

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

Кафедра электронных приборов

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

Методические указания к практическим занятиям
для студентов направления
200700 – Фотоника и оптоинформатика

2014

Щербина Веста Вячеславовна, Шандаров Станислав Михайлович.

Взаимодействие оптического излучения с веществом: методические указания к практическим занятиям для студентов направления 200700.62 – Фотоника и оптоинформатика / В.В. Щербина, С.М. Шандаров; 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, 2014. - 16 с.

Целью настоящего пособия является формирование у студентов представлений о взаимодействии интенсивного излучения с веществом - важнейшем научном разделе оптической физики.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью владеть методикой разработки математических и физических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере (ПК-12);
- способностью подготовить научно-технические отчеты и обзоры, публикации по результатам выполненных исследований (ПК-16);
- готовностью вести исследования основных физико-химических свойств оптических стёкол и кристаллов, применить методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов (ПК-19)
- способностью разрабатывать технические задания на конструирование отдельных узлов приспособлений, оснастки и специального инструмента, предусмотренных технологией (ПК-34);
- способностью составлять техническое задание на научно-исследовательскую, проектно-конструкторскую, производственно-технологическую деятельность (ПК-37);
- способностью организовать работу производственного коллектива (ПК-38).

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся по направлению 200700.62 – Фотоника и оптоинформатика.

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
« ____ » _____ 2014 г.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

Методические указания к практическим занятиям
для студентов направления 200700 – Фотоника и оптоинформатика

Разработчик
_____ В.В. Щербина
_____ С.М. Шандаров

« ____ » _____ 2014 г

Содержание

Введение.....	5
Занятие 1. Уравнения Максвелла. Вектор поляризации. Основное материальное уравнение. Нелинейная поляризация в волновом уравнении. Модели нелинейной поляризации. Временная и пространственная дисперсии.....	6
1.1 Задачи.....	6
1.2 Вопросы для самопроверки.....	7
Занятие 2. Электронная теория дисперсии Лоренца. Дисперсия и поглощение света в линейной изотропной среде. Распространение светового импульса в диспергирующей среде. Рассеяние света.....	7
2.1 Задачи.....	7
2.2 Вопросы для самопроверки.....	8
Занятие 3. Оптическая анизотропия и основные эффекты кристаллооптики. Структура световой волны в анизотропном кристалле. Эллипсоид показателей преломления. Формулы Френеля.....	8
3.1 Задачи.....	8
3.2 Вопросы для самопроверки.....	9
Занятие 4. Эффективные нелинейные коэффициенты, волновая расстройка. Уравнения для амплитуд связанных волн. Скалярные укороченные уравнения.....	9
4.1 Задачи.....	9
4.2 Вопросы для самопроверки.....	10
Занятие 5. Генерация разностной частоты в терагерцовый диапазон. Параметрическое усиление. Параметрическая генерация.....	10
5.1 Задачи.....	11
5.2 Вопросы для самопроверки.....	12
Занятие 6. Интегралы движения для генерации второй гармоники. Аналитические решения системы укороченных уравнений. Эффективность преобразования во вторую гармонику.....	12
6.1 Задачи.....	12
6.2 Вопросы для самопроверки.....	13
Занятие 7. Сверхсильные световые поля. Новые технологии базирующиеся на фемтосекундных импульсах.....	13
7.1 Задачи.....	13
7.2 Вопросы для самопроверки.....	14
Занятие 8. Оптический нагрев поглощающей среды. Импульсный нагрев поверхности металла лазерным излучением.....	14
8.1 Задачи.....	14
8.2 Вопросы для самопроверки.....	15

Введение

Цель дисциплины - формирование у студентов представлений о взаимодействии интенсивного излучения с веществом - важнейшем научном разделе оптической физики.

Задачи дисциплины - дать студентам современные специальные знания с учетом последних научных достижений в области лазерных воздействий на вещество, включая механизмы поглощения света и передачи энергии; изучить закономерности нагрева и лазерного разрушения поглощающих материалов; дать представления об оптическом пробое прозрачных сред.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– способностью владеть методикой разработки математических и физических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере (ПК-12);

– способностью подготовить научно-технические отчеты и обзоры, публикации по результатам выполненных исследований (ПК-16);

– готовностью вести исследования основных физико-химических свойств оптических стёкол и кристаллов, применить методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов (ПК-19)

– способностью разрабатывать технические задания на конструирование отдельных узлов приспособлений, оснастки и специального инструмента, предусмотренных технологией (ПК-34);

– способностью составлять техническое задание на научно-исследовательскую, проектно-конструкторскую, производственно-технологическую деятельность (ПК-37);

– способностью организовать работу производственного коллектива (ПК-38).

