

Международная академия наук высшей школы
Академия наук высшей школы Российской Федерации
Сибирская академия наук высшей школы
Бурятский, Красноярский, Кузбасский, Новосибирский,
Омский, Томский научные центры САН ВШ
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-27-2021)

27-я международная
научно-практическая конференция

16 ноября 2021 г.
г. Томск, Россия

ДОКЛАДЫ
(материалы конференции)

Томск
Издательство ТУСУРа
2021

И. Е. САГИЕВА, мл. науч. сотр., ТУСУР, Томск
Б. Е. НУРХАН, магистрант, ТУСУР, Томск

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ С БОКОВЫМИ ЗАЗЕМЛЕННЫМИ ПРОВОДНИКАМИ СВЕРХУ

Выполнено моделирование микрополосковой линии с боковыми заземленными проводниками сверху. Вычислены зависимости погонной задержки τ и волнового сопротивления Z от параметров линии при изменении температуры T от -50 до 150 °С с шагом 25 °С. Представлены результаты влияния температуры на параметры линии. Приведены относительные модули их отклонений.

Радиоэлектронная аппаратура (РЭА) используется во многих областях жизнедеятельности и при разных климатических условиях. Надежное функционирование РЭА обеспечивается, когда её элементы находятся в определенном диапазоне температур T . Отклонение температуры от номинальной может привести к ухудшению работы РЭА. Важной задачей является получение стабильных характеристик линий передачи. В этой связи актуальна минимизация чувствительности характеристик к изменению параметров. Так, в [1] рассмотрены модифицированные микрополосковые линии (МПЛ), позволяющие минимизировать чувствительность погонной задержки τ и волнового сопротивления Z до нуля. Однако влияние температуры на их чувствительность не исследовалось. Цель данной работы – выполнить такое исследование на примере МПЛ с боковыми заземленными проводниками сверху [2].

В системе TALGAT [3] построена геометрическая модель поперечного сечения исследуемой линии (рисунок 1). Неизменные параметры исследуемой линии: ширина сигнального проводника $w=0,3$ мм, толщина сигнального и боковых заземленных проводников $t=18$ мкм, ширина боковых заземленных проводников $w1=1$ мм, толщина диэлектрической подложки $h=1$ мм, относительная диэлектрическая проницаемость подложки $\epsilon_r = 5,6$.

Изменяемые параметры: разнос проводников $s=0,1-0,9$ мм, высота боковых заземленных проводников $h1=0,1-0,9$ мм.

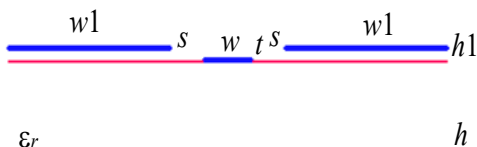


Рисунок 1 – Поперечное сечение микрополосковой линии с боковыми заземленными проводниками сверху

Выполнено моделирование чувствительности характеристик τ и Z исследуемой линии по температурной модели из [4, 5]. Диапазон изменения температуры принят от -50 до 150 °С с шагом 25 °С. В таблице 1 приведены параметры поперечного сечения исследуемой линии с учетом влияния на них температуры при $s = 0,1$ мм и $h1 = 0,1$ мм.

Таблица 1 – Параметры поперечного сечения линии при изменении температуры

$T, ^\circ\text{C}$	$w, \text{мм}$	$w1, \text{мм}$	$t, \text{мкм}$	$s, \text{мм}$	$h, \text{мм}$	ϵ_r
-50	0,2996	0,9987	17,977	0,09987	0,994	5,82
-25	0,2997	0,9991	17,984	0,09991	0,996	5,75
0	0,2998	0,9995	17,992	0,09995	0,998	5,67
25	0,3	1	18	0,1	1	5,6
50	0,3001	1,0004	18,007	0,10004	1,001	5,53
75	0,3002	1,0008	18,015	0,10008	1,003	5,45
100	0,3003	1,0012	18,022	0,10012	1,005	5,38
125	0,3005	1,0017	18,030	0,10017	1,006	5,30
150	0,3006	1,0021	18,038	0,10021	1,008	5,23

Из таблицы 1 видно, что влияние температуры на параметры $t, w, w1, h, s$ пренебрежимо мало, а на ϵ_r существенно. Поэтому основное воздействие на характеристики τ и Z будет оказывать

параметр ε_r из-за его существенного влияния на погонную емкость структуры.

