

ВІДГУК

на реферат дисертації П. О. Максимчука «Механізми редокс-активності нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів $REVO_4:Eu^{3+}$ ($RE = Gd, Y, La$)», що подано на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків.

Нанокристали з іонами змінної валентності відкривають нові горизонти в біомедичних дослідженнях завдяки своїй унікальній здатності регулювати окисно-відновні процеси в клітинах. Про- та антиоксидантні властивості таких матеріалів роблять їх перспективними кандидатами для створення нових терапевтичних засобів. Однак, механізми взаємодії цих нанокристалів з біологічними системами потребують більш детального вивчення. Саме встановленню механізмів редокс-активності нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів $REVO_4:Eu^{3+}$ ($RE = Gd, Y, La$), які проявляють себе дуже перспективно у біомедичних дослідженнях, і була присвячена докторська дисертація Максимчука П.О.

Використовуючи методи оптичної спектроскопії у роботі було визначено механізми генерації та знищення активних форм кисню, тобто про- та антиоксидантної дії діелектричних нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів, як під ультрафіолетовим чи рентгенівським опроміненням, так і за його відсутності. Крім цього на підставі проведених досліджень та отриманих експериментальних даних, показано підходи щодо керування редокс-властивостями нанокристалів. Глибоке розуміння залежності окисно-відновних властивостей нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів від їхньої структури та складу, отримане в роботі Максимчука П.О., відкриває нові перспективи для використання цих наноматеріалів у біомедицині. Завдяки здатності нанокристалів ортованадатів ефективно регулювати рівень активних форм кисню та їхній інтенсивній люмінесценції, ці наноматеріали можуть бути використані як багатофункціональні платформи для створення нових поліфункціональних агентів для діагностики, фотодинамічної та АФК-регулюючої терапії.

Актуальність роботи та отриманих результатів підтверджено публікаціями у провідних зарубіжних фахових журналах (14 статей, що увійшли до дисертаційної роботи, опубліковані у виданнях, що належать до першого (Q1) та другого (Q2) кuartилів відповідно до класифікації SCImago Journal & Country Rank), а також доповідями на наукових конференціях.

Судячи зі змісту реферату та списку публікацій за темою, дисертаційна робота Максимчука П. О. є закінченою науковою працею, виконаною на високому рівні та такою, що цілком відповідає вимогам, які ставляться до докторських дисертацій. Таким чином, Максимчук Павло Олегович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків.

Завідувач кафедри медичної фізики та біомедичних нанотехнологій
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна,
член-кореспондент НАН України,
доктор фізико-математичних наук, професор

Валерія ТРУСОВА

Підпис Трусової В. М. засвідчує:



Заст. директора
ІНЗ ФТР
Топишко А.В.

ВІДГУК

на реферат дисертації П. О. Максимчука «Механізми редокс-активності нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів $REVO_4:Eu^{3+}$ ($RE = Gd, Y, La$)», що подано на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків.

Матеріали на основі ортованадатів рідкісноземельних елементів досить широко застосовуються в якості яскравих люмінофорів. Підвищений інтерес до нанокристалів ортованадатів в останні роки пов'язаний з перспективами їхнього використання у біології завдяки вираженій редокс-активності. Виявлені для нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів, унікальні редокс-властивості відкривають нові перспективи для створення штучних ферментів та використання цих матеріалів для захисту клітин від негативного впливу оксидативного стресу. Таким чином, тема дисертаційної роботи Максимчука П.О., що присвячена встановленню механізмів редокс-активності нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів за допомогою методів оптичної спектроскопії та визначення способів керування редокс-властивостями базуючись на встановлених механізмах, є актуальною.

У роботі дисертантом було отримано декілька надзвичайно цікавих з наукової точки зору результатів. Проведені дослідження демонструють високу ефективність нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів у нейтралізації широкого спектру активних форм кисню, зокрема перекису водню, супероксидних, гідроксильних та пероксильних радикалів, які є основними окиснювачами в біологічних системах. При цьому редокс-властивості нанокристалів ортованадатів можуть бути як прооксидантними, так і антиоксидантними, що залежить від наявності та типу збудження. Ультрафіолетове опромінення ініціює процеси генерації активних форм кисню, тоді як під рентгенівським опроміненням або за відсутності будь-якого опромінення відбувається нейтралізація активних форм кисню. Крім цього було показано, що нанокристали ортованадатів демонструють тривалу прооксидантну активність навіть після припинення ультрафіолетового опромінення. Цей ефект, залежить від розміру нанокристалів та концентрації дефектів у їхній структурі. Дослідження показали, що допування нанокристалів іонами зі змінною валентністю або додаткове рентгенівське опромінення можуть значно посилювати цю унікальну властивість.

