

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Зырянова Степана Сергеевича «Анализ и модификация поверхности твердых тел с использованием пучков ускоренных заряженных частиц», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на стыке специальностей 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Долговечность и надежность деталей машин и механизмов во многом определяются свойствами поверхностного слоя, так как коррозия, износ, образование усталостных трещин начинается именно с поверхности. Разрабатываемый соискателем метод ядерного обратного рассеяния с его уникальными свойствами, не требующими разрушения образца в процессе исследования, наличия эталонов, высокой чувствительностью к легким элементам (бору, углероду, кислороду) открывает новые возможности в исследовании поверхностных слоев материалов на основе боридов, карбидов, оксидов, термодиффузионных процессов борирования, цементации, окисления.

Актуальность данного исследования подтверждается в частности возросшим интересом в последние годы к технологии борирования металлов и сплавов. Иницирующим фактором этого явилось резкое подорожание легирующих добавок. Достигнуты значительные успехи по сокращению времени процессов борирования в десятки раз (3-5 мин против 3-х часов классического метода) благодаря применению электронно-лучевого и высокочастотного борирования. Однако проблемы неразрушающего контроля качества покрытий и их элементного состава остаются нерешенными. Предложенная диссертантом ядерно-физическая методика открывает новые возможности неразрушающего послойного анализа покрытий и усовершенствования технологических процессов. В целом работа оставляет хорошее впечатление. Удачный выбор автором энергии заряженных частиц вблизи кулоновского барьера позволили использовать для анализа РОР с его высокой чувствительностью к тяжелым элементам и ЯОР с повышенной чувствительностью к легким элементам. Это позволяет

533  
от 20.01.15г.

исследовать широкий класс упрочняющих покрытий, что и продемонстрировано соискателем на покрытиях из карбида вольфрама и борида железа. Полученные в работе новые результаты по взаимодействию заряженных частиц с веществом, в частности сечения ядерного обратного рассеяния протонов атомами ряда химических элементов, являются важными и представляют интерес как для физики конденсированного состояния, так и для развития методов экспериментальной физики, что убедительно продемонстрировано в работе С.С.Зырянова.

Однако, следует заметить в качестве замечания, что разрабатываемый метод ядерного обратного рассеяния протонов дает информацию о содержании элементов вне зависимости от их химических связей. Поэтому более однозначным подтверждением образования борида железа было бы исследование поверхностных слоев методом РФА или РФЭС, которыми, как следует из автореферата, владеет соискатель.

Указанное замечание не снижает общей высокой оценки диссертационной работы С.С. Зырянова. Работа отвечает всем требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Зырянов С.С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.07 –Физика конденсированного состояния и 01.04.01– Приборы и методы экспериментальной физики.

Старший научный сотрудник лаборатории технической диагностики  
института машиноведения УрО РАН  
доктор технических наук старший научный сотрудник

Владимиров Александр Петрович

620049 г.Екатеринбург, ул. Комсомольская, 34

Подпись А.П.Владимирова заверяю:

Ученый секретарь ИМАШ УрО РАН

А.М.Поволоцкая

«12» декабря 2014г.

