

*А. В. Фирсова, А. В. Медведева\**

## **УСТАНОВКА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МОНОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПЛЕНОК**

В современных высокотехнологичных производствах широко используются мономолекулярные пленки. Одним из методов их формирования является метод Ленгмюра–Блоджетт, заключающийся в нанесении на поверхность жидкой субфазы пленкообразующего вещества, формировании мономолекулярного слоя и снятии сформированной пленки.

В технологии Ленгмюра–Блоджетт используют вещества, которые образуют стабильные монослои на поверхности жидкой субфазы. Такие вещества состоят из молекул, имеющих гидрофильную часть («голову») и гидрофобную часть («хвост») и называются дифильными или амфифильными. Из-за того что полярные головки молекул этих веществ легко взаимодействуют с водной средой, а углеводородным гидрофобным хвостам невыгодно находиться в воде, возникает гидрофобный эффект. В результате этого эффекта образуется мономолекулярный слой из молекул дифильного вещества. Углеводородные хвосты этих молекул находятся в газовой фазе, а гидрофильная голова – на границе раздела жидкой и газовой фаз. При уменьшении площади поверхности, занимаемой молекулами амфифильного вещества, последние формируют мономолекулярный слой.

Анализируя методы формирования молекулярных пленок, следует отметить, что установки, используемые в технологии Ленгмюра–Блоджетт, различаются формой, материалами изготовления, набором инструментов и методикой выполнения.

Известна установка для получения монослоя методом Ленгмюра–Блоджетт. Она содержит подвижный барьер, который выполнен в виде замкнутой гибкой ленты, огибающей направляющие с образованием многоугольника [1]. Однако эта установка имеет сложную конструкцию, сложна в реализации и обслуживании.

Так же для формирования и изучения мономолекулярных пленок используется установка, в которой подвижный барьер выполнен в виде замкнутой ленты постоянного периметра. При этом одна часть ленты закреплена неподвижно, а другая сделана так, чтобы было возможно

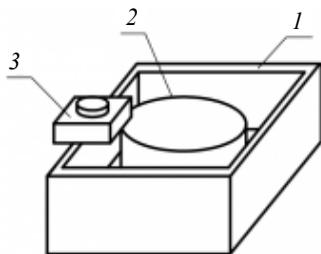
---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» Д. М. Мордасова.

контактировать с подвижными держателями для сжатия барьера. Недостатком такой установки является неравномерное сжатие монослоя. Тем самым увеличивается риск получения некачественных пленок.

Известны устройства, позволяющие синтезировать наноразмерные слои путем управления физико-химическими свойствами слоя с помощью электрического поля.

С целью проведения исследований поведения пленок Ленгмюра при аэродинамических и акустических воздействиях на них, разработана экспериментальная установка, основными блоками которой являются блок формирования возмущающего воздействия и устройство формирования мономолекулярных пленок. Блок формирования возмущающего воздействия представляет собой струйно-акустический генератор диафрагмового типа, конструкция и принцип действия которого подробно описаны в работах [2, 3]. Устройство по получению монослоев состоит из прямоугольной ванны 1 с жидкой субфазой; подвижного барьера 2, выполненного в виде замкнутой ленты; системы 3 для перемещения барьера.



**Рис. 1. Устройство формирования мономолекулярных пленок**

Устройство, изображенное на рис. 1, работает следующим образом: в прямоугольную ванну 1 на поверхность жидкой субфазы (дистиллированная вода) наносится расчетное количество раствора амфифильного вещества (стеариновой кислоты), которое распределяется по всей поверхности в пределах площади, ограниченной барьером 2. При небольшом количестве амфифильного вещества и большой площади поверхности,

