

сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

С 344.15

13-83-525

6307/83

А.В.Стрелков

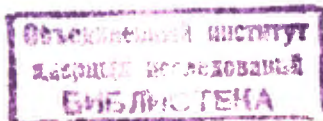
ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЙ СЧЕТЧИК С НИТЬЮ,
ЛЕЖАЩЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ИЗОЛЯТОРА

1983

1. Пропорциональные счетчики, используемые в современных экспериментах, по виду довольно далеко отошли от классической конструкции - коаксиального расположения нити-анода внутри цилиндрического катода. В настоящее время применяются прямоугольные, шаровые и нитяные катоды, необязательным является и симметричное расположение нити, однако во всех конструкциях нить находится на некотором расстоянии от конструктивных элементов счетчика. В данной работе испытан счетчик, у которого нить по всей длине касается поверхности изолятора. Принципиальная возможность работы такого счетчика казалась далеко не очевидной, поскольку присутствие у нити диэлектрика должно сильно деформировать распределение электрического поля непосредственно у самой нити, то есть в области сосредоточения электронной лавины.

2. Нить-анод /1/ (см. рис.1) - золоченая вольфрамовая проволока диаметром 30 мкм /фирмы "LUMA"/ натягивалась пружиной вдоль оси цилиндра /2/ из нержавеющей стали с внутренним диаметром 4 см и длиной 14 см. Нить плотно прилегалa к поверхности слегка изогнутой /прогиб 3 мм/ пластины /3/ из фторопласта /13x4x0,3 см³/ с шероховатостью не более 1 мкм. На цилиндрическом катоде имелось алюминиевое окно /4/ толщиной 60 мкм для пропускания мягких γ -лучей. Счетчик заполнялся смесью газов: Ar /высокой чистоты/ - 93%, CH₄ - 2% и ³He - 5%. ³He использовался в качестве радиатора при регистрации нейтронов в реакции ³He/n,p/T. Предусилитель с коэффициентом усиления 5·10² обладал входным сопротивлением 5·10⁵ Ом, фронтом нарастания - 0,3 мкс и длительностью импульса - 3 мкс. На рис.2 показаны амплитудные дифференциальные спектры такого счетчика при регистрации γ -квантов с энергией E = 6,4 и 14,4 кэВ от источника ⁵⁷Co и нейтронов от источника ²⁵²Cf, находящегося в парафиновом замедлителе. Замечено, что сразу после включения счетчика амплитуда импульса постепенно уменьшалась в несколько раз, достигая некоторого равновесного значения через ~ 1,5 часа. Приведенные спектры и другие данные относятся к случаю, когда амплитуда импульса уже стабилизировалась.

Линейная зависимость логарифма амплитуды импульса от напряжения и амплитудная избирательность счетчика к регистрируемой энергии указывают на пропорциональный режим работы такого счетчика.



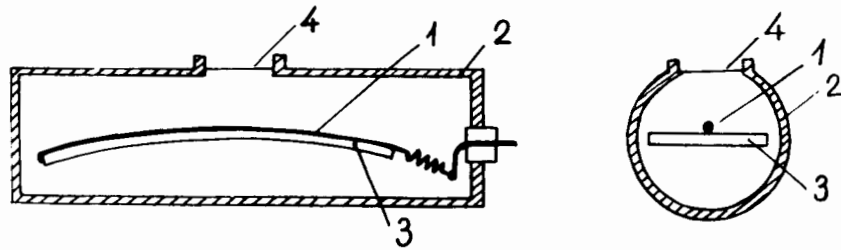


Рис.1. Схема устройства счетчика: 1 - нить; 2 - корпус; 3 - фторопластовая пластина; 4 - окно.

