

Дисплеи на фоне Нобелевской премии и медали Фредерикса

Виктор Беляев

Прошедший 3–5 октября в Физическом институте РАН (ФИАН) 15-ый Симпозиум «Передовые дисплейные технологии» (ПДТ-06) совпал с празднованием 90-летнего юбилея Нобелевского лауреата В.Л. Гинзбурга. К слову сказать, все проводившиеся в Москве симпозиумы имеют «нобелевский» фон: в дни проведения симпозиума 2000 г., возглавлявшегося нобелевским лауреатом Н.Г. Басовым, была присуждена премия Ж.И. Алферову, а через три года, после проведения симпозиума в Королеве, премия досталась В.Л. Гинзбургу и А.А. Абрикосову.

Помимо нобелевского «фона» эти симпозиумы имеют «фредериксовскую» компоненту: вот уже около 15 лет Жидкокристаллическое общество «Содружество» ежегодно присуждает две медали Фредерикса за лучшие исследования соответственно в физике и химии жидких кристаллов (ЖК) (рис.1). Вручение медалей происходит на важнейших научных форумах, включая Симпозиумы ПДТ.

Всеволод Константинович Фредерикс – выдающийся русский ученый, известный своими работами в кристаллографии и космологии. Он первым наблюдал переориентацию ЖК под действием внешнего электромагнитного поля – явление, которое ныне используется в устройствах отображения информации.

В 2006 г. лауреатами медали Фредерикса стали Р. Айденшинк, глава немецкой компании Nematel, и Г.С. Чилая, зам. директора Института кибернетики АН Грузии.

Р. Айденшинк (рис.2) первым создал мезогенные (ЖК) вещества – производные циклогексанов, имеющие в широком температурном диапазоне малую вязкость и соответственно низкое время переключения, благодаря чему они до сих пор являются основными компонентами ЖК материалов для дисплеев. Он создал первые ЖК материалы для активно-матричных (ТFT) дисплеев, а также уникальные смазочные материалы, имеющие при определенных режимах практически нулевой коэффициент трения.

Г.С. Чилая (рис.3) известен своими работами по оптически активным фазам ЖК. Он один из первых показал, как можно управлять спектром отражения холестерических ЖК и «голубой» фазы, изменяя температуру или приложенное напряжение, или создавать в ЖК фотолюминесценцию и лазерное излучение.

Симпозиум открыл академик О.Н. Крохин, упомянувший о заслугах ФИАНа как перед мировой физикой, так и перед дисплейным сообществом. Приветственные слова произнесли вновь избранный вице-президентом Общества отображения информации (SID) А.Г. Смирнов, профессор Белорусского гос. университета информатики и радиоэлектроники (БГУИР), Э.И. Акопов, директор Общества оптической техники (SPIE), и И.Н. Компанец, председатель Российского отделения SID.

Научная часть Симпозиума открылась докладом директора Российского отделения SID, начальника лаборатории дисплейных технологий Исследовательского центра Самсунг (DTL SRC) в Москве В.В. Беляева о российском рынке дисплейных продуктов и компонентов. Содержание доклада приводится в нашей статье в 10-ом выпуске «ЭК» за 2006 г. В докладе академика НАН Белоруссии В.А. Лабунова «Состояние и перспективы наноматериалов и нанотехнологий для нового поколения информационных и коммуникационных систем» (представлен А.Г. Смирновым) речь шла о создании новых электронных компонентов (транзисторы, дисплеи, солнечные батареи, газо-, хеми-, био и микроэлементы питания, электронно-оптические устройства и МЭМС) в рамках двух национальных белорусских программ – «Нанотехнологии» и «Электроника», рассчитанных на пять лет до 2010 г.

