

05

## **Влияние процессов теплообмена на габитус пентагональных микрористаллов электролитического происхождения**

© И.С. Ясников, А.А. Викарчук

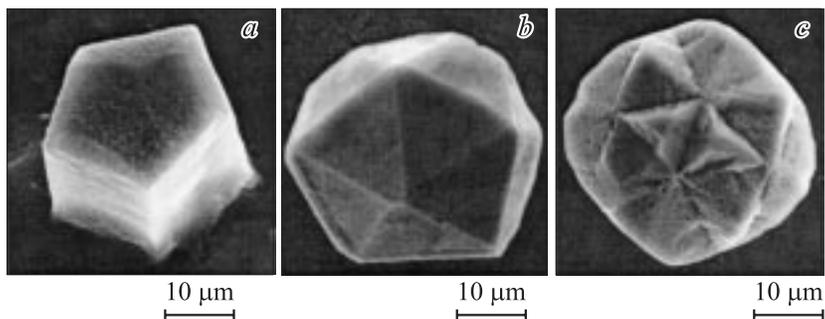
Тольяттинский государственный университет  
E-mail: yasn@infopac.ru

*Поступило в Редакцию 31 марта 2006 г.*

Представлены результаты экспериментов по выявлению зависимости габитуса пентагональных микрористаллов электролитического происхождения от интенсивности процессов теплообмена в результате выделения кристаллизационного тепла в них и обсуждается связь экспериментальных результатов с ранее предложенной теоретической моделью температурной эволюции островка в зависимости от его размера на начальных стадиях роста.

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

Проведенные нами ранее эксперименты [1,2] показали, что при определенных условиях образование пентагональных кристаллов на индифферентной подложке при электроосаждении металлов происходит по схеме: трехмерный кластер (с икосаэдрическим или декаэдрическим расположением атомов) → некристаллический сферический островок роста → монокристаллы с дисклинациями → кристаллические образования с пентагональной симметрией → покрытия, пленки и массивные материалы из них. При этом нами были получены пентагональные кристаллы меди с поперечными размерами от 1 до 300  $\mu\text{m}$  и разным



**Рис. 1.** Пентагональные кристаллы меди, имеющие одну (*a*) или шесть (*b, c*) осей симметрии пятого порядка: *a* — пентагональная призма; *b* — икосаэдрон; *c* — звездчатый многогранник.

габитусом и имеющие одну (рис. 1, *a*) или шесть (рис. 1, *b, c*) осей симметрии пятого порядка.

В процессе анализа экспериментальных данных нами была предложена модель, которая основывается на предположении, что строение, размеры, форма и сценарии развития пентагональных кристаллов определяются особенностью процессов массо- и теплообмена, протекающими в островках роста, образующихся на начальных стадиях электрокристаллизации меди [2].

Проведенный по результатам, полученным в работе [2], анализ, в частности, показал, что при любом режиме электроосаждения температура в растущем островке в определенном диапазоне размеров островка резко возрастает и может превысить температуру плавления. Повышение температуры в островках выше температуры плавления способствует реализации фазового перехода „некристаллические островки—микрочастицы с дисклинацией“. Здесь стоит отметить, что существенная особенность фазового перехода из твердого состояния в жидкое в малых частицах или островках роста состоит в том, что температура плавления малых частиц значительно меньше температуры плавления массивного материала и, кроме того, фазовый переход занимает некоторую область температур в отличие от макроскопической системы, где этот переход происходит при строго заданной температуре. Тем самым в островке роста возможно сосуществование жидкой и твердой фаз в некотором интервале температур [3].

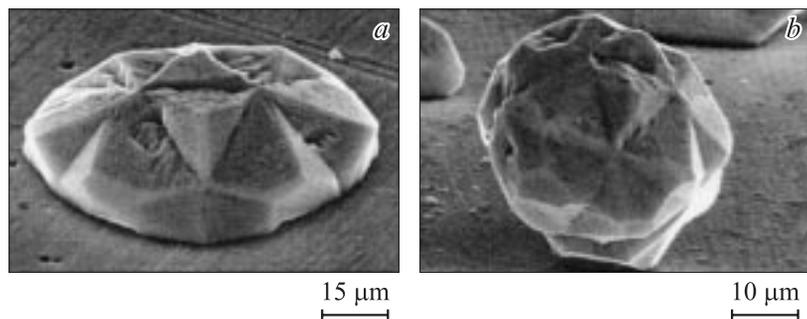
Для экспериментального подтверждения возможности перегрева островков роста выше температуры плавления нами исследовалась морфология габитуса пентагональных кристаллов на различных временных этапах их эволюции на индифферентной подложке. Электроосаждение проводилось в гальваностатическом режиме при плотности катодного тока  $j = 5 \text{ A/m}^2$ . Морфология полученного осадка исследовалась с помощью сканирующего электронного микроскопа LEO 1455 VP. На начальном этапе электроосаждения в случае образования на индифферентной подложке трехмерных декаэдрических или икосаэдрических кластеров они в процессе эволюции преобразуются в островки роста сферической формы, слабо связанные с подложкой [1,2].

Если условия теплообмена таковы, что островок роста перегревается выше температурной области сосуществования жидкой и твердой фазы, то он полностью перейдет из твердого состояния в жидкое и „осядет“ на подложку в виде полушара для минимизации потенциальной энергии. После этого площадь поверхности контакта островка роста с подложкой возрастет и, как следствие, увеличится теплоотвод кристаллизационного тепла. При этом островок снова перейдет в твердое состояние. Как результат, в процессе дальнейшей эволюции конечный габитус малой частицы с пентагональной симметрией будет полусферическим.

Если же условия теплообмена были таковы, что островок роста перегревался до температуры, лежащей в области сосуществования жидкой и твердой фазы, то он сохранит сферический габитус и в процессе дальнейшей эволюции конечный габитус малой частицы с пентагональной симметрией будет также сферическим.

Именно такое влияние условий теплообмена и было выявлено при исследовании морфологии габитуса малых частиц с пентагональной симметрией. На рис. 2 представлены звездчатые многогранники с пентагональной симметрией, сформировавшиеся из икосаэдрических кластеров при электрокристаллизации меди и имеющие полусферический (рис. 2, *a*) или сферический габитус (рис. 2, *b*) как результат различной степени перегрева островков роста на начальных стадиях эволюции пентагональных кристаллов.

Таким образом, температура в растущем островке при электрокристаллизации металлов в определенном диапазоне размеров островка резко возрастает и может превысить температуру плавления. При этом конечный габитус малой частицы с пентагональной симметрией



**Рис. 2.** Полусферический (а) и сферический (b) габитус звездчатых многогранников с пентагональной симметрией, сформировавшихся из икосаэдрических кластеров при электрокристаллизации меди.

определяется условиями теплообмена с подложкой, что и было продемонстрировано экспериментально.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (региональный проект # 05-02-96508).

## Список литературы

- [1] Викарчук А.А., Воленко А.П. // ФТТ. 2005. Т. 47. В. 2. С. 339.
- [2] Викарчук А.А., Ясников И.С. // ФТТ. 2006. Т. 48. В. 3. С. 536.
- [3] Berry R.S., Jellinek J., Natanson G. // Phys. Rev. A. 1984. V. 30. P. 919.