ZnO YUPQA QATLAMLARINING NUQSONLARI VA ULARNING ELEKTROFIZIK XOSSALARIGA TA’SIRI

Sobirova Tursunoy Abdipatto qizi
Andijon davlat texnika instituti, ‘‘Intellektual boshqaruv va robototexnika” kafedrasi assistenti
Email: sobirovatursunoy319@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tezisda rux oksidi (ZnO) yupqa qatlamlarida shakllanuvchi strukturaviy nuqsonlarning kristall tuzilma, elektrofizik va fotoelektrik xossalarga ta’sir qilish qonuniyatlari zamonaviy ilmiy adabiyotlar hamda nazariy tahlil asosida tadqiq etilgan. ZnO ning geksagonal vurtstsit kristall tuzilmasida hosil bo‘luvchi kislorod vakansiyalari, rux vakansiyalari, interstitsial rux, interstitsial kislorod, donalar chegaralari va sirt holatlarining fizik tabiati tahlil qilingan. Strukturaviy nuqsonlarning kristall panjaradagi lokal deformatsiyalar, elektron energetik sathlar, zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi va harakatchanligi, rekombinatsiya jarayonlari hamda sirt adsorbsiyasi bilan bog‘liqligi ko‘rsatib berilgan.

Kalit so‘zlar: ZnO, plyonka, strukturaviy nuqson, kislorod vakansiyasi, rux vakansiyasi, interstitsial rux, kristall tuzilma, fotolyuminessensiya, elektr o‘tkazuvchanlik.

Kirish

Yarimo‘tkazgich materiallarning strukturaviy, elektron va optik xossalarini boshqarish zamonaviy materialshunoslik, mikroelektronika va optoelektronikaning muhim ilmiy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, keng taqiqlangan energetik zonaga ega oksid yarimo‘tkazgichlar ultrabinafsha fotodetektorlar, gaz sensorlari, shaffof elektronika, quyosh energetikasi va boshqa funksional qurilmalarda qo‘llash uchun katta istiqbolga ega. Shunday materiallar qatorida rux oksidi – ZnO alohida o‘rin tutadi. ZnO to‘g‘ri taqiqlangan energetik zona kengligi taxminan 3,37 eV va eksiton bog‘lanish energiyasi taxminan 60 meV bo‘lgan yarimo‘tkazgich hisoblanadi. Ushbu parametrlar ZnO ni xona haroratida ultrabinafsha diapazonidagi optoelektronik qurilmalar uchun istiqbolli materialga aylantiradi. ZnO ning nisbatan arzonligi, kimyoviy barqarorligi, turli substratlarda yupqa

qatlam shaklida hosil qilish imkoniyati ham uning amaliy ahamiyatini oshiradi. Biroq real ZnO kristallari ideal kristall panjaradan farq qiladi. Sintez va termik ishlov berish jarayonlarida vakansiyalar, interstitsial atomlar, donalar chegaralari, sirt holatlari va boshqa strukturaviy nuqsonlar shakllanadi. Bunday nuqsonlar ZnO ning elektron energetik tuzilishini o‘zgartirib, uning elektr va optik parametrlariga bevosita ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Asosiy qism

