

(Ф.03.02-91)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет
Навчально-науковий інститут Аеронавігації
Кафедра електроніки

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о.ректора

_____ 2017
" " "

р.



Система менеджменту якості

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

навчальної дисципліни
"Фотоніка"

Галузь знань:	15	Автоматизація та приладобудування
Спеціальність	153	Мікро- та наносистемна техніка
Спеціалізація:		Фізична та біомедична електроніка

Семестр – 9

Аудиторні заняття	– 51	Екзамен	– 9
саместр			
Самостійна робота	– 69		
Усього (годин/кредитів ECTS)	– 120/4,0		
Домашнє завдання	– 9 семестр		

Індекс НМ-14-153/16-2.1.3



Система менеджменту якості.
Навчальна програма
навчальної дисципліни
"Фотоніка"

Шифр
р
доку
мента

СМЯ НАУ
НП 22.01.06-01-
2017

Стор. 2 із 9

СМЯ НАУ НП 22.01.06-01-2017

Навчальна програма дисципліни "Фотоніка" розроблена на основі освітньо-професійної програми, навчального плану № НМ-14-153/16 підготовки фахівців освітнього ступеня "Магістр" спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», спеціалізації «Фізична та біомедична електроніка» та відповідних нормативних документів.

Навчальну програму розробив
доцент кафедри електроніки _____ О. Вишнівський

Навчальну програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», спеціалізації «Фізична та біомедична електроніка» - кафедри електроніки, протокол № ___ від «___» _____ 2017 р.

Завідувач кафедри _____ Ф.Яновський

Навчальну програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради навчально-наукового інституту Аеронавігації, протокол № ___ від «___» _____ 2017 р.

Голова НМРР _____ С.Креденцар

УЗГОДЖЕНО

Директор ННІАН


_____ І.Мачалін

«___» _____ 2017 р.

Рівень документа – 3б

Плановий термін між ревізіями – 1 рік

Контрольний примірник

	Система менеджменту якості. Навчальна програма навчальної дисципліни "Фотоніка"	Шифр документа	СМЯ НАУ НП 22.01.06-01-2017
		Стор. 3 із 9	

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Навчальна програма навчальної дисципліни "Фотоніка" розроблена на основі «Методичних вказівок до розроблення та оформлення навчальної та робочої навчальної програм дисциплін», введених в дію розпорядженням від 16.06.2015р. №37/роз.

Дана навчальна дисципліна є теоретичною основою сукупності знань та вмінь, що формують профіль фахівця у сфері сучасних методів та програм проектування пристроїв мікро- та нанофотоніки.

Метою викладання дисципліни є розкриття сучасних наукових концепцій, понять, методів та технологій комп'ютерного моделювання та проектування пристроїв мікро- та нанофотоніки.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- оволодіння програмами комп'ютерного моделювання та проектування фільтрів на основі 2D фотонних кристалів;
- оволодіння програмами для комп'ютерного моделювання та проектування розгалужувачів на основі 2D фотонних кристалів.

У результаті вивчення даної навчальної дисципліни студент повинен:

Знати:

- Теоретичні засади фотоніки;
- Значення основних термінів та понять;
- Принципи моделювання фотонних кристалів;
- Принципи побудови зонних діаграм;
- Принципи створення пристроїв на основі фотонних кристалів;
- Принципи одно-, дво- та тривимірного моделювання в електроніці


Вміти:

- застосовувати вивчені пакети інтерактивного проектування в мікро- та наноелектроніці у своїй практичній діяльності;
- моделювати та досліджувати фотонні кристали;
- створювати зонні діаграми;
- створювати схеми пристроїв на основі фотонних кристалів;
- застосовувати концепцію просторово-часового моделювання для розв'язання задач мікро- та наноелектроніки

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з двох навчальних модулів, а саме:

- навчального модуля №1 "Одновимірні фотонні кристали";
- навчального модуля №2 "Двовимірні фотонні кристали та біофотоніка",

кожен з яких є логічно завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

	Система менеджменту якості. Навчальна програма навчальної дисципліни "Фотоніка"	Шифр документа	СМЯ НАУ НП 22.01.06-01-2017
		Стор. 4 із 9	

Навчальна дисципліна "Фотоніка" є базою для вивчення таких дисциплін, як: «Нейрокомп'ютерні системи діагностики», «Біомедичні мікроконтролерні системи» та інших.

