



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:

--	--	--	--

Наноструктурни материали и прибори за информационните технологии
(код и наименование)

Преподавател: доц. д-р В. Дончев

Асистент: гл. ас. д-р К. Кирилов

Учебна заетост	Форма	Хорариум
Аудиторна заетост	Лекции	30
	Семинарни упражнения	
	Практически упражнения (хоспетиране)	15
Обща аудиторна заетост		45
Извънаудиторна заетост	Самостоятелна подготовка преди практическите упражнения	30
	Самостоятелна подготовка за изпит	30
Обща извънаудиторна заетост		60
ОБЩА ЗАЕТОСТ		105
Кредити аудиторна заетост		1,5
Кредити извънаудиторна заетост		2
ОБЩО ЕКСТ		3,5

№	Формиране на оценката по дисциплината	% от оценката
1.	Тест/Контролни работи върху лекционния материал	30
2.	Самостоятелна работата на студента по 2 задачи	30
3.	Изпит	40

Анотация на учебната дисциплина:

Полупроводниковите квантови ями (КЯ), свръхрешетки (СР), квантови жички (КЖ) и квантови точки (КТ) и приборите базирани на тях представляват нов клас ултраминиатюрни материали и прибори за информационните технологии.

Този курс е посветен на изучаването на КЯ, СР, КЖ и КТ. В него се набляга на следните моменти: 1) дава се моделна представа за КЯ, СР, КЖ и КТ; 2) описват се най-важните методи за тяхното получаване; 3) разглеждат се техните електронни, оптични и електрични свойства; 4) дава се и подробна информация за основните им приложения в модерните интегрални схеми на оптоелектрониката, фотониката, а в някои случаи на микроелектрониката.

Целта на курса е да даде на студентите-магистри най-важните познания по получаването, свойствата, диагностиката и анализа на полупроводниковите КЯ, СР, КЖ и КТ, както и на прибори основаващи се на такива наноструктури. Така студентите ще могат да се реализират в докторски програми, както и в областите на получаване и изследване на нови материали, елементи и ИС за информационните технологии в страната или в чужбина.

За разбирането на материала са необходими познания по квантова механика, електронни свойства на материали за микроелектрониката, физика на полупроводниците и експериментални методи във физиката на твърдото тяло.

Курсът е предназначен за студенти-магистри по физика и инженерна физика. Той се чете през II семестър със седмичен хорариум 2 часа лекции и 1 час упражнения (общо за семестъра 30 часа лекции и 15 часа упражнения). Курсът е задължителен и завършва с изпит през II семестър.

Този курс е полезен и за магистри от Химическия факултет на СУ, както и от други висши учебни заведения, които се нуждаят от основни познания в областта на микро- и оптоелектрониката, на информационните технологии и физиката на новите материали.

Предварителни изисквания:

- квантова механика,
- електронни свойства на материали за микроелектрониката,
- физика на полупроводниците
- експериментални методи във физиката на твърдото тяло

Очаквани резултати:

Студентите, завършили успешно курса по Наноструктурни материали и прибори за

информационните технологии получават:

- познания за получаването, свойствата, диагностиката и анализа на нов клас ултраминиатюрни материали и прибори за информационните технологии.
- Модерни квантоворазмерни структури като полупроводниковите квантови ями (КЯ), свръхрешетки (СР), квантови жички (КЖ) и квантови точки (КТ) и приборите базирани на тях
- подробна информация за основните им приложения в модерните интегрални схеми на оптоелектрониката, фотониката и микроелектрониката.

