

# ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УПРАВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ПОДЛОЖКЕ

Копылов А. Ф., Копылова Н. А.  
Сибирский федеральный университет  
г. Красноярск, пр. Свободный 76, 660041, Россия  
тел.: 89135383985, e-mail: kopAPh@yandex.ru

**Аннотация** — В работе представлены результаты численного моделирования частотных характеристик управляемой микрополосковой линии (УМПЛ) на полупроводниковой подложке. Проведено сравнение амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) коэффициента передачи мощности, проходящей через отрезок УМПЛ), с частотными характеристиками постоянной затухания в линии для двух напряжений — нулевого и напряжения насыщения. Сопоставлены фазочастотные характеристики коэффициента передачи мощности с частотными характеристиками фазовой постоянной также для двух напряжений — нулевого и напряжения насыщения. Предложено, что фактором, существенно влияющим на поведение фазочастотных характеристик при заданном напряжении управления линией, является ёмкость зазоров, отделяющих отрезок УМПЛ от входа и выхода устройства.

## I. Введение

В предыдущей работе авторов [1] была предпринята попытка определения механизма управления характеристиками УМПЛ, в которой изменение модуля коэффициента передачи мощности  $|K_p|$  и изменение фазы коэффициента передачи мощности  $\varphi_{K_p}$  увязывалось с изменением погонного затухания  $\alpha$  в УМПЛ и с изменением фазовой постоянной  $\beta$  отрезка УМПЛ. В частности, был сделан вывод о том, что изменение  $|K_p|$  и изменение  $\varphi_{K_p}$  преимущественно определяется изменением  $\alpha$  в УМПЛ. Наиболее парадоксальным выглядел результат с уменьшением  $\varphi_{K_p}$  с ростом частоты при одновременном увеличении фазовой постоянной  $\beta$ . В то же время, величина погонного затухания  $\alpha$  с ростом частоты уменьшалась. В связи с этим в работе [1] был сделан вывод о том, что при определенных электрофизических параметрах УМПЛ управление ФЧХ линии  $\varphi_{K_p}$  обусловлено изменением погонных потерь  $\alpha$  в ней.

## II. Результаты моделирования и их обсуждение

Для подтверждения или опровержения выводов, содержащихся в работе [1], авторы провели дополнительные исследования частотных характеристик УМПЛ. На этот раз электрофизические параметры активного  $n$  – слоя полупроводника УМПЛ, в значительной степени определяющие параметры линии, были изменены: концентрация свободных носителей заряда была резко уменьшена до предельно реализуемой величины —  $10^{14}$  см<sup>-3</sup> при подвижности носителей заряда в слабых электрических полях 5000 см<sup>2</sup>/В\*с (в работе [1] эта величина составляла  $10^{17}$  см<sup>-3</sup> при подвижности 3500 см<sup>2</sup>/В\*с), что должно существенно уменьшить величину погонных потерь  $\alpha$  в УМПЛ; толщина  $n$  – слоя принята равной 10 мкм (в работе [1] эта величина составляла 1 мкм), что должно существенно увеличить величину фазовой

постоянной отрезка УМПЛ. Диапазон частот для моделирования был взят от 5 до 7 ГГц. Остальные исходные данные для проведения численного эксперимента по определению характеристик УМПЛ совпадают с исходными данными, использованными в [1]: в качестве материала полупроводниковой подложки выбран арсенид галлия с относительной диэлектрической постоянной около 13; длина отрезка УМПЛ равна 7 мм, ширина линии 0,27 мм при толщине подложки 0,27 мм. Сопротивления нагрузки и генератора были приняты равными 50 Ом. В результате сравнения между собой двух групп частотных характеристик при двух напряжениях управления — нулевом и напряжении насыщения: первая группа — АЧХ ( $|K_p|$  от частоты) с частотными характеристиками погонного затухания  $\alpha$  УМПЛ; вторая группа — ФЧХ ( $\varphi_{K_p}$  от частоты) с частотными характеристиками фазовой постоянной  $\beta$  УМПЛ, должен быть сделан вывод о механизме управления характеристиками УМПЛ совпадающий с предыдущим [1], либо отличный от него.