Для наглядного отображения влияния температуры на τ и Z выбраны значения $T = -50, 25$ и 150 °C при одновременном изменении всех параметров (рисунок 2). Как видно, поведение зависимостей одинаково при всех значениях T . С увеличением T параметр τ уменьшается, а Z увеличивается.

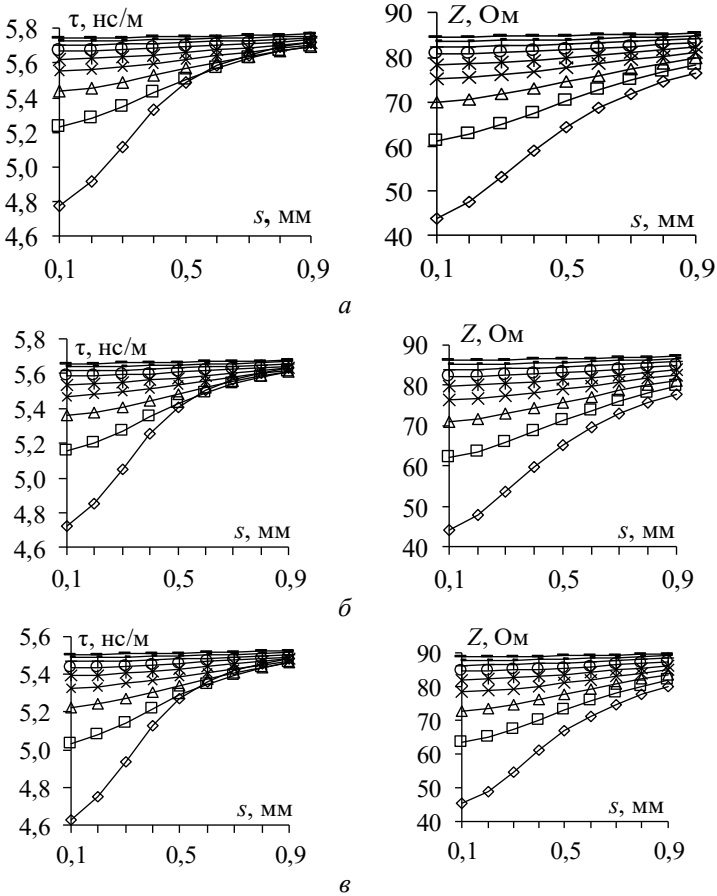


Рисунок 2 – Зависимости τ и Z от s при $T = -50$ °C (а), 25 °C (б) и 150 °C (в) для $h_1 = 0,1$ (\diamond), $0,2$ (\square), $0,3$ (Δ), $0,4$ (\times), $0,5$ (\ast), $0,6$ (\circ), $0,7$ ($+$), $0,8$ ($-$) и $0,9$ ($-$) мм

Количественную оценку влияния температуры на характеристики данной линии относительно $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ можно представить процентным отношением модуля разности к меньшему значению (таблицы 2, 3). Как видно, с увеличением $h1$ и s отклонения увеличиваются, достигая 2,78 % для τ и 3,24 % для Z .

Таблица 2 – Относительный модуль отклонений τ , %

$h1$, мм	T , $^{\circ}\text{C}$	s , мм									
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
0,1	-50	1,19	1,25	1,34	1,42	1,48	1,52	1,54	1,56	1,57	
	150	2,06	2,17	2,32	2,47	2,58	2,65	2,69	2,72	2,75	
0,2	-50	1,41	1,43	1,45	1,48	1,51	1,53	1,54	1,56	1,57	
	150	2,46	2,49	2,53	2,58	2,63	2,67	2,70	2,72	2,74	
0,3	-50	1,50	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	
	150	2,61	2,62	2,64	2,66	2,68	2,70	2,72	2,73	2,74	
0,4	-50	1,54	1,54	1,54	1,55	1,55	1,56	1,57	1,57	1,57	
	150	2,68	2,69	2,69	2,70	2,71	2,72	2,73	2,74	2,75	
0,5	-50	1,56	1,56	1,56	1,56	1,57	1,57	1,57	1,58	1,58	
	150	2,72	2,72	2,73	2,73	2,74	2,74	2,75	2,76	2,76	
0,6	-50	1,57	1,57	1,57	1,57	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	
	150	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,76	2,76	2,77	2,77	
0,7	-50	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,59	1,59	
	150	2,76	2,76	2,76	2,76	2,77	2,77	2,77	2,77	2,78	
0,8	-50	1,58	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	
	150	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,78	2,78	2,78	2,78	
0,9	-50	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	
	150	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	

Таким образом, влияние температуры на параметры w , $w1$, t , s , h в довольно широком ее диапазоне незначительно изменяет характеристики τ и Z исследуемой линии, тогда как зависимость $\varepsilon_r(T)$ изменяет их гораздо больше. Однако изменение составляет несколько процентов.

