

ПЛЕНКИ ЛЕНГМЮРА–БЛОДЖЕТТ (Langmuir–Blodgett films)

«Коснешься зеленого – в зеленое и испачкаешься».

Китайская пословица



Познакомиться с технологией получения пленок Ленгмюра–Блоджетт Вы запросто можете в обыкновенном стакане с водопроводной водой: капните в стакан капельку подсолнечного масла, и, подождав, пока капля растечется по поверхности, опустите в получившийся «блин» палец. На пальце образуется тонкая пленка подсолнечного масла, в чем можно легко убедиться, прикоснувшись к ней и испачкавшись окончательно. Такое же явление наблюдается и в более крупных мас-

штабах при растекании маслянистых жидкостей по поверхности водоемов.

Пленка Ленгмюра–Блоджетт представляет собой монослой или последовательность монослоев вещества, нанесенных на подложку. Вместо стакана водопроводной воды, подсолнечного масла и пальца в 30-х годах прошлого столетия Ирвинг Ленгмюр и его ученица Катарина Блоджетт использовали так называемую ленгмюровскую ванну (она отличается от обычной меньшими размерами и наличием подвижных барьеров, позволяющих менять площадь ванны, рис. 1), трижды дистиллированную воду, *поверхностно-активное вещество* (ПАВ) в органическом растворителе (быстро испаряется) и твердую подложку.

Благодаря своей *амфифильной* природе молекулы ПАВ не «тонут» в воде и ориентируются

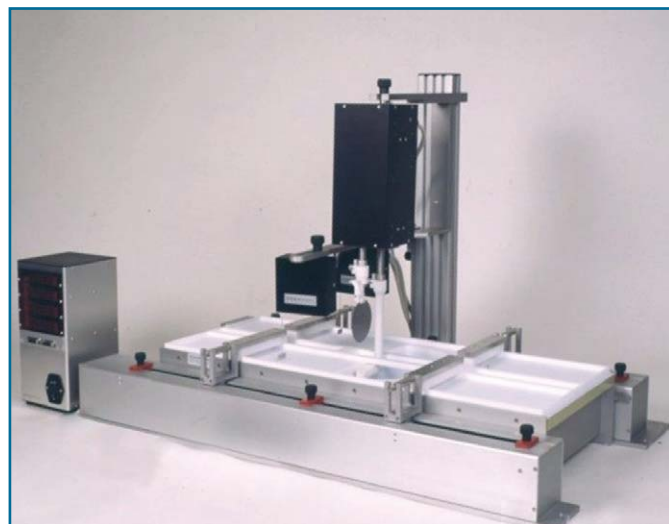


Рис. 1. Ванна Ленгмюра

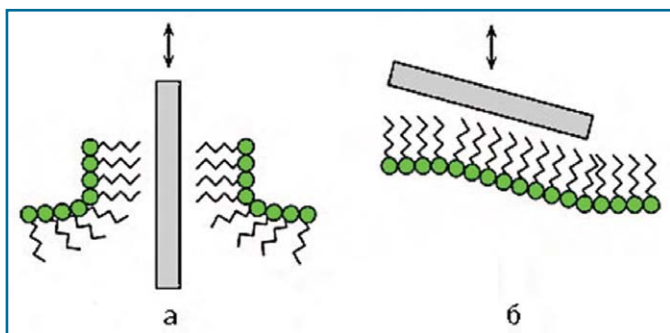


Рис. 2. Перенос монослоя на твердую подложку вертикальным (а) и горизонтальным (б) лифтом

единообразно относительно поверхности – «хвостами» вверх. Используя подвижные барьеры, можно уменьшать площадь водной поверхности ванны, сжимая молекулы на поверхности воды и создавая, таким образом, тонкую пленку *самособирающегося монослоя*. Для переноса плавающей мономолекулярной пленки на твердую подложку она вертикально погружается в воду через монослой и затем поднимается (метод Ленгмюра–Блуджетт, вертикальный лифт, рис. 2а) или горизонтально касается поверхности (метод Ленгмюра–Шеффера, горизонтальный лифт, рис. 2б).

Но не спешите откладывать в сторону молекулярный конструктор Ленгмюра–Блуджетт! Измените степень сжатия монослоя барьерами, и изменятся симметрия и параметры элементарных ячеек, взаимные наклоны цепочек в упорядочен-

ных доменах. Последовательным переносом монослоев можно приготовить многослойную наноразмерную пленку из мономолекулярных (по толщине) слоев, причем, изменяя способ переноса и тип подложки (гидрофильная или гидрофобная), Вы можете сформировать структуры с различной укладкой молекул в смежных слоях, так называемые X-, Y-, Z-структуры (рис. 3).

