



ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

568000000

ЕФИ-370(28.)-79

С.М.ГУКАСЯН, Р.Л.КАВАЛОВ, М.П.ЛОРИКЯН
Ю.Л.МАРКАРЯН, Н.Н.ТРОФИМЧУК, Р.Ж.ХАЧАТРЯН
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДЕТЕКТОРА
ЧАСТИЦ

ԵՐԵՎԱՆ 1979 ԵՐԵՎԱՆ

EM-370(28)-79

**S.M.GUKASYAN, R.L.KAVALOV, M.P.LORIKYAN,
Yu.L.MARKARYAN, N.N.TROFIMCHUK, R.Zh.KHACHATRYAN**

**INVESTIGATION OF THE DIELECTRIC PARTICLE
DETECTOR**

A dielectric particle detector is described in which low-density MgO served as a working medium. Some characteristics of the detector are given and the dependence of detector efficiency on the applied voltage for different densities of MgO is discussed.

**Yerevan Physics Institute
Yerevan 1979**

ЕФИ-370(28)-79

УДК.539.1.074:537.226

С.М.ГУКАСЯН, Р.Л.КАВАЛОВ, М.П.ЛОРИКЯН,
Ю.Л.МАРКАРЯН, Н.Н.ТРОФИМЧУК, Р.Ж.ХАЧАТРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДЕТЕКТОРА ЧАСТИЦ

В работе описывается диэлектрический детектор частиц с рабочим веществом из MgO . Приведены зависимость эффективности детектора от приложенного напряжения для различных плотностей MgO и другие характеристики.

Ереванский физический институт

Ереван 1979

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-370(28)-79

С.М.ГУКАСЯН, Р.Л.КАВАЛОВ, М.П.ЛОРИКЯН,
Ю.Л.МАРКАРЯН, Н.Н.ТРОФИМЧУК, Р.Ж.ХАЧАТРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДЕТЕКТОРА ЧАСТИЦ

Ереван 1979

© *Ереванский физический институт, 1979*

В предыдущем нашем сообщении [1] был описан новый детектор заряженных частиц, в котором использовано явление дрейфа и размножения δ -электронов в пористых диэлектриках малой плотности, находящихся в сильных электрических полях [2-11]. В этих работах нами было показано, что при прохождении минимально ионизирующих частиц через пористый диэлектрик возникает управляемая вторичная электронная эмиссия, если на слой приложить плоскопараллельное электрическое поле.

В диэлектрическом детекторе (ДД) сильное электрическое поле создается в области вокруг анодных нитей, погруженных в слой пористого диэлектрика. Сбор вторичных электронов происходит на эти нити.

Нами было обнаружено, что при прохождении через такой детектор α -частиц с энергией ~ 5 Мэв на анодах возникают импульсы с амплитудами, достигающими 10 мв, и с длительностью по основанию $\ll 10$ нсек.

В настоящей работе мы приводим результаты более детального исследования диэлектрического детектора с рабочим веществом из

MgO .

Описание детектора и экспериментальной установки

По конструкции настоящий детектор не отличается от предыдущего. Схематическое изображение его приведено на рис. 1.

Внешние электроды выполнены из тонких металлических мелко-структурных сеток с размерами ячеек $200 \times 200 \text{ мкм}^2$ и шириной перемычек 40 мкм.

В средней плоскости между электродами на расстоянии 250 мкм от каждой сетки натянута анодная вольфрамовая золоченная нить диаметром 25 мкм с шагом 500 мкм. Пространство между электродами - сетками вокруг нитей полностью заполняется пористым диэлектриком. Диаметр детектора 2,5 см. Все сигнальные нити электрически объединены и имеют один общий выход с нагрузкой 50 ом. Выходной импульс подается на усилители с коэффициентом усиления 150. Нижний порог регистрируемых импульсов 0,3 мВ.

Детектор (ДД) установлен в вакуумный объем, откачиваемый титановым насосом до вакуума $\sim 10^{-7}$ торр. Радиоактивный

α -источник так же был установлен в вакуумный объем. В процессе работы α -источник устанавливался манипулятором в рабочее положение над детектором. Специальный коллиматор позволял пропускать только те α -частицы, траектории которых были направлены перпендикулярно поверхности детектора. Сцинтилляционный счетчик (СС), расположенный под детектором, регистрировал частицы, прошедшие через детектор, и выдавал мастерный импульс.

