

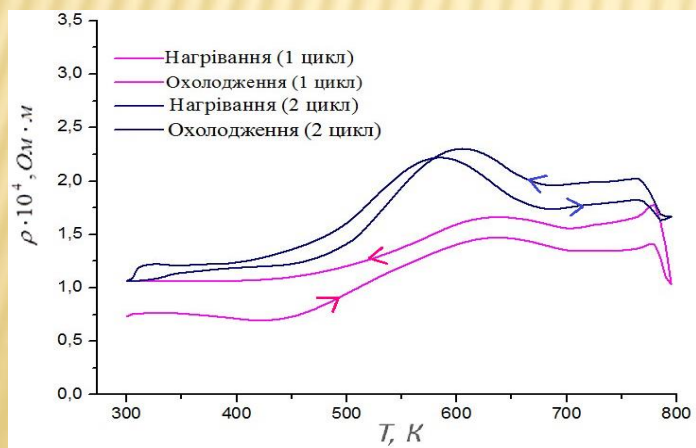


СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
кафедра електроніки, загальної та  
прикладної фізики



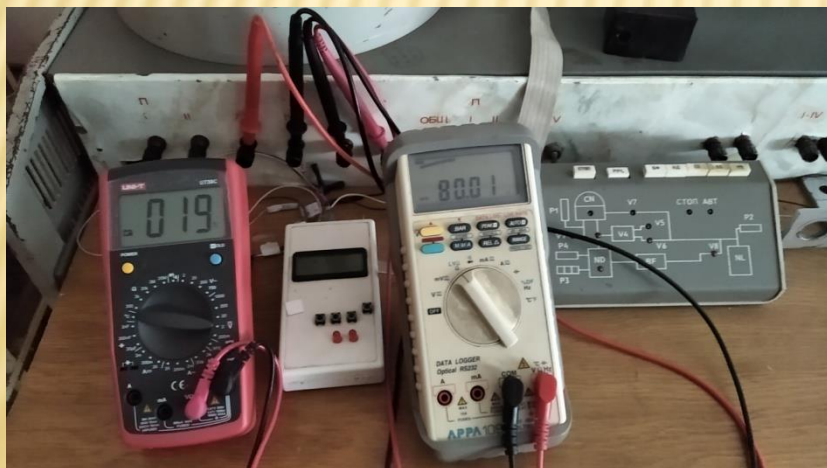
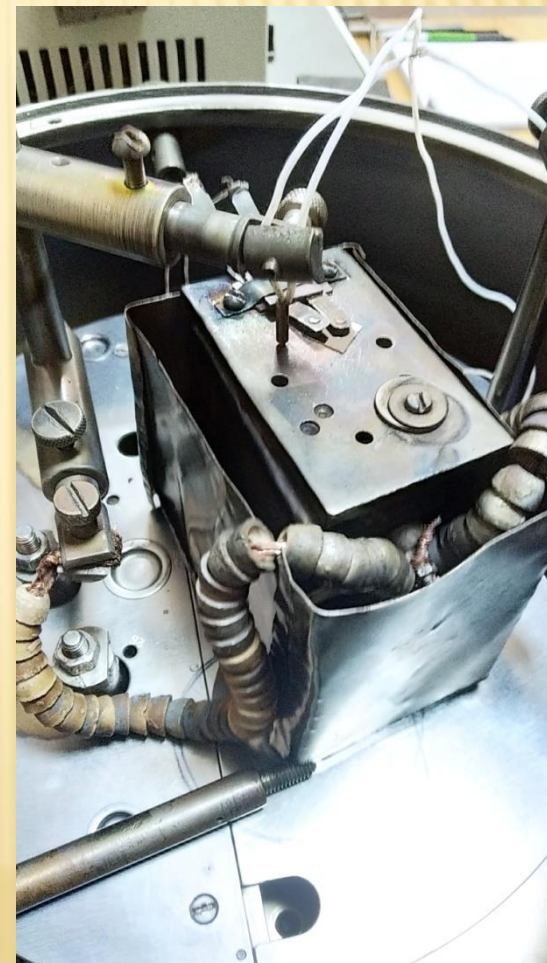
# Лабораторна робота N 1.

## Визначення енергії активації заліковування дефектів кристалічної будови тонких металевих плівок.



- ✘ **МЕТА РОБОТИ:** виходячи з експериментальних результатів, одержаних в процесі термообробки (відпалювання) тонкої металевої плівки (Si, Cr, Ni, Co), визначити енергії активації заліковування дефектів кристалічної будови (вакансій, вакансійних комплексів та дефектів пакування).
- ✘ **ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ.** Свіжосконденсовані **металеві плівки мають велику кількість структурних дефектів** (вакансії, бівакансії, комплекси (мікропори), дислокації та ін.). Маючи на увазі, що вказані дефекти є причиною нерівноважного стану, можна сподіватися, що в **процесі термічної обробки (відпалювання)** значна частина їх буде **заліковуватися**, тобто або зникати зовсім, або переміщуватись на поверхню плівки чи межу кристалітів. Це буде обумовлювати зміну фізичних властивостей плівок, у т.ч. і **електричного опору**.

