

Утверждаю

Директор ЛЯР им. Г.Н. Флерова

С.Н. Дмитриев



ВЫПИСКА

из протокола заседания №4 НТС НХП ЦФФ ЛЯР
от 28 сентября 2016 г.

Численный состав НТС – 15 человек.

ПРИСУТСТВОВАЛИ: 27 человек, из них 11 членов НТС.

СЛУШАЛИ: сообщение **Рымжанова Руслана Аликовича**

о содержании, основных положениях и выводах диссертационной работы:

“Моделирование процессов возбуждения и релаксации электронной подсистемы монокристаллов оксидов, облучаемых быстрыми тяжелыми ионами”

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния. Научный руководитель - доктор физико-математических наук **В.А.Скуратов**.

ГОЛОСОВАЛИ: за утверждение Заключения НТС НХП ЛЯР о диссертационной работе Р.А. Рымжанова от 28 сентября 2016 г.

«за» - 11 чел., «против» - 0 чел., воздержалось - 0 чел.

Заключение о диссертационной работе

В период подготовки диссертации соискатель Рымжанов Руслан Аликович работал в Лаборатории Ядерных Реакций им. Г.Н.Флерова, Объединенного института ядерных исследований в должности инженера и младшего научного сотрудника, а также обучался в аспирантуре УНЦ ОИЯИ. Справка № 03-2016 об обучении в аспирантуре и сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2016 году Объединенным институтом ядерных исследований.

В диссертационной работе «Моделирование процессов возбуждения и релаксации электронной подсистемы монокристаллов оксидов, облучаемых быстрыми тяжелыми

ионами» представлена модель образования латентных треков, создаваемых тяжелыми ионами высоких энергий, тормозящихся в режиме электронных потерь энергии. Разработанная модель представляет собой мультимасштабный подход, состоящий из «Монте-Карло модели» возбуждения электронной подсистемы материала и передачи энергии в решетку, а также описания релаксации ионной подсистемы среды методами молекулярной динамики. В качестве изучаемого объекта выбран оксид алюминия – перспективный материал для ядерной энергетики и электроники. В диссертации представлены результаты исследований морфологии треков ионов ($\text{Xe } 167 \text{ МэВ}$, $\text{Bi } 700 \text{ МэВ}$), остаточных напряжений в поврежденной области, а также процессов интерференции трековых областей и возникающий при этом эффект восстановления исходной структуры в треке иона в кристалле Al_2O_3 . Результаты моделирования сравниваются с данными исследований образцов, облученных на ускорителях ЛЯР ОИЯИ, при помощи просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения. Представленные результаты моделирования находятся в хорошем согласии с данными экспериментальных исследований. Полученные результаты позволили объяснить экспериментально наблюдаемое насыщение плотности треков в зависимости от флюенса ионов за счет восстановления исходной структуры материала в треке при их интерференции. Модель, разработанная автором, показала свою эффективность в решении поставленных задач и может быть применена для исследования структуры треков тяжелых ионов высоких энергий в диэлектрических материалах ядерной энергетики. Следует отметить высокую степень актуальности проблемы изучения процессов, происходящих при возбуждении материала тяжелыми ионами высоких энергий. Практический интерес к данной задаче связан с тем, что ускоренные пучки тяжёлых ионов, тормозящихся в режиме электронных потерь энергии, служат инструментом моделирования и исследования эффектов воздействия на материалы осколков деления и высокоэнергетических частиц в составе космического излучения, а также могут выступать в качестве эффективного средства наноразмерной модификации материалов. В то же время, фундаментальный интерес представляет исследование свойств твердых тел в условиях облучения при высоких уровнях удельных ионизационных потерь энергии.

В ходе выполнения диссертационной работы были впервые рассмотрены и решены следующие задачи:

- Разработана количественная Монте-Карло модель, основанная на формализме КДФ-ДСФ, описывающая кинетику возбуждения и релаксации электронной подсистемы материалов с учетом эффектов пространственно-временных корреляций в возбуждаемом материале.
- Описано возбуждение электронной подсистемы диэлектриков в треке тяжелого иона и получены количественные пространственно-временные параметры этого возбуждения.
- Учтен эффект пространственного перераспределения валентных дырок и их взаимодействие с ионной и электронной подсистемами мишени в треке БТИ. Показана определяющая роль валентных дырок в процессах передачи энергии в решетку.

- Проведено моделирование изменения структуры оксида алюминия в треках высокоэнергетических тяжелых ионов. Впервые продемонстрирован эффект восстановления поврежденных областей в перекрывающихся треках БТИ в Al_2O_3 . На основе этого эффекта было объяснено наблюдаемое в экспериментах насыщение плотности треков с увеличением флюенса ионов.

На обсуждении было отмечено, что работа отвечает требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **01.04.07** - физика конденсированного состояния.

Диссертация рекомендована к защите в диссертационном совете Д **720.001.06** при Лаборатории нейтронной физики и Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. НТС НХП ЛЯР отмечает значительную степень личного участия соискателя при проведении исследования и интерпретации полученных результатов.

