

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

МАТЕРИАЛЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ И ДИНАМИЧЕСКОЙ ГОЛОГРАФИИ

Методические указания к практическим занятиям
для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика»

2012

Кистенева Марина Григорьевна
Шварцман Григорий Исаакович

Материалы нелинейной оптики и динамической голографии =
Материалы нелинейной оптики и динамической голографии:
Методические указания к практическим занятиям для студентов
направления «Фотоника и оптоинформатика» / М.Г. Кистенева, Г.И.
Шварцман Министерство образования и науки Российской Федерации,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Томский государственный
университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра
электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2012. – 11 с.

Основные методические рекомендации касаются организации
проведения практических занятий и контроля выполнения заданий.
Практические занятия проводятся в виде семинаров. Активизация
практического занятия предполагает использование методических приемов
включения студентов в диалогическое общение, протекающее в виде
внешнего и внутреннего диалога.

Предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся
по направлению «Фотоника и оптоинформатика» по курсу «Материалы
нелинейной оптики и динамической голографии».

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой ЭП
_____ С.М. Шандаров
«__» _____ 2012 г.

МАТЕРИАЛЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ И ДИНАМИЧЕСКОЙ ГОЛОГРАФИИ

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика»

Разработчик

_____ М.Г. Кистенева
_____ Г.И. Шварцман

«__» _____ 2012 г

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 5 |
| 1. Физические свойства нелинейных кристаллов..... | 6 |
| 2. Кристаллы на основе оксидов ниобия, тантала и титана..... | 7 |
| 3. Нелинейные кристаллы титанилфосфата калия (КТР)..... | 8 |
| 4. Широкозонные полупроводниковые материалы..... | 9 |
| 5. Фоторефрактивные эффекты в кристаллах..... | 10 |

Введение

Основные методические рекомендации касаются организации проведения практических занятий и контроля выполнения заданий. Практические занятия проводятся в виде семинаров. Повышение активности магистрантов наблюдается при реализации «принципа диалогического общения». Активизация практического занятия предполагает использование методических приемов включения студентов в диалогическое общение, протекающее в виде внешнего и внутреннего диалога. «Принцип проблемности» при подачи материала занятия предполагает представление учебного материала в виде проблемных ситуаций и вовлечение магистрантов в совместный анализ и поиск решений. Важно проведение небольших дискуссий по ходу занятия при анализе и решении проблемных ситуаций. Студенту заранее выдается список вопросов по теме практического занятия, ответы на которые он должен подготовить самостоятельно. При изучении этих вопросов магистрант должен пользоваться не только учебниками и учебными пособиями, но и научными статьями, часть из которых дает преподаватель, а другую часть он должен найти самостоятельно. Непосредственно на практическом занятии студенты должны отвечать на предложенные вопросы, вести дискуссию с преподавателем и друг с другом. В конце занятия преподаватель оценивает работу каждого магистранта.

Оценка за занятие P по пятибалльной шкале определяется следующим образом

$$P = C \cdot K_{уч} \cdot 5,$$

где C – степень правильности ответов магистранта, $K_{уч}$ – коэффициент участия магистранта.

Степень правильности ответов оценивается как отношение количества правильных ответов A_r к общему количеству вопросов, на которые были даны ответы, A_s

$$C = \frac{A_r}{A_s}.$$

Коэффициент участия определяется как отношение количества вопросов, на которые магистрант ответил, Q_a к общему количеству заданных вопросов Q_s

$$K_{уч} = \frac{Q_a}{Q_s}.$$

1. Физические свойства нелинейных кристаллов

Вопросы, выносимые на рассмотрение по теме «Нелинейные кристаллы»:

1. Сегнетоэлектрические кристаллы.
2. Пьезоэлектрические кристаллы.
3. Электрооптические кристаллы.
4. Кристаллы для акустооптических приложений.
5. Кристаллы – преобразователи одного вида энергии в другой.
6. Оптические преобразователи частоты
7. Кристаллы с кубической нелинейностью, используемые для преобразования оптического излучения.
8. Магнитные кристаллы.

