

- <https://www.ssl.com/faqs/faq-what-is-ssl/>. – Дата доступа: 03.05.2020.
3. Материалы сайта Справка–Google Domains [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://support.google.com/domains/answer/7630973?hl=ru>. – Дата доступа: 03.05.2020.
 4. Материалы сайта spring.io [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spring.io/projects/spring-boot>. – Дата доступа: 13.04.2020.
 5. Как настроить HTTPS в Spring Boot материалы сайта java-master.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://java-master.com/%D0%BA%D0%B0%D0%BA-%D0%BD%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B8%D1%82%D1%8C-%D0%B2-spring-boot>. – Дата доступа: 13.04.2020.

УДК 535.375.51

ПРИЧИНЫ СВЕРХПОГЛОЩЕНИЯ В ЛЮТЕЦИЙ АЛЮМИНИЕВОМ ГРАНАТЕ, АКТИВИРОВАННОМ ИОНАМИ ТУЛИЯ

Корниенко А.А.¹, проф., Фомичева Л.А.², доц., Дунина Е.Б.¹, доц.

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

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

Реферат. Для устранения противоречия между наблюдаемой интенсивностью полосы поглощения ${}^3H_6 \rightarrow {}^3F_4$ иона тулия в монокристалле $Lu_3Al_5O_{12}$ и измеренным временем жизни уровня 3F_4 выдвинута гипотеза о дополнительном или сверх поглощении, вызванном двухфотонными процессами. Установлено, что мультиплеты ${}^3H_6, {}^3F_4, {}^3H_4$ образуют трехуровневую систему приблизительно с эквидистантным расположением, для которой может реализоваться резонансное двухфотонное поглощение. Анализ экспериментальных данных показал, если предполагаемые двухфотонные процессы исключить, то радиационное время жизни уровня 3F_4 хорошо согласуется с экспериментальным значением и противоречие между данными по поглощению и излучению устраняется. Возможность реализации предполагаемых двухфотонных процессов подтверждена теоретическими расчетами.

Ключевые слова: ион тулия, $Lu_3Al_5O_{12}$, аномально сильное поглощение.

Интенсивность излучения на некоторой длине волны взаимосвязана с интенсивностью поглощения на этой же длине волны. При определенных условиях, нет промежуточных уровней между возбужденным уровнем и основным, или коэффициент ветвления люминесценции с возбужденного уровня на основной значительно больше коэффициентов ветвления на промежуточные уровни, эта взаимосвязь будет однозначной – чем больше интенсивность поглощения, тем больше интенсивность излучения и меньше время жизни возбужденного уровня. У иона тулия первый возбужденный уровень 3F_4 , средняя энергия 5831 см^{-1} . Для перехода ${}^3H_6 \rightarrow {}^3F_4$ измерена интенсивность поглощения, она характеризуется силой осциллятора $f_{\text{эпр}} = 1.45 \times 10^{-6}$ и измерено время жизни $\tau_{\text{эпр}}({}^3F_4) \approx 10000$ мкс. Эти экспериментальные данные противоречат друг другу. Противоречие состоит в том, что согласно измеренной силе осциллятора абсорбционного перехода ${}^3H_6 \rightarrow {}^3F_4$, излучательное время жизни должно быть $\tau_{\text{рад}}({}^3F_4) = 6650$ мкс, что в 1.5 раза меньше наблюдаемого или флюоросцентного времени. Так как из-за различных процессов в реальном кристалле (столкновения, перенос энергии, тепловое движение) флюоросцентное время всегда меньше или, в крайнем случае, равно излучательному, то выявленное противоречие требует принципиально нового объяснения. Для объяснения этого противоречия в данной работе сделано предположение, что на длине волны перехода ${}^3H_6 \rightarrow {}^3F_4$ есть дополнительное или сверх поглощение. У иона тулия основной мультиплет 3H_6 и

мультиплеты 3F_4 (энергия 5831 см⁻¹), 3H_4 (энергия 12699 см⁻¹) образуют трехуровневую систему приблизительно с эквидистантным расположением с энергетическим зазором около 6600 см⁻¹. Чтобы убедиться в этом, проанализируем данные таблиц 1 и 2, в которых представлено разложение полос поглощения, соответствующих переходам ${}^3H_6 \rightarrow {}^3F_4$ и ${}^3H_6 \rightarrow {}^3H_4$.

