

Композитные наноматериалы и наноструктуры для энергосберегающих источников излучения

Ю.Д. Третьяков¹, А.Н. Баранов², О.В. Кононенко³, Г.Н. Панин³, П.С. Соколов¹, О.А. Ляпина¹, А.А. Коваленко¹, О.О. Капитанова¹, М.В. Шестаков¹

¹ Факультет наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова, 119992, Москва, Ленинские Горы

² Химический факультет наук МГУ им. М.В. Ломоносова, 119992, Москва, Ленинские Горы

² Институт проблем технологии микроэлектроники РАН, 142432, Черноголовка, Московская обл
e-mail anb@inorg.chem.msu.ru

В ходе выполнения работы были разработаны новые процессы получения нанокристаллических и композиционных материалов на основе оксида цинка с использованием таких методов, как гидротермальный синтез, рост наностержней и нанотетраэдров ZnO из солевых нанокомпозитов, газовой фазы и спиртовых растворов. Изучены механизмы и пути формирования наноструктурированных материалов с контролируемой морфологией и микроструктурой, исследовано влияние параметров синтеза на люминесцентные характе-

ристики. На основе наноструктурированного оксида цинка изготовлены приборные наноструктуры в планарном и вертикальном исполнении, определены их характеристики.

Основной задачей работы являлась разработка новых процессов изготовления новых люминесцентных композиционных материалов, пригодных для использования в качестве активного элемента в источниках света четвертого поколения – полупроводниковых светодиодах, основанных на гетерогенном или гомогенном р-п переходе в композитной наноструктуре.

Очевидно, что в ближайшее время постепенно произойдет замена традиционных источников света твердотельными светодиодами, более экономичными и долговечными.

Оксид цинка со структурой вюртцита (рис. 1) – полупроводник с шириной запрещенной зоны 3.3 эВ. Благодаря большой энергии связи экситона (60 мэВ) оксид цинка имеет широкие перспективы использования в приборах коротковолновой оптоэлектроники. Наноструктуры на основе оксида цинка, состоящие как из индивидуальных, так и из массива наностержней, имеют широкий потенциал для создания новых эффективных источников света, ультрафиолетовых лазеров, элементов памяти, детекторов и светоизлучающих устройств [1-3].

Методология проведения работы включала в себя разработку доступных, экономичных и воспроизводимых методов получения разнообразных по морфологии и размеру люминесцентных наноматериалов на основе оксида цинка (рис. 2), характеризацию их структурных, оптических и электронных свойств (рис. 3) [4-7]. При этом особое внимание уделялось исследованию механизма роста наностержней оксида цинка из солевых смесей [8-9]. Разработанные методы также позволи-

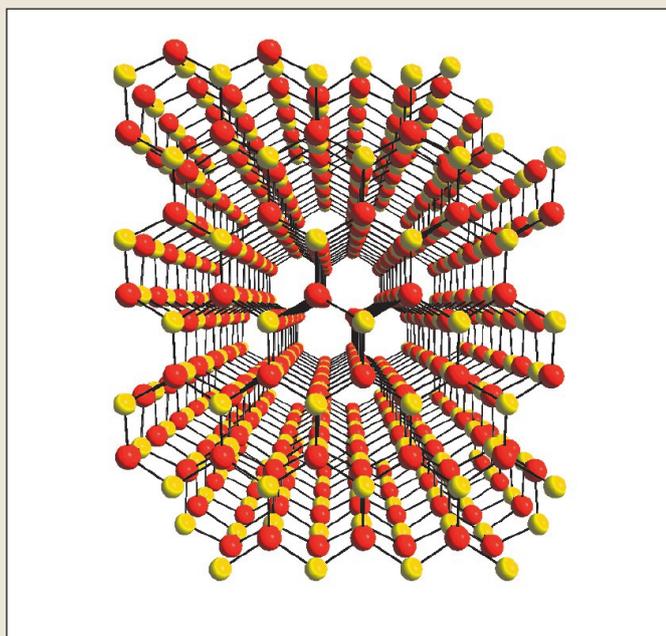
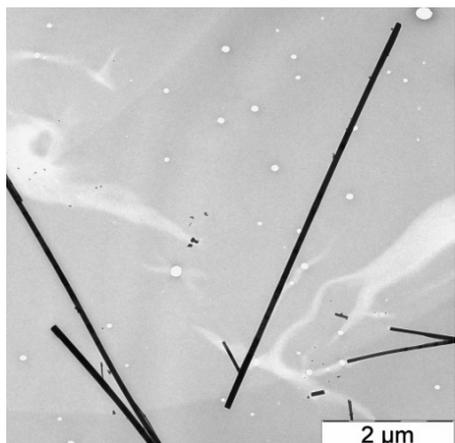
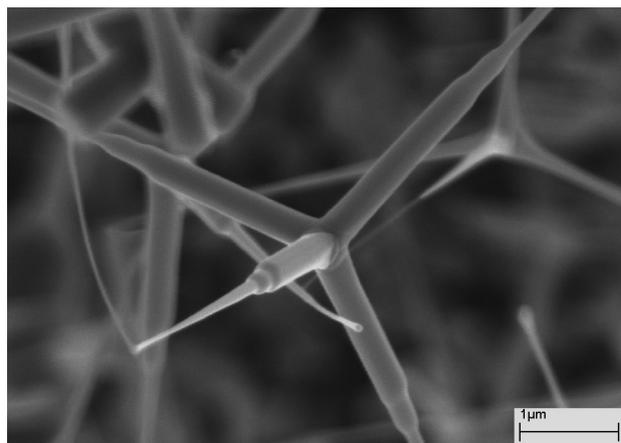


