

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Швецова Сергея Александровича “Светоиндуцированные ориентационные эффекты в жидкокристаллических полимерах и композитных системах”, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05–Оптика

Жидкие кристаллы являются состоянием вещества, относящимся к мягкой материи. Их надмолекулярная структура чрезвычайно чувствительна к низкочастотным электрическим и магнитным полям. Изменение надмолекулярной структуры нематических жидких кристаллов (НЖК) (поворот) внешними низкочастотными электрическими полями приводит к большому изменению (~ 0.1) их показателя преломления и является основным электрооптическим эффектом.

Для нематической жидкокристаллической фазы также хорошо известны оптические ориентационные эффекты, связанные, как и в статическом случае, с анизотропией диэлектрической проницаемости. Светоиндуцированная переориентация директора приводит к таким нелинейно-оптическим явлениям, как самофокусировка, формирование оптических солитонов, обращение волнового фронта, стохастические колебания поля директора. Благодаря «гигантской» нелинейности НЖК эти явления наблюдаются при достаточно малых значениях поверхностной плотности мощности световой волны $\sim 10^3$ Вт/см².

При взаимодействии света с НЖК, содержащими примеси поглощающих свет молекул, проявляется новый эффект, открытый венгерским ученым И. Яноши, заключающийся в формировании оптического вращающего момента, обусловленного взаимодействием возбужденных молекул красителя с нематической матрицей. При этом ориентационные оптические нелинейности возрастают на два порядка по сравнению с нелегированными НЖК.

В предшествующих работах, выполненных в ФИАН и МГУ, было показано, что максимальные известные оптические нелинейности НЖК связаны с высокомолекулярными азобензольными добавками. В частности, было показано, что нелинейности, индуцированные в нематической матрице такими добавками, существенно превышают нелинейности, индуцированные низкомолекулярными соединениями со сходными поглощающими фрагментами. Выяснение причин этого различия требовало дальнейших исследований, в частности, измерения конформационного состава поглощающих фрагментов в световом поле.

Для полимерных НЖК были известны ориентационные эффекты в низкочастотных полях. Наблюдался переход Фредерикса, то есть пороговая переориентация директора полимерных НЖК. Однако, эффекты светоиндуцированной переориентации директора,

аналогичные действию низкочастотных полей, в полимерной нематической фазе не были исследованы. Ранее проведенные исследования были выполнены с сильно поглощающими полимерными НЖК, для которых доминирующим эффектом является изменение ориентационной функции распределения молекул красителя.

Безусловная актуальность темы диссертации С.А. Швецова связана с необходимостью установления механизмов оптической ориентации в поглощающих НЖК, выяснения возможностей проявления эффектов переориентации директора в полимерных нематических фазах. Такие исследования важны как в аспекте фундаментальной физики, так и в приложениях для поиска сред с рекордными значениями оптической нелинейности.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи работы, показаны новизна и практическая значимость результатов диссертации. Сформулированы положения, выдвигаемые для защиты.

В первой главе описаны приведен обзор исследований, относящихся к предмету диссертации.

Во второй главе экспериментально изучено ориентационное взаимодействие света с НЖК с примесью высокомолекулярных добавок - гребнеобразных полимеров и дендримеров, содержащих азобензольные поглощающие фрагменты. Обнаружено, что с увеличением молекулярной массы добавок возрастает нелинейный оптический отклик таких композитных систем.

В качестве одной из возможных причин этого возрастания автором диссертации рассматривалось изменение конформационного состава поглощающих фрагментов в световом поле. Для проверки этого предположения были проведены спектроскопические исследования фотоконформационной активности высокомолекулярного соединения и мономера в нематической матрице.

В третьей главе диссертации приводятся результаты экспериментального исследования взаимодействия света с полимерными нематическими жидкими кристаллами.

В прозрачном планарно ориентированном образце зарегистрирована светоиндуцированная переориентация директора, обусловленная анизотропией диэлектрической проницаемости на световой частоте. Показано, что взаимодействие светового пучка с полимерным нематическим жидким кристаллом приводит к его абберационной самофокусировке; оптическая нелинейность по порядку величины совпадает с нелинейностью низкомолекулярных НЖК.

В полимерном НЖК с примесью азобензольного красителя обнаружена ориентационная оптическая нелинейность, обусловленная поворотом директора от направления светового поля и вызывающая самодефокусировку светового пучка. При нормальном падении света на слой полимерного НЖК наблюдался пороговый ориентационный переход второго рода, аналогичный переходу Фредерикса в низкочастотных полях. Порог перехода составил ~ 10 мкВт в условиях проводимого эксперимента, что на два порядка меньше, чем порог для композитных системах на основе низкомолекулярных НЖК в тех же условиях. Возрастание эффективности ориентационного воздействия света на композитные системы при замене низкомолекулярной матрицы на полимерную объясняется автором замедлением ориентационного движения молекул красителя в более вязкой среде.

Четвертая глава диссертация посвящена ряду нелинейнооптических эффектов, проявляющихся при взаимодействии света с поглощающими композитными жидкокристаллическими системами.

Исследованы ориентационные переходы первого и второго рода, происходящие при нормальном падении световой волны на НЖК с примесью высокомолекулярных азобензольных соединений. Автором построена теория этих переходов, основанная на разложении оптического момента и момента упругих сил по углу поворота директора. Рассчитаны фазовые диаграммы переходов в НЖК, вызванных изменением интенсивности и поляризации светового поля и напряженности внешнего электрического поля. Теория хорошо описывает экспериментальные закономерности.

