РОБОТА НА ЗДОБУТТЯ ДЕРЖАВНОЇ ПРЕМІЇ УКРАЇНИ
В ГАЛУЗІ НАУКИ ТА ТЕХНІКИ В 2021 р. ВИСУНУТА ВЧЕНОЮ РАДОЮ
ІНСТИТУТУ ЗАГАЛЬНОЇ ТА НЕОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ ІМ. В.І. ВЕРНАДСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України, м.Київ
Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України, м.Київ
Львівський національний університет ім. Івана Франка МОН України, м.Львів
Національний університет “Львівська політехніка” МОН України, м.Львів
НТУ “Харківський політехнічний інститут” МОН України, м.Харків

Електрохімія функціональних матеріалів і систем

УЧАСНИКИ – АВТОРИ

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

Колбасов Геннадій Якович, член-кореспондент НАН України, доктор хімічних наук, професор, завідувач відділу електрохімії і фотоелектрохімії неметалічних систем

Кублановський Валерій Семенович, доктор хімічних наук, професор, завідувач відділу електрохімічного матеріалознавства та електрокаталізу

Берсірова Оксана Леонідівна, доктор технічних наук, провідний науковий співробітник відділу електрохімічного матеріалознавства та електрокаталізу

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Сахненко Микола Дмитрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної хімії

Ведь Марина Віталіївна, доктор технічних наук, професор, професор кафедри загальної та неорганічної хімії

Національний університет "Львівська політехніка" МОН України

Кунтий Орест Іванович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри хімії і технології неорганічних речовин

Львівський національний університет імені Івана Франка МОН України

Решетняк Олександр Володимирович, доктор хімічних наук, професор, в.о. завідувача кафедри фізичної та колоїдної хімії

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

Посудієвський Олег Юлійович, доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу вільних радикалів

ПУБЛІКАЦІЇ

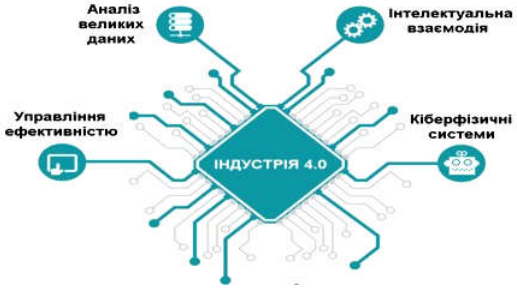
Загальна кількість цитувань / i10-індекс / h-індекс публікацій за роботою Web of Science - 1856/52/21, Scopus - 2185/71/23, Google Scholar - 4903/148/33

30 монографій (7 видані за кордоном), **39 розділів монографій** (30 видані за кордоном),
36 підручників та наукових посібників (5 англомовні, видані за кордоном),
500 статей (350 - англомовних, в журналах з імпакт-фактором)

МЕТА РОБОТИ

Розроблення теоретичних основ спрямованого синтезу та створення широкого спектру нових конкурентноздатних матеріалів і систем на основі встановлення структурно-функціональних закономірностей їх електрохімічного формування

Електрохімія функціональних матеріалів і систем у вимірах ЧЕТВЕРТОЇ ІНДУСТРІАЛЬНОЇ РЕВОЛЮЦІЇ



Робота спрямована на **розв’язання цілої ланки важливих науково-практичних проблем**, що потребувало розробки узагальненого теоретичного підґрунтя для вдосконалення вже існуючих і створення нових електрохімічних технологій, що будуть відповідати **революційним вимогам сьогодення та найближчого майбутнього (INDUSTRY 4.0)** - концепції керованого електрохімічного синтезу функціональних матеріалів і систем з прогнозованими властивостями, з'ясування механізмів їх утворення та виявлення взаємозв’язку між складом, структурними особливостями та властивостями.

Основні напрямки досліджень даної роботи стосуються електрохімії, як безпосередньо ***метода синтезу нових матеріалів*** - шляхом їх формування (MEMS-технології, темплайтний синтез, наноелектрохімія) або електролізу, як способу формування функціонального/поліфункціонального шару/шарів на поверхні конструкції-носія, так і ***дослідження та дизайну електрохімічних властивостей*** отриманих матеріалів/покриттів/плівок/наночастинок для забезпечення кінцевому високотехнологічному виробу відповідного функціонального призначення, підвищення його конкурентоздатності.

УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМИ СИСТЕМАМИ РІЗНОГО РІВНЯ СКЛАДНОСТІ

КОНСТРУЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І СИСТЕМ

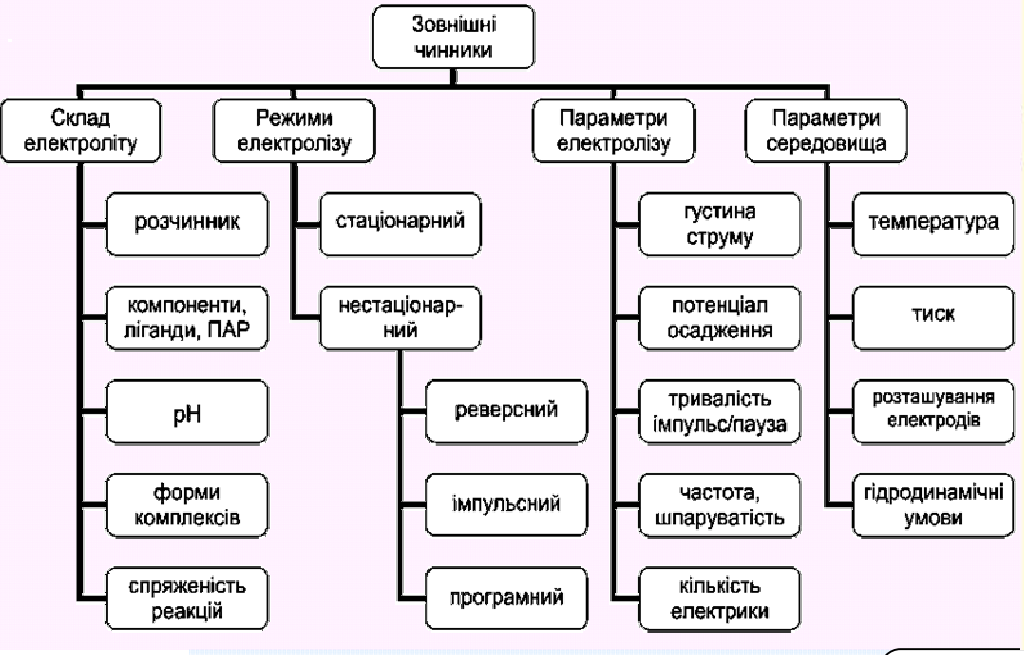
Загальний алгоритм включає наступні етапи:

1. Створення бази даних для опису об’єктів проєктування
2. Моделювання
3. Побудова прогнозної оцінки за результатами моделювання
4. Функціоналізація розв’язків

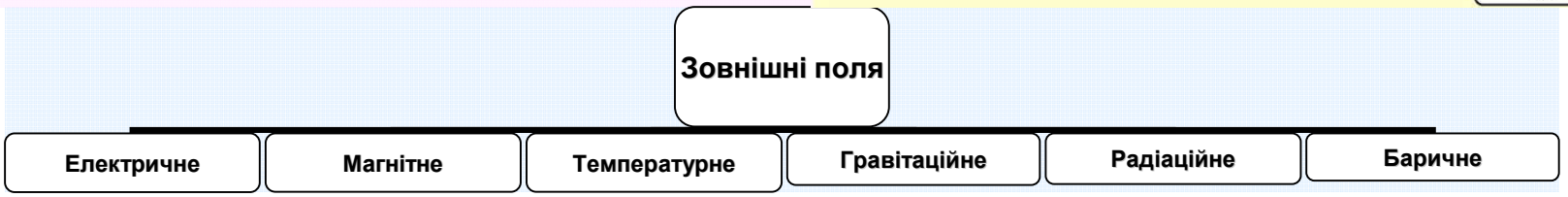
Електрохімічне формування функціональних властивостей

(на прикладі електролітичних сплавів):

Передумови (I)



Передумови (II)



УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМИ СИСТЕМАМИ РІЗНОГО РІВНЯ СКЛАДНОСТІ

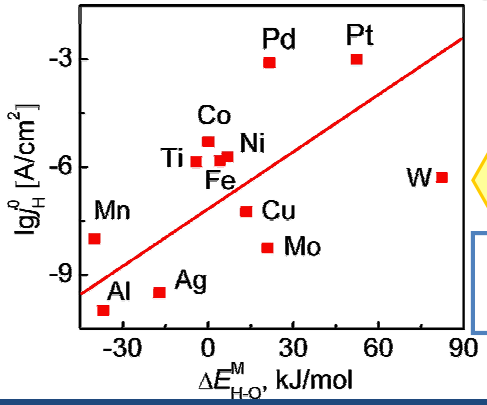
КОНСТРУЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І СИСТЕМ

Побудова прогнозної оцінки за результатами моделювання

Принципи селекції сплавотвірних компонентів

- Наявність сировинної бази
- Можливість рециклінгу
- Високі споживчі властивості
- Низька токсичність
- Здатність до співосадження
- Термодинамічна сумісність
- Імовірність синергізму
- Прогнозні оцінки та ін.