Для работы с минимально ионизирующими частицами использовался β -источник, который располагался вне вакуумного объема. Электроны от источника проходили через вакуумоплотное май-

ларовое окно. Для отбора случаев с минимальной ионизацией в детекторе сцинтилляционный счетчик (СС) калибровался таким образом, чтобы он регистрировал только электроны с энергией ≥ 1 Мэв.

Расчеты электрического поля в детекторе для случая сплошных катодных электродов и без учета влияния диэлектрика производились по формуле:

$$V(x, y) = \frac{V_0}{2\pi\ell/s - 2\ln\pi d/s} \left[2\pi\ell/s - \ln \left[4\sin^2(\pi x/s) + 4\sinh^2(\pi y/s) \right] \right],$$

полученной из выражения для комплексного потенциала, приведенного в работе [12]. В этой формуле V_0 и ℓ , соответственно, разность потенциалов и расстояние между наружным катодным электродом и плоскостью нитей, s — шаг между нитями, d — диаметр нитей.

Расчеты показывают, что на расстоянии 50 мкм от нитей электрическое поле становится цилиндрическим, и напряженность поля в этой области при разности потенциалов нити — электроды 1000 вольт становится порядка 10^5 в/см. Поле резко падает в области между нитями и становится меньше, чем $2 \cdot 10^4$ в/см в пространстве между $\pm s/4$. Очевидно, что реальная картина поля в слое значительно отличается от расчетной, так как ячейки в сетчатых электродах по размерам ~ 200 мкм соизмеримы с расстоянием от сетки до нитей ~ 250 мкм, а это существенно искажает поле в слое и ухудшает условия дрейфа электронов. На конфигурацию полей влияет также и наличие диэлектрика.

Следует отметить, что расчет электрических полей в случае сетчатых электродов нелегкая задача, и она может быть решена методом объемного моделирования. Учет влияния диэлектрика в

условиях сильной ионизации и поляризации еще больше затрудняет положение.

Разные плотности MgO получали сжиганием металлического Mg в воздухе при различных давлениях. В таблице I приведены значения средних плотностей и соответствующих давлений воздуха. Количество сжигаемого Mg не влияет на плотность образующегося MgO , а сказывается лишь на толщине слоя. Точность определения плотности ρ у нас составляет $\sim 20\%$.

Результаты

Исследовалась эффективность регистрации частиц η при плотностях MgO 0,5%, 0,8%, 1,6% в зависимости от приложенного напряжения V_0 между внешними электродами и анодными нитями, а также стабильность работы детектора во времени.

Эффективность регистрации η определялась как отношение числа двукратных совпадений импульсов детектора ($ДД$) и счетчика ($СС$) к числу мастерных импульсов от ($СС$).

На рис.2 приведены результаты измерения зависимости η от V_0 для различных плотностей для α - частиц и электронов.

Как видно из рисунка, для всех плотностей MgO с ростом V_0 наблюдается рост η , а затем кривые плавно выходят на плато. За областью плато при дальнейшем увеличении напряжения в слое в случае α - частиц наблюдается рост η . Из рисунка следует, что рост происходит сильнее при увеличении V_0 для меньших плотностей MgO , а также максимальное значение η для плотностей $\rho = 0,5\%$ и $\rho = 0,8\%$ значительно больше, чем для $\rho = 1,6\%$. η в области плато для $\rho = 0,5\%$ и $\rho = 0,8\%$ как в случае облучения α - частицами, так и в

случае электронов практически не зависит от плотности, хотя до плато наблюдается рост η с уменьшением ρ при одинаковом значении V_0 (рис.3).

Интересно, что кривые эффективности для электронов достигают плато при более высоких значениях V_0 , и рост η в области за плато отсутствует в пределах до 2 кВ.

