

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ԳՐԱԿԱՆ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄ ՆԱՍԿԻՆԵ ՍՈՑԻԱԼԻԶՄԻ

НАУЧНОЕ СООБЩЕНИЕ

ЕФИ—178(24)-(76)

517706535

Մ.Ս. ԼՈՐԻԿՅԱՆ, Ն.Ն. ԴՐՈՓԻՄՉՈՒԿ

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ЧАСТИЦ МЕТОДОМ УПРАВЛЯЕМОЙ
ВТОРИЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ (УВЭЭ)

ԱՐՄՍ

ԵՐԵՎԱՆ

1976



ԵՐԵՎԱՆ

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Научное сообщение ЕФИ-178(24)-(76)

М.П. ЛОРИКЯН, Н.Н. ТРОФИМЧУК

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ЧАСТИЦ МЕТОДОМ УПРАВЛЯЕМОЙ
ВТОРИЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ (УВЭЭ).

Ереван 1976

© *Ереванский физический институт, 1976*

Одной из основных проблем в экспериментальной физике является увеличение временного разрешения детекторов частиц. Хотя приложено немало усилий в этом направлении, но область $\tau < 10^{-9}$ сек, практически, еще не освоена. С другой стороны, часто в физических экспериментах необходимо иметь небольшое количество вещества на пути частицы, для чего требуются детекторы с минимальным количеством вещества.

В этом отношении перспективным является использование открытого нами ранее явления управляемой вторичной электронной эмиссии (УВЭЭ): [1,2,3,4,5,6,7].

Нами было показано, что при прохождении сквозь эмиттер УВЭЭ минимально ионизирующих частиц средняя величина коэффициента вторичной эмиссии ≈ 250 . При этом для верхней границы переднего фронта импульса вторичного тока было получено значение $\tau < 3$ нсек.

Известно, что подложки для подобных эмиттеров можно изготавливать толщиной $\sim 10^{-5}$ см [8,9], поэтому при толщине слоя диэлектрика $\sim 10^{-2}$ см и плотности $\sim 10^{-2}$ г/см³ эмиттер содержит $\sim 10^{-4}$ г/см вещества.

В предыдущих работах мы облучали эмиттеры одиночными электронами, создающими минимальную ионизацию. Вследствие малости потерь энергии и особенностей процесса вторичной эмиссии распределение числа вторичных электронов (то есть флуктуации) имели очень широкий

вид. Это, очевидно, является нежелательным при использовании таких эмиттеров для детектирования частиц с малой ионизацией.

В настоящей работе детектором УВЭЭ мы регистрировали α - частицы с энергией $\approx 3,6$ Мэв.

Детектор схематически представлен на рис.1. Работает он по следующему принципу. α - частица от источника ^{239}Pu проходит сквозь эмиттер и вызывает эмиссию вторичных электронов. Эмитированные из пористого диэлектрика вторичные электроны ускоряются до энергии 14 кэв и фокусируются на регистрирующее устройство.

В нашем случае это был сцинтилляционный счетчик S_1 с быстрым пластическим сцинтиллятором типа NE - 102 (Англия) и фотоумножителем 150 AVP. Число эмитированных вторичных электронов определялось по суммарному энерговыделению в этом счетчике.

Эмиттер УВЭЭ, являющийся основой детектора, состоит из подложки (плёнка Al_2O_3 толщиной 1 мкм с напыленным проводящим слоем Al , толщина $\sim 1000\text{\AA}$) пористого диэлектрического слоя KCl (плотность $\sim 2\%$ от нормальной, толщина 100 мкм) и мелкоструктурной управляющей сетки, приложенной к поверхности диэлектрического слоя (толщина никелевой сетки 33 мкм, размер ячеек 200×200 мкм², ширина перемычек ≈ 40 мкм, прозрачность $\approx 70\%$). Подробное описание эмиттера и методики его изготовления приводится в работах [10,11].

На управляющую сетку эмиттера подавался потенциал V_c , положительный относительно проводящего слоя подложки. Эмиттер помещался в вакуумный объем, снабженный системой непрерывной безмасляной откачки ($p \sim 2 \cdot 10^{-7}$ торр).