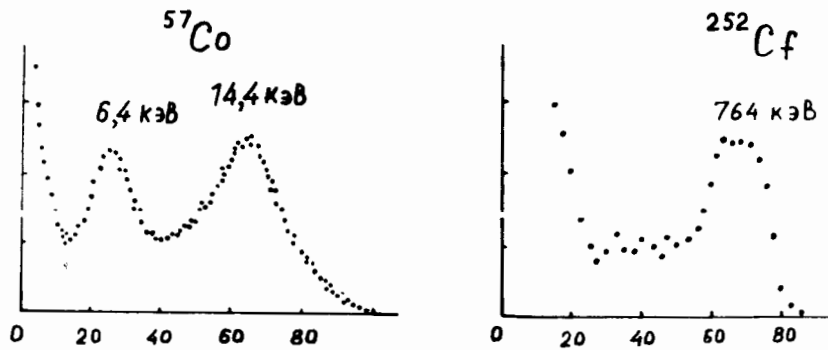


Рис.2. Амплитудные дифференциальные спектры, полученные при регистрации γ -квантов и нейтронов от источников ^{57}Co и ^{252}Cf соответственно.

3. На рис.3 показана система кольцевых концентрических счетчиков, находящихся в одном герметичном объеме, выдерживающем давление до 15 атм. Чувствительные объемы отдельных счетчиков представляют собой кольцевые полости прямоугольного сечения $3 \times 3,5 \text{ см}^2$, выточенные в дюралевом диске с максимальным диаметром 24 см.

На внутреннюю стенку в каждой полости одевались изготовленные на токарном станке фторопластовые кольца шириной 3,5 см и толщиной 1,8 мм с поверхностью /шероховатостью не более 1 мкм/, которая в дальнейшем больше не подвергалась никакой обработке. Нити-аноды из вышеописанной проволоки плотно натягивались на

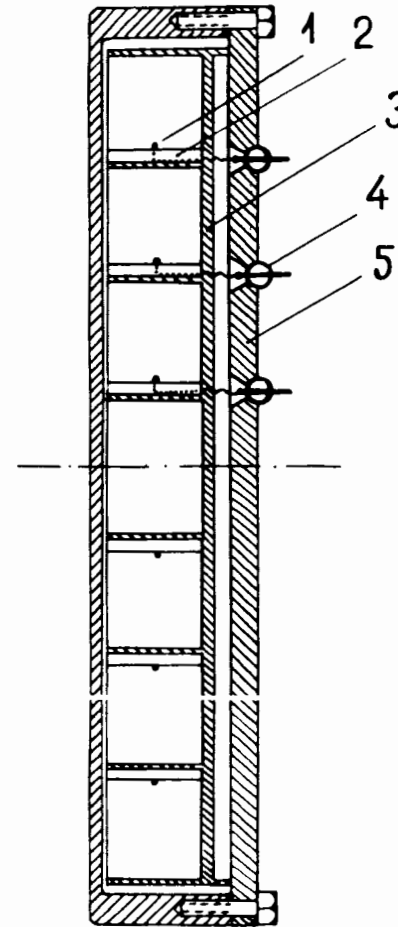


Рис.3. Схема устройства кольцевого счетчика: 1 - нить; 2 - фторопластовое кольцо; 3 - вставной катод; 4 - электрический вывод; 5 - корпус.

поверхность фторопластовых колец на равном удалении от его краев. Начинаясь и кончаясь нить в одном тонком / $\sim 0,5 \text{ мм}$ / игольчатом проколе фторопластового кольца, под которым нить припаивалась к токовыводящему проводу. Ниже приведены результаты исследования для кольцевой камеры с наружным и внутренним диаметрами 24 и 18 см соответственно при давлении рабочей смеси 4,5 атм. Аналогичные данные были получены для кольцевого счетчика диаметром 18 см и площадью поперечного сечения $0,5 \times 1,0 \text{ см}^2$.

4. Как и в предыдущем варианте, амплитуда импульса стабилизируется только спустя $\sim 1,5$ часа после включения высокого напряжения. На рис.4 показана зависимость амплитуды импульса от времени, а на рис.5 представлены амплитудные распределения импульсов при регистрации нейтронов через 2 часа после включения

счетчика для разных значений коэффициента газового усиления /КГУ/.