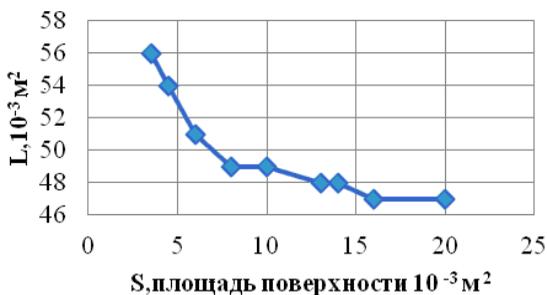
на которой оно находится, слой не является сплошным, расстояние между молекулами велико. Молекулы практически не взаимодействуют друг с другом, они ориентированы произвольно, поэтому такое фазовое состояние пленки аналогично газу. С помощью системы 3 перемещением барьера 2 осуществляется сжатие полученной пленки. При этом молекулы сближаются и начинают взаимодействовать. Такое фазовое состояние пленки аналогично жидкости. При дальнейшем уменьшении площади поверхности, молекулы амфифильного вещества приобретают ориентационную упорядоченность. Это приводит к повышению упругости поверхностного слоя. Новая фаза является двумерным жидким кристаллом. Дальнейшее увеличение поверхностного давления приведет к разрушению монослоя [4].

С целью исключения температурных погрешностей и погрешностей, вызванных вибрациями, устройство формирования мономолекулярных пленок следует размещать в термостатированном помещении на виброзащитном основании. Так же следует учесть то, что перемещение барьера должно происходить с постоянной скоростью.

Преимуществом разработанной установки является несложная конструкция, простота в использовании. Устройство позволяет без значительных затрат формировать мономолекулярные слои низкомолекулярных и высокомолекулярных веществ.

С использованием созданной установки проведены исследования по выявлению физических основ взаимодействия струйно-акустического сигнала с пленками амфифильных веществ на поверхности жидкой субфазы. В ходе исследований на поверхность жидкости с амфифильным веществом подавалось струйно-акустическое воздействие и определялось расстояние от генератора до поверхности, при котором в системе наблюдается узел стоячей акустической волны. По результатам экспериментов можно сделать вывод о том, что измеряемое расстояние непостоянно. Это можно объяснить тем, что молекулы дифильного вещества упорядочиваются, т.е. уменьшается расстояние между молекулами.

На рисунке 2 показана экспериментально полученная изотерма сжатия монослоя в координатах «расстояние до поверхности–площадь поверхности». На графике имеется два ярко выраженных перегиба – при площади  $15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$  и  $8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ , разбивающих график на три участка, соответствующих прохождению формируемой пленкой агрегатных состояний – газ, жидкость, жидкий кристалл (по мере уменьшения площади).



**Рис. 2. Изотерма сжатия монослоя при струйно-акустическом воздействии**

Таким образом, проведенные исследования позволяют говорить о наличии новых физических эффектов в струйно-акустической системе с нагрузкой в виде пленки Ленгмюра, а также позволяют использовать струйно-акустическое устройство в качестве индикатора фазовых переходов в пленке при ее сжатии.

Техника Ленгмюра–Блоджетт открывает возможности для изучения принципов самоорганизации сопряженных молекул с пониженной размерностью, для получения органических ультрапленок. Согласно современным исследованиям, метод Ленгмюра–Блоджетт является единственным, с помощью которого можно наносить на подложки сплошные органические пленки с определенной толщиной. Техника Ленгмюра–Блоджетт проста и экономична, так как она позволяет без применения высоких температур и вакуумирования получать мономолекулярные слои. Однако требуются существенные затраты для создания определенных условий: особо чистые помещения, так как любая пылинка, которая оседает на монослое, приводит к неустранимым дефектам.

### Список литературы

1. *Авторское свидетельство СССР № 557823*, кл В 05 С 3/02. Подвижный барьер для получения монослоев методом Ленгмюра Блоджетта / В. В. Кислов, И. Э. Неверов. – № 4902703/05 ; заявл. 14.11.90 ; опубл. 15.08.92, Бюл. № 30.

2. *Мордасов, Д. М.* Струйно-акустический контроль концентрации газовой фазы в слое сыпучего материала / Д. М. Мордасов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2005. – Т. 11, № 1. – С. 88 – 93.

3. *Мордасов, Д. М.* Влияние конструктивных параметров струйно-акустического генератора на частоту возникающих колебаний / Д. М. Мордасов, М. М. Мордасов, А. А. Иванцов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 15, № 1. – С. 44 – 48.

4. *Абрамзон, А. А.* Об агрегатном состоянии монослоев ПАВ на поверхности жидкости / А. А. Абрамзон, С. И. Голоудина // В кн. Успехи коллоидной химии. – Ленинград : Химия, 1991. – С. 239 – 261.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-08-31060-мол-а.*

*Кафедра «Материалы и технология»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*