

## ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛІВКОВИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ Ag I Cu

Слізаренко Д.К., студент, Пазуха І.М., аспірант

Нанокристалічні багатошарові плівкові системи знайшли широке використання при створення елементної бази мікро- і наноелектроніки, їх вивчення дало розвиток новим напрямам мікроелектроніки, таким як сенсорика, спінтроніка та ін. Значна кількість як теоретичних, так і експериментальних робіт присвячена різним аспектам проблеми електроперенесення в багатошарових зразках, але багато питань залишається не вивченими.

У роботі представлені результати досліджень впливу інтерфейсного розсіювання електронів на питомий опір та термічний коефіцієнт опору (ТКО) плівкових систем Ag/Cu/П та  $[Ag/Cu]_n/П$ , де  $n$  – кількість фрагментів. В основу експерименту була покладена методика, детально описана в [1], суть якої полягає у високоточному вимірюванні питомого опору та ТКО різних систем з однаковою загальною товщиною, незмінною концентрацією складових компонент системи, але з різною кількістю інтерфейсів (меж поділу між окремими шарами у багатошаровій системі). Плівкові структури на основі Ag і Cu були вибрані як об'єкти дослідження у зв'язку з тим, що в них реалізується, відмінний від системи Cr/Cu, структурно-фазовий стан, дослідження якого проводилося у роботі [1]. Зразки на основі Ag і Cu, швидше за все, представляють собою систему, в якій після відпалювання відбувається утворення гранульованого твердого розчину (Ag, Cu) по всій товщині вихідної системи.

На рисунку представлені температурні залежності питомого опору протягом трьох термостабілізаційних циклів та ТКО для третього циклу охолодження (на вставках) для систем Ag(20)/Cu(20)/П та  $[Ag(10)/Cu(10)]_2/П$ . Розрахунок відносного збільшення питомого опору і відносного зменшення ТКО проводився відповідно за співвідношеннями:

$$\frac{\rho[Ag/Cu]_n - \rho(Ag/Cu)}{\rho(Ag/Cu)}, \quad \frac{\beta[Ag/Cu]_n - \beta(Ag/Cu)}{\beta(Ag/Cu)},$$

де  $\rho$ ,  $\beta$  – відповідно питомий опір і ТКО плівкової системи. Розрахунки показали, що при переході від дво- до чотиришарової

системи при однаковій загальній товщині зразків  $\frac{\Delta\rho}{\rho} = 0,14$  та

$\frac{\Delta\beta}{\beta} = 0,11$ . Таку зміну електрофізичних властивостей можна

пояснити дією додаткового механізму розсіювання електронів на інтерфейсі.

Крім того, як видно з графіків, величина ТКО залежить не тільки від кількості інтерфейсів у системі, а й від номеру термостабілізаційного циклу. При збільшенні номеру циклу відносно збільшення ТКО складає 27 %.

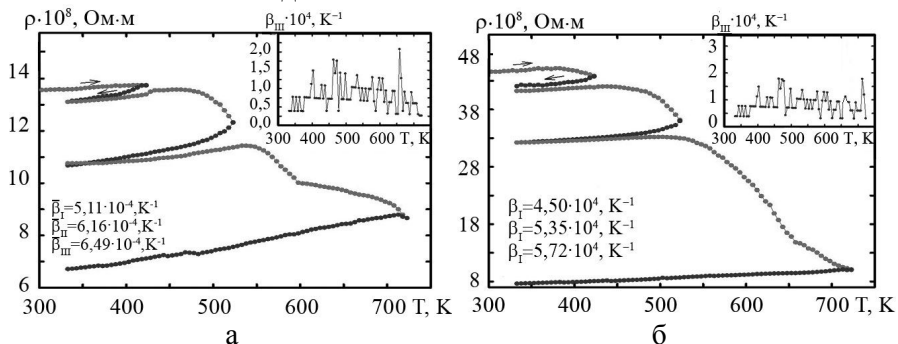


Рисунок – Температурна залежність питомого опору для трьох термостабілізаційних циклів і ТКО (на вставках) для третього циклу охолодження для плівкових систем  $\text{Ag}(20)/\text{Cu}(20)/\text{П}$  (а) та  $[\text{Ag}(10)/\text{Cu}(10)]_2/\text{П}$  (б)

1. Проценко С.І., Чешко І.В., Однорець Л.В., Пазуха І.М. Структура, дифузійні процеси і магніторезистивні та електрофізичні властивості плівкових матеріалів: Монографія / За загальною редакцією проф. І.Ю. Проценка. – Суми: Вид-во СумДУ, 2007. – 197 с.

## СТРУКТУРНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ В ПЛІВКАХ КОБАЛЬТУ ДЛЯ СПІН-ВЕНТИЛЬНИХ СИСТЕМ

<sup>1</sup>Майкова Є., *д-р наук*, <sup>2</sup>Проценко І.Ю., *професор*,  
<sup>1,2</sup>Чешко І.В., *аспірант*

<sup>1</sup>Інститут фізики Словацької Академії наук, м. Братислава

<sup>2</sup>Сумський державний університет

Проблема стабільності роботи спін-вентильних структур та потреба у нових більш стабільних і функціонально ширших конструктивних форм спін-вентелів вимагає додаткових досліджень структурних та фазових перетворень в плівкових системах що входять до їх складу. Були проведені дослідження структурних перетворень одношарових плівок Со товщиною 40-130 нм для подальшого застосування при виготовленні нової спін-вентильної плівкової структури. Плівки Со конденсувалися в ультрависокому вакуумі (тиск  $10^{-7}$  Па) методом електропроменевого випаровування на пластини Si(001) при температурі 310 та 820 К. Результати вимірювання повздовжнього ефекту Керра показали залежність коерцетивності зразків від температури. Різке її збільшення відбувається при температурах 670 К зі значень 3,5 до 7 мТл. Таке збільшення супроводжується різкою зміною оптичних характеристик, що було встановлено за допомогою еліпсометра. Зміни властивостей плівок кобальту при температурі 620-670 К пов'язані з поліморфним переходом ГЦП→ГЦК, що відбувається в масивних зразках при  $T_0=690$  К. Так за результатами рентенографічних досліджень не відпалені та відпалені до температур  $>570$  К плівки Со мали ГЦП структуру з середнім розміром кристалітів 14 нм. Після відбувся перехід до ГЦК структури із середнім розміром кристалітів 30 нм (при 870 К). Результати досліджень магнітної анізотропії зразків показали, що більшу здатність до спін-переорієнтації мають зразки з ГЦК решіткою, що були відпалені відразу до температур 770-870 К. Зразки, що були отримані при високій температурі підкладки, показали збільшені значення коерцетивності (18 мТл), але з аномальною анізотропією, яка свідчить про відсутність повної свободи спін-переорієнтації.

Робота виконана в рамках спільного науково-технічного проекту між СумДУ та ІФ САН

## ВИКОРИСТАННЯ ПЛІВКОВОЇ СИСТЕМИ Cu/Cr ЯК ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА ДАТЧИКА ТИСКУ

Ісаєв О.В., студент, Пазуха І.М., аспірант

Запропонована конструкція датчика тиску, робочою частиною якого є тонка фторопластова мембрана, на яку наноситься тонкоплівковий чутливий елемент у вигляді одно- чи багат шарової плівки. Конструктивні особливості цього датчика тиску дозволяють використовувати його для вимірювання форвакууму у вакуумній камері установки типу ВУП-5М. Вибір плівкової системи Cu/Cr як чутливого елемента був зумовлений тим, що дана система має відносно велику тензочутливість, а в основі принципу роботи представленого датчика лежить явище тензо ефекту.

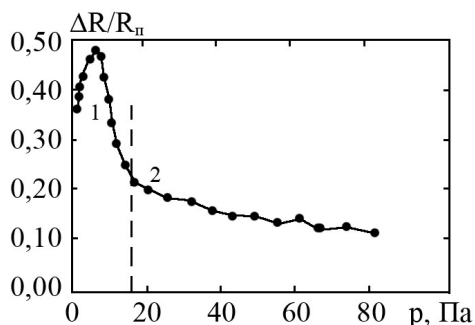


Рисунок - Робоча характеристика датчика тиску на основі плівкової системи Cu(30нм)/Cr(20нм)/П, де  $p$  - тиск у вакуумній камері

На рисунку представлена робоча характеристика такого датчика тиску. Як видно з рисунка залежність має дві ділянки, на першій із них опір нелінійно змінюється при збільшенні тиску, а на другій – має лінійний характер. Експериментальні дослідження показали, що збільшуючи товщину хрому при загальній товщині не більше 100 нм,

можна отримати величину баричного коефіцієнту опору  $\gamma_p = \frac{1}{R_n} \frac{dR}{dp}$

порядка с, при цьому характер залежності відносної зміни опору від тиску майже не змінюється. При подальшому збільшенні загальної товщині  $d_3$  чутливого елемента величина  $\gamma_p$  зменшується і при  $d_3=150-200$  нм стає порядком  $10^{-4} \text{ Па}^{-1}$ .

## ВИКОРИСТАННЯ ПЛІВКОВИХ НАНОСТРУКТУР ЯК ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ СУЧАСНИХ ТЕНЗОДАТЧИКІВ

Макуха З.М., студент

Тензорезистори із дротів і фольг широко використовуються при експериментальних дослідженнях напруженого стану різних елементів і конструкцій, при перетворенні деформації у електричний сигнал у різних вимірювальних пристроях. Основним недоліком таких тензорезисторів є низька чутливість елемента. Сучасні експериментальні дослідження, присвячені вивченню тензорезистивних властивостей тонких металевих зразків, свідчать про можливість їх ефективного використання як чутливих елементів тензодатчиків. Перевагою тонкоплівкових тензодатчиків на основі металів є їх висока термічна стійкість у порівнянні з напівпровідниковими, але останні мають значно більший коефіцієнт тензочутливості ( $\gamma_1 \sim 10 \div 10^3$ ). Використання композиційних наноструктурних матеріалів в якості чутливого елемента дозволить вирішити обидві проблеми: збільшити величину  $\gamma_1$  та досягти стабільності характеристик прилада у широкому температурному інтервалі.

У роботі [1] представлена загальна концепція виготовлення тензодатчиків на основі багатокомпонентних наноструктур. Як матеріал тензорезистора використовується плівка  $\text{Pd}_{0,87}\text{Cr}_{0,13}$ . Такого типу датчики знайшли своє використання при тензометрії лопаток турбін та інших вигнутих конструкцій. Іншим варіантом збільшення величини  $\gamma_1$  є використання гетероструктур з оксидними компонентами як чутливих елементів [2]. У даному випадку оксидна плівка виступає і як діелектричний прошарок товстоплівкового металевого конденсатора, і як тензорезистор. Такі тензорезистори застосовуються при вимірюванні коефіцієнта тензочутливості при згинанні підкладки консольного типу.

Робота виконана під керівництвом аспіранта Пазухи І.М.

1. Martin L.S., Wrbanek L.C., Fralick G.C. Thin film sensors for surface measurements // Thin Film Sensors for Surface Measurements. – Cleveland, Ohio, 2001. – P. 1 – 7.
2. Arshak A., Arshak K., Morris D. et al. Investigation of  $\text{TiO}_2$  thick film capacitors for use as strain gauge sensors // Sens. Actuat. A.–2005.–V. 122. – P. 242– 249.

## ТЕНЗОРЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ДВОШАРОВОЇ ПЛІВКОВОЇ СИСТЕМИ Fe/Cr В ОБЛАСТІ ВЕЛИКИХ ДЕФОРМАЦІЙ

Спільник В.В., *магістрант*

Дослідження тензорезистивного ефекту плівкових систем в області пружних і пластичних деформацій при статично-динамічних навантаженнях є актуальною проблемою.

Метою роботи було проведення досліджень тензорезистивних властивостей двошарової плівкової системи Fe/Cr в області великих деформацій при статично-динамічних та динамічних навантаженнях, які досягали величини до 1 та 2%.

Зразок на поліестіроловій підкладці деформувався спочатку в інтервалі  $\Delta\epsilon_{\ell 1} = 0-1\%$  від 1 до 7 циклів „навантаження-зняття навантаження”, а потім переходили в інтервал  $\Delta\epsilon_{\ell 2} = 0-2\%$  і теж проводили 7 циклів.

У статично-динамічному режимі здійснювалися зупинки кожні  $\Delta\epsilon_{\ell} = 0,05\%$  на 10 с з метою стабілізації мікропластичних процесів. Зворотні цикли в даному режимі деформації проводилися без зупинок. Після V циклу можна спостерігати стабілізацію мікропластичних процесів, яка проявляється в тому, що коефіцієнт тензочутливості вже стає практично незмінним.

При проведенні експериментів було помічено, що коефіцієнт тензочутливості  $\gamma_{\ell m}$  падає з кожним наступним циклом деформації, а також при збільшенні загальної товщини плівки.

При деформації до 0,8% плівка деформується ще пружно, а вже після 0,8 і до 2% спостерігається перехід від пружної до пластичної деформації, що супроводжується різким збільшенням опору R і, як наслідок, збільшенням миттєвого коефіцієнта тензочутливості  $\gamma_{\ell m}$ , що можна пояснити включенням більш високоенергетичних процесів у плівці. Ще відмітимо, що при переході до пластичної деформації миттєвий коефіцієнт тензочутливості  $\gamma_{\ell m}$  від  $\epsilon_{\ell}$  починає залежати немонотонно.

Робота виконана під керівництвом проф. Проценка І.Ю.

## ТЕОРЕТИЧНІ МОДЕЛІ ТЕНЗОРЕЗИСТИВНОГО ЕФЕКТУ В ПЛІВКОВИХ МАТЕРІАЛАХ

Білинський Є.А., студент

У роботі проаналізовано питання про тензочутливість одно- і багатошарових плівкових матеріалів з точки зору розробки теоретичних моделей, накопичених експериментальних результатів та досягнень у застосуванні як чутливих елементів тензодатчиків. Стосовно теоретичних моделей для одношарових полікристалічних металевих плівок зроблено висновок, що модель Ф. Варкуша не узгоджується із експериментальними результатами в області товщин ( $d$ ) і розмірів зерен ( $L$ )  $d/\lambda_0 < 2$  і  $Ld/\lambda_0 < 4$  ( $\lambda_0$  – середня довжина вільного пробігу електронів (СДВП)), що скоріше за все, пов'язано із неправильним урахуванням поверхневого розсіювання електронів провідності. Більш досконалі є моделі ефективної СДВП, лінеарезована та тривимірна модель, які запропоновані К. Тельє, А. Тоссе і К. Пішар. При переході до багатошарових плівкових систем виникає новий механізм розсіювання електронів на інтерфейсних поверхнях. Експериментальні дослідження вказують на те, що у цьому випадку найбільш коректною моделлю є напівфеноменологічна модель із урахуванням деформаційних ефектів для основних параметрів електроперенесення, яка запропонована в роботах співробітників кафедри прикладної фізики (див., наприклад, [1]).

Наведені експериментальні результати стосовно тензорезистивних властивостей багатошарових плівкових систем на основі Cr, Sc, і Cu та Ni і V, на основі яких здійснена апробація напівфеноменологічної моделі.

Робота виконана під керівництвом проф. Проценка І.Ю.

1. Великодний Д.В., Гричановська Т.М., Однорець Л.В., Проценко С.І., Проценко І.Ю. Тензочутливість металевих плівок: теоретичні моделі, експериментальні результати, застосування (огляд). – 2007 - №1. – С. 5-51

## ВИКОРИСТАННЯ НАНОТРУБОК В ЕЛЕКТРОНІЦІ

Опанасюк С.А., студент

З кожним днем напівпровідникова індустрія все ближче і ближче наближається до границі можливостей кремнієвої технології. Вихід із ситуації, що склалася, необхідно шукати в освоєнні нових технологій виробництва мікросхем, використанні більш досконалих методів організації виробництва та пошуці абсолютно нових технологічних матеріалів.

Найбільш перспективним матеріалом здатним замінити кремній у мікроелектроніці є нанотрубки, які були відкриті у 1991 р. Іджимом, співробітником компанії NEC. З'ясувалося, що електричні властивості нанотрубок визначаються їх хіральністю – координатами напряму, який стає віссю при згортанні площини. Ідеалізована нанотрубка є згорнутою в циліндр графітовою площиною (графену), тобто поверхнею, викладеною правильними шестикутниками, у вершинах яких розташовані атоми карбону. В залежності від хіральності нанотрубки можуть бути як провідниками, так і напівпровідниками.

На даний час розроблено декілька способів синтезу нанотрубок заданої хіральності і, як наслідок, контрольованого типу провідності. З метою керування концентрацією носіїв, запропоновані способи легування напівпровідникових нанотрубок, що дозволило отримати матеріал як *p*-, так і *n*-типу провідності. Тобто зараз доведена практично повна аналогія нанотрубок зі звичайними напівпровідниками – кремнієм, германієм та ін., тільки розміри елементів напівпровідникових пристроїв у випадку використання нанотрубок можуть складати одиниці нм на відміну від кремнієвих технологій, де на даний час рекордним є розмір елементу 45 нм.

Сьогодні вже створені діодні структури та транзистори на основі вуглецевих нанотрубок, тобто основні елементи електронних схем. Це робить можливим перехід при виготовленні мікросхем у масовому виробництві від кремнієвої технології до технології нанотрубок вже в найближчому майбутньому.

Технологія нанотрубок дозволяє створювати також інші елементи електронних пристроїв – від тонкого електронного паперу до гнучких високосвітних дисплеїв.



## КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕНЗОЧУТЛИВОСТІ ПЛІВКОВИХ СИСТЕМ

Хаблак А.Є., студент, Опанасюк Н.Н., доцент

Останніми роками тензорезистивні властивості багат шарових композицій широко вивчаються як теоретично, так і експериментально.

Інтерес до таких систем обумовлений значною мірою тим, що тонкоплівкові тензодатчики, які використовуються у техніці досить часто, є багат шаровими системами. На відміну від одношарових у багат шарових плівках мають місце свої особливості в розмірних явищах. Це пов'язано з тим, що поряд із традиційними механізмами розсіювання носіїв електричного струму на фононах, дефектах кристалічної решітки, межах зерен і зовнішніх поверхнях плівок, з'являється додатковий механізм, пов'язаний із окремими шарами.

Комп'ютерне моделювання дає можливість прогнозувати коефіцієнт тензочутливості багат шарових структур. Його принцип полягає у розрахунку тривимірних діаграм у координатах  $\gamma_1 - d_1 - d_2$  при фіксованій товщині одного з шарів. Тривимірні діаграми (рис.)

