ISNN:2181-1296



SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI

САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ШАРОФА РАШИДОВА

SAMARKAND STATE UNIVERSITY NAMED AFTER SHAROF RASHIDOV

ILMIY AXBOROTNOMA

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК SCIENTIFIC JOURNAL

ANIQ VA TABIIY FANLAR SERIYASI

Matematika, Mexanika, Informatika
Fizika, Kimyo, Biologiya, Geografiya

№ 3/2 (139)
2023

ISSN 2181-1296

ILMIY AXBOROTNOMA

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК SCIENTIFIC JOURNAL

2023-yil, 3-son (2-seriya)(139) ANIQ VA TABIY FANLAR SERIYASI

Matematika, Mexanika, Informatika, Fizika, Kimyo, Biologiya, Geografiya

Samarqand viloyat matbuot boshqarmasida ro‘yxatdan o‘tish tartibi 09-25.
Jurnal 1999-yildan chop qilina boshlagan va OAK ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR **R. I. XALMURADOV, t.f.d., professor**
BOSH MUHARRIR O‘RINBOSARLARI: **H.A. XUSHVAQTOV, f-m.f.d., dotsent**
A. M. NASIMOV, t.f.d., professor

TAHRIRIYAT KENGASHI:

ANIQ FANLAR

SH.A.ALIMOV - O‘zFA akademigi
S.N.LAKAYEV - O‘zFA akademigi (SamDU)
M.M.MIRSAIDOV - O‘zFA akademigi
A.S.SOLEEV - f.-m.f.d., professor (SamDU)
I.A.IKROMOV - f.-m.f.d., professor (SamDU)
B.X.XO‘JAYAROV - f.-m.f.d., professor (SamDU)
A.G.YAGOLA - f.-m.f.d., professor (Moskva davlat universiteti, Rossiya)
I.I.JUMANOV - f.-m.f.d., professor (SamDU)
X.X.XUDOYNAZAROV - t.f.d., professor (SamDU)
ALBERTO DEL BIMBO - Florensiya universiteti professori, Italiya
L.SABIROV - f.-m.f.d., professor (SamDU)
A.JUMABOYEV - f.-m.f.d., professor (SamDU)
N.N.NIZAMOV - f.-m.f.d., professor (SamDU)
O.Q.QUVONDIQOV - f.-m.f.d., professor (SamDU)
I.A.RAXMATULLAYEV - f.-m.f.d., professor
A.SH.YARMUXAMEDOV - f.-m.f.n., (SamDU)
X.S.XAYDAROV - f.-m.f.n., dotsent (SamDU)

TABIY FANLAR

M.X.ASHUROV - O‘zFA akademigi
N.B. FERAPONTOV - k.f .d., professor (Moskva davlat universiteti, Rossiya)
SH. M. TUGIZOV - professor, Koliforniya universiteti, AQSh
H. I. AKBAROV - k.f.d., professor (O'zMU)
E. A. ABDURAXMONOV - k.f.d., professor (SamDU)
N. K. MUXAMADIYEV - k.f.d., professor (SamDU)
L. A. BULAVIN - Kiev milliy universiteti professori, Ukraina
X. Q. XAYDAROV - b.f.d., professor (SamDU)
Z. I. IZZATULLAYEV - b.f.d., professor (SamDU)
Sh. T. XOLIQULOV - g.f.d., professor (SamDU)
S. B. ABBASOV - g.f.d., professor (SamDU)
Q. S. YARASHEV - g.f.d., professor (SamDU)
GUN-SIK PARK - Seul univeriteti professori, Koreya
D.B.XURSANOV - g.f.f.d., dotsent (SamDU)
M. S. QUZIYEV - b.f.f.d., dotsent (SamDU)

Obuna indeksi – yakka tartibdagi obunachilar uchun **- 5583,**
tashkilot, korxonalar uchun **- 5584**

