Органические полевые транзисторы на основе полупроводниковых фуллереновых плёнок, сформированных из водорастворимых термически лабильных предшественников

А.В. Новиков[а, б], Л.И. Лешанская[а], Л.А .Фролова[а] и П.А. Трошин[а, в]

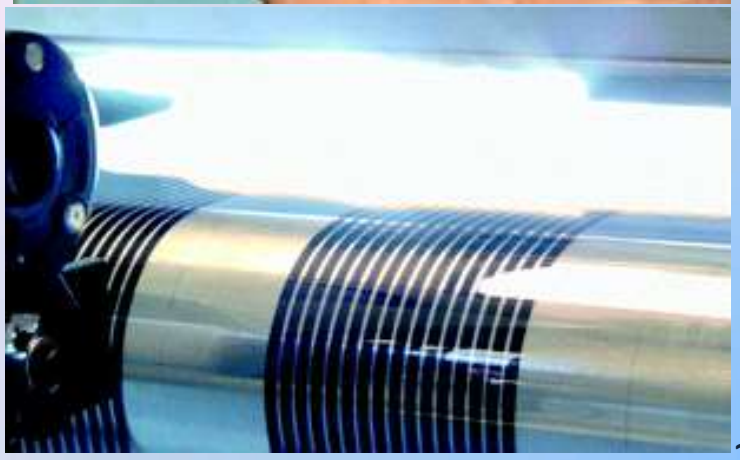
[а] Институт Проблем Химической Физики РАН, Черноголовка, Россия

[б] Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия

[в] Сколковский институт науки и технологий, г. Москва, Россия

Органическая Электроника

- Возможность использования в производстве недорогих и эффективных рулонных и печатных технологий
- Дешёвая по сравнению с кремниевыми аналогами
- Возможность создания гибких и лёгких электронных устройств



Методы создания тонких плёнок органических полупроводников

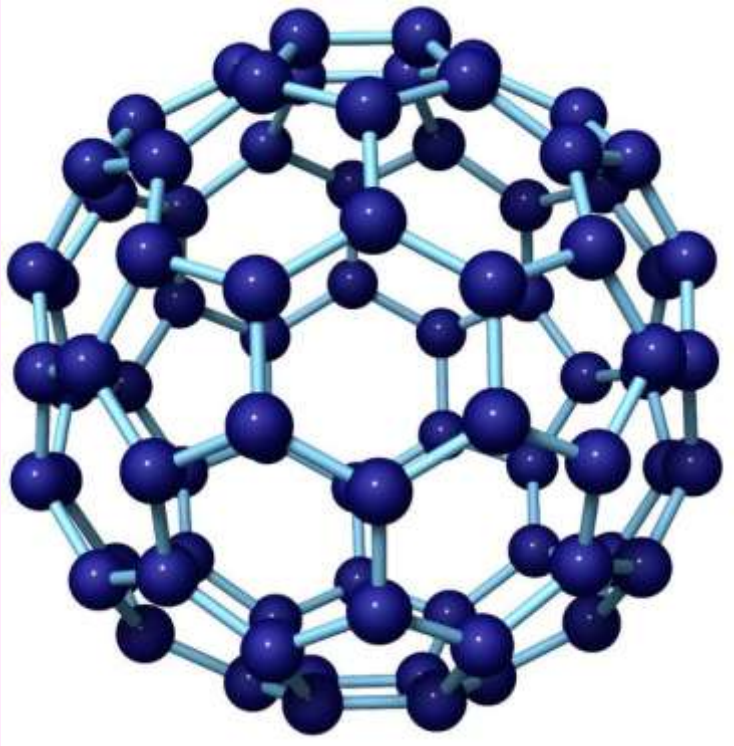
Метод нанесения из раствора

- Простой и недорогой метод
- Необходимость использования органических растворителей, оказывающих негативное влияние на окружающую среду
- Перспектива развития метода: формирование плёнки из водного раствора