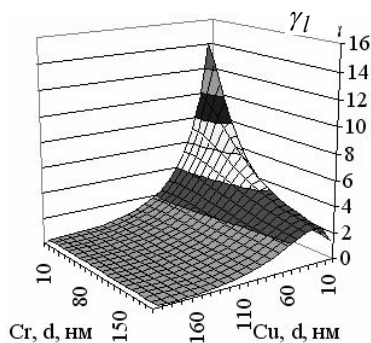


Рисунок – Залежність коефіцієнту тензочутливості тришарової плівки Cr/Cu/Sc (10)/П від товщин шарів

розраховуються з кроком 1 нм вздовж  $d_1$  та  $d_2$ , що дає можливість отримати від  $17 \cdot 10^3$  до  $30 \cdot 10^3$  точок на діаграмі. Програмне моделювання дозволяє спостерігати динаміку зміни коефіцієнта тензочутливості багат шарової системи.

Для прикладу на рисунку наведена діаграма, розрахована в програмі Exel для тришарової плівки Cr/Cu/Sc(10нм)/П за макроскопічною моделлю.

В комп'ютерному моделюванні можливе використання різних прикладних програм, таких як, Mathcad, Exel, Advanced Grapher та інших.

## ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ

Тимошенко С.А., студент, Опанасюк Н.Н., доцент

Современное производство невозможно представить без систем контроля, в состав которых входят датчики неэлектрических величин.

В данной работе представлены результаты исследований свойств датчиков давления и температуры, зависимость их выходных сигналов от приложенных физических величин (давления и температуры). Для проведения исследований были использованы датчик давления МДД-ТЕ-0-1.5 и датчик температуры НЕМ-712U-012-00, на основе которых созданы экспериментальные установки. По результатам экспериментов построены графики зависимости выходных сигналов от внешних параметров.

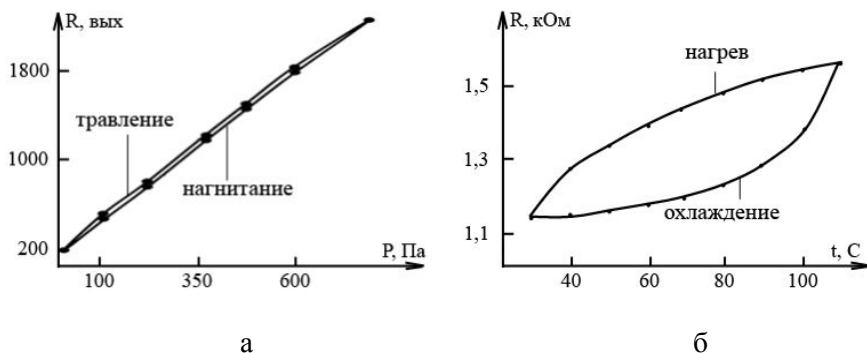


Рисунок – График зависимости выходного сопротивления  $R_{\text{вых}}$  датчика давления от приложенного давления  $P$  (а) и зависимость выходного сопротивления  $R_{\text{вых}}$  от температуры (б)

Из графиков видно, что исследованные датчики имеют линейную зависимость выходных сигналов от приложенных величин давления и температуры. Проведённые обратным отсчётом исследования указывают на наличие ошибки "гистерезиса", которая для данных датчиков является допустимой, согласно их технических характеристик эксплуатации.

## ТЕНЗОЕФЕКТ У ФЕРОМАГНІТНИХ ПЛІВКАХ

Бондар О.О., *магістр*, Нікачало С.М., *магістр*,  
Дудецький Д.П., *аспірант*

Методом термічного (Fe) та електронно-променевого (Co) випарування у вакуумі  $1 \cdot 10^{-3}$  Па були отримані одношарові плівкові зразки. Для визначення коефіцієнта повздовжньої тензочутливості  $\gamma_l$  склотекстолітова підкладка з плівковим зразком закріплювалась у деформаційній машині в об'ємі вакуумної установки. Деформація (до 1 %) здійснювалась за допомогою мікрогвинта з мінімальним кроком деформації 0,05 % (рис.).

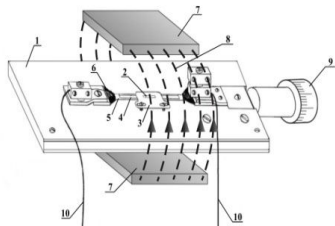


Рисунок - Пристрій для вимірювання КТ в магнітному полі: 1 – монтажний столик; 2 – плівковий зразок; 3 – маска; 4 – струмопровідні доріжки; 5 – підкладка, що деформується; 6 – недеформована підкладка; 7 – постійні магніти; 8 – лінії магнітної індукції; 9 – мікрогвинт; 10 – струмові провідники

Експериментальні результати залежності величини  $\gamma_l$  від товщини плівкових зразків представлені у таблиці.

Плівка (d, нм)	$\gamma_l$	$\gamma_l$	Плівка (d, нм)	$\gamma_l$	$\gamma_l$
	$B=0$	$B=0,1Тл$		$B=0$	$B=0,1Тл$
Fe(10)/П	5,00	5,18	Co(10)/П	9,76	12,4
Fe(20)/П	4,74	4,83	Co(35)/П	3,97	6,83
Fe(25)/П	4,42	4,72	Co(45)/П	3,15	5,05
Fe(45)/П	4,11	4,25	Co(50)/П	2,15	2,96
Fe(70)/П	3,30	3,34	Co(55)/П	1,81	3,42
Fe(80)/П	2,92	2,94	Co(65)/П	1,84	3,82
Fe(100)/П	2,82	2,82	Co(100)/П	1,64	2,64

Величина  $\gamma_l$  металевих плівок зменшується із зростанням товщини зразка, прямуючи до свого асимптотичного значення  $\gamma_\infty = 2,2$ , а також змінюється під дією магнітного поля. При перпендикулярній орієнтації магнітного поля спостерігається збільшення  $\gamma_l$  в феромагнітних плівках на 0,7-17 % в залежності від товщини.

Робота виконана під керівництвом доц. Одноворець Л.В.

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВИГОТОВЛЕННЯ НАДГОСТРИХ ЗОНДІВ ДЛЯ ПОТРЕБ СКАНУЮЧОЇ ТУНЕЛЬНОЇ МІКРОСКОПІЇ

Бібік В.О., *магістрант*, Булатов С.О., *студент*  
Демиденко М.Г., *аспірант*

Основною невід'ємною частиною скануючого тунельного мікроскопу є зонд, який представляє собою голку, виготовлену з вольфрамового дроту з атомно-гострим вістряем [1].

Основним способом виготовлення надгострих зондів є електролітичне травлення вольфрамового дроту у розчині КОН або NaOH [2]. Травлення відбувається на мембрані з вище зазначених електролітів, при цьому відключення напруги повинно відбуватися автоматично, з мінімальною часовою затримкою, при відриві нижньої частини голки. Тому метою даної роботи було створення електронного пристрою для автоматичного проведення процесу виготовлення надгострої голки-зонду. При травленні руйнується вольфрам і дріт розривається на дві частини. У результаті можна отримати верхню та нижню частини голки з атомно гострими вістрями. Необхідно зазначити різницю між двома частинами. Верхня частина голки є більш придатною до використання, оскільки у неї краща геометрія поверхні в порівнянні з нижньою частиною [3].

Автоматизована система виготовлення надгострих зондів працює наступним чином. У початковому стані вольфрамовий дріт замикає контакти “Контрольований ланцюг” і напруга подається на вхід 3 мікросхеми ОР193F048. Вихідна напруга мікросхеми відкриває транзистор VT1. Через реле К1 протікає струм замикаючи ланцюг травлення. При цьому світиться зелений світлодіод VD9. При обриванні голки розмикаються контакти “Контролюємий ланцюг”, напруга на вхід 3 мікросхеми, позначений на рисунку цифрою 3 не подається і транзистор VT1 закритий, що сигналізується зеленим світлодіодом VD9. Живлення приладу (схеми відключення) відбувається від мережі 220В через трансформатор TV1 та мостовий випрямляч VD1-VD4. Мікросхема має другий вхід 2, показаний на рисунку цифрою 2, на який подається напруга змщення через резистор R4 для встановлення чутливості контактів реле.

Живлення приладу (схеми відключення) відбувається від мережі 220В через трансформатор TV1 і мостовий випрямляч VD1-VD4.

Справність приладу і його схеми можна перевірити наступним чином: натиснути кнопку SB1 “перевірка”. При цьому також повинен згаснути зелений світлодіод.

Схема електрична принципова приладу показана рисунку.

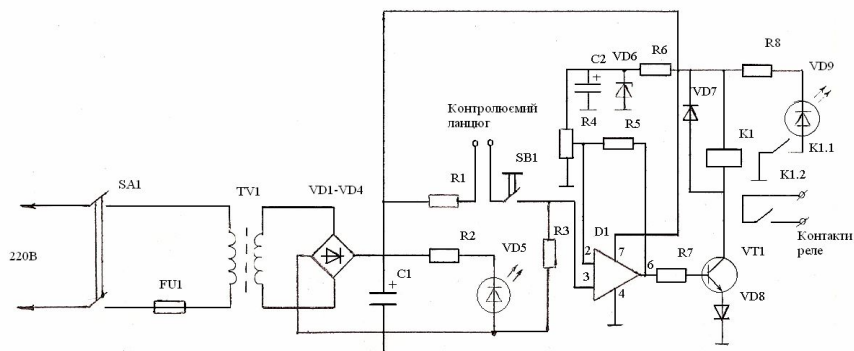


Рисунок – Схема електрична принципова приладу для автоматичного відключення напруги живлення в колі травлення

Використання автоматизованої системи виготовлення надгострих зондів дало можливість отримання голок з кращими статичними характеристиками тунельного струму.

Робота виконана під керівництвом доц. Проценка С.І.

1. Kerfriden S., Nahle A.H., Campbell S.A. et al The electrochemical etching of tungsten STM tips // Electrochimica Acta.–1998. № 43.– P.1939-1944
2. R. Kazinczi, E. Szocs, E.Kalman, P. Nagy. Novel methods for preparing EC STM tips. // Appl. Phys. A Mat. Scien. Prog.–1998.-№ 66.–P. 535-538
3. E. Abelev, N. Sezin, Y. Ein-Eli. An alternative isolation of tungsten tips for a scanning tunneling microscope. // Review of scientific instruments.– 2005.-№76.–P. 1-4

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ  
НАНОСТРУКТУРОВаних ПОВЕРХОНЬ:  
MICRO/NANOPATTERNING, NANOPARTICLES, NANOSPHERE  
LITHOGRAPHY**

Івашенко М.М., *магістрант*, Демиденко М.Г., *аспірант*

Нанотехнології – високотехнологічна галузь, яка направлена на роботу з атомами та молекулами. Значний внесок в цій галузі вносить розробка нових методів дослідження наноструктурованих поверхонь.

Наночастинки металів мають форму сфери розміром 10-30 нм, у них висока реакційна здатність і тому вони часто використовуються як каталізатори [1].

У зовнішньому магнітну полі, утворюються впорядковані масиви частинок. Вони відрізняються розташуванням по відношенню до прикладеного магнітного поля (перпендикулярно – утворюються наностержні, паралельно – нанодроти [2]).

Технологія наносферної літографії представляє собою нанесення на підкладку певним чином підготовлених наночастинок, при цьому повинні утворюватися одно- або двошарова наносферна маска. Після цього наночастинки видаляються випаруванням, в результаті чого з'являються ізольовані ділянки, які можуть бути використані в різноманітних галузях науки і техніки, наприклад, в біомедицині, розробці систем зберігання даних, приладобудуванні, інформаційних мережах тощо. У нових системах зберігання інформації великої ємності також знаходить застосування наноструктурованих поверхонь.

Істотною проблемою отримання наноструктурованих поверхонь є досягнення потрібної гідрофобності та підбору відповідного матеріалу підкладки для рівномірного та однорідного покриття поверхні шаром наночастинок.

Робота виконана під керівництвом доц. Проценка С.І.

1. Giersig M., Hildendorff M. Magnetic Nanoparticle Superstructures. // Eur. Inorg. Chem. – 2005. – V.12. - P.3571-3583.
2. Chitu L., Jergel M., Majkova E. Structure and magnetic properties of  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  and  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles. // Mat. Scien. Eng. – 2006 – V.21. – P.125-128.

## **ВИКОРИСТАННЯ STATE MACHINE НА БАЗІ ЧЕРГИ ЯК УНІВЕРСАЛЬНОГО ПАТЕРИНГУ ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ НАУКОВОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ**

Зленко В.О., *магістрант*, Демиденко М.Г., *аспірант*

Відомо, що AFM/STM мікроскопи, це електронні прилади у яких однією з найважливіших частин є програмне забезпечення. Воно дозволяє не лише керувати роботою приладу, а й отримувати зображення поверхні зразків з їх подальшою обробкою.

При розробці програмного забезпечення для керування тунельним мікроскопом ми використали середовище LabVIEW [1]. Це вискооефективне програмне забезпечення, яке поєднує простоту графічного підходу з гнучкістю потужної мови програмування. Основним підходом програмування, який ми використали при розробці програмного забезпечення є State Machine на базі черги Queued State Machine (рис. 1)[2]. Це метод програмування LabVIEW, у якому події від різних джерел (події користувача або події від паралельних процесів) посилаються та оброблюються в єдиному процесі, в залежності від тієї послідовності, в якій вони були додані до черги. Цей метод базується на трьох основних концепціях: стани, події та реакції на ці події.

Розроблене нами програмне забезпечення складається з двох підпрограм, одна з яких виконується на комп'ютері під операційною системою Windows, а інша виконується на окремому комп'ютері під операційною системою реального часу ETS. Перша програма є інтерфейсом користувача, друга безпосередньо здійснює управління переміщенням голки мікроскопу та отримує дані про рельєф поверхні. За допомогою першої підпрограми користувач здійснює керування скануванням, задає параметри сканування та отримує його результати. Блок-діаграма складається з двох циклів while, які виконуються постійно, доки користувач не натисне кнопку "STOP". В першому циклі знаходиться структура event. Ця структура динамічно реагує на події з боку користувача (натискання кнопок на лицьовій панелі, зміна параметрів сканування та інших параметрів), та події з боку другої підпрограми (надходження даних при скануванні). Після того, як

відбулася реакція на подію, у чергу подій додається необхідний елемент з назвою події та даними (при необхідності).

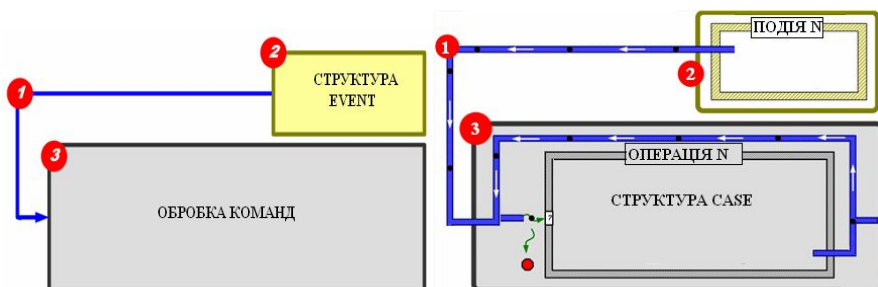


Рисунок 1 – Принципова схема Queued State Machine: 1 - черга подій; 2 – події пористувача; 3 – обробка подій.

На наступній ітерації виконання підпрограми доданий елемент за допомогою черги попадає до другого циклу while. В цьому циклі знаходиться case структура. На кожній новій ітерації виконання циклу з черги забирається один елемент. Цей елемент розділяється на назву події та дані (якщо вони були додані до черги). Елемент з назвою події потрапляє на термінал case структури, яка в залежності від його значення вибирає сторінку програми, яку необхідно виконати. Цей цикл може відправляти дані лише в іншу підпрограму.

Друга підпрограма здійснює безпосередній контроль за переміщенням голки мікроскопу, управління картою розширення, подання необхідних напруг на її канали та зчитування даних про напругу з каналів. Вона виконується на окремому комп'ютері з операційною системою реального часу. Це підвищує її швидкодію, допомагає підвищити якість отримуваних від сканування даних, а також уникати пошкодження голки. В результаті це дало можливість отримувати детальну характеристику поверхні, зменшити вплив зовнішніх шумів та вібрацій на якість зображення.

Робота виконана під керівництвом доц. Проценка С.І.

1. Anthony Lukindo - LabVIEW Queued State Machine Architecture. <http://expressionflaw.com>
2. Rick Bitter, Taqi Mohiuddin. LabView. Advanced programming techniques. - Illinois: CRS Press, 2007. – 497 с.



## РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ МАШИННОГО ЗОРУ ЗА ДОПОМОГОЮ ВІРТУАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ LABVIEW

Бібик М.В. *магістрант*. Проценко С.І., *доцент*

National Instruments LabVIEW представляє собою високоєфективне середовище графічного програмування, в якій можна створювати гнучкі та масштабуємі додатки. LabVIEW має гнучкість традиційної мови програмування з інтерактивною технологією ExpressВП, що включає в себе автоматичну генерацію коду, шаблони додатків та настроюємі ExpressВП [1]. Додатки, написані на LabVIEW знаходять широке використання в різних галузях промисловості: автомобільна, аерокосмічна, напівпровідникова та ін.

Метою даної роботи було розробити систему для автоматизації експерименту при дослідженні тензорезистивних властивостей тонких плівок. Для цього ми скористалися програмним продуктом LabVIEW, котра могла б автоматизувати процес зчитування показів з приладів та побудови залежності опору плівки від величини розтягу. Для детектування величини розтягу використали web-камеру та систему Vision Development Module для обробки зображення отриманої з камери [2].

Було розроблено алгоритм розпізнавання який отримав назву “ближньої мітки”, він має три випадки розпізнавання. За допомогою функцій IMAQ Setup Match Pattern та IMAQ Match Pattern (рис.1) ми отримуємо координати головної риски і координати рисок мікрогвинта (рис. 2) та переводимо глобальні координати в систему координат головної риски. Перша функція задає параметри для функції IMAQ Match Pattern, яка проводить пошук по зразку [3].

