

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации И.В.Кожевникова «Теория дифракции рентгеновского излучения от неоднородных слоистых сред», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»

Проблемы неразрушающей диагностики поверхности твердых тел и границ раздела в тонкопленочных структурах в последние десятилетия становятся все более актуальными, так как большинство достижений в электронике, оптике и микросистемной технике основаны на использовании планарных технологий для создания однослойных и многослойных структур различного функционального назначения. В этой связи особое значение приобретают рентгеновские методы диагностики, так как малая длина волны и проникающая способность, которой можно управлять, позволяют получать информацию, недоступную для других методов. Однако, до настоящего времени анализ экспериментальных данных рентгеновской рефлектометрии проводится на основе подходов классической оптики и модельных представлений о состоянии поверхности и межслойных границ. Выбор моделей в большинстве случаев является либо субъективным, либо физически слабо обоснованным.

Главным достижением диссертанта является разработка безмодельного подхода к исследованию трехмерной структуры слоистых неоднородных сред на основе анализа угловых зависимостей коэффициента отражения и интенсивности диффузного рассеяния рентгеновского излучения. При этом показано, что наиболее объективной характеристикой состояния поверхности и границ раздела является их PSD-функция. Определение PSD-функций производится на основе измерений индикатрис рентгеновского рассеяния в доступном диапазоне пространственных частот, который зависит от источника излучения и длины волны используемого излучения.

Диссертантом впервые получено аналитическое решение фазовой проблемы для метода *in-situ* рентгеновской рефлектометрии для наноразмерных пленок, толщина которых меняется в процессе роста или размерной обработки. Предложенный метод применим для любых материалов и не требует модельных предположений о структуре объекта.

На основе совместного анализа угловой зависимости коэффициентов отражения и набора индикатрис рассеяния разработан метод диагностики трехмерных слоистых структур для определения профилей диэлектрической проницаемости по толщине и параметров шероховатостей границ раздела между слоями с учетом их корреляции.

Совершенно новой является разработанная теория дифракции рентгеновского излучения от ламинарных многослойных структур, использованная в технологии их изготовления и блестяще подтвержденная экспериментальными измерениями.

Всем экспериментаторам, использующим методы рентгеновской рефлектометрии, хотелось бы иметь возможность использовать методы и программное обеспечение, разработанные И.В.Кожевниковым, в своей исследовательской и практической деятельности.

Несомненно, что диссертация И.В.Кожевникова удовлетворяет всем требованиям ВАК к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния».

Смирнов Игорь Сергеевич, профессор, к.ф.-м.н.

Тел. +7(499)235-11-41 e-mail: ismirnov@hse.ru

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Россия, 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

Подпись профессора И.С.Смирнова удостоверяю

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛА
ЗАМ, НАЧ, ОТВ. ПО
РАБОТЕ С ННП
ТИХОНОВА Е.Р.



03. 2014