Статьи по теме занятия:

1. Шут В.Н, Кашевич И.Ф., Сырцов С.Р., Шнайдштейн И.В. Сегнетоэлектрические кристаллы триглицинсульфата с профильным распределением примеси ионов хрома // Кристаллография. – 2010. – Т. 55. - № 3. –С. 495 – 498.
2. В.А.Бушуев, Б.И.Манцызов, Несинхронное усиление при генерации терагерцового излучения в нелинейном одномерном фотонном кристалле // Изв.РАН, сер.физическая. – 2003. – Т.67, 12. – С. 1714-1718.
3. D.Coquillat, J.Torres, D.Peyrade et al., "Equifrequency surfaces in a two-dimensional GaN-based photonic crystal", Opt. Express. – 2004. - V 12, № 6. – P.1097-1108.
4. A. K. Popov, V. V. Slabko and V.M. Shalaev. Second harmonic generation in nonlinear left-handed materials / Las. Phys. Lett. – 2006. - 1–5/ DOI 10.1002/lapl. 200610008.
5. Gupta N., Voloshinov V. B., Knyazev G. A., Kulakova L. A. Tunable wide angle acousto-optic filter applying single crystal tellurium // Journal of Optics A, Pure and Applied Optics, 2011, v.14, pp.035502-035511.
6. Souilhac D., Billerey D. Efficient acousto-optical phase-matched non collinear optical second harmonic generation in tellurium // Proc. SPIE, 1990, v. 1273, pp.162-173.
7. Voloshinov V.B., Gupta N., Knyazev G.A., Polikarpova N.V. An acousto-optic X-Y deflector using close to axis propagation of light in the single crystal tellurium // Journal of Optics A: Pure and Applied Optics, 2011, v. 12, pp. 015706-015713.
8. Мартьянов А. Г., Шандаров С. М., Литвинов Р. В. Взаимодействие световых волн на отражательной голографической решетке в кубических фоторефрактивных кристаллах // ФТТ.- 2002. - 44. 6. - С. 1006-1010.
9. Хило, П. А. Е. С. Петрова. Генерация второй гармоники эллиптическими бесселевыми световыми пучками в периодически

поляризованных нелинейных кристаллах / Журнал прикладной спектроскопии. - 2005. - Т. 72, N 6. - С. . 752-755.

2. Кристаллы на основе оксидов ниобия, тантала и титана

Вопросы, выносимые на рассмотрение по теме «Кристаллы на основе оксидов ниобия, тантала и титана»:

1. Свойства монокристаллов ниобата лития.
2. Способы выращивания монокристаллов ниобата лития.
3. Методы исследования состава и дефектности кристаллов ниобата лития.
4. Методики исследования доменной структуры в кристаллах ниобата лития.
5. Свойства монокристаллов танталата лития.
6. Способы выращивания монокристаллов танталата лития.
7. Дефекты структуры кристаллов танталата лития.
8. Нелинейно-оптические компоненты на основе периодически поляризованного ниобата лития для преобразования инфракрасного излучения лазера в ультрафиолетовый, синий и зеленый оптический спектр.

Статьи по теме занятия:

1. Wevering S., Imbrock J., Kratzig E.: Relaxation of light-induced absorption changes in photorefractive lithium tantalate crystals // J. Opt. Soc. Am. B. 2001.-V.18.-P. 472-478.
2. А.М. Пугачев, С. Кожима, Х. Анвар. Исследование фазового перехода в танталате лития методом бриллюэновской спектроскопии / ФТТ. – 2006. – Т. 48, вып. 6. – С. 988-989.
3. Holtmann F., Imbrock J., Baumer C., Hesse H., Kratzig E., Kip D. Photorefractive properties of undoped lithium tantalate crystals in dependence of composition // J. Appl. Phys D. 2004. - 96. - P. 7455— 7463.
4. Eggert H. A., Hecking B., and Buse K., Electrical fixing in near-stoichiometric lithium niobate crystals // Opt. Lett 2004 - V.29.- P.2476-2478.
5. Adibi Ali, Buse Karsten, and Psaltis Demetri Two-center holographic recording//JOSA B. -2001. -V. 18, N. 5, P. 584-601.
6. Т.П. Мясникова, А.Э. Мясникова. Оптические спектры танталата лития / ФТТ. – 2008. – Т. 50, вып. 5. – С. 843-845.
7. Педько Б.Б., Прохорова АЛЮ., Орлова А.Н., Голиков В.В. Оптические свойства у,п-облученных монокристаллов LiNbO₃. Изв. РАН, сер. физ., 2003. - Т. 67. - №8. - С. 1216.
8. Мясникова Т.П., Мясникова А.Э. Оптические спектры ниобата лития. // ФТТ, 2003. - Т.35, в.12. - С. 2230-2232.
9. Линейное и нелинейное распространение световых пучков в двумерных фоторефрактивных фотонных решетках в ниобате лития / К.В.

Шандарова, В.М. Шандаров, Е.В. Смирнов, Д. Кип, М. Степич, Х. Рютер // Известия вузов. Физика. 2006. - №9. - С.58 - 62.

10. Light propagation in double-periodic nonlinear photonic lattices in lithium niobate / E. Smirnov, C. E. Rtitier, D. Kip, K. Shandarova and V. Shandarov // Appl. Phys. B. 2007. Vol. 88, No.3. - P. 359-362.