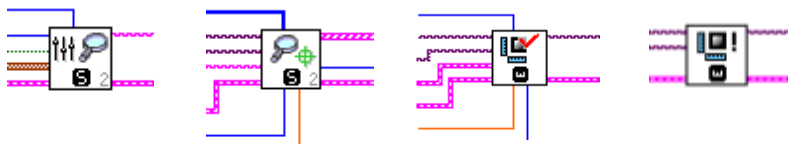


Рисунок 1 – Функції LabView для навчання, розпізнавання та калібровки зображення

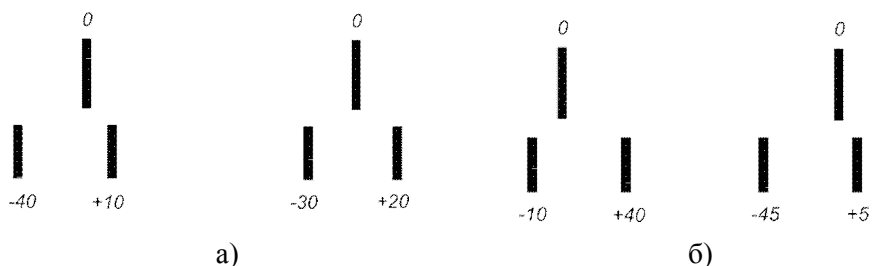


Рисунок 2 — Схеми розташування ризик на мікрогвинті  
а) перший випадок; б) другий випадок

В якості параметрів, які передаються функції IMAQ Match Pattern є зображення, по якому буде проводитися пошук та зразок, який буде шукатися. В якості пошукової області є ближні ризики до головної, потім за допомогою трьох способів розпізнавання проводиться аналіз та розрахунок на скільки обернувся мікрогвинт. За допомогою функцій IMAQ Set Calibration Info та IMAQ Correct Calibrated Image проводиться калібровка зображення для усунення ефекту перспективи, що заважає у розпізнаванні міток на мікрогвинті [4]. Для цього потрібна калібровочна сітка, по якій і буде відбуватися калібровка. Експериментально вдалося досягнути точності розпізнавання повороту 1/50 відстані між двома ближніми ризиками.

1. M. Guggisberg ,P.Fornaro, T.Gyalog, H.Burkhart, An interdisciplinary virtual laboratory on nanoscience, Basel , 9 April 2002
2. Форсайт Д.А., Понс Ж.С. Компьютерное зрение. Современный подход.-М.: Вильямс, 2004.-928 с.
3. Klinger T.N. Image Processing with LabVIEW and IMAQ Vision.- Vienna:Prentice Hall, 2003. - 368 p.
4. Желтов С.Ю., Князь В.А., Ходарев А.Н., Моржин А.В., Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW и IMAQ Vision. - М.: ДМК Пресс, 2007. - 464 с.

## КРИСТАЛІЧНА СТРУКТУРА І ФАЗОВИЙ СКЛАД ПЛІВКОВИХ ФЕРОМАГНІТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА І КОБАЛЬТУ

Дудецький Д.П., *аспірант*, Кондрахова Д.М., *магістрант*

Плівкові матеріали на основі металів (Fe і Co) знайшли широке застосування в багатьох сферах приладобудування і мікроелектронної техніки. Практичне застосування таких систем стимулює експериментальне дослідження їх властивостей.

Метою даної роботи було вивчення особливостей кристалічної структури та фазового складу тонких плівок Fe і Co.

Для отримання одношарових плівкових зразків використовувалась вакуумна установка ВУП-5М (вакуум  $\sim 10^{-3}$  Па). Плівки Fe отримувались методом резистивного випаровування, а Co – електронно-променевого випаровування. Швидкість конденсації мала величину 0,1 - 1 нм/с. Електроннографічні дослідження вказують на те, що плівки мають кристалічну будову (ОЦК фаза Fe і ГЦП фаза Co) і знаходяться в ультрадисперсному стані.

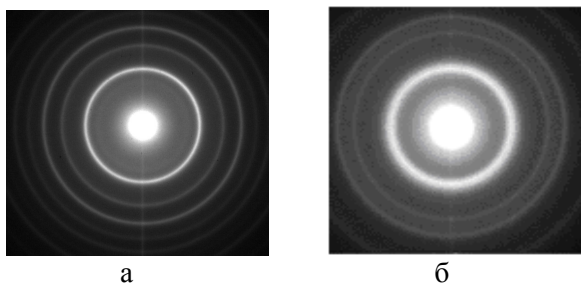


Рисунок – Електроннограми для одношарових плівок Fe(30нм) (а) та Co(40нм) (б)

Розрахунок параметрів решітки дає величини, які добре відповідають аналогічним для масивних зразків.

Робота виконана під керівництвом доц. Одноворець Л.В.

## ВИВЧЕННЯ МОРФОЛОГІЇ, СТРУКТУРИ І ПРОСТОРОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ КРИСТАЛІВ БІОГЕННОГО ТА СИНТЕТИЧНОГО АПАТИТУ

Шкурат А.О., *магістрант*, Данильченко С.М., *старший викладач*

На сьогоднішній день в області матеріалознавства надзвичайно велика увага приділяється вивченню кристало-фізичних властивостей апатитів кальцію. Це пов'язано з їх широким використанням у приладобудуванні (люмінофори, п'єзоелектрики, сорбенти для хроматографії) та медицині (харчові добавки, матеріали для імплантації, сорбенти важких металів та радіонуклідів). Одним із найважливіших сполук даного класу являється гідроксиapatит, хімічна формула якого –  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . Він є кристало-хімічним аналогом мінеральної складової кісткової тканини тварин та людей, тому успішно слугує основним компонентом для імплантатів в ортопедії і стоматології.

Для отримання кристалів апатиту були використані зразки зрілої кістки бика у вигляді невеликих пластинок, нарізаних з одного щільного фрагмента. Підготовка зразків включала механічне видалення м'яких тканин і видалення органіки шляхом відпалу на повітрі в кварцовій трубчастій мікропечі при  $550\text{ }^\circ\text{C}$  до припинення газовиділення. Потім зразки відпалювали в температурному діапазоні, відповідному завершенню рекристалізації апатиту (наприклад, при  $800\text{ }^\circ\text{C}$ ) протягом однієї години. Зразки розтирали в ступці до дрібнодисперсного порошку і обробляли ультразвуком в установці УЗДН-А. Нанесення кристалічного препарату на мідну сіточку з тонкою плівкою вуглецю виконувалось також ультразвуковим розпиленням водної суспензії в УЗДН-А.

Для проведення електронно-мікроскопічних і електроннографічних (електрон-дифракційних) досліджень був використаний прилад ПЕМ-125К. Мікрофотографії зразків і картини електронної дифракції були отримані при прискорюючій напрузі  $U_{\text{приск}}=90\text{ кВ}$ .

У режимі електронної дифракції, були отримані дифракційні картини від полікристалічного апатиту. Ці електроннограми підтверджують кристалічну природу частинок препарату кісткового мінералу, а точковий характер кілець свідчить про те, що електронний пучок формує дифракційну картину на групі (агломераті) з декількох

невеликих кристалів. Вимірюванням електронограм еталонної речовини (тонкої плівки полікристалічного алюмінію) була визначена постійна приладу. Це дозволило розрахувати міжплощинні відстані для найбільш сильних рефлексів кісткового препарату і переконатися в його приналежності до апатитної структури. Індeksi Міллера при відповідних дифракційних максимумах було розставлено з використанням довідкових даних для гідроксиапатиту. Таким чином були визначені наступні індeksi: 222, 310, 002, 211, 112 і 300.

У режимі мікродифракції були отримані електронограми від монокристалів. У цьому випадку ідентифікувати рефлекси можна за допомогою трьох рефлексів, які разом з центром утворюють паралелограми. Для цього потрібно виміряти відстань  $r$  від центра електронограми до вибраних рефлексів і перевести ці відстані у міжплощинні, знаючи постійну приладу. Потім, використовуючи таблицю міжплощинних відстаней для даної речовини, звірити величини  $d$ , що отримані з вимірювань, з довідковими, та встановити індeksi площин ( $hkl$ ), яким належать розглянуті рефлекси.

За індексами двох напрямів в площині оберненої ґратки було визначено орієнтування кристалів. Для цього було знайдено індeksi  $[uvw]$  нормалі до поверхні зразка (відповідно, і індeksi площини, яка лежить в площині зразка), використовуючи векторний добуток:

$$[h_1k_1l_1] \times [h_2k_2l_2] = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ h_1 & k_1 & l_1 \\ h_2 & k_2 & l_2 \end{vmatrix}, \text{ звідки } u=k_1l_2-k_2l_1; v=l_1h_2-l_2h_1; w=h_1k_2-h_2k_1.$$

В результаті електронно-мікроскопічних досліджень препаратів апатиту біогенного походження отримані експериментальні дані, завдяки яким вдалось визначити переважне орієнтування кристалів апатиту відносно падаючого пучка електронів. А також при обробці картин дифракції електронів шляхом розрахунків структурних характеристик та порівняння їх із довідковими даними було виявлено інші кристалічні фази ортофосфатів кальцію, зокрема, октакальцій фосфат –  $Ca_8H_2(PO_4)_6 \cdot 5H_2O$  та монокальцій фосфат моногідрат –  $Ca(H_2PO_4)_2H_2O$ .

## МАГНЕТРОННІ РОЗПИЛЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ

Мулін Д. В., студент

Розвиток інтегральної електроніки обумовив виникнення нового (на відміну від об'ємного) напрямку виготовлення інтегральних мікросхем – тонкоплівкового. Є три основні методи нанесення плівок на підкладку: термічне напилення, іонно-плазмове та електролітичне осадження. Магнетронне напилення – це один із іонно-плазмових методів. Магнетронні розпилювальні системи (MPC) відносяться до діодних конструкцій, в яких використовуються взаємнохрещені електричне та магнітне поля. У даних приладах розпилення відбувається за рахунок бомбардування поверхні мішені іонами робочого газу, що утворюються у результаті виникнення аномально тліючого розряду. Далі розпилені частинки осідають на підкладку. Основними елементами установки є катод-мішень, анод та магнітна система. При виникненні напруги між анодом та катодом збуджується аномальний тліючий розряд. Йони газу бомбардують катод, викликаючи емісію електронів. Прискорюючись електричним полем, ці електрони підтримують розряд рухаючись за складними циклоїдальними траєкторіями. При цьому вони знаходяться ніби у пастці: з одного боку на них діє магнітне поле, що притягує до катода, з іншого – поверхня катода та різниця потенціалів спрямовують їх в іншу сторону. Тривала циркуляція сприяє посиленню іонізації. Плазма виявляється сконцентрованою безпосередньо біля мішені, що, в свою чергу, зумовлює збільшення інтенсивності бомбардування поверхні мішені та значне прискорення швидкості напилення. Основні параметри установок для магнетронного розпилення: напруга між електродами, яка не перевищує 1000 В; струм розряду, який залежить від багатьох факторів таких як тиск газу, робоча напруга і конфігурація системи; густина струму мішені, який може досягати величини 80 – 200 мА/см<sup>2</sup>; тиск газу (від 10<sup>-2</sup> до одиниць Па); індукція магнітного поля, величина якої зазвичай знаходиться в діапазоні 0,03 – 0,1 Тл. Використання MPC зараз є досить широким. За їх допомогою проводять металізацію інтегральних мікросхем алюмінієм, виробляють якісні фотошаблони, отримують магнітні плівки та надпровідні плівки ніобію. В наш час сфера застосування MPC продовжує швидко розширюватись.

Робота виконана під керівництвом доц. Опанасюк Н.М..

## ЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ В МІКРОЕЛЕКТРОНІЦІ

Велитченко А.Г., *студент*, Опанасюк Н.М., *доцент*

В процесі зберігання і експлуатації інтегральні мікросхеми зазнають зовнішнього впливу, що зумовлено зміною атмосферного тиску, температури, вологості, наявністю вібрацій, ударів та інших чинників. Для захисту напівпровідникових (НП) приладів від подібних впливів передбачається комплекс спеціальних засобів. Найбільш широкого поширення набули два способи захисту НП структур: безкорпусний та корпусний захист (з використанням різних типів корпусів). Захищають р-п- переходи від зовнішніх впливів тонкими шарами спеціальних лаків і емалей, що наносяться на місця виходу переходів на поверхню. Для захисту кристалів з р-п-переходами застосовуються плівки на основі оксидів металів: алюмінію, титану, берилію, цирконію. Вихідний матеріал беруть у вигляді порошку, в якості реагенту використовують галоген або галогідне з'єднання водню. Цей метод дозволяє знизити зворотні струми приладів на основі р-п-переходів на кілька порядків. Одним із способів підвищення стабільності планарних структур є вирощування поверх шару діоксиду кремнію шару  $\text{Si}_3\text{N}_4$  та нанесення скла. Скло зв'язує іони лужних металів і перешкоджає їх переміщенню, а  $\text{Si}_3\text{N}_4$  покращує ізоляцію поверхні активних структур. Останнім часом широке застосування отримав метод силанування. При силануванні на поверхні р-п- переходу отримують тонкі плівки, які характеризуються високою волого - і газонепроникністю, адгезійною здатністю. Термостійкість (до  $300^\circ\text{C}$ ) – головна особливість цих плівок. Найбільш перспективними є диметил- і триметилзаміщений силан. Силанування закріплює існуючу структуру поверхні, в деяких випадках покращує електричні параметри переходів, оскільки при нанесенні плівок усуваються структурні дефекти поверхні.

## СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОКСИДНОГО ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО МИКРООКСИДИРОВАНИЯ

Кульментьева О.П., доцент, Бритова А.Б., магистрант

Проведено электроно-микроскопическое изучение покрытия на основе оксида алюминия, полученного методом плазменного микродугового оксидирования. Технология получения покрытия подробно описана в [1]. Исследование морфологии поверхности покрытия проводилось с помощью растрового электронного микроскопа РЭМ-103. Было установлено, что покрытие имеет развитый рельеф, который формируют частицы различных размеров, прочно сцепленные между собой. Кроме того, на поверхности имеются округлые поры и трещины, которые равномерно распределены по поверхности покрытия. Изучение поперечного шлифа покрытия показало, что эти поры и трещины не являются сквозными, т.е. не доходят до поверхности защищаемого металла.

На рис. приведено типичное изображение поверхности покрытия из оксида алюминия, полученного микродуговым оксидированием.

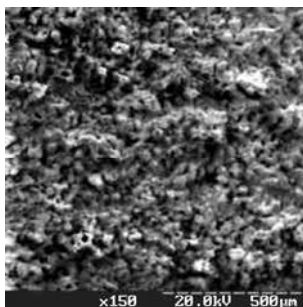


Рисунок – РЭМ – изображение поверхности покрытия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , полученного методом микрооксидирования

Была проведена статистическая обработка электроно-микроскопических микрофотографий покрытия: были измерены размеры частиц, размеры пор и трещин. Применен метод секущей. За базу принимался размер микроизображения. На рис. 2 приведены гистограммы распределения по размерам частиц (а), пор (б) и трещин



(в) в покритті, а також указані їх максимальні, мінімальні і середні значення. Поскольку трещины имеют и длину (а), и ширину (b), то под их размером принимается среднее арифметическое значение длины и ширины, т. е.  $h = (a + b)/2$ .

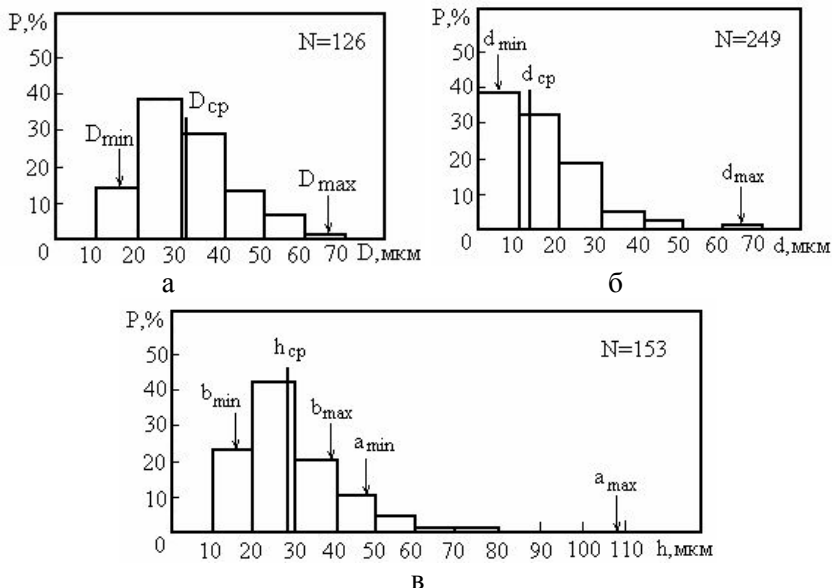


Рисунок 2 – Гистограммы распределения по размерам частиц (а), пор (б) и трещин (в) в покритті, полученном микродуговым оксидированием

Из рис. 2 видно, что для частиц  $D_{max} = 65$  мкм,  $D_{min} = 16$  мкм,  $D_{cp} = 31,06$  мкм; для пор  $d_{max} = 65$  мкм,  $d_{min} = 5$  мкм,  $d_{cp} = 13,38$  мкм; для трещин  $h = 28,6$  мкм, длина и ширина равна соответственно  $a_{max} = 108$  мкм и  $b_{max} = 38$  мкм, соответственно  $a_{min} = 16$  мкм и  $b_{min} = 5$  мкм. Рассчитанная по полученным данным пористость покрытия составила 10 %.

1. Погребняк А.Д., Кульментьева О.П., Кшнякин В.С. и др. // Вісник СумДУ. – 2003. - №10(56). – С. 100-110.

## ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В НИКЕЛИДЕ ТИТАНА ПРИ ЛЕГИРОВАНИИ

Кульментьева О.П., доцент, Симбирский И.В., магистрант

Материалы с эффектом памяти формы являются одними из наиболее интересных объектов для исследования, свое применение они находят в различных областях науки и техники. Этим они обязаны своим уникальным свойствам, а именно изменять свою структуру и форму под влиянием температуры, а также восстанавливать её в первоначальный вид. Для улучшения этих свойств в материалы имплантируют ионы других металлов или газов. Прохождение ионов средних энергий через твердое тело сопровождается их рассеиванием на атомах матрицы и электронах, которое приводит к торможению и изменению направления движения ионов, атомному перемешиванию, формированию профиля распределения имплантированных ионов, образованию новых фаз, что оказывает существенное влияние на их физико-механические и химические свойства.

Анализ литературных данных показал, что существует закономерность влияния легирования на изменение последовательности и интервалов мартенситных переходов (МП) в никелиде титана.

