

МАТЕРІАЛИ ІІІ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
МОЛОДИХ УЧЕНИХ
«СУЧАСНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО.
МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
СММТ-2021»



КИЇВ-2021

У збірці представлено тези доповідей учасників III Всеукраїнської конференції «Сучасне матеріалознавство. Матеріали та технології. СММТ-2021». Наведено основні результати експериментальних і теоретичних досліджень будови та властивостей функціональних матеріалів, самоорганізації їх структури, розробки методів одержання металів, сплавів, кераміки, композитів і напівпровідникових систем, в тому числі у наноструктурованому стані, вуглецевих наноматеріалів, плівок, покриттів і поверхневих систем, а також методів діагностики, атестації та моделювання функціональних та конструкційних матеріалів.

Для фахівців у галузі фізики, матеріалознавства, електрохімії, електроніки та наноелектромеханіки; може бути корисною викладачам, аспірантам і студентам за спеціальністю «прикладна фізика», «матеріалознавство», «наноматеріали та нанотехнології», представникам державних і комерційних компаній, орієнтованих на сучасні технології отримання та дослідження функціональних матеріалів, а також перспективи їх застосування.

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦІЇ СММТ-2021

- ❖ наноматеріали та нанотехнології;
- ❖ конструкційні та функціональні матеріали;
- ❖ біоматеріали та біонанотехнології;
- ❖ методи дослідження матеріалів;
- ❖ технології синтезу та модифікування матеріалів;
- ❖ інформаційні технології у матеріалознавстві;
- ❖ міждисциплінарні аспекти матеріалознавства

ЗМІСТ

(номер доповіді відповідає номеру сторінки)

Наноматеріали та нанотехнології

1. Бошко О.І., Кирильчук В.В., Євлаш І.К., Носенко В.К. Вплив інтенсивних процесів структурної релаксації в сплавах системи CoBSi на їх магнітні властивості при ізохронних відпалах
2. А.Е. Балабанов, І.О. Ворона, А.Г. Дорошенко, О.С. Крижановська, Н.А. Сафронова, А.Д. Тимошенко, Д.Г. Черноморець, Р.П. Явецький. Еволюція структурно-фазового стану нанопорошку Y_2O_3-MgO
3. Сігарьова Н.В., Горелов Б.М., Місчанчук О.В., Міщенко В.М., Шульга С.В. Термодеструкція гібридних композитів епоксидної смоли з графеном
4. Носенко А.В., Семирга О.М., Живолуб Є.Л., Нізамєєв М.С., Носенко В.К. Магнітом'який нанокристалічний сплав $Fe_{73}B_7Si_{16}Nb_3Cu_1$: технологія виготовлення, властивості та застосування
5. Михайлова Г.Ю., Якимчук М.М., Галстян І.Є., Лень Є.Г., Шевченко М.Я., Патока В.І., Герасимов О.Ю., Рудь М.О., Бозбей Ю.Ф. Особливості властивостей метал-вуглецевих наноструктур
6. Onanko Y.A., Charnyi D.V., Onanko A.P., Dmytrenko O.P., Kulish M.P., Pinchuk-Rugal T.M., Aliksandrov M.A., Gaponov A.M., Popruzhenko V.M. Anelastic ultrasound attenuation in nanocomposites of multiwalled carbon nanotubes and polyethylene, polyvinyl chloride, porous polystyrene
7. Onanko Y.A., Charnyi D.V., Onanko A.P., Dmytrenko O.P., Kulish M.P., Pinchuk-Rugal T.M., Aliksandrov M.A., Gaponov A.M., Popruzhenko V.M. Specificities of elastic E, shear G modulus nanocomposites of multiwalled carbon nanotubes and polyvinyl chloride, polyethylene, foam polystyrene
8. Sigareva N.V., Gorb A.M., Czapla Z., Polovina O.I., Wacke S., Shulga S.V. Low-frequency conductivity of epoxy nanocomposites filled with multilayered graphene nanoplatelets
9. Соломенко А.Г., Сагалінов І.Ю., Радченко Т.М., Татаренко В.А. Стрейнтроніка у фосфорені: вплив деформацій розтягу, зсуву та їх комбінацій на електронні властивості
10. Томіна А-М.В., Красновид С.В., Кончиць А.А. Електронні властивості нанокомпозитів на основі поліфеніленсульфіду та фторопласту-3
11. Vieira D.E.L., Pashkevich Yu.G., Shevtsova T.M., Vieira J.M., Brett, C.M.A., Salak A.N. Magnetic field effect on anion-exchange in Co-Al layered double hydroxides
12. Якименко А.О., Пилипова О.В. Геометрія кремнієвих нановістрів, сформованих метал-каталітичним методом для сонячних елементів
13. О.І. Наконечна, А.В. Боднарук, В.О. Заморський, Н.Н. Белявіна, І.В. Шарай, О.І. Товстолиткін. Процеси структурної та магнітної релаксації у наночастинках $NaFeO_2$
14. О.Б. Лисенко, О.І. Попіль, К.П. Шулешова. Формування нанокристалічних структур в умовах ізотермічного гартування металевих розплавів

15. Рудакова О.П., Золотаренко Ол.Д., Аханова Н.Е., Уалханова М., Золотаренко Ан.Д., Золотаренко О.Д., Габдуллин М.Т., Чимбай М.В., Гаврилюк Н.А., Щур Д.В., Загорулько І.В. Депозит електродугового синтезу як носій вуглецевих нанотрубок та графенових пакетів
16. O.V. Lysenko, I.V. Zagorulko, I.V. Gurin. Mechanisms of polymorphic crystallization of eutectic alloy $\text{La}_{73.5}\text{Ag}_{26.5}$ from liquid and amorphous phases
17. Золотаренко Ол.Д., Рудакова О.П., Аханова Н.Е., Уалханова М., Золотаренко Ан.Д., Золотаренко О.Д., Габдуллин М.Т., Чимбай М.В., Гаврилюк Н.А., Щур Д.В., Загорулько І.В. Фулерени та вуглецеві наноструктури, отримані з графіту марок ЕГСП та МПГ-7
18. Золотаренко Ол.Д., Рудакова О.П., Аханова Н.Е., Уалханова М., Золотаренко Ан.Д., Золотаренко О.Д., Габдуллин М.Т., Чимбай М.В., Гаврилюк Н.А., Щур Д.В., Загорулько І.В., Тарасенко Ю.О. Електропровідні композитні керамічні матеріали з вуглецевими наноструктурами для технології 3D-друку (CJP)
19. Золотаренко Ол.Д., Рудакова О.П., Аханова Н.Е., Уалханова М., Золотаренко Ан.Д., Золотаренко О.Д., Габдуллин М.Т., Чимбай М.В., Гаврилюк Н.А., Щур Д.В., Загорулько І.В. Синтез вуглецевих наноструктур плазмохімічним методом в рідкому середовищі
20. Матвієнко Я.І., Рудь О.Д., Загорулько І.В., Демченков С.О., Трачевський В.В. Вплив термообробки при 700-900 С на структуру Cu_9Al_4 фази та графіту в механоактивованих порошкових композитах Cu-Al/C
21. Makhruha T. O., Zazhytska K. O. Possibility of obtaining nanoscale substructure by pre-recrystallization heat treatment
22. Гаврилюк Н.А., Горєлов Б.М., Файнлейб О.М. Дослідження фталонітрильних композитів методом ІЧ-спектроскопії
23. Menesenko D., Shapovalov A., Belogolovskii M., Febvre P. Josephson junctions based on amorphous superconducting films
24. Kruhlov I.O., Orlov A.K., Kotenko I.E., Voloshko S.M. Peculiarities of diffusion and phase formation in Ni-Ti thin-film systems with inversion of layers
25. Гаврилюк Н.А., Золотаренко Ол.Д., Рудакова О.П., Золотаренко Ан.Д., Золотаренко О.Д., Габдуллин М.Т., Чимбай М.В., Старокадомський Д.Л., Щур Д.В., Аханова Н.Е., Уалханова М. 3D-Друк полімерними композитами наповненими нітридом бору.

Конструкційні та функціональні матеріали

26. Биканов Т.В., Тітенко О.А., Демченко Л.Д. Порівняльний Аналіз сплавів з пам'яттю форми та рекомендації щодо їх застосування
27. Дехтяренко В.А. Сплав $\text{Ti}_{15,4}\text{Zr}_{30,2}\text{Mn}_{39}\text{V}_{5,4}\text{Ni}_5\text{Cr}_5$ який здатен взаємодіяти з воднем при кімнатній температурі, як приклад сорбенту для водневого акумулятора
28. Elkady M., Loboda P., Shemet V. Improving ablative properties of carbon/ceramic microspheres composites for solid rocket motors thermal shielding systems

29. Гаценко О.С., Лізунов В.В., Радченко Т.М., Татаренко В.А. Статистична термодинаміка впорядкованої фази α'' -Fe₁₆N₂ з атомами N у міжвузловинах і на вузлах ОЦТ-Fe
30. Курилас М. С., Заремба О. І. Взаємодія компонентів на перетинах SrCoO₃-RCoO₃, де R – рідкісноземельний метал
31. Плющай І.В., Майстренко А.О., Цареградська Т.Л., Плющай О.І., Каленик О.О. Першопринципне моделювання процесу аморфізації сплавів системи Ni-Zr
32. Ю.Ф. Бозбей, Є.Г. Лень, М.Я. Шевченко, І.Є. Галстян, М.М. Якимчук. Композитне покриття фторопласт-2 – вуглецеві нанотрубки для колекторів сонячної енергії
33. Karpyna V.A., Myroniuk L.A., Myroniuk D.V. Bykov O. I., Olifan O. I., Bugaiova M.A., Petrosyan L.I., Ievtushenko A.I. Plasmonic nanostructures of ZnO/Ag/Si: structure, morphology and photocatalytic efficiency
34. Стасюк О.О., Оришич Д.В., Кондауров О.В. Структура та властивості паяних з'єднань титану
35. Тітенко О.А., Демченко Л.Д. Сплави з пам'яттю форми для альтернативного функціонування тепличних конструкцій
36. Tsybailo I.O., Kurylas M.S., Zvirko O.I., Krechkovska H.V. Hydrogen influence on microstructure and properties of structural steel under operation
37. Т.В. Калініна, А.В. Хлебніков, Я.В. Вишневська. Структура та властивості сплавів алюмінію з перехідними металами, виготовлених переробкою швидкозагартованих лусок
38. Гіржон В.В., Ємельянченко В.В., Смоляков О.В. Покриття з високоентропійного сплаву системи Co-Cr-Fe-Ni, одержане методом лазерного легування
39. Золотаренко Ан.Д., Бондаренко С.Г., Золотаренко Ол.Д., Щур Д.В., Хабибуллин Х.Г. Створення мобільного генератора водню при використанні мембранного електролізера PEM
40. А.Д. Тимошенко, В.Н. Баумер, І.О. Ворона, А.Г. Дорошенко, О.С. Крижановська, С.В. Пархоменко, А.В. Толмачев, Р.П. Явецький Мікроструктура та оптичні властивості прозорі кераміки Y₃Al₅O₁₂:Sm³⁺ (3-9 ат.%)
41. Мартиненко І.О., Каленюк О.А., Шаповалов А.П., Ляхно В.Ю., Шнирков В.І. Гібридний екран для лічильника одиничних фотонів мікрохвильового діапазону на основі потокового кубіта
42. Устінов А. І., Скородзієвський В. С., Кременчутський О. С., Демченков С. О., Мельниченко Т. В. Дисипативні властивості високоентропійних сплавів (CrFeCoNi)_{1-x}Cu_x
43. Демченков С.О., Устінов А.І. Вплив швидкості нагрівання на умови ініціювання теплового вибуху в багатошарових фольгах Al/Ni ТА Al/Ti

Біоматеріали та біонанотехнології

44. Золотаренко Ан.Д., Бондаренко С.Г., Золотаренко Ол.Д., Хабибуллин Х. Г., Щур Д.В. Водневий апарат штучної вентиляції легенів при лікуванні SARS-COV (COVID-19) та інших захворювань

Методи дослідження матеріалів

45. Думік А.О., Каленюк О.А., Шаповалов А.П., Турутанов О.Г., Ляхно В.Ю. Метод вимірювання діелектричної проникності та тангенса діелектричних втрат мікропорошків в широкому діапазоні частот
46. Gavrylyuk N.A., Gorelov B.M., Mishchenko V.M., Korduban O.M. Semiconductor-metal transition in systems of polychlorotrifluorethylene – exfoliated graphite
47. Паранський М.Д., Олійнич-Лисюк А.В., Тащук Р.Ю., Тащук О.Ю. Особливості поведінки лінійних дефектів у реальних частково ауксетичних матеріалах
48. Волошин Р.В., Волошина К.Р., Томіна А.-М.В. Плавлення алюмінієвого розкислювача циліндричної форми при випуску металу в ковш
49. Isokov T.D., Hizhnyi Y.A., Nedilko S.G. Theoretical and experimental studies of cellulose molecules interaction with carbon nanostructured materials.
50. Kovanzhi P.O., Kondratenko O.S., Kravets V.G., Poperenko L.V., Roshchanskaya O.R. Optical properties of metal heterostructures with graphene surface layer
51. Демчик І.І., Молодкін В.Б., Низкова Г.І., Лізунов В.В., Білоцька А.О., Макаренко Л.І., Владімірова Т.П., Василик Я.В., Заболотний І.М., Молодкін В.В. Метод деформаційних залежностей повної інтегральної інтенсивності динамічної дифракції для випадку динамічно «товстого» кристалу

Технології синтезу та модифікування матеріалів

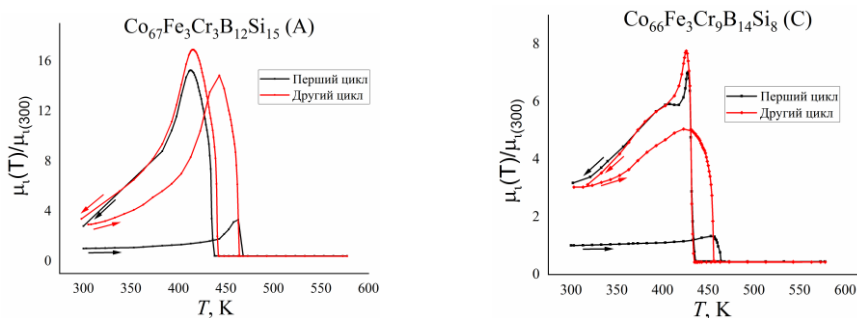
52. Бондар О.О., Кочетова С.А., Берсірова О.Л. Електрохімічне формування покриттів срібло-рентій
53. Лісовський І.В., Солопан С.О., Білоус А.Г., Хоменко В.Г. Комбінований електроліт на основі кераміки $\text{Li}_{1.3}\text{Al}_{0.3}\text{Ti}_{1.7}(\text{PO}_4)_3$ та рідкого електроліту LiPF_6 для літій-іонних батарей
54. О.А. Задорожня, Н.А. Терентієва, Т.О. Харченко. Спосіб підвищення здатності до склоутворення багатокомпонентних сплавів
55. Оришич Д.В., Стасюк О.О., Дехтяренко В.А. Синтез сплавів на основі системи Ti-Zr-Nb з використанням гідридного підходу
56. Чайка А.А., Светлічний А.О., Якименко О.І. Екситон поляритонний конденсат як полігон для лабораторного моделювання акустичних аналогів екстремальних чорних дір

ВПЛИВ ІНТЕНСИВНИХ ПРОЦЕСІВ СТРУКТУРНОЇ РЕЛАКСАЦІЇ В СПЛАВАХ СИСТЕМИ CoBSi НА ЇХ МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРИ ІЗОХРОННИХ ВІДПАЛАХ

Бошко О.І., Кирильчук В.В., Євлаш І.К., Носенко В.К.

*Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України,
м. Київ, бульвар Академіка Вернадського, 36, Україна
Тел.: +38 097 445 4805 E-mail: olehboshko@gmail.com*

Найпереконливішим доказом протікання структурної релаксації (СР) в аморфних металічних сплавах (АМС) в ході їх ізохронних відпалів є незворотна зміна магнітних властивостей. Швидкозагартовані вихідні стрічки сплавів $\text{Co}_{69-65,5}\text{Fe}_{3,5-3}\text{Cr}_{2,8-9}(\text{Si},\text{B})_{22-29}$ в магнітному відношенні – анізотропні, причому вектор спонтанної намагніченості виходить із площини стрічки. Для досліджених сплавів в районі температури Кюрі T_C зафіксовано гістерезисний хід кривої відносної початкової проникності $\mu_i(T)/\mu_i(300)$.



Залежність $\mu_i(T)/\mu_i(300)$ тороїдальних стрічкових осердь зі сплавів системи CoBSi в двох циклах нагрів-охолодження

Для сплаву А в першому циклі нагріву від кімнатної температури до 573 К та охолодження до 300 К $T_C = 438$ К і зростає до 442 К після другого аналогічного циклу нагрів-охолодження. Для найбільш легованого Cr сплаву С після двох аналогічних циклів зміни $T_C = 437$ К не відбувається. Загалом, температурні залежності $\mu_i(T)$ протягом першого і другого циклів нагріву дуже сильно відрізняються одна від одної. Водночас, криві охолодження $\mu_i(T)$ після першого і другого циклу нагріву дуже близькі між собою. Це свідчить про близькість до завершення першої низькотемпературної стадії СР АМС вже після першого нагріву до 573 К та повільного охолодження до 300 К. Вірогідно, що в результаті виходу надлишкового вільного об'єму (ВО) та релаксації гартувальних і згинальних напружень в процесі нагріву до температури в'язко-крихкого переходу відбувається гомогенізація аморфної фази. Відсутність зміни температурного положення т.з. піку Гопкінсона при другому циклі нагріву-охолодження для сплаву С, свідчить про більш повну релаксацію його атомної структури в порівнянні зі сплавом А. Ріст μ_i в процесі нагріву (до T_C) обумовлений полегшенням зміщення границь доменів і повороту вектору намагніченості.

ЕВОЛЮЦІЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СТАНУ НАНОПОРОШКУ $\text{Y}_2\text{O}_3\text{--MgO}$

**А.Е. Балабанов*, І.О. Ворона, А.Г. Дорошенко, О.С. Крижановська,
Н.А. Сафронова, А.Д. Тимошенко, Д.Г. Черноморець, Р.П. Явецький**
Інститут монокристалів НАН України

**Тел.: +38 057 341 0277; e-mail: balabanov@isc.kharkov.ua*

Створення нових прозорих матеріалів для сучасної інфрачервоної (ІЧ) оптики, що здатні працювати в агресивних умовах, є одним з актуальних завдань матеріалознавства. Такі матеріали знаходять застосування в якості інспекційних вікон технологічних апаратів, термостійких ІЧ-вікон, для спеціальних застосувань. Базовими вимогами для таких матеріалів є прозорість у необхідному ІЧ діапазоні, низька випромінювальна здатність, висока термомеханічна стійкість, а також стабільність функціональних характеристик за експлуатації в екстремальних умовах.

Для нанопорошків, отриманих високотемпературним саморозповсюдженням синтезом, характерна висока питома площа поверхні, що обумовлено малими розмірами частинок, а також великою кількістю структурних дефектів поверхні. Ці якості забезпечують високу активність нанопорошків до спікання, в той же час, схильність до агломерації та наявність великої кількості активних місць адсорбції. Тому нанопорошки, що формуються з прекурсорів, потребують термічної обробки, яка дозволяє стабілізувати їх структурно-фазовий стан. В процесі отримання оптичної кераміки оптимізація процесу прожарювання вихідних нанопорошків є важливою технологічною задачею, оскільки властивості нанопорошків напряду впливають на її оптичні характеристики.

В даній роботі було досліджено вплив температури та часу прожарювання на структурно-морфологічні характеристики нанопорошків $\text{Y}_2\text{O}_3\text{--MgO}$, отриманих високотемпературним саморозповсюдженням синтезом. Порошки, прожарені при температурах від 200 до 1000°C, характеризуються бімодальним розподілом частинок за розмірами, та містять нанорозмірну фракцію та мікронні агрегати сітчастої структури. Визначено, що морфологічна стійкість сітчастих агрегатів $\text{Y}_2\text{O}_3\text{--MgO}$ обмежена температурою 800°C, за якої формуються кристаліти розміром 30-40 нм. Вміст карбонатних і карбоксильних груп у складі нанопорошків суттєво зменшується з підвищенням температури прожарювання. Показано, що фрагментація первинної сітчастої структури прекурсору $\text{Y}_2\text{O}_3\text{--MgO}$ починається при температурі відпалу 500°C. Визначено оптимальні параметри прожарювання нанопорошків $\text{Y}_2\text{O}_3\text{--MgO}$, що забезпечують фрагментацію первинного сітчастого каркасу порошку та формування ізольованих нанокристалів Y_2O_3 , MgO діаметром до 40 нм ($T=600^\circ\text{C}$, $t=2$ години).

Дана робота була підтримана Національним фондом досліджень України, Проєкт № 2020.02/0293 «Новітні та традиційні ІЧ-прозорі кераміки складної архітектури для екстремальних умов експлуатації».

ТЕРМОДЕСТРУКЦІЯ ГІБРИДНИХ КОМПОЗИТІВ ЕПОКСИДНОЇ СМОЛИ З ГРАФЕНОМ

**Сігарьова Н.В.^(*), Горєлов Б.М., Місчанчук О.В.,
Міщенко В.М., Шульга С.В.**

*Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка,
17, вул. Генерала Наумова, Київ, 03164, Україна*

**E-mail: microft2@ukr.net*

В роботі досліджено вплив модифікації поверхні частинок багат шарового графену наночастинками пірогенного діоксиду титану (анатазної форми) на термостійкість гібридних епоксикомпозитів. В якості наповнювачів епоксидної смоли використали наночастинки неокисненого графену з питомою поверхнею $\sim 740 \text{ м}^2/\text{г}$, середнім розміром базисної площини $\sim 5 \text{ мкм}$, товщиною до 50 нм і кількістю шарів до 100 та ці ж частинки модифіковані наночастинками пірогенного TiO_2 з питомою поверхнею до $\sim 150 \text{ м}^2/\text{г}$ та середнім розміром $\sim 5\text{-}8 \text{ нм}$. В композитах варіювали ступінь покриття поверхні графену за рахунок зміни кількості TiO_2 на поверхні частинок графену від часткового до повного та концентрацію графенових частинок в полімері.

Мета роботи полягала у визначенні впливу збільшення провідності електронної підсистеми плівок TiO_2 при сталих параметрах їх фононної підсистеми на термостійкість графенових епоксикомпозитів за малого вмісту наповнювача.

Дослідження термостійкості гібридних композитів виконані методом термопрограмованої десорбційної мас-спектрометрії в інтервалі температур $35 - 900 \text{ }^\circ\text{C}$ і реєстрацією продуктів деструкції в інтервалі m/z $15 - 180$ (m – маса, z – заряд іона).

