



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

---

ФАКУЛЬТЕТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ (РЛ6)

**О Т Ч Ё Т**

**по лабораторной работе №2**

**Название:** Проектирование волновода

**Дисциплина:** Устройства СВЧ и антенны

Филимонов Степан РЛ6-51

Быков Роман РЛ6-51

Костышина Василина РЛ6-51

Преподаватель : Федоркова Нина Валентиновна

Москва, 2022

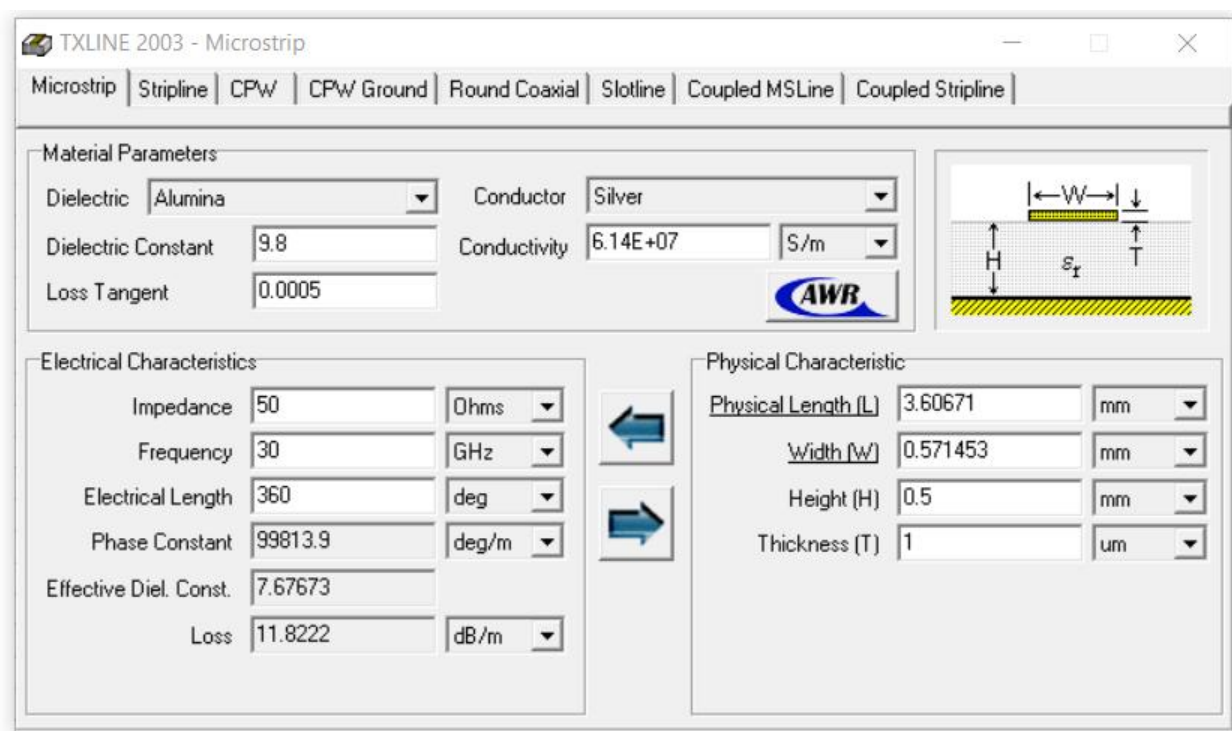
**Цель работы** – освоение двух методик расчета основных типов микрополосковых линий передачи: с помощью справочных графиков и с помощью программы Microwave Office. Исследование технологической реализуемости конструкции линии передачи.

**Исходные данные:** рабочая частота, толщина подложки, относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_r = 9,8$ , толщина проводника  $10 \text{ [мкм]}$ , материал проводника – серебро,  $tg\delta = 0,0005$ .

### Экспериментальная часть

1) Несимметричная микрополосковая линия.  $H = 0,5 \text{ [мм]}$ ,  $f_{\text{раб}} = 30 \text{ [ГГц]}$ ,  $T = 1 \text{ [мкм]}$ .

