

А. А. Пивоварчик, А. Н. Карась, А. Г. Курьян // Труды восьмого съезда литейщиков России, Ростов-на-Дону, 23–27 апреля 2007 г.: в 2 т. / ОАО «Ростовский литейный завод». – Ростов-на-Дону, 2007. – Т. 2. – С. 185–187.

**Я.О. Бурматов** (ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)  
Науч. рук. **М.А. Ярмоленко**, канд. физ.-мат. наук, доцент

## **ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ ОБРАБОТКА ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА**

### **Введение**

Лазерная обработка высокомолекулярных соединений является эффективным способом придания им заданного комплекса свойств (биосовместимость, антитромбогенность, гидрофобность). Использование УФ лазерного излучения сопровождается нанесением покрытия, характеризующегося заметными отличиями молекулярной структуры от молекулярной структуры исходного полимера. Лазерное диспергирование позволяет осуществлять направленное модифицирование структуры тонкого слоя непосредственно в процессе его осаждения.

### **Методика эксперимента**

Полимерные композиционные покрытия формировали из активной газовой фазы, генерируемой электронно-лучевым диспергированием органического соединения в вакууме.

В ряде случаев диспергируемая потоком электронов мишень подвергалась воздействию наносекундного УФ лазерного излучения ( $\lambda=266\text{нм}$ ). При осаждении покрытий в условиях лазерного ассистирующего воздействия использовали мишени диаметром, соответствующим пятну лазерного излучения (7 мм).

В качестве материала мишени использовали порошок поливинилхлорида (ПВХ, ГОСТ 14039-78), а также порошок, полученный в процессе предварительного нанесения покрытия на стеклянные подложки с последующим соскабливанием органического слоя. Полученный таким способом порошок использовался в качестве материала мишени для осаждения покрытий на основе «вторичного ПВХ».

Толщина осаждаемых покрытий контролировали с помощью кварцевого измерителя толщины. Анализировались только покрытия одинаковой эффективной толщины.

Исследование молекулярной структуры сформированных полимерных покрытий, осуществляли на ИК-Фурье спектрофотометре с использованием стандартной приставки на пропускание. Электронные спектры получали с помощью спектрофотометра.

## Результаты исследования

В ИК спектре порошка ПВХ, подвергнутого воздействию потока электронов, фиксируются интенсивные полосы. Присутствие отмеченных полос поглощения указывает на формирование в полимере под действием потока электронов ароматических структур. Данные полосы обусловлены внеплоскостными деформационными колебаниями С–Н связей для монозамещенных соединений бензола.

Воздействие потока электронов на полимер приводит к образованию полисопряженных структур. Таким образом, воздействие электронного потока инициирует реакции дегидрохлорирования ПВХ. Возникновение кислородсодержащих групп возможно при взаимодействии молекул кислорода воздуха со свободными радикалами и ненасыщенными связями материала мишени. Реакции окисления протекают при разгерметизации вакуумной камеры.

Следует отметить, что способ электронно-лучевого диспергирования не позволяет формировать покрытия, молекулярная структура которых содержит бензольные кольца. Ароматические фрагменты под действием потока электронов легко отщепляются от диспергируемых химических соединений и откачиваются вакуумной системой откачки. Таким образом, формирование ароматических структур в тонком слое протекает непосредственно на подложке.

Установлено, что непродолжительный высокотемпературный отжиг в вакууме порошка «вторичного ПВХ» сопровождается снижением содержания двойных связей и ароматических фрагментов. При отжиге процесс отщепления фрагментов макромолекул с последующим переходом их в газовую фазу идет одновременно с процессом формирования сшитых ненасыщенных структур. Увеличение температуры отжига сопровождается заметным снижением оптической плотности полос, ответственных за ароматические структуры. При этом влияние высокотемпературного вакуумного отжига (500°С) на молекулярную структуру тонкого осажденного слоя противоположно.

Термообработка на воздухе сопровождается заметным окислением тонкого слоя. На это указывает рост оптической плотности полосы валентных колебаний С = О связей. В процессе окисления происходит разрушение углеводородных цепочек, образование свободных радикалов.

Взаимодействие свободных радикалов друг с другом способствует образованию, как межмолекулярных сшивок, так и ненасыщенных связей. Следует отметить, что независимо от среды отжига, термообработка приводит к отщеплению бензольных колец.