Встановлено, що модифікація поверхні графену термостійким напівпровідником підвищує термостійкість епоксикомпозитів. Ефект посилюється при зростанні ступеня покриття поверхні частинок графену та має селективний характер. Істотно посилюється термостійкість фрагментів полімерних ланцюгів з m/z $28 - 44$ (CO та CO_2) і m/z 94 ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) та ефект слабшає при деструкції фрагментів, до складу яких входять епоксигрупи m/z 56 та бензольне кільце m/z 78 .

Посилення термостійкості епоксикомпозитів з графеном при зростанні площі модифікованої поверхні пов'язаний із посиленням участі електронної підсистеми анатазного покриття в теплопередачі на міжфазній поверхні. Додатковий відбір тепла електронною підсистемою напівпровідника веде до зниження температури на міжфазній поверхні, зменшення теплових коливань зв'язаних на поверхневих центрах наповнювача фрагментів полімерної структури та ймовірності їх деструкції.

МАГНІТОМ'ЯКИЙ НАНОКРИСТАЛІЧНИЙ СПЛАВ $\text{Fe}_{73}\text{B}_7\text{Si}_{16}\text{Nb}_3\text{Cu}_1$: ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ, ВЛАСТИВОСТІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

Носенко А.В.^(*), Семирга О.М., Живолуб Є.Л., Нізамєєв М.С., Носенко В.К.

*Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, пр-т Вернадського,
36, Київ 03142, Україна*

**Тел.: +38 063 441 2079 E-mail: Itrij@ukr.net*

Магнітом'які нанокристалічний сплав $\text{Fe}_{73}\text{B}_7\text{Si}_{16}\text{Nb}_3\text{Cu}_1$ [1] широко використовуються в магнітопроводах різноманітних індуктивних компонентів (трансформаторів та дроселів) [2]. Відомо, що утворення в цих сплавах при термообробці нанокристалів $\alpha\text{-Fe}(\text{Si})$ покращує їх магнітом'які властивості. Об'ємна доля нанокристалів в них складає 75-80 %, а їх розміри – приблизно 10 нм [3]. В цих та аналогічних сплавах можна змінювати форму петлі гістерезису, наводячи в них одновісну магнітну анізотропію при відпалі під розтягуючими навантаженнями (термо-механічна обробка) [3] або відпалом в зовнішньому поперечному магнітному полі (термо-магнітна обробка) [1].

Аморфні стрічки були отримані на обладнанні надшвидкого охолодження розплаву відкритого типу методом лиття плоского потоку розплаву. Ширини отриманих аморфних стрічок складали $\approx 10\text{мм}$, а їх товщини $20\div 25\text{мкм}$.

Осердя з стрічок з наведеною магнітною анізотропією мають ряд переваг, основними є: висока частотна стабільність магнітної проникності та малі питомі втрати на перемагнічування в осердях в частотній області найбільш поширеного застосування (1-100 кГц) [3].

В даній роботі ми порівняли магнітні властивості сплаву $\text{Fe}_{73}\text{B}_7\text{Si}_{16}\text{Nb}_3\text{Cu}_1$ після термо-механічної обробки та термо-магнітної обробки. Після термо-механічної обробки в стрічках наводиться сильна поперечна магнітна анізотропія значно більша ніж після термо-магнітної обробки.

Отримані характеристики дозволяють розраховувати на ефективне використання нових магнітопроводів із сплаву $\text{Fe}_{73}\text{Nb}_3\text{Cu}_1\text{B}_7\text{Si}_{16}$ в потужних реакторах та лінійних дроселях фільтрів імпульсних джерел живлення.

1. Giseller Herzer: Modern soft magnets: Amorphous and nanocrystalline materials. *Acta Materialia* 2013, **61**: 718–734
2. Application of nanocrystalline alloys [Electronic resource] – Mode of access: http://melta.com.ua/?page_id=34 – Title from the screen.
3. Nosenko A, Mika T, Rudenko O, Yarmoshchuk Y, Nosenko V: Soft magnetic properties of nanocrystalline $\text{Fe}_{73}\text{B}_7\text{Si}_{16}\text{Nb}_3\text{Cu}_1$ alloy after rapid heating under tensile stress. *Nanoscale Research Letters*, 2015, **10**:136.

ОСОБЛИВОСТІ ВЛАСТИВОСТЕЙ МЕТАЛ-ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОСТРУКТУР

**Михайлова Г.Ю., Якимчук М.М., Галстян І.Є., Ленъ Є.Г., Шевченко М.Я.,
Патока В.І., Герасимов О.Ю., Рудь М.О.**

*Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України,
Вернадського бульв., 36, м. Київ, Україна
e-mail: mihajlova.halina@gmail.com*

Масове та неконтрольоване використання паливних енергетичних джерел (та їх обмежена кількість) створює передумови для все більшого впровадження альтернативних джерел енергії та активного їх використання в різних галузях промисловості.

Одним із основних напрямів якому приділяється багато зусиль – це створення нових матеріалів з підвищеними функціональними властивостями для потреб альтернативної енергетики. Особливе місце при цьому посідають вуглецевмісні матеріали, зокрема композитні вуглецеві наноматеріали.

Багато напрямів нанотехнології пов'язані саме з вуглецевими наноматеріалами та спрямовані на створення нових матеріалів для потреб промисловості, в тому числі матеріалів для сучасних накопичувачів та перетворювачів енергії. Основними стримуючими чинниками в даному випадку виступають висока ціна, складність експлуатації та швидка деградація традиційних матеріалів для термоемісійних перетворювачів енергії. Для масового застосування даного виду прямого перетворення енергії в альтернативних джерелах необхідно, при збереженні показників емісії електронів з катодів ТЕП, суттєве зниження їх робочої температури.

Відомо, що вуглецеві нанотрубки (ВНТ) можуть слугувати джерелами інтенсивної автоелектронної емісії. Їх квантово-механічна природа може забезпечити безінерційність руху електронів вздовж вісі ВНТ та тунельний механізм їх виходу, який не потребує великих енергетичних затрат. Тому, для забезпечення емісії при менших температурах до металу катоду додаються вуглецеві наноструктури (ВНС), що на поверхні катоду виконують роль емітерів електронів. Керовані в цьому випадку структура, аспектно відношення і орієнтація ВНС дозволяють визначати оптимальні технологічні умови одержання нових матеріалів для теплової та сонячної енергетики.

В композитах метал-ВНС спостерігаються суттєві зміни механічних та електричних характеристик.

Металеві частки виступають для провідної мережі з ВНС переважно у ролі постачальника вільних носіїв заряду, у тому числі «гарячих». Це дозволяє використовувати такі композити при створенні катодних матеріалів для низькотемпературних термоемісійних перетворювачів, для яких важливими є як високі показники нерівноважності електронної підсистеми, так і електронна структура й геометрія поверхні.

ANELASTIC ULTRASOUND ATTENUATION IN NANOCOMPOSITES OF MULTIWALLED CARBON NANOTUBES AND POLYETHYLENE, POLYVINYL CHLORIDE, POROUS POLYSTYRENE

Onanko Y.A.^(*), Charnyi D.V., Onanko A.P., Dmytrenko O.P., Kulish M.P., Pinchuk-Rugal T.M., Aliksandrov M.A., Gaponov A.M., Popruzhko V.M.

Kyiv national university, Volodymyrs'ka str., 64/13, Kyiv, 01601, Ukraine

**+38 044 2587926; onanko@i.ua*

Influence of deformation ε on a phonon spectrum is described by means of Gryunayzen constant γ .

The quasilongitudinal ultrasonic (US) velocity $V_{\parallel} = 2828$ m/sec, dynamical elastic modulus $E = \rho V_{\parallel}^2 = 7,539$ GPa, quasitransversal US velocity $V_{\perp} = 756$ m/sec, shear modulus $G = \rho V_{\perp}^2 = 539$ MPa, Puasson coefficient $\mu = 0,462$, specific density polyethylene with low density high pressure $(C_2H_4)_n + 0,2\%$ multiwalled carbon nanotubes (MCNT) $\rho = 942,7$ kg/m³ was determined from the oscillogram [1] in fig. 1. Logarithmic decrement of US attenuation $\delta = \ln(A_{n+1}/A_n) = \ln(102/98) \approx (4,00 \pm 0,1) \cdot 10^{-2}$.

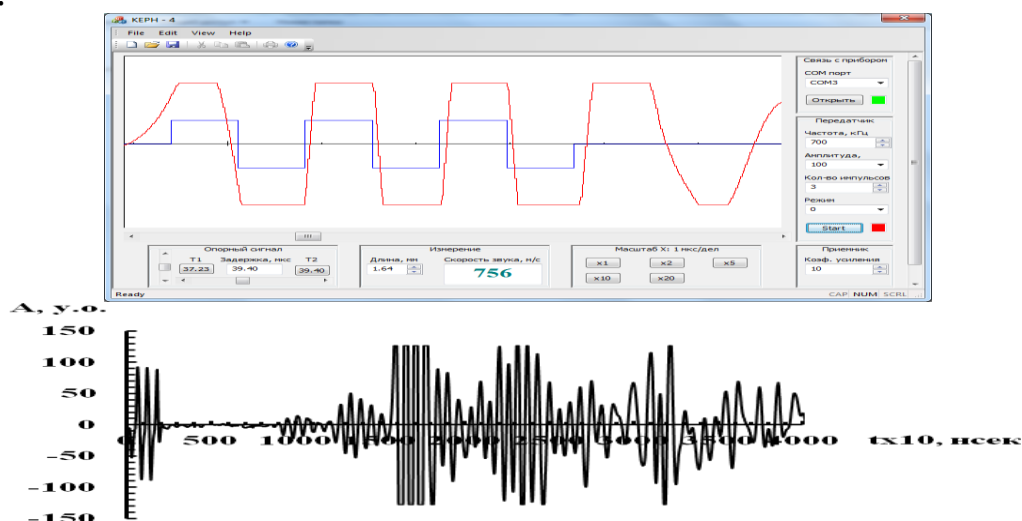


Fig. 1 - The illustration of the window for processing data of quasitransversal elastic waves velocity measuring $V_{\perp} = 756$ m/sec and the oscilloscopegramma of impulses in nanocomposite polyethylene with low density high pressure $(C_2H_4)_n + 0,2\%$ MCNT by impulse-phase method at frequency $f_{\perp} = 0,7$ MGz

Conclusions

1. The increase of the nanocomposite crystalline degree at growth of multiwalled carbon nanotubes concentration filling with the nanotubes of matrix results in the decline of content of well-organized phase.
2. The possibility to trace on the same nanocomposite dependence on elastic modulus E , shear modulus G from different continuously changing factors of temperature or irradiation.

SPECIFICITIES OF ELASTIC E, SHEAR G MODULUS NANOCOMPOSITES OF MULTIWALLED CARBON NANOTUBES AND POLYVINYL CHLORIDE, POLYETHYLENE, FOAM POLYSTYRENE

Onanko Y.A.^(*), Charnyi D.V., Onanko A.P., Dmytrenko O.P., Kulish M.P., Pinchuk-Rugal T.M., Aliksandrov M.A., Gaponov A.M., Popruzhko V.M.

Kyiv national university, Volodymyrs'ka str., 64/13, Kyiv, 01601, Ukraine

**+38 044 2587926; onanko@i.ua*

Complex elastic modulus E^* nanocomposite is equal to the sum of the dynamic elastic modulus $\dot{E} = \rho V_{\parallel}^2$ and the loss modulus $E'' = \dot{E}\delta$ [1]:

$$E^* = E'(1 + \delta) = \rho V_{\parallel}^2(1 + \delta) = \rho V_{\parallel}^2(1 + \pi Q^{-1}), \quad (1)$$

where δ - the logarithmic decrement of US attenuation, ρ - specimen nanocomposite density, $V_{\parallel}$ - longitudinal US elastic waves velocity, Q^{-1} - internal friction.

The transversal US velocity $V_{\perp} = 768 \pm 30$ m/sec, shear module $G = \rho V_{\perp}^2 = 578$ MPa, the longitudinal US velocity $V_{\parallel} = 2485 \pm 30$ m/sec, dynamical elastic module $E = \rho V_{\parallel}^2 = 6,057$ GPa, Poisson coefficient $\mu = 0,44$ nanocomposite polyethylene with low density high pressure $(C_2H_4)_n$ + 3% multiwalled carbon nanotubes (MWCNT) were determined from the oscillogram in fig. 1.

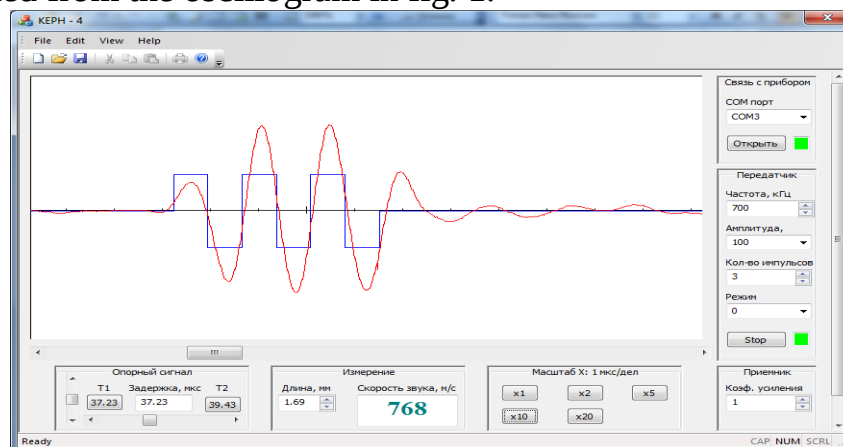


Fig. 1 - The illustration of the window for processing data of quasitransversal elastic waves velocity measuring $V_{\perp} = 768$ m/sec in nanocomposite polyethylene + 3% MWCNT by impulse-phase method at frequency $f_{\perp} = 0,7$ MGz

Conclusions

1. The value of internal friction background Q^{-1}_0 after temperature, mechanical treatments gives information about the changes of the elastic strains σ_i fields in nanocomposite.

2. The annealing of the structural defects in nanocomposite bends out of the shape type of internal friction temperature spectrum $Q^{-1}(T)$.

LOW-FREQUENCY CONDUCTIVITY OF EPOXY NANOCOMPOSITES FILLED WITH MULTILAYERED GRAPHENE NANOPATELETS

**Sigareva N.V.^{1(*)}, Gorb A.M.², Czapla Z.³, Polovina O.I.²,
Wacke S.⁴, Shulga S.V.¹**

¹*Chuiko Institute of Surface Chemistry, NAS of Ukraine,
17 General Naumov Str., Kyiv 03164, Ukraine, microft2@ukr.net*

²*Taras Shevchenko National University of Kyiv,
64/13 Volodymyrska Str., Kyiv 01601, Ukraine, g_allya@ukr.net*

³*Institute of Experimental Physics, University of Wroclaw,
pl. M. Borna 9, 50-204 Wroclaw, Poland*

⁴*Department of Physics, Opole University of Technology,
Ozimska 75, 45-370 Opole, Poland*

Temperature dependences of both dielectric permittivity (ϵ_1) and dielectric loss factor (ϵ_2) of DGEBA-epoxy-based nanocomposites (ENCs) filled with multilayered graphene nanoplatelets (MLGs) have been measured using the computer-controlled impedance meter Hioki IM3536 General Purpose LCR Meter within the temperature range $T = 77\text{--}350$ K at fixed frequencies $\omega/2\pi$, ranged from 4 Hz to 8.0 MHz.

The commercially available CHS-EPOXY 520 resin was used as the host resin. Polyethylene-polyamine was used as a curing agent. The SEM study evidenced a great morphological diversity of MLGs having average size of about 5×5 mm in basal planes, 50 nm in thickness, and about 100 monoatomic layers. BET-method gave the specific surface of $S_f \sim 740$ m²/g. Mass loading (φ_f) of the MLGs in ENCs was varied as 0.0, 1.0, 2.0, and 5.0%.

The factor ϵ_2 has been proved not to obey the ω^{-1} -law in the region of $4 \leq \omega/2\pi \leq 100$ Hz. Moreover, the dynamic electric conductivity σ associated with ϵ_2 has been recognized to be loading-temperature-dependent, and it can be described as

$$\sigma(\omega, \varphi_f, T) = \epsilon_0 \omega \epsilon_2(\omega, \varphi_f, T) = \sigma_0(T) + A(\varphi_f, T) \cdot \omega^{-s(\varphi_f, T)}$$

where ϵ_0 is the dielectric permittivity of vacuum, $\sigma_0(T)$ is the residual intrinsic dc-conductivity of the neat epoxy, whereas the exponent $s(T)$ increases towards unity as temperature T increases provided that $0 < s(T) \leq 1$. It's obviously for a case of nanocomposites, that all the temperature-dependent empirical parameters (σ_0 , A , and s) should also be considered as loading dependent.

The physical mechanisms responsible for loading-related behavior of σ and is seemed to be associated with molecular structure alteration due to interactions occurring between the nanoplatelets and epoxy's macromolecular chains moieties untill the ENCs are curing.

СТРЕЙНТРОНІКА У ФОСФОРЕНІ: ВПЛИВ ДЕФОРМАЦІЙ РОЗТЯГУ, ЗСУВУ ТА ЇХ КОМБІНАЦІЙ НА ЕЛЕКТРОННІ ВЛАСТИВОСТІ

Соломенко А.Г.^{1,*}, Сагалянов І.Ю.², Радченко Т.М.¹, Татаренко В.А.¹

¹Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України,
бульвар Академіка Вернадського, 36; Київ, Україна

²Лінчюпінгський університет, Норрчюпінг, Швеція

*Тел.: +380 44 4249042, E-mail: sola@imp.kiev.ua

Однією з алотропних форм фосфору є фосфорен — атомарний шар чорного фосфору, який і слугує об'єктом дослідження. Предметом дослідження є вплив деформацій розтягу, зсуву та їх комбінацій на електронні властивості фосфорену, а саме на величину забороненої зони в електронному спектрі задля її цілеспрямованого регулювання. Цей відносно новий напрям у фізиці конденсованого стану речовини називають стрейнтронікою (straintronics) — інноваційний підхід, що використовує методи деформаційної інженерії та наведені механічними деформаціями фізичні ефекти для реалізації нового покоління пристроїв електронних, інформаційних, сенсорних й енергозберігаючих технологій. Оглянувши та проаналізувавши літературні дані щодо забороненої зони у фосфорені, виявлено, що теоретичні значення щільності суттєво різняться як між собою (залежно від застосовного DFT-методу), так і з експериментальними. Це сприяло мотивації для власного розрахунку величини фосфоревої щільності та впливу на неї деформацій розтягу і зсуву. Задля цього на шляху до проведення комп'ютерного експерименту оптимізовано метод розрахунку густини електронних станів (DOS) $\rho(E) = \text{Tr}[\delta(E - \hat{H})]$, де $\hat{H}$ — Гамільтоніан у наближенні сильного зв'язку, а E — енергія електрона. Виразивши густину електронних станів $\rho(E)$ як суму густин локальних станів, $\rho(E) = \sum_i^N \rho_i(E)$, із сумуванням по всіх N вузлах фосфоревої ґратки, та подавши $\rho_i(E)$ через уявну частину діагональних елементів (G_{ii}) Грінової функції, $\rho(E) = -(1/\pi) \text{Im} G_{ii}(E + i\varepsilon)$, де мале $\varepsilon \rightarrow 0$ слугує для згладжування дельта-піків, розділених за енергією інтервалами шириною у $\Delta E \propto 1/N$, імплементовано ефективний алгоритм розрахунку DOS із використанням методу неперервних дробів і тридіагоналізації Гамільтоніанової матриці, що уможливило лінійну залежність часу комп'ютерних розрахунків від розмірів досліджуваної системи. Для врахування впливу зовнішнього механічного чинника (деформації) припускалася експоненційна залежність інтегралу перескоків від міжвузлової відстані. Обчислені результати свідчать, що комбінація деформацій розтягу та зсуву є дієвим інструментом для регулювання забороненої зони фосфорену у достатньо широких межах, перетворюючи його стан з напівпровідникового у (напів)металічний (і навпаки). Це робить матеріал придатним для використання в електроніці та є потужною зброєю у його конкурентній боротьбі з графеном та іншими (квази)двовимірними матеріалами сучасності.

Українські автори вдячні Національному фонду досліджень України (НФДУ) за грантову підтримку проєкту Ф81/41600 (номер держреєстрації 0121U112812) у рамках спільного конкурсу Ф81 науково-дослідних проєктів ДФФД (нині НФДУ) і DFG.

ЕЛЕКТРОННІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІФЕНІЛЕНСУЛЬФІДУ ТА ФТОРОПЛАСТУ-3

Томіна А.-М.В.^{1(*)}, Красновид С.В.², Кончиць А.А.²

¹ Дніпровський державний технічний університет, вул. Дніпробудівська, 2,
Кам'янське 51918, Україна

² Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАНУ, пр-т
Науки, 41, Київ 03028, Україна

*Тел.: +38 0975089241 E-mail: an.mtomina@gmail.com

Вуглепластики на основі конструкційних термопластичних в'язучих показують унікальні механічні характеристики і широко використовуються у машинобудуванні, автомобільній промисловості, в аерокосмічній галузі тощо [1].

У даній роботі методом електронного парамагнітного резонансу (ЕПР) досліджено електронні властивості вуглецевих волокон (ВВ) Т700S (Японія) та мікрографіту сріблястого (ГС), як окремо, так і в якості наповнювачів у композитах на базі поліфеніленсульфіду (ПФС) та фторопласту (Ф-3).

Встановлено, що вихідні полімери показують сигнали ЕПР, обумовлені дефектами в полімерних ланцюжках. Сигнал ЕПР Ф-3 є ізотропним ($g=2.0026$) з шириною $\Delta H_{pp}=2.4$ Гс; в той же час ПФС показує подібний, але злегка анізотропний сигнал ЕПР, обумовлений наявністю сірки у структурі полімеру.

Наповнювачі ГС та Т700S демонструють сильний парамагнітний відгук. Величини g -факторів анізотропного спектру ГС співпадають з даними першоджерел [2]. Виявлено, що форма сигналу ЕПР порошкоподібного ГС залежить від можливості орієнтації частинок в магнітному полі завдяки дії сильного діамagnetизму графіту. Тільки в стислому порошку реалізується хаотичний розподіл орієнтацій окремих частинок ГС і відповідна форма ЕПР спектру.

Сигнал ЕПР ВВ Т700S являє собою вузьку одиночну лінію ($\Delta H_{pp}=1.8$ Гс) з g -фактором $g=2.0025$. Її природа обумовлена головним чином електронами провідності. Форма лінії ЕПР ВВ або асиметрична (форма Дайсона) або Лоренцева, в залежності від співвідношення між глибиною скін-шару для даної частоти мікрохвиль та товщиною зразка. Ізотропність g -фактора ВВ показує, що високомодульні Т700S є карбонізованими, а не графітованими волокнами. Мала ширина лінії відображає відмінну структурну досконалість цих ВВ.