Для регистрации прошедших сквозь детектор частиц за эмиттером устанавливался сцинтилляционный счетчик S_2 , и регистрация импульсов на выходе детектора производилась в совпадении с импульсами от S_2 .

Импульсы с детектора S_1 подавались на многоканальный амплитудный анализатор типа DIDAC - 4000.

Предварительно производилась калибровка счетчика S_1 для перехода от энергосвыделения к числу эмитированных вторичных электронов.

Были измерены амплитудные распределения импульсов на выходе детектора, а также временные и некоторые другие характеристики детектора.

На рис.2 приведено распределение числа эмитированных электронов в случае $V_c = 0$. По оси абсцисс отложена амплитуда сигнала, пересчитанная в число эмитированных электронов n , а по оси ординат — число событий N . Мы видим, что наблюдается очень широкий спектр с медленным спадом в сторону больших значений n .

На рис.3 (а) и (б) приведено семейство подобных распределений при различных потенциалах управляющей сетки $V_c > 0$. Из рис.3 следует, что все распределения асимметричны и имеют четко выраженные максимумы. С увеличением потенциала V_c максимум на кривых сдвигается вправо.

На рис.4 приведены распределения амплитуд на выходе детектора при $V_c = 400$ в и $V_c = 450$ в. К сожалению, мы не могли калибровать аппаратуру при больших энергосвыделениях в счетчике S_1 , и поэтому результаты при этих значениях V_c нельзя связать по абсолютной величине с предыдущими результатами. По этой причине приведенные на рис.4 кривые могут служить лишь для определения вида распределения амплитуд.

Из рис.4 следует, что и в случае больших V_c также наблюдаются распределения с максимумом, но они имеют более растянутый "хвост" со стороны больших амплитуд. Такое уширение обусловлено процессом сильного размножения электронов в слое KCl .

На рис.5 приведена зависимость наиболее вероятного числа эмитированных вторичных электронов $n_{вер}$ от потенциала управляющей сетки V_c . Из рис.5 следует, что в области малых V_c наблюдается более слабая зависимость $n_{вер}$ от V_c , чем в области больших V_c .

Если обратить внимание на вольт-эмиссионную характеристику аналогичного эмиттера при облучении частицами с минимальной ионизацией [3], то можно увидеть, что по характеру поведения с ростом V_c обе зависимости, $\bar{S} = f(V_c)$ и $N_{\text{вер}} = f(V_c)$ похожи, но в последнем случае рост $N_{\text{вер}}$ в области больших V_c происходит слабее. Это объясняется увеличением асимметрии спектров амплитуд с ростом V_c и все большим различием между $N_{\text{вер}}$ и \bar{n} по спектру.

Интересно отметить, что относительная ширина распределений на полувысоте, рис. 3 и 4, с ростом V_c вначале падает, достигая минимума при $V_c = 250$ в, а затем начинает заметно расти. Такое поведение кривых можно объяснить тем, что вначале, по мере роста V_c , увеличивается эффективность вывода δ -электронов из слоя, причем без заметного их размножения, то есть мы наблюдаем в основном первичные δ -электроны. Следовательно, флуктуации эмиссии в основном обусловлены флуктуациями потерь энергии α -частицы в диэлектрическом слое. Однако при дальнейшем увеличении V_c начинает все больше проявляться эффект лавинного размножения δ -электронов в слое диэлектрика. Рост относительной ширины кривых с ростом V_c связан, по-видимому, с флуктуациями в процессе внутрислоевого усиления. Эти флуктуации в основном обусловлены тем, что на следе α -частицы δ -электроны распределены случайным образом, и пути отдельных лавин (равные расстоянию от места возникновения электрона на следе частицы до положительного электрода-сетки) различны. Соответственно различны и коэффициенты лавинного усиления.

Было исследовано временное разрешение детектора. Очевидно, что применив для регистрации эмитированных электронов сцинтилляционный счетчик S_1 , мы ограничили разрешение детектора собственным временным разрешением сцинтилляционного счетчика. С другой стороны, в связи с тем, что был применен метод совпадений, мы практически определили суммарное временное

разрешение эмиттера и счетчиков S_1 и S_2 . Временное разрешение измерялось время - амплитудным конвертором, на входы которого подавались импульсы от счетчиков S_2 и S_1 , сформированные в дискриминаторах методом пересечения нуля. При временных измерениях спектрометрический ФЭУ счетчика S_1 заменялся быстрым временным ФЭУ типа 56AVP.