Дисертаційна робота характеризується ретельним аналізом експериментальних даних, що дозволило автору розробити цілісну концепцію, яка пояснює особливості редокс-дії нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів через дефекти структури та наявність іонів зі змінною валентністю. Застосування сучасних експериментальних методів забезпечило високу достовірність отриманих результатів. Дослідження П.О. Максимчука значно просунули розуміння механізмів редокс-активності цих матеріалів, підкресливши важливу роль дефектів кристалічної ґратки та іонів зі змінною валентністю.

В цілому треба зазначити, що реферат дисертації відзначає чіткість та наочність викладення матеріалу, а нові наукові результати, отримані в роботі, становлять істотний внесок в фізику наноматеріалів. Вважаю, що робота Максимчука Павла Олеговича повністю відповідає вимогам «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою КМУ від 17 листопада 2021 р. №1197, а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків.

Директор Інституту фізики НАН України,
академік НАН України,
доктор фізико-математичних наук

Підпис Бондаря М. В. засвідчую
Учений секретар Інституту фізики НАН України



Бондар Михайло БОНДАР

ВІРНО
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
ІФ НАН УКРАЇНИ
В.С.МАНЖАРА

Вірю

ВІДГУК

на реферат дисертації П. О. Максимчука «Механізми редокс-активності нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів REVO₄:Eu³⁺ (RE = Gd, Y, La)», що подано на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків.

Сучасні наукові дослідження все більше уваги приділяють наноматеріалам, зокрема, нанокристалам оксидів рідкісноземельних елементів. Їхні унікальні властивості, такі як редокс-активність у біологічному оточенні та яскрава люмінесценція, роблять їх перспективними кандидатами для застосування у біомедицині.

Дисертаційна робота Максимчука П.О. присвячена встановленню механізмів редокс-активності нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів REVO₄:Eu³⁺ (RE = Gd, Y, La) за допомогою методів оптичної спектроскопії та визначенню способів керування редокс-властивостями базуючись на встановлених механізмах. Автором було продемонстровано, що структурні характеристики нанокристалів ортованадатів, такі як розмір та вміст домішок, суттєво впливають на їхні оптичні та окисно-відновні властивості. У роботі було проведено детальний аналіз про- та антиоксидантних властивостей нанокристалів ортованадатів під дією різних типів випромінювання, встановлено фізичні механізми такої редокс-дії, та на основі отриманих результатів запропоновано низку підходів для модифікації та покращення редокс-властивостей нанокристалів ортованадатів.

При виконанні роботи, дисертантом було застосовано системний підхід, результати було отримано із використанням широкого діапазону фізичних експериментальних методів, перш за все, методів стаціонарної та розподіленої у часі люмінесцентної спектроскопії. Застосування широкого спектру експериментальних методів забезпечує високу достовірність отриманих результатів.

Робота Максимчука П.О. виконана на високому експериментальному і науковому рівні та є закінченою науковою працею, що повністю відповідає всім вимогам МОН України до докторських дисертацій, зокрема, вимогам «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою КМУ від 17 листопада 2021 р. №1197. Автор дисертації заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків.

Завідувач кафедри біомедичної інженерії
Харківського національного університету
радіоелектроніки,
доктор технічних наук, професор

Підпис Авруніна О. Г. засвідчую
декан факультету ЕЛБІ Харківського
національного університету радіоелектроніки



Олег АВРУНІН



Анатолій ВАСЯНОВИЧ

ВІДГУК

на реферат дисертації Максимчука П. О. «Механізми редокс-активності нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів $REVO_4:Eu^{3+}$ ($RE = Gd, Y, La$)», що подано на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків.

Тематикою дисертації Максимчука П. О. є встановлення механізмів редокс-активності нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів за допомогою методів оптичної спектроскопії. Актуальність дослідження підтверджується активним інтересом наукової спільноти до нанокристалів $REVO_4:Eu^{3+}$ як перспективних матеріалів для біомедицини. Незважаючи на численні дослідження, детальні фізичні механізми їх редокс-активності залишаються недостатньо вивченими. Автору дисертації вдалося встановити механізми антиоксидантної та прооксидантної дії цих нанокристалів, а також дослідити вплив зовнішніх факторів (УФ-опромінення, перекису водню тощо) на їхню люмінесценцію. Крім цього, отримані результати дозволили розробити підходи до керування редокс-властивостями матеріалу.