Учебно съдържание

№	Тема:	Хорариум
1.	УВОД Полупроводниковите квантови ями (КЯ), свръхрешетки (СР), квантови жички (КЖ) и квантови точки (КТ) – нови материали за информационните технологии.	1
2.	ПОЛУЧАВАНЕ НА НАНОСТРУКТУРНИ МАТЕРИАЛИ	2
	2.1. Методи за израстване на наноструктури. Молекулярно-лъчева епитаксия. Химическа епитаксия от пари на метало-органични съединения. Получаване на КЯ и СР. 2.2. Техники за профилиране на планарни наноструктури в латерална посока. Получаване на КЖ и КТ.	4
3	ЕЛЕКТРОННА СТРУКТУРА НА НАНОСТРУКТУРНИ МАТЕРИАЛИ	10
	3.1.Метод на ефективната маса и приближение на обвиващата функция за пресмятане на електронните състояния в наноструктури. 3.2.Електронни състояния в правоъгълни квантови ями, квантови жички и квантови точки с безкрайно високи бариери. 3.3.Електронни състояния в триъгълна квантова яма и в параболична квантови ями с безкрайно високи бариери. 3.4.Електронни състояния в симетрична правоъгълна квантови ями с крайно високи бариери. Пример - квантови ями от GaAs/AlGaAs. 3.5.Електронните състояния в КЖ с крайни бариери - метод на обвиващата функция в адиабатно приближение за сърповидни КЖ 3.6.Електронни състояния в двойна КЯ и в СР. 3.7.Особености в метода на силната връзка, приложен за хетероструктури 3.8.Плътност на състоянията в идеални и реални системи с размерност 3D, 2D, 1D и 0D.	

	3.9. Екситони в КЯ, СР, КЖ и КТ 3.10. Примесни състояния в КЯ и СР. 3.11. Реални интерфейси в наноструктурни материали и тяхното влияние върху електронните състояния. Наноструктури с плавни интерфейси.	
4	ОПТИЧНИ СВОЙСТВА	9
	4.1. Междузонни и вътрешнозонни оптични преходи; правила на отбор 4.2. Екситонни преходи. Правила на отбор. Високотемпературни екситони. 4.3. Влияние на електрично поле: квантово-ограничен ефект на Щарк, Блохови осцилации и стълбица на Вание-Щарк. 4.4. Фотолуминесцентни свойства на наноструктурни материали. Оптично поглъщане и възбуждане на фотолуминесценция в наноструктурни материали. 4.5. Нелинейни свойства	
5	ЕЛЕКТРИЧНИ СВОЙСТВА	2
	5.1. Транспорт на носители перпендикулярно на хетероинтерфейсите 5.2. Транспорт на носители успоредно на хетероинтерфейсите. Модулационно легиране.	
6	ПРИБОРИ с КЯ, СР, КЖ и КТ	6

Практически упражнения

1	Компютърно моделиране на електронните състояния по метода на обвиващата функция в квантови ями и свръхрешетки от GaAs/AlAs с резки интерфейси.	2
2	Пресмятане на електронната структура на квантови ями и свръхрешетки от GaAs/AlAs с нерезки интерфейси.	2
3	Свръхрешетка с пертурбации на периодичния потенциал. Компютърно моделиране на електронната структура на свръхрешетка с една вложена квантова яма с ширина различна от тази на ямите в свръхрешетката.	3
4	Фотолуминесценция в наноструктурни материали.	4
5	Измерване на фотопроводимост и/или повърхностно фотонапрежение в наноструктурни материали.	4

Конспект за изпит

№	Въпрос
1	Полупроводниковите квантови ями (КЯ), свръхрешетки (СР), квантови жички (КЖ) и квантови точки (КТ) – нови материали за информационните

