

## Отзыв

Об автореферате диссертации В.В.Рылькова  
«Электронный транспорт в Si структурах с малой компенсацией при эффекте поля в  
примесной зоне и монополярном фотовозбуждении»,  
представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук  
по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Интерес к исследованиям процессов электронного транспорта в фоточувствительных полупроводниковых структурах обусловлен проблемами создания эффективных приёмников в различных диапазонах электромагнитного спектра. Диссертация В.В. Рылькова посвящена изучению электронного транспорта в кремниевых структурах и объемном материале с малой степенью компенсации, определению механизмов примесной фотопроводимости и рекомбинации носителей заряда в легированном слабокомпенсированном кремнии и в структурах с блокированной прыжковой проводимостью. **Актуальность** работы определяется тем обстоятельством, что Si-структуры с высоким уровнем легирования являются основой для приемников инфракрасного и терагерцового диапазона на основе блокированной прыжковой проводимости (ВІВ-детекторы). ВІВ-детекторы, базирующиеся на поглощении и проводимости примесной зоны, отличаются высокой чувствительностью, охватывают широкий диапазон от 1 до 10 ТГц, важный для применений в астрофотографии, атмосферном зондировании и системах безопасности.

Диссертационная работа В.В. Рылькова содержит новые, оригинальные результаты. Отмечу наиболее важные из них.

1. Детально исследована кинетика фотопроводимости в легированном бором, слабокомпенсированном кремнии и установлено, что процессы релаксации низкотемпературной примесной фотопроводимости лимитируются прилипанием дырок к нейтральным атомам бора (при  $T > 10$  К). При понижении температуры ( $T < 7$ К) и увеличении концентрации бора выше, чем  $4 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ , становится существенным не прямой захват дырок на  $A^-$ -центры.
2. Обнаружены и получили объяснение ряд эффектов и процессов в ВІВ-структурах Si:B:  
- приповерхностная фототермополевая ионизация примесей, позволяющая идентифицировать их природу;  
- монополярный фотовольтаический эффект, возникающий при энергиях квантов, больших энергии ионизации бора, и связанный с баллистическим пролетом дырок, фотоэмитированных из контакта через блокирующий слой.
3. Продемонстрированы практические применения ВІВ-структур в спектрометре с квантово-каскадными лазерами, пригодном для исследований в сильных импульсных магнитных полях до 60 Тл. В этой части работы обнаружен и объяснен эффект гигантской модуляции ( $\sim 10^3$  раз) интенсивности излучения квантово-каскадных лазеров магнитным полем.

Автор представил всесторонний анализ проблем, связанных с особенностями электронного транспорта, обусловленными взаимодействием генерируемых носителей с примесными центрами и переносом их по зоне, а также эффектом поля в примесной зоне кремниевых структур с высоким уровнем легирования и малой компенсацией.

Работы В.В. Рылькова хорошо известны научной общественности, опубликованы в авторитетных физических журналах, детально обсуждались на конференциях и многократно цитируются. **Достоверность** результатов диссертации не вызывает сомнений.

**Замечания** по автореферату

1. На странице 1 автор сообщает: «Примечательно, что именно Si и Ge с высоким уровнем легирования в настоящее время активно используются для разработки высокочувствительных датчиков ... на основе структур с блокированной прыжковой проводимостью (BIB-структур) [5,6]». Ссылки на работы 1987 и 2003 года вряд ли могут характеризовать состояние разработок в настоящее время. (см., например статью Extended mode in blocked impurity band detectors for terahertz radiation detection K. S. Liao et al.: Appl.Phys. Lett. 105, 143501 (2014)).

Замечание не снижает высокую оценку работы. Результаты диссертационной работы В.В. Рылькова представляют собой научное достижение в исследовании новых явлений, связанных с транспортными и фотоэлектрическими свойствами полупроводниковых структур. Считаю, что работа В.В. Рылькова является актуальным, законченным исследованием и удовлетворяет всем требованиям ВАК к докторским диссертациям, а её автор несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Ведущий научный сотрудник  
Института физики микроструктур РАН  
Доктор физико-математических наук  
Б.А.Андреев

Подпись в.н.с. д.ф.-м.н. Б.А. Андреева заверяю  
Ученый секретарь ИФМ РАН

Андреев Борис Александрович,  
Доктор физ.-мат. наук,  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт физики микроструктур  
Российской академии наук,  
ул. Академическая, д. 7, д. Афонино, Нижегородская обл.,  
Кстовский район, 603087, Россия  
Отдел физики полупроводников  
Ведущий научный сотрудник  
e-mail: boris@ipmras.ru



13.08.2015

Д.А. Рыжов