Селекція сплавотвірних компонентів за атомно-молекулярними характеристиками



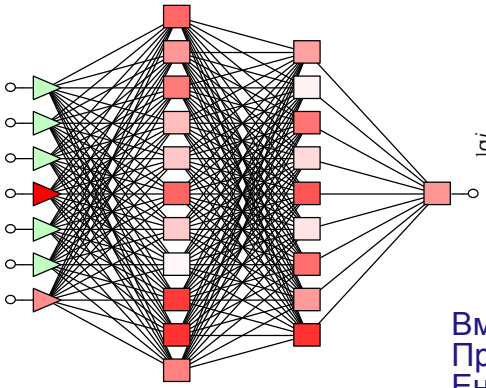
Адитивні сплави
Pd-Ni, Co-Fe…

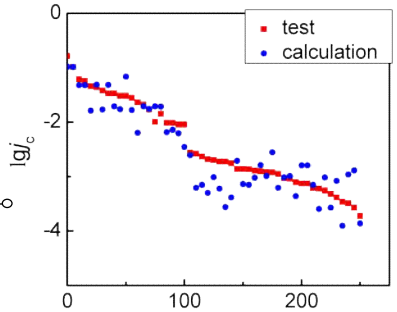
Біфункціональні (синергетичні) сплави
Co-W, Ni-W, Ni-Mo, Co-Mo, Co-Ag…

Густина струму обміну водню як функція різниці енергій звязку “metal-H” и “metal-O”

Застосування засобів штучного інтелекту до аналізу властивостей електрохімічних систем

Архітектура штучної нейронної мережі для прогнозування швидкості корозії сплаву Ni-W

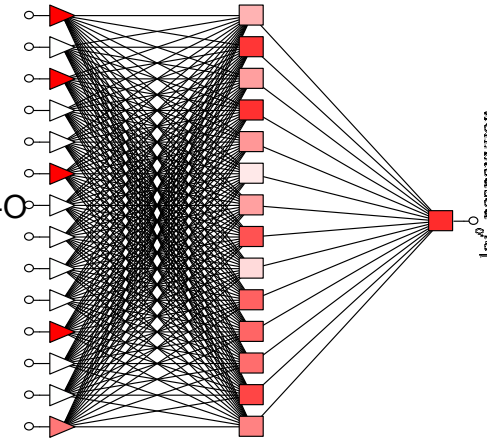


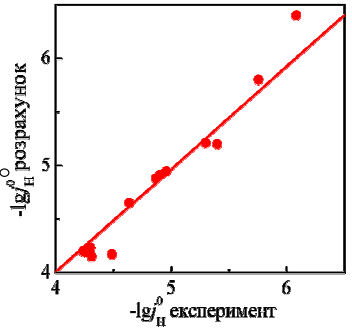


Найбільш значущі чинники:
Вміст вольфраму;
Провідність металів і їх оксидів;
Ентальпія оксидів WO_3, NiO;
Ентропія оксидів WO_3, NiO.

Архітектура ШНМ для прогнозування електрокаталітичної активності сплаву Co-W і головні чинники впливу

ρ
c_p
$E_{M\text{-}O}$
$T_{пл}$
$S_{ок}$





УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМИ СИСТЕМАМИ РІЗНОГО РІВНЯ СКЛАДНОСТІ

РОЗРОБКА ТЕОРІЙ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРООСАДЖЕННЯ

Основні важелі ефективного управління електрохімічними системами.

Розробка ***теорії розряду-іонізації електрохімічно активних комплексів (теорія ЕАК)***

Кінетика та механізм електровідновлення комплексів з точки зору теорії ЕАК

Кінетичні електрохімічні функції

ОБ'ЄМ ЕЛЕКТРОЛІТУ

Ф(L) – закомплексованість

$$\Phi(L) = 1 + \sum_{i=0}^{i=n} \beta_n \cdot [L]^n$$

функція Яцимірського

$\bar{n} - f(\lg[L])$ **СКЧ іонів в розчині**

$$\bar{n} = \frac{[L] \cdot \frac{\partial \Phi(L)}{\partial([L])}}{\Phi(L)} = \frac{\sum_{i=0}^{i=n} n \cdot \beta_n \cdot [L]^n}{1 + \sum_{i=0}^{i=n} \beta_n \cdot [L]^n}$$

функція Б'єррума

МЕЖА ПОДІЛУ ФАЗ

θ(L) – електрохімічна закомплексованість

$$\theta(L) = \frac{C_M}{[ML_m]} = \frac{\sum_{i=0}^{i=n} \beta_i \cdot [L]^i}{\beta_m \cdot [L]^m}$$

функція Городиського

$\bar{\kappa} - f(\lg[L])$ **СКЧ іону, що реагує на електроді**

$$\bar{\kappa} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} iK_i \beta_i [L]^i}{\sum_{i=0}^{i=n} K_i \beta_i [L]^i}$$

функція Кублановського

де K_i – константа швидкості і–го іона;
β_i – константа стійкості;
[L] – рівноважна концентрація ліганду

Рівняння для визначення ЕАК:

при E_i=const

$$\bar{\kappa} = \frac{\partial \ln[j_-]/[M]_s}{\partial \ln[L]_s} = \frac{\partial \ln(j_- \cdot \Phi_s)}{\partial \ln[L]_s}$$

при ΔE=const

$$\bar{\kappa} = \frac{\partial \ln j_-}{\partial \ln[L]} - \frac{\alpha z F}{RT} \cdot \frac{\partial E_j = 0}{\partial \ln[L]} + \bar{n}$$

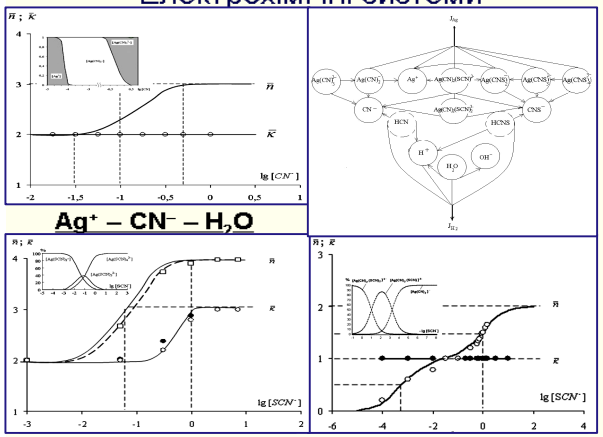
при j=const

$$\bar{\kappa} = \frac{\alpha z F}{RT} \cdot \frac{\partial \ln \Delta E}{\partial \ln[L]} - \frac{\alpha z F}{RT} \cdot \frac{\partial E_j = 0}{\partial \ln[L]} + \bar{n}$$

Отримані нові дані про взаємозв'язок між електрохімічною кінетикою (швидкістю, потенціалом і перенапругою) та електроосадженням (структурою та морфологією). Розмір кристалічного зерна, як головна структурна характеристика осаду, знаходиться в прямій залежності від кінетики електровідновлення ЕАК. Коли в системі і на поверхні електрода утворюються ЕНАК, спостерігається гальмування процесу електровідновлення ЕАК, пов'язане з хімічною електродною стадією.