При расположении легирующего элемента в периодической системе элементов левее никеля ( $s + d < 10 e/a$ ,  $R_{Me} \sim R_{Ni}$  и  $R_{Me} > R_{Ni}$ , где  $R_{Ni}$  и  $R_{Me}$  — радиусы атомов Ni и легирующего элемента) наблюдается узкая область возможной концентрации легирующего элемента от 0 до  $\sim 10$  ат.%, в которой проходят мартенситные превращения  $B2 \rightarrow R \rightarrow B19$ . При этом с увеличением количества легирующего элемента МП смещаются в область низких температур.

Если легирующий элемент расположен правее никеля или находится в том же столбце периодической таблицы (заштрихованная область с  $s + d = 10 e/a$  и  $s + d > 10 e/a$ ,  $R_{Me} > R_{Ni}$  и  $R_{Me} \sim R_{Ni}$ ), имеет место различная последовательность МП ( $B2 \rightarrow R \rightarrow B19'$ ,  $B2 \rightarrow B19'$ ,  $B2 \rightarrow B19$ ,  $B2 \rightarrow B19''$ ) и широкая область концентраций легирующего элемента вплоть до полного замещения атомов никеля.

## СВОЙСТВА ДВУХСЛОЙНОГО ПОКРЫТИЯ $Al_2O_3/TiN$ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

Кульментьева О.П., доцент, Ахмед М.Махмуд., аспирант

Сочетание высокой прочности, твердости и сопротивления коррозии обусловили широкое использование покрытий на основе алюминия и титана. Однако условия их эксплуатации ужесточаются. В результате становится необходимой дополнительной обработка поверхностных слоев. Популярными становятся виды обработки, основанные на воздействии концентрированных потоков энергии (ионов, плазмы, электронов).

В настоящей работе изучены механические свойства двухслойного покрытия  $Al_2O_3/TiN$ . Покрытие из  $Al_2O_3$  было получено плазменно-детонационным методом на подложке из стали 3 [1]. Вторым слоем служило покрытие из нитрида титана, полученное вакуумно-дуговым методом на установке Булат-3Т.. Двухслойное покрытие подвергалось обработке сильноточным электронным пучком на установке У-212. Расфокусированный электронный пучок перемещался по подложке с покрытием. При остановке пучка его ток составлял 25 и 35 мА. После обработки пластина с двухслойным покрытием разрезалась электроискровым методом на фрагменты так, чтобы каждый образец был обработан только одним режимом.

Были изготовлены поперечные шлифы на универсальном шлифовальном станке METASERV, по которым с помощью металлографического микроскопа Union, определена толщина покрытия. Толщина первого слоя покрытия составила 110 мкм, а второго слоя 1 – 2 мкм.

Для измерения микротвердости применялись прибор WOLPERT германского производства. Нагрузки на индентор составляли 4, 5 и 10 Н. Проведенные измерения показали, что покрытие из  $Al_2O_3$  имеет твердость 105 МПа, Покрытие из TiN после обработки электронным пучком с плотностью тока 25 и 35 мА/см<sup>2</sup> имело соответственно твердость 47,4 МПа и 43,8 МПа.

1. Кульментьева О.П. / Взаимодействие излучений с твердым телом. – Мн.: БГУ, 2007. – С.200-202

## ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРЕМНИЯ, ИМПЛАНТИРОВАННОГО МЫШЬЯКОМ

Клименко П.М., *магістрант*, Кульментьева О.П., *доцент*

Структуры Si–Ge с квантовыми точками являются одним из наиболее интересных объектов для квантовой электроники и оптоэлектроники. Одним из методов получения таких объектов является ионная имплантация. Ионная имплантация – широко используемый метод обработки материалов, который включает в себя ионизацию атомов примеси и их ускорение до высоких энергий в электрическом поле с последующим внедрением в исходный материал на глубину 1 мкм от поверхности. Анализ литературных данных показал, что при внедрении ионов Ge<sup>+</sup> в кремниевую подложку и последующем исследовании облученной поверхности с помощью атомно-силового микроскопа оказалось, что облученная поверхность становится шероховатой с явно выраженными наноразмерными неоднородностями.

В работе охарактеризовано физические процессы при ионной имплантации (образование структурных дефектов, влияние различных факторов на параметры структур, полученных при ионной имплантации, распределение пробегов ионов в подложках, методы устранения структурных дефектов), которые происходят в полупроводниках при воздействии на них ионных пучков различной мощности. Также приведены методы исследования полупроводников имплантированных ионами примеси, такие как просвечивающая электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, с помощью которых можно получить информацию о рельефе поверхности образца, размеры, концентрацию и огранку зерен, а также про линейные дефекты кристаллической структуры. Электронно-микроскопические исследования показали, что структура облучаемого образца кремния и распределение примеси в его поверхностном слое зависит от мощности ионного пучка, времени воздействия и толщины образца.

## ДИFUЗІЙНІ ПРОЦЕСИ У ДВОШАРОВИХ ПЛІВКАХ НА ОСНОВІ МІДІ ТА НІКЕЛЮ

Говорун Т.П., зав. лаб., Лободюк О.С., зав. лаб.

У роботі досліджено дифузійні процеси в двошарових плівкових системах Ni/Cu/П та Cu/Ni/П (П - підкладка). Базисний шар Cu або Ni був отриманий при температурі близькій до температури Дебая для масивних зразків ( $\Theta_{0D}^{Cu}=343$  К та  $\Theta_{0D}^{Ni}=465$  К) з наступним охолодженням до  $T=300$  К і термостабілізувався протягом одного циклу за схемою «нагрівання↔охолодження» у інтервалі температур 300-550 К (Cu) і 300-630 К (Ni). Нанесення верхнього шару відбувалося при кімнатній температурі, після чого плівкові зразки відпалювались у вакуумі в наведених вище температурних інтервалах. Дослідження дифузійних процесів проводилося методом вторинної іонної мас-спектрометрії (ВІМС).

На рисунку наведено дифузійні профілі для плівок Ni/Cu/П (а, б) і Cu/Ni/П (в, г) у невідпаленому (а, в) та відпаленому (б, г) станах. Як видно з цих даних (рис. а, в), у невідпаленому стані має місце досить значне взаємне проникнення атомів верхнього шару в нижній. Серед причин, що призводять до такого результату, можна вказати вплив конденсаційно-стимульованої дифузії, вищу концентрацію дефектів у нетермостабілізованих плівках та більшу дисперсність кристалів, ніж у відпалених зразках. Відпалювання плівкових зразків призводить до більшого виходу атомів нижнього шару на поверхню (рис. б, г). У плівках фактично не спостерігається зміщення межі поділу шарів, навіть після відпалювання.

Обраховані за методикою [1] значення ефективного коефіцієнта дифузії ( $D$ ) наведено в таблиці. Вже на стадії конденсації верхнього шару відбувається насичення меж зерен базисної плівки атомами іншого сорту. Ефективний коефіцієнт дифузії у невідпалених зразках більший, ніж у плівках після термообробки. У крупнодисперсних плівкових системах дифузійні процеси практично закінчуються на стадії конденсаційно-стимульованої дифузії. Це підтверджується і даними робіт для подібних плівкових систем на основі міді та нікелю, наприклад [2-3].

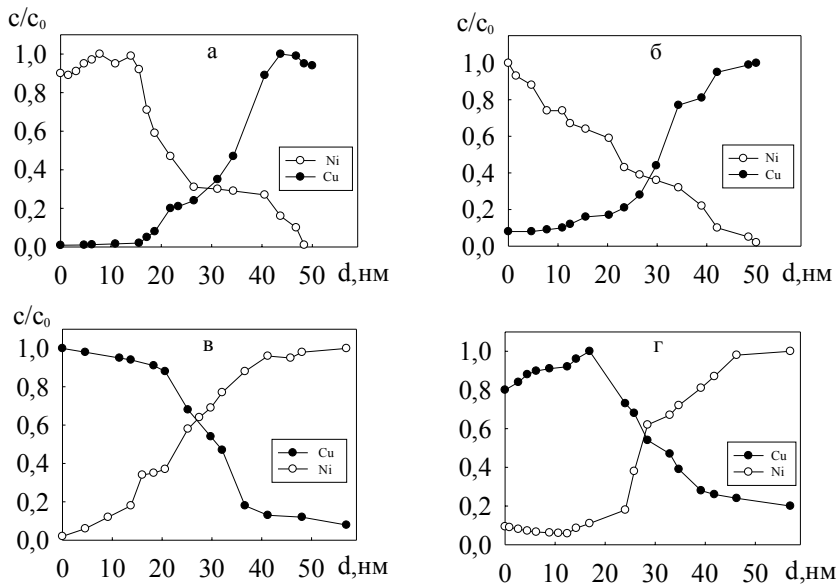


Рисунок - Дифузійні профілі для плівкової системи Ni(30)/Cu(20)/П і Cu(27)/Ni(30)/П. У дужках вказана товщина в нм

Таблиця – Значення ефективного коефіцієнта дифузії

Плівка	$T_B, K$	$D \cdot 10^{19} \text{ м}^2/\text{с}$
Ni(30)/Cu(20)/П	300	$D(\text{Ni} \rightarrow \text{Cu})=9,7; D(\text{Cu} \rightarrow \text{Ni})=3,2$
	550	$D(\text{Ni} \rightarrow \text{Cu})=3,6; D(\text{Cu} \rightarrow \text{Ni})=1,8$
Cu(27)/Ni(30)/П	300	$D(\text{Cu} \rightarrow \text{Ni})=10,6; D(\text{Ni} \rightarrow \text{Cu})=8,7$
	630	$D(\text{Cu} \rightarrow \text{Ni})=7,6; D(\text{Ni} \rightarrow \text{Cu})=2,3$

1. Проценко І.Ю., Черноус А.М., Шпетний І.О. Дифузійні процеси у двошарових металевих плівках // Вісник Львівського університету. Серія Фізична.- 2003.- Вип. 36.- С.116-122.
2. Волошко С.М., Макеева І.Н., Сидоренко С.І. Низкотемпературная взаимная диффузия в тонкопленочной системе Cu-Ni-Au // Металлофиз. новейшие технол.- 1993.- Т.15, № 8.- С. 61-70.
3. Лобода В.Б., Пирогова С.М., Проценко С.І. Структура і електрофізическіє свойства тонких плёнок сплава Ni-Cu в температурном интервале 300-700 К // Вісник СумДУ.-2001.- № 3 (24) - 4 (25).- С. 74-83.

## АЗОТУВАННЯ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН У ДВОСТУПЕНЕВОМУ ВАКУУМНО-ДУГОВОМУ РОЗРЯДІ

Кошатко М.С., *студент*, Рекун М.Ю., *студент*,  
Шпетний І.О., *ст. викладач*

Для підвищення експлуатаційних характеристик та ресурсу роботи деталей машин і ріжучого інструменту на робочу поверхню наносять поверхневий шар з підвищеною твердістю та зносостійкістю. Однак у більшості випадків ці показники не стільки важливі як показники пластичності. Оскільки у більшості випадків руйнування системи покриття/підкладку починається з пластичної деформації біля межі поділу. Нанесення на підкладку азотованого шару з послідуочим нанесенням твердого покриття – один із варіантів комбінованої обробки поверхні [1]. Встановлено, що азотування в тліючому розряді за якістю модифікованого шару не гірше за газове азотування при значній економії енергоресурсів та меншому часі проведення процесу.

Експериментальним шляхом підібрано технологічні параметри роботи приладу для проведення азотування в двохступеновому вакуумно-дуговому розряді. Модернізовано систему напуску газу в вакуумну камеру приладу для забезпечення більш точного контролю за підвищенням тиску азоту.

Встановлено, що подача від'ємного потенціалу ( $U_n = -(150\div 200\text{В})$ ) на підкладку та збільшення тиску азоту в камері даного приладу до 6,6 Па приводять до формування двохступенового вакуумно-дугового розряду. Металеві частинки матеріалу катоду розсіюються на молекулах робочого газу, іонізуючи їх. Іони азоту бомбардують підкладку, накопичуються на її поверхні, дифундують в об'єм та утворюють азотований шар. Швидкість азотування на початкових етапах може досягати близько 1 мкм/хв. Процес азотування підвищує стійкість інструменту, що має практичну значимість.

1. Андреев А.А., Саблев Л.П. Шулаев В.М., Григорьев С.Н. Вакуумно-дуговые устройства и покрытия. – Харьков: ХФТИ, 2005. – 235 с.

## ТЕНЗОРЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ФАЗОВИЙ СТАН ПЛІВКОВОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ХРОМУ І ВАНАДІЮ

Парфеньєв О.Є., *студент*, Власенко О.В., *студент*,  
Шпетний І.О., *ст. викладач*

Сплави Cr-V в масивному стані знайшли широке використання при виготовленні деталей машин завдяки своїм особливим фізико-механічним властивостям, що забезпечують високу міцність виробів. Дані властивості можуть бути обумовлені наявністю твердих розчинів, що, згідно діаграми стану [1], утворюються в даній системі в усьому інтервалі концентрацій компонентів. На відміну від масивних зразків електрофізичні властивості плівкових зразків на основі Cr і V та структурно-фазові перетворення в них маловивчені. У роботі проведені експериментальні дослідження структурно-фазового стану двошарових плівок Cr/V, які показали, що вже у свіжесконденсованих плівках поряд з лініями від Cr та V фіксуються лінії твердого розчину (Cr,V). Даний розчин утворюється на стадії конденсації верхнього шару внаслідок конденсаційно-стимульованої дифузії. Термостабілізація зразків призводить до подальшого утворення розчинів по всьому об'єму зразка. Дані результати якісно узгоджуються з дослідженнями дифузійних процесів методом вторинної іонної мас-спектрометрії. Результати дослідження тензоефекту в плівках на основі хрому та ванадію показали (табл.),

Таблиця Значення коефіцієнту тензочутливості плівок на основі Cr і V

Плівкова система ( $d$ , нм)	$d$ , нм	$\gamma_1$
Cr(30)/V(25)/П	55	7,3
Cr(25)/V(20)/Cr(25)/V(20)/П	90	14,5
Cr(45)/V(20)/ Cr(25)/V(20)/Cr(25)/V(20)/П	155	20,0

що дана система характеризується високим значенням коефіцієнтів тензочутливості. Порівнюючи дані для одно-, дво- та багатшарових плівок на основі Cr і V спостерігалася тенденція збільшення загальної тензочутливості зразків зі збільшенням кількості шарів компонентів.

1. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Т.2. /Под. ред. Н.П.Лякишева.– Москва: Машиностроение, 1997.–1023 с.



## СТРУКТУРА ТА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВКОВИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ Ni

Лобода В.Б., доцент, Кравченко В.О., викладач  
Сумський державний педагогічний університет

Проведено дослідження структури, електрофізичних властивостей та елементного складу плівкових сплавів Co-Ni з вмістом Ni 10-40% в діапазоні товщин 15-100 нм. Плівки були одержані в вакуумній установці ВУП-5М (тиск залишкової атмосфери 10<sup>-3</sup> - 10<sup>-4</sup> Па) електронно-променевим випаровуванням масивних сплавів потрібного складу.

Для випаровування були виготовлені наважки сплавів з масовими концентраціями Co 10, 20, 30 та 40 %. Згідно діаграм стану системи Co-Ni [1], масивні сплави цих концентрацій утворюють неперервний ряд твердих розчинів, причому розшарування не відбувається навіть при плавленні. Враховуючи близькі температури плавлення та дані про тиск насичених парів компонентів при високих температурах, можна очікувати відповідності складу одержаних плівкових сплавів та вихідних масивних наважок. Для перевірки даного припущення було проведено дослідження елементного складу вихідних та одержаних зразків з допомогою приладу ЕДС, встановленого на растровому електронному мікроскопі.

Одержані дані вказують на те, що при випаровуванні склад плівкових зразків практично співпадає (в межах похибки вимірювань) зі складом матеріалу, що випаровувався (табл.). Це дає змогу одержати плівкові сплави заданого складу за досить простою методикою.

Електроннографічні дослідження показали, що всі одержані зразки мають ГЦК-структуру з параметром  $a=0,351$  нм, що близько до параметра решітки чистого нікелю. Невідпалені зразки мають дрібнодисперсну структуру (розмір зерен <10 нм), внаслідок відпалу з метою термостабілізації властивостей відбувається збільшення розмірів кристалітів до 40-60 нм.

Таблиця – Хімічний склад вихідних наважок та одержаних плівкових сплавів Co-Ni

Вміст Co, %		
розрахунок	дані рентгеноспектрального аналізу	
наважка	наважка	плівка
10	8,5	-
20	17,6	17,3
30	25,1	21,9
40	42,3	45,3

Під час термостабілізації плівок протягом 3 циклів за схемою "нагрівання до 400°C – витримка – охолодження" при нагріванні в I циклі спостерігається необоротна зміна опору плівки, викликана як процесами росту кристалітів, так і зменшенням дефектності плівки. Подальші цикли термообробки не приводять до суттєвої зміни опору. Питомий опір та термічний коефіцієнт опору, визначені для термостабілізованих плівок, розмірно-залежні величини. Обробка в рамках теоретичних моделей розмірного ефекту дала змогу визначити величини  $\rho_{\infty}$  та  $\beta_{\infty}$ , а також середню довжину вільного пробігу електронів.

Дослідження провідності зразків в магнітному полі (магнітне поле розміщене в площині плівки і паралельне або перпендикулярне напрямку струму) виявили наявність гістерезису та анізотропії магнітоопору. Величина магнітоопору виявляє тенденцію до збільшення з ростом товщини зразків і досягає при кімнатній температурі значень 1,5-2%, що на порядок більше за магнітоопір чистих металів.

1. Ганина Н.И., Захаров А.М., Оленичева В.Г., Петрова Л.А. Диаграммы состояния металлических систем. В. XXXII.- М.: ВИНТИ, 1988.

## ЕЛЕКТРО- ТА МАГНІТОРЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ТРИШАРОВИХ ПЛІВОК FeNi/Cu/FeNi

Лобода В.Б., доцент, Шкурдода Ю.О., м.н.с.  
Сумський державний педагогічний університет  
ім. А.С.Макаренка

Плівки FeNi/Cu/FeNi з  $d_{\text{FeNi}} = 10\text{-}50$  нм та  $d_{\text{Cu}} = 1\text{-}70$  нм були отримані в вакуумній установці ВУП-5М при кімнатній температурі. Конденсація плівок здійснювалася в зовнішньому орієнтуючому магнітному полі з індукцією  $B = 10$  мТл на скляні поліровані підкладки з попередньо нанесеними мідними контактними майданчиками. Товщина шарів контролювалась за часом конденсації.

