

УДК 539.67, 539.374

Гліб Петченко, Олександр Петченко

*Харківська національна академія міського господарства,
м. Харків, Україна*

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ РЕНТГЕНІВСЬКОГО ОПРОМІНЕННЯ В ІНТЕРВАЛІ 0-1000 Р НА ДИНАМІЧНЕ ГАЛЬМУВАННЯ ДИСЛОКАЦІЙ У МОНОКРИСТАЛАХ LiF

Дана стаття є подальшим розвитком наших робіт [1-3], спрямованих на вивчення впливу рентгенівського опромінення на перебіг динамічних дислокаційних процесів у монокристалах LiF. Вказані кристали мають високу температуру Дебая і тому для них при кімнатній температурі є можливість досліджувати ефекти закріплення дислокацій радіаційними дефектами у чистому вигляді, оскільки релаксаційні процеси не активізуються. У роботах [1-3] імпульсним методом частотного діапазону 7,5 – 232,5 МГц нами було вивчено вплив незначних доз рентгенівського опромінення (0-400 Р) на поведінку частотних спектрів дислокаційного поглинання ультразвуку для зразків LiF із значеннями залишкової деформації 0,3% [1], 0,4% [2] і 1,5% [3]. Незважаючи на незначну ступінь рентгенізації зразків ми відзначили помітне скорочення середньої ефективної довжини дислокаційного сегмента L внаслідок взаємодії рухливих дислокацій з дефектами радіаційного походження. Такий результат вдалося одержати через високу чутливість згасання ультразвуку α до незначних змін L ($\alpha \sim L^4$) [4]. Відомо, що для реєстрації і ідентифікації радіаційних дефектів досить інформативним і розповсюдженим методом є оптичний метод [5], сутність якого полягає у вимірюванні залежності спектрального коефіцієнта поглинання від довжини хвилі випромінювання, що проходить через кристал. Однак, незважаючи на безсумнівні переваги вказаного методу його практична реалізація потребує досить значних доз опромінення (як показали наші попередні дослідження опромінених кристалів на спектрофотометрі СФ-26, принаймні $\sim 10^3$ Р) для появи у кристалах центрів забарвлення.

Враховуючи вказане, ми поставили за мету простежити зміни дислокаційних характеристик кристалів у розширеному діапазоні доз опромінення 0 - 1000 Р, що дало б можливість одночасно сфокусувати методи фізичної акустики і оптики на рішення спільної задачі – вивчення дефектів радіаційного походження у опромінених кристалах.

Для цього за імпульсним методом в діапазоні частот 37,5 – 232,5 МГц при $T=300$ К, нами вивчалась поведінка частотних спектрів дислокаційного поглинання ультразвуку в монокристалах LiF із залишковою деформацією 0,4%, які опромінювали рентгенівськими променями на стандартній установці УРС-55 ($U=10$ кВ, $I=10$ мА). Потужність дози опромінення при такому режимі рентгенівської установки становила 0,11 рентген/с. Досліджувані кристали являли собою монокристалічні зразки з орієнтацією $\langle 100 \rangle$ і розміром $17 \times 17 \times 29$ мм³. Для забезпечення високої точності акустичного експерименту зразки

шліфувались і полірувались таким чином, щоб непаралельність їх робочих поверхонь не перевищувала $\pm 1\text{мкм/см}$. Точність механічної обробки та лінійні розміри зразків контролювалась за допомогою оптиметра типу ІКВ та компаратора ІЗА-2 відповідно. Для усунення внутрішніх напружень, які могли виникнути в результаті механічної обробки, дослідні зразки відпалювали у муфельній печі МП-2УМ протягом ~ 12 годин при температурі $T \sim 0,8 T_{\text{пл}}$ (де $T_{\text{пл}}$ – температура плавлення) з подальшим повільним охолодженням їх разом з піччю до кімнатної температури. Попередню деформацію зразків здійснювали за методом низькошвидкісної пластичної деформації на машині типу “Інстрон” при швидкості деформування $\sim 10^{-5}\text{с}^{-1}$ шляхом їх стискання вздовж кристалографічного напрямку $\langle 100 \rangle$. Зазначений метод забезпечує формування рівномірного розподілу фігур травлення по поверхні кристала, що гарантує достатньо високу точність підрахунку густини дислокацій Λ , необхідної для розрахунку коефіцієнта в’язкості B . Для надійного отримання потрібної залишкової деформації розрахунковий час деформування чітко визначався з моменту досягнення границі плинності, що контролювалось за допомогою самописця КСП-4.

Після дослідів ми прийшли до таких результатів. При збільшенні часу витримки кристалів t під рентгенівським опроміненням в інтервалі 0 - 160 хвилин (що відповідає загальній дозі опромінення ~ 1000 рентген) спостерігається помітне монотонне зміщення параметрів резонансного максимуму. При цьому резонансна частота f_m поступово збільшувалась, а значення максимального дислокаційного декременту Δ_m , навпаки, зменшувалось. У результаті ретельної обробки експериментальних даних і подальшого їх аналізу з’ясувалось, що зміна з часом опромінення локалізації частотних спектрів дислокаційного поглинання ультразвуку зумовлена монотонним зменшенням середньої ефективної довжини дислокаційного сегменту L , пов’язаним з обмеженням коливального руху дислокаційних петель у полі УЗ-хвилі через появу на дислокаціях додаткових центрів закріплення - радіаційних дефектів. Одержані експериментальні залежності $\Delta_m(t)$, $f_m(t)$ та $L(t)$ було порівняно з теоретичними розрахунками, виконаними в рамках моделі Штерна и Гранато [6] в результаті чого можна відзначити добре узгодження експериментальних і теоретичних даних. Що ж стосується інших дислокаційних характеристик, зокрема густини дислокацій Λ та константи динамічного гальмування B , то їх значення після опромінення залишались незмінними. Незалежність від часу опромінення величини B є додатковим підтвердженням висновку авторів [7] про те, що коефіцієнт динамічного гальмування дислокацій B є фундаментальною характеристикою кристала, що визначається лише взаємодією дислокацій з фононною підсистемою кристала, и не залежить від параметрів його дислокаційної структури.

1. G.A. Petchenko, A.M.Petchenko, *Functional Materials* **17**, 421 (2010).
2. Г.А. Петченко, *Вопросы атомной науки и техники* **78**, 36 (2012).
3. Г.О. Петченко, *Укр. фіз. журн.* **56**, 340 (2011).

4. Р. Труэлл, Ч. Эльбаум, Б. Чик, *Ультразвуковые методы в физике твердого тела* (Мир, Москва, 1972).
5. A. Smakula, *Z. Physik* **59**, 603 (1930).
6. Р.М. Штерн, А.В. Гранато, в сб. *Внутреннее трение и дефекты в металлах*: под ред. В.С. Постникова (Металлургия, Москва, 1965).
7. В.И. Альшиц, В.Л. Инденбом, *УФН* **115**, 3 (1975).