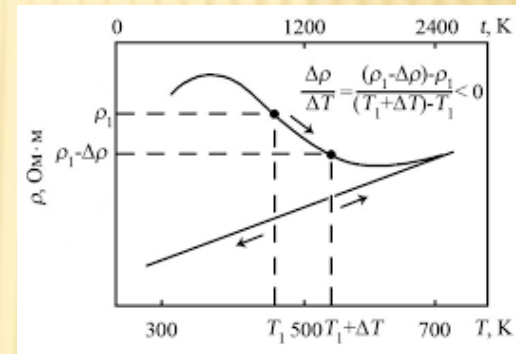
# ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ



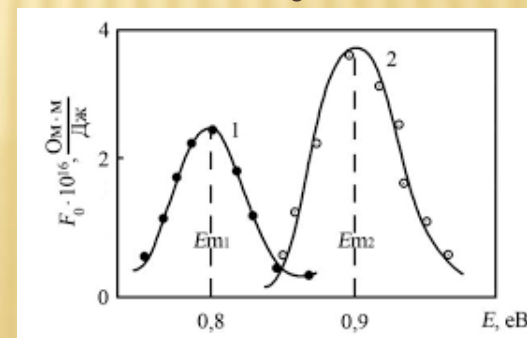
# РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

$t, ^\circ\text{C}$	$T, \text{K}$	$R, \text{Om}$	$\tau, \text{c}$	$\rho \cdot 10^4$ $\text{Om}\cdot\text{m}$	$t, ^\circ\text{C}$	$T, \text{K}$	$R, \text{Om}$	$\tau, \text{c}$	$\rho \cdot 10^4$ $\text{Om}\cdot\text{m}$
65	318	19,9	0		65				
70	323	22,3	20c	310	70				
75	328	24,5	40c		75	6.06	44.45		
80	333	18,3	60c		80	6.08	49.15		
85	338	19,3	1x20c		85	6.11	40.25		
90	343	21,2	2x		90	6.14	39.40		
100	353	20,3	2x35		95				
105	358	22,1	2x50		100	6.22	35		
110	363	22	3x05		105	6.24	33.35		
115	368	22	3x25c		110	6.28	32.20		
120	373	21,9	3x45		115	6.34	29.55		
130	383	20,3	4x25		120	6.41	27.50		
140	393	20,2	4.50		130	6.48	26.10		
150	403	21,3	5.15		140	6.56	24.1		
160	413	21,1	5.40		150	6.64	23.10		
170	423	20,1	6x6		160	6.72	22		
180	433	19,0	6.20		170	6.80	20.55		
190	443	17,4	6.40		180	6.88	19.55		
200	453	17,1	6.55		190	6.97	19.5		
210	463	17,6	7.20		200	7.2	18.20		
220	473	16,1	7.38		210	7.3	17.40		
230	483	14,1	8x6.		220	7.4	17		
240	493	12,3	8.20		230	7.5	16.30		
250	503	11	8.40		240	7.6	16		
260	513	10,2	8.55		250	7.6	15.30		
270	523	9,6	9.15		260	7.7	15.00		
280	533	9,1	9.35		270	7.7	14.25		
290	543	8,8	9.50		280	7.8	13.50		
300	553	8,4	10.10		290	7.9	13.20		
310	563	8,3	10.35		300	8.0	12.45		
320	573	8,2	11.11		310	8,1	11.40		
320	573	8,2	11.11		320				

- ✗ Побудувати залежність  $R(T)$  для усіх циклів термообробки.
- ✗ Побудувати залежність  $\rho(T)$  для усіх циклів термообробки.



- ✗ Побудувати розрахункову залежність функції розподілу  $F_0(E)$ , визначити  $E_T$ .



# КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

---

- ✘ Яка причина утворення дефектів кристалічної будови в сконденсованих плівках ?
- ✘ Чому при відпалюванні відбувається заліковування дефектів?
- ✘ В чому полягає суть методики Венда визначення енергії активації заліковування дефектів?
- ✘ Викласти хід виконання роботи.



СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, ЗАГАЛЬНОЇ  
ТА ПРИКЛАДНОЇ ФІЗИКИ



## Лабораторна робота N 2.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ  
МЕТАЛЕВИХ ПЛІВОК  
(СТРУКТУРНІ ТА ТЕРМІЧНІ МАКРОНАПРУЖЕННЯ).



**МЕТА РОБОТИ:** одержати залежність величини структурних макронапружень від товщини металевієї плівки; оцінити вклад макронапружень термічного походження в загальну величину макронапружень.

