Прецизионная эллипсометрическая диагностика полупроводниковых материалов и структур с субнанометровым разрешением

Рыхлицкий С. В.¹, Спесивцев Е. В.¹, Швец В. А.^{1,2}, Кручинин В. Н.¹, Иванов Е. К.¹, Якушев М. В.¹

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

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

DOI 10.34077/Semicond2019-84

В настоящее время для полупроводниковых нанотехнологий эллипсометрия является общепринятым аналитическим средством исследования тонкопленочных слоистых наноструктур и свойств чистой поверхности и широко применяется в физическом эксперименте. Целью настоящего сообщения является представление основных результатов в области приборного оснащения экспериментальной эллипсометрии, полученных за последнее десятилетие в ИФП СО РАН.

В институте разработан и запатентован ряд оригинальных статических фотометрических измерительных схем эллипсометров, которые были положены в основу всей приборной линейки эллипсометрической аппаратуры последнего поколения.

В отличие от классической фотометрической схемы статическая оказывается нечувствительна к колебаниям интенсивности источника света. Благодаря отсутствию вращения элементов в процессе измерения и модуляции сигнала, удалось получить высокое быстродействие измерительного тракта и высокое отношение сигнала к уровню шума. При этом схемы позволяют работать при слабой интенсивности зондирующего пучка. Перечисленные особенности открывают широкие возможности применения статических схем в эллипсометрах самого различного функционального назначения.

Эллипсометрия временного разрешения. Этот вид диагностики обеспечивает высокую точность и быстродействие проведения измерений. Минимальное время измерения - десятки микросекунд, а оптимальное, при котором достигается чувствительность измерений поляризационных углов на уровне $0,003^\circ$, составляет 1 мс. Такие возможности метода позволяют исследовать быстропротекающие процессы адсорбции/десорбции, роста/травления слоев, высокотемпературных нагревов и другие.

Спектральная эллипсометрия. Основная область ее применения: измерение спектров оптических постоянных и спектральных характеристик различных материалов, анализ сложных слоистых наноструктур, характеристика сверхчистой поверхности, а также высокоинформативный мониторинг быстропротекающих процессов непосредственно в технологических ростовых установках.

Эллипсометрия пространственного разрешения. Данное направление предназначено для проведения эллипсометрических измерений микрообъектов и различного типа поверхностных структур с высокой степенью локализации элементов и разделяется на сканирующую и отображающую эллипсометрию.

Многочисленные результаты экспериментальных исследований различных полупроводниковых материалов, наноструктур и физико-химических процессов, демонстрируют высокую точность, чувствительность и информативность разработанной аппаратуры. В сочетании с такими своими свойствами как неразрушаемость и дистанционность проведения измерений, эллипсометры эффективно используются в качестве аналитических средств прецизионной нанометрии и позволяют решать широкий круг задач, возникающих как при научных исследованиях, так и в пооперационном контроле в тонкопленочных полупроводниковых нанотехнологиях.