

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ ВОЛЬФРАМОМ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛЕНОК ОКСИДА ВАНАДИЯ

То К.Т.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Голосов Д.А. – канд.техн.наук, доцент

Аннотация. Исследованы электрофизические характеристики тонких пленок легированного вольфрамом оксида ванадия. Установлено, что пленки легируемого вольфрамом оксида ванадия имеют более низкое значение удельного сопротивления и широкий диапазон изменения ТКС, чем пленки не легируемого оксида ванадия.

Ключевые слова: тонкая пленка, оксид ванадия, вольфрам

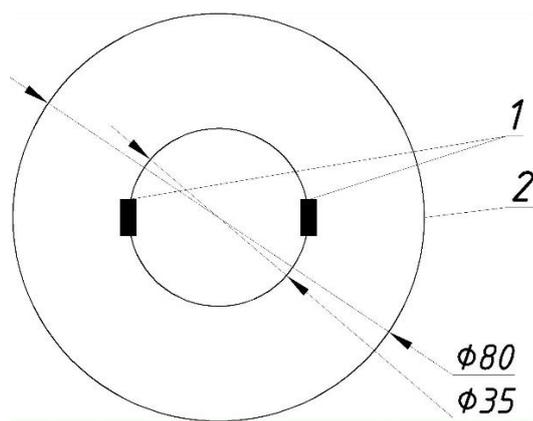
Введение. За последние годы отмечается существенный прогресс в развитии инфракрасных изображающих систем различного назначения на основе неохлаждаемых микроболометрических матриц [1, 2]. В качестве термочувствительного слоя приемных элементов перспективным является использование пленок оксида ванадия VO_2 . Однако такие пленки имеют ряд недостатков: нестабильность их свойств в процессе нанесения и процессе эксплуатации, сложность формирования требуемого оксида, низкий температурный коэффициент сопротивления, большое удельное сопротивление. Эти недостатки могут решаться за счет модификации слоев VO_2 путем легирования их дополнительными металлами [3]. Часто используемыми металлами для легирования пленок оксида ванадия являются металлы группы Nb и металлы группы Cr. К группе Nb относятся Mo, W, Re, действие которых сводится к уменьшению температуры фазового перехода пленок. К группе Cr относятся Al, Fe, Ga, способствующие стабилизации низкотемпературных фаз оксида ванадия.

В данной статье представлены результаты исследования электрофизических свойств тонких пленок оксида ванадия, нанесенных методом реактивного магнетронного распыления, при их легировании вольфрамом.

Основная часть. Проведены эксперименты по нанесению тонких пленок легированного вольфрамом оксида ванадия методом реактивного магнетронного распыления. Для распыления использовалась ванадиевая мишень $\varnothing 80$ мм, на которой в зоне распыления были установлены одна или две вставки металлического вольфрама. Размеры вольфрамовых вставок поочередно равны 10x3мм, 4.5x3мм, 2.2x2.2мм.

Расположение вставок на мишени показано на рисунке 1.

Пленки наносились по следующей последовательности: установка мишени на магнетроне и подложки на подложкодержателях; откачка вакуумной камеры до требуемого давления; подача газа аргона в вакуумную камеру для очистки подложек и мишени; проведение процесса нанесения тонких пленок путем подачи газов кислорода и аргона с требуемой скоростью и настройки требуемых параметров источника питания магнетрона (форма импульса, частота импульса, длительность импульса, ток распыления, время распыления); открытие вакуумной камеры и извлечение подложек из подложкодержателя.



1 – вставки металлического вольфрама; 2 – ванадиевая мишень

Рисунок 1 – Схема мишени для нанесения пленок легированного оксида вольфрама методом реактивного магнетронного распыления

При изменении концентрации кислорода в Ar/O_2 смеси газов электрофизические характеристики изменяются в зависимости от размера вольфрамовых вставок, расположенных на ванадиевой мишени:

- для пленок легированного вольфрамом оксида ванадия, нанесенных на мишени с двумя вставками металлического вольфрама размером 10×3 мм, при увеличении концентрации кислорода в Ar/O_2 смеси газов с 33.33% до 41.67% удельное сопротивление уменьшается от $2.3 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ до $1.71 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

- для пленок легированного вольфрамом оксида ванадия, нанесенных на мишени с двумя вставками металлического вольфрама размером 4.5×3 мм, при увеличении концентрации кислорода в Ar/O_2 смеси газов с 25% до 54.17% изменение удельного сопротивления пленок является переменным (рисунок 2);

- для пленок легированного вольфрамом оксида ванадия, нанесенных на мишени с двумя вставками металлического вольфрама размером 2.2×2.2 мм, при увеличении концентрации кислорода в Ar/O_2 смеси газов с 25% до 50% изменение удельного сопротивления пленок показано на рисунке 3;

