

ПРИРОДА ФОРМИРОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ КАНАВОК НА ПОВЕРХНОСТИ ВОЛЬФРАМА ПРИ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Беляева А.И., Савченко А.А.

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

В настоящее время вольфрам (W) рассматривается как один из основных материалов для моноблоков горловины, пластин купола дивертора и первых зеркал (ПЗ) для диагностики плазмы интернационального термоядерного экспериментального реактора (ИТЭР). Тепловые нагрузки, ожидаемые в ИТЭР при срывах, могут привести к искажению W в слое на глубине ~100 мкм, при этом приповерхностный слой ~50 мкм станет рекристаллизованным. Это приведет к охрупчиванию и появлению трещин, что может быть опасно для элементов конструкции, изготовленных из W в ИТЭР. Именно поэтому среди кандидатов соединений на основе вольфрама для ИТЭР, всесторонне исследуемых сейчас в лаборатории, большое место отведено рекристаллизованному вольфраму. Границы зерен оказывают влияние на функциональные характеристики W. На изначально полированном до зеркальной поверхности ПЗ границы зерен не определяются даже с помощью электронного микроскопа. Рекристаллизация приводит к развитию на поверхности канавок термического травления, т.е. связана с нарушением поверхности и образованием шероховатости, которая обязательно скажется на оптических характеристиках ПЗ. Процесс распыления рекристаллизованного вольфрама в условиях ИТЭР практически не изучен в настоящее время, хотя может представлять самостоятельный интерес и для фундаментальной физики твердого тела.

В настоящем сообщении изложены результаты детального исследования поверхности вольфрама в условиях, имитирующих ИТЭР. Впервые обсуждается проблема границ зерен и тройных стыков как поверхностных дефектов, с которыми связаны особенности развития шероховатости на поверхности вольфрама. Особое внимание уделено условиям формирования профилей термических канавок.

При исследовании поверхности рекристаллизованного образца W обнаружено, что поверхность разбита на зерна, которые разделены межзеренными границами, образованными в процессе рекристаллизации. При более детальном рассмотрении заметны также следы местоположения границ зерен, которые поглотились в процессе рекристаллизации. Границы зерен рекристаллизованного вольфрама и следы были исследованы с помощью АСМ (СЗМ Solver P47-PRO).

Показано, что границы зерен и тройные стыки являются важнейшими элементами структуры поликристаллического W. В то время как границы зерен давно и серьезно изучаются, тройные стыки лишь в последнее время стали рассматриваться как особые дефекты кристалла с присущей им структурой, термодинамическими и кинетическими свойствами, определяющими во многих случаях процессы в поликристаллических материалах. Результаты настоящего исследования движения индивидуальных тройных стыков впервые показали, как сильно они могут влиять на процессы роста зерен в поликристаллическом W. Границы зерен и тройные стыки являются поверхностными дефектами, с которыми может быть связано развитие шероховатости. Шероховатость скажется на оптических характеристиках ПЗ, основной рабочей характеристикой которых является отражение.