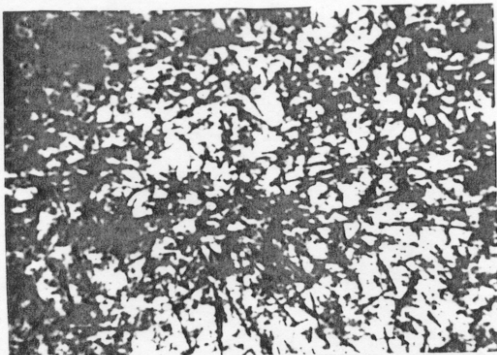


## 1.6 Применение микроавторадиографии в материаловедении

В материаловедении метод микроавторадиографии применяют прежде всего для дефектоскопии конструкционных материалов. С этой целью исследуемый образец насыщают радоном-222 ( $\alpha$ -излучатель). При этом радон заполняет дефектные и разупорядоченные участки материала (точечные дефекты, дислокации, границы зёрен и сферолитов и т.п.), образуя скопления и, тем самым, декорируя неоднородности структуры. Образец приводят его в контакт с толстослойной фотоэмульсией и, после экспонирования и проявления фотоматериала, АРГ анализируют на предмет исследования степени и характера дефектности конструкционного материала.



На **Рис. 11** в качестве примера приведены трековые авторадиограммы распределения радона в полипропилене крупносферолитной структуры. Видно, что наряду с хаотически распределёнными треками, в полимере встречаются скопления, как протяжённые, распределённые в пространстве, так сконцентрированные в небольшой области. Особенно активно радон концентрируется на границе сферолита, декорируя сплошную зону разрушений.

**Рис. 11.** Типичные виды распределений радия в полипропилене крупносферолитной структуры

На **Рис. 12** представлен модельный пример, демонстрирующий декорирование радоном спиралевидного дефекта (за свой полный оборот спираль пронизывает всю толщину пластины и составлена из отдельных сорбционно-активных центров). Видно, что участок спирали, наиболее близкий к фотоматериалу декорируется совокупностью отдельных проявленных зерен, а глубинные области спирали декорируются небольшими треками и даже отдельными точками проявлено серебра. Дискретность источников здесь уже различить невозможно и провести расчёт глубины залегания источника уже практически невозможно.

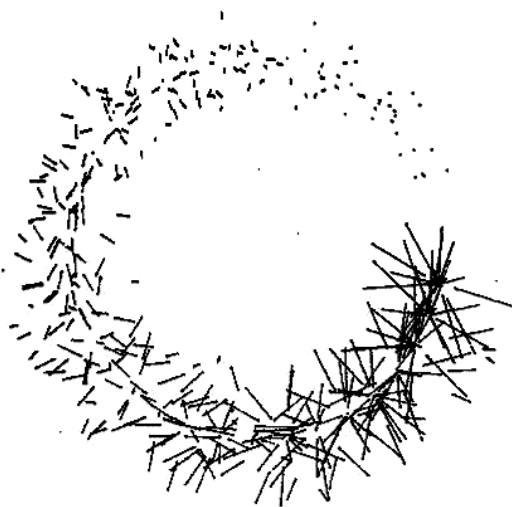
Метод авторадиографии позволяет изучать характер распределения примесных атомов по объёму материала и следить за характером изменения этого изменения при протекании твёрдофазных процессов или при внешних воздействиях на образец.

Примером может служить демонстрация методом трековой авторадиографии влияния процессов кристаллизации на характер распределения радия в полиэтилене.

