

Elomonova Nozima G'ulom qizi

Termiz davlat universiteti talabasi

E-mail: nozimaelonova@gmail.com

Annotatsiya : Ushbu maqolada nano-o'lchamli lyuminoforlarning sirtqi morfologiyasi va ularning nurlanish kinetikasi o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik chuqur tahlil qilinadi. Nanostrukturalarning geometrik shakli, o'lcham taqsimoti, kristall tuzilish darajasi hamda sirt nuqsonlarining mavjudligi lyuminessensiya jarayonining asosiy parametrlariga, jumladan nurlanish intensivligi, kvant chiqish samaradorligi va parchalanish (relaksatsiya) vaqtiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi ilmiy asosda ko'rib chiqiladi. Shuningdek, nanozarrachalarning sirt holatini boshqarish orqali ularning optik xususiyatlarini maqsadli yo'naltirish imkoniyatlari yoritiladi. Tadqiqot natijalari nano-lyuminoforlarning fotofizik xususiyatlarini optimallashtirish hamda ularni zamonaviy optoelektronika, fotonika va sensor texnologiyalarida qo'llash imkoniyatlarini kengaytirishga xizmat qiladi.

Annotation: This article provides an in-depth analysis of the relationship between surface morphology and emission kinetics of nanosized phosphors. The study examines how geometric shape, particle size distribution, crystal structure quality, and surface defects significantly influence key photoluminescent parameters, including emission intensity, quantum efficiency, and decay (relaxation) time. Special attention is given to the possibility of tailoring optical properties of nanostructures through controlled surface engineering. The obtained results contribute to optimizing the photophysical behavior of nanophosphors and expanding their potential applications in modern optoelectronic, photonic, and sensing technologies.

Аннотация: В данной статье проводится углубленный анализ взаимосвязи между поверхностной морфологией наноразмерных люминофоров и кинетикой их излучения. Рассматривается влияние геометрической формы, распределения размеров частиц, степени кристалличности и поверхностных дефектов на ключевые фотolumинесцентные параметры, такие как интенсивность излучения, квантовый выход и времена релаксации. Особое внимание уделяется возможностям целенаправленного управления оптическими свойствами наноструктур посредством модификации их поверхности. Полученные результаты способствуют оптимизации фотофизических характеристик

нанолюминофоров и расширению их применения в современных оптоэлектронных, фотонных и сенсорных технологиях.

Kalit so‘zlar: Nano-lyuminoforlar, sirtqi morfologiya, nurlanish kinetikasi, lyuminessensiya, nanostruktura, optik xususiyatlar, sirt nuqsonlari, kvant chiqish samaradorligi, relaksatsiya vaqti, fotofizik jarayonlar.

Keywords: Nanophosphors, surface morphology, emission kinetics, luminescence, nanostructure, optical properties, surface defects, quantum efficiency, relaxation time, photophysical processes.

Ключевые слова: Нанолюминофоры, поверхностная морфология, кинетика излучения, люминесценция, наноструктура, оптические свойства, поверхностные дефекты, квантовый выход, время релаксации, фотофизические процессы.

Kirish

So‘nggi yillarda nano-o‘lchamli materiallar, xususan nano-lyuminoforlar optoelektronika, tibbiy diagnostika, bioimaging, fotonika hamda sensor texnologiyalarida keng qo‘llanilmoqda. Ushbu materiallar o‘zining yuqori sezgirligi, barqaror optik javobi va sozlanadigan (tunable) nurlanish xususiyatlari bilan an’anaviy lyuminoforlardan sezilarli darajada farq qiladi. Nanozarrachalar o‘lchamining nanometr diapazoniga tushishi kvant o‘lcham effektlarini kuchaytiradi, bu esa ularning elektron tuzilishi va optik xatti-harakatini tubdan o‘zgartiradi. Nano-lyuminoforlarning asosiy afzalliklaridan biri ularning katta solishtirma sirt maydoniga ega ekanligidir. Bu holat sirt holatlarining (surface states) va nuqsonlarning (defects) nurlanish jarayoniga ta’sirini kuchaytiradi. Natijada lyuminessensiya intensivligi, spektral tarkib va nurlanishning parchalanish kinetikasi sezilarli darajada o‘zgaradi. Shu sababli, nanozarrachalarning sirt xususiyatlarini boshqarish ularning optik samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Sirtqi morfologiya — ya’ni nanozarrachalarning shakli, o‘lchami, yuzasi tuzilishi va agregatsiya darajasi — nanomateriallarning optik xatti-harakatini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Turli sintez usullari natijasida hosil bo‘lgan nano-lyuminoforlar turlicha morfologik tuzilishga ega bo‘lib, bu ularning energiya uzatish jarayonlari va rekombinatsiya mexanizmlariga bevosita ta’sir qiladi. Shuningdek, sirt nuqsonlari va kristall panjaradagi buzilishlar nurlanish markazlari sifatida ham, so‘ndirish markazlari sifatida ham faol rol o‘ynashi mumkin. Shu sababli nano-lyuminoforlarning optik xossalari chuqur tushunish va ularni amaliy jihatdan boshqarish uchun sirt morfologiyasi va nurlanish kinetikasi o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganish dolzarb ilmiy muammo hisoblanadi.

