



# Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

В. Е. Орлов, А. С. Олейник, Распространение СВЧ волны в щелевой линии передачи, содержащей терморегулируемую пленку окислов ванадия, *Письма в ЖТФ*, 1983, том 9, выпуск 9, 519–522

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.9.171

18 марта 2025 г., 07:48:34



- [3] М.К. Балакирев, С.В. Богданов, А.С. Леонов. Письма в ЖТФ, 8, 170 (1982).
- [4] В.Л. Гуревич, В.Д. Каган, Б.Д. Лайхтман. ЖЭТФ, 54, 188 (1978).
- [5] S.V. Gantsevich, V.L. Gurevich, V.D. Kagan, R. Katilius. Phys. Stat. Sol. (b), 75, 407 (1976).

Институт физики  
полупроводников  
СО АН СССР,  
Новосибирск

Поступило в Редакцию  
14 сентября 1982 г.  
В окончательной редак-  
ции 4 января 1983 г.

Письма в ЖТФ, том 9, вып. 9

12 мая 1983 г.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЧ ВОЛНЫ В ШЕЛЕВОЙ ЛИНИИ  
ПЕРЕДАЧИ, СОДЕРЖАЩЕЙ ТЕРМОРЕГУЛИРУЕМУЮ ПЛЕНКУ  
ОКИСЛОВ ВАНАДИЯ

В.Е. Орлов, А.С. Олейник

Явление фазового перехода полупроводник-металл (ФППМ) в окисно-ванадиевых пленках при их нагреве световым лучом, потоком электронов, путем пропускания электрического тока или непосредственной кондукцией исследовалось в работе [1]. Возможность использования этого явления в пленках двуокиси ванадия для управления СВЧ излучением в волноводных линиях передачи миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов радиоволн была показана в работах [2, 3]. В настоящее время тенденции развития микроэлектроники СВЧ создают условия для перехода от громоздких, тяжелых и сложных волноводных и коаксиальных линий передачи к плоским линиям на тонких диэлектрических подложках, которые удачно сопрягаются с планарно-пленочной технологией получения различных функциональных элементов на тонких пленках. Следует отметить, что какие-либо сведения об использовании свойств пленок окислов ванадия в таких перспективных линиях передачи как микрополосковые, шелевые и компланарные в литературе отсутствуют.

В данной работе приводятся результаты экспериментального исследования распространения СВЧ волны в шелевой линии, содержащей тонкую поликристаллическую пленку окислов ванадия в состоянии терморегулируемого ФППМ.

Исследуемые образцы пленок были получены путем осаждения в вакууме металлического ванадия на слюдяные подложки марки СТ толщиной 50 мкм с последующим его окислением на воздухе при температуре 480 °С. В работе [4] показано, что указанные пленки толщиной 0.05-0.15 мкм представляют собой матрицу, состоящую из  $VO_2$  и смеси фаз  $V_2O_5$ ,  $V_2O_3$ , причем фаза  $V_2O_5$  но-

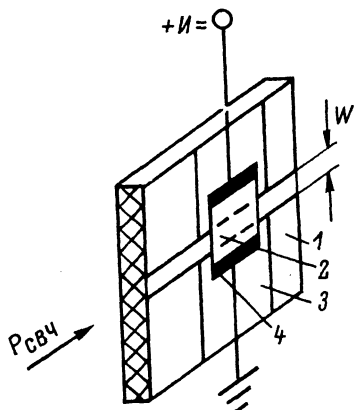


Рис. 1. Схема расположения окисно-ванадиевой пленки в щелевой линии передачи. 1 - щелевая линия передачи СВЧ волны, 2 - образец окисно-ванадиевой пленки, 3 - тепло- и электроизолирующая прокладка, 4 - металлические токовые контакты.

сит поверхностный характер. Величина скачка сопротивления пленок при ФППМ составляла два порядка.

В качестве передающей СВЧ волны линии использовались отрезки щелевой линии из фольгированного фторопласта с диэлектрической проницаемостью подложки

$\epsilon = 2.4$ . Длина отрезков щелевой линии составляла 48 мм, толщина подложки - 1 мм, толщина плоских металлических проводников - 0.1 мм, ширина зазора щели варьировалась в пределах 0.3-1.5 мм с целью изменения волнового сопротивления линии передачи. Известно [5], что основной тип колебаний квази-ТЕМ волны, распространяющийся в щелевой линии, непосредственно в зазоре щели близок по своей структуре поля к колебанию  $TE_{10}$  прямоугольного волновода, что позволяет расположить пленку в максимуме электрического поля путем простого наложения образца на плоскость щели. Образцы пленок вырезались в виде прямоугольных пластинок с размерами  $5 \times 5$  мм<sup>2</sup> и помещались в зазор щели, как показано на рис. 1. С целью тепло- и электроизоляции между окисно-ванадиевой пленкой и металлической поверхностью щелевой линии прокладывались тонкие фторопластовые изолирующие пленки толщиной 10 мкм, затем образцы плотно прижимались к плоскости щелевой линии с помощью пластинчатых зажимов, служащих электродами для подведения управляющего напряжения. Нагрев пленки от комнатной температуры до температуры ФППМ осуществлялся путем пропускания постоянного тока через последовательно включенное с образцом ограничительное сопротивление, при этом пленка предварительно термостатировалась световым лучом при температуре 50 °С от источника света, в котором была предусмотрена регулировка силы света и фокусировка площади светового пятна. Измерения высокочастотных параметров устройства проводились на стандартной панорамной установке для автоматического измерения коэффициента стоячей волны и затухания типа Р2-27Б в диапазоне 7-10 ГГц.

