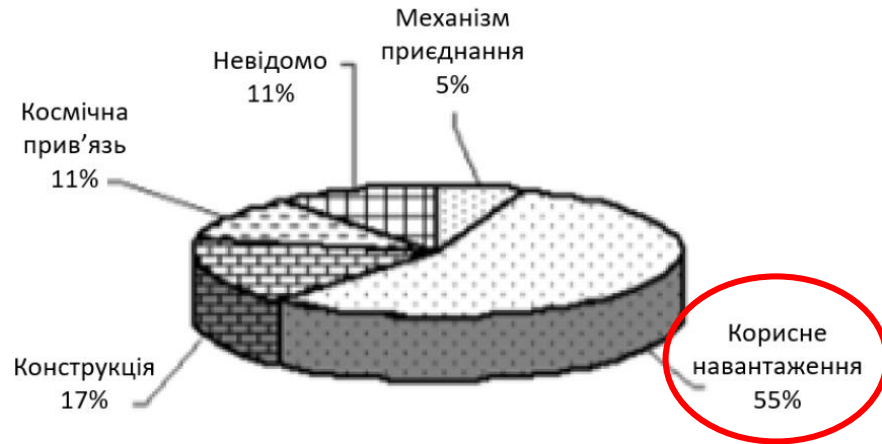


Методика термоциклування GaN HEMT транзисторів та оцінка термічної деградації

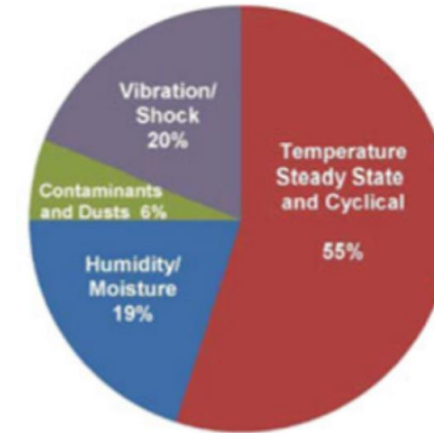
Доповідає: Владислав Олійник

Керівник: Круковський Павло Григорович

Місця виникнення пошкодження в Корисному навантаженні



Причини пошкодження (на прикладі систем для роботи в земних умовах)



Типи деградації електронних компонентів (на прикладі напівпровідників)

Дрейф електричних параметрів

(електричний + тепловий стрес + радіація)

- Нестабільність температури зміщення (Bias temperature instability)
- Інжекція гарячих носіїв (Hot carriers injection)
- Електроміграція

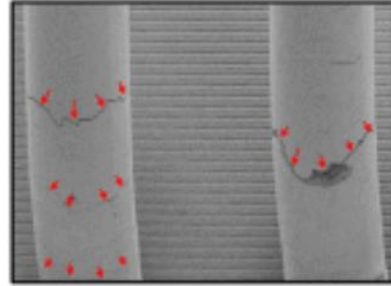
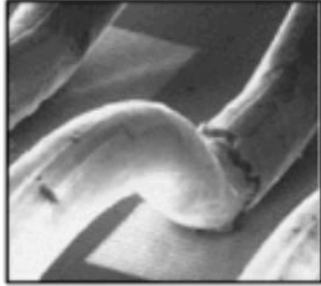
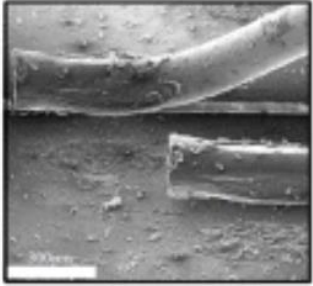
Структурні пошкодження

(тепловий стрес + механічний вплив)

Наступний слайд

Приклади структурних пошкоджень (на прикладі дискретних транзисторів)

