

2. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ АВТОРАДИОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ

Применение традиционных автордиографических методик, основанных на фотоэмульсиях) связано с определёнными ограничениями. Так, разрешающая способность при наилучшей геометрии системы не может быть выше размера кристалла стандартного эмульсионного материала, в одном эксперименте можно установить распределение лишь одного элемента, причём при наличии сравнительно долгоживущего изотопа, сопоставление со структурой, осуществляется лишь на уровне оптической электронной микроскопии. Очевидно, что разрешающая способность фотоматериала на базе бромида серебра не может быть улучшена кардинальным образом, кроме того применение желатины не позволяет осуществлять автордиографирование нагретых образцов. Поэтому не удивительно, что в сфере автордиографии идёт активный поиск методик, позволивших бы полностью отказаться от фотографических материалов на желатино-серебряной основе. Коротко остановимся на некоторых направлениях этих поисков.

2.1 Применение локального рентгеновского микроанализа

При решении материаловедческих задач важно связать распределение элемента (обнаруживаемое автордиографически) с другими локальными характеристиками материала – тонкой структурой, фазовым составом, распределением других компонентов и примесей сплава и т.д. Такую информацию можно получить, последовательно исследуя определённый участок образца различными методами. Как известно, локальный химический состав образца удобно исследовать с помощью рентгеноспектрального микроанализатора, сканирующего поверхность исследуемого образца. Однако чувствительность микроанализатора для регистрации радионуклидов, присутствующих в следовых количествах, недостаточно.

Для локального анализа стабильных и радиоактивных изотопов предложен комплексный подход, предусматривающий одновременное использование микроавтордиографии и рентгеноспектрального микроанализатора. С этой целью на полированную поверхность образца методом полива наносят фотоэмульсию, но после экспонирования и проявления, анализ характера распределения проявленных зёрен по поверхности образца проводят не с помощью микроскопа (оптического или электронного), а рентгеновским микроанализатором. Распределение автордиографического серебра на автордиограммах с большой точностью воспроизводит распределение радиоактивного изотопа. Количество серебра в миллионы и более раз превосходит количество распавшихся атомов, вызвавших его появление. Значит, если прямая оценка распределения радионуклида в рентгеноспектральном микроанализаторе невозможна, то её можно провести косвенно, используя характеристическое излучение автордиографического серебра. Параллельное сканирование по другим элементам в их собственном характеристическом излучении позволяет одновременно изучать их распределение. В данной методике трудоёмкая операция подсчёта проявленных кристаллов заменяется интегрированием участков концентрационных профилей серебра, которое можно выполнить на ЭВМ одновременно со сканированием образца. Этот метод используется для изучения распределения трития в сплавах сложного состава.

2.2 Окрашиваемые полимерные плёнки

Неоднократно предпринимались попытки заменить «серебряные» материалы на полимерные плёнки, меняющие окраску под действием ионизирующего излучения. Их преимущества: хорошая разрешающая способность, отсутствие стадии проявления и низкая стоимость. Важно, что такие плёнки можно использовать для одновременной и независимой регистрации двух типов излучений (например, от ^3H и ^{14}C). В Японии для подобных экспериментов выпускается плёнка с двумя эмульсионными слоями, окрашенными различными красителями и разделёнными прозрачной прокладкой. При достаточном соотношении $^3\text{H}/^{14}\text{C}$ в объекте распределение ^3H на обработанной плёнке воспроизводится одним цветом, а ^{14}C – другим.



2.3 Трековые плёночные полимерные детекторы

Лекции 23 мы уже рассмотрели диэлектрические детекторы. Их разновидность – плёночные полимерные детекторы, часто заменяют фотоматериалы в трековой автордиографии.

Рис. 15. Распределение бора в деформированном никелевом сплаве (Трековая автордиограмма, активация нейтронами).

Плёночная трековая автордиография представляет уникальные возможности, особенно для изучения распределения бора и лития методом активационной автордиографии. Среди компонентов и примесей конструкционных материалов лишь у этих элементов в природной смеси

изотопов велика доля стабильного изотопа, обладающего очень большим сечением захвата. В процессе исследования образец приводят в контакт с плёнкой полимерного детектора – ацетобутилата, нитрата целлюлозы или поликарбоната – и облучают в реакторе тепловыми нейтронами. После этого плёнку отделяют и травят в растворе щёлочи. Распределение бора и лития воспроизводится распределением ямок на протравленной плёнке (в этом случае детектор регистрирует лишь α -частицы и ядра отдачи). Метод обладает прекрасной избирательностью, чувствительностью $10^{-4} - 10^{-6}$ (ат) и разрешающей способностью 1 мкм.

2.4 Микроканальные пластины

Новые возможности появились с разработкой микроканальных пластин – стеклянных пластин с множеством каналов диаметром 10-15 мкм, каждый из которых является миниатюрным фотоэлектронным множителем. Поместив с входной стороны сцинтиллятор, способный детектировать β -излучение, а на выходе – светящийся экран и приведя исследуемый объект в контакт с сцинтиллятором, можно наблюдать и регистрировать на выходе распределение активности в объекте. Экспозиция значительно сокращается за счёт электронного усиления.

На базе микроканальной пластины, соединённой светопроводами со сцинтиллирующим экраном, разработан ликсископ – прибор для наблюдения рентгеновского- и гамма-излучения. Прибор обладает очень высокими показателями чувствительности и отношения сигнал/шум, позволяет получать и синхронно регистрировать на выходе видимое изображение распределения активности или передавать его для запоминания и обработки в компьютер. Разрешающая способность прибора определяется размером зёрен сцинтиллятора и составляет 30 микрон. Важная особенность прибора – возможность многоизотопной автордиографии. Ликсископ позволяет осуществлять трёхмерное ортоскопическое наблюдение источников излучения.