

**М. Ф. С. Х. Аль-Камали, исследователь**  
**А. А. Алексеенко, О.А. Титенков**  
(ГГТУ им. П.О.Сухого, г. Гомель)

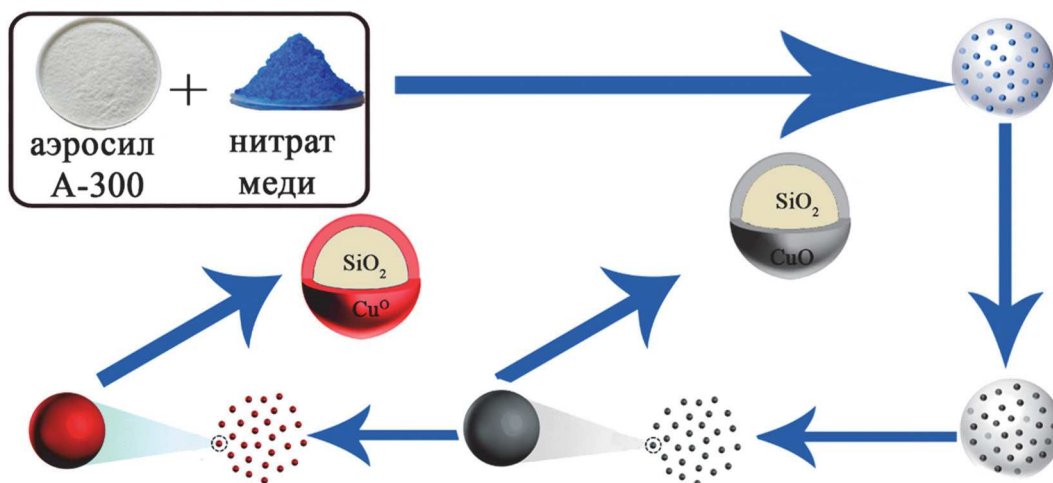
## **МИКРОПОРОШКИ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА НА ОСНОВЕ АЭРОСИЛА, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

Одним из основных требований получения методами напыления в вакууме покрытий с оптимальной однородностью является высокая степень гомогенности гранулометрического и химического состава исходной мишени. Как было показано в работе [1], покрытия оптического качества и однородной стехиометрии получают только в режиме сильного «отравления» материала мишени при малой скорости распыления (т.е. когда на поверхности мишени находится тонкий слой диэлектрика). В нашем случае, используя для ее создания компоненты химической чистоты не ниже марки «осч», а также аэросил (в качестве матрицы-носителя веществ-допантов), становится возможным распределять легирующие добавки с однородностью на молекулярном уровне, сорбируя их на поверхность глобулы аэросила (пирогенного кремнезема) в виде тонкого слоя нанометровой толщины.

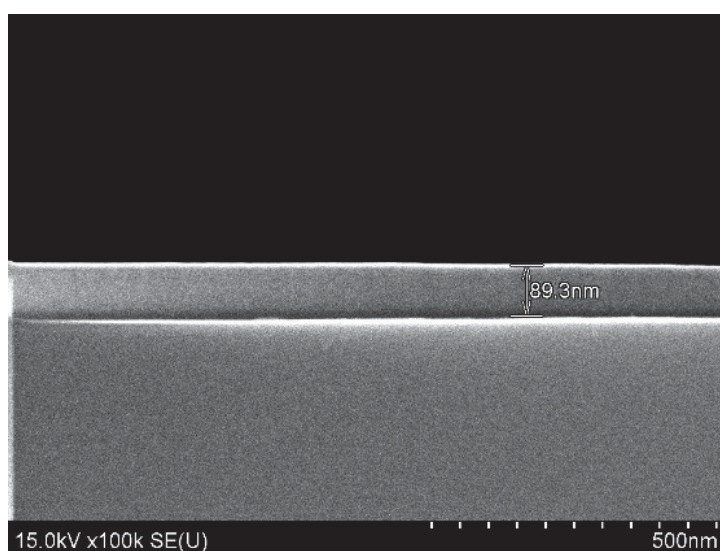
Целью проводимых исследований являлась разработка и изучение функциональных характеристик двухкомпонентных металлооксидных систем в виде тонкодисперсных порошков из наночастиц оксида меди и оксида кремния, формируемых на основе высокопористых медьсодержащих ксерогелей, проведение их термической модификации в водороде, изучение структурных, морфологических и фазовые параметров синтезированных материалов, а также определение возможности создания на их основе элементов для микро- и наноэлектроники

На рис. 1 приводится принципиальная схема получения тонкодисперсных микропорошков состава  $\text{SiO}_2:\text{CuO}$  и  $\text{SiO}_2:\text{Cu}^0$ .