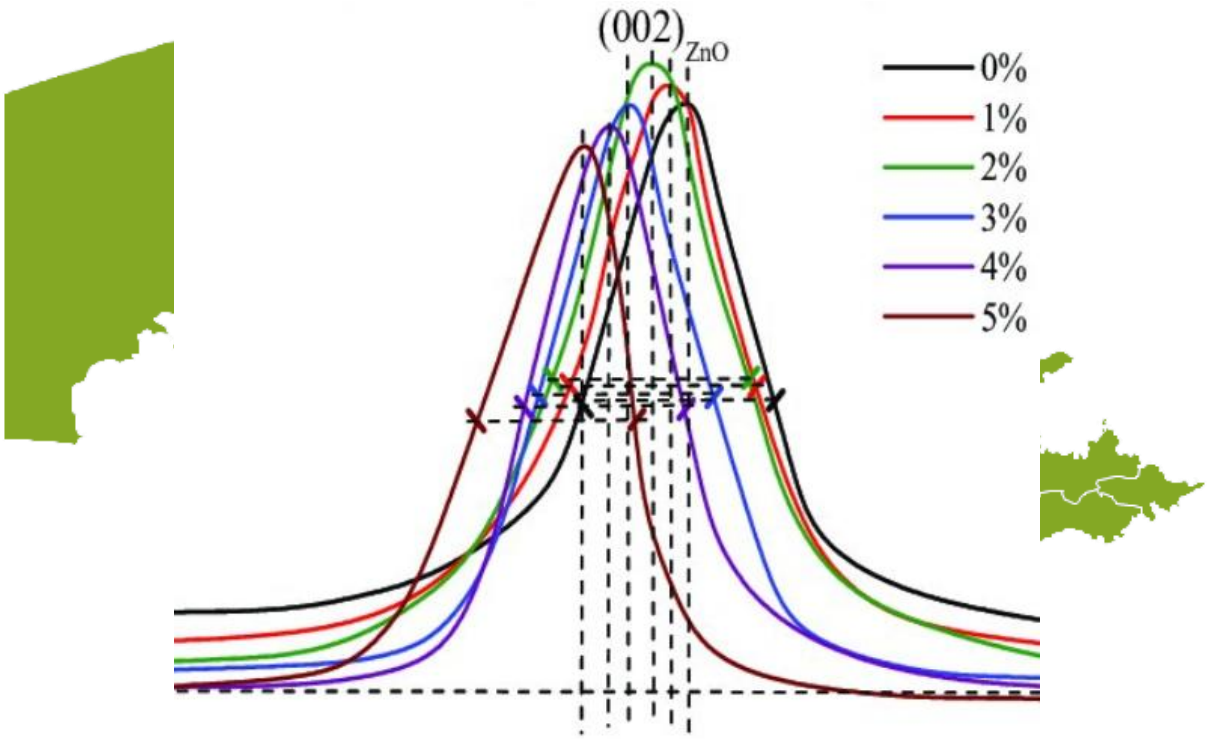
Rux oksidi (ZnO) keng to'g'ridan-to'g'ri tasma oralig'iga ega va xona haroratida katta eksiton bog'lanish energiyasiga (60 meV) ega bo'lgan mashhur, arzon II-VI birikma yarimo'tkazgichidir. Uning nanopartikullari ham, yupqa plyonkalari ham elektron va optoelektron qurilmalar, chiziqli bo'lmagan optik qurilmalar, pyezoelektriklar va mikroelektrokimyoviy tizimlar (MEM), biotibbiy qo'llanmalar va boshqalar kabi turli xil dasturlarda keng qo'llanilgan. Turli xil ZnO nanostrukturalari va yupqa plyonkalari bir nechta sintez yo'llari, ya'ni impulsli lazer cho'ktirish, purkash pirolizi, molekulyar nur epitaksiyasi, kimyoviy bug' cho'ktirish (CVD), magnetron purkash, sol-gel usuli va boshqalar orqali olinadi. Turli xil ishlab chiqarish strategiyalari tufayli ZnO da turli xil fazalar kuzatiladi, ammo ZnO ning olti burchakli vurtsit fazasi xona haroratida barqaror ekanligi xabar qilingan. Biroq, ZnO ning kuzatilgan olti burchakli vurtsit fazasi ichki va tashqi nuqsonlar mavjudligi sababli ideal vurtsit fazasidan farq qiladi. Bu nuqsonlarning belgilari ZnO yupqa plyonkalarining keng ko'rinadigan soha fotolyuminestsensiyasi (PL) spektrida aks etadi. Bu nuqsonlarning zichligi yupqa plyonka tayyorlash sharoitlariga bog'liqligi aniqlandi, bu esa o'z navbatida ko'rinadigan PL mintaqasining xususiyatlarida o'zgarishlarga olib keladi. Shuning uchun, ZnO ning lyuminestsent material sifatida ishlatilishi uchun ZnO lyuminestsensiyasi va uning ichki nuqsonlari o'rtasidagi bog'liqlik juda muhimdir, bu esa bu yerda keltirilgan tadqiqotning asosiy yo'nalishi hisoblanadi. Ulardan tavlash bilan ishlov berish, ayniqsa tavlash turli haroratlarda amalga oshirilganda, arzon va samarali nuqsonlarni nazorat qilish usuli bo'lib kelgan. Namunalar ZnO yupqa plyonkalarini olishning turli haroratlarida (300 °C, 400 °C va 500 °C) tavlangandan keyin tayyorlanadi. Yupqa plyonkalarning sifatini tahlil qilish uchun rentgen difraksiyasi (XRD)

grafiklari qo'llaniladi, bu bizning namunalarimizda interstitsial nuqsonlarning ustunligini ko'rsatadi. Kristall tuzilmani aniqlash uchun rentgen difraksiyasi (XRD) tavsiya etiladi. Kristallit o‘lchami Scherrer formulasi yordamida baholanadi:

$D=K\lambda/\beta\cos\theta$ bu yerda:

D — kristallit o‘lchami; K — shakl koeffitsiyenti;

λ — rentgen nurlanish to‘lqin uzunligi; β — difraksion maksimumning FWHM qiymati; θ — Bragg burchagi.