На рис. 1, рис. 2, рис. 3, рис. 4 показаны частотные характеристики  $|K_p|$ ,  $\alpha$ ,  $\varphi_{K_p}$  и  $\beta$ .

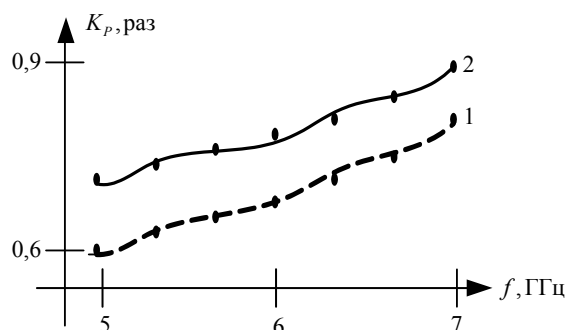


Рис. 1. АЧХ коэффициента передачи мощности  $K_p$  отрезка УМПЛ: 1 — при  $U_{упр}=0$ , 2 — при  $U_{упр}=U_s$

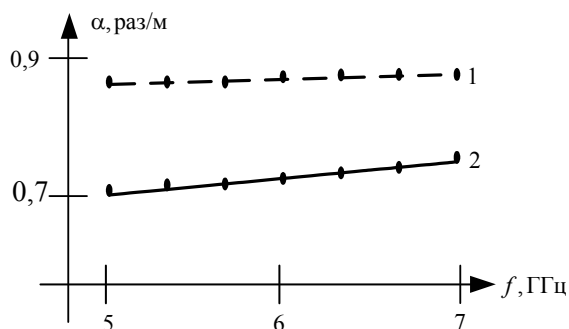


Рис. 2. Частотные характеристики погонного затухания  $\alpha$  отрезка УМПЛ: 1 — при  $U_{упр}=0$ , 2 — при  $U_{упр}=U_s$

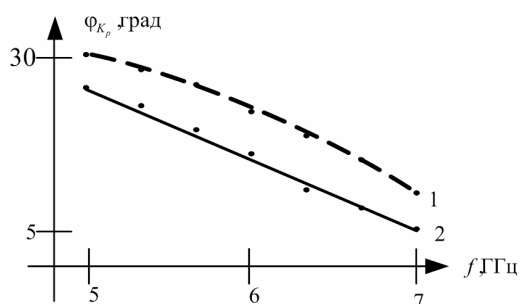


Рис. 3. ФЧХ коэффициента передачи мощности  $\varphi_{k_p}$  отрезка УМПЛ: 1 – при  $U_{упр}=0$ , 2 – при  $U_{упр}=U_s$

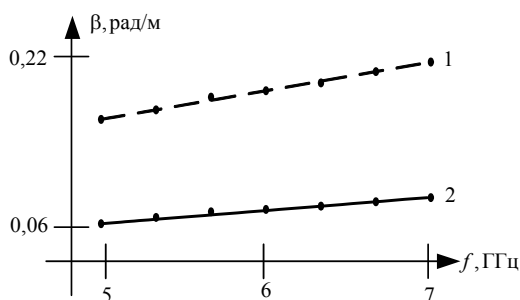


Рис. 4. Частотные характеристики фазовой постоянной  $\beta$  отрезка УМПЛ: 1 – при  $U_{упр}=0$ , 2 – при  $U_{упр}=U_s$

