

```

@Test
public void testSave() throws Exception {
    Man man = new Man();
    man.setName("Lilia");
    man.setSurname("Vernugora");

    service.save(man);

    IDataset expectedData = new FlatXmlDataSetBuilder().build(
        Thread.currentThread().getContextClassLoader()
            .getResourceAsStream("com/data/man/man-data-save.xml"));

    IDataset actualData = tester.getConnection().createDataSet();

    String[] ignore = {"id"};
    Assertion.assertEqualsIgnoreCols(expectedData, actualData, "man", ignore);
}

```

Таким образом, идея использования для тестирования приложений работающих с базами данных таких продуктов как DBUnit во много раз увеличивает эффективность разработки за счет автоматизации работы с большим объемом данных, а также возможность вынести тестовые данные в отдельный xml-файл.

Такая методика позволяет сделать текст приложения более структурированным и обеспечить более полное тестовое покрытие программного кода в проектах с базами данных, которые, среди прочего, переводят базу данных в соответствующее состояние между тестовыми запусками. Еще одно достоинство данной методики позволяет избежать проблем, связанных с повреждением баз данных в процессе тестирования.

УДК 535.375

ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ПОЛОС ПОГЛОЩЕНИЯ ИОНА Dy^{3+} В ЛАЗЕРНЫХ СТЕКЛАХ

**Корниенко А. А.¹, проф., Дунина Е. Б.¹, доц., Фомичева Л. А.², доц.,
Прусова И. В.³, доц., Григорьева М. В., студ.**

¹ *Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

² *Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

³ *Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье выполнен расчет волновых функций иона Dy^{3+} в лазерных стеклах в приближении «свободного иона». На основе анализа этих функций дано объяснение механизма сильного влияния возбужденных конфигураций на мультиплеты $^4I_{15/2}$ и $^6P_{5/2}$. Показано, что учет влияния возбужденных конфигураций в приближении промежуточного конфигурационного взаимодействия позволяет уменьшить среднеквадратичное отклонение на 31 % по сравнению со стандартными теориями интенсивностей.

Ключевые слова: модифицированная теория Джадда-Офельта, конфигурационное взаимодействие, волновые функции иона Dy^{3+} .

Боратные стекла (B_2O_3) вызвали большое внимание исследователей из-за их различных технологических применений, таких как твердотельные лазеры, усилители для оптоволоконных линий связи, радиационные дозиметры, высококачественные лазерные осветители, сцинтилляторы. В этой связи в работе [1] выполнен синтез и спектроскопические исследования боратных стекол различного состава, активированных ионами Dy^{3+} . Стекла этого состава обладают высокой оптической прозрачностью, что позволило произвести измерения интенсивностей 12 полос поглощения в диапазоне энергий до 29000 см^{-1} . Применение теории Джадда-Офельта [2,3] для описания экспериментальных интенсивностей в таком широком диапазоне энергий оказалось малоуспешным [1]. Поэтому в данной работе для повышения точности описания

предлагается более корректно учесть конфигурационное взаимодействие.

Для описания интенсивностей полос поглощения и расчета спектроскопических характеристик лазерных материалов, активированных редкоземельными ионами, можно применить теорию Джадда–Офельта (J–O) [2,3]

$$S_{JJ'}^{ED} = e^2 \sum_{k=2,4,6} \Omega_k \left\langle \gamma J \| U^k \| \gamma' J' \right\rangle^2, \quad (1)$$

модифицированную теорию Джадда–Офельта (M–J–O) [4]

$$S_{JJ'}^{ED} = e^2 \sum_{k=2,4,6} \Omega_k \left[1 + 2\alpha(E_J + E_{J'} - 2E_f^0) \right] \left\langle \gamma J \| U^k \| \gamma' J' \right\rangle^2 \quad (2)$$

или приближение промежуточного конфигурационного взаимодействия (ICI) [4]

$$S_{JJ'}^{ED} = e^2 \sum_{k=2,4,6} \underbrace{\Omega_k \left[1 + 2R_k(E_J + E_{J'} - 2E_f^0) \right]}_{\Omega_k} \left\langle \gamma J \| U^k \| \gamma' J' \right\rangle^2. \quad (3)$$

Здесь $S_{JJ'}^{ED}$ – сила линий электрических межмультиплетных дипольных переходов, Ω_k – параметры интенсивности, $\left\langle \gamma J \| U^k \| \gamma' J' \right\rangle$ – матричные элементы неприводимых тензоров U^k , параметры R_2, R_4, R_6, α обусловлены конфигурационным взаимодействием, E_J и $E_{J'}$ – энергии мультиплетов, включенных в переход, E_f^0 – энергия центра тяжести $4f^N$ – конфигурации. Результаты описания интенсивностей полос поглощения иона Dy^{3+} в боратных стеклах состава B_2O_3 -PbO- Al_2O_3 -ZnO представлены в таблице.

