двухлучевую частично поляризованную помеху. Применение ППФ наиболсе эффективно лишь при соблюдении, определенного условия, а именно если его база  $d \approx 0,3$ —0,8. Опираясь на результаты работы [5], для типичных условий ионосферного канала связи можно сделать оценки выигрыша помехоустойчивости при передаче двоичной информации. В случае, если ОСП<sub>вх.</sub> ппф =1, т. е. когда достоверный прием невозможен (вероятность ошибки  $P_{\rm вх.}$  ппф ~0,3), применение ППФ с эффективностью  $\mu$ =100 позволяет обеспечить выигрыш  $P_{\rm вх.}$  ппф / / $P_{\rm вых.}$  ппф ~15.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Березин Ю. В., Гусев В. Д., Смирнов В. И. Экспериментальные исследования подавления одной магнитоионной компоненты при отражении волны от слоя F2. — Геомагнетизм и аэрономия, 1971, 11, № 2, с. 258—262.
- 2. Уидроу, Мантей, Гриффитс, Гуд. Адаптивные антенные системы.— Тр. Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике, 1967, 55, № 12, с. 78--103.
- Канарейкин Д. Б., Павлов Н. Ф., Потехин В. А. Поляризация радиолокационных сигналов. М., 1966, с. 35—36.
- -4. Березин Ю. В., Гусев В. Д., Морозов Ю. В. О поляризации радиоволн, отраженных от ионосферы.— Геомагнетизм и аэрономия, 1972, 12, № 2, с. 237—242.
- .5. Сикарев А. А. Оптимальный некогерентный прием в каналах с флуктуационными и сосредоточенными помехами. — Проблемы передачи информации, 1970, 6, № 2, с. 109—118.

Поступила в редакцию 07.02.80

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1980, Т. 21, № 6

УДК 548.5

## Н. А. ХАТАНОВА, Т. Ю. МЕДВЕДЕВА

# МАРТЕНСИТНЫЕ СТРУКТУРЫ В ЗАКАЛЕННЫХ СПЛАВАХ Си — Zn — Al

В β-сплавах на основе Си обычно наблюдается большое количество различных мартенситных структур типа *R* и *H* мартенситов, состоящих из определенного количества плотно упакованных слоев, параллельных базисной плоскости и содержащих упорядоченно расположенные дефекты упаковок [1—4].

В данной работе была поставлена задача — изучить методом дифракции электронов возникающие в закаленном сплаве Cu—Zn—Al мартенситные структуры и связать образующийся тип мартенситной структуры с типом упорядочения исходного твердого раствора. Для исследования был выбран сплав Cu<sub>68</sub>—Zn<sub>15</sub>—Al<sub>17</sub> из β-области с точкой мартенситного превращения  $M_s \simeq 20^{\circ}$ C [2]. В сплавах Cu—Zn—Al в β-области имеются два типа упорядочения твердого раствора по мере понижения температуры — в более высокотемпературной области твердый раствор упорядочен по типу CsCl (B2) с параметром решетки a=2,99 Å, а при понижении температуры — по типу Fe<sub>3</sub>Al(DO<sub>3</sub>) с a= =5,99 Å [5]. Это дает возможность, закаливая сплава от разных температур, получить для одного и того же состава сплава два разных исходных состояния твердого раствора. Сплав Cu<sub>68</sub>—Zn<sub>15</sub>—Al<sub>17</sub> после

плавления специально не гомогенизировался, чтобы получить в одном образце несколько различающиеся по составу локальные участки. При сильной зависимости  $M_s$  от концентрации это позволяет получать на одном и том же объекте участки с  $M_s$ , лежащей выше и ниже комнатной температуры. Два объекта сплава были закалены от температур 650 и 1000°С, в результате чего были получены твердые растворы, упорядоченные соответственно по  $DO_3$  и B2. Упорядочение по B2 удалось получить только после применения сверхбыстрой закалки. Тип упорядочения каждого объекта контролировался по нескольким элект-



Рис. 1. Электронограмма и ее расшифровка, полученные от твердого раствора, упорядоченного по DO<sub>3</sub> и содержащего M18R мартенсит. Электронный луч параллелен направлению [111]<sub>DO3</sub>. Матричные индексы подчеркнуты

ронограммам от разных участков образца. При этом направление электронного луча совмещалось с направлением типа [110]<sub>в</sub>.