Метод вакуумного напыления

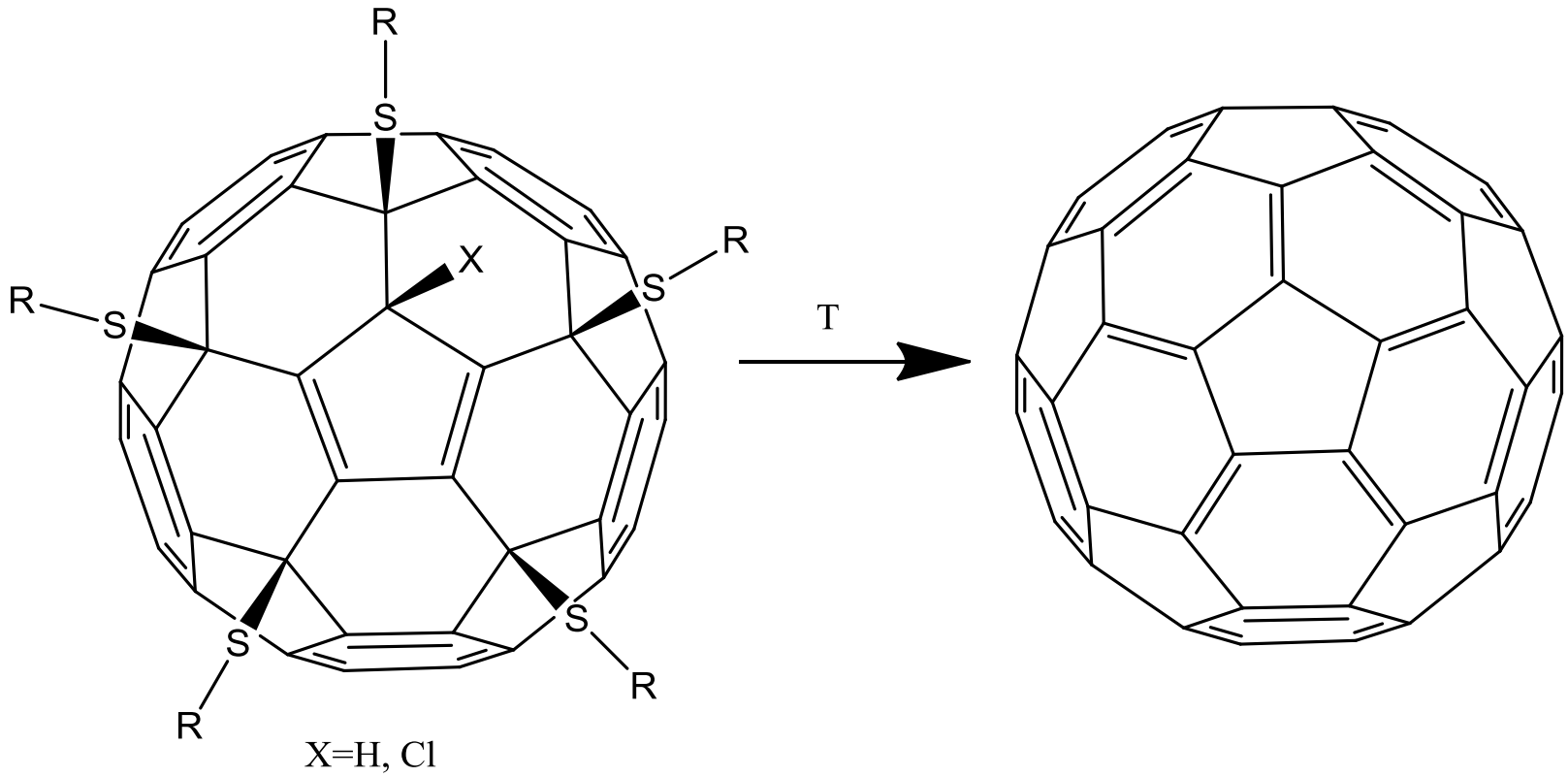
- Высокая степень кристалличности плёнки, позволяющая достичь высоких характеристик устройств
- Большое энергопотребление при нанесении плёнки, приводящее к увеличению цены устройства

Использование фуллерена в органических полевых транзисторах (OFETs)



