հեռավորության դեպքում մինչև 6 ՄէՎ էներգիայով ալֆա-մասնիկներն օդում ամբողջությամբ կլանվում են, ինչը հնարավորություն է տալիս գնահատել ֆոնային և աղմկային ազդանշանները խցիկում աղբյուրի առկայության պայմաններում և հետազայում այն հաշվի առնել չափումների արդյունքում ստացված տվյալների մշակման ժամանակ:



Նկ. 2: Փորձի բլոկ սխեման:

Նախաուժեղացուցիչը (ԵԿՄ 2–50 տիպի) և ուժեղացուցիչը ընդարձակիչի հետ միասին (ՇՅՇ–13 տիպի) ապահովում են դետեկտորից ստացվող ազդանշանների այնպիսի ուժեղացում, որ դրանց ամպլիտուդային արժեքները ներառվեն ԱՄ–128 տիպի անալիզատորի 1-ից 128 կանալների տիրույթ: Միաժամանակ ուժեղացուցիչում կատարվում է ելքային ազդանշանների համապատասխանեցում անալիզատորի մուտքային ազդանշանների պարամետրերին (ֆրոնտը՝ 0,5–1,0 մկվ, ազդանշանի երկարությունը՝ 4–5 մկվ):

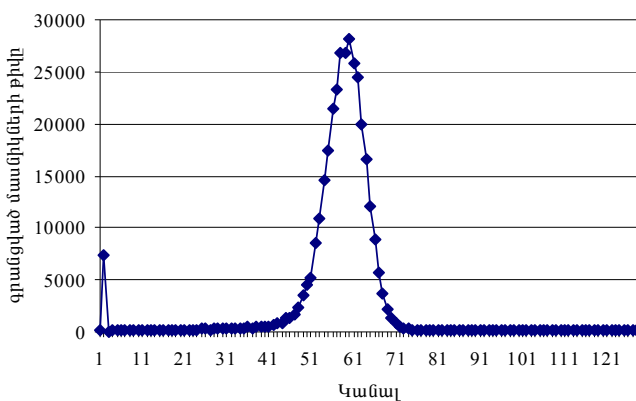
**Չափումների արդյունքները:** Ուսումնասիրվող դետեկտորը փորձարկվել է էլեկտրաչեզոք և լիցքավորված մասնիկների գրանցման նպատակով: Առաջին իսկ փորձարկումները ցույց տվեցին, որ այն լուսազգայուն է, ուստի հետագա չափումները կատարվել են հերմետիկ փակված խցիկով:

Դետեկտորը, ինչպես և սպասվում էր, փոքր էֆեկտիվության պատճառով զգայուն չէ զամմա-քվանտների նկատմամբ ( $^{60}\text{Co}$  իզոտոպից առաքվող 1,17 ՄէՎ և 1,33 ՄէՎ էներգիաներով զամմա-քվանտները դետեկտորում գործնականորեն ազդանշաններ չեն ձևավորում): Այն զգայուն չէ նաև լիցքավորված թեթև մասնիկների (էլեկտրոնների, պոզիտրոնների), ինչպես նաև  $\mu$ -մեզոնների նկատմամբ:  $^{90}\text{Sr}$  իզոտոպից առաքվող բետա-մասնիկները (վերին սահմանը 2,3 ՄէՎ) և երկրորդային տիեզերական ճառագայթների մեջ մտնող  $\mu$ -մեզոնները դետեկտորում ազդանշաններ չեն ձևավորում: Իրականում և՛ բետա-մասնիկները, և՛  $\mu$ -մեզոնները էներգիայի իոնացման կորուստների շնորհիվ դետեկտորի զգայուն ծավալում առաջացնում են փոքր թվով ազատ լիցքեր, սակայն դրանցով ձևավորվող ազդանշանների ամպլիտուդները չեն գերազանցում աղմկային ազդանշանների ամպլիտուդները և դրանց ֆոնի վրա չեն դիտվում:

Դրական արդյունքներ ստացվել են ալֆա-մասնիկների գրանցման ժամանակ: Որպես ճառագայթման աղբյուր օգտագործվել է  $^{238}\text{Pu}$  ռադիոակտիվ իզոտոպը, որից առաքվող ալֆա-մասնիկների էներգիան 5,499 ՄէՎ է [5]:

