

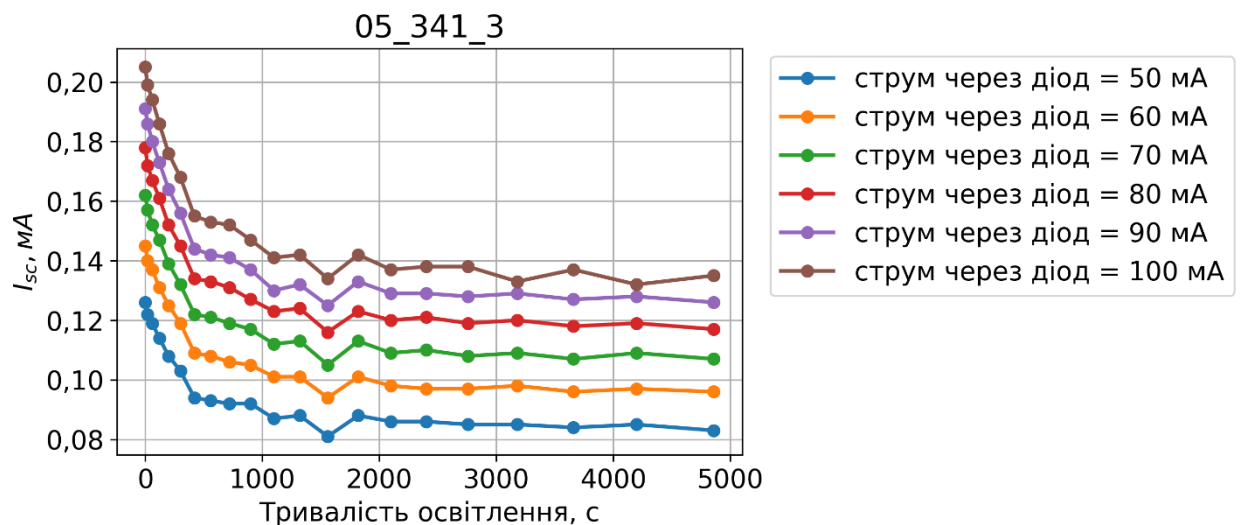
## Кінетика світло індукованих процесів

Вимірювання кінетики світло індукованих процесів проводилося на зразках сонячних елементів (СЕ) дифузійно-польового типу, що мають структуру  $n^+ - p - p^+$  та виготовлені на основі монокристалічних пластин  $p$ -типу кремнію марки КДБ-10 з питомим опором 10 Ом·см. На фронтальній поверхні СЕ мали просвітлюючі покриття з двоокису кремнію  $\text{SiO}_2$  товщиною 30 нм і нітриду кремнію  $\text{Si}_3\text{N}_4$  товщиною 40 нм.

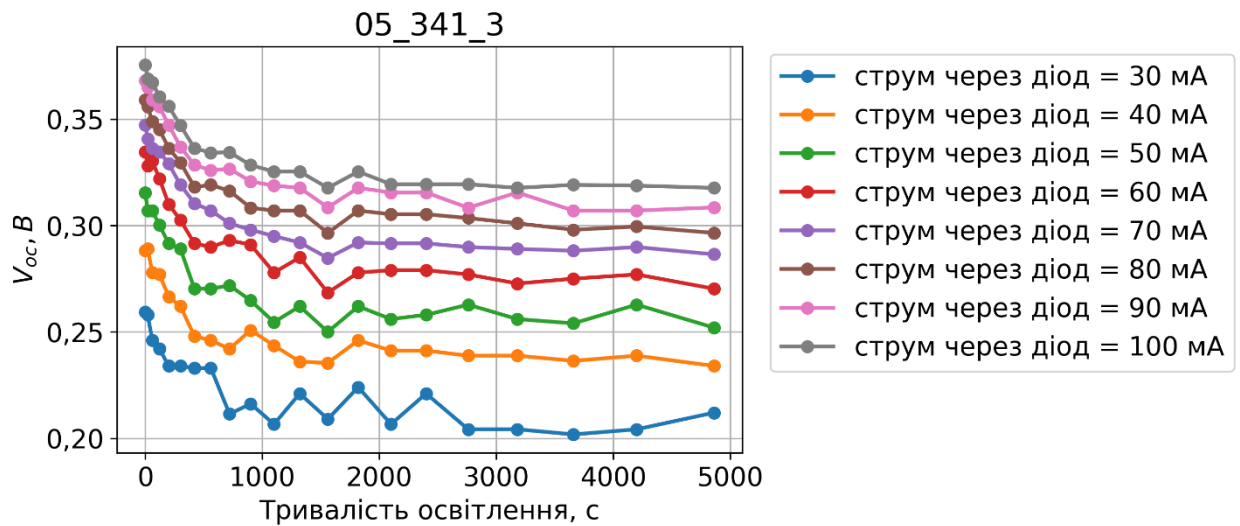
На зазначених зразках досліджено світлові вольт-амперні характеристики (ВАХ), отримані при освітленні інфрачервоним діодом з довжиною хвилі 950 нм. Шляхом варіювання струму через діод отримано ВАХ для декількох рівнів збудження.

Для дослідження кінетики світло індукованих процесів зазначені характеристики вимірювалися поетапно, а саме, на вихідних зразках СЕ, потім після послідовного освітлення зразків галогеновою лампою ( $100 \text{ мВт/см}^2$ ), що призводить до розпаду пар  $\text{FeV}$ . Така перебудова дефектної структури призводить до зменшення ефективного часу життя Шоклі-Ріда-Холла, що може бути зареєстровано при вимірюванні ВАХ.

