

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОКСИДА ЦИНКА

Э.А. Ёлчиева¹, И.О. Косимов², Ш.Т. Хожиев³, У.Х. Холиков⁴,
Б.У. Бобомуродов⁵

¹Старший научный сотрудник в Научно- Исследовательском Институте Овощеводства
преподаватель Бакинского Государственного Университета

²Институт биоорганической химии имени О.С. Садыкова, Академии Наук Республики
Узбекистан, г. Ташкент, Узбекистан

³Ташкентский государственный медицинский университет, г. Ташкент, улица Фаробия, 2

⁴Термезский государственный университет инженерных и сельскохозяйственных
технологий, ул. И. Каримовой, Термез, 288а

⁵Термезский государственный университет, г. Термез, ул. «Баркамол авлод, 43»

Аннотация

В настоящей работе были исследованы фазовые, оптические и структурные свойства порошкового образца ZnO в зависимости от изменения температуры отжига. Для этого были использованы следующие основные методы, такие как метод Сканирующая электронная микроскопия, Комбинационного рассеяние света КР (Раманская спектроскопия), УФ-видимой спектроскопии и метод порошковой диффрактометрии-XRD соответственно. С применением программного обеспечения Search Match!3 определяли степени аморфности и кристалличности. Полученная высокая интенсивность рамановского рассеяния подтвердила высокочастотную фононную моду гексагонального вюрцита ZnO. Методом сканирующей электронной микроскопии получили структурные картинки образца.

Ключевые слова: гетероструктуры, фононная мода колебаний, комбинационное рассеяние света, вюрцит, аморфность, датчики.

Введение

Физические и химические свойства оксида цинка (ZnO) делают его жизнеспособным и чрезвычайно привлекательным соединением для использования в различных нанотехнологических приложениях [1-3]. Некоторые из этих приложений включают биомедицину, энергетику, датчики и оптику [4-5]. В дополнение к своим уникальным химическим свойствам он также имеет простую технологию выращивания кристаллов и предлагает значительно более низкие затраты на производство по сравнению с другими

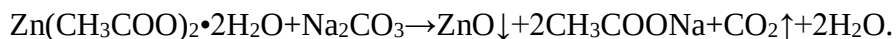
полупроводниками, используемыми в нанотехнологиях и во многих областях [10]. В связи с этим, нами была проведена идентификация этих фазовых состояний для порошкового образца при различных температурах отжига от 200⁰С -до 700⁰С. Результаты настоящей работы, а также предыдущих наших работ [6-7], были получены благодаря тому, что метод КРС (рамановской спектроскопии) позволяет и обеспечивает реализацию качественного и количественного анализа поверхности и объема исследуемого образца, анализа структур пленочных покрытий, регистрацию дефектов и напряжений в анализируемых структурах, контроля фазового состояния исследуемых структур, в том числе идентификацию аморфной и кристаллической фазы.

1. Методика эксперимента

В настоящей работе было предпринято попытка препятствовать к нежелательным эффектам с помощью температурного отжига облученных в трех различных температурах порошкового образца ZnO. Для этого были использованы следующие основные методы, метод Комбинационного рассеяния света (КРС) Раманская спектроскопия и метод порошковой диффрактометрии-XRD, соответственно. Сканирующая электронная микроскопия JSM-IT210 (SEM) был использован для изучения морфологии образцов ZnO. Состав и морфологии анализировали с помощью СЭМ и ЭДС спектроскопии.

Методика получение образца

Наночастицы оксида цинка получали методом осаждения из раствора. Синтез протекает по следующей схеме:



0.1 М раствор Zn (CH₃COO)₂ добавили к 5% раствору поливинилового спирта на магнитной мешалке 30 минут, потом добавили 0,1М раствор Na₂CO₃, продолжали перемешать 15 минут при комнатной температуре. Полученный осадок центрифугировали со скоростью 3500 об/минут и промывали деионизированной водой. Высушивали при комнатной температуре.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

В этой работе морфологические, оптические, электрические и структурные свойства в зависимости от изменения температуры отжига от 200⁰С до 700⁰С были исследованы с использованием метода Раманской спектроскопии, и порошковой диффрактометрии-XRD соответственно.