Здесь и в дальнейшем приведены спектры медленных /менее $\sim 0,2 \text{ эВ}$ / нейтронов, представляющие собой "кадмиевую разность": из набранного спектра от источника ^{252}Cf в парафине вычитается спектр счетчика, закрытого листом кадмия толщиной 1 мм.

В спектрах, приведенных на рис.5, четко выделен пик, соответствующий энерговыделению $E = 0,764 \text{ МэВ}$ в реакции $^3\text{He}/n, p/T$. Если при малых КГУ / ~ 10 / энергетическое разрешение $\sim 10\%$, то при КГУ $\approx 10^2 \div 10^3$ оно значительно хуже, а при КГУ $> 5 \cdot 10^3$ энергетическое разрешение пропадает совсем. На рис.6 показана зависимость амплитуды импульса от напряжения. Замечен эффект существенного уменьшения амплитуды импульса после увеличения напряже-

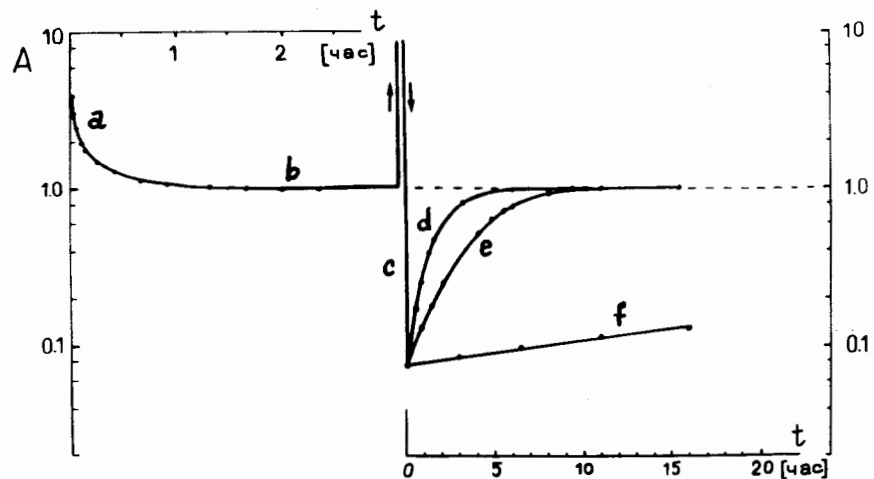


Рис.4. Зависимость амплитуды A импульсов /в вольтах/, получаемых при регистрации нейтронов кольцевым счетчиком, от времени. Области кривой: а - после включения счетчика; б - область стабильной амплитуды; с - падение амплитуды после снятия перенапряжения; д - восстановление амплитуды при непрерывном облучении счетчика источниками ^{57}Co и ^{252}Cf ; е - при облучении счетчика источником ^{252}Cf ; ф - при отсутствии облучения.

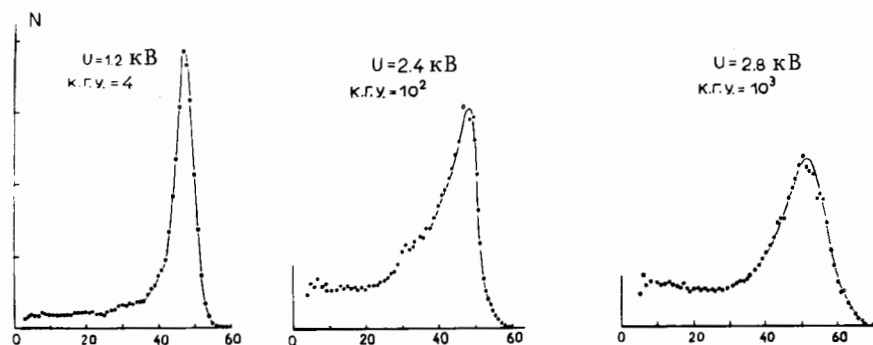


Рис.5. Амплитудные дифференциальные спектры регистрации нейтронов кольцевым счетчиком для различных значений КГУ.