Некоторые устройства отображения, созданные по этим программам, были представлены на Симпозиуме. Так, в докладе сотрудников БГУИР были представлены два типа микродисплеев на основе кремния. Отражательные устройства по технологии «ЖК-на-кремнии» (LCoS) с размером пиксела до 7 мкм успешно используются в проекционной технике для модуляции больших световых потоков. А структуры на основе пористого кремния при определенных условиях

работают как быстродействующие (1,2 нс) светодиоды со сверхмалым размером излучающей площадки (до 1×1 мкм), что соответствует примерно 1 мм^2 при мегапиксельном разрешении и потенциальной частоте кадров до 1 кГц! Авторы получают люминесценцию с максимальной длиной волны при 680, 640 и 580 нм с эффективностью до 1,2%. Таким образом, в недалеком будущем будет реализован и полноцветный микродисплей, если авторы повысят световую эффективность и решат технологические и коммутационные проблемы. Следует сказать, что хотя в литературе и появилось сообщение об органических излучателях размером 5 нм, в коммерческих дисплеях наилучшее разрешение составляет около 5...7 мкм (LCoS), а в излучательных оно еще хуже.

В докладе Н.П. Абаньшина НИИ «Волга» (Саратов) был представлен в качестве нового российского изготовителя органических светодиодов (OLED) – приборов, которые могут заменить ЖКД в некоторых применениях. Сотрудничество с зеленоградскими организациями привело к освоению и разработке технологических процессов, увеличивающих яркость OLED и их время жизни. Согласно программам «Отображение-21» и «Видеомодуль» в ближайшие 2–3 года предполагается выпуск опытных образцов с характеристиками, примерно соответствующими параметрам дисплеев, выпускаемых сейчас тайваньскими фирмами.

Фил Сёман (Ph. Surman) (Великобритания) занимается дисплейными системами группового пользования для формирования объемного изображения. Стереоизображение для группы пользователей формируется на экране ЖК панели. В качестве источника света используется трехцветный RGB-лазер и пространственный модулятор света технологии LCoS, которые через систему обратной связи соединены с видеоустройством, следящим за направлением взгляда наблюдателя. Согласно планам акции Евросоюза «АДРИА» в этом десятилетии в Европе должны появиться ИТ-устройства, по интеллектуальной начинке и потребительским возможностям превышающие продукцию дальневосточных компаний.

Проблемам улучшения качества телевизионных изображений цифровыми методами был посвящен доклад Е.В. Воробьева и В.В. Беляева из DTL SRC. За счет интеграции алгоритмов обработки видеосигнала в сигнальные процессоры многие компании-производители телевизоров ТВЧ создали устройства, позволяющие преобразовывать сигнал стандартного разрешения в сигнал высокой четкости, изменять динамический диапазон изображения, увеличивать частоту смены кадров на экране телевизора, создавать ощущение глубины изображения и реализовать другие возможности. Уже не являются фантастикой формат изображения 3840×2160 пикселей, кадровая частота 120 Гц, глубина цвета 14 бит, контраст 200000 : 1. Поэтому требуются новые способы обработки изображений и видеосигнала, чтобы отвечать вызовам недалекого будущего.

Вспоминается высказывание одного сотрудника МНИТИ, сделанное в 1990 г., о том, что хорошо, что в СССР не занимались дисплеями для черно-белого ТВ, поэтому можно было сразу заняться цветным. Оно вспомнилось, потому что на симпозиуме было представлено сразу три доклада по созданию объемного изображения – мы не можем делать двумерные панели, поэтому можем сразу приняться за трехмерную картинку. Помимо упомянутого выше доклада Ф. Сёмана, были представлены две презентации по оптическим и электрооптическим компонентам таких дисплеев. В исследовании В.В. Петрова из Саратовского гос. университета (СГУ) предложен метод коррекции кривизны стереоизображения, а в совместной работе ФИАНа, МИФИ и Политехнического университета г. Турина (Италия) был продемонстрирован прототип реального трехмерного изображения (не стерео и не голография) с десятью промежуточными слоями из электрооптических ячеек с сегнетоэлектрическими ЖК (СЖК), на которые с помощью двух лазерных диодов и акустооптического дефлектора в разные моменты времени последовательно проецировались сечения отображаемой картинку. Хотя во втором случае речь пока не идет о трехмерном телевизоре, разработанный подход может найти применение для медицины, навигации, архитектуры, обороны и т.п.

Большое внимание на симпозиуме было уделено проблемам надежности дисплеев.

