

УДК 539.232

Физико-химические свойства тонких пленок оксида ванадия (IV), получаемых  
химическим осаждением из газовой фазы

В.И. Полозов<sup>1,2</sup>, С.С. Маклаков<sup>1</sup>, А.М. Макаревич<sup>3</sup>, А.Р. Кауль<sup>3</sup>, В.Н. Кисель<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИТПЭ РАН

<sup>2</sup> Московский физико-технический институт

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, химический  
факультет

Тонкие плёнки оксида ванадия (IV), обладающие переходом диэлектрик-металл при 67°C, являются перспективными функциональными покрытиями для технических приложений. Целевыми характеристиками при росте данных плёнок являются: максимально возможное изменение электрического сопротивления при указанном переходе, минимально достижимое сопротивление плёнок в металлическом состоянии и высокая однородность.

Проведены измерения коэффициента прохождения электромагнитных волн СВЧ диапазона через образцы тонких плёнок VO<sub>2</sub> и анализ однородности данного покрытия при помощи картирующей спектроскопии комбинационного рассеяния (КР), интерференционной топографии и спектроэллипсометрии в диапазоне 190-2500 нм. Исследовали плёнки VO<sub>2</sub> толщиной ~ 160 нм на подложке из сапфира (R/1102 плоскость) размерами 10×15 мм. Тонкие плёнки оксида ванадия получены в лаборатории химии координационных соединений химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова [1]. Для радиофизических измерений образцы плёнок помещали в разрыв волноводной линии передачи с электрическим контактом поверхности плёнки и стенки волновода. Для полного перекрытия волновода использовали три соприкасающихся образца. Значение коэффициента прохождения электромагнитной волны частотой 9,0 ГГц через плёнку VO<sub>2</sub> в металлическом состоянии составляет -18,5 дБ по отношению к образцу в диэлектрическом состоянии. Данная величина показывает возможность управления коэффициентом прохождения СВЧ излучения при помощи термического воздействия.

Поверхность плёнок содержит неоднородности размером порядка 1-10 мкм. Весь объём плёнки состоит из VO<sub>2</sub> с характерными колебательно-вращательными полосами при 195, 225, 264, 310, 340, 390, 446, 501 и 617 см<sup>-1</sup>. Неоднородности микронного

размера отличаются меньшей интенсивностью полосы при  $225 \text{ см}^{-1}$ , что может свидетельствовать об отличии в текстуре плёнки на обнаруженных участках. Измерения проведены при длине волны  $532 \text{ нм}$ . В низкотемпературном – диэлектрическом – состоянии плёнки описываются эллипсометрической двухслойной моделью: слой Таутса-Лоренца («VO<sub>2</sub>») с толщиной  $160 \text{ нм}$  и композиционный слой («шероховатость») ««VO<sub>2</sub>» - воздух» толщиной  $10 \text{ нм}$ . Данную модель можно интерпретировать как плёнку VO<sub>2</sub>, содержащую неоднородности, что соответствует результатам спектроскопии КР. В высокотемпературном – металлическом – состоянии использованная модель для описания не подходит, что противоречит литературе [2] и может свидетельствовать о неоднородности плёнки. Значение оптического пропускания данных плёнок в диэлектрическом состоянии достигает  $20\%$  с учётом шероховатой обратной стороны подложки из сапфира.

По результатам проведенных измерений, тонкие плёнки VO<sub>2</sub> являются перспективными для создания элементов СВЧ техники.

#### Литература

1. *Makarevich A.M. et al.* Chemical synthesis of high quality epitaxial vanadium dioxide films with sharp electrical and optical switch properties // – J. Mater. Chem. C. Royal Society of Chemistry. – 2015. – V. 3. – № 35. – P. 9197–9205.
2. *Kana Kana J.B. et al.* Thermally tunable optical constants of vanadium dioxide thin films measured by spectroscopic ellipsometry // – Opt. Commun. – 2011. – V. 284, – № 3. – P. 807–812.