РИСУНОК 1 | На рисунке показана кристаллическая структура наностержня оксида цинка



а)



б)

РИСУНОК 2 | На рисунке показаны: а) наностержни ZnO, синтезированные термическим ростом из солевых композитов; б) нанотетраподы ZnO, выращенные из газовой фазы

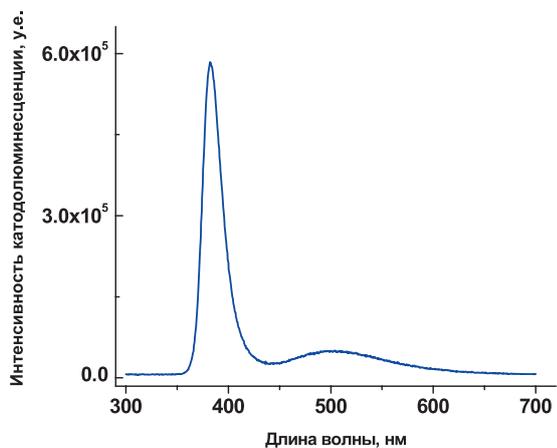


РИСУНОК 3 | На рисунке показана катодолуминесценция вертикальной структуры на основе ZnO, полученная гидротермальным способом

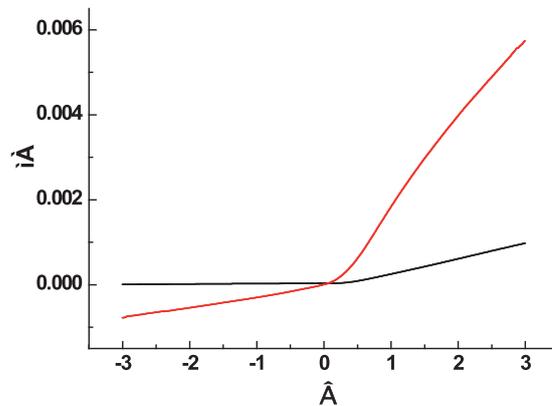
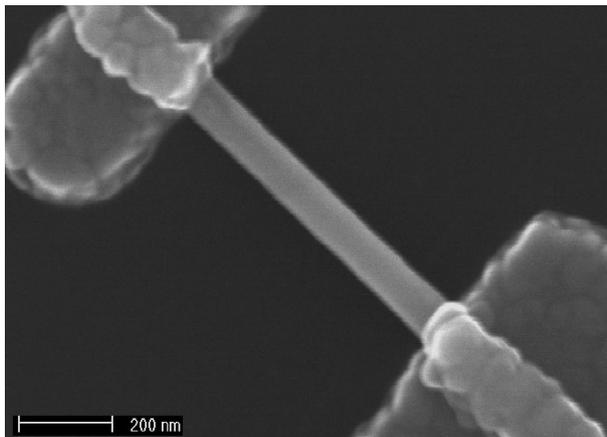
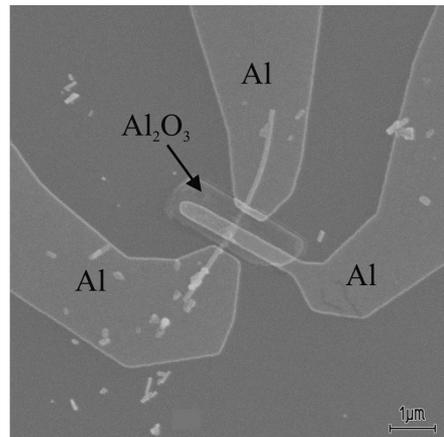