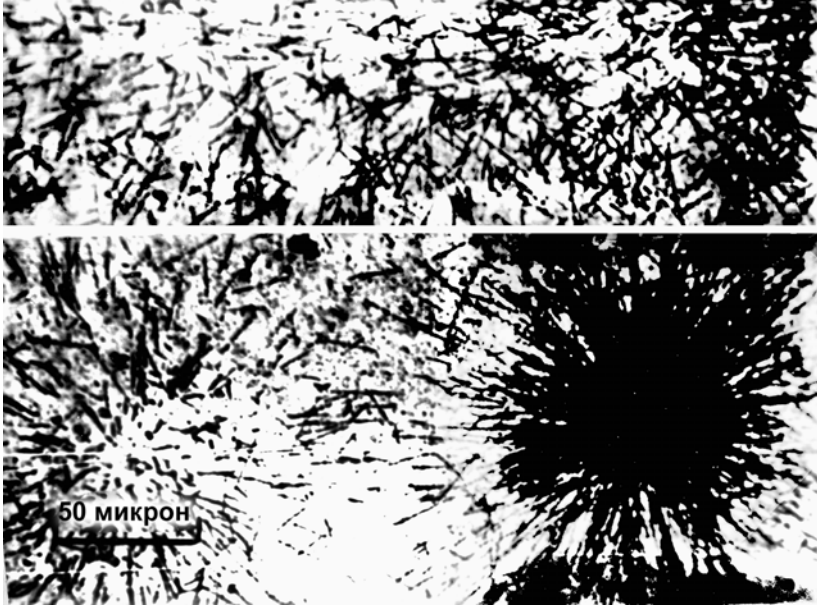
**Рис. 12.** Декорирование радоном спиралевидного дефекта, пронизывающего всю толщину пластины (модельный пример).

Аморфизированный полиэтилен низкой плотности готовили путем набухания ПЭНП в трансформаторном масле (5 ч, 97°C) с последующей обработкой м-ксилолом. Образовавшийся аморфизированный ПЭ (содержание кристаллической фазы 10 - 15%) самопроизвольно и течение 7 - 10 дней восстанавливает исходную степень кристалличности. Морфологическая структура пленки при этом несколько изменяется - сферолиты становятся различимыми в поляризационном микроскопе. Анализ АРГ, полученных для одного и того же участка образца через различные промежутки времени после начала кристаллизации, показал, что в аморфизированном полиэтилене имеются скопления (**Рис. 13, а**), но

число их значительно меньше, чем в исходном образце. В процессе кристаллизации ПЭНП из хаотического распределения треков начинают возникать новые скопления примеси. Было подсчитано, что в результате кристаллизации на площади порядка  $0.2 \text{ мм}^2$  число звезд увеличилось от 17 для аморфного ПЭ до 40 для кристаллического, причем хорошо заметно рождение нескольких звезд на месте хаотического скопления треков  $\alpha$ -частиц (**Рис. 13, б**). Отметим, что процесс рождения звезд прекращается через 20 ч после аморфизации, хотя степень кристалличности продолжает увеличиваться. По мере роста сферолитов

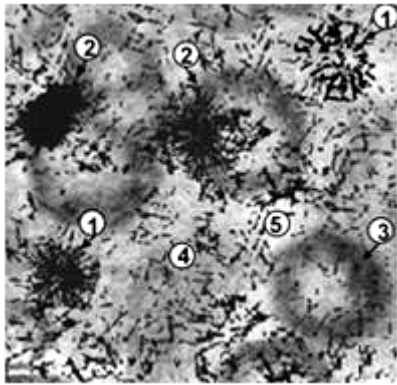


скопления радия начинают вытесняться в межсферолитное пространство. Таким образом, при кристаллизации полимера возникают силы, достаточные для перемещения примесных атомов радия, вытеснения их из кристаллитов, с последующей концентрацией в пределах сферолита с образованием скоплений, которые при дальнейшей кристаллизации вытесняются на внешнюю границу сферолита.



**Рис. 13.** Авторадиограммы с одного и того же места поверхности ПЭНП с изменяющейся во времени степенью кристалличности.

а — через три часа после изготовления образца; б — через четверо суток после изготовления образца.



**Рис. 14.** Авторадиограммы плёнки полипропилена крупносферолитной структуры, одновременно насыщенной радоном и парами уксусной кислоты, меченной  $^{14}\text{C}$ .

Авторадиография допускает одновременное использование двух радионуклидов, каждый из которых испускает свой тип излучения, например,  $^{14}\text{C}$  ( $\beta$ -излучатель) и  $^{222}\text{Rn}$  ( $\alpha$ -излучатель). На **Рис. 14** приведена АРГ плёнки полипропилена крупносферолитной структуры, одновременно насыщенной радоном-220 и парами уксусной кислоты, меченной  $^{14}\text{C}$ . Видно, что уксусная кислота концентрируется преимущественно на границах сферолитов (повышенная степень потемнения на АРГ за счёт облучения электронами). Радон также тяготеет к границам сферолитов, но всё же основные его скопления (регистрируемые в виде звёзд, составленных их треков) располагаются на участках соприкосновения границ сферолитов. Местоположения, где концентрируются оба радиоактивных зонда, вероятно, являются самыми дефектными.