

Рисунок 3. – Зависимость уровня выходного сигнала, регистрируемого фотоприемником, от амплитуды колебаний пьезо зеркала, модулирующего фазу опорного пучка

Описанная схема позволяет эффективно определять вибрационные характеристики различных объектов, в том числе рассеивающих и диффузно отражающих, и может быть использована для различных систем дистанционного лазерного зондирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев, О.А. Лазерная виброметрия механических конструкций / О.А. Журавлев, Ю.Н. Шапошников, А.В. Ивченко. – Самара: Изд-во СГАУ, 2006.
2. Петров, М.П. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике / М. П. Петров, С.И. Степанов, А.В. Хоменко. – С.-Петербург.: Наука., 1992.
3. Kamshilin, A.A. Adaptive interferometry with photorefractive crystals / A.A. Kamshilin, R.V. Romashko, Y.N. Kulchin //Journal of Applied Physics. – 2009. – Т. 105. – № 3. – С. 031101.
4. Волинский, Б.А. Электротехника / Б.А. Волинский, Е.Н. Зейн, В.Е. Шатерников. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

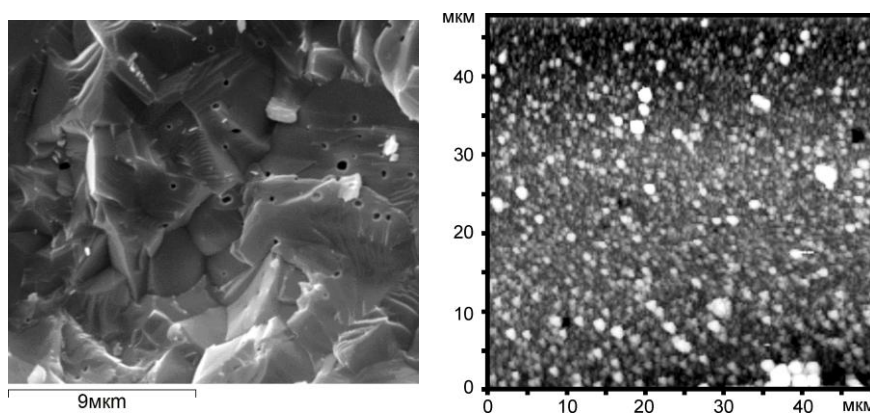
**¹А. Н. ЧУМАКОВ, ²А. В. ГУЛАЙ, ³А. А. ШЕВЧЕНКО, ¹Т. Ф. РАЙЧЕНКО,
¹А. Г. КАРОЗА, ¹А. С. МАЦУКОВИЧ, ¹Н. А. БОСАК, ²В. А. ГУЛАЙ**
¹ИФ им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, ²БНТУ, ³ИПМ НАН Беларуси
(г. Минск, Беларусь)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПЛЕНОК ZnO

Изучение оптических свойств тонких пленок ZnO перспективно в связи с использованием их для создания высокоэффективных солнечных элементов, полупроводниковых лазеров и светодиодов, полноцветных и монохромных дисплеев.

С учетом этого проведены исследования процесса получения тонких пленок на кремниевых подложках при лазерном распылении керамической мишени на основе ZnO. Для осаждения тонких пленок ZnO применялась лазерная установка, обеспечивающая работу в моноимпульсном и многоимпульсном режимах генерации с регулируемой частотой повторения импульсов 5–50 кГц.

Для получения тонких пленок использовались распыляемые керамические мишени, полученные из порошка ZnO высокой чистоты (с содержанием основного вещества 99,96% по массе). В качестве легирующей добавки с концентрацией 4% по массе применялся порошок оксида редкоземельного элемента (РЗЭ), в частности оксида иттрия. Распыляемые керамические мишени получены методом импульсного (взрывного) формования по плоской схеме нагружения при давлении ~ 4 ГПа с последующим отжигом в воздушной среде при температуре 1100°C в течение 1–2 ч.



а) из порошка ZnO, б) АСМ-изображение тонкой пленки на подложке из кремния
Рисунок 1 – Микроструктура распыляемой керамической мишени

В случае применения молотого исходного порошка и использования отжига мишени в течение 2 ч отдельные зерна имеют вид многогранников с относительно большими поперечными размерами (~ 4–8 мкм) (рисунок 1а). Зерна плотно упакованы в объеме материала и сплавлены между собой; наличие пор не наблюдается. При введении легирующих добавок Y_2O_3 и снижении продолжительности отжига мишеней до 1 ч зерна имеют округлую форму, их поперечные размеры не превышают 0,5–1,5 мкм. С использованием метода атомной силовой микроскопии (АСМ) установлено, что тонкие пленки имеют столбчатую структуру, причем каждый элемент имеет конусообразную форму с диаметром основания и высотой ~ 1 мкм (рис. 1б).