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: механизмы поглощения света и передачи энергии; закономерности нагрева и лазерного разрушения поглощающих материалов; механизмы оптического пробоя прозрачных сред.

уметь: строить математические и физические модели процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств электроники и наноэлектроники

владеть: современными подходами и методиками построения математических и физических моделей процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств электроники и наноэлектроники.

Занятие 1. Уравнения Максвелла. Вектор поляризации. Основное материальное уравнение. Нелинейная поляризация в волновом уравнении. Модели нелинейной поляризации. Временная и пространственная дисперсии

При изучении раздела следует обратить внимание на

1. Вывод волнового уравнение из системы уравнений Максвелла
2. Отличие волнового уравнение для изотропной среды от волнового уравнения для анизотропной среды.
3. Отличие пространственной и временной дисперсии, дисперсионное уравнение.

1.1 Задачи

Задача 1. Показать, что из уравнений Максвелла следует закон сохранения электрического заряда, т. е. $\nabla \cdot \mathbf{j} = -\partial \rho / \partial t$.

Задача 2. Показать, что уравнения Максвелла $\nabla \times \mathbf{E} = -\partial \mathbf{B} / \partial t$ и $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$ являются совместимыми, т. е. первое из них не противоречит второму.

Задача 3. Точечный заряд q движется с нерелятивистской скоростью $v = \text{const}$. Найти плотность тока смещения $\mathbf{j}_{\text{см}}$ в точке, находящейся на расстоянии r от заряда на прямой:

- а) совпадающей с траекторией заряда;
- б) перпендикулярной к траектории и проходящей через заряд.

Задача 4. Точечный заряд q движется равномерно и прямолинейно с релятивистской скоростью, составляющей β -часть скорости света ($\beta = v/c$). Найти напряженность E электрического поля этого заряда в точке, радиус-вектор которой относительно заряда равен r и составляет угол ϑ с вектором его скорости.

Задача 5. В инерциальной K -системе отсчета имеются два однородных взаимно перпендикулярных поля: электрическое напряженности $E = 40$ кВ/м и магнитное с индукцией $B = 0,20$ мТ. Найти напряженность E' (или индукцию B') поля в той K' -системе отсчета, где наблюдается только одно поле (электрическое или магнитное).

Задача 6. В инерциальной K -системе имеется только однородное электрическое поле с напряженностью $E = 8$ кВ/м. Найти модуль и направление

- а) вектора E' , б) вектора B' в инерциальной K' -системе, движущейся по отношению к K -системе с постоянной скоростью v под углом $\alpha = 45^\circ$ к вектору E . Скорость K' -системы составляет $\beta = 0,60$ скорости света.

Задача 7. В некоторой области инерциальной системы отсчета имеется вращающееся с угловой скоростью ω магнитное поле, индукция которого равна B . Найти $\nabla \times E$ в этой области как функцию векторов ω и B .

1.2 Вопросы для самопроверки

1. Записать уравнение Максвелла и материальные уравнения в общем виде
2. На основе материального уравнения провести классификацию сред
3. Описать поведение плоской монохроматической волны в линейной, однородной изотропной среде
4. Записать выражения для комплексных диэлектрической восприимчивости, проницаемости и показатель преломления

Занятие 2. Электронная теория дисперсии Лоренца. Дисперсия и поглощение света в линейной изотропной среде. Распространение светового импульса в диспергирующей среде. Рассеяние света

При изучении раздела следует обратить внимание на

1. Основные положения классической осцилляторной модели среды.
2. Физический смысл действительной и мнимой части показателя преломления
3. Особенности нормальной и аномальной дисперсии
4. Особенности дисперсии в области высоких частот
5. Отличия сред с дисперсией первого и второго порядка
6. Определения фазовой и групповой скоростей, дисперсионной длины

2.1 Задачи

Задача 1. На грань стеклянной призмы ($n = 1,5$) нормально падает луч света. Определить угол отклонения луча призмой, если ее преломляющий угол равен 25° .

