

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

ВАКУУМНЫЕ И ПЛАЗМЕННЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления подготовки
11.03.04 - «Электроника и нанoeлектроника»,

Автор и составитель : Аксенов Александр Иванович

Вакуумные и плазменные приборы и устройства: Методические указания по самостоятельной работе для студентов направления подготовки 11.03.04 - «Электроника и наноэлектроника»

Томск: ТУСУР, 2018. - 41 с.

Самостоятельная работа направлена на углубление знаний дисциплины и предполагает обобщение изучаемых тем, а темы для самостоятельной проработки обобщают приобретенные знания и позволяют студенту самостоятельно решать задачи, возникающие при внедрении передовых технологий в производстве. Отдельные фрагменты тем могут составлять предмет научных исследований.

Пособие предназначено для студентов очной формы обучения, обучающихся по направлению 11.03.04 - «Электроника и наноэлектроника», по дисциплине «Вакуумные и плазменные приборы и устройства».

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ЭП
_____ С.М. Шандаров
«___» _____ 2018 г.

ВАКУУМНЫЕ И ПЛАЗМЕННЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления подготовки
11.03.04 - «Электроника и наноэлектроника»

Разработчик
доцент каф.ЭП
_____ А.И.Аксенов
«___» _____ 2018 г

Содержание

1 Введение.....	5
2. Вакуумные приборы с квазистатическим управлением	6
2.1 Содержание раздела	6
2.2 Методические указания по изучению раздела	6
2.3 Вопросы для самопроверки	6
3. Электронно-лучевые приборы.....	10
3.1 Содержание раздела	10
3.2 Методические указания по изучению раздела	10
3.3 Вопросы для самопроверки	10
4. Фотоэлектронные приборы.....	12
4.1 Содержание раздела	12
4.2 Методические указания по изучению раздела	12
4.3 Вопросы для самопроверки.....	12
5. Плазменные приборы и устройства	15
5.1 Содержание раздела	15
5.2 Методические указания по изучению раздела	15
5.3 Вопросы для самопроверки	15
6 Тесты для проработки лекционного материала	17
7. Лабораторные работы	23
8. Практические занятия.....	26
Методические указания по решению задач.....	26
9. Рекомендации по выполнению курсового проекта	27
9.1 Цель и задачи курсового проектирования	27
. Тематика курсовых проектов.....	28
9.3 Структура курсового проекта	30
9.4 Календарный график выполнения курсового проекта.....	31
10. Темы для самостоятельного изучения разделов	32
11. Индивидуальные задания для самостоятельной работы.....	33
Рекомендуемая литература	36
Приложение А	38
Приложение Б.....	39
Приложение В.....	40

1 Введение

Целью самостоятельной работы в дисциплине «Вакуумные и плазменные приборы и устройства» является систематизация, расширение и закрепление теоретических знаний студентов и их применение при решении конкретных задач; развитие инженерных навыков разработки и конструирования технологической оснастки и узлов технологического оборудования, обучение студентов различным методам исследований и анализу полученных результатов, а также развитие навыков самостоятельной творческой работы, что способствует успешному решению конкретных производственных задач и развитию творческой инициативы.

Методические указания предназначены для студентов при работе над индивидуальным заданием и при подготовке к его защите. Они также могут использоваться в процессе проведения консультаций, коллоквиумов и выработки единых критериев оценки заданий.

Данные методические указания ставят своей целью оказать помощь студентам в изучении вакуумных и плазменных приборов. Это требует овладения навыками самостоятельной работы с учебной и периодической литературой, с описаниями патентов и авторских свидетельств, умения самостоятельно излагать свои мысли и знания в процессе изучения дисциплины.

Методические указания содержат программу, перечень важнейших изучаемых тем учебного курса, для проверки знаний приведены вопросы для самопроверки, приведены темы индивидуальных самостоятельных работ.

2. Вакуумные приборы с квазистатическим управлением

2.1 Содержание раздела

Двухэлектродные лампы, трехэлектродные лампы, многосеточные лампы. Физические процессы в электронных лампах. Статический и динамический режимы работы электронных ламп. Параметры и характеристики электронных ламп.

2.2 Методические указания по изучению раздела

В теме «Электронные лампы» обращается внимание на физические процессы в электронных лампах. Следует обратить внимание на вольт-амперные характеристики и расчет параметров электронных ламп в статическом и нагрузочном режимах. Обратить внимание на схемы включения электронных ламп в электрическую цепь. Важно провести обзор литературы по устройству электронных ламп.

2.3 Вопросы для самопроверки

1. *Каким законом связаны ток и напряжение анода в режиме пространственного заряда в диоде?*

$$1. I_a = 2.33 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{Q_a}{d_{AK}^2 \cdot \beta^2} \cdot U_a^{3/2}$$

$$2. I_a = 2.33 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{Q_a}{d_{AK}^2 \cdot \beta^2} \cdot U_a^{5/2}$$

$$3. I_a = 2.33 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{Q_a}{d_{AK}^2 \cdot \beta^2} \cdot U_a^{1/2}.$$

2. *Какой режим является режимом пространственного заряда ?*

1. Когда около катода возникает тормозящее электрическое поле

2. Когда ток анода не зависит от напряжения анода

3. Когда ток и напряжение анода связаны линейным законом.

3. *Покажите анодную вольтамперную характеристику диода.*

14. *Какая схема включения триода используется в катодных повторителях ?*

1. с общим катодом
2. с общим анодом
3. с общей сеткой.

15. *Какая емкость в триоде называется проходной ?*

1. Емкость катод-анод
2. Емкость сетка-катод
3. Емкость сетка-анод.

16. *Укажите основную причину динаatronного эффекта.*

1. Понижение тока эмиссии
2. Вторичная эмиссия электронов с анода
3. Вторичная эмиссия электронов с сетки.

17. *Укажите способ устранения динаatronного эффекта.*

1. Создание тормозящего электрического поля для вторичных электронов в области анода
2. Создание тормозящего электрического поля в области первой сетки.
3. Уменьшение тока катода.

18. *Какое требование предъявлялось к конструкции широкополосных ламп ?*

1. Минимальное значение крутизны характеристик
2. Максимальное значение крутизны характеристик
3. Максимальное значение коэффициента усиления.

19. *Какие лампы называются лампами с двойным управлением ?*

1. Лампы, в которых имеются два анода
2. Лампы, в которых имеются две управляющие сетки
3. Лампы, в которых имеются две экранирующие сетки.

20. *Какая емкость оказывает наиболее сильное влияние на частотные характеристики приемно-усилительных ламп для СВЧ ?*

1. Входная
2. Выходная
3. Проходная.

21. *Основная причина дробового эффекта ?*

1. Неравномерность тока катода
2. Неравномерность тока управляющей сетки
3. Неравномерность во времени тока анода.

3. Электронно-лучевые приборы

3.1 Содержание раздела

Электронная оптика. Движение электронов в неоднородных электрических и магнитных полях. Системы формирования интенсивных пучков. Принцип построения пушек Пирса. Приемные и передающие электронно-лучевые приборы. Электронно-оптические преобразователи.

3.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении темы «Электронно-лучевые приборы» следует обратить внимание на основные задачи и законы электронной оптики. Устройство и принцип действия приемных и передающих электронно-лучевых приборов. Особое внимание следует системам формирования слаботочных электронных пучков, принципам построения пушки Пирса.

