

**федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»
(Университет ИТМО)**

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
_____ В.О. Никифоров
«___» _____ 2022 г.
М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б2.2.1.ОД.1 Интегральная фотоника на основе ниобата лития

Группа научной специальности: 2.2 (Электроника, фотоника, приборостроение и связь)

Научная специальность: все научные специальности (профили)

Форма обучения: Очная

Санкт-Петербург
2023 г.

Рабочая программа составлена на основании Требований к программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, самостоятельно устанавливаемых федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»:

Код и наименование группы научной специальности	Реквизиты приказа об утверждении Требований Университета ИТМО
2.2 - Электроника, фотоника, приборостроение и связь	Приказ ректора №325-од от 31.03.2022 Решение Научно-Технического совета №12 от 28.03.2022

Программу разработал:

Шамрай А.В., д.т.н., проф. Института ВИТШ Университета ИТМО

Ежова К.В. к.т.н., доц. Института ВИТШ Университета ИТМО

Программа одобрена на заседании НТС Университета ИТМО протокол №12 от 28.03.2022 года.

Место дисциплины в структуре учебного плана:

Блок 2, Образовательный компонент

Форма обучения: очная

Год обучения: 2

Семестр: 3

Форма аттестации: экзамен

Вид деятельности	Семестр
	3
Занятий в контактной форме, час.	20
из них лекции, час.	8
из них научно-практических занятий, час.	8
из них промежуточной аттестации (включая консультации), час.	4
Самостоятельная работа, час.	124
Всего часов	144
Всего зачетных единиц	4

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Интегральная фотоника на основе ниобата лития»

Дисциплина «Интегральная фотоника на основе ниобата лития» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по группе научной специальности «2.2 - Электроника, фотоника, приборостроение и связь» по очной форме обучения на русском языке.

Разделы рабочей программы

1. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры.
2. Планируемые результаты обучения по дисциплине.
3. Структура и содержание дисциплины.
4. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины.
7. Фонды оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации.

1. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «*Интегральная фотоника на основе ниобата лития*» реализуется в третьем семестре в рамках Образовательного компонента Блока 2. Данная дисциплина создает системное научное знание в профессиональной области обучающегося, формирует представления о фотонике, когерентной и нелинейной оптике, методах анализа оптических волноводов и технологиях их изготовления, способствует развитию навыков, необходимых для профессиональной деятельности, связанной с разработкой различных оптико-информационных систем, использующих элементную базу интегральной фотоники.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Дисциплина «*Интегральная фотоника на основе ниобата лития*» направлена на **компетенции УК-1:** способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, **компетенции УК-3:** готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач, **компетенции УК-5:** способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития, **компетенции ОПК-1:** Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий, **компетенции ОПК-2:** готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования *в части следующих результатов обучения:*

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1	Уметь:

	У5 (УК-1) проводить оригинальные исследования, результаты которых обладают научной целостностью и новизной Владеть: В1 (УК-1) навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования;
УК-3	Владеть: В2 (УК-3) технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке
УК-5	Уметь: У1 (УК-5) планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития, следуя этическим нормам в профессиональной деятельности Владеть: В1 (УК-5) приемами и технологиями целеполагания, оценки результатов деятельности по решению профессиональных задач
ОПК-1	Уметь: У2 (ОПК-1) планировать научные исследования, анализировать получаемые результаты и формулировать выводы по итогам научных исследований
ОПК-2	Знать: З3 (ОПК-2) тенденции развития соответствующей научной области и области профессиональной деятельности

Способы формирования планируемых результатов обучения

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий		
	Лекции	Научно-практические занятия	Самостоятельная работа
УК-1: способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях			
У5 (УК-1) проводить оригинальные исследования, результаты которых обладают научной целостностью и новизной	+	+	+
В1 (УК-1) навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования		+	+
УК-3: готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач			
В2 (УК-3) технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в		+	+