Задача 2. При прохождении света в некотором веществе пути x его интенсивность уменьшилась в два раза. Определить, во сколько раз уменьшится интенсивность света при прохождении им пути $4x$.

Задача 3. Источник монохроматического света с длиной волны $\lambda_0 = 0,6$ мкм движется по направлению к наблюдателю со скоростью $v = 0,15c$ (c - скорость света в вакууме). Определить длину волны λ , которую регистрирует приемник.

Задача 4. Определить минимальную кинетическую энергию (в мегаэлектрон-вольтах), которой должен обладать электрон, чтобы в среде с показателем преломления $n = 1,5$ возникло излучение Вавилова - Черенкова.

2.2 Вопросы для самопроверки

1. Принципы классическая осцилляторная модель среды
2. Дисперсия и поглощение света в линейной изотропной среде.
3. Получить выражение для показателя преломления плотных сред
4. Экспериментальное подтверждение дисперсионной теории Лоренца (рефракция, нормальная дисперсия, дисперсия в области низких и высоких частот)
5. Особенности распространение светового импульса в диспергирующей среде
6. Модель среды с дисперсией первого и второго порядка

Занятие 3. Оптическая анизотропия и основные эффекты кристаллооптики. Структура световой волны в анизотропном кристалле. Эллипсоид показателей преломления. Формулы Френеля.

При изучении раздела следует обратить внимание на

1. Структуру световой волны в анизотропном кристалле
2. Особенности распространения света в одноосном кристалле, обыкновенная и необыкновенная волны.
3. Классификацию анизотропных сред

3.1 Задачи

Задача 1. Найдите коэффициенты отражения и пропускания в случае нормального падения из среды с показателем преломления n_1 в среду с n_2 .

Задача 2. Естественный свет с интенсивностью падает из среды с показателем преломления n_1 в среду с n_2 . Найти коэффициент отражения.

Задача 3. Определить коэффициент отражения естественного света, падающего на стекло ($n = 1,54$) под углом полной поляризации. Найти степень поляризации лучей, прошедших сквозь пластинку.

Задача 4. Определить: 1) коэффициент отражения и степень поляризации отраженных лучей при падении естественного света на стекло ($n = 1,5$) под углом 45° ; 2) степень поляризации преломленных лучей.

Задача 5. Найти коэффициент пропускания σ при нормальном падении света из воздуха на стекло с показателем преломления $n = 1,5$.

Задача 6. Проверить с помощью формул Френеля, что поток энергии падающей волны через границу раздела сред равен сумме потоков энергии преломленной и отраженной волн через ту же границу.

3.2 Вопросы для самопроверки

1. Что такое двулучепреломление, анизотропное поглощение? Как можно объяснить явление анизотропного поглощения?
2. Дайте классификацию кристаллов по виду компонент тензора диэлектрической проницаемости среды
3. Дайте определения оптической оси кристалла, главной плоскости.
4. Запишите уравнение нормалей Френеля, дайте определение обыкновенной и необыкновенной волн
5. Что такое магнитооптический эффект? Эффект Фарадея, постоянная Верде?

Занятие 4. Эффективные нелинейные коэффициенты, волновая расстройка. Уравнения для амплитуд связанных волн. Скалярные укороченные уравнения

При изучении раздела следует обратить внимание на

1. Материальное уравнение для нелинейной среды
2. Линейный и нелинейные члены поляризации, их относительные величины
3. Осцилляторную модель нелинейной среды, ее отличие от аналогичной модели для линейной среды.
4. Классификацию нелинейно-оптических явлений

4.1 Задачи

Задача 1. Гелий-неоновый лазер генерирует в нелинейном кристалле слабую вторую гармонику с $\lambda_{20}=1.695$ мкм. Известно, что амплитуда второй гармоники достигает максимального значения на длине 0.8475 мм. Чему равна в этом кристалле длина нелинейного взаимодействия, если $n_2 < n_1$? ($n_1 = 1.016$; $\gamma_2 E_{10} = 1.096 \cdot 10^{-5}$).