Энергии фотонов, соответствующих пикам № 1(6167.5) и № 2(6127.8) из таблицы 1 в два раза меньше энергии, соответствующей пикам № 6(12541) и № 7(12440) из таблицы 2, или уровень 3F_4 расположен практически посередине между основным уровнем 3H_6 и возбужденным уровнем 3H_4 . Это означает, что фотоны с энергией 6167.5 и 6127.8 могут поглощаться как в абсорбционном переходе ${}^3H_6 \rightarrow {}^3F_4$, так и в абсорбционном переходе ${}^3F_4 \rightarrow {}^3H_4$ с возбужденного уровня 3H_4 . Такие фотоны будут приводить к эффекту дополнительного или сверх поглощения на переходе ${}^3H_6 \rightarrow {}^3F_4$. Рассмотренный процесс дополнительного поглощения по своей сути является резонансным двухфотонным поглощением.

Таблица 1 – Разложение коэффициента поглощения полосы ${}^3H_6 \rightarrow {}^3F_4$ на лорентцевые пики

№/пп	Коэффициент поглощения пика, Γ_i (см ⁻¹)	Центр пика, нм	Энергия центра пика, см ⁻¹
1	30.743	1621.4	6167.5
2	36.654	1631.9	6127.8
4	57.572	1680.9	5949.2
5	8.0334	1697.4	5891.4
6	20.358	1711.3	5843.5
7	8.1820	1730.7	5778.0
8	16.147	1758.9	5685.4
9	12.135	1749.0	5717.6
10	9.3434	1779.5	5619.6
11	7.4490	1805.8	5537.1

Таблица 2 – Разложение коэффициента поглощения полосы ${}^3H_6 \rightarrow {}^3H_4$ на лорентцевые пики

№/пп	Коэффициент поглощения пика, Γ_i (см ⁻¹)	Центр пика, нм	Энергия центра пика, см ⁻¹
1	10.882	765.71	13060
2	31.716	781.31	12799
3	2.8593	783.96	12756
4	5.9023	787.67	12696
5	0.46161	793.74	12599
6	3.5095	797.41	12541
7	4.1233	803.83	12440

Используя данные по коэффициентам поглощения из таблицы 1 и вычисленное радиационное время жизни, можно сделать грубую оценку радиационного времени жизни τ_{rad}^* уровня 3F_4 , если исключить предполагаемое двухфотонное поглощение (пики № 1 и № 2). Известно, что интегральный коэффициент поглощения обратно пропорционален радиационному времени жизни. Поэтому можно составить следующие пропорции:

$$\sum_{i=1}^{11} \Gamma_i \rightarrow \frac{1}{\tau_{rad}({}^3F_4)} \quad 206.62 \rightarrow \frac{1}{6650}$$

или

$$\sum_{i=3}^{11} \Gamma_i \rightarrow \frac{1}{\tau_{rad}^*} \quad 139.22 \rightarrow \frac{1}{\tau_{rad}^*}$$

Из последней пропорции получим следующую расчетную формулу:

$$\tau_{rad}^* = \frac{6650 \cdot 206.62}{139.22} = 9870 \text{ мкс.}$$

Полученное значение радиационного времени жизни хорошо согласуется с экспериментальным $\tau_{exp}({}^3F_4) \approx 10000$ мкс.

Подводя краткий итог выполненному анализу экспериментальных данных, можно сделать такие выводы: а) мультиплеты 3H_6 , 3F_4 , 3H_4 образуют трехуровневую систему приблизительно с эквидистантным расположением, для которой может реализоваться резонансное двухфотонное поглощение; б) двух фотонные процессы дают дополнительное или сверх поглощение на переходе ${}^3H_6 \rightarrow {}^3F_4$ и, если предполагаемые двухфотонные процессы исключить, то радиационное время жизни уровня 3F_4 хорошо согласуется с экспериментальным значением.

С термином двухфотонное поглощение прочно ассоциируется мнение, что они имеют маленькую вероятность по сравнению с однофотонными. Однако это утверждение справедливо только для двухфотонных процессов в двухуровневой системе, протекающих через виртуальный промежуточный уровень. В трехуровневой системе с эквидистантным расположением ситуация коренным образом изменяется. Убедиться в этом можно, рассмотрев взаимодействие системы с электромагнитным излучением резонансной частоты. Для этого запишем уравнение для матрицы плотности ρ

$$i\hbar \frac{\partial \rho}{\partial t} = [\hat{H}, \rho].$$

Матрица плотности и гамильтониан \hat{H} имеют размерность 3×3 . При учете переходов только между соседними уровнями, для элементов матрицы плотности получится следующая система уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{\rho}_{11} &= -i \frac{Ed_{12}}{\hbar} (\rho_{12} - \rho_{21}), \\ \dot{\rho}_{22} &= i \frac{Ed_{12}}{\hbar} (\rho_{12} - \rho_{21}) - i \frac{Ed_{23}}{\hbar} (\rho_{23} - \rho_{32}), \\ \dot{\rho}_{33} &= i \frac{Ed_{23}}{\hbar} (\rho_{23} - \rho_{32}), \\ \dot{\rho}_{12} &= i\omega_{12}\rho_{12} + i \frac{Ed_{12}}{\hbar} (\rho_{22} - \rho_{11}), \\ \dot{\rho}_{23} &= i\omega_{23}\rho_{23} + i \frac{Ed_{23}}{\hbar} (\rho_{33} - \rho_{22}). \end{aligned}$$

