

Разработанный шаблон имеет практическую ценность, поскольку может существенно упростить наполнение содержимым сайта системы дистанционного обучения УО «ВГТУ», и ускорить перемещение содержимого базы тестовых вопросов из системы Examenator во внедряемую в учебный процесс УО «ВГТУ» LMS Moodle.

Список использованных источников

1. Moodle. Community driven, globally supported. URL <https://moodle.org/>
2. Advanced Distributed Learning (ADL), Sharable Content Object Reference Model (SCORM®) 2004 2nd Edition Overview, 2004.
3. В.А. Богомолов Обзор бесплатных систем управления обучением Educational Technology & Society 10(3) 2007 ISSN 1436-4522 URL http://ifets.ieee.org/russian/depository/v10_i3/html/9_bogomolov.htm

УДК 535.375.51

ВЛИЯНИЕ СПЕЦИФИКИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПЛОТНОСТИ НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ, АКТИВИРОВАННЫХ ИОНАМИ ТУЛИЯ

**Янукович А.В.¹, студ., Фомичева Л.А.², к.ф.-м.н., доц.,
Корниенко А.А.³, д.ф.-м.н., проф., Прусова И.В.⁴, к.ф.-м.н., доц.**

¹Витебский государственный университет им. П.М.Машерова,
г. Витебск, Республика Беларусь

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

³Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь

⁴Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

Реферат. Выполнен сравнительный анализ применимости теории Джадда-Офельта, модифицированной теории Джадда-Офельта, приближения промежуточного конфигурационного взаимодействия для описания интенсивности полос поглощения иона тулия в теллуридном стекле. Установлено, что наилучшее и непротиворечивое описание достигается в приближении промежуточного конфигурационного взаимодействия.

Ключевые слова: Tm³⁺, теллуридные стекла, Джадд-Офельт, конфигурационное взаимодействие

В качестве объекта исследования выбраны теллуридные стекла TeO₂-Bi₂O₃-ZnO-Li₂O-Nb₂O₅, активированные ионами Tm³⁺/Yb³⁺. Они широко применяются для изучения ап-конверсионной люминесценции, создания цветных дисплеев, температурных сенсоров и ап-конверсионных лазеров. Для успешного протекания процессов ап-конверсии необходимо выполнение целого ряда условий: наличие резонансного перехода с излучением диодного лазера, метастабильных уровней, каналов генерации с требуемой длиной волны излучения. Понимание природы ап-конверсионных процессов и осознанное их применение для конструирования лазерных устройств возможно только при выполнении детальных теоретических расчетов абсорбционных и люминесцентных характеристик. Часто в перспективных ап-конверсионных материалах сильное влияние на спектроскопические характеристики оказывают возбужденные конфигурации. По этой причине теория Джадда-Офельта, которую обычно применяют для теоретического анализа, иногда не обеспечивает необходимой точности описания. В связи с этим в данной работе выполнен сравнительный анализ применимости различных вариантов теории интенсивностей для описания спектроскопических характеристик иона тулия в теллуридном стекле.

Межмультиплетные электрические дипольные переходы характеризуют силами осцилляторов

$$f_{JJ'} = \frac{8\pi^2 mc\sigma}{3(2J+1)he^2} \frac{(n^2+2)^2}{9n} S_{JJ'}^{ED}, \quad (1)$$

где e - заряд электрона, n - показатель преломления среды, σ – среднее волновое число в см⁻¹, m - масса электрона, c - скорость света, h – постоянная планка, $S_{JJ'}^{ed}$ – сила линии электрического дипольного перехода, которая в теории Джадда-Офельта [1,2] (D-O) вычисляется по формуле

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

где Ω_k – параметры интенсивности, $\langle \gamma J \| U^k \| \gamma' J' \rangle$ – приведенные матричные элементы единичного тензора U^k .

Более детально влияние возбужденных конфигураций учитывается в приближении промежуточного конфигурационного взаимодействия (ICI) [3]

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

Здесь R_k – параметры, обусловленные конфигурационным взаимодействием. В этом приближении параметры $\hat{\Omega}_k$ зависят по линейному закону от энергии E_J и $E_{J'}$ мультиплетов, включенных в переход.

Часто для описания экспериментальных данных используется упрощенный вариант формулы (3), который называют модифицированной теорией Джадда-Офельта [4] (M-D-O)

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

В этом случае четыре варьируемых параметра $\Omega_2, \Omega_4, \Omega_6, \alpha$.

Результаты описания по формулам (1)–(4) представлены в таблице 1.

