

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Фізичний факультет

Кафедра експериментальної фізики

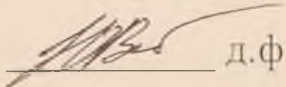
Дипломна робота

бакалавра

на тему: «**Оптичні властивості квантово- розмірних структур з  
домішками перехідних металів для використання в якості  
флуоресцентних зондів**»

«Optical properties of quantum-dimensional structures with transition metals impurities for the  
use in fluorescent»

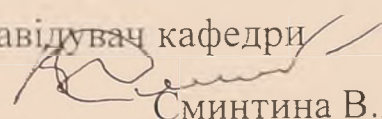
Виконав: студент денної форми навчання  
напрямку підготовки 6.040204 – прикладна фізика  
Стефанишина Олена Олександрівна

Керівник:  д.ф.- м.н., проф. Ваксман Ю.Ф.

Рецензент: к.ф. – м.н., доц. Скобеєва В.М.

Рекомендовано до захисту:  
Протокол засідання кафедри  
№ 10 від 06.06.2017 р.

Захищено на засіданні ЕК № 1  
протокол № 25 від 22.06.2017 р.  
Оцінка добре / В / 85

Завідувач кафедри  
  
Сминтина В.А.

Голова ЕК  
  
Калінчак В.В.

Одеса - 2017

## ЗМІСТ

	<b>Стор.</b>
Вступ .....	3
1. Загальні характеристики квантово - розмірних структур .....	5
1.1. Різновиди квантово - розмірних структур .....	5
1.2. Хімічні методи одержання квантово - розмірних структур .....	8
1.2.1. Золь-гель метод.....	9
1.2.2. Гідротермальний і сольвотермальний синтез наночасток.....	12
1.2.3 Колоїдні методи .....	13
1.3. Спектри поглинання і люмінесценції як характеристики квантово - розмірних структур .....	16
1.4. Практичні застосування квантово - розмірних структур .....	21
2.Одержання та дослідження оптичних властивостей структур на основі ZnS .....	24
2.1.Методика одержання квантово - розмірних структур .....	24
2.2.Методика оптичних вимірювань .....	25
2.3.Спектри поглинання та люмінесценції .....	28
Висновки .....	34
Література .....	35

## ВСТУП

Квантово - розмірні структури стали за останні роки одними з основних об'єктів досліджень і розробок з фізики, техніки та технології напівпровідників. Використання органічних люмінофорів поступово зменшується, на зміну їм приходять нові люмінофори - металеві, напівпровідникові і вуглецеві наночастинки. Основними перевагами для прикладного застосування напівпровідникових нанокристалів є висока квантова ефективність фотолюмінесценції, висока фотостабільність, широкі спектральні смуги поглинання при вузьких смугах випромінювання, положенням яких можна керувати, змінюючи величину забороненої зони. Особливого значення набувають напівпровідники групи  $A_2B_6$ , леговані перехідними елементами (Cr, Mn, Fe, Co, Ni). Незаповнені 3d-оболонки іонів цих металів характеризуються внутрішньоцентровими переходами електронів. Наявність таких переходів призводить до появи відповідних смуг в спектрах поглинання та люмінесценції. Унікальні оптичні властивості, такі як: вузький спектр випромінювання, велике стоксівське зміщення, високий квантовий вихід і фотостійкість, значна чутливість і біосумісність роблять напівпровідникові наночастинки альтернативою в застосуванні сучасних флуоресцентних методів візуалізації в нанобіології і наномедицині, кількість робіт по дослідженню нових матеріалів стає дедалі більшою.

Разом з тим, виробництво квантових точок зустрічає ряд складнощів, пов'язаних з неідеальними характеристиками створених нанокристалів. У процесі росту нанокристали набувають різних розмірів, внаслідок чого, смуга випромінювання розширюється. На поверхні нанокристалів можуть утворитися дефектні стани, які виявляються за наявністю широких смуг в довгохвильовій області спектру випромінювання. Токсичність напівпровідникових наноструктур також обмежує їх застосування у біотехнологіях.

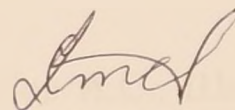
Основна причина лавиноподібного наростання кількості робіт в цій галузі - поява унікальних методів хімічного синтезу наночастинок з надзвичайно вузьким розподілом за розмірами, наприклад [1], синтез в звернених міцелах, колоїдних нанореакторах, в полімерних матрицях і т.ін.