На рис.4 показаны результаты измерения η в области около плато при длительной работе детектора. По оси абсцисс отложено время работы в минутах. При этих измерениях детектор непрерывно облучался α -частицами с интенсивностью $5 \cdot 10^2 \alpha/\text{сек}$.

Кривая с точками соответствует плотности - 1,6%, с крестиками - 0,8%, с кружками - 0,5%. MgO с плотностью 1,6% работал под напряжением 1700 вольт с $\rho = 0,8\%$ и $\rho = 0,5\%$ - под напряжением 1350 вольт. Значение V выбрано таким образом, чтобы в каждом случае детектор работал в области около плато. Из рис.4 видно, что при плотности 1,6% детектор менее эффективен, чем при плотности 0,8% и 0,5%, но более стабилен во времени. Колебания эффективности со временем для 0,5% и 0,8%, по-видимому, связаны с поляризационными эффектами в слое MgO , которые существенны при больших усилениях и, возможно, при малых плотностях MgO из-за уменьшения электрической проводимости.

Осциллографические наблюдения показали, что временные и амплитудные характеристики детектора с MgO такие же как в случае KCl . То есть импульсы имеют форму треугольника, и вся длительность их по основанию ≈ 6 нсек, а амплитуда достигает ~ 10 мв.

Обсуждение результатов

Таким образом, в описанном детекторе ионизация, дрейф и размножение электронов происходит в диэлектрическом пористом веществе, а съем информации производится с анодных нитей, погруженных в вещество. В условиях сильных полей эти явления для диэлектрика в настоящее время мало изучены, и количественная физическая интерпретация сталкивается с определенными трудностями. Качественно формирование импульса в (ДД) может объясняться следующим образом: под действием электрического поля,

δ - электроны, набирая в порах энергию, достаточную для ионизации, образуют в стенках пор вторичные электроны. Если при этом коэффициент усиления на каждой поре > 1 , а на пути имеется много пор, то процесс приобретает лавинный характер, и на аноде возникает ощутимый импульс тока.

С другой стороны, по мере развития лавин происходит сильная ионизация веществ, и плотность ионизации практически повторяет закон нарастания поля.

Так как дрейф положительных ионов затруднен, а скорее всего и невозможен, то со временем в зависимости от плотности потока первичных частиц, образуется экранирующее поле со стороны положительных ионов, препятствующее дальнейшему дрейфу и размножению вторичных электронов. С увеличением положительного объемного заряда сильно растет также и рекомбинация электронов. Эти явления в конечном счете приводят к ослаблению сигнала на аноде.

Наблюдаемый на рис.2 ход зависимости η от V_0 можно объяснить следующим образом: рост кривых в начальной части связан с улучшением условий сбора δ -электронов и увеличением коэффициента внутреннего размножения в слое Плато, по-видимому, со-

ответствует осуществлению в слое оптимальных для данной конструкции детектора условий сбора δ -электронов от частиц. Дальнейший рост кривых после плато при увеличении напряжения трудно объяснить. Он может быть вызван уменьшением коэффициента поглощения δ -электронов с увеличением поля. В таком случае отсутствие подъема за областью плато при облучении электронами не понятно.

Топография электрического поля в нашем случае не благоприятна для эффективного дрейфа и размножения вторичных электронов. Кроме того, имеются области, где поле крайне искажено и ослаблено в связи с применением сетчатых электродов и неоптимального выбора соотношения l/s между зазором и шагом анодных нитей. Поэтому физические условия в разных точках слоя, сильно отличаются, что так же затрудняет интерпретацию.

Осуществлением лучшей конфигурации электрического поля, подбором материала рыхлого диэлектрика, и принятием мер для снятия объемного заряда в слое возможно значительно увеличить время жизни детектора и улучшить его характеристики.

Следует отметить, что на работу детектора сильно влияют чистота материала диэлектрика, технология получения слоя и его структуры, поэтому требуется очень много экспериментальных и теоретических исследований для выяснения роли этих факторов.

Ясно, что эти исследования имеют не только практическую, но и теоретическую ценность для понимания природы явления происходящих в рыхлых диэлектриках находящихся в сильных электрических полях ($10^5 \div 10^6$ в/см) при облучении заряженными частицами.

