

Прошло 20 лет со дня проведения первого международного симпозиума «Передовые дисплейные технологии», объединившего ученых и специалистов в области разработки и создания современных средств отображения информации. Огромный прогресс в области дисплейных технологий, который сегодня привел к созданию активно-матричных жидкокристаллических дисплеев с высокими разрешением, контрастом, быстродействием, пассивно матричных ЖК-дисплеев с долговременной памятью, а также OLED-дисплеев, отличающихся прекрасными эргономическими параметрами, стал возможен лишь благодаря комплексному решению научных, технологических, материаловедческих проблем, а также современным методам диагностики и характеристики средств отображения информации.

Развитие систем подсветки дисплеев с использованием LED и OLED структур вызвало необходимость исследования и разработки, как твердотельных источников света (мощных светодиодов), так и органических плоских светоизлучающих структур большой площади. Именно поэтому в последние 3 года в программах наших регулярных симпозиумов появились новые разделы по светодиодному освещению, а название симпозиума трансформировалось в «Передовые дисплейные и световые технологии». Такой подход позволил привлечь к участию в симпозиумах не только специалистов дисплейной техники, но и ученых и специалистов в области физики полупроводников, оптоэлектроники, светотехники, материаловедения, метрологии, а также стандартизации и сертификации. Это обогатило не только программу симпозиума, но и позволило стимулировать плодотворное сотрудничество ученых и специалистов в различных областях знаний. Особо хочется отметить участие в настоящем симпозиуме молодых ученых и специалистов, которым предстоит продолжить начатое старшим поколением дело развития в России, Беларуси и Украине перспективных дисплейных и световых технологий.

Приветствуя всех участников симпозиума, хочу пожелать всем не только плодотворной работы, но и прекрасной погоды на берегу Черного моря.

Председатель оргкомитета  
д.т.н., профессор



В. Сорокин

# **XX Международный симпозиум “ПЕРЕДОВЫЕ ДИСПЛЕЙНЫЕ И СВЕТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ”**

**Крым, Украина, 8-12 октября 2012 г.**

## **ОРГАНИЗАТОРЫ**

Общество информационных дисплеев и световых технологий Украины (SID Ukraine)  
Общество информационных дисплеев Беларуси (SID Belarus),  
Общество информационных дисплеев России (SID Russia),  
Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины,  
Институт физики НАН Украины,  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Ассоциация производителей светодиодной техники Украины

## **ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ**

В. Сорокин (председатель)	Украина	И. Компанец	Россия
А. Смирнов	Беларусь	М. Миняйло	Украина
В. Назаренко	Украина	А. Рыбалочка	Украина
В. Высоцкий	Беларусь	И. Андросюк	Украина

## **МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ**

профессор Сорокин В.М.	Киев, Украина
профессор Назаренко В.Г.	Киев, Украина
чл.-к. НАН Украины Беляев А.Е.	Киев, Украина
чл.-к. НАН Украины Олексенко П.Ф.	Киев, Украина
профессор Смирнов А.Г.	Минск, Беларусь
профессор Компанец И.Н.	Москва, Россия
чл.-к. НАН Украины Блонский И.В.	Киев, Украина
профессор Лаврентович О.Д.	Кент, США
профессор Кадашук А.К.	Киев, Украина
профессор Чигринов В.Г.	Гонконг
академик АН Беларуси Лабунов В.А.	Минск, Беларусь
профессор Яковенко С.Н.	Сан-Диего, США
профессор Кожушко Г.М.	Полтава, Украина
профессор Беляев В.В.	Москва, Россия
профессор Серган В.М.	Сакраменто, США
профессор Назаренко Л.А.	Харьков, Украина
профессор Андрийчук В.А.	Тернополь, Украина

Оргкомитет XX Международного симпозиума «Передовые дисплейные и световые технологии» приглашает ученых и специалистов из научных центров, промышленных предприятий, компаний, а также молодых специалистов и студентов для обсуждения современного состояния науки и технологии средств отображения информации и твердотельного освещения для расширения научных, деловых связей между организациями, предприятиями, учеными и специалистами в области дисплейных, световых и сопутствующих технологий.

## **МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ СИМПОЗИУМА**

Симпозиум будет проведен в одном из живописнейших уголков Южного Берега Крыма. Ограниченное число автобусов будет выделено для доставки участников от ж/д вокзала г.Симферополя к месту проведения симпозиума. Время отправления автобусов будет сообщено дополнительно. Участники симпозиума будут размещены в одно- и двухместных номерах.

## **АДРЕС ОРГКОМИТЕТА**

Институт физики полупроводников им. В.Е.Лашкарева НАН Украины, проспект Науки, 41, Киев, Украина, 03028.

За дополнительной информацией просьба обращаться в организационный комитет к Маргарите Миняйло. Телефон: +380 (44) 525-57-85.

E-mail: [vsorokin@isp.kiev.ua](mailto:vsorokin@isp.kiev.ua), [mrita@isp.kiev.ua](mailto:mrita@isp.kiev.ua).

## **ПРИЗЫ И НАГРАДЫ**

Организационный комитет объявляет конкурс на лучшие работы, представленные на симпозиуме (устные и стендовые доклады), посвященные новым принципам создания дисплейных приборов, светоизлучающим системам, новым материалам, технологиям, эффектам, метрологическому обеспечению.

Лучшие работы будут награждены:

первые премии – 300\$ США,

вторые премии – 200\$ США,

третьи премии – 100\$ США.

Победители будут определяться международной конкурсной комиссией, в состав которой входят известных ученые в области дисплейной техники, светотехники, материаловедения, технологии полупроводников, метрологии. При определении победителей конкурса будут учитываться технические и технологические инновации, научный уровень, прикладное значение результатов работ, а также оформление представленных презентаций.

## **ШКОЛА-СЕМИНАР ДЛЯ МОЛОДЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ**

Для молодых ученых и специалистов, а также для студентов ВУЗов планируется проведение школы-семинара на тему "Метаматериалы и нанотехнологии для устройств фотоники и дисплейной техники". Язык школы-семинара – английский. Программа мероприятия будет разослана заинтересованным лицам дополнительно.

## **ПУБЛИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ СИМПОЗИУМА**

Материалы симпозиума, оформленные в виде статей, будут опубликованы в специальном выпуске сборника "Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics". Авторы работ должны представить твердую копию и электронную версию статьи на английском языке в оргкомитет симпозиума во время его проведения или не позднее 15 ноября 2012 г. С правилами оформления статей можно ознакомиться на сайте журнала: <http://www.journal-spqeo.org.ua/Information.pdf>

# ПРОГРАММА СИМПОЗИУМА

## ПОНЕДЕЛЬНИК, 8 ОКТЯБРЯ

<i>Регистрация</i>	<b>9:00-13:00</b>
<i>Обед</i>	<b>13:00</b>
<u><i>Церемония открытия симпозиума</i></u>	<b>15:00</b>
<u><b>ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ</b></u>	<b>15:15-18:00</b>
<i>Кофе-брейк</i>	<b>16:45</b>
<i>Ужин</i>	<b>19:00</b>
<i>Культурная программа</i>	<b>20:00</b>

## ВТОРНИК, 9 ОКТЯБРЯ

<i>Завтрак</i>	<b>9:00</b>
<u><b>СЕКЦИЯ А «Активно- и пассивно-матричные ЖК-дисплеи»</b></u>	<b>10:00-12:40</b>
<i>Кофе-брейк</i>	<b>11:20</b>
<i>Обед</i>	<b>13:00</b>
<u><b>СЕКЦИЯ Б «LED, OLED и электролюминесцентные дисплеи»</b></u>	<b>14:00-16:40</b>
<i>Кофе-брейк</i>	<b>15:20</b>
<i>Ужин</i>	<b>19:00</b>

## СРЕДА, 10 ОКТЯБРЯ

<i>Завтрак</i>	<b>9:00</b>
<u><b>СЕКЦИЯ В «Технологии освещения и подсветки»</b></u>	<b>10:00-13:15</b>
<i>Кофе-брейк</i>	<b>11:30</b>
<i>Обед</i>	<b>13:00</b>
<i>Культурная программа</i>	<b>13:30</b>
<i>Ужин</i>	<b>19:00</b>

## ЧЕТВЕРГ, 11 ОКТЯБРЯ

<i>Завтрак</i>	<b>9:00</b>
<u><b>СЕКЦИЯ Г «Новые материалы, эффекты, технологии»</b></u>	<b>10:00-13:00</b>
<i>Кофе-брейк</i>	<b>11:30</b>
<i>Обед</i>	<b>13:00</b>
<u><b>СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ</b></u>	<b>14:00-18:00</b>
<i>Ужин</i>	<b>19:00</b>
<i>Культурная программа</i>	<b>19:30</b>

## ПЯТНИЦА, 12 ОКТЯБРЯ

<i>Завтрак</i>	<b>9:00</b>
<u><b>СЕКЦИЯ Д «Метрологическое обеспечение и стандартизация»</b></u>	<b>10:00-12:45</b>
<i>Кофе-брейк</i>	<b>11:30</b>
<u><b>Закрытие симпозиума</b></u>	<b>12:30</b>
<i>Обед</i>	<b>13:00</b>
<u><b>Круглый стол «Перспективы светодиодного освещения»</b></u>	<b>15:00-18:00</b>
<i>Ужин</i>	<b>19:00</b>

## СУББОТА, 13 ОКТЯБРЯ

*Отъезд участников симпозиума*

## **ПОНЕДЕЛЬНИК, 8 ОКТЯБРЯ**

### **Церемония открытия симпозиума**

**15:00**

#### **Приветственное слово**

- Сорокин В.М. – президент SID Украина  
Смирнов А.Г. – президент SID Беларусь  
Компанец И.Н. – президент SID Россия

### **ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ**

**15:15**

#### **1. Некоммерческое партнерство производителей светодиодов (НП ПСС) и систем на их основе**

*Е.В. Долин*

*Член Правления - Генеральный директор НП ПСС*

*dolin@nprpss.ru, +7(812) 640-36-10, [www.nprpss.ru](http://www.nprpss.ru)*

Рассматриваются вопросы роли НП ПСС в формировании рынка, а также нормативно-правовая база светодиодного освещения в РФ. Приводятся новости о регулировании светодиодной отрасли, включая Постановление Правительства РФ о требованиях по энергоэффективности, санитарно-гигиеническим требованиям, строительным нормам и правилам. Обсуждается программа развития национальных стандартов.

**15:45**

#### **2. Украинская государственная целевая научно-техническая программа по светодиодному освещению. Проблемы, решения, перспективы**

*В.М. Сорокин*

*Институт физики полупроводников им. В. Е. Лашкарева НАН Украины*

*03028, Киев, пр. Науки, 41*

Представлены основные результаты выполнения заданий украинской Государственной целевой научно-технической программы «Разработка и внедрение энергосберегающих светодиодных источников света и осветительных систем на их основе». Показаны результаты исследований и разработок новых материалов для белых светодиодов, новых элементов технологий создания гетероэпитаксиальных структур, оптических систем формирования диаграммы направленности светового потока осветительного прибора, систем термостабилизации светоизлучающих кристаллов светодиодов, электронных систем управления светодиодами и светодиодными модулями.

Рассматривается кластерный механизм выполнения заданий программы с подключением институтов Национальной академии наук Украины, учебных учреждений, промышленных предприятий Украины, предприятий Госстандарта, институтов метрологии. Особое место уделяется роли созданной в Украине Ассоциации производителей светодиодной техники и Публичному акционерному обществу «Укрсветлизинг» как эффективному инструменту коммерциализации результатов научно-технических разработок. Анализируется современная законодательная база для развития светодиодной светотехники, и обсуждаются пути совершенствования системы стандартов, строительных норм, регламентов с целью насыщения рынка Украины качественными светотехническими изделиями.

### **3. Дисплейные разработки и инвестиционные фонды**

*И.Н. Компанец*

*Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН Россия,  
119991, г. Москва, Ленинский пр-кт, 53*

Реально государственное финансирование разработок и производства устройств и систем отображения информации в России отсутствует, и прежде активная отрасль переживает тяжелые времена. Автор ознакомит с собственным опытом и опытом коллег по представлению дисплейных разработок на конкурсы Сколково, РВК и др. инвестиционных фондов, где можно на определенных условиях получить финансирование для своих работ.



### **4. Современное состояние и перспективы развития дисплейных технологий в Республике Беларусь**

*А.Г. Смирнов*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Брочки, 6, Минск, 220013, Республика Беларусь*

### **5. Новое поколение осветительных светодиодов и тенденции их развития**

*Ю.Б. Дорожкин*

*Региональный директор по продажам в Восточной Европе компании Cree*

Светодиодные системы освещения уже сегодня демонстрируют существенно более низкую стоимость владения, чем системы, основанные на традиционных источниках света. В то же время, более высокая начальная стоимость системы остается основным барьером, препятствующим повсеместному внедрению светодиодного освещения. Новое поколение светодиодов, основанное на новейших технологических достижениях, упрощает конструирование светильников и существенно снижает цену люмена для светодиодов осветительного класса, устраняя этот барьер. Инновационные технологии, применяемые в светодиодах нового поколения, позволяют существенно снизить стоимость светодиодных светильников путем снижения количества светодиодов и вторичной оптики и уменьшения размеров печатной платы по сравнению с существующими конструкциями.

Технологии кристаллов на подложках из карбида кремния (SiC) позволяют получить повышенную надежность, более высокую световую отдачу и расширенный диапазон рабочей температуры по сравнению с другими материалами подложки благодаря более высокому родству материалов гетероструктуры.

Срок службы качественных светодиодов осветительного класса уже не является фактором, ограничивающим срок службы светильника. Стандарт TM-21 позволяет достаточно надежным образом экстраполировать данные по деградации светового потока светодиодов по времени и интерполировать их по температуре на основании протоколов измерений, выполненных по стандарту LM-80. Для аттестации светодиодов в качестве источников света в осветительном приборе требуется соответствие ряду определенных критериев, включая ограничения по деградации и стабильность цветовых координат.

**СЕКЦИЯ А**

**Активно- и пассивно-матричные ЖК-дисплеи**

Председатель - А.Г. Смирнов  
Сопредседатель - А.В. Рыбалочка

**10:00-10:20**

**A1 Механизм и параметры модуляции света в негеликоидальных смектиках**

*А.Л. Андреев, Т.Б. Андреева, И.Н. Компанец*

*Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН Россия, 119991, г. Москва,  
Ленинский пр-кт, 53*

Физической причиной изменения показателя преломления негеликоидальных смектических жидких кристаллов (СЖК) являются периодические деформации смектических слоев, приводящие к периодическим изменениям положения директора вдоль каждого смектического слоя. Переменное электрическое поле  $E$ , приложенное вдоль смектических слоев, взаимодействуя со спонтанной поляризацией, изменяет распределение угла, характеризующего деформацию смектических слоев. Развитие процесса приводит к появлению солитонных волн.

Движение солитонов в электрическом поле является причиной переориентации директора СЖК во всем объеме слоя. Характер процесса переориентации зависит от того, который из двух диссипативных коэффициентов (вращательная или сдвиговая вязкость) является определяющим. Преобладание сдвиговой вязкости приводит к сильной частотной зависимости времени электрооптического отклика. При частоте управляющего напряжения порядка 170 Гц происходит переход к солитонной моде. В этой моде время отклика составило около 35 мкс, а частота модуляции света достигла 3,5 кГц при напряжении  $\pm 1,5$  В.

Эти результаты, наряду с безгистерезисной зависимостью светопропускания от напряжения и непрерывной серой шкалой, характеризуют негеликоидальные СЖК как быстродействующие материалы для перспективных 3Д дисплеев и проекционных дисплеев на основе структуры FLCoS с последовательной во времени сменой цветов.

**10:20-10:40**

**A2 Конструкция и технология изготовления элементов отображения ЖКД с наносетчатой алюминиевой структурой**

*А. Степанов<sup>1</sup>, А. Смирнов<sup>1</sup>, Я. Сацкевич<sup>1</sup>, В. Кайлевич<sup>1</sup>, В. Лапаник<sup>2</sup>, С. Тимофеев<sup>2</sup>,  
Г. Козак<sup>3</sup>, С. Данилович<sup>3</sup>, И. Шпак<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
П.Бровки, 6, Минск, 220013, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*НИИ ПФП им.Севченко, Курчатова, 9, Минск, 220600, Республика Беларусь*

<sup>3</sup>*НПУ «Дисплей», Гикало, 5, Минск 220005, Республика Беларусь*

<sup>4</sup>*Международный государственный экологический университет им. А.Д.Сахарова,  
Долгодродская, 23, Минск 220600, Республика Беларусь*

Стабильная и однородная ориентация молекул жидких кристаллов (ЖК) на большой площади имеет исключительно важную роль при изготовлении высококачественных жидкокристаллических дисплеев (ЖКД). Для создания необходимой ориентации, внутреннюю поверхность подложки модифицируют, достигая необходимого сцепление молекул ЖК с поверхностью. Из многих существующих методов формирования ориентанта в массовом производстве предпочтительным на сегодняшний день является механическое

натираание полиимидного слоя. Как правило, проводящие прозрачные электроды, например, пленки оксида индия-олова (ITO) наносятся методом магнетронного распыления на стеклянную подложку и покрываются полиимидным лаком, в который механически формируют параллельные канавки для ориентации молекул ЖК.