Здесь $\rho_{11}, \rho_{22}, \rho_{33}$ – заселенности соответственно уровней 3H_6 , 3F_4 , 3H_4 , E – напряженность электрического поля электромагнитной волны, d_{ik} – матричный элемент электрического дипольного момента, $\omega_{12} = \omega_{23}$ – резонансная частота перехода между соседними уровнями.

Получить точное решение для $\rho_{11}, \rho_{22}, \rho_{33}$ из системы уравнений затруднительно, поэтому было применено приближение вращающейся волны и предположение, что $\rho_{11}, \rho_{22}, \rho_{33}$ изменяются во времени значительно медленнее, чем ρ_{12}, ρ_{23} . Даже при таких допущениях решение получилось очень громоздким и мало пригодным для анализа двухфотонных

процессов. Лучшие результаты дает решение в виде разложения по степеням t и анализ численного решения. Из численного решения следует, что $\frac{\rho_{33}}{\rho_{22}} = 0.27$. Другими словами,

резонансное двухфотонное поглощение может усиливать поглощение на переходе ${}^3H_6 \rightarrow {}^3F_4$ до 27 % процентов. Этот вывод хорошо согласуется с экспериментальными данными.

Таким образом, противоречие между наблюдаемой интенсивностью поглощения на переходе ${}^3H_6 \rightarrow {}^3F_4$ и временем жизни 3F_4 можно устранить при учете дополнительного или сверх поглощения, обусловленного резонансными двухфотонными процессами.

УДК 004.4

РАЗРАБОТКА REST-СЕРВИСА ДЕКАНАТА УНИВЕРСИТЕТА

Кузнецов А.А., д.т.н., проф., Казаков В.Е., к.т.н., доц., Осинковский Ю.В., маг.

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

Реферат. В статье рассматривается разработка REST-сервиса как серверной части веб-приложения деканата университета.

Ключевые слова: деканат, веб-приложение, REST, API, JSON, Spring.

Деканат – возглавляемый деканом организационный центр по управлению работой факультета. Деканат выполняет функции координации и административного обеспечения учебного процесса, ведения делопроизводства. Здесь составляется расписание занятий. Деканат контролирует работу преподавателей и студентов на предмет её соответствия учебному плану, осуществляет общее руководство научной работой студентов.

В перечень его основных задач входит:

- контроль над деятельностью преподавателей (выполнение учебного плана, ведение документации и пр.);
- оценка успеваемости студентов;
- совместная работа с приемной комиссией в части приема и зачисления абитуриентов;
- организация учебной деятельности на факультете (утверждение учебных планов, индивидуальной программы обучения, утверждение расписания занятий и пр.);
- работа со студентами: решение организационных и общих вопросов, консультирование учащихся по отдельным и личным вопросам, предоставление справок и иных документов по месту требования;
- оформление приказов и распоряжений (о зачислении, отчислении, переводе и пр.).

Использование веб-сервиса для автоматизации работы деканата существенно сократит время работы основных бизнес-процессов, уменьшит количество невынужденных ошибок.

Для реализации веб-сервиса необходима клиентская часть и серверная часть.

Клиентская часть веб-приложения – это часть веб-приложения, которая работает в браузере пользователя в виде html-страницы, отображает основной контент и может взаимодействовать с серверной частью используя различные протоколы.

Серверная часть веб-приложения – это сервер, который предоставляет клиентской части API [1] для взаимодействия с клиентом.

В качестве архитектуры веб-приложения выбрана REST [2]. Следовательно, все взаимодействие будет происходить через HTTP-протокол. А вся информация будет передаваться в JSON-формате.

Основные API, которые необходимо реализовать, – это получение всех пропусков студента, в том числе отработанных и нет, получение оценок студента по соответствующей дисциплине за конкретный семестр, получение долгов студента по дисциплине.

Исходя из поставленных задач, в качестве парадигмы разработки сервиса будет использована многослойная архитектура.

Многослойная архитектура является одной из архитектурных парадигм разработки ПО, при которой функциональные области приложения разделяются на группы.

Всю функциональность приложения, так или иначе, можно разделить на группы, в