

**SPEKTROSKOPIK USULDA NOORGANIK PEROVSKIT FAOL
QATLAMLARNING DEGRADATSIYA JARAYONLARI QIYOSIY
O‘RGANISH**

Saparbayev Aziz Adamovich

Ion plazma va lazer texnologiyalari instituti, katta ilmiy xodimi

Nurumbetova Lobar Rimbayevna

Ion plazma va lazer texnologiyalari instituti, tayanch doktoranti

Xidirov Boburbek Go‘furjonovich

Ion plazma va lazer texnologiyalari instituti, kichik ilmiy xodimi

Imomov Muhibjon Xabibjonovich

Namangan davlat pedagogika instituti, Namangan sh. Uychi ko‘chasi, 316-uy

katta o‘qituvchi

Ibragimova Hamida Foziljon qizi

Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti magistri

Saidqulova Adolat Axmedjon qizi

Buxoro davlat universiteti qoshidagi Qorako‘l akademik litseyi o‘qituvchisi

Email: saparbaevaziz83@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada CsPbI_3 va CsPbIBr_2 noorganik PQE larning asosiy komponentasi bo‘lmish perovskit faol qatlamlarining degradatsiya jarayonlarini tadqiq qilindi. Buning uchun bu ikki hil noorganik perovskit faol qatlamlarning atmosfera sharotida degradatsiyaga bardoshlilikini spektroskopik usulda qiyosiy o‘rganildi.

Kalit so‘zlar: CsPbI_3 , CsPbIBr_2 , PQE, degradatsiya.

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕГРАДАЦИИ
НЕОРГАНИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ СЛОЕВ ПЕРОВСКИТА
СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Сапарбаев Азиз Адамович

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий, старший научный
сотрудник

Нурумбетова Лобар Римбаевна

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий, базовый докторант

Хидиров Бобурбек Гофурджонович

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий, младший научный

сотрудник

Имомов Мухибжон Хабибжонович

Старший преподаватель Наманганского государственного педагогического

института, город Наманган улица Уйчи 316 д.

Ибрагимова Хамида Фозилджовна.

Магистрант Национального университета Узбекистана имени Мирзо

Улугбека

Саидкулова Адолат Ахмеджановна

Преподаватель Каракульского академического лицея при Бухарском

государственном университете

Аннотация: В данной статье исследованы процессы деградации активных слоев перовскита, которые являются основными компонентами неорганических CsPbI_3 и CsPbIBr_2 . С этой целью спектроскопическим методом было проведено сравнительное исследование стойкости к деградации этих двух типов активных слоев неорганического перовскита в атмосферных условиях.

Ключевые слова: CsPbI_3 , CsPbIBr_2 , ПСЭ, деградация.

COMPARATIVE STUDY OF DEGRADATION PROCESSES OF INORGANIC PEROVSKITE ACTIVE LAYERS BY SPECTROSCOPIC METHOD

Saparbaev Aziz Adamovich

Institute of ion plasma and laser technologies, senior researcher

Nurumbetova Lobar Rimbaevna

Institute of ion plasma and laser technologies, Ph.D. student

Khidirov Boburbek Gofurjonovich

Institute of ion plasma and laser technologies, junior researcher

Imomov Muhibjon Khabibjonovich

Senior teacher of Namangan State Pedagogical Institute,

Namangan district Uychi street 316

Ibragimova is Hamida Foziljon qizi

Master's student of National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

Saidqulova Adolat Ahmedjon qizi

Teacher of Karakul Academic Lyceum under Bukhara State University

Abstract: This work investigates the degradation processes of CsPbI_3 and CsPbIBr_2 perovskite active layers. The study aims to comparatively analyze the degradation resistance of these inorganic perovskite active layers under atmospheric conditions, employing a spectroscopic method.

Key words: CsPbI_3 , CsPbIBr_2 , PSC, degradation.

KIRISH.

