



Тема дисертації: “П’єзофототронний ефект в діодних структурах”



*Доповідач – Клименко Владислав,
студент 6-го курсу
Факультету Електроніки
Кафедри Електронних приладів та пристроїв
НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”*



Явище п'єзофототронного ефекту

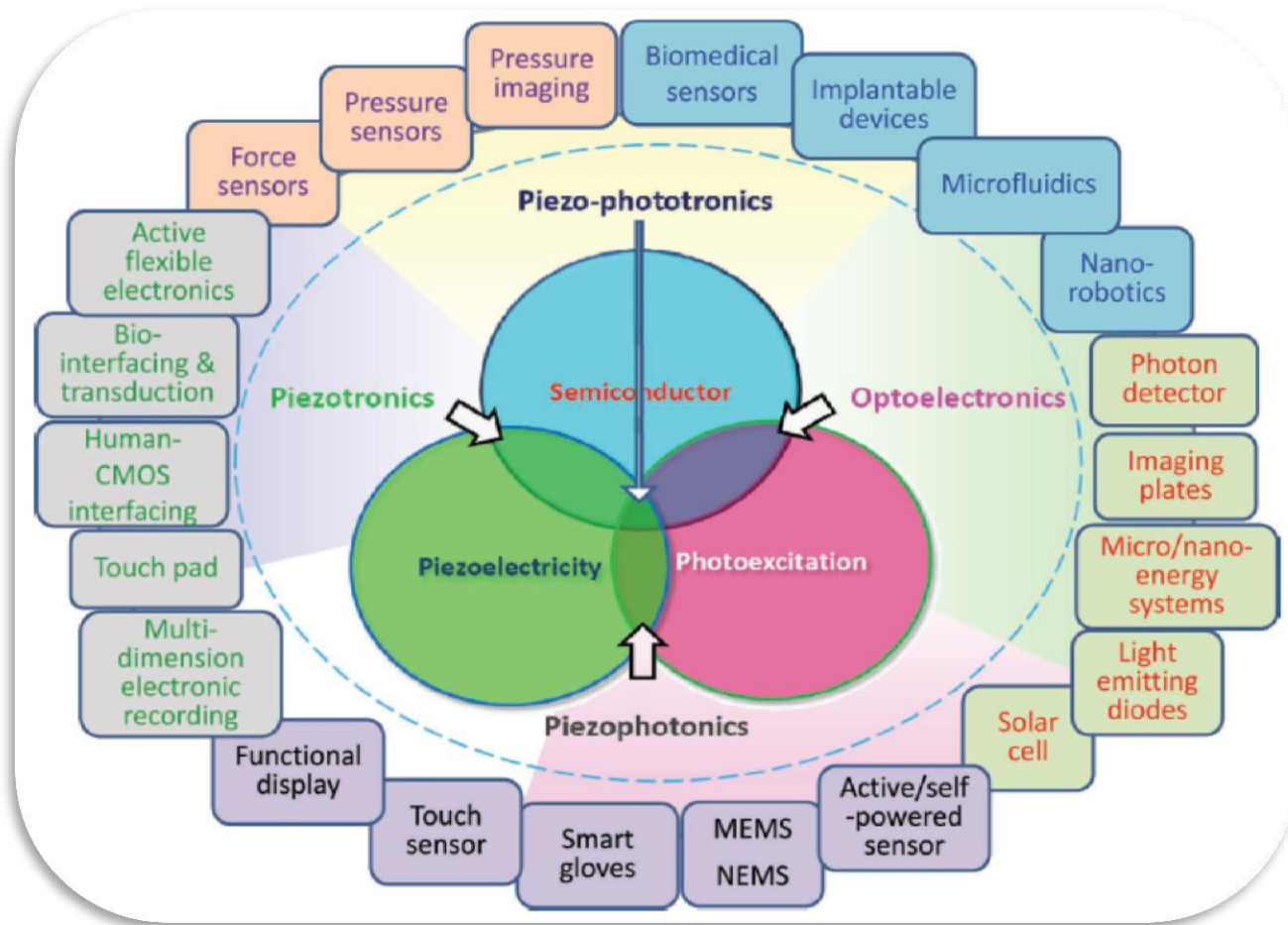


Рис. 1. Принципова схема, що показує тристоронній зв'язок між п'єзоелектрикою, фотозбудженням і напівпровідником. Схема є основою п'єзотроніки (п'єзоелектрико-напівпровідниковий зв'язок), п'єзофотоніки (п'єзоелектрично-фотонний зв'язок збудження), оптоелектроніки і п'єзофототроніки (п'єзоелектрика-напівпровідник-фотозбудження).

П'єзотроніка – окремий підвид електроніки, пристрої якого виготовлені з використанням п'єзопотенціалу в якості напруги «затвору» для керування перенесенням заряду на межі розподілу.