$W$  для  $Z_B = 50 \text{ [Ом]}$  и  $\lambda_B$  для  $Z_B = 50 \text{ [Ом]}$



Замечание:  $W = 0,45 \text{ [мм]}$  по графикам. Программа же при схожих исходных данных находит  $W = 0,57 \text{ [мм]}$ .  $\lambda_B = 3,94 \text{ [мм]}$  по расчётам. Программа же при немного другом  $W$  вычисляет другое значение и тогда  $\lambda_B = 3,67 \text{ [мм]}$ .

$Z_B$  для  $W = 0,04$  [мм]

TXLINE 2003 - Microstrip

Microstrip | Stripline | CPW | CPW Ground | Round Coaxial | Slotline | Coupled MSLine | Coupled Stripline

**Material Parameters**

Dielectric: Alumina  
 Dielectric Constant: 9.8  
 Loss Tangent: 0.0005

Conductor: Silver  
 Conductivity: 6.14E+07 S/m

**Electrical Characteristics**

Impedance: 120.079 Ohms  
 Frequency: 30 GHz  
 Electrical Length: 327.59 deg  
 Phase Constant: 90827.9 deg/m  
 Effective Diel. Const.: 6.35671  
 Loss: 38.5131 dB/m

**Physical Characteristic**

Physical Length (L): 3.60671 mm  
 Width (w): 0.04 mm  
 Height (H): 0.5 mm  
 Thickness (T): 1 um

Diagram: A schematic of a microstrip line on a dielectric substrate. The width is labeled 'W', the height is 'H', the thickness is 'T', and the dielectric constant is  $\epsilon_r$ .

Замечание: На графике получили *Impedance* 106 [Ом], а в программе 120.

$Z_B$  для  $W = 2$  [мм]

TXLINE 2003 - Microstrip

Microstrip | Stripline | CPW | CPW Ground | Round Coaxial | Slotline | Coupled MSLine | Coupled Stripline

**Material Parameters**

Dielectric: Alumina  
 Dielectric Constant: 9.8  
 Loss Tangent: 0.0005

Conductor: Silver  
 Conductivity: 6.14E+07 S/m

**Electrical Characteristics**

Impedance: 22.7866 Ohms  
 Frequency: 30 GHz  
 Electrical Length: 386.954 deg  
 Phase Constant: 107287 deg/m  
 Effective Diel. Const.: 8.86932  
 Loss: 10.0096 dB/m

**Physical Characteristic**

Physical Length (L): 3.60671 mm  
 Width (w): 2 mm  
 Height (H): 0.5 mm  
 Thickness (T): 1 um

Diagram: A schematic of a microstrip line on a dielectric substrate. The width is labeled 'W', the height is 'H', the thickness is 'T', and the dielectric constant is  $\epsilon_r$ .

Warning #1 -> Width (w) is GREATER than quarter-wavelength

Замечание: На графике получили *Impedance* 23 [Ом], а в программе 22,78 [Ом].

2) Щелевая линия.

$$H = 0,5 \text{ [мм]}, f_{\text{раб}} = 30 \text{ [ГГц]}.$$

$$G \text{ для } Z_B = 50 \text{ [Ом]} \text{ и } \lambda_B \text{ для } Z_B = 50 \text{ [Ом]}$$

TXLINE 2003 - Slotline

Microstrip | Stripline | CPW | CPW Ground | Round Coaxial | Slotline | Coupled MSLine | Coupled Stripline

**Material Parameters**

Dielectric: Alumina  
 Dielectric Constant: 9.8  
 Loss Tangent: 0.0005

Conductor: Silver  
 Conductivity: 6.14E+07 S/m

**Electrical Characteristics**

Impedance: 50 Ohms  
 Frequency: 30 GHz  
 Electrical Length: 360 deg  
 Phase Constant: 80779.6 deg/m  
 Effective Diel. Const.: 5.02802  
 Loss: dB/m

