

05;07;12

Визуализация структуры пленок Ленгмюра–Блоджетт в жидкокристаллических ячейках

© Б.Н. Климов, Е.Г. Глуховской

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского,
410012 Саратов, Россия
e-mail: GluhovskoyEG@info.sgu.ru

(Поступило в Редакцию 14 мая 2002 г.)

Описано применение жидкокристаллических (ЖК) ячеек для визуализации структуры пленок Ленгмюра–Блоджетт (ПЛБ). Приведены различные картины, возникающие в ЖК ячейках, при нанесении ПЛБ. Сделана попытка анализа влияния структуры пленок ЛБ (условий нанесения) на вид картин ЖК ячеек, а также влияния на них рельефа, созданного предварительно напыленными электродами ИТО.

Введение

Как известно, жидкокристаллические материалы (ЖКМ) весьма чувствительны к состоянию поверхности, с которой они находятся в контакте.

Известно также использование ЖК материалов для визуализации рельефа на поверхности различных подложек. Как правило, все это находит применение лишь в исследовательских целях.

Развитие технологии Ленгмюра–Блоджетт (ЛБ) может пробудить новый интерес именно к этому аспекту использования ЖКМ. А именно, с помощью ЖК ячеек, у которых одна из пластин играет роль образца-свидетеля при нанесении монослоя по технологии ЛБ, можно визуализировать макроструктуру получаемых пленок ЛБ.

Информация о структуре таких образцов-свидетелей в свою очередь позволит судить о макроструктуре пленки ЛБ образца-оригинала описанным экспресс-методом.

Описание методики подготовки образцов и наблюдения ориентационных эффектов в ЖК ячейках

Вид ЖК ячеек, которые были изготовлены для исследования макроструктуры ПЛБ, схематично показан на рис. 1. ЖК ячейка представляла собой две стеклянные пластины с зазором между ними.

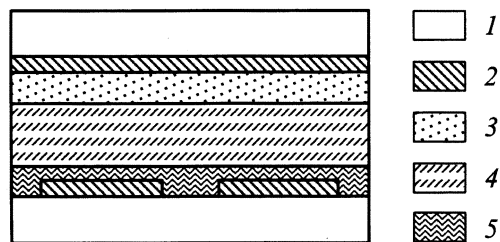


Рис. 1. 1 — стекло, 2 — электроды (ИТО), 3 — тестовое покрытие, 4 — ЖКМ, 5 — пленка Ленгмюра–Блоджетт.

В качестве подложек использовались чистые стеклянные пластины, а также стеклянные пластины, применяемые для изготовления ЖК экранов, с прозрачным электродом ИТО (indium tin oxide) в виде полос. Для создания зазора по периметру укладывались полиэтиленовые полоски толщиной 6 μm .

Одна из пластин являлась тестовой: ориентирующая плоскость получалась традиционными способами — при натирании валиком, обтянутым фетром или специальными щеточками на заводской установке (НИИ „Волга“).

На другую пластину наносились монослои (МС) октадецилдиметиламинной соли полиамидокислоты по технологии ЛБ методом вертикального лифта [1]. После нанесения проводилась термическая обработка образцов, в результате которой происходила полимеризация полиамидокислоты до состояния полиимида [2,3].

Полученные ячейки заполнялись нематическим полярным жидкокристаллическим материалом ЖК-807 в изотропном состоянии (при температуре около 85–90°C). Материал любезно предоставлен НИИ „Волга“.

После остывания образцов до комнатной температуры в скрещенных поляроидных фильтрах наблюдалась картина, состоящая из светлых и темных областей.

Характеристика образцов и условий получения пленок ЛБ

На рис. 2–8 представлены картины ориентационных эффектов в ЖК ячейках. Пленки для ячеек получены при условиях, указанных в таблице.

Как было сообщено ранее в [2–4], при низких давлениях (менее 20 din/cm) ориентационные эффекты в ЖК ячейках практически отсутствуют. Для вида таких ячеек, получаемых в скрещенных поляризационных фильтрах, характерна зернистая структура, что является свидетельством поликристаллическости ПЛБ. При этом размер зерен на изображениях соответствует размерам областей монокристаллическости нанесенной пленки. Размер зерен на таких изображениях по ориентировочной визуальной оценке колеблется от 20 до 300 μm .

