

микроорганизмов и наноматериалов: дис. канд. биол. наук. – Казань, 2018.

5. Yakimov M. M. et al. *Alcanivorax borkumensis* gen. nov., sp. nov., a new, hydrocarbon-degrading and surfactant-producing marine bacterium // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 1998. Т. 48. №. 2. С. 339-348.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации (проект № МК-4393.2022.1.3).

НАНОКОМПОЗИТЫ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗОМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛЕНОК ВАКУУМНЫМИ МЕТОДАМИ

Марван Фархан Саиф хассан Аль-Камали

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет

им. П.О. Сухого», Гомель, Беларусь

marwan_ye2@gstu.by, marwan.ye2@mail.com

Интересные свойства многофункциональных гибридных композиционных материалов на основе оксидов переходных металлов представляют повышенный интерес в силу особых свойств, таких как электрические, каталитические, магнитные, оптические, и структурной стабильности [1-2]. Комбинированные особенности многофункциональных композитов в едином материале сделали их желательными для многочисленных промышленных применений. Поскольку сложная структура композита позволяет аккумулировать высокие плотности энергии, то такие материалы перспективны для преобразования и хранения энергии. Поддержание высокой степени плотности и сохранение первоначального размера частиц и химического состава, высокой степени однородности состава покрытия, является одной из основных предпосылок для использования методов вакуумного напыления. Золь-гель синтез позволяет вводить в матрицу композита легирующие добавки, распределенные на молекулярном уровне, либо адсорбировать добавки на поверхности частиц композита в виде тонкого слоя, в том числе нанометрового.

Целью исследования было изучение структурных, морфологических и фазовых параметров синтезируемых материалов, а также потенциала разработки элементов на их основе для микро- и нанoeлектроники. Были разработаны и изучены двухкомпонентные металлоксидные системы, легированные наночастицами оксида меди и восстановленной меди, сформированных на основе высокопористых медьсодержащих ксерогелей.

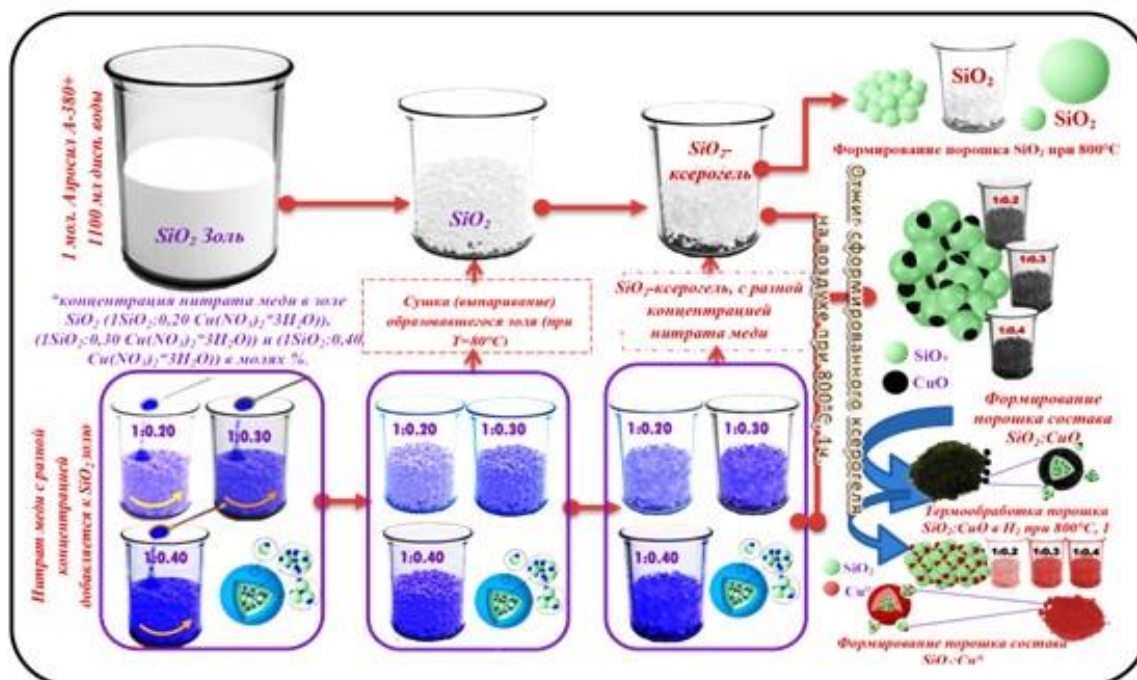


Рисунок 1 – Основные технологические этапы получения микропорошков состава SiO_2 :CuO и SiO_2 :Cu⁰, формируемых на основе аэросила марки А-380

Технологическая схема получения микропорошков состава $\text{SiO}_2:\text{CuO}$, показана на рисунке 1. Полученные композитные материалы подвергались окончательным фазовым изменениям на воздухе при $T = 800^\circ\text{C}$ в течение 1 часа при. Используя золь-гель синтез, разработаны технологические режимы получения композита с образованием двойных металлоксидных систем с $\text{SiO}_2:\text{CuO}$, содержащих медь в соотношении $\text{Si} : \text{Cu} = 1 : 0,05; 1 : 0,1; 1 : 0,15; \dots; 1 : 0,5$ моль. Методом одноосного прессования, из композитных порошков получены мишени, использованные для вакуумного ионно-лучевого напыления [3-4].