Встановлені у роботі механізми редокс-активності є не тільки важливим внеском у фундаментальні дослідження в галузі наноматеріалів але й відкривають нові перспективи для їхнього застосування в біології та медицині. Показані автором роботи про- та антиоксидантні властивості нанокристалів ортованадатів відкривають нові можливості для боротьби з оксидативним стресом – дисбалансом між утворенням і нейтралізацією активних форм кисню в клітинах. Запропоновані матеріали можуть бути використані для створення лікарських препаратів нового типу, здатних ефективно нейтралізувати активні форми кисню та захищати клітини від їх шкідливої дії. Крім того, завдяки своїм люмінесцентним властивостям, нанокристали можуть служити в якості біосенсорів для візуалізації рівня активних форм кисню в реальному часі.

Достовірність результатів, отриманих у роботі, підтверджується широким спектром методів досліджень та рівнем публікацій - 14 статей, у яких відображено основні результати дисертації, опубліковано у виданнях, що належать до першого (Q1) та другого (Q2) кватилів відповідно до класифікації SCImago Journal & Country Rank.

Таким чином, робота Максимчука П. О. являє собою закінчене наукове дослідження, проведене на високому рівні, та цілком відповідає вимогам до докторських дисертацій. Автор дисертації заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків.

Провідний науковий співробітник
кафедри органічної хімії
Національного університету "Львівська політехніка"
доктор хімічних наук, доцент кафедри
прикладної фізики і наноматеріалознавства,
професор зі спеціальності 102 Хімія

Олександр ЗАІЧЕНКО

Підпис д.х.н. Заїченка О.С з а с в
Вчений секретар Національного університету
"Львівська політехніка" к.т.н., доц.



Роман БРИЛИНСЬКИЙ

ВІДГУК

на реферат дисертації П. О. Максимчука «Механізми редокс-активності нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів $REVO_4:Eu^{3+}$ (RE = Gd, Y, La)», що подано на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків.

Дисертаційна робота Максимчука П. О. присвячена розв'язанню наукової проблеми щодо встановлення механізмів редокс-активності нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів $REVO_4:Eu^{3+}$ (RE = Gd, Y, La). За допомогою методів оптичної спектроскопії автором вперше було встановлено, що антиоксидантні властивості нанокристалів обумовлені редокс-циклінгом іонів ванадію між ступенями окиснення $4+/5+$ та $3+/4+$, який відбувається на поверхні нанокристалів. Цей процес дозволяє ефективно нейтралізувати активні форми кисню. Дослідження механізмів антиоксидантної дії нанокристалів ортованадатів дозволило встановити тісний зв'язок між їхньою редокс-активністю та люмінесцентними властивостями. Було показано, що ультрафіолетове опромінення та взаємодія з перекисом водню суттєво впливають на інтенсивність люмінесценції. Глибоке розуміння механізмів анти- та прооксидантної дії нанокристалів ортованадатів, отримане в перших розділах дисертації, відкрило широкі можливості для направленою керування їхніми редокс-властивостями. Зокрема, було показано можливість модулювання ефективності генерації активних форм кисню та регулювання швидкості цих процесів.

Наукова задача, яку вирішує у своїй роботі дисертант, є надзвичайно цікавою та актуальною. Це обумовлено як перспективами застосування нанокристалів ортованадатів у біології та медицині, так і тим, що отримані у роботі результати можуть бути узагальнені та використані для пошуку та розробки нових біологічно активних нанокристалів. Так, дуже цікавою з практичної точки зору є продемонстрована у роботі можливість керування типом редокс-активності одних і тих самих нанокристалів. Зазначений ефект робить можливим створення наноматеріалів з контрольованою редокс-дією, а отже і з заданою біологічною активністю.

Для того, щоб встановити механізми редокс-активності нанокристалів ортованадатів, автором дисертації було проведено значну кількість експериментів за допомогою методів стаціонарної і розподіленої у часі спектроскопії, а також використано цілий набір різних специфічних та не специфічних сенсорів активних форм кисню. Це, а також рівень публікацій, в яких висвітлено наукову новизну роботи, свідчить про високий ступінь достовірності отриманих результатів.

Реферат роботи написаний чіткою і зрозумілою мовою, всі експериментальні результати проілюстровані відповідними графіками, а висновки роботи ґрунтуються на детальному аналізі експериментального матеріалу. В цілому, дисертація відповідає вимогам, що ставляться до докторських дисертацій. Вважаю, що Максимчук Павло Олегович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків.

Заступник декана з наукової роботи хімічного факультету
Київського національного університету ім. Тараса Шевченка
доктор хімічних наук, старший науковий співробітник



Наталія КУЦЕВОЛ