Основные результаты, представленные в работе, докладывались на международных и российских конференциях, на семинарах в Центре прикладной физики, ЛЯР им. Г.Н. Флерова, ОИЯИ:

1. Международная Конференция по Радиационным эффектам в диэлектриках (REI-17), (30 июня – 5 июля 2013 г.), Хельсинки, Финляндия;
2. Международная Конференция молодых ученых и специалистов ОМУС-2014, (Дубна, Россия, 24 - 28 февраля 2014 г.)
3. Конференция Европейского Общества по Исследованию Материалов (E-MRS Spring Meeting 2014), (Лилль, Франция, 26-30 мая 2014 г.)
4. Международная Конференция по Радиационным эффектам в диэлектриках и неметаллических материалах (REINM-2015), (Астана, Казахстан, 2 - 5 июня 2014 г.)
5. Конференция Европейского Общества по Исследованию Материалов (E-MRS Spring Meeting 2015), (Лилль, Франция, 11-15 мая 2015 г.)
6. Международная конференция по Быстрым тяжелым ионам в материалах (SHIM-2015), (Дармштадт, Германия, 18-21 мая 2015 г.)
7. 4-ый симпозиум сотрудничества ОИЯИ и Южно-Африканской республики (4th JINR-South Africa symposium), (Дубна, Россия, 21-25 сентября 2015 г.)
8. XI Международная конференция Взаимодействие излучения с твердым телом (ВИТТ-2015), (Минск, Беларусь, 23-25 сентября 2015 г.)
9. 43 совещание Программно-консультативного комитета ОИЯИ (PAC-2016), (Дубна, Россия, 28-29 января 2016 г.)
10. Международная конференция Компьютерное моделирование радиационных эффектов в твердых телах (COSIRES-2016), (Лафборо, Великобритания, 19-24 июня 2016 г.)

Основные результаты, изложенные в диссертации, получены при определяющем вкладе автора, опубликованы в ведущих отечественных и международных периодических изданиях.

Список опубликованных работ по материалам диссертационной работы:

1. N.A. Medvedev, R.A. Rymzhanov, A.E. Volkov Complex dielectric function formalism for description of the electron kinetics in swift heavy ion tracks in LiF and Y₂O₃ // Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. B 315 (2013) 85–89.
2. R.A. Rymzhanov, N.A. Medvedev, A.E. Volkov Monte-Carlo modeling of excitation of the electron subsystem of Al₂O₃ and polyethylene after swift heavy ion impact // Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. B 326 (2014) 238–242.
3. S.A. Gorbunov, N.A. Medvedev, R.A. Rymzhanov, P.N. Terekhin, A.E. Volkov Excitation and relaxation of olivine after swift heavy ion impact // Nucl. Instruments Methods Phys. Res. B. 326 (2014) 163–168.
4. R.A. Rymzhanov, N.A. Medvedev, A.E. Volkov Effect of valence holes kinetics on material excitation in tracks of swift heavy ions // Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. B 365 (2015) 462–467.
5. R.A. Rymzhanov, N.A. Medvedev, A.E. Volkov Electron emission from silicon and germanium after swift heavy ion impact // Phys. Status Solidi B 252 (2015) 159–164.
6. R.A. Voronkov, R.A. Rymzhanov, N.A. Medvedev, A.E. Volkov Monte-Carlo modeling of excitation of the electron subsystem of ZnO and MgO in tracks of swift heavy ions // Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. B 365 (2015) 468–471.
7. R.A. Rymzhanov, N.A. Medvedev, A.E. Volkov Effect of atomic structure on excitation of the electronic subsystem of a solid by a swift heavy ion // Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. B 354 (2015) 292–296.
8. S.A. Gorbunov, R.A. Rymzhanov, N.I. Starkov, A.E. Volkov, A.I. Malakhov A model of chemical etching of olivine in the vicinity of the trajectory of a swift heavy ion // Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. B 365 (2015) 656–662.
9. P.N. Terekhin, R.A. Rymzhanov, S.A. Gorbunov, N.A. Medvedev, A.E. Volkov Effect of valence holes on swift heavy ion track formation in Al₂O₃ // Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. B 254 (2015) 200–204.
10. N.A. Medvedev, R.A. Rymzhanov, A.E. Volkov Time-resolved electron kinetics in swift heavy ion irradiated solids // J. Phys. D. Appl. Phys. 48 (2015) 355303.
11. J.H. O'Connell, R.A. Rymzhanov, V.A. Skuratov, A.E. Volkov, N.S. Kirilkin Latent tracks and associated strain in Al₂O₃ irradiated with swift heavy ions // Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. B 374 (2016) 97–101.
12. J.H. O'Connell, R.A. Rymzhanov, V.A. Skuratov Track interference in swift heavy ion irradiated Al₂O₃. In: Сборник материалов конференции Взаимодействие излучений с твердым телом-2015. 2015, 286–288.

ПОСТАНОВИЛИ:

1. Рекомендовать представленную Рымжановым Русланом Аликовичем диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния к защите в диссертационном совете Д 720.001.06 при Лаборатории нейтронной физики и Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

2. Утвердить текст заключения о диссертационной работе Рымжанова Руслана Аликовича «Моделирование процессов возбуждения и релаксации электронной подсистемы монокристаллов оксидов, облучаемых быстрыми тяжелыми ионами».

Председатель НТС НХП ЦПФ ЛЯР


С.Н.Дмитриев

Секретарь НТС НХП ЦПФ ЛЯР


А.Н. Нечаев

«Выписка верна»

Ученый секретарь ЛЯР


А.В. Карпов