А.В. Садчихин из компании «АР Технологические исследования» (Москва) рассказал о новом способе крепления модулей наборного проекционного экрана, который обеспечивает зазор между экранами 0,1 мм и непрерывную работу видеостены в широком диапазоне температуры и

влажности и даже при землетрясении до 7 баллов по шкале Рихтера. Такие системы уже успешно применяются в различных системах управления, например, в администрации Президента РФ и ее окружных представительствах.

В.Б. Лукашенко и М.В. Дятлов из компании «КБ Технотроник» (Фрязино, Моск. обл.) представили многофункциональный дисплей для транспортных применений, который может встраиваться в транспортное средство, имеет низкий уровень электромагнитного излучения (ЭМИ), высокий уровень устойчивости к вибрации, приспособлен к климатическим условиям и изменениям внешней яркости.

О массовом производстве ЖКД с высокой надежностью, особенно для низких температур, доложили представители завода «ФОТЕК» минского НПО «Интеграл». Эти дисплеи уже признаны организациями, занимающимися поставками электронных компонентов, лучшими для российских условий, чем зарубежные устройства.

На секции «Излучательные дисплеи» прошли семинары по электро- и катодолюминесценции. На первом семинаре наибольшее внимание привлекли доклады М.М. Сычева (С.-Петербургский гос. технологический институт) по поверхностным свойствам порошковых люминофоров, в котором установлена связь между структурой и светимостью порошков различного состава; работа Н.В. Гапоненко (БСУИР) по ксерогелям, легированным ионами лантаноидов, что приводит к усилению яркости свечения; и довольно большое число разработок OLED, выполненных в ФИАН, Институте сорбции и экологии и Институте физики полупроводников (ИФП) (оба из Киева), СГУ.

На семинаре по катодолюминесценции Н.П. Социн (НПК «Платан») рассказал о новых люминофорах для сине-зеленой и зелено-оранжевой частей спектра с размером частиц около 1 мкм и временем затухания свечения 40...60 нс, что позволяет использовать их в высокоскоростных (10...20 МГц) ЭЛТ. Группа А.О. Дмитриенко из СГУ по заказу Samsung SDI разработала и исследовала ряд люминофоров на основе сульфида цинка и кадмия и оксосульфидов иттрия и гадолиния для ЭЛТ, ВЛД и ПЭД. Скоро, купив телевизор Samsung, мы будем знать, например, что золотой цвет – из Саратова. А группа Н.П. Абаньшина из НИИ «Волга» изучила два новых метода формирования углеродных нанотрубок с высокой яркостью (около 1000 кд/м²) и сравнительно низким управляющим полем (1,5...3 В/мкм) и проверила время их жизни. Если по этому параметру будет достигнут существенный прогресс, то уже к концу десятилетия такие материалы могут быть использованы для подсветки ЖКД, в источниках света проекционных дисплеев или в других задачах программы «Отображение-21». Много докладов по совершенствованию люминофоров обычных и перспективных ЭЛТ представил В.А. Воробьев из Северо-Кавказского гос. технического университета (Ставрополь). Оригинальный электрофоретический метод, подобный методу фотопечати, для электрохимического осаждения излучающих слоев неорганических и органических светодиодов предложили И.В. Шеин (СГУ) и С.Л. Шмаков (ЗАО «Алмаз-Фазотрон», Саратов).

На секции ЖКД было сделано много докладов по ориентации ЖК. Если презентация ИФП была посвящена повышению надежности промышленно используемых пленок оксида кремния, то в других рассматривались более экзотические материалы и способы, такие как прецизионная ориентация ЖК наноструктурированными пленками алюминия (БГУИР) и повышение стабильности ориентации СЖК на сверхтонких (3...15 нм) электродных пленках (ФИАН). Решение второй из названных задач позволяет существенно повысить пропускание ЖК ячеек и увеличить количество промежуточных проекций при отображении трехмерной картинки (см. выше), а также создавать новые типы пространственных модуляторов света в задачах аналоговой обработки изображений.

С. Хирота (S. Hirota) из компании Hitachi (Япония) сравнил возможности использования двух электрооптических режимов – вертикальной ориентации ЖК (VA) и планарного переключения (IPS) для трансфлективных (в зависимости от освещенности работающих на пропускание или отражение) ЖКД, используемых в мобильных устройствах. С учетом цветовых и угловых характеристик второй режим оказался лучше.

