

ОБЗОР МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИН ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАНОПЛЕНОК

Людмила Михайловна Ремез

студентка 5 курса

кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А.Е. Шупенев

аспирант 1 года

кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Бурное развитие получили тонкопленочные технологии. На данный момент существует множество перспективных направлений. В каждом из них необходимо очень точно отслеживать толщину для сохранения требуемых свойств.

В частности, исследования в области термоэлектричества показали широкие перспективы по использованию тонкопленочных гетероструктур. Наиболее широко используемыми материалами в данной области являются теллуриды. Особенностью их использования является квантово-размерное взаимодействие наноструктурированного материала на электрон-фононные потоки, приводящее к увеличению термоэлектрической добротности и как следствие КПД преобразования энергии. Для достаточного проявления квантово-размерных эффектов необходимо создание качественных тонких структур, контролируемых с точностью до атомных величин.

Эллипсометрия — метод исследования свойств вещества на границе (поверхности) раздела различных сред по состоянию поляризации отраженного или преломленного света.

Достоинствами эллипсометрии являются простота и быстрота измерений (имеются автоматические эллипсометры), возможность производить их в ходе процесса, в вакууме, при высоких температурах, в агрессивных средах; кроме того, при экспериментах поверхности не загрязняются и не разрушаются. Главный недостаток метода — трудность правильного выбора модели отражающей системы и интерпретации результатов измерений.

Данный метод удобен при использовании материалов с известными оптическими постоянными, в частности, к простым веществам. Измерения термоэлектрических пленок, полученных методом PLD возможны с помощью эллипсометрии, но нецелесообразны ввиду необходимости проведения большого количества предварительных измерений оптических параметров из-за варьирования осаждаемой стехиометрии.

Рентгеноструктурный анализ (рентгенодифракционный анализ) — один из дифракционных методов исследования структуры вещества. В основе данного метода лежит явление дифракции рентгеновских лучей на трехмерной кристаллической решётке.

Рентгеноструктурный анализ является распространенным методом определения структуры вещества в силу его простоты и относительной дешевизны.

Дифрактометр позволяет решить сразу несколько задач:

- Толщина
- Шероховатость
- Плотность
- Однородность поверхности

Спектроскопия обратного Резерфордского рассеяния (POP)

Спектроскопия резерфордского обратного рассеяния, как и спектроскопия

ионного рассеяния, позволяет получать информацию о химическом составе и кристалличности образца как функции расстояния от поверхности образца (глубины), а также о структуре поверхности монокристаллического образца. Основной особенностью метода является использование высокоэнергетических ионов, проникающих глубоко внутрь твердого тела и рассеивающихся обратно от глубоко лежащего атома.

В целом, характеризуя метод обратного Резерфордского рассеяния, можно указать, что он наиболее эффективен при изучении пленок, содержащих тяжелые атомы, которые нанесены на подложки, состоящие из атомов с малым атомным номером.

Растровая электронная микроскопия

Использование растровой развертки электронного луча по поверхности образца является одним из способов автоматизации измерений. По своим возможностям РЭМ является продолжением оптической микроскопии, расширяющей ее возможности в исследовании топологии поверхностей кристаллических материалов.

Достоинством РЭМ является возможность в целом ряде случаев проводить исследования образцов практически без предварительной подготовки поверхности. Толщина образцов для РЭМ не имеет определяющего значения.

Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ, частный случай РЭМ) является наиболее универсальным классическим методом исследования структурных дефектов кристаллов, используется непосредственно для анализа морфологических особенностей, ориентации дефектов относительно решетки матрицы, определения их размеров.

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) — один из методов зондовой сканирующей микроскопии, применяемый для исследования локальных свойств поверхности, в котором анализируют силу взаимодействия иглы кантилевера (зонда) с поверхностью исследуемого образца в процессе сканирования.

С помощью АСМ определяются:

- толщина пленки
- шероховатость
- дефекты поверхности

Проведение измерений.

Краткое описание методики определения толщины пленки:

“Метод ступеньки” заключается в получении изображения на границе нанесения пленки и последующем измерении разницы высот подложки и пленки.

Измерения проводились на зондовом микроскопе Ntegra Spectra, для обработки изображений использовалась программа Gwyddion.

Заключение.

Данный обзор - лишь начало исследований в данном направлении, и затронул только пять наиболее распространенных методов измерения толщин тонких пленок.

Каждый из рассмотренных методов имеет свои достоинства. Эллипсометрия хороша при работе с простыми веществами, но для сложных – практически не пригодна. Для рентгеноструктурного анализа применяется относительно дешевое оборудование, но при измерениях придется столкнуться со сложной обработкой результатов. РОР и РЭМ чрезвычайно точны, но для РОР необходим хорошо подготовленный персонал, а у РЭМ возникает проблема с затеканием заряда.

На фоне остальных методов стоит выделить АСМ. Этот метод имеет высокую точность измерения, прост и удобен в обработке результатов, а размеры образца ограничены лишь конструкцией микроскопа.

В дальнейшем планируется более глубокое исследование рассмотренных методов и сравнение экспериментальных результатов.