

## ЛОКАЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ТРЕКООБРАЗОВАНИИ В КРИСТАЛЛАХ

А.И. Урбанович

Белгосуниверситет, факультет прикладной математики и информатики,

Независимости 4, 220030 Минск, Беларусь

urbanovich@bsu.by

При прохождении быстрой заряженной частицы через твердое тело вокруг ее траектории может формироваться дефектная область — трек. Для понимания механизмов и создания теории, описывающей образование треков в зависимости от параметров налетающего иона и свойств самого облучаемого материала, применяются различные модели. К таким моделям относятся модель кулоновского взрыва, а также модели, связанные с тепловыми процессами вдоль траектории частицы. При торможении в твердом теле быстрая заряженная частица теряет свою энергию главным образом на возбуждение электронной подсистемы. Получившие энергию электроны подвергаются столкновениям с другими электронами, увеличивая их кинетическую энергию. Электрон-электронные взаимодействия приводят к тому, что выделившаяся энергия распределяется в цилиндрическом объеме с небольшим радиусом  $r_e = v_e \tau_{ee}$ , где  $v_e$  — скорость распространения, а  $\tau_{ee}$  — время электрон-электронных взаимодействий. Высокая скорость электрон-электронных взаимодействий позволяет использовать понятие температуры электронов, уже начиная с времен порядка  $1-100$  фемтосекунд. На временах  $\tau_{ee} \leq t \ll \tau_p$ , где  $\tau_p$  характерное время фонон — фононной релаксации, имеется граница между "горячей" и "холодной" областью. Передача энергии в решетку начинается с моментов времени. Именно в этом временном промежутке и может реализовываться волновой характер распространения тепловой энергии. В работе [1] для описания процессов, сопровождающих возникновение и развитие трека, была предложена двухтемпературная модель, с учетом конечной скорости передачи энергии в веществе

$$c_e \frac{\partial T_e}{\partial t} = \chi_e \Delta T_e - \alpha(T_e - T_j), \quad (1)$$

$$\tau_p c_j \frac{\partial^2 T_j}{\partial t^2} + c_j \frac{\partial T_j}{\partial t} = \chi_j \Delta T_j + \alpha(T_e - T_j), \quad (2)$$

где  $T_e$  и  $T_j$ ,  $c_e$  и  $c_j$ ,  $\chi_e$  и  $\chi_j$  соответственно температуры, теплоемкости, коэффициенты теплопроводности электронов и решетки;  $\alpha$  — коэффициент передачи тепловой энергии от электронов решетке. В настоящем сообщении приведены результаты, описывающие образование и развитие цилиндрического трека в кристаллах двухтемпературной моделью (1), (2), когда обычный диффузионный механизм распространения тепловой энергии в решетке, основанный на законе Фурье, заменяется волновым. Учет инерционных свойств среды приводит к температурным полям, заметно отличающимся от рассчитанных с помощью обычной двухтемпературной модели [2].

### Литература

1. Комаров Ф.Ф., Урбанович А.И. Температурные поля и трекообразование в материалах, облучаемых ионами высоких энергий // Докл. НАН Беларуси. 2007. Т. 43. № 11. С. 1528–1544.
2. Лифшиц И.М., Каганов М.И., Танатаров Л.В. К теории радиационных изменений в металлах // Атомная энергия. 1959. Т. 6. № 4. С. 391–402.