Нами исследованы алюминиевые наносетчатые пленки, обладающие одновременно высокой оптической прозрачностью и электрической проводимостью, а также способностью вертикально ориентировать молекулы нематических ЖК. Используя уникальный набор перечисленных свойств, нами разработана конструкция и технология изготовления элементов отображения ЖКД с наносетчатой алюминиевой структурой. Предложенная конструкция не содержит специального ориентирующего покрытия, что приводит к упрощению и удешевлению технологии ее изготовления, легко масштабируется на большие площади, так как алюминиевые наносетчатые пленки формируются без процессов литографии. Кроме того, ЖКД на основе вертикально ориентированных молекул ЖК обладают широкими углами обзора и малыми временами переключения.

**10:40-11:00**

### **А3 Внешний контраст для АМ ЖК модуля с диагональю 10 дюймов**

*В. Астафьев, А. Березовик, П. Позняк, А. Смирнов, Е. Брик<sup>1</sup>, В. Высоцкий<sup>2</sup>*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь*

<sup>1</sup> *Фотооптик, Обнинск, Россия,*

<sup>2</sup> *Микровидеосистемы, Минск*

В уличных и бортовых применениях АМ ЖК модулей важнейшим параметром является контраст. Реальное восприятие контраста интересует и разработчиков, и потребителей дисплейной аппаратуры. Различают контраст собственный, обусловленный физическими свойствами АМ ЖК модуля, и внешний контраст, который зависит от внешних условий освещенности.

В докладе представлены результаты измерений оптических характеристик АМ ЖК модуля с диагональю 10 дюймов. Проведено моделирование реального контраста в условиях высокой солнечной засветки. Дан сравнительный анализ методов улучшения контраста.

**11:00-11:20**

### **А4 Хромонические жидкие кристаллы: от молекулы к кристаллу**

*В.Г. Назаренко*

*Институт Физики НАН Украины, Киев, Украина*

Настоящий обзор мотивирован открытием нового класса жидкокристаллических материалов – лиотропных хромонических жидких кристаллов (ЛХЖК), у которых ориентационный параметр порядка молекул существенно выше, чем в обычных ЖК материалах. ЛХЖК представляют собой широкий, но слабо изученный класс материалов, у которых самоорганизация молекулярных агрегатов формирует как ЖК фазу, так и твердые пленки с планарным упорядочением. Недавние исследования показали, что комбинация самоупорядочения, легкости в ориентации, высокой чувствительности к внешним полям и добавкам, в сочетании с их оптическими и электрооптическими свойствами, придает этим системам действительно уникальные свойства.

Эти свойства открывают широкие возможности для практического применения ЛХЖК. Например, ЛХЖК можно использовать как преобразователь ИК-излучения в видимое из-за высокой оптической нелинейности, в плоских ЖК-дисплеях в качестве ориентирующих и поляризующих пленок, в элементах органической электроники.



**А5 Холестерические ЖК системы с селективным отражением света***Н.И. Школьников, Ф.Г. Яременко, В.Н. Вакула, Ж.А. Кондратюк**ГНУ «НТК «Институт монокристаллов» НАН Украины, Харьков, Украина*

ЖК системы нематик – хиральная добавка, обладающие селективным отражением света в видимом диапазоне, имеют применение в качестве материалов для получения полимерных пленок, электрооптических устройств и холестерических дисплеев, гибких дисплейных пленок [1–3].

Нами исследуются ЖК композиции на основе коммерческих нематических растворителей, обладающих низким пороговым напряжением и допированных высокохиральными примесями стероидного типа, с целью получения оптимального набора характеристик: максимально низкой концентрации примеси и ее высокой степени растворимости в нематическом ЖК, стабильности длины волны селективного отражения света в красном, зеленом и синем спектральном диапазоне в широком интервале температур.

[1] Г.М. Жаркова, А.С. Сонин, *Жидкокристаллические композиты*, ВО «Наука», Новосибирск, с.213 (1994)

[2] Deng-Ke Yang, Xiao-Yang Huang, Yang-Ming Zhu, *Bistable cholesteric reflective displays: materials and drive schemes*, *Annu. Rev. Mater. Sci.* **27**, 117 (1997)

[3] A.Khan, N.Miller, T.Ernst, T.Schneider, E.Montbach, D.Davis, I.Shiyanovskaya, J.W. Doane, *Applications and Review of Rigid and Flexible Cholesteric Displays*, *Proc. of Asia Display*, **1**, 877 (2007)

**А6 Бистабильные холестерические жидкокристаллические дисплеи: принципы адресации, электрооптические параметры, способы записи информации***А.В. Рыбалочка**Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАНУ, Киев, Украина*

Холестерические жидкокристаллические дисплеи (ХЖКД) обладают долгосрочной бистабильностью, низким энергопотреблением, высокими значениями яркости и контраста изображения, а также возможностью использования принципов пассивной матричной адресации для дисплеев с большой информационной емкостью. Разработка динамических способов записи информации, в которых используется быстрый релаксационный переход из гомеотропного в переходное планарное состояние холестерического жидкого кристалла, позволила достичь значений скорости записи информации для дисплеев данного типа порядка 1 мс на строку. Реализация первых динамических способов записи информации требовала использования в схемах управления дисплеями электрических драйверов, которые способны коммутировать биполярные сигналы с несколькими различными уровнями напряжения. В дальнейшем были разработаны двухуровневые динамические способы записи информации, в которых электрические сигналы управления, подаваемые на строки и столбцы дисплея при адресации, состоят из электрических импульсов только с двумя возможными уровнями напряжения:  $U$  и ноль. Реализация этих способов записи позволяет использовать в устройствах с бистабильными ХЖКД интегральные элементы с максимально простой архитектурой. Таким образом, возможность применения пассивно-матричной адресации в совокупности с двухуровневыми динамическими способами записи информации обеспечивают высокую скорость обновления информации для высокоинформативных бистабильных ХЖКД при оптимальной стоимости электрических схем управления для устройств, в которых используются дисплеи данного типа.

В данной работе рассмотрены основные принципы адресации пассивно-матричных бистабильных ХЖКД, приведены результаты исследований их электрооптических параметров, а также продемонстрировано как разработка новых методов формирования электрических сигналов управления и алгоритмов развертки позволяет повышать скорость адресации и улучшать эргономические параметры изображения на пассивно-матричных бистабильных ХЖКД.

**A7 Актуальные вопросы современных информационных дисплеев***О.В. Максимова**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ульяновский государственный технический университет», Ульяновск, Россия*

Одними из важнейших элементов функционирования систем человек-машина являются средства отображения информации, то есть устройства, обеспечивающие отображение информации в виде, пригодном для зрительного восприятия. Технические средства, используемые для формирования информационных моделей, называются средствами отображения информации. Данная работа посвящена вопросам актуальности существующих источников излучения и средств отображения информации и анализа современной дисплейной техники. Проведенный аналитический поиск в области индикаторной техники позволил выделить три типа наиболее часто используемых в приборостроении дисплеев: жидкокристаллические, на основе органических светодиодов и тонкопленочные электролюминесцентные индикаторы, а также сравнить представленные дисплеи по ряду признаков: яркость, диапазон рабочих температур, угол обзора, время отклика, контрастность, среднее время безотказной работы, радиационная стойкость. В работе представлены результаты сравнительного анализа современного состояния средств отображения информации.

**СЕКЦИЯ Б****LED, OLED и электролюминесцентные дисплеи**

Председатель - А.К. Кадашук

Сопредседатель - Ю.В. Коломзаров

**Б1 Вопросы создания долговечного распределенного катода на полевой эмиссии углеродных наноструктур для дисплеев и светоизлучающих панелей***Н.П. Абаньшин<sup>1</sup>, Б.И. Горфинкель<sup>1</sup>, А.Н. Якунин<sup>2</sup>**<sup>1</sup>ООО «Волга-Свет», Россия, г. Саратов, 410052, пр. 50 лет Октября, 101**e-mail: [npabanshin@mail.ru](mailto:npabanshin@mail.ru)**<sup>2</sup>Институт проблем точной механики и управления РАН, Россия, г. Саратов, 410028, ул. Рабочая, 24, e-mail: [anyakunin@mail.ru](mailto:anyakunin@mail.ru)*

Приводятся результаты математического моделирования и технологические аспекты разработки большеразмерных планарных автоэмиссионных структур на основе алмазоподобных углеродных пленок, предназначенных для применения в катодолюминесцентных дисплеях и светоизлучающих панелях. Показано, что оптимизация топологии многослойной структуры за счет выбора и управления параметрами технологического режима изготовления обеспечивает достижение целого ряда преимуществ, среди которых:

- защита лезвийного эмиттера от ионной бомбардировки;
- высокие теплорассеивающие свойства структуры с молибденовой подложкой эмиттера;
- обеспечение 100% эффективности катода по току (отсутствие токоперехвата управляющими электродами);
- низковольтность управляющих напряжений;

– и в итоге – высокая долговечность.

Одновременно отмечаются хорошая воспроизводимость топологии структуры и эмиссионных свойств, возможность изготовления структур с площадью  $10^3$ – $10^4$  см<sup>2</sup>.

На практике достигнута долговечность эмитирующей структуры не менее 2000 часов при эффективной плотности  $J$  тока эмиссии 0,4–1,1 А/см<sup>2</sup>. Обсуждаются вопросы повышения  $J$  до 4 А/см<sup>2</sup> без ущерба для долговечности в качестве ближайшей перспективы. Оцениваются потенциальные возможности использования высокой плотности тока эмиссии для повышения энергоэффективности катодлюминесцентных дисплеев и светоизлучающих панелей.

**14:20-14:40**

## **Б2 Новый способ получения высокоэффективной собственной фосфоресценции в полимерах для применений в полимерных светоизлучающих диодах**

*А. Кадашук,<sup>1,2\*</sup> Ю. Скрышевский,<sup>1</sup> С. Нештурек,<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Институт физики НАН Украины, Киев, Украина; kadash@iop.kiev.ua*

<sup>2</sup>*IMEC, Kapeldreef 75, B-3001, Heverlee-Leuven, Belgium*

<sup>3</sup>*Institute of Macromolecular Chemistry, Prague, Czech Republic*

Явление фосфоресценции (Фс) в органических полупроводниковых материалах используется для создания высокоэффективных фосфоресцентных светодиодов, в которых внутренняя квантовая эффективность достигает 100% при допировании полупроводниковых пленок метало-органическими комплексами содержащими тяжелые атомы металлов. Квантовый выход собственной Фс в классических сопряженных полимерах обычно очень мал – порядка  $10^{-5}$  или вообще не регистрируется. В данной работе мы обнаружили необычно высокоэффективную собственную Фс в чистых  $\sigma$ -сопряженных полимерах на основе полисиланов, квантовый выход которой достигал ~10% в пленках и ~20% в замороженных разбавленных растворах, что сопоставимо с величинами характерными для метало-органических полимеров. Это позволяет предложить новый способ сильного усиления интеркомбинационных переходов для эффективного преобразования синглетных возбуждений в триплетные возбуждения в сопряженных полимерах без использования эффекта тяжелых атомов. В заключении мы показали, что данный полисилан является перспективной полимерной матрицей для создания белых светоизлучающих диодов благодаря высокорасположенному триплетному уровню в этом полимере.

**14:40-15:00**

## **Б3 Координационные соединения европия с карбациламинофосфатными лигандами для органических светоизлучающих диодов (ОСИД)**

*Е.О. Лицис<sup>1</sup>, В.А. Овчинников<sup>1</sup>, В.М. Амирханов<sup>1</sup>, В.М. Сорокин<sup>2</sup>, М.А. Миняйло<sup>2</sup>, Ю.В. Коломзаров<sup>2</sup>, П.А. Титаренко<sup>2</sup>, И.Е. Минакова<sup>2</sup>*

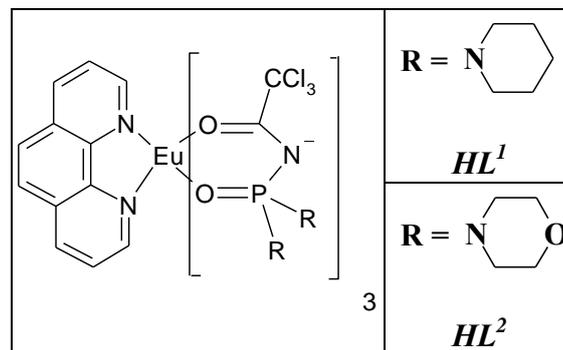
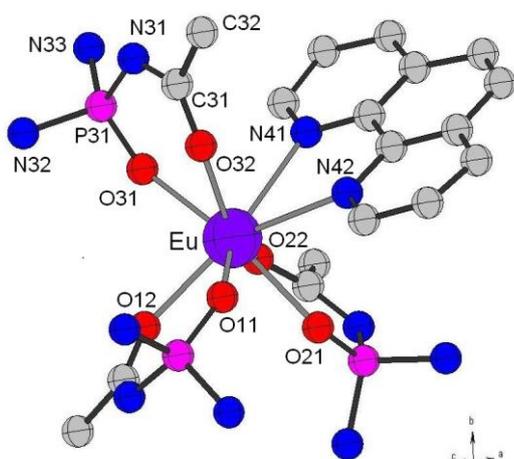
<sup>1</sup>*Кафедра неорганической химии, химический факультет,*

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина*

<sup>2</sup>*Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАНУ, Киев, Украина*

Интенсивно изучаемым направлением в молекулярной электронике и прикладной синтетической химии является разработка эффективных эмиттеров для ОСИД на основе электропроводящих полимеров для создания плоских цветных дисплеев и световых индикаторов с высокими потребительскими свойствами, а также экономичных и эффективных источников света. Одним из наиболее применяемых в качестве эмиттеров классов веществ являются комплексы лантаноидов с органическими лигандами. В силу специфики электронного строения атома лантаноида излучение таких веществ монохроматично и происходит с высоким квантовым выходом.

В данной работе были исследованы спектры фотолюминесценции комплексов европия на основе карбациламидофосфатных (КАФ) лигандов 2,2,2-трихлор-N-(дипиперидин-1-ил-фосфорил)ацетамида ( $HL^1$ ) и 2,2,2-трихлор-N-(диморфолин-1-ил-фосфорил)ацетамида ( $HL^2$ ) и фенантролина при температурах 298 и 77K.



Была разработана технология нанесения комплексов европия из растворов различных концентраций в различных растворителях. Были изготовлены экспериментальные образцы планарных светоизлучающих гетероструктур на основе разработанных комплексов европия и исследованы их вольтамперные характеристики.

**15:00-15:20**

#### **Б4 Материалы на основе наноструктурированных электропроводящих полимеров для светоизлучающих диодов**

*О.Ю. Посудиевский<sup>1</sup>, Н.В. Конощук<sup>1</sup>, А.А. Хазеева<sup>1</sup>, М.С. Папакин<sup>1</sup>, В.М. Сорокин<sup>2</sup>, Ю.В. Коломзаров<sup>2</sup>, М.А. Миняйло<sup>2</sup>, П.А. Титаренко<sup>2</sup>, В.Г. Кошечко<sup>1</sup>, В.Д. Походенко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт физической химии им. Л.В. Писаржевского Национальной Академии наук Украины, Киев, Украина

<sup>2</sup>Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарёва Национальной Академии наук Украины, Киев, Украина

Настоящий доклад посвящен получению и исследованию физико-химических свойств плёнок нанокompозитных материалов для светоизлучающих диодов (СИД) на основе электропроводящих полимеров.

Были синтезированы гибридные нанокompозиты на основе поли(3,4-этилендиокситиофена) и графена, а также нанонитей серебра, были исследованы электропроводность и спектральные характеристики пленок на их основе, была рассмотрена возможность их применения в полимерных СИД.

Были получены нанокompозиты на основе электропроводящего сополимера SuperYellow и наночастиц диоксида кремния. Спектральные характеристики нанокompозитов продемонстрировали наличие эффекта конфайнмента экситонов.

Были изготовлены экспериментальные образцы СИД, содержащих полученные материалы, изучены их вольтамперные и спектральные характеристики.



## Б5 Новые электроактивные люминофоры красного свечения и возможность их применения в OLED-технологиях

Д.А. Василевский, Н.А. Галиновский, А.А. Пап, А.А. Муравский, А.А. Муравский, В.К. Ольховик

ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси», Минск, Беларусь, e-mail: slavol@ichnm.basnet.by

Несмотря на достижения в области создания и большое разнообразие светоиспускающих материалов синего, зеленого и красного цветов, все еще остается потребность в красных молекулярных люминофорах с высокой яркостью, эффективностью и временем жизни [1-2].

