

## Метод измерения зависимости сопротивления нанопленок оксидов ванадия от температуры

А. С. ОЛЕЙНИК, Д. М. МАСЛОВ

Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина,  
Саратов, Россия, e-mail: lab\_sstu@mail.ru

*Исследован метод измерения гистерезисной зависимости сопротивления термочувствительного элемента болометра в реальном масштабе времени и реальных условиях эксплуатации. Метод обеспечивает объективный контроль изменения сопротивления термочувствительного слоя под воздействием регистрируемого излучения и внешних факторов.*

**Ключевые слова:** болометр, термочувствительный слой.

*The method of measurement of the hysteresis dependence of resistance of the bolometer termosensitive element in realtime and under real operating conditions is studied. This method should ensure objective control of the change in resistance of termosensitive layer under the action of radiation detected under the influence of external factors.*

**Key words:** bolometer, termosensitive layer.

При изучении наноматериалов на основе оксидов ванадия остро встает вопрос об измерении температурной зависимости сопротивления. Необходим метод, обеспечивающий измерение в реальном масштабе времени и реальных условиях эксплуатации, а также на удалении от объекта исследований.

Метод состоит в независимом измерении как температурного диапазона нагрева, так и диапазона значений удельного поверхностного сопротивления термочувствительного слоя в течение заданного промежутка времени. Параллельно регистрируются значения температуры и сопротивления при помощи цифровых мультиметров, с использованием фотокамеры фиксируются измеряемые характеристики и сохраняются в ее постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ). Информация с ПЗУ может быть оценена оператором или введена в ЭВМ для обработки. Измерение гистерезисной зависимости сопротивления слоя на основе смеси оксидов ванадия  $VO_x$ , где показатель нестехиометрии  $x = 1,5 \dots 2,02$ , от температуры происходит в момент регистрации импульса излучения объекта измерения.

Объект исследования — пленочный наноматериал на основе  $VO_x$ , использующийся в качестве термочувствительного слоя неохлаждаемого болометра [1]. Как правило, болометр предназначен для эксплуатации в температурном диапазоне  $-40 \dots +40$  °С в условиях воздействия окружающей среды и относительной влажности до 80 %. Объект исследования может быть помещен в специальный бокс, где имитируются воздействия ионизирующих излучений. При этом измерительная информация (значения температуры и сопротивления) поступает в цифровые мультиметры по двум парам проводников.

Для измерения температурной зависимости сопротивления пленок  $VO_x$  предложен метод, основанный на применении двухканальной измерительной системы: один канал служит для измерения текущей температуры, второй — удельного поверхностного сопротивления термочувствительного слоя в реальном масштабе времени (рис. 1). Чтобы получить целостную картину измеряемой зависимости, одновременно фиксируют показания приборов цифровой камерой,

работающей в режиме видеозахвата. Данные можно передавать оператору в реальном времени на любое расстояние от объекта наблюдения. Анализируя видеопоток, можно контролировать данные измерений со скоростью 30 кадр/с. Процесс измерения заключается в следующем: задается необходимый диапазон изменения температуры термочувствительного слоя  $VO_x$  за определенный промежуток времени, в течение которого фиксируется диапазон изменения сопротивления так, что каждому значению температуры соответствует значение удельного поверхностного сопротивления.

Измерительная установка, собранная по схеме, изображенной на рис. 1, а, включает нагреватель, два мультиметра — термометр Mastech MS8221C и омметр Атакком А-1118 — для контроля температуры и сопротивления образца, цифровую камеру для одновременной фиксации показаний обоих приборов. Нагреватель — дюралюминиевая пластина, на обратной стороне которой в пазах пропущена нихромовая проволока в керамическом изоляторе. Для уменьшения отвода теплоты он размещен на четырех изоляторах. Питание нагревателя осуществляется постоянным напряжением 25 В. Образец находится на диэлектрической подложке с лицевой стороны нагревателя. Так как толщина используемой в болометрах пленки  $VO_x$  обычно не превышает 60 — 100 нм, а подложка 100 мкм, то согласно [2] время прогрева образца составляет не более  $10^{-3}$  с. Чтобы обеспечить надежный контакт и высокую точность измерений, электроды и термопара мультиметров закреплены на краях образца специальными зажимами. Нагревательная установка выполнена на базе голографического стенда УИГ-22К. Применение цифрового мультиметра позволяет обойтись без схем преобразователей сопротивления в напряжение [3]. Показания мультиметров регистрируются цифровой камерой Lumix FZ-7. Инерционность измерений обусловлена постоянной времени цифровых мультиметров и в данном случае составляет  $2,5 \cdot 10^{-3}$  с [4].

Для современных измерительных устройств, совместимых с ЭВМ, можно обойтись без использования цифровой