том числе ведущейся на иностранном языке			
УК-5: способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития			
У1 (УК-5) планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития, следуя этическим нормам в профессиональной деятельности	+	+	+
В1 (УК-5) приемами и технологиями целеполагания, оценки результатов деятельности по решению профессиональных задач		+	+
ОПК-1: Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий			
У2 (ОПК-1) планировать научные исследования, анализировать получаемые результаты и формулировать выводы по итогам научных исследований	+	+	+
ОПК-2: готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования			
З3 (ОПК-2) тенденции развития соответствующей научной области и области профессиональной деятельности	+		+

3. Структура и содержание дисциплины

Изучение курса «*Интегральная фотоника на основе ниобата лития*» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; научно-практические занятия, предусматривающие углубленное изучение и обсуждение вопросов, обозначенных в темах дисциплины; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным и научно-практическим занятиям. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на научно-практических занятиях, по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

Структура дисциплины:

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
-----------	---------------------------------	---	---

		Всего часов	Лекции	Научно-практические занятия	Семинары	Самостоятельная работа	
1	Теория оптических волноводов	12	2	-	-	10	Собеседование, опрос
2	Технологические подходы для изготовления оптических волноводов в ниобате лития	12	2	-	-	10	
3	Применение интегрально-оптических устройств на основе ниобата лития в различных опто-информационных системах	116	4	8	-	104	
4	Промежуточная аттестация	4	-	-	-	-	Экзамен в форме письменной работы с последующим собеседованием
ИТОГО:		144	8	8	-	124	

Содержание дисциплины:

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание	Ссылки на результаты обучения
1	Теория оптических волноводов	1. Лучевое приближение.	У5 (УК-1) В1 (УК-1) В2 (УК-3) У1 (УК-5) В1 (УК-5) У2 (ОПК-1) 33 (ОПК-2)
		2. Описание на основе электромагнитной теории света.	
		3. Планарные волноводы. Характеристическое уравнение. . Волноводные моды. Условия отсечки. Волноводная дисперсия.	
		4. Канальные волноводы. Приближенные и численные методы анализа канальных волноводов. Характеристики канальных волноводов. Источники и физические механизмы возникновения оптических потерь.	
		5. Простейшие элементы интегральной оптики на основе канальных волноводов: связанные волноводы, делители оптической мощности. Методы ввода/выводы оптического излучения в волноводные структуры	
2	Технологические подходы для	1. Кристалл ниобата лития: физические и оптические свойства.	

	изготовления оптических волноводов в ниобате лития	<p>2. Технология термической диффузии ионов металлов (титана).</p> <p>3. Технология прямой оптической записи.</p> <p>4. Тонокопленочный ниобат лития и оптические волноводы с высокой числовой апертурой на его основе.</p> <p>5. Оптические волноводы на основе фотонных кристаллов и возбуждения плазмон-поляритонов.</p>	
3	Применение интегрально-оптических устройств на основе ниобата лития в различных оптико-информационных системах	<p>1. Сверхширокополосные электрооптические модуляторы в интегральном исполнении.</p> <p>2. Интегральная оптика на основе ниобата лития в оптических телекоммуникациях. Различные форматы модуляции и демодуляции оптических сигналов и интегрально-оптические устройства для их реализации.</p> <p>3. Интегрально-оптические модуляторы в интерференционных оптических датчиках и других системах прецизионных оптических измерений.</p> <p>4. Радиофотоника, интегрально-оптические устройства для генерации, передачи, приема и обработки сверхширокополосных аналоговых сигналов. Расширение полосы частоты свыше 100 ГГц и снижение амплитуды сигналов.</p> <p>5. Интегральная фотоника на основе ниобата лития для квантовых коммуникаций и квантовых вычислений.</p>	