На рис. 1 представлена электронограмма от локального участка твердого раствора, упорядоченного по DO<sub>3</sub>, для которого M<sub>s</sub> лежит выше комнатной температуры. В связи с этим электронограмма, кроме рефлексов матрицы, содержит также и рефлексы образовавшегося в процессе закалки мартенсита. Характерно, что рефлексы мартенсита делят расстояния между матричными рефлексами вдоль <110>в на три равные части. Направление электронного луча совпадает с направлением типа <111>в, так как мартенситные структуры легко идентифицируются в плоскостях обратной решетки, содержащих максимальное число направлений типа [110] в, с которыми совпадают оси с мартенсита. По литературным данным [6] в твердом растворе, упорядоченном по DO<sub>3</sub>, должен образоваться 18 R мартенсит, а при упорядочении по B2 - 9R мартенсит. Однако в работе [2] было установлено, что в сплаве Cu-Zn-Al в твердом растворе, упорядоченном по DO3, образуется M18R мартенсит, т. е. модифицированный с моноклинной решеткой и параметрами a=4,553 Å, b=5,452 Å, c=38,877 Å и β=87,5°. Расчет структурного фактора для M18R мартенсита показал, что F=0, если  $k+l=2n, n=0, \pm 1, \pm 2, ..., h-l=3m, m=0, \pm 1, \pm 2, ..., l=3m'$  $m'=0, \pm 1, \pm 2, ...$  Исходя из этих данных были построены сечения

обратных решеток M18R мартенсита различными плоскостями. Как показывает расшифровка электронограммы, приведенная на рис. 1, хорошее совпадение экспериментальной и теоретической электронограмм получается при совмещении сечений обратных решеток, когда

 $(110)^*_{DO_3} \| (210)^*_{M18R}, \quad [\bar{1}10]^*_{DO_3} \| [001]^*_{M18R}.$ 

На рис. 2 показана электронограмма, полученная в аналогичной ориентировке, но от твердого раствора, упорядоченного по B2. Эта электронограмма также, кроме рефлексов матрицы, содержит и дополнительные рефлексы образовавшейся в процессе закалки второй фазы, что свидетельствует о том, что и для этого участка объекта  $M_s$  лежит выше комнатной температуры. Сравнение электронограмм на рис. 1





Рис. 2. Электронограмма и ее расшифровка, полученные от твердого раствора, упорядоченного по B2 и содержащего частицы структуры Сато. Луч || [111] в. Матричные индексы подчеркнуты

и 2 выявляет различия в положениях рефлексов образующихся вторых фаз. Так, в случае упорядочения по B2 рефлексы новой фазы делят расстояния между матричными рефлексами вдоль  $<110>_{\beta}$  на две равные части. Для идентификации структуры, образовавшейся в твердом растворе, упорядоченном по B2, были построены совмещенные сетки обратных решеток для B2 и 9R мартенсита. Все попытки связать рефлексы образовавшейся фазы с 9R мартенситом не дали положительного результата. Однако хорошее совпадение экспериментальной и теоретической электронограмм было получено для структуры Сато [7] (см. расшифровку электронограммы на рис. 2). Структура Сато представляет собой двухслойную решетку с таким же чередованием слоев, как и у 2H мартенсита, но структуру Сато (2H<sub>s</sub>) можно рассматривать как искаженную 2H-решетку с ромбической ячейкой и параметрами a=4,4 Å, b=5,3 Å, c=4,2 Å. Совпадение экспериментальной и теоретической электронограмм получается при следующем совмещении:

$$(111)^*_{B2} || (110)^*_{2H_c}, [\bar{1}10]^*_{B2} || [001]^*_{2H_c}.$$

Таким образом, нами показано, что в сплаве Си<sub>68</sub>—Zn<sub>15</sub>—Al<sub>17</sub> тип мартенситной структуры определяется типом упорядочения исходного

