

KREMNIYGA LEGIRLANGAN RUX OKSIDINING FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARINI TADQIQ QILISH.

¹Xojiyev Sherali Teshaeovich, ¹Kosimov Isroil Odinaevich, ²Xoliqov O‘tkir Xoliyarovich, ³Berdiev Usmon Farmonovich, ⁴Yunusov Arslonbek Axmedovich

¹ O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi akad. O.S. Sodiqov nomidagi Bioorganik kimyo instituti, Toshkent 100125, Mirzo Ulug‘bek ko‘chasi 83.

²Termiz muhandislik-texnika instituti, I. Karimova ko‘chasi 288, Termiz 190100. ³ O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi akad. U.A. Arifov nomidagi Ion plazma va lazer texnologiyasi instituti, Toshkent 100125, Do‘rmon yo‘li 33.

⁴Qashqadaryo viloyati, Shahrisabz tumani, 30-son maktab.

¹ isroil.kosimov.76@mail.ru. Tel (93)596-84-58

Annotasiya: Hozirgi vaqtda turli elementlarning oksidlarini o‘rganish sanoat, fan va texnikada rivojida alohida muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy ilm-fanda rux oksididan katalizatorlar va keng taqiqlangan zonali yarimo‘tkazgichli materiallarni ishlab chiqarish sohalari uchun keng qo‘llaniladi. ZnO oksidini “SHIMADZU” XRD-6100 diffraktometrda rentgenofazali analiz usuli yordamida o‘rganilgan. ZnO ning tarkibidagi ayrim nuqson elementlarining harorat ta‘siri va fazaviy holatlarinig o‘zgarishi ko‘rib chiqilgan. Olingan natijalar ikki xil usulda tahlil qilinib, natijaviy farqlari solishtirilgan.

Kalit so‘zlar: diffraktogramma, Miller indeksleri, amorflik, kristallik, harorat ta‘siri, miqdoriy fazali tahlil, yarimo‘tkazgich, plyonka, poroshok.

ЛЕГИРОВАНИЕ КРЕМНИЯ С ОКСИДОМ ЦИНКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕЁ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

¹Хожиев Шерали Тешаевич, ¹Косимов Исроил Одинаевич, ²Холиков Уткир Холиярович, ³Бердиев Усмон Фармонович, ⁴Юнусов Арслонбек Ахмедович

¹Институт биоорганической химии им. акад. А.С. Садыкова АН РУз, ул. Мирзо Улугбека, 83, 100125, Ташкент, Узбекистан.

²Термезский Инженерно-технический Институт, ул. И. Каримова, 288, 190100, Термез, Узбекистан.

³Институт Ионно-плазменная и лазерных технологий им.акад. У.А. Арифова АН РУз, г.Ташкент.

⁴ Школа № 30, Шахрисабзский район, Кашкадарьинская область.

¹ isroil.kosimov.76@mail.ru. Tel (93)596-84-58

Аннотация: В настоящее время изучение оксидов различных элементов приобретает особое значение в промышленности и в науке-технике. В современной науке оксид цинка широко используется для получения катализаторов и широкозонных полупроводниковых материалов. Оксид ZnO изучался методом рентгенофазового анализа на диффрактометре «SHIMADZU» XRD-6100. Учитывалось влияние температуры и изменение фазовых состояний некоторых примесных элементов в ZnO. Полученные результаты анализировались и сравнивались двумя различными способами.

Ключевые слова: диффрактограмма, индексы Миллера, аморфность, кристалличность, температурное воздействие, количественный фазовый анализ, полупроводник, пленка, порошок.

ALLOYING SILICON WITH ZINC OXIDE AND INVESTIGATION OF ITS PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES

¹Khozhiev Sherali Teshaeovich, ¹Kosimov Isroil Odinaevich, ²Kholikov Utkir Kholiyarovich, ³Berdiev Usmon Farmonovich, ⁴Yunusov Arslonbek Akhmedovich

¹Institute of Bioorganic Chemistry named after. acad. A.S. Sadykova Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, st. Mirzo Ulugbek, 83, 100125, Tashkent, Uzbekistan.

²Termez Engineering and Technical Institute, st. I. Karimova, 288, 190100, Termez, Uzbekistan.

³Institute of Ion Plasma and Laser Technologies named after Acad. U.A. Arifova
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent.

⁴School №30, Shakhrisabz district, Kashkadarya region.

Annotation: At present, the study of oxides of various elements is of particular importance in industry and in science and technology. In modern science, zinc oxide is widely used to produce catalysts and wide-gap semiconductor materials. ZnO oxide was studied by X-ray phase analysis on a SHIMADZU XRD-6100 diffractometer. The effect of temperature and the change in the phase states of some impurity elements in ZnO were taken into account. The results obtained were analyzed and compared in two different ways.

Key words: diffraction pattern, Miller indices, amorphous, crystallinity, temperature effect, quantitative phase analysis, semiconductor, film, powder.

Введение

ZnO также может быть получен с разнообразной структурой частиц [1], что определяет его использование в новых материалах и потенциальное применение в широком спектре областей техники [2]. Поэтому разработка метода синтеза кристаллического оксида цинка [3], который можно было бы использовать в промышленных масштабах [4, 5], стала предметом растущего интереса как в науке, так и в промышленности.

За последние десять лет авторы [6] стали свидетелями возрождения и последующего быстрого расширения исследований оксида цинка (ZnO) как полупроводника [7-8]. Первоначально рассматривавшийся как подложка для GaN и родственных сплавов [9], доступность высококачественных крупных объемных монокристаллов [10], сильная люминесценция [11], демонстрируемая в лазерах с оптической накачкой [12], и перспективы получения контроля над его электропроводностью побудили большое количество групп обратиться к исследованию их электронных и фотонных свойств в устройствах на основе ZnO как такового [13]. Высокая подвижность электронов [14], высокая теплопроводность [15], широкая и

прямая запрещенная зона, и большая энергия связи экситонов [16] делают ZnO подходящим для широкого спектра устройств [17], включая прозрачные тонкопленочные транзисторы [18], фотодетекторы [19], светодиоды и лазерные диоды [20], работающие в синем диапазоне и ультрафиолетовой области спектра.

Дифракция нейтронов и электронов очень похожа на дифракцию фотонов, поэтому достаточно рассмотреть применение дифракции фотонов для изучения структуры кристаллической решетки [21]. Дифракция рентгеновских лучей является важнейшим и непосредственным доказательством их волновой природы. Вместе с тем она дала возможность исследовать структуру кристаллов. Кристалл — это трехмерная дифракционная решетка, в которой рентгеновские лучи рассеиваются электронами атомов. Чтобы определить направления, в которых происходит усиление вторичных (рассеянных) волн, необходимо произвести сложение элементарных волн, идущих от всех рассеивающих центров [22]. Одним из методов, позволяющих качественно и количественно определить различные поликристаллические фазы и их смеси в образце субстанции, является метод рентгеновской порошковой диффрактометрии.

Исходя из выше изложенного материала стало известно, что фазовые свойства оксида цинка почти не изучено. В данной работе оксид цинка, измеренный на рентгенофазовом дифрактометре, анализировался двумя разными способами.

Основные результаты и их обсуждение

Рентгенофазовый анализ порошка был выполнен с помощью рентгеновского диффрактометра XRD-6100 (Shimadzu, Japan). Для получения диффрактограмм было использовано излучение $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 1.540600 \text{ \AA}$).



Рис.1. Порошковый рентгеновский диффрактометр XRD-6100.

Оксид цинка применяется для производства полупроводниковых варисторов, которые используются в современных ограничителях перенапряжений (ОПН) взамен морально устаревших газонаполненных разрядников. Кроме того, порошок оксида цинка — перспективный материал в качестве рабочей среды для порошковых лазеров. На основе оксида цинка создан светодиод голубого цвета. Тонкие плёнки и иные наноструктуры на основе оксида цинка могут применяться как чувствительные газовые и биологические сенсоры. Также оксид цинка входит в состав теплопроводных паст, например, пасты КПТ-8. В настоящей работе нами было использовано метод рентгеновской порошковой диффрактометрии рис.1. для получения информации о структуре образца оксида цинка. Исследован материал оксида цинка в виде порошка, методом порошковой диффрактометрии получена спектральная зависимость образца. Как видно из рисунка 2а и 2б. образец представляет собой большинство аморфную составляющую с соответствующими пиками таблица 1.

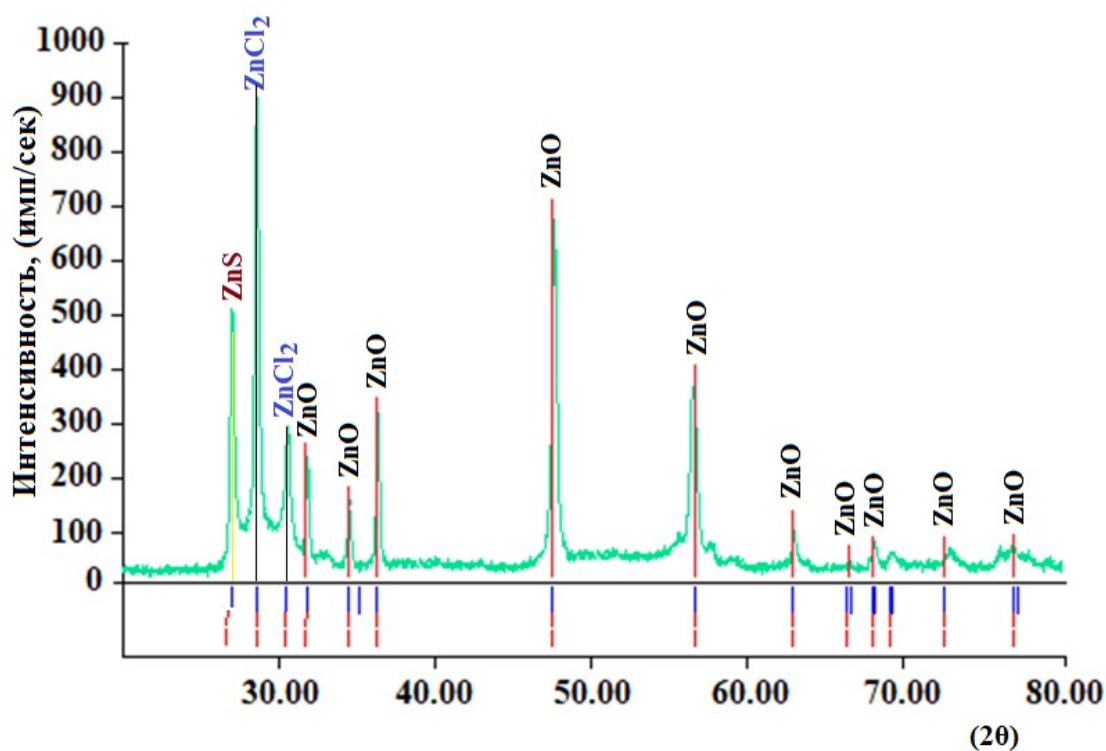


Рис.2.а) Спектральная зависимость исходного ZnO, а также фазовый состав данного образца и индексы Миллера.

На рисунке 1 видно, что исходный образец ZnO_2 содержит пики примесей ZnS и ZnCl_2 , а после нагрева данного образца при температуре 800°C пики этих примесей ZnS и ZnCl_2 исчезают, это можно увидит на рисунке 2б. Из рентгенофазового анализа видно, что аморфность увеличивается с увеличением угла, то есть наблюдается в диапазоне $2\theta=60^\circ$ - 80° . При этом интенсивность пиков снижается в несколько раз.

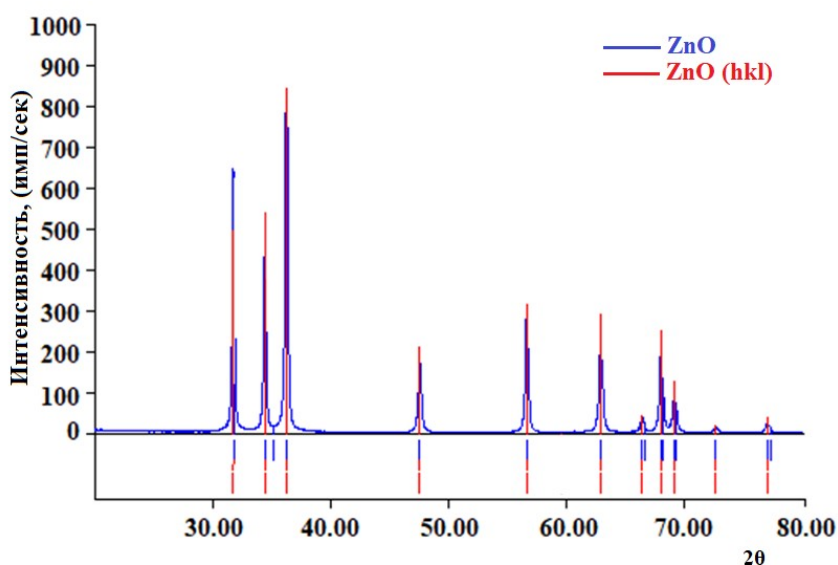


Рис.2.б) Спектральная зависимость ZnO после отжига при температуре 800°C, а также фазовый состав данного образца и индексы Миллера, определенные методом с помощью метода Search Match! с Ритвельдовским уточнением.

На рис. 2б видно, что с ростом температуры пики сужаются и некоторые пики исчезают, что характеризуется температурным летучивым примесных ZnS ZnCl₂ элементов и одновременно увеличением кристалличности.

Таблица 1. Кристаллическая и аморфная фаза кристалла ZnO после отжига при температуре 800°C .

Таблица 1.

до отжига	после отжига
кристалличность/ аморфность, (%)	кристалличность/ аморфность, (%)
15.65/84.35	64.87/35.13

Из таблицы видно, что кристаллизация оксида цинка увеличивается в 4 раза при нагревании до 800 °C по сравнению с комнатной температурой. Благодаря этому наноразмерные порошки при нагревании начинают агломерироваться.

Как показывает количественный фазовый анализ оксид цинка в основном состоит из цинка, а также в составе образца встречается такие элементы как, ZnS, ZnCl₂ и другие комплекс образующие элементы периодической системы Менделеева. Эти данные демонстрируют возможности метода порошкового диффрактометра для исследования различных материалов в виде порошка и в пленке. На рис.3. приведена спектральная зависимость образца кремний, легированный с оксидом цинка, а также индексы Миллера и межплоскостное расстояния d для различных плоскостей.

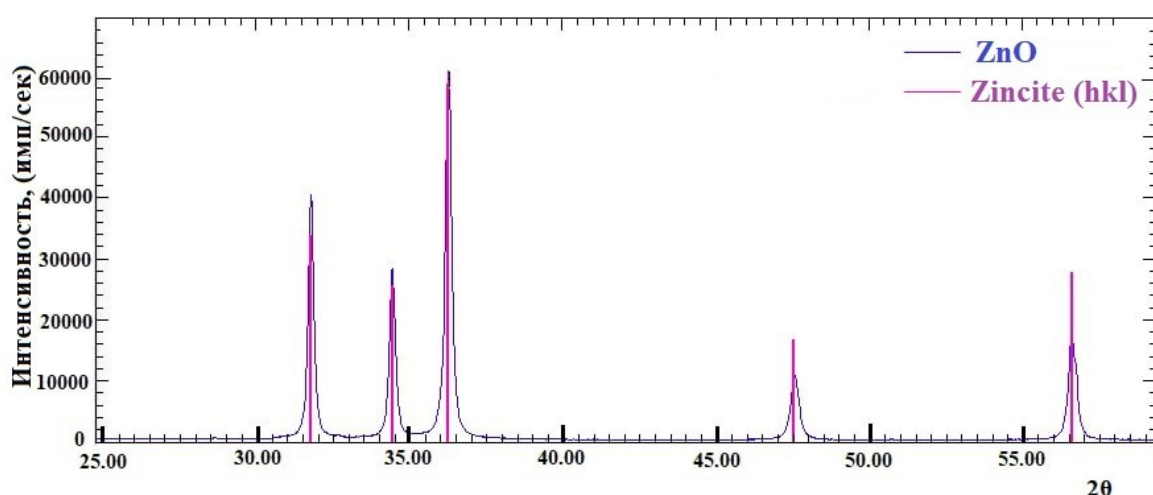


Рис.3. Диффрактограмма ZnO после расшифровки с помощью Ритвельдского уточнения методом PROFEX анализа.

На рисунке 3 представлена диффрактограмма обработанная методом «Профикс» для образца ZnO, а также определенные физико-химические параметры. Для сравнения на рисунке 2б приведено диффрактограмма для образца ZnO определенная методом «Search Match-3». Из диффрактограмм, представленных на рисунках 2б и 3, видно, что на рисунке 3 по сравнению с рисунком 2б интенсивность пиков ZnO четко разделена. Это связано с тем, что при сравнении результатов анализа, обработанных с помощью этих двух методов, результаты анализа, полученные методом «Профлекс», имеют гораздо более высокую точность по сравнению с результатами, полученными методом «Поиск Матча-3», и имеют большое значение в определении физико-химических параметров различных материалов.

Таблица 2.

Материал	Индекс Миллера (hkl)	Угол падения, (2θ)	Межплоскостная расстояния (nm)	Интенсивность, (имп/сек)	Интенсивность, (%)
ZnO	110	31.7669	0.2815	33595.3783	53.78
	002	34.4195	0.2603	25451.4638	40.74
	111	36.2517	0.2476	62471.0000	100
	112	47.5367	0.1911	16581.9407	26.54
	210	56.5924	0.1625	27326.7040	44.22

В таблице 2 приведены данные для образца ZnO, полученные после обработки методом PROFEX анализа, а также после расшифровки с помощью Ритвельдского уточнения. Эти данные подтверждает результаты приведенные на рис.2б.

При легировании кремния оксидом цинка, получается полупроводник с хорошими параметрами пригодного для использования в полупроводниковой микро и нанотехнологии. Как показывает полученный нами спектры порошкового диффрактометра на поверхности образца в основном образуется SiZnO_3 , это приведено на рисунке 3. Интенсивности этих пиков наблюдаются в спектральной области от 0 до 30 градус. Это позволяет сделать вывод о том, что получаемый нами образец является оксидным полупроводником.

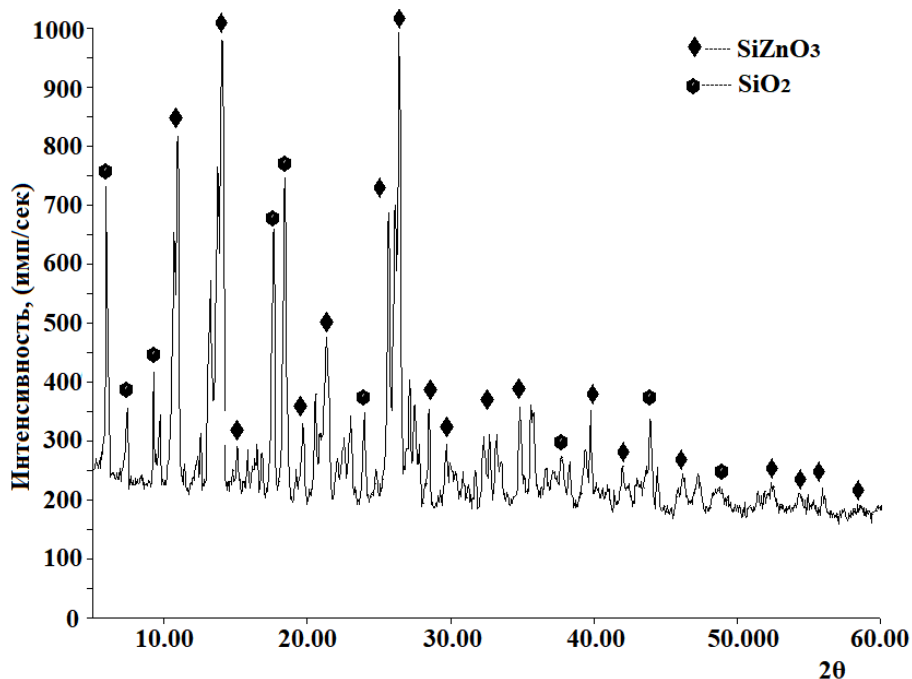


Рис.3. Образец кремний легированный с оксидом цинка ZnO_3 приведены индексы Миллера и межплоскостное расстояния d для различных плоскостей.

Заключение

Экспериментально обнаружены различные пики в спектре рентгенофазового анализа (XRD) образцов кремний, легированный с оксидом

цинка ZnO. На основе данных (XRD) образцов кремния легированного с оксидом цинка ZnO, полученных для образцов с различными режимами получения порошка определены индексы Миллера и параметры решетки. Полученные экспериментальные данные хорошо согласуется с данными полученными другими методами. А также определено процентная доля кристаллической и аморфной части данного образца, которая приведена на таб.1. Как показывает полученный нами спектры порошкового диффрактометра на поверхности образца в основном образуется SiZnO_3 , это приведено на рисунке 3. Интенсивности этих пиков наблюдаются в спектральной области от 0 до 30 градус. Это позволяет сделать вывод о том, что получаемый нами образец является оксидным полупроводником.

Литература

1. Babayevska N. et al. ZnO size and shape effect on antibacterial activity and cytotoxicity profile //Scientific Reports. – 2022. – Т. 12. – №. 1. – С. 8148
2. Nourmohammadi A. et al. Graphene oxide sheets involved in vertically aligned zinc oxide nanowires for visible light photoinactivation of bacteria //Journal of alloys and compounds. – 2014. – Т. 612. – С. 380-385.
3. Fang K. M. et al. Gelatin-assisted hydrothermal synthesis of single crystalline zinc oxide nanostars and their photocatalytic properties //Journal of colloid and interface science. – 2013. – Т. 402. – С. 68-74.
4. Rajendra R. et al. Use of zinc oxide nano particles for production of antimicrobial textiles //International Journal of Engineering, Science and Technology. – 2010. – Т. 2. – №. 1. – С. 202-208.
5. Fletcher E. A. Solarthermal and solar quasi-electrolytic processing and separations: Zinc from zinc oxide as an example //Industrial & engineering chemistry research. – 1999. – Т. 38. – №. 6. – С. 2275-2282.
6. Janotti A., Van de Walle C. G. Fundamentals of zinc oxide as a semiconductor //Reports on progress in physics. – 2009. – Т. 72. – №. 12. – С. 126501

7. Xu J. et al. Surface engineering of ZnO nanostructures for semiconductor-sensitized solar cells //Advanced Materials. – 2014. – Т. 26. – №. 31. – С. 5337-5367.
8. Rasmidi R., Duinong M., Chee F. P. Radiation damage effects on zinc oxide (ZnO) based semiconductor devices—a review //Radiation Physics and Chemistry. – 2021. – Т. 184. – С. 109455.
9. Liu J., Fernández-Serra M. V., Allen P. B. Special quasicrystalline structures: Role of short-range order in the semiconductor alloy (GaN)_{1-x}(ZnO)_x //Physical Review B. – 2016. – Т. 93. – №. 5. – С. 054207.
10. Ohshima E. et al. Growth of the 2-in-size bulk ZnO single crystals by the hydrothermal method //Journal of Crystal Growth. – 2004. – Т. 260. – №. 1-2. – С. 166-170.
11. Shi H. Q. et al. Synthesis of silane surface modified ZnO quantum dots with ultrastable, strong and tunable luminescence //Chemical Communications. – 2011. – Т. 47. – №. 43. – С. 11921-11923.
12. Bagnall D. M. et al. Optically pumped lasing of ZnO at room temperature //Applied physics letters. – 1997. – Т. 70. – №. 17. – С. 2230-2232
13. Sumra A. A. et al. Biological synthesis of nanostructured ZnO as a solar-light driven photocatalyst and antimicrobial agent //Ceramics International. – 2022. – Т. 48. – №. 10. – С. 14652-14661
14. Verma Y. K. et al. Surface potential based analysis of MgZnO/ZnO high electron mobility transistors //2018 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS). – IEEE, 2018. – С. 1-4
15. Mu Q., Feng S., Diao G. Thermal conductivity of silicone rubber filled with ZnO //Polymer composites. – 2007. – Т. 28. – №. 2. – С. 125-130.
16. Атабаев Б.Г., Гаипов С., Хожиев Ш.Т./ Исследование дефектообразования в LiF на Si(111) при облучении медленными электронами.// Поверхность.2002.№ 4.С.56-59.
17. Тан С.Т. и др. Синий сдвиг оптической запрещенной зоны в тонких пленках ZnO, выращенных методом газофазного осаждения

металлорганических соединений //Журнал прикладной физики. – 2005. – Т. 98. – №. 1

18. Fortunato E. et al. Wide-bandgap high-mobility ZnO thin-film transistors produced at room temperature //Applied Physics Letters. – 2004. – Т. 85. – №. 13. – С. 2541-2543.

19. Liu K., Sakurai M., Aono M. ZnO-based ultraviolet photodetectors //Sensors. – 2010. – Т. 10. – №. 9. – С. 8604-8634

20. Pearton S. J., Ren F. p-type doping of ZnO films and growth of ternary ZnMgO and ZnCdO: application to light emitting diodes and laser diodes //International materials reviews. – 2014. – Т. 59. – №. 2. – С. 61-83.

21. Г.С.Жданов, А.С.Илюшин, С.В.Никитина //Дифракционный и резонансный структурный анализ. // Москва «Наука». 1980.

22. А.А. Скоморохов, Л.В. Михнев, Е.А. Бондаренко, О.М. Чапура, С.М. Карачевцев, Е.Н. Фролов, И.В. Макаров// Универсальный усилитель малых сигналов для исследования фотоэлектрических явлений в широкозонных материалах и структурах на их основе //. Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2016. № 1(52). С. 14-20.