**Physical Characteristic**

Physical Length (L): 4.45657 mm  
 Gap (G): 0.017799 mm  
 Height (H): 0.5 mm

Warning #1 -> G/Lambda\_0 must be >= .02

$$Z_B \text{ для } G = 0,04 \text{ [мм]}$$

TXLINE 2003 - Slotline

Microstrip | Stripline | CPW | CPW Ground | Round Coaxial | Slotline | Coupled MSLine | Coupled Stripline

**Material Parameters**

Dielectric: Alumina  
 Dielectric Constant: 9.8  
 Loss Tangent: 0.0005

Conductor: Silver  
 Conductivity: 6.14E+07 S/m

**Electrical Characteristics**

Impedance: 59.3915 Ohms  
 Frequency: 30 GHz  
 Electrical Length: 360.1 deg  
 Phase Constant: 80802 deg/m  
 Effective Diel. Const.: 5.03081  
 Loss: dB/m

**Physical Characteristic**

Physical Length (L): 4.45657 mm  
 Gap (G): 0.04 mm  
 Height (H): 0.5 mm

Warning #1 -> G/Lambda\_0 must be >= .02

$$Z_B \text{ для } G = 2 \text{ [мм]}$$

TXLINE 2003 - Slotline

Microstrip | Stripline | CPW | CPW Ground | Round Coaxial | Slotline | Coupled MSLine | Coupled Stripline

**Material Parameters**

Dielectric: Alumina  
 Dielectric Constant: 9.8  
 Loss Tangent: 0.0005

Conductor: Silver  
 Conductivity: 6.14E+07 S/m

**Electrical Characteristics**

Impedance: 48.8529 Ohms  
 Frequency: 30 GHz  
 Electrical Length: 297.096 deg  
 Phase Constant: 66664.7 deg/m  
 Effective Diel. Const.: 3.42441  
 Loss: dB/m

**Physical Characteristic**

Physical Length (L): 4.45657 mm  
 Gap (G): 2 mm  
 Height (H): 0.5 mm

Warning #1 -> Gap (G) is GREATER than quarter-wavelength

3) Копланарная линия.

$$H = 0,5 \text{ [мм]}, f_{\text{раб}} = 30 \text{ [ГГц]}$$

$$G \text{ для } Z_B = 50 \text{ [Ом]} \text{ и } \lambda_B \text{ для } Z_B = 50 \text{ [Ом]}$$

TXLINE 2003 - CPW

Microstrip | Stripline | CPW | CPW Ground | Round Coaxial | Slotline | Coupled MSLine | Coupled Stripline

**Material Parameters**

Dielectric: GaAs  
 Dielectric Constant: 9.8  
 Loss Tangent: 0.0005

Conductor: Silver  
 Conductivity: 6.14E+07 S/m

**Electrical Characteristics**

Impedance: 49.9997 Ohms  
 Frequency: 30 GHz  
 Electrical Length: 360.002 deg  
 Phase Constant: 65182.1 deg/m  
 Effective Diel. Const.: 3.27379  
 Loss: 8.08159 dB/m

**Physical Characteristic**

Physical Length (L): 5.52302 mm  
 Width (W): 2.89845 mm  
 Gap (G): 0.5 mm  
 Height (H): 0.5 mm  
 Thickness (T): 1 um

Warning #1 -> Width (W) is GREATER than quarter-wavelength



$Z_B$  для  $G = 0,04$  [мм]

TXLINE 2003 - CPW

Microstrip | Stripline | CPW | CPW Ground | Round Coaxial | Slotline | Coupled MSLine | Coupled Stripline

Material Parameters

Dielectric: GaAs  
 Dielectric Constant: 9.8  
 Loss Tangent: 0.0005

Conductor: Silver  
 Conductivity: 6.14E+07 S/m

AWR

Electrical Characteristics

Impedance: 32.8151 Ohms  
 Frequency: 30 GHz  
 Electrical Length: 367.177 deg  
 Phase Constant: 81445.1 deg/m  
 Effective Diel. Const.: 5.11121  
 Loss: 42.8612 dB/m

Physical Characteristic

Physical Length (L): 4.50828 mm  
 Width (W): 0.5 mm  
 Gap (G): 0.04 mm  
 Height (H): 0.5 mm  
 Thickness (T): 1 um

