

Федеральный интернет-портал “Нанотехнологии и наноматериалы”

www.portalnano.ru

Российские учёные продемонстрировали способ прецизионной модификации нанорельефа поверхности полимера ультрафиолетовым излучением

В настоящее время полимер, называемый полиметилметакрилатом (ПММА), больше известный в быту как органическое стекло или плексиглас, находит широкое практическое применение в различных областях науки и техники. В частности, полиметилметакрилат активно используется в нанoeлектронике в качестве электронного, УФ- и рентгеночувствительного резиста; часто применяется в микро- и нанoeлектромеханических системах как конструкционный материал. Полиметилметакрилат хорошо зарекомендовал себя в трансплантологии как нетоксичный биосовместимый материал пригодный для изготовления целого ряда искусственных органов человека – искусственных хрусталиков, контактных линз, зубных протезов, костного цемента и др.

Во всех перечисленных выше нанотехнологических приложениях полиметилметакрилата важно уметь так модифицировать его поверхность, чтобы параметры изменённой поверхности точно соответствовали конкретным нуждам того или иного устройства. Одним из параметров полимера, оказывающим существенное влияние на рабочие характеристики устройства, является шероховатость поверхности в нанометровом диапазоне.

При использовании плёнки полиметилметакрилата в качестве резиста, толщина и нанонеровности поверхности определяют минимальный размер нанoeлемента, который можно получить в ходе проведения нанолитографического процесса. При использовании полиметилметакрилата в качестве конструкционного материала в микро- и нанoeлектромеханических системах рельеф трущихся поверхностей будет определять действующую силу трения, а, следовательно, связанные с трением потери энергии и термодформации миниатюрного механизма. В случае применения полиметилметакрилата для изготовления микрожидкостных устройств, качество поверхности микро- и наноканалов задаёт характер и скорость течения по ним используемых в устройстве жидкостей. В медицине, изменяя шероховатость поверхности трансплантата, можно избирательным образом влиять на адсорбцию определённых белков, что позволяет повысить биосовместимость искусственного органа.

В Государственном научном центре Российской Федерации, Институте физических проблем им. Ф. В. Лукина (г. Зеленоград) была разработана и успешно опробована методика сглаживания неровностей поверхности полиметилметакрилата в нанометровом и субнанометровом диапазонах посредством облучения вакуумным ультрафиолетом (ВУФ) с длиной волны около 124 нм. Ввиду сильного поглощения воздухом ультрафиолетовых лучей с длинами волн 200-10 нм, обработка полимера производится в вакууме, отсюда и название – вакуумный ультрафиолет.

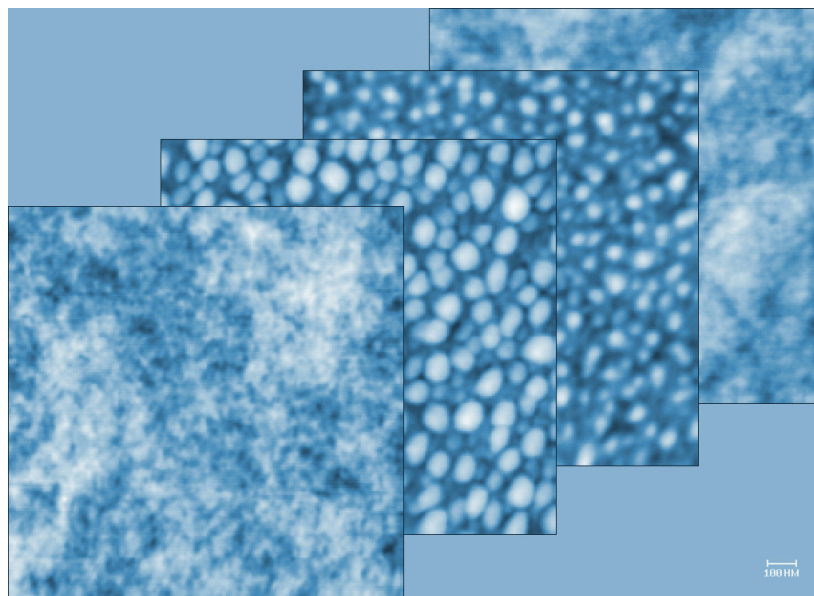
При облучении образцов полиметилметакрилата вакуумным ультрафиолетом энергии падающих фотонов достаточно для разрыва межмолекулярных связей в полимере. Кроме того, под воздействием ультрафиолета происходит ряд химических реакций, стимулированных квантами света (фотолиз). Обломки молекул полимера вместе с летучими продуктами фотолиза непрерывно удаляются из рабочей камеры вакуумным насосом. Совокупность процессов, возникающих при взаимодействии ультрафиолета с полимером, приводит к сглаживанию нанометровых неровностей рельефа поверхности. Одним из основных преимуществ описанного процесса обработки является то, что он практически не вызывает нагрева образца. Кроме того, модификация происходит только в тонком поверхностном слое полимера, не затрагивая материал в объёме.

По словам одного из разработчиков метода – сотрудника Лаборатории твердотельной нанотехнологии, Лапшина Ростислава Владимировича предлагаемый подход позволяет эффективно утонять и сглаживать поверхность плёнки полиметилметакрилата. До недавнего времени в лабораторной практике отсутствовал удобный и простой в изготовлении тест-объект, с помощью которого можно было бы надёжно фиксировать нанометрового масштаба изменения рельефа, происходящие в процессе обработки вакуумным ультрафиолетом. В ходе проведения данного исследования такой тест-объект был найден.

Найденный тест-объект представляет собой плёнку полиметилметакрилата субмикронной толщины,

нанесённую с помощью центрифуги на полированную поверхность кремниевой пластины и обработанную в кислородной высокочастотной плазме. В ходе обработки в кислородной ВЧ-плазме поверхность плёнки претерпевает наноструктурирование – вместо гладкой поверхности со среднеквадратичной шероховатостью 0.3 нм образуются чётко выраженные нанозёрна со средним латеральным размером 66 нм и средней высотой 1.8 нм. Нанорельеф исследуемых поверхностей полиметилметакрилата измерен с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ) Solver™ P4 (НТ-МДТ). Микроскоп и используемые кантилеверы (Институт физических проблем им. Ф. В. Лукина) – отечественного производства.

На иллюстрации показана эволюция поверхности плёнки полиметилметакрилата: исходная гладкая поверхность, полученная центрифугированием (на рисунке самая ближняя) → поверхность, наноструктурированная в кислородной ВЧ-плазме → наноструктурированная поверхность после 2 мин облучения вакуумным ультрафиолетом → наноструктурированная поверхность после 10 мин облучения вакуумным ультрафиолетом (на рисунке самая дальняя). Наноструктурированная поверхность после 10 мин облучения вакуумным ультрафиолетом по своим параметрам шероховатости полностью эквивалентна исходной гладкой поверхности, полученной центрифугированием.



Помимо эффекта сглаживания учёные института, анализируя фурье-спектры поверхности, обнаружили интересный феномен. Оказалось, что наноструктурированная в кислородной ВЧ-плазме поверхность полиметилметакрилата является частично упорядоченной. До недавнего времени порядок в расположении структурных элементов поверхности наблюдался только в диблок кополимерах, например, в полистироле-полиметилметакрилате (ПС-ПММА).

Подробнее с предложенным методом и полученными результатами можно ознакомиться в январском номере журнала [Поверхность](#) за этот год, статья [“Сглаживание наношероховатостей поверхности полиметилметакрилата вакуумным ультрафиолетом”](#).

По материалам [Информационного агентства научных новостей “ИнформНаука”](#)