Задача 2. В нелинейном кристалле длиной $L=1$ см лазер на неодимовом стекле ($\lambda_{10}=1.058$ мкм) возбуждает вторую гармонику с максимальной амплитудой, равной 0.01 амплитуды основной волны. Из эксперимента известно, что на выходе кристалла амплитуда второй гармоники равна нулю, причем на длине кристалла укладывается 60 максимумов $|A_2|$. Определить разность показателей преломления основной

волны и второй гармоники.

Задача 3. При какой разности показателей преломления основной волны и слабой второй гармоники отношение $\frac{L_{\text{нл}}}{L_{\text{ког}}} = 50$, если известно, что $\gamma_2 E_{10} = 0.652 \cdot 10^{-4}$; $n_2 = 1.45$.

Задача 4. Из эксперимента известно, что в нелинейном кристалле амплитуда слабой второй гармоники достигает первого минимума на расстоянии $L=0.5$ см. Найти длину волны второй гармоники в вакууме, если $n_1 = 1.0015$; $n_2 = 1.0016$.

Задача 5. Пучок импульсного рубинового лазера генерирует в кристалле кварца слабую вторую гармонику с $\lambda_{20}=0.397$ мкм. Амплитуда второй гармоники достигает максимума на длине 8 мкм. Чему равна разность показателей преломления основной волны и второй гармоники?

Задача 6. Полупроводниковый лазер на арсениде галлия ($\lambda_{10}=0.84$ мкм) возбуждает в нелинейном кристалле вторую гармонику. Длина нелинейного взаимодействия $L_{\text{нл}}=21$ см. При каких значениях $|\Delta k|$ и $|n_2 - n_1|$ будет справедливо приближение заданного поля?

4.2 Вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные нелинейно-оптические эффекты второго порядка.
2. Перечислите основные нелинейно-оптические эффекты третьего порядка.
3. Нарисуйте сечения показателей преломления в одноосном кристалле, показывающие возможность реализации фазового синхронизма.

Занятие 5. Генерация разностной частоты в терагерцовый диапазон. Параметрическое усиление. Параметрическая генерация

При изучении раздела следует обратить внимание на

1. Трехволновый характер процессов генерации суммарных и разностных частот.
2. Самосогласованный анализ параметрической генерации
3. Возможность детектирования ИК сигналов в видимом диапазоне с помощью ап-конверсии.

4. Возможности получения субмиллиметрового когерентного излучения с помощью генерации разностных частот.

5.1 Задачи

Задача 1. Выведите выражение для угла между направлением распространения луча и оптической осью кристалла, при котором выполняется условие пространственного синхронизма в положительном одноосном кристалле, т. е. когда $n_e > n_o$.

Задача 2. Продумайте эксперимент по генерации второй гармоники света в теллуре при длине волны основного луча 10,6 мкм. Теллур принадлежит к группе симметрии 32. Найдите угол синхронизма, определите направление поляризации луча и ориентацию кристалла, обеспечивающие максимальную выходную мощность с $\lambda = 5,3$ мкм.

Дисперсия в теллуре					
λ , мкм	n_o	n_e	λ , мкм	n_o	n_e
4	4,929	6,372	8	4,809	6,253
5	4,864	6,316	10	4,796	6,246
6	4,838	6,826	12	4,789	6,237
7	4,821	6,257	14	4,785	6,230

Задача 3. Выведите выражение для угла фазового синхронизма в параметрическом усилителе на кристалле KDP, в котором две волны — необыкновенные, а третья — обыкновенная. Которую из трех волн (т. е. сигнальную, «холостую» или накачки) выбрать как обыкновенную? Может ли этот тип фазового синхронизма быть выполнен при $\lambda_3=1$ мкм, $\lambda_2=\lambda_1=2$ мкм. Если да, то каково значение угла синхронизма?

Дисперсия в KDP

λ , мкм	n_o	n_e
1.0	1,496044	1,460993
2.0	1,460044	1,450308

Задача 4. Требуется удвоить частоту излучения Nd:YAG лазера в кристалле KDP (KH_2PO_4) Вычислите угол синхронизма.

