

Отзыв

на автореферат диссертации Козловского Александра Валерьевича
«Фотостимуляция твердотельных сенсорных структур на основе кремния и
полиэлектролитного покрытия», представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и
наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах».

В диссертационной работе Козловского Александра Валерьевича приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований свойств гибридных сенсорных структур на основе монокристаллического кремния и полиэлектролитного покрытия, нанесенного при фотостимуляции полупроводника. Рассматриваемая в работе задача актуальна, так как описание фотоэлектронных процессов в гибридной структуре «полупроводник-оксид-органическое покрытие» необходимо при разработке фундаментальных основ создания сенсорных структур (в особенности биосенсорных) с улучшенными характеристиками и описания процессов, сопровождающих детектирование сигнала, при помещении указанной структуры в электролит.

Судя по автореферату, диссертация хорошо структурирована, изложение и последовательность материала логичны и обоснованы. Первый раздел содержит обзор и анализ научной литературы в области модификации параметров функциональных слоев твердотельной сенсорной структуры «полупроводник – органическое покрытие» и улучшения её характеристик, а также принципы действия и регистрации сигнала твердотельных биосенсоров на основе таких структур. Второй раздел содержит экспериментальные результаты, показывающие влияние параметров освещения, типа проводимости и удельного сопротивления полупроводника на электрофизические, фотоэлектрические и морфологические характеристики гибридных структур на основе Si и органического покрытия. Представленные экспериментальные данные используются для обоснования физической модели процессов в структуре. В третьем разделе представлена разработанная автором математическая модель вольт-фарадной характеристики (ВФХ) сенсорной структуры «электролит-оксид-полупроводник» со слоем полиэтиленimina (ПЭИ) различной толщины. Толщина ПЭИ зависела от параметров и режима освещения Si в процессе создания гибридной структуры. В четвертом разделе показаны результаты экспериментального исследования влияния фотостимуляции Si в процессе осаждения на неё полиэлектролитных молекул на ВФХ биосенсорной структуры Ti/Si/SiO₂/ПЭИ/GOx, помещенной в раствор электролита/глюкозы, проведен анализ изменения потенциала плоских зон по ВФХ и изменения чувствительности ферментативного сенсора к глюкозе за счет фотостимуляции полупроводника, показывающий справедливость разработанных модельных представлений.

Тема диссертации соответствует специальности 05.27.01 - «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах». Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Толщина буферного слоя полиэтиленimina уменьшается от времени освещения в процессе создания гибридной структуры на основе полупроводника и это изменение происходит по экспоненциальному закону. Указанный эффект объясняется процессом туннелирования неравновесных носителей заряда, генерируемых в Si при освещении, через слой SiO₂, стимулированного электрическим полем иммобилизованных молекул полиэтиленimina.

2. Установлено, что освещение увеличивает степень электрической пассивации Si полиэлектролитным покрытием. Этот эффект зависит от типа проводимости Si, интенсивности освещения, длины волны оптического излучения и определяется процессами

перезарядки электронных состояний при освещении и туннелировании электронов в слой SiO₂, стимулированного электрическим полем адсорбируемых ионов.

3. Разработана математическая модель ВФХ структуры «органическое покрытие-оксид-полупроводник», помещенной в раствор электролита, учитывающая изменения, вносимые фотостимулированным осаждением полиэлектролитного покрытия и процессом туннелирования неравновесных носителей заряда через слой SiO₂, стимулированного электрическим полем адсорбируемых ионов.

Достоверность выполненных исследований определяется использованием в ходе работы современных методов анализа экспериментальных результатов, применением автоматизированных аппаратно-программных технологических и измерительных комплексов, согласованием теоретических и практических результатов с литературными данными других авторов, использованием статистических методов обработки полученных результатов.

Практическая значимость результатов данной работы связана с реализацией режима фотостимулированного нанесения молекул глюкозооксидазы на поверхность структуры n-Si/SiO₂/ПЭИ, который приводит к увеличению её чувствительности к глюкозе в 3 раза по сравнению с осаждением глюкозооксидазы в темноте. Имеет практическую значимость также обнаруженное увеличение длительности релаксации заряда поверхностных электронных состояний после выключения освещения, достигнутое при формировании на поверхности структуры n-Si/SiO₂ наноразмерного слоя аморфного кремния, что позволяет проводить фотостимуляцию кремниевой подложки до погружения в раствор полиэлектролита, что актуально при необходимости локальной фотостимуляции полупроводниковой подложки. Также можно отметить, что по результатам исследований получено 2 патента РФ на изобретение.

Принципиальных недостатков в работе не отмечено.

Судя по автореферату, можно заключить, что диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, изложенным в пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней». Считаю, что её автор, Козловский Александр Валерьевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Отзыв составил:

доктор физико-математических наук, профессор,
директор института приоритетных технологий
ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»,


Запороцкова Ирина Владимировна
«20» 11/ 2019 г.

Диссертация на соискание доктора физико-математических наук защищена по специальности 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный университет»

400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 100

Телефон: (8442) 46-55-99

E-mail: irinazaporotskova@gmail.com

