

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

**о диссертации Волкова Юрия Олеговича
«Диагностика поверхностей твердотельных и комплексных жидкофазных систем методами рентгеновской рефлектометрии и диффузного рассеяния в условиях скользящего падения излучения»,
представленной на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.07 — физика конденсированного состояния.**

Диссертация Ю. О. Волкова посвящена развитию комплексного подхода к исследованию внутренней структуры слоистых сред, изменяющейся как по глубине (профиль поляризуемости), так и в латеральном направлении (шероховатость границ раздела), по данным рентгеновской рефлектометрии с учётом диффузного рассеяния излучения. Актуальность темы исследований обусловлена, прежде всего, совершенствованием традиционных и бурным развитием новых рентгеновских методов для исследования внутренней структуры вещества, что связано с появлением синхротронных источников третьего поколения и лазеров на свободных электронах, а также потребностями современных нанотехнологий в электронике, спинтронике, биофизике, лазерной и рентгеновской оптике.

Следует отметить, что большинство описанных в литературе алгоритмов и приложений для анализа рефлектометрических данных требуют априорной информации о структуре исследуемого объекта, что существенно осложняет их применимость к исследованию наиболее интересных с научной точки зрения объектов, внутренняя структура которых плохо изучена или вообще неизвестна (например, жидкофазных). Поэтому особый интерес представляет разработка и практическое применение модельно-независимых подходов к решению обратных задач рефлектометрии, в которых объем необходимой априорной информации сведен к минимуму.

В диссертации проведено сравнение методов решения обратной задачи рефлектометрии в рамках параметрической модели и с использованием модельно-независимых подходов, основанных на концепции максимума энтропии и на асимптотическом продолжении угловой зависимости коэффициента отражения. Проанализированы условия применимости каждого из этих методов с использованием модельных объектов, соответствующих широко распространённым типам неоднородных слоистых структур. Реализован самосогласованный итерационный алгоритм, сочетающий восстановление распределения поляризуемости среды по глубине с одновременным извлечением статистических параметров шероховатости границ раздела. Данный алгоритм был применён к исследованию суперполированных лейкосапфировых подложек, подвергнутых отжигу в вакууме и на воздухе при разных температурах, поёнок оксида гафния на кремнии, синтезированных различными методами, а также наноразмерных плёнок фосфолипида на поверхности кремнезольей.

В ходе работы впервые методами рефлектометрии и диффузного рассеяния изучено одновременное изменение структуры нарушенного слоя и статистических параметров шероховатости поверхности лейкосапфира. Показана зависимость состояния приповерхностного слоя от условий проведения высокотемпературного отжига.

Путём сравнительного анализа продемонстрировано, что на сегодняшний день метод атомного наслаивания позволяет синтезировать более однородные плёнки оксида гафния с более резкими границами раздела, чем метод гидридной эпитаксии.

Впервые проведён модельно-независимый анализ слоистой структуры коллоидных растворов, возникающей вблизи поверхности из-за расслоения наночастиц. Показано, что параметры этих слоёв согласуются с теоретическими оценками в рамках модели двойного заряженного слоя.

Впервые исследована кинетика спонтанного упорядочения молекул фосфолипида, нанесённых на поверхность ионной жидкости (кремнезоль); экспериментально подтверждена возможность формирования макроскопически плоских упорядоченных мультислоёв липида на жидкой подложке.

Таким образом, рассмотренный в диссертации комплексный подход к анализу структуры слоистых сред по данным рефлектометрии и диффузного рассеяния позволяет проводить исследование широкого спектра неоднородных систем, включая приповерхностные нарушенные слои, твердотельные и жидкофазные плёнки. В ходе работы над диссертацией при участии автора отработана технология суперфинишной обработки и контроля качества лейкосапфировых подложек с наноструктурированным рельефом поверхности. Материалы диссертации экспериментально демонстрируют превосходство технологии атомного наслаивания перед технологией гибридной эпитаксии в качестве синтезируемых плёнок оксида гафния для микроэлектроники. Наконец, представленный в диссертации метод формирования макроскопических липидных плёнок на жидких подложках позволяет приготавливать упорядоченные макроскопически плоские мультислои фосфолипидов, а также анализировать изменения их структуры, в том числе при изменении химического состава жидкой подложки.

Основные положения диссертации отражены в 8 публикациях в ведущих периодических изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки РФ, а также обсуждались на 10 российских и международных научных конференциях. Результаты, полученные в ходе выполнения диссертации, согласуются с известными в литературе публикациями по теоретическим и экспериментальным исследованиям рассмотренных в работе структур, что свидетельствует о достоверности представленных автором результатов и выводов.

При выполнении работы Волков Ю. О. проявил себя как квалифицированный и самостоятельный исследователь, способный чётко определить и сформулировать цели исследования, проанализировать требуемые теоретические и экспериментальные методы, провести все необходимые экспериментальные измерения, корректно обработать полученные данные, а также обобщить и осмыслить результаты проведённого исследования.

Считаю, что кандидатская диссертация Волкова Ю. О. соответствует паспорту специальности 01.04.07 — физика конденсированного состояния и может быть рекомендована к защите.

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник Института
Кристаллографии им. А. В. Шубникова РАН

Кожевников Игорь Викторович

23 июля 2015 г.