В совместном докладе НИИ «Волга» и Гонконгского университета науки и технологии, представленном В.А. Брежневым, для пассивных «супертвист» ЖКД используется необычная, трехмерная структура управляющего электрода, что позволяет увеличить контраст до 160 : 1 и уменьшить время электрооптического отклика до 20 мс (обычно у такого вида дисплеев оно составляет 300 мс). Внедрение этого электрооптического эффекта позволит расширить применение ЖКД с пассивной адресацией за счет уменьшения стоимости изготовления.

Много докладов было по оптическим компонентам ЖКД. С.Н. Шахаб (Институт химии новых материалов, Минск) представил новые методы формирования линейных поляризаторов для специальных применений. А сотрудники бывшей «Оптивы», теперь российской компании «Крисоптикс», в совместном с Институтом кристаллографии докладе рассказали о новом двупреломляющем материале с очень низким поглощением света, используемом для изготовления интерференционных поляризаторов с коэффициентом отражения до 38% (у обычных поляризаторов 35-36%), и фазовых пластинок на основе амфифильных соединений для ЖКД с высоким контрастом и углом обзора. В будущем авторы собираются создать материалы с величиной двулучепреломления до 0,6...0,8 (сейчас около 0,4) и изготовить компоненты со свойствами пленок американской компании 3М, которые сейчас практически монополизировали рынок оптических компонентов для повышения яркости ЖКД.

Для улучшения характеристик подсветки ЖКД А.Н. Путилин (ФИАН) описал структуру и свойства нескольких видов голографических пленок, которые могут применяться для увеличения эффективности подсветки ЖКД. В докладе группы Г.М. Жарковой (Институт теоретической и прикладной механики, Новосибирск) говорилось о голографических методах управления контрастом и углами обзора традиционных и перспективных ЖКД. В стендовых докладах DTL SRC, представленных К.Р. Карапетяном, показано, как увеличить оптическую эффективность светодиодной подсветки ЖКД и уменьшить время выполнения сложных оптических расчетов.

Группа сибирских физиков из Института физики им. Л.В. Киренского, Красноярского государственного технического университета и Института физики полупроводников (Новосибирск) показала возможность создания принципиально нового вида дисплеев – переключаемых многослойных фотонных кристаллов, у которых спектр пропускания варьируется за счет управления показателя преломления нематического ЖК, находящегося между двумя фотонными кристаллами.

Состоявшийся симпозиум показал, что география исследований и разработок дисплеев и компонентов для них заметно расширилась. Наибольшее количество докладов было представлено исследователями из системы образования и РАН. В то же время, компании показали наиболее новаторские разработки. Из материалов докладов видно, как усилилось международное сотрудничество.

Чтобы понять, насколько уровень исследований и разработок, представленных на Симпозиуме, соответствует мировому уровню, обратимся к рис. 5(3). На нем показаны возможности организаций, работающих в России и Белоруссии по созданию ЖКД и их компонентов – оптических и электронных. Пример ЖКД взят потому, что по остальным типам дисплеев были доклады, иллюстрирующие усовершенствование только одного компонента, в то время, как по ЖКД таких компонентов оказалось 9. На рис.4. первый цветной квадратик показывает, насколько предложенная технология соответствует мировому уровню, а второй свидетельствует о возможных ее перспективах. Видно, что, если бы в России и Белоруссии решили наладить производство современных ЖКД, то по большинству параметров уровень нынешних разработок уступает мировому, хотя некоторые из них и являются перспективными.

Российское отделение SID ожидает, что в 27-ой конференции ЕвроДисплей-07, которая состоится в сентябре 2007 г. в Президиуме РАН, примет участие еще больше российских, СНГ и международных организаций и специалистов.