У вакуумних конденсатах в процесі їх одержання, обробки та збереження виникають внутрішні макроскопічні напруження  $S$ . Напруження можуть бути стискуючі (від'ємні "-") та розтягуючі (додатні "+").

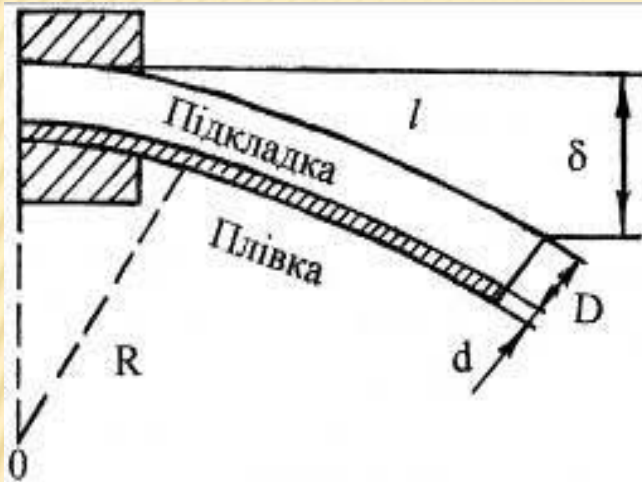
В окремих випадках вони досягають величини границі міцності плівки, що призводить до її руйнування у вигляді розтріскування або відділення від підкладки.

# ПРИЧИНА ВИНИКНЕННЯ МАКРОНАПРУЖЕНЬ В ПЛІВКАХ.

- ✘ Макронапруження в плівкових зразках складаються із зворотної частини термічного походження, обумовленої різними температурними коефіцієнтами лінійного розширення плівки ( $\alpha$ ) та підкладки ( $\alpha_p$ ), та незворогної, яка виникає при утворенні та анігіляції структурних дефектів. На думку деяких авторів основний внесок у загальну величину  $S$  дають термічні макронапруження ( $S_r$ ), а на думку інших, - структурні ( $S_c$ ), незалежно від того, яку частку складають  $S_T$  чи  $S_0$ , можна записати:
- ✘ де  $S$  - величина загальних макронапружень.
- ✘ Дослідження вказують також на те, що додатні макронапруження в плівках обумовлені наявністю на межах зерен аморфної або нанокристалічної фази.



# МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ $S$ .

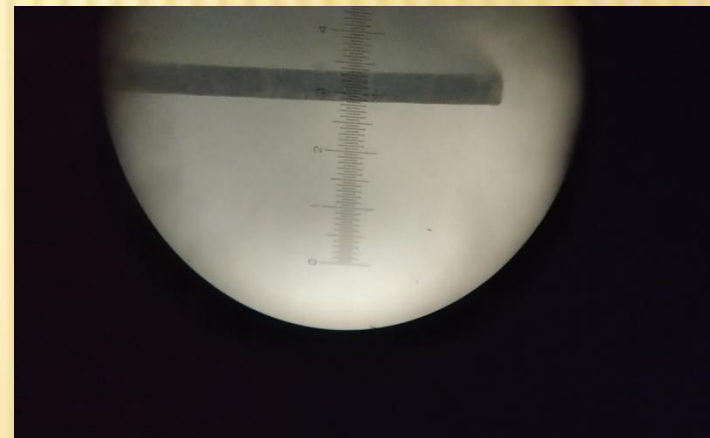


Макронапруження в конденсованих плівках частіше всього визначають механічним способом, в якому вивчається деформація підкладки в процесі осадження плівки. Частіше всього використовують один із варіантів цього способу - метод Стоні.

$S$  обчислюється за формулою  $S = Eh^2\sigma / 3dl^2$

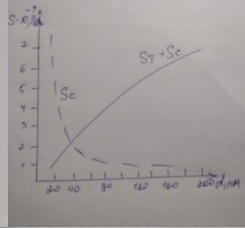
Рис. 1. Схема деформації підкладки консольного типу.

# ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ



# РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Провести обчислення  $S_c$  і побудувати залежність  $S_c$  від  $d$ .



$d, A$	$\delta, мм$	$t, сек$	$S, Па \times 10^9$
20	0	0	
51	0,05	6	
385	0,1	45	
112	0,15	130	
1883	0,2	220	
2440	0,25	285	

$w = 8,56 \frac{A}{c} \frac{мм}{c}$      $l = 86 мм$      $h = 0,6 мм$

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- Як класифікуються макронапруження, який приписується їм знак.
- Яка причина виникнення макронапружень структурного та термічного походження?
- Як впливають параметри конденсації та термообробка на величину макронапружень?
- В чому полягає суть методики Стоні?
- Викласти хід виконання роботи.

---

**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!**