

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

CsPbBr₃/ZnO VA CsPbBr₃/TiO₂ GIBRID KOMPOZITLARIDA INTERFEYS ZARYAD TASHUVCHILARI DINAMIKASI VA OPTIK XOSSALARNING SHAKLLANISH MEXANIZMLARI

Yusupov Abbos

Navoiy davlat universiteti tadqiqotchisi

Kamalova Dilnavoz

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

Annotatsiya. Ishda CsPbBr₃ kvant nuqtalarining ZnO va TiO₂ oksid yarimo'tkazgichlari bilan hosil qilgan heterointerfeyslarida fotoqo'zg'algan zaryad tashuvchilar dinamikasi qiyosiy tahlil qilindi. Tahlilning asosiy mezonlari sifatida energetik zonalar moslashuvi, interfeysdagi zaryad qayta taqsimlanishi, fotoluminessensiya (PL) so'nishi va vaqt bo'yicha ajratilgan fotoluminessensiya (TRPL) ko'rsatkichlari tanlandi. CsPbBr₃/ZnO tizimida elektron ekstraksiyasi va issiq tashuvchilar kinetikasi, CsPbBr₃/TiO₂ tizimida esa ichki elektr maydon bilan boshqariladigan S-sxemali zaryad transferi asosiy mexanizmlar sifatida qaraldi. Natijalar PL intensivligining o'zgarishini alohida ko'rsatkich sifatida emas, balki rekombinatsiya tezligi, sirt nuqsonlari va interfeys morfologiyasi bilan birgalikda talqin qilish zarurligini ko'rsatadi. Shu asosda ZnO va TiO₂ ning CsPbBr₃ optik javobiga ta'sirini ajratib beruvchi eksperimental tekshiruv sxemasi taklif qilindi.

Kalit so'zlar: CsPbBr₃, ZnO, TiO₂, heterostruktura, zaryad transferi, ichki elektr maydon, fotoluminessensiya, TRPL, rekombinatsiya, S-sxema.

DYNAMICS OF INTERFACIAL CHARGE CARRIERS AND MECHANISMS GOVERNING OPTICAL PROPERTIES IN CSPBBR₃/ZNO AND CSPBBR₃/TIO₂ HYBRID COMPOSITES

Abbos Yusupov

Researcher, Navoi State University

Dilnavoz Kamalova

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

Annotation. This study presents a comparative analysis of the dynamics of photoexcited charge carriers at the heterointerfaces formed between CsPbBr₃ quantum dots and ZnO and TiO₂ oxide semiconductors. Energy band alignment, interfacial charge redistribution, photoluminescence (PL) quenching, and time-resolved photoluminescence (TRPL) parameters were selected as the primary criteria for analysis. Electron extraction and hot-carrier kinetics were identified as the dominant mechanisms in the CsPbBr₃/ZnO system, whereas S-scheme charge transfer—driven by an internal electric field—was identified as the key mechanism in the CsPbBr₃/TiO₂ system. The results demonstrate that changes in PL intensity should not be interpreted in isolation but rather in conjunction with recombination rates, surface defects, and interface morphology. Based on these findings, an experimental investigation scheme is proposed to distinguish the respective effects of ZnO and TiO₂ on the optical response of CsPbBr₃.

Keywords: CsPbBr₃, ZnO, TiO₂, heterostructure, charge transfer, internal electric field, photoluminescence, TRPL, recombination, S-scheme.

DOI: <https://doi.org/10.47390/ymdif-y2026v2i18/n03>

Kirish. To'liq noorganik CsPbBr₃ perovskit kvant nuqtalari tor emissiya spektri, kuchli optik yutilish va yuqori fotoluminessensiya samaradorligi bilan ajralib turadi [1–3]. Biroq nanokristallarda sirt/chegara holatlari hamda tez elektron–kovak rekombinatsiyasi fotoqo'zg'algan tashuvchilardan

samarali foydalanishni cheklaydi. Shu sababli CsPbBr_3 ni keng taqiqlangan zonali oksid yarimo'tkazgichlar bilan gibridlash nafaqat barqarorlikni, balki zaryad tashuvchilarining yo'nalgan transportini boshqarish vositasi sifatida ham muhimdir.