На основі поетапних вимірів ВАХ отримано кінетики струму короткого замикання і напруги розімкненого кола, рис. 1 і 2 відповідно.



**Рис. 1.** Кінетика струму короткого замикання для декількох рівнів збудження.



**Рис. 2.** Кінетика напруги розімкненого кола для декількох рівнів збудження.

Оскільки рівняння балансу генерації-рекомбінації в умовах розімкненого кола має вигляд:

$$\frac{I_{sc}}{A_{sc}} = q \left( \frac{d}{\tau_b} + S \right) \Delta n_{oc}, \quad (1)$$

де  $I_{sc}$  – струм короткого замикання,  $A_{sc}$  – площа СЕ,  $q$  – елементарний заряд,  $d$  – товщина СЕ,  $\tau_b$  – об’ємний час життя неосновних носіїв заряду,  $S$  – швидкість поверхневої рекомбінації,  $\Delta n_{oc}$  – надлишкова концентрація електронно-діркових пар в умовах розімкненого кола, яка в наближенні рівномірного по товщині поглинання задається рівнянням (2).

$$\Delta n_{oc} = -\frac{n_0}{2} + \sqrt{\frac{n_0^2}{4} + n_i^2 \cdot \exp\left(\frac{V_{oc}}{kT}\right)}, \quad (2)$$

де  $n_0$  – рівноважна концентрація електронно-діркових пар, для досліджуваного СЕ  $n_0 = 1,368 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ,  $V_{oc}$  – напруга розімкненого кола,  $k$  – постійна Больцмана,  $T$  – термодинамічна температура,  $n_i$  – власна концентрація електронно-діркових пар в кремнії, залежність якої від температури задається виразом (3)[1].

$$n_i(T) = 2,9135 \cdot 10^{15} \cdot T^{1,6} \cdot \exp\left(-\frac{E_g(T)}{kT}\right), \quad (3)$$

тут  $E_g(T) = 1,206 - 2,73 \cdot 10^{-4} \cdot T$  – залежність ширини забороненої зони від температури [2].

Множник в дужках в (1) це ефективна швидкість рекомбінації  $R$ , яка пов’язана з ефективним часом життя виразом:

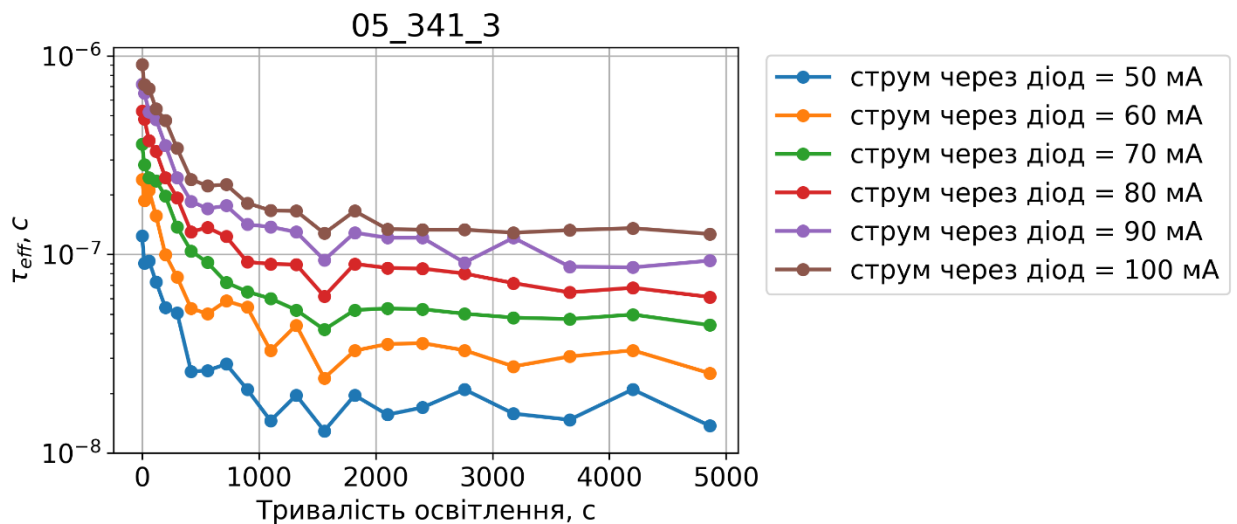
$$\tau_{eff} = \frac{d}{R}, \quad (4)$$

тут  $\tau_{eff}$  – ефективний час життя нерівноважних електронно-діркових пар.

З (1) маємо:

$$R = \frac{I_{sc}}{d A_{sc} \Delta n_{oc}}, \quad (5)$$

Таким чином маючи значення напруги розімкненого кола і струму короткого замикання визначені з ВАХ можна визначити ефективний час життя нерівноважних електронно-діркових пар, а отже і отримати кінетику ефективного часу життя (рис. 3).



**Рис. 3.** Кінетика ефективного часу життя неосновних носіїв заряду для декількох рівнів збудження.

### Використані джерела

1. Trupke et al., J. Appl. Phys., Vol. 94, No. 8, 2003, doi: 10.1063/1.1610231.
2. M. Green, J, Appl. Phys., Vol. 67, No. 6, 1990, doi: 10.1063/1.345414.