

Прогноз, сделанный автором статьи с помощью математического моделирования, является оптимистичным. Фактические данные за 2020–2021 гг. позволят оценить адекватность предложенных моделей и произвести их корректировку. Но уже сейчас можно прогнозировать снижение показателей транспортной преступности в 2020 г., так как во II квартале в Российской Федерации были введены ограничительные меры на передвижение граждан, произведен перевод организаций, в том числе образовательных, на удаленную форму работы. Так с апреля по июнь 2020 г. было зарегистрировано 7 936 преступлений, что на –18,6 % меньше, чем в аналогичном календарном периоде 2019 г. Наибольшее снижение темпа роста транспортной преступности было зафиксировано в апреле 2020 г. (–29,1 % к 2019 г.), именно этот месяц был наиболее «жестким» по соблюдению карантинных мер. Но при этом и во время режима самоизоляции качественная структура транспортных преступлений осталась прежней.

#### Список использованных источников

1. Груздева Л.М. Статистическое исследование состояния и структуры преступности на транспорте в Российской Федерации за 2013-2016 гг. // Евразийское Научное Объединение. – 2017. – № 5 (27). – С.111–113.

2. Евсеев А.В. Состояние и тенденции развития криминальной ситуации на объектах транспорта Российской Федерации // Вестник Всероссийского института повышения квалификации сотрудников Министерства внутренних дел Российской Федерации. – 2018. – № 3 (47). – С. 36–46.

УДК 535.373.3: 539.2

### КОМПОНЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛОС ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК CdSe/ZNS В РАСТВОРАХ

Э.И. Зенькевич<sup>1</sup>, С.М. Качан<sup>1</sup>, Т. Блаудек<sup>2,3</sup>, К. фон Борцисковски<sup>4</sup>, Д.Р.Т. Цан<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Фраунгоферовский институт электронных наносистем, Хемнитц, Германия

<sup>3</sup>Центр исследования материалов, архитектур и интеграций наномембран,  
Технический университет Хемнитца, Хемнитц, Германия

<sup>4</sup>Институт физики, Технический университет Хемнитца, Германия

В настоящей статье описывается математический статистически обоснованный метод, показывающий, что в температурном интервале 77–293 К полосы фотолюминесценции квантовых точек (КТ) CdSe/ZnS, стабилизированных триоктилфосфин оксидом, хорошо аппроксимируются суперпозицией двух гауссовых компонент. Кроме того, обосновано, что эти две компоненты характеризуются существенно различными полуширинами и проявляют разную температурную зависимость, т.е. имеют различную природу.

Экспериментальные спектры, представленные в энергетической шкале (эВ), были аппроксимированы одной или двумя компонентами с использованием квадратичных нормализованных функций Гаусса следующего вида

$$y = y_0 + \frac{A}{W \cdot \sqrt{\pi/2}} \cdot \exp\left(-\frac{2(E - E_{\max})^2}{W^2}\right)$$

$$W(1/2) = W \cdot \sqrt{\ln 4} = W \cdot 1,1774$$

со значениями полуширин (FWHM) компонент, которые рассчитывались для двух энергий фотолюминесценции (ФЛ), соответствующих величинам  $(y_{\max} - y_0)/2$  для каждой компоненты. Результаты фитирования, проведенного для полос ФЛ, измеренных при разных темпера-

турах, показали, что аппроксимация экспериментальных полос ФЛ КТ двумя гауссовыми компонентами обеспечивает более высокую точность по сравнению с аппроксимацией этих же полос одной гауссовой компонентой (рис. 1).