Хотя, физические процессы, происходящие в диэлектрическом

детекторе и его рабочие характеристики недостаточно изучены, тем не менее полученные нами результаты дают основания утверждать что предложенный принцип регистрации частиц может быть использован в физических экспериментах.

Авторы выражают глубокую благодарность директору Ереванского физического института А.Ц.Аматуни за постоянный интерес к работе.

Таблица 1

Давление воздуха (атм)	Плотность MgO ($\tau/\text{см}^3$)	Плотность MgO 6% относительно нормальной плотности
0.033	0.058	1.6%
0.026	0.029	0.8%
0.013	0.018	0.5%

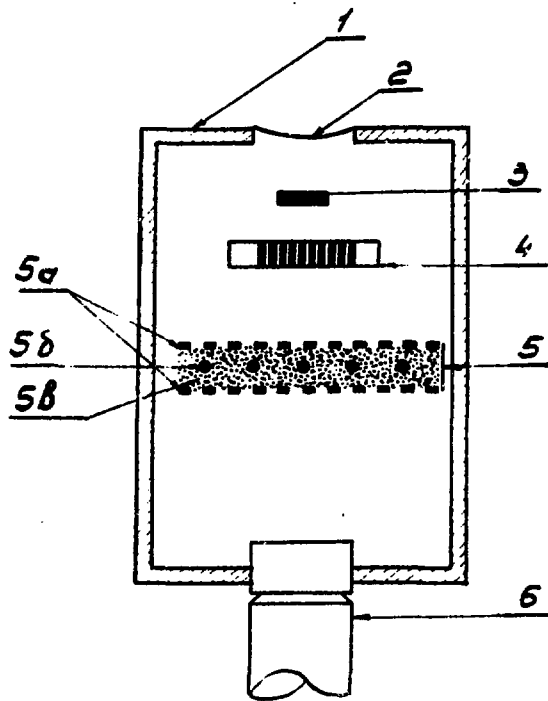


Рис. I

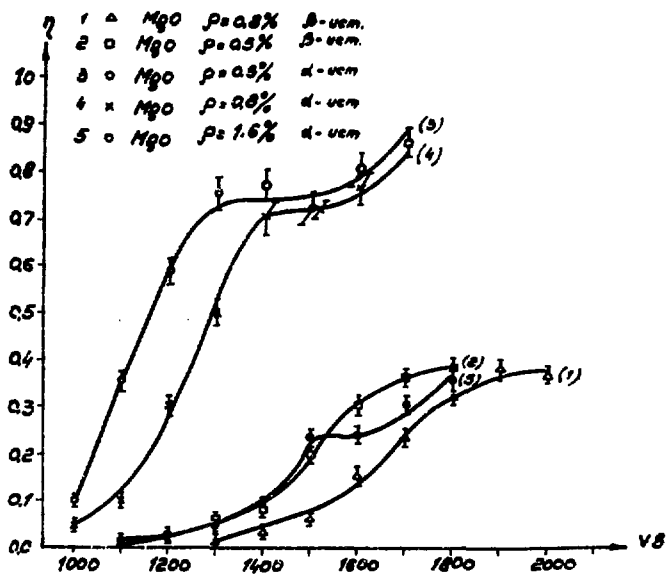


Рис. 2

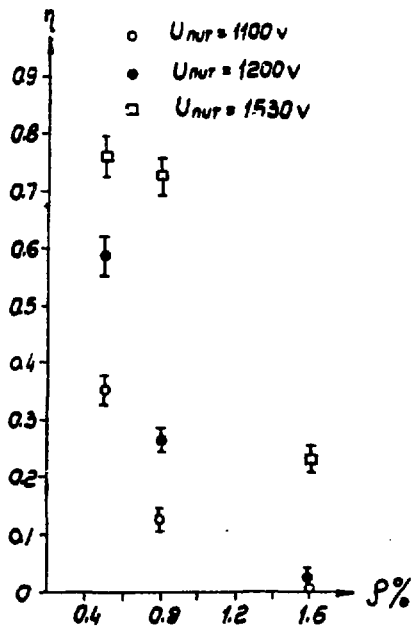


Рис.3

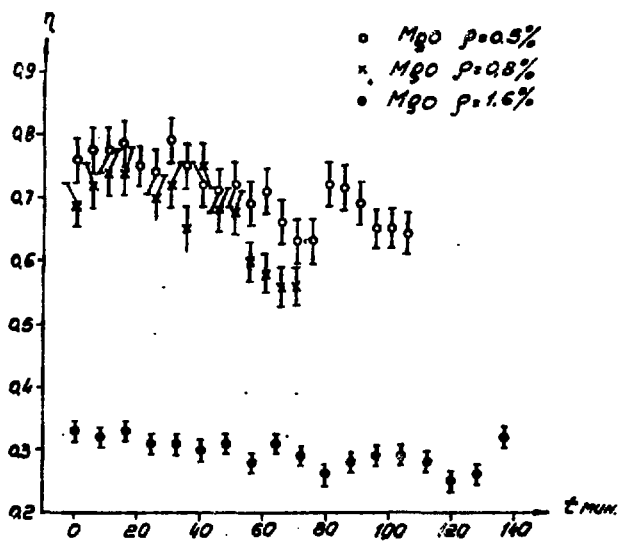


Рис.4

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Схематическое изображение детектора и экспериментальной установки:

- 1.Вакуумный объем.
- 2.Майларовое окно.
- 3.Радиоактивный источник.
- 4.Коллиматор.
- 5.Диэлектрический детектор (ДД)
- 5(а) Катодные электроды ДД
- 5(б) Анодные нити ДД
- 5(в) Рыхлый диэлектрик.
- 6.Сцинтилляционный счетчик (СС)

Рис.2 Кривые эффективности детектора в зависимости от напряжения питания.

Рис.3 Кривые зависимости эффективности от плотности рыхлого MgO .