На рис. подані типові температурні залежності питомого електроопору і ТКО для термостабілізованих тришарових плівок. Як видно з рисунку, на залежностях  $\beta(T)$  для плівок з тонкими прошарками міді ніяких особливостей не спостерігається, проте у плівках з більш товстими прошарками ( $d_{\text{Cu}} > 10$  нм) можна спостерігати особливість на залежності, яка пов'язана з температурою Кюрі ( $T_c$ ).

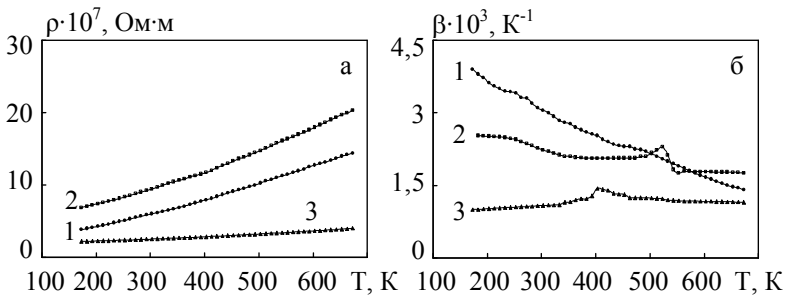


Рисунок - Температурна залежність питомого опору (а) та ТКО (б) для плівок NiFe/Cu/NiFe: 1 -  $d_{\text{NiFe}} = 30$  нм,  $d_{\text{Cu}} = 2$  нм; 2 -  $d_{\text{NiFe}} = 25$  нм,  $d_{\text{Cu}} = 10$  нм; 3 -  $d_{\text{NiFe}} = 30$  нм,  $d_{\text{Cu}} = 50$  нм

Можна припустити, що в даних системах у процесі відпалювання утворюється трикомпонентний сплав. Це приводить до зменшення  $T_c$ , обумовленого концентраційним (присутність Cu) і розмірним

ефектами. Слід зазначити, що згадана особливість при збільшенні товщини немагнітного прошарку (збільшення концентрації Cu) зміщується в область нижчих температур.

З урахуванням утворення у відпалених плівках трикомпонентного сплаву пропонується співвідношення для розрахунку ТКО таких плівок, яке має вигляд:

$$\beta = \frac{\beta_1}{1 + \frac{c_2 \rho_2}{c_1 \rho_1} + \frac{c_3 \rho_3}{c_1 \rho_1}} + \frac{\beta_2}{1 + \frac{c_1 \rho_1}{c_2 \rho_2} + \frac{c_3 \rho_3}{c_2 \rho_2}} + \frac{\beta_3}{1 + \frac{c_1 \rho_1}{c_3 \rho_3} + \frac{c_2 \rho_2}{c_3 \rho_3}}$$

де  $c_i$ ,  $\beta_i$ ,  $\rho_i$  – концентрація, ТКО та питомий опір окремих складових сплаву ( $i = 1, 2, 3$ ).

Порівняння експериментальних та теоретичних значень ТКО, розрахованих на основі запропонованого співвідношення, показує їх непогану відповідність (з точністю до 30%).

Результати дослідження магніторезистивного ефекту в свіжоконденсованих тришарових плівках FeNi/Cu/FeNi показали, що для зразків з  $d_{\text{NiFe}} = 10\text{-}50$  нм,  $d_{\text{Cu}} = 2\text{-}15$  нм характерна ізотропність польових залежностей МО. Величина магнітоопору при цьому досягає 1% при кімнатній температурі, і, таким чином, можна говорити про реалізацію ефекту гігантського магнітоопору у даних тришарових системах.

1. Loboda V.B., Shkurdoda Yu.A., Kravchenko V.A. Structure and magnetoresistance of freshly condensed three-layer FeNi/Cu(Ag)/FeNi films // Functional Materials.– 2007. – V. 14, № 1. – P. 37-41.

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВАКУУМНОГО НАПИЛЕННЯ

Великодний Д.В., аспірант

Розроблена автоматизована система, що дозволяє отримувати шляхом вакуумного напилення тонкоплівкової зразки заданої товщини.

Систему можна розділити на такі складові частини: система контролю та вимірювання товщини конденсованої металевої плівки (включає в себе пластину кварцу, на яку осаджується плівка, зовнішній генератор та частотомір); система зворотного зв'язку комп'ютера з вакуумною системою; персональний комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням, розробленим в середовищі програмування LabVIEW 8.50 (рис. 1а).

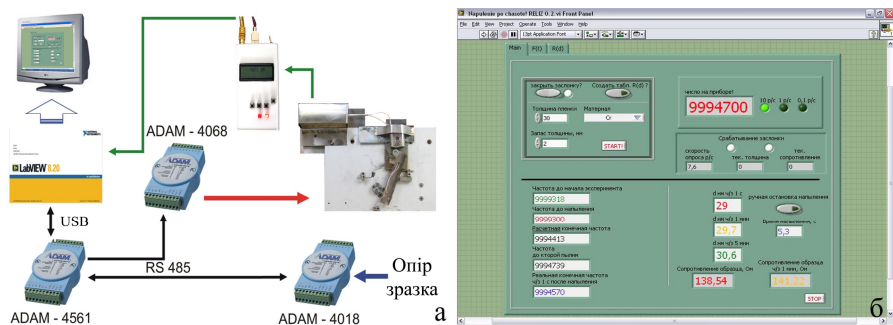


Рисунок 1 - Структурна схема автоматизованої системи (а) та інтерфейс розробленого програмного забезпечення (б)

Частотомір, який використовується в даній автоматизованій системі, є самостійно виготовленим приладом, який має можливість підключення до комп'ютера по інтерфейсу RS-232, і забезпечує зчитування показів з частотою до 10 р/с. Заслонка, що розміщена в вакуумній камері і дозволяє керувати процесом конденсації плівки, приводиться в рух вакуумним електродвигуном. Управляюча напруга на двигун поступає з блока живлення через модуль електромагнітних реле ADAM-4068. Опір плівкового зразка вимірюється за чотириточковою схемою за допомогою 8-канального 16-бітного сигма-дельта АЦП ADAM-4018.

Система працює наступним чином. В робочому вікні спеціально розробленого програмного забезпечення (рис. 1б) вказується матеріал та товщина плівки, яку необхідно отримати. У зв'язку з тим, що процес зворотного зв'язку займає певний проміжок часу (швидкість реакції механіки складає близько 150 мс) при високих швидкостях конденсації плівки ( $\sim 10$  нм/с) необхідно вказувати певну похибку (запас) на товщину майбутньої плівки.

Після запуску програма починає зчитувати значення частоти, що в даний момент вимірюється частотоміром. Подальша роль експериментатора полягає в процесі включення випарників та доведенні їх до стану, коли починається рівномірний процес конденсації матеріалу з випарника. Потім експериментатор подає відповідну команду управляючій програмі (шляхом натиснення кнопки на блоці керування частотоміра) і переведенням його з режиму зчитування 1 раз за секунду в режим зчитування 10 р/с). Надалі програма бере керування процесом на себе. Фіксує початкове значення частоти кварцового резонатору та відкриває заслонку, що закриває кварц та підкладку, на яку буде наноситися плівка. Починається процес конденсації плівки. Програма безперервно зчитує частоту кварцу та за відповідною формулою розраховує товщину плівки. При досягненні необхідної величини система зворотного зв'язку видає команду на закриття заслонки. Після закінчення процесу конденсації програма обраховує товщину плівки отриману в ході виконання експерименту. Обрахунок товщини плівки відбувається одразу після закінчення конденсації, через 1 та через 5 хвилин, з метою уточнення значень товщини отриманої плівки.

Автоматизована система дає можливість отримувати тонкоплівкові зразки заданої товщини з точністю  $\pm 1$  нм, будувати графіки залежності  $d(t)$  та  $R(d)$ . Після виконання експерименту створюється файл звіту в форматі \*.txt.

Дана система представляє собою інтерес ще й з огляду на те, що одночасно може забезпечити підводку лазеру під плівку (для дослідження на просвічування плівкового зразка), або галогенової лампи (для забезпечення прогріву підкладки перед напыленням та/або відпалювання зразка).

## КРИСТАЛІЧНА СТРУКТУРА ТА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВОК КАРБІДІВ МОЛІБДЕНУ

Лалетіна К.І., *магістрант*, Ярмош Б.М., *спеціаліст*.

Через високу твердість, хімічну і термічну стабільність карбіди вольфраму і молібдену входять у групу перспективних матеріалів для різноманітного роду захисних, зміцнюючих та термостійких покриттів. Відомі різні методи синтезу покриттів карбідів тугоплавких матеріалів (див., наприклад, [1,2]): хімічне осадження із парогазової фази з наступною термообробкою; різноманітні варіанти іонно-плазмової фази з наступною термообробкою; різноманітні варіанти іонно-плазмового розпилення; плазмотронне розпилення та ін.

Двошарові плівкові зразки Мо/С були отримані електронно-променевим методом у вакуумі  $\sim 10^{-3}$ - $10^{-4}$  Па та термовідпалені до температури 1200К протягом 15 хв. Свіжесконденсовані плівки Мо/С/П (П-підкладка із NaCl або скла) аморфні, а у відпаленому стані мають високодисперсну субструктуру (рис.1). Фазовий склад таких зразків відповідає ОЦК-Мо + гексагональний Мо<sub>2</sub>С. Параметри решіток ОЦК-Мо і Мо<sub>2</sub>С добре відповідають аналогічним величинам масивних зразків.

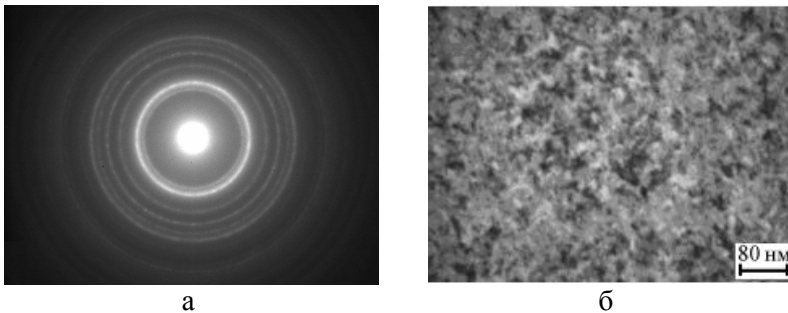


Рисунок 1 – Електронограма (а) і мікрофотографія (б) плівки Мо(15нм)/С(10нм)/П, відпаленої до 1170К

Крім структурних були також проведені дослідження електрофізичних властивостей (питомий опір і ТКО) гетерогенних плівок ОЦК-Мо і Мо<sub>2</sub>С. На рисунку 2 а представлені температурні

залежності питомого опору при відпалюванні до 800К і наступним охолодженням до 350К. Використовуючи залежність, отриману при

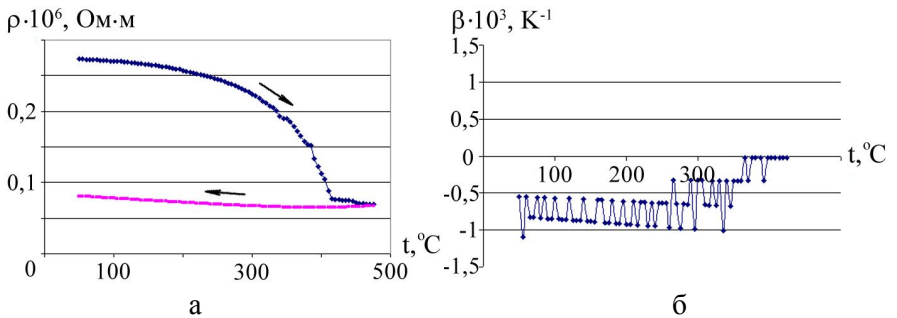


Рисунок 2 – Температурна залежність питомого опору (а) і ТКО (б) для плівкової системи Мо(15)/С(10)/П

відпалюванні, здійснений розрахунок термічного коефіцієнту опору (рис. 2б), від’ємне значення якого пов’язане із зменшенням питомого опору при термовідпалюванні (на цій стадії термообробки відбувається утворення твердого розчину атомів С в Мо (т.р. (Мо,С)) і заліковування дефектів кристалічної будови). Напівпровідниковий характер температурної залежності опору при охолодженні якраз і можна пояснити утворенням т.р. (Мо,С).

Робота виконана під керівництвом доц. Шумакової Н.І.

1. Иевлев В.М., Сербин О.В., Кушев С.Б. и др. Синтез пленок карбидов вольфрама при быстром фотонном отжиге пленочных гетероструктур W-C //Алмазные пленки и пленки родственных материалов – Харьков: ННЦ «ХФТИ», 2003. – С. 302-311.
2. Beadle K.A., Gupta R., Mathew A. et al. Chemical vapor deposition of phase-rich WC thin films on silicon and carbon substrates // Thin Solid Films. – 2007. – doi: 10.1016/j.tsf.2007.06.170



## СТРУКТУРА ТА ФАЗОВИЙ СТАН ЕЛЕКТРОХІМІЧНО ОСАДЖЕНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ Co I Ag

Проценко З.М., доцент, Смичкіна Н.Ф., магістрант

Сумський державний педагогічний університет

Більшість досліджень мультишарів і плівкових гранульованих сплавів, у яких спостерігається ефект гігантського магнітного опору (ГМО), виконано на відносно тонких плівкових системах порядку декількох нм, отриманих методом вакуумної конденсації [1]. Але з точки зору вивчення фазоутворення важливим моментом є проведення таких досліджень на більш товстих зразках (мікронної товщини). Оскільки такі зразки важко отримати вакуумною конденсацією, то ми скористалися методом електрохімічного осадження із відповідних електролітів. До того ж електролітично осаджені багатошарові структури із ізотропним ефектом ГМО вже знайшли застосування у магніторезистивних головках зчитування інформації, магнітних транзисторах тощо, але структурно-фазовий стан та вплив термообробки на процеси фазоутворення в цих системах ще мало дослідженні. У зв'язку з цим ця проблема актуальна і потребує детального вивчення.

Для дослідження були обрані багатошарові системи (2-6 шарів) на основі Co і Ag, які мають протилежні магнітні властивості: Co – феромагнетик, Ag – діамагнетик. Як матеріал підкладки для нанесення гальванічних покриттів було обрано маловуглецеву сталь, латунь та кобальт. Як анод використовувалися пластинки кобальту або срібла відповідно до складу електроліту.

Перед процесом катодного відновлення металів підкладки розміром (20×30) мм проходили попередню механічну (шліфування, полірування) і хімічну обробку, яка включала в себе знежирення, травлення, промивання. Травлення проводилося протягом 2 – 5 хв. при кімнатній температурі в розчинах хлоридної кислоти (сталь), суміші нітратної та сульфатної кислот (латунь) та інших електролітах. Для нанесення кобальтового покриття застосовувався стандартний сульфатний електроліт, який вирізняється стабільністю та рівномірністю осадження; срібні покриття отримували із йодидного

електроліту. Кобальтові покриття отримували при густині струму електролізу  $(1-5) \cdot 10^2 \text{ А/м}^2$ ,  $293 \pm 3 \text{ К}$ , срібні –  $(0,2-2) \cdot 10^2 \text{ А/м}^2$ ,  $293 \pm 3 \text{ К}$ . Режими електролізу підбирали експериментально на основі кінетичних залежностей товщина шару покриття – густина струму; товщина покриття – час електролізу з візуальним врахуванням якості покриття. Кінетику електровідновлення металів досліджували за допомогою гравіметричного методу, тобто зважування зразків на аналітичних терезах до та після осадження металу. Час електролізу задавали з розрахунком одержання шарів товщиною (3-5) мкм. Для дослідження термодифузії ми проводили відпалювання зразків з багатшаровими покриттями при  $(393-623) \text{ К}$  протягом 2-4 годин. Рентгенофазовий аналіз проводили за допомогою дифрактометра ДРОН–2.0 в  $K_\alpha$  випромінюванні  $\text{Cu}$ , електроннографічні дослідження – електронного мікроскопу ПЕМ 125К. Для проведення електроннографічних досліджень зразки з покриттями утоняли механічним методом (шліфування) та хімічним (травлення в розчинах нітратної кислоти, суміші кислот).

Експериментально встановлено параболічний характер залежностей приросту маси покриття від сили струму та часу електролізу для електровідновлення  $\text{Co}$  і  $\text{Ag}$ , що вказує на дифузійний контроль цих процесів і можливість одержання кобальтового покриття різного фазового складу ( $\alpha$ -  $\text{Co}$ ,  $\beta$ -  $\text{Co}$  або суміші фаз) в залежності від умов електролізу та матеріалу підкладки.

Фазовий склад покриття  $\text{Co/Ag/сталь}$ , визначений на основі рентгенофазового аналізу відповідає гексагональній фазі  $\alpha$ - $\text{Co}$  + ГЦК  $\text{Ag}$  як до, так і після відпалювання при  $(393-623) \text{ К}$ . У випадку покриття  $\text{Co/Ag/латунь}$ , фазовий склад, визначений як рентгенофазовим, так і електроннографічним методом, відповідає суміші ГЦК фази і у незначній кількості  $\alpha$ -  $\text{Co}$ . Проведений аналіз вказує на те, що дана ГЦК фаза відповідає твердому розчину атомів  $\text{Co}$  в латуні.

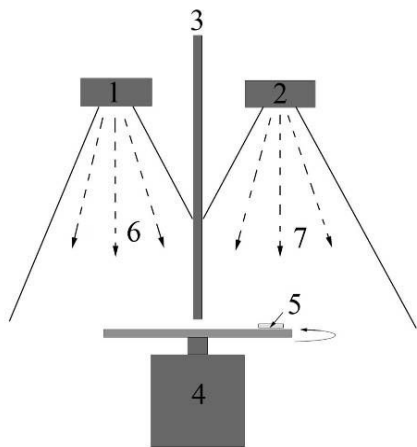
1. Проценко С.І., Чешко І.В., Однорець Л.В., Пазуха І.М. Структура, дифузійні процеси і магніторезистивні та електрофізичні властивості плівкових матеріалів. - Суми: СумДУ, 2008.-197 с.

## МЕТОДИКА ОТРИМАННЯ ПЛІВКОВИХ СПЛАВІВ ШЛЯХОМ ПОШАРОВОЇ КОНДЕНСАЦІЇ МАТЕРІАЛІВ

Воробйов С.І., студент, Шабельник Ю.М., студент,  
Степаненко А.О., аспірант

Проблема отримання плівкових сплавів із необхідною концентрацією компонент залишається актуальною і в наш час. Це пов'язано з тим, що при розпиленні масивних компаундів, плівкові зразки при конденсації мають склад відмінний від масивного стану, оскільки температури випаровування і швидкості конденсації складових компаунду є різними.