На рис.5 представлена кривая совпадений между S_1 и S_2 при $V_c = 200$ в. По оси абсцисс отложено число каналов, цена одного канала - 0,1 нсек. По оси ординат отложено число случаев. Из рис.5 следует, что при $V_c = 200$ в. ширина кривой совпадений на полувысоте равна $2\tau = 0,75$ нсек. Было обнаружено, что при больших значениях V_c величина 2τ возрастает до 1 нсек.

Оценка разрешающего времени самого эмиттера, исходя из энергетического спектра вторичных электронов [6], показывает, что оно $\sim 10^{-10}$ сек при ускоряющем напряжении 14 кв. Очевидно, что использование более быстрых методов регистрации вторичных электронов, например, электронного умножителя или полупроводникового детектора частиц [12,13], позволит получить лучшее временное разрешение, чем получено в настоящей работе.

Эффективность регистрации α -частиц детектором η определяется как отношение числа α -частиц, зарегистрированных детектором, к полному числу α -частиц, прошедших сквозь эмиттер. Для η было получено значение $\eta = 90 \pm 3\%$ при $V_c = 300$ в. При этом порог дискриминации отбирал случаи с числом эмитированных вторичных электронов $n \approx 24$.

Очевидно, что эмиссию вызывают лишь те α -частицы, которые попали в ячейки управляющей сетки и прошли сквозь эмиттер, так как α -частицы, погавшие в перемишки сетки, останавливаются, не достигнув сцинтиллятора S_2 . Поэтому эффективная рабочая площадь детектора равна $\sim 100\%$.

Полученное значение $\eta = 0,9$ может быть объяснено двумя факторами - прохождением некоторой доли α -

частиц через тонкие кромки перемычек, где вторичные электроны поглощаются полностью, и порогом дискриминации по числу эмитированных электронов.

Приведенные выше результаты показывают, что детектор, работающий на основе управляемой вторичной электронной эмиссии, имеет хорошие рабочие параметры для сильноионизирующих частиц. Малость вещества в самом детекторе и высокое временное разрешение делают его уникальным инструментом для регистрации времени пролета в области именно малых энергий, где влияние многократного рассеяния особенно существенно.

Отсутствие насыщения при облучении сильноионизирующими частицами позволяет детектору работать в условиях большого фона слабоионизирующих частиц.

Авторы выражают благодарность А.Ц.Аматуни за интерес к работе, В.А.Никитину за полезные обсуждения, А.Н.Арванову и В.Г.Гаваяну за помощь в измерениях.

