

## ОТЗЫВ

на автореферат

автор: Илларионов Юрий Юрьевич

заголовок: Туннельный транспорт носителей и связанные с ним физические явления в структурах золото – фторид кальция – кремний (111)

специальность: 01.04.10 [к.ф.-м.н.] – физика полупроводников

Диссертация Ю.Ю. Илларионова посвящена комплексному изучению поведения МДП-структур с 1-3 нм «туннельными» пленками  $\text{CaF}_2$  на подложках Si.

Прогресс в электронике диэлектрических слоев на кремнии предполагает, с одной стороны, нахождение новых материалов, помогающих повысить степень интеграции полевых транзисторов на чипе («продлить жизнь» закона Мура), а с другой – предложение качественно новых концепций, новых приборов. В обоих аспектах фторид кальция являет собой перспективный материал. Это изолятор с высокой проницаемостью и широкой зоной; более того, поверх него возможно эпитаксиальное нанесение кристаллических кремниевых слоев и осуществление интеграции по третьему измерению. Одновременно, на базе фторида кальция – совместно с тем же кремнием – могут быть созданы резонансно-туннельные диоды и сверхрешетки, интегрируемые с классическими транзисторами. Разумеется, для этого следует провести исследования, подтверждающие отсутствие деградации указанных многослойных структур.

Подобные соображения применительно к фториду долгое время оставались чисто умозрительными из-за невозможности изготовить пленки  $\text{CaF}_2$  приемлемого качества. Те данные, которые приводит Ю.Ю. Илларионов в своей работе, демонстрируют прорыв в технологии. Это по существу, первое исследование МДП-структур с тонким фторидом, выполненное на уровне, не уступающем уровню проведения работ с традиционными оксидными диэлектриками – и в смысле надежности образцов, и в смысле охвата проблематики. В диссертации в той или иной мере затронуты все основные детали поведения МДП-структуры с фторидом (в том числе влияние флуктуаций толщины, инжекционные свойства и др.) Интересные результаты получены и в электрической, и в оптической частях, данные опубликованы в большом числе журнальных статей.

Особое место в работе занимает моделирование электрических характеристик МДП-структур с помощью промышленных программных комплексов Minimos-NT и ViennaSHE. В автореферате приводится простая эмпирическая формула для вероятности туннельного перехода металл-диэлектрик( $\text{CaF}_2$ )-кремний, предложенная и использованная диссертантом. Однако, известно, что в диэлектриках нанометровых толщин МДП-структур возникают так называемые металло-индуцированные состояния, существенно

влияющие на туннельную проводимость. К сожалению, диссертант ничего не говорит об этих состояниях и, похоже, не учитывает их.

Кроме того, мне представляется, что диссертация выиграла бы, если бы ее фокус был смещен в сторону сопоставления свойств МДП-структур с  $\text{CaF}_2$ -диэлектриком и приборов, использующих более известные материалы ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{PrO}_2$ ,  $\text{HfO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  и т.п.).

Высказанные замечания не умаляют высокий уровень работы. Она полностью удовлетворяет требованиям ВАК, а ее автор Илларионов Юрий Юрьевич, заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 (физика полупроводников).

Заводинский Виктор Григорьевич, и.о. директора Института материаловедения ХНЦ ДВО РАН, доктор физико-математических наук, профессор по специальности «Физика конденсированного состояния».

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт материаловедения Хабаровского научного центра Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМ ХНЦ ДВО РАН);

Тел. (4212)226956; E-mail: [vzavod@mail.ru](mailto:vzavod@mail.ru) ; [secretar@im.febras.net](mailto:secretar@im.febras.net) .

Подпись Заводинского Виктора Григорьевича заверяю:

Ученый секретарь ИМ ХНЦ ДВО РАН

Бару Любовь Лазаревна