So‘nggi yillarda global energiyaga bo‘lgan talab ortib borishi tufayli uzoq muddatli, toza va qayta tiklanadigan muqobil energiya manbalarini topish dolzarb muammolardan biri bo‘lmoqda. Bu muammoning yechimlaridan biri Quyosh energiyasi bo‘lib, bu global energiya talabini qondira oladigan va fotovoltaik qurilmalar yordamida to‘g‘ridan-to‘g‘ri elektr energiyasiga aylantirilishi mumkin bo‘lgan toza energiya manbai hisoblanadi. Shunday fotovolatik qurilmalardan biri bu perovskit quyosh element (PQE) lari bo‘lib, ular arzonligi va ishlab chiqarish qulayligi bilan keyingi avlod fotovoltaik texnologiyalari sifatida tadqiqotchi olimlar orasida katta qiziqish uyg‘otdi[2-6]. PQElarning energiya o‘zgartirish samaradorligi (EO‘S) ko‘rsatkichi 2009-yilda 3,8% [1] natija bilan juda qisqa barqarorlik bilan (azotli muhitda atigi 1-2 soat) bo‘lgan bo‘lsa, hozirgi kunga kelib EO‘S ko‘rsatkichi 25% [2]dan oshib ketdi va eng muhimi barqarorligi hattoki atmosfera sharoitida ham ancha yaxshilandi [2]. Biroq, laboratoriya sharoitlarida qisqa muddatda EO‘S ko‘rsatkichi yuqori natijalarga erishishiga qaramay PQElarning barqarorligi va qurilmaning ishlash vaqtining qisqaligi bunday qurilmalarni tijoratlashtirish yo‘lidagi eng katta to‘siq bo‘lib kelmoqda. Bundan

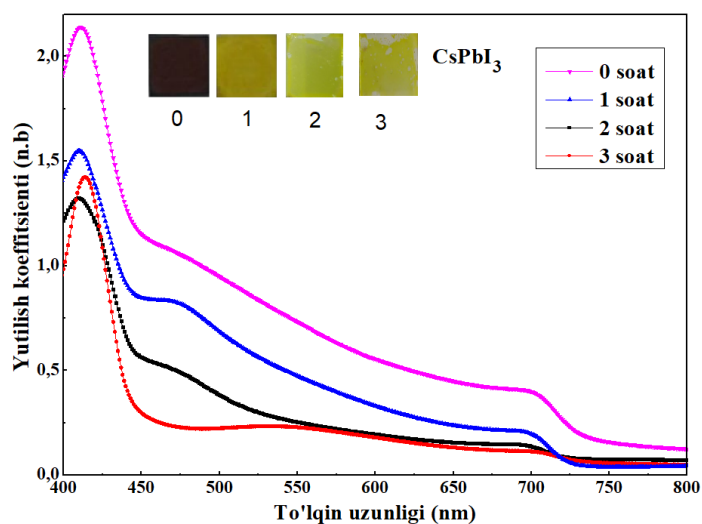
tashqari, PQElar namlik, yuqori harorat, ultrabinafsha nurlari va boshqa atrof-muhit tomonidan bo'ladigan tabiiy ta'sirlar natijasida tezda degradatsiyaga uchrashi, qurilma strukturasining buzilishiga va buning natijasida EO'S ko'rsatkichining keskin pasayab ketib yaroqsiz holatga kelishiga sabab bo'lmoqda [7-8]. Sababi organik-noorganik gibrid perovskitlar tarkibidagi organik elementlar noorganik elementlarga qaraganda tashqi ta'sirlar, namlik, kislorod va yorug'lik nuri ta'sirida struktura o'zgarishi tez ro'y beradi. To'liq noorganik perovskit komponentlar esa organik muqobillariga nisbatan degradatsiyaga barqarorlik yaxshiroq ekanligini ko'rsatmoqda [9]. Shu tufayli PQE lar barqarorligi va yutilish spektri diapazon sohasini kengroq qamrab olish uchun organik faol qatlam tarkibidagi tezda degradatsiyaga uchrab ketadigan organik kationlarni to'liq noorganik kationlar bilan almashtirish eng optimal variantlardan biri bo'lib qolmoqda. Hozirgacha CsPbBr_3 , CsPbI_3 , CsPbI_2Br va CsPbIBr_2 kabi to'liq noorganik fotoaktiv materiallarning bir nechta turlari keng qamrovli o'rganilmoqda. Masalan, CsPbBr_3 asosli quyosh elementlari kapsulyatsiyasiz ham mukammal faza barqarorligini namoyish etadi, biroq ulardagi taqiqlangan soha kengligining yuqori (2,30 eV) ekanligi va yutilish spektrining tor diapazonda (300-540 nm) ekanligi ularning yorug'lik yig'ish qobiliyatini zaiflashtiradi va samaradorligini cheklaydi. CsPbI_3 va CsPbI_2Br lar esa mos ravishda 1,73 eV va 1,92 eV nisbatan kichik taqiqlangan soha kengiligiga ega. Bu esa ularning yorug'lik yig'ish qobiliyati va EO'Sning yuqori bo'lishini ta'minlaydi. Biroq ikki turdagi CsPbI_3 va CsPbI_2Br moddalari ham namlik va kislorod ta'sirida xona sharoitida degradatsiyaga uchraydi. Tarixan yodga olsak, CsPbI_3 perovskiti ilk marotaba 1958 yilda fotoo'tkazuvchan material sifatida aniqlangan. Lekin XX asr o'rtalarida kash etilganligiga qaramay so'nggi 10 yillik ichida fotovoltoik quyosh elementlari uchun istiqbolli muqobil ekan va dunyo ilmiy laboratoriyalarida intensiv tarzda tadqiqotlar olib borilishiga sabab bo'ldi [5-9]. Natijada qisqa fursat ichida CsPbI_3 asosli PQE lari yuqori EO'S ni namoyon etdi. CsPbI_3 ikkita fazadan iborat bo'lib, qora ($\alpha\text{-CsPbI}_3$) kubik strukturali va sariq ($\delta\text{-CsPbI}_3$) ortorombik strukturali fazalardan iborat. CsPbI_3 faol qatlamli PQE lari xona haroratida 2,82 eV

