

## О Т З Ы В

на автореферат диссертации Полозова Виктора Ивановича «Тонкие плёнки оксидов ванадия для электродинамических приложений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.13 – Электрофизика, электрофизические установки

Представленная к защите работа направлена на решение актуальных задач: разработке методов получения тонких плёнок  $\text{VO}_2$  с заданными электрофизическими параметрами и применению таких пленок в качестве экранов СВЧ диапазона с управляемым коэффициентом прохождения и СВЧ переключателей.

К основным научным результатам следует отнести:

- Разработку метода получения тонких плёнок  $\text{VO}_2$  с заданными электрофизическими параметрами на поликристаллических подложках, основанного на применении высокочастотного реактивного магнетронного распыления с последующей термообработкой. Полученные плёнки  $\text{VO}_2$  обладают фазовым переходом (переход полупроводник/металл, ППМ) в диапазоне температур между 30 и 80 °С, приводящим к изменению поверхностного сопротивления пленки в 1000 -10000 раз.

- Установление, критического влияния процесса термообработки на амплитуду изменения поверхностного сопротивления плёнок  $\text{VO}_2$ , установление корреляции между амплитудой ППМ и изменение структуры пленки (увеличение размеров кристаллических зёрен, уменьшение ширины распределения зерен по размеру), что позволило связать рост амплитуды ППМ с релаксацией внутренних напряжений в плёнке.

- Определение режима ППМ в пленках  $\text{VO}_2$  в случае инициирования перехода приложением электрического напряжения величиной 40 - 100 В. При инициировании ППМ подачей напряжения на планарные электроды нанесёнными на поверхность плёнки на расстоянии 10 - 20 мкм друг от друга переключение происходит в режиме с обострением. Режим переключения не зависит от кристаллической структуры плёнки.

Практическую ценность диссертации определяют как разработанные методики формирования плёнок  $\text{VO}_2$  с высокой амплитудой ППМ, так и продемонстрированные в работе способы применения плёнок  $\text{VO}_2$  в качестве активных элементов управляемых экранов для сантиметрового диапазона длин волн и в микрополосковых устройствах, в частности, в СВЧ переключателе, обеспечивающем изменение коэффициента прохождения на частотах до 5 ГГц на величину не менее 20 дБ.

По автореферату имеется ряд замечаний и вопросов:

К оформлению:

1. Рисунки автореферата легче обсуждать и воспринимать, если отдельные изображения внутри рисунка проиндексировать (а, б, в, и т.д.)
2. Следует расшифровывать использованные аббревиатуры (КП и КО, стр. 14 автореферата).
3. На рисунке 4, стр. 13 приведена схема установки, позволяющей оценить временные характеристики ППМ и стабильность плёнок при многократном переключении. При этом, результаты экспериментов в автореферате отсутствуют. На мой взгляд, эти данные имеют исключительную важность в рамках этой работы.

К методикам:

1. Автор на основании измеренной температуры фазового перехода и спектров комбинированного рассеяния автор относит полученный материал к  $\text{VO}_2$ . Можно ли это можно считать достаточным доказательством, учитывая большое количество у оксидов ванадия возможных фаз? Почему не применялись методы рентгенофазового анализа?
2. Четырехточечный метод применен для оценки проводимости материала на постоянном токе. Возможно, лучше было бы применить один из импедансных методов исследования пленок, так как автор применяет их в высокочастотных устройствах.

К фактическому материалу:

Глава 3

1. На мой взгляд, представление полученной поликристаллической полупроводниковой пленки в виде исключительно омического сопротивления (рисунок 5) является достаточно грубой моделью. Имеет ли результаты такого моделирования практическую ценность?
2. Непонятно, как автор на основании такой модели пришел к выводу о необходимых «геометрии волновода с импедансом 50 Ом (для проведения измерений) и размере пленки  $\text{VO}_2$ »

Глава 4

1. На рисунке 5 (средняя картина) показано отношение сопротивлений пленки  $\text{VO}_2$  при 30 и 60 °С. При параметрах: концентрация  $\text{O}_2 \approx 11\%$ , напряжение смещения подложки  $\approx 0$  В это отношение имеет величину около 1000. Как это согласуется с дальнейшим утверждением автора о критическом значении отжига для достижения высоких значений изменения сопротивления в результате фазового перехода?

Имеющиеся замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы «Тонкие плёнки оксидов ванадия для электродинамических приложений», которая является цельной законченной научно-квалификационной работой, результаты которой обладают научной

новизной и практической значимостью. Достоверность основных результатов работы не вызывает сомнений.

Работа соответствует паспорту специальности 1.3.13 «Электрофизика, электрофизические установки» (пункт 8 «Исследование электрофизических, электромагнитных и радиационных явлений и процессов в различных средах для решения практических задач промышленного производства» и отвечает требованиям п.9 «Положения от присуждения ученых степеней» от 24.09.2013 г. №842. Автор работы Полозов Виктор Иванович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.13 «Электрофизика, электрофизические установки».

Старший научный сотрудник лаборатории «Новые материалы на основе макроциклических соединений» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук, кандидат химических наук по специальности 02.00.04 - физическая химия, доцент по специальности «Электрофизика, электрофизические установки»

Кузьмин Сергей Михайлович

Адрес: 153045, Россия, г. Иваново, ул. Академическая, д. 1.

Телефон: +7(915)824-95-54

e-mail: smk@isc-ras.ru