Таблица – Результаты описания интенсивностей полос поглощения иона Dy^{3+} в боратных стеклах состава B_2O_3 -PbO- Al_2O_3 -ZnO

Переход ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^{2S+1}L_J$	$E_J, \text{ см}^{-1}$	$f_{\text{expt}} \times 10^6$ [1]	$f_{\text{calc}} \times 10^6$		
			J-O (1)	M-J-O (2)	ICI (3)
${}^6H_{11/2}$	5917	3.377	3.113	3.170	3.302
${}^6F_{11/2} + {}^6H_{9/2}$	7837	6.778	6.805	6.805	6.784
${}^6F_{9/2} + {}^6H_{7/2}$	9174	6.862	6.864	7.097	6.889
${}^6F_{7/2} + {}^6H_{5/2}$	11062	6.656	6.433	6.426	6.554
${}^6F_{5/2}$	12453	3.157	3.388	3.315	3.401
${}^6F_{3/2}$	13315	0.598	0.641	0.624	0.633
${}^4F_{9/2}$	21097	0.525	0.482	0.447	0.401
${}^4I_{15/2}$	22173	1.698	1.270	1.160	1.579
${}^4G_{11/2}$	23474	0.544	0.101	0.102	0.101
${}^4I_{13/2} + {}^4F_{7/2}$	25707	1.792	1.819	1.701	1.923
${}^4I_{11/2} + {}^6P_{5/2}$	27397	1.798	2.477	2.170	1.794
${}^6P_{7/2} + {}^4M_{15/2}$	28571	4.711	4.730	4.658	4.697
δ_{RMS}			0.336	0.320	0.232
Параметры					
$\Omega_2 \times 10^{20}, \text{ см}^2$			3.749	3.227	7.664
$\Omega_4 \times 10^{20}, \text{ см}^2$			3.238	3.703	2.479
$\Omega_6 \times 10^{20}, \text{ см}^2$			8.287	8.305	8.907
$\alpha \times 10^4, \text{ см}$				-0.034	
$R_2 \times 10^4, \text{ см}$					1.665
$R_4 \times 10^4, \text{ см}$					0.058
$R_6 \times 10^4, \text{ см}$					-0.095

Результаты таблицы свидетельствуют, что вопреки установившемуся мнению, влияние возбужденных конфигураций на интенсивности межмультиплетных переходов иона Dy^{3+} существенно и его учет позволяет понизить среднеквадратичное отклонение от $0.336 \cdot 10^{-6}$ в методе J–O до $0.232 \cdot 10^{-6}$ в методе ICI или на 31 %. Для описания интенсивностных характеристик поглощения и излучения боратных стекол наиболее адекватным является приближение промежуточного конфигурационного взаимодействия (ICI).

Жирным шрифтом выделены переходы, которые испытывают особенно сильное влияние возбужденных конфигураций. Для того чтобы понять механизмы воздействия возбужденных конфигураций на эти мультиплеты рассмотрим волновые функции, вычисленные нами в приближении «свободного иона». Сначала рассмотрим волновую функцию состояния с энергией 22173 см^{-1} (${}^4I_{15/2}$). Из-за сильного спин-орбитального взаимодействия волновые функции иона Dy^{3+} представляют собой много компонентные суперпозиции волновых функций «чистых» мультиплетов. Например, волновая функция $\Psi({}^4I_{15/2})$ содержит 16 компонент, выпишем главные из них:

$$\Psi({}^4I_{15/2}) = 0.21 {}^6H_{15/2}(0) + 0.66 {}^4I_{15/2}(22173) + 0.36 {}^4K_{15/2}(31036) + 0.31 {}^4I_{15/2}(73527) + 0.27 {}^2K_{5_{15/2}}(82230)$$

В скобках указаны энергии мультиплетов в см^{-1} . Функция содержит с довольно большими весовыми множителями мультиплеты ${}^4I_{15/2}$ и ${}^2K_{5_{15/2}}$, которые из-за больших энергий имеют минимальный энергетический зазор с возбужденными конфигурациями противоположной четности и конфигурациями с переносом заряда. Поэтому они сильно взаимодействуют с этими конфигурациями и через компоненты ${}^4I_{15/2}$ и ${}^2K_{5_{15/2}}$ влияние конфигурационного взаимодействия передается на состояние $\Psi({}^4I_{15/2})$. Большое отличие друг от друга параметров R_2 , R_4 , R_6 (см. таблицу) также свидетельствует о существенном влиянии, как возбужденных конфигураций противоположной четности, так и конфигураций с переносом заряда.

Аналогично можно выполнить анализ волновой функции состояния $\Psi({}^6P_{5/2})$, переход на которое дает определяющий вклад в интенсивность полосы поглощения ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^4I_{11/2} + {}^6P_{5/2}$. Волновая функция $\Psi({}^6P_{5/2})$ содержит 28 компонент, выпишем главные из них:

$$\Psi({}^6P_{5/2}) = 0.81 {}^6P_{5/2}(27367) - 0.49 {}^4P_{2_{5/2}}(39036).$$

В данном случае взаимодействие с возбужденными конфигурациями осуществляется через компоненту ${}^4P_{2_{5/2}}$.

