

Курсовая работа
кафедры
«Полимеры и кристаллы»

Половников Кирилл

***«Тонкие полимерные пленки для современных
приложений»
 (“Thin polymer films for modern applications”)***

Научный руководитель: Потемкин И.И.

25.04.2012

Содержание

• <i>Введение</i>	<i>3</i>
• <i>Полимеры</i>	<i>3</i>
• <i>Пленки</i>	<i>4</i>
• <i>Способы получения</i>	<i>5</i>
• <i>Анализ свойств приготовленной пленки</i>	<i>5</i>
• <i>Нанообразцы диблок-сополимеров на плоской поверхности</i>	<i>7</i>
• <i>Ламельные структуры в тонких пленках</i>	<i>10</i>
• <i>Дальнейшее использование структур пленок</i>	<i>12</i>
• <i>Заключение</i>	<i>15</i>
• <i>Используемая литература</i>	<i>16</i>

Введение.

Полимерная пленка является тонкой структурой, составленной из двух типов полимеров, образующих исходный блок-сополимер. В зависимости от методов приготовления, «формат» и, конечно, сама структура пленки могут быть различными. Это могут быть параллельные к подложке ламели, а могут сферические на поверхности мицеллы. Для фиксированного рецепта приготовления пленки существует множество факторов, которые отвечают за внутреннее устройство и взаимное расположение различных полимеров. В конечном итоге, если мы имеем равновесие, это устройство будет определяться условием минимума свободной энергии, значит, коэффициентами взаимодействия полимеров друг с другом, с внешним пространством (воздух) и подложкой.

Бесспорно, за такими скорпуплезными исследованиями стоят важные практические применения, которые можно определить стремлением к уменьшению размеров устройств. Тем самым, полимерные пленки удовлетворяют поставленной задаче, обладая устойчивой структурой при размерах от микронов до нанометра.

Если не смотреть далеко вперед, не изобретать нановелосипед, достаточно сказать, что ламельная структура важна прежде всего механическими свойствами в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Мицеллы на поверхности, как правило, используют отдельно от пленки и изготавливают из них девайсы наномасштабов для решения самых деликатных задач.

Цилиндрическая структура представляет собой базу для формирования структуры другой, неорганической природы, например, углеродных наностержней или ферромагнитных хранилищ информации.

Данная работа посвящена анализу тонких пленок и их применению. В начале предлагается небольшой обзор о полимерах, затем речь пойдет о пленках, экспериментальных методах получения и исследования, потом последует более подробный анализ различных конформаций полимерных звеньев в пленке, в конце уделено особое внимание приложениям тонких полимерных структур.

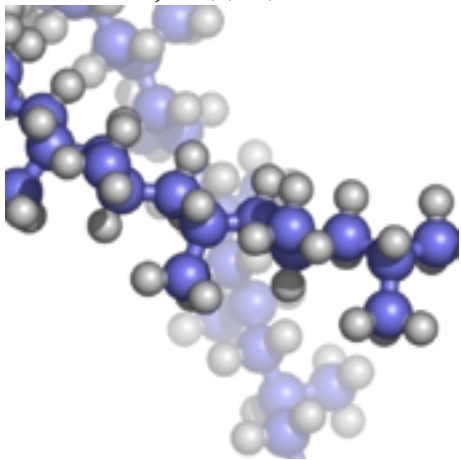
Полимеры.

Полимером называют органическое или неорганическое соединение, состоящее из мономерных звеньев, которые соединены в длинные макромолекулы.

Количество элементарных мономеров определяет так называемую степень полимеризации. Полимер может являться структурой из мономеров различной природы, такие структуры принято называть сополимеры (copolymers).

Классифицируют регулярные и нерегулярные сополимеры, различие которых в наличии или отсутствии закономерности в чередовании полимерных звеньев. Большинство биополимеров представляют класс нерегулярных сополимеров, что позволяет им выполнять функции хранения генетической информации

(нуклеиновые кислоты) и приобретать различные конформации в пространстве (аминокислоты белка). Выделяют линейные полимеры, например, целлюлоза. В конце 19 века человек научился синтезировать полимеры, что способствовало бурному развитию машиностроения, текстильной промышленности, сельского хозяйства, медицины и многих иных отраслей.



Цепочки молекул полипропилена.

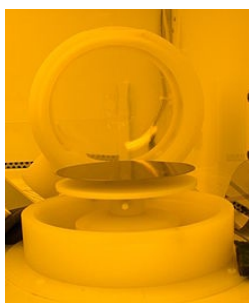
Пленки.

Полимерные пленки представляют особый интерес для современных технологий. Пленки блок-сополимеров интересны своей удивительной неоднородной структурой, которую можно с успехом контролировать, изменяя параметры мономеров, такие как молекулярную массу, их взаимодействие друг с другом и подложкой, относительную длину мономерных звеньев, а также внешние параметры: давление, температура, прикладываемое электрическое поле, способ приготовления.

Построенные структуры полезны своими разными механическими свойствами в различных направлениях. Пленки блок-сополимеров используют как «строительный материал» для получения других более сложных объектов и решения задач минимизации устройств, точечного управления биологическими процессами. Особенный рывок тонкие пленки определили в биоинженерии, где проблема малости устройств зачастую связана с толщиной кровяных сосудов в теле человека и надобностью решать важные перспективные задачи в медицине. С появлением очередной новой идеи применения этих структур, как правило, возникают целые области инженерии, образуются рабочие теоретические и экспериментальные группы по всему миру, сплоченные реализацией актуального проекта. Находясь на передовых позициях, эти лаборатории двигают прогресс и находят применение своим исследованиям.