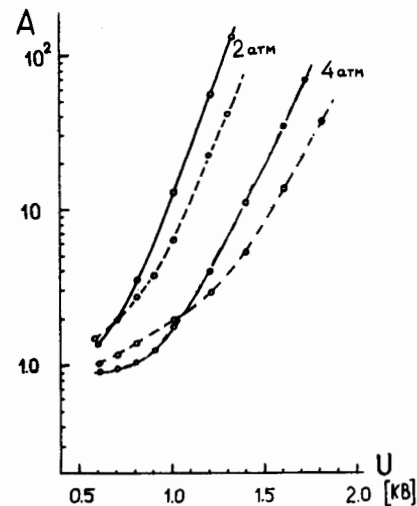


Рис.6. Зависимость амплитуды A импульсов, получаемых при регистрации нейтронов, от напряжения при разных давлениях. Пунктирная линия - для цилиндрического счетчика /см.рис.1/ со свободной нитью, сплошная - для кольцевого счетчика.

ния и возвращения его к прежнему значению. Например, повышение напряжения от 2 до 2,8 кВ на ~ 2 мин приводит к тому, что после возвращения к 2 кВ амплитуда импульса уменьшилась в ~ 13 раз.

Возвращение амплитуды к старому значению происходило очень медленно, за ~ 8 часов /рис.4, кривая е/, при этом нейтронный источник постоянно находился на расстоянии 20 см от счетчика,

а когда счетчик не подвергался постоянному облучению от источника / источник устанавливался перед счетчиком только на время измерения амплитуды - на $10 \div 20$ с/, время восстановления увеличивалось до ~ 330 часов /рис.4, кривая ф/. При одновременной постановке нейтронного источника ^{252}Cf (~ 107 н/с) и γ -источника ^{57}Co /~ 2 мКи/ на расстояние 20 см от счетчика время восстановления амплитуды сократилось до ~ 4 часов.

При облучении γ -источником только половины кольцевого счетчика /другая половина закрыта свинцовым экраном толщиной 5 см/ наблюдалось ускоренное восстановление амплитуды только для той половины счетчика, которая не была прикрыта свинцовым экраном /рис.7/. На этом же рисунке показан амплитудный спектр при регистрации нейтронов всем счетчиком. В спектре четко выделены два пика, соответствующие двум участкам нити, КГУ которых существенно различаются вследствие неоднородного облучения нити γ -лучами.

5. При малых напряжениях /~ 600 В/, когда счетчик работает в режиме импульсной ионизационной камеры /КГУ = 1/, амплитуда импульса напряжения счетчика со свободной нитью превышает амплитуду импульса счетчика с нитью на фторопласте /рис.6/, поскольку фторопласт увеличивает емкость счетчика /доминирующая емкость электрического ввода в счетчик значительно редуцирует этот эффект/.

При более высоких напряжениях, когда КГУ становится больше 1, на величину амплитуды импульса начинает существенно влиять на-