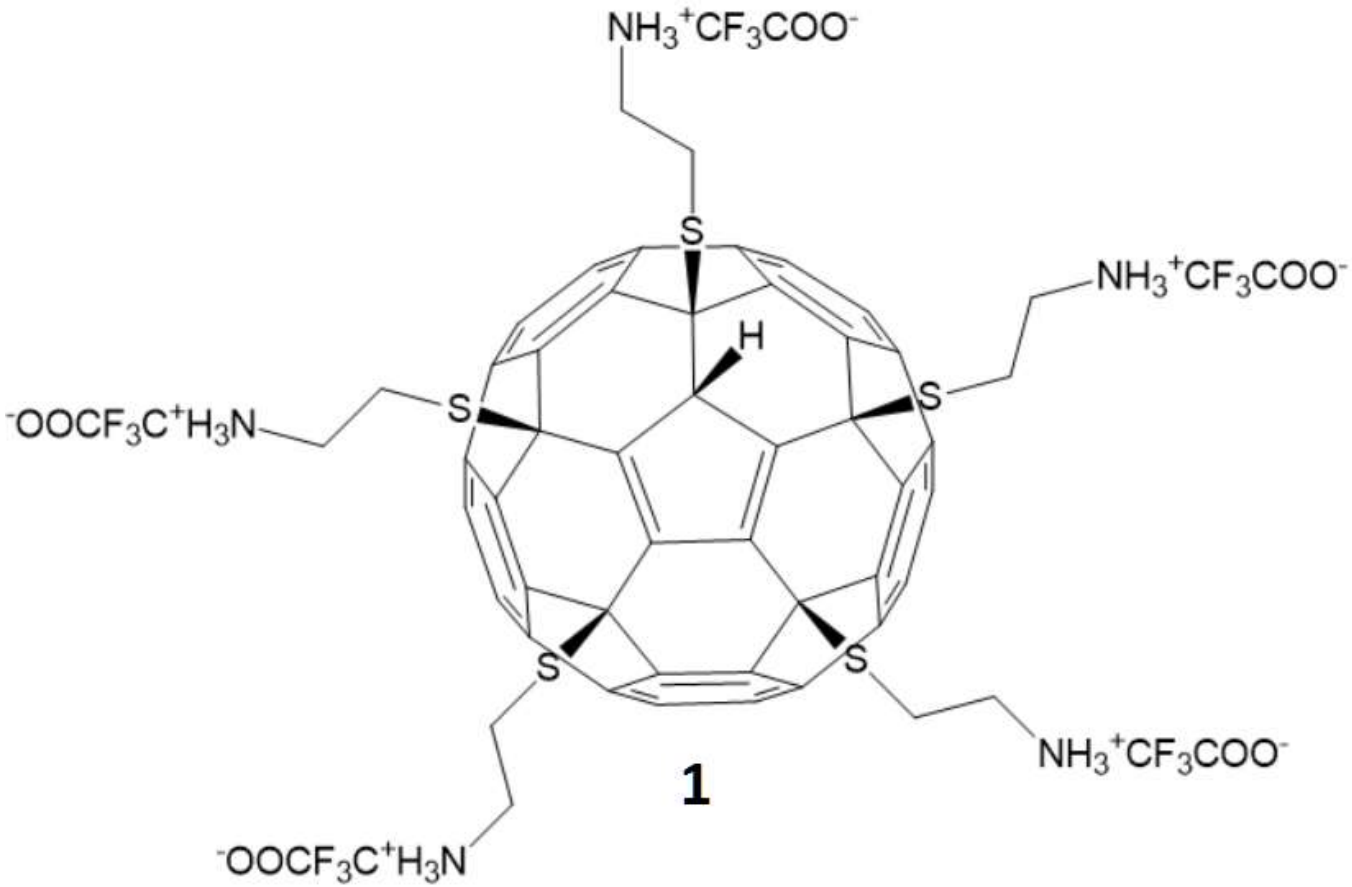
- С использованием фуллерена достигнуты очень высокие для OFET n-типа характеристики подвижностей носителей заряда: до 6 $см^2/(В*с)$