Рис.4 Зависимость эффективности детектора от времени работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.Н.Лукасян, Р.Л.Кавалов, М.П.Лорикян, Н.Н.Трофимчук.
Научное сообщение БИИ-280(5)-78. Послано в Nucl.
Inst. and Meth.
2. М.П.Лорикян, Р.Л.Кавалов, Н.Н.Трофимчук, Э.Е.Дзьян. Изв.АН
Арм.ССР, Физика, 6, 297. 1971.
3. М.П.Лорикян, Р.Л.Кавалов, Н.Н.Трофимчук, В.Л.Серов. Изв.АН
Арм.ССР, Физика, 7, 118, 1972.
4. М.П.Лорикян, Р.Л.Кавалов, Н.Н.Трофимчук. Мисьма в ЖЭТФ,
16,6, 320, 1972.
5. М.П.Лорикян, Р.Л.Кавалов, Н.Н.Трофимчук. Изв.АН арм.ССР,
Физика, 8, 33. 1973.
6. M.P.Lorikian, R.L.Kavalov, N.N.Trofimtchook,
NIM, 122/3, 377 (1974)
7. М.П.Лорикян, Р.Л.Кавалов, Н.Н.Трофимчук, А.Н.Арванов.
Научное сообщение БИИ-84(1974).
8. Н.Н.Трофимчук, М.П.Лорикян, Р.Л.Кавалов, А.Н.Арванов,
В.Г.Гавалян. ЖЭТФ, 69,2 (8), 640.1975.
9. Н.Н.Трофимчук, М.П.Лорикян, Р.Л.Кавалов. ПТЭ, 5, 149.1974.
10. М.П.Лорикян, Р.Л.Кавалов, Н.Н.Трофимчук, А.Н.Арванов,
В.Г.Гавалян. Научное сообщение БИИ-131(75).
11. M.P.Lorikian, N.N.Trofimtchook
NIM, 140, 505 (1977)
12. G.A.Erskine, NIM, 105, 565 (1972)

Рукопись поступила 2-го января 1979 г.

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

Заказ 216

ВФ- 08623

Тираж 299

Препринт ЕФИ

Формат издания 60 x 84/16

Подписано к печати 18/УП-79г.

1,5 уч.изд.л.Ц. 10 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван-36, пер.Маркаряна 2