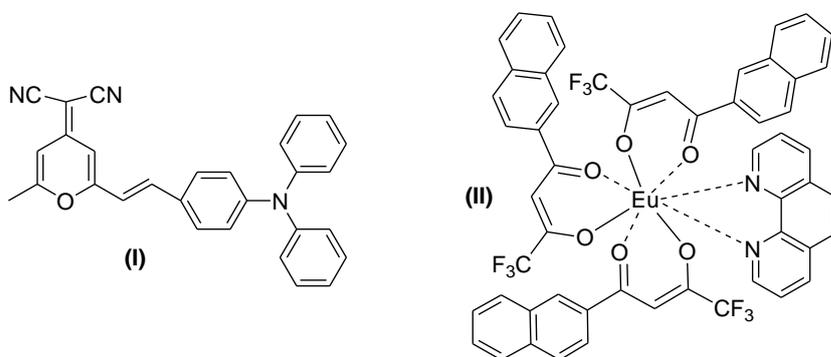
В данной работе представлены результаты исследований двух различных типов люминофоров красного свечения в качестве материалов для эмиссионных слоев органических светоиспускающих диодов. Синтез производных дицианометилиденового ряда **I** осуществлялся конденсацией ароматических моно- или диальдегидов содержащих электронодонорный фрагмент с сильными акцепторными группировками – малонитрилом, дицианометилиденпираном, или хромофорами подобно 2-(3,5,5-триметилциклогекс-2-енилиден)малонитрилу. Второй группой соединений были разнолигандные комплексы Европия (III) на основе бензоил- и нафтоилтри-фторацетона. Насыщение координационной сферы Европия осуществлялось фосфиноксидными, либо фенантролиновыми нейтральными лигандами.

Электролюминесцентные свойства данных соединений изучались на прототипе органического светодиода, в котором в качестве испускающего слоя использовался допированный поливинилкарбазол (ПВК). На стеклянную подложку с ITO, имеющим сопротивление 100 Ом/□, был нанесен *p*-транспортный слой PEDOT:PSS (100 нм). В качестве испускающего слоя методом центрифугирования наносили пленку ПВК, допированного красителем в соотношении 1:1. Толщина пленки составляла 100 нм и легко регулировалась концентрацией исходного раствора. В завершении напылялся алюминиевый катод толщиной 100 нм.

OLED на основе комплекса европия **II** дает очень узкую полосу испускания электролюминесценции с максимумом при 612 нм и полушириной 5-10 нм. Такое соединение наиболее подходит для дисплейной технологии OLED, как дающее насыщенный, чистый красный цвет. Устройство на основе производного дицианометилиденпирана **I** имеет широкополосный спектр электролюминесценции (полуширина 75 нм) с максимумом 620 нм. Оно может использоваться в OLED осветительных устройствах.

### ЛИТЕРАТУРА:

- 1 Н. Fu, Y. Zhan, J. Xu, X. Hou, F. Xiao. Optical materials, 2006, 29, 348–354
- 2 – J. Xiao, Y. Yao, Zh. Deng, X. Wang, Ch. Liang. Journal of Luminescence 122–123 (2007) 639–641



**Б6 Механизм светоизлучения в LED-излучателях на основе нанопористого кремния**

*А. Смирнов, П. Позняк, А. Степанов, А. Саддик, Е. Муха, И. Шпак\**

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь*

*\*Международный государственный экологический университет им. А.Д.Сахарова, Минск, Республика Беларусь*

В докладе представлены результаты исследования физических процессов светоизлучения в структурах нанопористый кремний-алюминий, используемых при формировании пассивно-адресуемых микродисплеев высокого разрешения для видеопроекционных устройств персонального типа. Нами для создания высокостабильных светоизлучающих структур такого типа традиционно используется электродная система Al – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> поверх нанопористого кремния. Технологически эта система формируется путем напыления алюминия и последующим анодированием через фоторезистивную маску. Основными преимуществами данной технологии являются:

- использование низкотемпературных процессов;
- вакуумная очистка слоя нанопористого кремния в процессе напыления Al;
- полная изоляция слоя нанопористого кремния от внешних воздействий сплошной пленкой Al – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Малое время отклика и работа при больших плотностях тока позволяют реализовать эффективное мультиплексирование и, в итоге, создать недорогие высоко-информативные пассивно-адресуемые микродисплеи светоизлучающего типа.

**16:20-16:40**

**Б7 Инновационные технологии повышения эффективности светодиодных экранов**

*Ю.Б. Дорожжик*

*Региональный директор по продажам в Восточной Европе компании Cree*

Разработано новое поколение выводных светодиодов для уличных полноцветных экранов со смещенной оптической осью светодиода. Смещение направления максимальной силы света на 20 градусов вниз по отношению к механической оси светодиодов позволяет направить больше света в направлении наблюдателей и тем самым повысить яркость экранов, одновременно снижая их энергопотребление.

RGB-светодиоды поверхностного монтажа с влагозащитой класса IPx6 позволяют создавать уличные экраны высокого разрешения и эксплуатировать их без защитного стекла в различных климатических зонах. Новые миниатюрные светодиоды 2x2мм в черном корпусе позволяют повысить контрастность экранов высокой четкости, применяемых внутри помещений.

**16:40-17:00**

**Б8 Особенности контрактного производства светотехнической продукции.**

*А.В. Валентик*

*Научно-производственная фирма VD MAIS, Украина, г. Киев, 03063, ул. Михаила Донца, 6*

В докладе рассмотрены технологические особенности изготовления электронных и светодиодных модулей для осветительных систем на базе светодиодных источников света. Уделено внимание необходимым мероприятиям по обеспечению качества при серийном производстве продукции. Приведены рекомендации по выбору базовых материалов печатных плат и представлена концепция фирмы VD MAIS по комплексному сопровождению проектов, начиная со стадии разработки электронных модулей для светодиодных изделий и заканчивая их серийным производством на базе высокотехнологического оборудования фирмы VD MAIS.

**СЕКЦИЯ В**

**Технологии освещения и подсветки**

Председатель - В.М. Сорокин  
Сопредседатель - Ю.В. Трофимов

**В1 Разработка и моделирование линейных светодиодных светильников**

*А.Д. Галинский*

*НВП «АЭРОПЛАСТ», Киев, Украина*

В настоящее время строится или переоборудуется большое количество торговых и складских помещений с достаточно жесткими требованиями к системам освещения.

В настоящем докладе рассматриваются вопросы компьютерного моделирования фотометрических параметров и разработки конструкций светодиодных светильников для замены существующих линейных систем освещения, использующих люминесцентные лампы.

Рассмотрены варианты линейных светодиодных светильников прямого и отраженного света, с использованием светодиодов с различными угловыми характеристиками. Предложены рекомендации по проектированию таких светильников.

**В2 Алгоритм вычисления параметров ШИМ сигналов для интеллектуальных источников света на основе RGB-светодиодов**

*А.С. Олейник, В.М. Сорокин, Е.Н. Щербаков, Д.А. Соловьёв, В.И. Корнага*

*Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины, Киев, Украина.*

Разработка и создание интеллектуальных осветительных систем с использованием полупроводниковых источников света требует синтеза белого цвета с различными цветовыми температурами. При конструировании источников света на основе RGB светодиодов возникает необходимость расчета параметров управляющих ШИМ сигналов каждого из кристаллов для синтеза цветовой температуры в диапазоне 2700 – 8000К для белого источника света или определенного цвета для источников декоративной подсветки. Гамма возможных цветов, а также диапазон цветовых температур, которые можно получить с помощью осветительного прибора на основе RGB светодиодов, зависит от спектров излучения кристаллов, а также соотношения мощности излучения каждого из них.

Разработанный алгоритм вычисления параметров ШИМ сигналов основывается на результатах измерения спектров излучения кристаллов конкретного RGB светодиода. Согласно разработанных алгоритмов и специального программного обеспечения для автоматизации процесса измерения, производится измерение спектров излучения каждого из кристаллов RGB светодиода и формируется матрица преобразования RGB и XYZ – систем для этого светодиода. Матрица преобразования и специальная программа позволяют рассчитать значения параметров ШИМ сигнала для каждого кристалла RGB светодиода в зависимости от заданных координат цветности.

Использование данного алгоритма в автоматизированной системе синтеза гаммы цветов RGB светодиодов позволяет получить ряд наборов параметров ШИМ сигналов для реализации разнообразных программ динамического изменения цветовой температуры белого света и спектра излучения в осветительных приборах на RGB светодиодах.

**В3 Обзор омических контактов к нитриду галлия***Я.Я. Кудрик**Институт физики полупроводников им. В.Е.Лашкарева НАНУ, Киев, Украина*

Сделан обзор методов создания, структуры, тепло- и электрофизических свойств омических контактов к нитриду галлия. Обобщены проблемы, возникающие в процессе формирования омических контактов при использовании как чужеродных, так и собственной подложки и выявлены пути их решения. Рассмотрены механизмы формирования наиболее часто используемых омических контактов и их свойства. Рассмотрены реализующиеся механизмы токопереноса в контакте и их влияние на температурную зависимость контактного сопротивления. Сделан анализ областей применения омических контактов и, связанных с ними, требований к параметрам термостойкости, удельному контактному сопротивлению и оптическим параметрам. Показаны тенденции в современных методах создания омических контактов к *p*- и *n*-типам нитрида галлия и к твердым растворам на основе GaN.

**В4 Квазиактивная система отведения тепла в светодиодных уличных светильниках***Ю.В. Трофимов, С.И. Лишик, П.П. Першукевич, В.С. Поседько, В.И. Цвирко**Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси,**Логойский тракт, 22, к.2207, Минск, Республика Беларусь, 220090*

Исследованы светодиодные светильники с полым радиатором, в котором при определенных условиях возникает воздушная тяга. Представлены и проанализированы зависимости скорости воздушного потока от угла наклона и длины полого радиатора светильника, а также от размеров входного и выходного воздушных отверстий светильника. Показано, что при установке светильника под углом 15° к плоскости горизонта перегрев светильника относительно температуры окружающей среды составляет 33 °С, при этом скорость воздушного потока внутри радиатора превышает 22 см/с.

В отличие от радиаторов открытого типа теплорассеивающая поверхность полого радиатора защищена от внешнего загрязнения, что обеспечивает долговременную стабильность тепловых режимов работы светодиодов светильника.

Результаты исследований используются в серийно выпускаемом светодиодном уличном светильнике «Феникс».

**В5 О применении теплопроводящих пластмасс в светодиодной технике***Ю.В. Трофимов, С.И. Лишик, П.П. Першукевич**Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси,**Логойский тракт, 22, к.2207, Минск, Республика Беларусь, 220090(стендовый)*

Проведен сравнительный анализ характеристик теплопроводящих пластмасс.

Представлены результаты тепловизионных измерений двух однотипных светодиодных модулей мощностью 3 Вт, установленных на радиаторы с одинаковой площадью теплорассеивающей поверхности, изготовленных из алюминия и теплопроводящего полимера (коэффициент теплопроводности  $\lambda_{эф} = 10$  Вт/мК).

Показано, что перегрев светодиодного модуля, установленного на радиатор из теплопроводящего полимера, на 2-3°C выше, чем у алюминиевого радиатора (теплопроводность которого в 20 раз больше)

Представлены результаты теплового моделирования нескольких типов, серийно выпускаемых светодиодных светильников, в которых вместо корпусных деталей из металла были использованы детали из теплопроводящей пластмассы.

Определены диапазоны применимости теплопроводящих пластмасс в светодиодной технике.

**11:15-11:30**

### **В6 Особенности герметизации белых светодиодных модулей**

*Ю.В. Трофимов, В.С. Поседько, Е.Ф. Острецов, В.И. Цвирко, Л.Н. Сурвило*

*Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси,  
Логойский тракт, 22, к.2207, Минск, Республика Беларусь, 220090*

Исследованы характер и причины изменения спектральной мощности излучения и коррелированной цветовой температуры белых светодиодов различного конструктивного исполнения при их герметизации оптическими компаундами.

Показано, что коррелированная цветовой температуры исходного излучения белых светодиодов может, как уменьшаться, так и увеличиваться после нанесения одинакового полимерного покрытия. Направление изменения цветовой температуры, главным образом, определяется наличием первичной линзы на светодиоде. Величина изменения цветковых параметров белых светодиодных модулей зависит от кривизны создаваемой оптической поверхности и спектральных характеристик наносимого полимера.

Характер изменения цветковых параметров белых светодиодов необходимо учитывать при использовании специальных оптических компаундов для защиты модулей от негативного влияния окружающей среды и вандализма.



**11:45-12:00**

### **В7 Особенности разработки светодиодного прожектора для локального освещения протяженных объектов**

*К.А. Кудрявцев, Е.В. Керножицкий, В.И. Цвирко, В.П. Лошак, В.С. Поседько,*

*Ю. В. Трофимов*

*Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси, Логойский тракт,  
22, к.2207, Минск, Республика Беларусь, 220090*

Рассмотрены особенности получения пучка света малой расходимости, имеющего резкие спады по краям, на базе светодиодного источника света. Проведена оптимизация оптической системы, которая включает в себя как элементы неизображающей, так и изображающей оптики. Разработан и изготовлен светодиодный прожектор с углами вывода света 1,0° по уровню 0,5 и 1,4° по уровню 0,1 и осевой силой света 130 ккд при потребляемой мощности 3,2 Вт. Рассмотрены области применения узкоградусных светодиодных источников света для освещения протяженных объектов (фасадов зданий, промышленных и строительных объектов, производственных технологических линий).

**В8 Метод повышения индекса цветопередачи белых светодиодов**

*Д.Н. Хмил<sup>1</sup>, А.М. Камуз<sup>1</sup>, П.Ф. Олексенко<sup>1</sup>, В.Г. Камуз<sup>1</sup>, Н.Г. Алексенко<sup>1</sup>, О.А. Камуз<sup>1</sup>, Л.Д. Паценкер<sup>2</sup>, С.У. Хабусева<sup>2</sup>, В.И. Сидоров<sup>2</sup>, И.Г. Ермоленко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарёва НАН Украины 03028, г. Киев, просп. Науки 41, deniskhml@ukr.net*

<sup>2</sup> *ГНУ НТК Институт монокристаллов НАН Украины 61001, г. Харьков, просп. Ленина 60*

Качество белого света принято характеризовать его индексом цветопередачи (CRI), максимальное значение которого равно 100. В современных белых светодиодах, в основном, используются фотолуминофоры на основе гранатов, спектры люминесценции которых, имеют провал на длинах волн 490–510 нм и слабую интенсивность свечения после 600 нм. В результате этого их CRI~70 в диапазоне коррелированной цветовой температуры 4500–7000К. Ясно, что для увеличения индекса цветопередачи белых светодиодов необходимо увеличить интенсивность света на указанных длинах волн.

Идея данной работы заключалась в использовании люминесцентного излучения органического фотолуминофора (который поглощает на длинах волн 440-470нм) для заполнения «провала» (на длинах волн 490–510нм) в спектре неорганического люминофора. Эксперименты проводились с использованием матричного спектрорадиометра HAAS-2000.

Для исследования изготавливались композитные пленки с органическими фотолуминофорами Ф083, Op161 (разработанные ГНУ НТК Институт монокристаллов НАН Украины) и с неорганическим –  $Gd_3Ga_5O_{12}:Ce$ . Образцы возбуждались синим светодиодом с максимумом излучения на 457нм и цветовыми координатами  $x=0.1440$ ,  $y=0.0414$ .

В данной работе представлено предварительные результаты проведенных исследований. На органическом фотолуминофоре ф.083 удалось частично заполнить «провал» на длинах волн 490–510нм в результате этого достигнуто CRI~92, при этом коррелированная цветовая температура изменялась в диапазоне 5000–7000К.

**В9 Проектирование и оптимизация параметров электронных схем управления для ламп с цоколем E27 и E14**

*В.И. Корнага, В.М. Сорокин, А.С. Олейник, Д.А. Соловьёв, Е.Н. Щербаков, А.В. Рыбалочка  
Институт физики полупроводников им. В. Е. Лашкарёва НАНУ, Киев, Украина*

Обеспечение стабильности параметров электронных схем управления светодиодными лампами с цоколями E27 и E14 (ретрофитами) при жестких условиях эксплуатации (постоянном нагреве со стороны радиатора лампы, слабой конвекции воздушного охлаждающего потока, перепадам питающего напряжения и др.) возможно лишь за счет реализации конструктивных и схемотехнических решений, позволяющих обеспечить высокие КПД и фактор мощности, что в свою очередь дает возможность повысить энергетическую эффективность лампы в целом. Помимо этого, правильный выбор размера печатной платы согласованного с конструкцией арматуры радиатора, обеспечение уровня электромагнитных помех в соответствии с существующими стандартами и высокой электробезопасностью при эксплуатации позволяет достичь длительного времени наработки на отказ, стойкость к вибрациям. А при оптимальных условиях охлаждения светодиодов реально создать долговечную лампу с высокой эффективностью.

