

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОНКИХ ПЛЕНОК ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ

М.М.КОЛЕСОВ, А.Н.ХАРИН, И.В.ЛУНЕГОВ

Пермский государственный национальный исследовательский  
университет, 614990, Пермь, Букирева, 15

Для создания органических светодиодов (OLED) используются тонкопленочные многослойные структуры, состоящие из слоев нескольких полимеров. OLED состоит из следующих элементов:

- подложки (пластмассовой, стеклянной, фольги);
- анода, который при прохождении тока инжектирует дырки;
- слоев органических материалов, один из которых проводит дырки, инжектируемые анодом, а второй — электроны, инжектируемые катодом. В этом слое и происходит рекомбинация носителей заряда;
- катода, инжектирующего при прохождении тока электроны в излучающий слой.

При подаче на анод положительного относительно катода напряжения, поток электронов протекает через прибор от катода к аноду. Таким образом, катод отдает электроны в эмиссионный слой, а анод отдает дырки в проводящий слой. Эмиссионный слой получает отрицательный заряд, а проводящий слой — положительный. Под действием электростатических сил электроны и дырки движутся навстречу друг к другу и при встрече рекомбинируют. Это происходит ближе к эмиссионному слою, потому что в органических полупроводниках дырки обладают большей подвижностью, чем электроны. При рекомбинации происходит понижение энергии электрона, которое сопровождается испусканием (эмиссией) электромагнитного излучения в области видимого света. Поэтому слой и называется эмиссионным. На рис.1. приведена схема двухслойной OLED-панели. Соответствующими цифрами обозначены:



Рис.1. Схема двухслойной OLED-панели

1. Катод, 2. Эмиссионный слой, 3. Испускаемое излучение, 4. Проводящий слой, 5. Анод

Наиболее ответственный процесс при изготовлении OLED – нанесение пленок органического материала на подложку. Одним из способов нанесения пленок является напыление вещества в условиях высокого вакуума. Метод получения тонких пленок термическим вакуумным напылением является универсальным и наиболее освоенным методом. Процесс термического напыления в вакууме разбивается на три этапа:

1. Испарение вещества.
2. Распространение паров испаряемого вещества.
3. Конденсация паров испаряемого вещества на подложке и образование пленочной структуры.

Испарение вещества происходит при его нагревании. Нагрев резистивным способом обеспечивается за счет тепла, выделяемого при прохождении электрического тока через испаритель. При нагревании вещества кинетическая энергия его атомов и молекул возрастает и становится достаточной для того, чтобы они оторвались от поверхности и распространились в окружающем пространстве. С повышением температуры энергия увеличивается и количество молекул, отрывающихся от поверхности, возрастает.

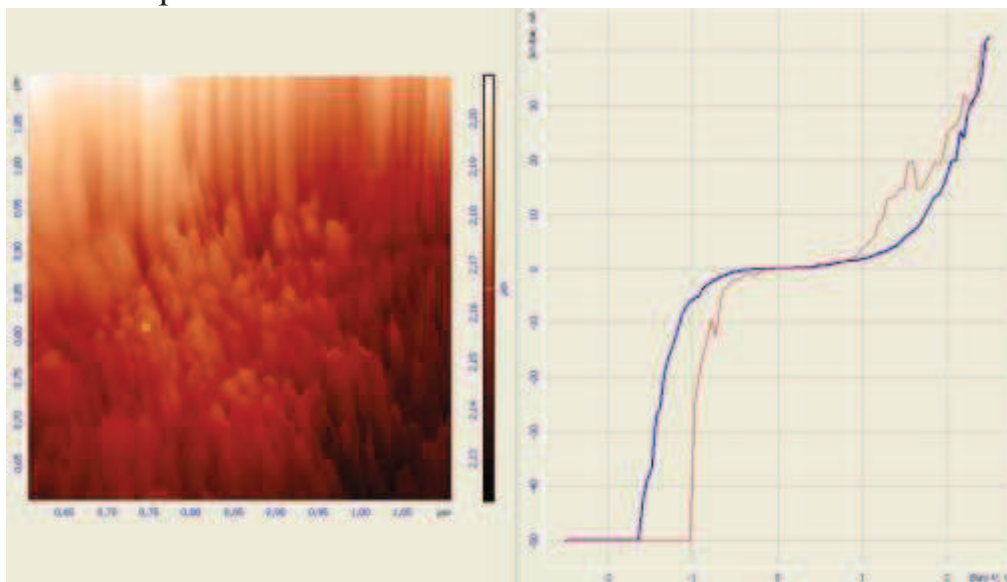
Конденсация - процесс перехода материала из газообразной фазы в твердую. При конденсации на подложке образуется пленка сконденсированного материала. Свойства получаемой плёнки во многом определяются именно на этапе конденсации. На процесс образования пленки при конденсации материала на поверхность подложки влияет состояние поверхности подложки.

Одним из важнейших моментов является исследование поверхностей получившихся образцов, а также их локальных свойств. Полный анализ поверхностей органических полупроводников можно произвести методами зондовой микроскопии.

Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ) - один из мощных современных методов исследования морфологии и локальных свойств поверхности твердого тела с высоким пространственным разрешением. В настоящее время практически ни одно исследование в области физики поверхности и тонкопленочных технологий не обходится без применения методов СЗМ.

При исследовании атомарно гладких поверхностей часто более эффективным оказывается получение СТМ изображения поверхности по методу постоянной высоты  $Z = \text{const}$ . С помощью СТМ можно снимать

вольт-амперные характеристики (рис.2) туннельного контакта в различных точках поверхности, что позволяет судить о локальной проводимости образца. Для регистрации вольт-амперных характеристик туннельного контакта в СТМ применяется следующая процедура. На СТМ изображении поверхности выбирается область образца, в которой предполагается произвести измерения.



**Рис.2.** Изображение скана СТМ и ВАХ в заданной точке

Зонд СТМ выводится сканером в соответствующую точку поверхности. Для получения ВАХ контакта обратная связь на короткое время разрывается, и к туннельному промежутку прикладывается линейно нарастающее напряжение. При этом синхронно с изменением напряжения регистрируется ток, протекающий через туннельный контакт. Во время снятия ВАХ на время разрыва обратной связи на электрод сканера подается потенциал, равный потенциалу непосредственно перед разрывом. В каждой точке производится снятие нескольких ВАХ. Итоговая вольт-амперная характеристика получается путем усреднения набора ВАХ, снятых в одной точке. Усреднение позволяет существенно минимизировать влияние шумов туннельного промежутка.

По виду ВАХ можно определить качество осаждения полимера на поверхность подложки и его будущие свойства.