

его очистку, ненужные продукты удаляются из реактора, к ним относится вода и NaHSO_4 .

Выделяющийся газ, объемом около 13 м^3 порционно проходит стадию охлаждения через холодильник, представляющий собой теплообменник, затем сорбционную трубку в виде колонны с оксидом бора, которая улавливает на себя такие газы, как водород, аммиак, оксиды серы и азота. Также B_2O_3 может сорбировать молекулярный кислород, но так как этот процесс обычно требует повышенной температуры, то оставшийся кислород будет отделяться на стадии очистки.

После этого трифторид бора конденсируется при -183°C в газовой ловушке, представляя собой теплообменную камеру, охлаждаемую жидким азотом. Сорбционная колонка с фторидом калия на выходе из аппарата служит для защиты от влаги воздуха. После этого, трифторид бора снова переходит в газообразное состояние, проходя через нагретый термостат. Выход продукта на стадии завершения процессов синтеза составляет 80 % от изначального количества BF_3 по реакции, то есть на стадию очистки отправляется 10 м^3 .

После стадии синтеза, газ проходит стадию очистки, его подвергают контакту с CaF_2 при $100\text{--}250^\circ\text{C}$ с образованием фторборатного комплекса. Оставшиеся O_2 и HF выводят из сорбционной колонны. После насыщения сорбен-

та, которое происходит после окончания перепада давления, производят десорбцию BF_3 при $350\text{--}500^\circ\text{C}$. Газ отправляется через компрессор напрямую в газовые баллоны для дальнейшего аналитического анализа на ИК-спектрометре или газовом хроматографе. Регенерированный CaF_2 используют в повторных циклах извлечения BF_3 . Степень улавливания BF_3 не менее 95–98 %, остаточное содержание бора в сорбенте 0,05–0,1 об. %. Процесс энергетически экономичен, исключена коррозия аппаратуры и плавление сорбента, потому что подобран подходящий под данные условия конструкционный материал, а температура плавления сорбента намного выше температуры десорбции, 1418°C . Полученные результаты технологических расчетов на первоначальном этапе показали возможность реализации данной технологии на практике.

По результатам проведенной работы, на докладе конференции будет раскрыта практическая сторона осуществления данной технологии на коммерческом предприятии. Будут приведены основные этапы производственной цепочки, включающие в себя процессы получения и очистки трифторида бора от примесей для получения чистого вещества с целевым содержанием продукта не менее 99,99 %. Кроме того, объяснена эффективность данной технологии относительно других имеющихся в мире на данный момент.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ НЕФТЯНЫХ ОТХОДОВ В ВЫСОКОПРОВОДЯЩИЕ КОМПОЗИТЫ: СОЗДАНИЕ ГИБКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ПОСРЕДСТВОМ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ АСФАЛЬТЕНОВ

И. Петров, Р. Родригес, Е. Францина, А. Гринько, Е. Шеремет
Научный руководитель – PhD, профессор ИШХБМТ Е. С. Шеремет

ФГАОУ ВО Национальный Исследовательский Томский Политехнический университет
Россия, Томск, проспект Ленина, 30
iliaserpetrov@gmail.com

Для человечества нефть и ее производные являются основными источниками энергии. Несмотря на попытки перехода на экологически чистый транспорт, даже городская инфраструктура по-прежнему сильно зависит от топлива, не говоря уже о промышленности. В условиях стабильного роста добычи нефти, наблюдаемого с 2006 г. [1] остро встает вопрос переработки отходов нефтепродуктов, частью которых являются асфальтены (Asp) – высокомолекулярные

компоненты нефти. Создание технологии их переработки для дальнейшего использования давно обсуждается в научном сообществе [2, 3]. В данной работе мы демонстрируем новый метод лазерной обработки асфальтенов с образованием прочного высокопроводящего композита LAsp/PET и предлагаем его применение в электронике.

Полученные значения поверхностного сопротивления $(3,5 \pm 0,6) \text{ Ом/кв}$ при толщине ма-

териала в 20–30 мкм говорят о высокой проводимости материала на уровне 7000 См/м, что конкурирует с самыми высокими показателями проводимости для углеродных материалов [4]. Комплексный анализ спектров комбинационного рассеяния (Рисунок 1a,b) и ИК-спектроскопии, а так же результатов сканирующей электронной микроскопии (Рисунок 1c,d) и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии подтверждает формирование композита. В ходе РФЭС выявлено красное смещение пика C–C после лазерной обработки, что в совокупности с увеличением доли свободных электронов (π – π^*) объясняет высокую проводимость материала. На дифрактограммах материала после лазерной обработки

наблюдается новый пик графита (002) в области $2\theta = 26^\circ$, что указывает на графитизацию поверхности.