Лазерное УФ ассистирующее воздействие не приводит к видимому изменению молекулярной структуры органического покрытия. Результат обусловлен тем, что генерируемые потоком электронов продукты

деструкции являются химически высокоактивными. Дополнительная лазерная активация ненасыщенных связей не заметна в общей картине химических взаимодействий.

### Заключение

Воздействие низкоэнергетичного потока электронов на порошок ПВХ инициирует реакции дегидрохлорирования, они сопровождаются образованием полисопряженных цепочек. Термически инициируемая циклизация ненасыщенных фрагментов макромолекул приводит к возникновению ароматических структур.

Показано, что тонкий слой на основе «вторичного» ПВХ образован полиеновыми фрагментами с длиной равной 3–4.

Лазерное наносекундное УФ ассистирующее воздействие не приводит к заметному изменению молекулярной структуры покрытия на основе вторичного ПВХ. Влияние проявляется в увеличении количества и уменьшении размера поверхностных капельных образований, формирующих тонкий слой. Изменения морфологии осаждаемого органического слоя обусловлены влиянием термической составляющей лазерного излучения.

### Литература

1. Saravana Kumar Jaganathan, Arunpandian Balaji, Muthu Vignesh Velayappan, Aruna Priyadarshni Subramanian, Agnes Aruna John, Manjeesh Kumar Asokan Eko Supriyanto Radiation-induced surface modification of polymers for biomaterial application // J Mater Sci. – 2014. – DOI 10.1007/s10853-014-8718-x

2. Gastón A. Primo, Cecilia I. Alvarez Igarzabal, Gustavo A. Pino, Juan C. Ferrero, Maximiliano Rossa Surface morphological modification of cross-linked hydrophilic polymers by nanosecond pulsed laser irradiation // Applied Surface Science. – 2016. – 369. – P. 422 – 429

3. Rebollar, E., Castillejo, M., Ezquerro, T.A., Laser Induced Periodic Surface Structures on Polymer Films: From Fundamentals to Applications, European Polymer Journal (2015), doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2015.10.012>

4. Akimichi Shibata, Shuhei Yada, Mitsuhiro Terakawa Biodegradability of poly (lactic-co-glycolic acid) after femtosecond laser irradiation // Sci Rep. – 2016; 6: 27884.

5. K. Moraczewski, P. Rytlewski, R. Malinowski, M. Zenkiewicz, Comparison of some effects of modification of a polylactide surface layer by chemical, plasma, and laser methods, Applied Surface Science. – 2015. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.03.202>

6. M. Naddaf, A. Alkhawwam, Characterization of superhydrophobic a-C:F thin film deposited on porous silicon via laser ablation of a PTFE target, *Diamond & Related Materials*. – 2016, doi: 10.1016/j.diamond.2016.01.010

7. D. B. Chrisey, A. Pique, R. A. McGill, J. S. Horwitz, B. R. Ringeisen, D. M. Bubb, P. K. Wu Laser Deposition of Polymer and Biomaterial Films // *Chem. Rev.* – 2003. – 103. – P. 553–576.

**Е.С. Бычков** (ГГУ имени Ф.Скорины, Гомель)  
Науч. рук. **П.В. Бычков**, канд. физ.-мат. наук, доцент

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТСКАНИРОВАННОГО ПОЧЕРКА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ПСЕВДОРУКОПИСНОГО ТЕКСТА**

В связи с развитием технологий машинного обучения, глубокого обучения и нейросетей, задача распознавания рукописного текста становится все более тривиальной и дешёвой. На данный момент, существует большое количество веб сервисов и десктопных приложений, которые позволяют распознать печатный или рукописный текст, например, «Support Vector Machine». Однако, обратная задача, то есть перевод из электронного формата в псевдо рукописный, также способна решить целый ряд задач, например:

1. Создание псевдо рукописных открыток или писем;
2. Создание email сообщений в рукописном стиле;
3. Создание конспектов.

Создание псевдо рукописного сообщения происходит в три стадии:

1. Анализ оригинального текста, используя одну из популярных сетей рекуррентного машинного обучения;
2. Фильтрация, обработка, нормирование, разделение и хранение полученных данных при помощи связки Python3 + MSSQL;
3. Обработка электронных документов библиотекой ReportLab на основании полученной базы рукописных символов.

Было создано WEB приложение для генерации псевдо рукописных документов на основании технологий Python, Django, Amazon C2, APACHE, MsSQL и Reportlab.

Веб приложение использует фреймворк bootstrap для фронтенда, а полученные документы хранит в сетевом хранилище Amazon S3. Все сгенерированные документы хранятся в Amazon S3 в течении года.