Приводятся примеры разработанных схем управления, работающих в широком диапазоне входящих напряжений  $80\div 250В$  и частотах  $50\div 60Гц$ . При этом смена тока на выходе в диапазоне входных напряжений  $180\div 250В$  составляет 1%. Коэффициент мощности и гармоник отвечают требованиям IEC61000-3-2:2004. Эффективность преобразования составляет 84%.

**V10 Использование возможностей современных компонентов систем светодиодного освещения при проектировании уличных светильников**

*Е.В. Тараненко, А.А. Алексеенко, Ю.Ф. Раковций*  
*ООО «Атилос», г. Чернигов, Украина*

Учитывая возможности современных компонентов для создания систем светодиодного освещения, становится возможным создавать светодиодные светильники с уникальными свойствами и набором параметров недостижимых при использовании традиционных источников света. В первую очередь, речь идет о создании уличного светильника (для освещения автомобильных дорог) с несимметричной формой КСС и регулируемой силой света. Такой светильник базируется на использовании источника питания с функцией дистанционного переключения рабочей мощности. Управление переключением рабочей мощности осуществляется по цепям электропитания с помощью модуляторов, устанавливаемых в стандартные шкафы управления уличным освещением. Система управления не требует значительных затрат и адаптируется к существующему управлению режимами уличного освещения “вечер”, “ночь”. Такое решение обеспечивает реальное снижение затрат на оплату потребляемой электроэнергии.

В докладе, также будут затронуты вопросы, связанные с выбором комплектующих элементов (светодиодов, вторичной оптики, источников питания и др.) для получения оптимальных характеристик уличного светильника.

**V11 Формирование инфраструктуры национального рынка светодиодного светотехнического оборудования**

*С.В. Хоперский*  
*«Ассоциация производителей светодиодной техники», Киев, Украина*

Рассматриваются источники финансирования НИОКР и их место в качестве фактора ускорения разработки и внедрения современной светодиодной осветительной техники в системе национальной экономики Украины.

Анализируются рыночная инфраструктура специфического высокотехнологичного рынка светодиодной продукции и социально-экономическая среда национального и регионального рынков.

Приводятся примеры специализированных финансовых инструментов для активизации продвижения современной светодиодной светотехнической продукции на рынок – Государственная целевая научно-техническая программа, лизинговая компания, банки, инновационные структуры, компании по управлению энергоэффективностью, а также поддерживающие структуры – специализированные сервисные сети, системные интеграторы и продавцы комплексных решений, дизайнерские компании и др.

Акцентируется роль нормативной базы на успешное продвижение новых видов инновационной светотехнической продукции на рынок.

**V12 Инновационные решения в конструкциях светодиодных модулей для осветительных приборов»**

*Г.И. Никитский, А.Г. Литвинов, В.С. Деркач, В.Н. Борцов, А.М. Листратенко, Я.Я. Костышин*  
*ООО «Светодиодные технологии Украина», Харьков, Украина, info@ltu.ua*

Предложены решения для новых коммерчески привлекательных и конкурентоспособных осветительных приборов на базе светодиодных модулей. В основе разработки лежат мировые достижения техники поверхностного монтажа, технологии сборки «кристалл на плате» и инновационной технологии сборки «кристалл на гибкой плате».

Разработанные светодиодные модули имеют эффективный отвод тепла от кристаллов светодиодов к теплоотводу (тепловое сопротивление “кристалл - металлическая печатная плата” ~1,0÷2°С/Вт), что позволяет значительно повысить срок эксплуатации осветительных приборов.

**СЕКЦИЯ Г**

**Новые материалы, эффекты, технологии**

Председатель - В.В. Беляев  
Сопредседатель - В.Г. Назаренко

**Г1 Технологии формирования наноразмерных структур для применения в дисплейных и оптических устройствах**

*В.И. Курмашев, Ю.В. Тимошков, В.Ю. Тимошков, А.А. Сакова*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь*

В современных дисплейных и оптических устройствах, таких как LCD, OLED-, PLED-дисплеи и др., важную роль играет формирование различных структур, в том числе микро- и наноразмерных. Формирование таких функциональных структур достигается благодаря использованию таких технологий как roll-to-roll, nanoimprint, nanotrench filling и др., что позволяет формировать системы управления световыми потоками.

Бездефектное покрытие поверхностей со сложным наноразмерным рельефом является ключевым моментом при создании поляризаторов, оптических функциональных слоев, фазовых пластин (Optical Retarders) и других оптических элементов. С целью повышения качества таких сложных наноразмерных структур разработана nanotrench filling технология бездефектного заполнения канавок, глубиной до 730 нм и шириной – 140-200 нм. С использованием данной технологии были получены образцы, в которых отсутствовали такие типичные дефекты как поры, стыки и зернистость.

Экспериментально исследовано электрохимическое осаждение нанокomпозиционных материалов на основе никеля, кобальта и хрома, наночастиц ультрадисперсного алмаза (УДА), оксида алюминия, моногидроксида алюминия, нитрида бора. Размеры частиц дисперсной фазы изменяли от 7 до 50 нм при толщинах полученного нанокomпозиционного покрытия от 5 до 100 нм. По сравнению с гомогенными структурами микротвердость полученных покрытий возросла на 20-80%, износостойкость увеличилась в 4 раза, коэффициент трения снизился в 2 раза. Данная технология представляет собой наиболее перспективный способ решения основной проблемы изготовления МЭМС и МОЭМС – проблемы надежности механических компонентов. Применение таких наноструктурированных материалов для изготовления голографических пленок, используемых в качестве мастер-матрицы в roll-to-roll технологии, позволило повысить их тиражестойкость в 2-3 раза (до 6500 – 6750 м) по сравнению с обычными матрицами.

**Г2 Влияние структуры и ориентационного распределения азокрасителей на оптическую анизотропию окрашенных ПВС пленок**

*Л.Н. Филиппович<sup>1</sup>, Н.Г. Арико<sup>1</sup>, Х.А. Алмодарресье<sup>1</sup>, С.Н. Шахаб<sup>1</sup>, П.М. Малашко<sup>2</sup>, В.Е. Агабеков<sup>2</sup>*

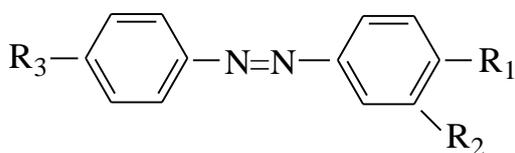
<sup>1</sup>*Институт физико-органической химии Национальной Академии Наук Белоруссии, Минск*

<sup>2</sup>*Институт химии и новых материалов Национальной Академии Наук Белоруссии, Минск*

Поляризационная эффективность (ПЭ) окрашенных пленок поливинилового спирта (PVA) зависит от природы, структуры, ориентации молекул красителя в полимерной матрице и их специфического взаимодействия с макромолекулами ПВС. В работе

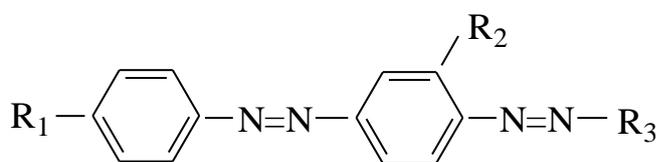
установлена связь между молекулярной структурой (тип и расположение азоксисоединительных групп) азокрасителя, его ориентацией в полимерной матрице и линейным дихроизмом окрашенных ПВС пленок.

Синтез моноазо-(I) и диазокрасителей (II):



I

$R_1 - \text{OH}; R_2 - \text{COOH}, \text{COONa};$   
 $R_3 - \text{COOH}, \text{COONa}, \text{NH}_2, \text{CH}_3\text{C(O)},$   
 $\text{CH}_3\text{-AR-CH=CH-(CO)}, \text{CH}_3\text{C(O)NH}$



II

$R_1 - \text{H}, \text{HO}_3\text{S}, \text{NaO}_3\text{S}; R_2 - \text{H}, \text{CH}_3\text{O};$   
 $R_3 - \text{AR-(OH и COONa)}, \text{NPH-(OH, NH}_2 \text{ и NaO}_3\text{S)}$

Исследована оптическая анизотропия окрашенных ПВС пленок и межмолекулярное взаимодействие между молекулами красителя и макромолекулами ПВС. Определены параметры ориентации красителя, дихроичного отношения и поляризационной эффективности методами УФ-, видимой и ИК-спектроскопии.

Показано, что заместители с более сильным донорным характером, введенные в бензольное кольцо структур I или II и сопряженные двойной связью, а также межмолекулярные водородные связи азо- групп с OH - или NH<sub>2</sub> - заместителями приводят к увеличению интенсивности длинноволновой полосы поглощения красителя и увеличению ее сдвига в красную область спектра. Установлено, что заместители увеличивают компланарность и линейность молекул вследствие формирования межмолекулярных водородных связей между молекулами красителя и ПВС, приводя при этом к формированию оптически анизотропных структур. Дихроизм и поляризационная эффективность ПВС пленок увеличиваются с увеличением уровня ориентации красителя в полимерной матрице, что характеризует отклонение их молекулярной оси и направления осциллятора от оси растяжения пленки.

Пленки ПВС, окрашенные компонентами I и II являются эффективными поляризаторами для УФ и видимого спектрального диапазона, соответственно. Также были получены широкополосные поляризаторы для спектрального диапазона 300-610 нм.

**10:30 – 10:45**

### **ГЗ Локальное управление углом преднаклона молекул в жидкокристаллических устройствах с использованием полимерной сети**

*B. Серган, T. Серган, R. Herrera*

*California State University, Sacramento, 6000 J Street, Sacramento, CA 95819*

Мы разработали методику изготовления жидкокристаллических (ЖК) приборов с изменяемым углом преднаклона (от 2° до 90°), используя УФ фотоиндуцированную полимеризацию фоточувствительного мономера, добавленного в жидкокристаллическую матрицу в концентрации 0.5-1%.

Приложение высокого напряжения до и во время полимеризации способствует формированию полимерной сети возле подложек. Это стабилизирует ориентацию ЖК и повышает угол преднаклона в полимеризованных областях. Результирующий угол преднаклона зависит от напряжения приложенного во время полимеризации и/или длительности приложения напряжения перед полимеризацией. Возможность обеспечения требуемых углов преднаклона в малых локальных областях подложки позволяет изготавливать ЖК устройства с пространственно-переменной фазовой задержкой (линзы, призмы, дифракционные решетки, и т.д.).

**Г4 Наносетчатые антиотражающие покрытия для кремниевых солнечных батарей с Шоттки-структурой**

*А.Г. Смирнов<sup>1</sup>, А.А. Степанов<sup>1</sup>, Е.В. Муха<sup>1</sup>, А.М. Березовик<sup>1</sup>, А.М. Карпович<sup>1</sup>, В.А. Лойко<sup>2</sup>, А.А. Мискевич<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь*

<sup>2</sup> *Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

Предложено создание антиотражающего слоя на основе наносетчатого алюминия, который также выполняет роль прозрачного электрода в кремниевой солнечной батарее с Шоттки-структурой.

Проведен теоретический расчет и разработан технологический маршрут изготовления антиотражающих слоев на основе наноструктурированных пленок алюминия и  $Al_2O_3$ . Одним из методов создания наноструктур с высокой степенью упорядоченности является метод формирования пористого оксида алюминия при электрохимической обработке исходной пленки алюминия. Установлено, что поверхность ячеек оксида на границе оксид/металл представляет собой выпуклую полусферу и после селективного травления оксида поверхность слоя алюминия наследует рельеф его поверхности. В узловых местах соединения стенок трех ячеек наблюдаются возвышенности, радиус кривизны вершин которых может варьироваться от 2-3 нм до 20-30 нм. Создавая периодическую структуру таких возвышенностей, кратных длинам волн света, можно добиться эффекта его пропускания и поглощения.

Нанесенный на кремниевую подложку магнетронным напылением тонкий слой (1 мкм) алюминия, анодированный в различных электролитах (винная, ортофосфорная и др. кислоты в зависимости от необходимых размеров структуры) образует своего рода наносетку алюминия, состоящую из чередующихся выступов и впадин. Теоретические расчеты показывают, что в зависимости от длины волны падающего излучения коэффициенты пропускания и поглощения могут составлять 96% и 4% соответственно.

**Г5 Композитно-структурированная ориентирующая поверхность для логического элемента температурного ЖК сенсора**

*А.А. Муравский<sup>1,2</sup>, А.А. Муравский<sup>1</sup>, В.В. Беляев<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Институт химии и новых материалов НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

<sup>2</sup> *Высший инженерный институт при МЧС Беларуси, Минск, Беларусь*

<sup>3</sup> *Отдел теоретической физики, Московский государственный региональный университет, Москва, Россия*

Известно, что сильная температурная зависимость электрооптических эффектов в жидких кристаллах делает эти материалы хорошими средами для разработки устройств измерения температуры. Такой подход требует измерения температурной зависимости напряжения на ЖК ячейке и, как следствие, эффективной схемы, интегрированной в ЖК ячейку. Разработка надежных температурных ЖК сенсоров базируется на схеме из четырех электродов, представляющих собой последовательное и параллельное соединение 4 конденсаторов: 2 с планарной и 2 с гомеотропной ЖК ориентацией. Сенсор состоит из четырех пикселей с двумя электродами на верхней и нижней подложках. Такая схема впервые была реализована Муравским и др. при помощи фотоориентации. Мы разработали композитно структурированную ориентирующую поверхность для планарной и гомеотропной ориентации ЖК. В отличие от сенсоров на основе фотоориентации, данные сенсоры не чувствительны к световому потоку и могут использоваться в условиях сильной освещенности без изменения их параметров.

**Г6 Высококонтрастный ЖК индикатор с ориентацией на основе технологии текстурированной натирки**

*А.А. Муравский<sup>1</sup>, А.А. Муравский<sup>1</sup>, С.В. Данилович<sup>1,2</sup>, Г.В. Козак<sup>1,2</sup>, В.Е. Агабеков<sup>1</sup>, Ю.В. Могильный<sup>3</sup>, А.В. Станкевич<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Институт химии и новых материалов НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

<sup>2</sup>*Предприятие «Display», Минск, Беларусь*

<sup>3</sup>*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*

Применение ЖК индикаторов в машиностроении требует высокого контраста последних. Контраст индикаторов зависит от ЖК моды реализованной в устройстве. Мы скомбинировали закрученную и однородную моды для получения высокой яркости пикселя и бесцветного темного фона соответственно. Такой фон был получен при помощи технологии текстурированной натирки, которая позволила изготовить высококонтрастный индикатор в рамках стандартного процесса изготовления пассивных ЖК дисплеев. В работе показано структуру, результаты измерения и сам прототип (Рис.1) такого индикатора.

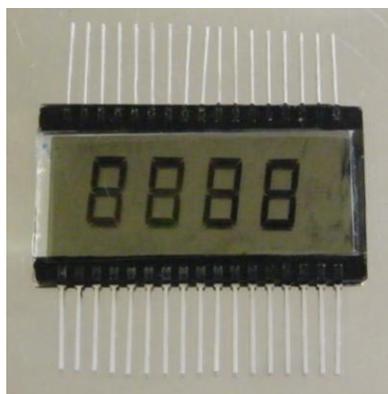


Рис. 1. Высококонтрастный жидкокристаллический индикатор с закрученной и однородной модами (поляризаторы параллельны).

**Г7 Водонепроницаемые материалы для фотоориентации**

*В.Е. Агабеков, В.С. Микулич, А.А. Муравский, А.А. Муравский*

*Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Ф.Скорины 36, 220141 Минск, Беларусь*

Ключевым элементов жидкокристаллических дисплеев является внутренняя анизотропия тонкопленочных материалов, которая приводит к ориентации ЖК. Анизотропия может наводиться механическим натиранием, однако, такая технология имеет ряд недостатков: аккумуляция электростатического заряда на поверхности, пыль, дефекты. Альтернативой такой технологии может быть фотоориентация. Этот бесконтактный метод ориентации исключает все недостатки механической натирки. Азокрасители, в свою очередь, демонстрируют четкие преимущества над другими фотоориентирующими композициями (фоточувствительные полимеры, азополимеры) за счет высокой температурной устойчивости, светостойкости и качества полученной ориентации.

Несмотря на все преимущества, азокрасители могут адсорбировать воду, которая приводит к деструкции ориентирующего слоя. Мы разработали и синтезировали новые дисазокрасители, которые не имеют гигроскопических свойств и могут быть использованы для фотоориентации.