У композитах на основі ПФС та Ф-3 інтенсивність сигналів від наповнювачів корелює з їх концентрацією в композиті. Ширина їх сигналів ЕПР, а також сигналів від ПФС та Ф-3 збільшується на 20-30% завдяки взаємодії між матрицею і наповнювачем. У об'ємних зразках композитів форма лінії ЕПР ГС стає відповідною хаотичному розподілу частинок.

1. A. Konchits, Ye. Yeriomina, A.-M. Tomina, O. Lysenko, S. Krasnovyd, O. Morozov. *Advanced Polymer Composites for Use on the Earth and in Space*. In: Nanotechnology in Space. Pan Stanford Publishing (2021), P. 71-119.
2. L. S. Singer, G. Wagoner, *J. Chem. Phys.*, **37**, No. 8: 1812 (1962). DOI: 10.1063/1.1733373

MAGNETIC FIELD EFFECT ON ANION-EXCHANGE IN Co-Al LAYERED DOUBLE HYDROXIDES

Vieira D.E.L.^{1*}, Pashkevich Yu.G.², Shevtsova T.M.², Vieira J.M.¹, Brett, C.M.A.³, Salak A.N.¹

¹ *Department of Materials and Ceramics Engineering, CICECO – Aveiro Institute of Materials, University of Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal*

² *O. Galkin Donetsk Institute for Physics and Engineering of NASU, Kyiv, Ukraine,*

³ *Department of Chemistry, Faculty of Sciences and Technology, University of Coimbra, 3004-535 Coimbra, Portugal*

**Tel: +351914898159, E-mail: danielvieira@ua.pt*

Layered double hydroxides (LDH) are natural 2-D nanostructures composed of parallel sheets of the mixed metal hydroxides $[M^{2+}_{1-x}M^{3+}_x(OH)_2]^{x+}$ whose positive charge is compensated by anions (A^{y-}) intercalated between the hydroxide sheets and screened from each other by water molecules [1].

One of the most important LDH characteristics is the anion-exchange ability. This feature is widely explored in water treatment, corrosion protection, and drug delivery applications. This ability is typically triggered by temperature, pH and particular anion species. Recently, we have shown that flake-like crystallites of Co^{2+} -containing LDH are magnetically anisotropic and can be arranged in the presence of an external magnetic field [2], suggesting that magnetic field can trigger an anion-exchange process in these LDH.

This work presents a study of the magnetic field effect on $NO_3^- \rightarrow CO_3^{2-}$ anion exchange in Co_nAl-NO_3 LDH ($n=(1-x)/x = 2$ and 3 is the Co/Al cations ratio). Ion-selective electrode was used to quantify the NO_3^- released from the LDH interlayers. The anion exchange was carried out in a zero magnetic field and at 0.5, 0.75 and 1 T.

The results indicate that applying a magnetic field in the course of anion exchange from nitrate to carbonate in Co_2Al-NO_3 and Co_3Al-NO_3 LDH results in considerable acceleration of the process. The highest NO_3^- release was achieved during the first 30 s after application of 1 T. On average, the amount of NO_3^- released from LDH samples in the fields of 0.5-1 T was 2-3 times higher than in the cases when no magnetic field was applied.

This work was supported by the Belarus-Ukraine grant "Effect of magnetic field and ultrasound on the anion-exchange properties of iron- and cobalt-containing layered double hydroxides" (2020-2021) T20YKA-020/N0120U000216.

1. X. Duan, D. G. Evans, *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, **119**, 121-159 (2006). DOI: <https://doi.org/10.1007/b100426>

2. D. E. L. Vieira, J. P. V. Cardoso, A. V. Fedorchenko, E. L. Fertman, E. Čižmár, A. Feher, R. Yu. Babkin, Yu. G. Pashkevich, C. M. A. Brett, J. M. Vieira, and A. N. Salak, *Chem. Comm.*, **57**, 6899-6902 (2021). DOI: <https://doi.org/10.1039/D1CC01599K>

ГЕОМЕТРІЯ КРЕМНІЄВИХ НАНОВІСТРІВ, СФОРМОВАНИХ МЕТАЛ-КАТАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ ДЛЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Якименко А.О., Пилипова О. В.

*Інститут Високих Технологій Київського національного університету імені
Тараса Шевченка, Вул. Володимирівська 64, Київ, Україна*

Тел. +380 95 705 20 25 Email: yakyandriy@gmail.com

Наразі у світі гостро стоїть проблема екологічних джерел енергії. Однією із «зелених» альтернатив є сонячні елементи, ринок яких останні роки зазнав стрімкого росту. [1] В свою чергу нановістря показали себе як структури, що можуть підвищити ефективність сонячних елементів. Серед технологій утворення нановістрів, метод метал каталітичного травлення має перевагою простоту і відносно низьку вартість, проте за це доводиться платити неоднорідністю утворених зразків. Саме тому експерименти із оптимальними режимами травлення нановістрів метал каталітичним травленням є актуальним напрямом сучасної нанофізики. [2]

У експерименті було утворено два зразки за різних режимів. Процес утворення складався із трьох етапів: Осадження, травлення та очистка.

Осадження відбувалося у розчині $5M\ HF$ та $0.01M\ AgNO_3$ для першого зразка. Для другого - $5M\ HF$ та $0.02M\ AgNO_3$. Осадження на обидва зразки відбувалося протягом 30 секунд. Травлення відбувалося у розчині $10M\ HF$ та $0.15M\ H_2O_2$ для першого зразка і $5M\ HF$ та $0.15M\ H_2O_2$ для другого. В обох випадках час травлення був 10 хвилин. Очистка відбувалася у розчині $HNO_3 - H_2O$ в співвідношенні 1:1 для двох зразків.

В результаті обох експериментів було отримано достатньо впорядковані циліндричні нановістря із довжиною близько 1900 нм та діаметром близько 80нм. Морфологія досліджувалася методом скануючої електронної мікроскопії (HR SEM: model LEO440UP, Hitachi S - 4800) Коефіцієнт відбиття був виміряний спектрофотометром Shimadzu, model UU3101PC та складав менше одного відсотка.

1. G. M Wilson, M. Al-Jassim, W. K Metzger, S. W Glunz, P. Verlinden, G. Xiong, L. M Mansfield, B. J Stanbery, K. Zhu, Y. Yan, J. J Berry, A. J Ptak, F. Dimroth, B. M Kayes, «The 2020 photovoltaic technologies roadmap,» *J. Phys. D*, т. 53, № 49, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.opelre.2019.05.003>.
2. O.V. Pylypova, A.A. Evtukh, P.V. Parfenyuk, I.I. Ivanov, I.M. Korobchuk, O.O. Havryliuk, O.Yu. Semchuk, «Electrical and optical properties of nanowires based solar cell with radial p-n junction,» *Opto-Electronics Review*, т. 27, № 2, 2019. <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab9c6a>

ПРОЦЕСИ СТРУКТУРНОЇ ТА МАГНІТНОЇ РЕЛАКСАЦІЇ У НАНОЧАСТИНКАХ NaFeO_2

О.І. Наконечна^{1,2}, А.В. Боднарук³, В.О. Заморський^{1,*}, Н.Н. Бежавіна²,
І.В. Шарай¹, О.І. Товстолиткін^{1,2}

¹ Інститут магнетизму НАН України та МОН України, Київ, Україна

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

³ Інститут фізики НАН України, Київ, Україна

* E-mail: ovl0ad0@gmail.com

Розвиток технологій для застосувань магнітних наночастинок у медицині та біології відкриває нові можливості для цілеспрямованої доставки ліків, магнітної гіпертермії тощо. Магнітна гіпертермія – метод лікування онкологічних захворювань, що ґрунтується на здатності магнітних наночастинок нагріватись під дією змінних зовнішніх полів. Оптимальним температурним діапазоном є 42–46 °С, оскільки саме за таких температур гинуть клітини пухлини без пошкодження нормальних клітин. Але для медичних застосувань наночастинок мають задовольняти таким вимогам як однодоменність, слабка здатність до агрегації, висока ефективність нагріву у діапазоні 42-46 °С, біосумісність та колоїдна стабільність. Нажаль, з часом параметри наночастинок можуть змінюватися, що може бути критичним. Тому процеси старіння (довготривалої релаксації) вимагають ретельного дослідження.

Магнітні наночастинок NaFeO_2 є біосумісними та мають відносно велику намагніченість насичення, завдяки чому можуть бути використані при розробці препаратів магнітної гіпертермії. Наночастинок були синтезовані золь-гель методом, після чого витримані в атмосферних умовах протягом 10 000 годин. Були проведені дослідження кристалічної структури та магнітних властивостей зразків відразу після виготовлення та зістарених.

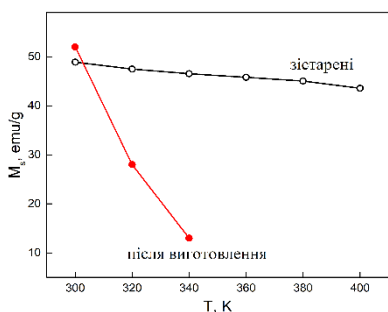


Рис. 1. Температурна залежність намагніченості насичення для зразків відразу після виготовлення та зістарених.

Кристалічна структура наночастинок під час старіння зазнає істотних змін, включаючи збільшення параметру ґратки та середнього розміру блоків когерентного розсіювання. Також суттєво змінюються і

магнітні властивості.

На рис. 1 порівнюється намагніченість насичення для зразків відразу після виготовлення та зістарених. Намагніченість насичення M_s різко зменшується з підвищенням температури для виготовлених зразків (від 52 emu/g до 13 emu/g), тоді як залежність від $M_s(T)$ для зістарених зразків демонструє більш гладкий характер. Отже, за характерних температур гіпертермії (42-46 °С) саме зістарені зразки МНЧ є стабільними та мають задовільні магнітні характеристики, тому вони можуть потенційно використовуватися для різних медичних застосувань.

Роботу частково підтримано МОН України (реєстраційний номер проєкту 0121U110014).

ФОРМУВАННЯ НАНОКРИСТАЛІЧНИХ СТРУКТУР В УМОВАХ ІЗОТЕРМІЧНОГО ГАРТУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ РОЗПЛАВІВ

О.Б. Лисенко, О.І. Попіль, К.П. Шулешова

Дніпровський державний технічний університет, 51918, Кам'янське, вул.

Дніпробудівська, 2, Україна

**Тел.: +380966725865 e-mail: ogi.popil93@gmail.com*

В роботі виконані два блоки досліджень, присвячених теоретичному обґрунтуванню та технологічному забезпеченню процесів формування нанокристалічних структур при литті розплавів у металеву виливницю. У першому блоці на прикладі матеріалів з суттєво різною здатністю до пригнічення кристалізації (Ni , $Fe_{80}B_{20}$, $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$) розраховані залежності швидкостей зародження I та росту U кристалів від зведеного переохолодження розплаву ΔT_r . Показано, що необхідне для нанокристалізації сполучення параметрів I та U досягається при значеннях $\Delta T_r \geq 0,3$, які відповідають температурам, близьким до точки склоутворення T_g . Отже, гарантоване отримання повністю закристалізованих структур з наномасштабними розмірами кристалів забезпечує режим низькотемпературного ізотермічного твердіння розплавів. Проте, згідно з результатами роботи [1], такий режим довільно фіксується лише при занадто точних значеннях товщини шарів розплаву l , що унеможливорює практичну реалізацію означеного процесу.

У другому блоці модельних розрахунків досліджені особливості термічних режимів і кінетики кристалізації при литті металевих розплавів у гарячу виливницю. Показано, що при раціональному виборі вихідної температури виливниці T_e забезпечується штучне утворення шуканого ізотермічного режиму масової кристалізації розплавів. Для Ni цей режим встановлюється лише в шарах субмікронної товщини, для сплаву $Fe_{80}B_{20}$ – в шарах товщиною лише 40 мкм, а для сплаву $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$ критична товщина шарів розплаву складає 2 мм. Отже, реальну перспективу отримання нанокристалічної структури методом лиття у підігріту виливницю має лише сплав $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$, який відноситься до матеріалів, здатних до об'ємної аморфізації.

Стосовно до цього сплаву встановлено, що при температурі виливниці $T_e = 400$ К кристалізація здійснюється в ізотермічних умовах ($\Delta T_r = 0,39$) протягом $\sim 7,8 \cdot 10^4$ с і завершується формуванням структури з середніми розмірами кристалів $\bar{R}_e = 65$ нм. Підвищення вихідної температури виливниці до 450 К супроводжується зменшенням переохолодження ($\Delta T_r = 0,33$), що викликає значне скорочення тривалості перетворення (327 с) та збільшення величини $\bar{R}_e$ до 154 нм.

1. А.В. Lysenko, О.І. Kravets and А.А. Lysenko, Металлофиз. новейшие технол. – 2008. – Т.30, №3. – С. 415-427.

ДЕПОЗИТ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО СИНТЕЗУ ЯК НОСІЙ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК ТА ГРАФЕНОВИХ ПАКЕТІВ

**Рудакова О.П.^{1(*)}, Золотаренко Ол.Д.^{2,1}, Аханова Н.Е.^{4,5}, Уалханова М.⁵,
Золотаренко Ан.Д.^{1,2}, Золотаренко О.Д.¹, Габдуллин М.Т.⁴, Чимбай М.В.¹,
Гаврилюк Н.А.², Щур Д.В.¹, Загорулько І.В.³**

¹ *Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
вул. Кржижановського, 3, 03142 Київ, Україна.*

E-mail: L.P.Rudakova@gmail.com

² *Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України,
вул. Генерала Наумова, 17, 03164 Київ, Україна.*

³ *Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України,
бульв. Акад. Вернадського, 36, 03142 Київ, Україна.*

⁴ *Казахсько-британський технічний університет (КБТУ),
Толі бі 59, пр. Аль-Фарабі, 050040 Алмати, Казахстан.*

⁵ *Національна нанотехнологічна лабораторія (NNLOT),
Казахський національний університет ім. Аль-Фарабі,
б. 71, пр. Аль-Фарабі, 050040 Алмати, Казахстан.*

Як показали експерименти, в ході електродугового синтезу вуглецевих наноструктур (ВНС) в газовому середовищі крім фуллереновмісної сажі, в якій містяться ендо-фуллерени, на катоді уздовж осі анодного електрода утворюється наріст, що називається осадам (депозитом).

Встановлено, що при випаровуванні чистого графіту утворений депозит складається з двох частин: серцевини та оболонки, яку називають корою депозиту. Серцевина складається з вуглецевих нанотрубок (ВНТ), а оболонка містить графени (пакети графенів).

При випаровуванні графіту разом з будь-яким каталізатором депозит формується з двох і більше елементів з утворенням ендо-фуллеренів, розміщених у фуллеренмісткій сажі.

Як показали електронно-мікроскопічні дослідження, оболонка осаду складається з шаруватих структур (пакетів графенів), площини яких розташовані перпендикулярно осі депозиту і щільно укладені в єдину структуру. Серцевина депозиту є пухкою та пористою. Вона складається з конгломератів вуглецевих нанотрубок, орієнтованих уздовж осі депозиту, сформованих з пучків вуглецевих нанотрубок. Усі компоненти осаду містять сліди каталізатора, використаного в процесі синтезу.

Попередні результати показують, що можна отримувати графени та пакети графенів з оболонок депозиту, які вже містять заздалегідь визначений каталізатор. На сьогоднішній день це є важливим для технології створення сучасних електричних схем та акумуляторів енергії нового покоління.

**MECHANISMS OF POLYMORPHIC CRYSTALLIZATION OF
EUTECTIC ALLOY $\text{La}_{73.5}\text{Ag}_{26.5}$ FROM LIQUID AND
AMORPHOUS PHASES**

O.B. Lysenko¹, I.V. Zagorulko², I.V. Gurin¹

¹ *Dniprovsk State Technical University, Kamyanske, 2, Dniprobudivska str., Ukraine*

² *G. V. Kurdyumov Institute for Metal Physics of the N.A.S. of Ukraine, Kyiv, 36
Academician Vernadsky Blvd., Ukraine*

**Phone: +380966725865 Email: talentpwnz@gmail.com*

The peculiarities of the formation of a metastable bcc phase in the $\text{La}_{73.5}\text{Ag}_{26.5}$ alloy upon quenching from a liquid state (QLS) and heat treatment of rapidly quenched amorphous foils. It has been shown that with an increase of the QLS rate from $\sim 5 \times 10^4$ K/s to $\sim 4 \times 10^5$ K/s, the structure of the alloy changes from eutectic ($\beta\text{-La} + \text{LaAg}$) to X-ray amorphous, typical for metallic glasses (MG). At the intermediate stage of these changes in a relatively narrow range of ν_- values ($\sim 5 \times 10^4 - 10^5$) K/s, a metastable bcc phase with an effective grain size of ~ 40 nm is fixed. It was found that the bcc phase crystallizes polymorphically, i.e. with the preservation of the alloy original composition, at deep supercooling, which correspond to close to the maximum values of the nucleation frequency and growth rate, not exceeding $\sim 10^{-5}$ m/s.

The metastable bcc phase, but with much smaller crystallite sizes (5–9) nm, is also formed during crystallization when rapidly quenched amorphous foils are heated. For a detailed study of this transformation features, we analyzed the dependences of the electrical resistivity ρ of the initially amorphous samples on the exposure time t at temperatures close to the stability threshold of the MG structure. By processing the results of resistometric studies, the isotherms $\rho(t)$ were obtained, which were converted to the traditional kinetic form $x(t)$, where x is the crystallized volume fraction. It was found that the equation $x(t)$ is exponential with the Avrami exponent $n = 1$, which excludes the possibility of three-dimensional crystal growth.

Considering the latter conclusion, it was suggested that the polymorphic crystallization of the bcc phase upon heating of amorphous foils is carried out by multiple formation of nucleation centers and their further stabilization due to almost instantaneous growth to nanosizes, which were recorded by X-ray diffraction. Synchronized displacements of atomic ensembles over distances shorter than the shortest diffusion paths in amorphous materials can be a probable mechanism of anomalously fast and short-term crystal growth. As a result of such displacements, the atomic packing transforms from a typical amorphous structure to coordination of the bcc lattice. In this case, due to a decrease in the volume during crystallization, a loosened layer with a low atomic density is created at the interface, which leads to a decrease in the probability of the transition of atoms from the amorphous matrix to bcc centers and the termination of their growth.

**ФУЛЛЕРЕНИ ТА ВУГЛЕЦЕВІ НАНОСТРУКТУРИ,
ОТРИМАНІ З ГРАФІТУ МАРОК ЕГСП ТА МПГ-7**

**Золотаренко Ол.Д.^{1,2(*)}, Рудакова О.П.², Аханова Н.Е.^{4,5}, Уалханова М.⁵,
Золотаренко Ан.Д.^{2,1}, Золотаренко О.Д.², Габдуллин М.Т.⁴, Чимбай М.В.²,
Гаврилюк Н.А.¹, Щур Д.В.², Загорулько І.В.³**

¹ *Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України,
вул. Генерала Наумова, 17, 03164 Київ, Україна.
E-mail: O.D.Zolotarenko@gmail.com*

² *Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
вул. Кржижановського, 3, 03142 Київ, Україна.*

³ *Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України,
бульв. Акад. Вернадського, 36, 03142 Київ, Україна.*

⁴ *Казахсько-британський технічний університет (КБТУ),
Толі бі 59, пр. Аль-Фарабі, 050040 Алмати, Казахстан.*

⁵ *Національна нанотехнологічна лабораторія (NNLOT),
Казахський національний університет ім. Аль-Фарабі,
д. 71, пр. Аль-Фарабі, 050040 Алмати, Казахстан.*

Методом електродугового випаровування графіту марок ЕГСП та МПГ-7 в середовищі інертного газу (He) отримано вуглецеві наноструктури (ВНС) різних типів (вуглецеві нанотрубки, фуллерени та фуллереноподібні структури) та виконано порівняльний аналіз їх характеристик. Визначено оптимальні технологічні умови синтезу ВНС з графітових анодних електродів порівнюваних марок (ЕГСП та МПГ-7). Досліджено депозити плазмохімічного синтезу. Методами скануючої та просвітлювальної електронної мікроскопії досліджено будову синтезованих вуглецевих матеріалів і показано, що при випаровуванні графіту марки ЕГСП формуються вуглецеві нанотрубки навіть без застосування каталізатора. Проведено диференційно-термічний, термогравіметричний та диференційний термогравіметричний аналізи, за результатами яких встановлено температури початку взаємодії утворених ВНС з киснем повітря. За даними фотоспектрального аналізу продуктів синтезу проведено розрахунки та показано, що фуллеренова складова, отримана при випаровуванні графіту марки ЕГСП, містить 10 – 12 % фуллеренів C₆₀ та C₇₀, що не поступається аналогічним показникам графіту марки МПГ-7.

Враховуючи дешевизну графіту марки ЕГСП у порівнянні з маркою графіту МПГ-7, можна стверджувати, що вуглецеві наноструктури, синтезовані з графіту марки ЕГСП, мають більш низьку собівартість. Такий факт є важливим для синтезу вуглецевих наноструктур, в якості наповнювача сучасних композитів. Окрім того, синтез на порядок дешевших фуллеренових і фуллереноподібних молекул є великою перевагою для їх вивчення та використання у сучасних матеріалах, оскільки сьогодні на основі фуллеренів починають створюватись нові сучасні передові нанотехнології.

ЕЛЕКТРОПРОВІДНІ КОМПОЗИТНІ КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ З ВУГЛЕЦЕВИМИ НАНОСТРУКТУРАМИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ 3D-ДРУКУ (CJP)

Золотаренко Ол.Д.^{1,2(*)}, Рудакова О.П.², Аханова Н.Е.^{4,5}, Уалханова М.⁵,
Золотаренко Ан.Д.^{2,1}, Золотаренко О.Д.², Габдуллин М.Т.⁴, Чимбай М.В.²,
Гаврилюк Н.А.¹, Щур Д.В.², Загорулько І.В.³, Тарасенко Ю.О.¹

¹ Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України,
вул. Генерала Наумова, 17, 03164 Київ, Україна.
E-mail: O.D.Zolotarenko@gmail.com

² Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
вул. Кржижановського, 3, 03142 Київ, Україна.

³ Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України,
бульв. Акад. Вернадського, 36, 03142 Київ, Україна.

⁴ Казахсько-британський технічний університет (КБТУ),
Толі бі 59, пр. Аль-Фарабі, 050040 Алмати, Казахстан.

⁵ Національна нанотехнологічна лабораторія (NNLOT),
Казахський національний університет ім. Аль-Фарабі,
д. 71, пр. Аль-Фарабі, 050040 Алмати, Казахстан.

Отримано електропровідні вуглецево-оксидні композити на основі Al_2O_3 і TiO_2 , призначені для 3D-друку (CJP), та досліджено залежності питомої провідності одержаних композитів від умов отримання та типів використовуваних вуглецевих наноструктур (ВНС).