В роботі запропоновано методику отримання плівкових сплавів шляхом пошарової конденсації з високою швидкістю. На рисунку представлено схему розташування випарників і підкладки, на яку відбувається їх осадження. Тут 1 і 2 – випарники компонентів плівкового сплаву; 3 – екран; 4 – тримач з двигуном, який забезпечує обертання столика з підкладкою 5 та експонування її потоками відповідних атомів 6 і 7.



Високі швидкості конденсації  $\sim 1$  нм/с та частота обертання столика  $\sim 3$  Гц дозволяють отримувати нанокристалічні плівкові сплави з однорідною структурою. Контроль концентрації компонентів здійснюється за допомогою керування швидкостями конденсації матеріалів.

Так наприклад при конденсації титану і алюмінію з однаковими концентраціями, було отримано у вихідному стані нанокристалічний твердий розчин на базі ГЦК Al, який після відпалювання при 820 K трансформується в інтерметалід  $TiAl_3$ .

Робота виконана під керівництвом проф. Чорноуса А.М.

## ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОГО САМОВИЗНАЧЕННЯ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ

Пухно С.В., *старший викладач*  
Сумський державний педагогічний університет  
ім. А.С.Макаренка

Сьогодні висуває все більш високі вимоги до виконання спеціалістами своїх професійних функцій. Серед основних психологічних складових ефективного переходу навчально–професійної діяльності на рівень практичної виділяють професійну самоідентифікацію особистості. Наявність цієї складової та її рівень сформованості постає однією з головних складових реалізації особистості в професійному плані. Проблема професійного становлення присвячено багато публікацій сучасних дослідників (див., наприклад [1]). Професійне самовизначення на сьогодні є однією з найактуальніших проблем для молодої людини. Ускладнюються вимоги, що висуваються до сучасного працівника, а також вимоги до якості підготовки фахівців. У навчальних закладах, що готують спеціалістів певного професійного рівня, вводяться нові курси та навчальні дисципліни, необхідні для підготовки майбутнього фахівця і тому змінюється змістове навантаження учбових предметів і критерії оцінки отриманих студентами знань. Це, в свою чергу, вимагає більшого часу на організацію та проведення самостійної роботи студентів. Студенти фізико-математичного факультету СДПУ ім. А.С.Макаренка рівня освітньо-професійної підготовки «бакалавр» напряму 0701 – Фізика з присвоєнням кваліфікації «Технічний фахівець в галузі фізичних наук та техніки» вже традиційно демонструють високі показники професійних якостей під час практики на виробництві.

1. Дружиніна І.А. Професійне становлення і професійна ідентичність: аналіз взаємозв'язку та взаємообумовленості // Наукові записки Інституту психології ім. Г.С. Костюка АПН України / За ред. акад. С.Д. Максименка . – К.: Міленіум, 2006. – Вип. 30. – С.329-339.

## ІЗ ДОСВІДУ ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ ПІД ЧАС ПРОХОДЖЕННЯ ПРАКТИКИ НА ВАТ „СУМИХІМПРОМ”

Проценко З.М., *доцент*  
Сумський державний педагогічний університет

Технологічна практика студентів на виробництві є дуже важливою складовою процесу освоєння дисципліни, особливо тісно пов'язаної з технологічним процесом, наприклад, курсу хімічної технології. У зв'язку з приєднанням української вищої школи до Болонського процесу в сучасній освітній парадигмі, яка в реаліях навчального процесу полягає у різкому скороченні аудиторних годин і відповідно годин, відведених на різні практики, дуже важливою складовою навчального процесу є організація самостійної роботи студентів. Однією із основних ідей Болонської реформи є принцип „навчання продовж усього життя”, в основі якого лежить наполеглива самостійна робота особистості.

Студенти педагогічного університету спеціальності „Хімія та основи інформатики” проходять технологічну практику на базовому підприємстві ВАТ „СУМИХІМПРОМ”, і тому дуже важливо підібрати такі методи організації самостійної роботи студентів, які б допомогли не тільки засвоїти нові технічні знання під час проходження короткочасної практики, яка триває всього 2 тижні, а й дати поштовх для творчого ознайомлення з хімічними та технологічними процесами, які реалізуються під час виробництва певного продукту, шляхів можливого вдосконалення процесу виробництва та осмислення нагальних екологічних проблем, які стоять перед даним виробництвом.

Програма технологічної практики включає ознайомлення із технологією виробництва сульфатної і фосфатної кислот, мінеральних добрив, водопідготовки промислової води, методами контролю технологічного процесу, складу сировини, готового продукту, а також методами очистки газів та стоків [1].

Самостійна робота студентів аналізується на прикладі ознайомлення з виробництвом амонізованого суперфосфату, на яке виділено 10 аудиторних годин на виробництві (екскурсія по цеху, в цехову лабораторію, робота з регламентом, виробничими схемами

тощо) і за цей короткий час неможливо вивчити все виробництво в комплексі без самостійного опрацювання матеріалу, проведення додаткових розрахунків, виділення та осмислення основних проблем даного виробництва з урахуванням світових тенденцій. Самостійна робота студентів включає наступні складові:

– складання звіту по даному виробництву, який повинен включати крім самостійного аналізу технологічного процесу виробництва амонізованого суперфосфату (сучасний стан виробництва у порівнянні з досягненнями світової науки), напрями можливого вдосконалення окремих складових технологічної схеми;

– проведення техніко-економічних розрахунків (вихід готового продукту, ступінь перетворення сировини, собівартість виробництва тощо) окремого цехового відділення на основі даних матеріального балансу з пошуком шляхів підвищення показників виробництва;

– розв’язання спеціально підібраних задач виробничого змісту [2];

– літературний огляд досягнень сучасної хімічної промисловості, в даному випадку – виробництва мінеральних добрив, а особливо виробництва суперфосфату;

– аналіз екологічних проблем даного виробництва на основі самостійного осмислення матеріалу (технологічного регламенту) з рекомендаціями шляхів їх вирішення;

– аналіз проблеми енергозбереження на даному виробництві на основі існуючих програм.

Таким чином, завдяки направленій організації самостійної роботи студентів можна досягти більш глибокого і на вищому науковому рівні засвоєння теоретичного та практичного матеріалу з хімічної технології.

1. Гончаров А.І., Стеценко О.В. Основи хімічної технології.- К.: Вища школа, 1971.- 380с.
2. Проценко З.М., Скляр А.М. Хімічна технологія. Методичні вказівки до технологічної практики з курсу „Хімічна технологія”. Суми: СумДПУ, 2006.- 24с.

## КУРСОВА РОБОТА ЯК ВИД САМОСТІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТА В УМОВАХ КРЕДИТНО-МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ

*Салтикова А.І., доцент  
Сумський державний педагогічний університет  
ім. А.С.Макаренка*

У зв'язку із входженням України до європейського освітнього і наукового простору системою вищої освіти України реалізуються ідеї Болонського процесу. Однією з основних ідей є організація навчального процесу в формі кредитно-модульного навчання. Дана система передбачає застосування таких методів і прийомів навчальних заходів, основним змістом яких є активна самостійно-творча пізнавальна діяльність студента. Усі світові та запропоновані останнім часом національні стандарти в основу навчання ставлять саме самостійну творчу роботу того, хто навчається [1]. Одним із видів самостійної діяльності студентів було і залишається виконання курсової роботи.

У рамках кредитно-модульної системи навчання курсова робота є окремим заліковим кредитом. Оцінка за курсову роботу є складовою частиною загальної оцінки навчальної дисципліни у разі, якщо вона виконується з певної навчальної дисципліни. У випадку, якщо курсова робота є комплексною (інтегрує дослідження з проблеми, що стосується декількох навчальних дисциплін), вона оцінюється як окрема навчальна дисципліна. Тематика курсових робіт визначається кафедрою. Студент має право вибрати собі тему із запропонованого списку. Мета курсової роботи – узагальнення, систематизація, поглиблення теоретичних знань та практичних навичок, розвиток вміння самостійно працювати з літературою та застосовувати знання, одержані з навчальної дисципліни на практиці. Зміст курсової роботи повинен відповідати таким вимогам:

- самостійність у підборі і вивченні основної і додаткової літератури з даної проблеми;
- достатній рівень самостійності у процесі аналізу літератури, що вивчається;
- критичний аналіз наукової літератури, розкриття різних точок зору, власного ставлення до них;

- наукова постановка експерименту та інтерпретація отриманих даних;
- глибина і цілеспрямованість теоретичного висвітлення досліджуваної теми;
- наявність конкретних висновків.

Курсова робота повинна бути грамотно написана, акуратно оформлена та відповідати вимогам до написання курсових робіт у ВУЗі.

Робота виконується під керівництвом викладача, який протягом семестру проводить індивідуальні консультації для студентів. Захист курсової роботи відбувається у комісіях, до складу яких входить два-три викладачі кафедри, у тому числі керівник роботи. Захист може відбуватися у довільній формі: як співбесіда, як публічний виступ, тощо.

При правильній організації діяльності при виконанні курсової роботи, вона сприяє розвитку творчих здібностей студента, вчить самостійності і може виступати підготовчим етапом для подальшої наукової роботи.

1. Положення про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців у Сумському державному педагогічному університеті ім. А.С.Макаренка. – Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2006. – 30 с.



## УЗАГАЛЬНЕННЯ ПОНЯТТЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ

Л.М. Черняк, *професор*

В основу вивчення фізики покладені різні поняття, наприклад, поняття матерії, руху, швидкості, сили, енергії та багато інших. Протягом століть всі поняття у фізиці обговорювались науковим товариством і їх сутність пристосовувались до вимог часу, тобто, поняття уточнювались. Деякі поняття ставали більш узагальненими, а інші зникали як це, наприклад, було з електричною рідиною чи ефіром. Поняття матерії, за яку довгий час вважали тільки речовину розширилось. В це поняття включили поняття поля, як невід'ємної складової матерії.

Така метаморфоза торкнулась і поняття електричного струму. Спочатку за електричний струм приймали рух електричної рідини в провідниках. Пізніше в електронній теорії прийняли, що електричний струм – це спрямований рух електронів у провіднику. Виявилось, що існують електричні струми без безпосередньої участі електронів. Такі струми відбуваються за участю іонів в рідинах і газах. Ще пізніше виявилося, що існують струми за участю дірок. Всі названі струми часто називають струмами провідності. Тому довгий час визначення поняття електричного струму провідності давали так, електричний струм є спрямований рух зарядів. Таке визначення електричного струму збереглося в деяких підручниках ще й до цього часу [1, стор. 95; 2, стор. 123].

Після середини XIX ст. виникла теорія Максвелла, згідно якої крім електричних струмів, які супроводжуються спрямованим рухом зарядів (струмів провідності), існують електричні струми без спрямованого руху заряджених частинок. (це так звані струми зміщення). Як наслідок теорії Максвелла під величиною (силою) електричного струму треба брати так званий повний струм – струм у провідниках і струм зміщення. Таке геніальне відкриття привело до того, що треба було змінювати зміст поняття електричного струму. Але, щоб не ускладнювати цю ситуацію, багатьма було прийнято, що струми зміщення – це фіктивні струми (тобто струми в математичному смислі цього терміну. іншими словами, вони не матеріальні, штучні, теоретичні).

Але не зважаючи на це деякі вчені почали досліджувати струми зміщення. Зокрема Роуланд, Ейхенвальд, Йоффе та інші дослідники показали, що струми зміщення – такі ж реальні струми, як і струми у провідниках. Більше того, у самих провідниках виявили струми зміщення, а в діелектриках – струми провідності. Оскільки за теорією Максвелла під величиною електричного струму треба брати суму струмів провідності і струмів зміщення, а струм зміщення вважався фіктивним то виникло протиріччя: до "реального" струму треба додавати "фіктивний" (не реальний) струм зміщення. Це фізичний абсурд.

Такий абсурд підтверджує те, що настав час змінювати сутність (фізичний зміст) поняття електричного струму, тобто актуальною стала проблема введення такого узагальненого визначення поняття електричного струму, яке було б вірним як для струмів, пов'язаних з рухом зарядів, так і для будь-яких інших електричних струмів.

Нами був проведений аналіз проблеми [3,4].

Для обґрунтування проблеми проаналізуємо, що є головним, загальним, спільним для всіх без винятку електричних струмів, під яким традиційно розуміють процес спрямованого руху зарядів [1, 2].

При існування струму провідності у провідниках, вакуумі, рідинах або інших середовищах вільні заряди – заряджені порошини, електрони, іони чи інші, так звані носії струму рухаються тільки під дією електричного поля. Без збудженого електричного поля нема струму. Тобто основною причиною, рушійною силою спрямованого руху зарядів є електричне поле збуджене між певними точками простору. По-друге, за законом збереження енергії електричне поле передає частину своєї енергії зарядженим частинкам, а це призводить до втрат енергії самим електричним полем. Втрата енергії електричного поля породжує його зміну, яка характеризується зменшенням напруженостей і потенціалів відповідних точок простору між обкладками конденсатора чи у провідниках або іншому середовищі. По третє, одночасно з цими процесами (рухом зарядів і зміною електричного поля) можуть відбуватись інші явища. Зокрема, у цих же точках простору можуть проявлятися магнітна, теплова чи хімічна дії, перенесенням речовини випромінювання світла та інше. Але ці дії струмів провідності проявляються не зажди: в одних електричних струмах проявляється теплова дія, в інших – хімічна або біологічна і т.д.

Виникає запитання, що ж при існуванні електричного струму провідності є головним – переміщення зарядів, електричне поле, магнітна, теплова, хімічна дії чи, може, щось інше? Враховуючи все вищесказане, можна зробити висновок, що в електричному струмі провідності головним є електричне поле і зміни його характеристик.

На основі дослідів Ерстеда, Ампера, Біо, Савара було твердо встановлено, що будь-який електричний струм провідності викликає збудження у тих же точках простору нерозривного з ним магнітного поля. Проаналізуємо ще один випадок коли між обкладки конденсатора вводиться діелектрик. Тоді електричне поле, яке існує між обкладками конденсатора, змінює електричні дипольні моменти молекул діелектрика, передаючи їм частину своєї енергії. У результаті такого процесу електричне поле між обкладками конденсатора також відповідним чином змінюється. Процеси зміни електричного поля в діелектриках і у вакуумі Максвелл назвав струмами зміщення.

Важливим є те, що у всіх без винятку випадках для існування електричних струмів обов'язковим є присутність електричного поля, у якому відбуваються зміни його характеристик і одночасне (синхронне) збудження магнітного поля. Спрямований рух зарядів, зміни дипольних моментів молекул і атомів, перенесення речовини, теплова, світлова, хімічна та інші дії, які можуть супроводжувати електричні струми, є другорядними, вторинними ознаками, бо вони супроводжують тільки деякі види електричних струмів і тому не є спільними для всіх без винятку електричних струмів. Таким чином, спільною основою будь-якого електричного струму є процес зміни електричного поля і пов'язане з цим процесом збудження магнітного поля.

1. Савельев И.В. Курс физики. Том 2.- М.: Наука, 1989. – 462 с.
2. Курс фізики/ За редакцією І.Є. Лопатинського. – Львів: Бескид Біт, 2002. –376 с.
3. Черняк Л.М. Узагальнене поняття електричного струму і деякі наслідки з нього // Збірник наукових праць "Актуальні проблеми фізики, інформатики".- Суми: СумДПУ, 1999.- С. 43-48.
4. Черняк Л.М., Овчаренко Ю.М., Опанасюк А.С. Про узагальнене поняття електричного струму // Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. – 2006. – Вип. 66, Ч.1.- С.191-194.

## КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОСНОВНІ УМОВИ ІСНУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТРУМІВ

Л.М. Черняк, *професор*

Прийнявши визначення поняття електричного струму як процесу зміни електричного поля незалежно від того чим цей процес викликаний, можна провести їх відповідну класифікацію, яка, як можна впевнитись, збігається із загальноприйнятою класифікацією електричних струмів.

Виходячи з такого визначення поняття електричного струму, їх можна класифікувати за кількома ознаками в залежності від того як змінюються характеристики електричного поля.

Постійний струм – це такий струм, при якому зміни електричного поля невинно і вчасно (без запізнь, синхронно) поповнюються за рахунок енергії стороннього джерела неелектричного походження (механічного, хімічного, теплового та іншого), тобто постійний струм – це такий струм, який супроводжується динамічною рівновагою між втратою енергії електричним полем і поповненням цих втрат у кожний момент часу. Тому зовні здається, що ніби ніяких змін електричного поля не відбувається. Такий струм часто називають стаціонарним струмом.

Якщо витрати енергії електричного поля одночасно не компенсуються (не поповнюються) за рахунок стороннього джерела енергії чи компенсуються (поповнюються) із запізненням або навіть із випередженням у часі, то такі струми одержали назву змінних струмів.

Серед змінних струмів виділяють періодичний змінний струм. Періодичний змінний струм – це такий струм, у якого поповнення енергії електричного поля відбувається через однакові (рівні) проміжки часу.

Електричні струми також доцільно класифікувати за явищами, які супроводжують їх: струм у провідниках; струм конвекції; струм поляризації; струм зміщення та повний струм.

Основною умовою виникнення та існування електричного струму полягає в тому, що для його здійснення необхідне джерело енергії не електричного походження, яке служить для збудження електричного

поля і поповнення втрат його енергії протягом всього часу існування електричного струму. Такий виробник енергії – збуджувач електричного поля – одержав назву джерела електричного струму.

Джерела струму можуть мати механічну, хімічну, теплову чи іншу природу. Але всіх їх об'єднує те, що вони за рахунок енергії не електричного походження збуджують електричне поле, яке характеризується різницею потенціалів між точками, між якими може виникати електричний струм.

Другою умовою існування будь-якого електричного струму є виконання умови замикання електричного кола. Під замиканням електричного кола розуміють умови, які дозволяють поза межами джерела струму здійснюватись змінам електричного поля.

Якщо в певних точках простору відсутні умови для можливості зміни електричного поля, то в цих точках простору електричний струм існувати не може, кажуть, що електричне коло розімкнуте.

В електротехніці у більшості випадків мають справу зі струмами провідності. Для здійснення замкнутості електричного кола струму провідності необхідно, щоб електричне коло складалось з контактуючих між собою провідників. Для замикання електричних кіл, у яких виникають струми конвекції, необхідно, щоб в тих місцях, де закінчуються струми в провідниках, коло продовжувалось (замикалось) рухом вільних зарядів (іонів, електронів, дірок та інших).

