

УДК 535.3; 535.4; 535.012.21

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УФ ИЗЛУЧЕНИЯ
НА ПОВЕРХНОСТЬ ТОНКИХ ПЛЕНОК

Е.О. Гавриш, В.А. Чуйко

Исследуется возможность создания анизотропной текстуры на гладкой поверхности ориентирующих пленок на основе аморфного углерода (а-С:Н) и оксидов индия и олова (ИТО) с помощью УФ лазерного излучения. Приводятся результаты исследования с помощью оптической микроскопии поверхности образцов до и после обработки УФ лазерным излучением, а также ориентации жидких кристаллов (ЖК) на обработанной поверхности. Обсуждается влияние условий обработки на текстуру поверхности.

Ключевые слова: аморфный углерод, оксид индия и олова, тонкие пленки, УФ излучение, жидкий кристалл.

Введение

Совершенствование методов ориентации нематических ЖК актуально как для развития дисплейных ЖК-технологий [1, 2], так и при разработке активных компонентов телекоммуникационных систем [3]. К бесконтактным способам ориентации жидких кристаллов относятся: обработка поверхности ионными пучками, поляризованным и неполяризованным УФ светом [2, 4]. Эти методы основаны на удалении слоя материала для формирования анизотропной текстуры поверхности ориентирующего слоя, которая обеспечивает при взаимодействии с жидкими кристаллами однонаправленную параллельную ориентацию молекул. Для воздействия неполяризованного УФ света на тонкую углеродную пленку используют излучение мощной ртутной лампы. В качестве источника поляризованного УФ излучения может быть использован лазер. Для формирования направления ориентации на поверхности углеродных конденсатов применяют воздействие неполяризованного и поляризованного УФ излучения [2]. Для создания ориентирующей поверхности можно перед нанесением ориентирующего слоя создать текстуру поверхности электрода, используя для этого бомбардировку пучком ионов [5].

Целью этой работы является исследование возможности формирования анизотропии текстуры поверхности ориентирующих слоев а-С:Н, а также предшествующего им электродного слоя на основе ИТО с помощью поляризованного УФ излучения для улучшения качества ориентации жидких кристаллов.

Слои ИТО получали методом катодного распыления. Ориентирующие слои а-С:Н осаждали на стеклянные подложки, покрытые прозрачным проводящим покрытием в плазме тлеющего разряда на постоянном токе из паров ацетона при давлении в вакуумной камере $5 \cdot 10^{-2}$ Па и ионном токе 1 мА. Слои а-С:Н, полученные с помощью CVD-процесса осаждения в плазме, являются гладкими и повторяют рельеф предшествующей поверхности.

Создание анизотропии текстуры поверхности способом обработки УФ излучением
аморфной углеродной пленки

Для формирования анизотропии поверхности тонких пленок а-С:Н был использован УФ лазер ЛГИ-504А с длительностью импульса 6 нс и длиной волны 0,337 мкм [6]. Плотность мощности УФ излучения варьировали, изменяя напряжение накачки лазера и фокусировку пучка. Текстура поверхности создавалась путем перемещения образца, закрепленного на координатном столике, по двум координатам со скоростью 1,2 мм/с при неподвижном лазерном пучке. В результате такой обработки происходило удаление слоя материала и образование параллельных канавок. Глубину канавки, образующуюся при воздействии лазерного излучения, измеряли при помощи микроинтерферометра МИИ-4. В таблице приведены условия обработки УФ излучением поверхности образцов и глубина канавки, полученная в результате усреднения по трем измерениям каждого образца. Среднеквадратичная ошибка измерений не превышала 10%.

Номер образца	q , Вт/см ²	Вид пучка	Глубина канавки, мкм	Ширина канавки, мкм	Скорость стола, мм/с	Вид поверхности
1	0,24	сфокусированный	0,64±0,06	27	1,2	а-С:Н
2	0,02	расфокусированный	0,52±0,04	27	1,2	а-С:Н
3	0,03	расфокусированный	0,13±0,01	55	1,2	а-С:Н
4	0,24	сфокусированный	–	13,5	10	ИТО
5	0,31	сфокусированный	–	7,4	10	ИТО