Дисперсия в KDP

λ , мкм	n_o	n_e
1.06	1,507	-----
0.53	1,5283	1.48222

Задача 5. Оцените эффективность преобразования во вторую гармонику по 1 типу взаимодействия в случае идеального фазового синхронизма в кристалле KDP длиной 2.5 см, причем падающий пучок имеет длину волны 1.06 мкм и интенсивность 100 МВт/см^2 , $d_{3\phi}=d_{36}\sin\theta=0.28 \cdot 10^{-12} \text{ М/В}$

5.2 Вопросы для самопроверки

1. Что такое параметрическое усиление и параметрическая генерация?
2. Как осуществляется перестройка частоты в параметрическом генераторе?
3. Что такое самофокусировка света и самодефокусировка света?
4. Что такое многофотонное поглощение?

Занятие 6. Интегралы движения для генерации второй гармоники.

Аналитические решения системы укороченных уравнений.

Эффективность преобразования во вторую гармонику.

При изучении раздела следует обратить внимание на

1. Особенности генерации второй гармоники
2. Укороченные уравнения для трехчастотных взаимодействий
3. Генерацию второй гармоники при наличии обратного самовоздействия
4. Соотношения Мэнли-Роу
5. Условия фазового синхронизма.

6.1 Задачи

Задача 1. На какой частоте ω_1 возможен фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в квадратично-нелинейной среде с дисперсией $\omega = \alpha k - \beta k^3 + \gamma k^5$ ($\alpha > 0, \beta > 0, \gamma > 0$)? Какова размерность коэффициентов α, β, γ ?

Задача 2. На какой частоте ω_1 возможен фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в квадратично-нелинейной среде с дисперсией $\omega = \alpha k - \beta k^2 + \gamma k^4$ ($\alpha > 0, \beta > 0, \gamma > 0$)? Какова размерность коэффициентов α, β, γ ?

Задача 3. В рамках приближения заданного поля при генерации второй гармоники вывести зависимость амплитуд основной волны и второй гармоники от расстояния. Нарисовать график.

Задача 4. Что такое $L_{нл}$ и $L_{кор}$ при генерации второй гармоники? Получить соотношение между $L_{нл}$ и $L_{кор}$, при котором справедливо приближение заданного поля при генерации второй гармоники.

Задача 5. Гелий-неоновый лазер генерирует в нелинейном кристалле слабую вторую гармонику с $\lambda_{20} = 1.695$ мкм. Известно, что амплитуда второй гармоники достигает максимального значения на длине 0.8475 мм. Чему равна в этом кристалле длина нелинейного взаимодействия, если $n_2 < n_1$? ($n_1 = 1.016$; $\gamma_2 E_{10} = 1.096 \cdot 10^{-5}$).

6.2 Вопросы для самопроверки

1. Является ли генерация второй гармоники пороговым эффектом?
2. В чем состоит физический смысл соотношений Мэнли-Роу?
3. Что такое фазовый синхронизм и каковы способы его достижения?
4. Зачем используют внутрирезонаторную генерацию второй гармоники?

Занятие 7. Сверхсильные световые поля. Новые технологии базирующиеся на фемтосекундных импульсах.

При изучении раздела следует обратить внимание на

1. Спектроскопию сверхбыстрых процессов.
2. Нелинейную оптику сверхсильных световых полей.

7.1 Задачи

Задача 1. Для случая сильного взаимодействия двух гармоник при фазовом синхронизме получить зависимость амплитуд основной волны и второй гармоники от расстояния. Нарисовать график. На каком расстоянии амплитуды первой и второй гармоник будут равны?

Задача 2. В удвоителе частоты эффективность преобразования энергии во вторую гармонику при фазовом синхронизме составляет 50%. Чему будет равна эта эффективность при уменьшении длины нелинейного кристалла вдвое?

Задача 3. В удвоителе частоты эффективность преобразования энергии во вторую гармонику при фазовом синхронизме составляет 25%. Чему будет равна эта эффективность при увеличении длины нелинейного кристалла вчетверо?

Задача 4. В удвоителе частоты эффективность преобразования энергии во вторую гармонику при фазовом синхронизме составляет 50%. Чему будет равна эта эффективность при увеличении длины нелинейного кристалла вдвое?

Задача 5. В кристалле с квадратичной нелинейной восприимчивостью $\chi^{(2)} = 10^{-9}$ CGSE происходит синхронное удвоение частоты света. При какой интенсивности падающего излучения с $\lambda_1 = 1$ мкм на расстоянии 1 см трансформируется 58% энергии основного излучения в энергию второй гармоники, если $n_1 = n_2 = 1.5$? (Указание: $\text{th}^2 1 = 0.58$).

