



НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФОТОНИКИ

Л. Раткин | rathkeen@bk.ru

Краткий обзор докладов, посвященных новым нанотехнологическим разработкам, представляет темы, обсужденные на IV Всероссийской конференции по наноматериалам, проходившей в 2011 году в Институте металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН.

Современным функциональным материалам для нанофотоники был посвящен доклад Разумова В.Ф., чл.-корр. РАН (Института проблем химической физики РАН). Материалы на основе фотонных кристаллов перспективны в качестве сред для создания лазеров с низким порогом генерации, конструирования волноводов с малыми потерями, линз для фокусировки света в область, много меньшую длины волны. Варьируя характерные размеры 1D- и 2D-структур, удается направленно изменять энергетический спектр электронов. Так, при изменении размера наночастицы CdSe с 2 до 5 нм наблюдается сдвиг максимума люминесценции в диапазоне от 400 до 600 нм. В докладе рассматривались методы консолидации наноматериалов посредством самосборки наночастиц и принципы их коллоидного синтеза, а также особенности конструирования оптических сенсоров, фотовольтаических батарей и электролюминесцентных устройств.

Многие технические задачи для своего решения требуют создания люминофоров с высоким временем послесвечения и низкими деградационными свойствами. Экспериментаторы из Уральского федерального университета им. Б.Н. Ельцина (Устьянцев Ю.Г., Кортон В.С., Звонарев С.В. и Пустоваров В.А.) исследовали нанокристаллические люминофоры. Они добились появления этих свойств у материалов за счет увеличения ширины запрещенной зоны, дополнительного рассеяния носителей заряда на границах наночастиц, изменения энергетической глубины поверхностных ловушек, появления новых оптических переходов и создания высокой концентрации дефектов на границах наночастиц. Отмечалось, что в ряде случаев уменьшение количества безызлучательных переходов повышает вероятность рекомбинации внутри наночастиц и способствует росту интенсивности люминесценции.

В Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН Иванов В.К. и Баранчиков А.Е. (руководитель – академик РАН Третьяков Ю.Д.) исследовали синтез нанокристаллического диоксида титана. Этот материал перспективен для создания фотоэлектрических преобразователей с применением сенселизаторов на основе органических красителей – так называемых ячеек "гретцелевского типа". Для создания наноразмерных оксидных материалов на базе TiO_2 с заданными значениями морфологических характеристик и высокой фотокаталитической активностью из азотнокислых и сернокислых растворов сульфата титанила получены нанопорошки TiO_2 с размером частиц 10–100 нм. Работа выполнена по проекту РФФИ 10-03-01187.

Одной из перспективных технологий получения водорода является метод преобразования солнечной энергии при фотолизе воды с помощью полупроводниковых материалов. Это расширяет сферу применения порошковых фотокаталитических систем, имеющих к тому же по сравнению с фотоэлектрохимическими ячейками меньшую стоимость. В научном коллективе МГУ им. М.В. Ломоносова и Санкт-Петербургского государственного технологического института (Чуранулова Б.Р., Радионова И.А., Гаврилова А.И., Зверева И.А. и Алексахина А.Д.) проводят совместные работы по синтезу наноструктур на основе диоксида титана для фотоэлектрохимического разложения воды.

Оказывается, что наноразмерные флюорофоры с ионами Eg/Yb обладают цитологическим эффектом. Его исследовали в Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского (Михеева Э.Р., Плескова С.Н. и Горшкова Е.Н.). В результате работ были даны оценки степени их токсического влияния и степени естественной клеточной резистентности организма.

Электролюминесцентные свойства металлокомплексов в наноразмерных структурах изучают в Институте физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН (Ванников А.В., Дмитриев А.В., Мальцев Е.И. и Лыпенко Д.А.). Исследование широкого спектра органических материалов с фосфоресцентными свойствами позволило разработать ряд органических светоизлучающих диодных структур. Параллельно в институте изучают возможность повышения электролюминесцентных свойств и увеличения сроков эксплуатации светодиодов. В частности, в них в качестве светоизлучающих центров в органических светоэмиссионных слоях применяют молекулы комплексов иридия.