**Г8 Метод формирования регулярных рельефных поверхностных структур**

*А.А. Степанов, А.Г. Смирнов, В.М. Астафьев, Е.В. Муха, Н.Н. Марус, Т.И. Ореховская  
А.Ф. Мартинович\*, А.А. Максимов\**

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
П.Бровки, 6, Минск, 220013, Республика Беларусь*

*\*Завод ФОТЕК НПО «Интеграл» Коржневского 12, Минск 220600, Республика Беларусь*

На ранних этапах исследований нами установлено, что поверхность ячеек оксида алюминия на границе раздела оксид/металл представляет собой выпуклые полусферы с регулярной сотовой структурой, а поверхность алюминиевой пленки наследует "обратный" рельеф его поверхности. Если процесс анодирования остановить в момент касания оксидом прозрачной диэлектрической подложки, то после селективного травливания пористого оксида оставшаяся пленка алюминия обладает наносетчатой морфологией с регулярной рельефной поверхностью. Данная структура обладает электрической проводимостью за счет алюминиевой наносетки и оптической прозрачностью за счет отверстий. Очевидно, что с увеличением времени анодирования, диаметр отверстий будет увеличиваться, а толщина алюминия будет уменьшаться вплоть до разрывов и перехода наносетчатой пленки в структуру отдельных нанодоменов алюминия, при этом оптическая прозрачность и поверхностное сопротивление будут возрастать. Для определения максимально допустимых размеров отверстий можно допустить, что расстояние между центрами пор пористого оксида алюминия в точности совпадает с центрами отверстий наносетки алюминия, что позволяет использовать для нее установленные зависимости геометрии и структуры пористого оксида алюминия от режимов анодирования. Известно, что основным параметром самоупорядоченности структуры пористого оксида алюминия является напряжение анодирования  $U$ . Расстояние между центрами пор  $D_{int}$  пропорционально приложенному напряжению с коэффициентом пропорциональности  $k$ , равном приблизительно  $2,5 < k \text{ (нм/В)} < 2,8$ , то есть  $D_{int} = kU$ . Это соотношение будет справедливо и для наносетчатой пленки алюминия.

Другим фактором, влияющим на самоупорядоченность структуры, является тип и концентрация электролита, которые для заданного напряжения выбираются таким образом, чтобы обеспечивать рост самоорганизующихся пор. Обычно анодирование алюминия проводится в серной кислоте в диапазоне напряжений 5 – 40 В. Для анодирования при напряжениях от 30 до 120 В используется щавелевая кислота, от 80 до 200 В - фосфорная кислота. Данные ограничения обусловлены значениями проводимости и рН используемых электролитов. Таким образом, из сказанного выше следует, что размер пор алюминиевой наносетки может варьироваться в пределах от 15 до 500 нм.

Нами получены пленки алюминия с размерами зерен 114 - 165 нм и наносетчатые алюминиевые пленки с размерами между центрами пор 150 нм и 200 нм. Полученные пленки могут быть использованы как в качестве прозрачных проводящих электродов, так и в качестве ориентирующих слоев для молекул жидких кристаллов.

**12:15 – 12:30**

**Г9 «Диагональный» эффект в процессе магнетронного распыления при формировании прозрачных проводящих покрытий**

*Д.А. Котов, Ю.А. Родионов, \* А.А. Ясюнас, А.Х. Хисамов, В.Я.Шурипов  
Минск, ООО «ИЗОВАК», ул. Селицкого, 7; \*Минск, УО «БГУИР», ул. П. Бровки, 6*

Протяженные магнетронные распылительные системы широко используются в технологии производства осаждения прозрачных проводящих покрытий. Для увеличения коэффициента использования материала мишени и времени непрерывной работы установки магнетронного распыления необходимо обеспечить равномерную выработку мишени по всей области распыления. Стандартной проблемой при работе протяженных магнетронов является усиленная эрозия краевых областей, часто называемая «диагональным эффектом». Высокая цена оксид индия легированного оловом (ITOindoped indium oxide) (около 10000 долларов за 1кг) делает решение этой задачи еще более актуальной. В работе рассмотрены причины возникновения и способы борьбы с «диагональным эффектом».

**12:30 – 12:45**

**Г10 Метод измерения угла преднаклона ЖК в ячейках с однородным и неоднородным распределением директора**

*В. Беляев, Д. Чаусов, А. Соломатин, А. Горбунов\*  
Education & Science Lab for Theoretical and Applied Nanotechnology, Moscow Region State University, Russia, Tel. +7(495)5771981; fax: +7(499)2612228, e-mail: vic\_belyaev@mail.ru  
\*Russian People Friendship University, Moscow, Russia*

Описываются новые оптические и электрооптические методы измерения усредненного угла преднаклона директора ЖК в ячейках с однородным и неоднородным распределением директора. Преднаклон ЖК на подложках может иметь одно или противоположные направления. Угол преднаклона ЖК, а также значение полярной энергии сцепления были измерены для полярных и слабополярных ЖК материалов на ориентирующих органо-кремниевых пленках с разной молекулярной структурой.

**12:45 – 13:00**

**Г11 Изготовление пленок с азокрасителями для фотоориентационных и фотохромных применений**

*В. Козенков, В. Беляев, В. Чигринов\*, Г. Тумовский, А. Снахов  
Theoretical Physics Department & Science and Education Centre for Physical and Chemical Investigations of Materials and Nanosystems, Moscow Region State University, Moscow, Russia  
\*HongKong University for Science and Technology*

Исследовались свойства аморфных и поликристаллических пленок азокрасителя AD-1. Структура пленки зависит от условий термической обработки, поляризации и интенсивности света. Было получено высокое значение дихроизма(>20). Управление структурой пленок позволяет изготавливать хорошие фотоориентирующие покрытия.

## СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

**Р1 Электро- фото- чувствительный полимер для ориентации жидких кристаллов**

Д. Касянюк<sup>1</sup>, Ю. Курйоз<sup>1</sup>, Н. Давиденко<sup>2</sup>, И. Савченко<sup>2</sup>, Ю. Резников<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт Физики НАН Украины пр. Науки 46, 03039, Киев, Украина;

<sup>2</sup>Киевский национальный университет им. Т.Г. Шевченко, ул. Владимирская, 64, Киев, 01601, Украина, e-mail: deniskasyanyuk@hotmail.com

Фото-ориентация жидких кристаллов – перспективная методика, которую широко применяют в лабораторной практике, и начинают применять в LCD индустрии [1]. Сочетание фото-ориентации и других методик ориентации молекул ЖК (например, ориентации ионными пучками [2]) особенно интересно, поскольку позволяет расширить возможности метода фото-ориентации.

Мы представляем результаты исследований нового фото-ориентирующего материала, основанного на металлосодержащем азополимере, чувствительном не только к поляризованному свету, но и к постоянному напряжению. Мы определили, что облучение полимерной пленки поляризованным светом и приложение постоянного напряжения приводит к двулучепреломлению полимера и появлению легкой оси ориентации. Более того, свето-индуцированной анизотропией полимера можно эффективно управлять последующим приложением постоянного напряжения в требуемом направлении.

Свойства электрически управляемой фото-ориентации исследовались в комбинированной ячейке с управляемой фоточувствительной подложкой с одной стороны и с опорной подложкой с натертым полиимидом с другой. Было выявлено, что величина свето-индуцированного угла закрутки в этих ячейках зависит от величины поля, которое было приложено.

Возможность управления свето-индуцированной легкой осью ориентации постоянным напряжением открывает новые перспективы фото-ориентационной технологии.

[1] Oleg Yaroshchuk and Yuriy Reznikov. Photoalignment of liquid crystals: basics and current trends. Journal of Materials Chemistry. Vol. 22, pp. 286–300 (2012)

[2] O. Yaroshchuk, R. Kravchuk, A. Dobrovolskyu, L. Qiu, O. Lavrentovich, Planar and tilted uniform alignment of liquid crystals by plasma-treated substrates. Liq.Cryst., 31, No6, 859-869 (2004)

**Р2 Прохождение света через капсулированные полимером жидкие кристаллы с неоднородным сцеплением на межфазной границе капля-полимер**

В.А. Лойко, В.Я. Зырянов, \* А.В. Конколович, А.А. Мискевич

Институт Физики им. Б. И. Степанова Национальной Академии наук Беларуси, пр. Независимости, 68, Минск, 220072, Беларусь. E-mail: [loiko@dragon.bas-net.by](mailto:loiko@dragon.bas-net.by)

\*Институт физики им. Л. В.Киренского СО РАН, Академгородок 50-38, Красноярск, 660036, Россия

Недавно предложен и реализован новый метод управления структурой жидкокристаллических (ЖК) капель в полимерной матрице электрическим полем. Он основан на модификации граничных условий, на межфазной границе капля – связующий полимер ионообразующими сурфактантами. Ионный сурфактант создает неоднородность граничных условий и позволяет снизить значения напряженностей управляющих электрических полей в сравнении с капсулированными полимером ЖК материалами, обладающими однородным поверхностным сцеплением.

В данной работе предложена оптическая модель описания коэффициентов когерентного пропускания и интенсивности рассеянного света для монослоев из сферических и сфероидальных капель с ориентированной структурой оптических осей.

Внутренняя структура капель рассчитывалась релаксационным методом на основе решения задачи минимизации объемной плотности свободной энергии. Рассмотрены основные закономерности рассеяния света монослоем с однородными и неоднородными граничными условиями на межфазной границе капля-полимер. Показано, что для пленок содержащих капли с неоднородными граничными условиями типа «тангенциально-нормальные» имеет место асимметрия угловой структуры рассеяния света по полярному углу рассеяния.

### **Р3 Расчет светофильтра для полноцветного AMLCD дисплея фирмы NEC 10,4” удовлетворяющего стандарту MIL STD-3009**

*М.А. Забудько, Е.Б. Брик*

*ООО «Фотооптик», Россия, г. Обнинск, filters@photooptic.ru*

Дисплеи с активной матрицей (AMLCD) все чаще используются в кокпитах современных военных и гражданских вертолетов и некоторых самолетов. В случае если эти воздушные суда, предполагается использовать с применением наשלемных устройств ночного видения (НВ) необходимо установить в узел подсвета специальный НВ светофильтр. Такой НВ светофильтр отсекает излучение дисплея в области чувствительности электронно-оптического преобразователя (ЭОП) очков ночного видения. Требования к авиационным НВ светофильтрам изложены в стандарте MIL STD-3009.

В ходе работы были измерены с шагом 5 нм спектры излучения заднего LED подсвета, спектры встроенных в пиксель цветных поглощающих фильтров, а также координаты цвета дисплея  $u'$ ,  $v'$  в авиационных режимах White, Green и Red.

Проведен расчет и анализ влияния спектральных параметров интерференционных НВ фильтров на цветовые и энергетические характеристики AMLCD дисплея NEC и их соответствие стандарту MIL STD-3009.

Результатом работы является определение технологических допусков на параметры НВ светофильтра. Решена основная проблема, возникающая при расчетах НВ фильтров: корректное отображение красного цвета при минимальной паразитной засветке ЭОП авиационных очков.

Данный НВ светофильтр был реализован на установке вакуумного напыления Balzers BA1400 с автоматической системой контроля.

### **Р4 Отражение от внутренней слоистой структуры ЖК панелей Vertex и NEC.**

#### **Измерения в поляризованном свете**

*Забудько М.А., Чайка А.Ю., Брик Е.Б.*

*ООО «Фотооптик», Россия, г. Обнинск, filters@photooptic.ru*

Современные ЖК панели (ЖКИ) обладают сложной слоистой внутренней структурой, состоящей из поляризаторов, пленочных ИТО электродов, светофильтров RGB и т.д. Механизм отражения света от такой структуры является довольно сложным и мало изученным. Исследования этого механизма имеют большое практическое значение, поскольку помогают найти оптимальные технологии для снижения общего отражения от фронтальной поверхности и улучшить яркостной контраст индикатора при больших внешних освещенностях.

Исследовались ЖК панели ведущих мировых производителей **Vertex** и **NEC**. Спектр отражения измерялся в линейно поляризованном свете в интервале 400- 780 нм. Использовался спектрофотометр Varian Cary 300 с разработанной специальной приставкой, позволяющей измерять большие панели с диагональю 10 дюймов. ЖК панель располагалась на приставке горизонтально. При вращении панели вокруг вертикальной оси отраженный сигнал сильно изменялся. Это однозначно доказывало, что механизмы отражения проникающей и непроникающей линейной поляризации существенно отличаются.

Дано объяснение полученным результатам. Измерения в поляризованном свете можно эффективно использовать для входного контроля панелей.

Было установлено, что классическая технология просветления из диэлектриков не эффективна для улучшения контраста панелей **Vertex** и **NEC**. Предложена новая технология нанесения металлодиэлектрического полупрозрачного контрастного покрытия на фронтальное стекло ЖКИ.

Технология реализована на вакуумной машине BALZERS BA 1400 для панелей **Vertex** и **NEC**. Приводятся результаты испытаний полученных индикаторов.

## **P5 Моделирование двухтактного возбуждения светодиодного шкального индикатора**

*А.В. Бушма*

*Одесская национальная академия связи им. А.С.Попова*

В работе получено матричное описание электрических сигналов для двухтактного возбуждения светодиодных элементов шкалы при динамической реализации аддитивной информационной модели, выполненное на основе теории множеств и матричного представления информационного поля индикатора. При синтезе изображения в каждый момент времени возбуждается соответствующая группа элементов матрицы светодиодов, которая описывается векторным произведением  $m$ - и  $n$ -размерных векторов электрических сигналов, управляющих младшими и старшими разрядами матрицы, соответственно. Предложенное моделирование двухтактной аддитивной визуализации данных в высокоэффективных средствах отображения информации представляет значительный практический интерес для повышения надежности их вывода с высоким уровнем дискретности.

## **P6 Автоматизированная система синтеза цветов на RGB светодиодах**

*Е.Н. Щербаков, А.С. Олейник, В.М. Сорокин, Д.А. Соловьёв., В.И. Корнага*

*Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарьова НАН Украины, Киев, Украина.*

Концепция интеллектуальной системы освещения подразумевает обеспечение цветовой температуры белого света в зависимости от вида деятельности человек, находящегося в зоне работы системы, построение автономных систем освещения способных к саморегулированию в зависимости от внешних факторов.

Использование в системе, в качестве излучателя света, твердотельных полупроводниковых источников света (светодиодов) позволяет создать широкую гамму цветовых температур, а также управлять величиной светового потока. Характеристика излучения RGB светодиода формируется в зависимости от соотношения мощностей излучения каждого цветового элемента.

Рассматривается созданная автоматизированная система синтеза цветов на RGB светодиодах, которая состоит из персонального компьютера, спектрорадиометра HAAS-2000, интегрирующей сферы и многоканального источника питания. Персональный компьютер содержит стандартную программу для измерений спектров излучений с помощью HAAS-2000 и разработанную программу с алгоритмами расчета характеристик питания кристаллов RGB светодиодов на основании измерений их спектральных характеристик.

Разработанная автоматизированная система позволяет рассчитать параметры сигналов широтно-импульсной модуляции, которые используются в блоках управления интеллектуальными осветительными системами, а так же проводить настройку и синтез цветов в автоматическом режиме, без участия человека.

## **Р7 Спектрально-люминесцентные свойства некоторых полифениленвиниленов, применяемых для органических светоизлучающих диодов**

*Н.Н. Барашков<sup>1</sup>, Т.В. Сахно<sup>2</sup>, А.А. Семенов<sup>2</sup>, Т.С. Новикова<sup>3</sup>, Н.В. Семенова<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Micro-Tracers, Inc, Department of R&D, San Francisco, CA, 94124, United States*

<sup>2</sup> *Полтавский университет экономики и торговли, ул. Коваля, 3, Полтава, 36014, Украина*

<sup>3</sup> *Полтавское отделение академии наук технологической кибернетики ул. Маршала Бирюзова, 86 Полтава, 36007, Украина.*

В последние десятилетия во всем мире интенсивно ведутся исследования органических светоизлучающих диодов (OLED) с целью усовершенствования информационных экранов. Вторым применением технологии OLED является создание энергосберегающих светодиодных источников освещения.

В качестве эмиссионных материалов в OLED-устройствах могут использоваться разнообразные органические, координационные и металлоорганические соединения, полимеры и др. Получение полимеров, обладающих одновременно нужными спектральными характеристиками и высокой эффективностью, методами химического синтеза практически невозможно. Одним из путей решения проблемы является создание композиционных полимерных материалов, допированных низкомолекулярными соединениями, в частности люминофорами. В качестве основы низкомолекулярных OLED наиболее широко используют трис(8-гидроксифинолят) алюминия, а для полимерных OLED полифениленвинилен или его производное поли[2-метокси-5-(2'-этил-гексилокси)-1,4-фениленвинилен].

В этой работе мы изучали спектры поглощения, возбуждения, флуоресценции поли[2-метокси-5-(2'-этилгексилокси)-п-фениленвинилена] и сополимеров с фрагментами 1,4-фенилена, 1,4-нафталена, 9,10-антрилена, сравнивали их со спектрами модельных соединений, а также провели квантово-химические расчеты энергий низших электронно-возбужденных состояний модельных соединений методом INDO/S. Получено интенсивное голубое свечение растворов и пленок сополимера МЕНППВ. Результаты исследований продемонстрировали, что сополимеры имеют высокие пленкообразующие свойства и могут использоваться для применения в светодиодах.

