

KONFERENSIYALAR.COM

ANJUMANLAR PLATFORMASI

**XVIII RESPUBLIKA ILMIY-
AMALIY KONFERENSIYASI**

**YANGI DAVR ILM-
FANI: INSON UCHUN
INNOVATSION G'OYA
VA YECHIMLAR**

SENTYABR, 2026

ISSN 3093-8791

ELEKTRON NASHR:
<https://konferensiyalar.com>



Yangi davr ilm-fani: inson uchun innovatsion g'oya va yechimlar.
XVIII Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari to'plami.
2-jild, 18-son (26-sentyabr, 2026-yil).– 182 bet.

Mazkur nashr ommaviy axborot vositasi sifatida 2025-yil, 8-iyulda
C-5669862 son bilan rasman davlat ro'yaxatidan o'tkazilgan.

Elektron nashr: <https://konferensiyalar.com>

ISSN: 3093-8791 (onlayn)

Konferensiya tashkilotchisi: "Scienceproblems Team" MChJ

Konferensiya o'tkazilgan sana: 2026-yil, 24-sentyabr

Mas'ul muharrir:

Isanova Feruza Tulqinovna

Annotatsiya

Mazkur to'plamda "Yangi davr ilm-fani: inson uchun innovatsion g'oya va yechimlar" mavzusidagi XVIII Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari jamlangan. Nashrda respublikaning turli oliy ta'lim muassasalari, ilmiy markazlari va amaliyotchi mutaxassislari tomonidan tayyorlangan maqolalar o'rin olgan bo'lib, ular ijtimoiy-gumanitar, tabiiy, texnik va yuridik fanlarning dolzarb muammolari va ularning innovatsion yechimlariga bag'ishlangan.

Ushbu nashr ilmiy izlanuvchilar, oliy ta'lim o'qituvchilari, doktorantlar va soha mutaxassislari uchun foydali qo'llanma bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: ilmiy-amaliy konferensiya, innovatsion yondashuv, zamonaviy fan, fanlararo integratsiya, ilmiy-tadqiqot, nazariya va amaliyot, ilmiy hamkorlik.

Barcha huquqlar himoyalangan.

© Scienceproblems team, 2026-yil

© Mualliflar jamoasi, 2026-yil

FIZIKA-MATEMATIKA FANLARI

CsPbBr₃/SiO₂ GIBRID KOMPOZITSİYALARIDA SIRT PASSIVATSIYASI VA OPTIK XOSSALARNING SHAKLLANISH MEXANIZMLARI: QIYOSIY TAHLIL

Yusupov Abbos

Navoiy davlat universiteti tadqiqotchisi

Kamalova Dilnavoz

Navoiy davlat universiteti professori, t.f.d. (DSc)

To'xtayev Feruz

Navoiy davlat universiteti professori, k.f.d. (DSc)

Annotatsiya. Ishda CsPbBr₃/SiO₂ gibrid kompozitsiyalarida sirt passivatsiyasi, tashuvchi rekombinatsiyasi va optik barqarorlik o'rtasidagi bog'lanish qiyosiy tahlil qilindi. Tahlil uchun CsPbBr₃ nanokristallarining SiO₂ qobiq, mezog'ovak matritsa va funktsionallashtirilgan silika bilan gibridlangan tizimlariga oid eksperimental ishlarning PL maksimumi, FWHM, fotoluminessensiya kvant chiqishi (PLQY), vaqt bo'yicha so'nish (PL lifetime) va muhit barqarorligi ko'rsatkichlari solishtirildi. Natijalar SiO₂ ning ta'siri faqat fizik to'siq hosil qilish bilan cheklanmasligini, balki sirt tuzoq holatlari zichligini kamaytirish va nurlanishsiz rekombinatsiya kanallarini susaytirish orqali tashuvchi dinamikasini o'zgartirishini ko'rsatadi. Mezog'ovak SiO₂ dagi nanokonfinement PLQY ni $89 \pm 10\%$ gacha, funktsionallashtirilgan silika va qo'shimcha SiO₂ qobig'i esa 90% gacha yetkazishi qayd etilgan. Ayrim CsPbBr₃/SiO₂ heterotuzilmalarda PL lifetime ning $\sim 40,5$ ns gacha uzayishi sirt tuzoqlarining passivatsiyasi bilan mos keladi. Shu bilan birga, SiO₂ qatlami zaryad tashuvchilar transportiga qo'shimcha qarshilik kiritishi mumkin. Demak, optimal kompozitsiya luminessensiya samaradorligi, barqarorlik va zaryad transporti o'rtasidagi muvozanat bilan belgilanadi.

