



Утвърдил:

Декан

Дата

СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ"

Факултет: Физически

Специалност: (код и наименование)

--	--	--	--	--	--	--	--	--

.....
Магистърска програма: (код и наименование)

Микроелектроника и информационни технологии

УЧЕБНА ПРОГРАМА

Дисциплина:

--	--	--	--

Физични основи на корпускулярните и фотонни микротехнологии

Преподавател: доц. дфн Цветан Велинов

Асистент: доц. дфн Цветан Велинов, доц д-р Евгения Вълчева, гл.ас. д-р Гичка Цуцуманова, ас д-р Гергана Алекциева

Учебна заетост	Форма	Хорариум
Аудиторна заетост	Лекции	45
	Семинарни упражнения	
	Практически упражнения (хоспетиране)	45
Обща аудиторна заетост		90
Извънаудиторна заетост	Подготовка за изпит	55
	Подготовка за лаб упражнения (самостоятелно четене и усвояване на материала от упътванията)	20
	Подготовка/изнасяне на доклад	20
	Самостоятелна работа (домашни, четене на материали, свързани с курса) в библиотека или с ресурси	25
Обща извънаудиторна заетост		120
ОБЩА ЗАЕТОСТ		210
Кредити аудиторна заетост		3
Кредити извънаудиторна заетост		4
ОБЩО ЕКСТ		7

№	Формиране на оценката по дисциплината ¹	% от оценката
1.	Изпит	50
2.	Лабораторни упражнения	20
3.	Домашни работи	15
4.	Научен доклад	15

Анотация на учебната дисциплина:

Курсът запознава студентите с физичните основи и принципи на взаимодействието на йони, електрони и фотони с твърди тела в контекста на приложението им в микроелектротехнологиите. При разглеждане на облъчването на телата с различен тип частици първо се дискутират процесите лежащи в основата на разглежданите технологии, а след това и самите технологии. Разгледани са: легиране чрез йонна имплантация, йонно ецване и разпрашване, нанасяне на тънки слоеве чрез магнетронно разпрашване и електронно-лъчево изпарение, промяна на повърхностните свойства на твърди тела и слоеве при бомбардирането им с потоци от частици, електронно-лъчева литография, процеси и промяна на свойствата на твърди тела при облъчването им с мощни потоци фотони. В практическите упражнения студентите се запознават с основните методи за нанасяне на тънки слоеве: разпрашване, електронно-лъчево изпарение, резистивно изпарение; лазерна обработка на повърхността и обработка на повърхността с йонни лъчи.

Предварителни изисквания:

От студентите се изискват предварителни основни познания в рамките на университетските курсове за бакалаври по обща физика, атомна физика и твърдо тяло и математика.

Очаквани резултати:

Този курс е формиращ и успешно завършилите студенти ще могат да работят във всички производства или лаборатории, които използват подобни технологии.

Учебно съдържание

№	Тема:	Хорариум
1	Йонна имплантация 1. Основни процеси при бомбардировка на твърдо тяло с йонен сноп. 2. Взаимодействие на йоните с градивните частици на мишената Ръдърфордско разсейване. Потенциал на Томас-Ферми. 3. Механизми на енергетични загуби на йоните. Спирачно сечение. Еластично и нееластично разсейване. 4. Пробег на йоните в твърди мишени. Разпределение на проектирания пробег. 5. Взаимодействие на йоните с монокристали. Каналиране	8 ч.
2	Обработка на полупроводници след йонна имплантация 1. Образуване на радиационни дефекти при облъчване с йони. Рекомбинация на точкови дефекти. Формиране на кълстери и аморфизация. 2. Отгряване на радиационни дефекти.	8 ч.

¹ В зависимост от спецификата на учебната дисциплина и изискванията на преподавателя е възможно да се добавят необходимите форми, или да се премахнат ненужните.

	<ul style="list-style-type: none"> 3. Йонна имплантация в полупроводници. Предимства и недостатъци. Йонни имплантатори. 4. Изменение на електричните свойства на полупроводници и метали при легиране с йони. 5. Активиране на примесите в йонно имплантирани слоеве с термично отгряване. 6. Създаване на полупроводникови структури с йонна имплантация. 7. Методи за изследване на имплантирани слоеве. C-U метод. Обратно Ръдърфордовско разсейване. 	
3	<p>Промени в свойствата на твърди тела при йонна имплантация</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Видове дифузия при йонна имплантация. Радиационно стимулирана дифузия. 2. Имплантационна металургия. Изменение на състава на мишената при високодозна имплантация. Йонно-лъчево смесване. Формиране на скрити слоеве. 3. Структурни изменения при йонна бомбардировка. Фазови преходи. Йонен синтез. Йонна епитаксия. 4. Изменение на оптичните, магнитните, химичните и механичните свойства на материалите при йонна бомбардировка. Приложения. 	6 ч.
4.	<p>Нанасяне на тънки слоеве и повърхностна обработка с йонни технологии</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Йонно разпрашване. Основни закономерности и механизми. 2. Изменение на състава на мишената и концентрацията на имплантираните йони в процеса на разпрашване. 3. Нанасяне на тънки слоеве с разпрашване. Предимства и недостатъци. 4. Йонно и реактивно ецване. Моделиране на йонното ецване. 	6 ч.
5.	<p>Взаимодействие на електрони с твърди тела</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Основни процеси при взаимодействието на ускорени електрони с твърди тела. 2. Движение на бързи електрони във веществото. Енергетични загуби и пробег на електроните. 3. Многократно разсейване на пространствено разпределение на електроните в твърда мишена. Експериментални закономерности. 	6 ч.
6	<p>Основни технологични процеси основани на взаимодействието на електрони с твърди тела.</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Топлинно въздействие на електронния сноп. Термична електронно-лъчева обработка. 2. Нетермична електронно-лъчева обработка. Електронна литография. 3. Нанасяне на тънки слоеве с електронно-лъчево изпарение. Електронна пушка. 4. Топене и заваряване с електронен сноп. 	6 ч.
7	<p>Взаимодействие на фотони с твърди тела и приложението му в микротехнологиите</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Взаимодействие на лазерни снопове с полупроводници и метали. 2. Модели на нагряване и охлаждане. Импулсно отгряване на имплантирани слоеве. 3. Лазерно повърхностно легиране. 4. Повърхностно изменение на свойствата на метали с лазерна обработка. Аморфизация на метали. 	7 ч.

