

сингонией на основе  $\text{FeSe}_2$  (пространственная группа  $\text{Pnmm}$ ). Определена концентрация теллура при которой в соединениях  $\text{Fe}_3(\text{Se}_{1-y}\text{Te}_y)_4$  наблюдается магнитный фазовый переход в области комнатных температур. Найден состав значение RCP у которого в два раза превышает значение хладопроизводительности соединения  $\text{Fe}_3\text{Se}_4$ .

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № FEUZ-2020-0054)*

1. Klipstein P.C., Frind R.H., Semiconductor to semimetal transition in  $\text{TiS}_2$  at 40 kbar, J. Phys. C: Solid State Phys., V. 17, P. 1-10 (1984).
2. Li D, Jiang J.J., Liu W. et al., Positive magnetoresistance in  $\text{Fe}_3\text{Se}_4$  nanowires, J. Appl. Phys., V. 109, P. 1-4 (2011).
3. Bishwas M.S., Poddar P., Study of magnetic entropy and heat capacity in ferromagnetic  $\text{Fe}_3\text{Se}_4$  nanorods, J. Phys. D: Appl. Phys., 49, 195003 (2016).

## **ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЁНОК ДИОКСИДА ГАФНИЯ В ОБЛАСТИ КРАЯ СОБСТВЕННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ**

Шилов А.О.<sup>1</sup>, Савченко С.С.<sup>1</sup>, Вохминцев А.С.<sup>1</sup>,  
Гриценко В.А.<sup>2</sup>, Вайнштейн И.А.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>) Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия  
E-mail: [ao.shilov@urfu.ru](mailto:ao.shilov@urfu.ru)

## **OPTICAL PROPERTIES OF HAFNIA THIN FILMS NEAR ABSORPTION EDGE**

Shilov A.O.<sup>1</sup>, Savchenko S.S.<sup>1</sup>, Vokhmintsev A.S.<sup>1</sup>,  
Gritsenko V.A.<sup>2</sup>, Weinstein I.A.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Rzhzanov Institute of Semiconductor Physics SB RAS, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>) Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Ekaterinburg, Russia

Optical absorption spectra for  $\text{HfO}_2$  thin films were measured. Thickness of films, absorption coefficient and dispersion curves for the refractive indices were calculated. Absorption edge was analyzed as superposition of indirect band-to-band and exciton-related transitions.

Работа посвящена исследованию оптических свойств тонких плёнок диоксида гафния, имплантированных ионами бора. Появление сегнетоэлектрических свойств и улучшение мемристивных характеристик у этого high-k диэлектрика при допировании ионами различных элементов, его высокая диэлектрическая проницаемость в исходном и легированном состояниях позволяют отнести  $\text{HfO}_2$  к перспективным материалам, на основе которых возможно создание элементов памяти нового поколения. Для решения ряда фундаментальных проблем и различных задач, связанных с практическим применением диоксида гафния в оптике и наноэлектронике, необходимо более глубокое понимание особенностей его электронной структуры и дальнейшее изучение закономерностей формирования его оптических свойств.

В работе анализировались тонкие плёнки  $\text{HfO}_2$  толщиной 300 нм (по данным производителя), которые были получены в ИФП СО РАН методом ионно-лучевого распыления осаждения на подложке кварца КУ 9x9x1 мм в присутствии кислорода. Исследования проводились для исходной пленки и для трёх образцов после имплантации ионов бора  $\text{B}^+$  (изотоп  $\text{B}11$ ). Применялся режим облучения 50 кэВ с флюенсами  $3.0 \cdot 10^{12}$ ,  $3.0 \cdot 10^{14}$  и  $3.0 \cdot 10^{15}$   $\text{см}^{-2}$ .

Измерение спектров оптического поглощения при комнатной температуре было произведено с помощью спектрофотометра SHIMADZU UV-2450 в диапазоне длин волн 190 – 900 нм. Предварительно был определён спектр поглощения кварцевой подложки, для анализа поглощения оксидных плёнок использовали разностные спектры.

Обнаружено, что на спектры оптического поглощения в области длин волн 230 нм оказывает сильное влияние интерференция, исключение которой производилось по известной методике, посредством построения огибающих кривых и обработкой результата с помощью среднего геометрического. Данный способ позволил также оценить толщину синтезированных плёнок  $\text{HfO}_2$ , которая для всех образцов лежит в диапазоне  $290 \pm 10$  нм. Кроме того, были построены дисперсионные кривые показателей преломления для каждого образца.

Установлено, что для всех измеренных зависимостей в области 215-227 нм присутствует явно выраженное плечо, в интервале 210-215 нм наблюдается резкий рост поглощения. Указанные спектральные зависимости были аппроксимированы с высокой точностью в предположении суперпозиции края собственного поглощения для непрямых разрешенных переходов и изолированной полосы гауссовой формы. Для всех образцов была выполнена оценка ширины запрещенной зоны  $E_g = 5.4 \pm 0.05$  эВ, рассчитаны параметры пика вблизи края собственного поглощения – энергия максимума  $5.55 \pm 0.10$  эВ и полуширина  $0.45 \pm 0.05$  эВ. На основе литературного анализа, сделано предположение, что указанный максимум может быть обусловлен оптическими переходами с участием автолокализованных экситонов. Показано, что имплантация ионов бора в диапазоне используемых флюенсов не оказывает заметного влияния на спектральные параметры в исследуемых пленках диоксида гафния. Полученные результаты проанализированы в сравнении с независимыми литературными данными.