

Получение и исследование оптических свойств тонких пленок ZnO с добавками MnO₂

А.Н. Чумаков¹, А.А. Шевченко², Л.В. Баран³, А.Г. Кароза¹,
В.В. Малютина-Бронская⁴, Н.А. Босак¹, А.А. Иванов¹

¹ Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Минск

² Белорусский государственный аграрный технический университет

³ Белорусский государственный университет, Минск

⁴ ГНПО “Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника”, Минск

E-mail: n.bosak@ifanbel.bas-net.by

Введение. Проведены исследования тонких пленок оксида цинка, легированную оксидом марганца, осажденных в вакууме на кремниевую подложку при многоимпульсном высокочастотном лазерном воздействии [1]. Оксид марганца используется при получении кристаллов с ферромагнитными, ферроэлектрическими и пьезоэлектрическими свойствами. Легирование оксида цинка соединением MnO повышает чувствительность и селективность тонкопленочных газовых сенсоров. Изучена морфология полученных пленок с помощью атомно-силовой микроскопии, выявлены особенности спектров пропускания и вольт-амперных характеристик.

Экспериментальная установка. Пленки ZnO с легирующими добавками MnO₂ осаждались методом высокочастотного лазерного распыления керамических мишеней в вакууме ($p = 2,2$ Па). Экспериментальная лазерная установка ($\lambda = 1,06$ мкм) с регулируемой частотой повторения лазерных импульсов от 5 до 50 кГц содержала: источник лазерного излучения, оптическую систему транспортировки лазерного излучения к распыляемой мишени, вакуумную камеру и измерительно-диагностический модуль. Частота повторения лазерных импульсов изменялась за счет варьирования уровня накачки лазера и оптической плотности затвора из радиационно облученного кристаллического фторида лития LiF с F₂⁻-центрами окраски; длительность лазерных импульсов на полувысоте составляла ~ 85 нс. Осаждение макроскопически однородных тонких пленок достигалось при плотности мощности лазерного излучения $q = 150$ МВт/см² и частоте повторения импульсов $f \sim 8-12$ кГц. Измерения ВАХ проводились на источнике-измерителе Keithley серии 2450.

Экспериментальные результаты и их анализ. Методом атомно-силовой микроскопии установлена нанокристаллическая структура тонких пленок оксида цинка, легированных оксидом марганца (рис. 1): средний латеральный размер частиц пленок составляет 63 нм, средняя высота рельефа поверхности пленок не превышает 25 нм, а средняя

арифметическая шероховатость – 9,4 нм. На поверхности пленок наблюдается незначительное количество крупных образований высотой до 320 нм (рис. 1, б). Пропускание лазерно-осажденной пленки ZnO+2% MnO₂/Si в ближней ИК-области спектра от 2,2 до 2.6 мкм достигает значения ~ 2% (рис. 2, а), а в средней ИК-области спектра от 488 см⁻¹ до 661 см⁻¹ составляет примерно ~ 25 % с уменьшением пропускания до T = 18,6 % на 611 см⁻¹ (рис. 2, б). На рис. 2, в представлена вольт-амперная характеристика (ВАХ) пленки ZnO+2% MnO₂ с признаками гетероструктуры. ВАХ имеет вид характерный для обращенного диода, данная структура обладает выпрямляющим эффектом: пропускное (проводящее) направление у них соответствует обратному включению, а запирающее (непроводящее) – прямому включению.

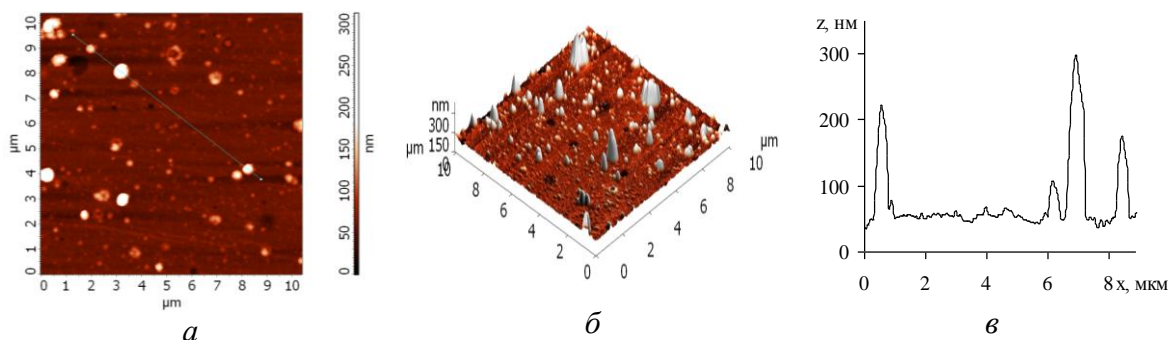


Рис. 1. АСМ-изображения топологии (а, б) и профиль сечения вдоль выделенной линии рельефа поверхности (в) пленки ZnO+2% MnO₂/Si

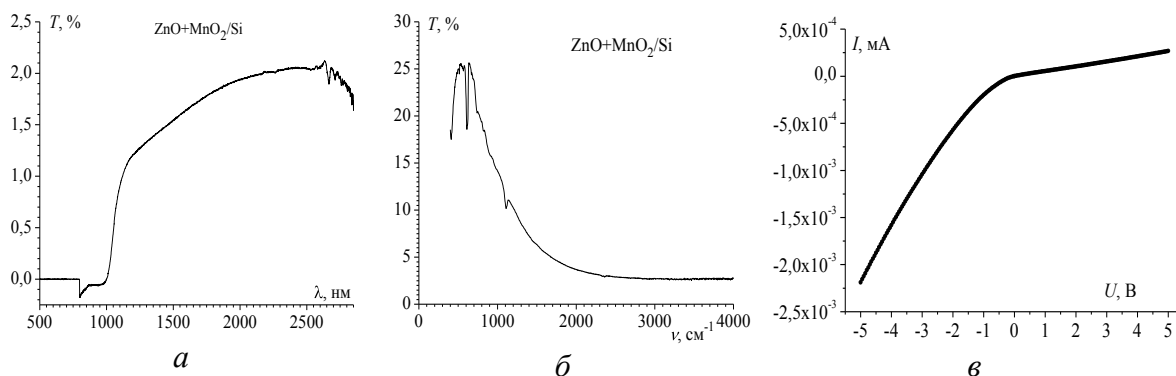


Рис. 2. Спектр пропускания лазерно-осажденной пленки ZnO+2% MnO₂/Si на кремниевой подложке в видимой и ближней ИК-области (а), средней ИК-области (б). вольт-амперная характеристика (в)

Представлены результаты исследований морфологии и профиля сечения тонких пленок ZnO+2% MnO₂, спектров пропускания в видимой, ближней и средней ИК-областях, а также вольт-амперной характеристики.

1. Минько Л.Я., Чумаков А.Н., Босак Н.А. // Квантовая электроника. 1990. Т. 17, № 11. С. 1480–1484.