КРИВІ УТВОРЕННЯ n–f(lg[L]); κ–f(lg[L]) як спосіб розкриття природи й механізму «електрохімічного відновлення» металів на прикладі срібла та золота

Електрохімічні системи



$Ag^+ – CN^- – H_2O$

$Ag^+ – SCN^- – H_2O$

$Ag^+ – CN^-\text{-}SCN^- – H_2O$

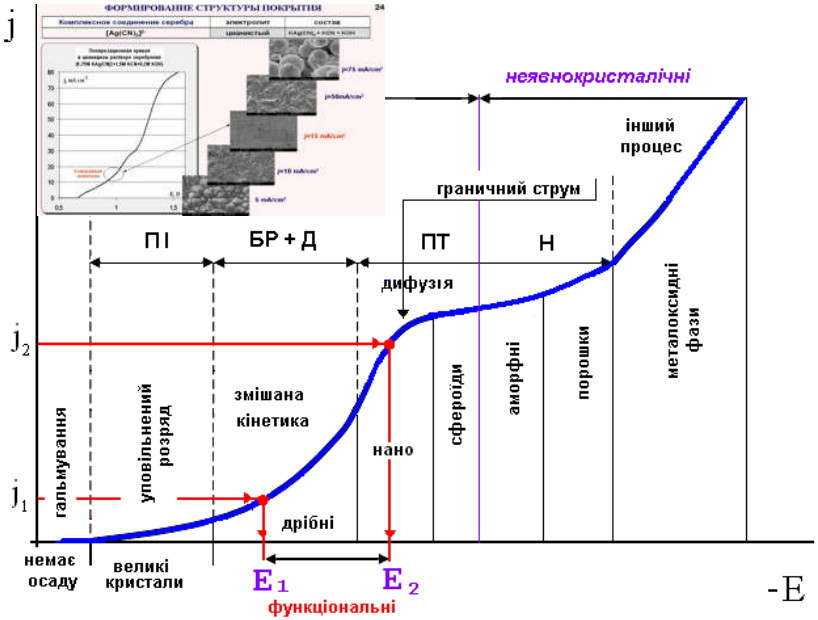
Узагальнений механізм електродних процесів при розряді координаційних іонів срібла та золота
Утворення електрохімічно активних комплексів в системах:

Система	M	ML	ML_2	ML_3	ML_4
$Ag^+ – CN^-$	ЕНАК	ЕНАК	ЕАК	ЕНАК	–
$Ag^+ – SCN^-$	ЕНАК	ЕНАК	ЕАК	ЕНАК / ЕАК	ЕНАК
$Ag^+ – CN^- – SCN^-$	ЕНАК	ЕНАК	ЕАК	ЕАК	ЕНАК
$Ag^+ – SO_3^{2-}$	ЕНАК	ЕНАК	ЕАК	ЕНАК	–
$Au^+ – CN^-$	ЕНАК	ЕНАК	ЕАК	–	–
$Au^+ – SO_3^{2-}$	ЕНАК	ЕНАК	ЕАК	ЕНАК	–
$Au^+ – S_2O_3^{2-}$	ЕНАК	ЕНАК	ЕАК	ЕНАК	–
$Au^{3+} – Cl^-$	ЕНАК	ЕНАК	ЕНАК	ЕАК	ЕНАК

УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМИ СИСТЕМАМИ РІЗНОГО РІВНЯ СКЛАДНОСТІ

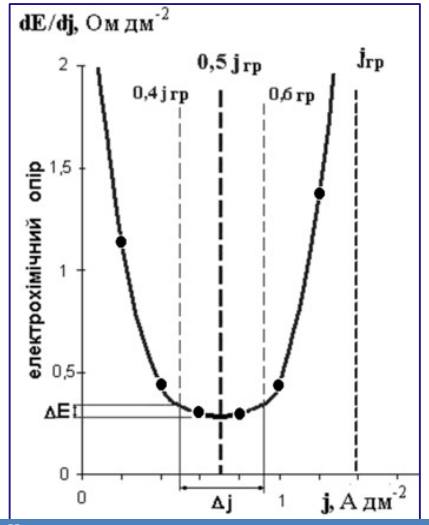
РОЗРОБКА ТЕОРІЙ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРООСАДЖЕННЯ

Основні важелі ефективного управління електрохімічними системами. Формування електролітичних матеріалів прогнозованого складу, структури і властивостей. Розробка *теорії електрохімічного опору*



Для умов змішаної кінетики похідна потенціалу за струмом dE/dj **(електрохімічний опір системи)**

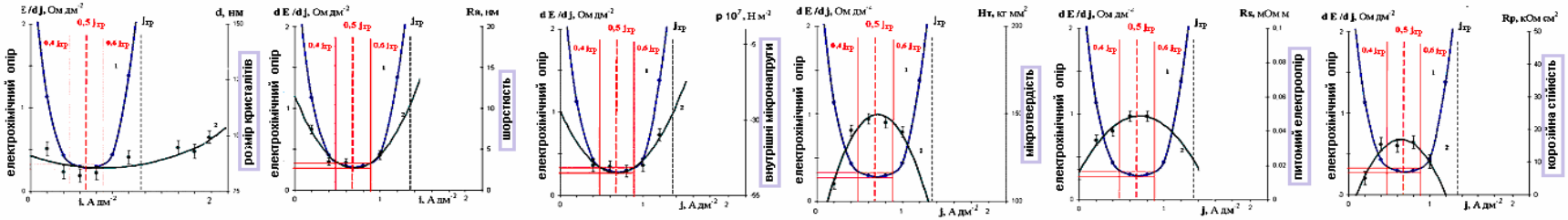
$$\frac{\partial E}{\partial j} = \frac{RT}{\alpha nF} \cdot \frac{j_{гр}}{j \cdot (j_{гр} - j)}$$



Режим динамічної стійкості електрохімічної системи:

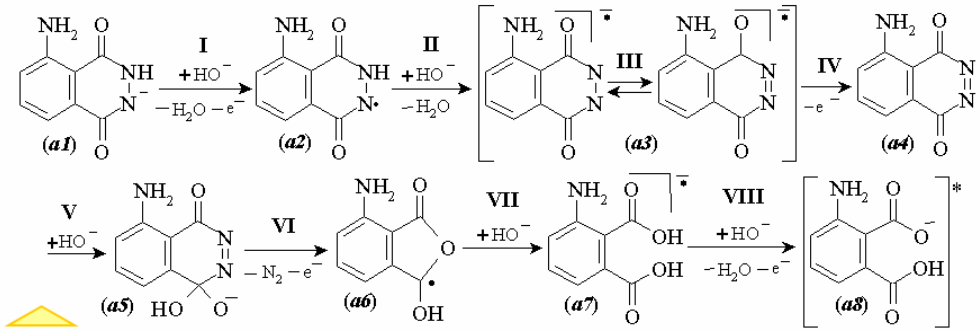
значення електрохімічного опору системи, незалежно від природи комплексного іона, складає **$4RT/\alpha nFj_{гр}$** і залишається постійним у встановленому нами інтервалі **$(0.4 \div 0.6)j_{гр}$**. Природа комплексного іона впливає на величину рівноважного потенціалу (залежність від константи утворення) і специфічну адсорбцію комплексу на електроді (залежність від його будови).

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ КИНЕТИКИ ТА ЕЛЕКТРООСАДЖЕННЯ

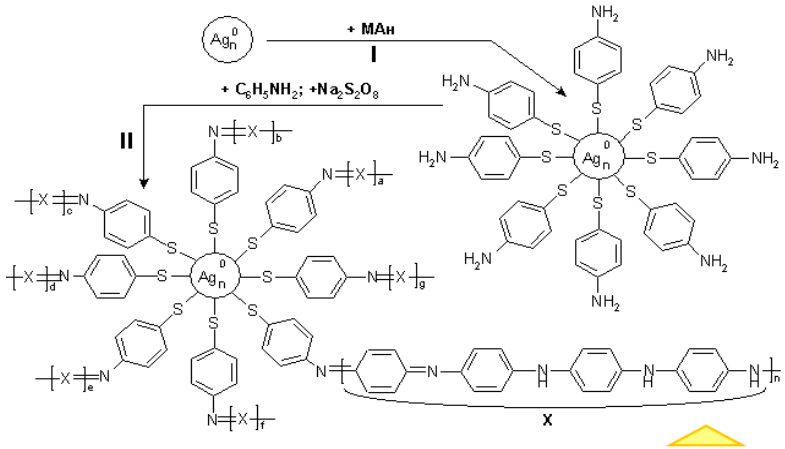


Нанокристалічні функціональні покриття срібла та золота формуються лише в умовах змішаної кинетики. Встановлені умови найбільш сприятливої енергетики росту граней кристалів для формування певної структури з метою отримання покриттів зі стабільним набором необхідних функціональних властивостей.