Kalit so'zlar: CsPbBr₃, SiO₂, perovskit kvant nuqtalari, sirt passivatsiyasi, PLQY, PL lifetime, rekombinatsiya, nanokonfinement, optik barqarorlik.

MECHANISMS OF SURFACE PASSIVATION AND OPTICAL PROPERTY FORMATION IN CSPBBR₃/SiO₂ HYBRID COMPOSITES: A COMPARATIVE ANALYSIS

Yusupov Abbos

Researcher, Navoi State University

Kamalova Dilnavoz

Professor, Doctor of Science (DSc) in Technical Sciences, Navoi State University

To'xtayev Feruz

Professor, Doctor of Science (DSc) in Chemical Sciences, Navoi State University

Annotation. This study presents a comparative analysis of the relationships between surface passivation, charge carrier recombination, and optical stability in CsPbBr₃/SiO₂ hybrid composites. The analysis compared parameters—such as PL peak position, FWHM, photoluminescence quantum yield (PLQY), PL lifetime, and environmental stability—derived from experimental studies on CsPbBr₃ nanocrystals hybridized with SiO₂ shells, mesoporous matrices, and functionalized silica. The results indicate that the influence of SiO₂ is not limited to acting as a physical barrier; it also modifies carrier dynamics by reducing the density of surface trap states and suppressing non-radiative recombination channels. It was observed that nanoconfinement within mesoporous SiO₂ boosts PLQY to $89 \pm 10\%$, while functionalized silica and additional SiO₂ shells can raise it to 90%. The extension of the PL lifetime to ~ 40.5 ns in certain CsPbBr₃/SiO₂ heterostructures is consistent with the passivation of surface traps. At the same time, the SiO₂ layer may introduce additional resistance to charge carrier transport.

Thus, the optimal composition is determined by the balance between luminescence efficiency, stability, and charge transport.

Keywords: CsPbBr₃, SiO₂, perovskite quantum dots, surface passivation, PLQY, PL lifetime, recombination, nanoconfinement, optical stability.

DOI: <https://doi.org/10.47390/ymdif-y2026v2i18/n01>

Kirish

To'liq noorganik CsPbBr₃ perovskit nanokristallari yuqori yutilish koeffitsienti, tor emissiya polosasi va yuqori PLQY sababli yorug'lik chiqaruvchi qurilmalar, fotodetektorlar va fotonik tizimlar uchun istiqbolli material hisoblanadi [1, 10]. Biroq nanokristall sirtining katta ulushi ligand desorbsiyasi, halogen vakansiyalari va koordinatsion to'yinmagan markazlar hosil bo'lishiga olib keladi. Bunday holatlar elektron va kovaklarni tutib qoluvchi energetik sathlar sifatida qatnashib, nurlanishsiz rekombinatsiya tezligini oshiradi va materialning namlik, kislorod, yorug'lik hamda haroratga sezgirligini kuchaytiradi [10].

SiO₂ bilan gibridlash ushbu muammoni ikki mexanizm orqali kamaytiradi: birinchidan, silika qatlami perovskitni tashqi muhitdan ajratuvchi diffuzion to'siq vazifasini bajaradi; ikkinchidan, interfeysdagi kimyoviy guruhlar va fazoviy cheklanish sirt nuqsonlari ta'sirini kamaytirishi mumkin. Shu sababli CsPbBr₃/SiO₂ tizimini faqat "barqarorlashtirilgan perovskit" sifatida emas, balki interfeys orqali rekombinatsiya kinetikasi boshqariladigan gibrid optik tizim sifatida ko'rib chiqish maqsadga muvofiq.