3.3 Вопросы для самопроверки

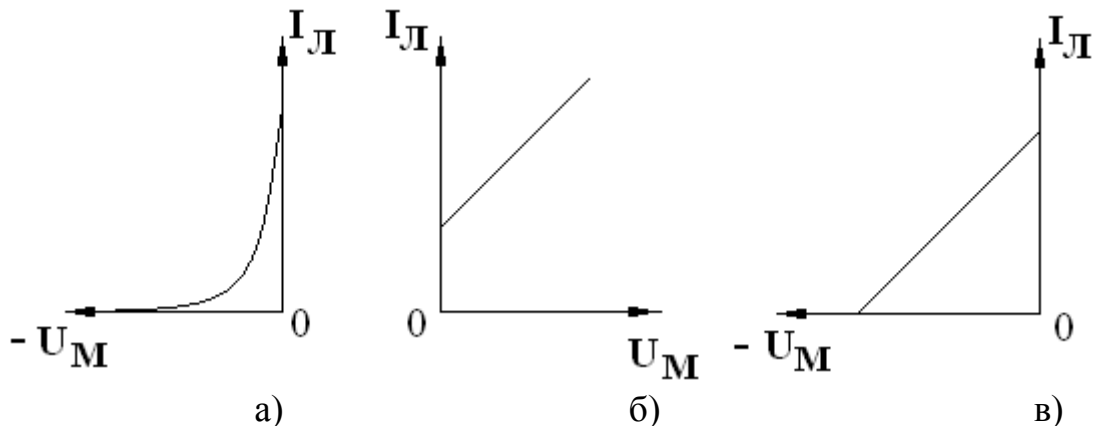
1. По какому закону изменяется ток электронной пушки ?

1. По закону степени «3/2»;
2. По закону степени «5/2»;
3. По закону степени «1/2».

2. Укажите формулу Гайне.

1.
$$U_3 = 0,034 \cdot \frac{(D - \delta)^2}{I_{km} I_{am}};$$
2.
$$I_k = 3 \cdot \frac{(U_3 - U_M)^{7/2}}{I_{km} I_{am}};$$
3.
$$U_\partial = U_M + D \cdot U_a.$$

3. Укажите модуляционную характеристику.



4. Какая из указанных электронных линз длиннофокусная ?

1. Линза-диафрагма;
2. Симметричная линза;
3. Иммерсионная линза.

5. Укажите формулу для вычисления фокусного расстояния магнитной линзы.

1. $f = 100 \cdot \frac{U_a \cdot R_{CP}}{(n \cdot I)^2}$;
2. $f = 100 \cdot \frac{U_M \cdot R_{CP}}{(n \cdot I)^2}$;
3. $f = 100 \cdot \frac{(U_a \cdot R_{CP})^2}{n \cdot I}$

6. Укажите формулу для вычисления чувствительности к отклонению электрических отклоняющих систем

1. $\varepsilon_e = k \cdot \frac{l \cdot L}{2 \cdot d \cdot U_a}$;
2. $\varepsilon_e = k \cdot \frac{2 \cdot d \cdot U_a}{l \cdot L}$;
3. $\varepsilon_e = k \cdot \frac{l \cdot L}{2 \cdot d}$.

7. Какие системы отклонения имеют больший частотный диапазон?

1. Магнитные;
2. Электростатические;
3. В обеих системах.

8. Укажите формулу для расчета чувствительности магнитного отклонения.

1. $\varepsilon_M = \sqrt{\frac{e}{2m}} \cdot \frac{\sqrt{U_a}}{l \cdot L}$;
2. $\varepsilon_M = \sqrt{\frac{2m}{e}} \cdot \frac{l \cdot L}{\sqrt{U_a}}$;
3. $\varepsilon_M = \sqrt{\frac{e}{2m}} \cdot \frac{l \cdot L}{\sqrt{U_a}}$.

9. В каких системах отклонения изменение анодного напряжения вызывает изменение чувствительности к отклонению ?

2. В магнитных;
 2. Одинаково во всех системах;
 3. В электростатических.

10. За счет чего отводится заряд с экрана ?

1. Термоэмиссии;
2. Вторичной эмиссии;
3. Фотоэмиссии.

11. Какое количество электронных линз чаще всего используется в осциллографических трубках ?

1. Одна;
2. Две;
3. Три.

12. Что представляет собой электронная пушка осциллографических трубок ?

1. Симметричная линза;
2. Иммерсионная линза;
3. Иммерсионный объектив.

4. Фотоэлектронные приборы

4.1 Содержание раздела

Фотоэлектронные катоды Фотоэлементы с внешним фотоэффектом.
Фотоумножители тока

4.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении темы следует обратить внимание на основные закономерности фотоэлектронной эмиссии, Характеристики и параметры фотокатодов. Характеристики и параметры фотоэлементов. Применение фотоэлементов и фотоэлектронных умножителей.

4.3 Вопросы для самопроверки

1. Укажите закон Столетова.

1. $I_{\phi} = K \cdot \Phi$;
2. $I_{\phi} = K \cdot \Phi_{\lambda}$;
3. $I_{\phi} = K \cdot U_a^{3/2}$.

2. Укажите закон Эйнштейна.

1. $E = A - h \cdot \nu$;

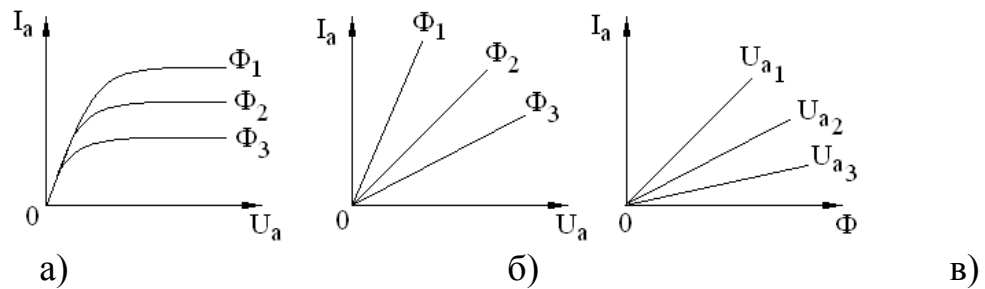
2. $h \cdot \nu - A = \frac{m \cdot V^2}{2}$;

3. $E = \frac{m \cdot V^2}{2}$.

3. Какой вид фотоэффекта используется в фотоэлектронных приборах ?

1. Внутренний;
2. Внешний;
3. Внутренний и внешний.

4. Укажите семейство анодных характеристик электронного фотоэлемента.