MUNDARIJA	
Кулжанов У.Н., Адилов А.А. *Спектралные свойства одночастичного оператора шредингера с контактным потенциалом*……..	3-7
Eshbekov R. *The cauchy problem for the modified korteweg-de vries equation with finite density in the class of periodic functions*……..	8-16
Abdurakhmonov B., Zaripov O., Teshayeva M. *Lagranj ko`paytuvchilari yordamida tengsizliklarni isbotlash*……	17-21
Umirzoqova I., Boboxonova G. *Oshkormas funksiya egriligi va kvadratik formalari*……..	22-26
Qurbonov H.G‘., Rustamov M.K., Gafurova D.A., Temiron N.N., Toshpulatova M.Sh. *Synthesis and properties of difficult combustion material based on modified polyacrylonitrile*……	27-32
Холиков Д.Ш., Худайбердиев З.Б., Исмоилов Х.Ф. *Упрощение нелинейного уравнения крутильных колебаний круглого конического слоя*……	33-38
Kamoliddinov D.U. *Density and regular distribution*……	39-43
Kuliev K., Eshimova M., Turaqulov T. *A new method for norm of a hardy-volterra operator*……	44-50
Kuziev B.N. *A comparative study on feature selection methods in QSAR*……..	51-55
Мардонов Ж.А. *Задача коши для неоднородного лапласова поля*……	56-61
Нуритдинов И., У.Эсанов З., Саидахмедов К.Х., Мажидов Х.М. *Преобразовании Dy1 центров в Dy2 центры в кристаллах* Dy_2SiO_5……	62-66
Akhmadova M.O. *The number of eigenvalues of the discrete schrödinger operator*……	67-71
Курбаниязов А.А., Сырлыбекқызы С., Раманкулов Ш. Ж., Аймбетова И.О., Ещанова Т.Д. *Новые данные высокого временного разрешения о морских и их изменчивости в зависимости от климатических условий*……	72-77
Ikromov I.A., Safarov A.R., Khudoyberdiev D. *Invariant estimates for generalized oscillatory integrals with polynomial phase*……	78-86
Urazbayev A.K. *Amudaryo hozirgi deltasidagi yer usti suv oqimlarining geografik strukturalari*……	87-91
Komilova N.K., Karshibayeva L.K. *Iqlim o‘zgarishlari va aholi kasalliklarining hududiy tarkibi (Jizzax va Sirdaryo viloyatlari misolida)*……	92-99
Нуритдинов И., Эсанов З.У., Саидахмедов К.Х., Ирисов Ш. *Влияние ионизирующего излучения на спектрально-люминесцентные свойства органических сцинтилляторов ups-923a*……	100-104
Alimkulov N.R. *Antropogen landshaftlarni tadqiq etish asosida landshaft-ekologik sharoit tushunchasining shakllanishi*……	105-113
Кувандиков О.К., Усаров У.Т. *Электрические, гальваномагнитные свойства редкого металла при различных температурах*	114-125
Komilova N.K., Ravshanov A.X. *Global iqlim o‘zgarishlari sharoitida O‘zbekistonda yuqumli-parazitar kasalliklar tarqalishining hududiy jihatlari*……	126-132

Рахматуллаев И.А., Ботиров Х.З., Чернега Н.В., Хайдаров Х.С. *Двухфотонно-возбуждаемая люминесценция в полициклических ароматических соединениях.....*	133-138
Anarova Sh.A., Jabbarov J.S., Rustamov A.A. Kattalashtirish masshtabiga bog'liq bo'lmagan fraktal o'lchovlarni geometrik modellashtirish…….	138-142
Nurmuhamedova D.K., Kutlieva G.J., Sohibnazarova X.A., Zairova X.T. *Mahalliy sut achituvchi bakteriyalarning antimikrob va bakteriosinogen faolligini tadqiq etish …….*	143-148
Тайланов Н.А., Уринов С.Х. *Численное моделирование уравнения гросса-питаевского.....*	149-159

УДК 535.361 **DOI:** https://doi.org/10.59251/2181-1296.2023.v3.139.2.2266

ДВУХФОТОННО-ВОЗБУЖДАЕМАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ В ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ

И.А.Рахматуллаев[1], Х.З.Ботиров[2], Н.В.Чернега[3], Х.С.Хайдаров[4]

[1]Ташкентский филиал Национального исследовательского ядерного университета
[2]Центр передовых технологий при Агентстве инновационного развития Республики Узбекистан
[3]Физический институт имени П.Н.Лебедева Российской академии наук
[4]Самаркандский государственный университет
ilyoss@rambler.ru

Аннотация. Работа посвящена экспериментальному исследованию двухфотонно-возбуждаемой люминесценции в полициклических ароматических соединениях. Обнаружено, что при увеличении интенсивности возбуждающего излучения происходит деформация формы контура двухфотонно-возбуждаемой люминесценции, сопровождаемая увеличением амплитуды коротковолнового и уменьшении длинноволнового максимумов. В исследованных соединениях выявлен эффект суперлюминесценции.

