

УПРАЖНЕНИЕ 24. ИДЕНТИФИЦИРАНЕ НА НЕИЗВЕСТЕН АЛФА-РАДИОНУКЛИД С ПОМОЩТА НА ПОЛУПРОВОДНИКОВ ДЕТЕКТОР

Цел на упражнението е запознаване с работата с полупроводников детектор (ППД) за α -лъчение, измерване енергията на неизвестен α -радионуклид и идентифицирането му.

Теоретични бележки

Принципът на работа на повърхностно-бариерен ППД е описан в Приложението. При използване на този тип детектор трябва да се има предвид следното.

1. α -частиците преминават през единия електрод на ППД, преди да попаднат в чувствителния му обем. Те губят част от енергията си при преминаването си през него. Ако източникът е разположен близо до детектора, α -частиците ще преминават през чувствителния слой под различни ъгли, ще изминават различни пътища и ще губят различна енергия, което ще влоши енергетичното разделяне на спектрометъра. За да се избегне това, източникът трябва да бъде разположен на известно разстояние от детектора (около 5–10 cm), така че α -частиците да падат перпендикулярно на повърхността на детектора. Загубената енергия ще се отрази само като отместване на енергетичното калибриране на спектрометъра – енергия 0 няма да съответства на канал с номер 0.

Разгледаната *геометрия на отдалечен източник* обаче намалява пространствения ъгъл и поради това се използва само при измерването на силни източници. Ако се измерват слабо радиоактивни проби, се прави компромис с разделянето по енергия и източникът се поставя близо до детектора, за да се увеличи чувствителността на анализа.

Независимо от геометрията на измерване обаче, източникът и детекторът трябва да се поставят във вакуумна камера, за да се избегне загубата на енергия във въздуха, водеща до влошаване качеството на спектъра. Необходимият вакуум е от порядъка на 0,1–1 Pa и се създава от маслена ротационна помпа за около 10 минути.

2. За да се реализира високата разделителна способност на ППД, сигналът от него трябва да се подаде на зарядо-чувствителен предусилвател. На неговия вход се използва полеви транзистор с много високо входно съпротивление (над $10^9 \Omega$), който обаче се "пробива" при около 30 V. При рязко повишаване и намаляване на

напрежението към детектора капацитивно се прехвърля почти същият потенциал към входа на предусилвателя и полевият транзистор изгаря. Бавното подаване на напрежението позволява чрез обратна връзка напрежението на входа на полевия транзистор да остава почти постоянно¹.

Включва се преброителят, като на анализатора се подава толкова нисък праг, че да не се броят шумовите импулси, а прозорецът се отваря максимално (на положение DIS). Минимална контактна потенциална разлика винаги съществува поради различната концентрация на легиращите примеси в двата електрода и тя е достатъчна да създаде тънка обеднена зона, която е чувствителна към падащото лъчение. α -частиците оставят в тази зона само част от енергията си и поради това се получават импулси с малки амплитуди. При плавно повишаване на напрежението на детектора, плавно се отмества и работната точка на полевия транзистор. В началния момент той се запущва и преброителят престава да брои. Изчаква се възстановяването на работната точка на полевия транзистор, което се установява по появата на импулси в преброителя. Тогава може безопасно да продължи повишаването (намаляването) на работното напрежение на детектора.

Опитна постановка

Повърхностно-барьерен ППД за α -лъчение, поставен във вакуумна камера; зарядо-чувствителен предусилвател; ЕАА, съдържащ източник на захранващо напрежение за детектора; усилвател; едноканален анализатор и преброител с часовник; вакуумна камера, свързана с вентили към вакуумна ротационна помпа; α -радиоактивен източник, съдържащ калибровъчните радионуклиди ^{239}Pu и ^{244}Cm и неизвестния радионуклид.

Изпълнение на упражнението

1. В присъствие на асистента трябва последователно:
 - а) да се включи ротационната помпа;
 - б) хелипотът, с който се изменя високото напрежение, да се постави на нула и да се включи радиометърът. Плавно се подава необходимото високо напрежение.

¹ Съвременните спектрометри с ППД имат системи, които автоматично повишават (намаляват) напрежението на детектора, предпазвайки входа на зарядо-чувствителния предусилвател.

в) след около 7–8 min да се изключи ротационната помпа, да се затвори вентила на камерата и да се пусне въздух над самата помпа.

2. Да се измери спектърът на калибровъчния α -източник, който е смес от три радионуклида: ^{239}Pu , ^{244}Cm и неизвестния радионуклид.

3. Да се направи калибриране по енергия и да се идентифицират неизвестните радионуклиди по енергиите на α -линиите (табл. II.3).

Таблица II.3. Енергии и относителни интензитети на някои α -радионуклиди

Радионуклид	$T_{1/2}$, години	Енергия, MeV	Относителен интензитет, %
^{241}Am (америций – 241)	433	5,387	1,6
		5,442	12,5
		5,484	85,2
		5,511	0,2
		5,543	0,34
^{244}Cm (кюриум – 244)	17,8	5,763	23,6
		5,806	76,4
^{237}Np (нептуний – 237)	$2,14 \cdot 10^6$	4,638	6,0
		4,663	3,3
		4,765	8,0
		4,770	25,0
		4,787	47,0
		4,802	3,0
		4,816	2,5
^{238}Pu (плутоний – 238)	87,74	4,872	2,6
		5,445	28,7
^{239}Pu (плутоний – 239)	$2,41 \cdot 10^4$	5,499	71,1
		5,150	88,5
^{234}U (уран – 234)	$2,48 \cdot 10^5$	5,100	11,5
		4,723	27,5
^{238}U (уран – 238)	$4,49 \cdot 10^9$	4,773	72,5
		4,145	23,0
		4,195	77,0

4. Да се определи разделянето на α -спектрометъра по енергии

$$R = (\Delta E / E) 100 \%$$