Реакция термического разложения серосодержащих производных фуллерена

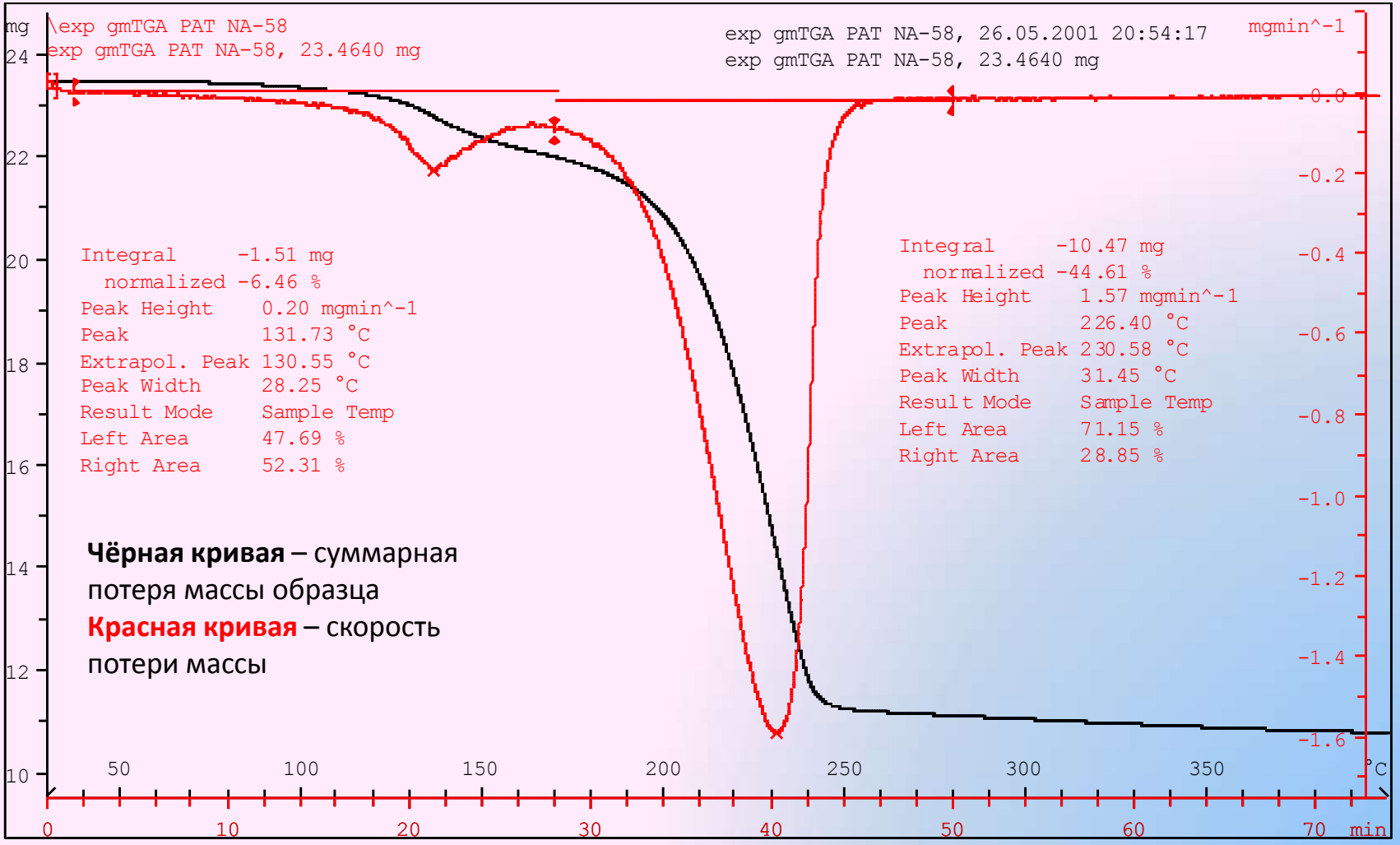


P.A. Troshin, A.V. Mumyatov, D.K. Susarova, V.F. Razumov, Patent WO 2013/105873 A1.