Методом просвічуючої електронної мікроскопії досліджено структуру і фазовий склад зразків, а їх поверхню вивчено з використанням автоемісійного растрового електронного мікроскопу. Електропровідність матеріалів визначали на потенціостаті.

Встановлено можливість створення механічних сумішей (Al_2O_3 -ВНМ та TiO_2 -ВНМ) шляхом обробки сумішей в планетарному кульовому змішувачі для технології 3D-друку CJP, де ВНМ – одно- і багатостінні вуглецеві нанотрубки (БВНТ) та вуглецеві нановолокна.

Встановлено залежність питомої електропровідності композитів від масового вмісту вуглецевих наноматеріалів (1–50 %) різних типів та проведено порівняльний аналіз отриманих залежностей для двох матеріалів – БВНТ/ Al_2O_3 та БВНТ/ TiO_2 . Показано, що додавання 3 мас.% БВНТ до оксидів призводить до різкого збільшення питомої електропровідності.

Встановлено, що каталізатор Pt/TiO_2 -БВНТ, який містить 5 мас.% вуглецевих нанотрубок, має найкращу каталітичну активність у відновленні кисню в катодному електродному моделюючому паливному елементі. На основі композиту Pt/TiO_2 -БВНТ створено катод паливної комірки методом 3D-друку CJP. Технології CJP дозволять здешевити виробництво електродів для паливних елементів.

СИНТЕЗ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОСТРУКТУР ПЛАЗМОХІМІЧНИМ МЕТОДОМ В РІДКОМУ СЕРЕДОВИЩІ

**Золотаренко Ол.Д.^{1,2(*)}, Рудакова О.П.², Аханова Н.Е.^{4,5}, Уалханова М.⁵,
Золотаренко Ан.Д.^{2,1}, Золотаренко О.Д.², Габдуллин М.Т.⁴, Чимбай М.В.²,
Гаврилюк Н.А.¹, Щур Д.В.², Загорулько І.В.³**

¹ Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України,
вул. Генерала Наумова, 17, 03164 Київ, Україна.
E-mail: O.D.Zolotarenko@gmail.com

² Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
вул. Кржижановського, 3, 03142 Київ, Україна.

³ Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України,
бульв. Акад. Вернадського, 36, 03142 Київ, Україна.

⁴ Казахсько-британський технічний університет (КБТУ),
Толі бі 59, пр. Аль-Фарабі, 050040 Алмати, Казахстан.

⁵ Національна нанотехнологічна лабораторія (NNLOT),
Казахський національний університет ім. Аль-Фарабі,
д. 71, пр. Аль-Фарабі, 050040 Алмати, Казахстан.

На сьогоднішній день плазмохімічний синтез вуглецевих наноматеріалів (ВНМ) в рідкому середовищі є мало вивченим методом. У цьому огляді розглянуто експериментальні роботи по синтезу вуглецевих наноструктур (ВНС) плазмохімічним методом в діелектричних рідких середовищах із застосуванням різноманітних каталізаторів.

Огляд дозволяє зробити висновок, що даний метод сприяє: • вирішенню питання громіздкості устаткування для плазмохімічного синтезу наноструктур; • легкій зміні режимів в ході експерименту (сила струму, швидкість подачі прекурсора); • використанню середовищ з різним хімічним складом. Крім того, метод дозволяє проводити синтез наноструктур в криогенних умовах та безперервнодовгий час.

Особливості синтезу ВНМ цим методом мало вивчені. Дослідники поки ще не приділили належної уваги таким питанням, як: **А.** не запропоновано модель процесів випаровування графіту в рідкому середовищі і синтезу ВНМ в його дузі; **Б.** не вивчені особливості впливу рідкого середовища і типів електродів на структуру і морфологію синтезованих ВНМ. Це не дозволяє враховувати вплив природи середовища на кінетику і термодинаміку процесів, що протікають при синтезі ВНМ; **В.** не досліджена можливість безкаталітичного синтезу нанотрубок плазмохімічним методом синтезу; **Г.** не досліджена можливість отримання графену плазмохімічним методом синтезу.

ВПЛИВ ТЕРМООБРОБКИ ПРИ 700-900 °С НА СТРУКТУРУ Cu_9Al_4 ФАЗИ ТА ГРАФІТУ В МЕХАНОАКТИВОВАНИХ ПОРОШКОВИХ КОМПОЗИТАХ Cu-Al/C

**Матвієнко Я.І.^{1(*)}, Рудь О.Д.¹, Загорулько І.В.¹,
Демченков С.О.², Трачевський В.В.³**

¹*Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, бульв. Академіка
Вернадського, 36, 03142 Київ, Україна*

²*Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, вул. Казимира
Малеви́ча, 11, 03150 Київ, Україна*

³*Технічний центр НАН України, вул. Покровська, 13, 04070 Київ, Україна*

**Тел.: +38 066 359 1870 e-mail: yanamatv@ukr.net*

Сплави Cu-Al в концентраційній області 18 – 20 мас.% (32 – 37 ат.%) Al досліджуються впродовж тривалого часу, однак досі існує ряд протиріч стосовно формування, концентраційних областей існування та кристалічної структури γ і β -фаз, які суттєво впливають на комплекс їх фізико-механічних властивостей [1]. В той же час, отримані традиційним ливарництвом сплави є крупнозернистими і характеризуються низькою пластичністю. Тому перспективним напрямком є виготовлення наноструктурованих композитів на основі таких Cu-Al сплавів за допомогою методів порошкової металургії [2].

В попередніх роботах [3–4] було показано можливість формування метастабільної Cu_9Al_4 фази у механоактивованих порошкових композитах Cu-Al/C у широкому концентраційному діапазоні, уточнено її структуру, хімічний склад, а також показано можливість впорядкування у порошках із вмістом міді до 78 мас.% при температурі 500 °С. Окрім того, виявлено її позитивний вплив на підвищення рівня механічних властивостей композитів після гарячого пресування при 850 °С і 30 МПа, а також реакційну здатність композитів після механоактивації впродовж 8-ми годин. Однак невисвітленим залишилося питання можливості прямого $\text{Al}_2 \rightarrow \text{D}_{83}$ перетворення після термообробки при температурі від 500 °С і вище, а також стану графіту, оскільки формування Al_4C_3 карбіду у порошках після відпалу при 500 °С не спостерігалось.

Тому у даній роботі досліджено фазово-структурний стан та термічну стабільність механоактивованих порошкових композитів Cu-Al/C вплив при температурі 700-900 °С. Виявлено вплив термообробки на процес структурного впорядкування Cu_9Al_4 фази, а також стан графіту. Показано динаміку зміни реакційної здатності композитів Cu-Al/C від часу механоактивації.

1. Ponweiser N., Lengauer Ch. L., Richter K. W. *Intermetallics*. **19**, No.11: 1737 (2011).

2. R. Dasgupta, *J. Mater. Res.*, **29**: 1681 (2014).

3. Матвієнко Я. І., Рудь О. Д., Поліщук С. С., Трачевський В. В., Фесенко О. М., Яремкевич А. Д., Хижун О. Ю. *Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології*. **18**. № 1:77 (2020). (in Ukrainian).

4. Matvienko Ya. I., Polishchuk S. S., Rud A. D., Popov O. Yu., Demchenkov S. A., Fesenko O. M. *Materials Chemistry and Physics*. **254**: 123437 (2020).

POSSIBILITY OF OBTAINING NANOSCALE SUBSTRUCTURE BY PRE-RECRYSTALLIZATION HEAT TREATMENT

Makhruha T. O., Zazhytska K. O.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ukraine

**Тел.: +38 0937935865 E-mail: tmakruha@gmail.com*

The actual problem of modern materials science is devoted to the solution of scientific and technical task of increasing the level of physico-mechanical and performance characteristics of steels by the formation of polygonization nanosized subgrains. Urgency of this direction of studies is justified by the acute necessity of the development of modern methods of formation of nanosized substructure of technically clean iron and steels, as Ukraine has a large deposits of these materials which provides significant level of import substitution. The use of combined deformation with subsequent pre-recrystallization heat treatment, which allows increase of mechanical characteristics such as hardness and strength, is proposed as a solution for this problem.

The use of combination of dynamic deformation by 30 % and static deformation by 30 % with pre-recrystallization heat treatment at the temperature of 500 °C is proposed for increasing mechanical characteristics of treated metals and steels. The prospects of this treatment method allows obtainment of steels with increased indicators of mechanical properties and almost nanosized substructure [1].

This method allays to increase physico-mechanical properties of deformed technically pure iron and steels by formation and fixation at the temperature of the beginning of primary recrystallization of thermally stable polygonization subgrains by pre-recrystallization heat treatment due to the formation of up to 65 % of nanoscaled substructure elements with the maximal angle of subgrains disorientation of 0.88 ° [2].

Dislocation structure of deformed steels after pre-recrystallization heat treatment is studied. It is found out that combined deformation with subsequent pre-recrystallization heat treatment allows increasing of dislocations density 2-3 times if compared to deformed state, which provides decrease of substructure elements size as well as increase of quantity of nanoscaled subgrains and enhancement of physico-mechanical characteristics [2].

1. O. Dubovyy, A. Karpechenko, T. Makryha, M. Bobrov, Al. Labartkava, and An. Labartkava, Bull. Georg. Natl. Acad. Sci., 15, No. 1 (2020).

2. T.O. Makrukha, Pidvyshchennya Fizyko-mekhanichnykh Vlastyvostey Staley Formulyuvannyam Polihonizatsiynykh nanomasshtabnykh suberen [The Increase Of Physical And Mechanical Properties Of Steel By The Formation Of Polygonization Nanosized Subgrains] (Thesis of Diss. for Candidate of Engineering Sci.) (Kherson: Kherson State Maritime Academy, M.E.S.U.: 2020) (Макруха Т. О. Підвищення фізико-механічних властивостей сталей формуванням полігонізаційних наномасштабних субзерен (Дисс. Дисс. к.т.н.) (Херсон: Херсонська державна морська академія, МОН України: 2020)).

ДОСЛІДЖЕННЯ ФТАЛОНІТРІЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ МЕТОДОМ ІЧ-СПЕКТРОСКОПІЇ

Гаврилюк Н.А.¹, Горєлов Б.М.¹, Файнлейб О.М.²

¹ Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України,
вул. Генерала Наумова, 17, 03164 Київ, Україна.

E-mail: n_afanasiyivna@ukr.net

² Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України,
вул. Харківське шосе, 48, 02160 Київ, Україна.

Фталонітрильні мономери синтезовані реакцією поліконденсації з нітрофталонітрилу і бісфенолів. В якості наповнювачів використані мікрочастинки силікатного, модифікованого аміногрупами, монтморилоніту виробництва Nanosor Inc., США, який належить до сімейства глинистих силікатних мінералів з загальною формулою $M_x(A_{14-x}Mg_x)Si_8O_{20}(OH)_4$. Питома поверхня частинок - 14 - 17 м²/г, насипна густина - 0.41 г/см³. Вміст матеріалу в матриці С = 0.03, 0.1 та 1 мас. %. Активними поверхневими центрами аміно-монтморилонітів є групи NH₂.

В ролі другого наповнювача використали нанорозмірний пірогенний кремнезем SiO₂ марки А-300, Україна, вмістом 1 мас. %. Питома поверхня частинок 285 м²/г, середній розмір 10 нм з активними поверхневими центрами, що містять Оксиген або ОН групи.

Отримані композитні матеріали вивчені методом ІЧ-спектроскопії, диференційного термічного та термогравіметричного аналізу та термо-програмованої десорбційної мас-спектрометрії.

Для дослідження структури отверджених полімерів на основі фталонітрилу широко використовується ІЧ-спектроскопія. В конденсованих композитах з'являються смуги поглинання при 1520 і 1357 см⁻¹ що вказує на утворення триазинових структур. Крім того, для отвердженого фталонітрильного полімеру має місце зменшення інтенсивності смуги поглинання при 2230 см⁻¹ (-CN), яка становить 30% від інтенсивності вихідного мономера через те, що подальша реакція нітрильних груп, що протікає з утворенням триазинових кілець, ускладнюється просторовими труднощами. Поява смуг поглинання 1721 см⁻¹ (-C=N-) і 1518 см⁻¹ (пірольне кільце), а також 878 см⁻¹ підтверджує появу полізоіндолінової структури. При утворенні фталоціанінові структури з'являються смуги поглинання при 3290 см⁻¹ (N-H) і 1010 см⁻¹ (фталоціанінові кільце).

Проявляються характеристичні піки, які відповідають різним структурам, що вказує на протікання реакції затвердіння одночасно за різними механізмами. Відзначимо, що більш детально процес полімеризації складно вивчити в зв'язку з тим, що всі функціональні групи присутні від початкових стадій полімеризації до остаточної конденсації присутні полімерній матриці в істотних кількостях.

JOSEPHSON JUNCTIONS BASED ON AMORPHOUS SUPERCONDUCTING FILMS

Menesenko D.¹, Shapovalov A.^{1,2(*)}, Belogolovskii M.^{2,3}, Febvre P.⁴

¹*Kyiv Academic University, 36 Academician Vernadsky Boulevard, UA-03142 Kyiv Ukraine*

²*G. V. Kurdyumov Institute for Metal Physics of the N.A.S. of Ukraine, 36 Academician Vernadsky Boulevard, UA-03142 Kyiv, Ukraine*

³*Vasyl' Stus Donetsk National University, 21 600-richya Street, UA-21021 Vinnytsia, Ukraine*

⁴*Superconducting Electronics Group, IMEP-LAHC – CNRS UMR 5130, Université Savoie Mont Blanc, Le Bourget du Lac Cedex 73376, France*

**Tel.: +38 044 424 3025 E-mail: shapovalovap@gmail.com*

Recently, silicon-based amorphous superconductors have attracted considerable interest due to their application in superconducting nanowire single photon detectors, offering low noise, highest count rates, and improved spectral sensitivity. Due to the robust superconductivity, extraordinary phase homogeneity and uniformity, as well as little requirements on the crystal structure of the substrate layer, amorphous superconducting thin films show great potential for the fabrications of superconducting micro- and nanoscale devices.

The area of superconductivity, in which these thin films have not yet received proper applications, is superconductor (S) – insulator (I) - superconductor (S) Josephson junctions based on amorphous materials. It is known that in amorphous alloys containing transition metal elements, the transition temperature varies as a function of the number of valence electrons per atom, with the optimum ratio being 6.4. However, these films should be grown at cryogenic temperatures to form amorphous samples crystallizing upon warming to room temperature. A more stable alternative is to utilize such materials as silicon or germanium, which promote and stabilize the formation of amorphous structures. In this work, we present preliminary results obtained for SIS trilayers with $\text{Mo}_x\text{Si}_{1-x}$ and $\text{W}_x\text{Si}_{1-x}$ electrodes. The Si-based films with thicknesses of several tens nm were deposited on commercial silicon substrates at room temperature and without extra substrate heating using the radio-frequency magnetron sputtering technique. $\text{Mo}_x\text{Si}_{1-x}$ layers exhibited superconducting transition temperatures T_c around 7.3 K, higher than the $T_c \approx 6$ K observed for $\text{W}_x\text{Si}_{1-x}$ layers. The insulating barriers were created by oxidizing Al overlayers of the thickness of several nm as it is done in the conventional Nb/Al technology. An advantage of this process is that it yields SIS junctions with properties uniform over the large area and quite reproducible for different samples. Fabricated Josephson junctions demonstrated almost ideal characteristics from textbooks, in particular, Fraunhofer-like patterns for the dependence of the maximal critical current on the external magnetic field. The temperature effect on the subgap current in the tunneling quasiparticle mode has provided further confirmation of the high quality of fabricated Josephson devices.

PECULIARITIES OF DIFFUSION AND PHASE FORMATION IN Ni-Ti THIN-FILM SYSTEMS WITH INVERSION OF LAYERS

Kruhlov I.O.*, Orlov A.K., Kotenko I.E., Voloshko S.M.

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",
Kyiv 03056, 37 Peremogy ave., building 9*

**Phone: +38 063 254 5428; E-mail: ivankruhlov@gmail.com*

Nowadays metal thin-film materials are of high importance as essential functional elements of advanced technologies. However, approaching closer and closer towards the atomic level while fabricating novel devices, numerous features characteristic for the nanoscale and attributed to the size effects should be addressed. For instance, the processes of atomic mass transfer in thin-film matter are much less controlled than in case of the bulk material. Of particular interest are the thermally-induced peculiarities of diffusion in case of studying the thin-film metallic layered structures. In this case, the order of layers deposition on the substrate is one of the key factors determining the evolution of diffusion processes and alteration of the phase composition upon thermal treatment.

In this study, the effect of layers order on the peculiarities of diffusion and phase formation was studied upon annealing in vacuum of two thin-film systems – Ni(400nm)/Ti(100nm) and Ti(400nm)/Ni(100nm) – obtained by electron-beam deposition onto Si(001) substrates. X-ray diffraction (XRD) analysis indicated that in both as-deposited films Ni was formed with polycrystalline structure and fine grains (~13 nm and ~16 nm in Ni/Ti and Ti/Ni films, correspondingly), while Ti layer was found to be formed X-ray amorphous. Annealing in 10^{-3} Pa vacuum for 1h at 500 °C of Ni/Ti/sub. system led to the grain growth (~46 nm) only, while no phase transitions was revealed by XRD study. However, it was detected by secondary ion mass spectrometry (SIMS) depth profiling, that Ti diffusion to the free surface and its further oxidation has taken place. Since no phase composition modification has been observed on XRD scans, it can be reasonably assumed that Ti diffused through the Ni grain boundaries without interacting with its volume. Similar annealing of the Ti/Ni/sub. system has resulted in the pronounced intermixing of Ni bottom layer with the substrate, which has been revealed by depth profiling. Moreover, the appearance of new diffraction lines corresponded to NiSi silicide phase has been detected on XRD scans.

Therefore, the effect of the layers order in Ni-Ti thin-film systems subjected to annealing in vacuum for 1h at 500 °C has been explored. When Ni was applied as a top-layer, the only change in the film phase composition was related to a Ti oxidation on the free surface after its moderate diffusion through the Ni grain boundaries. Per contra, when Ni was used as a bottom-layer, the blur of the film-substrate interface and silicides formation was figured out.

3D-Друк полімерними композитами наповненими нітридом бору.

**Гаврилюк Н.А.^{1,2}, Золотаренко Ол.Д.^{1,2}, Рудакова О.П.²,
Золотаренко Ан.Д.^{2,1}, Золотаренко О.Д.², Габдуллин М.Т.³, Чимбай М.В.²,
Старокадомський Д.Л.¹, Щур Д.В.², Аханова Н.Е.^{3,4}, Уалханова М.⁴.**

- ¹ Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України,
вул. Генерала Наумова, 17, 03164 Київ, Україна. E-mail: n_afanasiyivna@ukr.net
² Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
³ Казахсько-британський технічний університет (КБТУ),
⁴ Казахський національний університет ім. Аль-Фарабі,
д. 71, пр. Аль-Фарабі, 050040 Алмати, Казахстан.

Для забезпечення підвищеної безпеки оболонки космічного корабля необхідні надійні та функціональні композитні матеріали з низькою вагою.

У цій роботі представлено результати досліджень синтезу таких композитів на основі нових модифікацій нітриду бору, отриманих за допомогою саморозповсюджуваного високотемпературного синтезу (СВС) та лазерного синтезу. Показано, що незалежно від методу синтезу основною фазою є гексагональний нітрид бору (α -BN). Крім нього, утворюються погано вивчені кристалографічні аналоги вуглецевих фаз - чаолітоподібні та фулеритоподібні фази нітриду бору, нанотрубки, нановолокна та нанопорошок. Крім того, нанотрубки нітриду бору отримували шляхом подрібнення кубічної модифікації у кульовому млині.

У статті також представлені результати експериментальних досліджень щодо синтезу слабо вивченої α -BN модифікації методом СВС. Показано, що в широкому діапазоні співвідношень попередників α -фаза стабільно утворюється при досить низьких температурах. Тестові дослідження показали його стабільність при додатковому нагріванні до 700 і 900 °С. Результати експерименту використали для визначення параметрів кубічної решітки. Електронно-мікроскопічні дослідження показали особливості будови кристалів та наявність аморфної фази. Результати рентгенологічних досліджень узгоджуються з літературними даними.

Розроблено спосіб одержання композиту затвердінням ціанатних мономерних композицій у присутності BN та підготовлено й вивчено серії зразків полімерних композитів з різним вмістом нітриду бору, який отримували застосовуючи різний час подрібнення.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СПЛАВІВ З ПАМ'ЯТТЮ ФОРМИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Биканов Т.В.*, Тітенко О.А., Демченко Л.Д.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», проспект Перемоги, 37 Київ 03056, Україна
Тел.: +38 098 539 61 75 E-mail:t.bykanov-imz24@iill.kpi.ua

Велика зацікавленість до сплавів з пам'яттю форми (СПФ) пов'язана з широким спектром їх застосування в різних галузях техніки (спецмашинобудування, приладобудування, авіакосмічна техніка, побутова техніка і т.д.), в більшій мірі пов'язаної з термосиловими пристроями [1-3]. СПФ мають великий запит через ряд унікальних і нетрадиційних фізико-механічних властивостей, перш за все під дією навантаження або зміни температури [2]. Отримання бажаної індукованої структури СПФ можна здійснювати тепловими потоками, електромагнітними, механічними, гідравлічними і п'єзоелектричними полями або використовуючи інші види енергії при перетворенні вихідної фази [1,2]. При проектуванні інтелектуальних пристроїв обов'язково стикаються з однією і тією ж проблемою - як «навчити» виріб реагувати, не ускладнювати конструкцію і не збільшувати її вартість.

За останні десятиліття в галузі матеріалознавства значно зріс запит на прогнозовані функціональні і багатофункціональні матеріали, які одночасно здатні виконувати одну або кілька функцій за певним і постійним режимом. Серед основних проблем, пов'язаних з вибором відповідних матеріалів виникає питання: у виборі хімічного складу, способу отримання та проведенні додаткових обробок, кінцевим показником яких є придбання необхідних експлуатаційних якостей і їх високої надійності. Проведено порівняльний аналіз структури основних СПФ на основі титану, міді, заліза, міді [1-3]. У відповідності до структурних змін при фазовому перетворенні зазначених сплавів представлені їх основні порівняльні фізико-механічні характеристики між відповідними системами.

Надані рекомендації до застосування різних СПФ в якості виконавчих елементів при різних температурах використання.

