

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КРИВЫХ ПОДВОДА ДЛЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК АРТЕС В ГИБРИДНОМ РЕЖИМЕ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Радченко Я.И., Сатина М.М.¹

Научный руководитель – PhD, профессор Смирнов Е.А.

¹Университет ИТМО

yasya.radchenko@gmail.com

Введение

Создание тонких пленок на основе силанов, в частности 3-аминопропилтриэтоксисилана (АРТЕС), является перспективным направлением для того, чтобы поверхность получила новые функциональные свойства, востребованные для микроэлектроники, сенсорики и биомедицины. Ключевой научной проблемой остается контроль характеристик получаемых покрытий и доказательство наличия химической модификации. Не все методы анализа дают однозначную информацию о химическом составе монослоя. В зарубежной литературе активно обсуждаются подходы к идентификации пленок АРТЕС с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (ХПС), однако этот метод дорог и сложен в использовании [1]. В данной работе предлагается применить комплексный подход с использованием атомно-силовой микроскопии (АСМ) и ИК-спектроскопии для идентификации химически модифицированных поверхностей.

Основная часть

Для решения поставленной задачи – возможности идентифицировать модификацию поверхности образцов АРТЕС [2], полученную разными методами – было использовано два способа очистки кремниевых подложек перед получением пленок. Первый метод представляет ультразвуковую очистку в ацетоне с последующей обработкой в растворе пираньи для удаления органических загрязнений и активации поверхности силанольными группами [3]. Второй подход предполагал обработку подложки плазмой. Очистка плазмой позволяет не только эффективно удалить загрязнения, но и создать на поверхности кремния большое количество активных центров (гидроксильных групп).

После подготовки первая подложка, очищенная с использованием ультразвука, была выдержана в 2% растворе АРТЕС с последующим обжигом при 110°C. Вторая подложка, очищенная плазмой, выдерживалась в 5% спиртовом растворе АРТЕС с последующей сушкой в эксикаторе. Также для сравнения с модифицированными образцами была взята чистая кремниевая пластина. Исследование проводилось с помощью атомно-силового микроскопа. Для каждого образца были получены изображения рельефа поверхности и силовые кривые подвода. Анализ кривых позволил измерить и сравнить силы взаимодействия между зондом и поверхностью подложки. Еще одним подтверждающим методом была ИК-Фурье спектроскопия, которая показала характерные пики связей С-Н и N-H, соответствующие молекуле АРТЕС, что доказывает наличие пленки из данного вещества.

Выводы

Полученные данные продемонстрировали, что комплексное использование АСМ, включая анализ рельефа и силовых кривых, в сочетании с ИК-спектроскопией позволяет идентифицировать пленки АРТЕС и отличать химически модифицированные участки от немодифицированных, а также различать одно и то же вещество, полученное на поверхности разными способами.

Литература

1. Martin H. J., Schulz K. H., Bumgardner J. D., Walters K. B. XPS Study on the Use of 3-

Aminopropyltriethoxysilane to Bond Chitosan to a Titanium Surface // *Langmuir*. 2007. Vol. 23, no. 12. P. 6645–6651.

2. Miranda A., Martínez L., De Beule P. A. A. Facile synthesis of an aminopropylsilane layer on Si/SiO₂ substrates using ethanol as APTES solvent // *MethodsX*. 2020. Vol. 7. Art. 100931.
3. Acres R. G., Ellis A. V., Alvino J. [и др.] Molecular Structure of 3-Aminopropyltriethoxysilane Layers Formed on Silanol-Terminated Silicon Surfaces // *Journal of Physical Chemistry C*. 2012. Vol. 116, no. 10. P. 6289–6297.