

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНДЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА СВІТЛОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

РЕКУНИК ТАРАС МИХАЙЛОВИЧ

УДК 628.93

**СТАБІЛІЗАЦІЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ СВІТЛОДІОДІВ ТА
ПРИСТРОЇ ДЛЯ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ**

141 Електроенергетика електротехніка та електромеханіка

Автореферат
дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль
2018

Роботу виконано на кафедрі світлотехніки та електротехніки
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя
Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент
кафедри світлотехніки та електротехніки
Закордонець Володимир Савич,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
енергозбереження та енергетичного менеджменту
Коваль Вадим Петрович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 19 лютого 2018 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні
екзаменаційної комісії №39 у Тернопільському національному технічному
університеті імені Івана Пулюя за адресою: а м. Тернопіль, вул. Микулинецька,
46а, корпус №7, к. 504.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи Напівпровідникова світлотехніка є ефективною енергозберігаючою технологією, і протягом останніх років бурхливо розвивається практично у всіх країнах світу. Світлодіоди при однакових величинах світлового потоку споживають потужність в 10 раз меншу ніж лампи розжарювання і в 2 рази меншу ніж люмінесцентні лампи.

Незважаючи на високий *ККД* перетворення електричної енергії в світлову, близько 70% підведеної енергії перетворюється в теплову. Якщо її не каналізувати, то це спричинить надмірний нагрів гетеропереходу світлодіоду. Порушення його теплового режиму неминуче приведе до: зменшення світлового потоку, зменшення яскравості свічення, зменшення квантової ефективності, деградації світлових характеристик, зниження світлової проникності оптичної системи. В зв'язку із сказаним особливої актуальності набуває забезпечення адекватного теплового режиму світлодіоду. Для кардинального розв'язку цієї проблеми необхідно удосконалити якість матеріалу напівпровідникової гетероструктури. В той же час вдало сконструйований тепловідвід вже на сучасному етапі розвитку напівпровідникових технологій дозволить суттєво покращити експлуатаційні характеристики існуючих напівпровідникових джерел світла.

Мета роботи полягає у виявленні параметрів, які найбільше впливають на тепловий режим напівпровідникових джерел світла та підбір засобів для його стабілізації.

Об'єктом дослідження є напівпровідникові джерела світла.

Предметом дослідження є системи охолодження напівпровідникових джерел світла та освітлювальні пристрої на їх основі.

Наукова новизна отриманих результатів.

- Побудовано теплову математичну модель напівпровідникового джерела світла, яка описує вплив основних параметрів: потужності, квантової ефективності, теплового опору, температури зовнішнього середовища на його тепловий режим.
- Розраховано теплові режими світлодіодів з локальним і виносним радіаторами.
- Розраховано тепловий режим світлодіоду з термоелектричним модулем охолодження.
- Сформульовано рекомендації по збільшенню світлового потоку та світлової віддачі напівпровідникових джерел світла при одночасній стабілізації їх теплового режиму.

Практична цінність результатів дослідження.

- Запропоновано конструкцію світлодіодної лампи з локальним радіатором.
- Запропоновано конструкцію світлодіодної лампи оснащеної радіальною системою теплових трубок з'єднаних з виносним радіатором.
- Запропоновано конструкцію світлодіодної лампи з термоелектричним модулем охолодження.

- Представлені результати дослідження направлено на збільшення світлового потоку існуючих напівпровідникових джерел світла при одночасній стабілізації їх теплового режиму.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались на VI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів. «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 16 – 17 листопада 2017 р.

Структура роботи. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 6 частин, висновків, переліку та посилань. Обсяг розрахунково-пояснювальної записки – 75 арк. формату А4.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі встановлено актуальність тематики дипломної роботи, визначено основні завдання, які необхідно вирішити в роботі, відмічено наукову новизну та практичну цінність результатів виконання роботи.