№ рисунка	π , mN/m	Тип переноса МС	Количество МС	Наличие электродов	Примечания
2	15	Z	1	Нет	Граница МС
3	20	Z	1	Есть	
4	25	Z	1	Нет	Край ЖК мениска
5	35	Z	5	Есть	Разломы МС
6	50(?)	Z	1	Нет	Сминание МС
7	30(?)	Z	1	Нет	Разжат после коллапса
8	—	—	—	Есть	

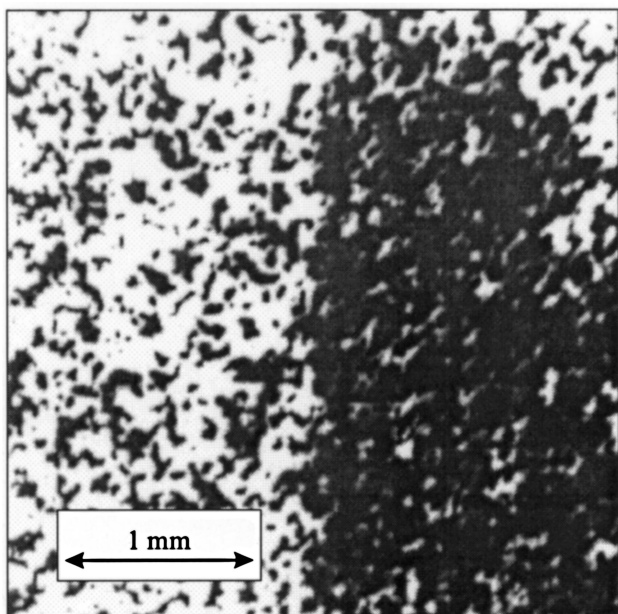


Рис. 2.

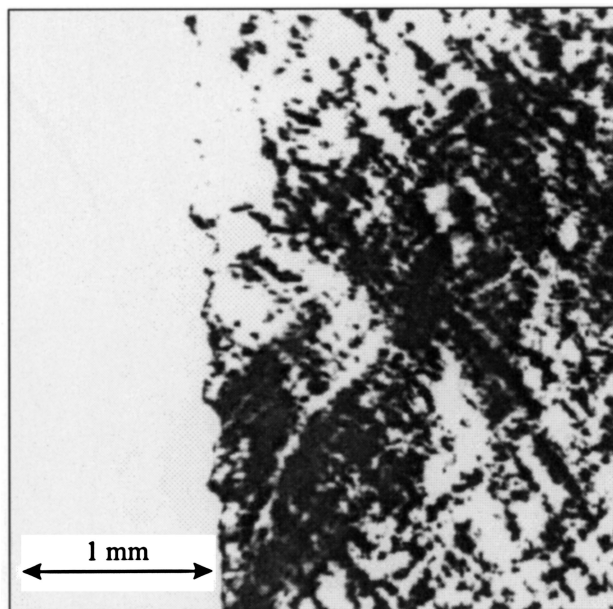


Рис. 4.

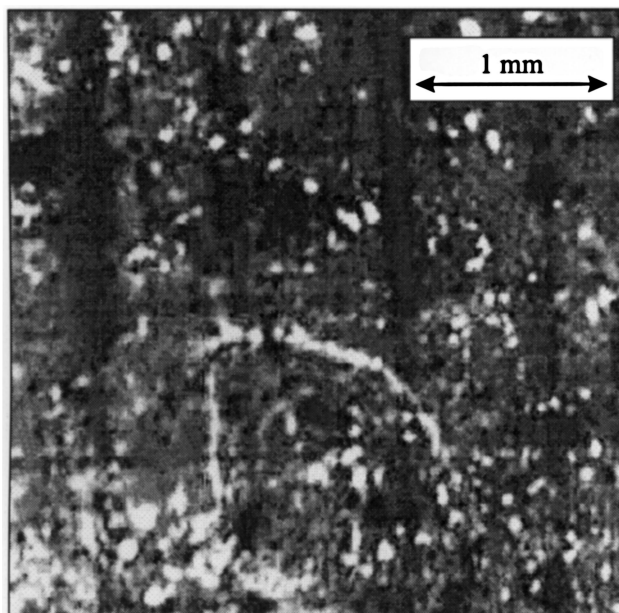


Рис. 3.