Ключевые слова: люминесценция, порошок, ароматические соединения, лазер, спектр, вторичное излучение, двухфотонно-возбуждаемая люминесценция, бензольное кольцо.

Polisiklik aromatik birikmalarda ikki fotonli uyg‘otilgan lyuminessensiya

Annotatsiya. Maqola polisiklik aromatik birikmalarda ikki fotonli uyg‘otilgan lyuminessensiyani eksperimental tarzda o‘rganishga bag‘ishlangan. Uyg‘otuvchi nurning intensivligi oshishi bilan ikki fotonli uyg‘otilgan lyuminessensiya konturi shaklida deformasiya kuzatiladi: qisqa to‘lqinli amplitudasi ko‘tariladi. Tadqiqot qilingan birikmalarda superlyuminessensiya effekti qayd qilindi.

Kalitli so’zlar: lyuminessensiya, kukun, aromatik birikmalar, lazer, spektr, ikkilamchi nurlanish, ikki fotonli uyg‘otilgan lyuminessensiya, benzol halqasi.

Two-photon-excited luminescence in polycyclic aromatic compounds

Abstract. The work is devoted to the experimental study of two-photon-excited luminescence in polycyclic aromatic compounds. It has been found that with an increase in the intensity of the exciting radiation, the shape of the two-photon-excited luminescence contour is deformed, accompanied by an increase in the amplitude of the short-wavelength and a decrease in the long-wavelength maxima. The studied compounds revealed the effect of superluminescence.

Keywords: luminescence, powder, aromatic compounds, laser, spectrum, secondary radiation, two-photon-excited luminescence, benzene ring.

Введение. В настоящее время исследование сложных молекулярных систем и процессов взаимодействия излучения с ними приобретает все большую актуальность [1]. При плотности мощности порядка десятков и сотен мегаватт на квадратный сантиметр становятся существенными различные нелинейные эффекты**,** исследование которых представляет интерес как в фундаментальном плане, так и в связи с практическими применениями молекулярных систем в условиях [1]. В частности, ценную информацию о конденсированных средах может быть получена из анализа двухфотонно-возбуждаемой люминесценции (ДВЛ).

Многие ароматические структуры характеризуются высоким квантовым выходом люминесценции и, в связи с этим находят применение в качестве люминофоров. Из органических соединений, поглощающих в видимой и ближней ультрафиолетовой области, ароматические углеводороды представляются более простыми в том отношении, что их электронные полосы в указанной области связаны с одним типом перехода π-π^* [2-4]. Молекулярные структуры, характеризующиеся наличием одного или двух бензольных колец, люминесцируют в ближней ультрафиолетовой области за счет девозбуждения π-электронов бензольного кольца. При этом наибольший квантовый выход люминесценции реализуется для высокосимметричных молекул. С увеличением числа бензольных колец максимум спектра

люминесценции смещается в длинноволновую область. В литературе имеются сведения как по спектрам поглощения [2,3], так и спектрам люминесценции [3].

Цель данной работы заключалась в установлении энергетических и спектральнқх характеристик ДВЛ ряда полициклических ароматических соединений при импульсно-периодическом лазерном возбуждении.