Окончательные фазовые превращения в формируемых композиционных материалах проводились или на воздухе или в среде водорода при  $T=800\text{ }^\circ\text{C}$  (время выдержки синтезируемых микропорошков при указанной температуре составляло 1 ч). Проведенные исследования в области синтеза материалов указанного состава позволили с применением золь-гель метода разработать процесс формирования двойных металлооксидных систем состава  $\text{SiO}_2:\text{CuO}$  и  $\text{SiO}_2:\text{Cu}^0$ , содержащих медь в атомном отношении  $\text{Si}:\text{Cu}=1:0.05; 1:0.1; 1:0.15 \dots 1:0.5$  и предназначенных для получения таблетированных мишеней, применяемых при магнетронном распылении в вакууме [1–3].



**Рисунок 1 – Основные технологические этапы получения микропорошков состава  $\text{SiO}_2:\text{CuO}$  и  $\text{SiO}_2:\text{Cu}^0$ , формируемых на основе аэросила марки А-300**



**Рисунок 2 – СЭМ изображение скола кремниевой пластины с нанесенной на её поверхность тонкой плёнки состава  $\text{SiO}_2:\text{CuO}$ . Для распыления мишени применялся аргон (Ar) с постоянной скоростью расхода 21sccm. Установленная толщина сформированной плёнки составляла 89,3 нм, время распыления мишени – 5 мин**

На рис. 2 показана толщина и морфология структуры плёнки, сформированной методом магнетронного распыления для мишени разработанного состава с применением оборудования и технологических приёмов, используемых авторами работы [2]. В общем случае была получена серия мишеней диаметром  $D = 79$  мм и толщиной  $h = 10$  мм состава  $\text{SiO}_2:\text{CuO}$ , имеющих атомное отношение  $\text{Si}:\text{Cu} = 1:0.25; 1:0.40$  и  $1:0.50$ ,

для которых были отработаны технологические режимы нанесения тонких плёнок на подложки из низколегированного монокристаллического кремния ЭКЭС 0,005 (111). При этом концентрации кислорода изменялась от 0 до 100 % для смеси газов Ar/O<sub>2</sub> (также варировалось время нанесения покрытий). Установленная толщина осаждаемых плёнок составляла 22–245 нм. Создание на таких диэлектрических плёнках подслоя из платины позволило получить структуры конденсаторного типа и установить для них величину коэффициента диэлектрической проницаемости.

Необходимо отметить, что формирование мишеней для магнетронного распыления с применением золь-гель метода было осуществлено впервые, но косвенные возможности по получению покрытий для пассивации и электрической изоляции структуры элементов оптоэлектроники, а также приданию им требуемых оптических свойств на основе материалов, используемых в золь-гель методе, были продемонстрированы авторами работы [3]. Так, авторами работы [3] осуществлялся плазмохимический синтез тонких SiO<sub>2</sub>-плёнок, в котором парами реактивного вещества являлись продукты испарения тетроэтоксисилана (ТЭОС) в среде аргона, а гидролизат ТЭОС, в свою очередь, эффективно используются в смешанном варианте золь-гель метода синтеза плёночных структур и монокристаллических материалов (например, ксерогелей и стёкол, [4]).

### Литература

1. Вольпян, О.Д. Магнетронное нанесение оптических покрытий при питании магнетронов переменным напряжением средней частоты / О.Д. Вольпян, А.И. Кузьмичев // Прикладная физика. – 2008. – № 3. – С. 34–51.
2. 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.
3. Ясюнас, А.А. Оптические свойства и структура пленок низкотемпературного плазмохимического диоксида кремния / А.А. Ясюнас, Д.А. Котов, О.М. Комар, В.Я. Ширипов // 10-я Международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом», 24–27 сентября 2013 г., Минск, Беларусь. – С. 323–325.
4. Подденежный Е.Н., Бойко А.А. Золь-гель синтез оптического кварцевого стекла. – Гомель: УО «ГГТУ им. П.О.Сухого», 2002. – 210 с.