



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

ПРЕПРИНТ ИЯИ – 861/94
ИЮЛЬ 1994

Д.Н.Абдурашитов, В.Н.Гаврин, А.О.Гусев, В.Э.Янц

ПОДЛОЖКА В СПЕКТРЕ ПРИ РЕГИСТРАЦИИ РАСПАДОВ GE-71 В ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ СЧЕТЧИКАХ

УДК 539.1.074.23

Приведены результаты измерений подложки спектра энерговыделений в распадах ядра ^{71}Ge , находящегося в виде газа GeH_4 в цилиндрических пропорциональных счетчиках различных размеров. Показано, что при регистрации Оже-электронов с энергиями до 10 КэВ миниатюрными пропорциональными газовыми счетчиками вклад краевого и стеночного эффектов в образование подложки энергетического спектра незначителен (не более 3% от общего числа событий). Указаны наиболее вероятные процессы при регистрации распадов, приводящие к образованию подложки.

Препринт ИЯИ — 861/94
Июль 1994

Ф.-т 60x84/8 Уч.-изд.л. 0,49 Зак.№ 18912 Тираж 150 экз.
Бесплатно

Издательский отдел Института ядерных исследований
Российской академии наук
113152. Москва, Загородное шоссе, д. 10, корп. 9

© Институт ядерных исследований
Российской академии наук, 1994 г.

ПОДЛОЖКА И ЭФФЕКТЫ, ПРИВОДЯЩИЕ К ЕЕ ОБРАЗОВАНИЮ

В процессе регистрации распадов ^{71}Ge , находящегося в составе газа GeH_4 (моногерман) в цилиндрических газовых пропорциональных счетчиках, при условии хорошего разрешения (18-20% для 10 КэВ) в спектре энерговыделений от 0.5 КэВ до 13 КэВ наблюдаются два пика: 1.2 и 10.4 КэВ. Часть событий в спектре попадает между пиками и образует т.н. подложку. Авторы работ [1,2,3] наблюдают подложку и указывают на краевой [2] и стеночный [1] эффекты как на возможные причины появления подложки в счетчиках. Кроме того, в международных экспериментах SAGE [4] и GALLEX [5], в которых используются миниатюрные пропорциональные счетчики для счета атомов ^{71}Ge , подложка явным образом учитывается при измерении эффективности счетчиков. Ответственными за ее образование также считаются краевой и стеночный эффекты.

Краевым эффектом называют ослабление газового усиления за счет пониженной напряженности поля на краях анодной нити. Под стеночным эффектом понимают полное либо частичное поглощение стенкой катода счетчика Оже-электронов в распаде ^{71}Ge . Оба процесса зависят от размеров счетчика. Для цилиндрических счетчиков с центральной анодной нитью краевой эффект пропорционален отношению длины к внутреннему диаметру катода, а стеночный - отношению характерного размера области ионизации к внутреннему диаметру счетчика. В SAGE и GALLEX проведены расчеты, показывающие, что для стандартных счетчиков (длина катода 50 мм, диаметр 4-5 мм, рабочая смесь $\text{Xe}+20\%\text{GeH}_4$, давление 730 мм рт ст) краевой эффект должен переводить в подложку до 12%, а стеночный до 5% от числа распадов ^{71}Ge . Эти результаты хорошо согласуются с относительной величиной подложки, полученной прямым измерением. Тем не менее такое согласие, вообще говоря, не является достаточным основанием для утверждения о том, что краевой и стеночный эффекты практически полностью определяют подложку.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЧЕТЧИКОВ И УСЛОВИЯ НАБОРА СПЕКТРОВ

Для проверки предположения об определяющем влиянии краевого и стеночного эффектов были изготовлены счетчики различ-

ных конфигураций (см. табл. 1) с целью подавления указанных эффектов. Ниже приведены характеристики счетчиков.

