|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | V |
| 1,7 | 1,86 | 1,06 | 3.2 |
| h/f | a/f | (A-a)/a, % | L, км |
| 2,6 | 3,5 | 10 | 12 |

**1. Планарный волновод**

**1.1 Нахождение толщины планарного волновода**

а) Симметричный волновод

nс=nп=1.700; V=3.200

Нормированная частота: V=[(2\*π\*h)/ λ]\*(nВ2-nП2)0.5 →

Толщина волновода: h=(V\* λ)/[2\* π\*(nВ2-nП2)0.5]

h= (3.2\*1.06\*10-6)/[2\*3.1416\*2.5198] = 0.7153 (мкм)

а) Асимметричный волновод

nп=1.700; nв=1.860; nс= 1.00; V=3.200

Нормированная частота: V=[(2\*π\*h)/ λ]\*(nВ2-nП2)0.5 →

Толщина волновода: h=(V\* λ)/[2\* π\*(nВ2-nП2)0.5]

h= (3.2\*1.06\*10-6)/[2\*3.1416\*2.5198] = 0.7153 (мкм)

1.2. Нахождение постоянной распространения первых двух мод βТЕ в критических условиях третьей моды.

Характеристическое уравнение имеет вид:

arctg(V/U)+arctg(W/U)=U-m π

а) Симметричный волновод

nс=nп=1.700; V=3.200; λ=1.06 (мкм)

arctg(V/U)= U/2-m π/2

Для симметричного волновода имеем: V=U\*tg(U). В критических условиях третьей моды VКР=2\* π;

VКР2=W2+U2=R2

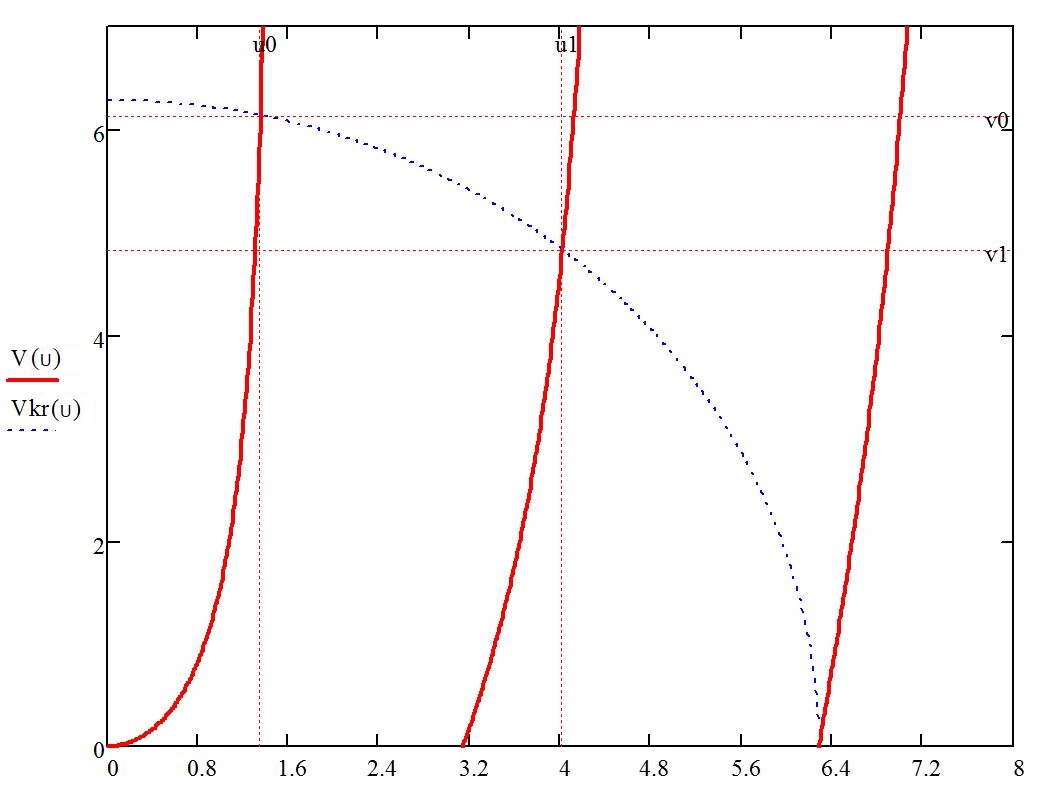


Рис.1 Графическое решение характеристического уравнения для симметричного планарного волновода