Таким образом, степень влияния конфигурационного взаимодействия на состояния $\Psi({}^4I_{15/2})$ и $\Psi({}^6P_{5/2})$ определяется не только энергетическим зазором между ними и возбужденными конфигурациями, но и присутствием в волновых функциях компонент с высокими энергиями, через которые и осуществляется взаимодействие. Учет влияния возбужденных конфигураций в приближении промежуточного конфигурационного взаимодействия (ICI) позволяет существенно повысить точность описания интенсивностей полос поглощения иона Dy^{3+} в боратных стеклах состава B_2O_3 -PbO- Al_2O_3 -ZnO.

Список использованных источников

1. Lakshminarayana, G. Effect of alkali/mixed alkali metal ions on the thermal and spectral characteristics of Dy^{3+} : B_2O_3 -PbO- Al_2O_3 -ZnO glasses / G. Lakshminarayana, S.O. Baki, A. Lira, U. Caldino, A.N. Meza-Rocha, I.V. Kityk, A.F. Abas, M.T. Alresheedi, M.A. Mahdi // J. Non-Crystalline Solids. – 2018. – Vol. 481. – P. 191–201.
2. Judd, B.R. Optical absorption intensities of rare-earth ions / B.R. Judd // Phys. Rev. – 1962. – Vol. 127, № 3. – P. 750–761.
3. Ofelt, G.S. Intensities of crystal spectra of rare-earth ions / G.S. Ofelt // J. Chem. Phys. – 1962. – Vol. 37, №3. – P. 511–520.
4. Dunina, E.B. Modified theory of f-f transition intensities and crystal field for systems with

УДК 621.3.049.73.75:001.2(024)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ ПО ПЕЧАТНЫМ ПЛАТАМ

**Шандриков А.С.¹, преп., Клименкова С.А.², ст. преп.,
Куксевич В.Ф.², ст. преп.**

¹ *Витебский государственный политехнический колледж учреждения образования
«Витебский государственный технологический университет»,
г. Витебск, Республика Беларусь*

² *Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрено математическое моделирование распределения радиоэлектронных компонентов по печатным платам радиоэлектронных средств с многоуровневой конструктивной иерархией для случаев, когда основным критерием качественной компоновки является минимум внешних связей между скомпонованными печатными платами.

Ключевые слова: компоновка, радиоэлектронный компонент (РЭК), радиоэлектронное средство (РЭС), граф, печатная плата.

На этапе компоновки радиоэлектронных средств (РЭС) решается задача распределения элементов i -го уровня по элементам $(i + 1)$ -го уровня конструктивной иерархии. На самом низком – первом уровне, находятся минимальные конструктивные единицы – радиоэлектронные компоненты (РЭК) – микросхемы, транзисторы, конденсаторы и т. п., которые в процессе эксплуатации РЭС можно заменить в случае их выхода из строя [1]. На втором уровне – коммутационное поле (печатная плата), на котором размещаются РЭК, соединённые между собой печатными проводниками в соответствии с принципиальной электрической схемой. Как правило, для каждой печатной платы задают определённое количество РЭК.

Наряду с этим на практике часто встречаются ситуации, когда распределение РЭК осуществляют, не задаваясь их конкретным количеством на каждой плате, учитывая при этом требования стандартов на типоразмерные параметры печатных плат и ограничивая только минимальное $N_{\min}$ и максимальное $N_{\max}$ допустимое количество РЭК на плате. Одновременно стремятся к тому, чтобы на каждой печатной плате было расположено приблизительно одинаковое количество РЭК [2]. Такой подход применяется в тех случаях, когда главным критерием оптимизации компоновки РЭС является минимум внешних соединений между печатными платами.

Решение задачи компоновки осуществляется с использованием математической модели принципиальной электрической схемы, представленной в виде графа $G = (X, U)$, где множество вершин X – совокупность всех РЭК, входящих в состав проектируемого РЭС, а множество U – совокупность соединений между РЭК в соответствии с принципиальной электрической схемой. Моделирует процесс компоновки разрезание графа на отдельные связанные между собой подграфы. Учитывая условия компоновки оптимально будет разрезать граф на два подграфа, но получаемое при этом количество вершин может превысить допустимое значение $N_{\max}$ для размещения на платах. По этой причине в процессе разрезания графа необходимо фиксировать каждое возможное решение и выбирать вариант с минимальным количеством соединений между сформированными подграфами.

Разрезание графа как моделирование процесса компоновки РЭС не может иметь общего алгоритма автоматизированного проектирования из-за большого количества и разнообразия условий компоновки, а также из-за трудности формализации совокупности критериев, используемых для оценки качества полученных результатов [3, 4]. По этой причине разработка новых методик представляет большой интерес как с теоретической, так и с практической точек зрения.