

возможным протеканием химических реакций по образованию гидроксидов меди, что вызывает общее увеличение массы ксерогеля. Такой предполагаемый эффект косвенно подтверждает высокую каталитическую активность сформированных композиционных материалов и высокий потенциал их применения при получении, например, порошков микронного размера биомедицинского назначения.

**А.А. Зайцев** (ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)  
Науч. рук. **М.А. Ярмоленко**, канд. техн. наук, доцент

## **КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ ИЗ АКТИВНОЙ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ**

**Проблематика.** В настоящее время кремнийорганические тонкие покрытия широко используются при решении сложных технических и технологических задач. В частности при модифицировании целлюлозосодержащих материалов, оптических покрытий в интегральной оптике, для повышения коррозионной стойкости, в медицине при создании антибактериальных покрытий и во многих других приложениях. Кремнийорганические покрытия, имеют комплекс высоких физико-механических свойств, поэтому создание на их основе композиционных систем, а также разработка методов и оптимизация технологических приемов их формирования является в наше время важной задачей. Существует значительное количество технологических способов нанесения кремнийорганических покрытий, позволяющих осаждать слои различного назначения. Но практически во всех технологических способах, осаждение технически сложное, поэтому в работе использовался метод электронно-лучевого нанесения.

**Цель работы.** Изучить кинетические особенности воздействия низкоэнергетического потока электронов на кремнийорганическую смолу, влияние состава мишени и термической обработки на молекулярную структуру, морфологию и свойства сформированных покрытий.

**Анализ полученных результатов.** Нанесение тонких покрытий ПТФЭ на поверхности материалов с целью повышения их гидрофобных свойств в большинстве случаев не является эффективным. Обусловлено это низкой стойкостью фторопластового слоя к истиранию.

Покрывание легко удаляется в процессе незначительного контакта с другими материалами. В этой связи интерес представляло исследование особенностей модифицирования бумаги композиционными покрытиями. Покрытия на основе К42 и ПЭ не исследовались из-за их невысоких гидрофобных свойств.

При длительном контакте воды с бумагой происходит ее впитывание. В течение 15 минут величина краевого угла смачивания снижается в 2 раза. Тонкий кремнийорганический слой на поверхности бумаги не способен полностью остановить процесс впитывания. Нанесение композиционных покрытий, покрытий ПТФЭ и СВМПЭ полностью блокирует процесс впитывания воды.

**Выводы.** Установлено, что воздействие низкоэнергетичного потока электронов на кремнийорганическую смолу сопровождается интенсивным отщеплением метильных заместителей. Данный процесс значительно более выражен, чем процесс отщепления фенильных радикалов.

Показано, что молекулярная структура кремнийорганического покрытия в сравнении с молекулярной структурой исходной смолы, характеризуется значительно более низким содержанием углеводородных заместителей и циклических структур (циклотрисилоксанов). Покрытие формируют линейные фрагменты макромолекул. Нагрев тонкого кремнийорганического слоя в атмосфере воздуха инициирует дальнейшее отщепление углеводородных заместителей с образованием предельно сшитой структуры ( $\text{SiO}_2$ ). Заметная термодеструкция тонких кремнийорганических покрытий фиксируется только в процессе высокотемпературного отжига при температуре  $300^\circ\text{C}$ . Отжиг при более низкой температуре не приводит к заметным изменениям молекулярной структуры тонкого слоя.

Морфология и молекулярная структура формируемых кремнийорганических покрытий определяются длительностью воздействия потока электронов на мишень. Длительное электронно-лучевое воздействие сопровождается образованием поверхностного сшитого слоя на основе  $\text{SiO}_2$ , препятствующего выходу в вакуумную камеру генерируемых летучих продуктов деструкции смолы. Длительное термическое воздействие на расплав инициирует процессы термодеструкции и сшивки. Процессы отражаются в появлении на поверхности покрытия микрокапельных образований.

Установлено протекание химических реакций между продуктами диспергирования композиционной мишени на основе кремнийоргани-

нической смолы и ПТФЭ. Показано, что продукты электронно-лучевого разложения фторопластового компонента способствуют разложению Si–O связей. Композиционные покрытия на основе К42 и ПТФЭ могут рассматриваться как высокодисперсные механические смеси модифицированных исходных компонентов мишени. Покрытия термически устойчивы до 300 °С. Показано, что фторопластовый компонент композиционной мишени препятствует формированию сшитого керамического слоя на ее поверхности. Отсутствие сшитого поверхностного слоя мишени сказывается на сокращении продолжительности терморadiационного воздействия на генерируемые продукты диспергирования кремнийорганической смолы.

Установлено, что продукты терморadiационного разложения СВМПЭ являются химически менее активными по отношению к продуктам диспергирования кремнийорганической смолы, в сравнении с продуктами терморadiационного разложения ПЭ. Показано, что из всех углеводородных материалов молекулы ПЭ претерпевает наибольшую степень деструкции под действием потока электронов. Электронно-лучевое воздействие на смесь порошков полиэтилена и кремнийорганической смолы инициирует процессы отщепления метильных групп от молекулы силоксана. Интенсивная деструкция углеводородного компонента в зоне воздействия электронов на мишень является одной из причин образования сажеподобного вещества в зоне диспергирования. Показано, что продукты диспергирования ПЭ в большей степени инициируют разложение Si–O связей в сравнении с продуктами диспергирования СВМПЭ. Установлено, что наибольшей устойчивостью к термической деструкции характеризуются композиционные покрытия на основе К42 и СВМПЭ с массовым соотношением компонентов в мишени 4:1 и 2:1. Чем выше в композиционном слое доля компонента с низкой температурой плавления, тем ниже термическая стойкость всего сформированного покрытия.

Показано, что наиболее эффективным покрытием для придания гидрофобных свойств бумаге является композиционное покрытие К42 – СВМПЭ (4:1).

**Практическое применение полученных результатов.** Полученные результаты могут быть использованы при производстве оптических элементов и антибактериальных защитных покрытий медицинского назначения.