В диссертации также экспериментально исследован ориентационный переход первого и второго рода, который происходит при наклонном падении светового пучка на слой НЖК с преднаклоном директора на границах, находящийся под воздействием низкочастотного электрического поля. Построена теоретическая модель таких переходов.

Автором диссертации впервые реализована чисто оптическая модуляция интенсивности световой волны при ее прохождении света через твист-ячейку. Этот эффект наблюдался в НЖК с примесью гребнеобразного полимера.

В диссертации продемонстрирована возможность использования низкомолекулярных и полимерных НЖК с примесью красителей в качестве нелинейных фильтров для визуализации фазовых объектов.

Диссертация не свободна от недостатков.

1. В диссертации не описана процедура измерения перетяжки светового пучка, не указана точность измерения.

2. Отсутствует описание методики измерения преднаклона директора в образцах. Для экспериментов по изучению оптической ориентации в полимерных нематиках информация о преднаклоне полностью отсутствует.
3. При исследовании светоиндуцированной переориентации директора автор не рассматривает возможное влияние течения НЖК и градиента температуры, вызванного нагревом НЖК.
4. В работе имеются технические погрешности. Например, на стр. 38 вместо угла $\varphi = 3\pi/4$ указан угол $\gamma = 3\pi/4$, на стр. 45 вместо $P_1 - P_2$ в формуле приведена разность $P_2 - P_1$; на стр. 90 вместо ссылки на рис. 4.4 дается ссылка на рис. 4.6 и т.д.

Отмеченные недостатки имеют частный характер и не снижают общий высокий уровень диссертации.

Диссертационная работа С.А. Швецова является законченным исследованием, в котором получены важные научные и прикладные результаты в задаче об оптической ориентации директора полимерных НЖК.

Полученные автором результаты важны для установления механизмов взаимодействия света с веществом. Они представляют интерес для разработки приборов, реализующих чисто оптическую модуляцию света, и обработки изображений.

Обоснованность и достоверность защищаемых положений и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждаются адекватным выбором экспериментальных методик, соответствием результатов эксперимента и расчета.

Новизна полученных результатов не вызывает сомнений. Так, в диссертации впервые изучались оптическая ориентация директора в полимерных НЖК и влияние светового поля на конформационный состав хромофоров в нематической матрице для высокомолекулярных соединений. Впервые наблюдалась чисто оптическая модуляция пропускания нематической твист-ячейки с ориентационной нелинейностью.

Результаты диссертации опубликованы в 9 статьях в рецензируемых научных журналах, индексируемых в базе данных Web of Science, а также были представлены в докладах на многих международных и российских конференциях.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Считаю, что диссертационная работа “Светоиндуцированные ориентационные эффекты в жидкокристаллических полимерах и композитных системах” полностью отвечает требованиям к кандидатским диссертациям, установленным “Положением о присуждении ученых степеней”, утвержденным постановлением Правительства РФ от

24.09.2013 № 842, а ее автор, Швецов Сергей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05–Оптика.

Старший научный сотрудник ИТФ. Им. Л.Д. Ландау,
доктор физико-математических наук, профессор

Беляков В.А.

Подпись В.А. Белякова удостоверяю

Ученый секретарь ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН



Крашаков С.А.

“09” сентября 2016 года

Официальный оппонент

старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН, Московская область, Ногинский район, г. Черноголовка, проспект академика Семенова, д. 1а

доктор физико-математических наук Владимир Алексеевич Беляков,
тел. 8-499-137-32-44, e-mail: bel@landau.ac.ru

Список публикаций

официального оппонента Белякова Владимира Алексеевича по тематике диссертации Швецова Сергея Александровича "Светоиндуцированные ориентационные эффекты в жидкокристаллических полимерах и композитных системах", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05-Оптика

1. V.A. Belyakov, S.V. Semenov, *Localized modes in optics of photonic liquid crystals with local anisotropy of absorption*, ЖЭТФ, 149(5), 1076-1086 (2016) [JETP 122(5), 932-941 (2016)].
2. V.A. Belyakov, *Localized Modes in Optics of Chiral Liquid Crystals*, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 612, 81-97 (2015).
3. K. Nowicka, D. Dardas, W. Kuczyński, V.A. Belyakov, D.V. Shmeliova, *Director distribution and surface anchoring potential in Grandjean-Cano wedge*, Liquid Crystals, 41(10), 1448-1454 (2014).
4. I. Ilchishina, E. Tikhonova, V. Belyakov, T. Mykytiuka, *Manifestation of the Chiral Liquid Crystal Boundary Conditions in Lasing Features*, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 591(1), 128-134 (2014).
5. V.A. Belyakov, S.V. Semenov, *Optical defect modes at an active defect layer in photonic liquid crystals*, ЖЭТФ, 145(5), 906-922 (2014) [JETP 118(5), 798-813 (2014)].
6. V.A. Belyakov, *Optical Defect Modes in Chiral Liquid Crystals at Active Defect Layer*, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 559, 39-49 (2012).
7. V.A. Belyakov, *Optical Defect Modes in Chiral Liquid Crystals at Birefringent Defect Layer*, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 559, 50-68 (2012).
8. V.A. Belyakov, S.V. Semenov, *Optical Defect Modes in Photonic Chiral Liquid Crystals*, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 543, 123/[889]-135/[901] (2011).