## **Р8 Влияние плазменной обработки и капсулирования на свойства электролюминофоров**

*М. Сычев, К. Огурцов, А. Ерузин, М. Цветкова, А. Романов*

*St-Petersburg State Institute of Technology (Technical University)*

*26 Moskovsky prospect, 190013 St-Petersburg, Russia; e-mail: msychev@yahoo.com*

Перед капсулированием люминофора путем плазменного напыления было исследовано влияние плазменной обработки на основные его характеристики. В результате такой обработки произошло увеличение яркости и сдвиг спектра люминесценции в длинноволновую область. После нанесения на поверхность необработанного люминофора капсулирующих покрытий (оксид титана, оксид циркония и оксид магния) путем плазменного напыления наблюдался тот же эффект, но в меньшей степени. Несмотря на гетерогенный (пористый) характер нанесенных пленок, капсулированные люминофоры показали большую устойчивость яркости и спектра электролюминесценции.

## **Р9 Тонкие пленки ZnS с интенсивной ультрафиолетовой 340 нм полосой излучения при комнатной температуре, полученные методом MOCVD.**

*В.С. Хомченко, Н.Н. Рощина, Л.В. Завьялова, В.Е. Родионов, Е.А. Авраменко, О.С. Литвин, Б.С. Амдаев*

*Институт физики полупроводников НАН Украины, проспект Науки, 45, 03028, Киев, Украина [vsk@isp.kiev.ua](mailto:vsk@isp.kiev.ua).*

Плѐнки ZnS получены химическим безвакуумным MOCVD - методом. В качестве исходных веществ использовали дитиокарбамат цинка (ДДК-Zn) различной степени очистки. Исследованы фазовый состав, структура, морфология поверхности, оптические свойства плѐнок, полученных в различных технологических условиях. Найдено, что определяющими параметрами формирования плѐнок являются скорость распыления, температура подложки и чистота исходных материалов. Установлено, что использование ДДК-Zn, полученного из реактивов марки «хч», дополнительно очищенных перед синтезом методом экстракции хелатов позволяет получить плѐнки с интенсивной ультрафиолетовой люминесценцией. В результате такой очистки содержание примесей металлов (никеля, палладия, платины (II), следов меди (II) и кобальта, гидроокислов железа и меди) уменьшается до  $2 \cdot 10^{-3}$  % весовых. Показано, что плѐнки ZnS, полученные в определенных технологических условиях, имеют поликристаллическую структуру с высокой степенью огранки и текстурированности кристаллитов, а спектр люминесценции при комнатной температуре состоит из одной зеленой полосы излучения (540 нм) и двух ультрафиолетовых полос (380 нм и 340 нм) примерно равной интенсивности.

Наличие тонкой структуры интенсивной, довольно узкой, зона-зонной полосы излучения (3.64 эВ) при комнатной температуре и 3-х кратное превышение интенсивности. УФ - излучения по сравнению с видимым свидетельствует о высококачественной структуре полученных плѐнок.

## **Р10 Управление яркостью свечения светодиодов путем реализации функции диммирования**

*В.Г. Замковой, Е.П. Яценко*

*ООО «СУ-24»», г. Харьков, Украина*

С целью достижения высокого качества освещения необходимо устанавливать в светодиодных светильниках функцию диммирование. Регулятор диммирования устанавливается в светодиодный светильник или ставится дистанционно на выключатель.

Регулирование яркости свечения светодиодов происходит в диапазоне от -70% от номинальной мощности до +50%. Данная функция применима в помещениях, где требуется изменение яркости, вплоть до дежурного освещения (больницы, офисные и торговые помещения и т. д.). Также эта функция необходима на объектах, где на одной площади, в разных зонах требуется различная степень яркости.

При естественной деградации светодиодов, по окончания ресурса, заявленного производителем светодиодов, возможно при помощи функции диммирования, увеличить яркость свечения светодиодов до необходимых параметров.

## **Р11 Исследование качества и эффективности освещения светодиодными светильниками**

*И.П. Вовк, Р.В. Пилипчук, В.В. Щиренко, В.П. Дударчук  
ООО «ОСП Корпорация Ватра», г. Тернополь, Украина*

С целью достижения высокого качества освещения необходимо исключить все негативные факторы, присутствующие в светодиодных источниках света. Один из таких факторов это высокая яркость светодиодных источников света, вызывающих ослепляющее действие. Ограничение ослепляющего действия это один из показателей качества освещения. Задачу устранения ослепляющего действия можно решить несколькими путями. Достаточно эффективным методом уменьшения ослепляющего действия есть использование светорассеивающих материалов (например: молочного или структурированного рассеивателя из поликарбоната или ПММК). Однако, использование таких рассеивателей снижает световой поток светильника минимум на 15%.

Полностью устраняется ослепляющее действие в светильниках отраженного света с диффузным отражателем, однако, КПД таких приборов не превышает 50%.

Наиболее эффективная мера для устранения ослепляющего действия – обеспечение защитных углов конструкцией оптической системы светильника. КПД таких светильников может быть до 90%.

При разработке вмонтированного в потолок светодиодного осветительного устройства задача устранения ослепляющего действия решалась при использовании растровой решетки зеркального алюминия (аланода). Высота и размеры ячейки растра выбирались таким образом, чтобы создать защитный угол более 40<sup>0</sup>.

## **Р12 Оптимизация разработки эффективных светодиодных светильников**

*И.П. Вовк, Р.В. Пилипчук, В.В. Щиренко, В.П. Дударчук  
ООО «ОСП Корпорация Ватра», г. Тернополь, Украина*

При проектировании световых приборов (СП) должны быть определены основные параметры и требования к ним, в зависимости от области применения СП и требований действующей нормативной документации.

Поскольку задачей СП является перераспределение светового потока источника света, то одним из важных параметров выступает тип КСС и значение силы света в определенных направлениях.

Отражатель соединяет источник света с освещаемой областью и является основным элементом оптической системы. Он исполняет ряд функций определяющих основные параметры светильника. От конструкции отражателя и качества материалов, из которых он изготавливается, зависит эффективность СП и его основные светотехнические параметры.

Большое влияние на эффективность СП имеют источники света. Наиболее важным показателем источника света и СП является светоотдача.

Коэффициент световой отдачи характеризует эффективность светодиодного СП. Поэтому важной задачей разработчика есть грамотный выбор компонентов, режима их работы и конструкции СП с целью минимизаций световых потерь.

Большие требования предъявляются к источникам питания светодиодных светильников. Они должны обеспечивать санитарные нормы, электробезопасность и энергосовместимость.

Источники питания можно разделить на два основных типа – стабилизаторы напряжения и стабилизаторы тока. В зависимости от типа источника питания существуют разные схемы подключения светодиодов.

### **P13 Решение цветосветовых задач при разработке динамической светодиодной иллюминации**

*А.Д. Галинский\*, В.М. Сорокин, А.С. Олейник*

*\*НВП «АЭРОПЛАСТ», Киев, Украина*

*Институт физики полупроводников им. В.Є.Лашкарёва НАНУ, Киев, Украина*

В докладе показаны направления развития динамической светодиодной иллюминации, рассмотрены методы получения цветоцветовых образов, блочно-модульные конструкции. Изложены методы программного управления и выбора оптимальных вариантов цветосветовых решений при разработке динамических иллюминационных систем.

По результатам многолетних исследований предложены рекомендации и новые варианты конструкций таких иллюминационных систем.

### **P14 Разработка и исследование систем термостабилизации для мощных светодиодов**

*Р.Я. Зелинский, В.М. Сорокин*

*Институт физики полупроводников им.В.Е.Лашкарёва НАНУ, Киев, Украина*

Представлены результаты разработки и исследования систем отвода тепла и температурной стабилизации на основе теплопроводящей керамики и тепло рассеивающей пластмассы для мощных белых светодиодов (СД) и светодиодных ламп (СДЛ). Демонстрируются различные конструкции систем термостабилизации и отведения тепла для мощных белых светодиодов. Приводятся результаты исследования кинетики температуры в теплонапряженных точках и кинетики светового потока СД и СДЛ.

Демонстрируются фотометрические и электрические характеристики СДЛ с разработанными системами снижения тепловых нагрузок в зависимости от температуры окружающей среды в температурном диапазоне от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ . Приводятся сравнительные характеристики предложенных систем отведения тепла из теплонапряженных зон с аналогичными системами из сплавов алюминия, разработанными в ИФП им. В.Е.Лашкарёва НАН Украины и зарубежных производителей.

### **P15 Разработка и моделирование многофункционального светодиодного светильника**

*А.Д. Галинский, В.М. Сорокин\*, В.И. Корнага\**

*НВП «АЭРОПЛАСТ», Киев, Украина*

*\*Институт физики полупроводников им. В.Є. Лашкарёва НАНУ, Киев, Украина*

В докладе изложены результаты моделирования и разработки многофункционального светодиодного светильника, обеспечивающего изменение световых параметров в процессе эксплуатации: динамического изменения яркости, цветовой температуры, мощности, а также зонирование рабочей поверхности освещения.

Показаны варианты конструктивного выполнения, электронные и программные модули, проблемы, решенные в процессе разработки.

## **Р16 Разработка осветительного устройства на основе светодиодов с регулируемой цветностью**

*В.А. Андрийчук, М.М. Липовецкий*

*Тернопольский национальный технический университет им. И.Пулюя, Тернополь, Украина*

Для повышения комфортности системы освещения недостаточно обеспечить необходимый уровень освещения, следует также задать хорошую цветопередачу и обеспечить определенную цветовую температуру источника света. Для получения объективного, адекватного цветного изображения во время видео или фотосъемки рекомендуется поддерживать стандартную цветовую температуру освещения 6500 К, характерную для источника  $D_{65}$ . Но основной недостаток этого источника наличие в спектре ультрафиолетовой составляющей излучения.

Для изменения цветовой температуры применен аддитивный метод световых потоков с различным спектром излучения. разработана модель определения цветов суммарных потоков, позволяющая определить цветовую температуру осветительного устройства, созданного на основе полупроводниковых источников света.

В данной работе рассмотрен метод регулирования цветовой температуры для полупроводниковых источников света и представлены результаты моделирования спектрального состава излучения осветительного устройства. Также предложена конструкция осветительного прибора с регулируемой цветовой температурой.

## **Р17 Моделирование осветительных устройств (ОУ) с энергосберегающими люминесцентными лампами**

*В.А. Андрийчук, С.Ю. Поталицин*

*Тернопольский национальный технический университет им. И.Пулюя, Тернополь, Украина*

Состояние внешнего освещения в Украине для районных центров и сельских населенных пунктов критическое. Около 90% уличных светильников не соответствует требованиям современных нормативов. Из-за низкой эффективности светильников и источников света удельный вес расхода электроэнергии в Украине в 1,7 раза выше, чем развитых странах.

Основные причины такого состояния:

- использование в светильниках малоэффективных источников;
- эксплуатация светильников с нерациональным распределением света.

Поэтому, экономия электроресурсов относительно внешнего освещения – это очень актуальная проблема в данное время.

Для повышения энергоэффективности и обеспечения нормированных значений средней горизонтальной освещенности согласно с ДБН в установлении уличного освещения пригорода и сельской местности можно использовать энергосберегающие люминесцентные лампы.

Для освещения дорог используются светильники с широкими осевыми и боковыми кривыми силы света. На сегодняшний день это наиболее энергосберегающие типы кривых силы света, позволяющие обеспечить нормы равномерности освещения СНиП 23.05-95 при больших интервалах между ОП.

Разработана математическая модель ОП с КЛЛ, учитывающая геометрические размеры и форму светящегося тела компактной и люминесцентной лампы.

## **P18 Автоматизированная система контроля светотехнических параметров полупроводниковых источников света**

*В.А. Андрийчук, Я.М. Осадца*

*Тернопольский национальный технический университет им. И.Пулюя, Тернополь, Украина*

В настоящее время широко внедряются в системы освещения осветительные устройства на основе светодиодов, поступающих на рынок в огромном ассортименте. В связи с этим встает задача контроля их светотехнических параметров в производственных условиях основные светотехнические параметры таких источников света осевая сила света, световой поток, световое распределение, поэтому возникает необходимость в автоматизированных системах контроля, а также в отборе светодиодов с номинальными характеристиками. Этот вопрос является важным как на предприятиях, производящих полупроводниковые источники света, так и на тех предприятиях, которые используют их для создания световых приборов.

В работе проведено измерение светотехнических параметров с помощью оптических устройств на основе матричных оптических преобразователей. Использование таких устройств имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными. Такими преимуществами являются оперативность, повышенная точность, возможность компьютерной обработки и записи информации. Предложена автоматизированная система контроля светотехнических параметров с использованием оптических камер с матричными фотопреобразователями.

## **P19 Разноспектральные светодиодные облучатели для тепличных хозяйств АПК**

*М. Гнатович, Л. Костик*

*Тернопольский национальный технический университет им. И.Пулюя, г.Тернополь, Украина*

Выращивание растений в теплицах достаточно энергозатратный процесс, поэтому использование энергосберегающих источников излучения позволяет снизить энергопотребление облучающих установок, повысить производительность процесса выращивания растений, улучшить качество продукции. Благодаря большой мощности излучения в широком спектральном диапазоне перспективными источниками для светокультуры растений являются светодиоды. Облучатели на основе светодиодов имеют малую массу, размеры, большой срок эксплуатации, что позволяет использовать их в разного рода тепличных сооружениях, селекционных камерах, фитотронах. Отсутствие или малая доза ИК-излучения позволяет максимально приблизить облучатели к поверхности растений.

Целью работы явился поиск облучателей на основе комбинаций светодиодов с различными спектральными характеристиками, обеспечивающих поток излучения, по спектральному составу максимально приближенный к спектральной чувствительности среднего зеленого листа растения. Оценка проводилась на основе полученных фотосинтезноэффективным потоков излучения (фитопотоков), полных потоков фотосинтезноактивной радиации и рекомендуемых соотношений между потоками квазимonoхроматического излучения в различных диапазонах видимого спектра.

Для получения оптимального спектрального распределения излучения использовались светодиоды синего, зеленого, желтого, янтарного и красного цветов свечения фирмы Osram.

Оценка эффективности полученного спектра излучения проводилась согласно разработанной методике и компьютерной программы на основе сравнения спектра излучения облучателя и спектральной чувствительности среднего зеленого листа растения. Предложены четыре комбинации типов светодиодов и их количества, которые обеспечивают необходимое распределение излучения согласно рекомендациям для разного типа растений.

## **P20** Мачтовые светодиодные осветительные установки

*Ю.В. Трофимов, С.И. Лишик, В.В. Долгушин*

*Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси,*

*Логойский тракт, 22, к.2207, Минск, Республика Беларусь, 220090 (стендовый)*

Предложены конструкции 25-метровых светодиодных мачтовых осветительных установок, на венце (короне) которых установлены 16 или 9 светодиодных светильников ДКУ 96x2-001 «Феникс». Венец выполнен двухъярусным. Часть светильников (8 шт. или 4 шт.) установлена на первом ярусе под углом  $\alpha_1$ , а оставшаяся половина – на втором ярусе под углом  $\alpha_2$  к плоскости горизонта. На основании результатов светотехнического моделирования определены оптимальные углы ориентации светильников  $\alpha_1=30^\circ$  и  $\alpha_2=50^\circ$ , при которых обеспечивается равномерное освещение территории размерами  $100 \times 100$  м (средний уровень освещенности 9,25 лк, освещенность на расстоянии 50 м от осветительной установки около 5 лк).

На примере светотехнического проектирования двух модельных объектов (депо «Вокзал» и «Аэропорт») показана возможность достижения нормируемых согласно СНиП 2.05.09-90 уровней освещенности, а также энергетическая и экономическая эффективности данных проектов. По сравнению с традиционными светильниками на основе газоразрядных ламп мощностью 400 Вт суммарная потребляемая мощность светодиодной осветительной системы в 1,5-2 раза меньше.

## **P21** О способах минимизации множественных теней от светодиодных источников света с различным спектром излучения

*К.А. Кудрявцев, Е.В. Керножицкий, В.И. Цвирко, В.С. Поседько, Ю.В. Трофимов*

*Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси,*

*Логойский тракт, 22, к.2207, Минск, Республика Беларусь, 220090*

Рассмотрены возможности минимизации множественных теней от светодиодных источников света с различным спектральным составом излучения. Устранение теней возможно благодаря предварительному смешению излучения в диффузоре. Предъявляются следующие основные требования к диффузору: высокая оптическая эффективность преобразования излучения и малые размеры выходной поверхности. Бестеневые мультиспектральные источники света в сочетании с дополнительными оптическими элементами могут найти применение в световых приборах для медицины и биотехнологии.

## **P22** Блоки питания светодиодных светильников для наружного освещения

*Н.М. Когут, В.В. Севастьянов, В.В. Хохлачев*

*ГП НИИ «Гелий», Винница, Украина*

Разработаны, изготовлены и проведены испытания опытных образцов блоков питания мощностью до 130 Вт и выходным током 0,7 А или 1,3 А.