Geterostruktura hosil bo'lganda komponentlarning ish funksiyasi, Fermi darajasi va zonalar chetlari o'rtasidagi farq interfeysda zaryadlarning qayta taqsimlanishiga sabab bo'ladi. Muvozanat holatiga kelish jarayonida zona egilishi va ichki elektr maydon shakllanishi mumkin. Yorug'lik yutilgach, ushbu energetik konfiguratsiya elektron va kovaklarning qaysi fazada to'planishini belgilaydi. Shuning uchun optik spektrdagi o'zgarishlarni faqat PL intensivligi bilan emas, UV-Vis yutilish, PL maksimumi va FWHM, PLQY, TRPL hamda strukturaviy/sirt tahlillari bilan birgalikda baholash lozim.

Asosiy qism. Fotoluminessensiya kvant samaradorligini soddalashtirilgan holda $\text{PLQY} = k_r / (k_r + k_{nr} + k_{CT})$ ko'rinishida talqin qilish mumkin; bu yerda k_r — radiativ, k_{nr} — nurlanishsiz rekombinatsiya, k_{CT} esa interfeys orqali zaryad transferi bilan bog'liq samarali tezlikdir. Demak, PL so'nishi k_{CT} ortishi natijasi bo'lishi mumkin, biroq k_{nr} ning nuqsonlar sabab ortishi ham xuddi shunday spektral natija beradi. Mexanizmni ajratish uchun TRPL va sirt/strukturaviy tahlil zarur.

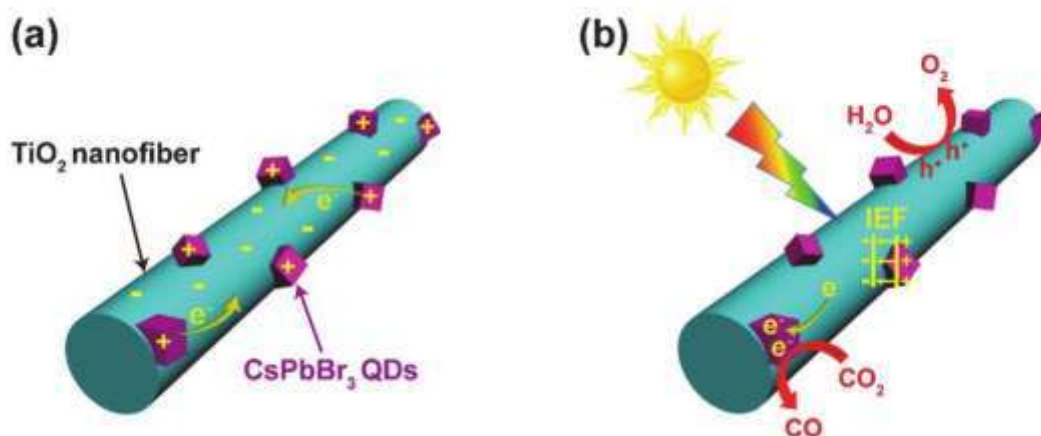
$\text{CsPbBr}_3/\text{ZnO}$ interfeysida zaryad ekstraksiyasi. $\text{CsPbBr}_3/\text{ZnO}$ heterostrukturalari bo'yicha Nagal va hammualliflar steady-state PL, ultratezkor transient absorption va qurilma o'lchovlarini birgalikda qo'llab, ZnO mavjudligida samarali zaryad ekstraksiyasi va issiq tashuvchilar kinetikasining o'zgarishini ko'rsatgan [4]. Fizik jihatdan bu jarayon CsPbBr_3 da fotoqo'zg'algan elektronlarning energetik jihatdan qulay ZnO holatlariga o'tishi bilan izohlanadi. Natijada CsPbBr_3 ichidagi radiativ elektron-kovak rekombinatsiyasi ulushi kamayishi va PL so'nishi kuzatilishi mumkin.



