

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Смирнова Андрея Николаевича «Структура, термостойкость и электрические свойства многослойных наноструктур  $(\text{Mg}/\text{NbO}_n)_{82}$ ,  $(\text{Mg}/\text{ZrO}_2)_{52}$ ,  $(\text{Ni}/\text{ZrO}_2)_{72}$ », представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

### 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Исследование многослойных наноструктур имеет большое значение, как с практической, так и с научной точки зрения. При переходе на наноразмерный уровень гетерогенности в материалах и структурах начинают проявляться новые, зачастую уникальные, свойства, нехарактерные для объемных материалов. Следствием этого является широкое применение многослойных наноструктур в различных областях микроэлектроники, оптоэлектроники и радиофизики. Такие структуры используются в качестве катализаторов, поглотителей радиоизлучения и сенсоров различных полей. Диссертация Смирнова А. Н. посвящена изучению новых многослойных структур с нанометровыми толщинами единичных слоёв. В работе исследованы закономерности формирования многослойных наноструктур на основе магния и оксидов переходных металлов (ниобия и циркония) и определено влияние химической активности металлических и оксидных слоёв на термическую устойчивость и электрические свойства полученных объектов. В диссертации обнаружены и изучены размерные эффекты, связанные с влиянием толщины металлических нанослоёв на свойства полученных объектов. В связи с этим актуальность работы не вызывает сомнений.

К наиболее значимым результатам, отличающимся новизной и практической значимостью, можно отнести следующее:

- определён способ стабилизации кубической высокотемпературной модификации диоксида циркония при комнатных температурах без введения в него стабилизирующей примеси;
- обнаружено увеличение плотности электронных состояний на уровне Ферми в оксидной фазе  $\text{ZrO}_2$ , происходящее в результате термического отжига многослойной наноструктуры  $(\text{Mg}/\text{ZrO}_2)_{52}$ . Наблюдаемый эффект связывается с образованием кислородных вакансий в слоях диоксида циркония вследствие окисления слоёв магния;
- показана практическая возможность получения многослойных наноструктур  $\text{Mg}/\text{ZrO}_2$  с дискретными металлическими слоями, сформированными из неокисленных магниевых частиц;
- установлено, что слоистое расположение материала в исследованных многослойных наноструктурах сохраняется до достаточно высоких температур 723 К для  $(\text{Mg}/\text{NbO}_n)_{82}$ , 673 К для  $(\text{Mg}/\text{ZrO}_2)_{52}$  и 723 К для  $(\text{Ni}/\text{ZrO}_2)_7$ .

Результаты исследований, выносимые на защиту, являются новыми, основаны на надёжных методах исследования, большом объёме экспериментальных данных, согласованностью данных, полученных разными методами. Материалы диссертации Смирнова А. Н. достаточно полно изложены в 7 статьях, опубликованных в журналах из перечня ВАК, представлены на многочисленных конференциях и семинарах.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

- на стр.9 автореферата утверждается «Сформировавшиеся магниевые слои являются текстурированными, причем текстура не зависит от типа подложки», но доказательств этому не приведено;
- зависимость сопротивления от толщины бислоя многослойной наноструктуры  $(\text{Ni}/\text{ZrO}_2)_{72}$  (рис.18) разделена на три характерные области, но в тексте автореферата об этом ничего не сказано.

Отмеченные замечания не влияют на общее положительное заключение по диссертации и могут быть обусловлены ограниченным объемом автореферата.

На основании автореферата, научных результатов и публикаций, можно утверждать, что диссертация «Структура, термостойкость и электрические свойства многослойных наноструктур  $(\text{Mg}/\text{NbO}_n)_{82}$ ,  $(\text{Mg}/\text{ZrO}_2)_{52}$ ,  $(\text{Ni}/\text{ZrO}_2)_{72}$ » как по качественным, так и по количественным показателям полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Смирнов Андрей Николаевич, достоин присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния.

Даю согласие на обработку моих персональных данных.

Доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры общей и прикладной физики машиностроительного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова».

394087, г. Воронеж, ул. Тимирязев  
Тел. +7 (473) 253-77-12, e-mail: nm  
Докторская диссертация защищена

Подпись Матвеева Н. Н. заверяю

Матвеев Николай Николаевич

4.07 – Физика конденсированного состояния.

личную подпись

удостоверяю:

Секретарь рецензента

25

03

25