

ГАЗОВЫЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ НАНОГЕТЕРОСТРУКТУР ZnO/Zn₂SnO₄ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ АЦЕТОНА

Буй К.Д. (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Налимова С.С. (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

Введение. Оксид цинка (ZnO) и диоксид олова (SnO₂) обладают многофункциональностью, выступая в качестве газовых сенсоров, катализаторов, носителей информации, варисторов и компонентов прозрачных проводящих пленок. Композиты и соединения на основе бинарных или трехкомпонентных оксидов перспективны, в частности, для создания высокоэффективных преобразователей солнечной энергии [1, 2].

Ортостаннат цинка Zn₂SnO₄, характеризующийся стабильной структурой шпинели, является полупроводником n-типа и обладает интересными для практического применения электрофизическими свойствами. Так, он имеет ширину запрещенной зоны в диапазоне от 3,4 до 3,6 эВ и подвижность электронов от 10 до 15 см²/(В·с) [3]. В отличие от оксидов цинка (ZnO) и олова (SnO₂), ортостаннат цинка демонстрирует отличные оптические характеристики, включая прозрачность.

Для синтеза ортостанната цинка используется несколько методов, включая самораспространяющийся высокотемпературный синтез, гидротермальный синтез, твердофазный синтез из оксидов, электрохимические методы и различные химические подходы. Среди химических методов следует отметить совместное осаждение солей и золь-гель метод с последующей термической обработкой полученных соединений [4]. Эти методы отличаются экономической эффективностью, позволяя получать наноразмерный высокодисперсный порошок, для термообработки которого можно применять умеренные температуры.

Основная часть. В данном исследовании проведен синтез наногетероструктур ортостанната цинка и оксида цинка гидротермальным методом, а также рассмотрены характеристики газовой чувствительности для оценки возможности их практического применения в сенсорике газовых сред.

Исходными материалами служили слои, состоящие из ограниченных наностержней ZnO, синтезированных низкотемпературным (85 °С) гидротермальным методом. Синтез проводили в водно-спиртовом растворе тригидрата станната калия и мочевины в автоклаве при температуре 170 °С. Длительность синтеза составляла 0,5 ч.

Приведены экспериментальные измерения сенсорного отклика образцов к ряду газов (пары ацетона, этанола и изопропилового спирта) с концентрацией 1000 ppm при нагреве до 150 °С. Гетероструктура ортостаннат цинка /оксид цинка обладает более высоким сенсорным откликом (в 1,2 – 3,7 раз), чем структура на основе наностержней оксида цинка. Кроме того, сенсорный отклик к парам ацетона оказался выше, чем к другим газам (в 11 раз).

Сенсорный отклик гетероструктур ZnO/Zn₂SnO₄ также был проанализирован с помощью спектроскопии импеданса в частотном диапазоне от 100 Гц до 500 кГц. Экспериментальные измерения проведены годографы при вариации рабочей температуры (23-200 °С) и концентрации паров ацетона (0-4000 ppm). По результатам измерений, вещественные и мнимые составляющие импеданса образцов уменьшаются при увеличении концентрации паров ацетона и рабочих температур. Полученные годографы импеданса, были проанализированы посредством метода эквивалентных схем. Было установлено, что полученным зависимостям соответствует эквивалентная схема из параллельно соединенных сопротивления и емкости.

Выводы. В работе получены газочувствительные наноструктуры ZnO/Zn₂SnO₄, показавшие высокий отклик к парам органических растворителей. Показано, что полученная

гетероструктура позволяет селективно определять пары ацетона. Установлено, что при рабочей температуре 200°C для эффективного определения концентрации паров ацетона могут быть использованы годографы импеданса.

Список использованных источников:

1. Налимова С.С., Шомахов З.В., Мошников В.А., Бобков А.А., Рябко А.А., Калажоков З.Х. Исследование формирования слоев станната цинка методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии // Журнал технической физики. – 2020. – Т. 90(7). – С. 1132-1135.
2. Налимова С.С., Максимов А.И., Матюшкин Л.Б., Мошников В.А. Современное состояние исследований в области синтеза и применения станната цинка // Физика и химия стекла. – 2019. – Т. 45(4). – С. 311-325.
3. Dou J., Shen D., Li Y., Abate A., Wei M. Highly Efficient Perovskite Solar Cells Based on a Zn_2SnO_4 Compact Layer // ACS Applied materials & interfaces. – 2019. – V. 11(40). – P.36553-36559.
4. Punegova K.N., Nalimova S.S., Arkhipenko V.A., Ryabko A.A., Kondratev V.M., Shomakhov Z.V., Guketlov A.M. Zinc stannate nanostructures for low-temperature gas sensors with improved response and performance // St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Physics and Mathematics. – 2023. – V. 16(S1.2). – P. 229-235.