Выбранное производное фуллерена

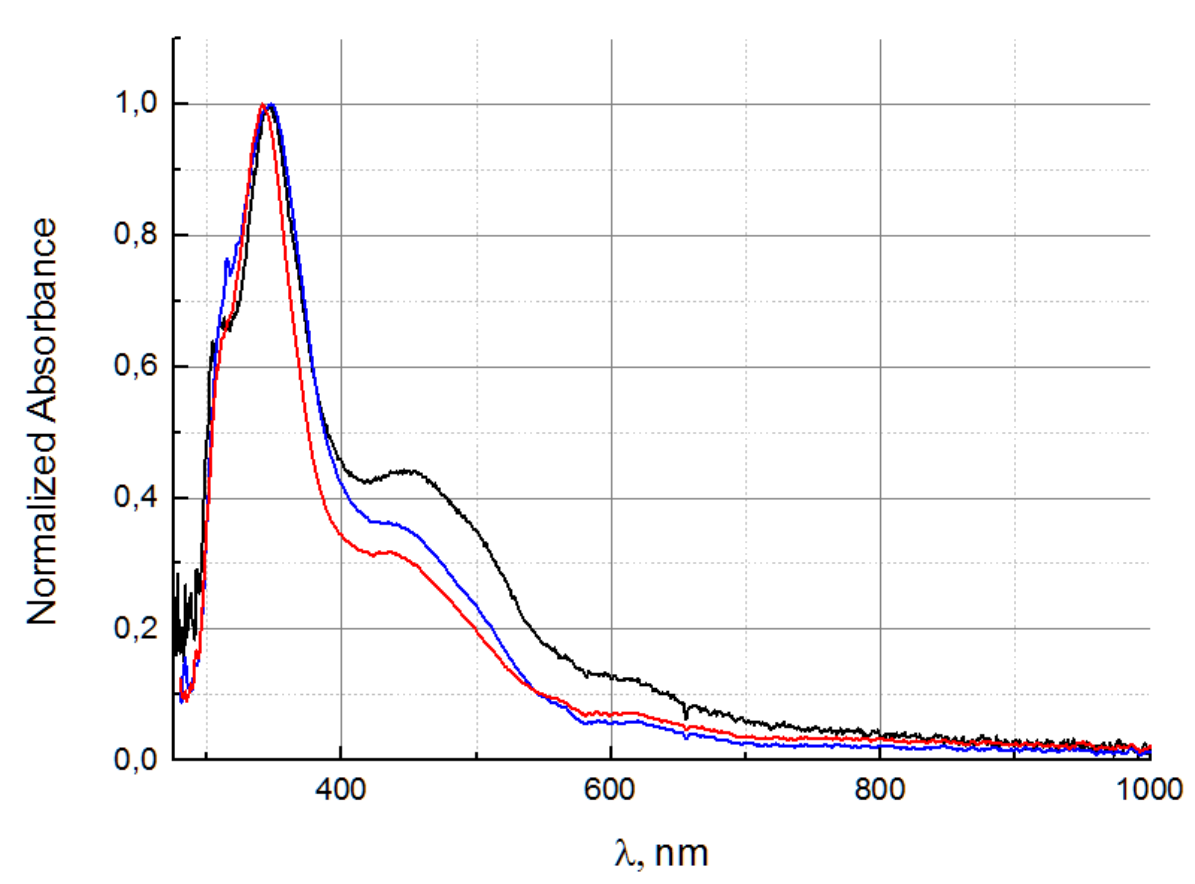


Результаты термогравиметрического анализа соединения 1



Результаты термогравиметрического анализа предоставил Г. В. Малков

Спектры поглощения в УФ-видимой области плёнки вещества 1 до и после прогрева

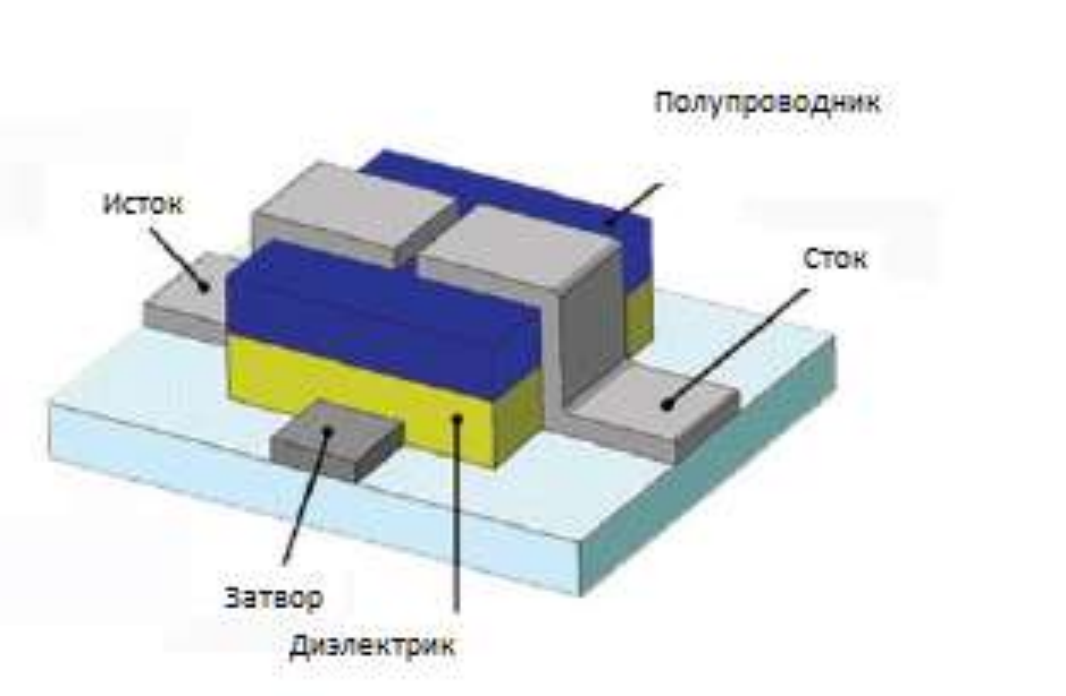


Синий – спектр поглощения чистого фуллерена
Чёрный – спектр поглощения исходной плёнки
Красный – спектр поглощения плёнки после прогрева при 300°С