Насколько позволяют судить полученные результаты, показанные на рис. 1 – рис. 4, качественно они полностью повторяют предыдущие результаты авторов [1]. То есть, частотные тенденции изменения АЧХ  $|K_p|$  и погонного затухания  $\alpha$ , их изменение при изменении управляющего напряжения  $U_{упр}$ , а также частотные зависимости ФЧХ  $\varphi_{k_p}$  и фазовой постоянной  $\beta$  отрезка УМПЛ не изменились, несмотря на существенное изменение электрофизических параметров линии, введенные в настоящей работе относительно более ранних данных [1]. Прежними остались и кажущиеся неувязки между частотными тенденциями  $\varphi_{k_p}$  (с частотой уменьшается) и  $\beta$  (с частотой растет). На настоящий момент объяснение неувязок между частотными тенденциями  $\varphi_{k_p}$  и  $\beta$  представляется следующим: при моделировании УМПЛ отрезок линии подключался к генератору на входе и нагрузке на выходе устройства через разделительные ёмкости. Наличие таких ёмкостей при моделировании УМПЛ необходимо с двух точек зрения – во-первых, в реальных устройствах разделительные ёмкости необходимы для отсечки напряжения питания УМПЛ от входного устройства (генератора) и выходного устройства (нагрузки), и, во-вторых, для реализации возможности изменения коэффициента подключения УМПЛ на входе к генератору и выходе к нагрузке за счет изменения (подбора) величины разделительных ёмкостей. Величины ёмкостей и в настоящем и в предыдущем [1] случаях были приняты равными 1 пФ. В связи с этим, при увеличении частоты из-за пропорционального уменьшения сопротивления разделительных ёмкостей величина  $\varphi_{k_p}$  уменьшается, а независимо от этого величина  $\beta$  увеличивается. Таким образом оказывается, что частотные характеристики разделительных ёмкостей при малой величине этих

ёмкостей и, соответственно, большом реактивном сопротивлении их, оказывают существенное и даже определяющее влияние на свойства отрезка УМПЛ, подключенного к генератору и нагрузке через такие ёмкости.

### III. Заключение

Наиболее важным выводом, полученным в настоящей работе, является необходимость учета дополнительных факторов, влияющих на работу УМПЛ, в частности величины разделительных ёмкостей, частотные тенденции поведения которых могут оказать определяющее влияние на общие свойства УМПЛ.

### IV. Список литературы

- [1] Копылов А. Ф., Копылова Н. А. Исследование механизма управления характеристиками микрополосковой линии передачи на полупроводниковой подложке // Материалы 20-й Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2010). Севастополь: Вебер, 2010, с. 224-225.

## INVESTIGATION INTO FACTORS, AFFECTING THE CONTROL OF MICROSTRIP TRANSFER LINE CHARACTERISTICS ON A SEMICONDUCTOR SUBSTRATE

Kopylov A. F., Kopylova N. A.  
Siberian Federal University  
Krasnoyarsk City, Svobodny str. 76, 660041, Russia  
Ph.: 89135383985, e-mail: kopAPh@yandex.ru

**Abstract** — The results from numerical simulation of the frequency characteristics of the controlled microstrip line on the semiconductor substrate (MLSS) over the 5 to 7 GHz frequency range are presented. This line contains the gallium arsenide or a silicon active layer which changes the electrophysical parameters are reason of control power transmission coefficient through section of MLSS. In this communication the comparison results of numerical simulations of phase-frequency and amplitude-frequency response curves for the power transmission coefficient through the section of MLSS with frequency responses curves of complex constant propagation are presented. We note the disparity between the frequency of phase-frequency and transmission coefficient trends.

### I. Introduction

In the previous work [1] we have investigated the control mechanism using the characteristics of the variable microstrip line on the semiconductor substrate (MLSS). However, we have not explained the disparity between the frequency of phase-frequency and transmission coefficient trends.

### II. Main Part

In this communication we have numerically designed the section of MLSS on GaAs which is given by: length of 7 mm, width of 0.27 mm, the thickness of semiconductor substrate of 0.27 mm; the thickness of semiconductor active layer is 10  $\mu\text{m}$  with  $n_0 = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  and  $\mu_0 = 5000 \text{ cm}^2 / (\text{V}\cdot\text{s})$ . The range of frequency range was 5-7 GHz. The construction were made for the supply voltage  $U_{\text{contr}}=0 \text{ V}$  and  $U_{\text{contr}}=U_s \text{ V}$ . We explain the disparity between frequency of phase-frequency and transmission coefficient trends by the effect of dividing capacitors given between the section of MLSS and, an oscillator at the input and the output of system load with using the MLSS.

### III. Conclusion

The result of this work is has shown that some factors may be very important for modeling MLSS-sections for different applications.