П'єзофототронний ефект полягає в використанні п'єзопотенціалу для управління генерацією, перенесенням, поділом і / або рекомбінацією носіїв для поліпшення характеристик оптоелектронних пристроїв, таких як фотонний детектор, сонячний елемент, світлодіод.

“П'єзофототронний ефект в діодних структурах”

Актуальність. Досліджувані зразки

На сьогодні особливо сильно увага приділяється п'єзоматеріалам та приладам і пристроям на їх основі. Пояснюється це низкою переваг:

1. Висока надійність
2. Малі масо-габаритні показники
3. Висока стійкість до радіації
4. Стійкість до різних агресивних середовищ
5. Висока термостійкість
6. Діелектрична природа п'єзоелемента – функціонування за рахунок дії електричного поля (а не струму провідності), практична відсутність струму і пов'язаних з цим тепловиділень в діапазоні інфранизьких частот, тому п'єзоматеріали можуть застосовуватись у вибухо-небезпечних зонах, наприклад на нафто-хімічних виробництвах, шахтах, тощо.

Актуальність розробки матеріалів із п'єзофототронними властивостями:

1. Тенденція до мініятуризації електроніки;
2. Наукова новизна;
3. Підвищення коефіцієнту корисної дії оптоелектронних структур;
4. Розширення технологічних методів отримання плівок;
5. Здешевлення промислового виробництва;
6. Підвищення енергоефективності.

Досліджено 4 групи зразків :

1. **Foil Mo-CdS-Cu₂S** – зразки на основі гнучкої молибденової фольги, а саме плівки CdS товщиною 3 мкм, на які осаджено шар виродженого напівпровіднику р-типу Cu₂S товщиною 60 нм.
2. **Foil Mo-CdS-ZnS-Cu₂S** – зразки на основі гнучкої молибденової фольги, а саме плівки CdS товщиною 3 мкм, на які було нанесено плівки ZnS товщиною 200 нм та струмо-з'ємний контакт Cu₂S.
3. **Foil Mo-CdS-CdTe-Cu₂S** – зразки, що представляли собою класичну структуру сонячного елемента CdS-CdTe, осажену на фольгу з молибденом і зверху нанесено Cu₂S. Ми очікували, що структура має мати п'єзофототронні властивості завдяки використанню гексагонального шару CdS, що дозволило б підвищити ККД сонячного елемента.
4. **Glassceramic Mo-CdS-CdTe-Cu₂S** – зразки, що представляли собою класичну структуру сонячного елемента CdS-CdTe, осажену на силіконову підкладку, на яку було нанесено молибденову плівку в якості нижнього струмо-з'ємного контакту, верхній контакт – Cu₂S.

“П'єзофототронний ефект в діодних структурах”

Фото технологічного обладнання та експериментальної установки

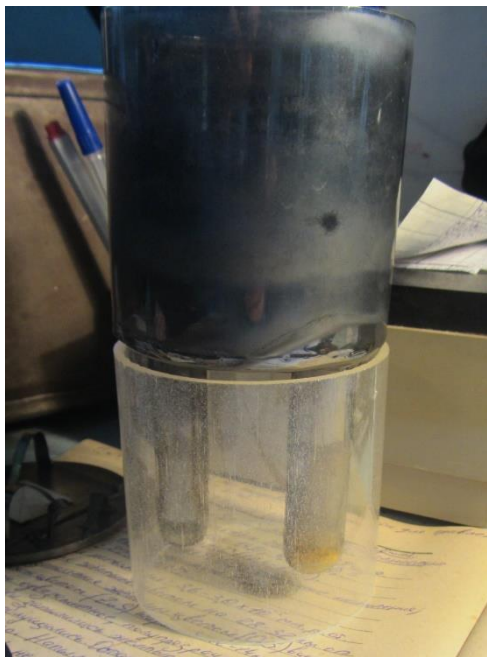


Рисунок 2. Фото геометрії кварцового стакану для технологічного процесу напilenня