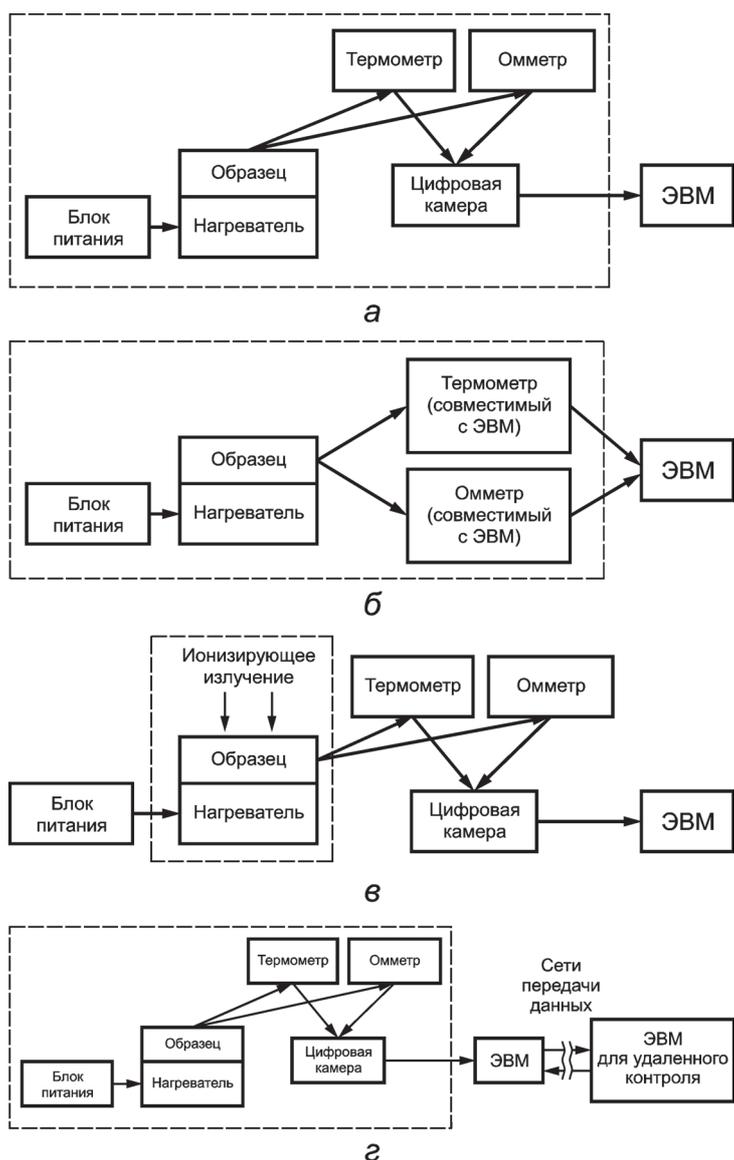


Рис. 1. Схемы установки для измерения температурной зависимости пленок  $\text{VO}_x$ :

а — с применением цифровой фотокамеры для фиксации показаний приборов; б — с передачей измерительных данных напрямую в ЭВМ; в — в условиях воздействия ионизирующих излучений; г — с использованием сети передачи данных

фотокамеры. В этом случае цифровые данные с измерительных приборов поступают непосредственно в ЭВМ (рис. 1, б).

Схема установки, обеспечивающая проведение измерений в условиях воздействия ионизирующих излучений, представлена на рис. 1, в.

Показания приборов фиксируются в реальном времени при нагреве и охлаждении. Это позволяет не прибегать к стабилизации температуры, что, во-первых, упрощает конструкцию установки, во-вторых, исключает колебания температуры, неизбежные при стабилизации, и, таким образом, повышается точность измерений. Кроме того, охлаждение естественным путем соответствует реальным условиям экс-

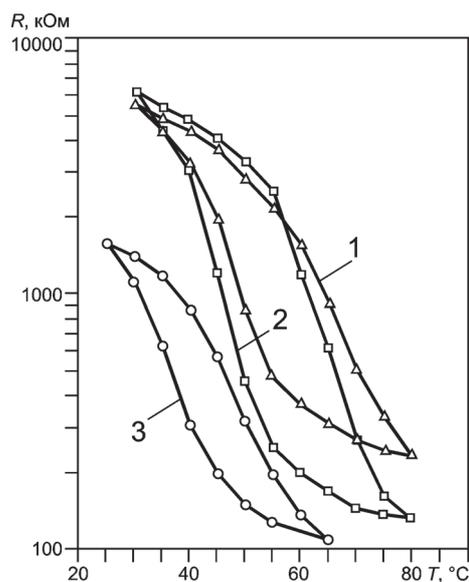


Рис. 2. Температурные гистерезисные зависимости сопротивления пленок  $\text{VO}_x$  толщиной 60; 80; 100 нм — соответственно 1—3

плуатации материала. Цифровая камера расположена напротив мультиметров в режиме записи или видеозахвата совместно с ЭВМ. В первом случае камера работает автономно, фиксируя показания приборов на ПЗУ, во втором осуществляется удаленный контроль измерений на любом расстоянии от объекта при помощи сети передачи данных к исследованию и оператора.

На рис. 2 приведены гистерезисные зависимости сопротивления различных пленок  $\text{VO}_x$  от температуры, зафиксированные по описанной схеме.

Предложенный метод отличается простотой и обеспечивает объективный контроль изменения сопротивления термочувствительного слоя. Использование современных средств измерений позволяет применять данный метод в реальном масштабе времени, на удалении от объекта исследования и при воздействии на него ионизирующих излучений.

### Литература

1. Олейник А. С. Отображение и запоминание оптической информации на пленках диоксида ванадия: Монография. Саратов: Изд-во Саратов. гос. техн. ун-та, 2006.
2. Марков М. Н. Приемники инфракрасного излучения. М.: Наука, 1968.
3. Бриндли К. Измерительные преобразователи: Справ. пособие / Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1991.
4. Цифровой мультиметр Mastech MS8221C [Электрон. ресурс]. <http://www.mastech.ru/catalog/mult/ms8221c.html> (дата обращения 20.06.2012).

Дата принятия 19.09.2012 г.