

**А.С. Русыкин, В.В. Васькевич**

УО «Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины», Гомель, Беларусь

**ФОРМИРОВАНИЕ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПОКРЫТИЙ,  
СОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦЫ Ag И Cu**

Тонкие пленки играют важную роль в развитии современной техники и являются хорошим модельным объектом для изучения физико-химических свойств твердофазного состояния вещества, наиболее полно отражая его поверхностные свойства и реакционную способность. Небольшие толщины пленок заставляют считаться с размерным эффектом, влияющим на большую часть физико-химических свойств. Существенным является отношение площади поверхности к объему тела, т. е. сказывается так называемый фактор дисперсности ( $f_{\text{дисп}} = S0/V$ ).

Среди наиболее перспективных технологических подходов к созданию различных типов покрытий на основе оксидов тугоплавких металлов выделяется золь-гель метод, позволяющий формировать наноструктурированные материалы

повышенной чистоты. Основанный на осаждении гидроксидов либо этоксидов металлов с последующей кристаллизацией оксидов при термической обработке, данный метод позволяет в широких пределах варьировать физико-химические свойства получаемых покрытий и достигать значительного взаимодействия компонент плёнообразующего раствора.

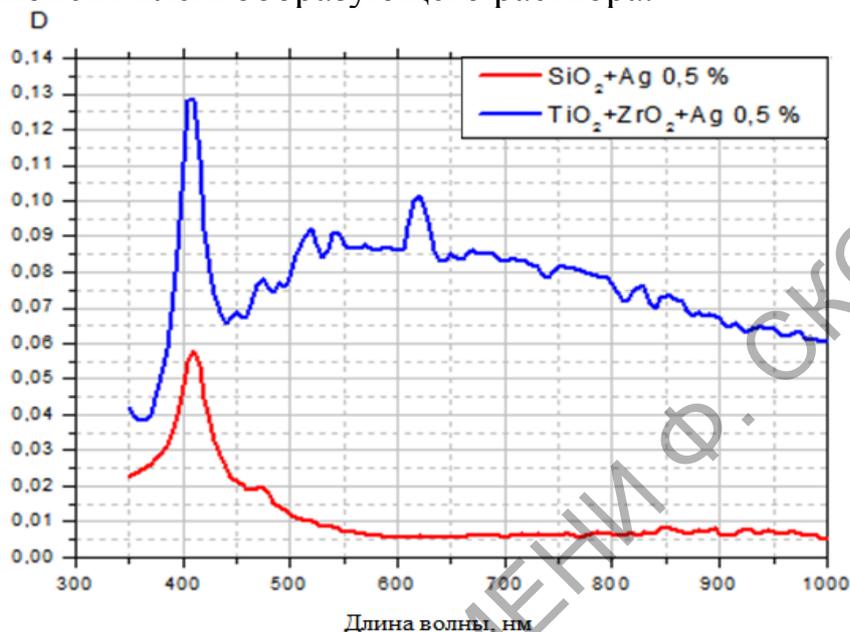


Рисунок 1 – Коэффициенты поглощения SiO<sub>2</sub>+Ag (0,5 масс%) и TiO<sub>2</sub>+ZrO<sub>2</sub>+Ag (0,5 масс%)