Կատարվել է դետեկտորի ժամանակային և ամպլիտուդային բնութագրերի ուսումնասիրություն լարումների 0–50 Վ տիրույթում: Այս լարումների դեպքում չեն առաջանում գրանցված ազդանշանի ձևի և ամպլիտուդի այնպիսի փոփոխություններ, որոնք հնարավոր լիներ չափել մեր կողմից օգտագործվող սարքերով:

Մեր ուսումնասիրությունները մասնիկների էներգիաների ճշգրիտ արժեքների չափման նպատակ չեն հետապնդում: Մույն աշխատանքում



Նկ. 3:  $^{238}\text{Pu}$  ռադիոակտիվ իզոտոպից առաքվող 5,499 ՄէՎ էներգիայով ալֆա-մասնիկների էներգիայի բաշխման տեսքը:

կարևորվում են միայն մասնիկների գրանցման նկատմամբ դետեկտորի զգայունության և աղմուկից ազդանշանների զատման խնդիրները: Նկ. 3-ում բերված են կատարված չափումների արդյունքները՝ ստացված ԱՄ-128 ամպլիտուդային անալիզատորի միջոցով:

Ալֆա-մասնիկների էներգիայի բաշխման հետ միասին փոքր հա-

մարների կանալներում դիտվում է աղմկային ազդանշանների բաշխումը, որի վերին սահմանը համարժեք է 250 ԿէՎ էներգիային:

**Եզրակացություն:** Սիլիցիումի միաբյուրեղից պատրաստվել է կիսահաղորդչային դետեկտոր և փորձարկվել ճառագայթման հոսքերի մեջ մտնող առանձին լիցքավորված մասնիկների գրանցման առումով: Ի տարբերություն նմուշի ավանդական երկկողմանի երեսպատման՝ իրականացված է նմուշի ետին մակերևույթի լրիվ, դիմային մակերևույթի կոնտուրային մետաղապատում, որի շնորհիվ դետեկտորի զգայուն ծավալ կարող են ներթափանցել փոքր էներգիայով լիցքավորված մասնիկներ: Ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ այն զգայուն չէ գամմա-քվանտների, բետա-մասնիկների և  $\mu$ -մեզոնների նկատմամբ: Դետեկտորում հավաստի գրանցվում են ալֆա-մասնիկները, որոնցով ձևավորվող ազդանշանները հստակ դիտվում են աղմկային ազդանշանների ֆոնի վրա:

Միջուկային ֆիզիկայի ամբիոն

Ստացվել է 09.03.2007

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Дирли Дж. и Нортроп Д. Полупроводниковые счетчики ядерных излучений. М.: Мир, 1966.
2. Акимов Ю.К., Игнатъев О.В., Калинин А.И. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике. М.: Энергоиздат, 1989.

3. Гуров Ю.Б., Катулина С.Л., Сандуковский В.Г. – Приборы и техника эксперимента, 2005, № 6, с. 5–12.
4. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1977.
5. Гуров Ю.Б., Гусев К.Н., Карпухин В.С., Лапушкин С.В. – Приборы и техника эксперимента, 2006, № 5, с. 34–38.

Р. Х. МАРГАРЯН, К. С. ОГАНЯН, Л. Г. ПЕТРОСЯН, К. А. САРГСЯН

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДЕТЕКТОР С ОДНОСТОРОННИМ КОНТУРНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

### Резюме

Полупроводниковый детектор заряженных частиц был изготовлен из монокристалла силиция и испытан для регистрации отдельных частиц, входящих в поток. В отличие от традиционной двухсторонней облицовки, была произведена полная металлическая облицовка задней поверхности и контурная металлическая облицовка передней поверхности исследуемого нами детектора. Исследования показали, что он не чувствителен к регистрации гамма-квантов, бета-частиц и  $\mu$ -мезонов. Детектором аккуратно регистрируются альфа-частицы, причем сигналы, формируемые ими, четко наблюдаются на фоне шумовых сигналов.

R. Kh. MARGARYAN, K. S. OHANYAN, L. H. PETROSYAN, K. A. SARGSYAN

## SEMICONDUCTOR DETECTOR WITH ONE SIDED CONTOUR ELECTRODE

### Summary

A semiconductor detector of charged particles was made from silicium monocrystal. It was tried to detect separate particles of the stream. Unlike to the traditional two-side covering of the model, total metallic covering of the background surface, contour metallic covering of the frontal surface was done. The investigations show that the detector is not sensitive to the detection of gamma quantum, beta particles and  $\mu$  mesons. While Alfa particles are accurately (clearly) detected by the detector, because they form signals which are clearly seen on the background of the noise signals.