

ОТЗЫВ

научного консультанта на диссертационную работу

Врублевского Игоря Альфонсовича

«Формирование и свойства алюмооксидных нановолокон и композитов с наночастицами аморфного углерода для подложек силовой электроники», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности:

05.16.08 – Нанотехнологии и наноматериалы (материалы для электроники и фотоники)

Диссертационная работа **Врублевского Игоря Альфонсовича** выполнена на кафедре защиты информации БГУИР и научно-исследовательской лаборатории 5.1 «Многофункциональные металлооксидные композитные материалы» в рамках научно-исследовательских работ по заданиям ГПНИ Республики Беларусь, грантам БРФФИ, проектам ГКНТ Республики Беларусь, хозяйственным договорам и контракту. Эти работы были посвящены установлению закономерностей формирования алюмооксидных нановолокон и композитов с наночастицами аморфного углерода методом электрохимического синтеза при анодном окислении алюминия, определению оптических, физико-механических и тепловых свойств полученных композитных покрытий и разработке на их основе подложек для изделий силовой электроники.

Актуальность темы диссертации определяется востребованностью оксидных композитных материалов на основе оксида алюминия в электронике в связи с их высокой химической и термической стойкостью, уникальными оптическими и электрофизическими свойствами. В композитных материалах оксид алюминия может использоваться как матрица, или как наполнитель в виде нановолокон, которые обладают высокой механической прочностью и стабильностью свойств. Нановолокна из оксида алюминия имеют однонаправленную диспергированную структуру и большую удельную площадь поверхности. Перспективным направлением для получения оксидных композитных материалов является включение углеродных наноматериалов с высокой теплопроводностью в оксидную матрицу.

Научная новизна работы заключается в развитии актуального научного направления в области нанотехнологий и наноматериалов для электроники, состоящего в разработке научных и технологических основ электрохимического формирования алюмооксидных нановолокон и композитов с наночастицами аморфного углерода, которые позволили

синтезировать углеродсодержащие композиты и нановолокна с улучшенными свойствами и определить перспективы их применения в силовой электронике.

Практическая значимость полученных результатов состоит в разработке и организации в НИЧ БГУИР производства плоских электронагревателей со слоем углеродсодержащего анодного оксида алюминия для изделий силовой электроники. Новизна и практическая ценность предложенных технических решений изготовления алюминиевых нагревателей подтверждена опубликованными заявками на изобретение Республики Беларусь. Разработанный соискателем метод получения нановолокон оксида алюминия продемонстрировал перспективы использования такого материала в качестве армирующих добавок в алюмооксидной керамике и металлических композитах при изготовлении электрических контактов, подложек и корпусов изделий электроники с целью улучшения их физико-механических и тепловых свойств. Практическая значимость работы подтверждена актами об использовании и внедрение разработанных материалов.

По теме диссертационной работы Врублевский И.А. опубликовал 80 печатных работы, в число которых входят 2 монографии в соавторстве, 48 статей в рецензируемых научных изданиях, 25 статей и тезисов докладов в материалах отечественных и зарубежных научных конференций.

При подготовке диссертации Врублевский И.А. зарекомендовал себя как высококвалифицированный и ответственный научный работник и преподаватель. Он пользуется заслуженным уважением коллег. Под его научным руководством защищены 3 кандидатские диссертации. Его диссертационная работа является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным самостоятельно и на высоком научном уровне. Результаты работы достоверны, обладают научной новизной, выводы аргументированы и обоснованы.

Учитывая изложенное, считаю, что диссертационная работа «Формирование и свойства алюмооксидных нановолокон и композитов с наночастицами аморфного углерода для подложек силовой электроники» по уровню проведенных исследований и полученных результатов, их научной новизны и практической значимости отвечает требованиям, предъявляемым ВАК Республики Беларусь к докторским диссертациям, а ее автор Врублевский Игорь Альфонсович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.08 – нанотехнологии и наноматериалы (материалы для электроники и фотоники) за установление закономерностей изменения параметров микроструктуры пленок пористого анодного Al_2O_3 толщиной до 500 нм для температур электролита в диапазоне от 5 до 40 °С, закономерностей изменения отношения межпорового расстояния к напряжению анодирования для пленок пористого анодного оксида алюминия формируемых в водном электролите на основе щавелевой кислоты с межпоровым расстоянием выше

60 нм, установление возможности повышения эффективности анодирования алюминия за счет увеличения скорости роста пористого анодного оксида алюминия без изменения геометрических параметров пористой структуры, разработку методики получения углеродсодержащих композитных пленок на основе пористого анодного оксида алюминия с использованием электрохимического окисления алюминия в водных растворах двухосновных органических кислот, установление механизма связывания аморфного углерода в анодном Al_2O_3 путем взаимодействия его кислородсодержащих функциональных групп с ионнообменными свойствами с Al^{3+} ионами, установление закономерностей изменения теплопроводности алюмооксидных композитных покрытий с аморфным углеродом, установление закономерностей формирования нановолокон оксида алюминия путем электрохимического окисления алюминия в водном растворе щавелевой кислоты, установление возможности улучшения прочностных и тепловых характеристик керамических подложек из оксида алюминия за счет армирования их нановолокнами оксида алюминия, демонстрацию возможности применения разработанных углеродсодержащих покрытий из анодного оксида алюминия для изготовления алюминиевых теплопроводящих подложек и нановолокон оксида алюминия в качестве армирующих добавок в алюмооксидную керамику и металлические композиты для использования в электрических контактах, подложках и корпусах изделий электроники отличающихся от аналогов улучшенными тепловыми и механическими свойствами.

Научный консультант,
д.т.н., профессор, зам. главного
редактора журнала «Доклады БГУИР»

Л.М. Лыньков