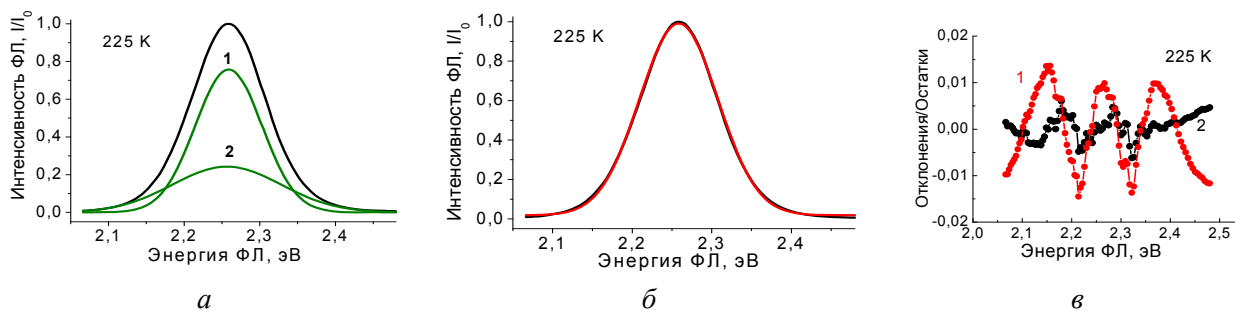


Рисунок 1 – Сравнение результатов фитирования спектров ФЛ КТ CdSe/ZnS двумя (а) и одной (б) гауссовыми компонентами и коэффициенты отклонения (в), рассчитанных от экспериментально измеренных полос спектров ФЛ. Параметры фитирования при аппроксимации двумя гауссовыми компонентами составили: среднее квадратичное отклонение  $\chi^2_R = 0,00006$  и коэффициент детерминации  $R^2 = 0,99946$

На основании большого набора экспериментальных данных проведена оценка доверительного интервала, который рассматривается как реальное обоснование использованной процедуры фитирования. Число экспериментальных точек при измерении спектров ФЛ  $n = 121$ ; при фитировании двумя гауссовыми компонентами число варьируемых параметров составляет  $p = 6/2$  – положения максимумов компонент в шкале энергий  $E_1$  и  $E_2$  (или частоты  $\nu_1$  и  $\nu_2$ ), 2 – их амплитуды  $A_1$  и  $A_2$ , и 2 – их полуширины (FWHM)  $w_1$  and  $w_2$ . Таким образом, число степеней свободы оказывается равным  $\mu = n - p \approx n$ .

В случае статистики Пуассона наилучший параметр фитирования (chi-squared value)  $\chi^2$  является суммой квадратичных отклонений между измеряемой  $N(E_k)$  и ожидаемой теоретической  $N_c(E_k)$  величинами, деленной на среднее квадратичное отклонение для всего набора данных

$$\chi^2 = \sum_{k=1}^n \frac{[N(\nu_k) - N_c(\nu_k)]^2}{\sigma_k^2}$$

Параметр  $\chi^2$  зависит от числа экспериментальных точек. Поэтому чаще используется этот параметр, деленный на число степеней свободы  $\mu = n - p$ , т. е. среднее квадратичное отклонение  $\chi^2_R = (\chi^2)/(n-p)$ . В использованной нами программе параметр  $\text{Chi}^2/\text{DoF}$ , определяющий точность фитирования, соответствует именно величине  $\chi^2_R$ , которая, в свою очередь, связана с коэффициентом детерминации  $R^2$  (определяющим соответствие модели фитирования экспериментальным данным). Для оценки доверительного интервала нами использовались значения параметра  $\text{Chi}^2/\text{DoF}$ .

Затем процедура фитирования при постоянном значении величины  $\nu$ , но переменном шаге смещения в обе стороны от  $\nu_{\text{Макс}}$  (для выбранной гауссовой компоненты) проводилась несколько раз (до 10) с последующим расчетом значений  $[\text{Chi}^2/\text{DoF}]$  для данного смещения. Соответственно, для каждого шага смещения  $i$  определялось отношение  $[\text{Chi}^2/\text{DoF}]_i / [\text{Chi}^2/\text{DoF}]_{\text{min}}$ . Результаты оценки доверительного интервала, полученные при фитировании экспериментальной полосы ФЛ КТ двумя гауссовыми компонентами при 225 К, приведены на рис. 2.