РИСУНОК 5 | На рисунке показаны вольтамперные характеристики планарных наноструктур, созданных на основе наностержней ZnO а) красная линия при облучении светом; б) в темноте



а)



б)

РИСУНОК 4 | На рисунке показаны: а) и б) планарные наноструктуры на основе наностержней ZnO

ли допировать получаемые наноструктуры необходимой примесью и контролировать ее содержание. Введение в матрицу оксида цинка различных допантов существенно влияет как на морфологические, так и на люминесцентные свойства наночастиц и наностержней [10].

На основе вертикальных и планарных структур изготовлены модельные приборные структур (рис. 4), которые демонстрировали чувствительность к облучению светом ультрафиолетового диапазона (рис. 5) и содержанию в измерительной среде кислорода. Наноматериалы

и наноструктуры, созданные в результате работ по проекту, могут быть использованы при проектировании принципиально новых и эффективных светоизлучающих приборов, при конструировании сенсоров, УФ-детекторов, диодов, лазеров и других наноструктур [11-12].

Работа выполнена в соответствии с государственным контрактом № 02.513.11.3276.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Look D.C., Claflin B., Alivov Ya.I., Park S.J. // The future of ZnO light emitters phys. Status solidi (a). 2004. V. 201. № 10. P. 2203-2212.
2. Bao J., Zimmerler M.A., Capasso F., Wang X., Ren Z.F. // Broadband ZnO Single-Nanowire Light-Emitting Diode. NanoLetters. 2006. V. 6. № 8. P. 8719-1722.
3. Xiang B., Wang P.; Zhang X., Dayeh S.A., Aplin D.P.R., Soci C., Yu D., Wang D. // Rational Synthesis of p-Type Zinc Oxide Nanowire Arrays Using Simple Chemical Vapor Deposition NanoLetters. 2007. V. 7. № 2. P. 323-328.
4. Ляпина О.А., Баранов А.Н., Панин Г.Н., Кнотько А.В., Кононенко О.В. // Синтез нанотетрапедов ZnO. Неорганические материалы. 2008. Т. 44. № 8 (в печати).
5. Баранов А.Н., Капитанова О.О., Панин Г.Н., Канг Т.В. // Синтез нанокмозитов ZnO/MgO из спиртовых растворов. Журнал неорганической химии. 2008. Т. 53. № 9 (в печати).
6. Коваленко А.А., Баранов А.Н., Панин Г.Н. // Синтез нанокмозитов ZnO/NiO из спиртовых растворов. Журнал неорганической химии. 2008. Т. 53. № 11 (в печати).
7. Baranov A.N., Panin G.N., Kang T.W. Oh Y.J. // Growth of ZnO nanorods from a salt mixture. Nanotechnology. 2005. V. 16. C. 1918-1923.
8. Соколов П.С., Баранов А.Н., Пинус И.Ю., Ярославцев А.Б. // Ионная проводимость композитов ZnO—NaCl Журнал неорганической химии. 2007. Т. 52. № 7. С. 1183-1186.
9. Соколов П.С., Баранов А.Н., Алиханян А.С., Никитин М.И., Доброхотова Ж.В. // Масс-спектрометрический и термический анализ солевых систем Zn₂(OH)₂CO₃ · xH₂O —NaCl. Журнал неорганической химии. 2007. Т. 52. № 12. С. 2080-2084.
10. Baranov A.N., Panin G.N., Yoshimura M. Oh Y.J. // Growth and magnetic properties of Mn and MnSn-doped ZnO nanorods. Journal of Electroceramics. 2006. V. 17. № 2-4. P. 847-852.
11. Panin G.N., Baranov A.N., Kang T.W., Min S.K., Kim H.J. // Spatially-resolved study of magnetic properties of Mn-doped ZnO quantum wires. Journal of the Korean Physical Society. 2007. V. 50. № 6. P. 1711-1715.
12. Кононенко О.В., Панин Г.Н., Редькин А.Н., Баранов А.Н., Канг Т.В. Структура гетерогенного р-п перехода на основе наностержней оксида цинка и полупроводниковой пленки. Патент RU 2 323 872 С1. Заявка № 2006135125/28 от 05.10.2006.