Виды учебной и самостоятельной работы

Виды учебной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы
На основе изучения литературы по темам лекционных и научно-практических занятий аспирант готовится к ответу на предложенные вопросы, к участию в дискуссиях, по изученному материалу	У5 (УК-1) В1 (УК-1) В2 (УК-3) У1 (УК-5) В1 (УК-5) У2 (ОПК-1) З3 (ОПК-2)	20
Виды самостоятельной работы	Ссылки на	Часы на выполнение

	результаты обучения	
Самостоятельная подготовка к лекционным и научно-практическим занятиям	У5 (УК-1) В1 (УК-1) В2 (УК-3) У1 (УК-5) В1 (УК-5) У2 (ОПК-1) З3 (ОПК-2)	124
Успешное освоение материала, изучаемого в ходе лекционных и научно-практических занятия, требует дополнительного самостоятельного изучения. По каждому разделу учебной дисциплины предусмотрено изучение теоретического материала с использованием компьютерных технологий; самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Internet-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы.		

4. Текущий контроль и промежуточная аттестация

Текущий контроль по дисциплине «*Интегральная фотоника на основе ниобата лития*» осуществляется на лекциях и научно-практических занятиях и заключается в оценке активности и качества участия в опросах и собеседованиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; при подготовке реферата на выбранную тему оценивается широта используемых знаний и способность выделить основные проблемы и наиболее перспективные подходы к их решению.

Промежуточная аттестация по дисциплине «*Интегральная фотоника на основе ниобата лития*» проводится в третьем семестре в форме экзамена. Экзамен в форме письменной работы с последующим собеседованием.

Результаты сдачи экзамена оцениваются по шкале «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Учебно-методическое и программное обеспечение дисциплины размещено на образовательном портале Университета ИТМО.

Профессиональные базы данных, интернет-ресурсы, электронные библиотеки и информационные справочные системы:

№	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	http://e.lanbook.com/	ЭБС на платформе «Лань». Учебники и учебные пособия для университетов издательства «Лань»	Индивидуальный неограниченный доступ
2.	http://elibrary.ru/defaultx.asp	Научная электронная библиотека	Индивидуальный неограниченный доступ
3.	http://window.edu.ru/	Библиотека. Единое окно доступа к информационным ресурсам	Индивидуальный неограниченный доступ
4.	http://elbib.ru/	Российская электронная библиотека	Индивидуальный неограниченный доступ
5.	http://public.ru/	Публичная Интернет-библиотека	Индивидуальный

			неограниченный доступ
6.	http://lib.ifmo.ru/	Электронная библиотека НИУ ИТМО	Индивидуальный неограниченный доступ

Основная литература:

1. СВЧ интегрально-оптические модуляторы. Теория и практика : учебное пособие / В. М. Петров, А. В. Шамрай ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Университет ИТМО Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2021223, [1] с. : рис.Библиогр.: с. 201-223
2. Фотоника. Применение фотонов в современных технологиях / под ред. В. Суптиц ; пер. с англ. А. Н. Алешина под ред. И. Б. КовшаМ. : Техносфера, 2019102, [1] с. : цв. ил.Источники: с. 103ISBN 978-5-94836-547-3

Дополнительная литература:

1. Интегральная оптика. Под ред. Т. Тамира. М.: Мир, 1978. - 344 с.
2. Маркузе Д. Оптические волноводы / Пер. с англ. – М., Изд-во «Мир», 1974, 576 С.
3. Хансперджер Р. Интегральная оптика: теория и технология, Изд. "Мир", Москва, 1985 г. 384 с.
4. Advances in lithium niobate photonics: development status and perspectives, Guanyu Chen, Nanxi Li, Jun Da Ng, Hong-Lin Lin, Yanyan Zhou, Yuan Hsing Fu, Lennon Y. T. Lee, Yu Yu, Ai-Qun Liu, Aaron J. Danner, Advanced Photonics, Vol. 4, Issue 3, 034003 (June 2022). <https://doi.org/10.1117/1.AP.4.3.034003>
5. Optical waveguides in lithium niobate: Recent developments and applications. Marco Bazzan; Cinzia Sada, Appl. Phys. Rev. 2, 040603 (2015) <https://doi.org/10.1063/1.4931601>
6. Andreas Boes et al. ,Lithium niobate photonics: Unlocking the electromagnetic spectrum.Science379,eabj4396(2023).DOI:10.1126/science.abj4396
7. Петров В М, Агрозов П М, Лебедев В В, Ильичев И В, Шамрай А В "Широкополосные интегрально-оптические модуляторы: достижения и перспективы развития" УФН 191 760–780 (2021)
8. Chen A, Murphy E Broadband Optical Modulators: Science, Technology, and Applications (Boca Raton, FL: CRC Press, 2012)
9. Chang W S C (Ed.) RF Photonic Technology in Optical Fiber Links (Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2002)
10. Urick V J (Jr.), McKinney J D, Williams K J Fundamentals of Microwave Photonics (Hoboken, NJ: Wiley, 2015)
11. Mengyue Xu and Xinlun Cai, "Advances in integrated ultra-wideband electro-optic modulators [Invited]," Opt. Express 30, 7253-7274 (2022)
12. Yuechen Jia, Lei Wang, Feng Chen; Ion-cut lithium niobate on insulator technology: Recent advances and perspectives. Appl. Phys. Rev. 1 March 2021; 8 (1): 011307. <https://doi.org/10.1063/5.0037771>
13. Qi, Yifan and Li, Yang. "Integrated lithium niobate photonics" Nanophotonics, vol. 9, no. 6, 2020, pp. 1287-1320. <https://doi.org/10.1515/nanoph-2020-0013>
14. Di Zhu, Linbo Shao, Mengjie Yu, Rebecca Cheng, Boris Desiatov, C. J. Xin, Yaowen Hu, Jeffrey Holzgrafe, Soumya Ghosh, Amirhassan Shams-Ansari, Eric Puma, Neil Sinclair, Christian Reimer, Mian Zhang, and Marko Lončar, "Integrated photonics on thin-film lithium niobate," Adv. Opt. Photon. 13, 242-352 (2021)
15. A. Boes, B. Corcoran, L. Chang, J. Bowers, A. Mitchell, Laser & Photonics Reviews 2018, 12, 1700256. <https://doi.org/10.1002/lpor.201700256>

16. M. Rusing, P. O. Weigel, J. Zhao and S. Mookherjea, "Toward 3D Integrated Photonics Including Lithium Niobate Thin Films: A Bridge Between Electronics, Radio Frequency, and Optical Technology," in IEEE Nanotechnology Magazine, vol. 13, no. 4, pp. 18-33, Aug. 2019, doi: 10.1109/MNANO.2019.2916115
17. Poberaj, G., Hu, H., Sohler, W. and Günter, P. (2012), Lithium niobate on insulator (LNOI) for micro-photonics devices. Laser & Photon. Rev., 6: 488-503. <https://doi.org/10.1002/lpor.201100035>
18. Mian Zhang, Cheng Wang, Prashanta Kharel, Di Zhu, and Marko Lončar, "Integrated lithium niobate electro-optic modulators: when performance meets scalability," Optica 8, 652-667 (2021)
19. A. Boes, B. Corcoran, L. Chang, J. Bowers, A. Mitchell, Laser & Photonics Reviews 2018, 12, 1700256. <https://doi.org/10.1002/lpor.201700256>

Аспирант может дополнить список использованной литературы иными современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы.

