



ДНК в нанотехнологиях

4ФБЭ, Шарафутдинова Л.Р.

доц., к.т.н. Новикова А.А.

This work is devoted research of DNA in nanotekhnologi.

В последнее время все чаще и чаще появляются исследования, в которых в качестве конструкционного материала при создании наноразмерных устройств используются природные макромолекулы (например, ДНК). Наиболее функциональный инструмент для манипуляций на таком уровне - это Сканирующая Зондовая Микроскопия (СЗМ). Приборы этого класса позволяют одновременно исследовать единичные молекулы и осуществлять манипуляции над ними. Рассмотрим три наиболее важных аспекта СЗМ, которые нужно учитывать при работе на молекулярном уровне.

Влияние остроты зонда на разрешение

Мелкие особенности рельефа могут быть не обнаружены, если радиус зонда слишком велик. При использовании стандартного зонда ширина молекулы ДНК на изображении составляет 10-20 нм, тогда как реальный диаметр — около 2 нм. На скане показаны короткие фрагменты poly(dG)–poly(dC) ДНК, закрепленные на модифицированном высокоориентированном пиролиитическом графите. При использовании DLC зонда (радиус кривизны острия ~1 нм) можно увидеть расплетенные однонитевые участки (жирная стрелка) и даже спиральную структуру молекулы (тонкие стрелки). Более подробную информацию можно найти в статье Д.Клинова “High-resolution atomic force microscopy of duplex and triplex DNA molecules”. *Nanotechnology* (2007), V18, N22, p.225102.

Крепление ДНК: подложки и процедуры

Кольцевые молекулы ДНК, закрепленные на поверхности слюды с помощью ионов Mg^{2+} . Предварительная обработка слюды водой увеличивает поверхностную плотность отрицательных зарядов благодаря вымыванию катионов. В этом случае прикрепление ДНК более сильное и происходит быстро, поэтому на изображении молекулы выглядят компактными. Свежесколотая поверхность имеет более низкую поверхностную плотность зарядов, это делает возможной латеральную диффузию молекулы в процессе крепления – она «расправляется».



<i>Крепление на слюду с помощью органических молекул</i>	<i>Крепление на высокоориентированный пиролитический графит (HOPG)</i>
Та же молекула плазмидной ДНК, закрепленная на поверхности слюды, обработанной APTES. Связывание происходит сравнительно быстро.	Та же молекула ДНК, закрепленная на поверхности графита, обработанной органическим реактивом $(\text{CH}_2)_n(\text{NCRH}_2\text{CO})_m-\text{NH}_2$. Связывание происходит сравнительно медленно.

Стабильность АСМ при прецизионных и долгосрочных исследованиях

Манипуляции на малых полях: низкий термодрейф

Температурные дрейфы становятся серьезным препятствием при проведении долгосрочных экспериментов на малых полях. Обычно величина дрейфа в лучших коммерческих АСМ приборах составляет порядка 10-15 нм в час. В силу этого эффекта исследуемые образцы размером в десятки нанометров могут быть попросту потеряны в процессе наблюдения. Изображения слева иллюстрируют возможность манипуляций кремниевыми нанотрубками, схожими по своим размерам с ДНК, с помощью АСМ зонда. Пара изображений справа показывают те же объекты в долгосрочном эксперименте: смещение за 7 часов мало и наблюдаемые частицы остаются в поле зрения. Образец предоставлен Dr. H.V.Chan, кафедра физики, университет Флориды, США.

Манипуляции на малых полях: датчики обратной связи

Датчики перемещения (closed-loop) особенно важны при необходимости возвращать зонд в определенное место на скане (например, при манипуляциях). Обычно из-за собственного шума датчики не используются в масштабах меньше 100 нм. NTEGRA Thermo позволяет производить CL-коррекцию на сканах меньше 10 нм. Изображение показывает атомную решетку слюды, полученную с использованием датчиков обратной связи.

В статье использованы материалы: ИИТ-МДТ