Значения переменных для основной и второй мод: V0 = 6.136; U0=1.354; V1 = 4.830; U1=4.018;

Найдем постоянные распространения:

выражаем через βТЕ:

k1= (2\*3.1416\*1.86)/(1.06\*10-6) = 11.03 (мкм-1)

k2= (2\*3.1416\*1.86)/(1.06\*10-6) = 10.08 (мкм-1)

βТЕ0=[(6.136\*11.03)2+(1.354\*10.08)2]/(6.1362+1.3542) = 10.98 (мкм-1)

βТЕ1=[(4.830 \*11.03)2+(4.018\*10.08)2]/(4.8302+4.0182) = 10.65 (мкм-1)

Найдем эффективный волноводный показатель:

Nm=βm/k=βm/(2\* π/ λ)

N0=βТЕ0/k=(10.98/5.928\*106)= 1.853

N1=βТЕ1/k=(10.65/5.928\*106)= 1.796

УВР:

nВ <N0<nП nВ <N1<nП

nВk <βТЕ0<nПknВk <βТЕ1<nПk

1.7<1.853<1.86 1.7<1.796<1.86

10.08<10.98<11.03 10.08<10.65<11.03

а) Асимметричный волновод

n=n=2.800; V=4.300; λ=0.64 (мкм)

arctg(V/U)= π/2

Для асимметричного волновода имеем: W=-U\*ctg(U). В критических условиях третьей моды VКР=5\* π/2;

VКР2=W2+U2=R2

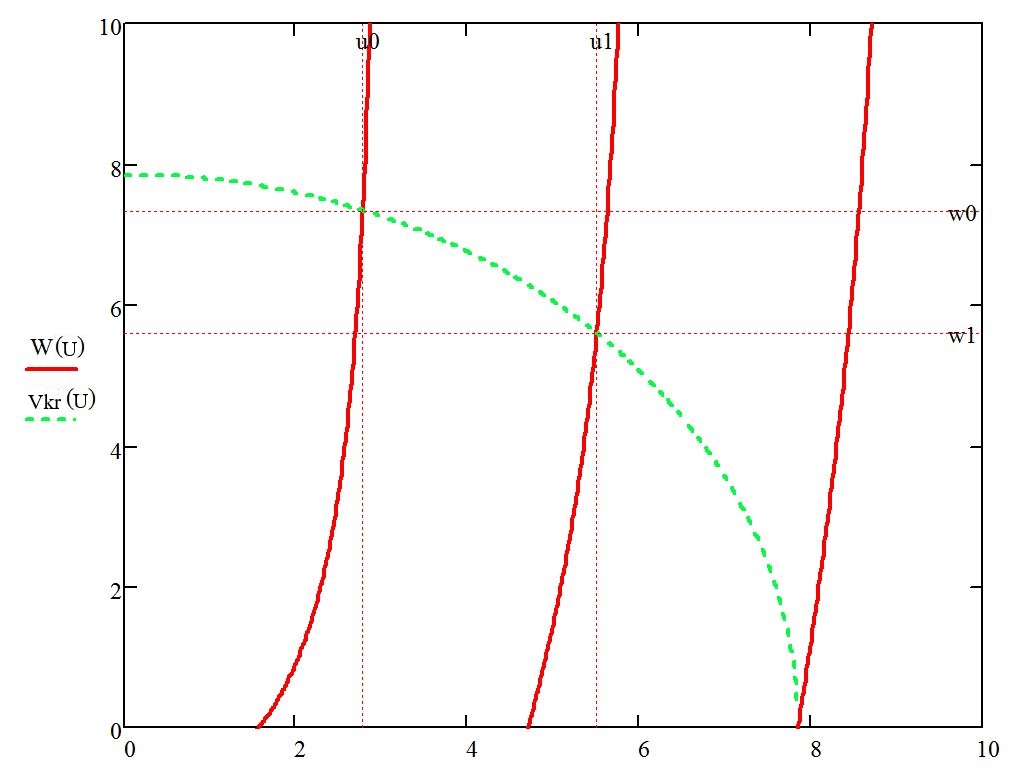


Рис.2 Графическое решение характеристического уравнения для асимметричного планарного волновода

Значения переменных для основной и второй мод: W0 = 7.346; U0=2.78; W1 = 5.601; U1=5.506;

Найдем постоянные распространения:

выражаем через βТЕ:

k1= (2\*3.1416\*1.86)/(1.06\*10-6) = 11.03 (мкм-1)

k2= (2\*3.1416\*1.86)/(1.06\*10-6) = 10.08 (мкм-1)