У фізиці умову існування замкнутого кола розуміють більш широко. Наприклад, коло змінного струму замкнуте і в тому випадку, коли в цьому колі є конденсатор, у якого між обкладками розміщений діелектрик і навіть якщо обкладки знаходяться у вакуумі. У цьому випадку струм провідності в провідниках продовжується (замикається) струмом зміщення між обкладками конденсатора.

Більш докладно у традиційних курсах фізики електричні струми і загальні умови замикання електричного кола розглядаються при ознайомленні з теорією електромагнітного поля Максвелла.

## ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ НДДС

Бурик І.П., викладач  
Конотопський інститут СумДУ

Науково-дослідницька діяльність студентів (НДДС) [1] вищого навчального закладу є складовою навчального процесу і обов'язкова для кожного студента:

- написання рефератів з використанням наукової літератури;
- виконання практичних робіт, що містять елементи проблемного пошуку;
- виконання нетипових завдань дослідницького характеру в період виробничої практики на замовлення організацій;
- розробка методичних матеріалів з використанням дослідницьких методів;
- підготовка, захист курсових та дипломних робіт, пов'язаних з проблематикою наукових досліджень кафедр.

Поряд з цим НДДС здійснюється і поза навчальним процесом. Нею передбачається:

- участь студентів у роботі наукових лабораторій, гуртків;
- участь у проведенні досліджень у межах творчої співпраці кафедр, факультетів тощо;
- рекламна, лекторська діяльність;
- написання статей, тез доповідей, інших публікацій;
- участь у проведенні олімпіад, конкурсів, конференцій.

Студенти, які досягли значних успіхів у науково-дослідницькій діяльності, можуть працювати за індивідуальним графіком виконання навчального плану в межах установленого терміну навчання. Студенти-науковці по закінченню ВНЗ можуть бути рекомендовані до вступу в аспірантуру, на викладацьку роботу.

1. Шейко В.М., Кушнарєнко Н.М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності.-К.: Знання-Прес., 2002.-295с.

## НЮАНСИ БОЛОНСЬКОГО ПРОЦЕСУ

Гричановська Т.М., *ст. викладач*  
*Конотопський інститут СумДУ*

У 2005 році Україна приєдналась до Болонської угоди. Впровадження Болонських принципів означає наступне: введення дворівневої системи вищої освіти; введення кредитно-модульної схеми (КМС) навчання; модернізацію державної системи контролю якості навчання; наявність в ВНЗ внутрішньої системи управління якістю навчання; розробку форм нової документації; модернізацію схеми фінансування; включення студентів до процесу управління; розвиток академічної мобільності [1]. І подолавши два роки, можна вже відмітити деякі нюанси привнесені цим процесом в життя рядових викладачів і студентів.

**Де-юре.** В 1999 р. в італійському місті Болоньї міністрами освіти 29 держав було підписано Декларацію про формування спільного освітнього і наукового простору, яка передбачає реалізацію однакової для всіх держав двурівневу систему освіти - бакалаврат (3–4 роки) і магістратура (1–2 роки). Перший рівень орієнтований на ринок праці, інший - на наукові дослідження. Використовувана при цьому КМС, підвищує академічну свободу ВНЗ у визначенні змісту освіти, передбачає можливість студентам навчатись за індивідуальними планами. Ефективність і якість освіти тепер повинна вимірюватись працевлаштуванням випускників, їх конкурентноспроможністю на ринку праці, показниками молодіжного безробіття. Компетентнісний підхід, сукупність придбаних у ВНЗ фундаментальних знань, що перетворились в практичні навички, виступають стрижнем Болонської системи.

Основу нового компетентнісного підходу склала підготовка до практичної діяльності та формування певних професійних здібностей: наприклад, вміння приймати рішення і працювати в колективі (команді), швидко нарощувати (змінювати) кваліфікації, добирати необхідні для роботи знання і навички. В центрі уваги педагогів віднині повинні бути не формалізовані процедури передачі знань, а особистісний і професійний ріст студентів.

В освітніх закладах підвищується роль консультантів і освітніх брокерів, які допомагають студентам вибудовувати індивідуальну

траєкторію навчання. Під впливом компетентнісного підходу змінилась і система оцінки якості освіти. Замість результатів підсумкових іспитів, які враховуються в рейтингах ВНЗ, все більшої ваги набувають показники успішності випускників, наприклад, розміри заробітної плати після завершення навчання. Из Болонської декларації витікає необхідність вивішувати свої навчальні плани на інтернет-сайтах, робити прозорими фінансові документи та програми факультетів.

КМС називають також нелінійною організацією навчального процесу. Нелінійна система навчання - спосіб організації навчального процесу, при якому учні мають можливість індивідуально планувати послідовність освітнього процесу. Введення кредитів і модулів дозволяє студентам навчатися за індивідуальним планом, самостійно вибудовувати свою освітню траєкторію. Досвід західноєвропейських ВНЗ показує, що при цьому кількість дисциплін за вибором зростає в міру переходу студента з курсу на курс. Так, на першому курсі бакалаврата студенти, в залежності від напрямку підготовки мають можливість вибирати 20-40% дисциплін (інші дисципліни обов'язкові), на другому - 40-60%; на третьому - до 80%. Однак багаторічний досвід показує, що і на старших курсах недоцільно виходити за рамки 40% дисциплін за вибором [2]. Навіть в американських університетах свобода вибору студента обмежена і визначається обраною освітньою програмою (major). Існує список обов'язкових дисциплін, які необхідно вивчити для отримання відповідного ступеня. Свобода вибору поширюється переважно на гуманітарні та вузькоспеціальні предмети.

Головний плюс європейських стандартів - в їх раціональності. Кількість ввідних, спільних предметів скорочується, але увага концентрується на професійних навичках. Західна схема неперервної освіти така: вивчився на бакалавра - попрацював - доучився на магістра - попрацював - захистив докторську дисертацію. Чергування навчання і роботи - характерна риса нової системи навчання. Відповідно до КМС, для успішного закінчення університету необхідно накопичити певну кількість залікових одиниць — кредитів, які можна отримувати порціями в різних ВНЗ держав-учасниць Болонського процесу. Це дає можливість українським студентам подорожувати, навчатись і безперешкодно працевлаштовуватись за кордоном, оскільки дипломи єдиного зразка визнаватимуть учасники Болонської домовленості.



**Де-факто.** Всі студенти в нашій державі прагнуть отримати «повну вищу освіту», а бакалаврат вважається чимсь незакінченим. І, насамперед, такої думки притримуються працедавці, для яких бакалаврів і випускають.

На зміну традиційним екзаменам прийшли тести. Але експерти з впевненістю і гіркотою заявляють, що вони спрямовані на накопичення окремих знань, а не на вироблення розуміння суті предмета чи розвиток творчих і інтелектуальних здібностей. Наслідки сумні - фрагментарні беззв'язні пізнання, непригодні до «використання».

В Америці та західноєвропейських державах при використанні КМС акцентується увага на самостійну роботу студентів, широке використання комп'ютерних курсів та автоматизованих програм для викладення і об'єктивного контролю ступеня засвоєння матеріалу, включеного до кожного навчального модуля. Тому кількість лекційних і семінарських занять зводиться до мінімуму. В нашому випадку свободу надали, а умови кожен створює собі сам як уміє. Національний союз студентів Європи (ESIB), що об'єднує 11 мільйонів учнів з 37 держав, представив світу «Чорну Книгу Болонського процесу». В ній перелічені чисельні провали реформи, мова йде про неефективність КМС, про проблеми зі структурою бакалаврата-магістратури, про примарність студентської мобільності. А також говориться про те, що привабливе новаторство Болонської системи на практиці виявилось зовсім недосяжним.

В дійсності ж в домовленості, підписаній в Болоньї, мова йшла про узгодження, координування тільки другорядних аспектів навчального процесу ВНЗ-ів, їх зближення. Болонська декларація не є законодавчим актом, це всього навсього заява про наміри виробити критерії взаємного визнання дипломів, спільні підходи до професійної підготовки учнів; сприяння обміну студентами. Але ні слова про обов'язковість програм [3].

1. Касевич В.Б., Светлов Р.В., Петров А.В., Цыб А.А. Болонский процесс в вопросах и ответах. – СПб.: Издательство СПбГУ. – 2004
2. 5ballov.com.ua, Надежда Бучнева
3. Bologna Declaration. Joint Declaration of the European Ministers of Education Convened in Bologna on the 19th of June 1999.

## ПРЕЗЕНТАЦІЯ ЯК ВИД САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Ігнатенко В.М., *доцент*, Курганський М.М., *студент*

Кредитно - модульна система потребує значних зусиль від студента не тільки під час сесії, але й протягом усього семестру. В умовах, коли деякі групи налічують біля 30 студентів, значна кількість з них просто не встигає дати відповідь на занятті і незадоволена кількістю набраних балів. Таким чином, спілкування викладача зі студентами часто перетворюється у «переписку». Враховуючи величезне погодинне навантаження викладача та необхідність займатися науковою і методичною роботою фізично неможливим стає достатнє позааудиторне спілкування зі студентами.

Але на сучасному етапі розвитку суспільства висувуються особливі вимоги до підготовки конкурентоздатного спеціаліста: професіоналізм, компетентність, високий інтелектуальний рівень і т. і. Це означає, що під час навчання студенти мають набути не тільки глибоких різнобічних знань, але й розвинути свої аналітичні здібності та усвідомити свої власні можливості.

Інформація, яку надає викладач студентам не засвоюється ними одночасно у вигляді знань та вмій.

Вихід з такої ситуації вбачається один – активне залучення студентів у діяльність творчого характеру та розвиток їх творчих здібностей. Це можливо здійснити шляхом розвитку добре спланованої позааудиторної роботи студентів. Вона має задовольняти їх пізнавальні та творчі запити. Крім того, самостійна робота студентів є обов'язковим і дуже важливим компонентом процесу навчання. Загалом на неї припадає близько 30% усього навчального часу. Форми організації самостійної навчальної діяльності цілком визначаються викладачем та обумовлюються задачами курсу навчання.

Ефективна самостійна робота повинна мати:

- плановий характер на всіх рівнях;
- системний та організований характер;
- необхідне методичне забезпечення;
- контроль на всіх рівнях;
- критерії оцінювання;

- форму звітності.

Протягом значного проміжку часу проводяться дослідження з метою удосконалення змісту самостійної роботи студентів, підвищенню її ефективності. На наш погляд, одним із способів досягнення цього є використання комп'ютера, функції кого дозволяють ефективно організувати навчальну діяльність і, разом із цим, раціоналізувати увесь навчальний процес.

Будь-який вид самостійної роботи має супроводжуватися інструктажем з боку викладача, за участь у такій роботі нараховується відповідна кількість балів. Якими можуть бути види такої поза аудиторної роботи студентів з фізики? Це розрахункові лабораторні роботи, це науково-пошукова робота з обраної студентом теми. Також одним з видів індивідуальних завдань є запропонування студентам груп ІТ самим створити мультимедійну лекцію з застосуванням можливостей Power Point.

Прикладом такої лекції запропонована мультимедійна лекція – презентація: Фотоэффект. Закони фотоэффекту, створена студентом практично одноосібно. В презентації використовуються анімаційні можливості Power Point. Крім того, лекція супроводжується відеовставками.

Передбачається подальше використання таких матеріалів для самостійної підготовки студентів під час вивчення відповідного розділу.

## ЕЛЕКТРОННА БІБЛІОТЕКА ФАКУЛЬТЕТУ

Бібік В.В., директор  
Конотопський інститут СумДУ

Впровадження кредитно-модульної системи навчання передбачає підвищення ролі самостійної роботи студентів. Підготовка фахівців на старших курсах неможлива без доступу до сучасних наукових результатів, які часто ще не знайшли свого відображення в посібниках або підручниках. З іншого боку отримання такої інформації через мережу Інтернет наштовхується на суттєві затрати часу і часто малу ефективність пошукових систем. Тому на наш погляд створення електронної бібліотеки, яка містить необхідні матеріали або детальні посилання на джерела, вирішує не лише ці проблеми, а і проблему формування методичного забезпечення викладання певної дисципліни, що особливо актуально при наявності заочної форми навчання. При формуванні фонду матеріали розташовуються на сервері університету, але наповнення здійснюється не через бібліотечну систему в якій відсутні відповідні фахівці, а безпосередньо викладачами відповідних курсів. Матеріали структуруються за курсом і назвою дисципліни. Формати і розміри не обмежуються, хоча доцільно використовувати .doc, .pdf, .djvu або архівні файли.

Досвід використання такої бібліотеки дозволяє заключити, що крім переваг в доступі студентів до матеріалів у електронному вигляді значно покращилося методичне забезпечення предметів, оскільки повний їх перелік і зміст став доступним, як для завідувачів кафедр та методичних служб, так і для будь-якого викладача який має приклад більш досвідчених колег. Загалом впровадження такої системи привело до зменшення книговидачі бібліотекою, однак у порівнянні із цим втричі зросло звернення до пропонованого джерела знань.

## ДОСВІД ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ НА КАФЕДРІ ЗАГАЛЬНОЇ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ФІЗИКИ

Опанасюк А.С., доцент

Однією з передумов входження України до єдиної європейської зони освіти є її перебудова у відповідності з вимогами Болонської декларації. В умовах впровадження нової системи освіти особливого значення набуває проблема організації самостійної роботи студентів, оскільки відбувся суттєвий перерозподіл навчальних годин в сторону збільшення позааудиторної роботи. В результаті при навчанні студента акценти потрібно перенести із роботи в аудиторії на його самостійну діяльність. У цих умовах викладач повинен стати не стільки носієм інформації для студента, скільки організатором його самоосвіти.

Це потребує реалізації цілої низки організаційно-методичних заходів: а) довгострокового планування самостійної роботи студентів; б) її повного методичного забезпечення; в) створення ефективної системи контролю знань студентів.

Розглянуті методи реалізації цих положень при викладанні курсу фізики на кафедрі ЗЕФ. Студентам в електронному вигляді видається графік навчального процесу, електронні підручники та задачники, конспекти лекцій, теми рефератів та індивідуальних завдань, критерії оцінювання їх знань. Передбачена процедура здавання домашніх та індивідуальних завдань з метою виявлення вкладу студента у їх виконання. Відмічається, що нажаль більшість студентів, які навчаються на кафедрі не мають навичок самостійної роботи, які повинні даватися молоді ще при навчанні у школі.

## ФОРМУВАННЯ ПОЗИТИВНОЇ МОТИВАЦІЇ ВИВЧЕННЯ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ – ОДИН ІЗ ФАКТОРІВ УСПІШНОЇ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ АГРАРНИХ ВУЗІВ

Пугач В.І., ст. викладач, СНАУ

Вища освіта України переживає період реформування, внаслідок чого кількість аудиторних годин на викладання вищої математики для студентів інженерних спеціальностей в аграрних вузах зменшилася. Але вища математика для цих спеціальностей є фундаментом при вивченні спеціальних дисциплін і по суті має прикладний характер. Тому для викладача сьогодні є важливим завдання навчити студентів працювати самостійно.

Як показує практика, більшість студентів інженерних спеціальностей мають невисокий рівень знань з математики за середню школу. Тому при вивченні вищої математики до таких студентів необхідний особливий підхід. По-перше, на початку навчання у вузі доцільно провести додаткові заняття по повторенню шкільного матеріалу з математики. А далі для студентів потрібно створити таку позитивну мотивацію навчання, щоб у них з'явився потяг до навчання як в аудиторії, так і в позааудиторний час, зріс інтерес до пізнання нового, з'явилося бажання навчитися працювати самостійно.

Вихованню позитивної мотивації аудиторного і позааудиторного навчання сприяє загальна атмосфера у вузі, включення студентів у колективістичні форми організації різних видів діяльності, відношення співробітництва викладача і студентів, участь студентів в оцінювальній діяльності і формування у них адекватної самооцінки.

Щоб організувати позитивну мотивацію навчання, викладачу потрібно бути гарним психологом. На основі спостережень він повинен вивчати емоції студентів, фіксувати їх в різних ситуаціях під час виконання різноманітних завдань. Викладач повинен правильно проаналізувати свої спостереження та зробити адекватні висновки з метою ефективної організації своєї подальшої педагогічної діяльності.

Крім того, формуванню позитивної мотивації навчання сприяють незвичні оригінальні форми викладання навчального матеріалу, цікаві задачі, задачі практичного змісту, в яких спостерігається єдність

теоретичного і прикладного напрямків в математиці. При розв'язуванні саме таких задач розкриваються методологічні питання взаємозв'язку теорії з практикою і студенти переконуються в тому, що вивчення вищої математики є важливим для обраної ними інженерної спеціальності. При формуванні позитивної мотивації навчання викладачу не слід також забувати про важливий принцип навчання від простого до складного.

Застосовуючи різноманітні прийоми формування позитивної мотивації навчання, викладачу треба пам'ятати, що зовнішні умови впливають на мотивацію навчання не безпосередньо, а тільки через внутрішнє відношення до них самих студентів. Не можна ігнорувати при цьому роль і характер педагогічних вимог до студентів. Вимоги до студентів не повинні бути надмірними, бо надмірність вимог може породжувати у свідомості студентів негативний психологічний комплекс неповноцінності. З іншого боку, будь-яке зниження вимог до обсягу і характеру засвоєння необхідних знань знижує позитивну мотивацію навчання студентів. Тому рівень педагогічних вимог необхідно підвищувати. Але це повинно бути в межах розумного.

Особливе значення має закріплення умінь студентів вчитися. Це забезпечує засвоєння всіх видів знань і їх застосування в нових умовах, самостійне виконання навчальних дій і самоконтроль.

Отже, перед викладачами стоїть завдання так організувати навчальний процес, щоб досягти позитивної мотивації вивчення вищої математики, зокрема в позааудиторний час, підвищити якість знань студентів, сформувати в них умінь самостійно здобувати знання, розвивати і удосконалювати розумові здібності з кінцевою метою одержання повноцінної професійної освіти.

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВИЩОЇ ОСВІТИ В УМОВАХ ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА

Коломієць С.В., к.ф.-м.н., СНАУ

Нові цінності інформаційного суспільства висувають нові вимоги до якості вищої освіти. Сучасний світ потребує фахівців із широким кругозором, глибокою науковою підготовкою у професійній сфері, здатних до свободи дій, до швидкої орієнтації у потоці інформації, до постійного поповнення та оновлення знань.