Вы можете готовить «коктейли» молекул в монослое, смешивая различные ПАВ в ванне Ленгмюра. А можете к работе в «строительстве» подключить воду – растворяйте в ней различные вещества (например, соли металлов) для проведения реакций взаимодействия монослоя с новыми ионами и молекулами. Операции с водой, содержащей ионы металлов, в итоге дают возможность получить в зависимости от валентности ионов слои металлов (по толщине в один и более атомов), внедренные в органическую матрицу (которая обычно бывает диэлектрической). Если Вы растворите соли редкоземельных элементов (например, гадолиния), получите прослойки с магнитным материалом и т.д. А можете использовать «воздушный десант»! Рассмотрим такой пример. На поверхности имеем монослой стеариновой кислоты, а в воде – ионы металла. Ограничим воздушный объем над ванной и создадим в нем определенную концентрацию паров H_2S . Часть молекул газа растворится в воде, та-

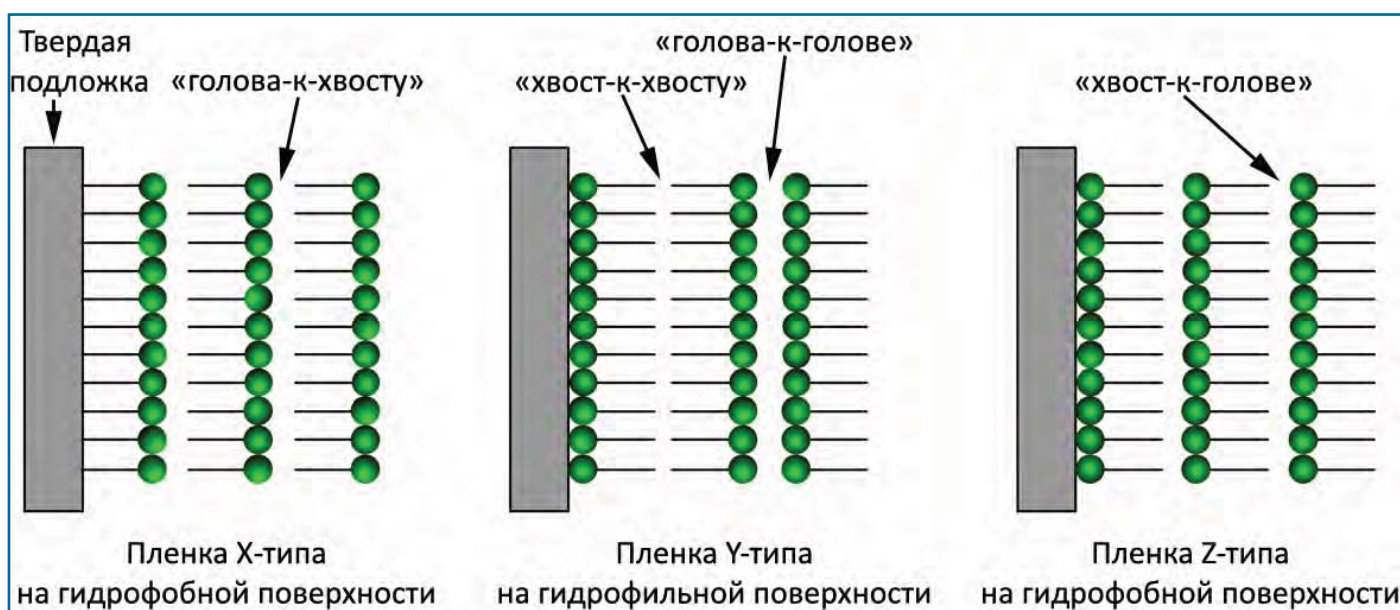


Рис. 3. Типы (X, Y, Z) формируемых слоистых структур при переносе нескольких монослоев на подложку (гидрофильную (Y) или гидрофобную (X, Z))

ким образом, вода обогатится анионами серы. Тогда между катионами металла и анионами серы будет протекать химическая реакция, в результате которой могут образоваться кристаллы сульфида.

Процесс применения структурированной органической матрицы для синтеза и выращивания неорганических кристаллов получил название *темплатного синтеза*. Материалы – органонеорганические нанокompозиты, полученные таким способом, именуют *гибридными наноматериалами*.

Почему метод Ленгмюра–Блоджетт еще не внедрен повсеместно? Потому что на кажущемся таким очевидным пути встречаются подводные

камни. Техника Ленгмюра–Блоджетт внешне проста и дешева (не нужен сверхвысокий вакуум, высокие температуры и т.п.), однако первоначально требует значительных затрат для создания особо чистых помещений, так как любая пылинка, осевшая даже на одном из монослоев в *гетероструктуре*, это незалечиваемый дефект.

Тем не менее, Ленгмюровские пленки и нанокompозиты на их основе уже нашли применение в качестве длинноволновых рентгеновских дифракционных решеток, резисторов, газовых сенсоров, наноразмерных диэлектрических полимерных покрытий и прослоек в различных устройствах и т.д.

Литература:

1. Левченко Е.Б., Львов Ю.М. Природа. 1990. № 3. С. 3–11.
2. Ковальчук М.В., Клечковская В.В., Фейгин Л.А. Природа. 2003. № 11. С. 11–19.