

Ֆիզիկա

УДК 621.376.234

Ռ. Խ. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ, Կ. Ս. ՕՀԱՆՅԱՆ, Լ. Հ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

**ՇՐՋԱՆԱԿԱՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐՈՂՈՎ ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴՉԱՅԻՆ ԴԵՏԵԿՏՈՐԻ
ԵՆԵՐԳԻԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ**

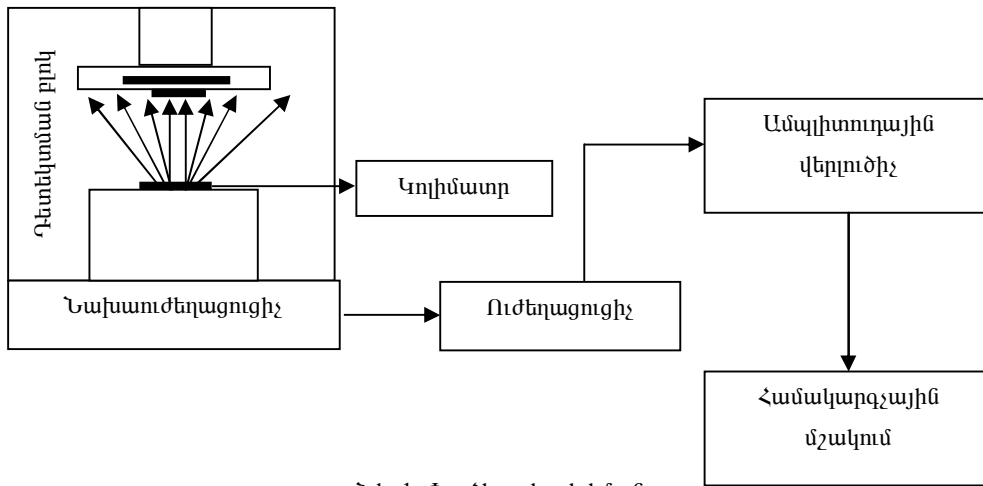
Միջուկային ֆիզիկայի փորձարարական մեթոդների հետագա զարգացման ուղղությամբ կատարվող հետազոտություններում դեռևս արդիական են տարրական մասնիկների նոր սկզբունքներով աշխատող դետեկտորների ստեղծման, գիտափորձերում և կիրառական հետազոտություններում դրանց ներդրման հիմնախնդիրները: Այդ գաղափարախոսության շրջանակներում էլ մեր կողմից սիլիցիումի միաբյուրեղի հենքի վրա պատրաստվել է դիմալին մակերևույթին շրջանակային էլեկտրոդով կիսահաղորդչային դետեկտոր և փորձարկվել էլեկտրաչեզոք ու լիցքավորված մասնիկների հոսքերի գրանցման առումով: Ինչպես և կանխատեսվում էր տեսական հաշվումներով, իր զգայուն տիրույթի ոչ մեծ հաստության (3–4 մկմ) և սիլիցիումի ատոմային միջուկի փոքր կարգաթվի ($S_i Z=14$) պատճառով այն զգայուն չէ լիցքավորված թեթև մասնիկների հոսքերի և զամմա քվանտների գրանցման նկատմամբ: Դրական արդյունքներ ստացվել են ալֆա մասնիկների գրանցման առումով: Որպես ճառագայթման հոսքերի աղբյուրներ օգտագործվել են՝ ОСАИ-ի ստանդարտով էտալոնային $^{238}\text{Pu}+^{239}\text{Pu}+^{233}\text{U}$ և ^{226}Ra ալֆա ռադիոակտիվ իզոտոպները, որոնցից առաքվող ալֆա մասնիկների կինետիկ էներգիաները սահմանափակված են 4,5–7,6 ՄէՎ տիրույթում [1, 2]:

Սույն աշխատանքում կատարվել են դետեկտորի էներգիական բնութագրերի ուսումնասիրություններ՝ ալֆա սպեկտրաչափության մեջ նրա օգտագործման հնարավորությունները բացահայտելու նպատակով:

Փորձարարական սարքավորման նկարագրությունը: Միակողմանի շրջանակային էլեկտրոդով կիսահաղորդչային դետեկտորի էներգիական բնութագրերի ուսումնասիրության նպատակով հավաքվել է փորձարարական սարքավորում: Այն իր կառուցվածքով գրեթե չի տարբերվում [1] աշխատանքում օգտագործված սարքավորումից, սակայն ալֆա մասնիկների էներգիաների ճշգրիտ չափումներ կատարելու նպատակով հարստացված է տարբեր չափերի կոլիմատորներով:

Գրանցման բլոկի մետաղական պատյանով սահմանափակված 600 սս³ ծավալով խցիկում հանդիպակաց և համառանցք տեղադրված են դե-

տեկտորը և ռադիոակտիվ ճառագայթման աղբյուրի տեղակայման համար նախատեսված շարժական պատվանդանը: Վերջինիս միջոցով հնարավոր է դետեկտորի և ճառագայթման աղբյուրի միջև հեռավորությունը, հետևաբար, օդում ալֆա մասնիկների վազքի երկարությունը, փոփոխել $0,5 \text{ սմ}$ -ից մինչև 6 սմ տիրույթում: Էներգիական չափումների վրա ալֆա մասնիկների փնջի տարամիտումներով պայմանավորված ազդեցությունները նվազագույնի հասցնելու նպատակով դետեկտորի և շարժական պատվանդանի միջև տեղադրվում է փնջի մեխանիկական կոլիմատոր (նկ. 1):



Նկ. 1: Փորձի բլոկ-սխեման:

Կոլիմատորի պարամետրերը (նրա երկարության և փունջը ներառող անցքի տրամագծի չափերը) ընտրել ենք՝ ելնելով փորձի կատարման օպտիմալացումից: Սույն աշխատանքում օպտիմալ է համարվում ալֆա մասնիկների էներգիական սպեկտրի նվազագույն աղավաղումը և փորձարարական տեսակետից հոսքերի չափման էքսպոզիցիայի իրատեսական տևողությունը (ժամեր): Որպես կոլիմատորի պարամետրերի օպտիմալացման չափանիշ ընտրվել է ալֆա սպեկտրի լայնացման մեծությունը՝ պայմանավորված փնջի տարամիտման անկյունով: Իրոք՝ ալֆա մասնիկը, առաքվելով ռադիոակտիվ նմուշից և φ անկյան տակ մտնելով դետեկտոր, նրանց միջև եղած W_0 շերտով նյութի մեջ (տվյալ դեպքում օդի) անցնում է

$$W = W_0 \frac{1}{\cos \varphi} \quad (1)$$

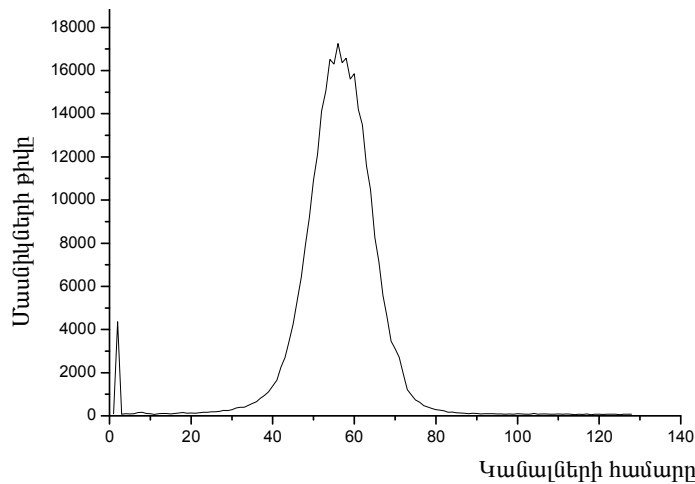
ճանապարհ: Հետևաբար, մասնիկների էներգիական ցրվածության ամենամեծ արժեքը դիտվում է փնջի տարամիտման անկյան φ_{\max} առավելագույն արժեքի դեպքում և որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ.

