

СЕКЦИЯ 2. Актуальные проблемы информационных технологий и автоматизации

левое положение ручки резистора R_n соответствует обратному напряжению, крайнее правое – положительному напряжению.

Провести необходимые измерения напряжения. Изменяя положение ручки резистора R_n можно построить полную вольтамперную характеристику полупроводникового прибора. Изменяя положение ручки от крайнего правого положения необходимо добиться напряжения равного нулю. При этом значение измеряемого тока отрицательно.

Использованная литература

1. Paul Horowitz, Winfield Hill The Art Of Electronics // Учебник. Printed in the United States of America. 32 Avenue of the Americas, New York, NY 10013-2473, USA. Cambridge University Press. 2015. - 1192 с. (ISBN 978-0-521-80926-9)
2. Мэк Р. Импульсные источники питания. Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению // Учебное пособие. – М. «Додэка-XXI». 2008. – 272 с. (ISBN 978-5-94120-172-3).
3. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника // Учебник для вузов. – М. «Техносфера». 2005. – 632 с. (ISBN 5-94836-051-2).
4. Горбачев Г.Н., Чаплыгин Е.Е. «Промышленная электроника». Учебник для вузов. – М. «Энергоатомиздат». 1995. – 320 с. (ISBN 5-283-00517-8).

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЭЛЛИПСОМЕТРИИ

**У.Б. Хамдамов, У.Х. Курбанова, Н.Е. Шеина, З.Н. Умарходжаева,
С.А. Тачилин**

Ташкентский государственный технический университет

Создание стабильных микро- и наноструктурированных покрытий на атомном и молекулярном уровне осуществимо лишь при наличии методов получения на поверхности пленок с воспроизводимой структурой, заданным составом и строением, а также необходимыми физико-химическими свойствами [1-3]. Эта задача может быть решена только привлечением специальных методов контроля состояния поверхности в их тесной взаимосвязи. Указанным требованиям удовлетворяет эллипсометрический метод контроля. Однако нелинейный, комплексный и

СЕКЦИЯ 2. Актуальные проблемы информационных технологий и автоматизации

трансцендентный характер основного уравнения эллипсометрии существенно усложняет анализ экспериментальных данных.

Авторами разработана математическая модель и компьютерная программа на её основе для проведения расчетов по решению задач эллипсометрии и анализа получаемых параметров наноструктурированных материалов с использованием лазерного фотоэлектрического эллипсометра ЛЭФ-3М, предназначенного для проведения измерений в состоянии поляризации монохроматического излучения, возникающего в результате его взаимодействия с исследуемым материалом. Созданная программа основана на использовании численных методов вычисления и имеет как табличную, так и графическую форму представления рассчитанных на её основе параметров наноструктурированных материалов.

Используемый при расчете параметров наноструктурированных материалов эллипсометр ЛЭФ-3М построен по схеме PCSA и работает используя длину волны лазерного излучения $\lambda=0,6328$ мкм, имеет визуальный отсчет азимутальных углов определяемых оптическими блоками поляризатора, компенсатора и анализатора. Поляризатором и анализатором в используемом эллипсометре служат призмы Глана, а компенсатором - четвертьволновая пластинка из кристаллического кварца. Плечо поляризатора состоит из источника излучения (гелий-неоновый лазер), поворотных зеркал, механического модулятора света, двух пластинок $\lambda/4$ и компенсатора.

Пройдя плечо поляризатора, луч лазера падает на исследуемый образец, расположенный на поверхности столика. Отразившись от поверхности образца, он поступает в плечо анализатора, состоящего из поворотных зеркал, зеркальной диафрагмы, затвора и фотоприемного устройства. Зеркальная диафрагма выводит изображение падающего на него светового пучка в центр экрана. Фотоприемное устройство преобразует модулированный световой поток на выходе оптической системы в электрический сигнал. Для автоматической регулировки усиления фотосигнала и синхронного детектирования сигнала, а также для питания модулятора, фотоприемного устройства и отсчетных устройств используется электронный блок обработки.

Анализ параметров наноструктурированных материалов основан на нулевом оптическом методе при котором достигается минимальная интенсивность луча лазера на выходе анализатора путем поочередных поворотов поляризатора и анализатора. Угловое положение компенсатора при измерениях фиксируется так, чтобы его ось находилась под углом $+45^\circ$ или под углом -45° к плоскости падения луча лазера на образец. Две

СЕКЦИЯ 2. Актуальные проблемы информационных технологий и автоматизации

комбинации имеются при повороте на 180° поляризатора и анализатора. Для четырех положений компенсатора таких комбинаций 16. Из них независимы четыре, что и обуславливает четыре измерительные зоны. Номер измерительной зоны определяется угловым положением компенсатора и анализатора.

Поляризатор формирует линейную поляризацию луча лазера с азимутальными углами в пределах от 0 до 180° . Когда плоскость поляризации падающего на образец луча лазера совпадает с азимутами осей компенсатора, то на его выходе получается линейная поляризация. Если плоскость поляризации находится под углами $\pm 45^\circ$ к этим осям, то на выходе компенсатора получается круговая поляризация. В остальных случаях компенсатор превращает линейную поляризацию падающего на него пучка света в эллиптическую в соответствии с азимутом поляризатора.

В разработанной компьютерной программе расчета параметров наноструктурированных материалов предусмотрен ввод значений азимутальных углов, измеренных в каждой из четырех измерительных зон. Значения углов вводятся в радианах. Расчет производится для фиксированного положения компенсатора, используя двухзонного усреднения. Двухзонная методика позволяет избежать влияния систематических ошибок, связанных с отклонением оптических элементов прибора и влиянием температуры окружающей среды на поляризационные параметры компенсатора.

Значения поляризационных углов, полученных в каждой из четырех измерительных зон, а также значения, полученные в результате усреднений по двум и четырем зонам, могут расходиться на несколько градусов, что характеризуется отклонением оптической системы эллипсометра, включая компенсатор и образец. Наиболее предпочтительными при использовании поляризационных углов считаются те значения, которые получены в результате усреднения по четырем зонам.

Использованная литература

1. Алфёров Ж.И. Избранные труды. Нанотехнологии. // М. Издательский дом «МАГИСТР-ПРЕСС», 2011. – 271 с.
2. Suzdalev I.P. Nanotechnology: physical chemistry of nanoclusters, nanostructures and nanomaterials. M.Kom Book, 2011. PP.535
3. Bakhadyrhanov M.K., Sodikov U.X., Iliev Kh.M., Tachilin S.A., Wumaier Tuerdi Perspective Material for Photoenergeticson the Basis of Silicon with Binary Elementary Cells // Journal of Materials Physics and Chemistry. USA, 2018. Vol. 1. pp. 1-7.