Asosiy qism

Nano-lyuminoforlarning sirt morfologiyasi ularning kristall tuzilishi, zarracha shakli, o'lcham taqsimoti, yuzaning qo'pollik darajasi hamda nanozarrachalar orasidagi agregatsiya holati bilan bevosita belgilanadi. Nanomateriallar turli sintez usullari — sol-gel, gidrotermal sintez, kimyoviy cho'ktirish, mikroemulsiya va piroliz usullari orqali olinadi. Har bir usul natijasida hosil bo'lgan nanozarrachalar nafaqat geometrik parametrlar, balki sirt energetik holati, kristallik darajasi, defektlar zichligi va kimyoviy barqarorligi jihatidan ham sezilarli farq qiladi. Sirt morfologiyasi nanostrukturalarning optik xossalariga hal qiluvchi ta'sir ko'rsatadi, chunki nanoo'lchamli tizimlarda sirt atomlarining ulushi juda yuqori bo'ladi. Bu holat sirt holatlari (surface states) va lokal energetik darajalarning faollashuviga olib keladi. Natijada elektron-teshik juftlarining rekombinatsiya mexanizmlari sezilarli darajada o'zgaradi. Ayniqsa, sirt nuqsonlari radiatsion markazlar yoki nurlanmaydigan so'ndirish markazlari sifatida faol rol o'ynaydi, bu esa lyuminessensiya intensivligi va spektral tarkibga bevosita ta'sir qiladi. Nurlanish kinetikasi esa qo'zg'algan elektronlarning yuqori energiya holatidan asosiy holatga qaytish jarayonini ifodalaydi.

Bu jarayon murakkab fizik-kimyoviy mexanizmlar asosida, ya'ni radiatsion (yorug'lik chiqarish) va nurlanmaydigan (issiqlik yoki fononlar orqali energiya yo'qotish) rekombinatsiya yo'llari orqali amalga oshadi. Ushbu jarayonda kristall panjaradagi dislokatsiyalar, donalar chegaralari, yuzadagi adsorbsiyalangan molekulalar va oksidlanish darajasi muhim rol o'ynaydi. Ayniqsa, sirt yaqinidagi nuqsonlar energiya "tuzoqlari" sifatida ishlaydi va elektronlarning qaytish tezligini sezilarli darajada o'zgartiradi. Eksperimental va spektroskopik tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, sferik shaklga ega, monodispers (bir xil o'lchamli) nanozarrachalar odatda barqaror, bir eksponensial nurlanish parchalanish kinetikasini namoyon qiladi. Bunday tizimlarda energiya migratsiyasi tartibli bo'lib, rekombinatsiya jarayoni bir xil markazlarda sodir bo'ladi. Aksincha, notekis shaklli, polidispers yoki kuchli agregatsiyalangan strukturalar ko'p markazli rekombinatsiya mexanizmlariga ega bo'lib, tez so'nuvchi (fast decay) va ko'p eksponensial lyuminessensiya kinetikasini hosil qiladi. Bu holat energiya migratsiyasining tartibsizligi va sirt so'ndirish markazlarining ko'pligi bilan izohlanadi.

Muammo va tahlili

Hozirgi zamonaviy nanofotonika, kvant optoelektronika va sensor texnologiyalarida asosiy ilmiy muammolardan biri nano-lyuminoforlarning sirt morfologiyasini aniq, barqaror va qayta takrorlanadigan tarzda boshqarishdir. Nazariy jihatdan nanozarrachalarning o'lchami va shaklini sintez sharoitlarini o'zgartirish

orqali nazorat qilish mumkin bo'lsa-da, sirt nuqsonlari, oksidlanish darajasi va lokal kristall buzilishlarni to'liq boshqarish hali ham murakkab muammo bo'lib qolmoqda. Ushbu muammo natijasida nano-lyuminoforlarning optik xususiyatlarida sezilarli beqarorlik yuzaga keladi. Xususan, nurlanish intensivligining vaqt bo'yicha o'zgarishi, kvant chiqish samaradorligining kamayishi hamda spektral siljishlar kuzatiladi. Yana bir muhim jihat — yuqori sirt energiyasiga ega nanostrukturalarda nurlanmaydigan rekombinatsiya kanallari ustunlik qilib, umumiy lyuminessensiya samaradorligini pasaytiradi.