Способы получения.

Самым эффективным способом получения наноструктур в тонких полимерных пленках является так называемый spin-coating. Процесс проходит в несколько этапов. Особое место занимает аккуратная подготовка подложки – место локализации пленки. Часто используются чашка Петри. Подложка очищается в ванне 35% раствора серной кислоты в течение нескольких минут. Затем ополаскивается дистиллированной водой и тщательно высушивается. Раствор блок-сополимера помещают на подложку и продолжительным вращением добиваются растекания вещества на подложке и далее, увеличением температуры (процесс накаливания может достигать нескольких месяцев), полного испарения растворителя, получается высушенная структурированная полимерная пленка. Меняя условия протекания реакции, можно получать различное взаимное расположение полимеров, составляющих исходный сополимер. Как было сказано выше, образованная структура также зависит от взаимных параметров отдельных полимеров. В состоянии равновесия она может представлять собой последовательные ламели, сферические мицеллы, а также различные комбинации этих элементов. Прикладывая к пленке внешнее электрическое поле можно добиваться цилиндрической структуры, выстроенной вдоль силовых линий поля. Без структурных потерь можно удалить выстроенный полимер. Полученные полые цилиндры используют в качестве нанопор или нанопроводов при добавлении металла внутрь полых цилиндров (подробнее этот процесс будет рассмотрен ниже).



Чашка Петри.

Также в изучении тонких пленок уделено определенное внимание приготовлению слоев, зажатых двумя механическими границами. В этом случае растекание пленки ограничено, а толщина определяется из концентрации сополимера в растворе. Для теоретического описания структуры важно, что в этом случае равновесие не достигается, и поэтому сама структура будет иначе зависеть от начальных параметров.

Анализ свойств приготовленной пленки.

В зависимости от желаемой информации, применяются разнообразные методы анализа приготовленных структур. Используют оптические, сканирующие атомно-силовые микроскопы. При работе с оптическим микроскопом

человеческий глаз способен различать элементы с расстоянием между точками порядка 0.2 мкм, тем самым, увеличение достигаемое таким микроскопом ~2000 крат. На сканирующих зондовых микроскопах получают изображение путем регистрации взаимодействий между зондом и сканируемой поверхностью. Сегодня можно регистрировать взаимодействие зонда с отдельными атомами, что красноречиво говорит о высокой разрешающей способности прибора.

Другой способ связан с рассеиванием под малым углом скольжения к исследуемой поверхности, GISAXS (Grazing-Incidence Small Angle X-Ray Scattering). Падающий на образец рентгеновский пучок под малым углом ($\sim 0.5^\circ$) после рассеивания собирается набором линз на плоский детектор, представляющий собой «экран» в перпендикулярной плоскости для наблюдения распределения интенсивности. Вдоль горизонтальная оси, параллельной плоскости образца, регистрируется отход отразившегося пучка от плоскости падения, тем самым, определяется его боковое пространственное распределение. Вертикальная ось ответственна за анализ «обыкновенного» луча, отразившегося по законам геометрической оптики. К горизонтальному разрезу, интенсивность вдоль которого связана с геометрическими особенностями и размерами рассеивающих мицелл или иных неоднородностей, подключен детектор, передающий данные в программу (IsGISAXS), анализирующую геометрию поверхности.