Блоки питания содержат элементы защиты от грозовых разрядов и повышения входного напряжения, обеспечивают активную коррекцию входного тока коэффициент мощности  $>0,93$ ), защищены от короткого замыкания выхода. Имеются варианты блоков с однокаскадным и двухкаскадным преобразованием. Габаритные размеры блока питания –  $270 \times 40 \times 40$  мм.

Сформулированы рекомендации по применению блоков питания.

## **P23 Проблемы выбора электронных схем управления светодиодными системами освещения**

*Д.А. Соловьёв, В.М. Сорокин, В.И. Корнага, А.С. Олейник, Е.Н. Щербаков  
Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАНУ, Киев, Украина*

Интенсивное развитие светодиодной осветительной техники требует разработок и создания электронных систем управления светодиодами и светодиодными модулями (драйверов). Правильный выбор идеологии построения драйвера с учетом величины стабилизированных электрических величин (тока или напряжения), количества светодиодов в модуле, температурного режима работы, допустимых изменений питающего напряжения и др. позволяет создавать электронные схемы управления с высокими эксплуатационными параметрами (высокими КПД, фактором мощности, низким уровнем радиопомех и др.)

С каждым годом номенклатура драйверов постоянно расширяется в соответствии с постоянно растущими требованиями к энергосберегающему светодиодному источнику света в целом. Широкое внедрение энергосберегающих технологий освещения требует обеспечения высокого КПД схемы питания, соответствующего уровня электробезопасности, оптимальных габаритных размеров, достаточно эффективной системы термостабилизации элементов электронной схемы и прочих технических качеств.

В работе рассматриваются линейные драйверы, драйверы с емкостным преобразованием энергии, а также индуктивные Step Up/Step Down-драйверы для мощных светодиодов. В связи с большим количеством требований к электронным схемам управления показаны пути создания оптимальных систем управления светодиодами.

Демонстрируются пути оптимизации схемотехнических решений драйверов для любых типов светодиодных осветительных систем.

## **P24 Покрывтия из сферических частиц оксида алюминия: коэффициенты когерентного пропускания и отражения**

*А.А. Мискевич, В.А. Лойко*

*Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Пр-т Независимости 68, Минск, 220072, Беларусь, тел: +375 (17) 284-2894, fax: +375 (17) 284-0879,  
E-mail: [miskevic@dragon.bas-net.by](mailto:miskevic@dragon.bas-net.by)*

Рассмотрено прохождение света в многослойной системе, состоящей из монослоёв сферических частиц оксида алюминия  $Al_2O_3$ , нанесённых на поверхности плоскопараллельной стеклянной пластинки. В квазикристаллическом приближении статистической теории многократного рассеяния волн рассчитаны коэффициенты когерентного пропускания и отражения отдельных монослоёв. В рамках метода матрицы переноса, с использованием полученных коэффициентов для отдельных монослоёв, рассчитаны коэффициенты когерентного пропускания и отражения многослойной системы. Проанализированы спектральные зависимости когерентного пропускания и отражения системы из частично упорядоченных монослоев и монослоев с регулярной упаковкой частиц (планарных фотонных кристаллов). Проведено сравнение с результатами для стеклянной пластинки, покрытой однородным слоем  $Al_2O_3$ . Найдены параметры монослоёв, при которых они могут быть использованы в качестве антиотражающих покрытий на стекле, диффузных рассеивателей, фильтров прошедшего и отраженного излучения.

## **Р25 Моделирование структуры и электрофизических свойств наносетчатых пленок алюминия**

*А.А. Степанов, А.Г. Смирнов, А.А. Ясюнас, А.А. Губаревич, Д.В. Шляпик  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
П.Бровки, 6, Минск, 220013, Республика Беларусь*

В данной работе впервые предложено и теоретически обосновано применение прозрачных проводящих наносетчатых пленок алюминия, формируемых низкотемпературным методом электрохимического анодирования, в качестве альтернативного варианта пленкам ИТО и их аналогам.

Для теоретического исследования зависимости оптического пропускания и поверхностного сопротивления от размеров отверстий наносетчатой алюминиевой пленки нами задана ее морфология в виде полых полусфер с плотной гексагональной упаковкой, расположенных в алюминиевой пленке с толщиной, равной радиусу полусферы. Данная модель является приближением структуры “пористый оксид алюминия – алюминий” в тот момент времени, когда донышки пор касаются диэлектрической подложки. Дальнейший процесс анодирования соответствует увеличению размера полусфер при заданном расстоянии между ними. Практический интерес представляет структура, которая обладает конечным электрическим сопротивлением и максимальной оптической прозрачностью. Из представленной геометрии структуры следует, что конечное электрическое сопротивление будет существовать при условии, что конечный радиус полусфер не превысит более чем в  $\sqrt{2}$  раз их первоначального значения.

С использованием пакета для моделирования FDTD Solutions LUMERICAL нами исследованы модели наносетчатых алюминиевых пленок с расстоянием между центрами отверстий  $D_{int}$  200 и 400 нм для расчета их оптического пропускания и пакет COMSOL Multiphysics - для расчета поверхностного сопротивления.

Максимальная прозрачность наносетчатых алюминиевых пленок в видимом диапазоне составляет более 90%, при этом большая часть оставшегося света не отражается и не рассеивается, а поглощается наносетчатой пленкой, что может быть связано с формой исследуемой структуры и использовано на практике при создании высокоэффективных антиотражающих покрытий.

С уменьшением толщины пленки, поверхностное сопротивление увеличивается экспоненциально и может составлять для пленок с прозрачностью 70 – 90% и расстоянием между центрами пор 200 нм от 10 до 1000 Ом/кв, а для пленок с расстоянием между центрами пор 400 нм – от 4,5 до 250 Ом/кв.

## **Р26 Хиральные добавки на основе продуктов лесохимии**

*М.П. Бей, А.П. Ювченко, Ан.А. Муравский, Ал.А. Муравский  
Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Ф.Скорины 36, 220141 Минск,  
Беларусь*

Хиральные добавки являются важным компонентом жидкокристаллических (ЖК) смесей и широко используются для получения оптимальных свойств бистабильных устройств, для устранения дефектов в твист-нематических индикаторах и т.д. В данной работе представлены образцы хиральных соединений, полученных на основе производных дитерпеновых кислот, которые являются продуктами переработки древесины. В ходе исследований было обнаружено, что добавление различных боковых фрагментов может оказывать значительное влияние на величину силы кручения материала и знак вращения структуры. Для измерения этих характеристик были использованы 1% растворы хиральной добавки в ЖК 1285. Получены образцы хиральных добавок с различным знаком закрутки структуры ЖК и величинами шага спирали от 3.5 мкм до 58 мкм.

## **P27 Одновременное измерение силы кручения и знака закрутки с применением технологии ориентации текстурированным натиранием**

*Ал.А. Муравский, Ан.А. Муравский, М.П. Бей, А.П. Ювченко*

*Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Ф.Скорины 36, 220141 Минск, Беларусь*

При разработке ЖК материалов, содержащих хиральные добавки необходимо определять силу кручения хиральных добавок и знак закрутки жидкого кристалла. Измерения данных величин удобно проводить в клиновидной ячейке. При этом точно определяется шаг смеси жидкого кристалла, но остается неопределенным направление закрутки жидкого кристалла. Для одновременного измерения величины шага закрутки и направления кручения была приготовлена клиновидная ячейка с рисунком ориентации методом текстурированного натирания. В ячейке имеется три области с различным углом между направлением натирания на нижней и верхней подложках (-45, 0 +45 градусов). После заправки такой ячейки жидким кристаллом величина шага спирали определяется по расстоянию между линиями дисклинаций, а знак закрутки по относительному положению линий дисклинаций на границе областей с разными углами между направлениями натирания на верхней и нижней подложках. Предлагаемый метод прост в использовании и позволяет быстро и просто получать информацию о свойствах хиральных материалов. Метод был опробован для определения хиральных свойств веществ, получаемых из продуктов лесохимии.

## **P28 Анализ методов формирования слоев SiO<sub>2</sub> функциональных структур дисплеев**

*Д.А. Котов, Ю.А. Родионов, \* А.А. Ясюнас, А.Х. Хисамов, В.Я. Ширипов*

*Минск, ООО «ИЗОВАК», ул. Селицкого, 7; \* Минск, УО «БГУИР», ул. П. Бровки, 6*

В работе представлен сравнение основных технологических методов формирования тонких пленок диоксида кремния. Приводится сравнение технологических условий формирования и качества получаемых покрытий. Представлены методы нанесения оптических пленок SiO<sub>2</sub> на поверхности большой площади.

## **P29 Расчет равномерности нанесения тонких пленок на большие площади методом магнетронного распыления**

*Д.А. Котов, Ю.А. Родионов, \* А.А. Ясюнас, \* А.Н. Кутько*

*Минск, ООО «ИЗОВАК», ул. Селицкого, 7; \* Минск, УО «БГУИР», ул. П. Бровки, 6;*

Одной из задач, подлежащих решению при проектировании установок магнетронного распыления, является выбор габаритов и положения катода магнетронной распылительной системы (МРС) в рабочей камере для обеспечения заданной равномерности наносимого покрытия. Необходимость вывода торцов катода за границы подложки вызвана неравномерностью потока распыляемого материала, исходящего от поворотных и линейных областей МРС. В работе представлен расчет распределения скорости нанесения покрытия методом магнетронного распыления на поверхности большой площади. Представлен простой практический способ выбора соотношения габаритов МРС и подложки для обеспечения требуемой равномерности.

## **P30 Изучение возможностей повышения реакционной способности фоточувствительных материалов после обработки лазерным излучением**

*К. Корзун, \* А. Ясюнас, Д. Котов, Ю. Родионов*

*ООО «ИЗОВАК», ул. Селицкого 7, Минск; \* УО «БГУИР», ул. П. Бровки 6, Минск*

Представлен обзор основных методов химического усиления фоторезистов. Выбраны фоторезистивные материалы, пригодные для формирования на их поверхности кремнийсодержащего полимера. Подобраны режимы процесса химического усиления фоторезистивного материала посредством модификации силилирующим агентом.

### **Р31 Повышение люминесценции титогалата стронция при обработке электронным пучком и отжиге в парах серы**

*С.В. Мякин<sup>1</sup>, М.М. Сычов<sup>1</sup>, В.В. Бахметьев<sup>1</sup>, А.А. Сидорова<sup>1</sup>, Е.А. Соснов<sup>1</sup>, Н. Kominami<sup>2</sup>, Y.Nakanishi<sup>2</sup>, К. Hara<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *St-Petersburg State Institute of Technology (Technical University) 26 Moskovsky prospect, 190013 St-Petersburg, Russia; e-mail: msychoy@yahoo.com*

<sup>2</sup> *Research Institute of Electronics, Shizuoka University, 3-5-1 Johoku, Hamamatsu 432-8011, Japan*

Для того чтобы оптимизировать процесс получения допированного европием (2ат.% относительно Sr) люминофора титогалата стронция ( $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ ) из  $\text{SrS}:\text{Ga}_2\text{S}_3:\text{Eu}$  пленок толщиной порядка 1 мкм, полученных напылением двумя электронными пучками на кварцевую подложку, обработка и кристаллизация смеси  $\text{SrS}:\text{Ga}_2\text{S}_3:\text{Eu}$  была проведена при других условиях – отжигом в парах серы или смеси  $\text{H}_2\text{S}(10\%):\text{Ar}(90\%)$  при  $900^\circ\text{C}$  с предварительной обработкой электронным пучком (ЭП) или без нее. Электроннолучевое облучение было проведено с использованием резонансного электронного ускорителя RTE-1V с энергией пучка электронов 900 keV, током 1 mA и дозой 50-150 kGy.

Отжиг в парах серы дает на порядок большую интенсивность УФ-стимулированной (ртутная лампа) фотолюминесценции (ФЛ) с пиком на 529 нм по сравнению с обработкой в  $\text{H}_2\text{S}:\text{Ar}$  смеси, в то время как предварительная электроннолучевая обработка дает дополнительный прирост ФЛ почти в полтора раза. Оптическая и атомно-силовая микроскопия показали, что наблюдаемые эффекты определяются большей структурной однородностью материала после электроннолучевой обработки с последующим отжигом в парах серы. Предварительная электроннолучевая обработка устраняет структурные дефекты в пленках и вероятно создает кристаллические зародыши, которые способствуют дальнейшей кристаллизации. По сравнению с синтезом в  $\text{H}_2\text{S}+\text{Ar}$  смеси, отжиг в парах серы, вероятно, способствует более эффективному встраиванию межузельных атомов серы в решетку люминофора, содействуя образованию вакансий, необходимых для последующего равномерного распределения ионов  $\text{Eu}^{2+}$ .

### **Р32 Установка для диагностики тепловых фото - и электрофизических характеристик мощных светодиодов**

*В.М. Сорокин<sup>1</sup>, Р.В. Конакова<sup>1</sup>, Я.Я. Кудрик<sup>1</sup>, Р.И. Бигун<sup>2</sup>, Р.Я. Кудрик<sup>2</sup>, В.В. Шинкаренко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Институт физики полупроводников им. В.Е.Лашкарева НАНУ, Киев, Украина*

<sup>2</sup> *Львовский национальный университет им. И.Я.Франка, Львов, Украина*

Разработана установка для диагностики тепловых и электрофизических характеристик мощных светодиодов, включающая термостабилизированный стол для исследуемого светодиода, который монтируется на фотометрической сфере, и позволяет изменять температуру корпуса (теплоотвода) светодиода в диапазоне  $25-125^\circ\text{C}$ . Ток через светодиод задается с помощью 12-битного ЦАП через преобразователь напряжение-ток в диапазоне 0-5 А. Напряжение на светодиоде снимается быстродействующим 12-битным АЦП, что позволяет измерять импульсные вольтамперные характеристики, с длиной импульса от 8 мкс, чего достаточно для реализации практически всех описанных в литературе методов измерения теплового сопротивления по электрофизическим параметрам, а также для исследования кинетики тепловой релаксации светодиода. Для контроля энергетического КПД светодиода, спектрального распределения и их зависимостей от температуры  $p-n$ -перехода и тока используется спектрометр на основе монохроматора и ФЭУ.

Описанная установка может быть внедрена на производства отечественной промышленности для входного контроля, а также использована в ВУЗах для обучения профильных специалистов.

### **Р33 Отражение от внутренней слоистой структуры ЖК панелей Vertex и NEC. Измерения в поляризованном свете**

*М.А. Забудько, А.Ю. Чайка, Е.Б. Брик,*

*ООО «Фотооптик», Россия, г. Обнинск, filters@photooptic.ru*

Современные ЖК панели (ЖКИ) обладают сложной слоистой внутренней структурой, состоящей из поляризаторов, пленочных ИТО электродов, светофильтров RGB и т.д. Механизм отражения света от такой структуры является довольно сложным и мало изученным. Исследования этого механизма имеют большое практическое значение, поскольку помогают найти оптимальные технологии для снижения общего отражения от фронтальной поверхности и улучшить яркостной контраст индикатора при больших внешних освещенностях.

Исследовались ЖК панели ведущих мировых производителей **Vertex** и **NEC**. Спектр отражения измерялся в линейно поляризованном свете в интервале 400 – 780нм. Использовался спектрофотометр Varian Cary 300 с разработанной специальной приставкой, позволяющей измерять большие панели с диагональю 10 дюймов. ЖК панель располагалась на приставке горизонтально. При вращении панели вокруг вертикальной оси отраженный сигнал сильно изменялся. Это однозначно доказывало, что механизмы отражения проникающей и непроникающей линейной поляризации существенно отличаются.

Дано объяснение полученным результатам. Измерения в поляризованном свете можно эффективно использовать для входного контроля панелей.

Было установлено, что классическая технология просветления из диэлектриков не эффективна для улучшения контраста панелей **Vertex** и **NEC**. Предложена новая технология нанесения металлодиэлектрического полупрозрачного контрастного покрытия на фронтальное стекло ЖКИ.

Технология реализована на вакуумной машине BALZERS BA 1400 для панелей **Vertex** и **NEC**. Приводятся результаты испытаний полученных индикаторов.

### **Р34 Неразрушающий метод контроля деградации и прогнозирования надежности InGaN/GaN гетероструктур мощных светодиодов дифференцированием ВАХ**

*В.П. Велещук, А.И. Власенко, М.П. Киселюк, О.В. Ляшенко\*, Н.И. Бойко*

*Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины  
03028 г. Киев, проспект Науки, 41*

*\*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко*

*03680 г. Киев, проспект академика Глушкова, 4*

Разработан неразрушающий метод контроля деградации и прогнозирования надежности InGaN/GaN гетероструктур мощных светодиодов на основе методик одно- и двукратного дифференцирования ВАХ и скорости рекомбинации для выявления начальной стадии деградационных процессов и глубоких уровней дефектов, которые являются причиной деградации функциональных электрических и люминесцентных параметров. В InGaN/GaN гетероструктурах мощных светодиодов определен коэффициент неидеальности, выявлен S-образный вид ВАХ при  $T = 77$  К, обусловленный глубоким уровнем, выяснены механизмы токопрохождения.