Рис.1. Медаль Фредерикса Международного жидкокристаллического общества «Содружество» за выдающиеся достижения в области химии и физики жидких кристаллов



Рис. 2. Лауреат Медали В.К. Фредерикса 2006 г. по химии ЖК Рудольф Айденшинк указывает пути развития жидких кристаллов



Рис. 3. Лауреат Медали В.К. Фредерикса 2006 г. по физике ЖК Г.С. Чилая

Уровень и перспективы разработок, представленных на ПДТ-06 (ЖКД)

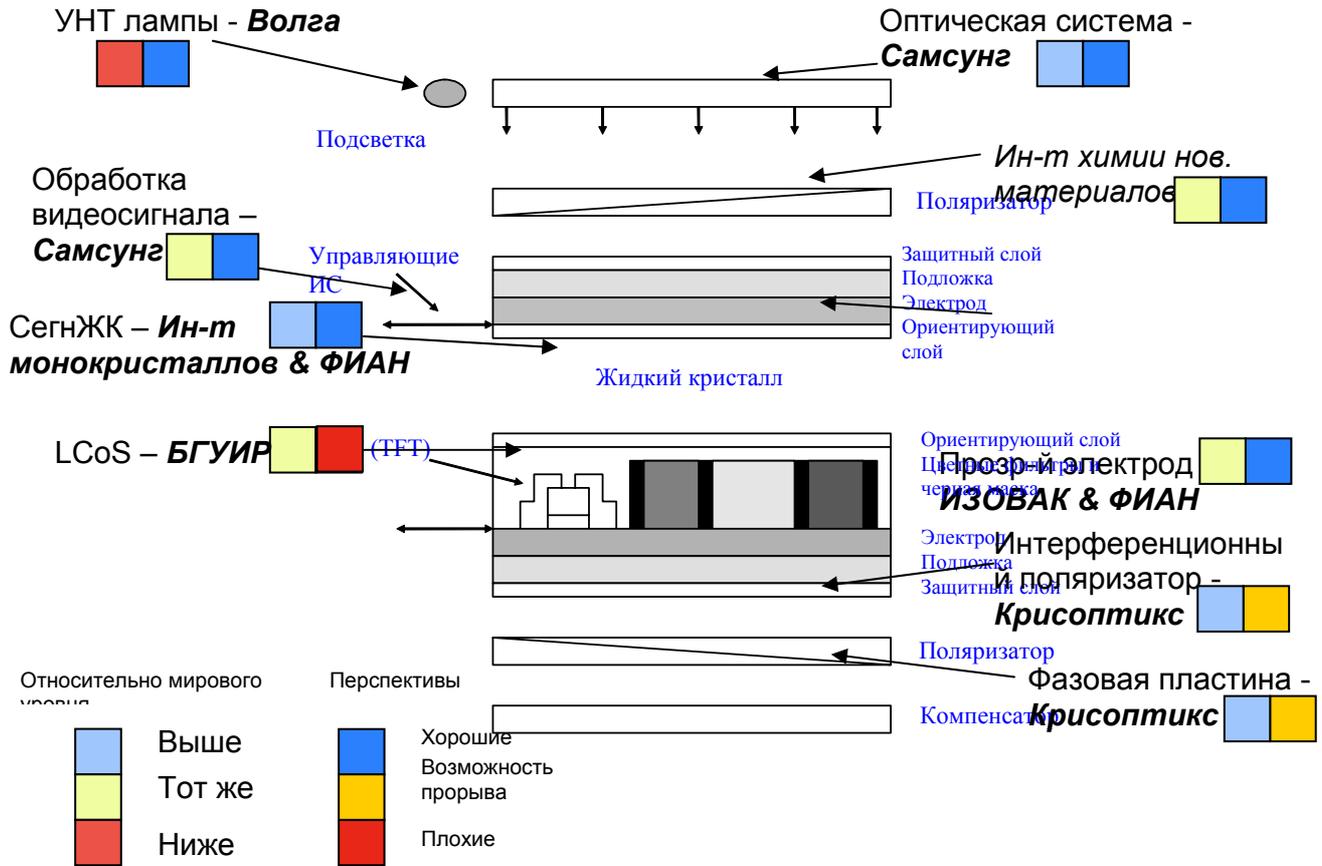


Рис. 4. Уровень разработок, представленных на ПДТ-06 (ЖКД), и их перспективы