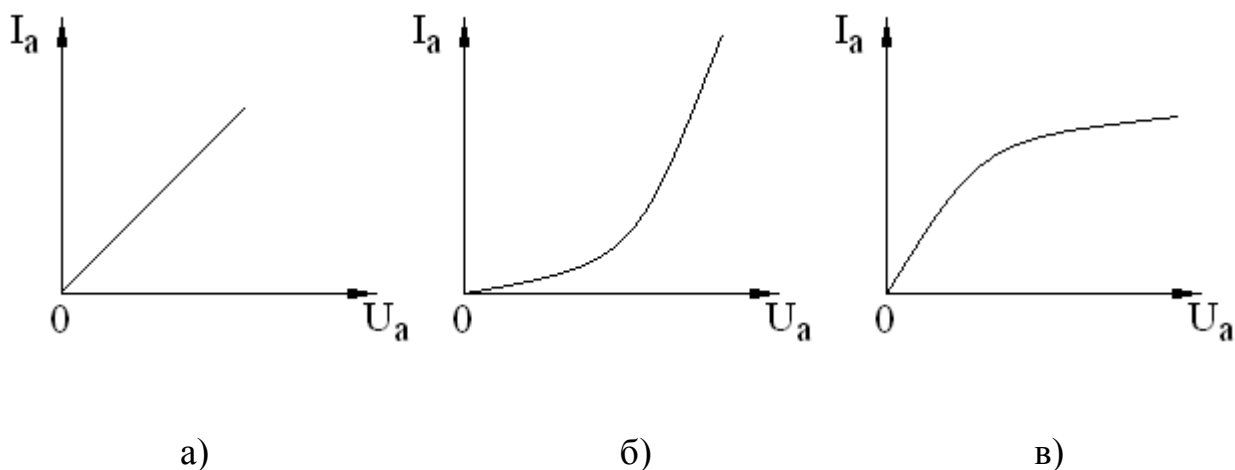
5. Что называется коэффициентом газового усиления?

1. Отношение тока анода к световому потоку;
2. Отношение тока анода в рабочем режиме к току насыщения;
3. Отношение тока насыщения к току анода.

6. Чем определяется величина темнового тока ?

1. Термоэмиссия с катода;
2. Вторичная эмиссия с анода;
3. Ионизация молекул газа, ускоренными электронами.

7. Укажите анодную вольтамперную характеристику ионного фотоэлемента.



5. Плазменные приборы и устройства

5.1 Содержание раздела

Плазма газовых разрядов. Электрический разряд в газе. Приборы и устройства плазменной электроники. Основные области применения плазменных приборов.

5.2 Методические указания по изучению раздела

Особое внимание при изучении этой темы следует обратить на виды электрических разрядов. Нестационарные процессы в газовых разрядах: возбуждение, деионизация. Диодные и триодные распылительные системы.

5.3 Вопросы для самопроверки

1. При каком типе столкновений налетающий электрон передает свою энергию электрону кристалла ?

1. Упругое столкновение
2. Неупругое столкновение
3. При всех типах столкновений.

2. При каком типе столкновений налетающий электрон не передает свою энергию электрону кристалла ?

1. Упругое столкновение
2. Неупругое столкновение
3. При всех видах столкновений.

3. *Что называется потенциалом возбуждения ?*

1. Энергия электрона, вылетевшего из кристалла, выраженная в эВ
2. Энергия электрона, перешедшего на более высокий энергетический уровень, выраженная в эВ
3. Энергия налетающего электрона, выраженная в эВ.

4. *Какие атомы называются метастабильными ?*

1. Атомы, находящиеся в возбужденном состоянии
2. Атомы, находящиеся в невозбужденном состоянии
3. Все атомы кристалла.

5. *Какой процесс называется ионизацией атомов ?*

1. Процесс выбивания электрона из оболочки атома;
2. Процесс перехода электрона на более высокий энергетический уровень
3. Процесс перехода отрицательного иона в нейтральный атом.

6. *Какой процесс называется рекомбинацией ?*

1. Процесс перехода положительного иона в нейтральный атом
2. Процесс перехода нейтрального атома в положительный ион
3. Процесс перехода отрицательного иона в нейтральный атом.

7. *Какой тип разряда называется несамостоятельным ?*

1. Разряд, который может существовать только при воздействии внешнего ионизирующего фактора
2. Разряд, который может существовать без воздействия внешнего ионизирующего фактора
3. Любой тип разряда.

8. *Какой тип разряда называется самостоятельным ?*

1. Разряд, который может существовать только при воздействии внешнего ионизирующего фактора
2. Разряд, который может существовать без воздействия внешнего ионизирующего фактора
3. Разряд, который может существовать без электрического поля.

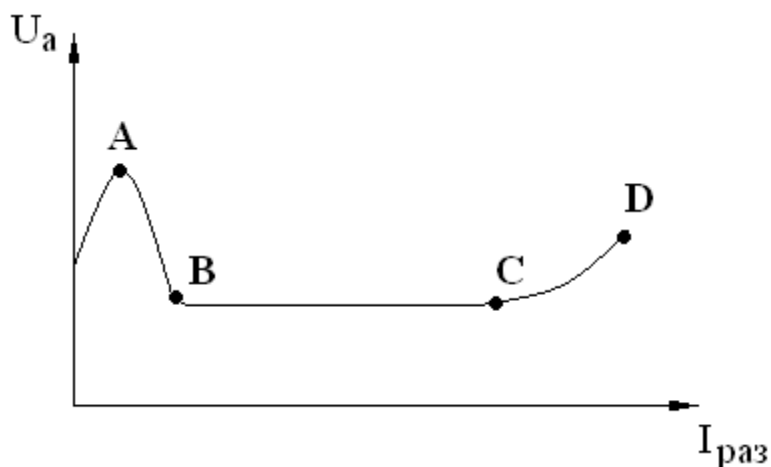
9. *какие условия зажигания самостоятельного разряда.*

1. $\gamma \cdot (\exp(\alpha \cdot d) - 1) > 1$
2. $\gamma \cdot (\exp(\alpha \cdot d) - 1) < 1$
3. $\gamma \cdot (\exp(\alpha \cdot d) + 1) > 1$.

10. Укажите условие зажигания несамостоятельного разряда.

1. $\gamma \cdot (\exp(\alpha \cdot d) - 1) > 1$
2. $\gamma \cdot (\exp(\alpha \cdot d) - 1) < 1$
3. $(\exp(\alpha \cdot d) - 1) < 1$.

11. Какая область вольтамперной характеристики соответствует нормальному тлеющему разряду ?



1. АВ
2. ВС
3. CD.

6 Тесты для проработки лекционного материала

Тема 1. Вакуумные приборы с квазистатическим управлением

1. Укажите выражение для вычисления крутизны анодной характеристики диода.

1. $S = \frac{dI_a}{dU_a}$
2. $S = \frac{dU_a}{dI_c}$
3. $S = \frac{I_a}{U_c}$.

2. Укажите выражение для внутреннего уравнения триода.

1. $D \cdot S \cdot R_r = 1$
2. $\mu \cdot S \cdot R_r = 1$
3. $S \cdot R_0 \cdot R_r = 1$.

3. Укажите выражение для построения выходной нагрузочной характеристики.

1. $E_a = U_a + I_a \cdot R_H$

2. $E_a = U_a + U_c$

3. $E_a = U_a - I_a \cdot R_H$.

4. Какая схема включения триода используется в катодных повторителях ?

1. с общим катодом
2. с общим анодом
3. с общей сеткой.

5. Какая емкость в триоде называется проходной ?

1. Емкость катод-анод;
2. Емкость сетка-катод
3. Емкость сетка-анод.

6. Укажите основную причину динаatronного эффекта.

1. Понижение тока эмиссии
2. Вторичная эмиссия электронов с анода
3. Вторичная эмиссия электронов с сетки.

7. Укажите способ устранения динаatronного эффекта.

1. Создание тормозящего электрического поля для вторичных электронов в области анода
2. Создание тормозящего электрического поля в области первой сетки.
3. Уменьшение тока катода.

