



ФОНД РАЗВИТИЯ НОВЫХ МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ "АЙРЭС"

Новое явление дискретного формирования капель нематических жидких кристаллов, индуцированного фрактально-матричными резонаторами

М.Г. Томилин¹, И.Н. Серов², В.И. Марголин³, И.А.Солтовская², Г.Н.Бельская²,
А.В.Алексейцев²

¹ ВНЦ ГОИ им. С.И. Вавилова

² Исследовательский центр Фонда развития новых медицинских технологий "Айрэс"

³ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

На поверхности фрактально-матричного резонатора (ФМР) Фонда «Айрэс» обнаружено новое явление: формирование дискретных капель нематического жидкого кристалла в нескольких уровнях фрактальности, структура расположения которых коррелирует с низкочастотной дифракционно-угловой структурой ФМР, а также переходы жидких кристаллов из мезофазы в изотропную жидкость при комнатной температуре.

Введение

Тонкие слои нематических жидких кристаллов (НЖК) различных химических структур за последнее столетие явились объектом всесторонних физических исследований. Они привели к обнаружению ряда полимезоморфных и фазовых превращений, а также открытию и описанию большого числа оптических и электрооптических эффектов, нашедших основное применение в современных плоских информационных дисплеях [1]. С другой стороны, за последнее десятилетие было развито новое направление применения НЖК для изучения состояния поверхностей различных материалов [2]. Оказалось, что тонкие слои НЖК наносимые в виде свободной пленки толщиной порядка 1 мкм, можно использовать как необычные регистрирующие среды. Они позволяли наблюдать с высоким пространственным разрешением на изучаемой поверхности в поляризационный микроскоп локальные распределения слабых электрических, магнитных, тепловых и др. полей, а также декорировать и регистрировать дефекты микрорельефа или структурные неоднородности. При этом использовался эффект локальной переориентации молекул НЖК.

В тот же период в исследовательском центре Фонда развития новых медицинских технологий "Айрэс" были разработаны и изготовлены образцы фрактально-матричных резонаторов (ФМР) с низкочастотной дифракционно-угловой структурой. Было обнаружено, что в окрестности ФМР при нанесении покрытий на подложки различных материалов (стекло, кремний) существенным образом изменяются свойства покрытий [3]. В частности, была выявлена фрактальность структуры этих покрытий, состоящая в формировании чередующихся дискретных областей различной текстуры. Для более глубокого изучения влияния ФМР на



свойства поверхности материалов и покрытий и частичной визуализации обнаруженных эффектов были использованы тонкие слои НЖК.

Настоящая работа посвящена описанию нового класса явлений в НЖК, индуцированных ФМР.

Условия проведения эксперимента

Объектами исследования были тонкие слои НЖК, наносимые на поверхность ФМР. В качестве НЖК использовались хорошо изученные соединения МББА и 4ЦБ, обладающие интервалом мезофазы при комнатной температуре.

ФМР представляет собой тонкую стеклянную пластину, на одной (рабочей) из сторон которой нанесена искусственным образом геометрически синтезированная штриховая голограмма с размером штриха порядка 1,0 мкм [4]. В экспериментах использовались ФМР различной модификации, соответствующей топологии второго и третьего поколений и отличающиеся геометрией штрихов и толщиной линии.

На нерабочую поверхность ФМР вручную с помощью мягкой кисти наносился тонкий слой (толщиной порядка 1 мкм) термотропного ЖК. В экспериментах для исключения условий задания исходной ориентации молекул НЖК методом нанесения наносимый слой наносился в изотропном состоянии. Для этого использовалась смесь НЖК с летучим растворителем (спиртом или ацетоном), переводящим НЖК в изотропное состояние. После нанесения на изучаемую поверхность растворитель испарялся, а ориентация НЖК осуществлялась только условиями взаимодействия с поверхностью. Полученные структуры наблюдались в поляризационный микроскоп и регистрировались фотографическими и компьютерными методами.

Результаты экспериментов

В тонких слоях НЖК в окрестности ФМР обнаружено несколько новых физических явлений:

1. Выявлена неоднородность смачивания поверхности ФМР тонким слоем НЖК. Если в обычных случаях на тщательно очищенной поверхности стекла К8 НЖК создавал сплошной слой, то на тщательно очищенной поверхности ФМР, изготовленного из стекла той же марки, наблюдалась с высокой воспроизводимостью пространственно дискретная структура отдельных капель (рис.1). При наблюдении в поляризационный микроскоп самого процесса нанесения слоя НЖК было обнаружено мгновенное формирование капель без переходных процессов растекания вязкого НЖК материала. Возникает ощущение наличия запрета на возможность формирования сплошного слоя НЖК. Возникающая картина двумерного распределения капель ассоциирует с особой структурированностью свойств пространства в

- окрестности ФМР. Эффект наблюдался также и при нанесении НЖК на рабочую поверхность.
2. Обнаружена некоторая закономерность двумерного распределения положения и размеров капель, определенным образом коррелирующая с геометрией штрихов ФМР. Выявлено масштабное распределение размеров капель на нескольких уровнях фрактальности (рис.1). В ряде случаев наблюдается регулярность расположения мелких капель относительно крупных (рис. 1). Картина воспроизводится при многократном нанесении и снятии слоя НЖК.
 3. Обнаружены краевые эффекты, состоящие в увеличении размера капель при приближении к границе слоя НЖК (рис. 2).
 4. Обнаружен эффект локального перехода фрагментов капли НЖК в изотропное состояние. В отдельных случаях одна и та же капля может содержать несколько мелких областей с различными фазами (рис. 2), которые сохраняют свое состояние при наблюдении в течение длительного времени. При наблюдении фазовых переходов в НЖК в обычных условиях мелкие области никогда не наблюдаются, а видна лишь одна протяженная граница, разделяющая области различных фаз.