βТЕ0=[(7.346\*11.03)2+(2.78\*10.08)2]/(7.3462+2.782) = 10.91 (мкм-1)

βТЕ1=[(5.601 \*11.03)2+(5.506\*10.08)2]/(5.6012+5.5062) = 10.57 (мкм-1)

Найдем эффективный волноводный показатель:

Nm=βm/k=βm/(2\* π/ λ)

N0=βТЕ0/k=(10.91/5.928\*106)= 1.841

N1=βТЕ1/k=(10.57/5.928\*106)= 1.783

Проверка УВР:

nВ <N0<nП nВ <N1<nП

nВk <βТЕ0<nПknВk <βТЕ1<nПk

1.7<1.841<1.86 1.7<1.783<1.86

10.08<10.91<11.03 10.08<10.57<11.03

1. **Гребенчатый волновод.**
   1. **Определим количество мод, распространяющихся по волноводу, используя метод эффективного показателя преломления.**

УВР для данного волновода:

Нормированные частоты:

=8.320

=3.209

Степень асимметрии:

Характеристическое уравнение в нормированных переменных:

Построим дисперсионную зависимость для асимметричного гребенчатого волновода b=f(V):

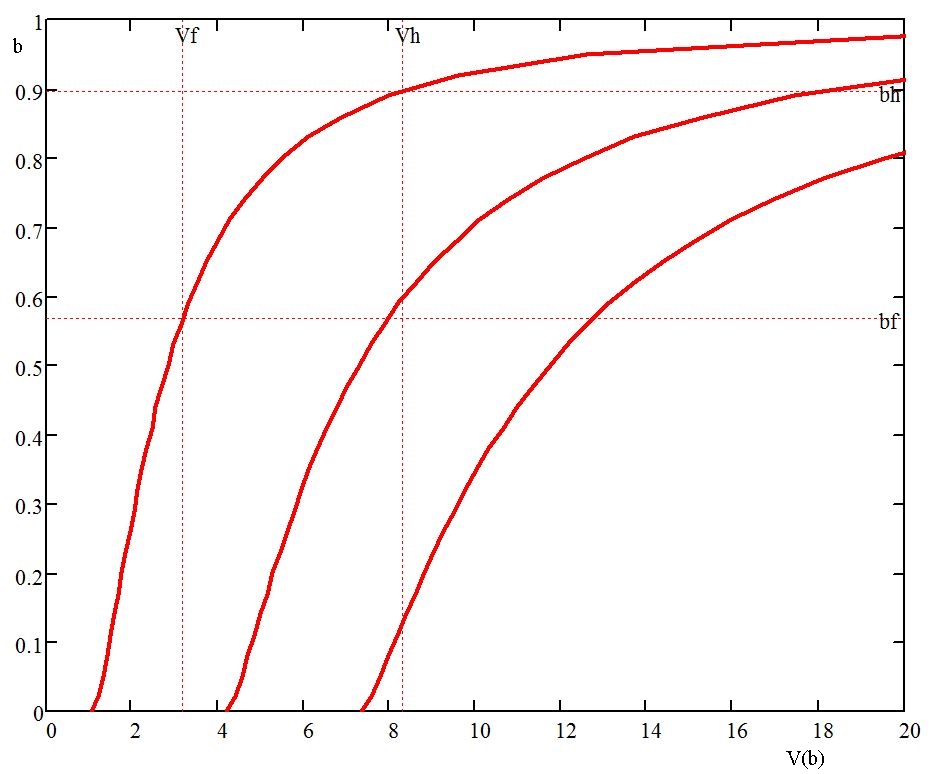


Рис. 3 Дисперсионная зависимость для асимметричного гребенчатого волновода.

Значения нормированного волноводного показателя преломления:

Найдем значения эффективных показателей преломления:

(0.898\*(1.862-1.72)+1.72)0.5 = 1.844; Проверка УВР: 1.7<1.844<1.86

(0.568\*(1.862-1.72)+1.72)0.5 = 1.793; Проверка УВР: 1.7<1.793<1.86

Найдем число мод по оси Х (в данном случае волновод является асимметричным):