На основе результатов предложены механизмы формирования высокопроводящей структуры LAsp/PET: карбонизация полимерной подложки с формированием проводящей матрицы, дегидрирование асфальтенов.

Учитывая все особенности получаемого материала, предложены его применения в гибкой электронике, а именно: датчик сгиба, электронагревательный элемент, электрохимический сенсор, суперконденсатор и дипольная антенна.

Работа выполнена в рамках проекта Приоритет 2030-НИП/ИЗ-007-375-2023.

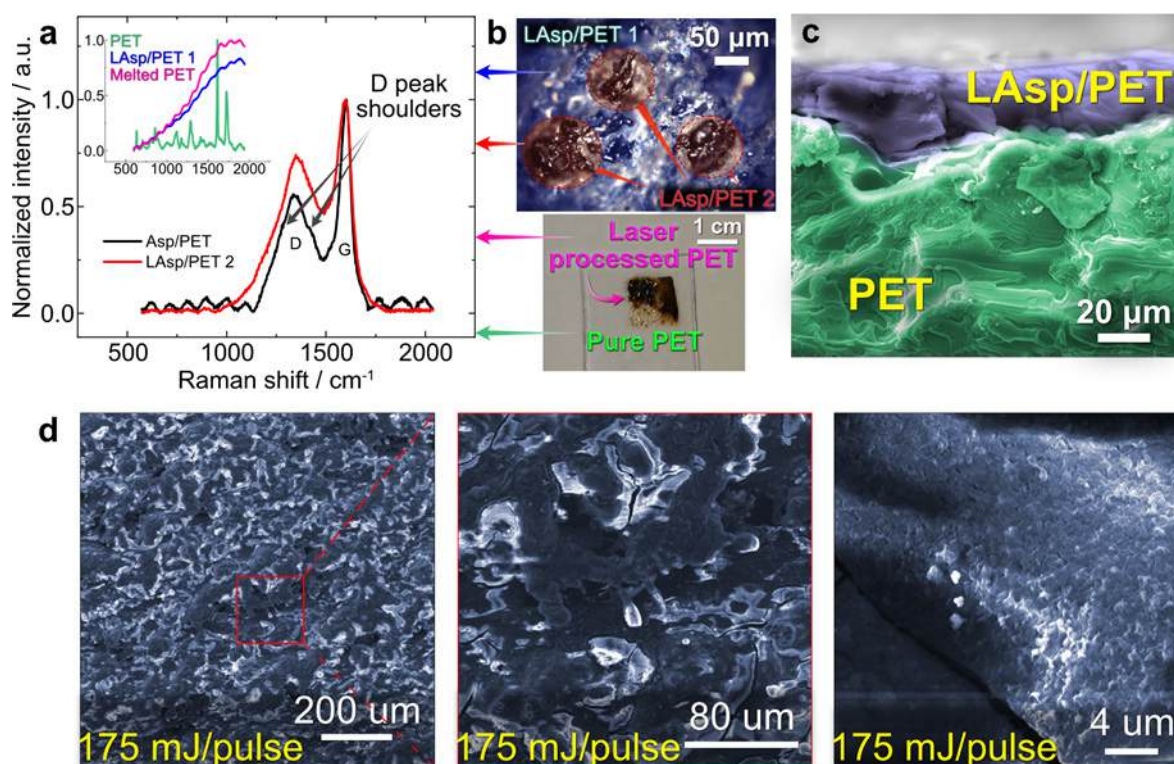


Рис. 1. Характеризация материала. а) КР-спектры, б) Оптические изображения, в) изображения СЭМ скола, д) СЭМ-изображения поверхности LAsp/PET

Список литературы

1. U.S. Field Production of Crude Oil (Thousand Barrels per Day) [Electronic resource]. – URL: <https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=MCRFPUS2&f=A> (accessed: 06.02.2024).
2. Saadi M.A.S.R. et al. Sustainable valorization of asphaltenes via flash joule heating // *Sci Adv.* – 2022. – Vol. 8. – № 46. – P. eadd3555.
3. Petrova Y.Y. et al. Investigation of the process and products of plasma treatment of asphaltenes // *Mater. Today Commun.* Elsevier BV. – 2022. – Vol. 33. – № 104669. – P. 104669.
4. Wang Y. et al. Reduced graphene oxide film with record-high conductivity and mobility // *Mater. Today*. Elsevier BV. – 2018. – Vol. 21. – № 2. – P. 186–192.