ЕЛЕКТРОХІМІЯ ХЕМІЛЮМІНІСЦЕНТНИХ СИСТЕМ І МАТЕРІАЛІВ, ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ПОЛІМЕРІВ ТА КОМПОЗИТІВ НА ЇХ ОСНОВІ



Найімовірніший шлях прямого електрохімічного генерування люмінесценції в лужному середовищі



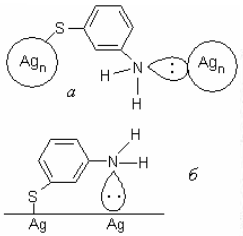
Схематичне представлення двостадійної (I, II) модифікації срібних частинок, використовуючи підхід «прищеплення від»

Результати досліджень властивостей амперметричних біосенсорів на композитних Ag-поліанілінових платформах для визначення H_2O_2

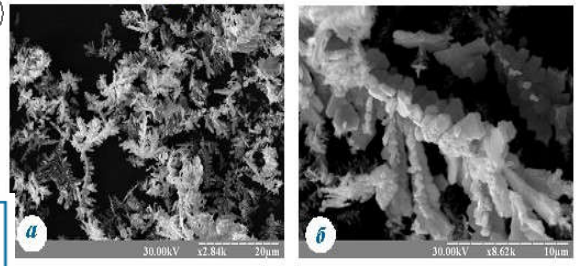
Композит	Діапазон лінійності відклику, М	Чутливість, А · л / моль	I_{max}, мкА	K_M, М
(Au)-ПАн	0–(4,0·10⁻⁶)	–3,14	–18,5	0,36·10⁻⁶
(Au)-ПАн-Ag-ПАн	0–(5,7·10⁻⁶)	–8,6	–98,1	5,12·10⁻⁶

Результати квантово-хімічних розрахунків термодинамічних даних (у ккал·моль⁻¹) для елементарних стадій анодного окиснення люмінолу

Стадія	$\Delta_{f,298}H°$ (PM3 / (COSMO)	$\Delta_{f,298}G°$ (DFT (PCM)
$LumH_2 + OH^- \rightarrow LumH^-$ (+ H_2O)	–25,1 / –25,3 / –8,6 / –6,1 / –3,8	–4,1 / –4,7 / 9,1 / 9,5 / 17,0
$LumH^- - e^- \rightarrow LumH^\bullet$	142,6 / 142,9	108,9 / 109,5
$LumH^\bullet + OH^- \rightarrow Lum^{\bullet-} + H_2O$	–16,8 / –16,9	–2,2 / –2,2
$2\ LumH^\bullet \rightarrow LumH_2 + Lum$	–28,0 / –28,2	2,4 / 2,4
$Lum^{\bullet-} - e^- \rightarrow Lum^\bullet$	106,3	107,5
$Lum + OH^- \rightarrow LumOH^{\bullet-}$	–4,1 / –3,4	–3,8 / 0,0
$LumOH^{\bullet-} - e^- \rightarrow Lu^\bullet + N_2$	90,1 / 87,9 / 91,4 / 88,0	52,8 / 66,8 / 55,7 / 65,7
$Lu^\bullet + OH^- \rightarrow LuOH^{\bullet-}$	–20,9 / –18,7 / –22,8 / –19,4	–11,1 / –4,3 / –18,4 / –21,0
$Lu^\bullet + 2\ OH^- \rightarrow LuOH^{\bullet 2-} + H_2O$	–25,3 / –23,1 / –27,2 / –23,8	0,9 / 14,9 / 8,2 / –1,8
$(EmH_2)^* \rightarrow EmH_2$	–66,7	



Схематичне зображення агрегування частинок Ag (а) та зв'язування 3-MAn з Ag-поверхнею (б) за рахунок неподіленої пари електронів атома нітрогену



СЕМ-зображення дендритів, сформованих вихідними срібними дисперсіями

ЕЛЕКТРОХІМІЯ ХЕМІЛЮМІНІСЦЕНТНИХ СИСТЕМ І МАТЕРІАЛІВ, ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ПОЛІМЕРІВ ТА КОМПОЗИТІВ НА ЇХ ОСНОВІ

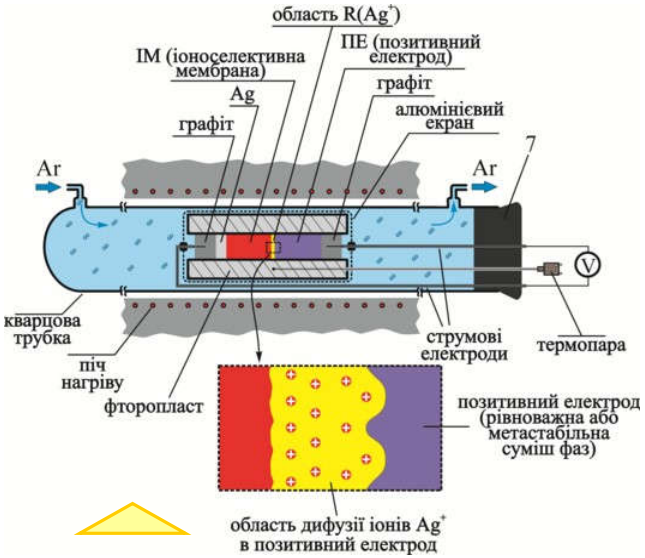
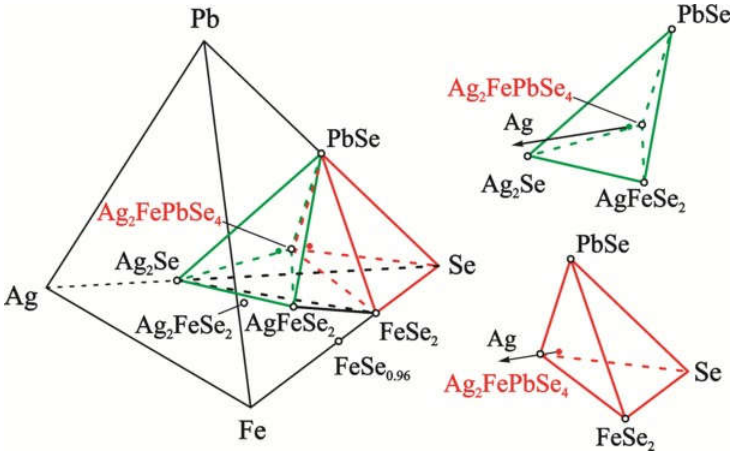
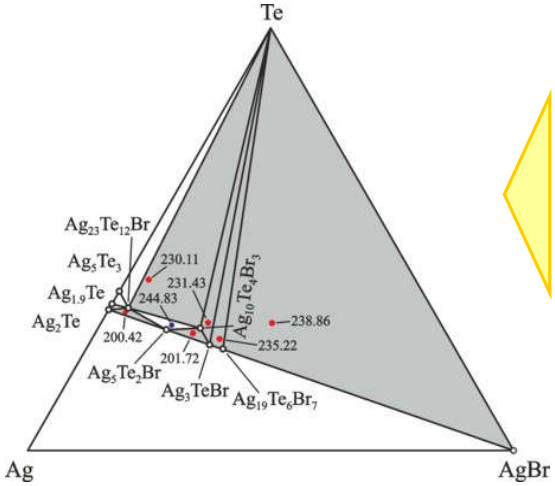


Схема твердотільної електрохімічної комірки для вимірювань ЕРС та її розміщення в печі нагріву





Фазові рівноваги системи Ag–Te–Br в частині Ag_2Te–Te–AgBr при T<600 К. Червоними колами позначено склади позитивних електродів ЕХК, а також значення ЕРС (мВ) комірок при T=460 К

Стандартні термодинамічні функції сполук системи Ag–Te–Br

Сполука	$-\Delta_f G°$	$-\Delta_f H°$	S°
	кДж·моль$^{-1}$		Дж (моль К)$^{-1}$
Ag_3TeBr	136.3 ± 0.3	127.2 ± 0.5	284.0 ± 1.7
$Ag_{19}Te_6Br_7$	914.1 ± 2.1	861.9 ± 3.4	1814.6 ± 10.7
$Ag_{10}Te_4Br_3$	428.3 ± 1.0	395.7 ± 1.7	961.8 ± 5.8
Ag_5Te_2Br	170.7 ± 1.7	148.0 ± 2.9	464.5 ± 9.7
$Ag_{23}Te_{12}Br$*	526.4 ± 11.1	429.2 ± 18.7	1977.7 ± 51.6
$Ag_{23}Te_{12}Br$	522.3 ± 4.6	407.0 ± 11.1	2038.1 ± 44.3

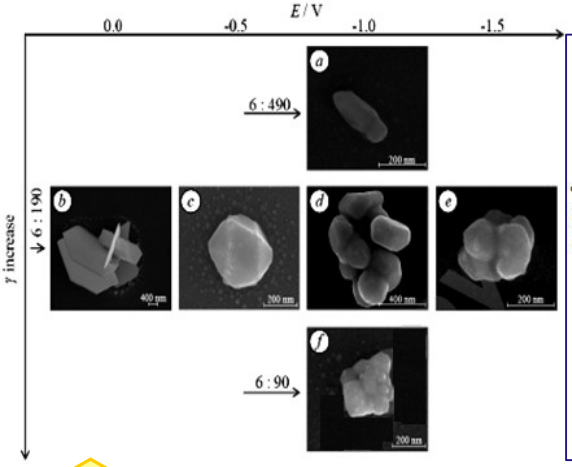
Фазові рівноваги системи Ag–Fe–Pb–Se в частині Ag_2Se–PbSe–Se–$FeSe_2$–$AgFeSe_2$–Ag_2Se при T<600 К