Результаты анализа методом ГПХ плёнок соединения 1 после прогрева

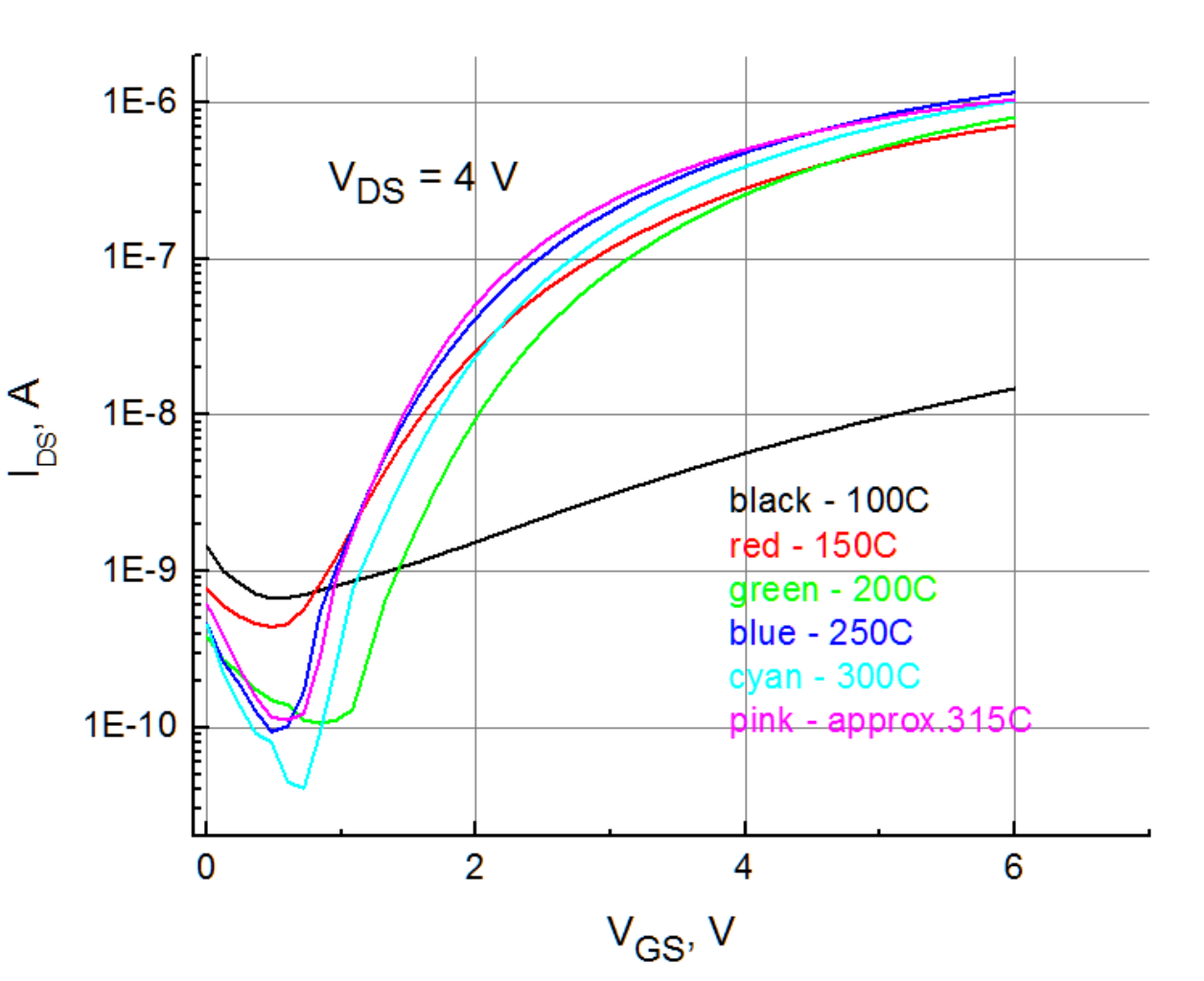
Розовая кривая – хроматограмма чистого фуллерена.
Чёрная кривая – хроматограмма прогретой при 250°С плёнки соединения 1.