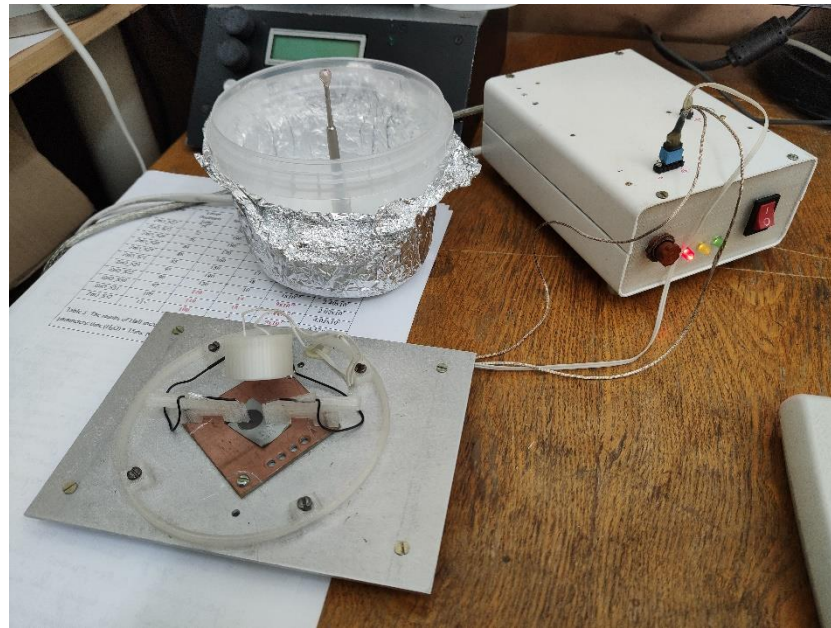


Рисунок 3. Фото експериментальної установки із досліджуванним зразком плівки

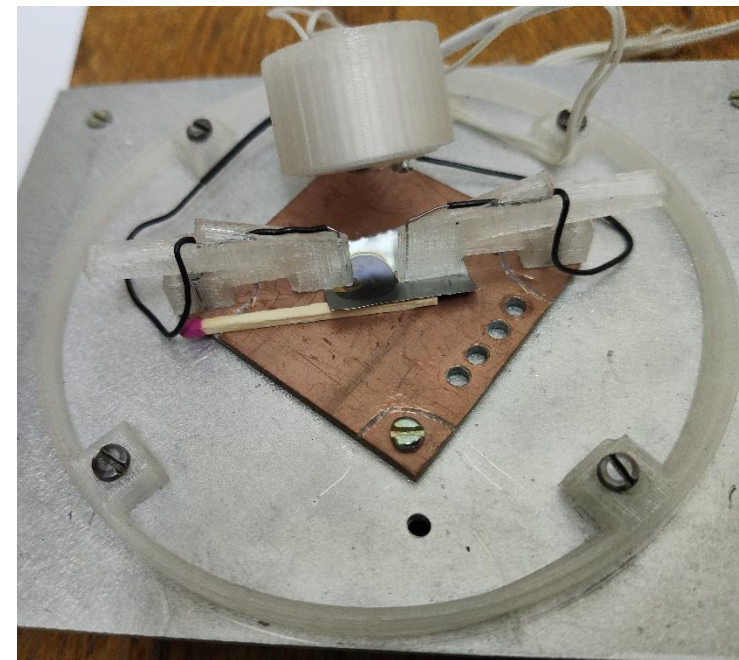


Рисунок 4. Фото-демонстрація процесу скручування зразку

Графіки вольт-амперних характеристик досліджуваних зразків

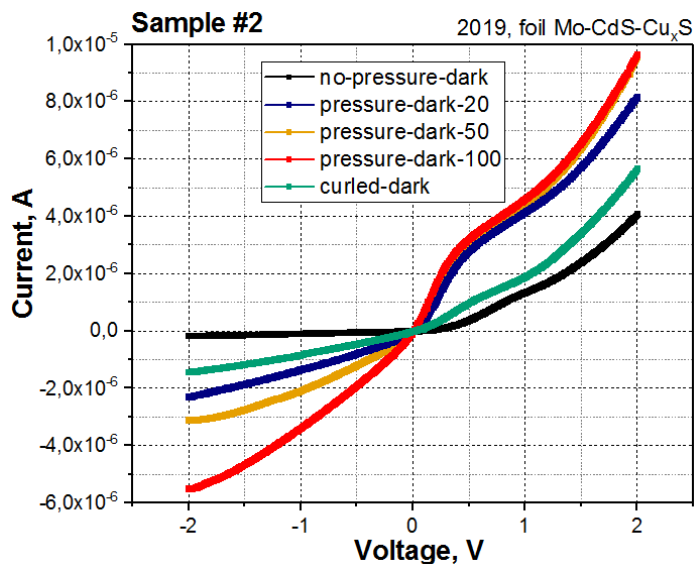


Рисунок 5. ВАХ досліджуваного зразку №2 в темновому режимі

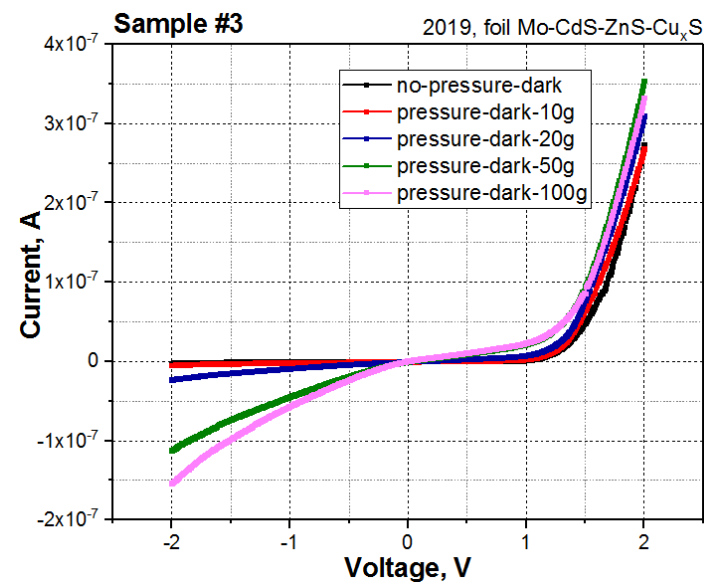


Рисунок 6. ВАХ досліджуваного зразку №3 в темновому режимі

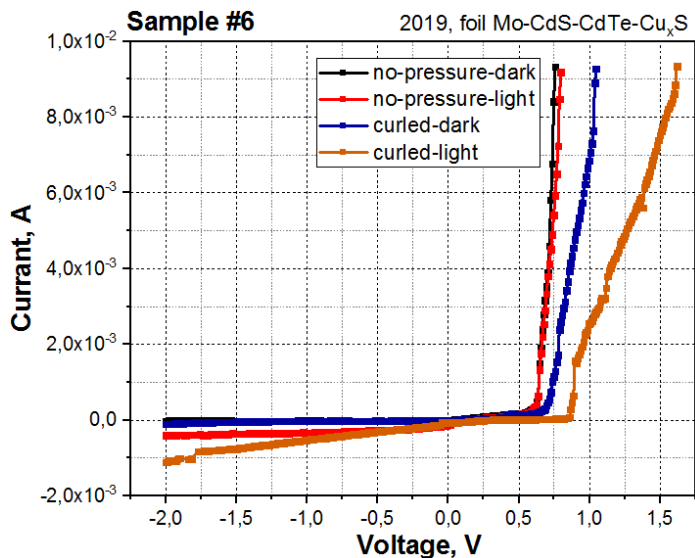


Рисунок 7. ВАХ досліджуваного зразку №6 в режимі скручування

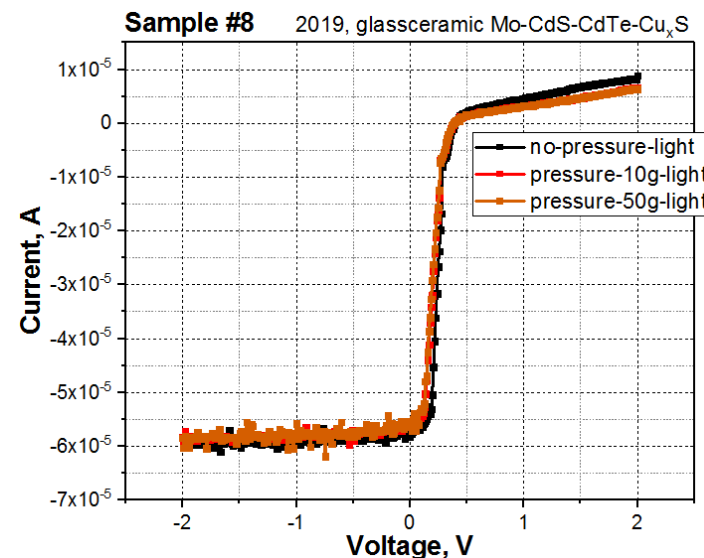


Рисунок 8. ВАХ досліджуваного зразку №8 в світловому режимі

“П’єзофототронний ефект в діодних структурах”

Параметри і характеристики досліджуваних зразків. Принцип розрахунку

Формула для розрахунку коефіцієнту неідеальності n :

$$I = I_0(e^{\frac{qU}{nkT}} - 1)$$
$$n = \frac{q}{kT} \frac{\partial U}{\partial \ln(I)} = \frac{q}{kT} \frac{(U_2 - U_1)}{\{\ln(I_2) - \ln(I_1)\}}$$

Формула для розрахунку коефіцієнту випрямлення K :

$$K = \frac{R_R}{R_F},$$

де R_R – це опір зворотної вітки зразку, а R_F – опір прямої вітки зразку.

Формула для розрахунку параметру $\Delta\Phi$ – зміна висоти бар’єру:

$$\Delta\Phi = -kT\ln(I_S/I_0),$$

де I_S та I_0 струми при фіксованому значенні напруги без тиску та під тиском відповідно.

Формула для розрахунку параметру – “відгук по зміні опору”:

$$\frac{\Delta R}{R_0} = \frac{(R_S - R_0)}{R_0},$$

де R_S і R_0 – диференціальні опори під тиском та без тиску відповідно.

