

**СИНТЕЗ И СВОЙСТВА СТРУКТУР ОКСИДА ЦИНКА,
ПОЛУЧЕННЫХ ПИРОЛИЗОМ В ЗОНЕ ГОРЕНИЯ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ**

И.Н.ОЛАРУ, В.И. ГУЦАН, М.Г. РАДЧЕНКО,

Бэлцкий государственный университет им. Алеку Руссо, Республика Молдова

Abstract: *The purpose of this paper is to obtain zinc oxide thin films with high homogeneity by combining advantages belonging to synthesis method by ultrasonic spray pyrolysis with conditions of deposition in plasma obtained by high voltage electrical discharge. Factors which influence the quality of films were identified: support temperature, distance between support and unloading area and chamber pressure.*

Keywords: *zinc oxide, films, synthesis, nanostructured, ultrasonic spray pyrolysis, zinc nitrate solution, temperature.*

Введение

Значительный интерес к оксиду цинка, который является прямым полупроводником n-типа класса A2B6, обусловлен как его параметрами, например, большой шириной запрещенной зоны $\sim 3,3$ эВ при температуре 300 К [1], оптической прозрачностью, хорошими пьезоэлектрическими и люминесцентными свойствами, так и простотой синтеза. Набор уникальных физико-химических свойств позволяет использовать оксид цинка во многих приложениях оптоэлектроники: в ультраФИОловых низкорьерных лазерах, полупроводниковых источниках света, солнечных батареях, жидкокристаллических дисплеях, полевых эмиттерах и т.д. Одним из методов, определяющих возможность получения качественных структур ZnO с заданными свойствами, является спрей-пиролиз в электроразрядной плазме. Среди прочих известны такие методы: парохимического транспорта и осаждения [2], молекулярно-пучковой эпитаксии [3], газофазного осаждения [4], химического смачивания [5], лазерной абляции и осаждения [6], спрей-пиролиза [7, 8] и др.

Значительное число публикаций за последние годы, посвященных оксиду цинка [9,10], подтверждает актуальность развития новых методов его синтеза, обеспечивающих формирование необходимой структуры. Особое внимание уделяется процессам, в которых возможна модификация свойств получаемых плёнок [11,12]. Согласно экспериментальным данным [13], модификация свойств материалов имеет место в условиях бомбардировки растущей пленки высокоэнергетическими частицами плазмы.

Целью данной работы является исследование возможности синтеза наноструктур и плёнок оксида цинка спрей-пиролизом в электроразрядной плазме и исследование люминесцентных свойств полученных структур.

Экспериментальная часть

Синтез спрей-пиролизом в пламени и в печах, в большинстве своем, ориентирован на получение порошка оксида цинка с частицами разных размеров и форм, а синтез спрей-пиролизом на нагретой поверхности подложки предназначен для получения плёнок и различных упорядоченных иерархических структур.

В литературе отсутствует информация о способах получения различных структур оксида цинка спрей-пиролизом в плазме.

Для реализации метода спрей-пиролиза в плазме использовалась установка, состоящая из ультразвукового диспергатора, устройства для получения непрерывной или импульсной высоковольтной разрядной плазмы и термостабилизированного нагревателя (рис.1).

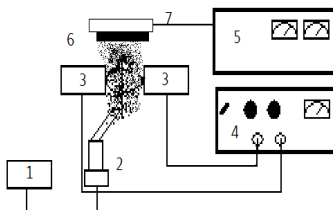


Рис.1. Схема экспериментальной установки для синтеза структур оксида цинка спрей-пиролизом в электроразрядной плазме
1- генератор УЗ F-2,64 МГц; 2- ультразвуковой диспергатор; 3- электроды (цинковые или графитовые); 4 – источник питания для электроразрядной плазмы; 5- термостат; 6 подложка (стекло, кремний); 7 - нагреватель.

Процесс синтеза проходит в свободной атмосфере с использованием раствора нитрата цинка. Термостабилизированное нагревание подложки позволяет получать разные структуры оксида цинка. При синтезе без нагревания подложки и при достаточно больших расстояниях между зоной плазмы и подложкой получаются автоорганизованные наноструктурированные конгломераты (рис.2).

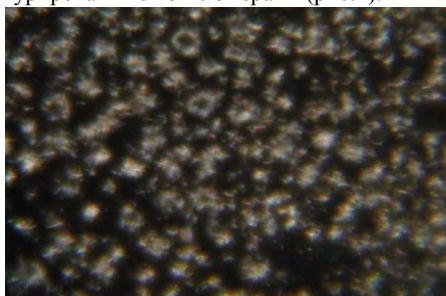


Рис.2. Микрофотография наноструктурированных конгломератов ZnO K-1000x

Изменением концентрации рабочего раствора можно получать нанокристаллы оксида цинка разные формы.

При проведении процесса синтеза с нагреванием подложки в диапазоне температур $(100 \div 250)^\circ\text{C}$ и расстоянии между подложкой и зоной плазмы более 1 см, получаются плёнки с нано- и микроскопическими включениями (рис. 3).



Рис.3. Микрофотография пленки ZnO с микрокристаллическим включениями K-500x



Рис. 4. Микрофотография поликристаллической пленки ZnO K-500x

Синтез со следующими параметрами: температура подложки в пределах температур $(250 \div 500)^\circ\text{C}$; расстояние между подложкой и зоной плазмы менее 1 см, приводит к получению качественных поликристаллических пленок разной толщины (рис. 4).

