

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Переверзєва Микити Володимировича
«Плазмонне підсилення люмінесценції J-агрегатів тіаціанінового та псевдоізоціанінового барвників наночастинками срібла та золота», яку представлено на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.05 – оптика та лазерна фізика.

1. Актуальність та практичне значення роботи.

Серед органічних люмінофорів високовпорядковані молекулярні агрегати органічних барвників, так звані J-агрегати, привертають до себе особливу увагу. Унікальність J-агрегатів полягає у їх оптичних властивостях, а саме: надвисоких коефіцієнтах екстинкції, ефективній міграції енергії, рекордно високих коефіцієнтах нелінійної кубічної сприйнятливості і т.д., які пов'язані з колективізацією електронних збуджень вздовж молекулярних ланцюжків і утворенням екситонів Френкеля. Практичне застосування таких систем можливе в матеріалах з великим і швидким оптичним відгуком, що необхідні для застосувань в оптичних пристроях комунікацій, у якості оптичних перемикачів у комп'ютерах, або для створення приладів освітлення нового покоління.

У деяких випадках, наприклад при формуванні у вигляді твердих зразків, J-агрегати демонструють низький квантовий вихід люмінесценції. Як відомо, квантовий вихід люмінесценції можна підвищити за рахунок взаємодії люмінофорів з поверхневими плазмонними резонансами наночастинок благородних металів, таких як золото та срібло. При цьому можна очікувати на особливості прояви плазмонного підсилення люмінесценції у випадку J-агрегатів у порівнянні з простими квантовими випромінювачами через колективну природу електронних збуджень. Але основна увага дослідників при вивченні екситон-плазмонної взаємодії для J-агрегатів з металевими наночастинками була зосереджена на формуванні нових гібридних електронних станів внаслідок режиму сильної взаємодії. Тому дисертаційна робота, яка присвячена вивченню особливостей плазмонного підсилення люмінесценції J-агрегатів деяких ціанінових барвників, є безсумнівно актуальною.

2. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій.

У дисертації наведено дослідження спектральних та структурних властивостей J-агрегатів тіаціанінового і псевдоізоціанінового барвників у водних розчинах та полімерних плівках при їх взаємодії з плазмонними

резонансами срібних та золотих наночастинок, відповідно. Дослідження проводилися з використанням різних методів оптичної спектроскопії, отримані результати порівнювалися з теоретичними моделями, які широко застосовуються для опису подібних систем. Вважаю, що експериментальні результати, теоретичні та обчислювальні методи, які використані автором та за допомогою яких у дисертації сформульовані висновки та рекомендації, цілком коректні та обґрунтовані.

3. Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях.

Основні результати дисертації повно викладені в 5 статтях у фахових журналах, з яких три статті в провідному міжнародному журналі *The Journal of Physical Chemistry C* з імпаکت-фактором (IF = 4,5), і дві статті в журналі *Functional Materials*, що входить до 10 найкращих журналів України за рейтингом Scopus (www.scimagojr.com/journalrank.php?country=UA). Також отримані результати обговорювалися на різних міжнародних та вітчизняних конференціях і опубліковані у вигляді 10 тез доповідей. Серед опублікованих праць немає робіт, що тотожні за змістом.

4. Достовірність та новизна отриманих результатів.

Достовірність наведених в дисертації експериментальних результатів забезпечена використанням апробованих методів виготовлення і аналізу досліджуваних зразків, застосуванням різних методів оптичної спектроскопії, у тому числі з часовим розділенням, порівнянням отриманих результатів з літературними даними. Теоретичні результати отримано з використанням відомих теоретичних моделей і апробованого математичного апарату. Рішення розглянутих у дисертації задач дають можливість прогнозувати вплив плазмонного резонансу металевих наночастинок на органічні барвники та впорядковані J-агрегати, дає можливість контролювати інтенсивність люмінесценції барвників, а також підсилювати її.

В роботі отримано такі нові результати:

- 1) Встановлено основні чинники, що впливають на ефективність плазмонного підсилення люмінесценції J-агрегатівціанінових барвників. Показано, що за оптимальних умов взаємодії J-агрегатів і металевих наночастинок можна очікувати на значне підсилення люмінесценції J-агрегатів.

- 2) Вперше визначено умови підсилення люмінесценції J-агрегатів ціанінових барвників при взаємодії з плазмонними резонансами металевих наночастинок.
- 3) Виявлено вплив плазмонного резонансу на довжину делокалізації екситонів в J-агрегатах ціанінових барвників.
- 4) Вперше для J-агрегатів PIS доведена можливість автолокалізації екситонів внаслідок сильної екситон-фононної взаємодії в умовах високого ступеню статичного безладу.