$Z_B$  для  $W = 0,5$  [мм]

TXLINE 2003 - CPW

Microstrip | Stripline | CPW | CPW Ground | Round Coaxial | Slotline | Coupled MSLine | Coupled Stripline

Material Parameters

Dielectric: GaAs  
 Dielectric Constant: 9.8  
 Loss Tangent: 0.0005

Conductor: Silver  
 Conductivity: 6.14E+07 S/m

AWR

Electrical Characteristics

Impedance: 121.167 Ohms  
 Frequency: 30 GHz  
 Electrical Length: 288.672 deg  
 Phase Constant: 64031.5 deg/m  
 Effective Diel. Const.: 3.15923  
 Loss: 6.52243 dB/m

Physical Characteristic

Physical Length (L): 4.50828 mm  
 Width (W): 0.5 mm  
 Gap (G): 2 mm  
 Height (H): 0.5 mm  
 Thickness (T): 1 um

Warning #1 -> Gap (G) is GREATER than quarter-wavelength

### Сравнительные таблицы

Параметр	Посчитано вручную ( $h = 0,5$ [мм])	Посчитано в программе ( $h = 0,5$ [мм])
	$W$ для $Z_B = 50$ [Ом]	
$W$ [мм]	0,45	0,57
	$\lambda_B$ для $Z_B = 50$ [Ом]	
$\lambda_B$ [мм]	3,94	3,6
	$Z_B$ для $W = 40$ [мкм]	
$Z_B$ [Ом]	106	120
	$Z_B$ для $W = 2$ [мм]	
$Z_B$ [Ом]	23	22,7

Таблица 1 – Сравнительная таблица предварительных расчетов и расчетов в программе Microwave Office для несимметричной микрополосковой линии.

$$f_{\text{раб}} = 30 \text{ [ГГц]}.$$

Параметр	Посчитано вручную ( $h = 0,5$ [мм])	Посчитано в программе ( $h = 0,5$ [мм])
	$W$ для $Z_B = 50$ [Ом]	
$W$ [мм]	0,015	0,017
	$\lambda_B$ для $Z_B = 50$ [Ом]	
$\lambda_B$ [мм]	4,4	4,45
	$Z_B$ для $W = 40$ [мкм]	
$Z_B$ [Ом]	58	59,3

	$Z_B$ для $W = 2$ [мм]	
$Z_B$ [Ом]	Не возможно было определить	48,8

Таблица 2 – Сравнительная таблица предварительных расчетов и расчетов в программе Microwave Office для целевой микрополосковой линии.  $f_{\text{раб}} = 30$  [ГГц].

Параметр	Посчитано вручную ( $h = 0,5$ [мм])	Посчитано в программе ( $h = 0,5$ [мм])
	$W$ (обозначается как $G$ для копланарной линии) для $Z_B = 50$ [Ом]	
$W$ [мм]	$G = 0,5$	$G = 0,5$
	$\lambda_B$ для $Z_B = 50$ [Ом]	
$\lambda_B$ [мм]	4,35	5,5
	$Z_B$ для $W = 40$ [мкм]	
$Z_B$ [Ом]	28 ( $G = 0,04$ [мм])	32
	$Z_B$ для $W = 2$ [мм]	
$Z_B$ [Ом]	120 ( $G = 2$ [мм])	121

Таблица 2 – Сравнительная таблица предварительных расчетов и расчетов в программе Microwave Office для копланарной микрополосковой линии.

$$f_{\text{раб}} = 30 \text{ [ГГц]}.$$



**Вывод:** мы освоили две методики расчета основных типов микрополосковых линий передачи: с помощью справочных графиков и с помощью программы Microwave Office. Провели сравнение полученных параметров и получили совпадения во многих пунктах для щелевой и копланарной микрополосковых линий передач (разница значений может быть обусловлена точностью определения параметров вручную по справочным графикам), а также получили значительные расхождения полученных результатов в программе Microwave Office, так как по справочному графику не представлялось возможным получения параметра  $W$ .