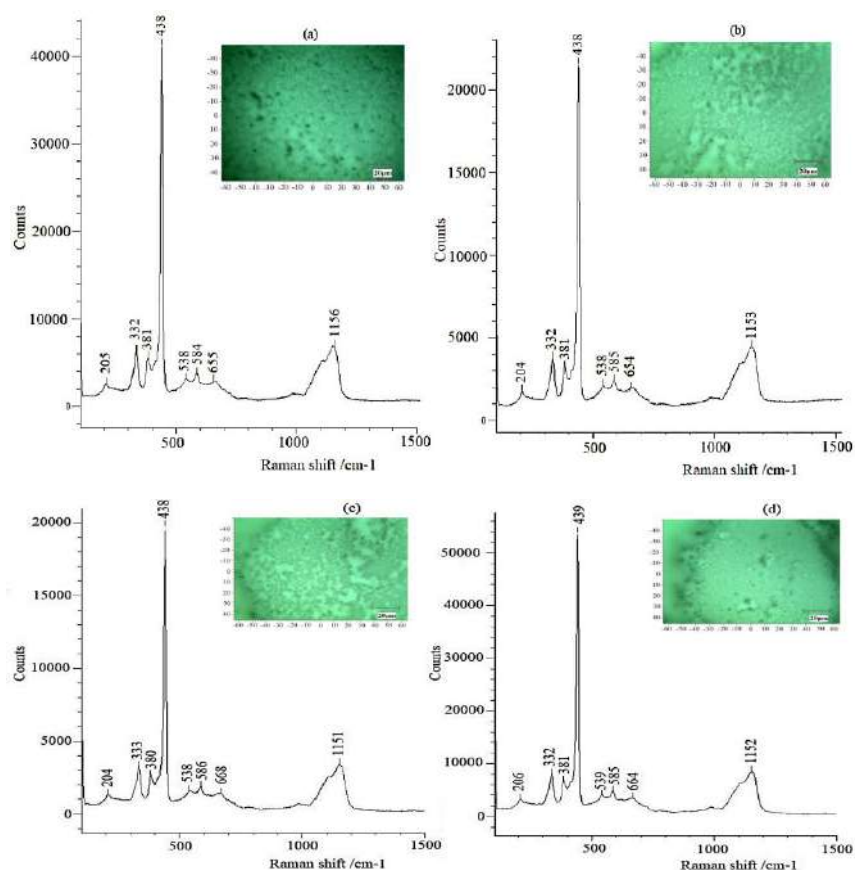


Рис.1. а) б). Спектр комбинационного рассеяния образца ZnO, при различных температурах отжига. Исходный образец (а) ZnO, (б) $T=200^{\circ}\text{C}$, (с) $T=500^{\circ}\text{C}$, (д) $T=700^{\circ}\text{C}$

На Рисунках 1-(а,б) представлены спектры КРС наноструктур, а также изображение участка поверхностей исследуемого образца ZnO. Как видно из приведенных данных для исходного образца интенсивность пика 438 см^{-1} 42000, последующий отжиг при температуре 200°C приводит к уменьшению интенсивности данного пика до 24000, а при температуре 500°C 20000, это говорит о том, что с ростом температуры до 500°C интенсивность уменьшается. При температуре отжига 700°C интенсивность этого пика резко увеличивается до 56000. Для облегчения понимания, мы разделили спектры на две части, от 200 до 510 см^{-1} и от 530 до 1300 см^{-1} , как показано на рис. 1- (с,д). Пики ZnO при 331, 383 и 436 см^{-1} отчетливо наблюдались. Несколько пиков, соответственно при 584, 660, 1101 и 1154 см^{-1} были также обнаружены в области больших волновых чисел. Пики при 352 и 654 см^{-1} — A1. мод симметрии, пик при 438 см^{-1} приписывается к неполярным оптическим фононам ZnO с высокой модой E_2 , а пик при 381 см^{-1} соответствует симметрии A_1 к частотам поперечно оптических (ТО) фоновых мод. Пики на 585 и 1154 см^{-1} — симметрия E_1 соответствует к продольно оптическим модам LO и 2LO, соответственно. Кроме того, интенсивности всех наблюдаемых колебательных мод уменьшаются с увеличением температуры отжига до 500°C ,

а затем при температуре отжига 700⁰С снова увеличивается. В результате этого происходит уменьшение размера наноструктур. Кроме, того их формы линий становятся асимметричными.

