

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ НА ГРАНИЦАХ ЗЕРЕН И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Б. Б. Страумал¹, В. Н Семенов¹, Х.-Э. Шефер², К. Райманн², М.Д. Баро³, А.П. Жилиев^{3,4}

¹Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка, Московская область, 142432 РФ

²Штутгартский университет, Пфаффенвальдринг 57, Штутгарт, 70550 ФРГ

³Автономный университет Барселоны, Беллатерра, 08193 Испания

⁴УГАТУ, ул. К. Маркса 12, Уфа, 450000 РФ

Границы зерен (ГЗ) существенным образом определяют свойства поликристаллов, в нанокристаллических материалах, где на границах зерен оказывается от нескольких процентов до трети общего числа атомов. В результате наших исследований, проведенных в последние годы, на объемных фазовых диаграммах начали появляться линии равновесных зернограничных фазовых переходов. При пересечении этих линий резко изменяются свойства нанокристаллических материалов, в частности, их диффузионная проницаемость, хрупкость, скорость пластической деформации и максимальное удлинение, скорость миграции границ и роста зерен, элетросопротивление и т.д.

Если в объеме находятся в равновесии твердая фаза и расплав, то ГЗ может существовать в равновесном контакте с расплавом, только если энергия ГЗ $\sigma_{ГЗ}$ будет меньше энергии двух межфазных границ $2\sigma_{ГЖ}$ между кристаллом и расплавом. В целом ряде двух- и многокомпонентных систем условие $\sigma_{ГЗ} < 2\sigma_{ГЖ}$ нарушается при повышении температуры. Тогда при некоторой температуре T_w происходит зернограничный фазовый переход смачивания и в двухфазной области объемной фазовой диаграммы появляется соответствующая конода. Выше T_w энергия ГЗ $\sigma_{ГЗ}$ становится больше $2\sigma_{ГЖ}$, и ГЗ не может более сосуществовать в равновесном контакте с расплавом. В ряде систем конода фазового перехода смачивания на ГЗ может иметь продолжение в однофазной области объемной фазовой диаграммы, где в объеме в равновесии находится только твердый раствор. Такое продолжение представляет собой линию зернограничного солидуса (фазового переход предплавления на ГЗ). Представления о зернограничном солидусе позволяют объяснить феномен высокоскоростной сверхпластичности вблизи линий объемного солидуса в нанокристаллических сплавах. Авторы благодарят РФФИ (проект 01-02-16473), ИНТАС (проект 99-1216), Миннауки и образования ФРГ (WTZ-проект RUS 00/209) и Королевскую АН Швеции за финансовую поддержку работы.