1. Материалы с эффектом памяти формы: Справочное издание//Под ред. Лихачева В.А.–Т1 - Т4. – СПб.: Изд-во НИИХ СПбГУ, 1998.
2. Сплавы с эффектом памяти формы / К. Ооцука и др.]; под ред. Х. Фунакубо. - М.: Металлургия, 1990. - 224 с. Otsuka, Ed. K. Shape memory materials / Ed. K. Otsuka, C. M. Wayman // Cam-bridge University Press, 1999. - 284 p.
3. S. Barbarino, E.I. Saavedra Flores, R.M. Ajaj, I. Dayyani, M.I. Friswell A review on shape memory alloys with applications to morphing aircraft / // Smart Mater. Struct. - 2014. - № 23 (063 001). - P. 1 - 19.doi: 10.1088 / 0964-1726 / 23/6/063001

СПЛАВ $\text{Ti}_{15,4}\text{Zr}_{30,2}\text{Mn}_{39}\text{V}_{5,4}\text{Ni}_5\text{Cr}_5$ ЯКИЙ ЗДАТЕН ВЗАЄМОДІЯТИ З ВОДНЕМ ПРИ КІМНАТНІЙ ТЕМПЕРАТУРІ, ЯК ПРИКЛАД СОРБЕНТУ ДЛЯ ВОДНЕВОГО АКУМУЛЯТОРА

Дехтяренко В.А.

Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, Київ, Україна

Тел.: +38 044 424 12 20 E-mail: Devova@i.ua

Водень є елементом, який характеризується унікальними фізико-хімічними властивостями, і до того ж, широко розповсюдженим у світі. Водень, маючи здатність до швидкої дифузії у твердих тілах і будучи активним по відношенню до більшості матеріалів та сполук, як легувальний елемент має унікальні властивості не тільки розчинятися в кристалічних ґратках та формувати нові фази, але і практично повністю виводитися з матеріалів при зміні термо-баричних умов. Здатність водню до оберненої взаємодії з матеріалами було використано як базис, при створенні матеріалів-аккумуляторів водню, широко відомими представниками яких є тверді сполуки – металеві гідриди. Серед існуючих методів, на даний час, зберігання водню у зв'язаному стані, вважається найбільш перспективним. Оскільки він, у порівнянні зі зберіганням у газоподібному та рідкому стані, має більшу кількість запасаного водню на одиницю маси контейнера, а також є безпечнішим. Сучасний розвиток водневих технологій, постійно потребує нових матеріалів-аккумуляторів водню з високою водневою ємністю, м'якими термобаричними умовами та прискореною кінетикою поглинання й виділення водню, що обумовлено необхідністю швидкої перезарядки водневого аккумулятора та збільшенням часу роботи на одній зарядці. Це пов'язано, з одного боку, з застосуванням водневих джерел енергії у транспортній сфері, а також, що особливо важливо в теперішній час, із застосуванням їх при лікуванні хворих на COVID-19.

Раніше нами було показано перспективність використання у якості матеріалу сорбенту для водневого аккумулятора, сплавів на основі інтерметаліду типу AB_2 (фаза Лавеса). Проте, постійно зростаючи вимоги до водневого аккумулятора (час роботи на одній зарядці) вимагають подальшого вдосконалення запропонованих матеріалів. Досягти покращення зазначених властивостей є можливим завдяки додатковому легуванню, як це було показано неодноразово. Для додаткового легування зазначеного матеріалу було обрано нікель, оскільки добре відомо, що він здатен взаємодіяти з воднем, а також розчинятись у фазах Лавеса зазначеного типу. З метою встановлення впливу нікелю, було виплавлено раніше досліджений сплав $\text{Ti}_{15,4}\text{Zr}_{30,2}\text{Mn}_{44}\text{V}_{5,4}\text{Cr}_5$ в якому було частково замінено марганець на 5 ат.% нікелю.

Методом скануючої електронної мікроскопії було встановлено, що тільки частина введено у сплав $\text{Ti}_{15,4}\text{Zr}_{30,2}\text{Mn}_{44}\text{V}_{5,4}\text{Cr}_5$ нікелю розчинилась у вихідній структурі, а це в свою чергу призвело до утворення нової фази. За допомогою рентгенівського фазового аналізу було встановлено, що нова утворена фаза це кубічний інтерметалід типу Zr_2Ni .

Процес взаємодії сплаву $\text{Ti}_{15,4}\text{Zr}_{30,2}\text{Mn}_{39}\text{V}_{5,4}\text{Ni}_5\text{Cr}_5$ з воднем, досліджувався при тих же параметрах гідрування, що і для сплаву раніше дослідженого (кімнатна температура, тиск водню 0,23 МПа) для можливості коректного порівняння. Процес активного поглинання водню, при першому гідруванні, досліджуваним сплавом з нікелем розпочався вже через одну хвилини (для сплаву взятого за основу, через дві) після контакту з водневмісним середовищем і продовжувався п'ять хвилин, при цьому воднева ємність склала 2,17 мас.%, тоді як для сплаву взятого за основу 2,12 мас.%. Подальша витримка у водні до поновлення процесу поглинання не призвела. Збільшення загальної кількості поглинутого водню досліджуваним сплавом, можна пояснити зменшенням концентрації марганцю який не взаємодіє з воднем. Процес виділення водню з продуктів гідрування отриманих при гідруванні досліджуваного сплаву, при початковому тиску $4 \cdot 10^{-3}$ Па, як і для сплаву взятого за основу, розпочинається з початком нагріву.

**IMPROVING ABLATIVE PROPERTIES OF CARBON/CERAMIC
MICROSPHERES COMPOSITES FOR SOLID ROCKET MOTORS
THERMAL SHIELDING SYSTEMS**

Elkady M.*, Loboda P., Shemet V.

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",
35 Polytechnichna St., Ukraine*

**Tel.: +38 067 45 15 731 E-mail: melkady35@gmail.com*

Hybrid multilayer materials for thermal shielding systems (TSS) forming technology from sheet and bulk molding compounds (HSBMC) by hot pressing under pressure (200 °C / 4 MPa) has been developed. HSBMC multilayer TSS with high ablation resistance and controlled density, was created on the basis of carbon fibers and fabrics, ceramic hollow (HMS) and solid microspheres (SMS) and phenol-formaldehyde matrix, reinforced with carbon nanotubes (CNT), with high thermal shielding properties recommended for internal TSS during short-term operation of solid rocket motors. Carbon fibers average length 55 – 60 mm (50 wt.-%), SMS (Ø 100 – 150 µm) and HMS (Ø 30 – 150 µm) – (5 wt.-%), as well as a phenol-formaldehyde matrix (45 wt.-%), and reinforcing CNT (~ 5 vol.-%) were introduced in these composites.

Thermal tests were carried out in the developed plant on cylindrical specimens (Ø 17 x 3 mm) in a flame flow at 1100 °C for 60 seconds.

It has been shown that the "effective" thermal conductivity coefficients of the developed composite TSS based on a phenol-formaldehyde matrix with fillers from carbon fibers and fabrics, reinforced with ceramic hollow and solid microspheres in an amount of up to 5 wt.-% and reinforced with carbon nanotubes depend on the macrostructure and composition of the thermal shielding system layers. It was found that the "effective" thermal conductivity coefficient is in the range of 0.09 – 0.12 W / (m·K). At the same time after thermal tests, the char residue was ~ 82 – 87 wt.-%, and the size of the samples increased by 5 – 10%.

СТАТИСТИЧНА ТЕРМОДИНАМІКА ВПОРЯДКОВАНОЇ ФАЗИ α'' -Fe₁₆N₂ З АТОМАМИ N У МІЖВУЗЛОВИНАХ І НА ВУЗЛАХ ОЦТ-Fe

Гаценко О.С.*, Лізунов В.В., Радченко Т.М., Татаренко В.А.

Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України,

бульвар Академіка Вернадського, 36; Київ, Україна

**Тел.: +380 44 4249042, E-mail: gats@imp.kiev.ua*

Оглянуто та проаналізовано літературні дані стосовно мартенситної фази типу α'' -Fe₁₆N₂ [1, 2] (рис. 1) з унікальними та перспективними магнітними властивостями як альтернативи рідкісноземельним інтерметалідам і пермендіюру на світовому ринку виробництва постійних магнітів. Розвинуто статистично-термодинамічну модель «гібридного» твердого розчину втілення–заміщення $Me-X$ на основі кристалічної ОЦТ-ґратки, де легувальні неметалеві компоненти (атоми домішки X) можуть займати як міжвузловини, так і вакантні вузли ОЦК(Т)-ґратки металу Me . Модель адаптовано до максимально впорядкованої за типом α'' -Fe₁₆N₂ нестехіометричної фази мартенситу Fe–N з атомами N в октаедричних міжвузловинах і на вузлах ОЦТ-заліза.

З'ясовано особливості змінення, — немонотонного зменшення, — за підвищення температури відносної концентрації атомів N в октаедричних міжвузловинах ОЦТ-Fe, а тому й (корельованого з цією концентрацією) ступеня його тетрагональності.

У широкому інтервалі змінення загального вмісту втілених атомів N продемонстровано співвідношення рівноважної концентрації залишкових вузлових вакансій із концентрацією термічно активованих вакансій бездомішкового ОЦК-Fe за певної температури. Для врахування феромагнетизму залізної підсистеми застосовано наближення середнього (молекулярного) поля. Одержано трансцендентне рівняння для визначення рівноважного значення відносної намагніченості підсистеми Fe: $\sigma_{Fe} = \sigma_{Fe}(c_{Fe}, T, \{J\})$, де c_{Fe} — концентрація Fe, T — температура, $\{J\}$ — набір енергетичних параметрів обмінної взаємодії. Для візуалізації часової кінетики перерозподілу у просторі магнітних спінів s_{Fe} застосовано молекулярно динамічний пакет LAMMPS.

Автори вдячні Національному фонду досліджень України (НФДУ) за грантову підтримку проєкту 2020.02/0191 (за номером держреєстрації 0120U104061) в рамках конкурсу НФДУ «Підтримка досліджень провідних та молодих вчених».

1. K. H. Jack, *Proc. R. Soc. London, Ser. A*, **208**: 200 (1951).
2. L. Feng, D. Zhang, F. Wang, L. Dong, S. Chen, J. Liu, X. Hui, *Chem. Eng. Trans.*, **61**: 15

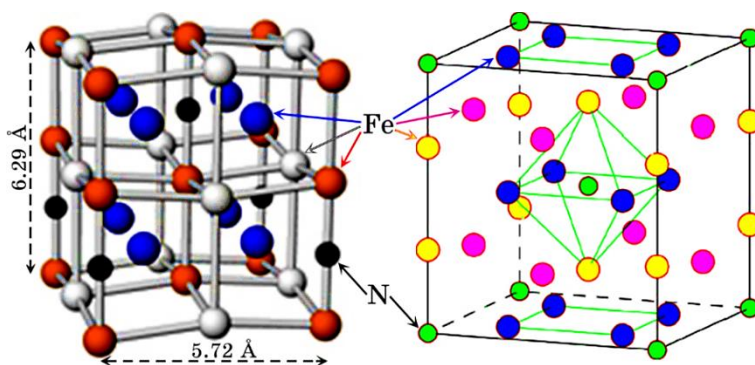


Рис. 1. Структура α'' -Fe₁₆N₂ [1, 2]

ВЗАЄМОДІЯ КОМПОНЕНТІВ НА ПЕРЕТИНАХ $\text{SrCoO}_3\text{--RCoO}_3$, ДЕ R – РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИЙ МЕТАЛ

Курилас М. С.^{1, 2(*)}, Заремба О. І.¹

¹Львівський національний університет імені Івана Франка,

вул. Кирила і Мефодія, 6, 79005, м. Львів, Україна

²Фізико-механічний інститут імені Г.В. Карпенка НАН України,

вул. Наукова, 5, 79060, м. Львів, Україна

*Тел.: +38 063 473 6660 E-mail: Myroslava.Kurylas@lnu.edu.ua

Перовскіти охоплюють широкий клас сполук складу ABX_3 , де A та B – катіони металів, а X – зазвичай аніони кисню або галогенів. Складні оксиди, загальна формула яких ABO_3 , репрезентують значну частину класу перовскітів. Для них притаманні унікальні електричні властивості, каталітична активність, магнетизм тощо [1–3]. Метою цієї роботи було вивчення взаємодії компонентів на перетинах $\text{SrCoO}_3\text{--RCoO}_3$, де R – рідкісноземельний метал, щоб підтвердити або спростувати існування тетрарних перовскітів $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{CoO}_3$ чи твердих розчинів на основі фаз SrCoO_3 та RCoO_3 за умов нашого дослідження.

Полікристалічні зразки вихідного складу $\text{Sr}_{0,5}\text{R}_{0,5}\text{CoO}_3$ синтезовано методом твердофазної реакції у кілька етапів, останнім з яких був відпал при температурі 1200°C впродовж 8 год. Основними методами дослідження були рентгенофазовий та рентгеноструктурний аналізи.

За умов нашого дослідження встановлено утворення тетрарних перовскітних фаз складу $\text{Sr}_{0,5}\text{R}_{0,5}\text{CoO}_3$ на перетинах $\text{SrCoO}_3\text{--RCoO}_3$ систем $\text{SrO--R}_2\text{O}_3\text{--CoO}$, де R – Pr, Nd, Sm, Eu, Gd і Tb, що кристалізуються зі структурою ідеального перовскіту CaTiO_3 (СП $cP5$, ПГ $Pm\text{--}3m$). Уточнені склади та параметри елементарної комірки цих фаз приведено в табл. 1.

Таблиця 1– Уточнений склад та параметри
елементарної комірки перовскітів $\text{Sr}_{0,5}\text{R}_{0,5}\text{CoO}_3$

№	Фаза	a , Å	R_B
1	$\text{Sr}_{0,54(3)}\text{Pr}_{0,46(3)}\text{CoO}_3$	3,8249(6)	0,099
2	$\text{Sr}_{0,39(3)}\text{Nd}_{0,61(3)}\text{CoO}_3$	3,8177(5)	0,073
3	$\text{Sr}_{0,44(2)}\text{Sm}_{0,56(2)}\text{CoO}_3$	3,8072(3)	0,055
4	$\text{Sr}_{0,59(2)}\text{Eu}_{0,41(2)}\text{CoO}_3$	3,8115(5)	0,065
5	$\text{Sr}_{0,55(2)}\text{Gd}_{0,45(2)}\text{CoO}_3$	3,8005(4)	0,084
6	$\text{Sr}_{0,52(2)}\text{Tb}_{0,48(2)}\text{CoO}_3$	3,8030(5)	0,064

Зразки складу $\text{Sr}_{0,5}\text{R}_{0,5}\text{CoO}_3$, де R – Dy, Ho, Er, Tm, Yb і Lu, виявилися трифазними, що містять у рівновазі фази R_2O_3 , CoO та твердий розчин заміщення на основі фази SrCoO_3 з кубічною структурою типу CaTiO_3 .

1. P. Wagner, G. Wackers, I. Cardinaletti, J. Manca, J. Vanacken, *Phys. Status Solidi A*, **214**, No. 9: 1700394 (2017). DOI.org/10.1002/pssa.201700394
2. R. J. D. Tilley, *Perovskites Structure–Property Relationships* (John Wiley & Sons, Ltd., UK: 2016).
3. S. Thomas, A. Thankappan, *Perovskite photovoltaics. Basic to Advanced Concepts and Implementation* (Academic Press, Elsevier: 2018).

ПЕРШОПРИНЦИПНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ АМОРФІЗАЦІЇ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Ni-Zr

Плющай І.В.¹, Майстренко А.О.^{1(*)}, Цареградська Т.Л.¹,

Плющай О.І.², Каленик О.О.¹

¹ Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, вул.
Володимирська, 64/13, Київ, Україна

² Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, Вернадського 36,
Київ, Україна

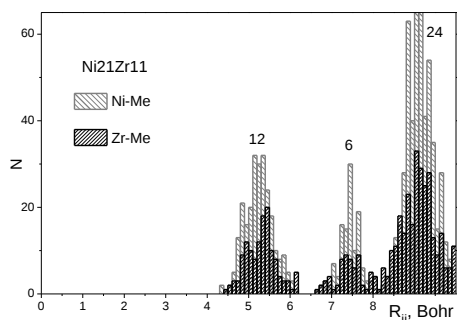
*Тел.: +38 063 396 9644 E-mail: maistrenko.andreay2000@gmail.com

Методом abinitio молекулярної динаміки ми дослідили еволюцію атомної структури та електронних спектрів в системі Ni-Zr при аморфізації. Для моделювання була обрана надкомірка Ni₂₁Zr₁₁ зі складом близьким до евтектичного (~35% Zr). Саме в цій області концентрацій спостерігається найбільша температура кристалізації сплавів системи Ni-Zr. Розрахунок проводився методом функціоналу густини в узагальненому градієнтному наближенні.

Для числового моделювання процесу отримання аморфної фази з розплаву використовували надкомірку, що містить 32 атома з ГЦК структурою. Далі 11 атомів Ni були замінені на атоми Zr. Для релаксації внутрішніх напружень в надкомірці проведено числовий відпал. Так як радіус атомів Zr в металевому стані приблизно на 30% більший за радіус Ni, то вже навіть на цьому етапі на побудованій нами гістограмі міжатомних відстаней навколо атомів Ni та Zr спостерігалось достатньо помітне (в межах 15-17 %) варіювання міжатомних відстаней у першій та другій координаційній сферах та помітна зміна електронних спектрів.

Далі для відтворення реальної процедури отримання аморфних матеріалів ми провели числове нагрівання вихідної надкомірки в канонічному (NVT) ансамблі при температурі 1600 K, близькій до евтектичної. Побудована гістограма міжатомних відстаней отриманої структури продемонструвала подальше «розширення» першого координаційного піка до приблизно 30% від середнього значення. Піки на гістограмі, що відповідають другій координаційній сфері практично зливаються з третім, як для атомів Ni так і для атомів Zr.

Для моделювання саме процесу аморфізації методом abinitio молекулярної динаміки ми обрали ізотермічно/ізоентальпійний ансамбль, оскільки структурні фазові перетворення часто супроводжуються зміною власного об'єму. Числовий відпал при температурі 300 K супроводжувався зменшенням повної енергії нашої надкомірки, якісних змін гістограм міжатомних відстаней (рис.) при цьому не спостерігалось.



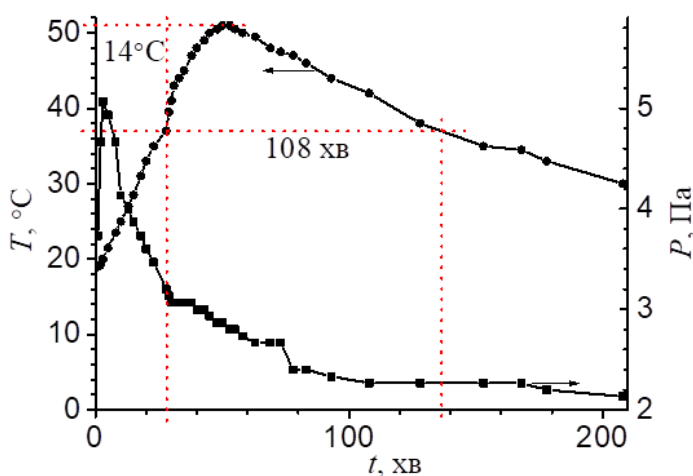
КОМПОЗИТНЕ ПОКРИТТЯ ФТОРОПЛАСТ-2 – ВУГЛЕЦЕВІ НАНОТРУБКИ ДЛЯ КОЛЕКТОРІВ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Ю.Ф. Бозбей, Є.Г. Лень, М.Я. Шевченко, І.Є. Галстян, М.М. Якимчук

*Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України,
Київ, бульвар академіка Вернадського, 36, Україна
E-mail: stenforti@ukr.net*

Створено покриття для колекторів сонячної енергії на основі фторопласту-2 з додаванням БВНТ та досліджено кінетику його нагрівання потужним світловим потоком у вакуумі та на атмосферному повітрі. Встановлено, що ефекти десорбції/адсорбції газів на поверхні композитного матеріалу відіграють суттєву роль в як в процесі його нагрівання, так і після вимикання джерела світла. Так, за умов форвакууму спостерігається суттєве підвищення температури колектора (покриття + металевий полий стакан) після припинення підводу теплової та променистої енергії за рахунок адсорбції молекул (ймовірно органічних) із залишкової атмосфери. Максимальна різниця температур в момент вимикання світла (вихідна температура) і після адсорбційного нагрівання зразка складає $\cong 14^{\circ}\text{C}$, час повернення до вихідної температури може перевищувати 100 хв. Цей ефект може бути використаний для запасання додаткової енергії колекторами сонячної енергії та згладжування коливань температури колектора при тимчасовій зміні освітленості (наприклад, через хмарність).

Кінетика нагрівання потужним світловим потоком та охолодження у вакуумі покриття на основі фторопласту-2 з додаванням БВНТ для колекторів сонячної енергії свідчить, що максимальна різниця температур в момент



вимикання світла (вихідна температура) і після адсорбційного нагрівання зразка складає $\cong 14^{\circ}\text{C}$, час повернення до вихідної температури може перевищувати 100 хв (див. рис.). Цей ефект може бути використаний для запасання додаткової енергії та згладжування коливань температури колектора при зміні освітленості.

Одержані результати відкривають перспективи розробки нових матеріалів та методів для колекторів сонячної енергії, які сприяють зменшенню кількості використовуваного викопного палива та супутніх хімічного і теплового забруднень навколишнього середовища.

PLASMONIC NANOSTRUCTURES OF ZnO/Ag/Si: STRUCTURE, MORPHOLOGY AND PHOTOCATALYTIC EFFICIENCY

Karpyna V.A., Myroniuk L.A., Myroniuk D.V. Bykov O. I., Olifan O. I., Bugaiova M.A., Petrosyan L.I., Ievtushenko A.I.

*Frantsevich Institute for Problems in Materials Science, NAS of Ukraine,
3, Krzhyzhanovsky St., Kyiv, 03142, Ukraine*

Silver doped ZnO nanostructures (NS) attract great attention for developing optoelectronic and photovoltaic devices. Because of its low toxicity and biocompatibility, it is significant material for biomedicine applications. A unique combination of optical and semiconducting properties results in high catalytic and photochemical activity in the ultraviolet region of optical spectrum that makes it a promising photocatalytic material, essential for biological applications. Surface modification of ZnO nanostructures with Ag metal nanoparticles can significantly improve the photocatalytic efficiency due to the possible generation of localized surface plasmons, enhancing light absorption, giving a significant impact on semiconductor photocatalysis [1-3].

ZnO nanostructures were grown on Si and Ag/Si substrates at the temperature of 500 C by chemical vapor by decomposition of metal organic compounds (zinc acetylacetonate precursor) at atmospheric pressure (APMOCVD). The deposition process takes place in a tubular furnace with a temperature gradient. Photocatalysis of ZnO/Ag/Si was studied by decomposition of methyl orange dye (MO) with initial concentration 10 mg/l upon UV Hg lamp irradiation with the power of 200 W during 3-9 h.

XRD confirms the formation of a crystalline phase of wurtzite ZnO with the most intense reflections from planes (100), (002), (101), (110), and (102). XRD patterns are typical for ZnO nanoparticles grown on Si and Ag/Si substrates that confirm their formation in the gas phase with the following condensing on substrates.

Images of scanning electron microscopy (SEM) showed that the surface of obtained samples is relatively porous. The size of ZnO NS on Ag/Si does not exceed 25 nm.

