Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет математики, фізики та інформаційних технологій
(повне найменування інституту/факультету)

Кафедра експериментальної фізики
(повна назва кафедри)

Дипломна робота

магістра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **«Вплив барвників на фотолюмінесценцію квантових точок сульфіду кадмію»**

«Influence of dyes on the photoluminescence of quantum dots of cadmium sulfide»

Виконав: студент денної форми навчання
спеціальність:105-Прикладна фізика та наноматеріали
Доброносов Павло Федорович

Керівник д.ф.-м.н., проф. Сминтина В.А. _____

Рецензент к.ф.-м.н., н.с.Гівелюк С.О.

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри
№ __ від ___.___.2019р.

Завідувач кафедри

_____Сминтина В.А.
(підпис)

Захищено на засіданні ЕК №__
протокол № __ від ___.___.2019 р.
Оцінка_____/___ ___/____
(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Голова ЕК

_____Шевчук В.Г.
(підпис)

Одеса – 2019

ВСТУП

Колоїдні квантові точки (КТ) - це напівпровідникові нанокристали, у яких рух носіїв заряду обмежений у всіх трьох вимірах. Залежність ширини забороненої зони від розміру нанокристалів дозволяє регулювати оптичні властивості КТ, що дозволяє виготовляти високоефективні фотостабільні люмінесцентні матеріали, що охоплюють широкий спектральний діапазон. Так, використання КТ в якості люмінофорів для імунологічних досліджень замість традиційних органічних барвників значно підвищує чутливість методу [1], вузький спектр фотолюмінесценції (ФЛ) розширює колірну гаму світлодіодних дисплеїв на основі КТ тощо.

Гібридні фотолюмінесцентні матеріали на основі квантових точок і природних полімерів є предметом інтенсивного вивчення протягом останніх десятиліть. Композити, що містять КТ, привертають велику увагу завдяки реалізації в них безвипромінювального перенесення енергії [3,4], а також можливості їх застосування в спектроскопії одиночних молекул [5,6].

У біомедицині квантові точки використовуються в якості маркерів і сенсорів на різні зміни макроскопічних параметрів середовища, а також на присутність різних аналітів (газів, важких металів і т.д.). Застосування КТ обмежено в силу того, що параметри фізіологічних середовищ (наприклад, pH, іонна сила) можуть значно відрізнятися від оптимальних параметрів для КТ. Створення композитів сприяє вирішенню цієї проблеми. Зокрема, КТ з полімерами дозволяє використовувати їх в якості флуорофорів для внутрішньоклітинної візуалізації [7], в гастроентерологічних дослідженнях в сильнокислих середовищах [8].

Маючи екситон, обмежений у всіх трьох просторових вимірах, квантові точки мають властивості, які є проміжними між властивостями об'ємних напівпровідників і дискретних молекул. При збудженні фотонами або електричним полем з енергією, що перевищує ширину забороненої

зони, квантові точки можуть випускати фотони, вивільняючи поглинену енергію.

Нанокристали квантових точок мають багато важливих оптичних властивостей. Зокрема, їх енергія пов'язана з розміром, маючи на увазі, що оптичні властивості можуть бути точно налаштовані за розміром. Енергія випромінювання регулюється шляхом управління складом, а розмір часток квантових точок призводить до ефекту квантового обмеження [1].

В основному КТ знайшли застосування в сонячних елементах, діодах, лазерах, детекторах, телекомунікаційних та флуоресцентних біологічних мітках [2-4].

Спектри поглинання квантових точок є безперервними, а спектри випромінювання вузькими. Спектри збудження КТ широкі, але їх спектри випромінювання вузькі, сильні і перебудовуються [6], що дозволяє одночасно спостерігати кілька зондів з різними флуоресцентними квітами за допомогою одного джерела світла. Тому різні кольори всього спектра випромінювання від КТ можуть бути виміряні одночасно з використанням тільки одного джерела лазерного збудження.

Об’єктами дослідження в даній роботі є служили диспергувані в желатину КТ CdS, синтезовані колоїдним методом. На їх основі створювали гібридні асоціати з молекулами барвників метиленовий блакитний та акридиновий жовтий. Вибір складу колоїдних КТ базується на основі аналізу наявних в літературі розмірних залежностей оптичних властивостей КТ CdS, виготовлених в різних умовах [10], а також важливих вихідних даних про властивості люмінесценції в КТ CdS [11].