Формула для розрахунку параметру S – чутливість зразку:

$$S = \frac{I_{\text{світло}} - I_{\text{темно}}}{I_{\text{темно}}} \cdot 100\%,$$

де $I_{\text{світло}}$ та $I_{\text{темно}}$ – струми при фіксованому значенні напруги при включеній та виключеній лампочці.

Основні параметри зразку	
n –	коефіцієнт неідеальності
R_F –	прямий опір по постійному струму
r_F –	динамічний прямий опір
R_R –	зворотній опір по постійному струму
r_R –	динамічний зворотній опір
K –	коефіцієнт випрямлення діоду
$\Delta\Phi$ –	зміна висоти бар’єру
$\Delta R / R_0$ –	відгук по зміні опору
S –	чутливість зразку

Експериментальна установка. Еквівалентна схема.

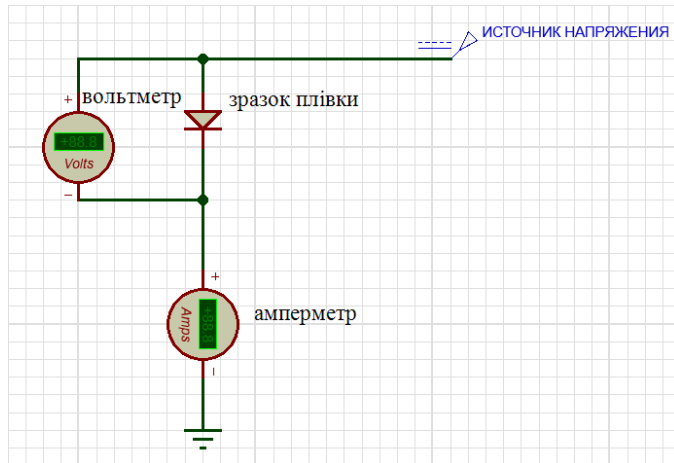


Рисунок 9. Вимірювальна установка відтворена в середовищі Proteus.

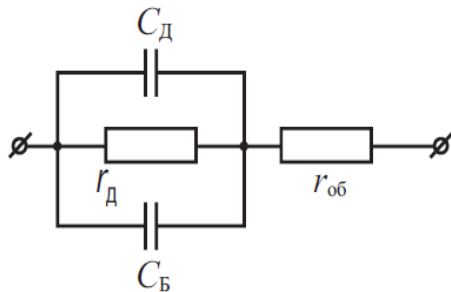


Рисунок 10. Еквівалентна малосигнальна схема діоду для низьких частот.

r_d – диференціальний опір області просторового заряду, $r_{об}$ – опір області квазізамкнутого заряду, C_d – дифузійна ємність, C_b – бар'єрна ємність.