The results of dye degradation (% of dye decomposition MO) by ZnO/Si and ZnO/Ag/Si NS are shown that the best photocatalytic effect was observed for ZnO NS deposited on Si substrates coated by Ag thin film. However, the photocatalytic activity is very influenced by the surface morphology and oxygen charge states on the surface of nanostructured material.

1. W. Xie, Y. Li, W. Sun, J. Huang, H. Xie, X. Zhao, J. Photochem. Photobiol., A, **216**: 149 (2010). DOI: 10.1016/j.jphotochem.2010.06.032
2. H. Bouzid, M. Faisal, F.A. Harraz, S.A. Al-Sayari, A.A. Ismail, Catal. Today, **252**:20 (2015). DOI: 10.1016/j.cattod.2014.10.011.
3. S. Kuriakose, V. Choudhary, B. Satpati, S. Mohapatra Beilstein, J. Nanotechnol. **5**: 639 (2014). DOI: 10.3762/bjnano.5.75.

СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ ПАЯНИХ З'ЄДНАНЬ ТИТАНУ

Стасюк О.О., Оришич Д.В., Кондауров О.В.

Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України

Тел.: +380 98 976 6296 E-mail: stasiuk@imp.kiev.ua

Титан та його сплави зарекомендували себе при виробництві в різних галузях промисловості, зокрема в аерокосмічній, авіабудівній, військовій галузі, завдяки своїм унікальним експлуатаційним характеристикам, такими як низька щільність, стійкість до корозії, висока питома міцність [1-2]. Проте залишається проблема з'єднання титанових деталей. Методи з'єднання такі як зварювання та пайка стикаються з високою реакційною здатністю титанових сплавів. Smith [3] ще в 1993 році стверджував, що з'єднання титанових сплавів має виконуватися в інертному середовищі або при високому вакуумі із суворим контролем процесу, щоб уникнути реакції титану з іншими елементами. Для пайки титану та його сплавів існує багато видів припою (на основі Al, Cu, Ag). Переважно це складні системи на основі цих елементів до яких ще додають In, Pd, Ga та Ti, всі компоненти припою утворюють інтерметаліди з титаном, що призводить до окрихчення. Найкращу пластичність мають припої на основі срібла, на сьогоднішній день вони найбільш використовуються для з'єднання титанових деталей, проте широке використання обмежене їх вартістю. Також можна використовувати мідь в якості припою: між двома з'єднувальними деталями прокладається тонка мідна фольга яка виступає в ролі припою [4], або насипка мідного порошку між контактними деталями. В обох випадках дуже важко досягнути рівномірного прилягання між деталями та мідним прошарком як в процесі підготовки так і в процесі нагрівання (різниця в коефіцієнтах термічного розширення матеріалів). Виходом з даної ситуації є газодинамічне холодне напilenня, що дозволяє утворити тонкий шар на поверхні матеріалу.

Метою даної роботи є дослідження пайки титану у вакуумі з використанням в якості припою міді. Дослідити міжфазні границі, мікроструктуру і хімічний склад шва, механічні властивості та руйнування паяного з'єднання.

Оптимізація параметрів мідного шару і режимів вакуумної пайки дозволяють отримати бездефектні паяні з'єднання. Дослідження структури з'єднання показало що в зоні пайки утворюється декілька інтерметалідів Ti-Cu, які в свою чергу окрихчують зону з'єднання.

1. G. Lütjering and J. C. Williams, Titanium (2 edition) (Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag: 2007). eBook ISBN 978-3-540-73036-1.
2. U. Zwicker, Titan und Titanlegierungen (Berlin–Heidelberg: Springer: 1974) (in German). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-80587-5>
3. Smith, W.F. (1993) Structure and Properties of Engineering Alloys. 2nd Edition, McGraw-Hill, New York, 566.
4. O.Kozlova, M.Braccini, R.Voytovych, N.Eustathopoulos, P.Martinetti, M.-F.Devismes Acta Materialia. V. 58, I. 4, (2010). <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2009.10>.

СПЛАВИ З ПАМ'ЯТТЮ ФОРМИ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕПЛИЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Тітенко О.А., Демченко Л.Д.*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», проспект Перемоги, 37 Київ 03056, Україна
Тел.: +380999074495 E-mail: lesyademch@gmail.com

Функціональні сплави з ефектом пам'яті форми (ЕПФ) все більше і більше завойовують ринок нових технологій, особливо в області машинобудування, літакобудування, будівництві, медицині, тощо. Такі матеріали використовуються для забезпечення надійних роз'ємних з'єднань, в якості робочих елементів різних термочутливих, сигнальних і виконавчих пристроїв і механізмів [1].

Зважаючи на те, що наша країна досить потужно розвивається в агропромисловому комплексі, ми спрямували розробку на вирішення нагальних проблем цієї галузі для покращення та автоматизацію тепличних комплексів. Пропонується новий підхід до функціонування тепличних приміщень за допомогою саморегулюючих механізмів, робота яких основана на використанні термосилових елементів із матеріалів з ЕПФ. Застосування таких механізмів забезпечить самодовільний полив та провітрювання приміщення теплиць при досягненні фіксованої температури, які підбираються заздалегідь для кожного сорту рослин. Додатково та окремо забезпечується накопичення в резервуари дощової води, яка в подальшому буде спрямована на дозований полив рослин. Робота функціональних елементів конструкцій орієнтована виключно на власні властивості матеріалів ЕПФ. Створення таких комплексів забезпечить ефективне та автономне регулювання мікроклімату без додаткового використання енергоносіїв.

В даний час в якості металевих матеріалів з ЕПФ найбільше застосування знайшли сплави на основі NiTi і міді CuAlNi, CuZnNi, CuAlMn і ін. Основні переваги, сплавів з ЕПФ, так і пристроїв на їх основі наведені в [1,2]. Вибір і впровадження матеріалів з ЕПФ буде пов'язаний з вимогами до термосилових та циклічних характеристик, що зможуть забезпечити відповідний режим функціонування робочих елементів. Хоча вартість та складність виготовлення таких матеріалів є порівняно високою, проте в перспективі вони цілком здатні окупитися в процесі експлуатації.

1. Материалы с эффектом памяти формы: Справочное издание//Под ред. Лихачева В.А.–Т1 - Т4. – СПб.: Изд-во НИИХ СПбГУ, 1998.
2. Otsuka, K. *Mechanism of shape memory effect and superelasticity* / K. Otsuka, C.M. Wayman // Shape memory materials, eds. Otsuka K. and Wayman C.M. – Cambridge University Press, Cambridge, 1998. – P. 27-48.

HYDROGEN INFLUENCE ON MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF STRUCTURAL STEEL UNDER OPERATION

Tsybailo I.O.^{1(*)}, Kurylas M.S.^{1,2}, Zvirko O.I.¹, Krechkovska H.V.^{1,3}

¹ *Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, 5, Naukova St, Lviv, Ukraine*

² *Ivan Franko National University of Lviv, 1, Universytetska St., Lviv, Ukraine*

³ *Lviv Polytechnic National University, 12, Stepana Bandery St, Lviv, Ukraine*

**Tel.: +38 032 229 6213. E-mail: tsybailo.14@gmail.com*

Long-term operation of structural steels leads to significant decrease in initial mechanical properties determining their performance. The most important is reducing the characteristics of resistance to brittle fracture. Furthermore, an influential factor is working environment, which can be hydrogenating, and, therefore, metal degradation occurs under the combined action of mechanical stresses and absorbed hydrogen.

This article addresses the revealing interconnections of operational transformations of structure of carbon and low-alloy steels with physical and mechanical properties. The role of hydrogen in these processes are considered. Under conditions of high-temperature degradation, the primary factor is changes in microstructure, which lead to grain boundary embrittlement of a metal and development of damages. In particular, a quantitative microfractographic index is used, namely portion of intergranular fragments in the total fracture area, which makes it possible to determine the critical state of steels, at which there is a significant risk of unpredictable brittle fracture [1]. The effect of hydrogen on intensification of both microstructural changes and development of brittle fracture is analysed.

In a metal operated under environmental conditions, microstructural changes in a steel are not so noticeable, but at the nano scale it should be expected not only grain boundary, but also transgranular embrittlement due to formation of nanoscaled carbides [2], which can be detected by the proposed electrochemical analysis of fracture surfaces. The above-mentioned quantitative microfractographic analysis is effective in this case as well, however, portion of both intergranular and transgranular brittle fracture on fracture surfaces should be considered at the analysis. The negative influence of hydrogen on development of damages under operation of structural steels is demonstrated.

A special attention is paid to operational degradation of rolled steels [3], which are characterised by microdelaminations in the rolling direction. This phenomenon should be taken into account in experimental assessment of the metal state. In such a case, transversal specimens are preferable for testing.

1. O. Z. Student, H. V. Krechkovs'ka, H. M. Nykyforchyn, I. M. Kurnat, *Materials Science*, **55**, No. 2: 160 (2019). DOI: 10.1007/s11003-019-00283-2.

2. O. Zvirko, O. Tsyrlunyk, *Lecture Notes in Civil Engineering*, **102**: 31 (2021). DOI:10.1007/978-3-030-58073-5_3.

3. O.O. Nemchuk, H.V. Krechkovska, *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.*, **41**, No. 6: 825 (2019). DOI: 10.15407/mfint.41.06.0825.

СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВІВ АЛЮМІНІЮ З ПЕРЕХІДНИМИ МЕТАЛАМИ, ВИГОТОВЛЕНИХ ПЕРЕРОБКОЮ ШВИДКОЗАГАРТОВАНИХ ЛУСОК

Т.В. Калініна, А.В. Хлєбніков, Я.В. Вишневська

Дніпровський державний технічний університет, 51918, Кам'янське, вул.

Дніпробудівська, 2, Україна

Тел.: +38 096 672 58 65 E-mail: yanavis88@gmail.com

Методами металографічного, рентгенофазового та дюрOMETричного аналізів, вимірювання періоду кристалічної решітки твердих розчинів й механічних характеристик при кімнатній та підвищених температурах виконані порівняльні дослідження структури та властивостей сплавів алюмінію з перехідними металами (ПМ – V, Cr, Mn, Fe,...), виготовлених гартуванням з рідкого стану (ГРС) та подальшою гарячою екструзією ГРС-напівфабрикатів. Показано, що при збільшенні вмісту легуючого елемента в швидкозагартованих сплавах Al-ПМ послідовно формуються однофазні структури аномально пересичених твердих розчинів, суміші твердих розчинів з дисперсними (0,2–0,4 мкм) частками надлишкових фаз, а також структури, складовими яких є збіднені тверді розчини та грубі первинні кристали алюмінідів ПМ. Встановлено, що утворення однофазних та квазіевтектичних структур призводить до підвищення межі міцності швидкозагартованих стрічок у 3,5–5 разів порівняно з литими сплавами Al-ПМ відповідних складів, у той час як огрублення кристалів інтерметалідів супроводжується знеміцненням ГРС-продуктів.

У другій частині роботи досліджувалися прутки діаметрами 3,5 та 5,6 мм, які виготовляли брикетуванням та подальшою гарячою екструзією тонких (30 – 100 мкм) лусок, закристалізованих на поверхні масивного бронзового барабана, що обертається. Визначені оптимальні режими екструзії (температура $T = (623-673)$ К, тиск $P = (883-1027)$ МПа, коефіцієнт витягування $\mu = 29-74$), які забезпечують добру якість прутків і більш високі механічні властивості порівняно з характеристиками жароміцних Al-сплавів серійного виробництва, а також сплавів, виготовлених пресуванням порошків та гранул. Найкраще сполучення механічних властивостей (σ_B , $\sigma_{0,2}$, δ) при кімнатній температурі з показниками тривалої міцності σ_{100}^T при 623 та 673 К зафіксовано для прутків потрібного сплаву Al-2%Cr-2%Zr. Зокрема, значення σ_{100}^T цих прутків на 16–41% перевищують відповідну характеристику промислових жароміцних сплавів АЦР1 та ВАЛ1.

Виконано аналіз механізмів формування високих механічних властивостей ГРС-продуктів та прутків. Доведено, що максимальних ефект зміцнення забезпечують явища взаємодії дислокацій з дисперсними включеннями алюмінідів перехідних металів Al_7Cr , Al_4Mn , Al_3V , Al_6Fe та ін.

**ПОКРИТТЯ З ВИСОКОЕНТРОПІЙНОГО СПЛАВУ СИСТЕМИ
Co-Cr-Fe-Ni, ОДЕРЖАНЕ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО ЛЕГУВАННЯ**

Гіржон В.В.¹, Ємельянченко В.В.¹, Смоляков О.В.¹

¹*Запорізький національний університет, м. Запоріжжя,
вулиця Жуковського, 66, Україна*

**Тел.: +38 0973247590 E-mail: emelyanchenkovlad@gmail.com*

Високоентропійними сплавами (ВЕСами) зазвичай називають сплави, що містять від 5 до 13 елементів, кількість кожного з них знаходиться в межах 5...35 атомних відсотків. Характерною особливістю даного класу сплавів є наявність у їх фазовому складі одного або декількох багатокомпонентних твердих розчинів заміщення на основі ОЦК, ГЦК або ГЦУ ґраток.

Переважає більшість відомих ВЕСів була одержана методами вакуумно-дугової плавки, або плавки в атмосфері аргону. Проте у багатьох випадках доцільним є створення не об'ємних ВЕСів, а локальних покриттів з підвищеними механічними властивостями. Серед відомих методів одержання таких покриттів лазерне легування є одним з найбільш перспективних внаслідок високої технологічності процесу.

Незначна кількість наукових публікацій, присвячених отриманню ВЕС-покриттів за допомогою лазерного легування, свідчить про необхідність подальшого висвітлення означеного питання. Тому метою даної роботи є отримання та аналіз структурно-фазового стану високоентропійного сплаву системи Co-Cr-Fe-Ni, одержаного на поверхні зразків із армко заліза за допомогою лазерного легування.

За матрицю було обрано зразки технічно чистого заліза. Легування здійснювалося на імпульсному YAG-лазері ($\lambda = 1,06$ нм) в захисній атмосфері аргону та на повітрі.

Згідно з XRD-даними при легуванні в атмосфері повітря з товщиною обмазки 150 мкм в зоні лазерного легування фіксувалися дві фази: ОЦК- та ГЦК-тверді розчини. Параметр ґратки ГЦК-фази становив $0,36011 \pm 0,00016$ нм, що фактично співпадає з параметром ґратки ВЕС-сплава цієї системи. Параметр ґратки ОЦК фази становив $0,28713 \pm 0,00011$ нм, що є більшим за параметр ґратки α -Fe. Тому можна вважати, що ОЦК фаза являє собою твердий розчин заміщення хрому у залізі.

Легування з товщиною обмазки 150 мкм в атмосфері аргону привело до формування у легованих шарах двох ГЦК твердих розчинів з параметрами ґратки $0,35992 \pm 0,00016$ нм та $0,35521 \pm 0,00016$ нм. Це свідчило про зменшення кількості заліза в ЗЛЛ, що обумовлено більш низькими температурами структуроутворення за відсутності кисню.

Формування двох ГЦК твердих розчинів могло обумовлюватися досить неоднорідним розподілом хімічних елементів у ЗЛЛ, викликаного високими швидкостями охолодження розплаву та ефектом Марангоні-Гіббса. Тому з метою вирівнювання хімічного складу у подальшому було проведено переплавлення легованої поверхні. Після такої обробки в ЗЛЛ було зафіксовано лише одну ГЦК фазу. Параметр ґратки одержаного твердого розчину ($0,35994 \pm 0,00016$) нм практично співпадає з параметром ґратки багатокомпонентного твердого розчину заміщення, утворення якого є характерним для ВЕСів цієї системи. Таким чином, описаний спосіб дає можливість отримання покриття типу ВЕСу на поверхні заліза.

СТВОРЕННЯ МОБІЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА ВОДНЮ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МЕМБРАННОГО ЕЛЕКТРОЛІЗЕРУ РЕМ

Золотаренко Ан.Д.^{1,2(*)}, Бондаренко С.Г.³, Золотаренко Ол.Д.^{2,1},
Щур Д.В.¹, Хабибуллин Х.Г.³

¹*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
вул. Кржижановського, 3, 03142 Київ, Україна.*

E-mail: A.D.Zolotarenko@gmail.com

²*Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України,
вул. Генерала Наумова, 17, 03164 Київ, Україна.*

³*"HighlandSystems" з Об'єднаних Арабських Еміратів,
"Аль -Басрі", Берегова лінія 1. 505, Дубай, Пальма -Джумейра, ОАЕ.*

Був розроблений, змодельований та створений генератор водню при використанні технології мембранного електролізера з протонообмінною мембраною (РЕМ). РЕМ – це напівпроникна мембрана, виготовлена з особливих високотехнологічних матеріалів, які можуть проводити крізь себе протони - ядра атомів водню. Використання мембранного електролізера РЕМ дозволило отримувати водень (H_2) високої чистоти (99,9999%) на відміну від лужних електролізерів, де застосовують водень розчини електролітів - кислот, лугів або солей (в основному КОН або NaOH). Крім того, при отриманні водню у лужному електролізі електроди піддаються корозії і катіони матеріалу, з якого вони виготовлені, присутні в розчині та у токсичному «лужному тумані», чого не відбувається при використанні мембранних електролізерів.

Створений мобільний генератор водню з мембранним електролізером живиться від мережі 220В при 3,5А та в своїй конструкції має два осушувальних контейнери, що дозволяють відводити зайву вологу, тим самим осушуючи утворений водневий газовий потік. Продуктивність такого мобільного генератора водню складає від 1,5 л/хв до 2 л/хв водню при спожитій потужності 0,8 кВт, де мембранний електролізер споживає 9,5-12В та 56-65А. Резервуар з дистильованою водою об'ємом 10 літрів має аварійний клапан, який при критичному рівні кількості води вимикає живлення генератора H_2 . Також система має внутрішню насосну станцію. Кисень (O_2), який утворюється в процесі електролізу, викидається в атмосферу, оскільки O_2 та H_2 є хімічно чистими та не пошкоджують навколишнє середовище і живі організми.

Також створений мобільний генератор водню має ряд запобіжних заходів: від перенапруги; від критичного рівня води; від перегріву; від короткого замикання. Ефективність такого мобільного генератора водню складає >91% завдяки низькому енергоспоживанню та тривалому терміну служби.

Водень такої чистоти (>99,9999%) можна використовувати у паливних елементах, що є важливим кроком для електролізерів. Не менш важливим є факт наявності високого тиску на виході генератора водню, що складає до 10 атм.

МІКРОСТРУКТУРА ТА ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОЗОРОЇ КЕРАМІКИ $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Sm}^{3+}$ (3-9 ат.%)

**А.Д. Тимошенко^а, В.Н. Баумер^б, І.О. Ворона^а, А.Г. Дорошенко^а,
О.С. Крижановська^а, С.В. Пархоменко^а, А.В. Толмачев^а, Р.П. Явецький^а**

^аІнститут монокристалів НАН України, пр. Науки 60, Харків 61072, Україна

^бНТК “Інститут монокристалів” НАН України, пр. Науки 60, Харків 61072,
Україна

Тел.: +380991620650 E-mail: arsenii.tymoshenko@gmail.com

Технічні виклики, що виникають під час розробки нових лазерних систем інфрачервоного діапазону з середньою та високою потужністю, виводять на перший план задачу створення новітніх активних середовищ. Затребуваними напрямками таких розробок є зниження енергоспоживання, розмірів та собівартості генераторів лазерного випромінювання. Ці завдання потребують пошуку способів ефективнішого використання енергії оптичної накачки активного середовища. Реалізація ідеї можлива при використанні керамічних технологій для створення лазерних середовищ складної архітектури $\text{YAG}:\text{Nd}^{3+}/\text{YAG}:\text{Sm}^{3+}$. Гранат, легований тривалентними іонами самарію, є оптимальним матеріалом для поглинання паразитних мод лазера $\text{YAG}:\text{Nd}^{3+}$, так як він практично прозорий на довжині хвилі накачування 808 нм і має високе поглинання на довжині хвилі лазерного генератора 1064 нм. Метою даної роботи було встановлення впливу концентрації іонів самарію на мікроструктуру та оптичні властивості кераміки $\text{YAG}:\text{Sm}^{3+}$, та визначення межі розчинності іонів самарію у кристалічній структурі YAG.

Досліджено вплив концентрації іонів самарію на мікроструктуру та оптичні властивості кераміки $\text{YAG}:\text{Sm}^{3+}$ (3, 5, 7 та 9 ат.%), отриманої методом реакційного спікання за попередньо оптимізованої температури 1725°C. Показано, що оптичне пропускання кераміки майже не залежить від концентрації іонів самарію та складає 82-83% на довжині хвилі 808 нм (для зразків товщиною 3 мм). Середній розмір зерна отриманої кераміки складає 21-24 мкм. Отримані зразки не містили домішкових фаз та характеризувались 100% вмістом кубічної фази гранату. Параметр елементарної ґратки $\text{YAG}:\text{Sm}^{3+}$ лінійно збільшується з концентрацією легуючої домішки, що свідчить про формування твердих розчинів заміщення у всьому дослідженому діапазоні концентрації. Встановлено, що межа розчинності іонів самарію у кристалічній структурі YAG становить щонайменше 9 ат.%. Показано, що коефіцієнт оптичного поглинання на довжині хвилі 1064 нм лінійно зростає з 1,27 до 4,45 з підвищенням концентрації іонів самарію з 3 до 9 ат.%.

ГІБРИДНИЙ ЕКРАН ДЛЯ ЛІЧИЛЬНИКА ОДИНИЧНИХ ФОТОНІВ МІКРОХВИЛЬОВОГО ДІАПАЗОНУ НА ОСНОВІ ПОТОКОВОГО КУБІТА

**Мартиненко І.О.¹, Каленюк О.А.^{1,2} Шаповалов А.П.^{1,2}, Ляхно В.Ю.³,
Шнирков В.І.¹**

¹Київський академічний університет бульвар ак. Вернадського, 36, 03142, Київ, Україна

²Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, бульвар Академіка
Вернадського, 36, 03142, Київ, Україна

³Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.Є. Веркіна НАН України
Проспект Науки 47, Харків, 61103, Україна

*Тел.: +38 0638928286 E-mail: i.martynenko@kau.edu.ua

Прояв квантових когерентних явищ в надпровідникових пристроях макроскопічних розмірів робить їх привабливими для створення масштабованих схем реєстрів квантових комп'ютерів і нових вимірювальних пристроїв з використанням окремих кубітів. Прикладом є лічильник одиничних фотонів НВЧ діапазону на потоковому кубіті (flux QUBIT). Режим квантової динаміки в «штучному атомі» з дискретним гамільтонианом досягається на макроскопічних структурах доступних для виробництва на базі сучасної тонкоплівочної технології. Макроскопічні розміри кубіта збільшують його зв'язок з електромагнітним оточенням, завдяки чому проявляються небажані нелінійні ефекти, як дрейф рівнів енергії. Це накладає жорсткі вимоги на екранування вимірювального об'єму з метою зменшення і стабілізації магнітних і електромагнітних полів.