Кремниевая пластина поглощает оптическое излучение с длиной волны ниже ~ 1000 нм; с увеличением длины волны от 1000 до 1200 нм пропускание кремния возрастает до ~ 55% (рисунок 2а). Нанесение пленки ZnO приводит к уменьшению пропускания, наиболее выраженному на длине волны, близкой к 1200 нм. С увеличением длины волны до 2700–2800 нм пропускание пленки почти линейно растет, обеспечивая рост пропускания системы «пленка–подложка» от ~ 20% до ~ 45%.

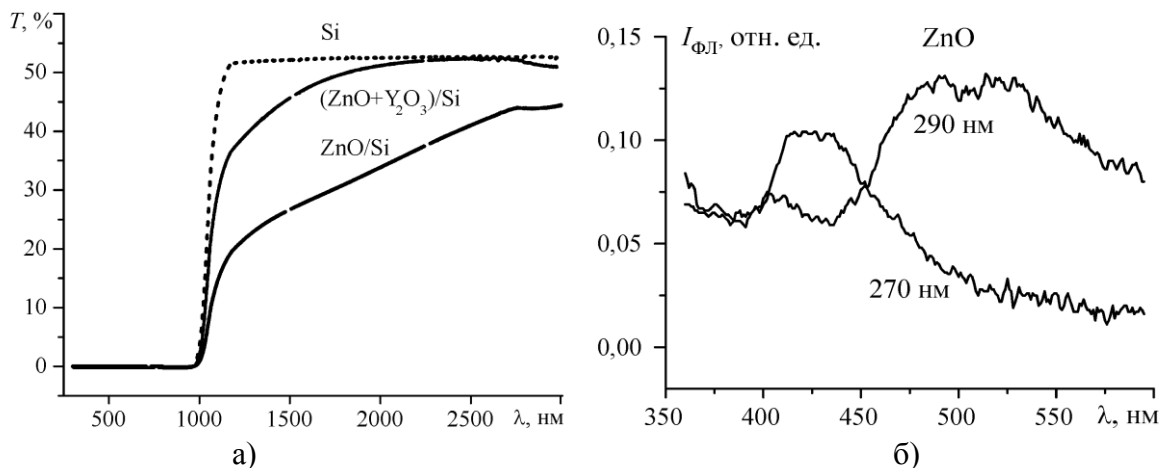


Рисунок 2. – Спектр пропускания системы «пленка-подложка» (а) и спектр фотолюминесценции тонких пленок (б)

Для тонкой пленки $ZnO + Y_2O_3$ характерно существенно более низкое поглощение оптического излучения в диапазоне длин волн 1100–2300 нм, что обеспечивает рост пропускания системы «пленка–подложка» от 30 до 55% с увеличением длины волны в указанном диапазоне. Сравнение полученных спектров пропускания показывает, что введение в оксид цинка легирующей добавки Y_2O_3 в количестве 4% по массе приводит к существенному увеличению пропускания тонкой пленки в области оптического спектра от 1,2 до 3,0 мкм. В инфракрасном спектре пропускания тонкопленочной системы ZnO/Si четко проявляются две линии поглощения: 610 и 1107 см^{-1} .

Для тонких пленок ZnO спектры фотолюминесценции (рисунок 2б) характеризуются широкой полосой, максимум которой сдвигается из области $\sim 430\text{ нм}$ в область $\sim 510\text{ нм}$ при изменении длины волны возбуждения с 270 до 290 нм . Можно предположить, что спектр представляет собой суперпозицию полос, принадлежащих различным центрам свечения, которые вносят определенный вклад в суммарный спектр и занимают различное спектральное положение. В спектрах легированных пленок обнаруживается лишь полоса свечения с максимумом вблизи 415 нм с очень низкой интенсивностью. По-видимому, введение добавок Y_2O_3 приводит к перераспределению или исчезновению некоторых центров испускания излучения.

