

В.В. Давыдов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОПТИКА И ЦИФРОВАЯ ФОТОНИКА

для студентов, обучающихся по направлению 11.03.02

«Инфокоммуникационные системы и сети связи»

Задачи для контрольной работы.

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

1. Призма из титаната стронция ($n_p = 2,32$) используется в качестве выходного элемента связи для вывода излучения из волновода на основе Ta_2O_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 $\Phi = 60^\circ$ с поверхностью волновода, а длина волны излучения $\lambda_0 = 90xx \text{ А0}$. Чему равны значения β для этих трёх мод?
2. Если использовать призму из рутила ($n_p = 2,50$) 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 наименьшего порядка?
3. Прямоугольная призма из титаната стронция ($n_p = 2,32$) используется в качестве входного элемента связи для ввода излучения в волновод на основе Ta_2O_5 ($n = 2,09$). Длина волны излучения $\lambda_0 = 90xx \text{ А0}$. Входная поверхность призмы образует с поверхностью волновода угол 45° . Величина β для моды наименьшего порядка в волноводе составляет $1,40 \cdot 10^5 \text{ см}^{-1}$. Каков должен быть угол между входящим из воздуха лазерным пучком и поверхностью волновода для получения связи на моде наименьшего порядка?
4. Решёточный элемент связи, находящийся на плоском волноводе, для волн внутри волновода может действовать, как 180° рефлектор. Найти наименьшее значение периода решётки Λ , при котором решётка будет вызывать отражение моды, если её постоянная распространения $\beta = 1,582 \text{ к}$, а $\lambda_0 = 0,63xx \text{ мкм}$.
5. Призма из рутила ($n_p = 2,50$) используется в качестве элемента связи волновода, изготовленного из вещества с показателем преломления $n = 2,09$ для излучения с длиной волны $\lambda_0 = 90xx \text{ А0}$ на основной моде. Если постоянная распространения этой основной моды $\beta_0 = 1,44 \cdot 10^5 \text{ см}^{-1}$, какой угол γ должна составлять входная поверхность данной призмы с поверхностью волновода и какой угол Φ 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 $GaAs$, используется для введения излучения He-Ne лазера ($\lambda_0 = 1,xx \text{ мкм}$). Если постоянная распространения для моды наименьшего порядка в волноводе $\beta_0 = 3,6 \text{ к}$, 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

$$\beta_m = k_{pz} = (2\pi/\lambda_0)\sin \varphi_z$$

3. Определить угол $\varphi_{\text{выв}}$ вывода луча из призмы (относительно нормали к выходной поверхности призмы).

4. Определить угол $\varphi_{\text{пад}}$ падения выходящего луча на выходную поверхность призмы (изнутри призмы, относительно нормали).

5. Определить угол φ_z 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_{pz} для данной моды.

7. Повторить вычисления для остальных искомых мод.

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

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

$\text{нр } \Phi$

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

$$\beta_v = \beta_0 + (v2\pi/\Lambda)$$

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.