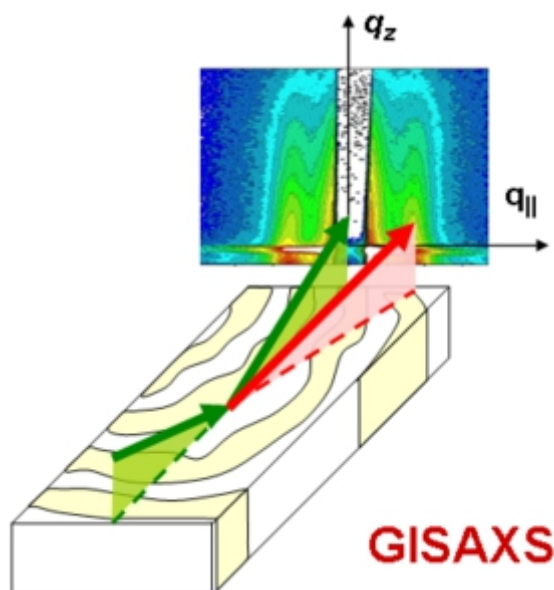
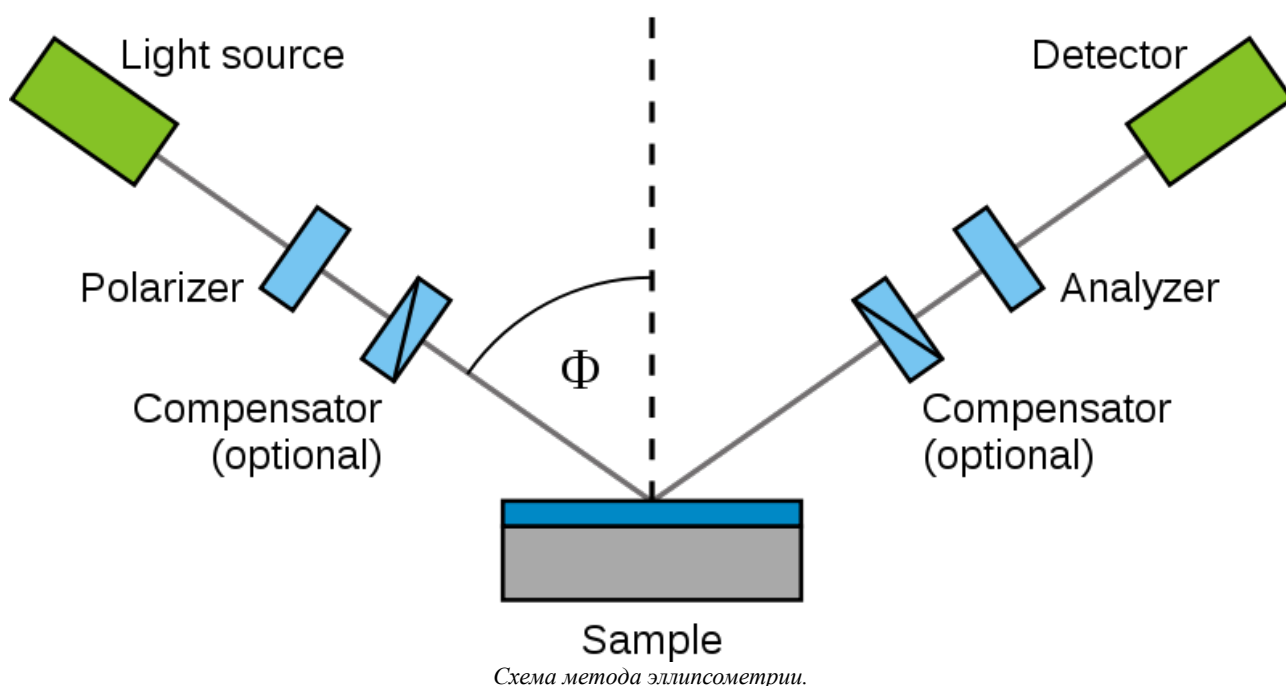


Схема хода лучей и распределение интенсивности на экране.

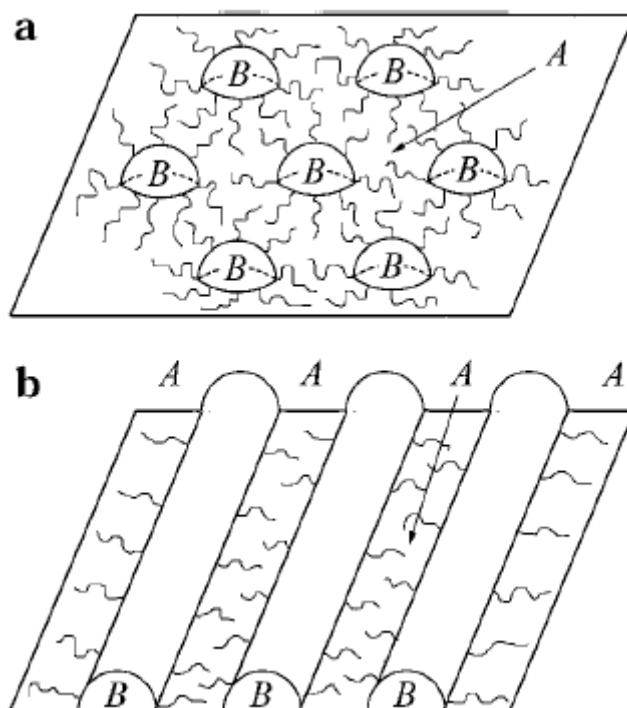
Для измерения и контроля толщиныготавливаемой пленки используется метод оптической эллипсометрии. Метод основан на анализе эллиптической поляризации отраженного света от поверхностей пленки. При падении монохроматического линейно поляризованного света электромагнитная волна, взаимодействуя с веществом, обычно преобразуется в эллиптически поляризованную. Это объясняется тем, что электромагнитные колебания, совершающиеся в плоскости падения светового луча и в перпендикулярной ей, имеют разную амплитуду напряженности электрического поля и фазу

колебаний после отражения. В итоге, между составляющими поля будет некоторая разность фаз, которую можно компенсировать с помощью одноименного прибора. Полученный вновь линейный свет попадает на анализатор. Вращая последний можно добиться полного гашения волны. Итак, зная параметры отраженного света, получают информацию об оптических свойствах отраженной поверхности. Как известно, разность хода, приобретаемая лучом, проходящим сквозь пленку по сравнению с отраженным от верхнего слоя, пропорциональна толщине пленки с коэффициентом $n - 1$, где n – коэффициент преломления. Таким образом, просто и быстро можно контролировать толщину пленки при изменении концентрации сополимера в растворителе.



Нанообразцы диблок-сополимеров на плоской поверхности.

