

## Спинодальный распад в химии и технологии неорганических материалов

*Докладчик: аспирант 2 г/о ФНМ Шароваров Д.И.*

*Научный руководитель: д.х.н. проф. Кауль А.Р.*

*Рецензент: к.х.н. доц. Путляев В.И.*

Спинодальный распад представляет собой один из двух возможных механизмов разделения гомогенного раствора (твердого или жидкого) двух или более компонентов на отдельные фазы, различающиеся по составу и, соответственно, по химическим и физическим свойствам. Этот механизм отличается от обычного механизма образования и роста зародышей (МОРЗ) тем, что он не требует достижения критической разности концентраций образующихся фаз и инкубационного периода, а происходит равномерно по всему объему, а не только на отдельных участках зародышеобразования. Такой распад может происходить в различных материалах: сплавах, стеклах, гелях, керамиках, жидких растворах и растворах полимеров.

Спинодальный распад происходит в ограниченной области концентраций растворов (спинодальная область), за границами которой механизм распада изменяется на МОРЗ. Поскольку термодинамический барьер для реакции внутри спинодальной области отсутствует, скорость распада определяется исключительно диффузией и может быть описана приближенным аналитическим решением общего уравнения диффузии.

Спинодальный распад представляет большой интерес с практической точки зрения, поскольку он обеспечивает получение мелкодисперсной микроструктуры, которая во многих случаях позволяет значительно улучшить физические свойства материала. Спинодальный распад эпитаксиальных твердых растворов  $Al_xGa_{1-x}As$  и  $Ga_xIn_{1-x}P$  происходит с формированием периодических упорядоченных структур, что открывает возможность изготовления гетероструктур, в которых узкозонный полупроводник помещен в матрицу материала, имеющего большую ширину запрещенной зоны. Это обеспечивает ограничение потенциальной энергии электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне. Твердый раствор оксидов  $TiO_2-SnO_2$ , подвергшийся спинодальному распаду, очень перспективен в качестве стабильного материала для датчика газов-восстановителей ( $CH_4$  и  $CO$ ). Улучшенные характеристики зондирования газа связаны с формированием барьера Шоттки на границах сильно разветвленных зерен  $SnO_2$ , тонко диспергированных в аморфной матрице  $TiO_2$ . Спинодальный распад в системе  $TiO_2-V_2O_5$  приводит к образованию двух равновесных составов с преобладанием титана  $Ti_{1-x}V_xO_2$  ( $x \ll 1$ ) и ванадия  $V_{1-y}Ti_yO_2$  ( $y \ll 1$ ) с совершенно разными свойствами:  $Ti_{1-x}V_xO_2$  является широкозонным изолятором, а  $V_{1-y}Ti_yO_2$  демонстрирует резкий переход металл-диэлектрик при температурах близких к комнатной.

Спинодальный распад может быть положен в основу создания метаматериалов, представляющих собой искусственные композиты со структурными ячейками, намного меньшими длины волны света, что позволяет регулировать оптико-электронные свойства материала. Такие материалы способны проявлять экзотические оптические свойства, в том числе отрицательное преломление, оптический магнетизм и гиперболическую дисперсию.

В докладе будет рассмотрена термодинамическая теория и кинетика спинодального распада твердых растворов, приведены примеры распада твердых растворов в керамике и стеклах. Особое внимание будет уделено самоорганизованным пленочным метаматериалам, полученным в результате спинодального распада.