

Отзыв

на автореферат диссертации Орехова Андрея Сергеевича «Структура пленок высшего силицида марганца по данным электронной микроскопии» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.18 – «кристаллография, физика кристаллов»

Актуальность исследований в области поиска новых материалов для термоэлектрических элементов определяется общемировыми потребностями сбережения энергоресурсов. Особое внимание оказывается удешевлению производства новых термоэлектрических материалов, поэтому очевиден интерес к силицидам как недорогим материалам с хорошими термоэлектрическими параметрами. Систематических структурных исследований силицидов переходных металлов до настоящего проводилось недостаточно, поэтому важность полученных в настоящей работе данных о структуре пленок силицида марганца не вызывает сомнений.

Особенностью силицидов марганца со стехиометрией $MnSi_{1.7}$, называемых высшими силицидами марганца (ВСМ), является образование в бинарной системе Mn–Si силицидов марганца разного состава, известных как фазы Новотного. Характерной особенностью микроструктуры кристаллов и пленок ВСМ является наличие выделений фазы моносилицида марганца $MnSi$ в виде ламеллярных слоев, которые оказывают существенное влияние на свойства материала в целом. При синтезе пленок ВСМ или росте объемных кристаллов ВСМ необходима как детальная информация об их фазовом и химическом составе, так и данные об их микро- и наноструктуре. ВСМ в кристаллах и пленках обладают сильной анизотропией физических свойств, это определяет необходимость проведения ориентационного анализа для выявления оптимальных условий роста текстурированных образцов.

Следует отметить, что выполнение подобных работ возможно только при использовании самого современного оборудования, позволяющего определять структуру включений нанометрового диапазона.

В этой связи, представленная диссертационная работа Орехова А.С., целью которой является сравнительный анализ микроструктуры пленок ВСМ, полученных двумя способами: в запаянной вакуумированной ампуле и в реакторе при непрерывной откачке, установление химического и фазового состава возможных включений в пленках ВСМ, полученных в разных технологических условиях, является актуальной, значимой и, в определенной степени, пионерской.

Автором использованы прецизионные методы подготовки объектов исследования, проведен и обоснован ориентационный анализ включений. В работе проведено детальное комплексное структурное исследование пленок высшего силицида марганца. Показано, что при температуре $1040\div 1070^\circ\text{C}$ в стационарных условиях роста в вакуумированной ампуле в квазистационарных условиях роста в проточном реакторе формируется только фаза Mn_4Si_7 . Изучены начальные этапы формирования пленок. Проведен текстурный анализ. Исследованы межзеренные границы и границы пленка/подложка.

Методом просвечивающей электронной микроскопии выявлено, что в островках ВСМ, формируемых в проточном реакторе, содержатся наноразмерные включения моносилицида марганца $MnSi$. Предложена атомная модель границы раздела пленка ВСМ/подложка для образца, полученного в вакуумированной ампуле. Достоверность

полученных в работе результатов не вызывает сомнений, поскольку они были получены в лабораториях, оснащённых современным уникальным оборудованием, профессионально обработаны и опубликованы в виде семи статей в авторитетных рецензируемых журналах, а также докладывались на 15 международных конференциях. Автореферат и опубликованные работы в полной мере отражают содержание диссертации. Научную значимость работы и её значение для решения уникальных практических задач можно оценить высокой оценкой.

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемых ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор, Орехов Андрей Сергеевич заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.18 – «Кристаллография, физика кристаллов».

Даю согласие на обработку персональных данных.

Главный научный сотрудник, заведующий лабораторией наноструктурированных углеродных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения РАН



к.х.н. Кузнецов Владимир Львович

Подпись Кузнецова В.Л. заверяю

Ученый секретарь Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН

С.В. Колотов С.В.



Адрес: 630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева 5

Телефон: +7 (383) 330-77-53

e-mail: kuznet@catalysis.ru

5.09.2017