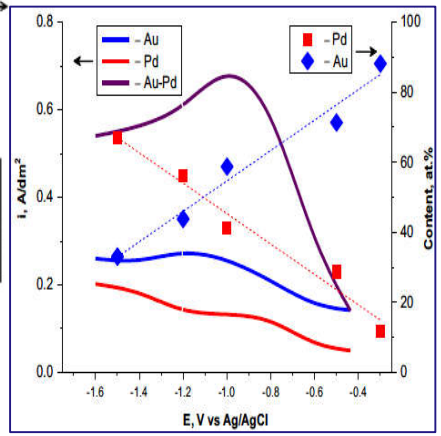
ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ ДИЗАЙН МЕТАЛІВ, СПЛАВІВ, КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ЕКО- І ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ

Електрохімія металевих порошків, наночастинок і наноструктурованих функціональних матеріалів
Розвинення *теорії електроосадження з неводних розчинів електролітів*

Кероване електрохімічне осадження наночастинок металів і біметалів

Розвинуто напрям **електрохімії металів у середовищі органічних апротонних розчинників**, що дало змогу розробити **принципи дизайну наночастинок металів і біметалевих наносистем**

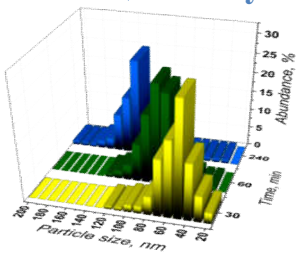


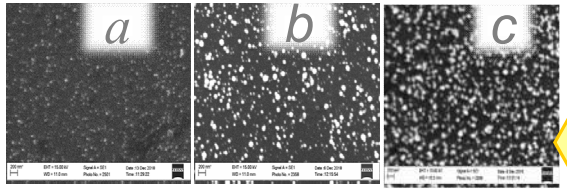


Діаграма залежності геометрії частинок срібла, осаджених з $AgNO_3$ розчину в ацетонітрилі на ITO-склі імпульсним електролізом

Залежності складу бінарних наночастинок Au-Pd від від значення $E_{cathode}$

Дизайн функціональних наноструктур Si/MNPs гальванічним заміщенням у DMSO, DMF і наноструктур кремнію





SEM зображення поверхні кремнію з осадженим золотом гальванічним заміщенням у DMSO за τ=0.5(a),1(b),4(c) хв

SEM зображення нанопоруватого кремнію та кремнієвих нанониток, одержаних металактивованим травленням Si/AgNPs (a), Si/AuNPs(b), Si/PdNPs (c)

Обґрунтовано доцільність осадження наночастинок металів (Ag, Au, Pd) на поверхні кремнію, як ефективних систем Si/MNPs у формуванні **функціональних наноструктур і плазмонно-активних поверхонь**, гальванічним заміщенням у середовищі органічних апротонних розчинників. Це дає змогу одержати **наноматеріали Si/MNPs з функціональними властивостями та системи Si/MNPs для керованого формування нанопоруватого кремнію та кремнієвих нанониток.**

ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ ДИЗАЙН МЕТАЛІВ, СПЛАВІВ, КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ МІКРО- І НАНОЕЛЕКТРОНІКИ, ЕКО- І ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ

Основні важелі ефективного управління електрохімічними системами.

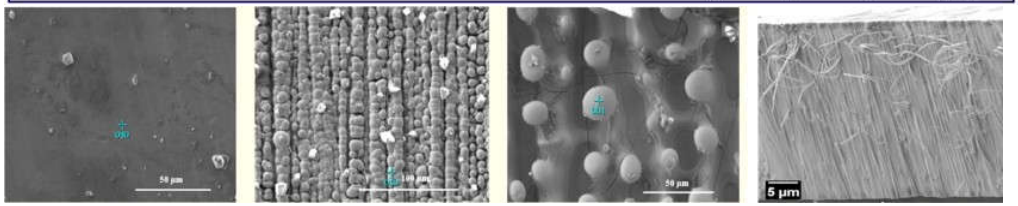
Керований електрохімічний синтез нового покоління (*інноваційних*) поліфункціональних матеріалів на основі ***наноструктурованих СУПЕРСПЛАВІВ***

СУПЕРСПЛАВИ: від електрохімічного синтезу до застосування

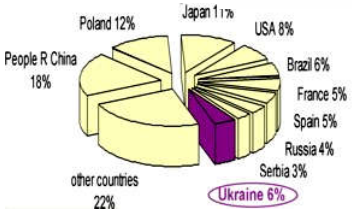
Суперсплави *(Superalloys)* - жароміцні сплави на основі підгрупи феруму з **Mo, W, Re.**

Призначені для роботи в екстремальних температурно-силових режимах при одночасній дії агресивного середовища.

Проявляють високу міцність та окалиностійкість при підвищених температурах, зберігаючи функціональні властивості.



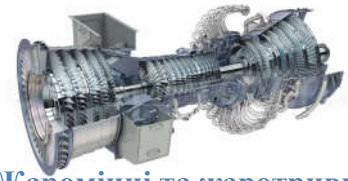
тонкі плівки / покриття / порошки / нанонитки



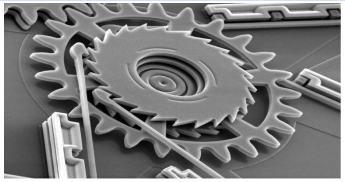
Вклад учених України - авторів РОБОТИ у вивчення теоретичних і прикладних аспектів електроосадження суперсплавів
(за даними WEB of Science®)

Функціональні матеріали

Приклади застосування суперсплавів



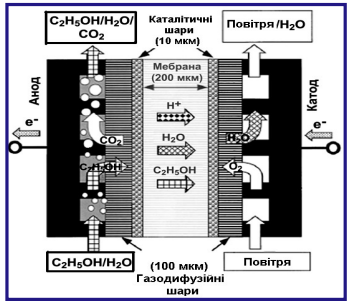
Жароміцні та жаротривкі

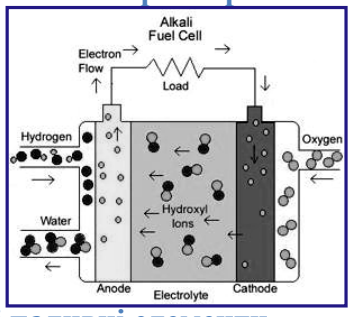


Зносо і корозійностійкі

Магнітні матеріали

Високотемпературні 3D-принтери





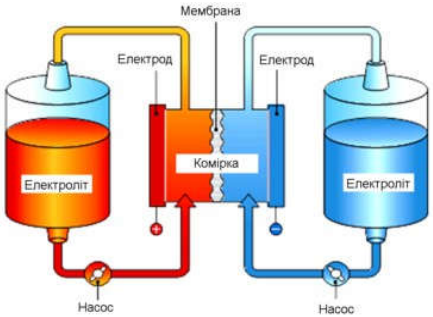
Етанольні та водневі паливні елементи

ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ ДИЗАЙН МЕТАЛІВ, СПЛАВІВ, КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ЕКО- І ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ

Інноваційні технології формування покриттів композитами і синергетичними сплавами

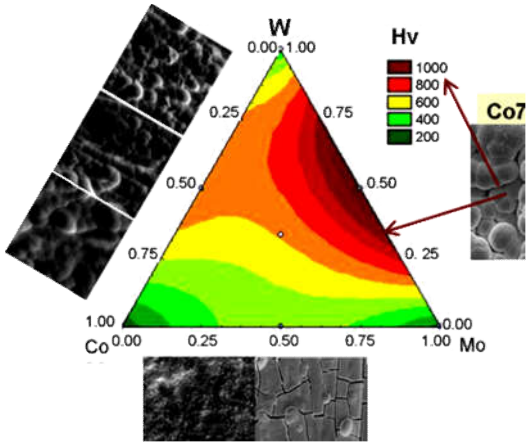
Матеріали наносенсорної діагностики

Каталітичні матеріали протічних акумуляторів електричної енергії

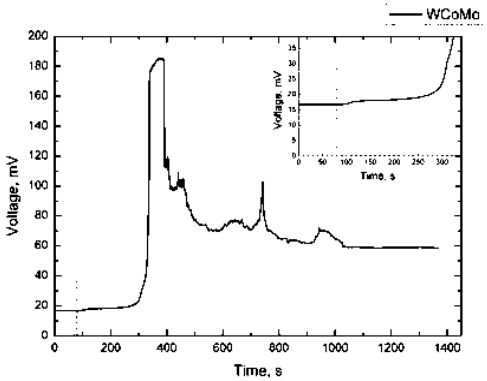


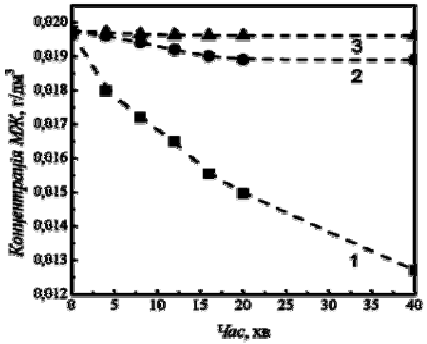
Фотокаталітичні матеріали для знешкодження токсидів