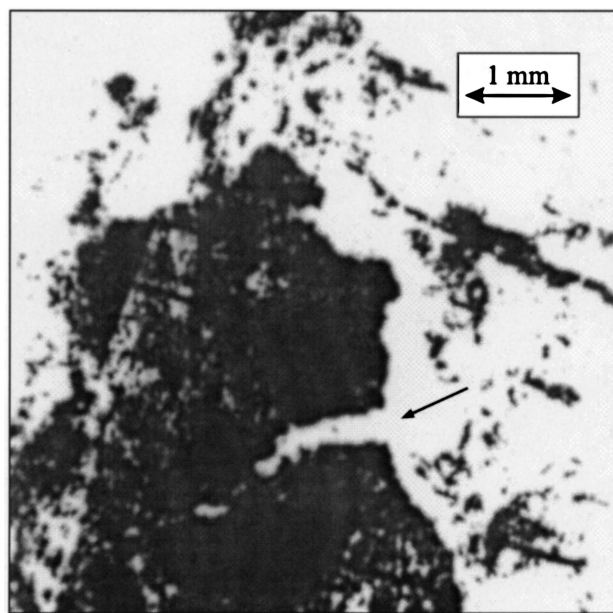


Рис. 5.

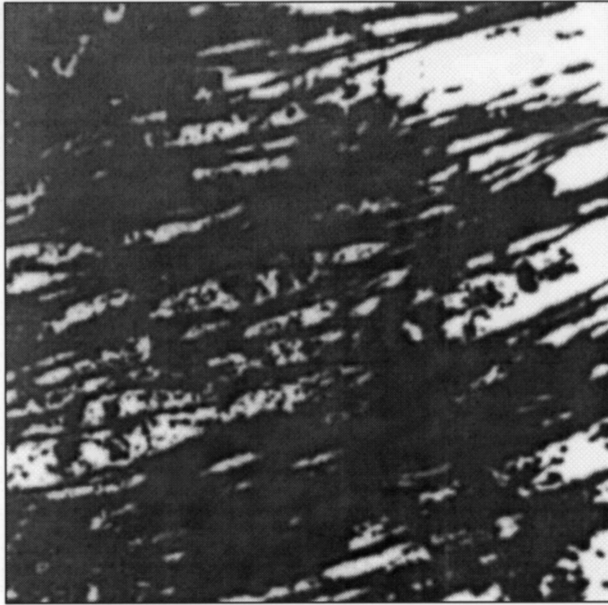


Рис. 6.

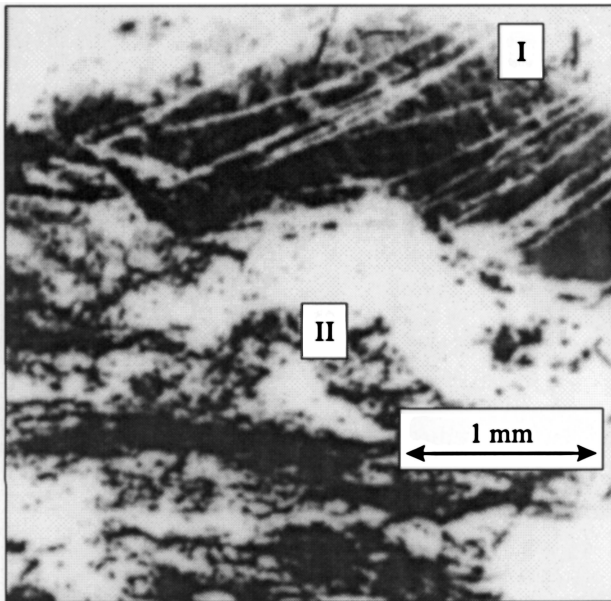


Рис. 7.

Анализ полученных изображений

а) Нанесение единичного монослоя. Несмотря на отсутствие ориентационных эффектов, картины ЖК ячеек могут быть достаточно информативны. Например, по ним можно вполне однозначно судить о факте нанесения единичного монослоя. На рис. 2 достаточно хорошо различима граница между двумя областями: слева на рисунке находится область чистой подложки, справа — с одним монослоем. Примечательно, что меняется характер зернистости: на изображениях

областей ЖК ячеек с нанесенной ПЛБ начинают преобладать зерна величиной $100\text{--}130\ \mu\text{m}$.

б) ПЛБ, нанесенная при различном давлении. Коллапс ПЛБ. Сравнивая две картины ЖК ячеек, представленных на рис. 2, а также рис. 3 и 4, можно видеть, что при увеличении давления нанесения не только начинает увеличиваться размер зерен, которые сливаются в более крупные (до $300\ \mu\text{m}$) образования (рис. 3), но и начинает проявляться макроструктура в виде сетчатой текстуры (рис. 4).

Дальнейшее увеличение давления в монослое в итоге приводит к его коллапсу. Пленки, перенесенные при давлении коллапса, легко идентифицируются с помощью ЖК ячеек. Так, на рис. 5 легко различимы очертания достаточно большого монолитного куска ПЛБ, который в процессе нанесения претерпел разлом (показано стрелкой). Такие разломы характерны для сильно сжатой до кристаллического состояния пленки, которая становится менее эластичной и не успевает расплавляться даже при незначительных изменениях площади поверхности рабочей зоны ванны.

