

Релаксация полей упругих напряжений в пентагональных малых частицах и микрокристаллах электролитического происхождения

© И.С. Ясников

Тольяттинский государственный университет,
445667 Тольятти, Россия
e-mail: yasn@infopac.ru

(Поступило в Редакцию 19 сентября 2006 г.)

Представлены экспериментальные результаты по выявлению основных каналов релаксации внутренних полей упругих напряжений, связанных с дефектами дисклинационного типа в малых частицах и микрокристаллах с пентагональной симметрией, сформировавшихся при электрокристаллизации меди.

PACS: 36.40.-c, 61.46.+w, 81.15.Pq

Наиболее интересным проявлением размерного эффекта в малых частицах и микрокристаллах является возникновение осей симметрии пятого порядка, запрещенных классическими законами кристаллографии [1]. В настоящее время пятерная симметрия обнаружена практически у всех ГЦК-металлов при различных видах кристаллизации [2]. Однако наибольших размеров малые частицы и микрокристаллы с пентагональной симметрией достигали лишь при электролитическом способе их получения [3].

В работе [1] была теоретически обоснована эффективность использования дисклинационного подхода для анализа неоднородной упругой деформации в пентагональных малых частицах и микрокристаллах, а также при описании их структурно-чувствительных свойств. Однако из энергетических соображений следует, что пентагональные малые частицы устойчивы лишь до некоторого критического размера (~ 100 nm) [4]. Поэтому наличие дисклинаций в более крупных пентагональных кристаллах (иногда на три порядка больше критического), полученных электрохимическим осаждением, является дискуссионным.

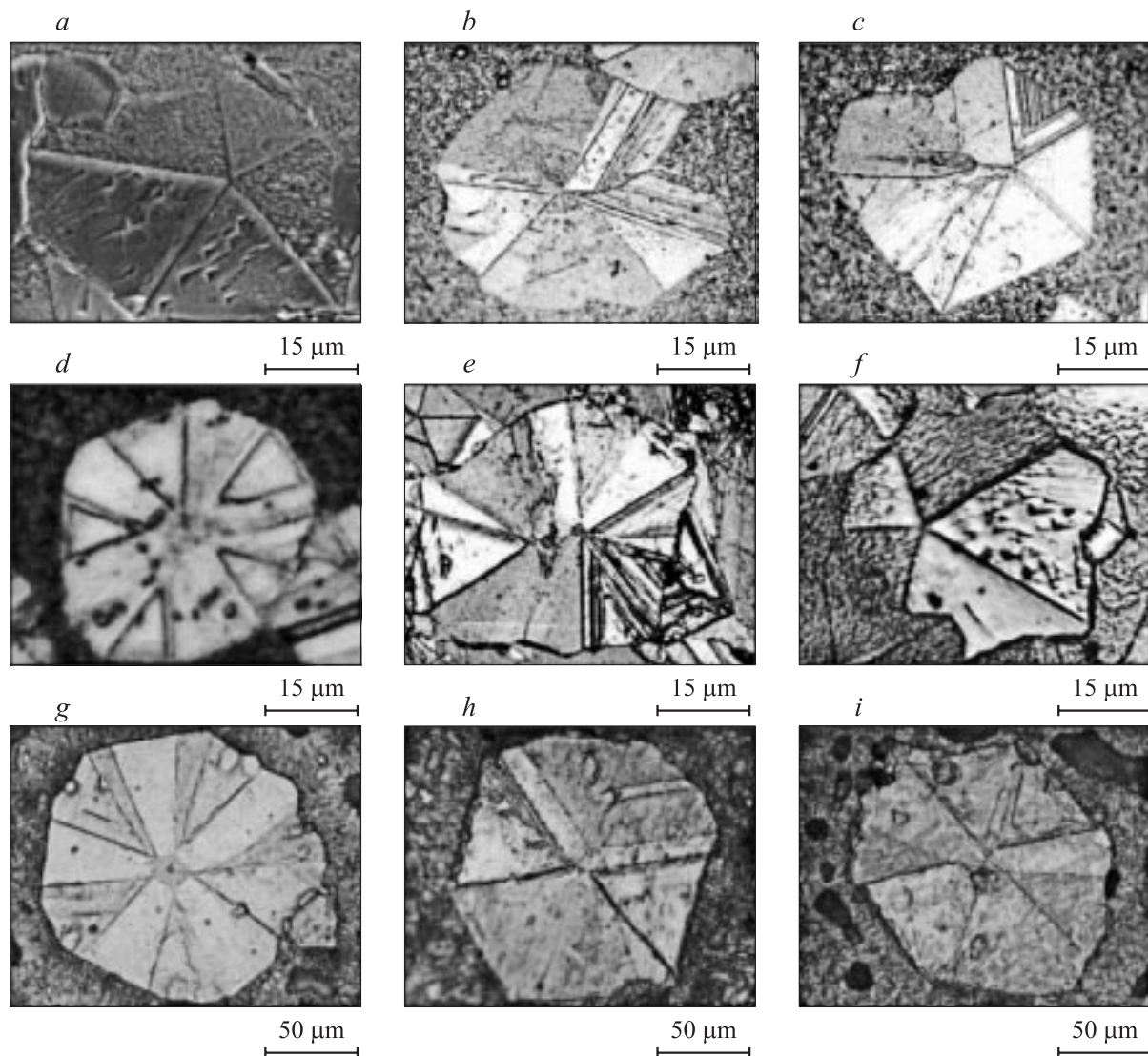
Варьируя условия электроосаждения и тип подложки, нам удалось получить пентагональные кристаллы меди различного габитуса с поперечными размерами от 1 до $300 \mu\text{m}$ и имеющие одну или шесть осей симметрии пятого порядка [3]. Пентагональная симметрия и особенности структурной эволюции полученных кристаллов [3] указывают на дисклинационный механизм их формирования, а тот факт, что такие кристаллы могут вырасти до размеров в сотни микрон, можно объяснить различными способами релаксации полей упругих напряжений, связанных с дефектом дисклинационного типа.