$$\delta E_{\varphi_{\max}} = (W - W_0) \frac{dE}{dx} = W_0 \left(\frac{1}{\cos \varphi_{\max}} - 1 \right) \frac{dE}{dx}, \quad (2)$$

որտեղ $\frac{dE}{dx}$ -ը ալֆա մասնիկների տեսակարար իոնացման կորուստներն են նյութական միջավայրում: Տարամիտման թույլատրելի ամենամեծ φ_{\max} ան-

կյան մեծությունը, հետևաբար, կոլիմատորի գծային չափերը որոշվում են $\delta E_{\varphi_{\max}} \ll \Delta E_{ck}$ պայմանից, որտեղ ΔE_{ck} -ն ալֆա սպեկտրի կիսալայնությունն է իդեալական կոլիմացման դեպքում (ալֆա մասնիկների զուգահեռ փնջի $\varphi_{\max}=0$ անկյան տակ անկում դետեկտորի մակերևույթին): Ելնելով դրանից և հաշվի առնելով չափման ժամանակի «իրատեսականության» պայմանը՝ չափումներում օգտագործել ենք 1, 2 և 3 մմ տրամագծով, 1 սմ հաստությամբ և $1,5 \times 1,5$ սմ² մակերեսով երկաթե կոլիմատոր՝ տեղադրված դետեկտորի մակերևույթից 1 մմ հեռավորության վրա:

Չափումների արդյունքները և սպեկտրի մշակումը: Փորձում օգտագործվող АИ-128 տիպի ամպլիտոդային վերլուծիչի հնարավորությունները՝ պայմանավորված նրա կանալների փոքր թվով (128), թույլ չեն տալիս առանց ալֆա սպեկտրների մշակման որոշել դետեկտորի սեփական լուծող ունակությունը: Չափումների արդյունքում վերլուծիչի էկրանին դիտվում են նրա մուտքին հասած իմպուլսների միմյանցից հեռացված երկու տիպի բաշխումներ: Դրանցից առաջինը տեղայնացված է փոքր համարների կանալներում: Այն արդյունք է դետեկտորում և նրան հաջորդող էլեկտրոնային սխեմաներում ձևավորվող աղմկային ազդանշանների: Գնահատված է այդ ազդանշանների լայնությունների առավելագույն արժեքը, որը, ըստ կատարված չափումների արդյունքների, սենյակային ջերմաստիճանում չի գերազանցում 250 ԿԷՎ-ին համարժեք էներգիան:



Նկ. 2: ²²⁶Ra ռադիոակտիվ իզոտոպից առաքվող ալֆա մասնիկների բաշխման տեսքը:

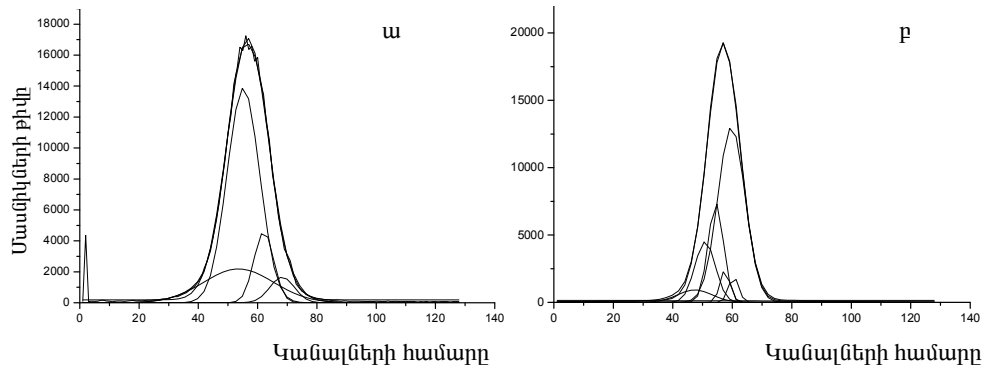
Երկրորդ բաշխումը տեղայնացված է վերլուծիչի միջին տիրույթի կանալներում: Այն պայմանավորված է դետեկտորում ալֆա մասնիկների գրանցումներով: Բաշխման էներգիական տիրույթի ստորին սահմանը շատ անգամ ավելի մեծ է քան աղմկային ազդանշանների մեծության վերին սահմանը, ինչն էլ հիմք է հանդիսանում ալֆա մասնիկների էներգիական բաշխման ամբողջ տիրույթում ($3 \text{ ՄԷՎ} < E < 9 \text{ ՄԷՎ}$) դետեկտորն օգտագործել չափումներ կատարելու համար: Ալֆա մասնիկների մասին ավելի ինֆորմատիվ է բաշխման հենց այդ տիրույթը, որը արդյունք է ²²⁶Ra ռադիոակտիվ իզոտոպից առաքվող տարբեր էներգիաներով ալֆա մասնիկների սպեկտրների վերադրման (նկ. 2): Չափումների տևողության էքսպոզիցիան ընտրված