1-rasm. Legirlanmagan va Al bilan legirlangan (1% dan 5% gacha) ZnO plyonkalarining rentgen nurlari difraksiyasi manzaralaridagi (002) refleks shakli

XRD natijalaridan ZnO ning kristall fazasi, preferensial orientatsiyasi, kristallit o‘lchami va kristallik darajasini baholash mumkin.

p-turdagi nuqsonlar hosil bo'lish entalpiyasi yuqoriroq va eksperimental ma'lumotlar hali bu nazariy bashoratlarni tasdiqlamagan. Yupqa plyonka nuqsonlarining hosil bo'lishiga ko'plab omillar, jumladan, tavlash harorati va vaqti, atrof-muhit gazlari, stexiometriya va aralashmalar ta'sir qiladi. Bu nuqsonlar ZnO ni bir nechta fotoelektronik dasturlarda qo'llash imkonini beradi.

Xulosa

. ZnO yupqa qatlamlarining strukturaviy nuqsonlari va ularning elektrofizik hamda fotoelektrik xossalarga ta’siri zamonaviy materialshunoslik va optoelektronikaning muhim tadqiqot yo‘nalishlaridan biri ekanligi aniqlandi.

Adabiyotlar tahlili ZnO ning funksional xossalari uning ideal kristall tuzilmasi bilan emas, balki real kristalldagi nuqsonlar konfiguratsiyasi bilan ham belgilanadi degan xulosaga kelish imkonini berdi. Kislorod vakansiyalari, rux vakansiyalari, interstitsial atomlar, donalar chegaralari va sirt holatlari ZnO ning elektron energetik tuzilishi, zaryad tashuvchilar dinamikasi va rekombinatsiya jarayonlariga ta’sir qiladi. Kislorod vakansiyalari ZnO ning elektr va fotoelektrik xossalarida muhim rol o‘ynashi mumkin, biroq ularni barcha optik va elektr hodisalarning yagona sababi sifatida ko‘rsatish ilmiy jihatdan asosli emas. Shuning uchun nuqsonlarning elektr xossaga ta’sirini faqat elektronlar konsentratsiyasi orqali baholash yetarli emas. Fotoelektrik xossalarda esa nuqsonlarning ta’siri ikki tomonlama ekanligi aniqlandi. Nazorat qilinadigan nuqsonlar fotogeneratsiyalangan tashuvchilarning ajralishi va yashash vaqtini yaxshilashi mumkin, ortiqcha yoki chuqur nuqsonlar esa rekombinatsiya markazlari sifatida ishlashi mumkin. Shu sababli ZnO yupqa qatlamlari uchun asosiy maqsad nuqsonlarni maksimal darajada kamaytirish emas, balki nuqsonlar turi va konsentratsiyasini maqsadli boshqarishdan iborat.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Insights into the nature of optically active defects of ZnO. Journal of Luminescence, 2020, 227, 117536. DOI: 10.1016/j.jlumin.2020.117536.

2. Shi X., Wu L., Hong P., Teng F., Hu P., Fan H. A review of recent advances in ZnO-based thin film photodetectors: Preparation, structure and strategies for performance enhancement. Optics & Laser Technology, 2025. DOI: 10.1016/j.optlastec.2025.113352.

3. Li G., Cheng B., Zhang H. Progress in UV Photodetectors Based on ZnO Nanomaterials: A Review of the Detection Mechanisms and Their Improvement. Nanomaterials, 2025, 15, 644. DOI: 10.3390/nano15090644.

4. Optimization of defects in ZnO thin films for the enhancement of UV detection. 2026. DOI: 10.1016/j.micrna.2026.208740.

5. Temperature-dependent photoconductivity as a tool to unveil defect-mediated carrier

dynamics in ZnO(1-δ) thin films. Optical Materials, 2026, 171, 117756. DOI: 10.1016/j.optmat.2025.117756.

6. Impact of high oxygen deficiency on the photoluminescence properties of black zinc oxide thin films. Nanoscale, 2025. DOI: 10.1039/D5NR01937K.

7. X.A.Maxmudov, T.A.Sobirova. Turli sintez usullarida olingan ZnO materiallarining optik va fotolyuminessensiya xossalarining qiyosiy tahlili. Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research Vol 8. Iss 2. 2026