SiO₂ ning CsPbBr₃ nanokristallaridagi sirt holatlari va fotoqo'zg'algan tashuvchilar rekombinatsiyasiga ta'sirini aniqlash hamda turli gibridlash arxitekturalarida optik samaradorlik-barqarorlik bog'lanishini ilmiy mezonlar asosida umumlashtirish. Buning uchun adabiyotlardagi eksperimental natijalar to'rtta parametr guruhi bo'yicha qiyoslandi: (I) strukturaviy arxitektura — core-shell, mezog'ovak matritsa va ko'p qavatli qobiq; (II) statsionar optik ko'rsatkichlar — PL maksimumi, FWHM va PLQY; (III) dinamik ko'rsatkich — PL lifetime; (iv) suv, issiqlik va yorug'lik ta'siridagi barqarorlik. Bunday yondashuv alohida maqolalardagi natijalarni sanab o'tishdan ko'ra, SiO₂-CsPbBr₃ interfeysining fizik rolini umumiy mexanizm nuqtai nazaridan baholash imkonini beradi.

CsPbBr₃ nanokristallarida fotoluminessensiya samaradorligini soddalashtirilgan holda radiativ va nurlanishsiz rekombinatsiya tezliklari orqali ifodalash mumkin: $PLQY = k_r / (k_r + k_{nr})$. Sirt tuzoqlari ko'payganda k_{nr} ortadi va PLQY kamayadi. SiO₂ bilan passivatsiya sirtga bog'liq nurlanishsiz kanallarni susaytirs, k_{nr} ning kamayishi PL intensivligi va PLQY ning ortishi, shuningdek PL lifetime ning o'zgarishi bilan namoyon bo'ladi. Shu sababli faqat PL intensivligini emas, PLQY va vaqtga bog'liq luminessensiyani birgalikda tahlil qilish passivatsiya mexanizmini ishonchliroq baholaydi.

Core-shell arxitekturasi bu mexanizmning eng bevosita ko'rinishidir. Zhong va hammualliflar bir CsPbBr₃ nanokristalini individual SiO₂ qobiq bilan o'rash mumkinligini ko'rsatgan [2]. Bunday geometriyada silika tashqi muhit bilan kontaktni kamaytiradi va nanokristallarning o'zaro agregatsiyasini cheklaydi. Muhim jihat shundaki, [2] manbaning bibliografik ma'lumoti dastlabki tezisda boshqa maqola nomi va mualliflari bilan berilgan edi; qayta tekshiruv natijasida DOI 10.1021/acs.nano.8b04209 aslida Q. Zhong va

hammualliflarning "One-Pot Synthesis of Highly Stable CsPbBr₃@SiO₂ Core-Shell Nanoparticles" ishiga tegishli ekani aniqlandi.

Mezog'ovak SiO₂ tizimida esa silika bir vaqtning o'zida reaksiya muhiti, fazoviy cheklovchi matritsa va himoya fazasi vazifasini bajaradi. An va hammualliflar CsPbBr₃ nanokristallarini mezog'ovak SiO₂ ichida hosil qilib, PLQY = 89 ± 10% hamda issiqlik, suv va kuchli kimyoviy muhitga yuqori chidamlilikka erishgan [3]. Bu natija nanokonfinement kristall o'sishini cheklashi va perovskit fazasining tashqi muhit bilan bevosita kontaktini kamaytirishi mumkinligini ko'rsatadi. Demak, SiO₂ ning samarasi faqat qobiq qalinligiga emas, g'ovaklarning geometriyasi va perovskitning ularda taqsimlanishiga ham bog'liq.

Sirt passivatsiyasining rekombinatsiya kinetikasiga ta'siri vaqt bo'yicha PL o'lchovlarida yanada aniq ko'rinadi. Silika bilan qoplangan CsPbBr₃ kompozitlarida o'rtacha luminessensiya lifetime qiymati 7,7 ns dan 33,1 ns gacha ortgani va bu o'zgarish sirt nuqsonlarining kamayishi bilan izohlangani xabar qilingan [4]. 2024-yildagi CsPbBr₃/SiO₂ heterotuzilmalarida esa PL lifetime ~40,5 ns va PLQY ~86% ga yetgan [5]. Ushbu ikki ko'rsatkichning birgalikda ortishi nurlanishsiz yo'qotishlarning susayganiga mos keladi. Biroq lifetime ning uzayishini avtomatik ravishda "yaxshiroq material" deb talqin qilish yetarli emas: tashuvchi transporti va ekstraksiyasi ham alohida baholanishi kerak.