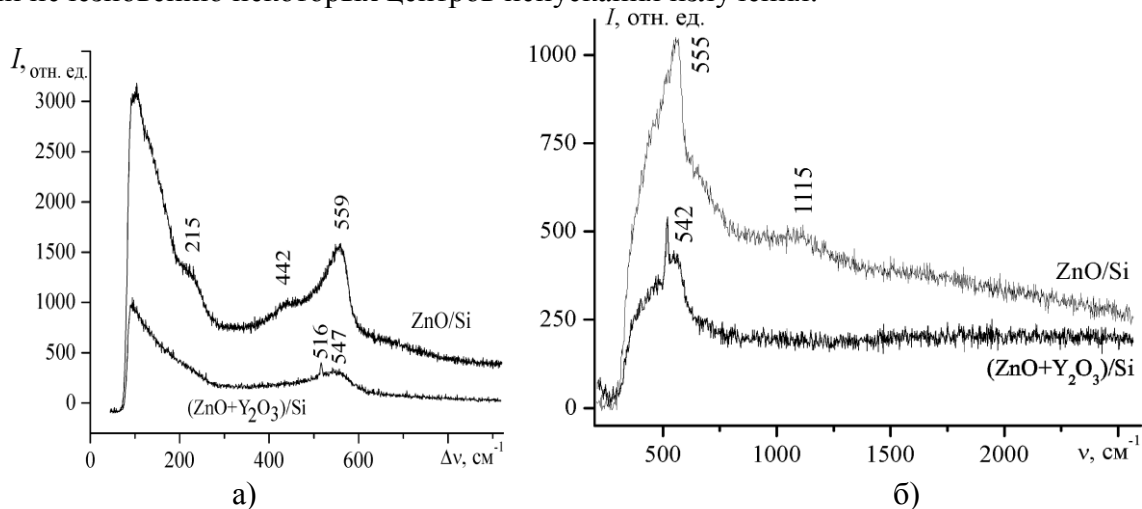


Рисунок 3. – Спектр комбинационного рассеяния света (а) и инфракрасный спектр КРС (б) получаемых тонких пленок

В спектре КРС (комбинационного рассеяния света) тонкой пленки ZnO (рисунок 3а) обнаруживаются слабо выраженные полосы в области 215 и 442 см^{-1} и более интенсивные полосы с пиком интенсивности на 106 и 559 см^{-1} . Следует отметить, что указанные полосы в спектрах КРС наблюдаются также для нанокристаллов ZnO. Можно предположить, что это свидетельствует о подобии наноструктуры полученных тонких пленок и структуры нанокристаллов оксида цинка. В спектре КРС тонкой пленки ZnO + Y₂O₃ наблюдаются широкие полосы в области 93 и 547 см^{-1} , а также интенсивная линия 516 см^{-1} , что свидетельствует о влиянии малых легирующих добавок оксида РЗЭ на микроструктуру тонких пленок ZnO.

В инфракрасных спектрах КРС для тонких пленок оксида цинка наблюдается интенсивная полоса в области 555 см^{-1} и слабо выраженная полоса в области 1115 см^{-1} (рисунок 3б). При этом в спектре КРС для тонкой пленки ZnO + Y₂O₃ обнаруживается только одна широкая линия с пиком на частоте 542 см^{-1} .

С.Д. ШАВРЕЙ

МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

ЗАВИСИМОСТЬ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВОЙНИКОВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ СУРЬМЫ ОТ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Магнитопластический эффект (МПЭ) в твердых телах активно исследуется в последние десятилетия [1]. Несмотря на значительные достижения в этой области, практически не изучен вопрос о механизмах влияния магнитного поля (МП) на пластическую деформацию кристаллов, в которых пластическая деформация одновременно реализуется как скольжением, так и двойникованием.

Ранее нами было обнаружено [2], [3] что одновременное воздействие постоянного МП и сосредоточенной нагрузки на монокристаллы висмута и сурьмы приводит к заметному изменению размеров клиновидных двойников. В настоящей работе представлены некоторые закономерности развития двойникования в кристаллах сурьмы при одновременном приложении постоянного МП индукцией в интервале $B=0-0,7$ Тл и постоянной сосредоточенной нагрузки в условиях сопутствующего скольжения.

Для исследования были выбраны монокристаллы сурьмы, выращенные по методу Бриджмена. Образцы имели вид прямоугольных призм и размеры $10\times 5\times 5$ мм. Исследования проводились с помощью микротвердомера ПМТ-3, алмазная пирамидка которого представляет собой сосредоточенную нагрузку. Индентор вдавливался в плоскость спайности (111) кристаллов сурьмы. МП создавалось электромагнитом в зазор сердечника которого помещался образец. Масса груза на штоке индентора $m=35$ г. Время выдержки поверхности кристалла под нагрузкой $t=5$ мин. Были получены зависимости диагонали d отпечатка индентора, длины L и ширины h клиновидных двойников, а также их числа N от B . Точки графиков соответствуют усредненным значениям результатов измерений размеров двойников, заклинившихся вокруг 20 и более отпечатков.

Анализ экспериментальных результатов показал, что с ростом индукции МП диагональ отпечатка и число клиновидных двойников увеличиваются, в то время как длина двойников и их толщина у устья падает, начиная с порогового уровня индукции магнитного поля $B\approx 0,2$ Тл. Дополнительное подтверждение полученных результатов можно видеть на приведенных ниже микрофотографиях. При экспозиции образца в