## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

## УДК 548.5

## ОСОБЕННОСТИ ДИФРАКЦИИ ЭЛЕКТРОНОВ НА ТОНКИХ ПЛАСТИНАХ е-мартенсита

### Х. А. Матутес (Куба), Н. А. Хатанова

(кафедра физики твердого тела)

В литературе имеются указания на аналогию спинодального распада и мартенситного превращения [1]. Однако электронограмма, полученная от двухфазного сплава, содержащего тонкие пластины мартенситных кристаллов, требует тщательного анализа, ибо при некотором формальном сходстве с электронограммой от модулированной структуры она может состоять из большого числа экстра-рефлексов. Причины появления экстра-рефлексов связаны, с одной стороны, с растяжением узлов обратной решетки, а с другой — с эффектами двойной дифракции, для которой такая многослойная двухфазная структура создает благоприятные условия.





Структура сплава Fe — 20 ат. % Ru после закалки от 900°С: *а* — электронограмма сплава, луч параллелен [001]; *б* — темнонольное изображение в рефлексе (020), увеличение ×80,000; *в* — схема расположения точек пересечения штабов в-фазы и экстра-рефлексов в плоскости (001)\* для четырех ориентировок

64

В работе изучалась структура сплава Fe — 20 ат. % Ru после закалки от 900° С. На рисунке, а показана электронограмма, полученная при совмещении электронного луча с направлением [0 0 1]<sub>7</sub>. На электронограмме кроме матричных рефлексов от  $\gamma$ -твердого раствора Ru в ГЦК решетке железа видно большое число рефлексов, расположенных вблизи матричных отражений вдоль <1 1 0><sub>7</sub>, что напоминает дифракцию с сателлитами от модулированной структуры [2]. Темнопольная микрофотография (рисунок, б), полученная в матричном рефлексе (0 2 0), также выявляет периодически расположенные вдоль <1 1 0><sub>7</sub> объемы с размером ребра 300—400 Å. По лытературным данным [3] закаленный сплав Fe — 20 ат.% Ru должен находиться в двухфазном метастабильном состоянии ( $\gamma$ + $\varepsilon$ ), где  $\varepsilon$  промежуточная фаза мартенситного типа с ГПУ решеткой. Так как  $\varepsilon$ -мартенсит является частично когерентной фазой, то для когерентных плоскостей  $\gamma$ - и  $\varepsilon$ -фаз существуют определенные ориентационные соотношения [4]:

# $(1 \ 1 \ 1)_{\gamma} \parallel (0 \ 0 \ 1)_{\varepsilon},$ $[1 \ 0 \ 1]_{\gamma} \parallel [1 \ 0 \ 0]_{\varepsilon}.$

Используя эти соотношения, можно рассчитать индексы плоскостей обратной решетки є-фазы, совпадающие с  $\{0\ 0\ 1\}_r^*$ . В таких расчетах применяют матричные уравнения для совпадающих направлений в прямой решетке (или совпадающих плоскостей в обратной решетке) и уравнения для совпадающих направлений в обратном пространстве. Для четырех ориентировок є-фазы с габитусными плоскостями  $\{1\ 1\ 1\}_r$  эти уравнения записываются так \*:

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix}_{e} = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 4 & 4 & 8 \\ \bar{4} & 8 & \bar{4} \\ 3 & 3 & 3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix}_{\gamma}; \quad \begin{bmatrix} h \\ k \\ l \end{bmatrix}_{e}^{*} = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 3 & 0 & 3 \\ \bar{3} & 3 & 0 \\ 4 & 4 & 4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} h \\ k \\ l \end{bmatrix}_{\gamma};$$
$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix}_{e} = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 8 & 4 & 4 \\ 4 & 8 & \bar{4} \\ \bar{3} & 3 & 3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix}_{\gamma}; \quad \begin{bmatrix} h \\ k \\ l \end{bmatrix}_{e}^{*} = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 3 & 0 & 3 \\ 0 & 3 & \bar{3} \\ 4 & \bar{4} & 4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} h \\ k \\ l \end{bmatrix}_{\gamma};$$
$$\begin{bmatrix} u \\ k \\ l \end{bmatrix}_{e} = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 4 & 8 & 4 \\ \bar{4} & 8 & \bar{4} \\ 3 & \bar{3} & 3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix}_{\gamma}; \quad \begin{bmatrix} h \\ h \\ k \\ l \end{bmatrix}_{e}^{*} = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 \\ \bar{3} & 0 \\ 4 & \bar{4} & 4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} h \\ k \\ l \end{bmatrix}_{\gamma};$$
$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix}_{e} = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 4 & 4 & 8 \\ \bar{4} & 8 & \bar{4} \\ \bar{3} & \bar{3} & 3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix}_{\gamma}; \quad \begin{bmatrix} h \\ h \\ l \end{bmatrix}_{e}^{*} = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 \\ \bar{3} & 0 \\ 4 & \bar{4} & 4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} h \\ k \\ l \end{bmatrix}_{\gamma};$$

Расчет показал, что с плоскостью обратной решетки  $(0 \ 0 \ 1)_{\tau}^*$  совпадают следующие плоскости є-фазы:

$(0 \ 0 \ 1)^*_{\gamma} \parallel (\bar{8} \ \bar{4} \ 3)^*_{8_1}$	. (0 0 1) <sup>*</sup> <sub>y</sub>    (8 4 3) <sup>*</sup> <sub>z<sub>2</sub></sub>
$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}_{\gamma}^* \parallel \begin{bmatrix} 1 & \bar{2} & 0 \end{bmatrix}_{e_1}^*$	$[1 \ \overline{1} \ 0]_{p}^{*} \parallel (1 \ \overline{2} \ 0]_{e_{z}}^{*}$
$(0 \ 0 \ 1)^*_{\gamma} \parallel (4 \ \tilde{4} \ 3)^*_{e_3}$	$(0 \ 0 \ 1)^*_{\gamma} \parallel (4 \ 8 \ 3)^*_{\Gamma_{\alpha}}$
$(\overline{1} \ \overline{1} \ 0)^*_{\gamma} \parallel [\overline{1} \ \overline{1} \ 0]^*_{\varepsilon_s}$	$[\bar{1} \ \bar{1} \ 0]^*_{\gamma} \parallel [\bar{2} \ 1 \ 0]^*_{e_s}$

\* В работе [4] при написании этих уравнений допущена опечатка.

5 ВМУ. № 3. физика, астрономия

65

Из рисунка, в видно, что все узлы обратной решетки для указанных четырех ориентировок є-фазы в плоскости (0 0 1),\* совпадают с некоторыми узлами у-фазы (є-ячейки проведены пунктиром). Причем с узлом (0 2 0), в соответствующем рефлексе которого было получено темнопольное изображение, не совпадает ни один из узлов є-фазы. Это означает, что периодическая картина на темнопольном изображении сформирована только матричным рефлексом. Таким образом, дополнительные рефлексы на электронограмме не связаны с наличием в плоскостях {0 0 1},\* узлов є-фазы. Дальнейший анализ показал, что вблизи {0 0 1},\* под углом ~8° проходят плоскости типа (1.1.10),\*, с которыми точно совпадают некоторые плоскости є-фазы, а именно:

$(1.1.10)^*_{\gamma} \parallel [\bar{2} \ \bar{1} \ 1)^*_{\varepsilon_1}$	$(\bar{1},\bar{1},10)^*_{\gamma} \parallel (2 \ 1 \ 1)^*_{\epsilon_2}$
$\begin{bmatrix} 1 & \bar{1} & 0 \end{bmatrix}_{\gamma}^* \parallel \begin{bmatrix} 1 & \bar{2} & 0 \end{bmatrix}_{\varepsilon_1}^*$	$\begin{bmatrix} 1 & \overline{1} & 0 \end{bmatrix}_{\gamma}^{*} \parallel \begin{bmatrix} 1 & \overline{2} & 0 \end{bmatrix}_{\varepsilon_{2}}^{*}$
$(\overline{1}, 1, 10)^*_{\gamma} \parallel (1 \ \overline{1} \ 1)^*_{\epsilon_s}$	$(1.\bar{1}.10)^*_{\gamma} \parallel (1\ 2\ 1)^*_{\epsilon_4}$
$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}_{y}^{*} \parallel \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}_{e_{3}}^{*}$	$[1 \ 1 \ 0]^*_{\gamma} \parallel [2 \ \overline{1} \ 0]^*_{\epsilon_{\star}}$

Поскольку пластины є-фазы имеют очень малую толщину (~50 Å), то узлы обратной решетки є-фазы растянуты и имеют форму штабов, которые пересекают близлежащие плоскости, и в частности плоскости {0 0 1}<sub>7</sub>\*. На рисунке, в крестами и точками показаны места пересечения плоскости (0 0 1)<sub>7</sub>\* штабами от узлов є-фазы, исходящими из плоскостей типа (1.1.10)<sub>7</sub>\*, а кружками изображены экстра-рефлексы от двойной дифракции матричных пучков, которые, как и точки пересечения штабов, располагаются вдоль <1 1 0><sub>7</sub>\*. Из сравнения теоретической электронограммы (см. рисунок, в) с экспериментальной (см. рисунок, а) видно их практическое совпадение, если принять во внимание, что полный набор рефлексов должен получаться при идеальной ориентировке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Suzuki T., Wuttig M. Acta metall., 1975, 23, р. 1069. [2] Хачатурян А. Г. Теория фазовых превращений и структура твердых растворов. М.: Наука, 1974. [3] Rush J. D., Johnson C. E., Thomas M. F. J. Phys. F., 1976, N 6, р. 2117. [4] Утевский Л. М. Дифракционная электронная микроскопия в металловедении. М.: Металлургия, 1973.

Поступила в редакцию 27.08.81

### ВЕСТН, МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1982, т. 23, № 3

УДК 551.465

## К ВОПРОСУ ОБ УСТАНОВИВШЕЙСЯ ЦИРКУЛЯЦИИ В МЕЛКОМ МОРЕ

### Н. К. Шелковников, С. М. Новочинский, И. С. Ракитина

(кафедра физики моря и вод суши)

В работе поставлена задача — исследовать в лабораторных условиях, моделирующих шельфовые районы моря, структуру течений, возникающих при ветровом нагоне.

Эксперимент проводился в аэрогидроканале с размерами  $14 \times 2,5 \times 1,23$  м, на дне которого была установлена клиновидная модель берегового откоса ( $2,5 \times 1,23 \times 0,35$  м). Глубина заполнения канала водой составляла 30 см над плоским дном.