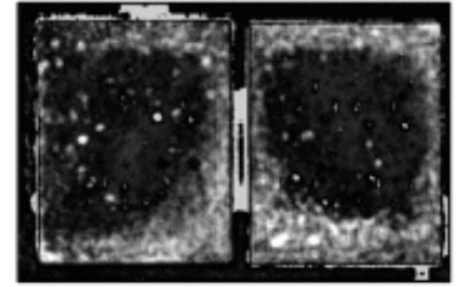
Від'єднання шини, обрив, розтріскування



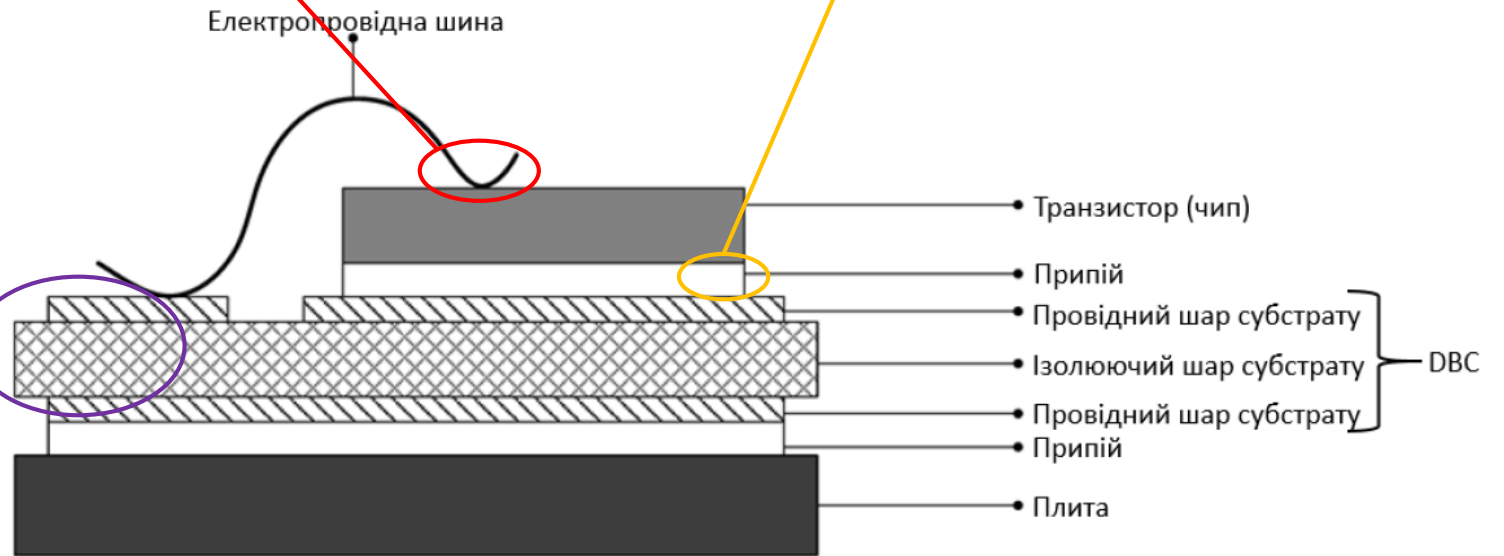
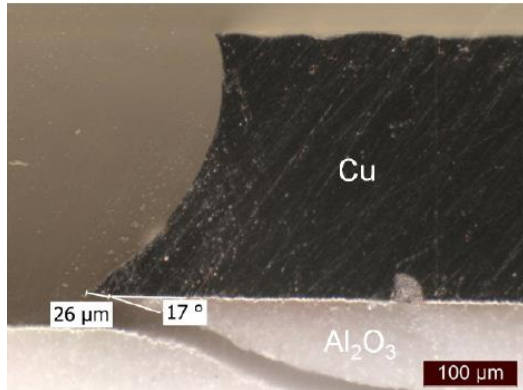
Розвиток тріщин