Микрофазное расслоение ведет к образованию химически неоднородных нанообразцов в сухих тонких пленках. Поверхностное взаимодействие, контролирующее расслоение, достаточно хорошо изучено как теоретически, так и экспериментально. Пусть один из полимеров А адсорбирован на плоской поверхности, сформировав жестко связанный мономолекулярный слой (двумерный расплав). Неадсорбированный В-блок может агрегировать в А в соответствии со своей несовместимостью с расплавленным полимером и воздухом. В результате, может образовываться химически неоднородная структура. Возможные неоднородности зависят от параметров взаимодействия полимеров с подложкой, воздухом и друг с другом, а также от относительной длины мономерных звеньев. При несовместимости полимера В с воздухом он может растечься по слою полимера А, однако, при не очень большом значении длины В по сравнению с длиной А, образуются сферические мицеллы.



Образование мицелл (a) и ламелей (b) на поверхности расплава.

Задумавшись над теоретическим обоснованием происходящего, легко понять, что равновесная структура определяется конкуренцией процессов уменьшения поверхностной энергии (процесс взаимной агрегации полимеров) и уменьшения энергии связи блоков. Полная свободная энергия может быть представлена как сумма поверхностной свободной энергии и суммы энергий натяжения блоков А и В в объеме. Поверхностная энергия учитывает вклад взаимодействия полимера В с воздухом(γ_1), А с воздухом(γ_2) и взаимодействие А и В с друг другом(γ_3):

$$F_{\text{surf}} = \gamma_1 * S_1 + \gamma_2 * S_2 + \gamma_3 * S_3,$$

где S_1 , S_2 , S_3 – площади соответствующих контактов.

В статье И.И. Потемкина, Е.Ю. Крамаренко, посвященной теоретическому предсказанию возможных конформаций на поверхности адсорбированного полимера (двумерный расплав), приведено исследование стабильных структур в зависимости от относительных длин полимеров А и В и коэффициентов поверхностного натяжения. Если $\gamma_2 \sim \gamma_3$, то есть полимер А так же относится к воздуху, как и к полимеру В, образуются полусферические мицеллы на поверхности расплавленного мономолекулярного слоя. Если $\gamma_2 > \gamma_3$, то есть коэффициент натяжения А с воздухом больше, чем с В, образуются цилиндрические мицеллы с радиусом больше, чем их высота. При неизменных коэффициентах поверхностного натяжения большой вклад вносит величина N_A/N_B . При ее уменьшении, то есть при увеличении длины блока В, образуются параллельные друг другу полосы. С дальнейшим увеличением длины В, полосы подходят ближе друг к другу и, сливаясь, образуют плоский

равномерный слой, покрывающий всю поверхность расплава.

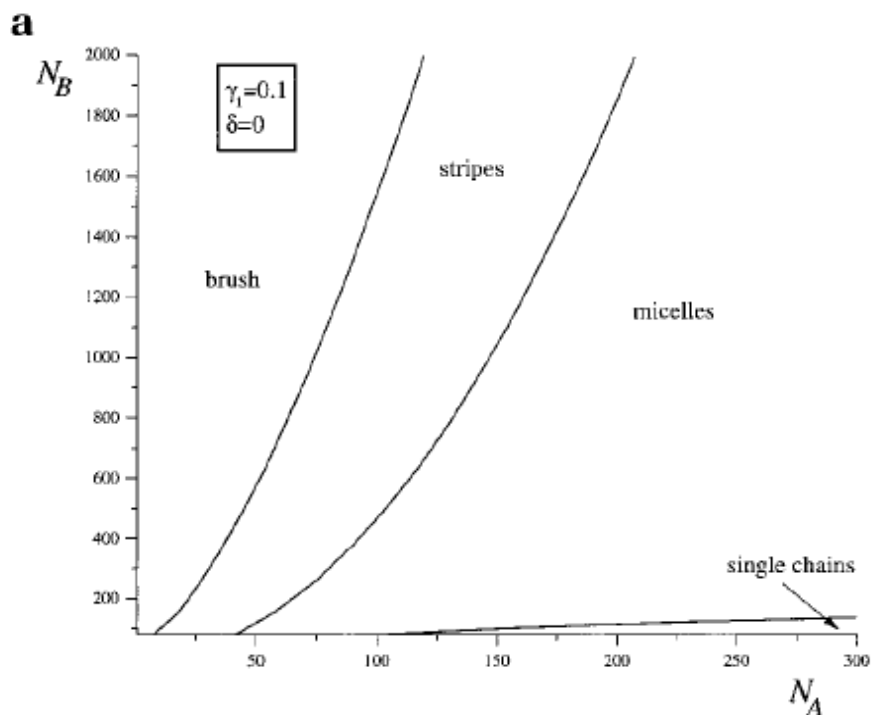


Диаграмма возможных структур на поверхности в зависимости от величины N_A/N_B при слабом взаимодействии полимера В с воздухом.

Однако такая последовательность трансформаций может не выполняться. Например, если В сильно взаимодействует с воздухом, при переходе от мицелльной структуры (ее возможность обусловлена большим значением N_A/N_B) тем же способом мы можем наблюдать прыжок сразу к равномерному распределению В на плоскости.