В аналітичній частині проведений аналіз існуючих напівпровідникових джерел світла. На основі аналізу наукових публікацій встановлено, що масове впровадження напівпровідникових джерел світла може суттєво зменшити енерговитрати на різні види освітлення. Встановлено, що в сучасних напівпровідникових джерелах світла ефективність перетворення електричної енергії в світлову складає 20÷35%, інша частина енергії виділяється у вигляді тепла. Встановлено, що порушення теплового режиму приводить до значного підвищення температури гетеропереходу і суттєвого зниження світлового потоку, світловіддачі та терміну експлуатації приладу.

В науково-дослідній частині запропонована математична теплова модель світлодіоду, яка описує вплив основних параметрів: потужності, квантової ефективності, теплового опору, температури зовнішнього середовища на тепловий режим світлодіоду. Розрахований тепловий режим світлодіодів з локальним та виносним радіатором. Зазначено, що основними шляхами збільшення світловіддачі та світлового потоку існуючих джерел світла є їх активне охолодження при одночасному збільшенні прямого струму. Показано, що при високих температурах середовища тепловий опір між гетеропереходом світлодіоду та середовищем близький до нуля, і адекватний тепловий режим не може бути реалізований жодною із традиційних систем охолодження окрім термоелектричної.

В проектно-конструкторській частині визначено основні методи та способи охолодження напівпровідникових джерел світла. Сформульовано загальні рекомендації по збільшенню світлового потоку та світлової віддачі напівпровідникових джерел світла при одночасній стабілізації їх теплового режиму. Проаналізовано локальні та виносні системи охолодження та визначено їх переваги та недоліки. Обґрунтовано вибір термоелектричної системи охолодження та межі її застосування.

В частині «Обґрунтування економічної ефективності» на основі представленої методики оцінки енергоефективності освітлення виробничих приміщень розраховано економічний ефект від заміни світильників ЖСП-07 ВОР 600 з лампою потужністю 600 Вт (базовий варіант) на світильники

INDUSTRY LED з світлодіодними модулями потужністю 270 Вт. В розрахунку відображені статті витрат: матеріальних ресурсів, енергетичних ресурсів та обслуговування обладнання. Показано, що річна економія електроенергії може скласти 1250 кВт·год, що становить 66,3% від базової установки. Показано, що світлодіодна система освітлення повертає додаткові капіталовкладення за 3,73 року. З цього часу витрати на базовий варіант перевищать додаткові капіталовкладення і почнеться пряма економія матеріальних ресурсів.

В частині «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто вплив електричного струму на організм людини, причини електротравматизму на виробництві та дію електричного струму на робітників та службовців суб'єкта господарювання та забезпечення першої медичної допомоги при електротравмах. Вивчені особливості впливу інфрачервоного та електромагнітного випромінювання на організм людини.

В частині «Екологія» проаналізовано негативний вплив інфрачервоного та електромагнітного випромінювання на навколишнє середовище. Показана актуальність проблеми в енергетиці та шляхи її вирішення.

У загальних висновках до дипломної роботи описано прийняті в роботі технічні рішення, які забезпечують підвищення енергоефективності напівпровідникових джерел світла. Дані узагальнені рекомендації щодо використання різноманітних методів та засобів охолоджувальних систем.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу наукових публікацій встановлено, на сьогодні в Україні до 25-30% валових енерговитрат припадає на різні види освітлення. Масове впровадження світлодіодних засобів освітлення може скоротити цей обсяг в 6÷8 разів. Це разом з кумулятивними ефектами може спричинити зростання ВВП на 1.5÷2%.
2. Встановлено, що в сучасних напівпровідникових джерелах світла ефективність перетворення електричної енергії в світлову складає 20÷35%, інша частина енергії виділяється у вигляді тепла.
3. Встановлено, що порушення теплового режиму приводить до значного підвищення температури гетеропереходу і суттєвого зниження світловіддачі та терміну експлуатації приладу.
4. Запропонована математична теплова модель світлодіоду, яка описує вплив основних параметрів: потужності, квантової ефективності, теплового опору, температури зовнішнього середовища на тепловий режим світлодіоду. Це дозволяє керувати температурою гетеропереходу.
5. Для збільшення світлового потоку світлодіоду необхідно збільшувати величину прямого струму при одночасному зменшенні температури гетеропереходу.
6. Температура гетеропереходу світлодіода буде зменшуватися при зменшенні загального теплового опору системи охолодження і температури

зовнішнього середовища. Тепловий опір можна зменшити застосовуючи активне охолодження.

7. При температурі середовища близькій до $T_a = 85^\circ\text{C}$, тепловий опір між гетеропереходом та середовищем близький до нуля, і адекватний тепловий режим не може бути реалізований жодною із традиційних систем охолодження окрім термоелектричної.
8. При використанні термоелектричної системи охолодження зменшенню температури гетеропереходу буде сприяти низька температура середовища і великий перепад температури між холодною і гарячою поверхнями ТЕМО.
9. Для відведення теплової енергії за межі світлодіодної лампи з щільною упаковкою потужних елементів може бути застосована радіальна система теплових трубок з'єднаних з виносним радіатором. Використання запропонованої схеми охолодження дозволить збільшити прямий струм і світловіддачу лампи.
10. Показано, що реальна температура гетеропереходу світлодіоду може відрізнитися від отриманої аналітично в бік збільшення в результаті: розігріву струмом провідності пасивних областей гетероструктури і його розтіканням по складній геометрії контактних площадок; залежності квантової ефективності світлодіода від струму і температури; температурної залежності коефіцієнтів теплопровідності матеріалів гетероструктури і конструкції світлодіода.
11. Врахування вказаних факторів є окремими задачами, які можуть бути розв'язані на основі запропонованої математичної моделі світлодіоду.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Закордонєць В.С., Рекуник Т.М. Стабілізація температурного режиму світлодіодних систем термоелектричними модулями охолодження// Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 16-17 листопада 2017., м.Тернопіль. – С.138.

АННОТАЦІЯ

Рекуник Т.М. Стабілізація температурного режиму світлодіодів та пристрої для її реалізації.

141 Електроенергетика електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2018.

У дипломній роботі побудовано теплову математичну модель напівпровідникового джерела світла, яка описує вплив основних параметрів: потужності, квантової ефективності, теплового опору, температури зовнішнього середовища на його тепловий режим. Розраховано теплові

режими світлодіодів з локальним і виносним радіаторами. Розраховано тепловий режим світлодіоду з термоелектричним модулем охолодження. Сформульовано рекомендації по збільшенню світлового потоку та світлової віддачі напівпровідникових джерел світла при одночасній стабілізації їх теплового режиму.

Ключові слова: НАПІВПРОВІДНИКОВІ ДЖЕРЕЛА СВІТЛА, ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, СВІТЛОДІОДИ, КВАНТОВА ЕФЕКТИВНІСТЬ, СВІТЛОВИЙ ПОТІК, СВІТЛОВА ВІДДАЧА, ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ, ТЕПЛОВИЙ ОПІР.

ABSTRACT

Rekunyuk T. Stabilization of the temperature regime of LEDs and devices for its realization.

141 «Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics». - Ternopil Ivan Puluj National Technical University. - Ternopil, 2018.

In the thesis the thermal mathematical model of the semiconductor light source is constructed. It describes the influence of the main parameters: power, quantum efficiency, thermal resistance, temperature of the external environment on its thermal regime. The thermal modes of LEDs with local and external radiators are calculated. The thermal mode of the LED with the thermoelectric cooling module is calculated. Recommendations for increasing the light flux and light output of semiconductor light sources with the simultaneous stabilization of their thermal regime are formulated.

Key words: ENERGY EFFICIENCY, SEMICONDUCTOR SOURCES OF THE LIGHT, LIGHTNING, QUANTUM EFFICIENCY, LIGHT WINDOW, LIGHT WINDOW, HEATING MODE, THERMAL OPERATION.