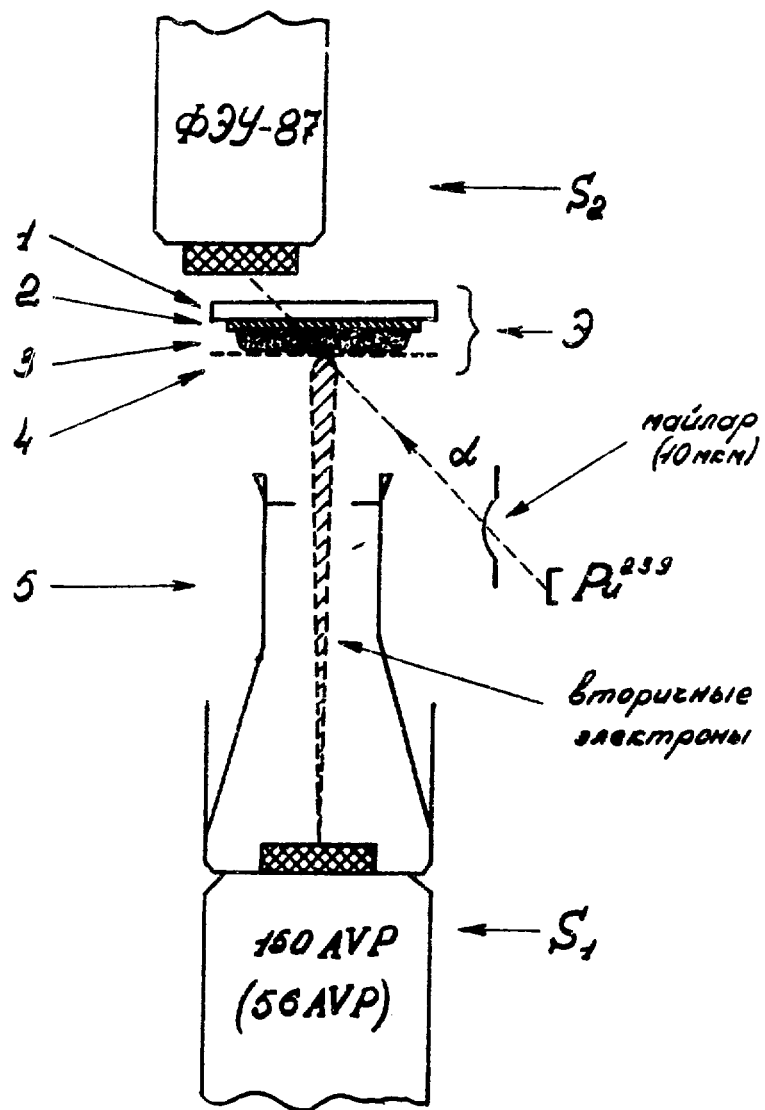


Рис.1

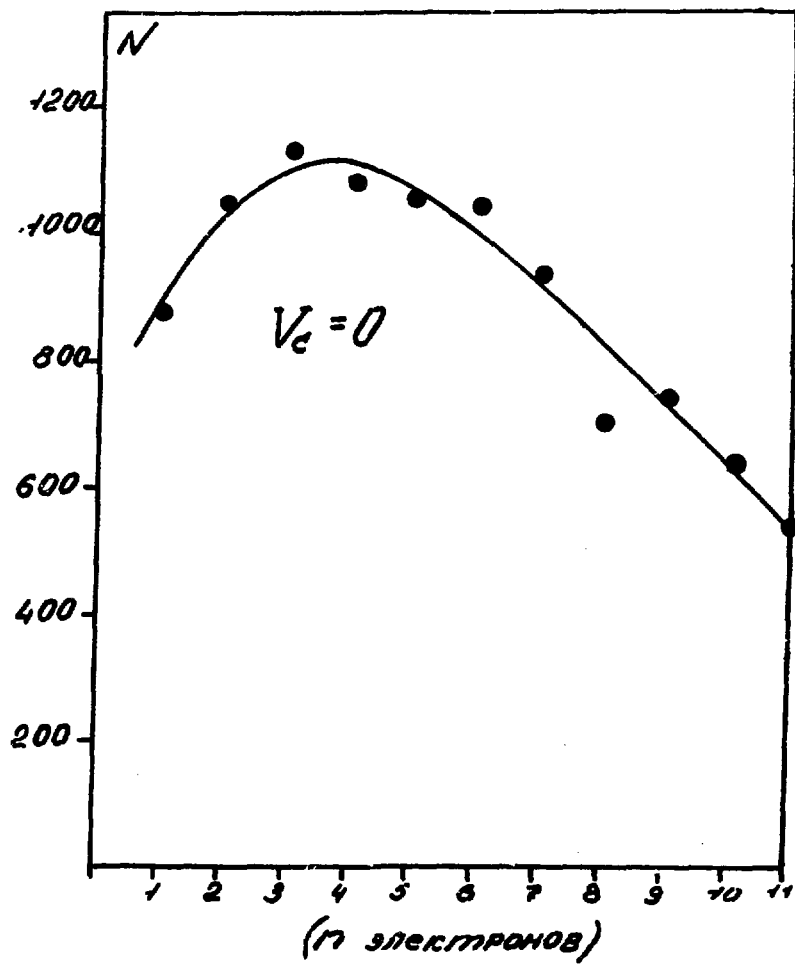


Рис.2

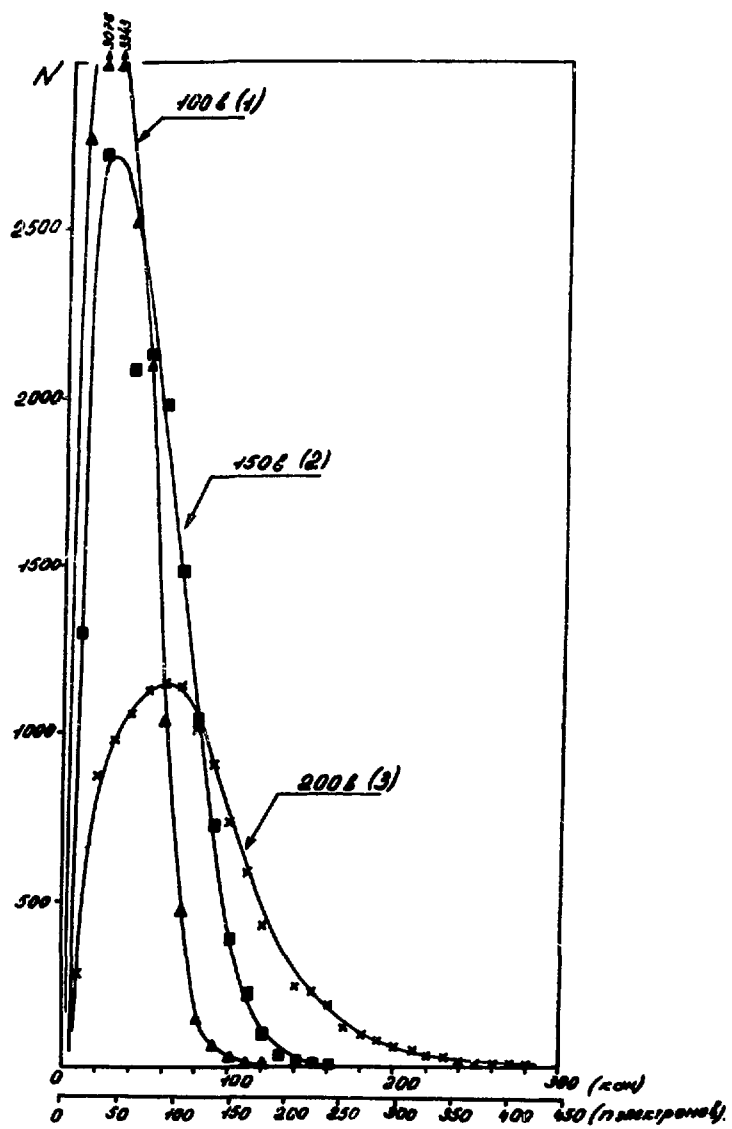


Рис.3а

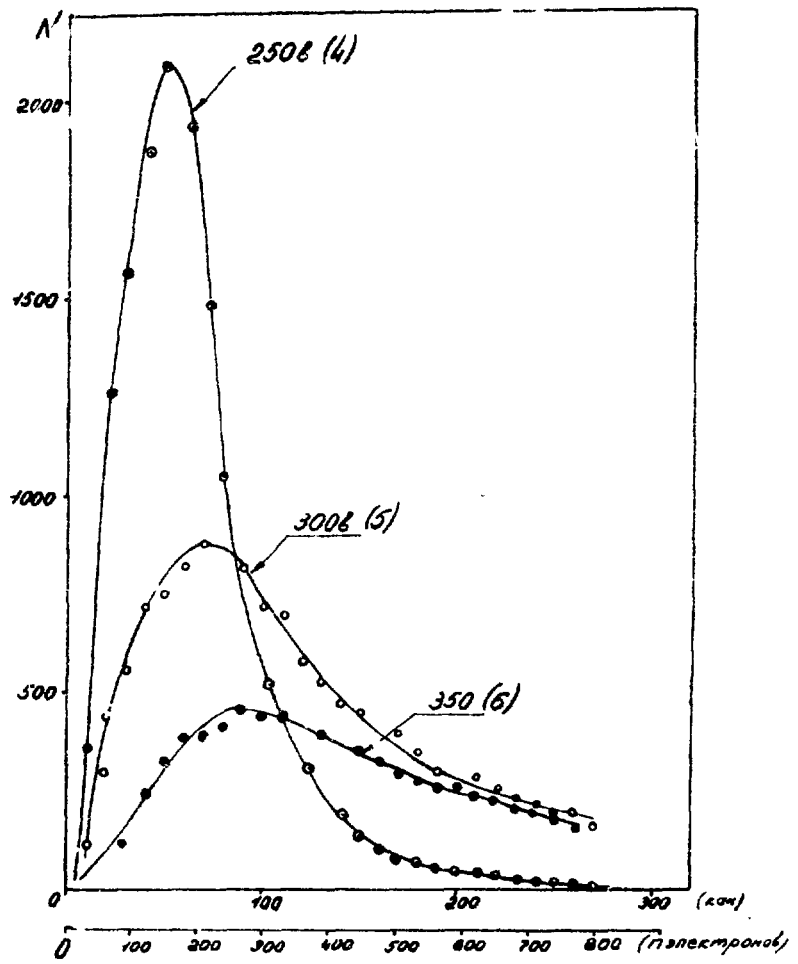


Рис.36

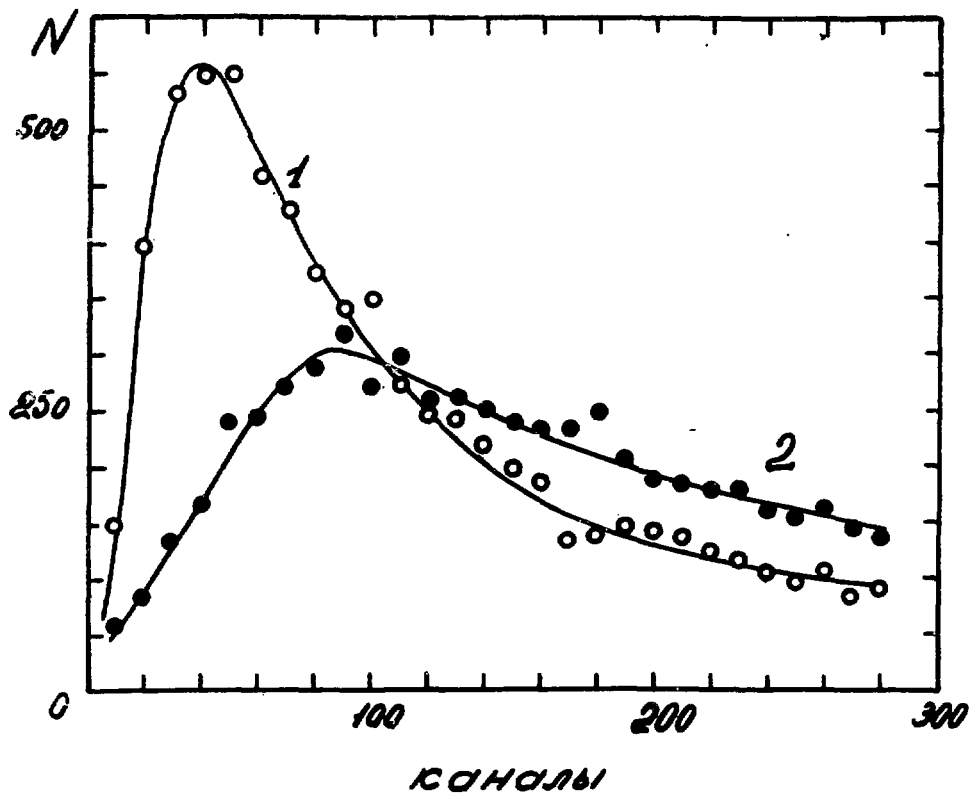


Рис. 4

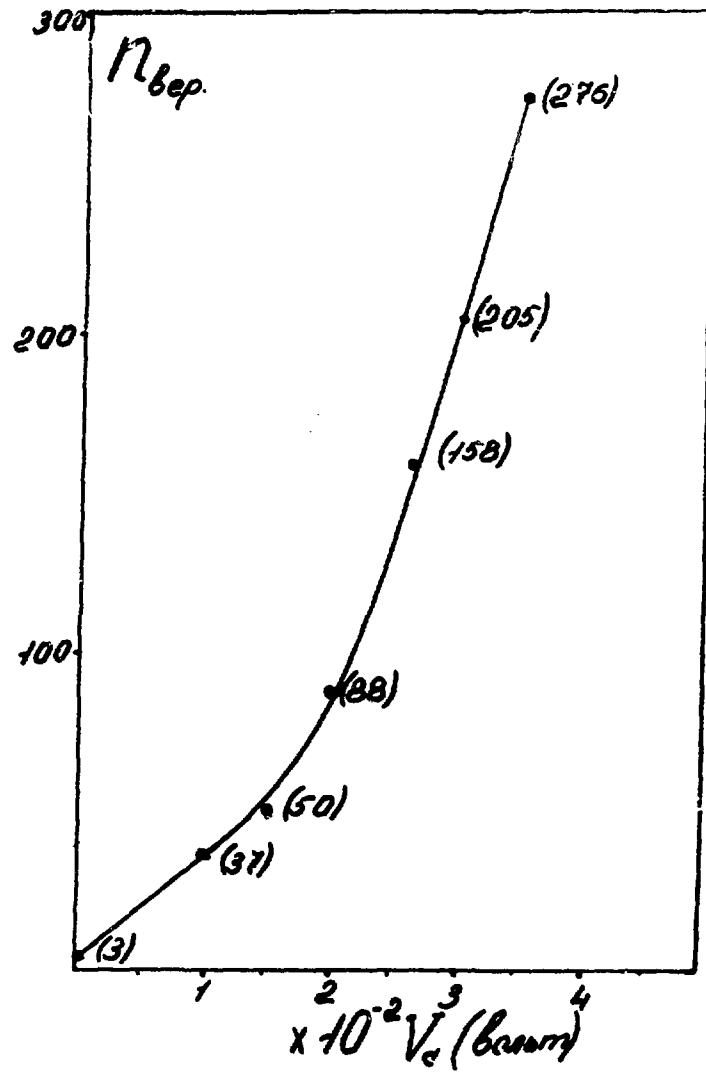


Рис.5

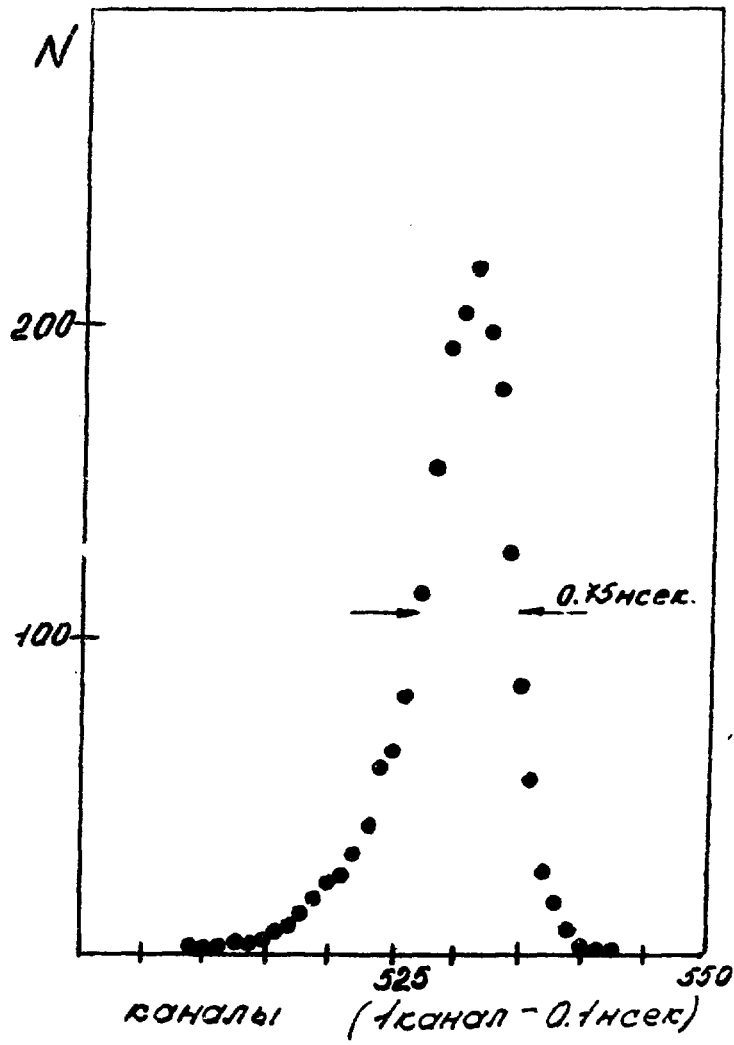


Рис.6

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

- Рис.1 Схематический вид детектора: Э - эмиттер :
1 - подложка Al_2O_3 , 2 - проводящий слой Al , 3 - пористый слой KCl , 4 - управляющая сетка. 