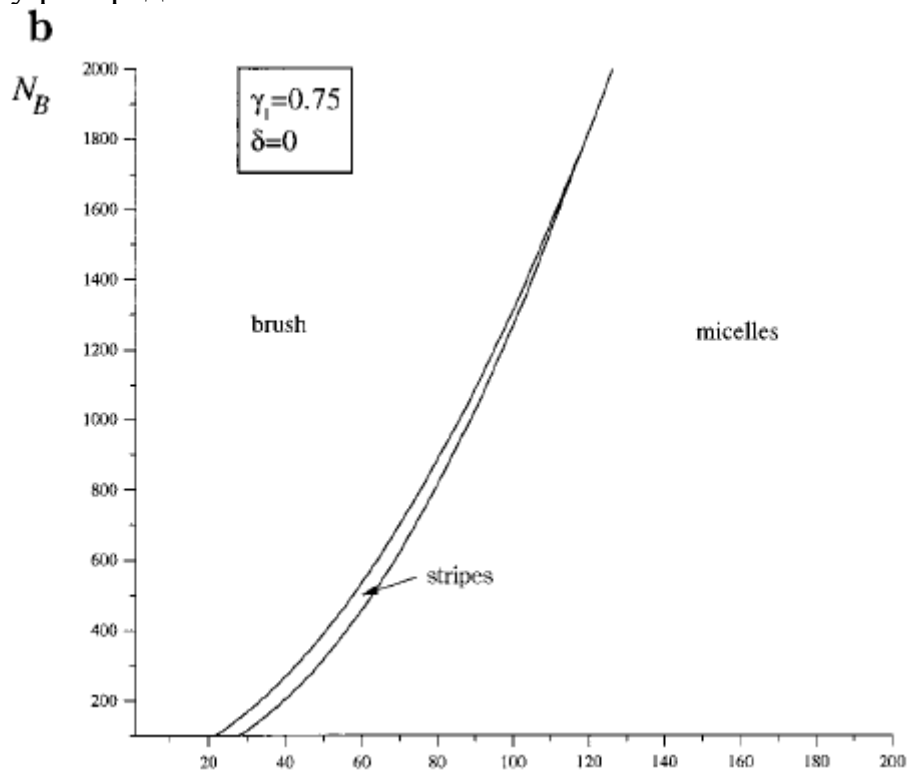


Диаграмма возможных структур на поверхности в зависимости от величины N_A/N_B при сильном взаимодействии полимера В с воздухом.

Отмечу, что эти понятные и довольно естественные утверждения получили строгое теоретическое обоснование в статье И.И. Потемкина и, что немаловажно, находятся в четком соответствии с экспериментальными наблюдениями.

Ламельные структуры в тонких пленках.

Вышеописанный процесс spin-coating позволяет получать сополимерные структуры во всем объеме пленки.

В 70-х годах прошлого века Юджин Гельфанд предложил теорию сильной сегрегации, позволяющую описать расслоение в расплавах блок-сополимеров. В рамках этой теории изучаются морфологии, образующиеся в тонких пленках, в частности, ламельные структуры. Известный интерес представляют условия ориентаций ламелей: перпендикулярной и параллельной.

Рассматривая пленки, зажатые между двумя стенками, стоит отметить, что пленка не достигает своего равновесного состояния. Толщина определяется строго из концентрации сополимера в растворе. В этом случае свободная энергия будет достигать наименьшего значения, если толщина пленки (которая определяется расстоянием между стенками) равна целому или полуцелому числу периодов ламелей. Компьютерные симуляции показывают, что, в случае целого числа периодов, наблюдается только параллельная ориентация, в другом случае, возможно даже одновременное существование двух видов ориентаций ламелей в пленке. Однако выше определенного критического числа слоев наблюдается только параллельная ориентация. В ходе компьютерных экспериментов было отмечено влияние на ориентацию ламелей взаимодействия полимеров со стенками, в том числе, важную роль играет одинаковый или разный характер этих взаимодействий для полимеров, составляющих исследуемый блок-сополимер.

Процесс кручения чашки Петри с испарением растворителя представляет иной подход к формированию пленок, которые не испытывают внешних ограничений по растеканию и за некоторое время (несколько дней) могут достигать состояния равновесия. Структуры, формирующиеся в объеме пленки, зависят от многих факторов, таких как молекулярная масса, относительная длина отдельных полимеров в регулярном сополимере, отношение сополимера с подложкой. В статье И.И.Потемкина, посвященной ориентации ламелей в тонких пленках, уделено внимание теоретическому описанию межфазного расслоения, путем минимизации полной свободной энергии пленки в состоянии равновесия. Показано, что, в отличие от пленки, зажатой между двумя стенками, перпендикулярная ориентация может наблюдаться и в достаточно толстых пленках, если характер взаимодействий обоих полимеров с подложкой одинаков. В случае смачивания сополимером подложки натяжение между

блоками разной природы меньше при параллельной ориентации, однако, площадь контакта двух полимеров меньше при перпендикулярной. Именно этот фактор будет определяющим при формировании перпендикулярной ориентации при смачивании. При несмачивании, все наоборот. Стабильность перпендикулярной ориентации обусловлена меньшим натяжением между блоками, чем при параллельной.