Таблица 1

ХАРАКТЕРНЫЕ РАЗМЕРЫ СЧЕТЧИКОВ

счетчик катод	длина см	диаметр см	рабочий объем см ³	объем краев см ³	параз. объем см ³	полный объем см ³
LA-?1 SiO ₂ +Fe	5.0	0.4	0.63 (0.01)	< 0.1	0.1	0.72 (0.01)
YL2 SiO ₂ +C	13.3	0.4	1.66 (0.01)	0.02	0.01	1.68 (0.01)
YL1 SiO ₂ +C	20.1	0.4	2.51 (0.01)	0.02	0.01	2.53 (0.01)
YB1 Fe+Ni+Cr	59.5	1.2	63.70 (0.1)	1.3	0.5	65.50(0.1)

Счетчик LA-?1 - миниатюрный пропорциональный счетчик с железным катодом, заложенным практически без зазора в кварцевую трубку. Это типовой счетчик, применявшийся в различных измерениях в галлий-германиевом эксперименте SAGE.

Счетчики YL1 и YL2 представляют из себя кварцевые трубки, диаметр которых такой же, что и у LA-?1, однако длина в несколько раз больше. Это сделано для подавления краевого эффекта. С той же целью края трубок плавно закруглены внутрь. Катодом является углерод, нанесенный тонким (0.1 мкм) слоем на внутреннюю поверхность трубок. Подавление краевого эффекта (относительно LA-?1) ожидается не менее, чем в 5 раз, если исходить из соотношения (диаметр/длина).

Счетчик YB1 - это тонкостенная нержавеющая трубка диаметром 1.2 см, что в 3 раза больше, чем для LA-?1, YL1 и YL2. Соответственно, вклад стеночного эффекта в образование подложки должен быть снижен в три раза. Кроме того, края анодной нити счетчика изолированы тонким кварцевым капилляром, что также должно привести к подавлению краевого эффекта.

Счетчики наполнялись смесью (ксенон + моногерман 30 - 50 %, давление 470-600 мм рт ст). В счетчики добавлялся моногерман, содержащий ⁷¹Ge. Радиоактивный германий получен активацией тепловыми нейтронами естественных изотопов германия в составе GeO₂. Моногерман был синтезирован из GeO₂ на установке и по технологии, очень близкими к описанным в [6]. Ско-

рость набора событий не превышала 50 сек^{-1} . Высокое напряжение на катодах и усиление были выставлены соответственно : для LA-?1 - 1710 в, $K_{yc}=7$; для YL1 - 1525 в, $K_{yc}=7$; для YL2 - 1744 в, $K_{yc}=7$; для YB1 - 1110 в, $K_{yc}=240$. Фоновые скорости счета для всех счетчиков, кроме YB1, не превышали нескольких событий в минуту в области энергосвыделений от 0.5 до 13.0 КэВ и поэтому не учитывались. Для YB1 фон в указанной области составил 1.3 сек^{-1} .

В этих условиях были набраны спектры энергосвыделений в счетчиках от распадов ^{71}Ge (см рис 1, 2, 3, 4).