8. Какое требование предъявлялось к конструкции широкополосных ламп ?

1. Минимальное значение крутизны характеристик
2. Максимальное значение крутизны характеристик
3. Максимальное значение коэффициента усиления.

9. Какие лампы называются лампами с двойным управлением ?

1. Лампы, в которых имеются два анода;
2. Лампы, в которых имеются две управляющие сетки;
3. Лампы, в которых имеются две экранирующие сетки.

10. Какая емкость оказывает наиболее сильное влияние на частотные характеристики приемно-усилительных ламп для СВЧ ?

1. Входная
2. Выходная
3. Проходная.

11. Основная причина дробового эффекта ?

1. Неравномерность тока катода
2. Неравномерность тока управляющей сетки
3. Неравномерность во времени тока анода.

Тема 2. Электронно-лучевые приборы

1. Что представляет собой электронная пушка осциллографических трубок ?

1. Симметричная линза
2. Иммерсионная линза
3. Иммерсионный объектив.

2. На какой электрод осциллографической трубки подается исследуемый сигнал ?

1. На модулятор
2. На пластины горизонтального отклонения
3. На пластины вертикального отклонения.

3. Какой формы сигнал подается на пластины горизонтального отклонения ?

1. Синусоидальный
2. Прямоугольный
3. пилообразный.

4. Укажите формулу для расчета яркости свечения

1. $B = k \cdot j \cdot U_a^n$
2. $B = k \cdot U_a^n$
3. $B = k \cdot j \cdot U_M^n$.

5. Какой тип отклоняющих систем предпочтительней использовать в кинескопах ?

1. Электростатическую;
2. Магнитную;
3. Не имеет значения.

6. На какой электрод прожектора кинескопа подается видеосигнал?

1. Ускоряющий электрод
2. Модулятор

3. Второй анод.

7. Для чего предназначены передающие трубки ?
1. Для преобразования электрического сигнала в световое изображение;
 2. Для усиления электрического сигнала;
 3. Для преобразования светового изображения в электрический сигнал.
8. Для чего предназначены приемные трубки ?
1. Для усиления электрического сигнала
 2. Для преобразования электрического сигнала в световое изображение
 3. Для преобразования светового изображения в электрический сигнал.
9. Какой из указанных приборов позволяет дважды производить преобразование изображения ?
1. Суперортикон
 2. Видикон
 3. Электронно-оптический преобразователь.
10. В каком из указанных приборов происходит мгновенное преобразование видимого изображения в электрический сигнал ?
1. Иконоскоп
 2. Видикон
 3. Диссектор.
11. В какой передающей трубке применяется полупроводниковая фотопроводящая мишень ?
1. Иконоскоп
 2. Суперортикон
 3. Видикон.

Тема 3. Фотоэлектронные приборы

1. Укажите формулу для расчета коэффициента усиления ФЭУ.

$$1. M = \frac{I_a}{I_\phi}$$

$$2. M = \frac{\Delta I_a}{\Delta I_\phi}$$

$$3. M = \frac{I_a}{\Phi}.$$

2. Какое излучение называют тормозным рентгеновским излучением ?

1. Излучение, связанное с взаимодействием ускоренных электронов со свободными и связанными электронами кристалла

2 Излучение, связанное с взаимодействием медленных электронов с молекулами газа

3. Излучение, связанное с взаимодействием медленных электронов с электронами кристалла.

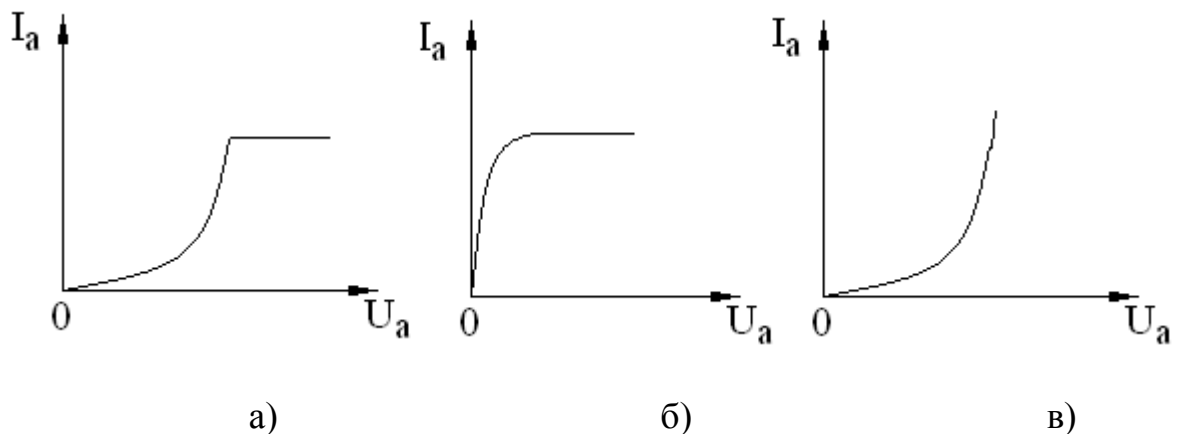
3. Какое излучение называют характеристическим рентгеновским излучением ?

1. Излучение, связанное с взаимодействием медленных электронов с электронами кристалла

2. Излучение, связанное с взаимодействием ускоренных электронов в глубине атомов, с принадлежащими им электронами

3. Излучение, связанное с взаимодействием медленных электронов с молекулами газа.

4. Укажите анодную вольтамперную характеристику рентгеновской трубки.



5. Чем определяется форма фокуса рентгеновской трубки ?

1. Формой анода
2. Формой катода
3. Током анода.

6. Укажите величину анодного напряжения, при котором наблюдается характеристическое рентгеновское излучение.

1. Больше критического напряжения
2. Равно критическому напряжению
3. Менее критического напряжения.

7. Какой фотоэлемент наполнен инертным газом ?

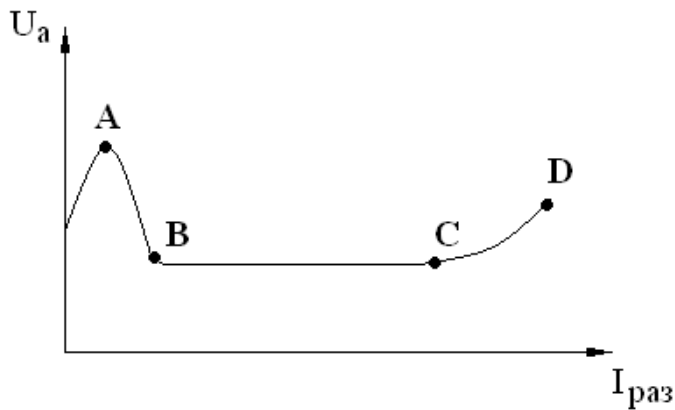
1. Электронный
2. Фотоэлектронный умножитель
3. Ионный.

8. Как изменяется интенсивность характеристического излучения с увеличением анодного напряжения ?

1. Увеличивается
2. Уменьшается
3. Остается неизменной.

Тема 4. Плазменные приборы и устройства

1. Какая область вольтамперной характеристики соответствует аномальному тлеющему разряду ?



1. AB
2. BC
3. CD.

2. Какой тип разряда используется в газоразрядных индикаторных панелях постоянного тока ?