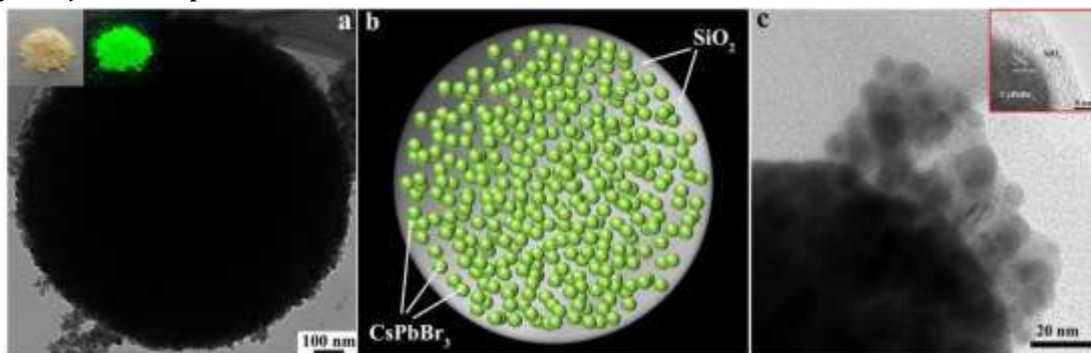
Haqiqatan, [5] ishida SiO₂ passivatsiyasi PL ni kuchaytirgan bo'lsa-da, fotoelektrokimyoviy impedans o'lchovlari CsPbBr₃/SiO₂ da zaryad uzatish qarshiligi ortishini ko'rsatgan. Bu natija muhim ilmiy cheklovni ochib beradi: dielektrik SiO₂ qatlami optik rekombinatsiya uchun foydali bo'lishi, lekin elektr transporti talab qilinadigan qurilmalarda tashuvchilar ekstraksiyasini sekinlashtirishi mumkin. Shuning uchun gibrid kompozitni optimallashtirishda maksimal PLQY yagona mezon bo'la olmaydi; qobiq qalinligi va interfeys kimyosi qurilmaning funksional vazifasiga mos tanlanishi kerak.

Funksionallashtirilgan mezog'ovak silika nanospheralari ichida in situ o'stirilgan va qo'shimcha SiO₂ qobig'i bilan kapsullangan CsPbBr₃ tizimida perovskit yuklanishi 28,3% gacha, PLQY esa 90,0% gacha yetgani ko'rsatilgan [6]. Mualliflar bu natijani agregatsiya va degradatsiyaning bostirilishi, sirt nuqsonlarining passivatsiyasi hamda radiativ rekombinatsiyaning samaraliroq kechishi bilan bog'laydi. Bu ko'p bosqichli himoya strategiyasi SiO₂ ning strukturaviy va elektron ta'sirlarini bir tizimda uyg'unlashtirish mumkinligini ko'rsatadi.

Qiyosiy tahlildan kelib chiqadigan asosiy ilmiy natija shuki, CsPbBr₃/SiO₂ tizimida optik xossalarning shakllanishi uchta o'zaro bog'liq omil bilan boshqariladi: sirt tuzoqlarining passivatsiyasi, nanokristallarning fazoviy izolatsiyasi va tashqi muhitdan diffuzion himoya. Birinchi omil nurlanishsiz rekombinatsiyani kamaytiradi; ikkinchisi agregatsiya va nazoratsiz kristall o'sishini cheklaydi; uchinchi esa degradatsiya kinetikasini sekinlashtiradi. Shu bilan birga, SiO₂ ning dielektrik tabiati zaryad transportini cheklashi mumkin. Demak, optimal interfeys "eng qalin qobiq" bilan emas, optik himoya va tashuvchi transporti o'rtasidagi muvozanat bilan aniqlanadi.