Важный вклад в вид ориентации вносит молекулярная масса сополимера. И.И. Потемкин и его немецкие коллеги успешно объяснили эту зависимость для пленок со свободной поверхностью. При малом молекулярном весе симметричный полистирол-блок-полибутадиен, PS-b-PB, с которым проводилось исследование, показывает параллельную ориентацию ламелей, а при большой молекулярной массе преимущественно перпендикулярную. Для эксперимента использовались 9 различных молярных масс в диапазоне от 14 до 183 кг/моль. Сополимеры, растворенные в толуоле, подвергались spin-coating, в качестве подложки использовался кремний с природной оксидной пленкой. Толщина пленки контролировалась концентрацией и определялась методом эллипсометрии. Полученные ламели имели толщины 140 — 840 ангстрем. Картинки с атомно-силового микроскопа показывали ясную зависимость ориентации от молекулярного веса, при этом эта ориентация не зависела от толщины пленки (благодаря выбранному диапазону). При использовании метода рассеивания под малыми углами, GISAXS, получена более полная картина этой зависимости. Из предложенной диаграммы видно, что при небольшом количестве звеньев в периоде цепочки, N , то есть при малой молекулярной массе, характерна только параллельная ориентация ламелей. Исключение составляли очень тонкие пленки, для которых эти ориентации уже трудно различимы. Для толстых пленок с большой молекулярной массой характерны обе ориентации. Если уменьшать толщину пленки, оставляя массу большой, мы придем к чисто перпендикулярной ориентации.

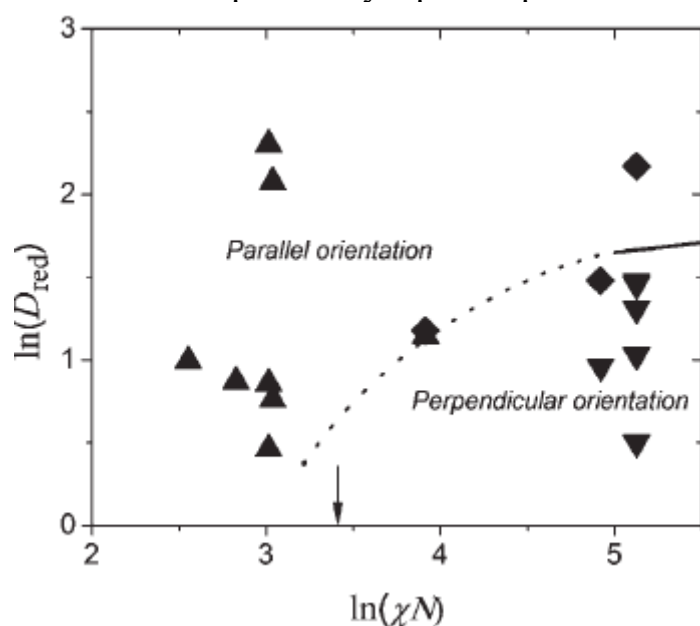


Диаграмма приобретаемых ориентаций в зависимости от отношения толщины пленки (D_{red}) к молекулярной массе (N – количество звеньев)

Дальнейшее использование структур пленок.

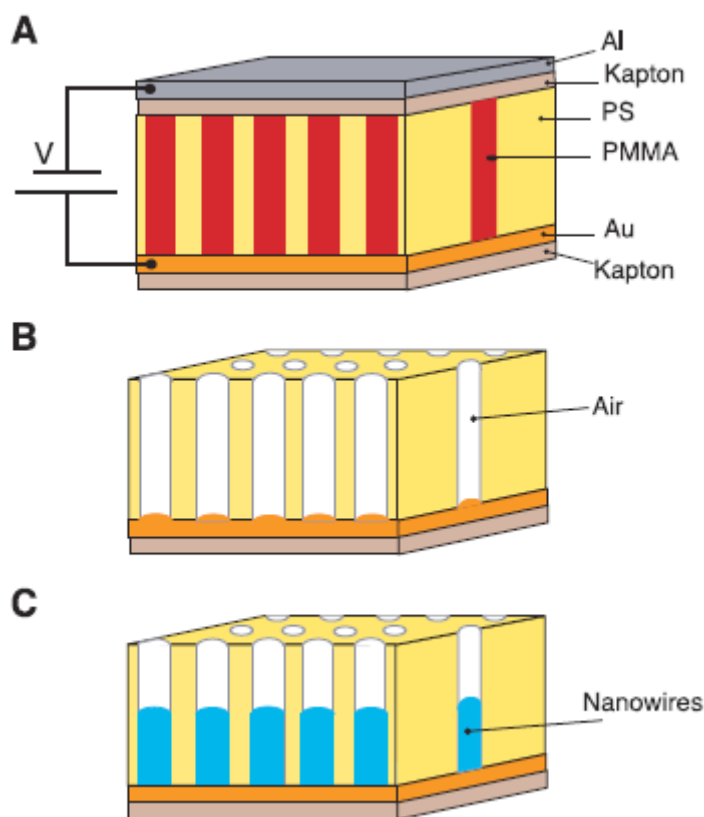
Благодаря нано-размерам и устойчивости структурных элементов полимерных пленок, эти конформации порождают целые направления в различных областях науки, в частности, у нас в стране закономерно маркируются инновацией и модернизацией.