5. Наукове та практичне значення результатів дисертації.

В дисертації були отримані нові знання стосовно особливостей плазмонного підсилення люмінесценції в гібридних комплексах, сформованих з металевих наночастинок та J-агрегатів. Результати, викладені в дисертаційній роботі, можуть використовуватися для поглиблення розуміння екситон-плазмонної взаємодії. Отримані експериментальні результати щодо керування люмінесцентними характеристиками J-агрегатів ціанінових барвників можуть використовуватися для розробки нових оптичних матеріалів на їх основі. Ідеї та підходи, розвинуті в роботі, можуть бути використані при створенні нових оптико-електронних приладів, таких як сонячні батареї, світловипромінюючі пристрої, біосенсори.

6. Зауваження до роботи

При ознайомленні з дисертаційною роботою М.В. Переверзева не виникло принципових зауважень, які б стосувалися її основних положень і висновків. Є зауваження, пов'язані з подачею низки результатів, неясністю деяких формулювань, оформленням роботи тощо.

1. В теоретичних моделях, що описують екситон-плазмонну взаємодію у створених в дисертаційній роботі системах не враховуються властивості полімерних плівок, що розділяють металеві наночастинок і J-агрегати.
2. Діаграми підсилення люмінесценції J-агрегатів (Рис. 3.7, 3.19, 4.5б) апроксимовані кривими Гауса. Незрозуміло, чим саме обумовлений вибір такої залежності.
3. Недостатньо пояснений механізм зменшення автолокалізації екситонів за присутності плазмонних резонансів металевих наночастинок.

4. Відсутнє чітке пояснення зміни ширини екситонної смуги при взаємодії з плазмонними резонансами.
5. Дисертація не позбавлена деяких описок, помилок і жаргонних термінів:
 - на стор. 25 "накопиченні в екситоні концентрації енергії";
 - на стор. 57 не сказано для якого розміру наночастинок відноситься діаграма 3.9;
 - на стор. 60 не дані визначення деяких параметрів;
 - на стор. 73 вказано «вплив ППО» замість ППР,
 - на стор. 85 написано «зображеними» замість «зображеними»,
 - на стор. 88 написано «в ланцюжці» і «ланцюжцеві» замість «в ланцюжку»
 - рис. 4.14б та рис. 4.24б позначення вісі ординат "Нахил хвосту Урбаха"

Вказані недоліки не є принциповими і не зменшують важливості отриманих результатів.

7. Відповідність дисертації встановленим вимогам.

Результати наукових досліджень, які склали зміст дисертації Переверзева М.В., викладені зрозуміло і чітко. Це свідчить про професіоналізм автора. Дисертація написана з використанням академічного стилю викладення матеріалу і якісно оформлена. Основні результати дисертації опубліковані у 5 статтях в провідних світових фахових наукових журналах. Загальна кількість наукових публікацій, в яких викладені основні наукові та практичні результати дисертації, відповідає вимогам ДАК України. У авторефераті дисертації повністю відображено основний зміст дисертації, її актуальність і мету, новизну одержаних результатів, особистий внесок автора та висновки. Дисертаційна робота не містить плагіату.

На основі викладеного вище вважаю, що кваліфікаційна робота Микити Володимировича Переверзева «Плазмонне підсилення люмінесценції J-агрегатів тіаціанінового та псевдоізоціанінового барвників наночастинками срібла та золота», є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують конкретну наукову задачу суттєвого значення в галузі сучасної оптики і лазерної фізики, яка полягає у встановленні впливу плазмонного резонансу наночастинок срібла та золота на люмінесцентні властивості J-агрегатів тіаціанінового (ТС) та псевдоізоціанінового (РІС) барвників, що сформовані у водних розчинах і полімерних плівках. Дисертаційна робота за

актуальністю обраної теми, обсягом експериментального матеріалу, глибиною його осмислення і обговорення, науковою новизною, обґрунтованістю висновків і рекомендацій, якістю оформлення відповідає пп. 11, 13 та вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р., а здобувач заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.05 – оптика, лазерна фізика.

Офіційний опонент:

доктор фізико-математичних наук, професор
лауреат Державної премії України з науки та техніки
завідувач відділу теорії динамічних властивостей складних систем
Донецького фізико-технічного інституту
ім. О.О. Галкіна НАН України (м. Київ)

Ю. Г. Пашкевич

Підпис Ю.Г. Пашкевича засвідчує
Вчений секретар
Донецького фізико-технічного інституту
ім. О.О. Галкіна НАН України
кандидат технічних наук



В. Ю. Дмитренко