Метою даної роботи є синтез КТ CdS і композитів на їх основі та дослідження оптичних характеристик композитів для встановлення оптимальних характеристик механізму передачі енергії між квантовими точками сульфіду кадмію та молекулами барвника.

ВИСНОВКИ

1. Отримано КТ сульфіду кадмію методом хімічного колоїдного синтезу та композитів на їх основі з барвниками.
2. Показано, що зі збільшенням концентрації барвника метиленовий блакитний в спектрах поглинання спостерігаються смуги, за які відповідні асоціативні структури з молекул барвника.
3. Люмінесценція композиту КТ CdS-барвник метиленовий блакитний зростає зі збільшенням концентрації барвника, що може бути пояснено за рахунок резонансної передачі від барвника до КТ CdS.
4. Люмінесценція композиту КТ CdS-барвник акридиновий жовтий зростає зі збільшенням концентрації барвника.
5. Показано, що зміна типу барвника може змінювати роль донора і акцептора в композиті.

_____ Доброносов П.Ф.

(підпис автора роботи)

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. B. T. Huy, Min-Ho Seo, Jae-Min Lim, Dong-Soo Shin and Yong-Ill Lee. A Systematic Study on Preparing CdS Quantum Dots. - Journal of the Korean Physical Society, Vol. 59, No. 5, November 2011, pp. 3292-3299.

2. W. William Yu, Lianhua Qu, Wenzhuo Guo, and Xiaogang Peng. Experimental Determination of the Extinction Coefficient of CdTe, CdSe, and CdS Nanocrystals. - Chem. Mater. 2003, 15, pp. 2854-2860.

3. Janusz Szeremeta, Marcin Nyk, Dominika Wawrzynczyk and Marek Samoc. Wavelength dependence of nonlinear optical properties of colloidal CdS quantum dots. Nanoscale, 2013, pp. 84-90.

4. S. S. Liji Sobhana, M. Vimala Devi, T. P. Sastry, Asit Baran Mandal. CdS quantum dots for measurement of the size-dependent optical properties of thiol capping. - J Nanopart Res (2011) 13, pp. 1747–1757.

5. Коломийцева Ю.А., Коломийцев Ю.С., Скуйбин Б.Г.3, Амброзевич С.А. Исследование люминесценции квантовых точек CdSe/CdS. – Вестник науки и образования № 7(43) 2018. Том 2, стр. 32-36.

6. N. Qutub, S. Sabir. Optical, Thermal and Structural Properties of CdS Quantum Dots Synthesized by A Simple Chemical Route. - Int. J. Nanosci. Nanotechnol., Vol. 8, No. 2, June 2012, pp. 111-120.

7. Ю. С. Бездетко, В. Г. Клюев, В. Н. Фёклин. Оптические свойства квантовых точек CdS, синтезированных при разных концентрациях реагентов. - 2018, Конденсированные среды и межфазные границы, том 20, № 1 стр. 25–31.

8. Levi, L.G. Photosensitizers in photodynamic therapy / L.G. Levi // Seminars in Oncology. – 1994. – V. 21. – pp. 4-10.

9. Данилов, В.В. Особенности флуоресценции полупроводниковых квантовых стержней CdSe/ZnS в многокомпонентных растворах, содержащих пентилцианобифенил /

В.В. Данилов, и [др.] // Оптика и спектроскопия. – 2010. – Т.108. – № 6. – стр. 990-995.

10. Hopfield, J.J. Fine Structure and Magneto-optic Effects in the Exciton Spectrum of CdS / J.J. Hopfield, D.G. Thomas // Physical Review. – 1961. – V. 122. – pp. 35-52.

11. Vossmeyer, T. CdS nanoclusters: synthesis, characterization, size dependent oscillator strength, temperature shift of the excitonic energy, and reversible absorbance shift / T. Vossmeyer, [et al.] // Journal of Physical Chemistry. – 1994. – V.98. – pp.7665-7673.

12. Бондарь, Н.В. Вклад внутренних и поверхностных состояний носителей заряда в спектры излучения квантовых точек CdS / Н.В. Бондарь, М.С. Бродин, Г.М. Тельбиз // Физика и техника полупроводников. – 2006. – Т.40. – Вып. 8. – стр.948-954.

13. Латышев, А.Н. Фотостимулированная вспышка люминесценции: от научной фотографии к фотоникенаноструктурированных материалов / А.Н. Латышев, [и др.]// Оптика и спектроскопия. – 2013. – Т.114 №4 – стр. 80 – 90.