Методика эксперимента. Схема экспериментальной установки (см. рис. 1) соответствует методу исследования вторичного излучения (ВИ) «на отражение» [5-12]: 1) ЛПМ, 2) осветительная система с исследуемым образцом, 3) монохроматор типа МДР-2 и система регистрации. Дифракционная решетка спектрометра поворачивалась с помощью шагового двигателя, управляемого с помощью импульсного генератора Г5-54. Для ослабления линий газового разряда ЛПМ (1) перед образцом (5) устанавливался абсорбционный светофильтр ЖС-17 (3). Возбуждающее лазерное излучение направлялась на поверхность образца в виде пятна размером 100 мкм. Вещество в форме порошка помещалось в кювету с плоскопараллельными кварцевыми окнами марки «КУ». ЛПМ генерирует излучение в видимой области спектра с длинами волн 510,6 и 578,2 нм. Средняя мощность излучения для приборов такого типа достигает 10 Вт. Излучение генерируется в импульсно-периодическом режиме с большой частотой следования (10^4 Гц) коротких (20 нс) импульсов генерации с пиковой мощностью 10^5 Вт. Рассеянное излучение собиралось системой кварцевых линз (6) на входную щель монохроматора МДР-2 (9), перед которой устанавливался фильтр УФС-1 (7) при регистрации спектров в области 260-400 нм и BG-12 при регистрации в области 360-500 нм. Излучение после монохроматора регистрировалось с помощью ФЭУ-130 (10) в системе счета фотонов [5-12].

Блок регистрации сигналов установки состоит из фотоприемника, схемы стробируемого счетчика фотонов и записывающего устройства (самописец или принтер). Сигнал с ФЭУ-130 поступал на счетчик фотонов. Устройство стробировалось импульсами лазерного излучения, отраженного от светоделительной пластинки (2) на фотодиод синхронизации (12). Сигнал после ФЭУ-130 и предварительного парафазного усилителя поступал на амплитудно-временной селектор (14). Селектор регистрировал отдельные одноэлектронные импульсы, вызванные сигналом ВИ только в момент прихода на него строб-импульса длительностью 35 нс. Строб-импульс вырабатывался формирователем, который запускался импульсом с устройства синхронизации, прошедшим через линию задержки. Линия задержки (13) позволяла осуществить временное совпадение строб-импульса с импульсом, вызванным сигналом ВИ. Задержка начала строб-импульса относительно опорного импульса синхронизации могла регулироваться от 5 до 500 нс. Зарегистрированный сигнал с селектора поступал на формирователь, вырабатывающий нормализованные прямоугольные импульсы длительностью 500 нс и амплитудой 1 В. Эти нормализованные импульсы поступали на линейный интенсиметр (15), имеющий 7 пределов измерений, при переключении которых его чувствительность могла изменяться на три порядка. Интенсиметр преобразовывал среднюю частоту появления нормализованных импульсов в напряжение. Выход интенсиметра был подключен к двухкоординатному самописцу Н-307. Амплитуда отклонения пера самописца была пропорциональна скорости поступающих на детектор импульсов.

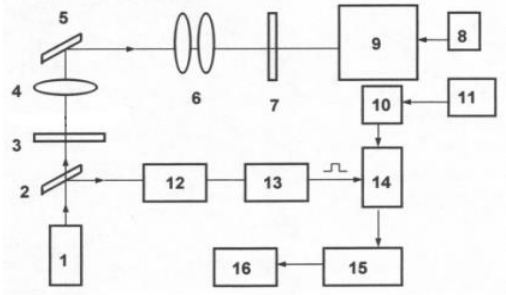


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования вторичного излучения в конденсированных средах при импульсно-периодическом лазерном возбуждении (схема «на отражение»): 1- лазер на парах меди, 2- пластина, 3- абсорбционный фильтр ЖС-17, 4-линза, 5-образец, 6- конденсор, 7- абсорбционный фильтр УФС-1 или BG-12, 8- блок управления МДР-2, 9- МДР-2, 10- ФЭУ-130, 11- блок питания ФЭУ-130, 12- фотоприёмное устройство ЛФДП-3, 13- линия задержки, 14- амплитудно-временной селектор, 15- интенсиметр или компьютер, 16-

самописец Н-307 или принтер

Счетчик фотонов работал как в режиме непрерывного счета, так и в режиме стробирования. В непрерывном режиме счета фотонов ФЭУ-130 при оптимальном уровне дискриминации давал 250-300 шумовых импульсов в секунду. В режиме стробирования при скважности 3000, число шумовых импульсов составило ~ 0,1 имп./ сек. При использовании компьютера время накопления сигнала при фиксированном положении дифракционной решетки изменялось в диапазоне 0,1-100 с, в зависимости от интенсивности регистрируемого сигнала. Информация от регистрирующего устройства проводилась к компьютеру и накапливалась в цифровом виде и выводилась на экран компьютера в виде графика. Этот график выводился на принтер.