Другой тип коллапса показан на рис. 6. Четко различимые складки свидетельствуют об образовании мультислойной структуры после сминания монослоя. Такие деформации пленок, как правило, являются невосстановимыми. При снятии избыточного давления образованные складки в пленке не расправляются. Чаще всего монослоем, деформированный после сильного сжатия и снятия напряжения, наносится не сплошным слоем, а с достаточно большими просветами. Так, на рис. 7 видны две области с различной структурой: область I с пленкой, переходящей в мультислойную; область II с начальной стадией развития коллапса. Возможны два варианта интерпретации данного рисунка. Вполне возможно, что через просвет верхнего слоя видна структура

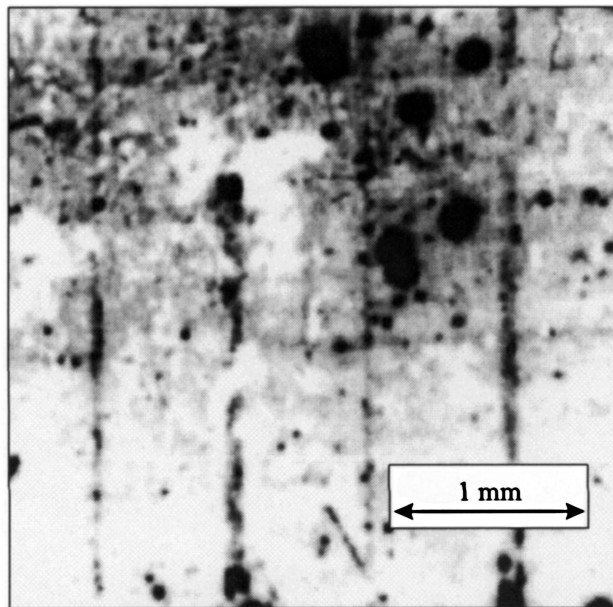


Рис. 8.

слоя, нанесенного ранее. Либо область, освобожденную от сколлапсированного слоя (I), заполняет слой (II), образованный оторвавшимися и расправившимися кусками слоя (I).

г) Влияние рельефа подложки (электроды под пленкой ЛБ). Для наносимых пленок ЛБ обычно весьма важным являются как способ обработки подложки, так и наличие на ее поверхности собственного рельефа. Наличие электродов на поверхности стеклянной подложки вносит свой вклад в ориентацию жидкого кристалла в ячейке. На рис. 8 приведена ячейка с прозрачными электродами ИО, применяемыми в ЖК экранах. Для этой ячейки ПЛБ на электроды не наносилась.

Сравнивая рис. 8 с рис. 3 и 5 (условия нанесения ПЛБ см. в таблице), можно видеть, что эффект ориентации ЖК материала пленкой ЛБ оказывается сильнее, нежели ориентационный эффект за счет рельефа электродов. Стоит заметить, что толщина ПЛБ примерно на два порядка меньше толщины электродов.

Анализируя изображения ячеек, можно видеть, что ориентационные эффекты от нанесенных пленок ЛБ усиливаются при увеличении числа слоев и давления нанесения. При этом изображения становятся более контрастными и более четкими. Так, на рис. 5 структура электродов практически скрыта структурой нанесенной пленки.

Заключение

Все перечисленные факты не только подтверждают возможность использования ПЛБ в качестве ориентантов жидкокристаллических материалов, но и раскрывают возможности практического использования описанного метода наблюдения макроструктуры моно- и мультислойных ПЛБ. Этот метод является весьма наглядным и во многих случаях может быть очень удобным, особенно на стадии выбора нового вещества и обработки технологии нанесения.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования (грант № Т00-1.5-3225).

Список литературы

- [1] Блинов Л.М. // УФН. 1988. Т. 155. Вып. 3. С. 443–480.
- [2] Baker S., Seki A., Seto J. // Thin Solid Films. 1989. Vol. 180. P. 263–270.
- [3] Штыков С.Н., Климов Б.Н., Науменко Г.Ю. и др. // ЖФХ. 1999. Т. 73. № 9. С. 1711–1713.
- [4] Климов Б.Н., Глуховской Е.Г., Волков Ю.П. и др. // Физика полупроводников и полупроводниковая электроника. Сб. статей / Под ред. Б.Н. Климова, А.И. Михайлова. Саратов: Изд-во Гос. УНЦ „Колледж“, 2001. 188 с.