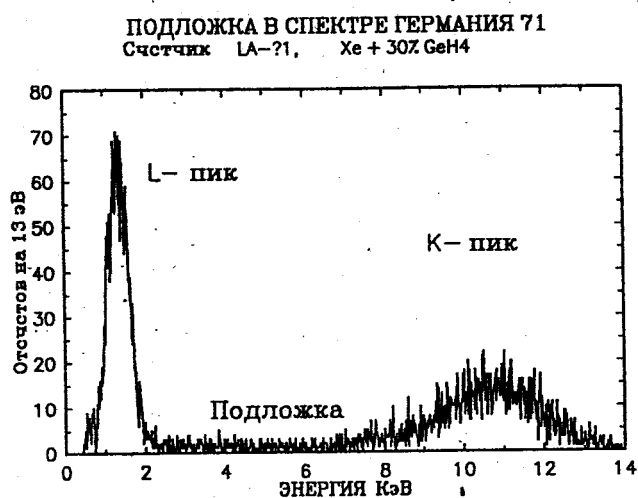


Рис. 1 Счетчик LA-?1



Рис. 3 Счетчик YB1

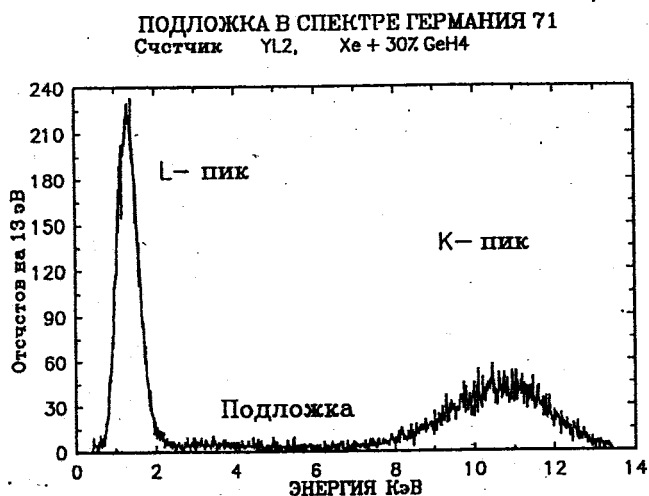


Рис. 2 Счетчик YL2

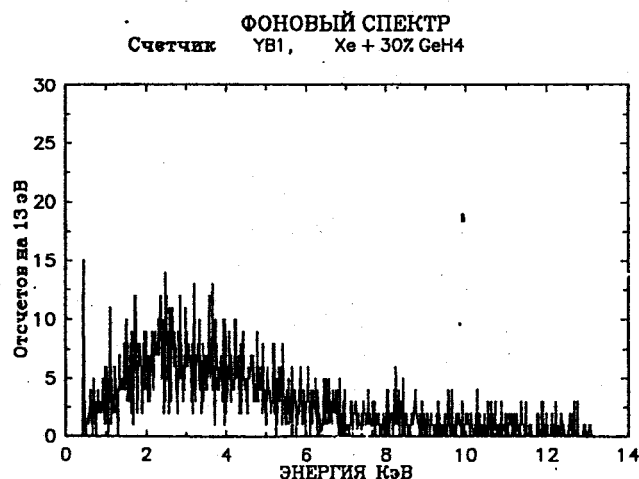


Рис. 4 Счетчик YB1

МЕТОДИКА ПОДСЧЕТА ИНТЕГРАЛОВ В ПОДЛОЖКЕ И В ПИКАХ

При обработке полученных спектров использовалась следующая методика:

- среднее значение подложки между краями пиков было просуммировано по интервалу [0.5 - 10.4 КэВ];
- для L- и K-пигов в качестве интегралов взяты суммы по спектру на двойной полной ширине $2 \times \text{FWHM}$ с вычетом интерполированной подложки;
- для счетчика YB1 дополнительно вычтены нормированные интегралы фонового спектра в интересующих областях.

Такой подход позволяет нормировать величину подложки на число распадов ^{71}Ge , формирующих L- и K-пики. Поэтому можно не учитывать различные вероятности поглощения рентгеновских квантов от распадов (см схему распада, Табл. 2) в разных счетчиках. Кроме того, эта методика учитывает различные значения энергетического разрешения для разных смесей.

Таблица 2

ИЗЛУЧЕНИЕ В РАСПАДЕ Ge-71 (см [3])

Выход, процент	Линия и энергия [KeV] рентгеновского кванта или Оже-электронов		Вакансии на L, M и N оболочках	Энергия [KeV], вы- деляемая при за- полнении вакансий
K-захват				
27.2	K _{r1}	9.25	L _{III}	1.12
14.0	K _{r2}	9.22	L _{II}	1.15
5.3	K _{c1}	10.26	M _{III}	0.11
	K _{c3}		M _{II}	
31.4	K-LL	7.71-8.07	LL	2.66-2.30
9.2	K-LM	8.89-9.25	LM	1.48-1.12
	K-LN		LN	
0.9	K-MM	10.03-10.35	MM	0.34-0.02
	K-MN		MN	
L-захват				
10.3	-	-	L _I	1.30
M-захват				
1.7	-	-	M _I	0.16

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ВКЛАДЫ ПИКОВ И ПОДЛОЖКИ В СПЕКТР В РАЗЛИЧНЫХ СЧЕТЧИКАХ

Ниже приведены результаты подсчета интегралов по спектру ^{71}Ge . Применены следующие обозначения интегралов: ПДЛ - для подложки, ПЛН - для полного числа событий, ЛПИК и КПИК - для L и K пиков.