Таблица. Условия обработки образцов УФ излучением

На рис. 1, а, б, приведены фотографии поверхности образцов после обработки их N₂-лазером, полученные с помощью микроскопа БИОЛАМ с десятикратным увеличением, оснащенного видеокамерой. Как видно на рис. 1, а, при обработке сфокусированным пучком плотностью мощности 0,24 Вт/см² образуются глубокие канавки (0,64 мкм). Воздействие расфокусированного пучка (образец № 2) приводило к уменьшению глубины канавки до 0,52 мкм (рис. 1, б). Наименьшая глубина съема материала аморфной углеродной пленки, равная 0,13 мкм, была получена у образца № 3 при обработке расфокусированным пучком плотностью мощности 0,03 Вт/см². Однако воздействие УФ излучения на а-С:Н пленку приводило к удалению не только слоя углерода, но также и поликристаллического электродного слоя под ним.

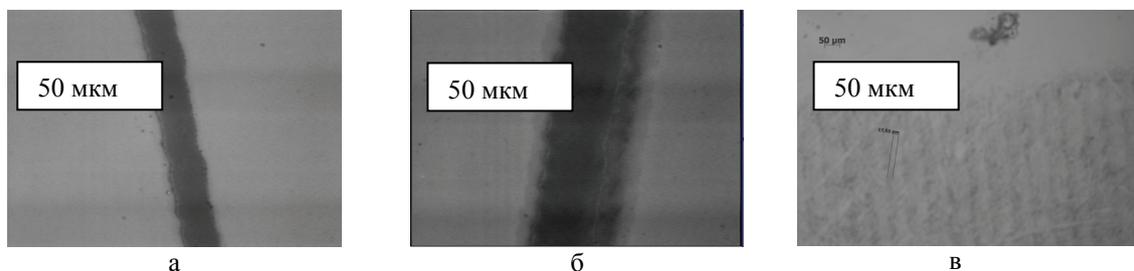


Рис. 1. Микрофотографии поверхности образцов, обработанных УФ лазером:
а – № 1; б – № 2; в – № 3 (см. таблицу)

Создание анизотропии текстуры поверхности способом обработки УФ излучением ITO слоя

В качестве альтернативного метода был использован способ формирования анизотропии текстуры поверхности ITO слоем, поляризованным УФ излучением, перед осаждением на него слоя а-С:Н. Для снижения съема материала была увеличена скорость перемещения координатного столика, на котором закреплялся образец, относительно лазерного пучка в 10 раз. В результате этого значительно уменьшилась ширина канавок (рис. 1, в). Из-за недостаточного высокого разрешения микроинтерферометра глубину канавок в данном способе померить не удалось.

На рис. 2, а, для сравнения приведена микрофотография однородной параллельной ориентации нематического ЖК на поверхности слоя а-С:Н, осажденной на подложки, расположенные под углом 20° относительно вертикали [4]. Нанотекстура ориентирующей поверхности в этом случае создавалась перед нанесением пленки а-С:Н в результате обработки ее ионами инертного газа Ar, падающими под скользящими углами при наклонном расположении подложек в плазме.

На рис. 2, б, приведена микрофотография ориентации ЖК-1282 (НИОПИК) на поверхности слоя а-С:Н, осажденного на подложки, расположенные горизонтально относительно потока в плазме и обработанные затем с помощью УФ лазера. При исследовании ЖК ячеек, собранных из элементов, обработанных УФ излучением, было обнаружено чередование полос с разной ориентацией. На рис. 2, б, можно видеть, что глубокие канавки, образовавшиеся на поверхности в результате воздействия УФ излучения, нарушают однородность параллельной ориентации ЖК. Вдоль канавок молекулы ЖК ориентируются гомеотропно (перпендикулярно поверхности), что свидетельствует об удалении ориентирующего слоя а-С:Н.

На рис. 2, в, показана микрофотография однородной параллельной ориентации нематического ЖК при использовании метода осаждения слоя а-С:Н на поверхность слоя ITO, обработанного УФ поляризованным излучением. Уменьшение глубины канавок при таком способе создания ориентирующей поверхности привело к улучшению качества ориентации.

