

УДК 621.373.826, 621.318.1

DOI: 10.17223/00213411/62/8/205

Е.Д. ФАХРУТДИНОВА, И.Н. ЛАПИН, В.А. СВЕТИЧНЫЙ

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОКСИДА ОЛОВА ПРИ ОТЖИГЕ НАНОПОРОШКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИЕЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОЛОВА В ВОДНЫХ СРЕДАХ *

Нанокolloиды, полученные импульсной лазерной абляцией (Nd:YAG-лазер, 1064 нм, 7 нс, 150 мДж) металлического Sn в дистиллированной воде, а также растворах перекиси водорода и азотной кислоты, были высушены и подвергнуты обработке при разных температурах до 800 °С. Показано, что добавление H₂O₂ или HNO₃ влияет не только на размерные характеристики и структуру исходных наночастиц, но и на процесс формирования и конечные характеристики SnO₂ при отжиге. Методом порошковой рентгеновской дифракции установлено, что в случае импульсной лазерной абляции в воде и растворе азотной кислоты в исходных частицах содержится фаза SnO, а при отжиге образца, полученного абляцией в HNO₃, формируется промежуточная орторомбическая фаза SnO₂. Дополнительные исследования методами спектроскопии комбинационного рассеяния и термического анализа позволили определить наличие гидроксида олова в исходных образцах и формирование промежуточных форм оксидов SnO_x при отжиге.

Ключевые слова: оксид олова, импульсная лазерная абляция, наночастицы, кристаллическая структура, отжиг, спектры комбинационного рассеяния.

Введение

Оксид олова IV (SnO₂) – широкозонный ($E_g \approx 3.6\text{--}3.9$ эВ) полупроводник *n*-типа [1], который широко применяется в материалах для прозрачных проводящих покрытий в оптоэлектронике, гетерогенном катализе, газовых сенсорах [2–6], наноконденсаторах, в качестве квантовых точек и других областях [7, 8].

Для получения наночастиц (НЧ) и других наноструктур на основе соединений олова, наряду с распространенными химическими методами [9, 10], эффективно используется импульсная лазерная абляция (ИЛА). Так, абляция в вакууме и газе применяется преимущественно для создания тонких прозрачных покрытий на основе чистого и допированного SnO₂ с проводящими, сенсорными и другими специфическими свойствами [11–13]. Импульсная лазерная абляция в жидкости позволяет получать нанокolloиды, а после их сушки – ультрадисперсные порошки. Условия и механизмы контролируемого получения оксидных нанопорошков методом ИЛА ряда химически активных металлов (например, Zn, Ce, Mg, Ti, Fe и др.) изучены достаточно хорошо [14–17], в том числе и в работах [18–22]. Олово – более инертный металл, стандартный электродный потенциал пары Sn²⁺/Sn равен –0.14 В и +0.15 В для пары Sn⁴⁺/Sn²⁺, поэтому в воде оно окисляется достаточно слабо, даже в наносостоянии, которое обеспечивает большую площадь для взаимодействия материала наночастиц с растворителем. Благодаря этому, олово считается коррозионно-стойким и применяется в защитных покрытиях как для атмосферных условий, так и для водных сред, включая дистиллированную, пресную и соленую воду. В литературе имеется небольшое количество работ, посвященных синтезу нанокolloидов методом ИЛА металлического Sn в различных жидкостях, например [23–26], а также сплавов на основе олова [27]. Возможно, это связано и с тем, что варьирование параметров излучения (длина волны и длительность импульса) и состава реакционной среды (в т.ч. путем добавки окисляющих агентов) слабо влияет на конечный состав НЧ при абляции достаточно инертного олова. Поэтому при ИЛА Sn в жидкости у полученных наноструктур преобладает металлическая фаза (полностью металлические НЧ или частицы с металлическим ядром и оксидной оболочкой). Из этого следует, что для эффективного формирования наночастиц нужного состава в ряде случаев необходимы не только подбор условий воздействия и реакционной среды при абляции, но и дополнительное воздействие на исходно полученные частицы, например температурой [28]. Эта задача становится сложнее и интересней, когда исследуемые металлы проявляют в соединениях переменную валентность. Это характерно, например, для меди, железа, олова, марганца [14, 19, 29]. Таким образом, остается актуальным как исследование про-

* Результаты получены в рамках выполнения госзадания Минобрнауки России, проект № 3.9604.2017/8.9.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>