

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ  
им. проф. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»

---

*B.B. Давыдов*

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ  
И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## **ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОПТИКА**

для студентов, обучающихся по направлению 11.03.02  
«Инфокоммуникационные системы и сети связи»

Санкт-Петербург  
2017

Задачи для контрольной работы.

Примечание: ...xx в числовых значениях параметров означает последние две цифры номера студенческого билета

1. Призма из титаната стронция ( $\text{pr} = 2,32$ ) используется в качестве выходного элемента связи для вывода излучения из волновода на основе  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  ( $n = 2,09$ ). Три линии (моды) наблюдаются под углами  $\Theta = 36,5; 30,2$  и  $24,6$  относительно поверхности волновода. Выходная поверхность призмы составляет угол  $\Phi = 600$  с поверхностью волновода, а длина волны излучения  $\lambda_0 = 90xx \text{ A}0$ . Чему равны значения  $\beta$  для этих трёх мод?
2. Если использовать призму из рутила ( $\text{pr} = 2,50$ ) в качестве входного элемента связи для волновода такого же типа, как и в задаче 1, каков должен быть угол падения пучка излучения относительно волноводной поверхности для эффективной связи его с модой наименшего порядка?
3. Прямоугольная призма из титаната стронция ( $\text{pr} = 2,32$ ) используется в качестве входного элемента связи для ввода излучения в волновод на основе  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  ( $n = 2,09$ ). Длина волны излучения  $\lambda_0 = 90xx \text{ A}0$ . Входная поверхность призмы образует с поверхностью волновода угол  $450$ . Величина  $\beta$  для моды наименшего порядка в волноводе составляет  $1,40 * 105 \text{ см}^{-1}$ . Каков должен быть угол между входящим из воздуха лазерным пучком и поверхностью волновода для получения связи на моде наименшего порядка?
4. Решёточный элемент связи, находящийся на плоском волноводе, для волн внутри волновода может действовать, как  $1800$  рефлектор. Найти наименьшее значение периода решётки  $\Lambda$ , при котором решётка будет вызывать отражение моды, если её постоянная распространения  $\beta = 1,582 \text{ k}$ , а  $\lambda_0 = 0,63xx \text{ мкм}$ .
5. Призма из рутила ( $\text{pr} = 2,50$ ) используется в качестве элемента связи волновода, изготовленного из вещества с показателем преломления  $n = 2,09$  для излучения с длиной волны  $\lambda_0 = 90xx \text{ A}0$  на основной моде. Если постоянная распространения этой основной моды  $\beta_0 = 1,44 * 105 \text{ см}^{-1}$ , какой угол  $\gamma$  должна составлять входная поверхность данной призмы с поверхностью волновода и какой угол  $\Phi$  должен составить оптический луч внутри призмы с поверхностью волновода для достижения наиболее эффективной связи?
6. Решёточный элемент связи с периодом  $\Lambda = 0,4 \text{ мкм}$ , расположенный на плоском волноводе из арсенида галлия  $\text{GaAs}$ , используется для введения излучения  $\text{He-Ne}$  лазера ( $\lambda_0 = 1,xx \text{ мкм}$ ). Если постоянная распространения для моды наименшего порядка в волноводе  $\beta_0 = 3,6 \text{ k}$ , какой угол должен составить луч лазера с поверхностью волновода для связи на этой моде. Принять, что связь осуществляется на первом порядке дифракции, т.е.  $|v| = 1$ .

Образец решения :

1. Необходимо нарисовать подробную схему (чертёж) устройства, описанного в условии задачи:

Примечание: схема должна быть выполнена аккуратно, с использованием линейки и транспортира. Очень желательно соблюдать на рисунке величины углов и придерживаться (качественно) закона Снеллиуса на границах раздела сред. Неточный неаккуратный чертёж может спровоцировать визуальную ошибку в оценке взаимного положения лучей

и поверхностей и неверный расчёт. На схеме отметить заданные и искомые углы, показатели преломления и прочие существенные данные задачи.

2. Записать условие фазового синхронизма для заданной схемы устройства связи:  $z$  – проекция волнового вектора волны в призме должна быть равна искомой фазовой постоянной моды в волноводном слое

$$\beta_m = k_p z = (2\pi/\lambda_0) \sin \phi_z$$

3. Определить угол фазы вывода луча из призмы (относительно нормали к выходной поверхности призмы).

4. Определить угол фазы падения выходящего луча на выходную поверхность призмы (изнутри призмы, относительно нормали).

5. Определить угол фазы между лучом и подошвой призмы (подошва призмы в данном случае параллельна оси  $z$ , угол отсчитывается относительно нормали к подошве).

6. Вычислить  $z$  – проекцию волнового вектора волны в призме  $k_p z$  для данной моды.

7. Повторить вычисления для остальных искомых мод.

Условие синхронизма для решёточного элемента ввода – вывода при отражении назад:

$\Lambda = \lambda_0 / (2 n_{eff})$ ,  $\beta_m = (2\pi/\lambda_0) n_{eff}$ ,  $n_{eff}$  – эффективный показатель преломления моды  $m$ .

np  $\Phi$

Условие синхронизма при выводе в покрытие под углом  $\Theta_m$  (угол отсчитывается от нормали к плоскости волновода):

$$\beta v = \beta_0 + (v^2 \pi / \Lambda)$$

Закон Снеллиуса

$n_1 \sin \Theta_1 = n_2 \sin \Theta_2$  углы отсчитываются от нормали к границе раздела.

Литература : Р. Ханспержер “Интегральная оптика. Теория и технология”, М., Мир, 1985г.