

Д.И. ЗАЙНУТДИНОВ<sup>1,2</sup>, В.А. БОРОДИН<sup>2</sup>, Р.А. ВОРОНКОВ<sup>1</sup>,  
С.А. ГОРБУНОВ<sup>1</sup>, Н. МЕДВЕДЕВ<sup>3,4</sup>, Р.А. РЫМЖАНОВ<sup>5,6</sup>,  
М.В. СОРОКИН<sup>2</sup>, А.Е. ВОЛКОВ<sup>1,2,5</sup>

<sup>1</sup>ФИАН имени П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия

<sup>3</sup>Институт физики АН ЧР, Прага, Чехия

<sup>4</sup>Институт физики плазмы АН ЧР, Прага, Чехия

<sup>5</sup>ОИЯИ, Дубна, Россия

<sup>6</sup>Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

e-mail: [d.zaynutdinov@lebedev.ru](mailto:d.zaynutdinov@lebedev.ru)

## **ПОРОГОВЫЙ ЭФФЕКТ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ОБЛУЧЕНИИ SiC БЫСТРЫМИ ТЯЖЁЛЫМИ ИОНАМИ**

Устойчивость SiC к облучению [1] делает его перспективным материалом для применения в радиационно-агрессивных средах. В то же время реакция SiC на высокотемпературное облучение ещё полностью не изучена. В представленной работе выполнено моделирование эффектов облучения SiC быстрыми тяжёлыми ионами (БТИ) при разных температурах облучения.

Монте-Карло код TREKIS-3 [2, 3] с температурно-зависимыми сечениями рассеяния [4] использовался для моделирования прохождения БТИ через нагретый SiC в режиме электронных потерь энергии, релаксации электронного возбуждения и передачи энергии в решётку. Было установлено, что с ростом температуры облучения увеличивается плотность переданной энергии атомам материала. Полученный профиль этой энергии использовался в качестве начальных условий для последующего молекулярно-динамического моделирования структурных изменений [5] в окрестности траектории иона. Показано, что при  $T_{irr} > 1800$  К вдоль траектории БТИ образуется цепочка наноразмерных пустот. При этом поперечный размер повреждённой области растёт вместе с температурой облучения. Показано, что причиной образования пустот является перенос массы дислокациями, выдавливаемыми из ядра трека [6].

Полученные результаты демонстрируют неожиданное поведение материала в экстремальных условиях и подчеркивают необходимость введения температурного критерия устойчивости SiC к БТИ-облучению.

1. S. Nan, M. Xiao, Z. Guan, C. Feng, C. Huo, G. Li, P. Zhai, F. Zhang (2023). Atomic-scale revealing defects in ion irradiated 4H-SiC. *Materials Characterization*, 203, 113125. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matchar.2023.113125>
2. N.A. Medvedev, R.A. Rymzhanov, A.E. Volkov (2015). Time-resolved electron kinetics in swift heavy ion irradiated solids. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 48(35). <https://doi.org/10.1088/0022-3727/48/35/355303>
3. R.A. Rymzhanov, N.A. Medvedev, A.E. Volkov (2016). Effects of model approximations for electron, hole, and photon transport in swift heavy ion tracks. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 388, 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2016.11.002>
4. S.A. Gorbunov, N.A. Medvedev, R.A. Rymzhanov, P.N. Terekhin, A.E. Volkov (2014). Excitation and relaxation of olivine after swift heavy ion impact. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 326, 163–168. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2013.09.028>
5. S. Plimpton (1995). Fast Parallel Algorithms for Short-Range Molecular Dynamics. *J Comp Phys*, 117(1), 1–19.
6. D.I. Zainutdinov, V.A. Borodin, S.A. Gorbunov, N. Medvedev, R.A. Rymzhanov, M.V. Sorokin, R.A. Voronkov, A.E. Volkov (2024). High-temperature threshold of damage of SiC by swift heavy ions. <https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.07963>