Mazkur tahlil asosida keyingi eksperimental ishda SiO₂ miqdorini mustaqil o'zgaruvchi sifatida bosqichma-bosqich o'zgartirish va bir xil CsPbBr₃ partiyasi uchun PL maksimumi, FWHM, PLQY hamda vaqtga bog'liq PL so'nishini o'lchash maqsadga muvofiq. Agar SiO₂ miqdori ortishi bilan PLQY va lifetime dastlab ortib, ma'lum konsentratsiyadan keyin to'yingan yoki pasaygan holatga o'tsa, bu optimal passivatsiya chegarasi mavjudligini ko'rsatadi. XRD

orqali kristall fazaning saqlanishi, TEM orqali qobiq/matritsa morfologiyasi, FTIR yoki XPS orqali interfeys kimyosi nazorat qilinsa, spektroskopik o'zgarishlarni strukturaviy sabablar bilan bog'lash mumkin. Shu tarzda " SiO_2 miqdori $\rightarrow$ interfeys holati $\rightarrow k_{\text{nr}} \rightarrow \text{PLQY/lifetime}$ " sababiy zanjirini eksperimental tekshirish mumkin bo'ladi.



1-rasm. $\text{CsPbBr}_3/\text{SiO}_2$ gibrid kompozitining morfologik tuzilishi: SiO_2 matritsada joylashgan perovskit nanokristallari, sirt passivatsiyasi va $\text{CsPbBr}_3\text{-SiO}_2$

Rasmda $\text{CsPbBr}_3/\text{SiO}_2$ gibrid kompozitining morfologik tuzilishi TEM, sxematik model va HRTEM tasvirlari orqali ifodalangan. Tasvirlar CsPbBr_3 nanokristallarining SiO_2 matritsada fazoviy chegaralangan holda joylashishi va kristall tuzilishining saqlanib qolishini ko'rsatadi. Bunday tuzilma nanokristallarning agregatsiyasini hamda tashqi muhit bilan bevosita kontaktini cheklash orqali ularning optik barqarorligini oshirish uchun strukturaviy asos yaratadi. UV nurlanish ostidagi yashil fotoluminessensiya esa SiO_2 bilan gibridlanishdan keyin ham CsPbBr_3 ga xos emissiya xususiyatlari saqlanib qolganini ko'rsatadi. Demak, SiO_2 matritsasi CsPbBr_3 ning kristall va optik xususiyatlarini saqlagan holda uni fazoviy izolyatsiyalovchi hamda himoyalovchi muhit vazifasini bajaradi.

Xulosa. $\text{CsPbBr}_3/\text{SiO}_2$ gibrid kompozitsiyalarini qiyosiy tahlil qilish SiO_2 ning funksiyasi oddiy mexanik kapsullashdan kengroq ekanini ko'rsatadi. Silika sirt tuzoqlarining ta'sirini kamaytirish orqali nurlanishsiz rekombinatsiyani susaytiradi, nanokonfinement orqali nanokristallarning o'sishi va agregatsiyasini cheklaydi hamda namlik va issiqlik ta'sirida degradatsiyani sekinlashtiradi. Adabiy eksperimental natijalarda PLQY ning 89–90% diapazoniga yetishi va PL lifetime ning o'nlab nanosekundgacha uzayishi ushbu mexanizm bilan mos keladi [3–6].

Biroq SiO_2 qatlamining optik foydasi elektr transporti nuqtai nazaridan kompromiss keltirib chiqarishi mumkin: dielektrik qobiq zaryad tashuvchilar ekstraksiyasiga qarshilikni oshiradi [5]. Shu sababli $\text{CsPbBr}_3/\text{SiO}_2$ kompozitlari uchun ilmiy jihatdan asoslangan optimallashtirish mezoni maksimal PL intensivligi emas, balki PLQY, lifetime, strukturaviy barqarorlik va tashuvchi transportining birgalikdagi tahlilidir. Keyingi tajribalarda SiO_2 konsentratsiyasi va interfeys kimyosini nazorat qilgan holda ushbu parametrlarning korrelyatsiyasini aniqlash gibrid materialning optoelektronik qo'llanish chegaralarini aniq belgilash imkonini beradi.

