УДК 538.971:538.951

DOI: 10.17223/00213411/63/12/152

В.В. УГЛОВ^{1,2}, Н.Т. КВАСОВ¹, И.В. САФРОНОВ¹

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В МАТЕРИАЛАХ ПРИ РАДИАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Исследованы процессы деформации (распухания) материалов, находящихся под воздействием радиации, что обусловлено возникновением в кристаллической решетке ансамбля пор. Проведен теоретический анализ их кинетики и закономерностей распределения по размерам с учетом дрейфовой составляющей движения дефектов. На базе этого сделаны численные оценки величины распухания на примере Ni.

Ключевые слова: кинетика дефектов, поры, напряжения, радиационное распухание.

Введение

Деформация материалов (распухание), находящихся в зоне действия реакторного облучения, является одной из актуальных проблем радиационного материаловедения. Распухание связано, в первую очередь, с ансамблем пор размером от одного до десятков нанометров. При этом их концентрация может составлять до 10^{23} м^{-3} .

К наиболее общим закономерностям образования пористой структуры в материалах можно отнести следующие:

- Зарождение пор происходит в случае сильного пересыщения вакансиями. Радиус отдельной поры R_m при этом определяется числом m вакансий в ней как

$$R_m = R_{m-1} + \frac{V_0}{4\pi R_{m-1}^2}, \quad (1)$$

где $m = n_3 + 1, n_3 + 2, \dots, n_3 + j$; n_3 – число вакансий в устойчивом зародыше поры; V_0 – условно считается равным объему атома; $R_{n_3} \equiv R_0$.

- В бездислокационных участках облучаемого материала поры не образуются.

Зарождение пор начинается при достижении критической плотности дислокаций ($\sim 10^{13} \text{ м}^{-2}$). Поры образуются только на подвижных дислокациях. Дислокации, более интенсивно поглощая междоузельные атомы, обеспечивают создание в объеме вещества сильного пересыщения вакансиями, что приводит к формированию их кластеров, а затем образованию самих пор.

- Внутренние напряжения способствуют возрастанию вероятности зарождения пор.

- Существует температурный интервал, в котором имеет место формирование пор. Этот интервал характеризуется наиболее высокой подвижностью точечных дефектов. С ростом температуры размер пор увеличивается.

- Упорядочение пор (формирование сверхрешетки) начинается при достижении их определенной концентрации. С увеличением температуры параметр решетки пор увеличивается.

- Поры в решетке имеют практически одинаковые размеры.

- С увеличением скорости генерации дефектов при облучении параметр решетки пор уменьшается (при условии постоянства температуры).

- Симметрия решетки пор соответствует симметрии исходной решетки кристалла.

Эти закономерности представляют собой фактически «полигон» для проверки адекватности той или иной модели, предлагаемой для описания процесса формирования пор и их решеток. Одни из последних работ [1, 2] посвящены проблемам порообразования и упорядочения пор в сверхрешке. Однако часть вопросов остается до сих пор не раскрытой, в частности кинетика зарождения и эволюции пор с учетом упругих напряжений, создаваемых данными дефектами.

Результаты и их обсуждение

Объемная деформация $\varepsilon(t)$ ($\Delta V/V$, где V – исходный объем материала) и скорость объемной деформации $d\varepsilon/dt$ материала, связанные с формированием пор, описываются следующими выражениями [3]:

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>