Средства, обеспечивающие адаптацию электронных и печатных образовательных ресурсов для обучающихся из числа лиц с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья:

- 1) Доступ к изданиям электронно-библиотечной системы «Издательство «Лань»» (<https://e.lanbook.com>), в адаптированных форматах для лиц с инвалидностью и ОВЗ.
- 2) Специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования для лиц с инвалидностью и ОВЗ:
 - а) В библиотеке по адресам Кронверкский пр., д.49 и ул. Ломоносова, д.9 обучающимся, имеющим нарушения зрения, предоставляется компьютерное место с клавиатурой, маркированной шрифтом Брайля, и увеличительные лупы нового поколения с подсветкой и семикратным увеличением (лупы настольные с подсветкой PowerLux).
- 3) Услуги по адаптации учебно-методического материала для лиц с инвалидностью и ОВЗ:
 - а) обучающиеся с нарушениями зрения по запросу могут получить специальную учебную, научную литературу и периодические издания на основании действующего договора о сотрудничестве между Университетом ИТМО и Государственной библиотекой для слепых и слабовидящих; для обучающихся с нарушениями зрения учебные материалы могут быть предложены на шрифте Брайля.
 - б) обучающимся с нарушениями слуха по запросу предоставляются услуги сурдопереводчика на основании договора между Университетом ИТМО и «Всероссийским обществом глухих» (СПб РО ОООИ ВОГ).

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Программное обеспечение:

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

Наименование специальных помещений и	Оснащенность специальных помещений и помещений для	Перечень лицензионного программного обеспечения
--------------------------------------	--	---

помещений для самостоятельной работы	самостоятельной работы	
Занятия лекционного типа:		
мультимедийный класс	аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук)	Операционная система Microsoft Windows (версии от "Windows XP" до "Windows 10")
Занятия практического типа:		
мультимедийный класс, компьютерный класс	аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук)	Операционная система Microsoft Windows (версии от "Windows XP" до "Windows 10")
Самостоятельная работа:		
компьютерный класс	15 персональных компьютеров в составе локальной вычислительной сети, подключенной к Internet (30 Мбит/с).	Операционная система Microsoft Windows (версии от "Windows XP" до "Windows 10")

7. Фонды оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации

Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Оценочные средства текущего контроля		
Тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как специальная беседа по тематике предыдущей лекции и рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о физических явлениях при распространении оптического излучения по волноводам, технологиях формирования	Перечень вопросов к экзамену

	волноводов на подложках ниобата лития, интегрально-оптических устройства и областях их применения.	
Собеседование	Средство, позволяющее получить экспертную оценку знаний, умений и навыков по интегральной фотонике и областях её применения.	Требования к порядку проведения собеседования

Критерии сформированности компетенций

Код формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Не сформировано	Сформировано
УК-1	У5 (УК-1) проводить оригинальные исследования, результаты которых обладают научной целостностью и новизной	Отсутствие умения проводить оригинальные исследования, результаты которых обладают научной целостностью и новизной	Сформированные умения проводить оригинальные исследования, результаты которых обладают научной целостностью и новизной
	В1 (УК-1) навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования	Отсутствие навыков сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования	Сформированные навыки сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования
УК-3	В2 (УК-3) технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке	Отсутствие владения технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке	Сформированные владения технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке
УК-5	У1 (УК-5) планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития, следуя этическим нормам в профессиональной деятельности	Отсутствие умения планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития, следуя этическим нормам в профессиональной деятельности	Сформированные умения планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития, следуя этическим нормам в профессиональной деятельности
	В1 (УК-5) приемами и технологиями целеполагания, оценки результатов деятельности по решению профессиональных задач	Отсутствие владений приемами и технологиями целеполагания, оценки результатов деятельности по решению профессиональных задач	Сформированные владения приемами и технологиями целеполагания, оценки результатов деятельности по решению профессиональных задач
ОПК-1	У2 (ОПК-1) планировать научные исследования, анализировать получаемые результаты и формулировать выводы по итогам научных исследований	Отсутствие умений планировать научные исследования, анализировать получаемые результаты и формулировать выводы по итогам научных исследований	Сформированные умения планировать научные исследования, анализировать получаемые результаты и формулировать выводы по итогам научных исследований
ОПК-2	З3 (ОПК-2) тенденции развития соответствующей научной области и области профессиональной деятельности	Отсутствие знаний о тенденции развития соответствующей научной области и области профессиональной деятельности	Сформированные знания о тенденции развития соответствующей научной области и области профессиональной деятельности

Требования к структуре и содержанию оценочных средств.

