Эллипсометрия анизотропных и несовершенных полупроводниковых материалов и структур

Спесивцев Е.В.¹, Швец В.А.^{1,2}, Рыхлицкий С.В.¹

¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

DOI 10.34077/Semicond2019-132

С развитием нанотехнологий появляются новые материалы, характеризующиеся нелинейными оптическими свойствами, анизотропной внутренней и поверхностной структурой, сложной поверхностью. Это приводит к тому, что отраженный от такой поверхности свет имеет сложный поляризационный состав. Он может характеризоваться смешанной поляризацией, в случае если анализируемый участок поверхности неоднороден по оптическим свойствам. Кроме того, в нем может присутствовать деполяризованная компонента. Физической причиной возникновения деполяризации может быть диффузное рассеяние света на рельефе поверхности или неоднородность оптических свойств по площади или толщине образца. Эффекты деполяризации наблюдаются, к примеру, при выращивании буферных слоев, металлических пленок на GaAs, кластеров InAs на GaAs, алмазоподобных пленок, пористого и поликристаллического кремния для солнечных элементов и т.д.

Подобные объекты требуют проведения полных эллипсометрических измерений, то есть расширения эллипсометрического метода до возможности измерения полной 16-ти элементной матрицы Мюллера-Джонса. Такой метод дает исчерпывающую информацию об оптических свойствах анизотропной, а также деполяризующей диффузно рассеивающей поверхности.

Для проведения полных измерений требуется создание соответствующей аппаратуры. Нами разработан эллипсометр на основе оригинальной и запатентованной двухканальной измерительной схемы [1]. Данная схема относится к классу статических фотометрических схем, и характеризуется рядом существенных преимуществ. Накопление данных ведется при неподвижных поляризационных элементах и при отсутствии модуляции сигнала. Это обеспечивает высокое быстродействие при сохранении высокой чувствительности, поскольку скорость измерения ограничивается только временем оцифровки сигнала. Кроме того, алгоритм обработки данных предусматривает измерение отношения дифференциальной разности сигналов в каждом канале к их сумме, что исключает влияние флуктуаций интенсивности источника излучения.

Методика предполагает наряду со стандартными положениями призмы поляризатора $\pm 45^\circ$, использовать дополнительные положения 0° и 90° , то есть параллельно плоскости падения и перпендикулярно к ней. Это позволяет помимо основных диагональных элементов Ψ_{pp} и Δ_{pp} измерять недиагональные элементы матрицы Джонса Ψ_{ps} , Δ_{ps} , Ψ_{sp} и Δ_{sp} , а также определять степень поляризации отраженного света, а значит разделять эффекты анизотропии и деполяризации, и в конечном счете, получать полную информацию о поверхности. Нужно отметить, что по сравнению с техникой прямых измерений матрицы Мюллера, где эффекты анизотропии и деполяризации не разделяются, предложенная методика позволяет их разделить.

[1] Спесивцев Е.В., Рыхлицкий С.В., Швец В.А. Эллипсометр. Патент на изобретение №2303623, 2007.