Из результатов таблицы следует, что теория Джадда-Офельта не применима для описания интенсивностей полос поглощения иона тулия в теллуридном стекле. Дело в том, что оптимальное значение $\Omega_4 = -0,712 \cdot 10^{-20} \text{см}^2 < 0$, а параметры интенсивности должны быть не отрицательными. Эта ситуация обусловлена, прежде всего, тем, что мультиплет 1G_4 расположен близко к возбужденной конфигурации с переносом заряда. И из-за специфики пространственного распределения электронной плотности происходит сильное взаимодействие мультиплета 1G_4 с этой конфигурацией. В теории Джадда-Офельта конфигурационное взаимодействие не учитывается.

Противоречий не появляется в случае применения модифицированной теории Джадда-Офельта и приближения промежуточного конфигурационного взаимодействия. Однако в модифицированной теории Джадда-Офельта остается все еще большое отличие вычисленного значения силы осциллятора для перехода ${}^3H_6 \rightarrow {}^1G_4$ от экспериментального. Наилучшее и непротиворечивое описание достигается в приближении промежуточного конфигурационного взаимодействия.

Таким образом в данной работе выполнен сравнительный анализ применимости теории Джадда-Офельта, модифицированной теории Джадда-Офельта, приближения промежуточного конфигурационного взаимодействия для описания интенсивности полос поглощения иона тулия в теллуридном стекле. В теории Джадда-Офельта параметр Ω_4 принимает отрицательное значение, что противоречит микроскопическим представлениям. Наилучшее и непротиворечивое описание достигается в приближении промежуточного конфигурационного взаимодействия.

Таблица 1 - Экспериментальные [5] и вычисленные силы осцилляторов абсорбционных переходов иона Tm^{3+} приближении ICI (3), модифицированной теории Джадда-Офельта (4) и стандартной теории D-O (2)

Переход ${}^3H_6 \rightarrow {}^{2S+1}L_J$	$E_J, \text{ см}^{-1}$	$f_{\text{exp}} \times 10^6$ [5]	$f_{\text{calc}} \times 10^6$		
			D-O (2)	M-D-O (4)	ICI (3)
3F_4	5730	6.94	7.854	7.763	7.143
3H_5	8340	7.35	6.268	5.870	6.402
3H_4	12590	13.01	13.065	13.142	13.206
${}^3F_3 + {}^3F_2$	14310	12.20	12.493	12.549	12.467
1G_4	21190	4.39	2.429	3.195	4.088
Параметры					
$\Omega_2 \times 10^{20}, \text{ см}^2$			12.956	19.529	19.152
$\Omega_4 \times 10^{20}, \text{ см}^2$			-0.712	0.249	8.860
$\Omega_6 \times 10^{20}, \text{ см}^2$			4.550	6.010	1.150
$\alpha \times 10^4, \text{ см}$				0.060	
$R_2 \times 10^4, \text{ см}$					0.058
$R_4 \times 10^4, \text{ см}$					0.174
$R_6 \times 10^4, \text{ см}$					-0.505
σ			1.220	1.216	1.068

Список использованных источников

1. Judd, B.R. Optical absorption intensities of rare-earth ions / B.R. Judd // Phys. Rev. – 1962. – Vol. 127, № 3. – P. 750-761.
2. Ofelt, G.S. Intensities of crystal spectra of rare-earth ions / G.S. Ofelt // J. Chem. Phys. – 1962. – Vol.37, №3. – P. 511-520.
3. Dunina, E.B. Influence of Excited Configurations on the Intensities of Electric Dipole Transitions of Rare Earth Ions / E. B. Dunina and A. A. Kornienko // Optics and Spectroscopy. – 2014. – Vol. 116, No. 5. – P. 706–711.
4. Dunina, E.B. Modified theory of f-f transition intensities and crystal field for systems with anomalously strong configuration interaction/ E.B. Dunina, A.A. Kornienko, L.A. Fomicheva// Cent. Eur. J. Phys.–2008. – Vol. 6, №3.–P. 407-414.
5. Study of optical absorption, visible emission and NIR–vis luminescence spectra of Tm^{3+}/Yb^{3+} , Ho^{3+}/Yb^{3+} and $Tm^{3+}/Ho^{3+}/Yb^{3+}$ doped tellurite glasses / M. Seshadri , L.C.Barbosa, C.M.B.Cordeiro, M.Radha, F.A.Sigoli, Y.C.Ratnakaram // J.Lumin. – 2015. – Vol. 166. – P. 8-16.

УДК 004.3

МИКРОПРОЦЕССОРЫ В СЛОЖНОЙ ТЕХНИКЕ ПРОМЫШЛЕННОГО И БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Яхияев М.А., студ., Ни А.В., студ.

Псковский государственный университет, г. Псков, Российская Федерация

Реферат. В статье рассмотрены микропроцессоры в сложной технике промышленного и бытового назначения. Микропроцессоры в промышленной и бытовой технике необходимы для ускорения их работоспособности, а также для экономии