14. Julius C. Fister III, Joel M. Harris. Molecular Photophysics of Acridine Yellow Studied by Phosphorescence and Delayed Fluorescence.- Journal of Chemical Education, Vol. 74 No. 10 October 1997, pp. 1208-1212.

15. Gan Jin, Li-Ming Jiang, Dong-Mei Yi, Hai-Zhu Sun, and Hong-Chen Sun. The Influence of Surface Modification on the Photoluminescence of CdTe Quantum Dots: Realization of Bio-Imaging via Cost-Effective Polymer. - ChemPhysChem 2015, vol. 16, pp. 3687–3694.

16. Р. К. Мбванче, Л. Б. Матюшкин, О. А. Рыжов, О. А. Александрова, В. А. Мошников. Синтез квантовых точек и плазмонных наночастиц с помощью сегментированного поточного реактора. - Оптика и спектроскопия, 2017, том 122, № 1, стр. 54–57.

17. Maja Stanisavljevic, Sona Krizkova, Marketa Vaculovicova, Rene Kizek, Vojtech Adam. Quantum dots-fluorescence resonance energy transfer-based nanosensors and their application. Biosensors and Bioelectronics vol. 74(2015) pp. 562–574.

18. В.А. Светличный, А.А. Бирюков, И.Н. Лапин, Т.И. Изаак. Особенности флуоресценции нанокомпозитов наночастицы CdS/органические красители/ПММА. Известия высших учебных заведений, Физика, №11/3, 2010, стр. 69-72.

19. K. Sun, H.S. Jung, J. Yang, A. Kar., Y. Li, M.A. Stroscio, P. Snee, Microelectronics J. 40, 3, 644-649 (2009).

20. Y. Wang, J. P. Lu, Z. F. Tong, Bull. Mater. Sci. 33, 5, 543–546 (2010).

21. Abdolraouf Samadi-Maybodi, Mohammad-Rasool Sadeghi-Maleki. In-situ synthesis of high stable CdS quantum dots and their application for photocatalytic degradation of dyes. - Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 152 (2016), pp. 156–164.

22. Erdem, T. Colloidal nanocrystals for quality lighting and displays: milestones and recent developments / T. Erdem, H. V. Demir // Nanophotonics. – 2016. – V. 5. – pp. 74-95.

23. Александрова, О. А. Наносистемы и их применение / О. А. Александрова, Д. М. Галиева, А. О. Дробинцева и др.; под ред. В. А. Мошникова, О. А. Александровой. – Уфа: Аэтерна, 2015. – 236 с.

24. Liang, W. Y. Excitons / W. Y. Liang // Phys. Educ. 1970. – V. 5. – P. 226-228.

25. Smith, A. M. Semiconductor nanocrystals: structure, properties, and band gap engineering / A. M. Smith, S. Nie // Acc. Chem. Res. – 2010.– V. 43. – pp. 190-200.

26. Wang, Y. Nanometer-sized semiconductor clusters–materials synthesis, quantum size effects, and photophysical properties / Y. Wang, N. Herron // J. Phys. Chem.– 1991. – V. 95. – P. 525-532.

27. Dabbousi, B. O. (CdSe)ZnS core-shell quantum dots: synthesis and characterization of a size series of highly luminescent nanocrystallites / B. O. Dabbousi, J. Rodriguez-Viejo, F. V. Mikulec, J. R. Heine, H. Mattoussi, R. Ober, K. F. Jensen, M. G. Bawendi // J. Phys. Chem. B. – 1997. – V. 101. – P. 9463-9475.

28. Nguyen, T.-P. Polymer-based nanocomposites for organic optoelectronic devices. A review / T.-P. Nguyen// Surf. Coat. Technol. – 2011. – V. 206. – pp.742-752.

29. Kayitmazer, A. B. Protein–polyelectrolyte interactions / A. B. Kayitmazer, D. Seeman, B. B. Minsky, P. L. Dubin, Y. Xu // Soft Matter. – 2013. – V. 9. – pp.2553-2583.

30. Tang, H. The enhanced fluorescence properties & colloid stability of aqueous CdSe/ZnS QDs modified with N-alkylated poly(ethyleneimine) / H. Tang, C. Zhou, R. Wu, M. Mao, H. Shen, L. S. Li // New J. Chem. – 2015. – V. 39. – pp. 4334-4342.