



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:

--	--	--	--

Фототоплинни методи за изследване на свойствата на материали и структури в микроелектрониката

Преподавател: доц. дфн Цветан Велинов

Асистент: доц. дфн Цветан Велинов

Учебна заетост	Форма	Хорариум
Аудиторна заетост	Лекции	30
	Семинарни упражнения	
	Практически упражнения	15
Обща аудиторна заетост		45
Извънаудиторна заетост	Учене за изпит	45
	Домашна работа	15
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 ¹	% от оценката
---	--	---------------

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

1.	Тестова проверка	15
2.	Решаване на казуси	15
3	Изпит	70

Анотация на учебната дисциплина:

Основна цел на курса и на неразделният от него практикум е студентите да бъдат запознати с базисни експериментални фотоакустични и фототоплинни методи и тяхното приложение в микроелектрониката. Основно внимание ще бъде отделено на методите използвани за безразрушителен контрол и оценка на материали, структури и прибори. Методи, които ще бъдат разглеждани са основа на съответната изследователска и/или промишлена апаратура, използвана за микроскопия и визуализация на непрозрачни обекти в микроелектрониката. Курсът се явява естествено продължение на базисните курсове по експериментални методи четени в бакалавърската степен. Списък на конкретните лабораторни упражнения по курса е приложен в края на учебната програма.

Предварителни изисквания:

Физика и математика в рамките на стандартните курсове за бакалавърска степен

Очаквани резултати:

Курсът е специализиращ за студентите в магистърската степен, професионално направление Инженерна физика, които искат да работят в областта на микроелектрониката и компютрите. От студентите, успешно заършили курса се очаква да могат да прилагат тези методи в изследванията.

Учебно съдържание

№	Тема:	Хорариум
1	Температурни полета. Физични основи на топлинните вълни .	1
2	Фотоакустични (ФА) и фототоплинни (ФТ) ефекти в твърдотели материали, Особенности на ФА и ФТ ефекти в полупроводникови материали	2
3	Оптична генерация на топлинни вълни	1
4.	ФА и ФТ методи за детекция. Газ-микрофонна детекция. Пиезоелектрична детекция	1
5.	Термовълнови методи използващи два лазерни лъча. Напречен и колинеарен мираж ефект. Модификации	1
6.	Топлинно отклонение на сондиращ лъч. Фототермична деформация на повърхността	1
7.	Метод на стимулираното термовълново отражение (СТО)	1
8.	Фототоплинна радиометрия. Фотопироелектрична детекция. Обработка на ФА и ФТ сигнали	1
9.	ФА и ФТ методи за определяне на топлинните свойства на материалите. Основни физични параметри включени във ФА и ФТ експеримент	1
10.	Общ преглед на възможностите на ФА и ФТ методи в микроелектрониката	1
11.	ФА и ФТ спектроскопия. Спектри на поглъщане и отражение.	1

	Приложение за изследване на полупроводникови материали	
12.	ТВ методи и тяхното приложение за мониторинг на технологични процеси в МЕ - скрайбиране, полиране, ецване и дотиране - (1 ч.)	1
13.	Определяне на електронните параметри на токоносителите	1
14.	Изследване на дотирането и геометрията на имплантирани области	1
15.	Метод на дълбочинното профилиране и приложението му за изследване на нееднородности в непрозрачни обекти	1
16.	ФА микроскоп. Базисни принципи. Разделителна способност. Приложение за изследване на дефекти в непрозрачни образци	2
17.	ФТ микроскоп. Принцип на действие. Основни параметри. Приложение на СТО за изследвания в МЕ	2
18.	Визуализация на непрозрачни структури и прибори с ФА и ТВ методи. Базисни принципи. Приложения	2
19.	Визуализация на структурата и геометрията на ИС с ТВ. Изследване на разсейването на топлината в полупроводникови прибори	2
20.	БК и О на дефекти в инженерните компоненти. Изследване на структури с ФТ радиометрия. Термография. Приложение в индустрията	2
21.	Лазерно възбуждане на звук. Общ преглед на видове акустични вълни, възбуждани с лазерни импулси. Методи за детекция. Величини, които могат да се измерват.	4
	Упражнения	
1.	Определяне на топлинни параметри на тънки слоеве с ФА клетка	3
2.	Фотоакустичен микроскоп	3
3.	Определяне на коефициента на топлинна дифузия на твърди тела с методи на "мираж" ефекта.	3
4.	Изследване на фазови преходи с температурна ФА клетка.	3
5.	Определяне кинетиката на кристализация и топене с комбинирана ФА-ДСК клетка.	3