Biroq PL quenching elektron transferining yakka o'zi uchun qat'iy isbot emas. ZnO qo'shilishi bilan yangi trap holatlari paydo bo'lsa, nurlanishsiz rekombinatsiya ham kuchayishi mumkin. Shu sababli $\text{CsPbBr}_3/\text{ZnO}$ tizimida PL intensivligining pasayishi TRPL decay komponentlari, XPS orqali sirt kimyosi va TEM/SEM orqali interfeys morfologiyasi bilan korrelyatsiyada baholanishi kerak.

$\text{CsPbBr}_3/\text{TiO}_2$ interfeysida ichki elektr maydon va S-sxemali transfer. $\text{TiO}_2/\text{CsPbBr}_3$ gibridlarida interfeys fizikasi oddiy elektron ekstraksiyasidan murakkabroq bo'lishi mumkin. Xu va hammualliflar DFT, in-situ XPS va fotokatalitik tajribalar asosida kontakt hosil bo'lish bosqichida elektronlarning CsPbBr_3 dan TiO_2 tomon qayta taqsimlanishi natijasida $\text{CsPbBr}_3 \rightarrow \text{TiO}_2$ yo'nalishtirish ichki elektr maydon (IEF) shakllanishini ko'rsatgan [5]. Yorug'lik ta'sirida aynan shu IEF va zona egilishi past redoks qobiliyatli tashuvchilarning interfeysda rekombinatsiyasini, yuqori redoks qobiliyatli elektron va kovaklarning esa qarama-qarshi fazalarda saqlanishini ta'minlovchi S-sxemali transportni yuzaga keltiradi.

Mesog'ovak TiO_2 ichida CsPbBr_3 hosil qilingan tizimlarda TiO_2 bir vaqtning o'zida heterointerfeys va himoyalovchi matritsa vazifasini bajarishi mumkin. 2024-yildagi tadqiqotda bunday Z-tipli heterotuzilma suv, havo va yuqori haroratdagi luminessensiya barqarorligi bilan birga fototok javobini ham yaxshilagani qayd etilgan [7]. Bu natija optik barqarorlik va zaryad ajralishi bir xil strukturada parallel boshqarilishi mumkinligini ko'rsatadi.



1-rasm. TiO₂ nanofiber/CsPbBr₃ kvant nuqtalari heterointerfeysida zaryadlarning qayta taqsimlanishi va yorug'lik ostidagi S-sxemali transport mexanizmi.

Rasmda TiO₂/CsPbBr₃ heterostrukturasi zaryad tashuvchilarining transfer mexanizmi tasvirlangan. (a) TiO₂ va CsPbBr₃ o'zaro kontaktga kelganda elektronlarning qayta taqsimlanishi natijasida interfeysda ichki elektr maydon (IEF) hosil bo'ladi. (b) Yorug'lik ta'sirida IEF elektron va kovaklarning yo'nalgan ajralishini ta'minlaydi. Natijada CsPbBr₃ dagi elektronlar CO₂ ning CO ga qaytarilishida, TiO₂ dagi kovaklar esa H₂O ning oksidlanishida ishtirok etadi. Bu S-sxemali zaryad transferi rekombinatsiyani boshqarib, fotokatalitik samaradorlikni oshiradi.