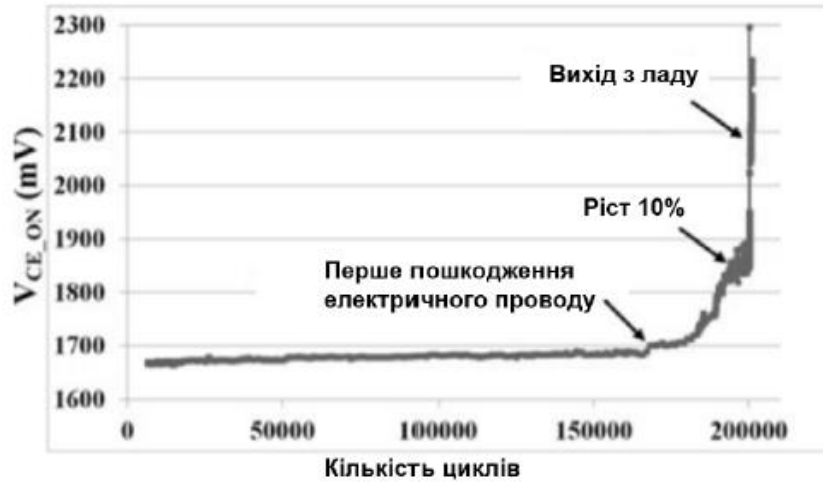
Деламінація припою



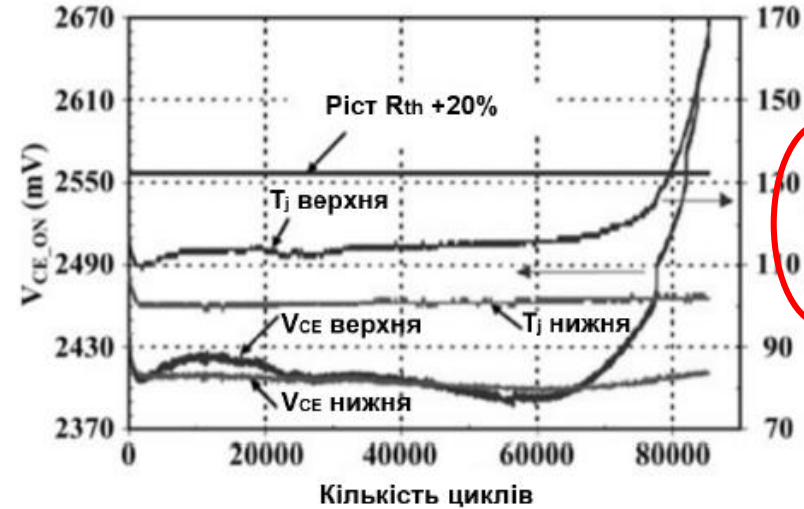
Деламінація субстрату



Вплив розвитку пошкоджень на теплові та електричні параметри компонента



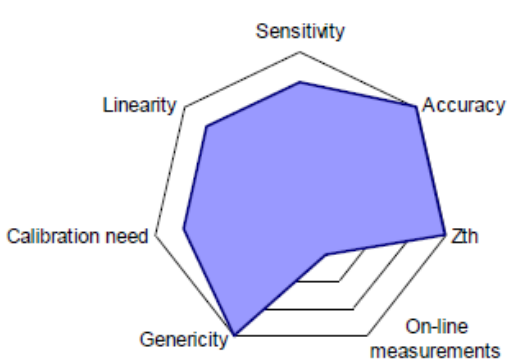
(а) Деградація електричного проводу



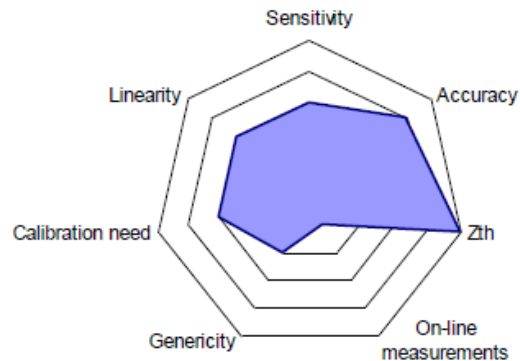
(б) Деградація шару припою

Термічний опір (температура активної зони) є одним з найточніших прекурсорів зменшення ресурсу компонента

Залежні від температури параметри транзистора



a. Voltage under a low current (diode, IGBT, MOSFET in off-state)



b. Threshold voltage

Отже, в Корисному навантаженні одним із основних механізмів зменшення ресурсу компонентів є термічний стрес

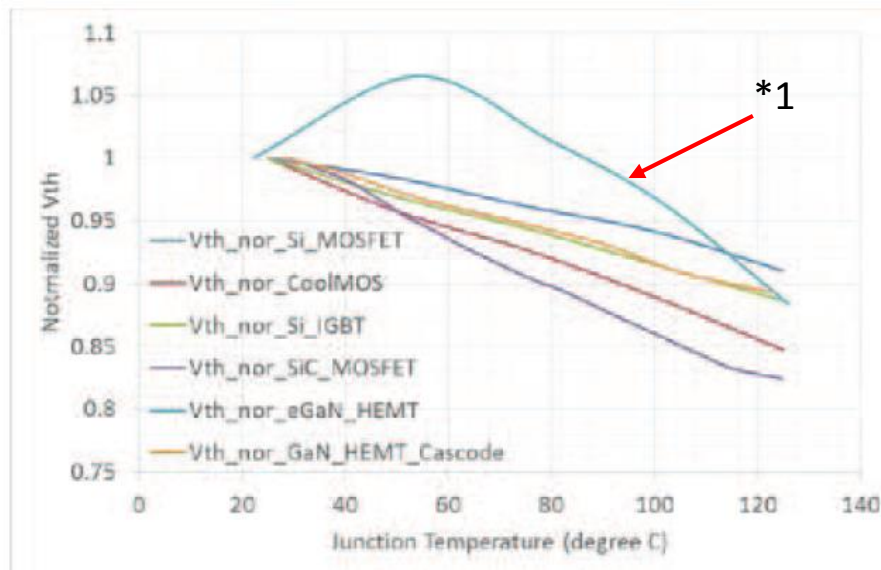
Вибір прекурсора – температурозалежний електричний параметр

