

ЗАХИРИДДИН
МУҲАММАД БОБУР
НОМИДАГИ АНДИЖОН
ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ANDIJAN STATE
UNIVERSITY NAMED
AFTER ZAKHIRIDDIN
MUKHAMMAD BABUR

ИЛМИЙ ХАБАРНОМА

Физика-математика
тадқиқотлари

SCIENTIFIC BULLETIN

Physical and
Mathematical Research

2023/№2(5)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Физика

E.Z. IMAMOV, R.A. MUMINOV, M.A. ASKAROV, A.E. IMAMOV, X.N. KARIMOV. Properties of lead chalcogenide nanocrystals in nanoheterojunctions <Si:PbX>.....	5
A.P. ТУРАЕВ, К.Т.НОРМУРАТОВ, И.М.СОЛИЕВ Влияние всесторонних гидростатических давлений на свойства Si<Ni>.....	10
Ш.Х. ЙУЛЧИЕВ, Б.ГУЛОМОВ, Н. ЮНУСАЛИЕВ Алюминий атомлари киритилган ZnO пленкаларининг оптик ва электрофизик хоссалари.....	15
H.J. MANSUROV. X.A. MAXMUDOV, M. PACULOBA ZnO пленкасининг оптик хоссалари.....	19
O.O. OLIMOV, I.I. ANARBOYEV Granulalangan Si asosida olingan poli-Si ning mikrotuzilmasi va elektrofizik xossalari.....	22
A.A. АБДУМАЛИКОВ О РАСПАДЕ ^{166}Tu	26

Техника

P.A. МУМИНОВ, М.Н. ТУРСУНОВ, Х. САБИРОВ, Т.З. АХТАМОВ Передвижная фотоэлектрическая установка для использования жителями сельских домохозяйств.....	34
S.Z.ZAINABIDINOV, A.Y. BOBOEV, B.M. ERGASHEV Growth of $(\text{Ge}_2)_{1-x-y}(\text{GaAs})_x(\text{ZnSe})_y$ Epitaxial Films on Si Substrates by Liquid-Phase Epitaxy.....	41
A.A. MIRZAALIMOV Uch tomonlama yoritilgan quyosh elementlari fotoelektrik parametrlariga haroratning ta'siri.....	46

Математика

SH.G. KASIMOV, L.A. RUZMETOVA , N.M. KOMILOV Miller–rossa ma'nosidagi kasr tartibli hosila va poligarmonik operator qatnashgan ayrim xususiy hosilali differensial tenglama uchun silindrik sohadagi boshlang'ich–chegaraviy masala.....	53
B.T. IBROXIMOV, S.O.G'ULOMOV Yarim tekislikda tutish masalasi.....	59
M.Y.ХОДЖАБЕКОВ, З.С.ЮЛДОШОВА Тебранишлардан ҳимояланувчи стерженни математик моделлаштириш	62
M.K. МАХКАМОВ, С.С. АХМАДЖОНОВ Применение метода характеристик для решения задачи об элементарном участке газопровода при истечении газа из его конца в окружающую среду.....	66

Информатика

МИРЗАЕВА М.М., МАХКАМОВ М.К., ТАЖИБАЕВ Ғ.О., МАМАЖАНОВ А.О. Боғдорчилик ва деҳқончилик маълумотларини рақамлаштириш масаласини ҳал этиш технологияси.....	74
---	----

УДК: 538.911. 935. 958. 975

ZnO пленкасининг оптик хоссалари.

Х.Ж.Мансуров¹, Х.А.Махмудов¹, М.Б.Расулова²

¹ З.М.Бобур номидаги Андижон давлат университети, Ўзбекистон, 170100, Андижон шаҳар, Университет кўчаси 129

² Андижон машинасозлик институти

2023 йил. 25 октябрда берилган; 2023. йил 19 ноябрда чоп этиш учун қабул қилинган

Аннотация. Мазкур ишда ZnO юпқа қатламларини олиниш технологиялари, бошқа материаллардан афзаллик томонлари, физик-кимёвий хусусиятлари ўрганилган. n-ZnO пленкасини олиш учун золь-гель технологиясининг спрей-пиролиз усули ҳамда галлий атомлари киритилган водород атмосферасида оксидланиш – тикланиш (қайталаниш) реакцияси билан олиниш усулари ҳақида маълумот келтирилган. Рух оксидининг оптик хоссалари асосида олинган намуналарни электрон қурилмаларда қўлланилиши бўйича илмий таклиф ва тавсиялар ўз ифодасини топган.

Калит сўзлар. ZnO пленкаси, Золь-гель, фотолюминесценция, спрей-пиролиз, n-ZnO/p-Si гетеротузилмаси.

Annotation. In this work, we studied the technology for obtaining thin layers of ZnO, its advantages over other materials, and its physicochemical properties. Information about the spray pyrolysis method of sol-gel technology for the production of n-ZnO films, as well as methods for obtaining a redox (reduction) reaction in a hydrogen atmosphere with the introduction of gallium atoms. Scientific proposals and recommendations on the use of samples based on the optical properties of zinc oxide in electronic devices are reflected.

Key words. ZnO film, Zol-gel, photoluminescence, spray pyrolysis, n-ZnO / p-Si heterostructure.

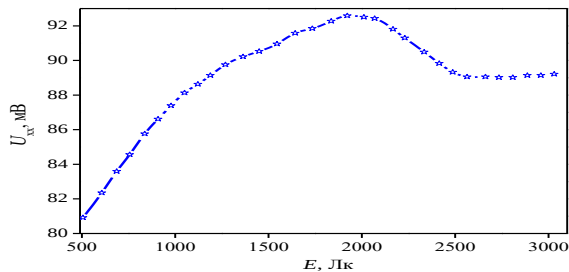
Бугунги кунда, ултрабинафша (УБ) фото қабуллагичлар тижорат ва ҳарбий мақсадларда, жумладан, ёнғин алангасини қайд қилиш, сувни тозалаш, қимматбаҳо қоғозлар ва валюталарни санокдан ўтказиш, азон қатламини текшириш, ракеталарга сигналлар бериш тизимлари ва бошқа илмий тадқиқот ва ишлаб чиқариш соҳаларда кенг қўлланилмоқда [1, 1972–1976-б.]. Гарчи бундай турдаги фото қабуллагичлар кўплаб саноат ва тижорат йўналишларида мақсадли қўлланилиш имкониятлари катта бўлишига қарамасдан, улар (GaN (~ 3,45 эВ) ва SiC (~ 3,26 эВ)) нинг тан нархларини юқори эканлиги, шунингдек, бошқа оммавий қўлланиладиган яримўтказгич материал, Si билан яхши рақобатдош бўла олмаслиги кўплаб электрон қурилмалар – қайд қилгичлар, ўлчагич, қабуллагичларни кўп миқдорда ишлаб чиқариш ҳамда самарали фойдалинишига тўсқинлик қилиб келмоқда [2, 1680–1682-б].

Жаҳоннинг кўплаб олимлари бундай моддаларга рақобатбардош бўла оладиган ZnO (~ 3,24 эВ) қатламларини олиш устида илмий-тадқиқот ишларини олиб бормоқдалар. Рух оксиди (ZnO) нанокристаллари тўғри зонали, спектрнинг ултрабинафша (УБ) соҳасидан кўк соҳасигача бўлган диапазонда кучли интенсивликдаги нурланиш бериши, кўзга

кўринувчи соҳада юқори шаффофликка ва юқори электрон ҳаракатчанликка эгалиги сабаб биотиббидеда қуёш нуридан инсон терисини ҳимоя қилувчи суртмаларда фаол модда, ёруғлик диодлари, органик қуёш элементлари, газ датчиклари, фотокаталитик элементлар учун истиқболли материал сифатида қаралмоқда.[3]

n-ZnO/p-Si гетеротузилмаси фотоэлектрик хоссаларини ўрганилганда, яъни намуна сирти 2000 Лх гача ёритилганда валент соҳасидаги электронлар кўп сонли фотонлар билан ўзаро таъсир натижасида ўтказувчанлик соҳасига ўтиши, ва бу эса ўз навбатида салт кучланишнинг қийматини ортишига олиб келади. Шу сабабли, ёритилганликнинг кичик қийматларида номувозанат ток ташувчилар концентрацияси $n \sim n_0 \cdot I^\alpha$ қонун бўйича ўзгаради дейиш мумкин. Бу ерда, α - коэффициент, I - фотонлар сони, n_0 - ток ташувчиларнинг мувозанат концентрацияси. Тадқиқот давомида ёритилганликнинг қиймати $E_c = 2000$ Лк га етказилганда салт кучланиш максимал қийматни қабул қилди. Бу қийматдан кейин салт кучланишини камайиши кузатилди. Бу фотонларнинг валент электронлари билан ўзаро таъсири табиатининг ўзгариши билан боғлиқ бўлиб, унга кўра энергетик тўсиқнинг ортиши натижасида квант-механик хосса юзага кела

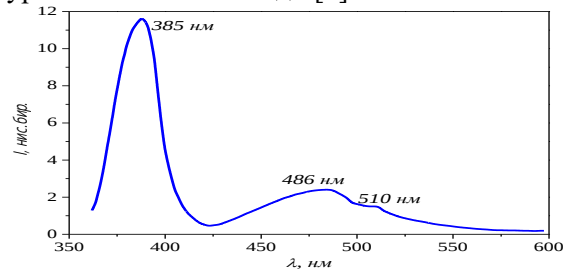
бошлайди. Салт кучланиш ёритилганликнинг $E_c = 2500$ Лк қийматигача камайиб бориб, сўнгра салт кучланиш қиймати ўзгармай қолади (3.1.2-расм). Шундай қилиб, ёритилганликнинг кичик қийматларида салт кучланиш ёруғлик оқимиға мутаносиб равишда ортади. Бирок, ёруғлик оқимининг янада ортиши билан мутаносиблик бузилади. Бу эса n -соҳада фотоэлектронларнинг заряди ва p -соҳада фотоковакларнинг камайганлиги билан изоҳланади.



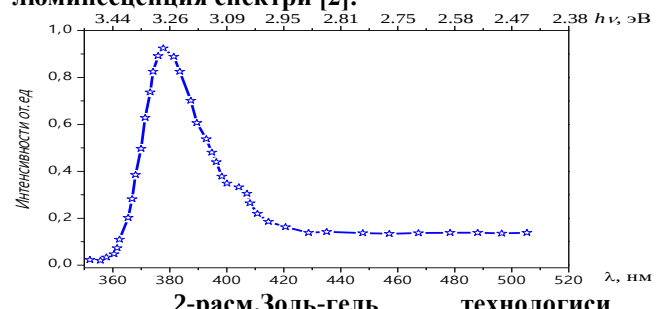
3.2.2-расм. n -ZnO/ p -Si гетеротузилмасининг ёруғлик характеристикаси [73, 475-479-66.]

Шуни таъкидлаб ўтиш керакки, ZnO қатламлари турли хил усуллар билан олинишига қарамасдан, улар асосидаги барча намуналар оптик нурлар ёки электронлар оқими билан ғалаёнлантириш натижасида ҳосил бўлган спектрал фотолюминесценцияси ўзига хос икки соҳа: биринчиси яшил рангли нурланиш спектрига тегишли ($\lambda \sim 500$ нм, $\Delta\lambda \sim 100$ нм) кенг соҳа; иккинчиси тўғридан тўғри электронларнинг рекомбинацияси туфайли ҳосил бўладиган УБ нурланиш спектрига мос келувчи ($\lambda \sim 380$ нм, $\Delta\lambda \sim 15$ нм) ингичка соҳаларига эга бўлади. Фотолюминесценция спектрининг чўққилари интенсивлиги ва уларнинг ярим кенглигига нисбати рух оксиди тузилмаси таркибидаги нуқсонларга боғлиқ бўлади [1]. Кўзга кўринувчи нурланиш спектридаги кенг соҳанинг кузатилиши, ZnO қатламлари асосидаги намуналар таъқиқланган соҳасидаги хусусий нуқсонлар ва киришмалар туфайли юзага келадиган донор ёки акцептор сатҳлар билан боғлиқ бўлади. 1- расмда рух оксиди монокристаллининг люминесценция спектри келтирилган [2]. Монокристал рух оксиди қатламлари галлий атомлари киритилган водород атмосферасида оксидланиш – тикланиш (қайталаниш) реакцияси билан олинади, жараён таглик учун $500 \div 670$ °C ва қозонча (тигел) учун $720 \div 750$ °C ҳароратда амалга оширилади. Кейинги босқичда $m \geq 40$ дақиқа мобайнида $700 \div 750$ °C ҳарорат оралиғида ҳаво ёки кислород

атмосфераси босими остида галлий атомлари билан легирланган рух оксиди $m \geq 40$ дақиқа мобайнида 550 °C ҳароратда водород атмосферасида ушлаб турилади. УБ соҳасига тегишли бўлган спектрал люминесценция эркин экситонларнинг рекомбинациясига, узун тўлқинлар соҳасига тегишли бўлгани эса электрон-ковак жуфтларининг рекомбинацион нурланишига асосланади [1].



1-расм. Оксидланиш– тикланиш реакцияси билан олинган рух оксиди монокристаллининг люминесценция спектри [2].



2-расм.Золь-гель технологиси билан олинган n -(ZnO) пленкасининг фотолюминесценция спектри

Маълумки, рух оксиди тузилмасида киришмалар киритиш ёки кристалл панжаранинг ички нуқсонлари билан боғлиқ бўлган турли нуқтавий нуқсонлар, шунингдек, ташқи таъсирлар туфайли шаклланаётган рекомбинацион марказлар кўзга кўринувчи нурланишни ютилиш спектрига тегишли бўлган соҳанинг пайдо бўлишига олиб келади. Кислород атомлари етишмай қолган ваканциялар, шунингдек, бошқа турдаги нуқсонлар таъсирида рух оксиди тузилмалари фотолюминесценция спектрида $450 \div 550$ нм тўлқин узунлигидаги нурланиш спектрининг яшил рангли соҳаси нисбатан кўпроқ кузатилади [3]. Рух оксидининг оптик хоссаларига улар асосида олинган намуналарнинг (моно ёки поли) мукамаллик даражаси, яъни кристаллик тузилишида нуқтавий нуқсонлар ва микрокучланишларни юзага келиши кучли таъсир этади.

n -ZnO пленкасини олиш учун золь-гель технологиясининг спрей-пиролиз усулидан фойдаланилди. Тайёрланган шиша тагликларга 2500 айл/мин тезликда ҳавода 20 сония давомида центрафугалаш қилинганлиги орқали

эритма томизилиб турилади. Олинган пленка 15 дақиқа давомида 120° С да қурилади. Хўллаш ва қуритиш жараёни керакли қалинликдаги пленка олиш учун 10 мартагача такрорланади. Қолдиқ органик моддаларни олиб ташлаш ва ZnO пленкаларининг кристалл тузилишини олиш учун қатламларни хўллаш ва қуритишдан сўнг, улар 550° С ҳароратда 30 дақиқа давомида қиздирилди.

Ўстирилган n-ZnO/p-Si гетеротузилмасининг Фотолюминесценция ҳона ҳароратида, тескари сочилиш геометриясида LabRam HR800 спектрометри ёрдамида олинди. Моддани қўзғатиш учун иккиланган частотали Ag₂ лазери ишлатилди (қўзғатиш чизиғи 244 нм, қўзғатиш зичлиги 10²¹ фотон/с·см², намуна сиртига тушаётган нурланиш қуввати ~ 2.5 мВт). Лазер нури фокуслаш учун 40 марта катталаштирувчи объективдан фойдаланилди, намунага тушган лазер нури диаметри 3 – 4 мкм ни ташкил этади. Ўрганилди. Фотолюминесценция ўстирилган қатламга йўналтирилган $\lambda_{\text{л}} = 325$ нм тўлқин узунлигидаги лазер нурланиши билан ғалаёнлатилди ва қайтувчи импульс СДЛ-7 қайд қилгичи билан қабул қилиб олинди.

2-расмдаги золь-гель усулида олинган n-ZnO/p-Si гетеротузилмасининг фотолюминесценция спектри келтирилган. Унда ёруғлик нури тўлқин узунлигининг $\lambda_{\text{мах}} = 377$ нм да спектр максимал қийматни қабул қилиб, бу чўққи ZnO нинг таъқиқланган соҳа кенлиги 3,26 га тўғри келади [4]. Бундан ташқари n-ZnO/p-Si гетероўтишнинг фотолюминесценция спектрида 400-410 нм ораликдаги янги дўнгликнинг пайдо бўлишини кўришимиз мумкин. Бу эса кўп қатламли юпка пардаларни қатламли ўстириш жараёнида таглик билан юпка қатлам панжара параметрларини мос келмаслиги ҳисобига нуқсонларни сиртга кўчиши сабабли юпка қатлам юзасида пайдо бўлган гумбазсимон нанообъектларни ҳосил бўлганлиги билан изоҳланади [5]. Бундай нанообъектларнинг юпка қатлам сиртида шаклланиши ҳажмий нуқсонларининг камайишига ва монокристални мукамаллик даражасини ортишига олиб келади. Бундан ташқари n-ZnO/p-Si гетероўтишнинг фотолюминесценция спектри оптик диапазони кенгайди. n-ZnO/p-Si гетеротузилмасининг ҳона ҳароратидаги фотолюминесценция спектрида бошқа турдаги нуқсонларга мос келадиган эмиссияланувчи чўққиларининг кузатилмаганлиги (масалан, ZnO пленкасида ~ 550 нм кислород туфайли

ҳосил бўладиган чизиқнинг эмиссияси) гетероўтишнинг фотолюминесценция спектри кузатилишида бундай нуқсонларни улушлари кичик қийматда эканлигини ва бу эса юпка парда оптик хоссаларини яхшиланишни таъминлайди. Яъни бундай моддани, айниқса ~ 377 нм тўлқин узунликли оптик диапазонда ултрабинафша нурларини чиқарувчи ёки қабул қилувчи қурилма сифатида фойдаланиш имконини беради.

Адабиётлар.

1. Пат.2202010 Российская Федерация, МПК⁷ C01G0 09/02. Способ получения монокристаллического оксида цинка с быстрым излучением в ультрафиолетовой области спектра / М. Р. Рабаданов, Р.А. Рабаданов; заявитель и патентообладатель Дагестанский государственный университет. - № 2001131694/12; заявл. 23.11.2001; опубл. 10.04.2003, Бюл. № 10.
2. Бураков В.С. Морфология и оптические свойства наноструктур оксида цинка, синтезированных методами термического и электроразрядного распыления / Журнал технической физики. – 2011. – Т. 81. – Вып. 2.
3. Özgür Ü. et al. Journal of Applied Physics 98, 041301 (2005). <https://doi.org/10.1063/1.1992666>
4. Bellingham J. R. Intrinsic performance limits in transparent conducting oxides. / Journal of Materials Science Letters. – 1992. № 11. – P. 263-265.
5. А.П. Тарасов. Люминесценция микроструктур оксида цинка и влияние на нее поверхностного плазмонного резонанса и магнитного поля. Дисс.канд.физ.-мат.наук. Москва: МФТИ, 2019.
6. Х.А. Махмудов. ZnO юпка пардасининг тузилмавий хоссалари. Физиканинг ривожига фундаментал-инновацион тадқиқотлар ва унинг истикболлари // Республика илмий-амалий конференцияси материаллари. –Тошкент -2021 йил, 14-октябрь

Мансуров Хотамжон Андижон давлат университети доценти, физика –математика фанлари номзоди

Махмудов Хушрўйбек Абдулазизович Андижон давлат университети Физика-математика факултети ўқув ишлари бўйича декан ўринбосари

Расулова Мархабо Ботиржон кизи Андижон машинасозлик институти 1-босқич таянч докторанти