Згідно з Національною доктриною розвитку освіти, мета державної політики полягає у створенні умов для розвитку особистості і творчої самореалізації кожного громадянина України, вихованні покоління людей, здатних ефективно працювати і навчатися протягом життя, оберігати й примножувати цінності національної культури та громадянського суспільства.

Перед системою вищої освіти постають нові завдання, пов'язані з виробленням нової педагогічної стратегії, визначенням цілей та задач освіти, її змісту, принципів та методів. Нова парадигма як пріоритетне завдання освіти передбачає орієнтацію на інтереси особистості, адекватні сучасним тенденціям суспільного розвитку, а також набуття компетенції, ерудиції, формування творчості, культури особистості.

Серед задач вищої школи особливої уваги потребують наступні:

- сформувати у студентів потребу в самоосвіті, у постійному підвищенні рівня кваліфікації, озброїти їх раціональними прийомами самостійної навчальної діяльності;
- сприяти розвитку самостійного, критичного, творчого мислення, творчої активності майбутніх фахівців;
- сприяти соціальній самореалізації особистості в умовах сучасного інформаційного суспільства;
- сформувати навички грамотного збирання та опрацювання інформації;
- сприяти розвитку комунікативних здібностей та культури комунікації майбутніх фахівців.

Реалізація інновацій в учбовому процесі потребує зміни ролі викладача, який вже не є єдиним джерелом інформації та практичного досвіду, а має бути одночасно і джерелом авторитетної інформації, і організатором пізнавального процесу, і наставником та психологом;



готовності та прагнення самих студентів до самопізнання, самоосвіти та самореалізації; наявності ефективного механізму зв'язку викладач–студент.

Перехід від нормативної до відкритої системи освіти потребує пошуку адекватних методів і технологій освіти, використання демократичного стилю у побудові освітнього процесу, готовності викладача до переходу від авторитарного управління освітньою діяльністю до сумісної діяльності та співробітництва. Новий демократичний стиль, який використовується у побудові освітнього процесу, характеризується наступними особливостями:

- формальний процес передачі знань замінюється розв'язанням конкретних завдань, які спільно обговорюють викладач і студент;
- формування знань і вмінь студентів відбувається не через пасивне запам'ятовування, а полягає в оволодінні різноманітною інформацією;
- формою спілкування викладача зі студентом стає взаємний обмін інформацією, що передбачає велику самостійну роботу та самоосвіту студентів шляхом застосування окрім традиційних, нових засобів пізнання, пов'язаних із сучасними технічними можливостями;
- характер відношення між учасниками освітнього процесу базується на чергуванні домінування або рівності викладача і студента.

## ДЕЯКІ ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Баталова А.Б., асистент, СНАУ

Однією з найважливіших проблем, яка стоїть перед вищою школою, є підвищення якості підготовки фахівців. Студент і випускник вищого навчального закладу повинен не тільки отримувати знання по предметам програми, оволодівати вміннями і навичками використання цих знань, методами дослідницької роботи, але і уміти самостійно набувати нові наукові відомості.

В зв'язку з цим все більшого значення набуває самостійна робота студентів.

Організація аудиторної та позааудиторної самостійної роботи в процесі навчання у вузі, формування умінь учбової праці є основою для післявузівської освіти і подальшого підвищення кваліфікації.

Таким чином, у вузі студенти повинні отримати підготовку до подальшої самоосвіти, а засобом досягнення цієї мети є самостійна робота.

Самостійна робота розглядається, з одного боку, як вид діяльності, стимулюючий активність, самостійність, пізнавальний інтерес, і як основа самоосвіти, поштовхом до подальшого підвищення кваліфікації, а з іншого - як система заходів або педагогічних передумов, що забезпечують керівництво самостійною діяльністю студентів.

Навчання самостійній роботі (у тому числі і з професійно орієнтованою літературою) є однією із сторін наукової організації праці студентів.

Наукова організація праці студента в найзагальнішому вигляді складається з отримання достатніх відомостей про можливості вибору поля діяльності, постановки цілей, розподіл часу, оволодіння системою найбільш ефективних прийомів, самоврядування, забезпечення необхідних напрацювань на майбутнє та ін.

Самостійна робота студентів визначається чинниками, змістом і структурою методичної підготовки, як однією з основних форм організації учбової діяльності. Саме в процесі самостійної роботи з елементами дослідницької роботи виробляється гнучка система знань, які надалі носять стійкий характер, формуються навички самоосвіти.

Тому, починаючи з першого курсу, студента необхідно навчати інтенсивно і систематично самостійній роботі, тобто привчати до здатності набувати і формувати нові знання, застосовувати отримані знання в професійній практичній роботі.

Для того, щоб самостійна робота студента була ефективною необхідно виконати ряд умов, до яких можна віднести наступні:

1. Забезпечення правильного поєднання об'єму аудиторної та самостійної роботи.

2. Правильна організація методичної роботи студента в аудиторії та поза нею.

3. Забезпечення студента необхідними методичними матеріалами з метою перетворення самостійної роботи на творчий процес.

4. Контроль за ходом самостійної роботи і заходи, що заохочують студента на її якісне виконання.

Виділяються дві групи чинників: організаційні і методичні. Група організаційних чинників включає бюджет часу, учбову літературу і учбово-лабораторну базу. У методичні чинники входять планування, навчання методам і управління самостійною роботою студентів.

Самостійна робота (в тому числі зі спеціальною літературою) виконує пізнавальну, навчальну і виховну функції, тобто розширює і заглиблює отримані на заняттях знання, розвиває уміння і навички по вивченню літератури, виховує самостійність, творчість, переконаність.

Самостійна робота повинна здійснюватися студентами як пізнавальна діяльність, стати засобами виховання таких особових якостей, як самостійність, активність, формувати творче відношення до сприйманої інформації.

## ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ПОЗААУДИТОРНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Рясна О.В. асистент, Ребрій А.М. ст. викладач, СНАУ  
Плавинська О.В. ст. викладач, СНАУ

Основне завдання вищої освіти полягає у формуванні творчої особистості фахівця, здібного до саморозвитку, самоосвіти, інноваційної діяльності. Розв'язання цього завдання навряд чи можливо тільки шляхом передачі знань в готовому вигляді від викладача до студента. Необхідно перевести студента з пасивного споживача знань в активного їх творця, що уміє сформулювати проблему, проаналізувати шляхи її вирішення, знайти оптимальний результат і довести його правильність.

У дослідженнях, присвячених плануванню і організації самостійної роботи студентів розглядаються загально дидактичні, психологічні, організаційно-діяльні, методичні, логічні і інші аспекти цієї діяльності, розкрито багато сторін досліджуваної проблеми, особливо в традиційному дидактичному плані. Проте особливої уваги вимагають питання мотиваційного, процесуального, технологічного забезпечення самостійної аудиторної і поза аудиторної пізнавальної діяльності студентів – цілісна педагогічна система, що враховує індивідуальні інтереси, здібності і схильності тих, хто навчаються.

У цьому плані слід визнати, що самостійна робота студентів (СРС) є не просто важливою формою освітнього процесу, а повинна стати його основою.

В першу чергу необхідно достатньо чітко визначити, що ж таке самостійна робота. У загальному випадку це будь-яка діяльність, пов'язана з вихованням мислення майбутнього фахівця. Будь-який вид занять, що створює умови для зародження самостійної думки, пізнавальної активності студента пов'язаний із самостійною роботою. У широкому сенсі під самостійною роботою слід розуміти сукупність всієї самостійної діяльності студентів, як в навчальній аудиторії, так і поза нею, у контакті з викладачем і в його відсутності:

- безпосередньо в процесі аудиторних занять - на лекціях, практичних і семінарських заняттях, при виконанні лабораторних робіт;

- у контакті з викладачем поза рамками розкладу - на консультаціях з навчальних питань, в ході творчих контактів, при ліквідації заборгованостей, при виконанні індивідуальних завдань та ін.;

- у бібліотеці, вдома, в гуртожитку, на кафедрі при виконанні студентом учбових і творчих завдань;

Межі між цими видами робіт достатньо розмиті, а самі види самостійної роботи перетинаються.

Активна самостійна робота студентів можлива тільки за наявності серйозної і стійкої мотивації. Найсильніший мотивуючий чинник - підготовка до подальшої ефективної професійної діяльності.

Розглянемо внутрішні чинники, сприяючі активізації самостійної роботи. Серед них можна виділити наступні:

1. Корисність виконаної роботи. Якщо студент знає, що результати його роботи будуть використані в лекційному курсі, в методичній допомозі, в лабораторному практикумі, при підготовці публікації або іншим чином, те відношення до виконання завдання істотно міняється в кращу сторону і якість виконаної роботи зростає. При цьому важливо психологічно підготувати студента, показати йому, як необхідна виконана робота.

2. Участь студентів в творчій діяльності. Це може бути участь в науково-дослідних гуртках, дослідно-конструкторській або методичній роботі, що проводиться на тій або іншій кафедрі.

3. Участь в олімпіадах по учбових дисциплінах, конкурсах науково-дослідних або прикладних робіт і так далі.

4. Використання мотивуючих чинників контролю знань (накопичувальні оцінки, рейтинг, тести, нестандартні екзаменаційні процедури). Ці чинники за певних умов можуть викликати прагнення до змагальності, що само по собі є сильним мотиваційним чинником самовдосконалення студента.

5. Заохочення студентів за успіхи в навчанні і творчої діяльності (стипендії, преміювання, заохочувальні бали) і санкції за погане навчання. Наприклад, за роботу, здану раніше терміну, можна проставляти підвищену оцінку, а інакше її знижувати.

6. Індивідуалізація завдань, що виконуються як в аудиторії, так і поза нею, постійне їх оновлення.

Основне завдання організації самостійної роботи студентів полягає в створенні психолого-дидактичних умов розвитку інтелектуальної ініціативи і мислення на заняттях будь-якої форми. Основним

принципом організації СРС повинен стати переклад всіх студентів на індивідуальну роботу з переходом від формального виконання певних завдань при пасивній ролі студента до пізнавальної активності з формуванням власної думки при вирішенні поставлених проблемних питань і завдань. Мета СРС - навчити студента осмислено і самостійно працювати спочатку з учбовим матеріалом, потім з науковою інформацією, закласти основи самоорганізації і самовиховання з тим, щоб прищепити уміння надалі безперервно підвищувати свою кваліфікацію.

Вирішальна роль в організації СРС належить викладачеві, який повинен працювати не із студентом “взагалі”, а з конкретною особою, з її сильними і слабкими сторонами, індивідуальними здібностями і схильностями. Завдання викладача - побачити і розвинути кращі якості студента як майбутнього фахівця високої кваліфікації.

Види поза аудиторної роботи СРС різноманітні: підготовка і написання рефератів, доповідей, нарисів і інших письмових робіт на задані теми. Студентові бажано надати право вибору теми і навіть керівника роботи, виконання домашніх завдань різноманітного характеру. Це - вирішення завдань, переклад і переказ текстів, підбір і вивчення літературних джерел, розробка і складання різних схем, виконання графічних робіт, проведення розрахунків і інше, виконання індивідуальних завдань, направлених на розвиток у студентів самостійності і ініціативи. Індивідуальне завдання може отримувати як кожен студент, так і частина студентів групи, виконання курсових проектів і робіт, підготовка до участі в науково-теоретичних конференціях, оглядах, олімпіадах і ін.

Щоб розвинути позитивне відношення студентів до поза аудиторної СРС, слід на кожному її етапі роз'яснювати цілі роботи, контролювати розуміння цих цілей студентами, поступово формуючи у них уміння самостійної постановки завдання і вибору мети.

Відзначимо, що конкретні шляхи і форми організації самостійної роботи студентів з урахуванням курсу навчання, рівня підготовки та інших чинників визначаються в процесі творчої діяльності викладача, тому дані рекомендації не претендують на універсальність. Їх мета - допомогти викладачеві сформувати свою творчу систему організації самостійної роботи студентів.

## РОЛЬ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ У НАВЧАЛЬНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ

Плавинська О.В. ст. викладач, Корж М.Д., к.т.н., доц., СНАУ

Технологія навчання, яка тривалий час використовувалась у наших вузах і яка базувалася на пасивних, в основному принципах навчання, не виправдала себе. Вона недостатньо впливала на мотивацію навчання, на систематичну, по-справжньому самостійну роботу студентів по оволодінню знаннями.

Сучасний вузівський процес має усталені форми та методи. Але навіть неглибокий аналіз показує, що вузівська система навчання, її організація не враховують ряд змін, які відбуваються у нашому суспільстві. Відбувається інтенсивне поновлення і збільшення об'єму знань, майже лавиноподібне, що у кінцевому рахунку призводить до підвищення складності процесу навчання. Суттєво зросли вимоги до рівня підготовки сучасних спеціалістів з вищою освітою. Тому останнім часом педагоги все частіше повертаються у своїй роботі до перевірених методів навчання, у тому числі надають важливого значення самостійній роботі студентів. Навчання у вузі повинно опиратися головним чином на самостійну навчальну працю студентів, що дає змогу готувати висококваліфікованих та кваліфікованих спеціалістів.

Процес навчання у вузі є своєрідним процесом самостійного «відкриття» вже відомих у науці знань. «Людина досконало володіє лише тим, що сама здобуває власною працею», - не можна не погодитись зі словами С.Л.Рубінштейна. У загальному плані можна сказати, що основною метою навчання є - розумовий, пізнавальний розвиток студентів. Оволодіння навчальним матеріалом, розвиток і виховання особистості в процесі навчання відбувається лише за умови прояву її високої активності в навчально-пізнавальній діяльності. Організована діяльність, у якій людина бере участь без бажання, практично не розвиває її. Ось чому кажуть: можна силою привести коня до води, але не можна присилувати його пити. І людину, як зазначав Л.В.Занков, не можна силою змусити вбирати знання, здобувати освіту: «Всебічного розвитку, духовного багатства не можна досягти шляхом примусу. Справжнє духовне багатство

створюється тоді, коли людина сама тягнеться до знань, науки, мистецтва”.

Самостійній роботі студентів педагогіка відводить чільне місце, як органічній частині підготовки спеціалістів, важливій складовій навчального процесу. Яким би досвідченим не був викладач, він лише організовує пізнавальну діяльність студентів, спрямовує їх у морі знань, допомагає осмислити матеріал а ефективність навчальної роботи майбутніх спеціалістів залежить у першу чергу від їх організованості, цілеспрямованості й активності, від уміння працювати самостійно. Уміння самостійно аналізувати і синтезувати матеріал, зіставляти й протиставляти отримані знання.

Методично правильно організована самостійна робота студентів передбачає:

1) планування навчального матеріалу з даної дисципліни для самостійного вивчення на планових заняттях;

2) планування об'єму навчального матеріалу та додаткової літератури, рекомендованої студентам для самостійного вивчення у позаурочний час;

3) контроль за ходом самостійної роботи студентів.

Система навчально-методичних засобів, необхідних для само-стійної роботи студента, має передбачати підручники, навчальні та методичні посібники, конспекти лекцій викладача, практикум тощо.

Все активніше у вузах нашої країни впроваджується так звана модульна система контролю знань студентів протягом усього періоду вивчення даного курсу. Ця система значно розширює рамки самостійної роботи (домашні завдання, контрольні-блискавки, тести, реферати), закріплює контакт з викладачем, усуває зрівняльний підхід до оцінки знань студентів, змушує студента навчатися; він розуміє, що всі його старання (навіть у оформленні РГР) будуть належним чином оцінені.



## МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВА ТА КРЕДИТНО-МОДУЛЬНА ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ

Ребрій А.М. ст. викладач, Рибенко І.О. асистент, СНАУ

Нинішній етап розвитку вищої освіти характеризується модернізацією і реформуванням, спрямованими на приєднання до Болонського процесу з метою входження в європейський освітній і науковий простір. Болонський процес ґрунтується на цінностях європейської освіти і культури і не нівелює національні особливості освітньої системи України. Його метою є прийняття зручних і зрозумілих градацій дипломів, ступенів і кваліфікацій, введення двоступеневої структури вищої освіти (бакалавр - магістр), використання єдиної системи кредитних одиниць і додатків до дипломів, розробка, підтримка і розвиток європейських стандартів якості освіти, підвищення мобільності студентів, викладачів, науковців.

В останні роки у вищих навчальних закладах запроваджується модульно-рейтингова та кредитно-модульна система оцінювання знань. Ці системи аналізу навчальної діяльності студентів є важливими для створення оптимальних умов у професійній підготовці фахівців.

У підході до розуміння певного явища системи, варто усвідомити, передусім, вихідні поняття. Під модульною організацією навчання слід розуміти: принципи і критерії поділу змісту навчального матеріалу на відносно самостійні частини; принципи акценту на самостійну навчальну роботу студентів; принципи поетапного оцінювання навчальних успіхів студентів. Модульно-рейтинговий контроль – поетапний контроль успішності студентів за навчальними модулями з виведенням індивідуального рейтингу. Система модульно-рейтингового контролю – сукупність форм, засобів, методів та прийомів контролю, які виходять з цілей і змісту навчальних дисциплін.

Для запровадження модульно-рейтингової системи потрібно: здійснити необхідну методичну підготовку викладачів; запровадити науково обґрунтовану і методично забезпечену самостійну навчальну роботу студентів; домогтися запровадження модульного навчання: з

кожної навчальної дисципліни чітко визначити навчальні модулі; обґрунтувати оцінювання кожного модуля в залікових одиницях.

Впровадження кредитно-модульної системи навчання передбачає реорганізацію традиційної схеми "навчальний семестр - навчальний рік, навчальний курс", раціональний поділ навчального матеріалу дисципліни на модулі й перевірку якості засвоєння теоретичного і практичного матеріалу кожного модуля, використання більш широкої шкали оцінювання знань, одержаних протягом семестру.

Модульно-рейтингова, і кредитно-модульна система організації навчання - це важливий крок у вищій школі. Але вони потребують від науково-педагогічних працівників належної психолого-педагогічної підготовки, перебудови організаційних і методичних аспектів навчально-виховного процесу.

Узагальнення результатів теоретичного та дослідно-експериментального дослідження з проблеми системи модульно-рейтингового контролю успішності студентів дало можливість дійти таких висновків : введення модульно-рейтингової системи контролю знань, навичок і вмінь значною мірою усуває негативні сторони зрівняльної системи навчання. Визначення рейтингу дозволяє також знижувати можливість одержання незаслуженої (випадкової) оцінки з досліджуваної теми, оскільки рейтинг урахує роботу студента протягом півріччя.