



Опытно-конструкторское бюро Сухого  
(«ОКБ Сухого»)

Поликарпова ул., д. 23 Б, а/я 604, Москва, 125284  
тел.: (499) 550 01 06, (495) 780 24 90  
факс: (495) 945 68 06  
e-mail: [avpk@sukhoi.org](mailto:avpk@sukhoi.org), [info@sukhoi.org](mailto:info@sukhoi.org)

ОГРН 1067759884598  
ИНН 7708619320, КПП 997450001

23.11.2022 г. № 1/453482/3

На \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

## О Т З Ы В

на автореферат диссертационной работы

Аль-Камали Марвана Фархана Саифа Хассана на тему «Формирование золь-гель методом высококремнеземистых мишеней с наночастицами меди и ее оксида для создания наноструктурированных пленок», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.08 – «Нанотехнологии и наноматериалы»

Активно развивающиеся в последние два десятилетия направления, связанные с разработкой методов формирования наноструктурированных композиционных покрытий с высокой степенью однородности структуры и свойств, формирования высокоточных слоев малых толщин с особыми свойствами для создания компонентов и деталей оптоэлектроники ставят к решению сложные технические задачи. Так, например, создаются высокотехнологичные покрытия оптических элементов, находящие широкое применение в оптоэлектронике, микропроцессорной технике, средствах преобразования энергии и пр. Исследуемый в работе и предлагаемый к применению золь-гель метод позволяет решать часть этих задач, при этом имеет весомые преимущества: технологичность оборудования, обеспечение безопасности труда, соблюдение экологических норм, экономичность.

В данной работе рассматриваются вопросы получения мишеней состава  $\text{SiO}_2:\text{Cu}$ ,  $\text{SiO}_2:\text{CuO}$ ,  $\text{SiO}_2:\text{Cu}_2\text{O}$  с применением золь-гель способа формирования наноструктурированных пленок перспективных для применения в опто-, микро-, квантовой электронике. Основной целью работы являлось установление физико-химических закономерностей формирования золь-гель методом высококремнеземистых мишеней, содержащих наночастицы меди и ее оксида, применяемых для получения наноструктурированных пленок на подложках из кремния и кварцевого стекла, определение их оптических и электрофизических свойств в зависимости от режимов формирования и состава, ёмкостных, резистивных и фотоэлектрических свойств тонкопленочных структур для фотоэлектрических элементов, в т.ч. для датчиков интенсивности солнечного излучения.

Научная новизна заключается в экспериментальном установлении взаимосвязей концентрации оксидов меди в составе ксерогеле и величине удельной поверхности, изменения массы ксерогелей от времени их хранения на воздухе, описаны особенности формирования глобулярной структуры  $\text{SiO}_2$ -матрицы ксерогеля, показано, что при некоторых концентрациях  $\text{Cu}^0$  в пленке формируются