11. Гордиенко, В. М. Высокоэффективная генерация второй гармоники излучения фемтосекундного хром-форстеритового лазера с наноджоульным уровнем энергии в кристалле ниобата лития / В. М. Гордиенко и др. // Квантовая электроника. - 2006. - Т. 36. - N 11. - С. 1072-1073.

12. Коханчик Л.С., Бородин М.В., Шандаров С.М., Буримов Н.И., Волк Т.Р., Щербина В.В. Периодические доменные структуры, сформированные электронным лучом в пластинах LiNbO_3 и планарных волноводах Ti:LiNbO_3 Y-ориентации // Физика твердого тела, 2010. - Т. 52, вып. 8. – С.1602-1609.

3. Нелинейные кристаллы титанилфосфата калия (КТР)

Вопросы, выносимые на рассмотрение по теме «Нелинейные кристаллы титанилфосфата калия (КТР)»:

1. Оптические свойства кристаллов КТР.
2. Исследование влияния на оптическую и нелинейно-оптическую однородность кристаллов КТР технологических параметров ростового процесса.
3. Изготовление нелинейных элементов из кристаллов КТР и их характеристики.
4. Использование кристаллов КТР для высокоэффективного нелинейного преобразования излучения твердотельных лазеров.
5. Исследование оптической и нелинейно-оптической однородности кристаллов КТР.
6. Кристаллы нитрата натрия и нитрата бария для преобразования излучения твердотельных лазеров на основе эффекта вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР).
7. Кристаллы пентобарата калия и дигидрофосфата калия для преобразования лазерного излучения в третью и четвертую гармоники.
8. Кристаллы дидейтерофосфата калия для нелинейных и электрооптических приложений.

Статьи по теме занятия:

1. Б. Л. Давыдов, А. А. Крылов. Особенности генерации второй гармоники излучения импульсного иттербиевого волоконного лазера в кристаллах титанилфосфата калия KTiOPO_4 / Квантовая электроника. - 2007. - Т. 37., N 7. - С. 661-668.

2. Строение монокристаллов KTiOPO_4 , выращенных методом кристаллизации из раствора в расплаве на затравку и спонтанно/ Н. Е. Новикова и др. // Кристаллография. - 2008. - Т. 53, N 6. - С.999-1008.

3. В. Г. Гуртовой, А. У. Шелег. Влияние электронного и гамма-облучения на упругие характеристики кристаллов KTiPO_4 / Физика твердого тела. - 2009. - Т. 51, Вып. 11. - С.2180-2182.

4. Выращивание, исследование физических свойств и структурных особенностей кристаллов KTiPO_4 , легированных цинком / Е. И. Орлова и др. // Кристаллография. - 2010. - Т. 55, N 4. - С.637-644.

5. Voronkova V.I., Yanovskii V.K., Losevskaya T.Yu., Stefanovich S.Yu. Electrical and nonlinear optical properties of KTiPO_4 single crystals doped by Nb and Sb II Journal of Applied Physics. 2003. V. 94. P. 1954-1958.

6. Лю Вэнь, Воронкова В.И., Яновский В.К., Сорокина Н.И., Верин И.А., Симонов В.И. Синтез, атомная структура и свойства кристаллов в системе RbTiPO_4 CsTiPO_5 // Кристаллография. 2000. - Т. 45. № 3. - С. 423-428.

7. Воронкова В.И., Яновский В.К., Леонтьева И.Н., Агапова Е.И., Харитоновна Е.П., Стефанович С.Ю., Зверьков С.А. Выращивание и свойства монокристаллов KTiPO_4 , легированных цирконием // Неорганические материалы. 2004. - Т.40. № 12. - С. 1505-1507.

8. Park J.-H., Kim C.-S., Choi B.-C. Impedance spectroscopy of KTiPO_4 single crystal in the temperature range -100 to 100°C // Appl Phys. A. 2004. V. 78. P. 745-748.

9. Ю.В. Кулешов, В.А. Краковский, Л.Я. Серебренников, А.А. Тик, А.В. Пуговкин, Г.И. Шварцман, Выращивание и монодоменизация кристаллов семейства КТР // Доклады ТУСУРа.-2011.-№2(24).- ч.2, - С.119 - 123.

10. И.А. Паргачёв, А.Е. Мандель, В.А. Краковский, Л. Я. Серебренников, С.М. Шандаров, А.В. Пуговкин, Ю.В. Кулешов, Г.И. Шварцман Получение и электрофизические свойства кристаллов GTR-КТР. // Доклады ТУСУРа.- 2011.-№2(24).- Ч.2. - С.119 -123.

4. Широкозонные полупроводниковые материалы

Вопросы, выносимые на рассмотрение по теме «Широкозонные полупроводниковые материалы»:

1. Нелинейно-оптические широкозонные кристаллы: особенности структуры, основные свойства и области практического применения.