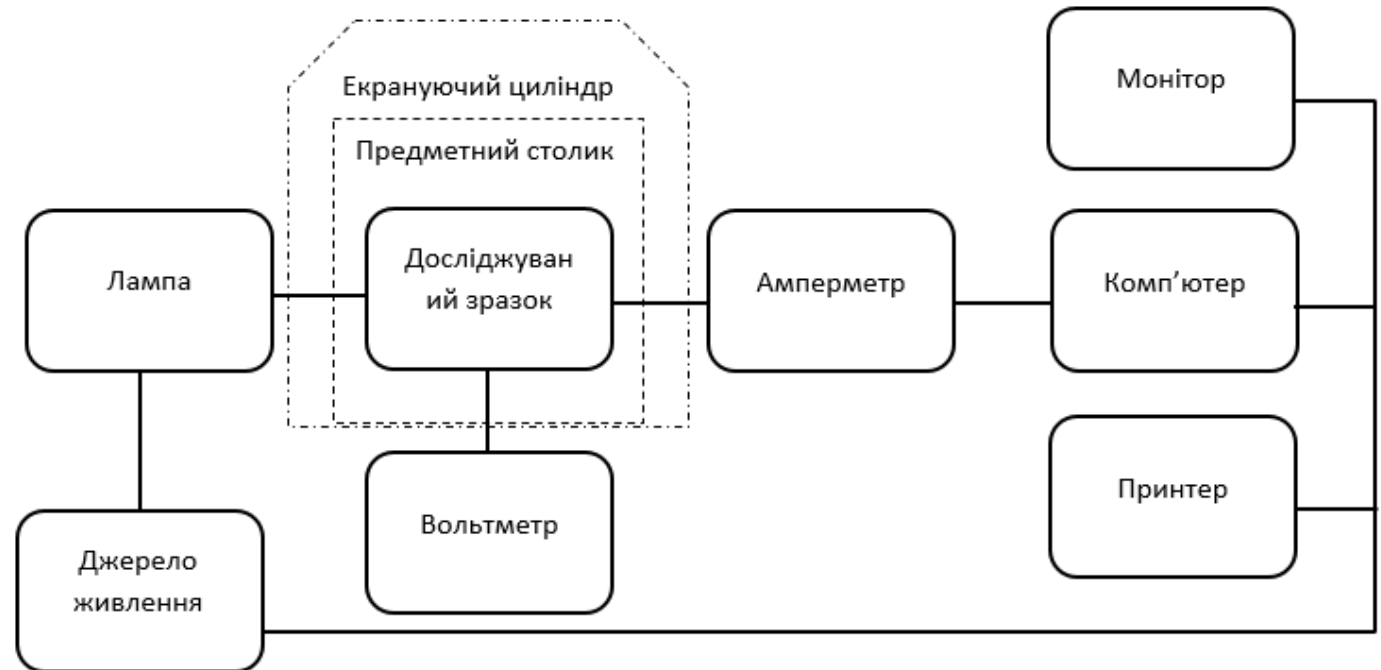


Рисунок 11. Структурна схема експериментальної установки для дослідження вольт-амперних характеристик п'єзоелектричних тонкоплівкових структур.

Графіки залежностей параметрів та характеристик досліджуваних зразків від тиску - 1

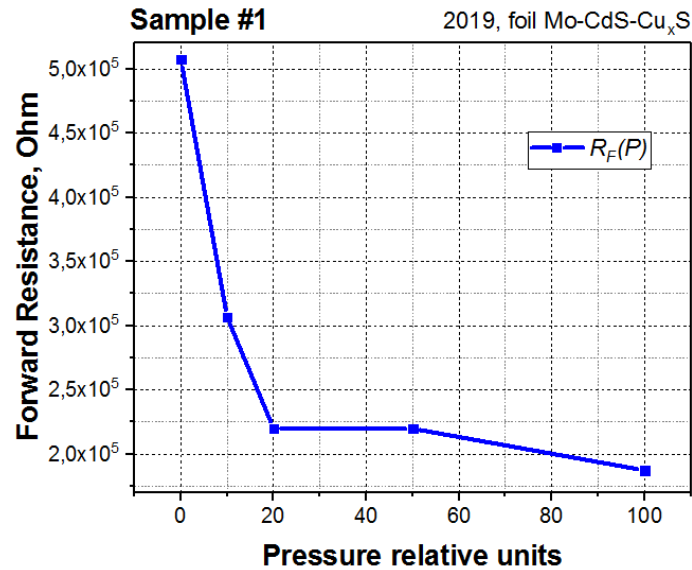


Рисунок 12. Графік залежності прямого опору по постійному струму від тиску для зразку №1 в темновому режимі

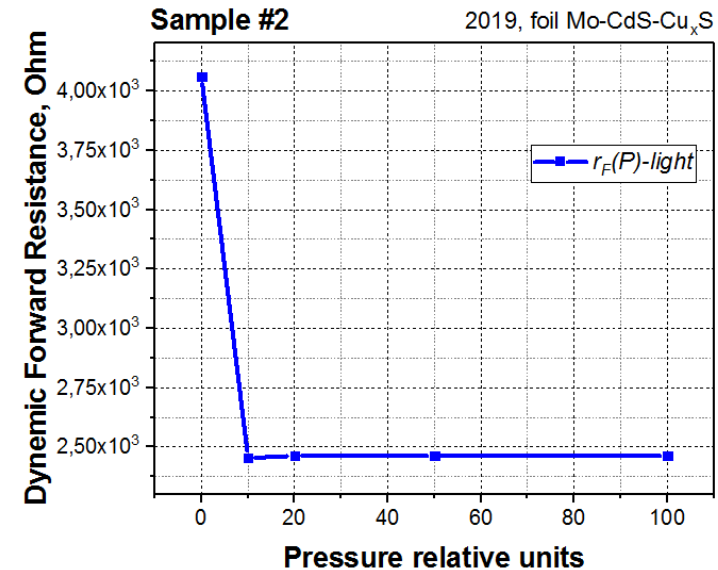


Рисунок 13. Графік залежності прямого диференційного опору від тиску для зразку №2 в світловому режимі

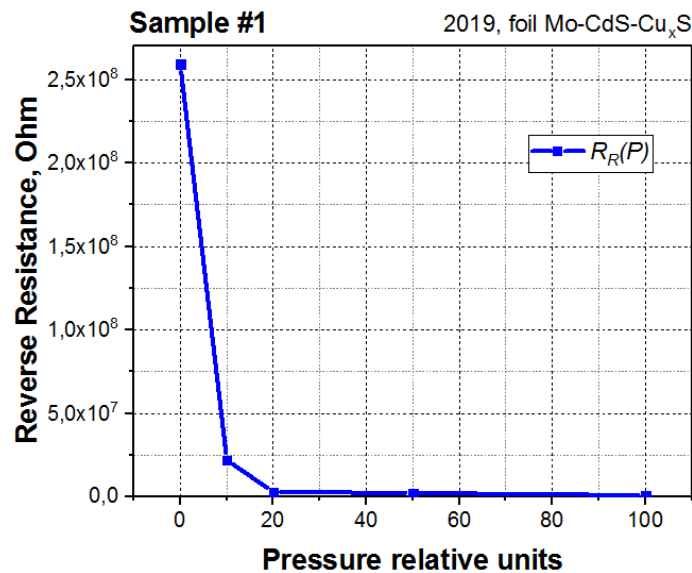


Рисунок 14. Графік залежності зворотного опору по постійному струму від тиску для зразку №1 в темновому режимі