Покриття сплавами CoMoW високої мікротвердості для захисту і зміцнення поверхні



Точково-контактний газовий сенсор на базі електрохімічно синтезованої мультиструктури з тернарного сплаву



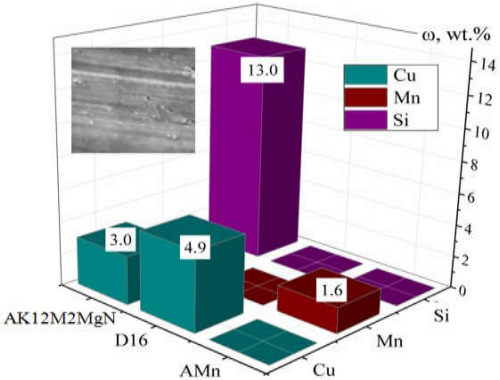


Динаміка очищення стічної води від нітрогенвмісних токсидів:
1.Каталізатор + УФ
2. УФ без каталізатора;
3. Без УФ та каталізатора

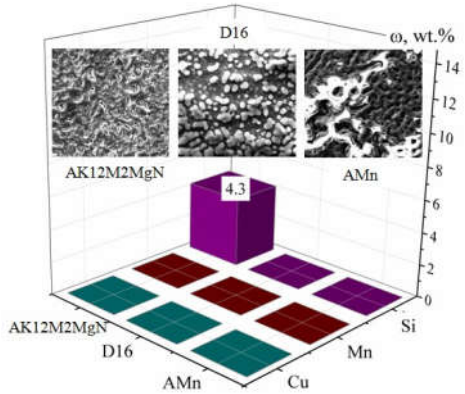
ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ ДИЗАЙН МЕТАЛІВ, СПЛАВІВ, КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ЕКО- І ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ

Інноваційні технології формування покриттів композитами і синергетичними сплавами

Гомогенізація поверхні та її гетерорезистивність

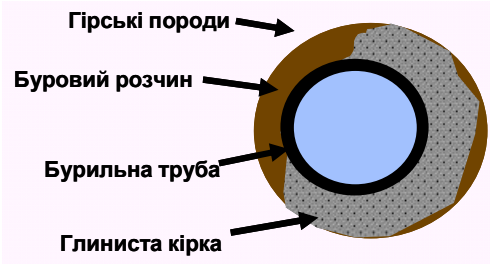


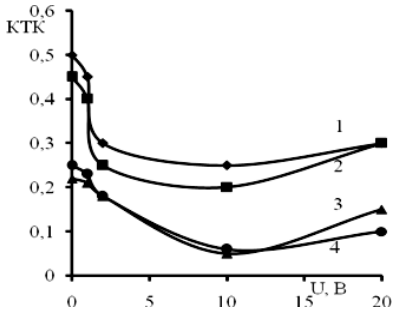
До ПЕО



Після ПЕО

Попередження та подолання аварій при бурінні свердловин на нафту та газ

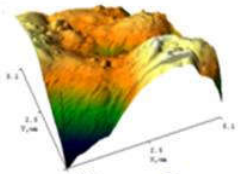




Залежність коефіцієнту тертя фільтраційних кірок, отриманих з бурових розчинів зі свердловин
№ 152 Гадяцького ГКР (1),
№ 125 Куличівського ГКР (2),
№ 112 Березівського ГКР (3),
№ 121 Березівського ГКР (4)
від напруги поляризації.

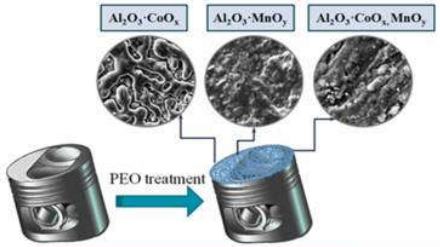
Багатокомпонентні металоксидні покриття для внутрішньоциліндрового каталізу в ДВЗ

Каталітичний покрив $AL25|Al_2O_3{\cdot}CoO_X$ нанесено на робочу поверхню поршня



Мікроглобулярна поверхня оксидного покриву є підгрунтям високої каталітичної активності в гетерогенних red-ox реакціях

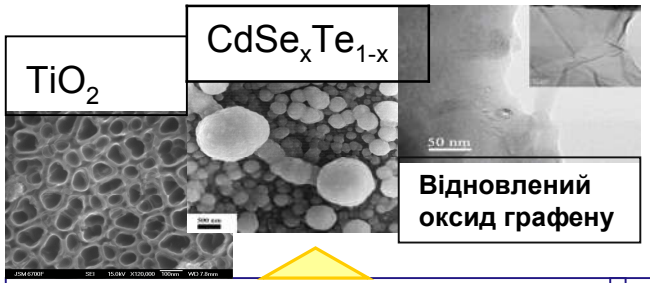
Каталітична активність $Al_2O_3{\cdot}CoO_y(MnO_x)$ покриттів на поршневому сплаві AK12M2MgN



Оксидна система	Зниження емісії токсикантів, %		Економія палива, %
	NO_x	CO	
$Al_2O_3{\cdot}MnO_x$	to 6.5	5.0-7.0	3.0-4.0
$Al_2O_3{\cdot}CoO_y$	to 10.0	10.0-15.0	1.0-1.5

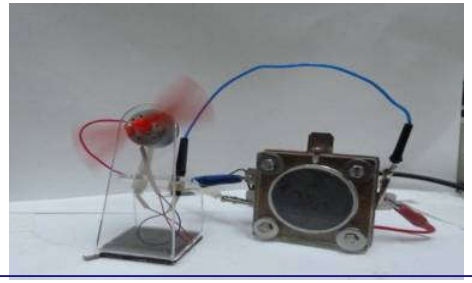
МАТЕРІАЛИ ТА ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ СИСТЕМИ ДЛЯ АЛЬТЕРАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ І ЕКОСЕНСОРИКИ

Інноваційні технології, матеріали та фотоелектрохімічні комірки для отримання та акумулювання «сонячного» водню



Фоточутлива плівкова структура для сонячної комірки

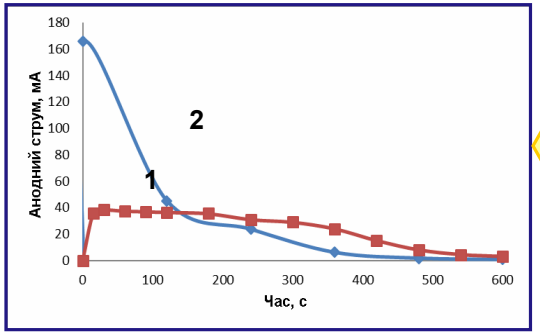
Оборотна фотоелектрохімічна комірка з акумулюванням «сонячного» водню



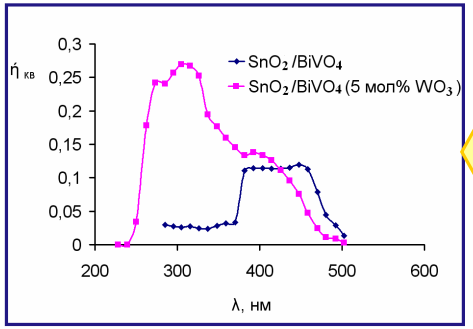
Фотоелектрохімічна комірка на основі системи МН/повітряний електрод.