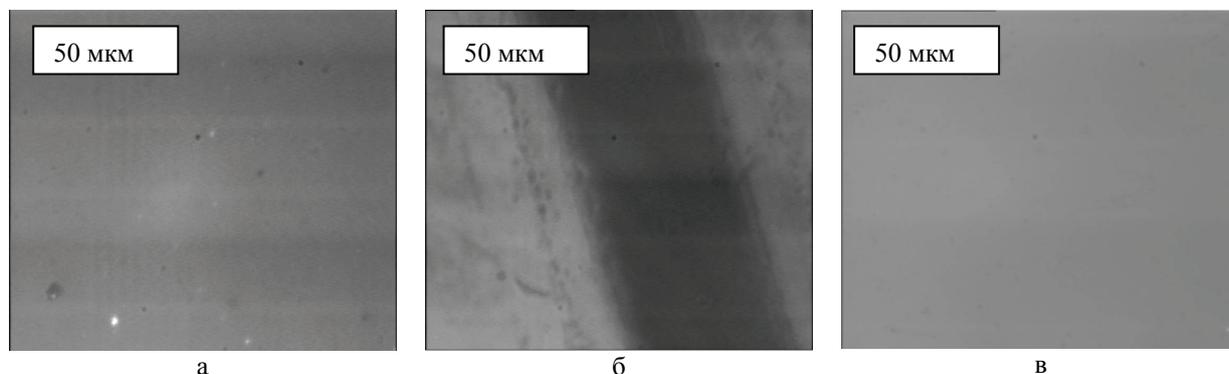


Рис. 2. Микрофотографии ориентации нематического ЖК на поверхности а-С:Н, полученных в плазме тлеющего разряда (а), после обработки поверхности а-С:Н УФ излучением (б), после предварительной обработки УФ излучением слоя ITO, перед осаждением а-С:Н (в)

Заключение

При сканировании поверхности исследуемых образцов с толщиной ориентирующего слоя а-С:Н менее 130 нм с помощью УФ излучения азотного лазера, глубина канавок превышала его толщину. В результате этого удалялся не только ориентирующий, но и частично слой ИТО, что вызывало неоднородность ориентации ЖК на плоскости внутри канавок с образованием полосатой структуры. В случае предварительной обработки слоя ИТО, для создания анизотропии текстуры его поверхности, благодаря повышению скорости перемещения образца относительно лазерного пучка, удалось не только уменьшить глубину канавок, но и получить затем однородную ориентацию жидкого кристалла на поверхности ориентирующего слоя а-С:Н, осажденного на эту поверхность. Дальнейшее совершенствование способа формирования анизотропии ориентирующей ЖК поверхности будет направлено на оптимизацию условий обработки с использованием УФ поляризованного излучения: длины волны, плотности мощности и скорости перемещения обрабатываемой поверхности.

Литература

1. Rho S.J., Lee D.-K., Baik H.K. et al. Investigation of the alignment phenomena using a-C:H thin films for liquid crystal alignment materials // *Thin Solid Films*. – 2002. – V. 420–421. – P. 259–262.
2. Hwang J.-Y., Jo Y.-M., Seo D.-S., Jang J. Liquid crystal alignment capability by the UV alignment method in a-C:H thin films *Jap // J. of Appl. Phys., Part 2: Letts*. – 2003. – V. 42. – № 2A. – P.114–116.
3. Васильев В.Н., Коншина Е.А., Костомаров Д.С., Федоров М.А., Амосова Л.П., Гавриш Е.О. Влияние ориентирующей поверхности и толщины слоя жидкого кристалла на характеристики электроуправляемых оптических модуляторов // *ПЖТФ*. – 2009. – Т. 35. – Вып. 11. – С. 33–38.
4. Park C.-J., Hwang J.-Y., Kang H.-K., Seo D.-S., Ahn H.-J., Kim J.-B., Kim K.-C., Baik H.-K. Liquid crystal alignment effects and electro optical performances of twisted Nematic-Liquid Crystal display using ion-beam alignment method of nitrogen-doped diamond like carbon thin film layer. *Jap // J. of Appl. Phys. Letts*. – 2005. – V. 44. – № 3. – P.1352–1355.
5. Wu H.-Y., Pan R.-P. Liquid crystal surface alignments by using ion beam sputtered magnetic thin films // *Applied Physics Letters*. – 2007. – 91. – 074102. – 2007.
6. Гавриш Е.О. Формирование анизотропии наноструктуры поверхности тонких пленок на основе аморфного углерода // *Сборник трудов конференции молодых ученых. Выпуск 3. Оптоинформатика, наносистемы и теплотехника*. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 263 с.

- Гавриш Екатерина Олеговна* – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, katty87@list.ru
- Чуйко Владимир Анатольевич* – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, старший преподаватель, veiko@lastech.ifmo.ru