

## Отзыв

на диссертацию С.Н. Свиташевой "Развитие метода эллипсометрии для исследования наноразмерных пленок диэлектриков, полупроводников и металлов", представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01- приборы и методы экспериментальной физики.

В диссертационной работе С.Н. Свиташевой детально изложены современные проблемы эллипсометрии. Предложен ряд новых методов определения параметров материалов и диэлектрических слоев на их поверхности. Изложенные физические и математические методы представлены достаточно фундаментально и известны научной общественности по многочисленным публикациям автора диссертации в отечественной и зарубежной литературе.

Поскольку автор использует не только эллипсометрию, но и большой набор аналитических методов исследования поверхности твердых тел, достоверность полученных результатов также не вызывает сомнений.

Чрезвычайно интересны исследования, посвященные изменению свойств пленок ванадия при изменении их толщины. Здесь проведены комплексные исследования с применением различных методик.

Весьма интересны результаты комплексных исследований, приведенных на стр.19 автореферата. Обогащение слоев  $\text{SiN}_x$  или  $\text{SiO}_x$  избыточным кремнием приводит к увеличению показателей преломления этих слоев. Влажное окисление приводит к изменению оптических свойств не только  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , и вновь сформированного поверх нитрида окисла  $\text{SiO}_2$ , но и свойств нижнего изолированного окисла  $\text{SiO}_2$  на границе с кремнием, как показано на рисунке 13. Результаты эллипсометрии, ИКС (IRS), ОЖЭС, РФЭС (XPS) и ЭПЭС (EELS) подтверждают наличие избыточного кремния на границах:  $\text{Si}_3\text{N}_4$  / термический  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$  / естественный  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Si}_3\text{N}_4$  / влажный окисел. Образование Si-Si связей во время окисления  $\text{Si}_3\text{N}_4$  подробно рассмотрено с позиций теории реакций в твердых телах и объяснено правилом Мотта: замена трех координированного атома N на двух координированный атом O приводит к образованию Si-Si дефектов.

С практической точки зрения такие исследования весьма полезны, так как обогащение оксидов кремнием повышает их радиационную стойкость, что важно, например, при использовании микроэлектронных схем для космических устройств.

Определение наличия нитрида или оксинитрида важно для технологии интегральных схем, так как оксинитрид не позволяет защищать соответствующие полупроводниковые приборы от воздействия плавиковой кислоты.

Большой интерес представляет разработанный комбинированный метод исследования взаимодействия поляризованного света с поверхностью пространственно-неоднородных наноразмерных структур, сочетающий несколько эллипсометрических методов: метод многоугловой эллипсометрии; метод сшивки двух задач по общему параметру; метод модуляционной эллипсометрии; метод динамических измерений и метод спектральной эллипсометрии.

Автору удалось выяснить физическую причину деградации зеркальной поверхности при отражении мощных пучков света, что представляет большой практический интерес.

Вместе с тем, по автореферату можно высказать некоторые замечания.

1. Из автореферата не ясно, в чем заключается новизна предложенного метода, представленного на рис.1.

2. Ранее предполагалось, что для тонких пленок оксидов толщиной порядка 10-20Å трудно определить их показатель преломления. Между тем на стр.14 автореферата утверждается, что после ионной очистки CdTe образуется пленка с  $n_1=1.5$ ,  $d_1=16-20$  Å, а после отжига в водороде при длительной экспозиции на воздухе образуется пленка другого состава:  $n_2=2.2-2.3$ ;  $d_2=10-12$  Å. Однако, физика метода, позволяющего определять показатель преломления столь тонких пленок, в автореферате изложена недостаточно четко (возможно это более подробно изложено в соответствующей главе диссертации). На стр.15 автореферата указано, что показатели преломления пленок могут быть определены при использовании коэффициентов  $C_{\Delta}/C_{\Psi}$ . Однако, как определять эти коэффициенты в автореферате не указано.

3. На рис.13 приведены данные для показателей преломления различных окисных пленок даже при их нулевой толщине, что не имеет физического смысла. Кроме того, непонятна причина большого разброса показателя преломления пленок при толщине пленок, близкой к 6 нм.

4. На рис.3с имеется большое количество цифр, которые никак не объясняются.

Указанные замечания носят частный характер и никак не умаляют существенные достижения, полученные в результате выполнения работы.

Рассматривая диссертационную работу С.Н. Свиташевой в целом, можно сделать вывод, что в ней разработана целая серия методов, значительно расширяющих возможности эллипсометрии с точки зрения создания новых программ, новых методик исследований, выявления особенностей контроля наноструктур. Можно полностью согласиться с выводами автора, что итогом работы явилось получение совокупности новых знаний, что можно квалифицировать как крупное научное достижение в развитии метода и в изучении физических (толщина, состав, морфология, однородность) и

оптических (края фундаментального поглощения, оптических переходов, отражательной способности) характеристик поверхностей, пленок и структур эллипсометрическими методами.

Работа С.Н. Свиташевой, несомненно, удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 01.04.01 - приборы и методы экспериментальной физики, а сама Светлана Николаевна Свиташева, по нашему мнению, заслуживает присуждения ей искомой степени.

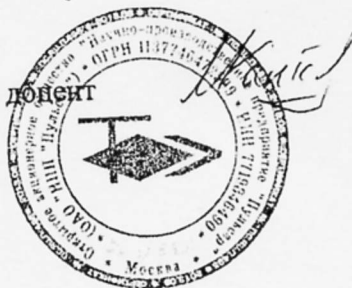
Главный научный сотрудник ОАО "НПП "Пульсар"  
доктор технических наук,  
профессор кафедры «Твердотельная электроника»  
технического университета МИРЭА,  
Заслуженный деятель науки РФ,  
лауреат Ленинской премии



(Ю.А. Концевой)

"Подпись Ю.А. Концевого удостоверяю"

Ученый секретарь,  
кандидат экономических наук, доцент



(М.Х. Канкулов)

Личные данные автора отзыва  
Концевой Юлий Абрамович - профессор кафедры «Твердотельная электроника»  
технического университета МИРЭА, главный научный сотрудник ОАО  
«НПП «Пульсар» (105187, г. Москва, Окружной проезд, д.27,  
тел. (495)366-51-01, E-mail: administrator@pulsarnpp.ru).