Конспект за изпит

1.	Уравнение на топлопроводността. Гранични и начални условия. Задачи без начални условия. Случай на хармонично изменение на температурата на повърхността на полубезкрайно тяло. Входен топлинен импеданс. Топлинни вълни – свойства.
2.	Едномерен случай на оптична генерация на топлинни вълни в полубезкрайно хомогенно твърдо тяло. Случаи на поглъщане на енергията на повърхността и в обема. Слабо и силно поглъщане. Величини, които могат да се измерват. Фотоакустична спектроскопия – предимства.
3.	Оптична генерация на топлинни вълни в случай на тънък слой върху подложка и повърхнинно поглъщане на светлина. Отражение на топлинна вълна на границата на две среди. Величини, които могат да се измерват в този случай.
4	Общ случай на оптична генерация на топлинни вълни в слоиста среда. Рекурентна формула изразена чрез характеристичния и входния топлинен импеданс. Величини, които могат да се измерват.
5	Температура на тяло, загрявано с фокусиран синусоидално модулиран лазерен лъч. Тримерен случай на топлинни вълни. Преобразование на Ханкел. Величини, които могат да се измерват.
6	Фотоакустична клетка – принцип на действие и теория. Експериментална установка. Синхронна детекция.

7	Фотоплинно отражение и фототоплинна дефлексия. Принцип на действие и експериментална установка.
8	Мираж ефект – принцип на действие. Едномерен случай с пробен лъч в образца. Величини, които могат да се измерват.
9	Напречен мираж ефект – тримерен случай във въздуха. Експериментална схема и какво може да се мери.
10	Фотоплинни явления в полупроводници – общ преглед.
11.	Уравнения на дифузия на свободни носители и уравнение на топлопроводността в полупроводници – формулировка. Гранични условия. Общ вид на решението (без извеждане, но трябва да го коментирате).
12.	Анализ на случая на слабо поглъщане в полупроводници. Величини, които могат да се измерват.
13.	Фотоплинно отражение в случай на полупроводници. Величини, които могат да се измерват. Влияние на технологични операции.
14.	Импулсно загряване в случай на поглъщане на светлината на повърхността. Хомогенно тяло и случай на слой върху подложка. (без извод на формулите, но трябва да можете да ги коментирате). Величини, които могат да се измерват. Импулсни лазери, които се използват. Клетка на Покелс.
15.	. Инфрачервена детекция – принципи и експериментална схема.
16.	Лазерно възбуждане на звук. Общ преглед на видове акустични вълни, възбуждани с лазерни импулси.
17.	Методи за детекция. Величини, които могат да се измерват.

Библиография

Основна:

1. Лекции към курса
2. A. Rosencwaig, Photoacoustics and Photoacoustic Spectroscopy, John Wiley & Sons, NY, 1980.
3. A. Mandelis, Photoacoustic and Thermal Wave Phenomena in Semiconductors, Elsevier Science Publishing Co., Inc., 1987.
4. D. Almond and P. Patel, Photothermal Science and Techniques, Charman & Hall, London, 1996.
5. J. Sell, Photothermal Investigations of Solids and Fluids, Academic Press, Inc., Boston, 1989.

Допълнителна:

1. В. Жаров и В. Летохов, Лазерная оптико-акустическая спектроскопия, Наука, Москва, 1984.
2. Н. Беляев и А. Рядно, Методи теории теплопроводности, Высшая школа, Москва, 1992.

Дата: 27.02.2013 г.

Съставил:

/доц. Цветан Велинов/