

## 2.2 Фотоэмульсии

Автордиограмма может быть получена на обычном фотоматериале, но чаще в автордиографии применяется специальная ядерная фотоэмульсия.

**Ядерная фотографическая эмульсия** - фотографическая эмульсия, предназначенная для регистрации следов заряженных ядерных частиц. Используется в ядерной физике, физике элементарных частиц и космического излучения, для автордиографии и в дозиметрии ядерных излучений.

Первым применением фотоэмульсии в ядерной физике можно считать исследования А. А. Беккереля, который в 1896 обнаружил радиоактивность солей урана по вызываемому ими почернению фотоэмульсии. В 1910 японский физик С. Киносита показал, что зёрна галогенида серебра обычной фотоэмульсии становятся способными к проявлению, если через них прошла хотя бы одна  $\alpha$ -частица. В 1927 Л. В. Мысовский с сотрудниками (СССР) изготовил пластинки с толщиной эмульсионного слоя 50 мкм и наблюдал с их помощью рассеяние  $\alpha$ -частиц на ядрах эмульсии. В 30-х гг. началось изготовление ядерных фотографических эмульсий со стандартными свойствами, с помощью которых можно было регистрировать следы медленных частиц ( $\alpha$ -частиц, протонов). В 1937- 1938 М. Блау и Г. Вомбахер (Австрия) и А. П. Жданов с сотрудниками (СССР) наблюдали в ядерные фотографические эмульсии расщепления ядер, вызванные космическим излучением. В 1945- 1948 появились эмульсии, пригодные для регистрации слабо ионизирующих однозарядных релятивистских частиц, метод автордиографии стал точным количественным методом исследований.

**Фотографическая эмульсия** - традиционное название суспензий светочувствительных микрокристаллов галогенидов серебра («зёрен»), равномерно распределённых в желатине или др. защитном коллоиде (производные целлюлозы, альбумин, поливиниловый спирт и др.).

Фотографической эмульсией называют также сухой светочувствительный слой, представляющий собой плёнку сухого геля желатины в котором равномерно взвешены с микрокристаллы  $\text{AgBr}$  с небольшой добавкой  $\text{AgI}$ . Зёрна галогенидов которые находятся в фотографической эмульсии в виде кристаллов правильной кубической или кубооктаэдрической формы с размерами 0,01–0,02 мкм (особомелкозернистая ядерная фотографическая эмульсия), 0,2–0,3 мкм (высокочувствительные эмульсии) и более 0,5 мкм (рентгенографические эмульсии). Подложкой, несущей слой эмульсии, служит стеклянная пластинка или эфирно-целлюлозная плёнка. Толщина слоев большинства обычных фотоэмульсий, выпускаемых промышленностью, составляет примерно 20 мкм.

Так как тонкий слой галоидного серебра не достаточен для эффективной регистрации излучения, обладающего высокой проникающей способностью, например рентгеновских или  $\gamma$ -лучей, то для автордиографических целей применяют наряду с обычными специальные ядерные фотоэмульсии. Последние представляют собой мелкозернистые фотоэмульсии, которые отличаются от обычных повышенным содержанием галоидного серебра, значительно меньшей величиной среднего диаметра кристаллов и толщиной фотослоев. В ядерной фотографической эмульсии отношение массы галогенида серебра к массе желатины в 8 раз больше; толщина слоя в 10-100 раз больше, достигая иногда 1000-2000 мкм и более. Зёрна галогенида серебра в эмульсии имеют сферическую или кубическую форму, их средний линейный размер зависит от сорта эмульсии и обычно составляет 0,08-0,30 мкм.

Заряженные частицы или электромагнитное излучение, связанное с ядерными реакциями, вызывают в эмульсии действие, аналогичное свету.

Каждый кристалл фотоэмульсии служит элементарной ячейкой, в которой происходит фотографический процесс. Этот процесс происходит в кристалле независимо от рода воздействия - поглощения света, рентгеновских лучей, ионизирующих частиц или в результате теплового, химического или механического воздействия. Конечный видимый результат является суммарным результатом действия большого числа отдельных фотографических актов.

Механизм фотографического действия заряженных частиц во многом схож с действием света. Часть энергии частицы, попавшей в кристалл (потери на ионизацию), расходуется на перевод одного из электронов внешней оболочки брома в зону проводимости. Освобождённый электрон мигрирует по решётке до захвата «ловушкой» (ионом примеси) или центром чувствительности ( $\text{Ag}_2\text{S}$  или ионом серебра). Многократное повторение процессов подобного типа приводит к появлению и росту субцентров скрытого изображения – «фазы» металлического серебра в ионном кристалле. Субцентры размером меньше критического нестабильны, больше критического – становятся центрами скрытого изображения, в дальнейшем обеспечивающими кристаллу проявляемость.

Фотографический акт состоит в следующем. При изготовлении фотографической эмульсии на поверхности кристалла галоидного серебра или внутри него возникают так называемые центры чувствительности - аморфные агрегаты атомов серебра разной величины. Центры чувствительности («электронные ловушки») удерживают любой электрон, который по какой-либо причине был выбит со своего постоянного места в кристаллической решетке и перемещался внутри кристалла.

Ионизирующие частицы при движении внутри фотографической эмульсии вызывают ионизацию. Наиболее распространенным случаем взаимодействия частицы с эмульсией является отрыв одного

валентного электрона у аниона с образованием свободного электрона и нейтрального атома галогена. По аналогии с другими случаями ионизирующего действия частиц такую пару принято называть парой ионов.

Первичные электроны обладают большой кинетической энергией и в свою очередь способны вызывать ионизацию, и процесс ионизации продолжается до тех пор, пока не образуются конечные электроны, уже не способные ионизировать. Именно конечные электроны, энергии возбуждения которых достаточно для перехода в зону проводимости кристалла, участвуют в образовании скрытого изображения. Такой электрон, перемещаясь в зоне проводимости, захватывается центром чувствительности, в результате чего центр чувствительности приобретает заряд. Напряженность электростатического поля, созданного одним электроном, составляет  $10^6$  в/см. Заряженный центр чувствительности притягивает ионы серебра, смещенные из узлов кристаллической решетки и находящиеся в междоузлиях. Эти ионы серебра компенсируют электростатический заряд центра чувствительности, увеличивая число атомов серебра, т. е. емкость центра. Как только в центре чувствительности образуется достаточно большое число атомов серебра, он становится центром скрытого изображения. При проявлении скрытое изображение становится видимым.

Ионизирующая частица, например  $\alpha$ - или  $\beta$ -частица, создает скрытое изображение, которое после проявления указывает путь движения заряженной частицы (трек или след).  $\gamma$ -излучение фиксируется в виде хаотически расположенных отдельных зерен серебра в фотоэмульсии.

Процесс проявления играет роль сильного увеличения первоначального слабого эффекта (скрытого фотографического изображения).

В ядерной физике эмульсии обычно используют в виде слоев, нанесённых на стеклянные подложки.