Xulosa. CsPbBr₃/ZnO va CsPbBr₃/TiO₂ gibrid kompozitlarida optik xossalarning shakllanishi oksidning mavjudligi bilan emas, balki heterointerfeysda yuzaga keladigan zaryad qayta taqsimlanishi, energetik zonalar moslashuvi va rekombinatsiya kinetikasi bilan belgilanadi. ZnO bilan gibridlashda elektron ekstraksiyasi va issiq tashuvchilar dinamikasi, TiO₂ bilan gibridlashda esa IEF bilan boshqariladigan S/Z-tipli zaryad ajralishi muhim mexanizmlar sifatida namoyon bo'ladi. PL so'nishini zaryad transferining yagona dalili sifatida qabul qilmasdan, uni TRPL, PLQY, XPS va morfologik tahlillar bilan birgalikda baholash ilmiy jihatdan asosli yondashuvdir.

Taklif etilgan qiyosiy eksperimental sxema oksid turi va konsentratsiyasining CsPbBr₃ dagi radiativ, nurlanishsiz va interfeys orqali zaryad transferi kanallariga ta'sirini ajratib baholash imkonini beradi. Bu esa gibrid perovskit-oksidi materiallarda optik javobni maqsadli boshqarishning fizik asoslarini aniqlashga xizmat qiladi.

Adabiyotlar/Literatura/References:

1. Protesescu L., Yakunin S., Bodnarchuk M. I. va boshq. Nanocrystals of Cesium Lead Halide Perovskites (CsPbX₃, 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. Swarnkar A., Marshall A. R., Sanhira E. M. va boshq. Colloidal CsPbBr₃ Perovskite Nanocrystals: Luminescence beyond Traditional Quantum Dots. *Angewandte Chemie International Edition*, 2016, 55, 2382–2386. DOI: 10.1002/anie.201508276.
3. 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.
4. Nagal V., Kumar V., Rahman S. va boshq. Insight into Hot Carrier Kinetics of CsPbBr₃/ZnO Heterostructures for Photodetector Application. *ACS Applied Optical Materials*, 2023, 1, 779–787. DOI: 10.1021/acsaom.2c00201.

5. Xu F., Meng K., Cheng B. va boshq. Unique S-scheme Heterojunctions in Self-Assembled $\text{TiO}_2/\text{CsPbBr}_3$ Hybrids for CO_2 Photoreduction. *Nature Communications*, 2020, 11, 4613. DOI: 10.1038/s41467-020-18350-7.
6. In-situ TiO_2 -Coated CsPbBr_3 Quantum Dots with Enhanced Stability, Photoluminescence Quantum Yields, and Charge Transport Properties. *Ceramics International*, 2022, 48, 32504–32512. DOI: 10.1016/j.ceramint.2022.07.196.
7. Ding Y., Zhao Y., Deng Z. va boshq. $\text{CsPbBr}_3/\text{TiO}_2$ Z-Type Heterojunction for Rhodamine B Catalysis and Efficient Photodetectors. *Chemical Physics Letters*, 2024, 838, 141452. DOI: 10.1016/j.cplett.2024.141452.
8. Jiang C., Wang J., Wang Y., Du L. Mechanisms of Band Alignment and Charge Transfer in Interfacial Termination-Dependent Heterojunctions between CsPbBr_3 and TiO_2 , SnO_2 , and ZnO Electron-Transport Layers. *Computational Materials Science*, 2026, 273, 114973. DOI: 10.1016/j.commatsci.2026.114973.
9. Nuket P., Akaishi Y., Yoshimura G., Vas-Umnuay P., Kida T. Enhanced Interfacial Charge Transfer between CsPbBr_3 Quantum Dots and Surface-Modified TiO_2/FTO Photoanodes for Photocurrent Generation. *Materials Today Nano*, 2022, 18, 100174. DOI: 10.1016/j.mtnano.2022.100174.
10. Dong Z., Zhang Z., Jiang Y., Chu Y., Xu J. Embedding CsPbBr_3 Perovskite Quantum Dots into Mesoporous TiO_2 Beads as an S-Scheme Heterojunction for CO_2 Photoreduction. *Chemical Engineering Journal*, 2022, 433, 133762. DOI: 10.1016/j.cej.2021.133762.

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.