Для расширения сферы применения кремния в оптоэлектронных устройствах может быть использована технология его наноструктурирования, предполагающая формирование в широкозонных диэлектрических матрицах нанокристаллов Si. Методами реализации такой технологии являются, в первую очередь, самоорганизация пересыщенного твердого раствора $SiO_2:Si$ с последующим высокотемпературным отжигом или ионная имплантация атомов Si в SiO_2 . Применение теории клеточных автоматов для учета атомарных особенностей строения наноразмерных структур было рассмотрено Матюшкиным И.В. (Московский институт электронной техники) в докладе, посвященном моделированию процессов молекулярной динамики и переноса веществ.

Васильев Р.Б. и Попело А.В. из МГУ им. М.В. Ломоносова (руководитель – Садовничий В.А., академик РАН) ведут работы по синтезу и изучению оптических свойств коллоидных полупроводниковых нанокристаллов, которые являются базовыми функциональными материалами для оптоэлектроники. Коллоидные квантовые точки применимы при конструировании



фотоэмиссионных, термоэлектрических и фотовольтаических систем. Коллоидные гетероэпитаксиальные структуры с контролируемо изменяемыми электронными и оптическими свойствами обладают высокими значениями коэффициентов экстинкции, существенной фотостабильностью и значительными квантовыми выходами люминесценции. Группа исследовала синтезированные коллоидные нанокристаллы CdSe/CdS.

Изучению оптических свойств пирена в перфторсульфоновой мембране был посвящен доклад Куровой А.А. (Российский государственный педагогический университет им. А.И.Герцена). Высокая степень прозрачности и пористости перфторсульфоновых мембран сочетается со значительной химической стойкостью фторуглеродного каркаса. Это позволяет использовать их для изучения оптических свойств низкоразмерных форм капсулированных соединений.

Исследователи саратовского филиала Института радиотехники и электроники им.

В.А. Котельникова РАН уделяют внимание полимерным материалам с аморфной структурой. Это вызвано интересом, проявляемым к этим материалам в медицине и оптоэлектронике. Ушаков Н.М., Кособудский И.Д. и Музалев П.А. синтезировали наночастицы серебра и исследовали их влияние на процесс полимеризации 2-гидроксиэтилметакрилата. Они создали материалы с принципиально новыми оптическими и магнитными свойствами, когда вводили в аморфные полимерные матрицы наночастицы металла. В докладе представлены результаты оценки степени влияния наполнителя на физико-химические свойства материалов и кинетику полимеризации. Добавление частиц Ag размером 8–35 нм способствует пролонгации фотохимической реакции и сокращению степени конверсии полимера. Такие серебряные наноконпозиционные покрытия с матрицей 2-гидроксиэтилметакрилата обладают оптической и механической однородностью и подходят для применения

в солнечной энергетике. Работа была выполнена при поддержке Минобрнауки РФ, грант 2.1.1.2/575 "Аналитическая ведомственная программа поддержки потенциала высшей школы".

При создании оптоэлектронных молекулярных устройств успешно применяют супрамолекулярные системы и структуры, имеющие узкие спектральные полосы оптического поглощения и фотолюминесценции. В Институте физической химии и электрохимии им. А.Н.Фrumкина РАН (Ванников А.В., Лыпенко Д.А., Перельгина О.М., Мальцев Е.И., Прохоров В.В. и Позин С.И.) разработали метод для изучения нанолент молекулярных органических кристаллов. Метод основан на АСМ-высокого разрешения. Поскольку оптоэлектронные свойства систем во многом определяются их надмолекулярным строением, особое внимание было уделено изучению их морфологии в сверхтонких (до 10 нм) электролюминесцентных полимерных слоях. ■