Образцы исследовались в виде порошков с размерами частиц около 0,1 мм. Порошок помещался между кварцевыми окнами. Толщина слоя составляла 0,5 мм. После прохождения через кювету расходимость пучка сильно возрастала, поэтому для сравнения энергий ДВЛ в веществе мы измеряли энергии пучков в одном и том же пространственном угле (0,04 рад).

Для анализа интенсивности спектров применялись калиброванные нейтральные светофильтры типа НС. Таким образом, имелась возможность исследовать характеристики спектров ВИ и времени задержки регистрации сигнала по отношению к импульсу возбуждающего излучения. Спектры ДВЛ регистрировалась при комнатной температуре.

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 (кривые 1-4) представлены спектры ДВЛ порошков PPO, полученные при различных интенсивностях возбуждающего излучения. При малой интенсивности возбуждающего излучения (кривая 1) спектр носит континуальный характер. При повышении интенсивности возбуждающего излучения (кривая 2) обнаруживается слабо выраженный максимум области λ=396,6 нм. С дальнейшим увеличением интенсивности возбуждающего излучения (кривая 3) в спектре формируется достаточно узкий пик с максимумом 396,6 нм (рис. 2). Сравнение характеристик ДВЛ порошков PPO с соответствующими характеристиками POPOP приводится в табл. 1.

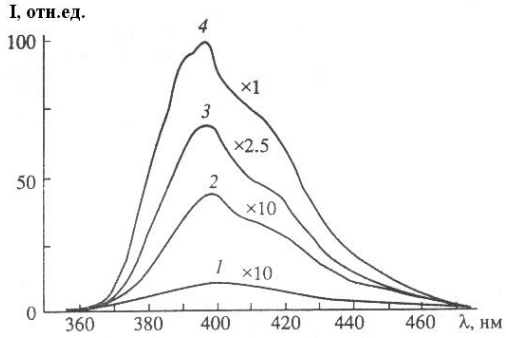
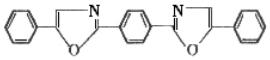
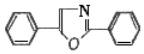


Рис. 2 Спектры ДВЛ порошков PPO, полученные при различных интенсивностях накачки. Кривая (1) соответствует интенсивности $I_{возб}$=4; (2) - $I_{возб}$=6; (3) - $I_{возб}$=12; (4)- $I_{возб}$=22 (где значения $I_{возб}$ - приведены в единицах 10^7 Вт/см^2)

Таблица 1.

Сравнительные характеристики спектров ДВЛ для POPOP и PPO. $\lambda_{мак}$-положение максимума, $\Delta\lambda$- ширина полосы ДВЛ, λ_1, λ_2-диапазон спектра, χ- энергетическая эффективность ДВЛ

Вещество	$\lambda_{мак}$, нм	$\Delta\lambda$, нм	λ_1, λ_2, нм	χ	Структурная формула
POPOP	460	25,5	420-500	$1{,}3\cdot10^{-2}$	
PPO	396,6	61,2	350-480	$4\cdot10^{-1}$	

На рис. 3 приведены спектры ДВЛ порошков POPOP при различных интенсивностях возбуждающего излучения. При малой интенсивности возбуждающего излучения с

увеличением интенсивности накачки максимум ($\lambda_{мак}$=465,5 нм) и полуширина ($\Delta\lambda$=25,5 нм) спектра (кривые 1-2) практически не изменяются, а происходит лишь увеличение интенсивности ДВЛ. При повышении интенсивности накачки (кривая 3) максимум спектра слегка смещается в более коротковолновую область ($\lambda_{мак}$= 463 нм), полуширина не меняется, а пиковая интенсивность люминесценции $I_{мак}$=21. С дальнейшим увеличением интенсивности возбуждающего излучения (кривая 4) происходят изменения положения максимума, полуширины и интенсивности спектра: $\lambda_{мак}$=460 нм, $\Delta\lambda$=28,8 нм, $I_{мак}$=100. POPOP были исследованы многими исследователями [13-17].