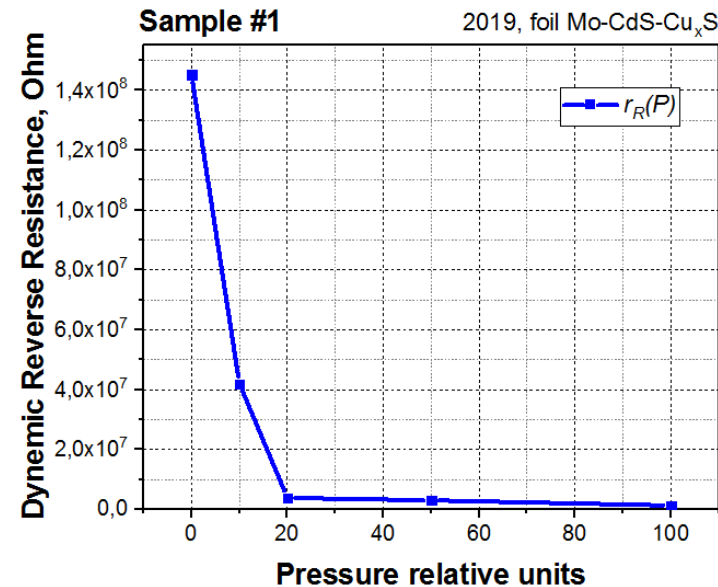


Рисунок 15. Графік залежності зворотного диференційного опору від тиску для зразку №1 в темновому режимі

Графіки залежностей параметрів та характеристик досліджуваних зразків від тиску - 2

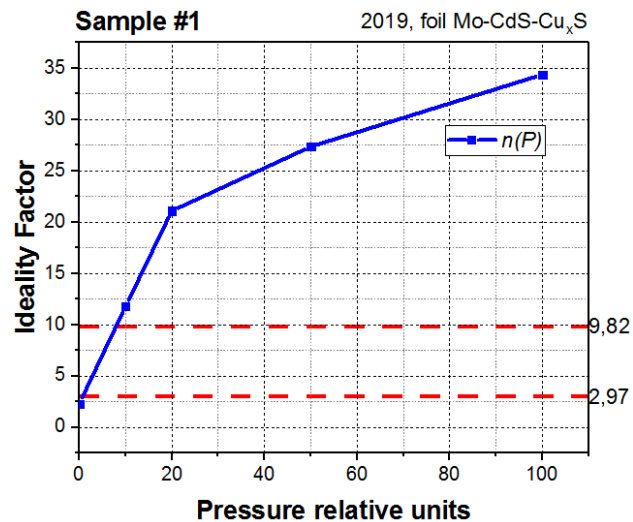


Рисунок 16. Графік залежності коефіцієнту неідеальності зразку №1 від тиску

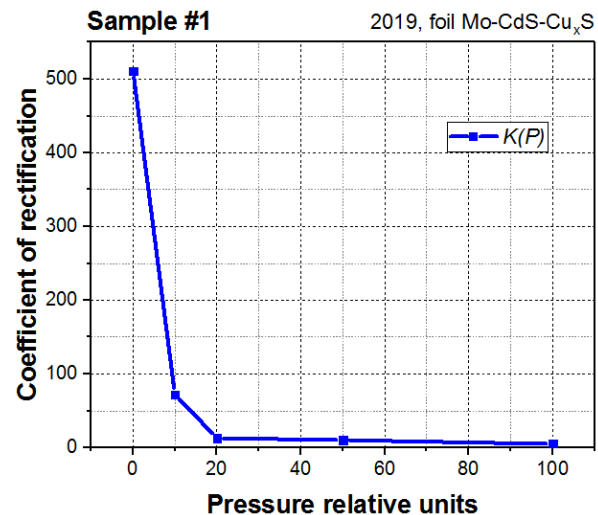


Рисунок 18. Графік залежності коефіцієнту випрямлення від тиску для зразку №1 в темновому режимі