1. Темновой
2. Дуговой
3. Тлеющий.

3. Какой тип разряда используется в газоразрядных индикаторных панелях переменного тока ?

1. Темновой
2. Дуговой
3. Тлеющий.

4. Какой тип разряда используется в плазменных телевизионных экранах ?

1. Темновой
2. Дуговой
3. Тлеющий.

5. Какой тип разряда используется в водородном тиратроне ?

1. Темновой
2. Дуговой
3. Тлеющий.

6. Какой тип разряда используется в игнитронах ?

1. Темновой
2. Дуговой
3. Тлеющий.

7. В каком из указанных приборов используется жидкий ртутный катод?

1. Индикаторная панель
2. Тиратрон
3. Игнитрон.

8. Укажите область применения устройств дугового разряда ?

1. Выпрямление переменного тока
2. Генерирование высоковольтных коротких импульсов тока
3. Генерирование высоковольтных длинных импульсов тока.

9. Чем обусловлено использование в игнитроне ртути в качестве катода ?

1. Неограниченная эмиссионная способность
2. Большой срок службы катода
3. Устойчивость к механическим воздействиям.

7. Лабораторные работы

В процессе выполнения лабораторных занятий студент не только закрепляет теоретические знания, но и пополняет их. Лабораторные работы проводятся циклическим и фронтальным методом согласно графика, установленного индивидуально для каждой студенческой бригады. При подготовке к лабораторной работе студент должен руководствоваться индивидуальным заданием, номер которого соответствует номеру, присвоенному бригаде. По мере освоения оборудования студентам могут поручаться индивидуальные работы в плане фрагментов научно-поисковых работ.

Вся работа при выполнении лабораторной работы разбивается на следующие этапы: вступительный, проведение эксперимента и обработка результатов.

Вступительный этап включает анализ полученного индивидуального задания, изучение рекомендуемых литературных источников по теме задания, знакомство с приборами, методами и схемами измерений. Исходя из возможностей лабораторного оборудования и условий индивидуального задания, выбирается и обосновывается метод проведения эксперимента, составляется методика и программа выполнения работы. В процессе самостоятельной подготовки к лабораторной работе каждый студент ведет черновик отчета, куда вносятся:

- схема установки;
- методика проведения работы;
- формулы и предполагаемые графики.

В процессе домашней подготовки студент проверяет качество усвоения проработанного материала по вопросам для самоконтроля, относящимся к изучаемой теме. Без проведения такой предварительной подготовки к лабораторной работе студент не допускается к выполнению эксперимента.

Помимо домашней работы студенты готовятся к выполнению эксперимента также на рабочем месте: они знакомятся с установкой, уточняют порядок выполнения работы, распределяют рабочие функции между членами бригады. В ходе аудиторной подготовки преподаватель путем собеседования выявляет и оценивает степень готовности каждого студента к проведению эксперимента и знание им теоретического материала. Студенты, не подготовленные к выполнению работы или не представившие отчеты по предыдущей работе, к выполнению новой работы могут быть не допущены и все отведенное время для лабораторной работы должны находиться в лаборатории, изучать по рекомендованной литературе тот материал, с которым они не познакомились дома. К выполнению работы они могут быть допущены только после собеседования. Все пропущенные лабораторные работы по уважительным или неуважительным причинам могут быть выполнены в конце семестра на дополнительных занятиях.

Второй этап работы – проведение эксперимента в лаборатории. На этом этапе очень важно, чтобы студент выполнил самостоятельно и грамотно необходимые измерения и наблюдения, укладываясь в отведенное для этого время. При организации своей работы для проведения эксперимента целесообразно исходить из рекомендаций, изложенных в руководствах для выполняемой лабораторной работы.

В экспериментах, когда это важно, всегда следует ставить пробные опыты, которые преследуют несколько целей:

– экспериментатор «знакомится» с данным экспериментом. В каждом эксперименте своя методика и связанные с ней определенные, часто повторяющиеся операции, и экспериментатору необходимо поупражняться или попрактиковаться в их выполнении. Первые несколько измерений в эксперименте почти всегда менее надежны или менее ценны, чем последние, и обычно удается сэкономить время, если в начальный

период работы затратить часть его на то, чтобы найти наилучшие способы проведения измерений и записи результатов;

- проверяется работа отдельных элементов установки аппаратуры;
- определяется соответствующий интервал значений для каждой из величин, измеряющихся в данном эксперименте;
- оцениваются возможные ошибки в различных величинах.

В ходе пробного опыта следует провести некоторые предварительные измерения и составить план с указанием величин, которые необходимо измерять, и оценить время, необходимое на каждое такое измерение.

Прежде чем, приступить к систематическим измерениям, необходимо убедиться, что Вы знаете, как работает прибор, какая взаимосвязь между отдельными элементами установки, т.е. что чем регулируется. Разобраться в этом вопросе студенту поможет внимательное чтение инструкций, описаний приборов и частных методических указаний.

В каждом эксперименте очень важно сразу же записывать все сделанное. Все результаты измерений следует записывать немедленно и без какой-либо обработки. Не проводите никаких, даже самых простых, арифметических расчетов в уме, прежде чем записать результат измерения. Пересчет показаний прибора в истинное значение измеряемой величины выполняется в процессе обработки результатов измерений. При проведении и записи измерений хорошо проверить то, что Вы записали, взглянуть еще раз на прибор.

Все записи необходимо датировать и снабжать заголовками.

На последнем этапе работы студент производит обработку данных измерений и анализ полученных результатов.

Отчет студента по работе должен быть индивидуальным, составленным по установленной форме, и содержать следующие разделы: наименование работы; цель работы; индивидуальное задание; применяемая аппаратура; ее описание (система, класс, цена давления и т.д.); краткое изложение методики, схемы опытов; таблицы данных измерений; итог обработки результатов и расчетные формулы; графики; анализ результатов и погрешностей; фрагмент конструкции соединения. Анализ результатов является важной частью отчета.

Здесь нужно привести:

- сопоставление с другими аналогичными результатами, если они имеются, с обязательной ссылкой на литературный источник;
- сопоставление с соответствующими теориями;
- причины, обусловившие погрешности измерений и методы их устранения.

Таким образом, отчет студента должен представлять собой пусть небольшую, но законченную работу, хорошо оформленную и грамотно изложенную.

Ниже приведены названия лабораторных работ.

1. Исследования триода.

2. Исследование электронно-лучевых трубок с электростатическим и магнитным управлением.
3. Исследование фотоэлементов и фотоэлектронных умножителей.
4. Исследование индикаторной панели постоянного тока.

8. Практические занятия

На практических занятиях студенты приобретают навык расчета параметров вакуумных и плазменных приборов, моделирования конструкций электронных прожекторов. Студентам предлагается оценка граничных условий применения соотношений, умение составления программ для расчетов, умение сравнивать полученные результаты с аналогами и достижениями в данной области.

Перед практическими занятиями студент должен повторить лекционный материал, ответив на вопросы для самоконтроля по необходимой теме, а также просмотреть рекомендации по решению типичных задач этой темы. Темы практических занятий приведены ниже:

1. Диодный и триодный промежутки.
2. Расчет электронных линз и систем отклонения электронных пучков.
3. Расчет параметров фотоэлектронных приборов.
4. Электрический разряд в вакууме.

