

1.2 Фотоматериалы для микроавторадиографии

Ядерные фотоэмульсии, применяемые в микроавторадиографии, существенно отличаются от обычных и рентгеновских фотоматериалов. Это различие обусловлено тем, что они предназначены для регистрации микроизображений. Селективная чувствительность, весьма малый размер зерен галоидного серебра при высокой его концентрации, большая толщина фотографического слоя, удовлетворительная механическая прочность фотоэмульсии - эти и другие параметры при высокой стабильности позволяют охарактеризовать ядерную фотопластинку как высококачественный измерительный «инструмент», хорошо приспособленный для изучения ионизирующих излучений.

Чувствительность. Различные виды ионизирующего излучения, проходя через фотографическую эмульсию, теряют на единице пути различное количество энергии. Например, α -частицы с энергией 5,3 МэВ, образующиеся при радиоактивном распаде изотопа полония ^{210}Po , проходят в ядерной фотоэмульсии путь примерно в 20 - 25 мк; при этом на каждый микрон пути они теряют в среднем 0,21 - 0,26 МэВ. β -Частицы с максимальной энергией 2,32 МэВ, испускаемые при распаде изотопа протактиния ^{234}Pa (UX2), имеют эффективный пробег в фотоэмульсии около 2800 мк, теряя на каждом микроне пути всего лишь 0,00083 МэВ энергии. Отсюда ясно, что одна и та же фотоэмульсия может быть высокочувствительной по отношению к тяжелым заряженным частицам (α -частицам, осколкам деления ядер) и в то же время быть малочувствительной или даже совсем нечувствительной к излучению, обладающему слабой ионизирующей способностью. Следовательно, термин «чувствительность» в применении к ядерным фотоэмульсиям определяется не только как способность образовывать скрытое фотографическое изображение под действием ионизирующего излучения. При обозначении чувствительности данного типа фотоматериала обязательно указывается вид ионизирующего излучения и интервал энергии. Так, фотопластинки типа А-2 предназначены для регистрации α -частиц, обладающих энергией от 0 до 10 МэВ. Это означает, что указанные фотоэмульсии регистрируют α -частицы с энергией 0 - 10 МэВ наилучшим образом. Кроме того, они способны регистрировать и тяжелые осколки деления ядер, однако плохо регистрируют β - или нейтронное излучение. Фотопластинки типа МК регистрируют β -частицы с энергией в интервале 0-0,2 МэВ. β -Частицы любой энергии регистрируются ядерными фотопластинками типа МР.

Размер зерен галоидного серебра. Важной особенностью ядерных фотоэмульсий является весьма малый размер отдельных кристаллов галоидного серебра при высокой их однородности по размеру. Если в рентгеновских эмульсиях диаметр отдельных кристаллов колеблется от 0,5 до 3 мк и размеры большого числа кристаллов сильно отличаются от среднего значения, то в ядерных фотоэмульсиях диаметр кристаллов колеблется лишь от 0,1 до 0,4 мк; отклонения размеров кристаллов от среднего значения диаметра, равного примерно 0,2 мк, незначительны.

С размером зерен связана одна из главных характеристик фотоэмульсии - чувствительность. Действительно, большой размер кристалла позволяет, создать в нем центр чувствительности, который будет отличаться от центра скрытого изображения на незначительную величину. Достаточно небольшого энергетического воздействия на такой кристалл, чтобы образовалось скрытое изображение (высокая чувствительность). Ядерная фотоэмульсия содержит кристаллы малой величины. Центры их чувствительности, очевидно, также весьма малы. Поэтому, чтобы увеличить их до определенного размера (скрытое изображение), требуется затрата большого количества энергии, что характеризует ядерную фотоэмульсию как малочувствительную.

Величина зерен галоидного серебра влияет на разрешающую способность ядерных фотоэмульсий. В данном случае под разрешающей способностью понимают минимальную разность энергий α - или β -частиц, принадлежащих двум различным изотопам, при которой эти частицы по длине пробегов в фотоэмульсии идентифицируются как различные (для данного способа измерения длин треков). Установлено, что максимальная разрешающая способность обычных ядерных эмульсий для α -частиц соответствует 0,3 - 0,2 МэВ.

Концентрация галоидного серебра. При измерении пробегов ионизирующих частиц в фотоэмульсии чрезвычайно важна стабильность длин треков. Высокая их стабильность в фотоэмульсии достигается за счет резкого повышения концентрации галоидного серебра в фотографическом слое - до 85—87 вес. % при равномерном распределении его по объему фотослоя. Подсчитано, например, что если в рентгеновских эмульсиях на 1 см³ приходится приблизительно $6 \cdot 10^9$ кристаллов галоидного серебра, то в ядерных эмульсиях на 1 см³ приходится примерно 10^{13} кристаллов. На стабильность длин треков оказывает влияние также то, что в ядерных фотоэмульсиях кристаллы галоидного серебра при малой абсолютной величине весьма однородны по размерам. Все это создает высокую гомогенность фотографической эмульсии, и путь ионизирующей частицы получается в виде четкой линии проявленных зерен, причем их количество на единицу длины трека находится в соответствии с потерей энергии частицей на данном участке ее пути.

Толщина фотоэмульсии. Фотоэмульсии, применяемые в микро-авторадиографии, отличаются от обычных тем, что имеют либо значительно большую толщину фотослоя - 50, 100 мкм и более, либо значительно

меньшую – 5 - 10 мкм. Толстослойные фотопластинки применяют при регистрации длин треков частиц; фотослой с малой толщиной удобны, если анализируют число проявленных зерен на единицу площади автордиограммы. Для толстослойных фотопластинок минимальная толщина фотоэмульсии равна 50 мк. Это величина выбрана потому, что в ней укладывается весь пробег α -частиц, обладающих наибольшей энергией ($E_\alpha = 8,78$ МэВ), испускаемых изотопом ThC (^{212}Po).

Обычно ядерные фотоэмульсии готовят на стеклянной подложке с тонким предохранительным слоем желатины на поверхности фотослоя. На подложке из ацетата целлюлозы изготавливают специальные съемные фотоэмульсии. К их числу относится и «жидкая» эмульсия, выпускаемая в форме геля. Расплавив такую эмульсию при 40°C , ее можно нанести на поверхность изучаемого образца. В зависимости от типа и способа приготовления ядерных фотоэмульсий состав их несколько изменяется. Поэтому различные фотоэмульсии обладают различной тормозной и разрешающей способностью.