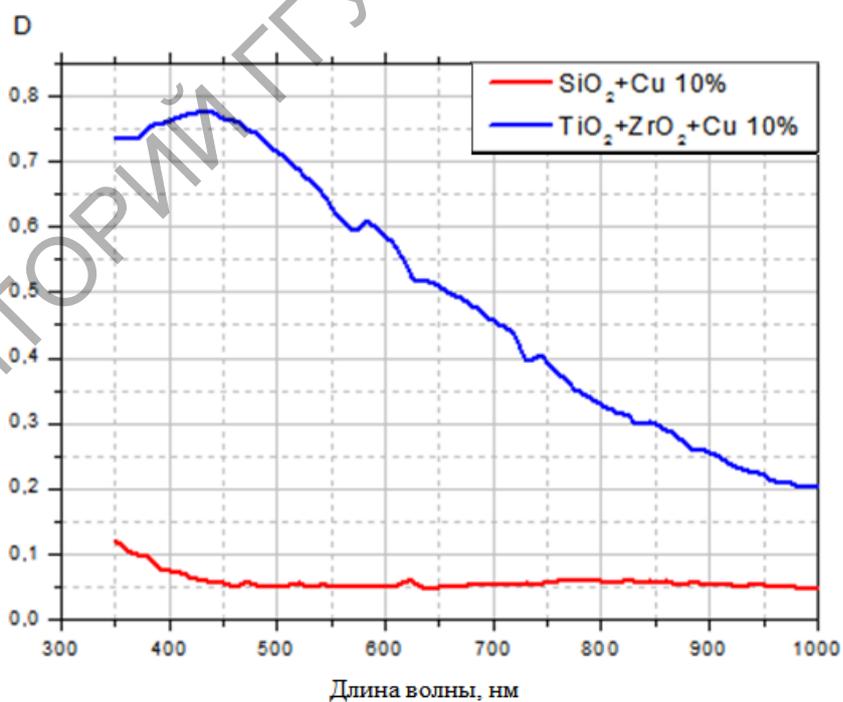


Рисунок 2 – Коэффициенты поглощения SiO<sub>2</sub>+Cu (10 масс%) и TiO<sub>2</sub>+ZrO<sub>2</sub>+Cu (10 масс%)

Физико-химические процессы, лежащие в основе получения материалов по золь-гель технологии, сложны, т.к. сопряжены с рядом последовательных стадий. Технологически их можно разделить на 3 этапа. Первый «растворный» этап сопряжен с процессами, протекающими в жидкой фазе – в пленкообразующих растворах. Второй «поверхностный» этап обусловлен процессами, протекающими при нанесении раствора на поверхность подложки (в случае получения пленок). Третий «твёрдофазный» этап протекает под воздействием температуры в пленках или дисперсиях и приводит к образованию оксидных фаз [1].

Наиболее известным является способ нанесения золь-гель легирующих композиций методом центрифугирования, при котором на вращающуюся пластину наносится доза золь-гель раствора. После сброса излишков раствора и испарения спирта на поверхности получается тонкая пленка необходимой нам композиции. Способ центробежного нанесения пленки характеризуется тем, что осаждающийся слой формируется путем растекания под действием центробежных сил. Основными факторами, определяющими впоследствии толщину и однородность формируемых слоев, являются плотность и пленкообразующие свойства исходного золя.

Пленкообразующие растворы были приготовлены из изопророксида и этоксида титана, циркония и кремния следующим образом. Требуемое количество этоксида титана [Titan (IV) etoxid $Ti(OEt)_4$ ], пропоксида циркония [Zirconium (IV) propoxide $Zr(OCH_2CH_2CH_3)_4$ ] и ТЭОСа [Si(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O)<sub>4</sub>] смешивали с требуемым количеством изопропилового спирта, перемешивали и добавляли в полученную смесь концентрированную азотную кислоту.

Затем полученные образцы помещались в печь, где проводилась поэтапная термообработка при температуре 400 °С. Термообработка проходила в течение 30 минут, затем стёкла извлекались и остывали на воздухе.

Исследование оптических свойств полученных образцов проводилось с помощью флуориметра Solar SM-2203, где были сняты показатели коэффициента поглощения наших тонких пленок, синтезированных золь-гель методом. Измерения проводились с шагом длины волны в 5,0 нм, спектральная ширина щели = 1,0 нм (рисунок 1, 2).

Золь-гель технология была успешно применена для приготовления пленкообразующих растворов из требуемых элементов. При легировании раствора наночастицами серебра можно заметить отчетливый плазмон поглощения на длине волны 420 нм после термической обработки в течение 30 минут.

## Литература

1. Борило, Л.П. Синтез и физико-химические свойства тонкопленочных и дисперсных функциональных силикофосфатных материалов / Л.П. Борило, Т.С. Петровская, Е.С. Лютова, Л.Н. Спивакова // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 3. – С. 43–44.