- для пленок легированного вольфрамом оксида ванадия, нанесенных на мишени с одной вставкой металлического вольфрама размером 2.2×2.2 мм, при увеличении концентрации кислорода в Ar/O_2 смеси газов с 33.33% до 50% значение удельного сопротивления пленок увеличивается от $8.2 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ до $9.3 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

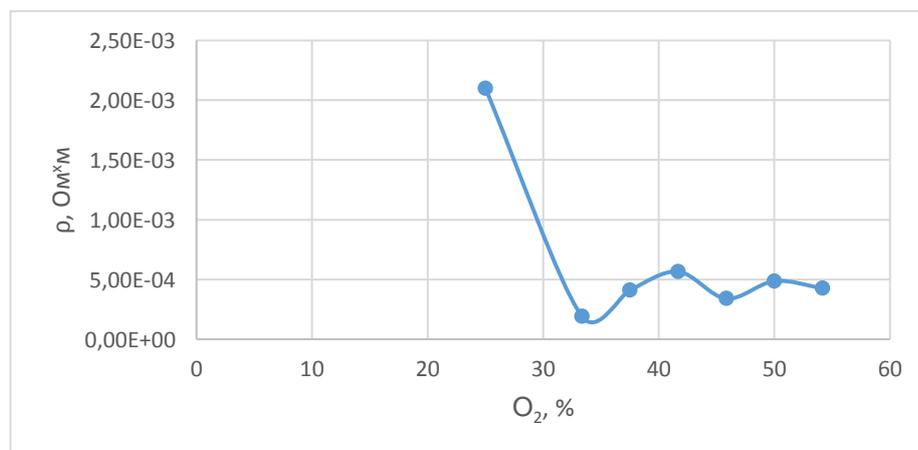


Рисунок 2 – Зависимость удельного сопротивления тонких пленок второго эксперимента от концентрации кислорода в Ar/O_2 смеси газов

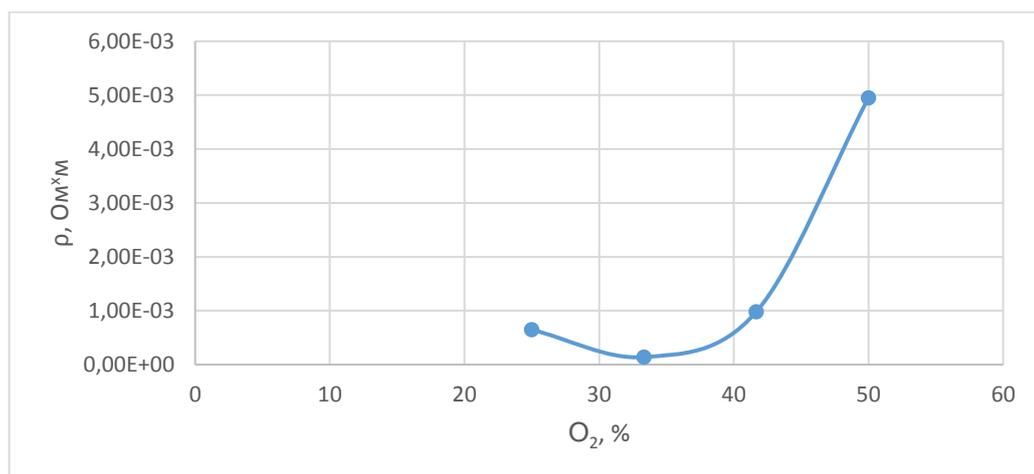


Рисунок 3 –Зависимость удельного сопротивления тонких пленок третьего эксперимента от концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов

Из числа нанесенных тонких пленок отметили, что экспериментальный образец, режим нанесения которого указан в таблице 1, имеет наилучшие электрофизические характеристики: значение ТКС равно 3.59; значение удельного сопротивления при комнатной температуре равно $4.95 \times 10^{-3} \text{ Ом} \times \text{м}$; значение коэффициента детерминации равен 0.995. Температурная зависимость сопротивления этого образца показана на рисунке 4.

Таблица 1 – Режим нанесения экспериментального образца №300

Параметры	Значения
Скорость подачи кислорода, мл/мин	30
Скорость подачи аргона, мл/мин	30
Ток распыления, А	1,5
Напряжение распыления, V	578
Время распыления, мин	22.75