При увеличении в процессе эволюции размеров отдельных пентагональных кристаллов до $80\text{--}100 \mu\text{m}$ были экспериментально подтверждены следующие основные каналы релаксации внутренних полей упругих напряжений, которые теоретически были предсказаны ис-

ходя из дисклинационных представлений в работах [1,5], а именно: образование внутри секторов пентагональных кристаллов структурных дислокаций, компенсирующих упругое поле дисклинации (см. рисунок, *a*); образование в пентагональном кристалле открытого сектора вместо двойниковой границы (см. рисунок, *b*); образование внутри пентагонального кристалла объемного дефекта клиновидной формы, состоящего из тонких двойниковых прослоек (см. рисунок, *c*); образование внутри пентагонального кристалла новой фазы с отсутствием пентагональной симметрии (см. рисунок, *d*); расщепление ядра дисклинации пентагонального кристалла на две дисклинации меньшей мощности (см. рисунок, *e*); сдвиг ядра дисклинации от центра пентагонального кристалла (см. рисунок, *f*).

Кроме представленных на рисунке, *a-f* экспериментальных доказательств существования ранее теоретически предсказанных каналов релаксации упругих напряжений в пентагональных микрокристаллах при исследовании икосаэдрических малых частиц были выявлены некоторые новые, ранее не обсуждавшиеся каналы релаксации, а именно последовательное образование двойниковых границ в икосаэдрической малой частице вокруг области с ближним порядком и локальной пентагональной симметрией (см. рисунок, *g*); расщепление ядра дисклинации икосаэдрической малой частицы, на несколько дисклинаций меньшей мощности, и последующий сдвиг ядер образовавшихся дисклинаций от центра малой частицы к ее периферии (см. рисунок, *h, i*).

Приведенные экспериментальные факты однозначно свидетельствуют о дисклинационной природе формирования малых частиц и микрокристаллов с пентагональной симметрией. Тот факт, что такие кристаллы могут вырасти до размеров в сотни микрон, объясняется теоретически предсказанными и экспериментально выявленными различными каналами релаксации полей упругих напряжений, связанных с дефектами дисклинационного типа.



Выявленные в экспериментах механизмы релаксации внутренних полей упругих напряжений, связанных с дефектами дисклиниационного типа в малых частицах и микрокристаллах с пентагональной симметрией (металлография, шлиф со стороны подложки).

Список литературы

- [1] Gryaznov V.G., Heidenreich J., Kaprelov A.M. et al. // Cryst. Res. Technol. 1999. Vol. 34. P. 1091.
- [2] Hofmeister H. // Cryst. Res. Technol. 1998. Vol. 33. P. 3.
- [3] Ясников И.С., Викарчук А.А. Перспективные материалы. Структура и методы исследования. Тольятти: ТГУ, МИСиС, 2006. С. 247.
- [4] Ogawa S., Ino S. // J. Cryst. Growth. 1972. Vol. 13/14. P. 48.
- [5] Gryaznov V.G., Kaprelov A.M., Romanov A.E. et al. // Phys. Stat. Sol. 1991. Vol. 167b. P. 441.