## ПЯТНИЦА, 12 ОКТЯБРЯ

10:00 – 12:45

### **СЕКЦИЯ Д**

#### **Метрологическое обеспечение и стандартизация**

Председатель - Г.М. Кожушко  
Сопредседатель - В.А. Андрийчук

10:00 – 10:15

#### **Д1 Стандартизация светоизлучающих диодов и изделий на их основе в Украине**

*Г.М. Кожушко,*

*ВУЗ Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли» 36014 г. Полтава,  
ул. Коваля, 3, [linatsingud@mail.ru](mailto:linatsingud@mail.ru)*

Цель работы – анализ состояния и перспективы развития и стандартизации светоизлучающих диодов (СИД) в Украине, разработка предложений относительно повышения технического уровня и качества этой продукции.

Дана характеристика современным направлениям международной стандартизации СИД, приведен перечень разработанных в Украине проектов ДСТУ на СИД, представлены результаты анализа минимальных требований к СИД устройствам, которые устанавливаются в отдельных странах.

Обосновано, что для обеспечения необходимого уровня СИД продукции, поступающей на внутренний рынок Украины нужно также установить директивные минимальные требования к СИД изделиям, и предоставлены предложения относительно этих требований.

Учитывая повышение спроса на освещение с использованием СИД и большое количество производителей СИД ламп и светильников, становится актуальным вопрос испытания и информирования потребителей об их качестве. Результаты испытаний могут представлять важную рыночную информацию о качестве СИД и различные световые приборы на их основе, и стать преградой для низкокачественной продукции, поступающей на рынок Украины.

Выводы:

1. Для эффективного развития светодиодного освещения в Украине наиболее актуальной есть проблема разработки стандартов, обеспечивающих совместимость, взаимозаменяемость, безопасность и другие параметры, в том числе стандарты на проектирование освещения с СИД светильниками.
2. Внедрение ДСТУ на основе международных стандартов является магистральным путем стандартизации светотехнических изделий на основе СИД.
3. В связи с наполнением рынка низкокачественными светодиодными изделиями актуальной остается проблема технического регламента с минимальными требованиями к СИД.
4. Для развития рынка качественных изделий существует независимое испытание и информирование потребителей о качестве СИД, а также гарантирование производителями соответствия характеристик задекларированным данным.

10:15 – 10:30

#### **Д2 Состояние физиологических функций некоторых основных систем организма при разной длительности работы в условиях световой среды, обустроенной светодиодными источниками света**

*В.Г. Мартиросова*

*Институт медицины труда АМН Украины*

Выполнены экспериментальные исследования с целью изучения влияния светодиодного излучения на состояние зрительной, сердечно-сосудистой и центральной нервной систем организма работающих с помощью комплекса разработанных методов исследованных. Первый этап исследований проводился в условиях экспериментальной

лаборатории по 2 часа ежедневно в течение 2 недель в условиях световой среды, выполненной светодиодами источниками света (СДИС); в первую неделю – с цветовой температурой 4100К и во вторую – 6400К. Показатели физиологических функций регистрировались 3 раза: перед началом исследований, через полтора часа и через два с половиной часа работы с разработанными нами тестовыми таблицами.

Второй этап исследований проводился в производственном помещении офиса в течение четырех месяцев работы офисных служащих. Физиологические исследования проводились в динамике рабочего дня и на протяжении рабочей недели после недельной, месячной, 2,5 месячной и 4-х месячной работы при освещении СДИС с цветовой температурой 6400К. Все экспериментальные исследования выполнялись в условиях световой среды, обеспеченной осветительными установками, рассчитанными по интенсивности и равномерности освещения рабочего места и окружающей среды системами общего освещения с помощью светодиодных ламп, разработанных институтом физики полупроводников НАНУ, которые были установлены в лаборатории и в офисе для проведения исследований.

На основании анализа полученных данных установлены закономерности изменения физиологических функций в зависимости от цветовой температуры. В условиях производственного эксперимента установлено, что на фоне субъективного состояния удовлетворения световой средой с СДИС у офисных работников наблюдалось колебание функций исследованных физиологических систем, отражающих состояние адаптационных механизмов, стабилизация которых наблюдалась к концу 4-х месяцев наблюдений. Разработаны предварительные рекомендации по применению СДИС на производстве.

**10:30 – 10:45**

### **ДЗ Измерения светотехнических параметров светодиодов**

*Л.А. Назаренко, Д.П. Зубков, С.А. Рева*

*Харьковская национальная академия городского хозяйства, ул. Революции, 12, Харьков, Украина*

С каждым годом в мире, и в Украине в том числе, растет объем производства светодиодных осветительных приборов. Возникает острая необходимость в измерении светотехнических характеристик производимой и импортируемой светодиодной продукции. Для этих целей существует множество коммерчески доступных лабораторных комплексов, которые отвечают рекомендациям Международной комиссии по освещению (МКО). Однако для обеспечения единства измерений в стране необходима привязка этих средств измерения к государственным первичным эталонам.

Такую связь можно осуществить при помощи эталонного приемника, который передает единицу световых (энергетических) величин от первичных эталонов к рабочим средствам измерения.

Наиболее подходящим вариантом в качестве эталонного приемника является трап-детектор. При использовании его в установке для передачи единицы можно определить абсолютную спектральную характеристику ампер-ваттной чувствительности измеряемого приемника.

Предложена локальная структурная схема реализации световых единиц от эталонного трап-детектора. В соответствии с этой схемой, при наличии носителя единицы абсолютной спектральной чувствительности, обеспечивается связь любой светотехнической измерительной системы с первичным эталоном.

Создание сети локальных калибровочных установок в региональных научных центрах и лабораториях центров метрологии и стандартизации позволит обеспечить единство результатов измерений при выходном контроле в лабораториях производства светодиодной продукции, повысит уровень доверия потребителей к заявленным производителем характеристикам и будет способствовать выпуску качественной светотехнической продукции.

**Д4 Измерение циркадного эффекта***Л.А. Назаренко, К.И. Иоффе\***Харьковская национальная академия городского хозяйства**ул. Революции, 12 Харьков, Украина**\*ПАО «Тяжпромэлектропроект»*

Одна из важнейших задач современной светотехники – повышение качества и эффективности осветительных установок. Сейчас известно, качественное освещение – это не только эффективность, безвредность для окружающей среды, но и обеспечение индивидуального комфорта, хорошего самочувствия, настроения и безопасности. Создание энергоэффективных осветительных установок с учетом новых знаний физиологии должно стать важным шагом к реализации идеи качественного освещения.

Нормированные характеристики световой среды при искусственном освещении не соответствуют реальным биологическим потребностям человеческого организма. Кроме формирования зрительных образов свет влияет на человека и его циркадную систему, наиболее эффективное влияние излучения в диапазоне 410-460 нм. Это связано с открытием нового фоторецептора в сетчатке глаза, спектральная чувствительность которого отличается от кривой видности.

Разработка новых норм и правил проектирования качественных осветительных установок должна основываться на исследования биологических эффектов видимого света. Возникает вопрос корректной оценки циркадного эффекта – то есть, вычисления и измерения незрительного влияния света.

Циркадная величина есть биоэффективная величина, то есть, редуцирующая такой, как и световые величины. Аналогично со световыми величинами для оценки видимого света с учетом его биологического действия возможно создание специальной «эффективной» системы величин, вместе с уже существующими. Такой системой величин и единиц следует пользоваться при интегральных измерениях и расчетах на практике при создании осветительных установок нового поколения.

Разработка и использование измерительных средств, содержащих приемники излучения с чувствительностью, близкой к функции циркадной эффективности позволит измерять циркадные характеристики источников света различных типов.

**Д5 Результаты сравнительных исследований светотехнических параметров ламп накаливания, компактных люминесцентных ламп и светодиодных ламп украинского и зарубежного производства***А. Рыбалочка<sup>1</sup>, В. Сорокин<sup>1</sup>, В. Корнага<sup>1</sup>, М. Миняйло<sup>1</sup>, Г. Кожушко<sup>2</sup>, Ю.Басова<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины, Киев, Украина**<sup>2</sup> ВУЗ Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Полтава, Украина*

В работе представлены результаты сравнительных исследований спектрального состава излучения, фотометрических, электрических, радиометрических параметров и гониофотометрических характеристик образцов ламп накаливания, компактных люминесцентных ламп, а также светодиодных ламп украинского и зарубежного производства. Также приведены зависимости мощности потребления, светового потока и светоотдачи для ламп разных типов от величины питающего напряжения переменного тока. Представлены зависимости коэффициента полезного действия электрических драйверов, которые используются в современных светодиодных лампах украинского производства, от количества светодиодов в лампе и от напряжения питания переменного тока. Показано, что современные образцы светодиодных ламп украинского производства имеют одну из лучших совокупностей значений таких технических параметров, как: световой поток, световая эффективность, индекс цветопередачи, диапазон рабочих напряжений, фактор мощности и коэффициент гармоник.

**Д6 Многофункциональные компьютеризованные приборы для измерения характеристик оптического излучения**

*Б.Г. Шабашкевич, Ю.Г. Добровольский, В.Г. Юрьев  
НВФ "Тензор", Черновцы, Украина*

В НВФ "Тензор" готовятся к выпуску многофункциональные компьютеризованные приборы для измерения характеристик оптического излучения, создаваемых, в том числе, светодиодами, в видимой (фотометр) и ультрафиолетовой (радиометр-дозиметр) частях спектра.

Базовые параметры фотометра: погрешность коррекции спектральной характеристики фотометрической головки соответствует I классу; диапазон измерения: освещенности  $10^{-1} - 2,5 \cdot 10^5$  лк; яркости  $0,1 - 2,5 \cdot 10^5$  Кд/м<sup>2</sup>; предел основной относительной погрешности при измерении освещенности в диапазоне от 10 до  $2,5 \cdot 10^5$  лк, не более  $\pm 5\%$  и  $\pm 10\%$  - в диапазоне освещенности от 0,1 до 10 лк; яркости  $\pm 7\%$ ; диапазон измерения коэффициента пульсации 1 - 200 % в диапазоне частот 40 - 300 Гц с величиной абсолютной погрешности измерения, не больше 2 %.

Базовые параметры УФ радиометра-дозиметра: диапазон измерения энергетической освещенности  $10^{-4} - 2 \cdot 10^2$  Вт/м<sup>2</sup>; диапазон измерений энергетической экспозиции (дозы)  $10 - 1 \cdot 10^7$  Дж/м<sup>2</sup>; предел основной допустимой относительной погрешности  $\pm 5\%$ . Прибор обеспечивает измерение в следующих спектральных диапазонах: УФ-А 315 – 400 нм; УФ-В 280 - 315 нм; УФ-С 200 – 280 нм; бактерицидная составляющая УФ 200 – 280 нм; эритемная составляющая УФ 280 – 400 нм; поток видимого излучения 380-760 нм.

**Д7 Модификация унифицированного программного комплекса для измерения коэффициента пульсации освещенности**

*В.Ю. Кузенко  
НПФ «Тензор», Черновцы, Украина.*

Предложена модифицированная версия программного обеспечения для обработки результатов измерений светотехнических параметров в части измерения коэффициента пульсации освещенности, создаваемой, в том числе светодиодными источниками.

Коэффициент пульсации освещенности  $K_n$  - один из основных критериев оценки относительной глубины колебаний освещенности. В наше случае значение коэффициента пульсации определяется как отношение полусуммы максимального и минимального значений освещенности, измеряемых за некий дискретный интервал времени к среднему измеренному значению освещенности. При этом, программное обеспечение позволяет задавать дискретизацию временных интервалов измерений, количество измерений за одну секунду, общую длительность измерений, а так же устанавливать предельные значения освещенности, которые необходимо задавать для устранения из анализируемой выборки аномальные величины освещенности, не повторяющиеся в пределах длительности измерений. Кроме того, увеличение частоты измерений коэффициента пульсации, позволяет точнее измерять среднее измеренное значение освещенности, что, в свою очередь, способствует повышению точности измерений.

Значение  $E_{cp}$  рассчитывается с учетом всех полученных значений освещенности, а также, выводится отдельно для возможности дальнейшего использования. Все результаты измерений и обработки дополнительно представляются в графическом и табличном виде. Работает функция создания отчета.

## **Д8 Техническое регулирование в области освещения**

*А. Миронова, Н. Смирнова*

*Государственное предприятие „Полтавский региональный научно-технический центр стандартизации, метрологии и сертификации”*

*36014 г. Полтава, ул. Генерала Духова, 16*

Рассмотрен опыт ЕС в области технического регулирования, основные инструменты и методы регулирования энергоэффективности светотехнической продукции. Проведен сравнительный анализ европейского и украинского законодательства, рассмотрены проблемы и недостатки практического применения в Украине технических регламентов, сфера действия которых распространяется на светотехническую продукцию. Определены барьеры на пути применения энергоэффективного освещения: недостатки действующего законодательства, значительное отставание в гармонизации национальных стандартов с международными и европейскими, проблемы в оснащенности испытательных лабораторий современным метрологическим оборудованием и средствами измерительной техники.

Обоснованы предложения по развитию энергоэффективного освещения в Украине: дальнейшее усовершенствование нормативно-правовой базы в этой сфере, применение стандартизации при регулировании энергоэффективности, усовершенствование испытательной базы, внедрение практики экодизайна, которая обеспечивает поэтапное удаление с рынка устаревших, неэффективных источников света с наихудшими эксплуатационными характеристиками и обеспечивает рост светодиодного рынка.

## **Д9 Исследование компактных люминесцентных и светодиодных ламп для прямой замены ламп накаливания**

*Г. Кожушко<sup>1</sup>, Ю. Басова<sup>1</sup>, В. Сорокин<sup>2</sup>, А. Рыбалочка<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> ВУЗ Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Полтава, Украина*

*<sup>2</sup> Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарьова НАНУ, Киев, Украина*

Одним из эффективных путей снижения потребления электроэнергии на освещение считается замена ламп накаливания (ЛН) на компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) и светодиодные (СВД) лампы.

Целью работы были исследования характеристик КЛЛ и СВД ламп, предназначенных для прямой замены ЛН. Исследовались КЛЛ китайского производства с цветовой температурой 2700 К и 4000 К, а также СВД лампы китайского и отечественного производства с цветовой температурой 2700-3000 и 5000-6500 К, которые присутствуют на рынке Украины.

Основные результаты исследований:

□ параметры большинства исследованных КЛЛ и СВД ламп не соответствуют задекларированным данным, в частности лампы имеют заниженный световой поток, световую отдачу, несоответствие цветовой температуры и координат цветности, также низкий коэффициент мощности (не более 0,6);

□ так как СВД лампы с  $T_{\text{цв}}$  2700-3000 К имеют более низкие световые отдачи, чем у ламп с  $T_{\text{цв}}$  5000-6000 К и, во многих случаях ниже, чем у современных КЛЛ, большую часть рынка Украины занимают СВД лампы с высокими цветовыми температурами;

□ учитывая то, что биологическая активность света КЛЛ и СВД ламп с  $T_{\text{цв}}$  2700-3000 К приблизительно равна биологической активности света ЛН, следует ожидать, что такие лампы не будут иметь ограничения для прямой замены ЛН, в том числе, в быту.

**Д10** **Неразрушающий экспресс-метод контроля качества и прогнозирования надежности InGaN/GaN гетероструктур мощных светодиодов на основе свечения микроплазм**

*В.П. Велещук, А.И. Власенко, М.П. Киселюк, З.К. Власенко, О.В. Ляшенко\**

*Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины*

*03028 г. Киев, проспект Науки, 41*

*\*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко*

*03680 г. Киев, проспект академика Глушкова, 4*

Разработан неразрушающий экспресс-метод контроля электрически активных структурных дефектов в области пространственного заряда InGaN/GaN гетероструктур мощных светодиодов на основе возникновения излучения микроплазм (МП) при обратном напряжении. Метод основан на том, что ионизация и последующая рекомбинация носителей, которая сопровождается люминесценцией, происходит в первую очередь на дефектах и дефектных областях, которые расположены в области пространственного заряда. Коэффициент ионизации электронов всегда ниже в дефектных областях, а локальное электрическое поле достигает своего критического значения в неоднородных дефектных участках гетероструктуры.

Установлено, что чем ниже напряжение появления первой микроплазмы в видимом диапазоне, а также чем большая интенсивность "желтой" люминесценции (~2,2 эВ) и чем больший обратный ток первой МП, тем гетероструктура более ненадежная и некачественная за счет критических дефектов. Соответственно, данный экспресс-метод контроля базируется на измерении напряжения появления первой МП, характере ее излучения (интенсивность, цвет, площадь) и локализация - в структуре, возле контакта или на грани.



