

ВІДГУК  
офіційного опонента кандидата фізико-математичних наук,  
доцента Хом'яка Богдана Ярославовича  
на дисертаційну роботу  
**Світличного Євгена Анатолійовича**  
**«ЛАЗЕРИ НА САМООБМЕЖЕНИХ ПЕРЕХОДАХ АТОМІВ МІДІ ТА  
КАЛЬЦІЮ З МОДИФІКОВАНОЮ КІНЕТИКОЮ»,**  
представлену на здобуття науковою ступеня  
кандидата фізико-математичних наук  
за спеціальністю 01.04.04 - фізична електроніка

Дисертаційна робота Світличного Є.А., виконана у відділі квантової та плазмової електроніки Інституту електронної фізики НАН України під науковим керівництвом доктора фізико-математичних наук, професора Кельмана Володимира Андрійовича. Робота присвячена експериментальному дослідженню впливу домішок металів на вихідні характеристики лазера на парі міді (ЛПМ), а також моделюванню одночасної генерації в лазері на атомарному та іонному самообмежених переходах (СОП) з метою покращення їх вихідних характеристик.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, зазначено мету і завдання роботи, викладено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, а також особистий внесок здобувача. Також представлено структуру і обсяг дисертації.

В **першому розділі** дисертації приводиться перелік відомих автору типів домішок та механізмів їх впливу на кінетику процесів в лазері на парі міді. Ретельно описано покращення генераційних характеристик ЛПМ за рахунок використання в його активному середовищі домішок парів металів або спеціальними конструкційними змінами активного елемента лазера. Проведено пошук літературних джерел, в яких описано вплив різних металевих домішок на вихідні характеристики ЛПМ та їх імовірні механізми впливу. Наявність значної кількості наукових праць, в яких щороку повідомляється про нові можливості і сфери застосувань, підтверджує високий науково-технічний інтерес до цього типу лазерів.

В **другому розділі** дисертаційної роботи описано апаратуру і методику експериментальних досліджень впливу домішки цинку на вихідні характеристики лазера на парі міді. Приведено будову експериментальної установки, схеми контролю часових та спектральних параметрів, схему збудження розряду, а також схему системи вакуумної відкачки та газонапуску.

В лабораторних умовах апробовано роботоздатність зібраного експериментального макета та отримано одночасну лазерну генерацію на двох довжинах хвиль у поздовжньому імпульсно-періодичному розряді в лазері на парі міді.

Відпрацьовано техніку і методику контролю концентрації атомів робочої суміші лазера на парі міді з домішкою цинку, проведення експериментальних досліджень із вивчення емісійних характеристик розряду лазера на парі міді з домішкою цинку та проаналізовано фактори, що впливають на достовірність результатів.

Приведено оцінки похибок вимірювань енергетичних і часових характеристик випромінювання плазми.

В **третьому розділі** досліджується перший напрямок покращення характеристик лазерів на СОП за рахунок введення домішкових атомів металів, зокрема цинку (домішки оптично-резонансного впливу).

В роботі резонансний механізм впливу був апробований для ЛПМ на чистій парі міді. Тут було використано Cu–Zn–Ne суміш на противагу CuBr–Zn–Ne суміші, що досліджувалася японськими дослідниками. Дослідження включало як експериментальне вивчення впливу домішки, так і пряме вимірювання поглинання резонансного випромінювання атома цинку метастабільними станами атома міді. На основі проведеного ретельного аналізу і узагальнення результатів експериментального дослідження різних механізмів дії домішок атомів металів на основні параметри лазера на парах міді, запропоновано й обґрунтовано єдиний механізм їх впливу. Його сутність полягає в корекції теплофізичних параметрів у пружних зіткненнях електронів із атомами кожної з компонент робочої суміші.