Adabiyotlar/Литература/References:

1. Protesescu, L.; Yakunin, S.; Bodnarchuk, M. I.; et al. Nanocrystals of Cesium Lead Halide Perovskites (CsPbX_3 , X = Cl, Br, and I): Novel Optoelectronic Materials Showing Bright Emission with Wide Color Gamut. *Nano Letters*. 2015, 15, 3692–3696. doi:10.1021/nl5048779.

2. Zhong, Q.; Cao, M.; Hu, H.; et al. One-Pot Synthesis of Highly Stable CsPbBr₃@SiO₂ Core-Shell Nanoparticles. *ACS Nano*. 2018, 12, 8579–8587. doi:10.1021/acsnano.8b04209.
3. An, M. N.; Biffi, S.; Valli, M.; De Trizio, L.; Manna, L. Low-Temperature Molten Salts Synthesis: CsPbBr₃ Nanocrystals with High Photoluminescence Emission Buried in Mesoporous SiO₂. *ACS Energy Letters*. 2021, 6, 900–907. doi:10.1021/acsenergylett.1c00052.
4. Cao, Y.; Shao, Y.; Zhang, J.; Chen, C.; Wang, Q. The photothermal stability study of silica-coated CsPbBr₃ perovskite nanocrystals. *Journal of Solid State Chemistry*. 2022, 311, 123086. doi:10.1016/j.jssc.2022.123086.
5. Enhanced Photoelectric Properties of CsPbBr₃ by SiO₂ and TiO₂ Bilayer Heterostructures. *Langmuir*. 2024, 40, 2719–2728. doi:10.1021/acs.langmuir.3c03334.
6. Zhang, Q.; Wang, X.; Que, J.; et al. Enhanced Stability and Luminescence Efficiency of CsPbBr₃ PQDs via In Situ Growth and SiO₂ Encapsulation in Surface-Functionalized Mesoporous Silica Nanospheres. *Small*. 2025, 21, e2412581. doi:10.1002/smll.202412581.
7. CsPbBr₃ Perovskite Quantum Dots by Mesoporous Silica Encapsulated for Enhancing Water and Thermal Stability via High Temperature Solid State Method. *Optical Materials*. 2024, 157, 116097. doi:10.1016/j.optmat.2024.116097.
8. Qiu, L.; Yang, H.; Dai, Z.; et al. Highly Efficient and Stable CsPbBr₃ Perovskite Quantum Dots by Encapsulation in Dual-Shell Hollow Silica Spheres for WLEDs. *Inorganic Chemistry Frontiers*. 2020, 7, 2060–2068. doi:10.1039/D0QI00208A.
9. Liu, X.; et al. CsPbBr₃/Glass/SiO₂ Composite Materials with Ultrahigh Water Resistance and Thermal Reversibility of Photoluminescence. *Advanced Optical Materials*. 2023. doi:10.1002/adom.202300963.
10. Shamsi, J.; Urban, A. S.; Imran, M.; De Trizio, L.; Manna, L. Metal Halide Perovskite Nanocrystals: Synthesis, Post-Synthesis Modifications, and Their Optical Properties. *Chemical Reviews*. 2019, 119, 3296–3348. doi:10.1021/acs.chemrev.8b00644.

YANGI DAVR ILM-FANI: INSON UCHUN INNOVATSION G'OYA VA YECHIMLAR

XVIII RESPUBLIKA ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI MATERIALLARI

2026-yil, sentyabr

Mas'ul muharrir: *F.T.Isanova*
Texnik muharrir: *N.Bahodirova*
Diszayner: *I.Abdihakimov*

Yangi davr ilm-fani: inson uchun innovatsion g'oya va yechimlar.
XVIII Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari to'plami.
2-jild, 18-son (26-sentyabr, 2026-yil). – 182 bet.

Mazkur nashr ommaviy axborot vositasi sifatida 2025-yil, 8-iyulda
C-5669862 son bilan rasman davlat ro'yaxatidan o'tkazilgan.

ISSN: 3093-8791 (onlayn)

Elektron nashr: <https://konferensiyalar.com>

Konferensiya tashkilotchisi: "Scienceproblems Team" MChJ

Konferensiya o'tkazilgan sana: 2026-yil, 24-sentyabr.

Barcha huquqlar himoyalangan.
© Science problems team, 2026-yil.
© Mualliflar jamoasi, 2026-yil.