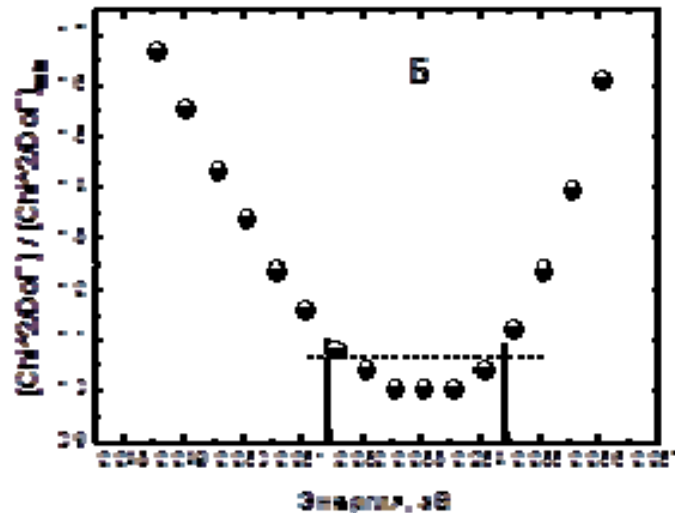


Рисунок 2 – Определение доверительного интервала (пунктирная линия)

Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ «Конвергенция-2020 3.03», Беларусь, Гранта Президента Республики Беларусь в науке на 2020 г., Visiting Scholar Program (Технический университет Хемнитца, Германия, 2020 г.) и European Union Grant 732482 (Bio4Comp – Parallel Network-Based Biocomputation).

УДК 519.21, 510.22

## ПОДХОД К ПОЛУЧЕНИЮ МИНИМАЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА НЕРАЗЛИЧИМОСТИ, СОДЕРЖАЩЕГО ДОСТОВЕРНУЮ ИНФОРМАЦИЮ

В.Ф. Золотухин<sup>1</sup>, А.В. Матершев<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> АО «ВНИИ «Градиент», г. Ростов-на-Дону

**Аннотация:** современные гетерогенные комплексные системы, включающие в себя потенциально опасное сложное технологическое оборудование, должны отвечать требованиям обеспечения безопасности и работоспособности в условиях неразличимости исходных данных, а также воздействий различных факторов. Принятие управляющего решения часто осуществляется в ситуациях, когда типы систем и их состояния неразличимы [1-3]. В виду того, что математический аппарат алгебры подмножеств состояний системы в условиях неразличимости по-прежнему мало сформирован [4], возрастает актуальность разработки подходов к моделированию систем функционального контроля, как над составными частями, так и над системой в целом. Целью работы является разработка подхода к получению истинной информации при мониторинге сложных потенциально опасных систем для обеспечения работы и минимизации выхода из строя входящего в их состав оборудования. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: определение неразличимости и неопределенности в рамках поставленных задач, формирование подхода к получению достоверной информации в условиях неразличимости исходных данных. Основной результат работы носит прикладной характер. Установлено, что искомый минимальный интервал неразличимости может быть получен пересечением ранее установленных интервалов.

**Введение.** Одной из проблем в науке и технике является поддержка принятия решений в случаях неполноты знаний о некотором объекте, при наличии неопределенности и неразличимости возникающих рисков [5]. В традиционных системах повышенного риска, считается, что состояния различимы. Однако, зачастую фактически система может пребывать в состоянии неразличимости или неопределенности. Неразличимость данных будем понимать, как неопределенность пребывания системы в некотором диапазоне заданных состояний, а неопределенность как полную неизвестность текущего состояния. Каждый из существующих видов неопределенности оказывает существенное влияние на точность принимаемых решений. Также под неопре-