

## Лабораторна робота № 8

### ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІАЦІЙНИХ ДЕФЕКТІВ В ТВЕРДИХ ТІЛАХ

#### Мета роботи:

1. Познайомитися з методами хімічного травлення, які використовуються для виявлення треків – слідів руху важких заряджених частинок в об'ємі діелектриків.
2. Вивчити кінетику розтравлювання треків в залежності від температури та часу їх ізотермічного відпалу (тобто від рівня дефектності треку).
3. Познайомитись з методом розрахунку концентрації домішок, які діляться, в діелектриках. Метод ґрунтується на підрахунку концентрації домішок, які діляться, в діелектриках. Метод ґрунтується на підрахунку густини треків, виявлених хімічним травленням.

#### Загальні відомості.

Уламки ядер важких елементів (урану, торію, трансуранових елементів), які рухаються в об'ємі твердого тіла в багатьох випадках утворюють дефектну область, орієнтовану вздовж траєкторії руху. Ці області одержали назву треків. Встановлено, що треки формуються в багатьох діелектриках, які широко використовуються як твердотільні детектори для реєстрації та ідентифікації різних іонів.

Важкі уламки, що утворюють треки, можуть виникати двома способами. По-перше, вони можуть утворюватися при спонтанному розділі ядер важких елементів, наприклад  $^{238}\text{U}$ . По-друге, можливий процес примушеного поділу ядер важких елементів (наприклад, при опромінюванні тепловими нейтронами уранової мішені в ядерному реакторі).

Існують, в основному, два методи спостереження треків від уламків поділу. Один із них оснований на обстеженні твердого тіла, яке має треки, в електронному мікроскопі. Треки виявляються через дифракційний контраст, який утворюється в області шляху уламка поділу. Процедура спостереження в електронний мікроскоп потребує виготовлення дуже тонких зразків  $1000 \div 3000 \text{ \AA}$ , або виготовлення реплік і тому в багатьох випадках являється надзвичайно важкою. Крім того, щоб в полі зору опинився трек, необхідна велика густина їх, а це робить практично неможливим спостереження в електронному мікроскопі слідів природного поділу ядер.

Є інший більш загальний метод виявлення треків. Він може бути застосований для багатьох твердих тіл і дозволяє вивчати трек в оптичному мікроскопі. Це метод вибіркового хімічного травлення. Коли зразок поміщається в травник, то останній швидко проникає в дефектну область і збільшує (розтравлює) розміри цієї області. Ці розміри можна довести до величини, яка стане порівняною із довжиною хвилі видимого світла. Таку дефектну область можна спостерігати в оптичний мікроскоп. Геометрія фігур травлення залежить від кристалографічних властивостей речовини. Таким чином, вже сама форма треку від уламка поділу може дати цінну інформацію про структуру речовини.

Вивчення механізмів виникнення, термічної стійкості та кінетики розтравлювання треків від уламків важких заряджених частинок являє інтерес з

декількох точок зору. По-перше, ці дані можна використовувати для одержання інформації про зміну властивостей твердих тіл після опромінювання важкими зарядженими частинками (іонами). По-друге, відомості про густину треків можуть бути використані при вирішенні різноманітних задач геохронології. По-третє, дані про дефектність, яка зберігається в треку на даному етапі відпалу, є джерелом інформації про теплову передісторію мінералу, який містить треки. При ізотермічному відпалі виникає направлений дифузійний потік атомів, вибитих уламком із центральної області трека, в напрямку перпендикулярному до його осі. Цей потік може призвести не тільки до заліковування треку, але й до деякого перерозподілу компонентів, якщо трек знаходиться в багатокомпонентній системі. В такому разі вісь трека може стати збагаченою атомами, які мають або більшу дифузійну рухливість, або на які внаслідок кристалогіометричних обставин діє більший градієнт хімічного потенціалу. Зміна хімічного складу в області треку може в ряді випадків призводити до зміни форми фігури травлення на треках. В таких об'єктах по співвідношенню числа фігур травлення різної форми можна судити про теплову передісторію мінералу.

### Порядок виконання роботи.

Об'єктом спостереження є скло.

Треки в склі виникли після опромінювання його потоком теплових нейтронів в ядерному реакторі завдяки тому, що, як правило, в склі є домішки  $^{235}\text{U}$ . В склі можна утворити треки штучно, якщо опромінювати зразки потоком уламків від зовнішнього джерела.

В роботі використовується джерело уламків, які утворюються після поділу ядер  $^{252}\text{Cf}$ . Джерело дозволяє одержати приблизно  $10^5 \text{ mp/cm}^2$  за хвилину опромінювання.

Треки виявляються методом травлення агресивним травником. Для скла травником служить плавикова кислота ( $\text{HF}$ ) різних концентрацій.

1. Протравить скло. Травником для нього є (4-6)% розчин  $\text{HF}$  в дистильованій воді. Час травлення 5-10 хвилин. Підрахуйте густину треків в склі і сфотографуйте їх. Знаючи густину треків, які утворилися при опромінюванні потоком теплових нейтронів, визначте концентрацію урану в склі із формули  $\rho = Nc\Phi\sigma L$ , де  $\rho$  - кількість треків на одиниці площі;  $N$  - загальне число атомів в одиниці об'єму;  $c$  - концентрація урану,  $\Phi$  - потік нейтронів;  $\sigma$  - переріз взаємодії;  $L$  - середня довжина трека від уламку поділу.

В нашому випадку:

$N \approx 10^{23} \text{ 1/cm}^3$	$\Phi \approx 10^{11} \text{ 1/cm}^2$	$\sigma \approx 50 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^2$	$L \approx 10^{-4} \text{ cm}$
------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------------------	--------------------------------

### Звіт

Звіт про виконану роботу повинен вміщувати:

1. Фотографії протравлених треків уламків поділу на поверхні скла.
2. Розрахунок концентрації урану в склі.

### Контрольні питання.

1. Механізми утворення треків.
2. Можна спостерігати треки у провідниках?

**Література:**

1. Флеров Т.Н. Берзина И.Г. Радиогрaфия минералов и горных пород. М.:, 1979.
2. Томпсон М. Дефекты и радиационные повреждения в металлах.- М., Мир, 1971.