taqiqlangan soha kengligiga va sariq fazali ortonombik strukturaga ega bo'ladi. Bunday holatda ular perovskit quyosh elementlari uchun faol qatlam vazifasini bajara olmaydi. Sababi, ularni yuqori haroratlarda ($310\text{ }^{\circ}\text{C}$) qizdirilganda strukturasi o'zgarib kubik struktura yuzaga keladi va taqiqlangan soha kengligi $1,73\text{ eV}$ ga teng qora fazali faol qatlam hosil qilinadi. Bunday holatda ular yorug'lik nurini keng diapazonda qabul qilib va yuqori EO'S ni hosil bo'lishiga zamin yaratadi [10]. Biroq shuncha afzalliklarga qaramasdan CsPbI_3 asosli PQE larini sanoat miqyosida ishlab chiqarish uchun bir qancha jiddiy to'siqlar mavjud. Bulardan eng asosiysi ularning past haroratlarda namli, kislorod va boshqa tashqi ta'sirlar natijasida kristall strukturasi parchalanib kubik holatdan ortonombik holatga o'tib, perovskitlik xususiyatini yo'qotishidir. CsPbIBr_2 asosli PQE esa taqiqlangan soha kengligi $2,05\text{ eV}$ ga teng bo'lib, yorug'lik yig'ish va EO'S yaxshi bo'lishini ta'minlaydi. Hozirgacha bunday CsPbIBr_2 asosli PQE larining EO'S 11% ga yetdi [11]. Shu vaqtgacha ko'plab tajribalar azot yoki boshqa biror muhitlarda yopiq sharoitlarda o'tkazildi va yuqori natijalarga erishildi. Ammo bu natijalar tabiiy atmosfera sharoitda o'zini oqlay olmadi [12]. Shuning uchun endilikda tajribalarni ko'proq ochiq havo muhitida o'tkazish zarurligini bilgan holda PQElarni atmosfera sharoitida tadqiq qilishning asosiy sohalardan biri bo'lib qolmoqda [13]. Bu kabi kamchiliklar tufayli noorganik PQE lari barqarorligini yaxshilash va yashash vaqtini uzaytirish dolzarb masalalardan biri bo'lganligi sababli, ushbu ishda CsPbI_3 va CsPbIBr_2 noorganik PQE larning asosiy komponentasi bo'lmish perovskit faol qatlamlarining degradatsiya jarayonlarini tadqiq qilindi. Buning uchun bu ikki hil noorganik perovskit faol qatlamlarning atmosfera sharoitida degradatsiyaga bardoshlilikini spektroskopik usulda qiyosiy o'rganildi.