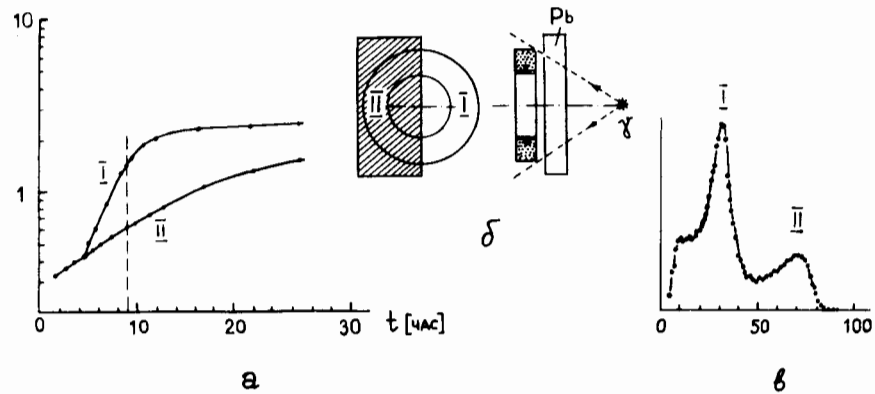


Рис. 7. а - зависимость амплитуды импульсов от времени для: I - облучаемой и II - необлучаемой половины кольцевого счетчика /при $t = 4$ ч 30 мин начато облучение счетчика/. б - схема γ -облучения счетчика, в - амплитудный спектр при регистрации нейтронов кольцевым счетчиком /измерен при $t = 9$ ч /.

на его поверхности происходит до тех пор /при постоянном напряжении на нити/, пока на поверхности распределение положительных зарядов не создаст картину поля, схематично показанную на рис.8 III, что соответствует случаю, когда у фторопласта формально $\epsilon = 0$ (аналогично /1/). Во время накопления зарядов происходит уменьшение напряженности поля вблизи нити и, как следствие, уменьшение амплитуды импульса /участок кривой а на рис.4/ до равновесного состояния /участок кривой б/, причем скорость установления этого равновесия зависит от интенсивности облучения и величины КГУ.

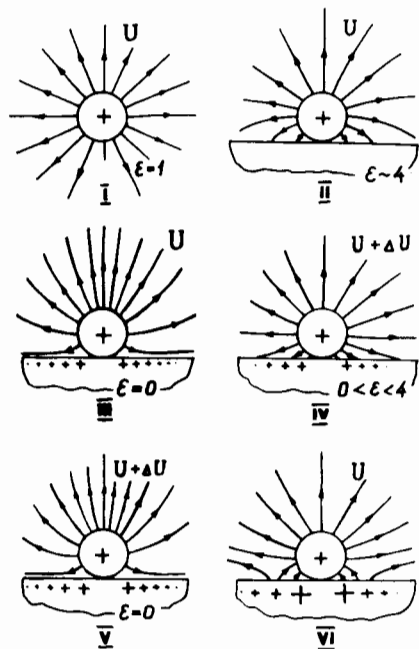
При повышении напряжения на ΔU на поверхности фторопласта образуется распределение зарядов, отвечающее новому напряжению $/U + \Delta U/$ на нити, а так как КГУ резко возрастает с увеличением напряжения, новое распределение зарядов на поверхности фторопласта достигается уже значительно быстрее /рис.8, IV-V/. При уменьшении напряжения до прежнего значения U избыточный заряд /соответствующий $U + \Delta U$ и сохранившийся на поверхности фторопласта/ частично ослабляет электрическое поле вблизи нити /случай VI, рис.8/, что и приводит к резкому уменьшению амплитуды импульса /участок кривой с на рис.4/. Этот избыточный положительный заряд довольно долго сохраняется на поверхности, так как электропроводимость фторопласта мала. Снятие избыточного положительного заряда происходит главным образом посредством нейтрализации его свободными электронами, образующимися ионизирующим излучением в газовом объеме счетчика. На это указывает рост скорости релаксации избыточного заряда при увеличении интенсивности облучения счетчика γ -лучами /рис.4, участок кривой d/, а также уменьшение этой скорости с уменьшением давления в счетчике / и восстановлением давления только на время измерения амплитуды импульса/ при постоянной интенсивности облучения счетчика γ -лучами.

При постоянной интенсивности нейтронного облучения счетчика в случаях II, III и VI /рис.8/ площади амплитудных распределений, приведенные к одному и тому же времени измерения, с точностью $\sim 5\%$ оказались одинаковыми, что указывает на постоянство эффективного объема счетчика в этих случаях.