Tahlillar asosida quyidagi chuqur ilmiy xulosalar shakllanadi:

1. Sirt nuqsonlari zichligining ortishi elektronlar uchun qo'shimcha rekombinatsiya markazlarini hosil qiladi, bu esa nurlanishning tez so'nishiga va kvant chiqish samaradorligining pasayishiga olib keladi;
2. Monodispers va bir jinsli nanozarrachalar energiya migratsiyasini tartibli amalga oshiradi hamda barqaror va uzoq davom etuvchi nurlanish kinetikasini ta'minlaydi;
3. Sirt passivatsiyasi (masalan, SiO_2 , ZnS , Al_2O_3 yoki organik ligandlar bilan qoplash) sirt nuqsonlarini kamaytirib, radiatsion rekombinatsiya ulushini oshiradi va optik samaradorlikni sezilarli yaxshilaydi;
4. Nanozarrachalar agregatsiyasi energiya migratsiyasi yo'llarini murakkablashtiradi, Förster rezonans energiya uzatish (FRET) ehtimolini oshiradi va natijada optik signalning susayishiga olib keladi;
5. Kristallik darajasining pastligi fononlar ishtirokidagi nurlanmaydigan jarayonlarni kuchaytiradi, bu esa umumiy lyuminessensiya barqarorligini kamaytiradi.

Xulosa

Nano-o'lchamli lyuminoforlarning sirt morfologiyasi ularning nurlanish kinetikasi, fotofizik jarayonlari hamda umumiy optik xususiyatlarini belgilovchi eng asosiy va hal qiluvchi omillardan biri hisoblanadi. Nanostrukturalarda sirt atomlarining ulushi yuqori bo'lgani sababli, kristall tuzilishdagi kichik o'zgarishlar ham lyuminessensiya jarayoniga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Xususan, zarracha shakli, o'lcham bir xilligi (monodisperslik), sirt qo'polligi hamda nuqsonlar zichligi nurlanish intensivligi, spektral barqarorlik va relaksatsiya vaqtiga bevosita ta'sir etadi. O'tkazilgan tahlillar va mavjud ilmiy natijalar shuni ko'rsatadiki, nanozarrachalarning sirt holatini zamonaviy muhandislik usullari orqali maqsadli boshqarish ularning optik samaradorligini sezilarli darajada oshirish imkonini beradi. Ayniqsa, sirt passivatsiyasi (oksid, sulfid yoki organik qoplamalar yordamida), nazoratli sintez texnologiyalarini qo'llash hamda zarrachalar agregatsiyasini kamaytirish orqali nurlanmaydigan rekombinatsiya kanallarini susaytirish va radiatsion jarayonlarni kuchaytirish mumkin. Bu esa

yuqori kvant chiqish samaradorligiga ega nano-lyuminofozlarni olishga xizmat qiladi. Shuningdek, kristallik darajasini oshirish va sirt nuqsonlarini minimallashtirish natijasida lyuminessensiya jarayonining barqarorligi ortadi hamda nurlanish kinetikasi bir tekis va uzoq davom etuvchi bo'ladi. Bu jihat nano-lyuminofozlarning amaliy qo'llanilish sohalarida — optoelektron qurilmalar, lazer materiallari, yorug'lik diodlari (LED), yuqori sezgir kimyoviy va biologik sensorlar hamda bioimaging tizimlarida — muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. S. V. Gaponenko. Introduction to Nanophotonics. Cambridge University Press, 2010.
2. P. N. Prasad. Nanophotonics. John Wiley & Sons, 2004.
3. M. A. Green. Third Generation Photovoltaics: Advanced Solar Energy Conversion. Springer, 2006.
4. B. Bhushan (ed.). Springer Handbook of Nanotechnology. Springer, 2017.
5. A. L. Rogach (ed.). Semiconductor Nanocrystal Quantum Dots: Synthesis, Assembly, Spectroscopy and Applications. Springer, 2008.
6. C. R. Martin, P. Kohli. The emerging field of nanotube biotechnology. Nature Reviews Drug Discovery, 2003.
7. J. R. Lakowicz. Principles of Fluorescence Spectroscopy. Springer, 2006.