OLINGAN NATIJALAR VA ULARNING TAXLILI.

Tajriba namunasi sifatida dastlab shisha/ITO (indiy qalay oksidi) tagligi 3 bosqichda turli tozalovchi (aseton, dionizatsialangan suv, izopropil spirti) suyuqliklarga solinib ultra tovushli vannada ketma-ket 12 daqiqa davomida

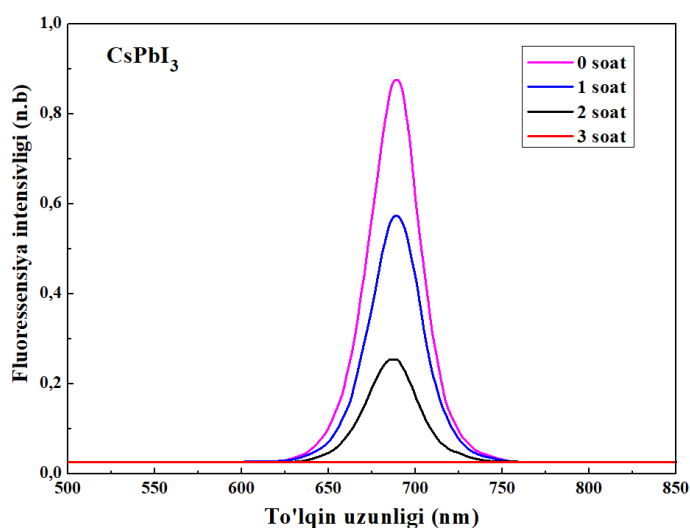
tozalanadi. Soʻngra tagliklar yuza qismi yuqori tozalikdagi azot yordamida purkash usuli bilan quritiladi va 6 daqiqa kislorod plazmasi yordamida tozalanadi. Tozalash yakunlangandan soʻng taglik ustiga bufer vazifasini bajaruvchi PEDOT:PSS materiali “spin-coating” usuli yordamida qoplanadi. Shundan soʻng shisha/ITO/PEDOT:PSS maxsus pechkada atmosfera sharotida 160 °C haroratda 20 minut davomida qizdiriladi, bunday qizdirishdan maqsad PEDOT:PSS tarkibidagi suv molekularini yoʻqotishdir. Shisha/ITO/PEDOT:PSS taglik tayyor boʻlgach CsPbI₃ perovskit eritmasi “spin-coating” usuli orqali faol qatlam sifatida yotqiziladi.



1-rasm. CsPbI₃ asosli PQElarning yutilish spektrining vaqt oʻtishi bilan oʻzgarishi

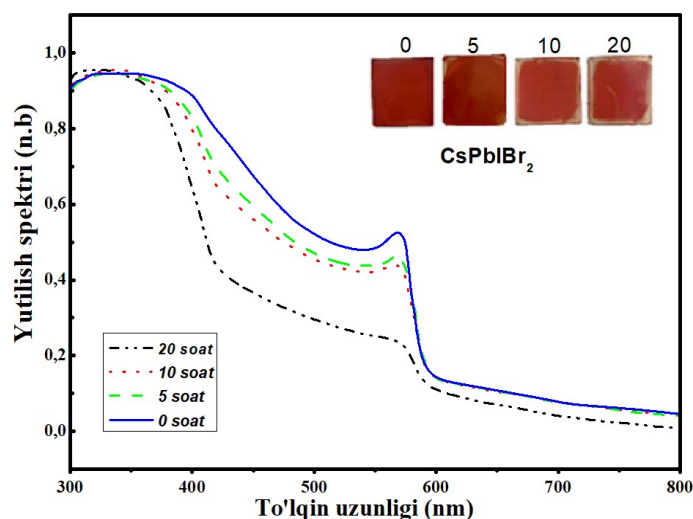
CsPbI₃ asosli perovskit faol qatlami shisha/ITO/PEDOT:PSS ustiga “spin-coating” usuli yordamida tayyorlanadi. Shundan soʻng, shisha/ITO/PEDOT:PSS/CsPbI₃ perovskit faol qatlami 100 °C haroratda plita ustida qoʻyilib 10 daqiqa davomida qizdiriladi. Namunani qizdirishdan maqsad, dastlab yangi tayyorlangan CsPbI₃ perovskit faol qatlami sariq fazada ortorombik struktura holatida boʻladi. Shuning uchun, CsPbI₃ perovskit faol qatlami qizdirilganda strukturadagi atomlar tartiblanib zaryadlar harakatlanishi uchun qulay muhit hosil qilinadi. Bu holatda perovskit faol qatlami qora faza yaʼni kubik struktura holatiga ega boʻladi [3-4]. Tayyor boʻlgan perovskit faol qatlamining vaqt oʻtishi bilan degradatsiya jarayonini tahlil qilish uchun 0,1,2,3 soat vaqt intervallarida yutilish koeffitsienti