На рис.3. приведены типичные примеры СЭМ– изображений поверхности нанопорошков ZnO. Наночастицы оксида цинка получали методом осаждения из раствора образцов.

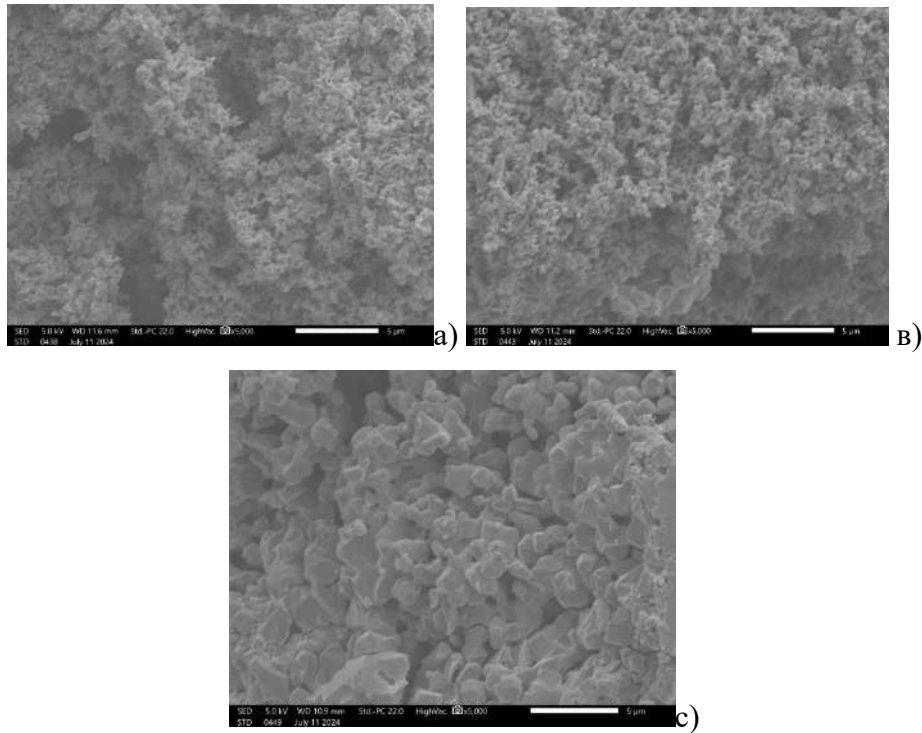


Рис.3. Изображения ZnO, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа (SEM): (а) ненагретый, (b) нагретый до 700 °С и (с) нагретый до 1100 °С.

Из рис. 3 видно, что после температурного отжига размеры зерен в образце ZnO имеет разброс от единиц до нескольких десятков микрометров (см. рис.3, а, b, с). Как было сказано выше состав анализировали с помощью энергодисперсионной (EDS) спектроскопии.

Атомные соотношения Zn и O в нанопорошках были измерены с помощью EDS, и основные результаты, обобщены в таблице 1. Совершенно очевидно, что существует дефицит кислорода для всех проб.

Таблица.1.

Display name	Standard data	Quantification method	Result Type
Spc_001	Standardless	ZAF	Metal
Element	Line	Mass%	Atom%
C	K	2.01±0.03	8.88±0.13
O	K	4.40±0.04	14.63±0.12
Al	K	0.30±0.01	0.59±0.02
Zn	K	93.29±0.26	75.90±0.21
Total		100.00	100.00
Spc_001			Fitting ratio 0.0045

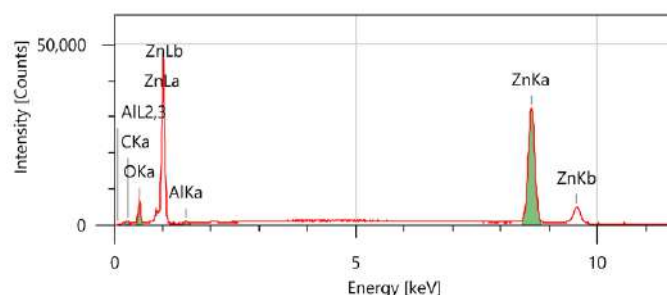


Рис.4. Энергодисперсионные спектры образцов, полученные в результате анализа SEM-EDS ясно показывают, что образец, приготовленный указанным выше путем имеет чистые фазы ZnO.