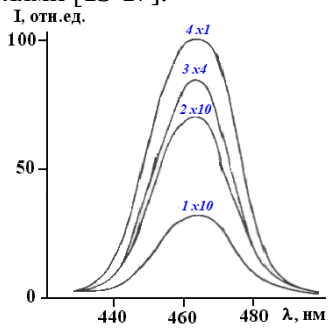


Рис. 3. Спектры ДВЛ порошков POPOP при различных интенсивностях возбуждающего излучения. Кривая (1) соответствует интенсивности $I_{возб}$=3; (2)- $I_{возб}$=5; (3)- $I_{возб}$=10; (4)- $I_{возб}$=25 (где значения $I_{возб}$ - приведены в единицах 10^7 Вт/см^2)

На рис. 4 приведена идеализированная схема уровней молекулярного кристалла, иллюстрирующая наблюдаемый в них процесс ДВЛ. Для ароматических соединений первые возбужденные электронные уровни соответствуют синглетному (S_1) и триплетному (T_0) термам; основное электронное состояние соответствует синглетному терму S_0 [18-24]. В результате ДФП света молекула оказывается в возбужденном электронно-колебательном состоянии; после быстрой безизлучательной релаксации (характерные времена 10^{-11}-10^{-12} с) молекула оказывается в возбужденном состоянии S_1 или T_0. Возможен также переход в состояние S_1 с излучением кванта в красной или ближней ИК области. Переходы $T_0 \rightarrow S_0$ являются запрещенными по спину и происходят с очень малой вероятностью; такие переходы соответствуют процессам фосфоресценции. Переходы $S_1 \rightarrow S_0$ в соответствии с правилами отбора разрешены и обычно характеризуются вероятностью 10^8 с$^{-1}$. Такие переходы приводят к излучательным процессам флуоресценции с длительностью $\tau < 10^8$ с$^{-1}$.

В работах [25,26] была оценена величина пороговой энергии, необходимой для получения инверсной населенности: $E_p \geq 0{,}7$ Дж. Мы наблюдали ДВЛ при величинах, несколько меньших чем 0,7 Дж. Однако величина коэффициента двухфотонного поглощения $\beta' \sim 10^{-11}$ м/Вт характерна для ароматических углеводородов типа бензола. Увеличение числа бензольных колец в составе молекулы может привести к существенному росту β'. Особенно сильное отличие должно наблюдаться для POPOP, имеющего пять ароматических колец. Действительно, экспериментально наблюдаемая величина пороговой энергии уменьшается по мере усложнения молекулы. В POPOP она наиболее низка и составляет ≈0,03 Дж.

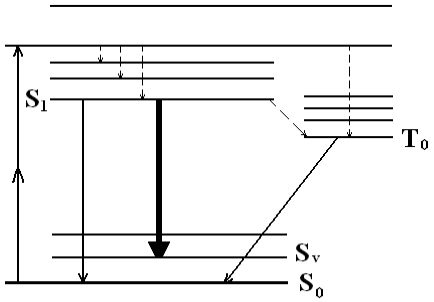


Рис. 4. Идеализированная схема энергетических уровней молекулярного кристалла

При малых интенсивностях накачки можно полагать, что ДВЛ (рис. 2 и 3, кривая 1) носит

спонтанный характер. Спектр люминесценции при этом соответствует переходу с первого возбужденного электронного состояния S_1 на колебательные подуровни основного состояния. Коротковолновый край наблюдаемого спектра соответствует π^*-π электронному переходу бензольного кольца ароматической молекулы. Длинноволновый край спектра можно объяснить проявлением электронных подуровней, связанных со структурой молекулы, а также колебательной структурой основного состояния молекулы. Сдвиг положения максимума (λ=460 нм для POPOP и λ=396,6 нм для PPO) в спектре при повышении интенсивности накачки можно объяснить переходом от режима спонтанной люминесценции к вынужденному, т.е. к суперлюминесценции.