Для вирішення цього пропонується гібридна конструкція циліндричного екрану, що складається з двох надпровідних оболонок і оболонки з криогенного пермаллоя розташованого між ними. Для зовнішньої надпровідникової оболонки (MoRe, NbTi) придушення *варіацій* аксіальної і тангенціальною компонент магнітної індукції описується залежністю $B = B_0 \exp(-3,83 z/r)$ та $B_t = B_{t0} \exp(-1,84 z/r)$ відповідно. Тут z – відраховується від краю циліндра, r – радіус циліндричної оболонки.

Коефіцієнт екранування оболонки з пермаллоя пропорційний $\mu W(2r)^{-1}$, де μ – магнітна проникність пермаллоя, а W – товщина стінки. Для стандартних пермаллоевих значення μ зменшується з пониженням температури і при $T \approx 1\text{K}$ зазвичай не перевищує 10^4 . Для Сгуоретм 10 магнітна проникність μ зростає зі зниженням температури і може досягати $7,5 \cdot 10^4$. Завдяки цьому магнітна індукція результуючого в оболонці з Сгуоретм 10 на відстані $2r$ від відкритого кінця екрану зменшується у 10^3 раз.

У цій конструкції важливо, що внутрішній надпровідний екран довжиною 10 см і діаметром 2 см, виготовлений зі свинцю (Pb), переходить в надпровідний стан в слабкому залишковому полі, що істотно зменшує ефекти «заморожування» магнітного поля. Pb екран екранує шуми пермаллоя і стабілізує магнітну індукцію, в місці розташування лічильника фотонів, на прийнятному рівні.

Ця робота проводилася в рамках проекту SPS G5796, що фінансується НАТО, та проекту № 0121U110046, що фінансується Програмою прикладних досліджень МОН України.

ДИСИПАТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ВИСОКОЕНТРОПІЙНИХ СПЛАВІВ (CrFeCoNi)_{1-x}Cu_x

Устінов А. І.¹, Скородзієвський В. С.², Кременчутський О. С.^{1(*)},
Демченков С. О.¹, Мельниченко Т. В.¹

¹Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАНУ, вул. Казимира
Малевича, 11, м. Київ, Україна

²Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАНУ, б-р Академіка
Вернадського, 36, м. Київ, Україна

*Тел.: +38 066 521 7225 E-mail: kremens44@gmail.com

Для оцінки можливості застосування високоентропійних сплавів (ВЕС) (CrFeCoNi)_{1-x}Cu_x в пристроях, що працюють в умовах інтенсивних вібрацій в роботі досліджені їх дисипативні властивості.

Дисипативні властивості вивчали на консольно закріплених стрижнях з покриттями ВЕС (CrFeCoNi)_{1-x}Cu_x, осаджених електронно-променевим методом [1]. Характеристики мікроструктури покриттів досліджували за допомогою скануючої електронної мікроскопії та рентгенівської дифрактометрії.

Визначено, що покриття сплавів (CrFeCoNi)_{1-x}Cu_x формуються зі структурою в однофазному або двофазному стані, в залежності від температури їх осадження. Утворення двофазного стану покриттів спостерігається при температурах осадження вище 930 К. Двофазну структуру покриттів отримували також шляхом відпалу покриттів з однофазною структурою при температурах вище 930 К.

Встановлено, що демпфуюча здатність покриттів в однофазному і двофазному структурному стані збільшується зі зростанням концентрації міді в сплаві. При цьому, покриття з двофазною структурою характеризуються більшою демпфуючою здатністю, ніж з однофазною структурою того ж хімічного складу. З підвищенням температури зразків в інтервалі 290...670 К їх рівень демпфування збільшувався майже лінійно для всіх амплітуд деформації покриттів в діапазоні 10⁻⁵...10⁻³.

На основі дослідження мікроструктури сплавів (CrFeCoNi)_{1-x}Cu_x, залежності їх демпфуючої здатності від температури і амплітуди коливання розглянуті механізми дисипації енергії коливань зумовлені процесами зернограничної дифузії атомів міді і переміщенням когерентних міжфазних границь між зернами ГЦК фаз.

1. A. I. Ustinov, S. S. Polishchuk, S. A. Demchenkov, T. V. Melnychenko, and V. S. Skorodzievskii, *Surf. & Coat. Technol.*, **403**: 126440 (2020). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126440>.

ВПЛИВ ШВИДКОСТІ НАГРІВАННЯ НА УМОВИ ІНІЦІЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО ВИБУХУ В БАГАТОШАРОВИХ ФОЛЬГАХ Al/Ni ТА Al/Ti

Демченков С.О.^(*), Устінов А.І.

*Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, вул. Казимира
Малеви́ча, 11, 03150, Київ, Україна*

**Тел.: +38 044 205 2277 E-mail: s_demchenkov@ukr.net*

Відомо, що реакція СВС в багатошаровій структурі супроводжується інтенсивним тепловиділенням. Такі властивості багатошарових структур дозволяють розглядати їх як перспективні джерела тепла для локального розігріву поверхонь. Проте, в багатьох випадках інтенсивність тепловиділення при протіканні реакції СВС в багатошаровій структурі недостатня для забезпечення певних технологічних процесів, наприклад, з'єднання матеріалів, що пов'язано із зменшенням швидкості поширення фронту реакції СВС за рахунок тепловідведення. Це призводить до зниження інтенсивності теплоутворення і супроводжується неоднорідним нагріванням зони з'єднання в процесі поширення фронту реакції СВС. Разом з тим, теоретично показано, що інтенсивність тепловиділення багатошарової структури можна суттєво збільшити, якщо забезпечити умови, при яких реакція синтезу буде відбуватися у всьому об'ємі одночасно, тобто в режимі так званого теплового вибуху (ТВ). В зв'язку з цим в роботі на прикладі багатошарових фольг Al/Ni та Al/Ti завтовшки 30...35 мкм, отриманих методом електронно-променевого осадження, досліджено вплив швидкості нагрівання на умови ініціації реакції СВС в режимі ТВ.

Показана можливість ініціювати ТВ при радіаційному нагріванні багатошарових фольг обох систем – Al/Ni та Al/Ti. Встановлено, що для всіх фольг характерним є зниження температури ініціації ТВ при збільшенні швидкості нагрівання. При цьому для багатошарових фольг Al/Ni зниження температури ініціації ТВ при збільшенні швидкості нагрівання, має практично лінійну залежність на відміну від фольг Al/Ti. Окрім того, встановлено, що при нагріванні багатошарових фольг Al/Ti зі швидкістю нижчою за 2,5 °C/c ініціації ТВ не відбувається, а формується інтерметалід (продукт реакції), що відповідає хімічному складу фольги, через каскад фазових перетворень в режимі твердофазної реакції, тобто характерним є наявність критичної найнижчої швидкості нагрівання при якій можлива ініціація ТВ. В той же час, більша реакційна здатність багатошарових фольг Al/Ni забезпечує ініціацію ТВ в усьому діапазоні досліджуваних швидкостей нагрівання при температурах на 120-200 °C нижчих, порівняно з фольгами Al/Ti. Аналізується природа впливу швидкості нагрівання та хімічного складу фольги на температурні умови ініціювання теплового вибуху.

ВОДНЕВИЙ АПАРАТ ШТУЧНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ ЛЕГЕНІВ ПРИ ЛІКУВАННІ SARS-CoV (COVID-19) ТА ІНШИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

**Золотаренко Ан.Д.^{1,2(*)}, Бондаренко С.Г.³, Золотаренко Ол.Д.^{2,1},
Хабибуллин Х. Г.³, Щур Д.В.¹**

¹*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
вул. Кржижановського, 3, 03142 Київ, Україна.*

E-mail: A.D.Zolotarenko@gmail.com

²*Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України,
вул. Генерала Наумова, 17, 03164 Київ, Україна.*

³*"HighlandSystems" з Об'єднаних Арабських Еміратів,
"Аль -Басрі", Берегова лінія 1. 505, Дубай, Пальма -Джумейра, ОАЕ.*

Легеневі захворювання являють собою одну з найбільших загроз для здоров'я людства. Вони призводять до інвалідності та передчасної смерті, що, в свою чергу, пов'язано з величезними витратами на першу допомогу, госпіталізацію та ліки. Величезний збиток країні наносить втрата людьми працездатності і передчасні смерті в результаті хвороби. На жаль, з початку століття ситуацію з легеневиими захворюваннями змінити не вдалося.

Газоподібний водень є дуже простою маленькою молекулою, що дозволяє їй мати в два рази більшу проникаючу здатність та активність, ніж у інших лікарських препаратів. Водень здатен допомагати організму регулювати стан клітини, вибірково знижуючи рівні токсичних радикалів $\cdot\text{OH}$ і $\text{ONOO}\cdot$, кількість яких значно збільшується при захворюваннях та запаленнях.

Створений водневий апарат штучної вентиляції легень (1,5-2л/хв) на базі технології мембранного електролізера РЕМ дозволив отримати чисту молекулярну водневу суміш (99,9999%) на відміну від лужних електролізерів, які при виробництві водню виробляють безліч реактивних домішок. Сьогодні є поширеним явищем використання лужних електролізерів як апаратів штучної вентиляції легень в різних раїнах світу, в тому числі і в Україні, що збільшує актуальність даної розробки.

Витяги світової практики при лікуванні водневою сумішшю: надає терапевтичний вплив на легені; терапія для лікування гострого респіраторного дистрес-синдрому COVID-19 (ГРДС); зміцнює нервову систему, запобігає серцево-судинним захворюванням; ефективно знижує рівень окисного стресу; знімає запальні процеси; стимулює мозкову активність, покращує когнітивні функції; ефективна профілактика деменції і ефективна боротьба з синдромом Паркінсона; запобігає процесам старіння. Молекули водню (антиоксидант) поглинають вільні радикали, допомагаючи клітинам організму швидше відновлюватися; воднева суміш безпечна, не викликає передозування, не має побічних ефектів, не має обмежень за обсягом споживання та ефекту звикання.

МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ ТА ТАНГЕНСА ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВТРАТ МІКРОПОРОШКІВ В ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ ЧАСТОТ

Думік А.О.^{1(*)}, Каленюк О.А.^{1,2} Шаповалов А.П.^{1,2},
Турутанов О.Г.³, Ляхно В.Ю.³

¹Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, бульвар Академіка
Вернадського, 36, 03142, Київ, Україна

²Київський академічний університет бульвар Акад. Вернадського, 36, 03142,
Київ, Україна

³Фізико-технічний інститут низьких температур ім Б.І. Веркіна НАН України,
проспект Науки 47, Харків, 61103, Україна

*Тел.: +38 0501017453 E-mail: andreydumik1@gmail.com

Магнітні та діелектричні мікроскопічні порошки часто використовують у якості поглиначів електромагнітної хвилі у НВЧ діапазоні. Наприклад, такі порошки є частиною фарби, яка застосовується у технологіях антирадарних покриттів (технологія «стелс»). Порошки також використовуються для побудови НВЧ фільтрів, які є невід'ємною частиною надпровідних квантових пристроїв. Тому виникає потреба у швидкому визначенні діелектричної і магнітної проникності та тангенсів діелектричних і магнітних втрат мікропорошків у широкому діапазоні радіочастот. В роботі запропоновано метод та проведено експериментальне визначення електричних та магнітних характеристик мікропорошків з графену, графіту та карбонільного заліза в діапазоні частот 300кГц-26,5ГГц. Метод базується на вимірюванні частотних залежностей втрат та зміни фази сигналу у відрізку коаксіальної лінії передачі, діелектричним наповненням якої є порошок.

Довжина хвилі λ_0 у вільному просторі визначається формулою: $\lambda_0 = c/F$, де c – швидкість світла, F – частота хвилі. У середовищі довжина хвилі зменшується у $\lambda_0/\lambda = \sqrt{\mu\epsilon}$ раз, де μ та ϵ відносні магнітна та діелектрична проникності. Векторний аналізатор НВЧ кін дозволяє вимірювати фазу сигналу. Зміна фази на 2π відбувається кожного разу, коли довжина хвилі співрозмірна з довжиною відрізка коаксіальної лінії $l = n \cdot \lambda$. Частотна різниця між такими змінами фази буде відповідати частоті F . За допомогою описаних виразів знаходять значення λ_0 , а далі значення $\sqrt{\mu\epsilon}$. Втрати у мікропорошку $tg\delta$ знаходяться з вимірюваних втрат у лінії $\alpha_d = \frac{2\pi \cdot F}{2} \sqrt{\mu_0 \epsilon_0 \epsilon} tg\delta$ [1]. Аналогічним чином можна знайти також магнітні втрати.

Ця робота проводилася в рамках проекту SPS G5796, що фінансується НАТО, та проекту № 0121U110046, що фінансується Програмою прикладних досліджень МОН України.

[1] Devendra K.Misra, Radio-frequency and microwave communication circuits, Radio-Frequency and Microwave Communication Circuits: Analysis and Design, 2001

SEMICONDUCTOR-METAL TRANSITION IN SYSTEMS OF POLYCHLOROTRIFLUORETHYLENE –EXFOLIATED GRAPHITE

Gavrylyuk N.A.*, Gorelov B.M., Mishchenko V.M., Korduban O.M.

Chuiko Institute of Surface Chemistry, 17, str. General Naumov, Kyiv, 03164

¹*KurdyumovaInstitute of Metal Physics,blvd.ak. Vernadsky 36,Kyiv, 03164*

* E-mail:<n_afanasiyivna@ukr.net>

The electrophysical properties of polychlorotrifluoroethylene(PCTFE) composites with dispersed thermally expanded graphite (TEG) and TEG particles modified with silicon dioxide were investigated. The size of base surface of the TRG was 6x10 μm and thickness was 0.5-4 μm . The TEG surface was modified with polysilicic acid solution to form SiO₂ films with dimensions 60-120 nm. Samples for research were prepared using hot pressing at temperature 523 K. The electrical conductivity was measured at frequencies 0.1 and 1 kHz using aE7-14 measurer. Electronic structure of TEG and TEG/SiO₂ samples was investigated by X-ray photoelectronic method using RNOIVOS CPSS spectrophotometer with E_e Mg K _{α} = 1253.6 eV.

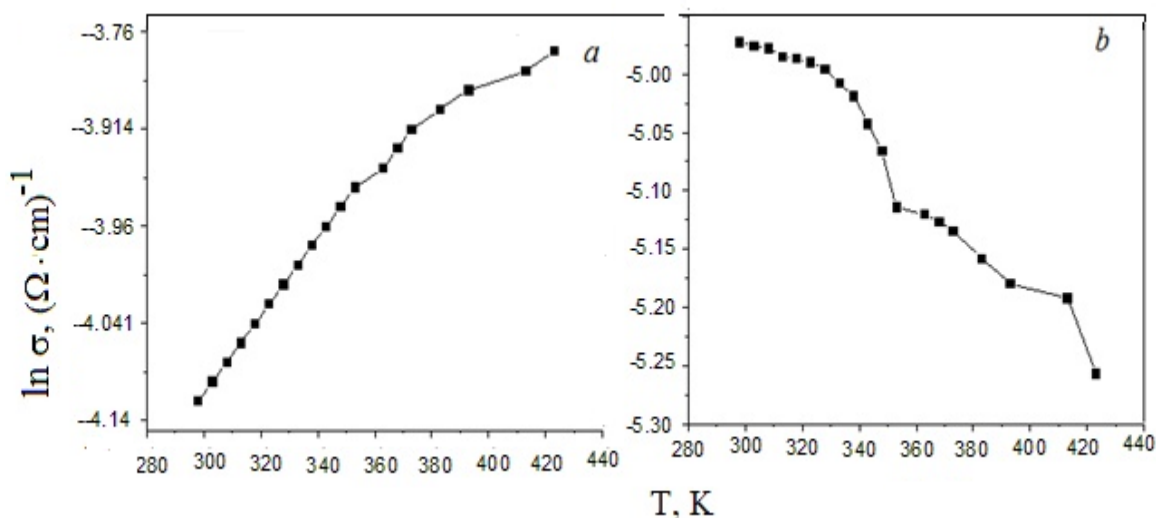


Fig.1. Temperature dependences of conductivity in systems with the same amount of TEG (a) and modified TEG/SiO₂ (b) equal to 1.54%.

It was found that the graphite surface modification leads to an increase in the conductivity of PCTFE composites with TEG/SiO₂. In addition, under the above-threshold filler content of about 1.8-1.9% the semiconductor temperature run of σ with activation energy 0.14 eV in composites with TEG changes to the σ reduction with growing T_{in} composites with the same content of modified TEG/SiO₂ that is typical for metal systems (Fig.1). Such conductivity behavior is due to electron density redistribution in graphite zones during electron capture from SiO₂ surface centers, which leads to an increase in the filling of electron zones formed by C 2p_z orbitals and the conductivity of graphite in the lateral direction to its base surface.

ОСОБЛИВОСТІ ПОВЕДІНКИ ЛІНІЙНИХ ДЕФЕКТІВ У РЕАЛЬНИХ ЧАСТКОВО АУКСЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛАХ

Раранський М.Д.¹, Олійнич-Лисюк А.В.¹, Ташук Р.Ю.^{1(*)}, Ташук О.Ю.²

¹Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, вул. М.
Коцюбинського, 2, Чернівці, Україна

²ВСП Фаховий коледж Чернівецького національного університету імені
Юрія Федьковича, Банкова, 1, Чернівці, Україна, 58000

*Тел.: +38 095 507 4333 E-mail: tashchuk.roman@chnu.edu.ua

Широке використання ауксетичних матеріалів як новітніх конструкційних та функціональних матеріалів стало уже традиційним, не зважаючи на відносно недавнє їх відкриття [1]. Інтенсивні дослідження їх властивостей тим не менш залишають дискусійними питання про природу унікальних механічних властивостей ауксетиків та механізми їх реалізації, особливо у реальних (дефектних) системах. Тому в даному дослідженні представлені результати вивчення полів механічних напружень навколо дислокацій у звичайних та ауксетичних матеріалах з металевим та ковалентним типом хімічного зв'язку. В якості модельних об'єктів вибрали In та діоксид кремнію, які в інтервалі температур їх практичного застосування є частковими ауксетиками, тобто мають кристалографічні напрямки як з від'ємними, так і з додатними коефіцієнтами Пуасона.

Показано, що механічні напруження навколо крайових дислокацій у ауксетичному і звичайному напрямках у кристалі можуть відрізнитись у кілька разів (а у In – в кілька десятків разів), при цьому напруження у ауксетичних напрямках розвернуті майже на 90° відносно ядра дислокації у порівнянні із напруженнями у звичайних напрямках у кристалі. Одночасна присутність у кристалі «ауксетичних» і звичайних дислокацій сприятиме значному ускладненню їх руху під дією зовнішніх механічних напружень, виникненню значних потенціальних бар'єрів Пайерлса для дислокаційних сегментів, та зростанню ймовірності їх підбар'єрного руху у процесі пластичної деформації [2]. Оцінки показують, що ймовірність тунелювання дислокаційних кінків у In сягає ~ 0,7, а у α -SiO₂ – 0,16, що дозволяє віднести їх до класу дефектонів [3].

1. Raransky. M. D., Oliynych-Lysiuk A. V., Tashchuk R. Yu, Tashchuk O. Yu., Lysiuk O. V., *Metallophysics. The Latest Technologies*. 2018. –**40**, N11.– С.1453–1463. (in Ukrainian).

<https://mfint.imp.kiev.ua/ua/abstract/v40/i11/1453.html>

2. Raranskyi M.D., Oliynych-Lysiuk A.V., Kurek I.G., Tkach O.O., Tashchuk R.Yu, Lysiuk O.V. //МФІНТ. 2020 .– **42**, N7.– С.1015-1027(in Ukrainian).

<https://mfint.imp.kiev.ua/ua/abstract/v42/i07/1015.html>

3. Аракелян. М.М.. Известия НАН Армении, Физика, **50**, No.1, 126-133 (2015) (in Russian).

ПЛАВЛЕННЯ АЛЮМІНІЄВОГО РОЗКИСЛЮВАЧА ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФОРМИ ПРИ ВИПУСКУ МЕТАЛУ В КОВШІ

Волошин Р.В., Волошина К.Р.^(*), Томіна А.-М.В.

*Дніпровський державний технічний університет, вул. Дніпробудівська, 2,
Кам'янське 51918, Україна*

**Тел.: +38 0980307745 E-mail: voloshina.k25.06@gmail.com*

Питанню підвищення ступеня засвоєння алюмінію при розкисленні сталі в ковші присвячена велика кількість досліджень, основним завданням яких було виключити (або зменшити) тривалість контакту алюмінію з окислювальним пічним шлаком, який потрапляє в ківш, та атмосферою. На думку авторів [1, 2,] найбільш ефективним методом збільшення маси алюмінієвої виливки є її навантаження обважувачем з одночасним захистом поверхні алюмінію від окисного впливу шлаку та атмосфери. Слід зазначити, що режими введення матеріалів в розплав сталерозливного ковша при випуску або продування сталі, які застосовуються в даний час, не завжди супроводжуються їхнім прогнозованим плавленням під шаром розплаву і рівномірним розподілом в об'ємі ковша.

Використовуючи математичне моделювання, у запропонованій роботі проведено дослідження процесу плавлення алюмінієвого злитка в залежності від товщини захисного покриття і маси обважувача при випуску металу в сталерозливних ківш. З цією метою, використовуючи методику професора Самохвалова С. Є. [3], вирішена задача гідродинаміки і конвективного масопереносу рідкої фази алюмінію в процесі випуску металу з кисневого конвертера в сталерозливних ківш. Для вирішення завдання плавлення злитка застосована явна різницева схема. Для обліку прихованої теплоти плавлення використаний метод Дюзімбера [4]. У роботі враховано також випадок, коли розглянутий злиток не встигає за період випуску розплавитися в об'ємі металу. При цьому вирішується двовірна задача: плавлення обваженого алюмінієвого злитка за умови, що він частково занурений в розплав стали, а частково знаходиться в розплаві шлаку.

Проведено розрахунки тривалості плавлення злитка в залежності від швидкості поздовжнього обтікання для різної товщини обважувача і захисної оболонки. За результатами обчислювального експерименту встановлено раціональні режими введення алюмінію, що забезпечують найбільш сприятливі умови для розкислення металу в сталерозливному ковші.

1. R.V. Voloshyn, *Zbirnyk naukovykh prats Dniprodzerzhynskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu (tekhnichni nauky)*, **18**, No. 1 (2012) (in Russian).
2. R.V. Voloshyn, M.V. Babenko, *Matematychne modeliuвання*, **32**, No. 1 (2015) (in Russian).
3. A.P. Ogurczov, S.E. Samokhvalov, *Matematicheskoe modelirovanie teplofizicheskikh processov v mnogofaznykh sredakh* [Mathematical modeling of thermophysical processes in multiphase media] (Kiev: Naukova dumka: 2001) (in Russian).
4. I.A. Pavlyuchenkov I.A., *Matematychne modeliuвання*. No. 2 (1997) (in Russian).