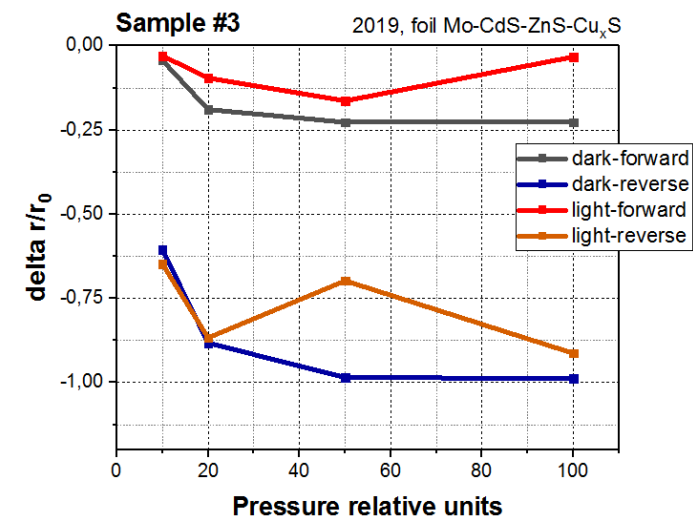


Рисунок 20. Графік залежності параметру "відгук по зміні опоры" від тиску для зразку №3

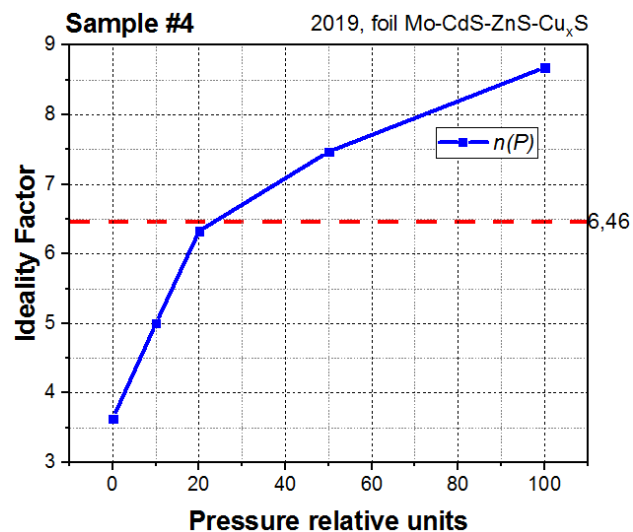


Рисунок 17. Графік залежності коефіцієнту неідеальності зразку №4 від тиску

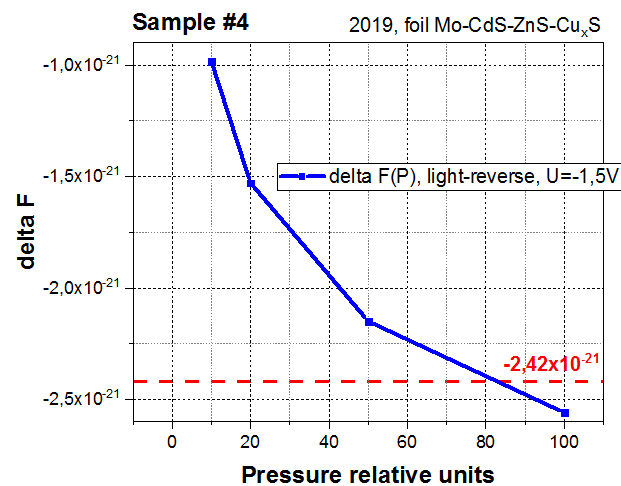


Рисунок 19. Графік залежності висоти бар'єру від тиску для зворотної гілки ВАХ зразку №4 в світловому режимі

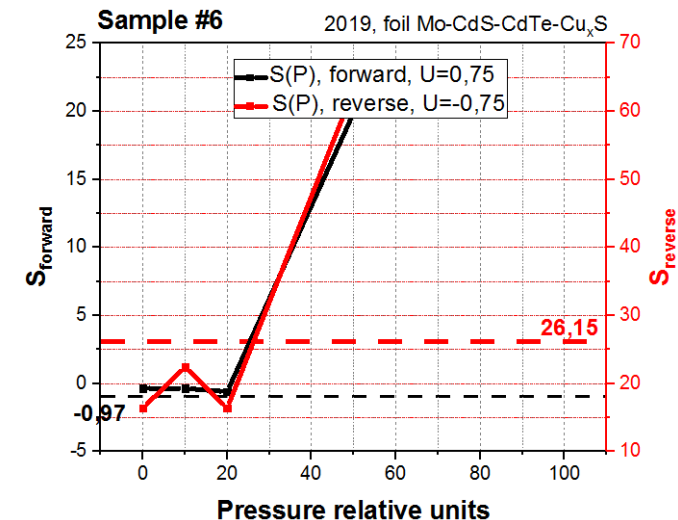


Рисунок 21. Графік залежності коефіцієнту чутливості від тиску для прямої та зворотної гілок ВАХ зразку №6

Дякую за увагу.