При используемых режимах накачки органических порошков подобных структур такой эффект оказывается возможным, если за счет двухфотонной накачки формируется инверсия заселенности между π^*-электронным термом молекулы и колебательным уровнем, соответствующим полносимметричному колебанию бензольного кольца. Подтверждением такого вывода является высокий коэффициент преобразования возбуждающего излучения в ДВЛ при максимальных значениях интенсивности накачки (см. табл. 1).

Заключение. Таким образом, в работе детально исследованы механизмы возникновения спектров ДВЛ в микропорошках POPOP и PPO. Для POPOP установлено, что коэффициент преобразования энергии накачки в ДВЛ может достигать до 1,3%. Обнаружено, что при увеличении интенсивности возбуждающего излучения происходит деформация формы контура ДВЛ, сопровождаемая увеличением амплитуды коротковолнового и уменьшении длинноволнового максимумов. Это объясняется постепенным переходом спонтанной люминесценции в режим суперлюминесценции. Подтверждением этого служит возрастание интенсивности ДВЛ с ростом интенсивности возбуждающего излучения.

Литература

1. Воропай Е.С., Гулис И.М., Могильный В.В., Самцов М.П., Толстик А.Л. Лазерно-спектроскопические исследования нелинейно-оптических свойств сложных молекулярных систем // Избранные научные труды БГУ, 2001. – Т.4, вып. 7 (Физика). – С.182-203.
2. Кусаков М.М. Ультрафиолетовые спектры поглощения ароматических углеводородов. – М.: Из-во АН СССР. 1963. – 270 с.
3. Нурмухаметов Р.Н. Электронные спектры поглощения и люминесценции ароматических полициклических углеводородов // Успехи химии, 1966. – Т. 35. Вып. 6. – С. 1129-1159.
4. Рахматуллаев И.А. Вторичное излучение в конденсированных средах при импульсно-периодическом лазерном возбуждении. Дисс. д-ра физ.-мат. наук, Ташкент, 2008. – 260 с.
5. Agal'tsov A.M., Dzhuraev D.R., Gorelik V.S., Rakhmatullaev I.A. The fluorescence spectra of pharmaceutical compounds under two-photon excitation // Journal of Russian Laser Research, 1996. – Vol.17, Issue 3. – pp.305-312.
6. Gorelik V.S., Rakhmatullaev I.A. Combination optical processes in superdispersed media under pulse-periodic laser excitation // Journal of Russian Laser Research, 2005. –Vol. 26, Issue 1. – pp.66-82.
7. Gorelik V.S., Rakhmatullaev I.A. Photoluminescence of diamond films and ultrafine diamond under UV laser excitation // Inorganic Materials, 2004. – Vol.40, Issue 7. – pp.686–689.
8. Agal'tsov A.M., Gorelik V.S., Rakhmatullaev I.A. Spectral, energy, and temporal characteristics of two-photon-excited fluorescence in crystalline 1,4-DI-(2-(5-phynyloxazole)) benzene // Journal of Applied Spectroscopy, 1996. – Vol. 63, Issue 6. – pp.855-858.