600-800 nm to‘lqin uzunligi diapazonida “Shimadzu UV-1280” spektrometri yordamida yutilish spektrlari o‘lchandi. 1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, dastlab yangi tayyorlangan perovskit faol qatlamining yutilish ko‘effitsienti qiymati yuqori bo‘lib, vaqt o‘tishi bilan pasaya boshlagan. 3 soatdan so‘ng yutilish spektrlarini o‘lchaganimizda yutilish ko‘effitsientini qiymati ancha past natijani ko‘rsatdi. Xuddi shu usulda parallel ravishda CsPbI₃ perovskit faol qatlami fluoressensiya spektrlari ham olindi. 2-rasmda CsPbI₃ faol qatlamining ketma-ket turli vaqt oraliqlaridagi o‘lchangan fluoressensiyasining qiymatlari keltirilgan.



2-rasm. Turli-xil vaqt oralig‘ida perovskit faol qatlamining fluoressensiya spektrining o‘zgarishi

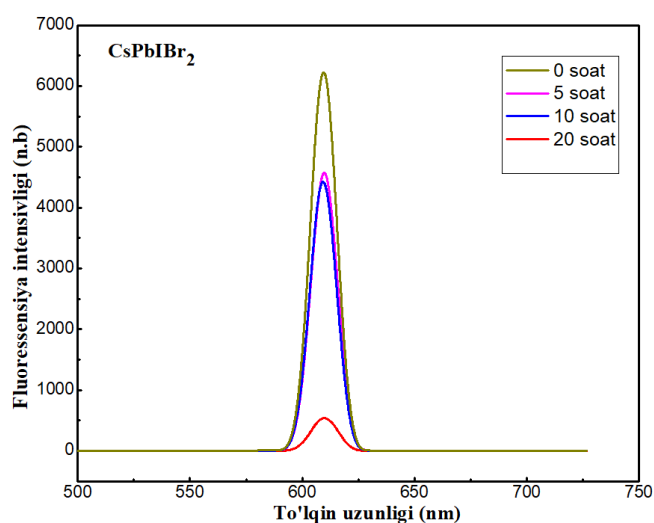
Olingan natijadan ko‘rinib turibdiki, dastlabki tayyor CsPbI₃ faol qatlamining fluoressensiyasi intensivligi maksimal bo‘lib, huddi yutilish spektri intensivligi kabi vaqt o‘tishi bilan fluoressensiyaning qiymati kamayishini yaqqol ko‘rishimiz mumkin. 2 soatdan so‘ng olingan fluoressensiyaning qiymati dastlabkisiga nisbatan 3.5 marta farq qilgan bo‘lsa, 3 soatdan so‘ng olingan natijada esa fluoressensiya spektri kuzatilmadi. Buning sababini ya‘ni fluoressensiya spektrining yo‘qolib qolishini shunday tushuntirish mumkin, sariq fazaga ega perovskit strukturasining fluoressensiya intensivligi 500 nm atrofida bo‘ladi, shu sabab 3 soatdan keyin qora fazaga tegishli fluoressensiya intensivligi nolga teng bo‘lgan holda intensivlik boshqa to‘lqin sohasida paydo bo‘la boshlaydi. Bundan tashqari, CsPbIBr₂ perovskit faol qatlamining ham yutilish va fluoressensiya spektrlari olindi.