5 - система ускорения и фокусировки вторичных электронов. S_1 - сцинтилляционный счетчик для регистрации вторичных электронов. 6 - источник α - частиц. S_2 - сцинтилляционный счетчик совпадений для регистрации α - частиц.
- Рис.2 Распределение числа эмитированных электронов при $V_c = 0$.
- Рис.3 Распределение числа эмитированных электронов при а) 1 - $V_c = 100$ в, 2 - $V_c = 150$ в, 3 - $V_c = 200$ в, б) 4 - $V_c = 250$ в, 5 - $V_c = 300$ в, 6 - $V_c = 350$ в.
- Рис.4 Распределение амплитуд импульсов на выходе детектора при $V_c = 400$ в (кривая 1) и $V_c = 450$ в (кривая 2).
- Рис.5 Зависимость наиболее вероятного числа эмитированных электронов $N_{вер}$ от потенциала управляющей сетки V_c .
- Рис.6 Кривая совпадений между счетчиками S_1 и S_2 , при $V_c = 200$ в, полученная методом время - амплитудного преобразования. Цена одного канала - 0,1 нсек.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.П.Лорикян, Р.Л.Кавалов, Н.Н.Трофимчук. Письма в ЖЭТФ 16, 6, 320 1972.
2. М.П.Лорикян, Р.Л.Кавалов, Н.Н.Трофимчук. Изв.АН Арм. ССР Физика, 8, 33, 1973.
3. M.P.Lorikian, R.L.Kavalov, N.N.Trofimchuk. NIM, 122, 377, 1974
4. М.П.Лорикян, Р.Л.Кавалов, Н.Н.Трофимчук, В.Л.Серов. Изв. АН Арм.ССР, Физика, 7, 118, 1972.