Характеристики оборотної фотоелектрохімічної комірки з акумулюванням водню

Електрод		Фото-струм, мА	Щільність струму, мА/см^2		Напруга U_p, В	Потужність освітлення, мВт/см^2	Ефектив-ність акуму-лювання, η, %	Серед-ньо статис-тичний розкид даних%
Анод	Катод		заряд	розряд				
$Cd_{0,8}Zn_{0,2}Se/ZnS$	$LaNi_{2.5}Co_{2.4}Al_{0.1}$	23	9.2	5.7	0,61	71	13,1	5
$Cd_{0,6}Zn_{0,4}Se$		20	8.9	4.3	0.57	72	10,1	4
CdSe		16	8.7	4.1	0.50	71	7,2	6



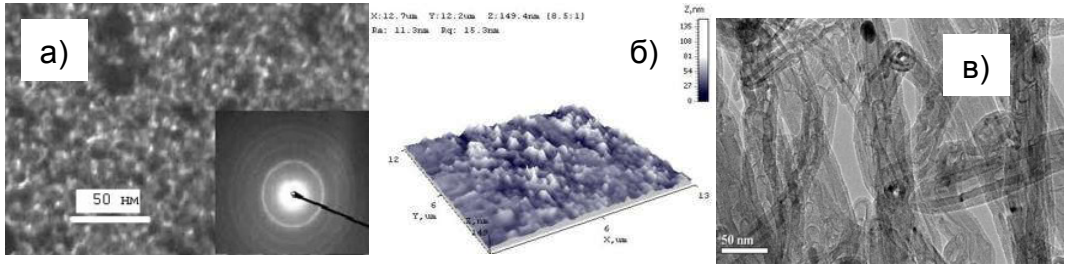
Зарядні (1) та розрядні (2) характеристики фотоелектрохімічної комірки



Розширення спектру фоточутливості плівки для оборотної фото-електрохімічної комірки з акумулюванням водню

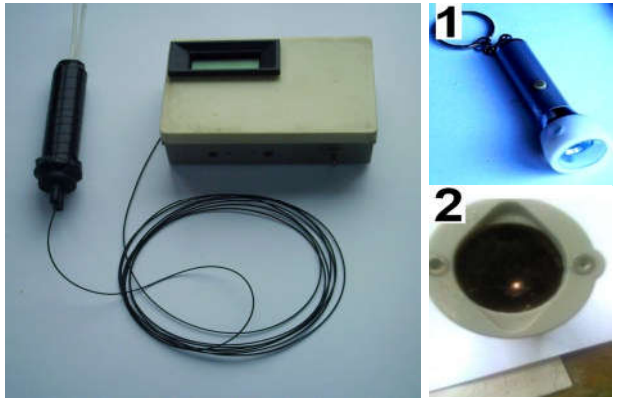
МАТЕРІАЛИ ТА ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ СИСТЕМИ ДЛЯ АЛЬТЕРАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ І ЕКОСЕНСОРИКИ

Інноваційні технології, матеріали для електрохімічних сенсорів розчиненого кисню і токсичних елементів та оптичних мультисенсорів газів

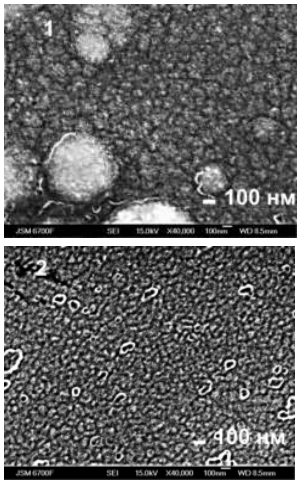


Електродні матеріали на основі: плівок TiO_2-Ag (а), TiO_2-ZnO-Nd (La) (б), композиту з частково розкритих вуглецевих нанотрубок і діоксиду марганцю (в) для електрохімічного сенсора

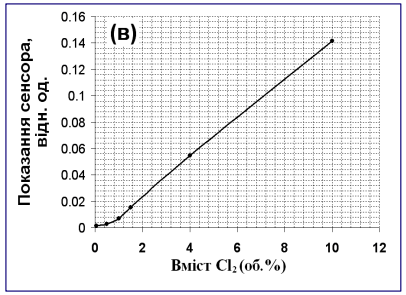
Електрохімічний мультисенсор Se, Pd, Cd і O_2 призначений для вимірювання концентрацій в малому об'ємі біологічної рідини. На вставці: індикаторні мікроелектроди мультисенсора

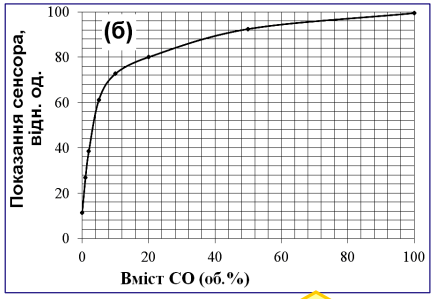


Оптичний мультисенсор водню, CO та хлору. Чутливість: 0,001об.% H_2; 0,1об.% CO; 0,01 об.% Cl_2, швидкість вимірювання 15-40 сек., та візуальні сенсори водню(1) та CO(2) чутливістю (0,8-1,0)об.% H_2 та CO.



Мікрофотографія поверхні плівки оксиду нікелю товщиною 600 нм для оптичного мультисенсору, отриманої катодним осадженням (1) та при додаванні до розчину осадження натрієвої солі тетрасульфокислоти фталоціаніну нікелю (2).





Калібровочні характеристики мультисенсору хлору та CO

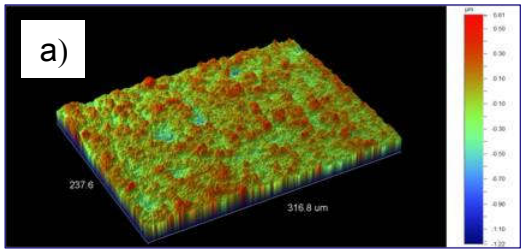
МАТЕРІАЛИ ТА ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ СИСТЕМИ ДЛЯ АЛЬТЕРАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ І ЕКОСЕНСОРИКИ

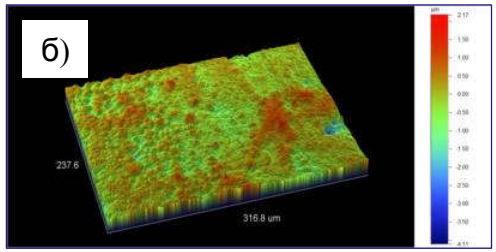
Інноваційні технології, наноструктуровані матеріали для сонячних колекторів, електрохромні плівки

Наноструктуроване поглинаюче покриття для сонячних колекторів

Переваги електрохімічного методу :

-мала кількість технологічних етапів (2-3) при утворенні поглинаючого шару;
-хороша відтворюваність складу і, отже, властивостей поглинаючих шарів;
- просте базове обладнання, необхідне для проведення процесу;
- хороша адгезія до таких конструкційних матеріалів, як нержавіюча сталь, мідь, нікель.

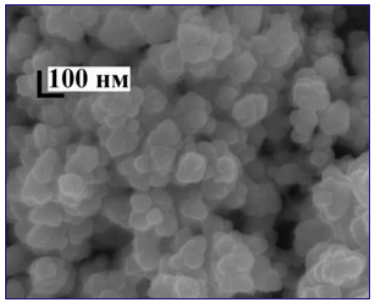


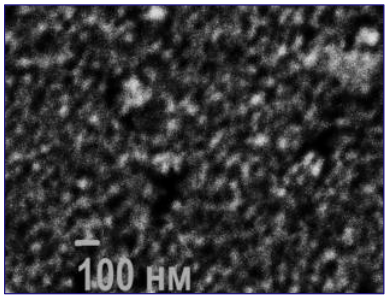


Профілограми покриттів: композит оксидів хрому та кобальту (а). Композит, допований літієм (б);× 20.