3-rasm. CsPbIBr₂ asosli perovskit faol qatlami degradatsiyasining yutilish spektriga bog'liqligi

CsPbIBr₂ perovskit faol qatlamining degradatsiya xossalarini o'rganish, dastlab, ITO shisha tagliklar deionlashtirilgan suv yordamida ultratovushli vannada tozalanadi va azot gazi yordamida quritiladi. So'ngra 5 daqiqa davomida kislorod plazmasida tozalanadi. Yuqoridagi jarayon bilan parallel ravishda, CsI va PbBr₂ 1:1 molar massa nisbatida 1 ml dimetil sulfoksidda eritilib 12 soat davomida aralashtirilib sintez qilindi. CsPbIBr₂ perovskit perekursori tayyor bo'lgach, spinkouter qurilmasi orqali perovskit faol qatlamini shisha/ITO/PEDOT:PSS ustiga yotqiziladi (3-rasmda namunalar ko'rsatilgan). Tayyor bo'lgan perovskit faol qatlamlarni sariq fazadan qora fazaga o'tkazish uchun uni 280°C haroratda qizdiramiz va ularning degradatsiya jarayonini tahlil qilish uchun 0, 5, 10 va 20 soat vaqt intervallarida uning optik yutilish spektri o'lchandi. 3-rasmdan ko'rish mumkinki, vaqt o'tgan sari yutilish spektrining intensivligi pasayib borayotganini ko'rishimiz mumkin. Yutilish spektrining 5 va 10 soatlarda biroz pasayganini, 20 soatdan keyin esa yutilish spektri keskin pasayib ketganini ko'rishimiz mumkin. Bu shuni anglatadiki, dastlab namlik, kislorod va boshqa ta'sirlar faol element kristal panjarasining eng chekka nuqtalaridagi zaif bog'langan molekulalariga ta'sir ko'rsatadi va ketma-ket zanjir kabi boshqa molekulalarga ham ta'sir eta boshlaydi, natijada butun strukturani buzib yuboradi. Ilk soatlarda bu jarayon sekinroq amalga oshadi va borgan sari tezlashib boradi va butun strukturani

parchalab yuborib perovskit faol qatlam o'zining asosiy xususiyatini yo'qotib, yaroqsiz holatga kelib qoladi. Bu hodisani namlik va kislorod ta'siri tufayli dastlabki qora fazadan sariq faza tomonga o'zgarayotgani, ya'ni degradatsiyaga uchrab yaroqsiz holatga kelayotganligi bilan tushintirishimiz mumkin [3]. Tayyorlangan perovskit faol qatlamlari va olingan natijalar to'liq atmosfera muhitida vakum yoki azotli muhitlarsiz olinganligi tufayli perovskit faol qatlamlarga atmosferadagi namlik va kislorod ta'sir etib, ularda strukturani o'zgartirishi ya'ni tez degaradatsiya jarayoni kuzatilayotganini ko'rishimiz mumkin. 4-rasmda CsPbIBr_2 perovskit faol qatlami degradatsiyasining fluoressensiya spektriga bog'liqlik grafigi keltirilgan. Bu yerda ham yuqorida aytilganidek degradatsiya natijasida struktura buzilishi va buning oqibatida faol qatlamda eksitonlar hosil bo'lish darajasining kamayayotgani, mavjudlari esa struktura buzilishi natijasida zaryadlar rekombinatsiyasiga uchrashi tufayli fluoressensiya intensivligining kamashi kuzatilmoqda.



4-rasm. CsPbIBr_2 asosli perovskit faol qatlami degradatsiyasining fluoressensiya spektriga bog'liqligi

4-rasmdan ko'rinib turibdiki, atmosfera sharoitida dastlabki perovskit faol qatlamning fluoressensiya intensivligini o'lchaganimizda uning qiymati maksimal edi, lekin 5 va 10 soatdan so'ng o'lchaganimizda dastlabki maksimal qiymatiga qaraganda sezilarli darajada past qiymatni namoyon qildi. Ammo, 20 soatdan keyin o'lchaganimizda PQElari uchun xos bo'lmagan juda past yutilish

koeffitsienti kuzatildi (4-rasm). Biz yuqorida olingan natijalarimizdan shuni xulosa qilishimiz mumkinki, dastlabki tayyorlangan perovskit faol qatlami PQEning qora fazasiga mos keladi. Ushbu materialning 5 va 10 soatdan keyingi holati PQEning sariq fazasiga mos keladi. 20 soatdan so'ng esa, materialimizda sariq bo'lmagan struktura kuzatildi. Demak perovskit faol qatlamning kristall strukturasi dastlab qora fazada bo'lib, vaqt o'tishi bilan atmosfera sharoitida, kislorod, namlik, issiqlik ta'sirida morfologiyasi buzilib qora fazadan sariq fazaga o'tib qoladi [1-5].