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF CELLULOSE MOLECULES INTERACTION WITH CARBON NANOSTRUCTURED MATERIALS

Isokov T.D.^{*}, Hizhnyi Y.A., Nedilko S.G.

*Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13 Volodymyrska st.,
Kyiv, Ukraine*

**Tel.: +38 066 159 877. E-mail: iskovtd@gmail.com*

Cellulose and its derivatives are widely explored for preparation of films, thickening of pharmaceutical solutions, and among others, as reinforcement of composites [1]. Carbon nanomaterials, such as graphene and nanotubes, have been considered as adsorbent materials within the past decades [2]. By combining layers and fibers of nanocellulose and nanocarbon structures, it is possible to create composite materials which combine useful properties of the components, in particular, flexibility, strength, electrical conductivity and transparency in the optical range [3].

Theoretical calculations of the electronic structure make it possible to obtain independent information on the peculiarities of interatomic interaction between nanocellulose molecules and the surfaces of carbon nanostructures. The electronic structure of cellulose molecules was calculated using Gaussian software package [4]. Peculiarities of interatomic interactions between cellulose molecules and the surfaces of graphene and carbon nanotubes were revealed for different combinations of interacting components. The binding energies of adsorption between the components were calculated.

The phase composition and morphology of thin films of nanocellulose and its composite with graphene are revealed using scanning electron and atomic force microscopy and X-ray phase analysis. The optical band gap of the composite was determined by the method of optical absorption.

1. Neves, R. M., Ornaghi, H. L., Zattera, A. J., & Amico, S. C. (2020). Recent Studies on Modified Cellulose/Nanocellulose Epoxy Composites: A Systematic Review. *Carbohydrate Polymers*.
2. Борисюк В. І. Вплив адсорбованих атомів, молекул і їх кластера на електронну структуру, провідність та оптичні властивості вуглецевих нанотрубок. Дисертація. К.: 2019 – с. 20-209.
3. Ісоков Т. Д. Теоретичні та експериментальні дослідження взаємодії молекул целюлози з вуглецевими наноструктурованими матеріалами. Бакалаврська робота. К.: 2021 – с. 4-47.
4. M.J. Frisch, G.W. Trucks, H.B. Schlegel, et al. Gaussian 09 (Gaussian, Inc., Wallingford, CT, 2009).

OPTICAL PROPERTIES OF METAL HETEROSTRUCTURES WITH GRAPHENE SURFACE LAYER

**Kovanzhi P.O.^{1(*)}, Kondratenko O.S.², Kravets V.G.¹,
Poperenko L.V.¹, Roshchanskaya O.R.¹**

¹ *Taras Shevchenko National University of Kyiv,
Volodymyrska St, 60, Kyiv, Ukraine*

² *V.E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics,
Nauky Ave, 45, Kyiv, Ukraine,*

**Тел.: +38 063 594 0324 E-mail: pkovanzhi@gmail.com*

The considerable potential in multilayer films consisting of several conducting layers with a chemically pure noble metal in one of them, which are used as sensitive sensors, has raised the interest in determining how their optical properties change when graphene was additionally applied to the top layer of the heterostructure.

It is known, graphene is a monolayer of carbon atoms, tightly bound in a hexagonal honeycomb lattice. It has shown unique properties due to the conjugation of electrons moving along all its directions and forming in such two-dimensional dense structure of energy states associated with "ultrarelativistic" electrons and holes.

For the determination of optical constants and thicknesses of the corresponding conducting layers in the samples Cr/Cu_{55nm}/Graphene, Cr/Cu_{43nm}/Graphene, and Cr/Cu_{43nm}, a Semilab SE-2000 spectroscopic ellipsometer with wide spectral range available for one instrument was used. Its operation was carried out in the high-resolution mode using a spectrometer (with light wavelengths λ in the range of 275-2100 nm) and signal registration by single-point detectors. The phase shift Δ (λ) between the p- and s-components of the polarization vector and the azimuth ψ (λ) of the restored linear polarization for our samples at constant value of the light incidence angle (70°) were obtained from spectroellipsometric measurements. These data were used to determine optical characteristics, namely refractive index (n) and absorption index (k), optical conductivity (σ), real (ϵ_1), and imaginary (ϵ_2) parts of the dielectric function, and reflection coefficient (R). Using these data the partial contributions of each of the layers (graphene, copper, and chromium) in the heterostructures to their respective optical characteristics were analyzed.

It is found that the contribution of intraband and interband absorption, which was attribute to chemically pure copper, dominates in the optical conductivity spectra of the film structures Cr/Cu_{55nm}/Graphene, Cr/Cu_{43nm}/Graphene and Cr/Cu_{43nm} in the appropriate spectral range.

It was found, the difference spectrum of the optical conductivity of the samples Cr/Cu_{43nm}/Graphene and Cr/Cu_{43nm} had a maximum in the region of photon energy from 0.80 to 2.25 eV, which may be associated with the presence of graphene in the heterostructure surface layer, which results in additional light absorption.

МЕТОД ДЕФОРМАЦІЙНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ПОВНОЇ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ДИНАМІЧНОЇ ДИФРАКЦІЇ ДЛЯ ВИПАДКУ ДИНАМІЧНО «ТОВСТОГО» КРИСТАЛУ

**Демчик І.І.^{1*}, Молодкін В.Б.¹, Низкова Г.І.¹, Лізунов В.В.¹, Білоцька А.О.¹,
Макаренко Л.І.¹, Владімірова Т.П.¹, Василик Я.В.¹, Заболотний І.М.¹,
Молодкін В.В.¹**

*¹Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України,
бульвар Академіка Вернадського, 36; Київ, Україна*

**Тел.: +38 044 424 3242 E-mail: rudnytskaya@ukr.net*

В попередніх роботах авторів продемонстровано можливість кількісного визначення методом деформаційних залежностей (ДЗ) повної інтегральної інтенсивності динамічної дифракції (ПІДД) характеристик хаотично розподілених в монокристалах мікродефектів. В даній роботі емпірично досліджено взаємозв'язок параметрів ДЗ дифузної складової ПІДД та значень середніх радіусів мікродефектів.

Для опису ДЗ ПІДД у наближеннях «тонкого» та «товстого» кристалу у роботі було використано модель (1), в якій дифузну складову представлено у вигляді добутку трьох множників: перший описує дифузну складову ПІДД в невідгнутах кристалі, другий – вплив деформації на відбивання дифузної складової ПІДД і третій – вплив деформації на її поглинання.

$$R = R^{\text{coh}} + R^{\text{dif}} (1 + 1,65(\alpha'/\alpha)BT + 1,6(\beta'/\beta)B^2T^2) \exp(-6,97 \cdot 10^{12}(\gamma'/\gamma)|1/r|^2 \sqrt{M_0} + \mu_0 l \Delta \delta / r), \quad (1)$$

де $\delta = 1,35((R_d)^3/v) \cdot 10^5$ та $\gamma'/\gamma = 25((R_d)^3/v)/(\mu^*t)^2$, де v — об'єм, що припадає на один атом ґратниці. Параметри, які входять у вираз (1), описані у [1].

У наближенні «тонкого» кристалу підгонка теоретичних кривих до експериментальних проводилась для випадку слабкого поглинання при $\gamma'/\gamma = 1$ і $\delta = 0$. При переході від (220) Лауе-відбивання MoK_α -випромінювання до (220) Лауе-відбивання CuK_α -випромінювання довжина екстинкції зменшується від 36,75 мкм до 15,77 мкм; отже ширина кривої когерентного відбивання збільшується, а вплив деформації на неї зменшується в 2,33 рази. При такій зміні відбивань величина коефіцієнта фотоелектричного поглинання збільшується від $14,22 \text{ см}^{-1}$ до $142,4 \text{ см}^{-1}$, тобто в 10 разів. Тому підгонка теоретичних кривих до експериментальних у наближенні «товстого» кристалу проводиться для випадку слабкої дії деформації на відбивання дифузної складової ($\alpha'/\alpha = \beta'/\beta = 1$).

В результаті було знайдено зв'язок між параметрами ДЗ дифузної складової ПІДД та середніми радіусами мікродефектів та розраховано ДЗ ПІДД, що співпадають з отриманими експериментально для зразків монокристалів Si з різними дефектними структурами.

ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ФОРМУВАННЯ ПОКРИТТІВ СРІБЛО-РЕНІЙ

Бондар О.О., Кочетова С.А., Берсірова О.Л.

*Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України,
пр-т Академіка Палладіна, 32/34, Київ, 03142, Україна
Тел.: +38 044 2353313, E-mail: bersibol@ukr.net*

Серед тонкошарових матеріалів особливе місце посідають композиційні та електролітичні сплави на основі срібла. Зацікавленість у електролітичних покриттях на основі срібла з ренієм обумовлена поєднанням унікальних електричних, каталітичних та інших властивостей срібла з механічними властивостями тугоплавкого металу, який до того ж виявляє різні ступені окиснення.

Дослідження з електроосадження покриттів Ag-Re було проведено з робочих розчинів, що готувалися шляхом додавання перренату амонію до попередньо розробленого нами боратно-фосфатно-карбонатного (БФК) електроліту, який прекрасно себе зарекомендував та був впроваджений в технології функціонального сріблення компонентів виробів мікро- та наноелектроніки.

В електролітах зі співвідношенням іонів срібла до ренію 20:1, 10:1, та 4:1 в гальваностатичному режимі електролізу отримані покриття срібло-реній різної товщини (2-10 мкм). Проведений EDX-аналіз зразків показав, що в розчинах з співвідношенням срібло-реній 20:1, вміст ренію в отриманих осадах складає до кількох масових відсотків. При цьому, із збільшенням густини струму осадження від 0.3 до 1.5 А дм⁻², спостерігається тенденція до зниження вмісту ренію в осаді. Така залежність має місце для всіх зразків, осаджених за різних температур – від 20 до 60°C, незалежно від наявності чи відсутності примусової конвекції. Вихід за струмом також знижується з підвищенням густини струму осадження, причому за густин струму менших 1А дм⁻² він залишається практично незмінним, а за більш високих струмів, падає майже вдвічі, і також залишається сталим. З підвищенням температури, залежність виходу за струмом дещо знижується.

Аналізуючи морфологію поверхні осадів, можна бачити, що практично всі осади срібло-реній є рівномірними, дрібнокристалічними, матові, мають срібно-білий колір. Адгезія покриттів до матеріалу основи є досить високою. Сильного впливу перемішування на вигляд покриттів не спостерігається. Покриття, отримані з розчину, де співвідношення ренію до срібла в 5 разів вище по відношенню до першого електроліту, є більш крупнокристалічними.

Розроблені покриття можуть бути використані в електротехнічній промисловості для виробництва контактних груп різного призначення.

**КОМБІНОВАНИЙ ЕЛЕКТРОЛІТ НА ОСНОВІ КЕРАМІКИ
 $\text{Li}_{1.3}\text{Al}_{0.3}\text{Ti}_{1.7}(\text{PO}_4)_3$ ТА РІДКОГО ЕЛЕКТРОЛІТУ LiPF_6 ДЛЯ ЛІТІЙ-
ІОННИХ БАТАРЕЙ**

Лісовський І.В.^{1(*)}, Солопан С.О.¹, Білоус А.Г.¹, Хоменко В.Г.²

¹*Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського, вул. Академіка
Палладіна, 32/34, Україна*

²*Київський національний університет технологій та дизайну, вул. Немировича-
Данченка, 2, Україна*

**Тел.: +38 099 549 8750 E-mail: i-lisovskii@i.ua*

Літій-іонні акумулятори (ЛІА) вже давно стали невід'ємною складовою життя кожної сучасної людини. Їх широко використовують у різних електронних пристроях, таких як смартфони, фотоапарати, ноутбуки тощо. Через використання в сучасних ЛІА системи «полімерних сепаратор/рідкий електроліт», виникає низка проблем: вузький інтервал температурної та електрохімічної стабільності, пожежонебезпечність, загроза витоку електроліту. Тому, великий інтерес викликають твердотільні акумулятори (ТТА), які не містять у своєму складі легкозаймистих компонентів, та мають потенційні переваги в гравіметричній та об'ємній густині енергії, робочому діапазоні температур і безпеці порівняно з ЛІА.

В той же час, ТТА мають певні недоліки. Основні проблеми літєвих ТТА на основі неорганічних матеріалів полягають у відносно низькій провідність твердого електроліту ($\sim 10^{-5} - 10^{-7}$ См/см) порівняно з рідким електролітом та високому міжфазному опорі на границі твердий електроліт/катод. Відомо, що $\text{Li}_{1.3}\text{Al}_{0.3}\text{Ti}_{1.7}(\text{PO}_4)_3$ (LATP) зі структурою NASICON є перспективним кандидатом для використання в твердотільних акумуляторах, оскільки він характеризується високою іонною провідністю ($\sim 10^{-3} - 10^{-4}$ См/см) при кімнатній температурі.

Тому, для підвищення рівня безпеки ЛІА та зменшення опору на границі катод/твердий електроліт, в нашій роботі було запропоновано створення комбінованого твердого електроліту на основі пористої керамічної матриці LATP, просоченої 1М розчином LiPF_6 у суміші розчинників етиленкарбонат, діетилкарбонат та диметилкарбонат (1:1:1).

Результати досліджень показали, що питома ємність катодного матеріалу в елементах з комбінованим електролітом становить 140,5 та 138,2 мАгод/г при товщині електроліту 0,8 та 1,6 мм відповідно. Одержаний результат не суттєво поступається макетам ЛІА із рідким електролітом (145,6 мАгод/г). В той же час, стабільність ємнісних характеристик елементів з композитним електролітом значно вища, ніж в елементах з традиційним полімерним сепаратором. Запропонований комбінований електроліт дозволяє вирішити проблеми, пов'язані з витоком електроліту, оскільки рідкий електроліт іммобілізований винятково в порах керамічної матриці, та пожежонебезпечністю, завдяки нівелюванню утворення дендритів літію в міжелектродному просторі.

СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЗДАТНОСТІ ДО СКЛОУТВОРЕННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СПЛАВІВ

О.А. Задорожня, Н.А. Терентієва, Т.О. Харченко

Дніпровський державний технічний університет, 51918, Кам'янське, вул.

Дніпробудівська, 2

e-mail: zadorozhnia@gmail.com

Важливим досягнення технології гартування з рідкого стану є створення об'ємних металевих стекл (ОМС), які тверднуть без кристалізації у перетинах понад 1 мм. Зберігаючи корисні властивості аморфних сплавів, ОМС набувають якості конструкційних матеріалів, придатних для виготовлення масивних виробів. Здатність до об'ємної аморфізації (ЗОА), зазвичай, демонструють багатокомпонентні сплави, складові яких значно відрізняються атомними розмірами, характеризуються від'ємною ентальпією змішування та схильністю до утворення стійких або метастабільних інтерметалідів, що входять до складу багатофазних евтектик. Для підвищення рівня ЗОА використовують різні підходи, такі як: раціональний вибір числа, природи та концентрації компонентів; збільшення кількості фаз – склоутворювачів; введення елементів – модифікаторів, які змінюють властивості розплавів і сприяють збільшенню інтервалу їх переохолодження.

В даній роботі для досягнення означеної вище мети запропоновано спосіб наближення концентрації багатокомпонентних сплавів до точки низькотемпературного евтектичного перетворення, в якій забезпечується найбільша стійкість рідкої фази. Практична реалізація цього способу передбачає послідовне виконання наступних операцій:

- металографічне виявлення у вихідній структурі вибраного багатокомпонентного сплаву евтектичної складової;
- перевірка підвищеної схильності до аморфізації евтектичних ділянок мікроструктури шляхом оплавлення мікрошліфів лазерними імпульсами тривалістю $\sim 10^{-3}$ с;
- визначення хімічного складу евтектики та ділянок, аморфізованих лазерним опроміненням;
- виплавка сплаву евтектичного складу та визначення рівня його ЗОА у порівнянні з властивостями вихідного сплаву.

Ефективність запропонованого способу підтверджена стосовно до сплавів системи Zn-Cu-Ni-Al.

Робота виконана під керівництвом проф. Лисенка О.Б.

СИНТЕЗ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ Ti-Zr-Nb З ВИКОРИСТАННЯМ ГІДРИДНОГО ПІДХОДУ

Оришич Д.В., Стасюк О.О., Дехтяренко В.А

Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, Київ, Україна

E-mail: den.oryshych@gmail.com

Титан і його сплави на основі титану широко використовуються для біомедичних застосувань через перспективні механічні властивості, нетоксичність та інертність до клітин організму [1]. У зв'язку з цим розроблено ряд біосумісних систем легування на основі титану для досягнення мікроструктури, фазового складу та механічних властивостей, бажаних для застосування в медицині [2]. Сплави на основі титану, ніобію та цирконію популярні в деяких біомедичних застосуваннях, таких як: кісткові пластини та стенти через їх високу корозійну стійкість та достатню міцність та еластичність. Відомо, що легування титану цирконієм забезпечує поліпшення механічних властивостей матеріалу, включаючи високу міцність, зміну показників модуля пружності при збереженні нейтральності до клітин організму. Крім того додавання цирконію дозволяє підвищити корозійну стійкість матеріалу. Однією з основних вимог до матеріалів для медичних імплантатів є їх низький модуль Юнга, близький до відповідного параметра кістки людини (~30 ГПа). Це необхідно для того щоб уникнути «stress shielding» ефекту. Додавання достатньої кількості β -стабілізатора Nb до сплавів Ti-Zr викликає зменшення модуля Юнга до 50-60 ГПа внаслідок утворення однофазної β -ОЦК структури. Методи порошкової металургії (ПМ) мають значні переваги перед технологією лиття які полягають у: можливості зменшити розмір зерна, покращенні хімічної та структурної однорідності, економічності ефективності та створенні контрольованої пористості, яка в деяких випадках бажана для медичних імплантатів. Для створення сплавів на основі системи Ti-Zr-Nb було використано елементну порошкову суміш, яка складається з: гідридів титану та цирконію, а також частинок металевого ніобію. У цьому підході водень використовувався як тимчасовий легуючий елемент для титану та цирконію, що викликає активацію спікання, зменшення залишкової пористості та зменшення вмісту кисню в кінцевому матеріалі. Метою цієї роботи було формування хімічно й мікроструктурно однорідних сплавів Ti-Zr-Nb з регульованою залишковою пористістю методами порошкової металургії на основі елементної порошкової суміші TiH₂, ZrH₂ та Nb. У результаті було синтезовано сплави на основі системи Ti-Zr-Nb на основі елементної порошкової суміші гідридів титану та цирконію, а також металевого ніобію. В отриманих сплавах було досягнуто повної хімічної та мікроструктурної гомогенності. Для попередніх досліджень процесів, що відбуваються під час синтезу цих матеріалів проведено дилатометричні дослідження матеріалів. Показано, що основною причиною у формуванні пористості є невідповідність об'ємних ефектів між частинками гідридів та ненаводненим ніобієм. Частка залишкової пористості складала 6-9%, що є позитивним моментом з погляду на кращу інтеграцію імпланту у живі тканини. Механічні характеристики цього матеріалу є достатніми для практичних застосувань, а саме: модуль пружності у отриманих сплавах складав ~55 МПа, границя міцності 770-780 МПа, видовження ~10%.

1. M. Niinomi, Sci. Technol. Adv. Mater. 4 (2003) 445–454.
2. W.F. Ho, C.H. Cheng, C.H. Pan, S.C. Wu, H.C. Hsu, Mater. Sci. Eng. C 29 (2009) 36–46.

ЕКСИТОН ПОЛЯРИТОННИЙ КОНДЕНСАТ ЯК ПОЛІГОН ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ АКУСТИЧНИХ АНАЛОГІВ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ЧОРНИХ ДІР

Чайка А.А.¹, Светлічний А.О.^{2(*)}, Якименко О.І.¹

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, фізичний
факультет, проспект Академіка Глушкова, 4, Київ, Україна

*Тел.: +38 067 136 25 59 E-mail: life22005@gmail.com

Метою даної роботи є дослідження властивостей акустичних аналогів екстремальних чорних дір в екситон-поляритонних конденсатах. Ми використовуємо рівняння Гросса-Пітаєвського об'єднане з рівнянням для густини екситонного резервуара для моделювання відповідної системи. Для перевірки властивостей акустичного горизонту були створені аналоги чорних дір без кутового моменту. В цьому випадку аномальних властивостей горизонту не було виявлено.

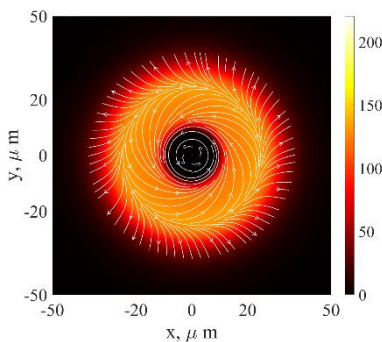


Рис. 1. Густина станів конденсату та форма потоків в системі.

Для моделювання стабільних кілець з кутовим моментом ми використали модель наведену в [1]. Для різних кутових моментів були створені аналоги чорних дір, з наявністю ергосфери та акустичного горизонту. Однак при збільшенні кутового моменту кільця спостерігається зміна напрямку радіальних потоків та утворення «білого» горизонту. Це можна пояснити тим, що потоки, які створюють вихори в центрі кільця становляться сильніше за потоки, що пов'язані зі зміною градієнту густини в кільці.

[1]. Xuekai Ma, Ulf Peschel, and Oleg A. Egorov. Incoherent control of topological charges in nonequilibrium polariton condensates. Phys. Rev. B, 93:035315, Jan 2016.

Програмний комітет

- | | |
|----------------------------|------------------|
| • Татаренко В.А. (голова); | • Мордюк Б.М.; |
| • Лізунов В.В. (секретар); | • Носенко В.К.; |
| • Антонов В.М.; | • Прядко Т.В.; |
| • Бевз В.П.; | • Радченко Т.М.; |
| • Карбівський В.Л.; | • Рудь О.Д.; |
| • Кордюк О.А.; | • Уваров В.М.; |
| • Котречко С.О.; | • Філатов О.В.; |
| • Лень Є.Г.; | • Фірстов Г.С.; |
| • Марковський П.Є.; | • Шиванюк В.М. |

Організаційний комітет:

Віталій Бевз (голова), Ірина Галстян (секретар), Галина Михайлова, Віра Філатова, Олександр Кондауров, Кирило Миронов, Микола Якимчук, Андрій Лень, Олександра Баскова, Сергій Мокляк, Тетяна Владімірова, Олег Решетнік, Михайло Рудь, Володимир Дехтяренко, Олег Бошко, Дмитро Пакула

Телефони для довідок:

+38 (093) 254-20-10 — Ірина Галстян,

+38 (044) 424-31-10 — Марина Савчук, учений секретар Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України

Адреса електронної пошти: stenforti@ukr.net

Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, бульв. Академіка Вернадського, 36, 03142, Київ, Україна