	технологии
2	Методи за израстване на наноструктури. Молекулярно-лъчева епитаксия. Химическа епитаксия от пари на метало-органични съединения. Получаване на КЯ и СР.
3	Техники за профилиране на планарни наноструктури в латерална посока. Получаване на КЖ и КТ.
4	Епитаксия и епитаксиални слоеве. Методи за израстване на епитаксиални слоеве. Металоорганична епитаксия. Молекулнолъчева епитаксия.
5	Метод на ефективната маса и приближение на обвиващата функция за пресмятане на електронните състояния в наноструктури.
6	Електронни състояния в правоъгълни квантови ями, квантови жички и квантови точки с безкрайно високи бариери.
7.	Електронни състояния в триъгълна квантова яма и в параболична квантови ями с безкрайно високи бариери.
8.	Електронни състояния в симетрична правоъгълна квантови ями с крайно високи бариери. Пример - квантови ями от GaAs/AlGaAs.
9.	Електронните състояния в КЖ с крайни бариери - метод на обвиващата функция в адиабатно приближение за сърповидни КЖ
10.	Електронни състояния в двойна КЯ и в СР.
11.	Особености в метода на силната връзка, приложен за хетероструктури
12.	Плътност на състоянията в идеални и реални системи с размерност 3D, 2D, 1D и 0D.
13.	Екситони в КЯ, СР, КЖ и КТ
14.	Примесни състояния в КЯ и СР. Реални интерфейси в наноструктурни материали и тяхното влияние върху електронните състояния. Наноструктури с плавни интерфейси.
15.	Междузонни и вътрешнозонни оптични преходи; правила на отбор
16.	Екситонни преходи. Правила на отбор. Високотемпературни екситони.
17.	Влияние на електрично поле: квантово-ограничен ефект на Щарк, Блохови осцилации и стълбица на Вание-Щарк.
18.	Фотолуминесцентни свойства на наноструктурни материали. Оптично поглъщане и възбуждане на фотолуминесценция в наноструктурни материали.
19.	Нелинейни свойства
20.	Транспорт на носители перпендикулярно на хетероинтерфейсите
21.	Транспорт на носители успоредно на хетероинтерфейсите. Модулационно легиране.
22.	ПРИБОРИ с КЯ, СР, КЖ и КТ

Библиография

Основна:

1. C. Weisbuch and B. Vinter. Quantum semiconductor structures. Fundamentals and Applications. (Academic Press Inc., 0Boston, 1991).
2. M.J.Kelly. Low Dimensional Semiconductors. (Clarendon Press, Oxford, 1995).
3. J. H. Davis. "The Physics of Low-Dimensional Semiconductors" (Cambridge Univ. Press, 1998).
4. T. Ando, A. B. Fowler, F. Stern, Electronic Properties of Two-Dimensional Systems, Rev. Mod. Phys. 54, pp. 417-672 (1982).
5. K. H. Ploog. "Molecular Beam Epitaxy-fundamental Growth Aspect and Selected Contributions to Physics and Applications of Low-Dimensional Semiconductor Structures", in: Fabrication, Properties and Applications of Low-Dimensional Semiconductors., NATO ASI Series, 3. Hight technology - vol.3, edited by M. Balkanski and I. Yanchev (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1995) p.1.
6. Апостолов, К. Германова. "Сврърхрешетки и квантови ями – нови полупроводникови материали". Българско физико-математическо списание, бр. 3, стр. 139 (1991)
7. E. Kapon. Lateral patterning of quantum well heterostructures by growth on nonplanar substrates. in: Semiconductors and Semimetals. Vol. 40, Edited by A. Gossard (Academic Press, San Diego, 1994) p. 259.
8. Zh. I. Alferov, V. M. Andreev, and N. N. Ledentsov. "Semiconductor heterostructures" (<http://edu.ioffe.ru/edu/alferov.html>)

Допълнителна:

1. М. Борисов, Кр. Германова, Кр. Маринова, Увод във физиката на твърдото тяло, Наука и изкуство, София, 1978.
2. С. Kittel, Introduction to Solid State Physics, 5th ed., Wiley, New York, 1976.
3. К. Seeger, Semiconductor Physics, Springer-Verlag, Wien, 1973.
4. S. M. Sze, Physics of Semiconductor Devices, 2nd ed., Wiley, New York, 1981

Дата: 27.02.2013

Съставил:

/доц. д-р В. Дончев./