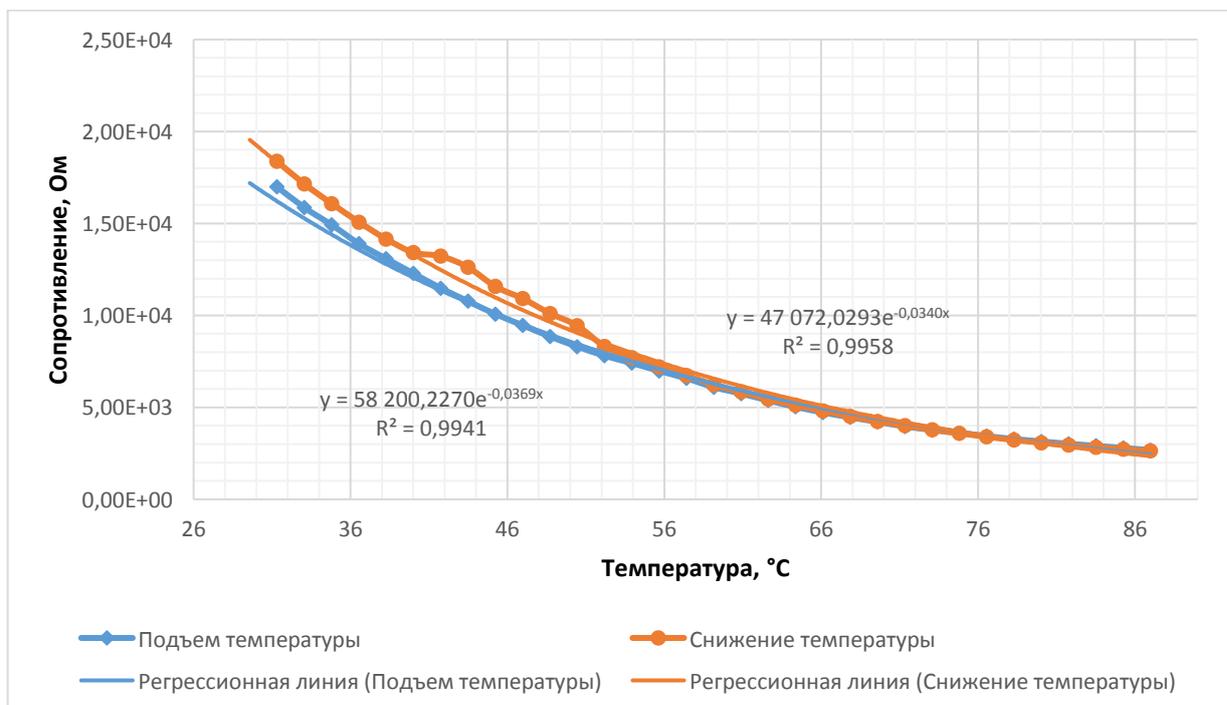


Рисунок 4 – Температурная зависимость сопротивления образца №300

В статье [4] при концентрации кислорода в Ar/O_2 смеси газов 17 – 25% и без нагрева подложек получены пленки оксида ванадия с удельным сопротивлением $(0.6 – 4.0) \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ и ТКС 2.2 – 2.3%/°С. Эти значения удельного сопротивления значительно больше, чем значения удельного сопротивления рассмотренных в данной статье тонких пленок $(8.2 \cdot 10^{-6} – 4.95 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{м})$. А значения ТКС цитируемой статьи выше имеет более узкий диапазон размаха, чем значения ТКС экспериментальных тонких пленок в данной статье (0.08 – 3.59%/°С).

Заключение. Пленки легируемого вольфрамом оксида ванадия, полученные при разных размерах вольфрамовых вставок и концентрации кислорода в Ar/O_2 смеси газов 25 – 54,17%, имеют значения удельного сопротивления $8.2 \cdot 10^{-6} – 4.95 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ и значения ТКС 0.08 – 3.59%/°С. Со сравнением со другими авторами, которые выводили результаты исследования электрических характеристик пленок оксида ванадия можно установить, что пленки легированного вольфрамом оксида ванадия имеют более низкое значение удельного сопротивления и широкий диапазон изменения ТКС, чем пленки не легированного оксида ванадия.

Список литературы

1. *Monolithic Two-Dimensional Arrays of Micromachined Microstructures for Infrared Applications* / B. E. Cole [et al.] // *Proceedings of the IEEE*. – 1998. – Vol. 86. – P. 68.
2. *Micromachined Pixel Arrays Integrated with CMOS for Infrared Applications* / B. E. Cole [et al.] // *Proceedings of IEEE*. – 2000. – Vol. 65. – P. 48–52.
3. Кириленко, В.В. Синтез пленкообразующих материалов из оксидов ванадия и исследование возможностей получения на их основе оптических покрытий / В.В. Кириленко, Б.М. Жигарновский, А.Г. Бейрахов // *Оптический журнал*. – 2010. – № 77. – С. 75–87.
4. Электрофизические свойства пленок оксида ванадия, нанесенных методом реактивного магнетронного распыления / Т.Д. Нгуен [и др.] // *Доклады БГУИР*. – 2020. – № 6. – С. 94–102;

UDC 621.3.049.77: 621.793

EFFECT OF DOPING WITH TUNGSTEN ON THE ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF VANADIUM OXIDE FILMS

To Q.T.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Golosov D.A., PhD, associate professor

Annotation. In this article, electrophysical characteristics thin films of tungsten-doped vanadium oxide have been investigated. It was found that thin films of tungsten-doped vanadium oxide have lower resistivity value and wider range of TCR variation than thin films of non-doped vanadium oxide.

Keywords: thin film, vanadium oxide, tungsten