

Биометрическая аутентификация продолжает развиваться и находить новые применения в различных областях. Однако для обеспечения эффективности и безопасности этой технологии необходимо учитывать как новые тенденции, так и потенциальные угрозы. Разработка надёжных систем защиты данных и повышение осведомлённости пользователей помогут минимизировать риски и обеспечить безопасное использование биометрии в цифровом мире.

Литература

1. Биометрическая аутентификация – что это такое и зачем она нужна [Электронный ресурс]/ Солар, Солар официальный сайт компании, Солар – Безопасность за нами – Солар, 2024. – Режим доступа: <https://rt-solar.ru/events/blog/3616/>. – Дата доступа: 19.03.2024.

2. Обеспечение информационной безопасности. «Безопасность для ленивых». Биометрия: угрозы и рекомендации [Электронный ресурс]/ Отраслевой портал - Информационная безопасность банков. – Режим доступа: <https://ib-bank.ru/bisjournal/news/18312>. – Дата доступа: 19.03.2024.

А. М. Михалко

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **А. А. Рогачев**, чл.-корр., д-р техн. наук, профессор

ВАКУУМНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙОРГАНИКИ, СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

Все большее развитие получает синтез функциональных композиционных покрытий, стойких к различным видам воздействия (тепловому, УФ, лазерному и т. д.) [1]. В данной работе проанализированы данные о структурных и морфологических изменениях, наблюдаемых при термообработке, лазерном или электронно-лучевом воздействии, а также влияние их на физико-механические свойства покрытий на основе кремнийорганики, полученные плазмохимическим методом.

Покрытия получали электронно-лучевым диспергированием смеси исходных компонентов (кремнийорганической смолы ПМС-400 и порошка ацетилацетоната циркония) при давлении остаточных газов в вакуумной камере $< 2 \cdot 10^{-2}$ Па [2]. Для исследования покрытий использовали инфракрасный (ИК) Фурье спектрометр Vertex-70 (Bruker), ACM Solver P47 PRO (НТ-МДТ, Россия), нанотвердомер НаноСкан-4D. Обработку покрытий проводили: путем нагрева в муфельной печи до 400 °С в течение часа; лазерным излучением с плотностью мощности 386,7 ГВт/м² в течение 1 с при помощи лазера LOTIS L-2137U+HG-5; потоком низкоэнергетичных электронов в вакуумной камере при давлении остаточных газов (Р) $< 2 \cdot 10^{-3}$ Па на протяжении 3 и 10 с.

Влияние обработки на химическую структуру покрытия определялось по ИК спектрам поглощения. До термообработки наблюдали полосы поглощения при 1 260 см⁻¹ соответствующие с симметричными деформационными колебаниями Si – CH₃ групп (Si – (CH₃)₂), при 1 090 и 1 020 см⁻¹ – валентными колебаниями Si–O–Si связей, при 850, 800 см⁻¹ – с поглощением Si – (CH₃)₂, Si – CH₃ связей соответственно, что характерно для кремнийорганического покрытия. Также видны полосы поглощения 668, 772, 930, 1 020, 1 185, 1 277, 1 527, 1 593 см⁻¹, характерные для покрытий, полученных диспергированием ацетилацетоната Zr. Уже после отжига при 100 °С объединяются полосы при 750–820 см⁻¹ и исчезает полоса поглощения при 1 185 см⁻¹. После отжига при 200 °С в области 750–1 700 см⁻¹ попарно объединяются соседние полосы поглощения, характерные для покрытий, полученных из ацетилацетоната Zr. Полосы поглощения, указывающие на кремнийорганическое покрытие, сохраняются и после отжига при 400 °С.

До лазерной и электронно-лучевой обработки можно наблюдать полосы поглощения, аналогичные образцам до отжига. Из спектров покрытия после обработки видны полосы поглощения, характерные для спектров поглощения исходного покрытия. Следовательно, можно заключить отсутствие изменений структуры покрытий после электронно-лучевого и лазерного воздействия.

Влияние обработки на морфологию покрытий определялось по АСМ снимкам. Покрытия, полученные путем диспергирования смеси ПМС-400 и ацетилацетоната циркония, имеют явно выраженную зернистую структуру, часть зерен имеют продолговатую форму с максимальным размером до 3 мкм. Данная структура распределена равномерно по всей площади покрытия. Часть вытянутых зерен имеет общее направление. После обработки лазерным лучом незначительно изменилась максимальная высота выступов покрытия, однако зернистая направленная структура осталась аналогичной. На снимках после электронно-лучевой обработки покрытия можно наблюдать, что максимальная высота выступов покрытия осталась прежней, зерна в структуре также обладают общим направлением. Длина зерен составила в среднем 1–2 мкм.

Рост температуры отжига со 100 °С до 250 °С приводит к незначительному увеличению поверхностной энергии композиционного покрытия на основе ПМС-400. Это может быть объяснено более высокой температурой, требующейся для образования кварцеподобной структуры. Так, после отжига при 300 °С наблюдался рост поверхностной энергии до 2,6 раз.

Для исследования механических свойств покрытий был использован нанотвердомер. В процессе индентирования и динамического механического анализа [3] установлено, что введение ацетилацетоната Zr в диспергируемую смесь к ПМС-400 в 2 раза увеличивает твердость и модуль упругости (до $H \approx 0,6$ ГПа и $E \approx 16,5$ ГПа).

Таким образом, можно сделать выводы:

1. Анализ ИК спектров позволил установить, что химическая структура композиционного кремнийорганического покрытия с добавлением цирконийсодержащего материала не изменилась после обработки как лазерным излучением, так и пучком электронов.

2. Морфология композиционного покрытия на основе кремнийорганики практически не изменилась, что также подтверждает его стойкость к обработке потоком электронов и лазерным излучением.

3. Показано, что после термообработки вплоть до 300 °С для композиционного покрытия на основе ацетилацетоната Zr характерен рост поверхностной энергии до 2,6 раз.

4. Установлено, что наличие в кремнийорганической жидкости ацетилацетоната Zr повышает как твердость, так и модуль упругости получаемых композиционных покрытий в сравнении с однокомпонентным покрытием на основе ПМС-400.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ в рамках проекта №Т22КИТГ-005.

Литература

1. Усманова, Э.Д. Композиционные материалы на основе кремнийорганических соединений / Э. Д. Усманова, А. С. Парсанов, Д. З. Галимов, А. А. Мансурова, Л. Р. Габидуллина // Вестник технологического университета. – 2017. – Т.20. – №14. – С. 62–65.

2. Ярмоленко, М.А. Влияние плазменной обработки покрытий на основе кремнийорганических полимеров, осажденных методом электроннолучевого диспергирования, на их структуру и морфологию / М. А. Ярмоленко, О. А. Саркисов, Лю Имин, А. В. Рогачёв // ПФМТ. – 2021. – выпуск 1. – С. 38–43.

3. Исследование свойств тонких покрытий в режиме динамического механического анализа с помощью сканирующего нанотвердомера «НаноСкан-4D» / А. Усеинов, В. Решетов, И. Маслеников, А. Русаков, Е. Гладких, В. Беспалов, Б. Логинов // Наноиндустрия. – 2016. – № 1. – С. 80–87.