

ВИСНОВОК

наукового керівника щодо виконання
індивідуального плану наукової роботи, індивідуального навчального
плану та роботи над дисертацією Сокол Карини Ігорівни
«Фізичні властивості та характеристики фосфатів кальцію з домішками
після відпалу в інтервалі температур від 20 до 1400°C»,
яка подається на здобуття ступеня доктора філософії
із галузі знань 10 – Природничі науки
за спеціальністю 104 – «Фізика та астрономія»

Сокол Карина Ігорівна у 2020 році вступила до аспірантури Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна за спеціальністю «104 Фізика та астрономія» кафедри фізики низьких температур фізичного факультету. Освітня складова (40 кредитів ЄКТС) індивідуального плану Сокол К.І. виконана у повному обсязі.

В дисертаційній роботі була поставлена наукова задача щодо дослідження фізичних властивостей та характеристик фосфатів кальцію, які містять домішки після відпалу в інтервалі температур від 20 до 1400°C.

Фосфати кальцію широко використовуються у різних галузях науки, техніки та медицини. Упродовж останніх 50 років, через близькі фізико-хімічні характеристики та структуру до кісток, вони застосовуються в медичній практиці в якості імплантатів. Основним мінеральним компонентом тканин хребетних є гідроксилапатит. Через сучасні наукові дослідження 21 сторіччя було показано, що окрім широкого спектру медичних застосувань, фосфати кальцію мають велике практичне значення у інших галузях техніки. Так гідроксилапатит через діелектричні властивості може використовуватись в галузі електроніки в якості суперконденсатора та електроізоляційного матеріалу. Маючи великий поверхневий заряд, цей матеріал проявляє сегнетоелектричні властивості. Окрім того, нещодавно було показано, що поверхневий заряд на фосфатах кальцію сприяє вrostанню твердих тканин та надійній фіксації імплантатів. Тому дослідження електричних характеристик таких матеріалів має великий науково-практичний інтерес не тільки для медичних застосувань, але й для техніки. Крім того, фосфати кальцію широко використовуються в якості сенсорів атмосфери, а також можуть бути застосовані у пристроях управління електронними приладами. Дуже важливою сферою

застосування фосфатів кальцію є використання таких матеріалів у енергозберігаючих технологіях. Було показано, що гідроксилапатит можна застосовувати у електрет машинах, виробництві аккумуляторів та матеріалів, які здатні працювати при високих температурах в екстремальних умовах (електробезпека, створення потужних комп'ютерів для розробки штучного інтелекту).

Для виготовлення медичних матеріалів, а також керамік технічного призначення, фосфати кальцію спікають при високих температурах. Приведенні в літературі роботи стосуються переважно механічних характеристик, таких як щільність, мікротвердість, лінійна та об'ємна усадка, компресійна міцність, тріщиностійкість. Але переважна частина цих робіт розглядає тільки кількісні параметри. При цьому наявність домішок у зразках майже не розглядається. Крім того, процеси ущільнення пресованих зразків та механізми спікання кераміки таких матеріалів також мало досліджені. Розуміння цих питань є дуже важливим з точки зору отримання нових матеріалів з контрольованими функціональними характеристиками.

В дисертаційній роботі Сокол К.І. синтезовані нові фосфати кальцію методом осадження із розчинів. Проаналізовано їхній домішковий склад та структуру. Для проведення наукових досліджень в роботі Сокол К.І. використана низка сучасних методів фізики конденсованого стану: рентгеноструктурний аналіз, ІЧ-спектроскопія, мас-спектрометрія, дослідження електричного опору та електропровідності, мікротвердості за Віккерсом, лінійної та об'ємної усадки. Було показано, що при формуванні кальцій фосфатних покриттів на підкладках із МАХ фаз шляхом осадження за технологією золь-гель синтезу формуються багатофазні структури на основі альфа- та бета- трикальційфосфату, а також гідроксилапатиту. Отримані покриття мають задовільну адгезію до поверхні підкладки. Досліджено електричні характеристики кальцій фосфатних матеріалів з домішками. Показано, що домішки істотно впливають на електричні характеристики таких зразків в залежності від температури відпалу в інтервалі від кімнатної до 1200°C. Повторні експерименти після розкладання домішок показали зміни електричного опору, які є характерними для зразків з іонною провідністю. Встановлено механізми іонної провідності, яка здійснюється шляхом переносу гідроксильних груп уздовж періоду ґратки с, а також домішкових іонів, таких як CO_3^{2-} та NO_3^-

