

# Нанокристаллический ZnO(Ga)

Воробьева Н. А.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, Москва, Россия.

E-mail: natali.vorobyeva@gmail.com

Оксид цинка является перспективным функциональным широкозонным полупроводником, обладающим уникальными оптическими и электрическими свойствами. Материалы на его основе находят широкое применение как оптоэлектронные преобразователи и прозрачные электроды. Особый интерес представляет возможность применения этого вещества для создания высокочувствительных и селективных газовых сенсоров резистивного типа. Недопированный оксид цинка обладает проводимостью *n*-типа из-за отклонения состава от стехиометрического. Природа донорных дефектов (вакансии кислорода, междоузельные атомы цинка, неконтролируемо вошедший в структуру водород) до сих пор однозначно не установлена. В настоящее время в основном исследуют допированный оксид цинка, существенным преимуществом которого является возможность регулирования электрофизических свойств в широком диапазоне. Одним из способов увеличения проводимости оксида цинка является его легирование донорными примесями, как правило, элементами 13 группы. Из литературных данных известно, что весьма перспективным является введение в ZnO галлия, поскольку это позволяет достичь больших значений удельной проводимости [1, 2].

Для получения газовых сенсоров наибольшим потенциалом обладают нанокристаллические материалы с высокой удельной площадью поверхности, с размерами нанокристаллов от нескольких единиц до десятков нанометров. Однако в литературе отсутствуют систематические исследования влияния галлия на функциональные свойства таких материалов.

Целями настоящей работы являются определение влияния галлия на микроструктуру нанокристаллического оксида цинка, кислотные свойства поверхности, концентрацию и тип парамагнитных центров, электрофизические и сенсорные свойства, а также установление корреляции между указанными параметрами.

Введение галлия приводит к уменьшению размера кристаллитов, увеличению удельной площади поверхности и росту концентрации слабых кислотных центров на поверхности материала. Зависимость проводимости от содержания Ga в образцах имеет немонотонный характер. Максимальная величина электропроводности получена для образца состава 1.0 ат.% [Ga]/([Ga]+[Zn]) и размером кристаллитов  $9 \pm 1$  нм. Электрофизические свойства системы ZnO(Ga) рассмотрены на основе модели неоднородного полупроводника с крупномасштабными флуктуациями потенциала, определены величины энергии активации проводимости. Материалы обладают высокой чувствительностью по отношению к NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S и NH<sub>3</sub> на уровне предельно допустимых концентраций в воздухе рабочей зоны. Зависимость сенсорного сигнала по отношению к NO<sub>2</sub> от концентрации галлия немонотонна и коррелирует с изменением проводимости материалов, концентрацией донорных парамагнитных центров и величиной энергии активации проводимости. Мονотонное понижение сенсорного сигнала по отношению к сероводороду при введении галлия связано с увеличением концентрации слабых кислотных центров на поверхности материала.

## Список литературы

1. K. Ellmer, Transparent Conductive Zinc Oxide and Its Derivatives, in: D.S. Ginley, H. Hosono, D.C. Paine (Eds.), Handbook of transparent conductors. New York: Springer. 2010. P. 193-263.
2. Ü. Özgür, Ya.I. Alivov, C. Liu, A. Teke, M.A. Reshchikov, S. Doğan, V. Avrutin, S.-J. Cho, H. Morkoç. J. Appl. Phys. 2005. V. 98. P. 041301 (103 pages).