Органические полевые транзисторы (OFETs)

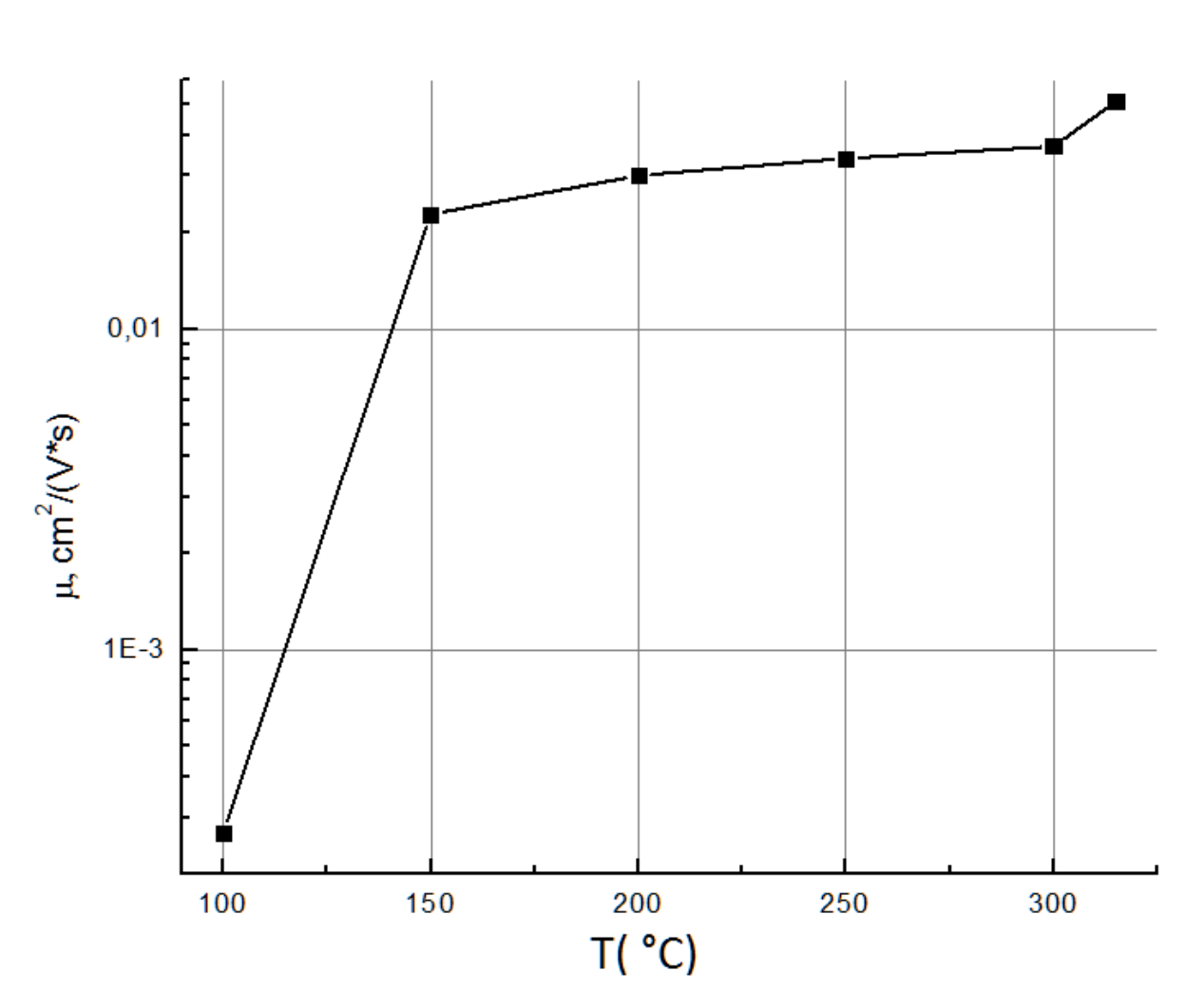


Материалы:
Затвор – алюминий
Сток и исток – серебро
Диэлектрик – оксид алюминия и циклотен
Полупроводник – фуллерен, полученный термическим разложением соединения 1.