сполуки. Підраховані значення енергії активації іонної провідності добре корелюють з літературними джерелами. Дослідження електричних характеристик в роботі Сокол К.І. проводились також за різних значень частоти змінного струму. Проаналізовано значення поверхневого заряду зразків гідроксилопатиту. Показано, що діелектрична стала змінюється з температурою відпалу і ці зміни корелюють з виділенням води з поверхні зразків, а також із кристалічної структури фосфатів кальцію.

В останньому розділі дисертації Сокол К.І. проведено дослідження характеристик керамічних зразків отриманих із зразків гідроксилопатита з домішками після спікання в інтервалі температур від кімнатної до 1400°C. Це питання є дуже важливим оскільки керамічні зразки є найбільш розповсюдженою формою виготовлення кальцій-фосфатних матеріалів для використання в медичній практиці, а також для застосування у техніці. Було встановлено, що функціональні характеристики мають немонотонний характер в залежності від температури спікання. Це пов'язано із наявністю домішок в зразках гідроксилопатиту. Встановлено механізми спікання зразків. Сокол К.І. було показано, що дифузія при спіканні здійснюється за механізмами поверхневої дифузії, а також механізмом дифузії меж зерен.

Отримані експериментальні дані в роботі Сокол К.І. відкривають перспективи створення нових матеріалів з покращеними функціональними характеристиками для медицини та техніки.

Ці результати будуть запроваджені у навчальний процес в курсах “Фізичного матеріалознавства та фізики біоматеріалів”, “Кристалізації в кальцій-фосфатних біоматеріалах” та “Наноструктурних матеріалах”.

Вважаю, що наукова складова дисертаційної роботи Сокол К.І. виконана повністю.

Окремо зазначу, що дослідження аспірантки Сокол К.І. виконувались в межах підтримки програм Digital Ukraine 2022, 2023 німецького фонду академічних обмінів ДААД. Робота також підтримана проектом МОН України № 0121U100310.

Під час навчання в аспірантурі Сокол К.І. набула низку фахових і допоміжних компетентностей, необхідних для проведення наукових досліджень. Серед них знання щодо особливостей кінетики процесів спікання кераміки, вимірювань електричних характеристик; організації проведення наукових досліджень у цій галузі.

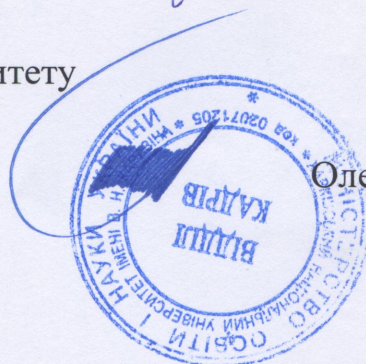
Результати підготовленої Сокол К.І. дисертаційної роботи є оригінальними дослідженнями, які опубліковані у провідних міжнародних виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus, а також фахових наукових виданнях України.

У межах дисертаційної роботи поставлена задача із дослідження фізичних властивостей та характеристик фосфатів кальцію, які містять домішки після відпалу в інтервалі температур від 20 до 1400°C вирішена повністю. Висновки дисертаційної роботи є достовірними та науково обґрунтованими. Отримані результати добре узгоджуються з даними, отриманими в інших дослідженнях фосфатів кальцію. Вважаю, що наукова складова індивідуального плану роботи аспірантки Сокол К.І. виконана в повному обсязі та на високому рівні.

Науковий керівник,
доктор фізико—математичних наук,
професор кафедри фізики низьких температур
член-кореспондент НАН України
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна,
професор

Руслан ВОВК

Підпис Руслана Вовка засвідчую
Начальник Відділу Кадрів
Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна,



Олена ГРОМИКО