2. Особенности выращивания широкозонных нелинейно-оптических кристаллов.

3. Оптические свойства кристаллов класса силленитов.

4. Кристаллы бората лития.

5. Свойства кристаллов карбида кремния (SiC), нитрида галлия. Способы выращивания этих кристаллов.

Статьи по теме занятия:

1. Чмырев В.И., Скориков В.М., Цисарь И.В., Васильев А.Я., Дудкина Т.Д., Каргин Ю.Ф. Оптические, фотоэлектрические и электрооптические свойства монокристаллов $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, легированных Cd и Mo // Высокочистые вещества. 1991. №2. С. 88-92.

2. Егорышева А.В. Край поглощения кристаллов $\text{Bi } 12\text{Mx}020\pm 5$, (M=Zn, В, Ga, Р, V, Al,P., [Ga,P], [Fe,P], Zn,V) со структурой силленита // Журнал неорганической химии. 2005. 50. - №3. - С. 1-6.

3. Kargin Yu.F., Egorysheva A.V., Volkov V.V., Burkov V.I., Shandarov S.M., Mandel A.E., Skorikov V.M. Growth and characterization of doped $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ single crystals // J. of Crystal Growth, 15 February 2005, V.275, P. 779-784.

4. Карачинов В.А. Отрицательные кристаллы карбида кремния // ЖТФ. 2002. - Т.72 Вып.4. - С.60-65.

5. Фоторефрактивные эффекты в кристаллах

Вопросы, выносимые на рассмотрение по теме «Использование фоторефрактивных материалов в динамической голографии»:

1. Механизм возникновения фоторефракции.
2. Фоторефрактивный эффект в кристаллах ZnGeP_2 .
3. Фоторефрактивный эффект в кристаллах класса силленитов.
4. Влияние фотоиндуцированного поглощения света на фоторефрактивный эффект в кристаллах силленитов.
5. Фоторефрактивные голограммы в кристаллах класса силленитов.
6. Фоторефрактивный эффект в кристаллах ниобата лития.
7. Влияние легирования на фоторефрактивные свойства кристаллов ниобата лития.
8. Фазовые переходы и сегнетоэлектрическое переключение как способ управления характеристиками фоторефрактивной голографической записи.

Статьи по теме занятия:

1. П.М. Караваев, В.М. Абусев, Г.А. Медведкин. Фоторефрактивный эффект в кристаллах ZnGeP_2 / Письма в ЖЭТФ. - 2006, № 32, вып. 11.
2. Buse K., Jermann F., Kratzig E. Infrared holographic recording in $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$ // J.Appl. Phys. 1994. - A 58,- P. 191-195.
3. Buse K., Kratzig E. Two-Step Processes and IR Recording in Photorefractive Crystals // Topics Appl. Phys. 2003. - V.86.- P.23-39.
4. Von Bally G., Thien R., Kemper B. High resolution reversible hologram recording in photorefractive crystals // Ukr. J. Phys. 2004. 49. P. 457-460.
5. Shandarov S.M., Burimov N.I., Dubtsov M.A., Sibagatulina V.G., Baklanov D.S., Kulchin Yu.N., Romashko R.V., Kargin Yu.F., Egorysheva A.V., Volkov V.V. Polarization effects at two-beam interaction on reflection holographic gratings in sillenite crystals // Laser Physics. 2007. V. 17, No 4. P. 482-490.

6. Ромашко Р.В., Шандаров С.М., Кульчин Ю.Н., Буримов Н.И., Лимарев Д.А., Каргин Ю.Ф., Волков В.В. Адаптивный спекл-интерферометр на основе фоторефрактивной отражательной голограммы // Изв. РАН. Серия физич. 2005. Т. 69, № 8. С. 1143 –1145.

7. Д.В. Ковалевский, В.М. Деткова, А.В. Курочкин. Оптимизация квазисинхронного самоудвоения частоты в активно-нелинейных кристаллах с регулярной и нерегулярной доменными структурами/ Оптика и спектроскопия. - 2008. - Т. 105, N 2. - С. 295-305.

8. R.V. Romashko, Y.N. Kulchin, S.M. Shandarov, Yu.F. Kargin, V.V. Volkov. Adaptive correlation filter based on dynamic reflection hologram formed in photorefractive $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ crystal / Optical Review. 2005. -V. 12- №1.- p. 58-60.

9. Мартьянов А.Г., Шапдаров С.М., Литвинов Р.В. Взаимодействие свежых волн на отражательной голографической решетке в кубических фоторефрактивных кристаллах // ФТТ, 2002. - Т. 44, вып. 6. - С. 1006-1010.

Кистенева М.Г., Шварцман Г.И.

Материалы нелинейной оптики и динамической голографии

Методические указания к практическим занятиям

Усл. печ. л. Препринт
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40