Задача 6. В квадратично-нелинейной среде с дисперсией $k = \alpha\omega - \beta\omega^3 + \gamma\omega^5$ распространяются три волны с частотами $\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$. При какой частоте ω_3 можно осуществить фазовый синхронизм этих волн, если $\omega_1 = 0.4\omega_3$?

7.2 Вопросы для самопроверки

1. Какие типы лазеров и в каких режимах способны излучать сверхкороткие импульсы?

2. Какие параметры, характеризуют фундаментальные процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом?

Занятие 8. Оптический нагрев поглощающей среды. Импульсный нагрев поверхности металла лазерным излучением.

При изучении раздела следует обратить внимание на

1. Физические принципы теплового воздействия оптического излучения на вещество.

2. Уравнения, которыми описывается оптический нагрев среды.

8.1 Задачи

Задача 1. В приближении заданного поля мощной низкочастотной волны при трехчастотном взаимодействии написать систему укороченных уравнений для комплексных амплитуд взаимодействующих волн и найти ее решение при $\Delta k = 0$. Рассмотреть случаи генерации суммарной и разностной частоты. Нарисовать график зависимости интенсивности слабых волн от расстояния.

Задача 2. При трехчастотном взаимодействии в заданном поле мощной волны на частоте ω_1 амплитуды волн на частотах ω_2 и ω_3 испытывают пространственные осцилляции с периодом $L_0 = 1$ см при $\Delta k = 0$. При какой фазовой расстройке Δk период пространственных осцилляций сократится в два раза?

Задача 3. При трехчастотном взаимодействии интенсивности волн на входе нелинейного кристалла $I_{10} = 900I_0$, $I_{20} = 40I_0$, $I_{30} = 0$, причем $\omega_1 = 0.25\omega_3$, используя соотношения Мэнли-Роу. Найти минимальные и максимальные значения всех интенсивностей I_j и числа квантов N_j ($j=1,2,3$). Нарисовать графики зависимостей I_j и N_j от расстояния.

Задача 4. При трехчастотном взаимодействии интенсивности волн на входе нелинейного кристалла $I_{10} = 0$, $I_{20} = 400I_0$, $I_{30} = 50I_0$, причем $\omega_1 = 0.3\omega_3$, используя соотношения Мэнли-Роу. Найти минимальные и максимальные значения всех интенсивностей I_j и числа квантов N_j ($j=1,2,3$). Нарисовать графики зависимостей I_j и N_j от расстояния.

Задача 5. При трехчастотном взаимодействии интенсивности волн на входе нелинейного кристалла $I_{10} = 1000I_0$, $I_{20} = 12I_0$, $I_{30} = 0$, причем $\omega_1 = 0.4\omega_3$, используя соотношения Мэнли-Роу. Найти минимальные и максимальные значения всех интенсивностей I_j и числа квантов N_j ($j=1,2,3$). Нарисовать графики зависимостей I_j и N_j от расстояния.

Задача 6. При трехчастотном взаимодействии интенсивности волн на входе нелинейного кристалла $I_{10} = 0$, $I_{20} = 800I_0$, $I_{30} = 10I_0$, причем $\omega_1 = 0.2\omega_3$, используя соотношения Мэнли-Роу. Найти минимальные и максимальные значения всех интенсивностей I_j и числа квантов N_j ($j=1,2,3$). Нарисовать графики зависимостей I_j и N_j от расстояния.

Задача 7. В случае распадной неустойчивости высокочастотной волны при трехчастотном взаимодействии написать систему укороченных уравнений для комплексных амплитуд взаимодействующих волн и найти ее решение. При каком условии возможно параметрическое усиление слабых волн?

Задача 8. В параметрическом усилителе субгармоники максимальный инкремент, достигаемый при фазовом синхронизме, равен $\Gamma_0 = 1\text{см}^{-1}$. При какой фазовой расстройке Δk инкремент уменьшается в два раза?

8.2 Вопросы для самопроверки

1. Для чего применяется лазерный отжиг полупроводников?
2. Каковы физические принципы лазерного термоядерного синтеза?

Учебное пособие

Щербина В.В., Шандаров С.М.

Взаимодействие оптического излучения с веществом

Методические указания к практическим занятиям

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