У даній роботі представлені результати спектральних досліджень напівпровідникових квантових точок ZnS, ZnS:Fe отриманих методом колоїдного хімічного синтезу.

Основаючись на досягнутих результатах вивчення монокристалів групи  $A_2B_6$  легованих перехідними елементами [2,3,4,5], перспективним видається вивчення нанокристалів цієї групи і застосування їх на практиці. Метою даної роботи є розробка технології отримання нанокристалів ZnS, ZnS:Fe і дослідження їх оптичних характеристик, таких як поглинання, люмінесценція.

### Висновки

1. Методом колоїдного синтезу одержані нанорозмірні кристали ZnS, ZnS:Fe.
2. Дослідженнями спектрів оптичного поглинання встановлена залежність ширини забороненої зони від складу реагуючих компонентів та проведена оцінка розмірів НК.
3. Встановлена відповідність спектрів довгохвильової люмінесценції чистих і легованих залізом НК та монокристалів ZnS, ZnS:Fe.



## Література

1. Елисеев А. А., Лукашин А. В. Функциональные наноматериалы. М.:Физматлит, 2010.
2. Ваксман Ю.Ф., Павлов В.В., Ницук Ю.А., Пуртов Ю.Н., Насибов А.С., Шапкин П.В., Получение и оптические свойства монокристаллов ZnSe, легированных кобальтом // ФТП. – 2006. – Т. 40, № 7. – С. 815-818.
3. Ваксман Ю.Ф., Павлов В.В., Ницук Ю.А., Пуртов Ю.Н. Оптические свойства кристаллов ZnSe, легированных переходными элементами // Вестник Одесского национального университета. – 2006. – Т. 11, № 7. – С. 47-53.
4. Ваксман Ю.Ф., Ницук Ю.А., Яцун В.В., Насибов А.С., Шапкин П.В. Влияние примесей железа на люминесценцию и фотопроводимость кристаллов ZnSe в видимой области спектра // ФТП. – 2011. – Т. 45, № 9. – С. 1171-1174.
5. Лукоянов А.В., Некрасов И.А., Соколов В.И., Анисимов В.И. Зарядовое состояние примеси переходного металла в полупроводниках  $A^{II}B^{VI}$  // ФТТ. – 2005. – Т. 47, № 8. – С. 1501-1503.
6. Шик А. Я. Физика низкоразмерных систем/ А. Я. Шик, Л. Г. Бакуева, С. Ф. Мусихин, С. А. Рыков. СПб.: Наука, 2001.
7. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2005.
8. Klimov V.I. Optical Nonlinearities and Ultrafast Carrier Dynamics in Semiconductor Nanocrystals. J. Phys. Chem. B 2000, 104, 6112-6123.
9. Соколов В.И., Дубинин С.Ф., Теплоухов С.Г., Пархоменко В.Д., Груздев Н.Б. Нестабильность решетки, индуцированная  $3d$ -примесями в полупроводниках II-VI // ФТТ. – 2005. – Т. 47, № 8. – С. 1494-1497.
10. Лончаков А.Т., Подгорных С.М., Соколов В.И., Груздев Н.Б., Шакуров Г.С. Низкоэнергетические возбужденные состояния ионов  $3d$ -

переходных металлов в селениде цинка // ФТТ. – 2006. – Т. 48, №. 9. – С. 1610-1613.

11. Akimov V.A., Voronov A.A., Kozlovsky V.I., Korostelin Yu.V., Landman A.I., Podmar'kov Yu.P., Frolov M.P. Efficient IR Fe:ZnSe laser continuously tunable in the spectral range from 3.77 to 4.40  $\mu\text{m}$  // Quantum Electronics – 2004. – Vol.34, № 10. – P. 912-914.
12. Карпович И.А., Філатов Д.О. Діагностика гетероструктур з квантовими ямами методом спектроскопії конденсаторної фотоерс // ФТП.- 1996.- Т.30, № 10.- С. 1745-1755.
13. Karpovich I.A., Levichev S.B., Gorshkov A.P. et al. Photoelectric spectroscopy of InAs/GaAs quantum dot structures in a semiconductor/electrolyte system // Nanotechnology.- 2002.- V. 13. -P. 445-450.