6. Расположение нити-анода на выпуклой поверхности изолятора позволяет создать кольцевые счетчики и неплоские пропорциональные камеры практически любого профиля. В существующих конструкциях кольцевых счетчиков /2,3/ нить натягивается на специальных изоляционных стойках и имеет форму многоугольника. В таких конструкциях КГУ вдоль нити непостоянен, а вблизи самих стоек газового усиления вообще не происходит.

Нить, вплотную прижатая к изолятору, делает счетчик нечувствительным к вибрациям и существенно увеличивает устойчивость к электростатическому расталкиванию нитей в пропорциональных камерах с большой протяженностью.

Рис. 8. Схемы распределения электрического поля вблизи нити.



пряженность поля вблизи нити. Сразу после включения счетчика с нитью на фторопласте средняя напряженность электрического поля вблизи нити превышает аналогичную напряженность счетчика со свободной нитью, поскольку диэлектрическая проницаемость фторопласта $\epsilon = 4$ /см. случай II на рис.8, где схематично показаны распределения электрического поля вблизи нити/. Положительные ионы, рожденные в лавине непосредственно у поверхности нити, двигаясь от нее по силовым линиям электрического поля, попадают на поверхность фторопласта. Электропроводимость фторопласта достаточно мала, поэтому процесс накопления положительных зарядов

Сравнительно длительные процессы релаксации избыточного положительного заряда вблизи нити и возможность управлять КГУ с помощью локального γ -облучения участков нити дают возможность создать пропорциональный счетчик с любым заданным распределением значений КГУ вдоль нити, которое, в свою очередь, может быть легко перестроено. Дифференциальная чувствительность такого месточувствительного детектора ограничивается амплитудным разрешением, которое можно улучшить, если специальными экранами ограничить чувствительный объем счетчика так, что первичные электроны будут поступать только в ограниченные по азимуту области вблизи нити, где электростатические поля достаточно однородны.

Дозиметр ионизирующего излучения, основанный на счетчике с нитью на изоляторе, обладает гораздо большей чувствительностью по сравнению с обычным дозиметром на основе ионизационной камеры, поскольку чувствительность к изменению напряжения у пропорционального счетчика намного больше.

Автор признателен В.Г.Чумину за постановку задачи и Д.М.Хазинсу за советы и обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Allison J. et al. NIM, 1982, 201, p. 341.
2. Keisch B. NIM, 1972, 104, p. 237.
3. Ананьев Б.Н. и др. ОИЯИ, 3-11507, Дубна, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 июля 1983 года.

Стрелков А.В.

13-83-525

Пропорциональный счетчик с нитью,
лежащей на поверхности изолятора

Описан пропорциональный счетчик с проволочным анодом, по всей длине примыкающим к поверхности диэлектрика. Накопление зарядов на поверхности диэлектрика в непосредственной близости от нити-анода приводит к тому, что такой счетчик обладает электростатической памятью по отношению к распределению коэффициента газового усиления вдоль анода, созданному, например, облучением счетчика нейтронами или γ -квантами. Расположение нити-анода на выпуклой поверхности диэлектрика позволяет создать кольцевые счетчики и неплоские пропорциональные камеры практически любого профиля. Однако энергетическое разрешение счетчика с анодом на диэлектрике хуже разрешения счетчика со свободной нитью, особенно при больших коэффициентах газового усиления.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Strelkov A.V.

13-83-525

Proportional Counter with a Wire-Anode
Lying on the Dielectric Surface

Proportional counter with wire-anode lying on the dielectric surface is described. The result of the accumulation of charges on the dielectric surface immediately near the wire-anode surface is that such a counter possesses electrostatic memory relative to distribution of the gas amplification coefficient along the anode. Such a distribution can be received for example by means of irradiation by the neutrons or the γ -rays. The disposition of the wire-anode on the convex dielectric surface allows one to make the ring-shaped counters or the nonplane proportional cameras practically of any profile. However, the energy resolution of the counter with anode on the dielectric is worse than the resolution of counter with free anode particularly at the large gas amplification coefficient.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой