

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 »

июня

2015 г.

Программа аспирантуры

Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 05.09.07 Светотехника

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины по выбору

«Осветительные установки на базе светодиодов»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.1.1

Всего: 108 часов

Семестр 1, в том числе

6 часов – контактная работа
84 часов – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30.07.2014 №878, и паспорта специальности 05.09.07 Светотехника, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является изучение физических принципов генерации излучения в светодиодах, их основных типов, характеристик и использования в осветительных установках.

Задачами дисциплины являются:

- овладение основными характеристиками светодиодов;
- понимание их места в современных светотехнических установках наряду с другими источниками света;
- овладение основами проектирования осветительных установок на основе светодиодных светильников.

В процессе освоения дисциплины формируются следующие **компетенции:**

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;
- способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-

исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности;

- готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития светотехники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач;
- способность делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения;
- способность к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- физические принципы генерации излучения светодиодами;
- конструкцию, параметры основных типов светодиодов;
- конструкцию светильников на основе светодиодов;
- схемы включения и управления светодиодами;
- методы электрического и теплового расчета световых приборов на базе светодиодов;

уметь:

- рассчитывать световые приборы и осветительные установки на основе светодиодов;

владеть:

- навыками моделирования электрических параметров, световых характеристик, теплового режима световых приборов на базе светодиодов.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Излучательная и безызлучательная рекомбинация (10 час). Излучательная рекомбинация пар электрон-дырка. Уравнение скорости бимолекулярной рекомбинации. Безызлучательная рекомбинация в объеме материала и на поверхности полупроводника. Квантово-механическая модель рекомбинации Ван Росбрука-Шокли. Модель Эйнштейна. Двойные гетероструктуры. Легирование активной области. Положение p-n-перехода.

Электрические свойства светодиодов (10 час). Вольтамперные характеристики светодиодов. Оценка величины паразитных сопротивлений диода. Энергия излучения. Распределение носителей в гомогенных p-n-переходах и p-n-гетеропереходах. Влияние гетеропереходов на сопротивление устройств. Потери носителей в двойных гетероструктурах.

Оптические характеристики светодиодов (10 час). Внутренний и внешний квантовый выход излучения, коэффициент полезного действия. Спектр излучения. Пространственное распределение излучения (диаграммы направленности) светодиодов. Ламбертовское распределение излучения. Температурная зависимость интенсивности излучения.

Температура p-n-перехода и температура носителей тока (10 час). Температура носителей и наклон спектральной характеристики в области высоких энергий. Температура перехода и длина волны в максимуме спектра излучения. Теоретическое обоснование зависимости прямого напряжения светодиода от температуры. Измерение температуры перехода по прямому напряжению.

Конструкции светодиодов малой и большой мощности (10 час). Металлические отражатели, отражающие и прозрачные контакты. Распределенные зеркала Брэгга. Зеркальные и диффузные отражатели. Защита от электростатических разрядов. Тепловое сопротивление корпусов светодиодов. Двойные гетероструктуры. Технология выращивания светодиодов на прозрачных подложках. Антиотражающие оптические покрытия. Монтаж светодиодов методом перевернутых кристаллов. Светодиоды видимого спектра. Основные характеристики сверхъярких светодиодов. Источники ультрафиолетового излучения на их основе. Ширина запрещенной зоны твердых растворов AlInGaN.

Источники белого света на основе светодиодов. Создание белого света при помощи двухцветных и трех разноцветных источников. Светодиоды белого свечения на основе люминофоров.

Осветительные установки (10 час). Сравнение параметров ламп накаливания, галогенных ламп, люминесцентных ламп, индукционные источники, газоразрядные лампы высокой интенсивности. Качественные характеристики освещения, эффективность, зажигание, пульсация, диммирование, срок службы. Типы и форма колб (корпусов) источников. Технические параметры светодиодов. Потребляемый ток. Прямое напряжение. Напряжение пробоя. Спектр излучения. Световая отдача. Основные параметры по каталогам.

Тепловой режим светодиодного светильника (10 час). Влияние температуры на параметры светодиодов. Электрические параметры. Оптические параметры. Срок службы светодиода: снижение светового потока, отказ. Параллельное включение светодиодов. Основы теплового анализа. Радиатор, вентиляторы. Повышение излучения. Отвод тепла из схем управления.

Схемы управления питанием светодиода (10 час). Схемы на постоянном токе. Схемы питания и управления. Диммирование. Включение массивов светодиодов. Схемы включения светодиодов на переменном токе. Выпрямление. Электромагнитные помехи. Диммирование. Пульсации. Срок службы. Энергопотребление.

Конструирование систем на светодиодах (10 час). Печатные платы. Выход излучения. Влияние окружающей среды. Управление освещением. Протоколы DALI, DMX512. Технологии открытых стандартов 802.15.4 и ZigBee. Связь по высоковольтным линиям электросети. Сигнальные огни: анализ рыночных возможностей, спецификация, схемы питания, конструкция. Освещение от шины USB. Задний габаритный фонарь для автомобиля. Светодиодная лампочка. Измерение параметров светодиодов. Измерение световых параметров. Температура светодиодного прибора. Измерение термостойкости. Мощность, коэффициент мощности, КПД. Точность измерений. КПД балласта. Математическое моделирование светодиодов.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Вопросы для самоконтроля:

1. Излучательная рекомбинация пар электрон-дырка.
2. Безызлучательная рекомбинация.
3. Уравнение скорости бимолекулярной рекомбинации.
4. Затухание люминесценции.
5. Квантовомеханическая модель рекомбинации Ван РосбрукаШокли.
6. Двойные гетероструктуры.
7. Вольтамперные характеристики светодиодов.
8. Оценка величины паразитных сопротивлений диода.
9. Распределение носителей в гомогенных p-n-переходах.
10. Распределение носителей в p-n-гетеропереходах.
11. Внутренний и внешний квантовый выход излучения, коэффициент полезного действия.
12. Спектр излучения. Угол вывода излучения. Пространственное распределение излучения (диаграммы направленности) светодиодов.
13. Температурная зависимость интенсивности излучения.
14. Температура p-n-перехода и температура носителей тока
15. Схемы питания и управления светодиодами.
16. Слой растекания тока. Теория растекания тока.
17. Металлические отражатели, отражающие и прозрачные контакты.
18. Защита от электростатических разрядов.
19. Двойные гетероструктуры.
20. Светодиоды на основе твердых растворов GaAsP, GaP, GaAsP:N и GaP:N.
21. Светодиоды на основе AlGaAs/GaAs.
22. Светодиоды на основе AlInGaP/GaAs.
23. Светодиоды на основе InGaN.
24. Ширина запрещенной зоны твердых растворов AlInGaN.
25. Создание белого света при помощи светодиодов.
26. Светодиоды белого свечения на основе люминофоров.
27. Светодиоды белого свечения на основе красителей.

28. Сравнение параметров ламп накаливания, галогенных ламп, люминесцентных ламп, индукционные источники, газоразрядные лампы высокой интенсивности.
29. Технические параметры светодиодов.
30. Влияние температуры на параметры светодиодов.
31. Диммирование.
32. Включение массивов светодиодов. Топология схем включения. Развязка сетей.
33. Схемы включения светодиодов на переменном токе.
34. Печатные платы.
35. Протоколы DALI, DMX512. Технологии открытых стандартов 802.15.4 и ZigBee.
36. Измерение световых параметров.
37. Моделирование электрических параметров, световых характеристик, теплового режима на компьютере.

Вопросы, включенные в билеты для проведения зачетов:

1. Излучательная и безызлучательная рекомбинация
2. Электрические свойства светодиодов
3. Оптические характеристики светодиодов
4. Управление током
5. Конструкции светодиодов малой и большой мощности
6. Светодиоды видимого спектра
7. Спектры ультрафиолетового излучения
8. Источники белого света на основе светодиодов
9. Осветительные установки
10. Тепловой режим светодиодного светильника
11. Схемы управления питанием светодиода
12. Конструирование систем на светодиодах
13. Измерение параметров светодиодов
14. Математическое моделирование светодиодов

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

а) Основная литература:

1. Шуберт Ф. Светодиоды / Пер. с англ. под ред. А.Э. Юновича. – М.: Физматлит, 2008.
2. Ю П., Кардона М. Основы физики полупроводников. – М.: Физматлит, 2007.
3. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: Физматлит, 2007.
4. Wong B., Lance Z. Intelligent LED Lighting Systems and Network Technology Choices / In Designing with LEDs, 2009 // e-book. Electronic Design News, April. <http://www.edn.com/article/459201> - [Designing with LEDs E Book.php](#).

б) Дополнительная литература:

5. Коган Л.М. Светодиодные осветительные приборы // Светотехника 2002. №5. С. 16-20.
6. Юнович А. Э. Светодиоды как основа освещения будущего // Светотехника. 2005. №3. С. 2-7.
7. Юнович А. Э. Исследования и разработки светодиодов в мире и возможности развития светодиодной промышленности в России // Светотехника, 2007, №6, с. 13-17.