В **четвертому розділі** досліджується другий напрямок покращення характеристик лазерів на СОП за рахунок реалізації одночасної генерації на атомарних та іонних переходах. Створено теоретичну модель дослідження одночасної генерації на атомарному та іонному самообмежених переходах. У наближенні насиченої потужності отримані вирази в квадратурах для населеностей верхніх робочих рівнів атома та іона з використанням спільного рівняння для концентрації електронів. Конкретне застосування розв'язків продемонстроване на прикладі лазера на СОП атома та іона кальцію.

**Висновки** дисертації стисло висвітлюють основні наукові результати роботи.

### **Наукова новизна та основні результати.**

1. Вперше експериментально досліджено вплив домішки цинку на вихідні параметри лазера на парі міді. Проведено детальні дослідження позитивного впливу домішки на емісійні, спектральні, часові та енергетичні характеристики.

2. Визначено оптимальний інтервал температур нагріву контейнера з цинком, що призводить до зменшення енерговкладу у розряд на 21,5% та до збільшення енергії імпульсу генерації і коефіцієнта корисної дії.

3. Експериментально та теоретично доведено відсутність резонансно-оптичного механізму впливу домішки цинку на вихідні параметри лазера на парі міді.

4. Запропоновано й обґрунтовано єдиний механізм впливу домішок на теплофізичні параметри лазера на парі міді внаслідок пружних зіткнень електронів із атомами. Це призводить до підвищення температури розрядної трубки, а отже й концентрації атомів міді.

5. Виконано чисельне моделювання одночасної генерації з атомарних й іонних рівнів лазерних самообмежених переходів. Отримані чисельні та аналітичні розв'язки кінетики такої генерації.

6. Отримані розв'язки кінетики одночасної генерації апробовано на лазерних переходах атома та іона кальцію. Розв'язки відображають загальні особливості поведінки населеностей резонансних рівнів та потужності генерації в атомі та іоні в залежності від концентрації збуджуючих електронів.

Достовірність отриманих результатів і обґрунтованість висновків, сформульованих дисертантом, підтверджується застосуванням сучасних експериментальних методів діагностики активних середовищ ЛПМ та використанням каліброваної апаратури для визначення спектральних, часових і енергетичних характеристик спонтанного випромінювання і генерації. Матеріал дисертації апробовано в публікаціях у фахових виданнях і доповідях на міжнародних конференціях. Особистий внесок дисертанта не викликає сумнівів.

### **Побажання та зауваження до дисертаційної роботи**

1. На мою думку, автором недостатньо обґрунтовано доцільність такої детальної уваги саме до домішки цинку, як елемента впливу.

2. Доцільно було б вказати на перспективу практичної реалізації лазера на парі кальцію з одночасною генерацією на атомарному та іонному самообмежених переходах.

Висловлені вище зауваження носять, в основному, методичний характер і не знижують загальної позитивної оцінки проведеного в дисертації дослідження. Загалом дисертаційна робота Світличного Є.А. є завершеним науковим дослідженням, результати якої мають наукову новизну та практичну цінність. Матеріал дисертації, як за результатами, так і за кількістю опублікованих робіт, задовольняє вимогам до кандидатської дисертації.

### **Загальна оцінка дисертаційної роботи**

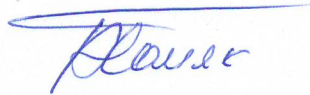
У підсумку можна зробити висновок, що дисертаційна робота Світличного Євгена Анатолійовича на тему «Лазери на самообмежених переходах атомів міді та кальцію з модифікованою кінетикою» є завершеним науковим дослідженням, яке виконане на належному науковому рівні, містить нові наукові результати, що мають важливе наукове та практичне

значення, і тому повністю задовольняє кваліфікаційним вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор, безумовно, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.04 - фізична електроніка.

**Офіційний опонент:**

доцент кафедри машинобудування, природничих дисциплін та інформаційних технологій Мукачівського державного університету

к.ф.-м.н., доцент



Б.Я. Хом'як

Підпис Хом'яка Б.Я. ЗАСВІДЧУЮ:

Учений секретар  
Мукачівського державного університету



О.О. Королович