1. Методы регистрации ионизирующих излучений и их сущность.

Для регистрации ионизирующих излучений используются следующие методы их обнаружения: химический, фотографический, полупроводниковый, тепловой (калориметрический), ионизационный, сцинтилляционный и др.

***Химический метод*.** Данный метод обнаружения ионизиру-ющих излучений основан на том явлении, что возникающие при воздействии излучений ионы и возбужденные атомы и молекулы вещества могут диссоциировать, образуя свободные радикалы. Эти ионы и радикалы вступают в реакцию между собой или дру-гими атомами и молекулами, образуя новые вещества, появление и количество которых позволяет судить о наличии и количествен-ной характеристике ионизирующих излучений.

***Фотографический метод*.** Частица ионизирующего излуче-ния при попадании на слой фотоэмульсии оставляет на нем след, который после проявления фотопластинки становится видимым, так как образуются очень малые зерна металлического серебра (почернение фотослоя).

***Полупроводниковый метод*.** Основным элементом полупро-водникового детектора является монокристаллический полупро-водник (кремний или германий), выполненный в виде пластины, в которой создан *p*–*n*-переход. Для достижения высокой чувст- вительности необходимо, чтобы в отсутствие регистрируемых частиц полупроводник был обеднен носителями, т. е. имел мини-мальную электропроводность. Это достигается в области *p*–*n*-перехода, особенно если подать на него обратное (запирающее) напряжение. Слой полупроводника вблизи границы *p*–*n*-перехода, обедненный носителями заряда и обладающий высоким удельным сопротивлением, является *чувствительным объемом полупровод-никового детектора*.

Заряженная частица, попадая в кристалл, ионизирует среду, создавая дополнительные электронно-дырочные пары. Появление новых носителей заряда приводит к возникновению импульса тока в цепи детектора, фиксируемого аппаратурой. Заряд, прошедший в цепи детектора, пропорционален энергии, выделенной частицей в чувствительном объеме. Такие детекторы используются в радио-метрических, дозиметрических и спектрометрических приборах.

***Тепловой* (*калориметрический*) *метод*.** Энергия ионизиру-ющих излучений, поглощенная в веществе, в конечном итоге пре-вращается в тепло. Этот тепловой эффект используется в калори-метрах для измерения активности вещества или мощности дозы. Временная разрешающая способность тепловых детекторов малых объемов имеет достаточно большое значение (10–8 с).

***Ионизационный метод*.** При этом методе обнаружения и из-мерения характеристик ионизирующих излучений в качестве ионизирующей среды используются газы, в которых образующие-ся ионы обладают большой подвижностью. Воздействуя на газо-вую среду электрическим полем, легко привести создаваемые из-лучением ионы в направленное движение. Возникающий при этом электрический ток является не только указанием на то, что газовая среда облучается, но и позволяет также судить об активности ис-точников ионизирующих излучений, о создаваемой ими дозе и мощности дозы излучений.

***Сцинтилляционный метод****.* В основе этого метода обна-ружения излучений лежит явление *люминесценции* (свечение вещества), вызванное ионизацией и возбуждением атомов и мо-лекул. Входящие в их состав электроны переходят на более высокие энергетические уровни и спустя некоторое время воз-вращаются в основное состояние (релаксация). Возбужденные атомы при возвращении их в нормальное состояние излучают кванты (фотоны).

1. Устройство и основы работы сцинтилляционного детектора.

Сцинтилляционный счетчик состоит из оптически соединенных между собой люминесцирующего кристалла, в котором энергия ионизирующего излучения превращается в световые вспышки, и ФЭУ, преобразующего вспышки в достаточно боль-шие электрические импульсы.

Процессы, происходящие в сцинтилляционном счетчике, можно подразделить на следующие стадии:

1) поглощение радиоактивного излучения люминофором (сцинтиллятором);

2) возбуждение атомов и молекул люминофора поглощенной энергией и затем излучение фотонов света;

3) бомбардировка фотонами света катода фотоэлектронного умножителя (ФЭУ);

4) поглощение фотонов на катоде ФЭУ и выход фотоэлек-тронов;

5) электронное умножение (вторичная эмиссия электронов эмиттерами). ФЭУ совмещает свойства фотоэлемента и усилителя тока с большим коэффициентом усиления и состоит из катода *3*, динодов *5* (эмиттеров), анода *6*, на которых происходит вторичная эмиссия электронов.

3. Явления, происходящие в фотоэлектронном умножителе, и его характеристика.

В сцинтилляционном счетчике ФЭУ работает в импульсном ре- жиме. Световые импульсы (фотоны), возникающие в сцинтилляторе, под действием излучений, вырывают из фотокатода электроны. Электроны ускоряются электрическим полем, существующим между электродами ФЭУ, которые обычно называются *эмитте- рами* или *динодами*.

Умножение числа электронов происходит при попадании по- тока первичных электронов на эмиттер *5*. Выбитые электроны ускоряются полем и фокусируются на последующий динод, из ко- торого они вновь выбивают примерно удвоенное количество элек- тронов и т. д. Таким образом, лавина электронов возрастает от ка- тода к аноду, происходит преобразование очень слабых вспышек, возникающих в сцинтилляторе, в электрические импульсы, реги- стрируемые прибором (РП). Коэффициент усиления ФЭУ состав- ляет 105–106 раз.

4. Сцинтилляторы (люминофоры), их виды и свойства.

В качестве люминофоров в сцинтилляционных счетчиках применяются прозрачные неорга- нические и органические кристаллы, пластмассы и жидкости.

Для регистрации *альфа-излучений* наиболее часто использу- ются кристаллы сернистого цинка, активированного серебром ZnS(Ag) или медью ZnS(Cu). Для этих сцинтилляторов конверси- онная эффективность при облучении альфа-частицами к  0,28, а при облучении бета-частицами к  0,10, что позволяет использо- вать ZnS(Ag) для регистрации тяжелых частиц.

*Бета- и гамма-излучения* регистрируются кристаллами гало- генидов, активированные таллием (йодистый натрий NaI(Tl), йо- дистый цезий CsI(Tl), йодистый литий LiI(Tl)), вольфраматами кальция CaWO4 и кадмия CdWO4. Их время высвечивания состав- ляет примерно 106 с. Однако они обладают высокой гигроскопич- ностью и относительно быстрым «старением».

Органические сцинтилляторы – это монокристаллы органиче- ских углеводородов – антрацен (C14H10), стильбен (C14H12), нафта- лин (C10H8), пластмассы (твердые растворы сцинтилляторов на ос- нове полистирола и поливинилтолуола).

Органические сцинтилляторы по своему химическому составу очень близки к органическим тканям. В качестве сцинтилляторов применяются и инертные газы – гелий, аргон, ксенон и др. Время высвечивания органических сцинтилляторов и инертных газов со- ставляет 109–108 с.

5. Преимущества и недостатки сцинтилляционного метода.

Достоинства метода:

 малое время высвечивания сцинтилляторов обеспечивает высокое временное разрешение (10–7–10–8 с) или малое «мертвое время», сравнимое с временем высвечивания;

 пропорциональность между амплитудой светового сигнала и энергией зарегистрированной частицы позволяет распознать ча-стицы и измерить их энергию.

Наличие анализатора импульсов дает возможность сконстру-ировать на основе сцинтилляционного детектора не только радио-метр, но и дозиметр или даже спектрометр.

*Недостатками* сцинтилляционных счетчиков являются хрупкость монокристаллов, гигроскопичность некоторых из них, изме- нение их свойств во времени, сравнительно высокое напряжение на ФЭУ, а также наличие тока при отсутствии излучений.