Кроме того, нами были ещё обнаружены рис.4. наличие углерода и алюминия в составе нанопорошка оксида цинка. Несмотря на это как показывает результаты SEM-EDS анализа образец, приготовленный указанным выше путем, имеет чистые фазы ZnO. Рентгеновский анализ показал, что образцы ZnO имеют гексагональную структуру вюрцита ZnO с пиками в 2θ -положениях $31,7^\circ$, $34,4^\circ$, $36,2^\circ$, $47,5^\circ$, $56,6^\circ$ и $62,8^\circ$, принадлежащими плоскости (100), (002), (101), (012), (110) и (013) соответственно рис.5.

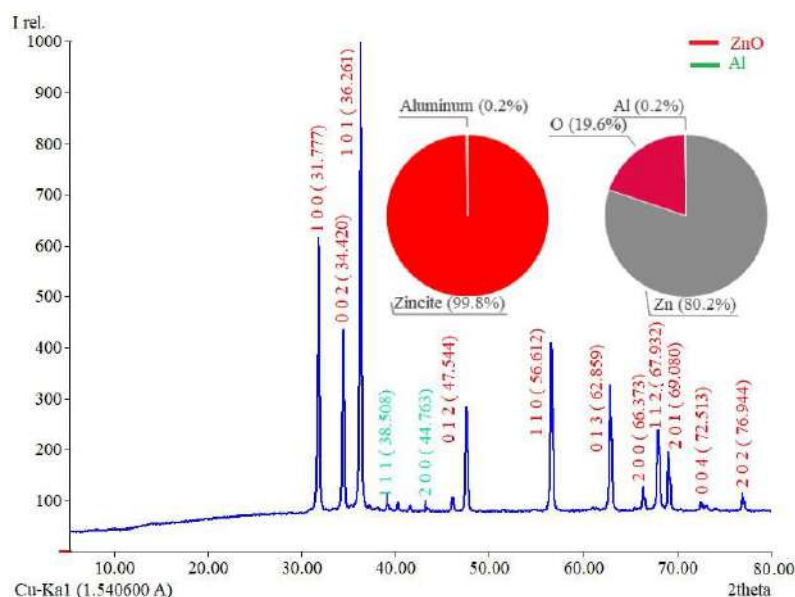


Рис.5. Рентгеновский фазовый анализ образца ZnO, индексы Миллера и параметры решетки.

А также были проведены фазовые количественные и качественные анализы нанопорошков ZnO. Обнаружено, что с ростом температуры отжига кристалличность образца ZnO незначительно возрастает.

Выводы

Таким образом, спектры комбинационного рассеяния нанопорошков ZnO показали, что сила электрон-фононного взаимодействия увеличивается с увеличением размера нанокристаллов при нагреве их до 700°C . Сильный пик E_2^H (высокочастотные фононы) при 438 см^{-1} демонстрирует отпечаток гексагональной структуры вюрцита ZnO с хорошей

кристалличностью. Колебание тяжелой подрешетки Zn и колебание кислорода связаны с этой неполярной модой. Подтверждено, что нанокompозитные гетероструктуры, полученные простым химическим методом, применимы для создания оптоэлектронных устройств.

Список литературы

- [1] Steglich, M.; Bingel, A.; Jia, G.; Falk, F. Atomic layer deposited ZnO: Al for nanostructured silicon heterojunction solar cells. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 2012, 103, 62–68. [CrossRef]
- [2] H. Cao, Y.G. Zhao, S.T. Ho, E.W. Seelig, Q.H. Wang, R.P.H. Chang, *Phys. Rev. Lett.* 82 (1999) 2278.
- [3] Исследование спектров фотолюминесценции образцов селенида цинка методом Рамановской спектроскопии // *Universum: Технические науки : электрон. научн. журн.* Хожиев Ш.Т., Ротштейн В.М., Ашуров Р.Х., Ганиев А.А. 2020. № 4(73).
- [4] Исследование кремния легированного ионами бора спектроскопией комбинационного рассеяния (Raman spectroscopy) // *Высшая школа. Научно-практический. Журнал.* Хожиев Ш.Т., Ротштейн В.М., Пак С.С. № 3, 2020.