Методические указания по решению задач

Материал пособия должен помогать закреплению теоретических знаний, а также вырабатывать навык в решении практических вопросов и задач.

Прежде чем решить задачу или ответить на поставленный вопрос, надо понять их сущность, физический смысл заданных величин, вспомнить физические процессы, законы и соотношения, относящиеся к данному вопросу.

Все аналитические решения следует проводить, используя общеизвестные физические законы, физические постоянные и физические системы единиц. Сначала надо написать исходные формулы, сделать, если это необходимо, соответствующие преобразования, получить конечные формулы, а затем подставить в эти формулы числовые значения и найти результат. Помните, что все физические величины в формуле должны быть в одной системе единиц. Не забывайте в ответе давать размерность полученной величины.

Ход всех преобразований и вычислений должен быть четко показан в решении задачи. Вычисления, как правило, достаточно делать до третьего знака, а в ряде случаев и до второго.

Полученный в виде числа ответ надо постараться проверить каким-либо способом. Полезно обратиться к справочной литературе и сравнить

полученную величину с известными подобными величинами в справочнике. Если отличие в несколько порядков, то ищите ошибку своем решении.

Примеры решения типичных задач и задачи для самостоятельного решения приведены в сборнике задач [4].

9. Рекомендации по выполнению курсового проекта

В настоящее время электронные и ионные пучки широко используются в различных промышленных технологических установках для нагрева, сварки, плавки, размерной обработки, распыления и для физических исследований. Такое широкое применение электроннолучевые методы получили благодаря особенностям электроннолучевых методов обработки металлов, а также широкой номенклатурой материалов, применяемых в промышленности, обладающих специальными свойствами, обработка которых существующими методами затруднена или невозможна.

Пучки электронов используются не только для обработки изделий, но и для контроля результатов этой обработки. Взаимодействие пучка частиц с веществом приводит к появлению новых квантов в виде электронов и фотонов. Регистрация этих квантов позволяет получить информацию о составе, структуре и размерах получаемого изделия. Контроль может осуществляться непосредственно в процессе технологической обработки изделия, что позволяет автоматизировать технологический процесс.

При создании электронно-лучевой установки основной задачей является разработка электронно-оптической системы, способной создать пучки электронов с необходимыми параметрами. Эти задачи могут быть решены только специалистами, овладевшими новыми методами обработки материалов и способными создать сложные электронно-лучевые установки. Однако, среди технической литературы, посвященной электрофизическим способам обработки материалов до настоящего времени нет учебного пособия, в котором были бы обобщены вопросы разработки электронно-оптических систем установок технологического назначения. В связи с этим данное методическое пособие будет полезным для студентов специальности "Вакуумные и плазменные приборы и устройства" при выполнении курсового проекта.

9.1 Цель и задачи курсового проектирования

Целью курсового проектирования является:

- 1) закрепление и расширение теоретических и практических знаний

по данному курсу;

2) применение полученных знаний для решения конкретных технических задач;

3) развитие навыков самостоятельной работы при проектировании конкретных устройств;

4) освоение методов расчета и проектирования с применением вычислительной техники;

5) получение навыков поиска и работы с научно-технической литературой.

Курсовой проект должен отражать последние достижения науки и техники, а принятые технические решения должны быть рациональными в технико-экономическом отношении.

Самостоятельная разработка данного курсового проекта подготавливает студента к успешному выполнению дипломного проекта и является важным этапом в формировании специалиста в области электроники.

9.2 Тематика курсовых проектов

Курсовой проект по дисциплине "Вакуумные и плазменные приборы и устройства" посвящен большому разделу курса - электронно-лучевым приборам. Студентам предлагается широкий спектр тем по разработке электронно-оптических систем для электроннолучевых установок технологического назначения, а также различных электронно-лучевых трубок и плазменных устройств.

Темы курсовых проектов должны удовлетворять следующим критериям:

1) проектируемое устройство должно иметь достаточно сложную электронно-оптическую систему, чтобы её разработка потребовала бы от студента определенных творческих усилий;

2) проектируемое устройство должно быть функционально законченным и иметь самостоятельное эксплуатационное значение;

3) проектируемое устройство должно отвечать современным требованиям технической эстетики;

4) устройство должно иметь такую компоновку, которая позволяла бы быструю замену вышедших из строя деталей и узлов.

Программа дисциплины "Вакуумные и плазменные приборы и устройства" рекомендует следующий примерный перечень тем курсового проекта:

1) электронно-оптическая система установки для размерной обработки материалов;

- 2) электронно-оптическая система установки для сварки материалов электронным лучом.;
- 3) электронно-оптическая система установки для плавки металлов электронным лучом.;
- 4) электронно-оптическая система установки для электронной литографии.;
- 5) электронно-оптическая система установки для электронно-лучевого испарения материала.;
- 6) электронно-оптическая система приемной телевизионной трубки.;

9.3 Варианты заданий курсовых проектов по дисциплине "Вакуумные и плазменные приборы и устройства"

Вариант №1

Спроектировать электронно-оптическую систему для сварки электронным лучом.

Исходные данные к проекту:

1. Ускоряющее напряжение – 20 кВ.
2. Ток пучка электронов – 59 мА.
3. Диаметр пучка на мишени – 0,5 мм.
4. Развертка луча – линейная.
5. Угол отклонения луча - 30°.
6. Режим работы – непрерывный.

Вариант №2

Спроектировать электронно-оптическую систему для размерной обработки материалов электронным лучом.

Исходные данные к проекту:

1. Ускоряющее напряжение – 80 кВ.
2. Ток пучка электронов – 10 мА.
3. Диаметр пучка на мишени – 30 мкм.
4. Развертка луча – растровая.
5. Размеры растра - 30×30 мм.
6. Режим работы – импульсный.

Вариант №3

Спроектировать электронно-оптическую систему для плавки металлов электронным лучом.

Исходные данные к проекту:

1. Ускоряющее напряжение – 25 кВ.
2. Ток пучка электронов – 200 мА.
3. Диаметр пучка – 5 мм.
4. Развертка луча – кольцевая.
5. Диаметр кольцевой развертки – 50 мм.
6. Режим работы – непрерывный.

Вариант №4

Спроектировать электронно-оптическую систему осциллографической трубки.

Исходные данные к проекту:

1. Ускоряющее напряжение – 5 кВ.
2. Ток эмиссии катода – 1 мА.
3. Диаметр луча на экране – 0,5 мм.
4. Развертка луча – линейная.
5. Угол отклонения луча - 20° .

Вариант №5

Спроектировать электронно-оптическую систему для сварки металлов электронным лучом.

Исходные данные к проекту:

1. Ускоряющее напряжение – 45 кВ.
2. Ток пучка электронов – 0,5 А.
3. Диаметр пучка на мишени – 1 мм.
4. Развертка луча – спиральная.
5. Радиус спирали – 20 мм.

9.4 Структура курсового проекта

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и сборочного чертежа разработанного устройства. Пояснительная записка должна включать в указанной ниже последовательности следующие документы:

- 1) титульный лист;
- 2) реферат;
- 3) задание;
- 4) содержание;
- 5) введение
- 6) основную часть;
- 7) заключение;
- 8) список использованных источников;

9) приложения.

Общие требования к написанию и оформлению пояснительной записки и чертежей подробно изложены в образовательном стандарте ОС ТАСУР 6.1 - 97.

