

Рис. 1. Принципиальная схема системы следящего электропривода

При синтезе следящей системы был применен метод логарифмических частотных характеристик. Идея метода основана на связи между переходным процессом и ЛАЧХ. Зная желаемый вид переходного процесса, можно легко построить соответствующую такому процессу желаемую ЛАЧХ.

Коррекция располагаемой системы была проведена методом синтеза последовательно корректирующего устройства.

В результате синтеза следящей системы было получено, что время переходного процесса ( $t_{\text{min}} = 0,887$  с), запасы устойчивости по фазе ( $\Delta\varphi = 42^\circ$ ) и по амплитуде ( $\Delta L = 8$  дБ) стали соответствовать техническому заданию.

#### Литература

1. Родионов, В. И. Теория автоматического управления. Анализ и синтез линейных систем: учеб. Пособие / В. И. Родионов, С. В. Телухин. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. – 124 с.
2. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического управления: учебное издание / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2004. – 752 с.

УДК 546.814-31

### ФОРМИРОВАНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СЛОЯ ДИОКСИДА ОЛОВА НА КРЕМНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННОГО НАНЕСЕНИЯ ПЛЕНКИ МЕТАЛЛА С ПОСЛЕДУЮЩИМ ДВУХСТАДИЙНЫМ ОТЖИГОМ

Роговая И. С., Мильчанин О. В.

Академик НАН Беларуси, д-р физ.-мат. наук, профессор Комаров Ф. Ф.

Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко, Минск, Беларусь

Диоксид олова ( $\text{SnO}_2$ ) обладает рядом специфических и уникальных свойств, что делает этот материал пригодным для различных применений. Его часто используют для изготовления проводящих покрытий на солнечных элементах и других оптоэлектронных устройствах, поскольку он является широкозонным полупроводником, оптически прозрачным в видимом диапазоне длин волн. Газочувствительные слои  $\text{SnO}_2$  широко используются при изготовлении датчиков контроля утечек ядовитых и горючих газов. Известно, что оптические, электрофизические и сенсорные свойства  $\text{SnO}_2$  сильно зависят от его структурно-фазовых характеристик, что связано с условиями его формирования: тип подложки, метод осаждения, температура и среда отжига. В данной работе был использован метод лазерно-плазменного нанесения слоя олова на кремний и структуры  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  в сочетании с последующей двухстадийной термообработкой для формирования оксидного слоя. К преимуществам лазерно-плазменного метода нанесения нанопокровов можно отнести высокую стерильность, возможность получить плазму из любого вещества, гарантированную воспроизводимость режимов при осаждении покрытий, что позволяет контролировать их состав и структуру [1].

В данной работе для воздействия на мишень использовался импульсный YAG:  $\text{Nd}^{3+}$  лазер LS-2137 фирмы Lotis – ТП (Беларусь-Япония) с длиной волны  $\lambda = 1064$  нм и длительностью

импульса на полувысоте  $\tau \sim 20$  нс. Частота следования лазерных импульсов составляла 5 Гц, плотность мощности воздействующего лазерного излучения на мишень составляла  $3,8 \cdot 10^8$  Вт/см<sup>2</sup>. Мишень была изготовлена из технического чистого олова. Отжиг проводился на воздухе в печи SNOL8.2/1100 в двух режимах: 200 °С, 120 минут + 500 °С 120 минут. Структурно-фазовые характеристики оксидного слоя олова исследовались методом просвечивающей электронной микроскопии на микроскопе Hitachi H-800.

В результате исследований было установлено, что нанесенный слой олова имеет аморфную структуру, при этом наблюдается высокая степень однородности толщины по большой площади подложек. После термообработки зарегистрировано формирование нанокристаллической фазы SnO<sub>2</sub> для двух типов подложек: Si и SiO<sub>2</sub>/Si. Можно отметить, что при использовании в качестве подложки пластины кремния структура пленки SnO<sub>2</sub> более совершенная: ограненные кристаллики со средним размером 5–10 нм (рис. 1). Детальный анализ картин электронной дифракции показал, что кристаллическая структура слоя SnO<sub>2</sub> соответствует тетрагональной сингонии с пространственной группой P4<sub>2</sub>/mnm (рис. 1, в).

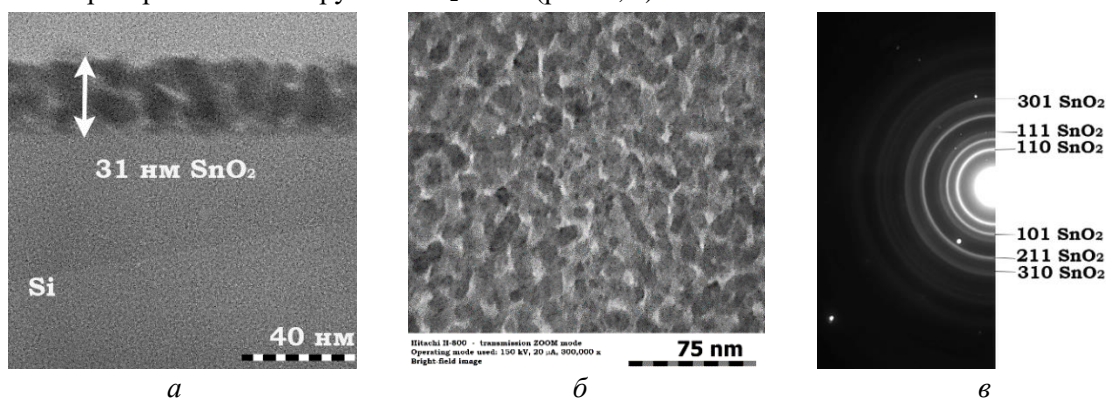


Рис. 1. ПЭМ-микрофотографии поперечного (а) и планарного (б) сечений структуры SnO<sub>2</sub>/Si и изображение электронной дифракции от слоя SnO<sub>2</sub> (в)

#### Литература

1. Pulsed laser deposition of thin films / R. Eason [ed.]. – Hoboken, New Jersey: Wiley-Interscience, 2007. – 682 p.

УДК 681.7

### ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОЛЬЦЕВОГО ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ

Студент гр. 121111 Романцева Е. А.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Наличие неустраняемых недостатков роторных гироскопов требует создание гироскопов с другими физическими принципами в основе их работы. Одним из таких гироскопов является кольцевой лазерный гироскоп (КЛГ).

Принцип работы КЛГ основан на эффекте Саньяка, который заключается в появлении сдвига фаз встречных электромагнитных волн. Упрощенная модель лазерного гироскопа состоит из источника излучения (квантового генератора), измерительного фотоприемника, среды распространения излучения в виде треугольника, трех непрозрачных зеркал и одного полупрозрачного зеркала (рис. 1).

Принцип работы такого гироскопа заключается в том, что источник излучения создает два противоположно направленных луча, они проходят одинаковый оптический путь в треугольном резонаторе, после чего попадают на фотоприемник. При вращении КЛГ с угловой скоростью  $\omega$  (перпендикулярно плоскости основания) расстояние, проходимое одним лучом, будет отличаться от расстояния прохождения другого луча [1]. Если оба луча пришедшие от одного и