Серьезное развитие биоинженерии связано во многом благодаря пресловутым, на шумевшим нанотехнологиям. Как пример, связанный с использованием полимерных структур, приведу точечную доставку лекарства к пораженным тканям человека. Широко известно, что большинство лекарственных препаратов обладают спектром побочных явлений из-за дополнительного вредного взаимодействия препарата с клетками организма. В связи с этим, актуальную задачу представляет адресная (таргетная) доставка лекарства к поврежденным тканям. Дополнительным преимуществом использования мицелл полимерных пленок является меньшая область действия лечебного препарата, что предотвращает накопление токсичных веществ. Конечно, важно использовать биосовместимые материалы при изготовлении лечебных наночастиц. Мицеллы имеют гидрофобное ядро, в которое помещается лекарство, и гидрофильную оболочку. Полимерные мицеллы представляют интерес в первую очередь как переносчики гидрофобных лекарственных препаратов. По типу транспортировки лекарства по сосудам различают пассивный и активный переносы. В первом виде адресный перенос достигается локальным повышением проницаемости микрососудов (ультразвук, гипертермия). Во втором, активном, используется селективное взаимодействие мицеллы с клетками организма. Маркирование поверхности наночастиц антителами или иными распознающими элементами обеспечивает высокоизбирательное связывание частиц с антигенами, локализованными на поверхности пораженных клеток. Иногда работает более простой метод, основанный на критической температуре, при которой мицелла распадается. Этой максимальной температурой должен обладать только воспаленный участок на пути следования мицеллы. Данная проблема объединяет в работе многих физиков и пока, как мне известно, не имеет завершеного решения.

С развитием современных технологий возникла потребность в изготовлении сверхплотных наномассивов. С помощью электроосаждения тонких пленок можно решить данную задачу довольно универсально. Создается структурированная пленка из цилиндрических пор, которая может быть использована в дальнейшем для получения нанопроводов или устройств хранения информации. Плотные расположенные вертикальные массивы из ферромагнетика обладают высокой коэрцитивной силой, что успешно используется для магнитной записи информации.

Я расскажу более подробно о получении нано-массивов на частном примере, как это сделали Т. Терн-Альбрехт с командой, описывающие свой метод в

статье журнала Science. При изготовлении шаблона сополимера путем электроосаждения использовался полистирол-блок-полиметилметакрилат, PS-В-ММА. Полистирол использовался как матрица, образованные цилиндры имели природу полиметилкрилата. Диблок-сополимеры были растворены в толуоле и подвержены растеканию со вращением на проводящей подложке. Затем пленки накалялись в течение 14 часов до 165°C, что больше температуры плавления для обеих компонент, и параллельно подвергались воздействию однородного электрического поля. Электроды присоединялись к золотой подложке снизу и к полиамидной пленке (каптон) сверху. Затем образец охлаждался до комнатной температуры, поле отключалось. Были получены цилиндрические микродомены, ориентированные нормально к плоскостям пленки. Использование ультрафиолета разрушало «минорный» компонент – полиметилкрилат в цилиндрах, и применение уксусной кислоты позволяло легко вывести его из пленки. Диаметр полых цилиндров составил 14 нм, расположенных с плотностью $2 \cdot 10^{11}$ цилиндров на сантиметр квадратный. Аккуратно помещая внутрь полости некоторый металл, можно получить обычные нанопровода либо устройства для хранения информации (используется ферромагнетик). Господин Т.Терн-Альбрехт получал кобальтовые и медные цилиндры. Важно подчеркнуть, что морфология пленки оставалась неизменной в течение всех процессов, начиная с получения цилиндрической структуры.



Стадии приготовления нанопроводов. (А) – выстраивание цилиндров под внешним полем; (В) – удаление минорной компоненты; (С) – заполнение полых цилиндров металлом.

Использование GISAXS позволяет не только следить за процессом, неизменностью структуры, но и проводить измерения длин получившихся проводов по данным интенсивности в окрестности данного цилиндра. ($1 \sim 500\text{нм}$). Коэрцитивная сила и индукция насыщения больше при приложении магнитного поля вдоль проводов, чем в перпендикулярном направлении. В таких ультраплотных массивах возникают сильные дипольные взаимодействия, пропорциональные L/s^3 , где L – длина проводов, s – расстояние между цилиндрами. В направлении, параллельном проводам, эффективное поле, действующее на каждый провод, уменьшается на H_{dipolar} . В перпендикулярном направлении эффективное поле будет суммой прикладываемого и дипольного поля с тем же знаком, за вычетом размагничивающего поля. Оказывается, что в перпендикулярном направлении к проводам эффективное поле больше, а поле насыщения будет больше в параллельном направлении. Это есть результат конкуренции дипольного и размагничивающего полей, которым можно управлять, меняя длину проводов. Процесс изготовления можно легко регулировать в соответствии с требуемыми свойствами продукта для конкретной задачи.

Структурированная пленка из нанопор может быть использована для транспортировки сополимерной структуры на подложке. Также, нанопоры могут быть использованы для выращивания в них стержней оксида кремния.