9. Рахматуллаев И.А., Чернега Н.В., Давронов М.Х., Хайдаров Х.С. Одно- и двухфотонно-возбуждаемая люминесценция микропорошков диоксида титана при лазерном возбуждении // Научный вестник СамГУ, 2022, № 3. – С.157-163.
10. Давронов М.Х., Макаров Н.В., Рахматуллаев И.А. Изучение морфологических, структурных и оптических свойств микроструктур оксида цинка, полученных методом микроволнового разложения // Журнал «Успехи в химии и химической технологии». – Москва: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2022. – Т. 36, № 10. – С.60-63.
11. Илёс Рахматуллаев, Маъмуржон Давронов. Морфология и фотолюминесцентные свойства микроструктур оксида цинка, синтезированных методом микроволнового разложения // Материалы Международной научной конференции "Наука, техника и инновационные технологии в период Возрождения новой эпохи могущественного государства", посвященной Дню науки Туркменистана. 12-13 июня 2023 года, г.Ашхабад, Туркменистан. – С.55-58.
12. Рахматуллаев И.А., Ботиров Х.З., Курбонов А.К., Хайдаров Х.С., Ахмедова Ш.Ш., Абдурахматова М.П. Способ регистрации слабых сигналов с помощью резонаторных кювет и импульсно-периодических лазерных источников // Научный Вестник СамГУ, 2023. – №1(137/1). – С.58-65.
13. Gorelik V.S., Kudryavtseva A.D., Sokolovskaya A.I., Chernega N.V. Energy parameters of two-photon luminescence in organic media // Optics and Spectroscopy, 1996. – Vol. 81, Issue 3. – pp.369-372.
14. Kupov M.R., Gorelik V.S., Sverbil P.P., Lepnev L.S. Two-photon luminescence in POPOP and stilbene // Journal of Physics: Conference Series, 2019. – Vol. 1348. – pp.012055.
15. Sverbil P.P., Gorelik V.S., Kupov M.R., Lepnev L.S., Savransky V.V. Two-photon excited luminescence in POPOP under pulse-periodic laser excitation // Laser Physics, 2020. – Vol. 30, Issue 2. – pp.025404.
16. Ambats I., Marsh R.E. The crystal structures of 2,2'-p-phenylenehis(5-phenyloxazole) - `POPOP' // Acta Crystallographica, 1965. – Vol. 19, Part 6. – pp.942–948.
17. Schindler D., Felsmann M., Weber E. Influence of 1,4-dioxane solvent inclusion on the crystal structure of 5,5'-diphenyl-2,2'-(p-phenylene)-di-1,3-oxazole (POPOP) // Acta Crystallographica C, 2010. – Vol. 66, Part 7. – pp.0361–0363.
18. Набойкин Ю.В. и др. Когерентная спектроскопия молекулярных кристаллов. – Киев: Наукова думка. 1986. – 184 с.
19. Теренин А.Н. Фотоника молекул и красителей. – Л.: Наука. 1967. – 616 с.
20. Friedel O. Ultraviolet Spectra of Aromatic Compounds. – New York: Wiley and Sons. 1951. – 258 p.
21. Медведев Э.С., Ошеров В.И. Теория безызлучательных переходов в многоатомных молекулах. – М.: Наука. 1983. – 280 с.
22. Штерн Э.С. Тиммонс К.Дж. Электронная абсорбционная спектроскопия в органической химии. М.: Мир. 1974. – 291 с.
23. Лазерная и когерентная спектроскопия / Под ред. Дж. Стейнфелда. М.: Мир. 1982. – 630 с.
24. Владимиров Ю.А., Бурштейн Э.А. Спектры люминесценции ароматических аминокислот и белков // Биофизика. 1960. – Т. 5. – С.385-388.
25. Агальцов А.М., Горелик В.С., Рахматуллаев И.А. Спектральные, энергетические и временные характеристики двухфотонно-возбуждаемой флуоресценции в кристаллическом ППО // Оптика и спектроскопия. – Санкт-Петербург.1995. – Т.79, № 6. – С.959-962.
26. Горелик В.С., Козулин Е.А. Двухфотонно-возбуждаемая люминесценция в биологически-активных твердотельных структурах // Квантовая электроника. – Москва. 1994. – Т.21, № 4. – С.21-24.

SAMARQAND UNIVERSITETI ILMIY AXBOROTNOMASI

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК **SCIENTIFIC REPORTS**

Texnik muharrir **Sh.Xoliqulov**

Muharrirlar:

I.Sulaymonov - fil.f.d., dotsent
E.Arziqulov - f.-m.f.d., dotsent
O.Yusupova - fil.f.n., dotsent

Mas'ul muharrirlar:

A. Sh. Yarmuxamedov - f.-m.f.n.
X. S. Haydarov - f.-m.f.n., dotsent

Muassis: Samarqand davlat universiteti Manzil: 140104,
Samarqand shahri, Universitet xiyoboni, 15.
Telefon: (0 366) 240-38-47, Faks: (0 366) 239-13-87 e-mail:
axborotnoma.uz
SamDU «Ilmiy axborotnoma» jurnali tahririyati kompyuterida terildi. Bosishga 30.06.2023-yilda ruxsat etildi. Qog'oz o'lchami A-4. Nashriyot hisob tabog'i 10,00.
Buyurtma raqami 570. Adadi 30 nusxa.

ISSN 2181-1296