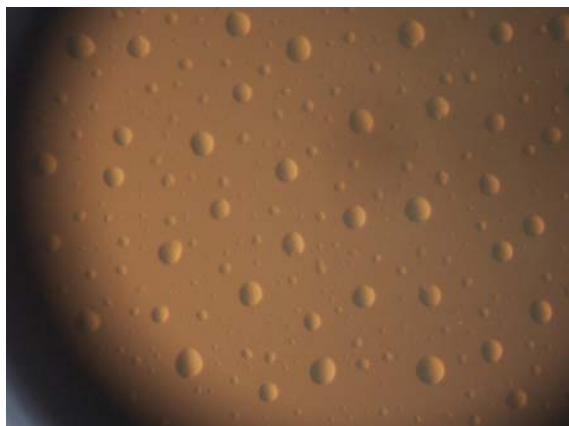


рис 1

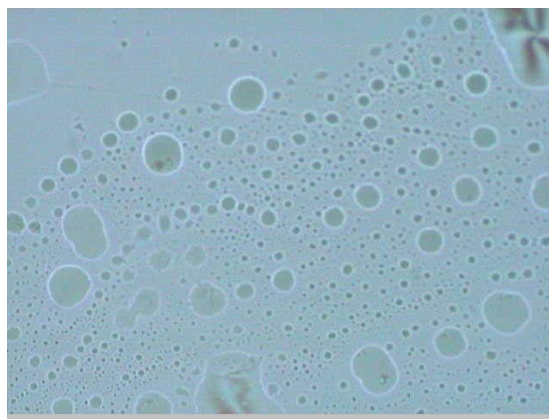


рис 2

Обсуждение результатов эксперимента

Обнаруженные явления связаны с влиянием ФМР на слой НЖК. Его можно предположительно объяснить формированием ФМР некоего поля или структурирующим воздействием ФМР на уже имеющуюся сформировавшуюся полевую структуру, предположительно электромагнитного характера. Образующее поле вызывает либо непосредственное дискретное формообразование капель с различной шкалой фрактальности, либо, возможно, модификацию свойств объема или поверхности подложки, на которую нанесен слой НЖК (на обратной стороне подложки находится фрактально-матричная



топология). Нельзя исключать и возможность одновременного воздействия обоих факторов. Ответ на этот вопрос должны дать последующие исследования, в том числе и касающиеся влияния материала подложки. Представляет интерес оценить поведение НЖК на подложках с различным спектром поглощения и пропускания электромагнитного излучения.

Наиболее важным из полученных результатов по мнению авторов является образование на поверхности ФМС чередующихся с некоторой регулярностью областей, покрытых каплями, и областей, не смоченных НЖК. Границу этих областей на поверхности можно в представлениях современной физики поверхности рассматривать как границу специфических фазовых переходов в НЖК [3, 4]. Неожиданным результатом явилось возникновение обнаруженных различий благодаря полю, создаваемому геометрией ФМР.

Одновременно в каплях НЖК наблюдается локальный фазовый переход «нематик – изотропная жидкость». Из проведенных экспериментов имеется возможность определить количественные энергетические характеристики излучения, вызывающего фазовый переход. Это дает возможность метрологического описания и построения физической модели процесса. Отметим, что наблюдаемый локальный фазовый переход в областях малой пространственной частоты не характерен для обычных условий его протекания в НЖК, и может служить дополнительным свидетельством фрактальности рассматриваемого явления.

Объективность полученных результатов подтверждается независимым исследованием влияния ФМР на свойства получаемых тонких пленок меди [4,5], имеющих подобную регулярность структуры той же пространственной частоты. Следующим шагом в дальнейших исследованиях будет установление строгой корреляции между геометрией ФМР и фрактальностью слоя НЖК.

В заключение отметим, что полученные результаты открывают новые возможности в изучении структурных свойств пространства, которые являются предметом горячих дискуссий в современной физике.

Литература

1. Блинов Л.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. – М.: Наука, 1978. – 384 с.
2. Томилин М.Г. Взаимодействие ЖК с поверхностью. Изд. Политехника, 2001 г. – 325 с.
3. Teletzke G.F., Scriven L.E., Davis H.T. Wetting transition// J. Chem. Phys. – 1982. – Vol.77, № 11. – P. 5791-5798.
4. Sluckin T.J., Ponierowierski A. Novel surface transition in NLCs: wetting and Kosterlitz-Thouless transition // Phys. Rev. Lett. – 1985. – Vol. 55. – P. 2907-2910.
5. Серов И.Н., Бельская Г.Н., Марголин В.И., Потсар Н.А. Влияние ФМР на свойства получаемых тонких пленок меди. Письма в ЖТФ. – 2002. – Том 28, вып. 24. – С 68 - 75....



- 6 Алексейцев А.В., Бельская Г.Н., Бонштедт Б.Э., Егорова Н.Б., Марголин В.И., Потсар Н.А., Серов И.Н. Исследование влияния фрактально-матричных транспарантов на свойства получаемых тонкопленочных структур // Тезисы докладов XIX Российской конференции по электронной микроскопии, 28 мая 31 мая 2002 г., Черноголовка, 2002. с. 26.