твердого раствора: в твердом растворе, упорядоченном по  $DO_3$ , образуется M18R мартенсит, а в случае упорядочения по B2 — структура Сато  $(2H_s)$ . Обычно при закалке очень трудно получить во всем объема образца гомогенную структуру твердого раствора, соответствующую уперядочению по B2, так как отдельные области в процессе закалки успевают упорядочиваться и по DO3. В этом случае для участков, имеющих M<sub>s</sub>, лежащую выше комнатной температуры, можно наблюдать два типа мартенситных структур одновременно. В литературе есть указания на то, что структура Сато является метастабильной фазой [8]. Вероятно, что в сплаве Cu—Zn—Al ее появление предшествует образованию 9R мартенсита. Тогда можно предполагать, что формирование 9R мартенсита происходит в две стадии: вначале под действием акустических мод, возникающих в B2 структуре твердого раствора. образуется метастабильная фаза в виде структуры Сато, а затем внутри структуры Сато возникает свой колебательный спектр, который способствует окончательному формированию мартенситной структуры: типа 9R мартенсита.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Nagasawa A. Martensite transformation and memory effect in the Ni-Ti al-loy. J. Phys. Soc. Japan, 1971, 31, p. 136-147.
  Chakravorty S., Wayman C. M. Electron microscopy of internally faulted.
- Cu-Zn-Al martensite. Acta metall., 1977, 25, p. 989-1000. 3. Otsuka K., Sakomoto H., Shimizu K. The characteristics of metastable
- 2H type phase in a quenched  $\beta_1$ —Cu—Al—Ni alloys.— Trans. JIM, 1979, 20, p. 244—254.
- 4. Delaey L., Cornelis J. The variation of stacking order and structure symmet-

- Deraey L., Cornells J. Ine variation of stacking order and structure symmetry in copper-base martensite.— Acta metall., 1970, 18, p. 1061—1066.
  Rapacioli R., Ahlers M. Ordering in ternary β phase Cu-Zn-Al alloys.— Scr. metall., 1977, 11, p. 1147—1150.
  Saburi T., Wayman C. M. Crystallographic similarities in shape memory martensites.— Acta metall., 1979, 27, p. 979—995.
  Murakami Y., Delaey L., Smeesters-Dullenkopf G. Electron microscopy of the premartensitic β-Cu-Zn-Al alloys.— Trans. JIM, 1978, 19. p. 317—325.
- 8. Murakami Y., Kachi S. Electron microscopy of the premartensitic state in β-Ni-Zn-Cu alloy.- Trans. JIM, 1979, 20, p. 159-166.

Поступила в редакцию 01.02.80

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1980, Т. 21, № 6

УДК 533.951

#### л. с. кузьменков, п. А. поляков, о. о. трубачев

## НЕЛИНЕЙНОЕ ЗАТУХАНИЕ ЛЕНГМЮРОВСКИХ ВОЛН В СЛАБОТУРБУЛЕНТНОЙ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ПЛАЗМЕ

Как было показано в работах [1, 2] и последующих публикациях, в слаботурбулентной плазме происходит интенсивное взаимодействие электронов с биениями, возникающими при наложении ленгмюровских волн. Это взаимодействие приводит к нелинейному затуханию Ландау. В современных экспериментальных установках температура плазмы близка к  $\Theta \sim 10^8$  K [3]. Такую плазму следует рассматривать по крайней мере слаборелятивистской. С этой точки зрения представляет ин-