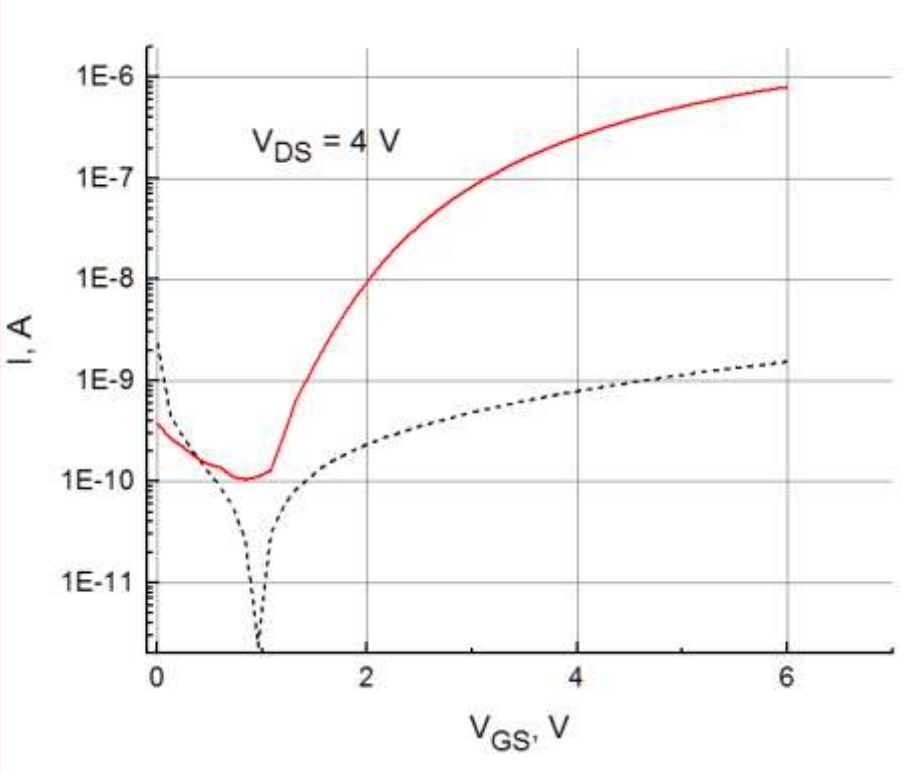
Проходные характеристики
Транзисторов с разными температурами прогрева плёнок

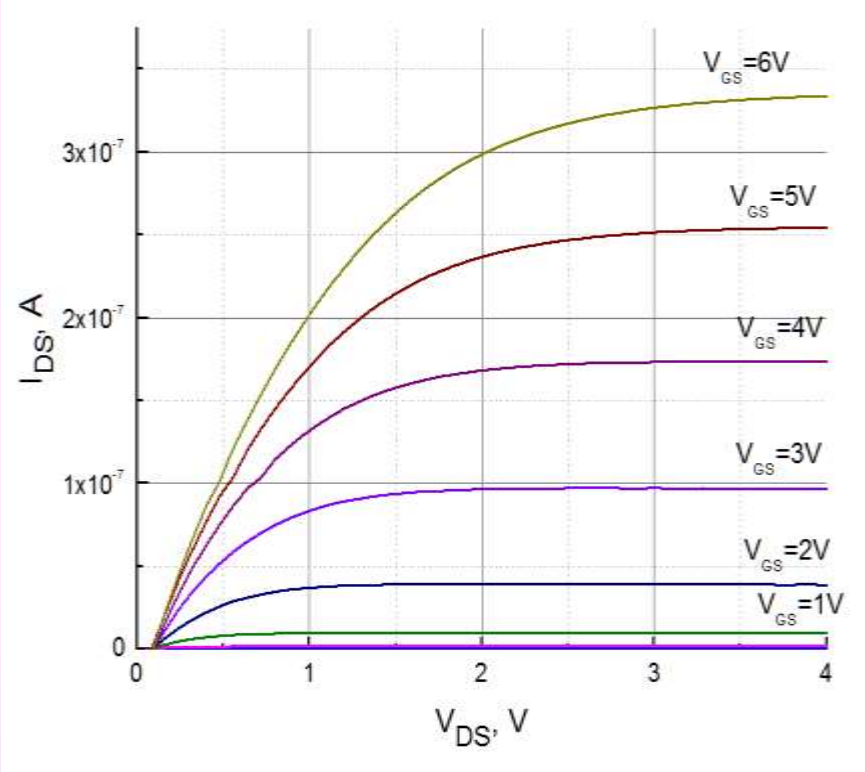


Зависимость подвижностей носителей зарядов в OFETs от температуры прогрева плёнки



Проходные и выходные характеристики OFET, с температурой прогрева плёнки 315°С.





Выводы

- Подтверждена термическая трансформация диэлектрических пленок исследуемого соединения в полупроводниковые пленки фуллерена C_{60} с использованием оптической спектроскопии в УФ-видимом диапазоне, ГПХ и термического анализа.
- Разработаны основы экологически чистого метода получения полупроводниковых плёнок на основе водорастворимых термически-лабильных соединений-предшественников.
- Получены органические полевые транзисторы, демонстрирующие хорошие электрические характеристики: подвижности носителей зарядов μ_e составляют ~0,05 $см^2В^{-1}\cdot с^{-1}$, а соотношение токов I_{on}/I_{off} ~10^4.

Благодарности

1) Г. В. Малкову за помощь в проведении анализа методами термогравиметрии и ДСК
2) В. М. Мартыненко за помощь в проведении анализа методом масс-спектрометрии