

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРНЫХ ФАЗ В $\text{Fe}_{75}\text{Ga}_{12.5}\text{Ge}_{12.5}$ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР: НЕЙТРОННОЕ ДИФРАКЦИОННОЕ *IN SITU* ИССЛЕДОВАНИЕ

А. С. Захарова^{1*}, Т. Н. Вершинина¹, С. В. Сумников¹, А. М. Балагуров¹, И. С. Головин²,
Дж. Хао³, Х. Лю³, Л. Хе³

¹Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

²Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия

³Spallation Neutron Source Science Center, Дунгуань, Китай

*E-mail: zakharova.anna.nano@gmail.com

В настоящей работе проведено исследование эволюции фазового состава сплава $\text{Fe}_{75}\text{Ga}_{12.5}\text{Ge}_{12.5}$ в условиях непрерывного нагрева до 1000°C и последующего охлаждения при скорости изменения температуры $\pm 2^\circ\text{C}/\text{мин}$. Измерения нейтронных дифракционных спектров проведены на дифрактометре общего назначения GPPD, действующего на импульсном источнике CSNS (Китай). Для набора *insitu* данных использовались 90° -детекторы с $\Delta d/d \approx 0.006$, индивидуальные спектры регистрировались каждые 5 мин.

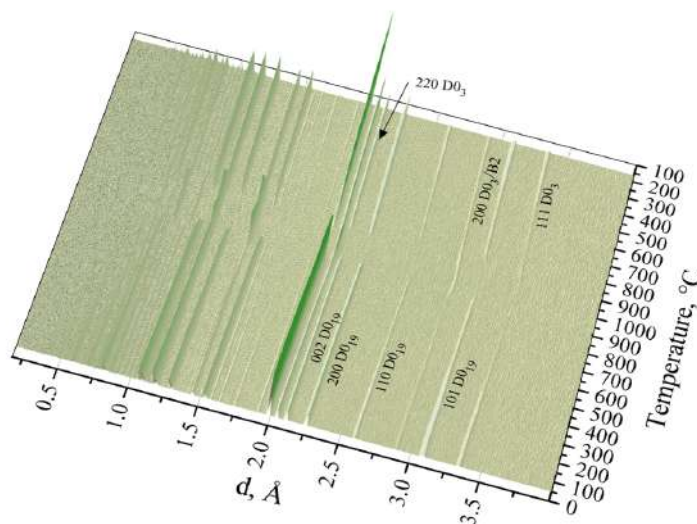


Рис. 1. 3D карта температурной эволюции дифракционных спектров.

В исходном литом состоянии сплав $\text{Fe}_{75}\text{Ga}_{12.5}\text{Ge}_{12.5}$ содержит две структурные фазы с упорядочением по типу $D0_3$ и $D0_{19}$ (рис. 2а). Известно, что, фазовый состав сплава $\text{Fe}_{75}\text{Ge}_{25}$ в исходном литом состоянии является смесью Fe_3Ge ($D0_{19}$) и $B8_2$ [1], а $\text{Fe}_{75}\text{Ga}_{25}$ находится в однофазном $D0_3$ состоянии [2]. Таким образом, фазовый состав сплава $\text{Fe}_{75}\text{Ga}_{12.5}\text{Ge}_{12.5}$ представляет собой промежуточный вариант между фазовыми составами крайних состояний, соответствующих бинарным составами $\text{Fe}_{75}\text{Ge}_{25}$ и $\text{Fe}_{75}\text{Ga}_{25}$.

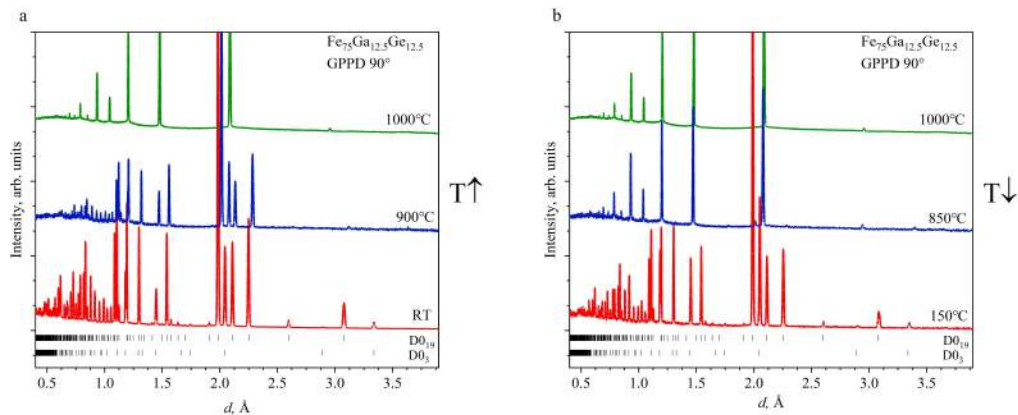


Рис. 2. Отдельные дифрактограммы, измеренные при нагреве (а) и охлаждении (b) для нескольких фиксированных температур. Штрихами обозначены положения пиков фаз при комнатной температуре (а) и при температуре 150°C (b).

Из 3D-карты эволюции дифракционных спектров (рис. 1) можно видеть, что в процессе нагрева по достижении 950°C имеет место переход $D0_3 \rightarrow B_2$, о чем свидетельствует исчезновение соответствующих сверхструктурных рефлексов. Также при этой температуре полностью исчезает фаза $D0_{19}$.

При охлаждении сверхструктурный пик (111) фазы $D0_3$ появляется при необычно высокой температуре ($\approx 900^\circ\text{C}$), что соответствует обратному переходу $B_2 \rightarrow D0_3$. При $\approx 870^\circ\text{C}$ появляется основной рефлекс (200) фазы $D0_{19}$, малоинтенсивные сверхструктурные пики (110), (101) этой фазы становятся хорошо различимы при температуре 850°C. При дальнейшем охлаждении до 150°C двухфазное состояние $D0_3 + D0_{19}$ сохраняется, но изменения интегральных интенсивностей пиков свидетельствуют о росте объемной доли $D0_3$ по сравнению с исходным литым состоянием (рис. 2b).

Дальнейшая обработка дифракционных спектров позволит получить информацию о температурном поведении параметров элементарных ячеек структурных фаз, их объемных долей и возможной модификации микроструктуры сплава.

1. A. M. Balagurov et al., Phys. Rev. Mater. **7**, 603 (2023)
2. I. S. Golovin et al., J. All. Comp. **675**, 393 (2016).