XULOSA

Xulosa sifatida quyidagicha fikrlarni aytishimiz mumkin. CsPbI_3 perovskit faol qatlamlarini CsPbIBr_2 perovskit faol qatlamlariga nisbatan juda past haroratlarda tayyorlash imkoni bo'lsa ham barqarorlik darajasi CsPbIBr_2 perovskit faol qatlamlariga nisbatan juda past. CsPbIBr_2 perovskit faol qatlamlarini yuqori haroratda tayyorlash kerak bo'lsa ham, ammo barqarorlik darajasi CsPbI_3 perovskit faol qatlamlariga qaraganda juda yuqori. Demak, noorganik perovskitlarning qaysidir tomondan afzalligi bo'lsa boshqa tomondan kamchligi mavjudligini ko'rishimiz mumkin. Spektroskopik tadqiqot natijlariga ko'ra PQElarni to'liq tayyor holatga qadar, perovskit faol qatlamgacha yasab olib, PQEning degradatsiyasini spektroskopik usulda tahlil qilishimiz mumkin ekan. Bu usul esa PQElarni tadqiq qilishda oson va kamxarj usulda PQElarning samaradorligini oshirish yo'lida tajribalar qilish imkonini beradi. PQEning asosiy tarkibi bo'lgan PFQlarning ishchanlik faoliyatining samaradorligini optik xossalari orqali ham bema'lol baholash mumkin ekan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. A. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai and T. Miyasaka. J. Am. Chem. Soc., 2009, 131, 6050–6051.
2. NREL, <https://www.nrel.gov/pv/device-performance.html>
3. J. Zhang, G. Hodes, Z. Jin and S. Liu. Angew. Chem., Int. Ed., 2019, 58, 15596–15618.

4. H. Bian, H. Wang, Z. Li, F. Zhou, Y. Xu, H. Zhang, Q. Wang, L. Ding, S. Liu and Z. Jin. *Adv. Sci.*, 2020, 7, 1902868.
5. L. Zhou, X. Guo, Z. Lin, J. Ma, J. Su, Z. Hu, C. Zhang, S. Liu, J. Chang and Y. Hao. *Nano Energy*, 2019, 60, 583–590.
6. G. Liu, B. Yang, B. Liu, C. Zhang, S. Xiao, Y. Yuan, H. Xie, D. Niu, J. Yang, Y. Gao and C. Zhou. *Appl. Phys. Lett.*, 2017, 111, 3501.
7. B. Liu, M. Long, M.-Q. Cai and J. Yang. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2018, 51, 5101.
8. W. Hu, H. Cong, W. Huang, Y. Huang, L. Chen, A. Pan and C. Xue. *Light: Sci. Appl.*, 2019, 8, 106.
9. S. B. Kang, J.-H. Kim, M. H. Jeong, A. Sanger, C. U. Kim, C.-M. Kim and K. J. Choi. *Light: Sci. Appl.*, 2019, 8, 121.
10. K. O. Brinkmann, J. Zhao, N. Pourdavoud, T. Becker, T. Hu, S. Olthof, K. Meerholz, L. Hoffmann, T. Gahlmann, R. Heiderhoff, M. F. Oszajca, N. A. Luechinger, D. Rogalla, Y. Chen, B. Cheng and T. Riedl. *Nat. Commun.*, 2017, 8, 13938.
11. J. Jiang, Q. Wang, Z. Jin, X. Zhang, J. Lei, H. Bin, Z.-G. Zhang, Y. Li and S. Liu. *Adv. Energy Mater.*, 2018, 8, 1701757.
12. N. Chen, X. Yi, J. Zhuang, Y. Wei, Y. Zhang, F. Wang, S. Cao, C. Li and J. Wang. *Nano-Micro Lett.*, 2020, 12, 177.
13. I.R. Boynazarov E.A. Zakhidov, A.A. Saparbaev, M.H. Imomov, L.R. Nurumbetova, A.Yu. Turgunbaev *Scientific Bulletin of NamSU.*, 2022, 10, 66-74