Для нанесения тонких пленок из мишеней, полученных из порошков разработанного состава методом ионно-лучевого распыления использовалась экспериментальная установка на базе вакуумного поста ВУ-2МП. Камера установки была оборудована двухлучевым ионным источником на основе ускорителя с анодным слоем DBIS-001, который использовался для предварительной ионной очистки поверхности подложек и распыления материала мишени. Для нейтрализации ионных пучков и компенсации поверхностного заряда, возникающего при распылении диэлектрических мишеней, применен накальный компенсатор [3-4]. На рис. 2 приведены СЭМ-изображения сколов полученных пленок. Режимы нанесения пленок выбраны таким образом, что толщина пленки составляет около 100 нм. Данные полученные с помощью СЭМ не согласуются с результатами определения толщины с помощью оптического интерферометрического профилометра ПОИ-08 и эллипсометра, хотя при формировании пленок в среде кислорода сходимость данных выше, это может быть связано с появлением в пленке оксида меди Cu_2O . Нанесенные пленки имели установленную толщину 103-109 нм.

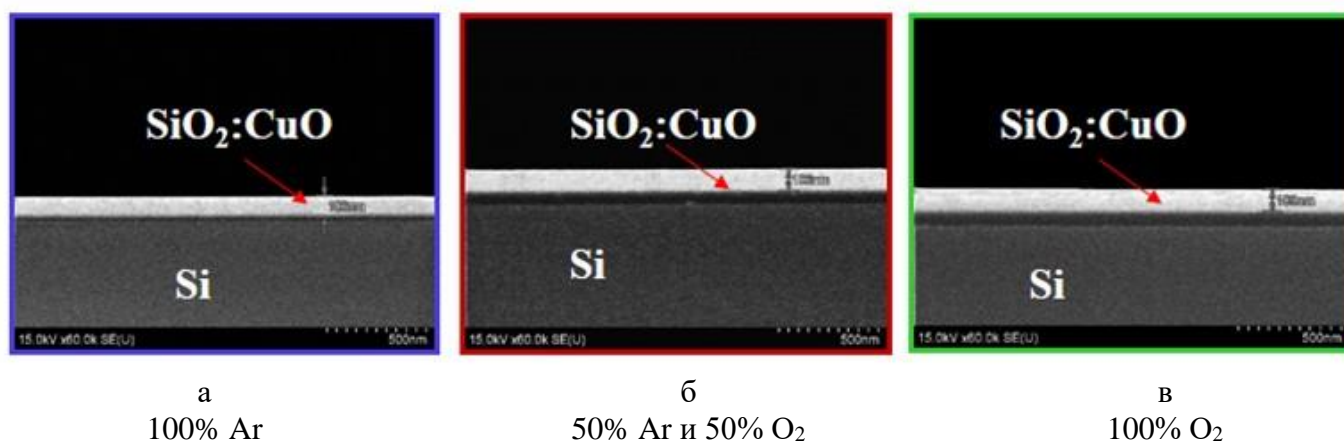


Рисунок 2 – СЭМ изображение скола кремниевой пластины с нанесенной на её поверхность тонкой плёнкой состава $\text{SiO}_2:\text{CuO}$

Таким образом, определены структурные и оптические свойства тонких пленок (толщиной ~ 100 нм), сформированных ионно-лучевым распылением мишеней на основе микропорошков пирогенного кремнезема, содержащих соединения меди. Морфология поверхности пленки в целом показывает интегральную однородность и фактически не зависит от состава газовой среды, при этом наблюдается некоторая «зернистость» поверхности покрытия, что характерно для распыления пористых мишеней, состоящих из агломератов или доменных структур.

1. Аль-Камали М.Ф.С.Х., Бойко А.А., Аль-Шаамири Х.А.С. Мишени $\text{SiO}_2:\text{CuO}$ (Cu^0) для нанесения тонких плёнок ионно-лучевого распыления, полученные золь-гель методом // Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2022. Том 66. № 3. С. 348-355.

2. Подденежный Е.Н., Бойко А.А. Золь-гель синтез оптического кварцевого стекла / Мон. – Гомель: УО «ГГТУ им. П.О.Сухого», 2002. - 210 с.

3. Вилья Н. Формирование пленок оксида титана методом реактивного магнетронного распыления / Н. Вилья, Д.А. Голосов, Т.Д. Нгуен // Доклады БГУИР. 2019. № 5 (123). С. 87-93.

4. Вольпян О.Д., Кузьмичев А.И. Магнетронное нанесение оптических покрытий при питании магнетронов переменным напряжением средней частоты // Прикладная физика. 2008. № 3. С. 34-51.