5. М.П.Лорикян, Р.Л.Кавалов, Н.Н.Трофимчук, А.Н.Арванов, Научное сообщение ЕФИ-84(74)
6. М.П.Лорикян, Р.Л.Кавалов, Н.Н.Трофимчук, А.Н.Арванов, В.Г.Гаваян. Научное сообщение ЕФИ-131(75)
7. Н.Н.Трофимчук, М.П.Лорикян, Р.Л.Кавалов, А.Н.Арванов, В.Г.Гаваян. ЖЭТФ, 69, 8, 639, 1975.
8. Р.Л.Кавалов, М.П.Лорикян, Н.Н.Трофимчук. Изв. АН Арм.ССР, Физика, 2, 443, 1967.
9. М.П.Лорикян, Р.Л.Кавалов, Н.Н.Трофимчук, Ж.Д.Маргарян, Изв.АН Арм.ССР, Физика, 3, 220, 1968.
10. Р.Л.Кавалов. Кандидатская диссертация. ЕФИ, Ереван 1973.
11. G.Goetze, A.Boerio, M.Green. J.Appl.Phys., 35, 482 1964.
12. Ph.Chevalier, J.Nussli. Internat.Symposium on Nuclear Electronics, Versailles, II, 153-1, 1968.
13. M.Lorikian. Internat.Symposium on Nuclear Electronics, Versailles, III, 36-37, 1968.

Рукопись поступила 7-го марта 1976 г.

После переработки поступила 24-го мая 1976



Редактор Л.П.Мукаян
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 560

ВФ-00218

Тираж 299

Подписано к печати 3/У1-76г., Формат издания 30 х40

1,0 уч.изд.л. Ц. 7 к.

Отпечатано на роталпринте
Ереванского физического института, Ереван-36, пер. Марка-
ряна 2