

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Хмары Александра Николаевича «Транспортные свойства гетероструктур a-Si+ПК/p-Si, полученных анодированием кремния», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - «физика конденсированного состояния»

После окончания Белгородского Государственного Научно Исследовательского Университета в 2012 году по специальности «Физика», профиль подготовки «Физика конденсированного состояния» Хмара Александр Николаевич поступил в аспирантуру по направлению подготовки 01.04.07- физика конденсированного состояния, где обучался с 2012 по 2016 год.

В процессе обучения в аспирантуре Хмара А. Н. проявил способность к самостоятельной исследовательской работе, научился не только выполнять, но и обосновывать новые задачи научных исследований и методы их решения.

Основные результаты научной деятельности Хмары А. Н. опубликованы в 5 российских и международных научных журналах (1 статья индексируется базой данных Scopus, 4 публикации в журналах из перечня ВАК) и доложены международной конференции. Диссертационная работа Хмары А. Н. посвящена актуальной теме расширения применения кремния, являющегося основным материалом для создания электронных полупроводниковых приборов. На основе промышленно выпускаемых монокристаллических пластин кремния методом анодного травления с помешиванием электролита были получены образцы пористого кремния, в том числе покрытые слоем вторичного кремния. Были исследованы параметры процессов, происходящих в электролите при получении пористого кремния и слоёв аморфного кремния на его поверхности. Проведены исследования транспортных свойств на постоянном и переменном токах и получена вольт амперная характеристика (ВАХ) исследованных образцов. Полученные данные частотной зависимости удельной электропроводности были интерпретированы в рамках существующих моделей частотно-зависимых потерь в аморфных полупроводниках. Данные ВАХ были интерпретированы в рамках теории монополярной инжекции.

Хмара А. Н. участвовал в получении образцов, их характеризации методами электронной сканирующей микроскопии, рентгенофазового анализа, энергодисперсионного анализа (EDAX) и Рамановской спектроскопии. Он участвовал в измерениях, обработке и интерпретации результатов исследования частотной зависимости удельной электропроводности.

Таким образом, в процессе выполнения настоящей диссертации автор освоил технологию получения объектов исследования, а также ряд

современных экспериментальных методов исследования в области физики конденсированного состояния.

Хмара А. Н. проявил себя как высококвалифицированный и инициативный специалист, способный решать сложные научные задачи в области физики конденсированного состояния. Методика исследования частотной зависимости удельной электропроводности мостовым методом измерения импеданса с автоматической балансировкой (RLC-метр Актаком АМ-3026) была освоена и применена им самостоятельно. Хмара А. Н. проявил самостоятельность в выполнении диссертационной работы, способности к творческому мышлению и настойчивость. В процессе работы над диссертацией у него сформировался широкий кругозор в области физики конденсированного состояния, особенно в областях, связанных с кремниевой технологией.

Хмара А. Н. является сформировавшимся научным работником, а выполненная ей диссертация на актуальную тему носит характер законченного исследования и соответствует всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Считаю, что совокупность перечисленных выше качеств Хмары А. Н. и представленная к защите работа «Транспортные свойства гетероструктур а-Si+ПК/p-Si, полученных анодированием кремния» дают основание полагать, что Хмара Александр Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - Физика конденсированного состояния.

Научный руководитель:  
доктор физ. - мат. наук профессор,  
кафедры общей и прикладной физики  
ИИ и ЦТ НИУ БелГУ

Захвалинский В.С.

[zakhvalinskii@bsu.edu.ru](mailto:zakhvalinskii@bsu.edu.ru)  
моб. тел: 8-952-427-40-41  
Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85  
Корп. 17. каб. 4-26