Таблица 3 – Относительный модуль отклонений Z, %

h1, мм	T, °C	s, мм								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	-50	0,99	1,06	1,15	1,26	1,35	1,43	1,49	1,55	1,60
	150	1,70	1,82	1,99	2,18	2,34	2,48	2,60	2,71	2,79
0,2	-50	1,31	1,33	1,37	1,42	1,47	1,51	1,56	1,60	1,64
	150	2,26	2,31	2,38	2,46	2,55	2,64	2,72	2,79	2,86
0,3	-50	1,48	1,49	1,51	1,54	1,57	1,59	1,63	1,66	1,68
	150	2,57	2,59	2,63	2,67	2,72	2,78	2,83	2,89	2,94
0,4	-50	1,59	1,60	1,61	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,72
	150	2,77	2,78	2,80	2,83	2,86	2,90	2,93	2,97	3,01
0,5	-50	1,67	1,67	1,68	1,69	1,70	1,71	1,73	1,74	1,76
	150	2,91	2,92	2,93	2,95	2,97	2,99	3,02	3,04	3,07
0,6	-50	1,72	1,73	1,73	1,74	1,75	1,75	1,76	1,78	1,79
	150	3,01	3,01	3,02	3,03	3,05	3,07	3,08	3,10	3,13
0,7	-50	1,77	1,77	1,77	1,78	1,78	1,79	1,79	1,80	1,81
	150	3,09	3,09	3,10	3,10	3,11	3,13	3,14	3,16	3,17
0,8	-50	1,80	1,80	1,80	1,81	1,81	1,81	1,82	1,83	1,83
	150	3,15	3,15	3,16	3,16	3,17	3,18	3,19	3,20	3,21
0,9	-50	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,84	1,84	1,85	1,85
	150	3,19	3,20	3,20	3,20	3,21	3,22	3,23	3,23	3,24

*Исследование выполнено при финансовой поддержке
Минобрнауки России по проекту FEWM-2020-0041.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Gazizov, T.R., Sagiyeva, I.Ye., Kuksenko, S.P. Solving the complexity problem in the electronics production process by reducing the sensitivity of transmission line characteristics to their parameter variations // Complexity. 2019. Vol. 2019. P. 1–11.
2. Сагиева, И.Е. Моделирование характеристик микрополосковой линии с боковыми заземленными проводниками сверху // Материалы XIII междунар. науч.-практ. конф. «Электронные средства и системы управления», посвященная 55-летию ТУСУРа. Томск, Россия, 29 ноября – 1 декабря, 2017. Ч. 2. С. 19–20.

3. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости TALGAT / С.П. Куксенко, А.М. Заболоцкий, А.О. Мелкозеров, Т.Р. Газизов // Докл. Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2015. № 2(36). С. 45–50.

4. Li, H.-M., Ra, C.-H. Frequency and temperature dependence of the dielectric properties of a PCB substrate for advanced packaging applications // Journal of the Korean Physical Society. 2009, March. N 3. P. 1096–1099.

5. Sagiyeva, I.Y., Nosov, A.V., Surovtsev, R.S. The influence of temperature on microstrip transmission line characteristics // 21st International conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices EDM, Erlagol, Altai, June 29 – July 3, 2020. P. 191–194.

I. Ye. Sagiyeva, B. Ye. Nurkhan

Estimation of the influence of temperature on the characteristics of a microstrip line with side conductors above

Modeling of microstrip lines with side grounded conductors above is performed. The dependences of the per-unit-length delay (τ) and impedance (Z) on the parameters of the line when changing the temperature (T) is calculated from -50 to 150 °C with a step of 25 °C. The results of the influence of T on the parameters of the line, τ and Z are presented. The relative modules of their deviations are given.

indira_sagieva@mail.ru