Для темы курсового проекта "Электронно-оптическая система установки для сварки материалов электронным лучом" ниже приведено примерное содержание основной части пояснительной записки:

- обзор литературы;
- выбор и обоснование электронно-оптической системы;
- расчет и конструирование электронной пушки;
- расчет и конструирование фокусирующей системы;
- расчет и конструирование отклоняющей системы;
- расчет траектории электронов в линзе;
- конструирование колонны системы.

В свою очередь раздел "Расчет и конструирование электронной пушки" включает следующие пункты:

- расчет катодного узла;
- расчет геометрии электродов пушки;
- расчет угла расхождения пучка за анодом;
- тепловой расчет пушки и тигля, с испаряемым материалом ;
- конструирование пушки и тигля.

9.5 Календарный график выполнения курсового проекта

Календарный график предназначен для рационального распределения времени студента в период курсового проектирования, самоконтроля студентом результатов своей работы и контроля хода проектирования руководителем. График составляется руководителем совместно со студентом. Продолжительность курсового проектирования определяется учебным планом и составляет три месяца. Для компенсации непредвиденных затрат времени при составлении календарного графика необходимо предусмотреть резерв времени 5 - 7 дней раньше указанного срока.

Для достижения этого резерва времени необходимо:

а) завести рабочую тетрадь, в которой отражать работу с литературой, патентами, а также зарисовать схемы, вести расчеты и другие сведения;

б) систематически, ежедневно, работать над темой проекта.

Для сокращения времени, затрачиваемого студентами на поиск необходимого материала по теме проекта, в последующих главах данного

пособия содержатся сведения по электронным пушкам, фокусирующим системам, а также основные расчетные соотношения. Приводится также расчет траектории электронов с применением вычислительной техники.

Примерный график выполнения курсового проекта приведен в таблице

Недели	Наименование этапа	Объем, %
3	Подбор и изучение литературы. Составление обзора по литературным источникам.	10
4	Анализ литературных данных, выбор и обоснование электронно-оптической системы.	10
6	Расчет и конструирование электронной пушки.	15
8	Расчет и конструирование фокусирующей системы	10
10	Расчет и конструирование отклоняющей системы.	10
12	Расчет траектории электронов.	15
13	Разработка и компоновка сборочного чертежа всей системы.	20
14	Написание пояснительной записки. Сдача проекта на проверку.	10

10. Темы для самостоятельного изучения разделов

Темы для самостоятельного изучения дополняют и углубляют лекционный материал. Тематика самостоятельных работ предполагает анализ достижений в области обработки материалов с помощью современных электронно-ионных и плазменных технологий. Отдельные фрагменты тем могут составлять предмет научных исследований. Отчетность по разделам включается в индивидуальном задании. В таблице приведено содержание разделов Темы для самостоятельного изучения указаны в рабочей программе и отмечены звездочкой.

Методические указания по изучению тем для самостоятельной проработки материала

Темы сформированы в развивающем режиме и позволяют осваивать материал с применением Интернета, библиотечных ресурсов. Фрагменты самостоятельной проработки материала выносятся на контрольные работы.

11. Индивидуальные задания для самостоятельной работы

Индивидуальные задания ставят целью:

- 1) закрепление и углубление теоретических знаний, полученных студентами в теоретических курсах и на производственной практике;
- 2) приобретение опыта работы с научно-технической, справочной патентной литературой, ГОСТами, технологической документацией;
- 3) практическое применение знаний, полученных при изучении общепрофессиональных и профилирующих дисциплин, использование вычислительной техники, инженерных методов расчета, а также развития конструкторских навыков;
- 4) выработка и закрепление навыков грамотного изложения результатов работы и их защиты перед аудиторией.

Тематика индивидуальных заданий

Задание обобщает теоретический материал и предполагает творчество в разработке технологии производства прибора оптической электроники и фотоники.

Тематика задания формируется из банка запросов различных организаций на решение конкретных задач. Студент выбирает тему самостоятельно. При выборе темы учитывается участие студента в научно-исследовательских работах кафедры, в работе студенческого конструкторского бюро.

Перед выполнением задания целесообразно просмотреть фрагменты эмуляции подобных лабораторных работ, отдельные подобные технические решения и методики расчета. Именно на этом первоначальном этапе происходит лексический анализ задачи и уточнение того, что конкретно нужно отразить в задании. Как показывает опыт, именно на этом этапе происходит основная бездарная потеря времени студентом.

Задание построено по многоуровневой схеме, и предполагает его выполнение исходя из различного стартового уровня знаний или интереса студента к определенной области знаний.

Возможными темами могут быть следующие задания.

1. Осциллографическая трубка с запоминанием.
2. Двухлучевая осциллографическая трубка.
3. Цветной кинескоп системы «Тринитрон».
4. Ионная обработка материалов (травление, очистка, полировка).
5. Модификация поверхности под действием ионного или электронного воздействия.
6. Разработка программных продуктов расчета электронно-оптических систем.
7. Рентгеновский электронно-оптический преобразователь.
8. Прибор ночного видения.

9. Процесс ионного травления.
10. Электронно-лучевая пушка Тринева.
11. Электронно-лучевая пушка Пирса.
12. Электронные коммутаторы на основе дугового разряда.

Порядок выполнения задания

Выполнение задания следует начинать с ознакомления и подбора литературы.

Анализ задания производится на основе изучения патентов, периодической литературы, монографий. Следует обратить внимание на новизну задание устройства. Новизна заключается в реализации новых физических принципов, новых физических эффектов, новых путей для достижения цели. При этом благодаря введению новых элементов реализуются новые физические процессы. В записку не имеет смысла переписывать какой-либо текст из учебников, монографий и Интернета. Однако, совершенно необходимо нарисовать эскиз аналога прибора. Следует избегать применения сканерных устройств, так как это лишает студента возможности редактирования и уменьшает уровень компьютерной графики, реализуемый студентом.

По истечении двух недель с момента получения задания, студент должен представить руководителю обзорный материал с эскизами уже имеющихся аналогичных установок, а также техническое предложение по теме задания, которое является результатом анализа задания, обзора литературы и сопровождается эскизами отдельных узлов предполагаемого устройства установки.

Проверка и защита задания

Первую часть задания студент сдает на проверку руководителю при наличии задания, введения, реферата, обзора литературы более 10 наименований, расчета откачных средств.

Вторую часть задания студент сдает на проверку руководителю при наличии схемы источника частиц и описания принципа его работы, наличия расчета электрофизических параметров, расчета одного из параметров процесса, наличия последовательности технологических операций, наличия экспериментальной и конструкторской части.

Студент сдает преподавателю законченное задание на предварительную проверку. В присутствии студента проверяется наличие разделов задания. Обязательным является анализ достижений науки и техники, расчеты на ЭВМ, последовательность операций, база данных сертифицированного оборудования.

По реферату оценивается метод решения задачи и параметры необходимого оборудования. Проверяется наличие ссылок на литературу, уровень использования ЭВМ, уровень математического аппарата,

соблюдение ГОСТ при оформлении схем и рисунков. Проверяется наличие письменного доклада презентации с докладом и оригинальным рисунком в форматах bmp, corel, двух оппонентов со стороны студентов. При отсутствии персонального компьютера студент сдает материалы в ручном варианте, однако, титульный лист и программа для расчета должны быть распечатаны. Через два дня студент получает предварительный отзыв на задание о правильности расчетов и ошибках. Группы для защиты формируются независимо от списочного состава. Число конференций равно числу групп в потоке.