Счетчик	Интегралы				Соотношения, процент			
	ПЛН	ЛПИК	ПДЛ	КПИК	ПДЛ ПЛН	ПДЛ КПИК	КПИК ПЛН	ЛПИК ПЛН
LA-?1	7036	2975	1127	2764	16.0	40.8	39.3	42.3
YL2	22519	10529	3125	8830	13.9	35.4	39.2	46.8
YL1	10206	4568	1801	3983	17.6	45.2	39.0	44.8
YB1	53619	16050	6386	29081	14.1	25.3	55.9	31.6

Видно, что отношение подложки к полному числу событий изменяется от счетчика к счетчику незначительно (в пределах 2-3 %). В то же время для рассмотренных выше краевого и стеночного эффектов указанное отношение должно измениться не менее, чем в 5 раз при переходе от счетчика LA-?1 к счетчику YB1. Такое поведение подложки может указывать на то, что для счетчика типа LA-?1 краевой эффект не превышает 2-3 % от числа распадов ^{71}Ge , а стеночный эффект в указанных условиях практически не наблюдается. Возникает необходимость в выявлении других процессов, приводящих к образованию подложки.

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ, ОБРАЗУЮЩИЕ ПОДЛОЖКУ

Наиболее вероятными процессами, приводящими к образованию подложки, представляются следующие:

- частичная рекомбинация плотного облака ионизации при одновременном испускании двух Оже-электронов K-захвата (см схему распада, рис.1);
- ослабление газового усиления вблизи анодной нити за счет плотной упаковки электронного облака;
- передача части энергии фрагментам молекулы GeH_4 , не производящим ионизацию в газе;
- совмещение указанных эффектов.

Для уточнения природы подложки необходимы дополнительные исследования, в частности:

- сравнительные измерения подложки в этих же счетчиках при счете ^{37}Ar (имеются указания на то, что в этом случае по крайней мере краевой эффект имеет значимую величину, до 10% для счетчика типа LA-?1);

- измерения подложки от ^{71}Ge в различных газовых смесях, для разных значений давления и высокого напряжения в целях выяснения поведения области ионизации и газового усиления.

В заключение авторы выражают признательность Б.Т.Кливленду и Н.И.Лиховиду за плодотворные дискуссии и обсуждение результатов, а также Г.Д.Ефимову и Е.А.Ерошкиной за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабанов ИР, Гаврин ВН, Гогин АА, Захаров ЮИ
Двухкамерный пропорциональный счетчик для регистрации распадов ^{71}Ge
Препринт ИЯИ АН СССР П-0318, Москва, 1983
2. Eymann G, Kirsten T
Detection of the decay of ^{71}Ge with an escape-gating two-chamber proportional counter
Nucl. Instr. and Meth., A258 (1987), pp 266-269
3. Hampel H
On the ^{71}Ge Counting Efficiency
MPI Heidelberg, Sept 1979
4. Gavrin VN, et al.
Proc. 26th Int. Conf. High Energy Phys., Dallas, 1993
5. Anselman P, et al.
Phys. Lett. B285, (1992), p.376
6. Веретенкин ЕП, Гаврин ВН, Григорьев АМ, Мирмов ИИ
Получение моногермана в химико-технологическом цикле галлий-германиевого нейтринного телескопа
Препринт ИЯИ АН СССР, П-0663, Москва, 1990
7. Schlotz R, et al.
Identification of ^{71}Ge and ^{69}Ge decays in internal gas proportional counting by means of pulse shape analysis and coincidence techniques
MPI Heidelberg, 1980, v. 26