

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы С.Н. Свиташевой
«Развитие метода эллипсометрии для исследования наноразмерных
пленок диэлектриков, полупроводников и металлов»,
представленной на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук по специальности:
01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики

В диссертационной работе С.Н. Свиташевой рассмотрен целый ряд важнейших вопросов для современной микро- и наноэлектроники, касающихся формирования пленок окислов на атомарно-чистых поверхностях полупроводников и металлов. Для исследования этих объектов автором используется метод эллипсометрии, в развитие которого С.Н. Свиташева внесла заметный вклад. Автор предлагает новые методы измерений, обосновывая их применение, и проводит тщательный анализ причин, ограничивающих точность определения параметров плёнок (оптических констант, толщины и состава), разрабатывает методы математической обработки экспериментальных результатов. Каждое исследование построено таким образом, что конечным результатом являются практические рекомендации по контролю исследуемых структур.

Диссертация состоит из двух частей. Первая, математическая часть диссертации (главы 1 - 3), посвящена развитию метода эллипсометрии. С помощью вычислительного эксперимента выявляются причины разброса искомых параметров пленок и указываются пути повышения точности метода. В главе 3 показано, как устранить взаимную зависимость параметров: эти результаты оригинальны и опубликованы в рецензируемых отечественных и иностранных журналах. Теоретический анализ модели эквивалентной пленки, часто используемой для интерпретации неоднородных сред, как для многокомпонентных смесей, так и для шероховатых слоев полупроводниковых и металлических пленок, выявил наличие значения диэлектрической функции смесей, значительно превышающих диэлектрические функции компонентов, образующих эти смеси.

Во второй части диссертации (главы 4 - 6) разработаны новые методы эллипсометрических измерений при исследованиях свойств наноразмерных пленок диэлектриков, полупроводников и металлов для одноволновой эллипсометрии; предложены методы интерпретации экспериментальных измерений и сочетание

нескольких методов измерений: многоугловой (MAI), модуляционной и спектральной эллипсометрии для определения свойств наноразмерных пленок; рассмотрены имитационные методы моделирования шероховатых поверхностей и приведено сравнение экспериментальных зависимостей с вычисленными зависимостями. Эффективность разработанных новых методов эллипсометрических измерений продемонстрирована на большом экспериментальном материале.

Высокой оценки заслуживает имитационное моделирование шероховатых поверхностей, выполненное теоретически и экспериментально проверенное на большой серии образцов с одинаковым искусственным рельефом на сильно поглощающем металле и на прозрачном диэлектрике. Однако, к сожалению, в работе не указаны пределы применимости модели по концентрации и размерам модельных дефектов.

Большой интерес представляют результаты эллипсометрических исследований неоднородных по составу пленок термически окисленного ванадия. Показано, что динамические эллипсометрические измерения – нагревание образца от комнатной температуры до 90С – позволяют найти оптимальный режим окисления для получения пленок оксида ванадия, содержащих максимальное количество двуокиси ванадия. Обнаружено, что характеристикой содержания двуокиси ванадия в пленке являются крутизна изменения зависимости эллипсометрического угла Δ от температуры ($\delta\Delta/\delta T^\circ\text{C}$) или ширина температурного интервала $\delta T^\circ\text{C}$ скачка эллипсометрического угла Δ при фазовом переходе I рода.

Очень интересны кинетические измерения зависимости толщины оксида SiO_2 от времени при различных условиях формирования пленок. Особого внимания заслуживают результаты (гл. 4, §5), посвященные разработке метода многоугловой эллипсометрии для измерений избыточного кремния в блокирующем слое МНОП структур, ответственного за концентрацию ловушек в элементах памяти. На рис. 13 автореферата показано изменение толщины и состава (определяемого по величине показателя преломления) тонкой пленки двуокиси кремния, изолированной от внешнего воздействия кислорода. С практической точки зрения, этот результат важен для технологии изготовления таких структур, как ROM, EPROM, EEPROM, DRAM, NVRAM – запоминающих устройств, используемых в компьютерах, сотовых телефонах, планшетах и т.д.

Актуальность диссертационной работы Свиташевой С.Н. подтверждается решением злободневных задач микроэлектроники - исследованием свойств High-k диэлектриков, входящих в стековые конструкции подзатворных диэлектриков современных транзисторов. В качестве таких диэлектриков используются окислы титана, которые при окислении образуют полиморфную пленку из фаз окислов с различной валентностью.

Метод, предложенный автором в данной диссертации, позволяет технологам выбрать оптимальный режим формирования пленки, близкой по составу к рутилу (TiO_2).

Работа производит целостное и масштабное впечатление, что обусловлено, как разработкой новых методов физических исследований, так и новых методов измерения, позволяющих увеличить их точность и чувствительность, а также проведением серьезного эксперимента на большом количестве интересных объектов.

Работа Свиташевой С.Н. прошла многочисленные апробации на 17 международных конференциях, симпозиумах и конгрессах разного уровня, велась в рамках государственных научно-технических программ, подкрепленных грантами, представлена научными статьями в реферируемых журналах и монографией.

Диссертация Свиташевой С.Н. «Развитие метода эллисометрии для исследования наноразмерных пленок диэлектриков, полупроводников и металлов» является законченной научно-исследовательской работой, содержащей новые методы исследования и повышающая точность эллисометрических методов, имеет научное и прикладное значение в приборостроении, физике наноструктур и в физике конденсированного состояния, а также везде, где важен микрорельеф поверхности. Настоящая работа удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Д.ф.-м.н., зав. лаб. «Функциональной электроники»

Фрязинского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиоэлектроники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (ФИРЭ РАН)

(Голик Л.Л.)

Подпись Голика Леонарда Леонидовича

удостоверяю

ученый секретарь ФИРЭ РАН, д.ф.-м.н.



(Чучева Г.В.)

Моя персональная информация

:

Голик Леонард Леонидович – доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией Функциональной электроники, Фрязинского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиоэлектроники и электроники имени В.А. Котельникова Российской Академии Наук (ФирЭ им. В.А.Котельникова РАН), (141190, г. Фрязино Московской области, пл. Введенского, д. 1; тел. и e-mail ФирЭ: 7(495) 526 92 17, nsh@ms.ire.rssi.ru)