Технология подготовки конференции

1. Преподаватель проверяет работу, отмечает ошибки и ставит дату приема.

2. Оргкомитет: (старосты групп в потоке) – собирают презентации докладов для просмотра

3. Затем следует проверка ошибок и выносится решение о допуске к конференции.

Защита включает доклад студента (5-7 минут) и ответы на вопросы (5 мин). В докладе сообщается тема задания, техническое задание, краткое содержание работы. Необходимо обосновать актуальность темы, метод выбранных инженерных решений. Особое внимание в докладе следует уделить самостоятельным творческим разработкам, их технико-экономическому обоснованию. По окончании доклада студенту задаются вопросы, позволяющие оценить, насколько глубоко проработан материал.

В процессе защиты учитываются: самостоятельность работы, оригинальность и тщательность проработки технических решений, качество оформления чертежей и расчетно-пояснительной записки, выполнение ГОСТ, использование ЭВМ в расчетах, полнота и четкость доклада, правильность ответов на вопросы, планомерность работы над заданием и срок защиты (досрочно, в срок, после срока без уважительных причин).

После конференции студентам сообщается оценка. При этом дается краткий анализ задания и доклада, отмечаются достоинства и недостатки задания, высказываются критические замечания и пожелания. Если задание защищается после срока без уважительных причин, то оценка снижается.

Критерии оценок за самостоятельное задание

Оценка отражает учебную (3 балла), творческую (4 балла) и исследовательскую (5 баллов) часть.

Для оценки хорошо студент должен отметить в докладе конкретную творческую часть задания, предполагаемую для публикации на студенческой конференции.

Для оценки отлично студент должен отметить творческую и исследовательскую часть, иметь наброски доклада для публикации на студенческой конференции и рекомендацию для участия в конкурсе внутривузовских студенческих работ.

При несогласии студента с оценкой назначается комиссия.

Рекомендуемая литература

1. Аксенов А.И. [и др]. Вакуумные и плазменные приборы и устройства: учебное пособие; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск: ТУСУР, 2007. - 135 с – 99 экз.

2. Аксенов А.И., Злобина А.Ф. Вакуумные и плазменные приборы и устройства: методические указания к лабораторным работам ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2007. - 76 с. – 92 экз.

3. Берковский А.Г., Гаванин В.А., Зайдель И.Н. Вакуумные и фотоэлектронные приборы. – М.: Радио и связь, 1988. – 272с. – 2 экз.

4. Жигарев А.А., Шамаева Г.Г. Электроннолучевые и фотоэлектронные приборы. – М.: Высшая школа, 1982. – 270с. – 23 экз.

5. Злобина А.Ф. Вакуумная и плазменная электроника : методические указания к курсовому проекту; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2007.-70 с., (УМП для практических занятий и самост. работы). (экз.97).

6. Злобина А.Ф., Шангин А.С. Вакуумная, плазменная, квантовая и оптическая электроника : Учебное методическое пособие ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТМЦДО, 2004. - 20 стр. (экз.5).

7. Панковец Н.Г. [и др.] Вакуумные и плазменные приборы и устройства : методические указания по курсовому проектированию; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТМЦДО, 2009. - 65 с. – 20 экз.

8. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. – М.: Наука, 1987. – 320с. – 5 экз.

9. Сушков А.Д.. Вакуумная электроника. Физико-технические основы : учебное пособие для вузов - СПб. : Лань, 2004. - 462 стр. - 37 шт.

10. Терехов В.А. Задачник по электронным приборам : Учебное пособие. Изд. 3-е, перераб., доп.- СПб.: Лань., 2003.- 280с. – 5 экз.

- 11.Щука А.А. Электроника. – СПб : ВНУ, 2005. - 800стр. – 3 шт.
- 12.Яблонский Ф.М. Средства отображения информации.- М.: Высшая школа, 1985. – 180с. – 50 экз.

Приложение А

Министерство образования Российской Федерации
Федеральное образовательное бюджетное учреждение высшего
профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники» (ТУСУР)

Кафедра ЭП

К ЗАЩИТЕ ДОПУСТИТЬ

НАЗВАНИЕ

Индивидуальное задание к самостоятельной работе по дисциплине

ФЭТ СР. 559.2000.010 ПЗ (№ из кабинета проектирования)

Студент гр. 359/2

_____ Т.В. Маслова
_____ 200 _____ г.

Руководитель

к.т.н., доц. каф. ЭП ТУСУР
_____ М.А. Петров
_____ 20 _____ г.

Приложение Б Реферат

Задание 90 с., 3 рис., 30 табл., 25 источников, 3 прил., 4 л. графич. материала.

НИОБАТ ЛИТИЯ, ТЕРМИЧЕСКОЕ ИСПАРЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В ВАКУУМЕ, НАНОСЛОИ.

Рассматривается процесс формирования волновода на ниобате лития. Нанослой из окиси титана толщиной 0,5 мкм формируется методом термического испарения материалов в вакууме при давлении 0,01 Па. Процесс проводится на установке УВН-2 М.

Напряжение на испарителе составляет 3 В, ток испарителя 200А. Расстояние от испарителя по подложки 170 мм.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2003 и представлена на CD (в конверте на обороте обложки).

Отзыв на работу:

Уровень математического аппарата – арифметический (3 балла)

Уровень компьютерной графики – пакет Png (3-4 балла)

Уровень применения ЭВМ – программы отсутствуют (3 балла)

Творческое задание: Написать руководство для постановки лабораторной работы: «Формированием волноводного слоя из окиси цинка на стекле». (Выполнено 5 баллов)

Рекомендация к участию в конкурсе студенческих работ или в конференции (5 баллов)

Наличие публикаций: приложена ксерокопия (5 баллов)

Приложение В

Министерство образования Российской Федерации
Федеральное образовательное бюджетное учреждение высшего
профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. ЭП

_____ С.М. Шандаров

ЗАДАНИЕ

по дисциплине Вакуумные и плазменные приборы и устройства

студенту _____

_____ Фамилия, имя, отчество (полностью)

группа _____ Факультета электронной техники

1. Тема задания: Процесс.....

2. Срок сдачи студентом законченного задания _____ 20 _____ г

3. Исходные данные к заданию Ток электронов – 100 мА,
Ускоряющее напряжение 100 кВ

рабочее давление 10^{-2} Па; рабочий газ аргон (азот)

вакуумная система масляная (безмасляная); площадь подложек $0,25 \text{ м}^2$

время проведения процесса не более 40 минут

4. Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих
разработке вопросов вопросов):

Заполняется согласно глав содержания

Приложение: программа конкретного процесса на C^{++} (и т.д.)

5. Перечень графического материала (с точным указанием
обязательных чертежей):

Схема вакуумной системы, схема источника частиц, схема
последовательности технологических операций, кривые согласования
откачных средств...

6. Дата выдачи задания _____

_____ Дата, месяц, год

Руководитель _____

_____ должность, место работы,

_____ фамилия, имя, отчество

Задание принял к исполнению

_____ (подпись студента)

Учебное пособие

Аксенов А.И.

Методические указания по самостоятельной работе
по дисциплине «Вакуумные и плазменные приборы и устройства»