Подвод диспергированного раствора в зону плазменного разряда реализуется конвекцией воздуха. Синтез качественных структур оксида цинка обеспечивается подбором оптимальной концентрации диспергированного раствора.

Соответствие люминесцентных характеристик полученных структур (рис.5) экспериментальным данным других авторов подтверждает их высокое качество.

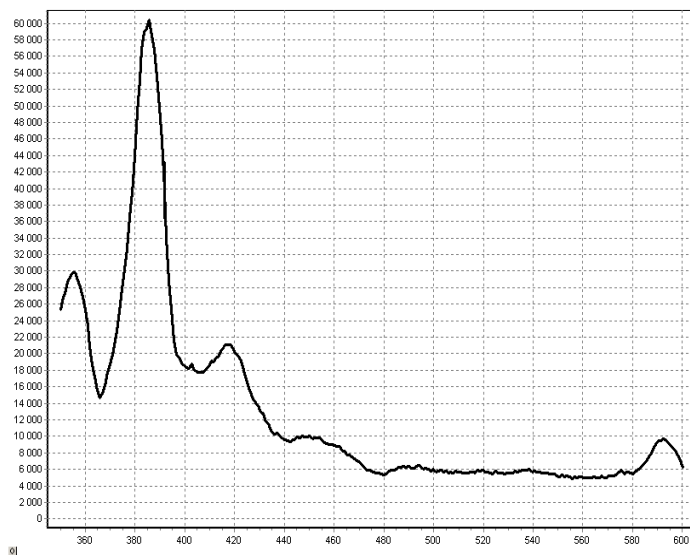


Рис.5. Спектр люминесценции плёнки оксида цинка

Заключение

Результаты исследований показали, что метод синтеза спрей– пиролизом в электро-разрядной плазме позволяют формировать как низкоразмерные структуры, так и плёнки оксида цинка разной толщины и качества без специализированных камер и в обычных атмосферных условиях. Исследованные люминесцентные свойства синтезированных структур подтверждают их высокое качество. Полученные результаты представляют интерес для разработки технологических основ синтеза наноразмерных структур оксида цинка с воспроизводимыми свойствами с целью создания новых эффективных МА-териалов для микроэлектроники.

Список литературы

1. Справочник физических величин. М.: Наука. 2000.
2. Haupt M. a. a. Ultraviolet-emitting ZnO nanowhiskers prepared by a vapor transport process on prestructured surfaces with self-assembled polymers. *J. Appl. Phys.* 2003. V. 93. N 10. P. 6252-6257.
3. Heo Y.M. a. a. Site-specific growth of ZnO nanorods using catalysis-driven molecular-beam epitaxy. *Appl. Phys. Lett.* 2002. V. 81. N 16. P. 3046-3048.
4. Wu J., Liu S. Low-temperature growth of well-aligned ZnO nanorods by chemical vapor deposition. *Adv. Mater.* 2002. V. 14. N 3. P. 215-218.
5. Vayssieres L. Growth of Arrayed Nanorods and Nanowires of ZnO from Aqueous Solutio. *Adv. Mater.* 2003. V. 15. N 5. P. 464-466.
6. Park J., Choi H.-H., Siebein K. & Singh R.K. Two-Step Evaporation Process for Formation of Aligned Zinc Oxide Nanowires. *J. Cryst. Growth.* 2003. V. 258. No.3-4. P. 342-348.
7. Preetam Singh, Ashvani Kumar, Deepak Davinder Kaur. Growth and characterization of ZnO nanocrystalline thin films and nanopowder via low-cost ultrasonic spray pyrolysis. *J. Cryst. Growth.* 2007. V. 306. P. 303–310.
8. Wienke J., Booiij A.S. Spray deposition of oxides at ambient atmosphere. Part 1: Transparent Conductive oxides. *Thyinger Oberflächentage*. September 2006. Oberhof, Germany. P.5.

9. Шеин И.Р., Кийко В.С., Макурин Ю.Н., Горбунова М.А., Ивановский А.Л. Упругие параметры моно- и поликристаллических вюрцитоподобных BeO и ZnO : *ab initio* расчеты. ФТТ. 2007. Т. 49. Вып. 6. С. 1015.
10. Даунов М.И., Арсланов Р.К., Гаджиалиев М.М. и др. Электрофизические и термоэлектрические свойства окиси цинка при атмосферном и гидростатическом давлениях. ФТП. 2006. Т. 40. №11. С. 1289.
11. Абдуев А.Х., Асваров А.Ш., Ахмедов А.К. и др. Газофазный синтез структур ZnO . Письма ЖТФ. 2002. Т.28. Вып. 22. С.59-63.
12. Покропивный В.В., Касумов М.М.. Получение и механизм роста наноструктур из оксида цинка в дуговом разряде Письма ЖТФ. 2007. Т.33. Вып.1. С. 88-94.
13. Helmersson U., Lättemann M., Bohlmark J. a. a. Ionized physical vapor deposition (IPVD): A review of technology and applications. *Thin Solid Films*. 2006. V.513. No1-2. P.1-24.