Основні вимоги до електричного параметра-прекурсора:

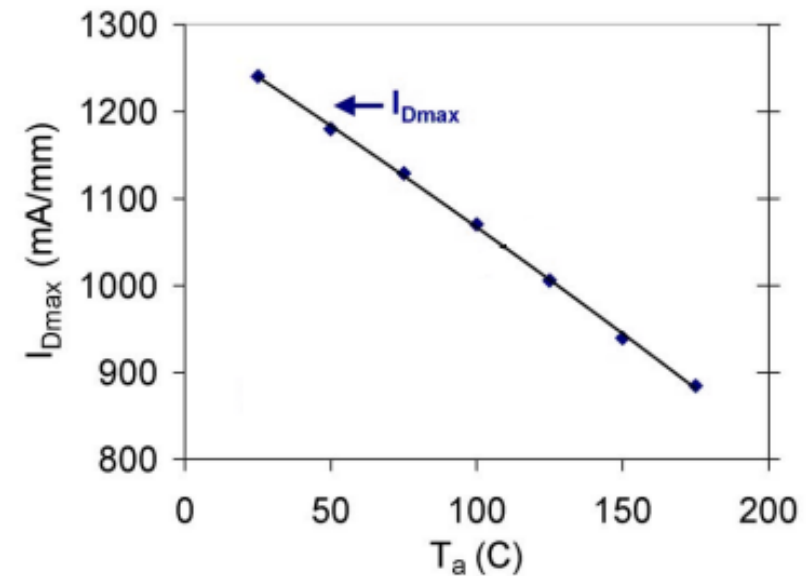
- лінійно змінює своє значення при зміні температури;
- температурний коефіцієнт, який дозволяє фіксувати зміну температури з достатньою точністю;
- можливість і простота вимірювання і калібрування в лабораторних умовах без вузькопрофільного обладнання

Цим вимогам задовольняють два параметра:

Порогова напруга

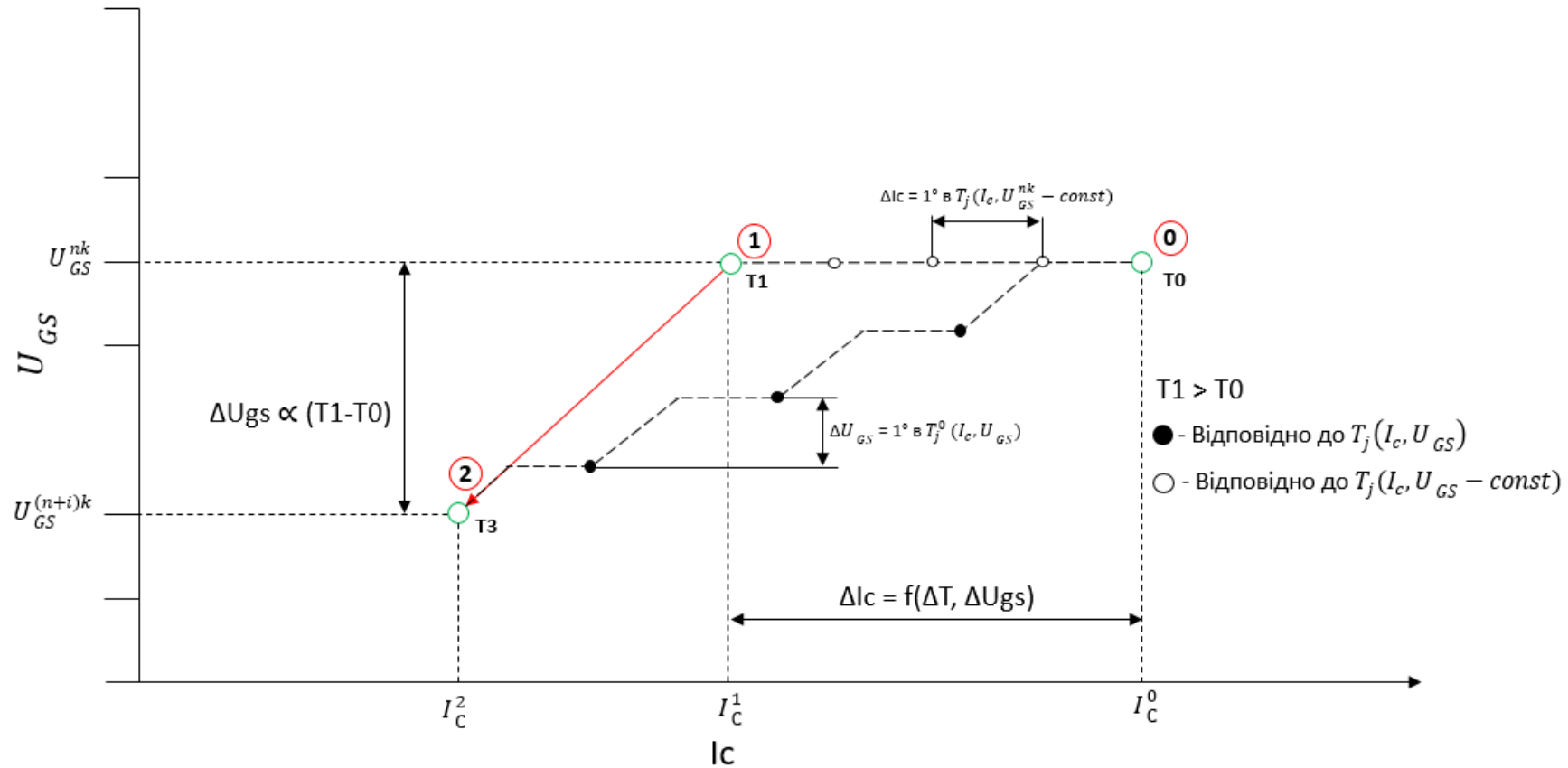


Струм через колектор



*1 - Для деяких GaN транзисторів залежність є нелінійною, крім того, зміна напруги на затворі прямо впливає на струм через колектор, тому необхідно «відв'язати» ці два температурозалежні параметри

Метод оцінки температури активної зони зі статичних характеристик



Загальна послідовність методу така:

- Точка 0 відповідає стану недеградованого транзистора з температурою каналу T_0 .
- Точка 1 – струм I_c після N -циклів і температурі T_1 вищій за T_0 .
- Струм I_c змінився під впливом росту опору джерела $R_s(T)$ і зміни порогової напруги від температури $U_{GS}(T)$.
- По $\Delta I_c = I_c^0 - I_c^1 = f(\Delta T, \Delta U_{GS})$ робиться первинна оцінка зміни температури кристалу $\Delta T = (T_1 - T_0)$.
- Для того щоб мінімізувати похибку від присутності двох параметрів, залежних від температури $R_s(T)$ і $U_{GS}(T)$, напруга на затворі зменшується на $\Delta U_{GS} \propto \Delta T$ відповідно до таблиці $T_j^1(I_c, U_{GS})$.
- Якщо значення струму в точці 2 співпадає зі значенням I_c^2 в таблиці $T_j(I_c, U_{GS})$ при температурі T_3 , то температура оцінена вірно.

1. Основним місцем виникнення пошкоджень в Корисному навантаженні – компоненти електроніки
2. Одним із основних механізмів деградації є термічний стрес
3. Деградацію транзисторів (GaN, зокрема) можна оцінити зі зміни температури активної зони кристалу
4. Температура активної зони оцінюється непрямими методами – через температурозалежні електричні параметри транзистора
5. Запропонований метод оцінки температури кристалу по статичним параметрам дозволяє виокремити вплив зміни температури на струм через колектор від впливу температурної зміни порогової напруги

Наступні кроки:

1. Перевірка методики в лабораторних умовах
2. Валідація методики з аналогічними способами непрямой оцінки температури активної зони (з динамічних характеристик)
3. Побудова кореляції зміни температури і рівня деградації компонента