При добавлении соли в раствор диблок-сополимера можно получить твердый ион-проводящий электролит. Такие материалы находят себе применение в изготовлении батареек. При создании подобного электролита путем внедрения ионов проводимости нельзя забывать и о другом полезном преимуществе структур в пленках: улучшении механических свойств образца. Идейная трудность в изготовлении как раз и заключается в выполнении двух этих пожеланий. Новый метод, предложенный в прошлом году E.Metwalli, заключается в добавлении щелочной соли лития в раствор сополимера еще до выстраивания какой-либо структуры в пленке. Изготавливаемые ранее образцы получались путем механического сжатия сухого блок-сополимера с солью, размеры батареек при этом не были достаточно малыми. Однако требование малости довольно значимо для всех задач в данной области. Нанобатарейки могут быть использованы, конечно, в медицине, например, при изготовлении вживляемых насосов, биосенсоров, беспроводной капсульной эндоскопии. Изготовление именно литиевых батареек связано со слабой связью атомов лития в его решетке, что обеспечивает хорошее проникание соли в раствор блок-сополимера. Для получения батареек автор метода предлагает использовать полистирол-блок-полиэтилен оксид, PS-B-PEO и щелочную соль лития. Стандартным spin-coating раствора сополимера и соли получены пленки толщиной 50нм. Соотношение между компонентами сополимера было подобрано таким образом, чтобы потенциальным переносчиком ионов лития стал полиэтилен, а PS образовывал нанодомены, отвечающие за механические свойства образца. Как показали эксперименты с оптическим микроскопом и системой GISAXS, в отсутствии ионов лития в растворе сополимера структура

не наблюдается, так как микрофазное расслоение слишком слабо по сравнению с неустойчивостью полиэтилен-компоненты, которая образует беспорядочно расположенные кристаллы в матрице полистирола. При добавлении соли возникают интересные конфигурации. Если отношение концентраций соли к главной компоненте, РЕО, равно 0.015, замедляется кристаллизация полиэтилена, наблюдается микрофазное расслоение, образуется наноцилиндрическая структура минорного полистирола в матрице главной компоненты. К сожалению, растворимость соли при дальнейшем повышении концентрации лития снижается, и выпадают «куски» щелочной соли. Это осаждение мешает образованию полезного структурирования. Если дальше увеличивать концентрацию литиевой соли мы обнаружим нестабильность пленки, выпадают капельки полимера. Приведенный анализ представляет ограничения при изготовлении батареек наноразмеров с требуемыми механическими свойствами.

Заключение.

Приведенный анализ исследований тонких полимерных пленок показывает, что структура пленки чувствительна ко многим параметрам, как внешним, так и личным обоим полимерам. С теоретической точки зрения эти факторы определяют степень взаимодействия отдельных блоков друг с другом и с ограничивающими пленку средами. Такая ситуация создает известное удобство при изготовлении пленок определенной структуры, ведь, понимая эти зависимости, можно легко создавать именно тот материал, который требуется под конкретное приложение. Однако обилие условий связи может создавать неудобства для теоретического предсказания продукта с учетом всех параметров. Поэтому удобно пользоваться данными уже поставленных экспериментов, в которых проводилось исследование определенной зависимости, а другие параметры мало влияли на исследуемую структуру. Довольно часто использование пленок не заканчивается на удовлетворении механическими качествами образца. Получение плотно расположенных ферромагнитных цилиндров, создающих «весомое» хранилище информации (порядка терабита на см^2), нанобатареек с литиевыми переносчиками заряда, или «вырезание» нужных элементов структуры из сополимерной пленки – каждый процесс, в общем случае, требует приготовления специальной структуры. Стоит отметить, что полного произвола на выходе получить все же не удастся. Например, для литиевых полимерных батареек существует граница отношения концентрации соли к концентрации главного полимера, являющегося переносчиком ионов. Выше этого значения, образуются солевые сгустки, создающие помехи нормальному переносу заряда. При этом отношение концентраций полимеров определяет структуру пленки. На мой взгляд, полимерное дело еще не достигло кульминации в своем развитии, а важность наноструктур себя широко покажет при потоковом изготовлении приборов для массового пользования. Видимо, инертность

внедрения идеи связана с относительной отсталостью прикладных областей, которые не готовы к резкому использованию этой инновации, требуется некоторое время для проведения дополнительных исследований, например, проблем биосовместимости полимеров при таргетной доставке препарата или практического применения нанопамати, начиная с беспрепятственной записи и считывания информации, заканчивая вопросами быстрого действия полученных устройств, основанных на такой технологии.

Используемая литература.

1. *“Nanopatterns of Diblock Copolymers Selectively Adsorbed on a Plane Surface”*, I.I. Potemkin, E.Yu. Kramarenko, A.R. Khokhlov, R.G. Winkler, P. Reineker, P. Eibeck, J.P. Spatz, M. Möller; *Langmuir*, **1999**;
2. *“Effect of the Molecular Weight of AB Diblock Copolymers on the Lamellar Orientation in Thin Films: Theory and Experiment”*, Igor I. Potemkin, Peter Busch, Detlef-M. Smilgies, Dorte Posselt, Christine M. Papadakis, *Macromolecular Journals, Rapid Communications*, **2007**;
3. *“Lamellar Orientation in Thin, Supported Diblock Copolymer Films: Strong Segregation Theory”*, Igor I. Potemkin, **2004**;
4. *“Morphology of Lithium-Containing Diblock Copolymer Thin Films”*, Ezzeldin Metwalli, Man Nie, Volker K rstgens, Jan Perlich, Stephan V. Roth, Peter M rller-Buschbaum, **2011**;
5. *“Ultrahigh-Density Nanowire Arrays Grown in Self-Assembled Diblock Copolymer Templates”*, **2000**;