2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Модуль №1 "Одновимірні фотонні кристали"

Тема 2.1.1. Основи фотоніки. Вступ. Зміст та задачі курсу. Основні етапи становлення теорії фотоніки. Особливості вивчення та контролю знань з навчальної дисципліни «Фотоніка». Зв'язок із сумісними дисциплінами. Основні положення фотоніки. Основні положення теорії лазерної техніки.

Тема 2.1.2. Розв'язок рівнянь Максвелла для діелектрика. Методи квантової механіки в електромагнетизмі. Ортогональність ейгенстанів. Варіаційний принцип. Еквівалентність ейгенстанів між двома комуруючими гамільтоніанами. Ейгенстани операторів континуального та дискретного перенесення й обертання.

Тема 2.1.3. Види та загальні властивості гармонічних мод. Масштабуюча властивість рівнянь Максвелла. Ортогональність електромагнітних мод. Ейгенчисла та варіаційний принцип. Відсутність фундаментального мірила довжини рівнянь Максвелла.

Тема 2.1.4. Симетрії електромагнітних ейгенмод. Зворотньо-часова симетрія. Визначення операторів перенесення та обертання. Континуальна переносна та обертова симетрії. Зонні діаграми. Дискретна переносна та обертова симетрії. Інверсна симетрія, дзеркальна симетрія та інші види симетрій.

Тема 2.1.5. Зонні діаграми. Зонна структура фотонних кристалів. Зони Брілюена. Незвідна зона Брілюена. Виникнення дозволених і заборонених зон в фотонному кристалі. Програмні пакети розрахунку дисперсійних діаграм.

Тема 2.1.6. Виробництво фотонних кристалів. Застосування фотонних кристалів. Фотонні кристали як дзеркала з малими втратами: ефект фотонної забороненої зони. Застосування фотонного кристалу поза межами забороненої зони.

Тема 2.1.7. Техніка матриці перенесення. Мультишаровий стек, TE – поляризація. Мультишаровий стек, TM – поляризація. Граничні умови.

Тема 2.1.8. Відбиття від кінцевого та напівнескінченного мультишару. Відбиття від кінцевого мультишару (діелектричне дзеркало). Відбиття від напівнескінченного мультишару (діелектричне фотонне дзеркало).

Тема 2.1.9. Проходження у кінцевому та нескінченно-періодичному мультишарі. Мультишарові дзеркала. Проходження у кінцевому мультишарі (планарний діелектричний хвилевід). Проходження хвилі всередині нескінченно-періодичного мультишару.



Тема 2.1.10. *Дефектні стани в періодичному мультишарі: планарні фотонно-кристалльні хвилеводи та фотонно-кристалльне оптоволокно.* Проходження хвилі у планарному фотонно-кристалльному хвилеводі із використанням заборонених зон. Аспекти дизайну хвилеводів з нескінченно-періодичними рефлекторами.

Фундаментальні ТЕ моди хвилевода з нескінченно-періодичним рефлексором. Нескінченно-періодичні рефлексори, розподіл поля для ТМ мод. Пертурбаційна теорія рівнянь Максвелла, частотне формулювання. Врахування втрат абсорбції хвилеводних матеріалів: розрахунок часу існування мод та довжини затухання. Пертурбаційний розрахунок втрат модального випромінення в хвилеводі з фотонною забороненою зоною зі скінченим рефлексором (фізичний та математичний підходи).

Фотонно-кристалльне оптоволокно: особливості функціонування та проходження хвилі.

Тема 2.1.11. *Гамільтонівське формулювання рівнянь Максвелла для хвилеводів. Ейгенстани хвилевода у гамільтонівському формулюванні.* Співвідношення ортогональності між модами хвилевода, що складається з діелектрика без втрат. Вирази для модальної фазової швидкості. Вирази для модальної групової швидкості. Співвідношення ортогональності між модами хвилевода, що складається з діелектрика з втратами. Пертурбаційна теорія для однорідних варіацій у хвилеводному діелектричному профілі. Пертурбаційна теорія для невірджених мод. Пертурбація, що змінює положення діелектричного інтерфейсу.

2.2. Модуль №2 "Двовимірні фотонні кристали та біофотоніка"

Тема 2.2.1. *Двовимірні фотонні кристали з малим контрастом індекса рефракції.* Дисперсійні діаграми для решіток фотонних кристалів з малим контрастом індекса рефракції. Розрахунок модальної групової швидкості. Розрахунок групової швидкості для випадку 2D фотонних кристалів. Дисперсійне співвідношення на границі зони, густина станів та сингулярність Ван Хофа. Рефракція від фотонних кристалів.