Електрохромні плівки

Отримано електрохромні плівки з сильною залежністю спектра електрохромного ефекту від потенциалу.
- Ці властивості плівок дають змогу створювати електрохромні стекла і індикаторні системи з високою ефективністю (100-110 $см^2/к$), швидкодією ~5 с та кількістю робочих циклів $>10^5$

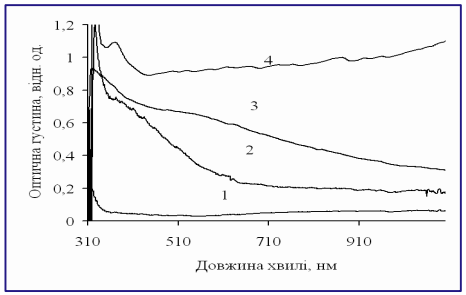




Електрохромні плівки Nb_2O_5, отримані при потенціалах (відн. Ag / AgCl): +300мВ (1), -200мВ(2)

Оптичні характеристики в порівнянні з відомими виробниками

Виробник	Тип покриття	Коефіцієнт поглинання сонячного випромінювання, A_S	
THERMO-SOLAR	Оксид алюмінію, покритий колоїдним нікелем	**0,940**	
CROMOGEN	Електрохі-мічний хром	**0,950**	
ІЗНХ НАН України	Композитний матеріал	Калібрування по емалі **0,985**	Калібрування по дзеркалу **0,985**



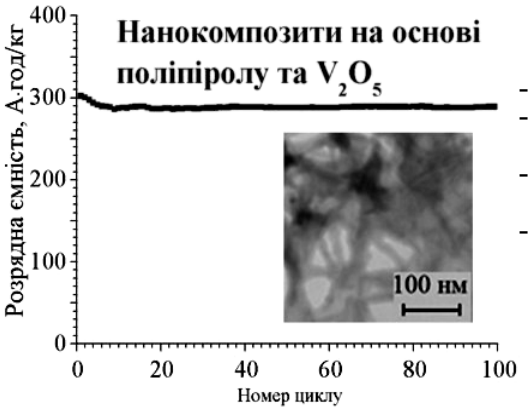
Спектр електрохромного ефекту на плівках Nb_2O_5 в 1 М $LiClO_4$ в ПК, отриманих при потенціалах: +300мВ (2), 0 мВ (3), -200мВ (4). 1- не забарвлена плівка

Електрохромне цифрове табло 6Х3$см^2$ та електрохромне вікно 8Х8$см^2$ у забарвленому та знебарвленому станах

НАНОМАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЛІТІЄВИХ АКУМУЛЯТОРІВ, ЕЛЕКТРОКАТАЛІЗУ, СЕНСОРІВ ТА ІНШИХ ЗАСТОСУВАНЬ

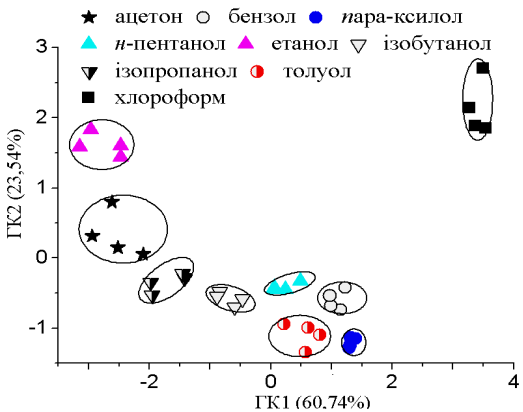
Інноваційні екологічні механохімічні технології одержання нових наноматеріалів, зокрема двовимірних матеріалів, для електрохімічних систем

Гібридні нанокомпозити для катодів літієвих акумуляторів



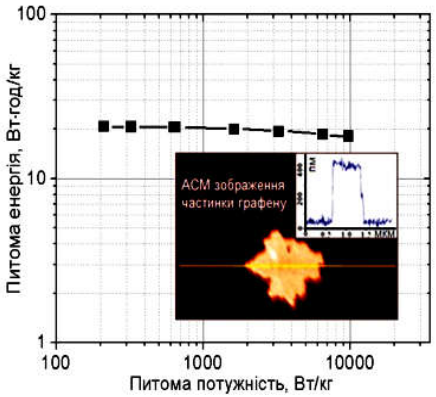
Переваги:
- рекордна розрядна ємність;
- висока стабільність при циклуванні заряду-розряду;
- відсутність в складі кобальту;
- простий відтворюваний процес одержання

Сенсори на основі електропровідних полімерів для визначення летючих органічних розчинників

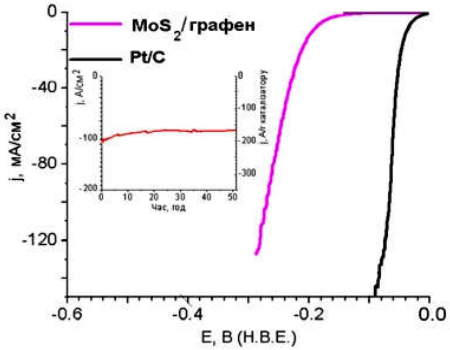


Переваги:
- висока роздільна здатність;
- відсутність в складі дорогих матеріалів;
- відтворюваний електро-хімічний процес створення

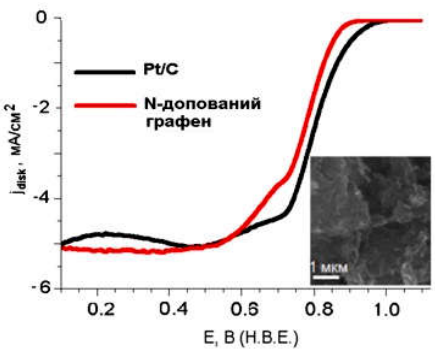
Нові графен-містні функціональні двовимірні матеріали для різноманітних електрохімічних застосувань



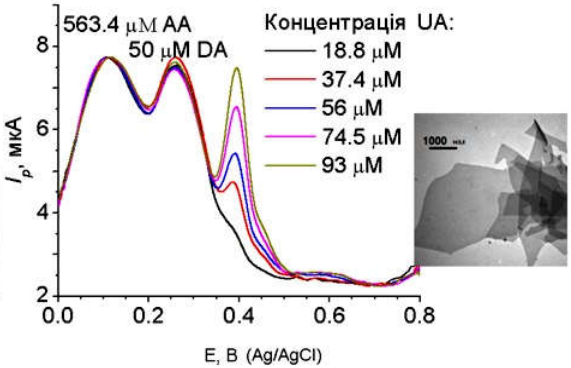
Енергетичні характеристики симетричних суперкондесаторів на основі поліаніліну та графену



Електрохімічне одержання водню з води на композитах на основі дисульфіду молібдену та графену



Електрохімічне відновлення кисню на каталізаторах на основі азот-допованого графену



Електрохімічне визначення одночасно присутніх у воді аскорбінової кислоти (AA), допаміну (DA) та сечової кислоти (UA) на каталізаторах на основі азот,фтор-кодопованого графену

ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ ДИЗАЙН МЕТАЛІВ, СПЛАВІВ, КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОНІКИ, ЕКО- І ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ

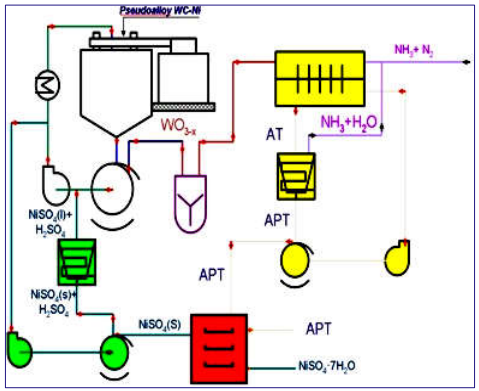
Інноваційні технології: “green”-chemistry, функціональні матеріали подвійного призначення

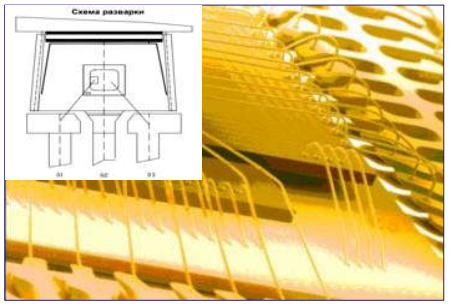
Перероблення псевдосплавів WC-Ni електрохімічною конверсією з отриманням товарних продуктів

Тонкошарове функціональне електроосадження для мікро- та наноелектроніки

Утилізація залишкового озброєння

Відновлення елементів військової техніки





Нова “зелена” технологія металевих порошків і товарних реактивів електролізом й електрохімічною цементацією маґнієм, які дають змогу використати вторинну сировину кольорових і рідкісних металів.

Нові технологічні рішення з нанесення контактного провідного шару золота, срібла і сплавів W та Mo на металеві поверхні, напівпропровідники і кераміку, в конкурентоспроможних виробах мікротехніки, мікро- , наноелектроніки з суттєвим зниженням відбракованої продукції.

Нова технологія підвищення функціональних властивостей конструкційних матеріалів і відновлення відпрацьованих чи зношених поверхонь машин, механізмів, апаратів та обладнання, виготовлених з вуглецевих чи легованих сталей і чавунів.

Новизну та конкурентоспроможність технічних рішень захищено
33 діючими патентами,
з них 7 – патенти України на винахід,
7 – міжнародні патенти: Казахстану, Китаю, США.

Надано більше 40 актів випробувань та впроваджень результатів роботи на багатьох українських і закордонних промислових підприємствах.

Наукові результати впроваджено у освітній процес різних ЗВО МОН України.

За даною тематикою захищено 8 докторських та 47 кандидатських дисертацій.