*Списък на лабораторни упражнения (те са повече от
отделените часове, за да има резерва)*

№	Въпрос	
1	Симулиране на процеси при имплантация на йони в мишени	6 ч.
2	Нанасяне на тънки слоеве чрез йонно разпрашване	6 ч.
3	Отлагане на тънки слоеве чрез електронно-лъчево изпарение	6 ч.
4	Отлагане на тънки слоеве чрез резистивно загряване	6 ч.
5	Отлагане на тънки слоеве по метода на центрофугирането	6 ч.
6	Създаване на тримерни наноструктури с фокусиран йонен лъч	6 ч.
7	Сканираща електронна микроскопия	6 ч.
8	Създаване на микрорелеф върху подложки чрез оптична фотолитография	6 ч.
9	Лазерно заваряване на тънки пластини и лазерна обработка на микроотвори	6 ч.

Конспект за изпит

1. Основни процеси при бомбардировка на твърдо тяло с йонен сноп.
2. Еластични взаимодействия на йоните с градивните частици на мишената. Обща теория на разсейването
3. Ръдърфордско разсейване (кулонов потенциал). Разсейване на частици. Екраниран потенциал
4. Механизми на енергетични загуби на йоните. Спирачно сечение. Спирачно сечение при еластично взаимодействие.
5. Спирачно сечение при нееластично взаимодействие и сравнение с еластичното. Пробег на йоните в твърди мишени
6. Взаимодействие на йонни с кристали. Каналиране
7. Образуване на радиационни дефекти при облъчване с йони. Рекомбинация на точкови дефекти. Формиране на кълъстери и аморфизация.
8. Радиационни дефекти в полупроводникови кристали
9. Отгряване на радиационни дефекти и активиране на примеси
10. Видове дифузия при йонна имплантация. Радиационно стимулирана дифузия.
11. Йонна имплантация в полупроводници. Предимства и недостатъци
12. Йонно разпрашване. Основни закономерности и механизми (лекция 9)
13. Имплантационна металургия. Изменение на състава на мишената при високодозна имплантация. Йонно-лъчево смесване. Формиране на скрити слоеве.
14. Структурни изменения при йонна бомбардировка. Фазови преходи. Йонен синтез. Йонна епитаксия.
15. Изменение на оптичните, магнитните, химичните и механичните свойства на материалите при йонна бомбардировка. Приложения.
16. Основни процеси при взаимодействието на ускорени електрони с твърди тела.
17. Движение на бързи електрони във веществото. Енергетични загуби и пробег на електроните.
18. Многократно разсейване на пространствено разпределение на електроните в твърда мишена. Експериментални закономерности.
19. Топлинно въздействие на електронния сноп. Термична електронно-лъчева

обработка.
20. Нетермична електронно-лъчева обработка. Електронна литография.
21. Нанасяне на тънки слоеве с електронно-лъчево изпарение. Електронна пушка.
22. Топене и заваряване с електронен сноп.
23. Взаимодействие на лазерни снопове с полупроводници и метали.
24. Модели на нагряване и охлаждане. Импулсно отгряване на имплантирани слоеве.
25. Лазерно повърхностно легиране.
26. Повърхностно изменение на свойствата на метали с лазерна обработка. Аморфизация на метали.

Библиография

Основна:

1. Лекции по курса, качени на сайта на преподавателя
2. Г. Младенов Електронни и йонни технологии, София, Академично издателство Марин Дринов 2009
3. И. Абраян, А. Андронов, А. Титов Физические основы электронной и йонной технологии, Москва Высшая школа 1984
4. M. Nastani and J. Mayer Ion implantation and synthesis of materials, Springer-Verlag, Berlin 2006
5. X. Риссел, И. Руге Йонная имплантация, Москва Наука 1983
6. И. Броддай, Дж. Мерей, Физические основы микротехнологии, Москва Мир 1985

Допълнителна:

1. Р. Бериш (ред) Разпыление твърдых тел йонной бомбандировкой, Москва Мир 1984
2. Дж. Хирвонен (ред) Йонная имплантация Москва Металлургия 1985
3. E. Shubert Doping in III-V semiconductors , Elsevier Amsterdam 1993
4. H. Ryssel Ion impalntation into semiconductors: Historical perspective, Semiconductors and semimetals v45 1-29 1997
5. M. Levinshtein (ed) Semiconductor technology: Processing and novel fabrication techniques, Wiley-VCH 1997
6. В. Вавилов (ред) Йонная имплантация в полупроводники и другие материалы, Москва Мир 1980
7. Дж. Поут, Г. Фоти, Д. Джекобсон (ред) Модифицирование и легирование поверхности лазерными, ионными и электронными пучками, Моква Машиностроение 1987
8. Focused ion besm systems Nan Yao (ed) Cambridge University 2007

Дата:

Съставил:

/доц. Цветан Велинов/