Тема 2.2.2. *Двовимірні фотонні кристали з великим контрастом індекса рефракції.* Решітки фотонних кристалів з великим контрастом індекса рефракції. Дисперсійні діаграми для решіток фотонних кристалів з великим контрастом індекса рефракції. Дефекти в 2D решітці фотонного кристала.

Тема 2.2.3. *Тривимірні фотонні кристали та перспективи їх практичного застосування.* Тривимірні решітки. Кристали з повними забороненими зонами. Діамантова решітка сфер. Яблонівіт. Вудпайл-кристал. Інверсний опал. Стек 2D-кристалів. Локалізація на точкових дефектах. Локалізація на лінійних дефектах. Локалізація на поверхні.



Тема 2.2.4. Точкові та лінійні дефекти в 2D решітці фотонного кристала. Квази-2D фотонні кристали. Метод плоскої хвилі для 2D фотонного кристала з лінійним дефектом. Метод плоскої хвилі для 2D фотонного кристала з точковим дефектом. Метод плоскої хвилі для мод ТЕ-резонатора. Метод плоскої хвилі для мод ТЕ-хвилевода.

Тема 2.2.5. Метод розкладання плоскої хвилі. Метод плоскої хвилі у 2D. Порівняння різноманітних проєкційних зонних діаграм. Зонні діаграми мод фотонно-кристального волокна. Оптично індуковані фотонні решітки. Поширення світла в періодичних фотонних решітках з малим індексом рефракції. Вироджені моди в 2D фотонних кристалах з локалізованими дефектами.

Тема 2.2.6. Оптично індуковані фотонні решітки. Поширення світла в періодичних фотонних решітках з малим індексом рефракції. Дефектні моди в 2D фотонних решітках з локалізованими дефектами. Залежність вироджених мод від сили локалізованих дефектів. Вироджені моди в 2D фотонних решітках з нелокалізованими дефектами.

Тема 2.2.7. Дисперсійне співвідношення на границі зони, густина станів та сингулярність Ван Хофа. Структура заборонених зон та дифракційне співвідношення для мод однорідної решітки. Біфуркації вироджених мод від границь зони Блоха для локалізованих слабких дефектів.

Тема 2.2.8. Рефракція від фотонних кристалів. Дефекти в 2D решітці фотонного кристалу. Вироджені моди в 2D фотонних решітках з нелокалізованими дефектами.

Тема 2.2.9. Фотонно-кристальні слєби. Геометрія фотонно-кристального слєба. Ейгенмоди фотонно-кристального слєба. Аналогія між модами фотонно-кристального слєба та модами відповідного 2D фотонного кристала. Моди фотонно-кристально-слєбового хвилевода.


Тема 2.2.10. Біофотоніка. Клітина: розміри та складові. Класичні контрастні механізми: світлого поля, темного поля, фазового контрасту та інтерферометричного контрасту. Механізм флуоресцентного контрасту. Нелінійна мікроскопія. Когерентне та анти-Стокс-Раманівське відбиття. Зменшення об'єму спостереження. Методи дальнього поля. 4Pi – мікроскопія. Мікроскопія на дзеркалі. Методи ближнього поля.

3. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

3.1. Основні рекомендовані джерела

3.1.1. Борн М., Вольф Э. «Основы оптики». М.: «Наука», 1973. – 721 с.

3.1.2. J. D. Joannopoulos, R. D. Meade, J. N. Winn «Photonic crystals: molding flow of light». Princeton University Press, 2008. – 141 p.

	<p>Система менеджменту якості. Навчальна програма навчальної дисципліни "Фотоніка"</p>	<p>Шифр документа</p>	<p>СМЯ НАУ НП 22.01.06-01- 2017</p>
			<p>Стор. 7 із 9</p>

3.1.3 M. Skorobogatiy, Jianke Yang. «Fundamentals of photonic crystal guiding». Cambridge University Press, 2009. – 267 p.

3.2. Додаткові рекомендовані джерела

3.1.3 Hervé Rigneault, Jean-Michel Lourtioz, Claude Delalande, Ariel Levenson «La nanophotonique». Hermes Science/Lavoisier, 2005. – 324 p.

3.1.4 <http://www.optiwave.com>

3.1.5 <http://www.comsol.com>



Система менеджменту якості.
Навчальна програма
навчальної дисципліни
"Фотоніка"

Шифр
документа

СМЯ НАУ
НП 22.01.06-01-
2017

Стор. 9 із 9

(Ф 03.02 – 04)

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності

(Ф 03.02 – 03)

АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

зміни	№ листа (сторінки)				Підпис особи, яка в	Дата внесення зміни	Дата введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульовано			

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розр				
Узго				
Узго				
Узго				