Требования к порядку проведения экзамена в виде письменной работы:

Экзамен проводится в форме письменной работы с последующим собеседованием. Письменная работа выполняется по билетам, в билете 2 вопроса. Время выполнения письменной работы 30 минут. Собеседование проводится преподавателем дисциплины по темам билета. Аспиранту могут быть заданы дополнительные вопросы в рамках изученного курса.

Критерии выставления оценки:

Знания, умения и навыки обучающихся при промежуточном контроле в форме экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «неудовлетворительно» ставится аспиранту, который в ходе выполнения письменного экзаменационного задания и прохождения устного собеседования с преподавателем по вопросам экзаменационного билета демонстрирует незнание значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет задания и задачи по дисциплине.

Минимальная положительная оценка «удовлетворительно» ставится аспиранту, выполнившему письменное экзаменационное задание и прошедшему устное собеседование с преподавателем по вопросам экзаменационного билета, если он в результате собеседования по вопросам экзаменационного билета демонстрирует усвоение только основного материала, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении заданий по дисциплине.

Оценка «хорошо» ставится аспиранту, успешно выполнившему письменное экзаменационное задание и прошедшему устное собеседование с преподавателем, если он в результате собеседования по вопросам экзаменационного билета демонстрирует твердое знание программного материала, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении заданий по дисциплине.

Оценка «отлично» ставится аспиранту, успешно выполнившему письменное экзаменационное задание и прошедшему устное собеседование с преподавателем, если он в результате собеседования по вопросам экзаменационного билета демонстрирует глубокое и прочное усвоение всего программного материала, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Падение плоской волны на границу раздела двух сред. Коэффициенты Френеля. Угол Брюстера. Угол полного внутреннего отражения. Сдвиг фазы при отражении от оптически более плотной среды
2. Лучевое описание оптических волноводов. Планарный волновод. Характеристическое уравнение. Волноводные моды.

3. Условия отсечки высших мод. Условия отсечки фундаментальной моды в несимметричном волноводе.
4. Электромагнитная теория распространения излучения в оптических волноводах. Пространственное распределение интенсивности света.
5. Волноводная дисперсия. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия групповых скоростей.
6. Канальные оптические волноводы. Приближенные методы описания канальных волноводов
7. Оптические волноводы без полного внутреннего отражения. Особенности распространения оптического излучения в таких волноводах, преимущества и недостатки.
8. Устройства ввода/вывода оптического излучения в оптические волноводы. Проблема стыковки интегрально-оптических схем с оптическим волокном.
9. Источники потерь в оптических волноводах. Изгибные потери и критический радиус поворота.
10. Методы формирования оптических волноводов на кристаллических подложках ниобата лития. Сравнение различных технологий и их отличительные особенности.
11. Тонкопленочный ниобат лития. Технология изготовления волноводных структур на основе тонкопленочного ниобата лития.
12. Параллельные оптические волноводы. Теория связанных волн. Направленный ответвитель.
13. Пассивные интегрально-оптические элементы. Дилители оптической мощности.
14. Спектрально селективные интегрально-оптические элементы. Волноводные решетки.
15. Кольцевой волноводный резонатор. Критическая связь. Факторы определяющие добротность и селективность кольцевого резонатора.
16. Электрооптические модуляторы. Классификация модуляторов. Основные характеристики модуляторов.
17. Сверхширокополосные электроды. Факторы определяющие полосу частот модулятора.
18. Применение модуляторов в телекоммуникациях
19. Применение модуляторов в системах радиофотоники.
20. Применение модуляторов для высокоточных оптических измерений.
21. Ниобат лития как платформа интегральной квантовой фотоники.
22. Масштабируемость технологий интегральной фотоники и проблемы построения фотонных интегральных схем.