Для согласования щелевой линии и волновода применялся волноводно-щелевой переход рамочного типа.

На рис. 2, в представлена типичная зависимость затухания  $\alpha$  СВЧ мощности от величины управляющего электрического тока,

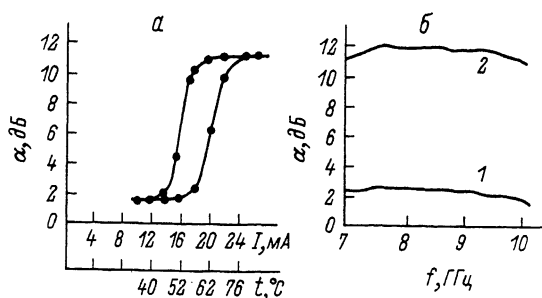


Рис. 2. а) Зависимость вносимого затухания  $\alpha$  от управляющего электрического тока  $I$  и соответствующей ему температуры пленки  $t$  °С (ширина щели  $W=1.2$  мм, волновое сопротивление щелевой линии  $Z_{\theta}=50$  Ом). б) Амплитудно-частотные характеристики образца окисно-ванадиевой пленки в щелевой линии (1 - начальное затухание при отсутствии нагрева электрическим током, 2 - вносимое затухание в состоянии термостимулированного ФППМ).

осуществляющего нагрев пленки до температуры ФППМ, и от соответствующей этому току температуры. Как видно из рис. 2, а, тепловая релейная характеристика имеет вид петли гистерезиса по затуханию при возрастании и уменьшении электрического тока. Ширина петли гистерезиса по току составляет 4 мА, что соответствует ширине петли по температурному интервалу 12 °С. При заданной температуре гистерезис обеспечивает память по затуханию с амплитудой 10 дБ.

Экспериментально установлено, что зависимость выходной мощности от величины выходного сигнала носит строго линейный характер при величине входной мощности до нескольких десятков мВт.

Измеренное значение начальных потерь составляет 1.8 дБ и представляет собой суммарное значение потерь в образце, в волново-щелевом переходе и в отрезке самой щелевой линии.

Проведенные исследования затухания волны от ширины зазора щели, площади эффективного взаимодействия пленки с волной и от относительного расположения образца в щели показали, что если увеличивать ширину зазора щели, то увеличивается эффективность взаимодействия пленки с волной за счет увеличения ее площади, однако при этом возрастают начальные потери в самой пленке, а также увеличивается излучение энергии в свободное пространство. Поэтому при заданной ширине щели повысить эффективность взаимодействия можно путем увеличения размера пленки  $l$  вдоль линии. Однако если  $l \ll \lambda_s/2$  ( $\lambda_s$  - длина волны в щелевой линии), то необходимо подбирать относительное положение пленки в линии с учетом периодичности распределения поля вдоль линии, при этом начальное затухание образца достаточно мало. Если  $l \gg \lambda_s/2$ , то

положение пленки вдоль линии менее критично, но наблюдается заметное увеличение начальных потерь.

Для щелевой линии с волновым сопротивлением 50 Ом и шириной зазора щели 1,2 мм на центральной частоте 8,5 ГГц оптимальный продольный размер пленки, полученный опытным путем, оказался равным 5 мм.

Испытание устройства в широкой полосе частот показало, что амплитудная характеристика практически не зависит от частоты в интервале частот 7÷10 ГГц (рис. 2, б). Неравномерность амплитудно-частотной характеристики не превышает 0,5 дБ в указанном диапазоне.

Таким образом, экспериментально наблюдавшиеся характеристики затухания СВЧ волны при относительно низких начальных потерях позволяют сделать вывод о возможности использования пленок окислов ванадия в состоянии ФППМ в щелевой линии передачи в качестве элемента памяти и в схемах автоматического ограничения СВЧ мощности.

В заключение авторы выражают благодарность Ф.А. Чудновскому за полезное обсуждение результатов работы.

#### Л и т е р а т у р а

- [1] Б.П. Захарченя, И.К. Мешковский, Е.И. Теруков, Ф.А. Чудновский. Письма в ЖТФ, 1, 1, 8 (1975).
- [2] Д.И. Биленко, Э.А. Жаркова, Л.А. Рябова, И.А. Сербинов, Е.И. Хасина. Письма в ЖТФ, 2 14, 638 (1976).
- [3] Д.И. Биленко, Э.А. Жаркова, Л.А. Рябова, И.А. Сербинов, А.С. Уринсон, Е.И. Хасина, Д.Н. Юднев. Радиотехника и электроника, 24, 8, 1670 (1979).
- [4] А.Г. Жуков, Е.Н. Мигачева, А.С. Олейник, В.Я. Филипченко. Письма в ЖТФ, 6, 10, 595 (1980).
- [5] S.V. Sohn. IEEE Transactions on Microwave Theory & Techniques, MTT-17, 10, 768 (1969).

Поступило в Редакцию  
2 декабря 1982 г.