= (8.32 – 1.582\*10-3)/3.1416 +1 = 3.648 => 3

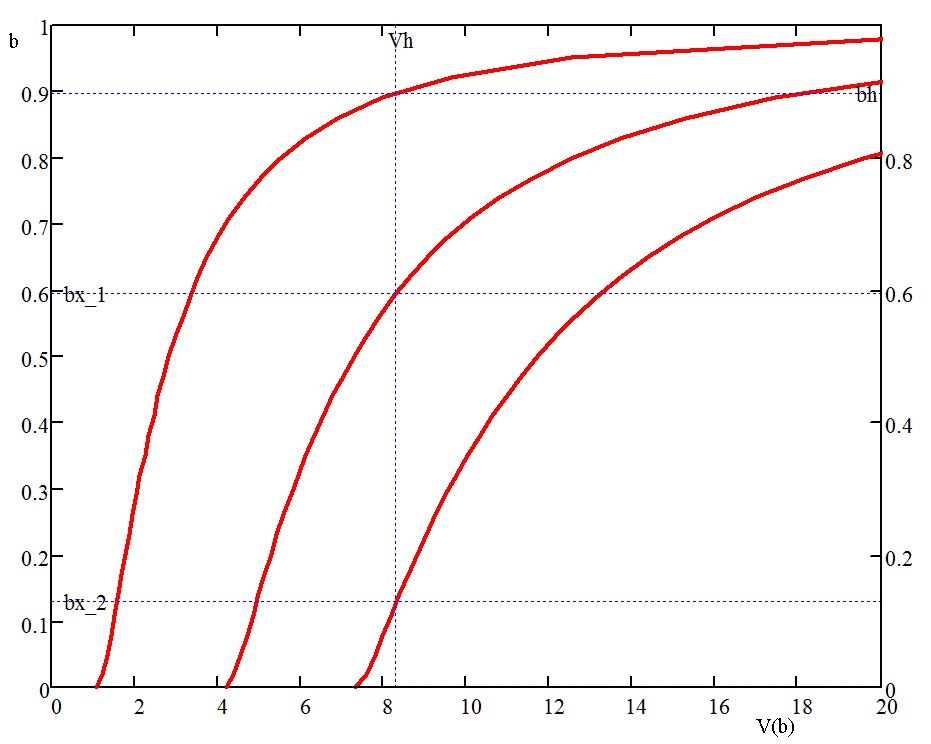


Рис. 4 Дисперсионная зависимость для асимметричного гребенчатого волновода.

Из рис.4 дисперсионной зависимости b=f(V) получаем : bx0 = 0.898;bx1 = 0.597; bx2 = 0.13;

Nx0 = (0.898\*(1.862-1.72)+1.72)0.5 = 1.844; Проверка УВР:

Nx1 = (0.597\*(1.862-1.72)+1.72)0.5 = 1.797; Проверка УВР:

Nx2 = (0.13\*(1.862-1.72)+1.72)0.5 = 1.722; Проверка УВР:

Найдем постоянные распространения:

βx0 = 5.928\*1.844 = 10.93; Проверка УВР: 10.08<10.93<11.03

βx1 = 5.928\*1.797 = 10.65; Проверка УВР: 10.08<10.65<11.03

βx2 = 5.928\*1.722 = 10.21; Проверка УВР: 10.08<10.21<11.03

Найдем число мод по оси Y (в данном случае волновод является симметричным):

Нормированная частота

Число мод по оси Y:

6.429/3.1416 + 1 = 3.046

Характеристическое уравнение для симметричного волновода (а=0):

Дисперсионная зависимость симметричного волновода:

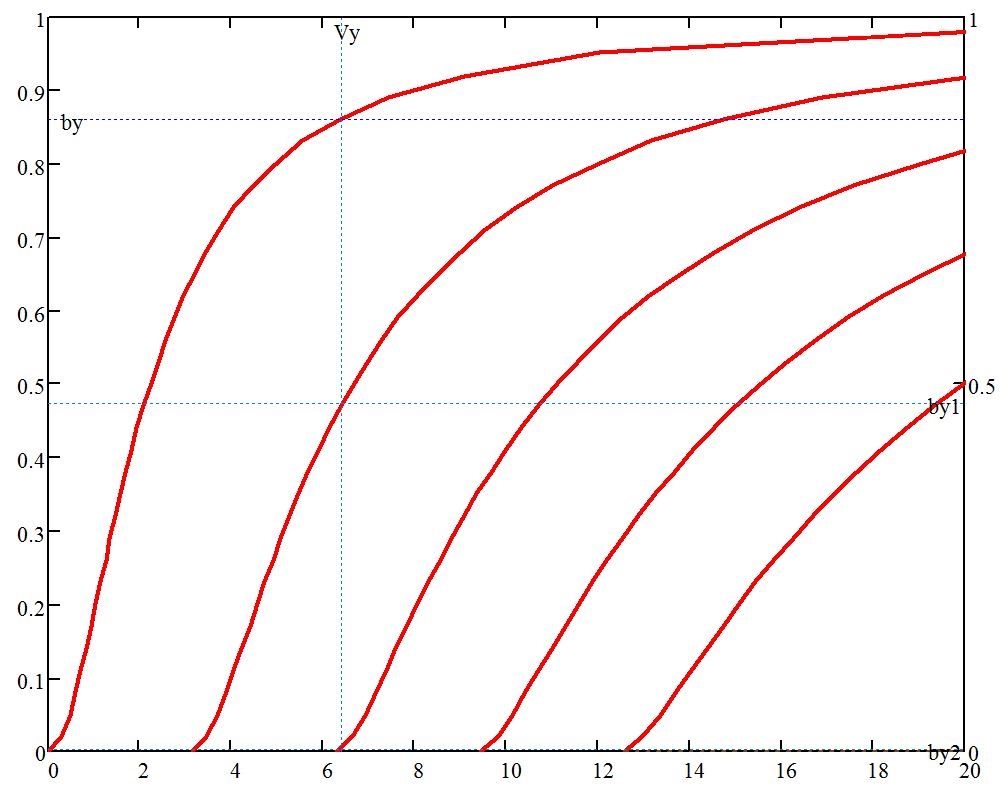


Рис. 5 Дисперсионная зависимость симметричного волновода.

Из рис.5 дисперсионной зависимости b=f(V) получаем : bx0 = 0.863;bx1 = 0.474; bx2 = 0.04;

Nx0 = (0.863\*(1.862-1.72)+1.72)0.5 = 1.839; Проверка УВР:

Nx1 = (0.474\*(1.862-1.72)+1.72)0.5 = 1.778; Проверка УВР:

Nx2 = (0.04\*(1.862-1.72)+1.72)0.5 = 1.701; Проверка УВР:

Найдем постоянные распространения:

βx0 = 5.928\*1.839 = 10.90; Проверка УВР: 10.08<10.90<11.03

βx1 = 5.928\*1.778 = 10.54; Проверка УВР: 10.08<10.54<11.03

βx2 = 5.928\*1.701 = 10.0835; Проверка УВР: 10.08<10.0835<11.03

**3. Цилиндрический волновод**

**3.1. Определение количества мод в ступенчатом и градиентном параболическом волноводе. Толщина 2а=50 мкм,**

а) Показатель преломления оболочки

Нормированная частота:

Ступенчатый волновод: число мод

Градиентный параболический волновод:

б) Показатель преломления оболочки

Нормированная частота:

Ступенчатый волновод: число мод

Градиентный параболический волновод:

**3.2. Определение диаметра 2а одномодового волновода с нормированной частотой ,**

Нормированная частота:

, отсюда:

**3.3. Определение и одномодового волновода, у которого нормированная частота и ,**

, отсюда:

**4. Эллиптический волновод.**

Дано: , ,

Нормированные частоты:

Дисперсионная зависимость для основной моды

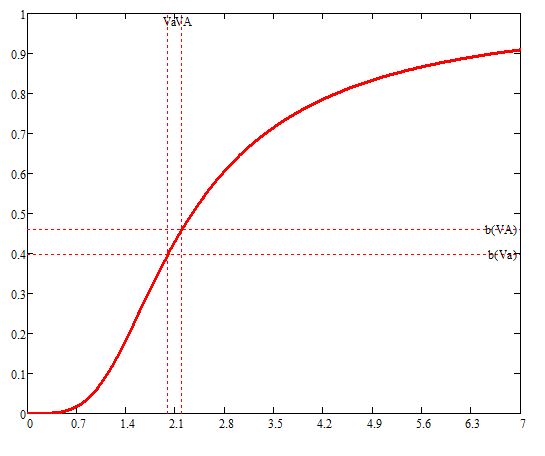


Рис. 6 График функции b(V)

Найдём значения эффективных показателей преломления :

, где

Выполняем проверку условия волноводного распространения (УВР):

Вывод: условие выполняется.

, где

Выполняем проверку условия волноводного распространения (УВР):

Вывод: условие выполняется.

**4.1. Определить ширину полосы пропускания при**

(c)

**4.2. Определить на единицу длины**

**4.3. Определить длину биения:**