ISNN:2181-1296

SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI

САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ШАРОФА РАШИДОВА

SAMARKAND STATE UNIVERSITY NAMED AFTER SHAROF RASHIDOV

ILMIY AXBOROTNOMA

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК
SCIENTIFIC JOURNAL

ANIQ VA TABIIY FANLAR SERIYASI

Matematika, Mexanika, Informatika
Fizika, Kimyo, Biologiya, Geografiya

№ 1/2 (137)
2023

ISSN 2181-1296

ILMIY AXBOROTNOMA

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК **SCIENTIFIC JOURNAL**

2023-yil, 1-son (137/2) **ANIQ VA TABIY FANLAR SERIYASI**

Matematika, Mexanika, Informatika, Fizika, Kimyo, Biologiya, Geografiya

Samarqand viloyat matbuot boshqarmasida ro‘yxatdan o‘tish tartibi 09-25.
Jurnal 1999-yildan chop qilina boshlagan va OAK ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR **R. I. XALMURADOV, t.f.d., professor**
BOSH MUHARRIR O‘RINBOSARLARI: **H.A. XUSHVAQTOV, f-m.f.d., dotsent**
A. M. NASIMOV, t.f.d., professor

TAHRIRIYAT KENGASHI:

ANIQ FANLAR

SH.A.ALIMOV	- O‘zFA akademigi
S.N.LAKAYEV	- O‘zFA akademigi (SamDU)
M.M.MIRSAIDOV	- O‘zFA akademigi
A.S.SOLEEV	- f.-m.f.d., professor (SamDU)
I.A.IKROMOV	- f.-m.f.d., professor (SamDU)
B.X.XO‘JAYAROV	- f.-m.f.d., professor (SamDU)
A.G.YAGOLA	- f.-m.f .d., professor (Moskva davlat universiteti, Rossiya)
I.I.JUMANOV	- f.-m.f .d., professor (SamDU)
X.X.XUDOYNAZAROV	- t.f.d., professor (SamDU)
ALBERTO DEL BIMBO	- Florensiya universiteti professori, Italiya
L.SABIROV	- f.-m.f .d., professor (SamDU)
A.JUMABOYEV	- f.-m.f .d., professor (SamDU)
N.N.NIZAMOV	- f.-m.f.d., professor (SamDU)
O.Q.QUVONDIQOV	- f.-m.f.d., professor (SamDU)
I.A.RAXMATULLAYEV	- f.-m.f .d., professor
A.SH.YARMUXAMEDOV	- f.-m.f .n. (SamDU)
X.S.XAYDAROV	- f.-m.f .n., dotsent (SamDU)

TABIY FANLAR

M.X.ASHUROV	- O‘zFA akademigi
N.B. FERAPONTOV	- k.f .d., professor (Moskva davlat universiteti, Rossiya)
SH. M. TUGIZOV	- professor, Koliforniya universiteti, AQSh
H. I. AKBAROV	- k.f.d., professor (O'zMU)
E. A. ABDURAXMONOV	- k.f.d., professor (SamDU)
N. K. MUXAMADIYEV	- k.f.d., professor (SamDU)
L. A. BULAVIN	- Kiev milliy universiteti professori, Ukraina
X. Q. XAYDAROV	- b.f.d., professor (SamDU)
Z. I. IZZATULLAYEV	- b.f.d., professor (SamDU)
Sh. T. XOLIQULOV	- g.f.d., professor (SamDU)
S. B. ABBASOV	- g.f.d., professor (SamDU)
Q. S. YARASHEV	- g.f.d., professor (SamDU)
GUN-SIK PARK	- Seul univeriteti professori, Koreya
D.B.XURSANOV	- g.f.f.d., dotsent (SamDU)
M. S. QUZIYEV	- b.f.f.d., dotsent (SamDU)

Obuna indeksi – yakka tartibdagi obunachilar uchun **- 5583,**
tashkilot, korxonalar uchun **- 5584**

MUNDARIJA

Б.Х.Хужаёров, А.И.Усмонов, Ф.Б.Холлиев *Анализ переноса вещества в пористой среде на основе диффузионного уравнения с много-членными дробными производными по времени*.....	2-8
Жуманов И.И., Сафаров Р.А. *Идентификации микрообъектов на основе использования текстурных и геометрических особенностей изображений*.....	9-18
Tashmatova R.V., Ruziyev I.X., Bebitova K.E. *Kimyo darslarida didaktik o'yinlardan foydalanish haqida mulohazalar*.....	19-23
Жуманов И.И., Холмонов С.М. *Оптимизация прогнозирования нестационарных объектов в условиях большой параметрической неопределенности*	24-33
Safarov T.N. *Uch o'lchovli affin fazosidagi geometriyalar*.....	34-39
Хасанов Т.Г. *Интегрирование нагруженного уравнения кортевега-де фриза с источником в случае движущихся собственных значений в классе быстроубывающих функций*.....	40-50
Nazarov F.M., Eshtemirov B.Sh., Saydullayev Q.Sh. *Microscopic and macroscopic flow models of traffic management*.....	51-58
Tursunov F., Dong Qiu *Zol-gel usulida SiO_2 mikrosferik zarrachalarning sintezi*.....	59-62
Турсунов Ф.Р., Рузикулов Ф.Ф. *Регуляризация задачи коши для линейных эллиптических систем первого порядка с постоянными коэффициентами в ограниченной области*	63-69
Trobov X.T., Atavullayeva Sh.Sh., Karimov X.R., Tursunova G.X., Djurayeva R.A. *Polimer gellarda reagentsiz usulda elektrolitlar aralashmalarini ajratish*.....	70-75
Турдиев Х.Х., Болтаев А.А. *Прямая задача для системы интегро-дифференциальных уравнений в вязкоупругой анизотропной среде*.....	76-84
Begimkulova Sh.A., Mirzayev Sh.E., Hasanov R., Rajabova M., Ivanes A., Nasimov A.M. *Study of adsorption properties OF Mg^{2+} modified Li - Mn spinel*	85-89
Qurbonov Sh.B., Abdiyeva Z.A. *Viloyat ma'muriy markazlarini iqtisodiy geografik o'rganishning ba'zi bir masalalari*.....	90-96
Arziqulov E.U., Urolov Sh.Z., Z. Shaymardanov Sh., Jalolov R.R., Rustamova B.N. *Rux oksidi nanokristallari strukturasi va optik xossalariga yuqori haroratli qizdirishning ta'siri*.....	97-102
Rustamova N., Amriddinova D. *Isolation, identification and optimization of exopolysaccharide-based bioflocculant synthesis by soil bacteria bacillus atrophaeus NR-12*.....	103-109
Ishankulov T., Mannonov M., Mukarramxujayeva N. *Bir jinsli bo'lmagan polianalitik tenglama yechimini birlik doira chegarasining qismidan davom ettirish*.....	110-115
Олимов Х.К., Канокова Ш.З., Шодмонов М.З., Кахорова А.Н. *Анализ распределений поперечных импульсов заряжённых частиц в Pb+Pb Столкновениях при $(s_{nn})^{1/2}$=2.76 ТэВ*.....	116-120
Xudoyberdiyeva I.A. *Navoiy viloyatida chorvachilik tarmoqlarini hududiy tashkil etishning iqtisodiy-geografik jihatlari*	121-125
Qurbonov H., Bozorova O'. *Qayta tiklanish jarayonining kutish joylari soni cheklangan xizmat ko'rsatish sistemalari statsionar navbat uzunliklari taqsimotini o'rganishga tadbiqi*.....	126-131

UDK: 546.47 **https://doi.org/10.59251/2181-1296.2023.v1.1.1883**

RUX OKSIDI NANOKRISTALLARI STRUKTURASI VA OPTIK XOSSALARIGA YUQORI HARORATLI QIZDIRISHNING TA'SIRI

E.U. Arziqulov[4], Sh. Z. Urolov[1,2], Z. Sh. Shaymardanov[1,3], R.R. Jalolov[1,3], B.N. Rustamova[1]
[1]O'R FA Ion- plazma va lazer texnologiyalari instituti,
[2]"TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti,
[3]O'zbekiston Milliy universiteti,
[4] Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti
E-mail: eshkuvata@gmail.com, shz.urolov@gmail.com

Annotasiya. Ushbu ishda kimyoviy cho'ktirish usuli yordamida kremniy plastinkasi sirtida sintez qilingan rux oksidi nanokristallarining strukturasi va optik xossalariga qizdirish haroratining ta'siri zamonaviy tadqiqot usullaridan foydalanib kompleks tarzda o'rganilgan. Rux oksidi nanokristallari mufel pechida 500 ^{o}C haroratda 1 soat qizdirilganda ularning tashqi sirtida diametri ~100 va chuqurligi ~30 nm atrofida bo'lgan konussimon shakldagi chuqurchalar paydo bo'lishi aniqlangan. Yuqori haroratda qizdirish natijasida sintez qilingan ZnO nanokristallarining kristallik darajasi va optik sifati sezilarli darajada pasayishi ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: ZnO nanokristallari, kimyoviy cho'ktirish, fotolyuminessensiya, erkin eksiton, kristallik nuqsonlar.

Влияние высокотемпературного отжига на структуру и оптические свойства нанокристаллов оксида цинка

Аннотация. В данной работе с использованием современных методов исследований всесторонне изучено влияние температуры нагрева на структурно-оптические свойства нанокристаллов оксида цинка, синтезированных на поверхности кремниевых пластин методом химического осаждения. При нагревании нанокристаллов оксида цинка в муфельной печи при температуре 500 °C в течение 1 часа на их внешней поверхности появляются конические ямки диаметром ~100 нм и глубиной ~30 нм. В результате нагревания при высокой температуре было обнаружено, что кристалличность и оптическое качество наноматериала значительно снизились.

Ключевые слова: Нанокристаллы ZnO, химическое осаждение, фотолюминесценция, свободный экситон, кристаллические дефекты.

Influence of high-temperature anneling on the structure and optical properties of zinc oxide nanocrystals

Abstract. In this work, the effect of annealing temperature on the structural and optical properties of zinc oxide nanocrystals synthesized on the surface of silicon plates by chemical deposition method was comprehensively studied using modern research methods. When zinc oxide nanocrystals are annealed in a muffle furnace at a temperature of 500 ^{o}C during 1 hour, conical pits with a diameter of ~100 nm and a depth of ~30 nm appear on their outer surface. As a result of annealing at a high temperature, it was found that the crystallinity and optical quality of the nanomaterial significantly decreased.

Key words: ZnO nanocrystals, chemical bath deposition, photoluminescence, free exciton, crystallic defects.

I.Kirish. Rux oksidi (ZnO) nanokristallari to'g'ri zonali, spektrning ultrabinafsha (UB) sohasidan ko'k sohasigacha bo'lgan diapazonda kuchli intensivlikdagi nurlanish berishi, ko'zga ko'rinuvchi sohada yuqori shaffoflikka va yuqori elektron harakatchanlikka egaligi sabab biotibbiyotda quyosh nuridan inson terisini himoya qiluvchi surtmalarda faol modda, yorug'lik diodlari, organik quyosh elementlari, gaz datchiklari, fotokatalitik elementlar uchun istiqbolli material sifatida qaralmoqda [1, 2]. Ushbu ishda sintez qilingan ZnO n–tipli o'tkazuvchanlikka ega,

taqiqlangan zona kengligi katta (xona temperaturasida 3.37 eV), erkin eksiton bog‘lanish energiyasi yuqori (60 meV) kristall material bo‘lib hisoblanadi [2, 3]. ZnO nanostrukturalarini energiya tejamkor texnologiyalardan foydalangan holda turli tagliklarda turli xil nanoo‘lchamlarda sintez qilish mumkin, bu esa ularni turli qurilmalarda qo‘llash imkoniyatini oshiradi. Hozirgi vaqtda ZnO nanostrukturalarini sintez qilishda past haroratli usullarga katta e’tibor qaratilmoqda va bu usullar yordamida mukammal kristall tuzilishga ega ZnO nanostrukturalarini sintez qilishda katta yutuqlarga erishilganligiga qaramay, sintez qilingan materiallarda turli kirishma va xususiy nuqtaviy nuqsonlar masalasi ma’lum darajada saqlanib qolmoqda. Kirishma nuqsonlari masalasi yuqori tozalikdagi kimyoviy reagentlardan foydalanish orqali hal qilinishi mumkin. Xususiy nuqsonlarni esa sintezdan keyin nanomateriallarga turli usullarda termik ishlov berish orqali bartaraf etilish mumkin. Bu usullar qatorida kimyoviy cho‘ktirish usuli o‘zining oddiyligi va arzonligi bilan ajralib turadi. Tadqiqot namunalari sintezi rux tuzlarining turli spirtlardagi eritmalarida 60–65^{o}C harorat oralig‘ida amalga oshiriladi [3, 4]. Adabiyotlar tahlili, kimyoviy cho‘ktirish usulida sintez qilingan ZnO nanokristallari yuqori haroratda qizdilgandan keyin ularning kristall strukturasida yangi turdagi xususiy nuqtaviy nuqsonlar bilan birgalikda ularning sirt qismida tartibsiz taqsimlangan qora dog‘lar hosil bo‘lishini ko‘rsatadi [5, 6]. ZnO nanokristallarining kristall xususiyatlariga yuqori haroratli qizdirishning ta’sirini zamonaviy tadqiqot usullari yordamida chuqur tahlil qilish dolzarb ilmiy masalalardan hisoblanadi. Ma’lumki, materiallarning sirt holatini o‘rganishda Skanlovchi Elektron Mikroskopiyasi va Atom Kuchi Mikroskopiyasi usullari, kristall sifatini baholashda esa Rentgen difraksion analiz usuli bebaho hisoblanadi va sintez qilingan materiallarning morfologiyasi, sirt topografiyasi va kristall sifati haqida qimmatli ma’lumotlar beradi.

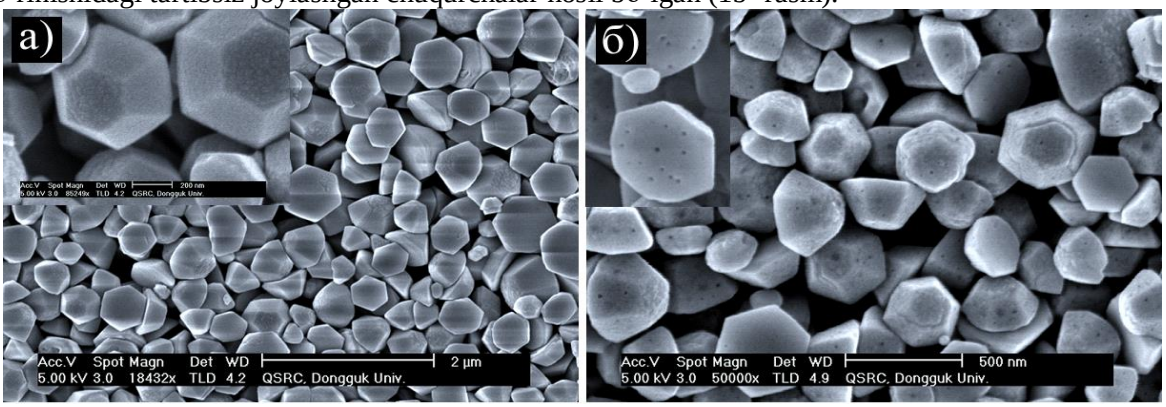
Nanoo‘lchamli materiallarda kuzatiladigan xususiy nuqtaviy nuqsonlarning miqdori va xarakteri haqida ma’lumot olishda fotolyuminessent spektroskopiya usuli alohida ahamiyat kasb etadi. Odatda, ZnO nanostrukturalarining xona temperaturasida kuzatiladigan fotolyuminessensiya (FL) spektrida ~380-390 nm to‘lqin uzunligida oralig‘ida joylashgan maksimum ZnO ning erkin eksitonlari rekombinasiyasi bilan bog‘liq UB nurlanish polosasi hamda spektrning ko‘zga ko‘rinuvchi sohasida xususiy nuqtaviy nuqsonlar nurlanish polosalari bilan bog‘liq [1,5–6]. Xususiy nuqtaviy nuqsonlar bilan bog‘liq nurlanish polosasining maksimumi nanomateriallarni o‘stirish metodiga va o‘stirishdan keyin amalga oshirilgan turli tashqi ta’sirlarga bog‘liq holda, binafsha–ko‘k (395–420 nm), yashil (500–540 nm), sariq–to‘q sariq (560–590 nm) va qizil (625–640 nm) diapazonlarida kuzatilishi mumkin [1,7–8]. Mavjud ilmiy adabiyotlar tahlili ZnO nanostrukturalariga yuqori haroratda termik ishlov berish natijasida yuzaga keluvchi turli kristallik va xususiy nuqtaviy nuqsonlarning tabiati kompleks tarzda o‘rganilmagan dolzarb ilmiy masala ekanligini ko‘rsatadi.

Ushbu ishda past haroratda kremniyli taglik sirtida kimyoviy cho‘ktirish usulida ZnO nanokristallarini sintez qilish, ularning morfologik, kristallik va fotolyuminessent xususiyatlariga yuqori haroratda termik ishlov berishning ta’sirini tadqiq qilish natijalari keltirilgan. Tadqiqotlar ZnO nanokristallari mufel pechida 500 ^{o}C haroratda bir soat qizdirilganida nanokristallarning tashqi sirtida diametri ~100 va chuqurligi esa ~30 nm atrofida bo‘lgan konussimon shaklga ega chuqurchalar paydo bo‘lishi bilan birgalikda ularning FL spektrida maksimumi ~510 nm da joylashgan kislorod vakansiyalari bilan bog‘liq yashil nurlanish polosasi paydo bo‘lishini ko‘rsatdi.

II. Eksperimental qism. ZnO nanokristallarini sintez qilishda tagliklar sifatida toza kremniy plastinkalar (10×10×0,5 mm) dan foydalanildi. Dastlab tagliklar ultratovushli vannada etil spirti, aseton va distillangan suvda navbat bilan tozalandi. Tozalash jarayonidan keyin shisha kolbada 0.6586 g rux-asetat-digidratning ($ZnC_4H_6O_4{\cdot}2H_2O$) metanol (CH_4O) dagi 0,1 M konsentrasiyali eritmasi tayyorlandi. Keyin eritmaga 10 ml miqdorda deionlashtirilgan suv qo‘shilib, 10 minut magnit aralashtirgich yordamida intensiv aralashtirildi. Shisha kolbaning asosiga avvaldan tozalangan tagliklar gorizontal holatda joylashtirildi. Keyin kolba zich qilib yopilib, ichiga suv quyilgan issiqlikka chidamli silindrik idishga joylashtirilib, maxsus pechda 63^{o}S doimiy haroratda 24 soat davomida ZnO nanokristallari sintez qilindi. O‘stirish jarayoni tugagach kolba xona haroratigacha sovitilib, nanokristallar o‘stirilgan tagliklar kolbadan olinib ochiq havoda quritildi. Tadqiqot obyektlarining strukturaviy va fotoyuminessent xususiyatlariga qizdirish haroratining ta’sirini tadqiq qilish maqsadida nanokristallarning bir qismi sintezdan keyin mufel pechida 500^{o}S haroratda bir soat davomida qizdirildi. Sintez qilingan namunalarning morfologik xossalari skanlovchi elektron mikroskop (SEM)

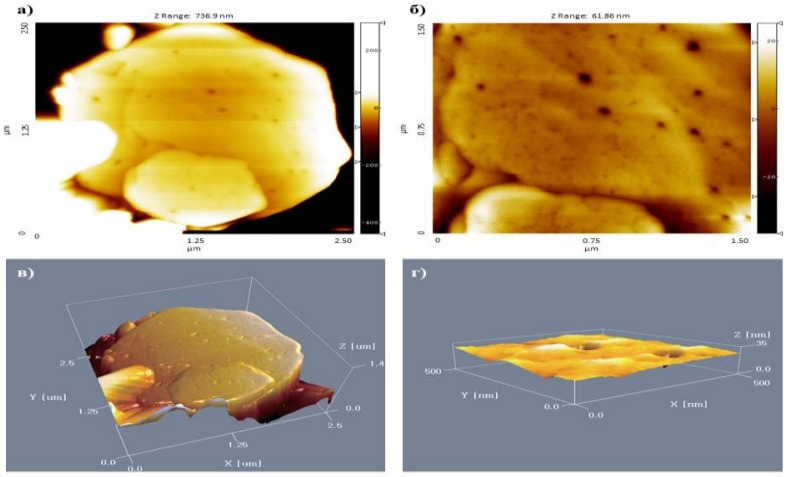
(Philips XL–30) da, Rentgen difraksion analizi natijalari Mini Flex-600 difraktometri yordamida, yuqori haroratda qizdirilgandan keyin nanokristallarning sirt topografiyasi Brucher–Nano N8 NEOS atom kuchi mikroskopi (AKM), elektrofizik va galvanomagnetik parametrlari esa [9] ishda bayon qilingan standart qurilma yordamida tadqiq qilindi. Namunalar fotolyuminessensiyasi yuqori quvvatli azot lazeri (λ = 337 nm, τ ~ 6 ns, P ~15 kW) impulslari yordamida uyg‘otilib, MDR–23 monoxromatori, va impulsli elektr signallarini stroblab integrallovchi BCI–280 modelidagi bokskarintegrator yordamida qayd qilindi.

III. Olingan natijalar va ularning tahlili. Kimyoviy cho‘ktirish usulida kremniyli taglik sirtida sintez qilingan ZnO nanokristallarining SEM da olingan tasvirlari 1–rasmda keltirilgan. Tasvirlardan ko‘rinadiki, nanokristallar oltiburchakli kesik piramida shaklida kristallangan bo‘lib, ularning yon tomonlari va asoslari tekis ko‘rinishda, nanokristallarning o‘lchamlari 300–800 nm atrofida (1a- rasm). Mufel pechida 500 ^{o}C haroratda 1 soat qizdirilganda ZnO nanokristallarining SEM da olingan tasvirlaridan ko‘rinadiki, qizdirishdan keyin nanokristallarning sirtida qora dog‘ ko‘rinishidagi tartibsiz joylashgan chuqurchalar hosil bo‘lgan (1b- rasm).



1- rasm. ZnO nanokristallarining SEM da olingan tasvirlari: a) yangi o‘stirilgan, b) 500 ^{o}C haroratda 1 soat qizdirilgan namuna

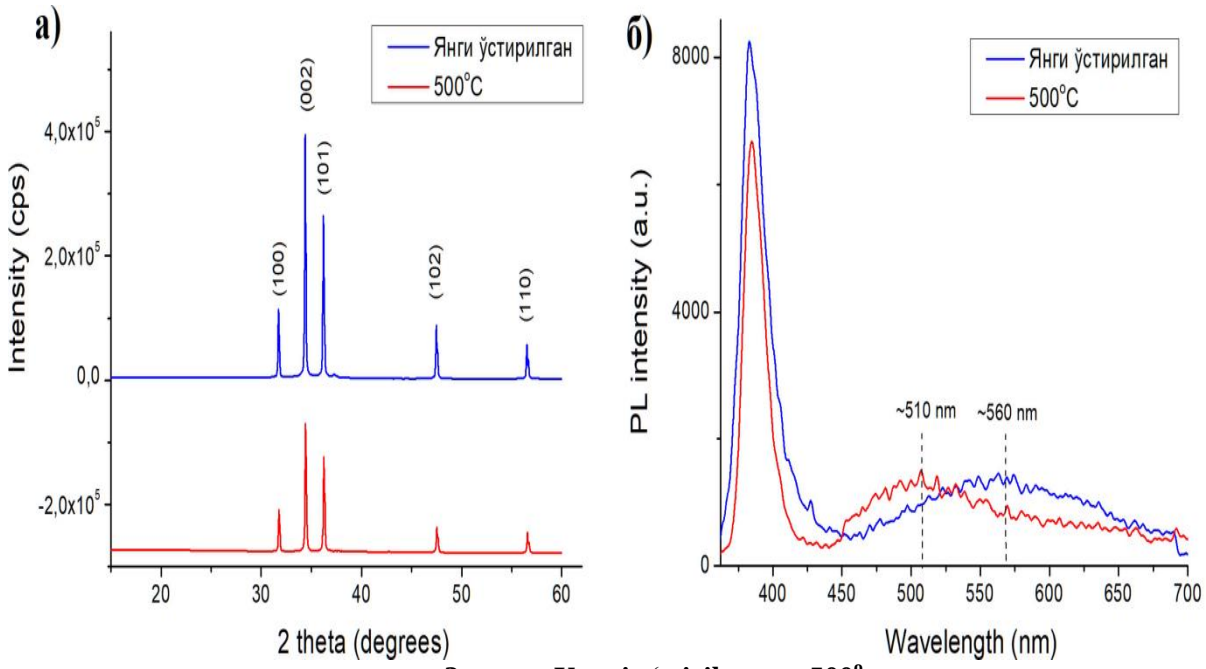
Yuqori haroratda qizdirilgan keyin nanokristallarning o‘lchamlarida sezilarli o‘zgarish yuz berib ular o‘lcham bo‘yicha kuydirilmagan namunalarga nisbatan bir– biriga yaqin bo‘lib qoladilar. Tashqi sirtida hosil bo‘lgan qora dog‘lar haqida to‘liq ma’lumot olish uchun nanokristallarning sirt tuzilishi AKM yordamida tadqiq qilindi. Qizdirishdan keyin paydo bo‘lgan qora dog‘lar konussimon shaklda bo‘lib, ularning o‘rtacha diametlari ~100 va chuqurligi esa ~30 nm atrofida (2- rasm) bo‘lishi aniqlandi. Yuqori haroratda qizdirilgan nanokristallarning SEM da olingan tasvirlardagi qora dog‘lar AKM yordamida olingan topografik tasvirlardagi konussimon chuqurchalarga yuqori aniqlikda mos keladi.



2–rasm. 500 ^{o}C da 1 soat qizdirilgan ZnO nanokristallari tashqi sirtining AKM yordamida olingan ikki o‘lchamli (*a)* va *b)* rasmlar) va uch o‘lchamli (*v)* va *g)* rasmlar) topografiyasi

Tadqiq qilingan obyektlarining rentgenodifraksion analiz spektrlari 3a– rasmda keltirilgan. Spektrlardagi barcha difraksiya maksimumlari kristallografik ma'lumotlar bazasidagi (JCPDS 36-1451) panjara doimiylari bilan mos keladi [10] va spektrlarda boshqa maksimumlar kuzatilmadi. Tadqiqot natijalari yuqori haroratda qizdirilgan nanokristallarning rentgenodifraksion analiz spektridagi mavjud difraksiya maksimumlarining yarimkengligi ortib, ularning intensivligi keskin kamayshini ko'rsatdi (3a–rasm). Bu o'zgarishlar qizdirishdan keyin nanokristallarning kristallik sifati pasayganidan dalolat beradi.

Yangi o'stirilgan ZnO nanokristallarining FL spektrida ikkita: spektrning UB sohasida maksimumi ~384 nm da joylashgan, yuqori intensivlikka ega tor nurlanish polosasi hamda spektrning ko'zga ko'rinuvchi qismida, maksimumi ~560 nm da joylashgan past intensivlikka ega keng nurlanish polosalar kuzatilar ekan (3b–rasm). Ushbu FL spektrida kuzatilgan nurlanish polosalarining intensivliklari nisbati (I_{384}/I_{560}) ~ 6,6 ga teng. Nanokristallar yuqori haroratda qizdirilgandan keyin FL spektridagi UB nurlanish polosasining intensivligi ~20% ga kamayishi, maksimumi ~560 nm da joylashgan nurlanish polosasi butunlay yo'qolib uning o'rniga maksimumi ~510 nm da joylashgan intensivligi past bo'lgan yashil nurlanish kuzatildi (3b–rasm). Bunda FL spektridagi nurlanish polosalarining intensivliklari nisbati (I_{384}/I_{510}) ~ 4,4 ga teng.



3- rasm. Yangi o'stirilgan va 500°

Ilmiy adabiyotlarda nanoo'lchamli materiallarning kristallik sifatini baholashda ularning FL spektridagi UB va spektrning ko'zga ko'rinuvchi sohasida joylashgan nurlanish polosalari intensivliklari maksimumlarining nisbatidan foydalanish mumkinligi keltiriladi [1, 2, 6]. Bu nisbat qanchalik yuqori bo'lsa sintez qilingan namunaning kristallik sifati ham shunchalik yuqori bo'ladi. Shu nuqtai nazardan, yangi o'stirilgan ZnO nanokristallarining kristallik sifatini yuqori deb baholash mumkin. Yuqori haroratda qizdirilgandan namunada bu nisbat sezilarli darajada kamayganligi namunaning kristallik sifatining pasayganligidan dalolat beradi.

ZnO nanostrukturalarining FL xossalariga bag'ishlangan ilmiy adabiyotlar [1, 2, 6] tahlili ko'rsatadiki, ZnO nanostrukturalari FL spektrining UB sohasi (~380-385 nm) dagi nurlanish polosasi ZnO ning erkin eksitonlari rekombinasiyasi yoki elektronlarning zonalar yaqinidagi nurlanishli optik o'tishlar natijasida paydo bo'ladi. Nanokristallarni sintez qilishda yuqori tozalikdagi reagentlardan foydalanilganligini e'tiborga olinsa, yangi o'stirilgan namunalarning FL spektrida maksimumi ~560

to‘lqin uzunligida kuzatilgan nurlanish polosasini ZnO ning xususiy nuqtaviy nuqsonlari bilan bog‘liq deyish mumkin. Ilmiy adabiyotlarda bu nurlanish polosasi kislorod atomlari serob bo‘lgan sharoitda yoki suvli eritmalarda o‘stirilgan ZnO nanostrukturalarining FL spektrlarida kuzatilishi bayon qilingan [1, 2, 6]. Ushbu nurlanishning tabiati sintez jarayonida materialning kristall panjarasida joylashgan ortiqcha kislorod atomlari (O_i) yoki ularning zaryadlangan holatlari bilan bog‘liqligi keltiriladi [1, 6, 7]. First principle calculation (functional density theory (FDT)) metodi asosida aniqlangan natijalarga ko‘ra, O_i ning neytral holatdan bir karra manfiy zaryadlangan holat (O_i^{-1}) ga o‘tishi valent zona maksimumidan 0,46 eV yuqorida joylashadi. Bir karra manfiy zaryadlangan holatdan ikki karra manfiy zaryadlangan holat (O_i^{-2}) ga o‘tishi esa valent zona maksimumidan ~0,9–1,2 eV yuqorida joylashadi [11, 12]. Keltirilgan nazariy hisoblashlar va eksperimental tadqiqot xulosalari asosida UB nur ta’sirida uyg‘otilgan elektron o‘tkazuvchanlik zonasidan O_i^{-2} ga tegishli sathga o‘tishi natijasida FL spektrida maksimumi ~560 to‘lqin uzunligida joylashgan nurlanish polosasi paydo bo‘ladi deb aytish mumkin.

ZnO nanostrukturalarining FL spektrida kuzatiladigan nurlanish polosalari orasida yashil nurlanishning tabiatini aniqlash borasida ko‘plab nazariy va eksperimental tadqiqotlar o‘tkazilgan. [13] tadqiqot ishida nanoo‘lchamli ZnO kukunlarining fotolyuminessent xossalari o‘rganilganda namunalarning FL spektrida maksimumi ~510 nm to‘lqin uzunligida joylashgan yashil nurlanish polosasi kuzatilgan. Mualliflar tadqiqotda olingan natijalar asosida ushbu nurlanish polosasini bir karra musbat zaryadlangan kislorod vakansiyasi (V_O^+) bilan bog‘laganlar. Ushbu tushuntirishga mos tahlillar [14] tadqiqot ishida keltirilgan bo‘lib, ZnO nanostrukturalarining optik xossalari fotolyuminessent spektroskopiya usulida o‘rganilib, elektron paramagnit rezonans (EPR) tahlili natijalari bilan taqqoslangan. Mualliflar EPR spektridagi G~1.96 maksimum va FL spektridagi maksimumi ~506 nm to‘lqin uzunligida joylashgan yashil nurlanish polosasining tabiati bilan bir xil deb xulosa qilishgan. Tadqiqotlarda olingan natijalar asosida yashil nurlanish polosasi kislorod atomlariga boy bo‘lmagan muhitlarda sintez qilingan yoki yuqori haroratlarda qizdirilgan ZnO nanomateriallarining FL spektrida kuzatilishini hamda bu nurlanish polosasi kristall panjaradagi kislorod vakansiyalari (V_O) bilan bog‘liq ekanligi ta’kidlangan [13]. First principle metodi asosida olingan nazariy hisoblashlarga ko‘ra, V_o ning chuqur donor tipidagi sathlari neytral holatdan ikki karra musbat zaryadlangan holat (V_O^{2+}) ga o‘tishi, o‘tkazuvchanlik zonasi minimumidan 0,2–1,2 eV pastda joylashishi keltirilgan [11, 15–17]. Yashil nurlanish polosasining paydo bo‘lish mexanizmi UB nur ta’sirida uyg‘otilgan elektron o‘kazuvchanlik zonasi minimumidan taqiqlangan sohadagi V_O^{2+} sathga o‘tishi orqali tushintiriladi [18]. Yuqorida keltirilgan eksperimental va nazariy hisoblash natijalari asosida yuqori haroratda qizdirilgan ZnO nanokristallarining FL spektridagi maksimumi ~510 nm (2,43 eV) to‘lqin uzunligida joylashgan yashil nurlanish polosasi V_O yoki ularning komplekslari bilan bog‘liq deb aytish mumkin. Kislorod vakansiyalarining paydo bo‘lishi nanokristallarni sintez qilish jarayonida ularning kristall strukturasida hosil bo‘lgan ortiqcha kislorod atomlari bilan bir qatorda bir guruh tugundagi kislorod atomlari ham qizdirish vaqtida kristall panjarani tark etishi hisobidan yuzaga kelgan deyish mumkin.

IV. Xulosalar. Past haroratda kimyoviy cho‘ktirish usulida kremniyli taglik sirtida o‘lchamlari 300-700 nm atrofida bo‘lgan oltiburchakli kesik piramida shaklidagi ZnO nanokristallari sintez qilindi. Sintez qilingan nanokristallar mufel pechida 500^{o}S haroratda 1 soat qizdirilgandan keyin ularning sirt qismida tartibsiz joylashgan diametri ~100 va chuqurligi esa ~30 nm atrofida bo‘lgan konussimon shakldagi chuqurchalar paydo bo‘lishi SEM va AKM o‘lchashlari asosida aniqlandi. Yuqori haroratli qizdirish natijasida nanokristallarning kristallik sifati sezilarli darajada pasayishi aniqlandi. Yangi o‘stirilgan ZnO nanokristallarining FL spektrida maksimumi ~560 nm to‘lqin uzunligida joylashgan, sintez jarayonida kristall panjara tugunlari orasida hosil bo‘lgan ortiqcha

kislorod atomlari bilan bog‘liq nurlanish polosasi kuzatiladi. Nanokristallar 500^{o}S haroratda 1 soat qizdirilgandan keyin ularning kristall strukturasida kislorod vakansiyalari vujudga kelishi va namunaning optik sifatini yomonlashishi fotolminessent spektroskopiya natijalari asosida aniqlandi.

Adabiyotlar

1. Özgür Ü.et al. Journal of Applied Physics 98, 041301 (2005). https://doi.org/10.1063/1.1992666
2. Djurišić A.B., A.M.C. Ng, X.Y. Chen. Progress in Quantum Electronics 34, 191- 259 (2010). https://doi.org/10.1016/j.pquantelec.2010.04.001.
3. Wang H., Ch. Xie, D. Zeng. Journal of Crystal Growth 277, 372- 377 (2005). https://doi:10.1016/j.jcrysgro.2005.01.068.
4. Guo M., Diao P. and Cai S. Journal of Solid State Chemistry 178, 1864-1873 (2005). http://dx.doi.org/10.1016/j.jssc.2005.03.031.
5. Kurbanov S.S., Panin G.N. and Kang T. W. Applied Physics Letters 95, 211902 (2009) https://doi.org/10.1063/1.3264084.
6. Shaymardanov Z.Sh., Rustamova B.N., Jalolov R.R., Urolov Sh.Z. Physica B: Condensed Matter 649. 414444 (2023). https://doi.org/10.1016/j.physb.2022.414444.
7. Kurbanov S., Panin G., Kim T. W. and Kang T. W.. Japanese Journal of Applied Physics 46, No. 7A, 4172- 4174 (2007). http://dx.doi.org/10.1143/JJAP.46.4172.
8. Kurbanov S.S., Urolov Sh.Z., Shaymardanov Z.Sh., Kang T.W. Journal of Luminescence, Vol. 197. pp. 159-163 (2018). https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2018.01.030.
9. Arziqulov E. U., Eshmamatov S.Q., Ne’matov O. S., Turg‘unov O. Z. G‘ovak materiallar elektrofizik, magnetotransport va galvanomagnit xossalarini o‘lchash tajriba qurilmasi//SamDU Ilmiy axborotnomasi, 2018, №5 (111), 56-61 b.
10. Edalati Kh., Shakiba A., Khakia J.V., Zebarjada S.M. Materials Research Bulletin 74 (2016) 374–379. https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2015.11.001.
11. Janotti A., Van de Walle C.G. Physical Review B. 76, 165202 (2007). https://doi.org/10.1103/PhysRevB.76.165202.
12. Xu P.S., Sun Y. M., Shi C. S., Xu F. Q., Pan H. B. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. 199, 286- 290 (2003). https://doi.org/10.1016/S0168-583X(02)01425-8.
13. Vanheusden K. at al. Applied Physics Letters 68, 403- 405 (1996). https://doi.org/10.1063/1.116699.
14. Leiter F.H., Alves H.R., Hofstaetter A., Hofmann D.M., Meyer B.K. Phys. Stat. Sol. (b) 226, No. 1, R4- R5 (2001). http://dx.doi.org/10.1002/1521-3951(200107)226:1%3cR4::AID-PSSB99994%3e3.0.CO;2-F.
15. Erhart P., Albe K., Klein A. Physical Review B. 73, 205203 (2006). http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevB.73.205203.
16. Paudel T.R., Lambrecht W.R. L. Physical Review B. 77, 205202. (2008) http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevB.77.205202.
17. Oba F., Togo A., Tanaka I., Paier J., Kresse G. Physical Review B. 77, 245202 (2008). http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevB.77.245202.
18. Hofmann at al D.M. Applied Physics A - Materials Science & Processing. 88, 147–151 (2007). http://dx.doi.org/10.1007/s00339-007-3956-2.