է այնպես, որ գրանցվող ալֆա մասնիկների թիվը լինի բավականին մեծ և վերադրված յուրաքանչյուր սպեկտրի մեջ դրանց բաշխումը լինի գաուսյան:

Սպեկտրների տարանջատումը կատարվել է հետևյալ տրամաբանությամբ: Վերլուծիչի միջոցով ստացված ինֆորմացիոն տիրույթում պիկերի տեղը որոշելու համար այն բաժանում ենք գոտիների՝ սկսելով ալֆա մասնիկների ամենամեծ էներգիաներին համապատասխանող կողմից, որը վերլուծիչի վրա համապատասխանում է ալֆա մասնիկների գրանցման մասին ինֆորմացիա պարունակող ամենաբարձր համարի կանալներին: Գոտիների լայնությունները որոշվում են $N_R - N_L = (N_R - N) + (N - N_L)$ արժեքներով, որտեղ N -ը ալֆա մասնիկների սպեկտրի մաքսիմումի տեղը նշող կանալի համարն է, իսկ N_R -ը և N_L -ը՝ համապատասխանաբար պիկի կիսալայնության աջ և ձախ սահմաններին համապատասխանող կանալների համարները [3, 4]:

Ընտրված առաջին գոտու մեջ մտնում են ինֆորմատիվ տիրույթի ամենաբարձր համարով կանալները: Փնտրվում է պիկի տեղը և կառուցվում սպեկտրի պիկից աջ ընկած մասը, որտեղ բացակայում են ավելի փոքր էներգիաներով ալֆա մասնիկների ներդրումները, և ֆունկցիայի տեսքն ու բնութագրերը որոշվում են բացառապես ամենամեծ էներգիաներով ալֆա մասնիկների գրանցումներով: Այնուհետև վերականգնվում է այդ նույն պիկի մաքսիմումից ձախ ընկած մասը, որը մեր չափումներում ղեֆորմացված է դրան նախորդող սպեկտրի վերադրման հետևանքով: Այդ նույն տրամաբանությամբ վերականգնվում են ինֆորմացիոն տիրույթի բոլոր սպեկտրները՝ մեծ էներգիաներից փոքր էներգիաները հաջորդաբար:

Նկ. 3-ում բերված են տարանջատված սպեկտրների տեսքերը նկ. 2-ում պատկերված ինֆորմացիոն տիրույթի տվյալների մշակման հիման վրա:



Նկ. 3. Վերականգնված սպեկտրների տեսքերը. ա) ^{226}Ra ; բ) ^{233}U , ^{238}Pu , ^{239}Pu :

Սպեկտրների վերականգնման պրոցեսում հաշվի են առնված ֆոնային ներդրումները, ընդ որում, կատարվել է էքստրապոլյացիա՝ ըստ ինֆորմացիոն տիրույթից դուրս ցածր և բարձր էներգիական տիրույթների ֆոնային տվյալների:

Դետեկտորի էներգիական լուծող ունակությունը և զծայնությունը: Տարանջատված պիկերից յուրաքանչյուրում գաուսյան բաշխումն ունի հետևյալ անալիտիկ տեսքը,

$$\psi(i, p, \sigma) = \sigma \sqrt{2\pi} \exp \frac{-(i-p)^2}{2\sigma^2},$$

որտեղ $\sigma = \frac{Fw}{2\sqrt{2} \ln 2}$ -ը բաշխման ստանդարտ շեղման մեծությունն է: Fw -ն

պիկի կիսալայնությունն է, որը, որպես կանոն, ֆունկցիա է չափվող էներգիայի մեծությունից և պայմանավորված է գրանցող սարքավորման, տվյալ դեպքում շրջանակային էլեկտրոդով դետեկտորի, էներգիական լուծող ունակությունով: Ստորև բերված աղյուսակում ներկայացված են ստացված տվյալների մշակման արդյունքները:

Սպեկտրի համարը	Կանալը	Էներգիան, ԿէՎ
1	47	4150
2	50	4198
3	52	4783
4	53	4784
5	54	4824
6	55	5105
7	57	5144
8	59	5156
9	60	5489
10	62	6002
11	68	7686

Հեշտ է տեսնել, որ շրջանակային դետեկտորի միջոցով կատարված չափումները բավարար են ալֆա սպեկտրների նույնականացման համար (դետեկտորի լուծող ունակությունը հավասար է 0,8%): Ինչպես երևում է աղյուսակից, ալֆա տրոհումների էներգիական ամբողջ տիրույթում դիտվում է դետեկտորի գծայնություն $K=E/N$ գործակցով:

Եզրակացություն: Մեր կողմից կատարված ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ շրջանակային էլեկտրոդով կիսահաղորդչային դետեկտորները ունեն էներգիական լավ լուծող ունակություն (0,8%) և գծայնություն: Հետևաբար, մնանատիպ կառուցվածքով դետեկտորները կարող են օգտագործվել ալֆա մասնիկների սպեկտրալ չափումներում: Շրջանակային էլեկտրոդով դետեկտորները երկկողմ հոծ մետաղապատումով դետեկտորների համեմատ ունեն այն առավելությունը, որ դրանց միջոցով կատարվող չափումներում դիմային մակերևույթի մետաղական քաղանթի վերացման հաշվին կարելի է նվազեցնել գրանցման էներգիական շեմը:

Միջուկային ֆիզիկայի ամբիոն

Ստացվել է 04.02.2008

Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1. Մարգարյան Ռ.Խ., Օհանյան Կ.Ս., Պետրոսյան Լ.Հ., Սարգսյան Կ.Ա. – Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի լրաբեր, 2007, հ. 4, № 3, էջ. 475–477.
2. Մարգարյան Ռ.Խ., Օհանյան Կ.Ս., Պետրոսյան Լ.Հ., Սարգսյան Կ.Ա. – ԵՊՀ Գիտական տեղեկագիր, 2007, № 3, էջ. 72–76.
3. Гуров Ю.Б., Катулина С.Л., Сандуковский В.Г. – Приборы и техника эксперимента, 2005, № 6, с. 5–12.
4. 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

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО КОНТУРНОГО ДЕТЕКТОРА

Резюме

Проведенные нами исследования показывают, что полупроводниковые детекторы с контурным электродом имеют хорошее энергетическое разрешение (0,8%) и линейные характеристики. Поэтому детекторы с такой конфигурацией электродов могут быть использованы в альфа-спектрометрии.

В отличие от традиционных детекторов, детекторы с контурным электродом позволяют снизить энергетический порог регистрации частиц.

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

RESEARCH OF POWER CHARACTERISTICS OF SEMICONDUCTOR
CONTOUR DETECTOR

Summary

Our research shows that semiconductor detectors with contour electrode have excellent energy resolutions 0,8% and linear characteristics. Therefore, detectors with such configurations of electrodes can be used in alpha spectroscopy.

Detectors with contour electrode allow decreasing the energy threshold of registered particles in contrast to traditional detectors.